

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Ústav pro životní prostředí

Studijní program: Ekologie a ochrana prostředí

Studijní obor: Ochrana životního prostředí



**Analýza znečištění ovzduší města Ostravy na základě
dlouhodobých časových řad**

Analysis of air quality in Ostrava on the basis of long term time trends

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Zpracovatel: Petr Pěčka

Vedoucí: prof. RNDr. Martin Braniš, CSc.

Srpen 2012

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně s využitím uvedené literatury a informací, na něž odkazuji. Svoluji k jejímu zapůjčení s tím, že veškeré (i přejaté) informace budou řádně citovány. Rovněž prohlašuji, že předložená diplomová práce je totožná s elektronickou verzí vloženou do SIS.

V Praze, srpen 2012

.....

Petr Pěčka

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych především rád poděkoval svému vedoucímu prof. RNDr. Martinu Branišovi, CSc za odborné vedení této diplomové práce a jeho trpělivost.

Také bych chtěl poděkovat Mgr. Blance Krejčí z ČHMÚ - pobočka Ostrava, za její vstřícnost při poskytnutí imisních dat. V neposlední řadě bych také rád poděkoval své rodině a blízkým za jejich podporu.

ABSTRAKT

Znečištění ovzduší je jednou z hlavních složek životní prostředí, která negativně ovlivňuje lidské zdraví. Vzhledem k celé řadě zdravotních dopadů (zvýšená nemocnost, úmrtnost, výskyt rakoviny, karcinogenní účinky atd.). Patří znečištění ve městech k hlavním oblastem zájmu, neboť zde sídlí vysoký počet obyvatel, kteří jsou znečištění vystavováni.

Třetí největší město České republiky Ostrava, které je předmětem této práce, patří mezi nejvíce znečištěnou oblast republiky suspendovanými částicemi a polyaromatickými uhlovodíky. Ostrava patří mezi oblasti s nejvíce znečištěným ovzduším i z pohledu Evropy. Jedná se o průmyslové město, kde je soustředěna značná část těžkého průmyslu v ČR. Dalšími zdroji ve městě jsou doprava, lokální topeniště a pravděpodobně i vliv ze sousedního Polska.

Tato diplomová práce pracuje s dlouhodobými časovými řadami, zahrnující imise a emise znečišťujících látek (PM_{10} , SO_2 , NO_2 a CO), meteorologické údaje (teplota, úhrn srážek, délka slunečního svitu) a socioekonomické údaje (např. míra nezaměstnanosti, počet registrovaných vozidel, investice do životního prostředí, spotřeba paliv v průmyslu a další). Práce se také zabývá efektem uzavření a otevření průmyslového provozu, za účelem porovnat změny v koncentracích před a po uzavření nebo otevření dané průmyslového závodu na území města Ostravy v průběhu posledních 35 let.

Koncentrace polutantů i emise ukázaly významný klesající trend od roku 1983. V současnosti však suspendované částice zastoupené frakcí PM_{10} mají stagnující, někdy lehce vzestupný charakter. Socioekonomické ukazatele neukázaly významnou souvislost s kvalitou ovzduší. Vliv uzavření či otevření průmyslové podniku ukázal až na výjimku vždy nárůst koncentrací PM_{10} a SO_2 při otevření provozu stejně tak pokles koncentrací při uzavření provozu, na nejbližší stanici imisního monitoringu.

Klíčová slova:

Městské prostředí, imise, emise, PM_{10} , SO_2 , průmysl

ABSTRACT

Air pollution is one of the major environmental problems. It can result in adverse health impacts such as morbidity, mortality, cancer and carcinogenic effects. High population density in cities contributes to the importance of the problem in urbanized areas..

The third biggest city of the Czech Republic, Ostrava, which is the subject of this thesis, is one of the most polluted areas in the country. The main air pollutants of concern are suspended particles and poly aromatic hydrocarbons. Ostrava is also one of the most polluted areas from the European perspective. It is an industrial city, where significant portion of the national heavy industry is concentrated. Local heating and traffic are other sources of air pollution. There is also a potential influence from a near-by industrial area in Poland.

This thesis deals with long term time series, including air pollutants (PM_{10} , SO_2 , NO_2 and CO), meteorological variables (temperature, rainfall, duration of sunshine) and socio-economic factors (e.g. unemployment rate, number of registered vehicles, investments into environment, fuel consumption in industry, e.t.c.). This study also looks at the close down effect of industrial operations in Ostrava within last 35 years.

Both concentration of pollutants and emissions showed significantly decreasing trend since 1983. Currently, suspended particles represented by PM_{10} show stagnant and sometimes slightly increasing character. Socio-economic variables did not show a significant correlation with air pollution. Close down effect or open effect of industrial operations showed, with few exceptions, an increase in PM_{10} and SO_2 concentrations when an operation was opened and a decrease when an operation was closed down.

Key words:

Urban area, Emission, PM_{10} , SO_2 , Industry

OBSAH

| | |
|--|-----------|
| PODĚKOVÁNÍ | 3 |
| ABSTRAKT | 4 |
| 1 ÚVOD | 7 |
| 2 CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY | 9 |
| 3 LITERÁRNÍ REŠERŠE | 10 |
| 3.1 Městské prostředí..... | 11 |
| 3.2 Doprava | 12 |
| 3.3 Lokální topeniště | 13 |
| 3.4 Vliv meteorologických podmínek na koncentrace škodlivin v ovzduší..... | 13 |
| 3.4.1 Teplota a teplotní stratifikace..... | 14 |
| 3.4.2 Mezní vrstva atmosféry | 14 |
| 3.4.3 Teplotní inverze | 14 |
| 3.4.4 Vítr..... | 15 |
| 3.5 Vliv suspendovaných částic na zdraví..... | 16 |
| 3.6 Ostrava z celosvětové perspektivy..... | 18 |
| 3.7 Zdravotní studie týkající se Ostravy | 19 |
| 4 DATA A METODY | 22 |
| 4.1 Data | 23 |
| 4.2 Zpracování dat | 27 |
| 5 VÝSLEDKY | 29 |
| 5.1 Emisní bilance v Ostravě | 29 |
| 5.2 Imisní trendy a porovnání s emisemi..... | 32 |
| 5.3 Imisní situace na jednotlivých stanicích | 36 |
| 5.4 Vliv meteorologických faktorů na imisní koncentrace..... | 44 |
| 5.5 Socio-ekonomické proměnné ve vztahu k emisím a imisím..... | 45 |
| 6 DISKUZE | 50 |
| 7 ZÁVĚR | 59 |
| ZDROJE INFORMACÍ | 60 |

1 ÚVOD

Město Ostrava a jeho blízké okolí je ve své minulosti i přítomnosti dáváno do souvislosti s těžkým průmyslem, hutěmi a těžbou uhlí. Z tohoto důvodu se jedná rovněž o oblast s nejhorší kvalitou ovzduší v České republice. Právě z těchto charakteristik lze odvodit přívlastek, který město Ostrava za dobu své průmyslové existence získalo: „*Černá, Páchnoucí apod.*“ V případě negativního označení je však vhodnější použít výrazu znečištěná.

Černé uhlí bylo výrazným fenoménem města Ostravy a celého regionu po staletí. Jeho povrchová a později hlubinná těžba se na území dnešní Slezské Ostravy datuje od roku 1767 (Vopasek, 2005). Důležitým rokem se stal po druhé světové válce rok 1949, kdy vedle Vítkovických železáren začala výstavba rozsáhlého průmyslového komplexu Nové huti v Ostravě-Kunčicích (nynější Arcelor Mittal Ostrava). Rozšíření průmyslu mělo za následek výstavbu nových sídlišť, které byly postaveny v obvodech Poruba, Zábřeh, Hrabůvka, Dubina a Výškovice. Cílem tehdejší politiky bylo, aby se Ostrava stala městem uhlí a železa (OPSM Ostrava, 2012). S rokem 1989 však dochází ke změně ve vývoji města. Nastala restrukturalizace průmyslu, omezení těžby uhlí, hutnictví a na ně navázané provozy. Dalším významným mezníkem v moderní historii Ostravy je rok 1994, kdy byl uzavřen důl Odra a tím byla na území města ukončena těžba černého uhlí. Těžba stále přetrvává v karvinském revíru a v dole Paskov na Frýdecko-Místecku. Toto fosilní palivo předurčilo vývoj Ostravy i kraje. Rozvoj dolování uhlí a těžkého průmyslu může být bez obav klasifikováno jako zcela zřejmá příčina urbanizace regionu. Je zřejmé, že v oblasti, která se vyznačuje velkým počtem obyvatel, hustou dopravní sítí a obrovským hutním průmyslem nemohlo životní prostředí zůstat bez jakýchkoliv jizev. Kromě již zmiňovaného průmyslu zaujímá také určitý podíl na nepříznivém stavu kvality ovzduší silniční doprava, ve studené části roku lokální topeniště a doposud důkladněji neprobádaný vliv průmyslové činnosti ze sousedního Polska, přesněji z industriální oblasti okolo města Katowice.

Ostravsko tvoří v rámci České Republiky oblast nejvíce znečištěnou suspendovanými částicemi, přičemž počátky měření sahají do začátku 70. let minulého století a na některých lokalitách je k dispozici téměř třicetiletá řada měření

této škodliviny (Krejčí, 2007). Imisní limity pro ochranu zdraví a cílové imisní limity jsou trvale a významně překračovány nejen u suspendovaných částic frakce PM_{10} i $PM_{2,5}$, ale také benzo(a)pyrenu, benzenu a ojediněle i oxidu dusičitého (Krejčí *et* Černíkovský, 2008). Překračování imisních limitů, zvláště v zimních měsících pokračuje i v letech 2009-2012 (ČHMÚ, 2012a).

2 CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY

Hlavním cílem této diplomové práce je analýza již existujících dlouhodobých časových řad týkajících se města Ostravy. Jedná se o tzv. „*data mining*“. V této práci to znamená, že různé časové řady, u kterých lze předpokládat, že by mohly souviset s kvalitou ovzduší, jsou srovnávány hlavně s imisní úrovní znečištění Ostravy. Cílem těchto případných závislostí je pokusit se určit zdroje, které by mohly hrát při současném hodnocení kvality ovzduší v Ostravě významnou roli.

Předkládaná práce analyzuje data, která pochází až na výjimku z veřejných zdrojů. V této práci nebyla prováděna žádná vlastní měření či pozorování. Hlavním důvodem je, že data pro dlouhodobou analýzu časových řad nelze v rámci diplomové práce nashromáždit.

V současnosti existuje spousta dat, která jsou měřena, počítána případně modelována, ale většinou nejsou tato data systematicky využívána. Poskytují obvykle pouze podklady pro popisné informace obsažené v ročenkách, různých zprávách nebo jsou jen uložena v databázích.

Tato práce je pokusem o využití dlouhodobě ukládaných dat a ukázat, do jaké míry je vhodné shromažďovat takové kvantum dat a do jaké míry pak mohou sloužit pro analýzu podkládající politická rozhodnutí.

Základní otázky

- Stanice imisního monitoringu v Ostravě budou vzájemně korelovat
- Některé socioekonomické proměnné by mohly prokázat pozitivní korelaci ve vztahu ke koncentracím znečišťujících látek
- Lze předpokládat, že otevření nebo uzavření velkého průmyslového zdroje ovlivní znečištění ovzduší v Ostravě (zejména PM_{10} a SO_2).

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

První vztah mezi znečištěným ovzduším a úmrtností byl literárně dokumentován v *Meuse Valley* (Belgie) v prosinci roku 1930, kdy zemřelo 60 lidí v průběhu tří dnů (Bai *et al.*, 2007). Ahrens (2008) spočítal, že tato obrovská akumulace polutantů byla příčinou šesti set zdravotních poruch. Oběti na životech byly zaznamenány nejen u lidské populace, ale i u dobytka, ptáku a hlodavců. Vůbec poprvé zažila veřejnost ve spojených státech extrémní znečištění ovzduší v Donoře (malé město na jihozápadě Pensylvánie ve *Webster Hollow* oblasti se 14 000 obyvateli), když během 27-30. října v roce 1948 se v údolí usadila meteorologická inverze. Tato inverze sebou přinesla znečištění z továren zpracovávajících kovy, z domů vytápěnými uhlím, z koksárenských pecí a oceláren. Za následek si tato situace vyžádala sedmnáct mrtvých dne 30. října a tři další mrtvé během následujícího týdne. Míra mortality zde byla šestkrát větší, než je obvykle (Bell *et Davis*, 2001). Nicméně pohroma, která se stala v průběhu 5-8. prosince 1952 v Londýně je vnímána jako pravděpodobně nejkatastrofičtější událost spojená se znečištěním ovzduší. Velké množství lokálních a průmyslových topenišť poskytovalo kondenzační jádra dovolující tvorbu "silné žluté mlhy" (smogu) během inverzní situace. Nejvíce ovlivněnou skupinou lidí byli starší lidé. Tato nehoda zapříčinila enormní ztráty na životech. Statistické údaje hovoří až o 4000 mrtvých (Hannibal *et Raab*, 1979). Soudobé zprávy týkající se této smutné události hovořili o tom, že lidé, kteří se stali oběťmi tohoto neštěstí, byli na sklonku svého života. Pokud bychom však pracovali s touto hypotézou, musela by úmrtnost v krátké době po smogové epizodě klesnout. Mortalita v dané oblasti však zůstala po několik měsíců vysoká. Brunekreef *et Holgate* (2002) ve své práci odhadují, že průměrná úmrtnost kvůli této situaci byla okolo dvanácti tisíc. V České republice vliv smogových situací na mortalitu, v letech 1982, 1985, 1987 a 1993, prokázali např. Jelínková *et Braniš* (2001).

3.1 Městské prostředí

S ohledem na skutečnost, že znečištění ovzduší v městech a průmyslových oblastech zaujímají velkou plochu a často i velkou populaci, úsilí monitorovat kvalitu ovzduší je věnováno právě ve větších aglomeracích (Joly *et Peuch*, 2012), nicméně vysoké koncentrace prachových částic naměřili Braniš *et al.* (2007), nebo Zwozdziak *et al.* (2012) i ve venkovských sídlech. Lze se tudíž domnívat, že imisní situace může být horší v menších vesnicích než ve městech. Důvodem je topná sezóna a dominance emisí z lokálních topenišť.

Lidé žijící ve městech jsou vystavováni typické směsi škodlivin, jejichž produkce je vázána na industrializaci, požadavky na energii a množství motorových vozidel. Důsledkem může být negativní vliv na zdraví (Martuzzi *et al.*, 2006). V typickém městském prostředí je populace vystavována komplexní směsi okolo 200 škodlivých látek v ovzduší. Koncentrace každého polutantu však závisí, mezi jiným, hlavně na chemickém složení, meteorologických podmínkách a topografie oblasti (Sicard *et al.*, 2011).

Městské oblasti jsou hlavně ovlivňovány suspendovanými částicemi (Bosco *et al.*, 2005), které představují vážné zdravotní účinky a také ovlivňují mnoho atmosférických procesů, například tvorbu mraků, viditelnost, solární radiaci a srážky (Celis *et al.*, 2004). Trušilova *et Jung* (2008) předpokládají, že městské oblasti způsobují snížení amplitudy denní teploty o více jak 1,2 °C v létě a 0,7 °C v zimě. K dalším vlivům měst patří změna v atmosférické cirkulaci mající za následek zvýšení v množství srážek v zimním období okolo 8 % a snížení letních srážek okolo 19 % v evropských městech. Dalšími faktory jsou morfologie a zdroj vytápění měst.

Často můžeme ve městech pozorovat tzv. „weekend effect“, kdy koncentrace škodlivin během víkendu klesnou. Příkladem můžou být Thessaloniki (Kassomenos *et al.*, 2012). Studie z Nepálu ukázala velice signifikantní rozdíl v hladinách PM₁₀ v pracovních dnech, kdy dosáhla koncentrace 1755 µg/m³ a během víkendu 1323 µg/m³ navzdory tomu však koncentrace zůstala i tak abnormálně vysoká (Bashyal *et al.*, 2008). Querol *et al.* (2008) zjistili, že v Barceloně, která je považována za město s nejhustší dopravou v Evropě, byl „weekend effect“ 9 µg/m³ u PM₁₀, respektive

snížení o víkendů ze 49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. V Aténách byla naměřena koncentrace PM_{10} o 22 % nižší než během pracovních dnů (Querol *et al.* 2008).

3.2 Doprava

Automobilová doprava patří mezi významné zdroje znečištění ovzduší, které je hlavně problémem ve městech a důležitých silničních koridorech. Vzhledem k její komplexnosti je těžko regulovatelná (Adamec *et al.*, 2008) Individuální automobilová doprava je významným typem osobní přepravy ve vyspělých zemích. Podle Evropské Komise (2009) se individuální přeprava v roce 2007 podílela 73 % na osobní přepravě v zemích EU. Kromě hlavních polutantů, jimiž jsou oxidy dusíku, je doprava emitentem suspendovaných částic, které pocházejí ze spalovacích procesů. Suspendované částice jsou emitovány zejména z dieselových motorů a mají velikost 5-50 nanometrů (nm) (Kittelson *et al.*, 1998), částice ze zážehových (benzínových) motorů jsou velké okolo 20-60 nm (Ristovski *et al.*, 2006). Skládají se hlavně z elementárního uhlíku nebo sazí (Miller *et al.*, 2007). Doprava také produkuje částice, které nesouvisí se spalovacími procesy, ale s procesy tření. Tyto částice z brzdového obložení se uvolňují hlavně brzděním auta (Kukutschova *et al.*, 2009, 2010). Problémem zůstávají také emise z otěrů pneumatik, vozovky a také tzv. sekundární prašnost, kdy se prachové částice dopravou opět zvirí. Nakonec také zastaralý vozový park sehrává svou roli, vzhledem horším imisním parametrům provozovaných vozidel (Adamec *et al.*, 2008). V České republice stále roste podíl vozidel starších než 10 let, který ke konci pololeť 2012 činil 60,59 %, přičemž podíl vozidel ve věku nad 15 let již přesahuje 32 % (www.autosap.cz).

Jistou možností omezení emisí z dopravy jsou tak zvané nízko emisní zóny, kterými se dá omezit doprava v centrech měst. Tento koncept funguje již v několika evropských zemích, mezi které patří Německo, Dánsko, Švédsko, Rakousko, Norsko, Velká Británie, Itálie, Portugalsko, Nizozemsko a Maďarsko (<http://www.lowemissionzones.eu>).

Podle Lapčíka (1996) je dopad dopravy na městské prostředí obecně dán několika dalšími faktory, mezi nimiž jsou nejdůležitější dopravní trasy cest, technický stav silnic, způsob pohonu vozidel, způsoby a techniky řízení dopravy a technický stav vozidel.

3.3 Lokální topeniště

Také emise z domácích topenišť přispívají k celkovému znečištění ovzduší. Jejich sezónní vliv odpozoroval Prevedouros *et al.* (2004) při výkyvech koncentrací polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) během roku. Podíl lokálních topenišť se v různých studiích liší, vzhledem k odlišným emisním faktorům (EF) (Lavric *et al.*, 2004). Důvodem odlišnosti emisních faktorů je zejména variabilita paliva a druhu spalovacího zařízení, stáří a konstrukce spalovacího zařízení (Hedman *et al.*, 2006). Čeští vědci Horák *et al.* (2011) publikovali studii, která srovnávala emise vybraných znečišťujících látek ze spalování biomasy a uhlí v domácnostech a došli hned k několika závěrům: 1) „Vliv spalovacího zařízení na emise sledovaných látek je nezanedbatelný, v případě PAU dokonce rozhodující“ 2) „Emise PAU z moderních typů spalovacích zařízení (automatické, zplyňovací) jsou výrazně nižší než emise ze zařízení starších konstrukcí (prohořivací, odhořivací)“. 3) „Při uvážení vlivu spalovacího zařízení na emise znečišťujících látek se uváděné EF pro PAU jeví jako spíše podhodnocené, pro PCDD/F naopak jako nadhodnocené.“

3.4 Vliv meteorologických podmínek na koncentrace škodlivin v ovzduší

Rozptyl a šíření polutantů v atmosféře je ovlivňováno bezprostřední meteorologickou situací, konkrétně teplotním zvrstvením atmosféry nad městem a prouděním vzduchových mas. Louka *et al.* (1997), Marcazzan *et al.* (2002), Galindo *et al.* (2011) a mnoho dalších považují meteorologické faktory za důležité proměnné, které ovlivňují koncentraci škodlivých látek v ovzduší. Právě z těchto příčin se řada studií zaměřuje na vztah mezi meteorologickými proměnnými a úrovní znečištění ve městech a na transportu aerosolů. Konkrétně z hlediska aerosolů, rozptyl, teplotní stratifikace, srážky, rychlost větru a směr větru jsou nejdůležitější proměnné mající vliv na jejich koncentraci. Ačkoliv nemnoho studií se zaměřuje na chemické složení PM₁₀, je nezbytné brát v úvahu, že PM₁₀ není specifická směs s konkrétním chemickým složením. PM₁₀ má komplexní a různorodé složení, přičemž podmínky počasí silně ovlivňují jejich chování (Barmpadimos *et al.*, 2011).

3.4.1 Teplota a teplotní stratifikace

Jedním z nejdůležitějších parametrů v celkovém hodnocení účinků meteorologických podmínek na rozptyl polutantů je teplotní atmosférické zvrstvení, které je výsledkem interakce mezi vyzařováním, přenosem teplotního proudění a intenzitou víření vzduchu. Důvodem stoupání nebo klesání vzduchu je teplota, která se mění v důsledku změn tlaku vzduchu (Barry *et al.*, 2003).

3.4.2 Mezní vrstva atmosféry

Mezní vrstva je přibližně 0,5-2 Km silná část atmosféry u zemského povrchu. Typ terénu ovlivňuje tření proudění vzduchu. Účinek tření vede k turbulenci a intenzivnímu míchání. Pochopení fyzikálních procesů v této vrstvě je velmi důležité a to s ohledem na i studování rozptylu a přenos znečištění ovzduší (Lazaridis, 2011). Ve švýcarské studii (Barnpadimos *et al.*, 2011), jež byla zaměřena na vztah PM_{10} a meteorologii byla mezní vrstva atmosféry považována za jednu z nejvýznamnějších proměnných, které ovlivňují PM_{10} úroveň, výjimkou ovšem byla letní sezóna.

3.4.3 Teplotní inverze

Významným faktorem při formování znečištění ovzduší hraje významnou roli teplotní inverze. V průběhu teplotních inverzí byly často zaznamenány vyšší koncentrace škodlivin v ovzduší (Silva *et al.*, 2007; Kerminen *et al.*, 2007, Millionis *et al.*, 2008; Wallace *et al.*, 2010).

Teplotní inverze jsou případy, kdy teplota vzduchu s výškou roste v určité vrstvě vzduchu. Představují nejstabilnější stav atmosféry, silně potlačují vertikální pohyb a míchání vzduchové masy, čímž omezují vývoj konvektivní oblačnosti, prostorový rozptyl škodlivin atd. Inverzi lze rozdělit na přízemní, kdy vrstva začíná už u země a výškovou, kdy její spodní vrstva se nachází v určité výšce (Bednář, 2009).

Příčin inverze může být několik. V zimě může například vzduch ochladnout na povrchu v důsledku ozáření. Záření ze slunce nemůže kompenzovat tuto ztrátu, mimo jiné proto, že v zimě slunce zůstane nízko nad horizontem (ještě více extrémní situace může být v horách v údolích, které jsou v zimě v téměř trvalém stínu). Inverze může být způsobena také sněhovou pokrývkou, která brání výměně tepla mezi

vzduchem a povrch terénu (to izoluje povrch a ochladí vzduch), a také protože jeho albedo odráží značné množství dopadajícího světla, který by jinak ohřálo povrch a tím i vzduch nad ní.

Další možné příčiny inverzí jsou spojeny s vlhkostí vzduchu (pára nebo mraky významně emitují záření, a proto je chlazen okolní vzduch), případně s dynamikou atmosféry (teplá a studená atmosférické fronty, vliv proudění, atd.) (Ahrens, 2008).

3.4.4 Vítr

Z hlediska vlivu různých meteorologických prvků na znečištění ovzduší má primární vliv horizontální pohyb vzduchu v přízemní vrstvě atmosféry. S rostoucí rychlostí větru se zvyšuje i turbulentní proudění vzduchu a tím i míchání a ředění znečišťujících látek (Ahrens, 2008).

Rychlost větru má významný vliv na koncentraci znečišťujících látek v ovzduší. Je prokázáno, že s rostoucí rychlostí proudění vzduchu a zlepšením větrání v přízemní vrstvě atmosféry, se koncentrace znečišťujících látek ve znečištěných oblastech snižují (Barry *et* Chorley, 2003). Naopak slabý vítr nerozptyluje znečišťující látky, ale zvedne je na větší vzdálenosti ve směru převládajícího proudění vzduchu (Ahrens, 2008). K tomuto slabému proudění vzduchu dochází na konci podzimu a brzy v zimě ve velké části Evropy.

Kromě sezónních změn větru existují také denní změny v rychlosti větru, které mohou být velmi významné pro rozptyl škodlivin. Slabý a proměnlivý vítr může mít za následek zpětný tok znečišťujících látek z původních zdrojů emisí (Seinfeld *et* Pandis, 2006). Jones *et al.* (2010) zjistili, že pro většinu ze vzduchových částic a plynů se koncentrace se snížily se zvýšením rychlosti větru. Nicméně však byly zaznamenány případy, kdy se zvýšila koncentrace při nejvyšší rychlosti větru, což je důsledkem resuspenze vyvolané právě větrem.

3.5 Vliv suspendovaných částic na zdraví

Znečišťování ovzduší sebou přináší řadu nepříznivých dopadů jak na zdraví obyvatel, tak na ekosystém. Důkazem je rozsáhlá vědecká literatura, která se tímto tématem zejména v posledních dvaceti letech intenzivně zajímá.

Prachové částice jsou spojovány s širokou škálou kardiovaskulárních a respiračních zdravotních dopadů jak při akutní expozici (např. zvýšená hospitalizace v nemocnici kvůli dýchacím potížím nebo předčasnému úmrtí na kardiovaskulární choroby) tak při chronické (snížená délka života ve městech s vyšší úrovní znečištění prachovými částicemi). Jsou dokázány také negativní účinky na reprodukci a vývoj (EPA 2008).

Suspendované částice všech velikostí mají negativní účinky na zdraví, avšak v porovnání s většími částicemi mají menší částice větší dopady na zdraví (Franck *et al.*, 2011). Na základě epidemiologických studií jsou známy nepříznivé účinky prachových částic z krátkodobé i dlouhodobé expozice. V případě prachových částic však nebyly identifikovány prahové hodnoty. Z tohoto důvodu není možné hovořit o žádné bezpečné hranici, pod níž jsou koncentrace prachu zcela bezpečné (WHO, 2006). Pope *et Dockery* (2006) shromáždili epidemiologické důkazy účinků akutní expozice suspendovaným částicím. Konkrétně úmrtnost, nemocnost, akutní a trvalé zdravotní následky. Řada studií hodnotila účinek akutních nemocí ukazující asociaci mezi krátkodobým vystavením koncentrací a funkcí plic.

Nejčastějším nádorovým onemocněním v souvislosti se znečištěním ovzduší je rakovina plic (Cohen *et Pope*, 1994), (Katsouyanni *et Pershagen*, 1997). Dánská studie Soll-Johanning *et Bach* (2004), která zkoumala vliv znečištění ovzduší na výskyt rakoviny u poštovních doručovatelů, nicméně nenašla významný rozdíl v porovnání s obecnou dánskou populací. Důvodem může být ochranný účinek vzhledem k fyzické aktivitě poštovních doručovatelů. Výskyt rakoviny prsu prokázal v oblastech s vysokou imisní situací a velkoměstech Wei *et al.* (2012). McKean-Cowdin *et al* (2009) neprokázali úmrtnost na rakovinu mozku v souvislosti se znečištěním ovzduší.

Podle Peleda (2011) většina epidemiologických studií, prokazující vliv znečištění ovzduší na zdraví je založena na hodnotách, naměřených ze stacionárních stanic, nicméně expozice se liší mezi jednotlivými účastníky těchto studií. Navíc Menichini *et al* (2007) ukázali, že vnitřní prostředí může přispívat k celkové expozici polyaromatických uhlovodíků (PAU) a polychlorovaných bifenyly (PCB) více než okolní vzduch ve městě, přičemž PAU jsou lidskými karcinogeny a mutageny (Tsapakis *et Stephanou*, 2005) a, PCB mají karcinogenní a také teratogenní účinek (Breivek *et al*, 2002), Výsledky studií Šráma *et al.* (2005) a Choi *et al.* (2006) naznačují význam prenatální expozice karcinogenním PAU na vývoj plodu

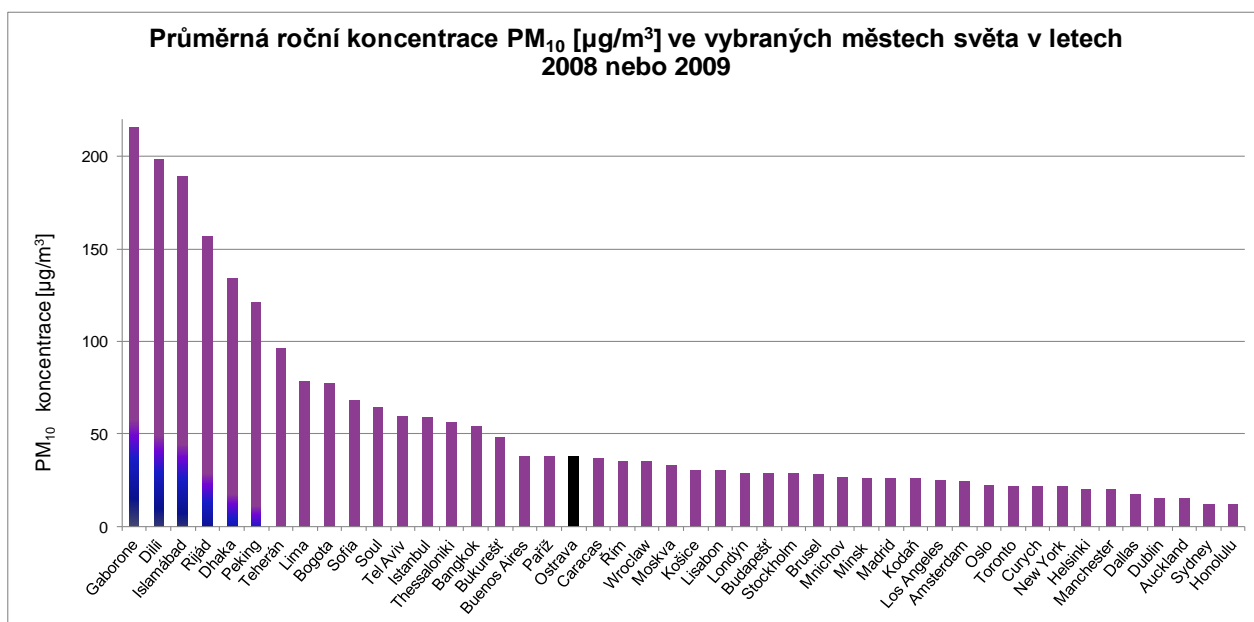
Účinky znečištěného ovzduší na lidský organismus nepůsobí na celou populaci stejně. Mezi více citlivé skupiny patří děti, lidé vyššího věku a lidé s oslabenou imunitou, vzhledem k jejich slabší imunitě, a proto jsou více zranitelní (McKee *et Rodriguez*, 1993), Zranitelnou skupinou mohou být lidé s už vyvinutými nemocemi, zvláště pak dýchacími, kardiovaskulárními nebo lidé s cukrovkou, ale také citlivé skupiny, které mají genetickou predispozici (Barrett *et al*, 2008) a těhotné ženy (Peled, 2011).

Nicméně podle Popa (2000) je obtížné odlišit, kdo je v ohrožení na zdraví a kdo nikoliv. Pope rozlišil rizikové skupiny podle krátkodobé a dlouhodobé expozice. Krátkodobá expozice zahrnuje osoby, jejichž zdravotní podmínky by mohly být zhoršeny epizodou akutní expozice. Zde lze zahrnout velmi mladé a starší osoby, dále také osoby s chronickými kardiopulmonálními chorobami, chřipkou nebo astmatem (Pope, 2000). U dlouhodobé expozice již není tolik důkazů, že by kumulativní expozice byla pro určitou skupinu lidí specifická, nicméně starší osoby s relativně vyšším rizikem úmrtí mohou být považovány za rizikovou skupinu. Ačkoli relativní dopady suspendovaných částic (<PM₁₀) jsou větší u dýchacího systému než u kardiovaskulárního, počet úmrtí na zvýšené koncentrace PM₁₀ je mnohem větší u kardiovaskulárních než dýchacích potíží, v důsledku vyššího výskytu kardiovaskulárního onemocnění v obecné populaci, zaviněné právě nejen znečištěným ovzduším (Bai *et al.*, 2007).

Podle Zhoua *et al.* (2011) se však účinky prachových částic na denní mortalitu liší, v závislosti na typu zdroje znečištění, ročním období a souhlasí s tím, že složení prachových částic má značný vliv na zdravotních účincích prachových částic.

3.6 Ostrava z celosvětové perspektivy

Obrázek 11 porovnává Ostravu v celosvětovém měřítku z hlediska znečištění PM₁₀ částicemi, respektive průměrných ročních koncentrací PM₁₀ ve vybraných městech světa. Valná většina pozorovaných měst jsou městy hlavními, minimálně do rozlohy a počtu obyvatel klasifikována jako velká, kde se dá předpokládat znečištění ovzduší charakteristické pro městské prostředí. Mezi městy s vyšší průměrnou roční koncentrací než má Ostrava jsou pouze tři evropská města (Paříž, Bukurešť a Sofie). Z toho vyplývá, že ostatní více znečištěná města se nachází v Asii, Jižní Americe a Africe. Naopak, nižší hodnoty znečištění vykazují převážně evropské země, Severní Amerika a Oceánie.



Obrázek 1 Průměrná roční koncentrace PM₁₀ ve vybraných světových městech v porovnání s Ostravou v letech 2008 nebo 2009

Zdroj: WHO (2010), vlastní zpracování

Průměrné roční koncentrace ve vybraných městech světa pocházejí z roku 2008 nebo 2009. Můžeme tedy říct, že situace v Ostravě nepatří k těm příznivým, alespoň z evropské perspektivy.

3.7 Zdravotní studie týkající se Ostravy

Jedna z prvních zdravotních studií týkající se znečištění ovzduší v Ostravě proběhla v letech 1994-1997. Tento výzkumný projekt EU – znečištění ovzduší a respiračního zdraví, nazvaný CESAR (Šlachtova *et al.*, 1998), byl realizován v několika oblastech Polska, Maďarska, Rumunska, Bulharska, Slovenska a České republiky. V ČR byly vybrány čtyři oblasti v rámci jednoho města a to právě Ostravy (tři z nich byly oblasti znečištěné a oblast Ostrava-Poruba jako kontrolní čistá). Přívlastek čistá je nutné chápat s menším nadhledem, protože průměrná roční koncentrace PM_{10} v roce 1997 byla v Porubě $37\mu\text{g}/\text{m}^3$ a v ostatních třech stanicích, které měřily PM_{10} dosahovaly koncentrací $45\text{-}49\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ČHMÚ, 2012b). Věk dětí byl 7-11 let a jejich počet byl stanoven na čtyřech tisících z každé země. V průběhu projektu bylo realizováno: měření ovzduší (1789 vzorků- koncentrace PM_{10} a $PM_{2,5}$, SO_2 , NO_2); zdravotní dotazníková studie (3672 dotazníků); šetření funkce plic (1753 vyšetření); imunologická studie (528 vzorků krve) a studie vnímání rizika (716 dotazníků).

Následně v letech 1998-2000 byl řešen další projekt EU INCO-Copernicus, který byl zaměřen na víceúrovňové modelování dat získaných v rámci studie CESAR. Využitím dat z předcházejících dvou projektů a dalších projektů ze zemí západní Evropy a Severní Ameriky byl v období 2002-2004 Zdravotním ústavem se sídlem v Ostravě řešen projekt Evropské unie PATY, což byla meta-analýza dvanácti průřezových studií respiračního zdraví a znečištění (ve 13 zemích), která prokázala vztah koncentrací PM_{10} k výskytu kašle a NO_2 k výskytu inhalačních alergií, ale vztah astmatu ke koncentracím PM_{10} nebyl prokázán. U studií, v nichž měření funkce plic bylo realizováno v jarním nebo letním období, výsledky prokázaly významnější negativní účinek PM_{10} na funkci plic, než výsledky studií realizovaných v zimě. Toto zjištění indukuje vztah mezi plicními funkcemi a „letním smogem“.

Studie Houthuijse *et al.* (2001), která shrnuje výsledky projektu CESAR, naznačuje, že ve výše sledovaných oblastech, tedy i na Ostravsku průměrně 4,6 % denní úmrtnosti je předčasným úmrtím v souvislosti s krátkodobým znečištěním ovzduší suspendovanými částicemi. Také 5,5 % denních nemocničních přijetí je spojeno s krátkodobou úrovní koncentrací suspendovaných částic. Studie z U.S.A.

konstatují, že životní vyhlídky lidí žijících v oblastech s vysokou úrovní aerosolových koncentrací jsou kratší než u lidí žijících v oblastech s nižší úrovní. Předkládané výsledky v této studii ukazují, že roční koncentrace PM ve střední a východní Evropě převyšují limity EU, což může vést k značným obtížím onemocnění a předčasnému úmrtí.

V posledních třech letech se na Ostravsku provádělo několik výzkumů zaměřených na kvalitu zdraví v souvislosti se znečištěným ovzduším. Většina těchto studií byla prováděna pod vedením MUDr. Radima Šráma z Ústavu experimentální medicíny akademie věd ČR (ÚEM AV ČR). Cílem expertů z ÚEM AV ČR bylo a zůstává prozkoumat, zda znečištěné ovzduší v Ostravě má přímý vliv na zdraví dětí. Tento nový unikátní výzkum je zaměřen na jihočeské Prachatice, tedy na oblast, kde jsou děti méně vážně nemocné, a na ostravskou městskou část Radvanice a Bartovice, kde naopak bronchiálním astmatem trpí čtyřikrát více dětí než jinde v zemi. Do průzkumu se během listopadu 2008 zapojilo 200 dětí z obou oblastí. Výsledky naznačují, že děti trpící astmatem v Prachaticích mají alergický typ astmatu, naproti tomu u ostravských dětí spíše převažuje nealergický typ astmatu a chronická hypoxie (Líbalová *et al.*, 2011)

Dalším cílem projektu ÚEM AV ČR bylo zhodnotit expozici znečištění ovzduší na lidský organismus. V rámci výzkumu byly sledovány tři skupiny dobrovolníků: sedmdesát pracovníků Krajského úřadu MSK v Ostravě, třidvacet městských strážníků v Karviné a jako kontrolní skupina městští strážníci v Praze v počtu 65 osob. Studie byla zahájena v průběhu zimy roku 2008 s cílem objektivně zjistit, zda koncentrace znečišťujících látek v ovzduší vyvolávají nebo nevyvolávají změny genetického materiálu sledovaných dobrovolníků, které by mohly v příštím období ovlivňovat jejich zdravotní stav. Všichni dobrovolníci byli muži a nekuřáci. V průběhu studie byla po dobu 48 hodin hodnocena expozice jednotlivých dobrovolníků karcinogenním polycyklickým aromatickým uhlovodíkům (k-PAU), představitelem je benzo[a]pyren (B[a]P) vázaný na jemné prachové částice (PM_{2.5}). Po dobu 24 hodin byla sledována osobní expozice těkavým organickým látkám (představitelem je benzen). Po ukončení osobního monitorování proběhl odběr biologického materiálu (krve a moči) pro stanovení biologických důsledků expozice. Výsledky publikované studií (Švecová *et al.*, 2011) ukazují, že expozice B[a]P v zimním respektive letním

období v Karviné 6,9 a 0,6 ng/m³ v Praze pak 0,8 a 0,1 ng/m³. V Ostravě i přesto, že se měřila expozice úředníkům, kteří tráví více času ve vnitřních prostorech, byla expozice 2,5 a 0,4 ng/m³. Během doby, kdy probíhala tato studie, trávili úředníci z Ostravy 75.87 % času ve vnitřním prostředí, v Karviné 49-60 % a pražští strážníci pouze 46-49 %.

Ve studii Skorkovského *et al.*(2011) byl zaznamenán nejvyšší vzestup denní úmrtnosti v souvislosti se zvýšením koncentrace PM₁₀ u mužů právě v Moravskoslezském kraji v porovnání s Prahou a oblastí severočeské uhelné pánve. Všechny tři oblasti vykazovaly zvýšenou denní úmrtnost na kardiovaskulární a respirační choroby v závislosti na PM₁₀ u věkové skupiny nad 65 let.

Dalšími možnými důsledky znečištění ovzduší pro populaci Moravskoslezského kraje, se zabývá celé číslo 5-6 časopisu Ochrana ovzduší ročník 2011, kde především vědci z Ústavu experimentální medicíny, akademie věd ČR publikovali své výsledky, z nichž některé byly již citovány v této práci.

4 DATA A METODY

Charakteristika regionu

Z pohledu České republiky patří Ostrava k nejvýznamnějším sídlům, vzhledem k vysoké hustotě obyvatel a koncentraci průmyslu. Počtem obyvatel i rozlohou je Ostrava třetím největším městem republiky. V okrese Ostrava-město, které má rozlohu 332 Km² žilo k 31.12. 2011 celkově 329 961 obyvatel. Rozvoj Ostravy do značné míry ovlivňuje i rozvoj celého regionu. Ostrava spadá do mírně teplé klimatické oblasti (ČSÚ,2012a).

Ostrava se nachází na soutoku řek Odry, Opavy, Ostravice a Lučiny na severu Moravské brány. Ostrava je svou rozlohou největší město Moravskoslezského kraje. Nejsevernější část města je vzdálená cca pouhých 10 km od hranic s Polskem. Vzdálenost Slovenska směrem na jihovýchod je přibližně 60 km. Hlavní město Praha je vzdáleno 360 km na západ od Ostravy. Silniční tah z Prahy zajišťuje dálnice D1, která vede přes Brno, přímo až do Ostravy (SMO, 2011).. Železniční trasa Praha-Ostrava, je zatím jedinou tratí v republice, kde figuruje kromě společnosti České dráhy a.s. také soukromý subjekt, a to společnost RegioJet a.s. (www.regiojet.cz, 2012). V prosinci 2012 na stejnou trasu vstoupí třetí provozovatel LEO Express a.s. se svými novými švýcarskými vozy (www.le.cz, 2012). Z výše uvedeného je zřejmé, že obyvatelé Ostravy (a okolí) tuto trasu velmi často využívají a do Prahy jezdí, ku příkladu za účelem studia, práce, kultury anebo ji využívají pouze jako přestupnou stanici na pražské ležiště. Čísla o počtu ostravských studentů studujících v Praze, stejně tak i pracujících nejsou známy.

Charakteristickým rysem těžkého průmyslu je jeho koncentrace do několika geografických oblastí, které určují regionální ekonomiku a zaměstnanost. V hutnictví železa bylo v Ostravě v minulosti dokonce zaměstnáno 70 % všech pracovníků v tomto odvětví v ČR. Další průmyslová odvětví (zemědělská výroba a z velké části i terciér plní doplňkovou funkci). V celkovém výčtu však schází větší zastoupení zpracovatelského a spotřebního průmyslu. Shrňme-li uvedené informace, můžeme konstatovat, že převažují hutnictví železa, těžké strojírenství, chemický průmysl, výroba elektrické energie a stavebnictví (SMO, 2011)

4.1 Data

IMISE

V současnosti (2012) se na území statutárního města Ostrava monitoruje kvalita ovzduší celkově na 9 stanicích, přičemž většinu z nich provozuje Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) Ostrava, respektive 6 stanic. Zdravotní ústav Ostrava (ZÚOVA) provozuje 3 stanice, přičemž 2 z nich společně se statutárním městem Ostrava. Mapu Ostravy s vyznačenými městskými obvody, kde probíhá v současnosti imisní monitoring, znázorňuje Obrázek 22. Měsíční průměry jednotlivých škodlivin byly získány zprůměrováním minimálně dvou stanic, nicméně převažovalo průměrování čtyř až šesti stanic. Charakteristika a typ stanice je v Tabulka 11. Při názvu stanice budou již použity jen části obce nebo jejich první tři písmena, to znamená, že Ostrava-Poruba bude pod zkratkou „Poruba“ nebo „por“.

Vzhledem k ověřeným a verifikovaným datům byla do této studie zahrnuta data pouze od ČHMÚ, s výjimkou stanice Ostrava-Radvanice, jejímž vlastníkem je ZÚOVA. ČHMÚ přestal monitorovat v této lokalitě v roce 2005, to znamená, že od roku 2006-2011 byla použita data, která byla monitorována zdravotním ústavem. Základními typem imisních řad, které byly v této studii použity, byly měsíční koncentrace. V případě naznačení trendu imisí však byly použity roční průměrné koncentrace. Sezónní fluktuační by zhoršovali znázornění dlouhodobého trendu.

Veškerá imisní data respektive měsíční průměry SMP, PM₁₀, NO₂ a CO byly poskytnuty paní Mgr. Blankou Krejčí z ostravské pobočky Českého hydrometeorologického ústavu včetně již zmíněných dat od ZÚOVA.

EMISE

Emisní data měla roční charakter. Emisní data z mobilních zdrojů tzv. REZZO IV (registr emisních zdrojů znečištění ovzduší) jsou dostupná pouze na krajské úrovni nikoliv za okres Ostrava-město jak je tomu u velkých, středních a malých zdrojů respektive REZZO I, REZZO II a REZZO III. Pro účel této studie byla emisní data z mobilních zdrojů REZZO IV za okres Ostrava-město odhadnuta. Vzhledem k tomu, že pozemní doprava tvoří převážnou část těchto emisí, předpokládá se, že i matematicky modelované a spočítané emise pochází právě z dopravy. Způsob

odhadu byl následující. Byl zjištěn počet registrovaných vozidel ve všech okresech Moravskoslezského kraje, tedy Ostrava-město, Karviná, Frýdek-Místek, Opava, Bruntál a Nový Jičín. Na základě poznatku o procentuálním zastoupení počtu vozidel v jednotlivých okresech byla stejná procentuální část vypočtena z REZZO IV, které je součtem všech mobilních zdrojů emisí v Moravskoslezském kraji. Procentuální zastoupení všech registrovaných vozidel v okrese Ostrava-město v Moravskoslezském kraji bylo od roku 2000 25,47% do roku 2010 26,27%. To znamená, že zaokrouhleně 26 % ze všech mobilních emisí, které jsou dostupné za Moravskoslezský kraj. Z celkové hodnoty mobilních emisí za kraj jsme vždy počítali s 26 % z celku. Podobná metoda nebyla nikde nalezena, ale předpokládáme, že pro tento typ studie může být použita a zdá se být i vhodně zvolena, nicméně u výsledků, kde figuruje právě tato hodnota, je nezbytné brát tento fakt v úvahu.

Emisní data byla získána na internetových stránkách Českého hydrometeorologického ústavu, avšak pouze pro roky 1995-2010 (ČHMÚ, 2012c). Starší data byla ručně přepsána do elektronické podoby z ročenek v tištěné podobě, které bylo poskytnuto oddělením emisních zdrojů ČHMÚ (ČTIŽP 1985-1989, ČTIOO 1990-1992, ČIŽP 1993-1995).

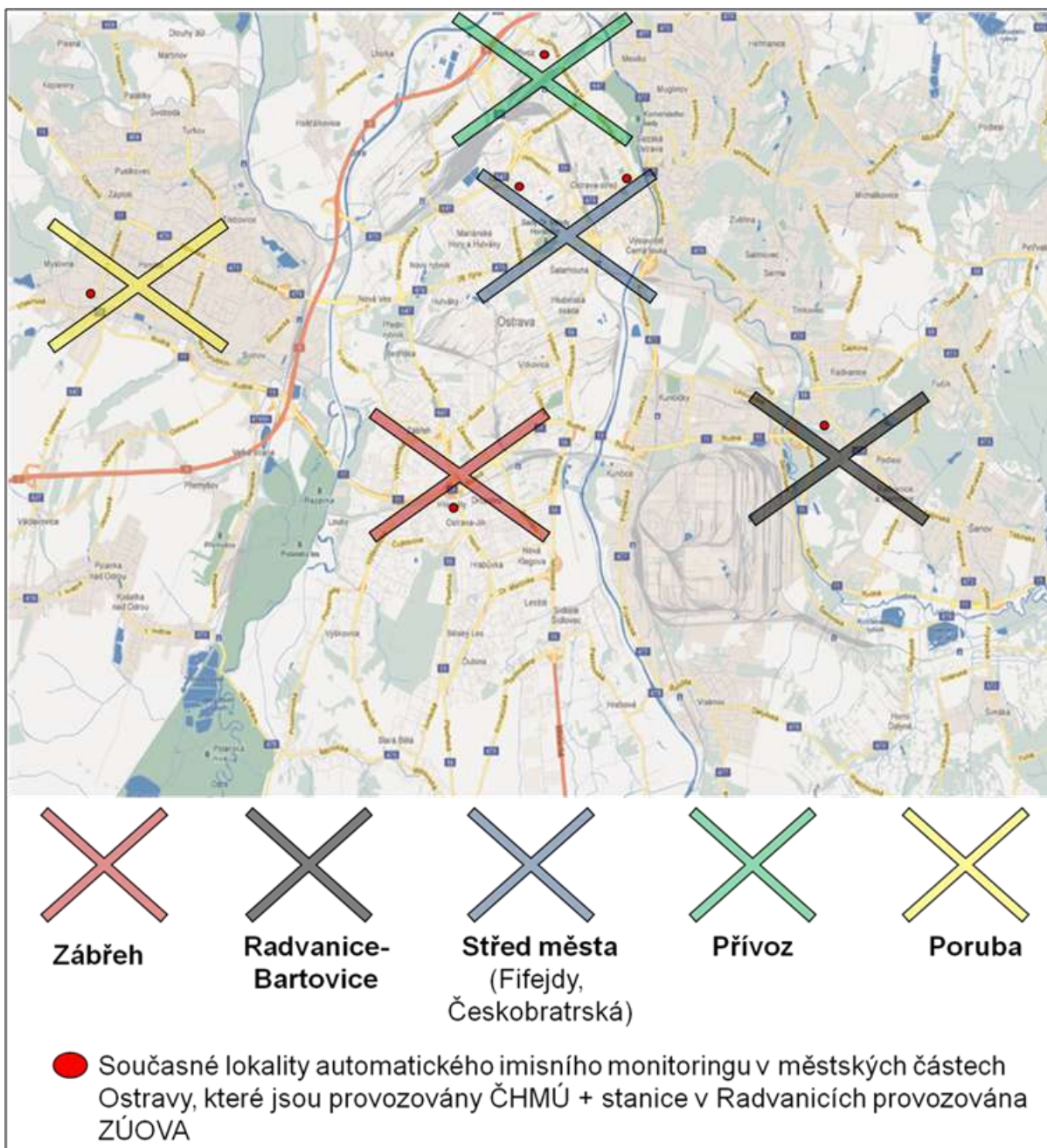
Tabulka 1 Celkový výčet stanic monitorujících kvalitu ovzduší v Ostravě s doplňujícími informacemi

| Kód | Název stanice | Typ stanice | Charakteristika zóny | Zeměpisná šířka/délka | Nadm. výška | Měřené polutanty | Doba měření | vlastník |
|------|----------------------------------|-------------|------------------------------|---------------------------------------|-------------|---|-------------|---------------------------------|
| TOCB | Ostrava-Českoobrátská (hot spot) | dopravní | obchodní, obytná | 49° 50' 23.451" sš 18° 17' 23.914" vd | 215 | NO, NO ₂ , NO _x , CO, BZ, TLN | 2005- | ČHMÚ |
| XMOL | MobilL | | | 49° 48' 24.854" sš 18° 20' 17.429" vd | 245 | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , CO, O ₃ , PM ₁₀ , BZ, TLN | 2003- | ČHMÚ |
| TOFF | Ostrava-Fifejdy | požadová | obytná | 49° 50' 21.075" sš 18° 15' 49.281" vd | 220 | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , CO, O ₃ , PM ₁₀ , BZ, TLN | 1992- | ČHMÚ |
| TOMH | Ostrava-Mariánské Hory | průmyslová | průmyslová; obytná | 49° 49' 29.495" sš 18° 15' 49.157" vd | 225 | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PM ₁₀ , PAHs, VOC | 2004- | ZÚ, Statutární město Ostrava |
| TOPU | Ostrava-Poruba IV. | požadová | obytná | 49° 50' 2.165" sš 18° 10' 46.037" vd | 233 | PM ₁₀ , SPM | 1998- | ZÚ |
| TOPO | Ostrava-Poruba/ČHMÚ | požadová | obytná | 49° 49' 31.060" sš 18° 9' 33.390" vd | 242 | BZ, SO ₂ , NO, NO ₂ , PM _{2.5} , PM ₁₀ , NO _x , SPM | 1970- | ČHMÚ |
| TOPR | Ostrava-Přívoz | průmyslová | průmyslová; obytná | 49° 51' 22.530" sš 18° 16' 11.068" vd | 207 | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , CO, PM _{2.5} , PM ₁₀ , BZ, TLN | 1999- | ČHMÚ |
| TORE | Ostrava-Radvanice ZÚ | průmyslová | průmyslová; obytná | 49° 48' 25.403" sš 18° 20' 20.897" vd | 263 | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PM _{2.5} , PM ₁₀ | 2003- | ZÚ, Statutární město Ostrava |
| TOZR | Ostrava-Zábřeh | požadová | obytná | 49° 47' 45.742" sš 18° 14' 49.851" vd | 235 | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , PM _{2.5} , PM ₁₀ , CO, SPM | 1993- | ČHMÚ |
| TOBL | Ostrava-Bělský Les | | | 49° 47' 22.081" sš 18° 14' 57.830" vd | 238 | SO ₂ , SPM | 1970-1975 | ČHMÚ |
| TOCL | Ostrava-Černá Louka | | | 49° 50' 56.465" sš 18° 17' 33.417" vd | 210 | SO ₂ , SPM | 1970-1987 | ČHMÚ |
| TODD | Ostrava-domov důchodců | průmyslová | obytná | 49° 51' 26.005" sš 18° 16' 9.997" vd | 210 | SO ₂ , NO _x , SPM | 1980-1995 | ZÚ |
| TOEF | Ostrava-EF VŠB | | | 49° 50' 25.003" sš 18° 17' 34.001" vd | 220 | NO ₂ , NO _x | 1981-1995 | ZÚ |
| TOFN | Ostrava-fak.nemocnice | požadová | obytná; průmyslová | 49° 48' 37.996" sš 18° 15' 4.999" vd | 230 | SO ₂ , NO _x , SPM | 1981-2003 | ZÚ |
| TOHR | Ostrava-Hrabůvka | | | 49° 47' 33.726" sš 18° 16' 55.700" vd | 230 | SO ₂ , NO ₂ , NO _x | 1988-1993 | ČHMÚ |
| TOHN | Ostrava-Hranečnick | | | 49° 49' 18.000" sš 18° 19' 10.996" vd | 216 | SO ₂ | 1989-1993 | ČHMÚ |
| TONH | Ostrava-NH | | | 49° 48' 15.007" sš 18° 18' 16.999" vd | 230 | SO ₂ , NO _x , SPM | 1980-1997 | ZÚ |
| TONO | Ostrava-Novinářská | dopravní | obytná; obchodní; průmyslová | 49° 50' 15.994" sš 18° 15' 51.004" vd | 225 | SO ₂ , NO _x , SPM | 1982-2001 | ZÚ |
| TOPE | Ostrava-Petřkovice | | | 49° 52' 49.926" sš 18° 16' 16.588" vd | 250 | SO ₂ , SPM | 1970-1991 | ČHMÚ |
| TOPU | Ostrava-Poruba IV. | | | 49° 50' 10.995" sš 18° 11' 8.003" vd | 235 | SO ₂ , NO _x , SPM | 1981-1997 | ZÚ |
| TOPC | Ostrava-Por./V. obvod | dopravní | obytná | 49° 49' 27.146" sš 18° 11' 46.249" vd | 234 | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , CO, O ₃ , PM ₁₀ , SPM | 1993-2004 | ČHMÚ |
| TOPI | Ostrava-Přívoz ZÚ | průmyslová | průmyslová; obytná | 49° 51' 20.003" sš 18° 16' 9.997" vd | 207 | NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PM ₁₀ , SPM | 2001-2007 | ZÚ |
| TORA | Ostrava-Radvanice | požadová | obytná | 49° 49' 6.204" sš 18° 20' 14.799" vd | 256 | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , PM ₁₀ , SPM | 1993-2005 | ČHMÚ |
| TORC | Ostrava-Radvanice plicní | | | 49° 49' 7.151" sš 18° 21' 6.936" vd | 260 | SO ₂ , SPM | 1970-1979 | ČHMÚ |
| TORS | Ostrava-Radvanice Šenovská | | | 49° 48' 18.701" sš 18° 20' 39.512" vd | 273 | SO ₂ , SPM | 1970-1992 | ČHMÚ |
| TOSO | Ostrava-Slez. Ostr./ZOO | požadová | přírodní; obytná | 49° 50' 42.155" sš 18° 19' 3.004" vd | 275 | SO ₂ , SPM | 1970-2003 | ČHMÚ |
| TOSB | Ostrava-Stará Bělá | | | 49° 45' 50.496" sš 18° 14' 22.214" vd | 260 | SO ₂ | 1970-1979 | ČHMÚ |
| TOSM | Ostrava-střed města | průmyslová | | 49° 48' 59.996" sš 18° 15' 59.999" vd | 210 | SO ₂ , SPM | 1973-1995 | ORGREZ, a.s. |
| TOSV | Ostrava-Svinov | | | 49° 49' 11.299" sš 18° 13' 0.331" vd | 211 | SO ₂ , NO ₂ , NO _x | 1988-1993 | ČHMÚ |
| TOZA | Ostrava-Zábřeh | | | 49° 47' 34.001" sš 18° 14' 8.996" vd | 220 | SO ₂ , NO _x , SPM | 1982-1995 | ZÚ |
| TOZB | Ostrava-Zábřeh | | | 49° 48' 33.959" sš 18° 14' 53.360" vd | 231 | SO ₂ , SPM | 1970-1983 | ČHMÚ |
| TSOK | Slezská Ostrava-Kamenec | | | 49° 50' 50.244" sš 18° 17' 37.146" vd | 213 | SO ₂ , NO ₂ , NO _x | 1987-1993 | ČHMÚ |
| TOSB | Stará Bělá | požadová | zemědělská | 49° 46' 14.995" sš 18° 13' 35.000" vd | 260 | SO ₂ | 1988-1995 | Výzkumný ústav rostlinné výroby |

* žlutě označeny jsou stanice ČHMÚ; ** Na některých stanicích byla monitorována i meteorologie nebo i jiné polutanty, které nejsou uvedeny v tabulce

** tučně jsou označeny stanice, kde momentálně probíhá imisní monitoring

Zdroj: ČHMÚ (2012d)



Obrázek 2 Mapa Ostravy znázorňující vyznačené městské části, kde probíhá v současnosti imisní monitoring

METEOROLOGICKÁ DATA

Meteorologické údaje (průměrná měsíční teplota, celkový měsíční úhrn srážek a celková délka slunečního svitu za měsíc). Tyto údaje pocházejí z meteorologické stanice Ostrava-Mošnov, která se nachází v nadmořské výšce 251 m. Celkově se jedná o časovou řadu 1983-2011. Tyto údaje byly získány z webového serveru Českého statistického úřadu (v případě let 1998-2010). Data před rokem 1998 a

v roce 2011 byla poskytnuta v knihovně ČHMÚ v tištěné podobě ve svazcích Měsíční přehled počasí (ČHMÚ 1983-1997, 2011)

SOCIOEKONOMICKÉ UKAZATELE

Pro srovnání byly použity následující údaje:

- Délka silnic v Ostravě
- Počet registrovaných vozidel v Ostravě
- Investice do životního prostředí v Ostravě (konkrétně do ochrany ovzduší a ochrany klimatu)
- Spotřeba černého uhlí a koku v průmyslu (údaje jsou za Moravskoslezský kraj (MSK))
- Tržby v průmyslu v MSK
- Zaměstnanost v průmyslu a stavebnictví
- Míra registrované nezaměstnanosti
- Standardizovaná úmrtnost mužů a žen
- Počet úmrtí na novotvary a nemoci oběhové soustavy
- Informace o změně provozu ve velkých průmyslových objektech

Většina dat pochází z internetových stránek Českého statistického úřadu-Krajská správa ČSÚ v Ostravě. Počet registrovaných vozidel byl poskytnut Magistrátem města Ostravy (Odbor dopravně správních činností-Oddělení evidence silničních vozidel). Údaje o délce silnic vozidel v Ostravě poskytlo Ředitelství silnic a dálnic ČR (ostravská pobočka). Informace týkající se zdravotních údajů byly staženy z internetových stránek Ústavu zdravotnických informací a statistiky ČR. Nakonec data týkající se změn provozu velkých průmyslových podniků byla získána na internetových stránkách nebo v ročenkách.

4.2 Zpracování dat

Pro statistickou analýzu byl použit software MATLAB, který je vyvíjen společností MathWorks a tabulkový procesor Microsoft Excell od firmy Microsoft. Jako první byly sledovány vztahy mezi imisemi SO₂, NO₂, CO, PM₁₀ a SPM a vybranými meteorologickými ukazateli. Jelikož po aplikaci Jarque-Berova testu bylo nutné zamítnout normalitu dat, použili jsme pro jejich srovnání Spearmanovy korelační

koeficienty. Jak u imisí, tak i u meteorologických proměnných byly použity měsíční průměrné hodnoty.

Dále byly porovnávány imise v jednotlivých stanicích mezi sebou, opět jsme použili měsíční data. Opětovně byly využity Spearmanovy korelační koeficienty. Pro přibližnou představu je ve výsledcích použit grafický výstup ve formě lineárního regresního modelu. K určení vztahů mezi emisemi a imisemi jsme použili stejnou metodu. Nejprve však bylo nutné zprůměrovat měsíční data u imisí, abychom dostali průměrné roční hodnoty. K další analýze jsme použili pouze data z těch let, kde byla dostupná data ze všech měsíců.

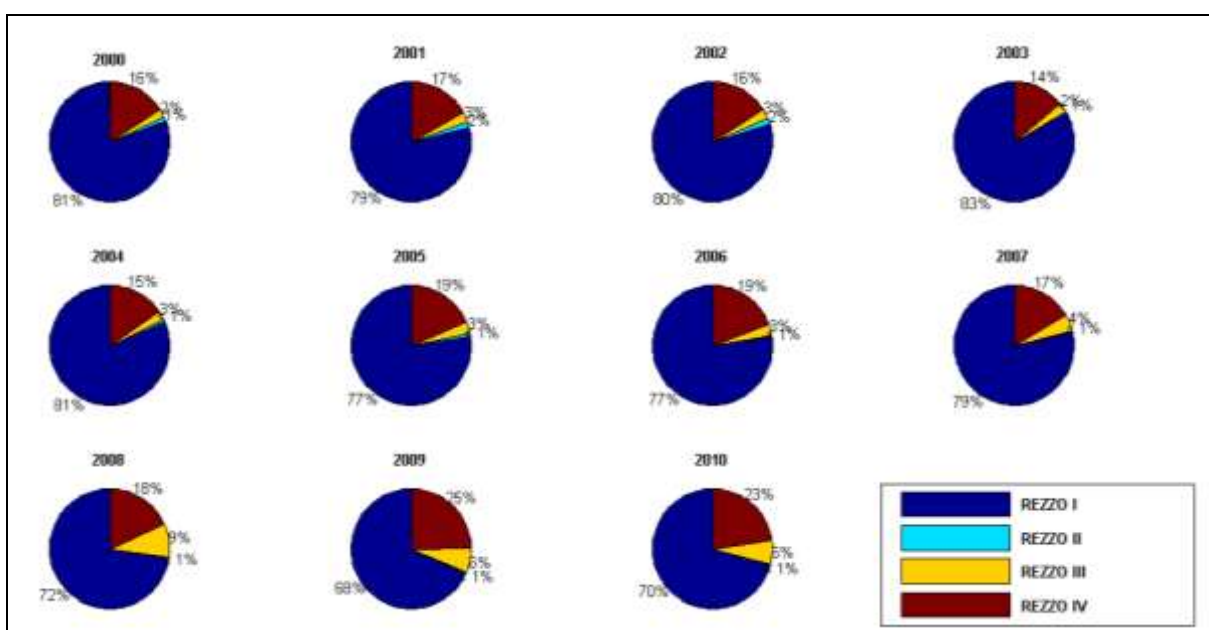
Při určování vztahů mezi imisemi, emisemi a vybranými socioekonomickými údaji jsme opět použili Spearmanovy korelační koeficienty a pro lepší představu i lineární regresi, vycházeli jsme z ročních dat.

Na závěr bylo se zjišťováno i to, zdali odstavení či otevření konkrétního průmyslového subjektu mohlo mít vliv na změnu koncentrace suspendovaných částic, respektive SPM později PM_{10} a SO_2 .

5 VÝSLEDKY

5.1 Emisní bilance v Ostravě

Z kalkulace emisních bilancí vyplývá, že převážná část škodlivin, vypouštěných na území města Ostravy pochází z průmyslových činností. Zejména z hutní výroby, zpracování uhlí a zpracování nerostných surovin. Dalšími faktory, podílejícími se na znečištění je doprava a lokální topeniště. Jednotlivé znečišťující látky, respektive jejich podíl podle registru emisí znečištění ovzduší (REZZO) vykreslují posupně obrázky 3 až 6 níže.

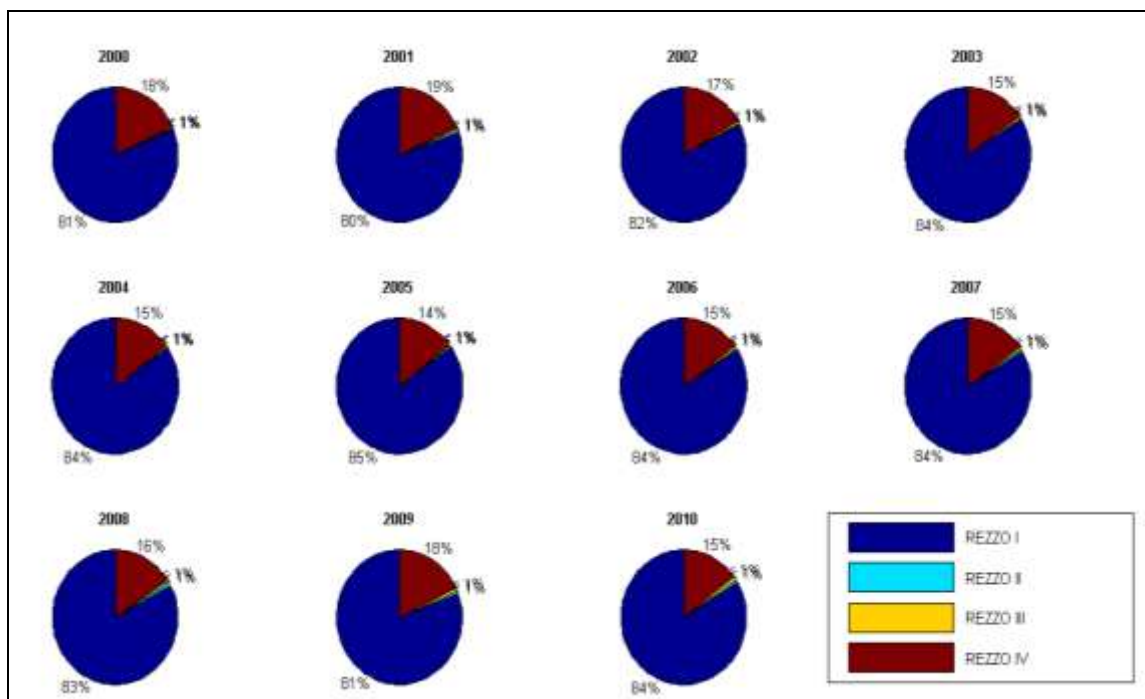


Obrázek 3 Podíl registrovaných emisních zdrojů znečištění TZL (tuhé znečišťující látky) v Ostravě v letech 2000-2010.

Zdroj: ČHMÚ, (vlastní zpracování)

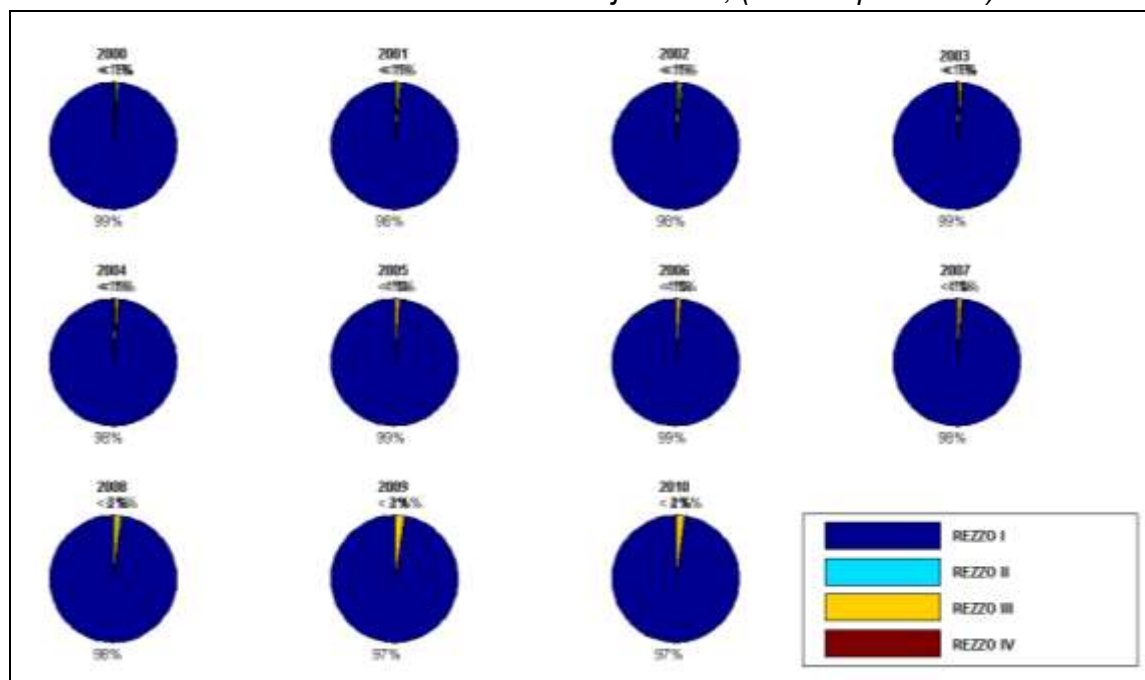
Emise z mobilních zdrojů tzv. REZZO IV jsou k dispozici pouze na krajské úrovni. Hodnota pro samostatný okres Ostrava-město byla odhadnuta (více v metodické části na straně 23). Je zřejmé, že růst emisí právě z mobilních zdrojů od roku 2000 v případě tuhých znečišťujících látek (TZL) roste, což může být pravděpodobně způsobeno i narůstajícím počtem vozidel, nicméně většinu (okolo tří čtvrtin) tvoří velké a zvláště velké zdroje znečištění (REZZO I). V případě emisí oxidů dusíků (NO_x), které jsou často spojovány s dopravou - vznikají hlavně při spalovacích

procesech, je podíl na emisní bilanci průmyslu opět výraznější. Emise oxidu siřičitého (SO₂) absolutně dominují pouze u velkých průmyslových zdrojů.



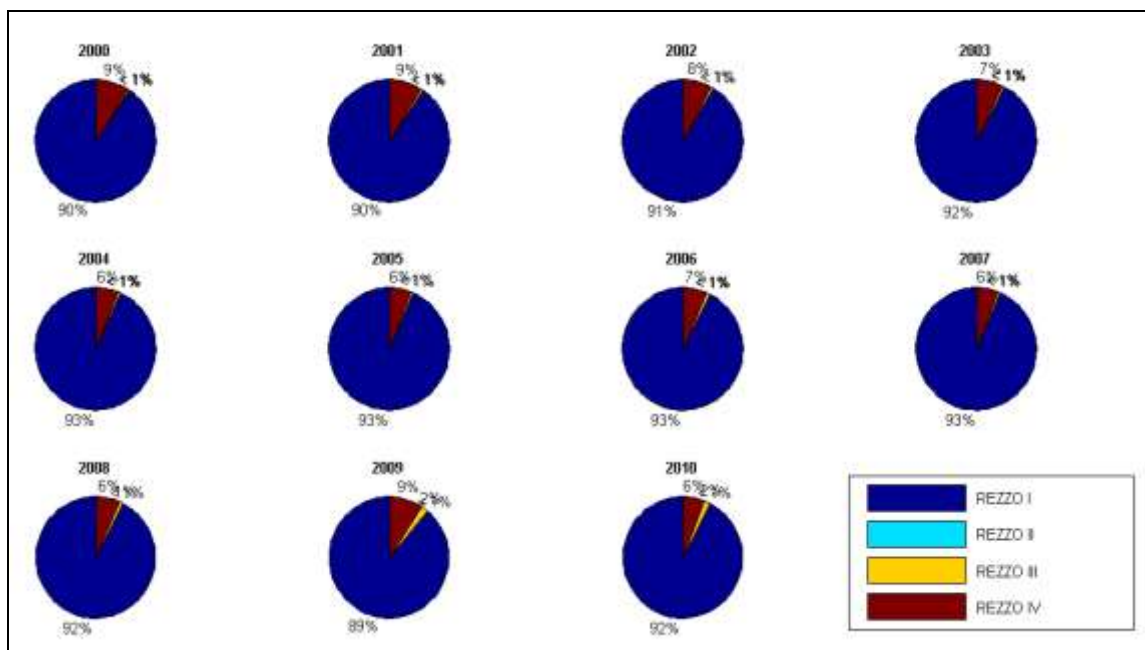
Obrázek 4 Podíl registrovaných emisních zdrojů znečištění NO_x (oxidů dusíku) v Ostravě v letech 2000-2010

Zdroj: ČHMÚ, (vlastní zpracování)



Obrázek 5 Podíl registrovaných emisních zdrojů znečištění SO₂ (oxid siřičitý) v Ostravě v letech 2000-2010

Zdroj: ČHMÚ, (vlastní zpracování)



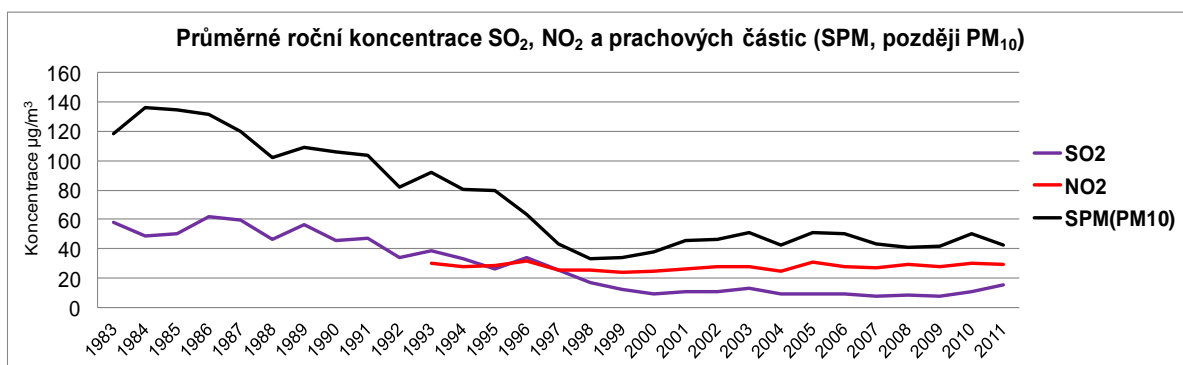
Obrázek 6 Podíl registrovaných emisních zdrojů znečištění CO (oxid uhelnatý) v Ostravě v letech 2000-2010

Zdroj: ČHMÚ, (vlastní zpracování)

Jedním ze zdrojů emisí v Ostravě může být Polsko, který však není součástí emisní bilance v Ostravě. O potenciálním vlivu Polska se zmiňují v diskusní části.

5.2 Imisní trendy a porovnání s emisemi

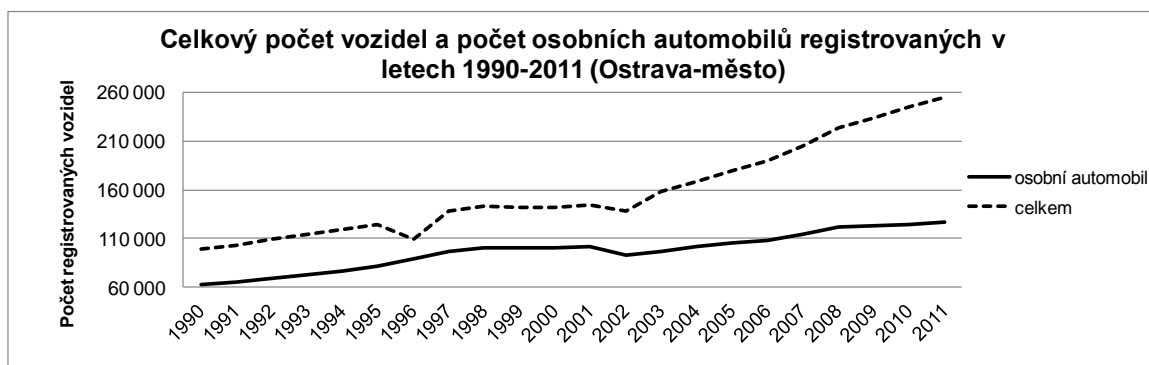
Na základě dlouhodobých imisních řad lze od roku 1983 pozorovat klesající trend v koncentracích škodlivých látek v ovzduší na území města Ostravy. V minulosti dosahovaly koncentrace několikanásobně větších hodnot než v současnosti (Viz obrázek 7).



Obrázek 7-Průměrné roční koncentrace SO₂, NO₂ a prachových částic (SPM, později PM₁₀) v Ostravě v letech 1983-2011

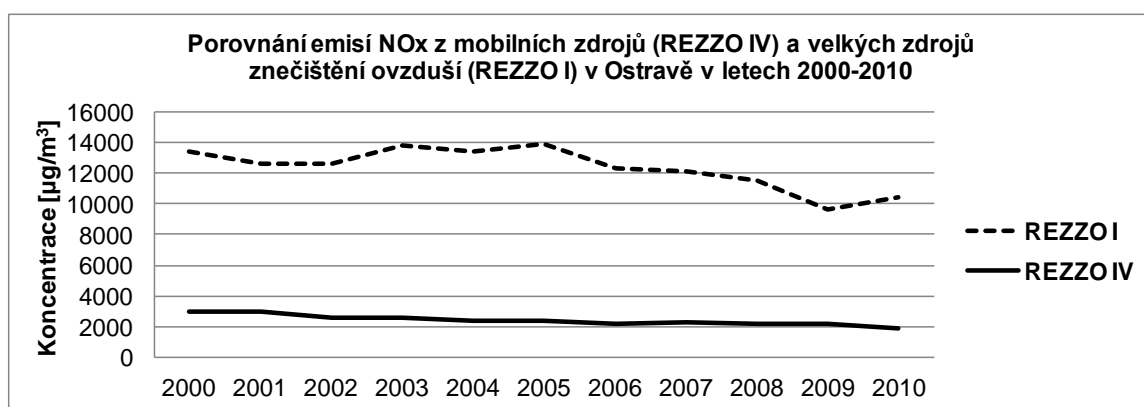
Zdroj: ČHMÚ (vlastní zpracování)

V případě suspendovaných částic se pokles zastavil v roce 1998 a poté mírně stoupal s občasným poklesem. Rozdíl mezi roční průměrnou hodnotou v koncentraci PM₁₀ mezi rokem 1998 a 2011 je 9,7µg/m³. To znamená, že roční koncentrace PM₁₀ byly nejnižší naposledy v roce 1998. Koncentrace oxidu siřičitého klesaly až do roku 2009 s mírnější vzestupem v roce 2003, nicméně v posledních dvou letech (2010-2011) koncentrace začala opět mírně stoupat. Imise NO₂ se v průběhu posledních 18 let výrazně neměnily, ačkoliv množství registrovaných vozidel stoupá viz. Obrázek 88. Důvodem, proč imise NO₂ neukazovaly výrazný trend poklesu jako SO₂ nebo PM₁₀ je ten, že i v případě emisí NO_x nebyl zaznamenán významný pokles za posledních 10 let a nejvýznamnější podíl tvoří velké zdroje znečištění ovzduší (průmysl), nikoliv doprava. Vývoj emisí REZZO I a REZZO IV, v případě NO₂ respektive NO_x je znázorněn na Obrázek 99 na následující straně.



Obrázek 8 Vývoj počtu registrovaných vozidel v letech 1990-2011 (Ostrava-město)

Zdroj: MMO, 2012



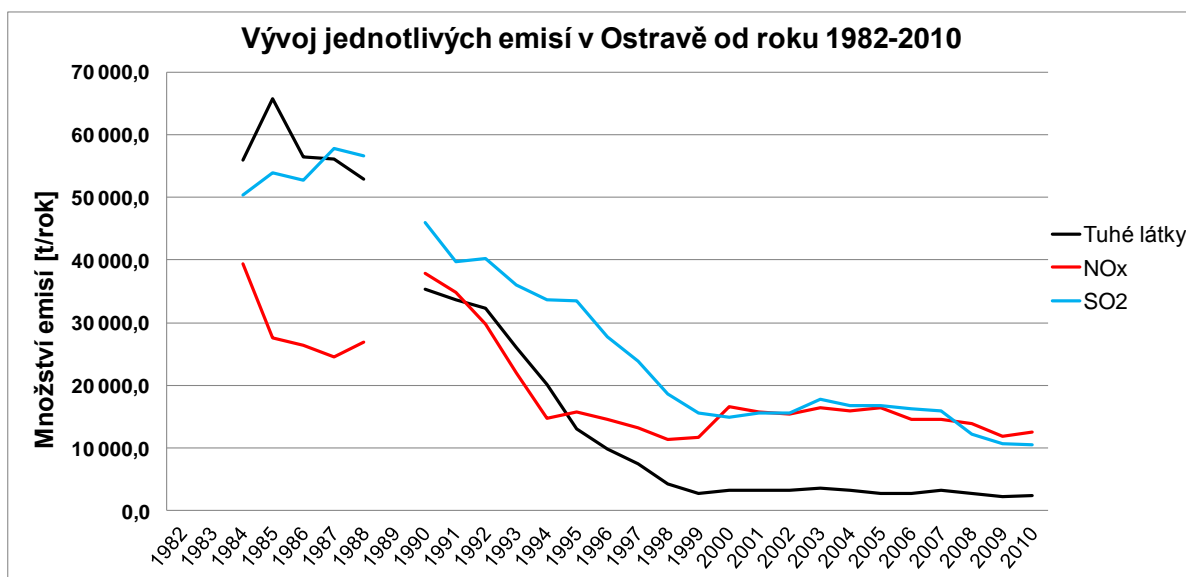
Obrázek 9 Porovnání emisí NO_x z velkých zdrojů znečištění (REZZO I) a mobilních zdrojů (REZZO IV) v Ostravě v letech 2000-2010

Zdroj: ČHMÚ 2012c, (vlastní zpracování)

Můžeme tedy usuzovat, že doprava nemá v Ostravě příznačný vliv na koncentrace NO₂ nebo s nárůstem nových modernějších vozidel se mohly emise NO₂ vyrovnat neexistuje tak dlouhá časová řada v měření NO₂, která by mohla odhalit, zdali i koncentrace NO₂ dosahovaly vyšších hodnot v minulosti, jako tomu bylo u suspendovaných částic a SO₂.

Přirozeným předpokladem by mělo být, že množství emisí by mělo mít klesající charakter vzhledem k předchozímu obrázku, kdy imise výrazně klesaly, alespoň od roku 1982 do 1998 v případě SO₂ a suspendovaných částic (SPM a PM₁₀). Následující obrázek potvrzuje, že emisní zatížení bylo taktéž v minulosti v Ostravě několikanásobně větší. V roce 2010 pozorujeme nárůst emisí TZL o 147,4 tun, u NO_x o 571,3 tun oproti předchozímu roku. Naopak mírný pokles můžeme zaznamenat v emisích SO₂, kde emise meziročně poklesly o 206,8 tun. Emisní bilance všech zdrojů

(REZZO I-IV) však nebyly v rámci okresu Ostrava-město roku 1982 modelovány. V letech 1982-1993 jsou údaje pouze z velkých zdrojů (REZZO I), od roku 1994 do roku 1999 jsou již dostupná data i ze středních a malých zdrojů (REZZO II a III) a až od roku 2000 existují informace o mobilních emisích (REZZO IV), bohužel však jen na krajské úrovni, nicméně pro Ostravu byl jejich podíl odhadnut (viz. metodická část). Data za rok 1983 a 1989 nejsou k dispozici.

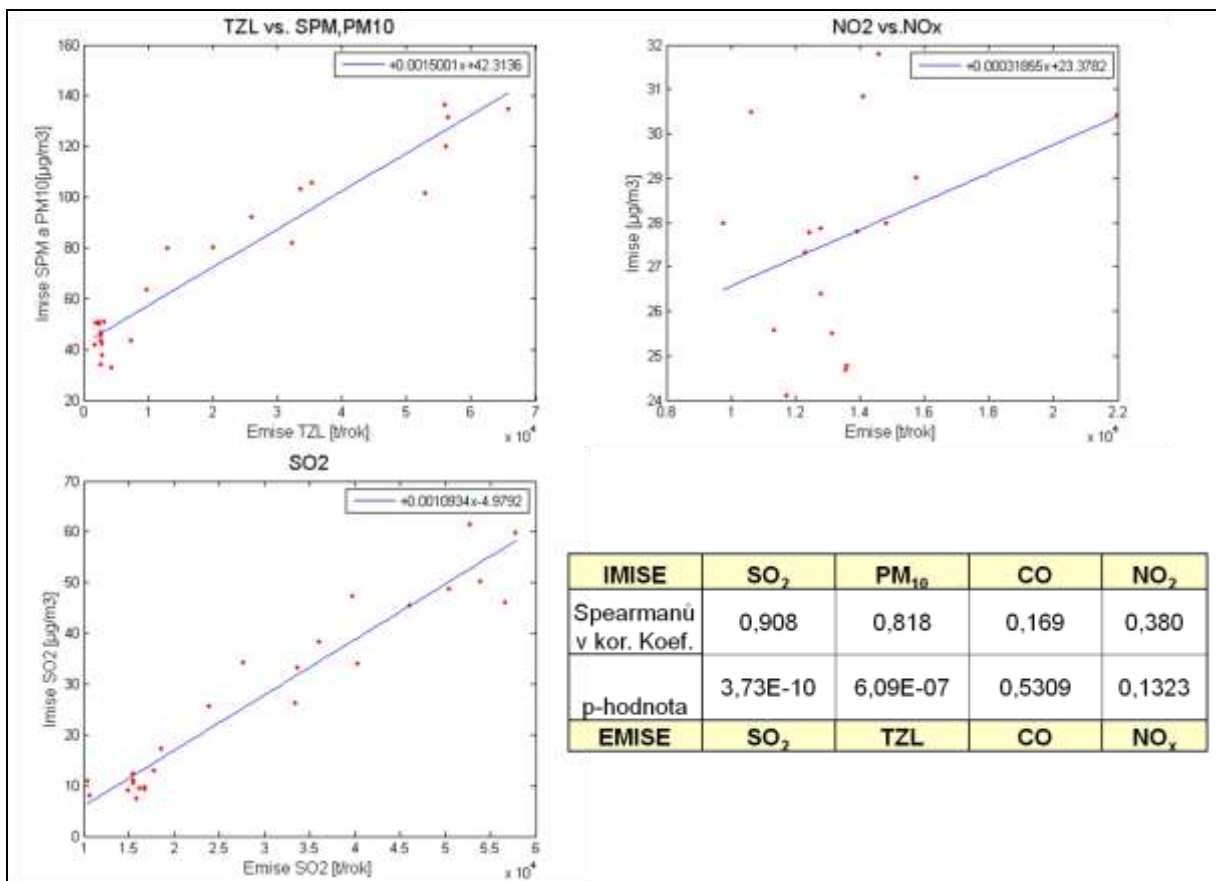


Obrázek 10 Vývoj emisí v Ostravě od roku 1982-2010

Zdroj: ČTIŽP 1985-1989, ČTIOO (1990-1992), ČIŽP 1993-1995, ČHMÚ 2012c. (vlastní zpracování)

Předchozí dva grafy ukazující dlouhodobé trendy průměrných koncentrací v Ostravě, stejně tak i množství emisí vypuštěných do ovzduší na území města jsou si podobné ve výrazném klesajícím trendu. Kvalita ovzduší v Ostravě byla v minulosti mnohem horší, než je v současnosti.

Následující obrázek srovnává graficky a numericky vztahy mezi imisemi a emisemi jednotlivých polutantů. Dá se předpokládat, že závislost by měla být silná v případě SO₂ a PM₁₀.

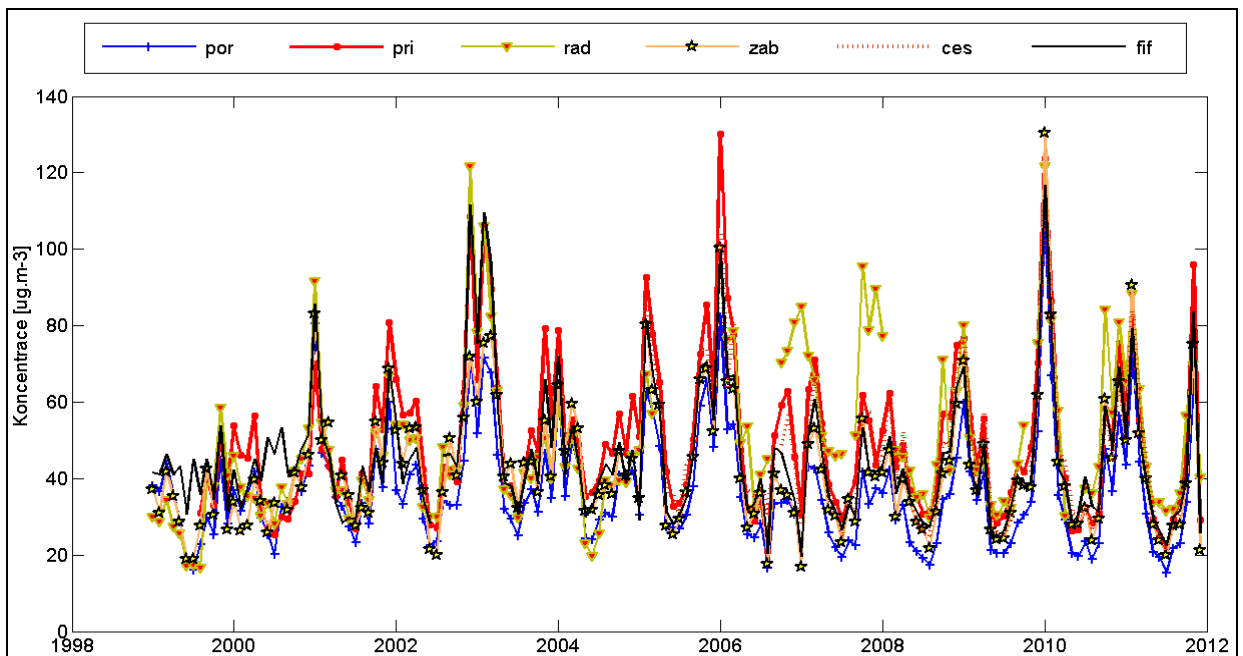


Obrázek 11 Vzájemná závislost imisí a emisí v Ostravě v letech 1982-2010

Všechna data jsou kladně korelována, takže při růstu emisí můžeme očekávat i růst imisí a naopak. Ve dvou případech (SO₂ a TZL) jsou korelační koeficienty velmi vysoké. Pravděpodobný důvod vysokého koeficientu u SO₂ (0,908) je ten, že i přes to, že do roku 2000 chybí podíl emisí z mobilních zdrojů, tak u oxidu siřičitého je to zanedbatelné, vzhledem k tomu, že SO₂ pochází zejména z velkých zdrojů, jak je zřejmé z obrázku ve výsledcích v podkapitole **Emisní bilance v Ostravě**. Naproti emise TZL, které jsou také zdrojem dopravy (REZZO IV) tím pádem chybí. Podíl emisí z mobilních zdrojů od roku 2000 vzrostl ze 17 na 25 %. Lze se domnívat, že emise z dopravy před rokem 2000 měly menší podíl než 17 %, vzhledem k tomu, že počet registrovaných vozidel byl menší v roce 1990 než 2000, jak můžeme vidět v grafu na obrázku 6. Tímto se může vysvětlovat menší koeficient (0,818) než u SO₂, nicméně i tak se jedná o významnou závislost. V případě oxidů dusíku a oxidu uhelnatého není zřejmá žádná přímá souvislost.

5.3 Imisní situace na jednotlivých stanicích

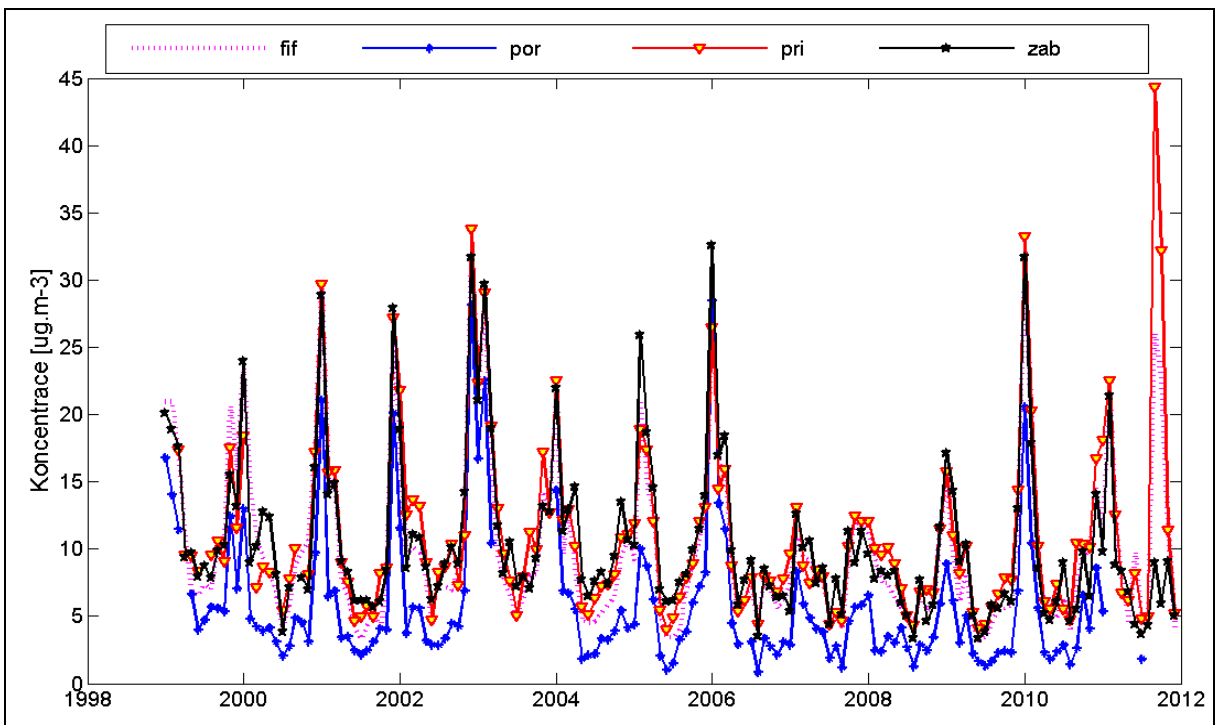
Následující grafy 12-15 vykreslují průběh jednotlivých hlavních polutantů měřených na ostravských stanicích v posledních letech. Z grafů je evidentní, že koncentrace PM₁₀ přesahují hodnotu ročního imisního limitu 40 μg/m³ na všech stanicích a to dokonce i v Porubě, která se považuje za nejčistější lokalitu v Ostravě. Ovšem ze všech 6 stanic, bylo překročení ročního imisního limitu v Porubě nejméně časté. V případě polutantů NO₂ a CO je významná vyšší koncentrace na stanicích Českobratrská tzv. "hot-spot" stanice, protože se jedná o dopravní stanici a imise jsou měřeny bezprostředně u cesty, proto je nárůst oxidu dusičitého a uhelnatého vyšší než na jiných stanicích.



Obrázek 12 Průměrné měsíční koncentrace PM₁₀ na stanicích Fifejdy, Poruba, Přívoz, Radvanice, Zábřeh a Českobratrská v letech 1999-2011.

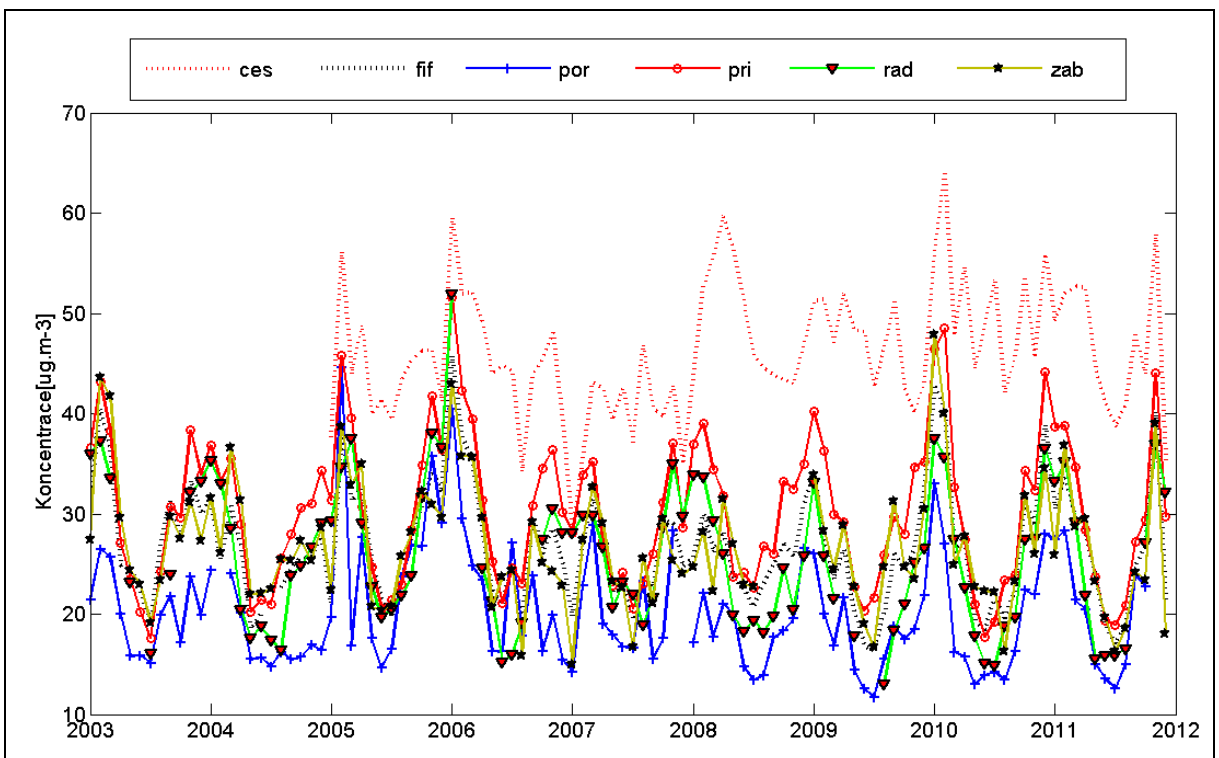
*Stanice Českobratrská až od roku 2005

Zdroj: ČHMÚ, (vlastní zpracování)



Obrázek 13 Průměrné měsíční koncentrace SO₂ na stanicích Fifejdy, Poruba, Přívoz a Zábřeh v letech 1999-2011

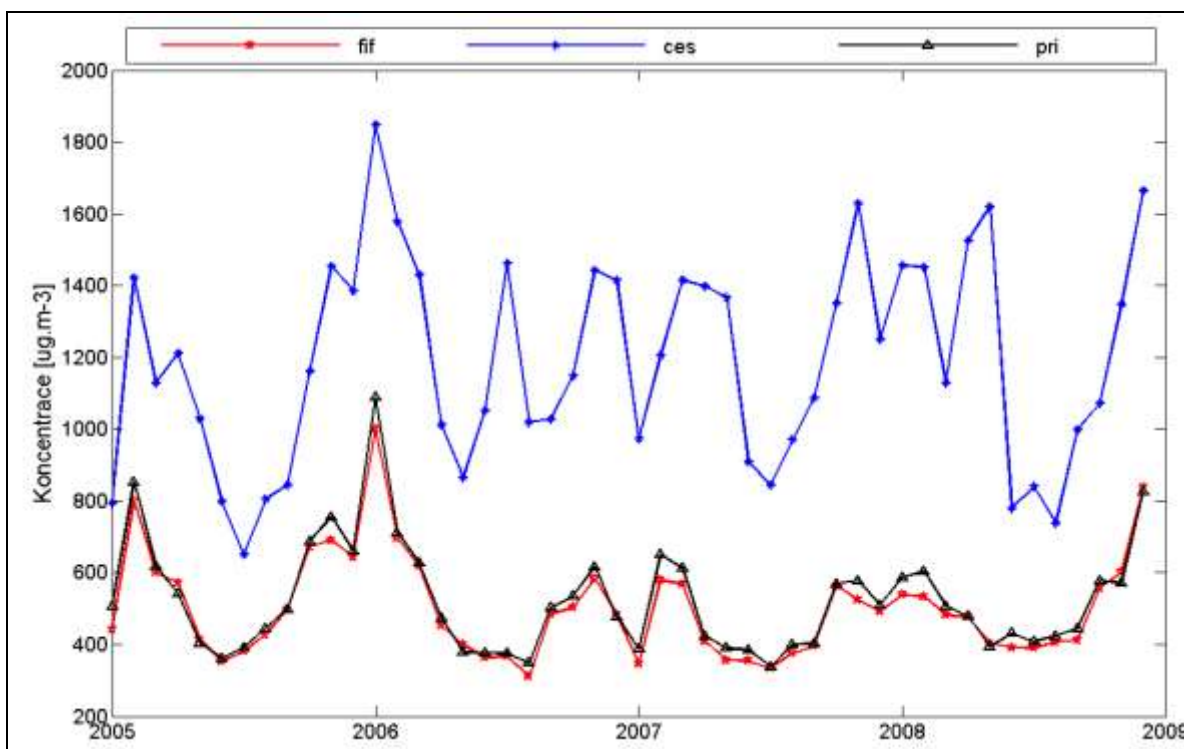
Zdroj: ČHMÚ, (vlastní zpracování)



Obrázek 14 Průměrné měsíční koncentrace NO₂ ve stanicích Českobratrská, Fifejdy, Poruba, Přívoz, Radvanice a Zábřeh v letech 2003-2011

*Stanice Českobratrská až od roku 2005

Zdroj: ČHMÚ, (vlastní zpracování)



Obrázek 15 Průměrné měsíční koncentrace CO na stanicích Fifejdy, Českobratrská a Přívoz v letech 2005-2011

*Stanice Českobratrská až od roku 2005

Zdroj: ČHMÚ, (vlastní zpracování)

Předchozí grafické výstupy vybraných polutantů na jednotlivých stanicích neumožňují porovnat průměrné koncentrace mezi jednotlivými stanicemi důkladně. Jejich cílem je pouze ukázat úroveň znečištění v Ostravě na více lokalitách a zdůraznit, že koncentrace nevykazují extrémní odchylky mezi jednotlivými stanicemi. To potvrzuje fakt, že znečištění není problémem jen určité části Ostravy, ale celého města.

Jelikož z předchozích trendů nelze dobře zjistit vzájemné závislosti lokalit, kde probíhá imisní monitoring, byla zvolena analýza, při které se porovnávaly měsíční koncentrace jednotlivých škodlivin na několika stanicích po určitý časový úsek.

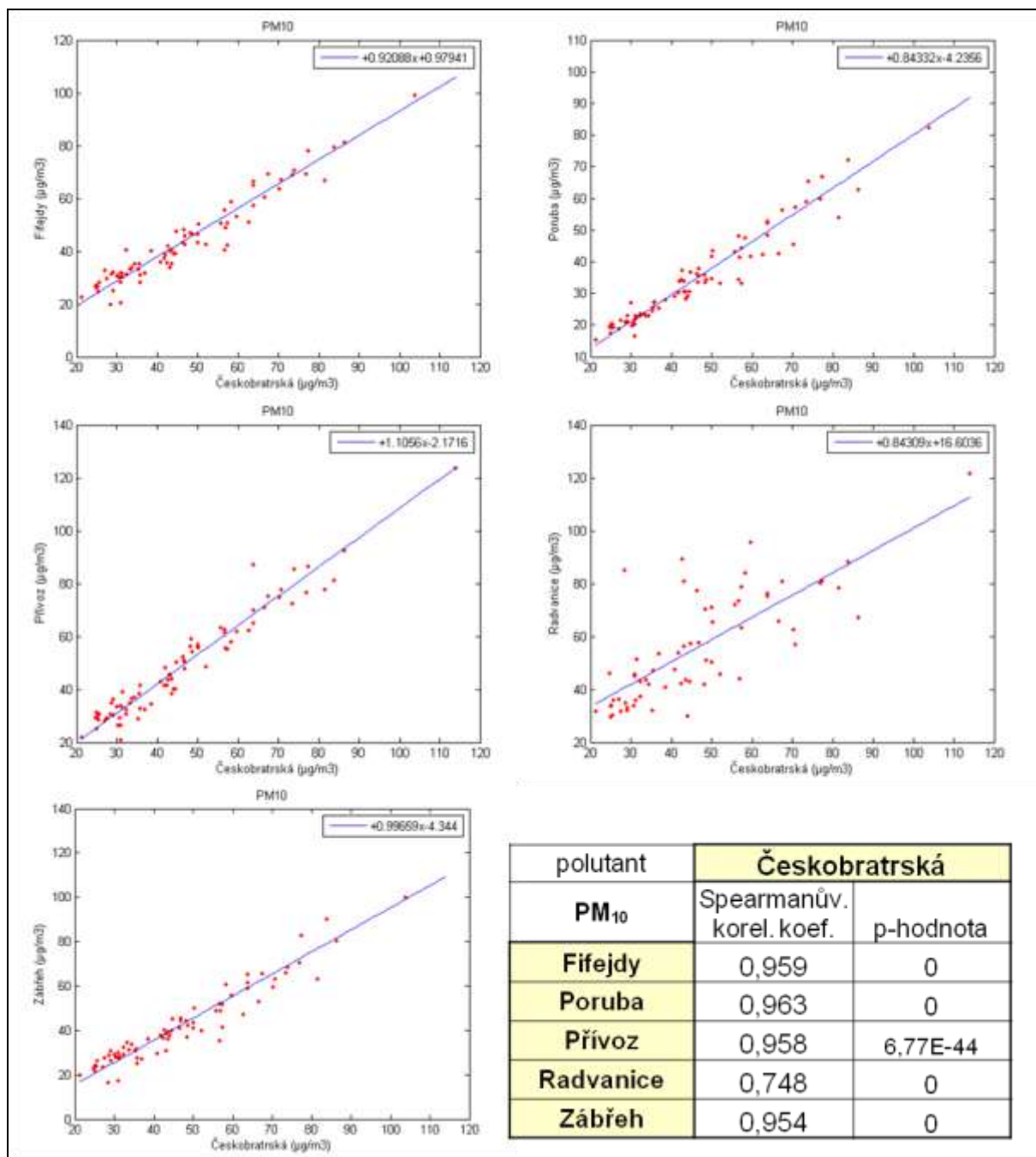
Tabulka 2 Doba, během které bylo provedeno srovnání jednotlivých polutantů na měřicích stanicích

| | PM ₁₀ | SO ₂ | NO ₂ | CO |
|----------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------|
| Českobratrská | 2005-2011 | ----- | 2005-2011 | 2005-2008 |
| Fifejdy | 1999-2011 | 1999-2011 | 2003-2011 | 2005-2008 |
| Poruba | 1999-2011 | 1999-2011 | 2003-2011 | ----- |
| Přívoz | 1999-2011 | 1999-2011 | 2003-2011 | 2005-2008 |
| Radvanice | 1999-2011 | * | 2003-2011 | ----- |
| Zábřeh | 1999-2011 | 1999-2011 | 2003-2011 | ----- |

* Srovnání koncentrací SO₂ na stanici v Radvanicích nebylo vybráno, vzhledem k velmi rozdílným hodnotám v době kdy v Radvanicích měřil ČHMÚ i ZÚOVA. Koncentrace získané od roku 2005-2011 ZÚOVA by tedy mohli být nadhodnoceny

Lineární regresí byla vyjádřena korelace pro každou kombinaci stanic a spočítán byl také Spearmanův korelační koeficient (obrázky 16-20). Velikostní frakce PM₁₀, patří ke škodlivině, jejíž imisní limity jsou v Ostravě každoročně překračovány, závislost jednotlivých stanic tohoto polutantu jsou proto znázorněna i graficky, spolu s korelačním koeficientem. U ostatních polutantů je vzájemná korelace vyčíslena pouze korelačním koeficientem.

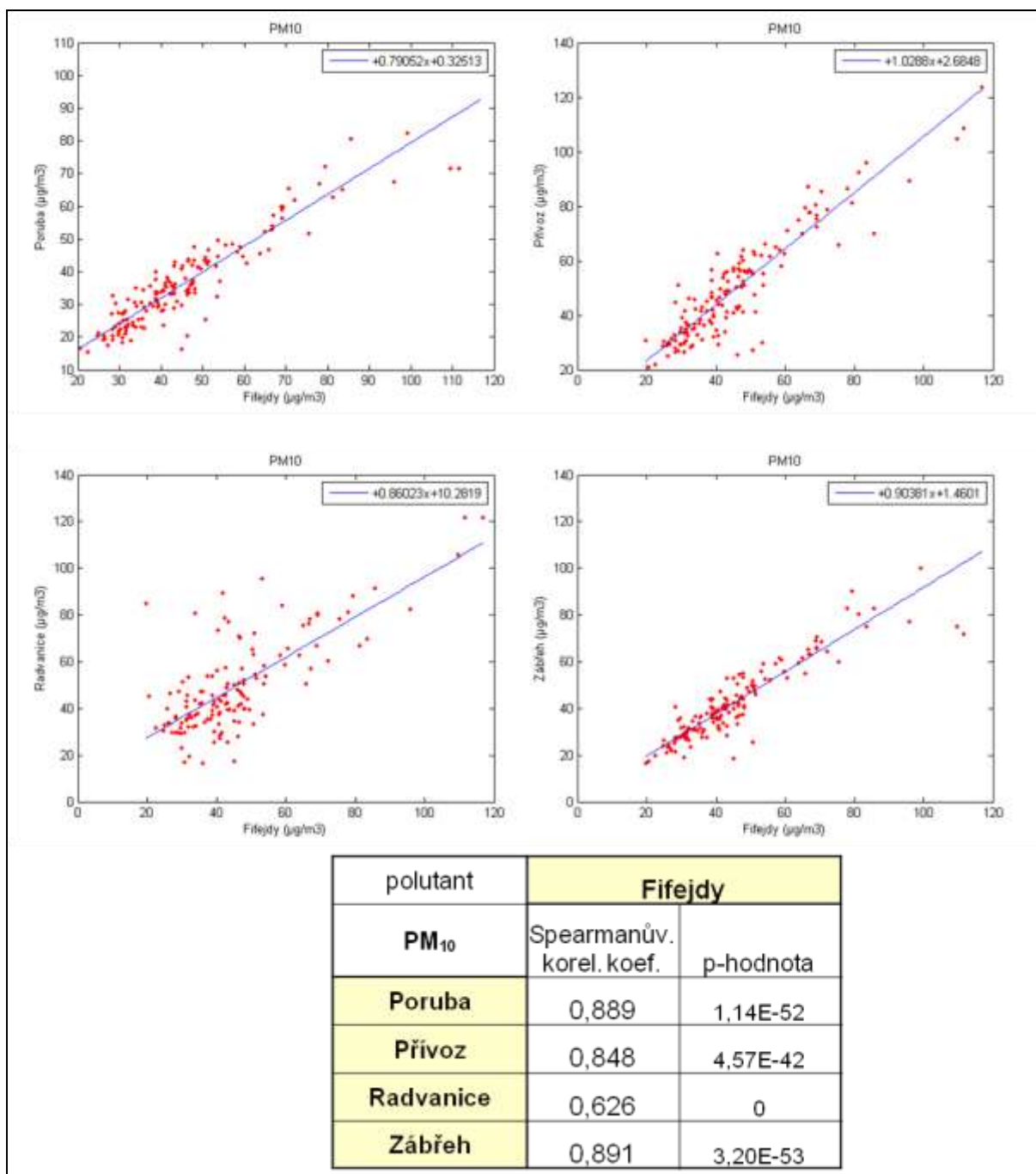
Na první pohled je zřejmé, že mezi každou dvojicí stanic je vzájemný vztah a jejich korelační matice ukazuje vysoké hodnoty mezi všemi stanicemi. Pouze stanice v Radvanicích měla nižší korelační koeficient, který se pohyboval od nejnižší hodnoty 0,626 po nejvyšší 0,771. Jako pravděpodobné vysvětlení může být uvedeno, že stanice v Radvanicích dosahuje vyšších koncentrací vzhledem k blízkosti hutního závodu Arcelor Mittal Ostrava, který je produkuje nejvíce emisí prachu.



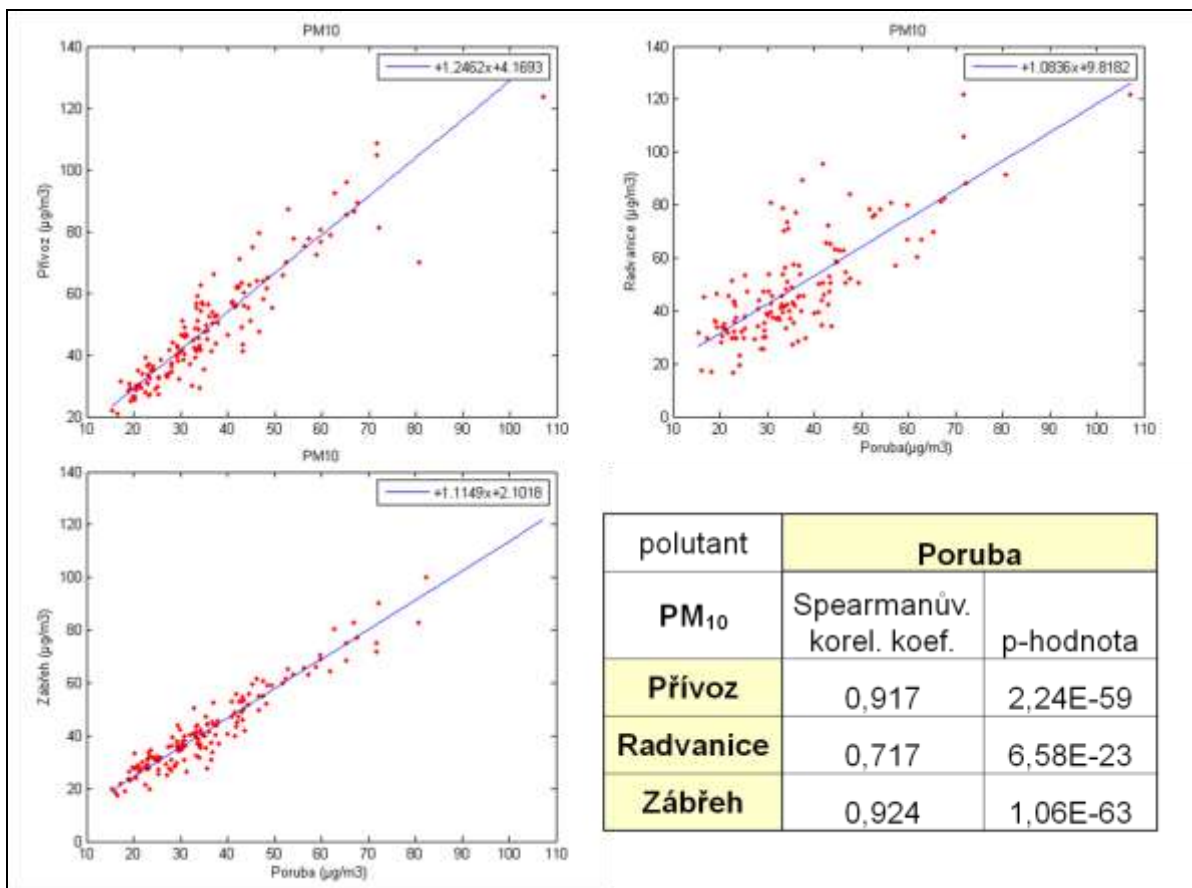
Obrázek 16 Vzájemná závislost koncentrací PM₁₀ mezi stanicí Českobratrská a ostatními

Vzájemný koeficient korelace mezi stanicí Českobratrská, která je dopravní stanicí a ostatními stanicemi vychází až na stanici v Radvanicích velmi vysoký, což znamená, že imisní situace charakterizující Fifejdy, Porubu, Přívoz a Zábřeh jsou si společně s Českobratrskou velice podobné. Vzhledem k tomu, že dopravní stanice Českobratrská je v přímé blízkosti cesty v centru města, dalo by se očekávat, že koncentrace PM₁₀ by mohly být vyšší. S nadsázkou můžeme konstatovat, že existuje

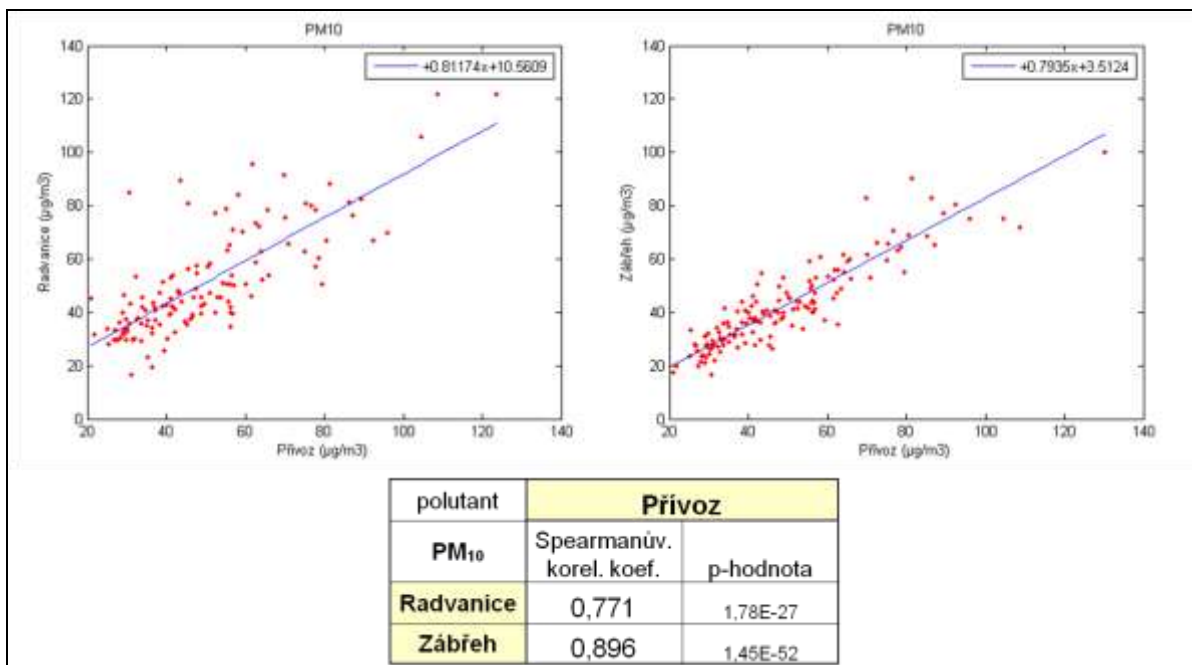
možnost, že doprava pravděpodobně nepřispívá významně ke koncentracím PM_{10} v Ostravě. Připomeňme, že podle emisní bilance ČHMÚ tzv. REZZO příslušelo mobilním emisím v roce 2010 celkem 23 % emisí tuhých částic.



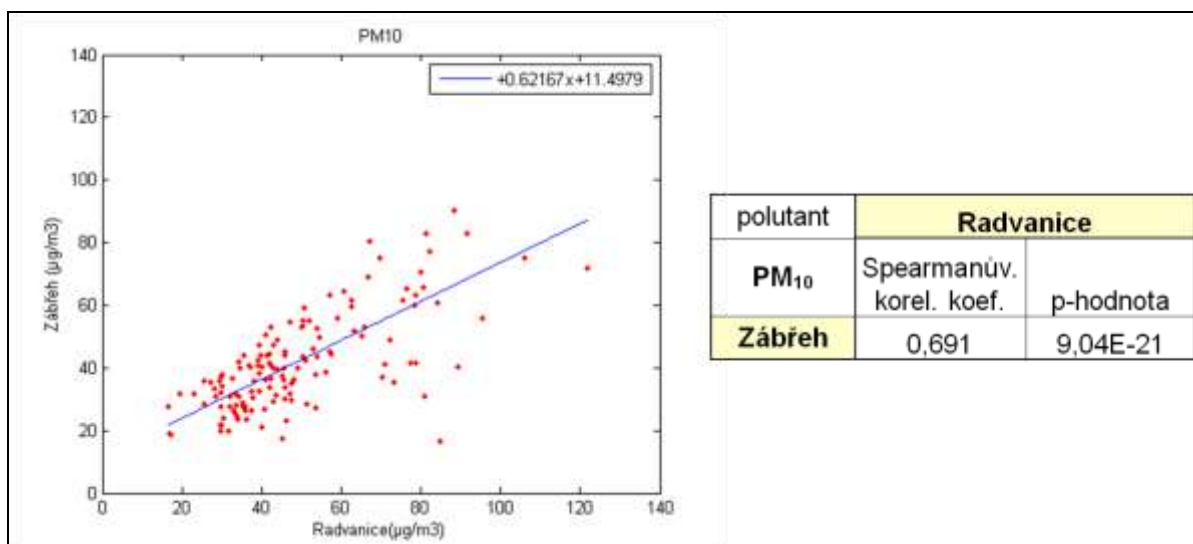
Obrázek 17 Vzájemná závislost koncentrací PM_{10} mezi stanicí Fifejdy a ostatními



Obrázek 18 Vzájemná závislost koncentrací PM₁₀ mezi stanicí Poruba a ostatními



Obrázek 19 Vzájemná závislost koncentrací PM₁₀ mezi stanicí Přívoz a ostatními



Obrázek 20 Vzájemná závislost koncentrací PM₁₀ mezi stanicí Radvanice a Zábřeh

Statisticky významná korelace těchto dvou stanic jen potvrzuje, že v Ostravě nejsou velké výkyvy mezi jednotlivými částmi města, i přesto že tento korelační koeficient patří k těm nižším, co se týče vzájemného porovnání stanic. Důvodem může být skutečnost, že Radvanice jsou napravo od AMO a Zábřeh je na opačné straně a nepřímo sousedící s částí Ostrava-Kunčice, kde se nachází AMO.

Tabulka 3 Korelační koeficienty v závislosti na koncentraci NO₂ mezi jednotlivými stanicemi

| | Českobratrská | Fifejdy | Poruba | Přívoz | Radvanice | Zábřeh |
|---------------|---------------|---------|--------|--------|-----------|--------|
| Českobratrská | 1 | | | | | |
| Fifejdy | 0,512 | 1 | | | | |
| Poruba | 0,367 | 0,835 | 1 | | | |
| Přívoz | 0,405 | 0,901 | 0,752 | 1 | | |
| Radvanice | 0,195 | 0,815 | 0,712 | 0,900 | 1 | |
| Zábřeh | 0,612 | 0,908 | 0,788 | 0,787 | 0,651 | 1 |

- pouze zde byla **p-hodnota > 0,05** respektive 0,0901
- ostatní p-hodnoty se blížíly k 0

S přihlédnutím ke skutečnosti, že NO₂ je hlavním zdrojem spalovacích motorů, dalo se předpokládat, že vzájemná korelace mezi dopravní stanicí Českobratrská a ostatními bude malá. Nejnižší statisticky významný vztah byl mezi stanicí v Porubě a v centru města na Českobratrské. Vyšší korelační koeficient mezi dopravní stanicí a Fifejdy je pravděpodobně způsoben těsnou blízkostí centra města, v případě stanice v Zábřehu, kde je o něco vyšší korelace (0,612) může být důvodem, že Ostrava-

Zábřeh (Ostrava-jih) je část Ostravy s nejvíce obyvateli a logicky se lze domnívat, že i s nejvíce automobily. Ačkoli má stanice charakterizovat obytnou zónu, zjišťujeme, že 70 m od stanice je čtyř proudivá silnice Plzeňská, která může mít vliv na zvýšenou korelaci s dopravní stanicí Českobratrská. Srovnání mezi Radvanicemi a Českobratrskou není statisticky významné.

5.4 Vliv meteorologických faktorů na imisní koncentrace

V rešeršní části bylo již zmíněno, že vliv meteorologie na koncentrace škodlivin v ovzduší je považován za významný někdy i fundamentální. Nejhorší imisní situace vznikají v Ostravě právě v době inverze. Tabulka 4 shrnuje vzájemné korelace průměrných měsíčních hodnot teploty (°C), celkový měsíční úhrn srážek (mm) a měsíční trvání délky slunečního svitu (hodiny) k jednotlivým průměrným koncentracím SO₂, NO₂, CO, PM₁₀ a SPM. Všechny vzájemné korelace ukazují statisticky významnou negativní korelaci, tedy, že při zvýšení jedné proměnné se sníží druhá a naopak. Nejsilnější vliv byl pozorován u teploty. Tedy, že čím vyšší teplota, tím nižší koncentrace všech polutantů. Nejvyšší závislost byla mezi teplotou a polutanty NO₂ a PM₁₀ což jen potvrzuje, že Ostrava nemá v letních měsících se znečištěním ovzduší významný problém.

Tabulka 4 Závislost meteorologických proměnných na imisní situaci v Ostravě

| | TEPLOTA | | SRÁŽKY | | DÉLKA SLUN. SVITU | | Časový úsek (roky) |
|------------------|--------------------------|-----------|--------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|--------------------|
| | Spearmanův. korel. koef. | p-hodnota | Spearmanův. korel. koef. | p-hodnota | Spearmanův. v. korel. koef. | p-hodnota | |
| SO ₂ | -0,559 | 7,55E-30 | -0,329 | 3,64E-10 | -0,454 | 6,55E-19 | 1983-2011 |
| NO ₂ | -0,748 | 2,93E-41 | -0,506 | 6,84E-16 | -0,624 | 2,76E-25 | 1983-2011 |
| CO | -0,605 | 3,80E-23 | -0,344 | 1,93E-07 | -0,575 | 1,95E-20 | 1993-2011 |
| PM ₁₀ | -0,736 | 4,76E-34 | -0,576 | 2,35E-18 | -0,571 | 7,62E-18 | 1996-2011 |
| SPM | -0,640 | 3,34E-19 | -0,428 | 2,76E-08 | -0,541 | 0,00 | 1983-1995 |

I přesto, že vliv srážek na snižování imisí je statisticky významný, korelační koeficienty jsou menší než u teploty, přitom je známo, že dešťové kapky mají vymývací účinek. Důvodem nižších negativních korelačních koeficientů může být fakt, že nejvíce srážek bylo naměřeno v jarních a letních měsících, kdy jsou koncentrace nejnižší v roce.

5.5 Socioekonomické proměnné ve vztahu k emisím a imisím

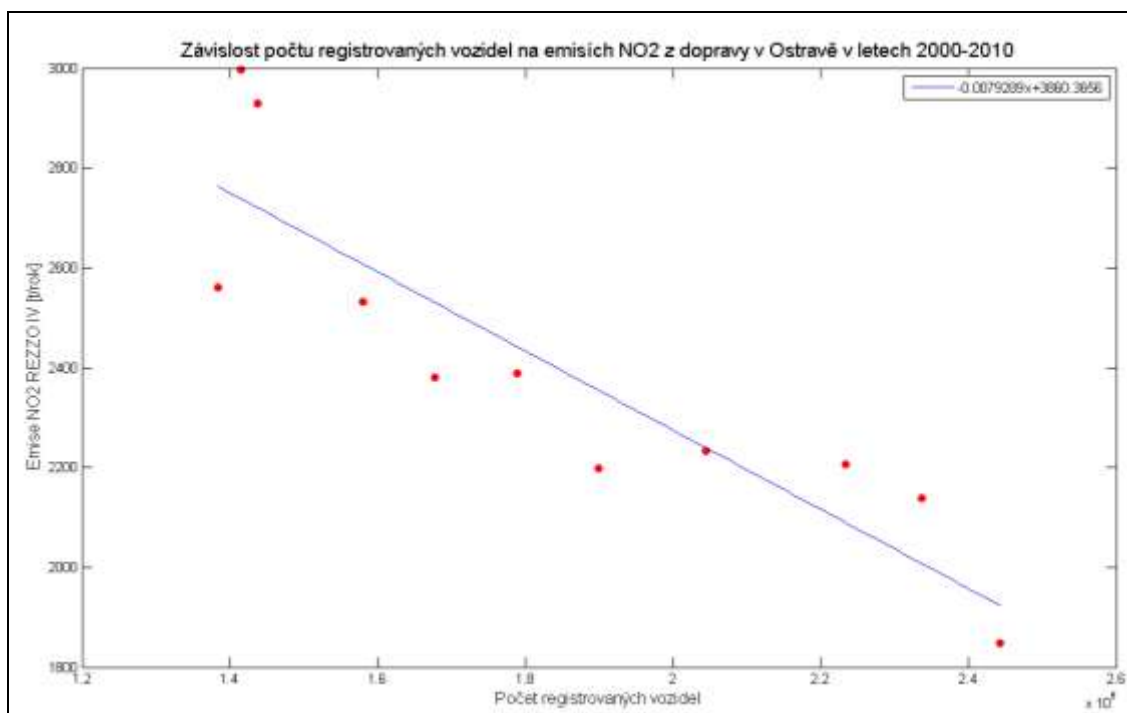
V této analýze se porovnávaly průměrné roční hodnoty PM_{10} , SO_2 a NO_2 společně s jednotlivými socioekonomickými proměnnými. V případě délky silnic a počtu registrovaných vozidel se porovnávaly také mobilní emise (REZZO IV) TZL a NO_x . Časové období a jednotlivé socioekonomické proměnné se nachází v Tabulka 5.

Tabulka 5 Souhrnná tabulka shrnující vzájemný vztah mezi socioekonomickým parametrem a imisemi nebo emisemi

| Časové období | 2003-2010 | | 2000-2010 (REZZO IV) 1994-2011 (IMISE NO ₂) 1990-2011 (IMISE PM ₁₀) | | 2001-2010 | |
|----------------------------------|--|---------------|---|-----------------|-------------------------------|-----------|
| polutant | Délka silnic (Km) | | Počet registrovaných vozidel | | Investice do ŽP | |
| | Spearmanův. korel. koef. | p-hodnota | Spearmanův. korel. koef. | p-hodnota | Spearmanův. korel. koef. | p-hodnota |
| REZZO IV (NO_x) | -0,862 | 0,0086 | -0,936 | 0,00E+00 | ----- | ----- |
| REZZO IV (TZL) | 0,551 | 0,1641 | 0,727 | 0,6144 | ----- | ----- |
| IMISE NO₂ | ----- | ----- | 0,191 | 0,4463 | -0,152 | 0,6818 |
| IMISE PM₁₀ | ----- | ----- | -0,618 | 0,0027 | -0,382 | 0,279 |
| Časové období | 2000-2010 | | 2000-2010 | | 2000-2010 | |
| polutant | Spotřeba černého uhlí v průmyslu (MSK) | | Spotřeba koksu v průmyslu (MSK) | | Tržby v průmyslu (MSK) | |
| | Spearmanův. korel. koef. | p-hodnota | Spearmanův. korel. koef. | p-hodnota | Spearmanův. korel. koef. | p-hodnota |
| IMISE NO₂ | -0,436 | 0,1825 | -0,491 | 0,1292 | 0,573 | 0,0706 |
| IMISE PM₁₀ | 0,346 | 0,2994 | 0,100 | 0,7757 | 0,155 | 0,6535 |
| IMISE SO₂ | 0,609 | 0,0519 | 0,118 | 0,7343 | -0,327 | 0,327 |
| Časové období | 2000-2010 | | 1995-2011 | | 2000-2010 | |
| polutant | Zaměstnanost v průmyslu a stavebnictví (MSK) | | Míra registrované nezaměstnanosti | | Standardizovaná úmrtnost muži | |
| | Spearmanův. korel. koef. | p-hodnota | Spearmanův. korel. koef. | p-hodnota | Spearmanův. korel. koef. | p-hodnota |
| IMISE NO₂ | -0,091 | 0,7966 | -0,419 | 0,0954 | -0,455 | 0,1634 |
| IMISE PM₁₀ | -0,282 | 0,4021 | -0,147 | 0,5723 | 0,282 | 0,4021 |
| IMISE SO₂ | -0,373 | 0,2606 | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Časové období | 2000-2010 | | 2000-2010 | | 2000-2010 | |
| polutant | Standardizovaná úmrtnost ženy | | Úmrtnost-novotvary | | Nemoci oběhové soustavy | |
| | Spearmanův. korel. koef. | p-hodnota | Spearmanův. korel. koef. | p-hodnota | Spearmanův. korel. koef. | p-hodnota |
| IMISE NO₂ | -0,482 | 0,1372 | -0,360 | 0,2769 | 0,500 | 0,1214 |
| IMISE PM₁₀ | 0,109 | 0,7549 | -0,283 | 0,4000 | 0,055 | 0,8815 |

*MSK (Moravskoslezský kraj)

Vysoký korelační koeficient u srovnání REZZO IV (NO_x) a délkou silnic je třeba brát s rezervou, přestože p-hodnota je dostatečně malá. Důvodem je malý rozsah dat (viz .Tabulka 5) a velkou část koeficientu vytváří malé fluktuace v délce silnic mezi lety 2003-2007. Nejvýraznější korelace (-0,936) byla zjištěna při rostoucím počtu registrovaných vozidel, kde výrazně klesalo REZZO IV (NO_x). Tuto závislost znázorňuje Obrázek 21.



Obrázek 21 Závislost počtu registrovaných vozidel a mobilních emisí NO_x (REZZO IV)

Jediné možné vysvětlení může být takové, že kvalita aut, tedy i výfukových zplodin, konkrétně NO_x se výrazně zlepšila, nýbrž je to velmi zavádějící. Tento fakt nelze plnohodnotně zdůvodnit a to zejména tehdy, když korelace je statisticky velmi významná.

Přestože byla zjištěna silná opačná vazba mezi emisemi NO_x a počtem aut, u emisí takový vztah není. Jelikož v emisích NO_2 není zahrnuta jen doprava. Tento výsledek se dal očekávat. Naopak je zde statisticky významný vztah mezi emisemi PM_{10} a počtem aut, ovšem opět negativní, tedy že při větším počtu vozidel se snižuje koncentrace PM_{10} . Závěrem lze říct, že koncentrace PM_{10} nemají pozitivní vztah s počtem vozidel. Je tedy možné si dovolit odvodit, že jejich podíl na imisní situaci PM_{10} nemá ani významný vliv. Avšak je to velmi spekulativní.

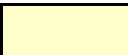

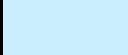
Většina výsledků v socioekonomické analýze v porovnání s imisními koncentracemi respektive emisními nepřinesla žádnou souvislost. P-hodnoty jsou dost nízké, nepodařilo se tedy prokázat významné souvislosti.

Na závěr bylo zkoumáno, do jaké míry nastalo snížení koncentrací imisí v případě uzavření či odstavení velkého průmyslového objektu v Ostravě. A naopak, zdali jsme mohli pozorovat zvýšení koncentrací hlavních monitorovacích škodlivin, v případě, že byl průmyslový objekt otevřen nebo uveden do provozu. Porovnávali jsme vždy roční průměrné koncentrace, konkrétně rok před událostí s rokem po události.

Nakonec bylo vyšetřováno, zdali odstavení, uzavření či generální oprava velkého průmyslového zdroje znečištění ovzduší nemohlo mít vliv na imisní úroveň znečištění. Vybráno bylo celkem deset událostí během let 1977-2008. Jednalo se především o koksovny a vysoké pece. Při meziročním porovnání průměrných imisí PM_{10} (dříve SPM) a SO_2 bylo zjištěno, že ukončení, odstavení nebo generální oprava mělo za následek snížení koncentrace dané škodliviny v následujícím roce na nejbližší monitorovací stanici. Jednalo se o události č. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, které jsou očíslovány v Tabulka 6. V roce 1998, kdy byly uzavřeny celkem čtyři provozy, se snížila meziroční koncentrace SO_2 a PM_{10} o 54,8 % respektive 37,3 % na stanici Ostrava-Zábřeh. V případě stanice Ostrava-Fifejdy, kde byla v roce 1998 uzavřena koksárenská baterie na koksovňě Svoboda, se projevilo snížení koncentrace SO_2 o 49,9 % a PM_{10} o 10,6 %.

Tabulka 6 Vliv ukončení nebo zprovoznění velkého průmyslové zdroje znečištění ovzduší na koncentraci vybraných znečišťujících látek v ovzduší

| Číslo události | Rok | Událost | Nejbližší stanice | Změna v koncentraci v meziročním průměru ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | | Procentuální vyjádření změn koncentrace | | | |
|----------------|--------------|---|-------------------|---|----------|---|-------------------------|-------|-------|
| | | | | | | SO ₂ | SPM (PM ₁₀) | | |
| 1 | 1977 | uvedení KB č. 8 koksovna Svoboda | PETŘKOVICE | SO ₂ | (+) 9,2 | SPM | (+) 9,1 | 20,3% | 7,2% |
| 2 | 1978 | odstavení KB č. 7 koksovna Svoboda | PETŘKOVICE | SO ₂ | (-) 3,1 | SPM | (-) 1,2 | 6,3% | 1,0% |
| 3 | 1983 | odstavena koksovna Trojice generální oprava 4. vysoké pece (Vítkovice) | ČERNÁ LOUKA | SO ₂ | (-) 15,3 | SPM | (-) 31,3 | 23,9% | 18,5% |
| 4 | 1984 | odstavena koksovna Karolina | ČERNÁ LOUKA | SO ₂ | (-) 3,5 | SPM | (-) 24,6 | 6,3% | 19,5% |
| 5 | 1995 | zastavení provozu 6. vysoké pece (Vítkovice)- prosinec zastavení provozu 4. koksové baterie (Vítkovice) | ZÁBŘEH | SO ₂ | (-) 2,2 | SPM (PM ₁₀) | (-) 14,5 | 7,0% | 16,6% |
| 6 | 1998 | odstavení KB č. 10 koksovna Svoboda | FIFEJDY | SO ₂ | (-) 12,8 | PM ₁₀ | (-) 4,8 | 49,9% | 10,6% |
| 7 | 1998 | zastavení provozu 4. vysoké pece (Vítkovice) červenec zastavení provozu 5. koksové baterie (Vítkovice) zastavení provozu 1. vysoké pece (Vítkovice)-září | ZÁBŘEH | SO ₂ | (-) 15,1 | PM ₁₀ | (-) 18,3 | 54,8% | 37,3% |
| 8 | 1999 | uvedení provozu kontilít č. 3(Nová Huť)-srpen | RADVANICE | SO ₂ | (-) 9,2 | PM ₁₀ | (+) 7,1 | 44,9% | 23,1% |
| 9 | 2001 2002 | ukončení výroby na pásové trati P800 (Nová Huť)- květen ukončení výroby na pásové trati P250 (Nová Huť)- prosinec | RADVANICE | SO ₂ | (+) 5,8 | PM ₁₀ | (+) 16,0 | 51,9% | 42,2% |
| 10 | 2008 | sfouknutí vysoké pece číslo 1 (Arcelor)-listopad | RADVANICE | | | PM ₁₀ | (-) 19,0 | | 28,7% |

| | | | |
|-----|--------------------------|---|---|
| (+) | koncentrace byla zvýšena |  | při odstavení provozu (zastavení, ukončení) došlo ke snížení |
| (-) | koncentrace byla snížena |  | při uvedení provozu došlo ke zvýšení |
| | |  | došlo k opačnému efektu než by se očekávalo (při uvedení do provozu došlo ke snížení) |

Z tabulky vyplývá, že až na výjimky průměrná roční koncentrace meziročně vždy reagovaly na situaci, které se v daném roce stala, to znamená, že v případě uzavření průmyslového provozu koncentrace PM₁₀ a SO₂ klesly anebo naopak při otevření průmyslového zařízení koncentrace vzrostly.

Důvodem proč událost č. 9 ukazuje opačné hodnoty je ta, že se nejedná o významný zdroj znečištění. Tyto závody patří pod Závod 14 Válcovny a v roce 2010 podíl emisí z tohoto závodu nepřekročil 2 % jakékoliv sledované látky (MSK, 2010). Lze tedy předpokládat, že i v roce 2001 a 2002 byl tento podíl podobný, vzhledem k tomu, že nenastaly žádné technologické převraty. Stejný případ se týká i události č. 8. V případě koncentrací PM₁₀ byl nárůst koncentrací zaznamenán, nicméně, lze se domnívat, že důvodem není uvedení provozu kontilít č. 3, ale důvody jiné

6 DISKUZE

Kvalita ovzduší patří v Ostravě k těm nejhorším z republikové perspektivy. I při zařazení Ostravy do evropského kontextu patří Ostrava mezi nejvíce znečištěné oblasti. Koncentrace však dosahovaly v minulosti mnohem vyšších hodnot. Výrazné zlepšení kvality ovzduší bylo také pozorováno mezi léty 1980-2007 ve státě New York ve spojených státech (Buckley *et al.*, 2011). Také Braniš (2008) popisuje klesající trend polutantů v ovzduší v Praze v období let 1992-2005. V hlavním městě Řecka Aténách během 1986-2000 ukázaly opět koncentrace polutantů klesající trend (Paliatsos *et al.*, 2002). V letech 1996-2005 zaznamenal Denby *et al.* (2010) výrazný pokles SO₂ v celé Evropě.

Je tedy zřejmé, že klesající trend postupně zasáhl všechny vyspělé země. Výše uvedení autoři a další (Braniš, 1996; Fenger 1999, Moldan *et al.* Schnoor 1992) se zmiňují, že důsledkem klesajícího trendu je změna v užívání jiných technologií, změna kvality paliva, ale také změna politicko-ekonomická situace, se kterou je spojeno i uzavírání velkých zdrojů znečištění, případně jejich přesun pryč z města.

Jedním z primárních cílů této práce bylo porovnat koncentrace suspendovaných částic a oxidu siřičitého v závislosti na uzavření či uvedení do provozu velkého průmyslového zdroje (open/close efekt) v Ostravě. Provádět tuto analýzu bylo komplikované hned z několika důvodů. Jako první důvod lze uvést, že několikrát nastala situace, kdy bylo v konkrétním roce průmyslové zařízení odstaveno, a ve stejném roce otevřeno jiné (v rámci jednoho průmyslového podniku). Efekt odstavení, který by se měl projevit ve snížení koncentrací, by tudíž nebyl znát. Lze tedy konstatovat, že je velmi komplikované a do jisté míry i nemožné zjistit jestli při uzavření subjektu nebyly třeba navýšeny výkony u ostatních tak, aby kompenzovaly již odstavenou jednotku. Dalším problémem je neúplnost získaných informací od všech velkých zdrojů. Konkrétně největší Arcelor Mittal Ostrava tyto informace nemá v dostupných materiálech a mediích nikde zveřejněné. Po podání oficiální žádosti o sdělení dat nutných pro tuto studii, jsem byl odkázán na internetové stránky, kde by měli být všechny veřejně dostupné informace. Nicméně i pár dat z hutnického gigantu Arcelor Mittal Ostrava bývalé Nové Huťi bylo získáno z ročenky, ale dá se

předpokládat, že data jsou neúplná vzhledem k velikosti podniku. Evidentně jsou tyto informace velmi diskrétní. Nicméně i přes tyto nedostatky bylo analyzováno celkem deset událostí a u všech kromě tří událostí došlo k pozitivnímu vztahu, to znamená, že při odstavení průmyslového závodu koncentrace poklesly a při uvedení provozu se koncentrace zvýšily. Zmiňované tři události, u kterých nebyl pozorován pozitivní trend koncentrací a tzv. open/close efekt je důvodem, že tyto tři průmyslové jednotky nepatří mezi významné znečišťovatele. Při porovnávání změn koncentrací v závislosti na provozu podniku byly porovnávány koncentrace z nejbližší monitorovací stanice, aby byl rozdíl nejvíce znatelný, protože vzhledem k předchozím limitacím by bylo porovnávání na úrovni celého města velmi zkreslené a pravděpodobné i bezvýznamné. Je nutné uvést, že nastaly situace, u kterých nebyl v blízkosti v daných letech žádný monitoring suspendovaných částic. Stanice pro porovnávání koncentrací imisí byly zvoleny, vždy ty nejbližší, nicméně ne u všech případů se jedná o stanici ve stejném obvodu, kde se nachází zdroj. Jestliže byl zdroj odstaven kupříkladu v roce 1983 v září, tak porovnávány byly hodnoty za rok 1982 a 1984, a to z důvodu, že je pravděpodobné, že odstavení průmyslové jednotky, kterou se rozumí třeba koksárenská baterie, nebo vysoká pec může provázet pozvolné odstavování, proto se do porovnávání ani v jednom případě nezahrnoval rok události.

Arcelor Mittal Ostrava (AMO) je neoddelitelnou součástí problematiky kvality ovzduší v Ostravě. AMO je největší výrobce oceli a železa v České republice a velmi často bývá označován jako hlavní znečišťovatel v Ostravě.

V roce 2007 publikovala Vysoká škola Báňská rozptylovou studii (VŠB TUO, 2007), která se týkala městské části Radvanice a Bartovice, které sousedí se společností AMO. Výsledkem této studie bylo, že AMO má příznačný vliv na kvalitu ovzduší právě v Radvanicích a Bartovicích. Hlavním výstupem studie je že AMO se podílí 35-60 % na koncentraci PM_{10} a $PM_{2,5}$. Vliv na koncentrace benzo[a]pyrénu je podle studie až 94%, na koncentraci arsenu pak 75 % a 65-80 % v Radvanicích respektive v Bartovicích. Dalším zjištěním bylo, že koncentraci NO_2 dominuje doprava. Je třeba brát na zřetel, že se jedná o modelování a v závislosti na přesnosti vstupních údajů se může snižovat spolehlivost. Studie ZÚOVA (Miturová *et al.*, 2007) ve svých závěrech uvádí, že při převládajícím větru od AMO byla v roce 2005 statisticky významně navýšena koncentrace prašnosti v Bartovicích o 101 %

v topném období a o 81 % v netopném, v případě oxidu dusíku o 49 %, respektive 36 % v netopné sezóně. Navýšení kovů bylo dokonce o 254-604 %. Statisticky nevýznamně byla navýšena koncentrace PAU. Tyto výsledky lze však interpretovat, za předpokladu, že stanice nebyla ovlivňována jinými zdroji (lokální topeniště a doprava) jak autoři uvádějí.

Na druhou stranu si je třeba uvědomit, že tato firma je největším zaměstnavatelem v Moravskoslezském kraji a její existence je velmi významná pro subdodavatele. Bez rozpaků můžeme říci, že je pro region významným socioekonomickým přínosem, neboť vynakládá spoustu financí na kulturní akce, o jejichž přínosu není třeba diskutovat. V roce 2011 zaplatila společnost na daních 150 mil. Kč (ArcelorMittal, 2012). Firma již investovala do ekologizace řadu finančních příspěvků, ale situace v Radvanicích a Bártovicích tomu nenasvědčuje, proto se můžou zdát tyto investice jako nedostatečné při srovnání s podobnými závody ve světě. Při srovnání belgického závodu Arcelor Mittal v Gentu, má tento závod srovnatelnou kapacitu ve výrobě oceli s AMO. Gent, stejně jako Ostrava provozuje, koksovny, vysoké pece, aglomerace. Závod v Gentu byl zbudován v 60. letech, závod v Ostravě v 50. letech. Stejně jako na ostravských emisích se i na těch v Gentu podílí doprava a průmyslové závody ve Francii, Německu, Nizozemí (www.arcelormittalgent.com). Studie Vianna *et al.* (2007) prováděla měření v Gentu v zimě a v létě, kde byla naměřena průměrná hodnota 28,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respektive 19,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a podle WHO (2011) byla průměrná roční koncentrace v Gentu 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tedy o přibližně 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ méně než v Ostravě.

Ze strany AMO přichází zprávy, že investují do lepšího ovzduší, avšak těmto tvrzením oponuje sdružení Vzduch (2011), které uvádí, že AMO snížil prašnost pouze na aglomeraci Sever, za použití filtru. V dokumentaci EIA (dokumentace posuzování vlivů na životní prostředí) lze zjistit, že dvě plánované investice mají prašnost ještě zvýšit. Konkrétně jde o změnu kontinuálního odlévání a vstříkování práškového uhlí do vysokých pecí. Společnost AMO nemá v plánu žádnou technologickou změnu v zastaralém závodě koksovny, která patří mezi největší zdroje rakovinotvorných PAU (Tsapakis *et* Stephanou, 2005; Šrám *et al.* 2005). Lze se tedy domnívat, že již zmíněné odprášení nepřinese zlepšení v prašnosti. Jako velice přínosnou bychom mohli klasifikovat studii, která by zkoumala používané techniky, množství vyrobené oceli, množství vypouštěných emisí v závodech firmy

Arcellor Mittal v různých městech světa (Evropy) a porovnávala se s imisní situací dané lokality. Podobná práce nebyla při zpracování dostupné literatury nalezena.

V lednu a únoru (2010), v době nadprůměrných imisních koncentrací, byl v ostravských obvodech prováděn dotazníkový výzkum zaměřený na postoje obyvatel ke znečištěnému ovzduší v Ostravě. Celkem se jej zúčastnilo 306 respondentů metodou *face-to face*. Celkově 93 % respondentů označilo situaci jako naléhavou, co se týká nedostatečné ochrany ovzduší a životního prostředí, z toho 63 jako velmi naléhavou a 31% jako spíše naléhavou. Při studii z roku 2007, která měla podobný charakter, označilo stav životního prostředí v kraji celkem 37% jako naléhavý. Nejvíce si na kvalitu stěžovali lidé z nejvíce znečištěných oblastí Radvanic a Bartovic. Stav ŽP více kritizovali starší lidé, žijící v Ostravě více let. Nelze tedy tvrdit, že by starší lidé byli na horší stav ŽP méně přivklí a citliví.

Nepříznivá kvalita ovzduší sice podle dotazníkové analýzy z roku 2010 je hlavním problémem, nicméně 90 % obyvatel uvedlo na druhém místě nedostatek pracovních míst. Jako třetí nejvíce naléhavý problém, uvedlo 83 % respondentů existenci romských gheť a 75 procent obyvatel si rovněž stěžovalo na kriminalitu či bezpečnost na ulicích. Na závěr jako nejnaléhavější problém uvedli respondenti problematiku ovzduší, nedostatek pracovních míst, kriminalitu a bezpečnost na ulicích, romská gheťa, nízkou výkonnost úřadů a jiné, respektive 33 %, 28 %, 14 %, 13 %, 8 % a 4 % respondentů.

Výše uvedené dokresluje i postoj jedinců, kteří jsou ve svém hodnocení stavu ovzduší velmi kritičtí. Ani zástupci této skupiny se nepřiklánějí k radikálnímu kroku, aby byl AMO zavřen (IGAC, 2010). Podle dotazníkové studie 91 % Ostravanů souhlasí s výrokem, že do doby než se situace nezlepší, by měl AMO investovat do ochrany životního prostředí. Nicméně pouze 26 % preferuje fakt, že by AMO měl uzavřít své provozy i za cenu zvýšené nezaměstnanosti v regionu.

Je třeba k problému přistupovat objektivně, protože bude-li veškerá pozornost zaměřena na AMO, ostatní zdroje (firmy a podniky) by mohli využít toho a chovat se „neekologicky“.

Schopnost porozumět zdrojům prachových částic v celé škále městského prostředí neznamena stejné porozumění, jak jsou jednotlivci nebo dokonce populace těmto látkám vystavovány. Člověk je jedinec, který se pohybuje z jednoho mikroprostředí do druhého, tráví spoustu času v budovách a dopravních prostředcích s omezeným časem venku. Proto expozice jednotlivce nemusí být podobná s venkovním měřením a odpovídajícím emisím (Sarnat, 2002). Podle Terzana *et al.* (2010) by měl být kladen větší důraz na ultrajemné částice, vzhledem k tomu, že jsou nejvíce hojné ve městském prostředí. Nicméně tyto malé částice nejsou měřeny v České republice pro účely monitorovací sítě jako např. PM₁₀, NO_x nebo SO₂.

Vzhledem k tomu, že lokální topeniště se považují za důležitý zdroj emisí v Ostravě, Moravskoslezský kraj ve spolupráci s MŽP připravil dotační program na obnovu ekologických kotlů na tuhá paliva za nové, které mají účinnější spalování a nižší poměr emisí. V rámci této iniciativy byla spuštěna doprovodná kampaň, s cílem ukázat obyvatelům „jak správně topit“ a především je seznámit s možnostmi a institucemi, u kterých mohou na základě vyplnění příslušných formulářů požádat o samotnou dotaci. Nové kotle, které si občané pořídí na základě vypsání dotačního titulu, jsou mnohem šetrnější k životnímu prostředí, zejména co se týče emisí prachových částic. Pro představu, jeden nový kotel ušetří na jeden rodinný domek zhruba 100 Kg prachu ročně, což v součtu těch 20 miliónu korun, které budou vyčerpány, znamená 33 tun. Výhoda nových kotlů je jednak, že majitel kotle nemusí chodit stále přikládat, neboť zásobník vydrží až 3 dny, ale především by také měli ušetřit peníze za palivo, ať už černé či hnědé uhlí, protože kotel má větší účinnost a lze ušetřit až 1/3 nákladů. Jedná se o plně automatizované kotle bez možnosti ručního přikládání, to znamená, že každý kdo si tento kotel nainstaluje, nemá možnost topit domovním odpadem, PET lahvemi a ničím jiným co do samotného kotle nepatří (www.lokalni-topeniste.cz).

Nicméně vyhověno bude celkově 333 žádostem, vzhledem k omezené finanční podpoře. Na území města Ostravy bylo při sčítání lidu v roce 2011 celkem 138 156 obydlených bytů (ČSÚ, 2012) z toho u 119 686 převládá způsob vytápění pomocí ústředního topení, etážové (s kotlem v bytě) u 3 976 bytů a 10 226 bytů s kamny. To znamená, že v případě kotlů bude provedena výměna pouze u 8,4 % obyvatel a to

za předpokladu, že všichni uchazeči, kteří nový kotel dostanou, budou z Ostravy. Tento projekt se však týká celého Moravskoslezského kraje, to znamená, že počet domácností s novým kotlem bude určitě menší, protože se nepředpokládá, že bude vyhověno pouze žádostem Ostravanů.

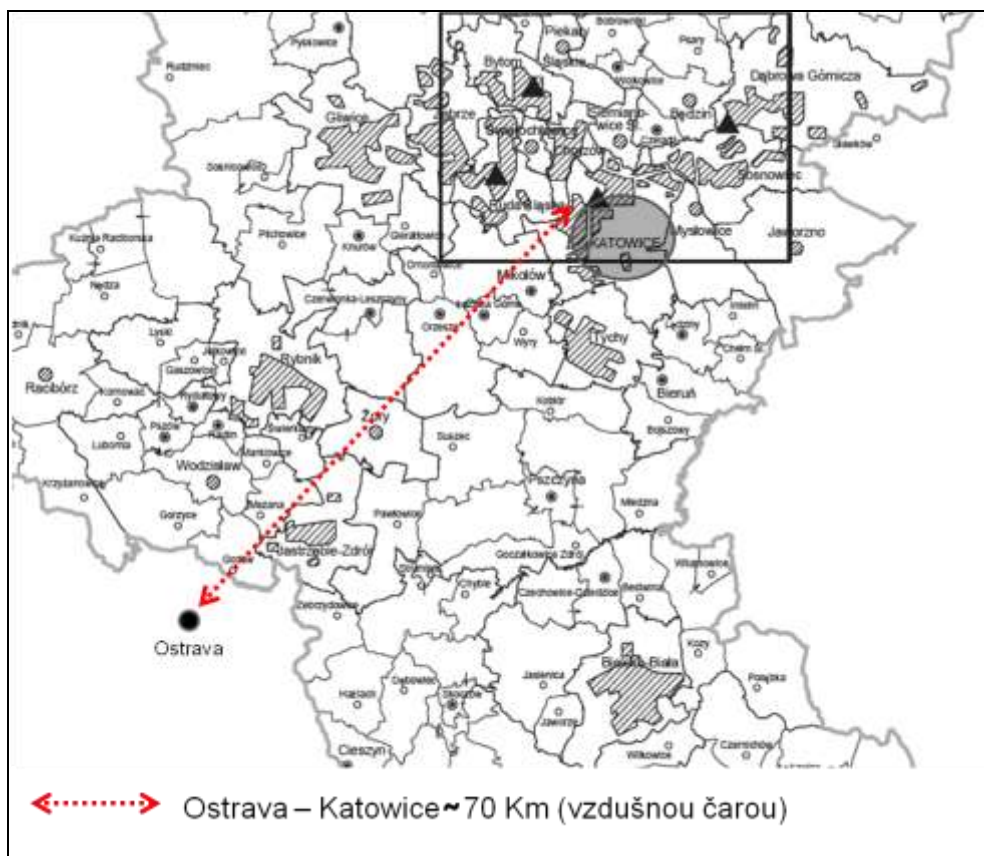
Dalším pozitivním krokem města z důvodu imisního zatížení města bylo v roce 2010 zřízení Fondu pro děti ohrožené znečištěním ovzduší. Peníze z něj se dají využít na pobyty škol v přírodě, ozdravné pobyty a jiné akce s podobným zaměřením. Fond je dotován příspěvky ze strany města Ostravy a velkými průmyslovými zdroji znečištění ovzduší (SMO, 2012a) Od doby vzniku do konce roku 2011 město Ostrava přispělo celkem deset miliónu korun, firma ArcelorMittal Ostrava a.s. a OKK Koksovny shodně po dvou milionech korun a Dalkia Česká republika, a.s. celkem 100 tisíc Kč. Celková tato suma byla k 31. 12. 2011 vyčerpána. V aktuálním roce přispělo prozatím město Ostrava částkou 5 milionu korun, Dalkia Česká republika, a.s. 100 tisíci koruny a společnost Multi Development částkou ve výši 300 tisíc korun (SMO, 2012b). Je třeba, aby tento trend i nadále pokračoval, v případě, že nebude pozorován pokles koncentrací. Nicméně to neřeší problém znečištění v Ostravě.

Velmi aktuálním a pozitivním signálem pro Ostravsko je informace o poskytnutí pěti miliard korun z fondů Evropské unie na pomoc snížení emisí. V rámci výzvy bylo přijato 33 projektů od celkových šesti žadatelů, kteří se řadí mezi největší znečišťovatelé v kraji (MŽP, 2012). Výběr by měl být znám do konce srpna 2012 (Ekolist, 2012).

Při porovnávání socioekonomických proměnných byly některé údaje za MSK, což se mohlo projevit na nenalezených korelacích. Někde tyto souvislosti pravděpodobně nemusí existovat, ačkoliv mohly být očekávány. V některých případech je toto způsobeno malým rozsahem výběru. Jestliže bychom posunuli hladinu spolehlivosti na 90 nebo 85 %, bylo by možné nějaké ze zmíněných souvislostí prokázat ovšem výsledek by bylo nutné chápat s jistým nadhledem

Negativní vliv z Polska je třeba zahrnout jako jeden z potenciálních zdrojů znečištění ovzduší v Ostravě, i přestože zdroj emisí je mnohem dál než zdroje z průmyslu, lokálních topenišť a dopravy vyskytujících se v samotné Ostravě. Vliv dálkového přenosu analyzoval například Borge *et al.* (2007), kteří zjistili, že na úrovni PM_{10} koncentrací v Madridu a Aténách se podílí minerální prach až ze severní Afriky. Stejně potvrdil Mallone *et al.* (2011) na koncentracích v Itálii.

V současnosti panuje situace, kdy, chybí informace o emisích ze zdrojů na straně Polska. Tedy i odhad, do jaké míry Polsko přispívá ke znečištění ovzduší v Ostravě, chybí. Následující Obrázek 22 ilustruje vzdálenost polské industriální oblasti okolo města Katowice. Přibližná vzdálenost mezi Katowicemi a Ostravou je sedmdesát kilometrů vzdušnou čarou.



Obrázek 22 Mapa průmyslové oblasti v Polsku

Zdroj: (Moździerz *et al.*, 2011) Upraveno

Nedávná studie Mozdźierse *et al.* (2011) shrnuje monitorování benzo[a]pyrenu v průběhu dvaceti pěti let od roku 1980-2005 právě v okolí průmyslové oblasti Katowic. Tabulka 7 zobrazuje extrémní koncentrace, které byly v Polsku v minulosti naměřeny. Nepochybně metody měření v tehdejší době mohly ovlivnit výsledné koncentrace. Koncentrace v roce 2005 jsou už mnohem nižší, nicméně stále překračují polskou normu, která je 1ng/m³. Podle autorů této studie je hlavním důvodem těchto vysokých imisí benzo[a]pyrenu průmysl, zejména dolování, energetika, těžký průmysl, který je do značné míry nevyspělý, podinvestovaný a produkuje spoustu prachu a plynů do atmosféry.

Tabulka 7 Koncentrace B[a]P v průběhu 25 let v průmyslové oblasti Polska

| město | Katowice | Bytom | Dąbrowa Górnicza | Ruda Śląska |
|-------------|----------------------|-------|------------------|-------------|
| koncentrace | (ng/m ³) | | | |
| 1980 | 135,5 | 229 | 174 | 366,3 |
| 1985 | 182,8 | 313,6 | 133,5 | 225,3 |
| 1990 | 125,2 | 206 | 89,2 | 68,1 |
| 1995 | 49,2 | 76,9 | 39,5 | 58,2 |
| 2000 | 17 | 17,2 | 15,2 | 15,8 |
| 2005 | 7,8 | 4,1 | | 8,7 |

Zdroj: WHO, 2011

V současnosti probíhá projekt **Air-Silesia**, jehož hlavním cílem je vytvoření prvního společného regionálního informačního systému o kvalitě ovzduší v moravskoslezsko-polském regionu. Jedním z důvodů vzniku tohoto projektu byl zvyšující se zájem občanů o stav a příčiny znečištění ovzduší, probíhající diskuze a spekulace o vlivu přeshraničních přenosů těchto znečišťujících látek z Polska do ČR a naopak. Výsledky tohoto projektu budou porovnávat ovzduší v Polsku a Česku, ale neřeší otázku, co způsobuje znečištěné ovzduší (www.air-silesia.eu).

Představu o imisní situaci v oblastech blízko průmyslové oblasti Katowice a okolních měst, odkud pochází pravděpodobně část znečištění v Ostravě, si můžeme přiblížit díky databázi světové zdravotnické organizaci (WHO) (2011), která publikovala průměrné roční hodnoty PM₁₀, z mnoha zemí světa, přičemž Polsko bylo

zahrnuto hned 37 městy z toho 6 z nich v okolí města Katowice a blíže českým hranicím. Jejich roční koncentrace shrnuje tabulka níže.

Tabulka 8 Průměrné roční koncentrace PM₁₀ v roce 2008 ve vybraných městech

| město | Bielsko-Biala | Bytom | Gliwice | Katowice | Rybnik | Zabrze | Ostrava |
|------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| PM ₁₀ | 36,1 µg/m ³ | 35,3 µg/m ³ | 39,6 µg/m ³ | 42,2 µg/m ³ | 54,4 µg/m ³ | 45,4 µg/m ³ | 41,1 µg/m ³ |

Zdroj: WHO (2011), ČHMÚ

Z tabulky je patrné, že situace v roce 2008 nebyla příznivá v Katowicích, Rybniku, Zabrze a Ostravě, z hlediska imisního limitu pro ochranu zdraví dle směrnice 2008/50/ES, kde platí imisní limit pro PM₁₀ 40 µg.m⁻³ (ostatní města nevykazovala taktéž nízké hodnoty). Můžeme tedy konstatovat, že v Polsku, respektive v polských městech blízko Ostravy je kvalita ovzduší taky špatná, ne-li horší a je zde riziko negativního dálkového přenosu škodlivých látek z polské strany. Nicméně project Air-Silesia určitě přinese mnohem důkladnější výsledky o imisní situaci v Polsku s širším záběrem imisní monitorovací sítě. Druhá stránka věci je, zdali a do jaké míry ovlivňuje Ostravsko právě Polsko.

Dalším současným projektem je projekt s názvem **Cleanborder**, který je pod záštitou Vysoké Školy Báňské-Technické Univerzity Ostrava a Institutu Ekologie průmyslových území Katowice. Cílem projektu je identifikovat oblasti, ve kterých se nedodržují imisní limity prachových částic v ovzduší, dále pak identifikace příčin (zdrojů) překračování limitů a nakonec navržení opatření ke zlepšení. Součástí bude také odběr vzorku prachu a následná laboratorní analýza (www.cleanborder.eu).

7 ZÁVĚR

Tato práce využila veřejně dostupné dlouhodobé časové řady, které se týkají města Ostravy, respektive imisní, emisní, meteorologické a socioekonomické řady byly využity a analyzovány.

Prokázalo se, že kvalita ovzduší v Ostravě vychází z mnohem vyšších koncentrací z minulosti, stejně tak i množství emisí ukazovalo klesající trend. Nicméně současná situace poukazuje na stagnaci, zvláště suspendovaných částic, které na sebe vážou karcinogenní polyaromatické uhlovodíky.

Meteorologické podmínky se ukázaly být významným faktorem, který určuje imisní koncentrace. Zejména teplota, a srážky. Rychlost větru, nebyla v této práci hodnocena, nicméně její vliv na rozptyl polutantů je značný.

Na základě této analýzy, lze říct, že využitím těchto dlouhodobých dat týkající se ovzduší a socioekonomických parametřech města Ostravy, nelze výsledky nijak využít v současné situaci, která je z hlediska lidského zdraví vážná a politicky velmi citlivá.

Zásadní chybou je, že výzkumy, které by mohly odpovědět, co je zdrojem znečištění ovzduší v Ostravě neproběhly. Mezi takové výzkumy se dá řadit takzvaná receptorová analýza. Tedy jednotlivé zkoumání částic, respektive složení a velikost částic může určit, zdali daná částice, na níž jsou zachycené kovy nebo jiné látky mohou být zdrojem z průmyslu, dopravy nebo lokálních topenišť. V případě, že ČHMÚ archivuje filtry, kde se zachycují suspendované částice, dala by se tato analýza využít. Zůstává otázkou, co brání tomu, aby taková studie byla v jedné z **nejznečištěnějších oblastí Evropy** provedena?

Iniciativa ze strany města, podpora obyvatel, tlak veřejnosti a také ministr životního prostředí Tomáš Chalupa, vzhledem k jeho postoji k problematice ovzduší na Ostravsku snad nasvědčují tomu, že situace v Ostravě bude v budoucnu lepší.

ZDROJE INFORMACÍ

Adamec, V. a kol. (2008), *Doprava, zdraví a životní prostředí*, Grada Publishing, Praha.

Ahrens, C. D. (2008), *Essentials of Meteorology-An invitation to the Atmosphere* (5. vyd.), Thomson, Belmont, USA.

Bai, N., Khazaei, M., Eeden, S. et Laher, I. (2007), „The Pharmacology of Particulate Matter Air Pollution-Induced Cardiovascular Dysfunction”, *Pharmacology and Therapeutics*, Vol. 113, No. 1, p. 16-29.

Barmpadimos, I., Hueglin, C., Keller, J., Henne, S. et Prevot, A. S. H. (2011), “Influence of meteorology on PM₁₀ trends and variability in Switzerland from 1991 to 2008”, *Atmospheric Chemistry and Physics*, Vol. 11, No. 4, p. 1813-1835.

Barrett, K., Leeuw, F., Fiala, J., Larssen, S., Sundvor, I., Fjellsbo, L., Dusinska, M., Ostanická, J., Horálek, J., Černíkovský, L., Barmpas, F., Moussipoulos, N. et Vlahocostas, CH. (2008), *Health Impact and Air pollution – An exploration of factors influencing estimates of air pollution impact upon the health of European Citizen. ETC/ACC Technical paper 2008/13.*

Barry, R. G. et Chorley, R. J. (2003), *Atmosphere, Weather and Climate*, (8 vyd.), Routledge, London.

Bashyal, A., Majumder, A. K. et Khanal, S.N. (2008), “Quantification of pm₁₀ concentration in occupational environment of traffic police personnel in pokhara sub-metropolitan city, nepal”, *Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology*, Vol. 1, No. 5, p. 73-80.

Bednář, J. (2009) “Základní informace o atmosféře země” In: Braniš, M. a Hůnová, I. (editoři), *Atmosféra a klima: Aktuální otázky ochrany ovzduší*, Karolinum, Praha, p. 11-49.

Bell, M. L. et Davis, D. L. (2001), „Reassessment of the lethal london fog of 1952: novel indicators of acute and chronic consequences of acute exposure to air pollution”, *Environmental Health Perspectives*, Vol. 109, No. 3, p. 389-394.

Borge, R., Lumbreras, J., Vardoulakis, S., Kassomenos, P. et Rodriguez, E. (2007) „Analysis of long-range transport influences on urban PM₁₀ using two-stage atmospheric trajectory clusters“, *Atmospheric Environment*, Vol. 41, No. 21, p. 4434-4450.

Bosco, M. L., Varrica, D. et Dongarra, G. (2005), “Case study: inorganic pollutants associated with particular matter from an area near a petrochemical plant”, *Environmental Research*, Vol. 99, No. 1, p.18-30.

Braniš, M. (1996), „Environment in the Czech Republic: State of the art and recent development under economic and political transition“, *Geografie – Proceedings of the Czech Geographical Society*, Vol. 101, No. 2, p.169–179.

Braniš, M., Domasová, M. et Řezačová, P. (2007), “Particulate air pollution in a small settlement: the effect of local heating”, *Applied Geochemistry*, Vol. 22, No. 6, p. 1255-1264.

Braniš, M. (2008), „Long term trends in concentration of major pollutants (SO₂, CO, NO, NO₂, O₃ and PM₁₀) in Prague – Czech Republic (analysis of data between 1992 and 2005)“, *Water Air Soil Pollution:Focus*, Vol. 8, No 1.

Breivik, K., Sweetman, A., Pacyna, J.M. et Jones, K.C. (2002), „Towards a global historical emission inventory for selected PCB congeners: a mass balance approach.1. Global production and consumption“, *Science Total Environment*, Vol. 290, p. 181-198.

Brunekreef, B. et Holgate, S. T. (2002), „Air pollution and health“, *Lancet*, Vol. 360, No. 9341, p. 1233-1242.

Buckley, S. M. et Mitchell, M. J. (2011), „Improvements in urban air quality: case studies from New York state, USA“, *Water Air And Soil Pollution*, Vol. 214, No. 1-4, p. 93-106.

Celis, J. E., Morales, J. R., Zaror, C. A. et Inzunza, J. C. (2004), “ A study of the particulate matter PM₁₀ composition in the atmosphere of Chillan, Chile”, *Chemosphere*, Vol. 54, No. 4, p. 541-550.

Cohen, A. J. et Pope, C. A. (1995), „Lung cancer and air pollution“, *Environmental Health Perspectives*, Vol. 103, No. 8, p. 219-224.

Česká technická inspekce životního prostředí (1985), *Bilance emisí znečišťujících látek v roce 1985*, ČIŽP Oddělení ochrany ovzduší, Praha

Česká technická inspekce životního prostředí (1986), *Bilance emisí znečišťujících látek v roce 1985*, ČIŽP Oddělení ochrany ovzduší, Praha

Česká technická inspekce životního prostředí (1987), *Bilance emisí znečišťujících látek v roce 1986*, ČIŽP Oddělení ochrany ovzduší, Praha

Česká technická inspekce životního prostředí (1988), *Bilance emisí znečišťujících látek v roce 1987*, ČIŽP Oddělení ochrany ovzduší, Praha

Česká technická inspekce životního prostředí (1989), *Bilance emisí znečišťujících látek v roce 1988*, ČIŽP Oddělení ochrany ovzduší, Praha

Česká technická inspekce ochrany ovzduší (1990), *Výroční zpráva 1989*.

Česká technická inspekce ochrany ovzduší (1991), *Bilance znečišťujících látek v roce 1990*, Praha.

Česká technická inspekce ochrany ovzduší - divize ochrany ovzduší (1992), *Bilance emisí znečišťujících látek v roce 1991*, Praha.

Česká inspekce životního prostředí (1993), *Bilance emisí znečišťujících látek v roce 1992*, ČIŽP Oddělení ochrany ovzduší, Praha.

Česká inspekce životního prostředí (1994), *Bilance emisí znečišťujících látek v roce 1993*, ČIŽP Oddělení ochrany ovzduší, Praha.

Česká inspekce životního prostředí (1995), *Bilance emisí znečišťujících látek v roce 1994*, ČIŽP Oddělení ochrany ovzduší, Praha.

ČHMÚ (2012c), *Emisní bilance České republiky*, dostupné na http://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/emisnibilance_CZ.html, (staženo 20.8.2012).

ČHMÚ (2012d), *Informace o kvalitě v ČR-Seznam, kde měří znečištění ovzduší*, dostupné na http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/locality/pollution_locality/region_district_2744_CZ.html, staženo (20.8.2012).

ČHMÚ (1983-1997), *Měsíční přehledy počasí za měsíc (leden-prosinec) v letech 1983-1997*, Praha.

ČHMÚ (2011), *Měsíční přehledy počasí za měsíc (leden-prosinec) v roce 2011*, Praha.

ČSÚ (2012), Oficiální stránky Českého statistického ústavu- Krajská správa ČSÚ v Ostravě dostupné na <http://czso.cz/xt/redakce.nsf/i/home> (staženo 20. 8. 2012)

Denby, B., Sundvor, I., Cassiani, M., de Smet, P., de Leeuw, F. et Horalek, J. (2010), „Spatial mapping of ozone and SO₂ trends in Europe“, *Science Of The Total Environment*, Vol. 408, No. 20, p. 4795-4806.

EPA (Environmental Protection Agency) (2008), *Integrated Science Assessment for Particulate Matter: First External Draft*, Research Triangle Park, NC.

Fenger, J. (1999), „Urban air quality“, *Atmospheric Environment*, Vol. 33, No. 29, 4877–4900.

Franck, U., Odeh, S., Wiedensohler, A., Wehner, B. et Herbarth, O. (2011), „The effect of particle size on cardiovascular disorders — the smaller the worse“, *Science of Total Environment*, Vol. 409, No. 20, p. 4217–4221.

Galindo, N., Varea, M., Gil-Moltó, J., Yubero, J. et Nicolás, J. (2011), „The influence of meteorology on particulate matter concentrations at an urban mediterranean location“, *Water Air Soil Pollution*, Vol. 215, No. 1-4, p. 365–372.

Hannibal, J. et Raab, P. (1979), „Znečišťování ovzduší a jeho soudobé problémy“, 1. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

Hedman, B., Naslund, M. et Marklund, S. (2006), „Emission of PCDD/F, PCB, and HCB from combustion of fir-wood and pellets in residential stoves and boilers“, *Environmental Science Technology*, Vol. 40, No. 16, p. 4968-75.

Horák, J., Hopan, F., Šyc, M., Machálek, P., Krpec, K. Ocelka, T. et Tomšej, T. (2011), „Bilance emisí znečišťujících látek z malých zdrojů znečišťování se zaměřením na spalování tuhých paliv“, *Chemické listy*, Vol. 105, No. 11, p. 851-855.

Houthuijs, D., Breugelmans, O., Hoek, G., Vaskovi, E., Miháliková, E., Pastuszka, JS., Jirik, V., Sachelarescu, S., Lolova, D., Meliefste, K., Uzunova, E., Marinescu, C., Volf, J., Leeuw, F., Wiel, H., Fletcher, T. et Brunekreef, B. (2001), „PM₁₀ and PM_{2.5} concentrations in Central and Eastern Europe: results from Cesar study“, *Atmospheric environment*, Vol. 35, No. 15, p. 2757-2771.

Choi. H., Jedrychowski, W. et Spenler, J. (2006), „International studies of prenatal exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and fetal growth“, *Environmental Health Perspective*, Vol. 114, No. 11, p.1745-1751.

IGAC (Ivan Gabal-Analysis & Consulting) (2010), *Závěrečná zpráva: Výzkum a analýza postojů a sociálních strategií obyvatel Ostravy vzhledem ke znečištění ovzduší a jeho možným dopadům na zdravotní stav dětí a dospělých*, Praha.

Jelínková, J. et Braniš, M. (2001), „Mortality during winter smog episodes 1982, 1985, 1987 and 1993 in the Czech Republic“, *International Archives Of Occupational And Environmental Health*, Vol. 74, No. 8, p. 565-573.

Joly, M. et Peuch, V. H. (2012), „Objective classification of air quality monitoring sites over Europe“, *Atmospheric Environment*, Vol. 47, p. 111-123.

Jones, A. M., Harrison, R. M. et Baker, J. (2010), „The wind speed dependence of the concentrations of airborne particulate matter and NOx“, *Atmospheric Environment*, Vol. 44, No. 13, p. 1682-1690.

Kassomenos, P. A, Kelessis, A., Petrakakis, M., Zoumakis, N., Christidis, T. et Paschalidou, A. K. (2012), „Air quality assessment in a heavily polluted urban Mediterranean environment through air quality indices“, *Ecological Indicators*, Vol. 18, p. 259–268.

Katsouyanni, K. et Pershagen, G. (1997), „Ambient air pollution exposure and cancer Source“, *Cancer Causes and Control*, Vol. 8, No. 3, p. 284-291.

Kerminen, V. (2007), „Development of particle number size distribution near a major road in Helsinki during an episodic inversion situation“, *Atmospheric Environment*, Vol. 41, No. 8, p.1759-1767.

Kittelson, D. B. (1998), „Engines and nanoparticles: a review“, *Journal of Aerosol Science*, Vol. 29, No. 5/6, p. 575-588.

Krejčí B. (2007), „Vývoj znečištění ovzduší prašným aerosolem v oblasti Ostravsko-Karvinska v letech 1975-2005.-program a sborník konference Brno 23.-25-dubna 2007“, *Recetox, Tocoen, ČHMÚ* 67-71 s.

Krejčí B. et Černíkovský L. (2008), „Moravskoslezský kraj-problematika imisí“, *Ochrana ovzduší*, No. 5-6.

Kukutschova , J., Roubíček, V., Malachová , K., Pavličková, Z., „Holuša, R., Kubáčková, J., Mička, V., Maccrimmon, D. et Filip, P. (2009), “Wear mechanism in automotive brake materials, wear debris and its potential environmental impact”, *Wear*, Vol. 267, No. 5-8, p. 807-817.

Kukutschová, J., Roubíček, V., Mašláň, M., Jančík, D., Slovák, V., Malachová , K., Pavličková, Z. et Filip, P. (2010), “Wear performance and wear debris of semi metallic automotive brake materials”, *Wear*, Vol. 268, No. 1-2, p. 86-93.

Lapčík, V. (1996), “Oceňování antropogenních vlivů na životní prostředí“, VŠB-TU Ostrava, Ostrava.

Lavric, E. D., Konnov, A. A. et De Ruyck, J. (2004), „Dioxin levels in wood combustion—A review“, *Biomass and Bioenergy*, Vol. 26, No. 2, p. 115-145.

Lazaridis, M. (2011), *First Principles of Meteorology and Air Pollution*, Springer, London.

Libalova, H., Dostal, M. et Šram, R. J. (2011), „Studium genové exprese u astmatických dětí žijících v lokalitách s různou mírou znečištění ovzduší“, *Ochrana ovzduší*, No. 5 – 6, p. 13-17.

Louka, P., Harrison, R. G. et Belcher, S. E. (1997), “Urban meteorological influences on vehicular aerosol emissions”, *Journal of Aerosol Science*, Vol. 28, No. 2, p. 341-341.

Mallone S, Stafoggia M, Faustini A, Gobbi GP, Marconi A. et Forastiere F. (2011) „Saharan dust and associations between particulate matter and daily mortality in Rome, Italy“, *Environmental Health Perspective*, Vol. 119, No. 10, p. 1409–1414.

Marcazzan, G. M., Valli, G. et Vecchi, R. (2002), “Factors influencing mass concentration and chemical composition of fine aerosols during a PM high pollution episode”, *The Science of the Total Environment*, Vol. 298, No. 1-3, p. 65–79.

Martuzzi, M., Mitis, F., Iavarone, I. et Serinell, M. (2006), „Health Impact of PM₁₀ and Ozone in 13 Italian Cities, WHO, (Copenhagen).

McKean-Cowdin, R., Calle, E. E., Peters, J. M., Henley, J., Hannan, L., Thurston, G. D., Thun, M. J. et Preston-Martin, S. (2009), „Ambient air pollution and brain cancer mortality“, *Cancer Causes and Control*, Vol. 20, No. 9, p. 1645-1651.

McKee, D.J. et Rodriguez, R.M. (1993), „Health Effects Associated with Ozone and Nitrogen Dioxide Exposure“, *Water, Air, and Soil Pollution*, Vol. 67, No. 1-2, p. 11–35.

Menichini, E., Lacovella, N., Monfredini, F. et Turrio-Baldassarri, L. (2007), „Relationships between indoor and outdoor air pollution by carcinogenic PAHs and PCBs“, *Atmospheric Environment*, Vol. 41, No. 40, p. 9518-9529.

Miller, A., Ahlstrand, G., Kittelson, D. et Zachariah, M. (2007), “The fate of metal (Fe) during diesel combustion: morphology, chemistry, and formation pathways of nanoparticles”, *Combustion and Flame*, Vol. 149, No. 1-2, p. 129-143.

Milionis, A. E. et Davies, T. D. (2008), “The effect of the prevailing weather on the statistics of atmospheric temperature inversions”, *International Journal of Climatology*, Vol. 28, No. 10, p. 1385-1397.

Miturová, H., Hanák, M., Holušová, V., Tunysová, Z. et Brezinová, V. (2005), *Co ovlivňuje kvalitu vnějšího ovzduší v Ostravě Bartovicích? – Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě.*

Moldan, B., et Schnoor, J. L. (1992), „Czechoslovakia examining critically ill environment“, *Environmental Science and Technology*, Vol. 26, No.1, p. 14–21.

Moździerz, A., Juszko-Piekut, M., Stojko, J. et Kolosza, Z. (2011), „Benzo(a)pyrene emission in cities of the upper silesia industrial area in southern Poland 1980-2005“, *Polish Journal of Environmental Studies*, Vol. 20., No. 5, p. 1251-1258.

MSK (2010), Krajský program snižování emisí Moravskoslezského kraje- Aktualizace 2010.

OPM -Oficiální portál města Ostravy (2012), Historie města Ostravy, dostupné na www.ostrava.cz/cs/o-meste/historie-mesta (staženo 15.08.2012).

Querol, X., Alastuey, A., Moreno, T., Viana, M. M., Castillo, S., Pey, J., Rodriguez, S., Artinano, B., Salvador, P., Sanchez, M., Garcia Dos Santos, S., Hecce Garraleta, M. D., Fernandez-Patier, R., Moreno-Grau, S., Negral, L., Minguillon, M. C., Monfort, E., Sanz, M. J., Palomo-Marín, R., Pinilla-Gil, E., Cuevas, E., de la Rosa, J. et Sanchez de la Campa, A. (2008), “Spatial and temporal variations in airborne particulate matter (PM₁₀ and PM_{2.5}) across Spain 1999–2005”, *Atmospheric Environment*, Vol. 42, No. 17, p. 3964 -3979.

Paliatsos, A. G., Kaldellis, J. K., Koronakis, P. S. et Garofalakis, J. E. (2002), „Fifteen year air quality trends associated with the vehicle traffic in Athens, Greece“, *Fresenius Environmental Bulletin*, Vol. 11, No. 12B, p. 1119-1126.

Peled, R. (2011), „Air pollution exposure: Who is at high risk?“, *Atmospheric Environment*, Vol. 45, No. 10, p. 1781-1785.

Pope, C. A. (2000), „Epidemiology of fine particulate air pollution and human health: Biologic mechanisms and who's at risk?“, *Environmental Health Perspectives*, Vol. 108, No. 4, p. 713-723.

Pope, CA. et Dockery, DW. (2006), „Health effects of fine particulate air pollution: Lines that Connect“, *Journal of the Air & Waste Management Association*, Vol. 56, No. 6, p. 709-749.

Prevedouros, K., Brorström-Lundén, E., Halsall, C.J., Jones, K.C., Lee, R.G.M. et Sweetman, A.J. (2004), „Seasonal and long-term trends in atmospheric PAH concentrations: evidence and implications“, *Environmental Pollution*, Vol. 128, No.1-2, p.17-27.

Ristovski, Z., Jayarante, E. R., Lim, M., Ayoko, G. A. et Morawska, L. (2006), „Influence of diesel fuel sulphur on the nanoparticle emissions from city buses“, *Environmental Science and Technology*, Vol. 40, No. 4, p. 1314–1320.

Sarnat, J. A. (2002), „Are ambient concentrations of gaseous pollutant surrogates of personal exposure to the gaseous pollutants or to ambient fine particulate matter?“, *Epidemiology*, Vol. 13, No. 4, p. S94-S95.

Seinfeld, J. H. et Pandis, S. N. (2006), *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*, (2 vyd.), John Wiley, Toronto, Canada.

Sicard, P. Lesne, O. , Alexandre,N. Mangin, A. et Collomp, R. (2011), „Air quality trends and potential health effects –Development of an aggregate risk index“, *Atmospheric Environment*, Vol. 45, No. 5, p. 1145-1153.

Silva, P. J., Vawdrey, E. L., Corbett, M. et Erupe, M. (2007), „Fine particle concentrations and composition during wintertime inversions in Logan, Utah, USA“, *Atmospheric Environment*, Vol. 41, No. 26, p. 5410-5422.

Skorkovský, J., Rychlíková, E., Kotěšovec, F. et Šrám, R. J. (2011), „Sledování denní úmrtnosti ve třech lokalitách s různými koncentracemi PM₁₀ v ovzduší Česka republika“, *Ochrana ovzduší*, No. 5 – 6, p. 23 – 29.

Statutární město Ostrava (SMO) (2012a), Statut fondu pro děti ohrožené znečištěným ovzduším, dostupné na www.dychamproostravu.cz/images/statutfond.pdf (staženo 15.08.2012).

Statutární město Ostrava (SMO) (2012b), Fond pro děti ohrožené znečištěným ovzduším. Dýchám pro Ostravu!!!, dostupné na , dostupné na www.dychamproostravu.cz/index.php/ovzdusi/fond-pro-dti (staženo 15.08.2012).

Šlachtová, H., Tomášek, I., Jones, K., Vašina, B. et Volf, J. (1998), „Risk Perception Study in the Framework of PHARE/CESAR Study—Central European Study on Air Pollution and Respiratory Health Risk Perception, the Environment, and Communication Strategies in the CESAR Project: Results from the Czech Republic“, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 61, No. 1-3, p. 313–317.

Soll-Johanning, H. et Bach, E. (2004), „Occupational exposure to air pollution and cancer risk among Danish urban mail carriers“, *International Archives Of Occupational And Environmental Health*, Vol. 77, No. 5, p. 351-356.

Šrám, R., Binková, B., Dejmek, J. et Bobák, M. (2005), „Ambient air pollution and pregnancy outcomes? A review of the literature.“, *Environmental Health Perspective*, Vol. 113, No. 4, p. 375-382.

Švecová, V., Topinka, J., Solanský, I., Rössner, P. et Šrám, R. J (2011), „Faktory ovlivňující personální expozici karcinogenním polycyklickým aromatickým uhlovodíkům v Moravskoslezském kraji a Praze v roce 2009“, *Ochrana ovzduší*, No. 5-6, p. 30-35.

Terzano, C., F. Di Stefano, V. Conti, E. Graziani, et A. Petroianni (2010), „Air pollution ultrafine particles: toxicity beyond the lung“, *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, Vol. 14, No. 10, p. 809–821.

Trusilova, K et Jung, M. (2008), “Urbanization impacts on the climate in Europe: numerical experiments by the PSU-NCAR Mesoscale Model (MM5)”, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, Vol. 47, No. 5, p. 1442-1455.

Tsapakis, M. et Stephanou, E. G. (2005), „Occurrence of gaseous and particulate polycyclic aromatic hydrocarbons in the urban atmosphere: study of sources and ambient temperature effect on the gas/particle concentration and distribution, *Environmental Pollution*, Vol. 133, No. 1, p.147-156.

Viana, M., Maenhaut, W., Chi, X., Querol, X. et Alastuey, A. (2007), Comparative chemical mass closure of fine and coarse aerosols at two sites in south and west Europe: Implications for EU air pollution policies, *Atmospheric Environment*, Vol. 41, No. 2, p.315–326.

Vopasek, S. (2005), *Dějiny hornictví, aneb, Jak to bylo s uhlím na Ostravsku*, Repronis, Ostrava.

VŠB-TUO (2010), Radvanice a Bartovice-Rozptylová studie.

Wallace, J., Corr, Denis. et Kanaroglou, P. (2010), „Topographic and spatial impacts of temperature inversions on air quality using mobile air pollution surveys“, *Science of the Total Environment*, Vol. 408, No. 21, p. 5086-5096.

Wei, Y., Davis, J. et Bina, W. F. (2012), „Ambient air pollution is associated with the increased incidence of breast cancer in US Source“, *International Journal Of Environmental Health Research*, Vol. 22, No. 1, p. 12-21.

WHO, (2011), „Urban outdoor air pollution database“, Department of Public Health and Environment, *World Health Organization, Geneva, Switzerland*, dostupné na http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/en/index.html (staženo 20.07.2012).

Zhou, J., Ito, K., Lall, R., Lippmann, M. et Thurston, G. (2011), „Time-series analysis of mortality effects of fine particulate matter components in Detroit and Seattle“, *Environmental Health Perspective*, Vol. 119, No. 4, p. 461 – 466.

Zwozdziak, A., Samek, L., Sowka, I., Furman, L. et Skretowicz, M. (2012), „Aerosol Pollution from Small Combustors in a Village“, *The ScientificWorld Journal*, Vol. doi:10.1100/2012/956401

Internetové zdroje:

Autosap (2012) <http://www.autosap.cz/sfiles/a1-9.htm>

Regiojet (2012), <http://www.regiojet.cz>

LeoExpress (2012) <http://www.le.cz>

MŽP (2012), http://mzp.cz/cz/news_120810_dotace

Enviweb (2012), <http://www.enviweb.cz/rss/dalsi/70489/ovzdusi-na-ostravsku-pomuze-zlepsit-5-miliard-korun-z-evropskych-fondu>

<http://www.lowemissionzones.eu>

<http://ww.air-silesia.eu>

<http://www.arcelormittalgent.com>