

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: provoz
průmyslových podniků**

Analysis of air pollution in Ostrava: operation of industrial enterprises

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Zpracovatel: Petr Pěčka

Vedoucí: Doc. RNDr. Iva Hůnová, CSc.

Srpen 2014

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 přejeté) informace budou řádně citovány. Rovněž prohlašuji, že předložená diplomová práce je totožná s elektronickou verzí vloženou do SIS.

V Praze, srpen 2014

.....

Petr Pěčka

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych především rád poděkoval svému prvnímu vedoucím diplomové práce vedoucím prof. RNDr. Martinu Branišovi, CSc. za odborné vedení této diplomové práce a jeho trpělivost. Dále bych chtěl poděkovat své nynější školitelce Doc. RNDr. Ivě Hůnové, CSc., která ochotně převzala vedení diplomové práce. 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, kardiovaskulární onemocnění atd.) patří znečištění ovzduší ve městech k hlavním oblastem zájmu. Důvodem je vysoká koncentrace obyvatelstva.

Třetí největší město České republiky Ostrava, které je předmětem této práce, patří dlouhodobě mezi nejvíce znečištěnou oblast republiky, a to zejména suspendovanými částicemi a polyaromatickými uhlovodíky. V porovnání se zbytkem republiky je v Ostravě stále vysoký podíl těžkého průmyslu a tím i významný zdroj znečištění ovzduší. Dalšími zdroji ve městě jsou doprava, lokální topeniště a pravděpodobně i přenos znečištění ze sousední industriální části Polska.

Tato diplomová práce pracuje s dlouhodobými časovými řadami, zahrnující hlavně imise (PM_{10} , SO_2 , NO_x) a emise znečišťujících látek a meteorologické údaje.

Přidanou hodnotou práce jsou data, o uzavírání a otevírání průmyslových provozů, respektive jejich jednotlivých částí. Cílem těchto dat je porovnání hladin koncentrací před a po uzavření nebo otevření konkrétního průmyslového závodu na území města Ostravy v průběhu posledních 35 let. Využitím těchto dat se doposud nikdo v Ostravě nezabýval.

Klíčová slova:

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

.

ABSTRACT

Air pollution is one of the major environmental issues. It can cause adverse health effects such as cancer, cardiovascular diseases and high mortality rates. High population density is a huge contributory factor of air pollution in cities and urbanized areas.

The third biggest city of the Czech Republic, Ostrava the subject of this thesis, is one of the most densely polluted areas of the country. The main air pollutants of concern are suspended particles and poly aromatic hydrocarbons. Ostrava's high proportion of heavy industry is a major source of air pollution compared to the rest of the Czech Republic. Other sources of air pollution are transport, local heating and possibly a pollution transfer from a neighboring industrial region in Poland.

This thesis deals mainly with long term time series, including air pollutants (PM₁₀, SO₂, NO_x), and meteorological variables.

Information about the opening and closing of industrial plants can be considered as an added value to this work. The purpose of this data thesis is to compare the concentration levels before and after the closing or opening of particular industrial plants in the city of Ostrava during the last 35 years. So far no one has utilized these data sets for comprehensive analyses.

Key words:

Urban area, Emission, PM₁₀, SO₂, Industry

OBSAH

PODĚKOVÁNÍ	3
ABSTRAKT	4
OBSAH	6
1 ÚVOD	7
2 CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY	8
3 LITERÁRNÍ REŠERŠE	9
3.1 Městské prostředí	10
3.2 Doprava	10
3.3 Lokální topeniště	11
3.4 Vliv meteorologických podmínek na koncentrace škodlivin v ovzduší .	12
3.4.1 Teplota a teplotní stratifikace.....	12
3.4.2 Mezní vrstva atmosféry	12
3.4.3 Teplotní inverze	12
3.4.4 Větrné podmínky	13
3.5 Vliv suspendovaných částic na zdraví	14
3.6 Vliv dálkového transportu z Polska	16
3.7 Ostrava z celosvětové perspektivy	17
3.8 Zdravotní studie týkající se Ostravy	18
4 METODIKA	21
4.1 Data	21
4.1.1 Imise	21
4.1.2 Emise	22
4.1.3 Meteorologická data	24
4.2 Zpracování dat	25
5 VÝSLEDKY	28
5.1 Emisní bilance	28
5.2 Imisní trendy	30
5.3 Imisní situace na jednotlivých stanicích	30
5.4 Vliv meteorologických faktorů na imisní koncentrace	34
5.5 Průmyslové podniky	36
6 DISKUZE	44
7 ZÁVĚR	53
8 POUŽITÁ LITERATURA	54

1 ÚVOD

Ostrava a okolí je oblast s výskytem těžkého průmyslu zahrnující provoz hutí, oceláren, koksoven a dalších průmyslových závodů. V minulosti se zde vyskytovala také těžba uhlí, protože zde bylo bohaté naleziště této hořlavé horniny. V současnosti, zejména v zimním období, je Ostravsko spojováno hlavně s nejhorší kvalitou ovzduší v České republice.

Černé uhlí bylo výrazným fenoménem města Ostravy a celého regionu po staletí. Povrchová a později hlubinná těžba uhlí se na území dnešní Slezské Ostravy datuje od roku 1767 (Vopasek, 2005). Po druhé světové válce začala vedle stávajících Vítkovických železáren výstavba rozsáhlého průmyslového komplexu Nová huť v Ostravě-Kunčicích (nynější ArcelorMittal Ostrava). Rozšíření průmyslu mělo za následek výstavbu nových sídlišť. Cílem tehdejší politiky bylo, aby se Ostrava stala městem uhlí a železa (OPSM Ostrava, 2012). V roce 1989 došlo ke změně ve vývoji města ve smyslu restrukturalizace průmyslu, omezení těžby uhlí, hutnictví a ostatních navázaných provozů. Dalším významným mezníkem v moderní historii Ostravy je rok 1994, kdy byl uzavřen důl Odra, a tak byla ukončena poslední těžba černého uhlí na území města. Těžba stále přetrvává v karvinském revíru a v dole Paskov na Frýdecko-Místecku.

V oblasti, která se vyznačuje velkým počtem obyvatel, hustou dopravní sítí a hutním průmyslem, je životní prostředí narušováno. Kromě zmiňovaného průmyslu zaujímá určitý podíl na nepříznivém stavu kvality ovzduší silniční doprava, v chladných obdobích roku lokální topeniště a doposud důkladněji neprobádaný vliv průmyslové činnosti ze sousedního Polska, z industriální oblasti Katovic.

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 překračovány nejen u suspendovaných částic frakce PM₁₀ i PM_{2,5}, ale také benzo(a)pyrenu, benzenu a ojediněle i oxidu dusičitého (Krejčí a Černíkovský, 2008). Překračování imisních limitů, zvláště v zimních měsících, pokračuje i v letech 2009-2013 (ČHMÚ, 2014).

2 CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY

Předkládaná práce analyzuje data, která pocházejí 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.

Cílem této diplomové práce bylo srovnat na území města Ostravy emisní a hlavně imisní trendy atmosférický aerosolu (PM_{10}), SO_2 , NO_x ve větším detailu než je obvykle prezentovaný roční ukazatel

Hypotézy

- Stanice imisního monitoringu v Ostravě budou vzájemně korelovat
- Lze předpokládat, že otevření nebo uzavření velkého průmyslového zdroje ovlivní koncentrace znečištění ovzduší v Ostravě (zejména PM_{10} a SO_2).

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

První vztah mezi znečištěným ovzduším a úmrtností byl 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 akumulace polutantů byla příčinou šesti set zdravotních poruch lidí. Oběti na životech byly zaznamenány také u dobytka, ptáků a hlodavců. První případ extrémního znečištění ovzduší ve Spojených státech byl zaznamenán v Donoře (malé město na jihozápadě Pensylvánie ve Webster Hollow oblasti se 14 000 obyvateli), když se během 27.- 30. října v roce 1948 v údolí usadila meteorologická inverze. Společně se znečištěním z továren zpracovávajících kovy, z domů vytápěných uhlím, z koksárenských pecí a oceláren měla inverze 30. října za následek sedmnáct mrtvých a tři další oběti během následujícího týdne. Míra mortality byla šestkrát větší, než je obvyklé (Bell a Davis, 2001). Událost, která se stala v době od 5. 12. do 8. 12. 1952 v Londýně, je vnímána jako nejhorší událost spojená se znečištěním ovzduší. Velké množství lokálních a průmyslových topenišť poskytovalo kondenzační jádra, která způsobila tvorbu "silné žluté mlhy" (smogu) během inverzní situace. Nejvíce ovlivněnou skupinou lidí byli starší lidé. Nehoda způsobila velký počet úmrtí. Podle statistik až 4000 mrtvých (Hannibal a Raab, 1979). Soudobé studie týkající se této události tvrdí, že lidé, kteří se stali oběťmi tohoto neštěstí, byli na sklonku 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 a Holgate (2002) ve své práci odhadují, že přemíra úmrtí kvůli této situaci byla okolo dvanácti tisíc lidí. V České republice vliv smogových situací na mortalitu v letech 1982, 1985, 1987 a 1993 prokázali např. Jelínková a Braniš (2001).

Kromě venkovního prostředí se řada studií zabývá také vnitřním prostředím. Průměrný člověk ve vyspělých zemích tráví většinu času právě ve vnitřních prostorách. Studie Silva *et al.*(2014) považuje tento problém za zcela zásadní, zvláště pak u starších osob, které tráví nejvíce svého času uvnitř. Canha *et al.* (2012, 2013) se ve svých studiích zaměřují naopak hlavně na citlivou skupinu dětí a s tím spojené riziko znečištění z vnitřního prostředí.

3.1 Městské prostředí

S ohledem na skutečnost, že znečištění ovzduší ve městech a v průmyslových oblastech zasahuje rozsáhlá území a často i velkou populaci. Úsilí monitorovat kvalitu ovzduší je věnováno právě ve větších aglomeracích (Joly a Peuch, 2012), nicméně vysoké koncentrace prachových částic naměřili Braniš *et al.* (2007) ve venkovských sídlech.

Lidé, kteří žijí ve městech, jsou vystavováni typické směsi škodlivin, jejichž produkce je vázána na industrializaci, požadavky na energii a motorové vozidla. 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 polutantů však závisí hlavně na meteorologických podmínkách a topografii oblasti (Sicard *et al.*, 2011).

Městské oblasti ve vyspělých státech mají zpravidla vysoké koncentrace suspendovaných částic (Bosco *et al.*, 2005).

Často můžeme ve městech pozorovat tzv. „*weekend effect*“, kdy koncentrace škodlivin během víkendu klesnou. Příkladem mohou být Thessaloniki (Kassomenos *et al.*, 2012). Studie z Nepálu ukázala signifikantní rozdíl hodnot PM_{10} v pracovních dnech, kdy dosáhla koncentrace $1755 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a během víkendu $1323 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Koncentrace je i přesto velmi 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*“ $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ u PM_{10} , respektive snížení o víkendu 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 problémem hlavně ve městech a důležitých silničních koridorech. Vzhledem k její komplexnosti je těžko regulovatelná (Adamec, 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. (2007). Kromě hlavních polutantů, jimiž jsou oxidy dusíku, je doprava emitentem suspendovaných částic, které pocházejí ze spalovacích procesů a otěrů brzdových destiček. 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). Složení je hlavně z elementárního uhlíku, nebo sazí (Miller *et al.*, 2007). Částice, které nesouvisejí se spalovacími procesy, ale s procesy tření, jsou především částice z brzdového obložení a uvolňují se hlavně při brzdění (Kukutschova *et al.*, 2009, 2010). Problémem jsou také emise z otěrů pneumatik, z vozovky a také tzv. sekundární prašnost, kdy se prachové částice dopravou opět zvirí. Zastaralý vozový park, vzhledem k horším imisním parametrům provozovaných vozidel, zvyšuje produkované emise (Adamec *et al.*, 2008). V České republice stále roste podíl vozidel starších než 10 let, který ke konci pololetí 2013 činil 61,71 %, přičemž podíl vozidel ve stáří nad 15 let je téměř 35 % (SAP,2013).

Možností omezení emisí z dopravy jsou tzv. nízkoemisní zóny, kterými je možné omezit dopravu v centrech měst. Tento koncept funguje již v několika evropských zemích, například v Německu, Dánsku, Švédsku, Rakousku, Norsku, Velká Británii, Itálii, Portugalsku, Nizozemsku a Maďarsku (European Commission, 2013).

Podle Lapčíka (1996) je dopad dopravy na městské prostředí způsoben také technickým stavem silnic, způsobem pohonu vozidel, způsobem a technikou řízení dopravy i technickým stavem vozidel (Vojtíšek, 2010).

3.3 Lokální topeniště

Emise z lokálních topenišť jsou jedním ze zdrojů znečištění ovzduší. Jejich sezónní vliv popsal 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, druh spalovacího zařízení, stáří a konstrukce spalovacího zařízení (Hedman *et al.*, 2006). Horák *et al.* (2011) srovnávali emise vybraných znečišťujících látek ze spalování biomasy a uhlí v domácnostech a došli k závěru, že vliv spalovacího zařízení na emise sledovaných látek je nezanedbatelný, v případě PAU dokonce rozhodující. Emise PAU z moderních typů spalovacích zařízení (automatické, zplyňovací) jsou výrazně nižší než emise ze zařízení starších konstrukcí (prohořivací, odhořivací).

3.4 Vliv meteorologických podmínek na koncentrace škodlivin v ovzduší

Rozptyl a šíření polutantů v atmosféře je ovlivňován bezprostřední meteorologickou situací, zejména teplotním zvrstvením atmosféry nad městem a prouděním vzduchových mas. Louka *et al* (1997), Marcazzan *et al.* (2002), Galindo *et al.* (2011) identifikovali meteorologické faktory za důležité proměnné, které ovlivňují koncentraci škodlivých látek v ovzduší. Z hlediska aerosolů rozptyl, teplotní stratifikace, srážky, rychlost větru a směr větru jsou nejdůležitější proměnné, které ovlivňují jejich koncentrace.

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 rovnováhy mezi radiací ze Slunce a tepelným zářením z povrchu, konvekčním prouděním a intenzitou víření vzduchu (Barry a Chorley, 2003).

3.4.2 Mezní vrstva atmosféry

Mezní vrstva je přibližně 0,5-2 km silná část atmosféry u zemského povrchu, která je ještě ovlivněna třením mezi vzduchem a povrchem. Pochopení fyzikálních procesů v této vrstvě je velmi důležité s ohledem na studování rozptylu a přenos znečištění ovzduší (Lazardis, 2011). Studie Barmpadimos *et al.*, (2011) považuje mezní vrstvu za jednu z nejvýznamnějších proměnných, které ovlivňují úroveň PM₁₀, výjimkou byla letní sezóna, protože během letních měsíců je atmosféra lépe promíchaná a mezní vrstva splývá s vyššími částmi troposféry.

3.4.3 Teplotní inverze

Významným faktorem při formování znečištěného ovzduší je teplotní inverze. V průběhu teplotních inverzí byly často zaznamenány vyšší koncentrace škodlivin v ovzduší (Silva *et al*, 2007; Kerminen *et al.*, 2007, Milionis a Davies, 2008)

Teplotní inverze jsou případy, kdy teplota vzduchu v troposféře s výškou roste. Představují stabilní stav atmosféry, silně potlačují vertikální pohyb a míchání

vzduchové masy, čímž omezují vývoj konvektivní oblačnosti, prostorový rozptyl škodlivin. Inverzi lze rozdělit na přízemní, kdy vrstva chladnějšího vzduchu začíná už u země, a výškovou, kdy se její spodní vrstva nachází v určité výšce (Bednář, 2009).

Příčin inverzí je několik. V zimě převládá dlouhodobé vyzařování země, jež není kompenzováno radiací ze Slunce. Přízemní vrstva vzduchu se od chladnoucí země také ochlazuje. 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 povrchem terénu (izoluje se povrch a ochladí vzduch) a také protože jeho albedo odráží značné množství dopadajícího světla, které by jinak ohřálo povrch a tím i vzduch nad ním.

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 (teplé a studené atmosférické fronty, vliv proudění) (Ahrens, 2008).

Vyšší koncentrace škodlivých látek jsou nejčastěji zaznamenány v období, kdy převládá anticyklonální synoptická situace. Zhoršené klimatické podmínky nastávají nad územím České republiky v období týlové části anticyklony. Za těchto podmínek vznikají výrazné subsidenční teplotní inverze, které jsou zesilovány advekcí teplého vzduchu z jihu. Například Anticyklona nad střední Evropou, Východní anticyklonální, Jihovýchodní anticyklonální podle klasifikace používané ČHMÚ (Černý a Keder, 2007).

3.4.4 Větrné podmínky

Z hlediska vlivů 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 a Chorley, 2003). Naopak slabý vítr nerozptyluje znečišťující látky, ale přemístí 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 rychlosti větru, které mohou být velmi významné pro rozptyl škodlivin. Slabý a proměnlivý vítr může mít za následek navrácení látek do oblasti její emise (Seinfeld a Pandis, 2006). Jones *et al.* (2010) zjistili, že pro většinu ze vzduchových částic a plynů se koncentrace snížily se zvýšením rychlosti větru. Byly také zaznamenány případy, kdy se zvýšila koncentrace při nejvyšších rychlostech větru, což je důsledek resuspenze vyvolané větrem.

3.5 Vliv suspendovaných částic na zdraví

Znečišťování ovzduší způsobuje nepříznivé dopady jak na lidské zdraví, tak i na okolní prostředí. Důkazem je rozsáhlá vědecká literatura, která se o toto téma zejména v posledních dvaceti letech intenzivně zajímá.

Prachové částice jsou spojovány se škálou kardiovaskulárních a respiračních zdravotních dopadů. Pozorovány byly 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 ty menší mají 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 a 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, (Katsouyanni a Pershagen, 1997). Dánská studie Soll-Johanning a Bach (2004), která zkoumala vliv znečištění ovzduší na výskyt rakoviny u poštovních doručovatelů, neobjevila významný rozdíl v porovnání s obecnou dánskou populací. Důvodem může být ochranný účinek vzhledem k fyzické aktivitě poštovních

doručovateli. Výskyt rakoviny prsu byl prokázán v oblastech s vysokou imisní situací a velkoměstech, Wei *et al.* (2012).

Podle Peleda (2011) většina epidemiologických studií, které prokazují vliv znečištění ovzduší na zdraví, je založena na hodnotách naměřených ze stacionárních stanic. Nicméně expozice se mezi jednotlivými účastníky těchto studií liší. Menichini *et al.* (2007) ukázali, že vnitřní prostředí může přispívat k celkové expozici polyaromatických uhlovodíků (PAU) a polychlorovaných bifenyly (PCB) více než venkovní vzduch ve městě, přičemž PAU jsou lidskými karcinogeny a mutageny (Tsapakis a 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.

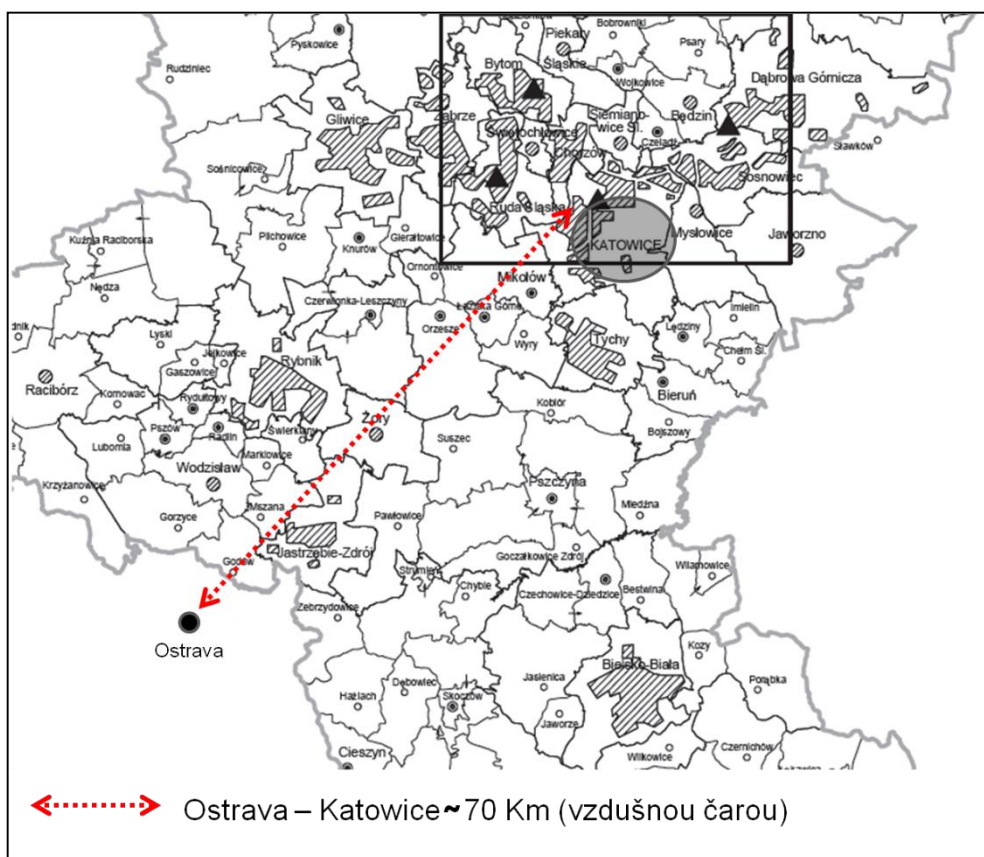
Účinky znečištěného ovzduší na lidský organismus nepůsobí na celou populaci stejně. Mezi více citlivé skupiny patří děti, lidé vyššího věku a lidé s oslabenou imunitou. Zranitelnou skupinou mohou být lidé s už vyvinutými nemocemi, zvláště pak dýchacími, kardiovaskulárními nebo lidé s cukrovkou, ale také citlivé skupiny, které mají genetickou predispozici a těhotné ženy.

Nicméně podle Popa (2000) je obtížné odlišit, kdo je v ohrožení zdraví a kdo nikoliv. Pope rozlišil rizikové skupiny podle krátkodobé a dlouhodobé expozice. Krátkodobá expozice zahrnuje osoby, jejichž zdravotní podmínky by mohly být zhoršeny episodou akutní expozice. Zde lze zahrnout velmi mladé a starší osoby a 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. Důsledek vyššího výskytu kardiovaskulárního onemocnění v obecné populaci není pouze znečištěné ovzduší (Bai *et al.*, 2007). Podle Zhoua *et al.* (2011) se účinky prachových částic na denní mortalitu liší v závislosti na typu zdroje znečištění, ročním období a potvrzuje, že složení prachových částic má značný vliv na zdravotních účinky.

3.6 Vliv dálkového transportu z Polska

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 PM₁₀ koncentrací v Madridu a Aténách se podílí minerální prach až ze severní Afriky. Stejně údaje potvrdil Mallone *et al.* (2011) na koncentracích v Itálii.

Obrázek 1 ilustruje vzdálenost polské industriální oblasti okolo města Katowice. Přibližná vzdálenost mezi Katovicemi a Ostravou je sedmdesát kilometrů vzdušnou čarou.



Obrázek 1 Mapa průmyslové oblasti v Polsku ve vzdálenosti k Ostravě

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

Moździerz *et al.* (2011) shrnuje monitorování benzo[a]pyrenu v průběhu 25 let (1980-2005) právě v okolí průmyslové oblasti Katovic. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** zobrazuje extrémní koncentrace, které byly v Polsku v minulosti naměřeny.

Nepochybně metody měření v tehdejší době mohly ovlivnit výsledné koncentrace. Koncentrace v roce 2005 byly už mnohem nižší, ale 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 a také těžký průmysl, který je do značné míry nevypělý, podinvestovaný a produkující spoustu prachu a plynů do atmosféry.

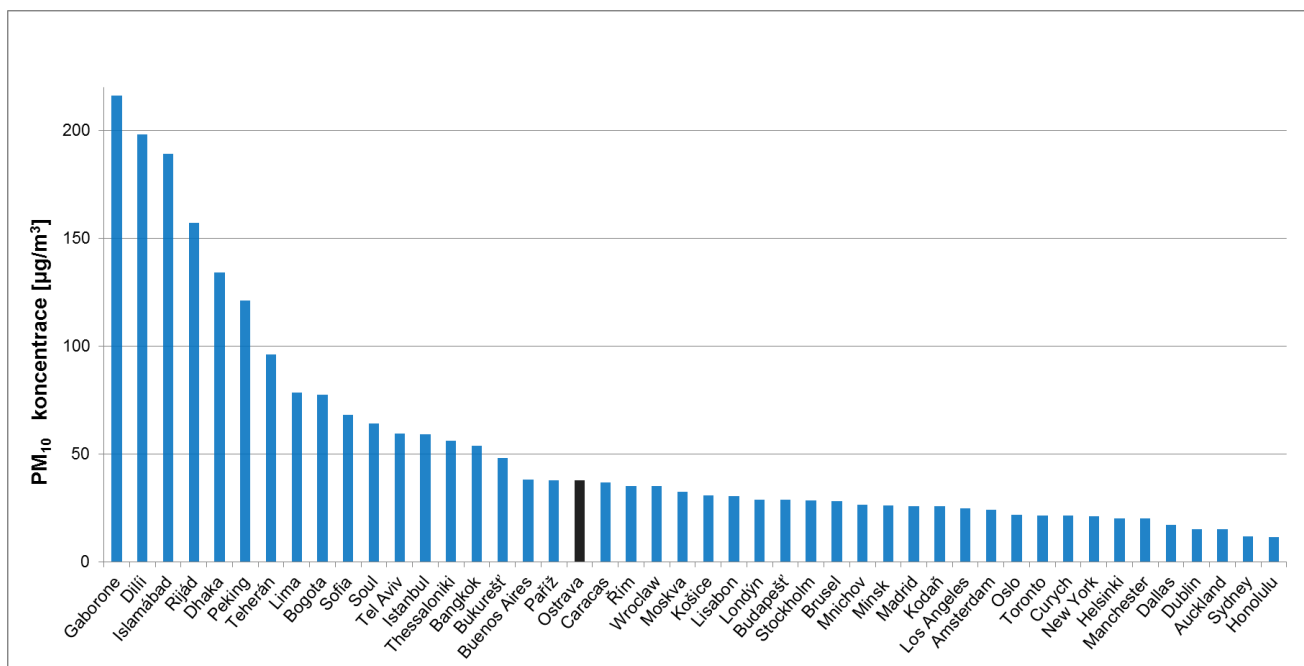
Tabulka 1 Koncentrace B[a]P v průběhu 25 let v průmyslové oblasti Polska

město	Katovice	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

3.7 Ostrava z celosvětové perspektivy

Obrázek 2 porovnává Ostravu v celosvětovém měřítku z hlediska znečištění suspendovanými částicemi, respektive frakcí PM₁₀. V grafu jsou znázorněny průměrné roční koncentrace PM₁₀ ve vybraných městech světa. Většina měst jsou hlavní nebo velká města. Mezi městy s vyšší průměrnou roční koncentrací, než má Ostrava, jsou pouze tři evropská města (Paříž, Bukurešť a Sofie). Ostatní více znečištěná města se nacházejí v Asii, Jižní Americe a Africe. Naopak nižší hodnoty znečištění vykazují převážně evropské země, Severní Amerika a Oceánie.



Obrázek 2 Průměrná roční koncentrace PM₁₀ ve vybraných světových městech v porovnání s Ostravou v letech 2008, nebo 2009

Zdroj: WHO (2010), vlastní zpracování

3.8 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). 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 PM₁₀ a PM_{2,5}, SO₂,NO₂); zdravotní dotazníková studie (3672 dotazníků); šetření funkce plic (1753 vyšetření); imunologická studie (528 vzorků krve) a studie vnímání rizika (716 dotazníků). Výsledkem této studie bylo, že problémy a rizika ze znečištění ovzduší byly ve všech oblastech relativně stejné, respektive že velmi důležité bylo najít společnou strategii pro komunikaci týkající se rizik a zlepšení stavu odpovědnosti politiků.

Následně v letech 1998-2000 byl řešen 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 let 2002-2004 Zdravotním ústavem se sídlem v Ostravě řešen projekt Evropské unie PATY. Jednalo se o meta-analýzu dvanácti průřezových studií respiračního zdraví a znečištění (ve 13 zemích), která prokázala vztah koncentrací PM₁₀ k výskytu kašle a NO₂ k výskytu inhalačních alergií. Vztah astmatu ke koncentracím PM₁₀ nebyl prokázán. U studií, v nichž měření funkce plic bylo realizováno v jarním, nebo letním období, se prokázal významnější negativní účinek PM₁₀ na funkci plic, než u výsledků studií realizovaných v zimě. Výsledky těchto studií ukázaly vztah mezi plicními funkcemi a „letním smogem“.

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

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 bylo prozkoumat, zda znečištěné ovzduší v Ostravě má přímý vliv na zdraví dětí. Tento výzkum byl zaměřen na jihočeské Prachatice, tedy na oblast, kde jsou děti méně nemocné, a na ostravskou městskou část Radvanice a Bartovice (ORB), kde naopak bronchiálním astmatem trpí čtyřikrát více dětí než v jiných městech naší republiky. Do průzkumu bylo během listopadu 2008 zapojeno 200 dětí z obou oblastí. Výsledky naznačují, že děti trpící astmatem v Prachaticích mají alergický typ astmatu, u ostravských dětí spíše převažuje nealergický typ astmatu a chronická hypoxie (Líbalová *et al.*, 2011). Studie Dostál *et al.*, (2013) shromáždila 1878 lékařských zpráv dětí, které se narodily v období let 2001-2004. Do studie se zapojilo 10 pediatrů z 5 různých ostravských částí. Děti, které se narodily a vyrůstaly ve východní části Ostravy po dobu 5 let, měly větší výskyt onemocnění vyšších cest dýchacích, pneumonie, angíny, střevních infekčních nemocí a nespecifikovaných virových onemocnění. Byl pozorován také nejvyšší výskyt dušnosti, atopické dermatitidy, alergické rýmy (Šrám *et al.*, 2013)

Dalším cílem projektu ÚEM AV ČR bylo zhodnotit expozici znečištění ovzduší na lidský organismus. V rámci výzkumu byly sledovány tři skupiny dobrovolníků: 70 pracovníků Krajského úřadu MSK v Ostravě, 23 městských strážníků v Karviné

a kontrolní skupina 65 městských strážníků v Praze. Studie byla zahájena v zimě roku 2008 s cílem zjistit, zda koncentrace znečišťujících látek v ovzduší vyvolávají, nebo nevyvolávají změny genetického materiálu sledovaných dobrovolníků. Všichni dobrovolníci byli muž 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 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 jsou v zimním, respektive letním období v Karviné 6,9 a 0,6 ng/m³ a 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. V průběhu studie trávili úředníci z Ostravy 76 % času ve vnitřním prostředí, v Karviné 49-60 % a pražští strážníci pouze 46-49 %.

Ve studii Skorkovský *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 koncentracích PM₁₀ u věkové skupiny nad 65 let.

4 METODIKA

Charakteristika regionu

Z pohledu České republiky patří Ostrava k nejvýznamnějším sídlům vzhledem k vysoké hustotě obyvatel a ke koncentraci průmyslu. Počtem obyvatel i rozlohou je Ostrava třetím největším městem republiky. V okrese Ostrava - město, který má rozlohu 332 km², žilo k 31. 12. 2013 celkově 326 874 obyvatel (ČSÚ, 2014). Hlavní převládající směr větru je jihovýchodní (hlavně v zimě), severovýchodní směr větru je pak druhý nejčastější. Nejvyšší imisní epizody záleží na směru a rychlosti větru a ročnímu období (Černíkovský, 2012).

Téměř 50 % obyvatel Moravskoslezského kraje používá k vytápění centrální topení, 34 % zemní plyn, 10 % uhlí, 3 % elektřinu a 3 % dřevo (Cenia, 2011).

Těžký průmysl (hutnictví, strojírenství, těžba) negativně ovlivňuje kvalitu ovzduší v dané lokalitě, ale určuje také regionální ekonomiku a obecnou míru nezaměstnanosti. V oboru hutnictví železa bylo v Ostravě zaměstnáno v minulosti 70 % všech pracovníků v tomto odvětví v ČR. Další průmyslová odvětví (zemědělská výroba a z velké části i terciér) měla malé zastoupení. V celkovém výčtu schází větší zastoupení zpracovatelského a spotřebního průmyslu. Shrneme-li uvedené informace, můžeme konstatovat, že převažuje hutnictví železa, těžké strojírenství, chemický průmysl, výroba elektrické energie a stavebnictví.

4.1 Data

4.1.1 Imise

K 1. 1. 2014 se na území statutárního města Ostrava monitoruje kvalita ovzduší celkově na osmi stanicích, přičemž pět z nich provozuje Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) a ostatní tři Zdravotní ústav Ostrava (ZÚOVA) společně se statutárním městem Ostrava (SMO). Mapu Ostravy s vyznačenými městskými obvody, kde probíhá v současnosti imisní monitoring, znázorňuje obrázek 3. Podrobné informace o všech měřicích stanicích včetně souřadnice polohy stanice jsou v tabulce 2. Průměrná roční koncentrace dané látky pro město Ostravu byla za konkrétní rok vypočtena na základě již existujících ročních průměrných koncentrací. Minimálně se vždy jednalo o tři stanice na území města.

Pro účely této práce, zabývající se vlivem změny provozu velkých průmyslových podniků na kvalitu ovzduší, respektive porovnání průměrných koncentrací, byla použita data ze všech dostupných stanic

Veškerá imisní data, respektive měsíční a roční průměry SPM (suspended particles matter), PM₁₀ (particulate matter), SO₂, NO_x (oxidy dusíku), byla poskytnuta Mgr. Blankou Krejčí z ostravské pobočky Českého hydrometeorologického ústavu. Data z roku 2013 poskytl dodatečně ČHMÚ na základě písemné žádosti schválené Ústavem životního prostředí PŘFUK v Praze.

Českobratrská tzv. „hot - spot“ stanice (termínem „hot - spot“ se běžně označují lokality s vysokým znečištěním ovzduší). V hodnocení ČHMÚ se pod tímto názvem rozumí stanice orientované výhradně na dopravu.

4.1.2 Emise

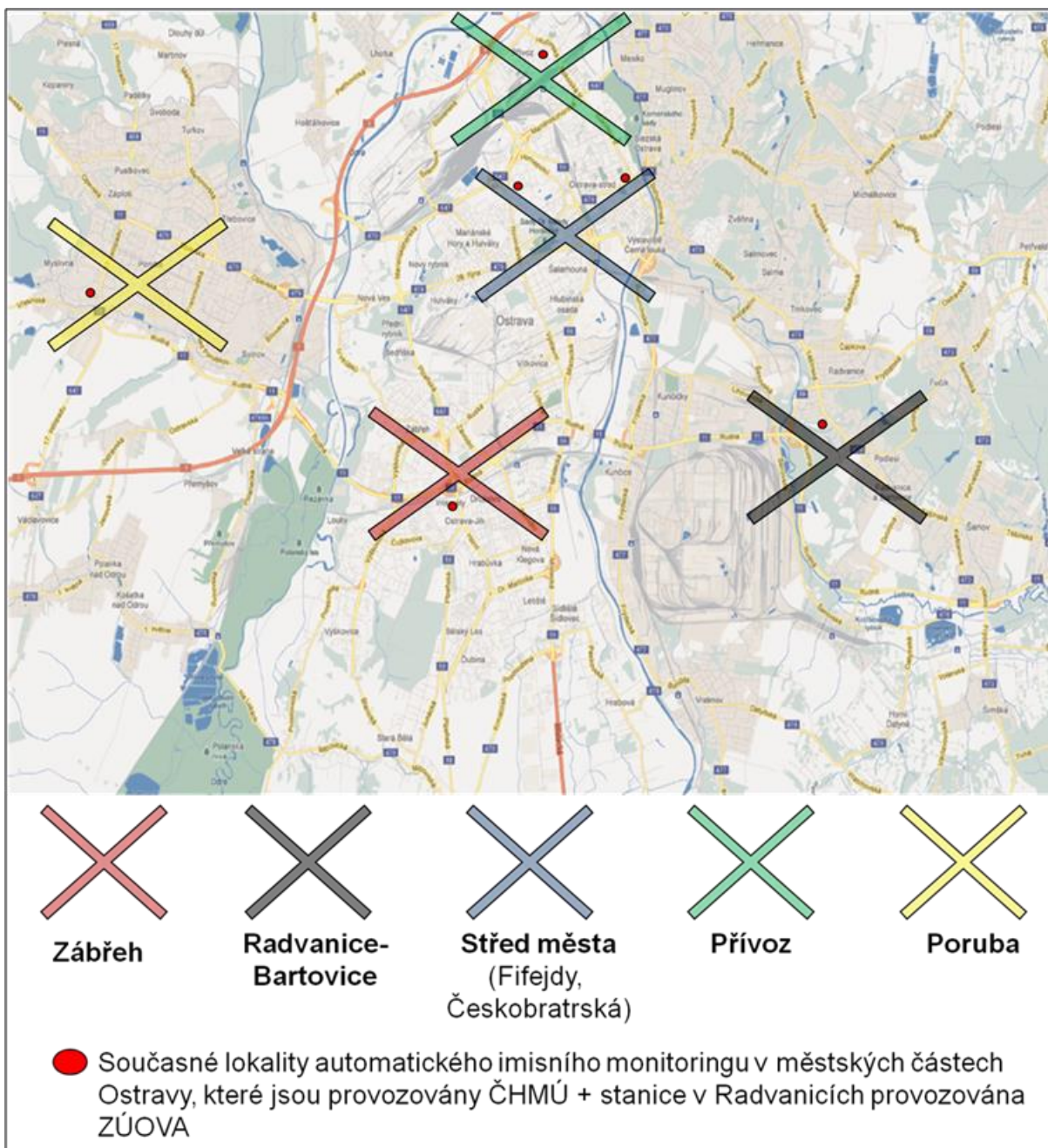
Emisní data mají roční charakter, respektive se jedná o množství tun vypuštěných do ovzduší za rok. REZZO (registr emisních zdrojů znečištění ovzduší) se dělí na REZZO 1 (velké zdroje znečištění), REZZO 2 (středně velké zdroje znečištění), REZZO 3 (malé zdroje znečištění) a REZZO 4 (mobilní zdroje znečištění). Emise velkých, středně velkých a malých zdrojů znečištění jsou dostupná na úrovni okresů (Ostrava-město), nicméně REZZO 4 jsou dostupné pouze na úrovni Moravskoslezského kraje (MSK). Pro určení podílu mobilních zdrojů znečištění ovzduší byla proto použita emisní bilance pro celý kraj, nikoli pro samotné město Ostrava. Charakteristika REZZO 4 je dostupná od roku 2000. Emisní data byla získána na internetových stránkách Českého hydrometeorologického ústavu, avšak pouze pro roky 1995-2012. Starší data byla získána do elektronické podoby z tištěných ročenek, které byly poskytnuty oddělením emisních zdrojů ČHMÚ.

Tabulka 2 Stanice imisního monitoringu kvality ovzduší v Ostravě od roku 1970

Kód	Název stanice	Typ stanice	Charakteristika zóny	Zeměpisná šířka/délka	Nadm. výška	Měřené polutanty	Doba měření	vlastník
TOCB	Ostrava-Českoobratrská (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 ₂ , PM _{2.5} , PM ₁₀ , NO _x , SPM	1970-	ČHMÚ
TOPR	Ostrava-Přivoz	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-Přivoz 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 v tabulce uvedeny)

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



Obrázek 3 Mapa Ostravy znázorňující vyznačené městské části, kde probíhá v současnosti imisní monitoring

4.1.3 Meteorologická data

Vybrané meteorologické údaje (průměrná měsíční teplota, celkový měsíční úhrn srážek) byly měřeny na meteorologické stanici Ostrava - Mošnov, která se nachází v nadmořské výšce 251 m. Celkově se jedná o časovou řadu 1983 - 2013.(ČSÚ, 2013).

Data před rokem 1998 byla získána v knihovně ČHMÚ v tištěné podobě ve svazcích Měsíční přehled počasí.

4.2 Zpracování dat

První byly sledovány vztahy mezi imisemi SO_2 , NO_x , PM_{10} a vybranými meteorologickými ukazateli. Pro jejich srovnání byly použity Spearmanovy korelační koeficienty, protože data neměla normální rozdělení (Jarque - Berův test). Hodnota Spearmanova korelačního koeficientu byla vypočtena jako míra závislosti mezi koncentracemi jednotlivých stanic, pro polutanty PM_{10} , SO_2 a NO_x . Spearmanův korelační koeficient může nabývat hodnot od -1 do +1, hodnoty kolem nuly znamenají žádnou závislost, kladné hodnoty znamenají přímou závislost a záporné hodnoty nepřímou závislost. Stejná metoda byla použita i pro určení míry závislosti mezi měsíčními koncentracemi PM_{10} , SO_2 a NO_x a meteorologickými proměnnými (měsíční průměrná teplota a celkový měsíční úhrn srážek). Čím více se absolutní hodnota korelačního koeficientu blíží hodnotě 1, tím vyšší je závislost u obou proměnných.

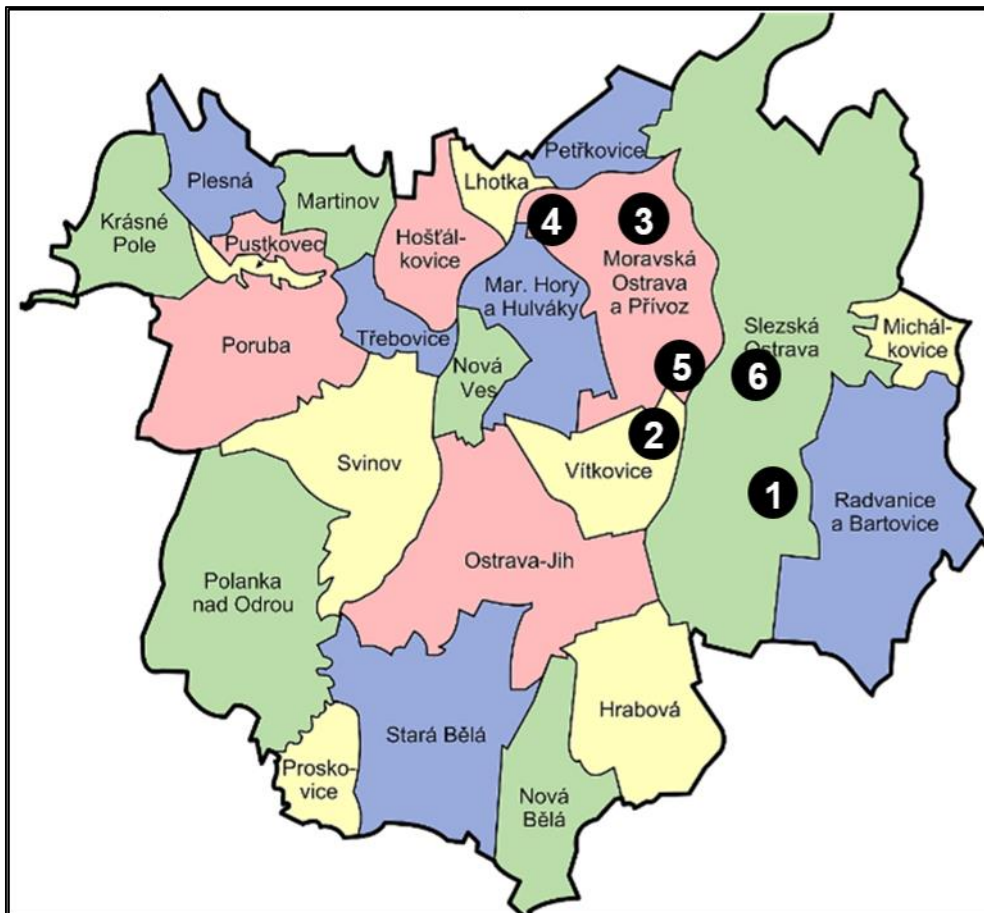
Jelikož v roce 1995 se již v Ostravě přestalo měřit celkové množství tuhých emisí SPM, byly hodnoty SPM přepočteny koeficientem 0,8 ($\text{PM}_{10} = 0,8 \text{ SPM}$) na srovnatelnou charakteristiku. Tento koeficient vychází z Nařízení vlády 350/2002 Sb., respektive ze směrnice 1999/30/ES. Jiný koeficient přepočtu SPM na PM_{10} než 0,8 není v současné době znám. Použit byl také ve studii Braniš (2002).

Nakonec práce bylo zjišťováno, zdali uzavření, otevření, oprava nebo náhlé přerušení provozu průmyslového podniku mohlo mít vliv na změnu koncentrace suspendovaných částic, respektive SPM, později PM_{10} a SO_2 . Pro tuto část nebyly hodnoty SPM přepočítávány na PM_{10} , vzhledem k tomu, že se nejedná o delší časovou řadu. Byly tedy zanechány původní naměřené hodnoty. Jediná výjimka nastala, když změna provozu podniku nastala v době, kdy se v Ostravě přešlo na měření PM_{10} . Lokality velkých průmyslových podniků zahrnuté v této práci jsou na obrázku 4. Porovnávány byly ve většině případů roční koncentrace předcházejícího roku, kdy došlo ke změně provozu a následně následujícího roku. Měsíční koncentrace byly porovnány pouze tehdy, když byla dostupná detailnější data o změně provozu průmyslového podniku, například výluka provozu v době povodní. Úroveň znečištění (koncentrace) byla použita z nejbližších možných měřících stanic od zdroje znečištění.

Vzdálenost je vždy uvedena u konkrétní události v tabulce č. 8 v podkapitole 5.5. Vzdálenost vzdušnou čarou od stanice AIM ke zdroji (průmyslový podnik) byla vypočtena vždy přibližně ke středu průmyslového areálu. U některých událostí je porovnáváno více stanic, u některých naopak jen jedna vzhledem k absenci dat. Jestliže ve stejném roce došlo k uzavření a otevření stejného provozu (např. uzavření koksárenské baterie č. 1 a otevření provozu koksárenské baterie č. 2), nebyla tato událost zahrnuta.

Na závěr byla provedena stejná korelace mezi průměrnými ročními koncentracemi PM_{10} , SO_2 , NO_x na území města Ostravy a výrobou koksu ve městě. Tento vztah byl znázorněn graficky za použití bodového grafu lineární regrese, kde na x-ovou osu vyneseme množství vyrobeného koksu a na y-ovou osu imise. Pro lepší představu byl graf doplněn regresní přímkou, jejíž rovnice je uvedena v pravém horním rohu. Tato rovnice popisuje, jak rychle imise narůstají v závislosti na výrobě koksu, a je možné podle ní předpovědět, jaké budou imise pro nějakou konkrétní hodnotu množství koksu. Hladina významnosti pro statistické zpracování byla stanovena na $\alpha=0,05$.

Pro statistickou analýzu byl použit software MATLAB, který je vyvíjen společností MathWorks a tabulkový procesor Microsoft Excel.



Legenda:

- 1** Arcellor Mittal (NH;NHKG)
- 2** Vítkovice (VŽKG)
- 3** Svoboda - koksovna
- 4** Šverma - koksovna
- 5** Karolina - koksovna
- 6** Trojice - koksovna

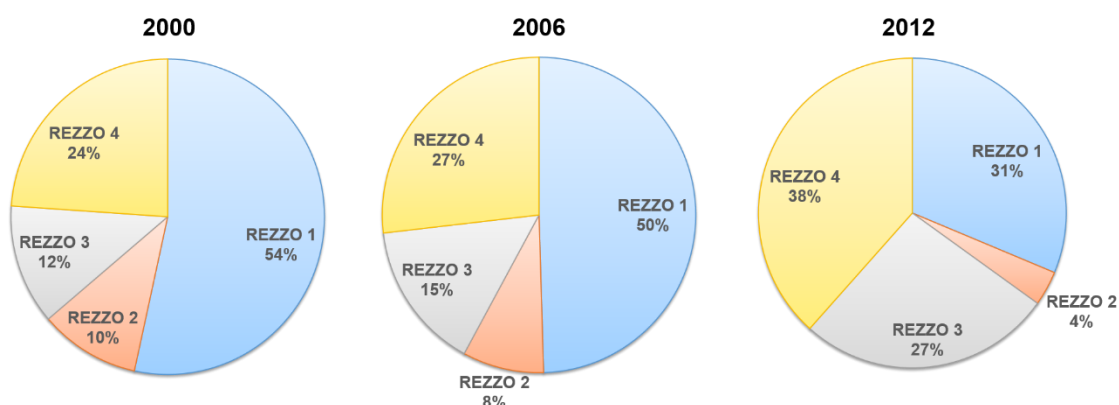
Obrázek 4 Lokality hlavních velkých zdrojů znečištění ovzduší na území města Ostravy

5 VÝSLEDKY

5.1 Emisní bilance

V následujících grafech na obrázcích 5, 6 a 7 jsou prezentována data o emisní bilanci v letech 2000, 2006 a 2012 na území Moravskoslezského kraje pro jednotlivé typy polutantů (TZL, SO₂, NO_x), respektive jejich podíl na celkovém množství emisí.

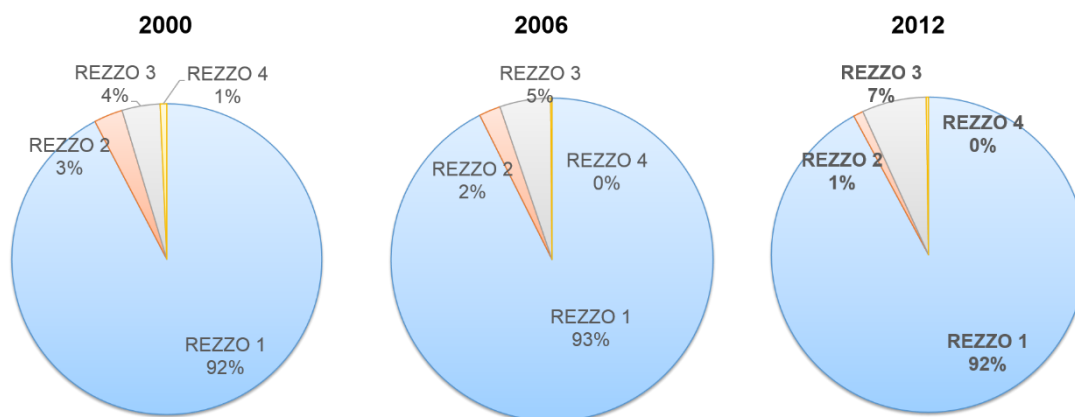
Podíl emisí TZL z velkých zdrojů znečištění (REZZO 1) v Moravskoslezském kraji klesl mezi roky 2000 a 2012 o 23 %, naproti tomu podíl TZL z mobilních zdrojů (REZZO 4) ve stejném období vzrostl o 14 %. Emise z malých zdrojů znečištění (REZZO 3) se podílely na celkové emisní bilanci v kraji v roce 2000 celkem 12 %. V roce 2012 se však jejich podíl zvýšil na 27 %. Emise středních zdrojů znečištění (REZZO 2) patří v kraji mezi zdroje znečištění s nejmenším podílem. V roce 2012 se jejich podíl na celkové bilanci dostal na hodnotu 4 %.



Obrázek 5 Emisní bilance TZL na území MSK v letech 2000, 2006 a 2012

Zdroj: ČHMÚ, (vlastní zpracování)

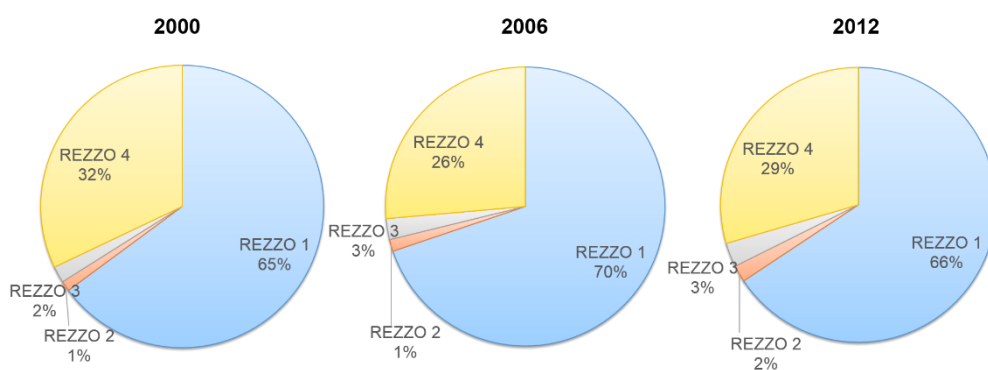
Emise SO₂ v Moravskoslezském kraji jsou tvořeny převážně velkými zdroji znečištění. Podíl REZZO 1 byl v roce 2000 a 2012 na stejné úrovni a dosahoval 92% podílu všech zdrojů. Podíl všech zdrojů SO₂ je na obrázku 6.



Obrázek 6 Emisní bilance SO₂ na území MSK v letech 2000, 2006 a 2012

Zdroj: ČHMÚ, (vlastní zpracování)

Z obrázku 7 je patrné, že se podíl emisí NO_x v Moravskoslezském kraji od roku 2000 výrazně nezměnil. Nejvýznamnějším zdrojem v roce 2012 byly velké zdroje 66 % a mobilní zdroje 29 %.

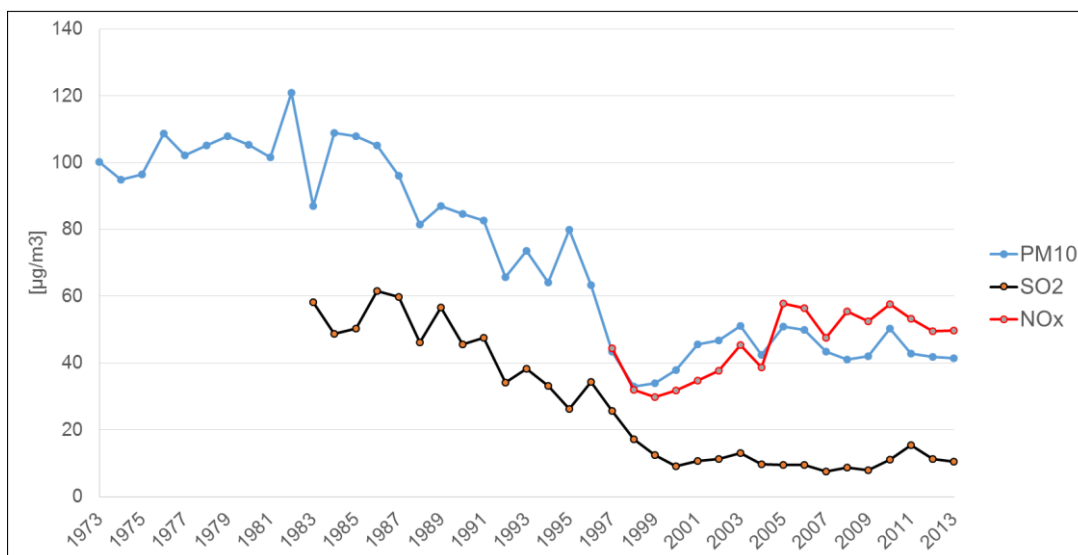


Obrázek 7 Emisní bilance NO_x na území MSK v letech 2000, 2006 a 2012

Zdroj: ČHMÚ, (vlastní zpracování)

5.2 Imisní trendy

Na základě dlouhodobých imisních řad lze od roku 1983 pozorovat klesající trend v koncentracích škodlivých látek v ovzduší na území města Ostravy. Jak je zřejmé z obrázku 8, v minulosti dosahovaly koncentrace několikanásobně větších hodnot než v současnosti.



Obrázek 8 Průměrné roční koncentrace PM₁₀, SO₂, NO_x v Ostravě v letech 1973-2013

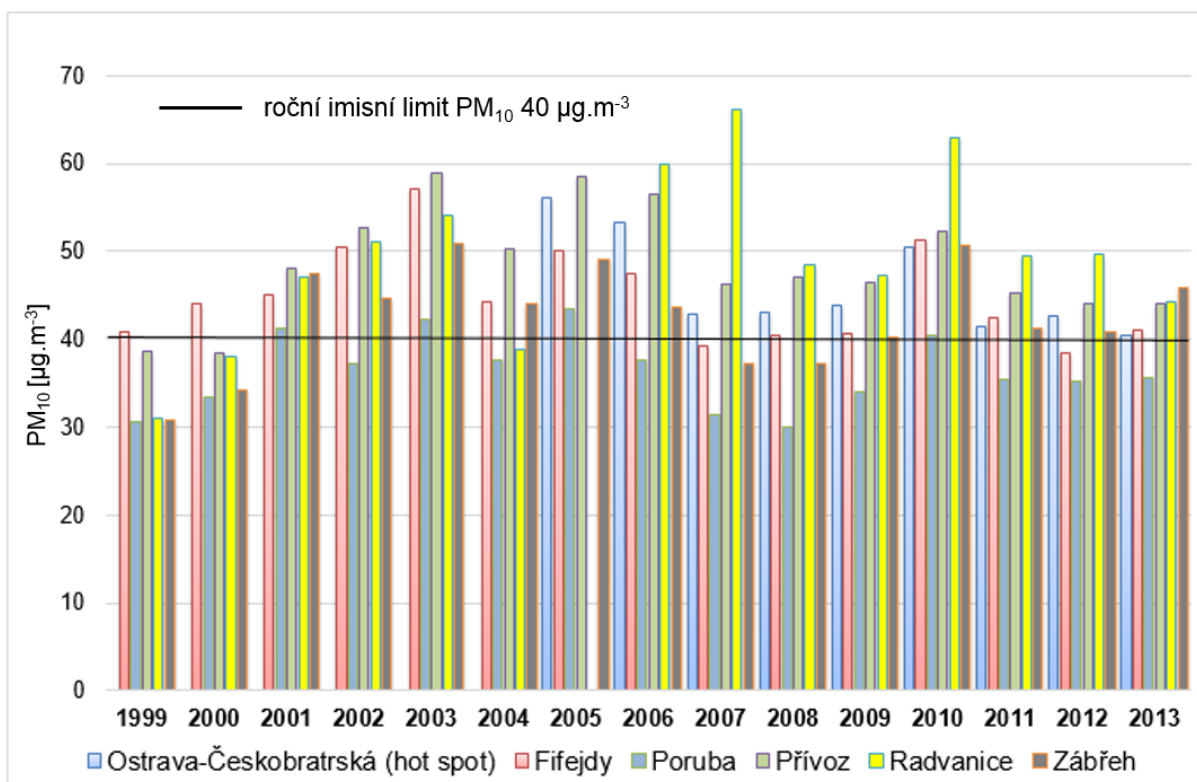
Zdroj: ČHMÚ (vlastní zpracování)

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 byl 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 NO_x od roku 1983 také ukazují klesající trend, který se zastavil v roce 2000 a nyní lehce stoupá.

5.3 Imisní situace na jednotlivých stanicích

V této podkapitole jsou porovnány koncentrace na 6 stanicích automatického imisního monitoringu (AIM) na území města Ostravy od roku 1999. Ve vybraných letech (1999-2013) přesahují koncentrace prachových částic (měřená frakce PM₁₀)

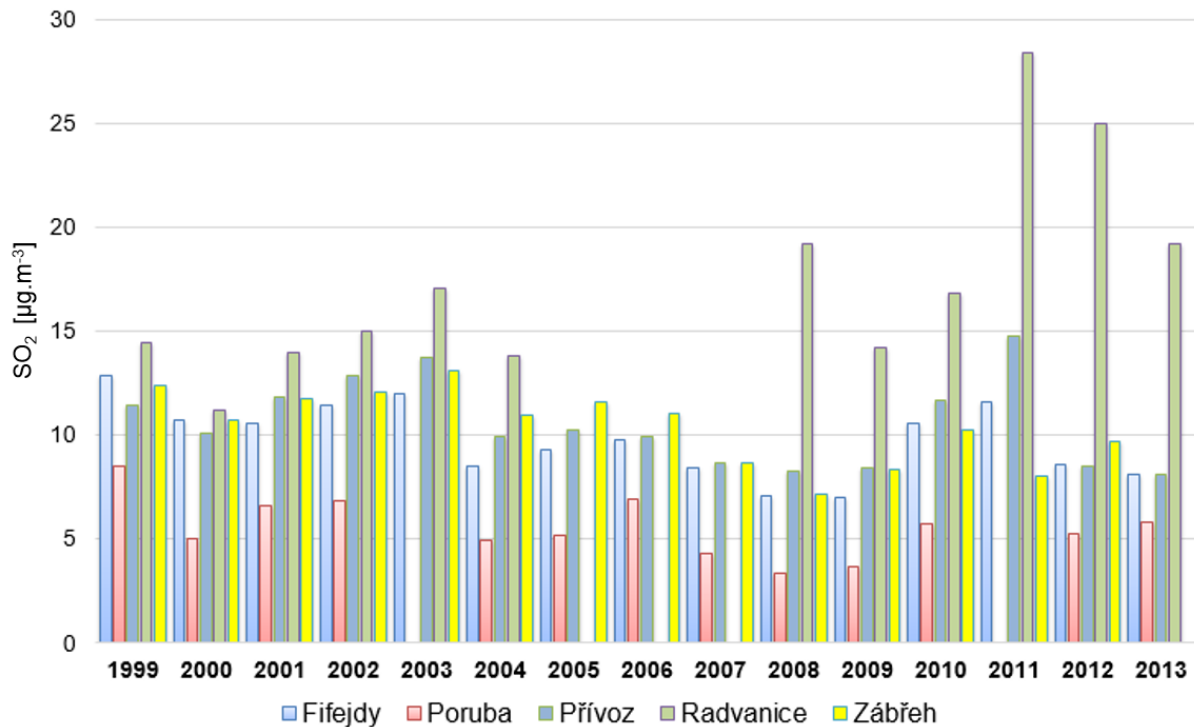
hodnotu ročního imisního limitu $40\mu\text{g}/\text{m}^3$, vždy alespoň na jedné stanici. Z grafu na obrázku 9 je zřejmé, že v některých letech dokonce na všech vybraných stanicích AIM.



Obrázek 9 Průměrné roční koncentrace PM₁₀ na stanicích Fifejdy, Poruba, Přívoz, Radvanice, Zábřeh a Českobratrská v letech 1999-2013.

Zdroj: ČHMÚ, (vlastní zpracování)

Na obrázku 10 pozorujeme nejvyšší koncentrace SO₂ na stanici v městské části Ostrava - Radvanice, přičemž v posledních třech letech hodnoty na této stanici převyšují imisní koncentrace na jiných ostravských stanicích až trojnásobně.



Obrázek 10 Průměrné roční koncentrace SO₂ na stanicích Fifejdy, Poruba, Přívoz a Zábřeh v letech 1999-2011

Zdroj: ČHMÚ, (vlastní zpracování)

Následně byla provedena korelační analýza mezi jednotlivými stanicemi v Ostravě, respektive mezi koncentracemi na lokalitách Českobratrská, Fifejdy, Poruba, Přívoz, Radvanice a Zábřeh. Období, pro které bylo srovnání provedeno, je uvedeno v tabulce 6. Výsledky korelační analýzy pro PM₁₀ je v tabulce 3.

Tabulka 3 Korelační analýza mezi jednotlivými stanicemi pro PM₁₀ v Ostravě

	Českobratrská	Fifejdy	Poruba	Přívoz	Radvanice	Zábřeh
Českobratrská	1					
Fifejdy	0,959	1				
Poruba	0,958	0,899	1			
Přívoz	0,962	0,87	0,926	1		
Radvanice	0,818	0,661	0,762	0,8	1	
Zábřeh	0,931	0,895	0,93	0,9	0,731	1

Na základě této korelační matice, lze říci, že závislost mezi stanicemi, respektive jejich úrovní znečištění PM₁₀ je velmi významná. Nejvyšší závislost se prokázala mezi stanicemi Fifejdy a Radvanicemi, kde byla korelace 0,661. Nejvyšší korelace byla mezi stanicemi Českobratrská a Fifejdy s hodnotou 0,959.

Analyzovány byly také stanice pro znečišťující látku NO_x. Nejmenší korelační koeficienty byly mezi stanicemi Přívoz a Poruba (0,571), Radvanice a Poruba (0,597). Nejvyšší korelační koeficient 0,937 byl mezi stanicí Zábřeh a Fifejdy. Kompletní korelační analýza NO_x na ostravských stanicích je v tabulce 4.

Tabulka 4 Korelační koeficienty mezi jednotlivými stanicemi pro NO_x v Ostravě

	Českobratrská	Fifejdy	Poruba	Přívoz	Radvanice	Zábřeh
Českobratrská	1					
Fifejdy	0,842	1				
Poruba	0,718	0,656	1			
Přívoz	0,776	0,893	0,571	1		
Radvanice	0,608	0,78	0,597	0,919	1	
Zábřeh	0,826	0,937	0,598	0,842	0,77	1

Tabulka 5 shrnuje korelace SO₂. Nejnižší korelace byla u stanice Radvanice se zbývajícími čtyřmi (0,473; 0,474; 0,510; 0,551). Vysoká korelace byla stanic Přívoz a Fifejdy (0,942)

Tabulka 5 Korelační koeficienty mezi jednotlivými stanicemi pro SO₂ v Ostravě

	Fifejdy	Poruba	Přívoz	Radvanice	Zábřeh
Fifejdy	1				
Poruba	0,892	1			
Přívoz	0,942	0,865	1		
Radvanice	0,551	0,51	0,474	1	
Zábřeh	0,852	0,911	0,836	0,473	1

Tabulka 6 Doba, během které bylo provedeno srovnání jednotlivých polutantů na měřicích stanicích

	PM ₁₀	SO ₂	NO _x
Českobratrská	2005-2013	-----	2005-2013
Fifejdy	1999-2013	1999-2013	1999-2013
Poruba	1999-2013	1999-2013	1999-2004;2013
Přívoz	1999-2013	1999-2013	1999-2013
Radvanice	1999-2013	1999-2013	1999-2005;2010-2013
Zábřeh	1999-2013	1999-2013	1999-2012

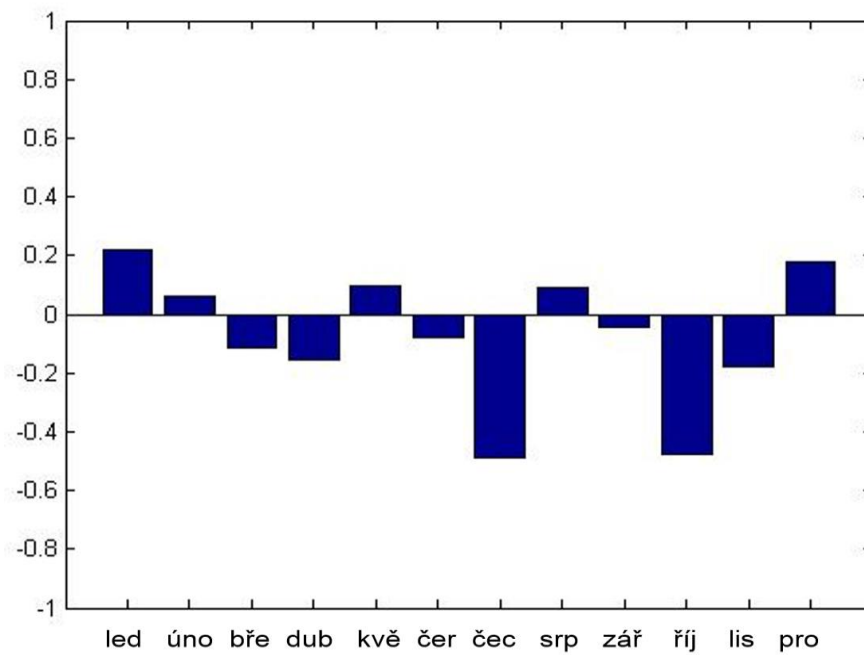
5.4 Vliv meteorologických faktorů na imisní koncentrace

Vztah mezi SO₂, NO_x, PM₁₀ a vybranými meteorologickými parametry, kterými jsou průměrná teplota a úhrn srážek, zobrazuje korelační matice v tabulce 7, ze které vyplývá, že všechny polutanty ukázaly významnou negativní korelaci se všemi vybranými meteorologickými proměnnými. V případě úhrnu srážek se korelační koeficienty pohybovaly v rozmezí od -0,336 (PM₁₀) do -0,383 (NO_x). Nejvyšší negativní korelační koeficient -0,565 byl zaznamenán mezi teplotou a NO_x.

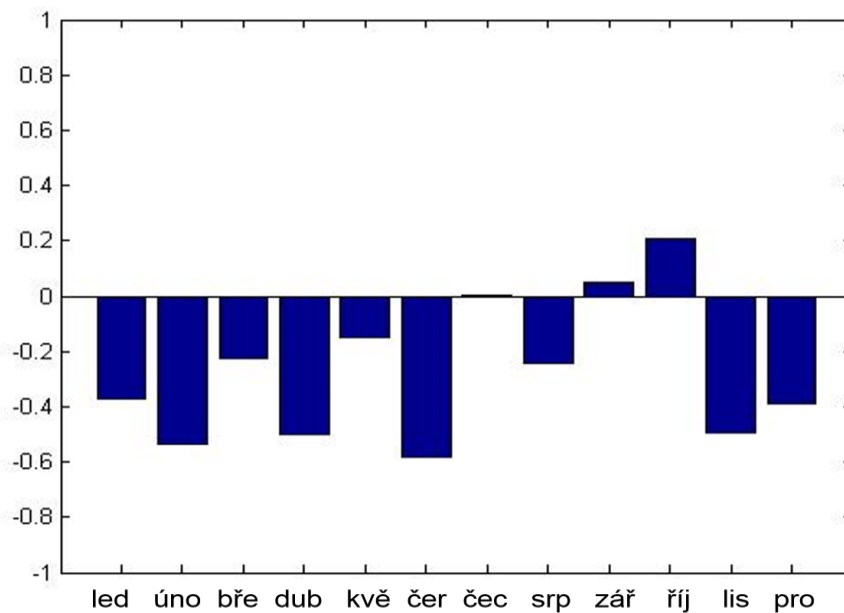
Tabulka 7 Korelační koeficienty mezi průměrnou měsíční teplotou, celkovým měsíčním úhrnem srážek a PM₁₀, SO₂, NO_x

	Úhrn srážek	Teplota
PM₁₀	-0.336	-0.522
SO₂	-0.338	-0.561
NO_x	-0.383	-0.565

Na obrázcích 11 a 12 jsou znázorněny korelační koeficienty pro jednotlivé měsíce ve sloupcových grafech. Nicméně p-hodnota byla ve všech případech velmi vysoká. Tyto výsledky se nemohou považovat za statisticky významné.



Obrázek 11 Korelační koeficienty mezi průměrným úhrnem srážek a průměrnou měsíční koncentrací PM₁₀



Obrázek 12 Korelační koeficienty mezi průměrnou teplotou a průměrnou měsíční koncentrací PM₁₀

5.5 Průmyslové podniky

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. Byly porovnané roční průměrné koncentrace, konkrétně rok před událostí s rokem po události.

Vybráno bylo celkem 33 událostí během let 1977-2009. Jednalo se o koksovny a vysoké pece na území města Ostravy. Konkrétní průmyslové provozy byly ArcelorMittal Ostrava, Vítkovice, koksovny Svoboda, Šverma, Trojice, Karolina. Všechny zaznamenané události, kromě č. 1, 15, 16 uvedených v tabulce 8, jsou události, které reflektují přerušení provozu průmyslového podniku. Události č. 1, 15 a 16 reflektují naopak otevření provozu. V posledním sloupci jsou vždy rozdíly koncentrací v roce před tím, než došlo ke změně provozu a v roce potom, kdy došlo ke změně. Rozdíly koncentrací, které jsou označeny tučně s příslušným znaménkem (+ -) můžeme považovat jako pozitivní nebo negativní reflexi na změnu provozu.

Událost č. 1 ukazuje rozdíl průměrných ročních koncentrací SPM a SO₂ mezi roky 1976 a 1978, vzhledem k tomu, že v roce 1977 došlo k uvedení koksárenské baterie č. 8 na koksovnu Svoboda. Na stanici Petřkovice došlo po uvedení KB č. 8 k navýšení meziroční průměrné koncentrace o 9 µg/m³ SPM a 9,2 µg/m³ SO₂. Na bližší stanici Černá louka se zvýšila koncentrace SO₂ o 2 µg/m³. V případě SPM však koncentrace klesla meziročně o 12,8 µg/m³. Významné snížení koncentrací došlo u události č. 5, kdy byla v roce 1985 odstavena koksovna Trojice. Roční koncentrace SO₂ a SPM klesly o 15 a 15,6 µg/m³. Generální oprava 4. vysoké pece ve Vítkovicích v roce 1983 mohla vyvolat snížení koncentrací SPM na stanicích Zábřeh a Černá louka o 17,4 a 15,6 µg/m³. Nižší koncentrace SO₂, byla meziročně pouze na stanici Černá louka o 15 µg/m³. I přes pokles SPM, se však koncentrace SO₂ meziročně zvýšila o 10 µg/m³.

Tabulka 8 Změny koncentrací SPM (PM₁₀) a SO₂ v závislosti časových změn provozu průmyslového podniku v Ostravě od roku 1977

číslo	rok	událost	Vzdálenost stanice od zdroje	Nejbližší měřicí stanice	Polutant	rok "před"	Koncentrace (µg/m ³)	rok "po"	Koncentrace (µg/m ³)	Rozdíl koncentrací (µg/m ³)
1	1977	uvedení KB č. 8 koksovna SVOBODA	1,9 Km	Černá louka	SPM	1976	175,9	1978	163,1	-12,8

číslo	rok	událost	Vzdálenost stanice od zdroje	Nejbližší měřicí stanice	Polutant	rok "před"	Koncentrace (µg/m ³)	rok "po"	Koncentrace (µg/m ³)	Rozdíl koncentrací (µg/m ³)
			2,3 Km	Petřkovice	SPM	1976	126,1	1978	135,1	+ 9,0
			1,9 Km	Černá louka	SO ₂	1976	62,6	1978	64,6	+2,0
			2,3 Km	Petřkovice	SO ₂	1976	45,1	1978	54,3	+9,2
2	1978	odstavení KB č. 7 koksovna SVOBODA	1,9 Km	Černá louka	SPM	1977	163,3	1979	164,2	+0,9
			2,3 Km	Petřkovice	SPM	1977	128,1	1979	126,9	-1,2
			1,9 Km	Černá louka	SO ₂	1977	60,1	1979	68,8	+8,7
			2,3 Km	Petřkovice	SO ₂	1977	50,2	1979	47,0	-3,2
3	1980	střední oprava KB č. 8 (blok A) NHKG	2,4 Km	Radvanice	SPM	1979	158,1	1981	154,5	-3,6
			2,4 Km	Radvanice	SO ₂	1979	46,4	1981	80,6	+34,2
4	1982	zastavena KB č.5 NHKG	4,2 Km	Zábřeh	SPM	1981	111,3	1983	103,3	-8,0
		střední oprava KB č. 10 (blok A) NHKG	11,4 Km	Poruba	SPM	1981	93,0	1983	84,5	-8,5
		střední oprava KB č. 1 (blok A,B) NHKG	2,4 Km	Radvanice	SO ₂	1981	80,6	1983	83,3	+2,7
5	1983	odstavena koksovna Trojice	1,4 Km	ZOO	SPM	1982	160,1	1984	144,5	-15,6
			1,7 Km	Černá louka	SO ₂	1982	63,6	1984	48,6	-15,0
6	1983	generální oprava 4. vysoké pece (VÍTKOVICE)	3,3 Km	Zábřeh	SPM	1982	138,7	1984	121,3	-17,4
			3,5 Km	Černá louka	SPM	1982	160,1	1984	144,5	-15,6
			3,3 Km	Zábřeh	SO ₂	1982	52,2	1984	62,2	+10,0
			3,5 Km	Černá louka	SO ₂	1982	63,6	1984	48,6	-15,0
7	1983	zastavena KB č.7 NHKG	2,4 Km	Radvanice	SPM	1982	156,6	1984	151,1	-5,5
		střední oprava KB č.4 (bloka A,B) NHKG								
8	1984	střední oprava KB č. 4 VŽKG	2,1 Km	NH	SPM	1983	123,9	1985	140,9	+17,0
			3,3 Km	Zábřeh	SPM	1983	103,3	1985	133,9	+30,6
			1,3 Km	Střed města	SO ₂	1983	62,9	1985	80,9	+18,0
			3,3 Km	Zábřeh	SO ₂	1983	43,7	1985	78,0	+34,3
9	1985	odstavena koksovna KAROLINA (červen)	2,2 Km	Černá louka	SO ₂	1984	48,6	1986	66,2	17,7
			2,7 Km	ZOO	SO ₂	1984	58,1	1986	67,2	9,1

číslo	rok	událost	Vzdálenost stanice od zdroje	Nejbližší měřicí stanice	Polutant	rok "před"	Koncentrace (µg/m ³)	rok "po"	Koncentrace (µg/m ³)	Rozdíl koncentrací (µg/m ³)
10	1985	odstavena KB. č. 9 SVOBODA	0,6 Km	Domov důchodců	SO ₂	1984	57,5	1990	43,4	-14,0
			1,9 Km	Černá louka	SPM	1984	144,5	1986	159,6	15,1
11	1985-1988	střední oprava KB č. 8 (blok B) NHKG	1,2 Km	NH	SPM	1984	137,9	1989	115,1	-22,8
			4,2 Km	Zábřeh	SPM	1984	121,3	1989	98,6	-22,7
			6,1 Km	ZOO	SPM	1984	139,6	1989	115,1	-24,5
			1,2 Km	NH	SO ₂	1984	53,6	1989	57,9	4,3
			4,2 Km	Zábřeh	SO ₂	1984	62,2	1989	53,9	-8,3
			6,1 Km	ZOO	SO ₂	1984	58,1	1989	66,0	7,8
12	1985-1986	generální oprava KB č.5 VŽKG	3,3 Km	Zábřeh	SO ₂	1984	62,2	1987	67,5	5,2
			3,3 Km	Zábřeh	SPM	1984	121,3	1984	115,4	-5,9
13	1989	střední oprava KB č. 4 ŠVERMA	3,2 Km	Domov důchodců	SPM	1988	117,1	1990	115,6	-1,5
			4,9 Km	Zábřeh	SPM	1988	96,4	1990	88,7	-7,7
			5,2 Km	Petřkovice	SPM	1988	109,6	1990	112,9	3,3
			3,2 Km	Domov důchodců	SO ₂	1988	64,484	1990	43,446	-21,0
			4,9 Km	Zábřeh	SO ₂	1988	54,767	1990	34,817	-20,0
			5,2 Km	Petřkovice	SO ₂	1988	57,235	1990	52,162	-5,1
14	1990	na začátku roku zastaven KB č. 6 SVOBODA (redukce o 33%)	3,2 Km	ZOO	SPM	1989	115,1	1991	108,7	-6,4
			3,2 Km	ZOO	SO ₂	1989	66,0	1991	61,6	-4,3
15	1991	vedena KB. č.9 SVOBODA (po úplné obnově)	0,6 Km	Domov důchodců	SO ₂	1990	43,4	1992	41,3	-2,2
16	1991	vedena KB č.1 NH AMO	1,2 Km	NH	SO ₂	1990	44,1	1992	30,7	-13,4
			2,8 Km	NH	SPM	1990	104,5	1992	82,6	-21,9
17	1992	ukončení KB č. 4 (blok A) NH AMO	4,4 Km	Střed města	SPM	1991	51,0	1993	52,6	1,6
			6,1 Km	ZOO	SPM	1991	108,7	1993	93,8	-14,9
			11,4 Km	Poruba	SO ₂	1991	31,5	1993	30,8	-0,7

číslo	rok	událost	Vzdálenost stanice od zdroje	Nejbližší měřicí stanice	Polutant	rok "před"	Koncentrace (µg/m³)	rok "po"	Koncentrace (µg/m³)	Rozdíl koncentrací (µg/m³)
			4,4 Km	Střed města	SO ₂	1991	45,2	1993	37,9	-7,3
			6,1 Km	ZOO	SO ₂	1991	61,6	1993	56,0	-5,6
18	1992	zastavení provoz KB č.8 ŠVERMA (pracuje se na 66%)	3,3 Km	Střed města	SPM	1991	51,0	1993	52,6	1,6
			5,8 Km	Poruba	SPM	1991	76,8	1993	87,2	10,4
			3,3 Km	Střed města	SO ₂	1991	45,2	1993	37,9	-7,3
			5,8 Km	Poruba	SO ₂	1991	31,5	1993	30,8	-0,7
19	1993	ukončení KB č. 4 (blok B) NH AMO	1,2 Km	NH	SPM	1992	82,6	1994	74,9	-7,7
			11,4 Km	Poruba	SPM	1992	72,1	1994	56,5	-15,6
			6,1 Km	ZOO	SPM	1992	92,7	1994	71,3	-21,4
			4,6 Km	Zábřeh	SPM	1992	78,3	1994	63,9	-14,4

20	1994	KB č. 4 (VÍTKOVICE)	1,3 Km	Střed města	SPM	1993	52,6	1995	67,5	14,9
			7,2 Km	Poruba	SPM	1993	74,8	1995	66,7	-8,1
			1,3 Km	Střed města	SO ₂	1993	37,9	1995	21,4	-16,5
			2,4 Km	Fifejdy	SO ₂	1993	39,8	1995	32,0	-7,8
			7,2 Km	Poruba	SO ₂	1993	30,8	1995	16,5	-14,4
21	1995	zastavení provozu 6. vysoké pece (VÍTKOVICE)- prosinec	2,4 Km	Fifejdy	PM ₁₀	1994	73,8	1996	69,4	-4,4
			3,3 Km	Zábřeh	PM ₁₀	1994	51,1	1996	71,6	20,5
			7,2 Km	Poruba IV.	PM ₁₀	1994	77,1	1996	53,1	-24,0
			2,4 Km	Fifejdy	SO ₂	1994	35,3	1996	38,8	3,5
			3,3 Km	Zábřeh	SO ₂	1994	30,8	1996	33,8	3,0
			7,2 Km	Poruba	SO ₂	1994	18,7	1996	26,3	7,7
22	1995	ukončení KB č.3 (blok A,B) NH AMO	2,4 Km	Radvanice	PM ₁₀	1994	68,2	1996	64,6	-3,7
			4,6 Km	Zábřeh	PM ₁₀	1994	51,1	1996	71,6	20,5
			6,2 Km	Fifejdy	PM ₁₀	1994	73,8	1996	69,4	-4,4
			4,6 Km	Zábřeh	SO ₂	1994	30,8	1996	33,8	3,0
			6,1 Km	ZOO	SO ₂	1994	39,9	1996	39,0	-0,9
			6,2 Km	Fifejdy	SO ₂	1994	35,3	1996	38,8	3,5
			11,4 Km	Poruba	SO ₂	1994	18,7	1996	26,3	7,7

číslo	rok	událost	Vzdálenost stanice od zdroje	Nejbližší měřicí stanice	Polutant	rok "před"	Koncentrace (µg/m³)	rok "po"	Koncentrace (µg/m³)	Rozdíl koncentrací (µg/m³)
23	1997	povodeň cca 1,5 měsíců odstaveno z provozu (ŠVERMA)	2,1 Km	Fifejdy	PM ₁₀	červen 1997	34,4	září 1997	30,9	-3,5
			5,8 Km	Poruba IV.	PM ₁₀	červen 1997	25,2	září 1997	23,5	-1,8
			8 Km	Radvanice	PM ₁₀	červen 1997	29,7	září 1997	31,2	1,4
			4,9 Km	Zábřeh	PM ₁₀	červen 1997	38,1	září 1997	21,0	-17,1
			2,1 Km	Fifejdy	SO ₂	červen 1997	13,5	září 1997	11,7	-1,8
			4,9 Km	Zábřeh	SO ₂	červen 1997	14,5	září 1997	11,7	-2,8
			5,8 Km	Poruba	SO ₂	červen 1997	10,7	září 1997	10,6	-0,1
			5,9 Km	ZOO	SO ₂	červen 1997	19,6	září 1997	17,1	-2,5
			8 Km	Radvanice	SO ₂	červen 1997	13,0	září 1997	14,4	1,4

24	1997	(SVOBODA) 11 dní mimo provoz-červenec	2,4 Km	Fifejdy	PM ₁₀	červen 1997	34,4	srpen 1997	38,8	4,4
			7,1 Km	Poruba IV.	PM ₁₀	červen 1997	25,2	srpen 1997	30,4	5,1
			6,1 Km	Radvanice	PM ₁₀	červen 1997	29,7	srpen 1997	32,3	2,6
			2,4 Km	Fifejdy	SO ₂	červen 1997	13,5	srpen 1997	11,2	-2,3
			6,1 Km	Radvanice	SO ₂	červen 1997	13,0	srpen 1997	11,0	-2,0
			9,1 Km	Poruba	SO ₂	červen 1997	10,7	srpen 1997	10,7	0,0

25	1998	zastavení provozu 4. vysoké pece (VÍTKOVICE) červenec	2,4 Km	Fifejdy	PM ₁₀	červen 1998	31,4	říjen 1998	35,0	3,5
		zastavení provozu 5. KB (VÍTKOVICE) srpen	2,4 Km	Fifejdy	SO ₂	červen 1998	6,2	říjen 1998	7,3	1,1
		zastavení provozu 1. vysoké pece (VÍTKOVICE) září	2,4 Km	Fifejdy	PM ₁₀	1997	46,7	1999	40,8	-5,9
			4,2 Km	Radvanice	PM ₁₀	1997	44,6	1999	31,4	-13,2
			2,4 Km	Fifejdy	SO ₂	1997	26,0	1999	12,8	-13,2
			4,2 Km	Radvanice	SO ₂	1997	27,8	1999	14,5	-13,3
			4,6 Km	ZOO	SO ₂	1997	33,3	1999	14,6	-18,8
			7,2 Km	Poruba	SO ₂	1997	22,7	1999	8,5	-14,2

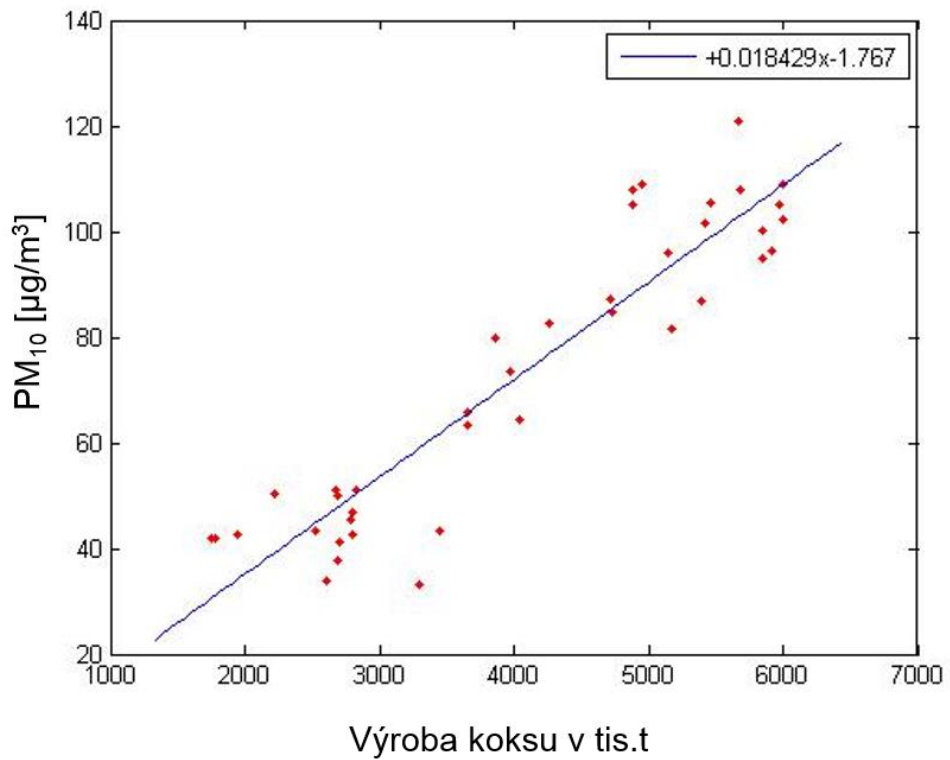
26	1998	ukončení KB č. 9(blok A, B) NH AMO	2,4 Km	Radvanice	PM ₁₀	1997	44,6	1999	31,4	-13,2
		odprášení koksovny VKB 11 (NH) červen	6,2 Km	Fifejdy	PM ₁₀	1997	46,7	1999	40,8	-5,9

číslo	rok	událost	Vzdálenost stanice od zdroje	Nejbližší měřicí stanice	Polutant	rok "před"	Koncentrace (µg/m ³)	rok "po"	Koncentrace (µg/m ³)	Rozdíl koncentrací (µg/m ³)
			2,4 Km	Radvanice	SO ₂	1997	27,8	1999	14,5	-13,3
			6,1 Km	ZOO	SO ₂	1997	33,3	1999	14,6	-18,8
			11,4 Km	Poruba	SO ₂	1997	22,7	1999	8,5	-14,2
27	1998	zastavení KB č. 10 (SVOBODA)	2,4 Km	Fifejdy	PM ₁₀	1997	46,7	1999	40,8	-5,9
		odprášení KB č. 7, 8 a 9 (SVOBODA)	6,1 Km	Radvanice	PM ₁₀	1997	44,6	1999	31,4	-13,2
			2,4 Km	Fifejdy	SO ₂	1997	26,0	1999	12,8	-13,2
			6,1 Km	Radvanice	SO ₂	1997	27,8	1999	14,5	-13,3
			9,1 Km	Poruba	SO ₂	1997	22,7	1999	8,5	-14,2
28	2005	vyluka KB č. 3 (ŠVERMA)25.4-11.5	2,1 Km	Fifejdy	PM ₁₀	březen 2005	67,1	červen 2005	28,1	-39,0
			2,1 Km	Fifejdy	SO ₂	březen 2005	14,5	červen 2005	3,4	-11,2

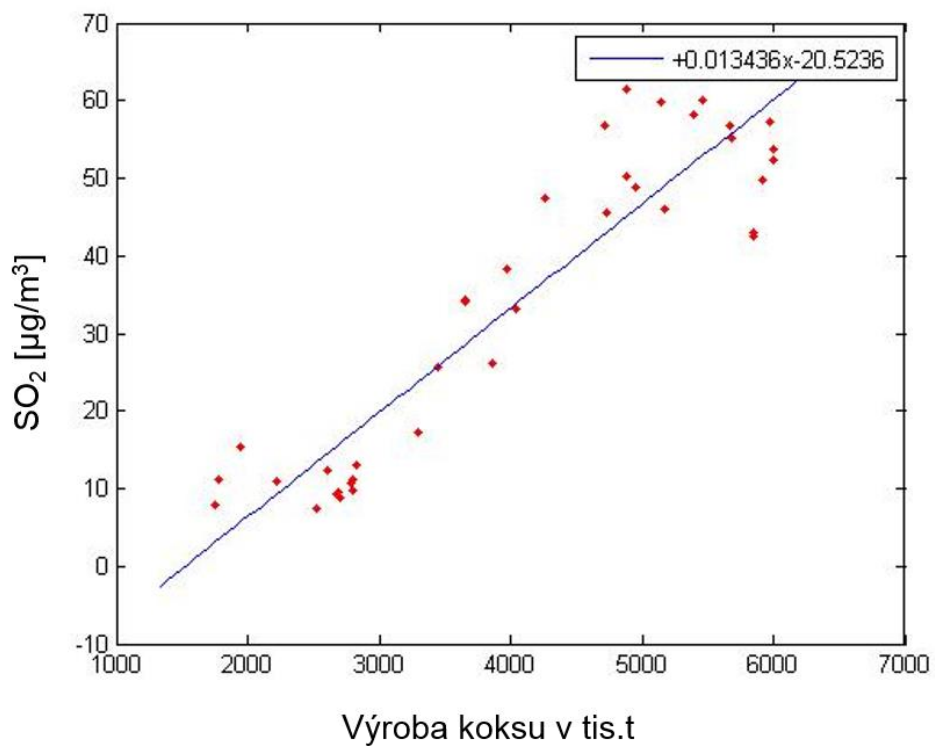
29	2006	omezení výroby koku na cca 80% kapacity (AMO) prosinec	6,2 Km	Fifejdy	PM ₁₀	2005	50,1	2007	39,26	-10,8
			4,2 Km	Zábřeh	PM ₁₀	2005	48,7	2007	37,23	-11,5
			11,4 Km	Poruba	PM ₁₀	2005	43,6	2007	30,582	-13,0
			6,2 Km	Fifejdy	SO ₂	2005	9,2	2007	8,429	-0,7
			4,2 Km	Zábřeh	SO ₂	2005	11,5	2007	8,607	-2,9
			11,4 Km	Poruba	SO ₂	2005	5,2	2007	4,268	-0,9
30	2008	omezení výroby koku na cca 80% kapacity (AMO) říjen	4,9 Km	Mariánské Hory	PM ₁₀	2007	41,5	2010	40,2	-1,3
		Byla sfoukána vysoká pec číslo 1 (AMO) listopad	5,5 Km	Českokobratrská (hot spot)	PM ₁₀	2007	42,9	2010	50,5	7,6
		omezení výroby koku na cca 70% kapacity (AMO) konec roku	6,2 Km	Fifejdy	PM ₁₀	2007	39,3	2010	51,3	12,1
31	2009	omezení výroby koku na cca 60% kapacity (AMO) leden-únor	2,4 Km	Radvanice	PM ₁₀	2008	48,6	2010	61,7	13,1
		teplý útlum KB č. 2 (AMO) konec března	4,6 Km	Zábřeh	PM ₁₀	2008	37,2	2010	51,0	13,8
		odstavení VKB č. 11 (blok C) (AMO) duben	7,7 Km	Přívoz	PM ₁₀	2008	43,2	2010	49,2	2,8
		odstavení KB č. 2 (AMO) 26.3-22.7	11,4 Km	Poruba	PM ₁₀	2008	30	2010	39,9	9,3
		teplý útlum VKB č. 11 (blok A) (AMO) duben	2,4 Km	Radvanice	SO ₂	2008	19,1	2010	16,9	-2,2
		odprášení páleníště slitků (AMO)	6,2 Km	Fifejdy	SO ₂	2008	7,1	2010	10,6	2,1
			7,7 Km	Přívoz	SO ₂	2008	8,8	2010	5,8	1,5

číslo	rok	událost	Vzdálenost stanice od zdroje	Nejbližší měřicí stanice	Polutant	rok "před"	Koncentrace (µg/m ³)	rok "po"	Koncentrace (µg/m ³)	Rozdíl koncentrací (µg/m ³)
			11,4 Km	Poruba	SO ₂	2008	3,4	2010	11,7	3,0
32	2009	odstavena KB č. 3 (ŠVERMA) květen	2,1 Km	Fifejdy	PM ₁₀	2008	40,5	2010	51,3	10,8
			3,2 Km	Přívoz	PM ₁₀	2008	43,2	2010	49,2	6,0
			3,9 Km	Českostratská (hot spot)	PM ₁₀	2008	43,1	2010	50,5	7,3
			2,1 Km	Fifejdy	SO ₂	2008	7,1	2010	10,6	3,5
			3,2 Km	Přívoz	SO ₂	2008	8,2	2010	11,7	3,5
			5,8 Km	Poruba	SO ₂	2008	3,4	2010	5,8	2,4
33	2010	uzavření koksovny (ŠVERMA) 17.12	2,1 Km	Fifejdy	PM ₁₀	2009	40,7	2011	42,2	1,5
			3,2 Km	Přívoz	PM ₁₀	2009	46,2	2011	41,4	-4,8
			5,8 Km	Poruba	PM ₁₀	2009	34,0	2011	34,5	0,6
			8 Km	Radvanice	PM ₁₀	2009	47,5	2011	49,4	1,9
			2,1 Km	Fifejdy	SO ₂	2009	7,0	2011	11,5	4,5
			3,2 Km	Přívoz	SO ₂	2009	8,4	2011	14,6	6,2
			5,8 Km	Poruba	SO ₂	2009	3,7	2011	4,3	0,6
			8 Km	Radvanice	SO ₂	2009	13,8	2011	27,8	13,9

Nakonec byla provedena korelace mezi průměrnou roční koncentrací PM₁₀, SO₂, NO_x a roční výrobou koksu na území města Ostravy. Statisticky významné byly pouze korelační koeficienty PM₁₀ (0,869) a SO₂ (0,852). Lineární závislost byla znázorněna bodovým grafem lineární regrese na obrázku 13 a 14.



Obrázek 13 Závislost koncentrace PM₁₀ na výrobě koksu v Ostravě v letech 1973 - 2012



Obrázek 14 Závislost koncentrace SO₂ na výrobě koksu v Ostravě v letech 1973-2012

6 DISKUZE

Kvalita ovzduší na Ostravsku je dlouhodobě považována jako jedna z nejhorších v České republice. Podle zákona č. 201/2012 Sb. O ochraně ovzduší patří Ostrava do aglomerace se zhoršeným ovzduším. Koncentrace však v minulosti dosahovaly mnohem vyšších hodnot. Na konci 90. let 20. století můžeme v Ostravě pozorovat postupné zlepšování kvality, nicméně od roku 2005 koncentrace stagnují, v některých případech se i zvyšují. Také Braniš (2007) popisuje klesající trend polutantů v ovzduší v Praze v období let 1992-2005. Výrazné zlepšení kvality ovzduší v období let 1980-2007 bylo pozorováno ve státě New York ve Spojených státech (Buckley a Mitchell, 2011). V hlavním městě Řecka Aténách během let 1986-2000 byl také zaznamenán klesající trend koncentrace polutantů (Paliatsos *et al.*, 2002). Studie Denby *et al.* (2010) popisuje výrazný pokles SO₂ v celé Evropě v letech 1996-2005. Je tedy zřejmé, že klesající trend ve znečištění ovzduší postupně zasáhl všechny vyspělé země. Výše uvedení autoři a další (Branis, 1996, Moldan a Schnoor 1992) se zmiňují, že důsledkem klesajícího trendu je změna v užívání jiných technologií, změna kvality paliva, ale také změna politicko-ekonomické situace, se kterou je spojeno i uzavírání velkých zdrojů znečištění, případně jejich přesun pryč z města. Až do roku 1989 nebyla v Československu věnována potřebná péče ochraně životního prostředí. K pozitivnímu obratu došlo až po přijetí zákona na ochranu ovzduší 309/1991 Sb., který mimo jiné zavedl emisní limity. Významné snižování koncentrací PM₁₀ a SO₂ bylo způsobeno zejména instalací odsířovačů a odlučovačů. V posledních letech pokles není tak markantní, protože se do nové technologie neinvestuje (Šebelík *et al.*, 2013). Pohraniční oblast Česka a Polska patří k nejvíce znečištěným v Česku a v Evropě (CHMU, 2012d).

Tato práce pracuje převážně s imisními charakteristiky hlavních škodlivin (tradičně SO₂, NO_x a atmosférického aerosolu – PM₁₀, jakožto hlavními indikátory kvality ovzduší (Braniš, 2002). Jedná se tedy o reálná naměřená data. Některé studie na Ostravsku vychází však z model SYMOS'97, který neumožňuje modelovat látky vyskytující se v obou fázích (atmosférická částice i plyn, přičemž podstatná část PAU je vázána na atmosférické částice, zejména v zimním období). Další nevýhodou je, že jej nelze použít při bezvětří. Model počítá pouze s primárními částicemi, významnou část PM₁₀ tvoří sekundární částice a částice znovu uvolněné (VŠB-TU, 2013), Čupr *et al.*, 2013).

Tento model byl využit při projektu Air Silesia i v publikaci Atlas ostravského ovzduší. Na tomto modelu jsou založeny i další studie, které často slouží jako nástroj politiků. Například *Analýza kvality ovzduší na území města Ostravy, 2008; Analýza kvality ovzduší na území města Ostravy pro rok 2009, Rozptylová studie pro aktualizaci Krajského programu snižování emisí Moravskoslezského kraje, Vliv opatření u významných průmyslových zdrojů na kvalitu ovzduší v Moravskoslezském kraji, Případová studie*. V Krajském programu je například uvedeno, že průměrné roční koncentrace vypočteny modelem se pro některé látky liší až řádově v porovnání s koncentracemi z měřících stanic imisního monitoringu. Autoři potvrzují, že výpočtový model je zatížen řadou nepřesností a trpí neúplností vstupních dat. Ve stejné publikaci autoři však také uvádějí: „*Modelový výpočet však lze použít k určení relativního podílu jednotlivých kategorií jednotlivých zdrojů na kvalitě ovzduší a volit tak k jednotlivým zdrojům individuální přístup při stanovování podmínek provozu.*“

Při porovnávání koncentrací při otevření nebo zavření podniku nebyl v této práci zohledněn možný vliv meteorologie, jenž hraje zásadní roli při formování znečištění ovzduší ve venkovním prostředí. Významná je pak úroveň znečištění v různém ročním období (Espinosa *et al.*, 2004; Karar *et al.*, 2005).

Nárůst emisí z mobilních zdrojů TZL v Moravskoslezském kraji je pravděpodobně způsoben narůstajícím počtem vozidel. Jen v Ostravě se od roku 1990 do roku 2011 zvedl počet registrovaných vozidel o 256 % (154 824 vozidel).

Při korelační analýze v podkapitole 5.3, byly nejnižší korelační koeficienty u polutantu PM₁₀ na stanici Radvanice. Jako jedno z vysvětlení může být fakt, že stanice v Radvanicích dosahuje vyšších koncentrací, vzhledem k blízkosti hutního závodu ArcelorMittal Ostrava, který produkuje nejvíce emisí prachu.

Jedním z primárních cílů této práce bylo porovnat koncentrace suspendovaných částic a oxidu siřičitého v závislosti na uzavření, uvedení nebo jiné události, která vedla k přerušení velkého průmyslového zdroje na území města Ostravy. 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 mohl projevit ve snížení koncentrace, by tudíž nemusel nastat. Šebelík *et al.*, (2013) potvrzují, že překrývání provozů dožívajících baterií s nově

postavenými je velmi obtížně zjistitelné, vzhledem k praxi kampaňových výrob při přestavbách a časté údržbě starých typů pecí. Ve statistikách vykazované počty koksovacích pecí zachycují často i komory, nacházející se dlouhodobě v opravách.

Po roce 1989 dochází na Ostravsku k radikální redukci koksárenské výroby. Počet koksárenských závodů se do roku 2012 snížil na polovinu, počet koksárenských baterií na cca jednu třetinu. Průměrný užitečný objem koksovacích komor na koksovárnách v ČR v roce 2012 zůstal prakticky na úrovni roku 1990. O zaostávání technického vývoje na koksovárnách v ČR svědčí i další ukazatelé. Průměrný počet komor na 1 baterii jsou v obou krajních letech téměř na stejných hodnotách, daných opakovanou obnovou baterií s rozměry odpovídajícími úrovni čtyřicátých let minulého století (kromě velkoprostorové baterie č. 11 v ArcelorMittal Ostrava). 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.

Limitací této části diplomové práce je pravděpodobně neúplnost získaných informací od všech velkých zdrojů znečištění v Ostravě. Konkrétně největší ArcelorMittal 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 měly být všechny veřejně dostupné informace. Poměrně nová, veřejně nepublikovatelná kniha: Koksárenství v České a Slovenské republice (2013), nicméně odkazuje na změny provozů koksoven v Ostravě (závody ArcelorMittal Ostrava; Vítkovice, koksovna Šverma, Svoboda, Trojice a Karolina). Tato kniha byla osobně zapůjčena u člena výkonné rady České koksárenské společnosti, Karla Deingrubera. Na základě této knihy a dalších internetových zdrojů bylo možné monitorovat 54 událostí, přičemž některé byly v porovnávání zahrnuty jako jedna událost. 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.

Podle Šebelíka *et al.* (2013) překrývání provozů dožívajících baterií s nově postavenými je velmi obtížně zjistitelné, vzhledem k praxi kampaňových výrob při přestavbách a časté údržbě starých typů pecí. Ve statistikách vykazované počty koksovacích pecí zachycují často i komory, nacházející se dlouhodobě v opravách. Po roce 1989 dochází na Ostravsku k radikální redukci koksárenské výroby. Počet koksárenských závodů se do roku 2012 snížil na polovinu, počet koksárenských baterií na cca jednu třetinu. Průměrný užitečný objem koksovacích komor na koksovárnách v ČR v roce 2012 zůstal prakticky na úrovni roku 1990. O zaostávání technického vývoje na koksovárnách v ČR svědčí i další ukazatelé. Průměrný počet komor na 1 baterii jsou v obou krajních letech téměř na stejných hodnotách, daných opakovanou obnovou baterií s rozměry odpovídajícími úrovni čtyřicátých let minulého století (kromě velkoprostorové baterie č. 11 v Arcelor Mittal Ostrava).

Ve studii jsme se nepokoušeli zjistit, jak se měnila koncentrace ve vztahu ke vzdálenosti od zdroje, ale pravděpodobně by to nemělo smysl vzhledem k tomu, že nebyly do studie zahrnuty údaje o směr a rychlosti větru a jednalo se o roční charakteristiky, kde by se tato změna nemusela vůbec projevit.

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 PM₁₀ 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. 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 období, v případě oxidu dusíku o 49 %, respektive o 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.

Hovorka *et al.* (2013) se zabýval v zimě 2012 prostorovou variabilitou PM_{2,5} v městské části Ostrava-Radvanice, Bartovice ve smogovém a mimo smogovém období. Ani pro jedno období nebyly rozdíly koncentrací PM_{2,5} statisticky významné. Autoři hodnotí tuto lokalitu z hlediska koncentrací PM_{2,5} jako velmi dobře smíchanou. Lokální topeniště a doprava nepřispívají ve sledované lokalitě významně ke koncentraci PM_{2,5}. Za hlavní příčinu je nutné považovat emisní zdroje ležící mimo danou čtvrť, například emise z průmyslové oblasti. Pokorná *et al.*, (2013) publikovala závěry své studie z Ostravy, jejímž cílem bylo určit, co je zdrojem znečištění v Ostravě - Radvanicích a Bartovicích na základě analýzy atmosferického aerosolu. Zkoumaný aerosol byl rozdělen do dvou skupin na jemný (0,15 - 1,15 μm) a hrubý (1,15 - 10,0 μm). Výsledkem bylo zjištění, že během smogové situace tvoří jemný aerosol 80 % veškerého znečištění atmosférickým aerosolem. Mimo smogovou epizodu se jednalo o 71,4 %. Zdrojem téměř tří čtvrtin jemného aerosol bylo spalování fosilních paliv (koksárny, teplárny, elektrárny, průmyslové provozy, lokální topeniště). Ukázalo se, že doprava má malý vliv, přičemž hlavním zdrojem jemného aerosolu bylo odírání brzdových destiček a pneumatik. Tento výzkum nicméně nevysvětlil, kterými konkrétními zdroji je znečištění ovzduší způsobeno.

Na druhou stranu si je třeba uvědomit, že tato firma je největším zaměstnavatelem v Moravskoslezském kraji a její existence je velmi významná pro subdodavatele. Jednoznačně 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 150milionů Kč (Arcelor Mittal, 2012). Firma již investovala do ekologizace řadu finančních příspěvků, ale situace v Radvanicích a Bartovicích tomu nenasvědčuje, proto se mohou 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 přicházejí 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 vstřikování práškového uhlí do vysokých pecí. Společnost AMO nemá v plánu žádnou technologickou změnu v zastaralém závodu koksovny, která patří mezi největší zdroje rakovinotvorných PAU (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 Arcelor Mittal v různých městech světa 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, pokud se jedná o nedostatečnou ochranu 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% respondentů jako naléhavý. Nejvíce si na kvalitu stěžovali lidé z nejvíce znečištěných oblastí Radvanic a Bartovic. Stav životního prostředí více kritizovali starší lidé žijící v Ostravě více let. Nelze tedy tvrdit, že by starší lidé byli na horší stav životního prostředí méně přivykli 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 ghatt a 75% 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 ghetta, nízkou výkonnost úřadů a jiné, respektive 33%, 28%, 14%, 13 %, 8% a 4 % respondentů.

Výše uvedená fakta dokreslují i postoj jedinců, kteří jsou ve svém hodnocení stavu ovzduší velmi kritičtí. Ani zástupci této skupiny se nepřiklánějí k radikálnímu kroku, aby byl AMO uzavřen. (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 toho mohly využít a chovat se „neekologicky“. Ve výsledcích nám vyšlo, že koncentrace PM₁₀ a SO₂ jsou lineárně závislé na výrobě koksu, který je spojen pouze s průmyslem.

Schopnost porozumět zdrojům prachových částic v celé škále městského prostředí neznamená 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 početně 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, 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 100kg 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, 2014).

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 převládal 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 v Ostravě 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 znečištěným ovzduším. 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 deseti milióny korun, firma Arcelor Mittal Ostrava, a.s. a OKK Koksovny shodně po 2 milíonech 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 milionů korun, Dalkia Česká republika, a.s. 100 tisíci korun a společnost Multi Development částkou ve výši 300 tisíc korun (SMO, 2012b). Je třeba, aby tento trend nadále pokračovali v případě, že nebude pozorován pokles koncentrací. Nicméně to neřeší problém znečištění v Ostravě.

V loňském roce skončil projekt **Air-Silesia**, jehož hlavním cílem bylo 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 České republiky a naopak. Výsledky tohoto projektu porovnávají ovzduší v Polsku a Česku, ale neřeší otázku, co způsobuje znečištěné ovzduší (www.air-silesia.eu). V porovnání koncentrací PM₁₀ mezi českými a polskými stanicemi nelze říci, že by koncentrace byly v Polsku podstatně vyšší. Naproti tomu úroveň znečištění karcinogenním benzo[a]pyrenem je v Polsku dvakrát vyšší. V roce 2012 byl rozdíl průměrných koncentrací mezi stanicemi Ostrava- Poruba a Radvanice více než třikrát větší. Koncentrace oxidu siřičitého jsou podle Air Silesia vyšší než v Česku. Hlavní závěr tohoto projektu byl takový, že smogové situace nastávají nejčastěji za bezvětří, nebo jen za velmi slabého větru. Nelze tedy jasně říci, že při smogových situacích má jednoznačný vliv polské znečištění. V červenci 2012 byla naměřena průměrná měsíční koncentrace PM_{2,5} v Petrovicích u Karviné 36,4 µg.m³. Tato vysoká koncentrace se nedá vysvětlit lokálními topeništi na české ani polské straně. Kromě Polska se nesmí zapomínat na potenciální dálkový transport z Karvinska.

7 ZÁVĚR

Kvalita ovzduší v Ostravě vychází z mnohem vyšších koncentrací z minulosti. Hlavním důvodem zlepšení bylo zavírání průmyslových podniků po roce 1989 spolu s odlučovači a odsíření. V roce 1994 se přestalo na území města těžit i černé uhlí. V současnosti koncentrace spíše stagnují a za nepříznivých rozptylových podmínek koncentrace rostou.

Vliv otevírání a zavírání průmyslových podniků v určitých případech prokázal, že koncentrace reflektovala uzavření průmyslového závodu. Při uzavření se koncentrace v určitých případech na nejbližších stanicích snížily a naopak při otevření se zvýšily. Nicméně nemůžeme vyloučit, že vliv na změnu mohl mít i jiný zdroj. Například jiný průmyslový závod, neznámý menší zdroj, případně dálkový transport, ať již z Polska nebo Karvinska.

Na závěr se dá říci, že všichni by rádi věděli, kdo způsobuje znečištění v Ostravě nejvíce. Jak už poslední studie týmu vědeckých pracovníků Ústavu pro životní prostředí, Přírodovědecké fakulty UK v Praze naznačuje, že pro přesné rozlišení podílů technologií spalující fosilní paliva je předmětem dalšího zkoumání, které bude vyžadovat mnohem komplexnější přístup k měření. Varianta je analýza korelačních matic dat atmosférického aerosolu mezi Ostravou a lokalitami v Polsku.

Na základě studií jako je například Air Silesia by bylo vhodné provést studii zdravotních dopadů a podívat se na problém z druhé strany, respektive ne kolik by stálo zavření velkých průmyslových podniků, ale také to, kolik finančních prostředků by se ušetřilo na zdravotních nákladech.

Kdybychom zjistili, co způsobuje znečištění na Ostravsku, jsme schopni přijmout opatření, která by problém odstranila?

Domnívám se, že hypotetické zavření AMO (největšího znečišťovatele) bude spíše souviset s vývojem železa na světovém trhu než požadavky na ekologizaci a průkopové studii, která by jasně řekla, kdo znečišťuje nejvíce.

8 POUŽITÁ LITERATURA

Ahrens, C. D. (2008) *Essentials of meteorology-An invitation to the atmosphere*, 7th ed., Thomson, Belmont, USA.

Adamec, V. a kol. (2007) *Doprava, zdraví a životní prostředí*. Praha, Grada.

Bai, N., Khazaei, M., Eeden, S., Laher, I. (2007) The pharmacology of particulate matter air pollution - Induced cardiovascular dysfunction, *Pharmacology and Therapeutics*, Vol. 113, No. 1, p. 16-29.

Barnpadimos, I., Hueglin, C., Keller, J., Henne, S., 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.

Barry, R. G., Chorley, R. J. (2003) *Atmosphere, Weather and Climate*, 8th ed., Routledge, London, UK.

Bashyal, A., Majumder, A. K., 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., Hůnová, I. (editoři), *Atmosféra a klima: Aktuální otázky ochrany ovzduší*, Karolinum, Praha, p. 11-49.

Bell, M. L., 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., Rodriguez, E. (2007) Analysis of long-range transport influences on urban PM₁₀ using two-stage atmospheric trajectory clusters, *Atmospheric Environment*, Vol. 41, p. 4434-4450.

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

Braniš, M. (2002) Emise versus imise, aneb jak vyjádřita chápat změny v kvalitě ovzduší (příklad s aerosoly), *Ochrana ovzduší* No. 1, p. 7-11.

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

DODAT BRANIS 2002

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

Canha, N., Martinho, M., Almeida-Silva, M., Almeida, S.M., Pegas, P., Alves, C., Pio, C., Trancoso, M.A., Sousa, R., Mouro, F., Contreiras, T., Freitas, M.C. (2012) Indoor air quality in primary schools, *International Journal of Environmental Pollution* Vol. 50, No. 1-4, p. 369-410.

Canha, N., Almeida, S.M., Freitas, M.C., Täubel, M., Hänninen, O. (2013) Winter ventilation rates at primary schools: comparison between Portugal and Finland, *Journal of Toxicology and Environment Health* Vol. 76 No. 6, p. 400-408.

Celis, J. E., Morales, J. R., Zaror, C. A., 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.

Černíkovský L. (2012) Air pollution by suspended particles PM₁₀ and PM_{2.5} in the city of Ostrava 2006-2011(in Czech),*Ochrana ovzduší* Vol. 6, p.13-18.

Černý, E., Keder, J. (2007) Hodnocení provozu smogových regulačních systémů na území české republiky v roce 2007, dostupné na <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/groc/gr07cz/kap25.html> [staženo 10.0.2014].

Choi, H., Jedrychowski, W., Spengler, J., Camann, D.E., Whyatt, R.M., Rauh, V., Tsai, W.Y., Perera, F.P. (2006), International studies of prenatal exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and fetal growth, *Environmental Health Perspective*, Vol. 114, No 11, p.1744-1750.

Dostal, M. (2013) Comparison of child morbidity in regions of Ostrava, Czech Republic, with different degrees of pollution: a retrospective cohort study, *Environmental Health* Vol. 12, No. 1, p. 74.

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

Franck, U., Odeh, S., Wiedensohler, A., Wehner, B., 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., 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., Raab, P. (1979) *Znečišťování ovzduší a jeho soudobé problémy*, 1. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

Hedman, B., Naslund, M., Marklund, S. (2006) Emission of PCDD/F, PCB, and HCB from Combustion of Fi-rewood and Pellets in Residential Stoves and Boilers, *Environmental Science Technology*, Vol. 40, No. 16, p. 4968-75.

Horák, J., Šyc, M., Hopan, F., Krpec, K. (2011) Srovnání emisí vybraných znečišťujících látek ze spalování biomasy a uhlí v domácnostech, *Paliva* Vol. 3, p. 64-68.

Houthuijs, D., Breugelmans, O., Hoek, G., Vescovi, 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., Brunekreef, B. (2001) PM10 and PM2,5 concentrations in Central and Eastern Europe: results from Cesar study, *Atmospheric environment*, Vol. 35, No. 15, p. 2757-2771.

Hovorka, J., Pokorná, P., Bendl, J., Baranova, A., Gregr, M., Braniš, M. (2013) Podrobná charakterizace atmosférického aerosolu na lokalitě Ostrava Radvanice-Bartovice v zimě 2012: Prostorová variabilita PM_{2,5}, *Ochrana ovzduší* Vol. 2, p. 6-8.

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., 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., 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., Baker, J. (2010) The wind speed dependence of the concentrations of airborne particulate matter and NO_x, *Atmospheric Environment*, Vol. 44, No.13, p. 1682-1690.

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

Kassomenos, P. A, Kelessis, A., Petrakakis, M., Zoumakis, N., Christidis, T., 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.

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.

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 21.

Krejčí B. et Černíkovský L. (2008) Moravskoslezský kraj-problematika imisí.-*Ochrana ovzduší* 5-6

Kukutschova, J., Roubíček, V., Malachová, K., Holuša, R., Kubíček, J., Mička, V., Maccrimmon, D., 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.

Kukutschova, J., Roubíček, V., Mašlaň, M., Jančík, D., Slovak, V., Malachov, K., Pavličkova, Z., Filip, P. (2010) Wear performance and wear debris of semi metallic automotive brake materials, *Wear*, Vol. 268, No. 1-2, p. 86-93.

Lavric, E. D., Konnov, A. A., 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., 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., 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, G.P., Marconi, A., 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., 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., Serinell, M. (2006) Health Impact of PM10 and Ozone in 13 Italian Cities, WHO, (Copenhagen).

Miller, A., Ahlstrand, G., Kittelson, D. and 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., 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.

Moździerz, A., Juszko-Piekut, M., Stojko, J., 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.

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., Herve 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., 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.

Pokorná, P., Hovorka, J., Bendl, J., Baranová, A., Braniš, M., Hopke, P. K. (2012) Identifikace zdrojů jemné (PM_{0,15-1,15}) a hrubé (PM_{1,15-10}) frakce atmosférického aerosolu v městském obvodu Ostrava-Radvanice a Bartovice v zimě 2012, *Ochrana Ovzduší* No. 6, p. 17.

Pope, C. A. III. And Dockery, D. W. (2006) Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect, *Journal of the Air and Waste Management Association*, Vol. 56, No. 6, p. 709 – 742.

Prevedouros, K., Brorström-Lundén, E., Halsall, C. J., Jones, K. C., Lee, R. G. M., Sweetman, A. J. (2004) Seasonal and long-term trends in atmospheric PAH concentrations: Evidence and implications, *Environmental Pollution*, Vol. 128, p. 17–27.

Ristovski, Z., Jayarante, E. R., Lim, M., Ayoko, G. A. and 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. 94–95.

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

Sicard, P., Lesne, O., Alexandre, N., Mangin, A., 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., Erupe, M. (2007) Fine particle concentrations and composition during wintertime inversions in Logan, Utah, USA, *Atmospheric Environment*, Vol. 41, No. 26, p. 5410–5422.

Silva, A. (2014) Elderly exposure to indoor air pollutants, *Atmospheric Environment* Vol. 84 p. 54–63.

Skorkovský, J., Rychlíková, E., Kotěšovec, F., 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 www.dychamproostravu.cz/index.php/ovzdusi/fond-pro-dti [staženo 15.08.2012].

Soll-Johanning, H., Bach, E. (2004) Occupational exposure to air pollution and cancer risk among Danish urban mail carriers, *International Archive of Occupational and Environmental Health* Vol. 77, No. 5, p. 51-6.

Šebelík, V., Magera, A., Machek., V. (2013) *Koksárenství v České a Slovenské republice* Hutní projekt Frýdek-Místek a.s.

Šlachtová, H., Tomášek, I., Jones, K., Vašina, B., 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.

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

Šrám, R. (2013) Health impact of air pollution to children. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* Vol. 216, No. 5, p. 533-40.

Švecová, V., Topinka, J., Solanský, I., Rössner, P., 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., Di Stefano, F., Conti, V., Graziani, E., Petroianni, A. (2010) Air pollution ultrafine particles: Toxicity beyond the lung, *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, Vol. 14, p. 809–821.

Trusilova, K., 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.

Viana, M., Maenhaut, W., Chi, X., Querol, X., 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. Stanislav.-Ostrava:Repronis.

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

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 8.03.2014].

WHO, (2006), Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide-Global update 2005, Summary of risk assessment, dostupné na

http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf

[staženo 10.04.2014].

Zhou, J., Ito, K., Lall, R., Lippmann, M., 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.

