



ROZPTYLOVÁ STUDIE PRO MĚSTO OPAVA

Mapování stávajícího stavu
2012

Ostrava, září 2014



Objednatel: **Statutární město Opava**

Horní náměstí 69

746 26 Opava

Odbor životního prostředí Magistrátu města Opavy
pracoviště Krnovská 71C

Ing. Marie Vavrečková, vedoucí odboru

Zhotovitel: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Institut environmentálních technologií

17. listopadu 15/2172

708 33 Ostrava – Poruba

Odpovědný řešitel: **Doc. Ing. Petr Jančík, Ph.D.**

Autorizovaná osoba ke zpracování rozptylových studií
dle § 15 zákona č. 86/2002 Sb., Č. j.: 173d/740/07/DK

Řešitelský tým: RNDr. Jan Bitta, Ph.D.

Ing. Irena Pavlíková

Ing. Daniel Hladký



Obsah

1	ÚVOD	4
2	VSTUPNÍ ÚDAJE	5
2.1	OBECNÁ CHARAKTERISTIKA LOKALITY	5
2.2	PROSTOROVÁ DATA	5
2.3	TERÉN.....	7
2.4	KLIMATICKÉ A METEOROLOGICKÉ CHARAKTERISTIKY ÚZEMÍ.....	8
2.5	IMISNÍ LIMITY	11
2.6	IMISNÍ CHARAKTERISTIKA LOKALITY	12
3	CHARAKTERISTIKA ZDROJŮ	16
3.1	PRŮMYSLOVÉ STACIONÁRNÍ ZDROJE.....	16
3.1.1	<i>Emise PM₁₀ z průmyslových zdrojů</i>	17
3.1.2	<i>Emise NO_x z průmyslových zdrojů</i>	18
3.1.3	<i>Umístění zdrojů</i>	19
3.2	LOKÁLNÍ TOPENIŠTĚ	20
3.2.1	<i>Emisní charakteristika</i>	20
3.2.2	<i>Umístění zdrojů</i>	21
3.3	AUTOMOBILOVÁ DOPRAVA	22
3.3.1	<i>Emisní charakteristika</i>	22
3.3.2	<i>Umístění zdrojů</i>	26
3.4	REKAPITULACE EMISÍ ZE VŠECH MODELOVANÝCH SKUPIN ZDROJŮ	27
4	METODIKA VÝPOČTU	28
4.1	SUTTONOVA STATISTICKÁ TEORIE TURBULENTNÍ DIFÚZE	28
4.2	SYMOS'97.....	29
4.3	REFERENČNÍ BODY.....	31
4.4	KOREKCE VÝSLEDKŮ MODELOVÁNÍ.....	31
5	VÝSTUPNÍ ÚDAJE	34
5.1	VYPOČTENÉ CHARAKTERISTIKY	34
5.2	KARTOGRAFICKÁ INTERPRETACE VÝSLEDKŮ.....	34
5.3	DISKUZE VÝSLEDKŮ	36
6	ZÁVĚR	38
7	POUŽITÁ LITERATURA	40
8	POUŽITÉ ZKRATKY	42

1 Úvod

Rozptylová studie pro město Opava – mapování stávajícího stavu se vyhotovuje za účelem posouzení stávající úrovně znečištění ovzduší částicemi **PM₁₀** a oxidem dusičitým **NO₂** k roku **2012**. Posouzení se provádí modelováním rozptylu znečišťujících látek v ovzduší podle platné doporučené metodiky Ministerstva životního prostředí ČR „SYMOS'97“.

Modelování obsahuje všechny relevantní stacionární průmyslové zdroje (z databází REZZO 1 a REZZO 2), lokální topeniště a dopravu podle tzv. nulové varianty z dat o intenzitě dopravy, zpracovaných v rámci analytické části Plánu udržitelné městské mobility Opava [v době zpracování této studie dosud nepublikováno]. Výpočet rozptylu znečišťujících látek v ovzduší z uvedených zdrojů je prováděn v podrobné síti výpočtových bodů (do 100 m). Modelování zahrnuje vliv polských zdrojů znečišťování ovzduší a kalibraci výsledků modelování podle imisního monitoringu. Výsledkem modelování jsou průměrné roční koncentrace PM₁₀ a NO₂ pro rok 2012.

2 Vstupní údaje

2.1 Obecná charakteristika lokality

Posuzovaná oblast statutárního města Opavy náleží do území Moravskoslezského kraje. Leží v údolí řeky Opavy, které je součástí Slezské nížiny, v těsném sousedství hranice s Polskem. Jihozápadně je údolí ohraničeno masivem Nízkého Jeseníku. Všeobecná geografická a topografická situace jsou patrné z následujícího Obr. č. 1.



Obr. č. 1: Geografická a topografická situace

Střed města je v nadmořské výšce 257,0 m n. m. a jeho zeměpisné souřadnice jsou 49°56' s.z.š. a 17°54' v.z.d. Nejnižší místo (řeka Opava pod Komárovem) je položeno v 263,5 m n. m. a nejvyšší místo (Hůrka jižně od Podvihova) je v 529,8 m n. m.

Statutární město Opava se člení na 8 městských částí: Komárov, Malé Hoštice, Milostovice, Podvihov, Suché Lazce, Vávrovice, Vlastovičky a Zlatníky. Městské části nepokrývají celé území města, zbývající území bez městských částí je v číselnících označováno jako „Opava (nečleněná část města)“.

2.2 Prostorová data

Za účelem vyhotovení této Rozptylové studie byla využita a zpracována níže uvedená prostorová data.



Adresní body

Pro upřesnění a lokalizaci geografických údajů o průmyslových stacionárních zdrojích znečišťování ovzduší a rovněž pro upřesnění a lokalizaci výběru prostorových dat, reprezentujících lokální topeniště (viz níže) je nezbytná vrstva adresních bodů. Byla použita bodová vrstva z digitální mapy ZABAGED (© ČÚZK 2012) ve formátu ESRI shapefile odpovídající přesnosti Základní mapy České republiky 1:10 000. Jednotlivé body reprezentují konkrétní adresu a její příslušnost k územnímu členění ČR. Podle nich se provádí primární lokalizace zdroje na adresu provozovny a při analýze rozložení lokálních topenišť v zástavbě jsou s jejich pomocí vyřazeny objekty bez adresy.

Registr sčítacích obvodů a budov

Registr sčítacích obvodů a budov (RSO) je soustava územních a územně evidenčních prvků a budov nebo jejich částí (vchodů) s přidělenými popisnými nebo evidenčními čísly. Registr je uspořádán v dané hierarchii a vazbách v obsahu, prostoru a čase a je modelován pomocí nástrojů geografického informačního systému. Referenčním mapovým podkladem registru jsou katastrální mapy a topografická Základní mapa České republiky 1:10 000.

V registru se nacházejí budovy a údaje o nich; dále různé územní celky, např. obce, městské části, katastrální území, části obce, základní sídelní jednotky, statistické obvody a údaje o nich. V attributech budov jsou zahrnuty jejich adresy a počty bytů.

Správce Registru sčítacích obvodů a budov je Český statistický úřad (ČSÚ), který registr průběžně aktualizuje z administrativních a vlastních zdrojů dat.

Pro účely studie byly z registru využita data o územním členění a budovách s adresami.

Ortgonální fotomapy

Digitální ortogonální fotomapy (ortofotomapy) jsou rastrové soubory složené z transformovaných leteckých měřických snímků, které svou přesností a kartografickým zobrazením splňují požadavky kladené na mapy. Barevné ortofotomapy jsou zdrojem informací o skutečném stavu terénu. Reálně a nezkresleně odráží situaci v území a umožňují porovnání vektorových dat se skutečností.

Pro zpracování studie bylo využito ortofotomapy z Geoportálu ČÚZK ve formě WMS (Web Map Services). Dostupný na: http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ORTOFOTO_PUB

[/WMService.aspx](#). Ortofotomapy jsou v rozměrech a kladu mapových listů Státní mapy 1 : 5 000 (2 x 2,5 km). Rozlišení je 25 cm na jeden pixel. Ortofotomapy jsou vyhotoveny z leteckého měřického snímkování digitální kamerou, platné k roku 2012.

Podle těchto snímků se provádí vizuální umístění jednotlivých průmyslových zdrojů.

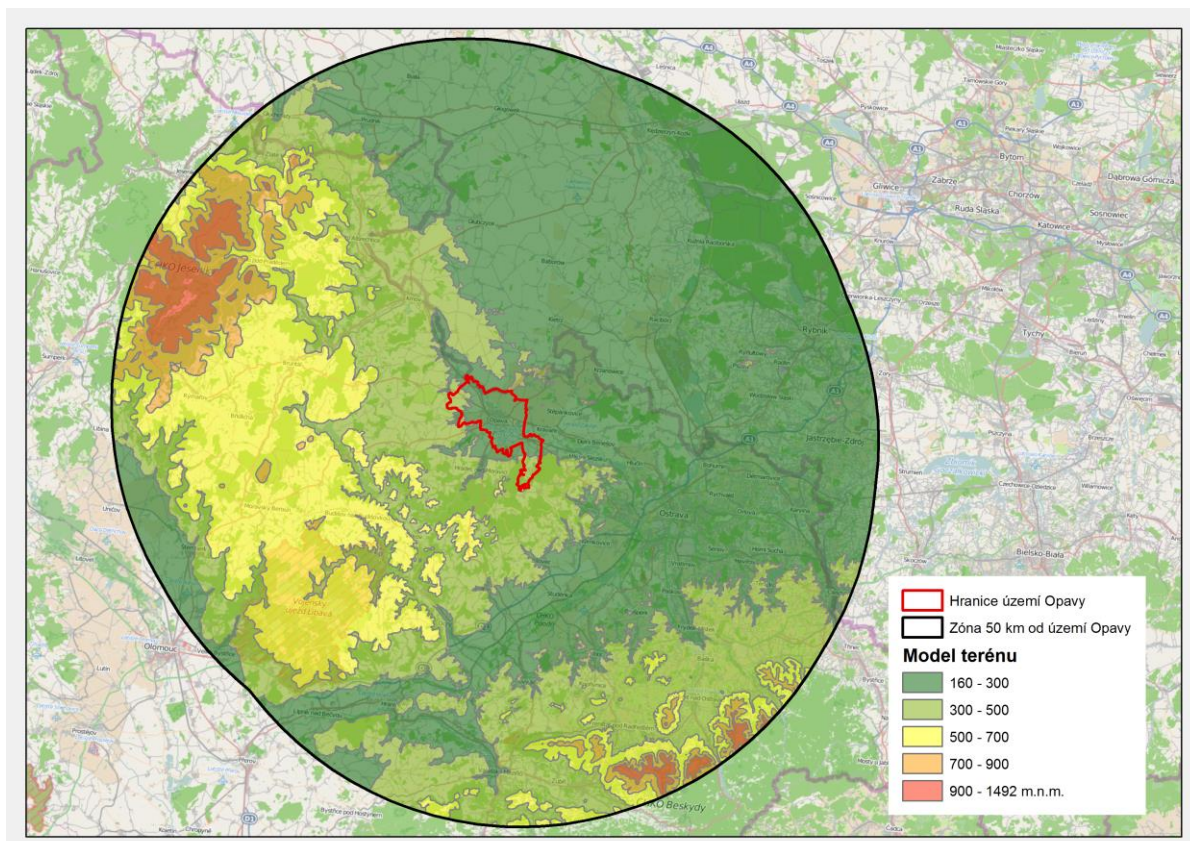
Zástavba

Pro aktualizaci geografických údajů o lokálních topeništích je nezbytná vektorová vrstva zástavby. Byla použita polygonová vrstva z digitální mapy ZABAGED (© ČÚZK 2012) ve formátu ESRI shapefile přesnosti Základní mapy České republiky 1:10 000. Jednotlivé polygony reprezentují budovy. Podle této vektorové vrstvy byla provedena aktualizace výběru prostorových dat, které reprezentují budovy s lokálními topeništi, tak aby odpovídala modelovanému roku 2012.

2.3 Terén

Pro modelování metodikou SYMOS'97 je nutno zadat tvar reliéfu celé modelované oblasti. Viz znázornění na Obr. č. 2.

Obr. č. 2: Terén pro modelování na území města Opavy



Digitální model terénu celého zájmového území byl vytvořen již v rámci předchozích modelování provedených pro město Opavu [1]. Základním zdrojem dat pro vytvoření tohoto modelu byly vrstevnice z digitální mapy ZABAGED (© ČÚZK 2012).

Z uvedených dat byl vytvořen vektorový digitální model terénu v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN), a z nich poté rastrový model terénu (LATTICE) s krokem 10 m. Pro tuto studii byl proveden výřez části tohoto modelu, pokrývající zájmovou oblast a data byla převedena do vstupního formátu pro SYMOS'97 (ESRI ASCII GRID). Použitý soubor s průběhem terénu je k dispozici v digitální podobě u řešitele studie.

2.4 Klimatické a meteorologické charakteristiky území

Město Opava spadá svou polohou do teplé klimatické oblasti. Podle **Quittovy klasifikace** se jedná o teplou oblast **W2**, resp. jižní cíp města spadá do mírně teplé oblasti **MW7**. Klimatické charakteristiky jsou shrnuty v následující Tab. č. 1.

Tab. č. 1: Souhrn klimatických charakteristik oblasti W2

Charakteristiky teplé oblasti W2	
Počet letních dnů	50 – 60 dnů
Počet dnů s průměrnou teplotou 10°C a více	160 – 170 dnů
Počet mrazových dnů	100 – 110 dnů
Počet ledových dnů	30 – 40 dnů
Průměrná teplota v lednu	-2°C až -3°C
Průměrná teplota v červenci	18°C – 19°C
Průměrná teplota v dubnu	8°C – 9°C
Průměrná teplota v říjnu	7°C – 9°C
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	90 – 100 dnů
Srážkový úhrn ve vegetačním období	350 mm – 400 mm
Srážkový úhrn v zimním období	200 mm – 300 mm
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	40 – 50 dnů
Počet dnů zamračených	120 – 140 dnů
Počet dnů jasných	40 – 50 dnů
Charakteristiky mírně teplé oblasti MW7	
Počet letních dnů	30 – 40 dnů
Počet dnů s průměrnou teplotou 10°C a více	140 – 160 dnů
Počet mrazových dnů	110 – 120 dnů
Počet ledových dnů	40 – 50 dnů
Průměrná teplota v lednu	-2°C až -3°C
Průměrná teplota v červenci	16°C – 17°C
Průměrná teplota v dubnu	6°C – 7°C
Průměrná teplota v říjnu	7°C – 8°C
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	110 – 120 dnů
Srážkový úhrn ve vegetačním období	400 mm – 450 mm
Srážkový úhrn v zimním období	250 mm – 300 mm
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	60 – 80 dnů
Počet dnů zamračených	120 – 150 dnů
Počet dnů jasných	40 – 50 dnů

Zdroj: Atlas podnebí Česka [2]

Podle **Köppenovy klasifikace** se jedná o oblast **Cfb**, tedy podtyp podnebí listnatých lesů mírného pásma. Teplá klimatická oblast má dlouhé léto, teplé, suché až mírně suché. Přejídné období je krátké s mírným až mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem. Zima je krátká, mírná, suchá, s krátkým trváním sněhové pokrývky.

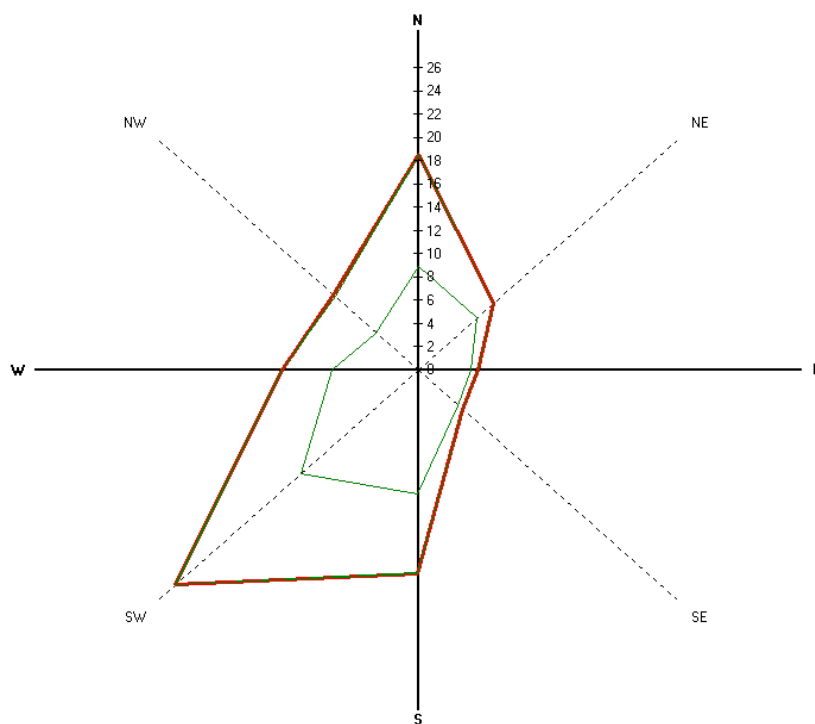
Při modelování dlouhodobým modelem, který byl použit v této studii, se pracuje s meteorologickými daty statisticky zpracovanými pro určité období. Tato data zpracovává ČHMÚ v podobě matice hodnot, které jsou procentuálním výskytem určitého generalizovaného typu počasí v daném období. Počasí je zařazeno do určité kategorie podle kombinace třídy teplotní stability ovzduší (reprezentované průměrným teplotním gradientem γ) a rychlosti větru. Používají se třídy podle Bubníka a Koldovského.

Celá sada takto upravených dat se nazývá **stabilitní větrná růžice**. Graficky lze četnost počasí v jednotlivých kategoriích znázornit jako paprskový graf, ve kterém je na jednotlivých osách (např. osmi směrů) vynesena četnost výskytu jednotlivých kategorií počasí [%]. Pro modelování zdrojů znečišťování ovzduší v posuzované lokalitě byla použita stabilitní větrná růžice pro lokalitu Opava platná pro rok 2012. Viz Tab. č. 2 a Obr. č. 3.

Tab. č. 2: Použitá dlouhodobá stabilitní větrná růžice pro lokalitu Opava

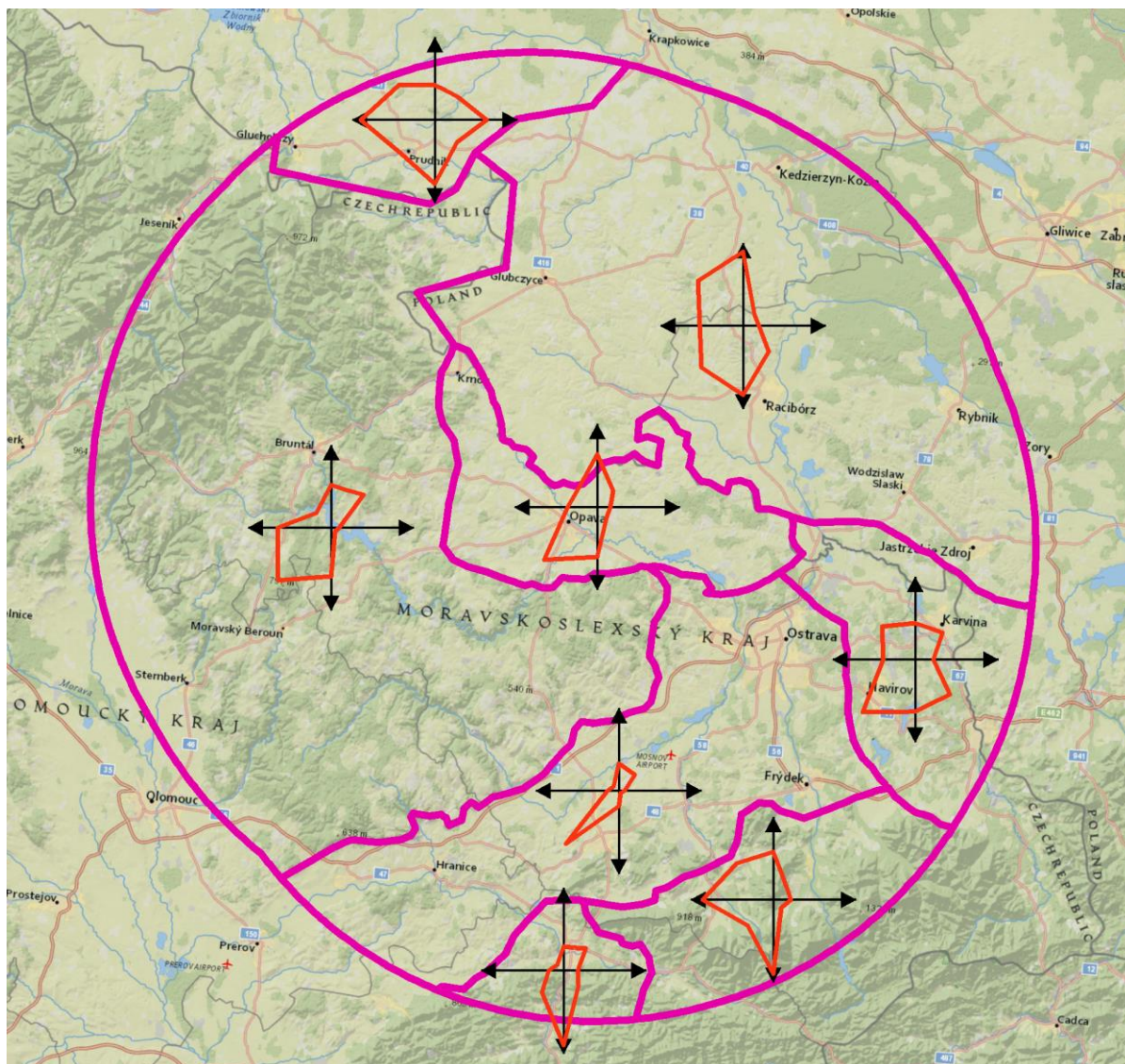
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Bezvětří	Součet [%]
I. tř. $v=1.7\text{m/s}$	0,02	0	0,03	0,02	0,1	0,02	0,1	0,08	0,01	0,38
II. tř. $v=1.7\text{m/s}$	0,7	0,82	0,72	0,83	2,42	1,07	0,59	0,42	0,15	7,72
II. tř. $v=5\text{m/s}$	0,09	0,06	0,01	0,05	0,35	0,17	0	0	0	0,73
III. tř. $v=1.7\text{m/s}$	6,54	3,42	1,51	1,9	5,55	8,22	4,25	3,19	0,4	34,98
III. tř. $v=5\text{m/s}$	6,05	0,78	0,2	0,16	2,44	7,27	1,35	2,32	0	20,57
III. tř. $v=11\text{m/s}$	0,08	0	0	0	0,08	0,06	0	0,11	0	0,33
IV. tř. $v=1.7\text{m/s}$	0,38	0,3	0,28	0,28	0,63	0,91	0,39	0,28	0,01	3,46
IV. tř. $v=5\text{m/s}$	1,02	0,13	0,05	0,01	0,63	2,06	0,78	0,91	0	5,59
IV. tř. $v=11\text{m/s}$	0,05	0	0	0	0,08	0	0,01	0,13	0	0,27
V. tř. $v=1.7\text{m/s}$	1,33	1,78	1,53	1,25	1,97	2,43	1,24	0,58	0,17	12,28
V. tř. $v=5\text{m/s}$	2,3	0,82	0,28	0,26	3,3	3,89	1,67	1,17	0	13,69
Součet [%]	18,56	8,11	4,61	4,76	17,55	26,1	10,38	9,19	0,74	100/100

Obr. č. 3: Grafické znázornění použité stabilitní větrné růžice pro lokalitu Opava



Dálkové zdroje byly modelovány vždy s územně příslušnou růžicí platnou pro tentýž rok. Viz mapka na Obr. č. 4.

Obr. č. 4: Znárodnění použitých stabilitních větrných růžic pro dálkový přenos



2.5 Imisní limity

Nový zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší [3] definuje **imisní limit** jako nejvýše přípustnou úroveň znečištění stanovenou tímto zákonem. Imisní limity a přípustné četnosti jejich překročení jsou stanoveny v příloze č. 1 tohoto zákona a pro zájmové znečišťující látky

jsou uvedeny v Tab. č. 3. Hodnoty imisních limitů podle nového zákona jsou shodné s hodnotami, které byly v platnosti dle předchozího zákona o ovzduší, zákona č. 86/2002 Sb.

Tab. č. 3: Imisní limity pro zájmové znečišťující látky

Znečišťující látka	Doba průměrování	Imisní limit* [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	Účel vyhlášení
PM ₁₀	24 hodin	50(35x)	Ochrana zdraví lidí
	1 kalendářní rok	40	
NO ₂	1 hodina	200(18x)	
	1 kalendářní rok	40	
NO _x	1 kalendářní rok	30	Ochrana ekosystémů

*V závorce je uveden maximální počet překročení uvedeného limitu za rok.

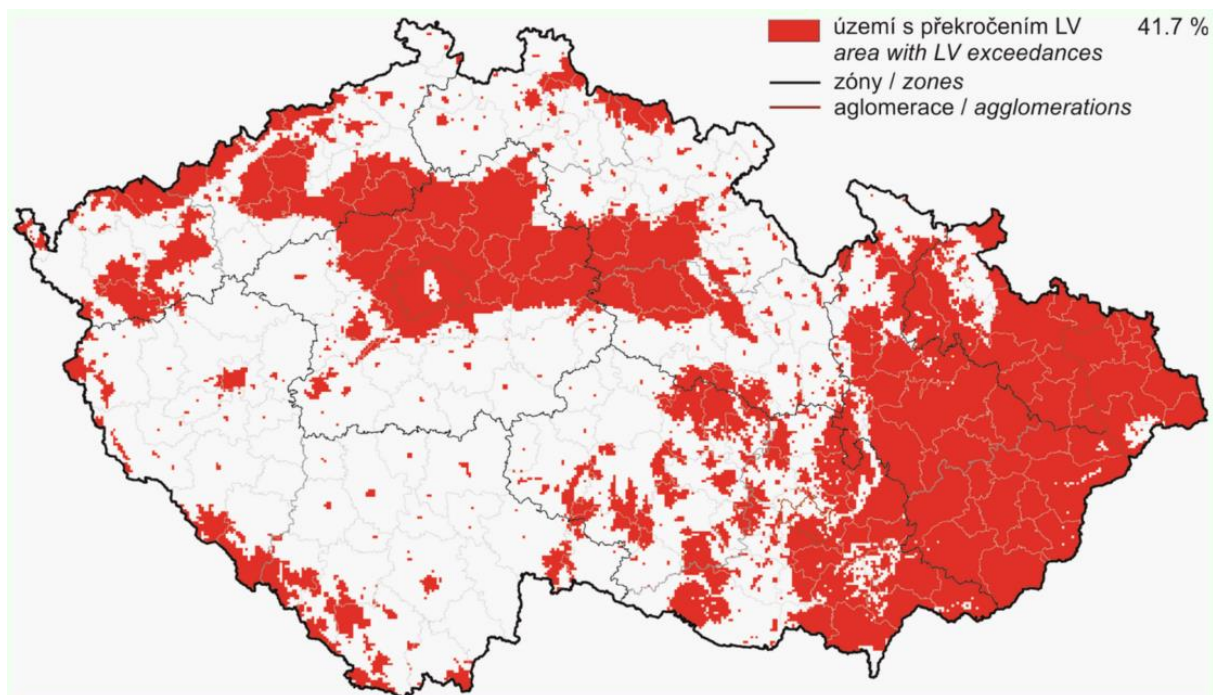
2.6 Imisní charakteristika lokality

Hodnocení úrovně znečištění ovzduší vychází z monitorování koncentrací znečišťujících látek v přízemní vrstvě atmosféry v síti měřicích stanic. Při hodnocení úrovně znečištění ovzduší je především sledován vztah zjištěných imisních hodnot k příslušným imisním limitům (viz výše). **Podle vyhodnocení monitoringu za rok 2012 se území města Opavy nacházelo v oblasti, kde došlo k překračování imisních limitů pro ochranu zdraví lidí.**

Pro rok 2012 ČHMÚ (poprvé dle nového zákon č. 201/2012 Sb. [3]) vymezil oblasti s překročením imisních limitů hromadně pro všechny znečišťující látky, které jsou sledovány z hlediska ochrany lidského zdraví. To znamená, že bylo souhrnně vyhodnoceno překračování imisních limitů pro roční průměrné koncentrace PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂, olova a benzenu, překračování 8hodinového limitu CO, překračování denních limitů pro PM₁₀ a SO₂ a překračování hodinových imisních limitů pro SO₂ a NO₂ (viz bod 1, Příloha č. 1 zákona č. 201/2012 Sb. [3]). Dále bylo vyhodnoceno překračování imisních limitů pro roční průměrné koncentrace benzo(a)pyrenu, kadmia, arsenu a niklu a pro nejvyšší max. denní 8hodinovou koncentraci přízemního ozonu (viz body 3 a 4, Příloha č. 1 zákona č. 201/2012 Sb. [3]).

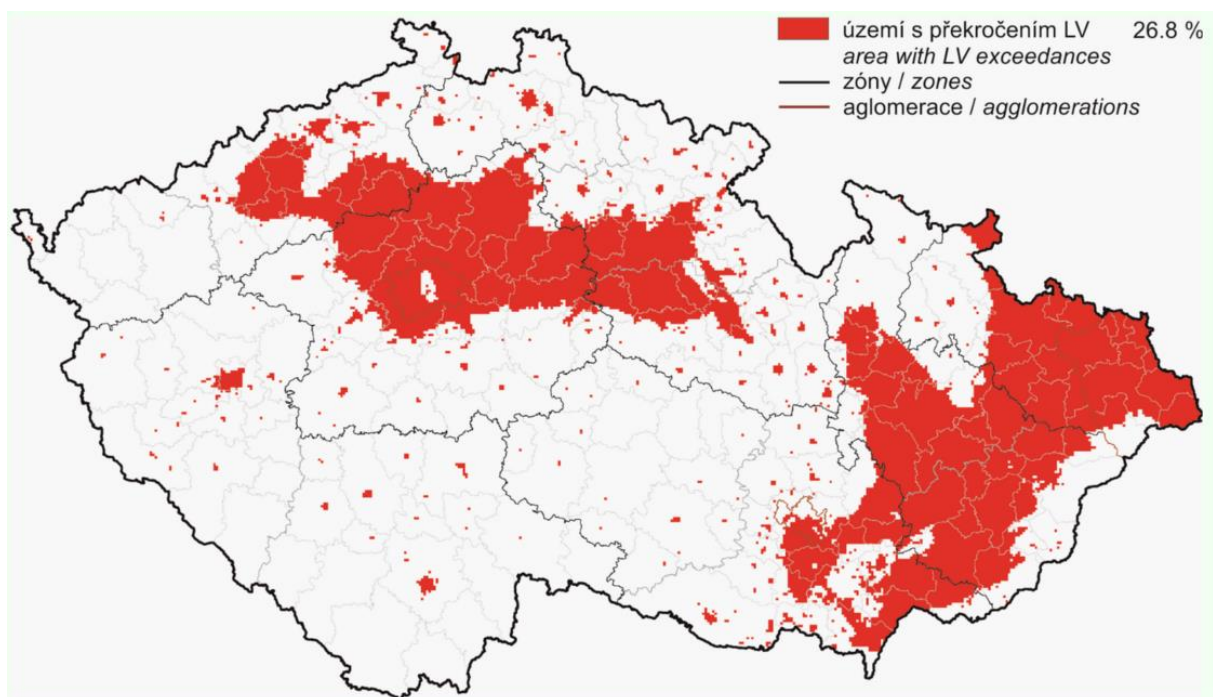
Z důvodu návaznosti na hodnocení v předešlých letech ČHMÚ zvláště vymezil i území s překročením imisních limitů stanovených bodem 1 (dříve tzv. oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší) a území s překročením imisních limitů stanovených bodem 3 (dříve oblasti s překročením cílových imisních limitů bez zahrnutí ozonu). Viz Obr. č. 5 a Obr. č. 6.

Obr. č. 5: Mapa oblastí s překročenými imisními limity pro ochranu zdraví, ČR, 2012



Zdroj: ČHMÚ [4]

Obr. č. 6: Mapa oblastí s překročenými imisními limity pro ochranu zdraví (bez zahrnutí ozonu), ČR, 2012



Zdroj: ČHMÚ [4]

Na území města Opavy je provozována jediná stanice imisního monitoringu, která poskytuje úplné roční hodnoty o zájmových znečišťujících látkách. Jedná se o pozadřovou

monitorovací stanici ČHMÚ Opava – Kateřinky (kód TOVK) [5]. Vybrané imisní charakteristiky PM₁₀ a NO₂ z této stanice pro rok 2012 jsou uvedeny v Tab. č. 4.

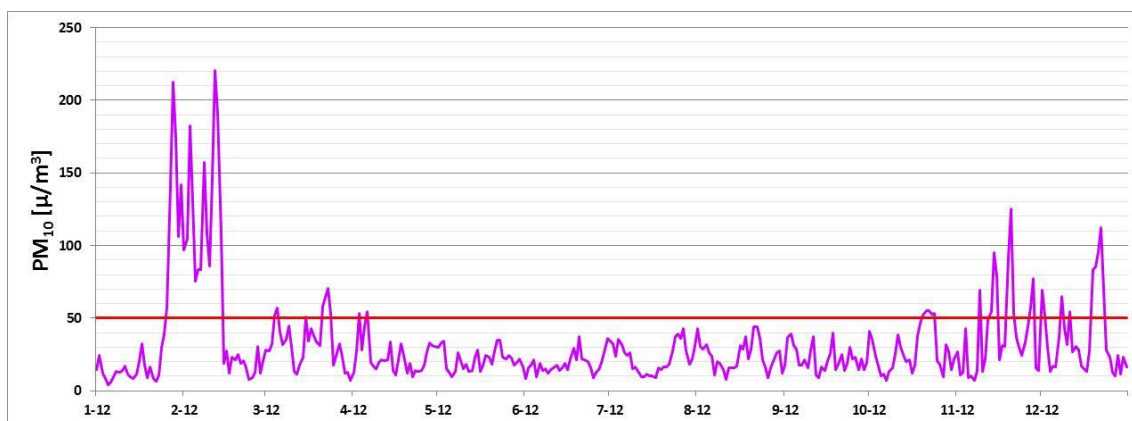
Tab. č. 4: Vybrané imisní charakteristiky PM₁₀ a NO₂, Opava – Kateřinky, 2012

Znečišťující látka [μg/m ³]	Denní hodnoty				Čtvrtletní průměr				Roční průměr
	Max.	Datum	36 MV	Datum	I.	II.	III.	IV.	
PM ₁₀	220,7	12.2.	57,6	27.11.	47,3	21,2	23,0	35,1	31,6
NO ₂	71,5	13.2.	-	-	22,2	13,6	14,9	22,2	18,2

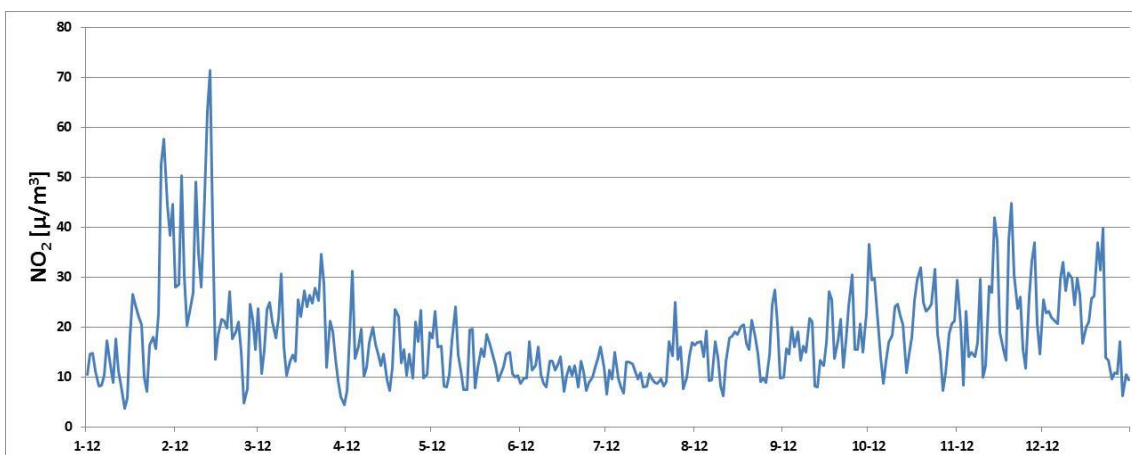
Zdroj: ČHMÚ [6]

Podle výsledků monitoringu na území města Opavy nedošlo v roce 2012 u sledovaných znečišťujících látek PM₁₀ a NO₂ k překročení ročních imisních limitů. Roční průběh průměrných denních koncentrací v roce 2012 ukazují grafy na následujících obrázcích Obr. č. 7 a Obr. č. 8. V případě PM₁₀ byl překročen 24 hodinový limit (51x). 36. nejvyšší 24hodinová koncentrace PM₁₀ dosáhla 57,6 μg/m³. Viz Obr. č. 9 na následující straně.

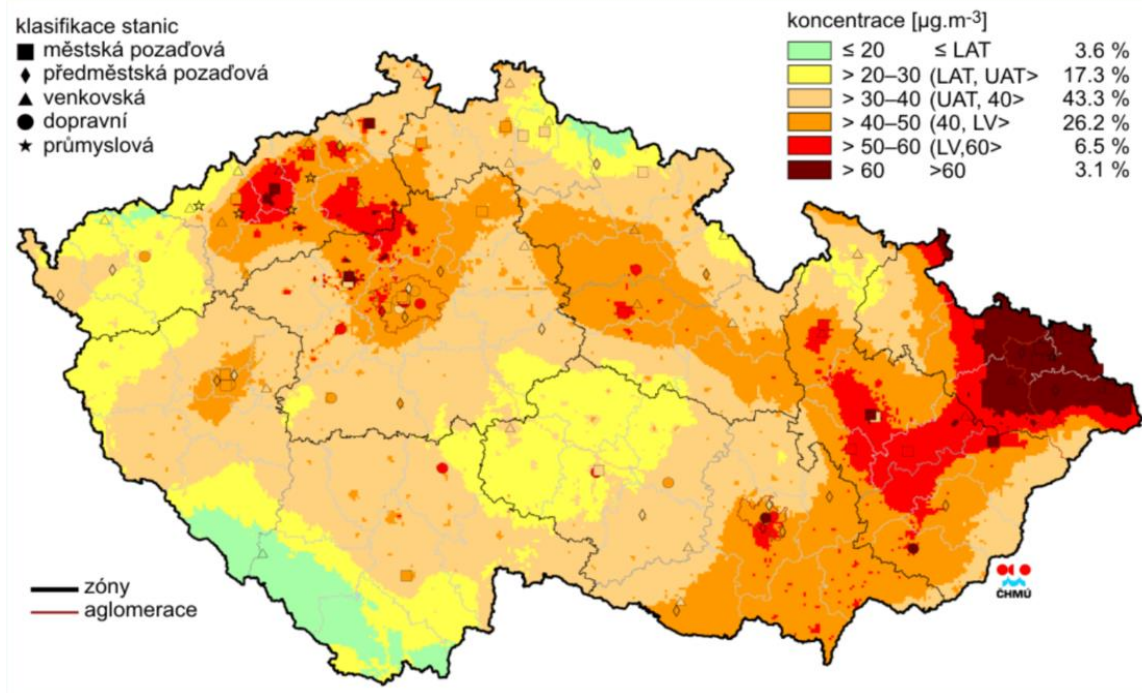
Obr. č. 7: Průběh 24hodinových koncentrací PM₁₀, Opava - Kateřinky, 2012



Obr. č. 8: Průběh 24hodinových koncentrací NO₂, Opava - Kateřinky, 2012



Obr. č. 9: Pole 36. nejvyšších 24hodinových koncentrací PM₁₀, ČR, 2012



Zdroj: ČHMÚ [4]



3 Charakteristika zdrojů

Dle zákona č. 201/2012 Sb. [3] je **stacionární zdroj** ucelená technicky dále nedělitelná stacionární technická jednotka nebo činnost, které znečišťují nebo by mohly znečišťovat. Spalovacím stacionárním zdrojem se pak rozumí stacionární zdroj, ve kterém se oxidují paliva za účelem využití uvolněného tepla.

Zákon dále vymezuje **mobilní zdroje**, což jsou samohybné a další pohyblivé, případně přenosné technické jednotky vybavené spalovacím motorem, pokud tento slouží k vlastnímu pohonu nebo je zabudován jako nedílná součást technologického vybavení.

Pro účely modelování je za **zdroj** považován **jednotlivý komín, výdech či výfuk** stacionárního zdroje či mobilního zdroje. Proto se v této studii používá pojem zdroj právě v tomto smyslu.


Průmyslové stacionární zdroje jsou ve studii reprezentovány body (komíny, výduchy) umístěnými v souřadném systému S-JTSK. Stacionární zdroje malých výkonů (**lokální topeniště**) jsou reprezentovány sítí plošných zdrojů o zvolené velikosti buňky 100 m. Mobilní zdroje, které představuje **silniční doprava**, jsou reprezentovány sítí liniových zdrojů, která kopíruje průběh silniční sítě.

Předmětem modelování jsou všechny relevantní skupiny zdrojů znečišťování ovzduší, které mají vliv na kvalitu ovzduší na území města Opavy. Byly vyčleněny tyto skupiny zdrojů:

- Průmyslové stacionární zdroje na území města Opavy a okolních obcí do 50 km (v případě PM₁₀ včetně zdrojů na území Polska)
- Lokální topeniště na území města Opavy a okolních obcí do 20 km (včetně lokálních topenišť na území Polska)
- Silniční doprava na území města Opavy (tzv. nulová varianta z Plánu udržitelné městské mobility Opava)

3.1 Průmyslové stacionární zdroje

Data o zdrojích znečišťování ovzduší jsou uchovávána v rámci Registru emisí a zdrojů znečišťování ovzduší (REZZO). Správou databáze REZZO za celou Českou republiku je pověřen ČHMÚ.



Během posuzovaného roku 2012 vstoupil v platnost nový zákon o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb.. Sběr a vyhodnocení údajů souhrnné provozní evidence, která je základem pro emisní bilanci bodově sledovaných stacionárních zdrojů REZZO 1 (velké stacionární zdroje) a REZZO 2 (střední stacionární zdroje), byly však v tomto roce provedeny ještě podle náležitostí předchozí legislativy. Z tohoto důvodu se většina změn zahrnujících nové členění zdrojů podle přílohy č. 2 zákona č. 201/2012 Sb. [3] projeví až v bilanci za rok 2013.

Data o průmyslových stacionárních zdrojích byla dodána v souhrnné databázi, obsahující všechny bodově sledované stacionární zdroj souhrnně. Data byla poskytnuta ve formě XLS souboru. Struktura dodaných dat odpovídá exportu pro modelování doporučenou metodikou MŽP SYMOS'97. Dodaná data jsou platná k roku 2012.

Do zpracování byla zahrnuta data o průmyslových stacionárních zdrojích na území města Opavy a do 50 km od středu města (tedy zdroje územně příslušející do krajů Moravskoslezského, Olomouckého, Zlínského, a v případě PM₁₀ také do Polska).

Data o polských průmyslových zdrojích znečišťování ovzduší byla převzata z projektu AIR SILESIA - Informační systém kvality ovzduší v oblasti Polsko-Českého pohraničí ve Slezském a Moravskoslezském regionu (CZ.3.22/1.2.00/09.01610) [7]. Data jsou dostupná na: <http://www.air-silesia.eu/cz/a1170/V_stupy.html>. **Tato data obsahovala údaje platné k roku 2010 a emisní charakteristiky pro PM₁₀.**

3.1.1 Emise PM₁₀ z průmyslových zdrojů

Na území města Opavy se na celkové produkci emisí PM₁₀ k roku 2012 podílelo **210 průmyslových stacionárních zdrojů**, které byly rozmístěny v **84 provozovnách**. Celkem tyto zdroje vyprodukovaly v roce 2012 **12,4 t** emisí PM₁₀. V následující Tab. č. 5 níže je uvedeno deset nejvýznamnějších z nich.

Tyto nejvýznamnější zdroje produkovaly k roku 2012 cca 92 % celkových emisí PM₁₀ produkovaných průmyslovými stacionárními zdroji na území města Opavy. Nejvýznamnějším zdrojem jsou Moravské cukrovary, a.s. - odštěpný závod Opava, které produkovaly cca 75 % celkových emisí PM₁₀ vypouštěných průmyslovými stacionárními zdroji v Opavě.

V oblasti do 50 km od středu města Opavy se na celkové produkci emisí PM₁₀ k roku 2012 podílelo na území ČR 3245 zdrojů, které byly rozmístěny ve 1043 provozovnách; na území Polska pak 1281 zdrojů, rozmístěných ve 490 provozovnách. Emise PM₁₀ z těchto zdrojů

na území ČR činily 1077,1 t k roku 2012. Emise PM₁₀ z těchto zdrojů na území Polska činily 3336 t k roku 2010, k roku 2012 údaje nebyly dostupné.

Tab. č. 5: Deset nejvýznamnějších provozoven na území města Opavy emitujících PM₁₀

Provozovna	PM ₁₀ [t/rok]	Procentuální zastoupení
Moravskoslezské cukrovary, a.s. - odštěpný závod Opava	9,288	74,9%
OSTROJ a.s.	1,032	8,3%
Teva Czech Industries s.r.o.	0,207	1,7%
Model Obaly a.s. — Opava	0,167	1,3%
FRISCHBETON s.r.o. - betonárna Opava II	0,150	1,2%
NAVOS, a.s. - Divize Opava	0,145	1,2%
OPATHERM, a.s. – Opava (soubor blokových kotelen na území města)	0,130	1,0%
GLOBUS ČR, a.s. — Opava	0,104	0,8%
STS-V Opava, s.r.o.	0,101	0,8%
Libuše Raidová — Opava	0,096	0,8%
Celkem	11,421	92,2%

Souhrnné emisní charakteristiky průmyslových stacionárních zdrojů použitých pro modelování uvádí následující Tab. č. 6.

Tab. č. 6: Souhrnné informace o průmyslových stacionárních zdrojích znečišťování ovzduší na území města Opavy a okolí

Počet zdrojů a emise	Opava	Okolní zdroje ČR*	Okolní zdroje Polsko
Počet zdrojů	210	3245	1281
Počet provozoven	84	1043	490
Emise PM ₁₀ [t/rok]	12,4	1077,1	3336,0

3.1.2 Emise NO_x z průmyslových zdrojů

Na území města Opavy se na celkové produkci emisí NO_x k roku 2012 podílelo **299 průmyslových stacionárních zdrojů**, které byly rozmístěny ve **110 provozovnách**. Celkem tyto zdroje v roce 2012 vyprodukovaly **146,1 t** emisí NO_x. V následující Tab. č. 7 je uvedeno deset nejvýznamnějších z nich.

Tyto nejvýznamnější zdroje produkovaly k roku 2012 cca 92 % celkových emisí NO_x produkovaných průmyslovými stacionárními zdroji na území města Opavy. Nejvýznamnějším zdrojem jsou Moravské cukrovary, a.s. - odštěpný závod Opava, které produkovaly cca 60 % celkových emisí NO_x vypouštěných průmyslovými stacionárními zdroji v Opavě.

V oblasti do 50 km od středu města Opavy se na celkové produkci emisí NO_x k roku 2012 podílelo na území ČR 3336 zdrojů, které byly rozmístěny ve 1196 provozovnách. Emise

NO_x z těchto zdrojů činily za rok 2012 celkem 16 999 t. Pro emise NO_x na území Polska údaje nebyly dostupné.

Tab. č. 7: Deset nejvýznamnějších provozoven na území města Opavy emitujících NO_x

Provozovna	NO _x [t/rok]	Procentuální zastoupení
Moravskoslezské cukrovary, a.s. - odštěpný závod Opava	88,795	60,8%
Teva Czech Industries s.r.o.	12,518	8,6%
POWGEN a.s. - kogenerační jednotka	10,197	7,0%
OPATHERM a.s. - Kotelna Olomoucká	5,966	4,1%
OPATHERM, a.s. – Opava (soubor blokových kotelen na území města)	5,845	4,0%
OPATHERM a.s. - kotelna Hillova	3,479	2,4%
OSTROJ a.s.	2,699	1,8%
Opavia - LU, s.r.o. - Vávrovice	1,953	1,3%
Model Obaly a.s. - Opava	1,64	1,1%
BIVOJ a.s.	1,176	0,8%
Celkem	134,268	91,9%

Souhrnné emisní charakteristiky průmyslových stacionárních zdrojů použitých pro modelování uvádí následující Tab. č. 8.


Tab. č. 8: Souhrnné informace o průmyslových stacionárních zdrojích znečišťování ovzduší na území města Opavy a okolí

Počet zdrojů a emise	Opava	Okolní zdroje ČR*
Počet zdrojů	299	3336
Počet provozoven	110	1196
Emise NO _x [t/rok]	146,1	16999,1

3.1.3 Umístění zdrojů

Stacionární průmyslové zdroje vedené v databázi REZZO jsou lokalizovány souřadnicemi. Někdy však mohou být ve skutečnosti umístěny výduchy a komíny zdrojů ve vzdálenosti řádově až stovek, resp. někdy až tisíců, metrů od těchto míst. Proto byla provedena kontrola a dodatečná lokalizace zdrojů. Dodatečná lokalizace byla provedena s využitím adresních bodů a ortofotomapy. Umístění všech lokalizovaných zdrojů bylo provedeno v GIS.

Výsledkem lokalizace a přiřazení emisí a ostatních technických parametrů zdroje k jednotlivým výduchům a komínům jsou lokalizované emisní charakteristiky stacionárních průmyslových zdrojů znečišťování ovzduší v rámci území města Opavy s přesností v řádu desítek metrů. Zdroje nacházející se na území do 50 km od středu města, byly lokalizovány na souřadnice provozovny a jejich poloha byla rovněž dodatečně verifikována kvůli možným



nepřesností v databázi. Výstupem jsou bodové vrstvy prostorových dat ve formátu ESRI shapefile. Viz mapy s odborným obsahem v Mapových přílohách.

3.2 Lokální topeniště

Lokální topeniště jsou energetické zdroje určené pro lokální vytápění prostor k individuálnímu bydlení (rodinné domy a byty). Řadí se mezi malé stacionární zdroje znečišťování ovzduší s jmenovitým tepelným výkonem do 200 kW [3]. Tvoří významnou skupinu zdrojů znečišťování ovzduší s ohledem na jejich velké množství, umístění přímo v obytné zástavbě, relativně nízké komíny, tepelné výkony, použitá paliva a nižší kvalitu spalovacích zařízení.

Provozovatelům lokálních topenišť zákon neukládá oznamovací povinnost. Jediná povinnost, která pro ně ze zákona vyplývá, je provozovat zdroje znečišťování ovzduší v souladu s podmínkami pro provoz těchto zařízení.

3.2.1 Emisní charakteristika

Podkladem pro výpočet emisí z lokálních topenišť je v ČR metodika ČHMÚ [10], [11]. Při výpočtu se vychází z informací ze Sčítání lidu, bytů a domů (SLBD), které poskytuje ČSÚ. Poslední celostátní Sčítání proběhlo v roce 2011. Na základě těchto dat byly vypočteny emise lokálních topenišť.

Údaje ze SLBD byly prostorově lokalizovány na základní sídelní jednotky a převedeny do digitálních prostorových dat v GIS. U ZSJ byly uvedeny počty rodinných domů (RD) a bytových domů (BD). Z dat ze SLBD byly získány informace o způsobu vytápění, průměrné ploše v RD a BD v dané ZSJ a druhu používaného paliva.

Použitá metodika vychází z tepelné bilance. Pro vytápění 1 m² domu v topné sezóně je zapotřebí určité množství tepla, které je nutno hradit chemickou energií obsaženou v palivech pro lokální topeniště, která je závislá na výhřevnosti paliva. Ze znalostí struktury spotřeby paliv pro určitou oblast a výhřevností jednotlivých druhů paliv je pak možno vypočítat jejich celkovou spotřebu. Ze spotřeby, struktury paliv a emisních faktorů je pak možno podle metodiky vypočítat emise, vztažené na územní jednotku, za kterou jsou generalizována vstupní statistická data ze SLBD (v tomto případě ZSJ). Pro výpočet byly použity aktuální emisní faktory z Výzkumné zprávy Výzkumného energetického centra, VŠB – TU Ostrava [12].

Do modelování byly zařazeny kromě lokálních topenišť na území města Opavy rovněž lokální topeniště ve vzdálenosti do 20 km od města Opavy, včetně lokálních topenišť na území Polska.

Data pro výpočet emisí z lokálních topenišť na území Polska byla převzata z projektu AIR SILESIA - Informační systém kvality ovzduší v oblasti Polsko-Českého pohraničí ve Slezském a Moravskoslezském regionu (CZ.3.22/1.2.00/09.01610) [7]. Data jsou dostupná na: http://www.air-silesia.eu/cz/a1170/V_stupy.html a vychází z podrobného výzkumu v rámci projektu VEC VŠB – TU Ostrava: Zlepšení kvality ovzduší v příhraniční oblasti Česka a Polska (CZ.3.22/1.2.00/08.00104). (Podrobněji viz www.cleanborder.eu). Data z těchto projektů byla přepočtena pro meteorologické charakteristiky roku 2012.

Souhrnné údaje za městské části uvádí pro území města Opavy následující tabulka, souhrnné údaje o lokálních topeništích zařazených do modelování uvádí Tab. č. 9 níže. Podrobná data jsou k dispozici u řešitele studie.

Tab. č. 9: Souhrnné emise z lokálních topenišť za město Opava


Městská část	PM ₁₀ [t/rok]	NO _x [t/rok]
Vávrovice	1,56	1,42
Vlaštovičky	0,78	0,51
Milostovice	1,02	0,57
Zlatníky	0,95	0,53
Podvihov	2,04	1,20
Suché Lazce	1,59	1,31
Komárov	1,56	1,50
Malé Hoštice	1,18	1,69
Opava (nečleněná část města)	11,12	21,96
CELKEM	21,80	30,70

Tab. č. 10: Souhrnné emise z lokálních topenišť zařazených do modelování

Území	Opava	Okolí Opavy území ČR	Okolí Opavy území Polska
PM ₁₀ [t/rok]	21,8	495,7	823,4
NO _x [t/rok]	30,7	374,8	208,6

3.2.2 Umístění zdrojů

Přímá lokalizace lokálních topenišť v rámci většího území není možná, neboť se může jednat až o desetitisíce výdechů. Vzhledem k významnosti těchto zdrojů byla na pracovišti Katedry ochrany životního prostředí v průmyslu, VŠB – TU Ostrava vyvinuta metodika pro analýzu jejich rozložení v zástavbě a reprezentaci pomocí sítě plošných zdrojů.



S využitím GIS byla provedena analýza vyhledání plošných objektů, které představují rodinné domy. Vychází se z předpokladu, že rodinné domy jsou představovány polygony do určité velikosti. Tato velikost byla ověřována analýzou (viz studie [1]), a pro danou oblast byla stanovena na 180 m². Výběr byl dále upřesněn vyloučením objektů, které neobsahují údaje o adrese. Vybrané polygony pak byly nahrazeny pravidelnou sítí čtvercových buněk o straně čtverce 100 m, které pokrývají oblast, ve které se nacházejí lokální topeniště. Tato síť nahrazuje zástavbu rodinných domů. Každé buňce sítě byla dále přiřazena taková váha, která relativně odpovídá množství rodinných domů v její ploše. Všechny tyto analýzy byly provedeny nad aktuálními prostorovými daty.

Plošné zdroje byly za účelem zobrazení převedeny na emisní čtverce o velikosti strany 500 m. Emise PM₁₀, resp. NO_x, jsou takto vyobrazeny pro území města Opavy a pro lokální topeniště v okolí na mapách s odborným obsahem v Mapových přílohách.

3.3 Automobilová doprava

Silniční doprava je významným zdrojem znečišťování ovzduší zejména ve městech a v současnosti se jedná o skupinu zdrojů nabývajících na významu. Stanovení emisí z těchto zdrojů spočívá především ve vyhodnocování údajů o struktuře, plynulosti, intenzitě automobilové dopravy a průběhu silniční sítě.

Podkladem pro výpočet emisí z dopravy byl **dopravní model tzv. nulové varianty dopravy zpracovaný v rámci analytické části Plánu udržitelné městské mobility Opava**, který byl dodán zpracovatelem Plánu, společností UDIMO spol. s r. o.

Vstupními daty pro výpočet emisí z automobilové dopravy byly tedy údaje o intenzitě dopravy, strukturované na počet projíždějících osobních automobilů, lehkých a těžkých nákladních automobilů a autobusů, dále pak informace o rychlosti projíždějících automobilů, plynulosti provozu a počtu jízdnic pruhů.

3.3.1 Emisní charakteristika

Množství emisí z automobilů závisí na mnoha faktorech, jako jsou technické parametry vozidla (typ motoru), používané palivo, typ a technický stav komunikace, režim jízdy, intenzita dopravy na jednotlivých úsecích komunikací na daném území. Statické složení vozového parku platné pro rok 2012 a okres Opava bylo získáno z Centrálního registru vozidel ČR [13]. Zjištěné údaje uvádí souhrnně následující Tab. č. 11.

Tab. č. 11: Souhrnné charakteristiky vozového parku pro okres Opava, 2012

Typ vozidel	Konvenční	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	Celkem
OA	10583	4295	14982	16155	10289	9265	65569
%	16%	7%	23%	25%	16%	14%	100%
LNA	334	596	985	1512	2095	686	6208
%	5%	10%	16%	24%	34%	11%	100%
TNA	337	54	121	224	268	197	1201
%	28%	4%	10%	19%	22%	16%	100%
BUS	31	7	23	40	37	30	168
%	18%	4%	14%	24%	22%	18%	100%

Emise z vozidel byly stanoveny výpočtem pomocí emisních faktorů. V dopravě se emisní faktor [$\text{g.km}^{-1}.\text{vozidlo}^{-1}$] vyjadřuje jako veličina udávající, jaké množství znečišťující látky zanechá jedno projíždějící vozidlo v ovzduší, ujede-li 1 km. Hodnoty emisních faktorů byly získány z aktualizované verze Programu MEFA v. 06 (ATEM, DINPROJEKT, VŠCHT Praha). Jejich hodnota pro určitý rok závisí na technickém a legislativním vývoji v oblasti silniční dopravy a na kategorii vozidla.

Výpočet emisních faktorů pro motorová vozidla vyžadoval zadání následujících vstupních dat:

- výpočtový rok;
- kategorie vozidla – jednostopá vozidla, osobní automobil (OA), lehký nákladní automobil (LNA), těžký nákladní automobil (TNA), autobus (BUS);
- palivo – benzin, motorová nafta, stlačený zemní plyn (CNG), zkapalněné uhlovodíkové plyny (LPG), pohon plynnými palivy – LPG a CNG je uvažován pouze v případě kategorií vozidel OA;
- emisní úroveň – konvenční, EURO 1, EURO 2, EURO 3, EURO 4, EURO 5 (kategorie konvenční se týká vozidel splňujících emisní limity platné ještě před emisními úrovněmi EURO).

Pro výpočet emisí byly použity emisní úrovně Konvenční a EURO 1 – 5 a podélné sklony vozovky zjištěné analýzou v GIS. Použité emisní faktory uvádějí následující tabulky.

Tab. č. 12: Emisní faktory pro výpočtový rok 2012 a emisní úroveň Konvenční

Látka	Rychlost [km/h]	Emisní faktory pro výpočtový rok 2012 Konvenční [g/km]					
		Osobní automobily			LNA	TNA	BUS
		Benzín	Diesel	LPG	Diesel	Diesel	Diesel
PM ₁₀	30	0,0013	0,3271	0,0013	0,6891	3,8442	4,6225
	50	0,0016	0,3089	0,0016	0,6412	2,6697	3,4698
	70	0,0023	0,3280	0,0023	0,6026	2,3640	3,8538
	90	0,0040	0,3159	0,0040	0,7095	2,3020	5,8756
NO _x	30	4,9104	1,8556	2,4329	6,9709	39,8801	30,1493
	50	5,0111	1,4521	1,9636	5,7268	27,2205	22,5495
	70	5,5313	1,3645	1,7487	5,7151	30,6675	20,7945
	90	6,8152	1,4587	1,8233	6,3884	36,6535	23,4128

Tab. č. 13: Emisní faktory pro výpočtový rok 2012 a emisní úroveň EURO 1

Látka	Rychlost [km/h]	Emisní faktory pro výpočtový rok 2012 EURO 1 [g/km]					
		Osobní automobily			LNA	TNA	BUS
		Benzín	Diesel	LPG	Diesel	Diesel	Diesel
PM ₁₀	30	0,0005	0,1311	0,0005	0,2515	2,1934	1,2600
	50	0,0005	0,1825	0,0005	0,2215	1,5364	0,6462
	70	0,0008	0,1791	0,0008	0,2452	1,3582	0,6160
	90	0,0014	0,1470	0,0014	0,3064	1,3258	1,4998
NO _x	30	0,9459	1,3240	0,4686	4,0770	24,5654	17,2673
	50	0,8531	1,0286	0,3343	3,2901	17,6911	12,9147
	70	0,8135	0,9714	0,2572	3,2316	18,5136	11,9096
	90	0,9678	1,0420	0,2589	3,6038	23,3212	13,4092

Tab. č. 14: Emisní faktory pro výpočtový rok 2012 a emisní úroveň EURO 2

Látka	Rychlost [km/h]	Emisní faktory pro výpočtový rok 2012 EURO 2 [g/km]					
		Osobní automobily			LNA	TNA	BUS
		Benzín	Diesel	LPG	Diesel	Diesel	Diesel
PM ₁₀	30	0,0005	0,0704	0,0005	0,1299	0,5755	0,3496
	50	0,0005	0,0709	0,0005	0,1122	0,4027	0,1730
	70	0,0008	0,0535	0,0008	0,1250	0,3539	0,1372
	90	0,0014	0,0611	0,0014	0,1299	0,5755	0,3496
NO _x	30	0,4036	0,7849	0,1999	2,4462	18,6465	14,8005
	50	0,3640	0,5880	0,1427	1,9740	13,4043	11,0697
	70	0,3426	0,5642	0,1083	1,9389	13,6665	10,2082
	90	0,4024	0,6282	0,1077	2,1623	17,1147	11,4936

Tab. č. 15: Emisní faktory pro výpočtový rok 2012 a emisní úroveň EURO 3

Látka	Rychlost [km/h]	Emisní faktory pro výpočtový rok 2012 EURO 3 [g/km]					
		Osobní automobily			LNA	TNA	BUS
		Benzín	Diesel	LPG	Diesel	Diesel	Diesel
PM ₁₀	30	0,0005	0,0280	0,0005	0,0587	0,3178	0,2394
	50	0,0005	0,0393	0,0005	0,0510	0,2227	0,1440
	70	0,0008	0,0387	0,0008	0,0540	0,1967	0,1573
	90	0,0014	0,0316	0,0014	0,0674	0,1920	0,3118
NO _x	30	0,1723	0,4597	0,0854	0,5242	2,6564	5,4773
	50	0,1588	0,3485	0,0622	0,4230	1,8382	4,1007
	70	0,1553	0,3298	0,0491	0,4155	1,8897	3,7882
	90	0,2016	0,3625	0,0539	0,4633	2,2242	4,2723

Tab. č. 16: Emisní faktory pro výpočtový rok 2012 a emisní úroveň EURO 4

Látka	Rychlost [km/h]	Emisní faktory pro výpočtový rok 2012 EURO 4 [g/km]					
		Osobní automobily			LNA	TNA	BUS
		Benzín	Diesel	LPG	Diesel	Diesel	Diesel
PM ₁₀	30	0,0005	0,0186	0,0005	0,0327	0,0934	0,0632
	50	0,0005	0,0206	0,0005	0,0288	0,0659	0,0524
	70	0,0008	0,0213	0,0008	0,0317	0,0577	0,0742
	90	0,0014	0,0225	0,0014	0,0396	0,0579	0,1171
NO _x	30	0,1250	0,2950	0,0619	0,2912	2,0664	4,1080
	50	0,1175	0,2230	0,0461	0,2350	1,4191	3,0755
	70	0,1143	0,2127	0,0361	0,2308	1,4632	0,2127
	90	0,1471	0,2369	0,0394	0,2574	1,7227	3,2043

Tab. č. 17: Emisní faktory pro výpočtový rok 2012 a emisní úroveň EURO 5

Látka	Rychlost [km/h]	Emisní faktory pro výpočtový rok 2012 EURO 5 [g/km]					
		Osobní automobily			LNA	TNA	BUS
		Benzín	Diesel	LPG	Diesel	Diesel	Diesel
PM ₁₀	30	0,0005	0,0186	0,0005	0,0327	0,0934	0,0632
	50	0,0005	0,0206	0,0005	0,0288	0,0659	0,0524
	70	0,0008	0,0213	0,0008	0,0317	0,0577	0,0742
	90	0,0014	0,0225	0,0014	0,0396	0,0579	0,1171
NO _x	30	0,1250	0,2950	0,0619	0,2912	2,0664	4,1080
	50	0,1175	0,2230	0,0461	0,2350	1,4191	3,0755
	70	0,1143	0,2127	0,0361	0,2308	1,4632	0,2127
	90	0,1471	0,2369	0,0394	0,2574	1,7227	3,2043

Vozidlům byly dle roku výroby přiřazeny emisní úrovně a dle procentuálního zastoupení vozidel v emisní úrovni byly vypočítány emisní faktory se zahrnutím statického složení vozového parku. Takto získané emisní faktory byly dále podle analýzou získaného sklonu vozovky a podle přiřazené plynulosti provozu násobeny příslušnými koeficienty, které byly určeny za použití Programu MEFA v. 06. Dále byly z údajů Centrálního registru vozidel

ČR podle procentuálního zastoupení jednotlivých typů vozidel a druhu pohonných hmot vypočítány souhrnné emisní faktory. Viz následující Tab. č. 18.

Tab. č. 18: Vypočítané souhrnné emisní faktory 2012, Opava

Látka	Rychlost [km/h]	Souhrnné emisní faktory [g/km]			
		OA	LNA	TNA	BUS
PM ₁₀	30	0,0230	0,1108	1,3307	1,0355
	50	0,0240	0,0989	0,9258	0,7461
	70	0,0240	0,1031	0,8191	0,8226
	90	0,0236	0,1267	0,7997	1,3122
NO _x	30	0,9512	1,4127	15,4690	11,2514
	50	0,9012	1,1455	10,6763	8,4174
	70	0,9469	1,1300	11,7336	6,7176
	90	1,1437	1,2609	14,1397	8,7476

Tímto postupem vypočtené emise byly přiřazeny jednotlivým úsekům komunikací. Tyto emise nezahrnují nespalovací emise z otěru vozovek, brzdných destiček a pneumatik, ze zkušeností zpracovatele tyto emise tvoří odhadem 10 % spalovacích emisí.

3.3.2 Umístění zdrojů

Umístění zdrojů v případě silniční dopravy kopíruje průběh dopravních sítí. Modelované zdroje znečišťování ovzduší představují úseky komunikací. Středy těchto úseků odpovídají lokalizaci zdrojů, které byly použity jako vstup pro modelování imisí. Optimální velikost těchto úseků byla testována při předchozích studiích. Pro modelovanou oblast byla vyhodnocena jako optimální velikost 50 m.

Rozložení intenzit dopravy použitých v zájmovém území k výpočtu emisí z dopravy je zobrazeno ve formě map s odborným obsahem v Mapových přílohách k této zprávě.

3.4 Rekapitulace emisí ze všech modelovaných skupin zdrojů

Souhrnné údaje o emisích z jednotlivých modelovaných skupin zdrojů znečišťování ovzduší jsou pro rok 2012 uvedeny v následující Tab. č. 19.

Tab. č. 19: Souhrnné emise podle jednotlivých skupin zdrojů použité pro modelování rozptylu znečišťujících látek na území města Opavy pro rok 2012

Skupina zdrojů	Opava		Okolní zdroje na území ČR		Okolní zdroje na území Polska	
	PM ₁₀ [t/rok]	NO _x [t/rok]	PM ₁₀ [t/rok]	NO _x [t/rok]	PM ₁₀ [t/rok]	NO _x [t/rok]
Průmyslové zdroje	12,4	146,1	1077,1	16999,1	3336,0	-
Lokální topeniště	21,8	30,7	495,7	374,8	823,4	208,6
Doprava	27,0	491,0	33,0	632,0	-	-
CELKEM	61,2	667,8	1605,8	1006,8	4159,4	208,6

4 Metodika výpočtu

Ve většině zemí je v současné době rozptyl znečišťujících látek v přízemní vrstvě atmosféry modelován pomocí difúzních modelů založených na aplikaci Suttonovy statistické teorie turbulentní difúze. Tato teorie je základem většiny používaných rozptylových modelů, které jsou často modifikací základní Suttonovy funkce. **Na Suttonově teorii difúze je rovněž založena referenční metodika SYMOS'97, která byla použita v této rozptylové studii.** [7]

4.1 Suttonova statistická teorie turbulentní difúze

Statistická teorie turbulentní difúze byla vytvořena Suttonem na základě Taylorovy statistické korelační teorie turbulence a řešení klasické rovnice difúze.

Suttonova rovnice pro výpočet koncentrace plyných látek v libovolném místě v okolí plynulého vyvýšeného bodového zdroje je (1):

$$C = \frac{Q}{u \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2} - \frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2}\right] \exp\left[-\frac{w^2}{2u^2} - \frac{N^2 z}{u^2}\right] \quad (1)$$

Odvození parametrů C_y a C_z bylo provedeno ve tvaru (2), (3):

$$C_z = \frac{Q}{u \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2} - \frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2}\right] \exp\left[-\frac{w^2}{2u^2} - \frac{N^2 z}{u^2}\right] \quad (2)$$

Kde C_z je vertikální difúzní parametr.

Analogicky pro složku y :

$$C_y = \frac{Q}{u \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2} - \frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2}\right] \exp\left[-\frac{w^2}{2u^2} - \frac{N^2 z}{u^2}\right] \quad (3)$$

V těchto vzorcích je

- n ... meteorologický exponent (bezrozměrný),
- N ... Suttonova makroviskozita [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$],
- u', w' ... odchylky od průměrných složek rychlostí proudění ve směru osy y a z [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$].

Meteorologický exponent je definován z profilu rychlostí větru (4):

$$u = u_1 \left(\frac{z}{z_1} \right)^{\frac{n}{2-n}} \quad (4)$$

Kde u a u_1 , jsou rychlosti větru ve výškách z a z_1 . Exponent n nabývá hodnot v intervalu $\langle 0; 1 \rangle$ v závislosti na stabilitě ovzduší (0 – vysoce labilní, 1 - velmi stabilní).

Suttonova makroviskozita (5):

$$N = u' \cdot z_0 \quad (15)$$

Kde z_0 je délka drsnosti, tj. teoretická výška nad terénem mající geometrický význam hladiny, kde se průměrná rychlost u' stává nulovou [m].

Třecí rychlost u_* [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] lze stanovit (6):

$$u_* = \sqrt{u'w'} \quad (6)$$

Pro $z = 0$ (7):

$$K(x, y) = \frac{2Q_m}{\pi C_y C_z u x^{2-n}} \exp \left[-\frac{1}{x^{2-n}} \left(\frac{y^2}{C_y^2} + \frac{h^2}{C_z^2} \right) \right] \quad (7)$$

kde x, y ... souřadnice receptoru [m],

K ... koncentrace ZL v bodě o souřadnicích $x, y, (z)$ [$\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$],


Q_m ... emise ZL ze zdroje [$\text{g} \cdot \text{s}^{-1}$],

h ... výška bodového zdroje [m],

u ... rychlost větru v místě zdroje [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$].

4.2 SYMOS'97

SYMOS'97 byl vydán v roce 1998 jako doporučená metodika MŽP ČR ve Věstníku Ministerstva životního prostředí. Zároveň byla tato metodika zpracována jako software pro počítače třídy PC i pro počítače třídy pracovních stanic s operačním systémem UNIX. Program dodává firma Idea Envi, s.r.o. Metodika je určena především pro vypracování rozptylových studií, jakožto podkladů pro hodnocení kvality ovzduší.




SYMOS'97 je **tzv. dlouhodobý model**. To znamená, že vstupní meteorologická data, tj. rychlost větru a stabilita ovzduší, vstupují do modelu po statistickém zpracování skutečných meteorologických pozorování a rozřídění počasí do tříd, které jsou dány určitým rozsahem rychlostí větru a průměrného vertikálního teplotního gradientu ve směšovací vrstvě. Výsledek je možno znázornit grafy četnosti výskytu uvedených tříd počasí – tzv. stabilitními větrnými růžicemi.

Modelování tzv. **průměrných dlouhodobých koncentrací** se pak provádí tak, že výpočtová funkce se počítá pro „každý“ směr větru (obvykle ve všech směrech po jednom až třech stupních) a výsledku je přiřazena taková váha, jaká je četnost výskytu použité kombinace tříd počasí v daném směru. Výsledek je tedy závislý na průměrném výskytu určitého počasí za modelované období. Pokud jsou známy průměrné emise zdrojů za stejné období, je možno správně vyhodnotit průměrné koncentrace za období, pro které jsou statisticky zpracována meteorologická data. Ve studii byla použita průměrná roční data o zdrojích i roční průměry meteorologických dat. Výsledkem tedy byly vyhodnocené **průměrné roční koncentrace modelovaných znečišťujících látek**.

Podle použité metodiky je však možno vyhodnocovat také tzv. maximální krátkodobé koncentrace. Tyto koncentrace se vyhodnocují tak, že se vypočítají hodnoty imisí při „všech“ rychlostech větru od 1,5 do 15 m/s v intervalech daných metodikou, ve „všech“ směrech (podle metodiky 360 směrů po 1 stupni). Výsledkem jsou pak teoretická maxima, vypočtená na všech receptorech, ze všech uvedených kombinací meteorologických parametrů, bez ohledu na to, zda se ve sledované oblasti za sledovaný časový interval vůbec vyskytly, a bez ohledu na časový průběh emisí ze zdrojů. Výsledky jsou tedy kromě emisí ovlivněny pouze geometrií zdrojů a terénu.

Metodika je určena především pro vypracování rozptylových studií, jakožto podkladů pro hodnocení kvality ovzduší. Metodika není použitelná pro výpočet znečištění ovzduší ve vzdálenosti nad 100 km od zdrojů a uvnitř městské zástavby, pod úrovní střech budov (např. na křižovatkách nebo v kaňonech ulic). Toto omezení jsme zohlednili v grafických výstupech, kde je znázorněna zástavba tak, aby překrývala grafické informace o koncentracích znečišťujících látek. Základních rovnic modelu rovněž nelze použít pro výpočet znečištění pod inverzní vrstvou, ve složitém terénu a při bezvětří.

Při posuzování výsledků modelování je nutno vzít v úvahu všechna uvedená omezení použitého modelu. To znamená, že výsledné rozložení přízemních koncentrací všech



znečišťujících látek je statistické, s významným zjednodušením působících faktorů (zejména meteorologických podmínek a prostorových okrajových podmínek). Výsledky modelování jsou proto orientační a jsou vhodné zejména pro srovnání působení jednotlivých druhů zdrojů v různých obdobích. Lokálně se mohou ve skutečnosti vyskytnout i výrazně vyšší koncentrace znečišťujících látek, zejména ve složitém terénu (hlubší, úzká údolí) a v husté zástavbě. [7], [9]

4.3 Referenční body

Modelovaná oblast byla stanovena, tak aby zahrnovala zájmovou oblast, tj. město Opava. Receptorová síť je k dispozici v elektronické podobě u řešitele studie.

Jednalo-li se o modelování velkých a vysokých zdrojů znečištění (všechny průmyslové zdroje znečišťování ovzduší), které ovlivňují svými emisemi velké oblasti, byla použita v celé modelované oblasti pravidelná síť receptorů o kroku 100 m. Pokud se jednalo o nižší zdroje s lokálním dosahem (silniční doprava, lokální topeniště), byla použita síť receptorů skládající se ze dvou částí. První část, která zahrnovala obalovou zónu 2000 m okolo lokálních topenišť a liniových zdrojů, byla tvořena pravidelnou sítí receptorů s krokem 100 m. Druhá byla tvořena pravidelnou sítí receptorů s krokem 1000 m, pokrývající zbytek zájmového území vně obalových zón. Tímto postupem bylo možno získat detailní informace o hodnotách znečištění v oblasti, kde se tyto hodnoty prudce mění, a zároveň mít pod kontrolou hodnoty znečištění v celé modelované oblasti.

4.4 Korekce výsledků modelování

Model SYMOS'97, který byl použit pro modelování, vykazuje u průměrných ročních koncentrací obecně nižší výsledky. Srovnání výsledků modelování s výsledky imisního monitoringu ukazuje, že modelové hodnoty jsou nižší než hodnoty naměřené, přičemž největší rozdíly jsou zaznamenány u PM_{10} . Podhodnocení výsledků modelování je způsobeno zejména tím, že model SYMOS'97 nepostihuje ranní přízemní inverze a tzv. inverzní situace při bezvětří, při kterých dochází ke zvýšenému znečišťování ovzduší. V případě PM_{10} modelování dále zahrnuje některé další zdroje tuhých znečišťujících látek, zejména reemise (emise, způsobené opětovným zvířením již usazených částic vlivem větru a dopravy), stavební a zemědělskou činnost.

Stanovení pozad'ových koncentrací

Na základě imisního monitoringu byly určeny pro zájmové znečišťující látky pozad'ové koncentrace. Tyto koncentrace v sobě zahrnují imise ze zdrojů, které nebyly zahrnuty do modelování. Jedná se o konstantní složku ovzduší nezávislou na emisích z lokálních antropogenních zdrojů zahrnutých do modelování.

V emisně nezatížených částech České republiky se koncentrace PM_{10} v roce 2012 pohybovaly mezi 18 - 19 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Koncentrace NO_2 se na pozad'ových stanicích pohybovaly mezi 7 - 10 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Viz Tab. č. 20.

Tab. č. 20: Roční aritmetické průměry PM_{10} a NO_2 z vybraných pozad'ových monitorovacích stanic v ČR za rok 2009

Stanice	PM_{10} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	NO_2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Červená - TCER	18,9	-
Jeseník – MJES	18,5	7,5
Košetice – JKOS	19,2	10,2

Pro rok 2012 byla odhadnuta hodnota pozadí pro PM_{10} 18 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, pro NO_2 byla odhadnuta konstantní hodnota 8 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Stanovení korekčních konstant

Při stanovování korekčních konstant se hodnoty pozad'ových koncentrací odečtou od průměrných ročních koncentrací znečišťujících látek z monitorovacích stanic a stanoví se poměr mezi upravenými hodnotami výsledků imisního monitoringu a namodelovanými koncentracemi. Použité korekční konstanty uvádí Tab. č. 21.


Tab. č. 21: Použité korekční konstanty

Látka	Korekční konstanty
PM_{10}	12,24
NO_2	1,42

Konstanty uvádějí, kolikrát model hodnoty koncentrací v dané lokalitě podhodnocuje.

Korekce výsledků modelování

Výsledky modelování byly korigovány násobením korekčními konstantami a přičtením uvedených pozad'ových koncentrací.



Při korekci se do výsledků modelování vnáší určitá nejistota, která je způsobena pravděpodobným větším vlivem dopravy na imisní situaci v blízkosti komunikací. Doprava totiž způsobuje reemise prachu do ovzduší, které nejsou do modelování zcela zahrnuty. Jak velká je reemise prachu záleží na více faktorech – prašné depozice z ostatních zdrojů znečišťování ovzduší, množství srážek, frekvence čištění vozovek apod. Tato nejistota je tedy vyšší v blízkosti komunikací s intenzivní dopravou.



5 Výstupní údaje

5.1 Vypočtené charakteristiky

Pro posuzované zdroje znečišťování ovzduší byly provedeny níže uvedené výpočty průměrných ročních koncentrací pro rok 2012.

Průměrné roční koncentrace PM_{10}

- Průmyslové zdroje znečišťování na území města Opavy
- Lokální topeniště na území města Opavy
- Silniční doprava na území města Opavy
- Dálkový přenos ze zdrojů znečišťování ovzduší na území ČR
- Dálkový přenos ze zdrojů znečišťování ovzduší na území Polska
- Celková imisní situace


Průměrné roční koncentrace NO_2

- Průmyslové zdroje znečišťování na území města Opavy
- Lokální topeniště na území města Opavy
- Silniční doprava na území města Opavy
- Dálkový přenos ze zdrojů znečišťování ovzduší na území ČR
- Dálkový přenos ze zdrojů znečišťování ovzduší na území Polska
- Celková imisní situace

5.2 Kartografická interpretace výsledků

Výsledkem každé varianty výpočtu je databázový soubor ve formátu *.dbf (celkem 90 variant).

S využitím technologie GIS byly z uvedených výsledků vytvořeny bodové vrstvy ve formátu ESRI Shapefile. Z těchto bodových vrstev byly vytvořeny rastrové soubory ve formátu ESRI GRID s velikostí buňky 10 m, které pokrývají spojitě celé zájmové území. Hodnota každé



buňky gridu odpovídá průměrné roční koncentraci v daném místě. Pro jejich vytvoření byla použita po částech lineární interpolace.

Výsledky jsou prezentovány ve formě specializovaných map s odborným obsahem. V každé mapě jsou vyobrazena rozložení přízemních koncentrací sledovaných znečišťujících látek (ve výšce 1,5 m nad povrchem). Podle metodiky SYMOS'97 není možno vyhodnocovat výsledky modelování uvnitř husté zástavby. Proto byly topografické prvky kompozic zvoleny tak, aby bylo zřejmé rozložení zástavby. Pro grafické výstupy byla zvolena taková forma prezentace, která ukazuje přehled rozložení imisí v zájmovém území. V případě modelování rozptylu znečišťujících látek v ovzduší se jedná o zjednodušený stav a spojitě rozložení sledovaného jevu (přízemní koncentrace znečišťující látky). Výsledky modelování jsou zobrazeny pomocí skokové legendy, kdy jedna barva odpovídá vždy jistému rozmezí koncentrací dané znečišťující látky.

Výsledky modelování uvádějí mapy s odborným obsahem v mapových přílohách.

5.3 Diskuze výsledků

Suspendované částice PM₁₀

Podle výsledků modelování celkových průměrných ročních koncentrací PM₁₀ v roce 2012 nedošlo na území města Opavy k překročení ročního imisního limitu 40 µg/m³ (lokálně bylo dosaženo koncentrací okolo 40 µg/m³ v areálu společnosti OSTROJ, a.s.). Koncentrací nad 35 µg/m³ bylo dosaženo především v centru města a v okolí průmyslového areálu na ul. Těšínské. V zastavěných oblastech se koncentrace PM₁₀ pohybovaly podle výsledků modelování mezi 30 – 35 µg/m³.


Opavské průmyslové stacionární zdroje přispívaly podle výsledků modelování k celkové imisní situaci v zastavěných oblastech průměrně 0,5 – 1,5 µg/m³, lokálně více pak v okolí společností Moravské cukrovary, a.s., OSTROJ a.s. (až okolo 5 µg/m³). **Místní silniční doprava se podle výsledků modelování pro rok 2012 podílela na celkových imisích v zastavěných oblastech města nejvýznamněji.** Její příspěvek zde činil 5 – 10 µg/m³. Dalším významnou skupinou zdrojů byla lokální topeniště. Ta přispívala podle výsledků modelování k celkové imisní situaci v zastavěných oblastech průměrně 2 – 4 µg/m³, místně však nelze vyloučit i příspěvky nad 5 µg/m³.

Dálkový přenos z českých zdrojů přispěl v zastavěném území města Opavy k celkové imisní situaci podle výsledků modelování v průměru okolo 1 – 1,5 µg/m³. Dálkový přenos z polských zdrojů byl významnější, činil plošně mezi 2 – 3 µg/m³.

Oxid dusičitý NO₂

Podle celkových výsledků modelování průměrných ročních koncentrací NO₂ v roce 2012 nedošlo na území města Opavy k překročení ročního imisního limitu 40 µg/m³. V centru města se průměrné roční koncentrace NO₂ pohybovaly okolo 30 µg/m³, na většině zastavěného území pak mezi 20 – 25 µg/m³.

Opavské průmyslové stacionární zdroje přispívaly podle výsledků modelování k celkové imisní situaci v zastavěných oblastech průměrně 0,5 – 1,0 µg/m³, lokálně více v blízkém okolí společnosti OSTROJ a.s. (okolo 2 µg/m³). Lokální topeniště přispívala podle výsledků modelování k celkové imisní situaci v zastavěných oblastech průměrně 0,5 – 1,0 µg/m³. **Místní silniční doprava se podle výsledků modelování pro rok 2012 podílela na celkových imisích v zastavěných oblastech města nejvýznamněji.** Její příspěvek zde činil 15 – 23 µg/m³,



nejvyšších koncentrací NO₂ z dopravy bylo dosaženo v centru města okolo frekventovaných komunikací.

Dálkový přenos z českých zdrojů na zastavěném území města Opavy přispěl k celkové imisní situaci podle výsledků modelování v průměru okolo 0,7 µg/m³. Dálkový přenos z polských zdrojů byl zanedbatelný, nezahrnuje však příspěvek polských průmyslových stacionárních zdrojů, neboť data nebyla k dispozici.

6 Závěr

Úkolem této studie bylo pomocí modelování rozptylu znečišťujících látek v ovzduší **posoudit úroveň znečištění ovzduší částicemi PM₁₀ a oxidem dusičitým NO₂ na území města Opavy k roku 2012**. Byly modelovány průměrné roční koncentrace PM₁₀ a NO₂ podle doporučené metodiky Ministerstva životního prostředí ČR „SYMOS'97“. Studie byla zpracována podle Metodického pokynu pro zpracování rozptylových studií [14].


Do modelování byly zahrnuty:

- Průmyslové stacionární zdroje na území města Opavy a okolních obcí do 50 km (v případě PM₁₀ včetně zdrojů na území Polska)
- Lokální topeniště na území města Opavy a okolních obcí do 20 km (včetně lokálních topenišť na území Polska)
- Silniční doprava na území města Opavy a okolí (tzv. nulová varianta z Plánu udržitelné městské mobility Opava)

Výpočet rozptylu znečišťujících látek v ovzduší z uvedených zdrojů byl proveden v podrobné síti referenčních bodů s krokem 100 m. Výsledky modelování byly kalibrovány podle imisního monitoringu.

Podle výsledků modelování **nedošlo v roce 2012 na území města Opavy k překročení ročního imisního limitu pro PM₁₀**. Vyšších koncentrací (nad 35 µg/m³) bylo dosaženo především v centru města a v okolí průmyslového areálu na ul. Těšínské. V ostatních zastavěných oblastech se podle výsledků modelování průměrné roční koncentrace PM₁₀ pohybovaly mezi 30 – 35 µg/m³. **Nejvýznamněji přispívala k celkové imisní situaci podle výsledků modelování místní silniční doprava (5 – 10 µg/m³)**. Dalším významnou skupinou zdrojů byla lokální topeniště (2 – 4 µg/m³, místně však nelze vyloučit i významnější příspěvky). Poměrně významnou imisní zátěž představoval rovněž dálkový přenos znečištění z polských zdrojů (2 – 3 µg/m³). Příspěvky ostatních modelovaných skupin zdrojů jsou popsány výše v kapitole 5.3. Rozložení průměrných ročních koncentrací ve městě zobrazují mapy s odborným obsahem v Mapových přílohách k této studii.

Stejně tak podle výsledků modelování **nedošlo v roce 2012 na území města Opavy k překročení ročního imisního limitu pro NO₂**. V centru města se průměrné roční koncentrace NO₂ pohybovaly okolo 30 µg/m³, na většině zastavěného území pak mezi 20 –



25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. **Nejvýznamněji přispívala k celkové imisní situaci podle výsledků modelování místní silniční doprava.** V zastavěných oblastech města její příspěvek činil mezi 15 – 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, nejvyšších koncentrací NO_2 z dopravy bylo dosaženo v centru města, okolo frekventovaných komunikací. Příspěvky ostatních modelovaných skupin zdrojů jsou popsány výše v kapitole 5.3. Rozložení průměrných ročních koncentrací ve městě zobrazují mapy s odborným obsahem v Mapových přílohách k této studii.

Z výsledků modelování je oproti předchozím studiím [1], [15] patrný posun v příspěvku jednotlivých modelovaných skupin zdrojů k celkové imisní situaci. Změna struktury paliv používaných k otopu v lokálních topeništích (dle výsledků SLBD 2011 oproti výsledkům z roku 2001) měla pozitivní dopad na kvalitu ovzduší a na snížení příspěvku z této skupiny zdrojů v ročních imisích sledovaných znečišťujících látek. Vliv lokálních topenišť však zůstává stále významný a měly by být vyvinuty snahy nastolený trend i nadále zachovat.

Nejvýznamnějším zdrojem, který měl vliv na průměrné roční koncentrace PM_{10} a NO_2 , tak byla v roce 2012 automobilová doprava. Proto by měly být řádně vyhodnoceny možnosti snížení znečištění z této skupiny zdrojů a v rámci Plánu udržitelné městské mobility Opava navržena vhodná opatření. Vzhledem k blízkosti polské hranice a nezanedbatelnému vlivu polských zdrojů z lokální energetiky by bylo vhodné připojit se k aktivitám na všech úrovních, směřujících k sledování přenosu znečištění z Polska a k případným dohodám o snížení emisí u uvedených polských zdrojů.

7 Použitá literatura

- [1] JANČÍK, Petr aj. *Rozptylová studie pro město Opava*. Ostrava : Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, Katedra ochrany životního prostředí v průmyslu, prosinec 2005. 92 s.
- [2] TOLASZ, Radim et al. *Atlas podnebí Česka*. 1. vyd. Praha - Olomouc : Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého v Olomouci, 2009. 255 s. ISBN 978-80-86690-26-1 (ČHMÚ), ISBN 978-80-244-1626-7 (ÚP).
- [3] *Zákon č. 201/2012 Sb. ze dne 13. června 2012, o ochraně ovzduší, , ve znění pozdějších předpisů.*
- [4] *Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2012 : Oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší [online]*. Praha : Český hydrometeorologický ústav, 2012 [cit. 2014-09-12]. Dostupný na WWW: <<http://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/groc/gr12cz/obsah.html>>
- [5] *TOVK, Opava-Kateřinky [online]*. Praha : Český hydrometeorologický ústav, Úsek ochrany čistoty ovzduší, 10.10.2012 [cit. 2014-09-07]. Dostupný na WWW: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2012_enh/pollution_locality/loc_TOVK_CZ.html>.
- [6] *Úsek ochrany čistoty ovzduší : Tabelární ročenky [online]*. Praha : Český hydrometeorologický ústav, Úsek ochrany čistoty ovzduší, 2012 [cit. 2014-18-08]. Dostupný na WWW: <http://www.chmi.cz/uoco/isko/tab_roc/tab_roc.html>.
- [7] WYSOCKA, Malgorzata. *AIR SILESIA : Zadanie nr 3 - Inwentaryzacja i charakterystyka źródeł zanieczyszczeń* / *Identyfikacja problemów jakości powietrza w badanym obszarze / Inventarizace a charakteristika zdrojů znečištění : Raport z realizacji zadania / Zpráva úkolu*. Projekt CZ.3.22/1.2.00/09.01610. Katowice : GŁÓWNY INSTYTUT GÓRNICTWA, 20113. 17 s.
- [8] BUBNÍK, Jiří aj. *SYMOS'97 : Systém modelování stacionárních zdrojů : Metodická příručka*. Praha : Český hydrometeorologický ústav, 1998. 60 s.
- [9] Dodatek č. 1 k Metodickému pokynu odboru ochrany ovzduší MŽP výpočtu znečištění ovzduší z bodových, plošných a mobilních zdrojů „SYMOS'97“ publikovanému ve Věstníku MŽP, částce 3, ročník 1998, dne 15.4.1998. *Věstník Ministerstva životního*



prostředí, 2003, roč. XIII, č. 4, s. 1-6. ISSN 0862-9013.

- [10] MACHÁLEK, Pavel, MACHART, Jiří. Emisní bilance vytápění bytů malými zdroji od roku 2001. Milevsko : Český hydrometeorologický ústav, 2003. 17 s.
- [11] MACHÁLEK, Pavel, MACHART, Jiří. Upravená emisní bilance vytápění bytů malými zdroji od roku 2006. Milevsko : Český hydrometeorologický ústav, 2009. 8 s.
- [12] HOPAN, František; HORÁK, Jiří. Zpráva č. 34/14 : *Výpočet emisních faktorů znečišťujících látek pro léta 2001 až 2012 a tři varianty pro rok 2022 na základě experimentálních a statistických dat*. Ostrava : Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Výzkumné energetické centrum. 5.5.2014. 13 s.
- [13] Ministerstvo dopravy ČR. *Statistiky vyplývající z Centrálního registru vozidel vedené na Ministerstvu dopravy po 9.7.2012 (k 8.2.2013)*. Praha : Ministerstvo dopravy, aktualizováno 8.2.2013 [cit. 2014-10-5]. Dostupný na WWW: <http://www.mdcz.cz/cs/Silnicni_doprava/Dovoz_registrace_a_schvalovani_vozidel/Registrace+vozidel/Statistiky+vyplývající+z+Centr%C3%A1ln%C3%ADho+registru+vozidel/Statistika+1+2013/Statistiky+vyplývající+z+Centr%C3%A1ln%C3%ADho+registru+vozidel/Statistiky+vyplývající+z+Centralního+registru+vozidel+vedené+na+Ministerstvu+dopravy+po+9.7.2012.htm>.
- [14] Metodický pokyn pro zpracování rozptylových studií [online]. Praha : Ministerstvo životního prostředí, 2008 [cit. 2010-01-11]. Dostupný na WWW: <http://www.mzp.cz/cz/metodicky_pokyn_rozptylove_studie>. 2 s.
- [15] JANČÍK, Petr aj. *Rozptylová studie pro město Opava : Dlouhodobá stabilitní růžice*. Ostrava : Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, Katedra ochrany životního prostředí v průmyslu, únor 2007. 73 s.



8 Použité zkratky

AIM	...	Automatizovaný imisní monitoring
BUS	...	Autobusy
CO	...	Oxid uhelnatý
CZT	...	Centrální zásobování teplem
ČHMÚ	...	Český hydrometeorologický ústav
ČR	...	Česká republika
ČSÚ	...	Český statistický úřad
GIS	...	Geografický informační systém
LNA	...	Lehké nákladní automobily
LV	...	Limitní hodnota (Limit Value)
MŽP	...	Ministerstvo životního prostředí
NO ₂	...	Oxid dusičitý
NO _x	...	Oxidy dusíku
OA	...	Osobní automobily
PM ₁₀	...	Suspendované částice frakce PM ₁₀
PM _{2,5}	...	Suspendované částice frakce PM _{2,5}
RSO	...	Registr sčítacích obvodů a budov
SLBD	...	Sčítání lidu, bytů a domů
SO ₂	...	Oxid siřičitý
TNA	...	Těžké nákladní automobily
VĚC	...	Výzkumné energetické centrum
VŠB – TU	...	Vysoká škola báňská – Technická univerzita
ZSJ	...	Základní sídelní jednotka

MAPOVÉ PŘÍLOHY