

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Modelové hodnocení emisí ze silniční dopravy
a jejich škodlivé účinky na lidské zdraví
Bc. Petr Badžgoň

Diplomová práce

2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Petr BADŽGOŇ
Osobní číslo: D08767
Studijní program: N3708 Dopravní inženýrství a spoje
Studijní obor: Provozní spolehlivost dopravních prostředků a infrastruktury - ochrana životního prostředí v dopravě
Název tématu: Modelové hodnocení emisí ze silniční dopravy a jejich škodlivé účinky na lidské zdraví
Zadávající katedra: Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Student se seznámí s legislativou upravující silniční dopravu
2. Student se seznámí s technologiemi v oblasti snižování emisí z výfukových plynů
3. Zhodnotí současný stav modelování znečištění ovzduší a hodnocení zdravotních rizik
4. Vybere vhodnou metodu modelování znečištění ovzduší a aplikuje ji na vstupní data
5. Provede hodnocení zdravotních rizik z výsledků imisních charakteristik
6. Provede interpretaci výsledků

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

- [1] Metodický pokyn odboru ochrany ovzduší MŽP ČR - Výpočet znečištění ovzduší z bodových a mobilních zdrojů „SYMOS'97?. Věstník MŽP, částka 3, duben 1998. [2] Bubník, J. - Maňák J.: Metodika výpočtu znečištění ovzduší ze stacionárních zdrojů. Popis modelu a kontrolní výpočet. Státní program péče o životní prostředí MŽP ČR, projekt 49/6.2/1/95. [3] Bubník, J. - Koldovský, M.: Typizace počasí se zřetelem ke znečištění ovzduší. In: Bohm, B. a kol.: Znečištění ovzduší v Podkrušnohoří. Sborník prací HMÚ Praha. [4] Bubník, J.: Problémy interpretace výsledků modelových výpočtů znečištění ovzduší. Seminář Hradec Králové, červen 1994. In: Metody výpočtu a právní aspekty rozptylových studií v ochraně ovzduší. Pardubice, Vědeckotechnický informační servis FINISH v.o.s.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Marie Sejkorová


Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání diplomové práce: **26. února 2010**

Termín odevzdání diplomové práce: **24. května 2010**


prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.
děkan

L.S.


doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.
vedoucí katedry

dne

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 29. 11. 2010

Bc. Petr Badžgoň

Poděkování

Zejména bych chtěl poděkovat svým rodičům a blízkým za podporu při studiu na VŠ.

Dále bych chtěl poděkovat paní Ing. Marii Sejkorové za odbornou pomoc, cenné rady a podklady poskytované při zpracování diplomové práce.

SOUHRN

Úvodní část práce se zabývá legislativou upravující silniční dopravu, ve vztahu k životnímu prostředí a emisním limitům motorových vozidel, a technikami snižování emisí z výfukových plynů. V další části práce je provedeno modelové hodnocení znečištění ovzduší ze silniční dopravy s následným vyhodnocením výsledků.

KLÍČOVÁ SLOVA

silniční doprava, emisní limity, liniový zdroj znečišťování ovzduší, model SYMOS'97, znečištění ovzduší, hodnocení zdravotních rizik

TITLE

Develop a model assessment emissions of road transport and their damaging human effects

ABSTRACT

The introductory part deals with the legislation governing road transport in relation to the environment and motor vehicle emission limits, and techniques for reducing emissions from exhaust gases. The second part proposes a model assessment of air pollution from road transport followed by evaluation of the results.

KEY WORDS

road transport, emissions limits, line air pollution source, model SYMOS'97, air pollution, health risk assessment

Obsah

ÚVOD	9
1. LEGISLATIVA SOUVISEJÍCÍ SE SILNIČNÍ DOPRAVOU	10
1.1 Právní předpisy upravující provoz silniční dopravy ČR	10
1.2 Právní předpisy v oblasti ochrany životního prostředí	11
1.3 Předpisy Evropské hospodářské komise (EHK)	13
2. TECHNIKY SNIŽOVÁNÍ EMISÍ Z VÝFUKOVÝCH PLYNŮ	15
2.1 Primární snižování emisí	15
2.1.1 Kvalita paliva	15
2.1.2 Snižování spotřeby paliva	15
2.1.3 Modifikace spalování	16
2.1.4 EGR ventil (Exhaust Gas Recirculation)	16
2.2 Sekundární snižování emisí	17
2.2.1 Katalyzátory	17
2.2.2 Filtr pevných částic	17
2.2.3 Technologie SCR (Selectiv Catalytic Reduction)	18
3. VSTUPNÍ ÚDAJE	20
3.1 Charakteristika zdroje	20
3.1.1 Bodové zdroje	22
3.1.2 Plošné zdroje	22
3.1.3 Liniové zdroje	22
3.2 Meteorologická charakteristika území	37
3.3 Lokalizace zdroje	40
3.4 Imisní charakteristika lokality	40
4. METODIKA VÝPOČTU	45
4.1 Metoda, typ modelu	45
4.1.1 Současný stav modelování znečištění ovzduší	45
4.1.2 Výběr metody modelování	45
4.1.3 Hodnocení zdravotních rizik	49
4.2 Referenční body	52
4.3 Imisní limity	55
4.4 Identifikace a charakterizace nebezpečnosti znečišťujících látek	56
5. VÝSTUPNÍ ÚDAJE	59
5.1 Typ vypočtených charakteristik	59
5.2 Prezentace výsledků	59
5.2.1 OXID DUSIČITÝ (NO ₂)	59
5.2.2 OXID UHELNATÝ (CO)	65
5.2.3 PRACHOVÉ ČÁSTICE FRAKCE PM ₁₀	68
5.2.4 BENZEN (C ₆ H ₆)	73
5.3 Diskuze výsledků	76
5.3.1 Imisní pozadí	76
5.3.2 Hodnocení znečištění ovzduší ve vztahu k imisním limitům	77
5.3.3 Hodnocení expozice a charakterizace rizika	79

5.3.4 Charakteristika nedostatků a neurčitostí, které se vyskytli při modelovém hodnocení znečištění ovzduší.....	81
ZÁVĚR	83
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	84
SEZNAM OBRÁZKŮ	87
SEZNAM TABULEK	89
SEZNAM PŘÍLOH	91

ÚVOD

Provoz motorových vozidel na pozemních komunikacích představuje v současné době významný zdroj znečištění ovzduší. Procesy spalování pohonných hmot v motorech vozidel produkují škodlivé látky, které exhalují do vnějšího ovzduší a ovlivňují jeho kvalitu. Kvalita ovzduší se následně projevuje nebo může projevat na zdravotním stavu obyvatelstva.

Množství vypouštěných znečišťujících látek z výfukových plynů automobilů je neustále snižováno formou limitních hodnot povolených emisí. Tyto limitní hodnoty jsou závazné pro výrobce motorových vozidel, kteří mají povinnost uvádět na trh od určitého data automobily splňující aktuální platnou emisní normu. V reálném dopravním proudu je tedy zastoupení vozidel plnících různé emisní limity.

Pro splnění emisních limitů znečišťujících látek z výfukových plynů motorových vozidel je zapotřebí přijmout opatření ke snižování emisí. Tato opatření se obecně rozdělují na primární techniky snižování emisí, které snižují množství škodlivin během procesu spalování, a sekundární techniky, kterými se rozumí opatření koncového čištění, tj. taková, která redukuje emise do ovzduší.

Cílem diplomové práce je provést modelové hodnocení znečištění ovzduší ze silniční dopravy na vybrané komunikaci pro současný stav, který je charakteristický příslušností vozidel k různým emisním limitům, a provést porovnání znečištění ovzduší se stavem, kdy by všechna vozidla v dopravním proudu plnila emisní normu EURO 4.

Na základě výsledků modelového výpočtu znečištění ovzduší bude provedeno hodnocení zdravotních rizik znečišťujících látek pro současný stav a pro stav, kdy by všechna motorová vozidla plnila emisní limity EURO 4.

1. LEGISLATIVA SOUVISEJÍCÍ SE SILNIČNÍ DOPRAVOU

V následujících podkapitolách jsou uvedeny právní předpisy upravující silniční dopravu z pohledu podmínek provozu silniční dopravy v České republice, ochrany životního prostředí a předpisy Evropské hospodářské komise ve vztahu k emisním limitům silničních motorových vozidel, mající relevantní význam pro modelové hodnocení emisí ze silniční dopravy.

1.1 Právní předpisy upravující provoz silniční dopravy ČR

Dále v textu jsou uvedeny právní předpisy mající přímý nebo nepřímý vliv na modelové hodnocení znečištění ovzduší z dopravy, a které z tohoto důvodu mají význam pro zpracování diplomové práce.

Zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění pozdějších předpisů

- Zákon upravuje podmínky provozu vozidel na pozemních komunikacích zejména z hlediska registrace vozidel a vyřazování vozidel z registru, upravuje práva a povinnosti osob, které vyrábějí, dovážejí a uvádějí na trh vozidla a pohonné hmoty, práva a povinnosti vlastníků a provozovatelů vozidel, práva a povinnosti stanice technické kontroly a stanice měření emisí a kontroly technického stavu vozidel v provozu. Zákon upravuje výkon státní správy a státního dozoru v oblasti podmínek provozu vozidel na pozemních komunikacích [1].
- Zákon dále definuje rozdělení vozidel na jednotlivé druhy stanovené v § 3 zákona a kategorie, které jsou stanoveny v příloze zákona č. 56/2001 Sb.

Vybrané prováděcí právní předpisy k zákonu č. 56/2001 Sb.:

- vyhláška č. 243/2001 Sb., o registraci vozidel ve znění pozdějších předpisů,
- vyhláška č. 302/2001 Sb., o technických prohlídkách a měření emisí vozidel ve znění pozdějších předpisů,
- vyhláška č. 341/2002 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích ve znění pozdějších předpisů

- Zákon upravuje kategorizaci pozemních komunikací, jejich stavbu, podmínky užívání a jejich ochranu, práva a povinnosti vlastníků pozemních komunikací a jejich uživatelů.
- Zákon dále upravuje výkon státní správy ve věcech pozemních komunikací příslušnými silničními správními úřady [2].

Vybrané prováděcí právní předpisy k zákonu č. 56/2001 Sb.:

- vyhláška č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích ve znění pozdějších předpisů.

1.2 Právní předpisy v oblasti ochrany životního prostředí

Legislativa upravující znečištění ovzduší ze silniční dopravy je obsažena především v zákoně č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší) v platném znění. Posuzování záměrů souvisejících novostavbou, rozšiřováním a přeložkami komunikací upravuje zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí) ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší) ve znění pozdějších předpisů

Zákon upravuje práva a povinnosti osobnost a působnost správních úřadů při ochraně vnějšího ovzduší před vnášením znečišťujících látek lidskou činností, podmínky pro další snižování množství vypouštěných znečišťujících látek působících nepříznivým účinkem na život a zdraví lidí a zvířat, na životní prostředí nebo hmotný majetek [3]. Mimo to zákon upravuje povinnosti osob a působnost správních úřadů při ochraně ozónové vrstvy Země a při ochraně klimatického systému Země.

V § 3 odst. 9 zákona o ochraně ovzduší je vyžadováno vypracování rozptylové studie při výstavbě liniového zdroje znečišťování ovzduší. Dle § 9 odst. 6 zákona zpracovává rozptylové studie osoba, která je držitelem platné autorizace podle § 15 odst. 1 písm. d) zákona.

Současné znění zákona o ochraně ovzduší neumožňuje žádným způsobem regulovat znečišťování ovzduší plynoucí ze silniční dopravy. Jedinou výjimkou je tzv. „smogová situace“ ustanovená v § 8 zákona. Při smogové situaci, která představuje stav mimořádně znečištěného ovzduší, kdy úroveň znečištění ovzduší znečišťující látkou překročí zvláštní imisní limit, může orgán ochrany ovzduší nařídit provozovatelům mobilních zdrojů znečišťování ovzduší omezení provozu těchto zdrojů nebo zákaz tyto zdroje používat. V oblastech se zhoršenou kvalitou ovzduší musí být vypracovány tzv. „regulační řády“, podle kterých se v případě vyhlášení smogové situace postupuje.

Koncepční nástroje ochrany ovzduší ustanovené v zákoně o ochraně ovzduší (jedná se o národní, krajské a místní programy snižování emisí dle § 6 zákona, programy ke zlepšení kvality ovzduší a akční plány dle § 7 zákona) sice mohou obsahovat opatření ke snižování emisí z mobilních zdrojů,

avšak vzhledem k jejich nezávaznosti, přijímání bez účasti a následné kontroly naplňování ze strany veřejnosti jsou předurčeny k neefektivitě.

Základní povinnosti provozovatelé, výrobců a dovozců mobilních zdrojů znečišťování jsou zakotveny v § 14 zákona o ochraně ovzduší. Provozovatelé mobilních zdrojů znečišťování ovzduší jsou povinni provozovat a udržovat tyto zdroje v souladu s podmínkami stanovenými v zákoně č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky ve znění pozdějších předpisů, a v zákoně č. 56/2001 Sb. (viz předcházející podkapitola).

Silniční doprava významnou měrou přispívá k znečištění ovzduší. V § 6 odst. 1 zákona je ustanoveno, že přípustnou úroveň znečištění ovzduší určují hodnoty imisních limitů, meze tolerance a četnost překročení a hodnoty cílových imisních limitů pro jednotlivé znečišťující látky. Imisní limit nesmí být překročen více než o mez tolerance a nad stanovenou četnost překročení. Konkrétní hodnoty imisních limitů, mezi tolerancí a četnosti jejich překročení včetně cílových imisních limitů znečišťujících látek jsou uvedeny v prováděcím právním předpisu.

Vybrané prováděcí právní předpisy k zákonu č. 86/2002 Sb.:

- nařízení vlády č. 651/2002 Sb., kterým se stanoví závazné emisní stropy pro některé látky znečišťující ovzduší a způsob přípravy a provádění emisních inventur a emisních projekcí ve znění pozdějších předpisů,
- nařízení vlády č. 597/2006 Sb., o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší,
- vyhláška č. 553/2002 Sb., kterou se stanoví hodnoty zvláštních imisních limitů znečišťujících látek, ústřední regulační řád a způsob jeho provozování včetně seznamu stacionárních zdrojů podléhajících regulaci, zásady pro vypracování a provozování krajských a místních regulačních řádů a způsob a rozsah zpřístupňování informací o úrovni znečištění ovzduší veřejnosti ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí) ve znění pozdějších předpisů

Zákon upravuje posuzování vlivů na životní prostředí a veřejné zdraví záměrů a koncepcí vymezených zákonem o posuzování vlivů na životní prostředí, jejichž provedení by mohlo závažně ovlivnit životní prostředí.

V rámci silniční dopravy podléhají posuzování vlivů na životní prostředí záměry novostaveb, rozšiřování a přeložek dálnic a rychlostních silnic a dále novostavby, rozšiřování a přeložky silnic nebo místních komunikací o čtyřech nebo více jízdních pružích, včetně rozšíření nebo přeložek

stávajících silnic nebo místních komunikací o dvou nebo méně jízdních pruzích na silnice nebo místní komunikace o čtyřech nebo více jízdních pruzích, o délce 10 km a více.

Tzv. „zjišťovacímu řízení“, jehož výsledkem je závěr, zda záměr bude podléhat posuzování vlivů na životní prostředí, podléhají záměry novostaveb, rozšiřování a přeložek silnic všech tříd a místních komunikací I. a II. třídy, které nejsou uvedeny v předchozím odstavci.

V rámci zjišťovacího řízení příp. posuzování vlivů na životní prostředí se posuzuje i dopad na kvalitu ovzduší z hlediska výstavby a provozu záměru.

1.3 Předpisy Evropské hospodářské komise (EHK)

Předpisy Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK/OSN) upravují podmínky schvalování technické způsobilosti vozidel. V této podkapitole jsou uvedeny předpisy EHK upravující schvalování vozidel z hlediska emisí znečišťujících látek, které jsou rozhodujícími dokumenty pro modelové hodnocení emisí z dopravy.

Původní předpis EHK 15 byl po mnoha revizích nahrazen roku 1989 současně platným **předpisem č. 83 Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK/OSN) - Jednotná ustanovení pro schvalování z hlediska emisí znečišťujících látek podle požadavků na motorové palivo**. V České republice vstoupil tento předpis v platnost v roce 1991. Od roku 1989 prošel předpis mnoha úpravami, které v podstatě zpřísnily limitní hodnoty emisí. Vzhledem k jednotné legislativě ve státech Evropské unie vychází emisní předpisy pod známějšími názvy např. EURO 3, resp. EU 3, jejichž společným základem je právě předpis EHK 83. Předpis platí pro osobní vozidla a lehká užitková vozidla (do 3,5 tuny). V tabulce č. 1 jsou uvedeny hodnoty emisních limitů EURO 4 platných od ledna roku 2005 a v současné době platné EURO 5 (platnost od září 2009) v g/km.

Pro autobusy a nákladní vozidla platí **předpis č. 49 Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK/OSN) - Emise vznětových motorů a zážehových motorů (poháněných zemním plynem a zkapalněným ropným plynem); Jednotná ustanovení o opatřeních proti emisím plynných znečišťujících látek a znečišťujících částic ze vznětových motorů vozidel a emisím plynných znečišťujících látek ze zážehových motorů vozidel poháněných zemním plynem a zkapalněným ropným plynem**. Na rozdíl od emisních limitů stanovených v EHK 83 v g/km jsou v tomto předpise stanoveny emisní limity v g/kWh. v současné době platí pro nákladní vozidla a autobusy emisní norma EURO 5 platná od října roku 2008 (viz tabulka č. 2).

Tabulka č. 1 Emisní limity dle EHK 83 pro osobní a lehká užitková vozidla do 3,5 tuny - EURO 4 a EURO 5 [4]

		Referenční hmotnost (RW)	Hmotnost oxidu uhelnatého (CO)		Hmotnost uhlovodíků (HC)		Hmotnost uhlovodíků neobsahujících methan (NMHC)		Hmotnost oxidů dusíku (NO _x)		Kombinace hmotností uhlovodíků a oxidů dusíku (HC + NO _x)		Hmotnost částic (PM)	
		(kg)	L ₁ (g/km)		L ₂ (g/km)		L ₃ (g/km)		L ₄ (g/km)		L ₂ + L ₄ (g/km)		L ₅ (g/km)	
Úroveň	Kategorie		Benzín	Nafta	Benzín	Nafta	Benzín	Nafta	Benzín	Nafta	Benzín	Nafta	Benzín	Nafta
EURO 4 leden 2005	M	všechny	1,0	0,50	0,10	-	-	-	0,08	0,25	-	0,30	-	0,025
	N ₁	RW ≤ 1305	1,0	0,50	0,10	-	-	-	0,08	0,25	-	0,30	-	0,025
		1305 < RW ≤ 1760	1,81	0,63	0,13	-	-	-	0,10	0,33	-	0,39	-	0,04
		1760 ≤ RW	2,27	0,74	0,16	-	-	-	0,11	0,39	-	0,46	-	0,06
EURO 5 září 2009	M	všechny	1,0	0,50	0,10	-	0,068	-	0,06	0,18	-	0,23	0,005	0,005
	N ₁	RW ≤ 1305	1,0	0,5	0,10	-	0,068	-	0,06	0,18	-	0,23	0,005	0,005
		1305 < RW ≤ 1760	1,81	0,63	0,13	-	0,090	-	0,075	0,235	-	0,295	0,005	0,005
		1760 ≤ RW	2,27	0,74	0,16	-	0,108	-	0,082	0,280	-	0,350	0,005	0,005

Tabulka č. 2 Emisní limity dle EHK 49 pro nákladní vozidla a autobusy - EURO 4 a EURO 5 [5]

Úroveň	Platnost	Typ zkoušky	Hmotnost oxidu uhelnatého (CO)	Hmotnost uhlovodíků (HC)	Hmotnost oxidů dusíku (NO _x)	Hmotnost částic (PM)	Kouř
			(g/kWh)	(g/kWh)	(g/kWh)	(g/kWh)	(m ⁻¹)
EURO 4	říjen 2005	ESC a ELR	1,5	0,46	2,0	0,02	0,5
EURO 5	říjen 2008		1,5	0,25	2,0	0,02	0,15

Poznámka: ELR - zkušební cyklus skládající se ze sledu stupňů zatížení při konstantních otáčkách motoru

ESC - zkušební cyklus skládající se z 13 režimů ustáleného stavu

2. TECHNIKY SNIŽOVÁNÍ EMISÍ Z VÝFUKOVÝCH PLYNŮ

Snižování množství vypouštěných znečišťujících látek ve výfukových plynech lze provést různými způsoby, ale obecně lze tato opatření rozdělit do dvou základních kategorií:

1. primární snižování emisí,
2. sekundární snižování emisí.

Primárními opatřeními se rozumí techniky ke snižování emisí během procesu spalování, jako např. spalování kvalitního paliva nebo modifikace spalování [6].

Sekundárními opatřeními se rozumí opatření koncového čištění, tj. taková, která redukuje emise do ovzduší [6].

2.1 Primární snižování emisí

2.1.1 Kvalita paliva

Složení paliv a jejich kvalita výrazně ovlivňuje produkci emisí z výfukových plynů motorových vozidel.

1. **Automobilové benzíny** - K výraznějším změnám v kvalitě automobilových benzínů v České republice lze po odstranění olovnatých benzínů v roce 2001 počítat přidavek etanolu od roku 2008 a přechod na bezsírné benzíny od roku 2009 [7].
2. **Motorové nafty** - V roce 2009 nastal přechod na bezsírné palivo. Současně se zvýšil podíl metylesterů mastných kyselin v motorové naftě. Palivo s obsahem metylesterů má zkrácenou skladovací dobu na tři měsíce z důvodu přítomnosti biosložky. Z hlediska plnění emisních limitů zejména pevných částic je požadována změna ve složení paliva, snížení konce destilace na 350 °C, snížení obsahu aromatických a polyaromatických uhlovodíků a zavedení hodnocení čistoty nafty kódem čistoty [7].

2.1.2 Snižování spotřeby paliva

Snížení spotřeby paliva lze docílit např. snížením odporu vzduchu jedoucího vozidla. K tomuto je třeba optimalizovat tvary automobilu z hlediska aerodynamiky.

Dalším opatřením ke snižování spotřebovávaného paliva je snižování hmotnosti vozidla. V tomto případě je nutné nalézt kompromis, neboť s ohledem na požadavky bezpečnosti a komfortu jízdy hmotnost vozidla narůstá.

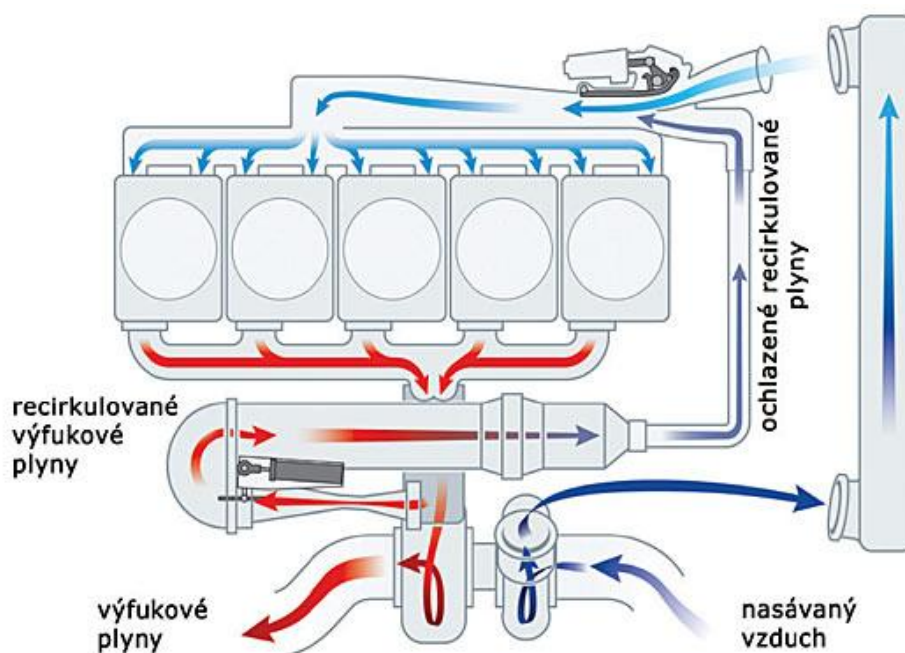
Spotřeba paliva je v dnešní době odvíjena od systému řízení motoru. Signály (např. otáčky motoru, množství nasávaného vzduchu, plnicí tlak atd.) jsou ze snímačů vedeny do řídicí jednotky motoru, která na základě aktuálního zatížení vyhodnocuje vstřikování paliva do válců motoru, čímž dochází k optimalizaci spotřeby paliva.

2.1.3 Modifikace spalování

Úprava spalovacího procesu se používá především ke snižování emisí oxidů dusíku (NO_x). Toho lze dosáhnout snížením spalovací teploty, snížením obsahu kyslíku při spalovacím procesu nebo krátkou dobou pobytu reagujících látek v oblastech s podmínkami příznivými pro vznik oxidů dusíku. Jedná se tedy o opatření vedoucí k nedokonalému spálení paliva, která znamenají především produkci většího množství oxidu uhelnatého (CO).

2.1.4 EGR ventil (Exhaust Gas Recirculation)

Ke konstrukčním opatřením, typickým pro naftové motory, patří systém EGR (Exhaust Gas Recirculation). Část výfukových plynů je v tomto systému vedena přes regulační ventil (EGR ventil) zpět do sání motoru. Spalování nafty probíhá v takovém případě při nižších teplotách, kdy je potlačována tvorba oxidů dusíku. Na druhé straně dochází u motorů s EGR k větší tvorbě pevných částic, které je pak nutno odstraňovat ve filtru pevných částic. Motory s EGR vykazují obvykle i vyšší spotřebu nafty, zvláště jsou-li vybaveny filtry pevných částic [7].



Obrázek č. 1 Systém EGR [8]

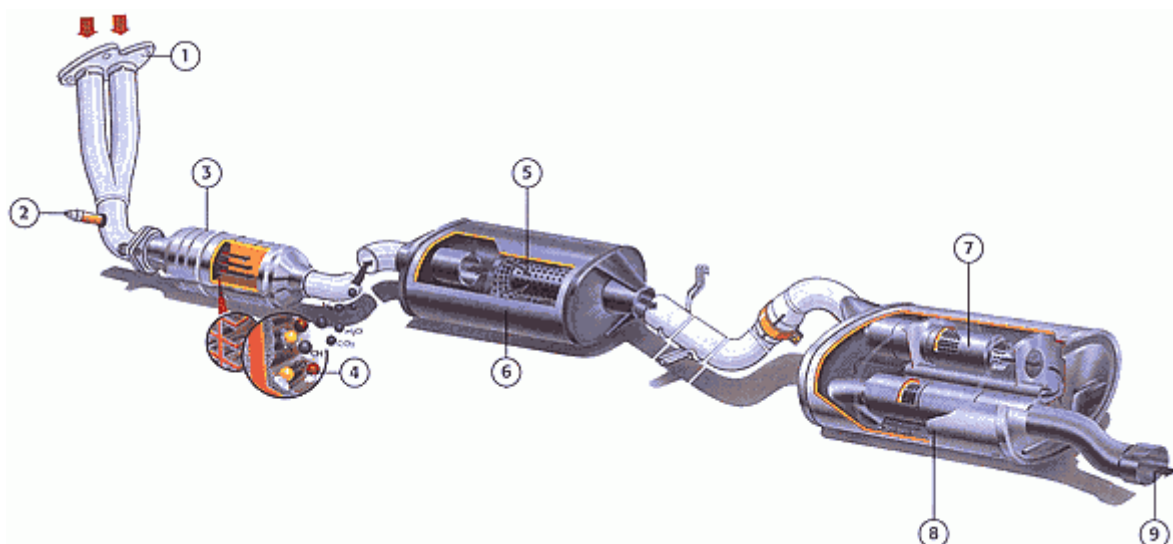
2.2 Sekundární snižování emisí

2.2.1 Katalyzátory

Katalyzátor je látka ovlivňující rychlost chemické reakce, přičemž po skončení reakce zůstává v chemicky nezměněném stavu.

Katalyzátory, které se v současné době používají u automobilů, lze rozdělit do dvou skupin:

- **oxidační** - převádí C_xH_y a CO na vodní páru a oxid uhličitý, oxidy dusíku však nejsou prakticky snižovány; tyto katalyzátory se používají u vznětových motorů.
- **redukční** - převádí pouze oxidy dusíku (NO_x) na dusík.
- **třícestné** - převádí C_xH_y , CO a NO_x na vodní páru, oxid uhličitý a dusík; používají se u zážehových motorů s nepřímým i přímým vstřikováním paliva [7].



Obrázek č. 2 Třícestný katalyzátor (1 - příruba ke sběrnému potrubí, 2 - lambda sonda, 3 - třícestný katalyzátor, 4 - označení chemické činnosti katalyzátoru, 5 - expanzní komora prvního (předního) tlumiče, 6 - dvojitý plášť s izolační vrstvou, 7 - tlumicí prvky druhého (zadního) tlumiče, 8 - dvojitý plášť s izolační vrstvou, 9 - vyústění výfuku) [9]

2.2.2 Filtr pevných částic

Funkce filtrů pevných částic je založena na filtraci výfukových plynů přes porézní keramické vložky částicových filtrů (DPF - Diesel Particulate Filter). Zachytáváním částic se na filtru tvoří saze, které mohou zanechat filtr a poté dochází k tlakovým ztrátám, snižování výkonu motoru a zvyšování spotřeby paliva. Z tohoto důvodu je zapotřebí filtry regenerovat buď zvýšením teploty výfukových plynů při regeneraci nebo pomocí katalyzátorů snížit teplotu, při které lze saze spalovat [7].

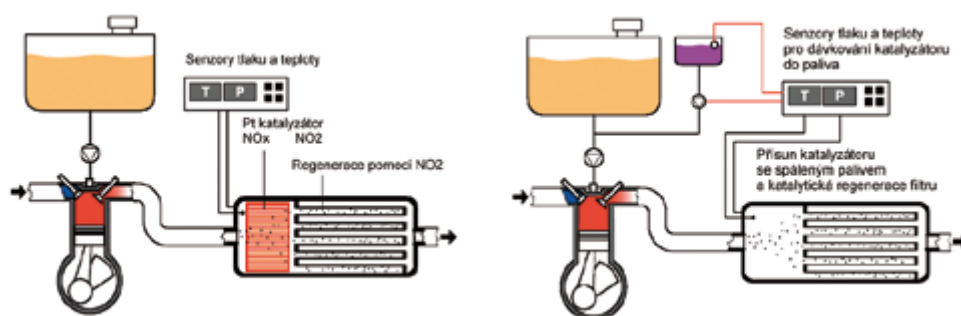
DBF s tepelnou regenerací

K regeneraci a spálení sazí dochází periodicky díky aktivně řízenému zvýšení teploty na filtru v době, kdy je indikována tlaková ztráta. Zvýšení teploty na částicovém filtru je dosaženo tím, že do válce je ve výfukovém cyklu vstříknuto dodatečné množství paliva. Vstřík paliva může být u některých konstrukcí motoru veden až do některé části výfukového traktu. Vlastnímu filtru částic je předřazen oxidační katalyzátor (DOC - Diesel Oxidation Catalyst), kde se palivo spálí a tím se zvýší teplota na filtru. Tímto procesem dochází ke spálení sazí [7].

Katalytické systémy

Katalytické systémy lze rozdělit do 3 skupin:

- DPF s katalytickou regenerací* - Platina nanesená na povrchu keramické vložky DPF filtru slouží jako katalyzátor. Na styku této aktivní vrstvy katalyzátoru s vrstvičkou sazí dochází k oxidaci a spálení sazí.
- CRT - kontinuální záchyt částic* - Na předřazeném oxidačním platinovém katalyzátoru je oxid dusnatý oxidován a převáděn na oxid dusičitý. Tento oxid má výrazné oxidační vlastnosti a spaluje proto usazené částičky sazí. Tímto způsobem dochází k průběžné regeneraci keramické vložky filtru.
- Palivové katalyzátory* - Palivový katalyzátor (FBC - Fuel Borne Catalyst) představuje systém, kde katalyzátor v podobě sloučenin platiny, ceru a železa je ve velmi malém množství přítomen v palivu. Při styku se sazími na částicovém filtru zajistí katalyzátor jejich spálení kyslíkem zbylým ve výfukových plynech [7].

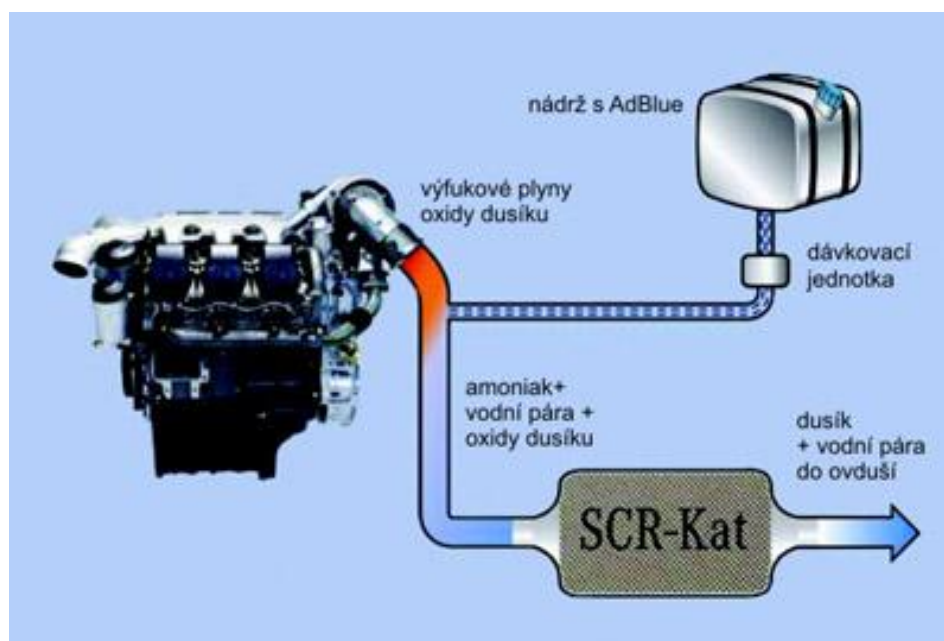


Obrázek č. 3 Kontinuální regenerace filtru částic pomocí oxidu dusičitého (vlevo) a schéma funkce palivového katalyzátoru (vpravo) [7]

2.2.3 Technologie SCR (Selectiv Catalytic Reduction)

Technologie SCR neboli selektivní katalytická redukce spočívá ve vstřikování močoviny do výfukového potrubí u naftových motorů. Aditivum na bázi močoviny je známo pod pojmenováním AdBlue (32,5 % vodný roztok močoviny). Močovina se nastříkuje do výfukového potrubí vozidla přes speciální redukční katalyzátor, kde se mění na amoniak. Amoniak reaguje na katalyzátoru s oxidy

dusíku na dusík a vodu. Technologie SCR umožňuje snížit spotřebu nafty o 4-6 % oproti motoru bez SCR [7].



Obrázek č. 4 Technologie SCR [10]

3. VSTUPNÍ ÚDAJE

3.1 Charakteristika zdroje

Hodnoceným zdrojem znečišťování ovzduší je silnice I. třídy č. 35 v úseku Mohelnice – Studená Loučka, po které se pohybují dopravní vozidla (viz obrázek č. 5). Automobilový provoz produkuje škodliviny (emise) převážně z výfukových plynů. Jedná se především o oxidy dusíku (NO_x), oxid uhelnatý (CO), prachové částice frakce PM_{10} a benzen (C_6H_6).

Cílem diplomové práce je provést výpočet znečištění ovzduší z dopravy na vybrané pozemní komunikaci ve dvou variantách a to:

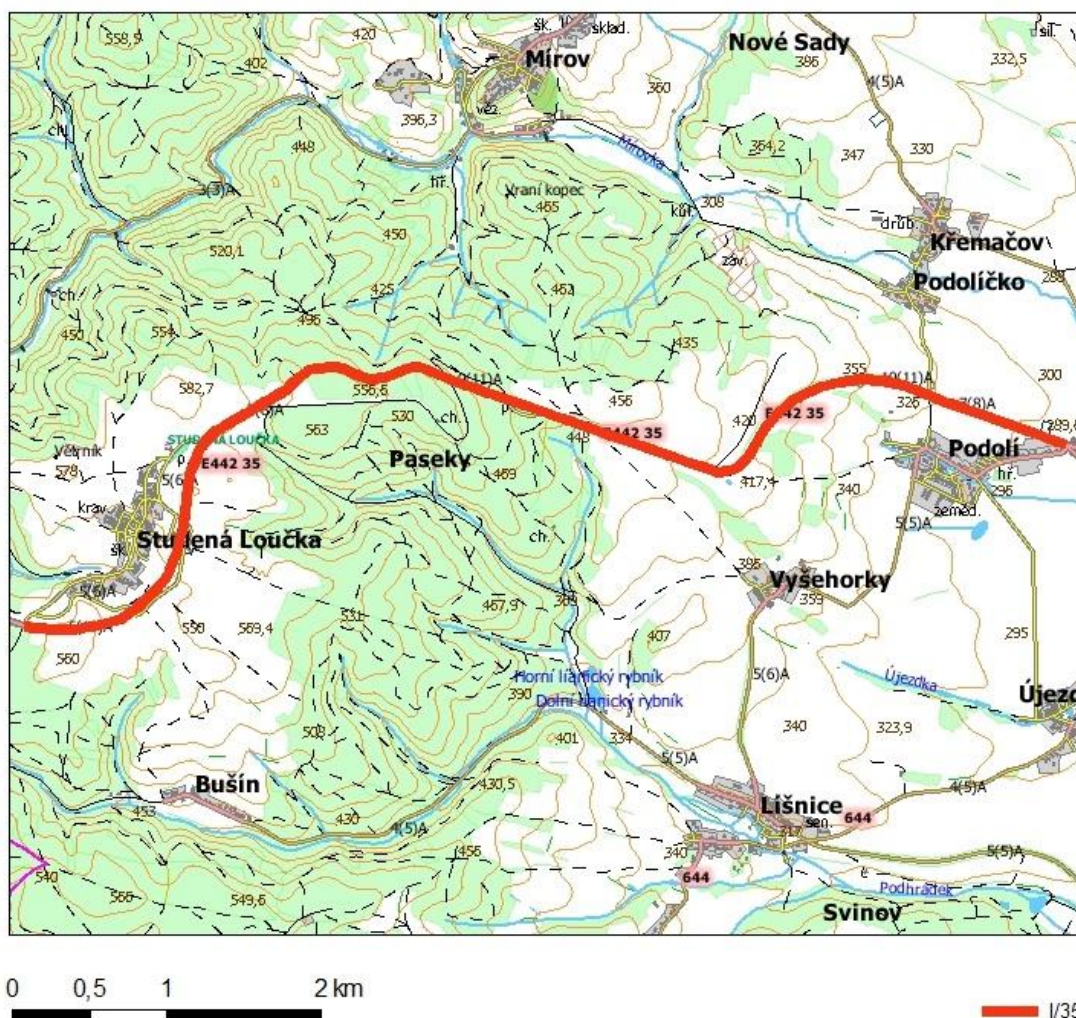
- a) **varianta č. 1** – výpočet znečištění ovzduší z dopravy odpovídající aktuální emisní úrovni vozidel,
- b) **varianta č. 2** – výpočet znečištění ovzduší z dopravy pro vozidla plnící emisní limity EURO 4,

a provést porovnání obou variant.

Výpočet znečištění ovzduší z dopravy lze použít maximálně pro emisní úroveň EURO 4 jak pro osobní, tak nákladní vozidla. Program MEFA 06, kterým jsou vypočítávány emisní faktory pro motorová vozidla, umožňuje stanovit emisní faktory pouze pro emisní úroveň EURO 4, emisní limity EURO 5 nejsou v současné době v programu zabudovány [11].

Výběrem hodnoceného úseku silnice I/35 jsou zohledněny sklonové parametry mající podstatný vliv na produkci emisí ze silniční dopravy, které se projevují na následném znečištění ovzduší neboli emisním pozadí předmětné lokality. Vozidla jedoucí po vybraném úseku silnice I/35 jsou vystaveny vysokému stoupání, resp. klesání, část úseku je zase umístěna v relativně rovinném terénu.

Silnice I/35



Obrázek č. 5 Zákres silnice I. třídy č. 35 do mapy [12]

Výpočty znečištění ovzduší se provádějí pro zdroje, které mohou produkovat nebo produkují emise.

Dělí se podle použitého modelu na:

1. **Bodový zdroj** - zdroj, jehož horizontální rozměr je malý ve srovnání s výpočetní vzdáleností.
2. **Plošný zdroj** - zdroj, u něhož dochází k úniku znečišťujících látek z plochy o určité šířce a délce (např. čtverec, obdélník).
3. **Liniový zdroj** - jedná se o speciální případ plošného zdroje, kdy šířka emitující plochy je zanedbatelná oproti její délce (délka je mnohem větší než šířka) [13].

3.1.1 Bodové zdroje

Bodovými zdroji z automobilového provozu jsou například výduchy z odvětrání tunelů nebo podzemních parkovišť. V rámci hodnoceného úseku pozemní komunikace se však žádné bodové zdroje nenacházejí.

3.1.2 Plošné zdroje

Za plošné zdroje znečišťování ovzduší z automobilového provozu se považují především parkoviště, na kterých dochází k pojezdu vozidel. V rámci hodnoceného úseku komunikace č. 35 se nacházejí menší odstavné a odpočívací plochy, které jsou však vzhledem k jejich nevýznamnosti ve výpočtu zanedbány.

3.1.3 Liniové zdroje

Za liniové zdroje se považují téměř výhradně komunikace s automobilovým provozem.

Pro výpočet emisí znečišťujících látek z automobilové dopravy na konkrétním úseku pozemní komunikace (liniový zdroj) je zapotřebí znát:

1. intenzitu provozu vozidel,
2. emisní faktory vozidel.

Intenzita provozu vozidel

V České republice se provádí jednou za 5 let celostátní sčítání dopravy (naposledy v roce 2005), ve kterém jsou uvedeny intenzity provozu jednotlivých skupin motorových vozidel na daném úseku pozemní komunikace v počtech vozidel za den (24 hodin – průměrné hodnoty pro všechny dny v roce). V roce 2010 probíhalo další celostátní sčítání dopravy, avšak jeho výsledky nebyly v době zpracování diplomové práce k dispozici. Z tohoto důvodu byly jako vstupní podklady použity výsledky celostátního sčítání dopravy v roce 2005 [14].

V rámci celostátního sčítání dopravy z roku 2005 jsou rozlišovány následující skupiny (kategorie) motorových vozidel:

- **T – těžká vozidla** (lehká, střední a těžká nákladní auta, návěsové soupravy, autobusy (s výjimkou mikrobuseů) a traktory (včetně speciálních stavebních strojů))
- **O – osobní vozidla**
- **M – motocykly**
- **S – všechna vozidla** (součet T + O + M)

V následující tabulce č. 3 jsou uvedeny výsledky celostátního sčítání dopravy v roce 2005 pro silnici I. třídy č. 35 v úseku Mohelnice – Studená Loučka.

Tabulka č. 3 Intenzita dopravy v úseku Mohelnice - Studená Loučka (stav v roce 2005) [14]

Č. silnice	Sčítací úsek	T	O	M	S	Začátek úseku	Konec úseku
35	7-0010	4628	6489	34	11151	hr. okr. Svitavy - Šumperk	Mohelnice začátek zástavby

Pomocí výhledových koeficientů růstu dopravy pro období 2005 – 2040 [14] lze odhadnout intenzitu dopravy na silnici I. třídy č. 35 pro výpočtový rok 2010. Tabulka č. 4 uvádí výhledové koeficienty růstu dopravy pro ostatní komunikace, tj. jiné než dálnice a rychlostní silnice.

Tabulka č. 4 Výhledové koeficienty růstu dopravy pro ostatní komunikace (rok 2010) [14]

Rok	Těžká vozidla	Osobní vozidla	Motocykly
2010	1,04	1,18	1,00

Vynásobením výhledových koeficientů s intenzitou dopravy zjištěnou z celostátního sčítání dopravy v roce 2005 se odhadne intenzita provozu vozidel ve výpočtovém roce 2010 (viz tabulka č. 5).

Tabulka č. 5 Intenzita dopravy v úseku Mohelnice - Studená Loučka (výpočtový rok 2010)

Č. silnice	Sčítací úsek	T	O	M	S	Začátek úseku	Konec úseku
35	7-0010	4813	7657	34	12504	hr. okr. Svitavy - Šumperk	Mohelnice začátek zástavby

Jelikož motocykly zauímají z celkového počtu vozidel pouhé 0,3 %, jsou pro účely výpočtu znečištění ovzduší zanedbány.

Intenzita dopravy je udávána v počtech vozidel za den, které projedou daným úsekem v obou směrech dopravního proudu. Pro účely výpočtu je uvažováno, že oběma směry projede shodný počet automobilů.

Emisní faktory vozidel

Na základě sdělení č. 36 (věstník MŽP č. 10/2002) odboru ochrany ovzduší Ministerstva životního prostředí o uveřejnění emisních faktorů je pro výpočet znečištění ovzduší z dopravy určen výpočtový

program MEFA (v současnosti verze 06), který umožňuje výpočet emisních faktorů pro všechny základní kategorie vozidel [11].

Emisní faktory charakterizují produkci emisí z dopravy a závisí na následujících parametrech, které lze rozdělit do dvou skupin:

1. Parametry motorových vozidel

- a) kategorie vozidel
- b) emisní úroveň vozidel
- c) palivo

2. Parametry pozemní komunikace

- a) plynulost provozu
- b) podélný sklon vozovky
- c) maximální dovolená rychlost jízdy

Kategorie vozidel

Výpočtový program MEFA rozděluje vozidla do následujících kategorií [11]:

- a) osobní
- b) LDV (lehká nákladní vozidla)
- c) HDV (těžká nákladní vozidla)
- d) BUS (autobusy)

Pro motocykly nejsou programem stanoveny emisní faktory.

V rámci celostátního sčítání dopravy z roku 2005 jsou lehká (LDV) a těžká (HDV) nákladní vozidla a autobusy (BUS) zahrnuty pod jednu společnou kategorii, tj. těžká vozidla (T). Údaje o dopravních intenzitách lehkých nákladních vozidel a autobusů nejsou pro daný úsek k dispozici. Sloučením nákladních vozidel a autobusů do jedné kategorie (HDV = T) dojde k výpočtu maximálního znečištění ovzduší z dopravy, neboť těžká nákladní vozidla (HDV) dosahují obecně vyšších emisních faktorů než ostatní kategorie vozidel. Vzhledem ke stanovenému cíli diplomové práce lze sloučení nákladních vozidel a autobusů do jedné společné kategorie HDV považovat za akceptovatelnou chybu [14].

Emisní úroveň vozidel

Pro stanovení emisní úrovně vozidel na komunikaci I/35 byly použity údaje ze studie Ředitelství silnic a dálnic České republiky „Zjištění aktuální dynamické skladby vozového parku na silniční síti v ČR a jeho emisních parametrů v roce 2005“ zpracované společností ATEM – Ateliér ekologických modelů, s.r.o. [15]. V současné době se jedná o poslední dostupnou studii dané problematiky. Na konkrétní

silniční úsek nelze zpravidla aplikovat údaje z centrálního registru vozidel (CRV), neboť skutečné zastoupení vozidel na komunikacích je odlišné [15]. Starší vozidla nesplňující emisní normy EURO 1-4 jsou méně využívána v běžném provozu, než by odpovídalo údajům z registru.

Jako zástupná komunikace ze studie [15] byla mnou vybrána rychlostní komunikace R10 v lokalitě Benátky nad Jizerou, která je svým typem nejpodobnější hodnocené komunikaci I/35. V následující tabulce č. 6 je uveden počet osobních automobilů v kategoriích dle emisních předpisů na komunikaci R10.

Tabulka č. 6 Počet osobních automobilů v kategoriích dle emisních předpisů na komunikaci R10 Benátky nad Jizerou [15]

Profil	≤15.04	15.04	83.00	83.01	83.02	83.03	83.04	83.05A	83.05B	EX	Celkem
				EURO 1		EURO 2		EURO 3	EURO 4		
R 10 Benátky	118	212	341	268	657	1444	565	2769	729	6	7109

Poznámka: ≤15.04 automobily plnící normu EHK 15.04, nebo automobily starší
 15.04 - 83.05 Předpisy EHK
 EURO Předpisy evropské unie
 EX Automobily neplnící emisní limity ze své doby, které jezdí na výjimky. Jedná se zejména o automobily s dvoutaktním motorem

Tabulka č. 7 udává podíl osobních vozidel v kategoriích dle emisních předpisů na komunikaci R10 v procentech.

Tabulka č. 7 Podíl osobních automobilů v kategoriích dle emisních předpisů na komunikaci R10 Benátky nad Jizerou (%) [15]

Profil	≤15.04	15.04	83.00	83.01	83.02	83.03	83.04	83.05A	83.05B	EX	Celkem
				EURO 1		EURO 2		EURO 3	EURO 4		
R 10 Benátky	1,7	3,0	4,8	3,8	9,2	20,3	7,9	39,0	10,3	0,1	100,0

Jelikož jsou v rámci celostátního sčítání dopravy z roku 2005 lehká (LDV) a těžká (HDV) nákladní vozidla a autobusy (BUS) zahrnuty pod jednu společnou kategorii, tj. těžká vozidla (T), udává následující tabulka č. 8 počet nákladních automobilů a autobusů v kategoriích dle emisních předpisů na komunikaci R10.

Tabulka č. 8 Počet nákladních automobilů a autobusů v kategoriích dle emisních předpisů na komunikaci R10 Benátky nad Jizerou [15]

Profil	EHK 49.00	EHK 49.01	EHK 49.02A	EHK 49.02B	EHK 49.03	Celkem
		EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	
R 10 Benátky	99	41	49	288	390	867

Tabulka č. 9 udává podíl nákladních vozidel v kategoriích dle emisních předpisů na komunikaci R10 v procentech.

Tabulka č. 9 Podíl nákladních automobilů a autobusů v kategoriích dle emisních předpisů na komunikaci R10 Benátky nad Jizerou (%) [15]

Profil	EHK 49.00	EHK 49.01	EHK 49.02A	EHK 49.02B	EHK 49.03	Celkem
		EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	
R 10 Benátky	11,4	4,7	5,7	33,2	45,0	100,0

Pro výpočtový rok 2010 umožňuje program MEFA přiřadit osobním vozidlům a těžkým nákladním vozidlům následující emisní úrovně [11]:

- konvenční (bez katalyzátoru), EURO 1, EURO 2, EURO 3, EURO 4.

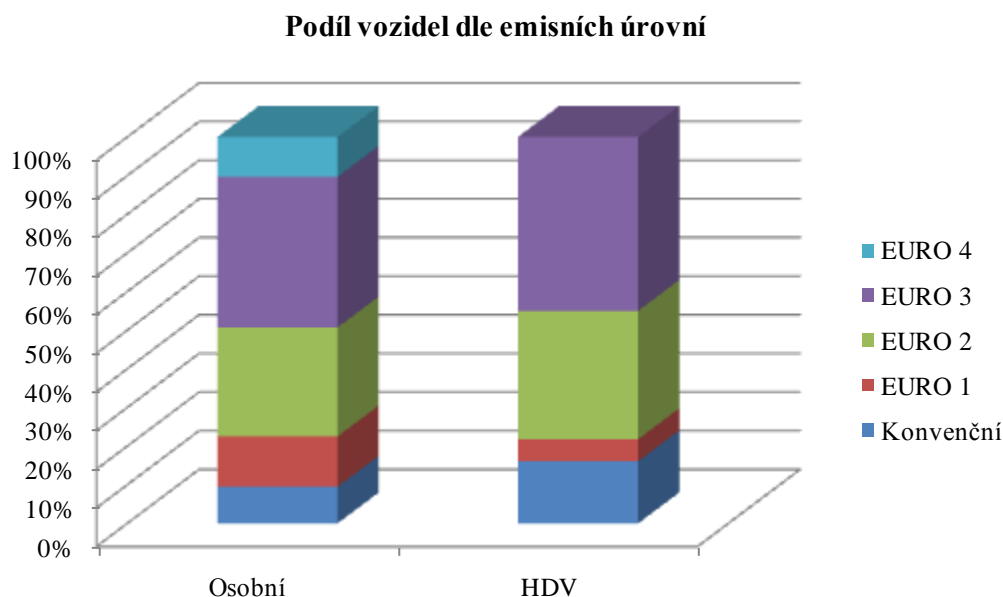
Výpočet znečištění ovzduší z dopravy lze použít maximálně pro emisní úroveň EURO 4 jak pro osobní, tak nákladní vozidla. Program MEFA 06, kterým jsou vypočítávány emisní faktory pro motorová vozidla, umožňuje stanovit emisní faktory pouze pro emisní úroveň EURO 4, emisní limity EURO 5 nejsou v současné době v programu zabudovány [11].

Pomocí podílu vozidel v kategoriích dle emisních předpisů na komunikaci R10 v Benátkách nad Jizerou byly stanoveny počty vozidel dle emisní úrovně na hodnocené komunikaci I/35 pro výpočtový rok 2010 (viz tabulka č. 10).

Tabulka č. 10 Počty vozidel v kategoriích dle emisních předpisů na komunikaci I/35

Kategorie vozidla	Konvenční	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	Celkem
Osobní	727	995	2159	2986	790	7657
HDV	775	274	1598	2166	¹⁾	4813

Poznámka: 1) Údaje o nákladních vozidel splňující emisní normu EURO 4 nezle na základě studie [] určit.



Obrázek č. 6 Graf zastoupení vozidel v kategoriích dle emisních předpisů na komunikaci I/35

Palivo

Obdobně jako při stanovení emisní úrovně vozidel byly použity údaje ze studie „Zjištění aktuální dynamické skladby vozového parku na silniční síti v ČR a jeho emisních parametrů v roce 2005“.

V následujících tabulkách č. 11 a 12 je uvedeno rozdělení osobních automobilů dle typu paliva. Jedná se o údaje převzaté z centrálního registru vozidel, resp. dle údajů uvedených v technickém průkazu vozidla.

Tabulka č. 11 Rozdělení osobních automobilů dle typu paliva [15]

Profil	Benzín olovnatý	Benzín bezolovnatý	Nafta	Benzín + LPG	Nepřiřazeno
R10 Benátky	304	3531	3260	1	13

Tabulka č. 12 Rozdělení osobních automobilů dle typu paliva - podíly na profilech (%) [15]

Profil	Benzín olovnatý	Benzín bezolovnatý	Nafta	Benzín + LPG	Nepřiřazeno
R10 Benátky	4,3	49,7	45,9	0,0	0,2

V následujících tabulkách č. 13 a 14 je uvedeno rozdělení nákladních automobilů a autobusů dle typu paliva.

Tabulka č. 13 Rozdělení nákladních automobilů a autobusů dle typu paliva [15]

Profil	Benzín olovnatý	Nafta	CNG	Nepřiřazeno
R10 Benátky	1	856	3	7

Tabulka č. 14 Rozdělení nákladních automobilů a autobusů dle typu paliva - podíly na profilech (%) [15]

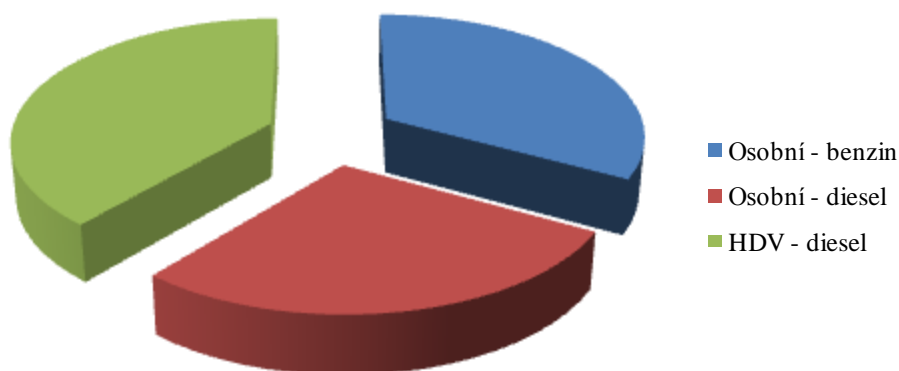
Profil	Benzín olovnatý	Nafta	CNG	Nepřiřazeno
R10 Benátky	0,1	98,7	0,3	0,8

Pro výpočtový rok 2010 umožňuje program MEFA přiřadit osobním vozidlům a těžkým nákladním vozidlům následující typy paliv [11]:

- osobní vozidla → benzin, motorová nafta (diesel), LPG (zkapalněný propan-butan), CNG (stlačený zemní plyn),
- těžká nákladní vozidla → motorová nafta (diesel).

Pomocí podílů vozidel v kategoriích dle typu paliva na komunikaci R10 v Benátkách nad Jizerou byly stanoveny počty vozidel dle typu paliva na hodnocené komunikaci I/35 pro výpočtový rok 2010 (viz tabulka č. 15). Uvažováno přitom bylo se stejným rozdělením vozidel pro každou emisní kategorii.

Rozdělení vozidel dle typu paliva



Obrázek č. 7 Graf rozdělení vozidel dle typu paliva na komunikaci I/35

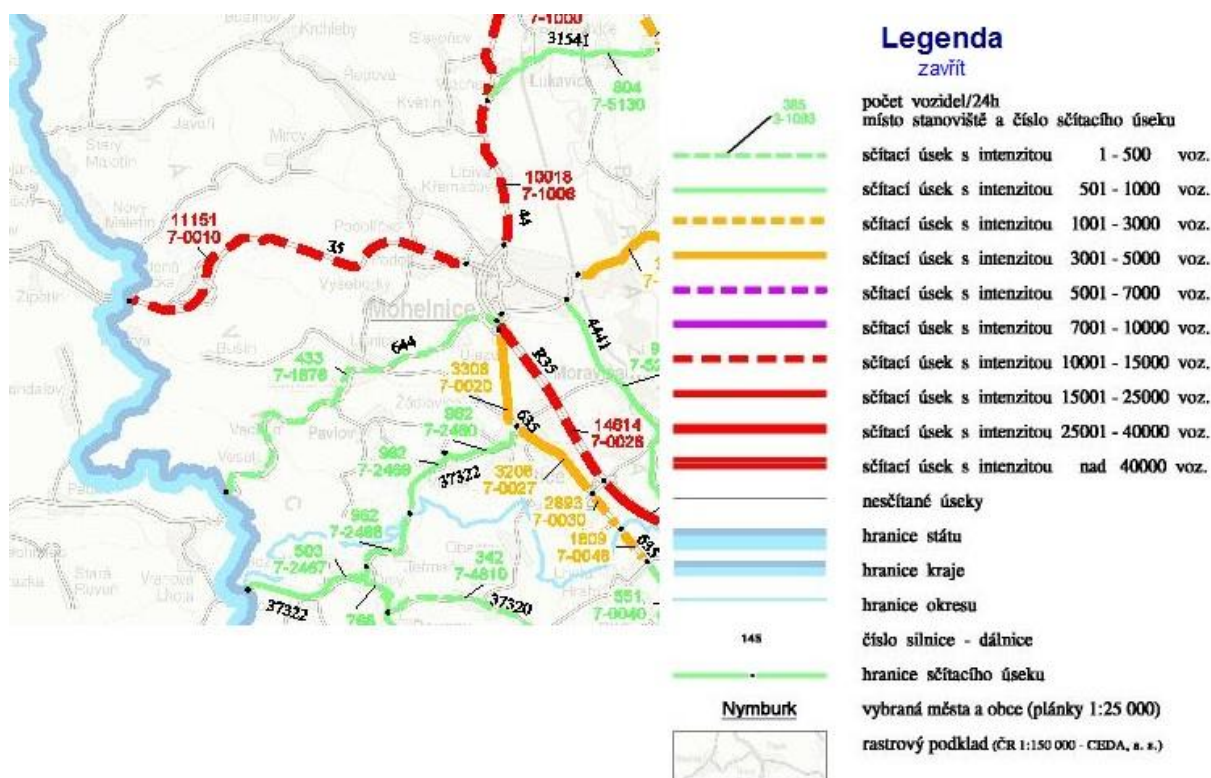
Tabulka č. 15 Rozdělení vozidel dle typu paliva a emisních předpisů na komunikaci I/35

Kategorie vozidla	Konvenční		EURO 1		EURO 2		EURO 3		EURO 4		Celkem	
	Dies.	Benz.	Dies.	Benz.	Dies.	Benz.	Dies.	Benz.	Dies.	Benz.	Dies.	Benz.
Osobní	334	393	458	537	993	1166	1374	1612	363	427	3522	4135
HDV	775	-	274	-	1598	-	2166	-	¹⁾	-	4813	-

Poznámka: 1) Údaje o nákladních vozidlech splňující emisní normu EURO 4 nezele na základě studie [] určit.

Plynulost provozu

Plynulost provozu charakterizuje intenzitu dopravy na daném úseku pozemní komunikace. Ve výpočtovém programu MEFA 06 je plynulá jízda přiřazena hodnota 1 (minimum) a stojícím a popojíždějícím kolonám hodnota 10 (maximum). Pro stanovení plynulosti dopravy na komunikaci I/35 bylo použito rozdělení intenzit dopravy dle celostátního sčítání dopravy v roce 2005 [14].



Obrázek č. 8 Výsledky celostátního sčítání dopravy na silniční a dálniční síti ČR v roce 2005 [14]

Z obrázku č. 8 vyplývá, že intenzity dopravy dle ŘSD jsou rozděleny do 10 kategorií shodně s výpočtovým programem MEFA 06. Potom lze plynulost dopravy charakterizující intenzitu dopravy na komunikaci I/35 vyjádřit v souladu s následující tabulkou č. 16.

Tabulka č. 16 Určení plynulosti dopravy dle rozdělení intenzit dopravy ŘSD

Rozdělení intenzit dopravy dle ŘSD	Hodnota plynulosti dopravy dle MEFA 06
1 - 500 vozidel	1
501 - 1000 vozidel	2
1001 - 3000 vozidel	3
3001 - 5000 vozidel	4
5001 - 7000 vozidel	5
7001 - 10000 vozidel	6
10001 - 15000 vozidel	7
15001 - 25000 vozidel	8
25001 - 40000 vozidel	9
nad 40 000 vozidel	10

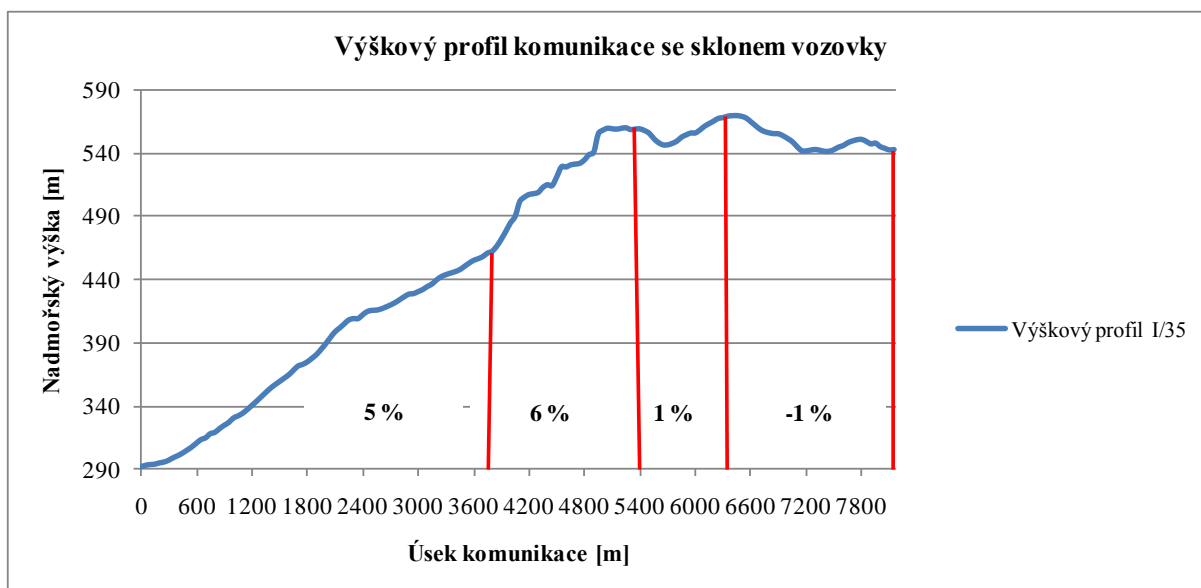
Pro účely výpočtů emisních faktorů pomocí programu MEFA 06 je tedy komunikaci I/35 přiřazena hodnota plynulosti provozu 7.

Podélný sklon vozovky

Jelikož úsek hodnocené komunikace nemá konstantní sklon vozovky v celé jeho délce, byla komunikace rozdělena na 4 úseky, kterým byl přidělen průměrný podélný sklon vozovky dle výškopisu. Sklony vozovky jsou určeny pro směr Mohelnice - Studená Loučka, v obráceném směru jsou hodnoty podélného sklonu opačné.

Tabulka č. 17 Úseky komunikace I/35 a jejich podélné sklony [16]

Označení úseku	Úsek m	Podélný sklon vozovky %
A	0 - 3850	5
B	3850 - 5400	6
C	5400 - 6350	1
D	6350 - 8178	-1



Obrázek č. 9 Graf výškového profilu komunikace I/35 se sklonem vozovky [16]

Maximální dovolené rychlost jízdy

Na celém hodnoceném úseku komunikace I/35 je maximální dovolená rychlost 90 km/hod.

Vstupní údaje o liniových zdrojích

Vzhledem k cíli diplomové práce, kterým je porovnání imisních příspěvků stávajícího dopravního proudu s dopravním proudem plnicím emisní limity úrovně EURO 4, je nutno stanovit emisní charakteristiky zvlášť pro oba dva stavy. Ostatní vstupní údaje jsou shodné.

Liniový zdroj byl rozdělen na dílčí úseky (délkové elementy) po 50 metrech s dodržением podmínky pro velikost elementu y_0 z důvodu stability výpočtu (y_0 nesmí být větší než nejvyšší možná hodnota y_0 uvedená v následující tabulce č. 18) [17]. Dělením liniového zdroje po 50 metrech vznikly dílčí úseky o počtu 164 délkových elementů.

Tabulka č. 18 Maximální délka strany délkového elementu y_0 [17]

vzdálenost x_0 [m] nejbližšího referenčního bodu	nejvyšší možná hodnota y_0 [m]
do 100 m	$x_0 / 3$
100 - 300 m	$x_0 / 4$
300 - 900 m	$x_0 / 5$
nad 900 m	$x_0 / 6$

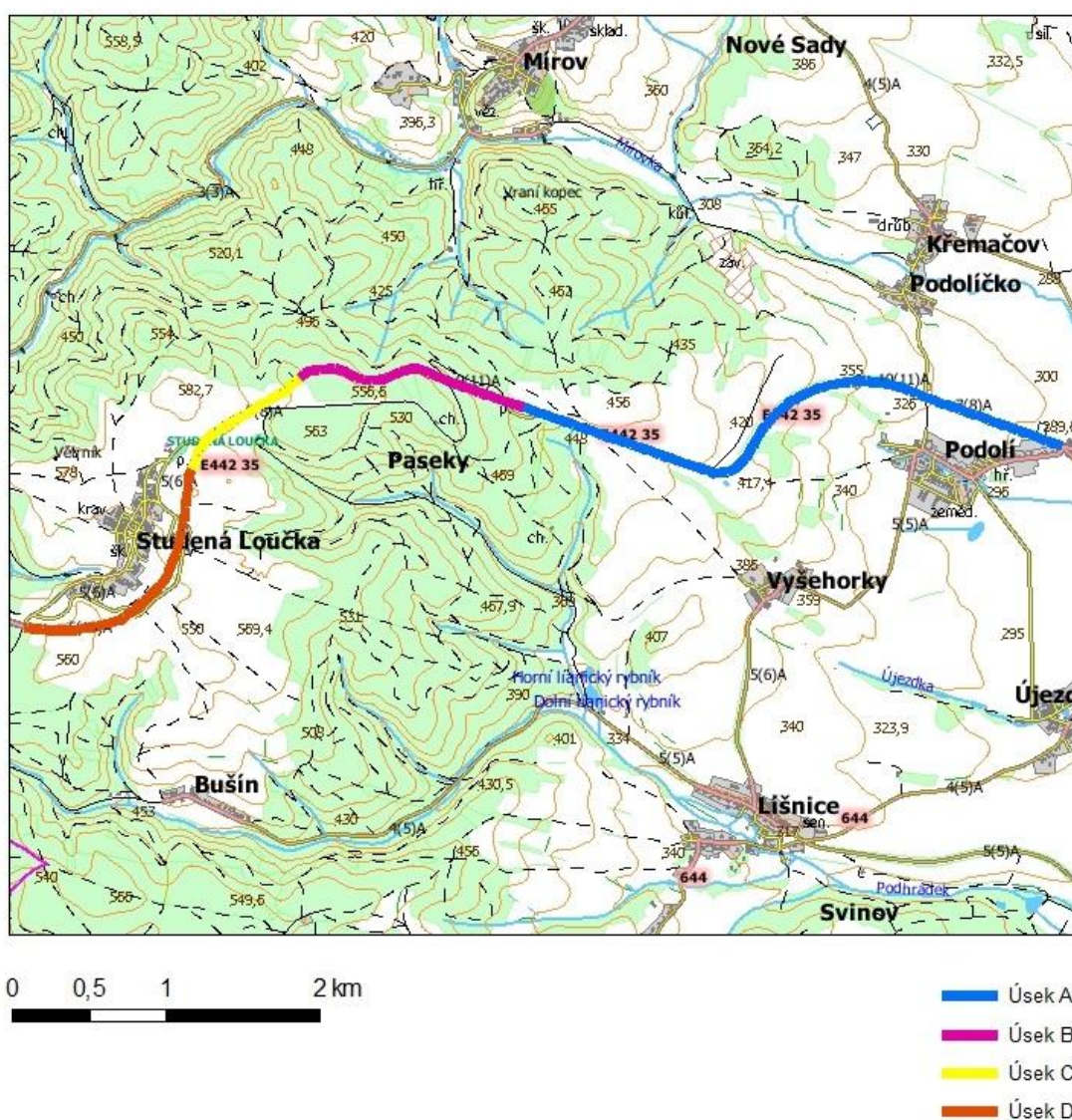
V následující tabulce č. 19 je uvedena intenzita provozu vozidel na komunikaci I/35 po provedených úpravách v předchozí části. Pro účely výpočtu je uvažováno, že oběma směry dopravního proudu projede shodný počet automobilů.

Tabulka č. 19 Intenzita provozu na komunikaci I/35

Typ vozidla		Intenzita provozu	
		počet vozidel za 24 hod	počet vozidel za 24 hod v jednom směru
Osobní automobily	OV	7657	3828,5
Těžké nákladní automobily	HDV	4813	2406,5

Vstupní údaje liniového zdroje, který byl rozdělen na 4 úseky v závislosti na výškovém profilu komunikace (úsek A, B, C a D viz obrázek č. 10), jsou uvedeny v následující tabulce č. 20.

Liniový zdroj



Obrázek č. 10 Liniový zdroj (rozdělení na jednotlivé úseky) [12]

Tabulka č. 20 Vstupní údaje o liniových zdrojích

Název liniového zdroje		I/35 úsek A	I/35 úsek B	I/35 úsek C	I/35 úsek D
Šířka silnice	x_0 [m]	12	12	10	10
Výška, do které se přízemní exhalace dostanou vlivem turbulence způsobené průjezdem automobilů	z_0 [m]	4	4	4	4
Relativní roční využití maximálního výkonu	α [-]	0,417	0,417	0,417	0,417
Denní provozní doba	P_h [hod/den]	24	24	24	24
Počet délkových elementů	-	78	31	19	36

Šířka silnice byla odečtena z leteckého snímku předmětné lokality. Výška, do které se přízemní exhalace dostanou vlivem turbulence způsobené průjezdem automobilů, se určuje na základě rychlosti vozidel na daném úseku komunikace. Obvykle se zadává hodnota 2 m pro pomalou jízdu a 5 m pro rychlou jízdu na dálnici. U liniových zdrojů se za α považuje podíl průměrné a maximální intenzity provozu. Relativní roční využití maximálního výkonu bylo u liniového zdroje zadáno v hodnotě 0,417, neboť dle metodiky [17] je použit předpoklad, že emise jsou v dopravní špičce 2,4-krát vyšší než v průměru ($\alpha = 1 / 2,4 = 0,417$). Počet hodin za den, kdy je zdroj v provozu, je nastaven na 24 hodin.

Hlavní reprezentativní znečišťující látky vypouštěné do ovzduší během automobilového provozu jsou oxidy dusíku (NO_x), oxid uhelnatý (CO), prachové částice frakce PM_{10} a benzen (C_6H_6). Pro výpočet délkové intenzity emise M_L z automobilového provozu jsou použity emisní faktory pro různé typy vozidel akceptující provozní a technické parametry daného úseku komunikace. Emisní faktory jsou získány z výpočtového programu MEFA 06.

Varianta č. 1

Varianta č. 1 hodnotí znečištění ovzduší z dopravy odpovídající aktuální emisní úrovni vozidel.

Tabulka č. 21 Vstupní parametry pro výpočet emisních faktorů pro motorová vozidla - varianta č. 1

Název liniového zdroje	I/35, úsek A		I/35, úsek B	
Výpočtový rok	2010		2010	
Kategorie vozidla	OV	HDV	OV	HDV
Palivo	Benzín / nafta	Nafta	Benzín / nafta	Nafta
Emisní úroveň	1)	1)	1)	1)
Rychlost jízdy [km/hod]	90	90	90	90
Plynulost provozu	7		7	

Podélný sklon vozovky [%]	5 ²⁾		6 ²⁾	
Název liniového zdroje	I/35, úsek C		I/35, úsek D	
Výpočtový rok	2010		2010	
Kategorie vozidla	OV	HDV	OV	HDV
Palivo	Benzín / nafta	Nafta	Benzín / nafta	Nafta
Emisní úroveň	1)	1)	1)	1)
Rychlost jízdy [km/hod]	90	90	90	90
Plynulost provozu	7		7	
Podélný sklon vozovky [%]	1 ²⁾		-1 ²⁾	

Poznámky: 1) Pro osobní vozidla je zadána emisní úroveň konvenční až EURO 4, pro těžká nákladní vozidla konvenční až EURO 3.

2) Uvedený podélný sklon vozovky platí pro směr Mohelnice - Studená Loučka. V obráceném směru je podélný sklon opačný.

Emisní faktory pro různé typy vozidel akceptující provozní a technické parametry daného úseku komunikace jsou uvedeny v tabulce č. 22.

Tabulka č. 22 Emisní faktory [$\text{g}\cdot\text{km}^{-1}\cdot\text{auto}^{-1}$] [11]

Znečišťující látka	Kategorie vozidla	I/35, úsek A	I/35, úsek B	I/35, úsek C	I/35, úsek D
NO _x	OV	0,0836 - 19,0826	0,0689 - 21,8290	0,1687 - 10,8606	0,1687 - 10,8606
	HDV	2,5056 - 216,0708	2,5860 - 239,7666	3,9062 - 106,9156	3,9062 - 106,9156
CO	OV	0,2687 - 37,8485	0,2194 - 46,0487	0,3106 - 17,3565	0,3106 - 17,3565
	HDV	6,5891 - 110,4306	6,8640 - 120,6983	7,0093 - 69,7134	7,0093 - 69,7134
PM ₁₀	OV	0,0032 - 1,6781	0,0032-2,0490	0,0032 - 0,8183	0,0032 - 0,8183
	HDV	0,4364 - 10,7403	0,4543-11,7153	0,4314 - 6,4725	0,4314 - 6,4725
Benzen	OV	0,0007 - 0,3988	0,0007 - 0,4125	0,0006 - 0,2394	0,0006 - 0,2394
	HDV	0,0252 - 0,1285	0,0269 - 0,1336	0,0197 - 0,1011	0,0197 - 0,1011

Poznámka: 1) Uvedené emisní faktory jsou interpolovány dle reálného podélného sklonu vozovky, emisní úrovně vozidel a použitého paliva.

Pro výpočet maximálního znečištění ovzduší, pokud nejsou k dispozici podrobnější údaje o denním chodu frekvence aut, se použije předpoklad, že v dopravní špičce jsou emise 2,4-krát vyšší než v průměru. V následující tabulce č. 23 jsou uvedeny maximální délkové intenzity emisí znečišťujících látek M_L z liniových zdrojů.

Tabulka č. 23 Délkové intenzity emisí M_L znečišťujících látek z liniových zdrojů v dopravní špičce

Název liniového zdroje		I/35, úsek A	I/35, úsek B	I/35, úsek C	I/35, úsek D
NO _x	M_L [g·m ⁻¹ ·s ⁻¹]	0,006864816	0,007538203	0,004589467	0,004589467
CO	M_L [g·m ⁻¹ ·s ⁻¹]	0,003597202	0,003904961	0,002723047	0,002723047
PM ₁₀	M_L [g·m ⁻¹ ·s ⁻¹]	0,000331478	0,000358282	0,000239352	0,000239352
Benzen	M_L [g·m ⁻¹ ·s ⁻¹]	0,000011688	0,000012283	0,000008484	0,000008484

Varianta č. 2

Varianta č. 2 hodnotí znečištění ovzduší z dopravy vozidel plnicí emisní úroveň EURO 4, pro kterou lze v programu MEFA 06 vypočítat emisní faktory vozidel.

Tabulka č. 24 Vstupní parametry pro výpočet emisních faktorů pro motorová vozidla

Název liniového zdroje	I/35, úsek A		I/35, úsek B	
Výpočtový rok	2010		2010	
Kategorie vozidla	OV	HDV	OV	HDV
Palivo	Benzín / nafta	Nafta	Benzín / nafta	Nafta
Emisní úroveň	EURO 4	EURO 4	EURO 4	EURO 4
Rychlost jízdy [km/hod]	90	90	90	90
Plynulost provozu	7		7	
Podélný sklon vozovky [%]	5 ¹⁾		6 ¹⁾	
Název liniového zdroje	I/35, úsek C		I/35, úsek D	
Výpočtový rok	2010		2010	
Kategorie vozidla	OV	HDV	OV	HDV
Palivo	Benzín / nafta	Nafta	Benzín / nafta	Nafta
Emisní úroveň	EURO 4	EURO 4	EURO 4	EURO 4
Rychlost jízdy [km/hod]	90	90	90	90
Plynulost provozu	7		7	
Podélný sklon vozovky [%]	1 ¹⁾		-1 ¹⁾	

Poznámky: 1) Uvedený podélný sklon vozovky platí pro směr Mohelnice - Studená Loučka.

V obráceném směru je podélný sklon opačný.

Emisní faktory pro různé typy vozidel akceptující provozní a technické parametry daného úseku komunikace jsou uvedeny v tabulce č. 25.

Tabulka č. 25 Emisní faktory [$\text{g}\cdot\text{km}^{-1}\cdot\text{auto}^{-1}$] [11]

Znečišťující látka	Kategorie vozidla	I/35, úsek A	I/35, úsek B	I/35, úsek C	I/35, úsek D
NO _x	OV	0,0836 - 0,7154	0,0689 - 0,8252	0,1687 - 0,3809	0,1687 - 0,3809
	HDV	1,9362 - 10,2681	1,9982 - 11,4107	3,0240 - 5,0420	3,0240 - 5,0420
CO	OV	0,2687 - 1,7857	0,2194 - 2,2074	0,3210 - 0,8222	0,3210 - 0,8222
	HDV	5,0445 - 10,4684	5,2503 - 11,4554	5,3240 - 6,6170	5,3240 - 6,6170
PM ₁₀	OV	0,0032 - 0,1133	0,0032 - 0,1375	0,0032 - 0,0575	0,0032 - 0,0575
	HDV	0,1314 - 0,2746	0,1368 - 0,2999	0,1300 - 0,1636	0,1300 - 0,1636
Benzen	OV	0,0007 - 0,0074	0,0007 - 0,0088	0,0007 - 0,0046	0,0007 - 0,0046
	HDV	0,0111 - 0,0118	0,0119 - 0,0122	0,0086 - 0,0092	0,0086 - 0,0092

Poznámka: 1) Uvedené emisní faktory jsou interpolovány dle reálného podélného sklonu vozovky a použitého paliva.

Pro výpočet maximálního znečištění ovzduší, pokud nejsou k dispozici podrobnější údaje o denním chodu frekvence aut, se použije předpoklad, že v dopravní špičce jsou emise 2,4-krát vyšší než v průměru. V následující tabulce č. 26 jsou uvedeny maximální délkové intenzity emisí znečišťujících látek M_L z liniových zdrojů.

Tabulka č. 26 Maximální délkové intenzity emisí M_L znečišťujících látek z liniových zdrojů v dopravní špičce

Název liniového zdroje		I/35, úsek A	I/35, úsek B	I/35, úsek C	I/35, úsek D
NO _x	M_L [$\text{g}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$]	0,000885826	0,000973603	0,000593887	0,000593887
CO	M_L [$\text{g}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$]	0,001196510	0,001299022	0,000910754	0,000910754
PM ₁₀	M_L [$\text{g}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$]	0,000034894	0,000038038	0,000025075	0,000025075
Benzen	M_L [$\text{g}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$]	0,000002309	0,000002474	0,000001776	0,000001776

Porovnání vstupních údajů obou variant

V následující tabulce č. 27 je uvedeno absolutní snížení emisí vybraných znečišťujících látek při přechodu ze současné dynamické skladby vozidel využívajících hodnocený úsek komunikace I/35 na vozidla plnící emisní limity EURO 4. Při stanovení emisí z liniového zdroje je uvažováno s provozem zdroje nepřetržitě celý rok a s délkou hodnoceného úseku komunikace 1828 m.

Tabulka č. 27 Absolutní snížení emisí z liniového zdroje

Znečišťující látky	Celkové emise M znečišťujících látek z liniového zdroje		Absolutní snížení emisí	
	Varianta č. 1 [t/rok]	Varianta č. 2 [t/rok]	[t/rok]	[%]
NO _x	668,344	86,321	582,023	87,1
CO	360,910	120,233	240,678	66,7

PM₁₀	32,803	3,455	29,348	89,5
Benzen	1,151	0,232	0,919	79,9

Z uvedené tabulky č. 27 vyplývá, že k nejvýznamnějšímu poklesu emisí dochází u prachových částic frakce PM₁₀ (89,5 %), naopak k nejnižšímu snížení dochází u oxidu uhelnatého (66,7 %). Jednoznačně se ve všech případech znečišťujících látek jedná o významné snížení emisí produkovaných vozidly z výfukových plynů.

Z tabulky č. 27 je dále patrné, že v současné době jsou co do produkovaného množství nejvýznamnější znečišťujícími látkami z provozu silniční dopravy oxidy dusíku (NO_x) v množství 668,344 t/rok. Pro výpočtovou variantu č. 2, charakterizující provoz motorových vozidel s emisní úrovní EURO 4, se stává nejvíce produkovanou škodlivinou oxid uhelnatý (CO) v množství 240,678 t/rok.

3.2 Meteorologická charakteristika území

Meteorologické podmínky předmětné lokality popisuje odborný odhad větrné růžice pro lokalitu Mohelnice, okres Šumperk, vypracovaný Českým hydrometeorologickým ústavem v Praze - Komořanech, který je dostatečně reprezentativní pro posuzovanou lokalitu. Větrná růžice se stanovuje ve výšce 10 m nad zemí a obsahuje četnosti jednotlivých směrů větrů pro pět tříd stability (podle stabilitní klasifikace Bubníka a Koldovského) a tři třídy rychlosti větru. Směry větru se v meteorologii určují podle toho, odkud vítr vane [17,18].

Jedná se o vstupní údaj, který je shodný pro obě varianty modelového hodnocení znečištění ovzduší z dopravy, tj. pro emise vozidel odpovídající aktuální dynamické skladbě vozového parku a emise vozidel plnicích emisní limity úrovně EURO 4. Rozptylové podmínky znečišťujících látek tak budou pro obě varianty výpočtu shodné, což umožňuje provést objektivní porovnání a vyhodnocení znečištění ovzduší.

Označování směrů větru ve stupních začíná od severu a zvětšuje se postupně ve směru hodinových ručiček. Vítr, který vane od východu, vane ze směru 90 °, od jihu z 180 °, od západu z 270 ° a ze severu z 360 ° [17,18].

Rychlost rozptylu znečišťujících látek emitovaných zdrojem závisí na rychlosti větru a intenzitě termické turbulence, která závisí na změně teploty vzduchu s měnící se výškou, tj. na termické stabilitě atmosféry. Vzrůstá - li teplota vzduchu s výškou, nastává inverze, neboť chladnější vzduch zůstává v přízemních vrstvách a tím dochází ke špatnému rozptylu znečišťujících látek. Stabilitní třídy se vyskytují jen za určitých rychlostí větru [17,18].

V následující tabulce č. 28 je uvedena stabilitní klasifikace a výskyt jednotlivých tříd rychlosti větru, v tabulce č. 29 je rychlost větru popsána pomocí 3 tříd rychlosti.

Tabulka č. 28 Stabilitní klasifikace s výskytem tříd rychlosti větru [17]

Třída stability	Popis	Výskyt třídy rychlosti větru $m \cdot s^{-1}$
I. velmi stabilní	silná inverze, velmi špatné rozptylové podmínky	1,7
II. stabilní	běžné inverze, špatné rozptylové podmínky	1,7 5
III. Izotermní	slabé inverze, často se vyskytující mírně zhoršené rozptylové podmínky	1,7 5 11
IV. Normální	indiferentní teplotní zvrstvení, běžný případ dobrých rozptylových podmínek	1,7 5 11
V. konvektivní	labilní teplotní zvrstvení, rychlý rozptyl znečišťujících látek	1,7 5

Tabulka č. 29 Definice tříd rychlosti větru [17]

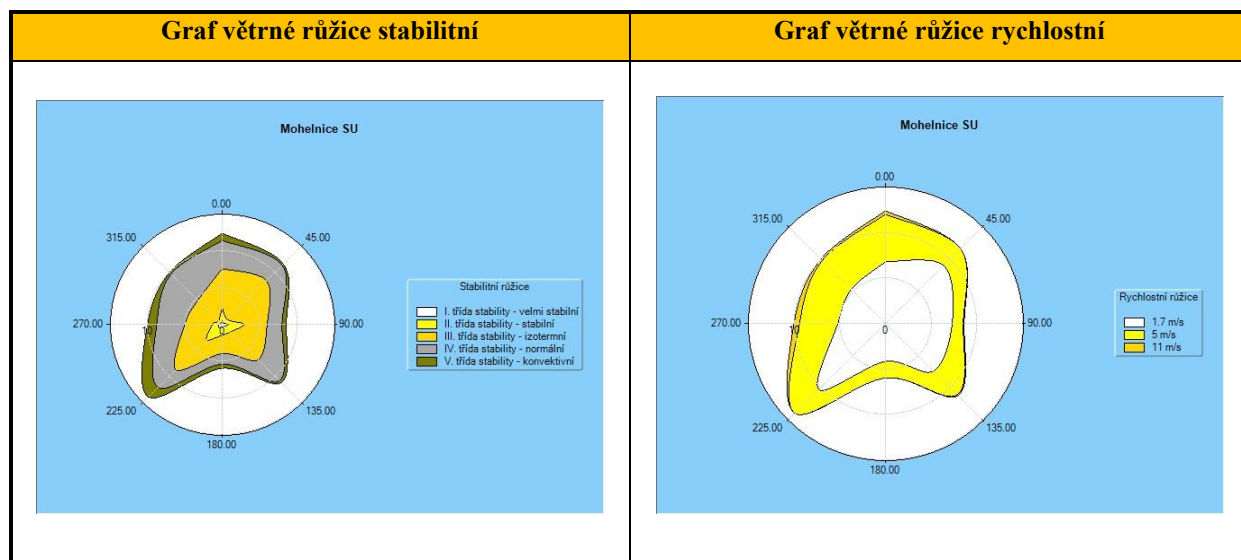
Třída rychlosti větru	Rozmezí rychlosti $m \cdot s^{-1}$	Třídní rychlost $m \cdot s^{-1}$
1. slabý vítr	od 0 do 2,5 včetně	1,7
2. mírný vítr	od 2,5 do 7,5 včetně	5,0
3. silný vítr	nad 7,5	11,0

Odborný odhad větrné růžice pro lokalitu Mohelnice, který je dostatečně reprezentativní pro posuzovanou lokalitu, slouží jako podklad pro metodiku výpočtu znečištění ovzduší.

Tabulka č. 30 Odborný odhad větrné růžice pro lokalitu Mohelnice, okr. Šumperk, platný ve výšce 10 m nad zemí v % [18]

I. třída stability - velmi stabilní										
$m \cdot s^{-1}$	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	součet
1,7	0,61	0,21	0,81	0,38	0,35	0,73	0,39	0,18	5,12	8,78
5,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
11,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
součet	0,61	0,21	0,81	0,38	0,35	0,73	0,39	0,18	5,12	8,78
II. třída stability - stabilní										
$m \cdot s^{-1}$	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	součet
1,7	1,60	0,65	2,08	0,83	1,08	2,18	0,84	0,33	5,74	15,33
5,0	0,09	0,09	0,04	0,27	0,05	0,05	0,06	0,17		0,82
11,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
součet	1,69	0,74	2,12	1,10	1,13	2,23	0,90	0,50	5,74	16,15

III. třída stability - izotermní										
m.s ⁻¹	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	součet
1,7	2,96	5,95	2,58	3,93	1,90	4,76	2,39	2,46	2,51	29,44
5,0	2,24	1,50	0,52	1,39	0,61	1,05	1,27	1,45		10,03
11,0	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,02		0,17
součet	5,28	7,45	3,10	5,32	2,51	5,81	3,73	3,93	2,51	39,64
IV. třída stability - normální										
m.s ⁻¹	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	součet
1,7	1,40	2,15	1,45	2,23	0,69	1,91	1,37	2,29	1,53	15,02
5,0	2,11	0,83	0,44	1,72	0,74	1,47	1,87	2,62		11,80
11,0	0,32	0,00	0,10	0,10	0,00	0,00	0,53	0,18		1,23
součet	3,83	2,98	1,99	4,05	1,43	3,38	3,77	5,09	1,53	28,05
V. třída stability - konvektivní										
m.s ⁻¹	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	součet
1,7	0,22	0,05	0,38	0,04	0,17	0,72	0,22	0,04	1,28	3,12
5,0	0,77	0,19	0,20	0,32	0,40	1,13	1,00	0,25		4,26
11,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
součet	0,99	0,24	0,58	0,36	0,57	1,85	1,22	0,29	1,28	7,38
celková růžice										
m.s ⁻¹	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	součet
1,7	6,79	9,01	7,30	7,41	4,19	10,30	5,21	5,30	16,18	71,69
5,0	5,21	2,61	1,20	3,70	1,80	3,70	4,20	4,49		26,91
11,0	0,40	0,00	0,10	0,10	0,00	0,00	0,60	0,20		1,40
součet	12,40	11,62	8,60	11,21	5,99	14,00	10,01	9,99	16,18	100,00



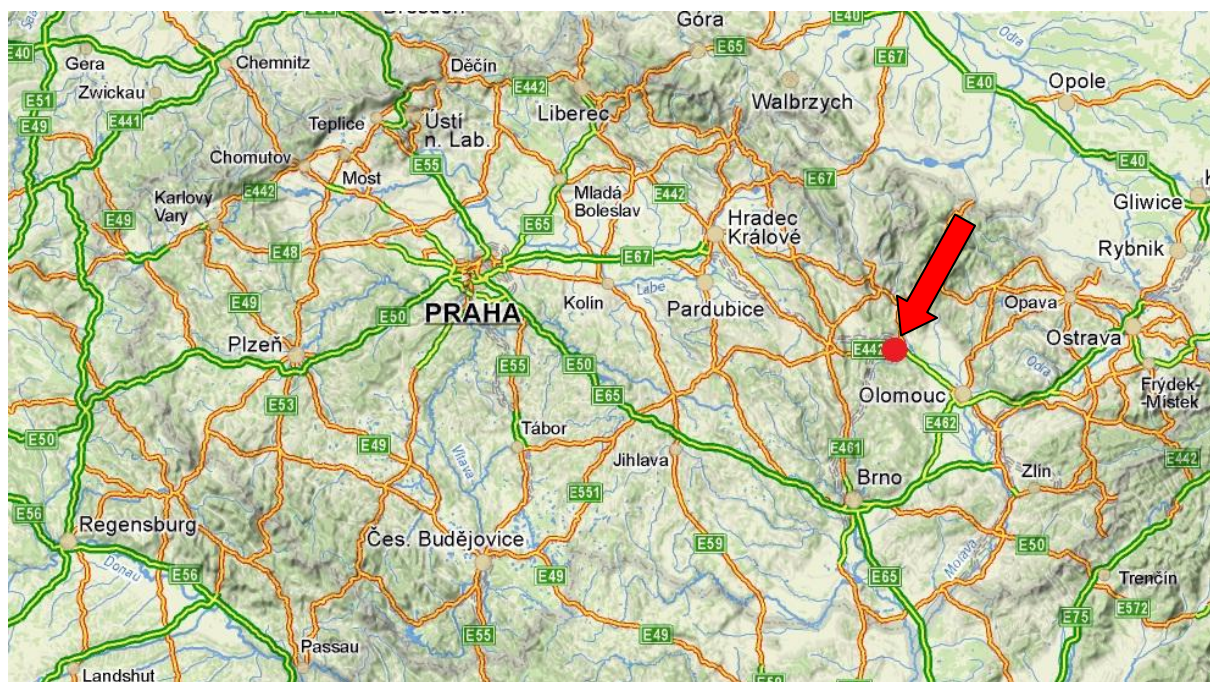
Z větrné růžice vyplývá, že nejčastěji se vyskytuje v lokalitě Mohelnice jihozápadní vítr s četností 14,00 % a severní s četností 12,40 %. Dále je z tabulky patrné, že výskyt třídní rychlosti 1,7 m/s (slabé větry do 2 m/s), představující zhoršené rozptylové podmínky znečišťujících látek, lze očekávat s

četností 71,69 %. Velmi stabilní a stabilní termická atmosféra (stav inverzí) je odhadnuta na 24,93 %, tj. 91 dnů za rok.

3.3 Lokalizace zdroje

Hodnocený úsek komunikace I/35 Mohelnice - Studená Loučka ve dvou výpočetních variantách se nachází ve střední části České republiky. Silnice se nachází v Olomouckém kraji, okres Šumperk.

Jedná se o komunikaci krajského významu, spojující města jako Hradec Králové a Olomouc. V některých publikacích bývá silnice označována jako tzv. „severní tepna“ spojující západní část republiky s východem. Velký význam má pro nákladní dopravu vzhledem ke stále přetíženejší alternativě v dálnici D1.



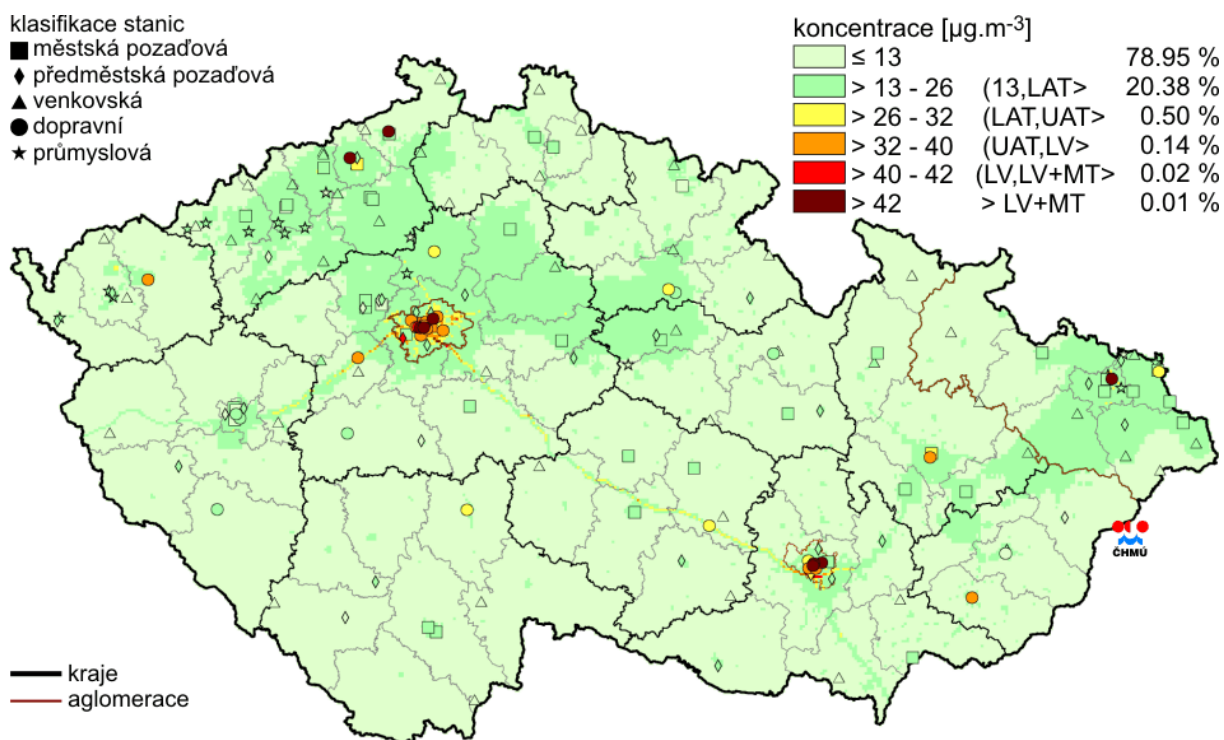
Obrázek č. 11 Lokalizace zdroje

3.4 Imisní charakteristika lokality

Imisní charakteristiky vybraných znečišťujících látek nejsou v předmětné lokalitě monitorovány (měřeny). Z tohoto důvodu jsou pro stanovení imisního pozadí lokality použity grafické ročenky Českého hydrometeorologického ústavu z roku 2009. Grafické ročenky stanovují imisní zátěž celé České republiky na základě měřených veličin a modelování v oblastech vzdálených od monitorovacích míst. Sestavují se vždy za předcházející rok na základě údajů předešlého roku. Pro oxid uhelnatý (CO) nelze z grafických ročenek relevantně stanovit imisní pozadí 8mi hodinových koncentrací.

Tabulka č. 31 Přehled použitých zkratk

36MV	36. nejvyšší hodnota v kalendářním roce pro daný časový interval
X	roční aritmetický průměr

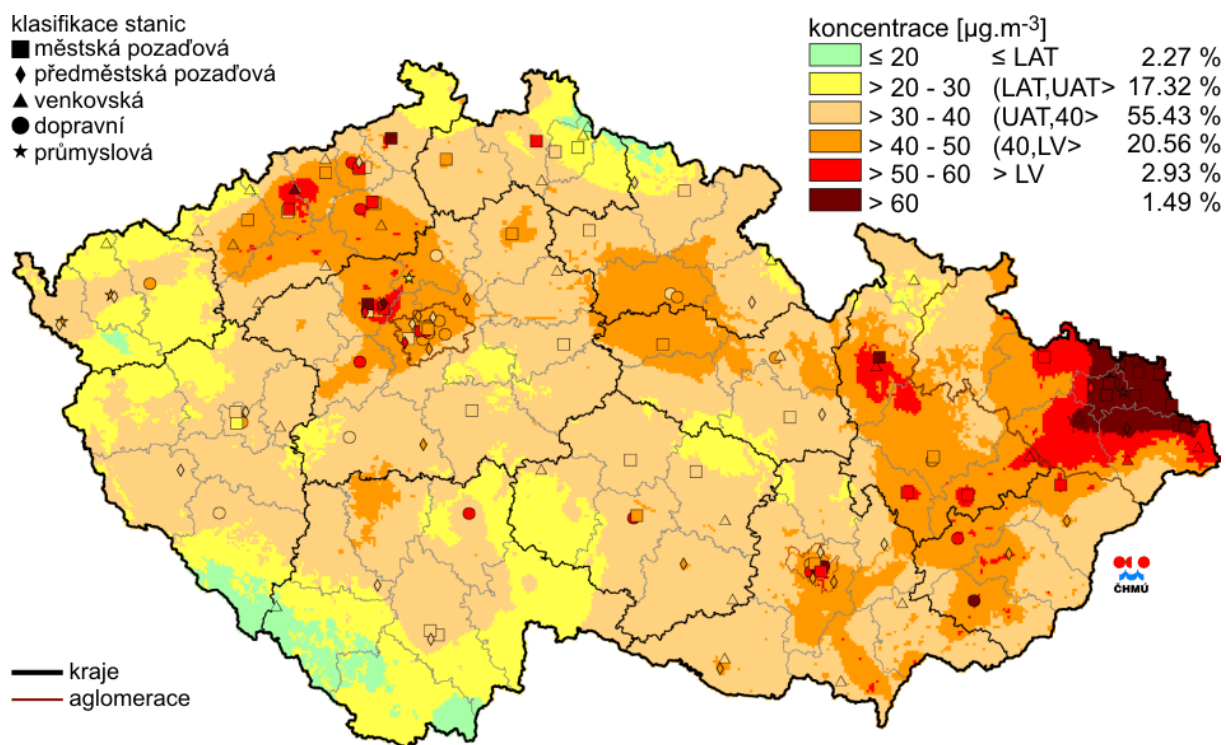
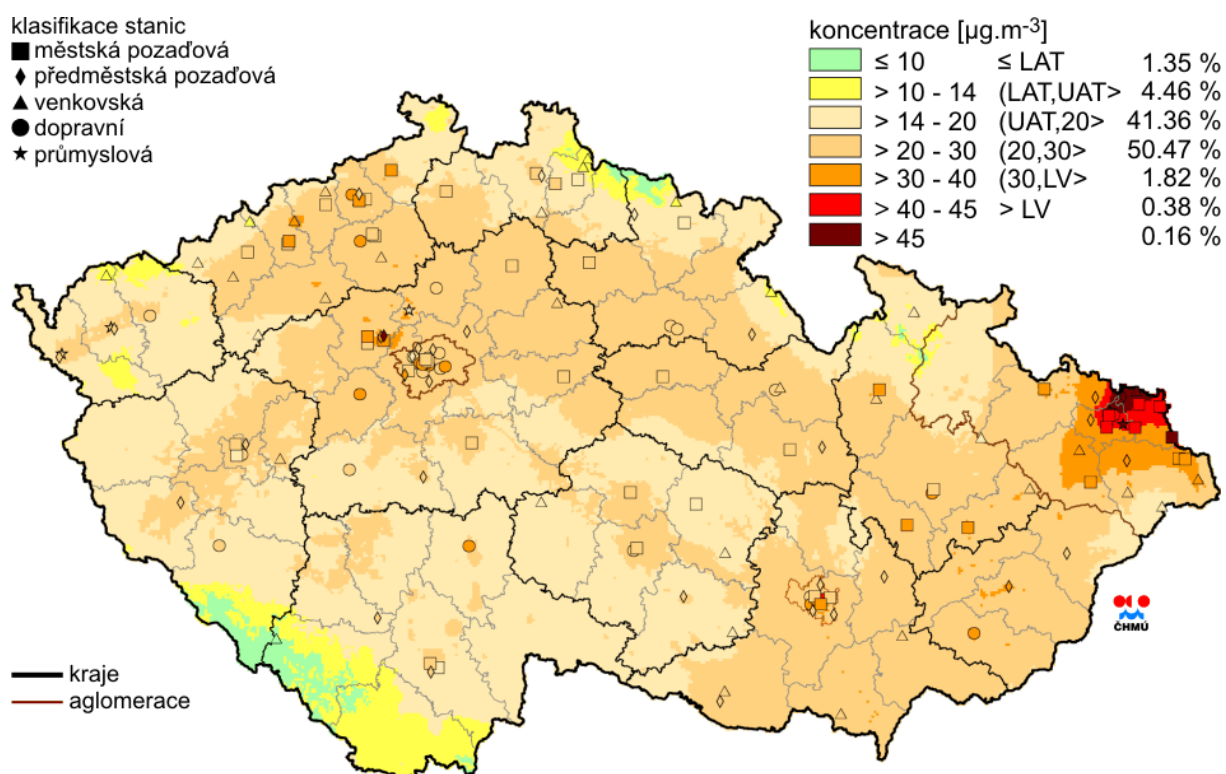


Pole roční průměrné koncentrace NO_2 v roce 2009

Obrázek č. 12 Pole roční průměrné koncentrace NO_2 v roce 2009 [20]Tabulka č. 32 Imisní charakteristiky oxidu dusičitého (NO_2) [20]

Znečišťující látka	Oxid dusičitý (NO_2)	
Rok	2009	
Lokalita	Mohelnice	
Roční aritmetický průměr	X	$[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ ≤ 13

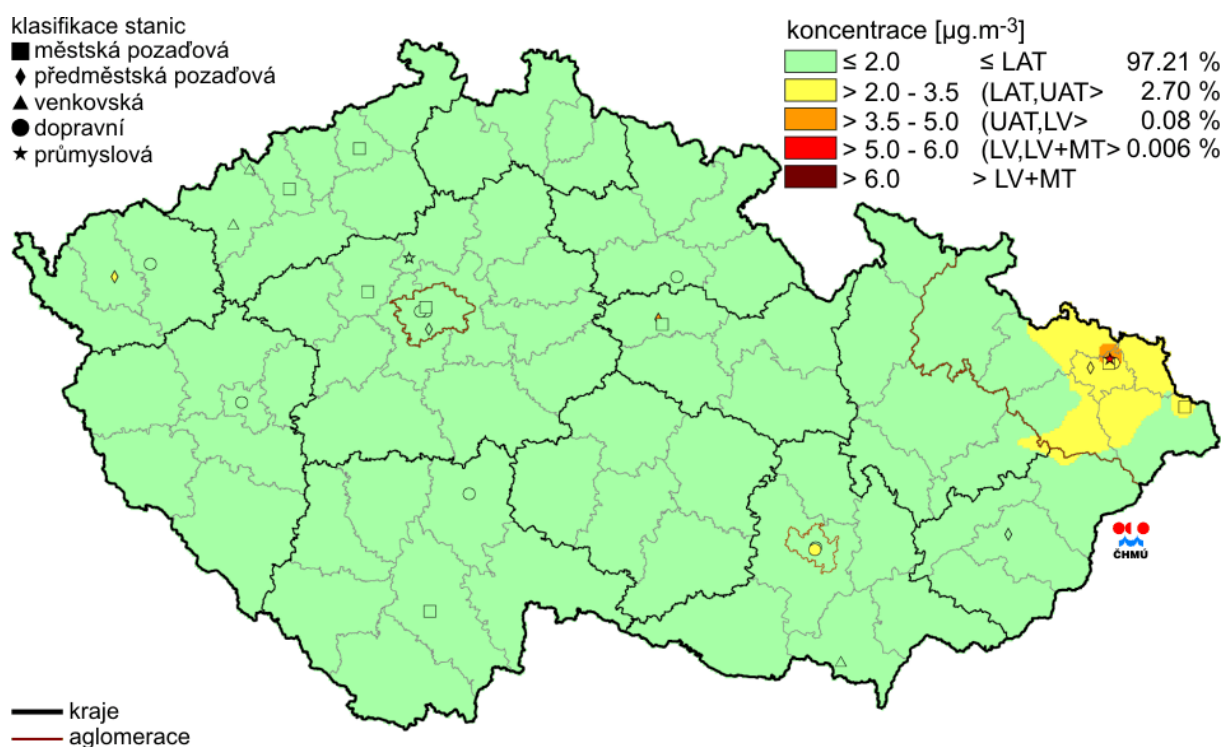
Z tabulky č. 32 a obrázku č. 12 vyplývá, že v předmětné lokalitě roční průměrné koncentrace oxidu dusičitého nepřekračují hodnotu $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Pole 36. nejvyšší 24hod. koncentrace PM_{10} v roce 2009Obrázek č. 13 Pole 36. nejvyšší 24 hod. koncentrace PM_{10} v roce 2009 [20]Pole roční průměrné koncentrace PM_{10} v roce 2009Obrázek č. 14 Pole roční průměrné koncentrace PM_{10} v roce 2009 [20]

Tabulka č. 33 Imisní charakteristiky prachových částic frakce PM₁₀ [20]

Znečišťující látka		Prachové částice frakce PM ₁₀
Rok		2009
Lokalita		Mohelnice
36. nejvyšší denní hodnota	36 MV [μg/m ³]	40 - 50
Roční aritmetický průměr	X [μg/m ³]	20 - 30

Z uvedené tabulky č. 33 a obrázků č. 13 a 14 vyplývá, že 36. nejvyšší denní koncentrace prachových částic frakce PM₁₀ se pohybuje v rozmezí 40 - 50 μg/m³. Roční průměrné koncentrace PM₁₀ se pohybují v předmětné lokalitě v rozmezí 20 - 30 μg/m³.



Pole roční průměrné koncentrace benzenu v ovzduší v roce 2009

Obrázek č. 15 Pole roční průměrné koncentrace benzenu v ovzduší v roce 2009 [20]

Tabulka č. 34 Imisní charakteristiky benzenu (C₆H₆) [20]

Znečišťující látka		Benzen (C ₆ H ₆)
Rok		2009
Lokalita		Mohelnice
Roční aritmetický průměr	X [μg/m ³]	≤ 2

Z tabulky č. 34 a obrázku č. 15 vyplývá, že v předmětné lokalitě roční průměrné koncentrace benzenu nepřekračují hodnotu $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Předmětná lokalita není oblastí se zhoršenou kvalitou ovzduší, tj. území v rámci zóny nebo aglomerace, kde je překročena hodnota imisního limitu u jedné nebo více znečišťujících látek, na základě vymezení Ministerstva životního prostředí ve věstníku MŽP č. 4/2010.

4. METODIKA VÝPOČTU

4.1 Metoda, typ modelu

4.1.1 Současný stav modelování znečištění ovzduší

Metody modelování znečištění ovzduší jsou ukotveny v nařízení vlády č. 597/2006 Sb., o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší. V příloze č. 6 bodu 2 nařízení vlády č. 597/2006 Sb. jsou uvedeny tzv. referenční metody pro modelování, které slouží jako porovnávací modely pro verifikaci jiných metod než zde uvedených.

Tabulka č. 35 Referenční metody pro modelování dle nařízení vlády č. 597/2006 Sb. [21]

Název modelu	Oblast použití	Velikost výpočetní oblasti	Určen pro znečišťující látky
SYMOS'97	Venkovské oblasti (bodové, plošné a mobilní zdroje znečišťování ovzduší)	do 100 km od zdroje znečišťování ovzduší	SO ₂ , NO _x , CO, PM ₁₀ , PM _{2,5} a další méně reaktivní látky (např. benzen)
ATEM	Městské oblasti nad úrovní střech budov (bodové, plošné a mobilní zdroje znečišťování ovzduší)	do 100 km od zdroje znečišťování ovzduší	SO ₂ , NO _x , CO, PM ₁₀ , PM _{2,5} a další méně reaktivní látky (např. benzen)
AEOLIUS	Městské oblasti v uličních kaňonech (mobilní zdroje znečišťování ovzduší)	jednotlivé ulice	znečišťující látky emitované mobilními zdroji

4.1.2 Výběr metody modelování

Výpočet příspěvků k imisním koncentracím byl proveden pomocí výpočtového programu SYMOS'97 verze 2006 dle metodiky schválené Ministerstvem životního prostředí vydané 15. dubna 1998 ve věstníku Ministerstva životního prostředí č. 3/1998 jako Metodický pokyn odboru ochrany ovzduší MŽP výpočtu znečištění z bodových a mobilních zdrojů „SYMOS'97“ - Systém modelování stacionárních zdrojů [17].

Metodika výpočtu znečištění ovzduší vychází z nejnovějších dostupných poznatků získaných domácím i zahraničním výzkumem, navazuje na dříve vydanou publikaci „Metodika výpočtu znečištění ovzduší pro stanovení a kontrolu technických parametrů zdrojů“, kterou v roce 1979 vydalo tehdejší Ministerstvo lesního a vodního hospodářství ČSR, a podstatným způsobem ji rozšiřuje [17].

Metodika výpočtu znečištění ovzduší umožňuje

- výpočet znečištění ovzduší plynnými látkami a prachem z bodových, liniových a plošných zdrojů

- výpočet znečištění od většího počtu zdrojů
- stanovit charakteristiky znečištění v husté geometrické síti referenčních bodů a připravit tímto způsobem podklady pro názorné kartografické zpracování výsledků výpočtů
- brát v úvahu statistické rozložení směru a rychlosti větru vztažené ke třídám stability mezní vrstvy ovzduší podle klasifikace Bubníka a Koldovského
- odhad koncentrace znečišťujících látek při bezvětří a pod inverzní vrstvou ve složitém terénu .

Pro každý referenční bod umožňuje metodika výpočet těchto základních charakteristik znečištění ovzduší

- maximální možné krátkodobé (hodinové) hodnoty koncentrací znečišťujících látek, které se mohou vyskytnout ve všech třídách rychlosti větru a stability ovzduší
- maximální možné krátkodobé (hodinové) hodnoty koncentrací znečišťujících látek bez ohledu na třídu stability a rychlost větru
- maximální možné denní hodnoty koncentrací znečišťujících látek, které se mohou vyskytnout ve všech třídách rychlosti větru a stability ovzduší
- roční průměrné koncentrace
- doba trvání koncentrací převyšujících určité předem zadané hodnoty (např. imisní limity).

Jako doplňkové charakteristiky je podle metodiky možno

- stanovit výšku komína s ohledem na splnění imisních limitů
- stanovit podíl zdrojů znečištění ovzduší na celkovém znečištění do vzdálenosti 100 km od zdrojů
- stanovit doby překročení zvolených koncentrací pro zdroj se sezónně proměnnou emisí
- vypočítat spad prachu
- vyhodnotit rozptyl exhalací vypouštěných chladícími věžemi

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) [17].

Základních rovnic modelu rovněž nelze použít pro výpočet znečištění **pod inverzní vrstvou ve složitém terénu a při bezvětří**. Pro tento účel je nutno použít postupů uvedených v doplňku k Metodickém pokynu odboru ochrany ovzduší MŽP ČR - Výpočet znečištění z bodových a mobilních zdrojů „Symos’97“ [17].

Výpočet přízemní koncentrace plynné znečišťující látky z liniového zdroje

Při výpočtu koncentrací znečišťujících látek šířících se z liniové zdroje postupujeme tak, že liniový zdroj rozdělíme na dostatečný počet délkových elementů o délce strany y_0 . Koncentraci vypočítáme od každého z nich a pak sečteme [17].

Základní rovnice pro výpočet příspěvku jednoho elementu přízemní koncentraci plynné znečišťující látky exhalované z liniového stacionárního zdroje má tvar [17]

$$c_E = \frac{10^6 \cdot M_L \cdot y_0}{2 \cdot \pi \cdot (\sigma_y + \sigma_{y0}) \cdot (\sigma_z + \sigma_{z0}) \cdot u_{h1}} \cdot \exp\left(\frac{-y_L^2}{2 \cdot (\sigma_y + \sigma_{y0})^2}\right) \cdot \exp\left(-k_u \cdot \frac{x_L}{u_{h1}}\right) \cdot K_h \cdot \left[(1 + \vartheta) \cdot \exp\left(-\frac{(z - h_1)^2}{2 \cdot (\sigma_z + \sigma_{z0})^2}\right) + (1 - \vartheta) \cdot \exp\left(-\frac{(|z| + h_1)^2}{2 \cdot (\sigma_z + \sigma_{z0})^2}\right) \right]$$

kde M_L - délková intenzita emise znečišťující látky [$\text{g} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$]

y_0 - délka elementu liniové zdroje [m]

σ_y - příčný horizontální rozptylový parametr [m]

σ_{y0} - počáteční příčný horizontální rozptylový parametr pro liniový zdroj [m]

u_{h1} - rychlost větru ve výšce h_1 [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

y_L - vzdálenost referenčního (uzlového) bodu od zdroje ve směru kolmém na směr větru [m]

k_u - koeficient odstraňování, zahrnující suchou a mokrou depozici a chemické transformace [s^{-1}]

K_h - koeficient zeslabení vlivu nízkých zdrojů na referenční body ve větších nadmořských výškách [-]

ϑ - koeficient vlivu terénu [-]

z - převýšení referenčního bodu nad patou komína (výduchu) [m]

h_1 - efektivní výška zdroje po provedení všech korekcí [m]

Výpočet přízemní koncentrace pevné znečišťující látky z liniového zdroje

Základní rovnice pro výpočet příspěvku jednoho elementu přízemní koncentraci prachu exhalovaného z liniového stacionárního zdroje má tvar [17]

$$c = \frac{10^6 \cdot M_L \cdot y_0}{2 \cdot \pi \cdot (\sigma_y + \sigma_{y0}) \cdot (\sigma_z + \sigma_{z0}) \cdot u_{h1}} \cdot \exp\left(\frac{-y_L^2}{2 \cdot (\sigma_y + \sigma_{y0})^2}\right) \cdot K_h \cdot \sum_{i=1}^{r_c} \frac{\alpha_{pi}}{100} \cdot \left[\exp\left(-\frac{(z - (h_1 - h_{gi}))^2}{2(\sigma_z + \sigma_{z0})}\right) + \vartheta \cdot \exp\left(-\frac{(z - (h_1 + h_{gi}))^2}{2 \cdot (\sigma_z + \sigma_{z0})^2}\right) + (1 - \vartheta) \cdot \exp\left(-\frac{(z + (h_1 + h_{gi}))^2}{2 \cdot (\sigma_z + \sigma_{z0})^2}\right) \right]$$

kde α_{pi} - zastoupení jednotlivých prašných frakcí v závislosti na průměru prašných částic d [%]
 h_{gi} - pokles efektivní výšky zdroje vlivem pádové rychlosti prašných částic pro velikost částic o průměru d [m]

Zahrnutí depozice a transformace znečišťujících látek

Znečišťující látky v atmosféře se podrobují různým procesům, jejichž přičiněním jsou z atmosféry odstraňovány. Jedná se buď o chemické procesy, při nichž se látky, často katalytickou reakcí, mění na jinou, čímž dochází k úbytku původní příměsi, nebo o fyzikální procesy. Ty se dále dělí podle způsobu jakým jsou příměsi odstraňovány na suchou a mokrou depozici. Suchá depozice je zachytávání plynné nebo pevné látky na zemském povrchu, mokrá depozice je vymývání těchto látek padajícími srážkami. V následující tabulce č. 36 jsou uvedeny koeficienty odstraňování pro jednotlivé kategorie znečišťujících látek [17]

Tabulka č. 36 Hodnoty koeficientu odstraňování k_u [17]

třída	příklad vybraných znečišťujících látek	průměrná doba setrvání v ovzduší	koeficient odstraňování k_u [s ⁻¹]
I	sirovodík chlorovodík peroxid vodíku dimetyl sulfid	20 hodin	$1,39 \times 10^{-5}$
II	oxid siřičitý oxid dusnatý oxid dusičitý amoniak sirouhlík formaldehyd	6 dní	$1,93 \times 10^{-6}$
III	oxid dusný oxid uhelnatý oxid uhličitý metan	2 roky	$1,59 \times 10^{-8}$

	vyšší uhlovodíky metyl chlorid karbonyl sulfid		
--	--	--	--

4.1.3 Hodnocení zdravotních rizik

Riziko

- Pravděpodobnost, že za určitých podmínek dojde za určitou dobu k určitému jevu.
- Riziko pro lidské zdraví, plynoucí ze životního prostředí, je pravděpodobnost vzniku poranění, onemocnění nebo smrti vlivem expozice škodlivým faktorům prostředí [22, 23, 24].

Hodnocení zdravotních rizik se využívá k odvození doporučených hodnot resp. přípustných hodnot. Riziko se kategorizuje s následnými návrhy preventivních opatření.

Hodnocení zdravotních rizik lze vyjádřit ve čtyřech krocích [22, 23, 24]:

1. určení nebezpečnosti látky,
2. určení vztahu expozice / účinek,
3. vyhodnocení expozice,
4. charakterizace rizika,
5. analýza nejistot.

Určení nebezpečnosti látky

Nebezpečnost je vlastnost látky působit nepříznivě na lidské zdraví. Určuje se experimenty na zvířatech (především myších a krysách), z epidemiologických studií, ze studií na buněčných systémech a dobrovolnících [22, 23, 24].

Nebezpečnost určitých látek je uvedena v toxikologických databázích a odborné literatuře (např. WHO, US EPA, IRZ atd.). Musí být uveden popis kvality a závažnosti důkazů, které podporují obavy z poškození zdraví.

Určení vztahu expozice / účinek

Základními zdroji dat pro určení vztahu mezi expozicí a účinkem jsou epidemiologická data a experimenty na zvířatech, přičemž účinky na lidské zdraví se dělí do dvou kategorií a to na látky s prahovým a bezprahovým účinkem. Předpoklad existence prahového účinku je u látek, které nejsou podezřelé z účasti na karcinogenním působení. Za látky s bezprahovým účinkem jsou považovány látky podezřelé z karcinogenity pro člověka [22, 23, 24].

1. **Látky s prahovým účinkem** - škodlivý účinek se projeví teprve po překročení určité prahové expozice. Cílem hodnocení zdravotních rizik je najít horní hranici úrovně expozice, při které není pozorována žádná nepříznivá odpověď (NOAEL - No Observed Adverse Effect Level). Místo NOAEL bývá používána i hodnota LOAEL (Lowest Observed Adverse Effect Level), která charakterizuje nejnižší úroveň expozice, při které je ještě pozorována nepříznivá odpověď. Pro stanovení referenční dávky se používá RfC (referenční koncentrace), která je odvozena z NOAEL (LOAEL) pomocí faktorů nejistoty UF a modifikačních faktorů MF [22, 23, 24]:

$$RfC = NOAEL (LOAEL) / (UF \times MF)$$

kte RfC - referenční koncentrace (denní), která při celoživotním příjmu pravděpodobně nezpůsobí poškození zdraví [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

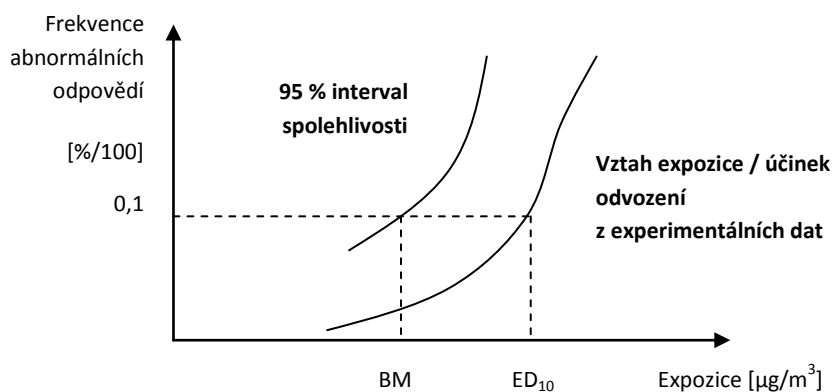
NOAEL - nejvyšší expozice, při které není pozorována žádná nepříznivá odpověď [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

LOAEL - nejnižší expozice, při které je ještě pozorována nepříznivá odpověď [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

UF - faktor nejistoty (upravuje rozdíly mezi individuální citlivostí, nejistoty při extrapolaci údajů o zvířatech na lidi aj.) [-]

MF - modifikační faktor (odráží odborný posudek stupně vědeckého poznání)

Benchmark dose - oproti metodě s NOAEL (LOAEL) zohledňuje celý tvar závislostní křivky expozice / účinek a nikoliv pouze jediný bod. V tomto případě je tedy nutné pomocí vhodného matematického modelu proložit experimentální data nejlepším odhadem křivky závislosti expozice / účinek. Benchmark dose je úroveň expozice (hodnota) odpovídající dolnímu okraji horního 95 % intervalu spolehlivosti a hraniční úrovně odpovědi jedinců (obvykle 5 % nebo 10 % - ED₅ nebo ED₁₀). Výhodou benchmark dose je použití intervalu spolehlivosti zohledňující statistickou sílu studie a kvalitu dat [22, 23, 24].



Obrázek č. 16 Benchmark dose

2. **Látky s bezprahovým účinkem** - účinky se projeví již v nejmenší úrovni expozice, se stoupající úrovní expozice stoupá pravděpodobnost účinku. V podstatě neexistuje koncentrace látky, která by nezpůsobovala biologickou odezvu. Charakterizujícím parametrem je faktor směrnice vztahu expozice / účinek v oblasti nízkých dávek (extrapolace účinku v oblasti nízkých dávek - Cancer Slope Factor - CSF). Je definován jako horní okraj intervalu spolehlivosti směrnice lineárního vztahu mezi dávkou (expozicí) a účinkem, odvozený extrapolací z prokázaného vztahu dávky (expozice) a účinku do oblasti nízkých dávek. Zjednodušeně lze použít také jednotku karcinogenního rizika (Unit Cancer Risk - UCR), která je vztažena ke koncentraci karcinogenní látky v ovzduší [22, 23, 24].

Vyhodnocení expozice

Hodnocení expozice spočívá v odhadu dávky pro jednotlivce. Odhad lze získat měřením koncentrace látky tam, kde expozici dochází (vnější expozice, nabídnutá, dostupná), biologickým monitoringem (detekce látky v organismu) a modelováním distribuce (rozptylu) látky v prostředí. Současně se musí provést charakterizace exponované populace, jelikož jednotlivé skupiny jedinců jsou rozdílně náchylní k expozici látky [22, 23, 24]:

- populace v riziku vyšší expozice - výrobci, spotřebitelé atd.
- populace s vyšší vnímavostí k agens - novorozenci, kojenci, malé děti, gravidní ženy, staří a nemocní lidé atd.

Charakterizace rizika

Charakterizace rizika spočívá v určení pravděpodobnosti, že v dané populaci (nebo u individua) dojde k projevům účinků sledované látky. Při charakterizaci rizika je třeba rozlišovat, zda se jedná o látku s prahovým nebo bezprahovým účinkem [22, 23, 24].

1. **Látky s prahovým účinkem** - vychází se z referenční dávky (koncentrace) RfC. Mírou rizika je tzv. „kvocient nebezpečnosti (HQ)“, který představuje poměr zjištěné expozice látky k expozici považované za ještě bezpečnou (RfC). V případě současně se vyskytujících látek s podobným systémovým toxickým účinkem je stanoven tzv. „index nebezpečnosti (HI)“, který je vlastně součtem kvocientů nebezpečnosti [22, 23, 24].

$$HQ (HI) = \text{zjištěná expozice} / \text{referenční koncentrace}$$

Jeli kvocient nebo index nebezpečnosti vyšší než 1, nastává teoreticky riziko toxického účinku. V některých literaturách bývá HG (HI) větší než 4 označováno za havarijní situaci.

2. **Látky s bezprahovým účinkem** - míra rizika je vyjadřována jako celoživotní vzestup pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění (Individual Lifetime Cancer Risk - ILCR) u jedince z exponované populace. ILCR reprezentuje teoretický počet statisticky předpokládaných případů nádorového onemocnění na deklarovaný počet exponovaných osob. Za ještě únosnou míru karcinogenního rizika je v USA a zemích Evropské unie považována hodnota $ILCR = 1 \times 10^{-6}$, tj. zvýšení individuálního celoživotního rizika onemocnění rakovinou o 1 případ na 1 000 000 exponovaných osob. Hodnota ILCR se vypočítá při znalosti UCR následovně [22, 23, 24]:

$$ILCR = \text{zjištěná expozice} \times UCR$$

4.2 Referenční body

Rozlišují se dva typy referenčních bodů:

1. referenční body (uzlové body) v síti bodů,
2. referenční body v nepravidelné síti bodů.

Vypočtené příspěvky k imisním koncentracím znečišťujících látek závisí mimo jiné na tvaru terénu mezi zdrojem a referenčním bodem. Z tohoto důvodu je nutné volit dostatečně hustou síť referenčních bodů, která postihuje všechny podstatné terénní útvary v předmětné lokalitě.

Referenční body umístěné v nepravidelné síti bodů reprezentují obytné zástavby nebo významná místa v předmětné lokalitě.

V následující tabulce č. 37 jsou uvedeny parametry husté sítě referenčních bodů, která postihuje terénní útvary v předmětné lokalitě. Ze sítě bodů byly odstraněny vybrané uzlové body pro zachování stability výpočtu charakteristik znečištění ovzduší (výpočet nepravého maxima) z liniových zdrojů (dodržení podmínek maximální délky strany délkového elementu y_0) [17].

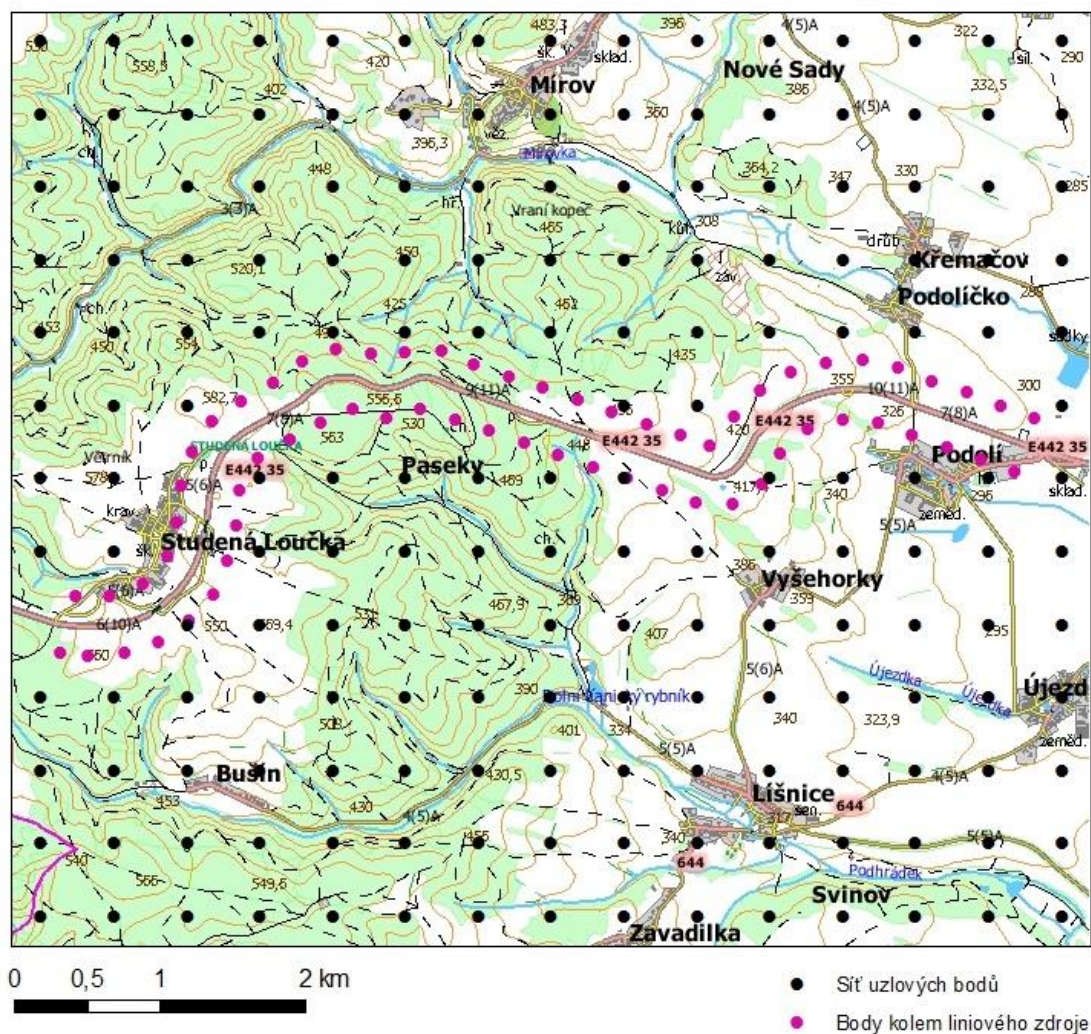
Výpočtem imisních příspěvků pouze v síti uzlových bodů nelze co nejreálněji namodelovat imise pocházející z liniových zdrojů, neboť jsou body různě vzdáleny od zdroje. Z tohoto důvodu bylo ve vzdálenosti 200 m podél hodnocené komunikace umístěno dalších 66 referenčních bodů s krokem 250 m, které přispějí k věrohodnějším výsledkům výpočtu.

Tabulka č. 37 Parametry geometrické (pravidelné) sítě referenčních bodů

Osa		x	y
Souřadnice počátečního bodu	[m]	-577100	-1101600
Vzdálenost bodů od sebe	[m]	500	500

Počet bodů v ose	[-]	15	13
Celkový počet bodů	[-]	247 (včetně bodů podél liniového zdroje)	
Zájmové území	[m]	7000 x 6000	
Celková plocha	[m ²]	42 000 000	

Síť uzlových bodů a bodů kolem liniového zdroje



Obrázek č. 17 Síť uzlových bodů a bodů kolem liniového zdroje [12]

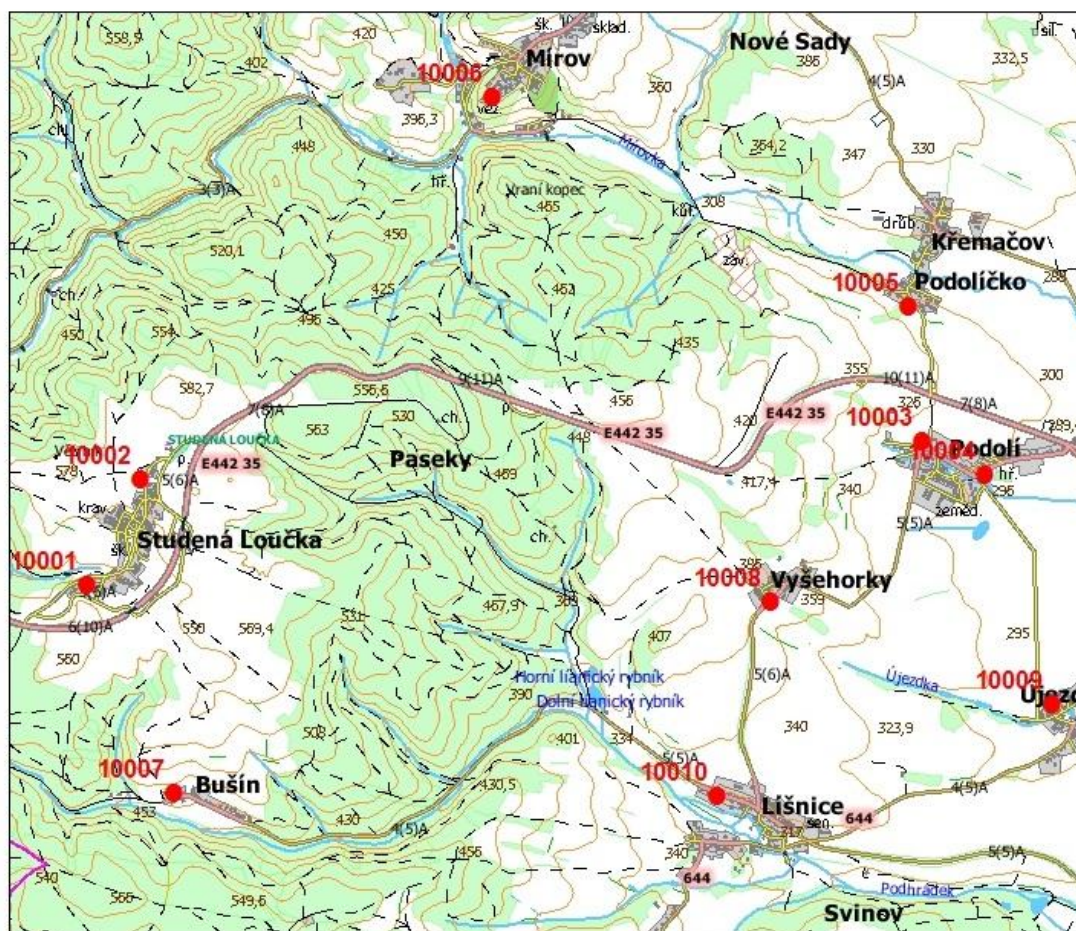
Příspěvky k imisní koncentraci znečišťujících látek pro vybrané referenční body reprezentující obytné zástavby v předmětné lokalitě jsou uvedeny v tabulce č. 38, kde

x_r, y_r	poloha referenčního bodu ve zvolené souřadné síti	[m]
z_r	nadmořská výška terénu v místě referenčního bodu	[m]
l	výška referenčního bodu nad povrchem země	[m]

Tabulka č. 38 Referenční body reprezentující obytné zástavby v předmětné lokalitě

Číslo referenčního bodu	Název referenčního bodu	x_r m	y_r m	z_r m	l m
10001	Obytná zástavba Studená Loučka 1	-576597,0	-1099329,8	534,1	1,5
10002	Obytná zástavba Studená Loučka 2	-576246,7	-1098638,3	563,6	1,5
10003	Obytná zástavba Podolí 1	-571175,8	-1098389,4	313,2	1,5
10004	Obytná zástavba Podolí 2	-570760,8	-1098610,6	299,0	1,5
10005	Obytná zástavba Podolíčko	-571258,7	-1097513,5	309,0	1,5
10006	Obytná zástavba Mírov	-573960,2	-1096158,3	405,9	1,5
10007	Obytná zástavba Bušín	-576025,4	-1100675,9	467,3	1,5
10008	Obytná zástavba Vyšehorky	-572153,1	-1099431,3	371,9	1,5
10009	Obytná zástavba Újezd	-570327,5	-1100104,3	286,4	1,5
10010	Obytná zástavba Líšnice	-572503,4	-1100694,4	324,0	1,5

Referenční body



Obrázek č. 18 Referenční body [12]

4.3 Imisní limity

Imisní limity jsou stanoveny v příloze č. 1 nařízení vlády č. 597/2006 Sb., o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší. Všechny uvedené přípustné úrovně znečištění ovzduší pro plynné znečišťující látky se vztahují na standardní podmínky - objem přepočtený na teplotu 293,15 K a normální tlak 101,325 kPa. U všech přípustných úrovní znečištění ovzduší se jedná o aritmetické průměry [21].

V části A jsou imisní limity vyhlášené pro ochranu zdraví lidí, přípustné četnosti jejich překročení a meze tolerance.

Tabulka č. 39 Imisní limity vybraných znečišťujících látek a přípustné četnosti jejich překročení [21]

Znečišťující látka	Doba průměrování	Imisní limit	Přípustná četnost překročení za kalendářní rok
Oxid uhelnatý	maximální denní osmihodinový průměr ¹⁾	10 mg·m ⁻³	-
PM ₁₀	24 hodin	50 µg·m ⁻³	35
PM ₁₀	1 kalendářní rok	40 µg·m ⁻³	-

Poznámka: 1) Maximální denní osmihodinová průměrná koncentrace se stanoví posouzením osmihodinových klouzavých průměrů počítaných z hodinových údajů a aktualizovaných každou hodinu. Každý osmihodinový průměr se přiřadí ke dni ve kterém končí, to jest první výpočet je proveden z hodinových koncentrací během periody 17:00 předešlého dne a 01:00 daného dne. Poslední výpočet pro daný den se provede pro periodu od 16:00 do 24:00 hodin.

Tabulka č. 40 Imisní limity oxidu dusičitého a benzenu a přípustné četnosti jejich překročení [21]

Znečišťující látka	Doba průměrování	Imisní limit	Přípustná četnost překročení za kalendářní rok
Oxid dusičitý	1 hodina	200 µg·m ⁻³	18
Oxid dusičitý	1 kalendářní rok	40 µg·m ⁻³	-
Benzen	1 kalendářní rok	5 µg·m ⁻³	-

Tabulka č. 41 Meze tolerance imisních limitů oxidu dusičitého a benzenu [21]

Znečišťující látka	Doba průměrování	2006	2007	2008	2009
Oxid dusičitý	1 hodina	40 µg·m ⁻³	30 µg·m ⁻³	20 µg·m ⁻³	10 µg·m ⁻³
Oxid dusičitý	1 kalendářní rok	8 µg·m ⁻³	6 µg·m ⁻³	4 µg·m ⁻³	2 µg·m ⁻³
Benzen	1 kalendářní rok	4 µg·m ⁻³	3 µg·m ⁻³	2 µg·m ⁻³	1 µg·m ⁻³

4.4 Identifikace a charakterizace nebezpečnosti znečišťujících látek

Oxid dusičitý (NO₂)

Oxid dusičitý je dráždivý plyn červenohnědé barvy, štiplavě páchnoucí a silně oxidující. Je ze zdravotního hlediska nejvýznamnějším oxidem dusíku. Jeho význam jako stopového atmosférického plynu je dán nejen účinky na zdraví, ale ve vztahu k fotochemickému vzniku ozónu a globálním klimatickým změnám i jeho oxidačním působením a schopností absorbovat sluneční radiaci [25,26].

Pro charakterizaci akutního zdravotního rizika inhalace PM₁₀ lze vycházet ze závěrů Směrnice WHO pro kvalitu ovzduší v Evropě [25]. Nejzávažnějším účinkem je ovlivnění plicních funkcí a zvýšení reaktivity dýchacích cest, projevující se u zdravých osob při koncentracích nad 1880 µg/m³. U astmatiků byl pozorován vliv na plicní funkce při koncentracích 365 - 565 µg/m³. WHO (AQG) doporučuje pro 1 hodinové koncentrace směrnicovou hodnotu **GV = 200 µg/m³** [25].

I když dostupné podklady neumožňují spolehlivé stanovení doporučené roční průměrné koncentrace, je z dosavadních zjištění patrná potřeba chránit populaci před účinky dlouhodobé chronické expozice oxidu dusičitému. WHO proto převzala z „Environmental Health Criteria“ č. 188 z roku 1997 jako směrnicovou hodnotu průměrnou roční koncentraci **GV = 40 µg/m³**. Zdůrazňuje však přitom skutečnost, že nebylo možné stanovit úroveň koncentrace, která při dlouhodobé expozici prokazatelně neměla zdravotně nepříznivý účinek [25].

Oxid uhelnatý (CO)

Oxid uhelnatý je hořlavý a prudce jedovatý bezbarvý plyn bez zápachu, který je hlavním produktem nedokonalého spalování materiálů s obsahem uhlíku. Oxid uhelnatý vstupuje vdechováním (plicními sklípky) do krevního oběhu, kde se váže na krevní barvivo hemoglobin silněji než kyslík, který má být prostřednictvím hemoglobinu transportován organismem do orgánů a tkání. Malé koncentrace oxidu uhelnatého, které se mohou vyskytovat i běžně v ovzduší například ve městech, mohou způsobit vážné zdravotní potíže zejména lidem trpícím kardiovaskulárními chorobami (angina pectoris). Delší expozice zvýšeným koncentracím oxidu uhelnatého (>100 mg.m⁻³) v ovzduší může i zdravým lidem přinášet různé potíže jako sníženou pracovní výkonnost, sníženou manuální zručnost, zhoršenou schopnost studia a potíže s vykonáváním složitějších úkolů. V těhotenství může expozice malým dávkám oxidu uhličitého způsobit nižší porodní váhu novorozence. Při vyšších koncentracích, které se však v ovzduší běžně nevyskytují, je oxid uhelnatý přímo jedovatý. Otrava se projevuje hnědočerveným zabarvením kůže, následuje kóma, křeče a smrt.

Pro charakterizaci akutního zdravotního rizika inhalace PM_{10} lze vycházet ze závěrů Směrnice WHO pro kvalitu ovzduší v Evropě [25], která doporučuje pro 8mi hodinové koncentrace směrníkovou hodnotu 10 mg/m^3 .

Prachové částice frakce PM_{10}

K označování tuhých znečišťujících látek v ovzduší je používáno mnoho pojmů, které se překrývají, někdy vztahují ke způsobu vzorkování nebo k místu depozice v dýchacím traktu. Setkáváme se tak pojmy tuhé znečišťující látky (TZL), pevný aerosol, prašný aerosol, polévatý prach, v zahraniční literatuře pak suspendované částice (suspended particulate matter SPM), celkové suspendované částice (total suspended particles TSP), černý kouř (black smoke). V současné době se hlavní význam klade na zohlednění velikosti částic, která je rozhodující pro průnik a depozici v dýchacím traktu. Rozlišuje se tzv. torakální frakce s aerodynamickým průměrem částic do $10 \mu\text{m}$, která proniká pod hrtan do spodních dýchacích cest, označená jako PM_{10} a jemnější respirabilní frakce s aerodynamickým průměrem do $2,5 \mu\text{m}$ označená jako $PM_{2,5}$ pronikající až do plicních sklípků [25].

Pro charakterizaci akutního zdravotního rizika inhalace PM_{10} lze vycházet ze závěrů Směrnice WHO pro kvalitu ovzduší v Evropě [25]. Nejzávažnějším účinkem je ovlivnění nemocnosti a úmrtnosti, hlavně na respirační a kardiovaskulární onemocnění, prokázané v epidemiologických studiích. V této souvislosti WHO doporučuje pro průměrné 24 hodinové koncentrace cílovou směrníkovou hodnotu $GV = 50 \mu\text{g/m}^3$ [25].

Pro charakterizaci chronického zdravotního rizika inhalace PM_{10} lze vycházet ze závěrů Směrnice WHO pro kvalitu ovzduší v Evropě [25] založených na zvyšování celkové, kardiopulmonární a plicní nádorové úmrtnosti souvisejících s dlouhodobou expozicí $PM_{2,5}$. Směrníková hodnota průměrné roční expozice má hodnotu $GV = 20 \mu\text{g/m}^3$ (AQG) [25].

Benzen (C_6H_6)

Benzen je bezbarvá kapalina charakteristického aromatického zápachu, která se při pokojové teplotě rychle odpařuje. 1 ppm benzenu = $3,19 \mu\text{g/m}^3$. Benzen je obsažen v surové ropě a ropných produktech. Benzen může vstupovat do těla převážně inhalačně nebo orálně. Průnik kůží není tak nebezpečný, protože se většina benzenu rychle odpaří. Po expozici se benzen distribuuje do celého těla. Nejvyšší koncentrace se nacházejí v kostní dřeni, v orgánech s vysokým zásobením krví (játra, ledviny) a v tkáních s vysokým obsahem tuků (mozek). Akutní toxicita je způsobena přímo benzenem, příčinou chronické toxicity jsou spíše jeho metabolity [25].

Benzen primárně poškozují centrální nervovou soustavu, imunitní systém a krevetvorbu. Projevem otravy jsou závratě, bolesti hlavy, euforie a zmatenost. Může dojít až ke smrti z důvodu selhání

dýchání a srdeční arytmie. Chronická expozice poškozují červené i bílé krvinky a krevní destičky a může způsobit anemii. Projevuje se zvýšenou únavou, anorexií a krvácením z dásní, nosu, kůže a trávicího traktu. Chronická expozice také poškozují kostní dřeň. Poškození se po uplynutí latentní doby 5 – 15 let může projevit leukémií [25].

S ohledem na karcinogenní účinky, nestanovuje WHO doporučenou limitní hodnotu benzenu pro ovzduší a doporučuje vycházet z celospolečensky únosné míry karcinogenního rizika jednotlivých států. Pro UCR 6×10^{-6} odpovídá celospolečensky únosná míra karcinogenního populačního rizika (1×10^{-6}) roční průměrné koncentraci benzenu ve vnějším ovzduší $0,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [25].

Pro kvantifikaci karcinogenního rizika inhalační expozice benzenu v ovzduší byla použita dle WHO **UCR = 6×10^{-6}** [25].

5. VÝSTUPNÍ ÚDAJE

5.1 Typ vypočtených charakteristik

Vypočtenými charakteristikami znečištění ovzduší dle metody SYMOS'97 pomocí výpočtového programu SYMOS 97 verze 2006 jsou příspěvky k imisním koncentracím vybraných znečišťujících látek v podobě [17]:

- maximálních hodinových, případně 8mi hodinových, hodnot koncentrací znečišťujících látek, které se mohou vyskytnout ve všech třídách rychlosti větru a stability ovzduší,
- maximálních hodinových, případně 8mi hodinových, hodnot koncentrací znečišťujících látek bez ohledu na třídu stability a rychlost větru,
- maximálních denních hodnot koncentrací znečišťujících látek, které se mohou vyskytnout ve všech třídách rychlosti větru a stability ovzduší,
- ročních průměrných koncentrací,
- doby trvání koncentrací převyšujících určité předem zadané hodnoty (např. imisní limity).

5.2 Prezentace výsledků

V následujících tabulkách jsou uvedeny vypočtené maximální příspěvky znečišťujících látek.

Na následujících obrázcích je znázorněna grafická podoba příspěvků k imisním koncentracím oxidu dusičitého, oxidu uhelnatého, prachových částic frakce PM₁₀ a benzenu pro hodnoty vztažené k dobám průměrování dle nařízení vlády č. 597/2006 Sb.

5.2.1 OXID DUSIČITÝ (NO₂)

VARIANTA Č. 1

Tabulka č. 42 Příspěvky k imisní koncentraci NO₂

Doba koncentrací		Maximální hodinová	Maximální denní	Průměrná roční
SÍŤ UZLOVÝCH BODŮ				
Nejvyšší příspěvek	max c [μg/m ³]	129,7	97,2	4,339
Podíl imisního limitu	PIL [%]	65	-	11
REFERENČNÍ BODY REPREZENTUJÍCÍ OBYTNÉ ZÁSTAVBY A VÝZNAMNÁ MÍSTA				
Nejvyšší příspěvek	max c [μg/m ³]	107,1	79,2	2,394
Číslo referenčního bodu	-	10002	10002	10001
Podíl imisního limitu	PIL [%]	54	-	6

VARIANTA Č. 2Tabulka č. 43 Příspěvky k imisní koncentraci NO₂

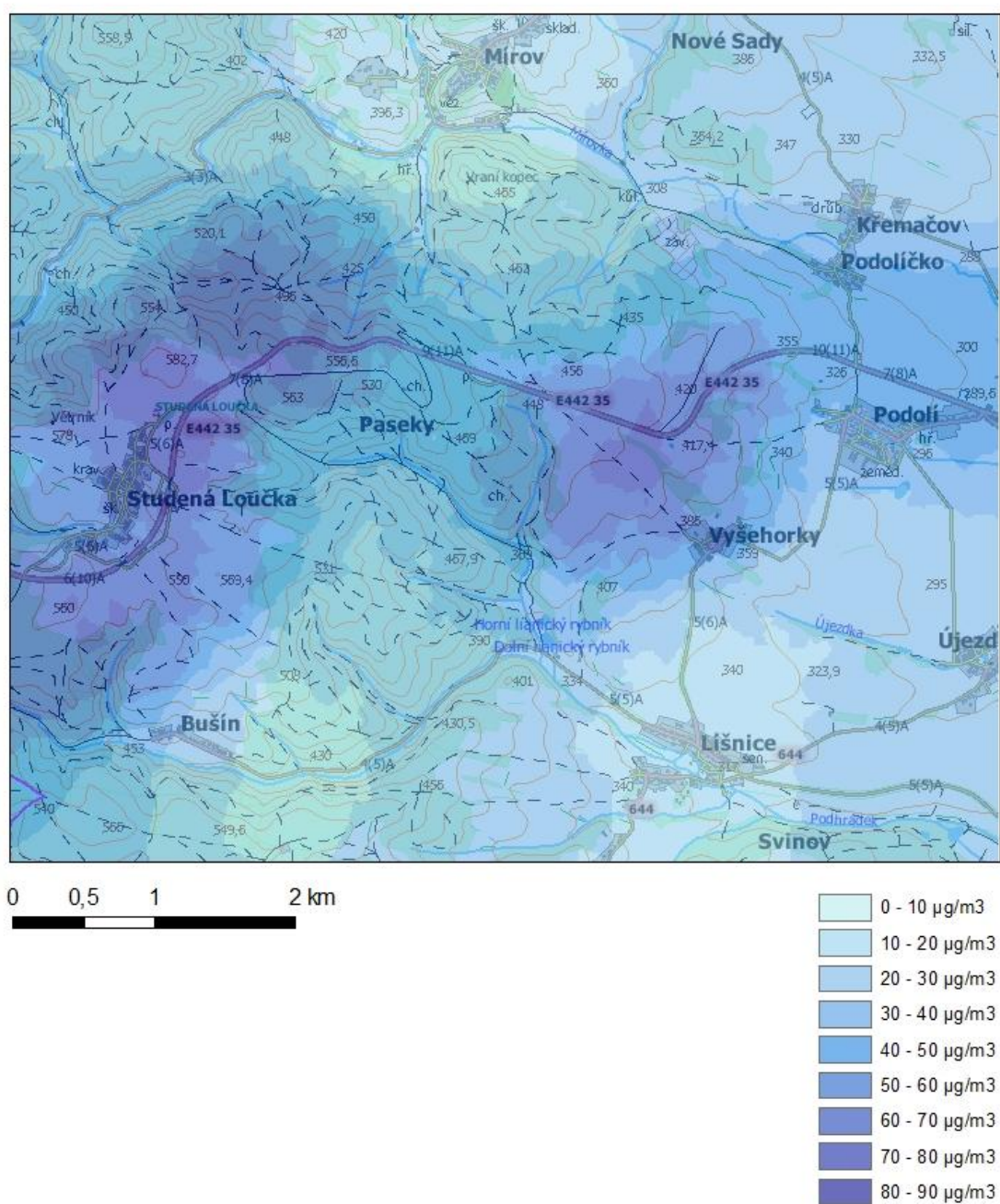
Doba koncentrací		Maximální hodinová	Maximální denní	Průměrná roční
SÍŤ UZLOVÝCH BODŮ				
Nejvyšší příspěvek	max c [µg/m ³]	16,7	12,5	0,560
Podíl imisního limitu	PIL [%]	8,4	-	1,4
REFERENČNÍ BODY REPREZENTUJÍCÍ OBYTNÉ ZÁSTAVBY A VÝZNAMNÁ MÍSTA				
Nejvyšší příspěvek	max c [µg/m ³]	13,8	10,2	0,310
Číslo referenčního bodu	-	10002	10002	10001
Podíl imisního limitu	PIL [%]	6,9	-	0,8

Tabulka č. 42 udává vypočtené příspěvky k imisní koncentraci oxidu dusičitého pro variantu č. 1, tj. pro aktuální dopravní proud na komunikaci I/35. V tabulce č. 43 jsou uvedeny imisní příspěvky pro variantu č. 2, která představuje provoz vozidel plnicích emisní úroveň EURO 4. V tabulkách je dále uvedena hodnota charakterizující imisní koncentraci jako procentuální podíl imisního limitu.

Na obrázcích č. 19 a 20 jsou znázorněny maximální hodinové příspěvky k imisní koncentraci oxidu dusičitého pro varianty č. 1 a 2 v grafické podobě. Z uvedených obrázků vyplývá snížení koncentrace NO₂ ve prospěch varianty č. 2 ve všech místech lokality, především v nejbližším okolí hodnocené komunikace.

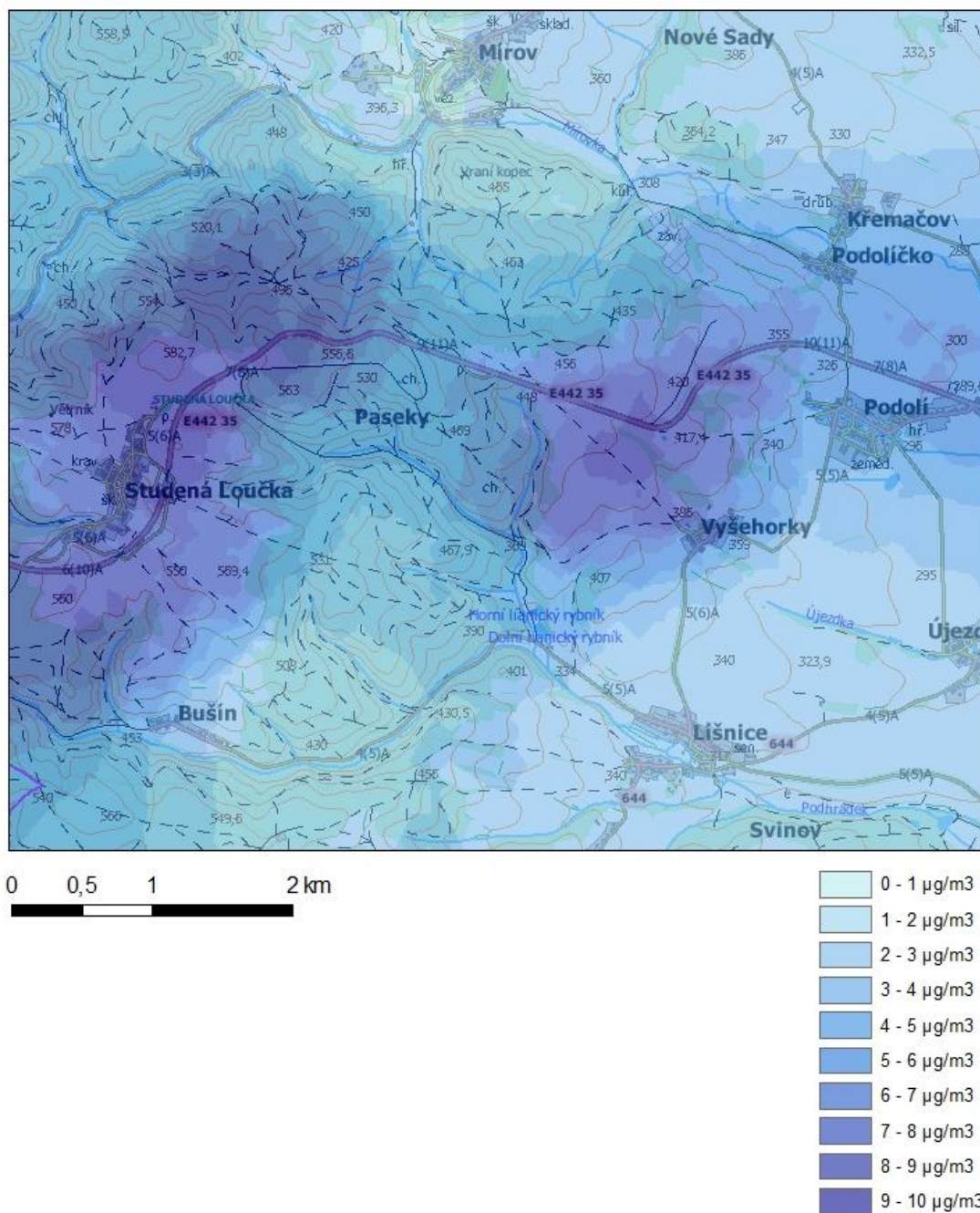
Na obrázcích č. 21 a 22 jsou znázorněny průměrné roční příspěvky k imisní koncentraci oxidu dusičitého pro varianty č. 1 a 2 v grafické podobě. Z uvedených obrázků vyplývá snížení koncentrace NO₂ ve prospěch varianty č. 2 ve všech místech lokality. Rozložení dlouhodobých koncentrací je závislé na odborném odhadu větrné růžice, tj. na tom odkud, resp. kam, vane vítr. Z tohoto důvodu mohou být nejvyšší imisní příspěvky krátkodobých a dlouhodobých koncentrací vypočítávány pro různé referenční body.

Varianta č. 1 Oxid dusičitý (NO₂) maximální hodinové koncentrace



Obrázek č. 19 Grafické znázornění maximálních hodinových příspěvků k imisní koncentraci NO₂ - varianta č. 1 [12]

Varianta č. 2 Oxid dusičitý (NO₂) maximální hodinové koncentrace

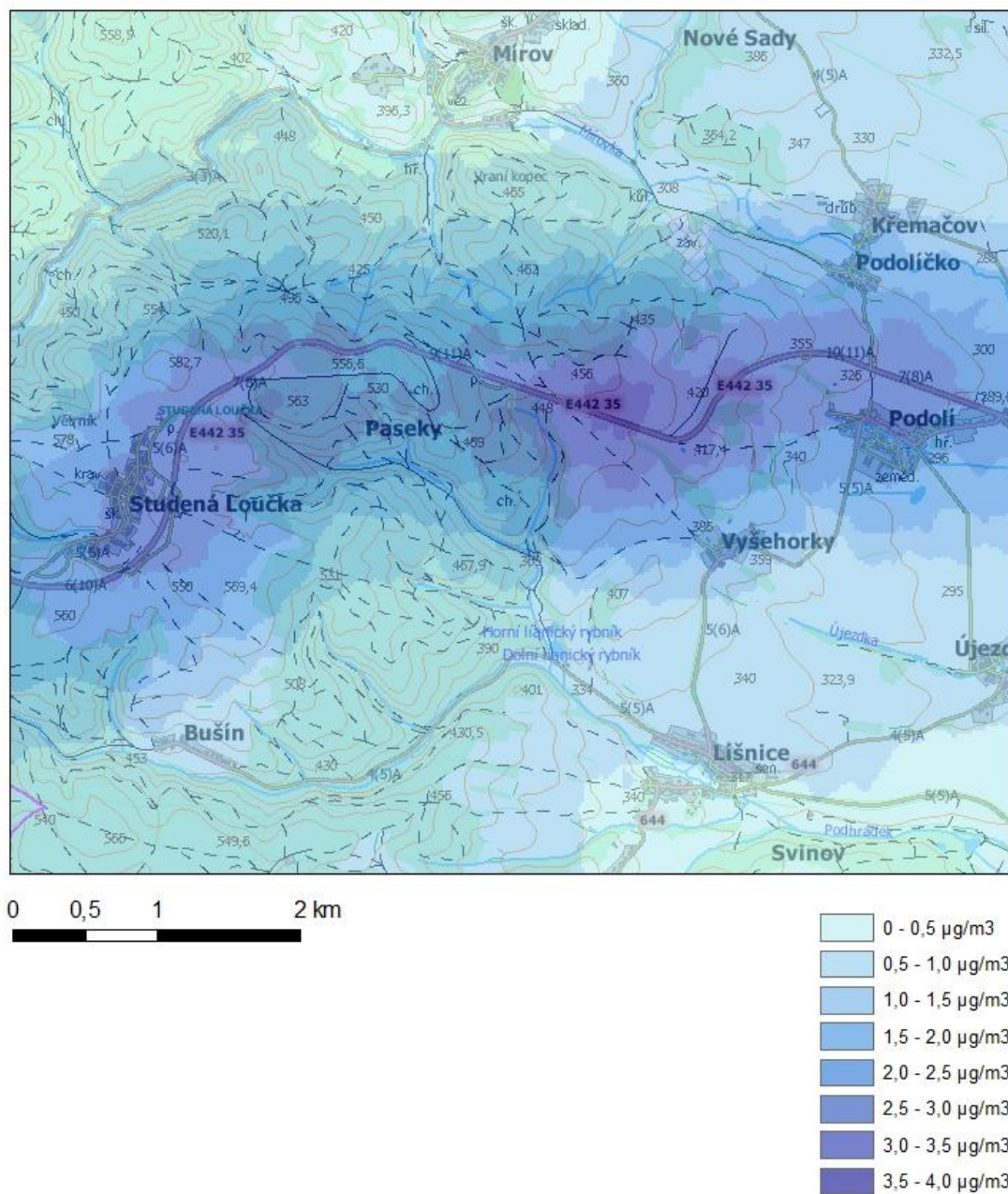


Obrázek č. 20 Grafické znázornění maximálních hodinových příspěvků k imisní koncentraci NO₂ - varianta č. 2 [12]

Varianta č. 1

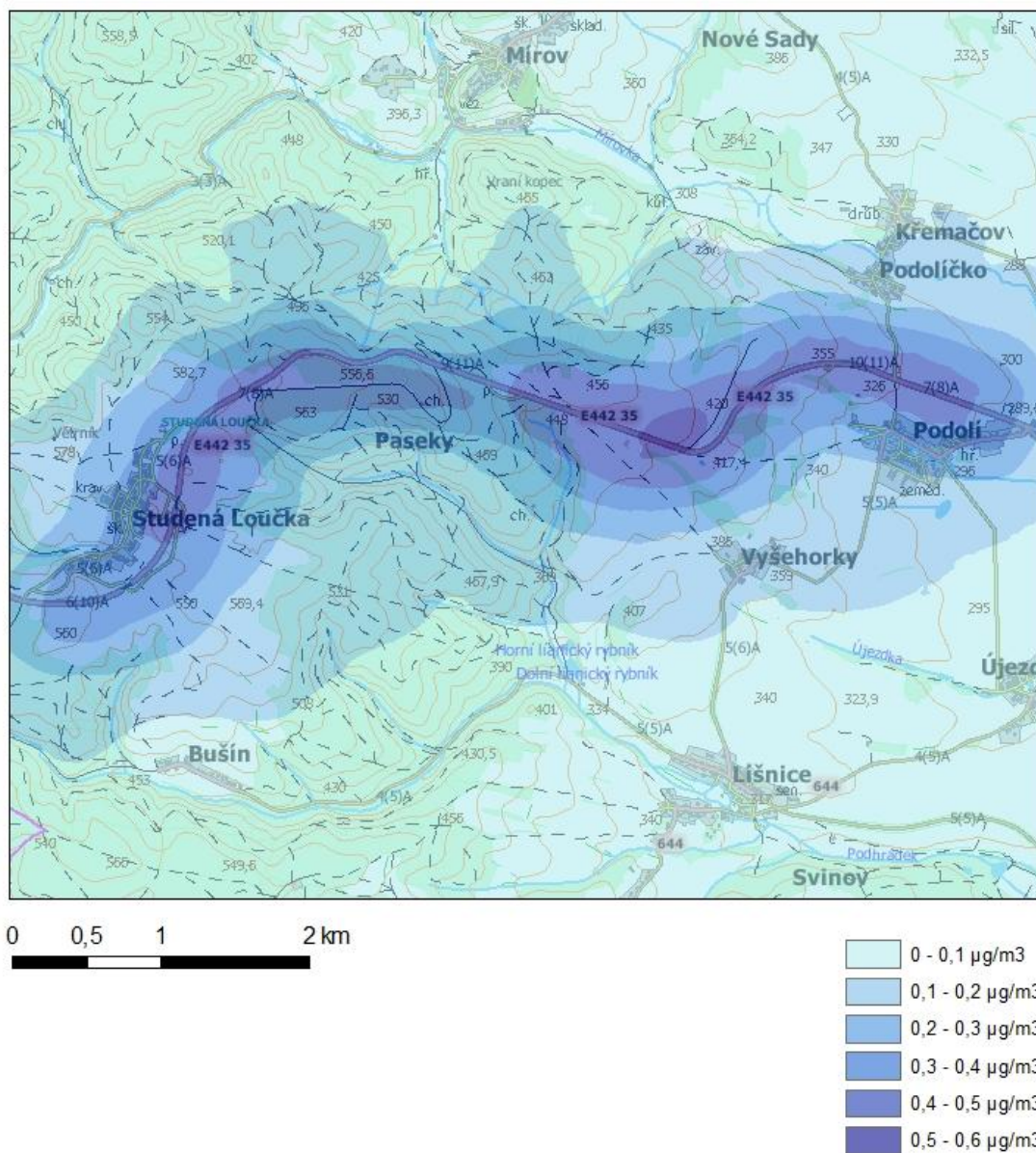
Oxid dusičitý (NO₂)

průměrné roční koncentrace



Obrázek č. 21 Grafické znázornění průměrných ročních příspěvků k imisní koncentraci NO₂ - varianta č. 1 [12]

Varianta č. 2 Oxid dusičitý (NO₂) průměrné roční koncentrace



Obrázek č. 22 Grafické znázornění průměrných ročních příspěvků k imisní koncentraci NO₂ - varianta č. 2 [12]

5.2.2 OXID UHELNATÝ (CO)

VARIANTA Č. 1

Tabulka č. 44 Příspěvky k imisní koncentraci CO

Doba koncentrací		Maximální 8mi hodinová	Maximální denní	Průměrná roční
SÍŤ UZLOVÝCH BODŮ				
Nejvyšší příspěvek	max c [µg/m ³]	335	187	13,27
Podíl imisního limitu	PIL [%]	3,4	-	-
REFERENČNÍ BODY REPREZENTUJÍCÍ OBYTNÉ ZÁSTAVBY A VÝZNAMNÁ MÍSTA				
Nejvyšší příspěvek	max c [µg/m ³]	244	162	7,45
Číslo referenčního bodu	-	10002	10002	10003
Podíl imisního limitu	PIL [%]	2,4	-	-

VARIANTA Č. 2

Tabulka č. 45 Příspěvky k imisní koncentraci CO

Doba koncentrací		Maximální 8mi hodinová	Maximální denní	Průměrná roční
SÍŤ UZLOVÝCH BODŮ				
Nejvyšší příspěvek	max c [µg/m ³]	112	85	4,41
Podíl imisního limitu	PIL [%]	1,1	-	-
REFERENČNÍ BODY REPREZENTUJÍCÍ OBYTNÉ ZÁSTAVBY A VÝZNAMNÁ MÍSTA				
Nejvyšší příspěvek	max c [µg/m ³]	82	62	2,49
Číslo referenčního bodu	-	10002	10002	10001
Podíl imisního limitu	PIL [%]	0,8	-	-

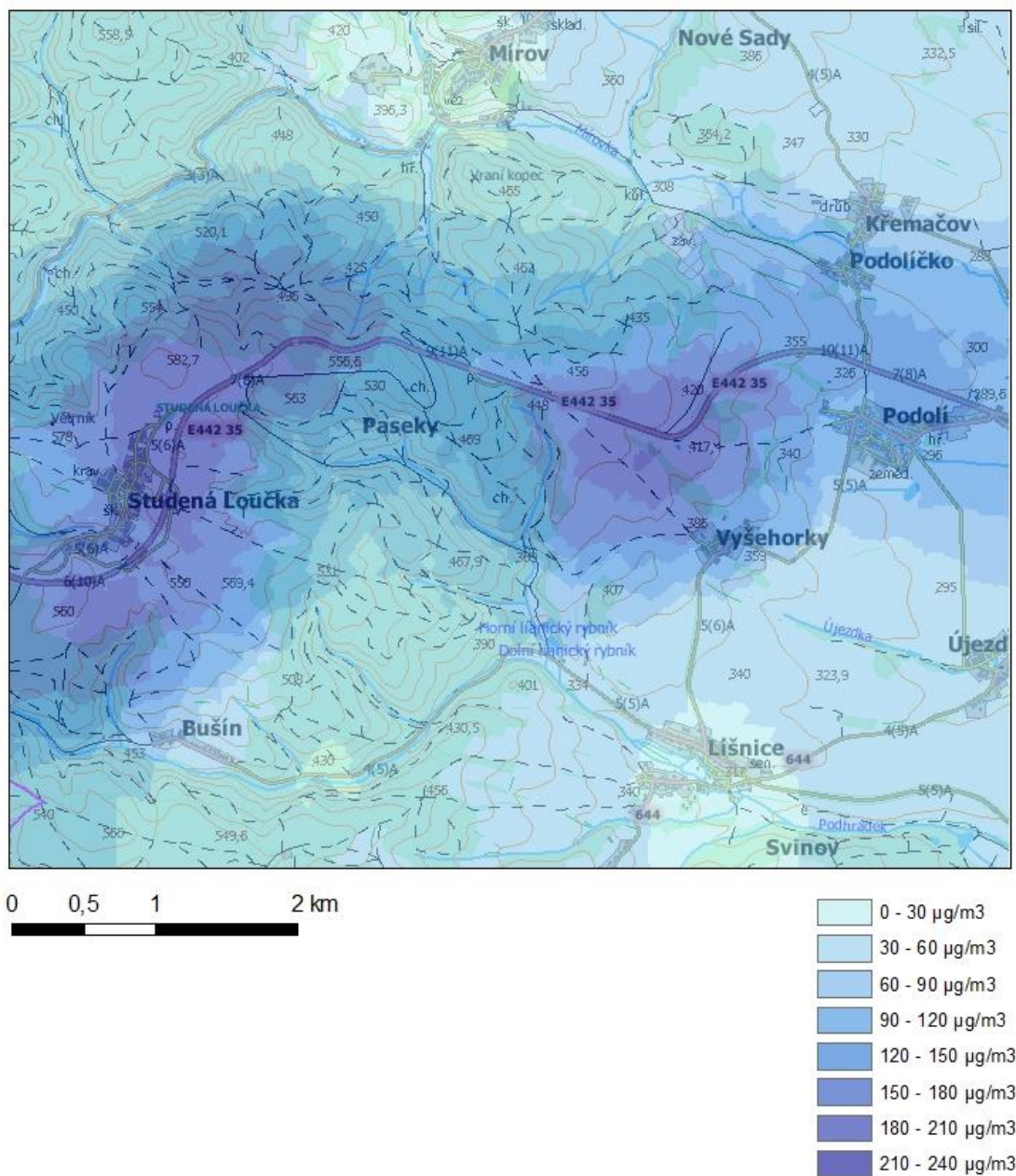
Tabulka č. 44 udává vypočtené příspěvky k imisní koncentraci oxidu uhelnatého pro variantu č. 1, tj. pro aktuální dopravní proud na komunikaci I/35. V tabulce č. 45 jsou uvedeny imisní příspěvky pro variantu č. 2, která představuje provoz vozidel plnicích emisní úroveň EURO 4. V tabulkách je dále uvedena hodnota charakterizující imisní koncentraci jako procentuální podíl imisního limitu.

Na obrázcích č. 23 a 24 jsou znázorněny maximální 8mi hodinové příspěvky k imisní koncentraci oxidu uhelnatého pro varianty č. 1 a 2 v grafické podobě. Z uvedených obrázků vyplývá snížení koncentrace CO ve prospěch varianty č. 2 ve všech místech lokality, především v nejbližším okolí hodnocené komunikace.

Varianta č. 1

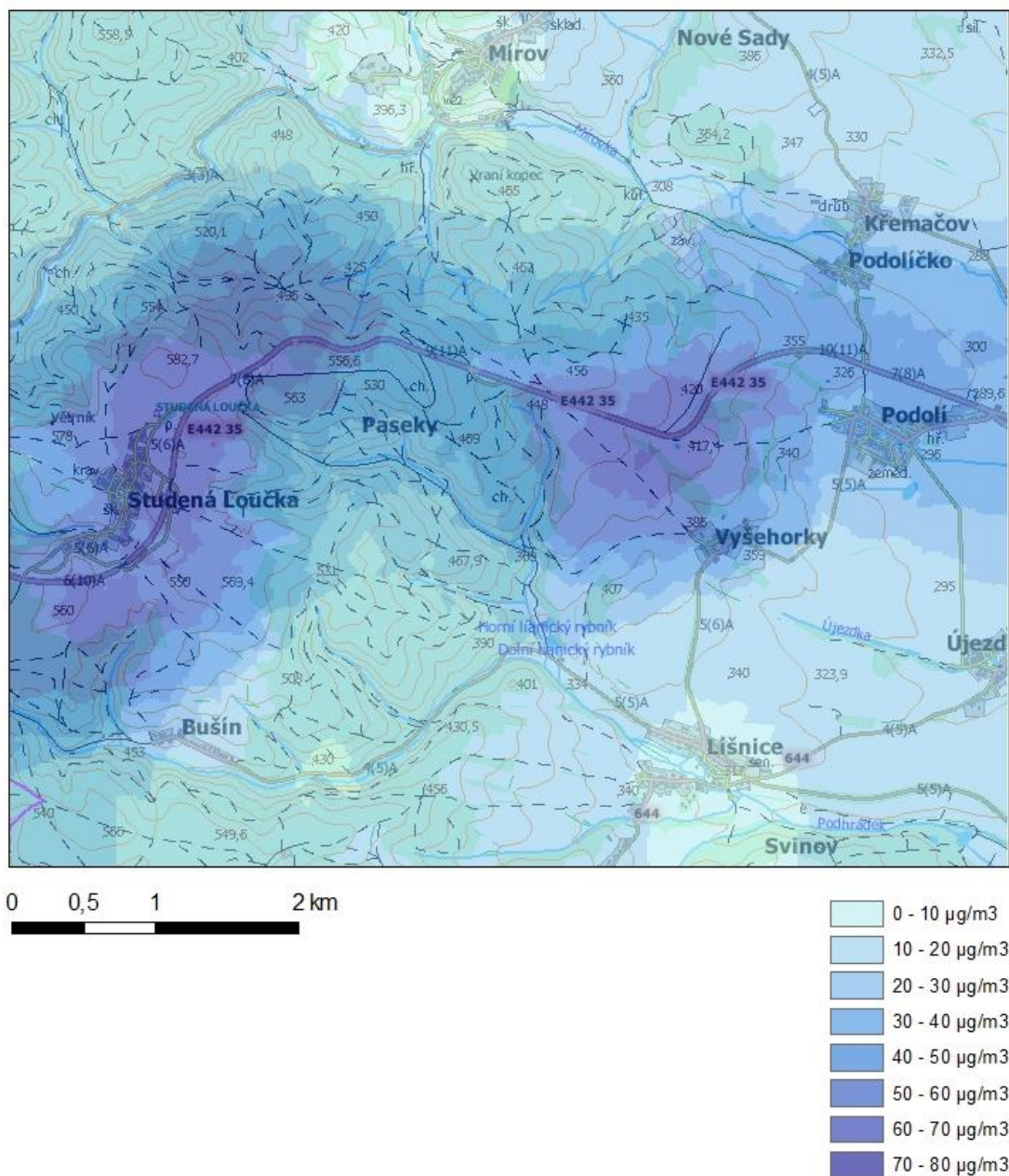
Oxid uhelnatý (CO)

maximální 8mi hodinové koncentrace



Obrázek č. 23 Grafické znázornění maximálních 8mi hodinových příspěvků k imisní koncentraci CO - varianta č. 1 [12]

Varianta č. 2 Oxid uhelnatý (CO) maximální 8mi hodinové koncentrace



Obrázek č. 24 Grafické znázornění maximálních 8mi hodinových příspěvků k imisní koncentraci CO - varianta č. 2 [12]

5.2.3 PRACHOVÉ ČÁSTICE FRAKCE PM₁₀

VARIANTA Č. 1

Tabulka č. 46 Příspěvky k imisní koncentraci PM₁₀

Doba koncentrací		Maximální hodinová	Maximální denní	Průměrná roční
SÍŤ UZLOVÝCH BODŮ				
Nejvyšší příspěvek	max c [μg/m ³]	51,7	36,9	1,671
Podíl imisního limitu	PIL [%]	-	73,8	4,2
REFERENČNÍ BODY REPREZENTUJÍCÍ OBYTNÉ ZÁSTAVBY A VÝZNAMNÁ MÍSTA				
Nejvyšší příspěvek	max c [μg/m ³]	38,4	27,4	0,874
Číslo referenčního bodu	-	10002	10002	10001
Podíl imisního limitu	PIL [%]	-	54,8	2,2

VARIANTA Č. 2

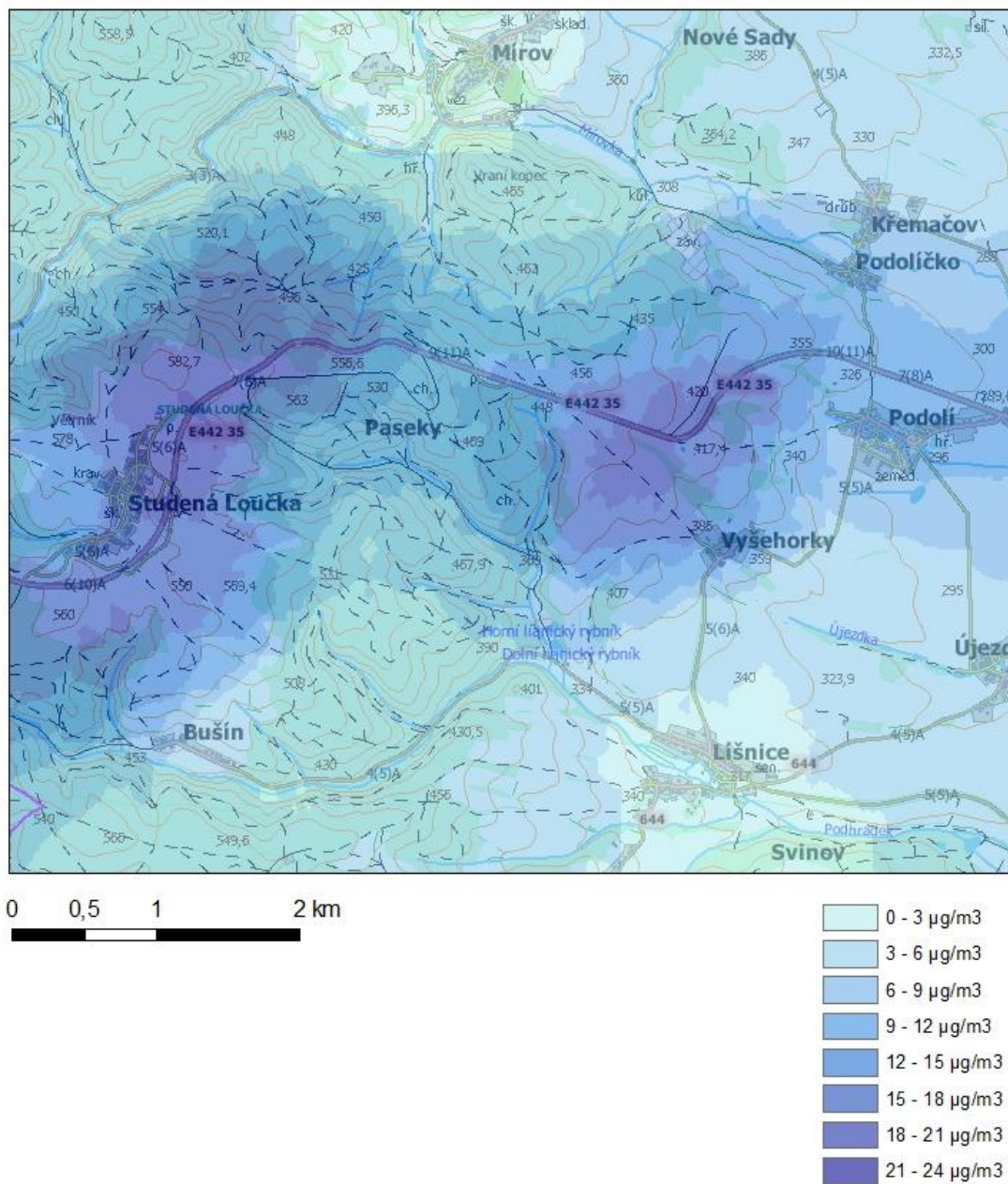
Tabulka č. 47 Příspěvky k imisní koncentraci PM₁₀

Doba koncentrací		Maximální hodinová	Maximální denní	Průměrná roční
SÍŤ UZLOVÝCH BODŮ				
Nejvyšší příspěvek	max c [μg/m ³]	5,4	3,88	0,176
Podíl imisního limitu	PIL [%]	-	7,8	0,4
REFERENČNÍ BODY REPREZENTUJÍCÍ OBYTNÉ ZÁSTAVBY A VÝZNAMNÁ MÍSTA				
Nejvyšší příspěvek	max c [μg/m ³]	4,0	2,88	0,092
Číslo referenčního bodu	-	10002	10002	10001
Podíl imisního limitu	PIL [%]	-	5,8	0,2

Tabulka č. 46 udává vypočtené příspěvky k imisní koncentraci prachových částic frakce PM₁₀ pro variantu č. 1, tj. pro aktuální dopravní proud na komunikaci I/35. V tabulce č. 47 jsou uvedeny imisní příspěvky pro variantu č. 2, která představuje provoz vozidel plnicích emisní úroveň EURO 4. V tabulkách je dále uvedena hodnota charakterizující imisní koncentraci jako procentuální podíl imisního limitu.

Na obrázcích č. 25 a 26 jsou znázorněny maximální denní příspěvky k imisní koncentraci PM₁₀ pro varianty č. 1 a 2 v grafické podobě. Z uvedených obrázků vyplývá snížení koncentrace PM₁₀ ve prospěch varianty č. 2 ve všech místech lokality, především v nejbližším okolí hodnocené komunikace. Na obrázcích č. 27 a 28 jsou znázorněny průměrné roční příspěvky k imisní koncentraci PM₁₀ pro varianty č. 1 a 2 v grafické podobě. Z uvedených obrázků vyplývá snížení koncentrace PM₁₀ ve prospěch varianty č. 2 ve všech místech lokality. Nejvyšší imisní příspěvky denních a ročních koncentrací mohou být v závislosti na větrné růžici vypočítávány pro různé referenční body.

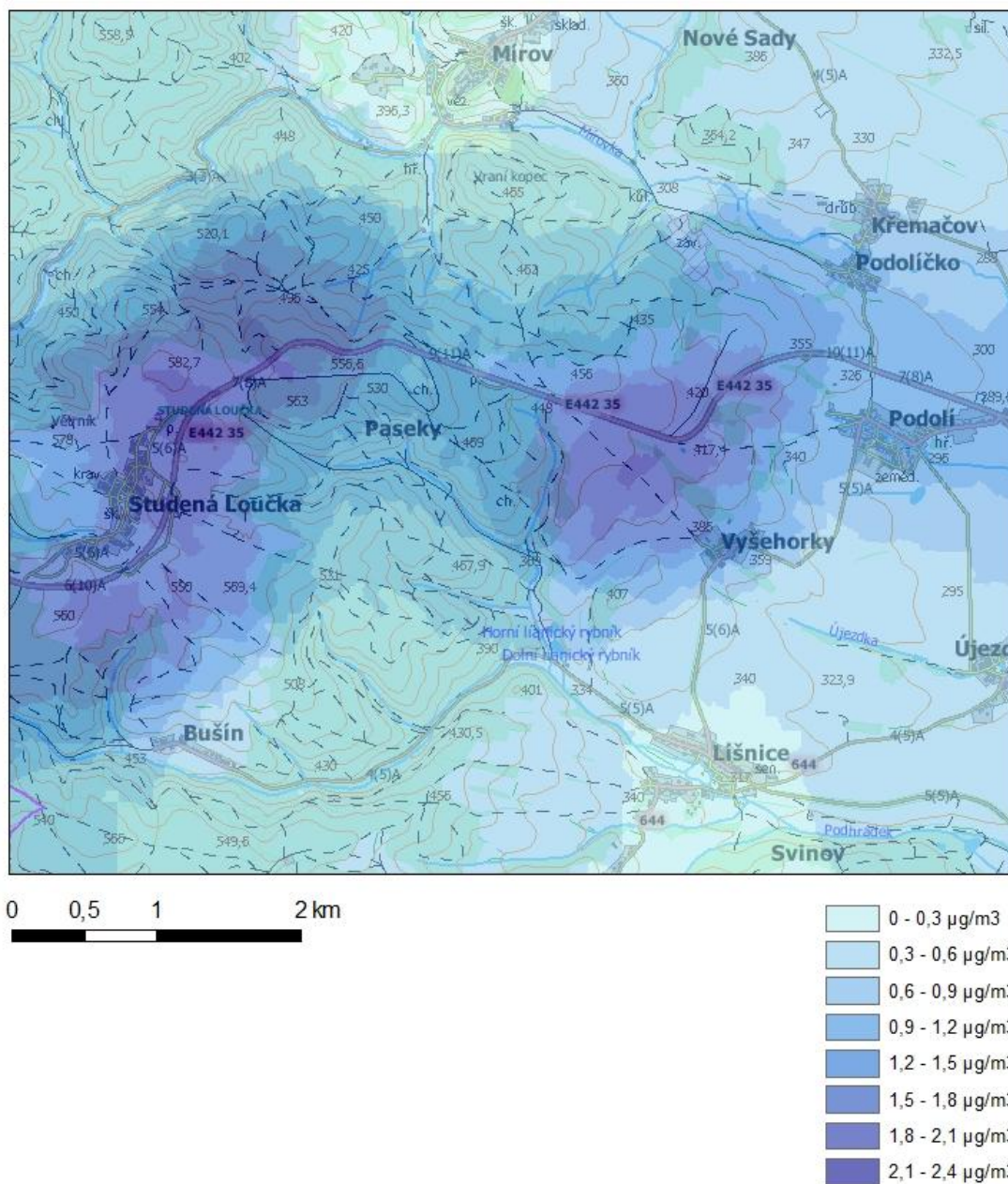
Varianta č. 1 Prachové částice frakce PM10 maximální denní koncentrace



Obrázek č. 25 Grafické znázornění maximálních denních příspěvků k imisní koncentraci PM₁₀ - varianta č. 1 [12]

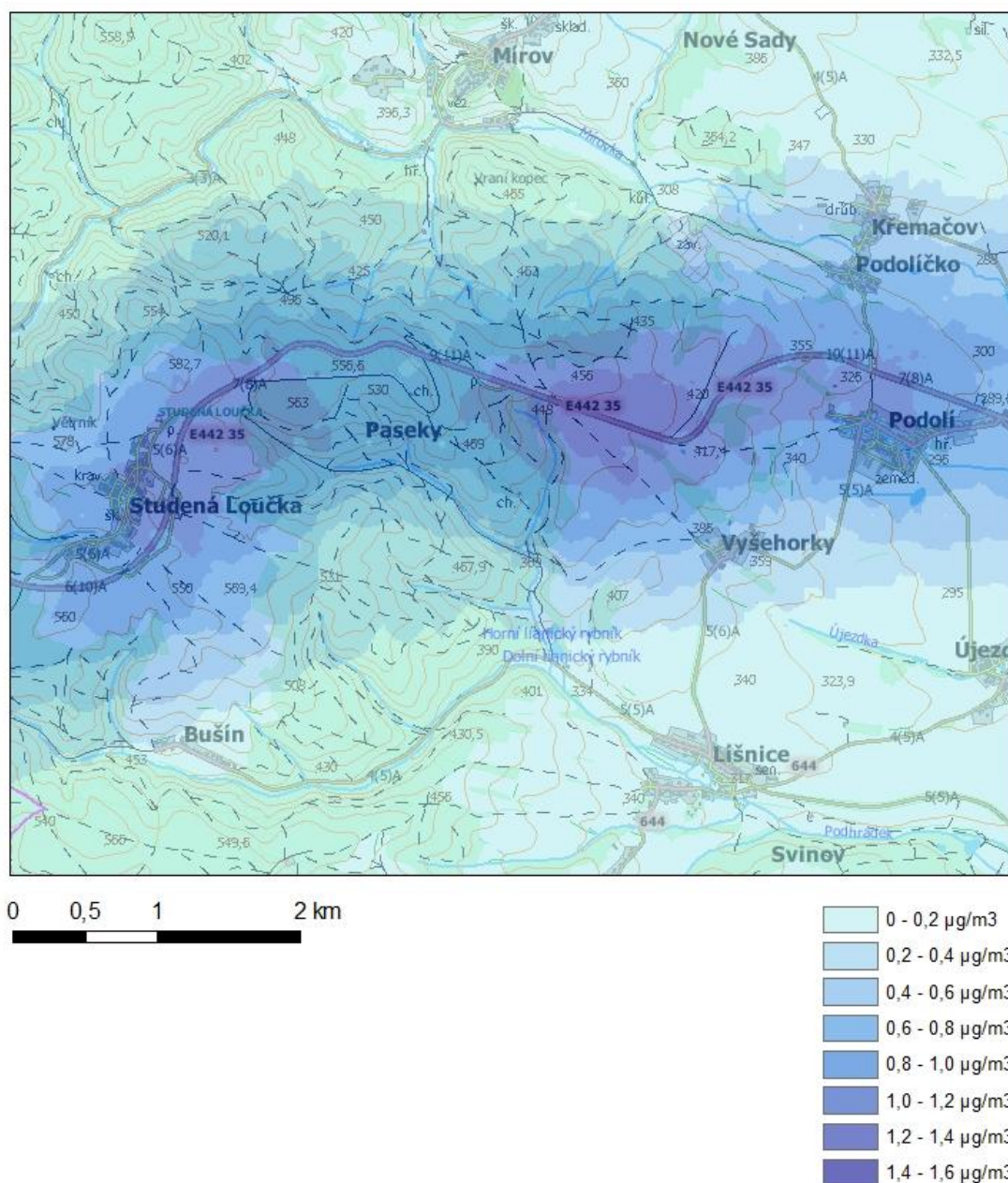
Varianta č. 2

Prachové částice frakce PM₁₀ maximální denní koncentrace



Obrázek č. 26 Grafické znázornění maximálních denních příspěvků k imisní koncentraci PM₁₀ - varianta č. 2 [12]

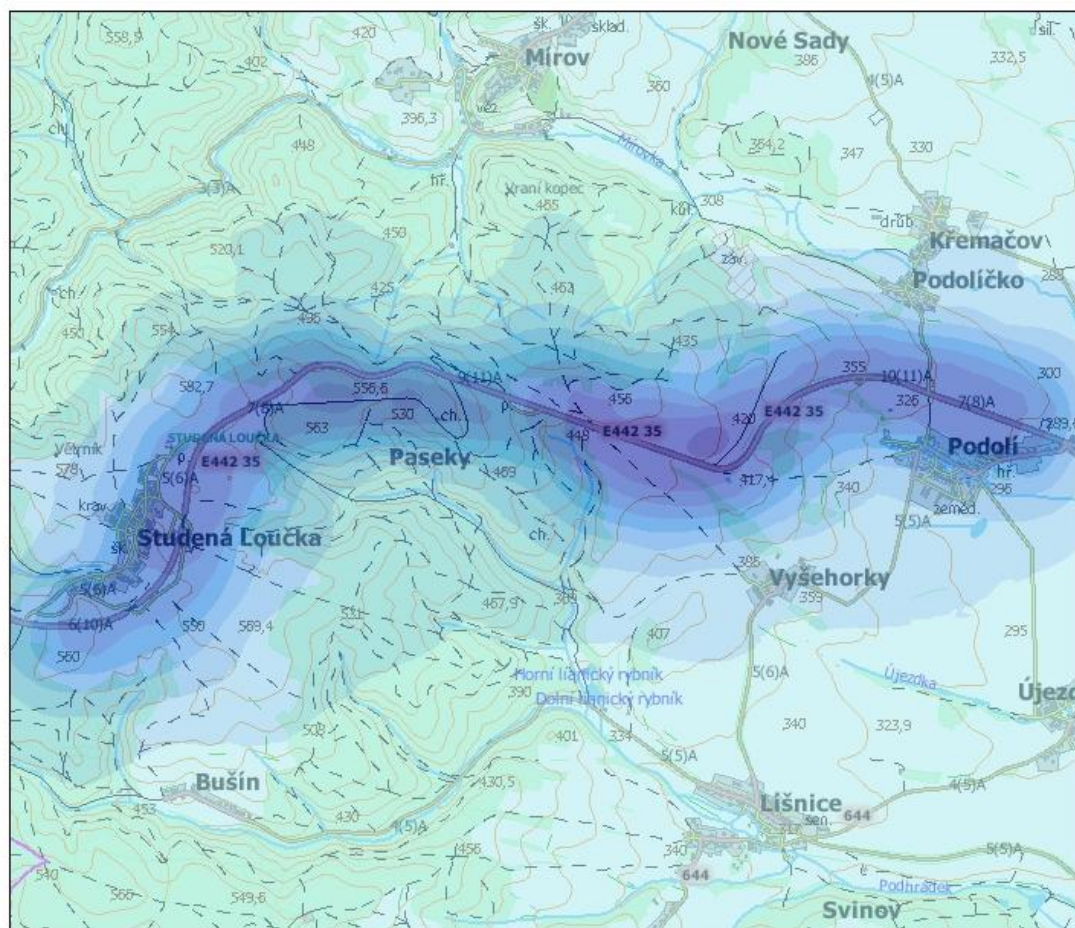
Varianta č. 1 Prachové částice frakce PM₁₀ průměrné roční koncentrace



Obrázek č. 27 Grafické znázornění průměrných ročních příspěvků k imisní koncentraci PM₁₀ - varianta č. 1 [12]

Varianta č. 2

Prachové částice frakce PM₁₀ průměrná roční koncentrace



0 0,5 1 2 km

0 - 0,02 µg/m ³
0,02 - 0,04 µg/m ³
0,04 - 0,06 µg/m ³
0,06 - 0,08 µg/m ³
0,08 - 0,10 µg/m ³
0,10 - 0,12 µg/m ³
0,12 - 0,14 µg/m ³
0,14 - 0,16 µg/m ³
0,16 - 0,18 µg/m ³

Obrázek č. 28 Grafické znázornění průměrných ročních příspěvků k imisní koncentraci PM₁₀ - varianta č. 2 [12]

5.2.4 BENZEN (C₆H₆)

VARIANTA Č. 1

Tabulka č. 48 Příspěvky k imisní koncentraci benzenu

Doba koncentrací		Maximální hodinová	Maximální denní	Průměrná roční
SÍŤ UZLOVÝCH BODŮ				
Nejvyšší příspěvek	max c [µg/m ³]	1,83	1,40	0,0589
Podíl imisního limitu	PIL [%]	-	-	1,2
REFERENČNÍ BODY REPREZENTUJÍCÍ OBYTNÉ ZÁSTAVBY A VÝZNAMNÁ MÍSTA				
Nejvyšší příspěvek	max c [µg/m ³]	1,36	1,04	0,0309
Číslo referenčního bodu	-	10002	10002	10001
Podíl imisního limitu	PIL [%]	-	-	0,6

VARIANTA Č. 2

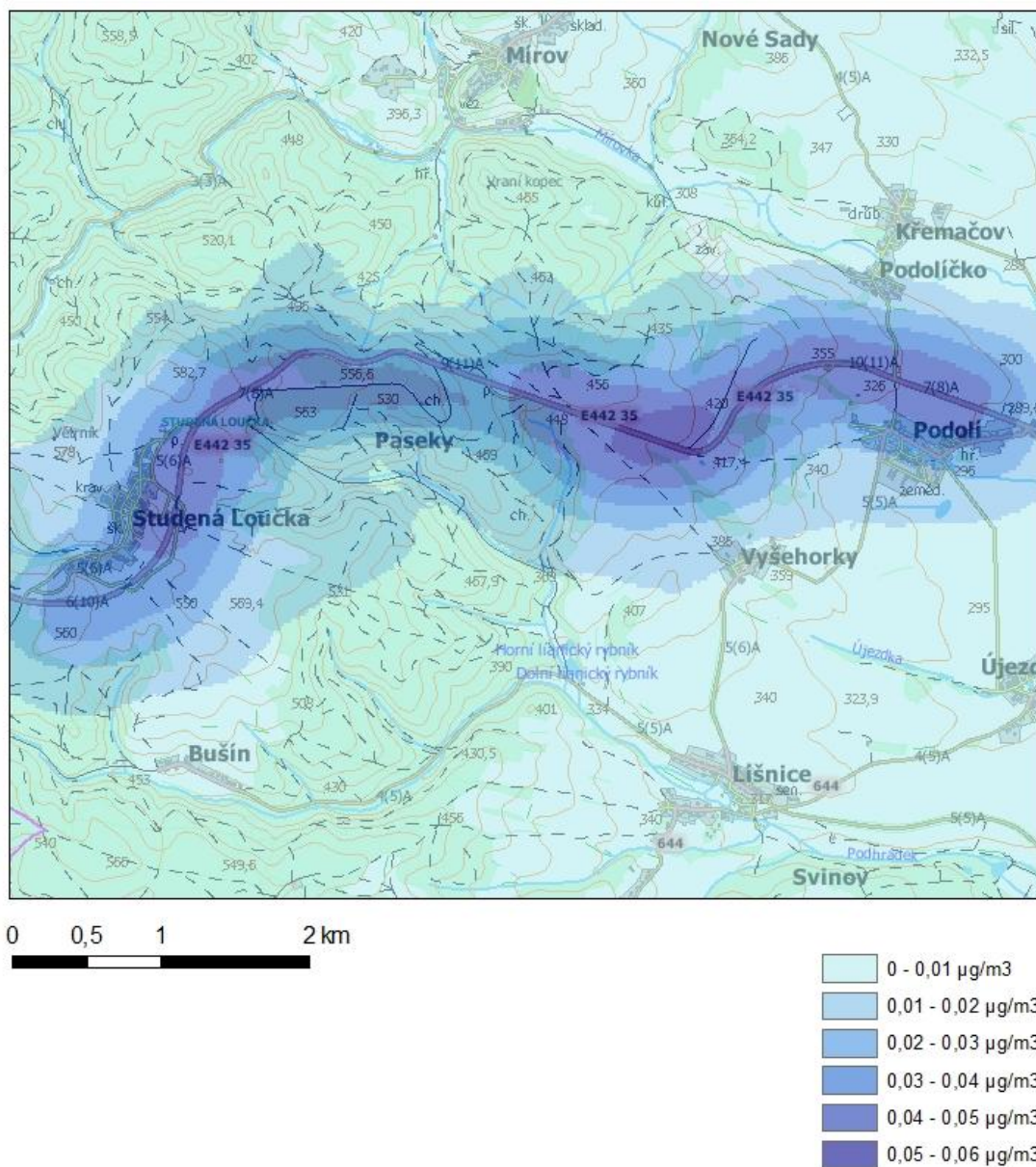
Tabulka č. 49 Příspěvky k imisní koncentraci benzenu

Doba koncentrací		Maximální hodinová	Maximální denní	Průměrná roční
SÍŤ UZLOVÝCH BODŮ				
Nejvyšší příspěvek	max c [µg/m ³]	0,36	0,28	0,0117
Podíl imisního limitu	PIL [%]	-	-	0,2
REFERENČNÍ BODY REPREZENTUJÍCÍ OBYTNÉ ZÁSTAVBY A VÝZNAMNÁ MÍSTA				
Nejvyšší příspěvek	max c [µg/m ³]	0,28	0,22	0,0064
Číslo referenčního bodu	-	10002	10002	10001
Podíl imisního limitu	PIL [%]	-	-	0,1

Tabulka č. 48 udává vypočtené příspěvky k imisní koncentraci benzenu pro variantu č. 1, tj. pro aktuální dopravní proud na komunikaci I/35. V tabulce č. 49 jsou uvedeny imisní příspěvky pro variantu č. 2, která představuje provoz vozidel plnicích emisní úroveň EURO 4. V tabulkách je dále uvedena hodnota charakterizující imisní koncentraci jako procentuální podíl imisního limitu.

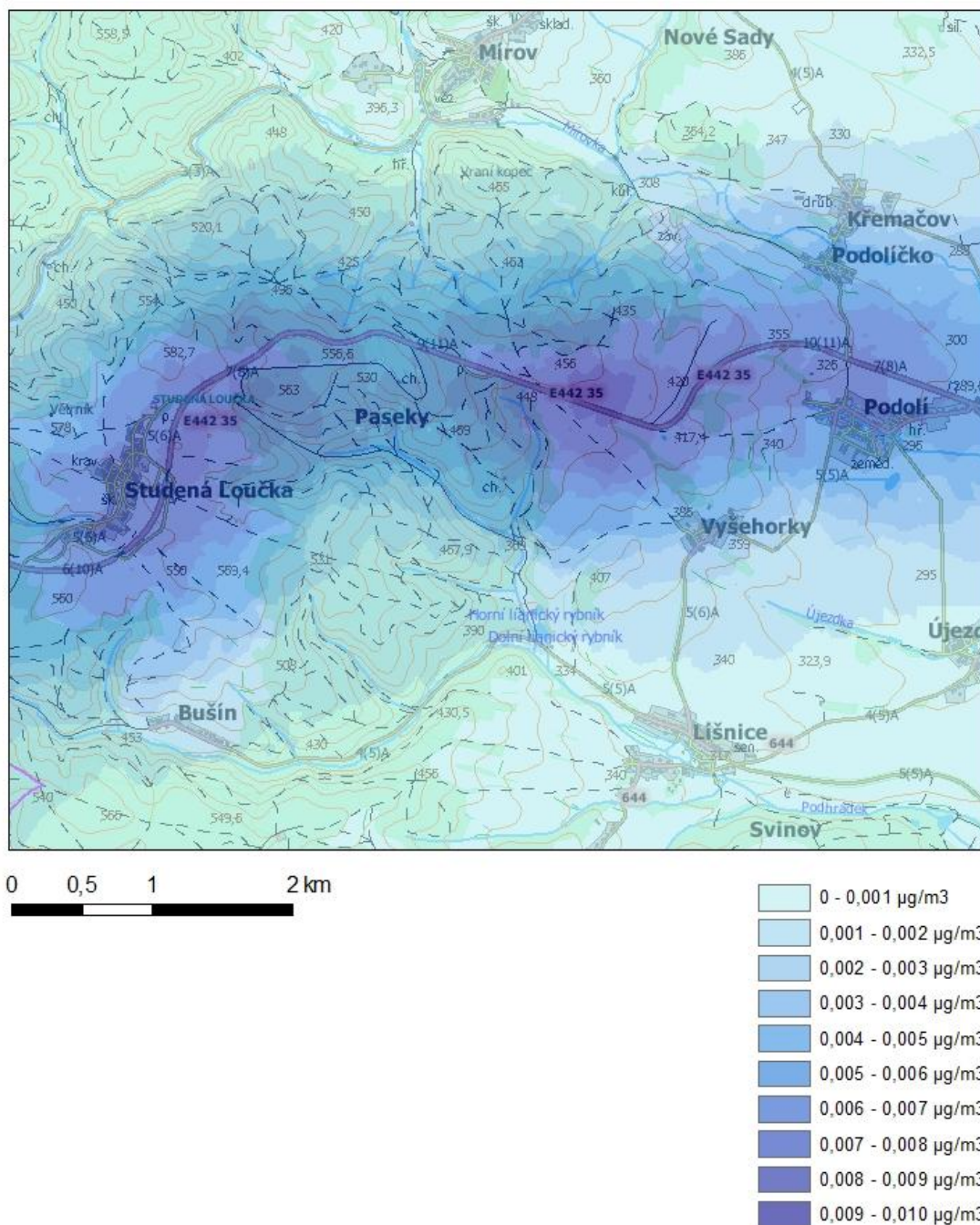
Na obrázcích č. 29 a 30 jsou znázorněny průměrné roční příspěvky k imisní koncentraci benzenu pro varianty č. 1 a 2 v grafické podobě. Z uvedených obrázků vyplývá snížení koncentrace benzenu ve prospěch varianty č. 2 ve všech místech lokality. Rozložení dlouhodobých koncentrací je závislé na odborném odhadu větrné růžice, tj. na tom odkud, resp. kam, vane vítr. Z tohoto důvodu mohou být nejvyšší imisní příspěvky krátkodobých a dlouhodobých koncentrací vypočítávány pro různé referenční body.

Varianta č. 1 Benzen (C₆H₆) průměrná roční koncentrace



Obrázek č. 29 Grafické znázornění průměrných ročních příspěvků k imisní koncentraci benzenu - varianta č. 1 [12]

Varianta č. 2 Benzen (C₆H₆) průměrná roční koncentrace



Obrázek č. 30 Grafické znázornění průměrných ročních příspěvků k imisní koncentraci benzenu - varianta č. 2 [12]

5.3 Diskuze výsledků

5.3.1 Imisní pozadí

V následující tabulce č. 50 je uvedeno snížení imisních příspěvků vybraných znečišťujících látek vztahených k dobám průměrování dle nařízení vlády č. 597/2006 Sb. a přípustným (referenčním) koncentracím při přechodu ze současné dynamické skladby vozidel využívajících hodnocený úsek komunikace I/35 na vozidla plnící emisní limity EURO 4.

Tabulka č. 50 Snížení imisních příspěvků - referenční body

Znečišťující látka	Typ imisní koncentrace	Nejvyšší imisní příspěvky v referenčních bodech		Ref. bod	Snížení imisních příspěvků v referenčních bodech	
		Varianta č. 1 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Varianta č. 2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[%]
NO ₂	maximální hodinová	107,1	13,8	10002	93,3	87,1
NO ₂	průměrná roční	2,394	0,310	10001	2,084	87,1
CO	maximální 8mi hodinová	244	82	10002	162	66,4
PM ₁₀	maximální denní	38,4	4,0	10002	34,4	89,6
PM ₁₀	průměrná roční	0,874	0,092	10001	0,782	89,5
Benzen	průměrná roční	0,0309	0,0064	10001	0,0245	79,3

Největší pokles imisních příspěvků je pozorován u prachových částic frakce PM₁₀, naopak nejmenší snížení o oxidu uhelnatého (CO). V referenčních bodech je patrné, že nejvyšším krátkodobým (hodinovým i denním) imisním příspěvkům je vystaven referenční bod č. 10002. Nejvyšší průměrné roční imisní příspěvky všech znečišťujících látek jsou vypočítány pro referenční bod č. 10001.

S pouhým hodnocením poklesu imisních příspěvků ze silniční dopravy se nelze spokojit, neboť do výsledků výpočtů je třeba zahrnout imisní pozadí (zátěž), kterému je populace vystavována. Znečištění ovzduší je kromě dopravy ovlivněno dalšími zdroji znečišťování ovzduší (např. kotelny, sušárny, galvanovny, čerpací stanice PHM apod.) a tím dochází ke zvyšování imisních koncentrací jednotlivých znečišťujících látek v ovzduší a současně k jejich kumulativním vlivům.

Ve stávajících imisních charakteristikách nejvíce exponovaných referenčních bodů je již zahrnuto současné znečištění ovzduší z dopravy odpovídající variantě č. 1. Pokles imisních příspěvků pro variantu č. 2 odpovídá snížení imisního pozadí v referenčních bodech.

Tabulka č. 51 Imisní pozadí v referenčních bodech (v obytných zástavbách)

Znečišťující látka	Typ imisní koncentrace	Stávající imisní pozadí [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Pokles imisních příspěvků [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Imisní pozadí varianty č. 2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Ref. bod
NO ₂	maximální hodinová	-	93,3	-	10002
NO ₂	průměrná roční	≤ 13	2,084	≤ 11	10001
CO	maximální 8mi hodinová	-	162	-	10002
PM ₁₀	maximální denní	40 - 50	34,4	$\leq 15,6$	10002
PM ₁₀	průměrná roční	20 - 30	0,782	≤ 29	10001
Benzen	průměrná roční	≤ 2	0,0245	$\leq 1,95$	10001

5.3.2 Hodnocení znečištění ovzduší ve vztahu k imisním limitům

Na základě znalosti imisního pozadí pro variantu č. 1 a 2 lze hodnotit znečištění ovzduší ve vztahu k imisním limitům. Hodnocení samotných příspěvků se ve vazbě na imisní limity provádí pouze jako vyjádření podílu vypočtené koncentrace k imisnímu limitu, neboť limity jsou stanoveny pro ovzduší jako celek a nikoliv jen pro znečištění z určitého zdroje.

Hodnocení znečištění ovzduší oxidem dusičitým (NO₂)

Pro oxid dusičitý je stanoven nařízením vlády č. 597/2006 Sb. imisní limit vyhlášený pro ochranu zdraví lidí jako aritmetický průměr v hodnotě 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pro hodinovou koncentraci s přípustnou četností překročení 18x za kalendářní rok a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pro průměrnou roční koncentraci.

Imisní pozadí oxidu dusičitého pro hodinovou koncentraci není na základě údajů měření ani modelování k dispozici. S ohledem na tuto skutečnost lze hodnotit pouze samotné imisní příspěvky, které ve variantě č. 1 dosahují v referenčním bodě č. 10002 maximální hodnoty 107,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, což představuje 53,6 % imisního limitu. V případě provozu vozidel plnicích emisní limity normy EURO 4 by maximální imisní příspěvek dosahoval hodnoty 13,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, což odpovídá 6,9 % imisního limitu.

Stávající imisní charakteristiky v referenčních bodech nepřekračují imisní limit pro oxid dusičitý vyjádřený jako roční aritmetický průměr. Stávající imisní pozadí, které nepřekračuje hodnotu 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, se pro nejvíce exponovaný referenční bod č. 10001 sníží na maximální hodnotu 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ v případě provozu vozidel plnicích normu EURO 4.

Celkově lze změnu znečištění ovzduší přechodem vozidel na emisní normu EURO 4 hodnotit jako pozitivní. V případě maximálních hodinových příspěvků dochází k jejich výraznému snížení, které se následně projeví na poklesu imisní zátěže lokality. V případě průměrných ročních koncentrací je a nadále bude plněn imisní limit pro oxid dusičitý. Dlouhodobé koncentrace NO₂ představují oproti stávajícímu stavu nepatrný pokles.

Hodnocení znečištění ovzduší oxidem uhelnatým (CO)

Pro oxid uhelnatý je stanoven nařízením vlády č. 597/2006 Sb. imisní limit vyhlášený pro ochranu zdraví lidí jako aritmetický průměr v hodnotě 10 mg/m^3 ($10\,000 \text{ }\mu\text{g/m}^3$) pro maximální denní osmihodinový průměr.

Stávající imisní pozadí oxidu uhelnatého v podobě 8mi hodinových koncentrací není v předmětné lokalitě dostatečně monitorováno. Z tohoto důvodu nelze objektivně hodnotit přechod vozidel na emisní úroveň EURO 4 vzhledem k dodržování maximálního denního osmihodinového imisního limitu CO. S ohledem na tuto skutečnost lze hodnotit znečištění ovzduší pouze na základě poklesu příspěvků k imisní koncentraci CO. V současné době dosahují imisní příspěvky v referenčním bodě č. 10002 maximální hodnoty $244 \text{ }\mu\text{g/m}^3$, což představuje 2,4 % imisního limitu. V případě provozu vozidel plnicích emisní limity normy EURO 4 by maximální imisní příspěvek dosahoval hodnoty $82 \text{ }\mu\text{g/m}^3$, což odpovídá 0,82 % imisního limitu.

Celkově lze změnu znečištění ovzduší přechodem vozidel na emisní normu EURO 4 hodnotit jako pozitivní. Imisní příspěvky však nedosahují vzhledem k imisnímu limitu pro oxid uhelnatý významných hodnot a snížení jeho koncentrace lze považovat za nepatrné.

Hodnocení znečištění ovzduší prachovými částicemi frakce PM₁₀

Pro prachové částice frakce PM₁₀ je stanoven nařízením vlády č. 597/2006 Sb. imisní limit vyhlášený pro ochranu zdraví lidí jako aritmetický průměr v hodnotě $50 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ pro 24 hodinovou koncentraci s přípustnou četností překročení 35x za kalendářní rok a $40 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ pro průměrnou roční koncentraci.

Stávající imisní charakteristiky prachových částic frakce PM₁₀ pro denní koncentraci dosahují v dané lokalitě dle grafických ročenek Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) až $50 \text{ }\mu\text{g/m}^3$, což indikuje znečištění ovzduší na hranici imisního limitu. V lokalitě však v současnosti nedochází k jeho překračování. Pro variantu č. 2 charakterizující provoz dopravního proudu s emisní úrovní EURO 4 dochází k významnému snížení imisních příspěvků z dopravy a to až o $34,4 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ v nejvíce exponovaném referenčním bodě č. 10002. Imisní pozadí varianty č. 2 pro uvedený referenční bod vychází v maximální hodnotě $15,6 \text{ }\mu\text{g/m}^3$.

V současnosti se znečištění ovzduší pro průměrné roční koncentrace prachových částic PM₁₀ pohybuje v rozmezí $20 - 30 \text{ }\mu\text{g/m}^3$, což představuje až 50 - 75 % platného imisního limitu. V případě varianty č. 2 dochází ke snížení imisních příspěvků pro nejvíce exponovaný referenční bod č. 10001 o $0,782 \text{ }\mu\text{g/m}^3$, imisní pozadí tak v referenčním bodě nepřekročí hodnotu $29 \text{ }\mu\text{g/m}^3$.

Celkově lze změnu znečištění ovzduší přechodem vozidel na emisní normu EURO 4 hodnotit jako pozitivní. V případě maximálních denních příspěvků PM₁₀ dochází k jejich významnému snížení, které se následně projeví na poklesu imisní zátěže lokality. V současnosti se imisní charakteristiky pohybují na hranici platného imisního limitu, pro variantu č. 2 bude imisní limit plněn s dostatečnou rezervou. V případě průměrných ročních koncentrací je a nadále bude plněn imisní limit pro oxid PM₁₀. Dlouhodobé koncentrace PM₁₀ představují oproti stávajícímu stavu nepatrný pokles.

Hodnocení znečištění ovzduší benzenem (C₆H₆)

Pro benzen je stanoven nařízením vlády č. 597/2006 Sb. imisní limit vyhlášený pro ochranu zdraví lidí jako aritmetický průměr v hodnotě 5 µg/m³ pro průměrnou roční.

Stávající imisní pozadí benzenu nepřevyšuje v lokalitě 2 µg/m³ pro průměrnou roční koncentraci, imisní limit je tak s přehledem plněn. Přechodem vozidel na emisní úroveň EURO 4 dojde ke snížení imisních příspěvků v referenčním bodě č. 10001 o 0,0245 µg/m³. Imisní pozadí varianty č. 2 se tak nepatrně sníží pro uvedený referenční bod na maximální koncentraci 1,95 µg/m³.

Celkově lze změnu znečištění ovzduší přechodem vozidel na emisní normu EURO 4 hodnotit jako pozitivní. Vzhledem k planému imisní limitu pro průměrné roční koncentrace benzenu lze snížení imisních příspěvků hodnotit jako nepatrné.

5.3.3 Hodnocení expozice a charakterizace rizika

Identifikace a charakterizace nebezpečnosti znečišťujících látek, tj. oxidu dusičitého, oxidu uhelnatého, prachových částic frakce PM₁₀ a benzenu byla provedena v podkapitole 4.4. Následující tabulka č. 52 shrnuje imisní data a odhady imisního pozadí pro účely hodnocení zdravotních rizik.

Tabulka č. 52 Kvantifikace zdravotních rizik (HQ, ILCR)

Znečišťující látka	Typ koncentrace [µg/m ³]	Varianta č. 1		Varianta č. 2	
		Nejvyšší imisní příspěvek [µg/m ³]	Stávající imisní pozadí [µg/m ³]	Nejvyšší imisní příspěvek [µg/m ³]	Teoretické imisní pozadí [µg/m ³]
NO ₂	Maximální hodinová (GV = 200 µg/m ³)	107,1 HQ = 0,54	-	13,8 HQ = 0,07	-
	Průměrná roční (GC = 40 µg/m ³)	2,394 HQ = 0,06	≤ 13 HQ = 0,33	0,310 HQ = 0,01	≤ 11 HQ = 0,28
CO	Maximální 8mi hodinová (GV = 10 000 µg/m ³)	244 HQ = 0,02	-	82 HQ = 0,01	-

PM₁₀	Maximální denní (GV = 50 µg/m ³)	38,4 HQ = 0,77	40 - 50 HQ = 1	4,0 HQ = 0,08	≤ 15,6 HQ = 0,31
	Průměrná roční (GV = 20 µg/m ³)	0,874 HQ = 0,04	20 - 30 HQ = 1,5	0,092 HQ = 0,005	≤ 29 HQ = 1,45
Benzen	Průměrná roční (UCR = 6x10 ⁻⁶) (ILCR = 1x10 ⁻⁶)	0,0309 ILCR = = 1,8x10 ⁻⁷	≤ 2 ILCR = = 1,2x10⁻⁵	0,0064 ILCR = = 3,8x10 ⁻⁸	≤ 1,95 ILCR = = 1,2x10⁻⁵

Oxid dusičitý (NO₂)

- Akutní účinky** - Na základě tabulky č. 52 lze konstatovat, že hodinové imisní příspěvky NO₂ varianty č. 2 jsou výrazně nižší oproti stávajícím příspěvkům ze silniční dopravy. Imisní pozadí není v předmětné lokalitě dostatečně monitorováno. Souhrnně lze vyvodit závěr, že příspěvky v obou variantách nepřekračují směrniceovou hodnotu WHO pro 1 hodinové koncentrace NO₂ a nepředstavují zvýšené zdravotní riziko akutních účinků pro exponované obyvatelstvo.
- Chronické účinky** - V případě průměrných ročních koncentrací NO₂ dochází k nepatrnému poklesu imisních příspěvků. Imisní pozadí tak dosáhne nepatrných změn. Souhrnně lze vyvodit závěr, že příspěvky i imisní pozadí v obou variantách nepřekračují směrniceovou hodnotu WHO pro průměrnou roční koncentraci NO₂ a nepředstavují zvýšené zdravotní riziko chronických účinků pro exponované obyvatelstvo.

Oxid uhelnatý (CO)

- Akutní účinky** - Z tabulky č. 52 vyplývá, že imisní příspěvky 8mi hodinových koncentrací CO nedosahují v obou variantách významných hodnot vzhledem ke směrniceové hodnotě WHO pro oxid uhelnatý. Imisní pozadí není v předmětné lokalitě dostatečně monitorováno. Souhrnně lze vyvodit závěr, že příspěvky v obou variantách nepřekračují směrniceovou hodnotu WHO pro 8mi hodinové koncentrace CO a nepředstavují zvýšené zdravotní riziko akutních účinků pro exponované obyvatelstvo.
- Chronické účinky** - Jelikož není v současnosti k dispozici relevantní doporučená hodnota pro chronické účinky oxidu uhelnatého, není prováděno hodnocení dlouhodobých účinků CO na zdraví obyvatelstva.

Prachové částice frakce PM₁₀

- Akutní účinky** - V případě prachových částic frakce PM₁₀ dochází oproti stávajícímu stavu k výraznému poklesu imisních příspěvků ze silniční dopravy. Stávající imisní pozadí dosahuje kvocientu nebezpečnosti HQ = 1, který ještě nepředstavuje riziko akutních účinků, avšak zvýšením koncentrace PM₁₀ např. o 0,1 µg/m³ může teoreticky docházet k akutním účinkům prachových částic s projevem na zdraví obyvatelstva. Stávající imisní pozadí lze tak z hlediska

zdravotních rizik považovat za hraniční. Pro variantu č. 2 představující provoz vozidel plnicích emisní limity EURO 4 vychází pro imisní pozadí kvocient nebezpečnosti $HQ = 0,31$, který již nepředstavuje zvýšení zdravotní riziko akutních účinků pro exponované obyvatelstvo.

2. **Chronické účinky** - Z tabulky č. 52 je patrné, že pro stávající imisní pozadí, resp. pozadí varianty č. 2, vychází kvocient nebezpečnosti $HQ = 1,5$, resp. $HQ = 1,45$. V případě obou variant představuje imisní pozadí zvýšené zdravotní riziko pro exponované obyvatelstvo. Samotné imisní příspěvky však nepředstavují výrazný podíl na stávajícím imisním pozadí, resp. pozadí varianty č. 2. Souhrnně lze vyvodit závěr, že z hlediska chronických účinků PM_{10} nepředstavují imisní příspěvky ze silniční dopravy výrazné zdravotní riziko. Je nutno ovšem dodat, že v modelu SYMOS'97 není zahrnuta sekundární prašnost z dopravy, která může mít na znečištění ovzduší významný podíl.

Benzen (C_6H_6)

U emisí z dopravy a pohonných hmot je nejvýznamnější látkou s karcinogenním účinkem benzen [].

Míra karcinogenního rizika je vyjadřována jako celoživotní vzestup pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění (Individual Lifetime Cancer Risk - ILCR) u jedince z exponované populace. ILCR reprezentuje teoretický počet statisticky předpokládaných případů nádorového onemocnění na deklarovaný počet exponovaných osob. Za ještě únosnou míru karcinogenního rizika je v USA a zemích Evropské unie považována hodnota $ILCR = 1 \times 10^{-6}$, tj. zvýšení individuálního celoživotního rizika onemocnění rakovinou o 1 případ na 1 000 000 exponovaných osob. Pro jednotku karcinogenního rizika ve vnějším ovzduší (UCR) udává Světová zdravotnická organizace (WHO) hodnotu $UCR = 6 \times 10^{-6}$ [].

Z tabulky č. 52 vyplývá, že ILCR (Individual Lifetime Cancer Risk = $UCR \times$ vypočtená koncentrace) vychází pro obě varianty imisního pozadí $1,2 \times 10^{-5}$. Imisní pozadí tak v obou případech indikuje mírně zvýšené karcinogenní riziko. Samotné imisní příspěvky benzenu ze silniční dopravy však nepředstavují výrazný podíl na stavu znečištění ovzduší v předmětné lokalitě.

5.3.4 Charakteristika nedostatků a neurčitostí, které se vyskytli při modelovém hodnocení znečištění ovzduší

Metodika Výpočet znečištění ovzduší z bodových a mobilních zdrojů „SYMOS'97“ [17] je založena na matematickém modelu, který svou podstatou znamená zjednodušení a nemožnost popsání všech dějů v atmosféře, které ovlivňují rozptyl znečišťujících látek. Z tohoto důvodu jsou výsledky imisních příspěvků k imisní koncentraci znečišťujících látek zatíženy akceptovatelnou chybou.

Odborný odhad větrné růžice představuje zprůměrované hodnoty jednotlivých veličin za delší časové období. Skutečné meteorologické podmínky v daném roce mohou být od průměru odlišné. Při volbě husté geometrické sítě referenčních bodů nelze většinou vystihnout veškeré terénní útvary v předmětné lokalitě. Metodika [17] nezohledňuje sekundární prašnost, která může tvořit velkou část prachu v ovzduší.

ZÁVĚR

Diplomová práce se úvodních částech zabývá legislativou upravující silniční dopravu ve vztahu k životnímu prostředí a emisním limitům vydávaných ve formě předpisů Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů. Jsou uvedeny techniky ke snižování emisí, které mohou být v současné době uplatňovány, aby byly plněny emisní limity motorových vozidel.

Pro modelování znečištění ovzduší z dopravy na vybraném úseku Mohelnice - Studená Loučka komunikace I/35 byly charakterizovány vstupní údaje o liniových zdrojích, především emisní charakteristiky pomocí výpočtového programu MEFA 06. K výpočtu byl použit odborný odhad větrné růžice pro lokalitu Mohelnice. Topografie terénu lokality byla dostatečně charakterizována hustou sítí uzlových bodů. Současně byly vybrány referenční body reprezentující obytné zástavby.

Výpočet příspěvků k imisním koncentracím byl proveden pomocí výpočtového programu SYMOS'97 verze 2006 dle metodiky schválené Ministerstvem životního prostředí vydané 15. dubna 1998 ve věstníku Ministerstva životního prostředí č. 3/1998 jako Metodický pokyn odboru ochrany ovzduší MŽP výpočtu znečištění z bodových a mobilních zdrojů „SYMOS'97“ - Systém modelování stacionárních zdrojů. Modelový výpočet je založen na aplikaci stacionárního řešení difúzní rovnice za použití předpokladu rozptylu podle Gaussova rozdělení.

Výpočet znečištění ovzduší z dopravy na vybrané pozemní komunikaci byl proveden pro dopravní proud odpovídající aktuální emisní úrovni vozidel a ve druhé variantě pro vozidla plnicí emisní limity EURO 4. Z prezentovaných výsledků vyplývá, že přechodem vozidel na emisní normu EURO 4 dochází k významnému snížení imisních příspěvků především v případě krátkodobých koncentrací. Dlouhodobé koncentrace škodlivin dosahují nepatrného poklesu.

Ve vztahu k současně platným imisním limitům nedochází při přechodu ze současné dynamické skladby vozidel využívajících hodnocený úsek komunikace I/35 na vozidla plnicí emisní limity EURO 4 k žádným změnám. Imisní limity znečišťujících látek jsou v současné době v lokalitě plněny. Z hlediska hodnocení zdravotních rizik lze považovat přechod vozidel na emisní normu EURO 4 za přínosný zejména pro krátkodobé (denní) koncentrace prachových částic PM_{10} . Chronické účinky imisního pozadí pro dlouhodobé koncentrace PM_{10} a benzenu zůstávají zachovány.

Z výsledků výpočtu modelového hodnocení znečištění ovzduší vyplynulo, že z hlediska dlouhodobých koncentrací nepředstavuje silniční doprava v předmětné lokalitě významný zdroj znečišťování ovzduší.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění pozdějších předpisů.,
- [2] Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích ve znění pozdějších předpisů.,
- [3] Zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší) ve znění pozdějších předpisů.,
- [4] Předpis č. 83 Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK/OSN) - *Jednotná ustanovení pro schvalování z hlediska emisí znečišťujících látek podle požadavků na motorové palivo.*,
- [5] Předpis č. 49 Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK/OSN) - *Emise vznětových motorů a zážehových motorů (poháněných zemním plynem a zkapalněným ropným plynem); Jednotná ustanovení o opatřeních proti emisím plyných znečišťujících látek a znečišťujících částic ze vznětových motorů vozidel a emisím plyných znečišťujících látek ze zážehových motorů vozidel poháněných zemním plynem a zkapalněným ropným plynem.*,
- [6] European commission - *Integrovaná prevence a omezování znečištění (IPPC) - Referenční dokument o nejlepších dostupných technikách pro velká spalovací zařízení.* [online].[cit.1.září 2010].Dostupné na WWW :
<<http://www.ippc.cz/index.php?m=docs&a=getActiveFile&ffid=357>>.,
- [7] *Časopis TRIBOTECHNICKÉ INFORMACE 1/2009.* [online].[cit.25.listopadu 2010].Dostupné na WWW : <<http://www.tribotechnika.cz/doc/TTI%201-2009.pdf>>.,
- [8] *MOTORY EURO 4 - EGR nebo SCR?* [online].[cit.25.listopadu 2010].Dostupné na WWW :
<<http://stavebni-technika.cz/clanky/motory-euro-4-egr-nebo-scr/>>.,
- [9] *KATALYZÁTOR.* [online].[cit.25.listopadu 2010].Dostupné na WWW :
<<http://www.mjauto.cz/katalyzator.htm>>.,
- [10] *Grünes Licht für die Zukunft - SCR wandelt Stickoxide in harmlosen Stickstoff und Wasserdampf um.* [online].[cit.25.listopadu 2010].Dostupné na WWW :
<<http://www.transport-exceptionnel.de/transport/fuhrpark/Zugmaschinen/euro5.htm>>.,
- [11] Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, ATEM - Ateliér ekologických modelů. *Výpočtový program MEFA, verze 06.* Dostupné na WWW :
<<http://www.atem.cz/mefa.html>>.,
- [12] Ministerstvo životního prostředí České republiky. *IMS server geoportal.cenia.cz - Mapová vrstva dmu25.* [online]. Dostupné na WWW : <<http://geoportal.cenia.cz>>.,

- [13] MACOUN, Jan. *Porovnání vybraných modelů z hlediska konstrukce a provozních podmínek*. [online].[cit.6.listopadu 2010].Dostupné na WWW : < http://envis.prahamesto.cz/rocnky/DZ_OO/pril_practexty/BK07/1_PorovnaniModelu.pdf >.,
- [14] Ředitelství silnic a dálnic ČR. *Sčítání dopravy v roce 2005*. [online].[cit.15.října 2010].Dostupné na WWW :
< <http://www.scitani2005.rsd.cz/start.htm> >.,
- [15] Ředitelství silnic a dálnic ČR, ATEM - Ateliér ekologických modelů. *Zjištění aktuální dynamické skladby vozového parku na silniční síti v ČR a jeho emisních parametrů v roce 2005*. [online].[cit.15.října 2010].Dostupné na WWW :
<[http://www.rsd.cz/rsd/rsd.nsf/a3eda25d005dc6bec125737e0045602e/3841eba0affe451cc1257196003751d5/\\$FILE/Vozpark05-text.pdf](http://www.rsd.cz/rsd/rsd.nsf/a3eda25d005dc6bec125737e0045602e/3841eba0affe451cc1257196003751d5/$FILE/Vozpark05-text.pdf)>.,
- [16] Výškopis České republiky pro JTSK. Soubor ve formátu bin poskytnutý společností IDEA-ENVI s.r.o.
- [17] Věstník MŽP, částka 3, duben 1998. *Metodický pokyn odboru ochrany ovzduší MŽP ČR - Výpočet znečištění ovzduší z bodových a mobilních zdrojů „SYMOS'97“*.
- [18] BUBNÍK, J. KOLDOVSKÝ, M. *Typizace počasí se zřetelem ke znečištění ovzduší*. In: Bohm, B. a kol.: *Znečištění ovzduší v Podkrušnohoří*. Sborník prací HMÚ. Praha.
- [19] *Odborný odhad větrné růžice pro lokalitu Mohelnice, okres Šumperk*. Český hydrometeorologický ústav.
- [20] Český hydrometeorologický ústav - *Úsek ochrany čistoty ovzduší. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2009*. [online].[cit.6.listopadu 2010].Dostupné na WWW :
< <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/groc/gr09cz/obsah.html> >.,
- [21] Nařízení vlády č. 597/2006 Sb., *o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší*.,
- [22] *Environmental Health Criteria 214. Human Exposure Assessment*. IPCS. Geneva. WHO. 2000.,
- [23] US EPA - Environmental Protection Agency. *Integrated Risk Information System (IRIS)*. [online].[cit.6.listopadu 2010].Dostupné na WWW :
< <http://www.epa.gov/ncea/iris/index.html> >.,
- [24] SZÚ 2000 - Státní zdravotní ústav. *Manuál prevence v lékařské praxi, díl VIII - Základy hodnocení zdravotních rizik*. SZÚ. Praha. 2000.,
- [25] WHO. *Air Quality Guidelines for Europa*. Copenhagen. WHO. Regional Office for Europe. 2000.,
- [26] WHO. *Air Quality Guidelines. Global update. Particular matter, ozone, nitrogen oxide and sulphur dioxide*. Copenhagen. WHO. Regional office for Europe. 2006.,
- [27] BUBNÍK, J. MAŇÁK, J. *Metodika výpočtu znečištění ovzduší ze stacionárních zdrojů. Popis modelu a kontrolní výpočet*. Státní program péče o životní prostředí MŽP ČR. Projekt 49/6.2/1/95.,

- [28] BUBNÍK, J. *Problémy interpretace výsledků modelových výpočtů znečištění ovzduší*. Seminář Hradec Králové. Červen 1994. In: *Metody výpočtu a právní aspekty rozptylových studií v ochraně ovzduší*. Pardubice. Vědeckotechnický informační servis FINISH v.o.s.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1	System EGR	16
Obrázek č. 2	Třícestný katalyzátor (1 - příruba ke sběrnému potrubí, 2 - lambda sonda, 3 - třícestný katalyzátor, 4 - označení chemické činnosti katalyzátoru, 5 - expanzní komora prvního (předního) tlumiče, 6 - dvojitý plášť s izolační vrstvou, 7 - tlumicí prvky druhého (zadního tlumiče), 8 - dvojitý plášť s izolační vrstvou, 9 - vyústění výfuku)	17
Obrázek č. 3	Kontinuální regenerace filtru částic pomocí oxidu dusičitého (vlevo) a schéma funkce palivového katalyzátoru (vpravo).....	18
Obrázek č. 4	Technologie SCR	19
Obrázek č. 5	Zákres silnice I. třídy č. 35 do mapy	21
Obrázek č. 6	Graf podílu vozidel v kategoriích dle emisních předpisů na komunikaci I/35.....	27
Obrázek č. 7	Graf rozdělení vozidel dle typu paliva na komunikaci I/35	28
Obrázek č. 8	Výsledky celostátního sčítání dopravy na silniční a dálniční síti ČR v roce 2005.....	29
Obrázek č. 9	Graf výškového profilu komunikace I/35 se sklonem vozovky	31
Obrázek č. 10	Liniový zdroj (rozdělení na jednotlivé úseky)	32
Obrázek č. 11	Lokalizace zdroje	40
Obrázek č. 12	Pole roční průměrné koncentrace NO ₂ v roce 2009	41
Obrázek č. 13	Pole 36. nejvyšší 24 hod. koncentrace PM ₁₀ v roce 2009	42
Obrázek č. 14	Pole roční průměrné koncentrace PM ₁₀ v roce 2009.....	42
Obrázek č. 15	Pole roční průměrné koncentrace benzenu v ovzduší v roce 2009	43
Obrázek č. 16	Benchmark dose	50
Obrázek č. 17	Síť uzlových bodů a bodů kolem liniového zdroje	53
Obrázek č. 18	Referenční body	54
Obrázek č. 19	Grafické znázornění maximálních hodinových příspěvků k imisní koncentraci NO ₂ - varianta č. 1	61
Obrázek č. 20	Grafické znázornění maximálních hodinových příspěvků k imisní koncentraci NO ₂ - varianta č. 2	62
Obrázek č. 21	Grafické znázornění průměrných ročních příspěvků k imisní koncentraci NO ₂ - varianta č. 1	63
Obrázek č. 22	Grafické znázornění průměrných ročních příspěvků k imisní koncentraci NO ₂ - varianta č. 2	64
Obrázek č. 23	Grafické znázornění maximálních 8mi hodinových příspěvků k imisní koncentraci CO - varianta č. 1	66
Obrázek č. 24	Grafické znázornění maximálních 8mi hodinových příspěvků k imisní koncentraci CO - varianta č. 2	67
Obrázek č. 25	Grafické znázornění maximálních denních příspěvků k imisní koncentraci PM ₁₀ - varianta č. 1	69
Obrázek č. 26	Grafické znázornění maximálních denních příspěvků k imisní koncentraci PM ₁₀ - varianta č. 2	70
Obrázek č. 27	Grafické znázornění průměrných ročních příspěvků k imisní koncentraci PM ₁₀ - varianta č. 1	71
Obrázek č. 28	Grafické znázornění průměrných ročních příspěvků k imisní koncentraci PM ₁₀ - varianta č. 2	72
Obrázek č. 29	Grafické znázornění průměrných ročních příspěvků k imisní koncentraci benzenu - varianta č. 1	74

Obrázek č. 30 Grafické znázornění průměrných ročních příspěvků k imisní koncentraci benzenu -
varianta č. 2 75

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1	Emisní limity dle EHK 83 pro osobní a lehká užitková vozidla do 3,5 tuny - EURO 4 a EURO 5	14
Tabulka č. 2	Emisní limity dle EHK 49 pro nákladní vozidla a autobusy - EURO 4 a EURO 5.....	14
Tabulka č. 3	Intenzita dopravy v úseku Mohelnice - Studená Loučka (stav v roce 2005).....	23
Tabulka č. 4	Výhledové koeficienty růstu dopravy pro ostatní komunikace (rok 2010)	23
Tabulka č. 5	Intenzita dopravy v úseku Mohelnice - Studená Loučka (výpočtový rok 2010).....	23
Tabulka č. 6	Počet osobních automobilů v kategoriích dle emisních předpisů na komunikaci R10 Benátky nad Jizerou	25
Tabulka č. 7	Podíl osobních automobilů v kategoriích dle emisních předpisů na komunikaci R10 Benátky nad Jizerou (%)	25
Tabulka č. 8	Počet nákladních automobilů a autobusů v kategoriích dle emisních předpisů na komunikaci R10 Benátky nad Jizerou.....	26
Tabulka č. 9	Podíl nákladních automobilů a autobusů v kategoriích dle emisních předpisů na komunikaci R10 Benátky nad Jizerou (%).....	26
Tabulka č. 10	Počty vozidel v kategoriích dle emisních předpisů na komunikaci I/35	26
Tabulka č. 11	Rozdělení osobních automobilů dle typu paliva.....	27
Tabulka č. 12	Rozdělení osobních automobilů dle typu paliva - podíly na profilech (%)	27
Tabulka č. 13	Rozdělení nákladních automobilů a autobusů dle typu paliva	28
Tabulka č. 14	Rozdělení nákladních automobilů a autobusů dle typu paliva - podíly na profilech (%)	28
Tabulka č. 15	Rozdělení vozidel dle typu paliva a emisních předpisů na komunikaci I/35.....	29
Tabulka č. 16	Určení plynulosti dopravy dle rozdělení intenzit dopravy ŘSD.....	30
Tabulka č. 17	Úseky komunikace I/35 a jejich podélné sklony	30
Tabulka č. 18	Maximální délka strany délkového elementu y_0	31
Tabulka č. 19	Intenzita provozu na komunikaci I/35	32
Tabulka č. 20	Vstupní údaje o liniových zdrojích.....	33
Tabulka č. 21	Vstupní parametry pro výpočet emisních faktorů pro motorová vozidla - varianta č. 1	33
Tabulka č. 22	Emisní faktory [$\text{g}\cdot\text{km}^{-1}\cdot\text{auto}^{-1}$].....	34
Tabulka č. 23	Délkové intenzity emisí M_L znečišťujících látek z liniových zdrojů v dopravní špičce.....	35
Tabulka č. 24	Vstupní parametry pro výpočet emisních faktorů pro motorová vozidla	35
Tabulka č. 25	Emisní faktory [$\text{g}\cdot\text{km}^{-1}\cdot\text{auto}^{-1}$].....	36
Tabulka č. 26	Maximální délkové intenzity emisí M_L znečišťujících látek z liniových zdrojů v dopravní špičce.....	36
Tabulka č. 27	Absolutní snížení emisí z liniového zdroje.....	36
Tabulka č. 28	Stabilitní klasifikace s výskytem tříd rychlosti větru	38
Tabulka č. 29	Definice tříd rychlosti větru.....	38
Tabulka č. 30	Odborný odhad větrné růžice pro lokalitu Mohelnice, okr. Šumperk, platný ve výšce 10 m nad zemí v %	38
Tabulka č. 31	Přehled použitých zkratk	41
Tabulka č. 32	Imisní charakteristiky oxidu dusičitého (NO_2)	41
Tabulka č. 33	Imisní charakteristiky prachových částic frakce PM_{10}	43
Tabulka č. 34	Imisní charakteristiky benzenu (C_6H_6)	43
Tabulka č. 35	Referenční metody pro modelování dle nařízení vlády č. 597/2006 Sb.	45

Tabulka č. 36	Hodnoty koeficientu odstraňování k_u	48
Tabulka č. 37	Parametry geometrické (pravidelné) sítě referenčních bodů	52
Tabulka č. 38	Referenční body reprezentující obytné zástavby v předmětné lokalitě	54
Tabulka č. 39	Imisní limity vybraných znečišťujících látek a přípustné četnosti jejich překročení ...	55
Tabulka č. 40	Imisní limity oxidu dusičitého a benzenu a přípustné četnosti jejich překročení	55
Tabulka č. 41	Meze tolerance imisních limitů oxidu dusičitého a benzenu	55
Tabulka č. 42	Příspěvky k imisní koncentraci NO_2	59
Tabulka č. 43	Příspěvky k imisní koncentraci NO_2	60
Tabulka č. 44	Příspěvky k imisní koncentraci CO	65
Tabulka č. 45	Příspěvky k imisní koncentraci CO	65
Tabulka č. 46	Příspěvky k imisní koncentraci PM_{10}	68
Tabulka č. 47	Příspěvky k imisní koncentraci PM_{10}	68
Tabulka č. 48	Příspěvky k imisní koncentraci benzenu	73
Tabulka č. 49	Příspěvky k imisní koncentraci benzenu	73
Tabulka č. 50	Snížení imisních příspěvků - referenční body	76
Tabulka č. 51	Imisní pozadí v referenčních bodech (v obytných zástavbách).....	77
Tabulka č. 52	Kvantifikace zdravotních rizik (HQ, ILCR).....	79

SEZNAM PŘÍLOH

Bez příloh.