



národní  
úložiště  
šedé  
literatury

## **Environmentální a ekonomické posouzení opatření podpory čistých vozidel ve městech: Clean City**

Špička, Libor; Dostál, Ivo; Dufek, Jiří; Jedlička, Jiří; Ličbinský, Roman  
2011

Dostupný z <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-118207>

Dílo je chráněno podle autorského zákona č. 121/2000 Sb.

Tento dokument byl stažen z Národního úložiště šedé literatury (NUŠL).

Datum stažení: 10.05.2024

Další dokumenty můžete najít prostřednictvím vyhledávacího rozhraní [nusl.cz](http://nusl.cz) .



**ENVIRONMENTÁLNÍ A EKONOMICKÉ POSOUZENÍ  
OPATŘENÍ PODPORY ČISTÝCH VOZIDEL VE MĚSTECH**

**Clean City**

Závěrečná zpráva

Leden 2011

## **Identifikační údaje projektu**

**Přidělené evidenční označení projektu:** CG912-083-190

**Poskytovatel:** Ministerstvo dopravy, nábr. L. Svobody 1222/12, 110 15 Praha 1

**Odborný garant ministerstva:** Ing. František Vichta

**Příjemce:** Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., Líšeňská 33a, 636 00 Brno

**Zastoupený:** Prof. Ing. Karel Pospíšil, Ph.D., MBA, ředitel

.....

podpis, datum

**Odpovědný řešitel projektu:** Ing. Libor Špička

.....

podpis, datum

**Spolurešitelé:**      Mgr. Ivo Dostál  
                                 Mgr. Jiří Dufek  
                                 Ing. Jiří Jedlička  
                                 Mgr. Roman Ličbinský

# OBSAH

1. Úvod.....	6
2. Definice čistých vozidel.....	7
3. Návrh nástrojů podpory čistých vozidel.....	9
3.1. Legislativní nástroje.....	9
3.1.1 Ekologické veřejné zakázky.....	9
3.1.2 Obměna vozidel státní správy.....	10
3.2. Organizační nástroje.....	10
3.2.1 Nízkoemisní zóny.....	10
3.2.2 Vyhrazené jízdní pruhy.....	11
3.2.3 Povolení vjezdu do centra.....	11
3.2.4 Povolení vjezdu do pěší zóny.....	12
3.2.5 Vyhrazené parkování.....	12
3.3. Ekonomické nástroje.....	13
3.3.1 Zpoplatnění vjezdu do centra.....	13
3.3.2 Zpoplatnění vjezdu do pěší zóny.....	13
3.3.3 Zvýhodněné nebo bezplatné parkování.....	13
3.4. Ostatní nástroje.....	14
3.4.1 Taxi.....	14
3.4.2 Městská hromadná doprava.....	14
4. Modelové území.....	15
4.1. Kvalita ovzduší v ČR.....	15
4.2. Kvalita ovzduší v Moravskoslezském kraji.....	15
5. Dopravní model.....	18
5.1. Vytvoření modelové multimodální dopravní sítě města Opavy.....	18
5.2. Stanovení dopravních produkcí a atraktivit jednotlivých zón.....	19
5.3. Výpočet matice přepravních vztahů.....	21
5.4. Zatěžování - výpočty modelových dopravních intenzit.....	21
5.5. Aplikace navržených nástrojů podpory čistých vozidel.....	22
5.5.1 Ekologické veřejné zakázky.....	22
5.5.2 Obměna vozidel veřejné správy.....	23
5.5.3 Nízkoemisní zóny.....	24
5.5.4 Vyhrazené jízdní pruhy.....	25
5.5.5 Omezení vjezdu do centra.....	25

5.5.6	Omezení vjezdu do pěší zóny.....	25
5.5.7	Vyhrazené parkování.....	26
5.5.8	Zpoplatnění vjezdu do centra a pěší zóny .....	26
5.5.9	Zvýhodněné nebo bezplatné parkování.....	26
5.5.10	Taxi.....	26
5.5.11	Městská hromadná doprava.....	27
6.	Environmentální vyhodnocení – snížení emisí .....	28
6.1.	Obecná východiska .....	28
6.2.	Definované scénáře .....	28
6.3.	Přizpůsobení dopravního modelu – část dopravní poptávky (matice) .....	28
6.4.	Využití matematických operací třetích zón.....	29
6.5.	Nalezení intermediární zóny s minimálními celkovými náklady.....	29
6.6.	Přizpůsobení dopravního modelu – část dopravní nabídky (modelová síť).....	31
6.7.	Výsledné dopravní intenzity.....	32
6.7.1	Scénář s menší nízkoemisní zónou (v centru).....	32
6.7.2	Scénář s větší nízkoemisní zónou.....	36
6.8.	Emise z dopravy .....	39
6.8.1	Emise pevných částic (PM).....	39
6.8.2	Emise oxidů dusíku (NO <sub>x</sub> ) .....	41
6.8.3	Emise benzenu.....	44
6.8.4	Emise benzo(a)pyrenu.....	46
7.	Environmentální vyhodnocení navržených nástrojů podpory čistých vozidel – rozptylová studie .....	48
7.1.	Podklady pro zpracování rozptylových map.....	48
7.1.1	Charakteristika zdroje a jeho umístění.....	48
7.1.2	Obecná charakteristika lokality.....	48
7.1.3	Klimatická a meteorologická charakteristika lokality.....	49
7.1.4	Emisní charakteristika .....	50
7.2.	Metodika výpočtu.....	50
7.2.1	Údaje o referenčních bodech.....	52
7.2.2	Emisní limity .....	52
7.3.	Výpočet rozptylové studie a srovnání s platným limitem .....	53
7.4.	Tabelární a grafické zpracování rozptylové studie .....	53
8.	Environmentální vyhodnocení - zdravotní rizika.....	56
8.1.	Identifikace nebezpečnosti (Hazard Identification) .....	56

8.2.	Určení vztahu dávka – odpověď (Dose – Response Assessment) .....	58
8.2.1	Látky toxické s prahovým účinkem .....	58
8.2.2	Látky karcinogenní s bezprahovým účinkem.....	59
8.3.	Hodnocení expozice (Exposure Assessment) .....	60
8.4.	Charakteristika rizika (Risk Characterization).....	61
8.4.1	Látky toxické s prahovým účinkem .....	61
8.4.2	Látky karcinogenní s bezprahovým účinkem.....	62
8.4.3	Kvantifikace zdravotních rizik z expozice PM <sub>10</sub> .....	63
8.4.4	Kvantifikace zdravotních rizik z expozice NO <sub>2</sub> .....	63
8.4.5	Výběr referenčních hodnot.....	64
8.4.6	Vyhodnocení rizik imisních škodlivin .....	64
8.5.	Nejistoty v hodnocení zdravotních rizik .....	68
9.	Analýza nákladů a přínosů .....	70
9.1.	Vymezení beneficentů a popis jednotlivých C&B.....	71
9.2.	Definice modelových scénářů .....	72
9.3.	Výchozí předpoklady, definice nákladů a výnosů .....	73
9.3.1	Náklady .....	73
9.3.2	Výnosy .....	80
9.3.3	Socioekonomické náklady a výnosy .....	81
9.4.	Výpočet kritériálních ukazatelů .....	85
10.	Závěr.....	95
	Souhrn .....	97
	Klíčová slova.....	97
	Summary .....	97
	Key words .....	97
	Použitá literatura .....	98
	Přehled zkratk .....	100
	Seznam obrázků .....	101
	Seznam tabulek .....	103

# 1. ÚVOD

Ochrana životního prostředí, která zahrnuje ochranu čistoty ovzduší, a také zejména v posledních letech minimalizace vlivu globálních změn, je jedním ze strategických světových cílů a také cílů Evropského společenství. Další prioritou je pak úspora spotřeby fosilních zdrojů energie. Tyto strategické cíle byly mimo jiné specifikovány v Bílé knize, Evropské strategii k udržitelnému rozvoji, Zelené knize COM (2007) 551 – Na cestě k nové kultuře městské mobility. Jedním z řešení strategických cílů je podpora zavádění vozidel šetrnějších k životnímu prostředí, která jsou mnohdy nazývána jako tzv. „čistá vozidla“. Vzhledem k omezené infrastruktuře čerpání jiných než konvenčních pohonných hmot a dostupnosti čistých vozidel, zejména provozovaných na alternativní paliva, na českém trhu nelze stanovit jednotný požadavek na podporu čistých vozidel na úrovni legislativního předpisu v ČR, který by také pravděpodobně přinesl významnou nákladovou položku ve státním rozpočtu. Naopak lze spíše očekávat vývoj legislativního požadavku na samosprávních celky o zavádění čistých vozidel. Cílem projektu je tedy vyhodnocení možných nástrojů podpory čistých vozidel, které spadají do kompetence samosprávních celků (města, kraje, stát, atd.) tak, aby opatření přímo nezatěžovala státní rozpočet, ale také ani finančně nezatěžovala motoristy. Navržené nástroje jsou vytvořeny na základě nepřímých motivačních faktorů uživatelů čistých vozidel.

Řešení projektu bylo rozděleno do dvou let. V prvním roce řešení byl dokončen dílčí cíl DC001 Navrhnout nástroje podpory čistých vozidel, sestávající se z aktivit A901 Návrh nástrojů podpory čistých vozidel a A902 Tvorba dopravního modelu území zahrnující nástroje podpory čistých vozidel. Pro vytvoření dopravního modelu a následnou aplikaci navržených nástrojů podpory čistých vozidel bylo vybráno město Opava, které odpovídá zadání projektu. Při realizaci navržených nástrojů podpory byly mimo jiné využity informace získané z provedené rešerše zahraničních studií týkajících se dopadů zavedení nízkoemisních zón a zpoplatnění vjezdu do center měst. Dále bylo zahájeno řešení dílčího cíle DC002 Environmentálně vyhodnotit navržené nástroje podpory čistých vozidel a jeho aktivity A003 Environmentální vyhodnocení navržených nástrojů podpory čistých vozidel. Postup řešení a dosažené výsledky byly podrobně prezentovány v závěrečné oponentované zprávě za rok 2009.

Řešení v roce 2010 pokračovalo aktivitou A003 Environmentální vyhodnocení navržených nástrojů podpory čistých vozidel, aktivitou A004 Vyhodnotit zdravotní rizika a aktivitou A005 Vyhodnotit ekonomické náklady a přínosy jednotlivých nástrojů podpory čistých vozidel, která je součástí dílčího cíle DC003 Ekonomicky vyhodnotit navržené nástroje podpory čistých vozidel. Postup řešení a dosažené výsledky jsou podrobně prezentovány v této závěrečné zprávě.

## 2. DEFINICE ČISTÝCH VOZIDEL

Obecně se jedná o vozidla, která splňují přísnější emisní limity, než jsou legislativně platné, tedy např. v období platnosti emisního limitu EURO IV se jedná o vozidla splňující emisní limity EURO V a vyšší. V posledních letech se k požadavkům na snižování emisí legislativně sledovaných škodlivin v podobě emisních limitů EURO také řeší požadavky snižování emisí CO<sub>2</sub>. Nejedná se tedy pouze o vozidla provozovaná na alternativní paliva, která bývají takto označována, ale také vozidla provozovaná na automobilové benziny a motorovou naftu. V současnosti mohou vyšší emisní limity plnit např. CNG vozidla, Flexi-fuels vozidla, naftová vozidla vybavená systémy SCR, EGR, filtry částic, elektrická vozidla, hybridní vozidla, vozidla na vodíkový pohon aj. U těžkých nákladních vozidel a autobusů bývá často, kromě rozdělení podle emisních norem Euro, používáno označení vozidlo zvláště šetřící životní prostředí (EEV, Enhanced Environmentally-Friendly Vehicle), které je definované ve směrnici 2005/55/ES. EEV vozidlo je definováno jako vozidlo poháněné motorem, který splňuje mezní hodnoty emisí uvedené v řádku C tabulky 2.1, kde specifická hmotnost oxidu uhelnatého, celkových uhlovodíků, oxidů dusíku a částic určených zkouškou ESC a opacita kouře určená zkouškou ELR nesmějí překročit hodnoty uvedené v této tabulce.

Tab. 2.1 Mezní hodnoty – zkoušky ESC a ELR

Řádek	Hmotnost oxidu uhelnatého (CO) [g/kWh]	Hmotnost uhlovodíků (HC) [g/kWh]	Hmotnost oxidů dusíku (NO <sub>x</sub> ) [g/kWh]	Hmotnost částic (PM) [g/kWh]	Kouřivost [m <sup>-1</sup> ]	
A (2000)	2,1	0,66	5,0	0,10	0,13 <sup>1)</sup>	0,8
B1 (2005)	1,5	0,46	3,5	0,02	0,5	
B2 (2008)	1,5	0,46	3,5	0,02	0,5	
C (EEV)	1,5	0,25	2,0	0,02	0,15	

<sup>1)</sup> Pro motory se zdvihovým objemem menším než 0,75 dm<sup>3</sup> na válec a s otáčkami při jmenovitém výkonu vyššími než 3 000 min<sup>-1</sup>.

U vznětových motorů, které jsou navíc podrobeny zkoušce ETC, a zvláště u plynových motorů, nesmějí specifické hmotnosti oxidu uhelnatého, uhlovodíků jiných než methan, methanu (kde to připadá v úvahu), oxidů dusíku a částic (kde to připadá v úvahu) překročit hodnoty uvedené v tabulce 2.2.

Tab. 2.2 Mezní hodnoty – zkoušky ETC

Řádek	Hmotnost oxidu uhelnatého (CO) [g/kWh]	Hmotnost nemetanových uhlovodíků (NMHC) [g/kWh]	Hmotnost metanu (CH <sub>4</sub> ) <sup>1)</sup> [g/kWh]	Hmotnost oxidů dusíku (NO <sub>x</sub> ) [g/kWh]	Hmotnost částic (PM) <sup>2)</sup> [g/kWh]	
A (2000)	5,45	0,78	1,6	5,0	0,16	0,21 <sup>3)</sup>



Řádek	Hmotnost oxidu uhelnatého (CO) [g/kWh]	Hmotnost nemetanových uhlovodíků (NMHC) [g/kWh]	Hmotnost metanu (CH <sub>4</sub> ) <sup>1)</sup> [g/kWh]	Hmotnost oxidů dusíku (NO <sub>x</sub> ) [g/kWh]	Hmotnost částic (PM) <sup>2)</sup> [g/kWh]
B1 (2005)	4,00	0,55	1,1	3,5	0,03
B2 (2008)	4,00	0,55	1,1	2,0	0,03
C (EEV)	3,00	0,40	0,65	2,0	0,02

<sup>1)</sup> Jen pro motory na zemní plyn.

<sup>2)</sup> Neplatí pro plynové motory pro etapu A a etapy B1 a B2.

<sup>3)</sup> Pro motory se zdvihovým objemem menším než 0,75 dm<sup>3</sup> na válec a s otáčkami jmenovitého výkonu vyššími než 3 000 min<sup>-1</sup>.

Program postupné obměny vozového parku veřejné správy za „ekologicky přátelská“ vozidla se zaměřuje na osobní a lehké nákladní automobily kategorií M1 a N1 a je jedním z dílčích úkolů Národního programu snižování emisí. Pro účely tohoto programu jsou za „ekologicky přátelská“ považována vozidla splňující emisní normu Euro 5 nebo vyšší a současně musí splňovat v programu stanovené limity emisí CO<sub>2</sub>. Vícepalivová vozidla, kde alespoň jednou alternativní pohonnou hmotou je směsné motorové palivo s obsahem biosložky nejméně 50 % (např. ethanol 85 označovaný jako E85) nebo čisté biopalivo (např. metylester řepkového oleje označovaný jako MEŘO), z důvodu příznivějších parametrů z hlediska ochrany klimatu, uvedené limity emisí CO<sub>2</sub> plnit nemusí. Vícepalivová vozidla, kde alespoň jednou alternativní pohonnou hmotou je stlačený zemní plyn (CNG), z důvodu nižší produkce limitovaných škodlivých látek, uvedené limity emisí CO<sub>2</sub> plnit taktéž nemusí.

Tab. 2.3 Emisní normy osobních vozidel – kategorie M1

Norma	Platnost	CO [g · km <sup>-1</sup> ]	HC [g · km <sup>-1</sup> ]	NO <sub>x</sub> [g · km <sup>-1</sup> ]	HC+NO <sub>x</sub> [g · km <sup>-1</sup> ]	PM [g · km <sup>-1</sup> ]
Euro 3 – benzín	01/2000	2,3	0,2	0,15	-	-
Euro 3 – nafta	01/2000	0,64	-	0,5	0,56	0,05
Euro 4 – benzín	01/2005	1,0	0,1	0,08	-	-
Euro 4 – nafta	01/2005	0,5	-	0,25	0,30	0,025
Euro 5 – benzín	09/2009	1,0	0,1	0,06	-	0,005 <sup>1)</sup>
Euro 5 – nafta	09/2009	0,5	-	0,18	0,23	0,005
Euro 6 – benzín	09/2014	1,0	0,1	0,06	-	0,005 <sup>1)</sup>
Euro 6 – nafta	09/2014	0,5	-	0,08	0,17	0,005

<sup>1)</sup> platí pro motory s přímým vstřikem paliva

### 3. NÁVRH NÁSTROJŮ PODPORY ČISTÝCH VOZIDEL

V projektu byla navržena taková opatření podpory čistých vozidel, která zajistí rozvoj čistých vozidel v ČR, a tedy i snížení zátěže životního prostředí dopravou tak, aby byly zajištěny minimální přímé náklady ze státního rozpočtu a také provozovatelů vozidel. Navrženy jsou především takové nástroje podpory čistých vozidel, které by měly motivovat uživatele k nákupu těchto vozidel zvýhodněními během jejich doby užívání, nikoliv jednorázovými subvencemi, jako například při koupi takového vozidla. V celkovém přehledu jsou pro úplnost obsažena i některá opatření využívající dotace, která jsou zahrnuta v platné legislativě. Pro větší přehlednost jsou navržené nástroje rozděleny na:

1. legislativní,
2. organizační,
3. ekonomické.

Podrobný popis jednotlivých nástrojů podpory environmentálně šetrných vozidel je obsažen v závěrečné zprávě za rok 2009.

#### 3.1. LEGISLATIVNÍ NÁSTROJE

##### 3.1.1 Ekologické veřejné zakázky

Čistá vozidla mají vyšší nákupní cenu než konvenční, protože trh pro tyto typy vozidel není rozvinut. Vytvoření určité minimální poptávky po těchto vozidlech by mělo zajistit pozitivní reakci výrobců, která by měla vést k tržnímu zavedení účinnějších a úsporných technologií. S růstem poptávky by úspory z rozsahu měly vést ke snížení cen vozidel. Vyšší ceny čistých vozidel by přitom neměly vést ke snížení kvality veřejných dopravních služeb.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/33/ES o podpoře čistých a energeticky účinných silničních vozidel zavádí požadavek hodnocení veřejných zakázek na základě internalizace externích nákladů, prostřednictvím nákladů na spotřebu energie, emise CO<sub>2</sub> a emise znečišťujících látek spojené s provozem vozidel za dobu jejich životnosti. Toto hodnocení má být použito jako kritérium pro přidělení zakázky.

##### Veřejná linková doprava

Průměrné stáří registrovaných autobusů v České republice je 14,27 let. Z celkem 14 651 registrovaných autobusů tuzemské výroby je ve stáří od dvanácti do dvaceti let 21,31 procenta (3 122 vozidel) a ve stáří dvacet a více let 35,82 procenta (5 248 vozidel) (Bayer, 2009). Tato vozidla jsou nevyhovující jak z pohledu bezpečnosti, tak z pohledu energetické účinnosti a produkce emisí. Jedním z nástrojů pro vytvoření tlaku na jejich postupnou obměnu jsou výše specifikované ekologické veřejné zakázky.

##### Komunální služby

Vozidla komunálních služeb, především svozová vozidla, jsou používána v nepříznivých provozních režimech, jako jsou především opakované rozjezdy. V posledních letech je možné zaznamenat širší využití CNG vozidel, nebo vozidel s hybridním pohonem. Výhody těchto

vozidel jsou především v nižších nákladech na provoz a nižších emisích včetně hlukových. U malých vozidel pro údržbu pěších zón se objevuje také široká nabídka elektricky poháněných vozidel, které jsou z hlediska emisí a hluku pro tyto účely velice výhodné. Vyšší náklady na pořízení vozidel s alternativním pohonem se vrací v úsporách provozních nákladů. Přínosem nástroje je vznik požadavku na postupnou obměnu stárnoucího vozového parku za environmentálně příznivá vozidla.

### 3.1.2 Obměna vozidel státní správy

Pro vozidla používaná ve státní správě byl 16.12.2008 schválen usnesením vlády Program obměny vozového parku veřejné správy za „ekologicky přátelská“ vozidla, který vychází z Národního programu snižování emisí České republiky, schváleného usnesením vlády č. 630 dne 11.6.2007. Cílem programu je dosažení 25% podílu „ekologicky přátelských“ vozidel ve vozovém parku využívaném orgány státní správy k 1.1.2014. Širšímu zavedení těchto vozidel brání vyšší pořizovací náklady. Zapojením státní správy se očekává povzbuzení trhu s environmentálně šetrnými vozidly a snížení jejich ceny na základě zvýšené poptávky.

## 3.2. ORGANIZAČNÍ NÁSTROJE

### 3.2.1 Nízkoemisní zóny

Nízkoemisní zóny, tzv. LEZ (Low Emission Zone) jsou oblasti, do kterých je omezen vjezd vozidel způsobujících větší znečištění. V praxi je vjezd takových vozidel zakázán nebo zpoplatněn, pokud emise vozidel nedosahují požadované úrovně. LEZ jsou často nejúčinnějším opatřením, které mohou města přijmout za účelem snížení emisí z dopravy. Dopady těchto omezení se projevují především v poklesu emisí pevných částic, NO<sub>2</sub> a nepřímo ozonu.

Výchozím kritériem pro omezení vjezdu vozidel do nízkoemisních zón je plnění emisních norem. U naftových motorů bývá často požadován filtr pevných částic. Často bývá omezen vjezd těžkých nákladních vozidel, a také autobusů nad 5 tun. Některé zóny dokonce omezují pohyb motocyklů. Výjimky ze zákazu vjezdu jsou poskytovány invalidním občanům a složkám integrovaného záchranného systému. Dále se výjimky udělují stálým obyvatelům, kterým není možné zakázat příjezd k jejich bydlišti. Většina nízkoemisních zón je v provozu 24 hodin denně, 365 dní v roce. Výjimkou z tohoto pravidla je zatím Itálie, kde je omezení platné jen v zimních měsících.

Předpokladem pro vytvoření zóny je existence dostatečně dimenzované objízdné trasy. Zóny jsou proto zaváděny uvnitř malých a velkých městských okruhů. Návrh zákona o ochraně ovzduší, udává další podmínku a tou je překročení imisních limitů. Tato podmínka řeší kritickou situaci, ke které by díky včasnému opatření nemuselo docházet. Z tohoto pohledu by obce měli mít možnost samostatného rozhodování o zavedení nízkoemisních zón, bez ohledu na to, zda jsou limity překračovány.

V evropských státech, respektive městech se lze setkat s různými způsoby realizace nízkoemisních zón, které jsou podrobně popsány v závěrečné zprávě z roku 2009.

### 3.2.2 Vyhrazené jízdny pruhy

Opatření slouží primárně pro zajištění plynulé městské hromadné dopravy, veřejné linkové dopravy, případně pro jízdu vozidel taxislužby. V amerických městech bývají vymezené pruhy využívány také pro jízdu vysoce obsazených vozidla (HOV, high occupancy vehicle), většinou s požadovaným minimem dvou cestujících. Podle předpisů americké FHWA (Federal Highway Administration) je jízda v těchto pruzích umožněna i nízkoemisním a energeticky efektivním vozidlům bez splnění požadavku na obsazenost vozidla.

### 3.2.3 Povolení vjezdu do centra

Centra měst mají při současné dopravní situaci nízkou kapacitu komunikací. Z důvodu bezpečnosti, zhoršených rozptylových podmínek v husté zástavbě, apod. není individuální a nákladní doprava v centrech, historických centrech a městských památkových zónách žádoucí. Pomocí tohoto nástroje lze omezit dopravu v centrech měst podle:

- typu vozidel,
- emisních standardů vozidel,
- časových úseků,
- kombinace výše jmenovaných.

#### **Omezení dopravy podle typu vozidel**

Podle typu vozidel by měl být do centra města zakázán vjezd těžkým nákladním vozidlům. Osobní a lehká užitková vozidla určená pro zásobování, by měla mít vjezd povolen za předpokladu splnění regulačních opatření platných v konkrétním městě. Pro podporu environmentálně šetrných vozidel se nabízí možnost neomezeného bezplatného vjezdu čistých vozidel do centra, resp. památkové zóny. Vozidla nepařící do kategorie environmentálně šetrných vozidel by měla mít vjezd časově omezený, zakázaný při nesplnění minimálních požadavků na emise nebo zpoplatněný.

V případě osobních vozů nesloužících k podnikatelské činnosti, by měl být bez omezení povolen vjezd stálým obyvatelům centra. U ostatních takto definovaných osobních vozidel, která nevyhovují environmentálním požadavkům stanoveným v konkrétním městě, se nabízí možnost platby ročního poplatku za vjezd do centra. Zcela bez omezení by měl zůstat vjezd osobám tělesně postiženým a složkám integrovaného záchranného systému.

#### **Omezení podle emisních standardů vozidel**

Nástroj podpory čistých vozidel je velmi podobný nízkoemisním zónám. Podrobnější popis je uveden v kapitole 3.2.1.

#### **Omezení podle časových úseků**

Vjezd do center měst bývá časově omezen. Nejčastěji platí zákaz vjezdu v pracovních dnech od doby ranní dopravní špičky do odpolední dopravní špičky. O víkendech bývá vjezd povolen. Negativními jevy takového časového uspořádání jsou večerní a víkendové kongesce.

Typickou ukázkou je omezení přístupu do centra Říma. V historickém centru platí zákaz vjezdu všech vozidel, které nemají zvláštní placené povolení. Zákaz vjezdu platí v pracovních dnech od 6:30 do 18:00, o sobotách od 14:00 do 18:00. O prázdninách není vjezd omezen.

### 3.2.4 Povolení vjezdu do pěší zóny

Opatření se týká zásobovacích vozidel, ostatní vozidla by měla mít zakázaný vjezd do pěší zóny. U pěších zón bývá zákaz vjezdu aplikován během hlavních otevíracích hodin obchodů. Zásobovací vozidla mohou mít vjezd:

- časově omezený,
- omezený podle typu vozidel,
- omezený podle emisních standardů vozidel,
- kombinace výše jmenovaných.

#### **Časově omezený vjezd**

Pro podporu čistých vozidel je možné rozšířit časové intervaly, kdy lze do pěší zóny vjíždět. V případě ostatních zásobovacích vozidel je možné stávající časové úseky zachovat, zkrátit nebo v krajním případě vjezd úplně zakázat.

#### **Vjezd omezený podle typu vozidel**

V tomto případě může být vjezd do pěší zóny limitován velikostí nebo hmotností vozidel. Možností jak podpořit čistá vozidla je omezit vjezd podle typu pohonu, s preferencí plynových, elektrických nebo hybridních pohonů.

#### **Vjezd omezený podle emisních standard vozidel**

Nástroj podpory čistých vozidel je v tomto případě velmi podobný nízkoemisním zónám. Podrobnější popis je uveden v kapitole 3.2.1.

Tak jako v ostatních případech i u těchto nástrojů je důležité přehledné značení informující řidiče o platných omezeních. Při aplikaci je možné použít dálkově ovládané sklopné sloupky, kamerové systémy pro identifikaci vozidla. Pokud nejsou vybudovány technické zábrany na vjezd do zóny, kontrolu porušování omezení lze provádět uvnitř zóny pomocí kamerových systémů, nebo kontrolou vozidel městskou policií, nebo jinými pověřenými osobami, jejichž náklady mohou být pokryty z pokut.

### 3.2.5 Vyhrazené parkování

V městských památkových zónách a v historických centrech měst s omezeným množstvím parkovacích míst, je vhodným nástrojem podpory vyhrazení části disponibilních parkovacích míst pro environmentálně šetrná vozidla. Opatření se týká:

- veřejných garáží a parkovacích domů,
- parkovišť a parkovacích míst podél komunikací.

### **Veřejné garáže a parkovací domy**

Nástrojem pro podporu čistých vozidel jsou vymezená parkovací místa, případně celá patra pro jejich parkování. V případě CNG pohonu je Česká republika jedinou členskou zemí EU, kde platí legislativní zákaz parkování plyných vozidel (Jedlička, & Špička, 2009).

### **Parkoviště a parkovací zóny podél komunikací**

Podpora čistých vozidel v tomto případě může být realizována pomocí vyhrazení části kapacity parkovišť nebo parkovacích míst podél komunikací pro tato vozidla. V centrech měst bývá parkování často realizováno pomocí zón, u nichž jsou nastavena určitá omezení. Další možností podpory je vymezení zóny s možností parkování pouze environmentálně šetrných vozidel.

## **3.3. EKONOMICKÉ NÁSTROJE**

### **3.3.1 Zpoplatnění vjezdu do centra**

V některých evropských státech, respektive městech se lze setkat s různými způsoby realizace zpoplatněného vjezdu do centra města. Hlavním důvodem pro zavedení byla snaha omezit kongesce ve městech se všemi jejich negativními vlivy. Ukázalo se, že toto omezení vyvolá zvýšený zájem o městskou hromadnou dopravu. Navýšení frekvence a počtu spojů je hrazeno z příjmů zavedeného systému. Zároveň se zvýšilo využívání systému Park and Ride. V rámci systému nejsou zpoplatněna environmentálně šetrná vozidla, což má zásadní význam pro jejich podporu. Mezi nejznámější systémy zpoplatnění se řadí především švédský model (např. Stockholm) a britský model (Londýn). Podrobný popis ekonomických nástrojů podpory čistých vozidel je uveden v závěrečné zprávě za rok 2009.

### **3.3.2 Zpoplatnění vjezdu do pěší zóny**

Kromě pravidel popsanych v kapitole 3.2.4 se nabízí možnost zpoplatnění vjezdu zásobovacích vozidel do pěší zóny. Ideální varianta je zpoplatnění na určité časové období, na které se vydává povolení k vjezdu. Podpora čistých vozidel může být realizována snížením sazeb nebo úplným osvobozením od těchto poplatků. Pokud je platba uskutečněna společně s vydáváním povolení, pak toto opatření nepotřebuje navýšení personálních nákladů.

### **3.3.3 Zvýhodněné nebo bezplatné parkování**

Podpora spočívá v možnosti zvýhodněné ceny nebo bezplatného parkování na placených parkovištích a v hromadných garážích na území celého města, jejichž provozovatelem je městský úřad. Pro zajištění dodržování pravidel parkování je vhodné parkoviště vybavit závorovým systémem, který umožní výjezd na základě dokladu o zaplacení, nebo karty umožňující zvýhodněné parkování.

### 3.4. OSTATNÍ NÁSTROJE

#### 3.4.1 Taxi

Vozidla taxislužby po dobu své životnosti jezdí převážně v městském provozu na krátké vzdálenosti. Jsou provozována v nepříznivých jízdních režimech jako jsou opakované studené starty, jízda se studeným motorem, časté rozjezdy apod., tedy v režimech se zvýšenými emisemi. Obec, která uděluje licenci na provozování taxislužby, může určit obecně závaznou vyhláškou podmínky udělení licence a provozní řád stanovišť taxislužby. Obec může požadovat používání nízkoemisních vozidel taxislužby jako podmínku pro udělení licence. Dále je možné podpořit tato vozidla vyhrazením stanovišť na lukrativních místech.

#### 3.4.2 Městská hromadná doprava

Autobusy městské hromadné dopravy najezdí ročně v průměru kolem 60 000 km v nepříznivých provozních režimech, jako jsou především opakované rozjezdy. V posledních letech je možné zaznamenat širší využití CNG vozidel. V Dopravním podniku hlavního města Prahy bude část naftových vozidel s hybridním pohonem. Výhody těchto vozidel s alternativním pohonem jsou především v nižších nákladech na provoz a nižších emisích včetně hlukových. Na spolufinancování autobusů s alternativním pohonem lze v omezené míře získat dotace z rozvojových programů EU, Programu podpory obnovy vozidel městské hromadné dopravy a veřejné linkové autobusové dopravy a z příspěvku plynárenských společností na nákup CNG vozidel.

Vyšší náklady na pořízení vozidel s alternativním pohonem se vrací v úsporách provozních nákladů. Na základě testovacího provozu CNG autobusů od 5 výrobců v Dopravním podniku města Brna byly v roce 2006 zjištěny úspory nákladů na pohonné hmoty ve výši 5 Kč/km (Valníček, 2009). Celkové úspory za 12let životnosti autobusů a při postupné obnově vozového parku 110 autobusů vozovny Brno-Medlánky v délce trvání 3 let (se začátkem v roce 2009) byly vyčísleny na 200 000 000 Kč (Valníček, 2009). Nezbytné počáteční investiční náklady na plnicí stanici a vybavení dílen i provozní náklady plničky byly při výpočtu zahrnuty.

## 4. MODELOVÉ ÚZEMÍ

### 4.1. KVALITA OVZDUŠÍ V ČR

Při hodnocení úrovně znečištění ovzduší je sledován vztah naměřených imisních hodnot jednotlivých škodlivin k příslušným imisním limitům a cílovým imisním limitům. V České republice jsou pravidelně měřené koncentrací škodlivin v ovzduší na 227 lokalitách (v roce 2007). Základní monitorovací síť v České republice je síť monitorovacích stanic ČHMÚ (jak automatizovaných, tak i manuálních), která je doplněna monitorovacími stanicemi dalších subjektů, zejména Zdravotních ústavů, městských úřadů a ČEZ. Na většině stanic AIM (automatizovaný imisní monitoring) jsou sledovány oxid siřičitý SO<sub>2</sub>, oxid dusnatý NO, oxid dusičitý NO<sub>2</sub>, suma oxidů dusíku NO<sub>x</sub> a částice PM<sub>10</sub>, na části stanic i částice PM<sub>2,5</sub>. Na vybraných lokalitách jsou dále měřeny troposférický ozon, oxid uhelnatý a aromatické uhlovodíky (především benzen, toluen a o-, m- a p-xylen – BTX), a dále některé doprovodné meteorologické prvky (rychlost a směr větru, tlak a teplota).

Dlouhodobé monitorování kvality ovzduší v České republice ukazuje na opakované překračování imisních limitů některých znečišťujících látek, zejména pevných částic PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> a BaP. Překročení vybraných imisních limitů v roce 2008 je shrnuto v tabulce 4.1.

Tab. 4.1: Překročení imisních limitů některých sledovaných škodlivin

	Doba průměrování	Imisní limit	Mez tolerance	Max. povolený počet překročení	Počet překročení 2008
NO <sub>2</sub>	1 hod.	200 µg/m <sup>3</sup>	20 µg/m <sup>3</sup>	18	38
NO <sub>2</sub>	1 rok	40 µg/m <sup>3</sup>	4 µg/m <sup>3</sup>	0	8
PM <sub>10</sub>	24 hod.	50 µg/m <sup>3</sup>	0 µg/m <sup>3</sup>	35	3268
PM <sub>10</sub>	1 rok	40 µg/m <sup>3</sup>	0 µg/m <sup>3</sup>	0	17
PM <sub>2,5</sub>	1 rok	25 µg/m <sup>3</sup>	0 µg/m <sup>3</sup>	0	10
Benzo(a)pyren	1 rok	5 ng/m <sup>3</sup>	0 µg/m <sup>3</sup>	0	19

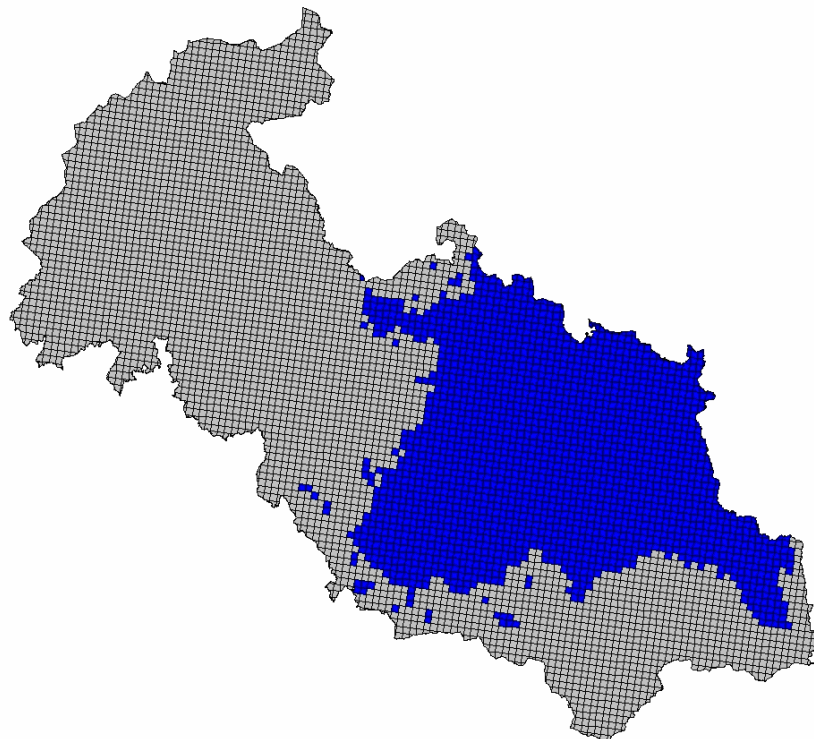
Zdroj: ČHMÚ

### 4.2. KVALITA OVZDUŠÍ V MORAVSKOSLEZSKÉM KRAJI

Souvislou oblastí nejvíce zatíženou znečištěním ovzduší je již několik let Ostravsko-Karvinsko, kde jsou měřeny každoročně nejvyšší koncentrace pevných částic PM<sub>10</sub> i jemnější frakce PM<sub>2,5</sub> a benzo(a)pyrenu. Tato lokalita se tak zároveň stala nejznečištěnějším místem v České republice z pohledu znečištění PM. Dalšími lokalitami, kde došlo k překročení některého z imisních limitů PM<sub>10</sub> ve sledovaném regionu byly Českých Těšín, Ostrava Bartovice, Ostrava – Přívoz, Karviná, Orlová a Ostrava – Českobratrská. Posledně zmiňovaná lokalita patří také mezi 10 nejzatíženějších z pohledu koncentrací NO<sub>2</sub>, kde byl v roce 2008 překročen roční imisní limit této škodliviny. Příčinou tohoto jevu je zejména fakt, že se jedná o dopravně silně zatíženou oblast a doprava je tak v tomto případě považována



za dominantní zdroj znečištění, zatímco u ostatních zmíněných lokalit je velmi významný také příspěvek průmyslové činnosti v regionu. Všechny shora uvedené lokality pak představují také oblasti s výjimkou Bohumína a Orlové, kde byl v roce 2008 překročen roční imisní limit pro benzo(a)pyren. Benzo(a)pyren je součástí produktů nedokonalého spalování fosilních paliv a jeho nebezpečnost spočívá zejména ve snadnosti vstupu do organismů inhalační, orální i dermální cestou a následném metabolismu, který zahrnuje formování karcinogenního benzo(a)pyren 7,8 diol-9,10-epoxidu. Oblasti se zhoršenou kvalitou území (OZKO) v Moravskoslezském kraji zasahují i na území města Opavy.



Obr. 4.1 Mapa oblastí se zhoršenou kvalitou území – Moravskoslezský kraj (Zdroj: ČHMÚ)

Na území Opavy probíhá imisní monitoring na stanici umístěné v lokalitě Opava-Kateřinky. Stanice monitoruje koncentrace NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> a PM<sub>10</sub>. Ve sledované lokalitě dochází k překračování koncentrací suspendovaných částic frakce PM<sub>10</sub>. Koncentrace ostatních sledovaných polutantů nedosahují limitních hodnot. Statistiku překročení 24 hodinových a ročních imisních limitů částic PM<sub>10</sub> na stanici Opava-Kateřinky ukazuje tab. 4.2.

Tab. 4.2 Překročení imisních limitů částic PM<sub>10</sub> v lokalitě Opava-Kateřinky

	24 hodin		1 rok	
	Maximální koncentrace [μg·m <sup>-3</sup> ]	Počet překročení	Průměrná koncentrace [μg·m <sup>-3</sup> ]	Překročen limit
2004	190,4	39	33,0	ne
2005	410,7	103	45,4	ne
2006	498,7	86	44,4	ne
2007	164,6	60	34,3	ne
2008	166,0	42	31,6	ne

Zdroj: ČHMÚ

Z průběhu průměrných měsíčních koncentrací PM<sub>10</sub> v lokalitě Opava-Kateřinky v letech 2004 – 2008 jsou patrné vyšší koncentrace částic PM<sub>10</sub> zejména v období od října do března, tedy v chladnějším období roku. Lepší ventilací v teplejším období (konvekce) jsou částice lépe rozptýlovány, zatímco v chladnějším období (inverze) je ventilace omezená a dochází tak k „hromadění“ PM ve spodních vrstvách atmosféry, poblíž místa svého vzniku. V zimě se na přítomnosti částic mohou také výrazně podílet lokální topeniště, která při poklesu teplot vytápí okolní obytnou zástavbu a částice jsou tak emitovány do ovzduší i z těchto zdrojů.

## 5. DOPRAVNÍ MODEL

V rámci řešení projektu za rok 2009 byl vytvořen dopravně emisní model města Opavy a jejího okolí. Pro tvorbu modelu byl využit kanadský software EMME/3 (Équilibre Multimodal - Multimodal Equilibrium). Tento program je nejnovější verzí programu vyvíjeného od roku 1976 v Montrealu firmou INRO a užívaného v mnoha vyspělých zemích po celém světě, vč. světových velkoměst jako jsou Los Angeles, London, Sydney nebo Helsinky. EMME je složeno z několika desítek vzájemně provázaných modulů řešících komplexně celý proces modelování vzniku a průběhu přepravy, vč. dopadů na životní prostředí. Daný proces je založen na standardním čtyřkrokovém procesu:

- vznik cest,
- rozdělení cest,
- dělba přepravní práce mezi jednotlivé druhy dopravy,
- přidělení dopravy na modelovou dopravní síť.

Základem programu jsou 3 editory: síť, matic a funkcí. Dále program obsahuje některé speciální funkce jako např. operace třetích zón v editoru matic (ty se používají např. pro výpočty nejlepších parkovacích míst), dále např. výpočty dopravních objemů v režimu studeného startu, stanovení emisí v závislosti na kapacitně závislé rychlosti, atd.

Dopravní model zpracovaný v EMME reprezentuje rovnovážný model nabídky a poptávky. Poptávku v modelu zastupuje tzv. matice dopravních vztahů, vycházející ze známých socioekonomických a demografických charakteristik každé zóny, a udávající počet cest uskutečněných mezi jednotlivými zdroji a cíli dopravy (reprezentovanými jednotlivými zónami). Tím je stanovena dopravní produkce (počet cest z) a atraktivita (počet cest do) jednotlivých zón. Pro distribuci cest se nejčastěji používá gravitační model. Nabídkovou stranu tvoří vlastní silniční síť.

Data vystupující z modelu jsou zejména:

- objem dopravy přidělený na jednotlivé úseky sítě,
- cestovní čas pro každý úsek sítě (zohledňuje přetížení některých úseků nadměrným množstvím dopravy).

Vlastní stanovení množství emisí příslušného polutantu pak závisí na vypočtených objemech dopravy, emisních faktorech pro daný polutant a na předpokládaném složení vozového parku. Grafickým vyjádřením množství emisí jsou kartogramy emisní zátěže z dopravy.

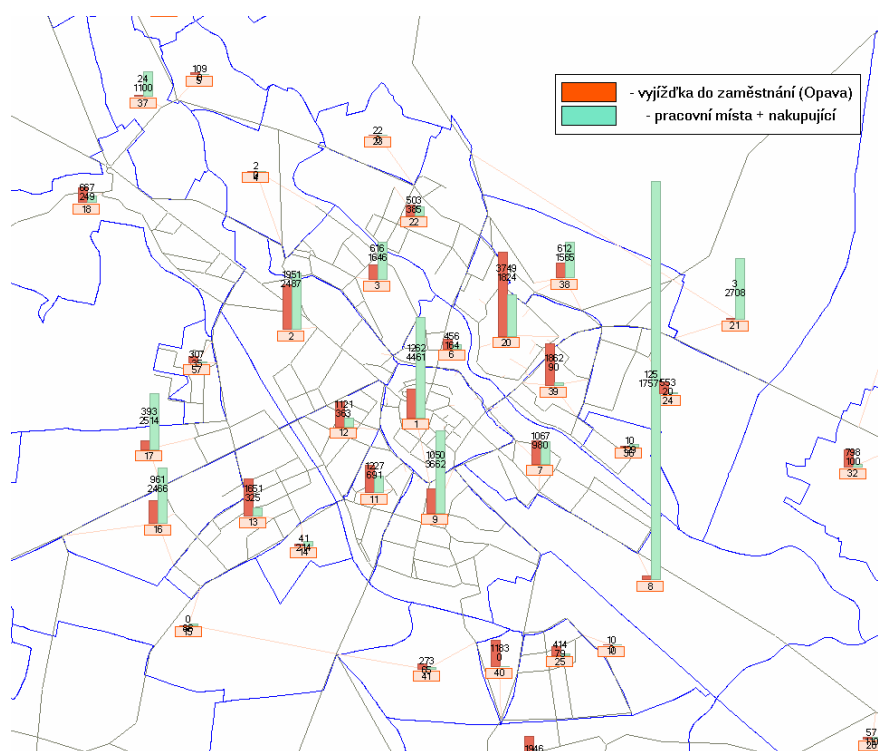
### 5.1. VYTVOŘENÍ MODELOVÉ MULTIMODÁLNÍ DOPRAVNÍ SÍTĚ MĚSTA OPAVY

Prvním krokem modelování bylo rozdělení modelové oblasti na dopravní zóny. Dopravní zóny rozlišujeme vnitřní a vnější. Vnitřní zóny jsou tvořeny základními sídelními jednotkami města Opava. K těmto datům byly socioekonomická data ze Sčítání lidu, domů a bytů 2001 (dále SLDB), aktualizovaná na základě průběžné evidence obyvatelstva (celkem 59 ZSJ). Dále model obsahuje 13 nejbližších okolních obcí a celkem 15 externích zón (vjezdů do modelového území) reprezentujících všechny významné komunikace směřující do města. Celkem se tedy model skládá z 111 dopravních zón reprezentovaných zvláštními uzly – tzv. centroidy.

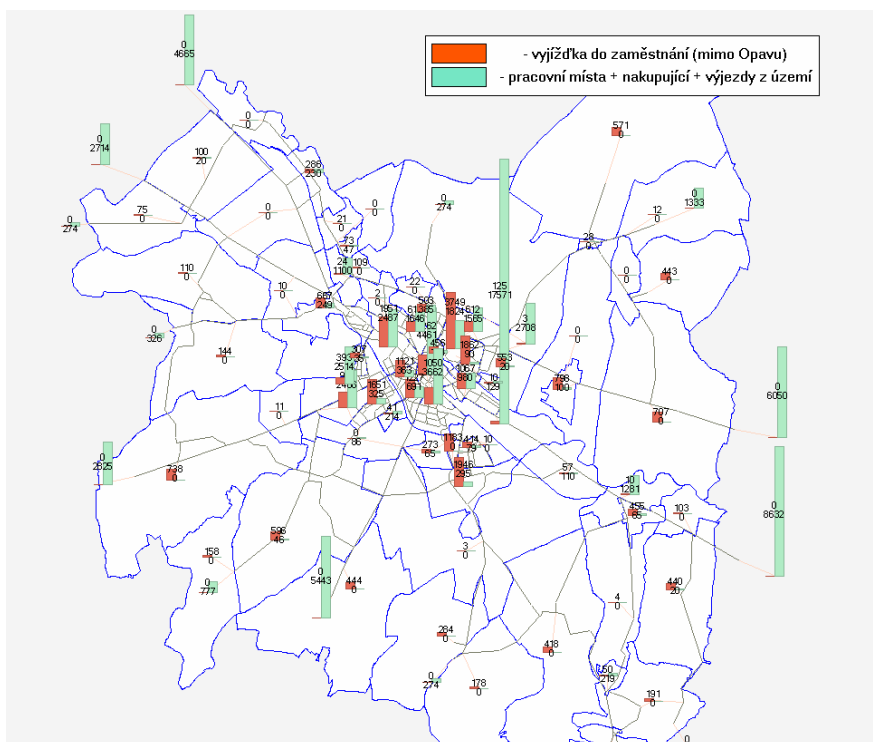
Modelová dopravní síť je v modelu reprezentována souborem uzlů (angl. nodes), které jsou navzájem propojeny linkami (angl. links). Všechny uzlové body (i centroidy) jsou referencovány na základě souřadnic v systému S-JTSK, čímž je umožněna návaznost modelu na všechny běžné GIS. Speciálním případem linku je tzv. konektor, který připojuje do sítě jednotlivé centroidy.

## 5.2. STANOVENÍ DOPRAVNÍCH PRODUKČÍ A ATRAKTIVIT JEDNOTLIVÝCH ZÓN

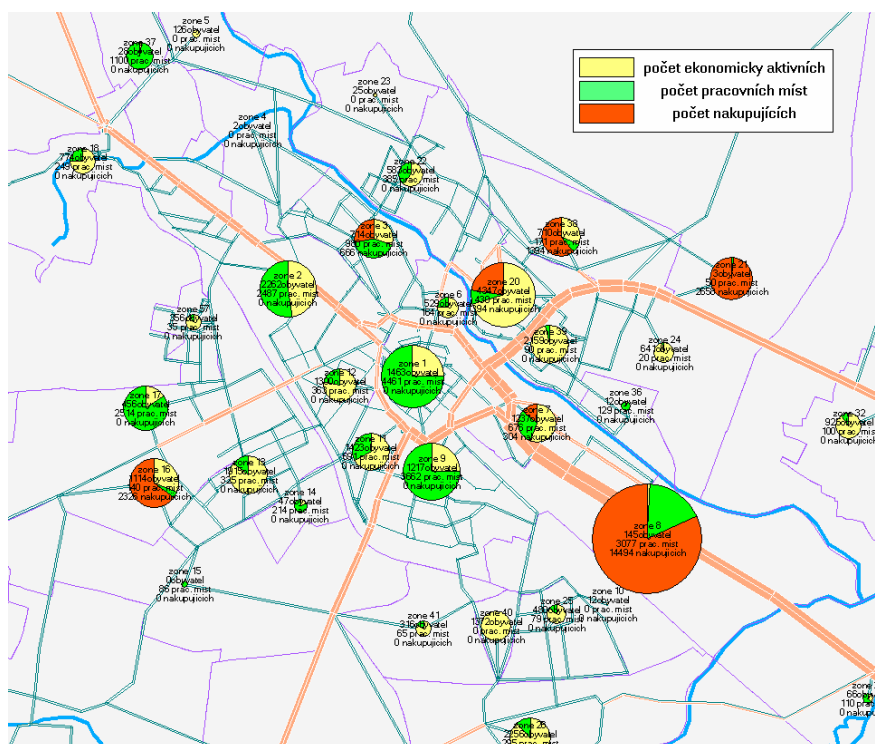
V dalším kroku byly zjišťovány údaje o dopravní produkci a dopravní atraktivitě jednotlivých zón. Dopravní produkce, tedy počet cest vycházející z jedné zóny, je úměrná počtům ekonomicky aktivních obyvatel v dané zóně. Dopravní atraktivita je odvozena z počtů pracovních příležitostí a z údajů o nejvýznamnějších nákupních centrech oblasti. V rámci modelování je ještě rozlišena vnitřní, vnější a tranzitní doprava města. Graficky jsou tyto údaje zobrazeny na následujících obrázcích 5.1 – 5.3.



Obr. 5.1 Dopravní produkce a atraktivita zón v modelu Opava - vnitřní doprava



Obr. 5.2 Dopravní produkce zón v modelu Opava - vnější doprava



Obr. 5.3 Počty obyvatel, pracovních míst a nakupujících v nákupních centrech

Údaje o produkcích a atraktivitách jednotlivých zón posloužily jako základ pro modelování dopravní poptávky, jehož výsledkem byla matice dopravních vztahů. Matice dopravních vztahů byla stanovena s pomocí modelu "Entropy", což je specifický případ gravitačního modelu.

### 5.3. VÝPOČET MATICE PŘEPRAVNÍCH VZTAHŮ

Po stanovení dopravních produkcí a atraktivit následuje další krok - stanovení (výpočet) matice přepravních vztahů. Pro výpočty matic přepravních vztahů existuje několik modelů, z nichž potřebám výpočtů emisí nejlépe vyhovoval a byl odzkoušen tzv. model "ENTHROPY", používaný běžně zejména v USA a Kanadě.

Pro účely dopravně-emisního modelu se takto určí dvě základní matice přepravních vztahů: matice vnitřní dopravy vzniklá distribucí dopravní produkce interních zón a matice dopravy z externích zón do modelového území. Tyto 2 matice představují cesty z místa bydliště, do blíže nerozlišené cílové destinace.

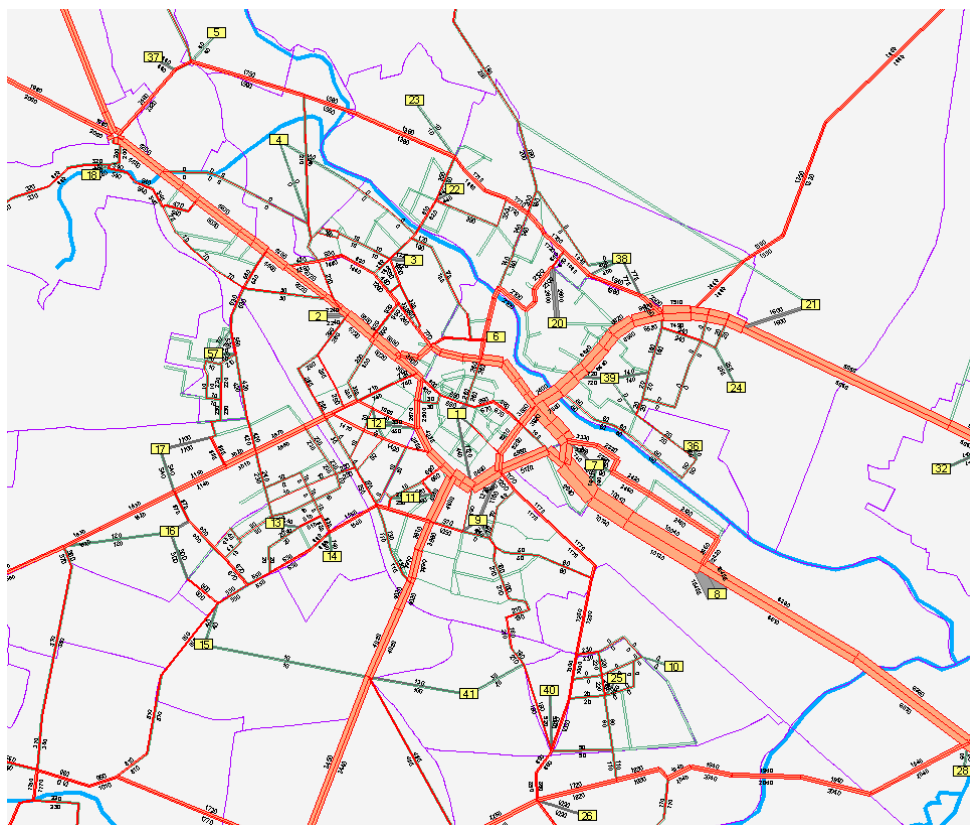
Vzhledem k tomu, že dopravní objemy a emise jsou počítány pro denní období, je nutno zohlednit i cesty zpět, které probíhají tentýž den (většinou odpoledne). Pro zohlednění zpátečních cesty (do místa bydliště) je doporučeno využít technik transpozice matic vztahů vnější i vnitřní dopravy a připočíst tyto transponované matice k původním dvěma maticím. Výjimkou je tranzitní doprava, která se netransponuje, protože vjíždí do modelového území, zase jej opouští a už se ve stejný den nevrací.

Zatímco matice dopravy z externích zón obsahuje pouze automobilovou dopravu, v interních cestách není druh dopravy rozlišen. Proto bylo nutné uvažovat s podílem IAD na celkové dopravní poptávce. Podíl IAD je v dopravním modelování standardně počítán modelem typu LOGIT, do kterého vstupují údaje ovlivňující rozhodování obyvatel o výběru dopravního prostředku. Mezi tyto údaje patří: cestovní čas a náklady na danou cestu, socioekonomické údaje, příjmy obyvatel, vlastnictví automobilu, apod. Pro stanovení dělby přepravní práce doporučujeme použít výsledky místních dopravních průzkumů dané modelové lokality. Nejsou-li tyto výsledky k dispozici, je možné použít hodnoty uvedené v literatuře, kde je pro města typu Opava uvedena dělba přepravní práce ve výši 45 - 55 %.

### 5.4. ZATĚŽOVÁNÍ - VÝPOČTY MODELOVÝCH DOPRAVNÍCH INTENZIT

Zatěžování bylo provedeno tzv. rovnovážnou metodu, kdy se dopravní vztahy uvedené matice přidělují na síť na trasy s nejkratším cestovním časem. Cestovní čas je počítán s pomocí tzv. funkce VDF („volume-delay“). Zatěžování se opakuje (iterace výpočtu) tak dlouho až je dosaženo rovnováhy systému, tj. žádný cestující si již nemůže zlepšit cestovní čas své cesty. Zatěžování bylo provedeno podle tzv. funkce BPR (Bureau of Public Road), vyvinutá v 60. letech v USA ("Traffic assignment manual," 1967).

Dopravní intenzity vypočtené s pomocí zatěžování modelové sítě byly následně kalibrovány na základě údajů z dopravních sčítání. Cílem kalibrace je co nejvíce se přiblížit hodnotám ze sčítání. Absolutní shody dosáhnout nelze, ani to není žádoucí, neboť i hodnoty ze sčítání jsou zatíženy chybou, mění se v průběhu dne, týdne i roku. Výsledky zatěžování v základním scénáři jsou uvedeny na obrázku 5.4.



Obr. 5.4 Modelové dopravní intenzity města Opava

## 5.5. APLIKACE NAVRŽENÝCH NÁSTROJŮ PODPORY ČISTÝCH VOZIDEL

### 5.5.1 Ekologické veřejné zakázky

#### Veřejná doprava

Spojení města s okolními obcemi v rámci integrovaného dopravního systému je realizováno 28 příměstskými autobusovými linkami. Z denně vypravovaných autobusů 30,1 % plní emisní normu Euro II, 45,8 % emisní normu Euro III a 24,1 % Euro IV. Obměna vozového parku probíhá přibližně v počtu 6-8 vozidel ročně. Za předpokladu udržení tempa obměny, by během dvou let došlo k obměně až 16 vozidel z celkového vozového parku dopravce. V konečném znění směrnice 2009/33/ES byl vypuštěn požadavek na objem nákupu vozidel poháněných alternativními palivy, který byl původně obsažen v návrhu směrnice (KOM(2005) 634). Z tohoto důvodu byly přehodnoceny jednotlivé scénáře obměny vozidel. Pro environmentální vyhodnocení obměny byly v dopravním modelu města Opavy zpracovány dva scénáře.

**Scénář 1:** 100% nových vozidel je poháněno vznětovými motory plnicími emisní normy Euro V. Aby byl zachován poměr vozidel v jednotlivých provozech dopravce, je uvažováno s přidělením 12 vozidel do provozu v Opavě. Z denně vypravovaných autobusů bude podle tohoto scénáře 19,7 % vozidel splňovat emisní normu Euro V.

**Scénář 2:** 100% nových vozidel je poháněno stlačeným zemním plynem. Aby byl zachován poměr vozidel v jednotlivých provozech dopravce, je uvažováno s přidělením 12 vozidel do provozu v Opavě. Podle scénáře 2 bude všech 12 vozidel poháněných zážehovým motorem

spalujícím stlačený zemní plyn, který vyhovuje emisní normě EEV. Z vypravovaných autobusů bude podle tohoto scénáře 19,7 % vozidel splňovat emisní normu EEV.

Jelikož dopravní podnik nedisponuje zařízením na plnění vozidel stlačeným zemním plynem a ve městě není veřejná plnicí stanice, obměna vozidel podle obou scénářů vyžaduje dodatečné investiční náklady na vybudování potřebné infrastruktury. Další dodatečné náklady je potřeba vynaložit na úpravu garáží a servisních dílen, aby tyto vyhověly platné legislativě.

### **Komunální služby**

Technické služby (TS) disponují 35 nákladními vozidly. Ve flotile jsou vozidla pro svoz komunálního odpadu, čistící vozidla a běžné nákladní automobily. Uvažované poměrné zastoupení ve flotile podle plnění emisních norem odpovídá skladbě vozidel podle metodiky MEFA. Obměně stávajících vozidel za čistá vozidla je realizována jedním scénářem.

**Scénář 1:** 100% vozidel je poháněno vznětovými motory plnicími emisní normy Euro III, IV a V. Vozidla poháněná alternativními palivy (CNG) nebyla oproti původnímu záměru do scénáře zařazena z důvodu nezájmu o jejich využití a k zatím neexistující možnosti rychlého plnění vozidel stlačeným zemním plynem ve městě.

#### 5.5.2 Obměna vozidel veřejné správy

Organizace státní a veřejné správy používají na svých pracovištích v Opavě 35 osobních vozidel. Podle údajů za zprávy Programu obměny vozového parku veřejné správy za „ekologicky přátelská“ vozidla je 73,56 % vozidel starších než 4 roky. Současná výchozí skladba vozového parku organizací je tedy uvažovaná ve složení 73,56 % vozidel plnicích emisní normu Euro 3 a 26,44 % plnicích normu Euro 4. Cílem Programu obměny vozového parku veřejné správy za „ekologicky přátelská“ vozidla je dosáhnout 25% podílu těchto vozidel. Podle údajů z programu je průměrný roční proběh vozidel veřejné správy 18 667 km (vážený průměr). Průměrná denní ujetá vzdálenost jednoho vozidla během pracovního dne je tedy 73,8 km.

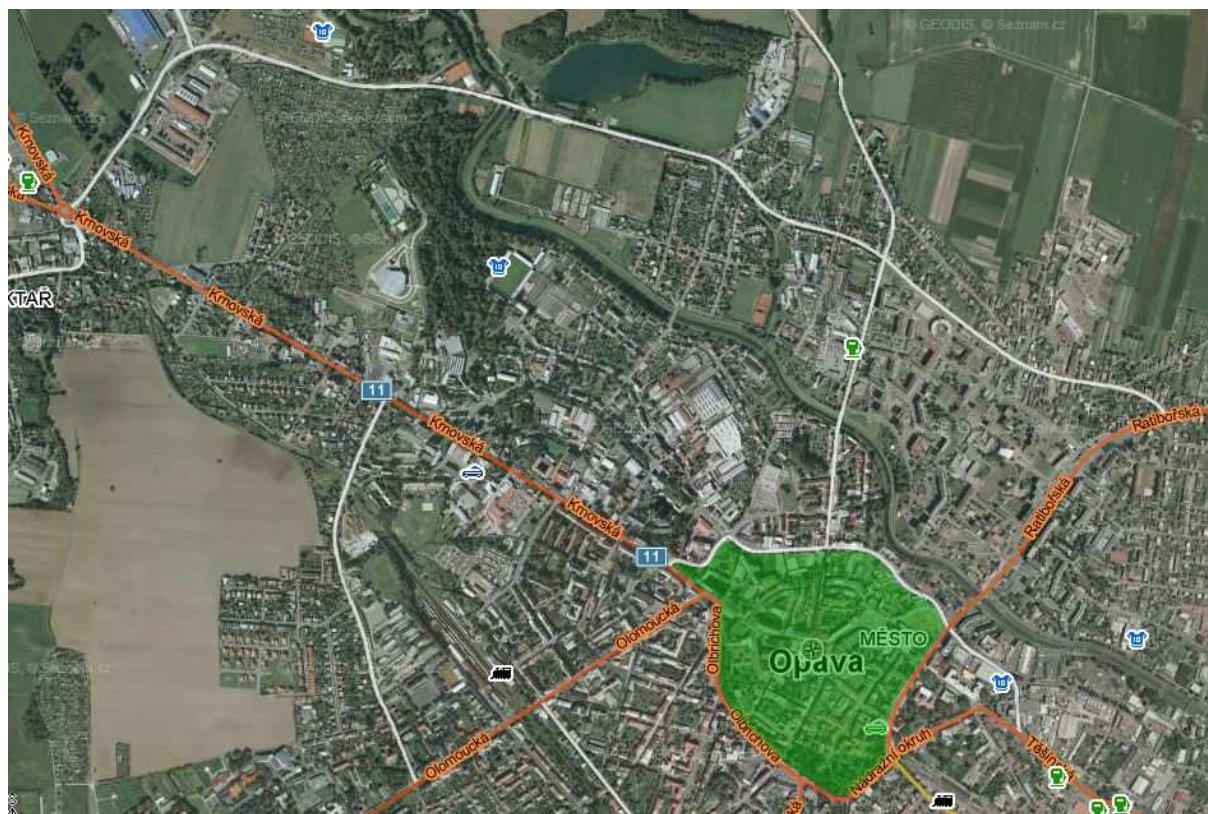
**Scénář:** Obměna 25 % vozidel veřejné zprávy za vozidla poháněná stlačeným zemním plynem. Výsledná skladba vozového parku organizací je podle tohoto scénáře ve složení 48,56 % vozidel plnicích emisní normu Euro 3, 26,44 % plnicích normu Euro 4 a 25 % vozidel plnicích normu Euro 5. Scénář předpokládá rovnoměrné rozložení realizovaných přepravních výkonů s preferovaným využitím hlavních komunikací.



### 5.5.3 Nízkoemisní zóny

Realizace nástroje nízkoemisní zóna je provedena ve dvou scénářích.

**Scénář 1:** Nízkoemisní zóna realizovaná na území města je vymezena ulicemi: U Jaktařské brány, Olbrichova, Nádražní okruh, Praskova, nám. Osvoboditelů, Nákladní, Oblouková, Kasárenská. Grafické vyznačení zóny je na obrázku 5.5. Ve scénáři je pohyb v nízkoemisní zóně zakázán vozidlům všech kategorií, která neplní minimální požadavky na emise dané normami Euro 3 a Euro III.



(mapový podklad: www.mapy.cz)

Obr. 5.5 Vymezení nízkoemisní zóny

**Scénář 2:** Nízkoemisní norma je realizována na území ohraničeném ulicemi: Krnovská, U Jaktařské brány, Olbrichova, Nádražní okruh, Praskova, nám. Osvoboditelů, Ratibořská, Vrchní, Rolnická, U Dráhy, Palhanecská. Grafické vyznačení zóny je na obrázku 5.6. Ve scénáři je pohyb v nízkoemisní zóně zakázán nákladním vozidlům nad 3,5 tuny a autobusům (vč. MHD a příměstské linkové dopravy) neplnícím minimální požadavky na emise dané normou Euro III.



(mapový podklad: www.mapy.cz)

Obr. 5.6 Vymezení nízkoemisní zóny

#### 5.5.4 Vyhrazené jízdny pruhy

Na modelovém území není k dispozici vhodná komunikace pro realizaci tohoto nástroje podpory čistých vozidel.

#### 5.5.5 Omezení vjezdu do centra

Opatření je podobné scénáři 1 zavedení nízkoemisní zóny. Centrum je vymezeno ulicemi: U Jakařské brány, Olbrichova, Nádražní okruh, Praskova, nám. Osvoboditelů, Nákladní, Oblouková, Kasárenská. Nástroj je realizován jedním scénářem. Časové omezení vjezdu do centra se neuvažuje.

**Scénář 1:** Do centra města je zakázán vjezd nákladních vozidel nad 3,5 tuny a autobusů. Výjimku tvoří vozidla MHD a příměstské linkové dopravy, které mohou projíždět centrem bez omezení. Dále je podle tohoto nástroje zakázán vjezd do centra osobními vozidly, která neplní minimálně emisní normu Euro 3.

#### 5.5.6 Omezení vjezdu do pěší zóny

Nástroj povoluje vjezd zásobovacím vozidly do pěší zóny pouze mimo běžnou otevírací dobu obchodů. Z hlediska 24 hodinového modelování se na výsledném emisním toku neprojeví případné zvýhodnění vozidel s alternativním pohonem povolením vjezdu do pěší zóny během celého dne. Z pohledu emisí produkovaných vozidly vjíždějícími do pěší zóny je

významnější povolení vjezdu pouze vozidlům s alternativním pohonem. Nástroj je realizován jediným scénářem.

**Scénář 1:** Do pěší zóny je povolen vjezd pouze vozidlům, která jsou provozována na plynná paliva (CNG, LPG), flexi-fuel vozidlům (E85), hybridním vozidlům a elektromobilům v průběhu celého dne.

### 5.5.7 Vyhrazené parkování

Nástroj doplňuje nástroje omezující vjezd do centra a nízkoemisní zónu. Realizace spočívá ve vyhrazení určité části parkovacích kapacit v centru města, v tomto případě 10 %, vozidlům s alternativním pohonem. Navržené opatření zvýší atraktivitu dané oblasti pro tato vozidla. Jsou stanoveny dva scénáře. Vzhledem k ostatním modelovaným nástrojům je vliv míry využití této kapacity na celkové emise malý, proto byl proti návrhu z roku 2009 zvolen jediný scénář.

**Scénář 1:** Kapacita vyhrazených míst na parkovištích v centru města je plně využita, 10 % z dynamické skladby vozidel je nahrazeno vozidly s alternativním pohonem, tj. vozidly poháněnými plynnými palivy (CNG, LPG), flexi-fuel vozidly (E85), hybridními vozidly a elektromobily.

### 5.5.8 Zpoplatnění vjezdu do centra a pěší zóny

Nástroje zpoplatňující vjezd vozidel, ať už do centra města, nebo do pěší zóny, neodpovídají požadavku zadání, neboť do environmentálního a ekonomického hodnocení mají být zahrnuty nástroje, které finančně nezatěžují motoristy. Z tohoto důvodu nástroje popsane v kapitolách 3.3.1 a 3.3.2 nebyly při hodnocení použity.

### 5.5.9 Zvýhodněné nebo bezplatné parkování

Nástroj doplňuje nástroje nízkoemisní zóna, omezení vjezdu od centra, vyhrazené parkování. Spočívá ve zvýhodněné sazbě za parkování pro vozidel s alternativním pohonem.

### 5.5.10 Taxi

Podle dostupných informací působí na území města Opavy 18 firem s licenci na provozování taxislužby, z nichž dvě firmy zaměstnávají více řidičů. Opatření se týká přibližně 30 vozidel. Doprava je realizována ve většině případů vozidly nižší střední a střední třídy se vznětovými motory, plnicími emisní limity podle normy Euro 3, a Euro 4. Podle informací od provozovatelů taxislužeb je průměrně denně uskutečněno 6 jízd.

Magistrát města, který uděluje licenci na provozování taxislužby, může určit obecně závaznou vyhláškou podmínky udělení licence a provozní řád stanovišť taxislužby. Ve vyhlášce může požadovat používání nízkoemisních vozidel taxislužby jako podmínku pro udělení licence. Dále je možné podpořit tato vozidla vyhrazením stanovišť na lukrativních místech, jako jsou místa na Horním nám., Dolním nám., vlakovém a autobusovém nádraží, apod.

**Scénář 1:** Obměna vozidel taxislužby za vozidla poháněná stlačeným zemním plynem. Scénář předpokládá rovnoměrné plošné rozložení realizovaných přepravních výkonů podle atraktivity cílů, s preferovaným využitím hlavních komunikací.

### 5.5.11 Městská hromadná doprava

Na území města je 13 autobusových linek MHD. Vozový park dopravního podniku se skládá z 34 vozidel. Denně je vypravováno 22 autobusů, z nichž 50 % plní emisní normu Euro II a 50 % emisní normu Euro III. Podle plánované obměny vozového parku má dojít k výměně 12 vozidel. Pro environmentální vyhodnocení obměny jsou v dopravním modelu města Opavy zpracovány dva scénáře.

**Scénář 1:** Nových 12 vozidel je poháněno vznětovými motory plnicími emisní normy Euro V. Z vypravovaných autobusů bude podle tohoto scénáře 55 % vozidel splňovat emisní normu Euro V a 45 % vozidel splňovat normu Euro III. Obměna vozidel podle tohoto scénáře nevyžaduje dodatečné investiční náklady.

**Scénář 2:** V rámci obměny bude zakoupeno 12 vozidel poháněných zážehovým motorem spalujícím stlačený zemní plyn, který vyhovuje emisní normě EEV. Z vypravovaných autobusů bude podle tohoto scénáře 55 % vozidel splňovat emisní normu EEV a 45 % automobilů splňovat normu Euro III. Jelikož dopravní podnik nedisponuje zařízením na plnění vozidel stlačeným zemním plynem (CNG) a ve městě není veřejná plnicí stanice, obměna vozidel podle tohoto scénáře vyžaduje dodatečné investiční náklady na vybudování potřebné infrastruktury. Další dodatečné náklady jsou potřebné na úpravu garáží a servisních dílen, aby tyto vyhověly platné legislativě.

## 6. ENVIRONMENTÁLNÍ VYHODNOCENÍ – SNÍŽENÍ EMISÍ

### 6.1. OBECNÁ VÝCHODISKA

Cílem této části projektu bylo namodelovat dopady jednotlivých navrhovaných opatření na dopravní toky a následně na emise z dopravy. Jako výchozí podklad byl zpravován model současného stavu, který byl kalibrován na rok 2008. Výsledky tohoto modelu jsou intenzity dopravy a emise základních znečišťujících látek ( $\text{NO}_x$ , PM). Intenzity dopravy byly vypočítány s pomocí rovnovážného zatěžování matice přepravních vztahů, která byla stanovena s pomocí socioekonomických dat jednotlivých zón, pracovních příležitostí a dalších souvisejících údajů (obchodní centra). Matice přepravních vztahů byla vypočítána s pomocí modelu distribuce cest – typ Entrophy. Bližší informace o dopravním modelu jsou ve výroční zprávě tohoto VaV projektu za rok 2009.

### 6.2. DEFINOVANÉ SCÉNÁŘE

Vedle základního scénáře současného stavu dopravy ve městě Opava byly definovány další 2 výhledové scénáře, které obsahují tzv. nízkoemisní zónu. To je zóna, kam dle definovaného souboru opatření nesmí vjíždět vozidla s nepříznivými emisními parametry (EURO 2 a starší a dále těžká nákladní vozidla). Oba nové scénáře se vzájemně liší velikostí definované nízkoemisní zóny: viz následující tabulka:

Tab. 6.2.1 Přehled scénářů modelu

Scénář č.	Popis scénáře
0	Současný stav dopravy
1	Malá nízkoemisní zóna pouze v centru
2	Velká nízkoemisní zóna v centru a širším okolí

### 6.3. PŘÍZPŮSOBENÍ DOPRAVNÍHO MODELU – ČÁST DOPRAVNÍ POPTÁVKY (MATICE)

V části dopravní poptávky (matice dopravních vztahů) byly provedeny tyto kroky:

- kódování zón (centroidů) modelové sítě podle příslušenství k nízkoemisní zóně (atribut  $ui1=1$  – centroid patří do nízkoemisní zóny,  $ui1=0$  – centroid nepatří do nízkoemisní zóny,
- rozdělení poptávkových matic osobní i nákladní dopravy (podle dynamické skladby vozidel), na dopravu vozidly splňující předpisy EURO 3 a vyšší (dále EUR 3+) a na dopravu vozidly splňující pouze předpisy EURO 2 a starší (dále EUR 2-).

Vlastní modelování dopravní poptávky předcházela následující úvaha: řidiči, kteří mají vozidlo nesplňující parametry vjezdu do nízkoemisní zóny (tj. EUR 2-), a současně mají svůj

cíl v nízkoemisní zóně, se k tomuto cíli autem nedostanou. Tito lidé musí dojet k nejbližšímu parkovišti a odtud pokračovat k cíli pěšky nebo městskou dopravou. Tato parkoviště v okolí centra jsou v modelu rovněž definována a slouží zde jako tzv. intermediární zóny, kde řidič vozidlo zanechá, neboť už dál nemůže, a pokračuje pak k cíli cesty buď pěšky, nebo MHD.

Tato situace byla v modelu simulována s pomocí dalšího rozdělení matic cest IAD EUR 2- i ND EUR 2- na cesty, které nemají svůj cíl v nízkoemisní zóně, a na cesty které mají cíl v nízkoemisní zóně. Toto rozdělení bylo provedeno v programu EMME s pomocí sub-matic.

Další postup byl již složitější a týkal se výlučně matice poptávky osobní dopravy typu EUR 2-, která má cíl v nízkoemisní zóně. Bylo nutné v modelu nasimulovat situaci, kdy řidiči starších osobních vozidel nemohou dojet autem až k cíli, nýbrž zaparkují někde vně nízkoemisní zóny a do ní se poté dostanou pěšky nebo veřejnou dopravou. K této simulaci byl využit systém tzv. operací třetích zón (tyto operace je možné provádět v programu EMME) řešící cesty typu: zdroj (většinou bydliště) – 3. zóna (parkoviště) – cíl (většinou pracoviště).

#### 6.4. VYUŽITÍ MATEMATICKÝCH OPERACÍ TŘETÍCH ZÓN

Při modelování cest tohoto typu již nelze vystačit s běžným kalkulátorem matic. Kalkulátor matic provede vždy každou matematickou operaci pro každé číslo matice nacházející se na řádku  $p$  a v sloupci  $q$ . Naproti tomu – matematický nástroj pro provádění operací třetích zón provede každou matematickou operaci pro všechny údaje na řádku daného zdroje a ve sloupci daného cíle a potom z nich vybere (vypočítá) požadovanou hodnotu (např. maximum, minimum, součet, průměr, apod.). Právě minimální hodnoty nás zajímají z hlediska nacházení minimálních impedancí cest přes 3. zónu, v našem případě přes parkoviště.

Schéma běžné matematické operace s maticemi. Příslušná matematická operace je provedena vždy ve stejné buňce.

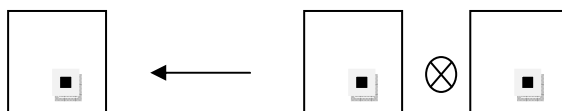


Schéma operace třetích zón. Příslušná matematická operace je provedena pro všechny údaje na příslušném řádku a příslušném sloupci. Následně je vybrána jedna hodnota (min., max., průměr, součet, apod.)



Je zřejmé, že oproti standardnímu kalkulátoru matic budou matematické operace třetích zón podstatně náročnější na výpočty.

#### 6.5. NALEZENÍ INTERMEDIÁRNÍ ZÓNY S MINIMÁLNÍMI CELKOVÝMI NÁKLADY

Pro každou dvojici zón v modelovém systému byl řešen problém nalezení nejkratší trasy přes třetí zónu, kterou v tomto případě představuje parkoviště (týká se to pouze vozidel

s horšími emisními parametry, kterým není dovoleno jet až do cíle, neboť tento cíl se nachází v nízkoemisní zóně). Nejkratší trasa před třetí zónu, neboli trasa a nejnižším odporem, bude počítána podle vztahu 1.

$$imp_{pkq} = \min(U_{pk} + C_k + U_{kq}) \quad (1)$$

kde:

- $Im_{pkq}$  je celkový odpor nejkratší trasy ze zóny p do cílové zóny q přes zónu k (záchytné parkoviště),
- $U_{pk}$  je cestovní čas (nebo impedance) ze zóny p do „třetí“ zóny k,
- $U_{kq}$  je cestovní čas (nebo impedance) z „třetí“ zóny k do zóny r,
- $C_k$  je náklady spojené s užitím třetí zóny (např. parkovací poplatky).

Odpory přes třetí zónu byly vypočítány formou matic pro každou dvojici zón (neboli O-D pár), mezi kterými probíhá přeprava. Matice cestovních časů je vypočítána při zatěžování modelové sítě maticí přepravních vztahů. Pro nalezení intermediární zóny s minimálními cestovními náklady je nutno také znát časy (navazující) pěší dopravy. Ten je vypočítán rovněž s pomocí přidělení vztahů na trasy s (teoreticky) uvažovanou pouze pěší dopravou. Časy pěší dopravy ze všech zdrojových do všech cílových zón jsou, stejně jako časy IAD, zapsány do matice.

Dalším krokem je rozdělení poptávkové matice cest, se kterou se provádí operace třetích zón (tj. matice mf15 – viz. tabulka 6.5.1). Počty cest ze zdrojové zóny p do intermediární zóny k bude roven součtu cest vozidly typu EUR 2-, celkem ze zdrojové zóny p do cílových zón  $q_1, q_2 \dots q_n$  ( $q_1 - q_n$  náleží do LEZ), pro které se tato zóna k ukázala jako nejvýhodnější (zjištěno s pomocí výpočtu minimálních impedancí cest přes třetí zónu). Platí tedy, že

$$dem_{IAD,pk} = \sum_{k \text{ best}} dem_{IAD,pq} \quad \text{pro každé } k = q \quad (2)$$

kde:

- $dem_{IAD,pk}$  je poptávka (počet cest) vozidel typu EURO 2- do nízkoemisní zóny, ze zdrojové zóny p do třetí zóny k,
- $dem_{pq}$  je poptávka (počet cest) vozidel typu EURO 2- do nízkoemisní zóny, ze zdrojové zóny p do cílové zóny q ( $q \in LEZ$ ),
- $k \text{ best}$  je nejvýhodnější parkoviště pro vozidla typu EURO 2- mající cíl v nízkoemisní zóně ze zdrojové zóny p do cílové zóny q ( $q \in LEZ$ ).

Přesměrování dopravy z cílů na parkoviště se provede pouze pro matice cest osobních vozidel, která mají cíl v nízkoemisní zóně a současně splňují pouze limity EURO 2 a starší. Celkem tedy dostáváme 7 poptávkových matic (4 osobní a 3 nákladní dopravy), z nichž 6 je následně přidělováno na síť v procesu více-třídního zatěžování. Tabulka 6.5.1 uvádí přehled všech těchto matic.

Tab. 6.5.1 Definované matice vztahů osobní i nákladní dopravy

<b>Matice</b>	<b>Popis</b>
mf13	Matice cest osobní dopravy – vozidla EURO 3 a novější (do všech cílů bez omezení)
mf14	Matice cest osobní dopravy – vozidla EURO 2 a starší, které nemají cíl v nízkoemisní zóně
mf15	Matice cest osobní dopravy – vozidla EURO 2 a starší, které mají cíl v nízkoemisní zóně
mf16	Matice cest osobní dopravy – vozidla EURO 2 a starší, které mají cíl v nízkoemisní zóně, přeměřované do parkovišť s pomocí operací třetích zón
mf17	Matice cest nákladní dopravy – vozidla EURO 3 a novější (do všech cílů bez omezení)
mf18	Matice cest nákladní dopravy – vozidla EURO 2 a starší, které nemají cíl v nízkoemisní zóně
mf19	Matice cest nákladní dopravy – vozidla EURO 2 a starší, které mají cíl v nízkoemisní zóně

## 6.6. PŘÍZPŮSOBENÍ DOPRAVNÍHO MODELU – ČÁST DOPRAVNÍ NABÍDKY (MODELOVÁ SÍŤ)

V každém scénáři modelové dopravní sítě byly provedeny tyto kroky:

- kódování úseků modelové sítě podle příslušenství k nízkoemisní zóně: byl definován atribut @air=1 pro úseky patřící do nízkoemisní zóny a @air=0 pro úseky nepatřící do nízkoemisní zóny,
- definování nových dopravních módů na každý úsek sítě: mód „e“ – vozidla, která mohou do nízkoemisní zóny a mód „f“ – vozidla která zde nemohou,
- definování atributů úseků, které odpovídají jednotlivým třídám osobní i nákladní dopravy a současně jsou do nich zapisovány intenzity těchto tříd při vícetřídovém zatěžování (viz tabulka 6.6.1).

Tab. 6.6.1 Třídy vozidel jako atributy silniční modelové sítě

<b>Název třídy (atributu)</b>	<b>Popis atributu</b>
@os1	intenzity osobních vozidel EURO 3 a vyšší
@os2	intenzity osobních vozidel EURO 2 a nižší, jejichž cíl cesty neleží v nízkoemisní zóně

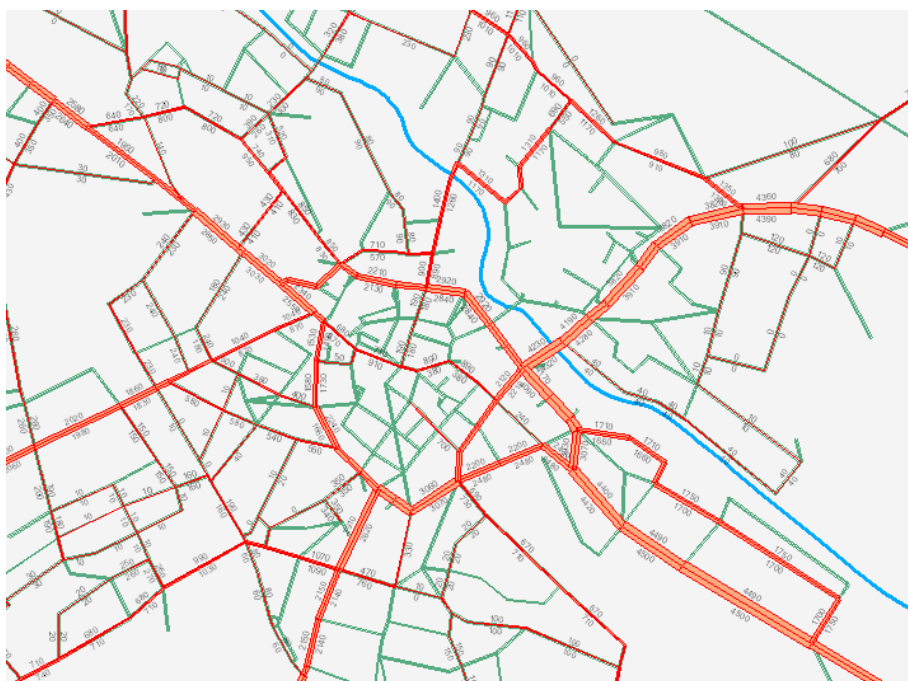


Název třídy (atributu)	Popis atributu
@os3	intenzity osobních vozidel EURO 2 a nižší, jejichž cíl cesty leží v nízkoemisní zóně
@nakl1	intenzity nákladních vozidel EURO 3 a vyšší
@nakl2	intenzity nákladních vozidel EURO 2 a nižší, jejichž cíl cesty neleží v nízkoemisní zóně
@nakl3	intenzity nákladních vozidel EURO 2 a nižší, jejichž cíl cesty leží v nízkoemisní zóně

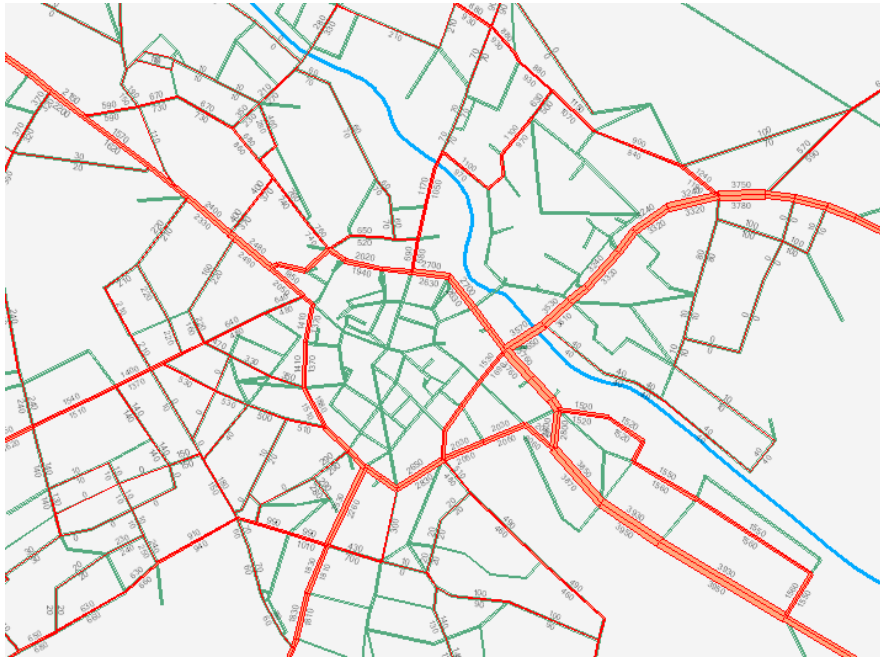
## 6.7. VÝSLEDNÉ DOPRAVNÍ INTENZITY

Součtem intenzit všech uvedených 6 tříd vozidel dostaneme modelové intenzity dopravy (intenzita = počty vozidel projíždějících daným úsekem silnice za 24 hodin), v každém scénáři. Výsledky každé třídy, tj. počty vozidel na jednotlivých úsecích sítě, jsou zapsány zvlášť do atributů úseků a slouží jako vstupní údaje pro výpočty emisí z dopravy. Pro výpočty emisí je poté použit příslušný emisní faktor (EUR 3+, EUR 2-).

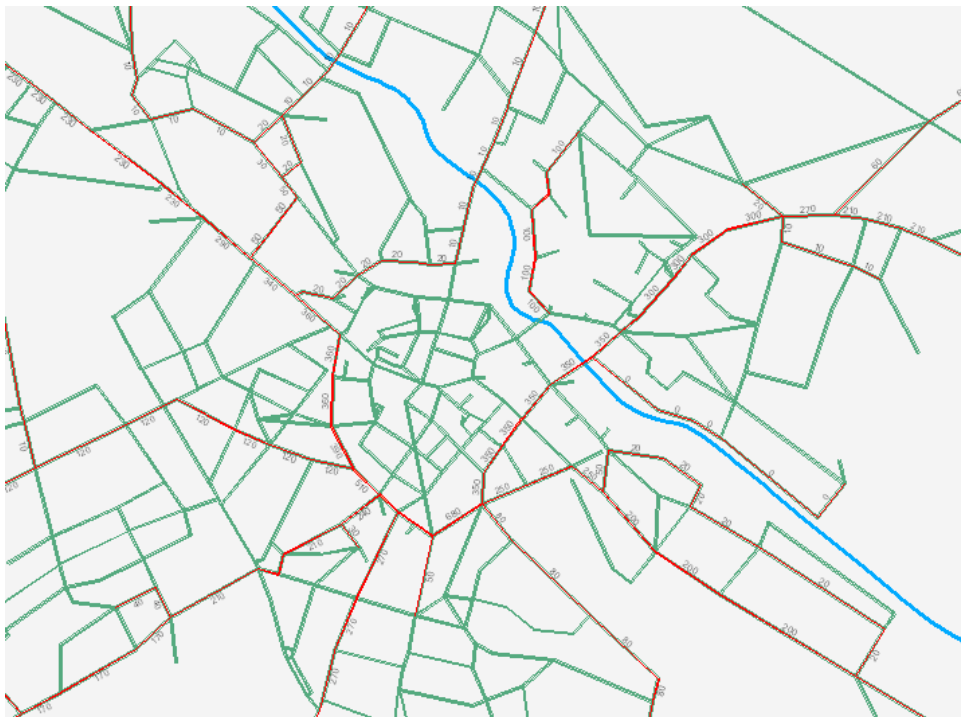
### 6.7.1 Scénář s menší nízkoemisní zónou (v centru)



Obr. 6.1 Modelové intenzity osobní dopravy – tř.1 (vozidla s EURO 3 a vyšší)



Obr. 6.2 Modelové intenzity osobní dopavy – tř.2 (vozidla s EURO 2 a nižší, cíl není v nízkoemisní zóně)



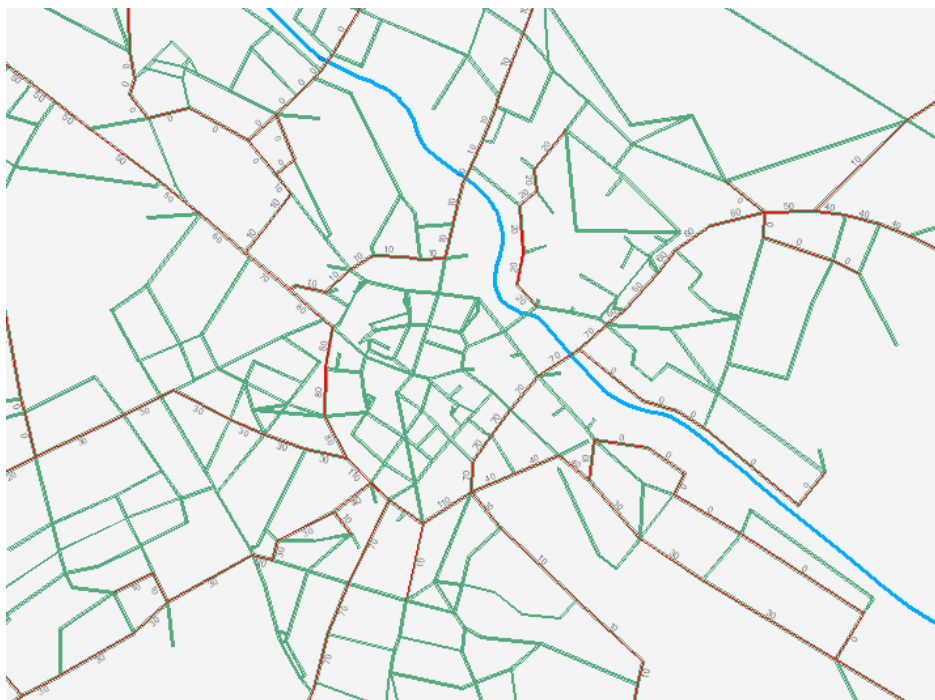
Obr. 6.3 Modelové intenzity osobní dopavy – tř.3 (vozidla s EURO 2 a nižší, cíl je v nízkoemisní zóně, přeměřována na parkoviště)



Obr. 6.4 Modelové intenzity nákladní dopravy – tř.1 (vozidla s EURO 3 a vyšší)



Obr. 6.5 Modelové intenzity nákladní dopravy – tř.2 (vozidla s EURO 2 a nižší, cíl není v nízkoemisní zóně)



Obr. 6.6 Modelové intenzity nákladní dopravy – tř.3 (vozidla s EURO 2 a nižší, cíl je v nízkoemisní zóně)

Je zřejmé, jak model funguje – vozidla osobní dopravy třídy 1 (obr. 6.1) projíždějí nízkoemisní zónou bez omezení, zatímco vozidla tříd 2 a 3, tj. vozidla nesplňující přísné emisní normy, se do nízkoemisní zóny v centru města nedostanou. Pro nákladní dopravu platí úplné omezení – do nízkoemisní zóny se nedostanou žádná těžká nákladní vozidla. Jedná se o simulaci opatření, kdy vozidla s hmotností nad 3,5 tuny nejsou do nízkoemisní zóny vpuštěna vůbec, a veškeré zásobování místních obchodů probíhá vozidly typu dodávek.

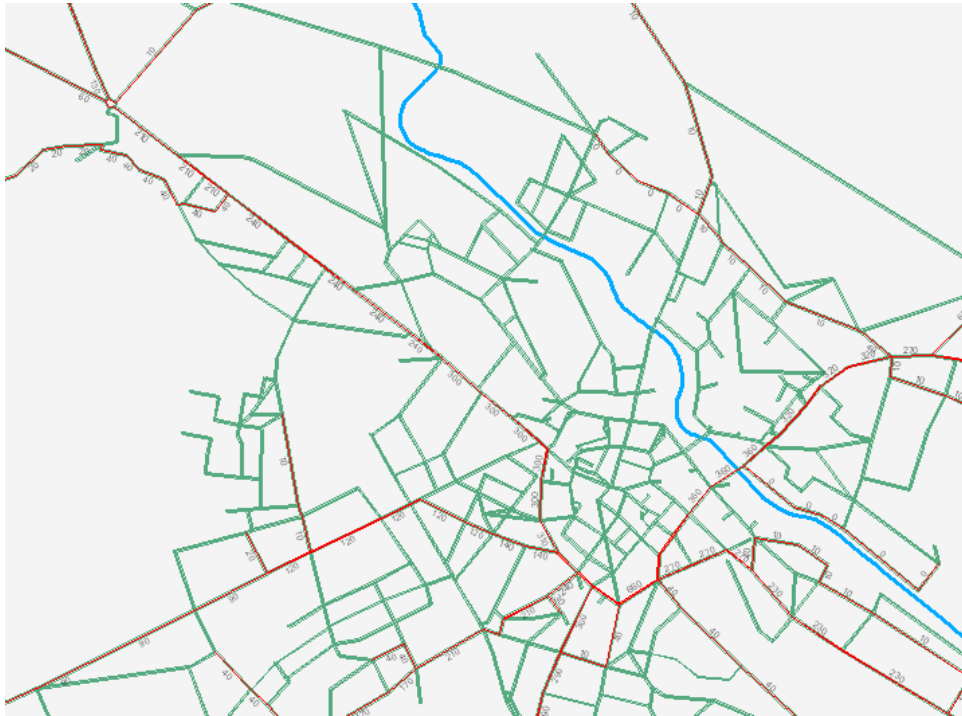
## 6.7.2 Scénář s větší nízkoemisní zónou



Obr. 6.7 Modelové intenzity osobní dopravy – tř.1 (vozidla s EURO 3 a vyšší)



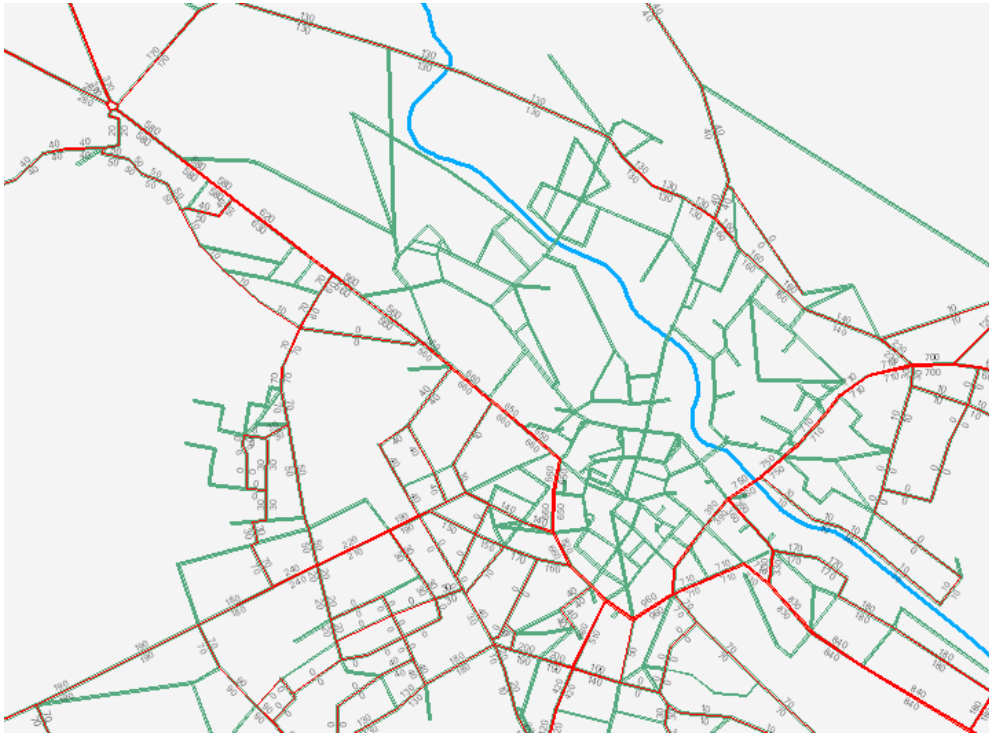
Obr. 6.8 Modelové intenzity osobní dopravy – tř.2 (vozidla s EURO 2 a nižší, cíl není v nízkoemisní zóně)



Obr. 6.9 Modelové intenzity osobní dopravy – tř.3 (vozidla s EURO 2 a nižší, cíl je v nízkoemisní zóně, přeměrována na parkoviště)



Obr. 6.10 Modelové intenzity nákladní dopravy – tř.1 (vozidla s EURO 3 a vyšší)



Obr. 6.11 Modelové intenzity nákladní dopravy – tř.2 (vozidla s EURO 2 a nižší, cíl není v nízkoemisní zóně)



Obr. 6.12 Modelové intenzity nákladní dopravy – tř.3 (vozidla s EURO 2 a nižší, cíl je v nízkoemisní zóně)

Obdobně jako v předchozím scénáři jsou vidět rozdíly – třída nízkoemisních vozidel má přístup do nízkoemisní zóny, zatímco vozidla plnicí pouze emisní předpisy EURO 2 a starší sem přístup nemají. Pro těžkou nákladní dopravu platí v tomto scénáři stejná omezení jako v předchozím scénáři.

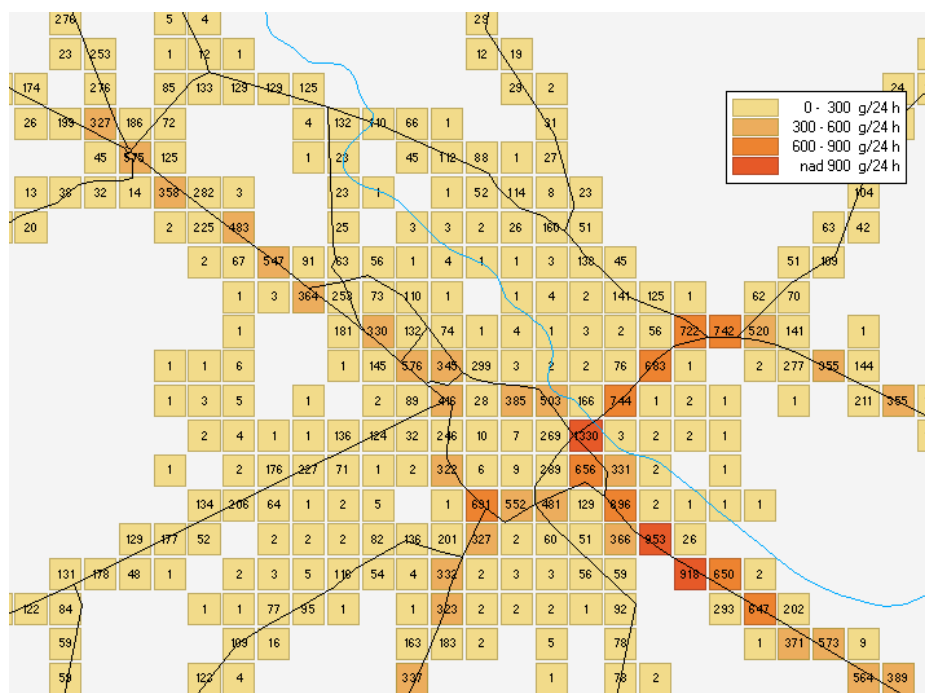
## 6.8. EMISE Z DOPRAVY

Emise z dopravy byly vypočteny pro základní scénář i oba návrhové scénáře lišící se ve velikosti nízkoemisní zóny. Byly vypočítány tyto emise: pevné částice (PM), oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>), oxid dusičitý (NO<sub>2</sub>), benzen (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) a benzo(a)pyren (B(a)P). Obdobně jako modelové dopravní intenzity byly emise vypočítány zvlášť pro každou z definovaných 6 tříd. Definice třídy vyplývá ze zvoleného postupu modelování dopadů opatření, kdy každé třídě odpovídá specifická matice vztahů (bližší popis je v předchozí kapitole).

Emisní faktory byly brány z programu MEFA a byly definovány vždy jako atribut úseku s pomocí hromadných příkazů (maker), v závislosti na kapacitně závislé rychlosti, která je v dopravním modelu rovněž počítána.

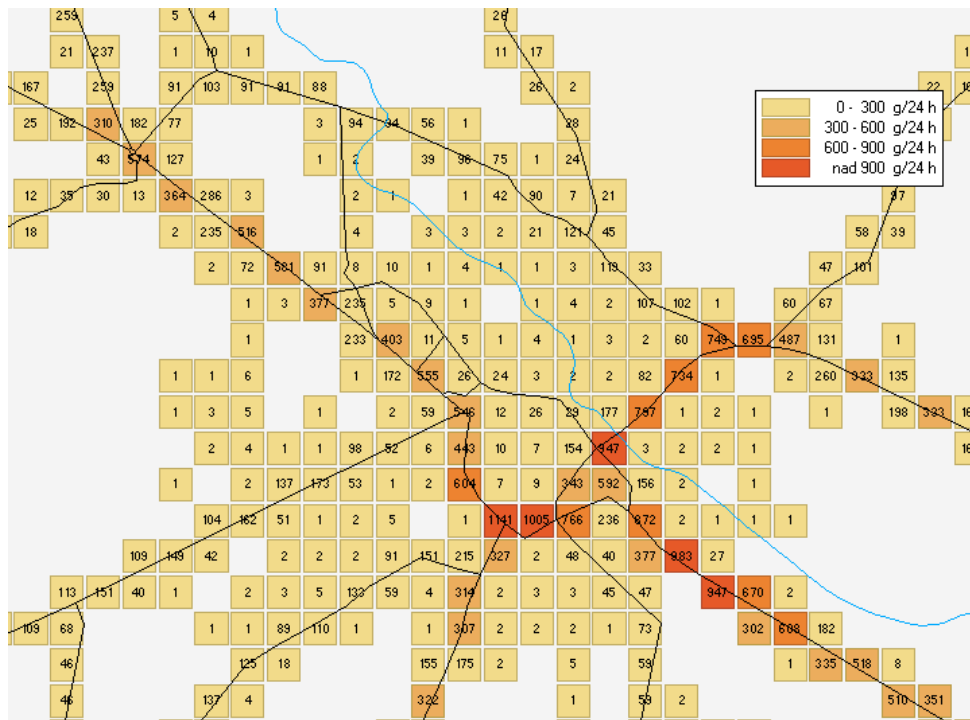
Výsledky emisí jsou prezentovány v podobě emisních mřížek (tzv. gridů) a rovněž jako rozdílové kartogramy emisního toku – porovnání každého z obou výhledových scénářů se současným stavem. Aby bylo porovnání se současným stavem korektní, musel být zvolen stejný postup modelování dopravních toků současného stavu jako ve výhledových scénářů s nízkoemisní zónou: tj. rozdělení modelových intenzit i matice vztahů do 3 tříd a provedení vícetřídového zatěžování. V případě základního stavu nejsou žádná omezení v přidělení emisně horších vozidel na modelovou silniční síť.

### 6.8.1 Emise pevných částic (PM)

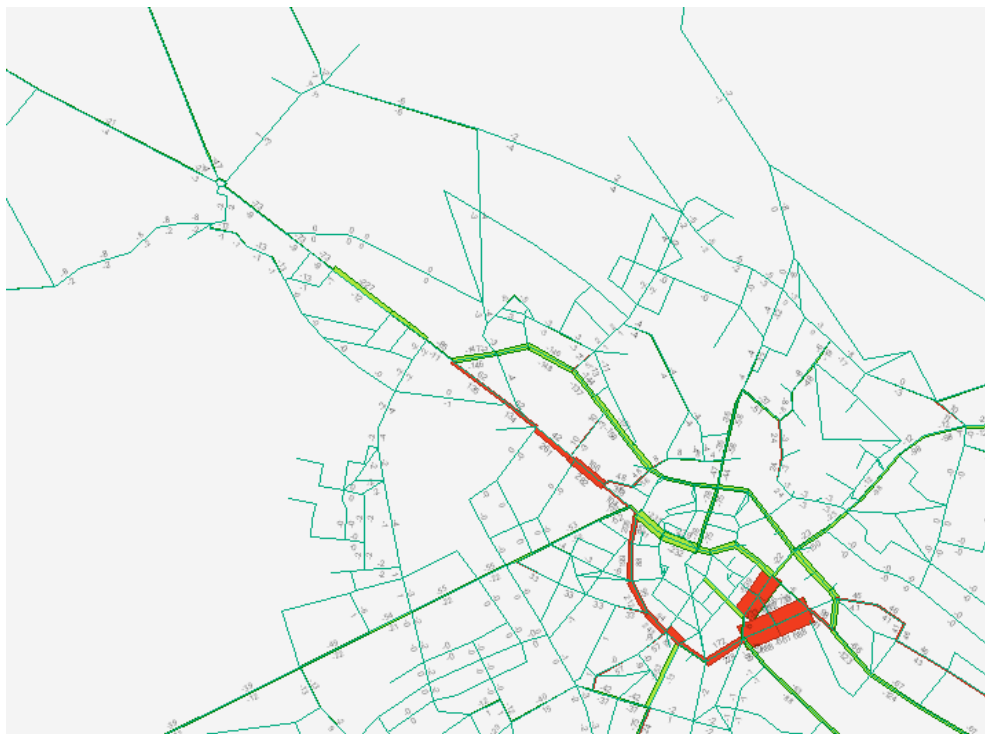


Obr. 6.13 Emisní grid pevných částic z dopravy – scénář 1 (malá nízkoemisní zóna)

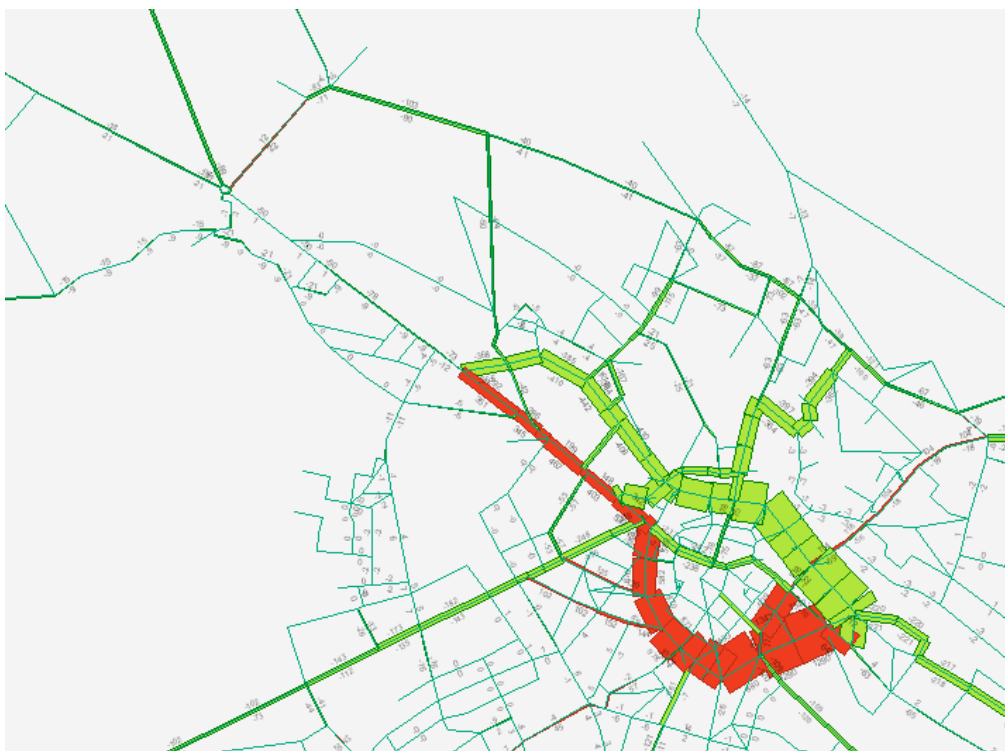




Obr. 6.14 Emisní grid pevných částic z dopravy – scénář 2 (velká nízkoe emisní zóna)



Obr. 6.15 Rozdílový kartogram emisí PM – scénář 1 oproti současnému stavu



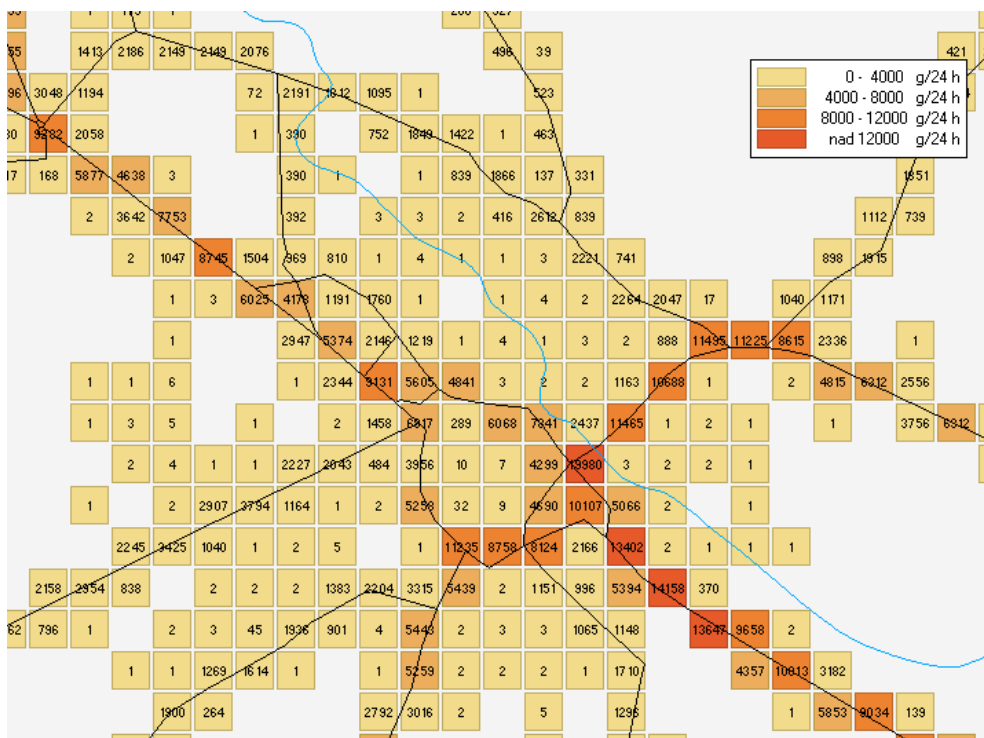
Obr. 6.16 Rozdílový kartogram emisí PM – scénář 2 oproti současnému stavu

Nejvyšší rozdíly emisí PM v obou výhledových scénářích jsou na ul. Nákladní v úseku Pekařská – Ratibořská, která náleží do velké nízkoemisní zóny scénáře 2 ale nikoli do malé nízkoemisní zóny scénáře 1. Množství emisí PM zde klesá přibližně na 40-55 %.

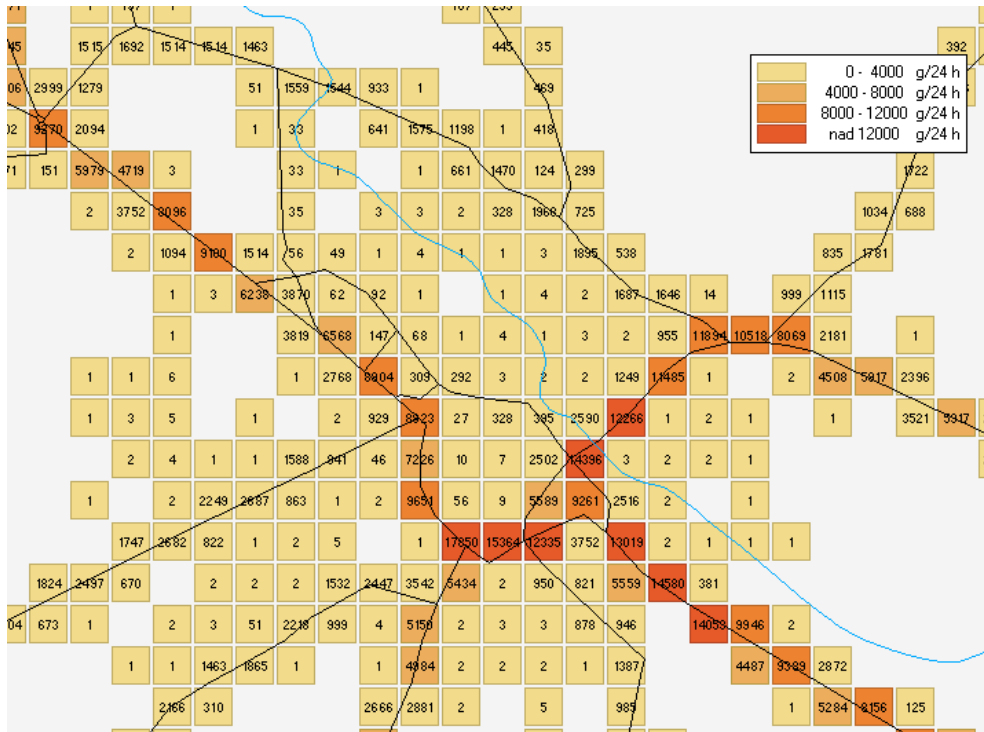
Rozdíly v emisích jsou patrnější v případě, kdy nízkoemisní zóna je větší (scénář 2). Závisí to však také na dalších faktorech – především na případném vybudování parkovišť vně této zóny, které zde v současnosti nejsou. V tomto případě, pokud řidiči nemají k dispozici vhodné parkoviště, nedojde k realizaci dané přepravy - některé cesty se v modelu vůbec nepřidělí na síť (což odráží tenké zelené linky ve vnějších zónách v modelu). Červené linky představují přírůstek emisí, zelené úbytek.

## 6.8.2 Emise oxidů dusíku ( $\text{NO}_x$ )

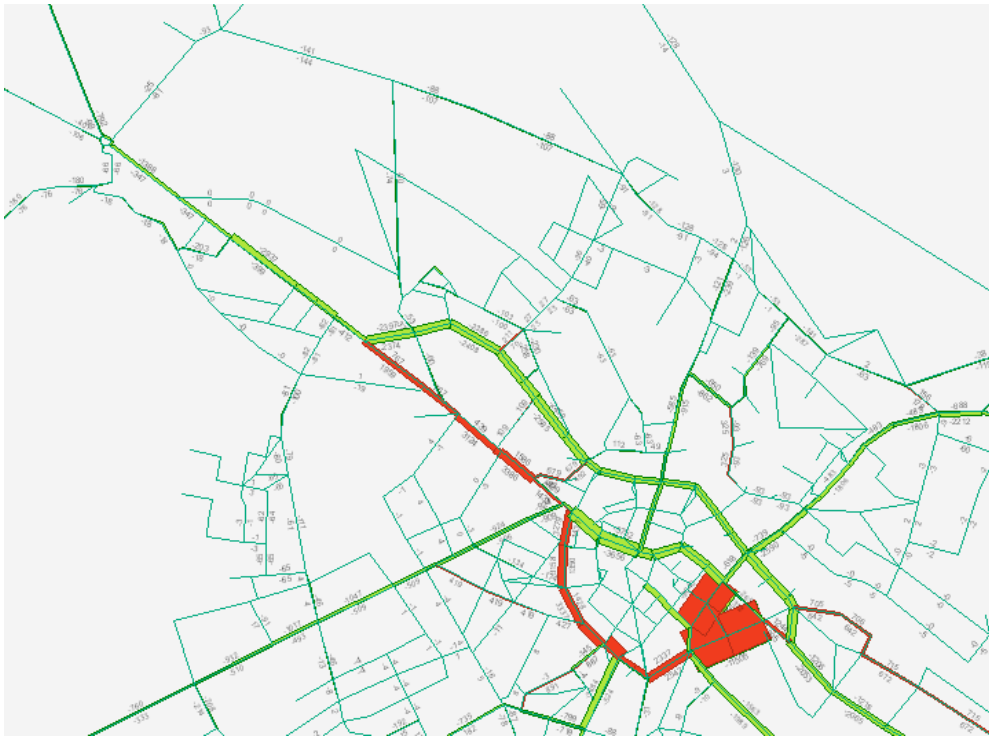
Rozdíly a porovnání jsou obdobné jako u PM, jen absolutní emise jsou samozřejmě podstatně vyšší. U emisí  $\text{NO}_x$  se ještě markantněji promítá rozdíl mezi oběma výhledovými scénáři, neboť  $\text{NO}_x$  je emitován řádově více z nákladní než z osobní dopravy. Ve zmiňovaném úseku Pekařská – Ratibořská na ul. Nákladní klesají emisí  $\text{NO}_x$  více než 10krát ve variantě velké nízkoemisní zóny, což je především důsledek opatření - omezení těžké nákladní dopravy.



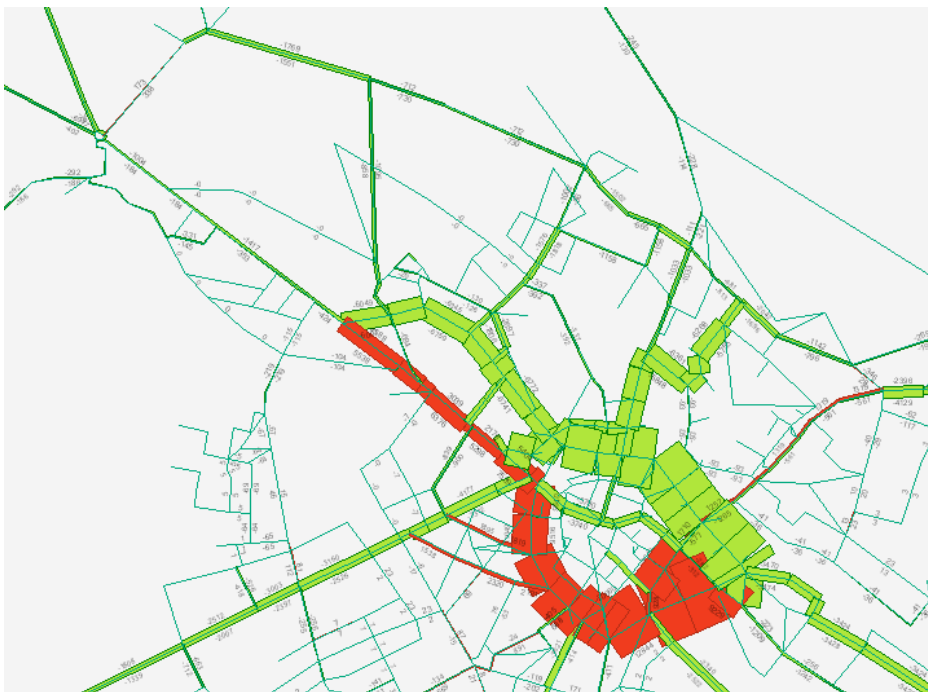
Obr. 6.17 Emisní grid NO<sub>x</sub> – scénář 1 (malá nízkoemisní zóna)



Obr. 6.18 Emisní grid NO<sub>x</sub> z dopravy – scénář 2 (velká nízkoemisní zóna)

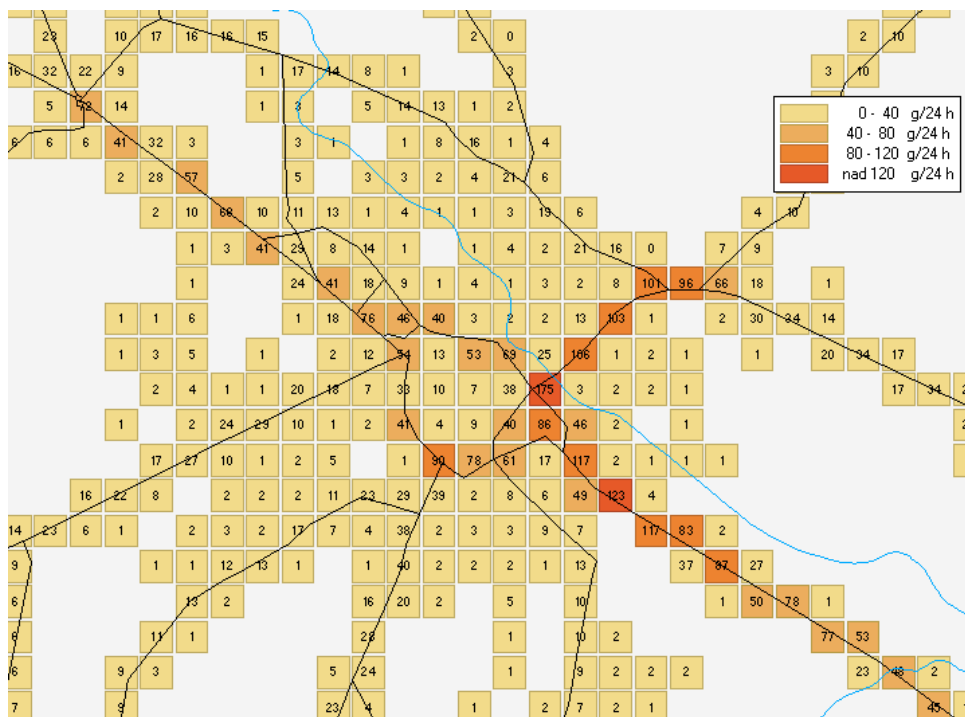


Obr. 6.19 Rozdílový kartogram emisí NO<sub>x</sub> – scénář 1 oproti současnému stavu

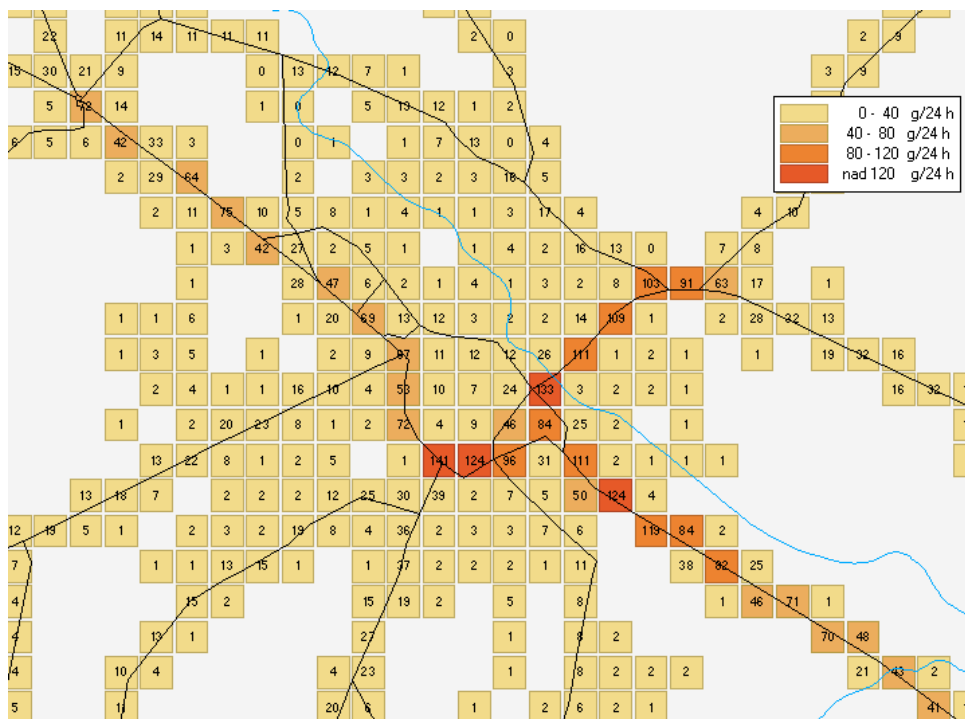


Obr. 6.20 Rozdílový kartogram emisí NO<sub>x</sub> – scénář 2 oproti současnému stavu

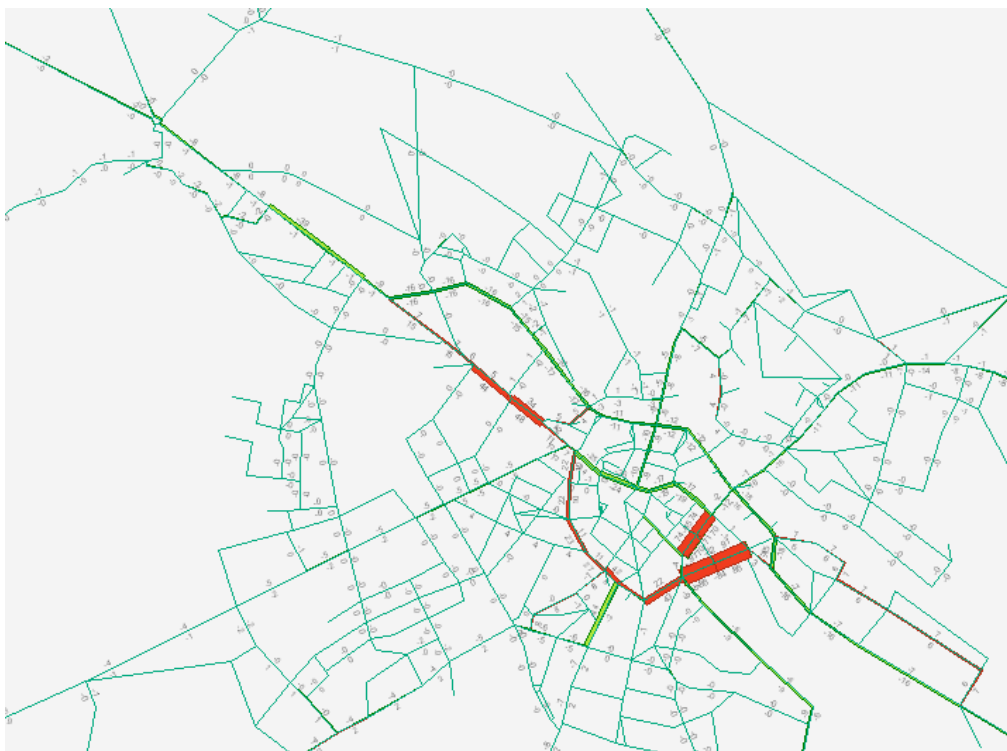
### 6.8.3 Emise benzenu



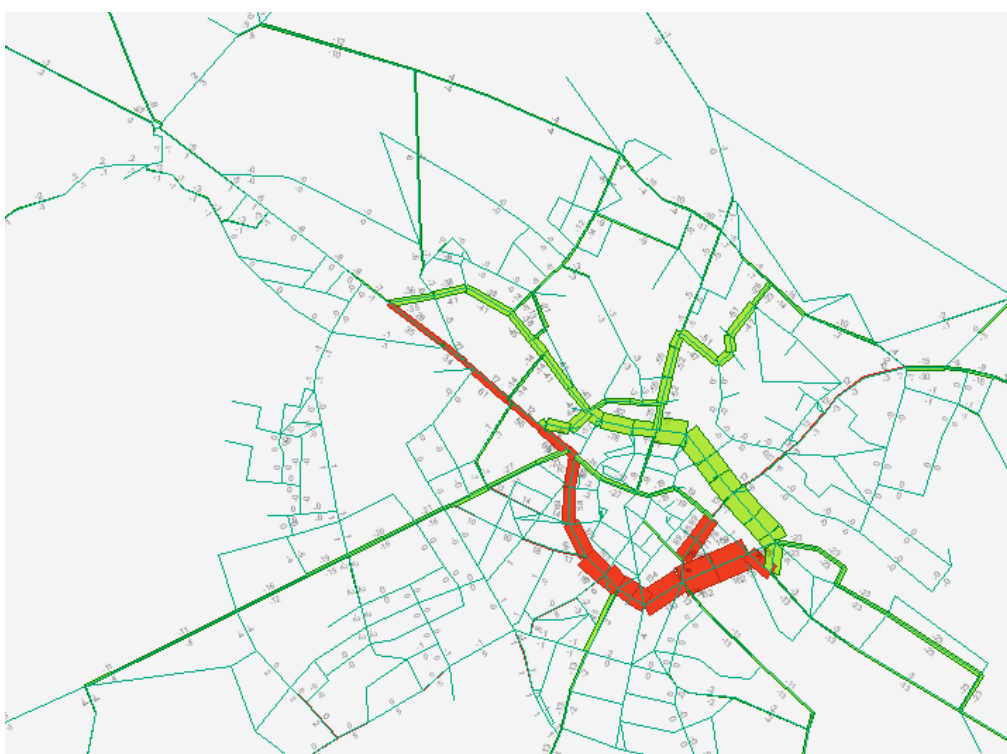
Obr. 6.21 Emisní grid benzenu – scénář 1 (malá nízkoemisní zóna)



Obr. 6.22 Emisní grid benzenu z dopravy – scénář 2 (velká nízkoemisní zóna)

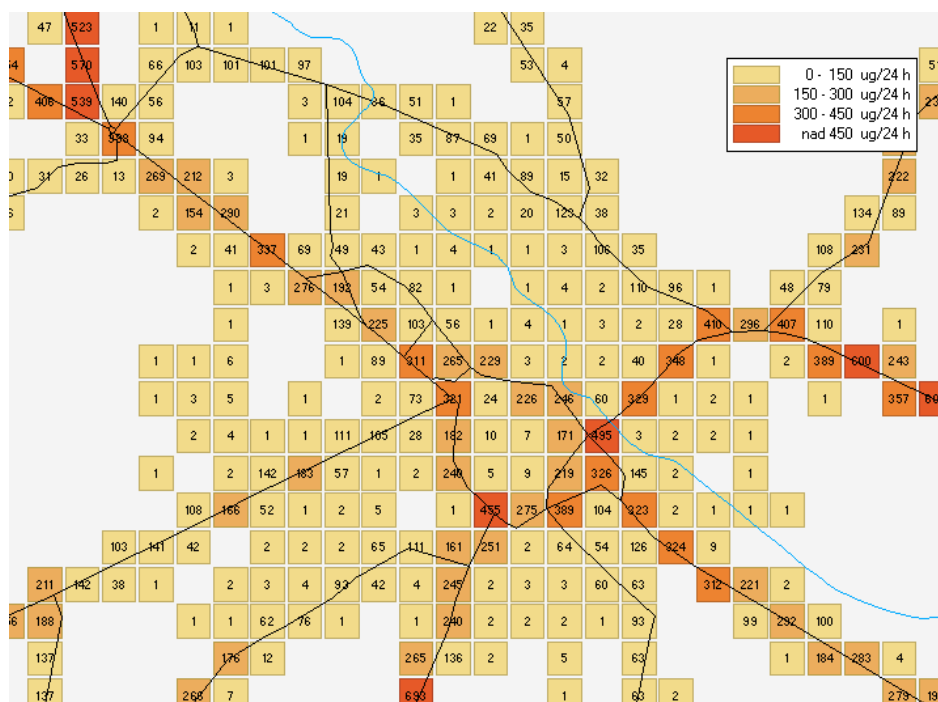


Obr. 6.23 Rozdílový kartogram emisí benzenu – scénář 1 oproti současnému stavu

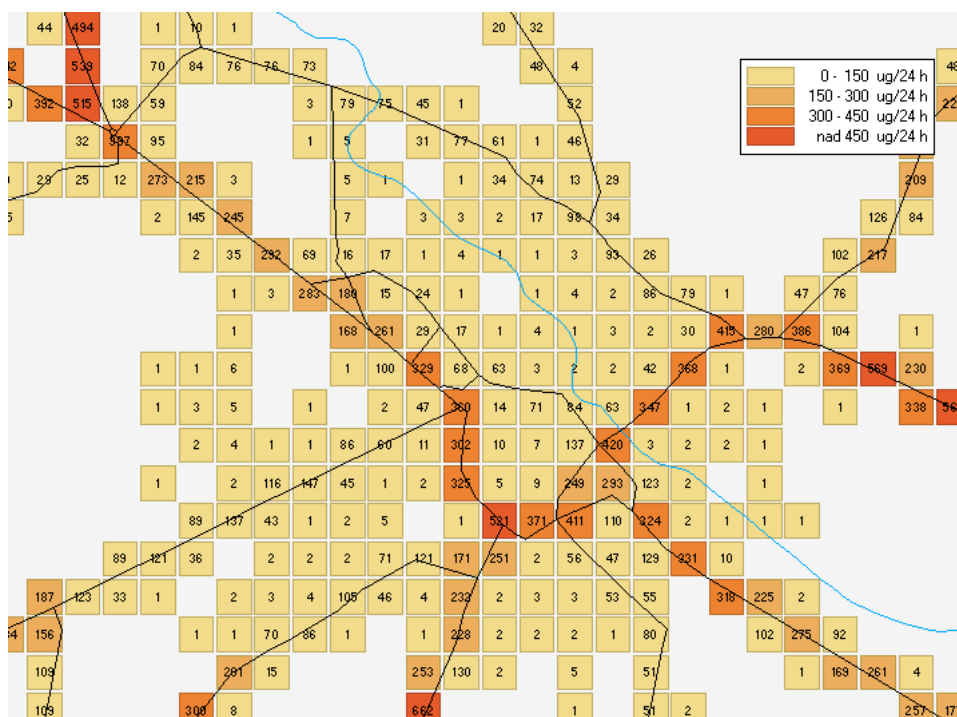


Obr. 6.24 Rozdílový kartogram emisí benzenu – scénář 2 oproti současnému stavu

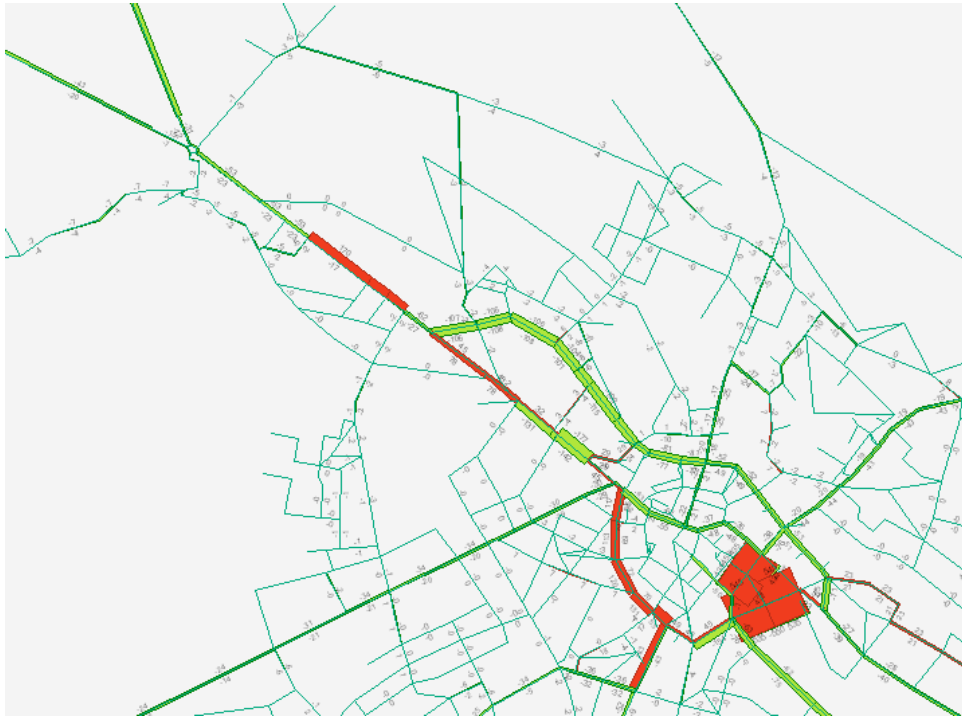
## 6.8.4 Emise benzo(a)pyrenu



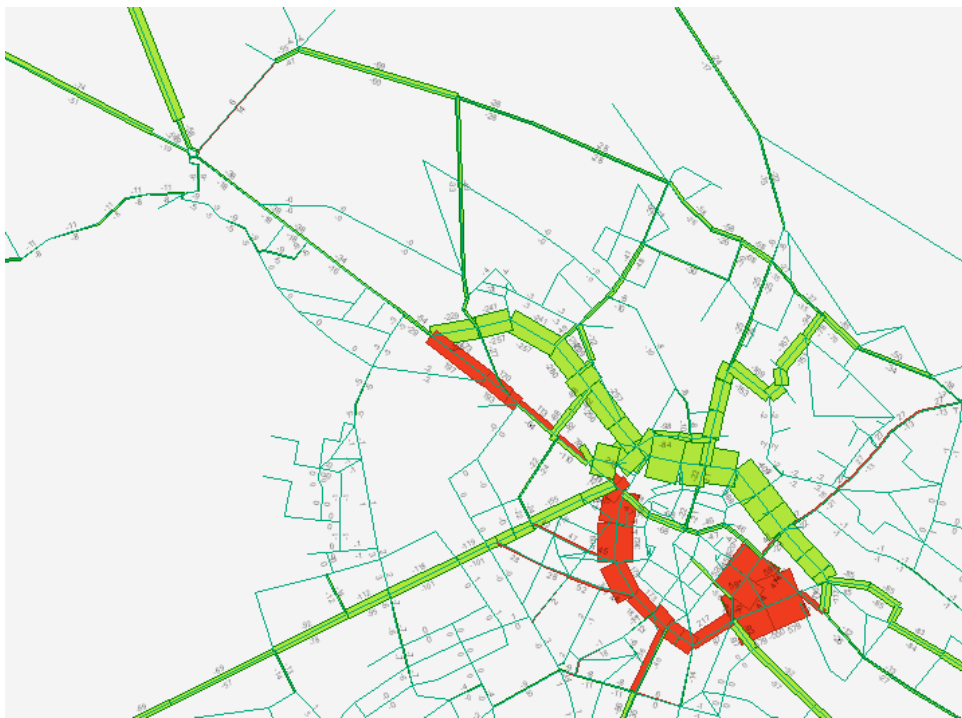
Obr. 6.25 Emisní grid benzo(a)pyrenu – scénář 1 (malá nízkoemisní zóna)



Obr. 6.26 Emisní grid benzo(a)pyrenu z dopravy – scénář 2 (velká nízkoemisní zóna)



Obr. 6.27 Rozdílový kartogram emisí benzo(a)pyrenu – scénář 1 oproti současnému stavu



Obr. 6.28 Rozdílový kartogram emisí benzo(a)pyrenu – scénář 2 oproti současnému stavu



## **7. ENVIRONMENTÁLNÍ VYHODNOCENÍ NAVRŽENÝCH NÁSTROJŮ PODPORY ČISTÝCH VOZIDEL – ROZPTYLOVÁ STUDIE**

Na základě informací a dat zpracovaných v předchozích aktivitách – geografická data modelového území (Opava), složení vozového parku, emisní faktory, byl proveden modelový výpočet rozptylových map škodlivin PM<sub>10</sub>, benzen, B(a)P a NO<sub>2</sub>.

Rozptylové studie zpracovány v rámci tohoto projektu jsou určeny jako podkladový materiál pro hodnocení nástrojů podpory čistých vozidel. Cílem studií je zpracování imisních charakteristik související s provozem ve vybrané oblasti. Vlivy spočívající v ovlivnění kvality ovzduší vlivem dalších zdrojů znečištění ovzduší, které jsou v lokalitě i vliv dálkového přenosu znečištění atmosféry jsou zahrnuty jako součást stávající zátěže znečištění ovzduší a nebyly uvažovány jako samostatné zdroje vcházející do výpočtu rozptylových studií.

Jako pozadové koncentrace, charakterizující současný stav znečištění ovzduší na sledovaných lokalitách, byly využity data kombinovaná z měření a z informativních map ročenky ČHMÚ v roce 2009.

### **7.1. PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ ROZPTYLOVÝCH MAP**

Pro zpracování rozptylových map bylo využito následujících informačních zdrojů:

- ČHMÚ, RNDr. J. Keder, CSc. Odborný odhad větrné růžice pro Opava
- ČHMÚ pobočka Ostrava, imisní koncentrace
- Metodická příručka pro výpočet znečištění ovzduší z bodových, plošných a liniových zdrojů Symos 97, verze 2006,
- Zákon č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů,
- Nařízení vlády č. 597 o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší,
- Metodický pokyn MŽP ČR pro zpracování rozptylových studií,
- podklady pro výpočet – geografická data, intenzity dopravy

#### **7.1.1 Charakteristika zdroje a jeho umístění**

Zdrojem znečištění ovzduší, který je předmětem zpracování rozptylových studií, je doprava, která je realizována na území města Opavy. Základem pro výpočet emisního toku jako vstupního parametru pro rozptylový model jsou data ze sčítání dopravy z roku 2005 s uplatněním přepočtových koeficientů pro rok 2010 a data z dopravního modelu zpracovaného v rámci tohoto projektu.

#### **7.1.2 Obecná charakteristika lokality**

Statutární město Opava je průmyslové, kulturní, zemědělské a správní centrum českého Slezska. Leží v úrodném údolí řeky Opavy, které je součástí Slezské nížiny. Jihozápadně je

toto údolí ohraničeno masivem Nízkého Jeseníku. Střed města je v nadmořské výšce 257,0 m n. m., celková rozloha města je 90,61 km<sup>2</sup>

### 7.1.3 Klimatická a meteorologická charakteristika lokality

Podnebí města Opavy je dáno jeho zeměpisnou polohou. Území města je otevřeno baltickému klimatu, do něhož proniká vliv podnebí kontinentálního. Podle Köppenovy klasifikace spadá opavské podnebí do skupiny Cfb – Teplá mírnější klimata, která se vyznačují proměnlivým často zamračeným počasím, mírnějším létem, teplým podzimem a dostatečnými srážkami. Podrobnější popis je k dispozici u autora rozptylové studie.

Z dat ČHMU byla převzata větrná růžice. Větrná růžice jsou rozpočtena do 120 směrů větru (po 3 stupních). Označení směrů větru se provádí po směru hodinových ručiček, přičemž 0 stupňů je severní vítr, 90 stupňů východní vítr, 180 stupňů jižní vítr, 270 stupňů západní vítr. Bezvětrí (Calm) je rozpočteno do první třídy rychlosti směru větru<sup>1</sup>.

Klasifikace meteorologických situací je rozdělena do pěti tříd stability a každá třída stability do jedné až tří tříd rychlosti větru. Výpočet očekávaných imisních maximálních přízemních koncentrací byl proveden pro každou třídu stability a třídu rychlosti větru.

#### **Třídy stability:**

**I. třída stability (superstabilní)**, kdy vertikální teplotní gradient je menší než  $-1,6$  °C/100 m a je limitován rychlostí větrů do  $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

**II. třída stability (stabilní)**, zde vertikální teplotní gradient leží v uzavřeném intervalu  $<-1,6,-0,7>$  [°C/100 m] a je limitován rychlostí větrů do  $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

**III. třída stability (izotermní)**, zde vertikální teplotní gradient leží v uzavřeném intervalu  $<-0,6,+0,5>$  [°C/100 m] v celém rozsahu rychlostí větrů

**IV. třída stability (normální)**, pro kterou je vertikální teplotní gradient v uzavřeném intervalu  $<+0,6, +0,8>$  [°C/100 m] - společně se III. třídou stability je dominantní charakteristika stavu ovzduší ve střední Evropě.

**V. třída stability (konvektivní)**, kdy vertikální teplotní gradient je větší než  $+0,8$  °C/100 m a je limitován rychlostí větrů do  $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

#### **Třídy rychlosti větru:**

1. třída rychlosti větru - interval  $0 - 2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

2. třída rychlosti větru - interval  $2,6 - 7,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

3. třída rychlosti větru - interval nad  $7,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

---

<sup>1</sup> Pozn.: Zeměpisné značení směrů větru označuje, odkud vítr vane (severní vítr fouká od severu, jižní od jihu atd.)

## 7.1.4 Emisní charakteristika

Dopravní intenzity na lokalitách byly stanoveny na základě celostátního sčítání dopravy z roku 2005 s uplatněním přepočtových koeficientů pro rok 2010 a data z dopravního modelu zpracovaného v rámci tohoto projektu.

Emisní faktory pro sledované škodliviny, jakožto jeden ze základních vstupních údajů pro celkový výpočet, byly vypočteny statistickým zhodnocením databáze emisních faktorů MEFA a databáze emisních faktorů CDV, které soustřeďují naměřené hodnoty různých vozidel, v závislosti na používaném palivu, přítomnosti a typu katalyzátoru, režimu a rychlosti jízdy, stáří vozidel, způsobu měření, atd. Do výpočtu váženého Ef byly dále zahrnuty informace o skladbě vozového proudu na daných lokalitách. Pro rozsáhlost dat jsou emisní faktory k dispozici u řešitele projektu.

Emisní charakteristika zdroje, která vstupuje dále do výpočtu v programu SYMOS 97 je vypočtena jako množství emisního toku v  $\text{g}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$  podle následujícího vztahu:

$$E_{p,u} = \frac{\sum_{k=1}^n E_{p,u,k}}{l_u \cdot 86400} = \frac{\sum_{k=1}^n (I_k \cdot Ef_{p,k})}{l_u \cdot 86400} \quad (3)$$

kde:

- $E_{p,u}$  jsou emise polutantu  $p$ , úseku  $u$  [ $\text{g}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ],
- $E_{p,u,k}$  jsou emise polutantu  $p$ , na úseku  $u$ , kategorie  $k$  [ $\text{g}\cdot\text{km}^{-1}$ ],
- $I_k$  je průměrná 24-h intenzita dopravy kategorie  $k$ ,
- $Ef_{p,k}$  je emisní faktor polutantu  $p$  kategorie  $k$  [ $\text{g}\cdot\text{km}^{-1}$ ],
- $l_u$  je délka úseku  $u$  [m],
- 86400 je počet vteřin za den.

Vypočtené hodnoty emisí slouží jako vstupní data pro program SYMOS 97, který počítá (modeluje) koncentrace v ovzduší.

## 7.2. METODIKA VÝPOČTU

Výpočet krátkodobých i průměrných ročních koncentrací znečišťujících látek a doby překročení zvolených hraničních koncentrací byl proveden podle metodiky „SYMOS 97“, která byla vydána MŽP ČR v r.1998.

Tato metodika je založena na předpokladu Gaussovského profilu koncentrací na průřezu kouřové vlečky. Umožňuje počítat krátkodobé i roční průměrné koncentrace znečišťujících látek v síti referenčních bodů, dále doby překročení zvolených hraničních koncentrací (např. imisních limitů a jejich násobků) za rok, podíly jednotlivých zdrojů nebo skupin zdrojů na roční průměrné koncentraci v daném místě a maximální dosažitelné koncentrace a podmínky (třída stability ovzduší, směr a rychlost větru), za kterých se mohou vyskytovat. Metodika zahrnuje korekce na vertikální členitost terénu, počítá se stáčením a zvyšováním rychlosti větru s výškou a při výpočtu průměrných koncentrací a doby překročení hraničních

koncentrací bere v úvahu rozložení četností směru a rychlosti větru podle. Výpočty se provádějí pro 5 tříd stability atmosféry (tj. 5 tříd schopnosti atmosféry rozptylovat příměsi) a 3 třídy rychlosti větru. Charakteristika tříd stability a výskyt tříd rychlosti větru vycházejí z klasifikace Bubníka a Koldovského a jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab. 7.2.1 Stabilitní třídy atmosféry

Třída stability	Rozptylové podmínky	Výskyt tříd rychlosti větru [m/s]		
I	silné inverze, velmi špatný rozptyl	1,7		
II	inverze, špatný rozptyl	1,7	5	
III	slabé inverze nebo malý vertikální gradient teploty, mírně zhoršené rozptylové podmínky	1,7	5	11
IV	normální stav atmosféry, dobrý rozptyl	1,7	5	11
V	labilní teplotní zvrstvení, rychlý rozptyl	1,7	5	

Termická stabilita ovzduší souvisí se změnami teploty vzduchu s výškou nad zemí. Vzrůstá-li teplota s výškou, těžší studený vzduch zůstává v nižších vrstvách atmosféry a tento fakt vede k útlumu vertikálních pohybů v ovzduší a tím i k nedostatečnému rozptylu znečišťujících látek. To je právě případ inverzí, při kterých jsou rozptylové podmínky popsány pomocí tříd stability I a II. Výskyt inverzí je dále omezen pouze na dobu s menší rychlostí větru. Silný vítr vede k velké mechanické turbulenci v ovzduší, která má za následek normální pokles teploty s výškou a tedy rozrušení inverzí. Silné inverze (třída stability I) se vyskytují jen do rychlosti větru 2 m/s, běžné inverze (třída stability II) do rychlosti větru 5 m/s.

Běžně se vyskytující rozptylové podmínky představují třídy stability III a IV, kdy dochází buď k nulovému (III. třída) nebo mírnému (IV. třída) poklesu teploty s výškou. Mohou se vyskytovat za jakékoli rychlosti větru, při silném větru obvykle nastávají podmínky ve IV. třídě stability.

V. třída stability popisuje rozptylové podmínky při silném poklesu teploty s výškou. Za těchto situací dochází k silnému vertikálnímu promíchávání v atmosféře, protože lehčí teplý vzduch směřuje od země vzhůru a těžší studený klesá k zemi, což vede k rychlému rozptylu znečišťujících látek. Výskyt těchto podmínek je omezen na letní půlrok a slunečná odpoledne, kdy v důsledku přehřátého zemského povrchu se silně zahřívá i přízemní vrstva ovzduší. Ze stejného důvodu jako u inverzí se tyto rozptylové podmínky nevyskytují při rychlosti větru nad 5 m/s.

Symos 97 je tzv. dlouhodobý model, což znamená že vstupní meteorologická data (rychlost větru a stabilita ovzduší) vstupují do model po statistickém zpracování skutečných meteorologických pozorování. Modelování tzv. průměrných dlouhodobých koncentrací se pak provádí pro všechny směry větru a výsledkem je přiznána taková váha, jaká je četnost výskytu použité kombinace počasí v daném směru větru. Výsledek tedy odráží průměrný výskyt počasí za modelované období. V rozptylové studii byly použity průměrné roční data o zdrojích i roční průměry meteorologických dat. Výsledkem jsou tedy vyhodnocené průměrné roční koncentrace modelovaných znečišťujících látek.

Použitá metodika dále umožňuje vyhodnocovat tzv. „maximální krátkodobé koncentrace“. Výsledkem jsou teoretická maxima, vypočtená ve všech referenčních bodech ze všech uvedených kombinací meteorologických dat bez ohledu na to, bez ohledu na to zda se za uvedený časový interval vyskytly. Výsledky jsou kromě emisí ovlivněny pouze geometrií zdrojů a terénem.

Při posuzování výsledků modelování je nutno vzít v úvahu všechna omezení modelu. Znamená to, že výsledky koncentrací znečišťujících látek jsou statistické s významným zjednodušením působících faktorů. Výsledky modelování jsou proto orientační a jsou vhodné především pro porovnání působení jednotlivých zdrojů znečištění. Lokálně se mohou vyskytnout i významně jiné koncentrace.

### 7.2.1 Údaje o referenčních bodech

Pro výpočet imisní charakteristiky bylo vytvořeno zájmové území s pravidelnou sítí referenčních bodů. Síť referenčních bodů byla vytvořena o kroku 100 m. Číslování referenčních bodů bylo provedeno tak, že počáteční bod („1“) byl zvolen v levém spodním rohu sítě tak, aby při odečítání souřadnic nebylo nutno používat záporných hodnot a ostatní body se číslují čísly dle vzestupné aritmetické řady (2,3,...n). Následně byly referenčním bodům přiřazovány souřadnice x,y,z podle následujícího systému:

x: vzdálenost referenčního bodu od zvoleného počátku na vodorovné ose v metrech

y: vzdálenost referenčního bodu od zvoleného počátku na svislé ose v metrech

z: nadmořská výška referenčního bodu v metrech (odečítá se z vrstevnicové mapy)

Uvedené souřadnice pro jednotlivé referenční body tvoří jeden ze základních souborů vstupních dat nutných pro konstrukci rozptylové studie, neboť ve zvolených referenčních bodech jsou počítány příslušné hodnoty znečištění.

Stejným způsobem jak je uvedeno se konstruovaly souřadnice emisních zdrojů, které popisují silniční komunikace.

### 7.2.2 Imisní limity

Imisní limity jsou dané Nařízením Vlády ČR číslo 597/2006, které byly zpracovány na základě níže uvedených direktiv EU.

Nový přístup pro hodnocení zátěže venkovního ovzduší plyne z procesu našeho připojení k EU. Imisní limity a jejich postupné přizpůsobování stavu evropské legislativy v čase je uveden v následující tabulce. Požadavky na dodržování imisních koncentrací škodlivin plynou z postupného naplňování směrnic EU 96/62/EC, 1999/30/EC, 92/72/EC a 2000/69/EC s přihlédnutím k platným residuím směrnic 80/79/EEC, 89/427/EEC, 85/203/EEC a 82/884/EEC.

Pro řešení úkol byly sledovány následující škodliviny: oxidy dusíku, pevné částice, benzen, benzo(a)pyren.

Tab. 7.2.2 Imisní limity vyhlášené pro ochranu zdraví lidí, přípustné četnosti jejich překročení a meze tolerance

Znečišťující látka	Ochrana	Doba průměrování	Imisní limit [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	Přípustná četnost překročení za kalendářní rok
Benzo(a)pyren	Ochrana zdraví lidí	rok	1 ( $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ )	-
PM10	Ochrana zdraví lidí	24 hod	50	35
		Kalendářní rok	40	-
Benzen	Ochrana zdraví lidí	rok	5	-
NO <sub>2</sub>	Ochrana zdraví lidí	rok	40	-
NO <sub>2</sub>	Ochrana zdraví lidí	1 hodina	200	18

Poznámky:

Všechny koncentrace musí být měřeny standardními metodami a výpočty korigovány na standardní podmínky (293°K, 101,3 kPa)

### 7.3. VÝPOČET ROZPTYLOVÉ STUDIE A SROVNÁNÍ S PLATNÝM LIMITEM

Pro charakterizaci imisní situace byly modelovány následující škodliviny: oxid dusičitý, pevné částice, benzen, benzo(a)pyrenu. Imisní koncentrace byly propočteny schválenou metodikou SYMOS 97 pro zvolenou síť referenčních bodů. Modelový výpočet byl proveden jako příspěvek dopravy ke stávajícímu imisnímu zatížení lokality. Vlastní výpočty rozptylové studie byly zpracovány jako průměrné roční a denní koncentrace. Z důvodu možného zkreslení modelovaného imisního zatížení nebyly do konečného hodnocení zahrnuty hodnoty z referenčních bodů ležících přímo ve zdroji tj. nad komunikacemi.

### 7.4. TABELÁRNÍ A GRAFICKÉ ZPRACOVÁNÍ ROZPTYLOVÉ STUDIE

Veškeré vypočtené hodnoty příspěvku současného stavu dopravy a vyvolané změny dopravy na základě realizace scénářů pro stanovené škodliviny jsou vzhledem ke svému objemu (5225 výpočtových bodů) k dispozici u řešitele projektu. V tabulkách č.7.4.1 – 7.4.4 jsou uvedeny příspěvky pro jednotlivé škodliviny a jednotlivé scénáře, které byly dále vyhodnoceny z hlediska zdravotních rizik.

Tab. 7.4.1 Příspěvek dopravy pro jednotlivé scénáře ve vybraných bodech PM<sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ].

referenční bod	současný stav	scénář 1	scénář 2
12541	21,86	19,01	12,47
13377	8,11	7,05	4,22

referenční bod	současný stav	scénář 1	scénář 2
13509	7,05	6,13	5,45
14201	6,30	5,48	5,05
14913	4,19	3,64	2,92

Tab. 7.4.2 Příspěvek dopravy pro jednotlivé scénáře ve vybraných bodech NO<sub>2</sub> [µg/m<sup>3</sup>].

referenční bod	současný stav	scénář 1	scénář 2
12541	29,10	25,39	18,20
13377	8,94	7,92	5,26
13509	7,27	6,91	6,39
14201	6,64	4,05	6,03
14913	4,39	5,93	3,45

Tab. 7.4.3 Příspěvek dopravy pro jednotlivé scénáře ve vybraných bodech benzen [µg/m<sup>3</sup>].

referenční bod	současný stav	scénář 1	scénář 2
12541	2,387	2,145	1,637
13377	0,868	0,801	0,540
13509	0,707	0,692	0,634
14201	0,426	0,405	0,596
14913	0,641	0,588	0,345

Tab. 7.4.4 Příspěvek dopravy pro jednotlivé scénáře ve vybraných bodech B(a)P [ng /m<sup>3</sup>].

referenční bod	současný stav	scénář 1	scénář 2
12541	0,000996	0,000915	0,000787
13377	0,000508	0,000484	0,000370
13509	0,000501	0,000495	0,000460
14201	0,000411	0,000426	0,000389
14913	0,000306	0,000301	0,000267

Příspěvek zdroje k průměrným ročním koncentracím PM10 je pro současný stav na úrovni od 25,11 - 0,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Imisní limit v případě průměrných ročních koncentrací je 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a v současné době není v předemtné lokalitě překračován. Pro opatření realizovaná scénářem 1 se koncentrace za příspěvek dopravy pohybuje v rozmezí 21,84 – 0,32  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . V posledním modelovém scénáři 2 opět došlo ke snížení příspěvku dopravy k průměrným ročním koncentracím a to na hodnoty od 20,22 do 0,29  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nejvyšší koncentrace se vyskytují v okolí nejzatíženějších komunikací. Po realizaci opatření dochází ke snížení imisního příspěvku až o 20%.

Nejvyšší vypočtený příspěvek k průměrným ročním koncentracím se pro současný stav pohybuje v rozmezí od 31,28 do 0,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Z hlediska současné situace v lokalitě není naplňován imisní limit, nicméně v nejexponovanějších lokalitách dopravou (ul. Krnovská, vnitřní městský okruh, ul. Ratibořská) se příspěvek pohybuje okolo 50 % povoleného ročního imisního limitu. Pro opatření realizovaná scénářem 1 se příspěvek dopravy pohybuje v rozmezí 27,14 – 0,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . V posledním modelovém scénáři 2 opět došlo ke snížení příspěvku dopravy k průměrným ročním koncentracím, a to na hodnoty od 21,34 do 0,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Příspěvek k průměrným ročním koncentracím benzenu v současném stavu dopravy se pohybuje na úrovni od 2,72 0,032  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pro opatření realizovaná scénářem 1 se koncentrace vyvolané příspěvkem dopravy pohybují v rozmezí 2,45 – 0,03  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . V modelovém scénáři 2 opět došlo ke snížení příspěvku dopravy k průměrným ročním koncentracím, a to na hodnoty od 2,02 do 0,028  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Příspěvek dopravy v současném stavu k průměrným ročním koncentracím B(a)P je na úrovni od 0,00226  $\text{ng}/\text{m}^3$ . Pro opatření realizovaná scénářem 1 se koncentrace vyvolané příspěvkem dopravy pohybují v rozmezí 0,00218 – 0,00004  $\text{ng}/\text{m}^3$ . V modelovém scénáři 2 opět došlo ke snížení příspěvku dopravy k průměrným ročním koncentracím a to na hodnoty od 0,00208 do 0,00003  $\text{ng}/\text{m}^3$ .

Za stávajících podmínek se příspěvek k imisnímu zatížení v lokalitě pro všechny sledované škodliviny pohybuje na vysoké úrovni (u  $\text{NO}_2$  kolem 75%). Dle vymezení OZKO z dat 2008 jsou v lokalitě překračovány platné cílové imisní limity pro škodlivinu B(a)P o 7,3%. Na základě těchto oznamů a z výsledků modelování vyplývá, že lze zavedením účinných opatření v oblasti dopravy dosáhnout možného snížení průměrných ročních koncentrací rizikových škodlivin na úroveň až 20% stávajícího stavu.



## 8. ENVIRONMENTÁLNÍ VYHODNOCENÍ - ZDRAVOTNÍ RIZIKA

Jednou z možností hodnocení vlivu znečišťujících látek na zdraví člověka je metoda hodnocení zdravotních rizik. Při hodnocení se využívá znalostí o působení látek, odvozených z epidemiologických studií nebo experimentů na zvířatech a odhaduje se, jaký dopad na zdraví může mít konkrétní úroveň znečištění. Pro vyjádření míry rizika se používá předpověď výskytu zdravotních účinků u exponovaných osob. Metoda se stává ze čtyř na sebe navazujících kroků.

### 8.1. IDENTIFIKACE NEBEZPEČNOSTI (HAZARD IDENTIFICATION)

Jedná se o vstupní kvalitativní seznámení s hodnocenou lokalitou, přítomnými škodlivými faktory a okolnostmi jejich potenciálního nepříznivého účinku na obyvatelstvo. Základním výstupem tohoto kroku je seznam zdravotně významných škodlivin a zdůvodnění postupu, jímž byly vybrány. Seznam je doplněn popisem základních fyzikálních, chemických a toxikologických vlastností vybraných škodlivin a jejich pohybu a přeměn v životním prostředí, cest expozice, působení v organismu člověka a možných zdravotních efektů. Uvádějí se též charakteristiky rizikových populačních skupin (pokud jsou přítomny), tj. skupin vystavených vyššímu riziku buď pro svoji zvýšenou vnímavost k jednotlivým škodlivinám nebo pro vyšší míru expozice.

V rámci této studie bylo provedeno hodnocení zdravotních rizik pro následující látky: pevné částice, oxid dusičitý, benzen a benzo(a)pyren.

#### Pevné částice (PM)

PM zahrnují částice pevného a kapalného materiálu o velikosti od 1nm až po 100  $\mu\text{m}$ , které setrvávají po určitou dobu v ovzduší. V atmosféře se s nimi setkáváme v podobě složité heterogenní směsi z hlediska velikosti částic a jejich chemického složení (US EPA, 2004). Do ovzduší jsou pevné částice emitovány z různých zdrojů, které je možné rozdělit na stacionární (lokální topeniště, spalovny, zemědělská činnost, těžba a dobývání, chemická výroba) a mobilní zdroje (zejména silniční doprava). Doprava představuje jeden z nejvýznamnějších zdrojů suspendovaných částic v ovzduší. Spalovací procesy v automobilech emitují především jemné (velikost pod 3  $\mu\text{m}$ ) a ultrajemné částice (velikost okolo 0,1 $\mu\text{m}$ ). Zdrojem velkého množství částic z dopravy, zejména hrubé frakce, je také vozovkový prach zahrnují především částice mechanicky oddělené od vozovky (částičky asfaltu, půdní prach, inertní materiál ze zimní údržby), ale také částice vzniklé otěrem pneumatik, brzdového a spojkového obložení případně dalších mechanicky namáhaných součástí.

Krátkodobé zvýšení denních koncentrací suspendovaných částic frakce PM<sub>10</sub> se podílí na nárůstu celkové nemocnosti i úmrtnosti, zejména na onemocnění srdce a cév, na zvýšení počtu osob hospitalizovaných pro onemocnění dýchacího ústrojí, zvýšení kojenecké úmrtnosti, zvýšení výskytu kašle a ztíženého dýchání – zejména u astmatiků a na změnách plicních funkcí při spirometrickém vyšetření. Dlouhodobě zvýšené koncentrace mohou mít za následek snížení plicních funkcí u dětí i dospělých, zvýšení nemocnosti na onemocnění dýchacího ústrojí, výskyt symptomů chronického zánětu průdušek a zkrácení délky života

zejména z důvodu vyšší úmrtnosti na choroby srdce a cév zvláště u starých a nemocných osob, a pravděpodobně i na rakovinu plic. Tyto účinky bývají uváděny i u průměrných ročních koncentrací nižších než  $30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Při chronické expozici jemným suspendovaným částicím frakce  $\text{PM}_{2,5}$  se redukce očekávané délky života začíná projevovat již od průměrných ročních koncentrací  $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  (SZÚ, 2010).

## Oxid dusičitý ( $\text{NO}_2$ )

Oxid dusičitý je zástupcem skupiny oxidů dusíku, z nichž se ještě běžně vyskytují oxid dusný ( $\text{N}_2\text{O}$ ) a oxid dusnatý ( $\text{NO}$ ). Emise oxidů dusíku jsou spojeny zejména se spalováním fosilních paliv, ale i biomasy. Primárním zdrojem produkujícím cca. 35 % antropogenních emisí  $\text{NO}_x$  jsou i přes využívání katalyzátorů motorová vozidla, v kterých vznikají za vysokých teplot spalováním směsi paliva a vzduchu oxidací vzdušného dusíku kyslíkem. Benzínové osobní automobily produkují 1 až 45 g této škodliviny na kg paliva, dieselové 4,3 až  $18,3 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , nákladní pak 10 až  $93,3 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  paliva (Adamec a kol, 2008). Mezi další možné antropogenní zdroje úniků oxidů dusíku je nutné zařadit veškeré chemické procesy, kde jsou tyto oxidy přítomny a kde může k jejich úniku dojít, například výroba kyseliny dusičné. Oxid dusičitý společně s kyslíkem a těkavými organickými látkami (VOC) přispívá k tvorbě přízemního ozonu a vzniku tzv. fotochemického smogu a je společně s oxidy síry součástí kyselých dešťů (US EPA, 2010).

Z hlediska vlivu na lidské zdraví je nejvýznamnější škodlivinou z této skupiny oxid dusičitý  $\text{NO}_2$ . Působení oxidu dusičitého je spojené se zvýšením celkové, kardiovaskulární a respirační úmrtnosti, ale je obtížné až nemožné oddělit účinky dalších, současně působících látek, zejména aerosolu. Pro děti znamená expozice  $\text{NO}_2$  zvýšené riziko respiračních onemocnění v důsledku snížené obranyschopnosti vůči infekci, snížení plicních funkcí. Hlavním efektem  $\text{NO}_2$  je nárůst reaktivity dýchacích cest. Nejvíce jsou oxidu dusičitému vystaveni obyvatelé městských lokalit významně ovlivněných dopravou (SZÚ, 2010).

## Benzen ( $\text{C}_6\text{H}_6$ )

Hlavním zdrojem emisí benzenu do atmosféry jsou výfukové plyny automobilů, dále emise způsobené těkáním benzínu z palivové nádrže nebo během manipulace, distribuce a skladování pohonných hmot. Další významné zdroje představuje chemický průmysl, rafinerie ropy a plynu a spalování paliv jako uhlí a oleje. Uvolňuje se při procesech v koksárenských pecích, těžbě a zpracování neželezných rud, zpracování dřeva, těžbě uhlí a výrobě textilu. Benzen se také dostává do prostředí z průmyslových odpadních vod a z havárií. Značné koncentrace benzenu se vyskytují také v cigaretovém kouři.

Benzen může vstupovat do těla převážně inhalačně nebo orálně, jelikož benzen se rychle odpařuje a průnik kůží je tak významně nižší (22 – 36 %) (RAIS, 2010). Po expozici se benzen distribuje 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). Benzen má nízkou akutní toxicitu, která je způsobena přímo benzenem. Příčinou chronické toxicity jsou spíše jeho metabolity, které mají hematotoxické, genotoxické, imunotoxické a karcinogenní účinky. Benzen primárně poškozuje centrální nervovou soustavu, imunitní systém a červené i bílé krvinky a krevní destičky a může způsobit anemii. Byly popsány nádory jater, prsu, nosní dutiny a leukémie. Benzen je z hlediska klasifikace karcinogenity zařazen do skupiny 1 dle IARC resp. skupina A dle US EPA, tedy v obou případech je to prokázaný karcinogen pro člověka (IARC, 2010, US EPA 2010).

## **Benzo(a)pyren (B(a)P)**

Benzo(a)pyren a stejně tak PAH jsou součástí produktů nedokonalého spalování fosilních paliv. Primárně jsou uvolňovány do atmosféry, odkud se dostávají fotochemickou oxidací a suchou depozicí do dalších složek životního prostředí (srážky, povrchové a podzemní vody a další). PAH mají schopnost přetrvávat v prostředí, kumulují se ve složkách prostředí a v živých organismech, jsou lipofilní a řada z nich má toxické, mutagenní či karcinogenní vlastnosti. Patří mezi endokrinní disruptory, ovlivňují porodní váhu a růst plodu. Působí imunosupresivně, snížením hladin IgG a IgA. Ve vysokých koncentracích (převyšujících koncentrace nejen ve venkovním ovzduší, ale i v pracovním prostředí) mohou mít dráždivé účinky. PAH patří mezi nepřímo působící genotoxické sloučeniny. Vlivem biotransformačního systému organismu vznikají postupně metabolity s karcinogenním a mutagenním účinkem. Elektrofilní metabolity kovalentně vázané na DNA představují poté základ karcinogenního potenciálu PAH (SZÚ, 2010). V praxi je nejvíce používaným zástupcem PAH při posuzování karcinogenity benzo(a)pyren (BaP), který je z hlediska klasifikace karcinogenity zařazen US EPA do skupiny B1 pravděpodobný karcinogen, zatímco IARC jej považuje za prokázaný lidský karcinogen (skup. 1). Snadno vstupuje do organismů inhalační, orální i dermální cestou a je rychle transportován do tkání. Metabolismus této látky je velmi složitý a zahrnuje formování karcinogenního benzo(a)pyren 7,8 diol-9,10-epoxidu. Nejsou známa přesná data o působení benz(a)pyrenu v lidském organismu, ale byly provedeny výzkumy na myších, které prokázaly snížení plodnosti a neschopnosti reprodukce u potomstva při příjmu potravy s dávkou nižší než  $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  v době gravidity (RAIS, 2010, IARC 2010).

## **8.2. URČENÍ VZTAHU DÁVKA – ODPOVĚĚ (DOSE – RESPONSE ASSESSMENT)**

V tomto kroku je identifikován vztah mezi úrovní expozice a velikostí rizika. Obecně lze zdravotní účinky škodlivin na živý organismus rozdělit na krátkodobé (akutní) a dlouhodobé (chronické). Akutní riziko předpokládá obvykle trvání expozice škodlivinou 1 hodinu, v některých případech i delší expoziční čas (několik hodin až den). Chronické riziko je hodnoceno z dlouhé (minimálně jednoleté) expozice průměrnou koncentrací škodliviny, jež může být na základě měření nebo modelů pro předmětnou lokalitu důvodně předpokládána.

Z hlediska typu zdravotních efektů se škodliviny dělí do dvou základních kategorií na látky s prahovým a bezprahovým účinkem, přičemž hodnocení zdravotních rizik těchto skupin látek je principiálně odlišné.

### **8.2.1 Látky toxické s prahovým účinkem**

U těchto látek se předpokládá, že minimální dávky až do určité úrovně (prahu) nemají žádný nepříznivý efekt. Nad prahovou hodnotou pak závažnost účinku roste s velikostí expozice. Cílem kvantifikace vztahu dávka-odpověď je právě nalézt horní hranici úrovně expozice, která bude organismem tolerována.

Prvním krokem je tedy stanovení hodnot NOAEL (tzn. nejvyšší koncentrace škodliviny, která nemá ještě negativní dopad na organismus) nebo LOAEL (nejnižší koncentrace

škodliviny, která se již na organismu negativně projeví), jenž je možno získat pro celou řadu látek ve specializovaných toxikologických knihovnách, případně je odvodit z biologických pokusů. Z hodnot nejvyšších dávek, při nichž se ještě neprojeví škodlivé účinky studované látky po jejich korekci na neurčitost děje nebo nedostatek informací k přesné extrapolaci (zejména mezidruhové při převodu znalostí o NOAEL z pokusů na jiných organizmech než lidských), je vyjádřena inhalační referenční koncentrace ( $RC_{inh}$ ) vztahem (4):

$$RC_{inh} = \frac{LOAEL \text{ nebo } NOAEL}{UF \times MF} \quad (4)$$

Faktor nejistoty (UF) může nabývat hodnot 1 – 104 a je výsledkem součinů jednotlivých dílčích nejistot při odvození hodnot LOAEL (NOAEL). Modifikující faktor (MF) je potom výrazem respektování jakékoliv další, nejistoty na kterou nereagoval UF a nabývá hodnot od 0 – 10. Bývá obvykle výrazem neurčitosti zisku konkrétních laboratorních dat. Referenční inhalační koncentrace  $RC_{inh}$  je jednotka hmotnosti látky v objemu vzduchu (např.  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) již je možno pokládat za bezpečnou při zvoleném způsobu expozice (akutní nebo chronická). Tento postup nakonec v této studii použit nebyl, jelikož koncentrace benzenu na vybrané lokalitě je měřena pouze ve 14 denních intervalech a koncentrace v kratších periodách nutné pro odhad rizik tímto postupem nejsou k dispozici.

## 8.2.2 Látky karcinogenní s bezprahovým účinkem

U látek s bezprahovým účinkem se předpokládá určitý nepříznivý efekt už od nejnižších dávek. Závislost dávky a účinku se v oblasti nízkých dávek vesměs považuje za lineární, kdy se zvyšující se dávkou stoupá pravděpodobnost vzniku nežádoucího efektu. Výpočet, který je tímto postupem stanoven, vyjadřuje maximální riziko, tj. riziko za předpokladu celoživotní expozice sledované látky.

Pro hodnocení karcinogenního efektu je používán model lineární regrese s požadavkem linearity v oblasti extrapolace pro nízké a velmi nízké koncentrace látky. To znamená, že vztah mezi dávkou a efektem je možno vyjádřit pomocí přímky procházející nulou. Tato přímka má potom podle rizikovosti látky od nuly různou směrnici, jejíž hodnota je „mírou“ závažnosti rizika příslušné látky. Tato směrnice je označována opět řadou názvů, např. ICPF (Inhalation Cancer Potency Factor dle California EPA) s rozměrem  $(\text{mg}/\text{kg}\cdot\text{den})^{-1}$ .

K hodnocení karcinogenního rizika musíme nejdříve kvantifikovat průměrnou hodnotu dlouhodobé expozice, pomocí níž teprve můžeme stanovit pravděpodobnost nárůstu případů karcinogeneze ve vztahu k odhadnutým dlouhodobým expozičním koncentracím.

Postup pro výpočet denního přívodu látky je založen na níže uvedeném vztahu, kterým vypočítáme průměrnou denní dávku škodliviny, kterou je lidský organismus při definovaném typu činnosti a pohybu v definovaném prostředí schopen přijmout za jeden den.

Takto vyhodnocený denní příjem – expozici (v případě vdechování škodliviny definujeme inhalační expozici) vyjádřenou jako ADD<sub>i</sub> (inhalační) v jednotkách (mg/kg/den) můžeme vypočítat podle následujícího vztahu (5)

$$ADD_i = \frac{CA \times IR \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (5)$$

kde:

$ADD_i$  je průměrný denní příjem škodliviny inhalací ( $\text{mg/kg}_{\text{těl.hm.}}/\text{den}$ ),

CA koncentrace sledované škodliviny v ovzduší ( $\text{mg.m}^{-3}$ ),

IR objem vzduchu vdechnutého za den ( $\text{m}^3.\text{hod}^{-1}$ ),

ET doba expozice ( $\text{hod.den}^{-1}$ ),

EF frekvence expozice ( $\text{den.rok}^{-1}$ ),

ED trvání expozice (rok),

BW tělesná hmotnost jedince (kg),

AT doba, na kterou je expozice průměrována (den).

Pro celoživotní expozici, která je důležitá zejména pro stanovení expozice karcinogenním škodlivinám, musíme vypočítat celoživotní expozici jednotlivce LADD.

Pro zohlednění celoživotního bezprahového karcinogenního působení škodliviny se průměrná doba expozice, vyjádřena vztahem  $AT = ED \times 365$  rovná hodnotě 25550 dní, kdy délka expozice ED v tomto vztahu je rovna 70 roků. Do čitatele se pak dosadí předpokládaná délka expozice dle příslušného expozičního scénáře. Takto získaná hodnota LADD pak vyjadřuje hladinu průměrné celoživotní expozice, která se dále použije ke kvantifikaci rizika – odhadu pravděpodobnosti vzniku zhoubného onemocnění v důsledku působení dané škodliviny, tj. ILCR, resp. APCR. V této studii byla navíc hodnocena i expozice dětí do 14 let, jako nejcitlivější článek populace.

### 8.3. HODNOCENÍ EXPOZICE (EXPOSURE ASSESSMENT)

Expozice je proces kontaktu fyzikálního, chemického nebo biologického faktoru s exponovaným jedincem nebo organismem. Výsledkem postupu stanovení expozice při hodnocení rizika z prostředí je odhadnutí absorbované dávky s cílem tento děj správně extrapolovat k tzv. vnitřní dávce, jenž je pro organismus biologicky aktivní a vyvolá v něm očekávané změny.

Odhad dlouhodobé expozice je krokem v procesu odhadu rizika, jenž je zatížen určitou obtížně definovatelnou mírou nejistoty. Odhad expozice by měl být ze všech čtyř kroků odhadu rizika krokem nejpřesnějším a nejpřesvědčivějším. Pro odhady krátkodobé akutní expozice je scénář dán krátkodobou přítomností exponované osoby v prostředí. Pro dlouhodobé expozice potřebné pro hodnocení karcinogenního působení škodliviny musíme pokud možno poměrně věrohodně definovat relevantní expoziční scénář příslušné populace. Scénář celoživotní expozice z expozice vnějším ovzduším v místě žijící populace je uveden v tabulkách 8.3.1 a 8.3.2. Je nutno vzít do úvahy, že tento scénář vychází ze statistických údajů průměrné americké populace, jejíž návyky se v detailech mohou lehce lišit od populace české. Celková inhalační rychlost vychází z předpokladu rozdělení inhalačních rychlostí v závislosti na činnosti ve venkovním prostředí. Pro střední populaci se na ní podílí z 15 % odpočinek, z 65 % lehká zátěž a z 20 % střední zátěž. Na celkové

inhalační rychlosti dětské populace se podílí 5% odpočinek, 80 % střední a 15 % zátěž střední. Hodnoceno je 350 dnů pobytu v roce na místě expozice, kdy se předpokládá změna prostředí na 15 dní v roce (dovolená). Zdravotní riziko je pro jednoduchost hodnoceno jako riziko ideální střední populace bez rozdělení expozičních dat pro její mužskou a ženskou část.

Tab. 8.3.1 Základní expoziční scénář standardní osoby – inhalace ovzduší

<b>základní expoziční údaje</b>	<b>hodnoty pro venkovní aktivity</b>
věk	70 roků
hmotnost	70 kilogramů
délka expozice	30 roků
frekvence	350 dnů.rok <sup>-1</sup>
trvání expozice	3 hod.den <sup>-1</sup>
Inhalační rychlost	0,83 m <sup>3</sup> .hod <sup>-1</sup>

Tab. 8.3.2 Expoziční scénář děti 0 – 14 let – inhalace ovzduší

<b>základní expoziční údaje</b>	<b>hodnoty pro venkovní aktivity</b>
věk	14 roků
hmotnost (pro děti do 6 let)	15 kilogramů
délka expozice	14 roků
frekvence	350 dnů.rok <sup>-1</sup>
trvání expozice	3 hod.den <sup>-1</sup>
Inhalační rychlost (pro děti do 10 let)	3,2 m <sup>3</sup> .hod <sup>-1</sup>

## 8.4. CHARAKTERISTIKA RIZIKA (RISK CHARACTERIZATION)

V tomto posledním kroku se předpovídá zdravotní dopad na populaci resp. její dílčí skupiny na základě integrace poznatků o nebezpečnosti jednotlivých látek a údajů o expozici.

### 8.4.1 Látky toxické s prahovým účinkem

Toxické riziko, ať už chronické či akutní, se vypočítá jako poměr skutečně naměřených nebo namodelovaných koncentrací k referenční koncentraci (REL nebo RfC). Vyjadřuje se jako bezrozměrný koeficient toxické nebezpečnosti (HQ). Pro hodnocení rizik ze všech toxicky významných látek v prostředí sledovaných přijímáme princip aditivity, tzn. že celková hodnota HQ, kterou označujeme jako index toxické nebezpečnosti (HI), je součtem všech dílčích HQ expozičním scénářem identifikovaných škodlivin v prostředí a působících systémově na jeden cílový orgán nebo systém jednotlivce nebo opačně jako součet všech dílčích koeficientů nebezpečnosti

$$HQ = \frac{C}{REL} \quad \text{a tedy} \quad HI = \sum HQ \quad (6)$$

Výsledkem je bezrozměrný koeficient nabývající hodnot menších či větších než 1. Podle metodiky hodnocení vypracované orgány EPA, jsou toxická rizika považována za malá, je-li hodnota HI významně menší než 1. Blíží-li se hodnota HI jedné, riziko je ještě akceptovatelné, ale překročí-li tuto hodnotu, zvyšuje se zdravotní riziko v závislosti na velikosti HI.

#### 8.4.2 Látky karcinogenní s bezprahovým účinkem

Pro hodnocení zdravotních rizik z expozice karcinogenními látkami používáme odhad celoživotního působení dané škodliviny. V případě kratší expozice musíme pro výpočty použít přepočtení expoziční dávky na celkovou předpokládanou celoživotní expozici jednotlivce. Tento přepočet provedeme pomocí průměrné celoživotní denní expozice – LADD (Lifetime Average Daily Dose). Celoživotní expoziční riziko jednotlivce ILCR (Individual Lifetime Cancer Risk) vypočítáme z následujícího vztahu:

$$ILCR = 1 - e^{(-ICPF \times LADD)} \quad (7)$$

Riziko vypočítané pomocí tohoto vztahu se považuje za teoretické zvýšení pravděpodobnosti vzniku nádorových onemocnění nad všeobecný průměr v populaci.

Proces hodnocení rizika není soustavou exaktních důkazů, ale pouze prognózou, odborně fundovanou aproximací budoucího stavu. Pracuje se zde s pravděpodobností, nikoli s nespornými a nevyvratitelnými fakty. Aby pro metodické nepřesnosti nedocházelo k nepřiměřeně příznivým závěrům, vycházejí mezinárodní metodiky hodnocení ze zásady předběžné opatrnosti, tj. z nejhorších možných variant (výsledky studií s nejzávažnějšími udávanými dopady, účinky na nejcitlivější druhy zvířat, na nejcitlivější vrstvy obyvatelstva, odvozování ukazatelů z horních hranic karcinogenního potenciálu aj.). Výsledky pak charakterizují vždy nejhorší myslitelnou konstelaci a jsou vesměs horší než realita. Tento opatrný (konzervativní) přístup spolu se zavedením dostatečných bezpečnostních pásem má zaručit spolehlivost výsledků i v podmínkách výše uvedené neurčitosti.

Jako přijatelná míra karcinogenního rizika jednotlivce se udává hodnota ILCR  $1 \times 10^{-6}$  což lze interpretovat jako pravděpodobnost vzniku zhoubného onemocnění vlivem škodliviny, nad přirozený výskyt, u jednoho člověka z milionu. Karcinogenní riziko pro exponovanou populaci PLCR je potom výsledkem vynásobení hodnoty ICLR počtem osob exponované populace. Tyto hodnoty představují nové případy vzniku rakoviny k přirozené incidenci v populaci. Konvenčně je za zdravotně bezpečnou považována pravděpodobnost vzniku nádorového onemocnění s frekvencí do  $1 \times 10^{-4}$ , tj. 1 z 10 000 exponovaných obyvatel.

### 8.4.3 Kvantifikace zdravotních rizik z expozice PM<sub>10</sub>

Pro odhad rizika dlouhodobé expozice pevným částicím byly použity závěry americké studie American Cancer Society (Pope et al, 2002) doporučené WHO v dodatku ke Směrnici pro kvalitu ovzduší v Evropě z roku 2005 (WHO, 2006). Stejný postup je využíván i SZÚ pro hodnocení zdravotního rizika dlouhodobé expozice české populace (SZÚ, 2010). Studie uvádí, že zvýšení průměrné roční koncentrace jemné frakce pevných částic PM<sub>2.5</sub> o 10 µg.m<sup>-3</sup> zvyšuje celkovou úmrtnost exponované populace o 6 % (95 % CI 2–11 %) a úmrtnost na choroby srdce a cév o 12 %. Tento vztah je v dodatku, aktualizujícím v roce 2005 Směrnici pro kvalitu ovzduší v Evropě, modifikován na částice PM<sub>10</sub> přepočtem 2:1, kdy navýšení roční koncentrace o 10 µg.m<sup>-3</sup> zvyšuje celkovou úmrtnost exponované populace o 3 %. Za základ je brána průměrná roční koncentrace PM<sub>10</sub> 20 µg.m<sup>-3</sup> jako horní hranice pod níž se s více než 95% mírou spolehlivosti úmrtnost nezvyšuje a v případě 24 hod. průměrné koncentrace je to 50 µg.m<sup>-3</sup> PM<sub>10</sub>, přičemž každých 10 µg.m<sup>-3</sup> zvyšuje celkovou úmrtnost exponované populace o 0,5 % (WHO, 2006).

Odhad zdravotních rizik PM<sub>10</sub> je doplněno výpočtem zdravotních rizik standardních škodlivin vycházející z postupu publikovaného K. Aunanovou v roce 1995 (Aunan, 1995). K výpočtu rizik PM<sub>10</sub> byly zvoleny diagnózy, jež lze považovat za indikátory znečištěného ovzduší vztahující se k příslušné škodlivině. Parametry použité k výpočtu relativních rizik RR, respektive OR jsou převzaty, z důvodu nedostatku českých údajů, z evropských epidemiologických studií, což může lehce zkreslit výsledky kvantifikace rizika. podrobněji je postup popsán v následující kapitole.

### 8.4.4 Kvantifikace zdravotních rizik z expozice NO<sub>2</sub>

K hodnocení rizik z dlouhodobé i krátkodobé expozice standardními plynnými škodlivinami je používán koncept relativních rizik, jejichž hodnoty jsou odvozovány z analýz epidemiologických studií, platných pro evropskou populaci. Kvantifikaci vzhledem ke zdravotnímu riziku je tak možné hodnotit pomocí nástrojů, využívaných v epidemiologických studiích. Vztah dávka – účinek je hodnocen odhadem relativního zvýšení výskytu určitých nemocí, případně identifikovaných úmrtí, platných pro zkoumanou populaci v závislosti na denním, případně hodinovém chodu imisních koncentrací v monitorované lokalitě nad hodnotu, která je hodnocené skupině obyvatel vlastní v hypotetickém případě nulového působení příslušné škodliviny.

Pro výpočet parametrů charakterizujících pravděpodobnost zdravotního rizika byl použit postup navržený K. Aunanovou s výpočtem hodnoty OR (resp. RR) ze vztahu  $OR = \exp(\beta \times C)$ .

OR – odds ratio, je poměr pravděpodobnosti exponovaných osob v populaci s příslušnými zdravotními příznaky k počtu osob neexponovaných s týmiž příznaky, C je příslušná imisní koncentrace, roční pro chronické, denní pro akutní rizika,  $\beta$  je tabelovaný regresní koeficient, vztahující se k příslušné diagnóze. Vztažením k prevalenci příznaků při nulové expozici příslušné populace touto škodlivinou zjistíme prevalenci příznaků v prostředí s konkrétní zvýšenou koncentrací látky v ovzduší.

V případě znalosti relativního rizika ( $RR = p_i/p_0$ ), jenž se pro malé hodnoty obou prevalencí rovná hodnotě OR ( a to pro většinu expozic standardními škodlivinami platí) či ze znalosti prevalencí  $p_0$  a  $p_i$  můžeme jednoduše vypočítat podíl exponované populace, která je postižena příslušným zdravotním příznakem.



K výpočtu rizik NO<sub>2</sub> byly zvoleny diagnózy, jenž lze považovat za indikátory znečištěného ovzduší vztahující se k příslušné škodlivině. Parametry použité k výpočtu relativních rizik RR, respektive OR jsou převzaty, z důvodu nedostatku českých údajů, z evropských epidemiologických studií, což může lehce zkreslit výsledky kvantifikace rizika. Proto by se mělo na celkový počet zasažených osob pohlížet jako na přibližný odhad a ne jako na absolutní číslo.

#### 8.4.5 Výběr referenčních hodnot

Látky, které mají odvozeny hodnoty RfCi, tj. RfC WHO, US EPA databáze IRIS nebo RAIS, případně REL (Reference Exposure Level – California EPA), vykazují toxické účinky systémové, které postihují některý z cílových orgánů lidského těla.

Látky, pro něž byly definovány referenční hodnoty ICPF, případně UR (Unit Risk – Risk Assessment Information System) vykazují bezprahové (karcinogenní) účinky.

Výše uvedené veličiny byly převzaty z databází IRIS (Integrated Risk Information System), RAIS (The Risk Assessment Information System), WHO (World Health Organization), California US EPA a dalších.

#### 8.4.6 Vyhodnocení rizik imisních škodlivin

Odhad zdravotních rizik vybraných škodlivin byl využit pro porovnání uvažovaných scénářů zavádějící různá opatření ke snížení zátěže ovzduší, které se negativně promítá na zdraví obyvatel. Odhad zdravotních rizik vybraných škodlivin byl pro jednotlivé scénáře proveden v 5 vybraných referenčních bodech, reprezentující různá místa sledované oblasti. Referenční bod č. 1 se nachází 20 m od krajnice vozovky na ulici Ratibořská, před mostem přes řeku Opavu, referenční bod 2 v zástavbě rodinných domů cca 80 m od ulice Pekařská, referenční bod 3 v zástavbě výškových budov, mezi silnicemi Krnovská, Jaselská a Rybářská cca 60 m od ulice Krnovská, referenční bod 4 v blízkosti křižovatky ulice Rolnická a ulice Mostní, 20 m od ulice Rolnická v rodinné zástavbě a referenční bod 5 se nachází mezi ulicemi Krnovská a Žižkova cca 20 m od ulice Krnovská. Číselné označení těchto bodů je používáno dále v textu při hodnocení jednotlivých scénářů. Ve studii byla hodnocena pouze zdravotní rizika z dlouhodobé expozice vybranými škodlivinami, jelikož opatření v hodnocených scénářích jsou rovněž zaváděna z pohledu dlouhodobých změn.

#### **Odhad zdravotních rizik pevných částic**

Hodnocení expozice pevným částicím vychází z postupu doporučeného WHO a SZÚ (SZÚ, 2010, WHO, 2006). K hodnocení současného stavu a jednotlivých scénářů byla využita data o průměrné roční koncentraci PM<sub>10</sub> naměřená na stanici automatizovaného imisního monitoringu (AIM) v Opavě Kateřinkách v roce 2009, která byla upravena pro vybrané referenční body v rámci sledované oblasti na základě údajů přírůstkové rozptylové studie připravené v rámci tohoto projektu řešitelským kolektivem.

Na základě odhadu zdravotních rizik v důsledku dlouhodobé expozice pevnými částicemi je patrný poměrně velký rozdíl v možných rizicích na jednotlivých referenčních bodech.

Pro hodnocení současného stavu na základě průměrné roční koncentrace pevných částic frakce PM<sub>10</sub> lze odhadnout, že v důsledku znečištění ovzduší touto škodlivinou byla celková úmrtnost navýšena v průměru o 9,5 % na referenčním bodě 1, zatímco na dalších referenčních bodech se pohybovalo toto navýšení celkové úmrtnosti od 5,3 do 4,8 %. Referenční bod č. 1 je tak možné označit za místo s největší zátěží zdraví člověka v důsledku dlouhodobé expozice pevnými částicemi ze zvolených lokalit. V případě realizace navržených opatření v jednotlivých scénářích pak dojde k významnému poklesu procentuelního navýšení úmrtí zejména v referenčním bodě 1, a to o 2,9 %. v ostatních referenčních bodech je toto snížení menší, přesto ale poměrně významné v intervalu 0,4 až 0,5 % (viz. tab. 8.4.1).

Tab. 8.4.1 Vývoj celkové úmrtnosti v důsledku expozice pevnými částicemi PM<sub>10</sub>.

referenční bod	celková úmrtnost [% navýšení případů]		
	současný stav	scénář 1	scénář 2
1	9,5	8,6	6,6
2	5,3	5,0	4,2
3	5,0	4,7	4,5
4	4,2	4,0	3,8
5	4,8	4,5	4,4

Pro doplnění byl odhad zdravotního rizika proveden i postupem dle Aunanové (Aunan, 1995) s využitím stejných vstupních dat. Pro tyto účely byly ještě hodnoty koncentrací přepočteny na koncentrace celkových pevných částic suspendovaných v ovzduší (TSP) dle vztahu doporučeného WHO ( $C_{PM10}/0,8$ ). Současný stav tak představuje následující zdravotní rizika pro exponovanou populaci. Pro dětskou populaci představují stanovené koncentrace PM<sub>10</sub> při dlouhodobé expozici 16,3% možné navýšení případů bronchitidy v místě referenčního bodu 1. Na ostatních zvolených referenčních bodech je riziko výskytu této choroby, resp. procentuelní navýšení případů výskytu této choroby poněkud nižší, a sice 10,4 až 9,8 %. V důsledku zavedení opatření v rámci navržených scénářů dojde však k redukci možného navýšení případů bronchitidy u dětí až na 12,0 % při realizaci scénáře 2, tedy o 4,3 % na referenčním bodě 1. V místech dalších referenčních bodů by pak při realizaci opatření v rámci scénáře č. 2 mohlo dojít k redukci procentuelního navýšení případů výskytu bronchitidy u dětí o 0,3 až 1,3 % (viz. tab. 8.4.2).

Pro dospělou populaci bylo odhadnuto 8,4% navýšení výskytu respiračních onemocnění vlivem dlouhodobé expozice TSP při současném stavu znečištění v místě referenčního bodu 1. Rovněž v případě tohoto zdravotního rizika je tento bod možné označit za nejhorší, jelikož na dalších referenčních bodech se procentuelní navýšení případů těchto potíží pohybuje přibližně na polovičních hodnotách, tedy v intervalu 4,8 až 5,1 % navýšení případů. V důsledku zavedení opatření v rámci navržených scénářů však dojde ke snížení možného navýšení případů respiračních potíží dospělých až na 6,0 % při realizaci scénáře 2, tedy o 2,4 % na referenčním bodě 1 a v místech dalších referenčních bodů by pak při realizaci opatření v rámci scénáře č. 2 mohlo dojít k redukci procentuelního navýšení případů respiračních potíží dospělých o 0,2 až 0,7 % (viz. tab. 8.4.2)

Tab. 8.4.2 Vývoj výskytu možných onemocnění v důsledku dlouhodobé expozice pevnými částicemi.

referenční bod	bronchitida u dětí (PM <sub>10</sub> )			respirační potíže dospělých (TSP)		
	[% navýšení případů]					
	současný stav	scénář 1	scénář 2	současný stav	scénář 1	scénář 2
1	16,3	14,9	12,0	8,4	7,6	6,0
2	10,4	10,0	9,1	5,1	4,9	4,4
3	10,0	9,7	9,5	4,9	4,8	4,6
4	9,1	9,0	8,8	4,4	4,4	4,2
5	9,8	9,5	9,4	4,8	4,7	4,6

Realizací uvažovaných opatření v rámci scénářů dojde v místě referenčního bodu 1 k významnému snížení procentuelního navýšení úmrtnosti a výskytu onemocnění v důsledku expozice pevným částicím, zejména při realizaci scénáře 2. V místech dalších referenčních bodů pak bude toto snížení mírnější, přesto poměrně významné.

### Odhad zdravotních rizik oxidu dusičitého

Hodnocení expozice oxidem dusičitým vychází z postupu publikovaného K. Aunanovou (Aunan, 1995) v souladu s postupy WHO. K hodnocení současného stavu a jednotlivých scénářů byla využita data o průměrné roční koncentraci NO<sub>2</sub> naměřená na stanici automatizovaného imisního monitoringu (AIM) v Opavě Kateřinkách v roce 2009, která byla upravena pro vybrané referenční body v rámci sledované oblasti na základě údajů přírůstkové rozptylové studie připravené v rámci tohoto projektu řešitelským kolektivem.

Pro hodnocení současného stavu lze odhadnout, že v důsledku znečištění ovzduší touto škodlivinou mohlo dojít v průměru k 10,1% nárůstu výskytu respiračních onemocnění dětí vlivem dlouhodobé expozice a k 2,8% navýšení výskytu astma u dětí rovněž vlivem dlouhodobé expozice. Výskyt těchto onemocnění se při zavedení jednotlivých scénářů v průměru sníží pouze nepatrně. Při detailnějším pohledu na jednotlivé referenční body (viz. tab. 8.4.3) je však patrné, že výskyt těchto onemocnění se snižuje zejména v referenčním bodě 1 a 2, tedy v místech bezprostředně ovlivněných zavedením opatření v jednotlivých scénářích. V ostatních referenčních bodech k poklesu výskytu těchto onemocnění odhadnutých na základě tohoto postupu nedochází a bylo by možné ho dosáhnout při zavedení dalších opatření pravděpodobně i na dalších zdrojích znečištění ovzduší.

Tab. 8.4.3 Vývoj výskytu možných onemocnění v důsledku dlouhodobé expozice oxidem dusičitým.

referenční bod	respirační potíže dětí			astma u dětí		
	[% navýšení případů]					
	současný stav	scénář 1	scénář 2	současný stav	scénář 1	scénář 2
1	11,2	11,0	10,5	3,8	3,6	3,2
2	10,0	10,0	9,8	2,7	2,7	2,6
3	9,9	9,9	9,9	2,7	2,6	2,6
4	9,8	9,8	9,7	2,5	2,5	2,5

referenční bod	respirační potíže dětí			astma u dětí		
	[% navýšení případů]					
	současný stav	scénář 1	scénář 2	současný stav	scénář 1	scénář 2
5	9,9	9,9	9,9	2,6	2,6	2,6

Zavedením uvažovaných opatření v rámci scénářů dojde k mírnému snížení výskytu onemocnění v důsledku expozice oxidem dusičitým, zejména při realizaci scénáře 2. Nejvíce se tato opatření projeví v referenčních bodech 1 a 2.

### Odhad zdravotních rizik benzo(a)pyrenu

Hodnocení expozice benzo(a)pyrenem (B(a)P) vychází z postupů doporučených US EPA a WHO. K hodnocení současného stavu a jednotlivých scénářů byla využita data o průměrné roční koncentraci B(a)P naměřená na stanici automatizovaného imisního monitoringu (AIM) v Hlučíně v roce 2009, která byla upravena pro vybrané referenční body v rámci sledované oblasti na základě údajů přírůstkové rozptylové studie připravené v rámci tohoto projektu řešitelským kolektivem. Jiná stanice AIM byla využita proto, že na stanici Opava Kateřinky nejsou realizována měření koncentrací B(a)P a nejbližší stanicí je právě AIM v Hlučíně. Obě stanice jsou klasifikovány velmi podobně, jedná se o pozad'ové lokality v obytné zóně s rozdílem, že stanice v Opavě Kateřinkách je označena jako městská, zatímco stanice v Hlučíně jako předměstská. Akutní zdravotní rizika nejsou v případě B(a)P hodnocena, jelikož tato škodlivina se vyznačuje karcinogenními účinky, které se projevují výhradně při dlouhodobé expozici.

Při hodnocení karcinogenního rizika škodlivin je za akceptovatelné považováno individuální riziko pravděpodobnosti vzniku zhoubného onemocnění vlivem škodliviny  $1 \cdot 10^{-6}$  (tj. 1 případ z milionu). Celkové individuální riziko (ILCR) z expozice B(a)P při současném stavu znečištění ovzduší je tak možné v závislosti na tomto faktu označit pro dospělou populaci jako akceptovatelné ( $2,22 \cdot 10^{-7}$ ) a pro dětskou populaci je toto karcinogenní riziko vlivem expozice B(a)P na hranici akceptovatelnosti ( $9,33 \cdot 10^{-6}$ ). Vzhledem k velmi nízkým příspěvkům B(a)P produkovaných dopravou ve sledované oblasti v řádu desetitisícin ng nebyl prokázán žádný vliv uvažovaných scénářů zavádění opatření ke snížení znečištění ovzduší na zdraví člověka. Zdravotní riziko v důsledku expozice benzo(a)pyrenem tak zůstane na stejné úrovni jako při současném stavu. Rovněž nebyly prokázány rozdíly ve vybraných referenčních bodech tak jako v případě dalších vybraných škodlivin a to jak v současném stavu, tak ani při realizaci scénářů.

### Odhad zdravotních rizik benzenu

Hodnocení expozice benzenem vychází z postupů doporučených US EPA a WHO. K hodnocení současného stavu a jednotlivých scénářů byla využita data o průměrné roční koncentraci B(a)P naměřená na stanici automatizovaného imisního monitoringu (AIM) v Ostravě Porubě v roce 2009, která byla upravena pro vybrané referenční body v rámci sledované oblasti na základě údajů přírůstkové rozptylové studie připravené v rámci tohoto projektu řešitelským kolektivem. Jiná stanice AIM byla využita proto, že na stanici Opava Kateřinky nejsou realizována měření koncentrací benzenu a nejbližší stanicí zajišťující měření koncentrací benzenu je právě v Ostravě Porubě. Obě stanice jsou klasifikovány velmi podobně, jedná se o pozad'ové lokality v obytné zóně s rozdílem, že stanice v Opavě Kateřinkách je označena jako městská, zatímco stanice v Ostravě Porubě jako předměstská.

Celkové individuální riziko (ILCR) z expozice benzenem při současném stavu znečištění ovzduší je pro dospělou populaci na hranici akceptovatelnosti a pro dětskou populaci je toto karcinogenní riziko vlivem expozice benzenem již neakceptovatelné. Zavedením uvažovaných opatření v rámci scénářů dojde k mírnému snížení celkového individuálního rizika (viz. tab.8.4.4), zejména při realizaci scénáře 2. Toto riziko i přesto zůstane pro dospělou populaci na hranici akceptovatelnosti a pro dětskou populaci je toto karcinogenní riziko vlivem expozice benzenem stále nad touto hranicí. Nicméně v případě realizace uvažovaných scénářů ve spojení s omezením dalších zdrojů znečištění by došlo ke snížení zátěže obyvatel v důsledku znečištění ovzduší.

Tab. 8.4.4 Vývoj celkového individuálního rizika vlivem expozice benzenem.

referenční bod	dospělí			děti		
	ILCR					
	současný stav	scénář 1	scénář 2	současný stav	scénář 1	scénář 2
1	2,53E-06	2,40E-06	2,11E-06	2,74E-04	2,59E-04	2,27E-04
2	1,67E-06	1,63E-06	1,48E-06	1,80E-04	1,76E-04	1,60E-04
3	1,58E-06	1,57E-06	1,54E-06	1,70E-04	1,69E-04	1,66E-04
4	1,42E-06	1,41E-06	1,37E-06	1,53E-04	1,52E-04	1,48E-04
5	1,54E-06	1,51E-06	1,52E-06	1,66E-04	1,63E-04	1,64E-04

## 8.5. NEJISTOTY V HODNOCENÍ ZDRAVOTNÍCH RIZIK

Proces hodnocení rizika není soustavou exaktních důkazů, ale pouze prognózou, odborně fundovanou aproximací budoucího stavu a to zejména při odhadu karcinogenního rizika škodlivin. Při hodnocení se pracuje s pravděpodobností, nikoli s nespornými a nevyvratitelnými fakty. Aby pro metodické nepřesnosti nedocházelo k nepřiměřeně příznivým závěrům, vycházejí mezinárodní metodiky hodnocení ze zásady předběžné opatrnosti, tj. z nejhorších možných variant (výsledky studií s nejzávažnějšími udávanými dopady, účinky na nejcitlivější druhy zvířat, na nejcitlivější vrstvy obyvatelstva, odvozování ukazatelů z horních hranic karcinogenního potenciálu aj.). Výsledky pak charakterizují vždy nejhorší myslitelnou konstelaci a jsou vesměs horší než realita. Tento opatrný (konzervativní) přístup spolu se zavedením dostatečných bezpečnostních pásem má zaručit spolehlivost výsledků i v podmínkách výše uvedené neurčitosti.

Zdrojem nejistot jsou také data použitá při tvorbě expozičních scénářů. Celosvětově používané scénáře vychází převážně z vědeckých studií realizovaných v USA a zemích západní Evropy a povětšinou ze statistických údajů této průměrné populace, jejichž návyky se v detailech mohou lehce lišit od populace české. Celková inhalační rychlost vychází z předpokladu rozdělení inhalačních rychlostí v závislosti na činnosti ve venkovním prostředí. Pro střední populaci se na ní podílí z 15 % odpočinek, z 65 % lehká zátěž a z 20 % střední zátěž. Na celkové inhalační rychlosti dětské populace se podílí 5% odpočinek, 80 % střední a 15 % zátěž střední. Hodnoceno je 350 dnů pobytu v roce na místě expozice, kdy se předpokládá změna prostředí na 15 dní v roce (dovolená). Zdravotní riziko je ve všech případech této studie pro zjednodušení hodnoceno jako riziko ideální střední populace bez rozdělení expozičních dat pro její mužskou a ženskou část. Při výpočtech celoživotní dávky se uvažovala pouze 3hodinová expozice při aktivitách ve vnějším ovzduší

a ne 24-hodinová expozice, která by byla daná kombinací venkovních i vnitřních aktivit jednotlivce, což může v určitých případech vést k podhodnocení celkového rizika.

Další nejistoty s sebou přináší vstupní data o koncentracích jednotlivých škodlivin v ovzduší. Hodnocení zdravotních rizik bylo provedeno v souladu se standardními postupy, tzn. s využitím ročních průměrných koncentrací příslušné škodliviny stanovené v souladu s NV č. 597/2006 Sb. v rámci sítě AIM ČHMÚ, avšak tato data byla upravena pro hodnocení jednotlivých scénářů ve vybraných referenčních bodech ve sledované oblasti na základě údajů příspěvkové rozptylové studie připravené v rámci tohoto projektu řešitelským kolektivem, což může být zdrojem zvýšené nejistoty vstupující do samotného odhadu rizik. Významnou nejistotou je také použití koncentrací benzo(a)pyrenu a benzenu ze stanic měření kvality ovzduší z jiných měst než Opavy, konkrétně Hlučína resp. Ostravy Poruby. Proto je nutné nahlížet na odhad rizik těchto škodlivin spíše jako na orientační nástroj sloužící pouze pro porovnání uvažovaných scénářů zavádějící různá opatření ke snížení zátěže ovzduší.

K hodnocení zdravotních rizik byly využity nejmodernější postupy, nejnovější informace a data publikovaná v odborné literatuře za účelem maximální možné minimalizace nejistot použitého postupu.

## 9. ANALÝZA NÁKLADŮ A PŘÍNOSŮ

Analýza nákladů a přínosů (CBA) je významná metoda sloužící k hodnocení veřejných projektů, která jako jediná vyjadřuje vstupy i výstupy v peněžních jednotkách. Používané typy a druhy CBA jsou uvedeny v tabulce 9.0.1.

Tab. 9.0.1 Klasifikace CBA (Ochrana, 2004)

Typy CBA	Druhy CBA	Obvyklé termínové označení
„užší“ CBA	nemá	analýza nákladů a přínosů
„širší“ CBA	neredukovaná	analýza společenských nákladů a společenských přínosů
	redukovaná	

U tzv. užší analýzy nákladů a přínosů bývají kvantifikovány pouze přímé náklady, které se vztahují k hodnocené investiční akci. Tento druh analýzy bývá používán převážně v podnikové sféře. V případě tzv. širší analýzy nákladů a přínosů bývají zohledněny také náklady obětované příležitosti a potenciální dopady (i nemateriální povahy) způsobované členům libovolné cílové skupiny. U tohoto typu analýzy se tedy přínosem rozumí jakékoliv zvýšení užítku, zatímco nákladem jeho snížení. Neredukovaná forma CBA finančně ohodnocuje všechny společenské přínosy i újmy, praxe však ukazuje že je obvykle není možné dostatečně přesně ocenit. Za těchto okolností se používá takzvaná redukovaná analýza společenských nákladů a společenských přínosů, kdy se finančně vyjadřují relativně přesně ohodnotitelné položky, zatímco ty obtížně stanovitelné se komentují slovně.

U analýzy nákladů a přínosů bývá často používána přírůstková metoda kalkulace, která srovnává náklady a přínosy plynoucí z realizace investiční varianty s výchozím stavem, kdy by investice nebyla realizována. Při kalkulaci nákladů a přínosů postupujeme tak, že do investiční varianty zahrnujeme pouze ty náklady a přínosy, které jsou skutečným přírůstkem nákladů a přínosů souvisejícím přímo s investiční variantou (Ochrana, 2004).

Analýza byla zpracována pro dva scénáře navržených souborů opatření podpory environmentálně šetrných vozidel. Zásadní rozdíly mezi oběma scénáři jsou především ve velikosti nízkoemisní zóny a ve skladbě vozového parku veřejné linkové dopravy a městské hromadné dopravy. V prvním scénáři jsou obměňované autobusy poháněné vznětovým motorem, ve druhém scénáři jsou poháněny zážehovým motorem spalujícím stlačený zemní plyn.

Realizace opatření pro podporu environmentálně šetrných vozidel ve městě je projekt se širokým celospolečenským efektem. Jeho uskutečnění by přispělo ke zlepšení životního prostředí snížením emisí škodlivých látek a skleníkových plynů z dopravy. Neméně důležitý je také pozitivní vliv na zdraví obyvatel města. Vhodné nastavení jednotlivých opatření by zároveň přispělo k většímu rozšíření využití alternativních paliv v dopravě, s neméně významným efektem snížení provozních nákladů uživatelů vozidel.

## 9.1. VYMEZENÍ BENEFICIENTŮ A POPIS JEDNOTLIVÝCH C&B

Hlavními beneficienty projektu jsou:

- obyvatelé dotčené oblasti,
- uživatelé čistých vozidel,
- Česká republika

### Obyvatelé dotčené oblasti

Realizací navržených a následně modelovaných opatření dojde k celkovému snížení produkce emisí škodlivých látek vůči původnímu stavu ve výši uvedené v tabulce 9.1.1, čímž dojde ke snížení příspěvku dopravy na celkové imisní situaci ve městě.

Tab. 9.1.1 Snížení emisí škodlivých látek a CO<sub>2</sub> v jednotlivých scénářích

	NO <sub>x</sub>	PM	NMVOC	CO <sub>2</sub>
Scénář 1	4,7 %	4,0 %	2,8 %	2,8 %
Scénář 2	14,2 %	13,5 %	12,1 %	8,0 %

Po aplikaci nástrojů došlo v modelu podle předpokladu k navýšení dopravy na okružních komunikacích vedoucích kolem nízkoemisní zóny a zároveň k výraznému poklesu intenzit na komunikacích uvnitř zóny.

### Uživatelé čistých vozidel

Uživatelé environmentálně příznivých vozidel těží z úspory nákladů díky lepší energetické účinnosti vozidel a ekonomických nástrojů podpory čistých vozidel.

### Česká republika

Realizace navržených opatření přispěje k dalšímu rozšíření alternativních paliv v dopravě a dosažení indikativního cíle 20% podílu alternativních paliv na celkové spotřebě pohonných hmot do roku 2020. Přechodem provozovatelů vozidel na vozidla s alternativním pohonem se sníží výnos spotřební daně z motorových paliv do státního rozpočtu oproti stavu, kdy by nadále provozovali vozidla poháněná konvenčními palivy. Zároveň se sníží výnos ze silniční daně, neboť podle §3 Zákona č. 16/1993 Sb. o dani silniční jsou vozidla s alternativním pohonem od platby silniční daně osvobozena. Jelikož se stát zavázal podporovat rozvoj využití alternativních paliv v dopravě, přičemž formu podpory zvolil uvedené daňové úlevy, je tato ztráta považována za „dobrovolnou“ a není započítána do hodnocení nákladů a užitků.

Realizace navržených nástrojů podpory přispěje k úspoře nákladů na emise znečišťujících látek z dopravy, tj. nákladů, které je potřeba vynakládat na odstranění škod způsobených zvýšenou zátěží ekosystému a na zlepšení zdravotního stavu obyvatelstva.



## 9.2. DEFINICE MODELOVÝCH SCÉNÁŘŮ

### Nulový scénář

Je založen na současném stavu, případná dopravní omezení jsou shodná se současně platnými. Dopravní obslužnost v rámci veřejné přepravy osob je zajišťována vozidly, jejich skladba je uvedena v tabulce 9.2.1.

Tab. 9.2.1 Poměrné složení vozového parku příměstské linkové dopravy a MHD

	Euro II	Euro III	Euro IV	Euro V	EEV
Vypravovaná vozidla příměstské linkové dopravy - současný stav	30,1	45,8	24,1	0	0
Vypravovaná vozidla MHD - současný stav	50,0	50,0	0	0	0

### Scénář 1

Hlavním nástrojem podpory čistých vozidel je nízkoemisní zóna pokrývající centrum města ohraničené okružní komunikací, která je zobrazena na obrázku 5.5 v kapitole 5.5.3. Zvolené opatření je dále rozšířeno o nástroj omezující vjezd do centra vozidlům s hmotností vyšší než 3,5 tuny (s výjimkou pro vozidla MHD a veřejné linkové dopravy a vozidla komunálních služeb), nástroje podporující environmentálně šetrná vozidla formou vyhrazených a bezplatných parkovacích míst a nástroje týkající se plánované obměny vozidel zajišťujících veřejnou přepravu osob za nová vozidla, tak aby vozidla dopravců a MHD projíždějící nízkoemisní zónou splňovala její pravidla. Vozidla vyhovující pouze emisním normám Euro II a starším, mohou zabezpečovat pouze dopravní obslužnost okrajových částí města. Skladba vozidel veřejné linkové dopravy a MHD je uvedena v tabulce 9.2.2.

Tab. 9.2.2 Poměrné složení vozového parku příměstské linkové dopravy a MHD

	Euro II	Euro III	Euro IV	Euro V	EEV
Vypravovaná vozidla příměstské linkové dopravy - scénář obměny 1	9,8	45,9	24,6	19,7	0
Vypravovaná vozidla MHD - scénář obměny 1	0	45,5	0	54,5	0

### Scénář 2

Hlavním nástrojem podpory čistých vozidel je nízkoemisní zóna pokrývající oblast zobrazenou na obrázku 5.6 v kapitole 5.5.3. Zvolené opatření je dále rozšířeno o nástroj omezující vjezd do centra vozidlům s hmotností vyšší než 3,5 tuny (s výjimkou pro vozidla MHD a veřejné linkové dopravy a vozidla komunálních služeb), nástroje podporující

environmentálně šetrná vozidla formou vyhrazených a bezplatných parkovacích míst a nástroje týkající se plánované obměny vozidel zajišťujících veřejnou přepravu osob za nová vozidla, tak aby vozidla dopravců a MHD projíždějící nízkoemisní zónou splňovala její pravidla. Vozidla vyhovující pouze emisním normám Euro II a starším, mohou zabezpečovat pouze dopravní obslužnost okrajových částí města. Skladba vozidel veřejné linkové dopravy a MHD je uvedena v tabulce 9.2.3.

Tab. 9.2.3 Poměrné složení vozového parku příměstské linkové dopravy a MHD

	Euro II	Euro III	Euro IV	Euro V	EEV
Vypravovaná vozidla příměstské linkové dopravy - scénář obměny 2	9,8	45,9	24,6	0	19,7
Vypravovaná vozidla MHD - scénář obměny 2	0	45,5	0	0	54,5

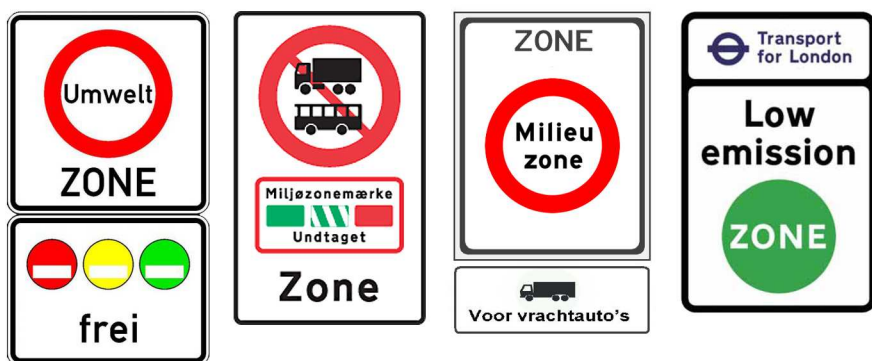
### 9.3. VÝCHOZÍ PŘEDPOKLADY, DEFINICE NÁKLADŮ A VÝNOSŮ

Ve finančním modelu byla použita diskontní sazba v souladu s pravidly uvedenými v Guide to cost-benefit analysis of investment projects, a to 5 % u finanční analýzy a 5,5 % u ekonomické analýzy (Florio, 2008). Model byl navržen jako statický, to znamená že nebylo uvažováno se změnou cen vstupů ani výstupů. Odpisy byly zvoleny lineární podle platné legislativy. Externí náklady znečištění ovzduší a klimatických změn byly zvoleny na základě výstupů evropských projektů Heatco a Impact.

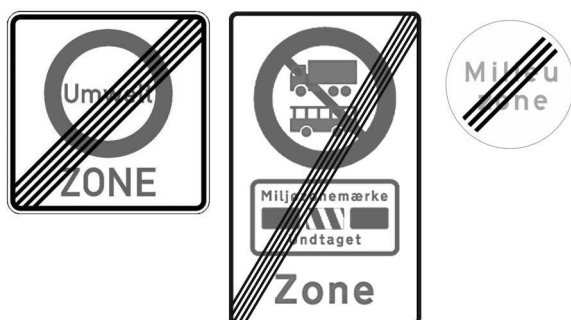
#### 9.3.1 Náklady

##### Náklady na vyznačení nízkoemisní zóny

Podle zkušeností ze zahraničních měst, můžeme značení nízkoemisních zón rozdělit do tří skupin, a to na značení na příjezdu, vjezdu a výjezdu ze zóny. Největší rozdíly lze najít u značení na příjezdu. Označení vjezdu se příliš neliší, skládá se ze značky nízkoemisní zóny a dodatkové tabule s upřesněním kategorie vozidel s povoleným vjezdem. Označení na výjezdu bývá provedeno přeškrtnutou značkou nízkoemisní zóny. Ukázka vybraných konkrétních provedení značení je uvedena na obrázcích 9.1-9.3.



Obr. 9.1 Ukázka značení na vjezdu do nízkoemisní zóny (v pořadí Německo, Dánsko, Nizozemí, Spojené království Velké Británie a Severního Irska)



Obr. 9.2 Ukázka značení na výjezdu z nízkoemisní zóny (v pořadí Německo, Dánsko, Nizozemí)



Obr. 9.3 Ukázka značení příjezdu k nízkoemisní zóně

V české republice není konkrétní značení legislativně upraveno. V rámci ekonomického hodnocení jsme uvažovali s označením nízkoemisní zóny informativní provozní značkou typu Zóna s dopravním omezením (IP25a), doplněnou o dodatkovou tabulku s uvedením kategorie vozidel s povoleným vjezdem (ve velikosti značky E11), podobně jako v německém modelu. Na výjezdu jsme uvažovali s informativní provozní značkou typu Konec zóny s dopravním omezením (IP25b). Označení na příjezdu bylo zvoleno podobně jako je označení na vjezdu do zóny, rozšířené o dodatkovou tabulku typu Směrová šipka (E07a, E07b), případně Vzdálenost (E03a). Příklad uvažovaného značení je uveden na obrázku 9.4.



Obr. 9.4 Příklad možného značení nízkoemisní zóny

**Scénář 1:** Při rozboru dispozičního řešení malé nízkoemisní zóny v centru města bylo vytipováno 9 komunikací vedoucích do nebo z nízkoemisní zóny. Grafické označení vybraných křižovatek je zobrazeno na obrázku 9.5. Potřebné počty značení pro osazení počátečních a koncových míst a přilehlých obvodových komunikací jsou uvedené v tab. 9.3.1. Rozdíly v počtech značení vjezdu a výjezdu jsou dány místní regulací dopravy (jednosměrné ulice).



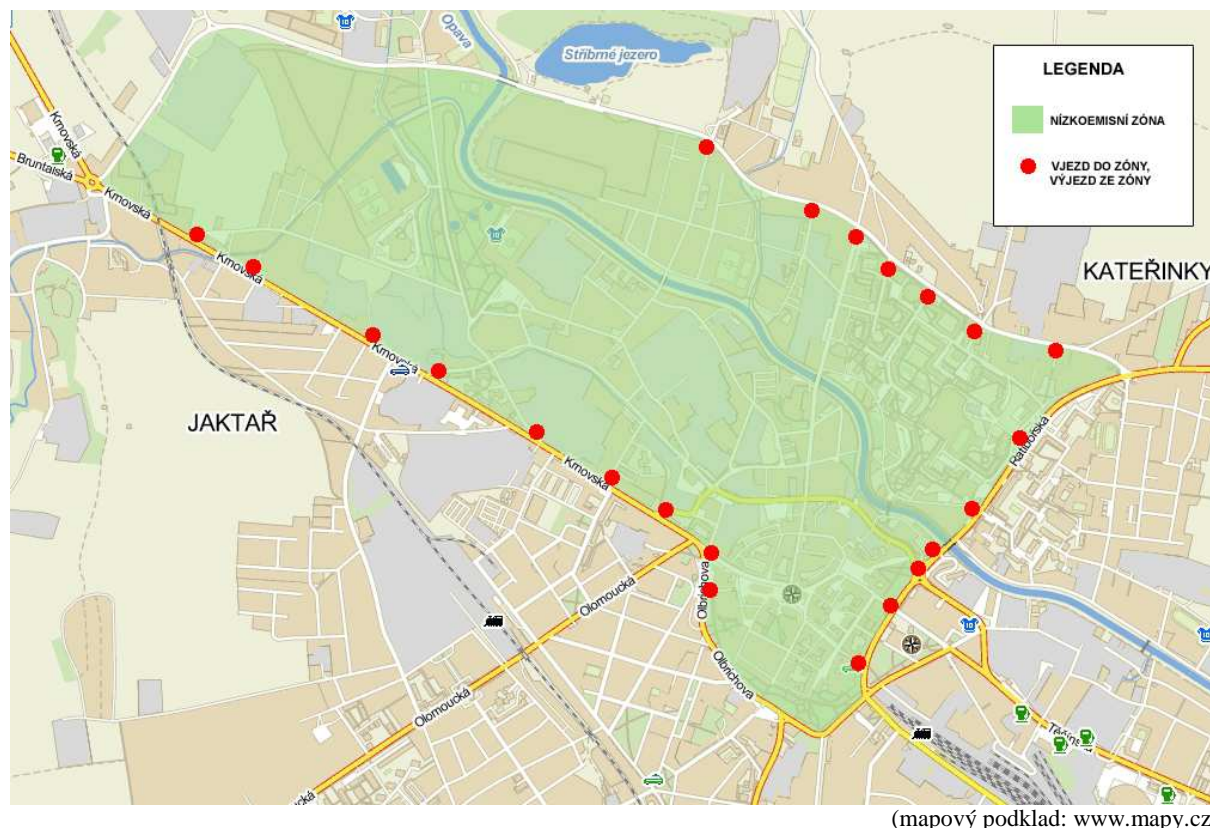
Obr. 9.5 Místa označení nízkoemisní zóny

(mapový podklad: www.mapy.cz)

Tab. 9.3.1 Minimální počet značení malé nízkoemisní zóny

	Příjezd	Vjezd	Výjezd
Počet označení	15	8	9

**Scénář 2:** Rozborem lokality zahrnující větší nízkoemisní zónu bylo vybráno 22 komunikací vedoucích dovnitř nebo směrem ven z nízkoemisní zóny. Mezi tyto komunikace nejsou zařazeny účelové/obslužné komunikace vedoucí k rodinným domům a podnikatelským objektům. Grafické označení vybraných křižovatek je zobrazeno na obrázku 9.6. Potřebné počty značení pro osazení počátečních a koncových míst a přilehlých obvodových komunikací jsou uvedené v tab. 9.3.2. Rozdíly v počtech značení vjezdu a výjezdu jsou dány místní úpravou provozu (jednosměrné ulice).



Obr. 9.6 Místa označení nízkoemisní zóny

Tab. 9.3.2 Minimální počet značení malé nízkoemisní zóny

	<b>Příjezd</b>	<b>Vjezd</b>	<b>Výjezd</b>
Počet označení	40	18	21

Při výpočtu nákladů na značení nízkoemisní zóny se vycházelo ze stanovených počtů dopravních značek a nákladů na jejich pořízení a instalaci, které byly stanoveny jako průměrné na základě poptávky mezi pěti dodavateli dopravního značení. Přehled celkových nákladů na instalaci značení je uveden v tabulce 9.3.3.

Tab. 9.3.3 Přehled nákladů na označení nízkoemisní zóny

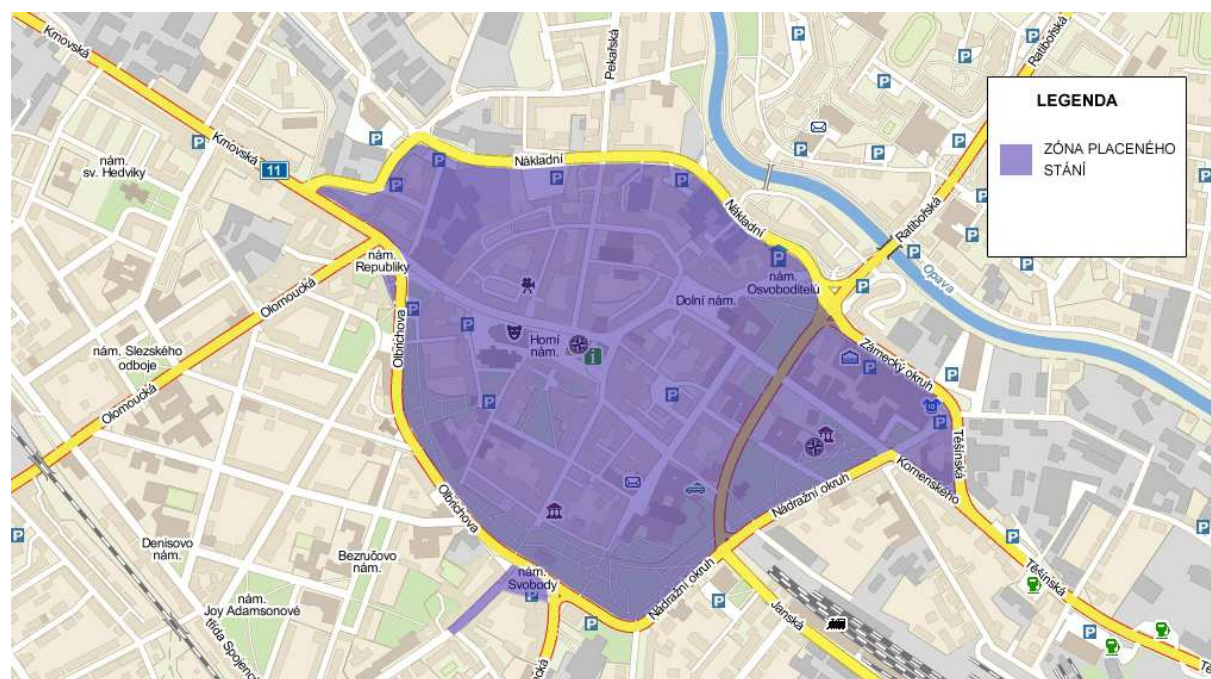
	<b>Příjezd</b>	<b>Vjezd</b>	<b>Výjezd</b>	<b>Celkem</b>
Scénář 1	98850	45360	43650	187860
Scénář 2	3954000	816480	916650	5687130

## Náklady na vyhrazená parkovací místa

Na území Opavy je v centru města a přilehlých lokalitách zavedená Zóna placeného stání (ZPS), kde se nachází celkem 818 parkovacích míst včetně vyhrazených. Po odečtu vyhrazených míst (zásobování, firmy, taxi, ZTP) zůstává k dispozici 762 parkovacích míst, rozdělených mezi 40 parkovacích ploch. V zóně se parkoviště dále dělí na:

- parkoviště pro krátkodobé parkování (s parkovacím automatem),
- parkoviště pro držitele karet ZPS,
- parkoviště pro střednědobé parkování (s parkovacím automatem a pro držitele karet ZPS),
- standardní parkoviště.

Přehled disponibilních kapacit parkovišť, která se nacházejí uvnitř Zóny placeného stání, je uveden v tab. 9.3.4. Tento přehled neobsahuje parkoviště vyhrazená výlučně pro držitele karet ZPS. Celkem je pro motoristy dostupných 428 nevyhrazených míst na 17 parkovištích a 201 míst v parkovacím domě. Rozsah ZPS je uveden na obrázku 9.7.



(mapový podklad: www.mapy.cz)

Obr. 9.7 Zóna placeného stání

Tab. 9.3.4 Přehled disponibilních kapacit parkovišť v Zóně placeného stání

Lokalita	Počet míst	ZTP	Ostatní	ZTP/RZ
ul. Beethovenova	21	2	-	-
ul. Čapkova (u divadla)	10	1	-	-
ul. Kolářská	12	-	-	1
Masarykova tř. (u pošty)	23	3	-	1
Masarykova tř. (u sportu)	21	2	-	-
ul. Masařská (Holubí, Masařská, Lazebnická)	74	1	-	-
ul. Masařská (Masařská, Drůbeží trh)	27	1	-	-
ul. Na Valech	8	-	-	1
náměstí Republiky (záliv)	3	-	4	-
náměstí Svobody	70	3	-	-
ul. Pivovarská	15	1	-	-
ul. Popská	15	1	-	-
Rybí trh	22	1	-	-
ul. Sady Svobody	7	-	-	-
ul. Solná	4	-	-	-
Zámecký okruh (u městských lázní)	18	1	-	-
Zámecký okruh (u zimního stadionu)	78	-	-	-
<b>Součet</b>	<b>428</b>	<b>17</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
<b>Celkem</b>	<b>452</b>			

Podle navržených opatření z předchozích etap projektu bylo 10 % kapacity parkovišť vyhrazeno pro environmentálně šetrná vozidla. Pokud by mělo být na každém parkovišti k dispozici alespoň jedno vyhrazené místo, jde celkem o 43 míst na 17 parkovištích a 20 míst v parkovacím domě.

Pro označení vyhrazených míst na venkovních parkovištích bylo uvažováno s informativní provozní značkou Vyhrazené parkoviště (IP12) doplněnou o dodatkovou tabulku Počet (E01) a Text (E13). Dále bylo uvažováno s označením parkovacích míst vodorovným dopravním značením. Přehled vypočtených nákladů na označení vyhrazených parkovacích míst je uveden v tabulce 9.3.5. Při výpočtu nákladů na značení se vycházelo ze stanovených počtů dopravních značek a nákladů na jejich pořízení a instalaci, které byly stanoveny jako průměrné na základě poptávky mezi pěti dodavateli dopravního značení.

Tab. 9.3.5 Přehled nákladů na označení vyhrazeného parkování

	Svislé značení	Vodorovné dopravní značení			Celkem
		podélné stání	kolmé stání	šikmé stání	
Počet	17	5	53	5	63
Náklady	66640	4545	54855	5200	64600

### Náklady na omezení vjezdu do centra

Jako doplňující opatření v navrženém nízkoemisním zónám bylo v dopravním modelu zohledněno omezení vjezdu do centra města. Jako centrum města je uvažována oblast vymezená nízkoemisní zónou definovanou ve scénáři 1 (obr. 9.5). V navrženém scénáři byl do centra města zakázán vjezd nákladních vozidel a autobusů s hmotností vyšší než 3,5 tuny, s výjimkou vozidel MHD a nákladních automobilů s povolením města (např. při rekonstrukci budov a komunikací).

Pro označení zákazu vjezdu do centra města bylo uvažováno se zákazovou značkou Zákaz vjezdu vozidel, jejichž hmotnost přesahuje vyznačenou mez doplněnou o dodatkovou tabulku Text (E13). Počet míst s uvažovanými dopravními značkami souhlasí s počtem komunikací vedoucích do centra, jedná se tedy o 8 míst. Přehled vypočtených nákladů na označení zákazu vjezdu do centra je uveden v tabulce 9.3.6. Při výpočtu nákladů na značení se vycházelo ze stanovených počtů dopravních značek a nákladů na jejich pořízení a instalaci, které byly stanoveny jako průměrné na základě poptávky mezi pěti dodavateli dopravního značení.

Tab. 9.3.6 Přehled nákladů na označení zakázaného vjezdu

	Dopravní značení
Počet	8
Náklady	26560

### Náklady na označení vozidel

Při posouzení nákladů na označení vozidel bylo uvažováno s převzetím německého modelu. Takzvané europlakety, jsou v České republice distribuovány v síti zkušeben Dekra a na vybraných stanicích technické kontroly. Cena značení se pohybuje ve výši 300,- Kč a zahrnuje náklady na výrobu značení a pokrytí administrativních úkonů. Současná legislativa definuje pouze předpoklady pro zavedení nízkoemisní zóny, ale neupravuje ostatní související problematiku. Pokud by se podrobněji definovala a sjednotila pravidla pro nízkoemisní zóny a značení vozidel a došlo k nárůstu počtu realizovaných zón, vyvstanul by požadavek na hromadné značení vozidel. V případě postupného označování automobilů během prohlídek technické způsobilosti by značení vozidel trvalo přibližně čtyři roky. Pokud by pravomoc k označování automobilů byla přenesena i do prodejní sítě nových vozidel, zkrátila by se tato doba na dva roky. Tím by bylo eliminováno zvýšené administrativní zatížení sítě stanic technické kontroly.



### 9.3.2 Výnosy

#### Výnosy z porušení pravidel vjezdu do nízkoemisní zóny

Náklady vynaložené na zavedení opatření mohou být částečně sníženy příjmy z porušení definovaných pravidel omezení environmentálně nepříznivých vozidel. Jak ukazují zahraniční studie (Transport for London, 2008), po ustálení a zažití provedených změn v průměru pouhá 4 % vozidel porušují zavedená pravidla. V případě modelového území by stejná míra porušování pravidel znamenala denně následující počet neoprávněných vjezdů do zóny:

- scénář 1 – 79 cest,
- scénář 2 – 169 cest.

Nerespektování zákazu vjezdu může být podle současných pravidel řešeno domluvou, nebo pokutováno do výše 2000 Kč. Tabulka 9.3.7 uvádí možné příjmy z porušování pravidel vjezdu do nízkoemisní zóny při použití jednotných sazeb. Při analýze bylo počítáno s příjmy při sazbě 500 Kč.

Tab. 9.3.7 Varianty ročních příjmů z porušování pravidel vjezdu do nízkoemisní zóny (4 % porušení)

	Sazba 500 Kč	Sazba 1000 Kč	Sazba 1500 Kč	Sazba 2000 Kč
Scénář 1	13 666 000	27 332 000	40 997 000	54 663 000
Scénář 2	28 990 000	57 980 000	86 969 000	115 959 000

#### Výnosy z parkovného

Parkoviště pro krátkodobé a střednědobé parkování v Zóně placeného stání jsou v provozu 10 hodin během pracovních dnů a 6 hodin v sobotu. Výše hodinové sazby parkovného se pohybuje v částkách 10, 20 a 40 Kč. Teoretická maximální výše příjmů při 100% a 50% obsazenosti parkovišť je uvedena v tabulce 9.3.8. Při analýze se počítalo s příjmy při 50% obsazenosti parkovišť.

Tab. 9.3.8 Teoretická maximálně výše příjmů z parkovného

	Pracovní den [Kč]	Sobota [Kč]
Nulová varianta, 100% obsazenost	60300	36180
Nulová varianta, 50% obsazenost	30150	18090
Scénář (10 % vyhrazených míst), 100% obsazenost	54270	32562
Scénář (10 % vyhrazených míst), 50% obsazenost	27135	16281

### 9.3.3 Socioekonomické náklady a výnosy

#### Náklady znečištění ovzduší

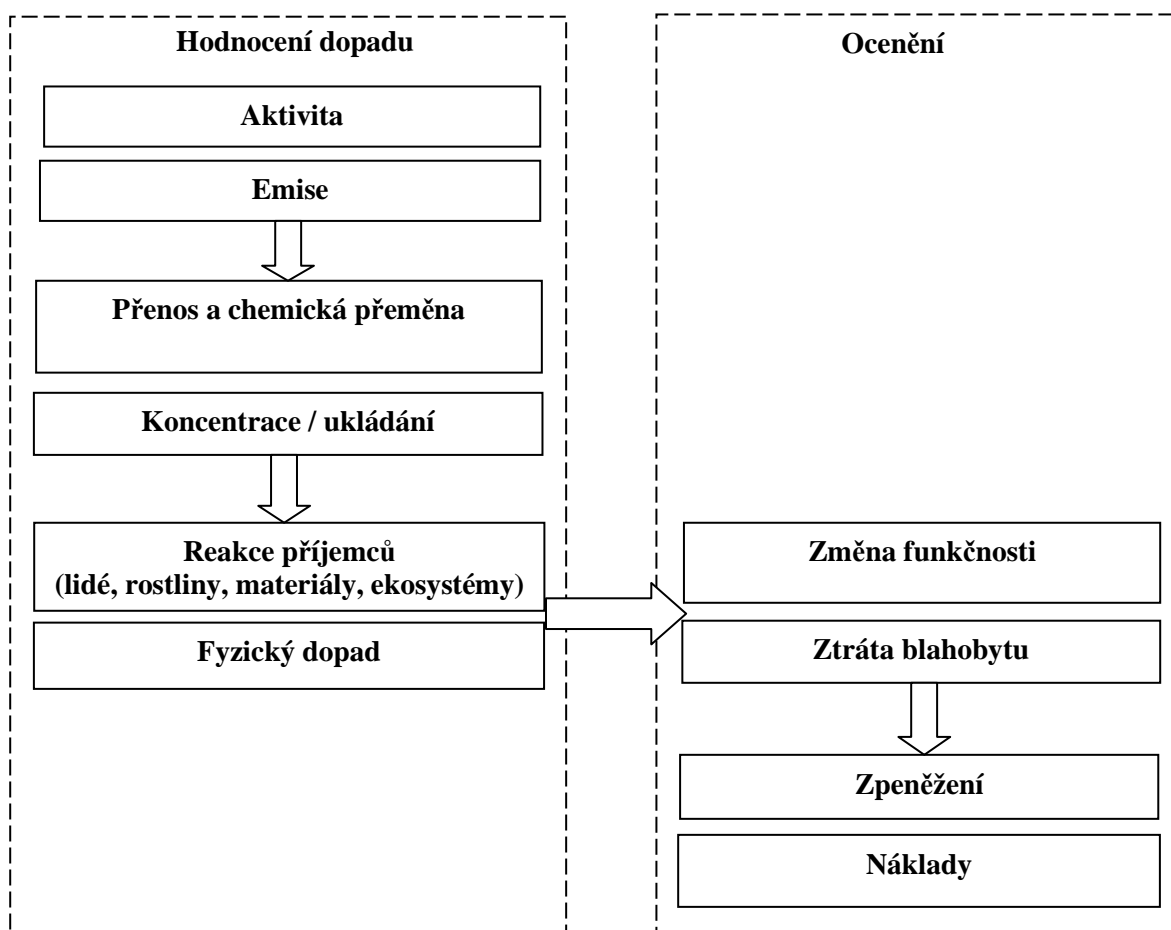
Náklady znečištění ovzduší jsou jednou z hlavních kategorií externích nákladů. Studie o externích nákladech znečištění ovzduší zahrnují obvykle následující kategorie dopadu:

- náklady na zdraví, tj. především dopady na zdraví v důsledku vdechování jemných pevných částic,
- náklady škod na materiálech a stavbách, tj. znečištění povrchů staveb jemnými částicemi a prachem a degradace stavebních a konstrukčních materiálů reakcí  $\text{NO}_x$  a  $\text{SO}_2$ ,
- náklady škod na ekosystému, tj. dopady na půdu a podzemní vody způsobené eutrofizací a acidifikací jako důsledek působení oxidů dusíku ( $\text{NO}_x$ ), nebo v důsledku znečištění těžkými kovy (obrus).

Metodiky ustanovené v evropských projektech jako jsou ExternE nebo CAFE CBA zavedly pokročilé nástroje pro hodnocení externích nákladů. Další projekty, jako například NewExt a Methodex byly řešeny s cílem aktualizovat metodiky vytvořené v rámci výše jmenovaných projektů. Přístupy navržené a zpracované v těchto projektech jsou považovány za nejvyspělejší způsoby odhadů externích nákladů znečištění ovzduší a jsou doporučovány jako nejvhodnější metodiky pro řešení dané problematiky. Výstupy z těchto projektů zahrnující kvantifikaci externích nákladů z dopravy a jejich internalizaci v podmínkách Evropské unie shrnuje projekt IMPACT. Závěry byly v roce 2008 shrnuty v Handbook on estimation of external costs in the transport sector (Maibach, 2008). Schéma na obrázku 9.8 reprezentuje postup stanovení faktorů externích nákladů znečištění ovzduší použitých v projektu IMPACT. Konkrétní faktory sledovaných polutantů jsou uvedeny v tabulce 9.3.9.

Tab. 9.3.9 Externí náklady znečištění ovzduší (Maibach, 2008)

Polutant	$\text{NO}_x$	NM VOC	$\text{PM}_{2,5}$	$\text{PM}_{10}$
Zdroj	CAFÉ CBA	CAFÉ CBA	UBA převedené do HEATCO	UBA převedené do HEATCO
Jednotka faktoru	€/t (ceny 2000, emise 2010)	€/t (ceny 2000, emise 2010)	€/t (ceny 2000)	€/t (ceny 2000)
Lokalizace	bez rozlišení	bez rozlišení	město	město
Faktor	7300	1000	81400	32600



Obr. 9.8 Stanovení faktorů externích nákladů znečištění ovzduší (Bickel, 2005)

Na základě výstupů z dopravního modelu byly zjištěny celkové emise jednotlivých sledovaných škodlivin. Hodnoty zjištěných emisí v jednotlivých scénářích a vypočtené úspory emisí díky zavedeným nástrojům podpory environmentálně šetrných vozidel v časovém úseku o délce 24 hodin jsou uvedeny v tabulce 9.3.10. Nástroje realizované ve velké nízkoemisní zóně (scénář 2) dosahují přibližně o 9-10 % větších úspor emisí látek znečišťujících ovzduší, než je tomu v případě malé nízkoemisní zóny (scénář 1).

Tab. 9.3.10 Emise znečišťujících látek a jejich pokles v důsledku zavedení nástrojů podpory čistých vozidel

Polutant	Emise [t/24 h]				
	Původní stav	Scénář 1	Úspora	Scénář 2	Úspora
NO <sub>x</sub>	9,925	9,462	0,463	8,516	1,409
NMVOC	3,113	3,025	0,088	2,736	0,377
PM	0,604	0,580	0,024	0,522	0,082

Pro potřeby následných výpočtů bylo potřeba celkové emise a úspory emisí v jednotlivých scénářích vyjádřit v časovém úseku o délce jednoho roku. Modelované intenzity dopravy

a emise jsou vztaženy k běžnému pracovnímu dni. Intenzity dopravy ve dnech pracovního klidu byly stanoveny za použití metodiky popsané v TP 189 (Bartoš, 2007). Výsledné roční absolutní hodnoty a hodnoty úspor emisí v jednotlivých scénářích jsou uvedeny v tabulce 9.3.11.

Tab. 9.3.11 Emise znečišťujících látek a jejich pokles v důsledku zavedení nástrojů podpory čistých vozidel

Polutant	Emise [t/rok]				
	Původní stav	Scénář 1	Úspora	Scénář 2	Úspora
NO <sub>x</sub>	3 400,872	3 242,210	158,662	2 918,114	482,758
NMVOC	1 066,685	1 036,693	29,992	937,552	129,133
PM	207,078	198,797	8,281	179,032	28,046

Externí náklady emitovaných znečišťujících látek byly dále vypočteny za použití faktorů uvedených v tab. 9.3.9. Výsledné hodnoty vyjádřené v mezinárodní měně (Euro) jsou uvedeny v tabulce 9.3.12. Tabulka 9.3.13 ukazuje náklady převedené na tuzemskou měnu přepočtenou pomocí průměrného devizového kurzu za 12 měsíců (tj. období od začátku 4. čtvrtletí 2009 do konce 3. čtvrtletí 2010).

Tab. 9.3.12 Přehled úspor externích nákladů znečištění ovzduší v důsledku zavedení nástrojů podpory čistých vozidel

Polutant	Externí náklady [€/rok]				
	Původní stav	Scénář 1	Úspora	Scénář 2	Úspora
NO <sub>x</sub>	24 826 365,925	23 668 131,764	1 158 234,160	21 302 230,268	3 524 135,656
NMVOC	1 066 685,414	1 036 693,103	29 992,311	937 552,253	129 133,162
PM	6 750 746,686	6 480 786,468	269 960,218	5 836 444,543	914 302,143

Tab. 9.3.13 Přehled úspor externích nákladů znečištění ovzduší v důsledku zavedení nástrojů podpory čistých vozidel vyjádřené v domácí měně

Polutant	Externí náklady [Kč/rok]				
	Původní stav	Scénář 1	Úspora	Scénář 2	Úspora
NO <sub>x</sub>	634 841 209,647	605 223 714,374	29 617 495,274	544 724 655,751	90 116 553,896
NMVOC	27 276 479,397	26 509 538,515	766 940,882	23 974 383,039	3 302 096,359
PM	172 625 031,184	165 721 810,957	6 903 220,226	149 245 182,509	23 379 848,674

## Náklady na změnu klimatu

Určení nákladů změny klimatu je velmi komplikované z důvodu dlouhodobého a globálního působení skleníkových plynů. Důsledky jsou velmi obtížně předvídatelné a je také obtížné kvantifikovat škody, které by měly být alokovány k lokálním módům dopravy. Dopady dopravy v této kategorii externalit jsou způsobeny především emisemi oxidu uhelnatého (CO<sub>2</sub>), oxidu dusného (N<sub>2</sub>O), metanu (CH<sub>4</sub>) a v menší míře také freonů z klimatizačních zařízení instalovaných v automobilech.

Jiná metodika pro stanovení externích nákladů změny klimatu, použitá ve studiích ExternE a UNITE je založena na odhadu nákladů na zamezení emisí skleníkových plynů. Metodika analyzuje efektivitu výdajů sloužících k dosažení požadované úrovně snížení emisí skleníkových plynů, která je požadována většinou nějakým politickým cílem na národní, evropské, nebo celosvětové úrovni. Doporučené hodnoty externích nákladů klimatických změn v cenách vztažených k roku 2010 jsou uvedeny v tabulce 9.3.14.

Tab. 9.3.14 Doporučené hodnoty externích nákladů klimatických změn

	<b>Spodní mez</b>	<b>Střední hodnota</b>	<b>Horní mez</b>
Externí náklady změny klimatu [€/t CO <sub>2</sub> ]	7	25	45

Na podzim 2009 Evropská komise zahájila debaty o revizi současné směrnice 2003/96/EC ze dne 27. října 2003 o zdanění energetických produktů. Návrh novely směrnice předpokládá zdanění CO<sub>2</sub> u fosilních paliv ve výši 30 € za tunu CO<sub>2</sub>. Z tohoto důvodu byla v dalších výpočtech použita doporučená střední hodnota externích nákladů klimatických změn ve výši 25 €/t CO<sub>2</sub> (viz. tab. 9.3.14).

Vyhodnocením výstupů z dopravního modelu byly zjištěny celkové emise oxidu uhličitého v jednotlivých scénářích a zároveň byly vypočteny úspory emisí CO<sub>2</sub> díky zavedeným nástrojům podpory environmentálně šetrných vozidel. Pro potřeby následných výpočtů bylo potřeba celkové emise a úspory emisí CO<sub>2</sub> v jednotlivých scénářích vyjádřit v časovém úseku o délce jednoho roku. Jelikož modelované intenzity dopravy a emise jsou vztaženy k běžnému pracovnímu dni, intenzity dopravy ve dnech pracovního klidu byly stanoveny za použití metodiky popsané v TP 189 (Bartoš, 2007). Výsledné roční absolutní hodnoty a hodnoty úspor emisí v jednotlivých scénářích jsou uvedeny v tabulce 9.3.15. Nástroje realizované ve velké nízkoemisní zóně (scénář 2) dosahují přibližně o 5 % větších úspor emisí CO<sub>2</sub>, než je tomu v případě malé nízkoemisní zóny (scénář 1).

Tab. 9.3.15 Emise CO<sub>2</sub> a jejich pokles v důsledku zavedení nástrojů podpory čistých vozidel

	<b>Původní stav</b>	<b>Scénář 1</b>	<b>Úspora</b>	<b>Scénář 2</b>	<b>Úspora</b>
Emise CO <sub>2</sub> [t/24 h]	211,410	205,410	6,000	194,530	16,880
Emise CO <sub>2</sub> [t/rok]	72 443,188	70 387,187	2 056,001	66 658,973	5 784,216

Externí náklady emitovaného oxidu uhličitého byly dále vypočteny za použití doporučené střední hodnoty externích nákladů klimatických změn uvedené v tab. 9.3.14. Výsledné hodnoty vyjádřené v mezinárodní měně (Euro) a převedené na tuzemskou měnu přepočtenou pomocí průměrného devizového kurzu za 12 měsíců (tj. období od začátku 4. čtvrtletí 2009 do konce 3. čtvrtletí 2010) jsou uvedené v tabulce 9.3.16.

Tab. 9.3.16 Přehled úspor externích nákladů změny klimatu v důsledku zavedení nástrojů podpory čistých vozidel

	Původní stav	Scénář 1	Úspora	Scénář 2	Úspora
Externí náklady změny klimatu [€/rok]	1 811 079,705	1 759 679,685	51 400,020	1 666 474,315	144 605,390
Externí náklady změny klimatu [Kč/rok]	46 311 571,899	44 997 209,137	1 314 362,761	42 613 831,330	3 697 740,569

#### 9.4. VÝPOČET KRITERIÁLNÍCH UKAZATELŮ

Projekty byly při použití CBA analýzy hodnoceny podle následujících kritérií: čisté současné hodnoty, vnitřního výnosového procenta, indexu rentability a doby návratnosti.

**Čistá současná hodnota** je definována jako součet budoucích hotovostních toků z investice a investičních výdajů v nultém roce.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (8)$$

kde:

NPV je čistá současná hodnota investice,

$CF_t$  je hotovostní tok plynoucí z investice v období  $t$ ,

$r$  je diskontní sazba,

$t$  je období (rok) od 0 do  $n$ .

NPV v podstatě ukazuje velikost čistého výnosu z projektu vyjádřenou v současných peněžních jednotkách. Výsledku NPV jsou vhodné jednak pro rozhodování o přijatelnosti investičního projektu, ale také pro vzájemné srovnávání jednotlivých projektů.

**Vnitřní výnosové procento** je definováno jako výše diskontní sazby při níž je NPV finančních toků z investice rovna nule.

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t} \quad (9)$$

kde:

IRR je vnitřní výnosové procento,

$CF_t$  je hotovostní tok plynoucí z investice v období  $t$ ,

$t$  je období (rok) od 0 do  $n$ .

Výpočet IRR bývá obvykle prováděn pomocí iteračních metod, při nichž se mění ve vztahu (8) výše diskontní sazby až do okamžiku, kdy je NPV rovno nule.

IRR ukazuje na přijatelnost projektu, pokud dosáhne hodnoty vyšší než je zvolená diskontní sazba. Pokud se vzájemně porovnává více projektů, měl by být pro realizaci zvolen projekt s vyšší hodnotou IRR.

**Index rentability** je podíl NPV projektu na hotovostním toku v nultém roce realizace. NPV/I podává informaci o výši čistého diskontovaného přínosu připadajícího na jednu investovanou měnovou jednotku.

$$NPV / I = \frac{CF_0 + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}}{-CF_0} \quad (10)$$

kde:

NPV/I je index rentability,

$CF_t$  je hotovostní tok plynoucí z investice v období  $t$ ,

$CF_0$  je hotovostní tok plynoucí z investice v nultém roce,

$r$  je diskontní sazba,

$t$  je období (rok) od 1 do  $n$ .

NPV/I je považováno za doplňkový ukazatel k ukazateli NPV, který přináší informaci o efektivitě investovaných prostředků, což je vhodné především v případě srovnávání více projektů nebo projektových variant.

**Doba návratnosti** je definována jako délka časového období (počet let) potřebná k vyrovnání kumulovaných předpokládaných hotovostních toků s počáteční investicí. Pokud je předpokládaný roční hotovostní tok neměnný, lze dobu návratnosti vyjádřit podle vztahu (11)

$$Doba\ návratnosti = \frac{CF_0}{CF_t} \quad \text{kde } CF_t \text{ je konstantní pro všechna } t \text{ od 1 do } n \quad (11)$$

Tento ukazatel není příliš vhodný pro rozhodování o přijatelnost projektů, neboť informuje o tom, jestli je investice za dobu životnosti návratná, ale neinformuje o čistých výnosech. Proto je vhodné ukazatel doby návratnosti používat pouze jako doplňující kritérium k ostatním dříve jmenovaným.

## Finanční analýza

Tab. 9.4.1 Interpretace kritériálních ukazatelů (Sieber, 2004)

Výsledek ukazatele	Interpretace
$NPV \geq 0$	Projekt by byl ekonomicky přípustný, i kdybychom na něj uplatnili shodné kritérium, jako na projekty v podnikové sféře. Částka udává reálné „finanční zbohatnutí“ realizátora investice.
$NPV < 0$	Projekt by byl nepřijatelný, kdybychom na něj uplatnili shodné kritérium, jako na projekty v podnikové sféře. Částka udává reálné „finanční zchudnutí“ realizátora investice.
$IRR \geq r$	Projekt by byl přijatelný, i kdybychom na něj uplatnili shodné kritérium, jako na projekty v podnikové sféře. Pokud NPV podává opačnou informaci, musíme důvod odhalit ve struktuře hotovostních toků.
$IRR < r$	Projekt by byl nepřijatelný, kdybychom na něj uplatnili shodné kritérium, jako na projekty v podnikové sféře. Pokud NPV podává opačnou informaci, musíme důvod odhalit ve struktuře hotovostních toků.
$NPV/I \geq 0$	Projekt by byl přijatelný, i kdybychom na něj uplatnili shodné kritérium jako na projekty v podnikové sféře. Číslo udává v relativním vyjádření „finanční zbohatnutí“ realizátora investice Vynásobíme-li ho 100, udává procento z původní hodnoty, o které byla investice zhodnocena.
$NPV/I < 0$	Projekt by byl nepřijatelný, kdybychom na něj uplatnili shodné kritérium jako na projekty v podnikové sféře. Číslo udává v relativním vyjádření „finanční zchudnutí“ realizátora investice. Vynásobíme-li ho 100, udává procento z původní hodnoty, o které byla investice znehodnocena.
Doba návratnosti $\leq$ Doba životnosti	Projekt se v době svého provozu stihne realizátorovi investice zaplatit bez ohledu na časovou hodnotu peněz prostřednictvím finančních toků. Hodnota udává počet let, které se bude vracet.
Doba návratnosti $>$ Doba životnosti	Projekt se nikdy realizátorovi investice nezaplatí, ani v případě, že nebereme v potaz časovou hodnotu peněz prostřednictvím finančních toků.

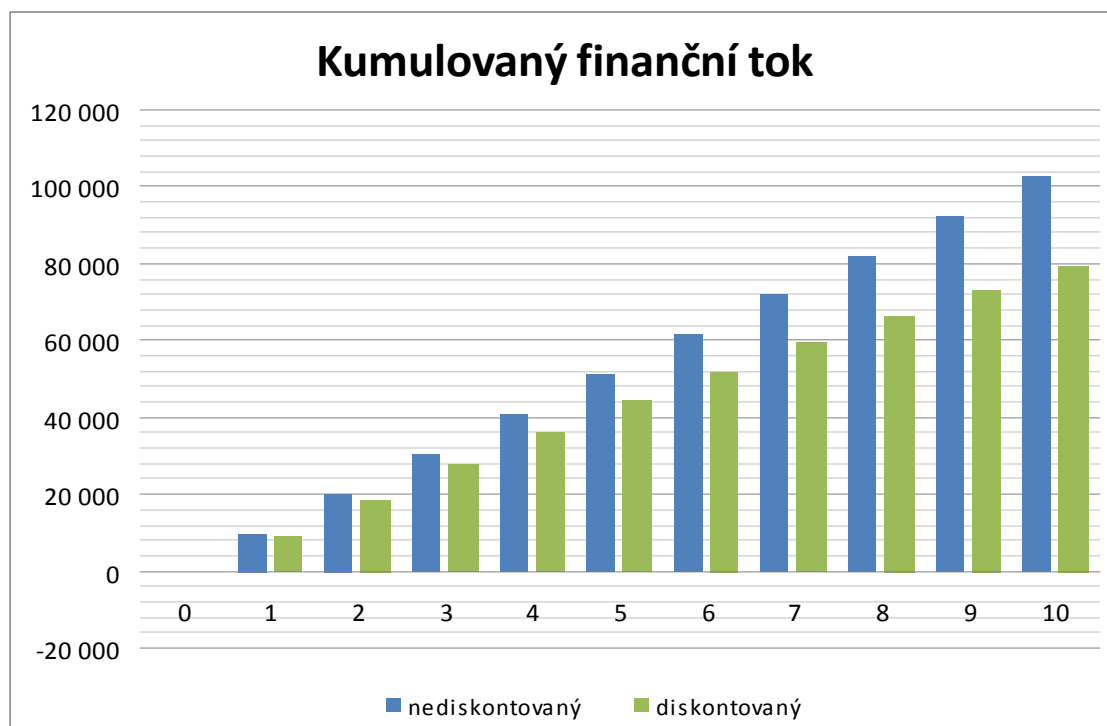
Přehled finančních ukazatelů pro jednotlivé scénáře je uveden v tabulce 9.4.2. Vzhledem k minimálním investičním nákladům, které se týkají dopravního značení je zajištěna finanční návratnost během jednoho roku ve scénářích 1 i 2. Kumulovaný finanční tok v jednotlivých



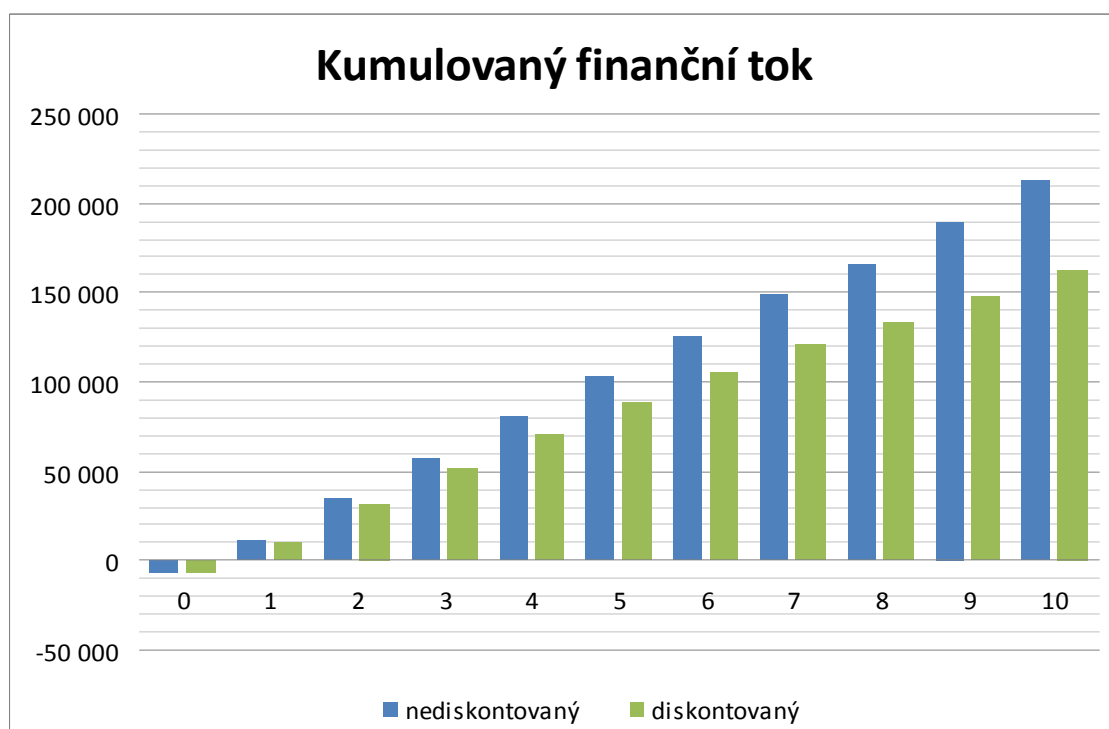
scénářích během modelovaného časového období (10 let) je zobrazen na obrázcích 9.9 a 9.10. Při výpočtech hodnotících ukazatelů byla použita diskontní sazba 5 % (Florio, 2008).

Tab. 9.4.2 Přehled finančních ukazatelů

Kritérium		Scénář 1	Scénář 2
Čistá současná hodnota	NPV	79 362 tis. Kč	162 405 tis. Kč
Vnitřní výnosové procento	IRR	2766,78%	298,49%
Index rentability	NPV/I	230,37	28,79
Doba návratnosti prostá	DN <sub>prostá</sub>	1 rok	1 rok
Doba návratnosti reálná	DN <sub>reálná</sub>	1 rok	1 rok



Obr. 9.9 Kumulovaný finanční tok – scénář 1



Obr. 9.10 Kumulovaný finanční tok – scénář 2

### Slovní interpretace výsledků scénářů 1 a 2

**1) Čistá současná hodnota:                    NPV = 79 362, resp. 162 405 tis. Kč**

Součet současné hodnoty budoucích hotovostních toků plynoucích z investice a hotovostního toku v nultém roce. Výsledné NPV by mělo představovat reálné „obohacení“ společnosti realizací investice. NPV dosahuje kladných hodnot v obou scénářích, přičemž ve scénáři 1 dosahuje přibližně 2,3 násobku a ve scénáři 2 přibližně 3,8 násobku hodnoty současného stavu.

**2) Vnitřní výnosové procento:            IRR = 2766,78, resp. 298,49 %**

Vnitřní výnosové procento je taková výše diskontní sazby při níž bude čistá současná hodnota (NPV) toků plynoucích z investice rovna nule. V obou scénářích IRR přesahuje výši 5 % diskontní sazby.

**3) Index rentability:                        NPV/I = 230,37, resp. 28,79**

Podíl čisté současné hodnoty projektu na hotovostním toku nultého období. Je to v podstatě procento ziskovosti investice měřené čistou současnou hodnotou. Udává, kolik korun čistého diskontovaného příjmu připadá na jednu investovanou korunu. Investiční projekt lze považovat za přijatelný, pokud je ukazatel kladný, což je zajištěno u obou scénářů.

**4) Doba návratnosti: DN = 1 rok**

Doba návratnosti je počet let, které jsou zapotřebí k tomu, aby se kumulované prognózované hotovostní toky vyrovnali počáteční investici. Vložený kapitál se investorovi vrátí během jednoho roku, návratnost investovaných prostředků je tedy zajištěna.

**Ekonomická analýza**

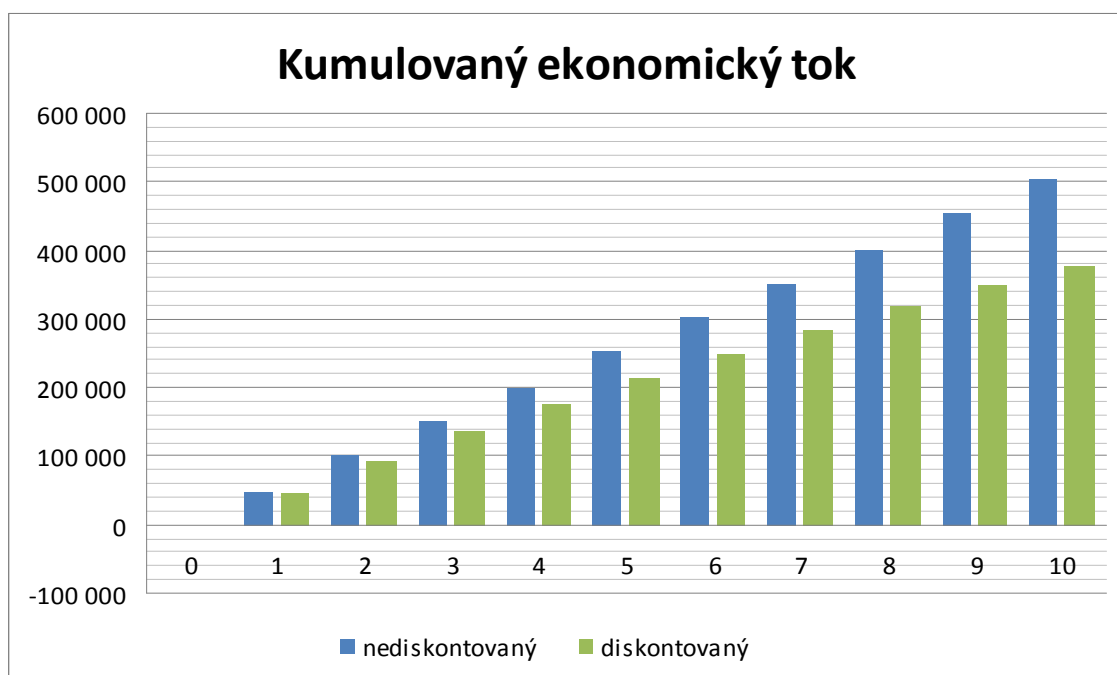
Tab. 9.4.3 Interpretace kritériálních ukazatelů počítaných z ekonomických toků (Sieber, 2004)

Výsledek ukazatele	Interpretace
$NPV \geq 0$	Jedná se o projekt ekonomicky přípustný. Částka udává reálné „zbohatnutí“ společnosti realizací investice.
$NPV < 0$	Jedná se o nepřijatelný projekt. Výsledná částka udává reálné „obohacení“ společnosti realizací investice. V tomto případě jde o reálné „zchudnutí“ subjektů zahrnutých do CBA.
$IRR \geq r$	Jedná se o přijatelný projekt. Je ale nutné pohlédnout na strukturu toků, pokud podává NPV jinou informaci.
$IRR < r$	Jedná se o nepřijatelný projekt. Je ale nutné pohlédnout na strukturu toků, pokud podává NPV jinou informaci.
$NPV/I \geq 0$	Jedná se o přijatelný projekt. Číslo udává v relativním vyjádření „obohacení“ společnosti. Vynásobíme-li ho 100, udává procento z původní hodnoty, o které byla investice zhodnocena.
$NPV/I < 0$	Jedná se o nepřijatelný projekt. Číslo udává v relativním vyjádření „zchudnutí“ společnosti. Vynásobíme-li ho 100, udává procento z původní hodnoty, o které byla investice znehodnocena.
Doba návratnosti $\leq$ Doba životnosti	Projekt se v době svého provozu stihne společnosti vrátit, i když bereme v potaz časovou hodnotu peněz. Hodnota udává počet let, po který se bude vracet.
Doba návratnosti $>$ Doba životnosti	Projekt se nikdy společnosti nezaplatí

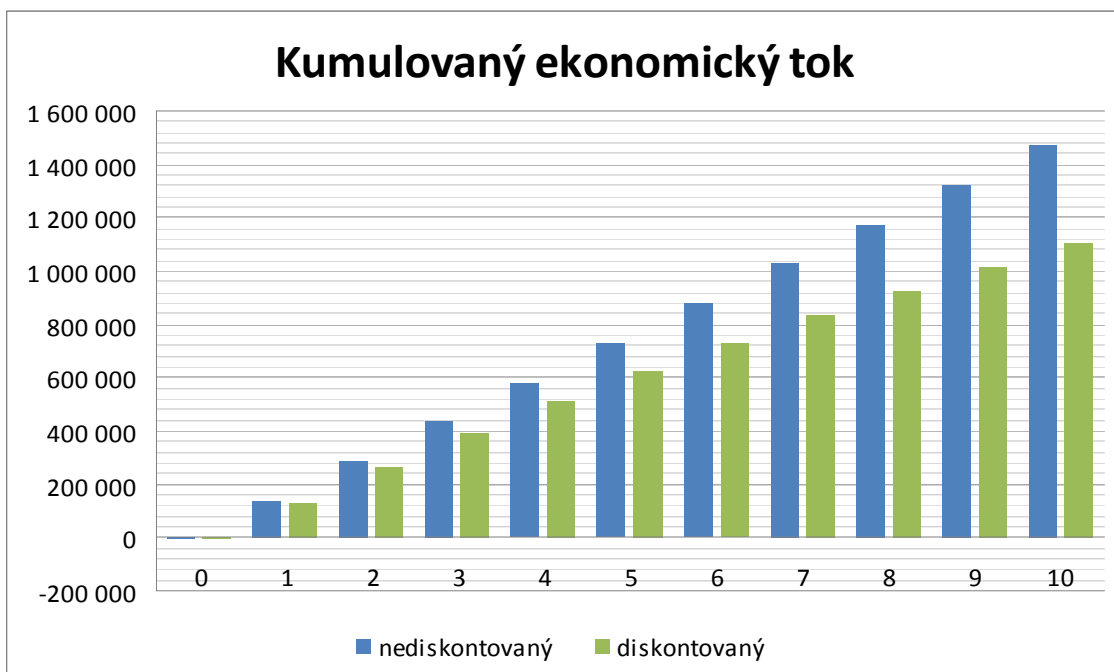
Přehled kritériálních ukazatelů počítaných z ekonomických toků pro jednotlivé scénáře je uveden v tabulce 9.4.4. Kumulovaný ekonomický tok v jednotlivých scénářích během modelovaného časového období (10 let) je zobrazen na obrázcích 9.11 a 9.12. Při výpočtech hodnotících ukazatelů byla použita diskontní sazba 5,5 % (Florio, 2008).

Tab. 9.4.4 Přehled ekonomických ukazatelů

Kritérium		Scénář 1	Scénář 2
Čistá současná hodnota	NPV	379 502	1 105 508
Vnitřní výnosové procento	IRR	13723,76%	2314,06%
Index rentability	NPV/I	1097,83	190,14
Doba návratnosti prostá	DN <sub>prostá</sub>	1 rok	1 rok
Doba návratnosti reálná	DN <sub>reálná</sub>	1 rok	1 rok



Obr. 9.11 Kumulovaný ekonomický tok – scénář 1



Obr. 9.12 Kumulovaný ekonomický tok – scénář 2

### Slovní interpretace výsledků

**1) Čistá současná hodnota:** **NPV = 379 502 tis. Kč, resp. 1 105 508 tis. Kč**

Součet současné hodnoty budoucích hotovostních toků plynoucích z investice a hotovostního toku v nultém roce. Výsledné NPV by mělo představovat reálné „obohacení“ společnosti realizací investice. V obou scénářích NPV dosahuje kladných hodnot, investice je tedy přijatelná. Oba modelové scénáře přispívají výraznou měrou ke snížení externích nákladů znečištění ovzduší a klimatických změn.

**2) Vnitřní výnosové procento:** **IRR = 13723,76, resp. 2314,06 %**

Vnitřní výnosové procento je taková výše diskontní sazby při níž bude čistá současná hodnota (NPV) toků plynoucích z investice rovna nule. V obou variantách IRR přesahuje výši 5,5% diskontní sazby.

**3) Index rentability:** **NPV/I = 1097,83, resp. 190,14**

Podíl čisté současné hodnoty projektu na hotovostním toku nultého období. Je to v podstatě procento ziskovosti investice měřené čistou současnou hodnotou. Udává, kolik korun čistého diskontovaného přínosu připadá na jednu investovanou korunu. Investiční projekt lze považovat za přijatelný, pokud je ukazatel kladný. Zde v obou scénářích dosahuje ukazatel kladných hodnot. Navržená opatření přispívají prokazatelně ke snižování externalit v dopravě.

**4) Doba návratnosti: DN = 1 rok**

Doba návratnosti je počet let, které jsou zapotřebí k tomu, aby se kumulované prognózované hotovostní toky vyrovnali počáteční investici. Porovnáme-li DN s uvažovanou dobou životnosti projektu (10 let) zjistíme, že návratnost investice ze socioekonomického pohledu je zajištěna.

**Citlivostní analýza**

Pomocí citlivostní analýzy byl zkoumán vliv změny jednotlivých významných faktorů na některé hodnotící ukazatele. V úvahu byly vzaty změny těchto vstupních veličin:

- provozní příjmy
- provozní náklady
- diskontní sazba

Jednotlivé faktory jsme změnil o +/- 5 %, resp. 1% v případě diskontní sazby, a zkoumali jejich vliv na hodnotu NPV a NPV/I. Výsledky citlivostní analýzy jsou uvedeny v tabulkách 9.5.1 a 9.5.2. Z výše uvedené tabulky vyplývá jednoznačný závěr, že největší vliv na vývoj hotovostních toků projektu resp. na kritériální ukazatele projektu mají provozní příjmy.

Druhým nejvýznamnějším faktorem ovlivňujícím hodnotící ukazatele jsou investiční náklady na realizaci opatření. U socioekonomické analýzy je významnějším parametrem diskontní sazba.

Tab. 9.5.1 Výsledky citlivostní analýzy pro finanční analýzu

Finanční analýza Scénář 1		FNPV	Δ FNPV	Δ FNPV [%]	FNPV/I	Δ FNPV/I [%]
CBA		79 362			230,3699	
Zvýšení příjmů o	5,00%	84310	4 948	6,23	243,6705	5,77
Snížení příjmů o	5,00%	74417	-4 945	-6,23	215,0780	-6,64
Zvýšení nákladů o	5,00%	78427	-935	-1,18	226,6676	-1,61
Snížení nákladů o	5,00%	80300	938	1,18	232,0809	0,74
Zvýšení diskontní sazby o	1,00%	79169	-193	-0,24	228,8121	-0,68
Snížení diskontní sazby o	1,00%	79557	195	0,25	229,9335	-0,19

Finanční analýza Scénář 2		FNPV	Δ FNPV	Δ FNPV [%]	FNPV/I	Δ FNPV/I [%]
CBA		162 405			28,7853	
Zvýšení příjmů o	5,00%	173269	10 864	6,69	29,6440	2,98
Snížení příjmů o	5,00%	151542	-10 863	-6,69	25,9268	-9,93
Zvýšení nákladů o	5,00%	160425	-1 980	-1,22	27,4465	-4,65
Snížení nákladů o	5,00%	164384	1 979	1,22	28,1239	-2,30
Zvýšení diskontní sazby o	1,00%	161993	-412	-0,25	27,7148	-3,72
Snížení diskontní sazby o	1,00%	162820	415	0,26	27,8563	-3,23

Tab. 9.5.2 Výsledky citlivostní analýzy pro ekonomickou analýzu

Ekonomická analýza Scénář 1		ENPV	Δ ENPV	Δ ENPV [%]	ENPV/I	Δ ENPV/I [%]
CBA		379502			1097,8266	
Zvýšení příjmů o	5,00%	399432	19 930	25,11	1154,4277	5,16
Snížení příjmů o	5,00%	359571	-19 931	-25,11	1039,2225	-5,34
Zvýšení nákladů o	5,00%	378545	-957	-1,21	1094,0607	-0,34
Snížení nákladů o	5,00%	380456	954	1,20	1099,5838	0,16
Zvýšení diskontní sazby o	1,00%	378501	-1 001	-1,26	1093,9335	-0,35
Snížení diskontní sazby o	1,00%	380506	1 004	1,27	1099,7283	0,17

Ekonomická analýza Scénář 2		ENPV	Δ ENPV	Δ ENPV [%]	ENPV/I	Δ ENPV/I [%]
CBA		1105508			190,1374	
Zvýšení příjmů o	5,00%	1163472	57 964	35,69	199,0542	4,69
Snížení příjmů o	5,00%	1047545	-57 963	-35,69	179,2207	-5,74
Zvýšení nákladů o	5,00%	1102822	-2 686	-1,65	188,6778	-0,77
Snížení nákladů o	5,00%	1108197	2 689	1,66	189,5974	-0,28
Zvýšení diskontní sazby o	1,00%	1102577	-2 931	-1,80	188,6359	-0,79
Snížení diskontní sazby o	1,00%	1108454	2 946	1,81	189,6414	-0,26

## 10. ZÁVĚR

Na základě vytvořeného a zkalibrovaného modelu zahrnujícího navržené nástroje podpory čistých vozidel, který byl jedním z hlavních výstupů řešení v prvním roce projektu, byly vypočteny emise z dopravy pro základní scénář i oba návrhové scénáře lišící se především ve velikosti nízkoemisní zóny. Byly vypočítány tyto emise: pevné částice (PM), oxidy dusíku ( $\text{NO}_x$ ), oxid dusičitý ( $\text{NO}_2$ ), benzen ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) a benzo(a)pyren (B(a)P), nemetanové těkavé organické sloučeniny (NMVOC), oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ).

Celkové roční úspory emisí  $\text{NO}_x$ , resp.  $\text{NO}_2$  byly vypočteny ve výši 4,7, resp. 7,3 % v případě scénáře 1 a 14,2, resp. 16,5 % ve scénáři 2. Podobných výsledků jako u oxidů dusíku bylo dosaženo u pevných částic, kdy emise poklesly o 4,0, resp. 13,5 % proti původnímu stavu. Také celkové roční emise nemetanových těkavých organických sloučenin a benzenu dosáhly v případě scénáře 2 více než 10% úspory, konkrétně 12,1 % u NMVOC a 12,9 % u benzenu. Ve scénáři 1 byly vypočtené úspory ve výši 2,8 % (NMVOC) a 3,2 % (benzen). Pouze v případě benzo(a)pyrenu ve scénáři 1 došlo k mírnému navýšení celkových ročních emisí o 0,2 %. Ve scénáři 2 dosáhly vypočtené úspory emisí výše 7,0 %. Emise oxidu uhelnatého dosáhly podle provedeného výpočtu celkové roční úspory 2,8 % ve scénáři 1 a 8,0 % ve scénáři 2.

Odhad zdravotních rizik vybraných škodlivin byl využit pro porovnání uvažovaných scénářů zavádějící různá opatření ke snížení zátěže ovzduší, které se negativně promítá na zdraví obyvatel.

Celkově je možné konstatovat, že zavedením uvažovaných opatření v rámci scénářů dojde při dlouhodobé expozici vybranými škodlivinami ke snížení výskytu onemocnění a celkového individuálního karcinogenního rizika. Toto snížení se projeví zejména při realizaci scénáře 2 a to zejména v místě referenčního bodu 1, případně 2. Na ostatních referenčních bodech, přestože se nepatrně sníží koncentrace sledovaných škodlivin, je změna v odhadu rizik nižší a v případě některých škodlivin tak malá, že ji současnými postupy nelze kvantifikovat a proto na těchto dalších lokalitách v rámci této studie nedojde ke změně v možných rizicích pro zdraví člověka.

Realizací uvažovaných opatření v rámci scénářů dojde v místě referenčního bodu 1 k významnému snížení procentuelního navýšení úmrtnosti a výskytu onemocnění v důsledku expozice pevným částicím, zejména při realizaci scénáře 2. V místech dalších referenčních bodů pak bude toto snížení mírnější, přesto poměrně významné. Konkrétní změny je možné vyjádřit následovně. V referenčním bodě 1 dojde k poklesu procentuelního navýšení úmrtí v důsledku dlouhodobé expozice pevným částicím frakce  $\text{PM}_{10}$  o 2,9 %, v ostatních referenčních bodech je toto snížení menší, přesto ale poměrně významné v intervalu 0,4 až 0,5 %. V případě nemocí spojených s expozicí touto škodlivinou dojde k redukci možného navýšení případů bronchitidy u dětí při realizaci scénáře 2 o 4,3 % na referenčním bodě 1. V místech dalších referenčních bodů by pak při realizaci opatření v rámci scénáře č. 2 mohlo dojít k redukci procentuelního navýšení případů výskytu bronchitidy u dětí o 0,3 až 1,3 %

Zavedením uvažovaných opatření v rámci scénáře 2 dojde ke snížení výskytu respiračních onemocnění v důsledku dlouhodobé expozice oxidem dusičitým v referenčním bodě 1 o 0,7 % a v referenčním bodě 2 o 0,2 % a ke snížení výskytu astma u dětí o 0,6 % v referenčním bodě 1 a v referenčním bodě 2 o 0,1 %.

Při hodnocení karcinogenního rizika škodlivin je za akceptovatelné považováno individuální riziko pravděpodobnosti vzniku zhoubného onemocnění vlivem škodliviny  $1 \cdot 10^{-6}$  (tj. 1 případ z milionu). Celkové individuální riziko (ILCR) z expozice benzo(a)pyrenem B(a)P



při současném stavu znečištění ovzduší je tak možné v závislosti na tomto faktu označit pro dospělou populaci jako akceptovatelné a pro dětskou populaci je toto karcinogenní riziko vlivem expozice B(a)P na hranici akceptovatelnosti. Vzhledem k velmi nízkým příspěvkům B(a)P produkovaných dopravou ve sledované oblasti v řádu desítek ng nebyl prokázán žádný vliv uvažovaných scénářů zavádění opatření ke snížení znečištění ovzduší na zdraví člověka. Zdravotní riziko v důsledku expozice benzo(a)pyrenem tak zůstane na stejné úrovni jako při současném stavu.

Celkové individuální riziko (ILCR) z expozice benzenem při současném stavu znečištění ovzduší je pro dospělou populaci na hranici akceptovatelnosti a pro dětskou populaci je toto karcinogenní riziko vlivem expozice benzenem již neakceptovatelné. Zavedením uvažovaných opatření v rámci scénářů dojde k mírnému snížení celkového individuálního rizika, zejména při realizaci scénáře 2. Toto riziko i přesto zůstane pro dospělou populaci na hranici akceptovatelnosti a pro dětskou populaci je toto karcinogenní riziko vlivem expozice benzenem stále nad touto hranicí.

Z výše uvedených faktů tak vyplývá, že v případě realizace uvažovaných scénářů dojde ke snížení možných zdravotních rizik zejména plynoucích z dlouhodobé expozice pevným částicím. Proto je možné doporučit realizaci uvažovaných scénářů vzhledem k pozitivním dopadům na zdraví člověka. Efektivita těchto pozitivních dopadů by se ještě zvýšila realizací opatření na dalších zdrojích znečištění ovzduší.

Podle sledovaných kritériálních ukazatelů Cost-benefit analýzy jsou oba scénáře vhodné k realizaci. Z pohledu čisté současné hodnoty je vhodnější realizovat scénář 2 s větší nízkoemisní zónou, kdy vypočtená hodnota ukazatele v případě finanční analýzy dosahuje přibližně 2,05 násobku hodnoty ukazatele ze scénáře 1 a zároveň u socioekonomické analýzy dosahuje přibližně 2,91 násobku ukazatele NPV.

Rovněž ukazatel IRR poukazuje na realizovatelnost navržených opatření. V obou scénářích dosahuje hodnoty větší než je zvolená diskontní sazba. Ve vzájemném srovnání scénářů podle tohoto kritéria je z pohledu finanční i socioekonomické analýzy vhodnější realizace scénáře 1, neboť vypočtené hodnoty IRR jsou vyšší než u scénáře 2. V případě finanční analýzy dosahuje hodnota scénáře 1 s menší nízkoemisní zónou 9,27 násobku hodnoty scénáře 2, u socioekonomické analýzy 5,93 násobku.

Index rentability ukazuje na větší efektivitu scénáře 1, tzn. že z investované částky je dosaženo vyššího čistého diskontovaného přínosu. Ukazatel dosahuje v případě finanční analýzy osminásobné hodnoty než ve scénáři 2, z pohledu socioekonomické analýzy dosahuje 5,77 násobku hodnoty scénáře 2.

Doba návratnosti je u obou scénářů velice krátká, během jednoho roku provozu by se měly investované prostředky vrátit jak z pohledu finančního, tak i z pohledu socioekonomického.

## **SOUHRN**

Řešený projekt byl zaměřen na environmentální a ekonomické vyhodnocení nástrojů nepřímé podpory čistých vozidel. V průběhu řešení byl navržen soubor možných nástrojů podpory. Na základě provedené analýzy kvality ovzduší byla vtipována lokalita pro aplikaci nástrojů. Pro zvolené město byl vytvořen a zkalibrován dopravní model, který byl rozšířen o dva vytvořené scénáře obsahující soubor návrhových opatření na podporu čistých vozidel. Zvolené scénáře byly environmentálně vyhodnoceny a srovnány se základním současným stavem. Na základě environmentálního vyhodnocení byly zpracovány rozptylové studie, které sloužily jako podklad pro vyhodnocení dopadů na lidské zdraví. Další výstupy environmentálního vyhodnocení byly použity pro ekonomické hodnocení navržených nástrojů podpory.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Nízkoemisní zóny, nástroje podpory čistých vozidel, dopravní model, cost-benefit, zdravotní dopady, environmentální hodnocení

## **SUMMARY**

This project was focused on environmental and economic assessment of tools for indirect promoting of clean vehicles. During the solution was proposed a set of possible support tools. The locality for application of tools was identified on the basis of air quality analysis. For the chosen city was created and calibrated the traffic model which was extended by two scenarios. These scenarios include a set of proposed tools for promoting of clean vehicles. The chosen scenarios were assessed environmentally and compared with the basic present state. On the basis of the environmental assessment was prepared the dispersion studies which were used as a basis for the assessment of impacts on human health. Other outputs of environmental assessment were used for the economic evaluation of proposed tools for promoting of clean vehicles.

## **KEY WORDS**

Low emission zones, tools for promoting clean vehicles, traffic model, cost-benefit, health impacts, environmental assessment

## POUŽITÁ LITERATURA

- Adamec, V. et al. (2008). *Doprava, zdraví a životní prostředí*. Praha: Grada, ISBN 987-80-247-2156-9.
- Aunan, K., (1995). *Exposure-Response functions for health effects of air pollutants based on epidemiological findings*. Report 1995:08. CICERO, Oslo, Norway.
- Bartoš, L. (2007). *Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích, Technické podmínky 189*. Mariánské Lázně: Koura. ISBN 978-80-902527-7-6.
- Bayer, P. (2009, April 5). *Obnova autobusů: cílová stanice vřakoviště*. Profit, Dostupné z: <http://www.profit.cz/Print.aspx?id=obnova-autobusucilova-stanice-vřakoviste>.
- Bickel, P., et al. (2005), *HEATCO: Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment, Proposal for Harmonised Guidelines*. Deliverable 5, Brussels, Belgium.
- Florio, M., et al., European Commission, Directorate General Regional Policy. (2008). *Guide to cost-benefit analysis of investment projects*. Milano, Italy.
- IARC (2010). *Agents Classified by the IARC Monographs*. Volumes 1–100, International Agency For Research On Cancer, Dostupné z: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>. [citováno 10.8.2010].
- Jedlička, J., & Špička, L. (2009). *Předpisy pro parkování CNG vozidel v garážích ve státech EU, posouzení a doporučení pro ČR*. Brno: Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.
- Maibach, et al. (2008), *IMPACT: Internalisation Measures and Policies for All external Cost of Transport, Handbook on estimation of external costs in the transport sector*. Version 1.1, Delft, Netherlands.
- OEHA (2005). *Technical Support Document for Describing Available Cancer Potency Factors*, California Environmental Protection Agency, Office of Environmental Health Hazard Assessment, Air Toxicology and Epidemiology Section.
- Ochrana, F. (2004). *Hodnocení veřejných projektů a zakázek*. Praha: ASPI. ISBN 80-7357-033-5.
- Pope III, C.A., Burnett, R. T., Thun, M. J., Calle, E. E., Krewski, D., Ito, K., Thurston, G. D. (2002). Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Journal of the American Medical Association*, p. 1132-1141.
- RAIS (2010). Risk Assessment Information System, Dostupné z: <http://www.epa.gov/ebtpages/enviriskahumanhealthriskassessment.html>. [citováno 3.8.2010].
- Sieber, P.. Ministerstvo pro místní rozvoj, (2004). *Analýza nákladů a přínosů*. Praha.
- SZÚ (2010). *Zdravotní důsledky a rizika znečištění ovzduší. Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí*, Subsystem 1, Odborná zpráva za rok 2009, Praha: Státní zdravotní ústav Praha. ISBN 978-80-7071-313-6. Dostupné z: <http://www.szu.cz/publikace/subsystem-i>.
- Transport for London (2008). *Central London Congestion Charging Impacts Monitoring, Sixth Annual Report*. London: Transport for London, United Kingdom.
- U.S. Dept. of Commerce, Bureau of Public Roads. (1967). *Traffic assignment manual*. Washington, DC.

US EPA (2004). *Air Quality Criteria for Particulate Matter* Vol. 1, 2004. US EPA: Air Quality Criteria for Particulate Matter Vol. 2.

US EPA (2010). Dostupné z: <http://www.epa.gov/air/nitrogenoxides/>. [citováno 23.9.2010]

Valníček, J.. (2009, February). *Projekt CNG autobusů v Brně*. In *Zemní plyn v dopravě*, Jihlava. Dostupné z <http://www.cpu.cz>

WHO (2006). *Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide - Global update 2005. Summary of risk assessment*. Dostupné z: <http://www.who.int/phe/air>.

## PŘEHLED ZKRATEK

AIM	Automatizovaný imisní monitoring
BaP	Polycyklický aromatický uhlovodík benzo(a)pyren
CBA	Analýza nákladů a přínosů
CNG	Stlačený zemní plyn
CO <sub>2</sub>	Oxid uhelnatý
DN	Doba návratnosti
EEV	Emisní norma pro „vozidla zvláště šetřící životní prostředí“
EGR	Systém recirkulace spalin
ELR	Metodika testování motoru
ENPV	Ekonomická čistá současná hodnota
ESC	Stacionární testovací cyklus
ETC	Dynamický testovací cyklus
EUR 2-	Vozidla splňující emisní předpisy EURO 2 a starší
EUR 3+	Vozidla splňující emisní předpisy EURO 3 a novější
E85	Vysokoprocentní směs bioetanolu a benzínu
FNPV	Finanční čistá současná hodnota
GIS	Geografický informační systém
I	Investice
IAD	Individuální automobilová doprava
IRR	Vnitřní výnosové procento
LEZ	Nízkoemisní zóna (Low Emission Zone)
LPG	Zkapalněné ropné plyny
MEŘO	Metylester řepkového oleje
MHD	Městská hromadná doprava
ND	Nákladní silniční doprava
NMVOC	Nemetanové těkavé organické sloučeniny
NO <sub>x</sub>	Oxidy dusíku
NPV	Čistá současná hodnota
O-D	Zdroj – cíl přepravy (z angl. Origin – Destination)
OZKO	Oblasti se zhoršenou kvalitou území
PAH	Polyaromatické uhlovodíky
PM	Pevné částice
RZ	Registrační značka
SCR	Selektivní katalytická redukce
ZPS	Zóna placeného stání
ZTP	Zvlášť tělesně postižený

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 4.1	Mapa oblastí se zhoršenou kvalitou území – Moravskoslezský kraj (Zdroj: ČHMÚ)	16
Obr. 5.1	Dopravní produkce a atraktivita zón v modelu Opava - vnitřní doprava	19
Obr. 5.2	Dopravní produkce zón v modelu Opava - vnější doprava	20
Obr. 5.3	Počty obyvatel, pracovních míst a nakupujících v nákupních centrech	20
Obr. 5.4	Modelové dopravní intenzity města Opava	22
Obr. 5.5	Vymezení nízkoemisní zóny	24
Obr. 6.1	Modelové intenzity osobní dopavy – tř.1 (vozidla s EURO 3 a vyšší)	32
Obr. 6.2	Modelové intenzity osobní dopavy – tř.2 (vozidla s EURO 2 a nižší, cíl není v nízkoemisní zóně)	33
Obr. 6.3	Modelové intenzity osobní dopavy – tř.3 (vozidla s EURO 2 a nižší, cíl je v nízkoemisní zóně, přesměrována na parkoviště)	33
Obr. 6.4	Modelové intenzity nákladní dopavy – tř.1 (vozidla s EURO 3 a vyšší)	34
Obr. 6.5	Modelové intenzity nákladní dopavy – tř.2 (vozidla s EURO 2 a nižší, cíl není v nízkoemisní zóně)	34
Obr. 6.6	Modelové intenzity nákladní dopavy – tř.3 (vozidla s EURO 2 a nižší, cíl je v nízkoemisní zóně)	35
Obr. 6.7	Modelové intenzity osobní dopavy – tř.1 (vozidla s EURO 3 a vyšší)	36
Obr. 6.8	Modelové intenzity osobní dopavy – tř.2 (vozidla s EURO 2 a nižší, cíl není v nízkoemisní zóně)	36
Obr. 6.9	Modelové intenzity osobní dopavy – tř.3 (vozidla s EURO 2 a nižší, cíl je v nízkoemisní zóně, přesměrována na parkoviště)	37
Obr. 6.10	Modelové intenzity nákladní dopavy – tř.1 (vozidla s EURO 3 a vyšší)	37
Obr. 6.11	Modelové intenzity nákladní dopavy – tř.2 (vozidla s EURO 2 a nižší, cíl není v nízkoemisní zóně)	38
Obr. 6.12	Modelové intenzity nákladní dopavy – tř.3 (vozidla s EURO 2 a nižší, cíl je v nízkoemisní zóně)	38
Obr. 6.13	Emisní grid pevných částic z dopavy – scénář 1 (malá nízkoemisní zóna)	39
Obr. 6.14	Emisní grid pevných částic z dopavy – scénář 2 (velká nízkoemisní zóna)	40
Obr. 6.15	Rozdílový kartogram emisí PM – scénář 1 oproti současnému stavu	40
Obr. 6.16	Rozdílový kartogram emisí PM – scénář 2 oproti současnému stavu	41
Obr. 6.17	Emisní grid NO <sub>x</sub> – scénář 1 (malá nízkoemisní zóna)	42
Obr. 6.18	Emisní grid NO <sub>x</sub> z dopavy – scénář 2 (velká nízkoemisní zóna)	42
Obr. 6.19	Rozdílový kartogram emisí NO <sub>x</sub> – scénář 1 oproti současnému stavu	43
Obr. 6.20	Rozdílový kartogram emisí NO <sub>x</sub> – scénář 2 oproti současnému stavu	43
Obr. 6.21	Emisní grid benzenu – scénář 1 (malá nízkoemisní zóna)	44

Obr. 6.22	Emisní grid benzenu z dopravy – scénář 2 (velká nízkoemisní zóna).....	44
Obr. 6.23	Rozdílový kartogram emisí benzenu – scénář 1 oproti současnému stavu .....	45
Obr. 6.24	Rozdílový kartogram emisí benzenu – scénář 2 oproti současnému stavu .....	45
Obr. 6.25	Emisní grid benzo(a)pyrenu – scénář 1 (malá nízkoemisní zóna) .....	46
Obr. 6.26	Emisní grid benzo(a)pyrenu z dopravy – scénář 2 (velká nízkoemisní zóna).....	46
Obr. 6.27	Rozdílový kartogram emisí benzo(a)pyrenu – scénář 1 oproti současnému stavu .....	47
Obr. 6.28	Rozdílový kartogram emisí benzo(a)pyrenu – scénář 2 oproti současnému stavu .....	47
Obr. 9.1	Ukázka značení na vjezdu do nízkoemisní zóny (v pořadí Německo, Dánsko, Nizozemí, Spojené království Velké Británie a Severního Irska) .....	74
Obr. 9.2	Ukázka značení na výjezdu z nízkoemisní zóny (v pořadí Německo, Dánsko, Nizozemí) .....	74
Obr. 9.3	Ukázka značení příjezdu k nízkoemisní zóně .....	74
Obr. 9.4	Příklad možného značení nízkoemisní zóny .....	75
Obr. 9.5	Místa označení nízkoemisní zóny .....	75
Obr. 9.6	Místa označení nízkoemisní zóny .....	76
Obr. 9.7	Zóna placeného stání .....	77
Obr. 9.8	Stanovení faktorů externích nákladů znečištění ovzduší (Bickel, 2005) .....	82
Obr. 9.10	Kumulovaný finanční tok – scénář 2 .....	89
Obr. 9.11	Kumulovaný ekonomický tok – scénář 1 .....	91
Obr. 9.12	Kumulovaný ekonomický tok – scénář 2 .....	92

## SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1	Mezní hodnoty – zkoušky ESC a ELR .....	7
Tab. 2.2	Mezní hodnoty – zkoušky ETC .....	7
Tab. 2.3	Emisní normy osobních vozidel – kategorie M1 .....	8
Tab. 4.1	Překročení imisních limitů některých sledovaných škodlivin .....	15
Tab. 4.2	Překročení imisních limitů částic PM <sub>10</sub> v lokalitě Opava-Kateřinky.....	17
Tab. 6.2.1	Přehled scénářů modelu.....	28
Tab. 6.5.1	Definované matice vztahů osobní i nákladní dopravy .....	31
Tab. 6.6.1	Třídy vozidel jako atributy silniční modelové sítě.....	31
Tab. 7.2.1	Stabilitní třídy atmosféry.....	51
Tab. 7.2.2	Imisní limity vyhlášené pro ochranu zdraví lidí, přípustné četnosti jejich překročení a meze tolerance .....	53
Tab. 7.4.1	Příspěvek dopravy pro jednotlivé scénáře ve vybraných bodech PM <sub>10</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]... 53	
Tab. 7.4.2	Příspěvek dopravy pro jednotlivé scénáře ve vybraných bodech NO <sub>2</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]... 54	
Tab. 7.4.3	Příspěvek dopravy pro jednotlivé scénáře ve vybraných bodech benzen [μg/m <sup>3</sup> ]. .....	54
Tab. 7.4.4	Příspěvek dopravy pro jednotlivé scénáře ve vybraných bodech B(a)P [ng /m <sup>3</sup> ]. 54	
Tab. 8.3.1	Základní expoziční scénář standardní osoby – inhalace ovzduší.....	61
Tab. 8.3.2	Expoziční scénář děti 0 – 14 let – inhalace ovzduší.....	61
Tab. 8.4.1	Vývoj celkové úmrtnosti v důsledku expozice pevnými částicemi PM <sub>10</sub> .....	65
Tab. 8.4.2	Vývoj výskytu možných onemocnění v důsledku dlouhodobé expozice pevnými částicemi.....	66
Tab. 8.4.3	Vývoj výskytu možných onemocnění v důsledku dlouhodobé expozice oxidem dusičitým. ....	66
Tab. 8.4.4	Vývoj celkového individuálního rizika vlivem expozice benzenem.....	68
Tab. 9.0.1	Klasifikace CBA (Ochrana, 2004) .....	70
Tab. 9.1.1	Snížení emisí škodlivých látek a CO <sub>2</sub> v jednotlivých scénářích .....	71
Tab. 9.2.1	Poměrné složení vozového parku příměstské linkové dopravy a MHD .....	72
Tab. 9.2.2	Poměrné složení vozového parku příměstské linkové dopravy a MHD .....	72
Tab. 9.2.3	Poměrné složení vozového parku příměstské linkové dopravy a MHD .....	73
Tab. 9.3.1	Minimální počet značení malé nízkoemisní zóny .....	75
Tab. 9.3.2	Minimální počet značení malé nízkoemisní zóny .....	76
Tab. 9.3.3	Přehled nákladů na označení nízkoemisní zóny.....	77
Tab. 9.3.4	Přehled disponibilních kapacit parkovišť v Zóně placeného stání.....	78
Tab. 9.3.5	Přehled nákladů na označení vyhrazeného parkování.....	79



Tab. 9.3.6	Přehled nákladů na označení zakázaného vjezdu.....	79
Tab. 9.3.7	Varianty ročních příjmů z porušování pravidel vjezdu do nízkoemisní zóny (4 % porušení).....	80
Tab. 9.3.8	Teoretická maximálně výše příjmů z parkovného .....	80
Tab. 9.3.9	Externí náklady znečištění ovzduší (Maibach, 2008) .....	81
Tab. 9.3.10	Emise znečišťujících látek a jejich pokles v důsledku zavedení nástrojů podpory čistých vozidel .....	82
Tab. 9.3.11	Emise znečišťujících látek a jejich pokles v důsledku zavedení nástrojů podpory čistých vozidel .....	83
Tab. 9.3.12	Přehled úspor externích nákladů znečištění ovzduší v důsledku zavedení nástrojů podpory čistých vozidel .....	83
Tab. 9.3.13	Přehled úspor externích nákladů znečištění ovzduší v důsledku zavedení nástrojů podpory čistých vozidel vyjádřené v domácí měně.....	83
Tab. 9.3.14	Doporučené hodnoty externích nákladů klimatických změn.....	84
Tab. 9.3.15	Emise CO <sub>2</sub> a jejich pokles v důsledku zavedení nástrojů podpory čistých vozidel .....	84
Tab. 9.3.16	Přehled úspor externích nákladů změny klimatu v důsledku zavedení nástrojů podpory čistých vozidel .....	85
Tab. 9.4.1	Interpretace kritériálních ukazatelů (Sieber, 2004) .....	87
Tab. 9.4.2	Přehled finančních ukazatelů.....	88
Tab. 9.4.3	Interpretace kritériálních ukazatelů počítaných z ekonomických toků (Sieber, 2004) .....	90
Tab. 9.4.4	Přehled ekonomických ukazatelů.....	91
Tab. 9.5.1	Výsledky citlivostní analýzy pro finanční analýzu .....	93
Tab. 9.5.2	Výsledky citlivostní analýzy pro ekonomickou analýzu.....	94