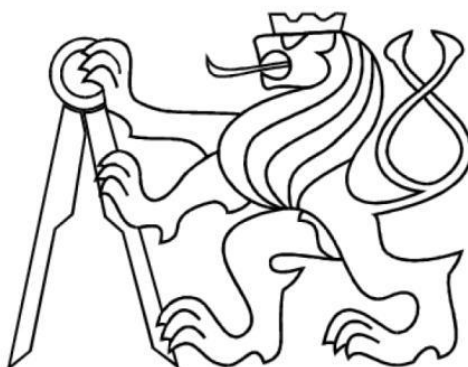


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ



Barbara Jelínková

**Vliv severozápadní části MO na kvalitu
ovzduší v Praze**

Diplomová práce

2015



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní
d ě k a n
Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K612..... Ústav dopravních systémů

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Barbara Jelínková

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – DS – Dopravní systémy a technika

Název tématu (česky): **Vliv severozápadní části MO na kvalitu ovzduší v Praze**

Název tématu (anglicky): The Influence of the Northwestern Part MO on Air Quality in Prague

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Úvod, cíle práce
- Charakteristika městského okruhu jako celku
- Charakteristika severozápadní části městského okruhu
- Znečištění ovzduší od dopravy
- Znečištění ovzduší v severozápadní části Prahy
- Emisní a imisní modely
- Srovnávací jízdy, popis jejich tras a podmínek při jejich uskutečnění
- Vyhodnocení srovnávacích jízd
- Závěr, celkové zhodnocení přínosů MO

Rozsah grafických prací: stanoví vedoucí diplomové práce

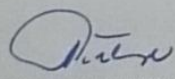
Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Soubor staveb Městského okruhu č. 0081, č. 0094 a Libeňské spojky č. 8313 – dokumentace EIA
Vyhodnocení vlivů městského okruhu na kvalitu ovzduší, úsek Malovanka - Pelc Tyrolka - Skalka, ATEM Ateliér ekologických modelů, s. r. o., 2006

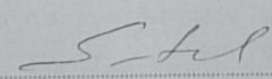
Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Bc. Kristýna Neubergová, Ph.D.**

Datum zadání diplomové práce: **25. června 2014**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

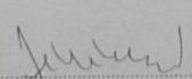
Datum odevzdání diplomové práce: **31. května 2015**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia


prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc.
vedoucí
Ústavu dopravních systémů




prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.


Bc. Barbara Jelínková
jméno a podpis studenta

V Praze dne 25. června 2014

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji doc. Ing. Kristýně Neubergové, Ph.D. za odborné vedení a konzultování diplomové práce a za rady, které mi poskytovala po celou dobu mého studia. V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat svým rodičům a blízkým za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských prací. Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb.,o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 30. května 2015

.....

Podpis

Abstrakt

Diplomová práce řeší vliv severozápadní části Městského okruhu na znečištění ovzduší. Je zde popsán podrobný vývoj MO, znečišťující látky vyprodukované mobilními zdroji a jejich možné výpočty v rozdílných emisních modelech. Dále byly provedeny tři srovnávací jízdy, na jejichž základě, je následně v programu MEFA 13 zhodnocen přínos otevření tunelového komplexu Blanka na kvalitu ovzduší.

Klíčová slova

Emisní model, znečištění ovzduší, Městský okruh, MEFA 13

Abstract

The topic of this thesis is focused on northwestern part of Ring road and his influence on air pollution. There is described Ring road in detail, traffic emissions and difference emission models. There were three comperative drives and in program MEFA 13 was evaluated opening Blanka tunnel complex on air quality.

Keywords

Emission model, air pollution, Ring road, MEFA 13

Obsah

1	Úvod.....	12
2	Charakteristika MO (Městského okruhu).....	14
2.1	Historický vývoj.....	14
2.2	Jednotlivé stavby.....	17
2.3	Intenzity dopravy	21
3	Charakteristika severozápadní části MO.....	22
3.1	Myslbečkova – Prašný most (stavba č. 9515).....	24
3.2	Prašný most – Špejchar (stavba č. 0080)	25
3.3	Špejchar – Pelc – Tyrolka (stavba č. 0079).....	26
3.4	Komplex Blanka ve zkratce	28
4	Znečištění ovzduší od dopravy	29
4.1	Emisní normy.....	30
4.2	Složení emisí	32
5	Znečištění ovzduší v severozápadní části Prahy	35
6	Emisní a imisní modely.....	39
6.1	Lokální modely	39
6.1.1	AIMSUN	39
6.1.2	aaSIDRA a aaMOTION aaSidra	41
6.2	Globální modely.....	43
6.2.1	Aktuální metodika MD ČR	43
6.2.2	Model ŘSD.....	45
6.2.4	ENVIS 4	48
7	Srovnávací jízdy.....	50
8	Vyhodnocení srovnávacích jízd.....	53
8.1	Vlastní porovnání tras	55
9	Závěr	62
10	Seznam literatury	64

Seznam zkratek

MO	Městský okruh
MÚK	Mimoúrovňová křižovatka
EU	Evropská unie
SAT	Severní automobilová tangenta
JAT	Jižní automobilová tangenta
IAD	Individuální automobilová doprava
ŘSD	Ředitelství silnic a dálnic
ATEM	Ateliér ekologických modelů
MD	Ministerstvo dopravy

Seznam tabulek

Tabulka 1. Intenzity dopravy 2014. Průměrný pracovní den [2]	21
Tabulka 2. Produkce emisí na území ČR za rok 2001,(t) , CO2 (tis.t) [5].....	29
Tabulka 3. Produkce emisí NA území ČR za rok 2009,(t) , CO2 (tis.t) [5].....	29
Tabulka 4. Emisní limity (g/km) [12]	31
Tabulka 5. Kategorizace zdrojů znečištění [14].....	35
Tabulka 6. Podíl jednotlivých skupin zdrojů na celkových emisích z dopravy v Praze [%] – rok 2012 [19].....	36
Tabulka 7. Přehled kategorií dopravních prostředků. [9].....	44
Tabulka 8. Sečtené kategorie vozidel [15]	46

Seznam obrázků

Obrázek 1. Jednotlivé stavby Městského okruhu [1]	17
Obrázek 2. Varianty: Dana, Hana a Blanka [7].....	22
Obrázek 3. Severozápadní část MO [8]	23
Obrázek 4 . Umístění Výdechového objektu [13].....	25
Obrázek 5. Nově zbudovaná křižovatka U Vorlíků [13]	26
Obrázek 6 Situace plánovaného tunelu Špejchar – Pelc – Tyrolka [1]	27
Obrázek 7. Průměrné roční koncentrace vybraných látek 2012 [19].....	37
Obrázek 8. Emise oxidů dusíku z dopravy – severozápadní část Prahy [20].....	38
Obrázek 9. Emise oxidu uhelnatého z dopravy – severozápadní část Prahy [20].....	38
Obrázek 13. Okno vstupních parametrů emisí	40
Obrázek 12. Příklad cyklu řízení vozidla na křižovatce řízené SSZ [10]	42
Obrázek 10. Doplnující sčítání automobilové dopravy [16]	48
Obrázek 11 Mobilní zdroje znečištění ovzduší v centru Prahy [16]	49
Obrázek 14. Trasy srovnávacích jízd	51
Obrázek 15. Okno databázového výpočtu.....	53
Obrázek 16. Struktura vstupního souboru.....	54

Seznam grafů

Graf 1. Vozový park v ČR dle norem EURO [11].....	31
Graf 2. Složení emisí zážehových motorů	34
Graf 3. Složení emisí vznětových motorů	34
Graf 4. Vyprodukované emise plovoucím vozidlem na trase centrem	56
Graf 5. Vyprodukované emise plovoucím vozidlem na dejvické trase.....	56
Graf 6. Vyprodukované emise plovoucím vozidlem komplexem Blanka	57
Graf 7. Porovnání tras a měřených emisí	57
Graf 8. Celkový součet měřených emisí na vybraných trasách	58
Graf 9. Porovnání nejvytíženějších úseků na trase komplexem Blanka	58
Graf 10. Porovnání nejvytíženějších úseků na trase Dejvice	59
Graf 11. Porovnání nejvytíženějších úseků na trase centrem Prahy	59
Graf 12. Porovnání všech škodlivých látek v dopravní špičce (g/s)	60
Graf 13. Porovnání všech škodlivých látek v dopravní špičce (g/s)	60
Graf 14. Celková produkce emisí na trasách.....	61

1 Úvod

Emise a znečištění ovzduší je stále aktuálnějším tématem. Doprava, která se neodmyslitelně stává součástí našeho života, a bez které by si člověk v moderním světě nedokázal představit ani den, se podílí zásadní měrou na kontaminaci ovzduší. Proto je třeba se problémem zabývat a stanovit správné emisní modely pro predikci dopravy a dle nich redukovat nežádoucí emisní látky.

Nárůst dopravy je patrný každým rokem, zvláště pak v příměstských oblastech, kde lidé v posledních letech zpohodlněli a raději využívají vlastních automobilů, proto je potřeba například zatraktivnit veřejnou hromadnou dopravu. Dalším problémem je taktéž suburbanizace. Lidé v přilehlých oblastech nemají tolik příležitostí, a tudíž nezbývá než dojíždět do centra měst. Tento proces napomáhá k přehlcení hlavních komunikací z (do) města ve špičkových hodinách.

Snaha o redukcii individuální automobilové dopravy je v současnosti vysoká, jelikož znečištění nemá dopady jen na kontaminující oblasti, kde zásadně ovlivňují zdraví lidí, ale přechází i do globálního měřítka. Hlavním takovým plynem je CO_2 , který vzniká především silniční dopravou a je základním prvkem pro skleníkový efekt, který má za následek globální oteplování. Dle studie se v následujícím desetiletí oteplí země o 0,1 - 0,5 stupně. Oxid siřičitý je další nežádoucí látkou, jehož hodnoty po zavedení a zpříšňování emisních limitů výrazně klesly. Následným krokem bylo zavedení účinnějších katalyzátorů. Pokud se zaměříme na počet automobilů s katalyzátory v příměstských oblastech, tak nárůst je velmi patrný v důsledku obměny a zmodernizování dynamické skladby vozového parku. To ovlivnilo nejvíce hodnoty emisí NM – VOC, N_2O a CO. Proti tomu bohužel však působí i trend nárůstu automobilismu. Produkce znečišťujících látek dále závisí na složení spalovací směsi, konstrukci motoru a okolních provozních podmínkách.

I Praha se jako většina velkých měst, potýká s vysokými emisemi. Velkým problémem jsou limity pro prachové částice, kde je možnost překročení stanovena na 35 dní, avšak každoročně jsou limity porušeny. Možným řešením jsou nízkoemisní zóny, zavedení mýtného či speciální filtry pro vozidla veřejné dopravy či jiných služeb. Dále je velmi důležité dokončení městského okruhu, zvláště otevření severozápadní části. Tím se vyloučí zbytná doprava v centru města, kde jsou hodnoty vyprodukovaných emisí značně alarmující. Městským okruhem se zvýší plynulost dopravy a tím sníží znečištění ovzduší. Další výhodou je vedení

převážné části v podzemí. Přispívá to k redukci hlukové zátěže a řidič je odproštěn od rušivých elementů, které se na povrchu naskýtají, což přispívá k bezpečnosti provozu.

A kdy bude komplex Blanka otevřen? To je v momentální době asi nejčastěji pokládanou otázkou. A pomůže vůbec Praze? Co se týče kvality ovzduší a snížení emisí, tak rozhodně ano, jak je dokázáno v následujících stránkách diplomové práce.

2 Charakteristika MO

Po vzniku Československa se stala Praha nejen hlavním městem, ale také přirozeným centrem politiky, mezinárodních vztahů, kultury a ekonomiky. Město se začalo rychlým tempem rozrůstat a nyní je považováno jako jedno z nejatraktivnější historických měst v rámci EU a co do počtu obyvatel je Praha řazena na desáté místo. Tím tak nastala přirozená otázka: „Co s komunikační sítí města?“

2.1 Historický vývoj

Hlavní město Praha je historickým, středověkým městem, které se až počátkem průmyslové revoluce začalo z hradebního města přebudovávat, rozvíjet a rozšiřovat do podoby v jaké jej známe nyní. Po vytvoření předměstí, které zapříčinil růst počtu obyvatel, se systém dopravy začal pomalu měnit z koňské a pěší na tu hromadnou.

Po nekontrolovaném nárůstu motorismu byl v roce 1920 přijat zákon o Velké Praze, na jehož základě později vznikla Státní regulační komise pro hlavní město a okolí. Regulační komise postupně ve 20. letech začala zpracovávat regulační plány na optimalizaci dopravy a usměrnění rozvoje města.

První přestavba města se koncentrovala na historické komunikační sítě a jejich radiální propojení s příměstskými částmi. Tento princip vycházel z původní, středověké osnovy a příliš nezasahoval do funkční struktury města.

Avšak v následujících letech došlo k rychlé urbanizaci kolem historického centra a reagovat na stále zvyšující rozvoj automobilismu bylo stále obtížnější. Proto ve 30. letech nastalo intenzivní hledání nového konceptu dopravní struktury města. Prioritou se stává odvedení tranzitní dopravy z města, kdežto s řešením dopravy uvnitř centra se příliš nepočítá.

Prvním námětem se stal Krejcarův všeobecný dopravní program Velké Prahy v letech 1930-31. Vytvářel tečnový trojúhelník komunikací, který spojoval Zbraslav, přední Kopaninu a Kbely. Vzhledem k terénu byl tento plán velmi nešetrný.

Dalším námětem byl plán Státní regulační komise (1937), který jako první navrhuje okružní komunikaci a tento návrh je později v různých modifikacích opakován. Dále byl uvažován velkorysý Kriseho plán (1939), který odděloval dálkovou a vnitroměstskou dopravu. Počítá také se vznikem nových satelitních sídel podél okruhu, tudíž by neplnil jen funkci okružní ale zároveň jakousi osu osidlování příměstské oblasti.

Během okupace vzniká nová vlna návrhů pod vlivem německé regulační komise. Ty se odvrací od myšlenky okruhu kolem města a propagují tečnové řešení, které vychází ze systému dálniční sítě středoevropského regionu a prohlubuje tak ideu Německé říše.

Po válce nastává další etapa územního plánování města. Vzniká Směrný územní plán (1948).

Úplně nový náhled na základní komunikační síť města přináší územní plánování v letech 1956-1964. Podkladem pro tuto koncepci bylo zpracování a vyhodnocení Generálního dopravního průzkumu v Praze.

Byl vypracován tzv. roštový systém městských dálnic, ze kterého se stal návrh dvou západovýchodních komunikací (tangent) a tří severojižních komunikací (magistrály).

Tangenty se vhodně přizpůsobovaly konfiguraci terénu v Praze. První severní automobilová tangenta, nazývaná SAT, vedla po dnešní Evropské ulici přes Holešovice, Libeň až do Vysočan. Druhá jižní automobilová tangenta, nazývaná JAT, probíhala Radlickým a Nuselským údolím do Vršovic.

Návrh první severojižní magistrály byl veden od jihu podél Vltavy a dále tunelem na Vítězné náměstí. Druhá magistrála byla realizována. Projekt byl zpracován tak, aby magistrála vedla za Národním muzeem. Poslední severojižní magistrála byla navrhována ze Spořilova, přes Olšanské hřbitovy, Palmovku a Libeň a dále na sever.

V průběhu realizace tramvajové trasy Pankrác – Florenc, byla spuštěna výstavba druhé severojižní magistrály. Tu však přerušil vpád vojsk Varšavské smlouvy do Československa. Podle sovětského vzoru byl rozestavěný systém tramvaje přeměněn na výstavbu metra a roštový systém byl následně nahrazen radiálně okružním.

Jelikož v 60. letech 20. století došlo k dalšímu nárůstu motorismu, a tím se také zvýšily nároky na organizaci dopravy, vznikl tak Základní komunikační systém (ZAKOS) tvořen třemi okruhy a jedenácti radiálami.

Uvažované okruhy:

Vnější okruh který de facto kopíroval administrativní hranice města a je ve značné míře totožný s dnešním Pražským okruhem. Délka tohoto okruhu byla cca 70 km. Hlavním úkolem vnějšího okruhu je převádět tranzitní dopravu, zachycovat těžkou nákladní dopravu a rozvádět dopravu.

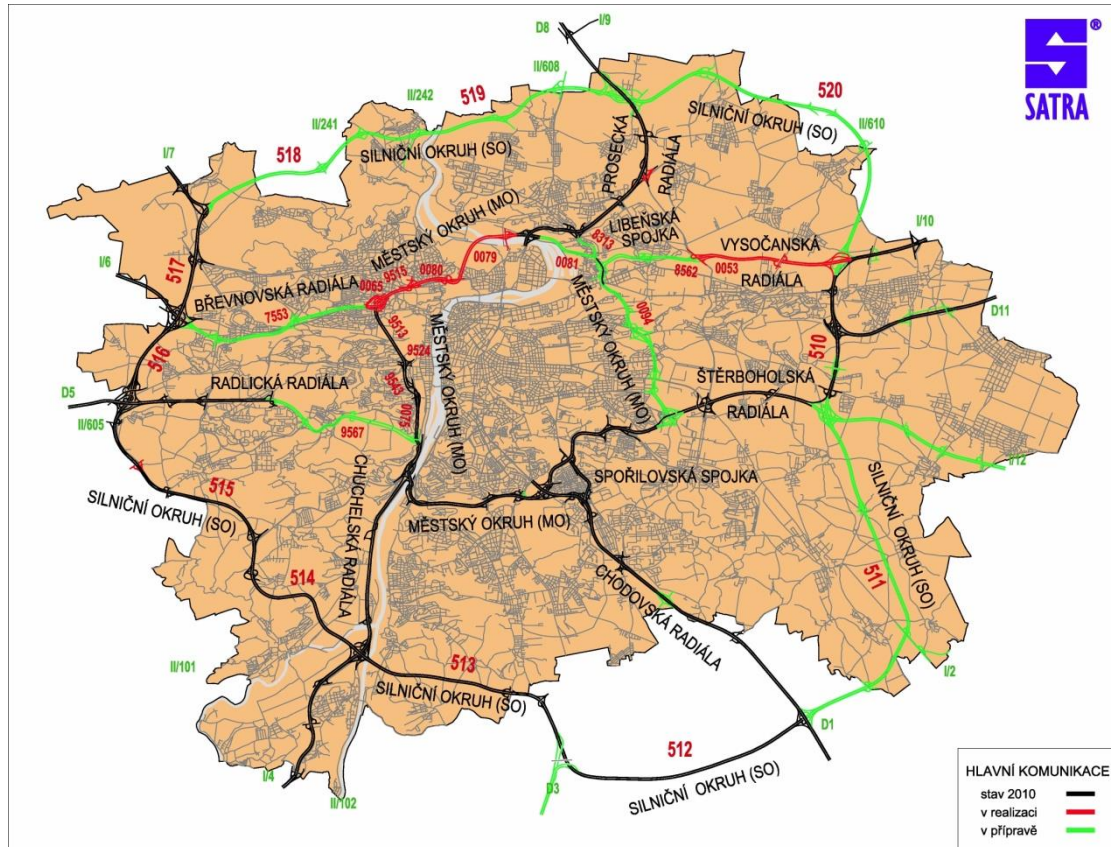
- Střední okruh** byl zhruba veden na okraji hustě zastavěné části města, měří cca 35 km, má za úkol zachycovat a rozvádět osobní automobilovou dopravu. Střední okruh měl oproti vnějšímu jen odvádět městskou a příměstskou automobilovou dopravu mimo centrální část Prahy. Nesloužil by tedy tranzitu, ale ke spojení okrajových částí Prahy tak, aby se nejezdilo ulicemi v centru.
- Vnitřní okruh** byl veden po okraji Pražské památkové rezervace a měl za úkol minimalizovat objem dopravy v tomto historickém území. Vnitřní okruh ve svém západním a zčásti severním úsekem byl totožný s Městským okruhem.[1]

V konečné fázi se přistoupilo jen k výstavbě vnějšího okruhu (nyní nazývaný Pražský) a okruhu středního, nazývaného Městský okruh. Ten však je komplikován několika faktory. Jelikož je plánovaná výstavba vedena napříč údolími a v blízkosti nebo dokonce křížuje chráněné zelené plochy, je zapotřebí zhotovit tunelové komplexy, které se velmi projeví jak na finanční stránce projektu tak i době vybudování.

Za komunistického režimu byl projekt po rozhodnutí magistrátu pozastaven. Až roku 1999 byl schválen nový územní plán Prahy. Jedná se o radiálně okružní systém s vnitřním a vnějším okruhem a sedmi radiálami (Prosecká, Břevnovská, Radlická, Chuchelská, Chodovská, Štěrboholská, Vysočanská).

2.2 Jednotlivé stavby

Městský okruh byl rozdělen na jednotlivé stavby (obrázek 1), které se v rámci několika etap realizovaly či budou realizovány v následujících letech.



Obrázek 1. Jednotlivé stavby Městského okruhu [1]

Štěrboholská radiála – zkapacitnění

Délka Štěrboholské radiály čítá 1,250 km. Úsek je výstavbou jižní větve MÚK Štěrboholské radiály. Celá stavba zahrnuje 5 mostů, 2 rekonstrukce mostů a protihlukové stěny. Výstavba probíhala v červenci 2009 až do prosince 2011.

- Délka: 1,250km
- Úsek je výstavbou jižní větve MÚK Štěrboholské radiály
- Zahrnuje: 2 rekonstrukce mostů, 5 mostů a protihlukové stěny
- Výstavba probíhala v červenci 2009 - prosinec 2011

Štěrboholská radiála 1. Stavba

- Délka: 1,500 km
- Zahrnuje: 1 MÚK, 3 mosty, 2 protihlukové stěny, opěrnou zeď
- Výstavba probíhala od dubna 1989 do prosince 1997

Jižní spojka

- Délka: 9,500 km
- Zahrnuje: MÚK se Spořilovskou spojkou, MÚK s Chodovskou radiálou, Barrandovský most
- Jedná se o nejvytíženější úsek v České republice
- Výstavba probíhala v letech 1978- 1988

Zlíchov – Radlická

- Délka: 2,020 km
- Zahrnuje: 2 MÚK, 1 železniční most, 2 silniční mosty, Zlíchovský tunel
- Výstavba probíhala v letech 1998 – 2002

Radlická – Strahovský tunel

- Délka: 1,264 km
- Zahrnuje: 1 MÚK, tunel Mrázovka
- Nejvýznamnější stavba pro zklidnění historické městské části Prahy 5 – Smíchov
- Výstavba začala v prosinci 1997 a byla zprovozněna v srpnu 2004

Strahovský tunel 1. stavba

- Délka: 2,000 km
- Naplánovány byly tři tubusy, k realizaci došlo pouze u dvou z nich a to k západnímu a střednímu
- Výstavba Strahovského tunelu probíhala v letech 1985 – 1997

Strahovský tunel 2. stavba

- Délka 0,398 km a MÚK Malovanka
- Stavba byla rozdělena na dvě části: samotný hloubený tunel, který spojuje Malovanku a MÚK Myslbekovu. Druhá část je právě MÚK Malovanka s Patočkovou ulicí.
- Křižovatka byla uvedena do provozu v prosinci roku 2011

Strahovský tunel 3. stavba

- Stavba zahrnuje jižní předportálí na pražském Smíchově. Jedná se o výstavbu napojení silniční sítě na tunel Mrázovka a Strahovský tunel.
- Je zde zahrnuta: 1 MÚK, 2 mosty, nájezdové rampy, okolní rekonstrukce tramvajových tratí a ulic
- Jednotlivé etapy byly uváděny do provozu průběžně v letech 1996 – 2004

Myslbekova – Prašný most

- Délka 0,915 km
- Úsek bude z větší části ražený, pouze úseky u obou portálů budou hloubené. Stavba obsahuje MÚK Prašný most, tunel, podzemní garáže (486 parkovacích míst), most přes železniční trať, technologické centrum a také demolice několika stávajících objektů [2]
- Ražba tunelu Brusnice byla zahájena 1. 10. 2009

Prašný most – Špejchar

- Délka: 0,659 km
- Stavba zahrnuje hloubený tunel, vjezdovou a výjezdovou rampu, nově zrekonstruovaný vestibul metra Hradčanská a 51m dlouhý podchod
- Územní rozhodnutí bylo vydáno v roce 2003

Špejchar – Pelc – Tyrolka

- Délka: 4,320 km
- Součástí stavby jsou 3 MÚK – U Vorlíků, Troja a Pelc-Tyrolka, nový Trojský most (délka 246 m, šířka 40 m), stoupací pruh délky 720 m, prodloužení ulice Partyzánská, podzemní garáže (855 parkovacích míst), úprava ulice Milady Horákové, technologické vybavení a tunel Blanka délky 3 438 m. [2]
- Územní rozhodnutí bylo vydáno v roce 2003

Pelc - Tyrolka – Balabenka

- Délka: cca 3,200 km dle volby varianty
- K posouzení byly předloženy dvě varianty. V první je městský okruh veden tunelem pod Bílou skálou, v druhém případě je komunikace vedena patrovým uspořádáním v Povltavské ulici.
- Realizace úseku bude zahájena nejdříve po dokončení komplexu Blanka

Balabenka – Štěrboholská radiála

- Délka: 5,693 km
- Stavba je navržena ve dvou variantách, které se liší zejména rozsahem tunelových staveb. Úsek obsahuje 6 MÚK – K Žižkovu, Českobrodská, Černokostelecká, V Olšinách a Štěrboholská radiála, 4 mosty na trase (celková délka 527m) 4 nadjezdy, 10 mostů na větvích křižovatek (celková délka 548 m), ekodukt Na Balkáně délky 40 m, rekonstrukci 2 mostů a lávku a podchod pro pěší. Budou také vybudovány 4 tunely, a to tunel Malešice (levý tubus délky 1 015 m, pravý tubus délky 1 115 m), tunel Jarov, který se skládá z hloubené části pod ekoduktem dlouhé 40 m, zastropené části délky 360 m a hloubené části pod ulicí Českobrodskou délky 246 m, tunel Pod Balkánem (levý tubus délky 767 m, pravý délky 635 m) a tunel délky 179 m na mimoúrovňové křižovatce K Žižkovu (pouze u varianty 1). [2]

2.3 Intenzity dopravy

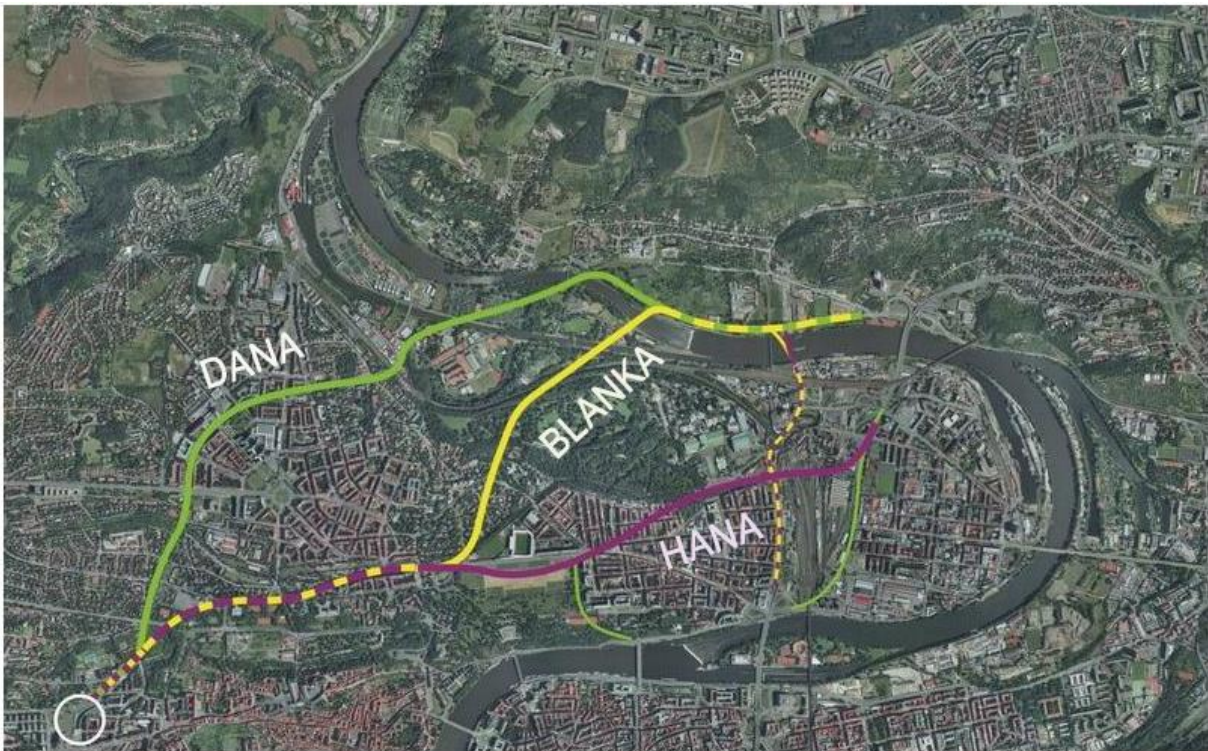
Motorismus v Praze přirozeně roste úměrně se zvýšeným počtem obyvatel a potřebou komfortně se dopravit do města, zvláště pak z dnes velmi rozrůstajících se satelitních městeček. Intenzity dopravy narůstají každým rokem a tudíž je hlavním cílem Městského okruhu odlehčit dopravu v centru města a vyloučit zvláště pak tu zbytnou. Dále je zapotřebí zaručit co nejplynulejší průjezd a tím snížit dopady automobilismu na životní prostředí. Nejvytíženější částí MO je Barrandovský most a Jižní spojka, jak je patrné z Tabulky 1.

Tabulka 1. Intenzity dopravy 2014. Průměrný pracovní den [2]

Název úseku	vozidel celkem	pomalých vozidel
Štěrboholská radiála – Průběžná	79 00	12 800
Průběžná – V Korytech	113 500	14 200
V Korytech – Spořilov	123 100	14 500
Spořilov – Chodovská radiála (D1)	110 300	13 700
Chodovská radiála (D1) – Vídeňská	130 662	7 200
Vídeňská – Sulická	109 262	6 000
Sulická – Braník	112 362	6 000
Braník – Barrandovský most	91 800	16 900
Barrandovský most	137 468	6 300
Barrandovský most – Zlíchovský tunel	113 400	5 800
Zlíchovský tunel – tunel Mrázovka	77 200	2 900
tunel Mrázovka (třípruh)	46 200	1 500
tunel Mrázovka – Strahovský tunel	50 800	1 700
Strahovský tunel	46 400	1 600

3 Charakteristika severozápadní části MO

Jedním z hlavních nedostatků pražské dopravní sítě je nedokončený úsek právě severozápadní části městského okruhu. Roku 1993 byla založena Komise pro řešení městského okruhu v severozápadní části Prahy. Ta měla za úkol na základě posouzení vybrat přijatelné varianty. Těmi se staly Hana, Dana, Blanka, zobrazené na Obrázku 2. Názvy byly odvozeny od počátečních písmen městských částí, kterými měli segmenty procházet – Holešovice (Hana), Dejvice (Dana) a Bubeneč (Blanka). K dalšímu rozpracování rada Zastupitelstva hl. m. Prahy zvolila jen varianty Hana a Blanka a posledně zmiňovaný návrh byl schválen. Jelikož se jedná o úsek MO, který prochází hustě zabydleným, historickým jádrem města a rovněž se dotýká přírodní rezervace Královská obora, bylo jasné, že převážná část bude vedena tunelovými objekty. Tím se sníží vliv nežádoucích dopadů výstavby i provozu na nejbližší okolí.



Obrázek 2. Varianty: Dana, Hana a Blanka [7]

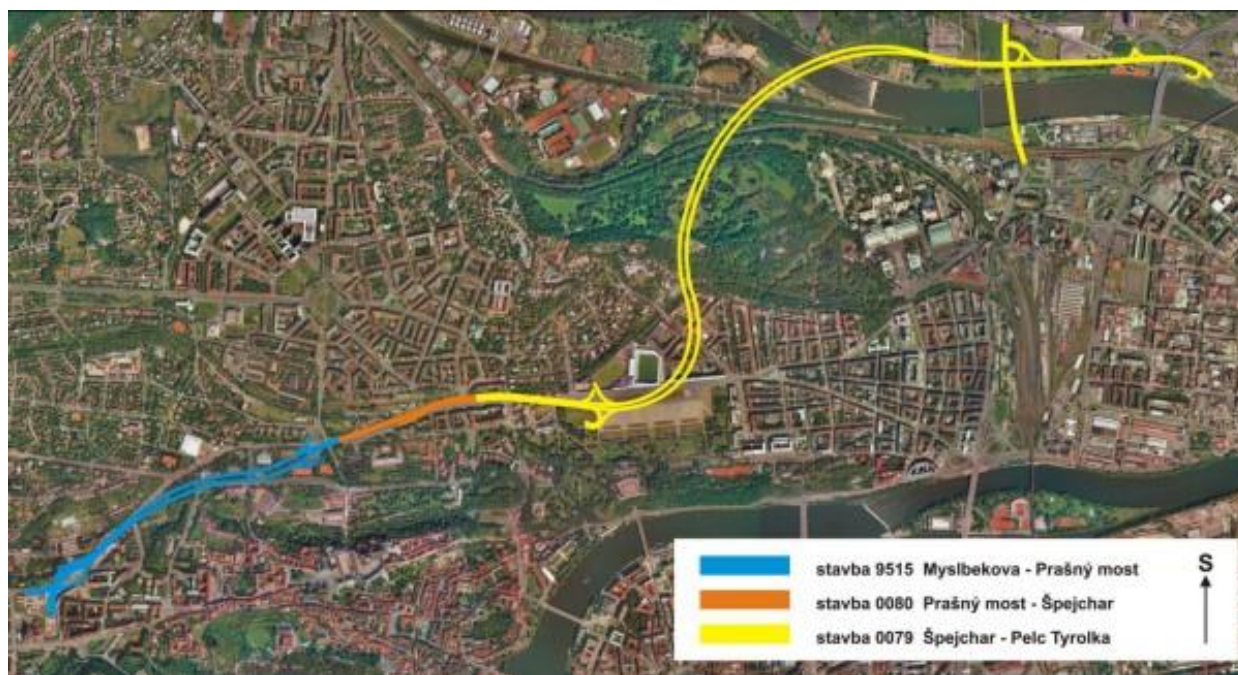
Severozápadní část městského okruhu se snaží zajistit co nejvyšší standart řízení dopravy, využití sofistikovaného systému odvětrávání, který je automatizován v návaznosti na koncentraci škodlivin, klimatické podmínky a hustotě provozu. Samozřejmostí je kladný dopad na bezpečnost provozu, jelikož je doprava vedena podzemím, čímž je plynulejší a nevyprodukuje tolik emisí ani hluku. Bezpečnosti a nízké nehodovosti přispívá fakt, že řidič

je zde zcela odproštěn od rušivých elementů okolí. Dalším kladem je absence křižovatek a napojení na dopravní síť je řešeno pomocí řadících pruhů.

Komunikace v celém úseku je směrově rozdělená a má v každém směru samostatný dvou či tří pruhový tubus. Počet pruhů závisí na předpokládaných intenzitách, podélném sklonu, napojení ramp na MÚK pro spojení s povrchovou dopravou. Maximální podélný sklon se zde nachází 5%. Jelikož je území značně složité a proměnlivé, rozdíl nivelet v nejvyšším a nejnižším bodě tunelu čítá 113,5m. Šířka jízdních pruhů je 3,5 m v celém úseku, průjezdný profil je stanoven na výšku 4,8 m. Návrhová rychlost je 70km/h.

Celá stavba se skládá z na sebe navazujících hloubených a ražených tunelových úseků. Tunely hloubené jsou rozděleny na klasické a realizované čelním odtěhováním. Tento typ je navržen zvláště v místech se stísněnými prostorovými podmínkami nebo kde je potřeba minimalizovat čas omezení provozu na povrchu. U ražených tunelů je použita dvouplášťová metoda NTRM (Nová rakouská tunelovací metoda).

Úsek tvoří tři stavby: Myslbekova – Prašný most, Prašný most – Špejchar, Špejchar – Pelc – Tyrolka, které jsou zobrazeny na Obrázku 3 a je dlouhý 5 895m.



Obrázek 3. Severozápadní část MO [8]

Větrací systém v komplexu

Jedním z hlavních výhod severozápadní části městského okruhu je vedení dopravy v podzemí. Tím se zvýší životní úroveň obyvatel, jelikož se sníží hladina hluku a sníží se i produkce emisí. Nedílnou součástí tunelových komplexů jsou ventilátory. I přesto že se kvalita

automobilů za posledních 15 let výrazně zlepšila (dle EURO 1-5), nebylo by zapotřebí při běžném, plynulém provozu větrání vůbec zhotovovat. Avšak mimořádné stavy jako například kongesce či požár je vyžadují. V těchto situacích se začne koncentrace znečištění prudce zvedat, větrání musí přivádět dostatečně čerstvého vzduchu a odvádět výfukové zplodiny, které motorová vozidla vyprodukuje. Dalším základním důvodem budování větracích systémů je zabránění šíření tepla, výparů a kouře při mimořádných událostech, jako je požár a zajištění bezpečné cesty z tunelu.

V komplexu je využito podélného i polopříčného větrání v kombinaci pístového efektu projíždějících automobilů. V podélném je zajištěno proudění vzduchu s podélnou osou tunelu, při příčném větrání je vzduch přiváděn speciálním kanálem, který je veden paralelně s tunelem. Vzduch je veden do tunelu vjezdovými portály a také po celé délce tunelu lokálními přívody. Pomocí čtyř příčně napojených strojoven je odváděn znečištěný vzduch, aby byl minimalizován výnos na výjezdu tunelu.

Kouř a teplo při požáru jsou v raženém úseku provětrávány polopříčně k ose tunelu a následně odsávány do odvodného kanálu, které jsou umístěny v klenbě tunelu každých 80 m. V hloubeném úseku jsou odváděny proudovým ventilátorem nebo lokálními strojovkami.

3.1 Myslbekova – Prašný most (stavba č. 9515)

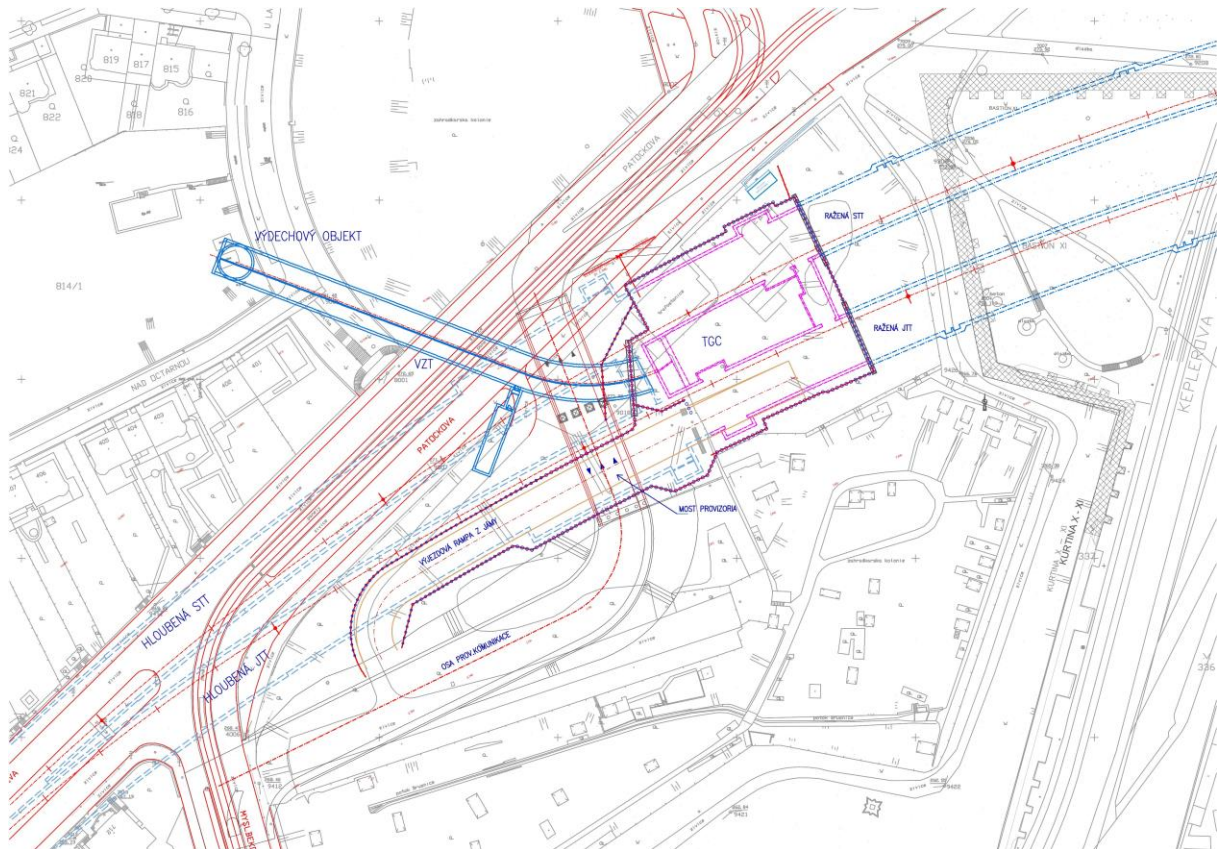
Tento úsek je velmi významnou částí městského okruhu, zvláště protože prochází historickým centrem Prahy, přímo areálem Pražského hradu. Stavba čítá 915 m a měla by ulehčit již tak tak nasycené kapacitě povrchové silniční sítě.

V úseku popisované stavby je funkční třída Městského okruhu B1 reprezentována základním uspořádáním d 2x2 průběžné jízdní pruhy o šířce 3,5 m. V návaznosti na křižovatky jsou k průběžným jízdním pásům přisazeny připojovací a odpojovací pruhy šířky rovněž 3,5 m, které jsou vzájemně propojeny prodloužením manévrovacího úseku do souvislého pruhu průletového. Ve výsledku jsou tak mezikřižovatkové úseky v uspořádání 2x3 pruhy. [13]

Stavba Myslbekova – Prašný most přímo navazuje na hloubenou část 2. stavby Strahovského tunelu. Pro oba tunely bylo navrženo jednotné technologické centrum, ze kterého vede vzduchotechnický kanál. Výdechový větrací objekt je situován v ulicích U laboratoře a Nad Octárnou (Obrázek 4). Jedná se o nenápadnou stavbu, aby nerušila vzhled a ráz zastavěného území. Jak lze vypožorovat z Obrázku 3 a 4, před hradebním pásem dochází ke změně

technologie hloubeného tunelu, na tunel ražený. Ten je opět ukončen s překročení linie historických staveb. Dále je stavba vedena pod ulicí Jelení a směřuje ke křižovatce Prašný most, kde je možné napojení do komunikační sítě. Za křižovatkou následuje další stavba městského okruhu Prašný most - Špejchar.

Pokud jde o změnu uliční sítě, výstavba se jej dotkla jen nepatrně. Ulice Milady Horákové si zanechává svou šířkovou dimenzi, avšak Svatovítská ulice bude rozšířena. Tato změna vyžaduje přestavbu silničního mostu přes železnici.



Obrázek 4 . Umístění Výdechového objektu [13]

3.2 Prašný most – Špejchar (stavba č. 0080)

Stavba č. 0080 Prašný most – Špejchar je vedena částí Prahy 6 Hradčany ve stopě významné, městské komunikaci Milady Horákové. Nachází se zde i velmi frekventovaný dopravní uzel u stanice Hradčanská, kde je návaznost metra, tramvajové, autobusové i železniční dopravy. A to nejen pro městskou dopravu, ale zvláště pak pro regionální ve směru na západní část Středočeského kraje.

V rámci výstavby bylo zapotřebí ubourat severní část podchodu metra a následně zde došlo i lehčím úpravám pro zlepšení komfortu pro cestující. Dále byla zapotřebí modernizace, dodnes nevyhovujícího, podchodu pod železniční tratí, ten byl posunut o 25m směrem na západ a prodloužen do ulice Dejvická. Stejně tak bylo potřeba posunout železniční přejezd pro napojení ulic Milady Horákové a Bubenečská. Samotná ulice Milady Horákové, vzhledem k její poloze v husté zástavbě, zaznamenala jen nepatrné úpravy v podobě posunu obrubníků a zbudování bezpečnějších přechodů pro chodce.

Úsek Prašný most – Špejchar dlouhý 659,4 m je plně závislý na výstavbě a zprovoznění části Myslbekova – Prašný most a navazujícímu tunelu, na nově vybudované křižovatce U Vorlíků, Špejchar – Pelc – Tyrolka. Přilehlé okolí výstavby dovoluje využít pouze hloubenou metodu podzemních stěn. Tunelový úsek je navržen na parametry místní komunikace sběrné funkční třídy B 1 v základním uspořádání 2 x 2 průběžné jízdní pruhy o šířce 3,5 m, směrově oddělené střední společnou stěnou tunelu. V mezikřižovatkových úsecích, kde probíhají připojovací a odpojovací pruhy rovněž šířky 3,5m, je však ve výsledném stavebním uspořádání šířka 3 x 3,5 m téměř v celé délce trasy. [13]



Obrázek 5. Nově zbudovaná křižovatka U Vorlíků [13]

3.3 Špejchar – Pelc – Tyrolka (stavba č. 0079)

Stavba tunelového komplexu Blanka Špejchar – Pelc –Tyrolka, čítá 3,09 km a tím se stává nejdelším úsekem. Součástí jsou tři mimoúrovňové křižovatky. První z nich je křižovatka u Vorlíků, kde navazuje na část Prašný most – Špejchar, jedná se o krátký hloubený, třípruhový úsek, který je veden pod obydlenu oblastí pražské Letné, pokračuje dvoupruhovou

komunikací pod přírodní rezervací Královská obora, korytem Vltavy až po trojské nábřeží, kde přechází opět na hloubený tunel. Následuje mimoúrovňová křižovatka Troja, na kterou navazuje nově zbudovaný Trojský most, kde se nachází jak tramvajová trať, tak obousměrná dvoupruhová komunikace. Jedná se o závěsný most se středním pylonem situovaným ve Vltavě. Stavba navrženého komplexu končí křižovatkou Pelc – Tyrolka u mostu Barikádníků, který navazuje na Proseckou radiálu.



Obrázek 6 Situace plánovaného tunelu Špejchar – Pelc – Tyrolka [1]

Stavba Špejchar – Pelc – Tyrolka protíná velmi nesourodé, proměnlivé geologické oblasti a složité technologické podmínky, což velmi komplikuje ražbu tunelu.

3.4 Komplex Blanka ve zkratce

- 2007** Definitivní zahájení stavby tunelu Blanka.
- 2008** Propady půdy v parku Stromovka. Nejprve v květnu byla zvolena komplikovanější kategorie stavby z důvodu nadvýlomu a v červnu při rozšíření ražené části tunelu, kde skalní nadloží bylo o 2 m nižší než v okolí.
- 2009** Městský soud v Praze zrušil stavební povolení na část inženýrských sítí stavby. Předpokládaný termín ukončení se posouvá o další rok.
- 2010** Další propad půdy za Ministerstvem kultury byl zapříčiněn nestabilním nadložím a příliš uspěchaným odstranění ostění v tunelu.
- 2013** V prosinci Metrostav přerušil stavbu pro dlouhodobé neplacení za práci (dluh 2,1 miliardy) a neschválení navržených změn ve stavební dokumentaci.
- 2014** Po dubnové arbitráži stavba opět pokračuje. Předpokládaná cena stavby je vyčíslena na 42,3 mld. Kč oproti předpokládaným 21 mld. A v říjnu téhož roku byl zprovozněn Trojský most.
- 2015** Otevření komplexu Blanka je odloženo, kvůli výměně navlhých kabelů v tunelu.
- 2015** Předpokládané uvedení tunelu do provozu dne 15. 09. 2015.

4 Znečištění ovzduší od dopravy

Znečištění ovzduší emisemi se v moderní době stává velkým problémem. I přes globální snahu o regulaci IAD, využití automobilů neúprosně roste. Pro porovnání kontaminace přikládám Tabulky 2 (rok 2001) a 3 (rok 2009), které zobrazují znečištění na území ČR. Vzrůstající skleníkový efekt je jedním z nejvýraznějších projevů neklesající kontaminace emisemi. Největším zdrojem znečištění ovzduší je doprava ve městech, proto je důležité se v současné době soustředit na zkvalitnění dopravní sítě.

Tabulka 2. Produkce emisí na území ČR za rok 2001,(t) , CO2 (tis.t) [5]

Druh dopravy	plyny								
	CO	Nox	SO2	CO2	CH ₄	N ₂ O	NM-VOC	Pb	Pevné částice
IAD	171 837	38 848	888	7 628	1 191	1 180	33 727	5,70	92
silniční veřejná os.	13 774	12 138	262	1 226	203	62	2 424	0	125
SND	94 735	46 201	716	3 402	351	164	20 432	2,24	313
Železniční motor. trakce	1 914	3 288	68	304	19	17	454	0	25
Vodní	158	271	6	25	2	1	37	0	2
Letecká	618	1 967	33	533	102	72	306	1,04	0
Celkem	283 036	102 713	1 973	13 118	1 868	1 496	57 380	8,98	557

Tabulka 3. Produkce emisí NA území ČR za rok 2009,(t) , CO2 (tis.t) [5]

Druh dopravy	plyny								
	CO	NO _x	SO ₂	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NM-VOC	Pb	Pevné částice
IAD	77 611	15058	320	9868	705	1781	9543	0,97	94
silniční veřejná os.	16507	16550	66	2079	269	96	2996	0	152
SND	32681	48273	182	5724	441	370	20287	0	339
Železniční motor. trakce	2131	3661	11	339	21	19	506	0	27
Vodní	79	136	0	13	1	1	19	0	1
Letecká	1010	4032	66	1070	177	148	578	0,02	0
Celkem	179919	87710	645	19093	1614	2415	33929	1	614

Na výsledných číslech se podílí dva faktory. Na jedné straně nevyhnutelný nárůst automobilové dopravy, který emise zvyšuje, zvláště pak například na území Prahy, kde jsou komunikace přesyceny a plynulost dopravního proudu klesá. Naopak široká obměna

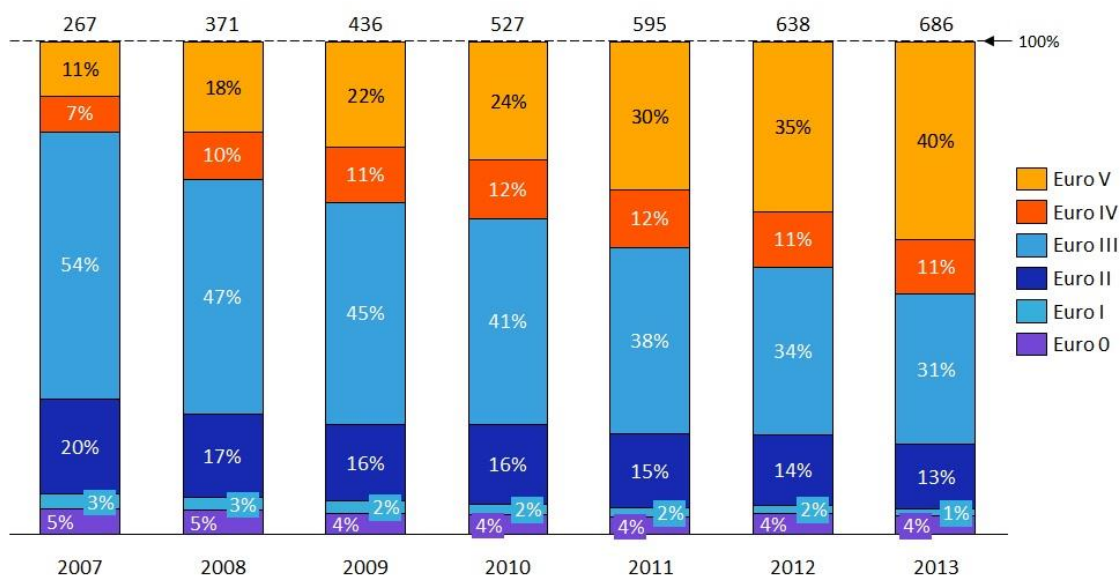
vozového parku přispívá příznivým hodnotám znečištění. To však neplatí pro pevné částice. Sekundární prašnost roste úměrně s nárůstem vozidel. Dále je z tabulek patrný velký pokles olova, který je zapříčiněn využíváním bezolovnatého benzínu. Zavedení a následná modernizace katalyzátorů přispěla ke snížení koncentrací látek NM –VOC, N₂O, zpřísnění emisních limitů dopomohlo k výraznému poklesu zvláště SO₂.

4.1 Emisní normy

Emisní norma EURO určuje limitní hodnoty škodlivých látek ve výfukových plynech pro benzinová a naftová motorová vozidla, také se určuje typ vozidla – osobní, nákladní automobil a autobusy. Nyní normu spravuje Evropská unie, avšak první emisní limity byly stanoveny v 70. letech na americkém kontinentu. Hodnoty se udávají u oxidů dusíku, oxidu uhelnatého, uhlovodíků a pevných částic, jedná se o závislost hodnoty škodlivin na ujetou vzdálenost.

Zavedení a zpřísnování norem výrazně ovlivňuje pokles výše jmenovaných zplodin v ovzduší. Majitelé automobilek tak přešli k vylepšování výfukového systému, jako například filtr pevných částic. V současné době již vstoupila v platnost norma EURO 6. Ta výrazně postihuje vznětové motory, které téměř dosahují hodnoty motorů zážehových.

Skladba statického vozového parku, dle norem EURO v ČR (Graf 1) naznačuje, že i v České republice dochází k modernizaci, která pozitivně ovlivňuje ovzduší, zvláště ve městech, kde je podíl novějších vozů výrazně vyšší než na odlehlejších částech Republiky. Skladba dynamického vozového parku by jistě ukázala ještě příznivější čísla, jelikož novější automobily jsou používané častěji, než ty se starším datem výroby.



Graf 1. Vozový park v ČR dle norem EURO [11]

Tabulka 4. Emisní limity (g/km) [12]

Rok/norma		CO		NOx		HC+Nox		HC	PM
1992	I	3,16	3,16	-	-	1,13	1,13	-	0,18
1996	II	2,20	1,00	-	-	0,50	0,70	-	0,08
2000	III	2,30	0,64	0,15	0,50	-	0,56	0,20	0,05
2005	IV	1,00	0,50	0,08	0,25	-	0,30	0,10	0,025
2009	V	1,00	0,50	0,06	0,18	-	0,23	0,10	0,005
2014	VI	1,00	0,50	0,06	0,08	-	0,17	0,10	0,005

* benzinové motory

První norma EURO I, upravuje roku 1992 maximální množství oxidu uhelnatého na 3,16 g/km a uhlovodíky s oxidy dusíku na 1,13 g/km. Pro naftové motory přišlo též omezení pevných částic na 0,18 g/km. V roce 1996 došlo k největšímu snížení množství škodlivých látek. Od roku 2000 musely být vozidla vybavena systémem palubní diagnostiky OBD, tím se limity pro uhlovodíky a oxidy dusíku zaznamenávají zvlášť pro benzinové i naftové motory. K dnešnímu dni, je nejnovější emisní norma EURO VI, která stanovuje limity pro oxid uhelnatý 1,00 g/km pro benzinové motory a pro naftové 0,50 g/km. Oxidy dusíku jsou 0,06 g/km a u dieselového motoru došlo ke snížení na 0,08 g/km. Koncentrace uhlovodíků a pevných částic si drží své limity z předchozích stanovených norem.

4.2 Složení emisí

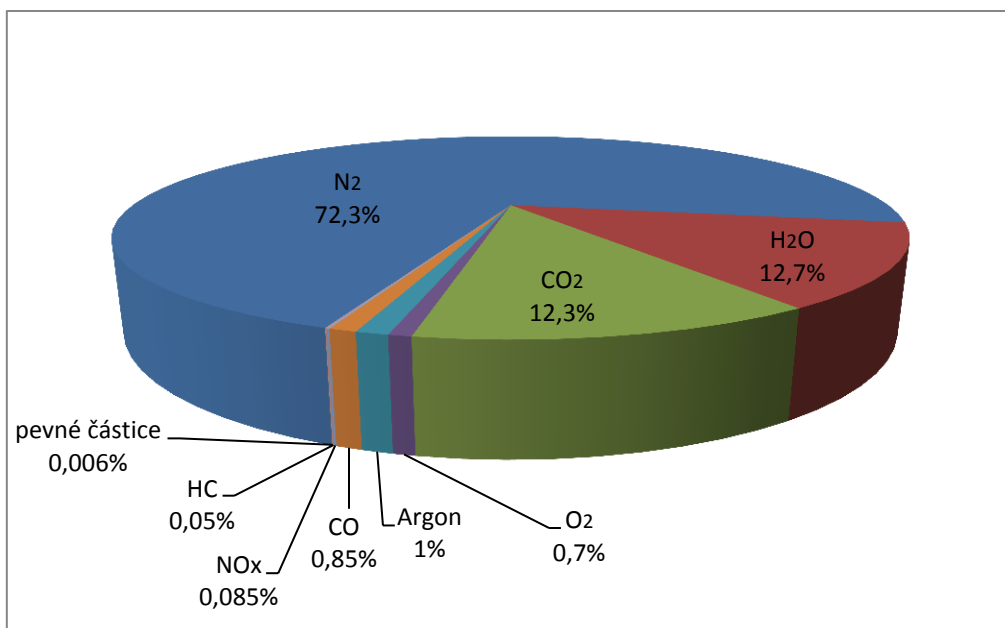
Emise dostávající se do ovzduší lze rozdělit na ty pro život nezávadné (např. vodní pára) a na toxické, které jsou pro člověka škodlivé. Mezi škodlivé emise patří přímo limitované složky (oxidy dusíku, oxid uhelnatý, uhlovodíky, a pevné částice), nepřímo limitované složky (oxidy síry, oxid uhličitý, olovo), těkavé organické složky (formaldehyd, benzen), netěkavé organické složky (polyaromatické uhlovodíky, polychlorované dibenzodioxiny a dibenzofurany)

Emise vznikají nedokonalým spalováním paliva za nedostatku kyslíku a při vysokých teplotách. Dále je vznik ovlivněn konstrukcí spalovacího motoru, složením spalovací směsi a okamžitými provozními podmínkami.

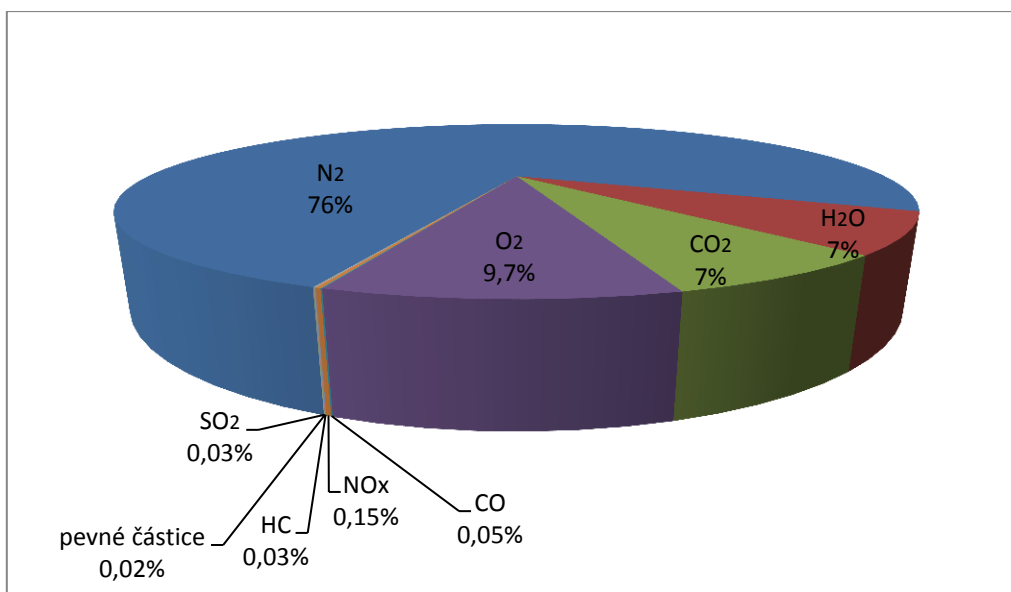
CO Bezbarvý plyn, bez chuti, bez zápachu, ale jedovatý, jelikož se váže barvivo hemoglobin snáze než kyslík a tím zabraňuje přenosu vzduchu z plic do organismu. Je produkován převážně silniční dopravou a vzniká při nedokonalém spalování uhlovodíků. Nižší hodnoty jsou zaznamenány u rychlejší a plynulé jízdy, naopak stoupají v oblastech rušných křižovatek. Přímé riziko na zdraví u běžně dosahovaných hodnot koncentrací nehrozí. Nebezpečí může nastat jen v případě pobytu v uzavřených prostorech (např. garáže).

NO_x Oxidy dusíku jsou převážně produkovány silniční dopravou a podílí se až na 1/3 okyselení dešťových srážek v Evropě. Vznikají v motoru za vysokých teplot a tlaků během hoření při nadbytku kyslíku. Některé oxidy dusíku jsou zdraví škodlivé. Opatření vedoucí ke snížení spotřeby paliva mohou vést ke zvýšení podílu oxidů dusíku ve výfukových plynech, neboť účinnější spalování vede k vyšším teplotám spalování. Často se stává, že „ekologický“ turbodiesel má sice nízké emise CO₂, ale díky nadměrné produkci NO_x dosahuje pouze emisní normy Euro 4. [17] Oxidy dusíku způsobují onemocnění dýchacích cest, či hrozí riziko astmatických záchvatů, jelikož dráždí sliznici dýchacího ústrojí.

- SO₂** Hodnoty emisí oxidu siřičitého v posledních letech klesají. Velký podíl na tom má zavedení a zpřísnění emisních norem, které určují povolený obsah síry v pohonných hmotách.
- CO₂** Oxid uhličitý je jedním z nejvýraznějších plynů, způsobující skleníkový efekt a následné globální oteplování. Silniční doprava produkuje až 80% CO₂.
- PM** Pevné částice pochází nejen ze samotných výfukových plynů, ale i obrušováním pneumatik, brzdných destiček a vozovky. Do ovzduší se dostávají i jako sekundární prašnost, ta závisí na meteorologických podmínkách a charakteru povrchu a může dráždit sliznici, dýchací cesty a také je karcinogenní.
- NM VOC** Nemethanové těkavé organické látky, jejichž hodnoty se příliš nemění. Pochází převážně ze silniční nákladní dopravy při nedokonalém spalování nebo se do ovzduší dostávají při manipulaci s pohonnými hmotami.



Graf 2. Složení emisí zážehových motorů



Graf 3. Složení emisí vznětových motorů

Pokud se zaměříme zvláště na zdraví škodlivé látky, tak je patrné že vznětový motor je bohatší na nespálené uhlovodíky (HC), které zapříčiňují smog při špatných povětrnostních podmínkách a obsahují karcinogenní aromáty. Dále produkuje zvýšený počet pevných částic a je zde přítomen i oxid siřičitý (SO₂). U zážehového motoru je patrný vyšší obsah oxidu uhličitého (CO₂), který se významně podílí na vzniku skleníkového efektu.

5 Znečištění ovzduší v severozápadní části Prahy

Praha jakožto hlavní a největší město ČR patří k nejvíce znečištěným oblastem. Přispívá tomu jak vysoká hustota obyvatel a tím následně zvýšená poptávka po automobilové dopravě, tak i geologická členitost města. Vhodné podmínky pro inverzi nastávají v zimních měsících v povodí Vltavy, které bývá špatně provětráváno a studený vzduch se drží u země. Škodlivé látky tak nemají možnost se rozptýlit do atmosféry.

Hl. m. Praha se svou polohou stala i dopravním uzlem dálniční sítě pro mezinárodní i vnitrostátní dopravu, proto je důležité dokončit silniční okruhy kolem centra města a tím vyloučit zbytnou dopravu.

Český hydrometeorologický ústav je pověřen k zajištění REZZO (Registr emisí a zdrojů znečištění dopravy). Registr slouží k hodnocení a sledování kvality ovzduší na území České republiky. Informační systém je rozdělen do dvou kategorií dle vzniku emisí. Prvním jsou zdroje mobilní, které zahrnují silniční, leteckou, železniční a vodní dopravu a zdroje stacionární, ty se dále dělí podle velikosti zdroje. Podrobný popis skupin je přiložen v tabulce 5.

Tabulka 5. Kategorizace zdrojů znečištění [14]

Typ	Kategorie	Popis
Stacionární zdroje	REZZO 1	zvláště velké a velké zdroje, spalování s tepelným výkonem nad 5 MW a zvlášť významné technologie
	REZZO 2	střední zdroje, spalování s výkonem 0,2–5 MW a významné technologie
	REZZO 3	malé zdroje, spalování s výkonem do 0,2 MW, lokální vytápění, méně významné technologie
Mobilní zdroje	REZZO 4	doprava

Výpočty pro liniové dopravní zdroje znečištění ovzduší se provádějí na silniční síti, kterou pokrývá TSK Praha svými daty o intenzitách dopravy.

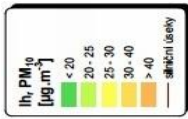
Silniční doprava je hlavním zdrojem znečištění a proto je ve dvouletých cyklech prováděno modelové hodnocení emisí liniových zdrojů, křižovatek a speciálních zdrojů (nádraží, čerpací stanice, parkoviště) v rámci projektu ATEM.

	PM ₁₀	PM _{2,5}	SO ₂	NO _x	CO	HC	VOC	benzen
Osobní automobily	1,8	6,0	75,7	52,1	78,5	88,2	93,8	92,8
Lehké nákladní automobily	0,9	2,6	3,3	4,9	1,8	1,0	0,4	0,4
Těžké nákladní automobily	2,0	6,2	8,6	26,1	7,3	4,3	1,3	1,8
Autobusy	1,1	3,4	5,3	10,7	3,2	2,5	0,6	0,9
Sekundární prašnost z dopravy	91,2	78,9	---	---	---	---	---	---
Liniové zdroje celkem	97,0	97,1	92,9	93,8	90,8	96,0	96,1	95,9
Tunely	1,4	1,7	2,4	3,6	1,7	1,2	1,0	1,2
Křižovatky + MUK	0,9	0,6	3,1	1,5	6,3	0,9	0,8	0,9
Čerpací stanice PHM	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Nádraží a terminály BUS	0,1	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0
Garáže a parkoviště	0,5	0,3	1,1	0,7	1,0	1,8	1,9	1,8
Celkem	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

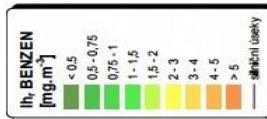
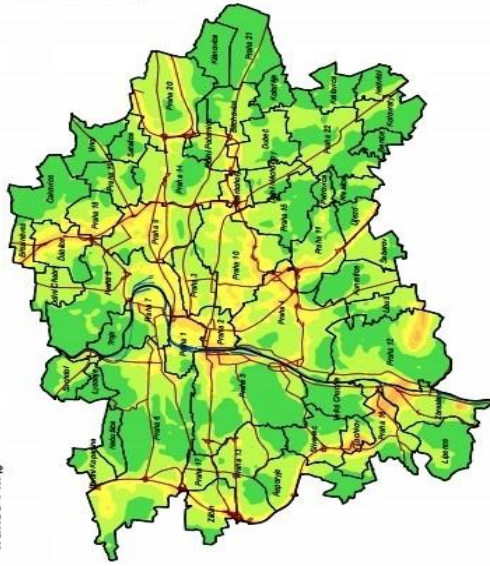
Tabulka 6. Podíl jednotlivých skupin zdrojů na celkových emisích z dopravy v Praze [%] – rok 2012 [19]

Z tabulky 6 lze vyčíst podíl jednotlivých skupin zdrojů na celkových emisích v Praze. Na emisích PM₁₀ se nejvíce podílí sekundární prašnost a to se svými 91,2 % z celkových zdrojů. I přesto, že v současné době emise SO₂ z mobilních zdrojů nejsou nikterak vysoké, hlavním producentem je IAD, stejně tak jako u oxidů dusíku. Zvýšeným hodnotám oxidu uhelnatého přispívá fakt, že jsou v modelu započteny i studené starty a zhoršené jízdní podmínky, například v prostoru křižovatek (nadstandartní podíl 6%). Při spalování benzínu dochází k výrazně větší produkci uhlovodíků, než u nafty a proto jsou tyto hodnoty u osobních automobilů znatelně vyšší než u těch nákladních.

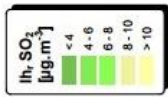
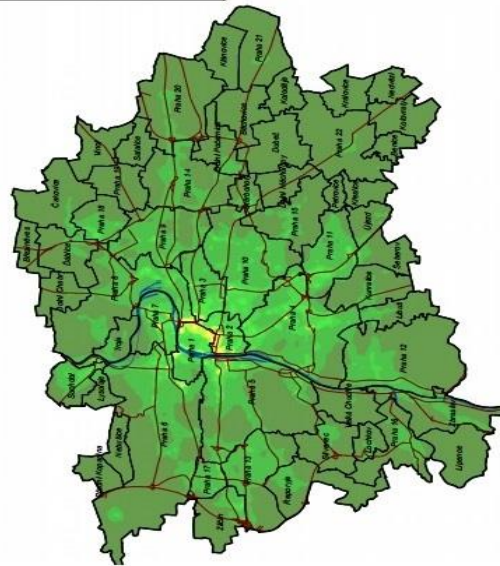
Kvalitu ovzduší na území Prahy při posledním měření oproti dřívějšímu pozorování ovlivňuje zprovoznění jihozápadního úseku Pražského okruhu, který redukoval nákladní dopravu v centru a tím si snížil emise, zvláště pak pevných částic. Dalšími faktory působící na míru znečištění je cementárna Radotín a teplárna Malešice. Co se mobilních zdrojů týče, stále je na tom nejhůře centrální část města v oblastech Wilsonovy, Ječné, Žitné ulice, Palackého a Barrandovského mostu a na Jižní spojnici. Podrobnější koncentrace vybraných látek jsou přiloženy na obrázku 7.



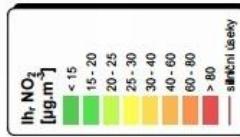
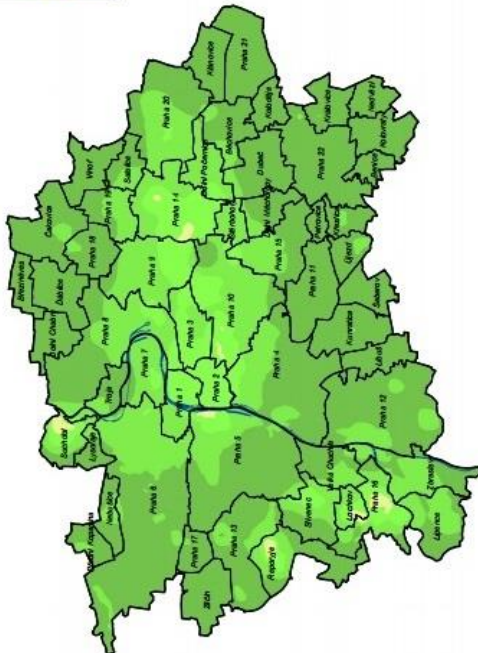
suspendované částice
frakce PM₁₀



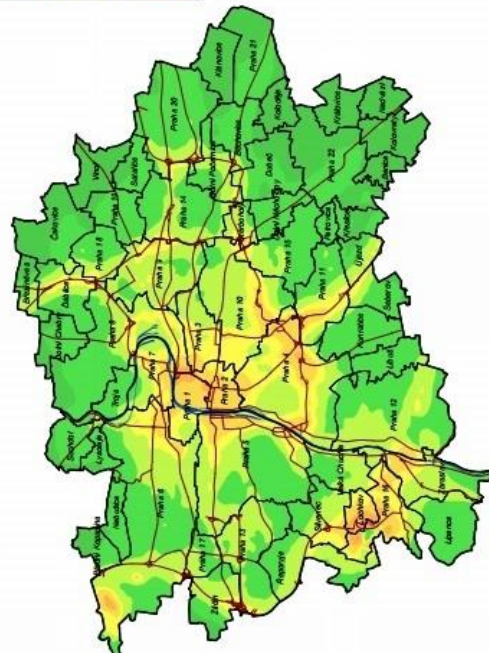
benzen



oxid siřičitý

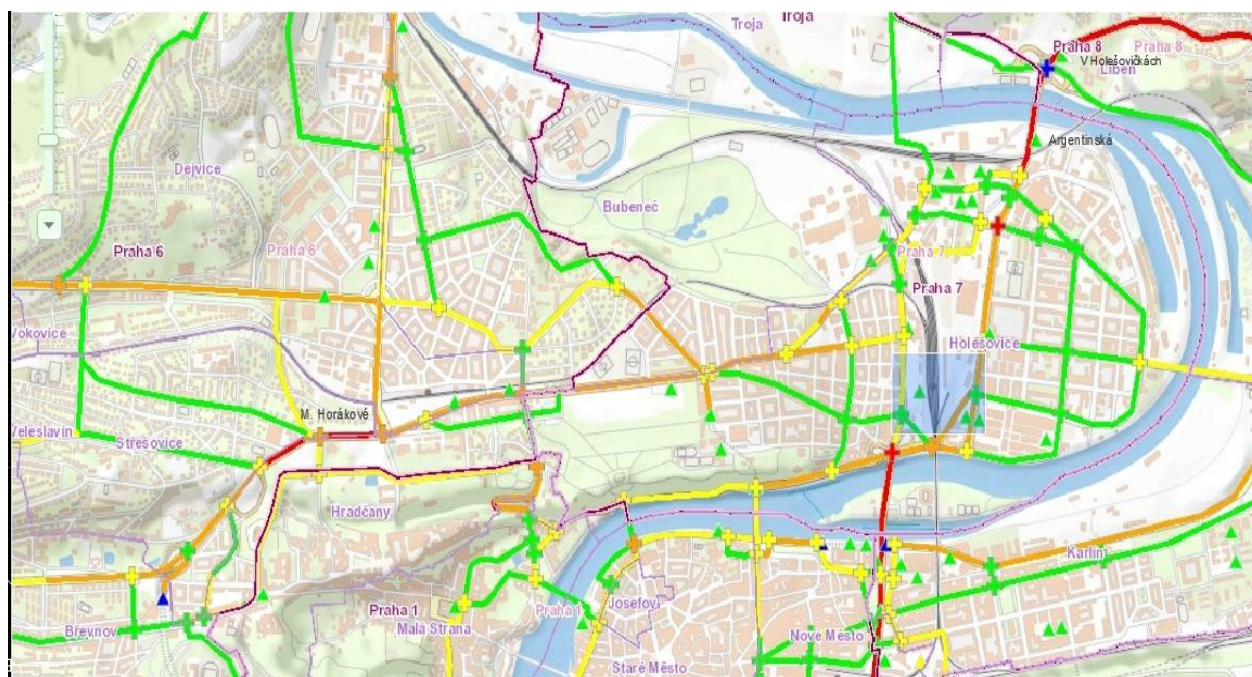


oxid dusičitý

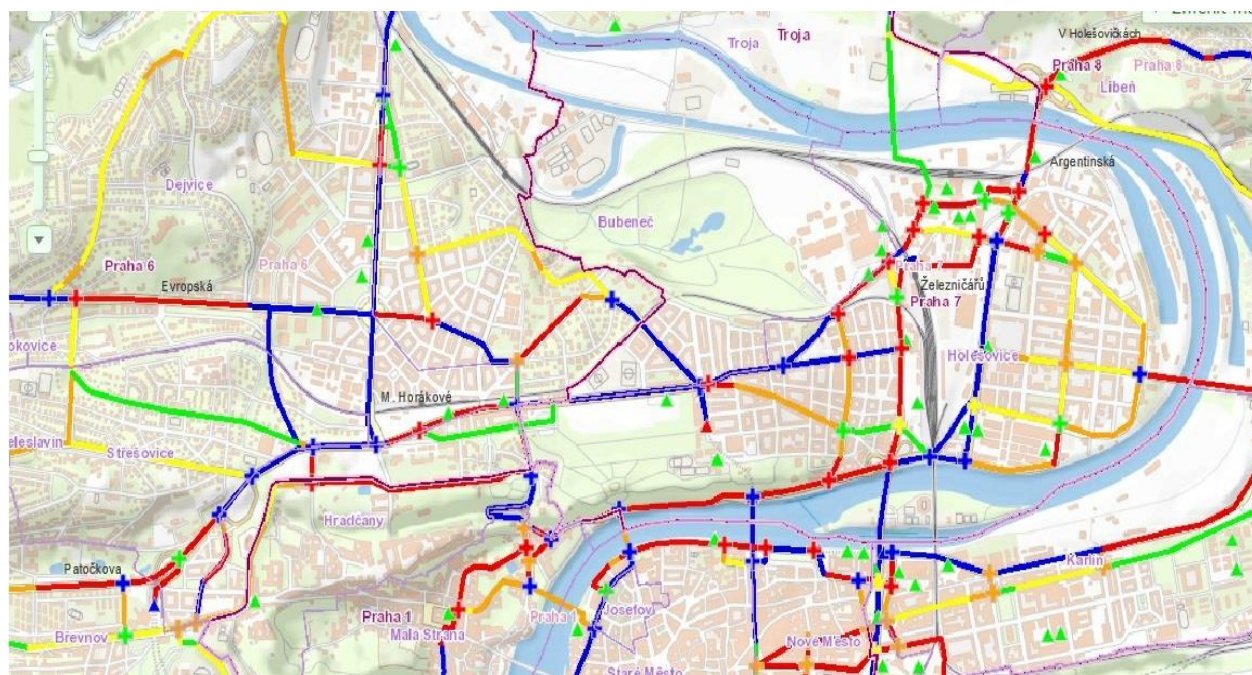


Obrázek 7. Průměrné roční koncentrace vybraných látek 2012 [19]

Pokud se zaměříme na komunikační síť v severozápadní části Prahy, nejvýrazněji na tom jsou samozřejmě úseky s nejvyšší intenzitou dopravy. V obou případech jak pro oxidy dusíku tak oxid uhelnatý (obrázek 8 a 9) jsou to konkrétně ulice M. Horákové, kde roční emise NO_x dosahují 5,80 t/km a CO 21,45 t/km, Argentinská NO_x 9,01 t/km a CO 16,22 t/km. A posledním nejvytíženějším úsekem je ulice Holešovičkách NO_x 8,26 t/km a CO 16,38 t/km. Výrazný výskyt oxidu uhelnatého je také zaznamenán v ulicích Evropská a Železničářů.



Obrázek 8. Emise oxidů dusíku z dopravy – severozápadní část Prahy [20]



Obrázek 9. Emise oxidu uhelnatého z dopravy – severozápadní část Prahy [20]

6 Emisní a imisní modely

Emisní a imisní modely lze rozdělit na dva základní typy podle jejich zaměření. Prvním typem jsou modely globální, které se zaměřují na zmapování znečištění většího území, jako jsou města, kraje či celý stát. Druhým typem jsou lokální modely, ty se soustředí například na určitý dopravní uzel či krátký úsek.

6.1 Lokální modely

6.1.1 AIMSUN

AIMSUN je lokální modelovací systém, vyvinut španělskou firmou TTS transport. Hlavními úkoly tohoto softwaru je řešení různých dopravních situací pro redukci kongescí, zlepšení dopravní infrastruktury, snížení emisí či pro tvoření městského designu.

Program je tím nejlepším v současné době díky svým třem druhům modelů a jejich propojení. Jedná se o mikroskopický a mezoskopický simulátor dopravy a makroskopické nástroje.

Hlavní nevýhody AIMSUN jsou: slabší 3D vizualizace, nastavení signálních plánů, linek MHD, nelze modelovat dopravu v klidu, pro více druhů řízení musí být vytvořeno stejné množství scénářů, nevhodné ověřování neřízených křižovatek, je nutno častého mechanického nastavování.

Mikroskopický model

Popisuje jednotlivá vozidla a vzájemné chování mezi nimi. Mikroskopické simulaci je použita řada modelů: model pro přejíždění mezi pruhy, model pro následování vozidel, model pro neřízené křižovatky založený na přijatelnosti časové mezery, model pro přípojné a odbočovací pruhy.

Mezoskopický model

Ačkoli makroskopická a mezoskopická úroveň používá obdobné parametry - stejné typy vozidel, stejné zdroje i cíle, lze najít některé základní rozdíly. V mezoskopické simulaci zohledňují průjezd a zdržení v křižovatce, je tedy nutné nadefinovat signální plány SSZ a případné přednosti v jízdě na neřízených křižovatkách. Další důležitý parametr úseku je reakční faktor (velké klesání nebo stoupání, ostrý směrový oblouk), limitní hustota (hodnota,

kdy je dosaženo maximální kapacity úseku), rychlost odbočení (maximální rychlost, kterou vozidlo projíždí křižovatkou při odbočování)

Makroskopický model

V makroskopické simulaci je třeba dodržet počet jízdních pruhů křižovatek. Hlavní parametry, kterými je model ovlivněn je kapacita úseku (maximální kapacita úseku), maximální povolená rychlost (maximální rychlost, kterou lze bezpečně projet každý bod v úseku) [10].

Model znečištění emisí

Pro tvorbu modelu je zapotřebí dle mapového podkladu geometrii sítě, nastavit parametry jednotlivých entit (např. délku, šířku, zrychlení rychlost plovoucího vozidla), zadat podíly intenzit pro jednotlivé směry, vložit možné situace, které v síti mohou nastat a signální plány na SSZ. Dále je potřeba nadefinovat vlastní vzorové scénáře a chování řidičů.

AIMSUN přiřazuje ke každému stavu vozidla určitý počet vyprodukovaných emisních látek a dle těchto hodnot jsou emise modelovány u každého simulačního kroku.

The screenshot shows the 'Pollutants' tab in the AIMSUN software. It features two tables and several control buttons.

Name	IER (g/s)	AER (g/s)	DER (g/s)
CO	0.06	0.377	0.072
NOx	0.0008	0.01	0.0005
HC	0.0067	0.02	0.0067

Buttons: New, Delete

Cruising Rates

Speed (Km/h)	Emission Rate (g/s)
10	0.0006
20	0.0006
30	0.0017
40	0.0022
50	0.0042
60	0.005
70	0.0058

Buttons: New Rate, Delete Rate

Buttons: OK, Cancel

Obrázek 10. Okno vstupních parametrů emisí

Požadované vstupní hodnoty pro model emisí jsou [10]:

- Emise pro zrychlující vozidlo [g/s]
- Emise pro zpomalující vozidlo [g/s]
- Emise pro vozidlo v klidu
- Tabulka emisí vozidel jedoucích konstantní cestovní rychlostí skládající se z rychlosti [km/h] a příslušné produkce emisí [g/s]

Výstup

Výstup z modelu znečištění ovzduší je podle manuálu [12] následující:

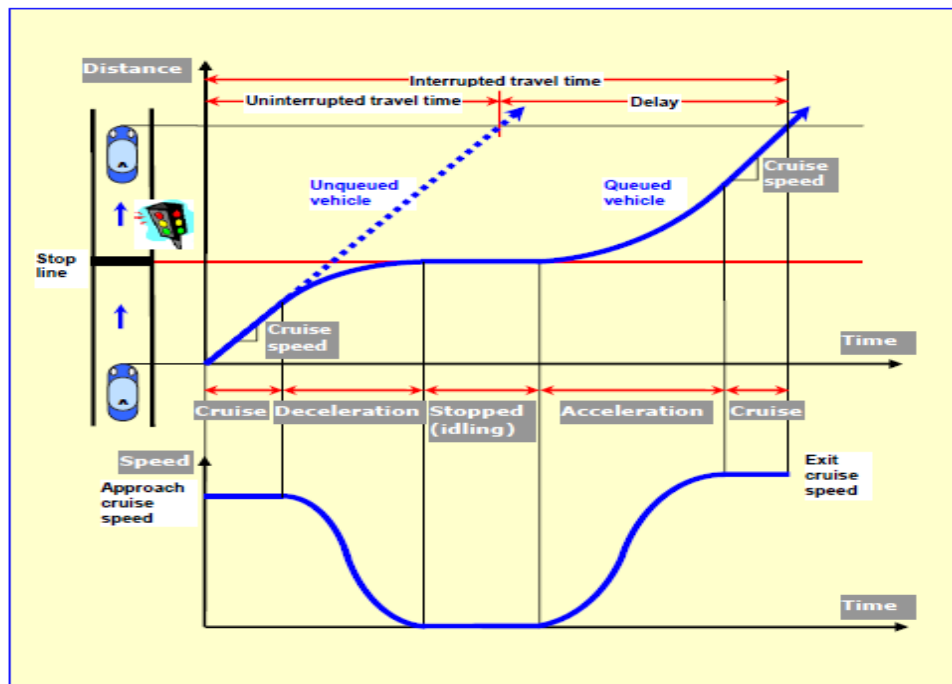
- Pro celou síť, celková ujetá vzdálenost všemi vozidly [km], které dokončily svou cestu a jejich celkové znečištění [kg]
- Pro každý úsek, celková ujetá vzdálenost všech vozidel [km], která daným úsekem projela a jejich celkové znečištění [kg]
- Pro každou trasu, celková ujetá vzdálenost všech vozidel [km], která projížděla danou cestou a jejich celkové znečištění [kg]

6.1.2 aaSIDRA a aaMOTION aaSidra

Lokální model Akcelika a Besleyho, naimplementován do programu SIDRA INTERSECTION, je využíván na výpočet spotřeby paliva, provozních nákladů a znečišťujících látek. Na rozdíl od AIMSUNu zahrnuje do svých propočtů i volnoběh vozidla. Dalším parametrem je hmotnost vozidla, výkon motoru, počet náprav, velikost čelní plochy vozidla, průměr pneumatik, druh paliva. Zadávány jsou i silniční parametry (sklon vozovky) a parametry dopravní (zrychlení, rychlost).

Model pracuje se 4 režimy jízdy vozidla. Pro každý jízdní pruh simulované křižovatky aplikace odvozuje jízdní cykly vozidla, sestávající ze čtyř kategorií dopravních událostí: ustálená rychlost, zrychlování, zpomalování a stání, zobrazených na Obrázku 12. Jízdní cyklus vozidla je určen specifickými podmínkami daného jízdního pruhu, především geometrií křižovatky, typem řízení provozu a intenzitou dopravy – tyto údaje dodává aplikaci koncový uživatel. Jízdní cykly, generované aplikací SIDRA INTERSECTION, jsou proto velmi odlišné pro různé typy křižovatek (signalizované, nesignalizované, kruhové objezdy), pro různé fázové

sledy a různé délky signálních skupin ve fázovém sledu, pro různé typy předností vozidel na nesignalizovaných křižovatkách a pro různé úrovně intenzity dopravy. [10]



Obrázek 11. Příklad cyklu řízení vozidla na křižovatce řízené SSZ [10]

6.2 Globální modely

Pro účely diplomové práce jsem zvolila jen nejvýznamnější modely, které se užívají na území České republiky. Nejzákladnějším je model Ministerstva dopravy pro stanovení emisí a látek znečišťujících ovzduší z dopravy, který zpracovává Centrum dopravního výzkumu. Další model zadává ŘSD a je zpracováván Ateliérem ekologických modelů. ATEM zřizuje také poslední z uvedených globálních modelů ENVIS 4, ten je využit výhradně pro území Prahy.

6.2.1 Aktuální metodika MD ČR

Jde o aktualizovanou verzi metodiky z roku 2002. Hlavním principem modelu je rozdělení vozidel do kategorií dle charakteristických vlastností. Ke kategoriím jsou dále přiřazeny emisní faktory. Hodnoty těchto faktorů byly naměřeny a uloženy do databáze, e které metodika čerpá a jsou její nedílnou součástí.

Data pochází z měření ve zkušebnách na území České republiky a také z doporučených hodnot mezinárodních statistik. Náhrada naměřenými faktory za vypočítané je nejzákladnějším rozdílem oproti stávající verzi.

Dopravní prostředky jsou rozděleny do 23 kategorií dle druhu dopravy, používaného paliva a vybavení vozidel katalyzátory. Přehled kategorií je uveden v Tabulce 7.

Tabulka 7. Přehled kategorií dopravních prostředků. [9]

Číslo	Označení	Popis kategorie
1	ID.B1	individuální doprava, benzinová osobní vozidla jednostopá
2	ID.B2	individuální doprava, benzinová osobní vozidla dvoustopá bez řízených katalytických systémů
3	ID.B3	individuální doprava, benzinová osobní vozidla dvoustopá s řízenými katalytickými systémy
4	ID.N	individuální doprava, naftová osobní vozidla dvoustopá
5	ID.LPG	individuální doprava, osobní vozidla jezdící na LPG
6	ID.CNG	individuální doprava, osobní vozidla jezdící na CNG
7	ID.SN	individuální doprava, osobní vozidla jezdící na směsnou naftu
8	AD.B	veřejná doprava, osobní benzinová vozidla
9	AD.N	veřejná doprava, osobní naftová vozidla
10	AD.LPG	veřejná doprava, osobní vozidla jezdící na LPG
11	AD.CNG	veřejná doprava, osobní vozidla jezdící na CNG
12	AD.SN	veřejná doprava, osobní vozidla jezdící na směsnou naftu
13	ND.B	benzinová nákladní vozidla (benzinové dodávky)
14	ND.LDV	naftová nákladní vozidla do 3,5 t
15	ND.HDV	naftová nákladní vozidla nad 3,5 t
16	ND.LPG	nákladní vozidla jezdící na LPG
17	ND.CNG	nákladní vozidla jezdící na CNG
18	ND.SN	nákladní vozidla jezdící na směsnou naftu
19	ZD.N	železniční vozidla jezdící na naftu
20	ZD.SN	železniční vozidla jezdící na bionaftu
21	VD.N	plavidla s naftovými motory
22	LD.LB	letadla spalující letecký benzin
23	LD.LP	letadla spalující letecký petrolej

Každá kategorie má přiřazeny ji zmíněné emisní faktory, získané na základě měření. Hodnoty faktorů jsou vyjádřeny v g.kg^{-1} paliva. Metodika poskytuje výpočty následujících znečišťujících látek: oxid uhličitý, metan, oxid dusný, oxid uhelnatý, oxidy dusíku, uhlovodíky, pevné částice dále také oxid siřičitý, olovo, polyaromatické uhlovodíky, polychlorované dibenzodioxidanty a dibenzofurany.

Vstupní data pro výpočet roční emisní zátěže jsou následující [10]:

- celková spotřeba paliva za rok
- počty vozidel jednotlivých kategorií
- počty ujetých km na jedno vozidlo za rok
- spotřeba paliv na 100 km jednotlivých kategorií
- přepravní výkony
- měrná energie paliv
- obsahy Pb, S v palivech
- hustota paliv
- emisní faktory

Výstupní data pro výpočet roční emisní zátěže:

- spotřeba paliva (i) určitým druhem dopravy (d)
- energie druhu dopravy (d)
- emise polutantů (p) druhem dopravy (d)
- měrné emise polutantů (p) druhem dopravy (d)

Využití metodiky je spíše vhodné pro prognózy nebo výpočty na regionální či celostátní úrovni. Vykazuje nižší přesnost pro lokální emisní modely, což je zapříčiněno rozdílností emisních faktorů. Tento problém v současné době řeší výzkumný projekt VaV, kde zadavatelem je taktéž MD ČR. Úkolem je vyloučit největší odchylky.

6.2.2 Model ŘSD

Model by měl co nejpodrobněji zachytit emisní a imisní zátěž na hlavní komunikační síti v ČR. Jedná se o hlavní komunikační síť, kterou má na starosti právě ŘSD. Základním účelem je poskytnout komplexní informace o znečišťujících látkách z automobilové dopravy a rozsah tohoto znečištění v ovzduší. Tím zajistit přesné údaje o imisní zátěži pro srovnání hodnot s platnými imisními limity, ochranu zdraví a ekosystémů. Také zajistit referenční základ pro územní plánování, posuzování silničních staveb v rámci EIA. Výpočetní metody zohledňují místní charakteristiky, jako jsou dopravní zátěže, plynulost dopravy, charakter osídlení, konfigurace terénu, rozptylové podmínky apod.

Výsledky těchto studií by se měly využívat zvláště při navrhování nových komunikačních tras na území ČR, plánování zlepšení ochrany ovzduší zejména v místech se zvýšenou emisní zátěží. Dále jsou výpočty brány jakožto příprava projektů pro opatření (infrastrukturních, regulačních) financována z fondů EU nebo mezinárodních finančních zdrojů.

Vlastní postup výpočtu je rozdělen do 4 úseků:

1. zpracování podkladů o území a vstupních dopravních a dopravně inženýrských dat
2. výpočty produkce emisí na jednotlivých úsecích komunikační sítě
3. výpočty koncentrací znečišťujících látek, vyhodnocení imisní zátěže
4. interpretace výsledků, mapové výstupy, geografické analýzy

Pro vyhodnocení emisní a imisní zátěže je nezbytné mít k dispozici kvalitní a podrobné podklady o území, komunikační síti, dopravním zatížení a dopravní situaci, konfiguraci reliéfu, rozptylových podmínkách.

Komunikační síť

Pro výpočet dopravního zatížení je zapotřebí digitálních zákresů komunikací v měřítku 1:25000. Druhým parametrem je podélný sklon vozovky, získáván je z databanky ŘSD ČR.

Dopravní zatížení

Dopravní zatížení je jedním z nejdůležitějších vstupů pro výpočet znečištění. Data jsou opět k dispozici od ŘSD ČR, databáze obsahuje naměřená data za 24 h v celoročním průměru. Kategorizace vozidel byla pro účely modelu sečtena následovně:

Tabulka 8. Sečtené kategorie vozidel [15]

číslo	Kategorie	Popis kategorie
1	Osobní automobil OA	O+M
2	Lehká nákladní vozidla LNA	LN
3	Těžká nákladní vozidla TNA	SN + TN + TR + TRP + SNP + TNP+ NSN
4	Autobusy BUS	A + AK

Bylo zmapováno více než 8 tisíc sčítacích úseků. Největší intenzity (až 140 tisíc vozidel za 24 hodin) čítá Praha a to zvláště pak Silniční okruh kolem Prahy, Jižní spojka, Barrandovský most, Wilsonově ulici a dále v úseku ulicí Husitskou a Hlávkovým mostem.

Z mimopražských komunikací je nejzatíženější dálnice D1, D2, D5, silnice R10, R43 a okolí Brna, kde jsou intenzity nad 50 tisíc vozidel.

Charakteristiky dopravního proudu

Jedním z největších vlivů na produkci emisí má styl jízdy vozidel. V modelu je využit parametr rychlost dopravního proudu (km/h) a plynulost dopravy. Ta se udává na

stupnici 1-10.

Dynamická skladba vozového parku

Dynamická skladba vozového parku neboli procentuální podíl automobilů bez katalyzátoru a automobilů splňující limity EURO. Přesná data se nejlépe zjistí dopravním průzkumem na

základě sledování SPZ. Jelikož prostý počet registrovaných vozidel by byl velmi nepřesný. Například novější auta jsou využívanější než ty stará. Proto byly výpočty rozděleny do tří kategorií:

- pražské a dálniční úseky
- hlavní silnice I. a II. třídy a komunikace ve velkých měst
- méně zatížené komunikace a venkovské profily

Referenční body

Výpočet koncentrací znečišťujících látek je závislý na konkrétních referenčních bodech, kde jsou hodnoty pořizovány. Česká republika je pokryta trojúhelníkovou referenční sítí. Krok sítě byl rozdělen do 4 skupin:

- základní síť - body v trojúhelníkové síti s krokem 1 500 m
- body ve vzdálenosti 50 m od komunikací
- body ve vzdálenosti 100 m od komunikací
- body ve vzdálenosti 200 m od komunikací

Rozptylové podmínky jednotlivých částí území

V modelu je popsán systém větrných družic. Každá zaznamenává základní, charakteristické informace.

Konfigurace terénu

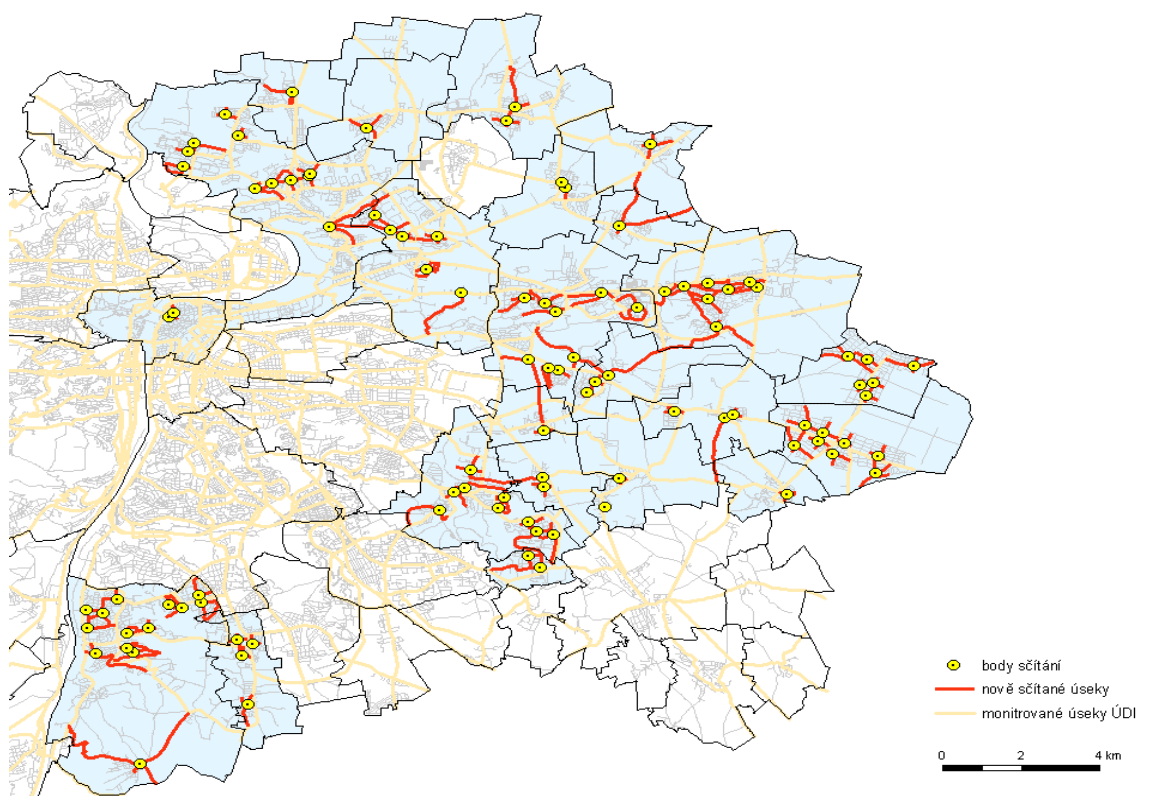
Pro vstupní data byla nutná příprava výškopisu území a její digitalizace ve formátu ESRI GRID. Byl použit velmi přesný a podrobný popis reliéfu každého sledovaného úseku, které jsou spojitě pro celou ČR.

Konfigurace terénu ovlivňuje směr a rychlost větru, zvláště pro výpočet rozptylových podmínek imisí. Deformace proudění vzduchu závisí na charakteru vertikálních, terénních překážkách, nadmořské výšce a orientaci vůči proudění.

6.2.4 ENVIS 4

Projekt má za cíl zkvalitnit dostupnost informací o životním prostředí na území vybraných městských částí hl.m. Praha. Do té doby byla k dispozici jen imisní mapa v malém měřítku. ENVIS 4, projekt Ateliéru ekologických modelů, se zabývá čtyřmi částmi - ovzduší, hluk, krajina a zeleň. Co se ovzduší týče, využívá Registr emisí a zdrojů znečištění ovzduší (REZZO), který zajišťuje Český hydrometeorologický ústav. Registr obsahuje čtyři kategorie, REZZO 1-3 jsou zdroje stacionární a REZZO 4 se zabývá mobilními zdroji znečištění.

Emise se stanoví na základě intenzit dopravy. Na hlavní komunikační síti získává údaje z dopravních průzkumů TSK Praha, dále bylo v první fázi projektu provedeno samostatné sčítání na doplňující síti. Ta zahrnuje významné úseky v obytné zástavbě, na hromadných parkovištích a garážích u významných nákupních center. Doplňující síť tvoří přes 374 úseků o délce 136 km z celkových 456 km.

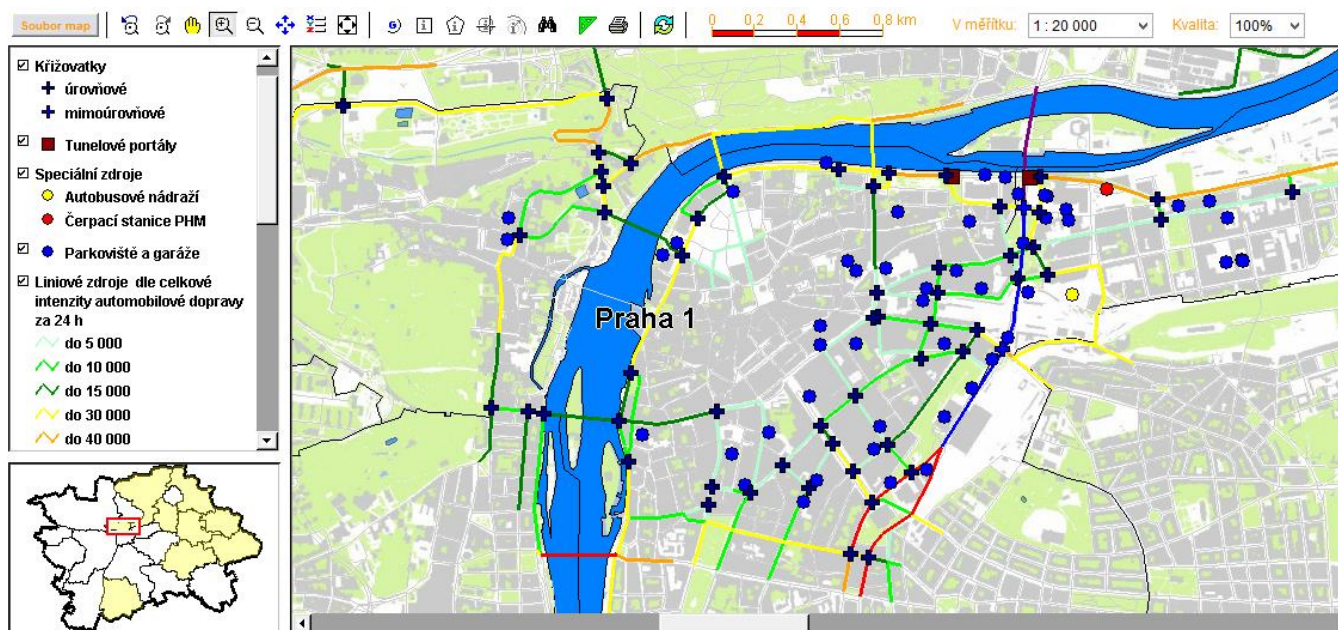


Obrázek 12. Doplňující sčítání automobilové dopravy [16]

Na základě takto získaných emisních dat byly provedeny výpočty rozložení koncentrací v podrobné síti 23 tisíc referenčních bodů (100×100 m). Výsledky jsou prezentovány ve formě izolinií – tzv. pásem imisní zátěže, která poskytují rychlou a přehlednou informaci o rozložení znečištění ovzduší v rámci města. Pro uživatele je pak připraven zcela zásadní

výstup - podrobné informace v rámci mapového projektu, kde je možné přímo z výpočetních bodů odečíst v každé části zástavby informace o úrovni znečištění a o jeho původcích (zdrojích, které se na imisní zátěži podílejí). Tak je možné sledovat i vlivy lokálně působících zdrojů [16].

Na Obrázku 11 přikládám příklad vyobrazení mobilních zdrojů v centru Prahy. Mapy systému ENVIS 4 jsou zpracovány v geografickém informačním systému (GIS).



Obrázek 13 Mobilní zdroje znečištění ovzduší v centru Prahy [16]

Výsledky hodnocení poskytují uživateli tři typy informací [16] :

- údaje o zdrojích znečištění – jejich umístění, typ, provozní údaje (např. typ technologie, spotřebu paliva, počty vozidel a podobně) a výsledné emisní hodnoty
- údaje o celkovém rozložení imisní zátěže v rámci města pro tři rozhodující znečišťující látky (oxid dusičitý, suspendované částice PM₁₀ a benzen)
- podrobné informace o úrovni znečištění a o jeho původcích (zdrojích, které se na imisní zátěži podílejí) přímo v jednotlivých výpočetních bodech

7 Srovnávací jízdy

Tato kapitola porovnává znečištění emisemi na třech různých trasách centrem Prahy. Pro výstup byl zvolen emisní model MEFA 13 (dostupný od ATEM) zmiňovaný v předchozí kapitole, který je určen právě pro lokální modely znečištění ovzduší. Program v sobě zahrnuje emisní faktory pro ČR, které zprostředkovává Ministerstvo životního prostředí ČR.

Výpočet používá rychlost jedoucích vozidel, sklon vozovky, typ vozidla, podíl aut bez katalyzátorů a aut splňujících jednotlivé emisní limity. Zahrnuje i dynamickou skladbu vozového parku, který je charakteristický pro hl.m. Praha, a skladbu dopravního proudu podle emisních kategorií vozidel. Je zřejmé, že starší vozidla budou méně využívána. Data o skladbě dopravního proudu zprostředkovává ŘSD. Emisní model stanoví nejen emise ze spáleného paliva, ale také množství částic, které se dostávají do ovzduší zvířením projíždějících automobilů tzv. sekundární prašnost. Ta závisí na meteorologických podmínkách a charakteru povrchu. Model zahrnuje mimo jiné i tzv. studené starty. Vychází se z výpočtů, že prvních 5 km po startu automobilu je motor stále studený, tudíž produkuje více emisí. Tento jev se objevuje zvláště ve městech, kde jsou krátké dojezdové vzdálenosti. [10]

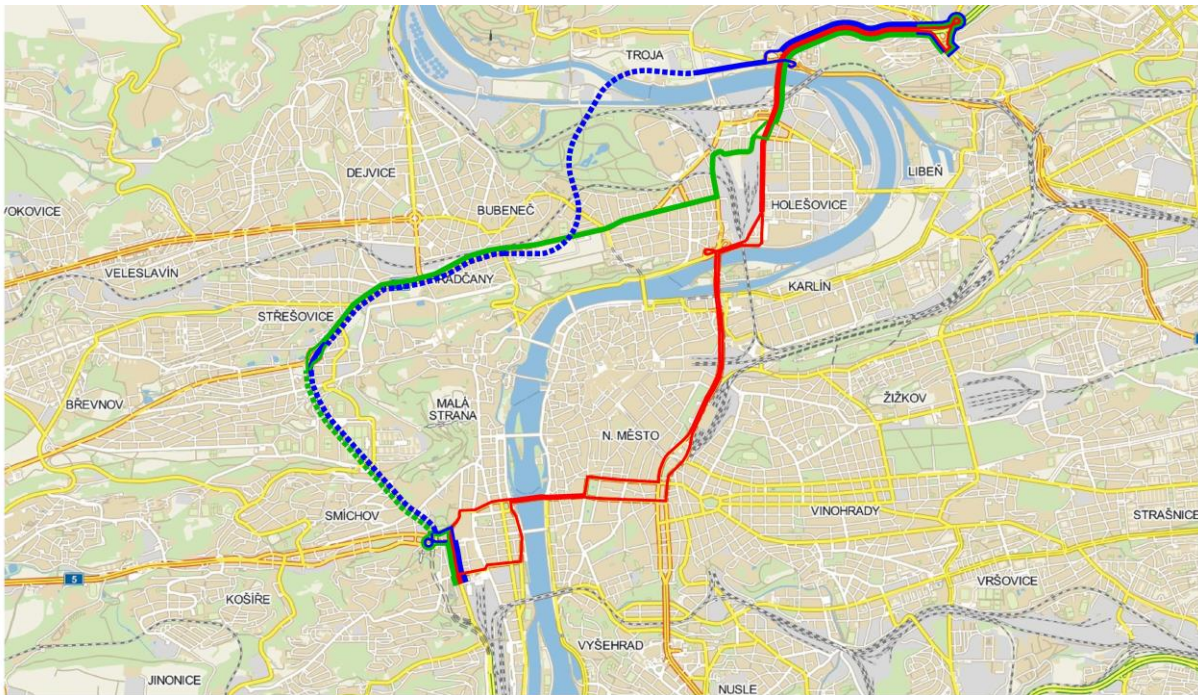
Cílem diplomové práce bylo porovnat vliv výstavby severozápadní části městského okruhu na ovzduší. Pro účely práce jsem se zúčastnila a dále použila průzkum cestovní doby plovoucím vozidlem, pořádaný ČVUT, Fakultou dopravní, kde byly provedeny tři srovnávací jízdy (Obrázek 11). Začátek tras byl u nemocnice Bulovka a cílovým bodem ulice Za Ženskými domovy. První jízda byla samozřejmě tunelovým komplexem Blanka a další dvě byly právě ty dopravní cesty centrem Prahy, kterým by mělo otevření komplexu značně ulevit.

Jedná se o trasy:

Blanka: Bulovka – V Holešovičkách – Povltavská – Tunelový komplex Blanka – Strahovský tunel – Radlická – Za Ženskými domovy

Dejvice: Bulovka – V Holešovičkách – Veletržní – Milady Horákové – Strahovský tunel – Radlická – Za Ženskými domovy

Centrum: Bulovka – V Holešovičkách – Argentinská – Wilsonova – Žitná (Ječná) – Jiráskův most – Kartouzská – Radlická – Za Ženskými domovy



Obrázek 14. Trasy srovnávacích jízd [21]

Průzkum byl proveden v úterý 17.6.2014, pro jeden směr v ranní špičce (začátek v 7:30) a pro opačný v odpolední dopravní špičce (začátek v 16:30). Zaznamenávána byla spotřeba a čas strávený na cestě a při zastavení v kongesci nebo na SSZ.

Při první trase byla jízda nejplynulejší, jelikož je trasa vedena převážně v podzemí. Doba jízdy tunely trvala necelých 8 minut. Problém nastává u napojení na ulici V Holešovičkách, kde jízda po povrchu, která tvoří jen zlomek trasy, trvala téměř minut 17.

Druhá trasa Dejvicemi má dva stejné úseky, a to již zmiňovanou, problémovou ulici V Holešovičkách a na začátku průjezd Strahovským tunelem, který výrazně urychluje cestu z pražského Smíchova až do Dejvic. Tam se napojuje na ulici Patočkova. Před vozovnou Střešovic je první problémový bod této trasy. I přesto, že je komunikace dvoupruhová, tak kvůli poměrně silnému levému odbočení směrem do Střešovic, které nemá samostatnou fázi na SSZ, se zde tvoří kongesce. Dále provoz přibrzdí přechody pro chodce v oblasti stanice Hradčanská. Jedná se o významný dopravní uzel veřejné hromadné dopravy. Nachází se zde jak zastávka metra a autobusu tak tramvajová a železniční trať. Nejvytíženější úsek je však mezi tramvajovou smyčkou Špejchar a Korunovační ulicí. Při průzkumu byla tato část 400m ujela za téměř 8 minut. Za světelným signalizačním zařízením byla doprava vcelku plynulá. Následující kritický bod je v ulici Železničářů. Plovoucí vozidlo zde muselo 9x úplně zastavit na 700 metrech.

U poslední jízdy centrem je plynulost provozu od Jiráskova mostu až po Wilsonovu ulici velmi nízká. V Ječné ulici bylo potřeba automobil zastavit 14krát. Tato trasa je sice na kilometry nejkratší, ale zvláště ve špičkových hodinách, nejvíce vytížená a téměř neprůjezdná. Otevření Severozápadní části MO by měl odvést dopravu právě z této části Prahy.

8 Vyhodnocení srovnávacích jízd

Pro vlastní aplikaci do programu MEFA 13, bylo zapotřebí vytvořit soubor se vstupními daty. V modelu byla použita směrově rozlišená data, jelikož se v určitých částech charakteristiky vozovky a dopravního proudu značně liší.

Samotný výpočet emisí z liniových zdrojů by se dal rozdělit na 7 základních částí (Obrázek 15) :

The screenshot shows the 'MEFA výpočet' application window. It is divided into several sections:

- 1. Vstupní soubor s daty:** Input field for the data file path (C:\Users\Barbara\Desktop\jizdy.xlsx), radio buttons for 'Dopravní data' (směrově nerozlišená, směrově rozlišená, ze sčítání dopravy ŘSD), and buttons for 'Zahnout studené starty', 'Nastav teploty', 'Nastav časy stání', and 'Nastav ujeté dráhy'.
- 2. Skladba vozového parku:** Radio buttons for 'Definované schéma' and 'Ze souboru'. Under 'Definované schéma', there is a dropdown for 'Schéma' (Praha) and a dropdown for 'Výpočtový rok' (2015). Under 'Ze souboru', there is an input field for 'Soubor vozového parku' and a dropdown for 'Výpočtový rok souboru'.
- 3. Klimatické charakteristiky:** 'Lokalita' dropdown (Praha), input for '95' (dny v roce s úhrnem srážek 1 mm a více), and input for '5' (zimních měsíců v roce).
- 4. Vytížení nákladních vozidel (%):** Input field (50) and checkbox 'Neuvažovat vytížení' (checked).
- 5. Charakter komunikace:** Checkbox 'Komunikace s omezeným přístupem'.
- 6. Parametry výstupního souboru:** Input field for the output file path (C:\Users\Barbara\Desktop\DP\mefa\IJZDY.dbf) and checkbox 'Vytvořit rozšířený výstup'.
- 7. Výběr emitovaných škodlivin:** A list of pollutants with checkboxes: Primární emise (NOx, CO, SO2, PM, PM10, PM2.5, NO2, CxHy, PAH), methan, propan, 1,3-butadien, benzen, toluen, styren, formaldehyd, acetaldehyd, benzo[a]pyren, and Resuspenze (PM10, PM2.5, PAH, benzo[a]pyren).

Buttons at the bottom include '<< Zpět' and 'Výpočet'.

Obrázek 15. Okno databázového výpočtu

1. Vstupní soubory s daty

Základními vstupy je identifikační číslo komunikace, délka úseku, podélný sklon vozovky, průměrná rychlost dopravního proudu, kde program pro těžká nákladní vozidla a autobusy automaticky snižuje výslednou rychlost. Následně se zadává plynulost provozu dle jízdního režimu na stupnici od 1 do 10 a intenzity dopravy, které jsem pro diplomovou práci čerpala z Technické správy komunikací hlavního města Prahy za rok 2014. Pro města je využívána

minimální hodnota 2-3 (občasné zastavení na křižovatkách), plynulost 8-9 je pro režim ,stop and go‘. Jen v ojedinělých případech se zadává hodnota 10.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	ID	DELKA	SKLON	RYCHLOST1	PLYNULOST1	OA1	NL1	NT1	BUS1	RYCHLOST2	PLYNULOST2	OA2	NL2	NT2	BUS2
2	AL2	400	2	45	3	4100	100	0	4	30	6	19600	400	0	4
3	AL3	2000	2	50	2	22100	800	0	0	50	2	22700	800	0	0
4	AL3	450	2	20	6	19500	900	0	397	40	3	22700	900	0	389
5	AL4	370	2	20	5	1800	900	0	430	15	7	20000	900	0	423
6	AL5	350	2	35	3	19200	900	0	397	25	4	17000	900	0	389
7	AL6	800	2	20	5	16500	800	0	112	45	2	14800	800	0	112
8	AL7	1000	2	5	8	13500	700	0	0	30	3	14700	700	0	0
9	AL8	1100	2	15	7	12100	400	0	0	25	5	10900	400	0	0
10	AL9	300	2	30	4	8800	400	0	0	30	4	8900	400	0	0

Obrázek 16. Struktura vstupního souboru

2. Skladba vozového parku

Pro skladbu vozového parku bylo využito předdefinované schéma pro hl. m. Praha. Dále jsou k dispozici možnosti dálnice a města a ostatní silnice. Vývoj dynamického vozového parku je predikován až do roku 2040.

3. Klimatické podmínky

Klimatické charakteristiky zásadně ovlivňují sekundární prašnost. Zadáván je počet zimních měsíců v roce a počet srážkových dnů, při srážkách vyšších než 1mm. Pro diplomovou práci byla využita již naimplementovaná databáze, která čítá 134 různých měst v České republice. Tedy konkrétně pro Prahu, to je 95 dní s úhrnem srážek vyšší než 1 mm a 5 zimních měsíců za rok.

4. Vytížení nákladních vozidel

Do programu je možno zadat vytížení nákladních vozidel v procentech. Zaškrtnuto bylo však políčko ‚*Neuvažovat vytížení*‘, jelikož počet nákladních vozidel je již zakomponován ve vstupním souboru na základně dat intenzit od TSK.

5. Charakter komunikace

Rozlišuje, o jaký typ komunikace se jedná. Zda je mimoúrovňová, směrově dělená, s omezeným přístupem některých vozidel či zda se jedná o běžnou komunikaci s volným přístupem. Tyto charakteristiky ovlivňují množství resuspendovaných částic.

6. Parametry výstupního souboru

Pro výstupní data lze vybrat z následujících výstupních souborů:

- Soubor dBase
- Soubor ASCII

- Soubor s hodnoty oddělených čárkou

Dále je možno využít kolonky ‚*Vytvořit rozšířený výstup*‘. V případě zaškrtnutí se vypočítají emise zvláště pro jednotlivé druhy vozidel – osobní vozidla, lehká nákladní vozidla, těžká nákladní vozidla a autobusy.

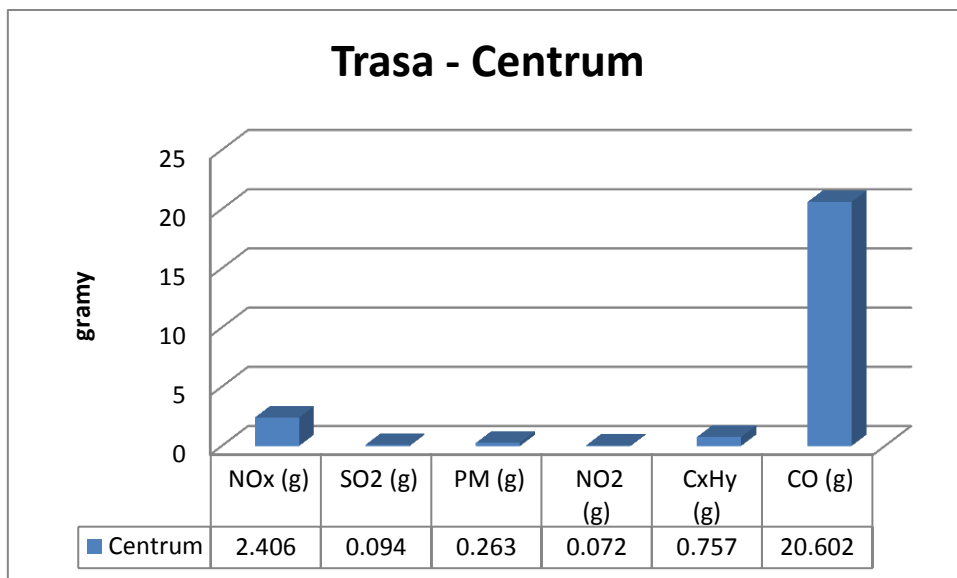
7. Výběr škodlivin

Podstatnou částí je výběr požadovaných emisních látek. Byly zvoleny primární emise: oxidy dusíku (NO_x), oxid uhelnatý (CO), oxid siřičitý (SO₂), pevné částice (PM, PM₁₀, PM_{2,5}) oxid dusičitý (NO₂), uhlovodíky (C_xH_y) a polyaromáty (PAH).

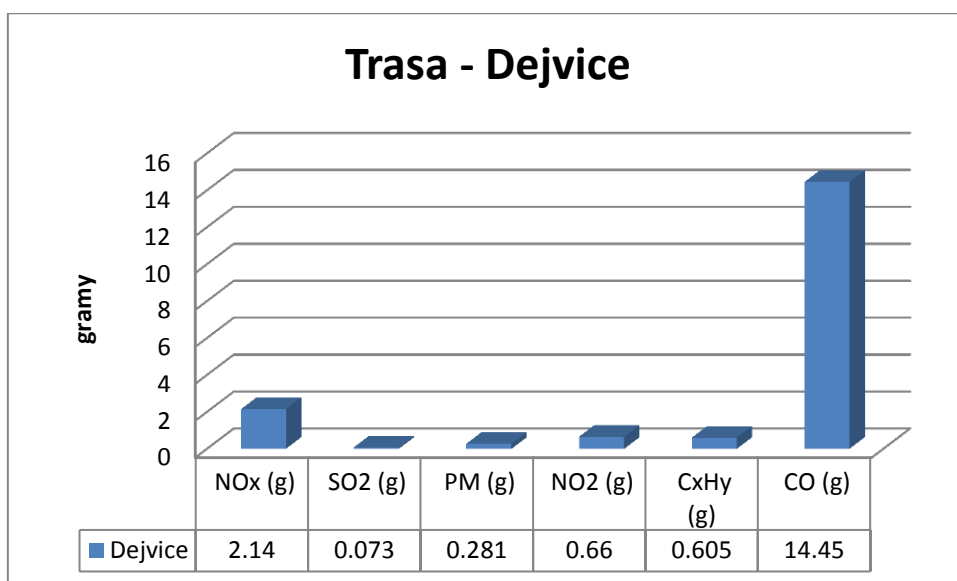
8.1 Vlastní porovnání tras

Jako výstup bylo zvoleno množství emisí, které vyprodukuje jedno vzorové vozidlo danými trasami a pro přesnost následná aplikace počtu znečišťujících látek do jednoho grafu. Jako vzorové vozidlo byl zvolen běžný automobil s benzinovým motorem (u benzínu se dají předpokládat vyšší hodnoty uhlovodíků, než u spotřeby nafty), které dosahuje normy EURO 5. Výsledná data jsou spíše pro porovnání jednotlivých částí. Až v následujících grafech (12,13,14) je zahrnuta i skladba vozového parku.

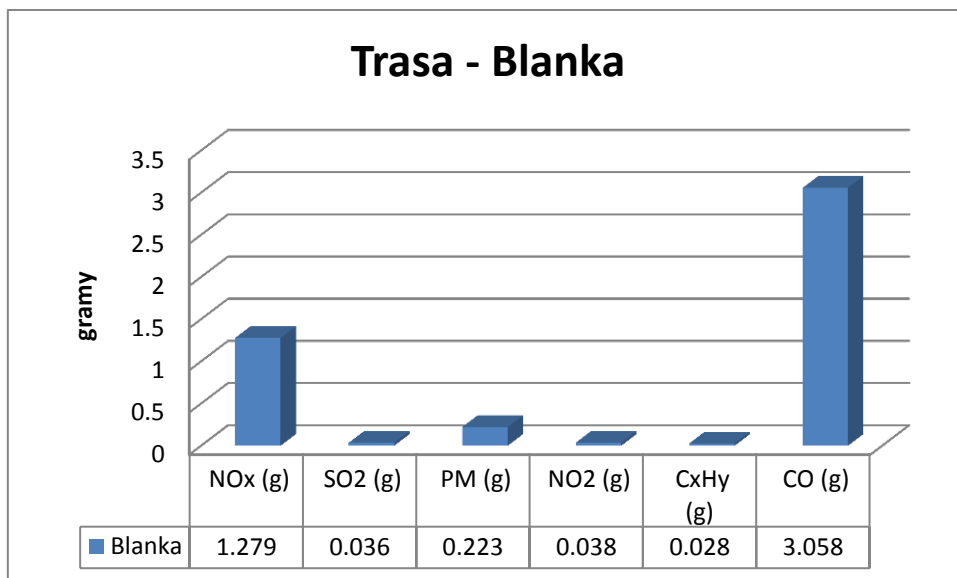
První trasa je vedena centrem města, kde se očekávaly nejvyšší hodnoty, dále byla zvolena jízda Dejvicemi a poslední trasa byla stále nezprovozněným tunelem Blanka. Z grafů je možno vyčíst výsledné množství emisí, které automobil vyprodukuje za celý průjezd trasou. Výrazné rozdíly lze vyzorovat zvláště u oxidů dusíku a oxidu siřičitého, kde jsou hodnoty z centra dvojnásobné oproti jízdě tunelem, v případě C_xH_y dokonce trojnásobné. Za vinu to je nutno přikládat hlavně donucenému stylu jízdy okolními podmínkami. Čím nižší jsou intenzity a jízda plynulejší, tím spotřeba a následné emise klesají.



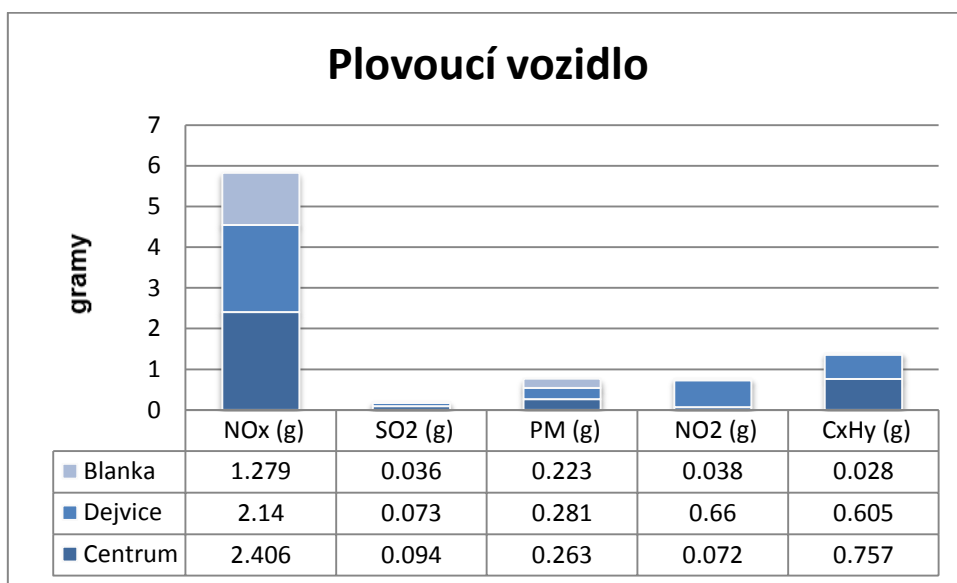
Graf 4. Vyprodukované emise plovoucím vozidlem na trase centrem



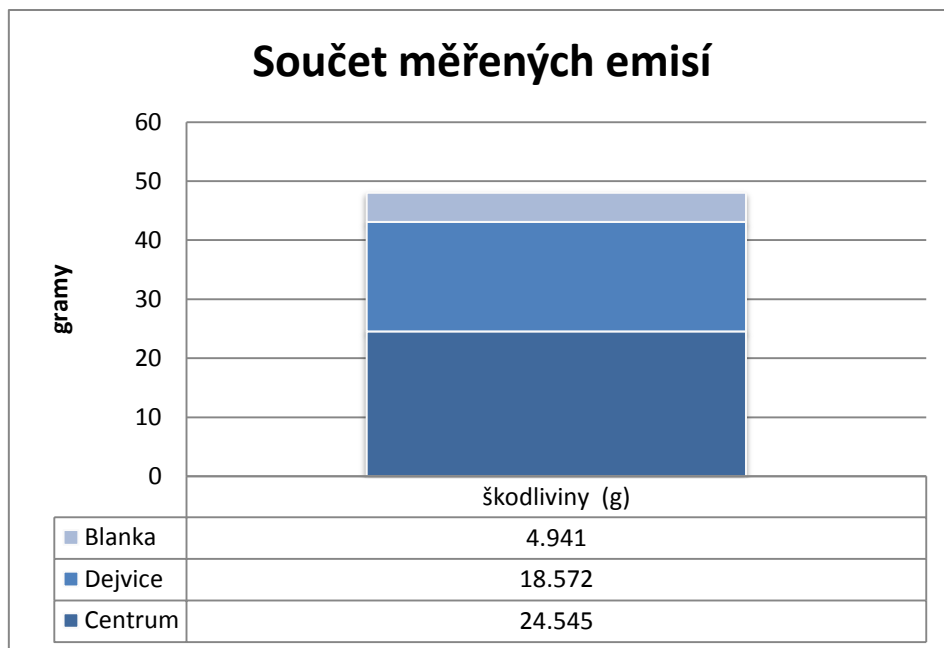
Graf 5. Vyprodukované emise plovoucím vozidlem na dejvické trase



Graf 6. Vyprodukované emise plovoucím vozidlem komplexem Blanka

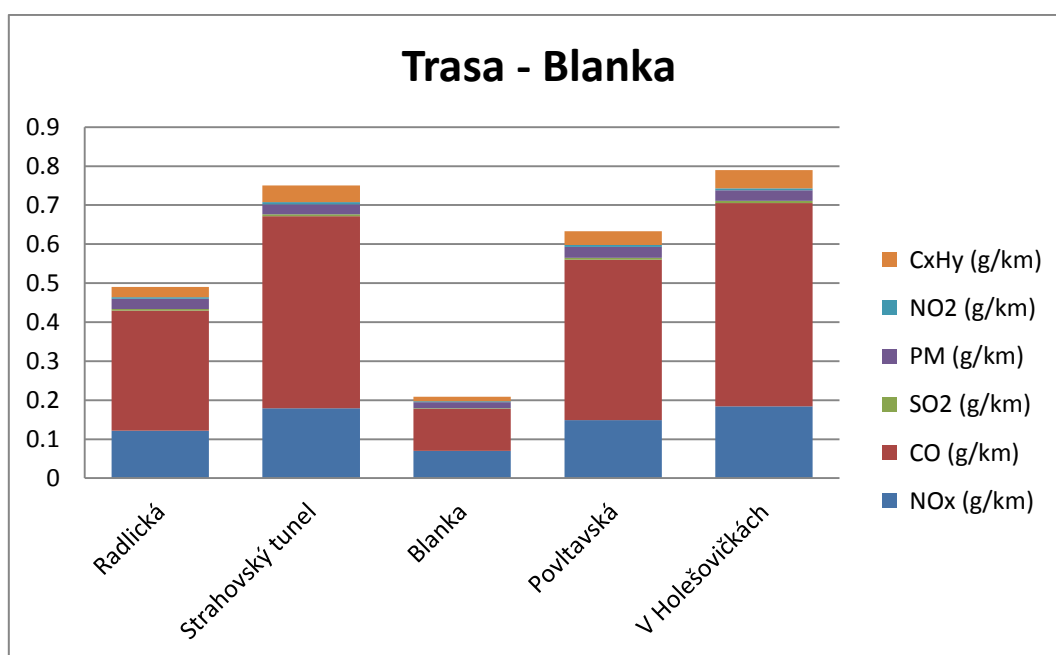


Graf 7. Porovnání tras a měřených emisí

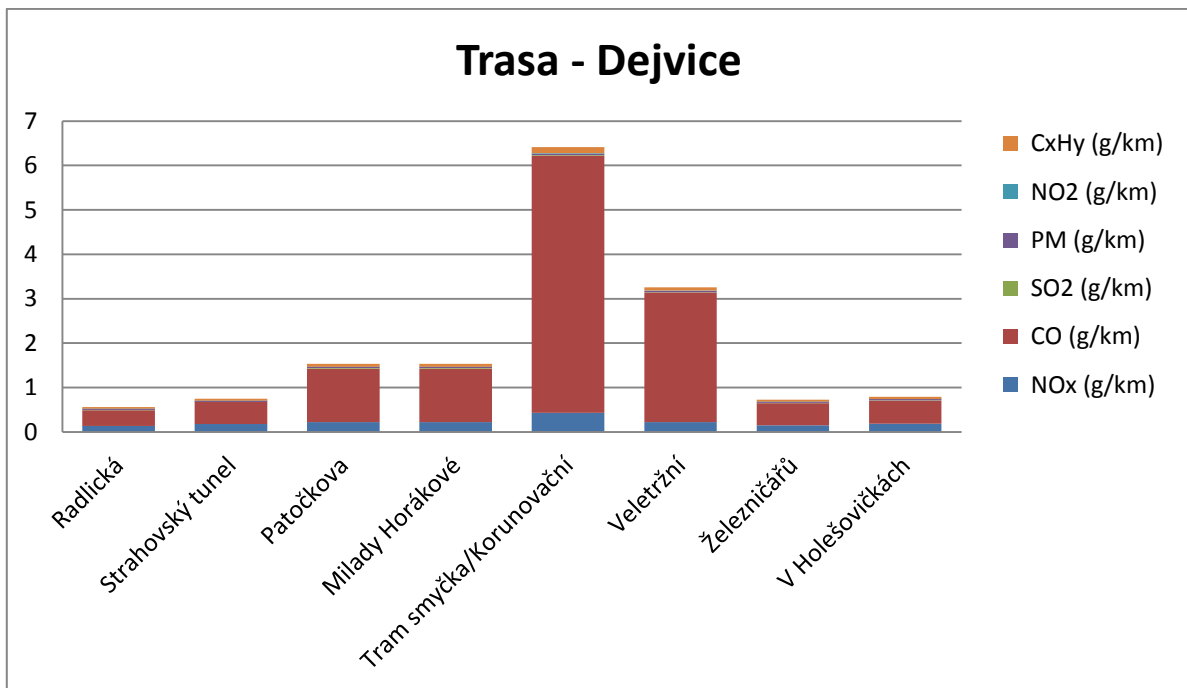


Graf 8. Celkový součet měřených emisí na vybraných trasách

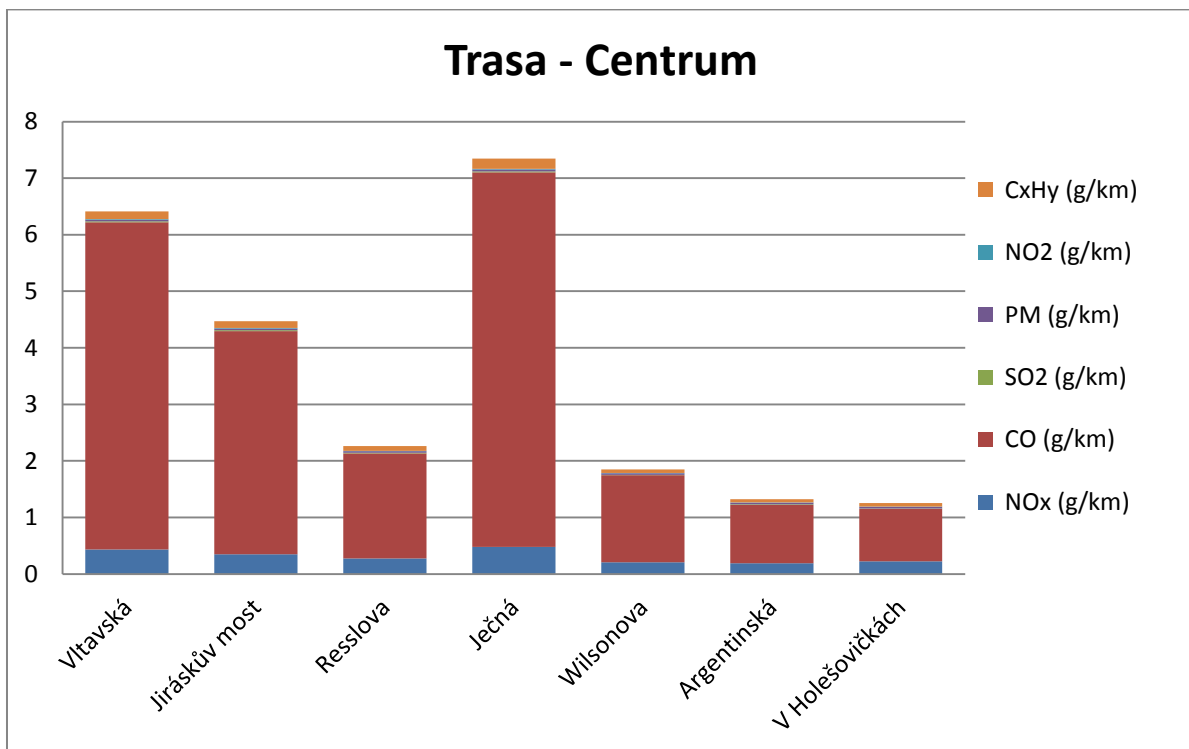
Dalším výstupem je vyhodnocení znečištění ovzduší nejfrekventovanějších úsecích jednotlivých tras ve špičkových hodinách. Nejhůře dopadla Ječná ulice, kde se tvoří v ranních a odpoledních hodinách kongesce a automobil musí zdolat poměrně dlouhé stoupání, průměrně zde vyprodukuje 7g na km trasy. Hodnoty přes 2g na kilometr jsou přesaženy v ulicích Vltavská, Resslera, Veletržní, M. Horákové v oblasti od tramvajové smyčky po ulici Korunovační a dále na Jiráskově mostě. Naopak při jízdě komplexem Blanka vzorové vozidlo nepřesáhne úroveň 1g/km.



Graf 9. Porovnání nejvytíženějších úseků na trase komplexem Blanka

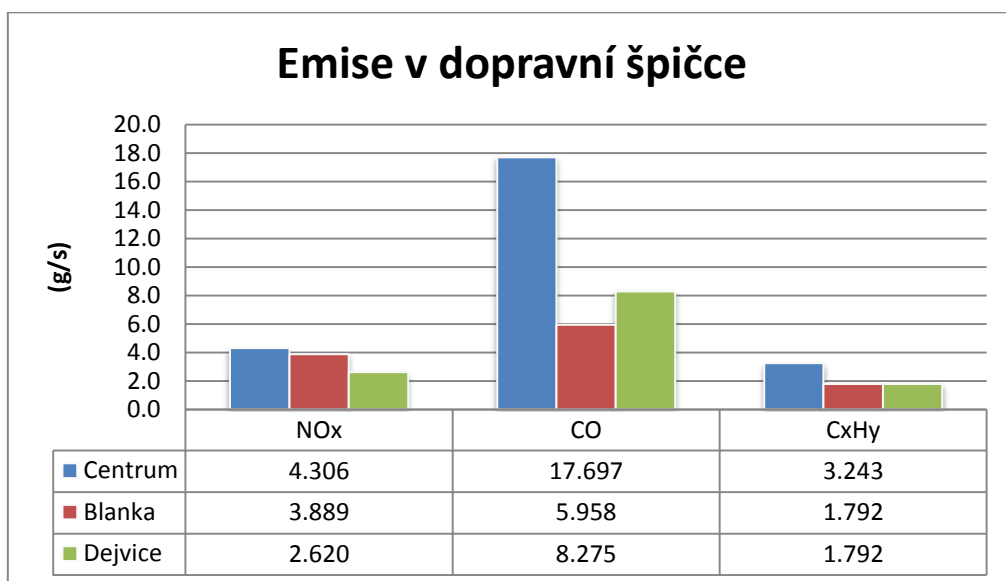


Graf 10. Porovnání nejvytíženějších úseků na trase Dejvice

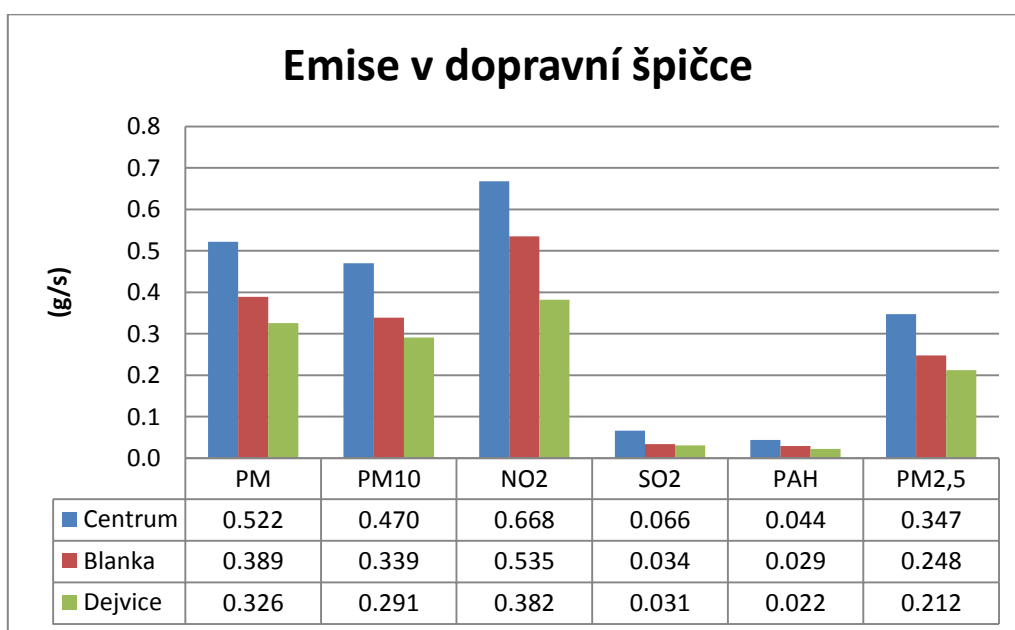


Graf 11. Porovnání nejvytíženějších úseků na trase centrem Prahy

Dalším výstupem bylo zvoleno porovnání všech škodlivých látek na vybraných trasách, při dopravní špičce. Jako již na předchozích grafech, hodnoty v centru města převyšují ostatní trasy. Největší rozdíly lze vypočítat u oxidu uhelnatého a naopak nejmenší u oxidů dusíku.

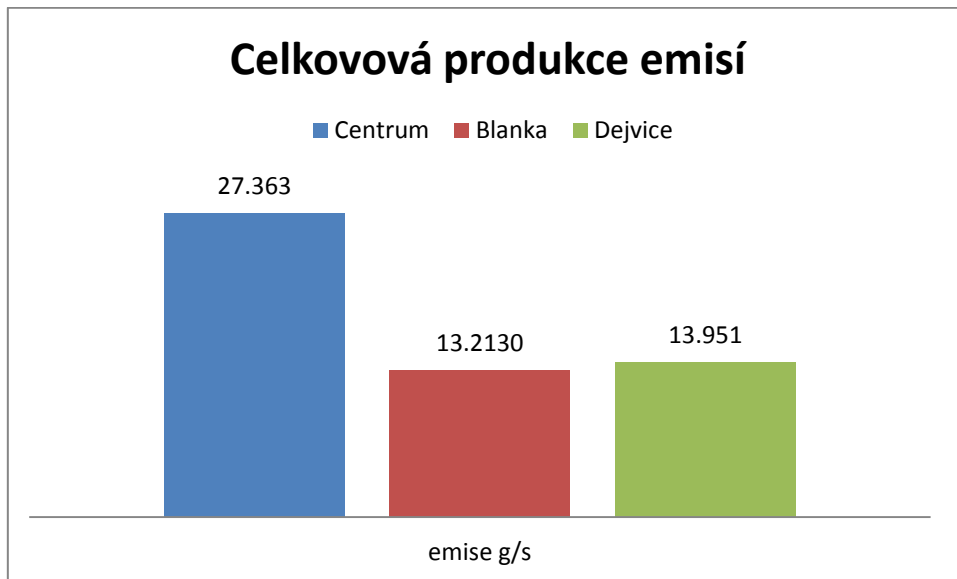


Graf 12. Porovnání všech škodlivých látek v dopravní špičce (g/s)



Graf 13. Porovnání všech škodlivých látek v dopravní špičce (g/s)

Posledním grafem je celkový počet vyprodukovaných emisí v dopravní špičce.



Graf 14. Celková produkce emisí na trasách

Při porovnání sice tunel Blanka nemá nejnižší hodnoty, ale to je přisouzeno tomu, že byly do programu MEFA 13 zadány jen predikované intenzity a není započítáno snížení provozu na okolní komunikační síti. I přesto výsledné hodnoty vycházejí vcelku pozitivně, ale přesné údaje, o kolik se ostatním oblastem Prahy uleví, se dozvíme až po otevření celé severozápadní části Městského okruhu.

9 Závěr

Diplomová práce se zaměřuje na jeden ze současných městských a příměstských problémů a tím je znečištění ovzduší od dopravy, které je stále rostoucím jevem v závislosti na nárůstu motorizace. I přesto, že bylo v posledních letech zavedeno několik opatření na redukci znečišťujících látek, a některé se podařilo téměř vyloučit (např. olovo, díky využívání bezolovnatého benzínu), je potřeba zavést a zrealizovat regulační plány na optimalizaci dopravy a usměrnit rozvoj města.

Cílem práce bylo se soustředit na hl. m. Praha a jeho nedokončenou část severozápadní části městského okruhu. Tato již dlouho očekávaná stavba by měla zlepšit životní úroveň ve městě a odlehčit okolní silniční síti. Trasa je vedena převážně v podzemí, tudíž její zprovoznění bude mít nejen ekologický přínos (snížené emise, hluk), ale také bez negativních, okolních vlivů na řidiče se jízda Prahou stane bezpečnější. Tunel by měl také pojmout současně predikované intenzity dopravy, na které by komunikační síť na povrchu již nestačila. V rámci projektu bylo vybudováno i několik parků, cyklostezek, parkovacích míst, přechodů pro chodce a dalších menších staveb pro lepší život obyvatel.

Pro určení kvality ovzduší je potřeba zvolit správný emisní model. Modely máme lokální, které zachycují znečištění určité části silniční sítě a globální které zahrnují emise na větším území, jako je město, region či stát. V předchozích kapitolách jsou popsány modely využívané v České republice. Největší část je věnována modelu od ATEM, který využívá program MEFA 13, a je použit i v diplomové práci.

V programu je využita dynamická skladba vozového parku v Praze, dalšími vstupními hodnotami je rychlost jízdy, sklony vozovky, studené starty, klimatické podmínky, důležité hlavně pro výpočet sekundární prašnosti a jiné. Uživatel si může také navolit emitované škodliviny, které je potřeba počítat.

Hlavním účelem bylo zjistit, zda tunelový komplex Blanka přinese ekologické zlepšení. Byly zvoleny tři trasy z ulice Ženské domovy až k nemocnici Bulovka. První trasa, vedená centrem přes Jiráskův most, Karlovo náměstí, Wilsonovu, Argentinskou a dále ulicí V Holešovičkách, vyšla v průzkumu jako emisně nejvíce závadná, zvláště v ulicích Ječná, kde automobil vyprodukuje vůbec nejvíce emisí ze všech zkoumaných úseků.

Dále je tu trasa Dejvicemi, přes Strahovský tunel, ulici Patočkova, M. Horákové, Veletržní a dále zase přes Argentinskou až po Bulovku. Jako poslední jízda byla stále ještě

nezprovozněným tunelovým komplexem Blanka, kde vycházely hodnoty naměřených látek pro plovoucí vozidlo až třikrát nižší než v trase první.

Při porovnání celkových emisních látek v dopravní špičce, nevyšel průjezd tunelem Blanka výrazně nejlépe, ale je to přikládáno k tomu, že byly využity jen predikované intenzity a v modelech není zahrnuto, o kolik se provoz sníží na okolních komunikacích. Proto je vždy potřeba zvolit vhodný emisní model, který musí být správně nakalibrován a potom jsou výsledná data směrodatná.

10 Seznam literatury

- [1] **SATRA spol. s.r.o.**, Soubor staveb Městského okruhu č. 0081, č. 0094 a Libeňské spojky č. 8313 – dokumentace EIA, 2006
- [2] **Ceskedalnice.cz**, Jednotlivé stavby městského okruhu 2008, [online] Dostupné z <<http://www.ceskedalnice.cz/rychlostni-silnice/mo>>
- [3] **ČZU v Praze - Katedra jakosti a spolehlivosti strojů**. Produkce emisních složek výfukových plynů, [online] Dostupné z <<http://tf.czu.cz/~PEXA/Budejovice/Prednasky/P-Emise.pdf>>
- [4] **ČVUT v Praze Fakulta dopravní**, Skripta Základy dopravního inženýrství 2009
- [5] **Centrum dopravního výzkumu**, Vývoj emisní zátěže ovzduší z dopravy 2004, [online] Dostupné z <http://www.cdv.cz/text/szp/ovzdusi/vyvoj_zateze.pdf>
- [6] **Vladimír Matějovsky**, Automobilová paliva 2004
- [7] **Ing. Milan Jindra**, Příprava tunelového úseku městského okruhu Myslbekova – Pelc Tyrolka, [online] Dostupné z <http://slon.diamo.cz/hpvt/2005/tezba/S_03.htm>
- [8] **Městskýokruh.info**, Východní část MO, [online] Dostupné z <<http://mestskyokruh.info/>>
- [9] **Centrum dopravního výzkumu**, Stanovení emisí látek znečišťujících ovzduší z dopravy 2006, [online] Dostupné z <<http://www.cdv.cz/file/metodika-stanoveni-emisi-latek-znecistujicich-ovzdusi-z-dopravy/>>
- [10] **Barbara Jelínková**, Modelování znečištění a nákladů z individuální automobilové dopravy, Bakalářská práce 2013
- [11] **Elektronickemytne.cz**, Jak se v ČR vyvíjí struktura vozového parku dle emisních tříd? 2014, [online] Dostupné z <<http://www.elektronickemytne.cz/jak-se-v-cr-vyvi-ji-struktura-vozidloveho-parku-dle-emisnich-trid/>>
- [12] **Jan Sajdl**, Emisní norma EURO, [online] Dostupné z: <<http://cs.autolexicon.net/articles/emisni-norma-euro/>>

- [13] **SATRA spol. s.r.o.**, Městský okruh v Praze - Pelc Tyrolka 2011, [online] Dostupné z <Mo.ttnz.cz>
- [14] **ENVIS 4**, Zpráva o aktualizaci projektu za oblasti ovzduší, krajina a zeleň v roce 2012, [online] Dostupné z <<http://envis4.praha.eu/>>
- [15] **ATEM**, Stanovení emisí látek znečišťujících ovzduší z dopravy, 2006, [online] Dostupné z <<http://www.rsd.cz/doc/Technicke-predpisy/Ochrana-zivotniho-prostredi/model-emisi-a-imisi-z-automobilove-dopravy-2010> >
- [16] **ENVIS 4**, Informační servis o životním prostředí ve vybraných MČ hl.m. Prahy 2012, [online] Dostupné z <http://envis4.praha.eu/sablona_ovz.html>
- [17] **Jan Sajdl**, Emise z výfukových plynů, [online] Dostupné z: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/emise-vyfukovych-plynu/>>
- [18] **ČHMÚ**, Grafická ročenka 2013. [online] Dostupné z: http://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/13groc/gr13cz/V1_Praha_CZ.html
- [19] **ENVIS 4**, Ročenka Praha ŽP 2012, kapitola B.1. Ovzduší, [online] Dostupné z: <[http://envis.prahamesto.cz/\(boja01f2fsfxvuar321f3saf\)/rocenky/Pr12_pdf/RZP12_kapB1.pdf](http://envis.prahamesto.cz/(boja01f2fsfxvuar321f3saf)/rocenky/Pr12_pdf/RZP12_kapB1.pdf)>
- [20] **ENVIS 4**, Emise z dopravy 2012, [online] Dostupné z: <<http://mpp.praha.eu/app/map/atlas-zivotniho-prostredi/cs/emise-z-dopravy#center=-739552,-1045824&zoom=3>>
- [21] **Studie Městský okruh - vklad pro nové tisíciletí**, ČVUT v Praze Fakulta dopravní, 2014