

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ –TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA
Institut environmentálního inženýrství

**VÝPOČET IMISÍ ZE SILNIČNÍ DOPRAVY A SROVNÁNÍ S
DATY Z AUTOMATIZOVANÉ IMISNÍ STANICE**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor

Bc. Zuzana Ambrožová

Vedoucí diplomové práce

Ing. Jana Kodymová, Ph.D.

Ostrava 2017

VŠB – TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA
FACULTY OF MINING AND GEOLOGY
Institute of environmental engineering

**CALCULATION OF TRANSPORT IMMISSIONS AND
CONFRONTATION WITH DATA FROM AIM
(AUTOMATIC IMMISSION STATION)**

DIPLOMA THESIS

Author

Bc. Zuzana Ambrožová

Supervisor

Ing. Jana Kodymová, Ph.D.

Ostrava 2017

Prohlašuji, že

Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

Byla jsem seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a §60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§35 odst. 3).

Souhlasím s tím, že jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce.

Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.

Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution – NonCommercial - ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.

Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Luboměři dne 28.4.2017

.....

Bc. Zuzana Ambrožová

Poděkování

Děkuji vedoucí své diplomové práce paní Ing. Janě Kodymové, Ph.D. za poskytnutí potřebných údajů, odborné vedení, cenné rady a pomoc při vypracování této práce. Poděkování také patří mé rodině, přátelům a partnerovi za morální podporu, jež mne po celou dobu studia plně podporovala.

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá problematikou znečištění ovzduší ze silniční dopravy. Teoretická část je věnována způsobu stanovení emisí látek znečišťujících ovzduší z dopravy a kvalitě ovzduší na Ostravsku. Oblast Ostravska je zatížena vysokou koncentrací průmyslové výroby, velkou hustotou zástavby s lokálním vytápěním pevnými palivy a zahuštěnou dopravní infrastrukturou, která má velký vliv na znečištění z dopravy. V praktické části je věnována výpočtu emisí ze silniční dopravy v zájmové oblasti Ostrava - Poruba na ulici 17. listopadu a Nábřeží svazu protifašistických bojovníků v měsících říjnu a listopadu 2015 pomocí programu MEFA. Další část je věnována výpočtu imisí ze silniční dopravy pomocí modelu CALINE 4, taktéž v zájmové oblasti. V závěru práce jsou srovnány vypočítané imise zájmové oblasti s hodnotami z automatizované imisní stanice TOPO.

Klíčová slova: emise, imise, doprava, Ostrava, program MEFA, CALINE 4

SUMMARY

The diploma thesis is dealing with the problems of air pollution from the road traffic. Theoretical part is dedicated to a way of how to determine the emissions of substances from the road traffic and to the air quality around Ostrava. The area around Ostrava is burdened by a high concentration of industrial production, building density with local heating for solid fuels and thickened transport infrastructure that has a huge impact on the road traffic pollution. Practical part is dedicated to emissions calculations from the road traffic in the area of interest called Ostrava – Poruba, including the 17. listopadu street and Nábřeží svazu protifašistických bojovníků in October and November 2015 using MEFA program. The next part is dedicated to emissions calculations from the road traffic using model CALINE 4, in the same area of interest. By the end of the thesis there are compared calculated emissions to the emissions measured by the automatic pollutant station TOPO.

Key words: emissions, pollutant, road traffic, Ostrava, MEFA program, CALINE 4

OBSAH

Anotace	1
1 Úvod.....	1
2 Způsoby stanovování emisí	2
2.1 Metodika stanovení emisí látek znečišťující ovzduší z dopravy.....	2
3 Kvalita ovzduší ve vybraném městě	5
3.1 Kvalita ovzduší v aglomeraci Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek	5
3.1.1 Suspendované částice PM ₁₀ a PM _{2,5}	5
3.1.2 Oxid dusičitý NO ₂	6
3.1.2 Benzo[a]pyren.....	6
3.1.3 Přízemní ozon	6
4 Význam znečištění z dopravy ve vybraném městě.....	8
4.1 Ostrava	8
4.2 Stanovení emisí ze silniční dopravy v lokalitě Ostrava – Poruba.....	11
4.2.1 Monitoring dopravy.....	12
4.2.2 Výpočet primárních emisí (emise z automobilové dopravy).....	14
4.2.3 Intenzita dopravy	16
4.2.4 Emisní faktory (pro výpočet primárních emisí).....	17
4.2.5 Výsledky primárních emisí.....	21
4.2.6 Výpočet sekundárních emisí u PM (resuspendované částice)	24
5 Výpočet imisí na stanoveném úseku.....	27
5.1 Výpočet imisí z dopravy	27
5.1.1 Pracovní parametry použité pro výpočet	28
5.1.2 Spouštěcí podmínky.....	29
5.1.3 Geometrie vozovek	32
5.1.4 Aktivita vozovek.....	33
5.1.5 Pozice receptoru.....	34
5.1.6 Výpočet.....	34
5.2 Výsledky	35
6 Diskuse.....	39
7 Závěr.....	44
Seznam použité literatury	45

seznam zkratek.....	48
Seznam obrázků.....	50
Seznam tabulek.....	51
Seznam grafů.....	52
Přílohy.....	53

1 ÚVOD

Doprava byla vždy neoddělitelnou součástí života a společnosti. V České republice i v jiných vyspělých zemích, je jeden z hlavních faktorů, který nepříznivě ovlivňuje kvalitu životního prostředí. Asi největší podíl náleží silniční dopravě, negativní vliv se hlavně projevuje ve velké produkci emisí znečišťujících ovzduší. Emise mají negativní vliv na naše zdraví, jedná se hlavně o velká města s vysokou hustotou automobilové dopravy. Výfukové plyny obsahují značné množství škodlivých látek, které působí toxicky, některé mohou mít karcinogenní účinky. Ke skleníkovému efektu přispívají oxid uhličitý, oxid dusný či metan, což vede k dlouhodobému oteplování atmosféry. V důsledku stálého rozvoje dopravy se negativně mění vzhled a morfologii krajiny, vznikají bariéry zabraňující volné migraci živočichů. Krajinu a živočichy negativně ovlivňuje hluk, vibrace a kontaminace vody, půdy a bioty způsobené solením cest v zimním období. Významný je také zábor půdy zejména zemědělského půdního fondu, při výstavbě či rekonstrukcích silniční a dálniční sítě. (Adamec et al. 2007)

Cílem diplomové práce je praktický výpočet emisí a imisí se silniční dopravy. V práci budou vypočítány emise znečišťujících látek NO_2 , NO_x , PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ v lokalitě Ostrava – Poruba, křižovatky silnic 17. listopadu a nábřeží Svazu protifašistických bojovníků. Na základě sčítání dopravy z měsíce října a listopadu 2015, dle metodiky stanovení emisí látek znečišťující ovzduší ze silniční dopravy. Spolu s metodikou se v současnosti používá na základě sdělení MŽP program MEFA. Tento program byl použit pro vypočítání emisních faktorů. Dále v rámci této práce byly stanoveny imise znečišťujících látek pomocí modelu CALINE 4.

Výsledkem práce bude výpočet emisí a imisí ze silniční dopravy a srovnání dat s automatizované imisní stanice v blízkosti dané lokality.

2 ZPŮSOBY STANOVOVÁNÍ EMISÍ

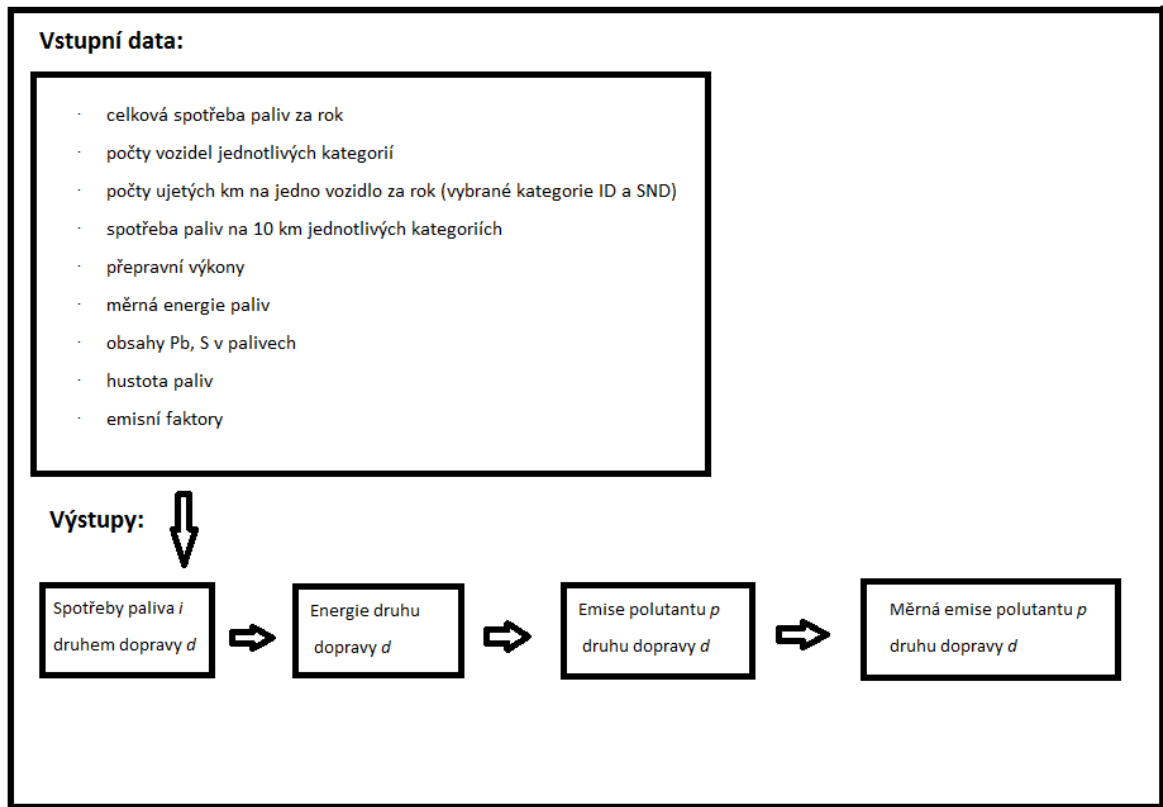
K posuzování a řízení kvality ovzduší, se používají výpočty emisí z dopravy, používané pro emisní inventury. Pro výpočty emitovaných látek dopravou se, používá metodika stanovení emisí látek znečišťující ovzduší z dopravy. (Adamec et al. 2007)

Následující podkapitola popisuje zpracování metodiku stanovování emisí v České republice.

2.1 Metodika stanovení emisí látek znečišťující ovzduší z dopravy

Tato metodika stanovuje pouze emise vzniklé při provozu dopravních prostředků. Nevztahuje se na emise z výroby elektrické energie spotřebované elektrickými vozidly, na emise z motorů nedopravních prostředků a strojů. Metodiku lze použít pro stanovení emisí na celostátní úrovni, ale i v regionálním měřítku. Je vhodná i pro emisní prognózy v časovém horizontu.

Metodika rozděluje dopravní prostředky do 23 kategorií podle kritérií jako druh dopravy, vybavení vozidel účinnými katalyzátory a emisní norma, používané palivo, apod. Metodika umožňuje kalkulaci jakýkoliv škodlivin, pokud známe hodnoty naměřených emisních faktorů. V metodice jsou kalkulovány, hlavně škodliviny přispívající k oteplování atmosféry CO₂, CO, NO_x, N₂O, C_xH_y, PM, PAH, PCDD, PCDF. Podrobnější informace o vstupech a výstupech nám máme popsáno ve schematickém zobrazení metodiky na obrázku č. 1. (Adamec et al. 2007).

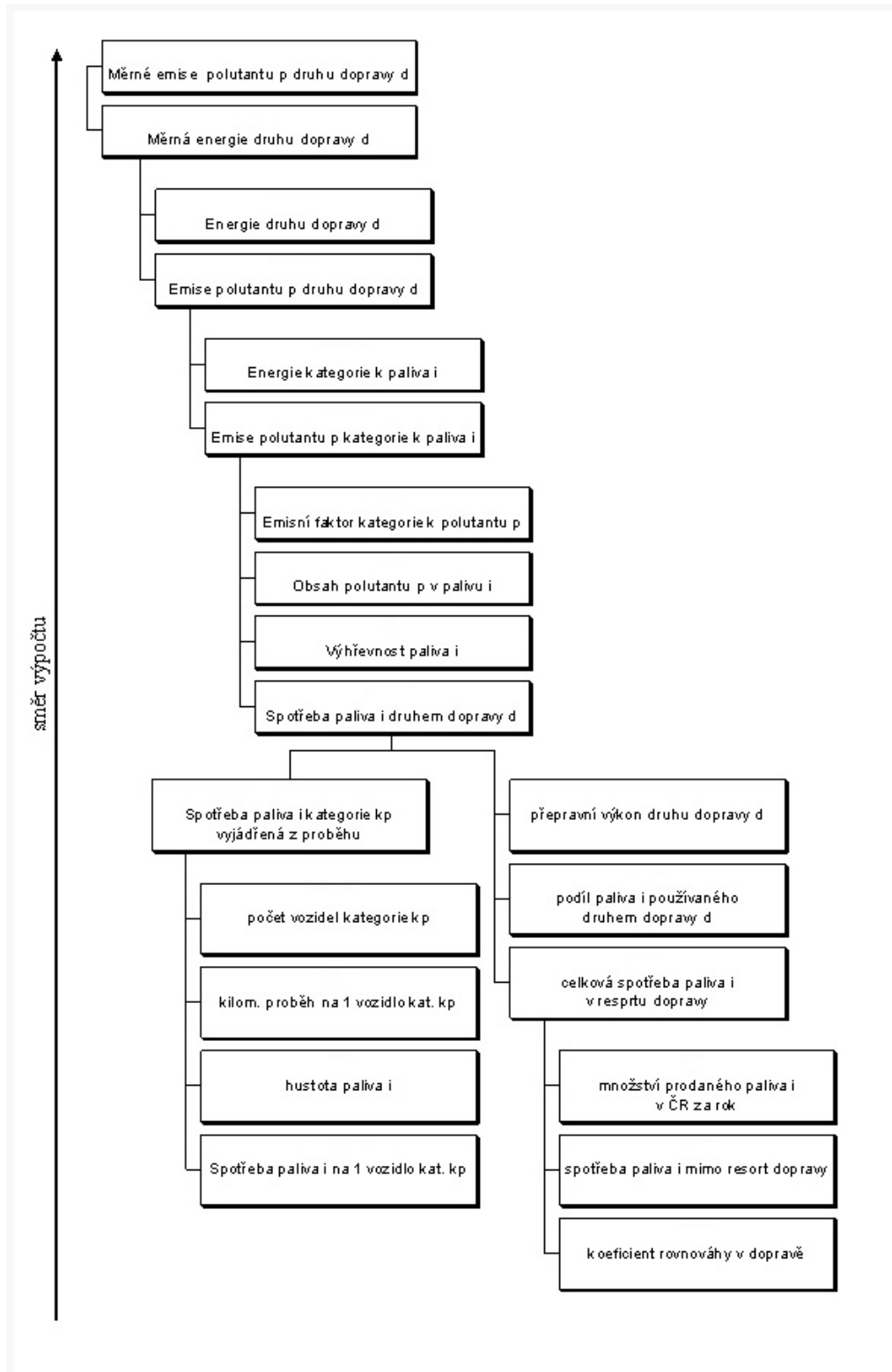


Obrázek č. 1 Schématické zobrazení metodiky výpočtu *emisí z dopravy* (Adamec et al. 2007)

Metodiky se využívá především pro stanovení emisí na celostátní úrovni a jejich prognóz v časovém horizontu, ale můžeme ji využít i na regionální úrovni. U silniční dopravy se využívají data získaná z celostátního sčítání dopravy, ke kterým se připočítají data z intravilánů velkých měst, kde tvoří velký podíl nesčítaná dopravní síť. Emise z letecké dopravy se rozdělí podle výkonů letišť, emise z přeletů se dělí podle velikosti regionu rovnoměrně. Emise ze železniční dopravy se dělí do regionů podle zastoupení neelektrifikovaných tratí, z vodní dopravy dle délky splavných řek.

Metodika stanovení emisí látek znečišťujících ovzduší z dopravy je vhodná pro emisní prognózy. Prognózy jsou založeny přímo na rozvoji dopravy, jež se promítne do sledovaných ukazatelů. Metodika se již uplatnila při stanovování tzv. národních emisních stropů, ke kterým se naše legislativa zavázala.

Na obr. č. 2 je schéma výpočtu ročních emisí, údaje na obrázku jsou označené: → směr výpočtu. (Adamec et al. 2007).



Obrázek č. 2 Schéma výpočtu ročních emisí (CZRSO [online], 2017)

3 KVALITA OVZDUŠÍ VE VYBRANÉM MĚSTĚ

Aglomerace Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek patří k nejvíce urbanizovaným a průmyslovým oblastem ve střední Evropě (Geograficky ji tvoří přibližně jihozápadní pětina území Hornoslezské pánve, rozkládající se z větší části na území Polské republiky. Historicky zatížené území rozsáhlou průmyslovou činností v oblasti Svrchnokarbonské kamenouhelné pánve, je zde vysoká koncentrace průmyslové výroby, velká hustota zástavby s lokálním vytápěním pevnými palivy a zahuštěná dopravní infrastruktura na obou stranách česko-polské hranice. (ČHMÚ [online], 2015)

Problémy oblasti jsou např. emise z prohořívajících odvalů a nezanedbatelný vliv fugitivních emisí z rozsáhlých průmyslových areálů. Na většině území aglomerace se nacházejí bezprostředně navazující obce (tzv. slezský typ zástavby), průmyslové areály jsou součástí měst. Koncentrace suspendovaných částic měřené na stanicích, které jsou klasifikovány jako venkovské či pozad'ové, jsou výrazně vyšší než na obdobně klasifikovaných stanicích v ostatních částech České republiky. Příčinou jsou vysoké emise v přeshraniční oblasti, tj. nejen produkce škodlivin zdroji na české straně hranice, ale i přeshraniční výměna znečištění ovzduší s Polskou republikou (podrobně viz výsledky projektů Air Silesia a Clean Border). (ČHMÚ [online], 2015)

Vyskytují se zde dlouhodobě nad limitující koncentrace škodlivin, proto je oblast pokryta hustou sítí, více než dvaceti měřicích stanic, které jsou doplňovány specializovanými dočasnými měřeními. (ČHMÚ [online], 2015)

3.1 Kvalita ovzduší v aglomeraci Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek

V aglomeraci O/K/F-M dochází k dlouhodobě nadlimitním koncentracím škodlivin v ovzduší a jejich trendů, proto je oblast pokryta hustou sítí více než dvaceti měřicích stanic. (ČHMÚ [online], 2015)

3.1.1 Suspendované částice PM_{10} a $PM_{2,5}$

V aglomeraci O/K/F-M jsou trvale překračovány limitní koncentrace suspendovaných částic a některých na ně navázaných zdraví škodlivých látek, např. polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH). Hodnoty znečištění naměřené na lokalitách aglomerace dominují republikovým statistikám. Nejvyšší průměrné roční

koncentrace PM_{10} i $PM_{2,5}$ jsou měřeny nejen v okolí průmyslových areálů, ale zejména souvisle v blízkosti česko-polské hranice. I v letním období koncentrace PM_{10} a $PM_{2,5}$ v průmyslových oblastech dosahují až hodnoty ročního imisního limitu, v zimním období proti jiným oblastem v České republice narůstají výrazněji. (ČHMÚ, 2015)

3.1.2 Oxid dusičitý NO_2

Průměrné roční koncentrace NO_2 byly v roce 2015 na všech sledovaných lokalitách v aglomeraci podlimitní. Mírný sestupný trend trvající od roku 2010 zůstal na všech typech lokalit i v roce 2015. Druhým rokem v řadě byla těsně podlimitní průměrná roční koncentrace NO_2 na hot spot lokalitě Ostrava-Českobratrská, zaměřené na monitoring znečištění pocházejícího primárně z dopravy. (ČHMÚ [online], 2015)

3.1.2 Benzo[a]pyren

V přeshraniční oblasti Slezska a Moravy je úroveň znečištění benzo[a]pyrenem je velmi závažným problémem. Roční chod vykazuje maximální hodnoty benzo[a]pyrenu v chladných částech roku, letní koncentrace jsou výrazně nižší. V roce 2015, obdobně jako v předchozích letech, roční průměrné koncentrace v aglomeraci násobně překračovaly imisní limit. Meziročně došlo k poklesu koncentrací. Sestupný trend průměrných ročních koncentrací se projevil na všech typech lokalit. (ČHMÚ [online], 2015)

3.1.3 Přízemní ozon

V roce 2015 počet překročení hodnoty imisního limitu přízemního ozonu (maximální denní 8hodinový průměr) v průměru za tři roky nepřesáhl hranici povoleného počtu 25 dnů na žádné z lokalit aglomerace. Počet dnů s překročením se proti předchozímu roku vzhledem k mimořádně teplým letním měsícům zvýšil na všech lokalitách, nicméně koncentrace nedosahovaly hodnot typických pro období s vyššími měřenými úrovněmi před rokem 2010. V aglomeraci O/K/F-M (bez Třinecka), stejně tak jako v oblasti Třinecka bylo v roce 2015 vyhlášeno shodně po jedné smogové situaci z důvodu vysokých hodinových koncentrací přízemního ozonu. (ČHMÚ [online], 2015)

V tabulce č. 1 jsou průměrné denní koncentrace z automatizované imisní stanice TOPO, která se nachází v zájmové lokalitě Ostrava - Poruba, vybraných znečišťujících

Bc. Zuzana Ambrožová: Výpočet imisí ze silniční dopravy a srovnání s daty z automatizované imisní stanice.

látek PM₁₀, PM_{2,5}, NO_x, NO₂ μg.m⁻³ v měsících v říjnu a listopadu 2015, ve vybraných dnech. (ČHMÚ [online], 2015)

Tabulka č. 1 Průměrné denní koncentrace PM₁₀, PM_{2,5}, NO_x, NO₂ μg.m⁻³ v měsících v říjnu a listopadu, ve vybraných dnech. (ČHMÚ [online], 2015

Průměrné denní koncentrace PM ₁₀ V měrných jednotkách v roce 2015				
Den/Měsíc	2	4	5	7
10	26.6	19.3	37.2	43.1
11	35.2	81.8	114.4	59.6

Průměrné denní koncentrace PM _{2.5} V měrných jednotkách v roce 2015				
Den/Měsíc	2	4	5	7
10	20.9	15.4	29.2	32.1
11	30.1	73.1	102.9	54.4

Průměrné denní koncentrace NO _x V měrných jednotkách v roce 2015				
Den/Měsíc	2	4	5	7
10	35.2	17.7	25.9	33
11	28.7	46.1	91	36

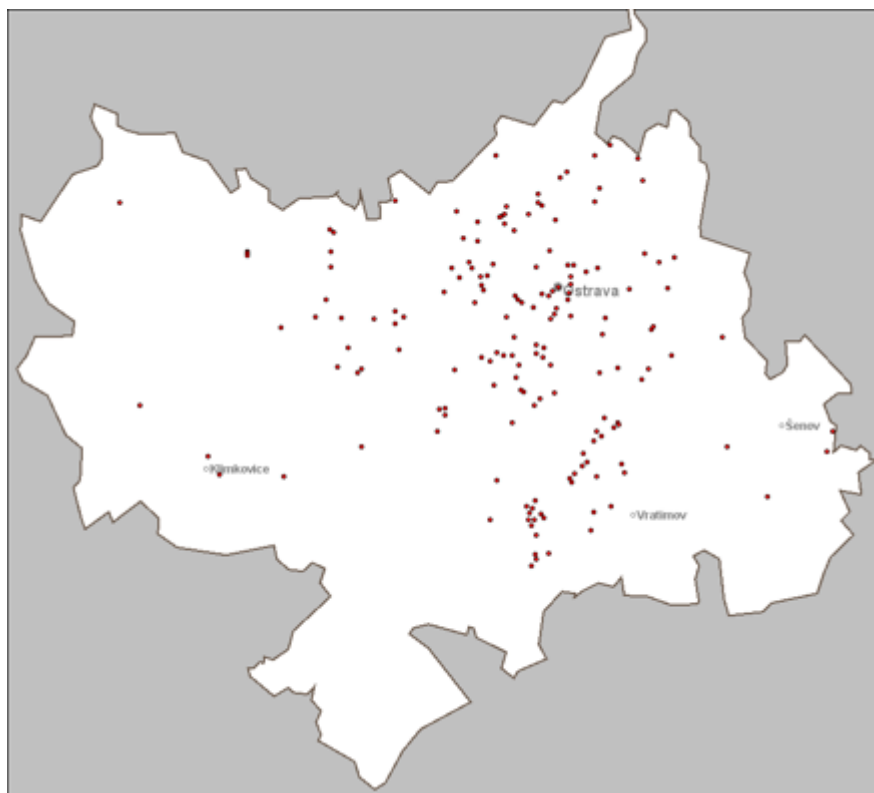
Průměrné denní koncentrace NO ₂ V měrných jednotkách v roce 2015				
Den/Měsíc	2	4	5	7
10	21.5	14.3	20.7	26
11	21	32.8	26.1	27.8

4 VÝZNAM ZNEČIŠTĚNÍ Z DOPRAVY VE VYBRANÉM MĚSTĚ

Ostravsko patří mezi nejvíce znečištěnou oblast severní Moravy. Část území má průmyslový charakter s vysokou emisní vydatností, především se jedná o hutní výrobu, která v takovém rozsahu nemá v republice obdobu. Kvalitu ovzduší dále ovlivňují lokální topeniště, hustá doprava, neudržované plochy a doznívající vlivy důlních činností, včetně dálkového přenosu škodlivin ze silně industrializované katovické oblasti.

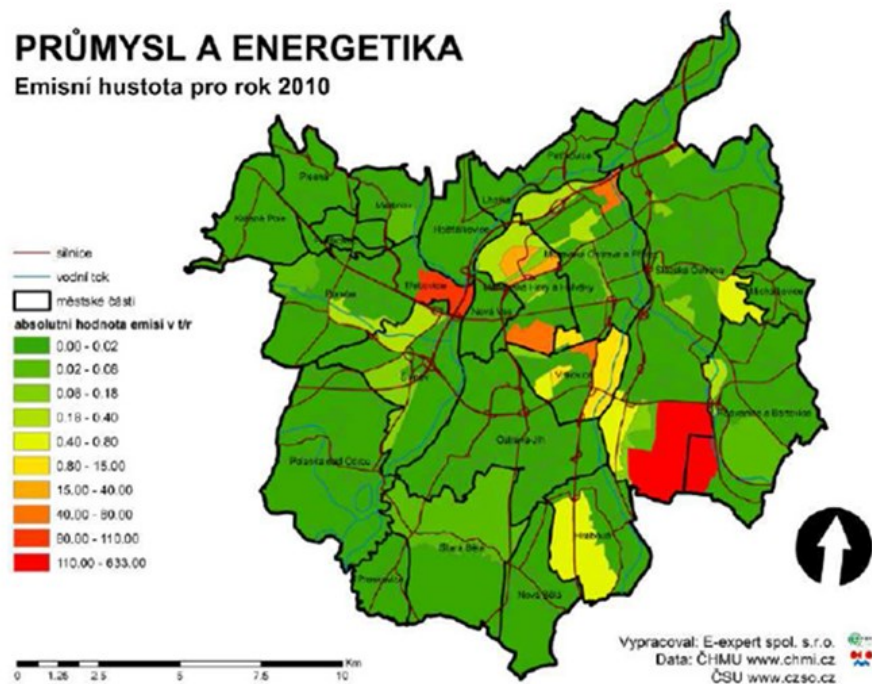
4.1 Ostrava

Znečištění ovzduší na Ostravsku pochází ze čtyř zdrojů: lokálních topenišť, průmyslových podniků, dopravy a emisí. V období smogových situací (extrémně zvýšených hodnot znečištění v ovzduší) pochází až 2/3 znečištění z Polska. Na území města Ostravy je více než 400 zdrojů znečišťujících ovzduší (Ostrava [online], 2017). Na obrázku č. 3 je mapa zdrojů znečišťujících město Ostrava.



Obrázek č. 3 Zdroje znečišťování ovzduší v Ostravě rok 2014

Průmysl je na Ostravsku nejvýznamnějším producentem emisí všech zájmových znečišťujících látek. Obrázek č. 4 zobrazuje emisní hustotu na území města Ostravy z průmyslu a energetiky. Nejvýznamnějšími zdroji emisí jsou: Průmyslové zóny společnosti ArcelorMittal v Kunčicích, průmyslové areály v Mariánských Horách-Vítkovicích a Přívoze. Oblasti významného energetického zdroje pro centrální zásobování teplem provozovaného společností Dalkia Česká republika v Ostravě - Třebovicích. (Ostrava [online], 2017)

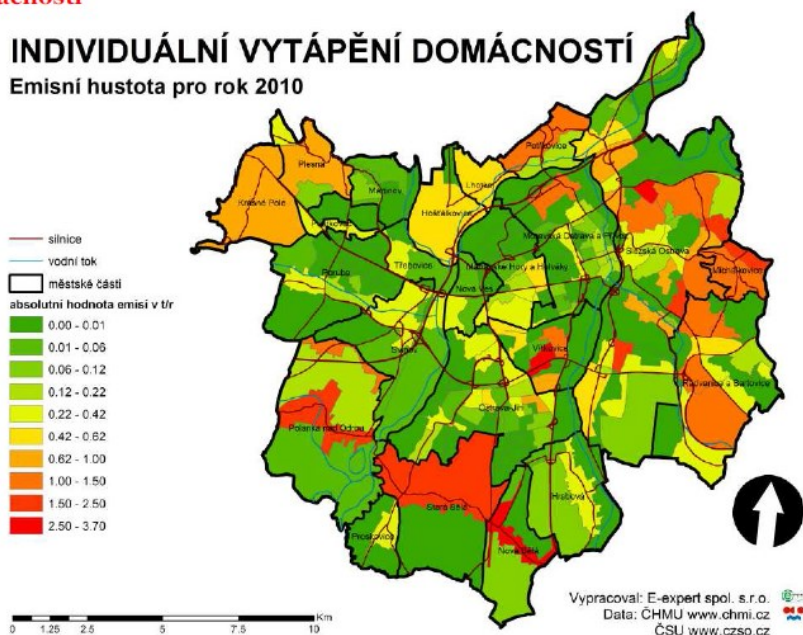


Obrázek č. 4 Zobrazuje emisní hustotu na území města Ostravy z průmyslu a energetiky. (Ostrava [online], 2017)

Obrázek č. 5 zobrazuje hustotu emisí z vytápění domácností v Ostravě. Oblasti s vyšším podílem emisí se nacházejí v okrajových částech města, zvláště východní a jižní části. (Ostrava [online], 2017)

Vytápění domácností

INDIVIDUÁLNÍ VYTÁPĚNÍ DOMÁCNOSTÍ Emisní hustota pro rok 2010



Obrázek č. 5 Zobrazuje hustotu emisí z vytápění domácností v Ostravě. (Ostrava [online], 2017)

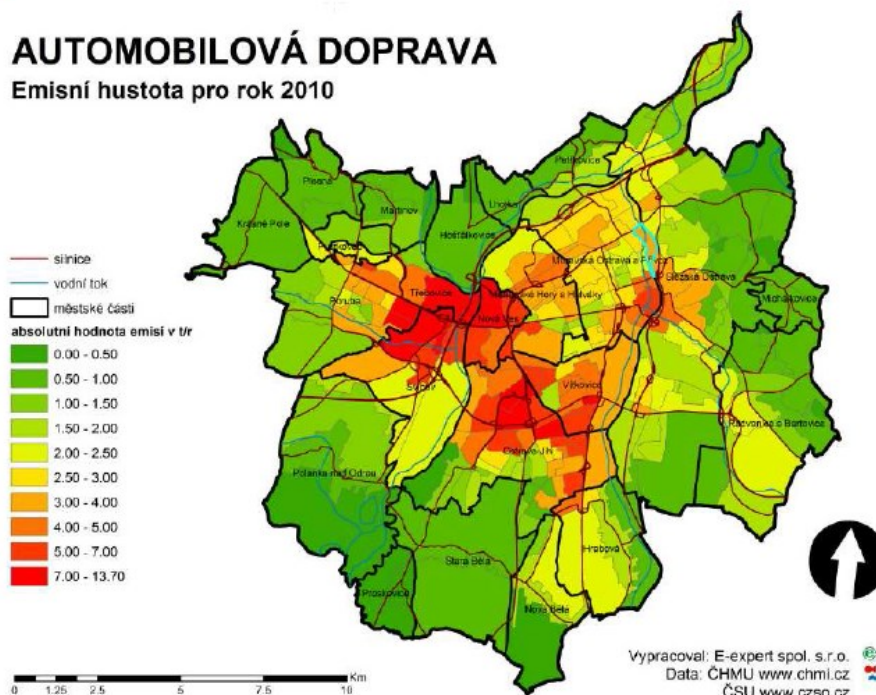
Automobilová doprava

Emise PM vyprodukované silniční dopravou se v Ostravě koncentrují v blízkosti frekventovaných pozemních komunikací. Především se jedná o lokality ulice Rudné, Opavské, Místecké, tř. 28. října, Mariánskohorské a Plzeňské. Emise z dopravy významně neovlivňuje změna ročních období, jako je tomu u vytápění domácností. Použité emisní toky zahrnovaly primární emise ze spalování paliv, otěrů pneumatik a brzdových destiček a abraze vozovky. Podle očekávání se znečištění z dopravy koncentruje v blízkosti křížení dopravně nejzatíženějších komunikací. (Ostrava [online], 2017)

Bc. Zuzana Ambrožová: Výpočet emisí ze silniční dopravy a srovnání s daty z automatizované imisní stanice.

Na obrázku č. 6 je zobrazena emisní hustota z automobilové dopravy na území města Ostrava. (Ostrava [online], 2017)

Doprava



Obrázek č. 6 Zobrazuje hustotu emisí z automobilové dopravy v Ostravě. (Ostrava [online], 2017)

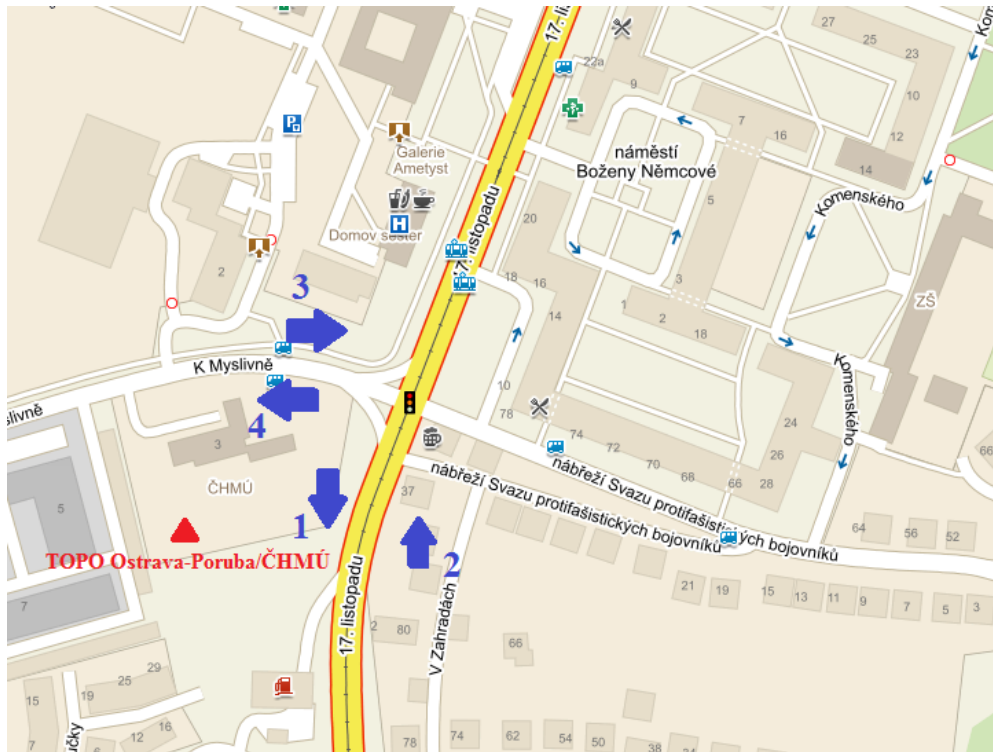
4.2 Stanovení emisí ze silniční dopravy v lokalitě Ostrava – Poruba.

Emise ze silniční dopravy, byly stanovány pro oblast v lokalitě Ostrava – Poruba, křižovatky silnic 17. listopadu a nábřeží Svazu protifašistických bojovníků (NSPB). V této praktické části diplomové práce jsou posuzovány emise, které vznikají provozem silniční dopravy, byly vybrány NO, NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, protože tyto znečišťující látky měří automatizovaná imisní stanice TOPO.

Sledovaným úsekem je křižovatka dvou silnic (viz. Obr. č. 7)

ulice 17 listopadu silnicí I. třídy č. S I. 469

ulice NSPB silnicí II. třídy č. S II.



Obrázek č. 7 Mapový snímek zájmové lokality s vyznačením čtyř stanovišť a měřicí stanice TOPO. (Mapy [online], 2017)

4.2.1 Monitoring dopravy.

Výchozí data o hodinové intenzitě dopravy na dotčených úsecích komunikací, byla dodána studenty Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, Hornicko-geologické fakulty. Manuální sčítání dopravy, bylo provedeno na čtyřech určených stanovištích, která jsou vyznačena na obr. č. 8. Počet vozidel byl zaznamenán do sčítacích listů. Sčítání probíhalo v pracovních dnech v podzimním období. Studenty bylo dodáno 96 sčítacích listů. K dalšímu zpracování se dalo požit pouze 12 sčítacích listů, protože odečet musel být na všech čtyřech stanovištích ve stejný měsíc, den a hodinu. Data použita k dalším výpočtům jsou z 5.10.2015 pouze dvě hodiny, 7.10.2015 čtyři hodiny, 2.11.2015

Bc. Zuzana Ambrožová: Výpočet imisí ze silniční dopravy a srovnání s daty z automatizované imisní stanice.

čtyři hodiny, 4.11.2015 čtyři hodiny. K dalšímu zpracování byla použita data, která byla odečtena na všech čtyřech stanovištích ve stejný měsíc, den a hodinu.

Na obr. č. 7 je vzorový sčítací list z pondělí 5.10.2015 z ulice 17. listopadu. (Centrum dopravního výzkumu [online], 2010)

The image shows a 'SČÍTACÍ LIST' (Counting Sheet) for traffic monitoring. It includes the following fields and data:

- Sčítáno dne (č. dne):** 5.10.2015
- Číslo úseku:** (blank)
- Číslo uličnice:** 17. listopad
- Směr 1:** Směr Trnava
- Směr 2:** Směr Písek
- Stanoviště sčítáče:** 3
- ORP:** (blank)
- Okres:** Praha-východ
- Kraj:** Středočeský kraj
- List:** 1 / 1

The main table records vehicle counts by type and direction. The total count for all vehicles is 515. There is also a section for 'Osobní automobily' (personal cars) with a count of 658.

Obrázek č. 8 Vzorový čítací list z 5.10.2015 z ulice 17. listopadu (Centrum dopravního výzkumu [online], 2010)

Byla provedena kontrola správnosti údajů ve sčítacích listech a následné zpracování dat. Pro výpočet byly použity počty osobních automobilů, lehkých nákladních vozidel, těžkých nákladních vozidel a autobusů. K dalšímu zpracování byla použita data, která byla odečtena na všech čtyřech stanovištích ve stejný měsíc, den a hodinu. Data se musela sečíst v obou směrech.

Monitoringem byla vyhodnocena hodinová intenzita silniční dopravy u čtyř druhů vozidel.

- OA+ M osobní automobily a motocykly, do této skupiny jsou zahrnuty i např. sanitky, lehké dodávky (pick-up), mikrobusey, trojkolky, osobní vozidla se zavazadlovým prostorem (kombi), osobní automobily s přívěsem atd.

- LVD Lehká nákladní vozidla, jsou vozidla o hmotnosti do 3,5 t včetně, např. Ford Tranzit, Daewoo-Avia řady D60, Fiat Ducato, Ivecy řady Daily 50, Avia 15, Avia 30 atd.
- HVD střední a těžká nákladní vozidla a návěsové soupravy, vozidla nosnosti od 3,5 t včetně, např. Tatra 815-280, vozy Liaz, Iveco Daily 60 a vyšší, vozidla s nosností nad 10 t např. Daewoo- Avia řady D75, Tatra, Mercedes, MAN, DAF, Volvo atd., návěsové soupravy např. soupravy s tahači Mercedes, MAN, Volvo.
- BUS autobusy (Centrum dopravního výzkumu [online], 2010)

4.2.2 Výpočet primárních emisí (emise z automobilové dopravy)

Pro výpočet primárních emisí z dopravy je nutné znát hodinovou intenzitu dopravy a poměrové zastoupení pohonných hmot ve vozovém parku ČR.

V tabulce č. 2 je poměrové zastoupení pohonných hmot ve vozovém parku ČR.

	benzín	diesel	LPG	CNG
OA	52.73	43.76	2.77	0.8734
LDV	15.35	81.84		
HVD		81.84		
BUS		74.47		25.53

Tabulka č. 2 Poměrové zastoupení pohonných hmot vozidel v ČR. (MZP [online], 2015)

Hodinová intenzita

Potřebné intenzity dopravy pro dny jednotlivé dny a hodiny měsíce října a listopadu 2015, dle jednotlivých kategorií vozidel byly vypočteny dle TP č. 189 Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích. (PJPK [online], 2017)

K výpočtu primárních emisí byl použit vzorec:

$$\text{Emise PM}_{2,5} = [\text{počet vozidel zájmové hodiny} \cdot \text{poměr paliva (benzín)} / 100 \cdot \text{emisní faktor PM}_{2,5} (\text{benzín})] + [\text{počet vozidel zájmové hodiny} \cdot \text{poměr paliva (diesel)} / 100 \cdot \text{emisní faktor PM}_{2,5} (\text{diesel})] + [\text{počet vozidel zájmové hodiny} \cdot \text{poměr paliva (LPG)} / 100 \cdot \text{emisní faktor PM}_{2,5} (\text{LPG})] + [\text{počet vozidel zájmové hodiny} \cdot \text{poměr paliva (CNG)} / 100 \cdot \text{emisní faktor PM}_{2,5} (\text{CNG})]$$

Intenzita dopravy

Intenzita dopravy byla vypočítána pro obě pozemní komunikace zvlášť, pro měsíce říjen a listopad, každý den a druh vozidla samostatně. Vycházelo se z dat ze sčítání dopravy a denní a týdenní variace intenzit dopravy dle TP č. 189. Variace intenzit dle TP č. 189 pro výpočty byly vybrány takto:

Pro každý druh vozidla: osobní automobily, lehká a těžká nákladní vozidla, autobusy. Variace pro období byla zvolena podzimní (sledované měsíce říjen, listopad).

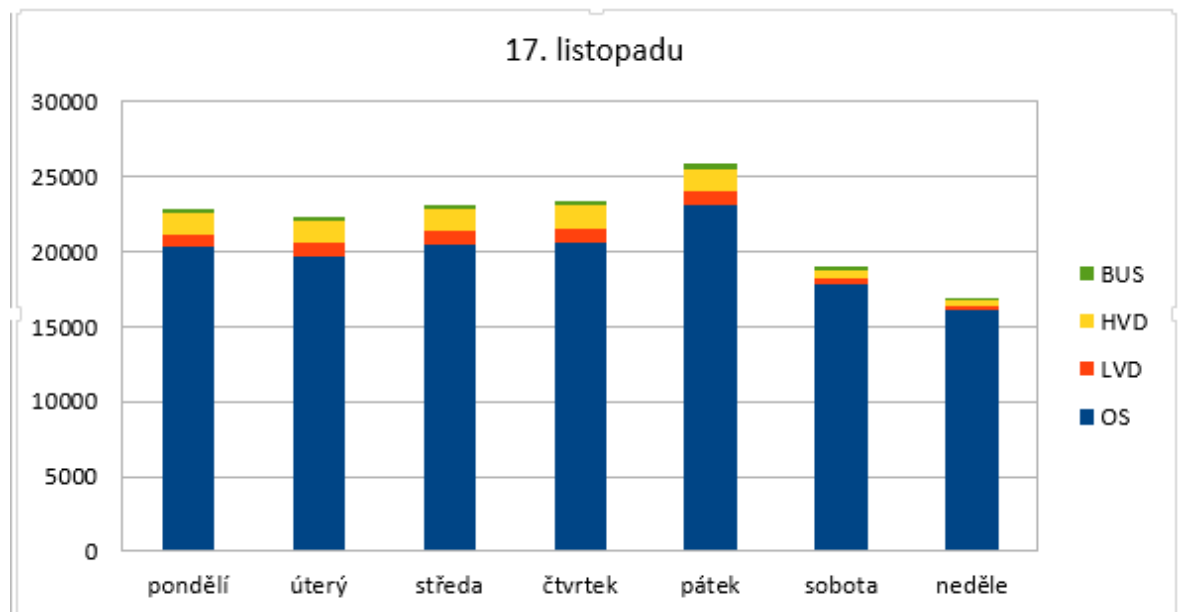
Variace pro třídu pozemní komunikace byla zvolena pro ulici 17. listopadu kategorie I. třídy bez statusu mezinárodní silnice včetně průjezdních úseků těchto silnic a pro ulici NSPB kategorie II. třídy.

Po doplnění údajů do tabulky, byla intenzita vozidel dopočítána po dobu jednoho týdne, procentuálním podílem denní variace intenzity celého dne na týdenním průměru denních intenzit dopravy. Výpočet byl proveden pomocí směrodatné odchylky a mediánu, proto není ovlivněn extrémními hodnotami.

4.2.3 Intenzita dopravy

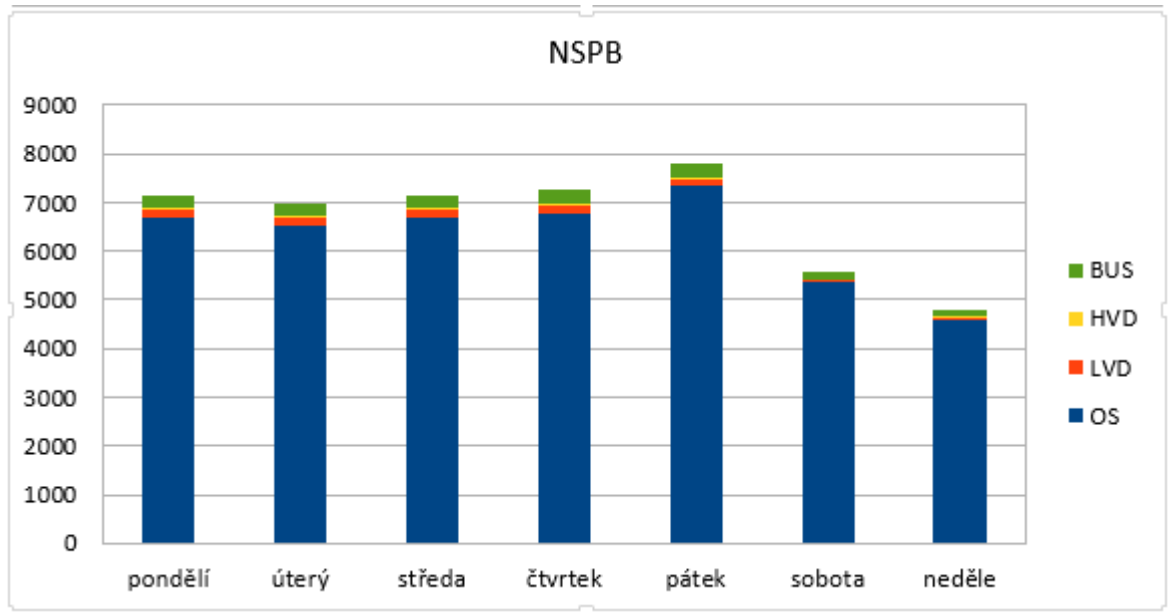
Grafy č. 1 a 2 zobrazují celkový počet vozidel projíždějících na ulici 17. listopadu a ulici NSPB.

Graf na č. 1, zobrazuje celkový počet vozidel projíždějících v průběhu jednoho týdne na ulici 17. listopadu v měsíci říjnu 2015. Z grafu č. 1 je zřejmé, že největší je intenzita osobních automobilů, poté těžkých nákladních automobilů, lehkých nákladních automobilů a nejmenší autobusů.



Graf č. 1 Počet vozidel projíždějících v průběhu jednoho týdne v měsíci říjnu 2015, na ulici 17. listopadu.

Graf na obrázku č. 2, zobrazuje celkový počet vozidel projíždějících v průběhu jednoho týdne na ulici TNPB v měsíci říjnu 2015. Z grafu č. 2 je patrné, že největší intenzita je opět osobních automobilů, následně autobusů, lehkých nákladních automobilů a nejméně těžkých nákladních automobilů.



Graf č. 2 Počet vozidel projíždějících v průběhu jednoho týdne v měsíci říjnu 2015, na ulici NSPB.

4.2.4 Emisní faktory (pro výpočet primárních emisí)

Emisní faktory byly vypočítány pomocí programu MEFA 13. Programem lze spočítat emisní faktory těchto látek: oxidy dusíku (NO_x), oxid dusičitý (NO_2), oxid uhelnatý (CO), oxid siřičitý (SO_2), tuhé částice (PM) a to ($\text{PM}_{2,5}$ a PM_{10}), uhlovodíky (C_xH_y), PAH, methan, propan, 1,3 - butadien, styren, benzen, toluen, formaldehyd a benzoapyren. V této práci jsou počítány imise NO_x , NO , $\text{PM}_{2,5}$ a PM_{10} , byly zvoleny, protože jsou měřeny automatizovanou stanicí TOPO. Potřebné vstupní údaje jsou: výpočtový rok, kategorie vozidla, emisní úroveň vozidla, rychlost jízdy, typ paliva, znečišťující látka a podélný sklon vozovky.

Bc. Zuzana Ambrožová: Výpočet emisí ze silniční dopravy a srovnání s daty z automatizované emisní stanice.

Výpočet provedený pomocí programu MEFA je zobrazen na obrázku č. 9, konkrétně zadání vstupních údajů pro ulici 17. listopadu, osobní benzínová vozidla, včetně vypočtených emisních faktorů pro jednotlivé znečišťující látky.

The screenshot shows the MEFA software interface with the following input parameters:

- Výpočtový rok: 2015
- Kategorie vozidla: Osobní
- Charakteristika vozidla:
 - Palivo: Benzin
 - Emisní úroveň: Konvenční
 - Vytížení HDV (%): 50
- Charakteristika podmínek provozu:
 - Plynulost provozu: 5
 - Podélný sklon vozovky (%): 4
 - Rychlost jízdy (km/h): 50

Max. rychlost vozidla je 130 km/h.

Emitovaná škodlivina	Emisní faktor
NO _x (g/km)	8.9548
CO (g/km)	19.8667
SO ₂ (g/km)	0.0118
PM (g/km)	0.0376
PM ₁₀ (g/km)	0.0316
PM _{2,5} (g/km)	0.0222
NO ₂ (g/km)	0.4477
C _x H _y (g/km)	9.3878
PAH (g/km)	0.0065
methan (g/km)	0.7867
propan (g/km)	0.0312
1,3-butadien (g/km)	0.0431
benzen (g/km)	0.4486
toluen (g/km)	1.2081
styren (g/km)	0.1074
formaldehyd (g/km)	0.2103
acetaldehyd (g/km)	0.0520
benzoapyren (μg/km)	22.1702

Obrázek č. 9 Program MEFA 13, (atem [online], 2010)

Použité vstupní údaje

Výpočtový rok

2015

Kategorie vozidel

Osobní automobil (OA), Lehký nákladní automobil (LDV), těžký nákladní automobil (HDV), autobus (BUS).

Palivo

Benzin, motorová nafta (diesel), stlačený zemní plyn (CNG), zkapalněné uhlovodíkové plyny (LPG). U autobusů program počítá s benzinem, dieslem a CNG, u LDV s benzinem a dieslem, u HDV pouze s dieslem.

Emisní úroveň

Konvenční, EURO 1, EURO 2, EURO 3, EURO 4, EURO 5, EURO 6.

V tabulce jsou pro představu uvedeny výsledky emisních faktorů u ulice 17. listopadu, pro PM_{2,5}. Je viditelné, že program MEFA 13, nepočítá u všech čtyřech druhů (benzín, diesel, CNG, LPG) vozidel se všemi sedmi emisními úrovněmi (konvenční, EURO 1-7). V tabulce č. 3 jsou uvedeny emisní faktory pro PM_{2,5}. Pro další výpočty byl použit průměr z emisních úrovní, pro určitý typ vozidla. V tabulce č. 5 jsou uvedeny všechny vypočítané emisní faktory.

Tabulka č. 3 Emisních faktorů pro PM_{2,5}

	benzín	diesel	LPG	CNG	MIX		benzín	diesel	MIX		diesel	MIX		diesel	CNG	MIX
OA	PM _{2,5}	PM _{2,5}	PM _{2,5}	PM _{2,5}	PM _{2,5}	LDV	PM _{2,5}	PM _{2,5}	PM _{2,5}	HVD	PM _{2,5}	PM _{2,5}	BUS	PM _{2,5}	PM _{2,5}	PM _{2,5}
konv	0.0222	0.8604	0.0125		0.39146		0.3158	2.0608	1.7852		3.5963	3.5963		7.0752		7.0752
EURO1	0.017	0.5325	0.0108		0.24409		0.9558	0.722	0.84977		1.8884	1.8884		1.338		1.338
EURO2	0.016	0.1984	0.0108	0.011	0.0958		1.5963	0.3597	1.03548		0.5128	0.5128		0.3556		0.3556
EURO3	0.0151	0.1152	0.0108	0.011	0.05884		0.4174	0.1952	0.31663		0.2428	0.2428		0.2791	0.0312	0.2078
EURO4	0.0123	0.0642	0.0108	0.011	0.035		0.1149	0.1777	0.14338		0.0987	0.0987		0.1596		0.1596
EURO5	0.0117	0.0169			0.01406		0.1109	0.0218	0.07049		0.0965	0.0965		0.152		0.152
EURO6	0.0116	0.016			0.0136		0.1026	0.0201	0.06518		0.0881	0.0881		0.152		0.152
MIX	0.01429	0.1529	0.0108	0.011	0.07496	MIX	0.27654	0.17714	0.23146	MIX	0.514308	0.5143	MIX	0.198105	0.0079	0.1842

Plynulost provozu

Hodnoty plynulosti vozovky mohou být od 1 do 10, hodnota 1 znamená nejplynulejší provoz a hodnota 10 označuje kolony vozidel. V rámci této práce byla použita v obou případech hodnota 5, z toho důvodu, že plynulost provozu je omezena právě sledovanou křižovatkou a chodci. Hodnoty jsou uvedené v tabulce č. 4.

Podélný sklon vozovky

Podélný sklon vozovky může nabývat hodnot -10 až + 10%. Hodnoty jsou uvedené v tabulce č. 3. Potřebné hodnoty byly získány z mapové aplikace. (Mapy [online], 2017)

K výpočtu sklonu vozovky byl použit vzorec:

$$\text{Sklon} = \text{výškový rozdíl trasy silnice} / \text{celková délka trasy} * 100$$

V tabulce č. jsou uvedeny hodnoty pro výpočet sklonu vozovky a hodnoty sklonu vozovky, pro ulici 17. listopadu.

Tabulka č. 4 Hodnoty pro výpočet sklonu vozovky a hodnoty sklonu vozovky, pro ulici 17. listopadu.

ulice	17.listopadu	NSPB
výškový rozdíl (m)	15	7
délka trasy (m)	390	482
sklon (%)	3.85	1.45

Potřebné údaje byly získány z webové aplikace. (Mapy [online], 2017)

Rychlost jízdy

V programu je rychlost jízdy možno zvolit od 5 do 130 km/hod. Hodnoty jsou uvedené v tabulce č. 5, odpovídající nejvyšší povolené rychlosti v zájmové oblasti.

Tabulka č. 5 Vstupní data: plynulost provozu, podélný sklon vozovky, průměrná rychlost jízdy.

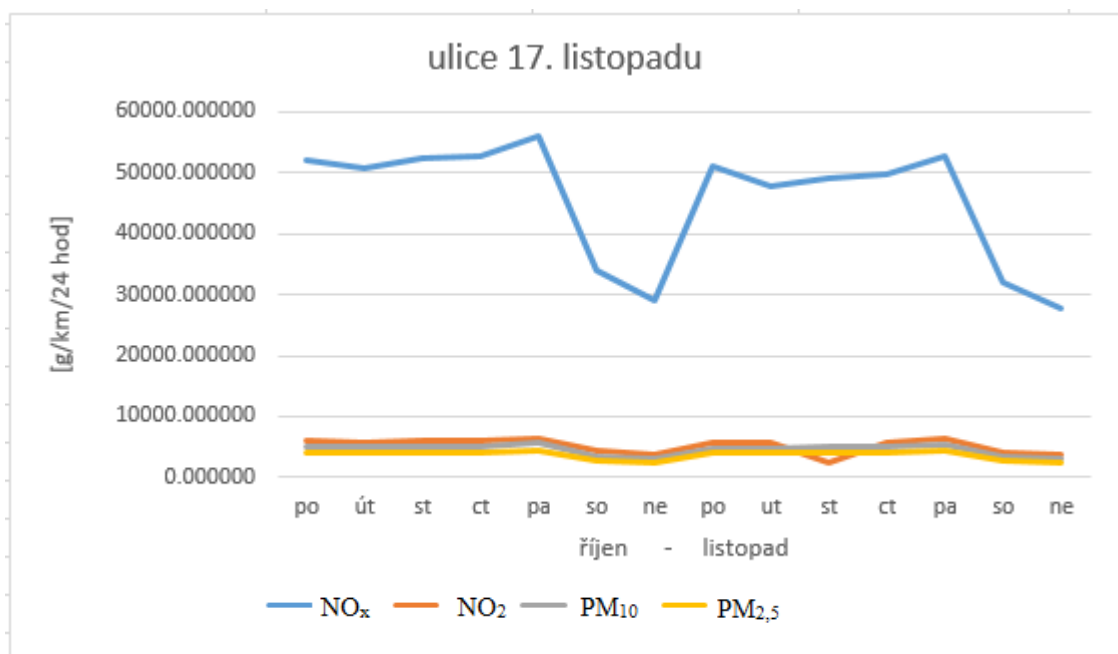
ul. 17. listopadu		ul. NSPB	
plynulost	5	plynulost	5
podélný sklon	4	podélný sklon	2
rychlost	50	rychlost	50

Po doplnění všech výše uvedených údajů do programu MEFA 13, byly programem vypočteny emisní faktory. V rámci této práce jsou sledovány hodnoty emisních faktorů NO_x , NO , $\text{PM}_{2,5}$ a PM_{10} , které jsou měřeny v dané automatizované imisní stanici TOPO. Pro účel práce byly vypočítány, pro každou komunikaci zvlášť, z průměru emisních faktorů u každého druhu vozidla, typu paliva a emisní úrovně. V Tabulce č. 5 jsou vypočítané emisní faktory $\text{PM}_{2,5}$, PM_{10} , NO_2 , NO_x .

4.2.5 Výsledky primárních emisí

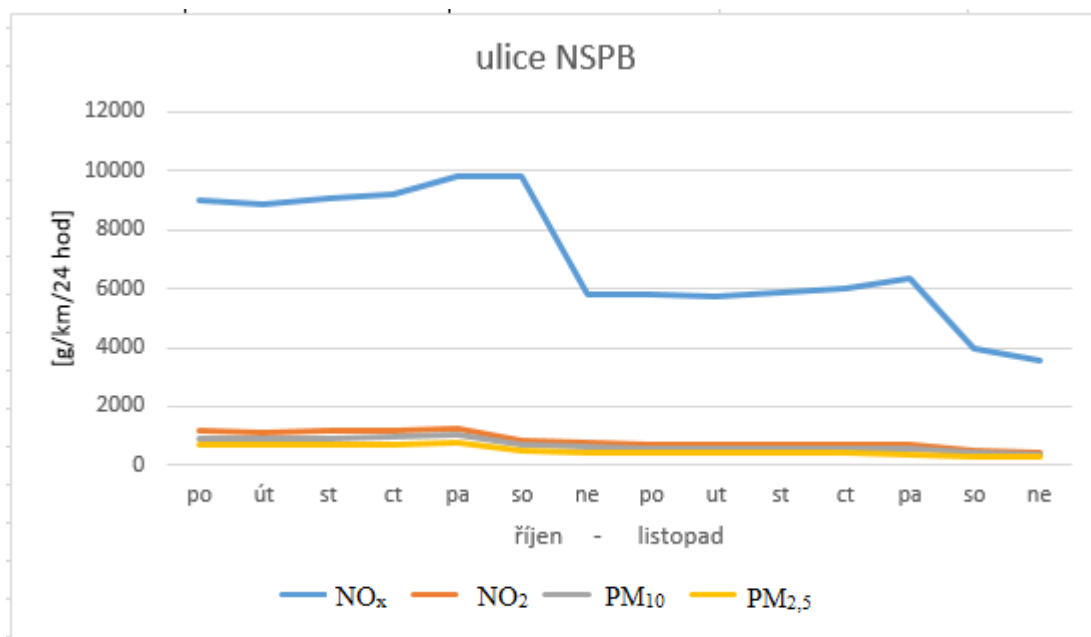
Grafy č. 3, 4 zobrazují množství primárních emisí vyprodukovaných v průběhu jednoho týdne v měsících říjnu a listopadu 2015. Z grafů lze vyčíst přímo úměrnou závislost na intenzitě dopravy, kdy v pracovních dnech je intenzita dopravy vyšší až dvojnásobně, než o víkendu, největší provoz byl zaznamenán v pátek (viz. Graf. č. 3, 4).

Grafy č. 3 zobrazuje množství primárních emisí vyprodukovaných v průběhu jednoho týdne v měsíci říjnu a listopadu 2015 při provozu vozidel na ulici 17. listopadu.



Graf č. 3 Množství primárních emisí vyprodukovaných v průběhu jednoho týdne v měsíci říjnu a listopadu 2015 při provozu vozidel na ulici 17. listopadu.

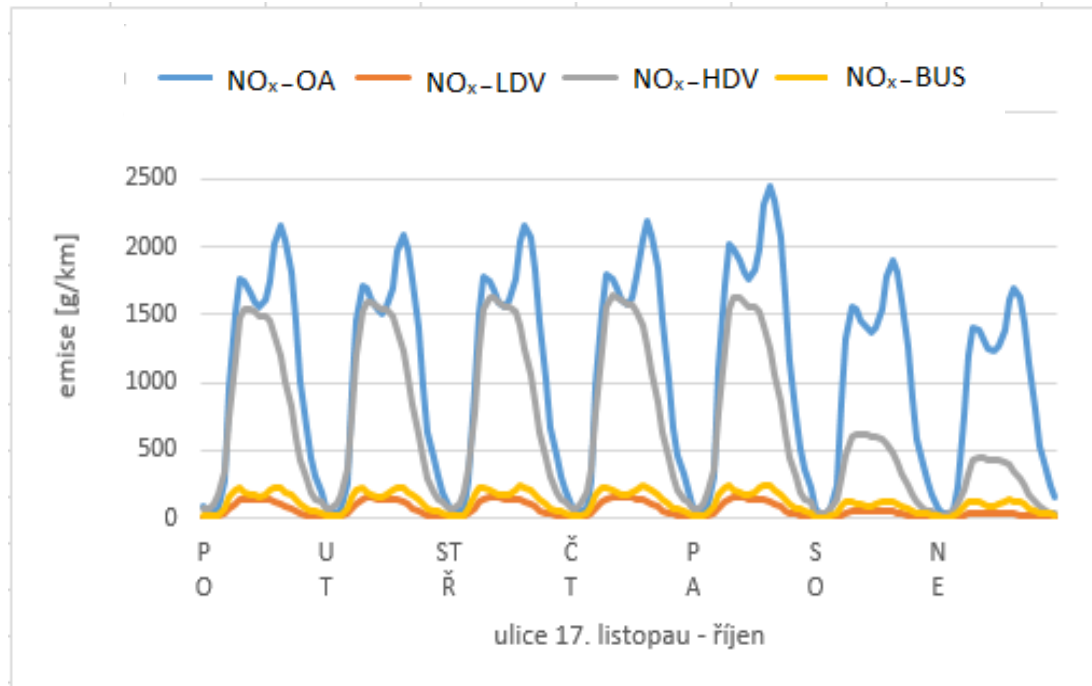
Graf č. 4 zobrazuje množství primárních emisí vyprodukovaných v průběhu jednoho týdne v měsíci říjnu a listopadu 2015 při provozu vozidel na ulici NSPB.



Graf č. 4 Množství primárních emisí vyprodukovaných v průběhu jednoho týdne v měsíci říjnu a listopadu 2015 při provozu vozidel na ulici NSPB.

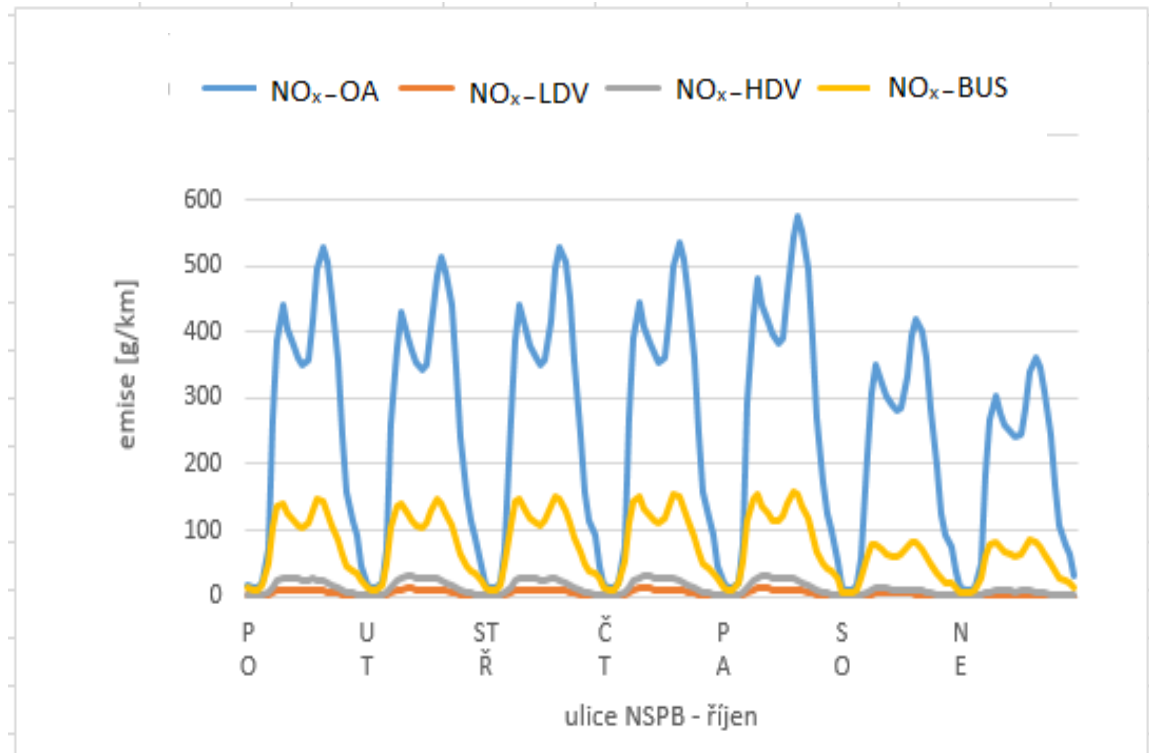
V grafech č. 4, 5 zobrazující množství primárních emisí NO_x vyprodukovaných v průběhu jednoho týdne v měsících říjnu 2015. Z grafů vyplívá, že množství emisí je závislé na intenzitě dopravy a druhu vozidel.

V grafu č. 5 je zobrazeno množství primárních emisí NO_x vyprodukovaných v průběhu jednoho týdne OA, LDV, HDV, BUS v měsíci říjnu 2015, při provozu vozidel na ulici 17. listopadu. Největším producentem emisí jsou osobní automobily a HDV, nejméně emisí vyprodukovaly autobusy a LDV.



Graf č. 5 Množství primárních emisí NO_x vyprodukovaných v průběhu jednoho týdne OA, LDV, HDV, BUS v měsíci říjnu 2015, při provozu vozidel na ulici 17. listopadu.

Graf č. 6 zobrazuje množství primárních emisí NO_x vyprodukovaných v průběhu jednoho týdne OA, LDV, HDV, BUS v měsíci říjnu 2015, při provozu vozidel na ulici NSPB. Největším producentem emisí jsou osobní automobily a autobusy, nejmenším HDV a LDV .



Graf č. 6 Množství primárních emisí NO_x vyprodukovaných v průběhu jednoho týdne OA, LDV, HDV, BUS v měsíci říjnu 2015, při provozu vozidel na ulici NSP

4.2.6 Výpočet sekundárních emisí u PM (resuspendované částice)

Resuspendované částice jsou uložené prachové částice původně deponované na zemském či jiném povrchu (např. půda, chodníky, silnice, střechy budov, okenní parapety atd.) dostávající se zpět do vzduchu vlivem turbulence způsobené automobilovou dopravou nebo působením větru. Resuspenze prachových částic přispívá významně k obsahu TSP a PM₁₀ ve vzduchu. (Kurfürst 2008)

K výpočtu emisí resuspendovaných částic z povrchu pozemních komunikací, bylo potřeba vypočítat intenzitu dopravy, na sledovaném území. Intenzita byla vynásobena průměrnou hmotností vozidel každého typu. Hodnota je pevně stanovena v příloze č. 3, Metodického pokynu odboru ochrany ovzduší MŽP pro vypracování rozptylových studií podle § 32 odst. 1 písm. e) zákona o ochraně ovzduší. Byla dopočítána průměrná hmotnost jednoho vozidla a průměrný počet projíždějících vozidel za den. (MŽP [online], 2017)

Po výpočtech údajů o vozidlech, byly provedeny výpočty emisních faktorů. Pro pozemní komunikaci 17. listopadu a NSPB samostatně.

Bc. Zuzana Ambrožová: Výpočet emisí ze silniční dopravy a srovnání s daty z automatizované emisní stanice.

Vzorec pro výpočet emisních faktorů:

$$E = k \cdot sL^{0,91} \cdot (W \cdot 1,1)^{1,02} \cdot (1-P/4N)$$

kde:

E - emisní faktor (g/km ujetý vozidlem)

k - násobitel závislý na velikosti řešené frakce (g/km ujetý vozidlem), zde je použita hodnota pro $PM_{30} = 3,23$, která se užívá při celkovém zhodnocení.

sL - zátěž povrchu silnice prachovými částicemi (g/m²), což je množství prachových částic o velikosti menší než 75 μm usazených na povrchu vozovky (g/m²)

W - průměrná hmotnost vozidla (t), která byla vypočtena z intenzity dopravy, počtu dnů ve sledovaném období a hmotnosti jednotlivých typů vozidel.

P - počet dnů s úrovní srážek ≥ 1 mm z celkového počtu dnů (N) v období října a listopadu 2015, kde N = 61 dnů. Předmětný počet dnů s úrovní srážek ≥ 1 mm (P) je veřejně dostupný na serveru ČHMÚ. Zde se jednalo celkově o 24 dnů. (ČHMÚ [online], 2017)

Po provedeném výpočtu emisních faktorů, byly dopočítány vyprodukované sekundární emise pro každou zájmovou pozemní komunikaci zvlášť, a to prostřednictvím vzorce:

$$E_{kom} = E \cdot d \cdot ADT / (24 \cdot 3600)$$

kde:

E_{kom} - emise z dané komunikace (g.s-1)

E - emisní faktor (g/km ujetý vozidlem)

d - délka komunikace (km), pro výpočet je použita délka 1 km

Emisní faktory použité k výpočtu primárních emisí ze silniční dopravy jsou uvedeny v tabulce č. 5. Program MEFA nám vypočítal emisní faktory pro [g/km], k následujícím výpočtům v programu CALINE 4 potřebujeme emisní faktory v jednotkách [g/mi], proto byl nutný přepočet:

$$\text{emisní faktor [g/km]} \cdot 1.609 = \text{emisní faktor [g/mi]}$$

V tabulce jsou uvedeny i emisní faktory resuspendovaných částic.

Bc. Zuzana Ambrožová: Výpočet emisí ze silniční dopravy a srovnání s daty z automatizované emisní stanice.

Tabulka č. 6 Tabulka vypočtených emisních faktorů $PM_{2,5}$, PM_{10} , NO_2 , NO_x i s výpočty emisních faktorů resuspendovaných částic.

ul. 17.listopadu	emisní faktor [g/km]			emisní faktor [g/mi]				
	$PM_{2,5}$	PM_{10}	NO_2	Nox	$PM_{2,5}$	PM_{10}	NO_2	NO_x
OA - osobní automobily	0.07496003	0.09612368	0.11880668	0.82032151	0.12061069	0.15466299	0.19115995	1.31989731
LDV - lehká nákladní auta	0.23146231	0.24304608	0.23020783	1.27451583	0.37242285	0.39106114	0.37040439	2.05069596
HDV - těžká nákladní auta	0.5143077	0.6307536	0.6197258	8.4140844	0.82752109	1.01488254	0.99713881	13.5382618
BUS - autobusy	0.18422729	0.23857934	0.63515406	7.05366362	0.2964217	0.38387417	1.02196288	11.3493448
Resuspendované částice	0.01796652	0.07426162			0.02890813	0.11948694		
ul. NSPB	emisní faktor [g/km]			emisní faktor [g/mi]				
	$PM_{2,5}$	PM_{10}	NO_2	Nox	$PM_{2,5}$	PM_{10}	NO_2	NO_x
OA - osobní automobily	0.05578965	0.07323396	0.08653903	0.60236205	0.08976554	0.11783344	0.13924131	0.96920053
LDV - lehká nákladní auta	0.13036223	0.15077002	0.15052902	0.86133522	0.20975283	0.24258896	0.24220119	1.38588836
HDV - těžká nákladní auta	0.41263567	0.5082003	0.4553212	6.1740588	0.66393079	0.81769428	0.73261181	9.93406061
BUS - autobusy	0.16434106	0.21484767	0.42597931	4.69437065	0.26442477	0.3456899	0.68540071	7.55324238
Resuspendované částice	0.01624274	0.06713666			0.02613457	0.10802289		

5 VÝPOČET IMISÍ NA STANOVENÉM ÚSEKU

Imise byly vypočteny pro řešenou lokalitu Ostrava – Poruba, křižovatky silnic 17. listopadu a nábřeží Svazu protifašistických bojovníků (viz. Obr. č. 9).

5.1 Výpočet imisí z dopravy

Výpočet imisí imisí ze silniční dopravy probíhal v blízkosti automatizovaná měřicí stanice TOPO, ta se nachází ve vzdálenosti cca 100 m od sledovaného úseku.

Jedná se o stanici pozadřovou, typu předměstské zóny, charakteru obytná. Automatizovaná stanice měří NO, NO_x, NO₂ v hodinových intervalech a PM₁₀, PM_{2,5} v denních intervalech.



Obrázek č. 10 Foto imisní stanice TOPO, v areálu ČHMÚ (ČHMÚ [online], 2017)

CALINE 4 je liniový disperzní model vyvinutý Kalifornským ministerstvem dopravy pro odhad úrovně znečištění ovzduší do 500 m od vozovky. Jde o liniový jako série prvků konečné délky, každý zdroj orientovaný kolmo k větru.

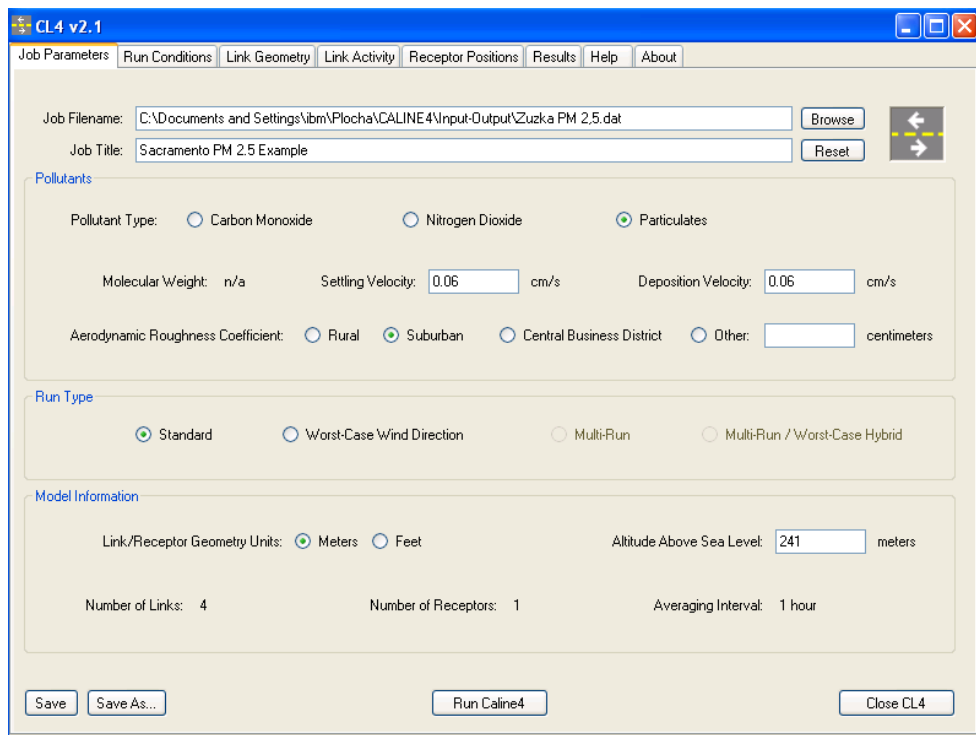
Cílem této práce bylo vypočítat imisní zatížení související se silniční dopravou. Imise NO_x, NO₂, PM_{2,5} a PM₁₀, byly zvoleny, protože jsou měřeny automatizovanou

stanicí TOPO. Hlavním cílem práce bylo na základě emisí zjištěných ze sčítání dopravy dopočítat danou emisní zátěž. Emise se stanovovaly ve dnech, kdy probíhalo sčítání dopravy, a data byla sčítána na všech čtyřech stanovištích ve stejný den a hodinu (viz. Obr. č. 6).

Pro správný výpočet bylo třeba zjistit všechny pracovní parametry, spouštěcí podmínky, geometrii vozovek, aktivitu vozovek a pozice receptorů.

5.1.1 Pracovní parametry použité pro výpočet

Pracovními parametry pro model CALINE 4 jsou typ polutantu, rychlost depozice, aerodynamický koeficient drsnosti, spouštěcí typ, nadmořská výška (viz. Obr. č 11).



Obrázek č. 11 Pracovní parametry CALINE 4 (Caltrans [online], 2017)

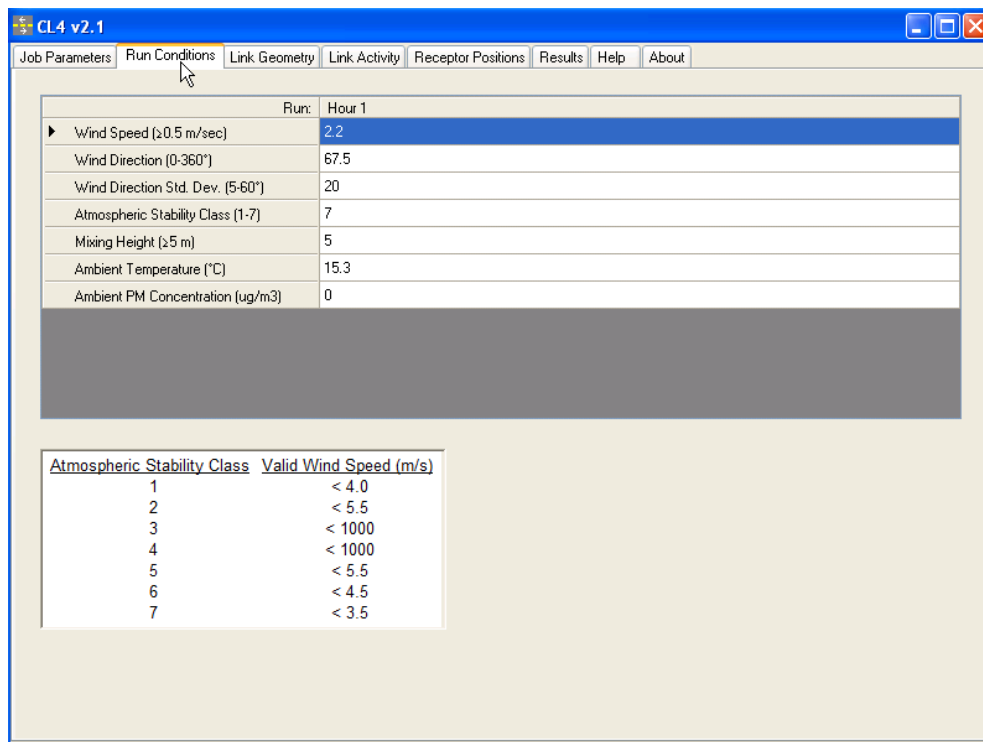
Jako polutanty byly postupně vybrány PM_{2,5}, PM₁₀, NO_x, NO₂. Při výpočtu PM_{2,5} bylo nutné zadat rychlost depozice 0,06 cm/s a u PM₁₀ rychlost 0,23. U látek NO_x a NO se doporučuje model dosazovat nulovou rychlost depozice. (Caltrans [online], 2017)

Jako aerodynamický koeficient byl vybrán Suburban. (Caltrans [online], 2017)

Nadmořská výška 241 m. n. m., byla určena z mapy, obrázek č. 6. (Mapy [online], 2017)

5.1.2 Spouštěcí podmínky

Mezi spouštěcí podmínky patří rychlost větru, směr větru, standardní odchylka směru větru, atmosférická třída stability, směšovací výška, okolní teplota a okolní koncentrace (viz. Obr. č. 12)



Run:	Hour 1
Wind Speed (≥ 0.5 m/sec)	2.2
Wind Direction (0-360°)	67.5
Wind Direction Std. Dev. (5-60°)	20
Atmospheric Stability Class (1-7)	7
Mixing Height (≥ 5 m)	5
Ambient Temperature (°C)	15.3
Ambient PM Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0

Atmospheric Stability Class	Valid Wind Speed (m/s)
1	< 4.0
2	< 5.5
3	< 1000
4	< 1000
5	< 5.5
6	< 4.5
7	< 3.5

Obrázek č. 12 Spouštěcí podmínky CALINE 4 (Caltrans [online], 2017)

Hodnoty potřebných rychlostí a směrů větru, byly získány z českého hydrometeorologického ústavu. (ČHMÚ [online], 2015)

Teplota byla dohledána v archivu počasí. (In-počasí [online], 2017)

Hodnoty jsou zaznamenány v tabulce č. 7.

Bc. Zuzana Ambrožová: Výpočet imisí ze silniční dopravy a srovnání s daty z automatizované imisní stanice.

Tabulka č. 7 Hodnoty naměřených směrů, rychlostí větru a okolních teplot v konkrétních dnech sčítání. (Poskytnutá data z ČHMÚ 2017)

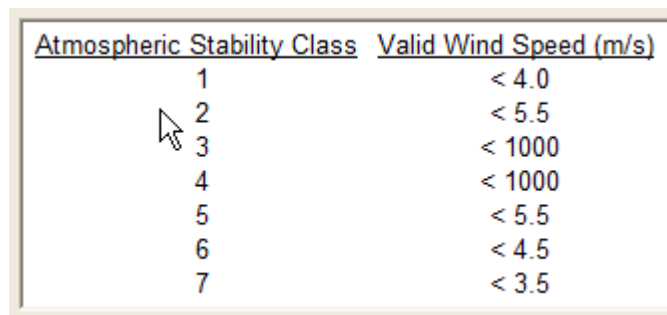
datum	čas	směr větru (°)	rychlost větru (m/s)	teplota (°C)
5.10.	12-13	67,5	0,6	17
5.10.	13-14	22,5	1,8	19
7.10.	12-13	67,5	2,2	15,3
7.10.	13-14	45	2,5	18,3
7.10.	18-19	0	2,2	8,8
7.10.	19-20	0	1,6	10,5
2.11.	10-11	225	8	8,8
2.11.	11-12	225	7	10,5
2.11.	12-13	225	5,3	11,9
2.11.	13-14	225	3,5	12,6
4.11.	9-10	180	2	8
4.11.	10-11	202,5	1,9	9,2
4.11.	17-18	225	3	8
4.11.	18-19	225	3	7,2

Standardní odchylky směru větru byly určeny dle hodiny, kdy probíhalo sčítání dopravy a geografické lokace (Coastal, Coastal valley, Central valley, Mountain). Hodnoty použité k výpočtu, jsou zaznamenány v tabulce č. 8 (Caltrans [online], 2017)

Tabulka č. 8 Hodnoty standardní odchylky směru větru (Caltrans [online], 2017)

hodina	standardní odchylka směru větru
6-10	5
10-17	20
17-21	5

Atmosférické třídy stability byly určeny podle naměřené rychlosti větru ve sledované dny a hodiny, kdy probíhaly odečty z manuálního sčítání dopravy. Hodnoty jsou předefinovány přímo v modelu CALINE 4 (viz. Obr. 13) a byly použity na základě rychlosti větru uvedené v tabulce č. 9.



Atmospheric Stability Class	Valid Wind Speed (m/s)
1	< 4.0
2	< 5.5
3	< 1000
4	< 1000
5	< 5.5
6	< 4.5
7	< 3.5

Obrázek č. 13 Hodnoty atmosférické třídy stabilit, předefinované v modelu CALINE 4 (Caltrans [online], 2017)

Hodnoty použité k výpočtu, jsou zaznamenány v tabulce č. 8. (Caltrans [online], 2017)

Tabulka č. 9 Hodnoty použité pro výpočet atmosférické třídy stability, dle rychlosti větru (Caltrans [online], 2017)

atmosférická třída stability
7
6
5
3

Směšovací výška je výška, ve které dochází vlivem solárního ohřevu země k teplotním turbulencím, proto byla pro výpočet směšovací výšky vybrána hodnota 5m. (Caltrans [online], 2017).

Z odborné zprávy Státního zdravotního ústavu (SUZ), byly získány požadované koncentrace. K výpočtu imisí NO₂, je potřeba znát také okolní koncentrace O₃ a NO a také rychlostní konstantu fotolýzy NO₂ (0,004) a poměr stanovený pomocí stochiometrického koeficientu NO₂/NO_x (0,075). (Caltrans [online], 2017)

Model CALINE 4 pracuje s jednotkami ppm. Koncentrace NO₂ a NO_x musely být převedeny, použité hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 10.

Tabulka č. 10 Hodnoty okolních koncentrací jednotlivých látek (SZU [online], 2010).

látka	hodnota [µg.m-3]	hodnota ppm
NO _x	11	0.0054
NO ₂	9.5	0.0046
PM	19.5	
O ₃	66.2	0.0309

5.1.3 Geometrie vozovek

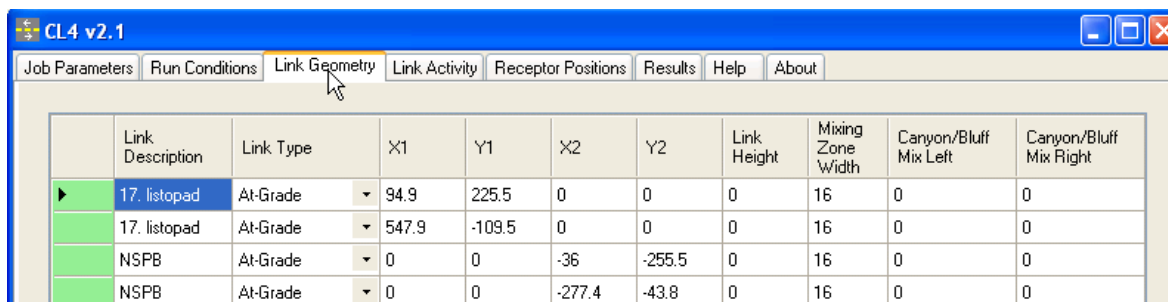
V této části se musely zadat označení vozovek, typ vozovek, X a Y souřadnice a šířku mísící zóny (viz. Obr. č. 13)

K označení vozovek byly vybrány názvy příslušných komunikací, 17. listopadu a NSPB.

Jako typ vozovky nejlépe vyhovoval typ At-Grade, jedná se o typ vozovky v terénu. (Caltrans [online], 2017)

Souřadnice X, Y byly zadány tak, aby co nejlépe charakterizovaly sledované silnice. Silnice na sebe nejsou kolmé, abychom co nejpřesněji popsali skutečný tvar vozovky, byly komunikace rozděleny na více úseků, protože model umožňuje modelovat pouze přímku.

Šířce mísící zóny odpovídá hodnota 16 m (Caltrans [online], 2017).



Link Description	Link Type	X1	Y1	X2	Y2	Link Height	Mixing Zone Width	Canyon/Bluff Mix Left	Canyon/Bluff Mix Right
17. listopad	At-Grade	94.9	225.5	0	0	0	16	0	0
17. listopad	At-Grade	547.9	-109.5	0	0	0	16	0	0
NSPB	At-Grade	0	0	-36	-255.5	0	16	0	0
NSPB	At-Grade	0	0	-277.4	-43.8	0	16	0	0

Obrázek č. 14 Geometrie vozovek (Caltrans [online], 2017).

5.1.4 Aktivita vozovek

V této sekci se dosazuje hodinová intenzita dopravy z odečtu a příslušné emisní faktory. (viz. Obr. č. 10). Dosazovány byly intenzity z dopravy pro každou silnici, pro všechny čtyři druhy vozidel, přesně dle sčítání z dopravy v příslušný měsíc, den a hodinu. Hodnoty použité k výpočtu, jsou zaznamenány v Tabulce č. 11 Hodinová intenzita dopravy na ulicích 17. listopadu a NSPB v příslušném měsíci, dni a hodině. Emisní faktory byly vypočítány (viz. kapitola 5.1), jejich výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 6 Tabulka vypočtených emisních faktorů PM_{2,5}, PM₁₀, NO₂, NO_x i s výpočty emisních faktorů resuspendovaných částic.

Tabulka č. 11 Hodinová intenzita dopravy na ulicích 17. listopadu a NSPB v příslušném měsíci, dni a hodině.

datum	čas	Osobní auta		LVD		HVD		BUS	
		17. listopadu	NSPB	17. listopadu	NSPB	17. listopadu	NSPB	17. listopadu	NSPB
5.10.	12-13	1147	295	89	12	135	2	17	12
5.10.	13-14	1169	320	71	7	124	4	21	21
7.10.	12-13	1238	268	86	20	115	5	19	16
7.10.	13-14	1379	178	119	25	154	4	21	19
7.10.	18-19	1232	150	9	0	36	0	13	11
7.10.	19-20	596	69	1	0	3	0	0	8
2.11.	10-11	1212	203	154	13	128	4	12	16
2.11.	11-12	1366	186	182	15	146	4	16	12
2.11.	12-13	1208	209	60	16	114	7	20	12
2.11.	13-14	1253	209	42	7	96	6	22	17
4.11.	9-10	1191	186	122	21	120	5	10	14
4.11.	10-11	1160	226	145	17	104	4	10	12
4.11.	17-18	1234	235	12	0	43	0	15	14
4.11.	18-19	887	155	1	0	9	0	3	11

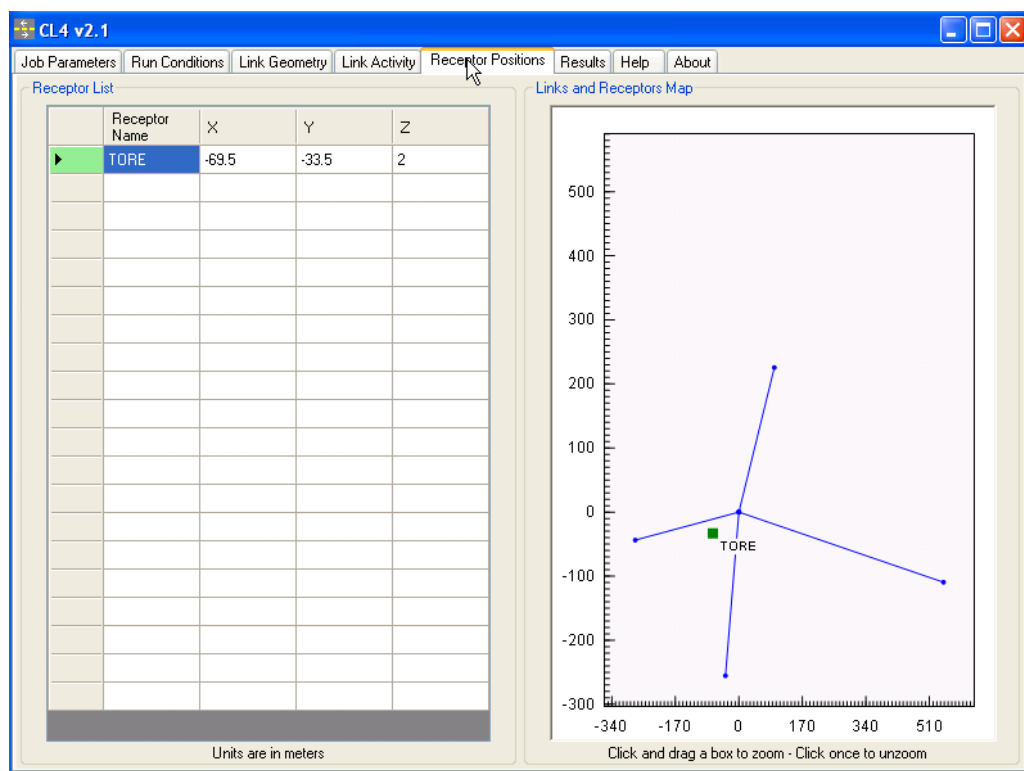
Na obrázku č. 15 jsou doplněny hodinové intenzity a emisní faktory pro PM_{2,5} ulic 17. listopadu a NSPB.

Link Desc. \ Run:	Traffic Volume (vph) Hour 1	PM Emiss. Factor (g/mi) Hour 1
17. listopad	1169	0.120611
17. listopad	1169	0.120611
NSPB	320	0.089766
NSPB	320	0.089766

Obrázek č. 15 Aktivita vozovek (Caltrans [online], 2017).

5.1.5 Pozice receptoru

Pozice receptoru místo ve kterém počítá model, je to poslední spouštěcí podmínka. Název receptoru, byl zvolen podle názvu měřicí stanice, ze které máme imisní data. Souřadnice receptoru X, Y, Z jsou souřadnice AIMS, souřadnice X, Y určují polohu stanice a souřadnice Z, byla zadána na základě výšky v jaké AIMS měří, byla zvolena hodnota 2, jako 2m nad sledovanými komunikacemi. Na obrázku č. 16 je vidět, umístění měřicí stanice v jaké vzdálenosti se nachází od sledovaných komunikací.



Obrázek č. 16 Pozice receptoru (Caltrans [online], 2017).

5.1.6 Výpočet

Po zadání veškerých potřebných dat, byl spuštěn výpočet. Výpočet byl proveden pro každý typ vozidla a pro všechny posuzované dny a hodiny.

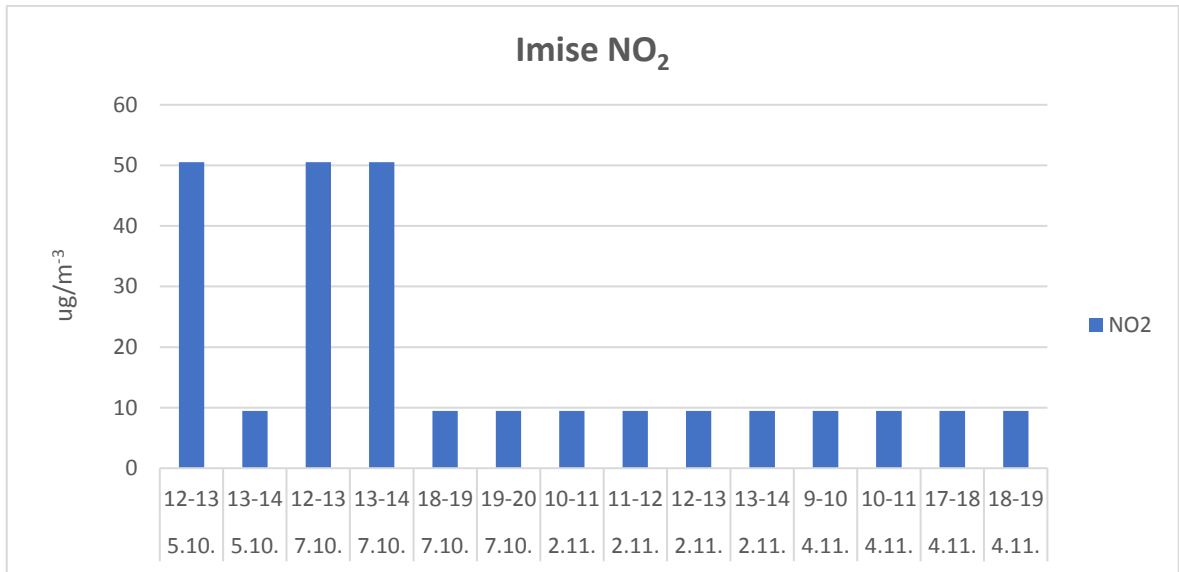
5.2 Výsledky

Výsledné hodnoty imisí jsou zaznamenány v následující tabulce č. 12 a grafech č. 7,8,9,10. Výsledky imisí NO a NO₂ byly v jednotkách ppm, data s imisního monitoringu byly dodány v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, pro porovnání musely být převedeny na jednotku $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Tabulka č. 12 Vypočítané imise znečišťujících látek vyprodukovanou dopravou dle vybraných měsíců, dnů a hodin

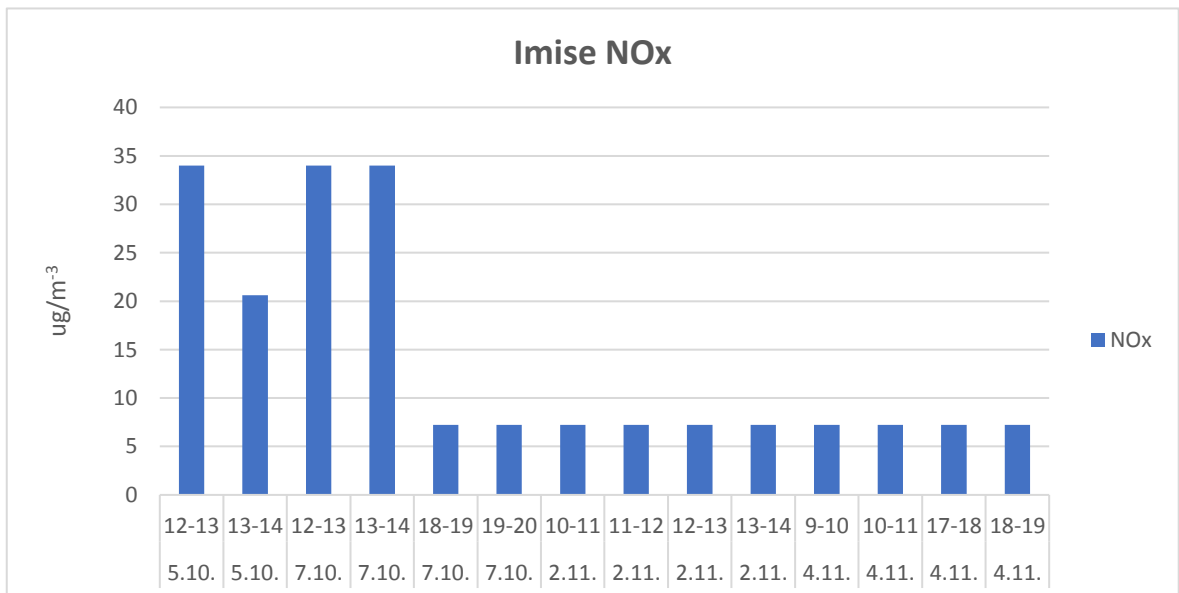
datum	čas	znečišťující látky $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
		NO ₂	NO _x	PM _{2,5}	PM ₁₀
5.10.	12-13	50.5038	34.0106	61.2	52.3
5.10.	13-14	9.4438	20.6206	25.9	27.8
7.10.	12-13	50.5038	34.0106	31.5	35.2
7.10.	13-14	50.5038	34.0106	32.1	35
7.10.	18-19	9.4438	7.2306	19.8	20.2
7.10.	19-20	9.4438	7.2306	19.6	20
2.11.	10-11	9.4438	7.2306	19.5	19.5
2.11.	11-12	9.4438	7.2306	19.5	19.5
2.11.	12-13	9.4438	7.2306	19.5	19.5
2.11.	13-14	9.4438	7.2306	19.5	19.5
4.11.	9-10	9.4438	7.2306	19.5	19.5
4.11.	10-11	9.4438	7.2306	19.5	19.5
4.11.	17-18	9.4438	7.2306	19.5	19.5
4.11.	18-19	9.4438	7.2306	19.5	19.5

Výsledné hodnoty vypočítaných imisí v říjnu a listopadu 2015. Jak je vidět na všech čtyřech grafech (graf č. 7-10) hodnoty imisí, jsou ovlivněny hlavně směrem větru. Vyšších hodnot dosahovaly imise v měsíci říjnu, kdy převládal severovýchodní vítr, zatím co v listopadu, kdy převládal jižní a jihozápadní vítr, jsou hodnoty imisí znečišťujících látek značně nižší. Nejnižší hodnot dosahovaly v průměru imise NO_x, poté NO₂, PM₁₀, nejvyšších hodnot dosahovaly imise PM_{2,5}. Ve sledovaném podzimním období je trend imisí pro všechny sledované znečišťující látky značně podobný.



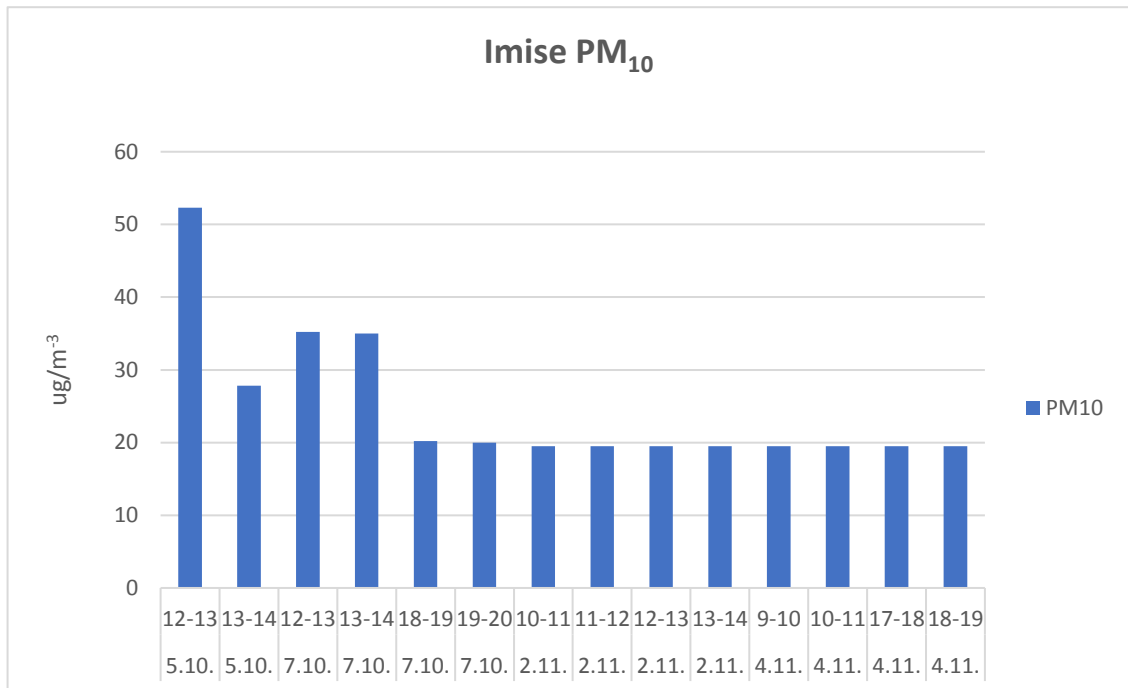
Graf č. 7 Imise NO₂ vyprodukované dopravou dle vybraných měsíců, dnů a hodin.

Výsledné hodnoty vypočítaných imisí NO₂ v říjnu a listopadu (viz. Graf č. 7). V pondělí 5.10 od 12-13 hodin a ve středu 7.10 od 12-14 hodin, byly vypočítány nejvyšší hodnoty imisí 50,5038 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. V pondělí 5.10 od 13-14 hodin, dále 7.10 od 18-20 hodin a všechny další sledované dny a hodiny byly vypočítány imise NO₂ 9,4434 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.



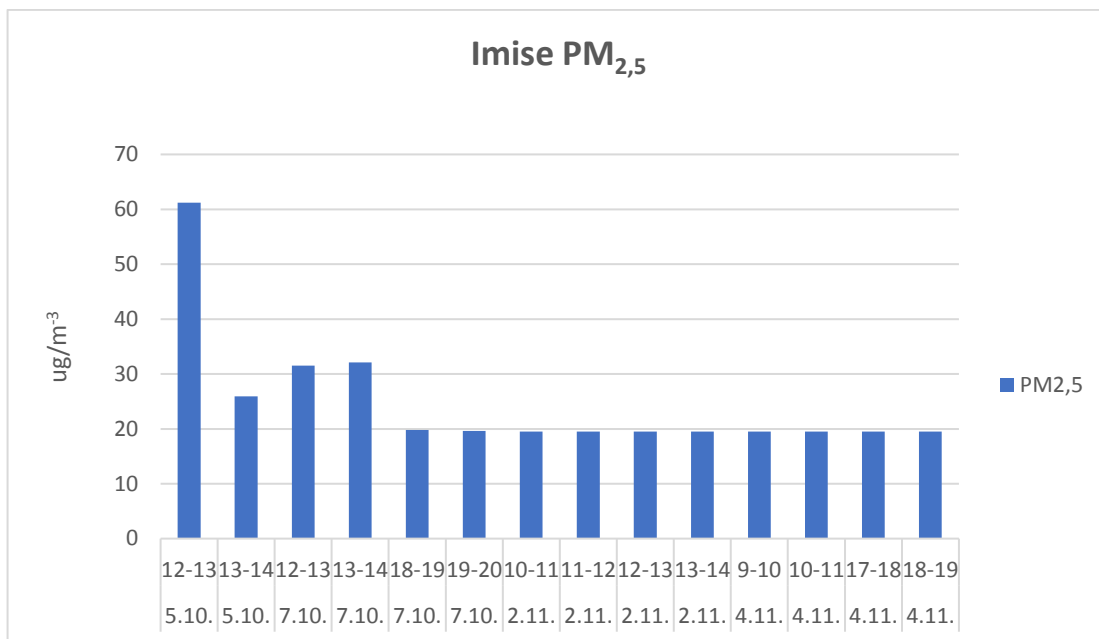
Graf č. 8 Imise NO_x vyprodukované dopravou dle vybraných měsíců, dnů a hodin.

Výsledné hodnoty vypočítaných imisí NO_x v říjnu a listopadu (viz. Graf č. 8). V pondělí 5.10 od 12-13hodin a ve středu 7.10 od 12-14 hodin byly vypočítány nejvyšší hodnoty imisí, hodnoty byly $34 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. V pondělí 5.10 od 13-14 hodin byla hodnota nižší, než předchozí hodinu $20,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. V podvečer 7.10 od 18-20 hodin a všechny další sledované dny a hodiny byly vypočítány imise NO_x $7,23 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.



Graf č. 9 Imise PM_{10} vyprodukované dopravou dle vybraných měsíců, dnů a hodin.

Výsledné hodnoty vypočítaných imisí $\text{PM}_{2,5}$ v říjnu a listopadu (viz. Graf č. 9). Nejvyšší hodnota imisí $52,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ byla vypočítána v pondělí 5.10 od 12-13 hodin. Ve středu 7.10 od 12-14 hodin byly vypočítány hodnoty imisí $35 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Ve středu 7.10 od 18-20 a ve dnech 2.11 a 4.11 byly vypočítány imise PM_{10} $19,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.



Graf č. 10 Imise PM_{2,5} vyprodukované dopravou dle vybraných měsíců, dnů a hodin.

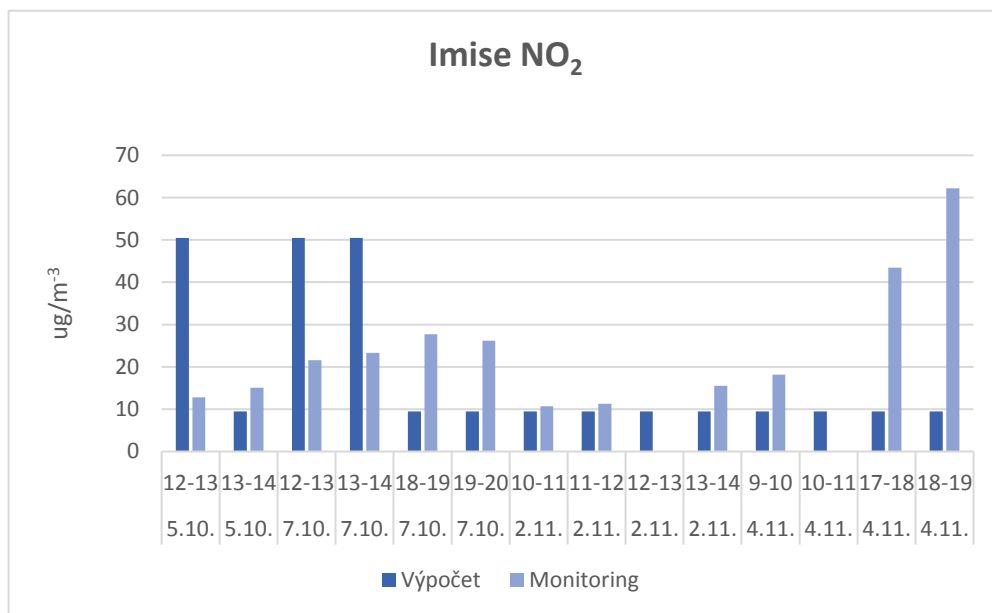
Nejvyšší hodnota imisí PM_{2,5} byla 61 $\mu\text{g.m}^{-3}$ v pondělí 5.10 od 12-13 hodin, od 13-14 hodin byla hodnota 25,9 $\mu\text{g.m}^{-3}$. Ve středu 7.10 od 12-14 hodin byly vypočítány hodnoty imisí 32 a 31 $\mu\text{g.m}^{-3}$. Ve středu 7.10 od 18-20 hodin a všechny další listopadové sledované dny a hodiny byly vypočítány imise 19,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$ (viz. Graf č. 10).

6 DISKUSE

Cílem diplomové práce byl výpočet emisí a imisí vybraných znečišťujících látek na ulici 17. listopadu a Nábřeží svazu protifašistických bojovníků v měsících, říjnu a listopadu roku 2015, kdy proběhlo manuální sčítání z dopravy.

Výsledné hodnoty imisí NO_2 , NO_x , $\text{PM}_{2,5}$, PM_{10} (viz kapitola 5.2) byly srovnány s poskytnutými daty z automatizovaného monitoringu. Data byla poskytnuta Českým hydrometeorologickým ústavem. Poskytnutá data odpovídala příslušným měsícům, hodinám a dnům, ve kterém probíhal odečet z dopravy, a následně také výpočet imisí z dopravy, jednalo se o říjen a listopad 2015.

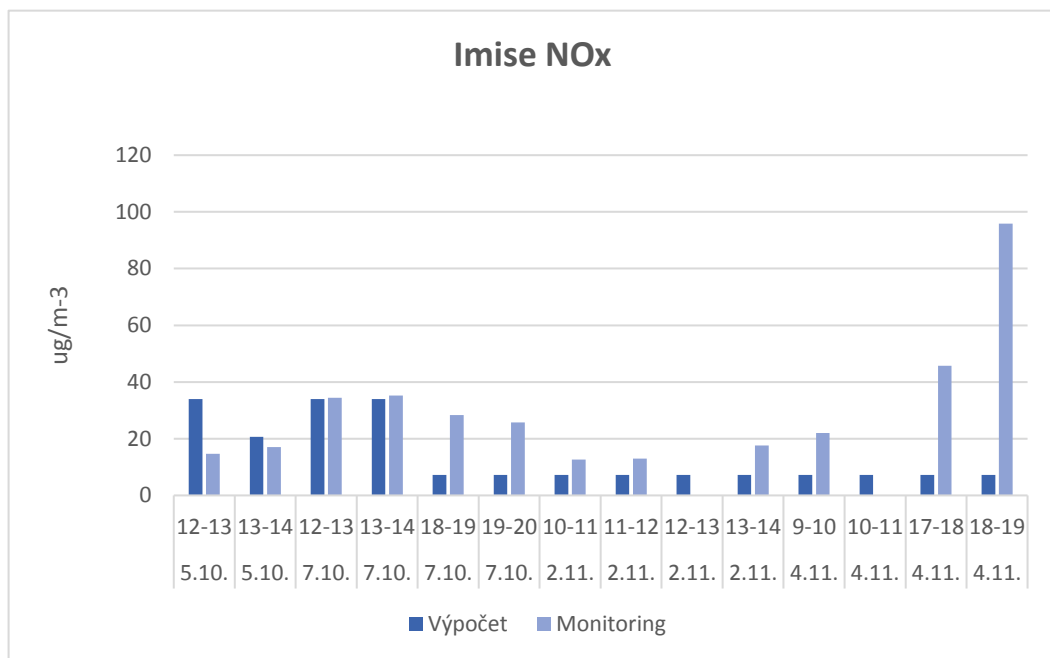
Srovnání dat z výpočtu a imisního monitoringu je znázorněno v grafech č. 11-14.



Graf č. 11 Srovnání imisí NO_2 vyprodukovaných dopravou s daty z imisního monitoringu dle vybraných dnů a hodin v měsíci říjnu a listopadu 2015.

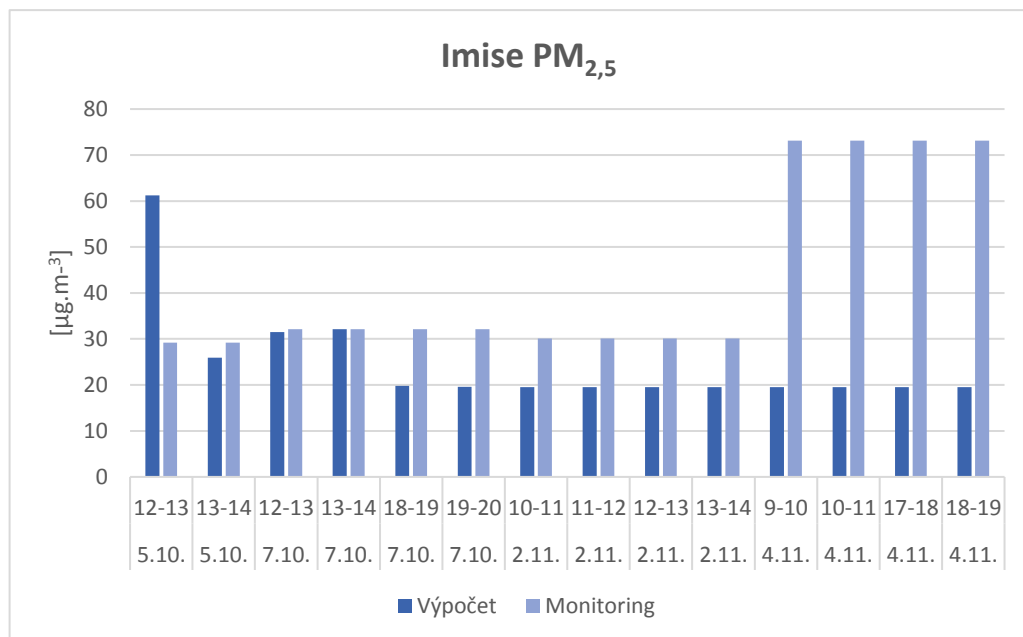
Výsledné hodnoty imisí NO_2 v měsíci říjnu, jsou kolem poledne, převážně vyšší v průměru o $30 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, než hodnoty s imisního monitoringu, pouze v případě ze dne 5.10 jsou hodnoty vypočítané mírně nižší, než hodnoty z imisního monitoringu, ale rozdíl hodnot cca $6 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ imisí z výpočtu a monitoringu je v tomto měsíci nejmenší. Hodnoty

imisí NO₂ v pozdních odpoledních hodinách 18-20, ze dne 7.10 jsou z imisního monitoringu vyšší, než hodnoty imisí vypočítané. V měsíci listopadu 2,4.11 jsou imisní hodnoty z monitoringu jen minimálně vyšší, než vypočítané hodnoty imisí NO₂. V pondělí 2.11 ve 12 hodin a ve středu 4.11 v 10 hodin automatizovaná imisní stanice neměřila, jak můžeme z grafu vidět, proto nemůže být provedeno srovnání. Opět hodnoty imisí z monitoringu ze dne 4.11, jsou v odpoledních hodinách výrazně vyšší, v průměru o 30 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, než hodnoty imisí NO₂ vypočítané (viz. Graf č. 11).



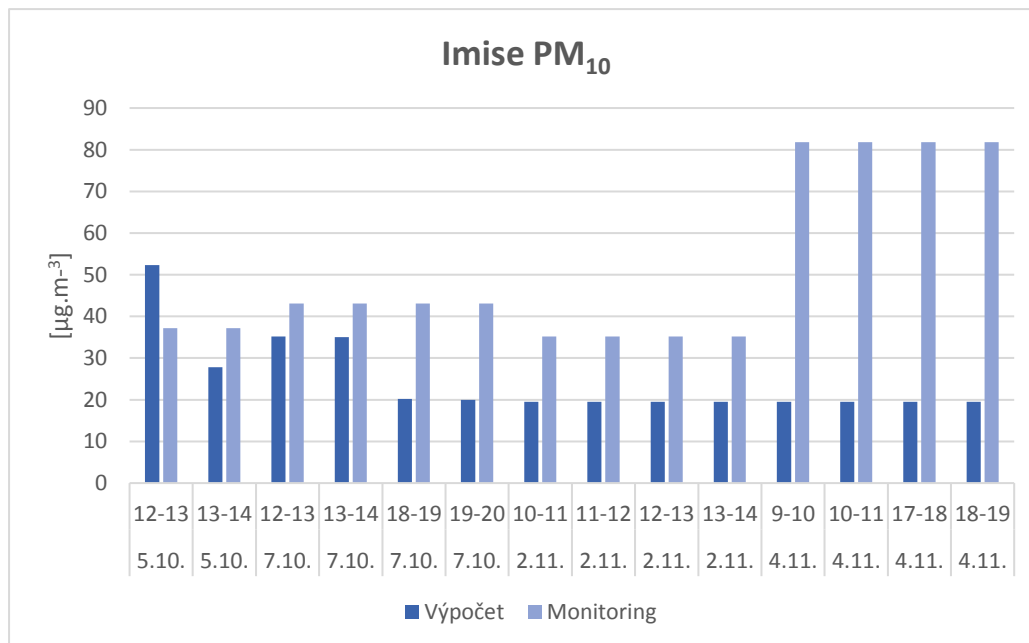
Graf č. 12 Srovnání imisí NO_x vyprodukovaných dopravou s daty z imisního monitoringu dle vybraných dnů a hodin v měsíci říjnu a listopadu 2015.

Hodnoty imisí NO_x v měsíci říjnu z 5.10 vyšší než s imisního monitoringu. Ve středu 7.10 od 12-14 hodin jsou hodnoty vypočítané s imisního monitoringu prakticky shodné, v 18-20 hodin, se už výrazně liší, vypočítané hodnoty jsou hodně nižší než z monitoringu. V měsíci listopadu 2,4.11 jsou imisní hodnoty z monitoringu, minimálně vyšší, než vypočítané hodnoty. V pondělí 2.11 ve 12 hodin a ve středu 4.11 v 10 hodin automatizovaná imisní stanice neměřila, jak můžeme z grafu vidět, proto neproběhlo srovnání. Hodnoty imisí s monitoringu ze dne 4.11, jsou v odpoledních hodinách 17-19 výrazně vyšší než hodnoty imisí NO_x vypočítané v průměru 40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (viz. Graf č. 12).



Graf č. 13 Srovnání imisí PM_{2,5} vyprodukovaných dopravou s daty z vypočítaného imisního zatížení, dle vybraných dnů a hodin v měsíci říjnu a listopadu 2015 a z denního průměru z AIS.

Srovnány jsou hodinové koncentrace PM_{2,5} a PM₁₀ z výpočtu imisí, s denním průměrem imisí PM_{2,5} a PM₁₀ z automatizované imisní stanice. AIS měří imise PM_{2,5} a PM₁₀ ve 24 hodinovém intervalu. Výsledné hodnoty vypočítaných imisí PM_{2,5} a PM₁₀ jsou v pondělí 5.10 od 12-13 hodin výrazně vyšší než z monitoringu. Ve sledovaném podzimním období je trend imisí pro PM_{2,5} a PM₁₀ značně podobný. Ve středu 4.11.2015, kdy došlo k vysokému nárůstu hlavně imisí PM₁₀, PM_{2,5} byla podle historických dat z ČHMÚ, naměřena nižší teplota, než v předchozích dnech. Ve dnech 2 a 4.11. v některých sledovaných hodinách imisní stanice opět neměřila, ale data s AIS jsou z denního průměru, jak můžeme z grafu vidět, (viz. Graf č. 13,14), hodnoty PM_{2,5} a PM₁₀ nejsou nijak výrazně ovlivněny.



Graf č. 14 Srovnání imisí PM₁₀ vyprodukovaných dopravou s daty z vypočítaného imisního zatížení, dle vybraných dnů a hodin v měsíci říjnu a listopadu 2015 a z denního průměru z AIS.

Po srovnání výsledných vypočítaných hodnot imisí, s daty z automatizované imisní stanice, bylo zjištěno, že výsledné hodnoty nebyly shodné, největší shoda byla u imisí NO_x. Výsledné hodnoty imisí z imisního monitoringu jsou u všech sledovaných znečišťujících látek NO_x, NO₂, PM₁₀, PM_{2,5} v průměru vyšší, než imise naměřené. V měsíci říjnu 2015 jsou u některých konkrétních hodin vypočítané imise výrazně vyšší, velký vliv na výsledné vypočítané imise mají povětrnostní podmínky. Jak je možno vidět v pondělí 15.10.2015 od 12-13 hodin na v grafech č. 6-10, u všech čtyřech znečišťujících látek, kdy převládal severovýchodní vítr a byla naměřena nejmenší rychlost větru ze všech sledovaných dnů a hodin byly imise z výpočtu výrazně vyšší, než z automatizované imisní stanice TOPO. Dále mohou být výsledné hodnoty ovlivněny nerovností povrchu, obytnou zástavbou, a zelení. (Yura, et al. 2007)

Jedním s dalších významných faktorů ovlivňující výpočet imisí je zaokrouhlování výsledku v program CALINE 4, zatímco emisní faktory je možno zadat s přesností až 14 desetinných míst, výsledné hodnoty imisí jsou zaokrouhleny jen na 2 desetinné místa, v jednotkách ppm.

Cílem práce byl výpočet emisí a imisí z automobilové dopravy, z grafů je patrné, že na automatizovaný imisní monitoring může být velmi ovlivňován topnou sezónou tedy lokálními topeništi. Jak je vidět v grafech č. 11,12 ve středu 4.11.2015, kdy došlo k vysokému nárůstu hlavně imisí PM_{10} , $PM_{2,5}$, ale i nárůstu NO_x , NO_2 , byla totiž podle historických dat z ČHMÚ, naměřena nižší teplota, než v předchozích dnech.

Pro přesnější výsledky, by bylo vhodné mít k dispozici více použitelných sčítacích listů, tím pádem více dnů a hodin k porovnání. Díky prodloužení sledovacího období, by se lépe porovnávaly hodnoty imisí, popř. by se lépe dokázala závislost imisí na povětrnostních a dalších podmínkách.

7 ZÁVĚR

Tato práce se zabývala problematikou znečištění ovzduší silniční dopravou. Cílem této diplomové práce byl výpočet emisí a imisí NO, NO₂, PM₁₀, PM_{2,5} a následné srovnání imisí s imisemi z automatizovaného imisního monitoringu.

První kapitola této práce se objasňuje způsoby stanovování emisí, a to konkrétně metodikou stanovení emisí látek znečišťující ovzduší z dopravy. Tato metodika stanovuje pouze emise vzniklé při provozu dopravních prostředků.

Druhá kapitola se pojednává o kvalitě ovzduší ve vybraném městě. Ostrava patří k nejvíce urbanizovaným a průmyslovým oblastem ve střední Evropě. Znečištění ovzduší na Ostravsku pochází ze čtyř zdrojů: lokálních topenišť, průmyslových podniků, dopravy a emisí. V období smogových situací pochází až 2/3 znečištění z Polska. Průmysl je na Ostravsku nejvýznamnějším producentem emisí všech znečišťujících látek. Nejvýznamnějšími zdroji emisí jsou: Průmyslové zóny v Kunčicích, průmyslové areály v Mariánských Horách-Vítkovicích a Přívoze.

Třetí kapitola se zabývá významem znečištění z dopravy v Ostravě. Emise vyprodukované silniční dopravou se v Ostravě koncentrují hlavně v blízkosti frekventovaných pozemních komunikací. Především se jedná o lokality ulice Rudné, Opavské, Místecké, tř. 28. října, Mariánskohorské a Plzeňské.

V praktické části jsou vypočítány emise a imise NO, NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, v lokalitě Ostrava – Poruba, křižovatky silnic 17. listopadu a nábřeží Svazu protifašistických bojovníků, v konkrétní dny a hodiny, v říjnu a listopadu roku 2015. Nejvyšší hodnoty primární emisí byly vypočítány pro NO_x, lišily se řádově od ostatních sledovaných emisí NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}. Množství primárních emisí vyprodukovaných v průběhu jednoho týdne v měsících říjnu a listopadu 2015 je přímo úměrné závislosti na intenzitě dopravy.

Cílem práce byl výpočet emisí a imisí z automobilové dopravy. Po srovnání výsledných vypočítaných hodnot imisí, s daty z automatizované imisní stanice, bylo zjištěno, že výsledné hodnoty imisí z imisního monitoringu jsou u všech sledovaných znečišťujících látek NO_x, NO₂, PM₁₀, PM_{2,5} v průměru vyšší. Vliv na rozdílnost výsledků, může mít mnoho faktorů např. povětrnostní podmínky, teplota, topografie terénu atd.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. ADAMEC, V., DUFEK, J., JEDLIČKA, J., HUZLÍK, J., CHOLAVA, R. *Kompendium ochrany kvality ovzduší*. Praha: Občanské sdružení Ochrana kvality ovzduší. ISSN 1211-0337
2. *Atem-Ateliér ekologických modelů: program mefa* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www.atem.cz/mefa.php>
3. BRANIŠ, M., HŮNOVÁ, I., et al. *Atmosféra a klima: Aktuální otázky ochrany ovzduší*. 1. vydání. Praha: Karolinum, 2009. 351 s. ISBN 978-80-246-1598-1.
4. *Centrum dopravy a výzkumu: Celostátní sčítání dopravy 2010* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://csd.cdv.cz/skoleni/scitani/tema-3/>
5. *Český hydrometeorologický ústav.: zdroje znečištění za rok 2014* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/plants/ostrava_mesto_CZ.html
6. *Český hydrometeorologický ústav.: Grafická ročenka 2015* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/15groc/gr15cz/V3_OKFM_CZ.html
7. *Český hydrometeorologický ústav.: Tabelární přehled 2015* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2015_enh/pollution_overview/mp_TOPOM_PM10_CZ.html
8. *Český hydrometeorologický ústav.: Tabelární přehled 2015* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2015_enh/pollution_overview/mp_TOPOM_PM2_5_CZ.html
9. *Český hydrometeorologický ústav.: Tabelární přehled 2015* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2015_enh/pollution_overview/mp_TOPDA_NOx_CZ.html

10. *Český hydrometeorologický ústav.: Tabelární přehled 2015* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z:
http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2015_enh/pollution_overview/mp_TOPDA_NO2_CZ.html
11. *Český hydrometeorologický ústav: Informace o kvalitě ovzduší v ČR* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z:
http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/locality/pollution_locality/loc_TPO_CZ.html
12. *Dýchám pro Ostravu: Hlavní zdroje a příčiny znečištění ovzduší v Ostravě* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <https://dycham.ostrava.cz/images/zdroje.pdf>
13. *In počasí: Archiv počasí, klima České republiky* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z:
<http://www.in-pocasi.cz/archiv/>
14. *KURFÜRST, Jiří. Kompendium ochrany kvality ovzduší. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor spol. s.r.o., 2008. 408 s. ISBN 978-80-86832-38-8.*
15. *Mapy: Ostrava* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z:
<https://mapy.cz/zakladni?x=18.1659633&y=49.8252399&z=14&source=quar&id=10>
16. *Centrum dopravního výzkumu: Metodika stanovení emisí znečišťujících ovzduší z dopravy* [online]. [cit. 2017-04-27]. Dostupné z:
<http://www.czrso.cz/clanky/metodika-stanoveni-emisi-znecistujicich-ovzdusi-z-dopravy/#!prettyPhoto>
17. *Ministersvo životního prostředí: Metodické pokyny* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z:
[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zpracovani_rozptylovych_studii_metodika/\\$FILE/000-RS_pr3-10102013.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zpracovani_rozptylovych_studii_metodika/$FILE/000-RS_pr3-10102013.pdf)
18. *Ministersvo životního prostředí: Studie o vývoji dopravy 2015* [online]. [cit. 2017-04-27]. Dostupné z:
[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/studie_vyvoj_dopravy/\\$FILE/000-Studie_2015-20170123.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/studie_vyvoj_dopravy/$FILE/000-Studie_2015-20170123.pdf)
19. *Ostrava: Životní prostředí - Zpráva 2014* [online]. [cit. 2017-04-27]. Dostupné z:
http://www.ostrava.cz/cs/o-meste/zivotni-prostredi/dokumenty-materialy-studie/dokumenty-materialy-studie/report_zp_2014.pdf

Bc. Zuzana Ambrožová: Výpočet imisí ze silniční dopravy a srovnání s daty z automatizované imisní stanice.

20. *Politika jakosti pozemních komunikací: Metodický pokyn systému jakosti PK* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z:
http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP189.pdf
21. *Státní zdravotnický ústav: Ovzduší 2010* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z:
http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/odborne_zpravy/OZ_10/ovzdusi_2010.pdf
22. *YURA E. A. et. al. CALINE dispersion to assess vehicular PM2.5 emissions.* Atmospheric Environment. [online]. (41), 4270-4280, 2007 [cit. 2017-03-29]. ISSN 8747–8757.

SEZNAM ZKRATEK

A	autobusy
AIMS	automatizovaná imisní stanice
CALINE 4	California line source dispersion model version 4 - Kalifornský silniční disperzní model verze 4
Caltrans	California Department of Transportation - Kalifornské ministerstvo dopravy
CO	oxid uhelnatý
CO ₂	oxid uhličitý
CZRSO	Centrum dopravního výzkumu
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
E	emisní faktor
k	násobitel závislý na velikosti řešené frakce
LV	lehká nákladní vozidla
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
N	celkový počet dnů
NSPB	ulice nábřeží Svazu protifašistických dobrovolníků
N ₂ O	oxid dusný
PAH	nitroderiváty PAH
NO	oxid dusnatý
NO ₂	oxid dusičitý
NO _x	oxidy dusíku
O ₃	ozón
OA	osobní automobily
P	počet dnů s úrovní srážek ≥ 1 mm z celkového počtu dnů
PAH	polycyklické aromatické uhlovodíky
PCB	polychlorované bifenyly
PCDD	polychlorované dibenzodioxiny
PM _{2,5}	částice do 2,5 μ m (jemná frakce)
PM ₁₀	částice do 10 μ m (hrubá frakce)
sL	zátěž povrchu silnice prachovými částicemi
SO ₂	oxid siřičitý
SO _x	oxidy síry

Bc. Zuzana Ambrožová: Výpočet imisí ze silniční dopravy a srovnání s daty z automatizované imisní stanice.

SZU	Státní zdravotní ústav
TP	technické podmínky
TV	těžká nákladní vozidla
TZL	tuhé znečišťující látky
TSP	celková hmotnost suspendovaných částic
VOC	těkavé organické látky
W	průměrná hmotnost vozidla
ŽP	životní prostředí

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1 Schématické zobrazení metodiky výpočtu emisí z dopravy (Kurfürst et al. 2008).....	3
Obrázek č. 2 Schéma výpočtu ročních emisí (Adamec et al. 2007).....	4
Obrázek č. 3 Zdroje znečišťování ovzduší v Ostravě rok 2014.....	8
Obrázek č. 4 Zobrazuje emisní hustotu na území města Ostravy z průmyslu a energetiky. (Ostrava [online], 2017).....	9
Obrázek č. 5 Zobrazuje hustotu emisí z vytápění domácností v Ostravě. (Ostrava [online], 2017).....	10
Obrázek č. 6 Zobrazuje hustotu emisí z automobilové dopravy v Ostravě. (Ostrava [online], 2017).....	11
Obrázek č. 7 Mapový snímek zájmové lokality s vyznačením čtyř stanovišť a měřicí stanicí TOPO.....	12
Obrázek č. 8 Vzorový čítací list z 5.10.2015 z ulice 17. listopadu (Centrum dopravního výzkumu [online], 2010).....	13
Obrázek č. 9 Program MEFA 13, (atem [online], 2010).....	18
Obrázek č. 10 Foto imisní stanice TOPO, v areálu ČHMÚ (ČHMÚ [online], 2017).....	27
Obrázek č. 11 Pracovní parametry CALINE 4 (Caltans [online], 2017).....	28
Obrázek č. 12 Spouštěcí podmínky CALINE 4 (Caltrans [online], 2017).....	29
Obrázek č. 13 Hodnoty atmosférické třídy stabilit, předefinované v modelu CALINE 4 (Caltrans [online], 2017).....	31
Obrázek č. 14 Geometrie vozovek (Caltrans [online], 2017).....	32
Obrázek č. 15 Aktivita vozovek (Caltrans [online], 2017).....	33
Obrázek č. 16 Pozice receptoru (Caltrans [online], 2017).....	34

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1 Průměrné denní koncentrace PM ₁₀ , PM _{2,5} , NO _x , NO ₂ μg.m ⁻³ v měsících v říjnu a listopadu, ve vybraných dnech. (ČHMÚ [online], 2015	7
Tabulka č. 2 Poměrové zastoupení pohonných hmot vozidel v ČR. Zjištění aktuální dynamické skladby vozového parku v roce 2015 (Zjištění aktuální dynamické skladby vozového parku v roce 2015 [online], 2017).....	14
Tabulka č. 3 Emisních faktorů pro PM _{2,5}	19
Tabulka č. 4 Hodnoty pro výpočet sklonu vozovky a hodnoty sklonu vozovky, pro ulici 17. listopadu.....	20
Tabulka č. 5 Vstupní data: plynulost provozu, podélný sklon vozovky, průměrná rychlost jízdy.	20
Tabulka č. 6 Tabulka vypočtených emisních faktorů PM _{2,5} , PM ₁₀ , NO ₂ , Nox i s výpočty emisních faktorů resupenovaných částic.	26
Tabulka č. 7 Hodnoty naměřených směrů, rychlostí větru a okolních teplot v konkrétních dnech sčítání. (Poskytnutá data z ČHMÚ 2017).....	30
Tabulka č. 8 Hodnoty standardní odchylky směru větru (Caltrans [online], 2017)	30
Tabulka č. 9 Hodnoty použité pro výpočet atmosférické třídy stability, dle rychlosti větru (Caltrans [online], 2017).....	31
Tabulka č. 10 Hodnoty okolních koncentrací jednotlivých látek (SZU [online], 2010). ...	32
Tabulka č. 11 Hodinová intenzita dopravy na ulicích 17. listopadu a NSPB v příslušném měsíci, dni a hodině.	33
Tabulka č. 12 Vypočítané imise znečišťujících látek vyprodukovanou dopravou dle vybraných měsíců, dnů a hodin	35

SEZNAM GRAFŮ

Graf č. 1 Počet vozidel projíždějících v průběhu jednoho týdne v měsíci říjnu 2015, na ulici	16
Graf č. 2	17
Graf č. 3 Množství primárních emisí vyprodukovaných v průběhu jednoho týdne v měsíci říjnu a listopadu 2015 při provozu vozidel na ulici 17. listopadu.....	21
Graf č. 4 Množství primárních emisí vyprodukovaných v průběhu jednoho týdne v měsíci říjnu a listopadu 2015 při provozu vozidel na ulici NSPB.	22
Graf č. 5 Množství primárních emisí NO _x vyprodukovaných v průběhu jednoho týdne OA, LVD, HVD, BUS v měsíci říjnu 2015, při provozu vozidel na ulici 17. listopadu.	23
Graf č. 6 Množství primárních emisí NO _x vyprodukovaných v průběhu jednoho týdne OA, LVD, HVD, BUS v měsíci říjnu 2015, při provozu vozidel na ulici NSPB.....	24
Graf č. 7 Imise NO ₂ vyprodukované dopravou dle vybraných měsíců, dnů a hodin.	36
Graf č. 8 Imise NO _x vyprodukované dopravou dle vybraných měsíců, dnů a hodin.	36
Graf č. 9 Imise PM ₁₀ vyprodukované dopravou dle vybraných měsíců, dnů a hodin.	37
Graf č. 10 Imise PM _{2,5} vyprodukované dopravou dle vybraných měsíců, dnů a hodin.....	38
Graf č. 11 Srovnání imisí NO ₂ vyprodukovaných dopravou s daty z imisního monitoringu dle vybraných dnů a hodin v měsíci říjnu a listopadu 2015.	39
Graf č. 12 Srovnání imisí NO _x vyprodukovaných dopravou s daty z imisního monitoringu dle vybraných dnů a hodin v měsíci říjnu a listopadu 2015.	40
Graf č. 13 Srovnání imisí PM _{2,5} vyprodukovaných dopravou s daty z vypočítaného imisního zatížení, dle vybraných dnů a hodin v měsíci říjnu a listopadu 2015 a z denního průměru z AIS.....	41
Graf č. 14 Srovnání imisí PM ₁₀ vyprodukovaných dopravou s daty z vypočítaného imisního zatížení, dle vybraných dnů a hodin v měsíci říjnu a listopadu 2015 a z denního průměru z AIS.....	42

PŘÍLOHY

Příloha č. 1 Intenzita dopravy na ulici 17. listopadu	54
Příloha č. 2 Intenzita dopravy na ulici NSPB	55

Bc. Zuzana Ambrožová: Výpočet imisí ze silniční dopravy a srovnání s daty z automatizované imisní stanice.

Příloha č. 1 Intenzita dopravy na ulici 17. listopadu

17. listopadu						
INTENZITA DOPRAVY ZA 365 DNÍ PO DOBU 24 HODIN A 16 HODN						16 HODIN: 5:00 - 21:00
OA OSOBNÍ AUTOMOBILY + MOTO						
	24h a 365 dní v roce			16h a 365 dní v roce		
leden	86.3			524024.05		494835.91
únor	89.6			544062.05		513757.79
březen	95.4			579280.35		547014.43
duben	102.9			624821.26		590018.71
květen	103.5			628464.53		593459.06
červen	104.3			633322.23		598046.18
červenec	106.9			649109.74		612954.33
srpen	108.8			660646.77		623848.75
září	106.4			646073.68		610087.38
říjen	103.5	616904.40	5960.43	628464.53	582542.83	593459.06
listopad	96.0	593646.06	6183.81	582923.62	560579.98	550454.78
prosinec	96.4			585352.47		552748.34
	1200.0		6072.12	7286545.29	5733.90	6880684.71
jednodenní intenzita				19963.14		18851.19
LDV LEHKÉ NÁKLADNÍ AUTOMOBILY						
	24h a 365 dní v roce			16h a 365 dní v roce		
leden	80.9			21064.84		19744.07
únor	85.4			22236.55		20842.32
březen	93.8			24423.76		22892.39
duben	106.9			27834.75		26089.51
květen	109.1			28407.59		26626.43
červen	105.5			27470.22		25747.83
červenec	104.5			27209.84		25503.78
srpen	103.9			27053.61		25357.35
září	107.7			28043.05		26284.76
říjen	105.9	23658.86	223.41	27574.37	22175.45	209.40
listopad	102.6	30508.61	297.35	26715.11	28595.72	278.71
prosinec	93.8			24423.76		22892.39
	1200.0		260.38	312457.44	244.06	292866.35
jednodenní intenzita				856.05		802.37
HDV STŘEDNÍ + TĚŽKÉ NÁKLADNÍ AUTOMOBILY A NÁVĚSOVÉ SOUPRAVY						
	24h a 365 dní v roce			16h a 365 dní v roce		
leden	80.9			27981.75		1455812.57
únor	85.4			29538.21		1536791.02
březen	93.8			32443.61		1687950.79
duben	106.9			36974.65		1923688.06
květen	109.1			37735.59		1963277.52
červen	105.5			36490.42		1898494.76
červenec	104.5			36144.54		1880499.55
srpen	103.9			35937.01		1869702.43
září	107.7			37251.35		1938084.23
říjen	105.9	38065.66276	359.45	36628.77	35678.94571	35678.95
listopad	102.6	34095.25	332.31	35487.36	31957.47	311.48
prosinec	93.8			32443.61		1687950.79
			345.88	415056.88	17995.21	21594253.23
jednodenní intenzita				1137.14		59162.34
BUS AUTOBUSY						
	24h a 365 dní v roce			16h a 365 dní v roce		
leden	83.1			5832.42		5261.43
únor	88.1			6183.35		5578.00
březen	91.4			6414.96		5786.94
duben	102.5			7194.02		6489.73
květen	115.0			8071.35		7281.16
červen	111.8			7846.75		7078.55
červenec	101.3			7109.80		6413.75
srpen	107.6			7551.97		6812.63
září	114.4			8029.23		7243.17
říjen	106.4	7730.95	72.66	7467.75	6974.09	65.55
listopad	96.2	6513.88	67.71	6751.86	5876.17	61.08
prosinec	82.2			5769.26		5204.45
	1200.0		70.19	84222.73	63.31	75977.33
jednodenní intenzita				230.75		208.16

Bc. Zuzana Ambrožová: Výpočet imisí ze silniční dopravy a srovnání s daty z automatizované imisní stanice.

Příloha č. 2 Intenzita dopravy na ulici NSPB

NSPB						
INTENZITA DOPRAVY ZA 365 DNÍ PO DOBU 24 HODIN A 16 HODN						16 HODIN: 5:00 - 21:00
OA OSOBNÍ AUTOMOBILY + MOTO						
	24h a 365 dní v roce			16h a 365 dní v roce		
leden	86.6			131405.84		123521.49
únor	91.5			138841.04		130510.58
březen	100.7			152801.02		143632.96
duben	102.0			154773.62		145487.21
květen	108.8			165091.86		155186.36
červen	109.5			166154.04		156184.80
červenec	107.6			163271.00		153474.74
srpen	106.0			160843.18		151192.59
září	106.6			161753.61		152048.40
říjen	99.8	196862.61	1972.57	151435.37	185050.86	1854.22
listopad	95.2	101121.98	1062.21	144455.38	95054.66	998.47
prosinec	85.7			130040.19		122237.78
			1517.39	1820866.15		1426.35
						1711614.21
jednodenní intenzita				4988.67		4689.35
LDV LEHKÉ NÁKLADNÍ AUTOMOBILY						
	24h a 365 dní v roce			16h a 365 dní v roce		
leden	80.9			3024.01		2847.41
únor	85.4			3192.22		3005.79
březen	93.8			3506.20		3301.44
duben	106.9			3995.88		3762.52
květen	109.1			4078.11		3839.95
červen	105.5			3943.54		3713.24
červenec	104.5			3906.16		3678.05
srpen	103.9			3883.74		3656.93
září	107.7			4025.78		3790.68
říjen	105.9	3801.90	35.90	3958.50	3579.87	33.80
listopad	102.6	3986.86	38.86	3835.14	3754.03	36.59
prosinec	93.8			3506.20		3301.44
	1200.0		37.38	44855.48		35.20
						42235.94
jednodenní intenzita				122.89		115.71
HDV STŘEDNÍ + TĚŽKÉ NÁKLADNÍ AUTOMOBILY A NÁVĚSOVÉ SOUPRAVY						
	24h a 365 dní v roce			16h a 365 dní v roce		
leden	80.9			899.87		848.04
únor	85.4			949.92		895.21
březen	93.8			1043.36		983.26
duben	106.9			1189.07		1120.59
květen	109.1			1213.54		1143.65
červen	105.5			1173.50		1105.91
červenec	104.5			1162.38		1095.43
srpen	103.9			1155.70		1089.14
září	107.7			1197.97		1128.97
říjen	105.9	957.37	9.04	1177.95	903.35	8.53
listopad	102.6	1354.95	13.21	1141.24	1275.82	12.43
prosinec	93.8			1043.36		983.26
			11.12	13347.88		10.48
						12579.07
jednodenní intenzita				36.57		34.46
BUS AUTOBUSY						
	24h a 365 dní v roce			16h a 365 dní v roce		
leden	83.1			5919.97		5340.66
únor	88.1			6276.17		5662.00
březen	91.4			6511.26		5874.08
duben	102.5			7302.01		6587.46
květen	115.0			8192.50		7390.81
červen	111.8			7964.54		7185.15
červenec	101.3			7216.53		6510.34
srpen	107.6			7665.33		6915.22
září	114.4			8149.76		7352.25
říjen	106.4	7513.34	70.61	7579.85	6777.79	63.70
listopad	96.2	6913.34	71.86	6853.21	6237.10	64.83
prosinec	82.2			5855.86		5282.82
	1200.0		71.24	85487.00		64.27
						77121.45
jednodenní intenzita				234.21		211.29