

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělství inženýrství

Studijní obor: 4101T026 Agropodnikání

Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, PhD.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Rozbor negativních externalit silniční dopravy

Vedoucí práce: Ing. Ivo Celjak, CSc.

Autor práce: Bc. Pavel Kůrka

České Budějovice 2020

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Pavel KÚRKA**
Osobní číslo: **Z18434**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Agropodnikání**
Téma práce: **Rozbor negativních externalit silniční dopravy**
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky**

Zásady pro vypracování

Cíl práce:

Cílem práce je provedení studia vybraných externalit pozemních dopravních zařízení v lidském prostředí s důrazem na emise oxidu uhličitého. Provést výpočet produkce oxidu uhličitého ve vybraných úsecích silniční dopravy.

Metodický postup:

1. Rešerše z oblasti produkce a vlivu CO_2 na životní prostředí jako hlavní externality silniční dopravy.
2. Provést obecný výpočet produkce CO_2 na základě veřejných dat z měření intenzity dopravy ve vybrané lokalitě.
3. Stanovení produkce CO_2 ve vybraném úseku dopravní trasy na základě výpočtu jízdních odporů vozidel.
4. Na základě provedených měření a výpočtů vypracovat souhrn poznatků o úrovni produkce CO_2 a návrh opatření ke snížení této produkce.

Rozsah pracovní zprávy: **60 – 80 stran**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

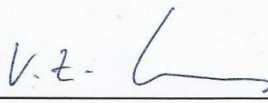
- Adamec, V. a kol.: Doprava, zdraví a životní prostředí. GRADA, Praha 2008, 160 s.
- Celjak, I.: Ovlivnění řídicí emisemi prachových částic ze spalovacích a nespalovacích procesů. *Komunální technika*, 2/2015, roč. IX, s. 50-43, ISSN 1802-2391.
- Celjak, I.: Externalita silniční dopravy v obcích. *Komunální technika*, 11/2015, roč. IX, s. 14-18, ISSN 1802-2391
- Dufek, J., Huzlík, J.: Metodika pro stanovení emisní zátěže látek znečišťujících ovzduší v České republice. Brno, Centrum dopravního výzkumu, 2001, 21 s.
- Fiala, J., Horálek, J.: Znečištění ovzduší částicemi aerosolu na dopravou ovlivněných stanicích. *Ochrana ovzduší*, 2003, roč. XV., č. 2, s. 3-4, ISSN 1211-0337
- Krzyzanowsky, M., Kuna-Dibbert, B.: Health effects of transport-related air pollution. Copenhagen, WHO Europe, 2005, ISBN 92-890-1373-7, 205 p.
- Index kvality ovzduší on-line, <http://portal.chmi.cz/#!>
- Memorandum o budoucnosti automobilového průmyslu v ČR, říjen 2017, Ministerstvo průmyslu a obchodu
- Národní akční plán čisté mobility, říjen 2015, Ministerstvo průmyslu a obchodu
- Metodika výpočtu emise CO₂ motorových vozidel podle U. S. Environmental Protection Agency
- Metodika hodnocení nákladů životního cyklu EP a Rady EU 2009/33/ES
- Šuta, M., Bencko, V.: Zdravotní rizika znečištění ovzduší nejvýznamnějšími automobilovými emisemi, *Praktický lékař*, 1998, roč. 78, č. 6 a 10, ISSN 0032-6739
- Výsledky Celostátního sčítání dopravy z roku 2016 v ČR:
<http://scitani2016.rsd.cz/pages/map/default.aspx>
- Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, § 4 odst. 2
- Vyhláška č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší § 3 odst. 5
- Příloha „Český automobilový průmysl“ k memorandu o budoucnosti automobilového průmyslu v České republice, MPO ČR
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/94/EU ze dne 22. října 2014 o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva
- Statistická ročenka, Přehledy registrovaných vozidel, www.sydos.cz
- https://www.ing.nl/media/ING_EBZ_breakthrough-of-electric-vehicle-threatens-European-car-industry_tcm162-128687.pdf

Vedoucí diplomové práce: Ing. Ivo Celjak, CSc.
Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky


Datum zadání diplomové práce: 22. ledna 2019
Termín odevzdání diplomové práce: 15. dubna 2020

V Českých Budějovicích dne 25. února 2019

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
střední oddělení
Studentská 1598, 370 05 České Budějovice


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

L.S.


doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení o autorství

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích, 15.4. 2020

.....

Podpis autora

Poděkování:

Chci poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Ivu Celjakovi, CSc. za jeho odborné vedení, cenné připomínky, přátelskou atmosféru, trpělivost a podnětnou diskusi při zpracování práce.

Dále děkuji svému dědečkovi Bedřichu Němcovi za pomoc, podporu, výborné postřehy a odborné rady při sbírání dat k praktické části diplomové práce.

Souhrn

Diplomová práce je zaměřena na studium negativních externalit silničního provozu. V oblasti automobilové dopravy se vyskytuje mnoho externalit. V tomto konkrétním případě je kladen důraz na externality, které mají největší vliv na zdraví lidí. Jsou to prachové částice, hluk a produkce oxidu uhličitého na vybraném úseku dopravní trasy. Jako nejvhodnější úsek k měření jsem zvolil velmi frekventovanou silnici v obci Čkyně. Tato silnice je známá pod názvem „Čkyňská rovinka“. Prachové částice byly naměřeny na křižovatce v Prachaticích z důvodu blízkosti měřicí stanice. Měření jsou provedena pomocí prachoměru DUST TRAK 8530, univerzálního hlukoměru, fotoaparátu, videokamery, notebooku a pomocí programu MEFA 13, jenž pochází od firmy ATEM s. r. o.

Klíčová slova:

Externality silničního provozu, hluk, oxid uhličitý, dopravní trasy, Čkyně, Prachatice, hlukoměr, MEFA 13

Summary:

The thesis is focused on the study of negative externalities of road traffic. There are many externalities in the field of car transport. In this particular case, the emphasis is on externalities that have the greatest impact on human health. There are dust particles, noise and carbon dioxide production on a selected section of the transport route. I chose a very busy road in the village of Čkyně as the most suitable measuring section. This road is known as the „Čkyňská rovinka“. Dust particles were measured at the intersection in Prachatices because of the proximity of the measuring station. Measurements are made with the DUSTTRAK 8530, a universal sound level meter, a camera, a camcorder, a laptop and the MEFA 13 program, which comes from ATEM, s. r. o.

Keywords:

Externalities of road traffic, noise, carbon dioxide, transport routes, Čkyně, Prachatices, sound level meter, MEFA 13

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Literární rešerše.....	9
2.1 Externality silniční dopravy.....	9
2.1.1 Znečištění ovzduší.....	10
2.1.2 Vliv oxidu uhličitého na životní prostředí.....	18
2.1.2.1 Jízdní odpory vozidel.....	20
2.1.3 Hluk.....	24
2.1.4 Kongesce v silničním provozu.....	28
2.1.5 Dopravní nehody.....	30
2.1.6 Vibrace.....	32
2.1.7 Poškození životního prostředí ztrátami nebezpečných nákladů a jejich únikem při nehodách.....	33
2.1.8 Vliv dopravních tras na krajinu.....	34
2.1.9 Smrt zvěře, ptáků, plazů a hmyzu.....	35
2.1.10 Omezení pohybu lidí v okolí dopravních tras s velkou hustotou provozu.....	35
2.1.11 Negativní světelné účinky v krajině (vliv na klidný spánek).....	35
2.1.12 Okázalost lidí při provozování velkých a luxusních automobilů.....	36
2.1.13 „Demence lidí, kteří žijí ve vzdálenosti 100 metrů od frekventovaných silnic.“.....	36
2.1.14 Společenské dopady dopravy.....	36
3 Metoda sběru dat.....	38
3.1 Cíle práce.....	39
3.2 Sledování produkce prachových částic v Prachaticích.....	39
3.3 Základní údaje měřicí stanice.....	39
3.4 Výběr místa měření.....	41
3.5. Metodika a cíl měření koncentrace polévatého prachu.....	49
3.5.1 Použité přístroje.....	49
3.5.2 Místo měření.....	51
3.5.3 Stanovení naměřených údajů na vybrané křižovatce monitorem Dustrack.....	51
3.5.3.1 Měření hmotnostní koncentrace prachových částic přístrojem DustTrak 8530.....	51
4 Stanovení emisních faktorů na úseku vybrané trasy.....	58
4.2 Metodika.....	58
4.3. Program MEFA 13.....	58
4.4 Stanovení údajů pro generování v programu MEFA.....	58
5 Výpočet produkce CO ₂ na vybrané trase.....	67

5.1 Cíle.....	67
5.2 Metodika.....	67
5.2.1 Charakteristika úseku dopravní trasy.....	67
5.2.2 Faktory prostředí dopravní trasy.....	68
5.3 Sběr dat pro výpočet CO ₂	69
5.4 Zjištění údajů a výpočet jízdních odporů a CO ₂	69
6 Stanovení hluku v silničním provozu.....	73
6.1 Cíl.....	73
6.2 Metodika.....	73
6.3 Přístroje pro měření hluku.....	73
6.4 Postup měření.....	76
6.5 Měření na stanovištích vybrané dopravní trasy.....	78
6.5.1 Stanoviště č. 1.....	76
6.5.2 Stanoviště č. 2.....	81
7 Diskuse.....	88
7.1. Koncentrace prachových částic.....	88
7.2 Emisní faktor.....	89
7.3 Produkce CO ₂	89
7.4 Hluková zátěž.....	90
8 Návrh řešení problematiky negativních externalit.....	91
8.1 Mýtný systém.....	91
8.3 Úprava okolí dopravních cest.....	91
8.4 Tichý asfalt.....	92
8.5 Přechod nákladní silniční dopravy na železniční.....	92
8.6 Snížení hustoty provozu + modré zóny.....	92
8.7 Elektromobilita.....	93
9.Závěr.....	93
10. Použité zdroje.....	94

1. Úvod

Ve světě má silniční doprava obrovský význam. Je jednak využívána širokou skupinou lidí všech věkových kategorií v oblasti osobní dopravy, a také zajišťuje dopravu rozmanitých břemen v zásobování, výrobě a dalších oblastech lidské společnosti. Všichni řidiči se musí přizpůsobit silničnímu provozu a dodržovat dopravní předpisy. Je třeba vyvíjet snahu, aby byla doprava plynulá, bezpečná a ekonomická. Velký význam mají faktory ovlivňující silniční dopravu. Nemusí to být jen chování řidičů, ale také vnější vlivy, například prostředí, dopravní trasy, ale také negativní dopad na životní prostředí. Počet dopravních vozidel se neustále zvyšuje a tím stoupá rozsah externalit silniční dopravy.

Vzhledem k neustále zvyšujícímu provozu přibývá hlučnosti, prašnosti a velkého počtu poražené zvěře na českých silnicích. Významně ohroženo může být i zdraví každého člověka. Nejenže může dojít ke zranění při nehodě v rámci silničního provozu, také po silnicích jezdí mnoho automobilů se spalovacími motory, které vypouští do ovzduší mnoho škodlivin. Tyto škodliviny znečišťují ovzduší a mají negativní dopad na životní prostředí a také na oteplování planety, což vede ke klimatickým změnám. Cílem lidské společnosti by mělo být řešení těchto externalit, aby se stalo výsledkem dosažení udržitelného rozvoje dopravy. Úplně odstranění všech problémů v současné době jistě není možné, ale minimalizování faktorů externalit by měl být prioritní úkol pro všechny.

2 Literární řešerše

2.1 Externality silniční dopravy

Externalitou silniční dopravy rozumie případ, kdy i člověk, který se neúčastní silniční dopravy aktivně, je nucený snášet a akceptovat veškeré negativní dopady dopravy a to i za předpokladu, že mu to přináší fyzickou i psychickou nepohodu, strádání, zdravotní problémy, poškození životního prostředí a škody na majetku a mnohá další omezení, s nimiž nesouhlasí. (CELJAK, 2017)

(CELJAK, 2017) :„Rozdělení externalit:

- 1) Pozitivní
- 2) Negativní

Pozitivní externality v silničním provozu

- a) Uspokojení osobní potřeby některých řidičů ovládat vozidlo (okázalost, zviditelnění a sebe prezentace prostřednictvím automobilu, radost z vlastnictví určitého modelu značky)
- b) Vznik a činnost zájmových skupin ve prospěch realizace svých zájmů prostřednictvím dopravních zařízení (kluby značek vozidel)
- c) Dosažitelnost speciální potravinové produkce (nikoliv nutné k obživě) ze vzdálených míst (rozmanité druhy ovoce, zeleniny, masa a koření)
- d) Dostupnost čerstvých potravin v průběhu celého dne („čerstvý a křupavý rohlík, který, ale není nutný pro základní obživu“)
- e) Zaměstnanost. Příjmy firem za služby a výrobky s vazbou na dopravu (autoservisy, prodejny ND, prodej knih s tematikou dopravy, výroba dopravních značek, prvky aktivní pasivní ochrany prostředí před vznikem DN, platby za parkování)
- f) Využití zařízení, určených k dopravě, pro uspokojení zájmových potřeb, například automobilové sporty, zájmové skupiny, značkové kluby, tuning.“

Negativní externalita silniční dopravy:

- a) Znečištění ovzduší, emise znečištěných plynů
- b) Vliv oxidu uhličitého na životní prostředí
- c) Hluk
- d) Kongesce v silniční dopravě
- e) Dopravní nehody
- f) Vibrace
- g) Poškození životního prostředí ztrátami nebezpečných nákladů a jejich únikem při nehodách
- h) Vliv dopravních tras na krajinu
- i) Smrt zvířete, ptáků, plazů a hmyzu
- j) Omezení pohybu lidí v okolí dopravních tras s velkou hustotou provozu
- k) Negativní světelné účinky v krajině (vliv na klidný spánek)
- l) Okázalost lidí při provozování velkých a luxusních automobilů
- m) Demence lidí, kteří žijí ve vzdálenosti 100 metrů od frekventovaných silnic.
- n) Společenské dopady dopravy. (CELJAK,2017)

2.1.1 Znečištění ovzduší

Znečištění ovzduší je důležitá negativní externalita. V podstatě ji můžeme označit jako chemický-fyzikálně- biologický stav. Tento stav vzniká při nárůstu škodlivých látek v zemské atmosféře. Následkem čehož dochází ke znečištění ovzduší. (ANONYM 1, 2019)

Atmosféru lze označit za plynný obal, bez kterého by na planetě neexistoval život. Skládá se z několika stratosférických vrstev. Tyto vrstvy při znečištění mění svou velikost. Nejprve může dojít z jejich zmenšení a později i ke ztrátě části atmosférického ozonu. Z toho důvodu hrozí vytvoření ozonových děr. Z hlediska delšího časového období, by tento stav mohl být nebezpečný. (KAHUDA, 2019)

Velká část znečištění ovzduší přichází ze silniční dopravy. V současné době dochází k neustálému modernizování silničních zařízení za účelem vytváření co nejnižšího objemu škodlivin. Bohužel, se nejedná o otázku kvality, ale kvantity. Ke znečištění dochází z důvodu množství dopravních prostředků na našich silnicích. Tato situace ovšem nenastává rovnoměrně. Osobní vozidla vyprodukují více škodlivin, než nákladní automobily. (LUKEŠOVÁ, 2017)

Na základě těchto faktorů byly zavedeny emisní normy EURO 3. Účinnost těchto norem nastala v roce 2000. Platí pro všechny nové automobily. Navíc je nařízena přísná technická kontrola. Pro nová vozidla platí platnost technické kontroly 4 roky. Po uplynutí této doby je pro všechny vozy zařízená kontrola každé dva roky. Je zakázané dodávání ojetých vozidel starších 8 let. Pro veškerá dovezená vozidla, která nesplňují normu EURO 3, je stanoven poplatek 5000 Kč. Uvedené rozhodnutí nabylo účinnosti v roce 2004. (LUKEŠOVÁ, 2017)

V současné době se v silniční dopravě se pohybují dopravní prostředky, které splňují normy EURO 5 – EURO 6. Je ovšem třeba podotknout, že je mnoho norem nižších EURO 1 – EURO 4, jejichž počty neustále klesají a na silnicích se jich pohybuje stále méně. Důvodem je především stáří, horší technický stav, produkce vyšších emisí a snaha vozidla vyloučit z dopravního provozu. Za tímto účelem bylo zavedeno tzv. šrotovné. Všeobecně se jedná pouze o snahu snížit množství produkovaných emisí v dopravě. (NÁHLÍK, 2015)

Ovzduší z velké míry znečišťují výfukové plyny. Jsou definovány jako produkty spalování pohonných hmot v zážehových a vznětových motorech, které jsou výfukem vypouštěny do ovzduší. Rozlišuje se dokonalé a nedokonalé spalování. U dokonalého spalování je hlavní složkou spalin dusík N_2 , z něhož vznikne voda H_2O a oxid uhličitý CO_2 . Nicméně je možné, že dojde i k nedokonalému spalování.

V tomto případě se objevují ve výfukových plynech složky, kupříkladu oxid uhličitý CO_2 , nespálené uhlovodíky HC, oxidy dusíku NO_x , oxidy síry SO_x a makroskopické pevné látky PM. (CELJAK, 2017)

Způsoby stanovující průtok výfukových plynů

(VOJTÍŠEK, 2011) : „ Okamžitý tok výfukových plynů je možné stanovit několika základními způsoby:

1. Přímé měření průtoku výfukových plynů průtokoměrem nasunutým do výfukového potrubí
2. Výpočet z přímo měřeného toku nasávaného vzduchu a průtoku paliva, nebo s výpočtem průtoku paliva ze známého složení paliva a poměru paliva a vzduchu zjištěného z měřeného složení výfukových plynů
3. Výpočet průtoku nasávaného vzduchu s použitím “speed-density method“, metody hojně využívané elektronickými řídicími jednotkami motorů, založené na sledování teploty a tlaku v sacím potrubí a otáček motoru výpočtu toku vzduchu z těchto veličin, zdvihového objemu motoru, a experimentálně zjištěné dopravní účinnosti.

Jako nejschůdnější se ukázal způsob třetí, výpočet podle vztahu odvozeného ze stavové rovnice ideálního typu.

$$\mathbf{MAF [g/s] = 0,028967 * n_{vol} * rpm [min^{-1}] * V_d [dm^3] * MAP [kPa] / IAT [K] (1)}$$

kde

MAF je hmotnostní tok nasávaného vzduchu,

n_{vol} je dopravní účinnost motoru (která se mění v závislosti na otáčkách a závislosti motoru),

rpm jsou otáčky motoru za minutu,

MAP je absolutní tlak v sacím potrubí motoru,

IAT je teplota v sacím potrubí.“

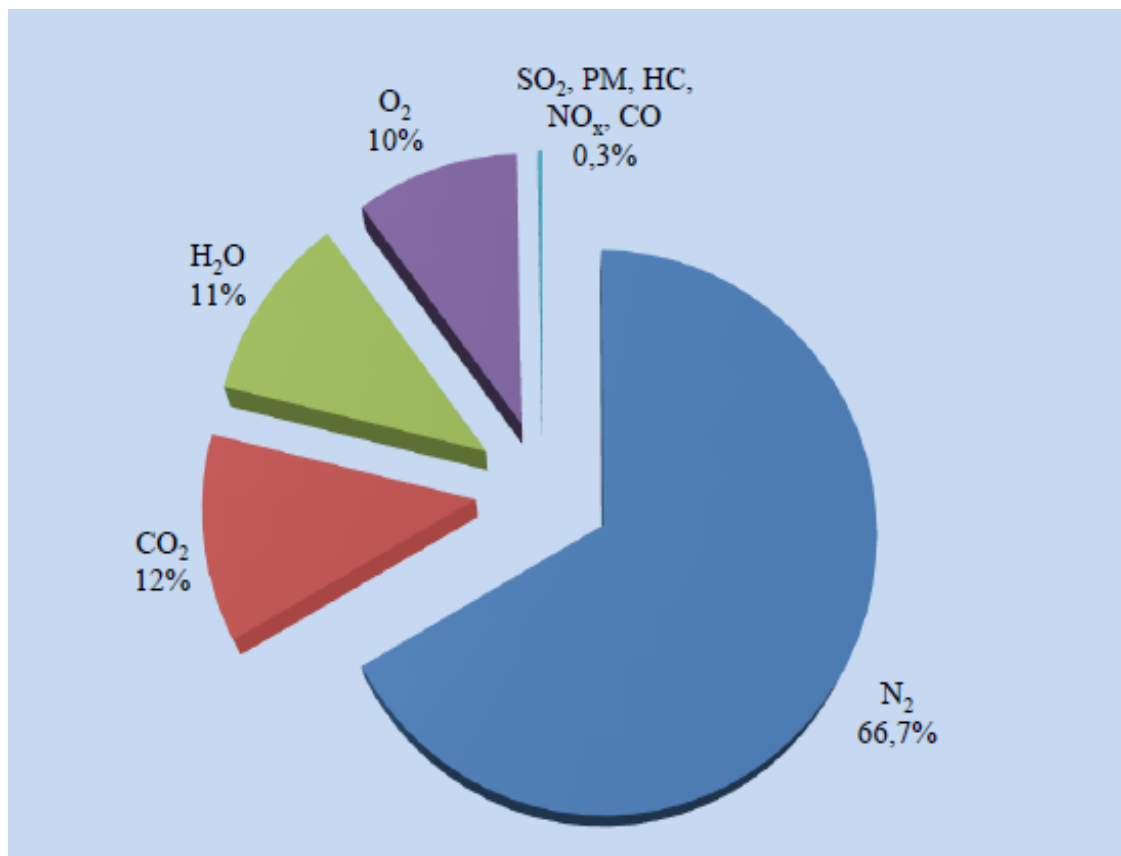
Mezi důležité pojmy se řadí emise a imise. V podstatě se jedná o znečišťující látky, které jsou vypouštěny do ovzduší. Tyto látky vzniknou při spalování fosilních paliv. Označujeme je jako polutanty. Pokud se podíváme na zážehové a vznětové motory, tak se jedná především o spalování nafty, benzínu či zemního plynu. Rovněž sem lze zařadit spalování uhlí v tepelných elektrárnách. Z určitého hlediska to nemusí dávat smysl, ale tepelné elektrárny předávají elektrickou energii vozidlům MHD a trolejovým vozům. Emise jsou v podstatě koncentrací polutantů ve vzduchu a měří se přímo u zdroje znečišťujících látek, např. u výfuku automobilů. Imise vyjadřují důsledky, které způsobují emise. Jsou rozptylovány a neustále se mění rekce v ovzduší a mohou mít neblahý vliv na životní prostředí. (KAHUDA, 2019)

Druh a kvalita pohonných hmot jsou hlavními faktory vypouštěných emisí. V praxi je zřejmé, že palivo obsahuje určité chemické prvky, které jsou základem vypouštěných emisí po spálení ve spalovacím motoru. Všeobecně poslední dobou převládá snaha snížit emise olova z dopravy. Řešením by mohlo být využití bezolovnatého benzínu. Je kladen také velký důraz na druh znečištění, ze kterého plyne efektivita spalování a druh motoru. U dopravních automobilů se vznětovým motorem, které jezdí na naftu je produkováno mnohem méně emisí CO_2 a NO_x , než u automobilů se zážehovým motorem, které jezdí výhradně na benzín. Bohužel naftové motory vytvářejí více těkavých látek VOC a karcinogenních pevných částic PM. Také mají mnoho emisí SO_2 a nemají žádné emise olova. (ANONYM 8, 2019)

Tabulka 1 - Procentuální složení výfukových plynů

N ₂	66,7 %
O ₂	10 %
H ₂ O	11%
CO ₂	12%
PM	0,3 %
SO ₂ , HC, NO _x , CO	0,3 %

Zdroj: (CELJAK,2017)



Obrázek 1 - Grafické znázornění složení výfukových plynů

Zdroj: (CELJAK, 2017)

Tabulka 2 – Zdroje a vlastnosti vybraných škodlivin v ovzduší z dopravy

Škodlivá látka	Způsob vzniku v dopravě
Oxid uhličitý (CO ₂)	Spalováním PHM obsahujících uhlík. Benzinové osobní automobily vyprodukují spálením 1 kg paliva 3 183 g této škodliviny, stejně tak dieselové a nákladní.
Oxid uhelnatý (CO)	Spalováním PHM obsahujících uhlík za nedostatečného přístupu vzduchu nebo za vysokých teplot. Benzinové osobní automobily produkují 18 - 168 g této škodliviny na kg paliva, dieselové 2,5 - 9 g.kg ⁻¹ paliva. Nákladní pak 7 - 221g.kg ⁻¹ . Závisí na dodržovaném limitu EURO.
Oxid siřičitý (SO ₂)	Spalováním PHM obsahujících síru, v dnešní době je produkce díky kvalitním palivům minimální.
Oxidy dusíku (NO _x)	Spalování směsi paliva a vzduchu oxidací vzdušného dusíku kyslíkem a vysokých teplot. Benzinové osobní automobily produkují 1 - 45 g této škodliviny na kg paliva, dieselové 4,3 - 18,3 g.kg ⁻¹ , nákladní pak 10 - 93,3 g.kg ⁻¹ paliva.
Oxid dusný (N ₂ O)	Reakcí vzdušného dusíku se vzdušným kyslíkem, zejména za přítomnosti katalyzátorů ze skupiny platinových kovů. Benzinové osobní automobily produkují 0,3 - 1,1 9 g.kg ⁻¹ paliva, dieselové 0,1-0,3 g.kg ⁻¹ a stejně tak nákladní.
Amoniak (NH ₃)	Reakcí vzdušného dusíku s vodíkem obsaženým v palivu. Benzinové osobní automobily produkují až 1,4 g.kg ⁻¹ paliva, dieselové a nákladní pak 0,01 g.kg ⁻¹ paliva.
Ozón (O ₃)	Sekundárními fetězovými radikálovými reakcemi v přízemních vrstvách atmosféry z molekulárního kyslíku za přítomnosti složek výfukových plynů, oxidu dusíku a těkavých uhlovodíků vlivem slunečního záření.
Olovo (Pb)	V minulosti především spalováním olovnatých benzinů, ve kterých bylo přítomno jako tetraethylolovo. Antidetonační na jeho bázi se od r. 2001 nepoužívají. Zdrojem jsou vyvažovací tělíska pneumatik, maziva, oleje a částice z opotřebování ložisek.
Kadmium (Cd)	Opotřebením různých součástí automobilu.
Nikl (Ni)	Obrusem brzdového obložení a různých namáhaných zdrojů.
Chrom (Cr)	Mechanickou separací z rotujících částí motoru a brzdového obložení.
Platinové kovy (Pt, Rh, Pd)	Uvolňování automobilových katalyzátorů.
Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH)	Nedokonalé spalování PHM. Dieselové a nákladní automobily produkují spálením 0,01 g.kg ⁻¹ této skupiny škodlivin, benzinové přibližně tisíciny g.kg ⁻¹ paliva.
Metan (CH ₄)	Nedokonalé spalování PHM. Benzinové osobní automobily produkují 0,1-0,9 9 g.kg ⁻¹ paliva, dieselové 0,01 9 g.kg ⁻¹ a nákladní 0,1-0,6 g.kg ⁻¹ paliva.
Těkavé organické látky (NM VOC)	Spalování PHM a odpařováním pohonných hmot z automobilů. Benzinové osobní automobily produkují 1,3 - 40 9 g.kg ⁻¹ paliva, dieselové 0,6-2,3 g.kg ⁻¹ , nákladní pak 3-42 g.kg ⁻¹ paliva.
Benzen (C ₆ H ₆)	Spalování PHM a vypařováním během jejich manipulace, distribuce a skladování. V Evropě je přítomen v automobilovém benzínu v podílu kolem 5 % někdy i více než 10 %.
Toluen (C ₆ H ₅ -CH ₃)	Spalováním PHM, v kterých je používán ve směsích s benzenem a xylenem jako příměs po zvyšování oktanového čísla automobilových benzinů.
Styren (C ₆ H ₅ -CH=CH ₂)	Nedokonalé spalovací procesy.
Formaldehyd (H ₂ C=O)	Nedokonalé spalování PHM
1,3 - butadien CH ₂ =CH-CH=CH ₂	Nedokonalým spalování PHM, zejména s vysokým obsahem olefinů.
Suspendované částice (PM)	PM ₂₅₋₁₀ hrubá frakce - převážně zviřením prachu z vozovek, oděrem pneumatik a při spalovacích procesech. PM ₂₅ jemná frakce - v důsledku chemických reakcí při spalování PHM PM _{0,02} ultrajemná frakce - z plynných emisí při spalovacích procesech. Může přenášet i na velké vzdálenosti. PM _{0,01} nanočástice - spalováním PHM zejména v zážehových motorech. Dieselové osobní automobily produkují 0,3 - 4,8 g této škodliviny na kg paliva, nákladní 0,4 - 6,3 g.kg ⁻¹ paliva v závislosti na dodržovaném limitu EURO.
Polychlorované dibenzodioxiny a dibenzofurany (PCDD/F)	Oxidací části uhlíku ve spalínách při teplotách 250 - 300°C za přítomnosti kyslíku vodní páry a chlóru.
Polychlorované bifenylly (PCB)	Syntézou částic uhlíku, kyslíku, vodní páry za přítomnosti chlóru.

Zdroj: (ADAMEC, 2008)

(ADAMEC, 2008) :., V posledních letech se středem zájmu staly pevné prachové částice (PM) vzhledem k jejich negativním vlivům na zdraví člověka a vzrůstajícím obsahům v ovzduší především velkým městských aglomerací. PM zahrnují částice pevného kapalného materiálu o velikosti od 1nm až po 100 μm , setrvávající po určitou dobu v ovzduší. V atmosféře se s nimi setkáváme v podobě složité heterogenní směsi z hlediska velikosti částic a jejich chemického složení. PM se vyznačují svými specifickými fyzikálními (tvar, velikost, elektrický náboj, povrch částic a rozpustnost) a chemickými vlastnostmi (anorganické a organické složky), které závisejí na jejich zdroji, mechanismu vzniku a dalších podmínkách (vzdálenosti od zdrojů, meteorologické podmínky). Z fyzikálních vlastností je pro emitované částice rozhodující zejména zastoupení jednotlivých velikostních frakcí částic, které zahrnují velmi jemné, jemné i hrubé frakce. Z celkového množství suspendovaných pevných částic (TSP) v ovzduší tvoří 60-65 % částice frakce PM_{10} , tedy částice s aerodynamickým průměrem menším než 10 μm (frakce $\text{PM}_{2,5}$), a menší části ve frakci PM_1 (aerodynamický průměr pod 1 μm) tvoří 52 %.“

Prachové částice (PM) můžeme charakterizovat jako drobné pevné, či kapalně částice vyskytující se ve vzduchu. Částice dosahují malých velikostí, a proto jsou unášeny vzduchem. (CELJAK 2, 2011)

(CELJAK 2, 2011) :., Emisním limitem je nejvýše přípustné množství znečišťující látky vypouštěné do ovzduší ze zdroje znečištění vyjádřené jako hmotnostní koncentrace znečišťující látky nebo hmotnostní tok ZL za jednotku času nebo hmotnost ZL vztažená na jednotku produkce nebo lidské činnosti (Zákon 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší § 2, odst. e).“

(KAHUDA, 2019) :., Na základě zákona č. 201/2013 Sb. O ochraně ovzduší § 4 ods.2, a vyhlášky č. 415/2012 Sb. O přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší, § 3 odst. 5, se namísto měření emisí provádí zjišťování úrovně emisí výfuku výpočtem.“

Z toho tedy plyne, že emise lze ověřovat měřeními nebo výpočtem. V této diplomové práci je výpočet proveden pomocí programu MEFA 13. Výpočty se budou provádět taktéž pomocí vzorců.

1) Výpočet množství emisí v závislosti na délce daného úseku a počtu automobilů

$$P_{\dot{u}} = P_1 \cdot n_{v\dot{u}} \cdot \frac{l_{\dot{u}}}{1000} \quad [\text{g}] \quad (2)$$

Legenda:

$P_{\dot{u}}$ hodnota množství produkce emisní látky na vybraném úseku pro stanovený počet automobilů [g]

P_1 hodnota množství produkce emisní látky pro jeden automobil vygenerované programem MEFA 13 [$\text{g}\cdot\text{km}^{-1}\cdot\text{ks}^{-1}$]

$n_{v\dot{u}}$ počet automobilů ve vybrané emisní normě a palivové skupině produkce [ks]

$l_{\dot{u}}$ délka vybraného úseku [m]

(KAHUDA, 2019)

2) Výpočet odhadovaného množství emisí v daném úseku za 24 hodin

$$E_{\text{den}} = E_1 \cdot \frac{\phi D_{s\check{c}}}{P_{v\dot{u}} \cdot 24} \cdot t \quad [\text{g}\cdot 24\text{h}^{-1}] \quad (3)$$

Legenda:

E_{den} množství emisní látky ve vybraném úseku za 24 hodin [$\text{g}\cdot 24\text{h}^{-1}$]

E_1 celkové množství emisní látky ve vybraném úseku za 1 hodinu [$\text{g}\cdot\text{h}^{-1}$]

$\phi D_{s\check{c}}$ počet vozidel dle průměrného denního průjezdu na vybrané komunikaci silniční dopravy [ks]

$P_{v\dot{u}}$ celkový počet automobilů na vybraném úseku za 1 hodinu [$\text{ks}\cdot\text{h}^{-1}$]

t časový úsek [24 h]

(KAHUDA, 2019)

2.1.2 Vliv oxidu uhličitého na životní prostředí

(KLEGER, VÁLEK, 2019) :., Oxid uhličitý (CO_2) je bezbarvý plyn bez chuti a zápachu, který je běžnou součástí zemské atmosféry (0,04%). Mezi nejvýznamnější antropogenní zdroje uhlíku patří jakékoliv spalování uhlíkatých látek (od dopravy, průmysl, k domácím topeništím) a jeho úniky z výrobků, ve kterých je obsažen. V atmosféře oxid uhličitý pohlcuje infračervené záření a přispívá tak ke vzniku tzv. skleníkového efektu. Běžné koncentrace oxidu uhličitého jsou neškodné, krátkodobá expozice větším dávkám může způsobit bolest hlavy, závratě, dýchací potíže, třes, zmatenost a zvonění v uších. Vyšší expozice pak může způsobit křeče, kóma a smrt. Oxid uhličitý je v podstatě jediným přirozeným zdrojem uhlíku pro veškerý život; v před-průmyslových dobách byl obsah tohoto plynu regulován především fotosyntetizujícími organismy (bakterie, rostliny). Tito tzv. producenti jsou schopni utvářet složité uhlovodíky z oxidu uhličitého a vody. Oxid uhličitý se hodí k nejrůznějším průmyslovým účelům jak v plynném i pevném (v menší míře kapalném) skupenství. Používá se při sycení nápojů, jako chladicí médium, v chemickém průmyslu slouží jako základní surovina řady organických látek, uplatňuje se jako ochranný plyn při svařování, v hasicích přístrojích i v zemědělství jako podpora růstu rostlin.“

(ANONYM 12 2019):., Oxid uhličitý je běžnou součástí zemské atmosféry, přičemž jeho koncentrace (průměrně 0,040 % v roce 2013) v ovzduší kolísá v závislosti na místních podmínkách, na výšce nad povrchem a relativní vlhkosti vzduchu v ovzduší. V důsledku zejména průmyslových emisí jeho průměrná koncentrace ve vzduchu stále roste. V půdě je ho celkem 2x více než v atmosféře a v oceánu zhruba 50x více než v atmosféře.“

(ANONYM 12, 2019) : „Lokálně velmi vysoká koncentrace je v místech jeho výronu sopečných plynů ze země ve vulkanicky aktivních oblastech a v některých přírodních minerálních vodách. Vzhledem k tomu, že je těžší než vzduch, může se v takových místech hromadit a představovat nebezpečnou past pro zvířata i lidi.“

(ANONYM 12, 2009): „V oblastech, kde se vulkanický oxid uhličitý postupně uvolňuje do vodních ploch (jezer), může při seizmické aktivitě dojít k náhlému uvolnění a "zaplavení" okolní krajiny jedovatým nedýchatelným plynem (katastrofa u jezera Nyos). Ročně tak vulkanické aktivity dodávají do ovzduší Země přibližně 130 až 230 milionů tun, což představuje řádově jen 1 až 2 % produkce CO₂ lidstvem.“

(ČERVENKOVÁ, 2014) : „CO₂ je plyn bez chuti a zápachu, jež nehoří a působí dusivě. Je nedýchatelný a ve vyšších koncentracích může způsobit únavu, ztrátu vědomí a smrt. Jeho abnormální koncentrace narušuje v těle uhličitánovou rovnováhu krve. CO₂ vzniká při dýchání, kvašení, tlení a je konečným produktem spalování každé organické látky. CO₂ je přirozenou součástí zemské atmosféry, kde plní velmi důležitou roli skleníkového plynu vlivem své schopnosti pohlcovat tepelné záření vydávané Zemí. Díky skleníkovým plynům panuje na Zemi teplota umožňující náš život. Velké množství CO₂ je rozpuštěno v mořích a oceánech. V důsledku lidské činnosti, především zvýšeného spalování uhlikatých látek (fosilních paliv, biomasy), se koncentrace tohoto plynu v atmosféře zvyšují, což přispívá k zesílení skleníkového efektu. Následkem toho dochází ke změnám v teplotní bilanci Země. Tento problém je známý laické veřejnosti jako globální oteplování. Protože problematika je ale složitější než vyjadřuje tento název, doporučuje se používat odbornějšího termínu klimatická změna. Dopady klimatické změny na život na Zemi jsou předmětem mnoha zkoumání. Dosavadní výsledky se často shodují na tom, že hlavními důsledky jsou nárůst teplot, změny v rozložení a množství srážek, extrémní výkyvy počasí, tání ledovců a zvyšování hladiny světového oceánu.“

(ČERVENKOVÁ, 2014) : „Následně se změny projevují v migraci živočišných i rostlinných druhů, a to včetně parazitů. Některé druhy, jež se nedokážou přizpůsobit změnám či jsou vytlačeny novými (invazivními) druhy, vymírají. Velmi podstatně ovlivňuje klimatická změna hospodaření (hlavně zemědělství) a následný rozvoj států. Světová zdravotnická organizace očekává v důsledku neúrody v zemědělství, extrémních teplot, úbytku vodních zdrojů a přenosu nemocí způsobených klimatickou změnou dalších 250 000 úmrtí navíc každý rok. Řešením situace by byl celosvětový přechod od fosilních paliv k nízkouhlíkovým alternativám a snížení emisí skleníkových plynů, včetně CO₂.“

2.1.2.1 Jízdní odpory vozidel

(CELJAK, 2019) : „Jízdní odpory jsou síly, které působí proti pohybu automobilu. Některé jízdní odpory působí vždy proti pohybu automobilu, například valivý odpor, odpor stoupání, aerodynamický odpor, odpor mechanický a odpor zrychlení.

V závislosti na charakteru dopravní trasy nemusí být jízdní odpory překonávány silou pohonu, ale mohou být překonávány setrvačnou silou, gravitací, větrem působícím ve směru jízdy automobilu.

Při zrychlování vozidla působí proti směru zrychlení setrvačná síla, která se nazývá odpor zrychlení. Skládá se ze dvou složek, z odporu zrychlení posuvných hmot a odporu zrychlení rotujících hmot (například motor, spojka, kola...).“

Přepočítání úhlu svahu v % na °

Svah (%)	Svah (°)
2	1°8′
3	1°43′
5	2°51′
8	4°34′
10	5°42′
12	6°50′
14	7°58′
16	9°5′

Zdroj : (CELJAK, 2019)

(CELJAK, 2019): „**Základní vztahy pro výpočet k jízdním odporům:**

P_m – Výkon ztracený přenosem – třením mezi ozubením převodových kol, pohybem převodových kol v oleji, prouděním oleje, vlivem tření v ložiskách apod., **pokud se nejedná o elektromobil bez převodovky.**

$$P_m = P_e \cdot (1 - \eta_m) \quad (\text{W}) \quad (4)$$

kde:

P_e – výkon motoru (W)

η_m = mechanická účinnost

a) u kolových vozidel s klasickým přenosem hnací síly (0,8 – 0,9)

b) u kolových elektricky poháněných automobilů (0,95)

P_v – Výkon ztracený odporem valení je ovlivněn například deformací boků a ramen pneumatiky, stlačováním podložky pod kolem, vytvářením klínu před kolem u měkkého povrchu terénu, tzv. bořením do povrchu půdy.

$$P_v = G \cdot v_p \cdot \varphi \quad (\text{na rovině}) \quad (\text{W}) \quad (5)$$

$$P_v = G \cdot \cos \beta \cdot \varphi \cdot k_p \cdot v_p \quad (\text{do svahu}) \quad (\text{W})$$

kde:

$$G = \text{tíha automobilu} \quad (\text{N})$$

$$\beta = \text{úhel stoupání} \quad (^\circ)$$

$$v_p = \text{předpokládaná maximální rychlost jízdy automobilu} \quad (\text{m.s}^{-1})$$

$$\varphi = \text{součinitel odporu valení (při úhlu natočení kol } 0^\circ) \quad (0,015 - 0,40)$$

$$k_p = \text{součinitel vlivu pneumatik}$$

$$k_u = \text{součinitel vlivu na úhel natočení řídicích kol}$$

Jízdní odpor valení na rovině

$$F_v = G \cdot \varphi \quad (\text{N}) \quad (6)$$

Jízdní odpor valení do stoupání s úhlem β pro jízdu v přímém směru

$$F_v = G \cdot \cos \beta \cdot \varphi \cdot k_p \quad (\text{N}) \quad (7)$$

$$G = m \cdot g, \quad (\text{N})$$

kde:

$$m = \text{celková hmotnost automobilu (včetně posádky)} \quad (\text{kg})$$

$$g = \text{tíhové zrychlení na planetě Zemi} \quad (\text{m.s}^{-2})$$

$$k_p = \text{součinitel vlivu pneumatik}$$

Oba automobily mají pneumatiky HR (do 210 km.h⁻¹), pro něž platí součinitel:

$$k_p = \mathbf{0,011817}$$
 při výpočtu odporu valení.

P_d - Výkon ztracený prokluzem – je dán rozdílem výkonů na kolech před prokluzem a po prokluzu. U tahačů a osobních automobilů je při jízdě na zpevněných površích zpravidla nulový.

$$P_d = P_k - P_k \cdot \eta_m \quad (\text{W}) \quad (8)$$

$$P_d = P_e \cdot \delta \cdot \eta_m \quad (\text{W}) \quad (9)$$

kde:

$$\delta = \text{prokluz} \quad (\%)$$

$$\eta_m = \text{mechanická účinnost}$$

P_s – Výkon ztracený překonáním svahu

$$P_s = G \sin \beta \cdot V_p \quad (\text{W}) \quad (10)$$

Jízdní odpor svahu

$$F_s = G \sin \beta \quad (\text{N}) \quad (11)$$

kde:

$$\beta = \text{úhel stoupání} \quad (^\circ)$$

 P_o – Výkon ztracený překonáním odporu vzduchu

$$P_o = F_o \cdot v_p \quad (\text{W}) \quad (12)$$

Jízdní odpor vzduchu

$$F_o = S \cdot v_v^2 \cdot c_v \cdot \rho / 2 \quad (\text{N}) \quad (13)$$

kde:

$$S \quad - \text{čelní plocha automobilu} \quad (\text{m}^2)$$

$$c_v \quad - \text{součinitel odporu vzduchu} \quad (0,2 - 0,4)$$

Nemá nic společného s velikostí automobilu, ale souvisí s překážkami, které jsou na karosérii a tvoří bariéru proudícímu vzduchu.

$$\rho \quad - \text{objemová hmotnost vzduchu} \quad (1,24 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3})$$

$$v_v \quad - \text{náporová rychlost proudění vzduchu} \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$$

$$v_v = v_p + v_z \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$$

kde:

$$v_p \quad - \text{rychlost jízdy automobilu} \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$$

$$v_z \quad - \text{rychlost proudění vzduchu (proti vozidlu)} \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$$

$$P_o = S \cdot v_v^2 \cdot c_v \cdot \rho / 2 \cdot v_p \quad (\text{W}) \quad (14)$$

Výkon ztracený překonáním odporu zrychlení

$$P_z = a/g \cdot G \cdot \tau \cdot v_p \quad (\text{W}) \quad (15)$$

kde:

$$m = \text{hmotnost automobilu} \quad (\text{kg})$$

$$a = \text{hodnota zrychlení} \quad (\text{m.s}^{-2})$$

$$a = v_p/t$$

$$t = \text{doba trvání zrychlování} \quad (\text{s})$$

$$v_p = \text{dosažená rychlost jízdy} \quad (\text{m.s}^{-1})$$

$$v_p = a \cdot t + v_0 \quad (\text{m.s}^{-1}) \quad (16)$$

kde:

$$v_0 = \text{počáteční rychlost před zrychlováním} \quad (\text{m.s}^{-1})$$

τ = součinitel vlivu rotačních hmot (se zvyšujícím se rychlostním stupněm se snižuje, jeho hodnota je u nízkých převodových stupňů 1,2 až 1,8, u vyšších je 1,04 až 1,07)

$$G = \text{tíha automobilu} \quad (\text{N})$$

$$g = \text{tíhové zrychlení} \quad (\text{m.s}^{-2})$$

(CELJAK,2019): „ Postup výpočtů vykonané práce na jízdním (jú) úseku dopravní trasy

$$A_{jú} = P/t \quad \text{výkon/čas T} \quad (\text{kWh}) \quad (17)$$

Při 35% účinnosti spalovacího motoru to je:

$$A_{jú} = \text{práce}/0,35 \quad (\text{kWh}) \quad (18)$$

Práce vykonaná na jízdním úseku za T:

$$A_{júT} = A_{jú} \times T \quad (\text{kWh.JÚ}) \quad (19)$$

Přepočet z kWh na MJ:

$$A_{júT} = A_{júT} \times 3,6 \quad (\text{MJ}) \quad (20)$$

Výpočet spotřeby paliva v kg:

$$m_c = A_{júT} / Q \quad (\text{kg.JÚ}) \quad (21)$$

Přepočet kilogramů na litry:

$$V = (m/\rho) \times 1000 \quad (\text{L.JÚ}) \quad (22)$$

Přepočet na spotřebu litrů na 100 km:

$$V_{100} = (V_{jü} \times 100)/L \quad (\text{l/100km}) \quad (23)$$

Výpočet emisí CO₂ na 1 ujetý kilometr:

$$E_{100} = V_{100} (1/100\text{km}) \times 2321 (\text{g CO}_2 \cdot \text{l}^{-1})/100 (\text{g CO}_2 \cdot \text{km}^{-1}) \quad (24)$$

Výpočet emisí CO₂ vyprodukovaných v jízdním úseku jedním automobilem:

$$E_{jü} = L \times E_{100} \quad (\text{g CO}_2 \cdot \text{JÚ}) \quad (25)$$

2.1.3 Hluk

Hluk lze definovat jako veškerý zvuk, který může lidskou společnost i jedince vyrušovat nebo obtěžovat. V některých případech může být i zdraví škodlivý. (LÁDYŠ, 2018)

Hluk je vždy a bude nedílnou součástí lidské společnosti. Hluk lze označit jakýkoliv zvuk, který je rušivý pro lidi. V dnešním světě je častý výskyt vysoké hladiny hluku. Společně se znečištěním ovzduší je to nejhlavnější negativní externalita v silniční dopravě. Je prokázáno, že při vystavení člověka vysoké hladiny zvuku v častější míře vyvolává nervové poruchy, které mohou velice poškodit sluch ale i jiné zdravotní komplikace. (ADAMEC, 2008)

(LUKEŠOVÁ, 2017): „Zvuky, kterou nejsou vydávány jednotlivcem, můžou na člověka působit negativně, pokud působí v nevhodné době, jsou-li příliš silné nebo časté. Takového zvuky, které jsou chtěné, jsou nazývány jako hluk. Je všeobecně známo, že hluk může být zdraví škodlivý, pokud míra hluku působící na člověka překročí 65 dB denní přípustné hladiny.“

Hluk produkující dopravní zařízení stojí na několika faktorech, které je nutné stanovit z hlediska vyřešení opatření proti působení hluku. Jde zejména o správné stanovení polohy měřicího stanoviště, rozříděním dopravních zařízení do kategorií, znázorněním pohybu vozidel, a přesnou charakteristikou povrchu silnice. (CELJAK, 2011)

Hluk může způsobovat mnoho činitelů. Jedná se o jednotlivé aspekty silničního provozu. Řadí se sem zejména:

- a) Motory silničních vozidel (zážehové, vznětové)
- b) Dezénem pneumatik – styk s vozovkou
- c) Břemeny, částmi ložných ploch a chováním nástavby – pád, náraz, pohyb
- d) Aerodynamický hlukem
- e) Hlukem z jízdy z pohledu řidiče automobilu – rychlé rozjíždění, brzdné situace, popř. driftování.
- f) Zvuky jednotlivých částí dopravního zařízení - ventilátory, hřídele, převodovky.(CELJAK, 2017)

Minimalizace hluku v silničním provozu:

- a) Konstrukce motorů – tišší funkce motorů - elektromobily
- b) Konstrukce pneumatik
- c) Druh materiálu vozovky
- d) Protihlukové bariéry a stěny
- e) Omezování režimu jízdy
- f) Časté opravy silničních komunikací (CELJAK, 2017)

Hlavním cílem lidské společnosti v oblasti životního prostředí by měla být ochrana zdraví před hlukem. Z tohoto důvodu je tato problematika uvedena v §§ 30-34 zákona č. 258/2000 Sb. Jedná se o zákon o ochraně veřejného zdraví. Problematikou se také zabývá Nařízení vlády č. 148/2006 Sb. O ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. V tomto nařízení se nacházejí podrobně popsané limity pro hluk, které musí všichni respektovat. (ANONYM 2, 2019)

Tabulka 3 Základní limity pro venkovní hluk

Venkovní hluk (Jednotlivé frakce)	Den (16h) (6:00-22:00)	Noc (8 h) (22:00-6:00)
Limit základní (původ není z dopravy)	50 dB	40 dB
Limit hluku silniční dopravy	55 dB	45 dB
Limit hluku železniční dopravy	55 dB	50 dB
Limit hluku z hlavních silnic	60 dB	50 dB
Limit hluku v ochranných pásmech drah	60 dB	55 dB
Limit staré hlukovou zátěže	70 dB	60 dB
Limit staré hlukové zátěž u železničních drah	70 dB	65 dB

Zdroj: (ANONYM 2,2019)

Tabulka 4 Základní limity pro vnitřní hluk

Vnitřní hluk	Den (16 h) (6:00-22:00)	noc (8 h) (22:00-6:00)
Limit základní	40 dB	30 dB
Limit hluku silniční dopravy	45 dB	35 dB
Limit hluku z hudby, zpěvu a řeči	35 dB	25 dB

Zdroj: (ANONYM 2, 2019)

Je třeba vzít na vědomí Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví, který v § 31 stanovuje právo hygienické stanici. V tomto případě povolují překročení hygienických limitů, avšak pouze v časově omezeném období. Toto povolení se v praxi využívá pouze za daných okolností:

- A) Limity není možné dodržet ze závažných důvodů
- B) Osoba způsobující hluk dokáže, že hluk lze omezit na dosažitelnou míru.

(ANONYM 2, 2019)

Základní rozdělení hluku:

- a) **Ustálený hluk** - hladina tohoto hluku se nezmění o víc než 5 dB (A);
- b) **Proměnný hluk** – tento hluk je lze charakterizovat, jako změnu intenzity, jedná se o větší hodnotu než 5 dB (A);
- c) **Impulzní hluk** – skládá se z impulzů a sledu impulzů. Délka impulzů je 1-200 ms dlouhých. Jednotlivé intervaly mezi pulzy přesahují více než 10 ms;
- d) **Vysokofrekvenční hluk** – vytváří jej neakustické rušivé elementy. Nejběžnějšími příklady jsou např. vítr, vibrace, magnetické pole, elektrické pole apod. (CELJAK, 2011)

Hluk ze silničních dopravních zařízení je rozdělen:

- a) Vnější hluk
- b) Vnitřní hluk

Vnější hluk

Vzniká při využívání silničních vozidel jednotlivými subjekty. Vnější hluk často registrují samotní občané, pohybující se v okolí dopravních tras. Jsou to hlavně chodci, osoby, kteří bydlí v domech poblíž dopravní trasy. Hlavními ukazateli tohoto problému jsou druhy vozovky, členitost terénu, pozice blízko silnice, rychlost jízdy dopravních prostředků, plynulost a intenzita dopravy. Hluk vytváří i části podvozků silničních vozidel např. dezény pneumatik, dynamické rázy při předjíždění, výmoly na silnici a chování převážených břemen, a dále hluk, který vytváří úložné plochy dopravních prostředků, hydraulické jeřáby a ostatní prostředky (bedny nádoby). Nejfrekventovanější místa v silničním provozu, kde dochází k vysokých frekvencím hluku, jsou křižovatky. Doprava na křižovatkách může být z hlediska faktorů hluku často kritická. Intenzita hluků se neustále a velice rychle mění v závislosti na hustotě provozu a změn jízdního režimu vozidel. Kvůli neustálým změnám se hladina zvuku pořád kolísá. V městských prostorech je hladina zvuku často vyšší než na běžných komunikacích. (KDOLSKÝ, 2012)

Vnitřní hluk

Vnitřní hluk často pochází z vnitřního prostředí silničního vozidla. Rozeznáváme zejména několik zdrojů hluku a vibrací. Původ problému může začínat motorem a končit rozmanitým příslušenstvím daného vozidla. Každá tato část má funkci zlepšení chování vozidla, vnitřní prostor interiéru řidiče i spolujezdce. Všechny zdroje hluku při pohybu vozidla pro dopravní komunikaci jsou často mezi sebou provázány a taky na sobě závislé. Dalšími možnými zdroji mohou být podvozkové části vozidla, nevyváženost kol, dynamické rázy při předjíždění apod. (KDOLSKÝ, 2012)

2.1.4 Kongesce v silničním provozu

Definice kongesce provozu

Kongesce se charakterizuje jako stav, kdy se dopravní zařízení v silničním provozu nepohybují průměrnou rychlostí, která je pro tato dopravní zařízení a danou dopravní trasu v daném úseku obvyklá. (CELJAK, 2017)

Dopravní kongesce nastává v případě, že silniční provoz je velice hustý a převyšuje kapacitu při průjezdu dopravních tras. Jako důvod toho stavu je možné označit vliv na provoz při dopravní nehodě, pracemi na silnici prováděné dopravními firmami, poruchami signalizace na semaforech, nebo z důvodu jiné nečekané události. V Česku, Německu a jiných evropských zemích se promítá snaha varovat před kongescí pomocí dopravní značky „Kolona“. Tato značka má za úkol upozorňovat na místo, kde by mohla nastat situace vyvolávající kongesce. (ANONYM 3,2019)



Obrázek 2 – Dopravní značka „KOLONA“ (ANONYM 3, 2019)

Ve světě je dopravní kongesce velký problém. Jsou vnímané jako ztráty peněžních prostředků. Jejich hodnota je označována v řádu miliard dolarů. Podstata však není ve velkých peněžních ztrátách, která jsou způsobené nestabilní jízdou. Poměrně smutným paradoxem je také ztráta lidských životů. Nutno říci, že nelze opomenout ani na stres, který může prožívat řidič automobilu. Plynulost silničního provozu se projevuje vlivem na psychickou pohodu řidiče. Nejproblémovější kongesce se vytvářejí při příjezdu do měst, vjezdech na dálnice, na místech, kde je nutnost zaplacení mýtného, při vjezdech na mostů a projíždění v tunelech a to zejména při úsecích nařízené rychlosti při zařazení do více jízdnic pruhů. (TICHÝ, 2014)

Proti kongesci je nutné přijmout určitá opatření:

- a) Vytvoření moderních telemetrických systémů
- b) Kontrolu dopravy na obecních komunikacích
- c) Zavedení povinných plateb za dopravu ve městech
- d) Přečes k možnostem alternativní dopravy – cyklistika, pěší turistky, MHD
- e) Zrychlené řešení a odklizení škod po dopravních nehodách na úsecích častých dopravních nehod
- f) Promyšleně plánovat uzavření komunikací a řešení náhradních dopravních tras. (CELJAK, 2017)

Dopravní zařízení

(CELJAK, 2017): „Dopravní zařízení pro silniční dopravu je obecně kolové strojní zařízení účelové konstrukce, určené pro dopravu rozmanitých břemen.“

Dopravní prostředek

(CELJAK, 2017): „Dopravní prostředek je prvek, který usnadňuje realizaci dopravy pomocí dopravních zařízení. Dopravní prostředek není neodnímatelná část nebo součást dopravních zařízení (korba, šnek dopravníku, izotermická skříň, silo nebo cisterna). Ale je to odnímatelná část dopravních zařízení, která může být využita samostatně (například kontejner, paleta, zásobník na sypké hmoty, vak, nájezdové můstky, kartonové krabice, válečková trať, plastové kontejnery – nádoby plastové přepravky).“

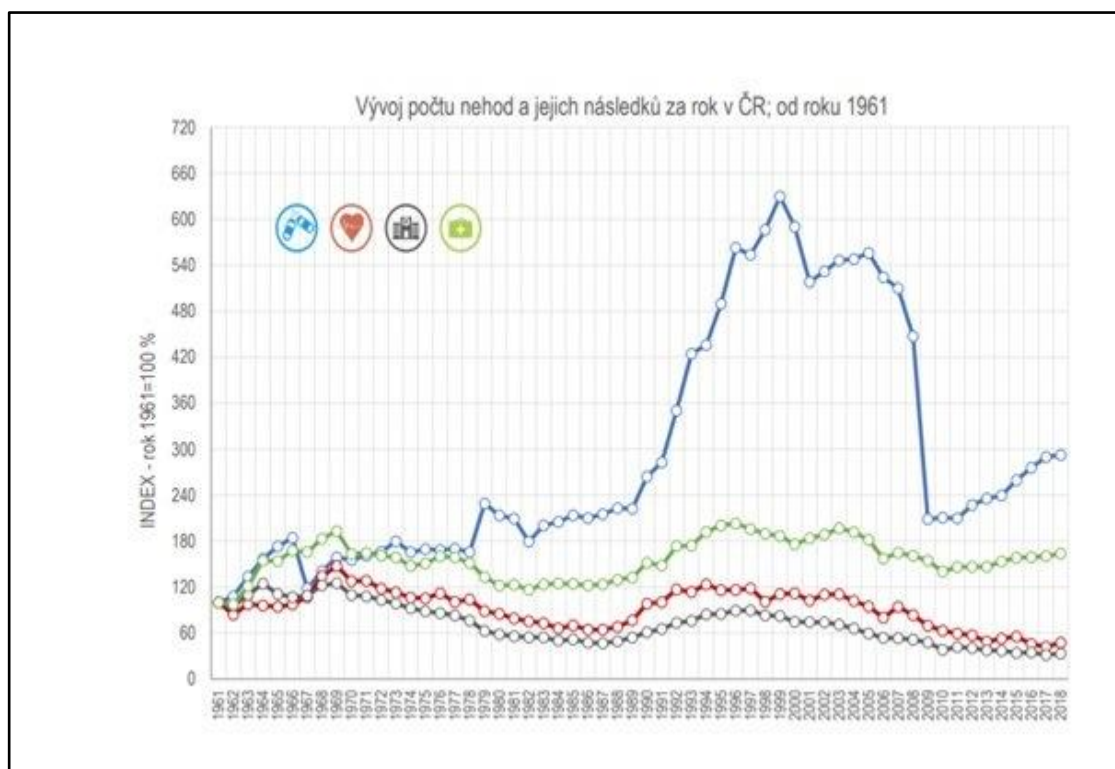
Dopravní trasa

Pozemní dopravní trasa je zpravidla vyznačená část v prostředí, která umožňuje opakovaný, bezpečný a plynulý pohyb břemen prostřednictvím vhodných dopravních zařízení (automobil, dopravník, čerpadlo). Zpravidla je to pozemní plocha určitých rozměrů, která je určena k uskutečnění dopravy. Obecně se jedná o pozemní komunikace rozmanité konstrukce, rozměrů (dopravní plochy) a trasy ve volném, zalesněném i zastavěném terénu, povrchově rozmanitě upravené a udržované (CELJAK, 2017).

2.1.5 Dopravní nehody

Pod pojmem dopravní nehoda si každý člověk vybaví situaci, při které vzniká nějaká škoda. Tato situace se nemusí týkat jednotlivce, ale i třeba skupiny lidí. Tuto skupinu můžeme označit na účastníky silničního provozu, kterého můžeme definovat jako osobu, která se přímo účastní silničního provozu. Každé vozidlo má svého vlastníka, který je označován jako provozovatel vozidla. V podstatě se jedná o fyzickou nebo právnickou osobu, která je zmocněná majitelem automobilu k používání vozidla vlastním jménem. Rozdílný pojem je řidič. Ten je považován za osobu, která řídí motorové nebo nemotorové vozidlo či tramvaj, popřípadě může jet na zvířeti. (NOVOTNÝ, 2016).

Definice dopravní nehody dle § 47 odst. 1 zákona č. 361/2000 Sb. (ANONYM 4,2019): „Dopravní nehoda je událost v provozu na pozemních komunikacích, například havárie nebo srážka, která se stala nebo byla započata na pozemní komunikaci a při níž dojde k usmrcení nebo zranění osoby nebo ke škodě na majetku v přímé souvislosti s provozem vozidla v pohybu.“



Obrázek 3 – Vývoj počtu nehod a jejich následků za rok v ČR, od roku 1961

Zdroj: (ANONYM 9,2019)

Tabulka 5 – Hlavní příčiny dopravních nehod

Hlavní příčina nehody	Počet nehod	Usmrceno osob	Podíl na celkovém počtu usmrcených (%)
Nepřiměřená rychlost	13 336	214	41,1
Nesprávných způsob jízdy	57598	206	39,5
Nedání přednosti	14 162	84	3,3
Nesprávné předjíždění	1534	17	3,3

Zdroj:(ANONYM 5,2019)

2.1.6 Vibrace

Vibrace se považují za jev, který může mít negativní vliv na zdraví jedince. Z hlediska fyziky lze stanovit, že jsou pohybem pružného tělesa nebo prostředí, které kmitají kolem vlastní rovnovážné polohy. Vibrace, které lidé vnímají, lze označit názvem chvění. Hluk a chvění spolu často souvisejí. Nejčastějšími zdroji v okolí lidských domovů a prostředí jsou bezpochyby jednotlivé druhy dopravy. V praxi je to hlavně doprava silniční a železniční. (ADAMEC, 2008)

Vibrace v silničním provozu lze charakterizovat jako mechanické kmitání. Je způsobeno při přeježdění dopravního zařízení po nějaké nerovnosti na vozovce, například výmolu na silnici. Záleží tedy na okamžitém stavu vozovky. V silniční dopravě se primárně vyskytují ve frekvenčním pásmu 50 – 100 HZ. Z pohledu pozemní dopravy je přípustné frekvenční pásmo 3- 100 Hz. Kmity se mohou měnit dle charakteru. Lidé mohou svými sluchovými orgány vnímat frekvenci od 16 do 20 000 Hz. (CELJAK, 2017).

Na každé vozidlo v silničním provozu vibrace působí. Dále může mít negativní vliv na dopravní trasu a na zástavby poblíž frekventovaných dopravních tras. Následkem vibrací mohou vzniknout nepříjemné pocity a psychické problémy u lidské populace. Výrazně se mohou snižovat pevnosti jednotlivých staveb a výrazně může být narušena statika budov. U lidských sídel poblíž silničních komunikací se výrazně snižuje životnost omítek a fasád (CELJAK, 2017).

2.1.7 Poškození životního prostředí ztrátami nebezpečných nákladů a jejich únikem při nehodách

Životní prostředí vnímají lidé jako okolí, v kterém žijí. Je nutné se o něj starat, chránit ho a zachovat jej. Z tohoto důvodu únik nebezpečných látek při dopravní nehodě, jej může poškodit. Primárně jde o únik škodlivin do vody, vzduchu a půdy. Z toho důvodu ji řadíme rovněž mezi negativní externality. Proto je důležité těmto okolnostem bránit a jde zejména o lidský faktor, jenž může následky minimalizovat. (SKŘEHOT A KOLEKTIV, 2019)

Přeprava nebezpečných nákladů v ČR je stanovena Zákonem č. 11/1994 Sb., o silniční dopravě ve znění pozdějších předpisů. Přeprava nebezpečných věcí musí probíhat v souladu s Evropskou dohodou o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí. ADR (European Agreement concerning the international carriage of Dangerous Goods by Road) uvedenou v § 22. Každá přepravující osoba by měla mít pověření a kvalifikaci pro manipulaci se škodlivými látkami. Z toho důvodu je tu vyhláška č. 478/2000 Sb. prováděná zákonem o silniční dopravě. Jsou zde ustanoveny podrobné informace o školení a zkouškách pro osvědčení o manipulaci s nebezpečnými odpady. Každá osoba převážející nebezpečné látky musí vyhovovat všem výše uvedeným požadavkům. (KREJČÍ, 2018)

Tabulka 6 – Dopady nehod při silniční přepravě nebezpečných věcí

Kategorie nebezpečných věcí	Hořlavé kapaliny	Hořlavé zkapalněné plyny	Toxické látky	Jiné látky
Pravděpodobnost podílu na nehodě v ČR (-)	0,531	0,093	0,018	0,258
Pravděpodobnost úniku v případě nehody (-)	0,025	0,020	0,010	0,015
Pravděpodobnost požáru uniklé látky (-)	0,050	0,170	-----	-----

Zdroj: (KREJČÍ, 2018)

2.1.8 Vliv dopravních tras na krajinu

Dopravní trasy jsou nevyhnutelnou součástí evropské krajiny. Dávají dohromady lidskou společnost, motivují ekonomiku a vytvářejí přístup k ostatním službám. Mimo tvoří bariéry mezi přírodními úseky. Dopravní provoz na těchto dopravních sítích znečišťuje přírodu. Ve velké míře jsou to převážně emise z výfukových plynů, které narušují ekosystémy. Dále hluk, který může škodit nejen lidem, ale i zvířatům. V dalších případech je to migrace různých živočichů do nových stanovišť. V tomto případě by se mohli stát dravci a ohrožovat ostatní živočichy. Tento stav se společnost snaží řešit politickými opatřeními, zachování sítí zelených ploch a vytvářením chráněných krajinných oblastí. Cíl je jasný, a to zachovat přírodní krásy i pro budoucí generace. (ANONYM 6,2019)

2.1.9 Smrt zvěře, ptáků, plazů a hmyzu

Zvěř v silničním provozu je významnou negativní externalitou. Zejména v souvislosti s lidskou společností. Zvěř je sice plachá, avšak často se pohybuje v blízkosti dopravních tras. A ohrožují účastníky silničního provozu. Ve výsledku se to týká především zajíců, vysoké zvěře a divokých prasat. V důsledku provozu automobilů zemře mnoho krtků, kun, polních hrabošů a obojživelníků. Počty zvířat uhynulých v silničním provozu nelze přesně určit. Dostupné informace jsou dostupné na webu: <http://www.srazenazver.cz/cz>. (CELJAK, 2017)

2.1.10 Omezení pohybu lidí v okolí dopravních tras s velkou hustotou provozu

Omezení pohybu lidí se projevuje zejména ve velkých městech. Je to dáno frekventovaností silničních tras a velkého počtu automobilů. Lidé z důvodu bezpečnosti využívají pěších tras, cyklostezek a v rámci centra měst přechodů pro chodce, chodníků a jiného ohraničení prostoru chodců. Z jistého pohledu se dá na věc pohlížet jako na úpravu cest lidí, aby byly bezpečné, plynulé a oddělovaly chodce od řidičů dopravních prostředků. Nepřímý vliv dopravy na zdraví jedince může mít i změna jeho životního stylu. Využívání osobních automobilů na úkor chůze nebo cyklistiky značně omezuje pohybové aktivity lidí. Pohyb je pro lidský život velice důležitý. Často jsou používána auta i pro krátké vzdálenosti 5 kratších než 5 km. I na vzdálenost, které lze zdolat pěšky nebo na kole. Možná, že toto může být jeden z faktorů hustého provozu i omezení pěšího pohybu lidí. (ADAMEC, 2008).

2.1.11 Negativní světelné účinky v krajině (vliv na klidný spánek)

Negativní světelné účinky v krajině se řadí mezi méně významné negativní externality. Lidská společnost si vybudovala noční osvětlení, kvůli přizpůsobení 24 hodinové společnosti. Tento status se ovšem správně projevuje ve velkých městech. Na vesnicích se často veřejné osvětlení vypíná po 24 hodině. A zapíná se opět ve 4:30 hod. Správně označení se v praxi nazývá jako tzv. světelné znečištění. (SOKOLÍK, 2012).

2.1.12 Okázalost lidí při provozování velkých a luxusních automobilů

Mnoho lidí hledí kriticky na majitele automobilů. Při sledování okolí často pozoruje projíždějící auta a pociťují lítost, že tato auta nemají. Kvalitní automobily od světových výrobců se často vystavují na obdiv. Zejména kvůli designu, jízdním vlastnostem a výkonu motoru. Například osobní automobily Porsche, Ferrari, Torro Rosso, nebo Lamborghini si přeje mít v podstatě každý. Avšak dostatek finančních prostředků na jejich koupi často nemají. V tomhle směru může dost často docházet ke zhoršování vztahů mezi lidmi z rozdílnými příjmy. Tento fakt velice často rozděluje veřejnost na jednotlivé vrstvy dle životního stylu. Výsledkem je vyvolání negativních postojů v lidské společnosti. Z tohoto důvodu lze tuto problematiku označit jako negativní externalitu. Nutno dodat, že lidská společnost se nikdy nezmění a nezbyvá, než současnou situaci přijmout jako fakt. (ANONYM 7,2018)

2.1.13 „Demence lidí, kteří žijí ve vzdálenosti 100 metrů od frekventovaných silnic.“

(CELJAK, 2017): „Lidé, kteří žijí poblíž rušných dopravních tras, mají podle průzkumu uznávaného lékařského časopisu Lancet větší sklony trpět demencí. Nejvíce ohrožení jsou lidé, kteří bydlí do padesáti metrů od dopravní trasy. Možnost, že budou trpět demencí, je podle vědecké studie o sedm procent vyšší, než u lidí žijících alespoň 300 metrů daleko. Ke vzniku onemocnění podle studie přispívá hluk projíždějících aut, výfukové plyny, nebo částice opotřebovaných pneumatik. Na světě trpí demencí asi 50 milionů lidí. Přesné důvody vzniku onemocnění přitom stále nejsou jasné.“

2.1.14 Společenské dopady dopravy

(BRŮHOVÁ – FOLTÝNOVÁ A KOLEKTIV, 2007): „Doprava s sebou přináší řadu soukromých a společenských přínosů a nákladů. Soukromé přínosy jsou spojeny s efektem přemístění osob a zboží na určité místo pro daného uživatele dopravy či majitele zboží.“

Soukromé náklady lze označit jako vynaložené finanční částky na provoz automobilů či na jízdenky do autobusů, vlaků a MHD. Soukromé přínosy a náklady jsou důležité v i případě rozhodování jednotlivých aktérů na dopravním trhu. (BRŮHOVÁ – FOLTÝNOVÁ A KOLEKTIV, 2007)

(BRŮHOVÁ – FOLTÝNOVÁ A KOLEKTIV, 2007): „Společenské přínosy jsou spojeny s pozitivním efektem dopravy pro společnost – tj. pro ekonomiku a ekonomický růst. Společenské náklady pak představují všechny náklady dopravy, které nese společnost (tj. i lidé, kteří nejsou zapojeni v konkrétní dopravní aktivitě). Zahrnují i náklady negativních vedlejších efektů dopravy, jako jsou náklady kongescí, náklady spojené s poškozením zdraví z emisí a hluku a životního prostředí z emisí a fragmentace krajiny. Pokud ceny některých dopravních aktivit nezahrnují všechny náklady, je alokace zdrojů v dopravním systému neefektivní. Neefektivita je způsobena tím, že tržní mechanismus je v takovém případě „pokřiven“ – tržní ceny nevysílají správný signál o vzácnosti zdrojů a o skutečných (celkových) nákladech. Určité zdroje – za zdroj můžeme považovat např. kvalitu vody nebo čisté ovzduší či dopravní komunikaci – jsou pak nadužívány. Je to proto, že část nákladů, které nenese výrobce a potažmo spotřebitel daného výrobku či služby, se přenáší také na ty, kteří daný výrobek či službu (v tomto případě dopravu) nespotřebovávají. Závěry ekonomických výzkumů ukazují, že zvláště silniční doprava v urbánních oblastech neuhrazuje všechny své náklady. Pokud z důvodu nedokonalosti trhu (existence externalit) ceny nezahrnují všechny náklady, je efektivní tuto nedokonalost řešit s využitím ekonomických nástrojů.“

„Výpočet společenských nákladů dopravy

$$SC = PC + EC \quad (26)$$

SC..... společenské náklady dopravy,

PCsoukromé náklady dopravy,

ECexterní náklady dopravy.“

(BRŮHOVÁ-FOLTÝNOVÁ A KOLEKTIV,2007): „Externí náklady neboli externality představují společenské náklady, které neprochází trhem, jejich původce je neplatí a obvykle tudíž dopadají na celou společnost. Právě doprava je spojena s řadou efektů, které neprochází trhem (proto externí), ale přinášejí náklady celé společnosti. S tím, jak narůstá výkon dopravy, narůstají i tyto negativní dopady na životní prostředí a zdraví obyvatel. Tyto dopady jsou nejen lokální (zdravotní dopady na obyvatele žijící a pohybující se v blízkosti frekventovaných komunikací, především z emisí pevných částic a hluku), ale i regionální, národní a nadnárodní (především emise tzv. skleníkových plynů). Proto se stále větší pozornost věnuje možnostem, jak snížit tyto negativní následky dopravy na všech úrovních jejich působení. Opatření státní správy a samosprávy s cílem ovlivnit objem a strukturu dopravy označujeme obecně jako regulaci dopravy.“

Tabulka 7 – Klasifikace nákladů v dopravě

Kategorie nákladu	Soukromé náklady	Externí náklady
Dopravní výdaje	Náklady na palivo a vozidlo; jízdenky/poplatky	Náklady placené jinými (např. při poskytování parkovacích míst zdarma)
Náklady infrastruktury	Mýtné, daně z vozidel (silniční daň), dálniční nálepky a část spotřební daně z paliv	Uživatelem nepokryté náklady infrastruktury (obvykle hrazené z veřejných rozpočtů)
Náklady nehod	Náklady pokryté pojištěním, náklady nehod nesené samotným účastníkem	Uživatelem nepokryté náklady nehod (např. bolest a útrapy způsobené ostatním)
Environmentální náklady	Škody (např. na zdraví z emitovaných emisí)	Uživatelem nepokryté škody na životním prostředí (např. obtěžování ostatních hlukem)
Náklady kongescí	Náklady vlastního času	Náklady zdržení způsobené ostatním

Zdroj: (BRŮHOVÁ – FOLTÝNOVÁ A KOLEKTIV, 2007)

3 Metoda sběru dat

3.1 Cíl práce

Cílem práce byl sběr dat základních údajů o znečištění ovzduší prachovými částicemi, emisemi z výfukových plynů a hluku ve vazbě na další faktory, které data přímo, nebo nepřímo ovlivňují. Například údaje o počasí, počty, kategorie a rychlost projíždějících vozidel a místo měření na vybrané dopravní trase.

3.2 Sledování produkce prachových částic v Prachaticích

Stanovení prachových částic je možné zjišťovat dvěma způsoby. Buď vlastním měřením pomocí univerzálního prachoměru. Nebo je možné využít Automatizovaného měřicího programu na měřicí stanici patřící Českému hydrometeorologickému ústavu. Veškeré údaje jsou neustále aktualizovány a jsou dostupné na ČHMÚ. Pro zjištění daných výsledků lze využít informace o měřeném místě a naměřené hodnoty. Veškeré použité hodnoty jsou získané z:

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/aqindex_slide1/mp_CPR_AA_CZ.html.

V mé diplomové práci jsem se zaměřil na sledování hmotnostní koncentrace prachových částic na vybraném úseku v Prachaticích v těsné blízkosti měřicí stanice. Místo bylo vybráno z důvodu co nejvyšší přesnosti. Měření je zaměřeno na kritické časové intervaly v silničním provozu, podpořené zjištěním počtu projetých vozidel v pondělí, ve středu a v pátek v daných časových intervalech. Celkové sledované období bylo v týdnu od 7.10.2019 do 11.10.2019.

3.3 Základní údaje měřicí stanice:

Lokalita – **Prachatice**

Kraj - **Jihočeský**

Kód - **CPRAA**

Typ měřicího programu – **Automatizovaný měřicí program**

Vlastní lokality – **Český hydrometeorologický ústav**

Klasifikace

EOI – typ stanice – **pozdřová**

EOI – typ zóny – **předměstská**

EOI – charakteristika zóny - **obytná**

Zeměpisné souřadnice: **49° 0' 57.912" sš 14° 0' 1.600" vd**

Nadmořská výška – **583 m.n.m.**

Terén – **horní nebo střední část povlov.svahu (8%)**

Krajina – **řidká nízkopodlaž. zástavba (ves, vilová čtvrť)**

Umístění - **Severovýchodně od středu města na vyvýšeném místě ve směru
převažujícího proudění.**

Datum vzniku měřicího místa – **1.1.1995**



Obrázek 4 – Měřicí stanice pro měření kvality ovzduší v Prachaticích.
Zdroj: („Pavel Kůrka“)

3.4 Výběr místa měření

Pro sběr dat bylo zvoleno město Prachatice. Dopravní trasy v tomto městě převažují silnice II. a III. tříd. V první řadě bylo nutné stanovení vhodné křižovatky pro dané měření. Na základě svého uvážení jsem vybral okružní křižovatku Zvolenská-Nemocniční-Nebahovská-Nádražní (u Penny). Svým umístěním je vhodnou volbou z důvodu blízkosti měřící stanice. Touto křižovatkou prochází silnice II. třídy č. 143 na části Zvolenské ulice a č. 141 na Nemocniční ulici.

Na základě vlastního pozorování formou sčítání bylo zjištěno množství vozidel projíždějící vybranou křižovatkou. Naměřené údaje o koncentraci oxidu dusitého, ozónu a polévatvého prachu byly zapsány do tabulek 7-11. Ke každému měření byla doplněna interpretace daného stavu. Hlavní důraz byl kladen na ranní hodiny z hlediska cestování do zaměstnání a dopravy dětí do škol. Dále byly zvoleny hodiny dopravní špičky, kdy provoz dosahuje svého vrcholu.



Obrázek 5 – Křižovatka – Zvolenská – Nemocniční – Nebahovská - Nádražní
Zdroj: (Pavel Kůrka)

Tabulka 8 – Přehled produkce prachových částic v ranních hodinách

Datum a čas	Počet vozidel	Teplota	NO ₂	O ₃		PM ₁₀	
			1 h	1 h	8 h	1 h	8h
			[μg/m ³]	[μg/m ³]	[μg/m ³]	[μg/m ³]	[μg/m ³]
7.10.2019 6:00-7:00	115	3-5 °C	7,8	39,7	47,4	4,0	7,5
7.10.2019 7:00-8:00	129	3-5 °C	10,5	37,1	46,0	11,0	7,6
7.10.2019 8:00-9:00	108	3-5 °C	14,5	33,7	43,7	25,0	8,4

Měření č.1 – Pondělí 7. října 2019

Z tabulky je patrné, že v časovém intervalu 6:00 – 7:00 jsou poměrně nízké hodnoty oxidu dusičitého a částic polétavého prachu, a také částečně zvýšené hodnoty ozónu. Počasí odpovídalo předpovědi počasí kolem 3-5°C bylo jasno a slunečno. Pravděpodobně z důvodu časového období docházení zaměstnanců do zaměstnání, projelo křižovatkou 202 vozidel.

V ranních hodinách od 7:00 do 8:00 se významně zvyšují hodnoty polétavého prachu a oxidu dusičitého a údaje ozónu mají klesající charakter. Počasí bylo slunečné, ranní teploty dosahovaly 5°C. Počet automobilů se začínal snižovat. Důvod je jednoduchý. Zaměstnaní lidé se nacházeli v práci a přicházela hodina příchodu studentů do školních zařízení. U většiny studentů je předpoklad, že nejsou držitelé řidičského oprávnění a nemají vlastní vůz, proto se počet automobilů snižuje.

Ve třetím sledovaném intervalu 8:00 – 9:00 výrazně klesl počet projíždějících vozidel. Teplota dosahovala 5°C. Počasí bylo slunečné. Hodnoty oxidu dusičitého a polétavého prachu se nápadně zvýšily. Hladina ozónu klesala.

Tabulka 9 – Přehled produkce prachových částic v dopravní špičce

Datum a čas	Počet vozidel	Teplota	NO ₂	O ₃		PM ₁₀	
			1 h	1 h	8 h	1 h	8h
			[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]
7.10.2019 14:00-15:00	211	8-12 °C	4,4	72,0	50,1	12,0	10,7
7.10.2019 15:00-16:00	228	8-12 °C	5,2	72.2	54.5	7.0	10.7
7.10.2019 16:00-17:00	231	8-12 °C	5,2	72.0	59.3	9.0	10.9

Měření č.2 – pondělí 7. října 2019

Druhé měření bylo zaměřeno na časové intervaly v dopravní špičce. V intervalu od 14:00 do 15:00 jsou hodnoty oxidu dusičitého a částic polétavého prachu podstatně nižší než v ranních hodinách. Hodnoty ozónu se paradoxně zvyšují. Teplota se blíží k 10 °C. Počasí je slunečné.

V rozmezí 15:00-16:00 výše oxidu dusičitého částečně stoupá, hladina polétavého prachu poměrně klesá. Hodnoty ozónu jsou ustálené. Počasí dosahuje 12 °C. Je jasno a slunečno.

V čase od 16:00 do 17:00 se hodnoty oxidu dusičitého, ozónu i hladina polétavého prachu má tendenci ustálit na konstantní hodnoty. Počasí je slunečné, bez srážek. Počty aut se v časovém období dopravní špičky částečně zvyšují.

Tabulka 10 – Přehled produkce prachových částic v ranních hodinách

Datum a čas	Počet vozidel	Teplota	NO ₂	O ₃		PM ₁₀	
			1 h	1 h	8 h	1 h	8h
			[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]
8.10.2019 6:00-7:00	-	10 °C	3,8	53,7	54,4	4,0	13,5
8.10.2019 7:00-8:00	-	10 °C	6,5	44,5	55,2	3,0	13,1
8.10.2019 8:00-9:00	-	10 °C	8	39,3	54,7	4,0	12,2

Měření č. 1 – 8. října 2019

Naměřené hodnoty v intervalu 6:00 – 7:00 se projevují vyššími hodnotami ozónu a prachovými částicemi. Výše oxidu dusičitého není vysoká. Teplota byla 10 °C.

V období 7:00 – 8:00 došlo ke zvýšení intenzity oxidu dusitého, a zároveň ke snížení hodnot ozónu a polétavého prachu. Počasí stejné, jako v předchozím intervalu. Při měření provedeném v době od 8:00 do 9:00 došlo ke zvýšení koncentrace oxidu dusičitého a rovněž ke zvýšení částic polétavého prachu. Oproti tomu hodnoty ozónu měly klesající charakter. Současně došlo ke zlepšení počasí. Obloha se začala vyjasňovat.

Tabulka 11 – Přehled produkce prachových částic v dopravní špičce

Datum a čas	Počet vozidel	Teplota	NO ₂	O ₃		PM ₁₀	
			1 h	1 h	8 h	1 h	8h
			[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]
8.10.2019 14:00-15:00	-	14°C	7,5	57,7	47,4	7,0	9,3
8.10.2019 15:00-16:00	-	14°C	8,8	54,3	48,7	5,0	9,2
8.10.2019 16:00-17:00	-	14°C	9,6	51,9	50,2	3,0	9,0

Měření č. 2 – 8. října 2019

V rozmezí 14 a 15 hodiny se koncentrace oxidu dusičitého, ozónu i polétavých částic na rozdíl od ranních hodnot zvýšily. Počasí bylo polojasné, téměř bezvětří. V intervalu 15:00 – 16:00 dochází ke zvýšení oxidu dusičitého, ovšem ke snížení ozónu a koncentrace poletavého prachu. Počasí jasné. Teplota byla 14°C. V období 16:00 – 17:00 se hladina oxidu dusičitého stále zvyšuje. Podstatně klesá hodnota ozónu a množství poletavého prachu. Teplota se neměnila.

Tabulka 12 – Přehled produkce prachových částic v ranních hodinách

Datum a čas	Počet vozidel	Teplota	NO ₂	O ₃		PM ₁₀	
			1 h	1 h	8 h	1 h	8h
			[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]
9.10.2019 6:00-7:00	79	11 °C	-	-	-	5,0	4,2
9.10.2019 7:00-8:00	92	11 °C	-	25,3	-	15,0	4,7
9.10.2019 8:00-9:00	83	11 °C	9,9	25,7	-	11,0	5,0

Měření č. 1 – 9. října 2019

V intervalu 6:00-7:00 byly naměřeny pouze neúplné údaje. Důvodem mohlo být špatné počasí. Bylo zataženo a vytrvale přšelo. Byly zaznamenány zvýšené hodnoty prachových částic. Křižovatkou projelo 79 osobních aut.

V období od 7 do 8 hodiny byla zaznamenána zvýšená koncentrace ozónu a výrazné zvýšení poletavých částí. Bylo zaznamenáno 92 vozidel. Teplota se pohybovala kolem 11 °C. Počasí deštivé.

V době 8:00-9:00 Došlo ke zvýšení hodnot ozónu a snížení koncentrace prachových částic i počtu projetych vozidel. Zlepšení se projevilo i na počasí. Déšť zeslábnul.

Tabulka 13 – Přehled produkce prachových částí v dopravní špičce

Datum a čas	Počet vozidel	Teplota	NO ₂	O ₃		PM ₁₀	
			1 h	1 h	8 h	1 h	8h
			[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]
9.10.2019 14:00-15:00	134	16 °C	10,9	38,9	35,2	12,0	5,4
9.10.2019 15:00-16:00	164	16 °C	23,0	33,9	36,3	8,0	5,5
9.10.2019 16:00-17:00	157	16 °C	19,1	45,1	38,5	6,0	5,7

Měření č. 2 – 9.října 2019

V době dopravní špičky se od 14 do 15 hodin projevily zvýšené hodnoty oxidu dusičitého, ozónu i polétavého prachu. Projelo zde 134 automobilů. Obloha byla zatažená. Teplota se pohybovala kolem 16 °C.

V intervalu 15:00-16:00 docházelo ke zvýšení oxidu dusičitého, ovšem ke snížení hodnot ozónu a koncentrace polévatého prachu. Z hlediska dopravy došlo k maximu projetych vozidel, tj. 164 automobilů. Počasí deštivé. Zhruba V 15:15 hod přišel silný déšť.

V období 16:00 – 17:00 se hodnoty oxidu dusičitého a množství polévatého prachu snižuje. Stejně jako průjezd osobních automobilů se hodnoty ozónu se zvyšují. Počasí deštivé.

Tabulka 14 – Přehled produkce prachových částic v ranních hodinách

Datum a čas	Počet vozidel	Teplota	NO ₂	O ₃		PM ₁₀	
			1 h	1 h	8 h	1 h	8h
			[μg/m ³]	[μg/m ³]	[μg/m ³]	[μg/m ³]	[μg/m ³]
10.10.2019 6:00-7:00	-	9 °C	-	58,7	64,1	4,0	7,0
10.10.2019 7:00-8:00	-	9 °C	7,3	56,7	63,2	4,0	6,5
10.10.2019 8:00-9:00	-	9 °C	7,5	57,5	62,2	3,0	6,2

Měření č. 1 – 10. října 2019

V intervalu 6:00 – 7:00 jsou naměřeny poměrně vysoké hodnoty ozónu a polévatého prachu. Teplota dosahovala 9 °C. Počasí polojasné, občasné přeháňky. Od 7 do 8 hodin jsou zvýšené hodnoty oxidu dusičitého, hodnoty ozónu se mírně snižují. Polévatý prachy je přibližně ve stejné koncentraci. V období 8:00 – 9:00 se mírně zvyšují hodnoty oxidu dusičitého, avšak snižují se hodnoty ozónu a koncentrace polévatého prachu.

Tabulka 15 – Přehled produkce prachových částic v dopravní špičce

Datum a čas	Počet vozidel	Teplota	NO ₂	O ₃		PM ₁₀	
			1 h	1 h	8 h	1 h	8h
			[μg/m ³]	[μg/m ³]	[μg/m ³]	[μg/m ³]	[μg/m ³]
10.10.2019 14:00-15:00	-	14 °C	3,3	70,2	63,2	1,0	4,8
10.10.2019 15:00-16:00	-	14 °C	4,0	73,2	65,3	2,0	4,6
10.10.2019 16:00-17:00	-	14 °C	3,4	74,0	67,3	6,0	4,6

Měření č. 2 – 10. října 2019

V období od 14 do 15 hodiny jsou naměřeny poměrně nízké hodnoty oxidu dusičitého a polétavého prachu. Hodnota ozónu je ale poměrně vysoká. Teplota dosahuje k 14 °C. Počasí je oblačné.

V intervalu 15:00 – 16:00 se veškeré hodnoty mírně zvyšují. Obloha je zatažená, bez srážek. Od 16 do 17 hodin klesá koncentrace oxidu dusitého, hodnota ozónu a koncentrace poletavých částic se zvyšuje. Obloha je zatažená.

Tabulka 16 – Přehled produkce prachových částic v ranních hodinách

Datum a čas	Počet vozidel	Teplota	NO ₂	O ₃		PM ₁₀	
			1 h	1 h	8 h	1 h	8h
			[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]
11.10.2019 6:00-7:00	87	4-8 °C	9,6	41,9	51,6	4,0	5,8
11.10.2019 7:00-8:00	101	4-8 °C	23,9	26,7	47,4	5,0	5,9
11.10.2019 8:00-9:00	95	4-8 °C	18,9	34,5	44,6	4,0	5,9

Měření č. 1 – 11. října 2019

V intervalu 6:00 – 7:00 jsou naměřené zvýšené hodnoty oxidu dusičitého, zároveň i ozónu a části poléhavého prachu. Teplota dosahuje 4-8 °C. Počasí je slunečné bez jakýchkoliv abnormalit.

Za období 7:00 – 8:00 se hodnoty oxidu dusičitého a koncentrace polétavého prachu zvyšují. Hodnoty ozónu se výrazně snižují. Počasí slunečné blíží se k 8 °C. Projelo 101 osobních automobilů.

V rozmezí 8-9 hodiny se snižuje koncentrace oxidu dusičitého, a poléhavého prachu. Hodnoty ozónu se snižují. Počet projetých aut se snižuje – tj. 95 vozidel.

Tabulka 17 – Přehled produkce prachových částic v dopravní špičce

Datum a čas	Počet vozidel	Teplota	NO ₂	O ₃		PM ₁₀	
			1 h	1 h	8 h	1 h	8h
			[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]
11.10.2019 14:00-15:00	135	16-18 °C	5,4	67,4	54,2	1,0	5,8
11.10.2019 15:00-16:00	152	16-18 °C	5,7	69,4	59,5	8,0	6,0
11.10.2019 16:00-17:00	124	16-18 °C	5,2	69,4	63,8	8,0	6,1

Měření č. 2 – 11. října 2019

V intervalu 14:00 -15:00 poměrně vysoká koncentrace oxidu dusičitého a ozónu.

Hodnoty polétavého prachu se snižují. Počasí jasné, slunečné. Křižovatkou projelo 135 osobních vozidel.

Od 15 do 16 hodin naměřené hodnoty všech kategorií dosahují svého maximu.

V intervalu 16:00 – 17:00 se hodnoty všechny naměřených kategorií mírně snižují.

Počasí slunečné. Teplota dosahující 18 °C. Projelo 124 vozidel.

Měření prachových částic bylo provedeno pro období od 7.10.2019 do 11.10.2019 pro vybranou křižovátku v Prachaticích. V lichých dnech tohoto týdnu byl monitorován i počet projetých vozidel vybranou křižovatkou v kritických ranních hodinách a odpoledních hodinách v době dopravní špičky. Měření bylo provedeno pomocí pozorování, metodou sčítáním a zaznamenáním na zápisový arch.

Dle týdenního měření, monitoringu a sbírání informace z měřicí stanice Českého hydrometeorologického ústavu znázorňující oxidu dusičitého, ozónu a částic polétavého prachu. Na základě těchto údajů je možno prohlásit, že výsledky ukazují malé znečištění ovzduší. Veškeré hodnoty se pohybují v zelených číslech. V porovnání se statistickými údaji z ČHMÚ je kvalita ovzduší výborná.

3.5. Metodika a cíl měření koncentrace polétavého prachu

Zásady provádění měření vycházejí z ustanovení zákona 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší Nařízení vlády 597/2006 Sb. o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší, Vyhlášky 205/2009 Sb. o sledování emisí ze stacionárních zdrojů a Nařízení vlády č. 361/2017 Sb. kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. Sledování kvality ovzduší se provádí pro znečišťující látky uvedené v příloze č. 1 Nařízení vlády 597/2006. Měření je provedeno dle metodiky BAT centra ZF v JČU v Českých Budějovicích.

Cílem je stanovení objektivních informací hmotnostní koncentrace vdechovatelné nebo respirativní frakce polétavého prachu v ovzduší s ohledem na výsledky z měřicí stanice a dopravním parkem. Vdechovatelnou frakcí se rozumí soubor částic polétavého prachu, které mohou být vdechnuty nosem nebo ústy. Respirativní frakcí se rozumí hmotnostní frakce vdechnutelných částic. Koncentrace prachových částic je měřena v základních jednotkách $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

3.5.1 Použité přístroje

K měření byl použit přístroj DustTRAK 8530 – aerosol monitor č. 2 opatřený sériovým číslem: 8530110715. Přístroj má vlastní vnitřní zdroj. Tímto zdrojem je lithiová baterie, která musí být před měřením nabíjena několik hodin. V případě, že by v místě měření byl síťový zdroj je možné přístroj zapojit do sítě prostřednictvím AC adaptéru a přívodními kabely. Zásuvka je umístěná na pravé části přístroje.

Ovládání přístroje:

- a) Zapnutí přístroje - objeví se logo TSI a obrazovka základního menu
- b) Sundat náhradu nástavce – nasadit nulovací filtr (bílý váleček s hadičkou)
- c) Stisknutí na dotykové obrazovce tlačítek SETUP - ZERO CAL – START
- d) Kalibrační proces trvá 60 s – poté vyjmutí nulovacího filtru
- e) Nasazení prachového impaktoru (válečku v horní části označení) PM₁₀
- f) Stisknutí tlačítka START – měření 15 minut
- g) Stisknutí tlačítka STOP
- h) Stisknutí tlačítek MAIN – STATS = vyvolané naměřené hodnoty
- i) Odečet naměřených hodnot z přístroje
- j) Při stisknutí tlačítka GRAPH – je možné shlédnout grafické znázornění
- k) Vypnutí přístroje se provede tlačítkem, kterým byl zapnut a potvrdí se tlačítkem YES a přístroj se po chvíli vypne.

)



Obrázek 6 – Měřící přístroj DustTRAK 8530 Zdroj: („Pavel Kůrka“)

3.5.2 Místo měření

Místem měření byla křižovatka – Zvolenská – Nemocniční – Nebahovská - Nádražní v městě Prachatice v Jihočeském kraji viz kapitola 3.4.



Obrázek 7 - Křižovatka Zvolenská – Nemocniční – Nebahovská – Nádražní

Zdroj: („Pavel Kůrka“)

3.5.3 Stanovení naměřených údajů na vybrané křižovatce monitorem

DustTrak 8530 doplněný údaji z měřicí stanice v Prachaticích

3.5.3.1 Měření hmotnostní koncentrace prachových částic přístrojem DustTrak 8530

Měření bylo provedeno dle metodiky BAT centra ZF v JČU v Českých Budějovicích s následujícími odchylkami : měření bylo provedeno na vybrané křižovatce v těsné blízkosti od vozovky. Měřicí přístroj DustTrak 8530 byl umístěný na popruhu ve výšce 140 cm nad zemí a ovládaný obsluhou přístroje. Měření bylo provedeno ve středu 6. listopadu 2019 v odpoledních hodinách. Je dodržena metodika. To znamená, že den před ani den poté není dnem pracovního klidu. Celkem byly provedeny 4 měření v 15 minutovém intervalu. Zároveň byl na základě pozorování stanoven vozový park pro jednotlivé kategorie vozidel. Výsledky budou porovnány s údaji z automatické měřicí stanice Českého hydrometeorologického ústavu.



Obrázek 8 – Stanoviště měření prachových částic Zdroj: („Pavel Kůrka“)

Měření č. 1 - dne 6. Listopadu 2019 v časovém intervalu 12:45 – 13:00

Meteorologické podmínky:

Rychlost větru: 3 m.s^{-1}

Okolní teplota: $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Vlhkost vzduchu: 71 %

Počasí: zataženo, bez srážek

Tabulka 18 – Kategorie vozidel na vybrané trase v čase 12:45 – 13:00

Kategorie vozidla	Nebahovská - Nemocniční	Nádražní - Zvolenská	Součet vozidel dané kategorie	Procentní vyjádření (%)
Osobní automobily	72	63	135	67 %
Dodávky	16	14	30	15 %
Nákladní automobily	3	6	9	4 %
Autobusy	3	4	7	3 %
Motocykly	12	10	22	11 %
Traktory	0	0	0	0 %
Celkem	106	97	203	100%

Tabulka 19 – Naměřené hodnoty PM₁₀ v čase 12:45 – 13:00

Hladina prachových částic	Naměřené hodnoty (mg.m ⁻³)
MAX	0,189
MIN	0,011
AVERAGE	0,021

Měření č. 2- dne 6. Listopadu 2019 v časovém intervalu 13:45 – 14:00

Meteorologické podmínky:

Rychlost větru: 4 m.s⁻¹

Okolní teplota: 10 °C

Vlhkost vzduchu: 68 %

Počasí: zataženo, bez srážek

Tabulka 20 – Kategorie vozidel na vybrané trase v čase 13:45 – 14:00

Kategorie vozidla	Nebahovská - Nemocniční	Nádražní - Zvolenská	Součet vozidel dané kategorie	Procentní vyjádření (%)
Osobní automobily	91	98	189	76 %
Dodávky	18	22	40	16 %
Nákladní automobily	4	6	10	4 %
Autobusy	2	5	7	3 %
Motocykly	2	0	2	1 %
Traktory	0	0	0	0 %
Celkem	117	131	248	100 %

Tabulka 21 – Naměřené hodnoty PM₁₀ v čase 13:45 – 14:00

Hladina prachových částic	Naměřené hodnoty (mg.m ⁻³)
MAX	0,221
MIN	0,026
AVERAGE	0,106

Měření č. 3- dne 6. Listopadu 2019 v časovém intervalu 14:45 – 15:00

Meterologické podmínky:

Rychlost větru: 5 m.s⁻¹

Okolní teplota: 8 °C

Vlhkost vzduchu: 65 %

Počasí: zataženo, bez srážek

Tabulka 22 – Kategorie vozidel na vybrané trase v čase 13:45 – 14:00

Kategorie vozidla	Nebahovská - Nemocniční	Nádražní - Zvolenská	Součet vozidel dané kategorie	Procentní vyjádření (%)
Osobní automobily	105	111	216	77 %
Dodávky	10	22	32	12 %
Nákladní automobily	10	7	17	6 %
Autobusy	6	3	9	3 %
Motocykly	1	4	5	2 %
Traktory	0	0	0	0 %
Celkem	132	147	279	100%

Tabulka 23 – Naměřené hodnoty PM₁₀ v čase 13:45 – 14:00

Hladina prachových částic	Naměřené hodnoty (mg.m ⁻³)
MAX	0,413
MIN	0,008
AVERAGE	0,018

Měření č. 4- dne 6. Listopadu 2019 v časovém intervalu 15:45 – 16:00

Meterologické podmínky:

Rychlost větru : 4 m.s⁻¹

Okolní teplota : 8 °C

Vlhkost vzduchu: 70 %

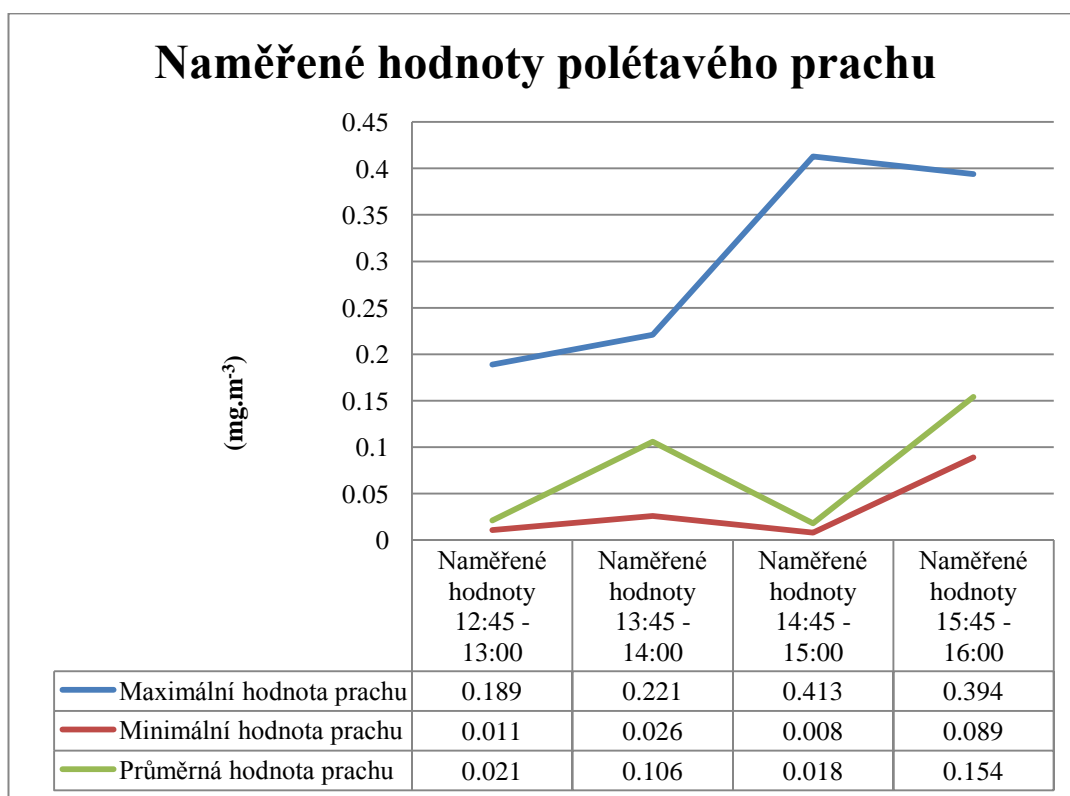
Počasí : zataženo, bez srážek

Tabulka 24 – Kategorie vozidel na vybrané trase v čase 15:45 – 16:00

Kategorie vozidla	Nebahovská - Nemocniční	Nádražní - Zvolenská	Součet vozidel dané kategorie	Procentní vyjádření (%)
Osobní automobily	94	96	190	76 %
Dodávky	18	19	37	15 %
Nákladní automobily	5	11	16	6 %
Autobusy	2	3	5	2 %
Motocykly	1	0	1	1 %
Traktory	0	0	0	0 %
Celkem	120	129	249	100%

Tabulka 25 – Naměřené hodnoty PM₁₀ v čase 15:45 – 16:00

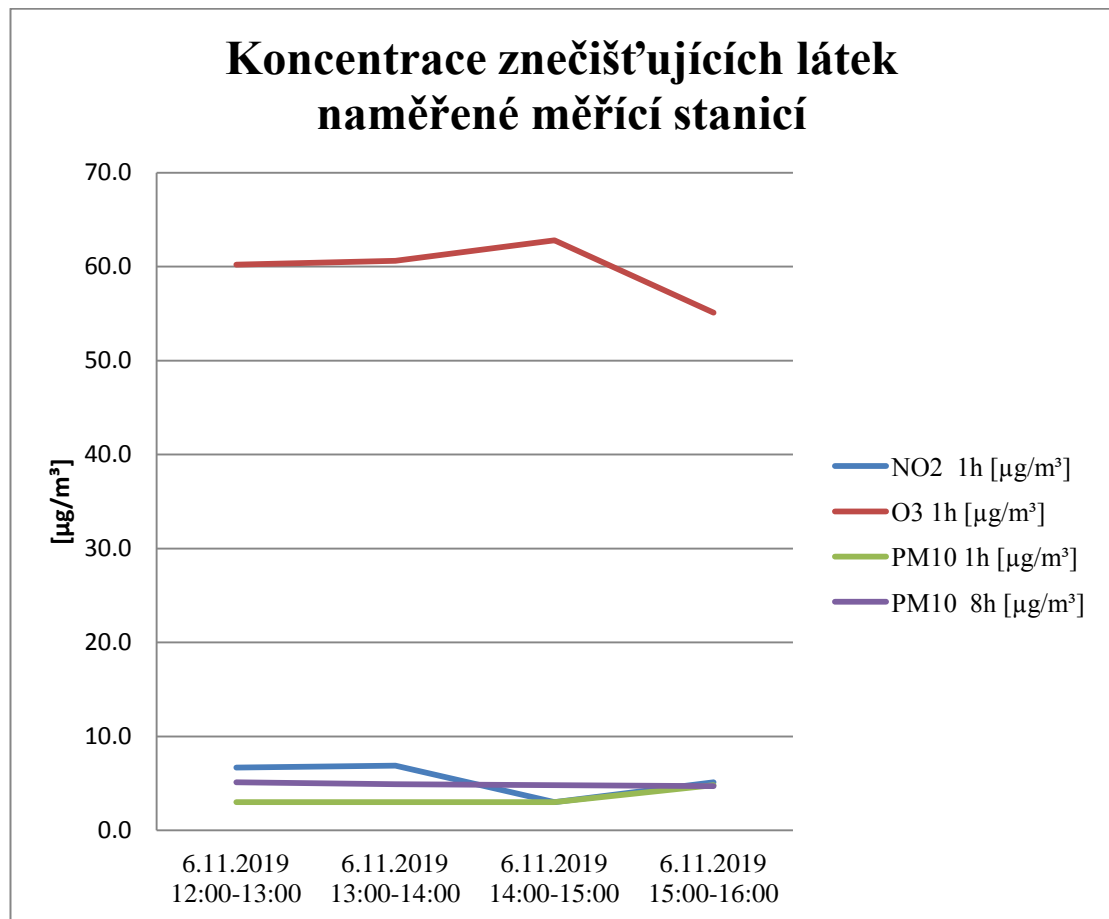
Hladina prachových částic	Naměřené hodnoty (mg.m ⁻³)
MAX	0,394
MIN	0,089
AVERAGE	0,154



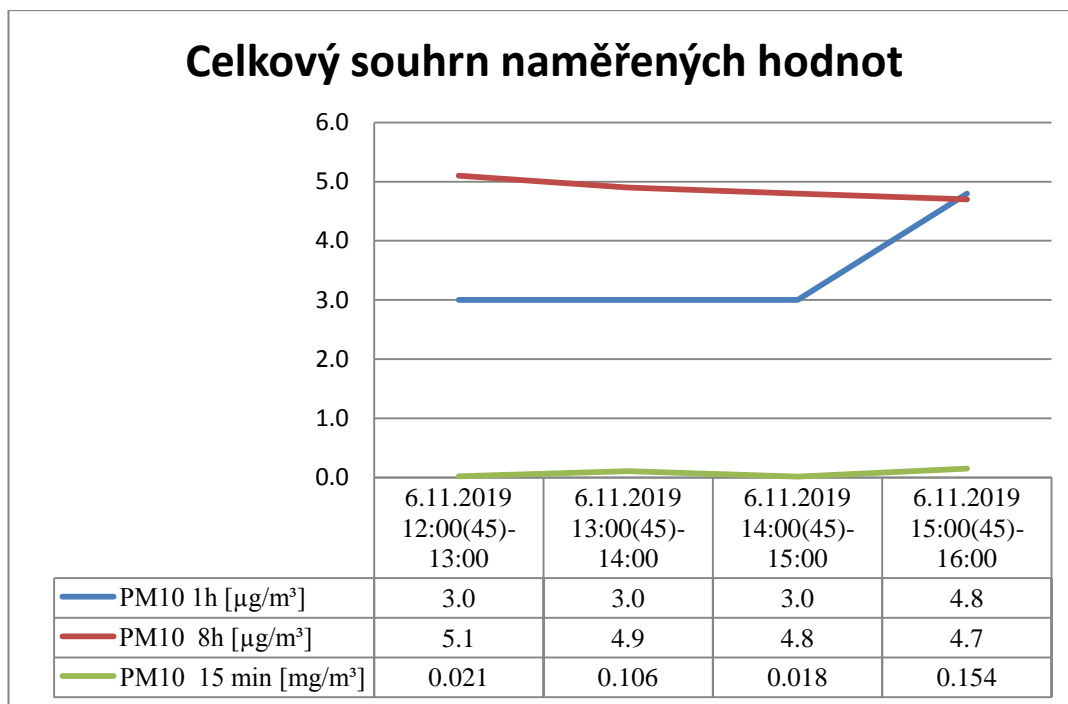
Obrázek 9 – Výsledky měření PM₁₀ Zdroj:(„Pavel Kůrka“)

Tabulka 26 – Naměřené koncentrace znečišťujících látek naměřené měřicí stanici

Datum a čas	Teplota	NO ₂	O ₃		PM ₁₀	
		1 h	1 h	8 h	1 h	8h
		[μg/m ³]	[μg/m ³]	[μg/m ³]	[μg/m ³]	[μg/m ³]
6.11.2019 12:00-13:00	10 °C	6,7	60,2	65,6	3,0	5,1
6.11.2019 13:00-14:00	10 °C	6,9	60,6	64,3	3,0	4,9
6.11.2019 14:00-15:00	8 °C	7,7	62,8	63,5	3,0	4,8
6.11.2019 15:00-16:00	8 °C	10,1	55,1	62,5	1,0	4,7



Obrázek 10 – Výsledky měření z měřicí stanice Zdroj:(„Pavel Kůrka“)



Obrázek 11 – Souhrn naměřených hodnot a hodnot z měřicí stanice
 Zdroj: („Pavel Kůrka“)

4 Stanovení emisních faktorů na úseku vybrané trasy

4.1 Cíl

Cílem bylo zjištění základních emisních látek, které vyprodukují silniční automobily na vybraném úseku dopravní trasy. Za tímto účelem byl použit program MEFA 13.

4.2 Metodika

V této části diplomové práce se jedná o stanovení emisních faktorů silniční dopravy na vybraném úseku silniční dopravy v časovém intervalu dopravní špičky. Faktory byly stanoveny dle jednotlivých vozidel zaznamenaných na kamerovém záznamu na daném úseku dopravní trasy. Stanovení základních složek výfukových plynů bylo stanoveno dle jednotlivých vozidel pomocí programu MEFA 13.

4.3. Program MEFA 13

Pro zjištění jednotlivých látek výfukových plynů osobních automobilů bude použit program MEFA 13. Tento program se skládá ze 2 částí:

a) **Freewarovou** – jedná se o volně dostupnou DEMO Verzi. Spočítá spolehlivě jednotlivé emisní faktory. Je možné navolit jednotlivě výpočtový rok, kategorie, palivo, emisní údaje a podmínky provozu.

b) **Komerční** – plná verze toho programu od Společnosti ATEM za cenu 22 900 Kč bez DPH. Z tohoto důvodu bude využita volně přístupná verze, která je pro zpracování údajů dostačující.

4.4 Stanovení údajů pro generování v programu MEFA 13

1. Volba vhodné dopravní trasy - jako rodák ze Šumavy, byla pro mne jasná volba, trasa v blízkosti mého bydliště. Jako vhodná trasa byla vybrána silnice I. Třídy č. 4 v úseku měření ve směru Bohumilice – Čkyně o okrese Prachatice. V očích veřejnosti je nechvalně známa jako tzv. Čkyňská rovinka. Vzhledem k častému průjezdu vozidel osobní a nákladní dopravy. Je velmi nebezpečná pro chodce a cyklisty, které vlivem tlaku vzduchu projíždějících vozidel, ve velké rychlosti, mohou ohrozit. Jedná se o frekventovanou silnici, kde projíždí velké množství automobilů. Ať už nákladní, osobní či veřejné dopravy. V tomto konkrétním případě je výzkum zaměřen na provoz osobních vozidel silniční dopravy.

2. Forma zjišťování údajů – ke stanovení vozové parku byl využit fotoaparát Canon PowerShot A 2500, který má 5 x optical zoom, 16,0 Megapixelové snímky a LCD úhlopříčka 2,7“. Má v sobě zabudované i video nahrávání, které bylo použito pro toto měření. Je opatřený kvalitní baterií Li-ion 3,6 V, 680 mAh, 2,5 Wh. A také paměťovou kartou ADATA USH – I 16 GB. Fotoaparát byl umístěn na 157 cm vysokém stativu Silver Crest, který byl zakoupen z firmy Lidl. Pro kontrolu bylo provedeno i ruční měření formou sčítání a současně pořizována sekvence záznamů po 10 minutách na autokameru Platinum, instalovanou v automobilu Škoda Felicie 1.3., jenž byl zaparkován přední částí ke směru pozorování dopravní trasy.

3. Provedení měření – měření bylo provedeno na tzv. Čkyňské rovině. Ve čtvrtek 10. Října 2019 v časovém intervalu dopravní špičky 15:00-16:00.

4. Zpracování údajů – na základě videozáznamu byla jednotlivá vozidla podrobena zjištění údajů o stáří, druhu paliva, výrobce a modelové verzi pro zjištění základních údajů. Zjištěné výsledky budou podle produktových katalogů výrobce, časopisů Svět motorů, seriálu Top Gear, internetu, popř. jiných zdrojů zjištěny v jaké emisní skupině jsou zařazeny. Výsledky tohoto zpracování budou využity při identifikaci jednotlivých automobilů z flotily projíždějících automobilů. A následné vygenerování výsledků programu MEFA 13.

5. Výsledné hodnoty vygenerované programem MEFA 13

Pro generování údajů bude použita volně přístupná beta verze MEFA 13.

Na základně generovaných výsledků byly vypočteny hodnoty jednotlivých látek pro daný úsek dopravní trasy.



Obrázek 12 – Stanoviště měření (Zdroj: Pavel Kůrka)



Obrázek 13 – Kontrola dle autokamery (Zdroj: Pavel Kůrka)



Obrázek 14 – Monitorování projíždějících aut (Zdroj: Pavel Kůrka)



Obrázek 15 – Pohyb automobilů na vybrané dopravní trase (Zdroj: „Pavel Kůrka“)



Obrázek 16 – Monitorovaná trasa (Zdroj: „Pavel Kůrka“)



Obrázek 17 – Měřená trasa 500 m Zdroj: (ANONYM 10,2019)

Vygenerované hodnoty programem MEFA 13

Pro vygenerování základních hodnot měření bylo nutné stanovení základních parametrů pro program. V závislosti na podmínky na dopravní trase.

Základní údaje pro program MEFA 13

Výpočtový rok	2019
Kategorie vozidla	osobní
Palivo	BA/NM/LPG
Emisní úroveň	Euro dle vozového parku
Plynulost provozu	3
Podélný sklon vozovky	- 3 % mírně klesající charakter trasy
Rychlost jízdy	70 km.h ⁻¹

Tabulka 27 – Vygenerované emise pro vozidla se zážehovými motory

Normy EURO	Vygenerované emisní látky pro 1 automobil při rychlosti 70 km.h ⁻¹								
	CO (g.km ⁻¹)	SO ₂ (g.km ⁻¹)	No _x (g.km ⁻¹)	PM (g.km ⁻¹)	PM ₁₀ (g.km ⁻¹)	PM _{2,5} (g.km ⁻¹)	C _x H _y (g.km ⁻¹)	NMHC (g.km ⁻¹)	b(a)p (μg.km ⁻¹)
EURO 1	0.4848	0.0024	0.5212	0.0198	0.0149	0.0089	0.1611	0.0090	2.9107
EURO 2	0.4077	0.0023	0.2263	0.0196	0.0147	0.0087	0.0695	0.0090	2.9107
EURO 3	0.3124	0.0022	0.1156	0.0194	0.0145	0.0085	0.0466	0.0090	2.9107
EURO 4	0.2136	0.0020	0.0733	0.0187	0.0139	0.0079	0.0151	0.0090	2.9107
EURO 5	0.1318	0.0017	0.0591	0.0186	0.0138	0.0078	0.0118	0.0090	2.9107
EURO 6	0.1308	0.0016	0.0495	0.0186	0.0137	0.0078	0.0109	0.0090	2.9107

Tabulka 28 – Vygenerované emise pro vozidla se vznětovými motory

Normy EURO	Vygenerované emisní látky pro 1 automobil při rychlosti 70 km.h ⁻¹								
	CO (g.km ⁻¹)	SO ₂ (g.km ⁻¹)	No _x (g.km ⁻¹)	PM (g.km ⁻¹)	PM ₁₀ (g.km ⁻¹)	PM _{2,5} (g.km ⁻¹)	C _x H _y (g.km ⁻¹)	NMHC (g.km ⁻¹)	b(a)p (μg.km ⁻¹)
EURO 1	0.3958	0.0017	0.5015	0.2192	0.2103	0.1723	0.0632	0.0028	3.1745
EURO 2	0.2353	0.0017	0.2907	0.0736	0.0676	0.0529	0.0329	0.0028	3.1745
EURO 3	0.2014	0.0016	0.1722	0.0597	0.0540	0.0415	0.0283	0.0028	3.1745
EURO 4	0.1329	0.0013	0.1065	0.0397	0.0344	0.0251	0.0169	0.0028	3.1745
EURO 5	0.0949	0.0011	0.1017	0.0210	0.0161	0.0098	0.0164	0.0028	3.1745
EURO 6	0.1280	0.0011	0.0369	0.0206	0.0158	0.0095	0.0148	0.0028	3.1745

Tabulka 29 - Vygenerované emise pro vozidla s palivem LPG

Normy EURO	Vygenerované emisní látky pro 1 automobil při rychlosti 70 km.h ⁻¹								
	CO (g.km ⁻¹)	SO ₂ (g.km ⁻¹)	No _x (g.km ⁻¹)	PM (g.km ⁻¹)	PM ₁₀ (g.km ⁻¹)	PM _{2,5} (g.km ⁻¹)	C _x H _y (g.km ⁻¹)	NMHC (g.km ⁻¹)	b(a)p (μg.km ⁻¹)
EURO 1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
EURO 2	0.9956	0.0000	0.0715	0.0192	0.0144	0.0085	0.1850	0.0000	0.0322
EURO 3	0.7629	0.0000	0.0365	0.0192	0.0144	0.0085	0.1241	0.9956	0.0322
EURO 4	0.4215	0.0000	0.0232	0.0192	0.0144	0.0085	0.1043	0.0000	0.0322
EURO 5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
EURO 6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

3.2.6 Vypočtené hodnoty pro měřený úsek tzv. Čkyňské rovinky

Na základě získaných údajů z měření byl stanoven vozový park. Pro vybranou silnici I. Třídy č. 4 na úseku Bohumilice – Čkyně pro dobu dopravní špičky od 15:00 – 16:00 tj. 60 minut, pořízený 10.10.2019. Délka úseku je 500 m.

Tabulka 30 – Výsledný vozový park sledovaný na tzv. Čkyňské rovince

Palivo	EMISNÍ NORMY						Součet
	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	EURO 6	
BA	13	20	27	36	26	26	248
NM	2	8	21	24	30	10	
LPG	0	3	1	1	0	0	

Tabulka 31 – Vypočítané hodnoty emisí vozového parku pro trasu 500 m

Normy EURO	Vypočtené údaje emisních faktorů pro benzínová vozidla ve vozovém parku								
	CO (g)	SO ₂ (g)	No _x (g)	PM (g)	PM ₁₀ (g)	PM _{2,5} (g)	C _x H _y (g)	NMH C (g)	b(a)p (μg)
EURO 1	3.1512	0.0156	3.3878	0.1287	0.0969	0.0579	0.3972	0.0585	18.9196
EURO 2	4.0770	0.0230	2.2630	0.1960	0.1470	0.0870	0.6950	0.0090	29.1070
EURO 3	4.2174	0.0297	1.5606	0.2619	0.1958	0.1148	0.6291	0.1215	39.2945
EURO 4	3.8548	0.0360	1.3194	0.3366	0.2502	0.1422	0.2718	0.1620	52.3926
EURO 5	1.7134	0.0221	0.7683	0.2418	0.1794	0.1014	0.1534	0.1170	37.8391
EURO 6	1.7004	0.0208	0.6435	0.2418	0.1781	0.1014	0.1417	0.1170	37.8391
SUMA	18.7142	0.1472	9.9426	1.4068	1.0474	0.6047	2.2882	0.5850	215.3919

Tabulka 32 - Vypočtené hodnoty emisí vozového parku pro trasu 500 m

Normy EURO	Vypočtené údaje emisních faktorů pro naftová vozidla ve vozovém parku								
	CO (g)	SO ₂ (g)	No _x (g)	PM (g)	PM ₁₀ (g)	PM _{2.5} (g)	C _x H _y (g)	NMH C (g)	b(a)p (μg)
EURO 1	0.3958	0.0017	0.5015	0.2192	0.2103	0.1723	0.0632	0.0028	3.1745
EURO 2	0.9412	0.0068	1.1628	0.2944	0.2704	0.2116	0.1316	0.0112	12.6980
EURO 3	2.1147	0.0168	1.8081	0.6269	0.5670	0.4358	0.2972	0.0294	33.3323
EURO 4	1.5948	0.0156	1.2780	0.4764	0.4128	0.3012	0.2028	0.0336	38.0940
EURO 5	1.4235	0.0165	1.5255	0.3150	0.2415	0.1470	0.2460	0.0420	47.6175
EURO 6	0.6400	0.0055	0.1845	0.1030	0.0790	0.0475	0.0740	0.0140	15.8725
SUMA	7.1100	0.0629	6.4604	2.0349	1.7810	1.3154	1.0148	0.1330	150.7888

Tabulka 33 - Vypočítané hodnoty emisí vozového parku pro trasu 500 m

Normy EURO	Vypočtené údaje emisních faktorů pro LPG vozidla ve vozovém parku								
	CO (g)	SO ₂ (g)	No _x (g)	PM (g)	PM ₁₀ (g)	PM _{2.5} (g)	C _x H _y (g)	NMH C (g)	b(a)p (μg)
EURO 1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
EURO 2	1.4934	0.0000	0.1073	0.0288	0.0216	0.0128	0.2775	0.0000	0.0483
EURO 3	0.3815	0.0000	0.0183	0.0096	0.0072	0.0043	0.0621	0.4978	0.0161
EURO 4	0.2108	0.0000	0.0116	0.0096	0.0072	0.0043	0.0522	0.0000	0.0161
EURO 5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
EURO 6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SUMA	2.0857	0.0000	0.1372	0.0480	0.0360	0.0214	0.3918	0.4978	0.0805

Tabulka 34 – Celkový souhrn emisních faktorů na úseku 500 m za 60 minut

Látka	CO (g)	SO ₂ (g)	No _x (g)	PM (g)	PM ₁₀ (g)	PM _{2.5} (g)	C _x H _y (g)	NMHC (g)	b(a)p (μg)
BA	18.7142	0.1472	9.9426	1.4068	1.0474	0.6047	2.2882	0.5850	215.3919
NM	7.1100	0.0629	6.4604	2.0349	1.7810	1.3154	1.0148	0.1330	150.7888
LPG	2.0857	0.0000	0.1372	0.0480	0.0360	0.0214	0.3918	0.4978	0.0805
SUMA	27.9099	0.2101	16.5402	3.4897	2.8644	1.9415	3.6948	1.2158	366.2612

Legenda pro tabulky č. 27-34

CO	oxid uhelnatý
SO ₂	oxid siřičitý
NO _x	oxidy dusíku
PM	pevné částice
PM ₁₀	pevné částice 10
PM _{2.5}	pevné částice 2,5
C _x H _y	uhlovodíky
NMHC	neethanové uhlovodíky
b(a)p	benzo(a)pyren
BA	benzín
NM	nafta
LPG	plyn

5 Výpočet produkce CO₂ na vybrané trase

5.1 Cíle

Cílem je zjištění skutečných údajů jízdních odporů, vykonané práce, a výše hodnot CO₂ pro vybrané automobily.

5.2 Metodika

V první řadě bude provedeno získání základních technických dat a stanovení faktorů nutných pro výpočet produkce CO₂. Bude využito vzorců uvedených v rešerši v kapitole 2.1.2.1 A vypočítané hodnoty jsou zapsané v přehledných tabulkách. Nejprve bude proveden výpočet jízdních odporů, pro zjištění hodnot výkonu a práce. V další řadě bude stanovena spotřeba paliva (v tomto případě u benzínových vozidel) a produkce oxidu uhličitého.

5.2.1 Charakteristika úseku dopravní trasy

Dopravní trasa je shodná s přecházejícím měřením emisních faktorů viz kapitola 4.4., ovšem v opačném směru, tedy ze Čkyně na Bohumilice.



Obrázek 18 – Vybraná trasa pro stanovení CO₂ Zdroj: (ANONYM 11, 2019)

Tabulka 35 – Základní údaje pro trasu

Stanoviště	Délka úseku L (m)	Nadmořská výška na začátku úseku (m)	Nadmořská výška na konci úseku (m)	Rozdíl výšek (m)
Stanoviště 1	500	529	532	3

5.2.2 Faktory prostředí dopravní trasy

Směr: Čkyně – Bohumilice

Průměrná počáteční rychlost vozidla: **70,1 km.h⁻¹**

Průměrná konečná rychlost vozidla: **89,9 km.h⁻¹**

Vozovka: **asfaltová, součinitel odporu valení $f_v = 0,0145$**

Úhel stoupání: **0,3°** (výpočet z podílu výšky a délky úseku a převedením na stupně
v Excelu **DEGREES(ARCCOS(podíl H/L) - úhel sin = 0.005236**

Rychlost větru působící proti jízdě automobilů: průměrně **5 m.s⁻¹**.

Maximální zrychlení bylo **rovnoměrné s hodnotou 2 m.s⁻²**.

Hustota vzduchu **1,24 kg.m⁻³ při konstantní vlhkosti 48 %**.

Hodnota tíhového zrychlení: přesnou hodnotu nelze stanovit

vzhledem měnící se nadmořské výšce. **Po výpočet byla použita hodnota 9,81 m.s⁻²**

Prokluz kol: vozidla v jízdním úseku nezrychlovala prokluzem kol.

Tlakové odpory: byly zanedbány, protože při nízkých rychlostech vzduchu se jedná o nepatrné hodnoty.

Pro diplomovou práci nebyly využité hodnoty poloměrů zatáček a odporu sbíhavosti kol v hledem k vybranému jízdnímu úseku.

Bylo stanoveno, že všechna vozidla mají HR pneumatiky do 210 km.h⁻¹ z něhož vyplývá součinitel k_p : 0,011817. Obecně platí, že HR pneumatiky mají vyšší hodnoty, než VR.

5.3 Sběr dat pro výpočet CO₂

Data byla získána z videozáznamu na tzv. Čkyňské rovince, pořízeného 12.října 2019 v časovém intervalu 15:00 – 16:00 viz kapitola 4.4. Z pořízeného záznamu bylo vybráno po 10 vozidlech ve 2 kategoriích pro jednotlivé hmotnosti automobilů (1000 kg a 2000 kg). V úvahu bylo bráno, že posádky vybraných vozidel jsou vždy dvě osoby. Každá s hmotností do 100 kg, o které bude navýšena hmotnost automobilů. Pro získání technických dat byly využity internetové zdroje, časopisy Svět motorů, údaje ze seriálu Top Gear apod.

5.4 Zjištění údajů a výpočet jízdních odporů a CO₂

Na základě videozáznamu a technických údajů jsou stanoveny hodnoty pro výpočet finálních hodnot. V druhé řadě výpočet jízdních odporů vozidel, jejich výsledkem je výkon (kW) potřebný k překonání všech jízdních odporů, které na automobil působí ve vybraném úseku tzv. Čkyňské rovinky, jenž se každé z vybraných vozidel stanoví hodnoty $A_{j\dot{u}}$ viz tabulky č. 40 – 41. Palivem pro vybraná vozidla v kategorii 1000 kg a 2000 kg je benzín (BA). Pro benzín je stanovena výhřevnost $Q = 46,4 \text{ MJ.kg}^{-1}$, objemová hmotnost benzínu je $\rho = 748 \text{ kg.m}^{-3}$. Na absolvování jízdního úseku (JÚ) dopravní trasy délky $L = 0,5 \text{ km}$ potřeboval $T = 38 \text{ s} = 0,6 \text{ minut} = 0,01 \text{ h}$.

Tabulka 36 – Základní technická data 10 vybraných vozidel do 1000 kg, která projela jízdním úsekem

Vozidlo do 1000 kg	Výkon motoru (kW)	Dovolené zatížení vč. obsluhy (kg)	Nejvyšší rychlost (km.h ⁻¹)	Průměrná spotřeba (l/100km)	Součinitel odporu vzduchu c_v	Čelní plocha (m ²)
1	42	400	111	7,6	0,54	2,0
2	77	450	160	5,9	0,30	2,0
3	62,5	400	177	8,0	0,35	2,0
4	55	480	155	5,4	0,30	2,0
5	44	400	160	6,2	0,35	2,0
6	42	400	130	8,0	0,43	2,0
7	44	480	140	5,5	0,35	2,0
8	65	450	120	6,5	0,30	2,0
9	78	400	160	6,2	0,30	2,0
10	42	450	135	7,5	0,35	2,0

Tabulka 37 – Základní technická data 10 vybraných vozidel do 2000 kg, která projela jízdním úsekem

Vozidlo do 2000 kg	Výkon motoru (kW)	Dovolené zatížení vč. obsluhy (kg)	Nejvyšší rychlost (km.h⁻¹)	Průměrná spotřeba (l/100km)	Součinitel odporu vzduchu c_v	čelní plocha (m²)
1	55	600	140	7.0	0.30	2.3
2	72	650	180	6.5	0.40	2.3
3	82	650	175	7.0	0.35	2.3
4	74	650	155	6.0	0.35	2.3
5	100	680	220	9.0	0.40	2.3
6	72	650	145	7.5	0.30	2.3
7	50	650	120	6.5	0.30	2.3
8	88	680	130	7.0	0.35	2.3
9	120	680	220	10.5	0.40	2.3
10	82	680	170	6.5	0.35	2.3

Tabulka 38 – Vypočtené odpory valení pro 10 vozidel o hmotnosti 1200 kg, která projela jízdním úsekem

Odpor	P_v (kW)	F_v (kW)	P_z (kW)	F_o (kW)	P_d (kW)	Celkem (kW)	Průměr (kW)
1	3,32	1,20	6,07	7,81	2,52	20,92	4,18
2	3,32	1,20	6,07	4,34	4,62	19,55	3,91
3	3,32	1,20	6,07	5,06	3,75	19,41	3,88
4	3,32	1,20	6,07	4,34	3,30	18,30	2,65
5	3,32	1,20	6,07	5,06	2,64	18,30	3,66
6	3,32	1,20	6,07	6,22	2,52	19,33	3,87
7	3,32	1,20	6,07	5,06	2,64	18,30	3,66
8	3,32	1,20	6,07	4,34	3,90	18,83	3,77
9	3,32	1,20	6,07	4,34	4,68	19,61	3,92
10	3,32	1,20	6,07	5,06	2,52	18,18	3,64

Tabulka 39 – Vypočtené odpory valení pro 10 vozidel o hmotnosti 2200 kg

Odpor	P_v (kW)	F_v (kW)	P_z (kW)	F_o (kW)	P_d (kW)	Celkem (kW)	Průměr (kW)
1	6,09	2,20	11,13	4,99	3,30	27,72	5,54
2	6,09	2,20	11,13	6,65	4,32	30,40	6,08
3	6,09	2,20	11,13	5,82	4,92	30,17	6,03
4	6,09	2,20	11,13	5,82	4,44	29,69	5,94
5	6,09	2,20	11,13	6,65	6,00	32,08	6,42
6	6,09	2,20	11,13	4,99	4,32	28,74	5,75
7	6,09	2,20	11,13	4,99	3,00	27,42	5,48
8	6,09	2,20	11,13	5,82	5,28	30,53	6,11
9	6,09	2,20	11,13	6,65	7,20	33,28	6,66
10	6,09	2,20	11,13	5,82	4,92	30,17	6,03

Legenda pro tabulku č. 38 a č. 39

P _v – výkon ztracený překonáním odporu valení	(kW)
F _v – výkon ztracený odporem stoupání	(kW)
P _z – výkon ztracený odporem zrychlení	(kW)
F _o – výkon ztracený odporem vzduchu	(kW)
P _d – výkon ztracený odporem při přenosu momentu	(kW)

Tabulka 40 – Vypočtené hodnoty CO₂ pro 10 vozidel s hmotností 1200 kg

CO₂	A_{jü} (kWh)	A_{jü(2)} (kWh)	A_{jü} (MJ)	m_c (kg)	V (l)	V_{jü} (l.BA/JÜ)	V₁₀₀ (l/100km)	E₁₀₀	E_{jü}
1	20,92	59,77	215,18	4,64	6,20	0,06	12,40	287,79	143,90
2	19,55	55,86	201,09	4,33	5,79	0,06	11,59	268,95	134,47
3	19,41	55,46	199,65	4,30	5,75	0,06	11,50	267,02	133,51
4	18,30	52,29	188,23	4,06	5,42	0,05	10,85	251,75	125,88
5	18,30	52,29	188,23	4,06	5,42	0,05	10,85	251,75	125,88
6	19,33	55,23	198,82	4,28	5,73	0,06	11,46	265,92	132,96
7	18,30	52,29	188,23	4,06	5,42	0,05	10,85	251,75	125,88
8	18,83	53,80	193,68	4,17	5,58	0,06	11,16	259,04	129,52
9	19,61	56,03	201,70	4,35	5,81	0,06	11,62	269,77	134,89
10	18,18	51,94	186,99	4,03	5,39	0,05	10,78	250,10	125,05

Tabulka 41 – Vypočtené hodnoty CO₂ pro 10 vozidel s hmotností 2200 kg

CO ₂	A _{jú} (kWh)	A _{jú(2)} (kWh)	A _{jú} (MJ)	m _c (kg)	V (l)	V _{jú} (l.BA/JÚ)	V ₁₀₀ (l/100km)	E ₁₀₀	E _{jú}
1	27,72	79,20	285,12	6,14	8,22	0,08	16,43	381,34	190,67
2	30,40	86,86	312,69	6,74	9,01	0,09	18,02	418,21	209,10
3	30,17	86,20	310,32	6,69	8,94	0,09	17,88	415,05	207,52
4	29,69	84,83	305,38	6,58	8,80	0,09	17,60	408,44	204,22
5	32,08	91,66	329,97	7,11	9,51	0,10	19,01	441,32	220,66
6	28,74	82,11	295,61	6,37	8,52	0,09	17,03	395,37	197,69
7	27,42	78,34	282,03	6,08	8,13	0,08	16,25	377,21	188,61
8	30,53	87,23	314,02	6,77	9,05	0,09	18,10	420,00	210,00
9	33,28	95,09	342,31	7,38	9,86	0,10	19,73	457,83	228,91
10	30,17	86,20	310,32	6,69	8,94	0,09	17,88	415,05	207,52

Legenda pro tabulku č. 40 a č. 41

A _{jú}	Práce vykonaná na jízdním (jú) úseku dopravní trasy	(kWh)
A _{jú(2)}	Práce vykonaná při 35% účinnosti spalovacího motoru	(kWh)
A _{jú}	Přepočet práce z kWh	(MJ)
m _c	Spotřeba paliva	(kg)
V	Přepočet paliva z kg	(l)
V _{jú}	Spotřeba paliva na jízdní úsek	(l.BA/JÚ)
V ₁₀₀	Spotřeba paliva na 100 km	(l/100km)
E ₁₀₀	Emise CO ₂ na ujetý kilometr	(g.CO ₂ .km ⁻¹)
E _{jú}	Emise CO ₂ pro jeden automobil	(g.CO ₂ .JÚ)

6 Stanovení hluku v silničním provozu

6.1 Cíl

Cílem měření je zjištění skutečných údajů o hluku projíždějících vozidel v silničním provozu v závislosti na režimu jízdy, hustotě provozu a závislosti na okolním prostředí.

6.2 Metodika

Cíle a metodika měření vycházejí z ustanovení zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, Nařízení vlády č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, Vyhlášky č. 523/2006 Sb., kterou stanoví mezní hodnoty hlukových ukazatelů, jejich výpočet, základní požadavky na obsah strategických hlukových map (Vyhláška o hlukovém mapování) a jsou ve prospěch § 25 Vyhlášky č. 137/1998 o obecných technických požadavcích na výstavbu. Hluk vyzařující vozidla v silničním provozu závisí na několika faktorech, zejména výběrem polohy měřících míst rozdělením vozidel do kategorií, popisem pohybu automobilů a druhu povrchu vozovky.

6.3 Přístroje pro měření hluku

Pro měření hluku v diplomové práci využiji digitální hlukoměr VOLTcraft SL – 100. Používá se pro stanovení hodnot hluku se dvěma rozsahy v celkovém rozmezí od 30 do 130 dB.

Technické parametry hlukoměru VOLTcraft

Rozměry: (š x v x h): 55 x 210 x 32 mm

Doba odezvy: 125/1000 ms

Frekvenční rozsah: 31,5 KHz - 8 KHz

Přesnost: ± 2 dB (94 dB/1 KHz)

Napájení 9 V baterie KODAK

Rozsah měření hladiny zvuku L_o - 30dB - 100 dB

Rozsah měření hladiny zvuku H_i - 60dB - 130 dB

Rozlišení hladiny zvuku 0.1 dB

Hmotnost 230 g

Splňuje normu EN 60651 Třída 3

Vlastnosti

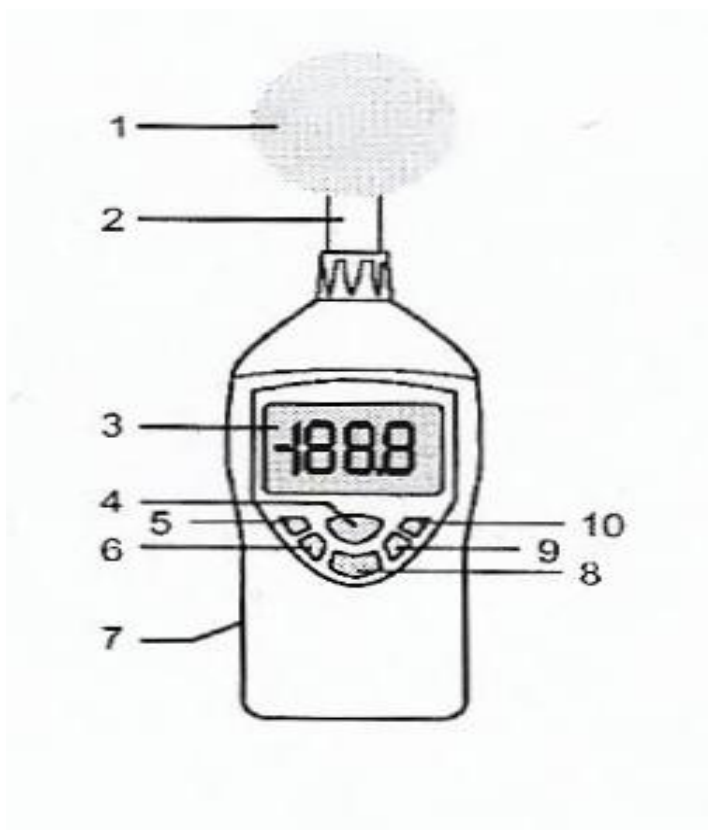
A/C přepínání vyhodnocovací křivky

Přepínatelné vyhodnocení času (rychle/pomalou)

Funkce uložení max. hodnot

Rozsah dodávky: Ochrana proti větru

Schéma přístroje VOLT CRAFT SL - 100



Legenda:

- a. Ochranný kryt proti větru
- b. Odšroubovatelný mikrofon
- c. 3,5-místný displej LCG
- d. Zelené tlačítko pro zapnutí a vypnutí přístroje
- e. Tlačítko maximální hodnoty hladiny hluku „Max – Hold“
- f. Tlačítko přepnutí vyhodnocovacího filtru A/C
- g. Pouzdro na 9V baterii v zadní části přístroje
- h. Tlačítko „HOLD“ zobrazení naměřené hodnoty hluku
- i. Hi/Lo volba horní nebo dolního měřicího rozsahu
- j. Tlačítko „F/S“ rychlé/pomalé vyhodnocení dle času.

Symbole na displeji

MAX podržení zobrazení průběžně naměřené maximální hodnoty na displeji

HOLD Podržení zobrazení aktuálně naměřené hodnoty na displeji

FAST Rychlé vyhodnocení měření podle času (125 ms/1 měření)

SLOW Pomalé vyhodnocení měření podle času (1 s / 1 měření)

Hi Horní měřicí rozsah

Lo Dolní měřicí rozsah

BAT Symbol vybití do přístroje vložené baterie

dBA Vyhodnocovací filtr pro charakteristiku „A“ (lidský sluch)

dBC Vyhodnocovací filtr pro charakteristiku „C“ (=lineární)

OVER Naměřená hodnota je mimo měřicí rozsah.

***Poznámka:** Schéma a všechny údaje o přístroji VOLTcraft SL -100 jsou vyčteny z návodu k obsluze přístroje.*



Obrázek 18 – Digitální hlukoměr VOLTcraft SL – 100
(Zdroj: „Pavel Kůrka“)

6.4 Postup měření

Měření je provedeno dle metodiky BAT centra ZF v JČU v Českých Budějovicích s následujícími odchylkami: hlukoměr VOLTCRAFT byl umístěn na stativu Silver Crest ve výšce 157 cm, ve vzdálenosti dvou metrů od osy dopravní trasy na dvou měřených stanovištích. Stanoviště jsou určena na silnici I. třídy č. 4 na tzv. Čkyňské rovině, dopravní trasy z Bohumilic do Čkyně v obou směrech jízdy viz kapitola 3.2.4 odst. 1. Pro každé stanoviště byly provedeny 4 měření v délce měření 15 minut. Součástí měření je i stanovený vozový park s roztríděním do jednotlivých kategorií. V druhé řadě byla stanovena nejvyšší, nejnižší a průměrná hladina hlukové zátěže na vybrané trase, doplněné přesnými údaji o klimatických podmínkách. Klimatické podmínky jsou určeny díky univerzální meteorologické stanici značky SENCOR s displejem true color a úhlopříčkou 7,56“ tj. 19,2 cm a porovnány s tolerancí publikovaných údajů na ČHMÚ. Výsledky měření jsou zpracovány v přehledných tabulkách.

6.5 Měření na stanovištích vybrané dopravní trasy

6.5.1 Stanoviště č. 1

První stanoviště je stanoveno na silnici I. třídy č. 4. mezi Bohumilicemi a Čkyní v blízkosti skládky stavebního materiálu. Velmi frekventovaná silnice projíždějí zde v nejvyšší míře osobní a nákladní vozidla. Pro měření je stanoven úsek 100 m.



Obrázek 19 – Trasa měření pro stanoviště č.1 (Zdroj: ANONYM,10)



Obrázek 20 – Umístění hlukoměru VOLTcraft SL – 100
(Zdroj: „Pavel Kůrka“)



Obrázek 21 – Pohled na dopravní trasu ze stanoviště č. 1 (Zdroj: „Pavel Kůrka“)

Pro měření jsem zvolil středu 23. října 2019 v odpoledních hodinách. Aby bylo vyhověno metodice, měření je provedeno v polovině týdne, čímž den před ani den po, není dnem pracovního klidu. Všechny hodnoty byly získávány měřením v závislosti na silničním provozu a okolních podmínkách a prostředí.

Měření č. 1 – dne 23. října 2019 v časovém intervalu 13:20 – 13:35 hod.

Meteorologické podmínky:

Rychlost větru: 4 m.s⁻¹

Okolní teplota: 12 °C

Vlhkost vzduchu: 65 %

Počasí: zataženo, bez srážek

Tabulka 42 – Kategorie vozidel v období 13:20 – 13:35

Kategorie vozidla	Vozidla směr Bohumilice	Vozidla směr Čkyně	Součet vozidel dané kategorie	Procentní vyjádření (%)
Osobní automobily	35	36	71	53%
Dodávky	10	7	17	13%
Nákladní automobily	16	22	38	28%
Autobusy	1	3	4	3%
Motocykly	2	0	2	1,5%
Traktory	0	2	2	1,5%
Celkem	64	70	134	100%

Tabulka 43 – Výsledné hodnoty hluku v období 13:20 –13.35 při rychlosti 90 km.h⁻¹

Hladina hluku	Hluková zátěž (dB)
Maximální hladina hluku	80,3 dB
Minimální hladina hluku	60,2 dB
Průměrná hodnota hluku	74,46 dB

Měření č. 2 - dne 23.října 2019 v časovém intervalu 14:45 – 15:00

Meteorologické podmínky:

Rychlost větru : 5 m.s⁻¹

Okolní teplota : 10 °C

Vlhkost vzduchu: 59 %

Počasí : zataženo, bez srážek

Tabulka 44 - Kategorie vozidel v období 14:45 – 15:00

Kategorie vozidla	Vozidla směr Bohumilice	Vozidla směr Čkyně	Součet vozidel dané kategorie	Procentní vyjádření (%)
Osobní automobily	36	30	66	58%
Dodávky	12	6	18	16%
Nákladní automobily	12	14	26	23%
Autobusy	2	1	3	2%
Motocykly	1	0	1	1%
Traktory	0	0	0	0%
Celkem	63	51	114	100%

**Tabulka 45 - Výsledné hodnoty hluku v období 14:45 –15:00 při rychlosti
90 km.h⁻¹**

Hladina hluku	Hluková zátěž (dB)
Maximální hladina hluku	81.6 dB
Minimální hladina hluku	65.6 dB
Průměrná hodnota hluku	76.9 dB

Měření č. 3 - dne 23.října 2019 v časovém intervalu 15:45 – 16:00

Meteorologické podmínky:

Rychlost větru : 7 m.s⁻¹

Okolní teplota : 13 °C

Vlhkost vzduchu: 60 %

Počasí : zataženo, bez srážek

Tabulka 46 - Kategorie vozidel v období 15:45 – 16:00

Kategorie vozidla	Vozidla směr Bohumilice	Vozidla směr Čkyně	Součet vozidel dané kategorie	Procentní vyjádření (%)
Osobní automobily	42	45	87	51%
Dodávky	5	2	7	4%
Nákladní automobily	36	14	50	29%
Autobusy	3	2	5	3%
Motocykly	5	14	19	11%
Traktory	3	0	3	2%
Celkem	94	77	171	100%

Tabulka 46 - Výsledné hodnoty hluku v období 15:45 –16:00 při rychlosti 90 km.h⁻¹

Hladina hluku	Hluková zátěž (dB)
Maximální hladina hluku	93,1 dB
Minimální hladina hluku	78.5 dB
Průměrná hodnota hluku	84.52 dB

Měření č. 4 - dne 23.října 2019 v časovém intervalu 17:00 – 17:15

Meteorologické podmínky:

Rychlost větru : 5 m.s⁻¹

Okolní teplota : 14 °C

Vlhkost vzduchu: 60 %

Počasí : polojasno, bez srážek

Tabulka 47 - Kategorie vozidel v období 17:00 – 17:15

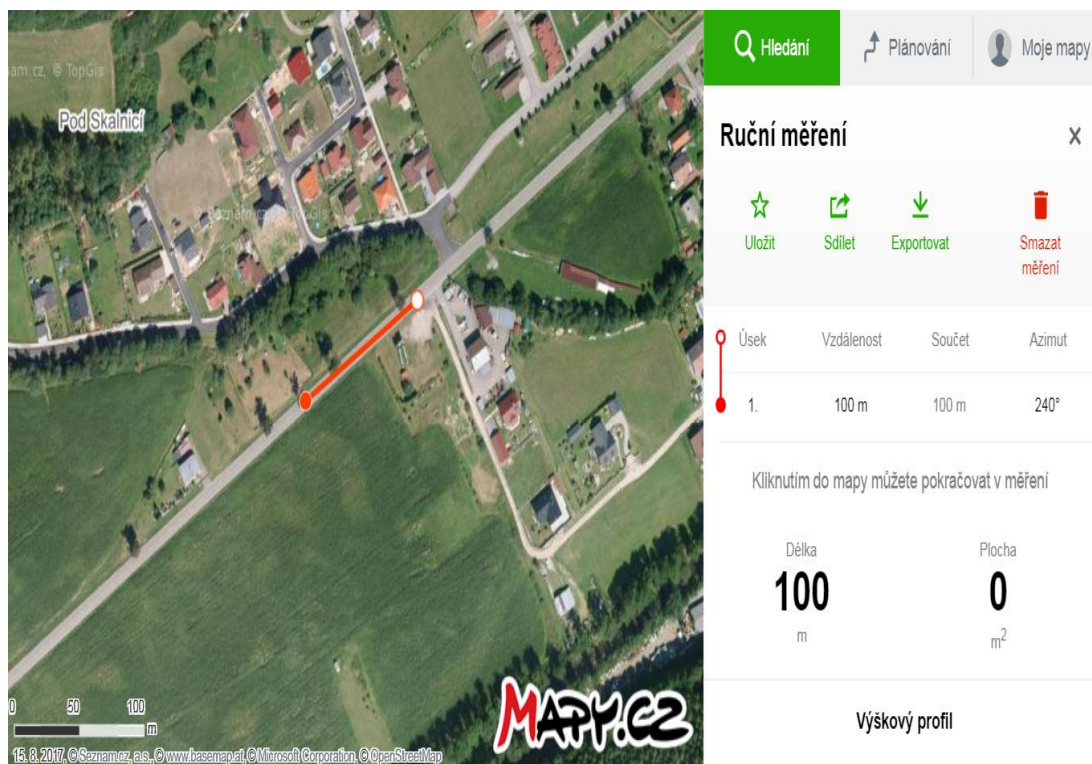
Kategorie vozidla	Vozidla směr Bohumilice	Vozidla směr Čkyně	Součet vozidel dané kategorie	Procentní vyjádření (%)
Osobní automobily	45	35	80	49%
Dodávky	16	14	30	18%
Nákladní automobily	11	14	25	15%
Autobusy	1	1	2	1%
Motocykly	10	14	24	15%
Traktory	1	3	4	2%
Celkem	84	81	165	100%

Tabulka 48- Výsledné hodnoty hluku v období 17:00 –17:15 při rychlosti 90 km.h⁻¹

Hladina hluku	Hluková zátěž (dB)
Maximální hladina hluku	91.6 dB
Minimální hladina hluku	77.4 dB
Průměrná hodnota hluku	82.97dB

6.5.2 Stanoviště č. 2

Vybrané druhé stanoviště měření je téměř totožné s umístěním fotoaparátu při monitorování silničního provozu z důvodu získání informací pro výpočet emisních faktorů, viz kapitola 3.2.4. Pouze stativ s hlukoměrem jsou umístěny s 20 metrovým rozdílem. Pro měření je stanoven 100 metrový úsek.



Obrázek 22 – Dopravní trasa na stanovišti č. 2 (Zdroj: ANONYM 10,2019)



Obrázek 23 – Umístnění hlukoměru VOLTcraft SL -100 na stanovišti č. 2

Zdroj: („ Pavel Kůrka“)



Obrázek 24 – Příprava stanoviště č. 2 Zdroj: („Pavel Kůrka“)

Měření č. 1 – dne 23. října 2019 v časovém intervalu 13:45 – 14:00 hod.

Meteorologické podmínky:

Rychlost větru : 4 m.s⁻¹

Okolní teplota : 12 °C

Vlhkost vzduchu: 65 %

Počasí : zataženo, bez srážek

Tabulka 49 – Kategorie vozidel v období 13:45 – 14:00 (15 min)

Kategorie vozidla	Vozidla směr Bohumilice	Vozidla směr Čkyně	Součet vozidel dané kategorie	Procentní vyjádření (%)
Osobní automobily	51	44	95	59%
Dodávky	6	11	17	11%
Nákladní automobily	21	17	38	24%
Autobusy	0	2	2	1%
Motocykly	5	3	8	5%
Traktory	0	0	0	0%
Celkem	83	77	160	100%

Tabulka 50 - Výsledné hodnoty hluku v období 13:45 –14:00 při rychlosti 70 km.h⁻¹

Hladina hluku	Hluková zátěž (dB)
Maximální hladina hluku	74.3 dB
Minimální hladina hluku	59.8 dB
Průměrná hodnota hluku	63.25 dB

Měření č. 2 – dne 23.října 2019 v období 15:30 – 15:45 hod. (15 min)

Meteorologické podmínky:

Meteorologické podmínky:

Rychlost větru : 5 m.s⁻¹

Okolní teplota : 10 °C

Vlhkost vzduchu: 59 %

Počasí : zataženo, bez srážek

Tabulka 51 – Kategorie vozidel v období 15:30 – 15:45 hod. (15 min)

Kategorie vozidla	Vozidla směr Bohumilice	Vozidla směr Čkyně	Součet vozidel dané kategorie	Procentní vyjádření (%)
Osobní automobily	40	45	85	49%
Dodávky	14	4	18	10%
Nákladní automobily	21	11	32	20%
Autobusy	3	2	5	3%
Motocykly	8	22	30	17%
Traktory	1	0	1	1%
Celkem	87	84	171	100%

Tabulka 52 - Výsledné hodnoty hluku v období 15:30 –15:45 při rychlosti 70 km.h⁻¹

Hladina hluku	Hluková zátěž (dB)
Maximální hladina hluku	80.5 dB
Minimální hladina hluku	72.4 dB
Průměrná hodnota hluku	76.53 dB

Měření č. 3 - dne 23.října 2019 v období 16:15 – 16:30

Meteorologické podmínky

Rychlost větru : 7 m.s⁻¹

Okolní teplota : 13 °C

Vlhkost vzduchu: 60 %

Počasí : zataženo, bez srážek

Tabulka 53 – Kategorie vozidel v období 16:15 – 16:30 (15 minut)

Kategorie vozidla	Vozidla směr Bohumilice	Vozidla směr Čkyně	Součet vozidel dané kategorie	Procentní vyjádření (%)
Osobní automobily	58	51	109	55%
Dodávky	7	14	21	11%
Nákladní automobily	19	15	34	17%
Autobusy	1	4	5	2%
Motocykly	12	17	29	15%
Traktory	0	0	0	0%
Celkem	97	101	198	100%

Tabulka 54 - Výsledné hodnoty hluku v období 16:15 –16:30 při rychlosti 70 km.h⁻¹

Hladina hluku	Hluková zátěž (dB)
Maximální hladina hluku	96.6 dB
Minimální hladina hluku	81.4 dB
Průměrná hodnota hluku	86.6 dB

Měření č. 4 - dne 23.října 2019 v časovém intervalu 17:45 – 18:00

Meteorologické podmínky:

Rychlost větru : 5 m.s⁻¹

Okolní teplota : 14 °C

Vlhkost vzduchu: 60 %

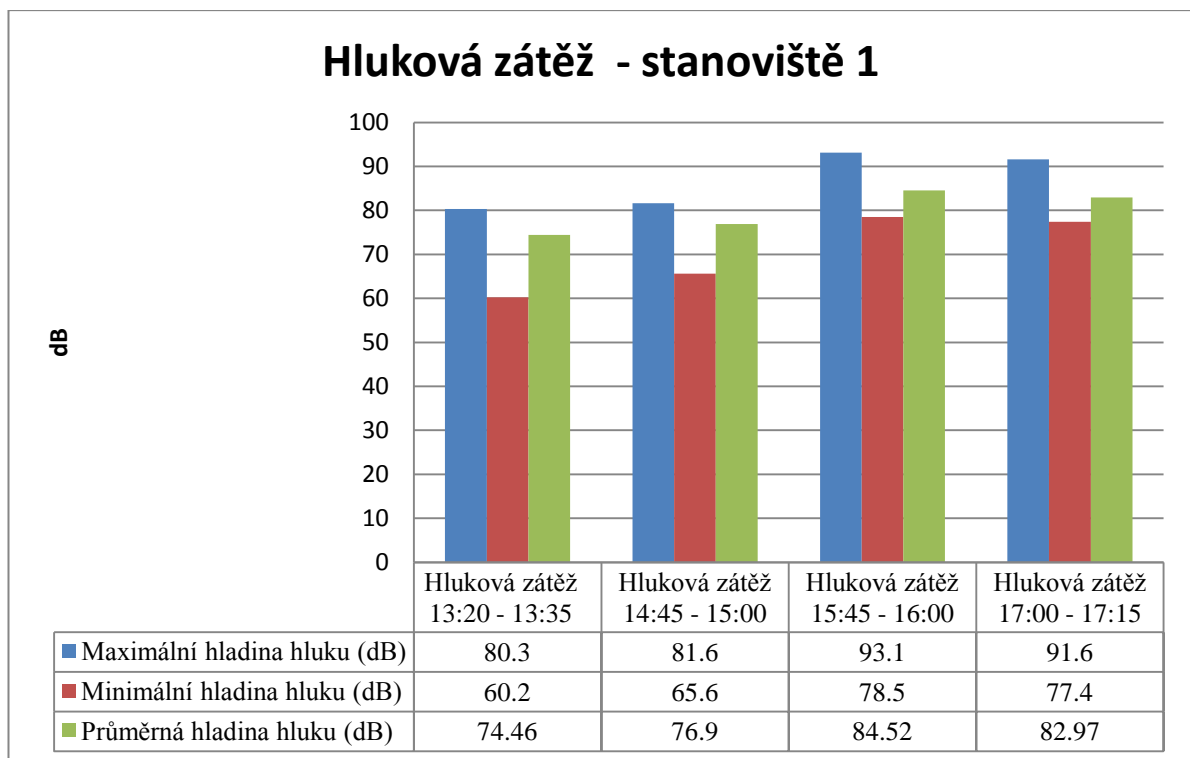
Počasí : polojasno, bez srážek

Tabulka 55 – Kategorie vozidel v období 17:45 – 18:00 (15 min)

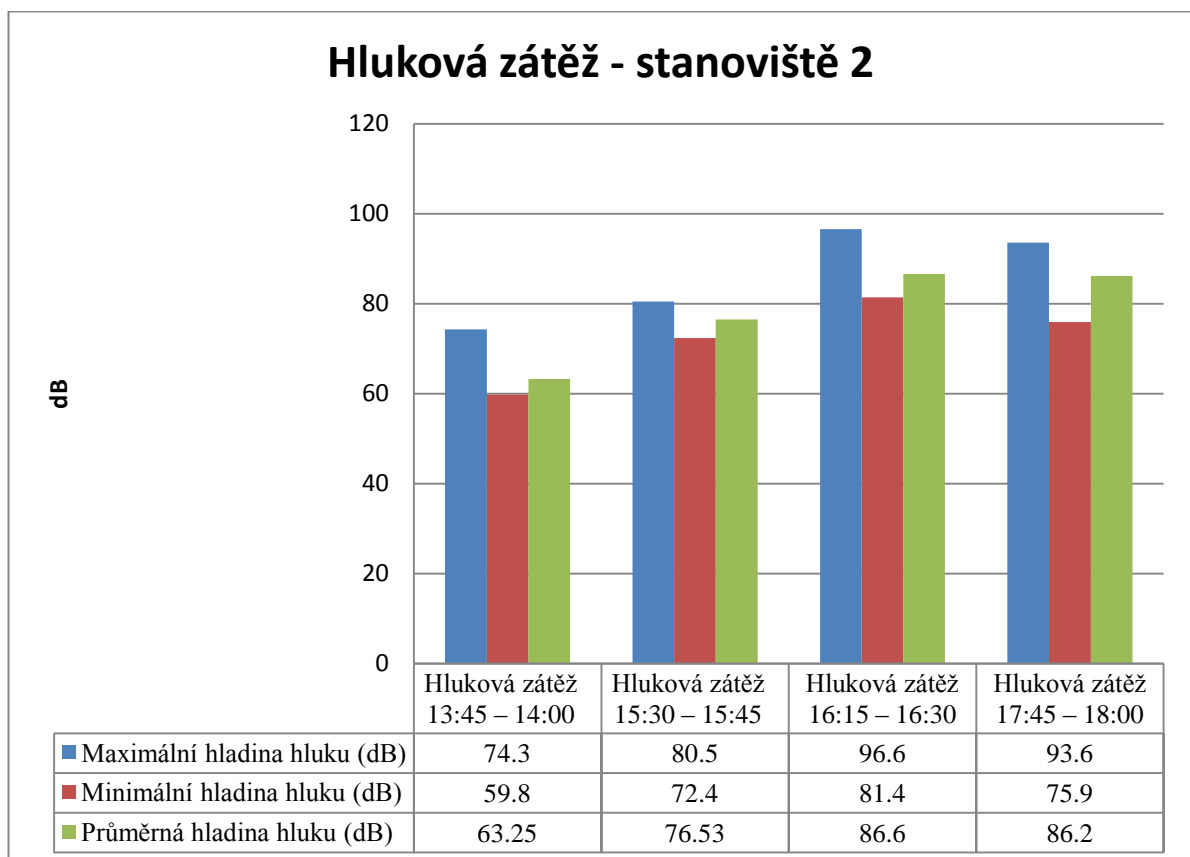
Kategorie vozidla	Vozidla směr Bohumilice	Vozidla směr Čkyně	Součet vozidel dané kategorie	Procentní vyjádření (%)
Osobní automobily	44	49	93	54%
Dodávky	10	12	22	13%
Nákladní automobily	22	19	41	24%
Autobusy	1	4	5	3%
Motocykly	0	6	6	4%
Traktory	4	0	4	2%
Celkem	81	90	171	100%

**Tabulka 56 - Výsledné hodnoty hluku v období 17:45 –18:00 při rychlosti
70 km.h⁻¹**

Hladina hluku	Hluková zátěž (dB)
Maximální hladina hluku	93.6 dB
Minimální hladina hluku	75.9 dB
Průměrná hodnota hluku	86.2 dB



Obrázek 25 – Grafické znázornění hluku na stanovišti 1 Zdroj: („Pavel Kůrka“)



Obrázek 26 – Grafické znázornění hluku na stanovišti 2 Zdroj: („Pavel Kůrka“)

7 Diskuse

V této diplomové práci jsou popsány hlavní negativní externality silničního provozu. Negativních externalit je mnoho, přesto jsem se zaměřil pouze na ty, jež považuji na nejdůležitější. Provedená měření byla pro hmotnostní koncentraci prachových částic na vybrané křižovatce na Prachaticku, emisní faktory na vybrané trase, produkce CO₂ u vybraných automobilů na vybrané trase a hlukové zátěže. Jednotlivé naměřené hodnoty byly zpracovány, spočítané hodnoty a doplňující meteorologické údaje jsou zapsány pomocí zápisů, tabulek a grafů.

7.1. Koncentrace prachových částic

V první řadě byl sledován vývoj hodnot základní hodnot kvality ovzduší. V tomto případě se jednalo o oxid uhličitý, hodnoty ozónu a prachové částice PM₁₀. Tyto hodnoty byly získány pomocí Automatizovaného měřicího programu na měřicí stanici patřící Českému hydrometeorologickému ústavu v Prachaticích. Veškeré naměřené hodnoty se neustále aktualizují a jsou dostupné na ČHMÚ na adrese http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/aqindex_slide1/mp_CPR_AA_CZ.html.

Zkoumané hodnoty byly stanoveny pro kritické ranní hodiny a hodiny dopravní špičky v průběhu 5 pracovních dní. V lichých dnech byly tyto hodnoty podpořeny počty osobními aut, jež projížděly. V literární rešerši tuto problematiku posuzuje Vladimír ADAMEC. Průměrné hodnoty pevných částic by se měly pohybovat v rozmezí 1 -10 μm. Na základě těchto údajů, které jsou podpořeny vyhodnocením informací měřicí stanic. Lze konstatovat, že tyto hodnoty ve většině případů platí. Odchytky, které jsou místy patrné, mohou být způsobeny rozdílem měření měřicí stanice a faktorů okolí při vlastním měření. Na základě zjištěných výsledků lze prohlásit, že kvalita ovzduší na Prachaticku, v době měření, byla velmi dobrá. To dokazují naměřené hodnoty, které se v rámci jistých tolerancí pohybují v zelených číslech.

Ve druhé řadě bylo provedeno vlastní měření pomocí monitoru hmotnostní koncentrace prachových částic v závislosti na vozovém parku projetých automobilů všech kategorií. Údaje se pohybují v příznivých hodnotách, ovšem s velkými odchylkami oproti údajům z měřicí stanice. Odchylky mohou být způsobeny vzdáleností měřících přístrojů od vozovky, dobou měření (15 min/1 h), dopravní podmínkami, lidským faktorem a vlivy prostředí.

7.2 Emisní faktor

Dále byly zkoumány emisní faktory na vybrané dopravní trase tzv. Čkyňské rovinky ve vybraném dni v době dopravní špičky. Z projíždějících vozidel ve směru měření byl stanoven vozový park, z něhož byly zjištěny kategorie, typy a modely vozidel pro stanovení emisní třídy EURO. Na základě programu MEFA 13 byly stanoveny emisní faktory vozidel A dle vzorce spočítané pro jednotlivé třídy. Z výsledků je patrné, že na trase převládají vozidla se zážehovými motory nad vozidly se vznětovými motory. Automobilů na plyn a elektromobilů je minimum. Z hlediska emisí, jsou výrazně vyšší hodnoty u naftových vozidel. U benzínových vozidel jsou hodnoty přijatelné a u LPG minimální. Z hlediska zátěže ovzduší by bylo nejefektivnější využívat vozidla jezdící na benzín, či na plyn. Při zpracování naměřených hodnot se potvrzují hodnoty Barbory Lukešové. Obecně lze říci, že výzkum potvrdil očekávání, že z hlediska produkce škodlivých emisí, je lepší menší osobní automobil se zážehovým motorem, než velký osobní automobil se vznětovým motorem.

7.3 Produkce CO₂

V rámci videozáznamu projetých vozidel tzv. Čkyňské rovinky bylo vybráno 10 vozidel pro kategorie hmotnosti 1 000 kg a 2000 kg. Identifikací bylo zjištěno, že všechna vybraná vozidla byla opatřena zážehovým motorem. Prvním krokem bylo stanovení valivých odporů a stanovení práce vykonané vozidlem na úseku dopravní trasy, dále spotřeba paliva a vyčíslení výše hodnot CO₂ pro vybraný automobil. Z naměřených hodnot jsou patrné průměrné hodnoty valivých odporů, vysoké hodnoty spotřeby paliva na 100 km a tím také zvýšené hodnoty CO₂. Hodnoty emisí CO₂ v měřeném úseku byly stanoveny výpočtem jízdní odporů dle metodického výpočtu Ivo Celjaka.

Je možné, že skutečné hodnoty mohou být i mírně vyšší, než výsledky odpovídající kategoriím automobilů, které při měření úsekem projely, protože při reálném měření na dopravní trase nelze do výpočtu zahrnout technický stav motoru, podvozkových částí pneumatik, kvalitu paliva (nižší výhřevnosti vlivem přidané bioložky). Rozdíly nebudou pravděpodobně ve vysokých hodnotách. Tím pádem lze vypočtené hodnoty označit jako věrohodné.

7.4. Hluková zátěž

Hluková zátěž byla určována také pro dopravní trasu tzv. Čkyňské rovinky. Byla vyznačena 2 stanoviště, pro každé z nich byla provedena 4 měření v odpoledních hodinách. Pro každé měření byly vytýčeny vozové parky dle jednotlivých tříd a provedena měření pro maximální, minimální a průměrné hodnoty. Nejvyšší hodnota hlukové zátěže projíždějících vozidel dosáhla 96,6 dB. Nejnižší hodnota dosáhla u projíždějících vozidel 58,8 dB. Dosažené výsledky přesahují hlukové normy stanovené pro blízké okolí dopravní trasy.

Hodnoty hluku, které byly naměřeny, jsou vyšší, než uvádí Barbora Lukešová. Hodnoty převyšují hladinu 65 dB. Je možné, že autorka prováděla měření v úseku dopravní trasy, kdy se jednalo o plynulou jízdu s konstantními otáčkami, při níž jsou hladiny hluku nižší, než při zrychlování nebo deceleraci. Z toho vyplývá, že ubytování nebo bydlení v blízkosti dopravní trasy se stoupáním, kdy automobily zrychlují, resp. zpomalují, není vhodné. Tuto problematiku ve své práci řešil Tomáš Kdolský, který tvrdí, že hlavní příčiny hluku pochází z podvozkových částí vozidel, ze tření pneumatik o povrch a zejména z pracovní činnosti spalovacího motoru a různých příslušenství tohoto motoru.

Lze konstatovat, že se hodnoty výrazně zvyšovaly především při průjezdu nákladních vozidel. Zejména tato kategorie je pro účastníky silničního provozu velkým problémem. Nejde pouze o hluk, ale častá frekvence průjezdu s kombinací s vysokou rychlostí, způsobuje silné vzdušné proudy, které tlakem dokážou, cyklistu a motoristu jednostopého, či třístopého malého vozidla, uvést do nestabilního stavu.

8 Návrh řešení problematiky negativních externalit

V průběhu zpracovávání údajů jsem se potýkal s nově nabytými znalostmi, novými informacemi a reakcemi v okolí lidské společnosti. Na základně zjištěných údajů, naměřených dat, vypočítaných hodnot, vlastních zkušeností a v podstatě i intuice a konkrétní představě o řešení těchto problémů navrhuji následující řešení.

8.1 Mýtný systém

V praxi nejvíce negativně ovlivňují stav dálnic a silnic jednotlivé třídy vozidel, zejména nákladních vozidel. Mýtný systém se využívá z důvodu návratu části nákladů způsobujícími nákladními vozidly do kasy dopravní společnosti. V podstatě „mýtné“ musí platit všechny automobily nad 3,5 t. Ze zákona platí pro rychlostní silnice, silnice I. třídy a dálnice. Mýtné se platí, když vozidlo projede pod tzv. Mýtným bodem. Je určováno dle zákona 13/1997 o pozemních komunikacích. V Česku je mýtné zavedeno od roku 2007. Ovšem její působnost se neustále rozšiřuje. Zpřísnění tohoto systému by jistě bylo ku prospěchu.

8.2 Emisní třídy

Podle <http://portal.sda-cia.cz/stat.php?v#str=vpp> bylo v roce 2019 v ČR průměrné stáří automobilů 17,84 let. Mnoho lidí využívá starší vozidla s nižšími emisními třídami, resp. s vyššími produkovanými emisemi, zejména z důvodu finančních prostředků. Při stanovování emisních faktorů bylo zjištěno, že méně škodlivá jsou vozidla vyšších emisních tříd se zážehovým motorem. Zpřísnění pravidel na technické kontrole z hlediska emisí a stáří vozidel by určitě zmenšilo počty vozidel využívajících dopravní trasy.

8.3 Úprava okolí dopravních cest

Na dálnicích nebo rychlostních silnicích je toto řešení nepřijatelné, ale u silnic nižších tříd je plně vyhovující. Bylo by dobré, vysázet keře podél cest v rozumné vzdálenosti od kraje vozovky cca 2 m. V první řadě dojde ke kompenzaci emisních faktorů na dopravní trase. Dále keř je nižší, roste hustěji a je pružnější. Při dopravních nehodě, při střetu s vozidlem, jej zpomalí, ale nezastaví. Tím pádem neohrozí život řidiče ani nezpůsobí závažné škody na vozidle.

Dále zabrání lesní zvěři přebíhat přes cesty a způsobovat nehody. Je nutné v určitých oblastech nechat mezery, tam zvěř bude moci přebíhat, ale to lze vyřešit dopravním značením. Omezí světelný účinek automobilových reflektorů, aby neprosvítali do krajiny. V případě vysázení stromů, dojde i k omezení hlukové zátěže. Nahradí protihlukové zdi. Dle mého názoru významný faktor.

8.4 Tichý asfalt

Lze využít ke snížení hlukové zátěže ve vesnicích, obcích a místech v okolí lidských obydlí na silnicích nižších tříd. Podstatně snižuje hlukovou zátěž a zlepšuje i jízdní vlastnosti jednotlivých automobilů. Nutno přiznat se, že jedná a velice „drahou“ záležitost a proto si jej nebude moci dovolit každý.

8.5 Přechod nákladní silniční dopravy na železniční

V nákladní dopravě se projevuje mnoho negativ. Ať už jsou to vysoké emise, které způsobují vznětové motory, dále vysoké hladiny hluku apod. Tlakové vlny při vyšších rychlostech, které mohou srazit se sedla jak cyklisty, tak motoristy. Nebezpečné to může být i pro chodce. Vysoké provozní náklady pro dopravní společnosti. Přílišná hustota dopravy, zpomalování kolon apod. Problém by vyřešila železniční doprava. Větší náklady, co se týče množství a hmotnosti materiálů, levnější provoz, nezatežování dopravních cest, díky pohybu vlaků po železnici.

8.6 Snížení hustoty provozu + modré zóny

Velký přínos by mohlo přinést snížení hustoty provozu. Především ve velkých městech jsou velké kolony. Zejména v dopravních špičkách se vozidla pohybují pomalým tempem. Častěji je rychlejší doprava pěšky, nebo na kole. Proto jsou řešením autobusy, trolejbusy apod. Díky využívání MHD bude úbytek aut určitým přínosem. V dnešní době určitě pomůže rozšiřování modrých zón. Velice se teď rozšiřují v Českých Budějovicích. Dle informačních serverů se plánují modré zóny i na Prachaticku a Strakonicku. V praxi se tato problematika taky řeší.

8.7 Elektromobilita

Obrovské výhody, co se týče dopravy, mají elektromobily. Výhodou je tichý provoz, nezatěžují ovzduší spalinami z motorů. V dnešní době je jedná o nový trend. Samozřejmě má mnoho zastánců i odpůrců. Pro vybudování slušné infrastruktury je nutné vybudovat nabíjecí stanice pro dobíjení akumulátoru. V současné době se tyto stanice teprve rozmáhají. S ohledem na jihočeský kraj jsou zatím stanice ve Volyni, Táboře a Českých Budějovicích. S novými elektromobily přišla na trh v roce 2019 automobilka Škoda v Mladé Boleslavi. Z hlediska času bude využívání elektromobilů důležitým faktorem.

9 Závěr

Cílem diplomové práce byl rozbor negativních externalit silniční dopravy. Jedná se o poměrně obsírné téma, jejíž hlavní problematika se týká i životního prostředí. A vzhledem k nepřestávajícímu využívání silniční dopravy je to aktuální problém této doby. Na začátku zpracovávání této práce jsem měl svou vizi. Snažil jsem se popsat, přiblížit a hlavně prokázat aktuálními čísly původ problému a na základě těchto faktorů stanovit návrh řešení, které by i v praxi značně pomohlo ke zlepšení a zmírnění účinků negativních externalit. Věřím, že jsem si vedl se ctí. Většinu života se mi okolí posmívá za mé názory, z nichž se většina nakonec ukázala jako pravdivá. Takže si vždy rád vyslechnu dobře míněnou kritiku. Ovšem za svými čísly, názory a hlavně celou prací si stojím. V průběhu zpracování práce se velmi silně projevoval lidský faktor. Konkrétně se jednalo o projevy nevole lidských osadníků v rámci měření na vybraných stanovištích. Hned v několika případech jsem musel obhajovat své počínání v nejvyšší míře v případě kolemjdoucích občanů. Časově bylo zpracování práce velmi náročné. Ne přímo v náročnosti měření, ale především při analýze dat a zpracování, na kterých jsem intenzivně pracoval a strávil mnoho dní vypracováním jednotlivých hodnot. Při vypracování mi velmi přispívaly rady vedoucího mé práce a mého dědečka, které oba považuji za skvělé odborníky. Zpracování bylo časově náročné, ale v principu byla zpracována téměř bez problémů. Věřím, že veškeré získané poznatky potvrdí mé měření, výpočty i názory. A také, že lidská společnost přehodnotí své názory a začne situaci řešit.

10 Použité zdroje:

CELJAK Ivo. Dopravní zařízení I. Interní učební text. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích 2017. 156 s. (2019-09-07)

BRŮHOVÁ – FOLTÝNOVÁ, H. MÁČA. (2007): Evropský výzkum socioekonomických překážek udržitelné mobility. Text připravený pro konferenci Mobidays – Dny udržitelné mobility. Centrum pro otázky životního prostředí UK v Praze získané z

https://www.enviwiki.cz/wiki/Spole%C4%8Densk%C3%A9_dopady_dopravy

ANONYM 1, (2019) Znečištění ovzduší.:Získáno 5.září 2019,

z https://cs.wikipedia.org/wiki/Zne%C4%8Di%C5%A1t%C4%9Bn%C3%AD_ovzdu%C5%A1%C3%AD (2019-09-07)

KAHUDA Jan, Stanovení základních emisí z výfuku osobních vozidel ve vybraných úsecích dopravní trasy. 2019. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Zemědělská fakulta, Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky.

LUKEŠOVÁ Barbora. Externality v dopravě a možnosti jejich řešení.2017.Bakalářská práce.Moravská vysoká škola Olomouc.Ústav Ekonomie a podnikové ekonomiky.

ADAMEC Vladimír a kolektiv. Doprava, zdraví a životní prostředí. 2008.První vydání. Praha: GRADA 2008. IBSN 98-80-247-2156-9.

NÁHLÍK Tomáš. Emisní normy pro motorová vozidla a měření emisí.2015.Bakalářské práce.Vysoké učení technické v Brně.Fakulta strojního inženýrství.Energetický ústav

CELJAK Ivo.Zásady provádění měření zvuku v silniční dopravě.Metodika měření hladiny hluku vlivem pohybu motorových vozidel v silniční dopravě. učební text. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích 2011.(1)

CELJAK Ivo. Zásady provádění měření hmotnostní koncentrace polévatého prachu monitorem DustTRAK 8530. Metodika měření hmotnostní koncentrace polévatého prachu v silniční dopravě. Učební text. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích 2011(2)

VOJTÍŠEK Michal. Měření výfukových emisí pístových spalovacích motorů během reálného provozu přenosnými palubními aparaturami. 2011. Autoreferát habilitační práce. Technická univerzita v Liberci. Fakulta strojní. Katedra vozidel a motorů

LÁDYŠ Libor. Ing. a kolektiv. Výpočet hluku z automobilové dopravy – aktualizace metodiky. Manuál 2018. Ministerstvo dopravy ČR. EKOLA group. Spol. s. r. o., dostupné z : https://www.mdcz.cz/getattachment/Dokumenty/Strategie/Hluk/Manual-2018/Manual_2018_v1-3.pdf.aspx

(ANONYM 2, (2019)) Limity hluku. Získáno 23. Zář 2019 z <http://hluk.eps.cz/hluk/limity/>

KDOLSKÝ Tomáš. Analýza hluku dopravních zařízení v závislosti na dopravních prostředí. 2012. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Zemědělská fakulta.

(ANONYM 3, (2019)) Dopravní zácpa. Získáno 26. Zář 2019 z https://cs.wikipedia.org/wiki/Dopravn%C3%AD_z%C3%A1cpa

TICHÝ Tomáš. Řídící systémy dopravy – dopravní telematika. Učební text. České Vysoké učení technické v Brně. 2004. Fakulta dopravní. Katedra řídicí matiky a telematiky. 52s. (2019-09-26)

NOVOTNÁ Tomáš. Dopravní nehody na pozemních komunikacích České republiky. 2016. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Ekonomická fakulta. Katedra strukturální politiky EU a rozvoje venkova

ANONYM 4, (2019) Přestupky v dopravě. Získáno 28.9.2019 z http://www.prestupkyvdoprave.cz/dopravni_nehoda.html

ANONYM 5, (2019) Povinné ručení. Získáno 28.9.2019 z <https://www.povinne-ruceni.com/clanky/nejcastejsi-priciny-dopravnich-nehod/>

KREJČÍ Libor. Analýza rizik silniční přepravy nebezpečných věcí.2018.Disertační práce.Univerzita Pardubice. Dopravní fakulta Jana Pernera

SKŘEHOT Petr a kolektiv.2019 Havárie a nehody.získáno 28.9.2019 z http://www.portalbozp.cz/wp-content/uploads/2014/09/Prevence-nehod-a-havarii_2.dil_Kapitola-4.pdf

ANONYM 6, 2019.Doprava a ekosystém. Získáno 28.9.2019 z <https://www.eea.europa.eu/cs/signalny/signalny-2016/clanky/doprava-a-ekosystem>

SOKOLÍK Jakub.Světelné znečištění a jeho možné ekologické důsledky. 2012.Bakalářské práce. Jihočeská univerzita. Přírodovědná fakulta

ANONYM 7 2018.Autoforum. Získáno 28.9.2019 z <http://www.autoforum.cz/zajimavosti/v-techto-autech-jezdi-lide-kteri-nejcastejipachaji-bodovane-prestupky/>

ANONYM 8 2019. Emise v dopravě. Získáno 28.9.2019 z https://www.enviwiki.cz/wiki/Emise_v_doprav%C4%9B

ANONYM 9 2019.MVCR. Získáno 5.10.2019 z <https://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx>

ANONYM 10 2019. Mapy. Získáno 12.10.2019 z <https://mapy.cz/letecka?mereni-vzdalenosti&x=13.8187723&y=49.1109246&z=16&rm=9fOvHxT8TKhDSgsU>

ANONYM 11.2019. Mapy. Získáno 24.11.2019 z <https://mapy.cz/letecka?mereni-vzdalenosti&x=13.8173776&y=49.1100397&z=16&rm=9fPzuxTUJxewVf4D>

MGR .KLEGER Ladislav, ING. VÁLEK Petr.Charakteristika oxidu uhličitého.2019.získané z <https://arnika.org/oxid-uhlicity>

ANONYM 12. Mapy. Získáno 30.11.2019 z https://cs.wikipedia.org/wiki/Oxid_uhli%C4%8Dit%C3%BD

MGR. ČERVENKOVÁ Renata.2014.Čím je nebezpečný oxid uhličitý? Získané z http://wiki.ekoporadna.cz/index.php?title=%C4%8C%C3%ADm_je_nebezpe%C4%8Dn%C3%BD_oxid_uhli%C4%8Dit%C3%BD%3F

CELJAK Ivo. Zadání seminární práce pro technické systémy vozidel. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích 2019.