

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická Fakulta



Katedra vozidel a pozemní dopravy

## **Externality v silniční dopravě**

Diplomová práce

*Vedoucí diplomové práce:* doc. Ing. Boleslav Kadleček, CSc.

*Autor práce:* Martin Zelenka

*Praha 2012*

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Technická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zelenka Martin

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

**Externality v silniční dopravě**

Anglický název

**The externalities of road transport**

---

### Cíle práce

Cílem práce je provést analýzu současných metod v oblasti kvantifikace externích nákladů ze silniční automobilové dopravy a na praktickém příkladu případového území provést pomocí vybraných metod odhad externích nákladů z titulu vybrané externality.

### Metodika

Základní pojmy a rozdělení externalit v silniční dopravě. Rešerše současného stavu externích nákladů ze silniční dopravy (ČR a EU). Porovnání nejvýznamnějších metod a možností kvantifikace vybraných negativních příp. pozitivních externalit. Výběr metody kvantifikace a její aplikace na vybrané lokalitě.

### Osnova práce

1. Úvod
2. Externality v silniční dopravě
3. Současný stav v oblasti emisních, hlukových a bezpečnostních externalit
4. Rozbor a porovnání metod kvantifikace externalit.
5. Odhad vybraného externího nákladu na případovém území
6. Závěr

### Rozsah textové části

40-50

### Klíčová slova

emise, hluk, prach, kongesce, nehody, externí náklady

### Doporučené zdroje informací

[1] MÁČA, J., - JEDLIČKA, J. a kol. Kvantifikace externích nákladů dopravy v podmínkách ČR periodické zprávy projektu MDCR CG 712-111-520, <http://www.czp.cuni.cz/tranext/default.html>

[2] Foltynová, H., Melichar, J. (2003): Quantification of external costs in transport caused by air pollution in the Czech Republic. In: Scasny, M., Bruha, J., Foltynova, H. (ed.), Approaches to Assessing the Environment. Proceedings from the round-table seminar in Prague, 2-3 October 2003. Charles University Environment Center, Prague, ISBN 80-239-3841-X, pp. 187 – 194.

[3] OECD (2002): External Costs of Transport in Central and Eastern Europe. (ENV/EPOC/WPNEP/T(2002)5). Study by INFRAS a HERRY for OECD Environment Directorate and Austrian Ministry for Agriculture and Forestry, Environment and Water Management. Zurich/Vienna 2002.

[4] Kutáček, S. (2001): Možnosti řešení negativních externalit individuální dopravy v městských dopravních systémech. Diplomová práce, Ekonomicko-správní fakulta MU v Brně, 2001.

[5] Polach, V. (1999): Dopravní obsluha se zřetelem na externí náklady. Dizertační práce, Univerzita Pardubice, 1999.

[6] JEDLIČKA, J. a kol.: Studie o vývoji dopravy z hlediska životního prostředí v České republice za rok 2006 a 2007, CDV Brno 2007, 2008

### Vedoucí práce

Kadleček Boleslav, doc. Ing., CSc.

### Konzultant práce

Ing. Patrik Břečka PhD.

### Termín zadání

listopad 2010

### Termín odevzdání

duben 2012

**doc. Ing. Boleslav Kadleček, CSc.**

Vedoucí katedry



**prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.**

Děkan fakulty

V Praze dne 9.2.2011

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Boleslava Kadlečka, CSc. A použil jen literárních pramenů a publikací, které uvádím v příloženém seznamu literatury.

V Praze dne: 9.4.2012

Martin Zelenka

## **Poděkování:**

Tímto chci poděkovat vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Boleslavu Kadlečka, CSc. za odborné vedení, které mi pomohlo při zpracování této práce. Také bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli cenné informace, rady a prostředky k práci, zvláště pak JUDr. et Mgr. Vojtěchu Mácovi, Ph.D. z Centra pro otázky životního prostředí UK.



## **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá oceňováním externích nákladů způsobených silniční dopravou a jejich dopadů na životní prostředí. Úvodní část vysvětluje pojem externalita a přibližuje různé druhy znečištění, mechanismy jejich vzniku včetně jejich odpadu na životní prostředí a člověka. Je zde také přiblížení současné situace z oblasti emisí, hluku a bezpečnosti v České republice a Evropské unii. Přiblížen je stav vozového parku a silniční sítě.

V druhé části jsou popsány a porovnány hlavní metody a projekty kvantifikace a oceňování externalit. Vybraná metoda lokálního ocenění externího hlukového nákladu je pak využita pro případové území. Vypočtený externí náklad pak slouží pro návrh opatření ke snížení hlukové zátěže a je porovnán s externím nákladem po provedení opatření.

**Klíčová slova:** emise hluk, prach, kongesce, externí náklady

## **Summary**

This diploma thesis deals with evaluation of external costs caused by road transport and its effect on environment. Opening part focuses on explanation of various pollutants with their respective causes and impacts on environment and humans. There is also assessment of current situation of noise and air pollutants and road safety within the Czech Republic and European Union using corresponding car stock and road and motorway network statistics. The second part is comparison of relevant projects and methods which are aimed on social costs quantification and external cost evaluation.

The main objective of this diploma thesis is to estimate costs of noise in selected area. This part uses cost estimation to propose means to lower noise level in area and compares cost effect with cost of proposed solution.

**Key words:** Emission, congestion, traffic accidents, externalities

## **Obsah:**

1	Úvod.....	1
2	Externality v silniční dopravě .....	2
2.1	Základní pojmy .....	2
2.1.1	Externalita .....	2
2.2	Případy negativních externalit tvořených silniční dopravou: .....	3
2.2.1	Dopravní nehody.....	3
2.2.2	Znečištění ovzduší .....	4
2.2.3	Hluk .....	8
2.2.4	Dopravní kongesce .....	9
2.2.5	Znečištění vody.....	10
2.2.6	Vibrace budov .....	11
2.2.7	Úniky ropných látek.....	12
2.2.8	Tvorba bariér.....	13
2.2.9	Ostatní .....	14
2.3	Pozitivní externality.....	15
3	Současný stav v oblasti emisních, hlukových a bezpečnostních externalit .....	16
3.1	Česká republika .....	16
	Hygienické hlukové limity .....	28
	Obecné zásady pro akustické studie .....	29
4	Rozbor a porovnání metod kvantifikace externalit .....	32
4.1	ExternE .....	32
4.2	Tremove.....	35
4.3	TranExt .....	37
	Metodika projektu TranExt: .....	37



4.3.1	Metodiky měření jednotlivých externalit.....	38
4.4	Srovnání projektů ExternE, TREMOVE a TranExt.....	40
5	Odhad vybraného externího nákladu na případovém území.....	41
5.1	Popis vybraného území.....	41
5.2	Výpočet externího nákladu hluku.....	43
5.3	Porovnání výhodnosti opatření.....	45
6	Závěr.....	47
7	Seznam použitých zdrojů.....	48
8	Seznam použitých obrázků.....	54
9	Seznam použitých tabulek.....	55

# 1 Úvod

Silniční motorová doprava již více než sto let své existence umožňuje obyvatelstvu pohodlnější a snazší přemísťování se mezi požadovanými místy. Silniční doprava tvoří nedílnou součást každé země civilizovaného světa. Umožňuje také mnohem adresnější přepravu materiálu a zboží díky síti silnic, která je v České republice nesmírně rozsáhlá ve srovnání se sítí železnic, plavebních cest či letišť. Naše společnost je na silniční přepravě doslova závislá, protože bez ní by nebylo možné realizovat obchod a zásobování v takovém rozsahu, rychlosti a flexibilitě. Některé současné modely logistiky, jako je např. JIT, bez ní nemohou existovat.

Takto rozsáhlá síť cest spolu s objemem dopravy sebou pochopitelně nese mnoho vedlejších vlivů pozitivního i negativního rázu. Tyto vlivy, které nejsou součástí tradiční směny a představují vedlejší nechtěný efekt z hlediska fungování trhu, jsou nazývány externalitami. Externality v silniční dopravě pokrývají širokou problematiku možných vlivů a metod jak tyto vlivy vyčíslit v peněžních prostředcích a převést na subjekty, které je způsobily. Tyto náklady jsou, díky rostoucí pozornosti veřejnosti a neziskových organizací, centrem zájmu dopravních odborníků i politiků všech úrovní od lokální po celoevropskou. Problematika externalit však není čistě ekonomická, protože ne všechny náklady lze exaktně vyčíslit (jakou cenu má pohled na louku nepřerušovanou dálnicí?), proto zde přichází na řadu i ekologie a etika – společenský census a politická řešení, jež nastaví právní rámec ve formě norem a sankcí.

První část této diplomové práce se zabývá literární rešerší tvořenou popisem základních pojmů a dělením jednotlivých druhů dopravních externalit. Dále popisuje současný stav řešení externích nákladů v České republice a Evropské unii a srovnává metody jejich určování a kvantifikace u vybraných negativních a pozitivních externalit. Praktická část se pak zabývá výběrem metody a kvantifikace externality a její aplikací na vybranou lokalitu.

## 2 Externality v silniční dopravě

### 2.1 Základní pojmy

#### 2.1.1 Externalita

Externalitou se rozumí vedlejší efekt určité činnosti, který si v případě vzniklého užitku není možné přivlastnit, nebo v případě nákladu nelze vymoci. Činnost přináší nezamýšlené přínosy či náklady jiným subjektům, nejčastěji třetím stranám<sup>[x2]</sup>. Dle toho lze dělit externality na negativní a pozitivní. Negativní externalita vzniká, když daný subjekt nenese všechny náklady své aktivity a část z nich přenáší na jiné subjekty. Pozitivní externalita je pak výnosem subjektu, který si ji nemůže přisvojit a přisvojují si ho jiní. [x3] Externality se často nazývají selháním trhu (myslí se tím volný trh)

Externality se mimo negativní/pozitivní člení na technologické a peněžní. Peněžní externality vznikají při nesplnění podmínek dokonalé konkurence, kdy jeden subjekt může změnit cenu na trhu. Technologické pak jsou ve formě škod, tak jak je pojem externalita obecně chápán. Dále se dělí podle počtu zasažených subjektů na parciální – je-li jich zasažen malý počet či jen jeden a globální týká-li se externalita všech nebo velkého množství subjektů. Šťastný[4] pak ještě uvádí multikauzální – které mají větší množství společně působících původců a není jednoduše možné určit spojitosti. Typickým příkladem takové externality může být hluk u velkokapacitní silnice, kde původcem je každé jednotlivé vozidlo není možné přesně určit míru zavinění pro každého jednotlivého řidiče. Externality se pochopitelně dělí ještě mnohem podrobněji, ale to už není možné popsat v rámci této jedné kapitoly diplomové práce.

#### Internalizace externality

Obecnou snahou vyčíslování externalit je jejich internalizace. V podstatě je to přiblížení interních (soukromých) nákladů spojených s užíváním (výrobou/spotřebou, atd.), se kterým je externalita spojena ke společenským nákladům. Ta může být provedena mnoha způsoby. V teorii by externality měly být odhadovány a oceňovány v penězích postupně jedna za druhou, ovšem některé externality je těžké kvantifikovat a proto jsou určeny specifické cíle (ve formě např. hlukových limitů) a pak se dopravní sektor usměřuje k tomuto cíli. K regulaci externalit jsou využívány ekonomické a normativní nástroje. V dopravě jsou uplatňovány tyto nástroje: silniční daň, spotřební daně z uhlíkových paliv, povinné

přímíchávání bio-paliv do nafty a benzínu, emisní limity a známky, uživatelské poplatky (mýtné, dálniční známky), daňové diferenciacie a výjimky, pojištění. Takové řešení se často nazývá **Pigouovskou daní**, popřípadě dotací, což je v zásadě jakýkoliv mechanismus zvyšující cenu (resp. náklady) související s danou činností. Řešení je takové, že subjekt původce zátěže buďto daníme nebo odměňujeme například za snížení produkovaných emisí. Obvykle se tak děje nepřímo kupříkladu zdaněním uhlíkových paliv ve snaze snížit emise škodlivin do ovzduší. Výše externality a její ocenění se obvykle provádí za pomoci dvou metod: první je „Metoda přímého oceňování negativních externalit“, jejímž výstupem je katalog externalit a nákladů škod jimi způsobených. Druhá je „Metoda funkce škod“, která uvádí do závislosti parametry škod a tržní hodnotu daného statku, který je externalitou ovlivněn. Vhodným příkladem je kvantifikovatelné znečištění ovzduší a hluk způsobený dálnicemi - snižuje cenu pozemků v její blízkosti a ta může být porovnána s cenou referenčního statku, tedy cenou kvalitativně stejných pozemků dálnicemi neovlivněných.<sup>[38]</sup>

## **2.2 Případy negativních externalit tvořených silniční dopravou:**

### **2.2.1 Dopravní nehody**

Dopravní nehoda, (podle znění § 47 odst. 1 zákona č. 361/2000 Sb. O provozu na pozemních komunikacích) 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.

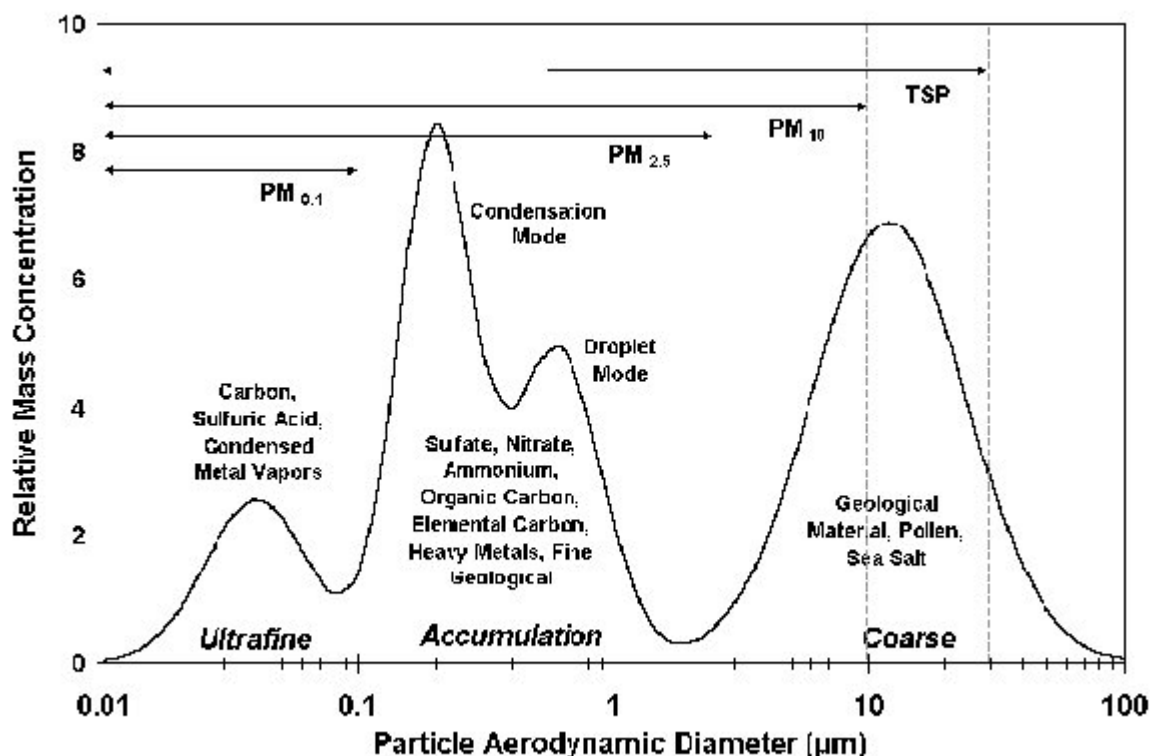
Součástí externalit silniční dopravy jsou i hmotné škody vzniklé při dopravních nehodách. K nim se váží největší ztráty spojené se silniční dopravou. Nehody se dle závažnosti dělí na nehody s usmrcením (též „smrtné nehody“), s těžkým zraněním, s lehkým zraněním a nehody jen s hmotnou škodou. Dále je možné je dělit dle druhu na nehody s více vozidly, nehody s jedním vozidlem, nehody s chodci, boční kolize, čelní srážky. Náklady na nehody lze rozdělit na přímé a nepřímé. Přímé - to jsou náklady (resp. ztráty) v podobě vlastní ceny lidského života, zdravotní péče, náklady na záchrannou službu a hmotné škody. Nepřímé náklady – jsou zejména administrativní výdaje sestávající z nákladů pojišťoven, soudů a dopravní policie, ztráty na produkci a sociální výdaje.<sup>[40]</sup>

S nehodovostí úzce souvisí bezpečnost silničního provozu, ta je vlastně její převrácenou hodnotou. Bezpečnost je posuzována podle přímých ukazatelů - ty přímo zobrazují bezpečnost silničního provozu na základě počtu a závažnosti následků dopravních nehod. Hlavními ukazateli jsou počet nehod, počet smrtelných, těžkých a lehkých zranění a velikost hmotné škody. Vzhledem k úpravám legislativy v oblasti povinnosti hlášení nehody Policii ČR až nad určitý limit výše hmotných škod, je vhodnější ke srovnání využívat údaje o dopravních nehodách, při kterých došlo ke zranění. Nepřímé ukazatele bezpečnosti silničního provozu operují s okolnostmi či jevy, pomocí kterých lze posuzovat bezpečnost provozu na pozemních komunikacích a odhadovat její další vývoj, aniž by bylo nutné mít k dispozici údaje o dopravní nehodovosti. Vycházejí z experimentálně ověřených vztahů mezi chováním a bezpečností provozu. V ČR jsou sledovány následující nepřímé ukazatele: rychlost vozidel, ochranné systémy, denní svícení vozidel, bezpečnostní odstupy atd. <sup>[41]</sup>

## 2.2.2 Znečištění ovzduší

### Částice prachu

Prachové částice jsou nejdéle sledovaným druhem znečištění pro jejich značný vliv na lidské zdraví. Se spolupůsobícími polutanty mají na svědomí přibližně 350 000 úmrtí ročně v zemích EU. Pojem prachové částice obsahuje široké spektrum velikostí, tvarů a chemického složení částic. Částice lze dělit podle vzniku na primární, které vznikají již v podobě částic (např. spalováním paliv) a sekundární, které vznikají kondenzací či shlukováním jiných polutantů (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> a těkavé látky). Velikostní dělení částic je tvořeno třemi skupinami – velmi jemné o velikosti 0,015 – 0,04 μm (PM<sub>0,1</sub>) vznikající za vysokých tlaků a teplot, mají nízkou životnost a slučují se do větších jemných částic (PM<sub>2,5</sub>) o velikosti 0,15 – 0,5 μm. Hrubé částice (PM<sub>10</sub>) o velikosti 5 – 30 μm vznikají mechanickými procesy. PM značí velikost ideální částice kulového tvaru s průměrem menším než je číslo frakce v μm a hustotě 1000kg/m<sup>3</sup>, která má stejné aerodynamické vlastnosti jako sledované částice prachu. Částice PM<sub>2,5</sub> představují větší zdravotní riziko, protože se nezachycují na sliznicích a chloupkách v dýchacích cestách, ale dostávají se hlouběji do plicních sklípků a pronikají snáze do krevního oběhu. Imisní limity pro částice PM<sub>10</sub> stanovují maximální denní koncentraci 50 μg.m<sup>-3</sup> (s tolerancí 35 překročení za rok) a celkový roční limit 40 μg.m<sup>-3</sup>, jemné částice PM<sub>2,5</sub> zatím nejsou samostatně limitovány (pouze v rámci PM<sub>10</sub>), ale je zvažován jejich limit 25 μg.m<sup>-3</sup> <sup>[49]</sup>



Obr. č. 1 Rozdělení velikostí částic prachu v ovzduší

Částice prachu uvolněné do ovzduší silničním dopravou mohou pocházet z těchto základních zdrojů:

#### **Nespálené složky paliv (saze)**

Jsou produkovány převážně vznětovými motory a motory s přímým vstřikováním (tedy i motory zážehovými). Částice tvoří čistý uhlík a na jejich povrch navazují toxické látky v podobě těžkých kovů. Tyto částice se v závislosti na své velikosti mohou usazovat v dýchacích trubicích, v plicích a nejmenší částice, vzniklé v motorech s vysokotlakým vstřikováním paliva, se dostávají z plic do oběhového systému člověka (a jiných živočichů). Vznik částic je podmíněn vysokým tlakem a nedostatkem kyslíku ve spalovacím prostoru.

#### **Částice vzniklé obroušením pneumatik a povrchu vozovky**

Pneumatika osobního automobilu ztratí za dobu své životnosti 1-1,5 kg své hmotnosti, nejčastěji z běhounu. Část tohoto materiálu zůstává pevně na povrchu vozovky v podobě brzdnych a akceleračních čar, většina se však voně šíří do prostředí. Přibližně 60% těchto částic spadá do frakce PM<sub>10</sub> (menší než 10 μm) z nichž je 70% menších než 2,5 μm. Složení částic z pneumatik je následující: 40 % z přírodní pryže, 30 % butadien-styrenového kaučuku

(SBR), 20 % butadienového kaučuku, 10 % butylkaučuku a halogenovaného butylkaučuku a 1 % zinku, arzén 0,8 mg/kg, hliník 81 – 420 mg/kg, kadmium 0,28- 5 mg/kg, kobalt 0,9 – 25 mg/kg, chróm 0,4 – 10 mg/kg, nikl 1-50 mg/kg, olovo 1 – 160 mg/kg. benzo(a)pyren až 4 mg/kg. U osobních automobilů lze předpokládat specifický otěr (množství otěru v g na 1 km ujeté vzdálenosti vozidla) přibližně 100 mg/km, u motocyklů s 50 mg/km, u tahačů, autobusů a těžkých nákladních automobilů s 200 až 700 mg/km a pro kamiony i více než 1400 mg/km uvolněných emisí z otěrů pneumatik. Otěr kromě částic z pneumatik uvolňuje i částice z povrchu vozovky tvořené živici (AB povrch vozovky), křemeny, slídou a dalšími minerály hornin. Specifický otěr je značně variabilní a pohybuje se mezi 4 až 150 mg/km u osobních automobilů po 20 – 750 mg/km pro těžká užitková vozidla. <sup>[50]</sup>

### **Částice z brzdového obložení**

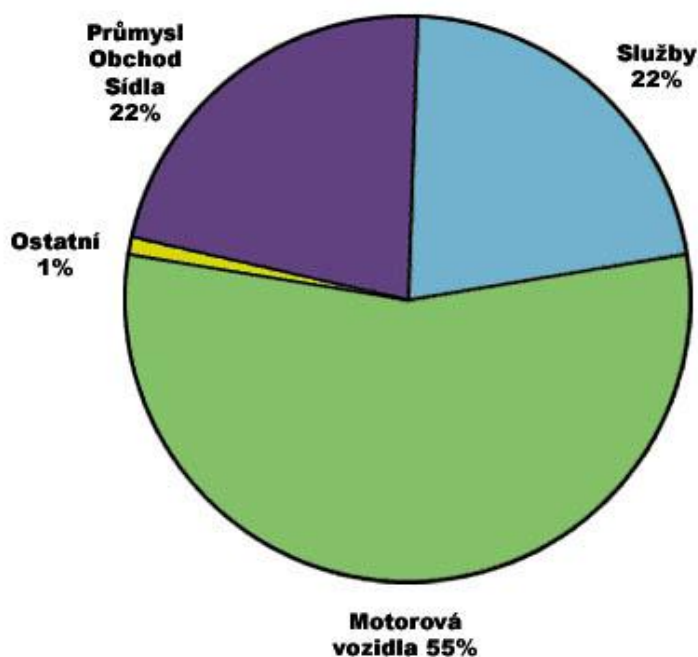
Brzdový kotouč i brzdové destičky se při brzdění opotřebovávají, protože diskové brzdy jsou otevřeny vnějšímu prostředí, jsou abrazi uvolněné částice uvolňovány do ovzduší. Některé studie (Wahlström 2011) ukazují na spojitost mezi těmito částicemi a zhoršením zdravotního stavu. Většina disků je vyrobena z šedé litiny, brzdové desky pak mohou být z rozličných materiálů, v základu jsou však tvořeny pojivem, zpevňujícími vlákny, plnivy a přísadami zvyšujícími tření. <sup>[10]</sup> Specifický otěr brzdového obložení na 1 km je pro osobní automobily 10 až 20 mg/km, pro lehké nákladní automobily asi 30 mg/km, pro těžké nákladní automobily asi 50 až 80 mg/km. <sup>[50]</sup>

### **Oxidy dusíku**

Oxidy dusíku (jmenovitě oxid dusnatý NO, oxid dusičitý NO<sub>2</sub>, méně často i oxid dusitý N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, tetraoxid dusíku N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> a oxid dusičitý N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) vznikají oxidací atmosférického dusíku N<sub>2</sub> za vysokých teplot a tlaků ve válcích spalovacích motorů. Oxid dusnatý (NO) je bezbarvý plyn na vzduchu oxidující na NO<sub>2</sub>, což je hnědočervený plyn s výrazným zápachem, leptajícím sliznice, a s vyšší hustotou než vzduch.

Z následujícího grafu je patrné, že většina lidmi tvořeného NO<sub>x</sub> vzniká provozem motorových vozidel.

## Antropogenní zdroje NO<sub>x</sub> - 2003



Obr. č. 2 Antropogenní zdroje NO<sub>x</sub>

Dusík patří mezi biogenní prvky, je nezbytný pro růst rostlin a jako takový je dodáván do půdy ve formě dusíkatých hnojiv. Naproti tomu emise oxidů dusíku jsou ve vyšších koncentracích rostlinám nebezpečné a mohou způsobovat jejich nižší odolnost vůči negativním vlivům okolí, jako jsou například plísňe nebo mráz. Zároveň, podobně jako oxid siřičitý, patří mezi součásti tzv. kyselých dešťů ve formě kyseliny dusičité s dopady na vegetaci, stavby či pH povrchových vod, kde zároveň dusík napomáhá bujení vodních rostlin a následnému hynutí vodních živočichů. Oxid dusičitý pak přispívá k tvorbě přízemního ozónu a vzniku fotochemického smogu. Oxid dusnatý (NO<sub>2</sub>) je navíc řazen mezi skleníkové plyny, protože se kumuluje v atmosféře a zde absorbuje infračervené záření za vzniku skleníkového efektu.

Oxidy dusíku působí na člověka negativně především při vyšších koncentracích, běžně se v ovzduší nevyskytující. Obecně se předpokládá, že se oxidy dusíku váží na krevní barvivo a zhoršují tak přenos kyslíku z plic do tkání. Některé náznaky ukazují, že oxidy dusíku mají určitou roli i při vzniku nádorových onemocnění. Vdechování vyšších koncentrací oxidu dusíku dráždí dýchací cesty. V České republice platí pro koncentrace oxidu dusíku (s výjimkou oxidu dusného) následující limity v ovzduší pracovišť: PEL – 10 mg.m<sup>-3</sup>, NPK - P – 20 mg.m<sup>-3</sup>. [51]



## **Skleníkové plyny**

Skleníkové plyny je souhrnné označení pro plyny, jejichž přítomnost v atmosféře v důsledku absorpce krátkovlnného infračerveného záření způsobuje skleníkový efekt, - zvyšuje teplotu na Zemi. Nejčastěji je jako skleníkový plyn uváděn oxid uhličitý  $\text{CO}_2$ , který však má nejnižší absorpční schopnost ze všech skleníkových plynů a je v obvyklých koncentracích pro život nezávadný. Zdrojem  $\text{CO}_2$  z 90% silniční doprava. Oxid uhelnatý (CO) je 3 x účinnější než  $\text{CO}_2$  a navíc je pro člověka jedovatý, uhlovodík metan je 25 x účinnější a freony více než tisíckrát účinnější. Problematikou skleníkových plynů se zabývají mezinárodní normy ISO 14064 a vzhledem k tomu, že jsou v České republice předmětem obchodovatelných povolenek, týkají se jich i následně uvedené legislativní předpisy. Pro  $\text{CO}_2$  nejsou stanoveny žádné emisní limity, výrobci vozidel jsou však povinni uvádět jeho produkci v gramech na 100 km.<sup>[8]</sup>

### **Oxid siřičitý**

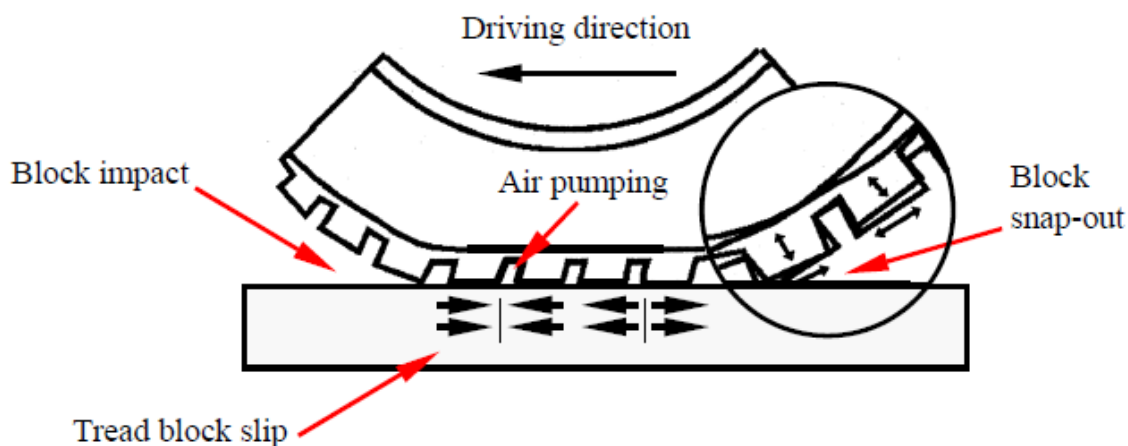
Oxid siřičitý,  $\text{SO}_2$ , se uvolňuje ze síry obsažené v palivu. Má výrazný podíl na tvorbě kyselých dešťů, narušuje proces fotosyntézy u rostlin, mění nerozpustný vápenec na rozpustný sádrovec čímž je hrozbou pro živočichy s pevnou schránkou (např. korály) a kyselé deště se projevují i vyšší korozi staveb. Oxid siřičitý u člověka postihuje především dýchací cesty. Zdrojem  $\text{SO}_2$  jsou, resp. byly především elektrárny spalující hnědé uhlí a vozidla spalující motorovou naftu. Po odsíření tepelných elektráren a zavedení limitů pro obsah síry v palivu jsou imisní limity překračovány jen zřídka a  $\text{SO}_2$  nepředstavuje závažný problém.<sup>[8]</sup>

### **2.2.3 Hluk**

Hlukem se rozumí zvuk, který může být svou intenzitou ohrožující pro lidské zdraví, či působí rušivě na lidskou činnost (nebo např. znemožňuje odpočinek). Hladina hluku mezi 45-65 dB způsobuje u člověka neurotizaci organismu, 65-90 dB má za následek změny krevního tlaku, srdeční frekvence i velikost zornice. Hladina hluku mezi 90-120 má za následek sluchové poškození či ohluchnutí. Hranice 120 dB je považována za práh bolesti.<sup>[8]</sup>

Dopravní hluk je typickým místem konfliktu mezi nutností dopravy a potřebou tiššího prostředí pro život. Ačkoliv je hluk závislý na individuální toleranci, obecně platí že 55dB působí rušivě a hodnota 65 dB způsobuje spánkovou nedostatečnost. Hluk se také podílí na snížení ceny nemovitosti – v Německu<sup>[1]</sup> se odhaduje, že s každým dB klesá cena o 0,5% .

Hluk způsobený pohonem je tvořen samotným hlukem motoru, výfukové soustavy a převodového ústrojí. Hluk způsobený odvalováním pneumatik po podkladu začíná převažovat nad hlukem pohonu v rychlostech nad 55 km/h u osobních automobilů a v přibližně 70 km/h u nákladních vozidel v závislosti na stáří, hmotnosti, stavu vozidla a vozovky. Při vyšších rychlostech se k dominantnímu hluku pneumatik přidává aerodynamický hluk<sup>[11]</sup> ten je způsoben vnějším obtékáním vzduchu okolo vozidla a je možné ho ovlivnit tvarem karoserie.



**Figure 4.1: Representation of tyre/road noise generation mechanisms**

Obr. č. 3 Vznik hluku na styku pneumatiky a vozovky

(vysvětlivky: „Driving direction“ – směr jízdy; „Block impact“ – náraz figury; „air pumping“ – stlačování vzduchu; „Block snap-out“ – narovnání figury; „Thread block slip“ – prokluz figury)<sup>[11]</sup>

Z obrázku je patrné, že část hluku způsobeného stykem pneumatiky s vozovkou má na svědomí stlačování vzduchu, tomu je možné předejít zvýšením pórovitosti povrchu vozovky využitím např. drenážního koberce.<sup>[8]</sup>

#### 2.2.4 Dopravní kongesce

Kongesce se v obecné literatuře často označují názvem dopravní zácpy. Jde o stav, kdy komunikace již není schopna pojmout množství vozidel a dochází k prodloužení doby jízdy. Kongesce dále vznikají díky prvkům snižujícím průjezdnost – tzv. úzké profily či hrdla, to mohou být zúžení, světelně řízené křižovatky, nebo kruhové objezdy. Nejčastěji vznikají v době dopravních špiček na příjezdových komunikacích do velkých měst a v jejich okolí. Kongesce se tvoří i díky řidičům, kteří narušují plynulost provozu nevhodným způsobem

jízdy – příliš brzo se řadí do průběžného pruhu před zúžením (pravidlo zipu), brzdí v okamžiku, kdy to situace na vozovce nevyžaduje (např. chtějí vidět následky nehody v protisměru), nebo nevhodným způsobem mění jízdní pruhu. Dopravní kongesce má za následek, kromě prodloužení doby jízdy, což je hlavní částí nákladů na kongesce, i zvýšení nákladů na provoz vozidla – časté rozjíždění a zastavování, jízda v malých rychlostech a otáčkách motoru mají za následek vyšší spotřebu paliva a vyšší opotřebení součástí vozidla jakými jsou motor, spojka a brzdové obložení. Kongesce má vliv i na spolehlivost dopravy osob a dodávek zboží, kdy nákladem je čas využitý jako rezerva pro případ kongesce, případně prostoje. Výsledné náklady kongescí jsou dobrými ukazateli, pro směřování investic do dopravní infrastruktury. <sup>[36]</sup>

Pro výpočet nákladů kongescí je třeba znát následující proměnné:

- Hodnotu cestovního času, pro vyčíslení ztráty času, pohodlí či spolehlivosti v peněžních jednotkách.
- Dobu, o kterou se délka jízdy zvýšila.
- Závislost popisující účinek vozidla na dopravní systém
- Elasticitu poptávky po dopravních službách, popisující chování uživatelů v závislosti na internalizačních opatřeních.

Tyto vstupní hodnoty se určují na základě průměrné hrubé mzdy, z telematických zařízení sledujících provoz a druh dopravy (dělení na osobní a nákladní vozidla). Získané informace pak slouží jak pro určování dopravních proudů, tak i pro aktuální informační servis uživatelů silniční sítě. Tím je možné dopad kongesce omezit. Např. informace o dojezdové době na informačním panelu pomůže řidičům zvolit vhodnější trasu a tím krom vlastní úspory času předejít i dalšímu zhoršení situace v daném místě zatížení. <sup>[37]</sup>

### **2.2.5 Znečištění vody**

Doprava je druhým největším znečišťovatelem vod hned po průmyslové výrobě. Znečištění může být bodového rázu – nejčastěji při lokálním úniku či havárii, a nebo plošné – kdy znečištění je rozptýlené v prostoru. Podzemní vody jsou znečišťovány průsakem škodlivých látek, zatímco vody povrchové jsou znečištěny splachy s komunikací, odstavných ploch a také v důsledku havárií. Zdrojem znečištění jsou i látky uvolněné otěrem při provozu po pozemních komunikacích a kyselá deště způsobené oxidem siřičitým a oxidy dusíku.

Tabulka znečišťujících látek ve vodě z dopravy

Zdroj znečištění	Znečišťující látky
Výfukové plyny	Pb, Ni, Sloučeniny N, fenoly, uhlovodíky, rez, prachové částice
Otěr brzdových obložení	Cr, Ni, Cu, Pb, Zn, Prachové částice
Otěr pneumatik	Cd, Zn, organické sloučeniny, pryž, S, Pb, Cr, Cu, Ni
Otěr povrchu komunikací	Si, Ca, Mg, asfalt, dehet, Pb, Cr, Cu, Zn, Ni, prachové částice
Otěr značení komunikací	TiO <sub>2</sub> , rozpouštědla
Úkapy z motorů	Pb, Ni, Zn, organické látky, oleje, tuky, uhlovodíky, Cu, V, Cr
Stavební hmoty	Minerální látky, pojiva (asfalt, vápno, cement)

Tabulka č. 1, znečišťující látky ve vodě

Z tabulky je patrné, že znečištění vod má nejčastěji podobu těžkých kovů, ropných a minerálních látek. <sup>[8]</sup>

### 2.2.6 Vibrace budov

Vibrace mají stejný fyzikální základ jako zvuk, jde o kmitání částic prostředí nebo částí pružného tělesa okolo rovnovážné polohy, vyvolané dynamickými účinky pohybu vozidel. Přenos vibrací od dopravy podloží do konstrukce budovy může být ještě zesílen bezprostředním kontaktem konstrukce silnice se základy budov. Tento kontakt může být zprostředkován nebo zesílen spodní vodou či promrznutím půdy, obdobně funguje i potrubí či skalní podklad v malých hloubkách pod povrchem. Charakter vibrací je odvislý od hmotnosti vozidla, jeho rychlosti a směru, tak i od rovinnosti vozovky, kde každá nerovnost, např. v podobě zpomalovacího pruhu, má výrazný vliv na vznik dynamického rázu. Opatření proti přenosu vibrací mohou mít podobu omezení jejich zdroje např. úpravou nerovností vozovky či zamezení průjezdu těžké nákladní dopravy. Omezit lze i přenos vibrací od zdroje např. vložením dynamických filtrů. Na intenzitu vibrací má výrazný vliv samotná konstrukce

budovy. Zde platí, že především železobetonové konstrukce jsou vynikajícími vodiči vibrací a rázů. Vhodným řešením je pružné uložení nosné konstrukce jako celku vůči její základové konstrukci. Využívány jsou ocelové, pryžové nebo dokonce i korkové konstrukce pružin. [26]

Posuzování působení vibrací na budovu a obyvatele je prováděna na základě dynamických výpočtů odezev budovy na seismicitu vyvolanou průjezdem typického vozidla. Protože však tyto výpočty mají velice obecný a zidealizovaný charakter, je často nutné vliv vibrací ověřit experimentálně. Měření se provádí při průjezdu zvoleného vozidla po komunikaci v blízkosti budovy a odezva budovy se měří akcelerometry. Silniční doprava působí nejvýrazněji vibrace o frekvenci 10 až 30 Hz. [27]

Vystavení člověka intenzivním vibracím má vždy za následek nepříznivou odezvu organismu, při dlouhodobém vystavení vibracím může vést i k trvalému poškození. Toto obvykle není případem vibrací způsobených silniční dopravou, která nemá trvalý charakter. Vibrace jsou regulovány nařízením vlády č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací a 2 hodnocení expozice člověka celkovým vibracím určuje norma ČSN ISO 2631-2. [25]

### **2.2.7 Úniky ropných látek**

Oleje a jiné ropné látky se dostávají do životního prostředí především při haváriích, ale zdrojem tohoto znečištění jsou i úkapy provozních kapalin z netěsnících systémů vozidel. Výsledkem úniku může být poškození vozovky (např. snížením adheze v zasaženém místě), zasažení půdy, či znečištění povrchových a podpovrchových vod. V každém případě platí povinnost původce havárie oznámit havárii příslušnému vodohospodářskému orgánu, referátu životního prostředí příslušného krajského úřadu.

V případě zasažení půdy je v současnosti nejčastějším způsobem řešení skládkování, kdy je zasažený objem zeminy odtěžen a převezen na skládku, limitem pak je těkavost kontaminantů. Další možností je využití pračky zemin, kdy je půda promývána v bubnech se směsí vody a detergentů. Některé ropné látky je možné odbourávat kompostací, kdy jsou kontaminované materiály přidávány do kompostu a při fermentaci dochází k jejich rozkladu.

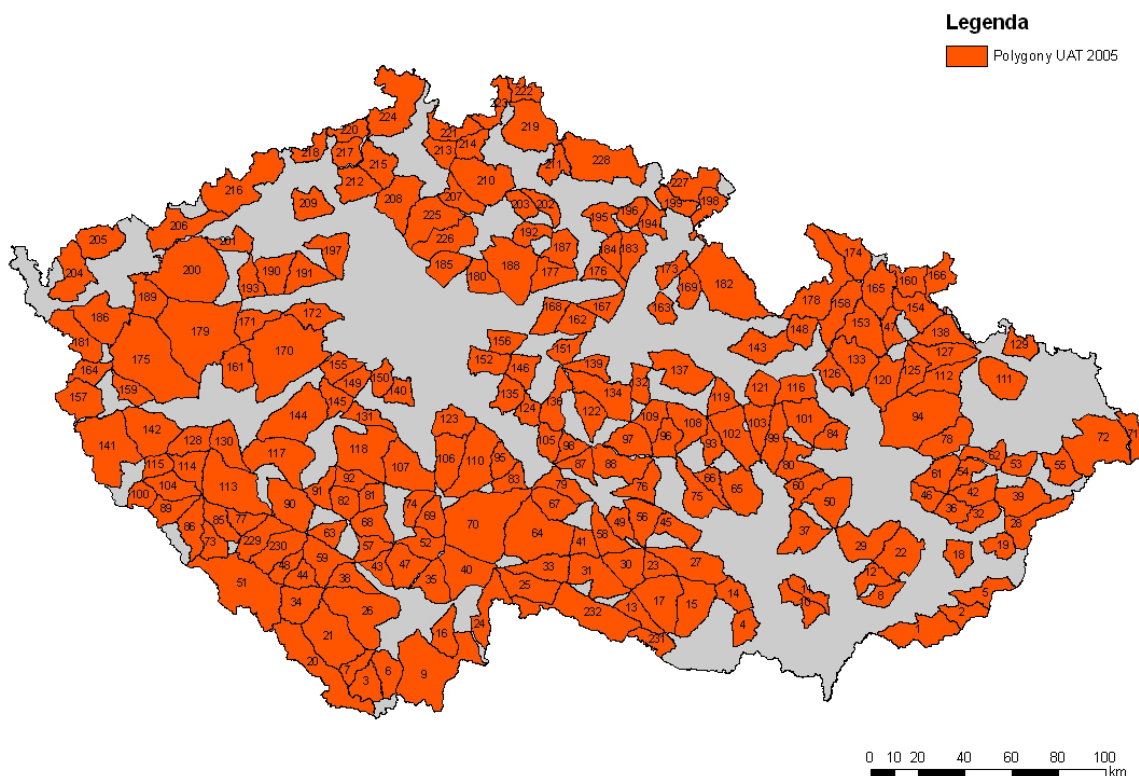
U povrchových vod zasažených ropnými látkami, lze dělit na následující tři kategorie: Látky sedimentující – ty ve vodě klesají na dno v závislosti na měrné hustotě a rychlosti proudění, kde je možné je odstranit bagrováním sedimentů dna. Látky plovoucí na hladině –

ty je nutné ohraničit nornými stěnami a odstranit za pomoci adsorpčních činidel. Třetí kategorií jsou látky rozpustné – ty jsou ze všech nejhůře odstranitelné. Obvykle jsou pouze ředěny jejich koncentrací zvyšováním průtoku vody, či je-li to možné, jsou odčerpávány do dekontaminační stanice. [24]

### **2.2.8 Tvorba bariér**

Silnice, obzvláště pak ty velkokapacitní, působí jako bariéry v migraci obyvatel i živočichů. V městech se bariéry projevují prodloužením docházkových časů a snížením atraktivity oddělených oblastí. Tento jev je, díky relativní snadnosti řešení v podobě přechodů, podchodů a nadchodů, poměrně řídký. Příkladem může být mimoúrovňová křižovatka městského okruhu v Praze - MÚK Malovanka, kde chce radnice Prahy 6 vybudovat z popudu obyvatel překlenující nadchod, umožňující rychlejší spojení městských částí Břevnova a Petynky [23].

Odlišným případem je tvorba bariér v krajině, kde liniové stavby (nejčastěji silnice) tvoří výraznou bariéru zejména pro velké savce. Jednou z metod posuzování bariérového efektu je metoda rozdělení krajiny do nefragmentovaných dílů (UAT). Za nefragmentované území považuje prostor ohraničený silnicemi s intenzitou vyšší než 1000 vozidel/den a jehož plocha je větší než 100 km<sup>2</sup>. Podíl takových dílů na ploše České republiky byl v roce 2005 64% z celkového území. [21]



Obr. č. 4 mapa UAT v České republice v roce 2005

Znalost migračních tras zvířete je podstatná pro výstavbu biokoridorů, např. ve formě zelených mostů přes silnice. Tato opatření mají umožnit zvířeti bezpečný přechod přes komunikaci a na druhé straně zamezit střetu s vozidly. Jako příčinu nehody označila PČR střet se zvířeti a domácími zvířaty v 3525 případech v roce 2010 resp. 3076 v r. 2009 což znamená 4-5 % ze všech dopravních nehod. Obvykle nejde o nehody končící smrtí či zraněním člověka, škoda je převážně majetkového rázu. [22]

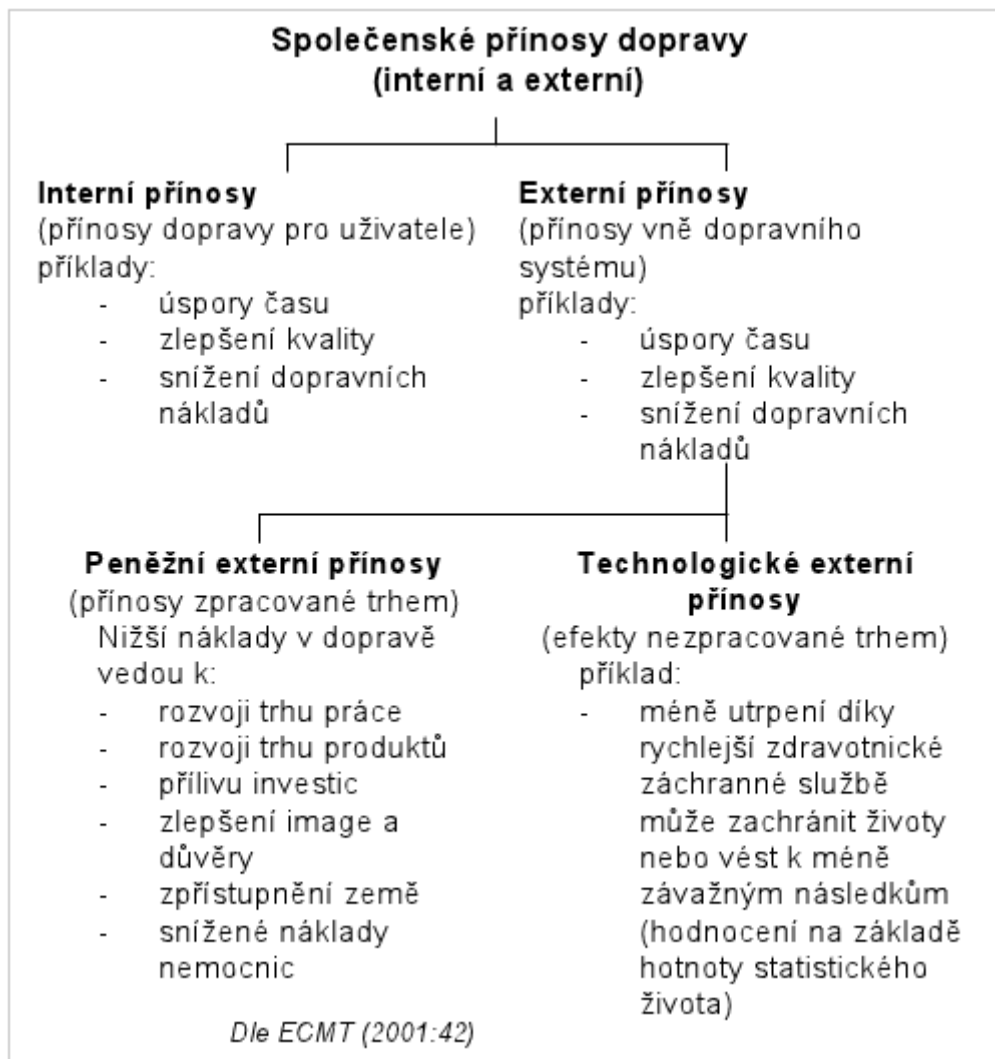
### 2.2.9 Ostatní

Za zvláštní formu negativní externality silniční dopravy, závislé na fosilních palivech a z velké části i na asfaltbetonu, základnímu materiálu pro výstavbu komunikací, lze považovat i závislost na zemích vyvážejících ropu (Rusko, Blízký východ, státy Jižní Ameriky), které ne vždy patří mezi stabilní a demokratické.

## 2.3 Pozitivní externality

Pozitivní část externalit je v dopravě často zanedbávána, protože mnoho autorů je považuje za individualizovaný přebytek na straně spotřebitele nebo výrobce v podobě úspory času či pohodlí cestování díky lepší síti komunikací a kde tedy není potřeba, aby stát zasahoval. Rothengatter dle Foltýnové (2009) <sup>[20]</sup> vidí pozitivní externality v:

- rozšíření konzumních vzorců a zlepšení životního standardu;
- oddělení místa bydlení od zaměstnání;
- růst flexibility logistiky, např. umožňuje dodávky „just in time“;
- umožnění větší konkurence mezi vzdálenými podniky;
- lepší dostupnosti zaměstnání v oblastech s nižší dostupností hromadné dopravy.



Obr. č. 5 Společenské přínosy z dopravy



## **3 Současný stav v oblasti emisních, hlukových a bezpečnostních externalit**

### **3.1 Česká republika**

#### **Dopravní síť**

Česká dopravní síť v roce 2011 zahrnovala 55752 km silnic všech kategorií, z toho bylo 1181 km dálnic a rychlostních silnic z celkového počtu 2180 km plánovaných<sup>[18]</sup>. Tento údaj je podstatný, protože ukazuje na značnou pod-dimenzovanost české dálniční sítě, která se dále projevuje ve vzniku dalších externích nákladů – doprava projíždí centry obcí a měst po nedostatečně propustných komunikacích, čímž obtěžuje obyvatele hlukem a zplodinami, dochází k dopravním kongescím, které se dále projevují zvýšenou spotřebou, zvýšeným opotřebením vozidel a tím dalším navýšením škodlivých emisí. Kongesce se projevují v prodlužování dojezdové doby tranzitní i místní dopravy a tím ke ztrátám času a spolehlivosti dopravy. Dálnice a rychlostní komunikace jsou zároveň výrazně bezpečnější než komunikace ostatních tříd - relativní nehodovost na dálnicích je 2,5x menší než na silnicích I., II. a III. tříd a pravděpodobnost zranění je na dálnicích oproti ostatním silnicím přibližně 4,2x nižší. Riziko vážných (smrtelných a těžkých) zranění je na dálnicích oproti silnicím cca 3x nižší.<sup>[44]</sup> A to přesto, že na dálnicích jsou násobně vyšší intensity dopravy – v roce 2010 byla průměrná intenzita na dálnicích 27555 vozidel za 24 hodin, u silnic I. třídy 8470, u silnic II. třídy 2310 a III. třídy jen 598. Silniční doprava má zároveň největší podíl na osobní přepravě - celkem 81% z čehož 69,3% připadá na individuální automobilovou dopravu. Obdobně se silniční doprava podílí i na přepravě nákladní, kde zaujímá 78%, zbytek připadá na dopravu železniční (21%), vodní (1%) a leteckou (0,03%).<sup>[45]</sup>

#### **Vozový park**

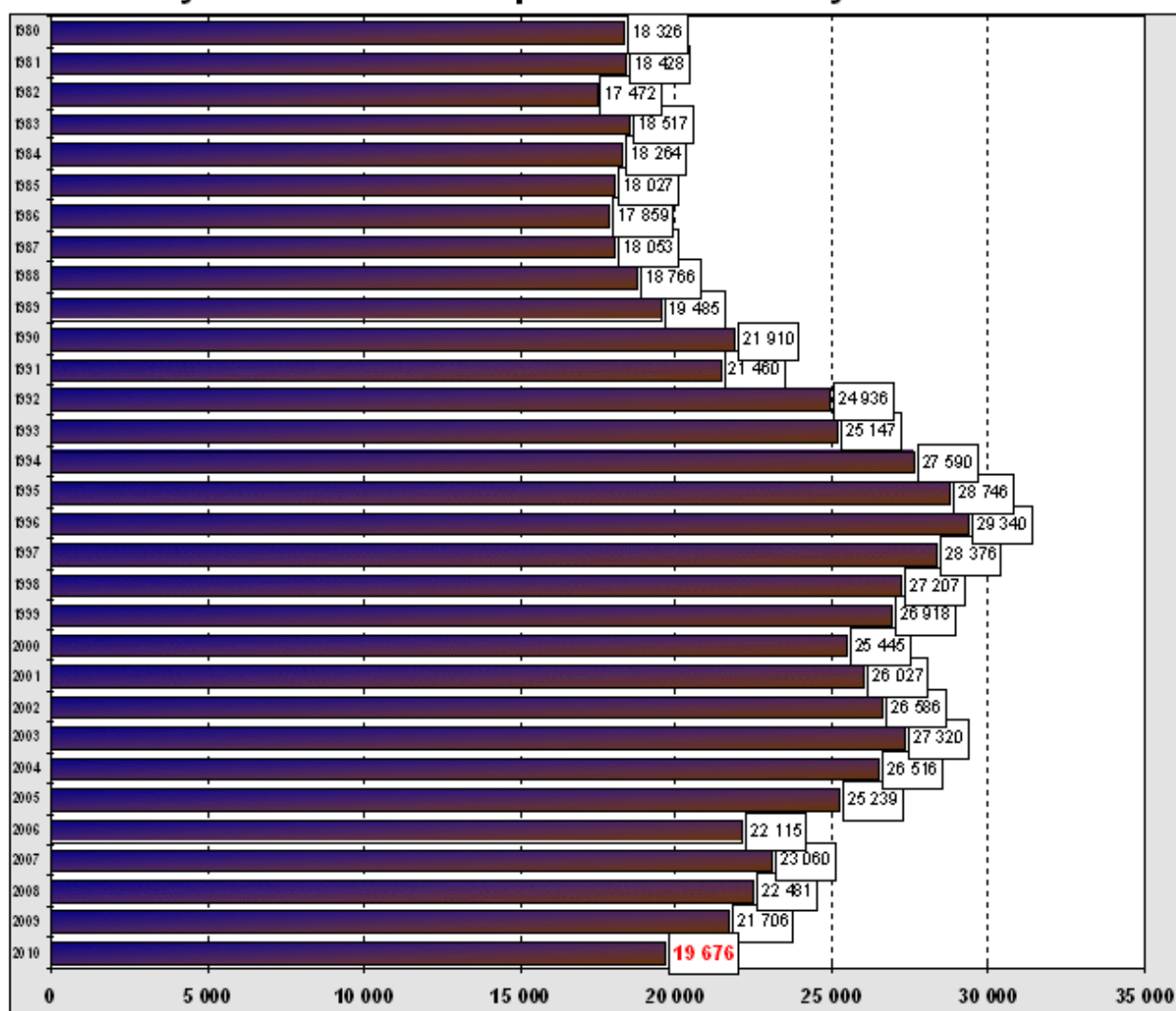
Vozový park v České republice je tvořen automobily, autobusy, nákladními vozy a motocykly, dále ho tvoří vozidla kategorie O – přívěsy a návěsy. Za vozidla jsou považována i jízdní kola, ale ta nepodléhají registraci. Motorová vozidla jsou registrována v centrální evidenci Ministerstva dopravy. Průměrný věk osobního automobilu byl k 31.12.2011 13,83 roku, u autobusů činil 14,56 roku, nákladní automobily 16,5 a u motocyklů 32let. Nejmladší kategorií vozidel jsou lehká užitková vozidla kategorie N1 – u těch činí průměrný věk jen 9 let, jde především o osobní automobily využívané pro firemní účely. Celkový počet

motorových vozidel byl k 31.12.2011 6.385.604. Největší podíl mají osobní automobily s 4.582.903, nákladní automobily (N1-3): 585.873, z toho užitková vozidla N1 do 3,5t 469.645, autobusy 19.699 a motocykly 944.128. <sup>[46]</sup>

### **Nehodovost**

Nehodovost v České republice má od roku 2003 klesající tendenci s výjimkou roku 2007, kdy počet nehod po zavedení bodového systému v polovině předchozího roku mírně vzrostl. K velkému nárůstu nehodovosti došlo především na začátku 90. let 20. stol. kdy po změně politického systému a uvolnění dovozu výrazně vzrostl počet vozidel a intenzita dopravy. <sup>[42]</sup>

## Počty nehod v silničním provozu ČR šetřených Policií ČR \*/



CELKEM za záznamované období: 710 998 nehod.

*\*/ Z výše důvodu změn hranice pro nahlášení škody (viz pozn.) nemají údaje o celkovém počtu nehod v současné době dostatečnou vypovídací schopnost Proto jsou nyní uváděny jen počty nehod, při kterých došlo k usmrcení nebo zranění osob (tyto nehody byly vždy šetřeny Policií ČR).*

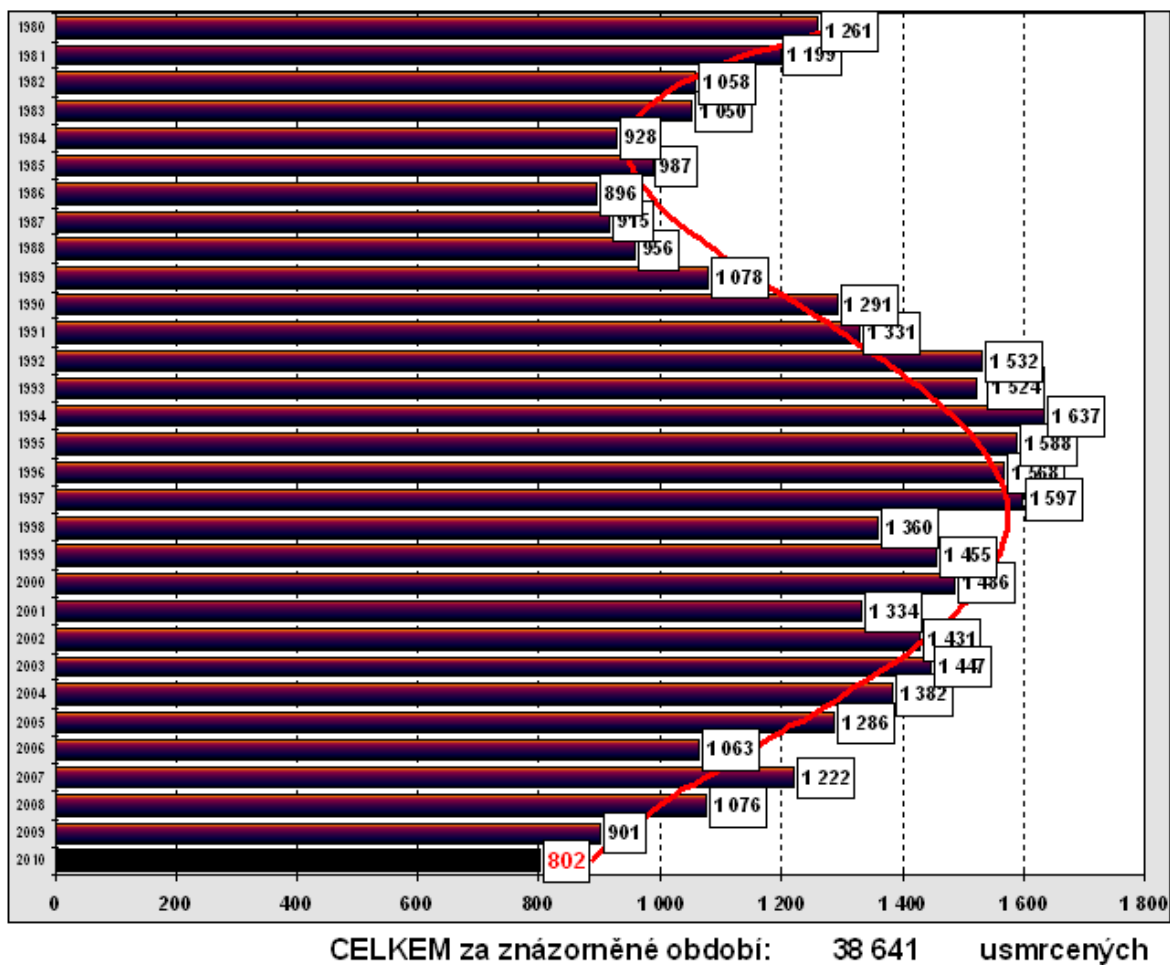
*Pozn: Od roku 2001 došlo ke zvýšení povinné hranice pro nahlášení nehody na 20 000 Kč a od 1.7.2006 na 50 000 Kč.*

*Od 1.7.2006 vstoupila platnost novela zákona o provozu na pozemních komunikacích (bodový systém).*

*V roce 2009 se hranice pro povinné hlášení nehody zvýšila na 100 000 Kč.*

Obr. č. 6 Počet nehod v České republice mezi roky 1980 až 2010

## Absolutní počty osob usmrcených v silničním provozu ČR (do 30 dní po nehodě)

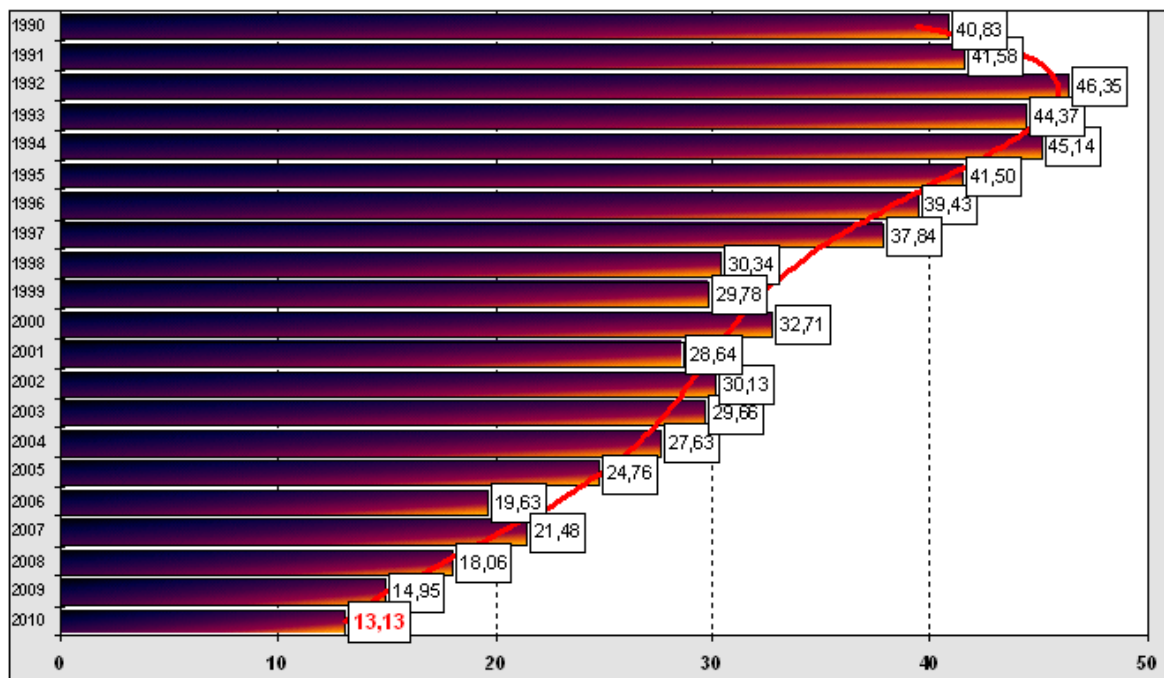


Pozn: Od 1.7.2006 vstoupila platnost novela zákona o provozu na pozemních komunikacích (bodový systém).

Obr. č. 7 Počet usmrcených v České republice mezi roky 1980 až 2010

Absolutní počty dopravních nehod, stejně tak jako absolutní počty usmrcených osob v silničním provozu mají klesající tendenci. Mnohem výraznější je však pokles nehodovosti v přepočtu na počet vozidel a přepravní kapacitu:

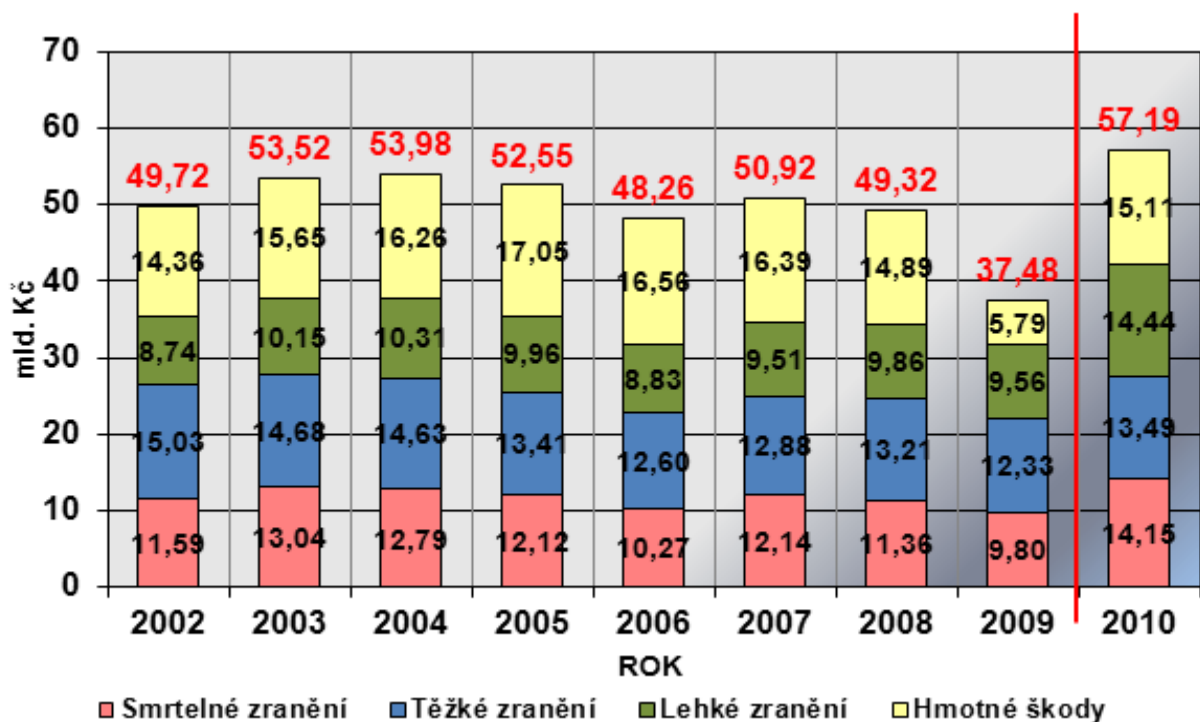
### Počet usmrcených osob na 100 000 registrovaných motorových vozidel\*/ - vývoj od r. 1990



*\*/ Motorová vozidla = bez zemědělských traktorů a do r. 1998 též bez malých motocyklů do 50 ccm.*

Obr. č. 8 Počet usmrcených na 100000 registrovaných vozidel

Na počtu usmrcených osob na 100000 registrovaných vozidel lze jasně demonstrovat výrazný trend zvyšování bezpečnosti provozu na silnicích v České republice. Hlavní příčinou je zlepšování stavu pozemních komunikací, obnova vozového parku za výrazně bezpečnější vozidla a díky nárůstu intenzit vyžadující větší pozornost řidičů. Zpříšňování silničního zákona se pak jeví spíše protichůdně, jak je možné vysledovat na všech třech grafech mezi lety 2006 až 2007 po zavedení bodového systému.



Obr. č. 9 Vývoj celkových ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích

V grafu je znázorněn vývoj celkových ztrát způsobených dopravními nehodami, červená čára mezi roky 2009 a 2010 značí změnu metodiky výpočtu a je tedy třeba brát v úvahu, že hodnoty nejsou zcela srovnatelné mezi roky před a po změně. Podobně se projevila novela zákona 361/2000 sb. O provozu na pozemních komunikacích, §47 (4), která vstoupila v platnost od 1. 1. 2009 a zvýšila hranici ohlašovací povinnosti u dopravních nehod z 50 000,- Kč na 100 000,- Kč, kdy je v roce 2009 vidět značný propad celkových ztrát. Smrtelná zranění jsou oceněna dle hodnoty statistického života. S výpočtem ekonomických ztrát se započalo rokem 2001, využita byla forma přepočtového ocenění ekonomických důsledků dopravní nehodovosti, statistické údaje jsou doplněny o odborné odhady znalců z oborů zdravotnictví, soudní lékařství, dopravní policie a pojišťovnictví. Výše ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích za rok 2010 v členění dle závažnosti dopravní nehody byla hodnocena takto:

Ztráta v důsledku usmrcení 1 osoby celkem 17 644 586 Kč.

Ztráta v důsledku těžkého zranění 1 osoby činí 4 863 336 Kč.

Ztráta v důsledku lehkého zranění 1 osoby činí 668 170 Kč.

Celková výše škod u nehod bez následků na zdraví (jen s hmotnou škodou) pak činí 270 618 Kč na 1 nehodu. Celospolečenské ztráty z dopravní nehodovosti tvořily v roce 2010

částku 57,2 mld. Kč. V porovnání s HPD ČR se jedná o 1,5 % vytvořeného hrubého domácího produktu v ČR za rok 2010. <sup>[40]</sup>

Tyto škody byly v roce 2009 rozloženy takto:

<b>Resort</b>	<b>Ztráty v mld. Kč</b>
Ministerstvo zdravotnictví	5,2
Ministerstvo vnitra	0,7
Ministerstvo práce a sociálních věcí	3,7
Ministerstvo financí (ztráta na produkci)	12,5
Pojišťovny	1,01
Škody na majetku	14,2
<b>Celkem:</b>	<b>37,4</b>

Tabulka č. 2, Škody z nehodovosti

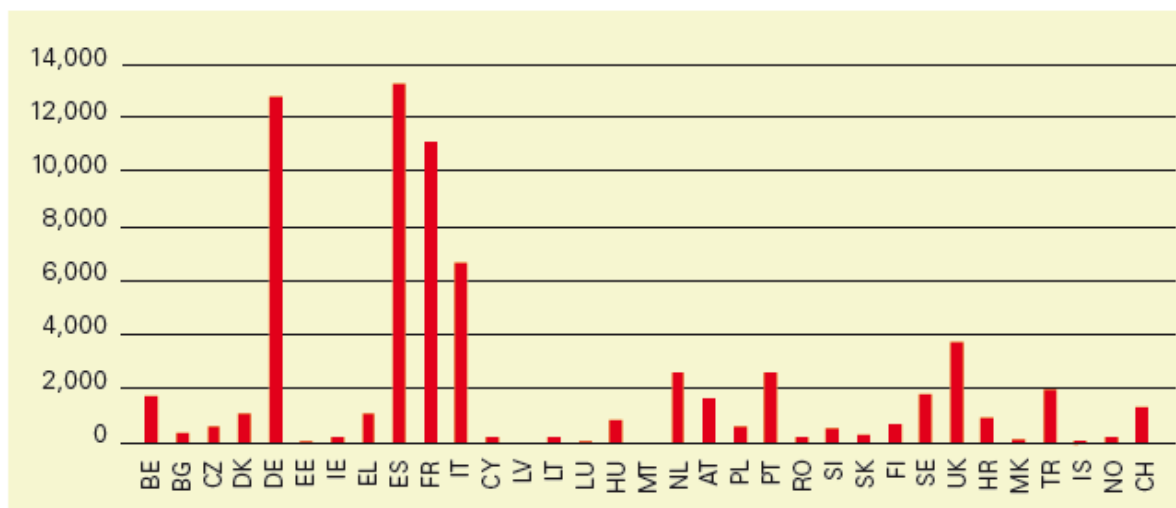
Největší díl ztrát pochází ze škod na majetku vlastníků vozidel, správy komunikací a třetích stran celkově ve výši 14,2 mld. Kč. Velké škody vznikají i v podobě ztrát na produkci (celkem 12,5 mld. Kč) a výrazná částka je i u nákladů na léčení. Celková částka odpovídá přibližně jednomu procentu z hrubého domácího produktu v daném roce. <sup>[43]</sup>

## Česká republika v rámci EU-27

Evropská unie je hospodářské a politické společenství 27 evropských zemí čítající 502 mil. obyvatel a rozlohou 4,3 mil. km<sup>2</sup> což ji řadí na třetí místo za Čínu a Indii. EU má tendenci sbližovat normy svých členských zemí a v silniční dopravě tomu není jinak. Cílem je vybudovat síť kapacitních silnic v soustavě TEN-T (Trans-European Transport Networks) která má za cíl převzít většinu dálkové dopravy a spojit hlavní městská centra (nad 1 milion obyvatel). Propojit více druhů dopravy a spojit vnitrozemské a okrajové regiony s centrem Unie.

Silniční doprava v zemích evropské unie přepravuje 72,5% přepravy zboží, následuje ji železnice s 17,1% , vnitrozemská plavba 5,6% a potrubní vedení se 4,8% podílu tkm (tunokilometr). Přeprava osob vykazuje podobné hodnoty: osobní vozidla představují 72,39% podíl osobokilometrů, autobusy 8,38%, letecká přeprava 8,59<sup>c</sup>, železnice 6,27%, tramvaje a metro 1,36%, námořní osobní přeprava 0,63% a taxislužba 2,38%. Celkově v roce 2008 osobní automobily přepravily 4742,95 miliard osobokilometrů a autobusy 546,72 mld. <sup>[48]</sup>

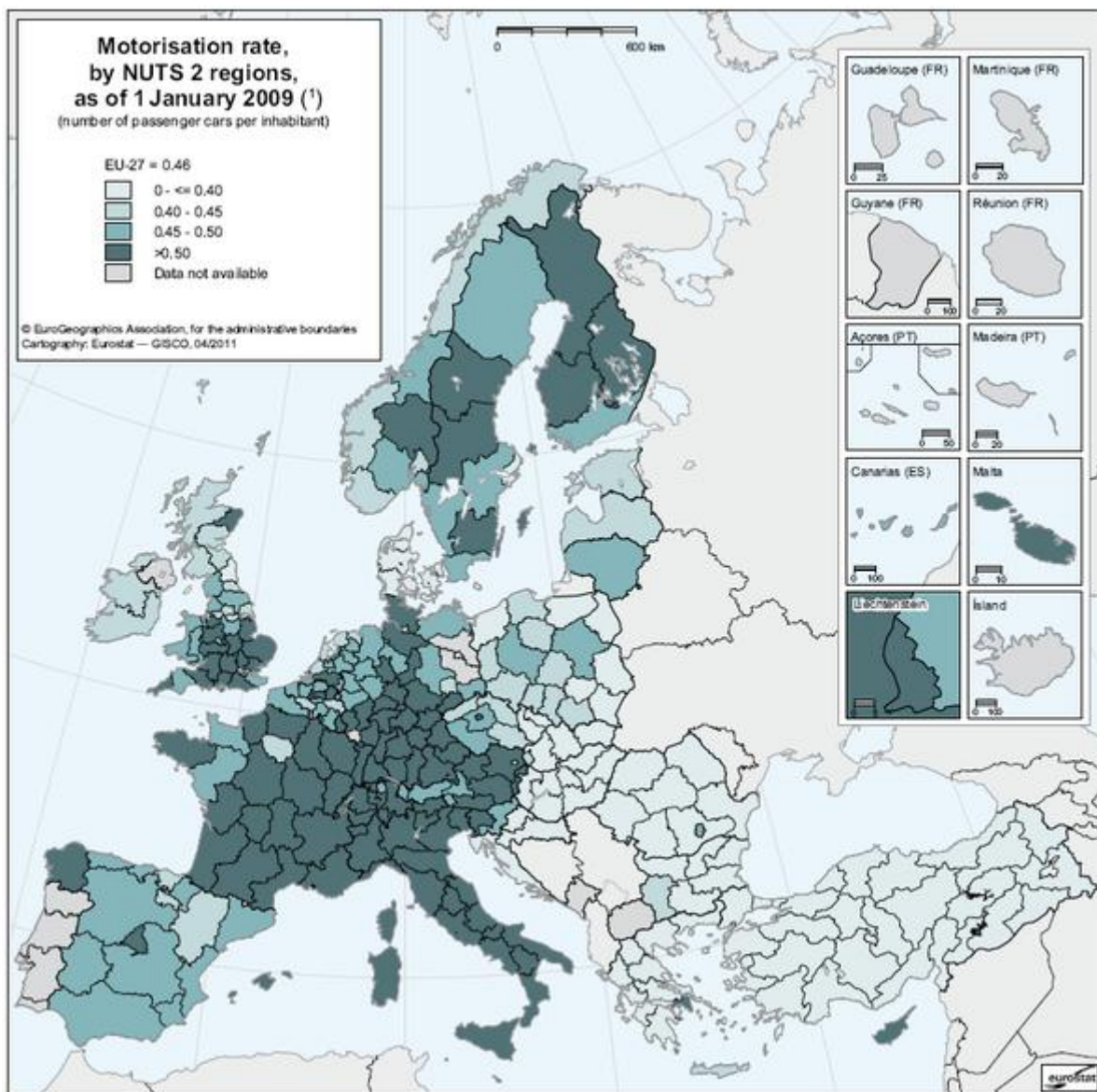
Srovnání délky dálniční sítě v zemích EU



Obr. č. 10 délka dálniční sítě zemí EU

Celková dálniční síť evropské unie měla v r. 2006 délku 63,5 tis. km, na silnice prvních tříd připadlo 291,7 tis km, silnice druhých tříd 1,406 mil. km a 3,833mil. km třetí třídy. Celkem bylo evidováno 5,595 mil. km silnic. Do grafu nejsou zahrnuty rychlostní silnice, které se v České republice podílejí přibližně ze 40 % na české síti rychlostních silnic a dálnic.





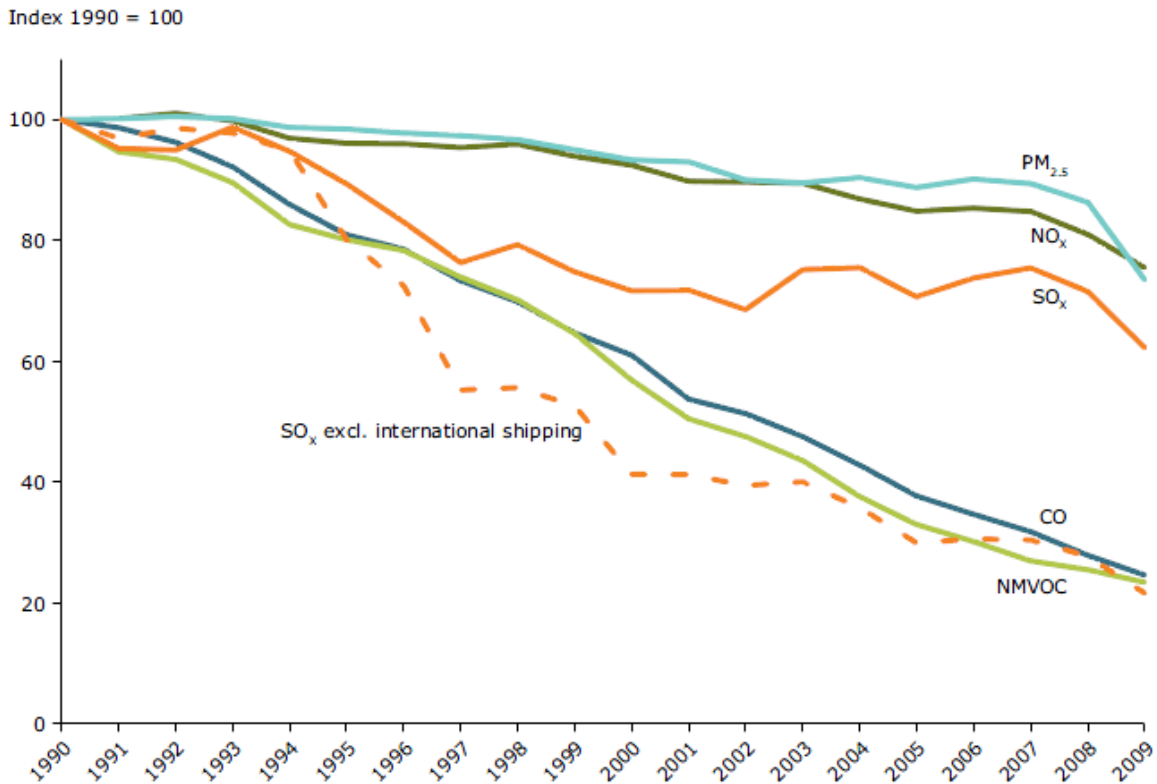
<sup>(1)</sup> Belgium and United Kingdom, 2008 data for population.

## Obr. č. 11 Počet vozidel na osobu v EU

Mapa znázorňuje počet vozidel na jednoho obyvatele jednotlivých euro-regionů v rámci Evropské Unie.

### Znečištění ovzduší EU

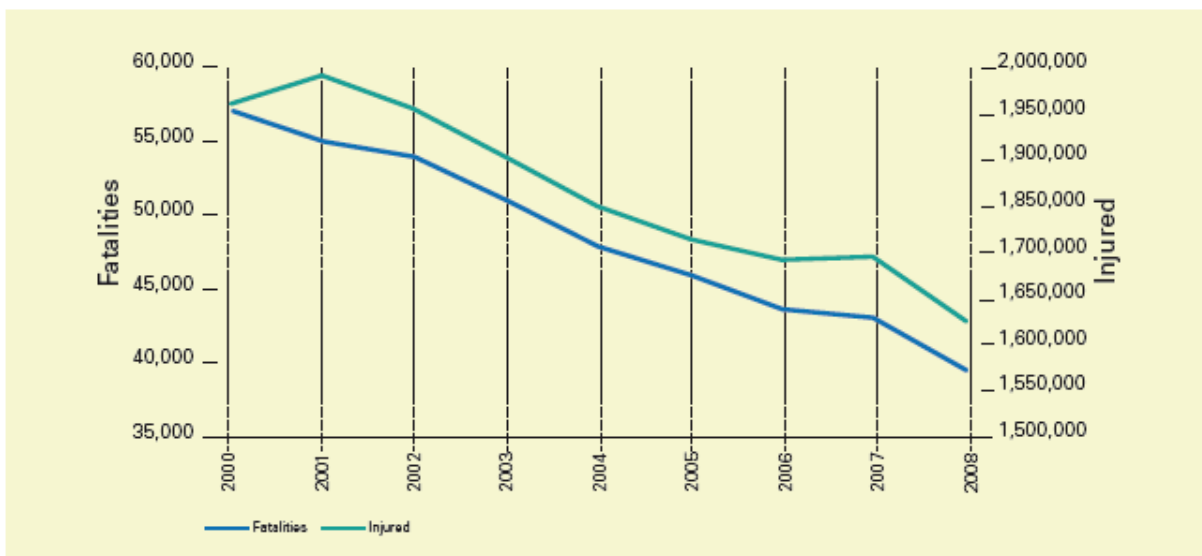
Silniční doprava v EU tvořila v roce 2009 31% všech emisí NO<sub>x</sub>, 15% Skleníkových plynů, 13% PM<sub>2,5</sub>, 31% CO. <sup>[54]</sup>



Obr. č. 12 Vývoj hlavních polutantů ovzduší v EU

## Nehodovost v Evropské unii

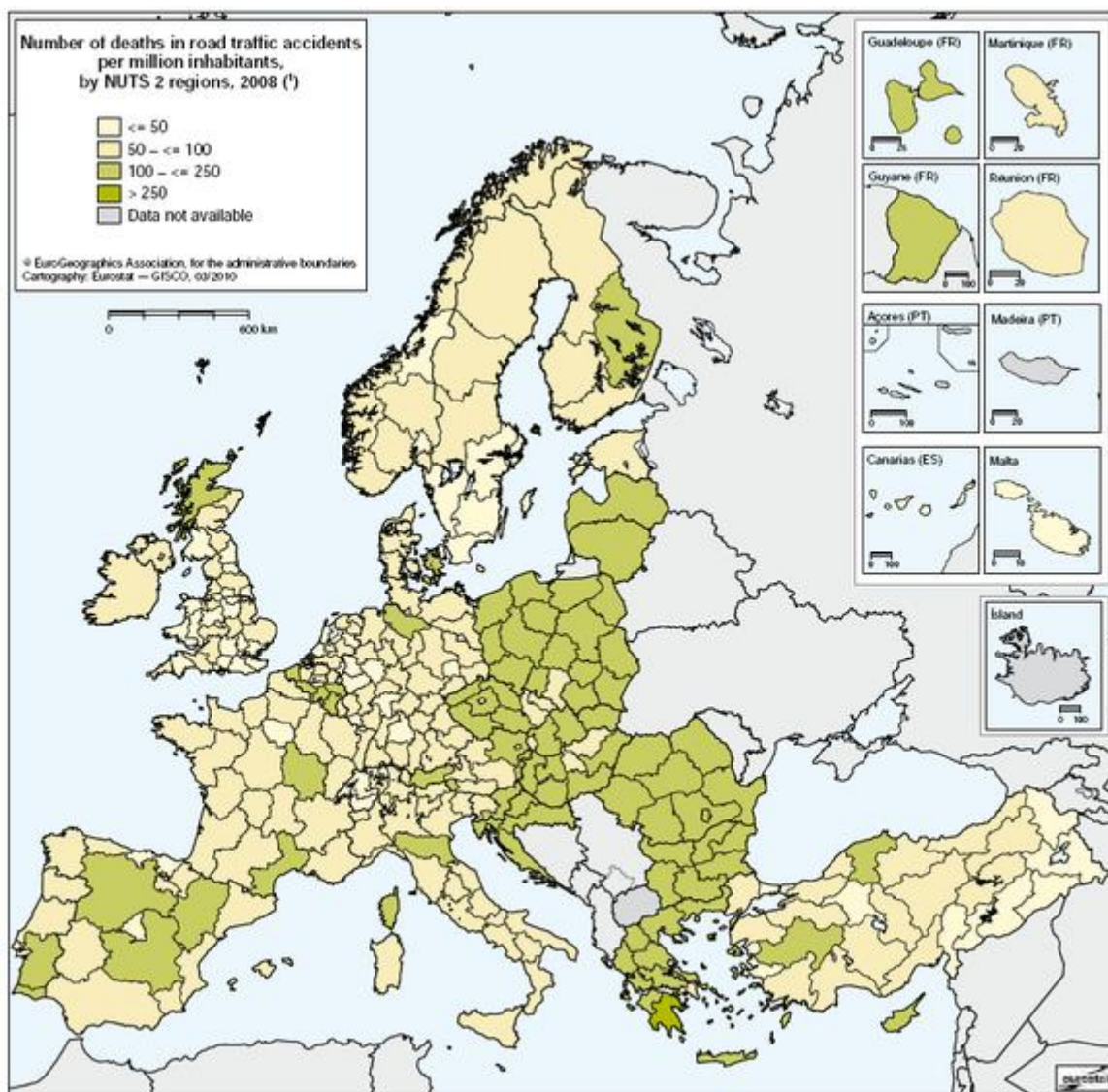
Vývoj nehodovosti v EU



Obr. č. 13 vývoj počtu úmrtí a zranění při dopravních nehodách v zemích EU

(pozn. modrá – fatalities = úmrtí, zelená – injured = zranění)

Celkem bylo v EU v roce 2008 zaznamenáno 1,23 milionu silničních nehod se zraněním účastníka nehody (bez rozlišení závažnosti), to je téměř 16% pokles oproti roku 2001 a 5% pokles oproti předchozímu roku. Úmrtí při silničních nehodách bylo v roce 2008 zaznamenáno 38875, což je 28% pokles oproti roku 2001 a 8,5% pokles ve srovnání s rokem předchozím. V silniční dopravě připadlo v roce 2008 v 27 zemích EU 48,55 % úmrtí na osobní vozy, 21,1 % na chodce, 17,88 % na jednostopá motorová vozidla, 7,13 % na cyklisty, 2,21 na nákladní vozidla nad 3,5t, 2,06 na lehká užitková vozidla, 0,64 = na zemědělské traktory a 0,43 % na autobusy. <sup>[47]</sup>



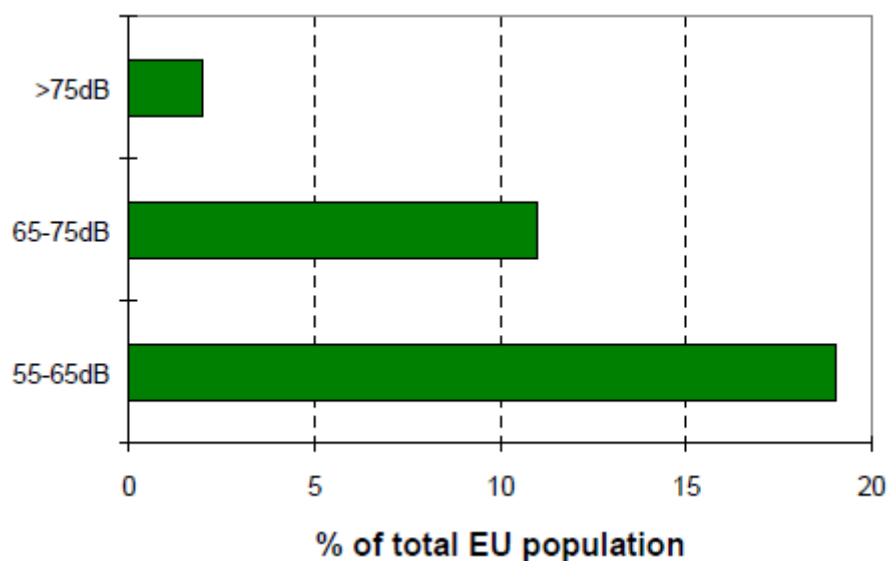
(\*) Ireland, national level.

Source: Eurostat (tran\_r\_acc).

Obr. č. 14 Počet úmrtí v silniční dopravě na milion obyvatel (rok 2008)

## Hluk

V roce 2000 bylo 30% (120 milionů osob) populace EU vystaveno hluku ze silniční dopravy převyšujícímu hladinu 55 dB, z toho 50 milionů obyvatel muselo snášet hluk 65 dB a vyšší. Náklady tohoto zatížení, společně se zátěží způsobenou železniční dopravou (zasahující 10% tehdejší populace) odhadoval na 0,4% HDP celé EU. <sup>[52]</sup> Podle zprávy z roku 2008 bylo 67 milionů obyvatel aglomerací s více než 250000 obyvatel, tedy cca 55% z této populace vystaveno hluku vyššímu než 55dB (denní limit). A 48 milionů z těchto aglomerací je vystaveno hluku převyšujícímu noční limit 50 dB. <sup>[53]</sup>



Obr. č. 15 Populace EU dle hlukové zátěže.

### Hygienické hlukové limity

Hygienické limity hluku v ČR jsou dány nařízením vlády č.148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

Pro hluk ze silniční dopravy jsou stanoveny následovně:

Použije-li se korekce pro starou hlukovou zátěž z pozemních komunikací, v chráněném venkovním prostoru staveb:

$$LA_{eq,16h} = 70 \text{ dB pro denní dobu (6.00 - 22.00 hod.)}$$

$$LA_{eq,8h} = 60 \text{ dB pro noční dobu (22.00 - 6.00 hod.)}$$

Nepoužije-li se korekce pro starou hlukovou zátěž z pozemních komunikací, v chráněném venkovním prostoru staveb pro hluk v okolí hlavních pozemních komunikací, kde hluk z dopravy na těchto komunikacích je převažující:

$$LA_{eq,16h} = 60 \text{ dB pro denní dobu (6.00 - 22.00 hod.)}$$

$$LA_{eq,8h} = 50 \text{ dB pro noční dobu (22.00 - 6.00 hod.)}$$

Stanovení hygienického limitu hluku je v kompetenci místně příslušného orgánu ochrany veřejného zdraví. Korekce se použije v případě staré hlukové zátěže z dopravy na pozemních komunikacích a drahách, kdy starou hlukovou zátěží se rozumí stav hlučnosti způsobený dopravou na pozemních komunikacích a drahách, který v chráněných venkovních prostorech staveb a v chráněném venkovním prostoru vznikl do 31. prosince 2000. Tato korekce zůstává zachována i po položení nového povrchu vozovky, výměně kolejového svršku, popřípadě

rozšíření vozovek při zachování směrového nebo výškového vedení pozemní komunikace nebo dráhy, při které nesmí dojít ke zhoršení stávající hlučnosti v chráněném venkovním prostoru staveb a v chráněném venkovním prostoru a pro krátkodobé objízdné trasy. <sup>[15]</sup>

### **Obecné zásady pro akustické studie**

Národní referenční laboratoř pro komunální hluk, při Zdravotním ústavu se sídlem v Ostravě určuje obecný rámec pro akustické studie takto:

Výpočtová akustická studie zpracovaná pro potřeby ochrany veřejného zdraví před hlukem (dále v textu jen „AKS“) je písemná zpráva obsahující výpočet očekávaných hodnot zvolených hlukových ukazatelů (např. ekvivalentní hladiny akustického tlaku A) a dalších skutečností rozhodujících o předpokládané (očekávané) hlukové zátěži exponovaných osob v chráněném prostoru nebo na pracovišti a umožňující posoudit zdravotní rizika této expozice.

Smyslem AKS je odhad důsledků realizace projektovaného záměru v území případně návrh protihlukových opatření vedoucích obecně ke zlepšení hlukové situace, přednostně s cílem, aby po realizaci záměru nedošlo k překročení hygienického limitu.

AKS slouží jako informace o kritických bodech a rizicích, včetně zdravotních, pro investora, projektanta i orgán ochrany veřejného zdraví.

Hlavním výsledkem AKS by tak mělo být upozornění na možné překročení hygienických limitů hluku a stanovení případných provozních podmínek, resp. protihlukových opatření pro jejich nepřekračování. Problematiku AKS, včetně otázek nejistoty výpočtu a hodnocení výsledných vypočtených hodnot, je třeba zcela oddělovat od problematiky měření hluku a hodnocení naměřených hodnot. Ve shodě s ustanovením §19, odst. (3) nařízení vlády č.148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací (dále jen „NV“) se i při výpočtu hluku uvádějí nejistoty odpovídající metodě výpočtu, které musejí být uplatněny při hodnocení vypočtených hodnot. Způsoby zjišťování nejistot výpočtu v AKS, jejich deklarace a použití při hodnocení výsledků výpočtu však zatím nejsou stanoveny. Pro zohlednění nejistot výsledků AKS a jejich hodnocení nelze obecně použít metody stanovené pro hodnocení výsledků měření a jejich nejistot. Nejvhodnějším způsobem je zahrnout jejich vliv do diskuse výsledků výpočtu formou „what-if“ tedy, „co se stane, když...“. Při hodnocení výsledků AKS tedy nelze operovat s termíny, jako jsou „prokazatelné dodržení“ resp. „prokazatelné překročení“. Orgán ochrany veřejného zdraví nemůže podmiňovat v rámci hygienického dozoru své stanovisko k AKS požadavkem na prokázání



dodržení hygienického limitu v rámci AKS, takové oprávnění ze zákona o ochraně veřejného zdraví nevyplývá. Při hodnocení změny hodnot hlukového ukazatele stanovených výpočtem toutéž výpočtovou metodou, nelze považovat za zhodnotitelnou změnu jejich rozdíl pohybující se v intervalu 0,1 – 0,9 dB. Hodnocení změny hodnot hlukového ukazatele stanovených výpočtem různými výpočtovými metodami může být velmi zavádějící. Výše uvedená argumentace platí i v případě, kdy jsou v rámci AKS využívány hodnoty hlukových ukazatelů získané měřením, ať už jako vstupní data výpočtu nebo v kombinaci s vypočtenými hodnotami.<sup>[32]</sup>

### **Legislativa**

Po vstupu České republiky do Evropské unie v roce 2004 se stala unijní legislativa závaznou a začalo docházet k pravidelné harmonizaci české legislativy s evropskými předpisy. Tyto změny se samozřejmě dotkly i zákonů týkajících se dopravy a životního prostředí a ochrany zdraví.<sup>[5]</sup>

Podle MŽP jsou to tyto zákony a vládní nařízení:

- Nařízení vlády č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací<sup>[6]</sup>
- Vyhláška č. 523/2006 Sb., kterou se stanoví mezní hodnoty hlukových ukazatelů, jejich výpočet, základní požadavky na obsah strategických hlukových map a akčních plánů a podmínky účasti veřejnosti na jejich přípravě (vyhláška o hlukovém mapování).<sup>[6]</sup>
- Zákon č. 180/2007 Sb., kterým se mění zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší<sup>[7]</sup>
- Zákon č. 297/2009 Sb., kterým se mění zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 26/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění zákona č. 307/1999 Sb.<sup>[5]</sup>
- Zákon 346/2009 Sb., kterým se mění zákon č. 100/2004 Sb., o ochraně druhů volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin regulováním obchodu s nimi a dalších opatření k ochraně těchto druhů a o změně některých zákonů.
- Zákon č. 381/2009 Sb., kterým se mění zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů.
- Zákon č. 416/2009 Sb., o urychlení výstavby dopravní infrastruktury.

- Zákon č. 436/2009 Sb., kterým se mění zákon č. 100/2001 sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů.
- Nařízení vlády č. 264/2009 Sb., o bezpečnostních požadavcích na tunely pozemních komunikací delší než 500 metrů.
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 661/2009 ze dne 13. července 2009, které stanovuje minimální požadavky na vnější hluk odvalování pneumatik.
- Vyhláška č. 91/2009 Sb., kterou se mění vyhláška MDS č. 30/2001 Sb., kterou se provádějí pravidla provozu na pozemních komunikacích a úprava a řízení provozu na pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška č. 283/2009 Sb., kterou se mění vyhláška MDS č. 341/2002 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška č. 373/2009 Sb., kterou se mění vyhláška č. 553/2002 Sb., kterou se stanoví hodnoty imisních limitů znečišťujících látek, ústřední regulační řád a způsob jeho provozování včetně seznamu stacionárních zdrojů podléhajících regulaci, zásady pro vypracování krajských a místních regulačních řádů a způsob a rozsah zpřístupňování informací o úrovni znečištění ovzduší veřejnosti, ve znění vyhlášky č. 42/2005 Sb.<sup>[3]</sup>

Všechny tyto zákony a vyhlášky se bezprostředně týkají externalit ať už v podobě bezpečnosti, hluku, vibrací, emisí a jejich mapování.



## 4 Rozbor a porovnání metod kvantifikace externalit

Metody kvantifikace externalit mohou být komplexní – takové se zabývají mnohdy různými druhy externalit vznikajícími v daných zdrojích. Druhou skupinou jsou jednoduché metody, které se zaměřují na ocenění pouze jedné externality (nejčastěji hluku).

### 4.1 ExternE

ExternE je výzkumný projekt Evropské komise zaměřený na ocenění externích nákladů energií. Nezaměřuje se tedy pouze na dopravu, ale také na elektrárny.

Při kvantifikaci externalit existuje sedm hlavních druhů škod, které metodika ExternE posuzuje. Mezi ty hlavní patří dopad na lidské zdraví, (život ohrožující a zdraví poškozující účinky), účinky na úrodu a materiály. Dále jsou to škody způsobené globálním oteplováním způsobeným skleníkovými plyny z dopravy. Ovšem u důsledků globálního oteplování panují mnohem větší nejistoty než u předchozích druhů škod. <sup>[28]</sup>

Definice externích nákladů dle ExternE:

*„Externí náklady nebo externality vznikají, když*

*společenské nebo ekonomické aktivity jedné*

*skupiny lidí působí na jinou skupinu lidí a tento*

*dopad není vyúčtován v plné výši první skupině lidí“* <sup>[29]</sup>

Externality uvažované v projektu ExternE

Externí náklady dopravy		
<i>druh dopadu</i>	<i>Polutant / zátěž</i>	<i>účinek</i>
Lidské zdraví	PM <sub>10</sub> ,SO <sub>2</sub>	Snížení délky života
	No <sub>x</sub> O <sub>3</sub>	Rakovina
	Benzen	
	Benzopyren	
	1,3-butadien	

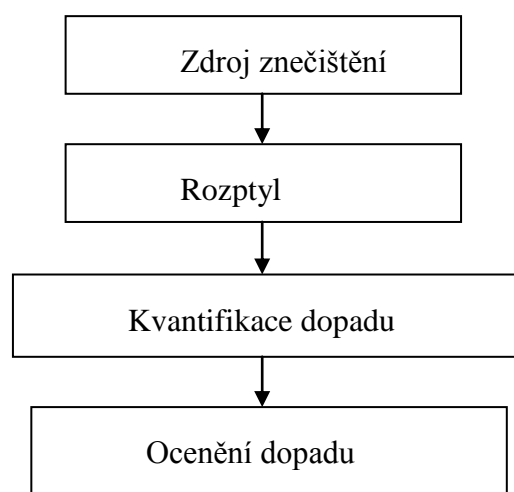
	Částice z naftových motorů	
	Hluk	Ztráta pohodlí, účinky na zdraví
	Dopravní nehody	Riziko úmrtí
Lidské zdraví - nemocnost	PM <sub>10</sub> ,SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub>	Dýchací obtíže
	PM <sub>10</sub> ,SO <sub>2</sub>	Omezení aktivity venku
	PM <sub>10</sub> ,CO	městnavá srdeční slabost
	Benzen	Riziko nezhoubné rakoviny
	Benzopyren	
	1,3-butadien	
	Částice z naftových motorů	
	PM <sub>10</sub>	Bronchitida, chronický kašel Astma, Dýchací obtíže
	Rtuť	Snížení inteligence
	O <sub>3</sub>	Astma
	Hluk	Infarkt myokardu, angina pectoris, vysoký tlak, spánkové obtíže
	Dopravní nehody	Riziko zranění
Stavební materiály	SO <sub>2</sub>	Koroze ocelí a zinkových povrchů, zvětvávání vápence, malty, barev,
	Kyselá dešť	
	Prachové částice	Znečištění budov
Zemědělské plodiny	SO <sub>2</sub>	Poškození plodin
	Kyselá dešť	

	O <sub>3</sub>	Zvýšená nutnost vápnění
Globální oteplování	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, N, S	Celosvetové účinky na úmrtnost, nemocnost, změny hladiny moře, ekonomické dopady způsobené změnou teplot, na zemědělství a ekonomiku
Ztráta pohodlí	Hluk	Ztráta pohodlí v důsledku vystavení hluku
Ekosystémy	Kyselý dešť, ukládání dusíku.	Eutrofizace, Okyselování.

Tabulka. č. 3 Externality uvažované v ExternE

Projekt ExternE využívá softwarového modelu EcoSense, což je integrovaný nástroj pro výpočet cesty environmentálního odpadu od svého zdroje. Ocenění nákladů jde cestou od zdroje přes změny kvality prostředí k peněžnímu ohodnocení změny. Tento přístup „odspoda nahoru“ je využit z důvodů závislosti výsledku na lokalitě a nutnosti výpočtu mezního nákladu. Výsledný dopad je proto ocenění vždy ke zdroji a je určen např. v ceně za ujetý kilometr daného automobilu nebo v ceně vyrobené kWh dané elektrárny.

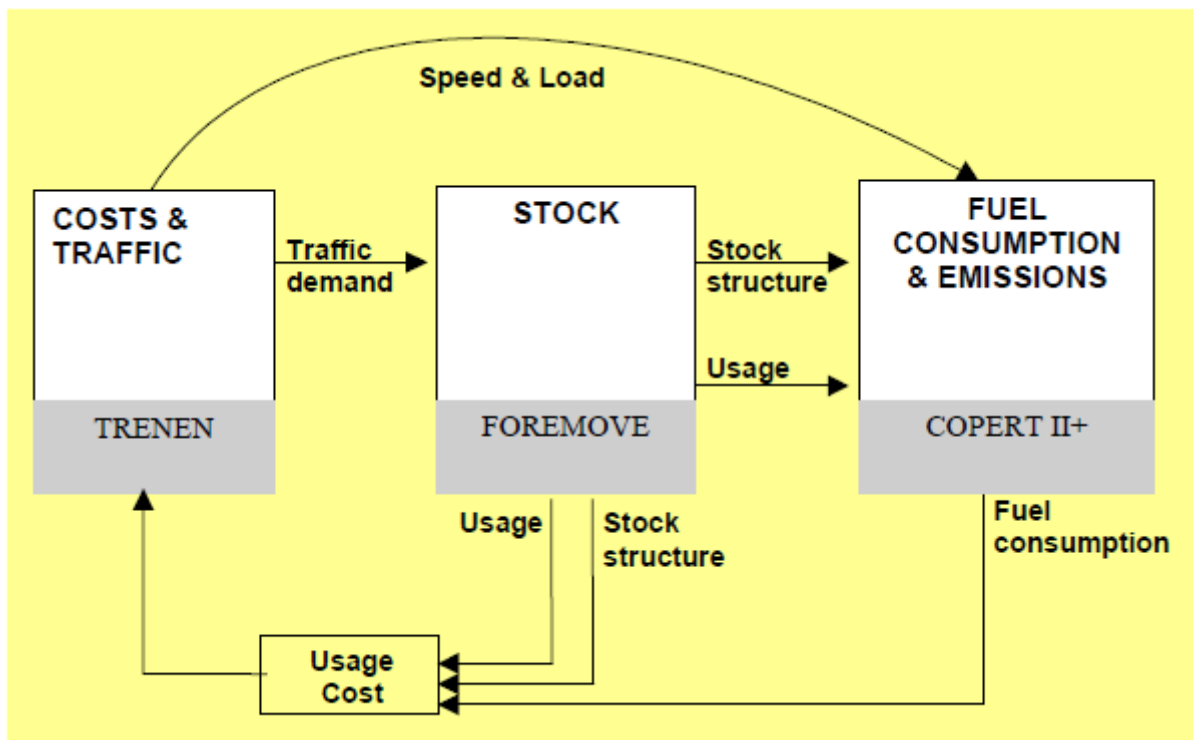
ExternE metodika funguje dle následujícího diagramu:



## 4.2 Tremove

TREMOVE model je projekt zastřešený Evropskou komisí. Účelem projektu TREMOVE je vyhodnotit náklady a efekty širokého spektra politik a přístupů využitelných v místní, regionální a celo-evropské dopravní síti. Je to integrovaný model složený ze tří propojených základních simulačních bloků: poptávky po dopravě, provozovaných vozidel a dopravních emisí. Model uvažuje technická i netechnická opatření a politiky jako jsou silniční daně a poplatky, ceny veřejné dopravy, emisní normy, dotace zelených automobilů, poptávka po dopravě, obnova vozového parku a šrotovné, společně se skleníkovými plyny, znečištěním ovzduší a vlivy na společnost. Zabývá se osobní i nákladní přepravou v zastavěných i nezastavěných oblastech. V současnosti model pokrývá období mezi lety 1995 až 2030 v 31 zemích evropské unie včetně Chorvatska, Norska, Turecka a Švýcarska.<sup>[33]</sup>

Schéma tří základních simulačních bloků modelu:



Obr. č. 16 Schéma modelu TREMOVE

Model Tremove vyžaduje ke své činnosti velké množství dat, jejich zdrojem jsou národní databáze jednotlivých států a Eurostat. Tato data se dělí podle zařazení do simulačních bloků a dle důležitosti na nezbytná (essential), což jsou data požadovaná pro vytvoření modelu, u kterých není možné použít odhady, důležitá (important), která použití odhadů umožňují, avšak mají dopad na kvalitu modelu a užitečná (useful) u kterých lze odhady použít bez vážného vlivu na věrohodnost modelu.

V bloku zabývajícím se poptávkou po dopravě jsou řazeny informace o objemu přepravovaných osob (osb.\*km), objem převáženého nákladu (tunokilometry), informace o rozdělení dopravy mezi městskou a mimoměstskou síť, substituční elasticita poptávky, průměrná délka cesty, náklady a daně (včetně poplatků). Blok obsahující vozový park zahrnuje: provozovaná vozidla dle stáří a typu, každoroční počet nových vozidel dle typu a technologie, počet sešrotovaných vozidel, roční nájezd, trend ročního nájezdu vozidel, obsazenost/vytiženost vozidel, průměrná roční cena paliv, pořizovací cena vozidel. Poslední blok zahrnuje makroekonomická data v podobě předpovědi ročního HDP, demografické údaje, zbytný příjem a osobní spotřebu, dále data týkající se životního prostředí: emisní faktory dle druhu znečištění a silniční třídy, spotřebu paliva dle druhu vozidla, technologie a stáří a průměrné měsíční teploty. Rozšířená verze ještě obsahuje informace o počtu převážených osob dle účelu cesty, objem nákladu dle jeho druhu, rozlišení mezi krátkými a dlouhými cestami, substituční elasticitu dle země, účelu a délky cesty, cenu času dle účelu cesty a země.<sup>[33]</sup>

Model vychází z předpokladu, že je-li zavedeně opatření s dopadem na dopravu např. vyšší daň z paliva či snížení rychlostních limitů, uživatelé přizpůsobí své jednání – někteří omezí svoji poptávku po dopravě a jiní změni mód chování. V závislosti na poptávce po „kilometrech“ u každého módu, vypočítá model, jaké důsledky to bude mít na příští generaci vozového parku a průměrné využití vozidel. Všechny tři moduly Tremove musí být užity společně, protože výstupy a vstupy všech částí jsou potřeba pro každý druh simulace. Tremove počítá celkové náklady dopravy pro společnost, včetně nákladu uživatelů, výrobců dopravních zařízení a nákladů státu, v závislosti na vývoji a opatřeních týkajících se dopravy a dopravní sítě.<sup>[34]</sup>

### 4.3 TranExt

TranExt je český projekt výzkumu a vývoje kvantifikace externích nákladů dopravy v podmínkách České republiky a je řešen v rámci programu Ministerstva dopravy České republiky "Podpora realizace udržitelného rozvoje dopravy", podprogramu "Zvyšování bezpečnosti provozu a snižování negativních vlivů dopravy na zdraví a životní prostředí", tématického okruhu "Snižování negativních vlivů dopravy na zdraví a životní prostředí".

Cílem tohoto projektu bylo vyvinout metodologii kvantifikace externalit v dopravě v podmínkách České republiky, která bude následovat analýzu fáze drah dopadů a ocenění významných externích nákladů působených vybranými druhy dopravy. Předmětem kvantifikace jsou klasické emise do ovzduší, emise skleníkových plynů, hluk, kongesce v silniční dopravě a nehody. Součástí projektu je realizace studií na netržní hodnocení hluku, kongescí a nehod. Přístup analýzy dráhy dopadu (impact pathway - IPA) přistupuje k analýze externalit „zdola nahoru“ (tj. přístupem „bottom-up“). Výhodou tohoto přístupu je možnost zohlednění místně, časově a technicky specifických parametrů (druhy paliv, technické parametry vozidel, místní a regionální meteorologické podmínky, hustota populace, druh zemědělských plodin v konkrétní lokalitě apod.). TranExt tedy neřeší externality komplexně, ale jednotlivě a pro každé dané území zvlášť na základě zobecněných poznatků mimo jiné i z modelu ExternE<sup>[30]</sup>

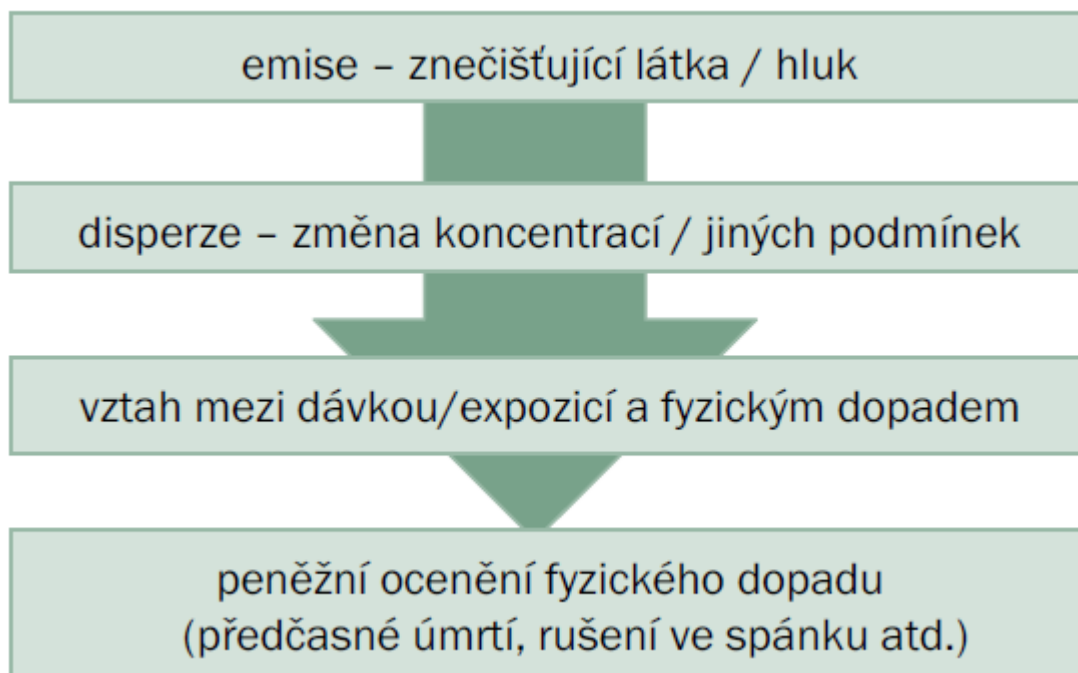
#### **Metodika projektu TranExt:**

Formalizovaný výpočet fyzických dopadů pak pro jednotlivá pásma koncentrací určených na základě rozptylové studie vypadá následovně:

*Fyzický dopad = pásmo koncentrace \* ohrožená populace \* riziková skupina \* CR funkce*

Kde pásmo koncentrace představuje roční (denní) koncentraci příslušné znečišťující látky, ohrožená populace je věkově určená frakce populace relevantní pro specifický dopad na zdraví, riziková skupina je frakce populace s vyšší citlivostí pro specifický dopad (např. astmatici), CR funkce je odhadnutý vztah asociace mezi expozicí určitému pásmu koncentrace a odezvou v podobě případu zdravotního dopadu nebo ztráty roku lidského života v případě dopadu v podobě zvýšeného rizika předčasného úmrtí. Při kvantifikaci dopadů prachových částic bylo pracováno s využitím hlavních CR funkcí a ročních průměrů

koncentrací vybraných škodlivin. Fyzický dopad je následně přepočten na externí náklad pomocí jednotkových hodnot, které jsou k dispozici za jednotlivé typy dopadů.<sup>[31]</sup>



Obr. č. 17 Schéma vyčíslení vzniklé škody

Toto schéma zjednodušuje skutečnost pro umožnění kvantifikace a tvorbu modelů jednotlivých kroků. Tento postup je shodný s ExternE, ale soustřeďuje se především na tři základní oblasti externalit: znečištění ovzduší, hluk, kongesce a nehody.

#### 4.3.1 Metodiky měření jednotlivých externalit

##### Externality způsobené znečištěním ovzduší

Výpočet nákladů způsobených znečištěním ovzduší lze pojmut jako odhad nákladů z rozptylových studií. Využívá se na místní úrovni (v rámci obce) a využívá podrobných rozptylových studií, které zobrazují rozšíření jednotlivých znečišťujících látek v ovzduší. To umožňuje rozložení lokality do pásem dle koncentrace a kvantifikovat fyzický dopad na zdraví. Fyzický dopad je pak převeden na externí náklad dle jednotkových hodnot určených pro jednotlivé druhy dopadů.

##### Externality vyvolané hlukem z dopravy

Ocenění ekonomických dopadů hluku na obyvatele ze silniční (resp. jakékoliv) dopravy přístupem funkce škody, dle projektu TranExt. Kvantifikace slouží k ocenění a

následnému porovnání zátěže a přínosů projektů a protihlukových opatření. Slouží také k nalezení vhodné metody internalizace nákladů této externality.

Základem je odhad hladiny hlukových emisí v současnosti a po realizaci projektu měnícího hlukovou hladinu. Poté se provede měření a modelování rozptylu hluku (jeho úroveň v jednotlivých místech) a provede se odvození funkce mezi vystavením hluku a odezvou na něj. Je to vztah úrovně hluku a míry rušení, pravděpodobnosti vzniku srdečních onemocnění a dalších důsledků. Tyto důsledky se následně přepočtou pro celkový počet jednotlivých případů (obyvatel) vynásobením peněžní hodnoty jednotlivého dopadu s kvantifikovaným množstvím tohoto dopadu (např. počet obyvatel rušených danou hlukovou úrovní) a součtem všech uvažovaných dopadů. K vyčíslení se používají metody netržního oceňování založené na projevených a vyjádřených preferencích, nejčastěji dle hédonického cenového modelu, vycházejícího z cenové situace na trhu s realitami doplněný o podmíněné hodnocení pomocí dotazníků, zkoumajících ochotu platit resp. přijmout kompenzace. V praxi je spíše dotazována ochota přijmout kompenzace, neboť dotazování se vidí jako poškození a nevidí důvod, proč by oni měli platit. Dalším prvkem je modelování hlukové zátěže, ke kterému se využívají intenzity dopravy ze sčítání za 24 hodin a dále se využívají informace o rychlosti, druhu vozidel, charakteristiky budov a jejich obyvatel. Dopady se oceňují jako výdaje na náklady spojené s léčbou včetně nákladů obětované příležitosti času využitého na léčení, ušlou mzdu a/nebo snížení produktivity. Dále jsou to náklady spojené s obranou proti působení hluku. Ocenění nepohody dané příznaky onemocnění a nemožnosti trávit volný čas a snížené délka života respektive rizika předčasného úmrtí. <sup>[39]</sup>

### **Externality způsobené kongescí**

Externality způsobené kongescí lze určit bodovací metodou srovnávající oblasti (např. kraje) podle daných parametrů (počtem obyvatel na km<sup>3</sup>, délkou komunikací na 10 tis. obyvatel, hustotou pokrytí silnicemi, počtem obyvatel na jedno vozidlo a výkonem dopravy ve vozokilometrech). Nejlepší kraj je hodnocen 100 bodů a ostatním jsou přiděleny body dle poměru k nejlepší hodnotě. Parametrům jsou přiděleny váhy a kraje porovnány v tabulce. Nízké hodnoty značí nízkou náchylnost ke kongescím. Tento výpočet regionální charakteristiky pak slouží jako podklad k určení koeficientů pro přepočet nákladů dopravních kongescí. <sup>[37]</sup>

Dále je možné externí náklady způsobené kongescí vypočítat dle vzorce:

*Externí náklady kongesce = zvýšená doba cestování \* hodnota času \* objem dopravního provozu*



Ve kterém je třeba dále vzít v úvahu rozdělení komunikací mezi městské, meziměstské jedno/více pruhové, kapacitní parametry křižovatek a komunikací, ocenění elasticity poptávky po dopravě a další (uvedené výše v části Rozdělení druhů externalit, část Kongesce). Hodnota času se mění dle důvodu jízdy – čas cesty z podnikatelských důvodů (resp. jeho prodloužení) je hodnocen výše, než cena času dojíždění za prací a ta je hodnocena výše než cena doby jízdy ve volném čase. Další možné určení ceny je dle hrubého domácího produktu na osobu upravený dle parity kupní síly dané země. Cenová elasticita poptávky je závislá na místním chování uživatelů – na možnosti změny trasy či způsobu dopravy. <sup>[36]</sup>

#### **4.4 Srovnání projektů ExternE, TREMOVE a TranExt**

ExternE je celoevropský (resp. Unijní) projekt zaměřený na ocenění širokého spektra externalit především z pohledu působení na životní prostředí – nebere v úvahu ocenění času, ale zato se širěji zabývá globálním oteplováním.

Tremove je zaměřen především na simulaci dopadů různých unijních a vládních opatření v podobě podpor, omezení a daní na chování uživatelů dopravy a z něho vedoucí zátěž životního prostředí.

TranExt je naproti tomu český projekt, sloužící výhradně k oceňování vlivů silniční dopravy na základě konkrétních lokalit.

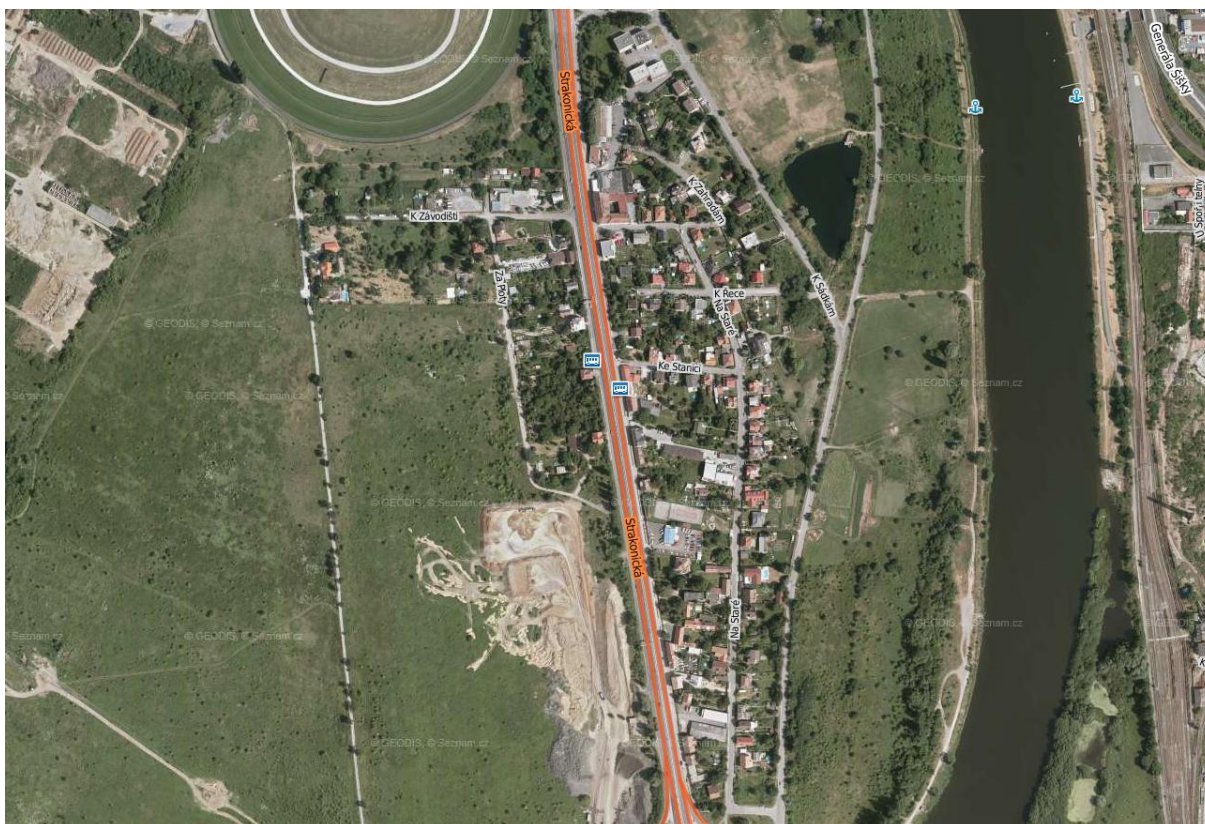
## 5 Odhad vybraného externího nákladu na případovém území

Vybrána byla městská část Praha 16 Lahovice, konkrétně její část Lahovičky.

V této městské části bude posouzen vliv dopravního hluku, jeho externí náklad a porovnání s možným snížením hlukové zátěže.

### 5.1 Popis vybraného území

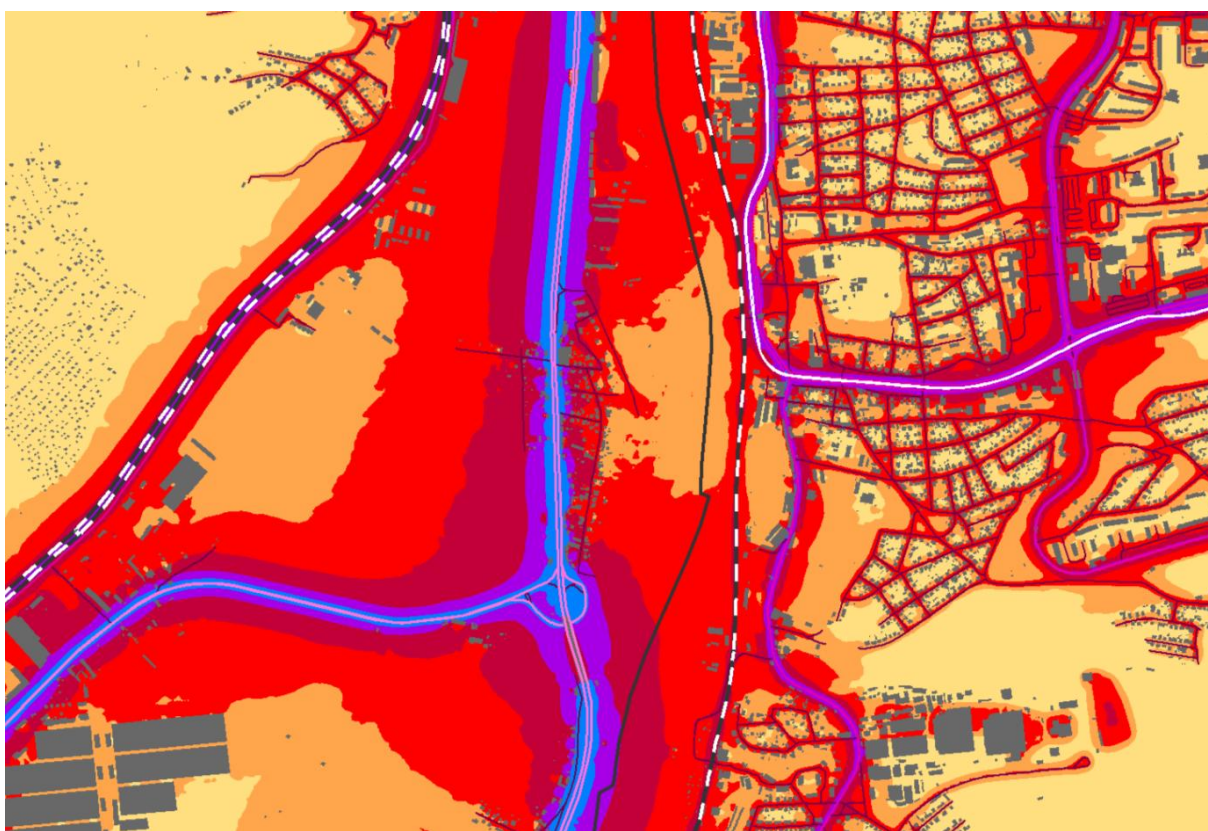
Vybraná část obce se nachází v jižním okraji Prahy, na levém břehu Vltavy, severně od soutoku s Berouňkou a v zátopovém území obou těchto řek. V roce 1990 byla obec připojena ke Zbraslavi. Tato městská část má 342 stálých obyvatel<sup>[13]</sup> a přibližně 160 budov. Touto městskou částí prochází značně frekventovaná silnice Strakonická (též Chuchelská radiála),<sup>[12]</sup> n



Obr. č. 18 Lahovičky

Obrázek číslo 5 zobrazuje městskou část Prahy 5 Lahovičky se Strakonickou silnicí, procházející přibližně středem fotografie, Vltavu, železnici a část městské části Prahy 4 Modřany na pravé části. Výřez letecké mapy zachycuje i část Chuchelské dostihové dráhy v horní části a rozsáhlé nezastavěné části po obou stranách obce.

Obcí, kromě Strakonické silnice a cyklotrasy, neprochází žádná jiná komunikace. Železnice obec míjí s velkým odstupem, takže již nemůže ovlivnit hladinu hluku v obci dle Hlukové mapy Prahy<sup>[14]</sup>, kde je jasně zřetelné, že hluk v prostoru mezi obcí a železniční tratí je nižší než hladina hluku v samotné obci. Proto je daná lokalita vhodná k určení vlivu silniční dopravy bez ostatních vlivů, jakými jsou doprava letecká či železniční.



Obr. č. 19 Lahovičky – Hluková mapa Prahy

Z obrázku je patrné, že dominantním zdrojem hluku je Strakonická silnice.

Strakonická silnice, někdy též zvaná Chuchelská radiála, vznikla v 50. letech 20. století formě čtyřproudé výpadové silnice ze Smíchova na jih po levém břehu Vltavy, navazuje na silnici první třídy I/4 a rychlostní silnici R/4 vedoucí dále na jih. Je základní spojnici Prahy, Středních a Jižních Čech, kde částečně nahrazuje chybějící dálnici D3. Díky své funkci spojnice mezi Pražským okruhem (R1) a Městským okruhem (Barrandovský most), je též významnou městskou komunikací s velkým dopravním zatížením. Na úseku,



v kterém prochází komunikace Lahovičkami, je povolena nejvyšší rychlost 80km/h, což dále přispívá ke vzniku dopravního hluku. [16]

Intenzita dopravy na sledovaném úseku se liší dle zdroje dat – dle Ředitelství silnic a dálnic v pravidelném výzkumu „Sčítání dopravy 2010“ je celková intenzita 11262 vozidel za den (tj. od 6 do 18 hodin), naproti tomu Technická správa komunikací hl. m. Prahy (zkráceně TSK Praha) uvádí pro rok 2011 průměr za 24 hodin ve výši 23288 vozidel směrem z centra a 26292 vozidel jedoucích směrem do centra. Celkem je to 49580 vozidel oběma směry.<sup>[17]</sup> Vzhledem k významu této komunikace, lze předpokládat, že údaje z měření TSK Praha pomocí úsekových měření bude blíže skutečnosti. Na vině tak rozdílného výsledku může být otevření jižního úseku Pražského okruhu na konci roku 2010, které se plně projevilo až v roce následujícím.

Sčítání dopravy 2010 (sč.úsek: 1.0166 )											... význam zkratk						
Roční průměr denních intenzit dopravy		LN	SN	SNP	TN	TNP	NSN	A	AK	TR	TRP	TV	O	M	SU		
RPDI - všechny dny	voz/den	1 103	355	69	104	112	417	147	0	0	0	2 307	12 448	101	14 856		
		LN	SN	SNP	TN	TNP	NSN	A	AK	TR	TRP	TV	O	M	SU		
RPDI - pracovní den (Po-Pá)	voz/den	1 364	439	87	129	141	527	172	0	0	0	2 859	12 765	90	15 714		
RPDI - volné dny (mimo svátky)	voz/den	451	145	24	43	38	143	83	0	0	0	927	11 656	129	12 712		
<b>Hodinová intenzita dopravy</b>												TV		SU			
Padesátirázová intenzita dopravy	voz/h											221			1 426		
Špičková hodinová intenzita dopravy	voz/h											201			1 202		
<b>Těžká nákladní vozidla - TNV</b>														TNV			
Hodnota TNV	voz/den														1 995		
<b>Intenzita dopravy pro hlukové a emisní výpočty</b>												OA	NA	NS	Celkem		
Roční průměr intenzit, den (06-18)	voz/den											9 556	1 304	402	11 262		
Roční průměr intenzit, večer (18-22)	voz/den											2 246	231	105	2 582		
Roční průměr intenzit, noc (22-06)	voz/den											747	175	90	1 012		
<b>Emise</b>												OA	LNA	TNA	NS	BUS	Celkem
Roční špičková hodinová intenzita dopravy	voz/h											2 033	179	74	97	2 407	
<b>Koeficienty nerovnoměrnosti dopravy</b>												alfa	beta	gama	PS		
Koeficient nerovnoměrnosti dopravy												0.00	1.15	0.00	-		
<b>Intenzita cyklistické dopravy</b>															C		
Cyklistická doprava	cyklo/den														0		

Obr. č. 20 Intenzita silniční dopravy na Strakonické silnici v úseku Lahoviček (ŘSD 2010)

## 5.2 Výpočet externího nákladu hluku

Tato metoda určuje externí náklad na obyvatele sledovaného území podle jeho hlukového zatížení. Vychází z české metody TranExt, konkrétně z metodiky oceňování hluku z dopravy. U každého domu se zjistí úroveň hluku podle údajů z hlukové mapy Prahy. Protože údaj o místě bydliště každého obyvatele Lahoviček je neveřejný, je předpokládán pro každý obytný dům stejný počet obyvatel. Počet obyvatel na dům je prostým podílem počtu domů z počtu obyvatel. V tomto případě je obyvatel 342 a počet obytných domů 97.

V průměru tady vychází 3,52 obyvatel na jeden obytný dům, přestože počet obyvatel musí být ve skutečnosti vždy celé číslo, pro potřeby odhadu stačí i zlomek.

Hluk [dB]	<55	55-60	60-65	65-70	70-75
domy	0	12	41	23	21
lidé	0,00	42,31	144,56	81,09	74,04
Externí náklad na obyvatele [Kč/os/rok]	1627	2302	3165	4193	5165
Externí náklady celkem[Kč/rok]	0	97395,96	457521,96	340022,04	382422,99

Tabulka č. 4 Rozdělení obyvatel dle hluku a externích nákladů

V tabulce je Externí náklad na obyvatele [Kč/os/rok] vypočten z tabulky externích nákladů hlukových indikátorů – jde o součet nákladu obtěžování hlukem (určené z ochoty přijmout kompenzaci), rušení hlukem ve spánku (určené ze ztráty produktivity) a rizika infarktu myokardu (mortalita + morbidita). Pro hodnoty nákladu ztráty produktivity vyšší než 70 dB, neuvedených v tabulce, byla výše nákladu určena extrapolací předchozích nákladů. Externí náklady celkem[Kč/rok] pak je prostým součinem počtu osob a externích nákladů na obyvatele. <sup>[39]</sup>

Celkový dopravním hlukem způsobený externí náklad pro městskou část Lahovičky činí 1 277 363 Kč ročně.

### 5.3 Porovnání výhodnosti opatření

Náklad vypočtený v části 5.1 je možné snížit několika způsoby. Účelem této kapitoly je porovnat vynaložené náklady na zlepšení hlukové situace se zmenšením externích nákladů hluku. Současný povrch silnice je tvořen asfalt-betonovou obalovanou směsí, kterou by bylo možné vyměnit za nový tzv. „tichý asfalt“, tj. asfaltový koberec modifikovaný pryžovým granulátem, krátce drenážní koberec. Tento materiál obrusné vrstvy vozovky, vyrobený z recyklovaných pneumatik, se vyznačuje velkou porézností, díky které lépe odvádí vodu a snižuje hlučnost. Viz tabulka č. 2 [19]. Silnice je postavena v kategorii S24,5/100, kde číslo 24,5 značí šíři mezi vnitřními stranami svodidel a číslovka 100 návrhovou rychlost v km/h, jízdní pruhy jsou široké 3,5m<sup>[18]</sup>

Obrusná vrstva vozovky	Opravný faktor hladiny hluku dB(A)
Cementový beton	+2,0
Cementový beton bez přebroušení ocelovými kartáči s hlazením v podélném směru vláčením juty	-2,0
Zdrsněný litý asfalt	+2,0
Zdrsněný asfaltový beton nebo AKM	0,0
AB zrnitosti < 0/11 a AKM zrnitosti 0/8 a 0/11 bez dodatečného podrcení	-2,0
Otevřený asfaltový koberec s mezerovitostí min. 15%-obj. zrnitosti 0/11	-4,0
Otevřený asfaltový koberec s mezerovitostí min. 20%-obj. zrnitosti 0/11	-5,0

Tabulka č. 5 Příklady vlivu konstrukce obrusné vrstvy na snížení či zvýšení hladiny hluku při rychlostech  $\geq 50$  km.h<sup>-1</sup>

Pokud by byl využit drenážní koberec s mezerovitostí 20% a došlo ke snížení hlučnosti o 5 dB, došlo by k posunu budov do nižší kategorie hlučnosti:

Hluk [dB]	<55	55-60	60-65	65-70	70-75
domy	12	41	23	21	0
lidé	42,31	144,56	81,09	74,04	0
Externí náklad na obyvatele [Kč/os/rok]	1627	2302	3165	4193	5165
Externí náklady celkem[Kč/rok]	68837,2	332769,53	256658,66	310454,91	0,00

*Tabulka č. 6 Rozdělení obyvatel dle hluku a externích nákladů po úpravě*

Celkový dopravním hlukem způsobený externí náklad pro městskou část Lahovičky by po úpravě činil 968 720,29 Kč ročně. Oproti stavu před úpravou se roční náklady snížily o 308 643 Kč, což představuje snížení externích nákladů o 24% z původních hodnot. Tato úspora není dostatečně velká, aby ospravedlnila bezodkladnou úpravu vozovky, ale je dostatečně velká, aby byl drenážní koberec použit při příští opravě obrusné vrstvy této komunikace.

Cenu asfaltového drenážního koberce modifikovaného pryžovým granulátem v případě jeho využití pro obrusnou vrstvu komunikace procházející městskou částí Lahovičky a pokud bude využit jen na jízdní pruhy a pro odstavné pruhy bude využit stávající povrch, stanovuje následující výpočet.

Šíře jízdního pruhu silnice kategorie S24,5/100 je 3,5 m, tyto pruhy jsou dva v každém směru tedy čtyři. Délka vozovky procházející zástavbou je uvažována 900 m. Celková plocha pro použití drenážního koberce tak činí 12600 m<sup>2</sup>. Při ceně 156kč/m<sup>2</sup> by se cena použitého materiálu byla 1 965 600 Kč. Uvažujeme-li dobu, po kterou si koberec uchová tlumící vlastnosti 10 let, pak roční úspora na externích nákladech způsobených hlukem činí 112 082 Kč, potom se investice do tiššího povrchu vrátí za 6,5 roku.

## 6 Závěr

Silniční doprava je v současné době jedním z hlavních motorů ekonomiky, je na ní závislá většina průmyslových podniků, téměř každý obchod a využívá jí naprostá většina obyvatel České republiky i Evropské Unie. Samotná silniční doprava tvoří velkou část ekonomiky ve formě výroby vozidel, dopravních staveb, jejich údržby a provozu. Aktivita o takovém objemu sebou pochopitelně nese i množství nákladů, většina jich je součástí běžné tržní směny, část se však tržnímu ocenění vymyká a je součástí širokého pojmu externích nákladů. Téma externalit se, společně s ochranou životního prostředí, dostává do popředí zájmů

Tato diplomová práce na téma Externality v silniční dopravě se zabývá problematikou externích nákladů způsobených silniční dopravou. V úvodní části práce jsou shrnuta základní vysvětlení pojmu externalita v obecném významu a je chápán z pohledu silniční dopravy. V druhé části literární rešerše je uveden přehled jednotlivých externalit způsobených silniční dopravou podle mechanismu jejich vzniku a jejich odpadu na člověka či životní prostředí.

Současný stav popisuje dopravní zátěž a nehodovost v České republice a zeních Evropské Unie. Stav vozového parku a úroveň zatížení evropské populace hlukem. Shrnut je i vývoj znečištění ovzduší.

Rozbor a srovnání metod kvantifikace externalit přibližuje zaměření jednotlivých projektů kvantifikace a oceňování externalit a zabývá se i metodikou oceňování kongescí, hluku a znečištění ovzduší. Jedna z těchto metodik byla vybrána pro ocenění externího nákladu hluku vybrané lokality – městské části Prahy 16 – Lahoviček.

V části odhadu vybraného externího nákladu na případovém území byl na základě podkladů z hlukové mapy, údajů o počtu stálých obyvatel a dle jednotkových odpadů nákladů spočten externí náklad způsobený hlukovou zátěží. Pro uvažovanou lokalitu bylo vybráno možné řešení snížení hlukové zátěže změnou povrchu vozovky za drenážní koberec (tzv. „tichý asfalt“). Pro toto řešení byla spočítána roční úspora celkového externího nákladu hluku a porovnána s cenou opatření. Protože cena opatření mnohonásobně převyšuje roční úsporu v hodnotě 308 643 Kč, bylo doporučeno úpravu provést až při budoucí opravě povrchu vozovky.



## 7 Seznam použitých zdrojů

- [1] PAPÍ a HALLEMAN. Road Traffic Noise: The Road Sector's Perspective. *ERF* [online]. 2004, May, s. 6 [cit. 2012-03-17]. Dostupné z: [http://www.irfnet.org/files-upload/pdf-files/2661\\_erf\\_position\\_on\\_noise.pdf](http://www.irfnet.org/files-upload/pdf-files/2661_erf_position_on_noise.pdf)
- [2] *Slovník pojmů* [online]. 2012 [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: <http://business.center.cz/business/pojmy/p905-externalita.aspx>
- [3] JINDRA, Miroslav. *Externality v ekonomické teorii a jejich dopady na ekologii České republiky po roce 1989*. Brno, 3. 6. 2009. Dostupné z: [http://is.muni.cz/th/99636/esf\\_m/?lang=en](http://is.muni.cz/th/99636/esf_m/?lang=en). Diplomová práce. Masarykova univerzita; Ekonomicko správní fakulta. Vedoucí práce prof. PhDr. Kamil FUCHS, Csc.
- [4] ŠČASNÝ, M.: *Externality Definice* [online]. Prezentace. Karlova Univerzita, 2007 [cit. 2012-03-15]. Dostupné z [http://www.czp.cuni.cz/tranext/files/Scasny\\_definice\\_externalit.pdf](http://www.czp.cuni.cz/tranext/files/Scasny_definice_externalit.pdf).
- [5] DOSTÁL, Ivo. *STUDIE O VÝVOJI DOPRAVY Z HLEDISKA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ V ČESKÉ REPUBLICE ZA ROK 2009*. *Cenntrum dopravního výzkumu* [online]. 2010, roč. 2009, č. 3, s. 136 [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/studie\\_o\\_vyvoji\\_dopravy/\\$FILE/oued-studie\\_o\\_vyvoji\\_dopravy\\_z\\_hlediska\\_ZP\\_2009-20110308.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/studie_o_vyvoji_dopravy/$FILE/oued-studie_o_vyvoji_dopravy_z_hlediska_ZP_2009-20110308.pdf)
- [6] JEDLIČKA, Jiří. *STUDIE O VÝVOJI DOPRAVY Z HLEDISKA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ V ČESKÉ REPUBLICE ZA ROK 2006*. *Cenntrum dopravního výzkumu* [online]. 2007, roč. 2006, č. 3, s. 132 [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/studie\\_o\\_vyvoji\\_dopravy/\\$FILE/oued-studie\\_o\\_vyvoji\\_dopravy\\_z\\_hlediska\\_ZP\\_2006-20081014.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/studie_o_vyvoji_dopravy/$FILE/oued-studie_o_vyvoji_dopravy_z_hlediska_ZP_2006-20081014.pdf)
- [7] DOSTÁL, Ivo. *STUDIE O VÝVOJI DOPRAVY Z HLEDISKA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ V ČESKÉ REPUBLICE ZA ROK 2007*. *Centrum dopravního výzkumu* [online]. 2010, roč. 2007, č. 2, s. 117 [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/studie\\_o\\_vyvoji\\_dopravy/\\$FILE/oued-studie\\_o\\_vyvoji\\_dopravy\\_z%20hlediska\\_ZP\\_2007-20081219.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/studie_o_vyvoji_dopravy/$FILE/oued-studie_o_vyvoji_dopravy_z%20hlediska_ZP_2007-20081219.pdf)
- [8] EISLER, Jan. *Ekonomika dopravního systému: Dopravní systém a trvale udržitelný rozvoj*. Praha: Oeconomica, 2011, s. 25. ISBN 976-80-245-1759-9.

- [9] CIKÁN, Daniel. *Vliv dopravy na čistotu vod* [online]. Pardubice, 2002 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: [http://envi.upce.cz/pisprace/ks\\_pce/cikan.pdf](http://envi.upce.cz/pisprace/ks_pce/cikan.pdf). Semestrální práce. Univerzita pardubice; Dopravní fakulta Jana Pernera.
- [10] WAHLSTRÖM, Jens. *A study of airborne wear particles from automotive disc brakes*. Stockholm, 4.2011. ISBN 978-91-7415-871-7. Doctoral thesis. Department of Machine Design Royal Institute of Technology.
- [11] MORGAN, P, P NELSON a STEVEN. *Intregrated assesment of noise reduction measures in the road transport sector* [online]. 2003 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/automotive/files/projects/report\\_noise\\_reduction\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/automotive/files/projects/report_noise_reduction_en.pdf)
- [12] Historie Lahovic. *Lahovice a lahovičky* [online]. [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: <http://www.lahovicky.cz/o-nas/>
- [13] Lahovice. *Wikipedia* [online]. 10. 2. 2012 [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Lahovice>
- [14] Praha: Aglomerace. *Hlukové mapy* [online]. 10. 2. 2008 [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: <http://hlukovemapy.mzcr.cz/image.aspx?obr=Mapy/Agglomerace/PrahaLdvn.png>
- [15] Nařízení vlády č.148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- [16] Rychlostní silnice R4. *Ředitelství silnic a dálnic* [online]. 2010, č. 4, s. 28 [cit. 2012-03-30]. Dostupné z:[http://www.rsd.cz/rsd/rsd.nsf/0/D58873DB329D82D2C125779D0039AB5F/\\$file/RSD\\_R4\\_9\\_10.pdf](http://www.rsd.cz/rsd/rsd.nsf/0/D58873DB329D82D2C125779D0039AB5F/$file/RSD_R4_9_10.pdf)
- [17]Intenzity dopravy: Doprava Praha. *TSK Praha* [online]. 2012, č. 4, s. 10 [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: <http://www.tsk-praha.cz/wps/portal/doprava/web/pro-odborniky/intenzity-dopravy>
- [18] Kategorie komunikací. *České Dálnice* [online]. 2011, č. 1 [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: <http://www.ceskedalnice.cz/odborne-info/kategorie-komunikaci>
- [19] MOŽNOSTI SNIŽOVÁNÍ HLUČNOSTI POVRCHU VOZOVEK S VYUŽITÍM TECHNOLOGIÍ ASFALTOVÝCH VRSTVEV SNIŽUJÍCÍCH HLUČNOST. *CIDEAS: České vysoké učení technické v Praze* [online]. 2006, 1M0579 [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: [http://www.cideas.cz/free/okno/technicke\\_listy/3tlv/TL06CZ\\_1312-3.pdf](http://www.cideas.cz/free/okno/technicke_listy/3tlv/TL06CZ_1312-3.pdf)
- [20] FOLTÝNOVÁ, Hana. Přehledová studie: Rešerše literatury 2.1: Analýza každodenního dopravního chování dospělého městského obyvatelstva a nástroje regulace dopravy. *Infrastruktura: České vysoké učení technické v Praze* [online]. 2009, 2.1, s. 49 [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: [www.czp.cuni.cz/.../Aktivita\\_2\\_1\\_reserse\\_ekonomicka.pdf](http://www.czp.cuni.cz/.../Aktivita_2_1_reserse_ekonomicka.pdf)

- [21] ANDĚL, Petr et al. KONCEPCE OCHRANY MIGRAČNÍCH KORIDORŮ VELKÝCH SAVCŮ A ÚZEMNÍ SYSTÉM EKOLOGICKÉ STABILITY. [online]. 2009, 2.1, s. 8 [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: <http://www.uses.cz/data/sbornik09/Andel.pdf>
- [22] Statistika nehodovosti: Statistické údaje nehodovosti na území ČR. *Řehled o nehodovosti za období 2008 - 2010 (statistické ročenky)* [online]. 2012, 2008 - 2010 [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: <http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09Mw%3d%3d>
- [23] KUPEC, Petr. Malovanka bude přívětivější, křižovatku obroste zeleň a překlene lávka. *IDnes* [online]. 2012, 31.3. [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: [http://praha.idnes.cz/malovanka-bude-obrostla-zeleni-a-mit-lavky-fjp-/praha-zpravy.aspx?c=A120328\\_1755516\\_praha-zpravy\\_ab](http://praha.idnes.cz/malovanka-bude-obrostla-zeleni-a-mit-lavky-fjp-/praha-zpravy.aspx?c=A120328_1755516_praha-zpravy_ab)
- [24] ERBEN, Jan a Martin ANTOŠ. Úniky ropných látek a jejich likvidace. *Oleje.cz* [online]. 2009, č. 1 [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: [http://oleje.cz/index.php?left=obecne&page=uzitecne\\_unik\\_latek](http://oleje.cz/index.php?left=obecne&page=uzitecne_unik_latek)
- [25] JANDÁK, Zdeněk. Vibrace přenášené na člověka. *Státní zdravotní ústav* [online]. 2007, č. 1 [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/vibrace-prenasene-na-cloveka>
- [26] MAKOVIČKA, Daniel. Snižování přenosu vibrací od dopravy základovým prostředím do budov. *Izolace* [online]. 2006, č. 1 [cit. 2012-03-30]. ISSN 1213-6395 |. Dostupné z: <http://www.izolace.cz/index.asp?module=ActiveWeb&page=WebPage&DocumentID=2221>
- [27] MELCHER, J. et al. ÚČINKY VIBRACÍ OD DOPRAVY NA STAVEBNÍ KONSTRUKCE, JEJICH ANALÝZA A NÁVRH OPATŘENÍ. *Fakulta stavební, VUT v Brně* [online]. 2005, 2.5.2.1 [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: [http://www.cideas.cz/free/okno/technicke\\_listy/2tlv/2521-2.pdf](http://www.cideas.cz/free/okno/technicke_listy/2tlv/2521-2.pdf)
- [28] BUSQUIN, Philippe. External Costs: Research results on socio-environmental damages due to electricity and transport. *ExternE* [online]. 2003, EUR 20198, s. 28 [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: <http://www.externe.info/externpr.pdf>
- [29] HAVRÁNEK, Miroslav. Externality v ČR: Metoda ExternE. *Centrum pro otázky životního prostředí* [online]. 2005, č. 1, s. 27 [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: <http://www.czp.cuni.cz/ekonomie/Letskola/havranek.pdf>
- [30] Centrum pro otázky životního prostředí: projekt Kvantifikace externích nákladů dopravy v podmínkách ČR - TranExt. [online]. 2007 [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: <http://www.czp.cuni.cz/tranext/>

- [31] MÁCA, Vojtěch et al. *Kvantifikace externích nákladů dopravy v podmínkách České republiky: Závěrečná zpráva k řešení projektu realizovaného v rámci veřejné soutěže ve výzkumu a vývoji v programu „Podpora realizace udržitelného rozvoje dopravy“* [online]. 2011[cit. 2012-04-01]. Dostupné z: [http://www.czp.cuni.cz/tranext/files/\\_ZZ\\_TranExt\\_final.pdf](http://www.czp.cuni.cz/tranext/files/_ZZ_TranExt_final.pdf)
- [32] Národní referenční laboratoř pro komunální hluk. *Národní Referenční Laboratoř* [online]. 2008 [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: <http://www.nrl.cz/>
- [33] PONTI, Marko et al. *Assesment and further development of the Tremove model: Final Feport.* 2002, 112 s. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/environment/archives/tremove/pdf/finalreport.pdf>
- [34] Tremove: A policy assessment model to study the effects of different transport and environment policies on the transport sector for all European countries. *Tremove* [online]. 2010 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: <http://www.tremove.org/index.htm>
- [35] *Kvantifikace externích nákladů dopravy v podmínkách České republiky: Zpráva 2009* [online]. Praha, Leden 2010 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: [http://www.czp.cuni.cz/tranext/files/TranExt\\_zprava\\_2009.pdf](http://www.czp.cuni.cz/tranext/files/TranExt_zprava_2009.pdf). Periodická zpráva. Univerzita Karlova v Praze – Centrum pro otázky životního prostředí.
- [36] MELICHAR, Vlastimil at al. OCENĚNÍ EXTERNÍCH ÚČINKŮ A NÁKLADŮ KONGESCE. *Institucionálního výzkumu* [online]. 2008, 3., č. 5, s. 12 [cit. 2012-04-06]. Dostupné z: [http://pnerscontacts.upce.cz/12\\_2008/melichar.pdf](http://pnerscontacts.upce.cz/12_2008/melichar.pdf)
- [37] ALINA, Jiří. Vliv dopravní charakteristiky region na výši přirozených nákladů kongesce. *Institucionálního výzkumu* [online]. 2010, roč. 5, č. 3, s. 5 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: [http://pnerscontacts.upce.cz/12\\_2008/melichar.pdf](http://pnerscontacts.upce.cz/12_2008/melichar.pdf)
- [38] Kvantifikace externích nákladů v České republice: Periodická zpráva 2007. *Podpora* [online]. 2008, roč. 1, CG712-111520, s. 64 [cit. 2012-04-07]. Dostupné z: [http://www.czp.cuni.cz/tranext/files/periodicka\\_zprava\\_2007.pdf](http://www.czp.cuni.cz/tranext/files/periodicka_zprava_2007.pdf)
- [39] MÁCA, Jan et al. UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE -CENTRUM PRO OTÁZKY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Metodika oceňování hluku z dopravy.* Praha, 2012.
- [40] KŘENEK, Jan. Výpočet ekonomických ztrát z dopravní nehodovosti za období 2001 – 2010. *Centrum dopravního výzkumu* [online]. 2010, 21.2.2012 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: <http://www.cdv.cz/ztraty-z-dopravni-nehodovosti-na-pozemnich-komunikacich-za-rok-2010/>

DONT, Milan. Nástroj hodnocení bezpečnosti silničního provozu na základě údajů o nehodovosti. *Centrum dopravního výzkumu* [online]. 2009, č. 1 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: <http://www.czrso.cz/index.php?id=528>

[42] *Autosap: Vývoj nehodovosti na českých silnicích* [online]. [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://www.autosap.cz/sfiles/a1-95.htm#neh1>

[43] *Národní Strategie Bezpečnosti Silničního Provozu 2011 – 2020: Příloha č. 2 EKONOMICKÉ ASPEKTY NEHODOVOSTI A MOŽNOSTI ZPŮSOBU FINANCOVÁNÍ OPATŘENÍ V OBLASTI BEZPEČNOSTI SILNIČNÍHO PROVOZU* [online]. 2010 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: [http://www.ibesip.cz/files/=4222/P%C5%99%C3%ADloha%2bII\\_form%C3%A1tov%C3%A1n%C3%AD.pdf](http://www.ibesip.cz/files/=4222/P%C5%99%C3%ADloha%2bII_form%C3%A1tov%C3%A1n%C3%AD.pdf)

[44] *TSK Praha: Dopravní nehody - statistiky* [online]. 2010 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://www.tsk-praha.cz>

[45] Silnice a dálnice v České republice. *Ředitelství silnic a dálnic* [online]. 2011, s. 20 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: [http://www.rsd.cz/rsd/rsd.nsf/0/633E2FAF9F4A1078C12578F80033A11E/\\$file/RSD2011cz.pdf](http://www.rsd.cz/rsd/rsd.nsf/0/633E2FAF9F4A1078C12578F80033A11E/$file/RSD2011cz.pdf)

[46] *Autosap: Složení vozového parku v ČR* [online]. [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://www.autosap.cz/sfiles/a1-9.htm>

[47] Eurostat. *European Commission Eurostat: Statistics Explained* [online]. 2011 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>

[48] NICODÈME, Christophe et al. European Road Statistics 2010. *European Union Road Federation* [online]. 2010 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: [http://94.23.218.183/~aec/cdc/ERF\\_Estadisticas%20Carreteras%20Europeas%202010.pdf](http://94.23.218.183/~aec/cdc/ERF_Estadisticas%20Carreteras%20Europeas%202010.pdf)

[49] HLINICOVÁ, Helena. Emise PM10 a jejich zdroje. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. 2008, č. 1, s. 7 [cit. 2012-04-06]. Dostupné z: <http://www.svcement.cz/includes/dokumenty/pdf/sd2008-prednaska-hh-emise-pm10-a-jejich-zdroje.pdf>

[50] BENDL, Jiří. O byste nevěřili, kolik emisí z otěrů pneumatik, asfaltu a brzd dýcháme. *Ekolist* [online]. 2011, č. 1, s. 7 [cit. 2012-04-06]. ISSN 1802-9019. Dostupné z: <http://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/jiri-bendl-to-byste-neverili-kolik-emisi-z-oteru-pneumatik-asfaltu-a-brzd-dychame>

[51] Oxidy dusíku. *Integrovaný Registr Znečišťování* [online]. 2006 [cit. 2012-04-05].

Dostupné z: [http://www.irz.cz/repository/latky/oxidy\\_dusiku.pdf](http://www.irz.cz/repository/latky/oxidy_dusiku.pdf)

[52] Traffic noise: exposure and annoyance. *European Environment Agency* [online]. 2001, č.

1, s. 7 [cit. 2012-04-09]. Dostupné z: [http://www.eea.europa.eu/data-and-](http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/traffic-noise-exposure-and-annoyance/noise-term-2001)

[maps/indicators/traffic-noise-exposure-and-annoyance/noise-term-2001](http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/traffic-noise-exposure-and-annoyance/noise-term-2001)

[53] Transport at a crossroads: TREM 2008:indicators tracking transport and environment in the European Union. *European Environment Agency* [online]. 2009, č. 3, s. 56 [cit. 2012-04-

09]. Dostupné z: <http://www.eea.europa.eu/publications/transport-at-a-crossroads>

[54] Laying the foundations for greener transport: TERM 2011: transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe. *European Environment Agency* [online].

2011, č. 7, s. 92 [cit. 2012-04-09]. Dostupné z:

<http://www.eea.europa.eu/publications/transport-at-a-crossroads>

## 8 Seznam použitých obrázků

- Obr. č. 1 Rozdělení velikostí částic prachu v ovzduší
- Obr. č. 2 Antropogenní zdroje NO<sub>x</sub> [<sup>51</sup>]
- Obr. č. 3 Vznik hluku na styku pneumatiky a vozovky
- Obr. č. 4 mapa UAT v České republice v roce 2005<sup>[21]</sup>
- Obr. č. 5 Společenské přínosy z dopravy<sup>[20]</sup>
- Obr. č. 6 Počet nehod v České republice mezi roky 1980 až 2010<sup>[42]</sup>
- Obr. č. 7 Počet usmrcených v České republice mezi roky 1980 až 2010<sup>[42]</sup>
- Obr. č. 8 Počet usmrcených na 100000 registrovaných vozidel
- Obr. č. 9 Vývoj celkových ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích
- Obr. č. 10 délka dálniční sítě zemí EU
- Obr. č. 11 Počet vozidel na osobu v EU
- Obr. č. 12 Vývoj hlavních polutantů ovzduší v EU
- Obr. č. 13 vývoj počtu úmrtí a zranění při dopravních nehodách v zemích EU
- Obr. č. 14 Počet úmrtí v silniční dopravě na milion obyvatel (rok 2008)
- Obr. č. 15 Populace EU dle hlukové zátěže.
- Obr. č. 16 Schéma modelu TREMOVE
- Obr. č. 17 Schéma vyčíslení vzniklé škody <sup>[35]</sup>
- Obr. č. 18 Lahovičky
- Obr. č. 19 Lahovičky – Hluková mapa Prahy<sup>[14]</sup>
- Obr. č. 20 Intenzita silniční dopravy na Strakonické silnici v úseku Lahoviček (ŘSD 2010)

## 9 Seznam použitých tabulek

Tabulka č. 1, znečišťující látky ve vodě

Tabulka č. 2, Škody z nehodovosti

Tabulka. č. 3 Externality uvažované v ExternE

Tabulka č. 4 Rozdělení obyvatel dle hluku a externích nákladů

Tabulka č. 5 Příklady vlivu konstrukce ohrusné vrstvy na snížení či zvýšení hladiny hluku při rychlostech  $\geq 50 \text{ km.h}^{-1}$  <sup>[19]</sup>

Tabulka č. 6 Rozdělení obyvatel dle hluku a externích nákladů po úpravě