

**Česká zemědělská univerzita v Praze**  
Technická fakulta  
Katedra vozidel a pozemní dopravy

## **Externality v silniční dopravě**

Bakalářská práce

Autor: **Miloš Koula**

Vedoucí práce: doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.

2015

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Technická fakulta

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Miloš Koula

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

**Externality v silniční dopravě**

Název anglicky

**Externalities in Road Transport**

---

### Cíle práce

Popsat současný stav poznání a principy kvantifikace externalit v silniční dopravě.

### Metodika

- prostudovat základní literaturu, normy, internetové odkazy a další prameny z celého světa
- provést literární rešerši v oblasti externalit
- kontaktovat významné instituce, zabývající se problematikou externalit v dopravě
- provést vlastní analýzu a uvést nové případné teoretické předpoklady a názory

### Doporučený rozsah práce

30-40 stran, včetně tabulek, obrázků a grafů

### Klíčová slova

emise, hluk, kongesce, nehody, externality, internalizace

---

### Doporučené zdroje informací

1. European Commission.: Methodological 2005 Update Externalities of Energy European Commission, Directorate General for Research, Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communitities 2005 ISBN 92-79-00423-9
2. SHAYLER, P. J., DOW, P. I.: A Model and Methodology Used to Assess the Robustness of Vehicle Emissions and Fuel Economy Characteristics. IMechE Paper C606/013/2002.
3. TAKATS, M.: Měření emisí spalovacích motorů. ČVUT, Praha, 1997, 111 s., ISBN 80-01-01632-3.
4. VLK, F.: Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. Vydavatelství Vlk, Brno, 2005, ISBN 80-238-6573-0.
5. EISLER, J., KOSINA, I.: Kalkulace nákladů v dopravě. Pardubice, Univerzita Pardubice, 2000

---

### Předběžný termín obhajoby

2015/05 (květen)

### Vedoucí práce

doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.

Elektronicky schváleno dne 30. 3. 2015

**doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 3. 2015

**prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.**

Děkan

V Praze dne 01. 04. 2015

## **Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma:

### **Externality v silniční dopravě**

vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Miroslava Růžičky, CSc. a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

V Kralupech nad Vltavou, dne 4.4.2015

podpis

## **Poděkování:**

Děkuji panu doc. Ing. Miroslavovi Růžičkovy, CSc. za odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi poskytl při zpracování mé bakalářské práce.

**Abstrakt:** Cílem práce je popsat současný stav a principy kvantifikace externalit vyvolané silniční dopravou. Externality jsou dopady určité činnosti, za které nese jejich původce zodpovědnost. Práce se zabývá externími náklady, které mají hlavně negativní vliv na okolí, jako jsou emise, hluk, zábor půdy, atd. Jsou v ní analyzovány jednotlivé dopady externalit na lidské zdraví a jejich limitní hodnoty. Popsány jednotlivé druhy kvantifikace externalit pro jejich nápravu, ve formě internalizace těchto externích nákladů. Náprava formou internalizace spočívá v přenesení části nákladů na subjekty externality vytvářející. Poslední část je věnována současnému stavu internalizace, jeho rozdělení a použití pro různé druhy dopadů z dopravy. Práce vznikla na základě autorem shromážděných dostupných materiálů.

**Klíčová slova:** Emise, hluk, kongesce, nehody, externality, internalizace

### **Externalities in road transport**

**Summary:** The aim is to describe the current state and the principles of quantification of externalities caused by road traffic. Externalities are the effect of specific activities for which the originator must take responsibility. The work deals with the external cost, which mainly have negative impact on the environment, such as emission, noise, occupation of land, etc. There are analyzed the impacts on human health and their limits. Describes individual kinds of quantification of externalities for remediation, as internalize these external cost. Rectification by internalization is perform by moving part of cost to subjects generating it. The last section is dedicated to the current state of internalization, refragmentation and use for different types of impact from road traffic. The work resulting from the author collected materials available.

**Key words:** Emission, noise, congestion, accident, externalities, internalization

# Obsah

Úvod.....	1
<b>1. Přehled nákladů v dopravě .....</b>	<b>2</b>
1.1 Náklady .....	2
1.2 Interní náklady .....	2
1.2.1 Druhové náklady .....	3
1.2.2 Účelové náklady.....	3
1.2.3 Náklady závislé na rozsahu výkonu .....	3
1.3 Externí náklady .....	5
1.3.1 Vlivy vyvolávající externí náklady .....	6
1.3.2 Znečištění ovzduší.....	6
1.3.3 Hluk.....	7
1.3.4 Kongesce .....	8
1.3.5 Nehodovost .....	9
1.3.6 Zábor půdy .....	11
1.3.7 Mechanické vlivy .....	12
<b>2. Kvantifikace externalit .....</b>	<b>12</b>
2.1 Kvantifikace .....	12
2.2 Emise.....	13
2.2.1 Složení výfukových plynů spalovacího motoru .....	13
2.2.2 Charakteristika složek spalin.....	14
2.2.3 Měření produkce emisí.....	15
2.2.5 Stanovení emise částic ze vznětových motorů .....	19
2.3 Hluk.....	20
2.3.1. Měření hluku spalovacích motorů.....	21
2.4 Kongesce.....	24
2.5 Nehodovost .....	26
2.6 Zábor půdy .....	27
2.7 Vliv na budovy .....	28
<b>3. Současný stav internalizace externalit .....</b>	<b>29</b>
3.1 Internalizace .....	29
3.2 Administrativní přístup.....	29
3.2.1 Snižování emisí a hluku .....	30
3.2.2 Zvyšování kapacity infrastruktury.....	31
3.3 Finanční přístup.....	31
3.3.1 Daň z vozidla.....	32

3.3.2 Spotřební daň z pohonných hmot .....	33
3.3.3 Poplatky.....	33

<b>Závěr.....</b>	<b>34</b>
-------------------	-----------

<b>Použité zdroje: .....</b>	<b>35</b>
------------------------------	-----------

<b>Seznam použitých symbolů: .....</b>	<b>36</b>
--	-----------

<b>Seznam zkratk: .....</b>	<b>37</b>
-----------------------------	-----------

<b>Seznam tabulek: .....</b>	<b>37</b>
------------------------------	-----------

<b>Seznam obrázků: .....</b>	<b>38</b>
------------------------------	-----------

<b>Seznam Příloh:.....</b>	<b>38</b>
----------------------------	-----------



## Úvod

Problém externalit, provází prakticky všechny segmenty lidské činnosti. To platí i o dopravě, jejíž externality mají hlavní podíl na negativním ovlivnění životního prostředí. Díky tomu, že silniční doprava je celosvětově nejvíce rozšířená, tak i dopady v podobě externalit, ať už pozitivních nebo negativních jsou nejvyšší ze všech druhů dopravy. Tato bakalářská práce se bude zabývat jen externalitami ze silniční dopravy. Větší důraz bude přitom kladen na nežádoucí externality, jelikož pozitivních externalit z dopravy je o hodně méně než těch negativních, a navíc pozitivní externality tak nezatěžují společnost.

S rozvojem automobilového průmyslu na přelomu 19. a 20. století se o externalitách z dopravy moc nevědělo a nikdo je neřešil. První projevy měření a následné regulace emisí, kterou považujeme za hlavní externalitu z dopravy, byly poprvé zavedeny až roku 1968 v USA ve státě California. A to z důvodu stále se zvyšujícího počtu vozidel produkujících emise z výfukových plynů, v jejichž důsledku docházelo ke stále se zhoršující kvalitě ovzduší a okolního prostředí.

V první kapitole práce je definován pojem externalita a uveden přehled externích a interních nákladů v dopravě. Také jsou zde uvedeny nejčastější druhy externalit ze silniční dopravy, včetně přiblížení nákladů jimi vytvářených. Jsou zde také popsány nežádoucí účinky vlivu externalit na člověka a jejich mezních hranic. Druhá kapitola je věnována možnosti měření a vyčíslení jednotlivých externalit. Jsou zde popsány jednotlivé metody měření nežádoucích vlivů dopravy jako jsou hluk, emise a další. Je důležité znát výsledky těchto měření zejména kvůli efektivnímu vyhodnocení škod na okolí a následného začlenění v podobě internalizace. Ve čtvrté kapitole jsou uvedeny způsoby řešení externalit formou legislativní regulace a zpoplatnění původců v závislosti na úrovni vlivu na okolí.

Tato bakalářská práce byla vypracována po pečlivém prostudování dostupné odborné literatury, veřejných statistik, databází a dalších pramenů k dané problematice. Použitá literatura byla poskytnuta Národní technickou knihovnou a knihovnou Studijního informačního centra České Zemědělské univerzity v Praze.

## **1. Přehled nákladů v dopravě**

Pojem náklad, v sobě zahrnuje spoustu finančních i nefinančních závazků. Pro správnou kalkulaci a předvídatelnost budoucích nákladů je důležité rozdělení interních nákladů, podle různých kritérií. V podkapitole externí náklady budou nastíněny jednotlivé náklady z externalit vytvářené silniční dopravou.

### **1.1 Náklady**

Při každé výrobní a přidružené činnosti dochází ke spotřebě finančních a materiálových prostředků ve formě nákladů. Ne jinak je tomu i v dopravě. Náklady charakterizuje F. Leiber, který uvádí že: „Náklady představují peněžní hodnotu opotřebení a spotřebu výrobních faktorů k provedení podnikových výkonů. Účelem je výroba jiných, cennějších statků, nebo jejich většího množství“. [27] Spotřeba tedy neznamena zničení těchto hodnot, ale jejich přetvoření a splnutí do jiných hodnot, statků.

Produktem dopravy není tvorba hmotných statků, ale pouze jejich přemísťování. Dopravou se nevytváří nové užité vlastnosti hmotných statků. Při přemísťování je umožněno hmotné statky pouze spotřebovat za účelem například zhodnocení přepravovaných statků.

Náklady v dopravě zahrnují jak interní tak i externí náklady. Kriteřiem pro rozlišení interních a externích nákladů je jejich plátce. Pokud dopravce platí za pohonné hmoty jsou to náklady interní. Naopak externí náklady nejsou hrazeny dopravcem, ale státem nebo třetí stranou.

### **1.2 Interní náklady**

Interní nebo-li vlastní náklady, jsou bezprostředně spojené s dopravními, přepravními nebo jinými výkony. Interní náklady představují provozní náklady a příspěvky na infrastrukturu. Mezi provozní náklady řadíme pořizovací cenu dopravního prostředku, údržbu, opravy a samotný provoz vozidla. Mezi infrastrukturní náklady řadíme stavby dopravních cest, údržbu a provoz dopravního zařízení. Vzhledem k důležitosti vlastních, tzv. interních nákladů je důležité jejich účelné rozdělení.

Při práci s vlastními náklady je nutné znát informace o kvantitativní a kvalitativní stránce nákladů, o jejich struktuře a o jejich vztahu k výkonům. Podle těchto vlastností můžeme interní náklady dělit podle druhu, účelu, místa vzniku, závislosti na rozsahu uskutečňovaných výkonů.

### **1.2.1 Druhov $\acute{e}$ náklady**

Rozdělení interní nákladů podle druhu je důležitým podkladem pro stabilitu a rovnováhu mezi potřebou podniku a vnějším okolím.

Patří do nich [2]:

#### **a) Materiálov $\acute{e}$ náklady:**

V dopravě to jsou náklady na uhrazení pohonných hmot, provozních kapalin, náhradních dílů, a atd. Obecně všech součástí potřebných pro správný provoz vozidla.

#### **b) Mzdov $\acute{e}$ a ostatní osobní náklady:**

Zahrnují náklady na mzdy zaměstnanců včetně placené dovolené, nemocenské, náhrady za pracovní úraz, dále odvody na zdravotní, sociální a důchodové pojištění.

#### **c) Odpisy hmotného a nehmotného majetku:**

Představují soustřeďování peněz podle míry a doby opotřebení majetku. Existují dva druhy odpisů a to daňové a účetní, které jsou definované zákonem č. 586/92 Sb. o daních z příjmů a zákonem č. 563/91 Sb. o účetnictví.

#### **d) Finanční náklady:**

Jsou finanční prostředky spotřebované na úhradu úvěrů a půjček včetně úroků, dále také pojistné na vozidla, silniční daně a jiných poplatků.

#### **e) Spotřeba externích služeb a prací:**

Mezi tyto náklady můžeme řadit nájemné, náhrady za způsobené škody, práce a služby spojené s opravami a údržbou majetku a strojů.

### **1.2.2 Účelov $\acute{e}$ náklady**

Rozdělení dle účelu je důležité pro přiměřené rozdělení nákladů pro určitý účel. V dopravě tato rozdělení mohou být například náklady na přepravu osob, údržba a opravy vozidel, údržba a opravy dopravních cest a dopravních zařízení. [2]

### **1.2.3 Náklady závislé na rozsahu výkonu**

Náklady dle závislosti dopravních výkonů dělíme na náklady variabilní a fixní, které se dále dělí na absolutně fixní a relativně fixní.

1)**Náklady variabilní:** Jsou proměnné náklady, které se pružně mění v závislosti na výkonu například spotřeba paliva.

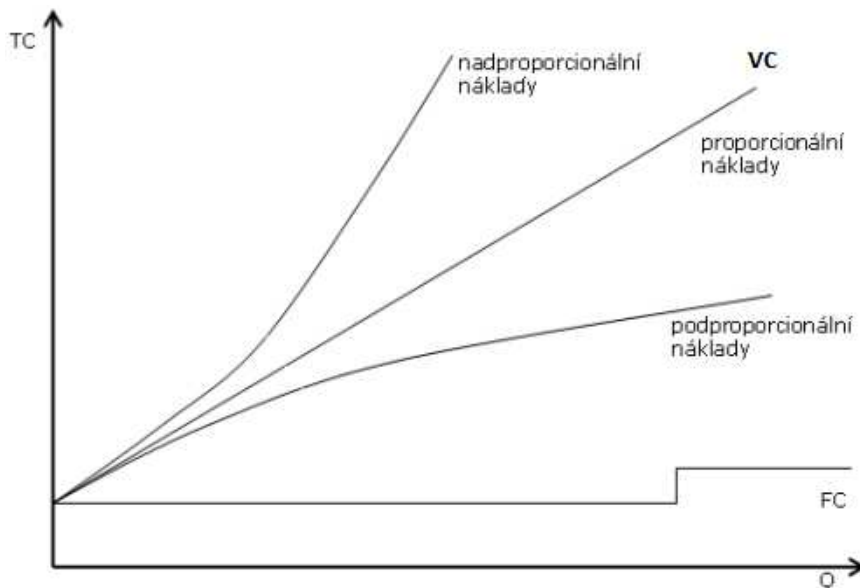
2)**Náklady fixní:** Jsou pevné náklady, které dále dělíme na:

a)**Absolutně fixní:** Náklady, které zůstávají konstantní bez větších změn po celou dobu provozu.

b)**Relativně fixní:** Náklady, které se nemění v závislosti s výkonem, ale od určité hranice se změní skokově, například při navýšení vozového parku.

V dopravě podstatná část interních nákladů bezprostředně souvisí s dopravním procesem, konkrétně s jízdou dopravního prostředku. Měřítkem takového výkonu je ujetá vzdálenost uváděná v kilometrech. Obr. 1 zobrazuje závislost interních nákladů v závislosti na výkonu. Z daného obr. 1 je zřejmé, že variabilní náklady v závislosti na výkonech mohou růst rychleji (nadproporcionálně), stejně rychle (proporcionálně) nebo pomaleji (podproporcionálně). Fixní náklady relativní se mění pouze skokově za určitých podmínek.

Obr 1: Dynamika interních nákladů. [1]



VC - variabilní interních náklady [Kč/čas]

FC - fixní interních náklady [Kč/čas]

TC - výše interních nákladů [Kč/oskm, Kč/tkm]

Q - přepravní výkon [oskm/čas, tkm/čas].

tkm - tunokilometr, oskm - osobo kilometr

### 1.3 Externí náklady

Mikroekonomie označuje jako externality všechny negativní, či pozitivní dopady aktivit jednoho subjektu na ostatní subjekty. [4] Externí náklady v tomto případě tedy jsou náklady vyvolané silniční dopravou projevující se většinou negativními účinky.

Pozitivní externality z hlediska posouzení dopravy jsou například ve formě hrubé přidané hodnoty. Hrubá přidaná hodnota je nově vytvořená hodnota z používání vlastních výrobních kapacit. Je stanovena jako rozdíl mezi celkovou produkcí, oceněnou v základních cenách a mezi spotřebou, oceněnou v kupních cenách. [11] To znamená, že jde vlastně o navýšení kupní ceny vlivem dopravy, která zajišťuje například lepší dostupnost zboží. Jak vyplývá z tab. 1 největší hrubá přidaná hodnota je v silniční dopravě, v porovnání s ostatními druhy dopravy. To je dáno především tím, že silniční doprava má nejhustší pokrytí i přesto, že její přepravní kapacita je nejmenší. V tabulce je také uveden u každého druhu dopravy tzv. kód NACE, který se používá ke klasifikaci evropských ekonomických činností.

Tab. 1: Tvorba přidané hodnoty v odvětvích dopravy (běžné ceny v mil. Kč). [11]

	2005	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Hrubá přidaná hodnota - doprava celkem<sup>1)</sup></b>	<b>116 928</b>	<b>128 813</b>	<b>111 842</b>	<b>114 330</b>	<b>106 513</b>	<b>109 530</b>
<i>v tom:</i>						
železniční (NACE 491 a 492)	23 926	22 435	25 028	23 329	21 917	19 818
silniční (NACE 493 a 494)	84 559	96 008	78 582	84 462	80 433	82 485
vodní (NACE 50)	286	278	279	237	241	228
letecká (NACE 51)	8 157	10 092	7 953	6 302	3 922	6 999

1) Potrubní doprava není zahrnuta Zdroj: ČSÚ

V dopravě je celá řada externalit, některé ale svojí nízkou intenzitou bývají zanedbávány. Nejčastější negativní externality z dopravy jsou znečištění ovzduší, kongesce, hluk, nehodovost, vibrace a zábor půdy. [3] Náklady na tyto externality většinou nehradí dopravce, proto je nazýváme jako externí náklady. Výše externích nákladů z jednotlivých druhů dopravy jsou uvedeny v tab. 2. Hradí je stát nebo třetí strana, což znamená rozdílné podmínky konkurence v dopravě mezi vodní dopravou, železnicí a silniční nákladní dopravou a dopravní systém tak nefunguje efektivně, jak by mohl. Trh sám nedokáže zajistit efektivní rozdělení výrobních faktorů, pokud existuje nedokonalá konkurence nebo externality. [28]

Tab. 2: Externí náklady silniční dopravy v EU [3]

Silniční doprava		
Druh externality	Kč/1000tkm	Kč/1000 oskm
	Nákladní	osobní
Nehody	235 - 370	670 - 1310
Hluk	100 - 250	67 - 168
Emise - lokální	67 - 268	134 - 470
Globální oteplení	134	235
Celkem	536 - 1022	1116 - 2183

tkm - tunokilometr

oskm - osobokilometr

### 1.3.1 Vlivy vyvolávající externí náklady

Vlivy vyvolávající externí náklady dělíme do dvou skupin:

- a) *Náklady na infrastrukturu*: Jsou náklady, které zahrnují budování nové silniční sítě, opravu stávajících komunikací a údržbu v podobě zajišťování sjízdnosti komunikací nebo sezonních prací. Takové výdaje jsou hrazeny státem ze státního rozpočtu nebo z rozpočtů krajů.
- b) *Náklady vyvolané negativními vlivy*: Náklady vynaložené na znečištěné ovzduší, jako je zvýšená hluchost, prašnost vznikající od těžké nákladní dopravy. Dále sem patří také nehodovost, kongesce, zábor půdy při budování infrastruktury a mechanické vlivy způsobené dynamickým zatížením objektů od dopravy.

### 1.3.2 Znečištění ovzduší

Doprava při své činnosti vytváří a vypouští škodlivé látky, které vznikají především při spalování fosilních paliv. Pokud vypouštíme nebo vnášíme znečišťující látky do atmosféry přímo od zdroje těchto látek, potom hovoříme o emisích. Jestli jsou znečišťující látky už v ovzduší v míře, které je nepříznivá, pak se jedná o tzv. imise. [5] Obě tyto látky mají nepříznivý vliv na životní prostředí a také na lidské zdraví, z těchto důvodů je nutné zajistit jejich regulaci. Emise a imise mají stanovené limity obsahu nežádoucích látek. Největší vliv na životní prostředí mají skleníkové plyny, což jsou plyny na bázi uhlíku například CO<sub>2</sub>, CO. Emise skleníkových plynů v dopravě pomalu od roku 2009 klesají, ale jak je vidět v tab. 3 největší podíl na vzniku CO<sub>2</sub> má individuální automobilová doprava.

Tab. 3: Produkce CO<sub>2</sub> jednotlivými druhy dopravy [12]

IAD	55%
Silniční veřejná	10%
Silniční nákladní	26%
Železniční - motorová trakce	1,6%
Vodní	0,07%
Letecká	7,6%

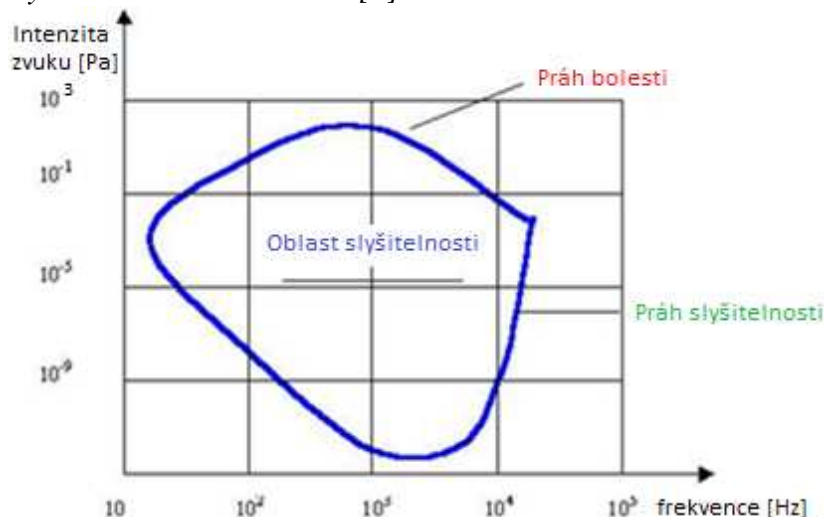
IAD - individuální automobilová doprava

Proto je vyvíjen tlak na používání pohonných hmot, které méně zatěžují životní prostředí, úsporných motorů používajících katalyzátory, filtry pevných částic a jiné součásti snižující produkci emisí. Z toho vyplývá, že spalovací motory s lepšími emisními hodnotami, jsou upřednostňované z hlediska ekologického například, výběrem nižšího mýtného.

### 1.3.3 Hluk

Hlukem rozumíme každý zvuk, který svou intenzitou nepříznivě ovlivňuje pohodu člověka nežádoucími, nepříjemnými nebo škodlivými účinky. Základem zvuku je mechanické kmitání v pružném prostředí, nejčastěji vzduchu v rozsahu 20 až 20000 kmitání za minutu. Tento počet kmitů za jednotku času udává frekvenci zvuku, pro kterou platí jednotka Hertz (Hz). Rozsah slyšitelnosti lidského ucha je stejný, ale zvuk musí překročit, alespoň minimální hranici intenzity zvuku, aby byl slyšitelný. Když je zvuk slyšitelný lidským uchem, tak ho nazýváme infrazvuk, pokud není slyšitelný lidským uchem, jedná se o ultrazvuk. Vysoké překročení intenzity akustického tlaku se uvádí od 10<sup>2</sup> Pa, vede k pocitu bolesti a může dojít k absolutní hluchotě viz. obr. 2. Hodnota akustického tlaku je veličina vztažená k barometrickému tlaku a udává se také v Pascalech (Pa). Jeho hodnota je, ale mnohonásobně menší než u atmosférického tlaku.

Obr. 2: Oblast slyšitelnosti lidského ucha. [6]



Udávání akustického tlaku v Pa je nepřesné a vede k nepřehledným výrazům, proto byla za pomoci logaritmické stupnice definována jednotka dB (decibel). Decibelová stupnice začíná hodnotou akustického tlaku 20 Pa, čemuž odpovídá 0 dB. Zvýšení akustického tlaku o jeden desetinásobek, odpovídá zvýšení hladiny hluku o 20 dB. Potom je hodnota akustického

tlaku v dB definovaná vztahem [18]: 
$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0}$$

kde:  $L_p$  (dB) hladina hluku,  $p$  (Pa) je hodnota okamžitého akustického tlaku a  $p_0$  (Pa) je mezní akustický tlak.

Obtížné je stanovit míru hluku, škodlivou na lidské zdraví při dlouhodobém působení. Dále určení nákladů na léčbu postihnutých osob nadměrným hlukem. V dopravě se k eliminaci nepříznivých vlivů dopravy budují obchvaty měst, protihlukové bariéry a vyvíjí méně hlučné motory.

#### **1.3.4 Kongesce**

Kongesce, nebo přesněji dopravní kongesce nastává pokud je kapacita dopravní infrastruktury nedostačující objemu dopravy. Z toho plyne, že je závislá na náhlém zvýšení objemu dopravy, nebo snížení kapacity dopravní infrastruktury. Vlivem mimořádných událostí, jako je třeba konání nějaké větší společenské akce dochází k vygenerování nové dopravy, následkem čehož dochází ke kongesci. Snížení kapacity dopravní infrastruktury, bývá zapříčiněno prací na silnici, dopravními nehodami, špatnou činností dopravního světelného signalizačního zařízení anebo uzavřením některých úseků cest.

Podle způsobu účinku můžeme kongesci rozdělit na dva typy:

##### **a) Úzkoprofilovou**

Jedná se o kongesci, která nastává především v městských oblastech a je způsobena účinky tzv. úzkého profilu. Tento jev můžeme pozorovat například na silničních křižovatkách, kde jsou ujeté kilometry zanedbatelné.

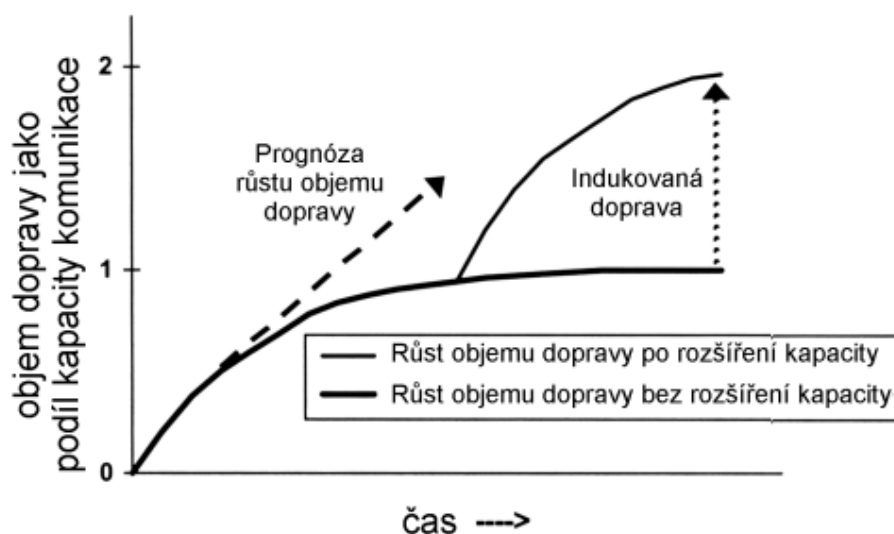
##### **b) Proudovou**

Tento typ kongesce se vyjadřuje diagramem rychlosti a dopravního proudu většinou na makro úrovni, v mikro úrovni se vyjadřuje simulačními modely. Rychlost vozidla bývá ovlivněna a zároveň závislá na ostatních vozidlech.



Náklady nebo škody plynoucí z kongesce jsou časové ztráty, nerovnoměrnost dopravy, snížení spolehlivosti dopravy, větší spotřeba paliva a tím zvýšené množství emisí a dopadu na životní prostředí. Kongesce se řeší několika způsoby, mezi které patří zvyšování kapacity komunikací, stavba nových komunikací, zefektivnění dopravní světelné signalizace, regulace provozu a zákaz vjezdu do určitých částí města. Problém kongesce je hlavně ve velkých aglomeracích, kde budování nové infrastruktury tvoří novou dopravu a následně nové dopravní kongesce. Tento jev nazýváme jako tzv. dopravní indukci a je zřejmý z obr. 3.

Obr. 3: Graf dopravní indukce [13]



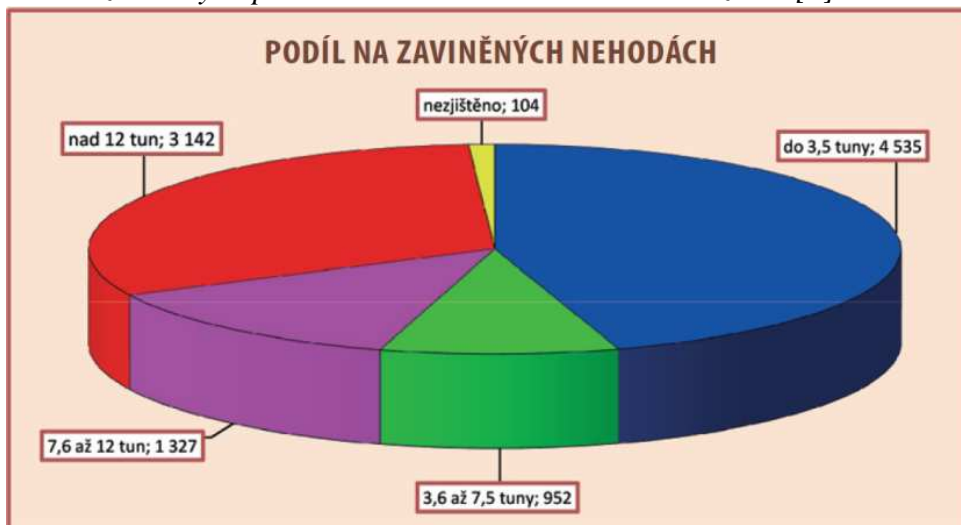
### 1.3.5 Nehodovost

Základním nákladem a zároveň problémem je stanovení ceny lidského života, která se ve světě může do značné míry lišit politickou situací, životní úrovní a náboženským přesvědčením. Oficiální ohodnocení ztráty života v zemích EU se pohybuje od více než 1,4 mil EUR (Finsko) až pod 0,1 mil EUR (Španělsko, Nizozemí, Portugalsko). [3]

V silničním dopravním procesu se objevují jak osobní a nákladní automobily, tak také motocykly a další účastníci dopravního provozu, kteří jsou dále definováni v zákoně o provozu na pozemních komunikacích č. 361/2000 Sb. Proto se podíl na zaviněných nehodách rozděluje dle hmotnosti jednotlivých dopravních prostředků. Jak je patrné z obr. 4 největší podíl na nehodách mají osobní automobily do hmotnosti 3,5 t, ale při sečtení ostatních účastníků, kteří představují většinou nákladní dopravu s výjimkou autobusů, je nákladní doprava horší než osobní doprava. Vývoj počtu nehod v jednotlivých letech na pozemních komunikacích je vidět v příloze č. 6. Ze které je zřejmé, že počet nehod výrazně klesl mezi

roky 2008 a 2009, poté už se jen mírně zvyšuje. Počet usmrcených osob dlouhodobě klesal až do roku 2014, kde počet mrtvých opět mírně vzrostl na 629 viz. příloha č.7.

Obr. 4: Podíl na zaviněných dopravních nehodách dle hmotnosti vozidel. [7]



Závažnost nehod a jejich řešení je uvedeno v závazném pokynu policejního prezidenta č.106/2009 Sb. dělení a způsoby zpracování dopravních nehod. [8]

Dělení podle tohoto pokynu je následující:

- a) *Malé dopravní nehody*
- b) *Dopravní nehody*
- c) *Škodní události*

#### **Malé dopravní nehody**

Malá dopravní nehoda je nehoda, ke které nedojde k usmrcení osob, případně délka léčení účastníků nehody nepřekročí 24 hodin od události. Dále se u účastníků nesmí být potvrzeno požití alkoholu, nebo návykových látek. Událost je zaprotokolována v protokole „ Záznam o malé dopravní nehodě „. Může se řešit blokovou pokutou za předpokladu, že viník bude souhlasit s uhrazením blokové pokuty.

#### **Dopravní nehody**

Podle ustanovení § 47 odst. 1 zákona č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů se dopravní nehodou rozumí událost v silničním provozu na pozemních komunikacích jako je srážka, havárie, při které dojde k usmrcení osob a hmotné škodě na majetku.

## Škodní události

Škodní událostí se rozumí poškození určité části dopravního prostředku v souvislosti nepředpokládaných událostí v silničním provozu. Patří sem stět se zvířeti, které řidič ve většině událostí nezaviní. Taková událost se řeší sepsáním protokolu „Záznam o dopravní nehodě zaviněné zvířeti, a „Záznam o poškození čelního skla automobilu (případně předního světlometu)“. [9] Nutnou podmínkou pro sepsání těchto záznamů je nepožití alkoholu před jízdou a dále nesmí dojít k usmrcení osob ani zvířete. Pokud nejsou splněny tyto podmínky řeší se nehoda na protokol „Dopravní nehoda v silničním provozu,.. [8]

### 1.3.6 Zábory půdy

Půda je od pradávna hojně využívaná k pěstování plodin, rekreaci, ale také ke stavbě například obydlí, silnic a jiným činnostem. Lidskou činností se půda nenávratně ničí jako například zastavením zemědělské půdy obytnou zónou, nákupním střediskem a stavbou nové dopravní infrastruktury. Někde půda ztrácí svojí zemědělskou produktivitu, přitom ekologický význam byl zachován, jako jsou například golfové hřiště nebo dostihové dráhy. V minulosti největší zábor půdy vyvíjel těžební průmysl. [10] Dnes, vlivem stále se ještě zvyšující poptávky po dopravě, je významným činitelem právě pozemní doprava.

Do záboru půdy vlivem dopravní infrastruktury se počítá nejen znehodnocení zemědělské půdy, ale i zhoršení vzhledu krajiny, znečištění spodních vod, znemožnění migrace živočichů, bránění pěší chůzi v případě dálnic a jiné. Dále sem patří i výstavba přidružených staveb k dopravě, mezi které řadíme parkoviště, odpočívadla pro kamiony, depa pro veřejnou dopravu, apod.

V ČR klesá podíl zemědělské půdy z celkové rozlohy státu nejrychleji ve srovnání se sousedními zeměmi. V roce 2013 klesla rozloha zemědělské půdy v ČR o cca 7350 ha za rok, ve prospěch staveb, ale částečně i lesních pozemků, viz. příloha č. 1 vývoj orné půdy v ČR. Dlouhodobě výrazně ubývá orné půdy, denně se jedná vlivem zástavby přibližně o 7,5 ha za den. Z toho bylo zabráno dopravní infrastrukturou za rok 2013 cca 130 ha, což je méně, než mezi lety 2005-2007, kde se jednalo o zábor cca 250 ha za rok.

### **1.3.7 Mechanické vlivy**

Se zvýšenou hladinou hluku v dané oblasti vlivem dopravy souvisí i fakt, že vytváří otřesy a chvění stavebních konstrukcí. Tyto otřesy jsou vyvolané dynamickým zatížením z dopravy způsobené především provozem. Na první pohled se může zdát, že poplatníkem nákladů na odstranění škod je sám dopravní subjekt. Dopravce jako právnická osoba platí silniční mýto, silniční daň a fyzická osoba platí dálniční známky za využívání infrastruktury, případně na její opravu a údržbu.

Externalitou v tomto případě je míněno poškození objektů nebo přímo podloží v přilehlých oblastech okolo dopravy. Externí náklady potom představují náklady spojené se stavební činností na odstranění poruch vlivem dopravy. Další externí náklady, mohou být spojené s nižší cenou nemovitostí, při prodeji nemovitosti, což může způsobit finanční ztrátu majiteli objektu. Takové výdaje nehradí původce poškození nýbrž vlastník případně uživatel objektu či pozemku. Největší externí náklady v silničním provozu na škody způsobené mechanickými vlivy má právě těžká nákladní doprava.

## **2. Kvantifikace externalit**

V této kapitole budou popsány a analyzovány metody, pro jednotlivé negativní externality. Dále bude u jednotlivých externalit přiblížen jejich původ vzniku, charakteristika, mezní limity, případně jejich měrné jednotky a vysvětleny některé postupy pro jejich vyčíslení na okolní prostředí.

### **2.1 Kvantifikace**

Kvantifikací rozumíme určení množství nebo dopadu externalit, v našem případě negativních externalit. Každou externalitu, obzvláště negativní je třeba zhodnotit, dle jejího dopadu na dotčené subjekty. Tyto dopady mohou být finanční, ekologické, společenské a jiné. Je třeba změřit její hodnotu v porovnání s okolními dotčenými místy. To vše proto, aby bylo možné efektivně rozdělit finanční prostředky, podle koncentrace a vlivu na okolí a tím internalizovat vliv na dotčené subjekty. Každá externalita je jiná a má různou úroveň působení na okolní prostředí a proto je nutné kvantifikovat každý jev zvlášť.

## 2.2 Emise

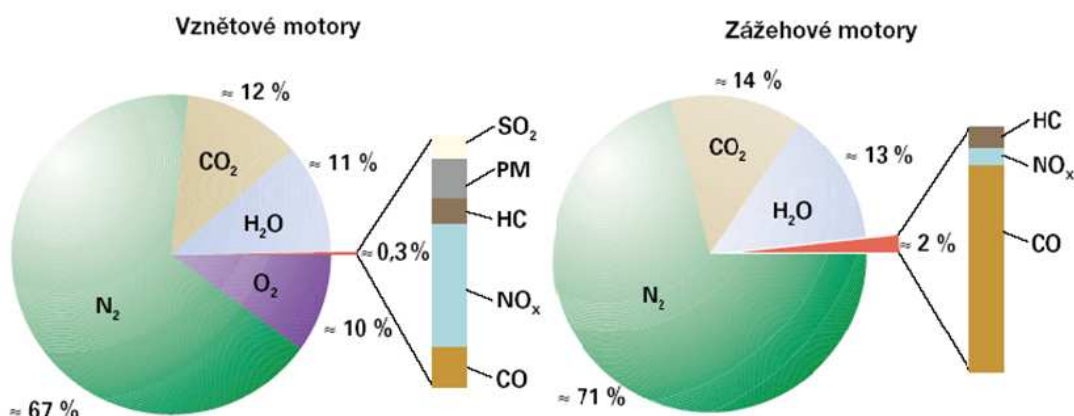
Emisemi se rozumí vypouštění látek znečišťující ovzduší, které mají nejvyšší koncentraci u zdroje. V dopravě se jedná o výfukové plyny ze spalovacích motorů jednotlivých dopravních prostředků. Analýza obsahu spalin je významnou součástí experimentální etapy výzkumu, vývoje a provozního sledování vlastností spalovacích motorů. [5] Každé vozidlo uváděné do provozu, nebo do sériové výroby musí projít schvalovacím procesem a vyhovět emisním normám, které jsou kontrolovány i v době provozu do konce své životnosti, nebo vyřazení vozidla. V nákladní dopravě, ale i v osobní dopravě je převážně používáno vznětových motorů, díky své větší tepelné účinnosti. Poptávka po motorové naftě stále roste oproti automobilovému benzínu viz. příloha č. 2 a proto dále bude uvedena kvantifikace jen vznětových motorů.

### 2.2.1 Složení výfukových plynů spalovacího motoru

Při spalovacím procesu v motoru se spaluje směs uhlovodíkového paliva se vzduchem, při kterém vznikají výfukové plyny viz. obr. 5. Při spalování s dokonalou oxidací, vzniká oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ) a voda ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Při nedokonalé oxidaci vzniká oxid uhelnatý ( $\text{CO}$ ) a vodík ( $\text{H}_2$ ). [13] Pokud je kyslík v hoření v přebytku, což u vznětových motorů tomu tak je, objeví se i v konečném důsledku ve výfukových plynech. Dusík ( $\text{N}$ ) je nejvýznamnější složkou spalin při použití kyslíku ze vzduchu jako okysličovačla. Za vysokých teplot ve spalovacím prostoru vznikají oxidy dusíku ( $\text{NO}_x$ ), které se skládají z oxidu dusnatého ( $\text{NO}$ ) a malého množství oxidu dusičitého ( $\text{NO}_2$ ).

Při nepříznivých podmínkách oxidace paliva obsahují výfukové plyny také nespálené uhlovodíky ( $\text{HC}$ ), které vznikají z nasycených uhlovodíků při nedokonalé oxidaci. Největším problémem u vznětových motorů a nyní i u zážehových motorů s přímým vstřikem paliva jsou pevné částice ( $\text{PM}$ ), které vznikají za úplného nepřístupu vzduchu. Ve výfukových plynech se objevují i další pevné částice jako jsou vysokomolekulové produkty tepelné degradace mazacího oleje, prach, popel, částičky rzi a další. Používáním paliva s omezeným nebo úplně vyloučeným množstvím síry klesla i produkce oxidu siřičitého ( $\text{SO}_2$ ) ve výfukových plynech. Síra ale představovala mazací schopnost paliva a proto ji bylo třeba nahradit, dnes se přimíchávají různá aditiva. V současné době se do motorové nafty přimíchávají i tzv. biosložky, jako je například methylester řepkového oleje ( $\text{ME}\ddot{\text{R}}\text{O}$ ).

Obr. 5: Složení výfukových plynů vznětového a zážehového motoru. [13]

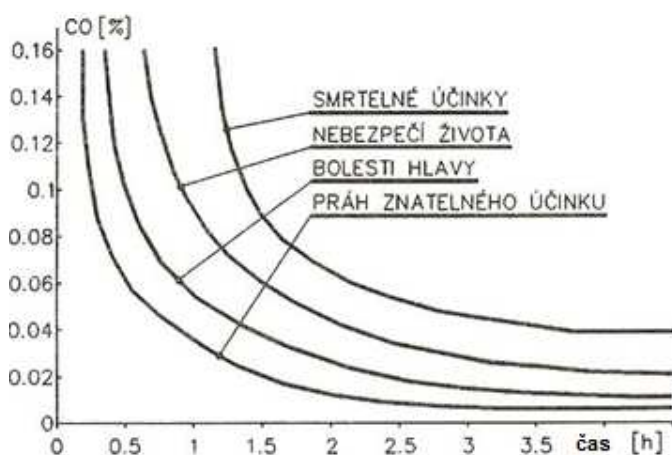


## 2.2.2 Charakteristika složek spalin

Jednotlivé složky spalin mají různou většinou nežádoucí účinky na životní prostředí a zdraví člověka. Jako nejméně škodlivé na lidský organismus se jeví oxid uhličitý, který je výsledkem dokonalé oxidace. Zároveň ale patří mezi tzv. skleníkové plyny, které ovlivňují zemskou atmosféru, vytvářením radiační clony omezující sdílení tepla sáláním. Tím jsou ovlivňovány klimatické poměry, které vedou ke zvyšování teploty projevujícím se například táním ledovců. Oxid uhličitý je bezbarvý, bez výraznějšího zápachu a škodlivě působí na lidský organismus, až když začne vytěšňovat kyslík z ovzduší, následkem čeho, by mohlo dojít k dušení.

Při nedokonalém spalování paliva vzniká oxid uhelnatý, který je bezbarvý a bez zápachu. V zemské atmosféře se CO rychle váže na kyslík, čímž vznikne CO<sub>2</sub>, který není pro člověka nebezpečný, ale v uzavřených prostorech se stává CO jedovatým plynem, protože oxid uhelnatý se váže na krevní barvivo daleko lépe než kyslík a vzniká karboxyl hemoglobin, který blokuje přísun kyslíku a tím jsou poškozovány jednotlivé buňky a orgány viz. obr. 6.

Obr. 6: Účinek oxidu uhelnatého na lidský organismus. [5]



Další složkou je oxid dusnatý (NO), který má na lidský organismus takřka nulový vliv. Při větší míře v atmosféře dochází k oxidaci NO na oxid dusičitý (NO<sub>2</sub>), který je daleko nebezpečnější. Živý organismus na vdechování vzduchu s obsahem NO<sub>2</sub> reaguje uzavíráním přístupu vzduchu do plic. To má za následek pocit dušení a nutkání kašlat, které může nastat i při nízkých koncentracích ve vzduchu nebo při krátkých expozičních dobách. Kromě vlivu na živé organismy, má vliv také na stavby v podobě chemického napadání stavebních materiálů. Velký vliv má pak, stejně jako oxid uhličitý, na životní prostředí v podobě fotochemického letního smogu. Letní smog, který je označován jako tzv. smog Los Angeles, je velmi agresivní a dráždivý na sliznice, oči a dýchací cesty.

V důsledku přímé ztráty paliva vlivem zkratového vyplachování se objevují ve spalínách nespálené uhlovodíky, které nemají zásadní vliv na zdraví. Jejich koncentrace v ovzduší je určena podle čichového prahu a ne podle toxických vlastností, jak bývá zvykem. Zvýšené riziko přinášejí nenasycené aldehydy, jako je například akrolein a obecně vyšší aldehydy. Z aldehydů je za karcinogenní a mutagenní považován formaldehyd.

Nejnebezpečnější jsou polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH), které jsou považovány za rakovinotvorné. Stejně jako oxidy dusíku, tak i uhlovodíky, zejména ketony a aldehydy přispívají k letnímu fotochemickému smogu. Pevné částice emitované převážně ze vznětových motorů a v současné době i z moderních zážehových motorů s přímým vstřikováním, nejsou samostatně toxické. Obsahují pevný uhlík ve formě sazí, proto jsou považovány za pevné částice. Na zmíněné částice uhlíku se vážou například polycyklické aromáty s vysokou zdravotní závadností. Vliv na životní prostředí mají vlivem vytvářením tzv. zimního smogu, typického pro stav teplotní inverze.

### **2.2.3 Měření produkce emisí**

Měření emisí je důležitý bod ke klasifikaci jednotlivých motorů a následné analýze vedoucí k redukci škodlivých spalin ze spalovacích motorů. První potřeba měření a následná redukce emisí se objevila roku 1968 v USA ve státě California. V dnešní době už existuje mnoho emisních testů, které se liší pro různé země, jiné jsou například pro USA, Japonsko a EU. Tato měření můžeme rozdělit do dvou skupin a to na homologační testy a emisní kontroly.

Homologační testy se provádí při schvalování nových vozidel nebo poprvé uváděných do provozu. Emisní kontroly slouží ke kontrole vytváření emisí v provozu, vždy za určité období. Většinou se provádí současně s technickou kontrolou, která zjišťuje technický stav vozidla pro provoz na pozemních komunikacích. Obě skupiny se liší jak svojí legislativou a metodikou měření, tak i úrovní emisních limitů. Emisní limity se liší i podle druhu vozidla, v ČR je to rozdělení podle celkové hmotnosti vozidel do 3,5 tuny a nad 3,5 tuny. Každé vozidlo uváděné do provozu musí v ČR splňovat emisní předpisy Evropské hospodářské komise (EHK). Tento předpis, přesněji EHK 83 limituje množství emisí jako jsou CO, HC, NO<sub>x</sub> a pevné částice (PM). Byl často změněn z důvodu zpřísnění limitů emisí, dnes známé pod názvem EURO třídy viz. tab. 4.

Tab. 4: EU standardní limity emisí ( $g \cdot kWh^{-1}$ ) pro vozidla nad 3,5t [13]

předpis	Nox	CO	HC	PM	Test
Euro 1 (1992) všechna vozidla	8,00	4,50	1,10 (THC)	0,35	ECE R49 (13 mode cycle)
Euro 2 (1996) všechna vozidla	7,0	4,0	1,10 (THC)	0,15	ECE R49
Euro 3 (2000) Conventional engines	5,0	2,1	0,66 (THC)	0,10	ESC
Euro 3 (2000.10) Advanced engines	5,0	5,45	0,78 (NMHC) 1,6 (CH4)	0,16	ETC
Euro 4 (2005.10)	3,5	1,5	0,46 (THC)	0,02	ESC
	3,5	4,0	0,55 (NMHC) 1,1 (CH4)	0,03	ETC
Euro 5 (2008.10)	2,0	1,5	0,46 (THC)	0,02	ESC
	2,0	4,0	0,55 (NMHC) 1,1 (CH4)	0,03	ETC
Euro 6 (2013.01)	0,40	1,5	0,13 (THC)	0,01	ESC
	0,40	4,0	0,16 (NMHC) 0,5 (CH4)	0,01	ETC

ESC = European stationary cycle; ETC = European transient cycle; ECE = Economic Commission of Europe  
 HC: - THC = Total hydrocarbons; -NMHC = Non Methane Hydrocarbons; CH4 = Methane

### **Homologace vozidel nad 3,5t v ČR**

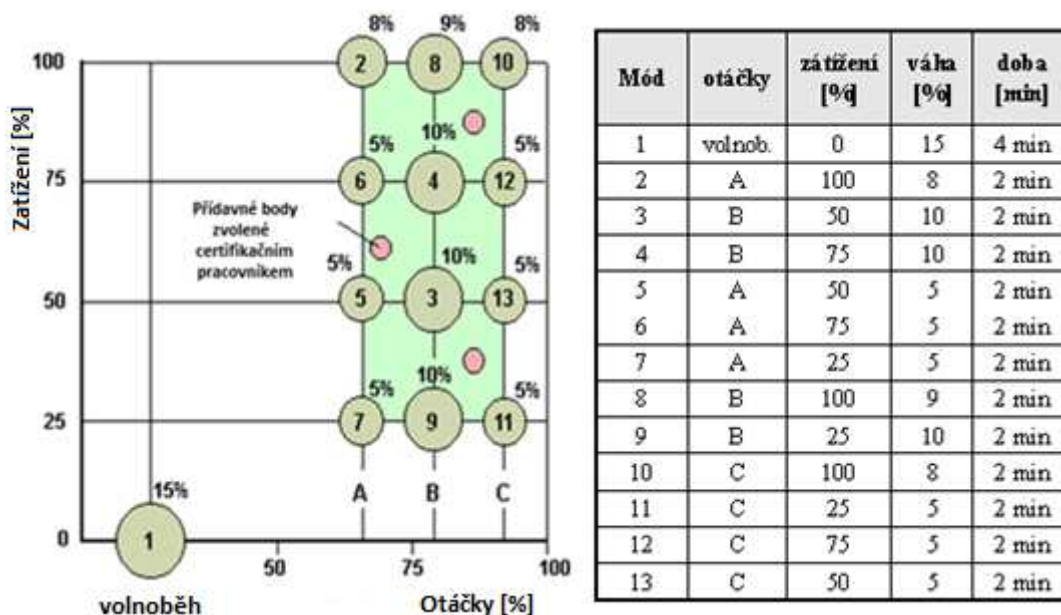
Pro homologaci vozidel o hmotnosti nad 3,5t se používají testy ESC (European Stationary Cycle), ETC (European Transient Cycle), a navíc pro vznětové motory také ELR (European Load Response), které se zavádí z důvodu kouřivosti vznětových motorů.

Test ESC se provádí na zkušebním stanovišti, při předepsaných otáčkách a zatížení motoru pro EURO 3 a 4. Kombinace otáček a zatížení dávají dohromady tzv. 13 bodový test. Každému režimu je přidělena vážená hodnota, která se projeví při výpočtu měrných emisí. Průběh měření, je vidět na obr č. 7, kde A, B, C jsou určované otáčky. Jednotlivé otáčky A, B,



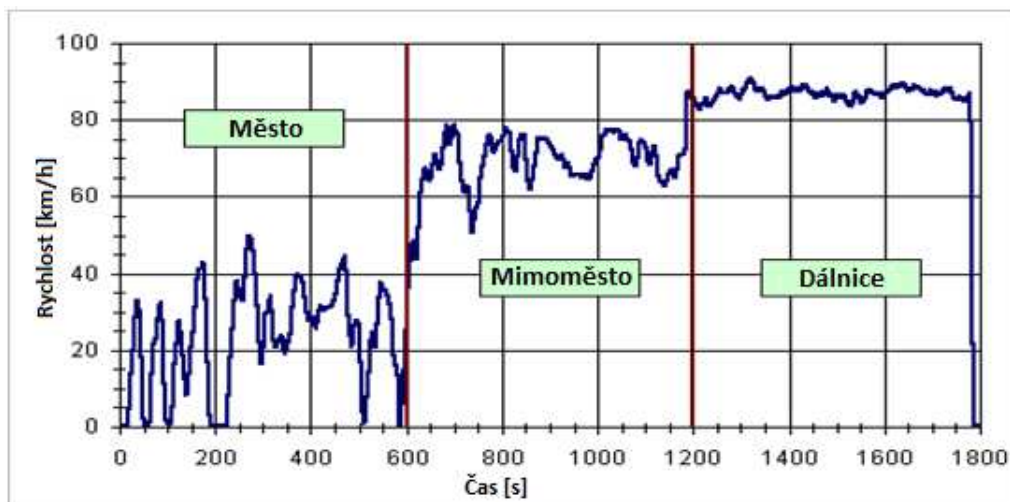
C se sestaví z empirických vzorců, kde se vychází z otáček při 100%, 70%, 50% a 25% výkon motoru. Test má vysoké součinitele zatížení a vysoké teploty výfukových plynů.

Obr. 7: Průběh a parametry testu ESC. [13]



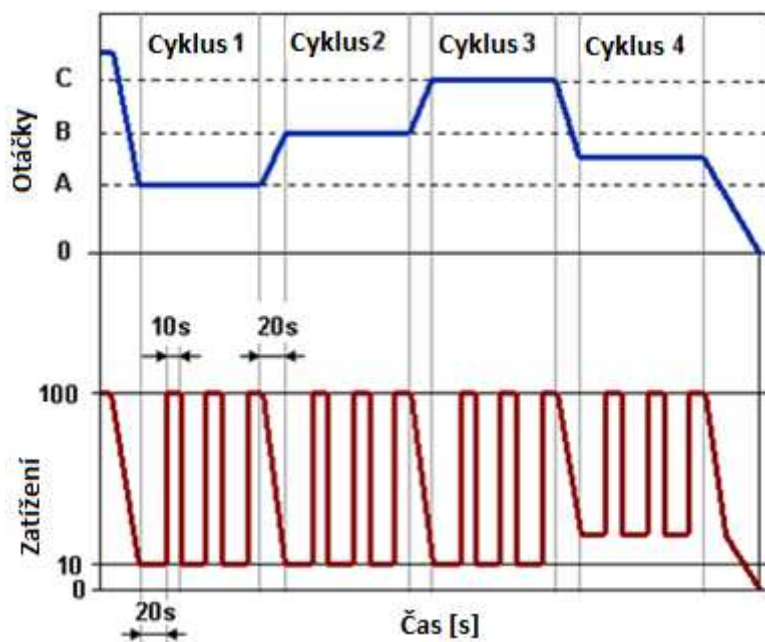
Test ETC se provádí na zkušebním stanovišti nebo na válcovém dynamometru. Průběh testu by měl kopírovat stav ve skutečném silničním provozu. Měření je rozděleno do tří cyklů na městský, mimoměstský a dálniční. Při městském okruhu se dosáhne nejvyšší rychlosti 50 km/h s častými starty a zastaveními doprovázeno volnoběhem. Okruh mimo město se projíždí průměrnou rychlostí okolo 72 km/h, kde začátku předchází prudká akcelerace. Dálniční cyklus se projíždí průměrnou rychlostí 88km/h. Celé měření trvá 1800s, každý okruh pak 600s. Průběh jízdního cyklu ETC na válcovém dynamometru, v závislosti na rychlosti vozidla a čase je vidět na obrázku č.8.

Obr. 8: Průběh testu ETC. [13]



Test ELR u kterého se zjišťuje kouřivost se provádí výhradně u vznětových motorů nákladních automobilů. Skládá se celkem ze čtyř zátěžových otáčkových modelů, kde 1-3 jsou určeny stejně jako u testu ESC. Čtvrtý zátěžový model je volitelný v rozmezí otáček A až C, při dolním zatížení mezi 10% a 100%. Vyhodnocení se provádí ve třech bodech. V prvním bodě se zjišťuje průměrnou hodnotu kouřivosti v každé sekundě testu. Ve druhém bodě se určuje nejvyšší hodnota kouřivosti pro každý ze tří zátěžových cyklů. Třetím bodem je stanovit průměrnou kouřivost u každého ze tří cyklů. Konečná kouřivost se vypočítá jako vážený průměr kouřivosti z cyklů, přičemž jednotlivé cykly mají svojí váženou hodnotu. Pro jednotlivé cykly jsou vážené hodnoty následující pro A = 0,43; B = 0,56 ;C = 0,01. Průběh testu se všemi čtyřmi cykly je znázorněn na obr. 9.

Obr. 9: Průběh testu ELR. [13]



### ***Emisní kontroly vozidel v ČR***

Emisní kontroly jsou prováděné pravidelně , aby se po celou dobu životnosti vozidla zajistilo udržení škodlivých emisí na předepsané úrovni. Tato povinnost vyplývá ze zákona č.56/2001 Sb. a rozsah a způsob provedení je dán vyhláškou Ministerstva dopravy č. 302/2001 Sb. o technických prohlídkách a měření emisí vozidel. Provádí se mnoho testů, které mají za úkol ohodnotit množství emisí, při měření v podmínkách blízkých skutečnému provozu. Většina evropských testů bylo převzato z USA. Hodnoty emisí se poté udávají v závislosti na dráze v jednotkách  $g \cdot km^{-1}$  nebo výkonu  $g \cdot kWh^{-1}$ . Jednotlivé zkoušky můžeme rozdělit dle zatížení motoru na nezatížené režimy a akcelerační režimy, dále dle způsobu

měření na dálkové snímání emisí, testy výparných emisí, palubní diagnostikou a měření na válcovém dynamometru. Měření koncentrace emisí ve volnoběžných otáčkách a při mírně zvýšených, se označuje jako měření v nezatíženém stavu (fast idle test). Toto měření může probíhat i s lambda testem (fast idle teste with lambda test), v obou případech je výstup v % nebo ppm.

Pro měření v zatíženém stavu tzv. akceleračním rozlišujeme zkoušení pouze motoru nebo celého vozidla. Množství emisí při zkoušení pouze motoru při volné akceleraci zjišťují testy Incoll a Autonat. Pro vznětové motory je zapotřebí měřit i kouřivost, dle testu EHK 24 pro osobní automobily nebo ELR, výsledná hodnota se zde udává v  $\text{m}^{-1}$ . Při tzv. neustálených režimech zatížení jsou na válcovém dynamometru simulovány stavy jízdních režimů (modem IM long cycles) a zjišťuje se množství emisí v jednotkách g/km. U testu výparných emisí (EVAP) se kontroluje těsnost palivové soustavy a uzávěru nádrže, dále také nádobka s aktivním uhlím, která zajišťuje navrácení výparů zpět do palivové nádrže. Palubní diagnostika (EOBD) je nejjednodušší způsob získávání informací o systému senzorů pro řízení emisí jako je například lambda regulace. Zjišťuje se pomocí diagnostického systému připojenému do diagnostické zásuvky, která musí být přístupná z místa řidiče.

### **2.2.5 Stanovení emise částic ze vznětových motorů**

Obzvláště u vznětových motorů můžeme pozorovat vlastnost emisí, která se nazývá kouřivost. Kouřivost můžeme pozorovat lidským okem, bez použití speciálních přístrojů a díky tomu, se začala téměř okamžitě vyhodnocovat s jejím výskytem. První metoda, která se objevila je metoda filtrační. Spočívá v zachycení částic kouře na filtračním papírku, které se vyhodnocují mírou zčernání papírku. Přístroj k tomuto měření se pak nazývá kouřoměr. Další měření je velice podobné a spočívá na pohltivosti světla sloupcem výfukových plynů na filtračním papírku. Měřená veličina se nazývá opacita a přístroj k měření opacimetr. Nevýhoda filtrační metody a opacimetrie je v nemožném vyhodnocení dle výkonových parametrů motoru a z toho vyplývá složitější převod do běžných jednotek, jako jsou  $\text{g}\cdot\text{kwh}^{-1}$ . Limitní hodnoty jsou stanoveny vyhláškou Ministerstva dopravy č. 302/2001 Sb. viz. tab. 5.

Tab. 5 Limitní hodnoty kouřivosti. [13]

Typ vozidel	uvedených do provozu	Limit [ $\text{m}^{-1}$ ]
Automobily	před rokem 1980	4
Automobily	po roce 1980	2,5 + 0,5
Traktory	po roce 1980	3,5 + 0,5
Vozidla	po roce 1999	štítkový údaj + 0,5

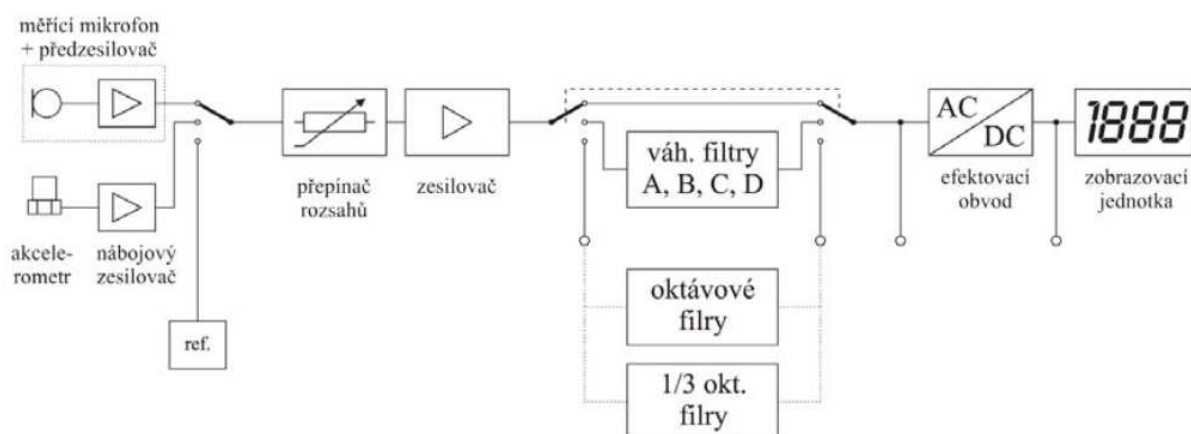
## 2.3 Hluk

Jak již bylo řečeno v kap. 2.3.3 hluk je jev, který má rušivý a nežádoucí vliv na člověka a celé jeho okolí. Z tohoto důvodu je žádoucí jeho měření a následná regulace, hlavně v oblasti městských aglomerací. Se zvýšenou dopravou se zvyšuje hodnota akustického tlaku, kterou můžeme pozorovat v blízkosti dopravních magistrál, velkých křižovatek a pod. viz. příloha č. 3.

Vozidlo při své jízdě vytváří hluk, který je způsoben hlučností motoru, aerodynamikou vozidla a odvalováním pneumatik po vozovce. Samotná hladina akustického tlaku vyvolaná jednotlivými dopravními prostředky, závisí na mnoha vlivech, jako jsou výkon motoru, rychlost vozidla, technický stav vozidla, kvalita infrastruktury, hlučnost pneumatik, úroveň zástavby kolem silnic, hmotnost vozidla, povětrnostních podmínkách a dalších.

Hluk ze strojů můžeme rozdělit dle jeho působení na hluk působící uvnitř vozu nebo vně vozu a jeho limitní hodnoty jsou dány předpisem. Měření vnějšího hluku silničních vozidel udává norma ČSN 30 0512 a předpisy EHK OSN - R9Y, vnitřní hluk udává norma ČSN 30 0513. Přístroj pro měření hluku se nazývá zvukoměr, který má obvykle decibelovou stupnici a jednotku 1 dB. Zvukoměr se skládá z mikrofону, který převádí zvuk, který je tvořen mechanickým kmitáním vzduchu na zpracovatelný elektrický signál. Tento signál má ale velmi malé amplitudy na další zpracování, proto je nutné, aby prošel zesilovačem. Za zesilovačem jsou váhové filtry nebo oktávové a třetino-oktávové propusti. Poté je signál opět zesílen, aby měl amplitudu zpracovatelnou detektorem, na jehož výstupu je konečný měřicí přístroj s decibelovou stupnicí. Celé schéma zvukoměru je patrné z obr. 10.

Obr. 10: Blokové schéma zvukoměru. [17]

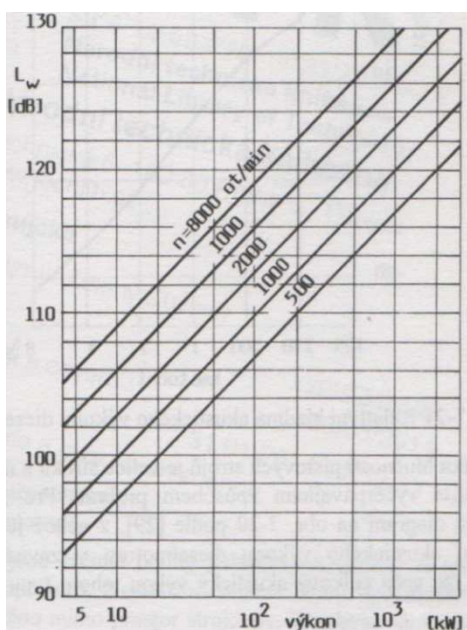


### 2.3.1. Měření hluku spalovacích motorů

Hluk spalovacích pístových motorů se vytváří přerušovaným sáním a následným vytlačným procesem. Díky nerovnoměrnému proudění vzduchu v sacích kanálech dochází k jedné z příčin zvýšené hlučnosti. Jako další příčinu zvýšeného akustického tlaku, můžeme označit vibrace různých povrchů stroje. Pokud by tyto stroje nebyly vybaveny tlumiči sání a výtlačky mohly by ve svém okolí působit hladinu akustického tlaku až 120 dB. [18]

Na obr. 11 je uveden graf, ze kterého lze odečíst hladinu akustického tlaku staršího vzduchem chlazeného dieselového motoru v závislosti na výkonu motoru. U vodou chlazených motorů je předpoklad nižší hlučnosti asi o 3 dB. [16]

Obr. 11: Celková hladina akustického výkonu vzduchem chlazených naftových motorů. [16].



Početně lze tuto závislost vyjádřit dle vztahu: [18]

$$L_w = 61,3 + 10 \log W + 10 \log n$$

kde: W - výkon motoru [kW]

n- otáčky motoru [ot/min]

$L_w$ - hladina akustického tlaku [dB]

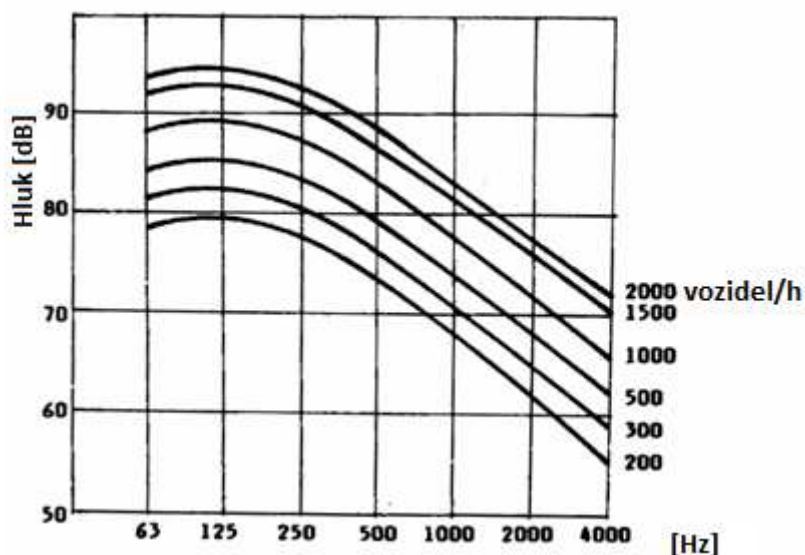
Vnější hluk jednotlivých motorových vozidel se měří při silničních zkouškách na relativně tichém otevřeném prostranství nejlépe s betonovým nebo asfaltovým povrchem . Nutnou podmínkou pro správné měření je i intenzita hluku větru, který musí být menší o 10 dB než předpokládaná hodnota měřeného hluku. Ideální podmínky pro měření jsou za příznivého počasí a mírného větru. Je nutné brát v úvahu, že hluk ze samotných vozidel není ani zdaleka tak vysoký, jako z dopravního proudu vozidel. V tab. 6 jsou uvedeny hodnoty hladiny akustického tlaku jednotlivých druhů silničních vozidel měřené ze vzdálenosti 7,5m.

Tab. 6: Hladiny akustického tlaku od silničních vozidel. [18]

vozidlo	dB(A)
osobní automobil	79,0
autobus	84,0
nákladní automobil s malým výkonem	85,5
nákladní automobil s velkým výkonem	91,0

Proto akustická hladina tlaku závisí především na intenzitě dopravy a skladbě dopravního proudu. Na obr. 12 je znázorněno spektrum hluku dopravního proudu, který je tvořen 60% nákladními vozidly a z 40% osobních automobilů při rychlosti 40 km/h.

Obr. 12: Spektrum dopravního hluku. [18]



Hluk z dopravního proudu není nepřetržitý, ani stejné intenzity a proto se musí upravit na ekvivalentní hodnotu časově nepravidelného dopravního hluku.

Dle mezinárodních konvencí podle vztahu: [18] 
$$L_{ekv} = \frac{q}{0,3} \log \left( \frac{1}{100} t_i \cdot 10^{\frac{0,3 \cdot L_i}{q}} \right)$$

kde:  $L_{ekv}$  - ekvivalentní hladina akustického tlaku časově nepravidelného dopravního hluku [dB]

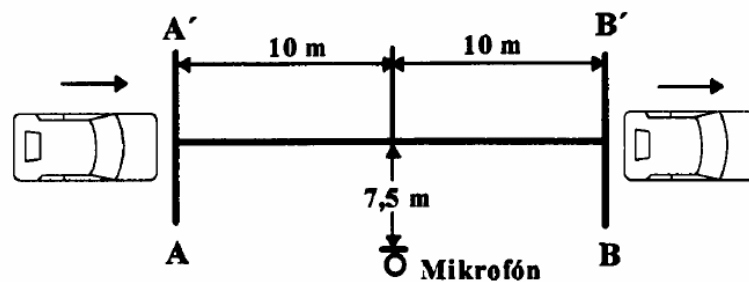
$L_i$  - hladina akustického tlaku v intervalu  $i$  [dB]

$t_i$  - doba trvání intervalu  $i$  [min]

$q$  - zvětšení hladiny zvuku, u dopravního proudu  $q = 3\text{dB}$

Hladina akustického tlaku dopravního proudu se měří v EU podle normy ISO 362. Hluk se měří mikrofonom, který je vzdálený 7,5 m od osy dopravního proudu a umístěn na stativu ve výšce 1,2 m nad povrchem vozovky. Měření probíhá při průjezdu automobilů za sebou mezi kterými je měřicí pole o délce 20m, vše je patrné z obr. 13.

Obr. 13: Schéma měření hluku silničních motorových vozidel. [20]



Rychlost vozidla rovněž negativně zvyšuje hladinu akustického tlaku. Toto měření se provádí obdobně jako u dopravního proudu, rozdíl je jen v rozlišování druhu vozidel na osobní a nákladní. Z obr. 14 je patrná závislostí akustického tlaku a rychlosti nákladního vozidla. Výpočet hladiny akustického tlaku za daných podmínek lze rovněž určit ze vztahu.

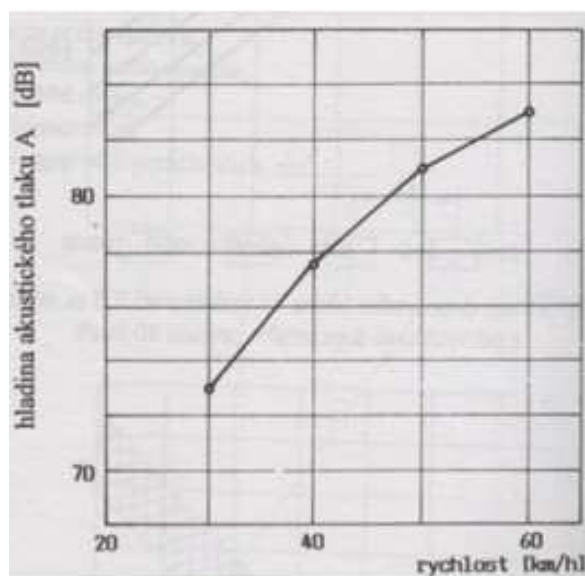
$$L_{pA} = 64 + \frac{v_n}{3}$$

kde:  $L_{pA}$  - hladina akustického tlaku ve vzdálenosti 7,5m od osy vozovky [dB].

$v_n$ - rychlost nákladního automobilu [km/h]



Obr. 14: Hladina akustického tlaku od nákladních vozidel v závislosti na rychlosti. [18]



## 2.4 Kongesce

Za negativní následky kongesce považujeme zvýšení doby cestování, rostoucí provozní náklady a nižší spolehlivost přepravy. Všechny tyto aspekty se dají vyčíslit pomocí aproximativních metod, které můžeme rozdělit, dle vstupních podmínek na specifické a nespecifické. Pro měření jednotkových nákladů ve specifických podmínkách budeme muset zjistit následující hodnoty.

Zvýšená doba cestování, která je ovlivněna funkcí rychlosti dopravního proudu a dobou časového zpoždění. Jednotlivé hodnoty zpoždění jsou určeny, dle skladby vozidel dopravního proudu. Určení hodnoty času se stanoví dle druhu dopravy a kategorie vozidel. Dále je nutné zjistit objem dopravy, který je určen počtem vozidel za určitý čas. Takovou veličinu nazýváme intenzita dopravního proudu a obvykle se udává v jednotkách vozidel za hodinu (voz/h). Poté můžeme jednotkové externí náklady z kongesce  $N_{\text{extk}}$  [Kč] vypočítat ze vztahu: [19]

$N_{\text{extk}} = \text{zvýšená doba cestování} * \text{hodnota času} * \text{objem dopravního provozu}$

Každý účastník dopravního provozu má své určité náklady. Tyto náklady se zvyšují s obsazeností komunikací, které se zvyšují s každým přidaným vozidlem v jízdním proudu nebo pásu. Další je metoda výpočtu mezních nákladů, která analyzuje změny externích nákladů způsobené dodatečným vozidlem v dopravní síti. Je velmi obdobná jako způsob jednotkových nákladů, avšak o něco reálnější, protože každá veličina je se změnou podmínek



změněna také. Nejprve se musí určit klasifikaci dopravní sítě, jestli se jedná o městskou, mimoměstskou, jednoproudovou, dvouproudovou, atd. Pak následuje odvození a sestavení křivek závislosti rychlosti a provozu, tyto křivky jsou ovlivněny charakteristikou dopravní infrastruktury, povětrnostních podmínek, stylu jízdy a dalšími. Velmi důležitou veličinou je ocenění času ztraceného vlivem kongesce. Určuje se podle druhu dopravního prostředku, účelu cesty, délky cesty a stupně kongesce. Stupeň kongesce se zpravidla uvádí o 50% až 150% vyšší než časové ztráty při volném dopravním proudu. Konkrétní hodnoty pro přehled jsou uvedeny v tab. 7.

Tab. 7 Doporučené ohodnocení času v dopravě (průměr EU-25). [19]

Sektor/účel	Jednotka	OA/SND	Železnice	Bus	Letecká
<b>Osobní doprava</b>					
- práce		23,82		19,11	32,80
- dojíždění, krátké vzdálenosti	€ <sub>2002</sub> /osobu a hodinu	8,48		6,10	
- dojíždění, dlouhé vzdálenosti		10,89		7,83	16,25
- ostatní, krátké vzdálenosti		7,11		5,11	
- ostatní, dlouhé vzdálenosti		9,13		6,56	13,62
Nákladní doprava		€ <sub>2002</sub> /tunu a hodinu	2,98	1,22	

OA - Osobní silniční doprava, SND - Silniční nákladní doprava

Následuje výpočet funkce mezních externích nákladů. Výpočet se provede ze závislosti rychlosti na provozu a hodnoty cestovního času. Dále za pomoci modelů určitých charakteristik, jako jsou účel cesty, hustota sítě a jiné. Odhadneme poptávky a typy dopravních reakcí. Ze všech těchto hodnot získáme vztah pro výpočet mezních externích nákladů, pro daný objem dopravy (Q). [19]

$$MEC_{cong}(Q) = \frac{VOT \cdot Q}{v(Q)^2} \cdot \frac{\partial v(Q)}{\partial Q}$$

Kde: VOT - hodnota času

Q - objem dopravy (intenzita dopravního proudu)

v(Q) - funkce závislosti rychlosti na provozu

MEC<sub>cong</sub> - mezní externí náklady kongesce.

## 2.5 Nehodovost

U nehodovosti jsou za externí náklady považovány zejména takové náklady, které nejsou kryty pojistnými smlouvami. Z tohoto důvodu je úroveň externalit ovlivněna nejen množstvím nehod, ale i mírou pojištění. Rozlišujeme dva způsoby přístupů při výpočtu externích nákladů z nehod. Kritérium odlišení těchto přístupů jsou zdroje vstupních dat, u přístupu shora dolů se vychází ze statistiky nehodovosti a u přístupu zdola nahoru se vychází z předpokladu uvědomění účastníku dopravy o možném riziku nehody.

### A) *Přístup shora dolů.*

Základní údaje pocházejí ze statistik nehodovosti, které zahrnují přímé i nepřímé ekonomické náklady. Statistika dopravních nehod v jednotlivých letech je uvedena v příloze č. 6. Nepřímé náklady představují náklady na ošetření, léčení a následnou rehabilitaci omezení či ztrátu produktivity a administrativní náklady, vyjma nákladů hrazených pojišťovnou. Přímé náklady jsou takové, které lze přímo vyčíslit v souvislosti se vzniklou škodou. Odhad průměrných externích nákladů na nehodu stanovujeme proto, abychom určily nejnákladnější původce externalit z dopravních nehod. Vyhodnocení provedeme podle čtyř hlavních aspektů.

1) Shromáždění statistických údajů o nehodovosti nejčastěji od policie nebo statistického úřadu, se zahrnutím příslušných korekcí pokud jsou nutné.

2) Určení dopravní nehody podle jejího rozsahu a ocenění následků škody na majetku, zranění, trvalých následků, úmrtí a pod. Je důležité znát rozsah pojištění, protože z pojistek nejsou hrazeny náklady externalit z nehod. Musíme brát také v úvahu škody z nehod, při kterých se přepravují nebezpečné látky, které mohou například kontaminovat povrchové i podpovrchové podzemní toky.

3) Rozdělení nehod dle typu vozidla a vypočtení celkových nákladů nehod pro určitý typ vozidel.

4) Z podílu celkových nákladů nehod a dopravních výkonů se vypočtou průměrné náklady nehod pro danou kategorii vozidel.

## B) *Přístup zdola nahoru.*

Vychází z údajů získaných korelací mezi úrovní provozu a nehodami. Touto metodou se dosahují menší hodnoty externích nákladů než metodou shora dolů. Protože metoda vychází z předpokladu, že jednotliví účastníci znají svá rizika a proto chtějí nehodám předcházet. Čím méně nehod tím méně externích nákladů z nehod a externí následek má jen třetí strana.

- 1) Zjištění elasticit rizika pro jednotlivé typy vozidel z případových studií nebo dopravního modelu.
- 2) Odhad a ocenění následků nehod.
- 3) Pomocí vnímání rizika účastníků dopravy odvodíme mezní externí náklady.

## 2.6 Zábory půdy

Při posuzování externích nákladů, způsobených zábořem půdy vlivem výstavby nové dopravní infrastruktury a příslušejících budov, se posuzuje změna ekologické hodnoty půdy. Pro posouzení ekonomického stavu životního prostředí existuje mnoho metod. K ohodnocení a vyčíslení fyzických změn životního prostředí, před a po výstavbě se využívá nejčastěji metody tržního oceňování statků ŽP, například tzv. Hesenskou metodou.

Metoda vyčísluje jednotlivé hodnoty biotopů na jednotlivých parcelách před a po výstavbě. Hodnota biotopů se určuje na  $1\text{m}^2$ , dle příslušného druhu a stavu získají bodové ohodnocení. Vyšší počet bodů vykazují biotopy s vyšším stupněm přirozenosti, to znamená bez zásahu člověka. Na druhou stranu nižší bodové hodnocení získají biotopy s větším zásahem člověka.

Celý postup by se dal popsat v několika krocích. Nejdříve stanovíme bodové hodnoty biotopů na jednotlivých parcelách před výstavbou. Body biotopů se získají posouzením osmi ekonomických a ekologických charakteristik, kde u každé charakteristiky je možno přidělit 1-6 bodů. Podle těchto charakteristik se posuzuje zralost, přirozenost, rozmanitost struktur a druhů, vzácnost druhů a typu biotopu, citlivost a zranitelnost biotopu. Celkový počet bodů se vypočte ze vztahu: [19]

$$C_{pb} = \frac{(1+2+3+4) \cdot (5+6+7+8)}{h_{b\max}} \cdot 100$$

kde: číselné hodnoty v čitateli jsou označení osmi charakteristik, ohodnoceny 1 až 6 body  
 $h_{b\max}$  - je hodnota maximálního počtu bodů 576,  $C_{pb}$  - celkový počet bodů

Stejný výpočet provedeme po výstavbě a celkové změně krajiny. Vypočteme rozdíl mezi hodnotami bodů získanými před a po stavebních zásahu člověka a následným převodem bodového hodnocení na peněžní hodnotu. Hodnota přírůstku jednoho bodu byla vypočtena jako podíl celkových nákladů dané akce a celkového dlouhodobě očekávaného bodového nárůstu. Výsledná průměrná národní hodnota jednoho bodu je ve výši 12,36 Kč. [19] Po vynásobení počtu bodů hodnotou jednoho bodu, získáme výši externích nákladů, které by měl původce uhradit.

## **2.7 Vliv na budovy**

Pozemní doprava, především silniční je charakteristická vedením infrastruktury v zastavěných oblastech. Proto má provoz silniční dopravy velký nežádoucí účinek na stavební konstrukce, kdy vlivem dynamického zatížení dochází k jejich porušení. Míra vibrací závisí na míře zastavění a poloze objektu vzhledem k jízdám pásům, dále na samotných charakteristikách dopravy. Velmi záleží na hmotnosti vozidel, rychlosti vozidel a stylu jízdy. Na výši externích nákladů způsobených vlivem dopravy na budovy pohlížíme ze dvou pohledů, z konstrukčního hlediska budov a komfortu při užívání stavby. Na externí náklady způsobené dopravou můžeme nahlížet ze dvou pohledů, z konstrukčního hlediska budov a nebo komfortu při užívání stavby.

Z konstrukčního hlediska staveb můžeme externalitu v podobě nákladů vyčíslit jako cenu opravy dotčených objektů. Takovéto náklady nemůžeme předpokládat a jejich vyčíslení proběhne až po poškození objektu a vyčíslení oprav.

Z pohledu používání budov působí vibrace jako faktor snižující pohodu obyvatel. Posuzuje se většinou vibrace podlah, která negativně ovlivňuje osoby obývající objekt. Limitní hodnoty jsou předepsány podle mezinárodních a současně i českých norem ČSN ISO 2631, dále také nařízením vlády č. 272/2011 Sb. Nejvýznamnější posouzení se provádí v obytných místnostech. Zde se externí náklady posuzují individuálně, dle překročeného mezního limitu.

### **3. Současný stav internalizace externalit**

Tato kapitola bude pojednávat o různých způsobech internalizace externalit. Bude provedeno jejich roztřídění a uvedení současných charakteristik řešení, včetně nastínění jejich výhod a nevýhod, případně jejich použití.

#### **3.1 Internalizace**

Internalizace znamená přenesení části nákladů z externalit vzniklé dopravou zpět na jejich původce. Internalizace externalit se stala hlavní otázkou evropské dopravní politiky, ale také čím dál více ekologickou politikou. Pojem internalizace znamená začlenění externalit do lidské společnosti, ale také slouží k jejich účelné regulaci. Například zpoplatněním, určením limitních hodnot externalit, nebo přímo zákazem vytváření těchto externalit.

Celý problém internalizace externalit je velmi starý. Už ve dvacátých letech minulého století publikoval ve své práci britský profesor C. Pigou názor, že: "Tržní ekonomika bude uspokojivě fungovat jen tehdy, eliminují-li se externí efekty: účinky hospodářské činnosti, které v případě nákladů nenesou jejich původce a v případě výnosů jdou ve prospěch toho, kdo se na nich nepodílel". [26] Z toho také vyplývá, že nevyvážená výše externích nákladů, tedy společenských a interních (co by soukromých nákladů), by mělo za následek snížení životní úrovně a i poškozování životního prostředí. Neinternalizování externalit, by časem mohlo vést k velké mobilitě a tím i zvýšené dopravě a zvýšených negativních účinků dopravy. Proto je velmi důležité, aby hodnota externích nákladů byla blíže k nákladům interním.

Výsledkem řešení internalizace externích nákladů, by se měla snížit míra externalit na přijatelnou mez a to za použití co možná nejmenších finančních prostředků. Externality internalizujeme dvěma přístupy a to administrativním a finančním.

#### **3.2 Administrativní přístup**

Administrativní přístup vytváří mnoho legislativních opatření k řešení externalit, které se vyznačují relativně nízkými náklady a jednoduchostí jejich zavedení. Rozdíl oproti finančnímu přístupu je v tom, že po dotyčném subjektu nepožadujeme přímou finanční náhradu. Výhodou této internalizace je její snazší politické schválení a vyšší jistota plnění. Mezi takové metody zahrnujeme emisní a hlukové normy, omezení objemu přepravy, budování infrastruktury s vyšší kapacitou a další.

### 3.2.1 Snižování emisí a hluku

Emise a hluk mají nepříznivý vliv na člověka a životní prostředí. Proto se zavádí různé způsoby internalizace, které redukuje tyto emise na přijatelnou úroveň.

Pro snížení emisí ze spalovacích motorů v evropských státech byly vytvořeny tzv. Euro normy. První euro norma byla zavedena v roce 1992, poté s rostoucí spotřebou fosilních paliv viz. příloha č. 2 a vývojem pokročilejších motorů, se normy začaly rozrůstat a zpřísnovat. Poslední rozšíření proběhlo v roce 2013 normou Eurem 6 pro nákladní vozidla a v roce 2014 pro osobní vozidla. Podrobný přehled emisních limitů pro vozidla nad 3,5t je uveden v tab. č. 4 v kap. 3.2.3. Každá norma striktně limituje množství emisních částic. Výrobce automobilů se jimi musí řídit a dodržovat tak, aby každý nový automobil, splňoval aktuální limitní kvótu. Jak je vidět z tab. 8 množství vypouštěných emisních látek z automobilů v posledních letech postupně klesá, čímž se vliv škodlivých externalit v dopravě snižuje.

Tab. 8: Celkové emise z dopravy (tis. t). [22]

	2005	2009	2010	2011	2012	2013
CO <sub>2</sub>	18 180,3	19 098,4	18 112,8	18 149,9	17 759,7	17 589,5
CO	211,9	132,2	104,6	90,2	78,2	70,0
No <sub>x</sub>	94,0	64,7	53,3	48,2	43,2	40,5
N <sub>2</sub> O	2,4	2,5	2,3	2,3	2,3	2,2
těkavé organické látky	42,1	24,5	19,3	16,6	14,4	13,0
CH <sub>4</sub>	1,7	1,4	1,2	1,2	1,1	1,0
SO <sub>2</sub>	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
částice	6,0	4,1	3,3	2,8	2,5	2,3
Pb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Pozn.: Údaje v tabulce jsou vypočteny na základě metodiky vypracované v rámci výzkumného projektu pro MD  
Zdroj: MD

Dalším řešením k regulaci množství škodlivých látek vypouštěných vozidly, je zákaz vjezdu vozidel s vyššími emisemi do center městských aglomerací. Toto opatření je již využíváno například v Německu, kde se posuzuje vozidlo pro vjezd právě pomocí Euro norem.

Velmi diskutovaným průvodním jevem dopravy je hluk. Snížení hladiny hluku dosahujeme vyčleněním dopravy z center měst a stavěním protihlukových stěn. Vychází se z hlukové mapy, kde nejvyšší hluk je v oblasti dopravního proudu na dané komunikaci. Příloha č. 3 zobrazuje hladinu hluku v Praze z roku 2007, ze které je patrné že nejvyšší úroveň hluku je zaznamenána právě na hlavních dopravních tazích. Tam kde se nedá odstranit doprava, se alespoň reguluje intenzita hluku snížením rychlosti v daném úseku. Uvádí se, že snížením rychlosti o 20 km/h (ze 70km/h na 50km/h) se sníží úroveň hluku o 3 dB. Nevýhodou však je časová ztráta řidičů, která je způsobená poklesu průměrné rychlosti na komunikaci.

### **3.2.2 Zvyšování kapacity infrastruktury**

Provádí se z důvodu snížení kongescí, ale i nehod. Pokud jsou silnice vybaveny vhodným bezpečnostním opatřením, například svodidly, vodícími pruhy, reflexním značením a pod., předpokladem je nižší nehodovost a tím i počet usmrčených osob. Se zvýšenou kapacitou dopravní cesty dojde k eliminaci vzniku kongesce, která se projeví zvýšením cestovní rychlosti, ale i na snížení množství emisí vypuštěných v dopravní koloně.

Kapacitu dopravních cest můžeme rozšířit vhodným použitím telematických aplikací. Takovéto řízení zahrnuje proměnlivé řízení rychlosti vozidel, informace pro řidiče ohledně objízdných tras a dynamické řízení světelného signalizačního zařízení na tzv. zelené vlny. Nejnákladnějším řešením je stavební úprava například budování okružních křižovatek nebo výstavba nové infrastruktury. Což přinese méně kongescí a kratší dobu cestování. Tato výhoda, ale není závislá na přímém zvýšení nákladů uživatelů dopravních cest, což může vést k dopravní indukci. Takové opatření ale vyžaduje velké množství finančních prostředků, které místní celky v podobě krajů a měst, nejsou schopné zabezpečit a proto není možné ho vždy použít.

### **3.3 Finanční přístup**

Rozdíl finančního přístupu od administrativního je v tom, že je zpoplatněn přímo subjekt vytvářející externalitu. Subjekt zde platí poplatek za každou část externalit, což se považuje jako výhoda, protože subjekt, může výši svých externalit ovlivnit. Takové řešení může být více efektivnější než administrativní přístup. Náprava se ale může dostavit až za delší dobu, což se dá považovat ze nevýhodu, kterou je také menší jistota plnění, než u administrativního přístupu.

Za hlavní nástroje internalizace externalit z finančního hlediska považujeme daň z vozidla, spotřební daň z pohonných hmot a poplatky spojené s provozem vozidla.

### 3.3.1 Daň z vozidla

Mezi daně z automobilu patří spotřební daň při nákupu vozidla, silniční a ekologická daň. Výše spotřební daně při nákupu nového vozu se určuje dle druhu vozidla. Především podle látek vypouštěných do ovzduší, v EU podle emisních tříd Euro, ale také podle hlučnosti dopravního prostředku. Zvýhodněním vozidel s vyšší emisní třídou, by se mělo dopomoci tomu, že lidé budou preferovat novější automobily s nižšími emisemi. Nevýhodou spotřební daně je, že při koupi nového automobilu je tak nízká až zanedbatelná a tím pádem její vliv na výběr a koupi nového vozidla z pohledu emisí je takřka nicotný. Tato daň by měla být buď zvýšena nebo zcela zrušena, aby mělo smysl se jí zabývat.

Ekologická daň se platí při koupi ojetého vozidla který splňuje pouze starší emisní normu. Daň se vztahuje na vozidla kategorie M1, N1 do 3,5 t a její výše, dle emisních tříd se řídí dle novely zákona č.185/2001 Sb. V současné době je ekologická daň vybírána u ojetých vozidel starších deseti let, v budoucnu by se tato doba mohla zkrátit.

Silniční daň se vybírá hlavně z důvodu potřebných finančních prostředků na obnovu a výstavbu nové infrastruktury. Nevztahuje se na všechny vozidla jen na některé osobní a všechny nákladní automobily nad 3,5t. Osobní vozidla podléhají dani, pokud pro ně platí, že jsou využívány k podnikání nebo jiné činnosti za účelem výdělku. Nákladní auta podléhají dani vždy i když nejsou použita k podnikání. Výše silniční daně se stanovuje u osobních automobilů podle zdvihového objemu motoru uváděných v cm<sup>3</sup> a u nákladních aut závisí na celkové hmotnosti vozidla a počtu náprav. Zdaňovací období je 1 rok a přesná výše sazby je uvedena v předpise č. 16/1993 Sb. o silniční dani, ve znění pozdějších předpisů. Pro orientaci jsou v tab. 9 uvedeny sazby silniční daně pro osobní vozidla v ČR.

Tab. 9: Sazby silniční daně pro osobní automobily. [25]

Zdvihový objem motoru [cm <sup>3</sup> ]	Sazba daně [Kč]
do 800	1200
nad 800 do 1250	1800
nad 1250 do 1500	2400
nad 1500 do 2000	3000
nad 2000 do 3000	3600
nad 3000	4200



### 3.3.2 Spotřební daň z pohonných hmot

Spotřeba pohonných hmot v dopravě je přímo úměrná výši obsahu oxidu uhličitého v ovzduší vypouštěného vozidly. Prudkým zvýšením této daně, by došlo k omezení nákupu pohonných hmot a ke snížení provozu vozidel. Došlo by k zefektivnění dopravy tím, že vozidla budou plně vytížená. Dále by vzrost počet vozidel s menší spotřebou a následně snížením emisí CO<sub>2</sub>. Ostatní složky emisí přímo nezávisí na spotřebě pohonných hmot proto nelze touto daní přesně stanovit emisní charakteristiku vozidla. Náhlé zvýšení daně by nemělo vliv na zlepšení ekologie vozidel. Za zmínku stojí fakt, že i přestože automobilový benzín je ekologicky šetrnější než motorová nafta, tak její spotřební daň je vyšší než u nafty. Porovnání výše spotřební daně mezi bezolovnatým automobilovým benzínem a motorové nafty mezi jednotlivými státy EU je vidět v příloze č. 4 a 5. V ČR je spotřební daň automobilového benzínu o cca. 80 EUR za 1000 litrů vyšší než u nafty.

### 3.3.3 Poplatky

Poplatky spojené s vozidlem se v ČR vybírají u osobních automobilů pomocí dálničních známek. Tyto známky platí pro vjezd na dálnice, rychlostní komunikace a silnice označeny jako placený úsek, jsou časově omezeny obvykle v rozmezí dnů až jednoho roku. Dále se vybírají poplatky za průjezd tunely a mosty, které bývají vybírány přímo před vjezdem na danou komunikaci. Speciální formou poplatků pro nákladní automobily je mýto vybíráno na dálnicích a rychlostních komunikacích v závislosti na ujetých kilometrech. Systém byl zaveden z důvodu využívání ČR pro tranzitní silniční nákladní přepravu po Evropě. Výše mýta je ovlivněna kategorií komunikace, emisní třídou vozidel, počtem náprav a denní dobou průjezdu a je stanovena v nařízení vlády 240/2014 Sb. Výše mýtného poplatku vede provozovatele k rychlejší obnově vozového parku, čímž dochází ke snížení emisí a současně má částečný vliv na kongesci na zpoplatněných úsecích, protože zpoplatněné úseky se využívají obvykle méně. Zde se musí zhodnotit vliv na okolí způsobený zvýšenou dopravou v místech objízdných tras. Konkrétní sazby mýtného pro dálnice a rychlostní silnice ČR pro rok 2014 jsou uvedeny v příloze č. 8.

Všechny výše uvedené metody internalizace se aplikují pro různé druhy externalit. Administrativním přístupem lze ovlivnit nežádoucí hluk z dopravy. Zatímco finančním přístupem snížíme kongesci a tím pádem i emise oxidu uhličitého a dalších emitujících částic. V praxi je proto vhodné využít smíšené řešení z obou přístupů.

## Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo popsat současný stav poznání a principy kvantifikace externalit v silniční dopravě. Práce popisuje externality vyvolané silniční dopravou, jejich kvantifikaci a následnou internalizaci. Externality se neobjevují jenom v dopravě, ale obecně v každém segmentu lidské činnosti. Jsou to dopady na okolí za, které jejich původce nenese odpovědnost. Postupem vývoje spalovacích motorů a rozvojem automobilového průmyslu, docházelo ke vzniku a následné kumulaci negativních externalit. Společnost, jako první negativní dopady, začala sledovat dopady na okolí v podobě emisí z výfukových plynů a hluku z motorů. S rozvojem času se ukázalo, že negativních externalit je mnohem více. Jsou to například nehodovost, kongesce, zábor půdy způsobené stavbou dopravní infrastruktury, mechanické vlivy působící na stavební konstrukce a další. Pro lidstvo je důležité se těmito externalitami zabývat kvůli jejich efektivní regulaci. Existují také pozitivní externality například v podobě snížení nákladů na balení, zpracování a logistiku, přínosů pro silniční pohotovostní vozidla a hrubé přidané hodnoty. Kladný přínos hrubé přidané hodnoty je ve zvýšení hodnoty výrobku, způsobenou například jeho lepší dostupností.

Externality generují externí náklady, které nehradí jejich původce, nýbrž stát nebo třetí strana. Proto je žádoucí, aby výše těchto nákladů byla co možná nejnižší. Pro určení finanční zátěže z externalit se používá mnoho metod, pro každý dopad jiná. Některé dopady z dopravy se dají vyčíslit ještě před jejich vznikem jako například emise. Vliv na objekty v blízkosti dopravní infrastruktury nebo doby léčení po nehodách, které nekryjí pojistné smlouvy, se tak jednoznačně vyčíslit nedají. Díky přesným metodám k určení externích nákladů se dá některým externalitám předcházet, například zavedením přesných euro norem. Skutečnost, že kvantifikujeme externality, kvůli jejich účinné internalizaci a regulaci, v praxi znamená přenesení části nákladů na původce, podle množství a druhu externalit vytvářejících. Většinu externích nákladů umíme již omezit, ale úplné zrušení by nebylo žádoucí pro veřejnost využívající silniční dopravu. K internalizaci externalit se používá mnoho metod, mezi které se řadí finanční a administrativní přístup. Výsledkem každé internalizace by měl být nižší vliv externalit na společnost a na životní prostředí. Administrativním přístupem lze ovlivnit nežádoucí hluk z dopravy. Zatímco finančním přístupem snížíme kongesce a tím pádem i emise oxidu uhličitého a dalších emitujících částic. Růstu externalit v budoucnosti by se dalo předejít zavedením elektromobilů, zvýšením spotřební daně z vlastnictví vozidla a obecně používání smíšeného řešení externalit v podobě administrativního a finančního přístupu.

## Použité zdroje:

- [1] E. Rosochatecká a kol.: *Ekonomika podniků*, 1. vydání, Česká zemědělská univerzita, Praha 2014
- [2] M. Richtář: *Městská hromadná doprava*, Technická univerzita Ostrava 2006, Dostupné z <http://kds.vsb.cz/mhd/index2.htm>
- [3] P. Stejskal: *Tarify, ceny, daně a poplatky v dopravě*, 1. vydání, České vysoké učení technické v Praze 2013
- [4] *Sdružení pro dopravní telematiku*: dostupné z <http://www.elektronickemytne.cz>
- [5] M. Takáts: *Měření emisí spalovacích motorů*, 1. vydání, České vysoké učení technické v Praze 1997
- [6] *Podpora pro environmentálně zaměřené předměty*  
Dopravní fakulta Jana Pernera Univerzity Pardubice,  
dostupné z <http://envi.upce.cz/pisprace/starsi/krato/hluk.htm>
- [7] *Statistika policie České republiky*: dostupné z <http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>
- [8] § 22 odstavec 10 a § 84 Zákona č. 200/1990 Sb., o přestupcích ve znění pozdějších předpisů
- [9] Čl. 40 závazného pokynu policejního prezidenta č. 160 ze dne 4. prosince 2009,
- [10] *Issar: Vývoj využití území ČR*,  
dostupné z: <http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1695>
- [11] *Veřejná databáze ČSÚ*: [cit. 2.12.2014], Hrubá přidaná hodnota. Dostupné z: [http://vdb.czso.cz/vdbvo/mi/mi\\_ukazatel.jsp?kodukaz=2365&kodjaz=203&maketa\\_id=94434&app=vdb](http://vdb.czso.cz/vdbvo/mi/mi_ukazatel.jsp?kodukaz=2365&kodjaz=203&maketa_id=94434&app=vdb).
- [12] *CDV - centrum dopravního výzkumu*: dostupné z <http://www.cdv.cz>
- [13] J. Hromádka a kol.: *Spalovací motory*, 1. vydání Grada, Praha 2011
- [14] Litman, Todd: *Generated Traffic: Implications for Transport Planning*, Victoria Transport Policy Institute, Victoria, Kanada 1998.
- [15] *Ministerstvo dopravy ČR: Vyhláška č. 302/2001 Sb.*
- [16] H. Schmidt: *Schalltechnisches Taschenbuch*, VDI Verlag, 1968
- [17] F. Vlk: *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel*, 1. vydání, Brno 2001
- [18] R. Nový: *Hluk a chvění*, 1. vydání, ČVUT Praha 1995

- [19] *Kvantifikace externích nákladů v podmínkách České republiky*: Univerzita Karlova v Praze, Praha 2008
- [20] J. Laurent: *Vliv automobilové dopravy na životní prostředí ve městech*, 1. vydání, ÚVTEI, Praha 1988
- [21] *Hlukové mapy*: ministerstvo zdravotnictví české republiky, dostupné z <<http://hlukovemapy.mzcr.cz/>>
- [22] *Ročenka dopravy 2013*> dostupné z <[https://www.sydos.cz/cs/rocenka-2013/rocenka/htm\\_cz/index.html](https://www.sydos.cz/cs/rocenka-2013/rocenka/htm_cz/index.html)>
- [23] *European Commision: Excise duty tables*, 2015
- [24] *Nařízení vlády*: č. 240/2014 Sb.
- [25] *Předpis č. 16/1993 Sb. o Silniční dani*
- [26] C. Pigou: *The Economics of Welfare*, 1920
- [27] F. Leiber: *Nauka o hospodaření zemědělského podniku*, ČIAE Praha, 1991
- [28] P. A. Samuelson: *Ekonomie 18. vydání*, 1. vydání Svoboda Praha 2010

### Seznam použitých symbolů:

Symbol	Jednotka	Název
W	[kW]	výkon motoru
n	[ot/min]	otáčky motoru
$L_w$	[dB]	hladina akustického tlaku
$L_{ekv}$	[dB]	ekvivalentní hladina akustického tlaku
$L_i$	[dB]	hladina akustického tlaku v intervalu i
$t_i$	[min]	doba trvání intervalu i
q	[dB]	zvětšení hladiny zvuku
$L_{pA}$	[dB]	hladina akustického tlaku ve vzdálenosti 7,5m od vozovky
$v_n$	[dB]	rychlost nákladního automobilu
$N_{extk}$	[EUR/Kč]	externí náklady kongesce
VOT	[EUR/Kč]	hodnota času
Q	[voz/h]	objem dopravy
$v(Q)$		funkce závislost rychlosti na provozu
$MEC_{cong}$	[EUR/Kč]	mezní externí náklady
$h_{bmax}$		hodnota maximálního počtu bodů
$C_{pb}$		celkový počet bodů

## Seznam zkratek:

NACE	klasifikace ekonomických činností Evropské unie
oskm	osoba kilometr představuje přepravu 1 osoby na vzdálenost 1 km
tkm	přeprava nákladu o hmotnosti 1 t na vzdálenost 1 km
IAD	individuální automobilová doprava
NO <sub>x</sub>	oxidy dusíku
CO <sub>2</sub>	oxid uhličitý
CO	oxid uhelnatý
NO	oxid dusnatý
NO <sub>2</sub>	oxid dusičitý
N	dusík
H <sub>2</sub>	vodík
SO <sub>2</sub>	oxid siřičitý
HC	nespálené uhlovodíky
PM	pevné částice - particulate matters
MEŘO	methylester řepkového oleje
PAH	polycyklické aromatické uhlovodíky
EHK	Evropská hospodářská komise
ESC	European stationary cycle
ETC	European transient cycle
ECE	Economic Commission of Europe
THC	Total Hydrocarbons
NMHC	Non methane Hydrocarbons
CH <sub>4</sub>	Methane
ELR	European Load Response
ppm	parts per million
ČSN	česká technická norma
OA	osobní automobilová doprava
SND	silniční nákladní doprava
ŽP	životní prostředí
MD	ministerstvo dopravy

## Seznam tabulek:

Tab. 1: Tvorba přidané hodnoty v odvětvích dopravy

Tab. 2: Externí náklady silniční dopravy v EU.

Tab. 3: Produkce CO<sub>2</sub> jednotlivými druhy dopravy.

Tab. 4: EU standardní limity emisí (g·kWh<sup>-1</sup>) pro vozidla 3,5t.

Tab. 5 Limitní hodnoty kouřivosti.

Tab. 6: Hladiny akustického tlaku od silničních vozidel.

Tab. 7 Doporučené ohodnocení času v dopravě (průměr EU-25).

Tab. 8: Celkové emise z dopravy (tis. t).

Tab. 9: Sazby silniční daně pro osobní automobily.

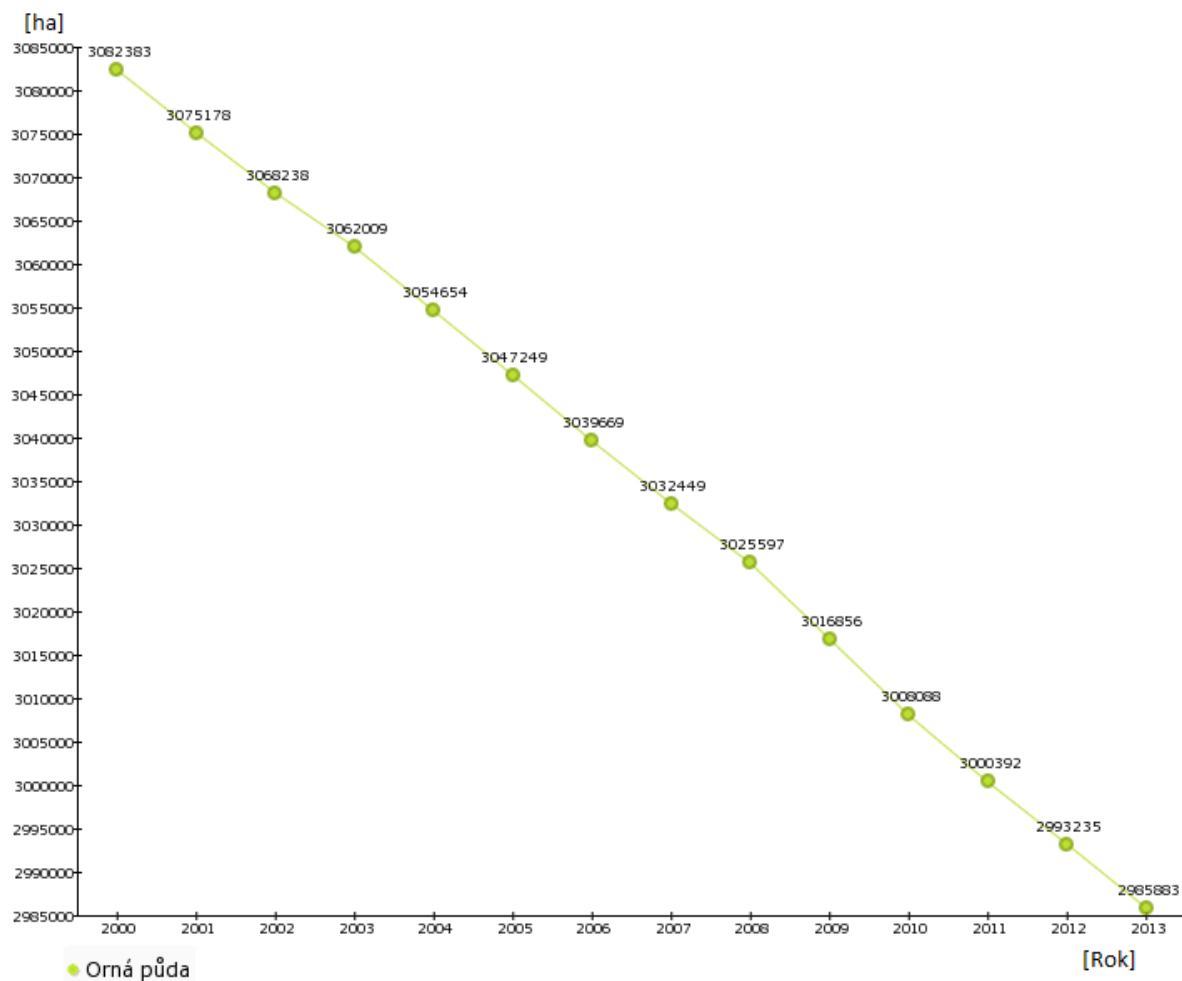
## **Seznam obrázků:**

- Obr 1: Dynamika nákladů.
- Obr. 2: Oblast slyšitelnosti lidského ucha.
- Obr. 3: Graf dopravní indukce.
- Obr. 4: Podíl na zaviněný dopravních nehodách dle hmotnosti vozidel.
- Obr. 5: Složení výfukových plynů vznětového motoru.
- Obr. 6: Účinek oxidu uhelnatého na lidský organismus.
- Obr. 7: Průběh a parametry testu ESC.
- Obr. 8: Průběh testu ETC.
- Obr. 9: Průběh testu ELR.
- Obr. 10: Blokové schéma zvukoměru.
- Obr. 11: Celková hladina akustického výkonu vzduchem chlazených naftových motorů.
- Obr. 12: Spektrum dopravního hluku.
- Obr. 13: Princip měření hluku silničních motorových vozidel.
- Obr.14: Hladina akustického tlaku od nákladních vozidel v závislosti na rychlosti.

## **Seznam Příloh:**

- Příloha č. 1 -Vývoj orné půdy v ČR. [10]
- Příloha č. 2 - Spotřeba pohonných hmot v dopravě. [22]
- Příloha č. 3 - Strategická hluková mapa Praha 2007. [22]
- Příloha č. 4 - Sazba spotřební daně z bezolovnatého benzínu. [23]
- Příloha č. 5 - Sazba spotřební daně z motorové nafty. [23]
- Příloha č. 6 - Vývoj počtu nehod v ČR. [7]
- Příloha č. 7 - Počty usmrcených osob na pozemních komunikacích v ČR. [7]
- Příloha č. 8 - Sazby mýtného pro dálnice a rychlostní silnice v ČR pro rok 2014. [24]

Příloha č. 1 - Vývoj orné půdy v ČR. [10]



Příloha č. 2 - Spotřeba pohonných hmot v dopravě (tis. t). [22]

	2005	2009	2010	2011	2012	2013 <sup>4)</sup>
Motorový benzin <sup>2)</sup>	2 039	2 027	1 845	1 778	1 656	1 557
Letecký benzin	2	2	2	1	2	2
Letecký petrolej	318	331	310	307	286	276
Motorová nafta <sup>3)</sup>	3 328	3 699	3 593	3 682	3 696	3 746
Biosložky do MOBI	0	91	90	94	87	83
Biosložky do MONA	3	154	196	271	248	253
LPG	70	80	76	74	71	69

1) Celková potřeba pohonných hmot podle metodiky IEA

2) Motorový benzin (včetně biosložek)

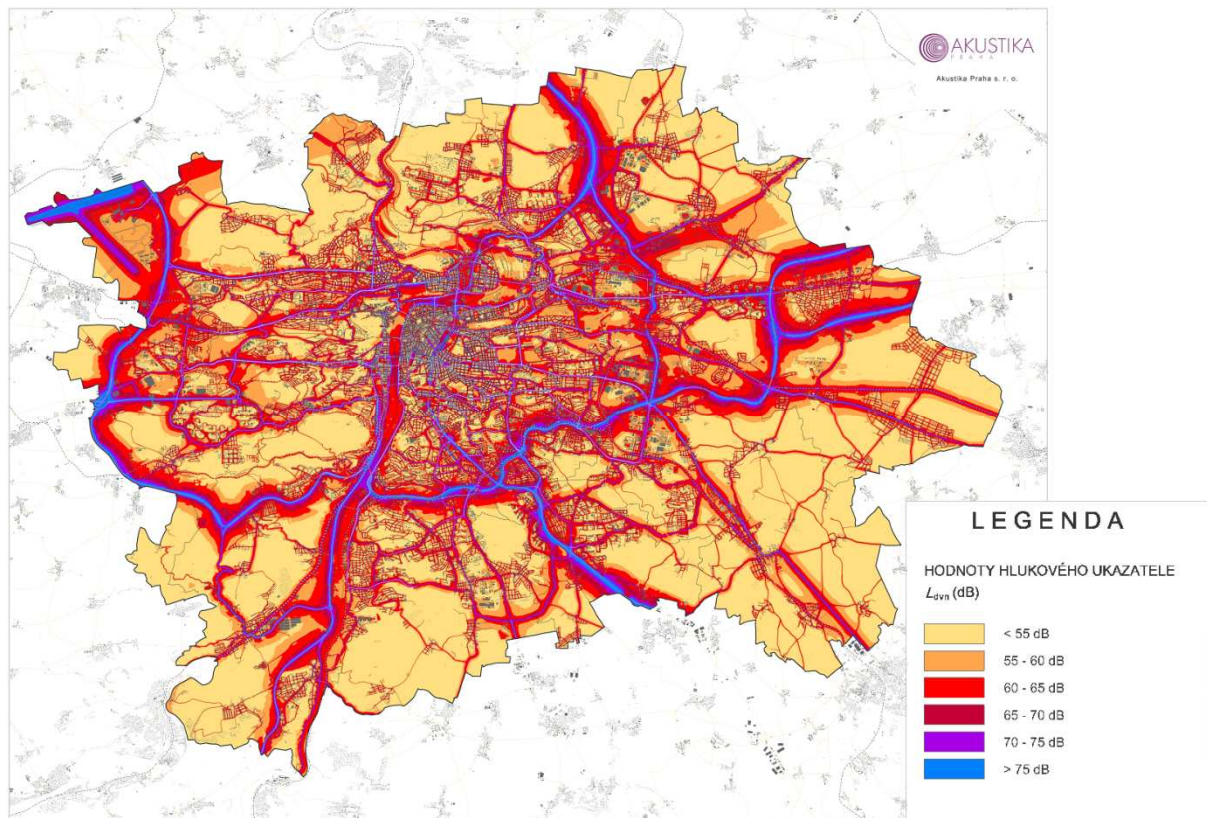
3) Motorová nafta včetně biosložek (silnice, železniční trakce, vnitrozemská vodní doprava)

4) Předběžné údaje

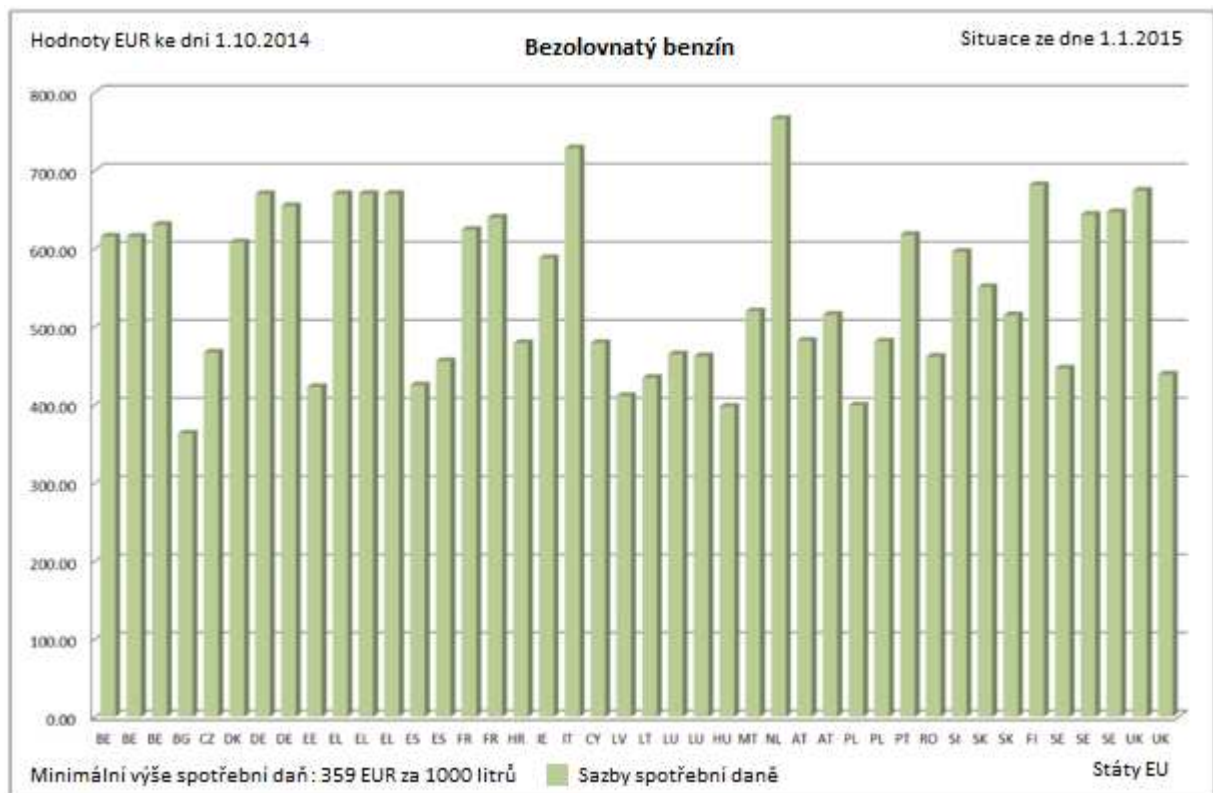
Zdroj: ČSÚ

- MOBI - biosložky do automobilového benzínu
- MONA - biosložky do motorové nafty

Příloha č. 3 - Strategická hluková mapa Praha 2007. [22]

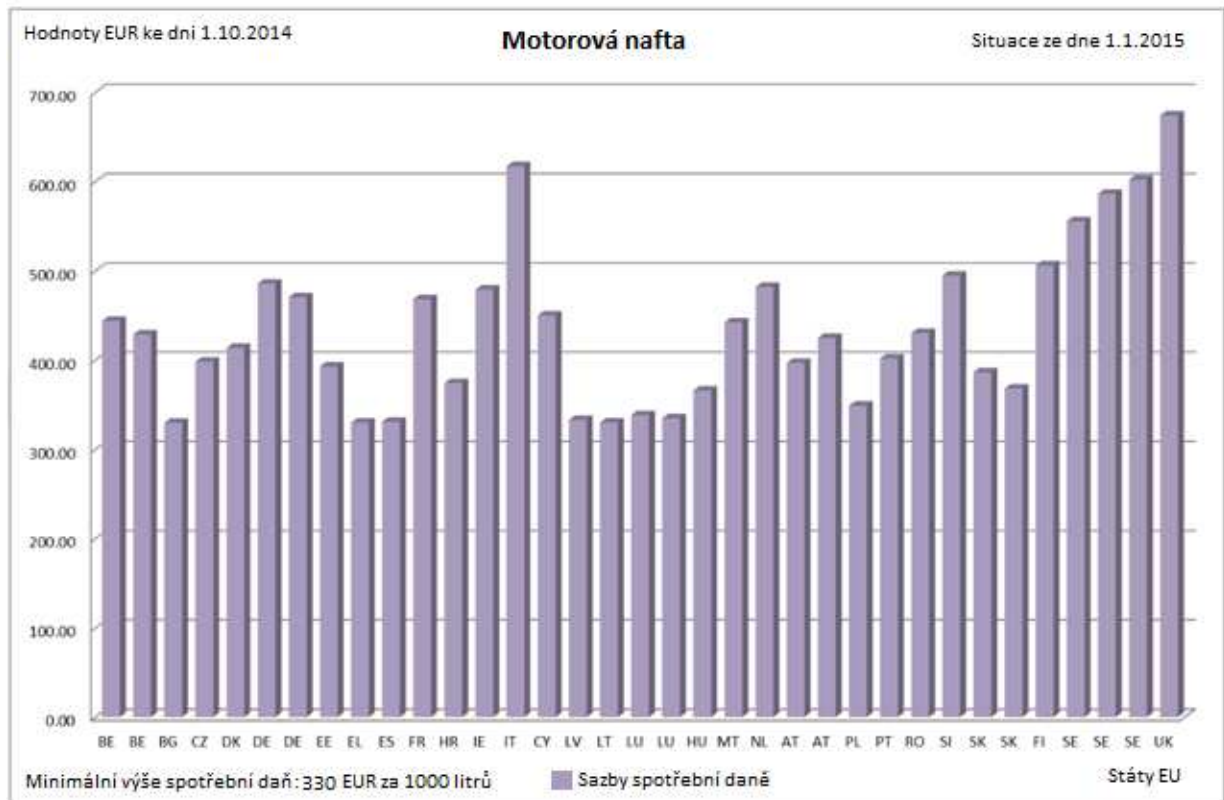


Příloha č. 4 - Sazba spotřební daně z bezolovnatého benzínu. [23]

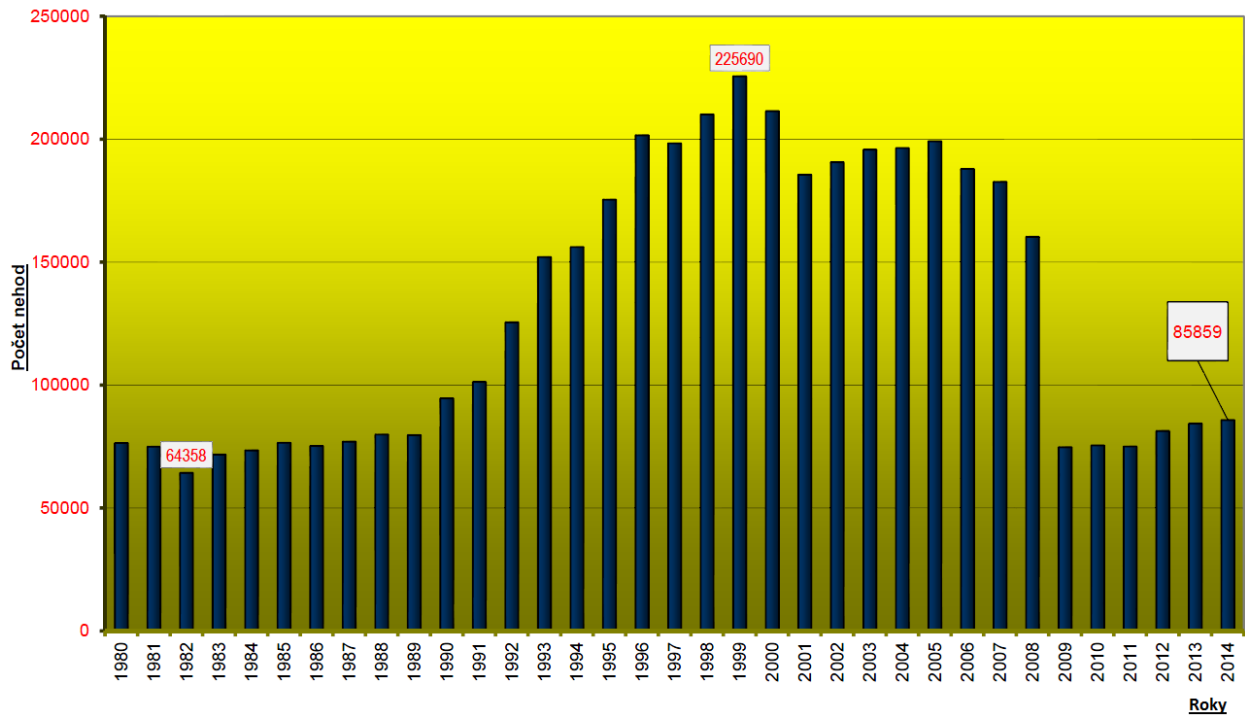




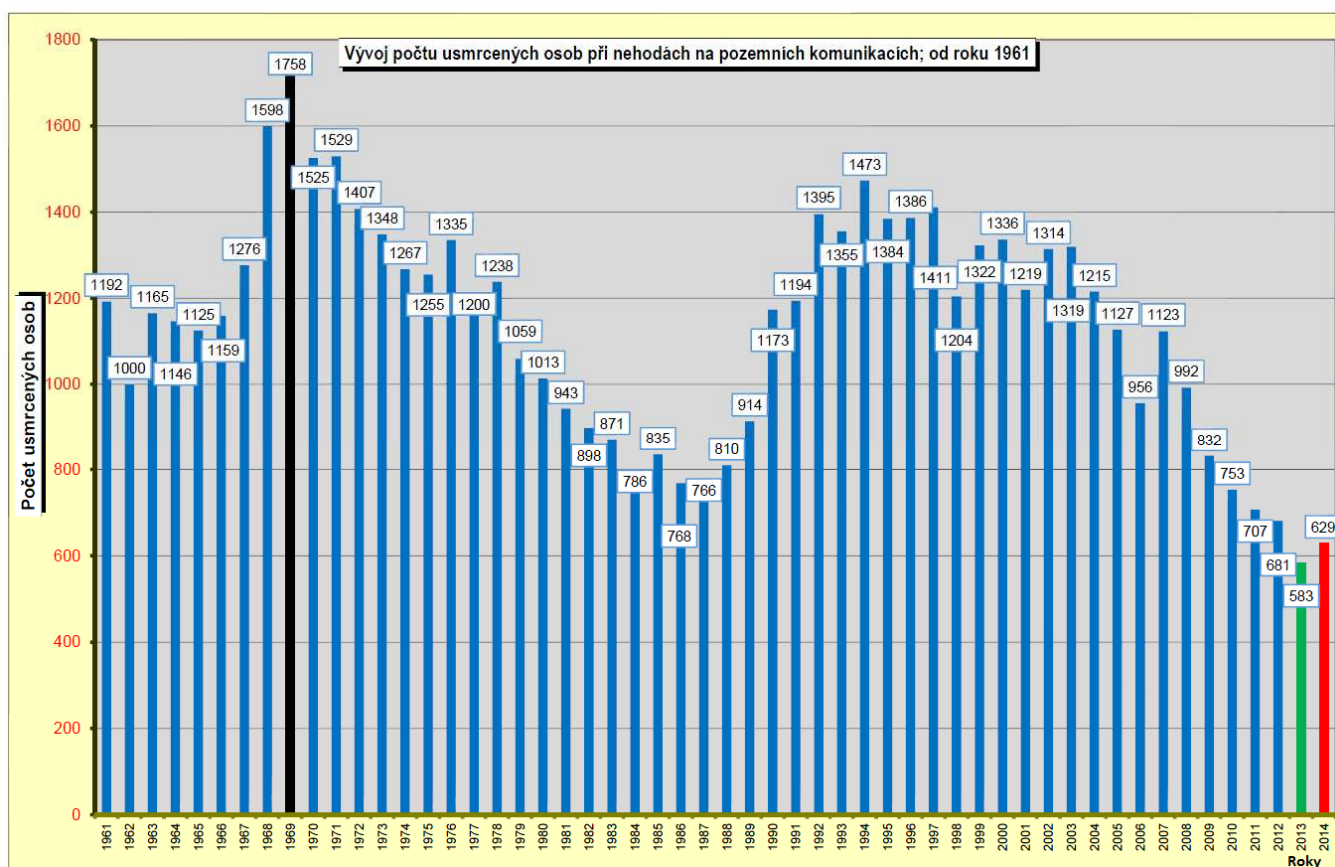
Příloha č. 5 - Sazba spotřební daně z motorové nafty. [23]



Příloha č. 6 - Vývoj počtu nehod v ČR od roku 1980. [7]



Příloha č. 7 - Počty usmrcených osob na pozemních komunikacích v ČR. [7]



Příloha č. 8 - Sazby mýtného pro dálnice a rychlostní silnice v ČR pro rok 2014. [24]

a) pro časové období v pátek od 15.00 hod. do 20.00 hod. včetně

Tabulka mýtných sazeb (Kč/km)											
Emisní třída EURO 0-II			Emisní třída EURO III-IV			Emisní třída EURO V			Emisní třída EURO VI, EEV a vyšší		
Počet náprav			Počet náprav			Počet náprav			Počet náprav		
2	3	4≤	2	3	4≤	2	3	4≤	2	3	4≤
4,24	8,10	11,76	3,58	6,87	9,94	2,33	4,46	6,46	2,12	4,05	5,88

b) pro ostatní časová období

Tabulka mýtných sazeb (Kč/km)											
Emisní třída EURO 0-II			Emisní třída EURO III-IV			Emisní třída EURO V			Emisní třída EURO VI, EEV a vyšší		
Počet náprav			Počet náprav			Počet náprav			Počet náprav		
2	3	4≤	2	3	4≤	2	3	4≤	2	3	4≤
3,34	5,70	8,24	2,82	4,81	6,97	1,83	3,13	4,52	1,67	2,85	4,12