

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní

Dopravní problematika v ČR z hlediska udržitelného rozvoje

Bc. Lucie Šmahelová

Diplomová práce

2009

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Ústav veřejné správy a práva
Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Lucie ŠMAHELOVÁ
Studijní program: N6202 Hospodářská politika a správa
Studijní obor: Ekonomika veřejného sektoru
Název tématu: Dopravní problematika v ČR z hlediska udržitelného rozvoje

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Úvod

1. Strategie udržitelné dopravy
2. Možnosti alternativních pohonů v automobilové dopravě
3. Teoretický popis metod

Závěr

Rozsah grafických prací: —
Rozsah pracovní zprávy: cca 30 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

KRAMER, M.; URBANIEC, M.; OBRŠÁLOVÁ, I. Mezinárodní management životního prostředí. Svazek 1. Praha: C.H. Beck, 2005. 409s. ISBN 80-7179-919-X.

KRAMER, M.; BRAUWEILER, J.; RITSCHELOVÁ, I. Mezinárodní management životního prostředí. Svazek 2. Praha: C.H. Beck, 2005. 421s. ISBN 80-7179-920-3.

KRAMER, M.; STREBEL, H.; JÍLKOVÁ, J. Mezinárodní management životního prostředí. Svazek 3. Praha: C.H. Beck, 2005. 550s. ISBN 80-7179-921-1.

LOMBORG, B. Skeptický ekolog: jaký je skutečný stav světa. Praha: Dokořán, 2006. 587s. ISBN 80-7363-059-1.

MOLDAN, B. Ekologická dimenze udržitelného rozvoje. Praha: Karolinum, 2001. 102s. ISBN 80-246-0246-6.

DRAHOTÍNSKÝ, I.; ŠARADÍN, P. Dopravní politika. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003. 127s. ISBN 80-7194-511-0.

VLK, F. Alternativní pohony motorových vozidel. Brno: Nakladatelství a vydavatelství VLK, 2003. 234s. ISBN 80-239-1602-5.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Robert Baťa, Ph.D.
Ústav veřejné správy a práva

Datum zadání diplomové práce: 30. června 2008

Termín odevzdání diplomové práce: 1. května 2009

doc. Ing. Renáta Myšková, Ph.D.
děkanka

L.S.

prof. PhDr. Karol Lacina, DrSc.
vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 27. února 2009

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 15. 7. 2009

Lucie Šmahelová

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala Ing. Robertu Baťovi, Ph.D., za cenné rady a připomínky, s jejichž pomocí jsem zpracovala tuto diplomovou práci, za jeho trpělivost a přátelský přístup.

ANOTACE

Diplomová práce je zaměřena na analýzu negativních vlivů dopravy na životní prostředí. Je zde vymezen pojem udržitelný rozvoj z hlediska dopravy. Práce se dále zabývá možnostmi alternativních paliv, které by mohly být v budoucnu využívány v ČR. Následně jsou popsány metody vícekriteriálního rozhodování a na základě vybrané metody zhodnoceno, který druh paliva je v současnosti nejvhodnější.

KLÍČOVÁ SLOVA

doprava; udržitelný rozvoj; negativní dopady; alternativní paliva; multikriteriální rozhodování

TITTLE

Transport problems in the Czech Republic in form of sustained development

ANNOTATION

This Diploma work is focused on the analysis of the negative effects of transport on the environment. The work defines the term “sustainable development in traffic conditions”. The work also deals with the possibility of alternative fuels that could be used in the Czech Republic. Furthermore the work contains a description of the methods for a multi-criteria decision making process. This method is used to select the currently most appropriate types of fuels.

KEYWORDS

traffic; sustainable development; negative impacts; alternative fuels; multi-criteria decision making process

OBSAH

Úvod	12
1 Strategie udržitelné dopravy	13
1.1 Postavení sektoru dopravy	14
1.2 Negativní dopady dopravy na životní prostředí	17
1.2.1 Znečištění ovzduší	18
1.2.2 Kontaminace vod a půdy	25
1.2.3 Záběr půdy	26
1.2.4 Hluk	26
1.2.5 Vibrace	29
1.2.6 Kongesce	30
1.2.6 Nehody	30
1.3 Indikátory udržitelné dopravy	32
1.4 Klíčové prvky udržitelnosti v dopravě	34
1.4.1 Náročnost dopravy na zdroje energie	34
2 Možnosti alternativních paliv v automobilové dopravě	38
2.1 Biopaliva	41
2.1.1 Bioplyn	44
2.1.2 Bioetanol	45
2.1.3 Metanol a dimetyleter	46
2.1.4 Bionafta	47
2.2 LPG – (Liquified Petroleum Gas) zkapalněný ropný plyn	50
2.3 Zemní plyn	50
2.3.1 CNG (Compressed Natural Gas) – stlačený zemní plyn	51
2.3.2 LNG (Liquified Natural Gas) – zkapalněný zemní plyn	52
2.4 Vodík	52
2.5 Elektromobily	54
2.6 Hybridní vozidla	55
3 Teoretický popis metod pro multikriteriální rozhodování	57
3.1 Charakteristika vybraných metod pro multikriteriální hodnocení	58
3.1.1 Metody stanovení vah kritérií	61
3.1.2 Základní přístupy k vyhodnocování variant	66

3.1.3 Metoda funkce užitku v multikriteriálním hodnocení	68
4 Multikriteriální posouzení alternativních pohonů v silniční dopravě	70
4.1 Výsledky použitých metod	74
Závěr:	77
SEZNAM LITERATURY	79

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Dálnice D11	30
Obrázek 2: Srovnání počtu obětí dopravních nehod a vražd.....	31
Obrázek 3: Struktura přepravních výkonů osobní dopravy v ČR v roce 2007 (v %).....	33
Obrázek 4: Vývoj struktury nákladní dopravy v ČR v letech 1990-2007.....	33
Obrázek 5: Zásobování ČR ropou	35
Obrázek 6: Struktura spotřeby energie vybraných sektorů	37
Obrázek 7: Energetická náročnost dopravy v jednotlivých letech ČR (v tis.TJ)	37
Obrázek 8: Prodej pohonných hmot (v tis. tun).....	38
Obrázek 9: Různé druhy energie pro pohon vozidel	39
Obrázek 10: Řepkové pole	47
Obrázek 11: Průměrný vliv bionafty na emise pro nákladní vozidla.....	50
Obrázek 12: Mapa čerpacích stanic	51
Obrázek 13 : Struktura výroby vodíku z různých zdrojů	52
Obrázek 14: Elektrobus	54
Obrázek 15: Druhy metod podle typu informace o preferencích	60
Obrázek 16: Vyhodnocení metod pro váhu kritéria.....	75

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Odvětvová struktura HDP (mld. Kč).....	14
Tabulka 2: Průměrný evidenční počet zaměstnanců ve fyzických osobách (v tis.)	15
Tabulka 3: Podíl emisí z dopravy na celkovém množství za rok 2007 (v %).....	20
Tabulka 4: Emise oxidu uhličitého (CO ₂) za jednotlivé druhy dopravy (tis. t).....	20
Tabulka 5: Emise oxidu uhelnatého (CO) za jednotlivé druhy dopravy (tis. t).....	21
Tabulka 6: Emise NO _x za jednotlivé druhy dopravy (t).....	21
Tabulka 7: Emise metanu za jednotlivé druhy dopravy (t)	22
Tabulka 8: Emise Pb za jednotlivé druhy dopravy (t)	22
Tabulka 9: Emise oxidu siřičitého (SO ₂) za jednotlivé druhy dopravy (t).....	23
Tabulka 10: Emise pevných částic za jednotlivé druhy dopravy (t).....	24
Tabulka 11: Vývoj emisí hlavních škodlivin v ČR v dopravě (tis. t)	25

Tabulka 12: Délka infrastruktury (km)	26
Tabulka 13: Prokázané nepříznivé účinky hlukové zátěže - den (6-22hod)	28
Tabulka 14: Prokázané nepříznivé účinky hlukové zátěže - noc (22-6).....	28
Tabulka 15: Klíčové prvky udržitelnosti.....	34
Tabulka 16: Scénář rozvoje alternativních paliv do roku 2020.....	41
Tabulka 17: Srovnání vybraných charakteristik základních paliv.....	41
Tabulka 18: Snížení emisních složek při použití MEŘO proti motorové naftě	49

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

EEA	EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY - EVROPSKÁ AGENTURA PRO ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ
EIA	ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT - POSUZOVÁNÍ ZÁMĚRŮ
EU	EUROPEAN UNION - EVROPSKÁ UNIE
HDP	HRUBÝ DOMÁCÍ PRODUKT
CDV	CENTRUM DOPRAVNÍHO VÝZKUMU
CDE	CENTRUM PRO DOPRAVU A ENERGETIKU
CENIA	ČESKÁ INFORMAČNÍ AGENTURA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
CNG	COMPRESSED NATURAL GAS - STLAČENÝ ZEMNÍ PLYN
ČAPPO	ČESKÁ ASOCIACE PETROLEJÁŘSKÉHO PRŮMYSLU A OBCHODU
ČNR	ČESKÁ NÁRODNÍ RADA
ČR	ČESKÁ REPUBLIKA
ČSÚ	ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD
LNG	LIQUIFIED NATURAL GAS - ZKAPALNĚNÝ ZEMNÍ PLYN
LPG	LIQUIFIED PETROLEUM GAS - ZKAPALNĚNÝ ROPNÝ PLYN
MEŘO	METYLESTER ŘEPKOVÉHO OLEJE
MDČR	MINISTERSTVO DOPRAVY ČESKÉ REPUBLIKY
MŽP	MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
PČR	POLICIE ČESKÉ REPUBLIKY
SEA	STRATEGIC ENVIRONMENTAL ASSESSMENT - POSUZOVÁNÍ KONCEPCÍ
SZÚ	STÁTNÍ ZDRAVOTNICKÝ ÚSTAV

Úvod

Jako téma své diplomové práce jsem si vybrala problematiku dopravy v České republice z hlediska udržitelného rozvoje.

Doprava osob, zboží a služeb patří k nejrychleji se rozvíjejícím průmyslovým odvětvím. Současně se ale svou závislostí na fosilních palivech stává jedním z největších problémů životního prostředí dnešní doby. Společnost proto stále hledá nové způsoby, jak pohánět dopravní prostředky. V průmyslově vyspělých zemích objem dopravy neustále roste a tak je velmi důležité věnovat pozornost její udržitelnosti pro omezení negativních účinků.

Cílem této práce je navrhnout ideální alternativní palivo, které by mohlo přispět k řešení problematiky udržitelné dopravy v ČR.

Řešení této situace a cesta ke zlepšení je namáhavá. Skládá se z mnoha malých, často obtížných, ale přitom nutných kroků, které vycházejí z důkladného průzkumu všech aspektů zátěže prostředí.

Se vstupem do Evropské unie se udržitelný rozvoj stal jedním ze základních témat jednání vlády ČR. Bylo již vypracováno několik dokumentů vycházející především z Bílé knihy: Dopravní problematika pro rok 2010 – čas rozhodnout. Rozhodující však bude, zda a jak se podaří tyto návrhy na řešení udržitelné mobility uplatnit v praxi.

Tato práce je sestavena ze tří hlavních kapitol.

První část je zaměřena na vymezení základních pojmů problematiky udržitelného rozvoje. Jsou zde charakterizovány negativní vlivy dopravy na životní prostředí.

Druhá kapitola je věnována možnostem alternativních pohonů v automobilové dopravě.

Ve třetí kapitole jsou teoreticky popsány metody pro multikriteriální rozhodování, které se využívají v oblasti životního prostředí.

Na závěr je uvedeno řešení problému definovaného v cíli práce.

1 Strategie udržitelné dopravy

Lidé žijící ve vyspělých státech stále více využívají možností dopravy k dokonalejšímu uspokojování svých potřeb, což vede k narůstajícímu poškozování životního prostředí v lokálním i celosvětovém měřítku. Především ve velkých městech se nedaří zvládnout dopravu ani výstavbou nejmodernějších dopravních sítí. Často bývají nepostačující i dálnice a narušení plynulosti dopravy vede ke vzniku dopravního kolapsu v celých oblastech. Silnou koncentrací dopravy je ovlivněna zejména kvalita života obyvatel větších měst. Na naší planetě však žijí lidé v rozvojových zemích, kteří nemohou dostatečně využívat výhod dopravních systémů. Tyto země se podstatným způsobem podílejí na růstu počtu obyvatel a jejich rozvíjející se ekonomiky vyvolávají nutnost dopravní obslužnosti. Není možné jim upírat právo na vysokou kvalitu života, jejíž významnou součástí je také doprava. Objevuje se zde tedy nebezpečí, že se v budoucnu bude muset rozsah dopravy značně omezit. S tím je spojeno také riziko vzniku sociálních a ekonomických problémů lidem, jejichž životy jsou vázány s dopravou. Lze tedy konstatovat, že současné problémy životního prostředí způsobené sektorem dopravy v podstatě způsobili obyvatelé jedné poloviny planety. Tyto vyspělé státy by měly přispívat k vytvoření takových způsobů získávání energie, které umožní trvale udržitelný rozvoj celé planety. Pokud se nepodaří tyto systémy vytvořit a nebudou obecně využívány, může dojít k bojům o zdroje energie či o ochranu životního prostředí. V současnosti jsou pro pohon dopravních prostředků využívány převážně paliva fosilního původu. Přechod dopravního sektoru na trvale udržitelný způsob je proto hlavní podmínkou jeho dalšího rozvoje. Zajištění zdrojů pro příští generace stejně jako globální změny klimatu se stávají důležitým tématem politiků ve všech vyspělých státech. Některé země si uvědomují zodpovědnost nejen za budoucnost vlastního národa, ale i za budoucnost celé planety a v tomto směru již učinily mnoho užitečného.¹

¹ KROUPA, V; PANÁČEK, R. *Alkoholová paliva* [online] aktualizováno 2001. [cit. 2009-02-11] Dostupné z WWW: <http://www.tc.cz/dokums_raw/alkoholovapaliva_1171360339.pdf>.

1.1 Postavení sektoru dopravy

Evropská unie má jeden z nejdynamičtějších dopravních systémů na světě. Doprava patří k základním službám každé společnosti. Umožňuje přemísťování osob, nákladů a informací. Moderní ekonomické procesy neustále zvyšují požadavky na mobilitu a dostupnost v souvislosti s postupným přechodem k volnému trhu a globální ekonomice.

Svým rozsahem se doprava výrazně podílí na tvorbě přidané hodnoty domácí ekonomiky. Například v roce 2007 její příspěvek k HDP činil zhruba 9 %.

Tabulka 1: Odvětvová struktura HDP (mld. Kč)

	2000	2003	2004	2005	2006	2007¹⁾
HDP v kupních cenách	2 189,2	2 577,1	2 814,8	2 983,9	3 215,6	3 551,4
Daně minus dotace	205,7	234,1	285,1	308,6	315,3	345,0
Hrubá přidaná hodnota	1 983,5	2 343,0	2 529,7	2 675,3	2 900,3	3 206,3
<i>v tom:</i>						
zemědělství, lesnictví, rybolov	77,2	73,3	83,4	81,0	74,1	87,1
průmysl	627,2	691,0	811,6	845,1	928,5	1 040,8
stavebnictví	127,9	149,2	164,5	168,0	179,8	200,9
obchod, opravy, pohostin., ubytování	317,4	353,0	346,3	395,2	431,1	478,4
doprava, spoje	195,0	273,2	271,2	268,0	303,6	320,8
finanční zprostředkování	56,3	83,8	88,6	81,5	90,1	107,2
komerční služby	265,4	306,5	329,3	366,9	391,1	438,1
ostatní služby	317,1	413,0	434,8	469,5	502,2	533,0

Zdroj: CDV. *Ročenka dopravy 2007: Odvětvová struktura HDP* [online]. 2008 [cit. 2009-03-12]. Dostupné z WWW: <http://www.sydos.cz/cs/rocenka-2007/rocenka/htm_cz/index.html>.

V roce 2006 pracovalo v České republice v tomto sektoru přes třístatisíc lidí a dalších jeden a půl milionu bylo s touto činností spojeno. V tabulce 2 můžeme vidět, že doprava v tomto roce zaujímala čtvrté místo v počtu zaměstnanců mezi jednotlivými odvětvími.

Tabulka 2: Průměrný evidenční počet zaměstnanců ve fyzických osobách (v tis.)

	2000	2003	2004	2005	2006	2007
A+B Zemědělství, lesnictví a rybolov	182,6	162,7	150,9	146,0	140,6	*
C+D+E Průmysl a stavebnictví	1 374,5	1 310,8	1 313,6	1 311,7	1 325,8	*
F Stavebnictví	283,3	253,6	255,7	261,9	262,4	*
G Obchod; opravy motorových vozidel a výrobků pro osobní potřebu a převážně pro domácnost	475,4	490,2	489,5	506,1	517,3	*
H Ubytování a stravování	115,9	121,1	121,7	125,7	123,5	*
I Doprava, skladování a spoje	312,1	313,8	308,9	301,9	303,7	*
J Finanční zprostředkování	72,1	66,4	67,0	65,3	66,2	*
K Činnosti v oblasti nemovitostí a pronájmu; podnikatelské činnosti	297,0	318,8	323,4	344,4	366,8	*
L Veřejná správa a obrana; povinné sociální zabezpečení	288,9	300,4	296,3	293,5	297,6	*
M Vzdělávání	290,4	299,3	290,1	292,5	293,5	*
N Zdravotní a sociální péče	243,1	258,6	257,7	268,6	267,9	*
O Ostatní veřejné, sociální a osobní služby	123,3	125,2	130,7	131,9	131,6	*

Zdroj: CDV. *Ročenka dopravy 2007: Průměrný evidenční počet zaměstnanců ve fyzických osobách* [online]. 2008. [cit. 2009-03-12]. Dostupné z WWW: <http://www.sydos.cz/cs/rocenka-2007/rocenka/htm_cz/cz07_216100.html>.

Na druhou stranu, doprava mnoha negativními způsoby ovlivňuje životní prostředí. A to nejen samotnou krajinu, ale i rostliny a živočichy v ní žijící. A samozřejmě má také výrazné negativní dopady na člověka a jeho zdraví. Nalezení a využívání takových opatření, která negativní vlivy sníží, nebo dokonce eliminují, je jedním z hlavních úkolů, které před tímto sektorem stojí.

Doprava je v současném rozsahu skutečným globálním problémem pro celou naši planetu. Dostupnost neobnovitelných a udržitelnost obnovitelných zdrojů, lidské zdraví, bezpečnost a kvalita života na Zemi, jsou aktuální otázky dnešní doby. Vlády vydávají množství dokumentů, které se týkají dopravy a dopravní politiky.

Národní i mezinárodní organizace se zaměřily na potřebu strategie udržitelné dopravy jako součást udržitelného rozvoje lidské společnosti, jež je zakotven také v právním řádu České republiky a zní: „Trvale udržitelný rozvoj společnosti je takový rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystémů“.²

² Česko (Československo). Zákon č. 17 ze dne 5. prosince 1991 o životním prostředí, ve znění pozdějších předpisů. (se změnami 123/1998 Sb., 100/2001 Sb.) In *Sbirka zákonů České a Slovenské federativní republiky*. 1992, částka 4, s. 0081. Dostupný také z WWW: <http://www.municipal.cz/predpisy/17_92.htm>. ISSN 1210-0005.

Pojem udržitelná doprava tedy můžeme formulovat na základě této definice jako doprava, která vytváří podmínky pro takové přemísťování osob a nákladů, které je na jedné straně funkční, bezpečné a ekonomické a na druhé straně není v rozporu s udržitelnou spotřebou přírodních zdrojů.³

S postupným vývojem této koncepce lze říci, že udržitelný dopravní systém spočívá na třech základních kritériích, jež se vzájemně prolínají.

Za prvé musí být udržitelný ekologicky, zohlednit úroveň souvisejících vlivů na lidskou společnost a kapacitu, kterou prostředí unese. Za druhé musí být systém udržitelný finančně, aby nevyžadoval podstatně vyšší náklady na provoz a vybavení než může být zapláceno z jeho přínosu. A konečně systém musí být udržitelný společensky, aby uspokojoval základní dopravní potřeby většiny obyvatel.⁴

Ekologická udržitelnost má mnoho hledisek, jak na lokální tak i globální úrovni včetně udržitelnosti ovzduší a využití zdrojů, zejména energie a území. Není překvapující, že ekologická udržitelnost je problematičtější ve velkých městech, což je dáno větší koncentrací obyvatelstva, průmyslem a ostatními ekonomickými aktivitami, které souvisí s životním stylem současné doby, náročným na zdroje a suroviny.

Na počátku roku 2007 vydala Evropská environmentální agentura (EEA) zprávu nazvanou *Doprava a životní prostředí: na cestě k nové společné dopravní politice*. V ní uvádí, že se v letech 1990 až 2003 zvýšil počet lidí cestujících v rámci zemí Evropské unie až o jednu pětinu. I když je tato tendence pozitivní pro ekonomiku Evropské unie, má jiné závažné důsledky.

Téměř polovina dotací na dopravu připadá na dopravu silniční, čímž exponenciálně roste úroveň znečištění. Podobné je to s leteckou dopravou, která byla nejrychleji rostoucím odvětvím, ale zároveň v ní docházelo i k nejrychlejšímu růstu emisí. V důsledku toho musí obyvatelé EU čelit velkému znečištění ovzduší. EEA odhaduje, že každoročně dochází ke ztrátě až čtyř milionů let života v důsledku znečištění.⁵

³ CDV. *Doprava, zdraví a životní prostředí* [online] 2006. [cit. 2009-03-16]. Dostupné z WWW: <<http://szp.cdv.cz/konference/bohdanec06/rok2006/sbornik.pdf>>. ISBN 80-86502-33-3.

⁴ Růžička, J. *Strategie udržitelné dopravy* [online]. Praha: Český a Slovenky dopravní klub, 1996. [cit. 2009-03-16]. Dostupné z WWW: <<http://peu.ecn.cz/dokumenty/doprava/udopcz.htm>>.

⁵ European Journalism Centre. *Doprava a Energie: Doprava* [online]. [cit. 2009-03-20]. Dostupné z WWW: <<http://www.eu4journalists.eu/index.php/dossiers/czech/C47/33/>>.

Komise zveřejnila v březnu 2007 Zelenou knihu o dopravě ve městech, jež by se měla zabývat způsoby, jak řešit efektivnost dopravy a dopravní zácpy v městských oblastech. Tento dokument se zaměřuje především na problémy týkající se osobních automobilů. Téměř polovina Evropanů totiž vlastní osobní vůz a je velmi pravděpodobné, že ho budou vlastnit i nadále ať už z důvodu společenského postavení, pohodlí či výhodnosti. Jednou z hlavních příčin tohoto chování je i to, že spotřebitelé neplatí plnou cenu provozu svého automobilu, vezmeme-li na zřetel údržbu infrastruktury a vliv na životní prostředí. Také veřejná politika se zaměřuje na výstavbu silnic a parkovišť, což rovněž nesnižuje počet vozidel na silnicích.

V důsledku rostoucích cen ropy, nestability v zemích dodávajících ropu, se vzrůstajícím počtem obyvatel a s tím spojeným nárůstem používání automobilů, čelí dnešní společnost mnoha problémům.

Proto došlo k propojení automobilismu s environmentálními a energetickými iniciativami EU, včetně limitů na emise a rozvoje biopaliv.

Komise vytvořila pro řešení takové situace několik strategií a plánů na hospodárnější automobily. Vznikly také iniciativy na podporu udržitelného rozvoje dopravy, které navrhují odradit od využívání osobních vozidel odstraňováním parkovišť, zřizováním pěších zón cyklistických stezek, vyššími cenami za parkovné a mýtným za vjezd automobilů do zatížených částí měst.

1.2 Negativní dopady dopravy na životní prostředí

Mezi důležité priority dopravní politiky patří podpora vývoje dopravních systémů příznivých k životnímu prostředí. Snahou je snížit spotřebu neobnovitelných zdrojů, omezit emise, hladinu hluku i rizika kontaminace vod a půdy a redukovat nároky na zábor území. Důraz se také klade na snižování produkce skleníkových plynů ovlivňujících globální klima.

Doprava v České republice představuje, obdobně jako v jiných vyspělých zemích, jeden z hlavních faktorů, který při svém rozvoji nepříznivě ovlivňuje kvalitu životního prostředí. Největší podíl v tomto směru připadá na silniční dopravu, jejíž negativní vliv se projevuje především v produkci emisí ohrožující lidské zdraví, zejména ve velkých městech s vysokou hustotou automobilové dopravy. Ve výfukových plynech je obsaženo značné množství látek, které působí toxicky a genotoxicky, některé mají i karcinogenní účinky.

Silniční doprava sama spotřebuje přes 40 % energie získané z ropy. Téměř polovina je využita v osobních automobilech na zastavěném území. Jak se budou zmenšovat zásoby ropy, nemusí ve vyspělých zemích dojít k velkým problémům, neboť budou dostupné alternativní technologie. Ty však budou dražší a to způsobí velké problémy v rozvojových zemích.

Dalším nepříznivým účinkem je hluk. Hluk negativně ovlivňuje lidské zdraví a to jak hluk dlouhodobý, tak i krátký zvukový impuls. S nárůstem přepravních výkonů jsou účinky hluku na lidský organismus stále výraznější a to zejména ve městech, v blízkosti dálnic a letišť.

Ke znečištění vody a půdy dochází zejména při dopravních nehodách, ale také z důvodu nedbalosti při manipulaci s přepravovaným materiálem a při neodborné likvidaci vraků automobilů.

Počet dopravních nehod na českých silnicích stále stoupá. Naštěstí se ale snížil počet usmrcených, lehce i těžce zraněných osob. To souvisí zejména se zaváděním nových bezpečnostních prvků do silničních vozidel.

V rámci zlepšení stavu životního prostředí je tedy třeba podporovat rozvoj těch druhů dopravy, které jsou příznivější k životnímu prostředí. Zvláštní a velmi důležitou oblastí je podpora kombinované dopravy ve sféře nákladní dopravy a integrovaných systémů přepravy osob. Tak je možné zvrátit nepříznivý vývoj a přispět k hospodárnějšímu a ekologičtějšímu přístupu k dopravě.

Podrobněji jsou této problematice negativních vlivů věnovány následující kapitoly.⁶

1.2.1 Znečištění ovzduší

Exhalace jsou jedním z nejškodlivějších negativních vlivů dopravy. Tento pojem chápeme jako odpadní látky vypouštěné do okolního prostředí. Ovzduší je znečišťováno vlivem nedokonalého spalování motoru. Nespálené či částečně spálené palivo a oxid uhelnatý jsou emitovány do ovzduší. Při vysokém tlaku a teplotě vznikají při spalovacím procesu oxidy dusíku.

Škodlivé látky produkované z letadel poškozují atmosféru, zejména ozónovou vrstvu. Vodní doprava vytváří pouze nepatrné množství exhalací vzhledem k malému rozsahu. K hlavním znečišťovatelům patří automobilová doprava. Je to způsobeno hlavně tím, že

⁶ ŠMAHELOVÁ, Lucie. *Analýza vlivů dopravy na životní prostředí*. Pardubice, 2007. Bakalářská práce (Bc.). Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní, Ústav veřejné správy a práva, 2007-06-04.

zatímco jsou železniční, vodní a letecká doprava soustředěny na určitých trasách, exhalace z automobilů jsou téměř všude. Nejvíce však v sídlech a v okolí hlavních tahů.

Citlivějšími skupinami lidí vůči negativním účinkům výfukových plynů jsou děti, staří lidé a osoby s dýchacími nebo srdečními chorobami. Kromě poškozování lidského zdraví mají exhalace vliv na zemědělskou půdu, stavby aj.

Složení výfukových plynů závisí na:

- druhu paliva;
- stavu a druhu motoru;
- provozních podmínkách.

Nejvýznamnější škodlivé látky znečišťující ovzduší jsou:

- skleníkové plyny: oxid uhličitý (CO_2), metan (CH_4), oxid dusný (N_2O);
- látky, na které se vztahují emisní limity: oxid uhelnatý (CO), oxidy dusíku (NO_x), těkavé organické látky s výjimkou metanu (NMVOC), pevné částice suspendované v ovzduší;
- látky nelimitované s toxickými účinky na lidské zdraví: olovo (Pb), oxid siřičitý (SO_2), ozón a další látky.⁷

Kritéria pro hodnocení ovzduší jsou:

emisní limity - nejvýše přípustné množství znečišťující látky vypouštěné do ovzduší ze zdroje znečišťování;

imísí limity – nejvyšší přípustná hmotnost koncentrace znečišťující látky obsažené v ovzduší;

depozitní limity – nejvýše přípustné množství znečišťující látky usazené po dopadu na jednotku plochy za jednotku času;

přípustná tmavost kouře – nejvýše přípustný stupeň znečištění ovzduší při spalování paliv.⁸

Tabulka 3 dokazuje, že na znečištění ovzduší se nejvíce podílí silniční doprava, která v roce 2007 vyprodukovala 86-98 % škodlivých emisí.

⁷ ADAMEC, Vladimír aj. *Elektronický průvodce udržitelnou dopravou* [online]. CDV: Brno, 2005. [cit. 2009-04-06]. Dostupné z WWW: <www.cdv.cz/text/szp/clanky/pruvodce_beta.pdf>.

⁸ ŠKAPA, Petr: *Vliv dopravy na životní prostředí*. Ostrava: VŠB Technická univerzita Ostrava, 2000, str. 7

Tabulka 3: Podíl emisí z dopravy na celkovém množství za rok 2007 (v %)

Druh dopravy	CO ₂	CO	NO _x	N ₂ O	Těkavé látky	CH ₄	SO ₂	Pevné látky
Silniční	92,79	98,63	92,37	93,74	97,50	86,59	86,95	96,37
Železniční	1,33	0,79	2,98	0,56	0,95	0,91	1,2	0,33
Vodní	0,11	0,07	0,25	0,04	0,09	0,06	0,15	0,28
Letecká	5,77	0,51	4,4	5,66	1,46	12,08	10,06	3,02

Zdroj: CDV: *Ročenka dopravy 2007* [online]. 2008 [cit. 2009-04-12]. Dostupné z WWW: <http://www.sydos.cz/cs/rocenka-2007/rocenka/htm_cz/obsah7.html>. Zpracování vlastní.

Výfukové plyny obsahují kolem 160 složek a to jak anorganických tak i organických.

Charakteristika jednotlivých škodlivých látek a jejich negativní důsledky:

Oxid uhličitý CO₂

Vzniká dokonalým spalováním v motoru. Vytvářejí ho také všechny živé organismy svým dýcháním. Nemá proto přímý vliv na člověka. Patří mezi nejdůležitější skleníkové plyny, které způsobují globální oteplování planety, což je jeden z často diskutovaných problémů současnosti. Český prezident Václav Klaus se řadí do názorového proudu, který na základě vědeckých argumentů tvrdí, že lidé významně neovlivňují globální oteplování. Při bližší analýze dat vědci dospěli k poznání, že nárůst hladiny CO₂ vždy zaostává za růstem teploty a prokazatelně není příčinou ale následkem. Odpůrci tohoto názoru naopak tvrdí, že globální oteplování je nepochybné a člověk se na něm podílí svojí činností.

Nejvíce CO₂ u nás vyprodukuje silniční doprava. V roce 2007 to bylo téměř 93 %.

Tabulka 4: Emise oxidu uhličitého (CO₂) za jednotlivé druhy dopravy (tis. t)

	2000	2003	2004	2005	2006	2007
Doprava celkem	12 252	15 687	16 700	18 191	18 514	19 333
Individuální automobilová doprava	7 215	8 932	9 266	9 791	9 697	10 115
Silniční veřejná osobní doprava včetně autobusů MHD	1 121	1 545	1 637	1 868	2 009	2 105
Silniční nákladní doprava	2 937	4 071	4 421	5 132	5 489	5 719
Železniční doprava - motorová trakce	326	289	285	270	260	257
Vodní doprava	16	12	19	15	19	22
Letecká doprava	637	838	1 072	1 115	1 040	1 115

Zdroj: CDV: *Ročenka dopravy 2007: Emise oxidu uhličitého (CO₂) za jednotlivé druhy dopravy (tis. t)* [online]. 2008. [cit. 2009-04-12]. Dostupné z WWW: <http://www.sydos.cz/cs/rocenka-2007/rocenka/htm_cz/cz07_721000.html>.

Oxid uhelnatý CO

Vzniká nedokonalým spalováním paliva v motoru. V ovzduší přechází oxidací na CO₂. Oxid uhelnatý je prudce jedovatý pro živé organismy. Blokuje přísun kyslíku ke tkáním. Proto představuje největší rizika pro orgány závislé na vydatném zásobování kyslíkem, tzn. srdce a mozek. Příznaky otravy CO jsou bolesti hlavy, závrať, srdeční obtíže a malátnost.

Tabulka 5: Emise oxidu uhelnatého (CO) za jednotlivé druhy dopravy (tis. t)

	2000	2003	2004	2005	2006	2007
Doprava celkem	278 382	255 778	235 649	232 772	213 074	202 714
Individuální automobilová doprava	182 409	146 852	129 077	114 123	95 383	93 069
Silniční veřejná osobní doprava včetně autobusů MHD	11 550	15 025	15 122	17 161	17 904	17 987
Silniční nákladní doprava	81 707	91 054	88 421	98 671	97 062	88 881
Železniční doprava - motorová trakce	2 052	1 815	1 795	1 697	1 638	1 618
Vodní doprava	99	79	118	99	118	138
Letecká doprava	565	953	1 116	1 021	969	1 021

Zdroj: CDV: *Ročenka dopravy 2007: Emise oxidu uhelnatého (CO) za jednotlivé druhy dopravy (tis. t)* [online]. 2008. [cit. 2009-04-12]. Dostupné z WWW:

<http://www.sydos.cz/cs/rocenka-2007/rocenka/htm_cz/cz07_722000.html>.

Oxidy dusíku NO_x

Jsou nejrozšířenější škodlivinou z výfukových zplodin automobilů. Vznikají při spalování vzdušného dusíku, který je do motoru dodán s kyslíkem. NO₂ působí jako dráždivý plyn a je vstřebáván v plicích. Může být příčinou zánětlivých procesů sliznice nosu, hrtanu, průdušek a plic. Dále působí na poškození imunity. Kromě nepříznivého vlivu na člověka způsobují kyselé deště.

Tabulka 6: Emise NO_x za jednotlivé druhy dopravy (t)

	2000	2003	2004	2005	2006	2007
Doprava celkem	96 791	96 811	95 490	101 560	97 103	93 196
Individuální automobilová doprava	41 543	30 835	27 360	24 490	19 584	18 264
Silniční veřejná osobní doprava včetně autobusů MHD	9 943	13 354	14 094	16 507	17 163	17 249
Silniční nákladní doprava	39 274	46 277	46 802	53 385	53 524	50 576
Železniční doprava	3 526	3 119	3 085	2 915	2 814	2 780
Vodní doprava	170	136	203	170	203	237
Letecká doprava	2 335	3 090	3 946	4 093	3 815	4 090

Zdroj: CDV: *Ročenka dopravy 2007: Emise NO_x za jednotlivé druhy dopravy (t)* [online]. 2008 [cit. 2009-04-12]. Dostupné z WWW:

<http://www.sydos.cz/cs/rocenka-2007/rocenka/htm_cz/cz07_723000.html>.

Nespálené HC uhlovodíky

Jde o směs prvků s různou škodlivostí. Některé jsou společně s oxidy dusíku příčinou troposférického ozónu. Jiné jsou silně karcinogenní, nebo jsou složkou smogu nad městskými aglomeracemi.

Škodlivé látky, které vznikají spalováním uhlovodíkových paliv, lze redukovat zavedením katalyzátoru do vozidla. Ty používají jako palivo bezolovnaté benziny.

Tabulka 7: Emise metanu za jednotlivé druhy dopravy (t)

	2000	2003	2004	2005	2006	2007
Doprava celkem	1 842	1 874	1 844	1 884	1 754	1 762
Individuální automobilová doprava	1 237	1 105	1 002	933	799	801
Silniční veřejná osobní doprava včetně autobusů MHD	166	221	232	272	282	282
Silniční nákladní doprava	296	369	386	448	458	449
Železniční doprava - motorová trakce	20	18	18	17	16	16
Vodní doprava	1	1	1	1	1	1
Letecká doprava	122	160	205	213	198	213

Zdroj: CDV: *Ročenka dopravy 2007: Emise metanu (CH₄) za jednotlivé druhy dopravy (t)* [online]. 2008. [cit. 2009-04-12]. Dostupné z WWW:

<http://www.sydos.cz/cs/rocenka-2007/rocenka/htm_cz/cz07_726000.html>.

Olovo Pb

Do 1.1.2001 bylo přidáváno do paliva jako antidetonátor. Je velmi toxické a nebezpečné zejména pro děti a těhotné ženy. V současné době je olovo nahrazeno jinými přísadami.

Zdaleka nejvýznamnějším zdrojem znečištění je individuální automobilová doprava.

Tabulka 8: Emise Pb za jednotlivé druhy dopravy (t)

	2000	2003	2004	2005	2006	2007
Doprava celkem	67,0	6,1	2,1	1,0	1,0	1,1
Individuální automobilová doprava	58,0	4,2	2,1	1,0	1,0	1,0
Silniční nákladní doprava	7,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Letecká doprava	2,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0

Zdroj: CDV: *Ročenka dopravy 2007: Emise olova (Pb) za jednotlivé druhy dopravy (t)* [online]. 2008. [cit. 2009-04-12]. Dostupné z WWW:

<http://www.sydos.cz/cs/rocenka-2007/rocenka/htm_cz/cz07_729000.html>.

Oxidy síry SO_x

Evropská komise předložila 11. května 2001 návrh na zavedení bezsírového benzínu a nafty v zemích Evropské unie, který by měl být přijat v roce 2011. Pojem bezsírový benzin však neznamená nulový obsah síry v palivu. Tímto pojmem označujeme benzin s obsahem

síry nižším než 10 mg/kg.⁹ Důvodem proč EU věnuje pozornost emisím SO_x jsou jeho toxické účinky a poškozování lidského zdraví. Společně s prachovými částicemi a přízemním ozónem vytvářejí nepříznivý smog a jsou příčinou kyselých dešťů.

Tabulka 9: Emise oxidu siřičitého (SO₂) za jednotlivé druhy dopravy (t)

	2000	2003	2004	2005	2006	2007
Doprava celkem	1 727	2 341	2 584	621	631	666
Individuální automobilová doprava	804	1 071	1 151	320	314	329
Silniční veřejná osobní doprava včetně autobusů MHD	217	309	347	60	66	71
Silniční nákladní doprava	590	843	953	164	179	190
Železniční doprava - motorová trakce	73	64	64	9	8	8
Vodní doprava	4	3	4	1	1	1
Letecká doprava	39	51	65	67	63	67

Zdroj: CDV: *Ročenka dopravy 2007: Emise oxidu siřičitého (SO₂) za jednotlivé druhy dopravy (t)* [online]. 2008. [cit. 2009-04-12]. Dostupné z WWW: <http://www.sydos.cz/cs/rocenka-2007/rocenka/htm_cz/cz07_727000.html>.

Prachové částice

V předešlých letech byly prachové částice většinou stranou zájmu, ale ukazuje se, že mohou být ze zdravotního hlediska nejvýznamnější složkou výfukových plynů. Mimo to také způsobují sníženou viditelnost při předjíždění nadměrně „kouřícího“ dopravního prostředku, která může v kritických situacích způsobit i čelní srážku s protijedoucím vozidlem. Při vstupu exhalátů do ovzduší dojde důsledkem rychlého ochlazení ke spojování částic. Jejich výsledný rozměr tedy převyšuje rozměr ve spalínách. Pevné částice mají na lidský organismus karcinogenní účinky.

Obsah pevných částic ve výfukových plynech lze účinně snižovat konstrukčními úpravami pro snížení spotřeby mazacího oleje a omezením obsahu síry v palivu. Můžeme také používat tzv. „zachycovač částic“, který je součástí výfukových systémů spalovacího motoru.

⁹ NOVÁK, Radek. *Snižování sirných produktů v zemích EU*. Ekolist [online]. Praha, 2001[2009-04-12]. Dostupné z WWW: <<http://ekolist.cz/txtzprava.shtml?x=34135>>.

Tabulka 10: Emise pevných částic za jednotlivé druhy dopravy (t)

	2000	2003	2004	2005	2006	2007
Doprava celkem	5 193	5 947	5 927	6 521	6 403	6 423
Individuální automobilová doprava	861	858	912	1 024	958	924
Silniční veřejná osobní doprava včetně autobusů MHD	1 124	1 452	1 451	1 628	1 647	1 749
Silniční nákladní doprava	2 923	3 386	3 310	3 628	3 565	3 517
Železniční doprava - motorová trakce	272	241	238	228	217	215
Vodní doprava	13	10	16	13	16	18

Zdroj: ČDV: *Ročenka dopravy 2007: Emise pevných částic za jednotlivé druhy dopravy (t)* [online]. 2008. [cit. 2009-04-12]. Dostupné z WWW: <http://www.sydos.cz/cs/rocenka-2007/rocenka/htm_cz/cz07_728000.html>.

Celkové emise z dopravy

Za poslední období vykazují největší nárůst emise skleníkových plynů. U oxidu uhličitého je to způsobeno zvyšující se spotřebou uhlíkatých paliv. U oxidu dusného hrají rozhodující roli chemické reakce atmosférického dusíku a kyslíku, neboť novější vozidla, která jsou vybavená katalyzátory, vykazují vyšší naměřené hodnoty, než starší typy bez katalyzátorů. Emise CO, CH₄ NMVOC (těkavé organické látky) mají klesající tendenci především u osobní individuální dopravy. Novější vozidla emitují cca 7-10krát menší množství těchto látek než starší typy bez řízených katalyzátorů. Emise NO_x se u individuální automobilové dopravy také snižují, avšak jejich produkce ze silničních nákladních vozidel roste. Emise SO₂ výrazně klesly, protože byly zavedeny nižší limity pro obsah síry v benzínu i v motorové naftě. Také zákaz používání olovnatého benzínu se projevil velmi pozitivně v produkci emisí Pb. Vzhledem k zastavení jeho prodeje se emise Pb stále snižují a blíží nulovým hodnotám. Kromě skleníkových plynů zůstávají největším problémem emise pevných částic. I přes přísnější limity jejich produkce rok od roku rostou vzhledem k celkovým objemům zejména nákladní dopravy.¹⁰

¹⁰ADAMEC, Vladimír aj. *Elektronický průvodce udržitelnou dopravou* [online]. ČDV: Brno, 2005. [cit. 2009-04-06]. Dostupné z WWW: <www.cdv.cz/text/szp/clanky/pruvodce_beta.pdf>.

Tabulka 11: Vývoj emisí hlavních škodlivin v ČR v dopravě (tis. t)

	2000	2003	2004	2005	2006	2007
CO₂	12 252,0	15 687,0	16 700,0	18 191,0	18 514,0	19 333,0
CO	278,4	255,8	235,6	232,8	213,1	202,7
No_x	96,8	96,8	95,5	101,6	97,1	93,2
N₂O	1,4	2,0	2,3	2,4	2,5	2,7
těkavé organické látky	60,0	51,4	47,8	47,3	42,3	40,2
CH₄	1,8	1,9	1,8	1,9	1,8	1,8
SO₂	1,7	2,3	2,6	0,6	0,6	0,7
částice	4,9	5,6	5,7	6,3	6,4	6,4
Pb	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Zdroj: CDV. *Ročenka dopravy 2007: Celkové emise z dopravy* [online]. 2008 [cit. 2009-04-12]. Dostupné z WWW: <http://www.sydos.cz/cs/rocenka-2007/rocenka/htm_cz/cz07_720000.html>.

1.2.2 Kontaminace vod a půdy

Doprava přispívá svými emisemi, technickým stavem prostředků a tankovacími palivovými stanicemi, k znečištění vod.

Povrchové a podzemní vody patří k základním surovinovým zdrojům tvořící důležitou složku životního prostředí. Jsou nutné pro zabezpečení života na Zemi. Neustále však dochází ke snižování kvality těchto vod a to špatným působením člověka, přičemž jedním s negativních faktorů je silniční doprava. Znečištění vod a půdy způsobené silniční dopravou není tak závažné jako znečištění ovzduší, ale v žádném případě není zanedbatelné.

Ohrožení kvality vod a půd v okolí komunikací může nastat třemi různými způsoby:

- dlouhodobým znečištěním způsobeným běžným silničním provozem;
- sezónním znečištěním zejména vlivem posypových materiálů užívaných k zimní údržbě komunikací;
- náhodnými haváriemi vozidel, při nichž dochází k úniku látek škodlivých pro životní prostředí.¹¹

¹¹ ADAMEC, Vladimír aj. *Elektronický průvodce udržitelnou dopravou* [online]. CDV: Brno, 2005. [cit. 2009-04-06]. Dostupné z WWW: <www.cdv.cz/text/szp/clanky/pruvodce_beta.pdf>.

1.2.3 Zábor půdy

K nejdůležitějším neobnovitelným zdrojům přiřazujeme zemský povrch, na jehož produkční schopnosti je závislá existence celého lidstva. Moře a oceány pokrývají 71 % povrchu Země a jen 29 % tvoří pevnina, která je rozhodující pro existenci lidské společnosti, proto je potřeba chránit ji a racionálně využívat.

Půdní fond ČR činí celkem 7887 tis. ha. Zábor půdy se u jednotlivých druhů dopravy značně liší. Nejvíce půdy zabírá silniční doprava a její podíl se bude ještě neustále zvyšovat výstavbou dálniční sítě. Následuje doprava železniční, letecká a vodní. Předpokládá se, že zábor půdy železniční dopravou se příliš zvětšovat nebude, protože dochází pouze k rekonstrukci a modernizaci tratí, nikoliv k nové výstavbě.

Tabulka 12: Délka infrastruktury (km)

Komunikace	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Dálnice	499	517	518	518	546	564	633
Silnice I. Třídy	6 031	6 091	6 102	6 121	6 156	6 154	6 174
Silnice II. Třídy	14 344	14 636	14 668	14 667	14 669	14 668	14 660
Silnice III. Třídy	34 719	34 183	34 134	34 141	34 128	34 124	34 118
Silnice celkem	55 946	55 427	55 422	55 447	55 499	55 510	55 585
Životní tratě	9 441	9 523	9 600	9 602	9 612	9 614	9 597

Zdroj: CDV. *Ročenka dopravy 2007* [online]. 2008 [cit. 2009-04-12]. Dostupné z WWW:

<http://www.sydos.cz/cs/ročenka-2007/ročenka/htm_cz/cz07_720000.html>. Zpracování vlastní.

1.2.4 Hluk

Jeden z velkých problémů dopravy je produkce nadměrného dopravního hluku. Zvyšování hladiny hluchnosti má neustále rostoucí tendenci. Rozhodujícími zdroji zvuku je výroba a doprava. Avšak zatímco hluk z výroby se omezuje převážně na pracoviště a má většinou jen malý dosah, hluk z dopravy postupuje celým územím. Hlavní podíl na něm má těžká silniční doprava, citelně se podílí i hlavní železnice, letiště a osobní auta.

Charakteristika hluku

Hluk - jedná se o nežádoucí zvuk, který svou intenzitou vyvolává nežádoucí nebo rušivý vjem a vyznačuje se nepříjemným či škodlivým účinkem na člověka.¹²

¹² Škapa, Petr. *Vliv dopravy na životní prostředí*. Ostrava: VŠB TU - Ostrava, 2000, ISBN 80-7078-805-4, str. 34

Hluk se dělí na:

- hluk ustálený - hladina hluku se nemění o více než 5 dB(A);
- hluk proměnný - má větší změny intenzity než 5 dB(A);
- hluk impulzní - je tvořen jednotlivými impulzy nebo sledem impulzů;
- hluk vysokofrekvenční - je způsoben neakustickými rušivými vlivy, jako jsou vítr, vibrace, elektrické a magnetické pole.¹³

Členění hluku na pásma (podle působení):

- pásmo fyziologické do 69 dB(A);
- pásmo zátěže 70-94 dB(A);
- pásmo poškození 95-119 dB(A);
- pásmo hmatu 120-129 dB(A);
- pásmo bolesti 130dB(A) a více.

Druhy hluku podle účinku:

- obtěžující - tyto účinky působí na každého jedince jinak a to z důvodu pocitu, dojmu a zdravotní dispozice jedince, jenž je vystaven tomuto účinku;
- škodlivé - jedná se o účinky vyvolané nepřipustně vysokou hladinou hluku;
- specifické - sluchové, postihují činnost sluchového analyzátoru;
- systémové - mimosluchové, projevují se poruchami srdečně cévního systému, metabolismu, spánku, zažívacími problémy a psychickou výkonností.

Působení hluku

Dopravní hluk lze označit za dominantní druh všech rušivých hluků, který na většinu občanů působí celý život.

Celkové působení hluku každým rokem roste a to především z těchto důvodů:

- růstem počtu automobilů;
- změnou vedení komunikačních tras;
- zaváděním dopravy do míst, kde v minulosti téměř žádná doprava nebyla;
- v některých lokalitách s intenzivní stavební činností;
- na malé ploše je velká koncentrace obyvatel;

¹³ BÁLEK, R. *Životní prostředí: Hluk a vibrace* [online]. Praha: ČVUT, Fakulta elektrotechnická. [cit. 2009-04-23]. Dostupné z WWW: <aldebaran.feld.cvut.cz/vyuka/zivotni_prostredi/prednasky/ZP_prednaska_11_v6.doc >.

- ne zcela vyhovující dopravní systém;
- absence obchvatů a s tím spojené přivádění průjezdné dopravy do měst.¹⁴

Účinky hluku na člověka jsou jednak specifické, ovlivňující přímo sluchový orgán, a systémové, působící na celý organismus. Účinky ovlivňující sluchový orgán se vyskytují spíše při dlouhodobém vystavení nadměrnému hluku. Nadměrný hluk prokazatelně ovlivňuje centrální nervový, hormonální, imunitní a kardiovaskulární systém, což přispívá k rozvoji civilizačních onemocnění, psychických poruch apod. Hluk přerušovaný, proměnný a neočekávaný je pro organismus daleko nebezpečnější než hluk stálý.¹⁵

V tabulkách 13 a 14 jsou zobrazeny závislosti předpokládaných zdravotních potíží na průměrné intenzitě zátěže znázorněny stínováním plochy sloupce příslušného pásma.

Tabulka 13: Prokázané nepříznivé účinky hlukové zátěže - den (6-22hod)

Nepříznivý účinek	dB den						
	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70+
Sluchové postižení							
Ischemická choroba srdeční							
Zhoršená komunikace řeči							
Silné obtěžování							
Mírné obtěžování							

Zdroj: SZÚ Praha. *Autorizační návod k hodnocení zdravotního rizika expozice hluku* [online]. 2007. [cit.2009-04-23]. Dostupné z WWW: <http://www1.szu.cz/cekz/dokumenty/autorizace/AN15_04_hluk.pdf>.

Tabulka 14: Prokázané nepříznivé účinky hlukové zátěže - noc (22-6)

Nepříznivý účinek	dB den						
	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70+
Sluchové postižení							
Ischemická choroba srdeční							
Zhoršená komunikace řeči							
Silné obtěžování							
Mírné obtěžování							

Zdroj: SZÚ Praha. *Autorizační návod k hodnocení zdravotního rizika expozice hluku* [online]. 2007. [cit.2009-04-23]. Dostupné z WWW: <http://www1.szu.cz/cekz/dokumenty/autorizace/AN15_04_hluk.pdf>.

¹⁴ KRATOCHVÍLOVÁ, Iva. *Hluk a jeho působení na lidský organismus* [online]. Pardubice, 1999. Písemná práce. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera. [cit. 2009-04-23]. Dostupné z WWW: <<http://envi.upce.cz/pisprace/starsi/krato/hluk.htm>>.

¹⁵ ŠMAHELOVÁ, Lucie. *Analýza vlivů dopravy na životní prostředí*. Pardubice, 2007. Bakalářská práce (Bc.). Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní, Ústav veřejné správy a práva, 2007-06-04.

Hluk je vnímán negativně v situacích, kdy lidem škodí bezprostředně. Zvláště v případech zvýšení hladiny hluku vlivem zavedení dopravy do míst, kde dříve nebyla.

Populaci jsou citlivěji vnímány ostatní faktory životního prostředí jako je kvalita vody i ovzduší pro jejich rychlejší působení na lidský organismus.

Jak už bylo řečeno největším zdrojem dopravního hluku je silniční doprava. K již uvedeným důvodům je nutné přičíst další faktor. Tím je špatný technický stav vozovek, které v minulosti nebyly stavěny na tak velké dopravní zatížení.

V rámci letecké dopravy jsou obrovským zdrojem hluku letiště. Také z tohoto důvodu jsou stavěna na periferiích měst. Maximálního hluku je dosaženo při startech letadel. Pro všechna letiště jsou vypracována tzv. hluková pásma, která jsou dána hygienickými předpisy daného státu. Dnešní výrobci letecké techniky a leteckých motorů se snaží snížit hluk vývojem nových technologií nebo úpravou stávajících zařízení.¹⁶

1.2.5 Vibrace

Vibrace můžeme charakterizovat jako pohyb pružného tělesa nebo prostředí, jehož jednotlivé body mechanicky kmitají. Vibrace jsou přenášeny na člověka převážně z pevných konstrukcí na rozdíl od hluku, který se šíří vzduchem. Mezi hlavní zdroje vibrací se řadí doprava a průmysl. Zvláštní skupinu kmitání tvoří mechanické otřesy vznikající při průjezdu železničních nebo silničních vozidel. V důsledku jízdy vozidla po přilehlé komunikaci nebo trati vznikají dynamické síly, které se přenáší zemí do okolí do vzdálenosti i několika stovek metrů.

Na velikosti vibrací v okolních budovách má kromě typu, hmotnosti a rychlosti jízdy vozidel nemalý podíl i technický stav komunikace či železniční trati. Vibrace nejsou tak běžnou škodlivinou jako je hluk.

Negativní vliv dopravou vytvářených vibrací na životní prostředí je především:

- v nepříjemném působení na člověka;
- ve změně chování fauny v okolí dopravních cest;
- vnitřní změna materiálu objektů, na které vibrace působí, a tím může docházet i k postupnému snižování jejich pevnosti a stability.¹⁷

¹⁶ ŠMAHELOVÁ, Lucie. *Analýza vlivů dopravy na životní prostředí*. Pardubice, 2007. Bakalářská práce (Bc.). Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní, Ústav veřejné správy a práva, 2007-06-04.

¹⁷ Škapa, Petr. *Vliv dopravy na životní prostředí*. VŠB Technická univerzita Ostrava, Ostrava 2000. ISBN 80-7078-805-4, str. 35

1.2.6 Kongesce

Tento výraz můžeme vidět jako synonymum k dopravní zácpě, která vzniká v určitých časových obdobích při převisu poptávky po dopravě nad nabídkou kapacity dopravní cesty. Projevuje se hlavně v místech s nevyrovnanou kapacitou komunikační sítě. Každému účastníkovi provozu vznikají vlastní časové ztráty a vyšší náklady na spotřebu paliva.



Obrázek 1: Dálnice D11

Z pohledu znečištění životního prostředí dochází i ke zvýšení exhalací do prostředí.

Druhy dopravních kongescí:

- jednoduchá interakce;
- mnohonásobná interakce;
- situace úzkých profilů;
- situace vyvolaného úzkého hrdla;
- výsledek řídicích opatření a opatření v síti.

Vhodné řešení kongescí je potřeba nalézt hlavně ve městech a příměstských aglomeracích. Žádoucí je budování obchvatů kolem měst.¹⁸

1.2.6 Nehody

Dopravní nehody jsou jedním z průvodních znaků dopravy a patří mezi negativní důsledky jejího rozvoje. Je to další důvod, který ohrožuje udržitelnost dopravy. Bilance dopravních nehod podle jednotlivých druhů dopravy se velmi liší. Zdaleka nejnebezpečnějším druhem dopravy je doprava silniční a to hlavně individuální motorismus. Je to dáno amatérismem většiny řidičů, kteří nepřizpůsobí rychlost a styl jízdy kvalitě komunikace, svým schopnostem a stavu počasí. Také častěji se setkáváme s nedodržováním pravidel silničního provozu a nárůstem lehkomyšlnosti a bezohlednosti. V ostatních druzích dopravy je podmínkou výkonu povolání profesionalita řidičů dopravních prostředků.

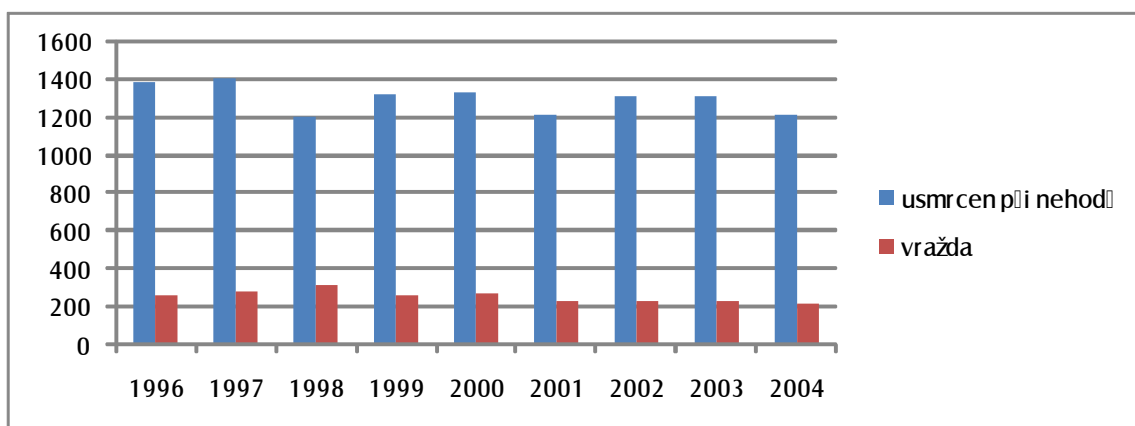
Při letecké katastrofě dojde k náhlému úmrtí velkého počtu osob, což lidé z psychologického hlediska vnímají velmi negativně. Ale vzhledem k uskutečněným přepravním výkonům je letecká doprava ze všech druhů dopravy prakticky nejbezpečnější.

¹⁸ Melichar, Vlastimil; Ježek, Jindřich. *Ekonomika dopravního podniku*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2001, ISBN 80-7194-359-2.

V těsném závěsu za ní je doprava vodní a železniční. Podíl silniční dopravy na obětech dopravních nehod činí v současné době asi 98 %.¹⁹

V roce 2008 Policie ČR šetřila celkem 160 376 nehod, při nichž bylo 992 lidí usmrceno, 3 809 těžce zraněno a 24 776 zraněno lehce. V porovnání s rokem 2007 to znamená pokles všech základních ukazatelů. V průměru každé 3 minuty se stala jedna nehoda, každých 21 minut byl zraněn jeden člověk lehce, každých 138 minut těžce a téměř každou devátou hodinu jeden člověk zemře.

Obrázek 2 dokazuje, že následkem nehod zemře v ČR téměř šestkrát více lidí než následkem vražd. Nejčastější příčinou smrti mladých lidí jsou dopravní nehody. Řidiči věkového rozmezí 25-34 let se podílejí zhruba 30 % na zavinění nehod a téměř stejným podílem také na počtu usmrcených při těchto nehodách.²⁰



Obrázek 2: Srovnání počtu obětí dopravních nehod a vražd

Zdroj: PČR. *Informace o nehodovosti na pozemních komunikacích České republiky za rok 2008* [online]. 2009 [cit. 2009-04-26]. Dostupné z WWW: <www.policie.cz/soubor/2008-12-informace-pdf-152104.aspx>. Vlastní zpracování.

Ukazatele dopravních nehod rozdělujeme na dvě základní skupiny:

- absolutní (počet dopravních nehod, usmrcených apod.);
- relativní (počet dopravních nehod na milion obyvatel, počet usmrcených na milion obyvatel).

V praxi se více používají relativní ukazatelé, neboť umožňují lepší srovnání se zahraničím.

¹⁹ ŠMAHELOVÁ, Lucie. *Analýza vlivů dopravy na životní prostředí*. Pardubice, 2007. Bakalářská práce (Bc.). Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní, Ústav veřejné správy a práva, 2007-06-04.

²⁰ PČR. *Informace o nehodovosti na pozemních komunikacích České republiky za rok 2008* [online]. 2009. [cit. 2009-04-26]. Dostupné z WWW: <www.policie.cz/soubor/2008-12-informace-pdf-152104.aspx>.

1.3 Indikátory udržitelné dopravy

Indikátory neboli ukazatele udržitelného rozvoje jsou praktickým nástrojem pro monitorování průběhu a výsledku práce vzhledem ke stanoveným cílům. Slouží také k informování veřejnosti o změnách pozorovaného procesu.

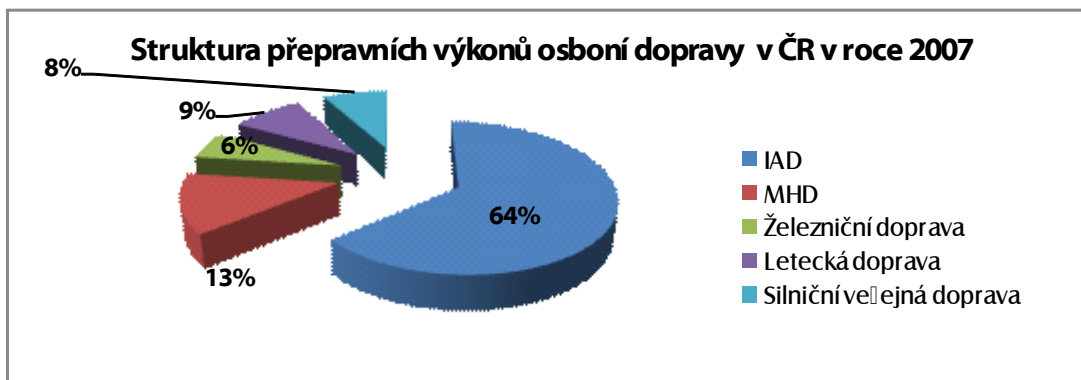
Indikátory jsou používány k zachycení vývojových tendencí většinou v rámci jedné země, nebo k vzájemnému porovnání vybraných ukazatelů více států. Je definováno mnoho ukazatelů, jež určují, zda můžeme považovat rozvoj státu za udržitelný. Pomocí různých indikátorů sledujeme vývoj dopravy například z hlediska infrastruktury, energie, nehodovosti, dopravních výkonů, znečištění atd. Všechny svým způsobem podávají informace o tom, zda se doprava rozvíjí udržitelným směrem.

Jako nejvýznamnější ukazatele pro sledování plnění cílů Strategie udržitelného rozvoje ČR bylo vybráno těchto 5 indikátorů:

- hustota železniční sítě;
- hustota silniční sítě;
- podíl jednotlivých druhů dopravy na výkonech v osobní dopravě;
- podíl jednotlivých druhů dopravy na výkonech v nákladní dopravě;
- celkové dopravní výkony silniční dopravy.²¹

Z obrázku 3 je patrné, že ve struktuře výkonů osobní dopravy v ČR dominuje individuální automobilová doprava. Ve srovnání s průměrem zemí EU 27 je však její podíl nižší. Používání veřejné dopravy je zejména díky výkonům městské hromadné dopravy oproti jiným evropským zemím nadprůměrné. Železniční doprava je u nás využívána méně než v některých vyspělých evropských zemích jako jsou Švýcarsko, Francie, Rakouskou.

²¹ JEDLIČKA, Jiří. *Indikátory udržitelné dopravy* [online]. CDV Praha, 22.5. 2006. Aktualizováno 22.1.2009. [cit. 2009-06-13]. Dostupný z WWW: <<http://www.cdv.cz/file/clanek-indikatory-udrzitelne-dopravy/>>.



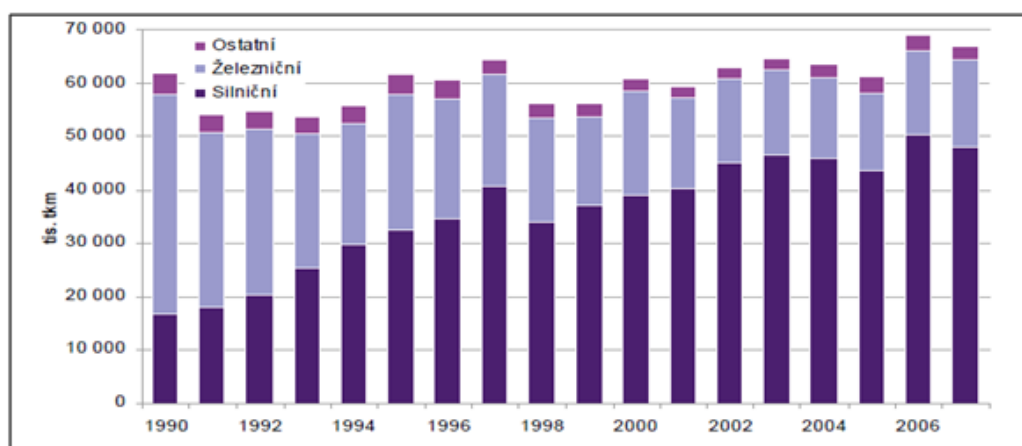
Obrázek 3: Struktura přepravních výkonů osobní dopavy v ČR v roce 2007 (v %)

Zdroj: CENIA. *Životní prostředí České republiky: Doprava*. [online]. Praha, 2008. [cit. 2009-05-03].

Dostupné z WWW:

<[http://www.cenia.cz/web/www/webpub2.nsf/\\$pid/CENMSFTS5O68/\\$FILE/doprava.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/webpub2.nsf/$pid/CENMSFTS5O68/$FILE/doprava.pdf)>. Vlastní zpracování.

Indikátor přepravních výkonů v nákladní dopravě sleduje vývoj realizovaných přepravních výkonů silniční, železniční, vodní a letecké dopavy. Tento ukazatel odráží zvyšování přepravních požadavků, které souvisejí s růstem ekonomiky. Vedle celkového přepravního výkonu sleduje také dělbu celkové práce mezi jednotlivými druhy dopavy. Tato struktura nákladní dopavy byla způsobena přesunem přepravních objemů v průběhu devadesátých let minulého století ze železniční, ale i vodní dopavy na silnici. To je dáno změnou charakteru přepravovaného zboží v důsledku restrukturalizace průmyslu a celkového vývoje hospodářství ČR.²²



Obrázek 4: Vývoj struktury nákladní dopavy v ČR v letech 1990-2007

Zdroj: CENIA. *Životní prostředí České republiky: Doprava*. [online]. Praha, 2008. [cit. 2009-05-03].

Dostupné z WWW:

<[http://www.cenia.cz/web/www/cenia-akt-tema.nsf/\\$pid/MZPMSFRRQR3V/\\$FILE/tema.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/cenia-akt-tema.nsf/$pid/MZPMSFRRQR3V/$FILE/tema.pdf)>.

²² CENIA. *Životní prostředí České republiky: Doprava*. [online]. Praha, 2008. [cit. 2009-05-03]. Dostupné z WWW: [http://www.cenia.cz/web/www/cenia-akt-tema.nsf/\\$pid/MZPMSFRRQR3V/\\$FILE/tema.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/cenia-akt-tema.nsf/$pid/MZPMSFRRQR3V/$FILE/tema.pdf).

1.4. Klíčové prvky udržitelnosti v dopravě

Navržené klíčové prvky udržitelnosti postihují hlavní problémové oblasti dopravy, které mají vliv na rozvoj dopravy v zaměření na trvalou udržitelnost. Jejich plnění je ověřováno pomocí indikátorů, které charakterizují vývojové trendy v časové závislosti.

Tabulka 15: Klíčové prvky udržitelnosti

	Prvek udržitelnosti	Úroveň problému
1.	Spotřeba neobnovitelných zdrojů energie	Globální
2.	Elektrifikace železnic	Celostátní
3.	Dělba přepravní práce mezi jednotlivými druhy dopravy	celostátní, regionální
4.	Znečištění ovzduší z dopravy	globální, celostátní, regionální, lokální
5.	Intenzita a skladba silničního dopravního proudu	lokální ve městech a chráněných územích globální, celostátní
6.	Externí náklady v dopravě	globální, celostátní
7.	Dopravní infrastruktura	globální, celostátní, lokální – kvalita místních silnic
8.	Vlastnictví automobilů	globální, celostátní

Zdroj: JEDLIČKA, Jiří; ADAMEC, Vladimír. *Udržitelný rozvoj a doprava* [online]. Praha: CDV, 15.5.2007. [cit. 2009-05-06]. Dostupné z WWW:

<[www.env.cz/_C1256D3D006B1934.nsf/\\$pid/MZPJZFKJUFKW/\\$FILE/Udržitelný%20rozvoj%20a%20doprava_Jedlička.pdf](http://www.env.cz/_C1256D3D006B1934.nsf/$pid/MZPJZFKJUFKW/$FILE/Udrzitelný%20rozvoj%20a%20doprava_Jedlička.pdf)>.

Dále se ve své diplomové práci zaměřím na problematiku spotřeby neobnovitelných zdrojů energie a jejich nahrazení v automobilové dopravě.

1.4.1 Náročnost dopravy na zdroje energie

„Za neobnovitelný zdroj energie je považován takový zdroj energie, jehož vyčerpání je očekáváno v horizontu maximálně stovek let, ale jeho případné obnovení by trvalo mnohonásobně déle.“²³

K neobnovitelným zdrojům patří fosilní paliva, jež tvoří hlavní zdroje energie využívané v dopravě, a jaderné palivo. Tyto zdroje však nejsou bezedné a proto je třeba se zaměřit na jejich nahrazení alternativními, obnovitelnými zdroji. Mezi ně patří sluneční záření, biomasa, vítr, pohyby a poloha vody.

²³ *Wikipedie: otevřená encyklopedie* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikimedia Foundation, 2001.

[cit. 2009-05-08]. Česká verze. Dostupné z WWW:

<http://cs.wikipedia.org/wiki/Neobnoviteln%C3%BD_zdroj>.

Neobnovitelné zdroje energie:

Uhlí

Uhlí je hořlavá, černá, hnědá, nebo hnědo-černá hornina, která vznikla z rostlinných a živočišných zbytků. Z ekologického pohledu je uhlí nejnebezpečnějším zdrojem energie, neboť jeho spalování velmi znečišťuje životní prostředí. V dopravě se nejvíce uplatňovalo v období parních pohonů. Dnes už je využitelné hlavně jako možnost pro výrobu vodíku.

Ropa

Ropa je velice důležitá energetická a chemická surovina. Tato směs přírodních látek vznikla z rozložených zbytků malých organismů, jež žily v oceánech, fyzikálně chemickými procesy během mnoha milionů let. Její naleziště se nacházejí na souši, na dně moří i oceánů. Je získávána dobýváním z hloubkových vrtů. Po jednoduché úpravě na nalezišti se přepravuje ropovody do místa spotřeby. V oblasti dopravy se z ropy vyrábí automobilový benzin, motorová nafta, LPG, pohonné hmoty pro leteckou dopravu a různé mazací oleje.

Česká republika spolu s ostatními zeměmi střední Evropy nemá díky své geografické poloze k dispozici významnější vlastní zdroje. Má však dostatečné zpracovatelské kapacity rafinérií, které jsou schopny zajistit potřeby jednotlivých regionů v hlavních komoditách, kterými jsou automobilový benzin a motorová nafta. Na našem území, převážně v regionu jižní Moravy, se nacházejí ložiska vysoce kvalitní ropy, ale její roční těžba zajišťuje pouze 4 % tuzemské spotřeby. Proto je ČR na dovozu závislá. Rafinérie nakupují ropu od těžebních firem a pomocí specializované přepravní firmy ji dopravují na místo zpracování.



Obrázek 5: Zásobování ČR ropou

Zdroj: Petroleum. *Doprava a skladování ropy*[online]. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, Ústav technologie ropy a alternativních paliv. [cit. 2009-05-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.petroleum.cz/doprava/>>.

Česká republika je spolu s Polskem, Slovenskem, Maďarskem a východními zeměmi Spolkové republiky Německo, zásobována ropovodem Družba.

V devadesátých letech byl vybudován ropovod IKL (Ingolstadt-Kralupy-Litvínov), který vede z Vohburgu do Nelahozevse u Kralup n/Vltavou a o jehož výstavbě rozhodla vláda České republiky za účelem zvýšení energetické nezávislosti země a diversifikaci zdrojů.

Zemní plyn

Základní složkou zemního plynu je metan. Je téměř ideálním fosilním palivem, protože je čistější než ropa a uhlí, jednoduchý pro transport a komfortní pro používání. Na rozdíl od ropy a plynu a uhlí má větší vztah vodík/uhlík a má menší emisi kysličníku uhličitého do atmosféry pro stejné množství energie. V současnosti je stlačený zemní plyn velice vhodnou ekologickou náhradou nafty či benzínu.²⁴

Jaderná energie

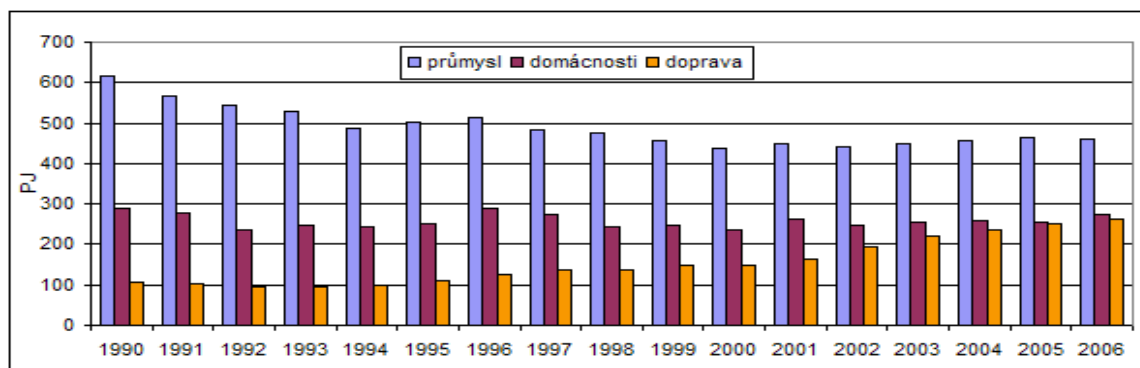
Jaderná energie se uvolňuje z jaderných reakcí v atomovém jádře. Její využití se rozvíjí kvůli čistotě a téměř nulovým vypouštěním skleníkových plynů. Jadernou energii lze zařadit do obnovitelných i neobnovitelných zdrojů. Využívá se v námořní dopravě především u ponorek.²⁵

Spotřeba primárních energetických zdrojů v dopravě

Ve všech hlavních světových regionech roste spotřeba energie v dopravě a to jak absolutně (v energetických jednotkách) tak i relativně (jako podíl na celkové spotřebě energie všemi sektory). V současnosti představuje doprava v zemích Evropské unie energeticky nejnáročnější sektor, což je dáno především stále rostoucím používáním dopravním prostředků.

²⁴ *Zdroje energie: Zemní plyn* [online]. 28. září, 2008. [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://zdrojeenergie.blogspot.com/2008/12/zemni-plyn.html>>.

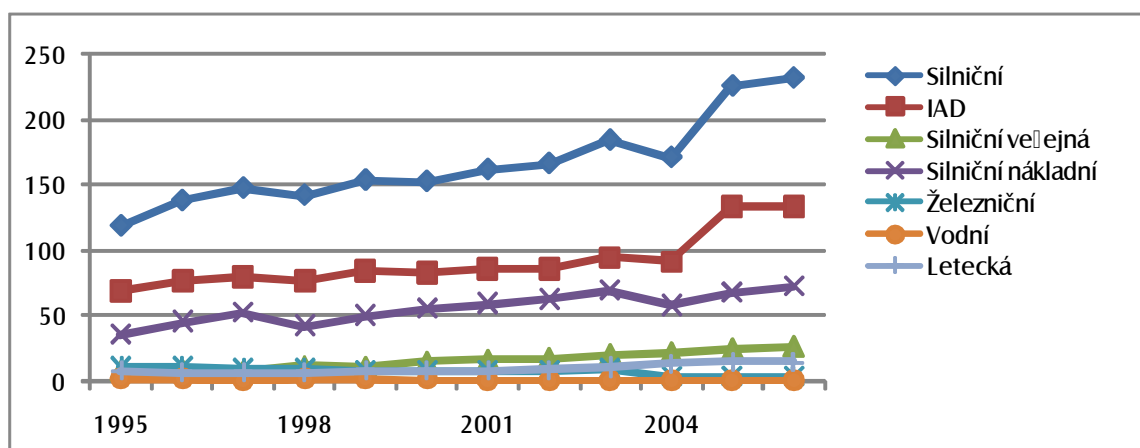
²⁵ *Zdroje energie: Jaderná energie* [online]. 28. září, 2008. [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://zdrojeenergie.blogspot.com/2008/09/jaderna-energie.html>>.



Obrázek 6: Struktura spotřeby energie vybraných sektorů

Zdroj: ČSÚ. *Česká energetika a některé mýty* [online]. 2009. [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.czso.cz/csu/csu.nsf/ainformace/753500380CAF>>.

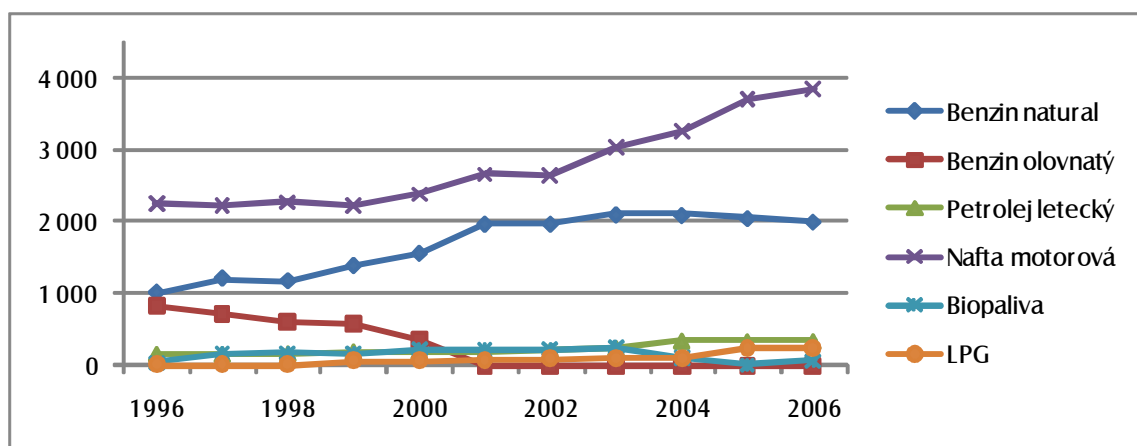
Obrázek 5 je ukazuje, že celková spotřeba energie se v dopravě od roku 1990 více jak zdvojnásobila a již dosáhla úrovně spotřeby domácností. To bylo způsobeno několika vlivy mezi něž patří například otevřenost naší ekonomiky, motorizace společnosti a změna dopravní struktury. V devadesátých letech minulého století zaznamenala velký nárůst především silniční doprava. V poslední době roste letecká doprava, zatímco podíl železniční dopravy klesá.



Obrázek 7: Energetická náročnost dopravy v jednotlivých letech ČR (v tis.TJ)

Zdroj: CDV. *Ročenka dopravy 2007* [online]. 2008 [cit. 2009-04-12]. Dostupné z WWW: <http://www.sydos.cz/cs/rocenka-2007/rocenka/htm_cz/obsah7.html>. Zpracování vlastní.

Největší podíl na spotřebované energii má individuální automobilová doprava a nákladní doprava. Podíl silniční dopravy na celkové spotřebě energie činí okolo 90 %.



Obrázek 8: Prodej pohonných hmot (v tis. tun)

Zdroj: ČSÚ. *Výkaz o spotřebitelských cenách pohonných hmot* [online]. Praha. [cit. 2009-05-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.czso.cz/>>.

Obrázek 7 zobrazuje významný nárůst prodeje motorové nafty, která má ale negativní vliv na emisní bilanci. V rámci alternativních paliv se zvyšuje množství prodeje zkapalněného ropného plynu (LPG).

Česká republika musí většinu paliv dovážet, což se také může promítnout do rostoucího schodku platební bilance. S tím souvisí i nebezpečí politické nestability a možnost jejího vyústění v omezení dovozu hlavně z arabských zemí.

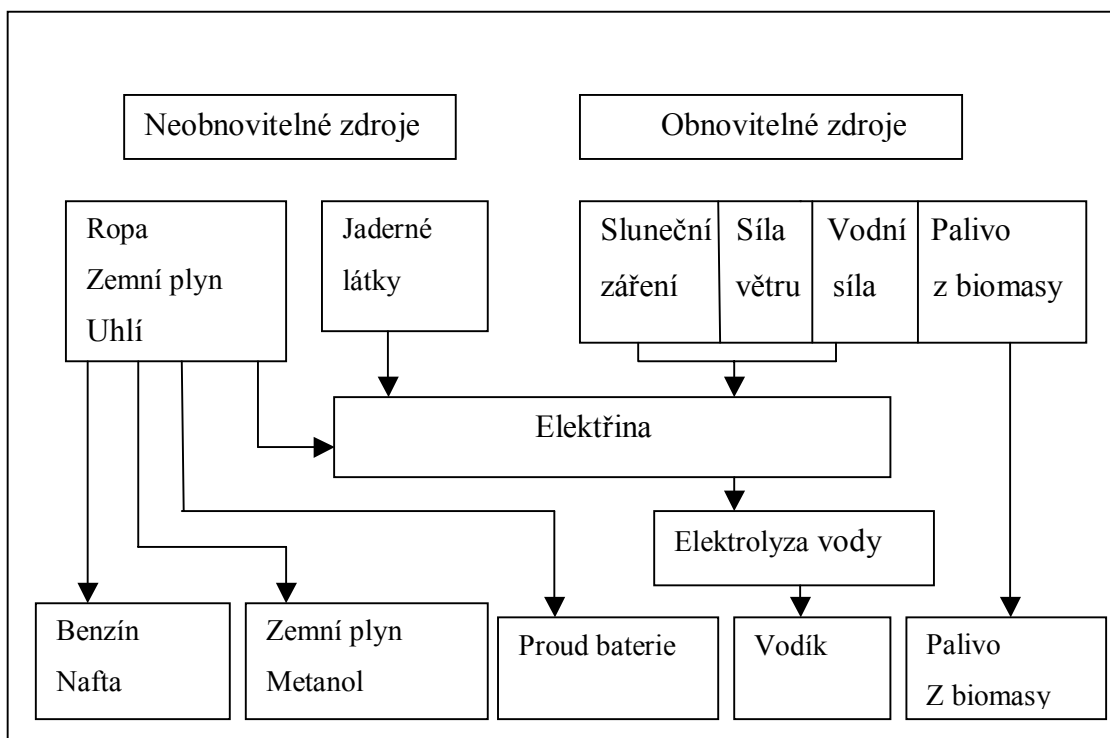
Klady a zápory využívání fosilních paliv je třeba zdůrazňovat v celém rozsahu palivového cyklu od těžby, přes úpravu, dopravu, skladování, užití až po konečnou likvidaci odpadů.

2 Možnosti alternativních paliv v automobilové dopravě

Automobil se stal jedním z nejvýznamnějších vynálezů a nepostradatelnou součástí pro uspokojování potřeb lidstva. Jak už zde bylo řečeno, dochází k prudkému nárůstu spotřeby ropy. Vzhledem k nepostačujícím zásobám a problémům se znečištěním životního prostředí, k němuž dochází vlivem používání motorových vozidel, začali lidé hledat alternativní zdroje energie. Bohužel ale přes všechnu snahu stále tvoří ropné produkty drtivou většinu pohonných hmot. V některých vyspělých zemích světa se obnovitelná paliva podílejí významnou měrou na celkové spotřebě paliv.

Mezi nejvýznamnější alternativy ke klasickým palivům a pohonům v automobilovém průmyslu patří:

- stlačený zemní plyn (CNG);
- zkapalněné ropné rafinérské plyny (LPG);
- bioplyn;
- bionafta a paliva na základě metylesteru řepkového oleje.²⁶



Obrázek 9: Různé druhy energie pro pohon vozidel

Zdroj: VLK, František. *Alternativní pohony motorových vozidel*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství VLK, 2003. 234 s. ISBN 80-239-1602-5.

Evropská komise přijala v prosinci 2001 akční plán pro životní prostředí, zdraví a bezpečnost zabývající se využitím alternativních paliv v dopravě. Jeho cílem je dosažení 20 % náhrady benzínu a nafty alternativními palivy v silniční dopravě do roku 2020 v zemích EU.

²⁶ VLK, František. *Alternativní pohony motorových vozidel*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství VLK, 2003. 234 s. ISBN 80-239-1602-5.

Pouze tyto tři typy alternativních paliv mají šanci nahradit z více než 5 % spotřebu motorových paliv:

- biopaliva, v současnosti již používaná;
- zemní plyn ve střednědobém horizontu;
- vodík a palivové články v dlouhodobém horizontu.²⁷

Podpora biopaliv je v současnosti stavěna v Evropské unii na první místo díky své relativní jednoduchosti a pozitivním efektům pro zemědělství. V návaznosti na to je i v ČR podpora rozvoje využívání biopaliv již do značné míry připravena k řešení v rámci jiných programů. Zemní plyn ať už stlačený nebo zkapalněný je sice běžně k dispozici, je však nezbytná nová infrastruktura pro jeho distribuci (specializované čerpací stanice) a také změna vozidel. Zavedení tohoto paliva se tedy z tohoto hlediska jeví jako náročnější než v případě biopaliv. Palivové články poháněné vodíkem jsou pak díky značným investicím do výroby vodíku a kompletně novému systému jeho distribuce nejvíce komplikovanou alternativou.

V dlouhodobém horizontu však můžeme očekávat přesun k vodíkovému hospodářství, což lze považovat za žádoucí až v době, kdy budou obnovitelné zdroje energie rozvinuté v takové míře, aby mohly z podstatné části energeticky zajistit elektrolytické štěpení vody. Zemní plyn je, vzhledem k jeho velmi dobrým emisním charakteristikám ve vztahu ke kapalným uhlovodíkovým palivům a také vzhledem k určité podobnosti technologií, považován za „most“ k vodíkovému hospodářství.

Významnou předností využití zemního plynu v dopravě je vyšší bezpečnost zásobování tímto palivem ve srovnání s ropnými palivy. Tato vyšší bezpečnost vyplývá z toho, že ložiska zemního plynu mají delší životnost a zemní plyn jako pohonná hmota má více alternativ (CNG, LNG apod), přičemž tyto alternativy jsou od místa těžby do místa spotřeby dopravovány různým způsobem. Umožňují tedy diverzifikaci dopravních cest, kterými jsou tato paliva dodávána, což samozřejmě snižuje riziko úplného přerušení dodávek ať již z důvodu havárií nebo úmyslného poškození.

²⁷ VLK, František. *Alternativní pohony motorových vozidel*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2003. 234 s. ISBN 80-239-1602-5.

Tabulka 16: Scénář rozvoje alternativních paliv do roku 2020

Rok	Biopaliva (%)	Zemní plyn (%)	Vodík (%)	Celkem (%)
2005	2			2
2010	6	2		8
2015	7	5	2	14
2020	8	10	5	23

Zdroj: VLK, František. Alternativní pohony motorových vozidel. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2003. 234 s. ISBN 80-239-1602-5.

Tabulka 17: Srovnání vybraných charakteristik základních paliv

Palivo	Obsah uhlíku (g C/MJ) ¹³	Well-to-wheels CO ₂ emise	Další emise	Dostupnost v ČR	Vhodnost
Benzín	18,9	Základní hranice pro paliva níže	Základní hranice pro paliva níže	Široce dostupný	Osobní vozidla
LPG	17,2	10-15 % nižší	20-30 % nižší NO _x	Široce dostupný	Osobní vozidla
Bioethanol		Cca 3% nižší	Mírně nižší CO, zvýšené NO _x	Není	Osobní vozidla
Baterie	0	Jako u produkce el. energie	Jako u produkce el. energie	Není: dobíjení u vlastníka vozidla	Osobní vozidla
Hybrid	jako benzín, nafta	42% snížení	90 % nižší CO, HC a NO _x	Široce dostupný	Všechna vozidla
Nafta	20,2	10- 20 % nižší než benzín	Vyšší PM a NO _x než u benzínu	Široce dostupný	Všechna vozidla
CNG	15,3	Cca 25 % nižší	10-15 % nižší NO _x , mírně nižší CO	dostupný	Všechna vozidla
LNG	15,3	Cca 10 % nižší	10-15 % nižší NO _x , mírně nižší CO	Není	Všechna vozidla
Bionafta (5%)		Cca 2.5 % nižší	Mírný nárůst NO _x , pokles PM a CO	Dostupná	Všechna vozidla

Zdroj: HART, D.; BAUEN, A.; CHASE, A.; HOWES, J. *Liquid biofuels and hydrogen from renewable resources in the UK to 2050: a technical analysis*. UK Department for Transport, 2003. E4tech Ltd.

2.1 Biopaliva

V současné době je v rámci alternativních paliv pro dopravu největší důraz kladen na biopaliva. Příčinou je to, že biopaliva nejen přispívají ke snižování emisí skleníkových plynů a některých dalších emisí z dopravních prostředků, ale přispívají též k řešení problémů nadprodukce potravin v zemědělství. Nejperspektivnějšími biopalivy jsou metylestery

mastných kyselin (FAME), mezi něž patří bionafta, případně směsné palivo a bioetanol. K biopalivům patří také bioplyn.²⁸

V roce 2003 byla Evropským Parlamentem a Radou EU vydána směrnice 2003/30/ES o podpoře užívání biopaliv nebo jiných obnovitelných pohonných hmot v dopravě.

K jejímu naplňování se zavázala i Česká republika. Tuto směrnici lze rozložit do čtyř částí:

1. Uvedení definice pro jednoznačné stanovení pojmů:
 - co je to biopalivo, biomasa, ostatní obnovitelná paliva, obsah energie apod.;
 - jaké produkty budou pokládány za biopalivo.
2. Konkretizace vývoje:
 - členské státy zajistí, aby minimální část biopaliv a jiných obnovitelných paliv byla uvedena na jejich trh. Přitom referenční hodnota k 31.12.2004 je 2 % biopaliv a k 31.12.2010 5,75 % biopaliv;
 - formy biopaliv s vazbou na EN 228 a EN 590.²⁹
3. Nahlášeční povinnosti členských států vůči Komisi – v každoročním vývoji a s povinnostmi nahlásit cíle.
4. Povinnost členských států uvést v platnost zákony, nařízeními a administrativními opatřeními, které směrnice v dané zemi aplikují.

Tato směrnice zároveň definuje jednotlivé druhy biopaliv, které jsou následující:

- a) „**bioteanol**“: etanol vyrobený z biomasy, nebo biologického rozkladu odpadů, užívaný jako biopalivo;
- b) „**bionafta**“: metylester vyrobený z rostlinného nebo živočišného oleje, s kvalitou nafty, užívaný jako biopalivo;

²⁸ H2WEB. *Program podpory alternativních paliv v dopravě* [online]. 2005. [cit. 2009-05-09]. Dostupný z WWW: <vodik.czweb.org/file.php?id=1_1133884954_02>. ISSN: 1801-5506.

²⁹ EU. *Směrnice 2003/30/EC Evropského Parlamentu a Rady ze dne 8.května 2003 o podpoře užívání biopaliv nebo jiných obnovitelných pohonných hmot v dopravě*. In Úřední věstník Evropské unie. Brusel: Official Journal of the European Communities, 2003, s. 42-46. Dostupný také z WWW:

<http://ec.europa.eu/energy/res/legislation/doc/biofuels/en_final.pdf>.

- c) „**bioplyn**“: plynná pohonná hmota vyrobená z biomasy nebo biologického rozkladu odpadů, která může být vycištěna až na kvalitu zemního plynu a užívána jako biopalivo, nebo dřevoplyn;
- d) „**biometanol**“: metanol vyrobený z biomasy, který se užívá jako biopalivo
- e) „**biodimetyler**“: dimetyler vyrobený z biomasy, který se používá jako biopalivo;
- f) „**bio-ETBE (etyl-tercio-butyl-ether)**“: ETBE vyrobený z bioetanolu. Objemové procento biopaliva v bio-ETBE je 47 %;
- g) „**bio-MTBE (metyl-tercio-butyl-ether)**“: palivo vyrobené z biometanolu. Objemové procento biopaliva v bio-MTBE je 36 %;
- h) „**syntetická biopaliva**“: syntetické uhlovodíky nebo směsi syntetických uhlovodíků vyrobené z biomasy;
- i) „**biovodík**“: vodík vyrobený z biomasy nebo biologického rozkladu odpadů, užívaný jako biopalivo;
- j) „**čistý rostlinný olej**“: olej vyrobený z olejních rostlin lisováním, vyluhováním nebo srovnatelnými postupy, surový nebo rafinovaný, avšak chemicky neupravovaný, pokud je jeho využití slučitelné s typem daného motoru a odpovídajícími požadavky týkající se emisí.³⁰

Také Česká republika musela aktivně přistoupit k naplňování této směrnice. Iniciativně se podařil první krok Ministerstva životního prostředí, když v novele zákona č. 86/2002 Sb. O ochraně ovzduší, ve znění zákona č. 92/2004 Sb., byla jasně stanovena povinnost zajištění minimálního množství biopaliv v sortimentu motorových benzinů a motorové nafty a to do 1.5.2004³¹.

Biopaliva se vyrábějí z biomasy, což je hmota organického původu vznikající při fotosyntéze. Na rozdíl od jiných alternativních zdrojů má obrovský energetický potenciál.

³⁰ DUCHOŇ, Bedřich. *Ekonomika zavádění alternativních paliv v dopravě a možnosti internalizace externích nákladů dopravy v České republice* [online]. Praha: Univerzita Karlova, Fakulta dopravní ČVUT Praha, Ústav ekonomiky a managementu dopravy a telekomunikací, Centrum pro otázky životního prostředí, leden 2005. [cit. 2009-05-09]. Dostupné z WWW <http://www.alternativnipaliva.fd.cvut.cz/Files/ZZ_2004.pdf>.

³¹ MZČR. *Biopaliva, methylestery a směsná paliva: Sborník vědeckých a odborných prací vydaný k 6. mezinárodnímu semináři konanému 31.3.2004, Brno* [online]. Praha, Česká zemědělská univerzita, Technická fakulta, 2005. [cit. 2009-06-16]. Dostupný z WWW: <1.5.2004.http://212.71.135.254/vuzt/poraden/prirucky/p2004_02.pdf>.

V ČR je možné k čistě energetickým účelům využít až 8miliónů tun biomasy. Přestože nemůže zcela nahradit klasické fosilní zdroje, odhaduje se, že biomasou může být v naší republice pokryto 15-20 % spotřeby všech paliv.

Tento biologický materiál může být využíván jako pohonná hmota několika způsoby:

- rostlinné oleje (řepka, slunečnice, sója) mohou být přeměněny na náhradu nafty, která se užívá ve směsi s klasickou naftou nebo přímo jako čistá bionafta;
- bioetanol – cukrová řepa, obilí a další rostliny mohou být prostřednictvím fermentace přeměněny na alkohol, který lze použít jako součást benzínu nebo přímo v čisté formě jako motorové palivo.

V současné době jsou nejdůležitějšími palivy vyráběnými z biomasy metanol, etylalkohol (etanol) a bionafta. Do pozadí ustoupilo používání bioplynu a dřevoplynu, jež bylo populární hlavně během druhé světové války.³²

Faktory ovlivňující kvalitu biopaliv, lze rozdělit do tří fází:

Fáze I - růst (druh kultury, odrůda, klimatické podmínky, stáří rostliny, hnojení, půda, atmosférické vlivy apod.)

Fáze II - sklizeň, úprava, zpracování (technologické procesy, fyzikálně-chemické vlastnosti apod.)

Fáze III - energetické využití (vzájemná interakce mezi vlastnostmi biopaliv a spalovacím zařízením)³³

2.1.1 Bioplyn

Bioplyn je bezbarvý plyn skládající se hlavně z metanu (cca 60%) a oxidu uhličitého (cca 40 %). Vzniká anaerobní fermentací, což je biologický proces rozkladu organické hmoty probíhající za nepřístupu vzduchu.

³² VLK, František. *Alternativní pohony motorových vozidel*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2003. 234 s. ISBN 80-239-1602-5.

³³ DUCHOŇ, Bedřich. *Ekonomika zavádění alternativních paliv v dopravě a možnosti internalizace externích nákladů dopravy v České republice* [online]. Praha: Univerzita Karlova, Fakulta dopravní ČVUT Praha, Ústav ekonomiky a managementu dopravy a telekomunikací, Centrum pro otázky životního prostředí, leden 2005. [cit. 2009-05-09]. Dostupné z WWW <http://www.alternativnipaliva.fd.cvut.cz/Files/ZZ_2004.pdf>.

K výrobě bioplynu slouží kaly z čistíren odpadních vod, bioodpad, zbytky jídel, chlévská mrva, hnůj, ale také tzv. „energetické rostliny“.

Nositel energie v bioplynu je metan. Čím vyšší je jeho podíl, tím je plyn energeticky bohatší.³⁴

Výhody pro spotřebitele a životní prostředí:

- lze ho použít jako náhradu zemního plynu;
- upravený bioplyn na kvalitu zemního plynu má mezi alternativními palivy nejlepší ekologickou bilanci;
- pozoruhodné úspory CO₂ prostřednictvím obnovitelného materiálu (dle výchozí suroviny až o 70 % méně CO₂).

Možné nevýhody:

- cílené pěstování energetických rostlin může s sebou nést ekologické problémy;
- dopady na životní prostředí, příp. bilance CO₂ silně závisí na použitých výchozích surovinách.

Bioplyn se jako palivo v dopravě prozatím příliš nevyskytuje. Nejčastěji je využíván zejména ve Švédsku, Švýcarsku a Francii. Další rozvoj se očekává i v Rakousku a jiných zemích.³⁵

2.1.2 Bioetanol

Etanol se v přírodě vyskytuje spíše sporadicky a jeho používání není pro člověka toxické. Je možné ho využívat jako palivo pro speciálně upravené motory, nebo jako přísadu do benzínu v rozsahu 3-15 %.

Bioetanol lze použít:

- jako příměs do benzínu;
- v čisté formě jako motorové palivo;
- jako součást benzínu ve formě aditiva ETBE (etyltercbutyléter).³⁶

³⁴ Bioprofit. *Bioplyn: popis anaerobní technologie* [online]. 2007. [cit.2009-05-11]. Dostupný z WWW: <http://www.bioplyn.cz/at_popis.htm>.

³⁵ EnergyGlobe. *Alternativní pravidla pro vozidla* [online]. Praha, 2007. [cit.2009-05-11]. Dostupný z WWW: <http://www.energyglobe.com/es_cz/uspory-energii-1/doprava/alternativni-paliva/>.

³⁶ H2WEB. Program podpory alternativních paliv v dopravě [online]. 2005. [cit. 2009-05-16]. Dostupný z WWW: <vodik.czweb.org/file.php?id=1_1133884954_02>. ISSN: 1801-5506.

Je to jedno z nejstarších alternativních paliv. Vozidla vybavená směsí etanolu s benzinem jsou ve větším rozsahu používány v Brazílii a USA.

Jako bioetanol neboli „obilní alkohol“ je označován etanol, který je vyroben výhradně z biomasy nebo biologicky odbouratelných podílů odpadů. Je používán jako biologické palivo.

Výhody používání etanolu v motorových vozidlech:

- v motoru je dokonaleji spalován;
- zaručuje vyšší výkon motoru;
- vykazuje nižší emise ve spalinách;
- snížení závislosti na dovozu ropy.

Možné problémy:

- etanol způsobuje rychlejší korozi kovových materiálů. Jeho výpary mají negativní účinek na lidský organismus;
- Díky nižšímu energetickému obsahu mají vozidla větší spotřebu.³⁷

Bioetanol není vhodným palivem do vznětových motorů, jelikož má až o 30 % nižší výhřevnost než motorová nafta.

2.1.3 Metanol a dimetyleter

Metanol představuje vhodné palivo pro zážehové motory. Můžeme ho tedy v dopravě a průmyslu využít následujícím způsobem:

- jako směs (benzin a metanol);
- čistý metanol;
- přepracování metanolu na benzin.

Metanol je možné vyrobit z biomasy, ale i z některých fosilních paliv jako je zemní plyn nebo uhlí. Nevýhodou výroby metanolu z biomasy je jeho cena, která je téměř dvojnásobná v porovnání se syntetickým metanolem vyrobeným ze zemního plynu.

Metanol má v porovnání s klasickými palivy několik kladů a záporů. Výhodou je, že výrobní technologie jsou v praxi odzkoušené, spolehlivé a široce využívané (výroba alkoholu). Ve srovnání s etanolem je další výhodou, že pro jeho výrobu existuje širší potenciál vstupních surovin a také je metanol mnohem levnější.

³⁷ EnergyGlobe. *Alternativní pravidla pro vozidla* [online]. Praha, 2007. [cit.2009-05-16]. Dostupný z WWW: <http://www.energyglobe.com/cs_cz/uspory-energii-1/doprava/alternativni-paliva/>.

Výhody používání metanolu:

- vysoká energetická hustota umožňující vyšší účinnost spalování motoru;
- nižší teplota hoření produkuje méně škodlivin;
- všeobecně menší riziko – lepší manipulace, bezpečnější při nehodách.

Nevýhody:

- toxicita při vdechnutí i působení na kůži;
- rychlejší koroze kovových materiálů;
- u benzinových motorů problémy se startováním³⁸

DME má fyzikální vlastnosti obdobné LPG. Při pokojové teplotě je v plynné fázi, tlakem několika atmosfér zkapalňuje. Jako palivo pro naftové motory nabízí vyšší efektivnost než paliva pro benzinové motory, tato výhoda je kompenzována ztrátou energie při konverzi ze zemního plynu.

Metanol může být užíván v benzinových motorech, DME jako náhrada nafty.

2.1.4 Bionafta

V zahraničí se pod názvem „biodiesel“ (volně přeloženo bionafta) rozumí především metylestery mastných kyselin rostlinných olejů, jen zřídka metylestery mastných kyselin obsažených v živočišných tucích.



Bionafta je používána jako náhrada za fosilní naftu ve vznětových motorech. Jde o ekologické palivo rostlinného původu, které se vyrábí z rostlinných olejů (řepkový, slunečnicový apod.). V České republice se nejčastěji používá olej získaný z řepky olejné.

Obrázek 10: Řepkové pole

Bionafta se ve vznětových motorech používá buď přímo ve stoprocentní koncentraci, nebo ve směsi s jinými komponenty ropného původu. Podle toho jsou v České republice pod pojmem bionafty známy dva produkty:

- bionafta I. generace;
- bionafta II. generace.

³⁸ EnergyGlobe. *Alternativní pravidla pro vozidla* [online]. Praha, 2007. [cit.2009-05-16]. Dostupný z WWW: <http://www.energyglobe.com/cs_cz/uspory-energii-1/doprava/alternativni-paliva/>.

Bionafta I. generace

Použití čistého rostlinného oleje v motorech přináší více problémů, a proto se tento olej upravuje esterifikací na metylester. U nás je zkráceně označován MEŘO. Používá se jako palivo např. v Rakousku nebo Německu. V České republice se po vzoru těchto zemí vyskytuje v některých vznětových motorech traktorů.

Bionafta I. Generace není toxická, je biologicky odbouratelná a neobsahuje žádné aromatické látky ani síru. Její parametry upravuje norma ČSN 65 6507. Bionafta I.generace se liší od běžné nafty, proto je pro její použití nutné upravení vznětových motorů.

V současných technických, ekonomických a legislativních podmínkách ČR není bionafta I.generace dostatečně konkurenceschopným palivem vůči motorové naftě.

Bionafta II. Generace

Je směs čistého metylesteru nenasycených mastných kyselin řepkového oleje (MEŘO) s ropnými látkami minerálního charakteru, jejíž kvalitativní parametry stanoví norma ČSN 65 6508.

V současné době se v České republice pro pohon do vznětových motorů používá směsné palivo se zákonným obsahem MEŘO větším než 30 %, ale maximálně do 36%. Další podíl paliva tvoří ropné produkty vybrané tak, aby byla splněna další podmínka biologické odbouratelnosti z 90% v průběhu 21dní.

Bionafta II. generace má odstraněny nedostatky bionafty I. generace. Složení vícekomponentní nafty se těsně přibližuje parametrům komerční motorové nafty, a proto ji lze používat v motorech bez větších omezení. Současný systém ekonomické podpory (daňové úlevy) u nás vytvořil podmínky pro cenovou konkurenceschopnost směsného paliva vůči klasické motorové naftě.

Užívání bionafty II. generace je příznivější k životnímu prostředí v porovnání s užíváním nafty klasické. Směsná nafta nevyžaduje žádné zvláštní podmínky pro uskladnění, kromě časového omezení. Při spalování lépe hoří a tím snižuje kouřivost naftového motoru, množství sazí, síry, oxidu uhličitého, aromatických látek a uhlovodíků.³⁹

³⁹ ADAMEC, Vladimír aj. *Elektronický průvodce udržitelnou dopravou* [online]. CDV: Brno, 2005. [cit. 2009-05-16]. Dostupné z WWW: <www.cdv.cz/text/szp/clanky/pruvodce_beta.pdf>.

Z ekologického důvodu je zavedení bionafty posuzováno pozitivně z důvodu:

- o Bionafta je biologicky snadno odbouratelné palivo, což v případě klasické nafty není tak jednoduché. To má význam zejména při rozlití bionafty na půdu, tedy při manipulační ztrátě.

Tabulka 18: Snížení emisních složek při použití MEŘO proti motorové naftě

Emisní složka	Bez oxidačního katalyzátoru	s oxidačním katalyzátorem
CO	-15 %	-98%
CH	-38%	-92%
Částice	-31%	-68%
NO	Jsou o 5 % vyšší, popřípadě i nižší podle typu motoru	

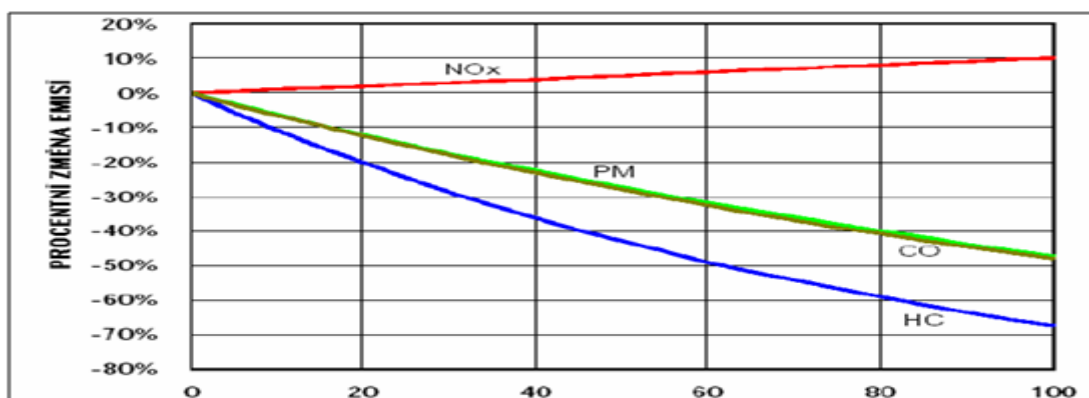
Zdroj: POKORNÝ, Z. *Bionafta : ekologické alternativní palivo do vznětových motorů*. 1. vyd. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1998. 43 s. ISBN 80-7105-173-X.

Podmínky pro použití bionafty v dopravě:

V současnosti existují tři možné způsoby použití bionafty jako paliva pro motorová vozidla vybavená vznětovými motory:

- o ve formě čisté bionafty (100% FAME) v kvalitě odpovídající ČSN EN 14214;
- o ve formě tzv. směsného paliva obsahujícího 30 % obj. FAME ve směsi s uhlovodíkovou frakcí, v kvalitě odpovídající technické normě ČSN 65 6508;
- o ve formě přídatku v množství max. 5 % obj. do běžné motorové nafty, v kvalitě odpovídající technické normě ČSN EN 590. Toto palivo s obsahem MEŘO je považováno za motorovou naftu, bez nutnosti zvláštního označení.⁴⁰

⁴⁰ ČAPPO. *Využití biopaliv v dopravě* [online]. Praha, srpen 2008. [cit. 2009-05-16]. Dostupný z WWW: <http://www.cappo.cz/ftp/vyuziti_biopaliv_v_doprave.pdf>.



Obrázek 11: Průměrný vliv bionafty na emise pro nákladní vozidla

Zdroj: MÁCA, Vojtěch. *Potenciál biopaliv ke snižování zátěže životního prostředí ze silniční dopravy* [online]. Praha: Univerzita Karlova, Centrum pro otázky životního prostředí, září 2005. [cit. 2009-06-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.alternativnialiva.fd.cvut.cz/Files/KV2.pdf>>.

2.2 LPG – (Liquified Petroleum Gas) zkapalněný ropný plyn

V současnosti je nejrozšířenějším alternativním palivem propan-butan. Je to směs uhlovodíků získaná jako vedlejší produkt rafinace ropy. Tento plyn je možné ochlazením nebo stlačením převést do kapalného stavu, ve kterém má malý objem. Přestavba zážehového motoru na pohon LPG je velice jednoduchá. Narůstající zájem o LPG je dán řadou výhod, které nabízí.

Kromě nižší ceny to jsou také klesající emise a snížená hlučnost motoru. Proti ale mluví vyšší spotřeba, úbytek výkonu a v případě dvoupalivového systému také zvýšení hmotnosti vozidla.

Přestože je zemní plyn rovněž fosilní palivo jsou emise takto poháněného spalovacího motoru jasně nižší u benzinového.⁴¹

2.3 Zemní plyn

Zemní plyn je přírodní směs plynných uhlovodíků s převažujícím podílem metanu CH₄ a proměnlivým množstvím neuhlovodíkových plynů.

⁴¹ VLK, František. *Alternativní pohony motorových vozidel*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2003. 234 s. ISBN 80-239-1602-5. Str.1

Zásoby zemního plynu jsou tak velké, že k jejich vyčerpání by mělo dojít až za 150 let. Je však také fosilním palivem, při jehož hoření se uvolňují škodlivé látky avšak v daleko menším množství. Na zemní plyn dnes jezdí přes milión aut na celém světě. Lze rozlišovat stlačený a kapalný zemní plyn. Stlačený zemní plyn se používá u lehčích vozidel, kdežto kapalný u nákladních aut a autobusů. Nevýhodou ale je, že zabírá příliš místa. Aby se prostorem neplýtvalo, nemůže být nádrž moc velká. Z toho vyplývá, že auto na zemní plyn má menší dosah než auto používající běžný pohon. Zemní plyn je však podstatně levnější. Kromě toho produkuje až o 95% méně škodlivin. Motor na zemní plyn je ovšem také méně výkonný.⁴²

Vozidla na zemní plyn jsou bezpečnější než vozidla používající benzin, naftu nebo LPG. Tento fakt vyplývá z fyzikálních vlastností zemního plynu:

- zemní plyn je, oproti kapalným palivům (benzinu, naftě, LPG), lehčí než vzduch;
- zápalná teplota zemního plynu je oproti benzinu dvojnásobná;
- silnostěnné plynové tlakové nádoby, vyráběné z oceli, hliníku nebo kompozitních materiálů, jsou bezpečnější než tenkostěnné nádrže na kapalné pohonné hmoty.

2.3.1 CNG (Compressed Natural Gas) – stlačený zemní plyn

Jedná se o stlačený zemní plyn, který bývá v zásobníku vozidla stlačen až na tlak 200



bar. Má pro pohon motorových vozidel řadu předností. Přebudování vozidla na stlačený zemní plyn je zpravidla dražší než v případě LPG. Náročnější je také systém zásobování a čerpání paliva.⁴³

Obrázek 12: Mapa čerpacích stanic

⁴² ŠMAHELOVÁ, Lucie. *Analýza vlivů dopravy na životní prostředí*. Pardubice, 2007. Bakalářská práce (Bc.). Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní, Ústav veřejné správy a práva, 2007-06-04.

⁴³ ADAMEC, Vladimír aj. *Elektronický průvodce udržitelnou dopravou* [online]. CDV: Brno, 2005. [cit. 2009-04-06]. Dostupné z WWW: <www.cdv.cz/text/szp/clanky/pruvodce_beta.pdf>.

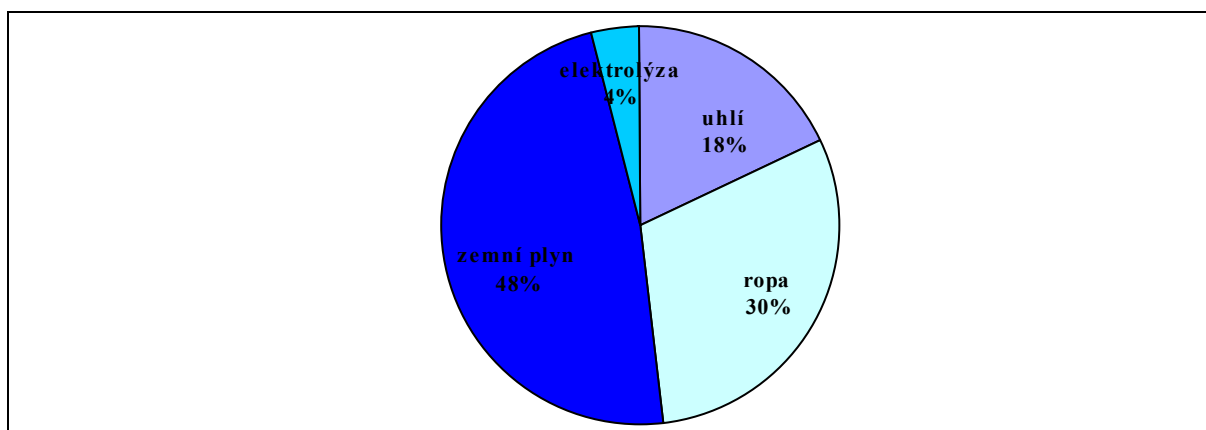
2.3.2 LNG (Liquified Natural Gas) – zkapalněný zemní plyn

Je zkapalněný zemní plyn, který je zchlazen až na -162°C při atmosférickém tlaku. Je užíván v menší míře než CNG, ale jeho výhodou je větší dojezd vozidla. Jedná se o vysoce čisté palivo s minimem škodlivých emisí.⁴⁴

Velkou nevýhodou v našich podmínkách má LNG v tom, že není k dispozici zdroj tohoto paliva a jeho doprava je velmi nákladná.

2.4 Vodík

Vodík je v současnosti předmětem intenzivního výzkumu jako případné palivo pro motorová vozidla. Může být vyráběn několika způsoby z široké škály vstupních zdrojů. V současnosti v celosvětové produkci převládá výroba z fosilních paliv, což je zobrazeno na obrázku 12.



Obrázek 13 : Struktura výroby vodíku z různých zdrojů

Zdroj: H2bus. *Výroba vodíku* [online]. 2008. [cit. 2009-06-21]. Dostupný z [www: <http://www.h2bus.cz/vyroba-vodik>](http://www.h2bus.cz/vyroba-vodik).

Využívání takto vyrobeného vodíku může pomoci lokálně snížit produkci některých zdraví poškozujících látek, globálně by však vedlo pouze k méně hospodárnému využívání primární energie a s tím souvisejícímu nárůstu produkce oxidu uhličitého.

⁴⁴ RWE. *Zkapalněný zemní plyn – LPG* [online]. [cit. 2009-06-21]. Dostupný z WWW: <http://www.cng.cz/cs/zemni_plyn/alternativni_pohonne_hmoty/zkapalneny_zemni_plyn.html>.

Další možností je výroba vodíku z obnovitelných zdrojů. Z nich se vodík získává pomocí elektrolýzy vody, vysokoteplotního rozkladu vody anebo zplyňováním či pyrolýzou biomasy.

Hlavním důvodem rozvoje vodíkového hospodářství je nalezení alternativy k využívání fosilních paliv a to především v dopravním sektoru. Výroba vodíku pro tyto účely z fosilních paliv by proto byla z výše uvedených důvodů neobhajitelná.

„Přehled možných způsobů výroby vodíku:

- Elektrolýza vody – jedná se o proces, při kterém stejnosměrný proud rozkládá vodu na kyslík a vodík. Vzhledem k tomu, že se každý plyn vyvíjí na jiné elektrodě je možné je snadno oddělit. Výchozí surovinou je pouze voda. Celková spotřeba energie při této výrobě je 5kWh/m³ vodíku při celkové účinnosti cca 18-28 %. Tato nízká účinnost je hlavní nevýhodou tohoto způsobu výroby.
- Tepelný rozklad vody – chemická vazebná energie vody je tak velká, že k rozštěpení molekuly dochází teprve při teplotě 3000 °C. Vzhledem k obtížnému dosažení této teploty je přímý tepelný rozklad vody k výrobě vodíku v současné době nepoužitelný.
- Výroba z biomasy – získávání z vody je samozřejmě velmi energeticky náročné. Za perspektivní postupy výroby vodíku jsou v současnosti považovány parní reformování uhlovodíků (hlavně zemního plynu), elektrolýza nebo termické štěpení vody (například s využitím elektřiny a tepla vzniklých z jaderné energie) a zplyňování biomasy.⁴⁵

Existují dvě možnosti užití vodíku jako automobilového paliva:

- spalování vodíku v klasických motorech obdobně jako běžné pohonné hmoty;
- použití vodíku v palivových článkách.

Náklady na spalovací motory jsou mnohem menší v porovnání s palivovými články, proto se dá očekávat, že tato varianta bude preferovanější. Některé velké automobilky již investují do vývoje nových technologií palivových článků s cílem snížit výrobní náklady pro sériovou produkci.

⁴⁵ MD ČR. *Ekonomika zavádění alternativních paliv v dopravě a možnosti internalizace externích nákladů dopravy v České republice* [online]. Praha: Univerzita Karlova, Fakulta dopravní ČVUT Praha, Ústav ekonomiky a managementu dopravy a telekomunikací, Centrum pro otázky životního prostředí, leden 2007. [cit. 2009-05-16]. Dostupné z WWW <http://www.alternativnipaliva.fd.cvut.cz/Files/ZZ_04_06.pdf>.

Užitím vodíků v motorech se jako znečišťující látky uvolňují oxidy dusíku. Co se týče exhalací oxidu uhličitého a uhlíkatých sloučenin, provedené analýzy ukázaly, že jsou minimálně o tři řády nižší než v případě motoru shodného výkonu spalující uhlovodíky (benzin, naftu, zemní plyn). Nelze však opomenout, že z charakteru hoření, které je v případě vodíku výrazně rychlejší, vyplývá poměrně vysoká koncentrace nenasycených uhlovodíků ve spalinách.

Vodík není energetickým zdrojem ale nosičem energie. Tvorba škodlivých plynů závisí na tom, jak je vodík vyráběn. Pokud je vyráběn pomocí elektřiny například z uhlí, zvýší se emise CO₂. Je-li vodík vyráběn pomocí elektřiny z nefosilných paliv, sníží se emise. Dalším problémem je umístění dostatečného množství paliva ve vozidle. Vodík má totiž pouze 30% energetický obsah v porovnání se zemním plynem.

Jedná se o nejnadějnější alternativu ke klasickým benzínem nebo naftou poháněným vozidlům, ale bude trvat ještě mnoho let než bude plně využívána.

2.5 Elektromobily

Vytvářejí samostatnou část automobilového odvětví. Jsou nabízeny již řadu let, ale z důvodu velikostí baterií a jejich výkonu se doposud nesetkaly s velkým zájmem zákazníků.

Elektromobil je poháněn elektrickým motorem. Ten je připojen k akumulátorům, které musíme poměrně často dobíjet. Malý dosah je největší slabinou. Další podstatnou nevýhodou baterií je jejich značná hmotnost - až 600 kg, kterou je nutno vozit s sebou. Dobíjení baterií trvá také příliš dlouho - od tří do patnácti hodin. Po čtyřech letech provozu je nutno akumulátory vyměnit, tedy lépe řečeno vyhodit.

To ovšem životnímu prostředí také nijak neprospívá. Velkou výhodou elektromobilu je to, že příliš neznečišťuje vzduch. Kromě toho je také velmi tichý. Ve srovnání s běžnými auty jsou ovšem elektromobily drahé, což je mimo jiné dáno tím, že se dosud nevyrábějí sériově.⁴⁶



Obrázek 14: Elektrobús

⁴⁶ VLK, František. *Alternativní pohony motorových vozidel*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2003. 234 s. ISBN 80-239-1602-5.

Využití vozů poháněných elektrickou energií z baterií je u nás velmi málo využíváno. Zajímavostí je elektrobuses vytvořený spoluprací elektronické fakulty Vysokého učení technického v Brně a firmy ČAS Znojmo, který se stal linkovým autobusem ve Znojmě.⁴⁷

2.6 Hybridní vozidla

Hybridní pohony tvoří kombinace elektromotoru a spalovacího motoru. Automobil využívá nejvýhodnější režim v závislosti na okolnostech jízdy. Elektromotor pohání vozidlo při rozjíždění, či pomalém pojíždění v hustém městském provozu. Při běžné jízdě je v provozu spalovací motor. Dochází k průběžnému dobíjení baterií v průběhu jízdy. Baterie mohou být tedy menší než u klasických elektromobilů. Pro uživatele je také příjemná malá hlučnost těchto automobilů. Nevýhodou je složitý systém, který je dán dvěma kompletními druhy motorů. Z toho plyne větší pravděpodobnost technických poruch, větší celková hmotnost vozidla a také cena.

„Kritéria k posouzení alternativních pohonů a paliv:

- energetické nároky pro splnění hlavního (zamýšleného) výstupu;
- materiálové nároky pro splnění hlavního výstupu, s rozlišením recyklovatelných a nerecyklovatelných materiálů – recyklace má zpětnou vazbu na předchozí bod, obvykle zvyšuje energetické nároky;
- vedlejší (nezamýšlené) emise škodlivých látek a energií;
- vedlejší následky se zpětnou vazbou do jiných akcí (např. zvýšení hmotnosti vozidla po použití alternativního paliva s jeho vlivem na výsledné parametry). Odhad následků zpětných vazeb bývá nejslabším článkem celého řetězce optimalizace, avšak primitivní chyby se vyskytují i v zanedbání přímých vedlejších dopadů, někdy dokonce i v nedostatečně široce pojatém posouzení předpokladů splnění hlavního cíle. Dílčí akce musí v každém případě obsahovat následující položky, u nichž je třeba kvantifikovat všechna čtyři předcházející hlediska:
 - výroba vozidla (včetně jeho pohonného agregátu a zásobníku zdroje energie), a to včetně výroby materiálů a polotovarů;

⁴⁷ ADAMEC, Vladimír aj. *Elektronický průvodce udržitelnou dopravou* [online]. CDV: Brno, 2005. [cit. 2009-05-19]. Dostupné z WWW: <www.cdv.cz/text/szp/clanky/pruvodce_beta.pdf>.

- údržba vozidla (včetně jeho pohonného agregátu a zásobníku zdroje energie) během technického života;
- likvidace nebo recyklace opotřebovaných dílů a provozních hmot;
- likvidace a recyklace celého vozidla po ukončení technického života;
- výroba zdroje energie z primárního zdroje (dříve obvyklá pouhá těžba a rafinace uhlovodíkového paliva nahrazena např. jeho chemickým přetvořením s různými nároky na zdroj další energie i zatížení životního prostředí (sledování všech vstupů a výstupů), pro elektrickou energii nutno posoudit výrobu samotnou i rozvod, pro plynná paliva nutno vzít v úvahu nároky na přidanou výrobu – generátorové plyny, vodík, dále stlačování či zkapalňování;
- uvolnění zdroje energie ze zásobníků na vozidle, případně jeho chemická konverze, stabilita zásoby v čase;
- transformace zdroje energie na vstupní energii pro převodné ústrojí (mechanická práce, elektrická energie), u hybridních systémů se může vyskytnout několik paralelních větví;
- transformace energie v převodném ústrojí na mechanickou práci hnacího členu vozidla (kola) využití přebytků pro případnou akumulaci, kryjící následující nedostatek zdroje;
- využití mechanické práce na přemístění vozidla v daném čase a její případná recyklace (závislost na hmotnosti vozidla, akumulace kinetické energie při brzdění).

Všechna hlediska musí být pro skutečnou optimalizaci v ideálním případě kvantifikována (a to včetně dopadů vedlejších účinků na životní prostředí) a vztažena na požadovaný výstup za technický život vozidla.⁴⁸

⁴⁸ VLK, František. *Alternativní pohony motorových vozidel*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2003. 234 s. ISBN 80-239-1602-5.

3 Teoretický popis metod pro multikriteriální rozhodování

Během posledních desetiletí došlo k významným změnám v oblasti hodnocení dopadů na životní prostředí. Dříve byly posuzovány pouze jednotlivé vlivy, které se negativně promítaly do životního prostředí. Šlo tedy jen o specifické problémy jako je znečištění ovzduší, vody, hluk či vibrace. Ke změně došlo v 70. letech 20. století, kdy si lidstvo začalo uvědomovat možnost globální ekologické krize. V tomto období se vědci zaměřují na systematické a komplexní zkoumání záporných ekologických a sociálních důsledků budoucích plánů či projektů na životní prostředí. Vzniká také zájem veřejnosti o životní prostředí, což přispívá ke vzniku většího množství zákonů týkajících se tohoto tématu. Byl zaveden soubor uplatňovaných pracovních postupů pod označením EIA (Environmental Impact Assessment). Poprvé se toto označení objevilo v USA v zákonu o životním prostředí z roku 1969 a postupně se rozšířil do dalších zemí.

Jde o proces, který spojuje životní prostředí a udržitelný rozvoj. EIA představuje specifickou formu posuzování na úrovni konkrétních projektů.

Postupem času docházelo k rozvíjení této koncepce a vzniku procesu SEA (Strategic Environmental Assessment). Jedná se o strategické hodnocení vlivů, které neposuzují pouze současné dopady, ale dívají se více do budoucnosti.

Technické metody hodnocení jsou v případě strategického posuzování SEA převážně kvalitativní (verbální informace a hodnocení), kdežto technické metody posuzování v rámci EIA by měly být vždy kvantitativní (numerické údaje) pro konkrétní porovnávání jednotlivých kritérií.

V České republice byl v souvislosti s problematikou EIA vytvořen zákon ČNR č. 244/1992 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí. Během následujících let vznikly nové pro proces EIA důležité zákony a související normy.⁴⁹

⁴⁹ MŽP ČR. *Posuzování vlivů na životní prostředí* [online]. 2008. [cit. 2009-07-06]. Dostupný z WWW: <http://www.mzp.cz/cz/posuzovani_vlivu_zivotni_prostredi>.

3.1 Charakteristika vybraných metod pro multikriteriální hodnocení

V běžném každodenním životě se často setkáváme s problémy vícekriteriálního rozhodování, aniž bychom si uvědomovali, že jde o tento typ úlohy. Nemusí se přitom jednat o problémy s celospolečenskými dopady. Takovým rozhodnutím může být například výběr bankovního produktu, elektrického spotřebiče a mnoho dalších, pro člověka více či méně důležitých rozhodnutí.

Lidé, kteří nemají znalosti v oblasti vícekriteriálního rozhodování, se rozhodují intuitivně. Tento přístup lze uplatnit v případech, kdy realizací jiného než nejlepšího řešení nevznikne podstatná škoda. V případě řešení problémů týkajících se životního prostředí je nutné pokrýt velmi rozsáhlou a složitou soustavu. Moderní metody se snaží objektivizovat podmínky pro rozhodování a využívání vědeckého přístupu k tomu, aby postihly nejen dílčí aspekty problému, ale i jeho komplexnost.

Modely vícekriteriálního rozhodování tedy řeší problémy, v nichž se důsledky rozhodnutí posuzují podle více kritérií. Zohlednění více kritérií vnáší do řešení problémů obtíže, jež vyplývají z obecné protichůdnosti kritérií. Účelem modelů v těchto situacích je buď nalezení “nejlepší” varianty podle všech uvažovaných hledisek, vyloučení neefektivních variant nebo uspořádání množiny variant.⁵⁰

„V modelech vícekriteriální analýzy je dána konečná množina m variant, které jsou hodnoceny podle n kritérií. Cílem je najít variantu, která je podle všech kritérií celkově hodnocena co nejlépe (variantu “optimální” či kompromisní), případně seřadit varianty od nejlepší po nejhorší nebo vyloučit neefektivní varianty.

Máme-li hodnocení variant podle kritérií kvantifikováno, můžeme údaje uspořádat do kritériální matice. Její prvky obsahují hodnocení všech variant podle všech kritérií. Prvky této matice nemusí být čísla.

⁵⁰ JABLONSKÝ, Josef; MAŇAS, Miroslav; FIALA, Petr.. *Vícekritériální rozhodování*. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze, 1994. 316 s. ISBN 80-7079-748-7.

Druhy variant:

- ideální varianta – hypotetická či reálná varianta, která dosahuje ve všech kritériích nejlepší možné hodnoty;
- bazální varianta – hypotetická či reálná varianta, jejíž ohodnocení je nejhorší podle všech kritérií;
- kompromisní varianta – jediná nedominovaná varianta doporučená k řešení

Kritéria, podle nichž je vybírána nejvýhodnější varianta, dělíme podle různých hledisek.

Podle povahy kritéria rozlišujeme:

- kritéria maximalizační - při rozhodování vycházíme z toho, že nejlepší varianty podle tohoto kritéria mají nejvyšší hodnoty;
- kritéria minimalizační - opak maximalizačního kritéria, nejlepší varianty mají nejnižší hodnoty podle tohoto kritéria.

Podle kvantifikovatelnosti kritéria dělíme:

- kritéria kvantitativní- hodnoty variant podle takovýchto kritérií tvoří objektivně měřitelné údaje, proto se také tato kritéria nazývají objektivní;
- kritéria kvalitativní - hodnoty variant podle těchto kritérií nelze objektivně změřit, velmi často jde o hodnoty subjektivně odhadnuté uživatelem (subjektivní kritéria). V těchto případech se používají různé bodovací stupnice nebo relativní hodnocení variant.

Pro řešení problému je velmi důležité, zda je některé kritérium preferováno před jiným.

Preference kritérií může být vyjádřena různým způsobem, mohou být stanoveny:

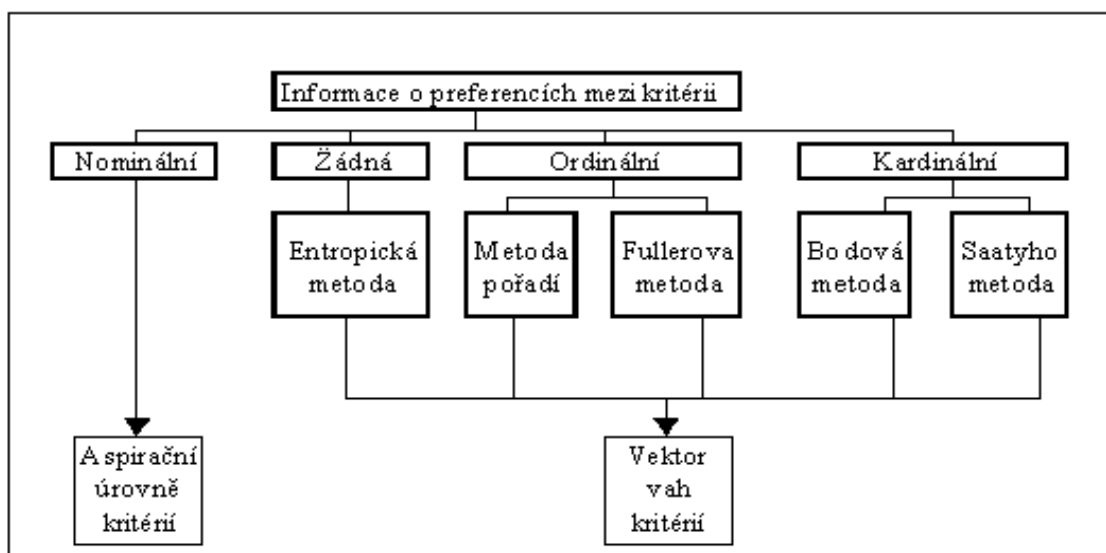
- aspirační úrovně kritérií;
- pořadí kritérií (ordinální informace o kritériích);
- váhy jednotlivých kritérií (kardinální informace o kritériích);
- způsob kompenzace kritériálních hodnot.

Model vícekritériální analýzy variant se tedy skládá ze čtyř prvků:

- variant rozhodnutí;
- kritérií;
- kritériální matice;
- vah kritérií.

Úlohy lze také dělit podle typu informace, kterou máme o preferencích mezi kritérii a variantami k dispozici:

- žádná informace – informace o preferencích neexistuje – tato situace je přípustná pouze pro preference kritérii. Pokud bychom neměli informaci o preferencích mezi variantami, nebylo by možné úlohu vyřešit, neboť by nebylo možno určit lepší a horší variantu;
- nominální informace – i toto je informace přípustná pouze pro preference kritérii mezi sebou – je vyjádřena pomocí aspiračních úrovní, tj. nejhorších možných hodnot, při nichž může být varianta akceptována a rozděluje varianty podle příslušného kritéria na akceptovatelné a neakceptovatelné;
- ordinální informace – tato informace vyjadřuje uspořádání (pořadí) kritérii podle důležitosti nebo uspořádání variant podle toho, jak jsou hodnoceny kritériem;
- kardinální informace – tento typ informace má kvantitativní charakter, tedy v případě preference kritérii se jedná o váhy, v případě ohodnocení variant podle kritéria o konkrétní nejčastěji číselné vyjádření tohoto hodnocení, které vlastně nezáleží na množině porovnávaných variant. Protože řada metod vícekritériálního hodnocení variant vyžaduje kardinální informaci, mají velký význam metody, které umožňují kvantifikovat ordinární informaci.



Obrázek 15: Druhy metod podle typu informace o preferencích

Zdroj: HOUŠKA, Milan. *Vícekritériální rozhodování* [online]. Praha: Česká zemědělská univerzita. [cit 2009-07-06]. Dostupný z WWW: <http://etext.czu.cz/php/skripta/skriptum.php?titul_key=79>.

3.1.1 Metody stanovení vah kritérií

Stanovení vah kritérií bývá výchozím krokem analýzy modelu vícekritériální analýzy variant. Téměř výhradně je informace získaná některým z dále uvedených postupů použita ke stanovení preferenčních vztahů mezi variantami v závislosti na cílech celé analýzy.

Možnosti stanovení vah kritérií bez informace o preferenci kritérií

Pokud není k dispozici žádná informace o preferencích mezi kritérii, je možné přiřadit všem kritériím stejnou váhu, vypočtenou podle vztahu:

$$v_j = \frac{1}{n}, \quad j = 1, 2, \dots, n, \text{ kde } n \text{ je počet kritérií.} \quad \textit{rovnice 1}$$

Pokud však nechceme přiřadit všem kritériím stejnou váhu, můžeme váhový vektor stanovit pomocí entropické metody.

Stanovení vah kritérií z ordinální informace o preferencích kritérií

Metody pracující s ordinální informací o kritériích předpokládají, že dokážeme vyjádřit důležitost jednotlivých kritérií tak, že přiřadí všem kritériím jejich pořadová čísla nebo při porovnání všech dvojic kritérií určit, které kritérium z aktuální dvojice je důležitější než druhé. V obou případech je přípustné označení dvou nebo více kritérií jako rovnocenných.

Způsob, jak tuto skutečnost vyjádřit je popsán u těchto metod:

- metoda pořadí;
- metoda známkování;
- alokační metoda;
- metoda porovnání ve Fullerově trojúhelníku;
- metoda ALO-FUL.

Metoda pořadí

K určení vah kritérií se metoda pořadí používá především v případech, že jejich důležitost hodnotí několik expertů. Každý z nich seřadí kritéria od nejdůležitějšího po nejméně důležité. Nejdůležitější kritérium bude ohodnoceno n body (n je počet kritérií), druhé nejdůležitější $n-1$ body, atd., až nejméně důležité kritérium dostane jen 1 bod. V případě stejné důležitosti kritérií dostanou tato kritéria body podle průměrného pořadí.

Váhu každého z kritérií určíme tak, že sečteme body, které získalo od všech expertů, a vydělíme je celkovým počtem bodů, které experti rozdělili mezi všechna kritéria. Tím je zaručeno, že suma vah všech kritérií je rovna 1.

Je-li obecně j -té kritérium ohodnoceno b_j body (jedinou hodnotou nebo součtem hodnot při hodnocení více experty), vypočítá se jeho váha na základě vztahu

$$v_j = \frac{b_j}{\sum_{j=1}^n b_j}, j=1, \dots, n. \quad \text{rovnice 2}$$

Tento vzorec normalizuje informace o preferenci kritérií, postup se proto nazývá normalizace vah kritérií.⁵¹

Metoda známkování

Principem je zvolení bodovací neboli známkovací stupnice například od 0 do 10. Znamky jsou přidělovány podle důležitosti jednotlivých kritérií. Nejvyšší hodnoty dosahují nejdůležitějšího kritéria. Je také možné přisoudit stejnou známku více ukazatelům.

Váhy je třeba opět normovat, přičemž z_j je známka (počet bodů) přiznaná j -tému parametru.

$$w_j^{(N)} = \frac{z_j}{\sum_j z_j} \quad \text{rovnice 3}$$

Metoda alokační

Základ alokační metody tvoří postupné přerozdělení předem stanoveného souhrnu bodů významnosti, tj. součtu maximálně možné celkové váhy všech ukazatelů $\sum_j w_j$. Při použití alokační metody a obsáhlém katalogu kritérií je třeba soubor vertikálně členit a rozdělení bodů provádět v krocích odshora dolů, tj. od hlavních kategorií, skupin, podskupin atd., až po jednotlivá kritéria.⁵²

⁵¹ HOUŠKA, Milan. *Vícekritériální rozhodování* [online]. Praha: Česká zemědělská univerzita. [cit 2009-07-06]. Dostupný z WWW: <http://etext.czu.cz/php/skripta/skriptum.php?titul_key=79>.

⁵² DOČKAL, Martin. *Rozhodovací procesy v životním prostředí: Multikritériální rozhodování* [online]. Praha: ČVUT Praha, Fakulta stavební. [cit.2009-06-06]. Dostupný z WWW: <http://storm.fsv.cvut.cz/on_line/rpz/05-Multikriterialni_analyza.pdf>.

Metoda Fullerova trojúhelníka

Princip metody spočívá ve vzájemném porovnání všech kritérií. Pokud předpokládáme, že v případě, kdy uživatel ohodnotí kritérium j jako důležitější než l zároveň platí, že kritérium l je považováno za méně důležité než kritérium j , stačí provést počet srovnání:

$$N = \frac{n \cdot (n-1)}{2}, \quad \text{rovnice 4}$$

kde n je počet porovnávaných kritérií.

Toto porovnávání se většinou provádí pomocí tzv. Fullerova trojúhelníku. U každé dvojice prvků se zakroužkuje ten prvek, který se považuje za důležitější. Označíme-li počet zakroužkování j -tého prvku n_j , pak ohodnocení či váhu tohoto prvku vypočteme podle vzorce:

1	1	1	...	1
2	3	4	...	k
	2	2	...	
	3	4	...	
			...	
			$k-2$	$k-2$
			$k-1$	k
				$k-1$
				k

$$v_j = \frac{n_j}{N},$$

rovnice 5

kde $j=1,2,\dots,n$.

Nevýhodou bývá subjektivní přístup hodnotitele, proto se doporučuje stanovit výslednou váhu ukazatelů kritérií z postojů většího počtu respondentů například anketou.⁵³

Duální metoda ALO-FUL

Postup, který kombinuje metodu alokační a metodu párového hodnocení (dle Fullera).

Dva nezávislé kroky:

- 1) Stanovení normované váhy kategorie $w[\text{KAT}]^{(N)}$;
- 2) Stanovení dílčí váhy ukazatele kritéria v rámci příslušné kategorie $w[\text{KAT}]_j$.

$$w_j^{(N)} = w[\text{KAT}]^{(N)} \cdot \frac{w[\text{KAT}]_j}{\sum_{j=1}^m w[\text{KAT}]_j}, \quad \text{rovnice 6}$$

⁵³ HOUŠKA, Milan. *Vícekritériální rozhodování* [online]. Praha: Česká zemědělská univerzita. [cit 2009-07-06]. Dostupný z WWW: <http://etext.czu.cz/php/skripta/skriptum.php?titul_key=79>.

kde $w[KAT]_j^{(N)}$ je normovaná váha kategorie a $w[KAT]_j$ je neupravená či surová váha (např. počet bodů získaných přednostmi podle D. Fullera) ukazatele kritéria j , v rámci uvažované kategorie KAT.

Zhodnocení výhod a nevýhod duální metody ALO-FUL se opírá o základní hodnocení obou mateřských metod (ALO-kace a FUL-lera), tedy o základní rysy metody alokace a metody párového hodnocení.

Zároveň má také pozitivní vliv na minimalizaci některých nevýhod metody alokace a metody párového hodnocení. Stanoví se relativní důležitost kategorií (hledisek) navzájem mezi sebou. Nežádoucí vliv různého počtu kritérií (ukazatelů) v jednotlivých kategoriích se vyloučí tím, že o váhu kategorie se vždy dělí rovným dílem odpovídající množina ukazatelů kritérií. Další výhodou duální metody ALO-FUL je dosažení neobvykle vysoké míry objektivizace posuzovacího procesu následkem možného zapojení většího počtu týmů expertů.⁵⁴

Stanovení vah z kardinální informace o preferencích kritérií

„Metody stanovení vah kritérií z kardinální informace o jejich preferencích předpokládají, že jsme schopni určit nejen pořadí důležitosti kritérií, ale také poměr důležitosti mezi všemi dvojicemi kritérií. Nejpoužívanějšími metodami této oblasti jsou:

- metoda bodovací, která transformuje bodové hodnocení důležitosti kritérií do podoby váhového vektoru;
- Saatyho metoda kvantitativního párového porovnání, která odvozuje váhový vektor z informace o odhadu poměru vah, který stanoví přímo uživatel.

Bodovací metoda

Důležitost každého z variant podle tohoto kritéria vyjádříme určitým počtem bodů v rámci určené bodovací stupnice, čím je kritérium důležitější, tím více bodů dostane.

Výpočet vah se z bodového hodnocení provede stejně jako u metody pořadí. Hodnoty váhového vektoru se pak normalizují podle vztahu:

$$v_j = \frac{b_j}{\sum_{j=1}^n b_j}, j = 1, 2, \dots, n, \quad \text{rovnice 7}$$

⁵⁴ SÁZAVSKÁ, Dagmar. *Multikriteriální posouzení vedení dopravních tras*. Praha, 2005. 47s. Studie k diplomové práci. ČVUT Praha. Dostupný také z WWW: < <http://xvd.mokropsy.com/files/54-sazavska.doc> >.

kde b_j je součet všech bodů od jednotlivých expertů, které j -tému kritériu tito experti přidělili.

Saatyho metoda kvantitativního párového srovnání

Jde o metodu kvantitativního párového porovnávání kritérií. Pro ohodnocení párových porovnání kritérií se používají 9-ti bodové stupnice a je možné používat i mezistupně.

- 1 - rovnocenná kritéria i a j
- 3 - slabě preferované kritérium i před j
- 5 - silně preferované kritérium i před j
- 7 - velmi silně preferované kritérium i před j
- 9 - absolutně preferované kritérium i před j

Expert porovná každou dvojici kritérií a velikosti preferencí i -tého kritéria vzhledem k j -tému kritériu zapíše do Saatyho matice $S = (s_{ij})$:

$$S = \begin{pmatrix} 1 & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ 1/s_{12} & 1 & \dots & s_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/s_{1k} & 1/s_{12} & \dots & 1 \end{pmatrix}.$$

Jsou-li i -té a j -té kritérium rovnocenná, je $s_{ij} = 1$, preferuje-li slabě i -té kritérium před j -tým, je $s_{ij} = 3$, preferuje-li silně i -té kritérium před j -tým, je $s_{ij} = 5$, při velmi silné preferenci i -tého kritéria je $s_{ij} = 7$, při preferenci absolutní dokonce $s_{ij} = 9$.

Je-li preferováno j -té kritérium před i -tým, zapíše se do Saatyho matice převrácené hodnoty ($s_{ij}=1/3$ při slabé preferenci, $s_{ij}=1/5$ při silné preferenci atd.).

Z toho již vyplývají základní vlastnosti Saatyho matice. Jedná se o matici čtvercovou řádu $n \times n$ a reciproční, tj. platí, že $s_{ij} = 1/s_{ji}$. Prvky matice vlastně vyjadřují odhad podílů vah i -tého a j -tého kritéria. Na diagonále Saatyho matice jsou proto vždy hodnoty jedna (každé kritérium je samo sobě rovnocenné).

Dříve než se počítají váhy jednotlivých kritérií, je nutné ověřit, zda zadaná matice párových porovnání je konzistentní. Uvažujme ideální matici $V = (v_{ij})$, pro jejíž prvky by

platilo $v_{hj} = v_{hi} \cdot v_{ij}$, pro $h, i, j = 1, 2, \dots, n$. **rovnice 8**

Taková matice by byla dokonale konzistentní. Prvky matice S nejsou většinou dokonale konzistentní.

Míra konzistence se měří např. indexem konzistence, který Saaty definoval takto:

$$I_S = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \quad \text{rovnice 9}$$

kde λ_{\max} je největší vlastní číslo matice S a n je počet kritérií.

Matice S je dostatečně konzistentní, jestliže $I_S < 0,1$.

Při stanovení vah můžeme vycházet z podmínky, že matice s by se měla od matice v lišit co nejméně. Potom minimalizujeme součet odchylek stejnohlých prvků obou matic:

$$F = \sum_i \sum_j [s_{ij} - \frac{v_i}{v_j}]^2 \rightarrow \min \quad \text{rovnice 10}$$

za podmínky $\sum_{j=1}^n v_j = 1$ a $v_j \geq 0$ pro $i, j = 1, 2, \dots, n$.

Další metoda, jak stanovit váhy je logaritmická metoda nejmenších čtverců.

$$\text{Řešíme } F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n [\ln s_{ij} - (\ln v_i - \ln v_j)]^2 \rightarrow \min \quad \text{rovnice 11}$$

za podmínky $\sum_{j=1}^n v_j = 1$ a $v_j \geq 0$ pro $i, j = 1, 2, \dots, n$.

Saaty navrhl početně jednoduchý způsob, jak spočítat váhy.

Řešením je normalizovaný geometrický průměr řádků matice S:

$$v_i = \frac{[\prod_{j=1}^n s_{ij}]^{\frac{1}{n}}}{\sum_{i=1}^n [\prod_{j=1}^n s_{ij}]^{\frac{1}{n}}}. \quad \text{rovnice 12}$$

Pokud je matice plně konzistentní váhy kritérií, vypočítané podle vzorce přesně odpovídají požadavkům na jejich preference.

3.1.2 Základní přístupy k vyhodnocování variant

Tři základní přístupy vyžadující kriteriální matice s kardinálními hodnotami:

- maximalizace užitku;
- maximalizace vzdálenosti od ideální varianty;
- preferenční relace.

Maximalizace užitku předpokládá možnost vyčíslení užitku, který by každá varianta při realizaci přinesla, a to na škále od 0 do 1. Abychom mohli stanovit celkový užitek, který realizace varianty přinese, je nejprve nutné stanovit pro každé kritérium hodnocení podle dílčí funkce užitku, které nahradí původní hodnocení varianty. Celkový užitek je pak získán jako agregace těchto dílčích hodnocení. Nejpoužívanější zástupce této třídy metod je **metoda váženého součtu**.

Další přístup k hodnocení variant je založen na tom, že varianta je tím lepší, čím blíže je variantě ideální.

Metody založené na analýze preferenčních vztahů porovnávají hodnocení všech dvojic variant podle všech kritérií. Podle stanovených preferenčních funkcí odvodí nejprve dílčí a poté celkové preferenční intenzity všech variant, které jsou základem pro výběr kompromisní varianty.

Metoda váženého součtu

Metoda váženého součtu je speciálním případem metody funkce užitku. Dosáhne-li varianta a_i podle kritéria j určité hodnoty y_{ij} , přináší tak uživateli užitek, který lze vyjádřit pomocí lineární funkce užitku. Celkový užitek varianty je vyjádřen váženým součtem hodnot dílčích funkcí užitku:

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^m v_j u_j(y_{ij}), \quad \text{rovnice 13}$$

kde u_j jsou dílčí funkce užitku jednotlivých kritérií a v_j jsou váhy kritérií.

Postup metody váženého součtu je dán následujícími kroky:

1. Určíme ideální variantu H s ohodnocením $(h_1; \dots; h_n)$ a bazální variantu D s ohodnocením $(d_1; \dots; d_n)$.
2. Vytvoříme standardizovanou kritériální matici R , jejíž prvky získáme pomocí vzorce:

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - d_j}{h_j - d_j}. \quad \text{rovnice 14}$$

Matrice R představuje matici hodnot funkce užitku z i -té varianty podle j -tého kritéria. Bazální variantě odpovídá hodnota nula a ideální variantě hodnota jedna.

3. Pro jednotlivé varianty vypočteme agregovanou funkci užitku:

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^n v_j r_{ij} . \quad \text{rovnice 15}$$

Varianty seřadíme sestupně podle hodnot $u(a_i)$ a potřebný počet variant s nejvyššími hodnotami užitku považujeme za řešení problému.⁵⁵

3.1.3 Metoda funkce užitku v multikriteriálním hodnocení

„Multikriteriální optimalizace je řešena převedením na monokriteriální, kdy maximalizujeme funkci užitku: $\max_{x \in S} U(x)$.”

Metoda funkce užitku vychází z předpokladu, že subjekt rozhodování dokáže přiřadit každé p-tici čísel $f = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_p(x))$, kde x je libovolný prvek množiny přípustných řešení, reálné číslo – užitečnost přípustného řešení x , tj. číslo

$$U'(f_1(x), f_2(x), \dots, f_p(x)) = U(x).$$

Funkce U mívá v aplikacích často tvar váhové funkce:

$U(x) = w_1 f_1(x) + w_2 f_2(x) + \dots + w_p f_p(x)$, kde w_i jsou nezáporné váhy kriteriálních funkcí f_i , pro něž platí $w_1 + w_2 + \dots + w_p = 1$.

O kriteriálních funkcích f_i přitom předpokládáme, že vznikly níže popsaným způsobem normování z původních (nenormovaných) kriteriálních funkcí F_i :

$$f_i(x) = \frac{(F_i(x) - F_{i \min})}{(F_{i \max} - F_{i \min})}, \quad \text{rovnice 16}$$

kde $F_{i \min}$ resp. $F_{i \max}$ je minimální resp. maximální hodnota i -té kriteriální funkce na množině přípustných řešení S .

Vzniklé funkce jsou bezrozměrné, lze je tedy sčítat. Nabývají hodnoty z intervalu $\langle 0, 1 \rangle$.

⁵⁵ HOUŠKA, Milan. *Vícekritériální rozhodování* [online]. Praha: Česká zemědělská univerzita. [cit 2009-07-06]. Dostupný z WWW: http://etext.czu.cz/php/skripta/skriptum.php?titul_key=79.

Metoda TUKP

Základní koncepci metody totálního ukazatele kvality prostředí (TUKP) uvedl prof. J. Říha. Podstatou metody je, že jednotlivé vlivy záměru, reprezentované příslušnými ukazateli, lze z hlediska kvality a kvantity posoudit a transformovat na dílčí funkce užítku, které jsou srovnatelné. Výsledkem je stanovení celkové funkce užítku U pro každou z variant řešení V_i , preferována je pak varianta s nejvyšší předpokládanou hodnotou funkce užítku.

$$\max_{x \in S} U(x)$$

Každému užítku U (V_i - varianty i) je přiřazeno reálné číslo podle obecného vztahu:

$U(V_i) = [U_1(V_i), U_2(V_i), \dots, U_n(V_i)]$, kde dílčí funkce užítku j (skalární) $U_j(V_i)$ vyjadřuje stupeň plnění dílčího kritéria P_j pro variantu V_i .

Celková funkce užítku: $U(V_i) = \sum_{j=1}^n U_j$, kde i – varianta, j – kritérium.

Pro každou jednorozměrnou funkci užítku U_j neboli $U_j(V_i)$ platí vztah:

$$U_j = f_j(P_j). \quad \text{rovnice 17}$$

Hodnota U_j je v intervalu $\langle 0, 1 \rangle$.

Při zavedení různých vah kritérií obecně $w_j \neq 1$ platí pro výpočet celkové funkce užítku vztah:

$$U_i = \sum_{j=1}^n U_j w_j^{(N)}. \quad \text{rovnice 18}$$

Odvození transformačních funkcí

Je zřejmé, že jedním ze zásadních kroků v celé multikriteriální analýze při aplikaci metody funkce užítku je stanovení transformačních funkcí užítku $U_j = f_j(P_j)$.

Při sestavování transformačních funkcí užítku jsou podstatné následující kroky:

1. určit v jakých jednotkách bude ukazatel kritéria vyjádřen;
2. určit, zda jde o transformaci přímou (s rostoucím parametrem i roste užitek) nebo nepřímou (s rostoucím i užitek klesá);
3. stanovit v jakém intervalu $\langle P_{\min}, P_{\max} \rangle$ se transformace uskuteční;
4. Definovat, jaký tvar bude mít transformační fce.
 - Klesající konkávní fce užítku – nepřímá závislost U_j na P_j .

Ekologicky optimistické hodnocení.

- Klesající konvexní funkce užítku – nepřímá závislost U_j na P_j .

Ekologicky pesimistické hodnocení.

- Rostoucí konkávní funkce užítku – přímá závislost U_j na P_j .

Ekologicky optimistické hodnocení.

- Rostoucí konvexní funkce užítku – přímá závislost U_j na P_j .

Ekologicky pesimistické hodnocení.⁵⁶

4 Multikriteriální posouzení alternativních pohonů v silniční dopravě

Při hodnocení alternativních pohonů je využita tabulka 17, Srovnání vybraných charakteristik základních paliv. *Dostupnost a vhodnost paliv* byla sloučena do jediného kritéria a určeno pořadí podle následujících pravidel:

- 1,5 - široce dostupný a vhodný pro všechna vozidla;
- 3,5 - široce dostupný a vhodný pro osobní vozidla;
- 5,5 - dostupný a vhodný pro všechna vozidla;
- 7 - není dostupný a vhodný pro všechna vozidla;

⁵⁶ DOČKAL, Martin. *Rozhodovací procesy v životním prostředí: Multikriteriální rozhodování* [online]. Praha: ČVUT Praha, Fakulta stavební. [cit.2009-06-06]. Dostupný z WWW: <http://storm.fsv.cvut.cz/on_line/rpz/05-Multikriterialni_analyza.pdf>.

8 - není dostupný a vhodný pro osobní vozidla;

9 - není dostupný, dobíjení u vlastníka vozidla a vhodný pro osobní vozidla.

Je zde devět typů alternativních pohonů. Některé mají shodné vlastnosti týkající se tohoto kritéria, proto pro ně byl brán v úvahu aritmetický průměr jejich pořadí.

Obdobně bylo určeno pořadí i v případě kritéria *další emise*.

Posuzování vhodnosti paliv je tedy prováděno na základě čtyř hlavních kritérií:

- obsah uhlíku;
- emise CO₂;
- další emise;
- dostupnost a vhodnost v ČR.

Tabulka 17: Srovnání vybraných charakteristik základních paliv podle emisí, jejich dostupnosti a vhodnosti pro jednotlivé typy vozidel

Palivo	Obsah uhlíku (g C/MJ) ¹³	Well-to-wheels CO ₂ emise	Další emise	Dostupnost v ČR	Vhodnost
Benzín	18,9	Základní hranice pro paliva níže	Základní hranice pro paliva níže ⁵⁷	Široce dostupný	Osobní vozidla
LPG	17,2	10-15 % nižší	20-30 % nižší NO _x	Široce dostupný	Osobní vozidla
Bioethanol		Cca 3% nižší	Mírně nižší CO, zvýšené NO _x	Není	Osobní vozidla
Baterie	0	Jako u produkce el. energie	Jako u produkce el. energie	Není: dobíjení u vlastníka vozidla	Osobní vozidla
Hybrid	jako benzin, nafta	42% snížení	90 % nižší CO, HC a NO _x	Široce dostupný	Všechna vozidla
Nafta	20,2	10- 20 % nižší než benzin	Vyšší PM a NO _x než u benzínu	Široce dostupný	Všechna vozidla
CNG	15,	Cca 25% nižší	10-15 % nižší NO _x , mírně nižší CO	Dostupný	Všechna vozidla
LNG	15,3	Cca 10 % nižší	10-15 % nižší NO _x , mírně nižší CO	Není	Všechna vozidla
Bionafta		Cca 2.5 % nižší	Mírný nárůst NO _x , pokles PM a CO	Dostupná	Všechna vozidla

Obsah uhlíku v bioetanolu je v porovnání s obsahem uhlíku v automobilovém benzínu cca o 33 % nižší. Bionafta II. generace má obsah uhlíku 77,6 %.

U hybridního automobilu závisí na používání nafty či benzínu, proto je zde uvažován aritmetický průměr obsahu uhlíku těchto paliv.

⁵⁷ Běžné benzinové vozidlo vypustí na ujetý kilometr 164 gramů CO₂.

Upravená tabulka:

Palivo	Obsah uhlíku (g C/MJ) ¹³	CO ₂ emise (g/km)	Další emise	Dostupnost a vhodnost v ČR
Benzín	18,9	164	8	3,5
LPG	17,2	143,5	3	3,5
Bioethanol	17	159	6,5	8
Baterie	0	95	2	9
Hybrid	9,5	95	1	1,5
Nafta	20,2	139,4	9	1,5
CNG	15	123	4,5	5,5
LNG	15,3	147,6	4,5	7
Bionafta II gen	15,7	160	6,5	5,5
označení	k_1	k_2	k_3	k_4

Stanovení vah:

Metoda pořadí

Pořadí kritérií bylo stanoveno podle jejich důležitosti. Nejdůležitější jsou emise CO₂, potom obsah uhlíku, další emise a na posledním místě dostupnost a vhodnost paliva v ČR. Z této informace vychází váhový vektor:

	k_1	k_2	k_3	k_4
Pořadí	2	1	3	4
p_j	3	4	2	1
v_j	0,3	0,4	0,2	0,1

Fullerova metoda

Porovnání důležitosti kritérií ve Fullerově trojúhelníku:

			n_j - počet preferencí	v_j - váhy
1	1	1	2	0,33
2	3	4		
	2	2	3	0,5
	3	4		
		3	1	0,166
		4	0	0

Preferovanější kritérium je označeno tučně.

Bodovací metoda

Důležitost kritérií byla obodována na stupnici od 1 do 10 a pomocí normalizovaného bodového hodnocení stanoven váhový vektor takto:

	k_1	k_2	k_3	k_4
b_j	8	10	6	5
v_j	0,26	0,34	0,21	0,17

Saatyho metoda

Na základě výše uvedených vzorců byla vyplněna Saatyho matice odhadů poměru skutečných vah kritérií, ze které byly poté odvozeny váhy jako normalizovaný geometrický průměr řádků této matice:

	k_1	k_2	k_3	k_4	b_j	v_j
k_1	1	0,33	4	5	1,61	0,28
k_2	3	1	5	7	3,2	0,56
k_3	0,25	0,2	1	3	0,62	0,11
k_4	0,2	0,143	0,33	1	0,31	0,05

Jedná se o subjektivní odhad. Přesto se získané výsledky podle všech metod velice dobře shodují. Protože za nejs sofistikovanejší přístup je považována Saatyho metoda, bude při stanovování preferencí mezi variantami používán vektor vah, který byl její pomocí získán.

Metoda váženého součtu

Zde je znovu použita původní kritériální matice a stanoven nějaký vektor vah. Pro úplnost informace je uvedena také povaha kritérií (jestli jsou maximalizační nebo minimalizační).

Palivo	Obsah uhlíku (g C/MJ) ¹³	CO ² emise (g/km)	Další emise	Dostupnost a vhodnost v ČR
Benzín	18,9	164	8	3,5
LPG	17,2	143,5	3	3,5
Bioethanol	17	159	6,5	8
Baterie	0	95	2	9

Hybrid	9,5	95	1	1,5
Nafta	20,2	139,4	9	1,5
CNG	15	123	4,5	5,5
LNG	15,3	147,6	4,5	7
Bionafta II gen	15,7	160	6,5	5,5
Váhy	0,28	0,56	0,11	0,05
povaha	min	min	min	min

Pomocí ideální varianty $h=(0; 95; 1; 1)$ a bazální varianty $d=(20,2; 164; 9; 9)$ byly vypočteny hodnoty standardizované kritériální matice $R = (r_{ij})$:

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - d_j}{h_j - d_j}.$$

Palivo	Obsah uhlíku (g C/MJ)¹³	CO₂ emise (g/km)	Další emise	Dostupnost a vhodnost v ČR
Benzin	0,06	0	0,125	0,675
LPG	0,15	0,3	0,75	0,675
Bioetanol	0,16	0,07	0,3125	0,125
Baterie	1	1	0,875	0
Hybrid	0,53	1	1	0,9375
Nafta	0	0,36	0	0,9375
CNG	0,26	0,59	0,5625	0,44
LNG	0,24	0,24	0,5625	0,25
Bionafta II gen	0,22	0,06	0,3125	0,44

Pro každou variantu je stanovena hodnota agregované funkce užitku, což je podklad pro určení pořadí variant: $u(a_i) = \sum_{j=1}^n v_j r_{ij}$.

	Užitek	Pořadí
Benzin	0,0643	9
LPG	0,33	4
bioetanol	0,124	8
Baterie	0,936	1
Hybrid	0,87	2
Nafta	0,248	6
CNG	0,49	3
LNG	0,276	5
Bionafta II generace	0,15	7

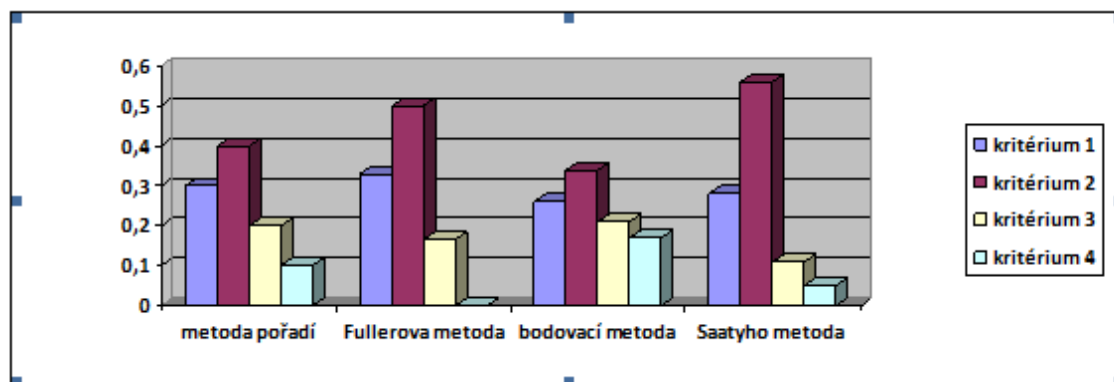
4.1 Výsledky použitých metod

Při stanovení vah kritérií byly použity následující metody:

- metoda pořadí;
- Fullerova metoda;
- bodovací metoda;

- Saatyho metoda.

Z obrázku pod textem je patrné, že všechny metody vykazují největší váhu u druhého kritéria, což jsou emise CO₂ a nejmenší váhu kritéria čtvrtého. Z tohoto důvodu jsou nejméně zátěžové hybridní automobily a elektromobily.



Obrázek 16: Vyhodnocení metod pro váhu kritéria

Dále byla využita Saatyho metoda a s její pomocí vypočtena metoda váženého součtu. Na jejímž základě vyšel nejlépe hodnocený elektromobil a hned v těsném závěsu za ním hybridní automobil. Třetím nejvhodnějším alternativním palivem se stal CNG. Naproti tomu se nejhůře umístil benzin.

Hybridní automobily jsou dnes nejběžnější a nejrozšířenější alternativou v oblasti motorových vozidel. Mají nižší spotřebu, nižší koncové emise, ale zároveň také řadu nevýhod jako je složitější výroba a vyšší cena. Řada odborníků vidí v hybridech pouze přechodové vývojové stádium na cestě směrem k úspornějším automobilům. Využívají se především v oblasti hromadné dopravy prostřednictvím hybridních autobusů. Hybridní auta jsou ideálním prostředkem ve městech, kde není potřeba vyvinout příliš velkou rychlost. Naopak vozidlo každou chvíli zastavujete, takže se pomocí elektrického pohonu dosahují velké úspory paliv. Používání hybridů na delší vzdálenosti stále není úplně ideální, ale díky malé spotřebě a šetrnosti k životnímu prostředí se dá očekávat zlepšení i v tomto směru.

Přestože by mohly **elektromobily** vyřešit problémy s nedostatečnými zásobami a cenou ropy, či znečištěním ovzduší, jejich výskyt je velice malý. Důležitá je vládní podpora elektromobilů. Bohužel se ale nejedná jen o zlepšení životního prostředí, ale jde také o geopolitické rozložení sil, neboť ropa je velmi významná surovina. Také elektromobily

nejsou bez nevýhod. Jde především o dojezd, který je výrazně nižší než u klasických pohonů. Avšak do měst jsou takové vozy ideální a v této oblasti se čekají velké pokroky. Další otázkou je výroba a recyklace baterií i jejich životní cyklus, který produkuje emise a škodliviny. Je také nutné zabývat se řešením otázky, odkud je elektřina, kterou se baterie dobíjí. Zda z elektráren jaderných, uhelných, větrných či solárních.

Stlačený zemní plyn (**CNG**) bývá považován za ekologické palivo a to především z důvodu vysokého obsahu metanu. V porovnání s ostatními fosilními palivy vzniká při jeho spalování minimálně oxidu uhličitého. Také vybudování infrastruktury čerpacích stanic se nejeví jako složité. Téměř se zdá být ideální alternativou příštích let. Problematické jsou však přestavby automobilů na pohon CNG, které jsou neúměrně drahé. Upřednostňuje se tedy nákup vozů přímo s tímto pohonem.

V poslední době vyvolává problematika **biopaliv** velmi rozporuplné reakce, způsobené náhlým zvýšením cen potravin. Také EU začíná svůj velmi kladný vztah k biopalivům umírnňovat. První generace biopaliv pocházející z rostlin má výsledné emise o něco nižší než fosilní paliva, takže jsou na první pohled ekologičtější. Ale na tyto paliva je nutné se dívat komplexněji, neboť pro plodiny, ze kterých se vyrábějí, je nutné připravit půdu, zasít, ošetřovat je, hnojit a sklízet. To vše ale přináší náklady a škodliviny vypouštěné do ovzduší. Druhá generace biopaliv by se mohla vyrábět z nepotravinářských, méně náročných rostlin či z různých zbytků a odpadů. Tato výroba ale není dosud propracovaná. Úprava automobilů na biopaliva je jednodušší než u jiných pohonů. Ve velmi malém množství jsou již přimíchávána k benzínu či naftě. I přes biologickou odbouratelnost se mi biopaliva nejeví jako nejsprávnější krok v oblasti alternativních typů paliv.

Přímé spalování **vodíku** zatím není příliš rozšířené a souvisí s ním celá řada problémů spojená s jeho výrobou, zpracováním, skladováním či tankováním. Čerpacích stanic, ze kterých lze tankovat tekutý vodík je po celé Evropě velmi málo. V současnosti zajišťují petrochemické procesy drtivou většinu výroby vodíku. Vstupem je uhlovodíkové palivo a tepelná energie, výstupem je čistý vodík, CO₂ a další podstatné složky. Ekologicky výhodnější je elektrolyza vody. Pokud bychom chtěli získat vodík bez vzniku skleníkových plynů, musíme vyloučit veškeré tepelné elektrárny. Zbývají tedy jen vodní, větrné, sluneční a atomové. Mimo poslední možnosti je dosažení požadovaného výkonu v našich podmínkách nereálné.

Závěr:

Smyslem této diplomové práce bylo zhodnotit problematiku dopravy z hlediska udržitelného rozvoje a na základě multikriteriálního rozhodování určit nejvhodnější alternativní palivo budoucnosti.

Aby bylo tohoto cíle dosaženo bylo třeba teoreticky vymezit pojem udržitelný rozvoj a také analyzovat negativní vlivy dopravy na životní prostředí.

Práce byla zaměřena především na negativní stránky jako je hluk, dopravní nehody, vibrace, kongesce, zábor půdy a exhalace. Z uvedených poznatků vyplývá, že nárůstem dopravy dochází nejen ke stále většímu znečištění životního prostředí, ale i k ohrožení lidského zdraví.

Na základě zde uvedených charakteristik jednotlivých alternativních pohonů lze konstatovat, že nejideálnějším palivem blízké budoucnosti jsou hybridní pohony, které by mohly být postupem času nahrazeny elektromobily. Toto tvrzení se opírá o výpočty vícekriteriálního rozhodování, jež byly v této práci provedeny. S využitím základních metod stanovení vah kritérií a s pomocí Saatyho matice byla vypočtena metoda váženého součtu, která vyhodnotila tyto dva pohony jako nejúspěšnější v nahrazení současných paliv v souvislosti s udržitelnou dopravou a tedy toto tvrzení podpořila.

Žijeme v době, která je nakloněna různým alternativám. Celá řada projektů se nachází v oblasti vývoje a mohou významně ovlivnit budoucnost automobilové dopravy. Je pochopitelné, že vlády nemohou nechat ze dne na den benzinové čerpací stanice zkrachovat. Následující léta budou i nadále charakteristické používáním fosilních paliv v podobě benzínu a nafty. Výrobci aut ale budou zavádět významnější úsporné technologie a ve velkém měřítku stále více propagovat hybridní automobily a postupně i elektromobily.

Měl by se také změnit postoj k automobilové dopravě ať už osobní či nákladní. Podpora nemotorizované dopravy, komplexní systematizace nákladní přepravy, větší důraz na automobilovou dopravu ve městech, využití moderních informačně - komunikačních prostředků, to vše by mělo ulehčit přeplněným městům, hlučným dálnicím a koneckonců i naší krajině. Svou úlohu zde hrají i jednotlivé státy a jejich vlády, které by měly umožnit a především usnadnit postupný přechod na alternativní paliva.

Problém dopravy je do značné míry uměle vytvořený tržním prostředím a reklamou. Zatímco lze technicky vyrábět automobily s mnohem nižší spotřebou pohonných hmot, na trhu o ně zatím není příliš velký zájem.

Česká republika nyní věnuje této problematice velkou pozornost. Je harmonizována legislativa v oblasti dopravy a životního prostředí s politikou Evropské unie. V posledních letech došlo k přijetí celé řady zákonů a novel, které řeší nejdůležitější problémy týkající se dopravy a životního prostředí.

Je předpoklad, že se situace bude i nadále zlepšovat a to nejen díky rychlému vývoji nových technologií, ale také díky zvýšené pozornosti politiků.

SEZNAM LITERATURY

1. ADAMEC, Vladimír aj. *Elektronický průvodce udržitelnou dopravou* [online]. CDV: Brno, 2005. [cit. 2009-04-06]. Dostupné z WWW: <www.cdv.cz/text/szp/clanky/pruvodce_beta.pdf>.
2. BÁLEK, R. *Životní prostředí: Hluk a vibrace* [online]. Praha: ČVUT, Fakulta elektrotechnická. [cit. 2009-04-23]. Dostupné z WWW: <aldebaran.feld.cvut.cz/vyuka/zivotni_prostredi/prednasky/ZP_prednaska_11_v6.doc>.
3. Bioprofit. *Bioplyn: popis anaerobní technologie* [online]. 2007. [cit.2009-05-11]. Dostupný z WWW: <http://www.bioplyn.cz/at_popis.htm>.
4. CDV. *Doprava, zdraví a životní prostředí* [online] 2006. [cit. 2009-03-16]. Dostupné z WWW: <<http://szp.cdv.cz/konference/bohdanec06/rok2006/sbornik.pdf>>. ISBN 80-86502-33-3.
5. CDV. *Ročenka dopravy 2007: Celkové emise z dopravy* [online]. 2008 [cit. 2009-04-12]. Dostupné z WWW: <http://www.sydos.cz/cs/rocenka-2007/rocenka/htm_cz/cz07_720000.html>.
6. CDV: *Ročenka dopravy 2007: Emise oxidu uhličitého (CO₂) za jednotlivé druhy dopravy (tis.t)* [online]. 2008. [cit. 2009-04-12]. Dostupné z WWW: <http://www.sydos.cz/cs/rocenka-2007/rocenka/htm_cz/cz07_721000.html>.
7. CDV: *Ročenka dopravy 2007: Emise oxidu uhelnatého(CO) za jednotlivé druhy dopravy (tis.t)* [online]. 2008. [cit. 2009-04-12]. Dostupné z WWW: <http://www.sydos.cz/cs/rocenka-2007/rocenka/htm_cz/cz07_722000.html>.
8. CDV: *Ročenka dopravy 2007: Emise metanu (CH₄) za jednotlivé druhy dopravy (t)* [online]. 2008. [cit. 2009-04-12]. Dostupné z WWW: <http://www.sydos.cz/cs/rocenka-2007/rocenka/htm_cz/cz07_726000.html>.

9. CDV: *Ročenka dopravy 2007: Emise NO_x za jednotlivé druhy dopravy (t)* [online]. 2008 [cit. 2009-04-12]. Dostupné z WWW: <http://www.sydos.cz/cs/rocenka-2007/rocenka/htm_cz/cz07_723000.html>.
10. CDV: *Ročenka dopravy 2007: Emise olova (Pb) za jednotlivé druhy dopravy (t)* [online]. 2008. [cit. 2009-04-12]. Dostupné z WWW: <http://www.sydos.cz/cs/rocenka-2007/rocenka/htm_cz/cz07_729000.html>.
11. CDV: *Ročenka dopravy 2007: Emise oxidu siřičitého (SO₂) za jednotlivé druhy dopravy (t)* [online]. 2008. [cit. 2009-04-12]. Dostupné z WWW: <http://www.sydos.cz/cs/rocenka-2007/rocenka/htm_cz/cz07_727000.html>.
12. CDV: *Ročenka dopravy 2007: Emise pevných částic za jednotlivé druhy dopravy (t)* [online]. 2008. [cit. 2009-04-12]. Dostupné z WWW: <http://www.sydos.cz/cs/rocenka-2007/rocenka/htm_cz/cz07_728000.html>.
13. CDV. *Ročenka dopravy 2007: Odvětvová struktura HDP* [online]. 2008 [cit. 2009-03-12]. Dostupné z WWW: <http://www.sydos.cz/cs/rocenka-2007/rocenka/htm_cz/index.html>.
14. CDV. *Ročenka dopravy 2007: Průměrný evidenční počet zaměstnanců ve fyzických osobách* [online]. 2008. [cit. 2009-03-12]. Dostupné z WWW: <http://www.sydos.cz/cs/rocenka-2007/rocenka/htm_cz/cz07_216100.html>.
15. CENIA. *Životní prostředí České republiky: Doprava*. [online]. Praha, 2008. [cit. 2009-05-03]. Dostupné z WWW: <[http://www.cenia.cz/web/www/cenia-akt-tema.nsf/\\$pid/MZPMSFRRQR3V/\\$FILE/tema.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/cenia-akt-tema.nsf/$pid/MZPMSFRRQR3V/$FILE/tema.pdf)>.
16. ČAPPO. *Využití biopaliv v dopravě* [online]. Praha, srpen 2008. [cit. 2009-05-16]. Dostupný z WWW: <http://www.cappo.cz/ftp/vyuziti_biopaliv_v_doprave.pdf>.
17. Česko (Československo). Zákon č. 17 ze dne 5. prosince 1991o životním prostředí, ve znění pozdějších předpisů. (se změnami 123/1998 Sb., 100/2001 Sb.) In *Sbírka zákonů České a Slovenské federativní republiky*. 1992, částka 4, s. 0081. Dostupný také z WWW: <http://www.municipal.cz/predpisy/17_92.htm>. ISSN 1210-0005.

18. ČSÚ. *Česká energetika a některé mýty* [online]. 2009. [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.czso.cz/csu/csu.nsf/ainformace/753500380CAF>>.
19. ČSÚ. *Výkaz o spotřebitelských cenách pohonných hmot* [online]. Praha. [cit. 2009-05-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.czso.cz/>>.
20. DOČKAL, Martin. *Rozhodovací procesy v životním prostředí: Multikriteriální rozhodování* [online]. Praha: ČVUT Praha, Fakulta stavební. [cit.2009-06-06]. Dostupný z WWW: <http://storm.fsv.cvut.cz/on_line/rpz/05-Multikriterialni_analyza.pdf>.
21. DUCHOŇ, Bedřich. *Ekonomika zavádění alternativních paliv v dopravě a možnosti internalizace externích nákladů dopravy v České republice* [online]. Praha: Univerzita Karlova, Fakulta dopravní ČVUT Praha, Ústav ekonomiky a managementu dopravy a telekomunikacích, Centrum pro otázky životního prostředí, leden 2005. [cit. 2009-05-09]. Dostupné z WWW <http://www.alternativnipaliva.fd.cvut.cz/Files/ZZ_2004.pdf>.
22. EnergyGlobe. *Alternativní pravidla pro vozidla* [online]. Praha, 2007. [cit.2009-05-16]. Dostupný z WWW: <http://www.energyglobe.com/cs_cz/uspory-energie-1/doprava/alternativni-paliva/>.
23. European Journalism Centre. *Doprava a Energie: Doprava* [online]. [cit. 2009-03-20]. Dostupné z WWW: <<http://www.eu4journalists.eu/index.php/dossiers/czech/C47/33/>>.
24. EU. *Směrnice 2003/30/EC Evropského Parlamentu a Rady ze dne 8.května 2003 o podpoře užívání biopaliv nebo jiných obnovitelných pohonných hmot v dopravě*. In Úřední věstník Evropské unie. Brusel: Official Journal of the European Communities, 2003, s. 42-46. Dostupný také z WWW: <http://ec.europa.eu/energy/res/legislation/doc/biofuels/en_final.pdf>.
25. HART, D.; BAUEN, A.; CHASE, A.; HOWES, J. *Liquid biofuels and hydrogen from renewable resources in the UK to 2050: a technical analysis*. UK Department for Transport, 2003. E4tech Ltd.

26. HOUŠKA, Milan. *Vícekritériální rozhodování* [online]. Praha: Česká zemědělská univerzita. [cit 2009-07-06]. Dostupný z WWW:
<http://etext.czu.cz/php/skripta/skriptum.php?titul_key=79>.
27. H2WEB. *Program podpory alternativních paliv v dopravě* [online]. 2005. [cit. 2009-05-09]. Dostupný z WWW: <vodik.czweb.org/file.php?id=1_1133884954_02>. ISSN: 1801-5506.
28. JABLONSKÝ, Josef; MAŇAS, Miroslav; FIALA, Petr.. *Vícekritériální rozhodování*. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze, 1994. 316 s. ISBN 80-7079-748-7.
29. JEDLIČKA, Jiří. *Indikátory udržitelné dopravy* [online]. CDV Praha, 22.5. 2006. Aktualizováno 22.1.2009. [cit. 2009-06-13]. Dostupný z WWW:
<<http://www.cdv.cz/file/clanek-indikatory-udrzitelne-dopravy/>>.
30. KRATOCHVÍLOVÁ, Iva. *Hluk a jeho působení na lidský organismus* [online]. Pardubice, 1999. Písemná práce. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera. [cit. 2009-04-23]. Dostupné z WWW:
<<http://envi.upce.cz/pisprace/starsi/krato/hluk.htm>>.
31. KROUPA, V; PANÁČEK, R. *Alkoholová paliva* [online] aktualizováno 2001. [cit.2009-04-25]. Dostupné z WWW:
<http://www.tc.cz/dokums_raw/alkoholovapaliva_1171360339.pdf>.
32. MÁČA, Vojtěch. *Potenciál biopaliv ke snížení zátěže životního prostředí ze silniční dopravy* [online]. Praha: Univerzita Karlova, Centrum pro otázky životního prostředí, září 2005. [cit. 2009-06-19]. Dostupný z WWW:
<<http://www.alternativnipaliva.fd.cvut.cz/Files/KV2.pdf>>.
33. MD ČR. *Ekonomika zavádění alternativních paliv v dopravě a možnosti internalizace externích nákladů dopravy v České republice* [online]. Praha: Univerzita Karlova, Fakulta dopravní ČVUT Praha, Ústav ekonomiky a managementu dopravy a telekomunikací, Centrum pro otázky životního prostředí, leden 2007. [cit. 2009-05-16]. Dostupné z WWW
<http://www.alternativnipaliva.fd.cvut.cz/Files/ZZ_04_06.pdf>.

34. Melichar, Vlastimil; Ježek, Jindřich. *Ekonomika dopravního podniku*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2001, ISBN 80-7194-359-2.
35. MZČR. *Biopaliva, methylestery a směsná paliva: Sborník vědeckých a odborných prací vydaný k 6. mezinárodnímu semináři konanému 31.3.2004, Brno* [online]. Praha, Česká zemědělská univerzita, Technická fakulta, 2005. [cit. 2009-06-16]. Dostupný z WWW: <1.5.2004.http://212.71.135.254/vuzt/poraden/prirucky/p2004_02.pdf>.
36. MŽP ČR. *Posuzování vlivů na životní prostředí* [online]. 2008. [cit. 2009-07-06]. Dostupný z WWW: <http://www.mzp.cz/cz/posuzovani_vlivu_zivotni_prostredi>.
37. NOVÁK, Radek. *Snižování sirtých produktů v zemích EU*. Ekolist [online]. Praha, 2001[2009-04-12]. Dostupné z WWW: <http://ekolist.cz/txtzprava.shtml?x=34135>.
38. Petroleum. *Doprava a skladování ropy*[online]. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, Ústav technologie ropy a alternativních paliv. [cit. 2009-05-06]. Dostupné z WWW: <http://www.petroleum.cz/doprava/>.
39. PČR. *Informace o nehodovosti na pozemních komunikacích České republiky za rok 2008* [online]. 2009. [cit. 2009-04-26]. Dostupné z WWW: <www.policie.cz/soubor/2008-12-informace-pdf-152104.aspx>.
40. POKORNÝ, Z. *Bionafta : ekologické alternativní palivo do vznětových motorů*. 1. vyd. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1998. 43 s. ISBN 80-7105-173-X.
41. Růžička, J. *Strategie udržitelné dopravy* [online]. Praha: Český a Slovenky dopravní klub, 1996. [cit. 2009-03-16]. Dostupné z WWW: <http://peu.ecn.cz/dokumenty/doprava/udopcz.htm>.
42. RWE. *Zkapalněný zemní plyn – LPG* [online]. [cit. 2009-06-21]. Dostupný z WWW: <http://www.cng.cz/cs/zemni_plyn/alternativni_pohonne_hmoty/zkapalneny_zemni_plyn.html>.

43. SÁZAVSKÁ, Dagmar. *Multikriteriální posouzení vedení dopravních tras*. Praha, 2005. 47s. Studie k diplomové práci. ČVUT Praha. Dostupný také z WWW: <<http://xvd.mokropsy.com/files/54-sazavska.doc>>.
44. SZÚ Praha. Autorizační návod k hodnocení zdravotního rizika expozice hluku [online]. 2007.[cit.2009-04-23]. Dostupné z WWW: <http://www1.szu.cz/cekz/dokumenty/autorizace/AN15_04_hluk.pdf>.
45. ŠKAPA, Petr: *Vliv dopravy na životní prostředí*. Ostrava:VŠB Technická univerzita Ostrava, 2000. 126s. ISBN 80-7078-805-4.
46. ŠMAHELOVÁ, Lucie. *Analýza vlivů dopravy na životní prostředí*. Pardubice, 2007. Bakalářská práce (Bc.). Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní, Ústav veřejné správy a práva, 2007-06-04.
47. VLK, František. *Alternativní pohony motorových vozidel*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2003. 234 s. ISBN 80-239-1602-5.
48. *Wikipedie: otevřená encyklopedie* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikimedia Foundation, 2001. [cit. 2009-05-08]. Česká verze. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Neobnoviteln%C3%BD_zdroj>.
49. *Zdroje energie: Jaderná energie* [online]. 28. září, 2008. [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://zdrojeenergie.blogspot.com/2008/09/jaderna-energie.html>>.
50. *Zdroje energie: Zemní plyn* [online]. 28. září, 2008. [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://zdrojeenergie.blogspot.com/2008/12/zemni-plyn.html>>.