

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH
BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Zemědělské inženýrství

Katedra: Katedra Zemědělské Techniky a Služeb

**Analýza možností zmírnění negativních
vlivů silniční dopravy ve prospěch ochrany
životního prostředí**

Vedoucí diplomové práce

Ing. Celjak Ivo, Csc.

Autor

Bc. Radek Průša

2012

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použité literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

České Budějovice, 14. dubna 2012

.....

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce, Ing. Ivu Celjakovi, Csc., za odborné vedení, rady, připomínky a pomoc, které mi poskytl při jejím vypracování.

OBSAH

0. Úvod	6
1. Dopravní zařízení.....	7
1.1 Historie silničních motorových vozidel	7
1.2 Rozdělení motorových vozidel	8
1.2.1 Základní rozdělení vozidel	8
1.2.2 Rozdělení dle pohonné jednotky	8
2. Druhy dopravy, dopravní prostředí a trasy	9
2.1 Silniční doprava	9
2.1.1 Druhy a typy dopravních cest	9
2.1.2 Dálnice a rychlostní silnice	10
2.1.3 Silniční síť ČR.....	10
2.2 Ostatní druhy dopravy.....	12
2.2.1 Železniční doprava	12
2.2.2 Vodní doprava	16
2.2.3 Letecká doprava	23
2.2.4 Cyklistická a pěší doprava	26
2.3 Souhrn porovnání jednotlivých druhů dopravy.....	28
2.3.1 Porovnání využití jednotlivých druhů	28
2.3.2 Porovnání vlivů na životní prostředí.....	31
3. Energetické aspekty silniční dopravy	34
3.1 Konvenční zdroje	34
3.1.1 Motorová nafta.....	34
3.1.2 Benzín	35
3.1.3 Lpg	36
3.2 Alternativní paliva	37
3.2.1 Bioetanol (E85).....	37
3.2.2 LNG a CNG	38
3.2.3 Vodík	43
3.2.4 Alkoholy.....	45
3.2.5 Bionafta	46
3.3 Elektrická energie	49
3.3.1 Současné elektromobily	50
3.3.2 Ukončené projekty.....	58
3.3.3 Zdroje energie pro elektromobily	62
3.3.4 Výroba elektrické energie	67
4. Hlavní negativní vlivy silniční dopravy na životní prostředí.....	70
4.1 Fragmentace krajiny	70
4.1.1 Vliv infrastruktury	70
4.1.2 Ohrožení krajinného rázu	70
4.2 Akustické emise	72
4.2.1 Hluk	72
4.2.2 Vibrace	74
4.3 Znečištění vod a půdy	75

4.4 Znečištění ovzduší.....	75
4.4.1 Výfukové emise	76
4.4.2 Emise z nespalovacích procesů	80
4.4.3 Důsledky znečištění ovzduší	81
4.4.4 Vliv znečištění ovzduší na živé organismy	82
4.4.5 Vznik emisí v závislosti na způsobu jízdy	87
5. Měření emisí v závislosti na rychlosti vozidla.....	93
5.1 Cíl měření.....	93
5.2 Výběr vozu	93
5.2.1 Základní technické údaje.....	93
5.3 Metodika měření.....	94
5.4 Vlastní měření	96
5.5 Naměřené hodnoty a výpočet.....	97
5.5.1 Rozdíl hodnot při nižších rychlostech	97
5.5.2 Rozdíl hodnot při vyšších rychlostech	98
5.6 Závěr měření.....	100
6. Návrhy řešení ke zmírnění negativních vlivů	101
6.1 Opatření na úseku infrastruktury	101
6.1.1 Plánování dopravních tras a úprava pravidel silničního provozu	101
6.1.2 Protihluková opatření.....	101
6.1.3 Legislativní opatření	102
6.1.4 Obchvaty a nízkoemisní zóny.....	103
6.1.5 Jiné způsoby dopravy	103
6.2 Technologická úprava konvenčních vozidel.....	104
6.2.1 Snižování emisí	104
6.2.2 Alternativní paliva	104
6.3 Globální změna strategie dopravy	105
6.3.1 Přechod na ekologická vozidla	105
6.3.2 Ekonomicko-ekologické hospodaření s energií	106
6.3.3 Osvěta společnosti a zvýhodnění prospěšných opatření.....	106
7. Závěr.....	108
SEZNAM ZDROJŮ POUŽITÉ LITERATURY.....	110

0. ÚVOD

Silniční doprava je základem ekonomické stability každého vyspělého státu. Bez silniční dopravy by neexistoval obchod na širší a mezinárodní úrovni, neexistoval by průmysl, protože by nebylo jak dovážet suroviny a zejména zemědělství by bez motorových vozidel strádalo nejvíce. Těžko si lze dnešní zemědělství představit bez traktorů, žacích strojů, sklízecích mlátiček apod. Motorová vozidla jsou základním prostředkem všech agrotechnických prací – orba, předseťová příprava, setí, ochranné operace, sklizení. Z ekologického hlediska mají však motorová vozidla i svá úskalí. Dnes nejdiskutovanějším problémem silniční dopravy jsou emise výfukových plynů, zejména oxidy dusíku a CO₂. Tyto složky patří mezi tzv. skleníkové plyny, je jim připisována celosvětová změna klimatu v podobě globálního oteplování, a proto právě na ně je zaměřena hlavní pozornost. Avšak jsou i další negativní vlivy, jako hlukové emise a prašnost, fragmentace krajiny silniční a dálniční sítí, případné nehody se zvěří nebo přímé zabíjení živočichů zemědělskou technikou. Právě zemědělská technika (poháněná převážně staršími naftovými motory bez emisních norem a filtrů pevných částic) může mít při intenzivním zemědělství velký vliv na stav ovzduší a živých organismů, zejména díky produkci rakovinotvorných pevných částic.

Tato práce byla vedena snahou o provedení analýzy vybraných negativních vlivů motorových vozidel a vypracování návrhů vhodných opatření k jejich eliminaci.

1. DOPRAVNÍ ZAŘÍZENÍ

1.1 HISTORIE SILNIČNÍCH MOTOROVÝCH VOZIDEL

Prvním krokem k vývoji osobních automobilů bylo objevení skryté energie plynulé formy vody – páry. První pojízdný parní stroj zkonstruoval již v roce 1769 Francouz Nicolas Joseph Cugnot. Jeho parní stroj uvezl čtyři osoby a jel rychlostí okolo devíti kilometrů za hodinu.

Na principu parního stroje byl v roce 1835 zrealizován první pokus o sestavení elektromobilu, zkonstruoval jej holandský profesor Sibrandus Stratingh, vozidlo však uvezlo pouze baterii a primitivní motor.

V roce 1854 si v Londýně nechali patentovat první verzi funkčního plynového spalovacího motoru italsí vynálezci Eugenio Barsantia Felice Matteucci.

Roku 1867 představil na pařížské světové výstavě svou verzi jednoválcového spalovacího motoru německý konstruktér Nikolaus August Otto. V roce 1876 pak vyrobil první čtyřtákní motor a po zdokonalení elektrického zapalování vznikl v roce 1884 první spalovací motor na kapalná paliva.

V Ottově společnosti pracovali i Gottlieb Daimler a Wilhelm Maybach, kteří kvůli neshodám od něho odešli a v roce 1885 ve Stuttgartu sestrojili první motocykl a v roce 1886 první čtyřkolový automobil poháněný spalovacím motorem. O rok dříve si německý konstruktér Karl Benz nechal patentovat motorovou tříkolku.

Američan Henry Ford po vzoru pásového posunu zvířat na jatkách zavedl pásovou výrobu automobilů a v roce 1914 vyrobil a prodal 250 tisíc aut.

Od té doby začaly vznikat továrny po celém světě a automobily byly vylepšovány po všech stránkách, zejména v zájmu pohodlí, rychlosti a bezpečnosti. Řídicí páky nahradil volant, ruční kliku elektrický startér, objevila se zpětná zrcátka, stěrače, topení, postupem času posilovač brzd a řízení. S nástupem moderní elektroniky odpadly klíčky na stahování oken, nepohodlná spojka a řadicí páka, nastoupila automatická převodovka a klimatizace, objevily se elektronické stabilizační systémy ABS a ESP, parkovací senzory, infrakamery, pro vidění v noci a mlze, promítající obraz přímo na čelní sklo. Tento trend zvyšování komfortu a bezpečnosti bude jistě pokračovat a s velkou pravděpodobností ještě závratnějším tempem (1).

1.2 ROZDĚLENÍ MOTOROVÝCH VOZIDEL

Již mnoho let uplynulo od vzniku prvního automobilu, z něhož se postupem času stal významný světový hospodářský činitel a je dnes nejrozšířenějším dopravním prostředkem na světě, poskytujícím lidstvu neocenitelné služby. Silniční vozidla pro motorovou dopravu jsou vozidla, pohybující se motorickou silou a určená pro dopravu osob nebo nákladů všeho druhu, popř. různých zařízení, např. strojů, po silničních komunikacích a částečně i po zpevněných nebo nezpevněných cestách v terénu – takto charakterizuje silniční vozidla již Bambula a kol. (2), dále se konstrukcí vozidel zabývá Apetaur (3) a následně ve vztahu k životnímu prostředí i Kohoutek a Holoubek (4). Kompletní rozdělení a popis všech vozidel, nejen silničních, ale i manipulačních, terénních a jiných vozidel poskytuje Celjak (5).

1.2.1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ VOZIDEL

- Vozidlo - silniční vozidlo - automobil (osobní, speciální, autobus)
- nákladní automobil, tahač
- přípojné vozidlo (přívěs, přívěs traktorový, návěs, návěs traktorový)
- motocykl
- traktor
- pracovní stroje
- vojenské vozidlo

(6)

1.2.2 ROZDĚLENÍ DLE POHONNÉ JEDNOTKY

Pohonné jednotky motorových vozidel lze rozdělit dle mnoha různých způsobů na mnoho různých typů, z nichž každá konstrukce má jiné vlastnosti, jiné vibrace, hlučnost, spotřebu a samozřejmě jiné složení výfukových plynů. Velmi dobře různé typy motorů popisuje Pilárik a Pabst (7), Kameš (8, 9) a Zdeněk a Ždánský (10). Technickými parametry a konstrukcemi spalovacích motorů se zabývá ve svých dílech Vlk (11). Základní rozdělení jednotlivých typů motorů vykresluje Ferenc (12) a rozvíjí Fau (6).

2. DRUHY DOPRAVY, DOPRAVNÍ PROSTŘEDÍ A TRASY

Jednotlivé druhy dopravy se vyznačují souborem výhod a nevýhod, které ovlivňují jejich uplatnění na dopravním trhu. Většinou mezi sebou soutěží v závislosti na aspektech ceny, rychlosti, dostupnosti, frekvence, bezpečnosti a pohodlí. Multimodální (kombinované) dopravy pokrývají zatím jen menší část trhu.

Pro vyspělé země je v oblasti osobní dopravy charakteristický velký podíl individuální automobilové dopravy (IAD) oproti ostatním druhům dopravy. V Evropě zaujímá hromadná doprava přibližně 23% podíl oproti 77%, ale ve Spojených státech je tento rozdíl ještě větší, neboť individuální automobilismus dosahuje podílu téměř 87%.

Až do 60. let minulého století v nákladní dopravě dominovala jednoznačně železnice. Její podíl od té doby začal výrazně klesat, zejména ve prospěch kamionové silniční dopravy (13).

2.1 SILNIČNÍ DOPRAVA

2.1.1 DRUHY A TYPY DOPRAVNÍCH CEST

a) podle dopravní důležitosti

- dálnice
- silnice I. třídy
- silnice II. třídy
- silnice III. třídy

b) podle charakteru provozu

- silnice s neomezeným přístupem (S)
- silniční komunikace s omezeným přístupem (R) a (D)

c) podle rozestupu dopravních směrů

- směrově rozdělené
- směrově nerozdělené

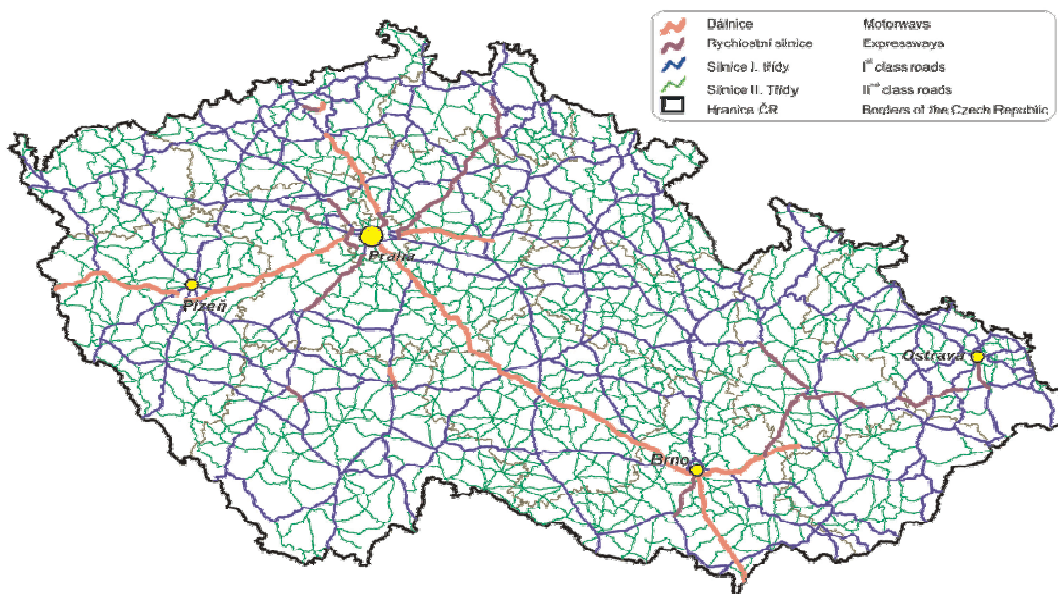
(14)

2.1.2 DÁLNIČNÍ A RYCHLOSTNÍ SILNICE

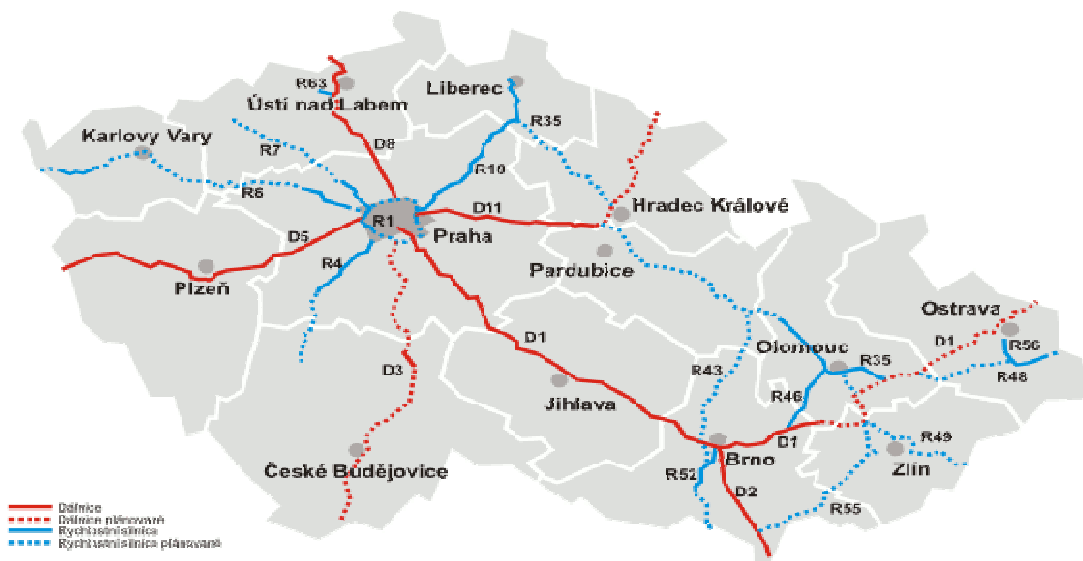
Dálnice a silnice dálničního typu (rychlostní silnice) jsou pozemní komunikace, které splňují řadu přísných kritérií. Dálnice považujeme za komunikace vysoké technické úrovně. Dálnice a silnice dálničního typu jsou určeny pouze pro vozidla, jejichž konstrukční rychlost je vyšší než $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Vozidla s nižší rychlostí, která zajišťují dopravní obsluhu přilehlého území, musí být převedena na silnice nižších tříd.

Dálnice co do vzhledu je vždy projektována a stavěna jako nejméně čtyřproudá (tedy nejméně dva jízdní pruhy v jednom směru). Je rozdělena středním dělicím pásem, který zabraňuje střetnutí protijedoucích vozidel. Trasa dálnice je vedena tak, aby co nejméně narušovala přírodní ráz krajiny a aby umožnila co nejefektivněji svést dopravu z přetížených a kapacitně nevyhovujících komunikací nižších tříd. Dálnice jsou dále charakteristické svými technickými parametry (15).

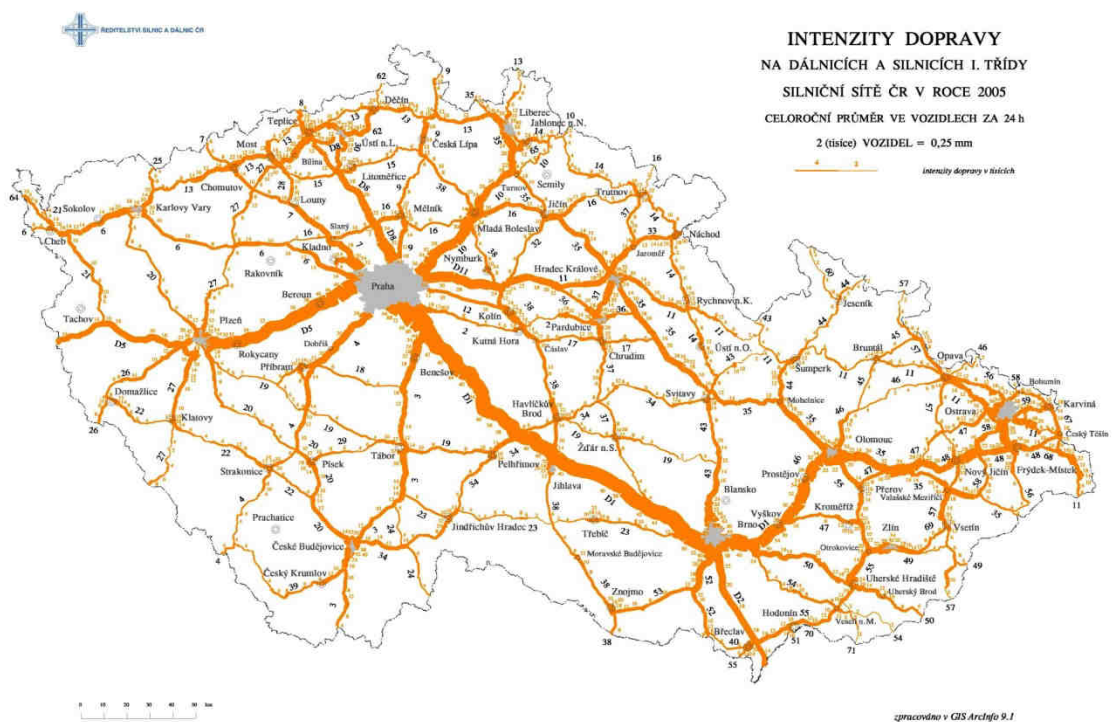
2.1.3 SILNIČNÍ SÍŤ ČR



OBR. 1 – SILNIČNÍ SÍŤ ČR



OBR. 2 – DÁLNIČNÍ SÍŤ ČR



(16)

OBR. 3 – INTENZITA DOPRAVY ČR

Mezi vlivy na životní prostředí lze zcela jistě počítat i smrtelná nebezpečí jak pro člověka, tak pro zvěř a veškeré živočichy. Jak je vidět z obrázků, dálniční síť v naší republice je naprosto nedostatečná a síť ostatních silnic je přetížená. Z hlediska bezpečnosti i škodlivých emisí je naprosto nevyhovující. Dle dalších statistik MDČR o nárůstu počtu osobních automobilů vzhledem k počtu obyvatel budou nejen emise, ale i samotný provoz brzy za hranicí udržitelnosti. O udržitelnosti počtu vozidel zajímavě pojednává Sperling (17).

Jak vyplývá ze statistik Ministerstva dopravy ČR (16), nejvíce nehod se stává v obcích, nejméně na dálnicích (v r. 2009 téměř 26x méně než v obcích). Stále panuje obecný názor, že na dálnicích jsou nehody tragičtější vlivem vyšších rychlostí. Statistiky ale dokazují, že procento úmrtí vzhledem k počtu nehod je 2 krát menší, než na silnicích I. třídy (1,2% na dálnici, 2,5% na silnici I. třídy). Mimo jiné je to dáno tím, že při nehodě na dálnici se rychlosti vozidel odčítají, dálnice jsou opatřeny svodidly, čili nehrozí přímý náraz do stromů nebo jiných překážek a bývají chráněné proti vstupu zvěře do vozovky. Konstrukčními parametry silnic a dálnic, jejich zabezpečením proti zvěři se podrobně zabývá Kaun (15) a Pošvář (14).

2.2 OSTATNÍ DRUHY DOPRAVY

2.2.1 ŽELEZNIČNÍ DOPRAVA

Železniční doprava vyžaduje vybudování dopravní cesty, založené na kolejnicích, po které se pohybují lokomotivy a železniční vozy. Ve srovnání se silniční sítí je u železničních drah patrná vyšší deviatilita, tedy nepřímocharost, daná nižší přilnavostí kolejových vozidel. V důsledku toho je železnice více ovlivněna geografickými podmínkami krajiny a má nižší schopnosti překonávat výškové převýšení, což způsobuje také vyšší finanční náročnost budování nových železničních tratí. Z hlediska dopravního jsou největšími přednostmi železnic rychlost a vysoká kapacita, takže se uplatňuje v osobní dopravě, zejména v obsluze oblastí s vysokou hustotou zalidnění a v nákladní dopravě je nejefektivnější v přepravě substrátů, zemědělských produktů nebo surovin, jako jsou železná ruda, uhlí, dřevo a stavební hmoty (13).



OBR. 4 – ŽELEZNIČNÍ SÍŤ

Železnice je vhodnou možností, jak snížit hustotu provozu na silničních komunikacích a zároveň tím přispět ke snížení emisí vznikajících při silniční dopravě. Přeložením nákladu nebo přímým naložením nákladních vozidel na drážní vozidla nebo plavidla by se silnicím odlehčilo, řidiči by absolvovali povinnou přestávku během transportu a netrávili by noci na odpočívadlech u silnic. Podobný projekt navrhuje EU pod názvem Marco Polo II (18). Příklad, jak se kombinovaný provoz v systému silnice – železnice projeví na produkci emisí, uvádí např. ČD Cargo v tiskové zprávě z 13. 1.2011:

Nákladní železniční doprava sníží emise až o 63 %

Jedním ze způsobů, jak ulevit životnímu prostředí, je ve větší míře využívat čisté železniční nebo tzv. kombinovanou přepravu (silnice – železnice – silnice). ČD Cargo zvýšilo své úsilí v nabídce těchto služeb.

Dopravní sektor má celosvětově na svědomí 24 % celkových emisí CO₂, z toho 40 % jde na vrub nákladní dopravy. Absolutně nejnižší spotřebu energie a zároveň nejnižší produkci emisí CO₂ ze všech druhů přepravy vykazuje železnice.

Výhody kombinované přepravy potvrzuje jednoduchý příklad přepravy zboží o váze 24 t (návěs kamionu 13,6 m) například z Brna do Atén. Celková délka trasy činí 1 750 km, podíl železnice činí 1 500 km. Výpočet dokumentuje, že použitím kombinované přepravy silnice – železnice – silnice, namísto čisté silniční přepravy, dojde k významné redukci CO₂ z 2,62 t na 0,97 t, což je snížení o 63 %. Dalším kladem je aspekt

spolehlivosti a bezpečnosti železnice a její energetická úspornost. ČD Cargo v maximální míře umožňuje využívat přednosti kombinované přepravy. Pro zvýšení plynulosti a komfortu přepravy plánuje ČD Cargo využití dvousystémových hnacích vozidel (AC / DC) pro provoz na tratích, kde jsou oba systémy – střídavý i stejnosměrný. V plánu jsou i moderní více systémové lokomotivy vhodné pro mezinárodní provoz.

Jednoznačně ekologický faktor železnice s kvalitními službami odpovídajícími mezinárodním standardům deklarují certifikáty managementu jakosti a ochrany životního prostředí. Jejich držitelem je i ČD Cargo, které tak dává dobrý základ pro další rozvoj zelené logistiky v České republice i Evropě (19).

Další studii na téma Zjišťování emisí CO₂ pro porovnání silniční a kolejové dopravy, vypracovala v Hannoveru Carla Eickmann, v následujícím textu je výtah z překladu této studie od Jiřího Mencla (20):

„Specifické emise CO₂ byly u železniční dopravy odvozeny porovnáním celkové energetické spotřeby za jeden den k uskutečněným jízdám vlaků. Tento soubor dat rozděluje železniční dopravu na vlaky s jednotlivými vozy, vlaky kombinované dopravy a ucelené vlaky a dále na elektrickou a diesellovou trakci. Ve výsledné specifické sestavě konečné energie (Německo v roce 1996) u nákladních vlaků jsou vedle provozu na hlavních tratích zohledněny rovněž i seřadovací procesy, předávací jízdy a jízdy bez nákladu.

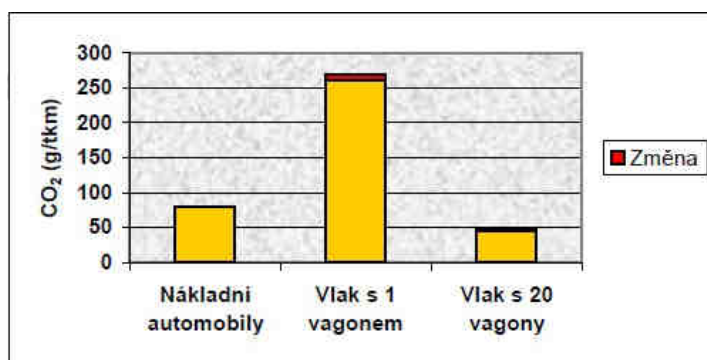
Používání specifických hodnot CO₂ může být problematické, jestliže se mají vypracovávat nové koncepce s novými způsoby dopravy a zhodnotit je z hlediska jejich emisí CO₂ neboť:

- u železniční dopravy klesá specifická spotřeba energie s narůstajícím přepravovaným množstvím. Měrné hodnoty se tedy vztahují na definované délky a hmotnosti vlaku. Nelze proto v žádném případě určit, od jakého množství způsobuje železnice méně emisí CO₂ než přeprava nákladním automobilem,
- jestliže jsou jízdy bez nákladu již zahrnuty do specifických hodnot, nemohou být koncepce, které obsahují změnu plánování oběhu vozidel, správně hodnoceny bez opravených specifických hodnot emisí,
- změny v průběhu rozjezdu a brzdění (výběr zastávek, nejvyšší rychlost atd.) se rovněž nemohou reprodukovat pomocí stávajících specifických hodnot.

Zohlednění tohoto stavu věci je možné pomocí jízdně dynamických propočtů. Tato metoda je zvlášť vhodná pro železniční dopravu, protože plánovaný provoz je předvídatelný (např. s ohledem na výběr tratí nebo průběh jízdy). Proto se zde představuje zjišťování emisí CO₂ na mikroskopické bázi jen pro železniční dopravu.

Při jízdně dynamickém zjišťování emisí CO₂ se potřebná energie pro provedení stanovených jízd (trať, rychlost, celková hmotnost) zjišťuje na základě odporů trati a vozidla, které je třeba překonat. Pro konečnou spotřebu energie jízdy vlaku je dále třeba zohlednit stupeň účinnosti motoru. Charakteristiky hnacích vozidel, jako např. diagramy tažná síla/brzdná síla – rychlost, se převádějí do vizuální podoby. Tím je zaprvé umožněno hodnocení ještě neexistujících forem provozu s ohledem na spotřebu energie a tím emise CO₂ a zadruhé je možno hodnotit nové koncepce i při zahrnutí nestálých hodnot, jako je poptávka nebo hustota zastávek.

Obr. 5 ukazuje jako příklad emise CO₂ na tkm (jednotka přepravního výkonu – tunokilometr) při dopravě po železnici a alternativně nákladním automobilem mezi stanicemi Lehrte a Hameln. Pokud by výskyt přepravy, kterou by mohlo provézt jedno nákladní auto, realizoval nákladní vlak o jednom vagonu, potom by emise CO₂ byly znatelně vyšší než při silniční přepravě. Pokud ovšem zdroj potřebuje na odvoz 20 vagonů, jsou specifické emise CO₂ menší než při silniční dopravě.

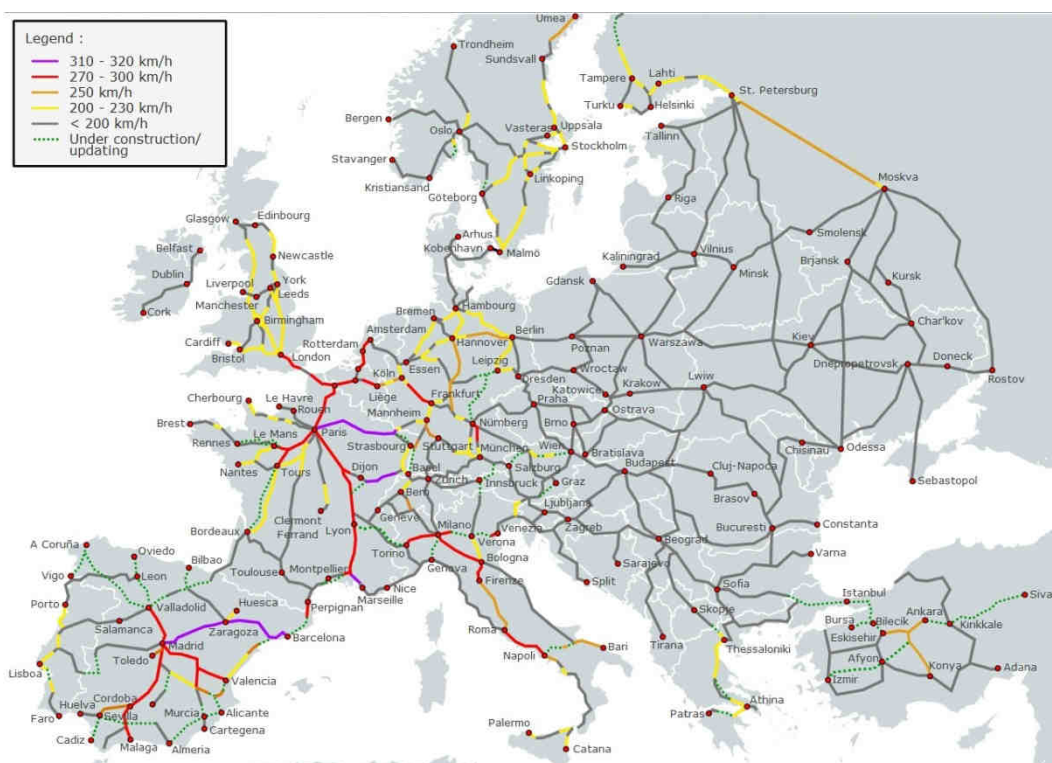


OBR. 5 – EMISE CO₂ NA 1 TKM NA TRATI HAMELN - LEHERTE

Na základě dnešní nabídky kombinované přepravy v prostoru Hannoveru nestačí potenciál překládky k tomu, aby bylo možno smysluplně zorganizovat železniční svozovou dopravu z partnerských měst regionu EXPO k dnešnímu terminálu

kombinované přepravy v Hannoveru nebo k plánovanému terminálu v Lehrte. Rozšířená nabídka, kterou umožní až plánovaný terminál v Lehrte, by zaktivovala další objemy z měst městské sítě, které by bylo možno potom rozumně přepravit železnicí k terminálu kombinované dopravy. Ovšem dvě města by mohla být z úvah vyčleněna, u nichž by i při větším výskytu nakládky nebylo možno železniční dopravu k terminálu v Lehrte z hlediska CO2 zdůvodnit. Pokud vypustíme obě tato města z úvah, vznikne pro jejich okolí potřeba uspořit nejméně 500 t CO2 za rok. Jestliže budeme rozšířenou nabídku železnice posuzovat jako pobídku k tomu, aby se obecně vzato přeložila doprava ze silnice na koleje, potom lze počítat s další, podstatně vyšší aktivací potenciálu snižování CO2 na dálkové trati.

Tento průzkum se vztahuje výlučně na partnerská města regionu EXPO. Není zde zohledněn další výskyt nakládky, který je k dispozici mimo tato města a mohl by být zakomponován do koncepce (20).“



OBR. 6 – SCHÉMA EVROPSKÉ ŽELEZNIČNÍ SÍTĚ (21)

2.2.2 VODNÍ DOPRAVA

Plavba byla využívána člověkem už od nepaměti, a proto z tohoto pohledu patří k nejstarším druhům dopravy. Nepotřebovala zbudovat zvláštní infrastrukturu, protože využívala přirozené cesty, které se staly osou dopravního systému. Ve vnitrozemí to byly

řeky, a jezera, v pobřežních oblastech moře. V současnosti má nezastupitelnou úlohu v přepravě nákladů, zejména hromadných substrátů jako je železná ruda, uhlí nebo ropa. Z hlediska osobní dopravy zastává v současnosti již pouze doplňkovou úlohu, sloužící převážně jen k rekreačním účelům (13).

Porovnání vlivu lodní a silniční dopravy na životní prostředí

Vnitrozemská lodní doprava se počítá mezi ekologicky nejšetrnější varianty dopravy zboží. Při podrobnějším zkoumání ekologických předností vnitrozemské plavby se ovšem muselo dostavit zklamání. Za současného stavu techniky nemohla vnitrozemská loď v otázce co nejmenšího důsledku pro životní prostředí proti železnici přesvědčit. Rovněž proti nákladnímu automobilu jsou přednosti menší, než bylo možno tušit, uvádí v překladu německé studie Jiří Mencl (22):

Výsledky porovnání

„Po řadu let se v odborných a ekologických kruzích zpívala písnička o ekologické vnitrozemské lodní dopravě. Přednostmi lodní přepravy byly odůvodňovány některé ekologické oběti, které bylo třeba přinést při výstavbě objektů na řekách. Autoři aktivní v oblasti životního prostředí jsou postaveni před otázkou, jak velké jsou tyto přednosti ve skutečnosti.

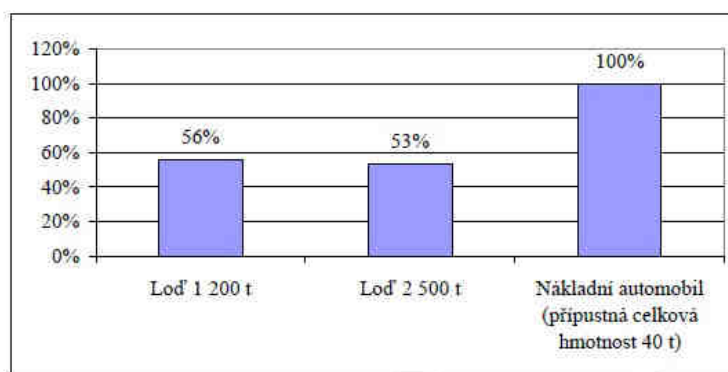
Dále uvedené porovnání se vztahuje na spotřebu primární energie a emise, které vznikají při přepravě nákladu v množství 2 500 t různými dopravními prostředky na různých relacích. Výsledky porovnání jsou uvedeny v tab. 5. Příčinou relativně špatné energetické bilance a bilance škodlivých látek u vnitrozemské lodi je skutečnost, že vnitrozemské lodě jsou většinou poháněny dieselovými motory, které s ohledem na energetickou spotřebu a stav výfukových plynů odpovídají nákladním automobilům z 80. let.

Porovnávaná veličina	Vnitrozemská loď – nákladní automobil (na=100%)	Vnitrozemská loď – železnice (železnice=100%)
Spotřeba energie	53	186
Emise CO₂	53	245
Emise NO_x	129	1593
Emise NMHC	133	1411
Emise prachu	158	1020

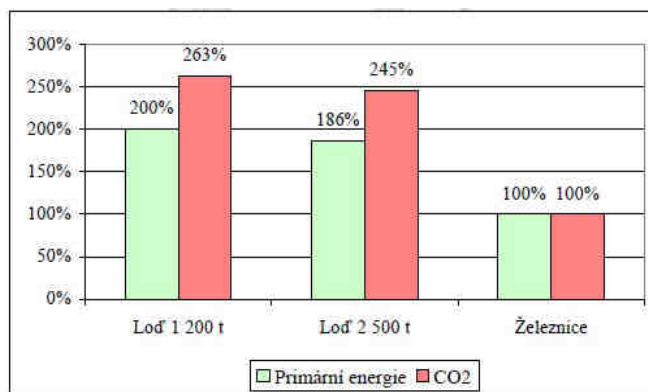
TAB. 1 – ENERGIE, CO₂ A ŠKODLIVÉ LÁTKY V OVZDUŠÍ: POROVNÁNÍ MEZI VNITROZEMSKOU LODÍ (2 500 T), ŽELEZNICÍ A NÁKLADNÍM AUTOMOBILEM (40 T CELKOVÉ HMOTNOSTI)

Spotřeba energie a emise CO₂

Výsledky porovnání spotřeby primární energie a emisí CO₂, přepočítané z ekvivalentu pro motorovou naftu, jsou představeny na obr. 7 a 8. Při přepravě vnitrozemskou lodí se spotřebuje zásadně méně energie než u automobilové přepravy. Úspora značně závisí na tom, zda jde o jízdu po nebo proti proudu. V sumě posuzovaných případů se u lodi spotřebovalo o 44 % (loď 1 200 t), příp. o 47 % (loď 2 500 t) méně motorové nafty. Tím bylo také do ovzduší emitováno o 44 %, resp. 47 % méně CO₂.



OBR. 7 – POROVNÁNÍ PRIMÁRNÍ SPOTŘEBY ENERGIE NÁKLADNÍHO AUTOMOBILU A VNITROZEMSKÉ LODĚ NA RELACÍCH HAMBURK - BERLÍN, DUISBURG - MANNHEIM, MANNHEIM - BASILEJ (A ZPĚT) PŘI PŘEPRAVOVANÉM MNOŽSTVÍ 2 500 T

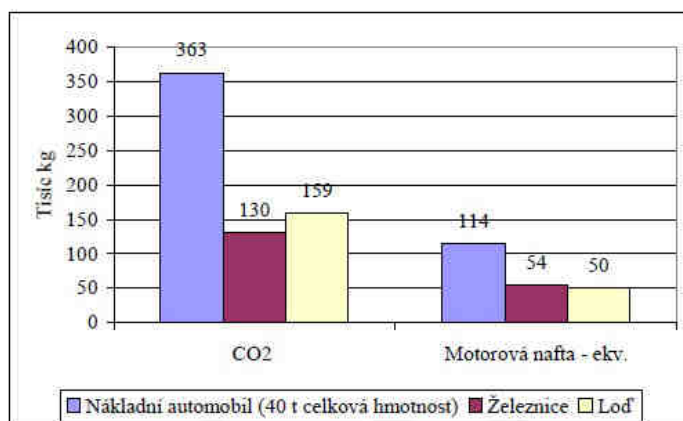


OBR. 8 – POROVNÁNÍ PRIMÁRNÍ SPOTŘEBY ENERGIE A EMISÍ CO₂ U ŽELEZNICE A VNITROZEMSKÉ LODI NA RELACÍCH HAMBURK - BERLÍN, DUISBURG - MANNHEIM, MANNHEIM - BASILEJ (A ZPĚT) PŘI PŘEPRAVOVANÉM MNOŽSTVÍ 2 500 T

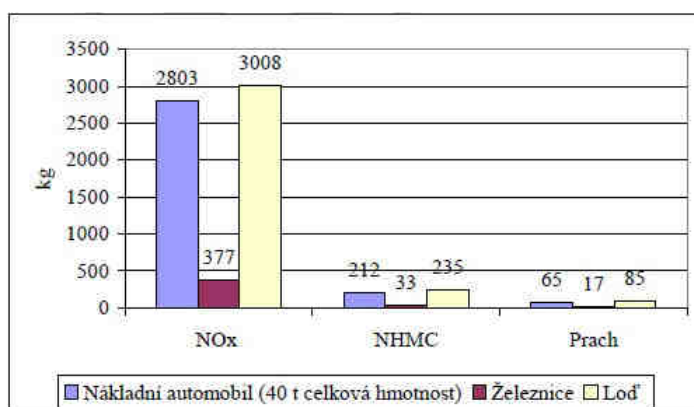
Přeprava po železnici je ve všech posuzovaných případech energeticky příznivější než přeprava vnitrozemskou lodí. V průměru se u velkokapacitní motorové lodi spotřebovalo o 86 % více energie. Protože se část železničí využívaného proudu vyrábí,

aniž by vznikaly emise CO₂ (jaderná energie, regenerativní energie), jsou tyto emise vnitrozemské lodi dokonce o 145 % vyšší než u železnice. Velikost lodi ovlivňuje specifickou spotřebu energie relativně jen nepatrně. Loď o nosnosti 2 500 t má o 7 % nižší spotřebu energie než loď o nosnosti 1 200 t.

Jede-li vnitrozemská loď po proudu, je bilance škodlivých látek v ovzduší nepatrně lepší než u nákladního automobilu; při jízdě proti proudu je horší.



OBR. 9 – EMISE CO₂ A SPOTŘEBA PRIMÁRNÍ ENERGIE PŘI PŘEPRAVĚ NA SLEDOVANÝCH RELACÍCH PŘI PRŮMĚRNÉM STUPNI VYUŽITÍ NOSNOSTI



OBR.10 – EMISE ŠKODLIVÝCH LÁTEK PŘI PŘEPRAVĚ NA SLEDOVANÝCH RELACÍCH PŘI PRŮMĚRNÉM STUPNI VYUŽITÍ NOSNOSTI

Souhrn

Vnitrozemská lodní doprava vykazuje v účincích hluku značnou přednost jak proti železniční, tak i silniční nákladní dopravě. Pokud se týká znečišťujících látek v ovzduší, není přeprava vnitrozemskou lodí lepší než přeprava nákladními automobily. Emise CO₂ jsou sice při přepravě vnitrozemskou lodí znatelně nižší než u nákladního automobilu, ale

vyšší než u železnice. Celkem při porovnání emisí zaujímá vnitrozemská lodní doprava druhé místo. Železnice je zde lepší, má ale ještě nedostatky v emisích hluku. Přeprava nákladními automobily je z hlediska emisí nejhorší alternativou (20).“

K podobným výsledkům došly i další výzkumy, např. studie dánské vládní agentury pro ochranu životního prostředí:

Patnáct největších lodí znečistí životní prostředí více než všechna auta světa

„Jedna obří nákladní loď zatíží životní prostředí více než 50 milionů osobních automobilů. Pouhých patnáct největších lodí tak vyprodukuje více nežádoucích látek než všech 760 milionů aut na světě.

Nelichotivá data emisí z námořní dopravy přinesla studie dánské vládní agentury pro ochranu životního prostředí. Největší kontejnerové lodě světa mají obří motory s výkonem desítek tisíc koní. Pracují 24 hodin denně zhruba 280 dní v roce, což je pro přírodu pořádná zátěž.

Nejde samozřejmě o v poslední době ekologickými aktivisty nejvíce sledované emise CO₂, ale o emise sazí, oxidů síry a dusíku. Lodní motory totiž používají palivo velmi nízké kvality a navíc nejsou prakticky vůbec svázány emisními předpisy.

To by se ale mělo v budoucnu změnit. Jen v USA ročně prý zemře na následky onemocnění způsobených znečištěním ovzduší z obřích přepravních lodí 60 000 lidí. Mezi onemocněními dominují astma a rakovina, píše britský server Guardian, který dánskou studii zveřejnil.

USA tak pravděpodobně od příštího roku zavedou zvláštní ochranou zónu kolem svého pobřeží. Bude mít šířku 230 mil a nebudou se za ní, pravděpodobně mimo velkých přístavů, moci dostat lodě, které nesplní některé limity. Podíl síry by i v námořním palivu měl klesnout o 98 %, emise částic by měly klesnout o 85 % a emise oxidů dusíku o 80 %.

Emma Maersk

Největší nákladní loď světa v číslech

- rozměry 397 x 56 metrů
- ponor 15,5 metru
- výška 30 metrů (od kýlu po palubu)
- motor: 14 válců, výkon 80 MW, dalších 5 menších motorů o celkovém výkonu 30 MW
- maximální rychlost přes 25,5 uzlů ($47,2 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$)
- kapacita 156 907 tun a 11 000 TEU (ekvivalent standardizovaných 20-stopých kontejnerů), teoreticky až 15 200 TEU
- posádka: 13 osob



OBR. 11 – EMMA MAERSK, FOTO: MAERSK LINE

*Jen pro představu. Průměrný automobil, který ročně najede 15 tisíc kilometrů, vyprodukuje **101 gramů** oxidů síry. Největší současná nákladní loď Emma Maersk s motorem o výkonu 109 tisíc koní (tedy přes 80 MW) při svém ročním provozu vyprodukuje **5 000 tun** stejné škodliviny.*

Na světě se po mořích plaví na 90 tisíc kontejnerových lodí. Mezi nimi patří Emma Maersk díky své obří kapacitě a některým speciálním opatřením k těm ekologičtějším. Například speciální silikonový nátěr pod čarou ponoru snižuje odpor a uspoří 1 200 tun paliva ročně.

Po přísných emisních limitech pro osobní automobily se tak možná pozornost přesune i do jiných oblastí používajících spalovací motory. Podobně jako lodě by možná mohly dopadnout i lokomotivy a další dopravní prostředky (23).“

Lodní nákladní doprava - větší nebezpečí než miliony aut

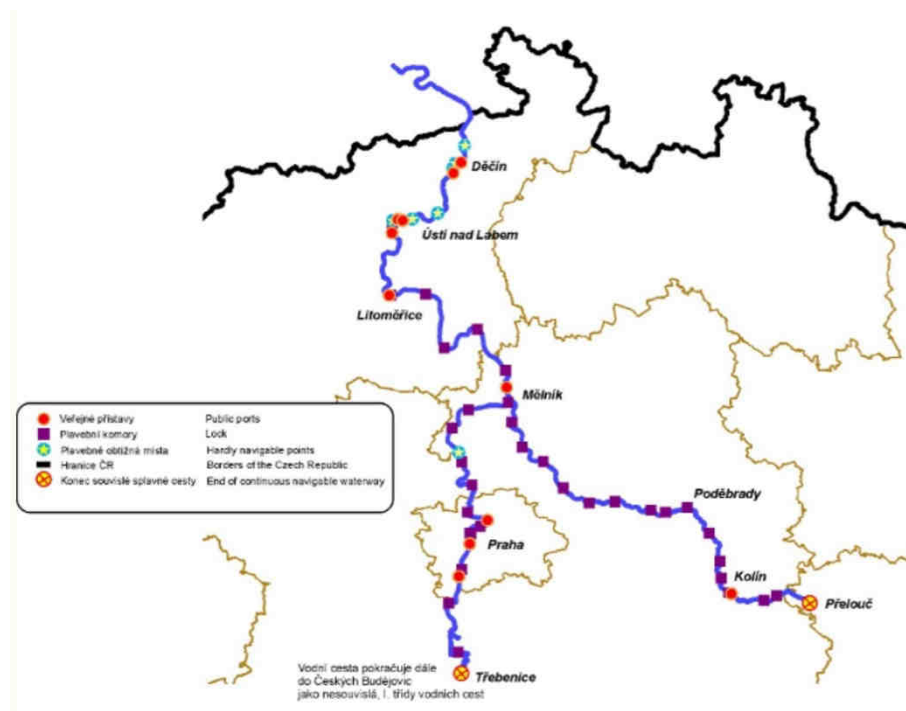
„Takřka neuvěřitelně zní zpráva z posledních dní o tom, že podle jistého výzkumu by mohlo 15 největších nákladních (kontejnerových) lodí světa vypouštět stejné znečištění, jako všech 760 milionů automobilů na silnicích. Je to dáno jednak velikostí motorů, téměř nepřetržitým chodem a především významně nižší kvalitou spalované nafty. Ta pro lodní motory obsahuje až 2000x větší množství síry než nafta pro auta. Například auto, které ročně ujede 15 000 km, vypustí za tu dobu do ovzduší zhruba 101 gramů oxidů síry. Diesellový lodní motor za tu dobu emituje až 5200 tun těchto látek.

Na orgány Spojených národů a Evropské unie je proto podle listu *Guradian* vyvíjen nátlak aby se začaly emisemi z lodní dopravy zabývat. Spojené státy americké například rozhodly podél celého svého pobřeží zavést nízkoemisní zónu v dosahu 230 mil (370 km) od pevniny. Podobný krok je očekáván od Kanady. Podle dalších studií jsou emise z lodí zodpovědné za desítky tisíc úmrtí a miliardové náklady pro zdravotnictví. Emise z lodní dopravy se začaly rapidním tempem zvyšovat v posledních 15 letech s růstem globálního obchodu a zejména vzestupem Číny.



OBR. 12 – OBŘÍ KONTEJNEROVÁ LOĎ, FOTO: MAERSK LINE

Pár čísel pro zajímavost na závěr: největší nákladní lodě světa mají motory o výkonu až 109 000 koní. Celkem světové oceány brázdí asi 90 000 nákladních lodí. Zhruba 70% emisí lodě vypouštějí do 400 km od pobřeží a 85% všech těchto emisí se týká severní polokoule. Faktem také je, že některé nové lodě (nikoliv nutně nákladní) jsou budovány s důrazem na snížení emisí a především využití lehkých paliv bez tak velkého obsahu síry. Mezinárodní námořní organizace, součást OSN, ustanovila koncem minulého roku nové povinné standardy pro kvalitu lodních paliv. Díky nim by se měl obsah síry snížit do roku 2020 až o 90% (24).“



OBR. 13 – SPLAVNÉ VODNÍ CESTY V ČR (25)

Porovnání zhoršování životního prostoru výstavbou dopravních cest pro železniční, lodní a těžkou automobilovou přepravu není v současné době možné. Přesto je možno konstatovat, že regulování přirozeného vodního toku je zpravidla spojeno se závažnými a dalekosáhlými nevratnými následky, jako jsou ztráty v lužních lesích, ztráty morfologické a biologické diverzifikace, případně ztráta kvality podzemní vody.

2.2.3 LETECKÁ DOPRAVA

Letecká doprava využívá jako svou dopravní cestu vzdušný prostor, zejména v oblasti stratosféry, a není tak závislá na výstavbě liniových dopravních cest a topografických překážkách v krajině. Jedinou odchylkou je budování dopravních uzlů, letišť, což je v členitém terénu velmi obtížné. Stejně problematická je výstavba či rozšiřování letišť v hustě osídlených oblastech, kde se velmi obtížně plní požadované hygienické normy na hluk.

Celkový počet pasažérů letecké dopravy představuje velmi malé procento transportu, ale díky velkým přepravním vzdálenostem zaujímá asi desetinový podíl v celosvětovém přepravním výkonu. Navzdory tomu, že média pravidelně informují o případech leteckých havárií s mnoha oběťmi, je díky vysokému stupni organizace letecká doprava spolu s železnicí nejbezpečnějším druhem osobní dopravy. V nákladní

dopravě se letectví prosazuje velmi špatně s výjimkou přepravy pošty a malých kusových zásilek a tak se na celkovém množství přepraveného nákladu podílí přibližně jen 0,25 %.

(13)

Ačkoli je letecká doprava médií prezentovaná jako jeden z hlavních sektorů přispívajících ke globálnímu oteplování, názory odborné veřejnosti na tuto problematiku jsou různé. Navíc je stále nedostatečně vědecky prozkoumán vliv letecké dopravy na tvorbu oblačnosti z kondenzačních stop – tzv. contrails. Mohlo by se zdát, že dopad letectví na klima způsobený leteckými emisemi je již poměrně dobře zmapován, avšak jeho prezentace jsou stále rozdílné. Jako příklad uvádím několik názorů:

Následující data vycházejí ze zprávy IPCC (Mezinárodní panel pro změnu klimatu) a IATA (Mezinárodní sdružení leteckých dopravců):

- *příspěvek letecké dopravy ke změně klimatu je malý*
- *v současnosti se podílí 2% na světových emisích CO₂ (očekává se růst na 3% do roku 2050)*
- *celkový dopad na klimatickou změnu (zahrnující radiační působení – radiativeforcing – a další skleníkové plyny) je 3%; do roku 2050 se očekává růst na 5%*
- *podíl let. dopravy na celkových emisích CO₂ z dopravního sektoru je 12%, tento podíl ovšem roste*
- *průměrná spotřeba paliva u nových letounů je 3,5 litru na cestujícího na 100km; díky novým technologiím se spotřeba letounů neustále snižuje*

(26)

Z článku „Letecká doprava a životní prostředí - jaký mají dopad emise z letadel?“:

„Pokud bychom pátrali ve statistikách o množství letadel v ovzduší za jeden den před lety a dnes, zjistíme, že nastal několikanásobný nárůst, ale v konstrukci letadel a jejich motorech včetně spotřeby paliva se příliš nezměnilo. Konstruují se sice větší letouny (Airbus A380 - až pro 800 lidí na palubě), které přepraví více pasažérů při nižších nákladech na palivo, nicméně spotřeba paliva a vypouštění oxidu uhličitého, oxidu dusíku a vodní par v běžné letové výšce zůstává.

Podle odborníků a statistiků, kteří pracují pro Evropskou Unii, se sice podíl letadel ve vzduchu rapidně zvyšuje, nicméně dramaticky při prohlížení statistických koláčů i nadále působí zejména pozemní doprava (silniční automobily). Co je však alarmující v dopravě letecké, je ověřených 18 %, které znázorňují navýšení emisí při letecké dopravě

za posledních 5 let, a to přese všechny legislativní úpravy a vládní nařízení či omezení přepravy osob a nákladu (zboží) letecky.

- *Nejdramatičtější je skutečně silniční doprava (auta, autobusy)*
- *Podíl škodlivin z letecké dopravy je dnes sice malý, ale dramaticky stoupá*
- *Vzdušný prostor začíná houstnout a momentálně je jedinou vizí řešení této „letadlové zácpy“ zvětšování letadel*

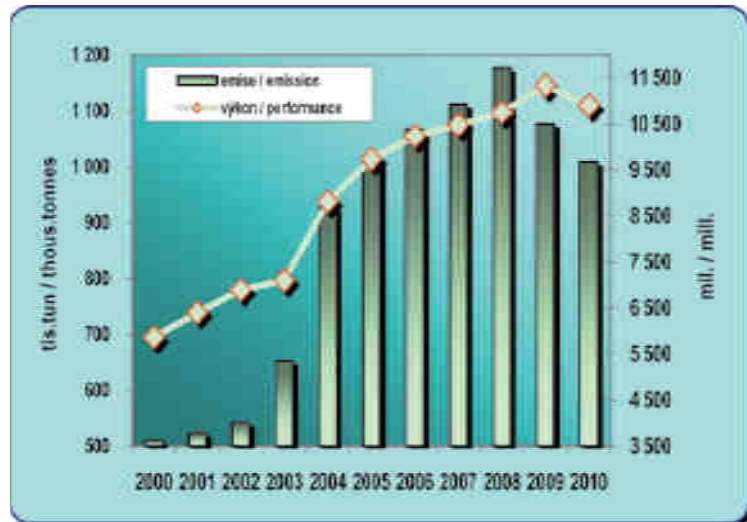
Mnohé jistě napadne i jiná negativní stránka letadel a letecké dopravy vůbec. Ano, je možné hovořit také o vysokém hluku vzlétávajících, rolujících a přistávajících letadel. Nejdramatičtější hlukové limity jsou překračovány v blízkosti frekventovaných letišť a při manévrech v jejich okolí. Významným faktorem, který ovlivňuje množství vypouštěných plynů a spotřebu paliva letadel je jejich rolování a pohyb na letištních plochách se spuštěnými motory (27).“

A takto hodnotí emise letecké dopravy Ministerstvo dopravy ČR:

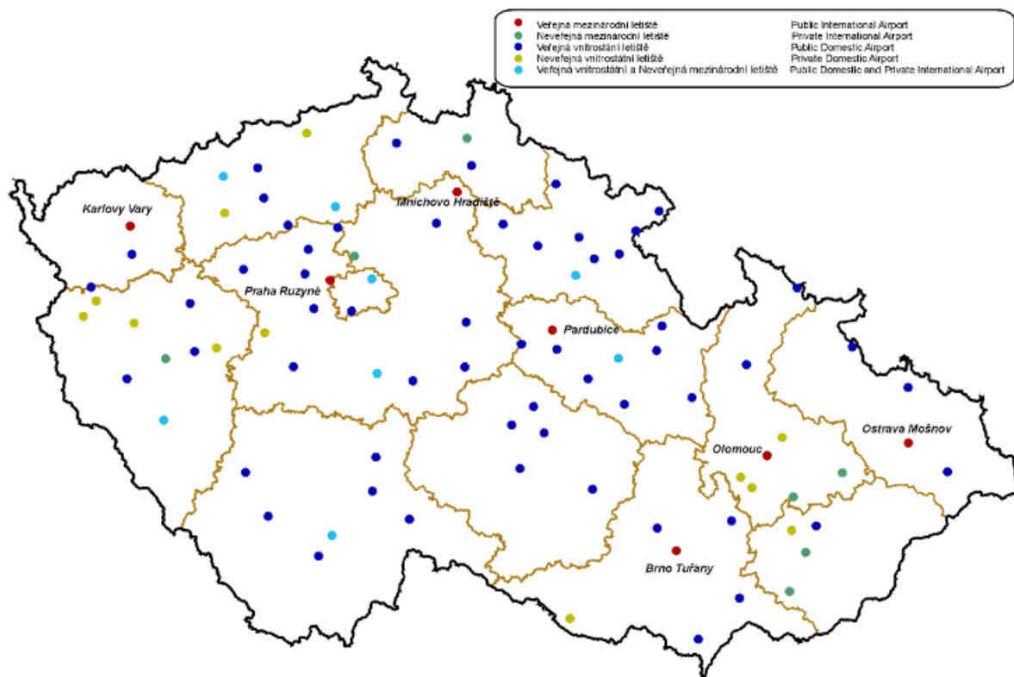
„Emise z letecké dopravy dnes představují asi 3% celkových emisí skleníkových plynů v EU a jejich objem se zvyšuje (od roku 1990 o 87 %). Existuje předpoklad, že se emise způsobené leteckým provozem oproti současné úrovni zvýší do roku 2020 o více než dvojnásobek.

I přesto, že letecká doprava přispívá ke změně klimatu nejméně (silniční doprava vyprodukuje 1122 Gg CO₂ za rok, lodní doprava vyprodukuje 222 Gg CO₂ za rok, doprava letecká vytváří 178 Gg CO₂ za rok), je i tento nárůst emisí v rozporu s úspěšným snižováním emisí v řadě jiných hospodářských odvětví. Bez příslušných opatření bude hrozit, že dosažené environmentální efekty ostatních opatření Evropských společenství ke snižování emisí skleníkových plynů budou negativně ovlivněny právě narůstajícími emisemi z letecké dopravy.

Vzhledem k tomu, že mezinárodní letecká a námořní doprava nejsou zahrnuty v národně stanovených plánech na omezování a redukci emisí, je nutné je zahrnout do národní legislativy. V oblasti letectví se v současnosti jedná o zahrnutí do systému pro obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů ve Společenství EU ETS – Emission Trading Systém (28).“



OBR. 14 – VÝVOJ EMISÍ V LETECKÉ DOPRAVĚ (28)



OBR. 15 – MAPA LETIŠŤ V ČR (28)

2.2.4 CYKLISTICKÁ A PĚŠÍ DOPRAVA

Cyklistická doprava je šetrná k životnímu prostředí a má pozitivní důsledky na zdraví a fyzickou aktivitu. Má jen nepatrné nároky na spotřebu neobnovitelných zdrojů,

neprodukuje emisní zatížení ovzduší ani výrazný hluk. Také prostorové nároky cyklistiky jsou výrazně menší než u ostatních druhů místní přepravy, s výjimkou chůze.

V kontextu udržitelnosti dopravy spočívá její význam zejména ve využívání pro každodenní dojížděku ve městech, kde může znamenat výrazné omezení nárůstu automobilové dopravy a tím i všech doprovodných negativních jevů. Velkým problémem je však velká zranitelnost cyklistů v běžném silničním provozu, a proto se z tohoto důvodu v místech vysoké koncentrace cyklistů buduje specializovaná infrastruktura v podobě cyklistických stezek. Druhým problémem je bezpečné uložení kol v místech nejčastějších cílů pravidelných cest, jako jsou místa zaměstnání, obchody nebo úřady, nacházející se zejména v centrech velkých měst.

Pěší doprava a její kvalita jako významná každodenní součást našeho života představují jedno z kompetentních kritérií pro úroveň a hodnotu našeho života. Ze všech druhů dopravy je nezdравější a nejšetrnější k životnímu prostředí, neboť má minimální nároky na prostředí, prostor a spotřebu energie (13).

Pozitivní dopady cyklistiky a pěší dopravy

Mezi individuální příznivé dopady patří především:

- pozitivní zdravotní dopady a lepší fyzická kondice
- úspory z rodinného rozpočtu
- cyklistům na krátkých a středních vzdálenostech může ušetřit čas oproti použití motorové dopravy

Mezi společenské příznivé dopady patří především:

- menší zábor prostoru (jak při pohybu, tak při parkování), což umožňuje hospodárněji využít povrchové plochy měst
- méně opotřebovávají silniční síť a snižují potřebu výstavby nové dopravní infrastruktury
- snižují hospodářské ztráty způsobené dopravními zácpami
- zlepšují přístupnost typických městských služeb pro všechny obyvatele
- snižují energetickou závislost, přispívají k úsporám neobnovitelných zdrojů

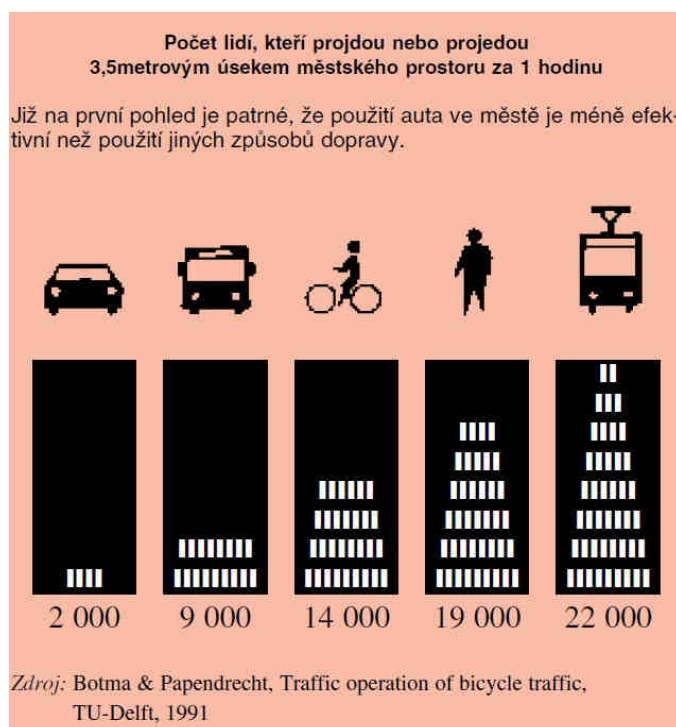
Mezi kombinované příznivé dopady patří především:

- nulový negativní vliv na kvalitu života ve městě (žádný hluk, žádné znečištění ovzduší)
- zvyšují atraktivitu bydlení ve městech – především pro rodiny (30)

Přínosy a úskalí cyklistiky jako formy dopravy ve městech

Mnohé studie ukazují, že volba cyklistiky jako způsobu dopravy závisí na subjektivních faktorech, jako jsou společenská přijatelnost, pocit bezpečí, uznávání kola za dopravní prostředek i pro dospělé atd. Stejnou měrou se však uplatňují i objektivní faktory: topografie terénu, podnebí, rychlost a bezpečnost provozu a praktické aspekty.

Z objektivních negativních faktorů, má odrazující účinek pouze větší počet strmých stoupání, častý silný vítr, intenzivní srážky a velká horka. Nízká intenzita cyklistiky (5 až 10 %) je dosažitelná ve většině evropských měst. Ve městech s 50 až 500 tisíci obyvateli, kde jsou příznivé geografické a klimatické podmínky a kde se uplatňuje všeobecná koncepce městské mobility, lze zcela reálně počítat s dosažením 20 až 25% podílem používání kol (31).



OBR. 16 – POČET PŘEPRÁVENÝCH OSOB 3,5M ÚSEKEM ZA 1 HODINU (31)

2.3 SOUHRN POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH DRUHŮ DOPRAVY

2.3.1 POROVNÁNÍ VYUŽITÍ JEDNOTLIVÝCH DRUHŮ

Jak je již psáno výše, jednotlivé druhy dopravy spolu soutěží v závislosti na mnoha aspektech, proto zde uvádím závěry výzkumu doc. Ing. Poliaka:

„Rozhodovací kritéria přepravní v nákladní dopravě“

„ Jako nejdůležitější kritérium rozhodování se u většiny firem projevila cena. Nedá se ale říct, že by byla cena rozhodujícím faktorem, podle kterého by se přepravci rozhodovali při volbě mezi železniční a silniční dopravou. Cena je nejdůležitějším kritériem především u firem s menšími objemy zboží nebo u výrobců plastových materiálů a průmyslového zboží. Je to pravděpodobně způsobeno tím, že doprava v těchto firmách není pevnou součástí jejich logistických řetězců, a proto je v jejich případech rychlost nebo časová jistota dodání méně podstatná. Rychlost přepravy je podstatným kritériem u firem, které přepravují zboží spíše na kratší vzdálenosti nebo přepravují rychle se kazící zboží, které musí být v co nejkratší době dodáno odběrateli.

Bezpečnost byla u valné většiny oslovených firem méně podstatná v porovnání s ostatními parametry. To bylo způsobeno výběrem firem zapojených do dotazníku, neboť průzkum se zabýval zbožím, u kterého lze uvažovat o přenesení výkonu ze silnic na železnici. Právě bezpečnost přepravy je jedním z hlavních limitujících faktorů většího využití železnice v oblasti spotřebního zboží. Pokud by byly osloveny firmy i z oblasti spotřebního zboží, bezpečnost zboží před zcizením, ztrátou nebo poškozením by byla mnohem důležitější.

Časová jistota dodání je podstatná především pro firmy zapojené do systémů Just-in-time, kdy přesně načasované dodávky zboží přímo do výroby snižují dramaticky náklady firem na zásoby, a tím i celkové náklady. Časovou jistotu dodání preferovaly firmy přepravující uhlí do elektráren nebo hutní výrobky dodávané přímo do výroby k dalšímu zpracování. Posledním kritériem je dostupnost dopravy z hlediska nákladů a vykládky. Zde je jasně patrné, že dostupnost je zásadní pro firmy, které přepravují zboží na velmi malé vzdálenosti systémem door-to-door. Jde především o společnosti přepravující stavební materiály nebo dřevo.

Z průzkumu je zřejmé, že přepravci ve svých úvahách o volbě dopravce kalkulují s celou řadou faktorů, a proto představa, že pouhé zavedení výkonového zpoplatnění přinese efekt v podobě přesunu výkonů ze silnice na železnici, není správná. I když většina přepravní označila cenu za přepravu jako nejdůležitější kritérium, nebyla cena ve srovnání všech pěti faktorů dominantní. Mnohem více by požadované změně na přepravním trhu pomohlo zlepšení technických parametrů na železnici. Zlepšení je třeba především v oblasti bezpečnosti přepravy z pohledu poškození i ztráty a také vyšší rychlost přepravy.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Přepravované zboží	Semena, oleje	Plechové zboží	Plasty	Uhlí	Dřevo	Plasty	Nástavby na vozy	Potrubí	beton
Silniční doprava	58%	X	100%	15%	70%	100%	100%	100%	100%
Železniční doprava	31%	X		85%	30%				
Přepravní vzdálenost (relace)	ČR, střední Evropa	300km	200 km	ČR	ČR 60%	120k m	ČR, SR	300 km	20km
Přeprava objem/rok	Miliony tun	4000t	2000t	7mil.t	80000 m ³	400LK W	10 000t	200 LKW	2mil.t

TAB. 2 – PŘEPRAVNÍ UKAZATELE FIREM, ČÁST1

	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Přepravované zboží	Ocelové výrobky	Papír	Chemikálie	Zemědělské výrobky	Pevná paliva, rudy	Olovo, drahé kovy	Stavebniny	Uhlí, substráty, kámen	Strojírenské výrobky
Silniční doprava	60%	100%	100%	80%	X	100%	100%	X	75%
Železniční doprava	40%			20%	X			X	25%
Přepravní vzdálenost (relace)	ČR, střední Evropa	300k m	200 km	ČR	ČR 60%	ČR, SR	300 km	20km	ČR Evropa
Přeprava objem/rok	Miliony tun	4000t	2000t	7mil.t	80000 m ³	10 000 t	200 LKW	2mil.t	Tisíce t

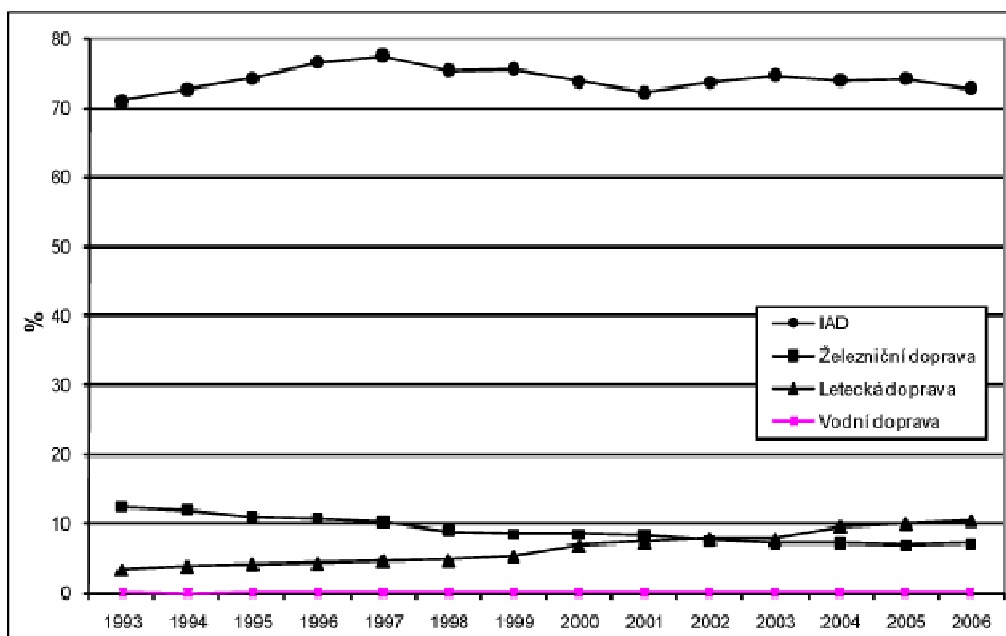
TAB. 3 – PŘEPRAVNÍ UKAZATELE FIREM, ČÁST2

Průzkumu se zúčastnilo celkem 18 firem z různých odvětví průmyslu i zemědělství. Jednotlivé odpovědi byly zpracovány do přehledných tabulek, kde je možné porovnat rozhodovací kritéria mezi sebou i ve vztahu k parametrům jednotlivých firem. Dotazníky byly na žádost některých firem zpracovány anonymně, nicméně vypovídací schopnost jistě mají.

Firmy se liší jak z pohledu vyráběného zboží, tak i průměrnou přepravní vzdáleností a celkovým ročním objemem produkce. Jako první rozlišovací kritérium použijeme průměrnou přepravní vzdálenost. Zde se jasně projevuje, že u firem s větší vzdáleností je v mnohem větší míře využívána železnice. Prakticky u všech firem, jejichž průměrná přepravní vzdálenost je vyšší než 300 km, najdeme železnici jako jeden z nástrojů přepravy. Výjimkou jsou pouze firmy číslo 7 a 15, které i přes velké vzdálenosti přepravují zboží výhradně po silnici. V obou případech je to způsobeno technologickými požadavky především na bezpečnost. Naproti tomu firmy s přepravní vzdáleností do

150 km využívají výhradně silniční dopravu, neboť se jedná většinou o přepravu systémem door-to-door a případná svozová politika se na takto malou vzdálenost nevyplácí. Jedinou výjimkou je firma číslo 17, která využívá železnici, i když přepravní vzdálenost je pouze 44 km. Pravděpodobně se jedná o vlečkovou přepravu uhlí z dolu do tepelné elektrárny. Tento průzkum jasně prokazuje, že uvažovat o přenesení přepravního objemu ze silnice na železnici na vzdálenosti do 150 km nemá smysl. To ovšem znamená, že o přenesení na železnici lze uvažovat pouze u 15 % přepravního objemu v silniční dopravě (33).“

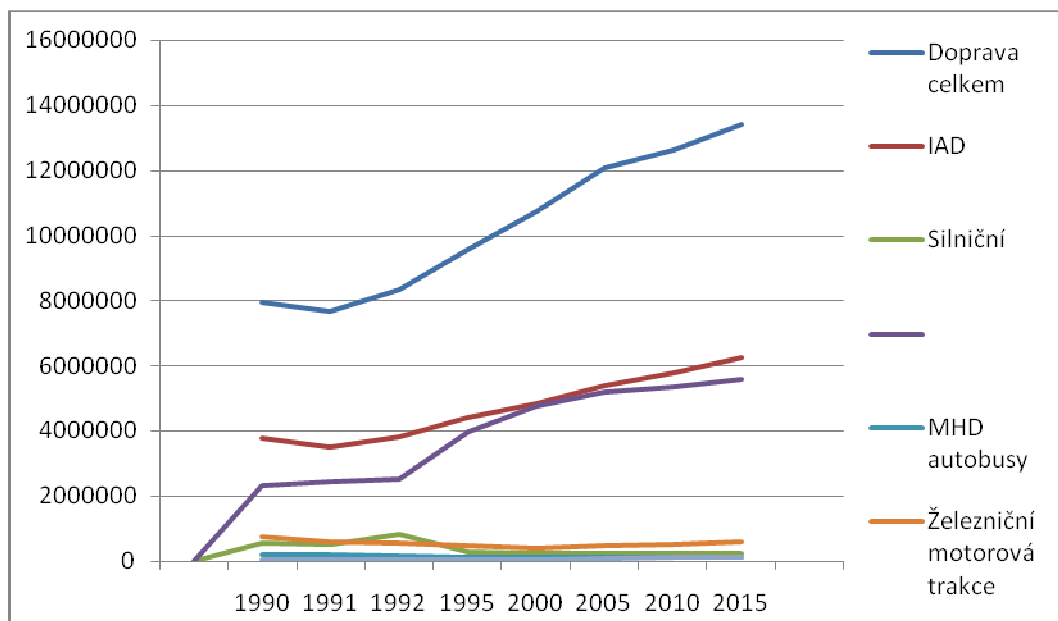
2.3.2 POROVNÁNÍ VLIVŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



OBR. 17 – PODÍLY DRUHŮ DOPRAVY (34)

Rok	Doprava celkem	IAD	Silniční		MHD autobusy	Železniční motorová trakce	Vodní doprava	Letecká doprava
			Veřejná osobní	Nákladní				
1990	7926000	3797000	540000	2318000	185000	738000	54000	294000
1991	7655000	3508000	508000	2432000	182000	601000	51000	373000
1992	8321000	3810000	814000	2507000	166000	561000	51000	412000
1995	9535000	4417000	285000	3962000	136000	476000	48000	211000
2000	10738139	4834049	228473	4782715	138952	408335	48573	297042
2005	12036764	5407208	237551	5216250	142290	497013	86822	449630
2010	12617750	5800392	228880	5367253	142119	529599	103854	445653
2015	13391249	6258917	231055	5594636	144797	585050	119221	457573

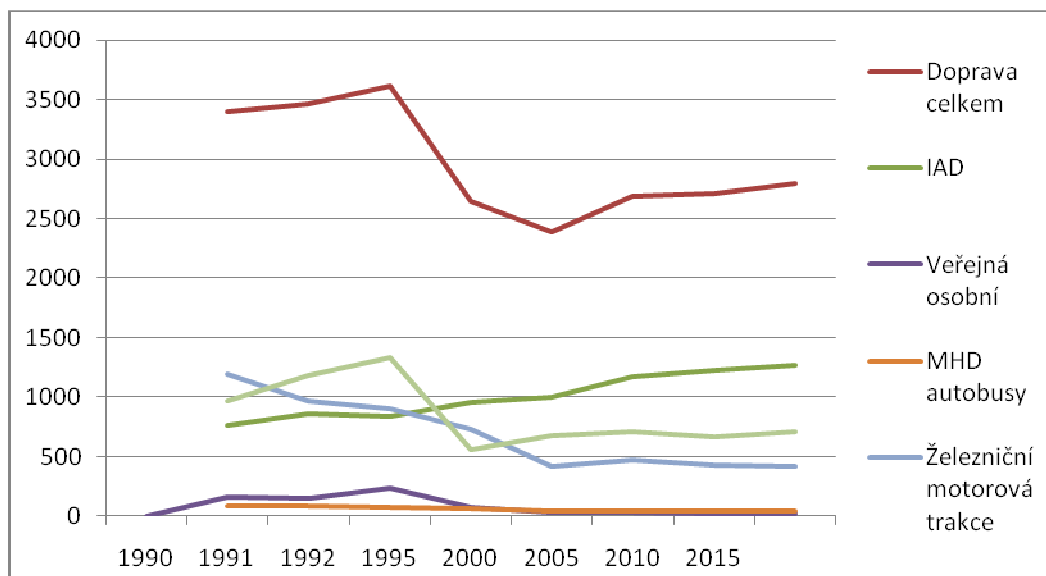
TAB. 4 – PRODUKCE CO₂ JEDNOTLIVÝMI DRUHY DOPRAVY (T)



OBR. 18 – PRODUKCE CO₂ JEDNOTLIVÝMI DRUHY DOPRAVY (T)

Rok	Doprava celkem	IAD	Silniční		MHD autobusy	Železniční motorová trakce	Vodní doprava	Letecká doprava
			Veřejná osobní	Nákladní				
1990	3402	760	161	76	89	1194	156	966
1991	3470	853	151	79	88	969	146	1185
1992	3618	840	240	81	78	899	146	1334
1995	2644	953	81	123	60	732	131	564
2000	2390	1000	29	128	42	419	92	681
2005	2695	1168	29	135	42	471	140	710
2010	2714	1217	26	137	43	425	193	672
2015	2804	1264	24	141	41	423	193	718

TAB. 5 – PRODUKCE N₂O JEDNOTLIVÝMI DRUHY DOPRAVY (T)



OBR. 19 – PRODUKCE N₂O JEDNOTLIVÝMI DRUHY DOPRAVY (T)

Rok	Doprava celkem	IAD	Silniční		MHD autobusy	Železniční motorová trakce	Vodní doprava	Letecká doprava
			Veřejná osobní	Nákladní				
1990	2286	1715	187	137	82	78	10	78
1991	2077	1521	174	143	81	63	9	86
1992	2244	1572	277	146	72	58	9	111
1995	2064	1596	94	223	55	48	8	39
2000	2020	1501	40	340	59	27	6	48
2005	1393	1133	24	131	44	20	6	36
2010	1168	959	16	105	40	14	7	27
2015	1026	813	16	105	43	14	7	28

TAB. 6 – PRODUKCE CH₄ JEDNOTLIVÝMI DRUHY DOPRAVY (T)

(35)

3. ENERGETICKÉ ASPEKTY SILNIČNÍ DOPRAVY

3.1 KONVENČNÍ ZDROJE

3.1.1 MOTOROVÁ NAFTA

V ČR se dosud vyrábí pouze motorová nafta (ČSN 65 6506) patřící do skupiny lehkých paliv. Je to frakce ropy vroucí v rozmezí asi 150 až 360 °C. Hustota může kolísat v dosti širokých mezích podle frakčního a uhlovodíkového složení. Nejvhodnější jsou n-alkany s hustotou 0,81 g/cm³ a méně vhodné jsou cyklany s měrnou hmotností až 0,88 g/cm³. Kolísání měrné hmotnosti motorové nafty je nutno omezit, protože dávka paliva je objemově odměřována vstřikovacím čerpadlem. Je-li motor seřízen na lehkou naftu, dodává při pohonu těžkou naftou nadměrnou dávku paliva a nedochází k dokonalému spalování, motor kouří. Proto je u motorové nafty jakostním znakem i měrná hmotnost.

Motorová nafta se vyrábí míšením petroleje a plynových olejů. Vzájemný poměr jednotlivých složek je hlavně dán požadavky provozu za nízkých teplot. V letním období přichází do prodeje motorová nafta NM-4, v zimním období NM-22. Dalším důležitým požadavkem je přiměřeně krátký průtah vznícení paliva vstřikovaného do spalovacího prostoru, který ovlivňuje náchylnost k samovznícení. Tato vlastnost se hodnotí tzv. cetanovým číslem. Cetanové číslo se stanovuje na zkušebním jednoválci s proměnlivým kompresním poměrem. Motor pracuje od komprese 6 až 28 při 900 min⁻¹. Hodnocení se provádí opět srovnáním zkoušeného paliva se základními palivy (cetan C₁₆H₃₄ CČ 100, α-metylnaftalen C₁₁H₁₀CČ 0).

Paliva s velmi nízkým cetanovým číslem zvyšují tvrdost chodu motorů zejména rychloběžných, zhoršují jejich spouštění, vyvolávají kouření, způsobené štěpením paliva a tvořením sazí. Nadměrným dohoříváním při expanzi v důsledku příliš dlouhého průtahu vznícení snižují hospodárnost chodu motoru. Paliva s vysokým cetanovým číslem naopak shoří příliš blízko u trysky, takže vstřikovaný paprsek nemá čas se promístit se vzduchem, motor kouří a blízkost plamene u trysky může zvýšit její teplotu až k zapečení. Přirozené cetanové číslo převážné většiny nafty je 45 až 55. Přesně takové vyžadují rychloběžné motory pro zajištění snadného spouštění a měkkého chodu. Velmi důležité při zpracování ropy na motorovou naftu je odstranění sloučenin síry, které musí

být do maximální koncentrace do 0,25 hm. %. Při překročení této hranice hrozí koroze a snížení životnosti motoru.

Další nepříznivou vlastností nafty a těžších paliv je zvýšený obsah popelových látek a sklon k tvoření usazenin ve spalovacím prostoru, přinášející zvýšení opotřebení válců a pístních kroužků, popř. i částí vstřikovacího systému. Proto nemá být karbonizační číslo destilačního zbytku větší než asi 0,1 hm. % hmoty (36).

3.1.2 BENZÍN

Automobilový benzín se dělí na dvě základní skupiny, podle obsahu olova. Olovnatý benzín smí obsahovat nejvýše 0,15 g a nejméně 0,03 g olova, bezolovnatý benzín nejvýše 0,005 g olova.

ZNAK JAKOSTI	NORMAL 91	SUPER 95	SUPER PLUS 98
Oktanové číslo VM.min	91	95	98
Vzhled	čirý a jasný	čirý a jasný	čirý a jasný
Hustota při 15°C – kgm ⁻³	725 – 775	725 – 775	725 – 775
Obsah olova - mg/l max.	5	5	5
Destilační zkouška			
odpař. množství při 70°C - %(V/V), léto	20-48	20-48	20-40
odpař. množství při 70°C - %(V/V), zima	22-50	22-50	22-50
odpař. množství při 100°C - %(V/V), léto	46-71	46-71	46-71
odpař. množství při 150°C - %(V/V), léto	75	75	75
Konec destilace °C, max.	210	210	210
Tlak nasycených par – kPa léto	45-60	45-60	45-60
Tlak nasycených par – kPa zima	60-90	60-90	60-90
Index těkavosti (duben a říjen), max.	1150	1150	1150
oxidační stabilita – minuty, min.	360	360	360
Mechanické nečistoty a voda	nepřítomné	nepřítomné	nepřítomné
Obsah síry mg/kg	150	150	150
Obsah pryskyřic mg.100cm ³ , max.	5	5	5
Obsah benzenu - %(V/V), max.	1	1	1
Obsah aromátů - %(V/V), max.	42	42	42
Obsah olefinů - %(V/V), max.	18	18	18
Obsah kyslíku - %(M/M), min.	2,7	2,7	2,7

TAB. 7 – ZÁKLADNÍ KVALITATIVNÍ PARAMETRY – OLOVNATÉ BENZÍNY

Bezolovnaté automobilové benzíny jsou směsi uhlovodíků, vroucí v rozmezí 130 až 215°C, získané z ropy destilací a dalšími zušlechťujícími technologickými postupy. Mohou obsahovat přísady zvyšující užité vlastnosti jako např. kyslíkaté složky, detergentní, antidetonační, antioxidační a jiné přísady.

Bezolovnaté automobilové benzíny se používají převážně pro zážehové motory silničních motorových vozidel. Nesmějí se používat pro vozidla, která jsou v provozu na pracovištích v uzavřených prostorách. Bezolovnaté benzíny jsou určeny zejména pro moderní typy zážehových motorů vybavených katalyzátorem a řízených lambda sondou s výjimkou bezolovnatého automobilového benzínu Speciál, který je určen jako náhrada olivnatého Speciálu pro starší automobily s netvrzenými ventilovými sedly (36).

3.1.3 LPG

Propan-butan je tvořen směsí obsahující asi 50 % propanu C₃H₈ a 40 % butanu C₄H₁₀ a izobutanu, zbytek bývá hlavně etan a něco pentanu. Jejich poměr se v palivu mění pro letní a zimní období. v zimě se zvyšuje podíl propanu – má nižší bod varu (-43 °C oproti -0,5 °C u butanu) a proto se lépe odpařuje i za nízkých teplot. Propan se zkapalňuje při 20 °C tlakem asi 0,85 MPa, n-butan při téže teplotě tlakem asi 0,23 MPa. Zkapalněná směs propan-butanu se v zahraničí a také u nás nazývá LPG (Liquified Petroleum Gas). LPG je ve vozidle uskladněn obvykle v ocelové nádrži za tlaku 5 MPa. Nádrž je možné naplnit pouze z 80 %. LPG jsou v podstatné formě plynné uhlovodíky, získávané nejčastěji jako vedlejší produkt při rafinaci. Ze 100 kg ropy lze vyrobit 18 až 25 kg benzínu, ale jen 0,2 kg plynu. Spodní výhřevnost je 83500 kJ.m⁻³ (46200 kJ.kg⁻¹) u propanu a 108000 kJ.m⁻³ (45700 kJ.kg⁻¹) u butanu. LPG není jedovatý, je neviditelný a sám o sobě bez zápachu. Aby bylo možno zjistit případný nežádoucí únik, tak se „parfémuje“ sloučeninami síry. Směs propan-butanu má metanové číslo 18 a oktanové 100. Interval zápalnosti směsi se vzduchem je v rozmezí λ 0,4 až 1,7. Je tedy větší než u benzínu a dovoluje spalování chudé směsi. Propan-butan neobsahuje olovo ani jiné jeho náhražky, které mají mj. mazací schopnost. Proto dochází k zvýšenému opotřebením součástek vystavených třením. Motory jsou také náchylnější k přehřívání. Při spalování LPG dochází ke snížení emisí škodlivých složek výukových plynů oproti benzínovým nebo naftovým palivům (36).

3.2 ALTERNATIVNÍ PALIVA

3.2.1 BIOETANOL (E85)

E85 (bioethanol) je palivo, které se skládá z 85 % etanolu a z 15 % naturalu 95. Tento poměr lze v průběhu roku měnit (kvůli nízké výhřevnosti ethanolu se podíl klasického benzínu zvyšuje v zimě), ale minimální podíl ethanolu musí být 70 %.

Kromě ceny, která je nižší než u klasického benzínu hlavně kvůli tomu, že biosložka (ethanol) nepodléhá spotřební dani, jsou dalšími výhodami paliva E85 ekologičnost a vyšší oktanové číslo než u klasického benzínu. Ekologičnost je nezpochybnitelná při samotném provozu auta, při spalování paliva E85 vzniká až o 70 % méně škodlivých emisí CO₂. Výhoda ekologičnosti se dle některých studií vytrácí při pěstování surovin, ze kterých se biolíh (ethanol) vyrábí (63).

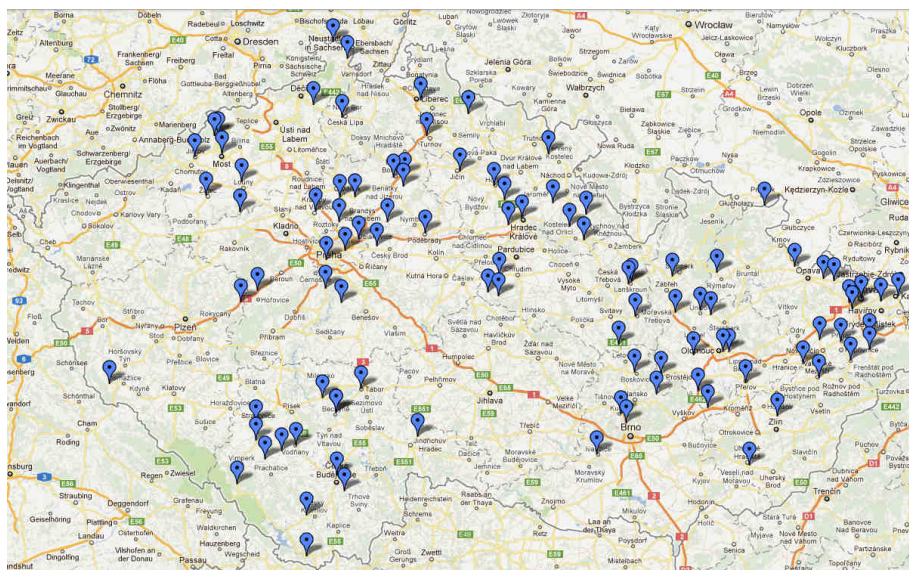
Naopak ze studie francouzské Agentury životního prostředí a hospodaření s energií (Ademe) vyplývá, že od pole až po čerpací stanici se úspora skleníkových plynů oproti benzínu pohybuje od 57 % u bioethanolu z obilí až po 73 % u bioethanolu vyráběného z cukrové řepy. Pokud ještě připočteme, že jeden hektar cukrové řepy vyprodukuje během vegetačního období kyslík pro 62 lidí na jeden rok, ekologický přínos využití tohoto alternativního paliva je nasnadě. Dalším přínosem paliva E85 je snižování naší závislosti na fosilních palivech. Bioethanol je v současnosti jedinou okamžitě dostupnou obnovitelnou energií, která je alternativou k benzínu. Navíc se vyrábí z domácích surovin, tudíž snižuje i naši závislost na dovozech pohonných hmot. Z energetického hlediska je podle studie Ademe také velmi pozitivní. Zatímco energetická bilance (vyrobená energie/energie nutná k její výrobě) benzínu je 0,82, a tedy negativní, energetická bilance bioethanolu je pozitivní: 1,61 pro pšenici, 1,69 pro cukrovou řepu a 1,74 pro kukuřici. Energetická bilance bioethanolu je ve všech případech dvakrát vyšší než bilance benzínu (64).

Možnosti použití

Nabídka automobilů, schopných toto palivo spalovat (tzv. FFV – Flexi Fuel Vehicle) stále roste. Průkopníkem v tomto oboru byl bezesporu Ford, který začal na náš trh jako první FFV auta dodávat. Nyní již jeho flotila obsahuje modely Focus, Mondeo a C-MAX. V loňském roce se také konečně rozhodla vstoupit s FFV vozem na český trh mladoboleslavská automobilka Škoda Auto. Vůz nese označení Škoda Octavia Multifuel, je poháněn motorem 1,6 MPI a je dostupný i ve verzi combi. Poznat ho lze podle „i“,

vyvedeného v zelené barvě. FFV vozy u nás prodává také automobilka Volvo (modely C 30, S 40, V 50, V 70 a S 80) a Saab 9-3 a 9-5 Bio Power (64).

Druhou možností přechodu na bioethanol je úprava motoru. Ta spočívá v namontování řídicí jednotky E85, která prodlužuje dobu vstřiku a řídí složení směsi paliva. Řídicí jednotka je ovládaná automaticky a sama rozpozná, na jaké palivo vozidlo jede, dokonce v jakém poměru je E85 k Naturalu a na základě výfukových plynů sama určí bohatost směsi. Dále při nízkých teplotách v zimě nastaví velmi bohatou směs na start. Při použití bioethanolu u běžného motoru bez úpravy nelze vozidlo v zimě téměř nastartovat, spotřeba stoupá až o 30% a hrozí poškození motoru díky chudé směsi, která zapříčiní zvýšení teploty na válci, kterou materiál nemusí vydržet. Proto může být jízda na E85 bez přestavby riziková (63).



OBR. 20 – MAPA ČERPAČÍCH STANIC NA E85

3.2.2 LNG A CNG

„Hlavní složkou NG je metan, přičemž složení a tedy i výhřevnost NG z různých míst těžby je – jak je patrné z tab. 8 – odlišná. V tab. 9 jsou porovnány některé významnější vlastnosti metanu, nafty a benzínu, ale uvedené hodnoty je nutno považovat za přibližné. Výhodnými vlastnostmi NG jako paliva pro zážehové motory, jsou v porovnání s benzinem, vysoká antidektonační odolnost (OČVM) a široké rozmezí zápalnosti palivové směsi λ (36).“

Složení a výhřevnost NG	Jednotky	Ruský NG	Norský NG	Holandský NG
CH ₄	% hmot.	98,3	84,7	82,6
C ₂ H ₆ a vyšší	% hmot.	0,8	13	4,6
N ₂	% hmot	0,8	0,4	11,7
CO ₂	% hmot	0,1	1,9	1,1
Výhřevnost	kWh.Nm ⁻³	9,4	10,6	8,7

TAB. 8 – PŘIBLIŽNÉ ÚDAJE O SLOŽENÍ A VÝHŘEVNOSTI NG Z RŮZNÝCH MÍST TĚŽBY.

Parametr	Jednotky	Metan	Benzin	Nafta
Měrná hmotnost plynu při atm. podmínkách	kg.m ⁻³	0,72		
Měrná hmotnost kapaliny	kg.m ₃	415	730...780	815...855
Teplota bodu varu při atm. tlaku	° C	- 161,4	30...190	170...360
Výhřevnost	kWh. kg ⁻¹	13,9	12,2	11,9
Zápalná teplota stechiometrické palivové směsi	° C	580	280...350	250...350
Rozmezí zápalnosti paliv. směsi λ za atm. podmínek		0,7...2,1	0,4...1,4	0,5...1,35
Oktanové číslo VM		130	96	

TAB. 9 – VLASTNOSTI METANU, BENZINU A MOTOROVÉ NAFTY

Motory na NG

„Při vývoji vozidel s pohonem na NG se podobně jako v případě motorů vychází zpravidla z původní konstrukce vozidla s naftovým nebo benzinovým motorem. Těžištěm úprav vozidla je instalace palivových nádrží na CNG nebo LNG a palivové instalace. Pro porovnání parametrů tlakových nádrží na CNG (tlak 20 MPa), kryogenních nádrží na LNG (tlak do 1 MPa, teplota přibližně minus 160 ° C) a nádrží na naftu mohou posloužit jako příklad parametry nádrží určených pro městské autobusy, uvedené v tab. 10.

Nádrže	Hmotnost prázdných nádrží [kg]	Hmotnost paliva [kg]	Dojezd autobusu [km]	Hmotnost nádrží s palivem [kg]
Nafta - obsah 240 l	40	198	580	238
LNG - kryogenní (-161°C)	165	97	280	262
CNG - ocelové (20MPa)	860	97	280	957
CNG - kompozitové (20MPa)	338	102	295	420

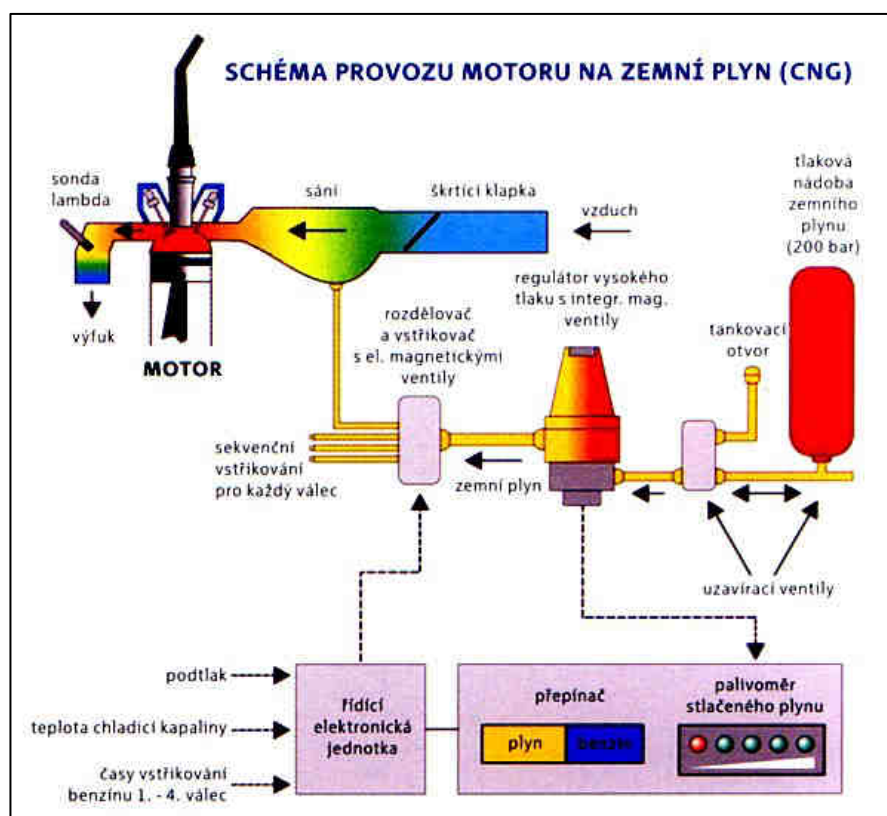
TAB. 10 – PARAMETRY AUTOBUSOVÝCH NÁDRŽÍ, DOJEZD AUTOBUSŮ

Vliv provozu vozidel na životní prostředí bývá posuzován hlavně podle úrovně škodlivých výfukových emisí a hluku. Na typických příkladech konkrétních zážehových motorů s tvorbou palivové směsi ve směšovači budou ukázány škodlivé výfukové emise motoru provozovaného na naftu a motoru provozovaného na NG a výfukové emise benzinových motorů osobních automobilů provozovaných alternativně na benzin a na NG.

V tab. 11 jsou uvedeny přípustné limity škodlivých výfukových emisí podle předpisu EHK 49 EURO III, hodnoty zjištěné u původního šestiválcového naftového autobusového motoru Škoda Liaz ML 637 o obsahu válců 12 l a výkonu 165 kW a hodnoty naměřené při homologaci téhož typu autobusového motoru provozovaného na NG.

Emise	Jednotky	EHK 49	Naftový motor	Plynový motor na CNG
Oxid uhelnatý	g.kWh ⁻¹	2,5	1,6	0,3
Uhlovodíky	g.kWh ⁻¹	0,7	0,4	0,9
Oxidy dusíku	g.kWh ⁻¹	5,0	6,6	0,05
Částice	g.kWh ⁻¹	0,1	0,15	0,03
PAU celkové	μg.kWh ⁻¹	--	810	75
PAU karcinogenní	μg.kWh ⁻¹	--	2,9	1

TAB. 11 – VÝFUKOVÉ EMISE AUTOBUSOVÝCH MOTORŮ ŠKODA LIAZ



OBR. 21 – MOTOR NA ZEMNÍ PLYN (CNG)

Významný přínos náhrady nafty NG je z údajů v tabulce zřejmý, velmi výrazné je snížení emisí oxidů dusíku, částic a obsahu polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU).

Porovnání výfukových emisí při provozu motoru osobního automobilu na benzin a na NG ukazuje tab. 12 na výsledcích měření provedených podle předpisu EHK 87 na vozidle ŠKODA Felicia s motorem 1,3 MPI 50 kW. Z údajů v tabulce je patrné, že přechod z provozu na benzin na provoz na NG výraznější změny v hodnotách plynných výfukových emisí nepřinesl.

Emise	Jednotky	EHK 83 E III	Provoz na benzin	Provoz na CNG
Oxid uhelnatý	g.km-1	2,3	2,1	2,3
Uhlovodíky	g.km-1	0,2	0,2	0,5
Oxidy dusíku	g.km-1	0,15	0,1	0,6

TAB. 12 – VÝFUKOVÉ EMISE VOZIDLA ŠKODA FELICIA S MOTOREM 1,3 MPI 50 kW

Ekologickým přínosem NG jako motorového paliva je také nižší produkce oxidu uhličitého daná obsahem uhlíku v palivu, kdy NG obsahuje 75 % hm. uhlíku a nafta 87 % hm. uhlíku. Pro vozidla s motory na CNG a na LPG jsou v ČR schváleny předpisy zabývající se jejich provozem, bezpečností při plnění nádrží a vypouštěním plynu z palivové instalace při údržbě a opravách vozidel.

Obdobné předpisy pro vozidla s motory na LNG v ČR neexistují, ale obecně se má za to, že LNG je v případě úniku z palivového systému do okolí méně nebezpečný než LPG. Při úniku LNG je ohrožen obsluhující personál, kterému může LNG způsobit omrzliny. LNG může při styku s nekryogenními materiály vyvolat jejich zkřehnutí a praskání.

Hlavními přednostmi použití NG jako motorového paliva v porovnání s kapalnými motorovými palivy jsou z obecného pohledu úspory zásob ropy, menší produkce oxidu uhličitého a v současné době v ČR nižší cena NG. Při přechodu z nafty na NG dochází ke snížení obsahu částic polycyklických aromatických uhlovodíků a oxidů dusíku ve výfukových plynech.

Jako nevýhody lze uvést zejména vyšší náklady na vozidla s těžšími palivovými nádržemi a menším dojezdem, v ČR také řídkou sítí plnicích stanic a vyšší nároky na servis vozidel (36).“



OBR. 22 – MAPA ČERPACÍCH STANIC NA CNG

3.2.3 VODÍK

„Vodík představuje jednu z budoucích možných alternativních pohonných hmot v dopravě, jednou by možná mohl do značné míry nahradit současná převládající fosilní paliva. Vodík je unikátní látka. Jedná se o nejhojnější prvek ve známém vesmíru, kdy se předpokládá, že tvoří 90 % ze všech atomů (75 % hmotnosti). Na Zemi se vodík vyskytuje ve značném množství, bohužel vzhledem k jeho chemické reaktivitě převážně ve formě sloučenin. Vodík se tedy nezískává těžbou tak, jako např. zemní plyn, a lépe než o zdroji energie je vhodnější mluvit o jejím nosiči. Zásoby vodíku ve formě vody jsou téměř nevyčerpatelné, spalováním vodíku (oxidací) vzniká naopak vodní pára. Má nejnižší hustotu z plynů a druhý nejnižší bod varu ze všech látek (cca 20 K). Hustota energie (vztažená na jednotku hmotnosti) je však vyšší než u konvenčních pohonných hmot:

ATOMOVÉ VLASTNOSTI	vodík (H)	deuterium (D)	tritium (T)
Relativní atomová hmotnost	1,00794(7)	2,014102	3,016049
jaderné spinové kvantové číslo	0,5	1	0,5
magnetický moment jádra	2,7927	0,85738	2,9788
NMR – frekvence (při 2,35 tesla) / Mhz	100,56	15,36	104,68
NMR – relativní citlivost (konstantní pole)	1	0,00964	1,21
jaderný kvadrupólový moment / (10^{-28} m ²)	0	$2,766 \cdot 10^{-3}$	0
radioaktivní stabilita	stabilní	stabilní	$t_{1/2}=12,35$ let

TAB. 13 – ZÁKLADNÍ ATOMOVÉ VLASTNOSTI VODÍKU

FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI	vodík (H ₂)	deuterium (D ₂)	tritium (T ₂)
Teplota tání [K]	13,957	18,73	20,62
Teplota varu [K]	20,39	23,67	25,04
Teplota tání [kJ/mol]	0,117	0,197	0,25
Výparné teplo [kJ/mol]	0,904	1,226	1,393
Kritická teplota [K]	33,19	38,35	40,6
Kritický tlak [Mpa]	1,315	1,665	1,834
Disociační teplo [kJ/mol] (při 298,2 K)	435,88	443,35	446,9
Energie nulového bodu [kJ/mol]	25,9	18,5	15,1
Mezijaderná vzdálenost [pm]	74,14	74,14	74,14

TAB. 14 – ZÁKLADNÍ FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI VODÍKU

Perspektivněji než přímé spalování vodíku se jeví jeho použití v palivových článcích a získávání energie pro elektromotor. O tom blíže pojednává další část práce o získávání energie pro elektromobily.

Na první pohled nejjednodušší formou využití vodíku v automobilech je jeho přímé spalování. Tato technologie, která vyžaduje úpravu soudobých pohonných jednotek, však naráží na několik problémů. Tím prvním je uchovávání vodíku ve vozidle, a to jak ve stlačené, tak i zkapaněné formě. Vyžaduje totiž velmi vysoké tlaky, v kapalně formě pak mimořádně nízké teploty až -253 °C, což klade vysoké nároky na použité materiály, jejich pevnost a izolační schopnosti. Nejvýhodnější se z hlediska hmotnosti jeví nádrže z uhlíkových kompozitů, které nabízejí při stejném provozním tlaku jen třetinovou hmotnost proti ocelovým. BMW, jenž se vodíkovými pohony zabývá již přes 20 let, využívá nádrž, jejíž plášť sestává ze dvou vrstev oddělených od sebe vakuem a 70 hliníkovými fóliemi se skelnou vatou. Přes vynikající izolační schopnosti (oteplení náplně 1 DC/den) musí být vůz vybaven automatickým chladicím systémem, neboť s rostoucí teplotou se rapidně zvyšuje i tlak v nádrži (během 3 dnů na čtyřnásobek).

Protože se vzduchem je vodík silně výbušný, další problémy souvisejí s tankováním, které se musí odehrávat za dokonalého utěsnění a nejlépe bez přítomnosti člověka. Koncovku plnicího potrubí proto již u prvních zkušebních výdejních stanic připojuje k ventilu na automobilu robotizovaná ruka. Vzhledem k tomu, že únik vodíku není člověk svými smysly schopen zaznamenat, musí být vozidlo vybaveno bezpečnostními detekčními systémy, které jej dokáží identifikovat a poté zcela samočinně provést

odvětrání. Problémy pochopitelně nastávají také v garážích a jiných uzavřených prostorech. Velmi obtížná by byla nejen výstavba technicky složitých čerpacích stanic, ale i jejich zásobování. Kapalný vodík se mísí se vzduchem až ve spalovacím prostoru, kam je z bezpečnostních důvodů přiváděn pancéřovými trubicemi.

Určitou nevýhodou vodíku jako paliva je jeho velký objem, který při plnění ochuzuje množství nasávaného vzduchu, čímž snižuje výkon přibližně o 30 %. Z tohoto důvodu využívá BMW v kombinaci s tímto pohonem větší pohonné jednotky od 2,5 do 5l, čímž se daří dosáhnout poměrně slušných výkonů od 80 do 150 kW. Rekordní vozidlo R82 od BMW s upraveným šestilitrovým dvanáctiválcem se vstřikováním vodíku má výkon 210kW, zrychlení z nuly na sto dosahuje za 6s a na letmém kilometru bylo dosaženo rychlosti $175 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (36).“

3.2.4 ALKOHOLY

„Základním palivem pro vozidlové motory zůstane nadále benzin vyráběný z ropy (případně synteticky z uhlí). Lze však předpokládat určité rozšíření alkoholu jako paliva, případně přísady do benzínu (může nahradit tetraethylolovo používané jako antidetonační činidlo), a to hlavně v těch státech, které ho mohou získat kvašením odpadové biomasy, která není důležitá pro výživu lidí. Syntetická výroba z uhlí nebo z ropy je nákladná a proto přídatky do benzínu zpravidla nepřekročí v ostatních zemích 15%, čímž by se emise oxidu uhelnatého snížily až o polovinu a nespálených uhlovodíků asi o třetinu, ale ve výfuku by se opět objevily zdraví škodlivé aldehydy. Navíc se problém náhrady tetraethylolova, které kromě zdravotních dopadů na lidstvo poškozovalo činnou plochu katalyzátorů výfukových zplodin, podařilo vyřešit používáním sulfidu bromu jako náhradního antidetonačního činidla.

Detonace spalovacího motoru, lidově zvaná klepání motoru je jev, kdy v zážehovém motoru shoří palivo najednou, nikoliv postupně. Palivo hoří explozivně, není zapáleno zapalovací svíčkou, ale vznítí se samovolně vlivem teploty a tlaku plynů. Většina využitelného tepla odejde výfukem jako odpadní teplo, aniž by došlo k přeměně tepelné energie na mechanickou. Odolnost paliva vůči detonačnímu spalování vyjadřuje oktanové číslo, které udává procentuální podíl odolnosti paliva vzhledem k etalonovému palivu za etalonových podmínek. Za standardní paliva byly zvoleny izooktan (má OČ = 100) a normální heptan (má OČ = 0). Některá paliva, např. metylalkohol nebo nitrometan, používaná u závodních motorů mají OČ > 100.

Výhodou alkoholových paliv je vysoké oktanové číslo a zhruba trojnásobné výparné teplo oproti benzínu, takže svým odpařováním ochlazují nasávanou směs, zlepšují naplnění válce a k spálení potřebují méně vzduchu než benzin, což přispívá ke zvýšení docílitelného výkonu.

Nevýhodou alkoholových paliv je riziko zdravotního poškození uživatele při neopatrné manipulaci s palivem. Většího rozšíření se dočkala alkoholová paliva pouze v Brazílii, kde je k dispozici velké množství biologického odpadu z cukrové třtiny a používání těchto paliv bylo podporováno vládou. Alkohol byl též používán v motorech závodních vozidel, v současné době je již ve většině sportovních disciplín zakázán, používá se pouze při závodech na ploché dráze a závodech ve zrychlení (36).“

3.2.5 BIONAFTA

Bionafta (Esterifikovaný řepkový olej)

„Na počátku 90. let vzniklo za podpory vlády v ČR několik provozů, kde se začala vyrábět bionafta I. generace – 100% methylester řepkového oleje, nazývaný MEŘO. Snahou výrobců bylo, aby čisté MEŘO po menších úpravách pomocí aditiv mohlo být používáno ve vznětových motorech.

Bionafta je ekologické alternativní palivo pro vznětové motory na bázi methylesterů nenasycených mastných kyselin rostlinného původu. Vyrábí se rafinačním procesem zvaným esterifikace, při kterém se mísí metanol s hydroxidem sodným a pak s olejem vylisovaným ze semen řepky olejné nebo ze sojových bobů. Současná bionafta II. generace je potom dále doplněna a upravena látkami ropného charakteru, které musí být hluboko odsířené a dearomatizované, aby byla zachována podmínka biologické odbouratelnosti. Bionafta je tedy palivo, u kterého je část ropného produktu (motorové nafty) nahrazena methylestery, získanými z rostlinné produkce. Bionafta si zachovává základní vlastnosti motorové nafty a přitom působí velmi ekologicky na životní prostředí, na motor a palivovou soustavu a v neposlední řadě i na kapsu motoristy díky státní dotaci na MEŘO (36).“

Bionafta II. generace

„Zákonná úprava z roku 1995 umožnila provádět míchání směsí s MEŘO tak, aby obsah MEŘO byl minimálně 30%. Tím se otevřely možnosti jak vylepšit a zdokonalit vlastnosti původního paliva. Vznikla tzv. bionafta II. generace sestávající z různých komponentů a jejich vzájemných různých objemů. Bionafta je ekologické palivo pro

vznětové motory na bázi min. 30% methylesterů nenasycených mastných kyselin rostlinného původu. V konečném produktu bionafty II. generace je obsaženo min. 30% MEŘO a zbývající objem sestává z látek ropného charakteru, aditiv a vysoce kvalitní motorové nafty. Největší překážkou většiny novátorů a vynálezců je právě biologická odbouratelnost a pro její dosažení musí být ropné látky obsažené v bionaftě hluboko odsířené a de-aromatizované. Aby bylo dosaženo kvality běžné motorové nafty a přitom zajištěn ekologický provoz a odbouratelnost min. 90% objemu do 21 dnů, vyrábí se bionafta z přísně kontrolovaných ropných produktů a kvalitního MEŘA.

Výhodou bionafty je vysoká mazací schopnost (je mastnější než motorová nafta), tím se snižuje opotřebením motoru a prodlužuje životnost vstřikovacích jednotek. Mazací schopnost nafty je zvláště důležitá, protože některé části motoru jsou mazány přímo naftou a ne motorovým olejem, zvláště rotační vstřikovací čerpadla, kde jsou veškeré jeho pohyblivé části mazány naftou. Bionafta nevyžaduje žádné zvláštní podmínky pro uskladnění. Lze ji skladovat ve stejných zásobnících jako motorovou naftu. Bionafta při spalovacím procesu lépe shoří a tím výrazně snižuje kouřivost naftového motoru, množství polétavých částic, síry, oxidu uhličitého, aromatických látek a uhlovodíků vůbec. Díky svému složení je bionafta odbouratelná do 21 dnů a je tudíž vhodná mimo jiné i do provozů, kde hrozí kontaminace půdy pohonnými látkami, tj. zejména do zemědělské a lesní výroby, při pracích ve vodohospodářských ochranných pásmech apod. Bionafta je považována za tzv. čistič – má schopnost uvolňovat karbon a dokonale čistit motor a celý palivový systém a tím zabránit zadření motoru a zanášení palivových filtrů. Při delším používání bionafty je zajištěna v motoru i palivovém systému čistota a tím i delší životnost.

Před přechodem na bionaftu je však nutné vyčistit palivový systém od vody a usazenin a provést kontrolu motoru. Náhlý přechod na bionaftu bez přípravy by mohl uvolněním nečistot zanést filtry, v horším případě i poškodit motor. U strojů s požadovaným vyšším výkonem je nutné počítat se ztrátou na výkonu motoru max. do 2% a se zvýšením spotřeby max. do 3%. Toto navýšení je však minimální vzhledem k ceně bionafty. Bionafta, respektive její rostlinná část je velmi náchylná na vodu, proto je nutné vyčistit palivový systém od vody a pravidelně jej kontrolovat. Při skladování bionafty je nutné zajistit čistotu skladovacího prostoru a chránit bionaftu proti styku s vodou. Bionaftu se nedoporučuje příliš dlouho skladovat, protože by se rostlinná část mohla začít rozkládat (36).“

Ovšem po několika letech používání (dokonce se zákonem stanoveným poměrem přidávání do běžné nafty) se objevily mnohé studie, které prokazují, že bionafta není zdaleka tak ekologická a že jde v první řadě o lobby společností, podnikajících ve fosilních palivech a zemědělství. Pěstování řepky je tak „v zájmu ekologie“ dotované a přidáváním bionafty do motorové se oddálí spotřeba ropy. Těchto studií se v poslední době vyrojilo velké množství, jako příklad uvádím článek Petry Soukupové z odborného časopisu 21. století:

Je bionafta opravdu ekologická?

„Vyspělé země jsou posedlé ekologickými produkty natolik, že v zájmu jejich prosazení dokážou s klidem přehlížet všechny negativní dopady na životní prostředí.“



OBR. 23 - BIOPALIVA

Posledních pár desítek let se stalo sousloví „alternativní paliva“ synonymem něčeho, co nám má zaručit zlepšené životní prostředí a nevyčerpatelný zdroj energie. Na první pohled to všechno dává smysl. Na podzim osejeme pole, na jaře nám krásně rozkvetne a v létě to celé sklídíme. Část úrody pak po vylisování a chemické úpravě poslouží jako krásné ekologické palivo a zbytek se dá alespoň zkrmit nebo spálit, případně zaorat jako zdroj organické hmoty pro následnou plodinu.

*Jenže ne vše je tak růžové, jak se na první pohled může zdát. Do vcelku poklidné atmosféry oslavování bionafty jako paliva budoucnosti vlétl britský odborný časopis *Chemistry and Industry* se studií o produkci skleníkových plynů...*

Únik plynů na poli

Hlavní předností paliv z řepkového oleje je jejich obnovitelnost. Řepka se dá na poli pěstovat donekonečna a narozdíl od zásob fosilních paliv ji nelze jen tak vyčerpat. Jelikož se až doposud počítalo s tím, že při spalování tradičních paliv i bionafty se uvolňuje

přibližně stejné množství skleníkových plynů, byla tato její výhoda hlavním důvodem pro přehlížení nákladů, které několikanásobně přesahují zpracování ropy.

Nová britská studie však uvádí, že se doposud opomíjelo, že skleníkové plyny produkují i pole s řepkovými porosty. Ta totiž vyšlou do ovzduší dvojnásobné množství skleníkových plynů, než vnikne při samotném spalování bionafty. Jedná se především o oxid dusný, který má 200–300krát silnější skleníkový efekt než oxid uhličitý.

Řepka, nebo lesy a ropa?

V současnosti kryje bionafta spotřebu pohonných hmot v Evropské unii přibližně ze dvou procent. Doprava se na produkci skleníkových plynů se podílí přibližně 20 %. Desetiprocentní zastoupení bionafty by tedy celkovou produkci skleníkových plynů dost výrazně zvýšilo. Autoři studie upozorňují, že z hlediska současného převládajícího názoru na globální oteplování by bylo mnohem lepší, kdyby se zemědělská půda určená pro pěstování řepky zalesnila a jezdilo se na jiná paliva. V případě tradiční nafty se podle jejich propočtů dostaneme na třetinu produkce skleníkových plynů z bionafty. Zaslouží si tedy tento produkt i nadále nálepku ekologického paliva?

Ekonomie, nebo ekologie?

Mohlo by se zdát, že tváří v tvář hrozbě vyčerpání zásob tradičních paliv řepka jasně zvítězí. Nicméně podle ekonomů tato myšlenka je pouhou iluzí. Stačí si porovnat ceny tradičních paliv a bionafty očištěné od daní na jedné a od dotací na druhé straně. Vyjde nám, že produkty z ropy stojí přibližně 3,5krát méně než bionafta.

Možná si řekneme, že peníze nejsou všechno, nicméně pravdou je, že cena produktu odráží náročnost jeho výroby. A veškeré vstupy lze přepočítat na energii. Na výrobu zemědělských strojů je zapotřebí energie, na zajištění života pracovních sil je zapotřebí energie, na samotné pěstování a úpravy řepky je samozřejmě také zapotřebí energie. A to třikrát více než na tradiční paliva. V konečném důsledku tedy plýtváme ropou (případně uhlím nebo uranem) na výrobu „ekologického“ paliva. Dá se takové jednání stále ještě nazývat ekologickým (65)? „

3.3 ELEKTRICKÁ ENERGIE

Upouštění od používání pístových spalovacích motorů začíná používáním nových paliv, hybridních pohonů aj. Na konci této cesty a za čistším životním prostředím a ekonomičtějším využíváním přírodních zdrojů bude hlavní pohonnou jednotkou

motorových vozidel elektromotor. Jeho výhody oproti spalovacím motorům jsou nezpochybnitelné. Výkonová charakteristika elektromotoru je pro pohon vozidel mnohem výhodnější, dokáže využít maximální točivý moment v celém rozsahu otáček, nepotřebuje spojku, převodovku a spoustu dalších mechanických částí a v neposlední řadě nejen že neprodukuje žádné škodlivé emise, ale je i znatelně tišší. Zkrátka má všechny předpoklady nahradit stávající spalovací motory. Otázkou zůstává, jak ekonomicky a zároveň ekologicky dodávat elektrickou energii, zda ji vyrábět přímo ve vozidlech, nebo uchovávat v bateriích.

Uchovávání elektrické energie v bateriích se příliš perspektivně nejeví. Baterie jsou velice těžké, zabírají spoustu místa ve vozidle, samovolně se vybíjejí, životnost také není valná, navíc se pak musí ekologicky zlikvidovat. Zatím takové prototypy vozidel provází i nesnáze ve formě velmi krátkého dojezdu, malého výkonu, nedostatku nabíjecích míst a v neposlední řadě je na překážku velmi zdlouhavé nabíjení. Mnohem perspektivněji se tedy jeví vyrábět elektrickou energii přímo ve vozidlech (36).

3.3.1 SOUČASNÉ ELEKTROMOBILY

Konstrukce elektromobilu

Pohon elektrického vozidla je složen z motoru, regulátoru a převodovky. Regulátor řídí na základě polohy akceleračního pedálu napěťové poměry motoru. Požadavky na motor jsou v podstatě určeny požadovaným momentem a méně výkonem. Z hlediska nákladů je výhodný pokud možno vysoký převod mezi motorem a otáčkami kol. Podle otáček a druhu použitého motoru může být použita jedno nebo vícestupňová převodovka. Právě absence složité, těžké a hlučné převodovky a spojky je jednou z obrovských konstrukčních výhod elektromobilů. Ubývá hmotnost, složitost konstrukce, počet mechanických částí a s tím úměrně i počet provozních náplní a možných závad (36).

Smart ED

Jako příklad téměř sériově (zatím limitovaná série 1500 vozidel, ale počítá se s další výrobou) vyráběného elektromobilu mohu zhodnotit vozidlo „Smart electric drive“ z produkce Mercedesu, které jsem měl možnost řídit.



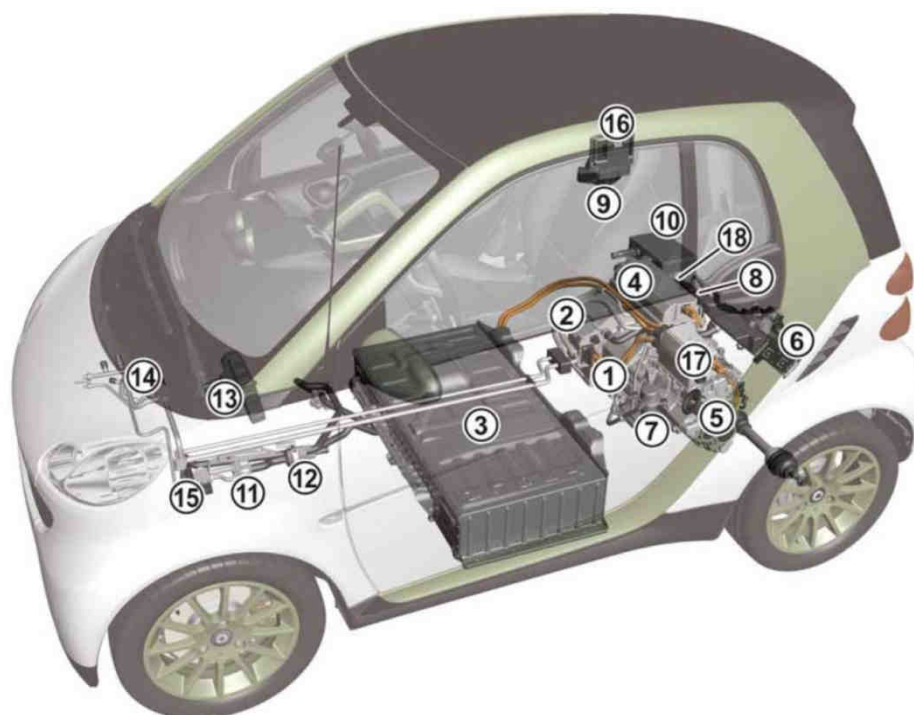
OBR. 24 – ZKUŠEBNÍ JÍZDA SE SMARTEM ED

Vozidlo se vyrábí v Hambachu od prosince roku 2009. Cílem je dodávat na trh vozidlo, které lokálně neprodukuje žádné emisní škodliviny. Již v roce 2007 bylo testováno 100 vozidel smart for two electric drive zejména v Londýně. Tato vozidla na bázi BR 450 byla ještě vybavena bateriemi typu Natrium-Nickel-Chlorid. Od konce roku 2009 byla nasazena aktuální generace smartu for two electric drive (BR 451) ve velkých metropolích Evropy (Berlín, Hamburg, Paříž, Madrid, Londýn, Zürich, Řím, Miláno a Pisa) ale také v USA. Těchto 1000 vozidel je již vybaveno bateriemi typu Lithium-Iont a je určeno pro leasingové společnosti. Doba leasingu jsou čtyři roky a 60.000 km (66).

V České republice je 25 vozidel, které jsou pronajímány společností E-ON. Vozidlo je zatím možné si pouze pronajmout, společnost Mercedes však v budoucnosti plánuje i prodej.

Technické údaje	
Maximální rychlost	100 km·h ⁻¹
Dojezd	135 km
Maximální výkon motoru	30 kW
Maximální točivý moment	120 Nm
Přípustná celková hmotnost	1120 kg
Hmotnost prázdná dle DIN	890/910 kg (Coupé/Cabrio)
Jmenovité napětí motoru	360 V

TAB. 15 – TECHNICKÉ ÚDAJE



OBR. 25 – SCHÉMA KOMPONENTŮ

číslo	komponent
1	Elektromotor
2	ŘJ elektropohonu (Electric Drive Control Modul)
3	Vysokonapěťový Lithium-Ionový akumulátor vč. BMS (Batteriemanagementsystem)
4	Vysokonapěťová nabíječka
5	Převodovka
6	Chladič pro elektropohon a vysokonapěťovou nabíječku
7	Podtlakové čerpadlo posilovače brzd
8	ŘJ podtlakového čerpadla
9	Zásuvka pro dobíjení
10	ŘJ komunikace pro externí dobíjení (Smart ChargeComunikation Unit)
11	Výměník vysokonapěťového akumulátoru (Chiller)
12	PTC přehříváč vysokonapěťového akumulátoru
13	Vysokonapěťový PTC přehříváč pro interiér
14	Expanzní ventil klimatizace pro interiér
15	Expanzní ventil klimatizace pro vysokonapěťový akumulátor
16	ŘJ elektrického vozidla (Electric VehicleControl Modul)
17	Rozvaděč vysokého napětí (PowerDistribution Unit)
18	Elektrický kompresor klimatizace

TAB. 16 – UMÍSTĚNÍ KOMPONENTŮ VE VOZIDLE

Akumulace energie

Zvláštnosti Lithium-Ion akumulátoru

- Menší zástavbové rozměry a nižší hmotnost ve srovnání s NiMH akumulátory srovnatelné kapacity
- Prakticky žádný paměťový efekt
- Stárnutí Lithium-Ion akumulátoru je zapříčiněno oxidací jednotlivých článků. To je vyvoláno více faktory, např. teplotou a stavem vybití akumulátoru
- Normální teplotní pracovní rozsah Lithium-Ion akumulátoru leží v rozmezí 20 °C a 50 °C. Proto je zapotřebí separátního chladicího, nebo topného okruhu
- Hlídání teploty vysokonapěťového akumulátoru je realizováno separátním teplotním čidlem uvnitř akumulátoru
- Doba nabíjení vysokonapěťového akumulátoru je závislá na stupni nabití/vybití (SOC) a teplotě akumulátoru
- Samovybití Lithium-Ion akumulátoru je přibližně 1 % SOC za týden při teplotě akumulátoru 25 °C
- Byl-li Lithium-Ion akumulátor vybit až do 0% SOC a ponechán v tomto stavu déle jak jeden měsíc při teplotě 25 °C akumulátoru, není možné ho již znovu nabít
- S vozidlem lze jet až do 0 % SOC (zobrazení v přídatném přístroji). Dojede-li až do 0% SOC a zůstane stát, je možné jednou po vypnutí a zapnutí zapalování jet v nouzovém režimu s redukováným výkonem (2 min, max. 50 km·h⁻¹, aby možné dostat se např. z krizové situace)
- Fyzikální SOC lze načíst pomocí diagnostiky pohonného řetězce. Oproti zobrazení SOC v přídatném ukazateli se v koncových bodech liší o cca 3-5 %
- Napájení diagnostiky pohonného řetězce je realizováno 12 V palubní sítí

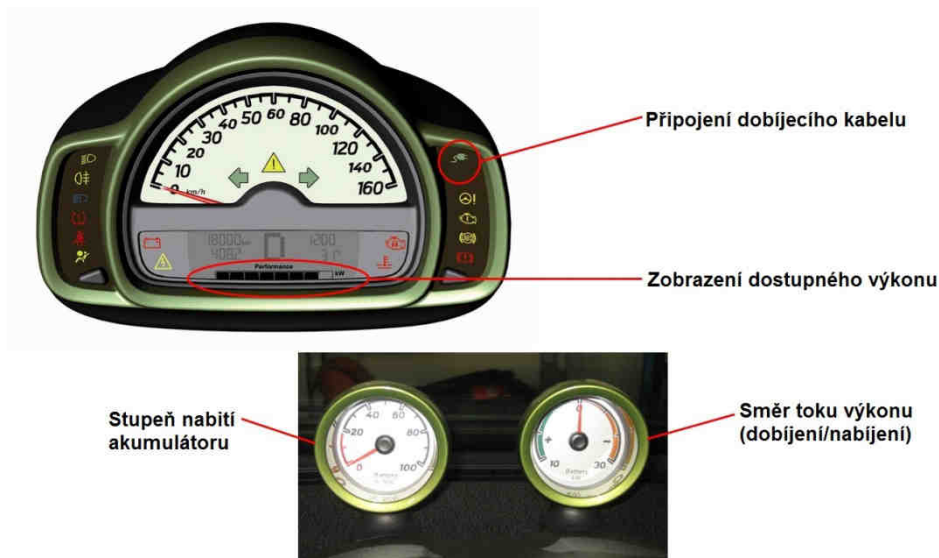
SOC	Nabíjecí výkon	Teplota akumulátoru	Doba nabíjení
20-30%	3 kW	25°C	4h
0-100%	3 kW	25°C	8h
20-80%	3 kW	-25°C	10h

TAB. 17 – NABÍJENÍ AKUMULÁTORU

Dobíjení

Vozidlo je vybaveno vysokonapěťovou nabíječkou, upravenou pro připojení ke standardní elektrické síti o napětí 230V. Po připojení vozidla originálním kabelem

k elektrické síti se v řídicí jednotce vysokonapěťové nabíječky usměrňuje a transformuje napětí potřebné pro nabíjení. Průběh nabíjení je hlídán a řízen řídicí jednotkou BMS. Probíhá-li nabíjení, je aktivní zobrazení ve sruženém přístroji a kroužek z LED diod okolo dobíjecí zásuvky. Při připojení nabíjecího kabelu není možné s vozidlem jet.



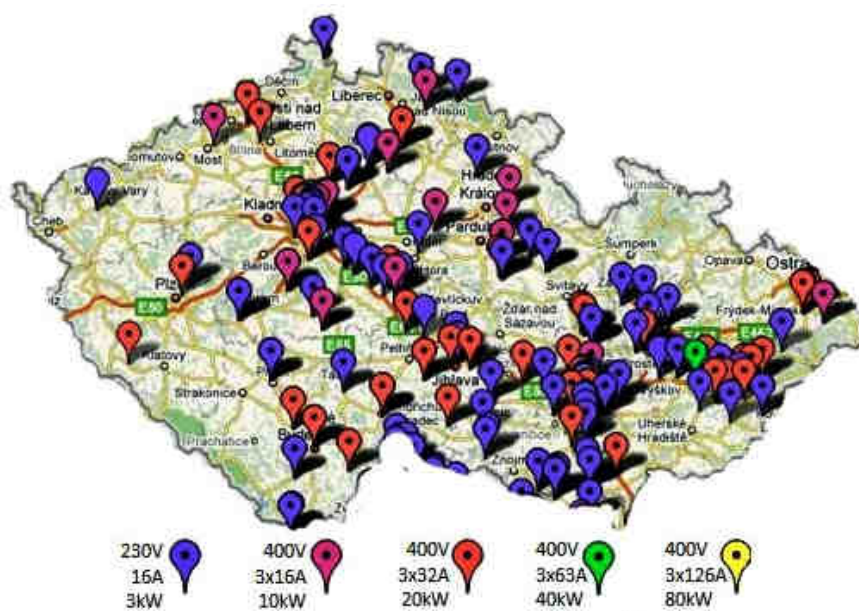
OBR. 26 – UKAZATELE STAVU BATERIE A SDRUŽENÝ PŘÍSTROJ

Pro nabíjení z veřejných dobíjecích míst je vozidlo vybaveno řídicí jednotkou pro externí dobíjení (SCCU).

Nabíjecí stanice stahuje data o zákazníkovi přímo z vozidla pomocí nabíjecího kabelu (příslušenství) a uvolňuje proces nabíjení. Veřejný nabíjecí stojan je spojen s výpočetním centrem, kam se přenáší informace o stavu nabíjení a jsou zde také uloženy informace o stavu účtu zákazníka. Identifikace zákazníka umožňuje rozpoznání tarifu, který má zákazník smlouven s poskytovatelem. Veřejnou dobíjecí stanice může používat i zákazník bez tarifu. Placení se uskutečňuje na místě.



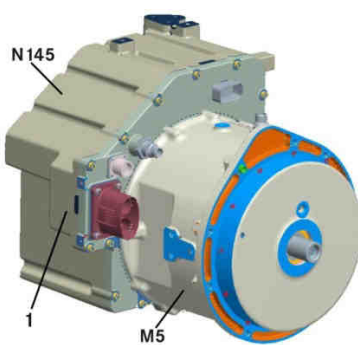
OBR. 27 – NABÍJEČKA A NABÍJECÍ STANICE



OBR. 28 – MAPA DOBÍJECÍCH STANIC (67)

Pohonná jednotka

Smart electric drive je poháněn bezkomutátorovým stejnosměrným elektromotorem. Jmenovité napětí motoru je 360 V, maximální výkon 30 kW a maximální točivý moment 120 Nm.



OBR. 29 – POHONNÁ JEDNOTKA

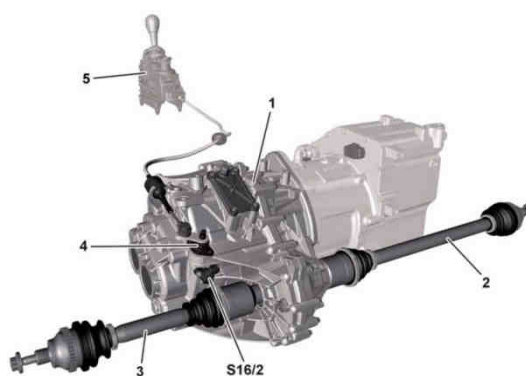
V pohonné jednotce jsou následující komponenty:

číslo	komponent
1	Elektromotor
N145	Řídící jednotka elektromotoru
M5	DC/DC měnič

TAB. 18 – KOMPONENTY POHONNÉ JEDNOTKY

Převodovka

Ve vozidle je použito standardní převodovky, která je upravená pro pohon elektromotorem (jsou vynechány komponenty pro řazení, je namontováno dodatečné krytování). Konstantní převodový poměr je 9,77:1. Zpětný chod je realizován změnou směru otáčení elektromotoru.



OBR. 30 – PŘEVODOVKA

číslo	komponent
1	Převodovka
2	Pravá poloosa
3	Levá poloosa
4	Parkovací brzda
5	Volicí páka
S16/2	Senzor parkovací brzdy

TAB. 19 – KOMPONENTY PŘEVODOVKY

Brzdový systém

Brzdový systém ve smartu ED je dvoustupňový. Funkce hydraulických brzd odpovídá konstrukci a funkcí běžné brzdové soustavy u smartu se spalovacím motorem.

Stupeň 1

V režimu decelerace, když vozidlo dojíždí a není sešlápnut ani akcelerační ani brzdový pedál, brzdí vozidlo elektrickou rekuperací.

Elektromotor pracuje v tomto režimu jako generátor a vyrábí elektrickou energii, kterou se dobíjí HV akumulátor. Rekuperaci řídí jednotka elektrického vozidla EVCM a management akumulátoru.

Stupeň 2

Sešlápně-li se brzdový pedál, aktivuje se i hydraulická soustava brzd. Protože pro funkci posilovače brzd není k dispozici žádný podtlak v sání motoru, je zde použito elektrické podtlakové čerpadlo. Klesne-li podtlak pod 500 mbar, aktivuje se automaticky podtlakové čerpadlo. Podtlakové čerpadlo je diagnostikovatelné přes diagnostický systém (DAS) a při každé údržbě se musí načíst počet provozních hodin čerpadla. Výměna tohoto čerpadla je předepsaná po 183 provozních hodinách (66).

Zhodnocení

Jako u většiny elektromobilů je nejslabším článkem baterie. K dosažení udávaného dojezdu je třeba skutečně velmi ekonomické jízdy a snažit se co nejvíce využívat rekuperaci energie. Maximální rychlost $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ není nijak závratná a je elektronicky omezena, takže ji skutečně nelze překročit. Problémy nastávají při velmi nízkých teplotách, kdy se výrazně prodlužuje doba nabíjení a snižuje dojezd. Navíc klasický

domovní jistič (alespoň v mém případě) nezvládal odběr a bylo nutno nabíjecí adaptér připojit přes přechod ze 400 voltové zásuvky, což není zcela dle předpisů.

Jako většina elektromobilů je Smart ED určen pro městský provoz, kde jsou jeho parametry dostačující. Při provozu nevznikají žádné emise, automobil je navíc velmi tichý, což však na druhou stranu zvyšuje nebezpečí pro chodce. Každopádně do měst, kde kvůli znečištění ovzduší bývá i zákaz vycházení, by byl přínosem.

3.3.2 UKONČENÉ PROJEKTY

Elektromobily nejsou jen technologickým výkřikem poslední doby, jejich vývojem se zabývá spousta automobilek již mnoho let. Vždy se však objevily nějaké překážky. Na straně jedné to byl stále problém s akumulací energie, na straně druhé – podle některých teorií – tlaky ropných společností. Příkladem jsou následující ukončené projekty. Co však skutečně stálo za jejich ukončením, se nedá se stoprocentní jistotou zodpovědět.

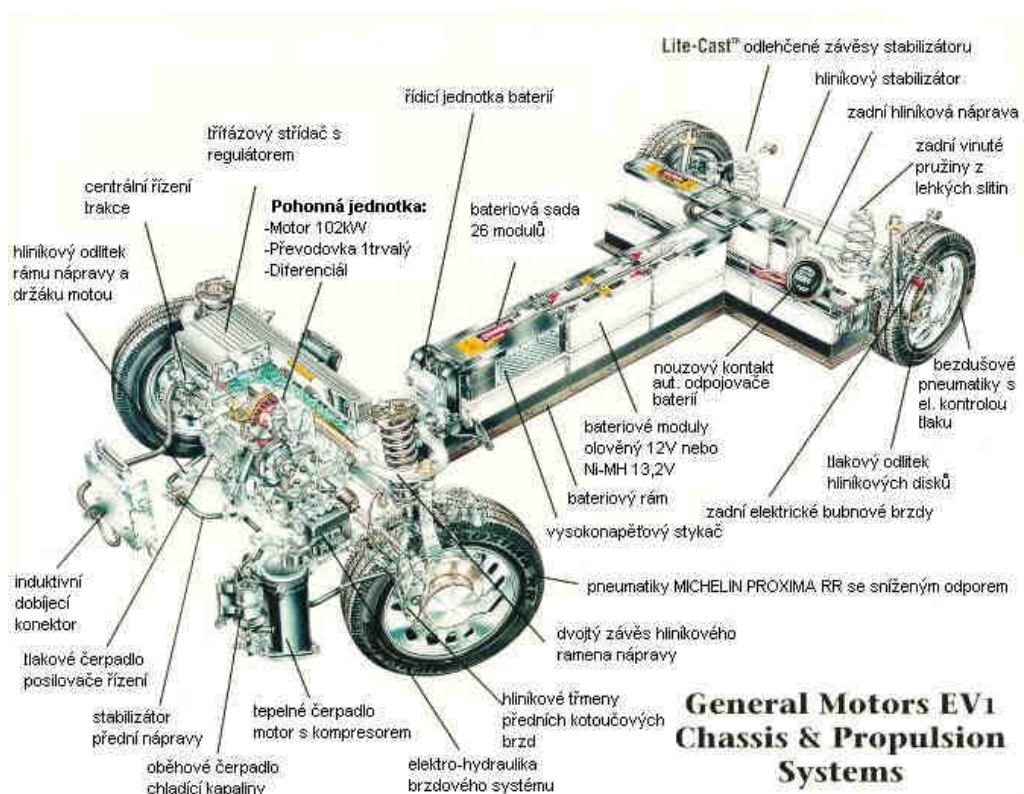
General motors EV1

Výroba těchto vozidel byla součástí projektu "Zero-emissionsvehicle" spuštěného v roce 1990 ve státě California. Jeho cílem bylo dostat na trh do roku 1998 alespoň 2% elektromobilů z celkového počtu vozidel. Tento ambiciózní projekt si kladl mimo jiné za cíl uvést do povědomí běžných Američanů vozidla s alternativními pohony. Jako pilotní vozidlo celého projektu, kterého se zúčastnily také společnosti Honda a Toyota, bylo právě sportovní dvoumístné kupé od společnosti General Motors.

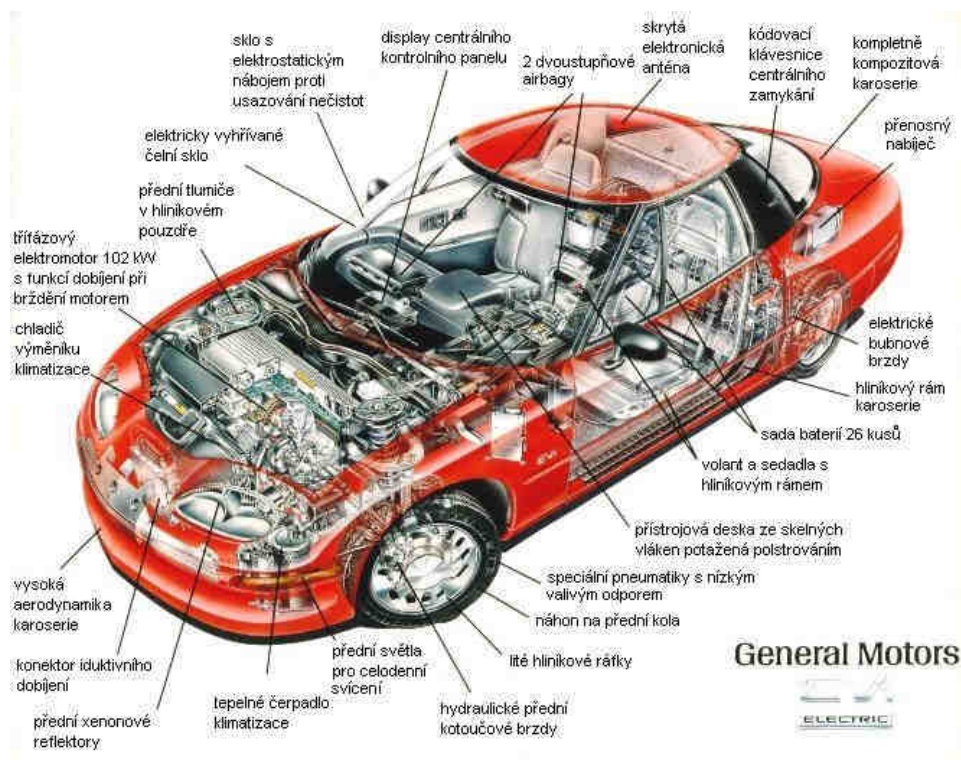


OBR. 31 – GENERAL MOTORS EV1

V roce 1996 začala ve městě Lansing sériová výroba. Prodával se pod značkou GM EV1. Bylo to vlastně první a zároveň bohužel i poslední vozidlo koncernu, které neslo logo General Motors na přední kapotě. Díky dobře navrženému elektropohonu, bateriím a hlavně kompozitové karoserii s hliníkovým rámem vznikl elektromobil, který neměl ve světě obdoby. Zatímco ostatní zúčastněné automobilky Honda a Toyota použily na svých modelech HONDA EV Plus Toyota RAV4EV ověřené metody přestavby sériové karoserie na elektrický pohon, tak GM vyvinula zcela novou platformu elektromobilu postavenou ze směsi plastů, skla a hliníku (68).



OBR. 32 – SCHÉMA VNITŘNÍ STAVBY GM EV1



OBR. 33 – SCHÉMA GM EV1

Ačkoli se zájem o EV1 výrazně zvyšoval, společnost General Motors v roce 2003 uvedla, že podle jejich výpočtů se nemůže další produkce stát ziskovou a rozhodla se projekt ukončit. Co ale šokovalo veškeré majitele jejích elektromobilů, bylo to, že se GM rozhodla všem majitelům auta odebrat a sešrotovat. Umožňovala jim to leasingová smlouva. Majitelé se pokoušeli elektromobily odkoupit, protestovali, ale bylo to marné. Veškeré EV1 byly majitelům odebrány a tajně v poušti sešrotovány. Zůstalo pouze pár exemplářů do musea a jako exponáty do vysokých škol. Byly z nich ale odebrány centrální pohonné systémy a hlavně revoluční baterie (68).



OBR. 34 – SEŠROTOVÁNÍ VOZIDEL GM EV1

To však stále nebylo vše! Do hry vstoupila společnost Chevron (patří mezi šest největších ropných společností na světě) a koupila společnost Ovonic/Texaco, která měla patent na baterie tohoto elektromobilu. Společnost Chevron následně vyhodnotila baterie jako neperspektivní, zastavila výrobu a patent uložila „k ledu“. Patent vyprší kolem roku 2013. Následně společnost Chevron zažalovala Toyotu a Hondu za používání jejich baterií a ty následně ukončily také výrobu svých elektromobilů. Následovalo šrotování elektromobilů i od Toyoty a Hondy, ale ty již pod obrovským tlakem veřejnosti se nechaly přesvědčit a některé vozy zákazníkům prodaly.

Zákony, zvýhodňující elektromobily v USA, byly pak soudně napadeny a následně zrušeny. Podle projektu byl natočen film „Who Killed the Electric Car?“, ve kterém byly zveřejněny rozhovory s „kupci“ a tvůrci GM EV1 (a mnohými odborníky na dopravu). Zajímavé kupříkladu bylo, že při představování a nabízení vozidla byli lidé prodejci přemlouváni, aby si vozidlo nekupovali. Společnost General Motors se dostala pod palbu otázek a mnohé dodnes nezodpověděla. Po velkém krachu s palivovými články (na které GM téměř vsadila svoji budoucnost) byl představen nový plug-in hybrid Volt (2008) a společnost uznala částečně svoji chybu s EV1.

Celý projekt stál přes miliardu dolarů a přinesl nám cenné poznatky. Zjistilo se, že již v 90. letech bylo možné vyrobit konkurenceschopný elektromobil. Tento elektromobil byl zcela unikátní mnoha parametry (ve své době) – dojezdem, rychlostí i časem nabíjení baterií. Také se ale zjistilo, že GM EV1 předstihl svojí dobu (69).

Toyota RAV4 EV

Automobilka TOYOTA vyvíjí elektromobily již od roku 1960. Do sériové výroby se však dostaly až tyto terénní elektromobily – Toyota RAV4EV. Toyota RAV4EV patří ještě dnes k nejmodernějším elektromobilům na světě. Vývojově šlo o poslední model z cca 10 elektromobilů, které Toyota od roku 1960 vyvinula. Toyota RAV4EV měla elektromotor o výkonu 45kW, s max. točivým momentem 165 Nm, dosahovala rychlosti 125 km·h⁻¹ a po městě ujela na jedno nabití až 200km. Sada 24 NiMH akumulátorů (každý 12 V, 95Ah) vážila 450 kg. Nabíjení akumulátorů z běžné sítě 220V přes vestavěnou nabíječku trvalo 10h. Časové spínací zařízení umožňovalo nastavit, kdy se budou baterie nabíjet a využívat např. levnějšího nočního proudu (70). Jak je psáno výše, Toyota po stažení vozidel z trhu k sešrotování pod tlakem veřejnosti několik vozidel prodala, avšak poté, co společnost Chevron-Texaco v roce 2005 koupila patenty na baterii a demontovala továrnu, nebylo možno baterii vyměnit a vozidla nemohla být dále užívána (69).

3.3.3 ZDROJE ENERGIE PRO ELEKTROMOBILY

Největším a zásadním problémem elektromobilů je zdroj energie pro elektromotor. Akumulátory stále nemají dostatečnou kapacitu, aby se dojezd bez doplnění zásoby energie vyrovnal automobilům na spalovací motor. Navíc oproti tankování běžných paliv je doba nabíjení několikanásobně delší, závisí na zdroji nabíjení a podléhá okolním vlivům např. teplotě vzduchu a samozřejmě času. Z tohoto hlediska by bylo nejvhodnější vyrábět energii přímo ve vozidle. Možností je několik:

Solární panely

Solární energie patří mezi nevyčerpatelné zdroje energie, její výhodou je, že nemá žádný negativní dopad na životní prostředí, čímž patří mezi nejvíce používané zdroje obnovitelné energie. Její využitelnost závisí především na klimatických poměrech – výhodné jsou oblasti s delším slunečním svitem a vyšší nadmořskou výškou. Energie slunce se využívá pomocí tzv. vodíkového cyklu tj. syntézy jader helia z jader vodíku. Na zemský povrch dopadá „pouze“ 23% sluneční energie, 30% se odrazí od atmosféry, dalších 47% od zemského povrchu. 23% sluneční energie představuje 40·10¹² kW což je víc, než potřeba lidstva. Z toho velká část je akumulována v oceánech.



OBR. 35 – VOZIDLO NA SOLÁRNÍ POHON

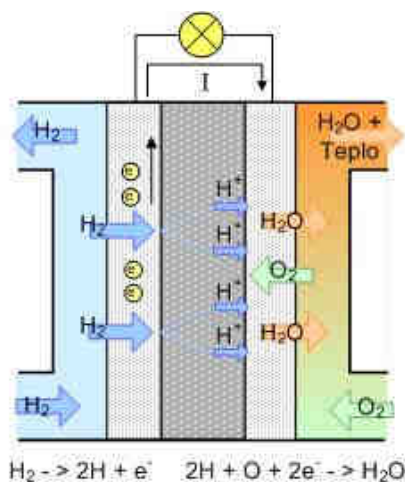
Systémy, využívající sluneční energie, se dělí na aktivní a pasivní. Mezi aktivní systémy patří sluneční kolektory a fotovoltaické články. Sluneční kolektory přeměňují sluneční energii na tepelnou, což se využívá zejména ve vytápění. Fotovoltaické články přeměňují sluneční záření na energii elektrickou. Jde o tenké destičky (monokrystaly, polykrystaly nebo polovodiče s přechodem PN). Fotony záření jsou absorbovány polovodičem a vytvářejí zde páry elektron – díra. Elektrické pole pak náboje rozdělí a vzniká tak stejnosměrný elektrický proud. Největší účinnosti dosahuje monokrystalický křemík 35% – ovšem s nejvyšší cenou. Díky slunečnímu záření se investuje pouze do pořízení článků (± 250 Kč/ 1W). Životnost článků je okolo 20 let, přičemž pořizovací cena se vrátí asi za 7 let.

U automobilů je problémem zejména umístění. Fotovoltaické články musí být umístěny na nestíněném povrchu dopravního prostředku. Nejčastěji se používá umístění horizontální, v takovém prostoru, který je nejvíce vystaven slunečnímu záření. Musíme také počítat se zeměpisným pásmem, kde se bude vozidlo pohybovat, z důvodu naklonění slunečního orbítu vzhledem k zemskému povrchu. S tím souvisí intenzita záření dopadajícího na zemský povrch respektive na energetickou plochu dopravního prostředku. Všechna vozidla, letadla nebo lodě, využívající sluneční energii, jsou dnes vyvíjena spíše experimentálně a v jednotlivých kusech, protože jejich sériová výroba by byla zcela nerentabilní. Jejich užitnost pro přepravu nákladu nebo osob je téměř nulová. Výkon vozidla ani jeho konstrukce není dimenzovaná více, než je nutně potřebné pro systémy a obsluhu. V budoucnosti můžeme těžko počítat s tím, že dojde ke stoprocentnímu využití solární energie jako pohonu pro taková vozidla, která budou určena pro seriózní dopravu. K využití v dopravě by mohlo dojít pouze v kombinaci s jinými prvky pohonného systému (36).

Palivové články

Vodík lze využívat pro výrobu elektrického proudu v palivových článcích nebo jako palivo pro spalovací motory (kapitola 3.2.3). Palivový článek vyrábí elektrický proud pro pohon automobilu a potřebuje k tomu pouze vodík a kyslík. Elektrochemická reakce, ke které dochází v palivovém článku, je opačným procesem k rozkladu vody pomocí elektřiny – známé elektrolýze. Vodík a kyslík se v palivovém článku řízeně směšují a reagují spolu, čímž vzniká jediný odpadní produkt – čistá voda.

Nejedná se tedy o spalování paliva, nýbrž o chemickou reakci – opak elektrolýzy.



OBR. 36 – PRINCIP PALIVOVÉHO ČLÁNKU

Princip palivového článku lze nejnázne objasnit na palivovém článku s polymerní membránou. Tento článek se skládá ze dvou elektrod, na jejichž povrchu se nachází slabá vrstva uhlíku obsahující malé množství platiny, která zde slouží jako katalyzátor. Elektrody jsou od sebe odděleny tenkou polymerní membránou, která propouští kladně nabitě ionty. Vodík je přiváděn na anodu, kde na vrstvě katalyzátoru dochází k jeho disociaci na kladné ionty (protony) a elektrony. Protony procházejí skrze polymerní vrstvu, elektrony jsou nuceny procházet externím okruhem a mohou tedy konat užitečnou práci. Na katodě pak sloučením dvou kladně nabitých vodíkových iontů (protonů), dvou elektronů a atomu kyslíku vzniká voda (vzhledem k provozní teplotě palivového článku obvykle v podobě páry). Na stranu katody je přiváděn čistý kyslík nebo častěji kyslík jako součást vzduchu.

Technologie palivových článků je založena na obrácené elektrolyze vody, přičemž dochází k reakci mezi proudy vodíku a kyslíku za vzniku vody. Všechny palivové články jsou postaveny na obdobném principu. Mezi dvěma elektrodami se nachází elektrolyt, který umožňuje výměnu iontů (především kationů). Obě elektrody jsou spojeny přes vnější elektrický obvod.

Při běžném zatížení vyrábí palivový článek elektrickou energii s vysokou účinností asi 50 %. A specialisté z Globálního centra alternativních pohonů, které společně založily firmy Opel a General Motors, se domnívají, že dosažení šedesátiprocentní účinnosti je zcela reálné.

Opel a General Motors představili jako jedni z prvních experimentální automobil *HydroGen 1*. Jde o plně funkční prototyp, technicky vycházející z velkoprostorového vozu Opel Zafira. Tento pětisedadlový experimentální automobil má pod kapotou místo konvenčního spalovacího motoru sadu palivových článků, elektromotor, tepelné výměníky atd. Palivové články tvoří blok ze dvou stovek do série pospojovaných článků. Ten je svými rozměry srovnatelný s rozměry běžného spalovacího motoru. V palivových člancích dochází k řízené elektrochemické reakci vodíku a kyslíku, při níž se generuje elektrická energie a jako odpadní produkt se uvolňuje obyčejná voda a teplo (cca 80 °C). V závislosti na podmínkách dává systém palivových článků v experimentálním Opelu při konstantním zatížení výkon 80 kW. Špičkový výkon činí asi 120 kW, generované elektrické napětí se pohybuje od 125 do 200 V. Vznikající stejnosměrný elektrický proud se v elektronické řídicí jednotce systému mění na proud střídavý o napětí 250 až 380 V. Ten pak napájí třífázový asynchronní motor o výkonu 55 kW, pohánějící přední kola prototypu HydroGen 1. Protože trakční motor vyniká téměř plochou křivkou průběhu točivého momentu, prakticky už od nejnižších otáček je k dispozici jmenovitý točivý moment 251 Nm. Odpadají obvyklé vícenásobné převodové mechanismy a několikastupňové převodovky. HydroGen 1 má pouze jednostupňovou redukční převodovku, což se projevilo v mimořádně nízké hmotnosti celé poháněcí jednotky – pouhých 68 kg. Díky vysokému výkonu, příznivému točivému momentu i nízké hmotnosti vozu (1575 kg) dokáže HydroGen 1 zrychlit z 0 na 100 km·h⁻¹ přibližně za 16 s a jeho maximální rychlost činí až 140 km·h⁻¹. Jen pro dokreslení lze uvést, že sériová Zafira má hmotnost cca 1425 kg. Vodík potřebný pro palivové články je v tomto automobilu uložený ve zkapalněném stavu ve speciální nádrži z ušlechtilé oceli při teplotě -253 °C. Nádrž je izolována několika vrstvami skelné tkaniny, která má stejné termoizolační vlastnosti jako izolace z pěnového polystyrénu tloušťky devět metrů. Při

průměru 400 mm a délce jednoho metru má tato nádrž objem zhruba 75 l, což v hmotnostním vyjádření činí asi 5 kg vodíku.

Velkou výhodou vodíkových palivových článků oproti jiným ekologicky šetrným způsobům výroby energie je, že celý proces je prakticky bezhlučný a nevyžaduje žádné pohyblivé mechanismy. Sestavením jednotlivých palivových článků do série vzniká sada článků, která je schopná vyrábět dostatečné množství elektrické energie k napájení elektromotoru sloužícího pro pohon automobilu.

Automobilový průmysl není jedinou oblastí, ve které se vědci intenzivně zabývali využitím technologie palivových článků. Palivové články se využívají například pro pohon ponorek a už v šedesátých letech dodávaly energii pro většinu palubních systémů amerických vesmírných modulů Gemini a Apollo (36).

Baterie

Baterie jsou prezentovány jako zatím největší slabina ryzích elektromobilů, avšak zatím jsou téměř jediným použitelným zdrojem energie. Jejich kapacita je zatím dostatečná spíše pro městský provoz, některé prognózy však vidí budoucnost právě v bateriích. Spolu s vědeckým pokrokem se zdokonalují i baterie, v posledních desítkách let sice pomaleji, než jiná odvětví, ale i tak se možná blýská na lepší časy, jak píše například Matouš Lázňovský ze serveru Technet:

„Budoucnost elektromobilů je kriticky závislá na zlepšení technologie skladování elektřiny. Bez lepších a levnějších baterií zůstanou jen vozidla pro úzkou skupinu nadšenců. A změna musí být výrazná. Aby se dal dojezd elektromobilů plně srovnávat s dojezdem aut na fosilní palivo, měly by být baterie budoucnosti schopné udržet ideálně desetkrát více energie než dnes.

K tomuto cíli není možná tak daleko, jak jsme si mysleli ještě před pár dny. Společnost Envia na konferenci v San Francisku představila zprávu o provozních zkouškách (i v nezávislých testovacích střediscích) revoluční lithiové baterie, která má být zhruba dvakrát až třikrát výkonnější než baterie v dnes vyráběných elektrických a hybridních vozech.

Udrží prý zhruba 400 watthodin v kilogramu hmotnosti. Dnešní sériové elektromobily jsou vybaveny bateriemi nejčastěji s kapacitou kolem 150 Wh/kg. Výkony ověřily i nezávislé laboratoře, které dostaly první funkční vzorky těchto článků už na začátku loňského roku.

Lepšího výkonu dosáhli změnou materiálu elektrod (prý především díky příměsi manganu v katodě). Jde o složitou sloučeninu, ale údajně by ji mělo být možné vyrábět s použitím technologií běžně používaných v chemické a keramické výrobě.

Výkony teoreticky slibují elektromobil s reálným dojezdem kolem tří set kilometrů téměř za všech podmínek. A to už by řadu zákazníků mohlo začít zajímat. Zvláště pokud se naplní další slib výrobce, a to že technologie umožňuje i snížit výrobní cenu baterie, která tvoří největší položku v ceně elektromobilů. Na druhou stranu na odhad ceny je brzy, protože ještě není hotová ani první sériová linka na baterie.

Firma spolupracuje s několika automobilkami, zatím ale není jasné, jak daleko spolupráce pokročila. Potvrzeno je jen tolik, že jedním z investorů ve firmě je GM. Ta už články také testovala ve svých laboratořích (72).“

3.3.4 VÝROBA ELEKTRICKÉ ENERGIE

Zde naráží elektromobily na další překážku – má-li jejich provoz být opravdu ekologický, musí být ekologická i jejich výroba a samozřejmě výroba energie pro jejich pohon. Pokud budou elektromobily „tankovat“ energii vyrobenou například v tepelných elektrárnách, je jejich přínos nulový, nebo jen minimální – spočívající v oddálení vyčerpání ropy, ovšem opět za cenu dalšího znečištění ovzduší.

Pokud tedy mají být elektromobily náhradou za vozidla se spalovacími motory, je třeba vyrábět elektrickou energii s minimálními dopady na životní prostředí. Ovšem snaha o výrobu „čisté“ energie nesmí být zneužívána pro soukromé podnikatelské účely, jak se tomu děje v naší republice v případě fotovoltaických elektráren, následným boomem bioplynových stanic apod. Fotovoltaické elektrárny mají smysl spíše v jižních částech Evropy, respektive v destinacích s největším množstvím dopadajícího slunečního záření a zejména by měly být stavěny s ohledem na rozvodnou síť. Tedy jako klasické elektrárny s vlastní rozvodnou a transformátorovou stanicí a dalším příslušenstvím. Takové elektrárny jsou stavěny například ve Španělsku, kde je velmi vysoké procento dopadajícího slunečního záření. Místa výstavby jsou většinou na neúrodných půdách nebo polopouštích a nezabírají tak prostor k pěstování potravinových plodin, či nehyzdí okolí vesnic a měst. Kromě fotovoltaických elektráren se zde zejména v pouštních oblastech rozmáhají také tzv. koncentrační solární elektrárny. Ty využívají řady velmi přesných zrcadel, která směřují světlo do jediného bodu. V tomto bodě se pak ohřívá kapalina, která se mění v páru a pohání turbínu podobně jako např. v klasické uhelné elektrárně.



OBR. 37 – KONCENTRAČNÍ EL. VE ŠPANĚLSKU



OBR. 38 – DOPAD SLUNEČNÍ ENERGIE WIKIPEDIE

Způsob, jakým byla podporována fotovoltaická energie v naší republice, se ukázal naprosto nevhodný a důsledkem je spousta malých a středních elektráren, které zatěžují rozvodnou síť a následně zvyšují ceny energie. Takové a podobné případy pak vzbuzují v lidech odpor a negativní názory – kdy vidí za ekologií pouze skrytý byznys. S výstavbou těchto elektráren je navíc spojeno silné narušení krajinného rázu oblasti a výhled na fotovoltaické panely oko ani duši nepohládí.



OBR. 39 – NARUŠENÍ KRAJINNÉHO RÁZU

Podobný boom jako solární elektrárny u nás zažívají i bioplynové stanice. Oproti solárním elektrárnám nejsou závislé na aktuálním počasí a jejich výkon je stálý, dobře regulovatelný, čili nezatěžují rozvodnou síť. Bioplynové stanice jsou většinou součástí větších zemědělských podniků, jejichž původním záměrem mělo být využití odpadů k výrobě elektrické energie pro vlastní potřebu. Bohužel díky dotované výkupní ceně této energie se z nich stal byznys, který zapříčinil situaci, kdy se zde nezpracovává pouze odpad, ale celé rostliny, a zemědělské podniky pěstují celé hektary plodin přímo za účelem výroby bioplynu. Bioplynové stanice si pak díky vysokým výtěžkům mohou dovolit zaplatit vyšší cenu za krmné produkty, než chovatelé dobytka a na našich polích se pak pěstují „elektrodárné“ plodiny na úkor krmných nebo potravinových. Tento systém prospívá pouze vlastníkům bioplynových stanic, státu ubírá na soběstačnosti v potravinářství, tím zvýhodňuje dovážené zboží a narušuje místní ekonomickou stabilitu.

4. HLAVNÍ NEGATIVNÍ VLIVY SILNIČNÍ DOPRAVY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

4.1 FRAGMENTACE KRAJINY

4.1.1 VLIV INFRASTRUKTURY

Fragmentace krajiny patří k nejvýznamnějším problémům, zapříčiněným výstavbou nových dálnic, silnic a železničních koridorů. Tyto uměle vytvořené bariéry negativně ovlivňují charakter krajiny a populace volně žijících živočichů. Jde o proces, při kterém dochází k rozdělení souvislých biotopů do menších a izolovanějších celků. Problémy s migrací živočichů způsobenými fragmentací popisuje v několika svých dílech např. Anděl (37-40). Rizika fragmentace je třeba řešit již při plánování krajiny a snažit se je eliminovat, či alespoň zmírnit různými prostředky. Dnes nejrozšířenějším řešením je stavění biokoridorů. Biokoridory jsou tzv. „zelené dálnice“ pro zvířata, která se s jejich pomocí mohou pohybovat mezi jednotlivými oblastmi se zachovanou přírodou. Tam, kde se biokoridory kříží s dálnicemi, staví se pro zvířata přechody přes vozovku – takzvané „ekodukty“. Tuzemské dálnice protínají hlavní biokoridory na 34 místech, přechody plně průchodné pro velká zvířata, jako jsou jelen, rys nebo los však jsou pouze na dvou z nich. Přechody pro živočichy chybí především na starších dálnicích (41). Biokoridory a zajišťování průchodnosti dálničních komunikací pro živočichy se zabývá Hlaváč (42) a popisuje přímé strategie při plánování. Problémy s křížením komunikací a vodních toků s funkcí biokoridorů popisuje Toman (44), zlepšení průchodnosti krajiny pro zvláště velké savce navrhuje Mináriková a Anděl (45).

4.1.2 OHROŽENÍ KRAJINNÉHO RÁZU

Krajinný ráz, kterým je zejména přírodní, kulturní a historická charakteristika určitého místa či oblasti, je chráněn před činnostmi, snižující jeho estetickou a přírodní hodnotu. Zásahy do krajinného rázu, zejména umístování a povolování staveb, mohou být prováděny pouze s ohledem na zachování významných krajinných prvků, kterými jsou zvláště chráněná území, kulturní dominanty krajiny, harmonické měřítko a vztahy v krajině. K umístování a povolování staveb a k jiným činnostem, které by mohly snížit nebo změnit krajinný ráz, je nezbytný souhlas orgánu ochrany přírody. Ochrana krajinného rázu se týká nejen území s jeho zvýšenými hodnotami (zvláště chráněná území

a přírodní parky), ale i ostatní krajiny – takto charakterizuje krajinný ráz ministerstvo životního prostředí.

Mezi vlivy na ráz krajiny, způsobenými dopravou, patří všechny druhy dopravních staveb, ať již silniční – mosty, tunely či drážní násypy, viadukty, estakády. Tyto architektonické prvky lze dnes do krajiny začlenit vcelku citlivě, jejich estetika či technologická originalita nakonec může být i přínosem, který vede ke zvýšení atraktivity regionu. Není výjimkou, že se z původně odmítaného mostu následně stane technická památka.



OBR. 40 – TECHNICKÁ PAMÁTKA – ŘETĚZOVÝ MOST STÁDLEC



OBR. 41 – TURISTICKÁ ATRAKCE – NEJVYŠŠÍ MOST SVĚTA PONT MILLAU

Dalšími hojně rozšířenými a diskutabilnějšími dopravními stavbami jsou reklamní nosiče – billboardy. Tyto stavby jsou převážně umístěvané v blízkosti komunikací zejména nejzatíženějších úseků dálnic, kde dopravní proud přesahuje 15 000 vozidel za 24 hodin. Denně tak reklamní sdělení vidí desítky tisíc osob, a proto jsou tato místa pro reklamní průmysl velkým lákadlem. Umístění legálně postavených billboardů, na které

jsou uzavřeny řádné nájemní smlouvy, prošlo schvalovacím řízením správních orgánů a obvykle se nenacházejí na nevhodných místech. Přímo ze zákona č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny vyplývá, že není možné umisťovat reklamní zařízení v místech, kde by mohla ovlivnit některý z významných prvků nebo některé z chráněných území. Vedle legálních reklamních ploch se však objevil i velký počet reklamních zařízení postavených bez řádného povolení, velmi často stojících na místech pro tuto reklamu nevhodných. V poslední době je snahou ŘSD tento problém řešit a omezit počet billboardů v okolí silnic až o 80%. Vlastníci megaboardů viditelných z velké vzdálenosti však nejsou touto snahou příliš ohroženi, neboť jejich zařízení se mnohdy nacházejí mimo vymezené ochranné pásmo komunikace a často na soukromých pozemcích (13).

4.2 AKUSTICKÉ EMISE

4.2.1 HLUK

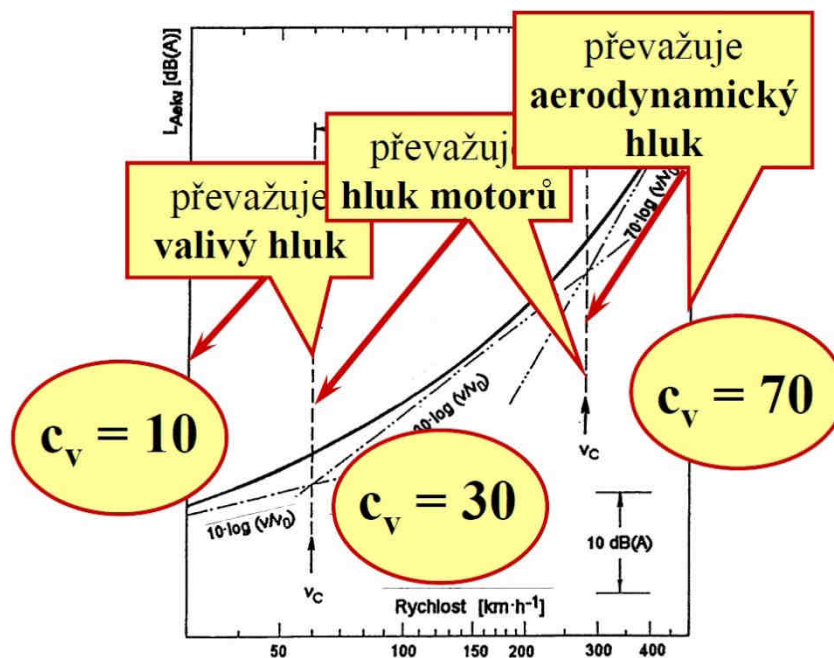
Hluk, nebo všeobecně zvuk, je z fyzikálního hlediska způsoben kolísáním tlaku vzduchu kolem střední hodnoty dané barometrickým tlakem, které je vnímáno člověkem. Tyto tlakové změny se označují jako akustický tlak.

Lidské ucho slyší tóny v rozsahu frekvencí 16-20 000 Hz. Nižší frekvence se označují jako infrazvuk, vyšší jako ultrazvuk. Největší citlivost ucha je při frekvencích 700 Hz - 6 kHz. Nejmenší intenzita zvuku, kterou jsme přidané frekvenci schopni vnímat je tzv. práh slyšení. Intenzita zvuku dané frekvence, při níž vzniká v uchu bolestivý pocit, určuje práh bolesti. Na základě souvislosti intenzity a hlasitosti tónů je vymezeno sluchové pole, které je ohraničeno dolní a horní frekvencí zvuků, které člověk slyší a prahem bolesti (13).

Vliv rychlosti na hlukové emise

Hluk vozidel lze rozdělit na hluk pohonné jednotky, hluk sání a výfuku a hluk pneumatika/vozovka (tzv. valivý hluk). Hluk z valení vzniká při odvalování pneumatik po vozovce a je závislý na rychlosti jízdy. Vzhledem k vysokým mezním hodnotám vnějšího hluku motorových vozidel hrál dříve jen méně významnou roli, protože byl převyššen hlukem z pohonné jednotky. Hluk pohonné jednotky závisí na otáčkách motoru a na zatížení motoru, ne však na rychlosti jízdy. Postupné omezování úrovně vyzařování hluku sacího a výfukového ústrojí vedlo k poklesu hodnot vnější hlučnosti motorových vozidel. V současné době je dominantní hluk z pohonné jednotky pouze při rozjezdech, při zrychlování, případně při brzdění motorem. Při vyšších rychlostech jízdy začíná převládat

v akustické emisi vozidla hluk valení pneumatik po povrchu vozovky. Hluk z valení závisí na pneumatice, tedy na vzorku pláště pneumatiky a na vývoji povrchů vozovek s nižší hlučností (13).



OBR.42 – HLUK V ZÁVISLOSTI NA RYCHLOSTI (76)

závislost hlasitosti hluku na rychlosti - příklady

100 km.h⁻¹ ➔ 120 km.h⁻¹ + 2,4 dB

100 km.h⁻¹ ➔ 160 km.h⁻¹ + 6,1 dB

100 km.h⁻¹ ➔ 200 km.h⁻¹ + 9,0 dB

200 km.h⁻¹ ← 140 km.h⁻¹ - 4,6 dB

OBR. 43 – HLUK V ZÁVISLOSTI NA RYCHLOSTI – PŘÍKLADY (76)

4.2.2 VIBRACE

Vibrace jsou dalším jevem, který negativně působí na zdraví člověka. Z fyzikálního hlediska jimi rozumíme pohyb pružného tělesa nebo prostředí, jehož jednotlivé body kmitají kolem své rovnovážné polohy. Pro vibrace vnímané lidským organismem je používán termín chvění. Hluk a chvění spolu úzce souvisejí a vzájemně se podmiňují. Hlavními zdroji vibrací je v životním prostředí doprava silniční. Vibrace vznikají provozem vozidel po nerovné vozovce a po kolejích, přenášejí se do okolní zástavby přes podloží a konstrukce staveb, do vnitřních obytných prostorů, ležících v blízkosti hlavních dopravních tras a na stojícího či sedícího člověka, při pohybu dopravních prostředků. Vibrace závisí na konstrukci vozidel, jejich nápravových tlacích, rychlosti a zrychlení, na kvalitě povrchu vozovky a v případě kolejové dopravy styků kolejí s podloží. U staveb je způsobují i přelety letadel a průchod podzemní dráhy zvodnělým územím.

Vnímání vibrací je ovlivněno celou řadou faktorů. Jedná se o komplexní fyziologický a psychologický vjem zprostředkovaný celou řadou smyslů. Dané podněty se přenášejí do mozku, kde vzniká kompletní vjem. Velikost vjemu je dána frekvencí a rychlostí vibrací a je spojena s pocitem nepohody, který může být posuzován jak z fyziologického, tak psychologického hlediska. Dlouhodobá expozice pak může vyvolat trvalé poškození zdraví (13).

4.3 ZNEČIŠTĚNÍ VOD A PŮDY

Povrchové a podzemní vody tvoří důležitou složku životního prostředí a jsou jedním ze základních surovinových zdrojů, nutných pro zabezpečení života na Zemi. Působením člověka však neustále dochází ke snižování její kvality, přičemž jedním z hlavních ovlivňujících faktorů je doprava. Moře a oceány mohou být znečišťovány při provozu lodí, a to zejména v důsledku havárií tankerů, dlouhodobá znečištění vznikají ve velkých přístavech při manipulaci s přepravovaným materiálem nebo při opravě plavidel.

Znečištění povrchových i podzemních vod může způsobovat jak železniční doprava – napájecí a spínací stanice, místa mytí vozů, tankovací stanice, tak i silniční doprava – havárie automobilů, úniky motorových olejů, provozních kapalin, dlouhodobý vjem výfukových plynů, obrusů pneumatik a svrchních konstrukcí vozovky nebo úniky pohonných hmot (13).

4.4 ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ

Znečišťující látky v koncentrované podobě, tak jak vystupují ze zdroje znečišťování, se označují jako emise a jejich maximální povolená koncentrace je omezena tzv. emisními limity podle zákona o ovzduší a navazujících předpisů.

Znečišťující látky, rozptýlené v ovzduší, se v tzv. přízemní vrstvě (kde jsou obsahem ovzduší, které dýcháme) označují jako imise, a nejvyšší dovolené koncentrace těchto látek jsou opět omezeny zákonnou normou ve formě imisních limitů.

Problematika imisí a dovolených imisních koncentrací je zpracována v Nařízení vlády č. 350/2002 Sb. Obecně platí, že čím delší expozice (doba trvání příslušné koncentrace znečišťující látky v ovzduší), tím nižší dovolená koncentrace této látky. Neomezené trvání koncentrace bez prokázaného vlivu na lidský organismus (zdraví lidí) je vyjádřeno tzv. ročním imisním limitem, nejvyšší přípustnou krátkodobou koncentrací znečišťující látky vyjadřuje tzv. hodinová maximální koncentrace. Pro běžnou potřebu vyjádření stavu znečištění v ovzduší a pro regulaci zdrojů znečištění se používají všeobecně známé maximální přípustné 24 hodinové koncentrace, pro hodnocení CO je zaveden tzv. 8 hodinový klouzavý průměr. Kromě imisních limitů zavádí vyhláška č. 350/2002 Sb. i tzv. meze tolerance jako hodnoty, o které mohou být příslušné imisní limity v daném roce překročeny. U každé znečišťující látky je uveden i cílový rok, kdy mez tolerance má dosáhnout nuly. Pro účely ochrany zdraví lidí jsou imisní limity a meze

tolerance stanoveny pro tyto látky: SO₂, PM10 (frakce TZL menší než cca 10 μm), NO₂, Pb, CO, benzen, Cd, NH₃, As, Ni, Hg a polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH). Pro ochranu ekosystémů jsou imisní limity stanoveny pouze pro NO_x a SO₂ ve formě ročních koncentrací. Imisní limity se uvádějí v hmotnostních koncentracích μg.m⁻³ nebo ng.m⁻³.

Koncentrace emisí znečišťujících látek se vyjadřují buď hmotnostní koncentrací (mg.m⁻³, μg.m⁻³ nebo až ng.m⁻³ pro dioxiny) nebo u plynných znečišťujících látek objemovou koncentrací v ppm (1 ppm znamená 1 miliontinu celku, tj. 1 cm³ znečišťující látky v 1 m³ směsi, respektive koncentraci znečišťující látky 10-4 %). Koncentrace hmotnostní je nutno uvádět a přepočítávat na normální podmínky (tlak a teplota), koncentrace objemové jsou na stavových podmínkách nezávislé (46).

4.4.1 VÝFUKOVÉ EMISE

Při spalovacím procesu v automobilovém motoru, jako při každém jiném druhu hoření vznikají další látky, ať už škodlivé, či neškodné. Spalováním uhlovodíkových paliv vzniká dokonalou oxidací oxid uhličitý (CO₂) a voda (H₂O). Při nedokonalé oxidaci je ve spalinách přítomen ještě oxid uhelnatý (CO) a vodík (H₂). Za vysokých teplot ve spalovacím prostoru vznikají oxidací vzdušného dusíku oxidy dusíku (NO_x), které zastupuje zejména oxid dusnatý (NO) a menší míře oxid dusičitý (NO₂). Při velmi nepříznivých podmínkách pro oxidaci paliva obsahují výfukové plyny nespálené uhlovodíky – HC (8).

Nedokonalé spalování je hlavní a největší příčinou vzniku rakovinotvorných uhlovodíků při spalování fosilních paliv. Zejména technický stav motoru má velký podíl na kvalitě spalování, jak ve své práci popisuje Hromádka (47).

Snižování emisí spalovacích motorů je dlouhodobý celoevropský trend. Převážně díky fenoménu globálního oteplování se veškeré emise přepočítávají na koeficient energetické náročnosti v podobě CO₂ podle Mac Kellara (48). Na základě toho se přijímají opatření, kdy se automobily dělí do tříd dle emisí a následně se podle nich platí poplatky (49) a omezuje vjezd do měst. Poplatkům se věnuje ve své publikaci Sevigny (49). Počátkem devadesátých let, kdy byl v Evropě na vzestupu bezolovnatý benzín, začaly vznikat první studie o budoucnosti paliv pro spalovací motory (50). Olovnatá paliva (51) byla postupně nahrazena a zakázána. Následně se emisní normy začaly velmi sledovat a značně se zpřísnily kontroly i limity.

Měření emisí ve skriptech ČVUT velmi dobře předkládá Takáts (52), metodiku kontrol moderních automobilů vybavených diagnostickými systémy popisuje Štěrbá (53),

technologické systémy a postupy Petrás a Růžička (54) a analyzátory a měřicí přístroje Bartovský (55).

Vliv na životní prostředí a zdraví člověka je nepopiratelný, avšak liší se názory na konkrétní prvky, jejich mezní množství a koncentrace. Nejvýznamnějšími škodlivými prvky automobilových emisí a jejich vlivem na lidské zdraví se zabývá Lynn (56), dále Šutaa Benecko (57) a Kryzyzanowsky a Kuna-Dibbert (58). Zajímavé studie v této oblasti zpracovali Martuzzi, Galasi a Ostro (59), kteří se věnovali znečištění vozidlovými emisemi v osmi největších italských městech, nebo Fiala (60), který pojednává o znečištění částicemi aerosolu na konkrétních měřicích stanicích. Konkrétní emisní zátěže v České republice hodnotil Dufek a Huzlík (61).

Vznik a druhy hlavních nebezpečných sloučenin v emisích

Oxid uhelnatý – CO

Vznik oxidu uhelnatého je spojen s nedokonalostí spalovacího procesu, respektive s neúplnou oxidací uhlíku "C" (jako součásti hořlaviny paliva) na finální produkt CO₂. Příčiny tohoto nedokonalého spálení uhlíku jsou jednak v tom, že není dosaženo ideálního míšení paliva a okysličovadla (nedostatečný přístup O₂ k palivu), a jednak v nedodržení vhodných teplotních poměrů v pásmu probíhajících spalovacích reakcí.

Emisní limit pro oxid uhelnatý (CO) je u spalovacích procesů obecně velmi přísný. Důvodem této přísnosti není pouze snaha o co nejvyšší využití chemicky vázaného tepla v palivu, ale především to, že nízká emise CO zaručuje nízkou emisi uhlovodíků ΣC_xH_y (z nichž zejména vysokomolekulární často patří mezi karcinogenní látky), které při spalování tvoří hlavní část organických látek. Emisní hodnoty ΣC_xH_y se obtížně kontrolují a pro všechna běžná paliva není emisní limit této znečišťující látky, respektive organických látek vyjádřených jako ΣC, vyhlášen. Výjimku tvoří pouze spalování dřeva a biomasy u zdrojů s tepelným výkonem větším než 1 MW, protože dřevo a biomasa jsou pro svůj velmi vysoký obsah tzv. prchavé hořlaviny potenciálně náchylné k vysoké emisi uhlovodíkových sloučenin a kontrola emise ΣC_xH_y prostřednictvím kontroly emise CO je v tomto případě nedostatečná.

Pro CO jako imisní limit platí 8 hodinový klouzavý průměr 10 mg.m⁻³ a je v porovnání s imisními limity ostatních znečišťujících látek přibližně o 2 řády vyšší. Oxid uhelnatý v těle člověka váže v krvi krevní barvivo a způsobuje proto při vyšších dávkách smrt udušením, protože zabraňuje funkci krve jako transportéru kyslíku v těle. Přesto působení oxidu uhelnatého na lidský organismus je kvalifikováno ze zdravotního hlediska

jako nejméně významné (nejméně poškozující) ze všech znečišťujících látek z energetických zdrojů.

Koncentrace 100 ppm (125 mg.m^{-3}) způsobí za dobu trvání 1 hodiny (podle Světové zdravotnické organizace, dále jen WHO) 4 % vázání hemoglobinu v krvi a tím např. kardiovaskulární potíže, přičemž již dvojnásobná hodnota 250 mg.m^{-3} může být příčinou úmrtí.

Výraznou a nebezpečnou vlastností CO jsou široké meze zápalnosti (a tím také výbušnosti), které se pohybují v mezích 12,5 až 75 % objemové koncentrace ve vzduchu.

Oxid siřičitý - SO₂

Pokud je v palivu obsažena síra, může se vyskytovat ve čtyřech hlavních formách. Jedná se o síru organickou, pyritickou, síranovou a v případě plynů ve formě H₂S (sirovodík). Pouze síra síranová je ve stabilní oxidované formě a není zdrojem znečišťující látky SO₂. Nedojde-li v průběhu spalovacího procesu k navázání síry na vhodné typy látek (aditiva), oxiduje síra v palivu na SO₂ a to tak, že z jednoho kilogramu palivové síry vzniknou 2 kg SO₂.

Velmi účinné je působení slabých koncentrací kyselin na materiálech zařízení na odvod spalin za odsiřovacími procesy. Důvodem je vysoký stupeň hydrolyzovaných oxidů síry SO₃, vznikajících oxidací primárního SO₂.

Vliv SO₂ ve vnějším ovzduší je velmi rozdílný. Za přítomnosti iontů kovů v ovzduší (např. Fe⁺⁺ nebo Mn⁺⁺) dochází ke katalyzované oxidaci na SO₃, bez jejich přítomnosti k pomalejší oxidaci působením slunečního záření. Hydrolyzovaný SO₃ je vymýván do půdy z atmosféry jako kyselá dešť, nehydrolyzovaný se může dostat do půdy formou tzv. suché (částicové) depozice jako (NH₄)₂SO₄. Kyselá dešť zvyšují aciditu (kyselost) půdy a povrchové vody, což je považováno za jeden z důvodů nižší odolnosti vegetace (např. stromů) a mizení některých živočišných druhů (např. ryby v severských jezerech). Vhodné materiály (např. Cu) sice kyselá dešť korodují, avšak vzniká ochranná nerozpustná vrstva (měděnka), která nedovoluje další oxidaci. Obdobný efekt mají kyselá dešť i na materiálech obsahujících vápenec, kde dochází již v povrchové vrstvě k tvorbě nerozpustných síranů s vlastnostmi ochranné vrstvy.

Vliv SO₂ na zdraví člověka je vcelku dobře dokumentován a dle údajů WHO se pohybuje v hodnotách koncentrace 3 mg.m^{-3} při minutové expozici až po $25 \text{ } \mu\text{g.m}^{-3}$ pro trvalou roční expozici. Z uvedených hodnot WHO jsou odvozovány dovolené imisní limity. Podle nařízení vlády č. 350/2002 Sb. platí pro SO₂ pro ochranu zdraví lidí tyto

imisní limity: 1hodinová maximální koncentrace $350 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 24 hodinová maximální koncentrace $125 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, roční maximální koncentrace $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Pro ochranu ekosystému platí roční maximální koncentrace $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Oxidy dusíku

Oxidy dusíku vznikají třemi různými způsoby. Jedná se jednak o tzv. promptní (okamžité) oxidy dusíku vznikající v nejvyšších teplotách v počáteční fázi hoření (jejich podíl z celkové emise NO_x je minimální), dále pak o oxidy dusíku termické, které vznikají v oblasti teplot nad $1100 \text{ }^\circ\text{C}$ z dusíku přítomného v okysličovadle (ve vzduchu) a následně pak v oblasti nejnižších teplot oxidy dusíku palivové, které vznikají z dusíku obsaženého v hořlavině paliva. Spalovacími reakcemi vznikají tři různé oxidy dusíku, a to N_2O , NO a NO_2 , z nichž pouze druhé dva jsou zatím považovány za znečišťující látky

N_2O – oxid dusný (rajský plyn) vzniká ve významnějším množství při nízkoteplotním spalování a jeho působení je významné v souvislosti se skleníkovým efektem, kde patří mezi nejlivnější plyny, které zabraňují odrazu tepelné energie zpět od povrchu Země do vesmírného prostoru.

NO je bezbarvý, relativně málo reaktivní plyn. Nejvyšší přípustná koncentrace v pracovním prostředí je $20 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$, což je o více než dva řády vyšší hodnota než hodnota koncentrace v silně znečištěném ovzduší (méně než $0,1 \text{ ppm}$, kde $1 \text{ ppm} = 1,34 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$). NO je ve vnějším prostředí oxidován na NO_2 . Ve vnitřním prostředí je oxidace NO na NO_2 bez přítomnosti UV záření a ozónu velmi pomalá, především mnohem pomalejší než srovnatelná doba výměny vzduchu.

NO je významnou znečišťující látkou ve stratosféře, protože patří vedle chlóru a chlórovaných typů freonů k hlavním likvidátorům ozónové vrstvy reakcí s ozónem, kdy vzniká NO_2 a běžný dvouatomární kyslík.

NO_2 je červenohnědý plyn, jehož charakteristickou barvu lze někdy vidět za smogových situací. NO_2 je reaktivní silně oxidická látka. Expozice po dobu 1 hodiny v prostředí s koncentrací $0,5$ až $1,5 \text{ ppm}$ ($1 \text{ ppm} = 2,05 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ a odpovídající rozsah hmotnostních koncentrací je 1 až $3 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$) již způsobují dýchací potíže. V kombinaci s uhlovodíky a slunečním zářením NO_2 vytváří ozón, organické peroxidy i PAN (polyakrylnitrát) a další produkty fotochemického smogu. Ozón a PAN dráždí oči a otravují vegetaci. To jsou dosud jednoznačně známé hlavní důvody, proč jsou přípustné emise NO_x limitovány.

NO₂ je jednou z látek, které se podílejí na vzniku kyseliny dusičné v atmosféře (HNO₃). Kyselé deště jsou proto důsledkem spolupůsobení oxidů síry i dusíku. Na rozdíl od většinou málo rozpustných nebo nerozpustných síranů (např. CaSO₄) jsou dusičnany většinou vodou rozpustné látky (např. dusičnan amonný NH₄NO₃). Materiály ve venkovním prostředí, které jsou kyselinou dusičnou poškozovány, jsou proto poškozovány i po vzniku vrstvy dusičnanů, protože ty se deštěm vymyjí a proces působení HNO₃ pokračuje.

Podle NV č. 350/2002 Sb. platí pro NO₂ pro ochranu zdraví lidí tyto imisní limity: 1hodinová maximální koncentrace 200 μg.m⁻³ a roční maximální koncentrace 40 μg.m⁻³ a pro NO_x pro ochranu ekosystému platí roční maximální koncentrace 30 μg.m⁻³.(62)

Tuhé znečišťující látky – pevné částice

Tuhé částice (oficiální zákonné označení pro částice, které jsou za teploty a tlaku v komíně, výfuku nebo v místě měření přítomny v odpadním plynu v pevném skupenství) se dostávají do ovzduší jako emise jednak z paliv, která obsahují popeloviny, jednak jako saze u spalovacích procesů, u kterých dochází k tvorbě amorfního uhlíku při rychlém ochlazení hořících částic uhlíku (tuhá paliva) nebo ne zcela zplyněných uhlíkových řetězců u kapalných paliv. Tvorba sazí se zjišťuje Bacharachovým testem kouřivosti. Z hlediska vlivu na zdraví obyvatel je limitována koncentrace tzv. frakce PM10 (tj. částice, které při měření imisní koncentrace projdou velikostně selektivním vstupním filtrem vykazujícím pro aerodynamický průměr 10 μm odlučovací účinnost 50 %). Podle NV č. 350/2002 Sb. platí pro frakci PM10 pro ochranu zdraví lidí tyto imisní limity: 24hodinová maximální koncentrace 50 μg.m⁻³, roční maximální koncentrace 40 μg.m⁻³. Do kategorie frakce PM10 patří jednoznačně saze vznikající při nedokonalém vyhoření uhlíku u těžkých tekutých uhlovodíků – neodpařitelná kapalná paliva (62).

4.4.2 EMISE Z NESPALOVACÍCH PROCESŮ

Automobilová doprava neprodukuje znečištění pouze ze spalovacích procesů, významný podíl mají i procesy nespalovací – uvolňování škodlivin, zejména pevných částic, spojené s procesy jako obrušování různých namáhaných součástí (brzdové a spojkové obložení), kdy se do ovzduší uvolňují měď, antimon, baryum, molybden, mangan, hořčík, kadmium a další. Abraze pneumatik, obsahující různé druhy pryží, je zdrojem především zinku, dalších kovů jako vápník a železo a také elementárního uhlíku. Celá řada kovů se do životního prostředí dostává rovněž při mechanické separaci z rezivějící karoserie automobilů a pouličního příslušenství (dopravní značení, osvětlení).

Významnou zátěž představuje také zvíření pevných částic usazených na vozovce a v jejím blízkém okolí, iniciované projíždějícími vozidly či vířením vzduchu. Vozovkový prach zahrnuje převážně částice větších frakcí, na jejichž složení se podílí kovy jak geologického původu z okolní půdy (Al, Si, Ca, Mg), tak výše uvedené z provozu automobilů. Nezanedbatelnou roli hrají také částice chemického (sůl) i inertního materiálu (šterk, písek) pro posyp silnic v zimním období (13).

4.4.3 DŮSLEDKY ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ

Kyselé deště

Kyselý déšť je termín popisující znečištění ovzduší způsobené oxidy dusíku, oxidem siřičitým a dalšími emisemi, vytvořenými jejich reakcemi v atmosféře (např. přízemním ozónem). Kyselý déšť způsobuje širokou destrukci evropských jezer a řek tam, kde okolní soli nemohou neutralizovat kyselost. Dochází k tomu, že lesy jsou vystaveny dlouhodobému působení znečištění. První odumírání lesa, pozorované v Německu, se rychle šíří Evropou, o čemž svědčí celé naše severozápadní pohraničí. Kyselé deště také snižují výnosy sklizní.

Skleníkový efekt

Ve skleníku se vytváří teplejší prostředí než je v okolí, neboť dochází k pronikání slunečního záření sklem a infračervené záření ohřívá vnitřní prostor. Na stejném principu brání některé plyny v atmosféře infračervenému záření unikat do vesmírného prostoru. Nejdůležitějším „skleníkovým“ plynem (asi z 50 %) je oxid uhličitý (CO₂), vznikající spalováním fosilních paliv. Spálením jednoho litru benzínu vznikne 2,4 kg CO₂, zatímco spálením stejného množství nafty vznikne 2,7 kg CO₂. Dalšími skleníkovými plyny jsou freony (podíl asi ze 14 %), metan (asi 18 %), přízemní ozón (asi 12 %) a oxidy dusíku (asi 6 %).

Předpokládá se, že při současné úrovni znečišťování ovzduší vzroste průměrná teplota na Zemi do roku 2100 o 1,5 – 4,5 °C. To se nezdá mnoho, ale tato skutečnost by mohla mít katastrofální důsledky. Globální teplota se sice změnila v historii planety již několikrát, ale ne tak velkou rychlostí. Jak se Země ohřívá, vzroste teplota vody v oceánech, roztají ledovce a zvýší se hladina moří (do roku 2020 zhruba o 1,5 m). Mnohé druhy rostlin a zvířat nebudou schopné se adaptovat místním podmínkám. Zápavy a přírodní katastrofy budou mnohem častější a jejich důsledky vážnější.

Relativní srovnání účinnosti vybraných plynů na skleníkový efekt:

Plynná látka	Hlavní zdroj	Relativní vliv
CO ₂	Spalování fosilních paliv	1
Metan	Hoření biomasy, přirozený únik	30
NO _x	Spalování fosilních paliv	150
Ozón	Reakce mezi emisemi za účasti UV	2000
Freony	Spreje a chladiva	21

TAB.20 – ÚČINNOST PLYNŮ NA SKLENÍKOVÝ EFEKT

4.4.4 VLIV ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ NA ŽIVÉ ORGANISMY

Výfukové zplodiny mají vliv nejen na celkový stav ovzduší, ale mají i přímý dopad jak na živočichy, tak na rostlinnou část živých organismů. Z širokého spektra látek, které jsou běžně přítomné ve výfukových plynech motorových vozidel a strojů, jich několik způsobuje dráždivé účinky na dýchací orgány. Jde hlavně o oxidy dusíku (NO₂), přízemní ozón (O₃) a další fotochemické oxidanty, oxidy síry a prachové částice.

Látky postihující dýchací cesty

Oxidy dusíku

Nejvýznamnější z oxidů dusíku je oxid dusičitý (NO₂) – je to dráždivý plyn částečně pohlcovaný hlenem dýchacích cest. Při vdechování může být pohlcován z 80 – 90 %, v závislosti na tom, jestli dýcháme nosem či ústy. Jelikož není příliš rozpustný ve vodě (H₂O) a naše horní cesty dýchací ho zadrží jen minimálně, dostává se tak přes plíce do krve a vylučuje se v moči. Jak v krvi, tak i v moči se NO₂ sleduje ve formě dusitanů a dusičnanů. Škála nepříznivých účinků NO_x v plicích sahá od mírných zánětlivých reakcí ve sliznici dýchacích cest přes záněty průdušek a plic při nízkých koncentracích až po akutní otok plic při vysokých koncentracích.

Většina dosud provedených epidemiologických studií se soustředila na akutní vlivy krátkodobého vystavení vysokým koncentracím NO₂. Bylo např. zjištěno, že oxid dusičitý může být v určitých biologických systémech dokonce jedovatý. Jiná studie popsala zmenšení počtu některých bílých krvinek (tzv. T-lymfocytů) u lidí, kteří byli vystaveni akutnímu působení NO₂. Zmenšení počtu bílých krvinek má za následek narušení imunitních reakcí vyšetřovaných osob. Některé studie dávají do souvislosti hladinu NO_x v ovzduší a měřitelné vlivy na zdraví. I přestože bylo učiněno mnoho studií

a výzkumů, dodnes nebyl podán dostatečný důkaz k vyvození jakýchkoli závěrů, týkajících se krátkodobých nebo dlouhodobých vlivů NO₂ na funkce plic.

Přízemní ozón a další fotochemické oxidanty

Expozice přízemního ozónu (O₃) způsobuje buněčné a strukturální změny, které vedou ke snížení schopnosti plic vykonávat normální funkce. Velmi citlivé jsou tzv. ciliární buňky, které čistí dýchací cesty od vdechnutých částic. Poškození a smrt ciliárních buněk vede k rozmnožování buněk neciliárních a tak se zhoršuje schopnost plic zbavit se vdechnutých nečistot. Po té je zhoršena i výměna plynů v plicích, ozón totiž poškozuje také ty plicní buňky, které zajišťují přechod kyslíku do krve, a tak zhoršuje zásobení těla kyslíkem.

Maximální koncentrace přízemního ozónu by neměla překročit v celodenním průměru 150 – 200 µg/m³ a v 8hodinovém průměru 100 – 120 µg/m³ (dle WHO). V ČR je stanovena maximální 8hodinová koncentrace na 160 µg/m³.

Vliv expozice fotochemických oxidantů na zdravotní stav lidí nezpůsobují pouze tyto oxidanty, ale i jiné složky, protože fotochemický smog se skládá z ozónu, oxidu dusičitého, kyseliny sírové a z dalších reaktivních složek. Z těchto imisí se zdá být biologicky neaktivnější ozón. Studie prokázaly, že hladina přízemního ozónu v ovzduší souvisí s počtem dýchacích onemocnění a astmatických záchvatů. Vliv ozónu může mít tyto příznaky:

- Překrvení nosní sliznice nebo výtok, dráždění hrtanu, dušnost (horní cesty dýchací)
- Tlak za hrudní kostí, produkce hlenu, kašel, sípání (dolní cesty dýchací)
- Dráždění očí, bolest hlavy, únava, nespavost (nerespirační příznaky)

Vlivy dlouhodobého působení přízemního ozónu jsou stále nejasné, ale existují obavy z toho, že opakovaná poškození mohou vést k chronickému zhoršení vývoje a funkce plic. Je zajímavé, že nesouvislá expozice, např. každý druhý měsíc, může vyvolávat větší efekty, než jaké by byly způsobeny nepřetržitou expozicí. Efekty dlouhodobé expozice O₃ zůstávají nadále málo definovány. Novější epidemiologické a inhalační studie na zvířatech však ukazují, že běžné koncentrace O₃ (kolem 240 µg/m³) dostačují ke vzniku předčasného plicního stárnutí.

Oxid siřičitý a tuhé aerosoly

Oxid siřičitý (SO₂) a tuhé aerosoly reprezentují jen menší část automobilových emisí. I to však může násobit efekt dalších látek z výfukových plynů. Vdechovaný SO₂ je vysoce rozpustný ve vodním povrchu dýchacího systému, a proto se vstřebává v nose

a v horních cestách dýchacích, kde se projevuje jeho dráždivý vliv. Málo z něj se dostává do plic. Z dýchacího traktu vstupuje SO₂ do krve a vylučuje se převážně močí. Vysoké koncentrace mohou vedle dráždění horních cest dýchacích způsobovat otok hrtanu a plic.

Ukládání částic prachu především závisí na způsobu dýchání a na velikosti částic. Při normálním dýchání nosem se větší částičky prachu (nad 10 μm) ukládají hlavně v horních partiích dýchacího ústrojí, zejména v nosní dutině. Většina částic o velikosti 5 – 10 μm se usazuje v dolních partiích dýchacích cest. Při dýchání ústy roste množství částic usazujících se přímo v plicních sklípcích. Hlavní nebezpečí, které s sebou nese vdechování prachových částic, představují různorodé nebezpečné látky, které se s těmito částicemi spojují (např. těžké kovy, polyaromatické uhlovodíky apod).

Imisní limity SO₂, jež by neměly být překročeny (dle US EPA), jsou 80 μg/m³ pro roční průměr a 365 μg/m³ pro celodenní průměr. V České republice jsou koncentrace pro oxid siřičitý stanoveny na 60 μg/m³ pro celoroční průměr a na 150 μg/m³ pro denní průměr. U koncentrací prachových částic byly stanoveny maximální koncentrace (dle US EPA) na 75 μg/m³ pro roční průměr a 260 μg/m³ pro 24hodinový průměr. Pro Českou republiku byly stanoveny maximální roční koncentrace polévatého prachu na 60 μg/m³ a denní maximální koncentrace na 150 μg/m³. Se vzrůstem nemocnosti a úmrtnosti i s omezením plicních funkcí jsou spojeny změny 24hodinových průměrů SO₂ a prachu. Krátkodobé špičkové koncentrace SO₂ a prachových částic mohou také zvyšovat úmrtnost, zejména v případech lidí citlivějších než je průměr celé populace, jakými jsou lidé trpící astmatem nebo chronickým zánětem průdušek. Mnohé studie dlouhodobých zdravotních vlivů SO₂ a prachových částic na úmrtnost a srdečně-cévní choroby obvykle ukazovaly přibližně 4 % rozdíl v úmrtnosti mezi městy. K těmto rozdílům v úmrtnosti přisuzovaným SO₂ a prachu přispívá mnoho faktorů, např. rozdíl v kuřáctví, zaměstnání nebo v sociálním postavení. Výsledky těchto studií dávají do souvislosti dlouhodobé bydlení ve více znečištěných oblastech a růst úmrtnosti.

Na závěr lze říci, že i když byly stanoveny nejnižší krátko- a dlouhodobé průměrné hladiny znečištění, nové výzkumy naznačují, že i při nižších koncentracích mohou nastat nepříznivé vlivy na zdravotní stav lidí. Proto můžeme konstatovat, že tyto údaje o imisních limitech jsou pouze přibližné, protože může dojít k násobnosti s dalšími imisemi. Nelze tedy stanovit, zda dlouhodobé vlivy závisejí na roční průměrné koncentraci nebo na opakované expozici špičkových hodnot.

Kyselé aerosoly

Pro svou malou velikost mají kyselé aerosoly tendenci usazovat se v nejjemnějších dýchacích cestách. V lidském těle se částečně neutralizují působením amoniaku, který se vylučuje do dýchacích cest. Kyselé aerosoly se usazují a reagují se složkami sliznic dýchacího traktu, čímž mění jeho viskozitu. Část, která nereaguje, pak proniká do tkání.

Měřením bylo dokumentováno, že v létě, kdy je množství ozónu obvykle zvýšené a je vysoká vlhkost vzduchu, vyskytují se špičky koncentrací aerosolu kyseliny sírové (H_2SO_4) a par kyseliny dusičné (HNO_3) na vysoké úrovni trvale několik hodin. Studie potvrdily, že kyselé aerosoly ve vysokých koncentracích způsobují poškození plicních funkcí. Dále pak snižují samočistící schopnost dýchacích cest. Zvláštností nezůstává ani to, že astmatici jsou citlivější než zdraví lidé.

Nejmenší koncentrace kyseliny sírové, ukazující její negativní vliv, byla stanovena na $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ při dýchání ústy a při nesouvislém cvičení. Expozice samotné H_2SO_4 nebo ve spojení s SO_2 způsobuje u alergiků významné změny funkce plic. Ovšem expozice relativně čistého vzduchu nebo SO_2 bez kyselých aerosolů výrazný vliv nemá. Byly také potvrzeny domněnky, že aerosoly H^+ způsobují zhoršení astmatu. Vliv kyselých aerosolů se zdá být násoben s ozónem. S vyšší koncentrací oxidu siřičitého, síranů a oxidů dusíku se výrazně zhoršuje funkčnost plic.

Látky s potencionálním karcinogenním vlivem

Benzen

Benzen je složkou surové ropy a v Evropě je přítomen v automobilovém benzínu v podílu okolo 5%, v některých případech dokonce až 16%. V USA jeho obsah nepřekračuje 1,5–2%. Koncentrace benzenu ve vzduchu v městských aglomeracích se pohybuje většinou v rozmezí $3\text{--}30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Velkým zdrojem benzenu jsou emise z dopravních prostředků a vypařování z pohonných hmot. Tyto koncentrace tedy závisí na intenzitě dopravy. Podle odhadů je člověkem denně přijato ze vzduchu asi $30\text{--}300 \mu\text{g}$, z jídla a vody pak $100\text{--}250 \mu\text{g}$. U kuřáků mohou denní dávky vzrůst až na $600 \mu\text{g}$.

Dýcháním člověk vstřebává asi polovinu benzenu, který velmi dobře proniká do tukových tkání a kostní dřeni pro svou vysokou rozpustnost v tucích. Z tohoto vstřebaného obsahu je část benzenu vydechnuta a část je po transformaci vyloučena v moči.

Benzen je látka pro člověka nebezpečná, neboť je karcinogenní (způsobující rakovinu). U pracovníků, vystavených působení benzenu, byl jeho vliv popsán s větší

pravděpodobností vývoje akutní leukémie (nádorové bujení krevních buněk) než u celé populace. Jeho toxický vliv zahrnuje u lidí poškození nervového systému, jater a imunity. Dále způsobuje zánět dýchacích cest a krvácení do plic. Vede k poškození kostní dřevě zvláště při vytrvalé expozici. Benzen je karcinogen zařazený do skupiny 1. Způsobuje zejména plicní rakovinu a již výše uvedenou leukémií. Bezpečná koncentrace benzenu ve vzduchu neexistuje.

Polycyklické aromatické uhlovodíky

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) jsou skupinou látek vznikající při nedokonalém spalování. Zplodiny benzínových motorů obsahují větší množství některých plynných emisí, ale právě u dieselových motorů, jež obsahují menší množství těchto emisí, je soustředěna vyšší koncentrace částic nesoucích organické látky, které zahrnují i PAU. Nejznámější polycyklický aromatický uhlovodík je benzo-a-pyren (BaP). Ale těchto uhlovodíků, z nichž jsou mnohé mutageny nebo karcinogeny, je známo mnohem více (až stovky). Polycyklické aromáty se vstřebávají v plicích a střevech, kde metabolizují na látky, které považujeme za potencionální původce rakoviny. Benzo-a-pyren byl zařazen do skupiny 2A, tedy jako pravděpodobně pro člověka rakovinotvorný.

Nové studie lidí vystavených emisím PAU potvrzují značné zvýšení rizika onemocnění plicní rakovinou či rakovinou močového měchýře. Další výzkumy odhadly, že riziko vzniku rakoviny u lidí vystavených 1 mg BaP/m³ po celý život je u 9, ze sta tisíc lidí.

Aldehydy

Aldehydy (zejména formaldehyd) jsou vstřebávány v dýchacím a trávicím ústrojí, kde metabolizují. Mají dráždivé účinky zahrnující dráždění očí, nosních a ostatních sliznic, poruchy dýchání, kašel, nevolnost, dušnost a dále astma, kožní alergie a riziko vzniku rakoviny či leukémie. Formaldehyd nejčastěji způsobuje poškození mozku, nosu a nosohltanu nebo způsobuje leukémií. Výzkumy dokazují vzestup i jiných druhů rakoviny u lidí, jež jsou profesionálně exponováni.

Pro prevenci dráždivých účinků aldehydů doporučuje světová zdravotnická organizace (WHO) hodnotu 0,1 mg/m³ pro 30 minutový průměr, v případě citlivějších skupin je to hodnota nepřekračující 0,01 mg/m³. Studie karcinogenity vedou k závěru, že práh pro poškození tkání je v rozsahu 0,5 – 3 mg/m³, s průměrem okolo 1,0 mg/m³.

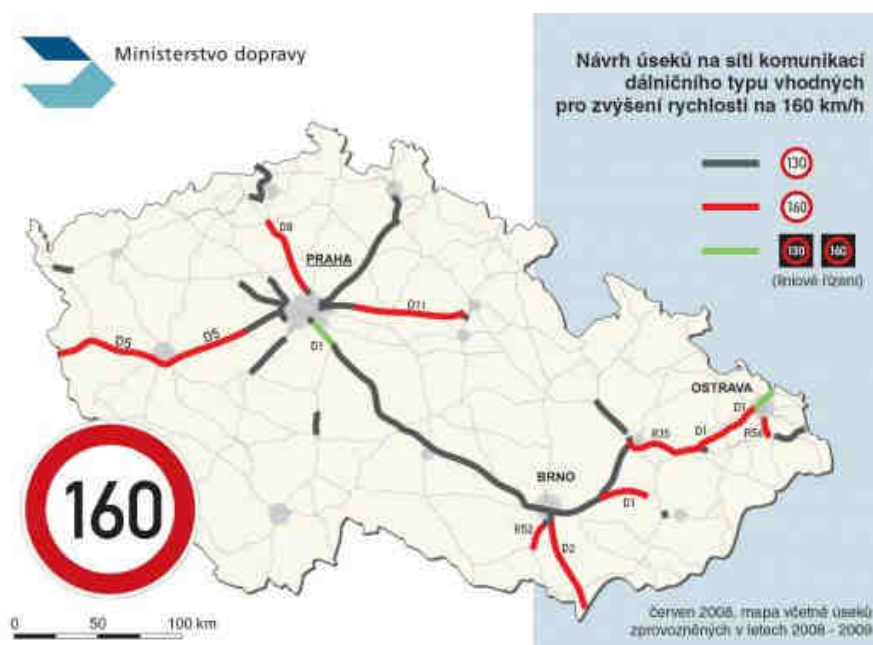
Emise aldehydů (včetně formaldehydu) z dieselových motorů mohou zapříčinit vznik rakoviny plic a močového měchýře, jsou tedy zařazeny do skupiny 2A –

pravděpodobně karcinogenní. Emise aldehydů z benzínových paliv jsou zařazeny do skupiny 2B – možný karcinogen z důvodu neexistence důkazu vlivu na vznik rakoviny (73).

4.4.5 VZNIK EMISÍ V ZÁVISLOSTI NA ZPŮSOBU JÍZDY

Dnes je stále aktuální téma některých poslanců zvýšení rychlosti na dálnicích na 160 km·h⁻¹. Někdo je pro, někdo proti. Je všeobecně známo, že se na dálnicích jezdí i podstatně rychleji, jak přímá souvislost s nehodami, tak vliv na životní prostředí, však prokázáno nebylo. Při vyšších rychlostech (otáčkách motoru) probíhá spalování při vyšších teplotách, motor i olej jsou dostatečně prohřáty a spalování je kvalitnější.

Se zvýšením limitu na stošedesátikilometrovou rychlost **souhlasí 56 procent** českých řidičů, jak ukázal průzkum MF DNES (36).



OBR. 44 – ÚSEKY DÁLNIC S MOŽNOU VYŠŠÍ RYCHLOSTÍ

U našich sousedů v Rakousku, kde předchází schválení úprav vždy důkladné testování v provozu, byl výsledek k překvapení všech pesimistů, pozitivní:

Poslední červnový den skončily testy vyšší povolené rychlost na dálnici A10 v sousedním Rakousku. Zkouška dopadla dobře, řidiči jezdili rychleji, ale zároveň také zodpovědněji, nehod ubylo. I díky zákazu předjíždění pro kamiony na testovacím úseku dálnice.

"Extrémní překračování povolené rychlosti, které tady bylo na denním pořádku, během testu zmizelo. A bezpečné odstupy mezi auty se zlepšily," říká Willy Matzke, bezpečnostní expert rakouského autoklubu ÖAMTC.

*Jako velký přínos se ve zkouškách ukázal zákaz předjíždění pro kamiony. Díky němu zmizely nebezpečné manévry řidičů nákladních aut a **odpadl hluk, který zbrzděná auta vydávají při následném zrychlování. Ruku v ruce s tím se snížily i emise aut, jež doprovázejí akceleraci vozu.***

"Obecně se jezdilo pomaleji a plynuleji," upozorňuje Willy Matzke. K nehodám docházelo jen v noci nebo za deště, kdy proměnné značky tak jako tak přikazovaly pomalejší jízdu okolo 100 km·h⁻¹.

Nejvíce přestupků na testovacím úseku rakouské dálnice páchali řidiči kamionů v noci, kdy jim značky povolovaly jezdit maximálně šedesátkou. Moderní nákladní vozy jsou však stavěny tak, aby měly nejmenší spotřebu a vydávaly nejméně hluku při vyšší rychlosti – 80 km·h⁻¹.

Rakouský autoklub není zastáncem pevně stanovených maximálních rychlostí. Jeho zástupci tvrdí, že nejlépe by bylo flexibilně upravovat povolené rychlosti podle aktuálních podmínek na silnici a s pomocí proměnných značek (36).

Snížení rychlosti na pražské magistrále nepřineslo očekávaný výsledek:

Na pražskou magistrálu se možná vrátí rychlost 70 km·h⁻¹, přibylo na ní nehod:

„Na čtyřech z šesti pražských úseků silnic, kde platí od letošního ledna snížená rychlost na maximálně padesát kilometrů v hodině, se během prvních dvou měsíců roku stalo více nehod, než tomu bylo ve stejném období roku 2009. Primátor Pavel Bém tvrdí, že se snížení neosvědčilo. Rychlost by se tak mohla vrátit zpět na 70 km·h⁻¹.

Magistrát si nechal od policie vypracovat zprávu, z níž vyplývá, že se počet nehod zvýšil. Materiál si náměstek primátora Pavel Klega od policie vyžádal, aby měl co nejvíce informací k úsekům. Město se snaží dlouhodobě prosazovat zrušení tohoto protihlukového omezení.

Padesátka platí od ledna v rámci nařízených protihlukových opatřeních.

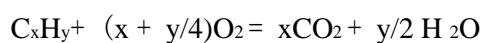
"Mě osobně jako řidiče zarazilo, že je protihluková padesátka nařízená i v místech, kde nikomu nepřináší snížení hluku žádný užitek. Taková omezení jsou úplně nesmyslná a jediný efekt, který způsobují, je snížení plynulosti provozu a naštvání mnoha motoristů," řekl k situaci Pavel Klega"(36).“

Emise v závislosti na spotřebě

Každý litr paliva, který se spálí, produkuje ve velice hrubém odhadu 100 gramů oxidu uhelnatého, 20 gramů těkavých organických sloučenin, 30 gramů oxidů dusíku, 2,5 kilogramu oxidu uhličitého a řadu dalších emisí, včetně sloučenin olova, síry a jemných částic. Většinou se emise v závislosti na stylu jízdy vozidla vypočítávají dle spotřeby paliva.

Spotřeba paliva, oxid uhličitý, emise olova a oxidu siřičitého

Spalování uhlovodíkového paliva (jako je například benzín, diesel, stlačený zemní plyn) na vzduchu za ideálních podmínek probíhá podle jednoduché chemické reakce:



kde:

C_xH_y je palivo (sloučenina uhlíku a vodíku);

O_2 je kyslík ze vzduchu;

CO_2 je oxid uhličitý;

H_2O je voda.

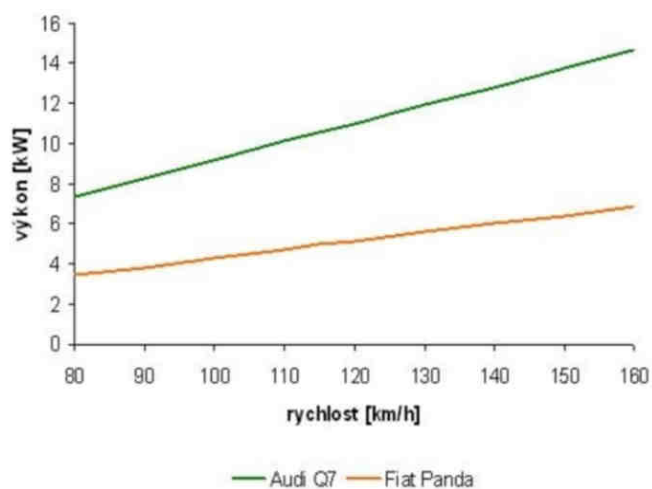
V praxi neprobíhá spalování paliva podle této ideální rovnice; část uhlíku oxiduje nedostatečně a uniká jako CO nebo uhlíkové částice (PM), část paliva se nespálí a uniká jako těkavé organické látky (VOC) a vznikají NO_x v důsledku oxidace dusíku ve vzduchu a stopové množství v samotném palivu (74).

Pro porovnání emisí v závislosti na rychlosti je třeba shrnout působení mnoha faktorů, které se navíc mění jak dle konkrétních typů vozidel (třída vozidla, provozní charakteristiky, druh paliva, emisní norma, jízdní odpory), tak dle konkrétních místních podmínek (tlak a teplota vzduchu, stoupání) a druhu komunikace (povrch vozovky a úprava pravidel silničního provozu).

Jízdní odpory

Jízdnicích odporů je celá řada, v tomto případě nejdůležitější je **odpor valivého tření**. Tento odpor patří k těm silnějším a můžeme ho rozdělit na dvě části. Tedy odpor valení a ztráty v důsledku tření. Problematika odporu, vznikajícího během kontaktu pneumatiky s vozovkou je poměrně složitá. Konečná velikost závisí na řadě faktorů (hmotnost vozidla, konstrukce pneumatik, tlak v pneumatikách, povrch vozovky a tak

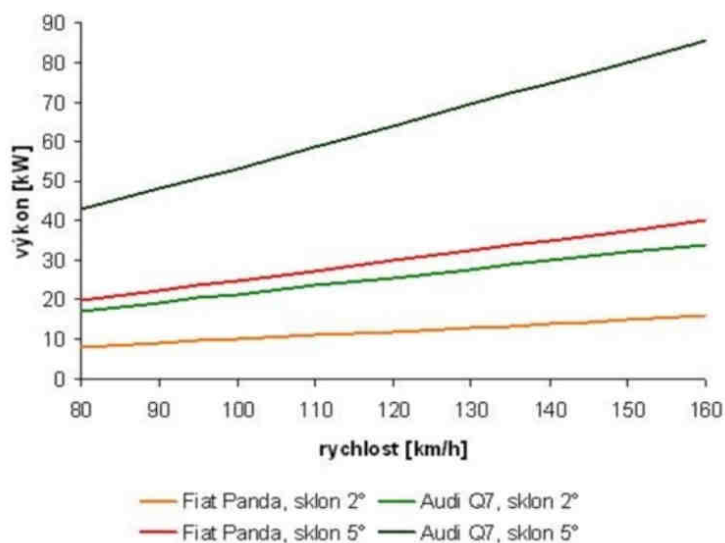
dále). Ztráty u vozidla jedoucího po dálnici konstantní rychlostí budou samozřejmě jiné, než ztráty vozidla, které jede po nezpevněné cestě a navíc brzdí.



OBR. 45 – ODPOR VALIVÉHO TŘENÍ

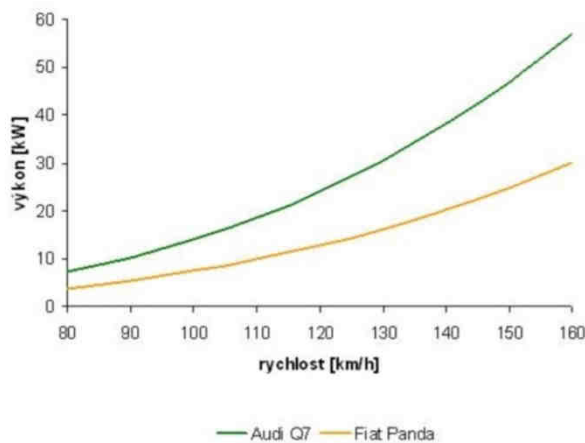
Odpor proti stoupání – Také velikost této síly závisí na hmotnosti automobilu. Samozřejmě s rostoucí rychlostí se zvyšuje, ale nárůst není tak velký jako v případě odporu vzduchu. Při jízdě po nakloněné ploše se tíha vozu rozloží na dvě části. Jedna část tlačí vozidlo na silnici, druhá část působí rovnoběžně se svahem. Dalo by se říci, že vozidlo je v této fázi jízdy lehčí. Tím pádem nám klesá odpor valivého tření.

Ještě je potřeba dodat, že při jízdě z kopce působí odpor stoupání ve směru jízdy. Takže nám pomáhá. Můžeme zařadit neutrální a vézt se téměř zadarmo. Mimochodem při takové jízdě lze v praxi vyzkoušet působení odporu valivého tření a odporu vzduchu. U velkých automobilů představuje i jízda z kopce menší problém. Váha tisíců kilogramů má za následek velkou sílu. Brzdit takový kolos dá práci. Ale to souvisí také s dalším odporem.



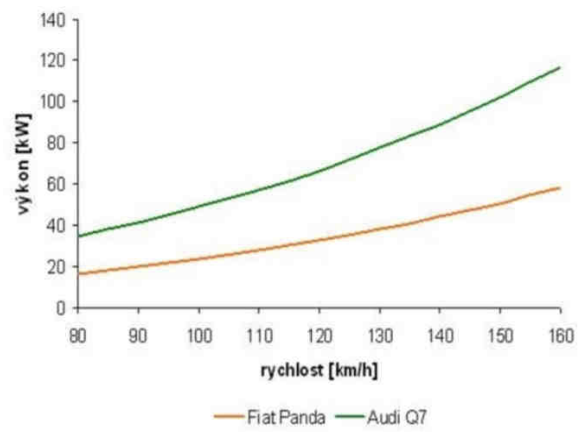
OBR. 46 – ODPOR PROTI STOUPÁNÍ

Odpor vzduchu – s odporem vzduchu to je podobné, jako s chůzí proti silnému větru. Jakmile se otočíme bokem, hned je cítit, že na nás působí menší síla. Zásadní vliv má čelní plocha a součinitel odporu vzduchu. Síla, kterou působí proudící vzduch proti směru jízdy, se zvětšuje s druhou mocninou rychlosti. Z toho vyplývá, že aerodynamika vozu má velký význam z hlediska spotřeby paliva při vysokých rychlostech.



OBR. 47 – ODPOR VZDUCHU

Celkový součet jízdních odporů tedy závisí zejména na hmotnosti vozidla, povrchu vozovky, členitosti a topografie krajiny (zpomalování, akcelerace, stoupání, klesání) a aerodynamice vozidla (čelní plocha).



OBR. 48 – CELKOVÝ JÍZDNÍ ODPOR

(75)

5. MĚŘENÍ EMISÍ V ZÁVISLOSTI NA RYCHLOSTI VOZIDLA

5.1 CÍL MĚŘENÍ

Cílem měření je porovnat, jak se projeví změna rychlosti jízdy vozidla na produkci škodlivých výfukových zplodin a zároveň na hlučnosti vozidla. Na základě výsledků měření bude možno posoudit otázku navrhovaného zvýšení maximální povolené rychlosti na vybraných úsecích dálnic a silnic pro motorová vozidla na $160 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ z ekologického hlediska a zároveň zhodnotit oprávněnost protihlukového omezení rychlosti.

5.2 VÝBĚR VOZU

Z možných typů vozidel byla jako zástupce vybrána Škoda Roomster s motorem 1,2 TSI, kterým mladoboleslavská automobilka osazuje i své další typy vozidel jako je Fabia, Yeti a Octavia – jedná se tedy o velmi rozšířený motor na českých silnicích. Při vývoji této pohonné jednotky hrálo důležitou roli snížení emisí CO_2 a spotřeby pohonných hmot. Motor tedy splňuje nejpřísnější emisní normu Euro 5 a produkuje 154 g/km CO_2 .

5.2.1 ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ ÚDAJE

Motor: zážehový přeplňovaný čtyřválec

Objem: 1197 cm^3

Výkon: 63 kW (86 k) při 4800/min

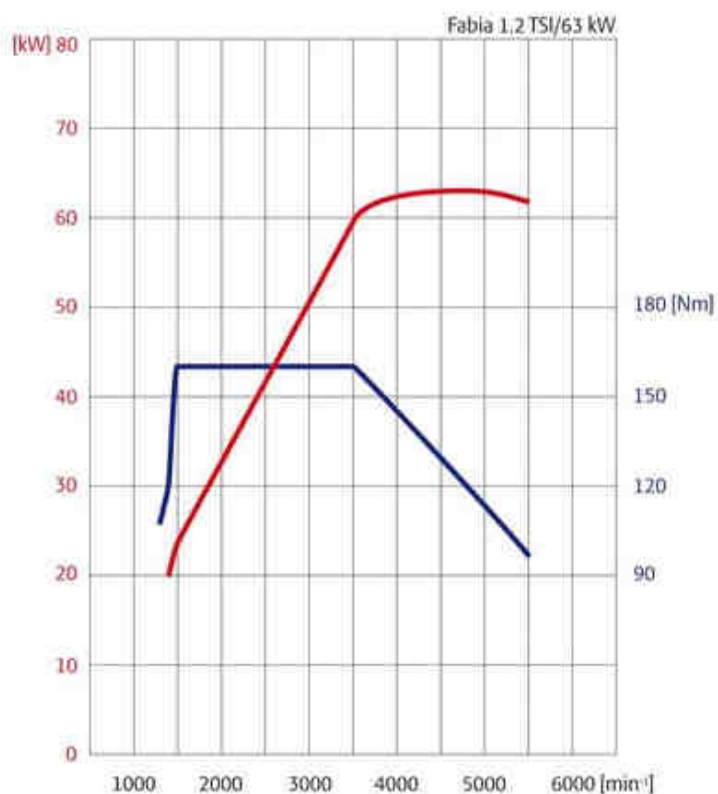
Točivý moment: 160 Nm při 1500-3500/min

Rychlost: $172 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$

Zrychlení 0-100 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$: 12,6 s

Spotřeba (město/mimo město/kombin.): 7,1/4,9/5,7 l/100 km





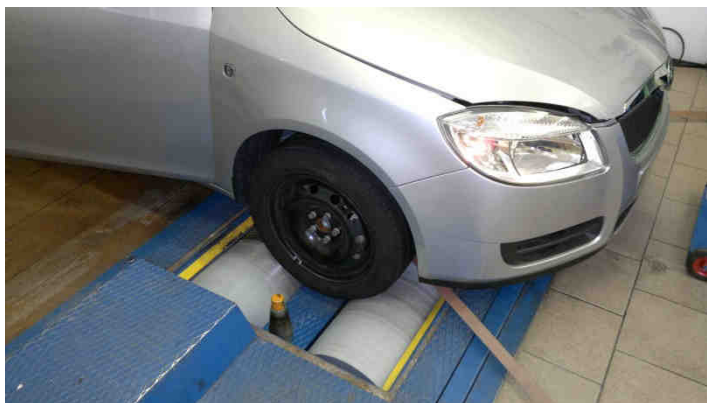
OBR. 49 – CHARAKTERISTIKA MOTORU

5.3 METODIKA MĚŘENÍ

Měřené rychlosti vozidla byly zvoleny na základě nejčastějších místních úprav pravidel silničního provozu v obcích (protihluková padesátka) a stále otevřené debatě o zvýšení maximální povolené rychlosti na vybraných úsecích dálnic a silnic pro motorová vozidla na $160 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Byly tedy zvoleny rozdíly mezi rychlostmi 50 a $70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a mezi 130 a $160 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Provést takové měření přímo v silničním provozu by bylo technologicky velmi obtížné a nákladné, bylo proto rozhodnuto o měření na válcové brzdě, sloužící primárně k měření výkonu a točivého momentu vozidla. Při tomto měření jsou přední kola vozidla umístěna mezi dva válce (viz obr. 49), které jsou brzděny nastavenou silou – v našem případě pouze na nejnižší stupeň za účelem simulovat pouze hmotnost vozidla. Valivý odpor všech čtyř kol nahrazují válce, protože obě přední kola mají vzhledem k umístění mezi dvěma válci dvojnásobnou styčnou plochu oproti normálnímu styku s vozovkou. Odpor vzduchu není možné tímto způsobem zaznamenat, proto je v měření zanedbán. Jak

je již psáno výše, největší vliv na spotřebu a zároveň emise má odpor vůči stoupání a odpor valení.



OBR. 50 – USAZENÍ VOZIDLA NA VÁLCE

Výfukové emise byly měřeny pomocí analyzátoru spalin, zasunutého do výfukového potrubí vozidla a zaznamenány pomocí měřicího přístroje Bosch FSA 740.



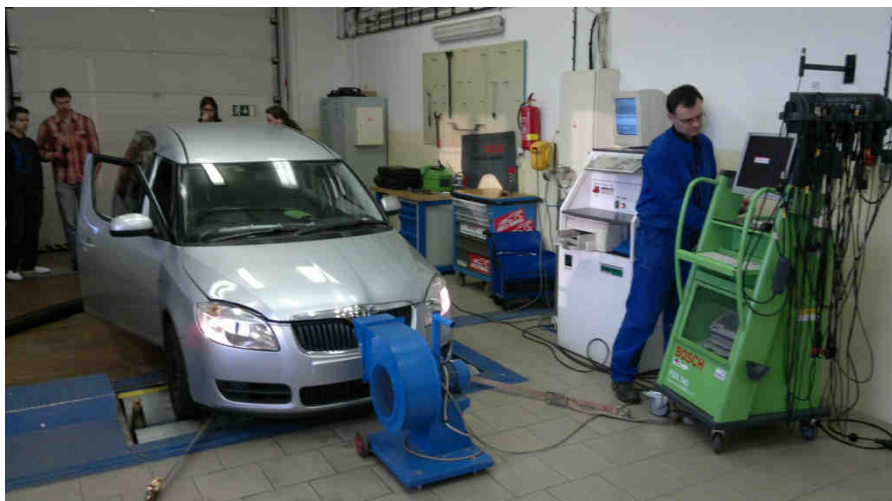
OBR. 51 – UMÍSTĚNÍ ANALYZÁTORU SPALIN

Akustické emise jsou vždy ovlivněny umístěním hlukoměru, proto byly měřeny pomocí dvou hlukoměrů umístěných jeden před a druhý za vozidlem. Protože měření bylo provedeno v místnosti, byly umístěny v co největší vzdálenosti od vozidla, za účelem eliminace vlivu odrazu hluku od stěn. Před vozidlem byl navíc umístěn ventilátor, zajišťující potřebné ochlazování chladiče vozidla, nahrazující nápor vzduchu při skutečné jízdě. Pro zachování stanovených podmínek byl tento ventilátor vždy po nezbytně dlouhou dobu při záznamu měření vypnut. Reálný hluk na silnici je však ovlivněn dalšími faktory,

kteře na brzdě nelze zaznamenat, toto měření je tedy omezeno pouze na porovnání hluku motoru a styku kol s vozovkou. Použité přístroje byly – hlukoměr Voltcraft SL-400 a univerzální přístroj Voltcraft DT 8820.

5.4 VLASTNÍ MĚŘENÍ

Měření bylo provedeno v učebně Vyšší odborné školy automobilní v Českých Budějovicích v areálu společnosti ČSAD Jihotrans za účasti učitelů odborného výcviku Bc. Spurného a pana Řehouta. Stálá teplota (20°C), tlak, vlhkost i další hodnoty pro správnost měření byly splněny, žádné rušivé vlivy (okolní hluk) nebyly zaznamenány. Vozidlo tovární značky Škoda Roomster bylo usazeno na válce a připoutáno pomocnými řemeny, analyzátor výfukových zplodin byl umístěn do výfuku, ventilátor ochlazující motor byl spuštěn. Motor jsme zahřáli na provozní teplotu, umístili hlukoměry (u každého byl pomocník – zapisovatel) a začalo měření. Řidič rozjel vozidlo na nejvyšší (pátý) rychlostní stupeň a po ustálení rychlosti na padesáti kilometrech za hodinu, byl vypnut ventilátor a zaznamenány údaje. Rychlost vozu byla odečítána z digitálního ukazatele válcové brzdy, neboť tachometr vozidla zobrazuje údaje ze snímačů systému ABS, které v tomto případě vyhodnotí rozdílné otáčky předních a zadních kol jako chybu a údaje nezobrazuje. Po zaznamenání údajů byl opět spuštěn ventilátor a stejným způsobem se postupovalo i u rychlostí 70, 130 a 160 km·h⁻¹.



OBR. 52 – PRŮBĚH MĚŘENÍ



OBR. 53 – ODEČÍTÁNÍ RYCHLOSTI

5.5 NAMĚŘENÉ HODNOTY A VÝPOČET

Vzhledem k časové náročnosti (příprava měřících přístrojů, válcové brzdy, ukotvení vozidla, ustálení správné rychlosti, koordinace několika zapisovatelů) bylo měření provedeno pouze dvakrát, což by pro vyloučení statistické chyby nemuselo být dostatečné, avšak hodnoty obou měření vykazují jen velmi malé rozdíly, což naznačuje, že větší počet měření není nutný. Tyto drobné rozdíly navíc přisuzují rozdílné teplotě oleje (ačkoli teplota motoru byla již na provozní hodnotě), což dokládají naměřené hodnoty, které jsou u prvních měření mírně vyšší, avšak rozdíl mezi nimi zůstává téměř stejný.

5.5.1 ROZDÍL HODNOT PŘI NIŽŠÍCH RYCHLOSTECH

Rozdíl měřených veličin při 50 km·h⁻¹ a 70 km·h⁻¹ – 1. měření

měřená veličina	50 km·h ⁻¹	70 km·h ⁻¹	jednotky
Otáčky	-	-	1/min
Teplota oleje	22,2	22,2	°C
CO	0,012	0,011	%obj.
CO ₂	14,88	14,98	%obj.
HC	25	23	Ppmobj.
O ₂	-0,01	-0,02	%obj.
Lambda	0,998	0,998	
Hluk vpředu	82	84	dB
Hluk vzadu	82,7	85,5	dB

TAB. 21 – ROZDÍLY PŘI 50 A 70 KM·H⁻¹ – 1. MĚŘENÍ

Rozdíl měřených veličin při 50 km·h⁻¹ a 70 km·h⁻¹ – 2. měření

měřená veličina	50 km·h ⁻¹	70 km·h ⁻¹	jednotky
Otáčky	1820	2240	1/min
Teplota oleje	92,7	93,5	°C
CO	0,014	0,012	%obj.
CO ₂	14,96	14,94	%obj.
HC	16	16	Ppmobj.
O ₂	-0,03	-0,03	%obj.
Lambda	0,997	0,997	
Hluk vpředu	80,5	85	dB
Hluk vzadu	81,3	85,3	dB

TAB. 22 – ROZDÍLY PŘI 50 A 70 KM·H⁻¹ – 2. MĚŘENÍ

5.5.2 ROZDÍL HODNOT PŘI VYŠŠÍCH RYCHLOSTECH

Rozdíl měřených veličin při 130 km·h⁻¹ a 160 km·h⁻¹ – 1. měření

měřená veličina	130 km·h ⁻¹	160 km·h ⁻¹	jednotky
Otáčky	-	-	1/min
Teplota oleje	23,0	23,0	°C
CO	0,046	0,085	%obj.
CO ₂	14,89	14,85	%obj.
HC	21	21	Ppmobj.
O ₂	-0,03	-0,03	%obj.
Lambda	0,996	0,994	
Hluk vpředu	94	98	dB
Hluk vzadu	95,6	101,7	dB

TAB. 23 – ROZDÍLY PŘI 130 A 160 KM·H⁻¹ – 1. MĚŘENÍ

Rozdíl měřených veličin při 130 km·h⁻¹ a 160 km·h⁻¹ – 2. Měření

měřená veličina	130 km·h ⁻¹	160 km·h ⁻¹	jednotky
Otáčky	2120	5230	1/min
Teplota oleje	96,7	100,0	°C
CO	0,059	0,072	%obj.
CO ₂	14,98	14,93	%obj.
HC	14	17	Ppmobj.
O ₂	-0,02	-0,03	%obj.
Lambda	0,997	0,996	
Hluk vpředu	93,7	98	dB
Hluk vzadu	96,7	102,9	dB

TAB. 24 – ROZDÍLY PŘI 130 A 160 KM·H⁻¹ – 2. MĚŘENÍ

Průměrný rozdíl měřených veličin při 50 km·h⁻¹ a 70 km·h⁻¹

měřená veličina	50 km·h ⁻¹	70 km·h ⁻¹	jednotky
Otáčky	-	-	1/min
Teplota oleje	-	-	°C
CO	0,013	0,0115	%obj.
CO ₂	14,92	14,96	%obj.
HC	20,5	19,5	Ppmobj.
O ₂	-0,02	-0,025	%obj.
Lambda	-	-	
Hluk vpředu	81,25	84,5	dB
Hluk vzadu	81,3	85,4	dB

TAB. 25 – PRŮMĚRNÉ ROZDÍLY PŘI 50 A 70 KM·H⁻¹

Průměrný rozdíl měřených veličin při 130 km·h⁻¹ a 160 km·h⁻¹

měřená veličina	130 km·h ⁻¹	160 km·h ⁻¹	jednotky
Otáčky	-	-	1/min
Teplota oleje	-	-	°C
CO	0,0525	0,0785	%obj.
CO ₂	14,935	14,89	%obj.
HC	17,5	19	Ppmobj.
O ₂	-0,025	-0,03	%obj.
Lambda	-	-	
Hluk vpředu	93,85	98	dB
Hluk vzadu	96,15	102,3	dB

TAB. 26 – ROZDÍLY PŘI 130 A 160 KM·H⁻¹

Emise na volnoběh

měřená veličina	0 km·h ⁻¹	jednotky
Otáčky	750	1/min
Teplota oleje	22,3	°C
CO	0,072	%obj.
CO ₂	15,01	%obj.
HC	23	Ppmobj.
O ₂	-0,02	%obj.
Lambda	-	
Hluk vpředu	-	dB
Hluk vzadu	-	dB

TAB. 27 – EMISNÍ HODNOTY PŘI VOLNOBĚHU

5.6 ZÁVĚR MĚŘENÍ

Z měření vyplývá, že se stoupající rychlostí se emise zdaleka nezvyšují tak, jak se obecně předpokládá, ale pokud vůbec stoupají, tak o zanedbatelnou hodnotu. Naopak u některých prvků hodnoty klesají. V praxi to znamená, že zanedbatelné zvýšení emisí se kompenzuje vyšší rychlostí, čili kratší dobou jízdy a celkové množství emisí, vypuštěných do ovzduší na trase z místa A do místa B bude nižší. U těch prvků, u kterých byly hodnoty naměřeny dokonce nižší, bude úspora škodlivých emisí ještě výraznější. Jak je vidět z poslední tabulky, nejhorší hodnoty byly naměřeny na volnoběh – což potvrzuje nejhorší stavy ovzduší ve velkých městech, způsobené zácpami a kolonami stojících vozidel. Podobně vychází i výsledky měření hluku, kde je nárůst kolem 3 respektive 4 decibelů, což není nijak závratný rozdíl, který je opět kompenzován kratší dobou vyzařování hluku. Z tohoto hlediska se nejlepší variantou skutečně jeví obchvaty a dálnice, s vyšší návrhovou rychlostí a absencí úrovnňových křižovatek, kde nedochází ke kolonám a zkracuje se doba jízdy – a tím logicky i doba běhu motoru.

6. NÁVRHY ŘEŠENÍ KE ZMÍRNĚNÍ NEGATIVNÍCH VLVIVŮ

6.1 OPATŘENÍ NA ÚSEKU INFRASTRUKTURY

6.1.1 PLÁNOVÁNÍ DOPRAVNÍCH TRAS A ÚPRAVA PRAVIDEL SILNIČNÍHO PROVOZU

Zásadní zlepšení situace na našich silnicích by dle mého názoru přineslo podstatné zlepšení a rozšíření dopravní infrastruktury. Zejména obchvaty a dálnice v naší republice chybí. Hustý provoz by se rozptýlil po nových komunikacích, nevznikaly by dopravní zácpy a s nimi spojené nejvíce problematické lokální znečištění. Stavby dálnic a silnic musí dnes procházet povinně řízením o zhodnocení vlivu na životní prostředí. Mosty a jiné dopravní stavby lze díky moderním technologiím citlivě začlenit do krajiny. Pokud budou navíc opatřeny funkčními typy biokoridorů, a zároveň budou omezeny nevhodné reklamní a jim podobné stavby, budou z celkového pohledu velkým přínosem.

Zároveň by bylo vhodné na určitých vybraných úsecích dálnic zvýšit maximální povolenou rychlost na $160 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, jak se to osvědčilo v některých okolních státech a jak dokládá provedené měření. V městských částech silnic a dálnic je třeba také přehodnotit oprávněnost omezení rychlosti, ve snaze snížit hluk. Zvýšením povolené rychlosti na $70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (kdy mají dálnice nejvyšší prostupnost) by se opět zamezilo tvorbám kolon a největšímu vzniku emisí při popojíždění a následné akceleraci vozidel.

Další možností jak dosáhnout snížení znečištění ovzduší vlivem provozu silničních motorových vozidel na pozemních komunikacích, je rozložení těžké nákladní dopravy do dalších způsobů tj. zejména do drážní dopravy. Přeložením nákladu nebo přímým naložením nákladních vozidel na drážní vozidla by se přetíženým silnicím odlehčilo (plynulejší provoz) a výrazně by se snížily nejvýznamnější emisní složky vznikající v silných naftových motorech nákladních vozidel. Podobný projekt navrhuje EU pod názvem Marco Polo II.

6.1.2 PROTIHLUKOVÁ OPATŘENÍ

Jako protihluková opatření se u nás začalo velmi často používat snižování rychlosti. Zejména v Praze byla na mnoha úsecích snížena rychlost ze $70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ na $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Toto opatření však, jak se ukázalo, nepřineslo očekávané ovoce, naopak se zvýšila koncentrace

výfukových emisí a přibylo dopravních nehod. Toto zjištění koresponduje s provedeným měřením – úspora hluku je minimální, kdežto pomalejší průjezd vozidel a tvorba kolon naopak podporuje tvorbu emisí. Na některých úsecích (bohužel ne na všech) již byla tato chyba odstraněna.

Jako kvalitní a účelná protihluková opatření považují zejména zlepšování povrchů vozovek a kvality pneumatik, jejichž valivé tření je hlavním zdrojem hluku při rychlostech do $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. V tomto ohledu se již připravuje zákon o značení pneumatik energetickou třídou (77), podobně jako u elektrických spotřebičů, na základě hlučnosti a valivého odporu – snížení spotřeby, čili i emisí. Důležitá je také čistota vozovky, která ovlivňuje opět jak valivý hluk tření, tak emise polétavého prachu a dalších částic, vyskytujících se na povrchu vozovky, ať již abrazivního původu z vozidel či geologického původu z částí okolí vozovky.

6.1.3 LEGISLATIVNÍ OPATŘENÍ

Emisní normy

Emisní norma určuje množství spalin, které automobil může vypouštět do ovzduší. V České republice upravuje tyto hodnoty zákon č. 56/2001 Sb. ve znění pozdějších předpisů. Tyto předpisy vycházejí z norem Evropské hospodářské komise EHK a Evropského společenství (ES). Jako souhrnné označení norem emisních předpisů se používá označení EURO a číslo normy, například v současné době platné EURO 5. Díky těmto normám se v Evropě daří snižovat emise např. CO₂.

Od roku 1995 do roku 2003 klesly emise CO₂ ze 186 na 164 g/km. Evropská hospodářská komise by ráda dosáhla všeobecného průměru 120 g/km do konce letošního roku (2012). Vývoj a výroba takových motorů je však podle automobilek velmi nákladná.

Zavedení nové normy Euro 5 snížilo množství sazí u vznětových motorů proti Euro 4 pětinásobně. Zajímavostí je, že norma Euro 4 povoluje o 90% méně sazí než patnáct let stará norma Euro 1 (78).

Zavedení EURO norem jistě velmi prospělo ke snížení produkce emisí motorových vozidel, ovšem zároveň zvýšilo jejich cenu. Příčinou je používání nových technologických prvků a ruku v ruce s tím i cenové nároky na servis. Pro vlastníka tak stoupají náklady na pořízení i údržbu takového vozidla a jeho pořízení tak není z ekonomického hlediska příliš lákavé. Hlavním výsledkem tohoto opatření je pouze to, že zákazník uvažující o koupi nového vozidla již nemá na výběr. Navíc obrovské

zpřísnění (rozdíly mezi normou 1 a 5) již dostalo klasická vozidla na hranici technických možností a tím končí zřejmě další možnost omezování emisí pomocí dalších, ještě přísnějších norem.

Daňové sazby

Jednou z dalších cest, jak podpořit vývoj ekologických motorů, jsou daňové a jiné úlevy pro ekologicky smýšlející motoristy. Jako motivace pro výběr ojetých vozidel s vyšší EURO normou byla zavedena tzv. ekologická daň. Ekologická daň byla zavedena 1. ledna 2009 a jedná se o poplatek na podporu sběru, zpracování, využití a odstranění vybraných autovraků. Tato daň (ve výši 10, 5 a 3 tisíce, dle norem EURO 0, 1a 2) sice prospěla k obnově vozového parku, ovšem ohlasy byly převážně negativní a další „ekologický“ výdaj pro motoristy, podněcuje nepochopení a nenávisť k ekologii jako takové. Ruku v ruce s tím objevili prodejci a kupující způsob obejít tuto daň převodem vozidla nejdříve na osobu se ZTP nebo TTP-P (jež je od daně osvobozena) a pak teprve na dalšího vlastníka.

6.1.4 OBCHVATY A NÍZKOEMISNÍ ZÓNY

Snížení hustoty provozu ve velkých městech lze docílit několika způsoby – zpoplatněním vjezdu a výjezdu z města, zákazem vjezdu vozidlům nespĺňujícím stanovenou normu, či úplnému zákazu vjezdu všech vozidel, vyjma elektromobilů nebo jiných druhů vozidel s nulovými emisemi. Jsou to velmi rychlé a účinné metody, které ovšem mohou způsobit nejen vlnu odporu, ale skutečně mohou ohrozit některé místní podniky a společnosti a zároveň narušit ekonomiku a stabilitu centra města. Je tedy třeba tato opatření činit velmi rozvážně a nejlépe v kombinaci s alternativními (časově i finančně náročnějšími) metodami jako je soustava různých obchvatů se systémy Park and Ride (záchytné parkoviště na předměstí s možností přestupu na MHD), Bike and Ride (parkoviště určené pro úschovu jízdních kol, které v tomto případě slouží jako dopravní prostředek k transportu ke stanici MHD), nejlépe ještě v kombinaci s půjčovnou kol, mopedů či elektromobilů. Tato parkoviště by měla být, za účelem zvýšení jejich využívání, zvýhodněna např. parkováním zdarma či kombinací, kdy parkovací lístek nahrazuje jízdenku místní hromadné dopravy nebo slouží k zapůjčení jízdního kola.

6.1.5 JINÉ ZPŮSOBY DOPRAVY

V případě rozložení automobilové nákladní dopravy do jiných druhů dopravy připadá v evropském měřítku v úvahu doprava zejména železniční, kde je skutečně

naplněn požadavek, kdy je dosaženo výrazného snížení hustoty provozu na silničních komunikacích a zároveň snížena produkce emisí. Tento způsob lze uplatnit buď přeložením nákladů, či přímým naložením vozidel (jednodušší, rychlejší a samozřejmě levnější) na vlakovou soupravu. Tyto systémy tzv. Ro-La jsou v evropských zemích běžné, u nás byly bohužel zrušeny z důvodu nízkého využití. Doprava letecká se uplatňuje pouze na dlouhých trasách při nízké hmotnosti nákladu. Lodní doprava splňuje sice požadavek na snížení hustoty provozu, ovšem produkce emisí je vyšší, navíc vyžaduje budování splavných kanálů, při čemž dochází k narušení přirozených vodních ekosystémů.

V případě dopravy osobní je třeba podpořit využívání hromadné dopravy (např. snížením cen jízdného), či podporou cyklistiky (výstavba cyklistických stezek nebo zavedení systému samoobslužných půjčoven jízdních kol, jako je tomu např. v Paříži).

6.2 TECHNOLOGICKÁ ÚPRAVA KONVENČNÍCH VOZIDEL

6.2.1 SNIŽOVÁNÍ EMISÍ

Snižování produkce emisí automobilů je nejen celosvětový trend, ale vzhledem k platným emisním normám i nutnost. Bohužel většina motorů a zejména motory naftové jsou s omezením emisí již na samé hranici možností. Opatření, které automobilky musely přijmout, však prodražuje výrobu (což při dnešním oblíbeném přepočítávání energetických nároků na CO₂ naopak zvyšuje jeho produkci při výrobě vozu), snižuje životnost motorů a zvyšuje nároky a náklady na servis, což většina zákazníků (mimo zarytých ekologů) nejen neocení, ale naopak to může v některých zákaznících vyvolat averzi ke všem ekologickým opatřením. Tato opatření by tedy neměla být na úkor peněženky spotřebitele, protože zejména český občan se chová mnohem více „ekonomicky“ než ekologicky (dělá co je dobře pro něho, nikoli pro udržitelnost životního prostředí).

6.2.2 ALTERNATIVNÍ PALIVA

Na alternativní paliva se přechází ze dvou důvodů, prvním je vyčerpateľnost fosilních paliv a druhým opět snižování emisí. Fosilní paliva jsou vyčerpateľná pouze z krátkodobého hlediska, z hlediska dlouhodobého jde o koloběh uhlíku a energie. Energie získaná ze slunečního záření se spolu s CO₂ ukládá při fotosyntéze do tkání rostlin, následně se po jejich rozkladu ukládá v sedimenty v podobě fosilních paliv. Při

jejich spalování se pak zpět do atmosféry uvolňuje CO₂ a další formy uhlíku, kyslík získané právě z atmosféry.

Co se týká skutečných zásob fosilních paliv je situace velmi nepřehledná, podle údajů za posledních 40 let nám do vyčerpání zbývá zhruba stále stejně či dokonce více. Je to ovlivněno samozřejmě technickým pokrokem jak v nalézání nových ložisek, tak se stále zvyšující se exploatací ropy. Jelikož technologický pokrok se stále zrychluje, dá se předpokládat, že v závislosti na něm mohou teoretické zásoby ropy i stoupat. Pokud tedy ropa někdy skutečně dojde, bude to patrně v době, kdy již bude mnoho alternativních možností získávání energie a nebude to mít na společnost nijak zásadní dopad. Jak americký ekonom I. M. Goklanyo tomto tématu vtipně parafrázoval B. Lomborga (79), doba kamenná neskončila nedostatkem kamenů, doba železná nedostatkem železa, doba bronzová nedostatkem bronzu, ale jen tím, že bylo objeveno něco nového a lepšího.

Přechod na alternativní paliva bude tedy především v zájmu snížení emisí. Mnohé automobilky vyvíjejí vozidla sice na klasická paliva, ale se stále se snižující spotřebou paliva (tedy i produkce emisí – koncern VW plánuje v dohledné době uvést na trh vozidlo se spotřebou jeden litr nafty na sto kilometrů (80)), navíc již dnes stoupá počet automobilů i autobusů, jezdících na CNG a hybridních vozidel, která budou patrně představovat pouhý mezičlánek před přechodem na tzv. zero emission vehicle, tedy automobily s nulovými emisemi při provozu.

6.3 GLOBÁLNÍ ZMĚNA STRATEGIE DOPRAVY

6.3.1 PŘECHOD NA EKOLOGICKÁ VOZIDLA

Jak je již psáno výše, přechod na plně ekologická vozidla bude doprovázen hybridními vozidly a bude velmi pozvolný. Dominantním pohonem bude zřejmě elektrická energie, jako u některých dnešních elektromobilů, jiné pohony jsou zatím pouze ve fázi vývoje a testování. Elektromobily jsou však na vzestupu a postupně se nachází řešení jak odstranit jejich nedostatky. Např. společnost Envia oznámila, že vyvinula zcela novou baterii, která je až třikrát výkonnější, než dnes používané baterie hybridních a elektrických automobilů (72). Společnost Siemens ve spolupráci s BMW zase vyzkoušela indukční nabíjení elektromobilů a v příštím roce se chystá položit indukční pásy pod jednou mnichovskou křižovatkou, kde se budou elektromobily dobíjet během stání na červenou. Izraelští vědci testují silnici pokrytou piezoelektrickými prvky, které při každém otřesu produkují elektřinu. Andrew Davis, britský ředitel Asociace pro

dopravu a životní prostředí ETA řekl, že vláda předpokládá masivní posun směrem k elektromobilům a je možné, že některá vozidla by mohla být dokonce zcela „napájena silnicemi“, po kterých jezdí (81).

6.3.2 EKONOMICKO-EKOLOGICKÉ HOSPODAŘENÍ S ENERGIÍ

Pokud tedy bude (a s největší pravděpodobností bude) v budoucnosti hlavním zdrojem pohonu motorových vozidel elektřina, bude třeba zvýšit její produkci, ovšem hlavně bude (a již nyní je) třeba přejít na její ekologickou výrobu. Pokud by byla energie pro pohon elektromobilů vyráběna např. v tepelných elektrárnách, které způsobují obrovské znečištění ovzduší, postrádalo by toto řešení smysl. Je třeba tedy investovat do ekologické, čisté a zároveň efektivní výroby energie. Takové elektrárny by nejen při provozu neměly znečišťovat ovzduší, ale i jejich efektivita by měla být trvale udržitelná. Při porovnání různých, zatím známých, způsobů výroby energie, se v poměru výkonu, nároků na prostor a dostupnosti surovin, dle mého názoru jeví výroba energie pomocí jaderného štěpení. Je třeba rozumně rozlišovat způsoby výroby energie a zaměřit se na ty skutečně „čisté“, a vyvarovat se chyb, jako je případ malých solárních elektráren, jejichž výroba je nákladnější, než jejich přínos po dobu životnosti, navíc není vyřešena jejich následná likvidace, která bezpochyby bude rovněž nákladná. K tomu všemu zatěžují rozvodnou síť a zvyšují cenu energie, narušují krajinný ráz a zabírají místo např. pro pěstování potravinových produktů. Podobné nečnosti mají i bioplynové stanice a větrné elektrárny.

6.3.3 OSVĚTA SPOLEČNOSTI A ZVÝHODNĚNÍ PROSPĚŠNÝCH OPATŘENÍ

Za základní a nejdůležitější změnu v současném přístupu bych uvítal nahlížení na problémy v souvislostech a nejen izolovaně – zaměřit se pouze na omezování emisí z dopravy. Je potřeba posuzovat všechny aspekty komplexně ve snaze zlepšit životní prostředí. Trvalá udržitelnost životního prostředí by měla být celosvětovým cílem, lidé by měli mít dostatek informací a měli by chtít kvalitní a udržitelné životní prostředí. Jakkoli se tato vize může zdát utopistická, pokud by se podařilo toho docílit, nebylo by třeba zavádět další sankce, omezení a zákazy. Lidé samozřejmě dělají to, co je pro ně výhodné a tak podstatně více slyší na zvýhodnění a dotace, než na zákazy a omezení. Proto by bylo dobré jít cestou osvěty a informací – více takových filmů, jako je např. „Domov, aneb kam směřuje naše cesta“, kde se divák dozví, jak neuvěřitelné množství škodlivin produkuje industriální zemědělství, nebo že i v době emisních povolenek jsou v Číně otevírány dvě nové tepelné elektrárny týdně (82). Dále pak jít cestou dotací pro

ekologicky smýšlející zemědělce, pro řidiče zvýhodněním ekologických vozidel – např. nižší povinné ručení, daňové odpočty, dotace na ekologická vozidla. Ekologické chování nesmí být pro lidi ekonomicky nedostupné nebo na úkor blahobytu.



OBR. 53 A 54 – INDUSTRIÁLNÍ ZEMĚDĚLSTVÍ V JIŽNÍ AMERICE

7. ZÁVĚR

Snaha o trvale udržitelné životní prostředí, bez ohrožení budoucích generací je cílem každé vyspělé společnosti. Zejména snižování znečištění ovzduší a zmírnění negativních vlivů silniční dopravy je aktuálně středem zájmu ochrany životního prostředí. Právě v tomto odvětví je v současnosti mnoho nedostatků a nabízí se spousta možností k jejich řešení.

Výsledek mnoha studií jednoznačně potvrzuje, že úspěchu lze dosáhnout jen realizací celého souboru opatření a nikoli prosazováním izolovaných úprav, motivovaných často jen finančními zájmy lobbystických skupin. Proto jsem se ve své práci zabýval širokým spektrem negativních vlivů a možností jejich zmírnění. Tyto možnosti je před jejich realizací potřeba velmi důkladně rozvážit a prostudovat, teprve poté je začít používat. Bohužel v mnoha případech jsou u nás tato opatření zavedena tak zvaně od stolu, bez předchozího testování. Příkladem je zavedení „protihlukové padesátky“ na pražské magistrále, která byla zničehonic zavedena, aby byla následně zrušena, protože výsledkem bylo zvýšení hustoty provozu, dopravních nehod i výfukových emisí. Naopak o zvýšení maximální povolené rychlosti na některých úsecích dálnic, které již bylo v zahraničí odzkoušeno s pozitivním výsledkem, se stále pouze hovoří. V provedeném měření se mi podařilo prokázat, že produkce výfukových emisí v určitém úseku, je při vyšší rychlosti kompenzována kratší dobou průjezdu a ve výsledku je nižší. Hlukové emise jsou pouze nepatrně vyšší a opět jsou kompenzovány kratší dobou vyzařování hluku. Jak vyplývá z měření, nejvyšší emise vznikají při běhu motoru na volnoběh a následné akceleraci, je tedy vhodné rozptýlit hustotu dopravy rozšířením zejména dálničních sítí a obchvatů kolem větších měst. Tyto obchvaty by bylo vhodné doplnit o systémy parkovišť s napojením na městskou hromadnou dopravu či kombinovat s půjčovnou kol či ekologických vozidel.

Dalšími možnostmi jak snížit vliv dopravy na životní prostředí je rozložení do dalších druhů dopravy, zejména do dopravy drážní. Emisní normy svou přísností dostaly spalovací motory již na hranici možností, přichází v úvahu tedy řešení v používání alternativních paliv, hybridních vozidel a následně přechod na elektromobily. Jejich éra je však podmíněna efektivní výrobou „čisté“ energie, což by zároveň snížilo celkové znečištění z tepelných elektráren.

Všechna výše uvedená opatření by ale nebylo možné úspěšně prosadit bez všudypřítomné osvěty (zejména prostřednictvím informačních kampaní v médiích) a také

bez patřičné finanční motivace. Byť podle renomovaných světových ekonomů poskytování účelových dotací pokřivuje a nabourává zásady ekonomie, bez dotací nebo jiných zvýhodnění či úlev to na úseku ekologie zřejmě nepůjde.

SEZNAM ZDROJŮ POUŽITÉ LITERATURY

1. Kaláb, V.: *Automobily krok za krokem*. Lidové noviny, rubrika: Peníze & byznys – vzdálené vize str. 4, 29. 2. 2012
2. Bambula, O. a kol.: *Učebnice pro autoškoly*. Naše vojsko, Praha, 1976
3. Apetaur, M.: *Konstrukce automobilů, Díl 1, Hluk motorových vozidel*. ČVUT, Praha, 1994
4. Kohoutek, J., Holoubek, I.: *Vývoj složení emisí z automobilové dopravy v závislosti na technickém pokroku v konstrukci vozidel*. Tocoen Report No. 116, Tocoen s.r.o. Brno, 1996
5. Celjak, I.: *Dopravní a manipulační zařízení*, Učení text na el. Nosiči, ZF, JU v Českých Budějovicích, 2010, 112s.
6. Fau, J.: *Pracovní sešit z předmětu Silniční vozidla III*. Vyšší odborná škola, Střední průmyslová škola automobilní a Střední odborné učiliště dopravní a technické, České Budějovice, 2005
7. Pilárik, M. a Pabst, J.: *Automobily*, Informatorium, Praha, 2000
8. Kaměš, J.: *Spalovací motory*, ČZU, Praha, 2003
9. Kameš, J.: *Alternativní pohony automobilů*. Ben, Praha, 2004
10. Zdeněk, J. a Ždánský, B.: *Automobily 3, Motory*. Avid s. r. o. Brno, 2004
11. Vlk, F.: *Vozidlové spalovací motory*. F. Vlk, Brno, 2002, ISBN 80-238-8756-4
12. Ferenc, B.: *Spalovací motory*, Computer Press, Brno, 2004
13. Adamec, V.: *Doprava, zdraví a životní prostředí*. GRADA, Praha, 2008
14. Pošvář, J.: *Silnice a dálnice: Vybrané statě: Určeno pro posl. fak. Stavební*. Vydavatelství VUT, Brno, 1987
15. Kaun, Z.: *Silnice a dálnice: Stavba*. Vydavatelství ČVUT, Praha, 1996
16. Ministerstvo dopravy ČR – ročenka dopravy 2010. [online] Dostupné na www: <https://www.sydos.cz/cs/rocenka-2010/index.html>
17. Sperling, D.: *Two billion cars: driving toward sustainability* / Daniel Sperling, Deborah Gordon, Oxford; New York: Oxford University Press, 2009
18. Průša, R.: *Analýza podílu legislativy na bezpečnosti silničního provozu.*, JU v Českých Budějovicích, Bakalářská práce, 2010
19. *Nákladní železniční doprava sníží emise až o 63%*, [online] tisková zpráva ČD Cargo a. s., dostupné na www: <http://www.cdcargo.cz/tiskove-centrum/tiskove-zpravy/-9442/>
20. Mencl, J.: *Zjišťování emisí CO₂ pro porovnání silniční a kolejové dopravy*, překlad studie Carly Eickmann, Ústav pro dopravu, výstavbu a provoz železnic univerzity v Hannoveru, dostupné na www: http://edice.cd.cz/edice/Zivpro/DZP3_03.pdf

21. *Mapa evropské železniční sítě*, obrázek, [online] dostupné na [www](http://polishrail.wordpress.com/category/uncategorized/page/13/):
<http://polishrail.wordpress.com/category/uncategorized/page/13/>
22. Mencl, J.: *Důsledky vnitrozemské lodní dopravy pro životní prostředí*, překlad studie Gunnar Gohlisch, Burkard Huckestein, Stephan Naumann: *Umweltauswirkungen der Binnenschifffahrt*, Internationales Verkehrsesen (57) 4/2005, s.150-156, [online] dostupné na [www](http://edice.cd.cz/edice/Zivpro/DZP2_05/dusledky.pdf):
http://edice.cd.cz/edice/Zivpro/DZP2_05/dusledky.pdf
23. Vokáč, L.: *Patnáct největších lodí znečistí životní prostředí více než všechna auta světa*, [online] 4. května 2009, [online], www.auto.idnes.cz, dostupné na www: http://auto.idnes.cz/patnact-nejvetsich-lodi-znecisti-zivotni-prostredi-vice-nez-vsechna-auta-sveta-gdn-/automoto.aspx?c=A090426_191128_automoto_vok
24. Horčík, J.: *Lodní nákladní doprava - větší nebezpečí než miliony aut*, [online] 3. Červen 2009, [hybrid.cz](http://www.hybrid.cz), dostupné na [www](http://www: http://www.hybrid.cz/clanky/lodni-nakladni-doprava-vetsi-nebezpeci-nez-miliony-aut):
[http://www.hybrid.cz/clanky/lodni-nakladni-doprava-vetsi-nebezpeci-nez-miliony-aut](http://www: http://www.hybrid.cz/clanky/lodni-nakladni-doprava-vetsi-nebezpeci-nez-miliony-aut)
25. Ministerstvo dopravy ČR: *Splavné vodní cesty v ČR*, 2010. [online] Dostupné na [www](https://www.sydos.cz/cs/rocenka-2010/rocenka/htm_cz/cz10_950000.html): https://www.sydos.cz/cs/rocenka-2010/rocenka/htm_cz/cz10_950000.html
26. *Dopad letecké dopravy na životní prostředí*, [online] www.enwiki.cz, dostupné na [www](http://www: http://www.enwiki.cz):
[http://www.enwiki.cz](http://www: http://www.enwiki.cz)
http://www.enwiki.cz/wiki/Dopad_letecké_dopravy_na_životní_prostředí
27. *Letecká doprava a životní prostředí - jaký mají dopad emise z letadel?* [online] dostupné na [www](http://www.letenku.org): <http://www.letenku.org/letecka-doprava-zivotni-prostredi>
28. *Ministerstvo dopravy ČR - Řešení otázky snižování emisí v letecké dopravě*. [online]. c2008 [cit. 2009-09-26]. Dostupné na [www](http://www.mdcz.cz/cs/Letecka_doprava/zivotni+prostredi/Emise/snizovani_emisi.htm):
http://www.mdcz.cz/cs/Letecka_doprava/zivotni+prostredi/Emise/snizovani_emisi.htm
29. *Politika ochrany klimatu v České republice*. c2008 [cit. 2009-09-28]. Dostupné na [www](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_tz090507pok/$FILE/POK_final.pdf):
[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_tz090507pok/\\$FILE/POK_final.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_tz090507pok/$FILE/POK_final.pdf)
30. Brůhová-Foltýnová, H.: *Pozitivní dopady cyklistiky a pěší dopravy* [online]. Enviwiki, [citováno: 12. 3. 2012]. Dostupné na [www](http://www: http://www.enwiki.cz):
[http://www.enwiki.cz](http://www: http://www.enwiki.cz)
http://www.enwiki.cz/w/index.php?title=Pozitivní_dopady_cyklistiky
31. Dekoster, J.: *Cycling: the way ahead for towns and cities?* Kancelář pro úřední publikace evropských společenství, Lucemburk, 2000
32. Čarský, J. *Podíl cyklistické dopravy na dělbě přepravní práce (cesty do zaměstnání, obce nad 10 000 obyv.)* ČVUT Fakulta dopravní, [online]

- dostupné na www: <http://www.cyklostrategie.cz/strategie/info-statistiky/delba-prepravni-prace/>
33. Poliak, M.: *Rozhodovací kritéria přepraveců v nákladní dopravě*, Fakulta převádzky a ekonomiky dopravy a spojov, Žilinská univerzita v Žilině, dostupné na www: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/rozhodovaci-kriteria-prepravcu-v-nakladni-doprave/>
 34. Brůhová-Foltýnová, Hana.: *Dělba dopravní práce* [online]. Enviwiki, [citováno: 13. 3. 2012]. Dostupné na www: http://www.enviwiki.cz/w/index.php?title=D%C4%9B1ba_dopravn%C3%AD_pr%C3%A1ce&oldid=11695
 35. Adamec, V., Dufek, J.: *Produkce emisí CO₂, CH₄ a N₂O dopravou v ČR – stav a vývoj*, [online], dostupné na www: http://www.cdv.cz/text/szp/ovzdusi/produkce_emisi.pdf
 36. Průša, R.: *Perspektivy použití pístových spalovacích motorů*. Vyšší odborná škola a střední průmyslová škola automobilní a technická, České Budějovice, absolventská práce, 2007
 37. Anděl, P.: *Ekotoxikologie, bioindikace a biomonitoring*. Evernia, Liberec, 2011
 38. Anděl, P a kol.: *Charakteristika přírodního prostředí v okolí dálnic a rychlostních silnic: katalog vybraných biotopů*. Evernia, Liberec, 2008
 39. Anděl, P a kol.: *Impact of the road traffic on biodiversity atlas*, Evernia, Liberec, 2008
 40. Anděl, P a kol.: *Hodnocení fragmentace krajiny dopravou: Metodická příručka*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha 2005
 41. Dostál, J.: *Dálnice krájejí krajinu, příroda je v obklíčení*. Deník [online]. 3. Března 2010 [cit. 2010-03-3]. Dostupný na www: http://www.denik.cz/z_domova/dalnice-krajeji-krajinu-priroda-je-v-obkliceni.html
 42. Hlaváč, V.: *Metodická příručka k zajišťování průchodnosti dálničních komunikací pro volně žijící živočichy*. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Havlíčkův Brod, 2001
 43. Tomanová, A.: *Vztah dopravy ke krajině*. [online] ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, 2004, seminární práce, dostupné na www: <http://www.xvd.mokropsy.com/files/55-tomanova.doc>
 44. Toman, A.: *Křížení komunikací a vodních toků s funkcí biokoridorů*. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha, 1995
 45. Mináriková, T, Anděl P.: *Ochrana průchodnosti krajiny pro velké savce*. Evernia, Liberec, 2010
 46. Hemerka, J.: *Emise z kotelen a ochrana ovzduš.*, ČVUT v Praze, Fakulta strojní, 2010, dostupné na www: <http://www.tzb-info.cz/2294-emise-z-kotelen-a-ochrana-ovzdusi-i>

47. Hromádko, J.: *Emise v závislosti na technickém stavu zážehového motoru*. [diplomová práce] TF ČZU, Praha, 2004
48. MacKellar, L. F.: *Population, households, and CO₂ emissions*. Laxenburg: International Institute for Applied Systems Analysis, 1996
49. Sevigny, M.: *Taxing automobile emissions for pollution control*, Cheltenham: Edward Elgar, 1998
50. Vlk, F.: *Alternativní pohony motorových vozidel*, F. Vlk, Brno, 2004
51. Farmer, P.: *Lead pollution from motor vehicles, 1974-86*, London; New York: Published in association with Technical Communications by Elsevier Applied Science Publishers, 1987
52. Takáts, M.: *Měření emisí spalovacích motorů*, nakladatelství ČVUT, Praha, 1997
53. Štěrbá, P. a kol.: *Metodika emisních kontrol vozidel vybavených systémem palubní diagnostiky*. Technická zpráva, ÚVMV, Praha, 2002
54. Petrás, Z., Růžička, A.: *Měření emisí*, Robert Bosch odbytová s.r.o., České Budějovice, 1997
55. Bartovský, T.: *Analyzátory emisí*. VUSTE Servis, Praha, 1994
56. Lynn, D.: *Air Pollution : Threat and Response*, Reading : Addison-Wesley, 1976
57. Šuta, M., Bencko, V.: *Zdravotní rizika znečištění ovzduší nejvýznamnějšími automobilovými emisemi*. Praktický lékař, 1998, roč. 78, č. 6 a 10, ISSN 0032-6739
58. Kryzyzanowsky, M., Kuna-Dibbert, B.: *Health effects of transport-related air pollution*. Copenhagen, WHO Europe, 2005 ISBN 92-890-1373-7, 205 p.
59. Martuzzi, M., Galasi, C., Ostro, B.: *Health Impact Assessment of Air Pollution in the Eight Major Italian Cities*, Roma, WHO, 2002, 61p.
60. Fiala, J., Horálek, J.: *Znečištění ovzduší částicemi aerosolu na dopravou ovlivněných stanicích*, Ochrana ovzduší, 2003, roč. XV., č. 2, s. 3-4, ISSN 1211-0337
61. Dufek, J., Huzlík, J.: *Metodika pro stanovení emisní zátěže látek znečišťujících ovzduší v České republice*. Centrum dopravního výzkumu, Brno, 2001, 21s.
62. Seidl, J.: *Emise výfukových plynů*, 7. Června, 2010, [online], www.novinky.cz, dostupné na [www: http://tema.novinky.cz/emise-vyfukovych-plynu](http://tema.novinky.cz/emise-vyfukovych-plynu)
63. *Přestavby pro palivo E85*. [online], www.automedik.cz, dostupné na [www: http://www.automedik.cz/palivo-prestavby-e85.html](http://www.automedik.cz/palivo-prestavby-e85.html)
64. *Palivo E85 proniká na čerpací stanice*. [online] www.etanol85.cz, dostupné na [www: http://www.etanol-85.cz/cs/novinky/palivo-e85-pronika-na-cerpaci-stanice](http://www.etanol-85.cz/cs/novinky/palivo-e85-pronika-na-cerpaci-stanice)

65. Soukupová, P.: *Je bionafta opravdu ekologická?* Publikováno 19. 6. 2007, 21.století, [online] dostupné na [www: http://21stoleti.cz/blog/2007/06/19/je-bionafta-opravdu-ekologicka/](http://21stoleti.cz/blog/2007/06/19/je-bionafta-opravdu-ekologicka/)
66. Vondrák, T.: *Prezentace Smart ED*. Interní školení Mercedes Benz Praha s.r.o., 2010
67. *Mapa dobíjecích stanic*, [online], dostupné na [www: http://msvblog.bvv.cz/prestavili-superb-na-elektromobil/sir_elektromobily](http://msvblog.bvv.cz/prestavili-superb-na-elektromobil/sir_elektromobily)
68. *Elektromobily General Motors. 2010*, [online], dostupné na [www: http://www.electroauto.cz/gm.html](http://www.electroauto.cz/gm.html)
69. *GM EV1, 2010*, [online], dostupné na [www: http://elektromobil.vseznamu.cz/nej-elektromobily-ve-svt/usa-gm-ev1](http://elektromobil.vseznamu.cz/nej-elektromobily-ve-svt/usa-gm-ev1)
70. *Elektromobily TOYOTA. 2010* [online] , dostupné na [www: http://www.electroauto.cz/toyota.html](http://www.electroauto.cz/toyota.html)
71. Šilhavý, R: *Hydro Gen 1*. 17. 7. 2000, Autorevue.cz, [online], dostupné na [www: http://www.autorevue.cz/hydrogen-1_2](http://www.autorevue.cz/hydrogen-1_2)
72. Lázňovský, M.: *Firma představila baterii, která zdvojnásobí dojezd elektromobilů*. [online], www.technet.cz, dostupné na [www: http://technet.idnes.cz/firma-predstavila-baterii-ktera-zdvojnaso-bi-dojezd-elektromobilu-10q-/tec_tecnika.aspx?c=A120229_223215_tec_tecnika_mla#utm_source=rss&utm_medium=feed&utm_campaign=technet&utm_content=main](http://technet.idnes.cz/firma-predstavila-baterii-ktera-zdvojnaso-bi-dojezd-elektromobilu-10q-/tec_tecnika.aspx?c=A120229_223215_tec_tecnika_mla#utm_source=rss&utm_medium=feed&utm_campaign=technet&utm_content=main)
73. Šáfr, L.: *Vliv výfukových plynů z automobilů*. Dopravní fakulta Jana Pernera, Univerzita Pardubice, 2000, semestrální práce
74. *Životní prostředí, energie a doprava*. Portál – písemný materiál EU 2005, www.eu-portal.net, [online], dostupné na [www: http://www.eu-portal.net/material/downloadarea/kt5_wm_cz.pdf](http://www.eu-portal.net/material/downloadarea/kt5_wm_cz.pdf)
75. Dittrich, L.: *Jízdní odpory: Sedm statečných, kteří se obrátili proti nám*. [online], [zavolantem.cz](http://www.zavolantem.cz), dostupné na [www: http://www.zavolantem.cz/clanky/jizdni-odpory-sedm-statecnych-kteri-se-obratili-proti-nam](http://www.zavolantem.cz/clanky/jizdni-odpory-sedm-statecnych-kteri-se-obratili-proti-nam)
76. *Dopravní hluk*. [online], Přednášky YEAD ČVUT v Praze, fakulta stavební, [online], dostupné na [www: http://departments.fsv.cvut.cz/k137/4/yea/YEA_5.pdf](http://departments.fsv.cvut.cz/k137/4/yea/YEA_5.pdf)
77. *Nové značení pneumatik má vést ke zvýšení bezpečnosti na silnicích*. [online], *citace* [středa 7. března 2012, 9:34] [novinky.cz](http://www.novinky.cz), dostupné na [www: http://www.novinky.cz/auto/261126-nove-znacen-pneumatik-ma-vest-ke-zvyseni-bezpecnosti-na-silnicich.html](http://www.novinky.cz/auto/261126-nove-znacen-pneumatik-ma-vest-ke-zvyseni-bezpecnosti-na-silnicich.html)
78. Seidl, J.: *Emise výfukových plynů*. 7. Června, 2010, [online], www.novinky.cz, dostupné na [www: http://tema.novinky.cz/emise-vyfukovych-plynu](http://tema.novinky.cz/emise-vyfukovych-plynu)

79. Lomborg, B.: *Skeptický ekolog*. Překlad Petr Holčák, 592 stran, 182 grafů a tabulek, 598 Kč, ISBN 80-7363-059-1, ISBN koeditora 80-86389-42-4, EAN 9788073630591
80. Pecák, R.: *Volkswagen vážně chystá auto se spotřebou 1 l/100 km*. [online], www.aktualne.cz, dostupné na [www](http://www.aktualne.centrum.cz/clanek.phtml?id=689218):
<http://auto.aktualne.centrum.cz/clanek.phtml?id=689218>
81. Kaláb, V.: *Automobily krok za krokem*. [online], Lidové noviny, rubrika: Peníze & byznys – vzdálené vize str. 4, 29. 2. 2012
82. Bertrand, Y. A.: *Home*. Televizní dokument, Stopáž: 55 minut, 2009