

## AUTOBUSY MĚSTSKÉ HROMADNÉ DOPRAVY, EKOLOGICKÉ VÝZVY, TECHNICKÉ MOŽNOSTI SNIŽOVÁNÍ ŠKODLIVÝCH EMISÍ, OČEKÁVANÉ REAKCE PRŮMYSLU PALIV

Milan GRAJA

Katedra dopravních prostředků

### Úvodem

Kromě různých druhů elektrické trakce v městské hromadné dopravě (dále jen MHD) se žádné město neobejde bez autobusové MHD. Nedá se však říci, že jde o ekologická vozidla. Je jednoznačně prokázáno, že provoz autobusové dopravy ve městě nejvýrazněji narušuje životní prostředí „znečišťováním“ ovzduší - produkcí škodlivých emisí. Účinky některých škodlivin zůstávají omezeny na okolí jejich zdrojů - spalovací motory autobusů produkují:

- oxid uhelnatý - plyn bez zápachu, který je velmi jedovatý a pravděpodobně karcinogenní,
- uhlovodíky - se svými specifickými, známými a zde podrobně nerozebíranými účinky na životní prostředí,
- oxidy uhlíku a oxidy dusíku, jež pod vlivem slunečního záření vytváří nízkootmosferický ozón, který má velmi dráždivé účinky a značně znečišťuje životní prostředí,
- částice, které jsou jednoznačně karcinogenními látkami, atd.

Účinky dalších škodlivin, produkovaných autobusovými motory, daleko přesahují okolí zdrojů - spalovacích motorů autobusů: oxid siřičitý je zodpovědný za „kyselý déšť“, oxid uhličitý a jiné se podílí na tvorbě tzv. „skleníkového efektu“ - v obou případech přispívají k ovlivňování klimatu prakticky na celé planetě.

Ve svém příspěvku se budu zabývat možnými odpověďmi na ekologické výzvy adresované k provozovatelům i výrobcům autobusů, k palivovému průmyslu. Bude pojednáno o:

- technických možnostech snižování emisí škodlivin u vznětových motorů,

- technických možnostech ozdravování životního prostředí inteligentními technikami přenosu výkonu,
- efektech, plynoucích ze zvyšování čistoty motorové nafty,
- možných alternativních pohonných látkách vůči motorové naftě.

### Technické možnosti snižování emisí škodlivin u vznětových motorů

Uplatňováním nových vědecko-technických poznatků ve vývoji vznětových motorů se doposud daří plnit neustále zpřísňované emisní požadavky a to bez podstatného zhoršování dříve dosažených parametrů výkonu, spotřeby paliva, ale i životnosti a provozní spolehlivosti. Dosažené výsledky potvrzují, že vznětový motor je pro příští desetiletí stále základní hnací jednotkou, schopnou plnit neustále zpřísňované emisní limity a zajistit tak spolu s ostatními opatřeními, že se nebude v budoucích letech životní prostředí vlivem negativních účinků provozu, v tomto případě autobusových motorů, dále zhoršovat.

Je potřebné na tomto místě uvést údaje o vývoji limitních koncentrací výfukových škodlivin podle předpisu EHK č. 49, který je uplatňován jako závazný předpis i na území ČR (tab. 1).

**Tab. 1** Vývoj limitních koncentrací výfukových škodlivin podle předpisu EHK č. 49

Předpis EHK č. 49		Měrné emise [g/kWh]			
Novely předpisu	Platný od roku	CO	HC	NO <sub>x</sub>	částice
EHK 49.00	1983	14,0	3,5	18,0	-
EHK 49.01	1990	11,2	2,4	14,4	-
EHK 49.02 (EURO I)	1993	4,5	1,1	8,0	0,36
EHK 49.03 (EURO II)	1996	4,0	1,1	7,0	0,15
EHK 49.04 (EURO III)	?1999	2,0	0,6	5,0	0,12

Splnění limitů dle EHK č. 49.02 (EURO I) bylo dosaženo „aktivní cestou“ - tj. snižováním tvorby emisí při spalovacím procesu ve válci:

- zavedení přeplňování s chlazením plnicího vzduchu,
- nezbytné úpravy částí motoru souvisejících s přípravou směsi - změny tvaru a průřezu sacích a výfukových kanálů, úpravy tvaru spalovacího prostoru,
- úpravy rozvodového mechanismu - od časování přes změny tvaru vaček až po víceventilová provedení se třemi až čtyřmi ventily na válec,
- použitím vstřikovacích zařízení (vstřikovacích zařízení neustále zdokonalovaných) s vysokým maximálním i středním vstřikovacím tlakem, krátkou dobou vstřiku a vysoce kvalitní rozprachem paliva použitím vícestorových trysek.

Obdobná cesta se z dosavadních výsledků vývojových zkoušek předpokládá i pro splnění limitů dle EHK č. 49.03 (EURO II) - většina výrobců nepočítá s automatickým použitím přidavných zařízení ve výfukovém systému - ať už katalyzátoru nebo zachycovače částic. Výrobci motorů se orientují převážně na využití dalších možností, které nabízí rozvoj vědy a techniky v oblasti elektronického řízení vstřiku, případně dalších regulací plnicího turbodmychadla.

I když se v přípravě na další limity dle EHK č. 49.04 (EURO III) výrobci motorů orientují především na zdokonalování pracovního cyklu motoru, jsou paralelně vyvíjeny i přidavná zařízení, jejichž použití se může ukázat i jako nezbytné s cílem řešit zlepšení emisních parametrů u vozidel v provozu (zejména v případě MHD). Dnešními reprezentanty těchto přidavných zařízení jsou katalyzátor (v úvahu přichází oxidační katalyzátor s účinkem na

snížení CO a HC) s případným dílčím účinkem na snížení částic o podíl kapalných zbytků paliva a oleje; při nižších zatíženích motoru okolo 40 – 50 % je účinnost katalyzátoru na vznětovém motoru minimální; snížení emisí NO<sub>x</sub> a částic s použitím katalyzátoru není z hlediska číselných hodnot velké (viz např. výsledky testů v tab. 2) a zachycovač částic - snižuje podstatně emise částic, plně odstraňuje viditelné „kouření“ motoru v běžných jízdních režimech a snižuje emise HC o podíl, který v jejich celkové hodnotě tvoří kapky nespáleného paliva a oleje ve výfukových plynech.

**Tab. 2** Příklady ověření účinnosti katalyzátoru u vznětového motoru (pramen ÚVMV Praha, ČR)

Test	CO [g/kWh]	HC [g/kWh]	NO <sub>x</sub> [g/kWh]
[Test 1] bez katalyzátoru	3,41	1,07	12,54
s katalyzátorem	0,81	0,55	11,41
[Test 2] bez katalyzátoru	1,82	1,23	7,18
s katalyzátorem	0,94	0,62	7,06

Lze konstatovat, že v možnostech vznětových motorů je vytýčené limity splnit. To potvrzuje prognózy, že vznětový motor je a ještě po dlouhou dobu zůstane základní hnací jednotkou autobusů - všech užitkových automobilů. V této souvislosti je možno připustit, že snížení emisí může být dosaženo i dalšími prostředky - zvýšením čistoty paliva nebo např. použitím alternativních paliv (využití těchto prostředků bude mít zpravidla regionální či jinak omezený účinek). Pokud se týká výrazného snížení produkce emisí CO<sub>2</sub> u vznětových motorů, nabízí se zatím jediná možnost - využívání alternativní pohonné látky - bionafty (methylesteru řepkového oleje).

### Technické možnosti ozdravování životního prostředí inteligentními technikami přenosu výkonu [1]

Mezi nejvýznamnější v této oblasti patří např. příspěvek firmy vyrábějící autobusy NEOPLAN, Stuttgart, SRN. Lze konstatovat, že elektrickým pohonem jednotlivých kol se začíná nová éra autobusů MHD: přátelská k cestujícím a jejich pohodlí, šetřící energii a přátelská k životnímu prostředí. Nový systém přenosu výkonu zahrnuje:

- spalovací motor s vestavěným kompaktním generátorem funguje v tomto případě jako „palubní strojovna“,
- řídicí elektroniku - zabezpečuje přímé dávkování vyráběného elektrického proudu,
- magnet motory - elektromotory permanentně buzené umístěné v nábojích kol,
- zařízení pro akumulaci elektrické energie: setrvačnickový akumulátor (magnetodynamický akumulátor), resp. klasický akumulátor.

Čím přispívá tento druh přenosu výkonu k ozdravování životního prostředí:

- při brzdění pracují elektromotory v generátorickém režimu a přebytečnou elektrickou energii ukládají do akumulátorů - nemaří ji na teplo,
- při jízdě v městské aglomeraci nebo ekologicky senzibilní oblasti lze vypnout spalovací motor a odebírat elektrický proud z některého akumulátoru - bezemisní provoz,
- s podporou akumulátorů může pracovat „palubní strojovna“ vždy v optimálních oblastech polí spotřeby; měrná spotřeba paliva [l/100km] i celkové emise v porovnání s podobným autobusem např. s hydraulickým přenosem výkonu se sniží o cca 18 %.

## Efekty plynoucí ze zvyšování čistoty motorové nafty

Jaké pohonné látky připoustí technická legislativa v ČR, uvádí § 49 Provozní hmoty [3]:

- k pohonu vozidel se smí používat pouze pohonných hmot takových složení, která byla schválena MD ČR z hlediska přípustných limitů znečišťování ovzduší a ochrany životního prostředí provozem vozidel,
- motorová nafta určená k pohonu spalovacího motoru vozidla smí obsahovat nejvýše 1,5 g síry v 1 kg nafty a od 1.10.1996 nejvíce 0,5 g síry v 1 kg nafty.

Ve skandinávských zemích, obzvláště ve Švédsku, je už několik let na trhu palivo, které obsahuje pouze 0,01 g síry v 1 kg nafty. Tato tzv. „městská nafta“ (DIN EN 590) je prakticky bezsírnatá a bývá označována i jako „palivo budoucnosti“.

Z výsledků mnohých výzkumů vyplynulo, že závažné emise škodlivých látek, jako částice, CO, HC, se dají tímto způsobem významně snížit (viz tab. 3).

**Tab. 3** Efekty plynoucí ze zvyšování čistoty motorové nafty [1]

Předpis/varianta	měrné emise [g/kWh]			
	CO	HC	NO <sub>x</sub>	částice
Varianta řešení: EHK 49.03 (EURO II) (Předpis)	4,00	1,100	7,00	0,150
Autobusy splňující EURO II, nafta s obsahem síry 0,5 g/kg	~ 0,58	~ 0,260	5,62	0,127
Autobusy splňující EURO II, nafta s obsahem síry 0,01 g/kg	~ 0,04	~ 0,002	5,21	0,010

### Možné alternativní pohonné látky jako náhrada za motorovou naftu

Technická legislativa v ČR připoustí k pohonu vozidel ještě další pohonné látky - § 49 Provozní hmoty [3]:

- k pohonu vznětových motorů lze použít také methylestery řepkového oleje (tzv. biologické palivo pro vznětové motory); při jeho určení se vychází z doporučené technické normy (ČSN 656507) pokud výrobce daného motoru vyjádří souhlas s jeho použitím,
- stlačený zemní plyn nebo bioplyn (CNG) určený k pohonu spalovacího motoru musí obsahovat nejméně 85 % objemového podílu metanu nebo jiné směsi uhlovodíků s kritickou teplotou nižší než 263 OK (-10 °C),
- zkvapalněným ropným plynem (LPG) se rozumí směs s převážným obsahem propanbutanu. Hustota zkvapalněného propanbutanu při teplotě 50 °C je 450 kgm<sup>-3</sup> a tlak při teplotě 70 °C je max. 2,55 MPa, ve smyslu doporučené technické normy (ČSN 656482).

Bionafta nabývá v současné době z hlediska použití ve vznětových motorech stále většího významu. Jednoduchou chemickou reakcí, při které jsou smíchávány olej z řepky olejky, methylalkohol (metanol) a katalyzátor, vzniká methylester řepkového oleje. Např. organizace TÜV Bayern, SRN [1] při testech zjistila, že u vozidel s bionaftou může být snížena kouřivost asi o 30 % a produkce částic (sazí) o rovných 70 %. Tato pohonná látka je ze své podstaty bezsírnatá. Koncentrace ostatních škodlivých emisí jsou zřejmé z tab. 4.

Další alternativou je pohon zemním plynem. U zemního plynu byla zjištěna pouze výrazná produkce metanu - plynu, který není pro člověka v žádném případě jedovatý a který až o 80 % méně přispívá ke tvorbě přízemního ozónu. Laboratoř pro plyny zjistila při srovnávacích jízdách naftových a plynových autobusů, že produkce CO se snížila o 73 %,

Milan Graja:

emise CO<sub>2</sub> o 29 %, podíl NO<sub>x</sub> o 85 % a emise HC o 52 %. Výskyty částic sazí a kysličníku sirnatého jsou prakticky úplně bezvýznamné. Některé výsledky šetření TÜV Bayern, SRN [1] jsou uvedeny v tab 4.

**Tab. 4** Výsledky šetření TÜV Bayern, SRN [1]

Výsledky výzkumu	měrné emise [g/kWh]			
	CO	HC	NO <sub>x</sub>	částice
Autobusy splňující EURO II , bionafta bez katalyzátoru	~ 0,56	~ 0,18	6,07	0,056
Autobusy splňující EURO II , bionafta s katalyzátorem	~ 0,01	~ 0,01	5,51	0,036
Autobusy splňující EURO II, přestavba na zemní plyn	~ 0,90	~ 0,50	~ 3,90	LIAZ CNG*/ ~ 0,050
Autobusy splňující EURO III, přestavba na zemní plyn	~ 1,20	~ 0,20	~ 0,40	NEOPLAN ~ 0,050

\*/ Pozn.: zdroj: výsledky výzkumu v ČR.

Nejsou zde rozebírány otázky používání zkvapalněného ropného plynu (LPG) zejména v autobusové MHD - komplikace v servisní a údržbářské základně z důvodu, že tento plyn je těžší než vzduch a výbušný.

Co je možné vzhledem k životnímu prostředí zlepšit jak po stránce technických možností, tak po stránce čistoty paliva a použití alternativních pohonných látek, bylo uvedeno v předcházejícím výkladě. Co však s emisemi CO<sub>2</sub>? Částečné řešení se tu nabízí v rámci alternativy pohonu zemním plynem. Jsou možné ještě i jiná řešení?

#### **Ekologický efekt plynoucí z náhrady motorové nafty bionaftou pro pohon autobusů městské hromadné dopravy (zatím jako první krok)**

Při spalování nafty a zemního plynu v motorech autobusů (taktéž i uhlí např. v elektrárnách) se dostává do atmosféry kysličník uhličitý CO<sub>2</sub>, a prostřednictvím této sloučeniny ročně asi 6 miliard tun uhlíku (C). Nebezpečné na této produkci je, že každoročně je to nový a nový uhlík z vnitra naší země. Stovky milionů let před člověkem kvetly na Zemi rostliny a žily jednoduché jednobuněčné organismy. Po odumření a rozkladu se z nich postupně vytvářely ložiska uhlí, ropy a přírodního plynu, teda fosilních paliv, na nichž ve velké míře stojí moderní společnost. Žijeme doslova z rekonstruovaného odpadu minulosti. Nebylo by lepší nechat tento odpad i nadále dřímat v útrobách Země ? Jak již bylo řečeno, zejména oxid uhličitý se výrazně podílí na tvorbě tzv. „skleníkového efektu“.

Kolik kg CO<sub>2</sub> vznikne z 1 l spálené motorové nafty ve vznětovém motoru zjistíme na základě chemického složení tohoto paliva, předpokladů o účinnosti spalování a spotřebě primární energie z ropy na výrobu fosilní motorové nafty (těžba, rafinace, přeprava) - řetězec končící u víka palivové nádrže.

Motorová nafta ve své podstatné části obsahuje uhlovodíky se čtrnácti až dvaceti uhlíky v molekule. Alkany jsou zastoupeny z cca 70 %. Mezní hmotnostní podíly uhlíku u alkanů podle podílu atomových vah jejich složek jsou:

$$C_{14}H_{30} \quad (14 \cdot 12) / [(14 \cdot 12) + (30 \cdot 1)] = 168 / 198 = 0,848$$

$$C_{20}H_{42} \quad (20 \cdot 12) / [(20 \cdot 12) + (42 \cdot 1)] = 240 / 282 = 0,851$$

Lze tedy u alkanů v motorové naftě počítat s průměrným obsahem uhlíku 85,0 %. Dále jsou v motorové naftě zastoupeny aromáty, i když v poněkud menší míře - okolo 30 %. U typového reprezentanta toluenu je podíl uhlíku:

$$C_7H_8 \quad (7 * 12) / [(7 * 12) + (8 * 1)] = 84 / 92 = 0,913$$

Průměrný hmotnostní podíl uhlíku v motorové naftě je tedy:

$$85,0 * 0,7 + 91,3 * 0,3 = 59,5 + 27,4 = 86,9 \%$$

V 1 kg motorové nafty je tedy obsaženo 0,869 kg uhlíku. Z toho by vzniklo při 100 % účinnosti spalování následující množství  $CO_2$  podle podílu molekulových vah:

$$0,869 \text{ kg C} * [12 + (2 * 16)] / 12 \quad CO_2/C = 0,869 \text{ kg C} * 3,666 \quad CO_2/C = 3,186 \text{ kg } CO_2$$

Při účinnosti spalování 95 % (ostatní složky jsou uhlovodíky a oxid uhelnatý) vznikne z 1 kg motorové nafty:

$$3,186 \text{ kg } CO_2 * 0,95 = 3,03 \text{ kg } CO_2$$

Uvážíme-li dále, že spotřeba primární energie z ropy na výrobu fosilní motorové nafty (těžba, rafinace, přeprava) se dá vyjádřit hodnotou 18 %, hustota motorové nafty činí 0,84 kg/l a její výhřevnost 42,7 MJ/kg, je potom:

- měrná produkce  $CO_2$  vztážená na 1 l vyrobené motorové nafty:

$$3,03 \text{ kg } CO_2 * 1,18 * 0,84 = 3,003 \text{ kg } CO_2 / 1 \text{ l motorové nafty} */$$

\*/ Pozn.: v dalším výkladu bude uvažováno s poněkud vyšší hodnotou (3,368), jak vyplývá z propočtů a výsledků výzkumných prací [4].

- měrná produkce  $CO_2$  vztážená na energetickou jednotku:

$$3,03 \text{ kg } CO_2 * 1,18 / 42,7 \text{ MJ/kg} = 0,0840 \text{ kg } CO_2 / \text{MJ}$$

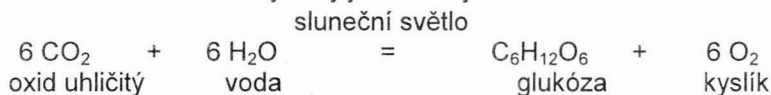
Obdobným způsobem lze stanovit emisní koeficienty dalších motorových paliv, např. zemního plynu: 0,0593 kg  $CO_2$  / MJ.

Je nutno poznamenat, že jde o tzv. ekvivalentní kg  $CO_2$ , stručně řečeno o  $CO_2$ , jehož uhlík pochází z hlubin naší země. V [4], o kterou se další úvahy opírají, se na základě solidních propočtů a výsledků výzkumu uvádí, že 1,1 l bionafty, který z hlediska výhřevnosti odpovídá 1,0 l fosilní motorové nafty vyprodukuje pouze 1,010 kg  $CO_{2eq}$ . V [4] jsou potom uvedeny k tomuto tvrzení některé údaje a propočty, jež opisují pěstování řepky olejky na ladem ležících zemědělských plochách, příslušné energetické bilance, atd.

Výchozím produktem při výrobě methylesteru řepkového oleje je částečně rafinovaný olej řepky olejky. Při esterifikaci [5] se nahradí trojmocná glycerinová molekula třemi jednomocnými molekulami alkoholu. Každá molekula alkoholu vytvoří potom se zbytkem mastné kyseliny jednu molekulu esteru. Ve své formě se tyto molekuly podobají cetanu (téměř stejná velikost, žádné rozvětvení). Tyto esterové molekuly mají potom molekulovou váhu 300. V protikladu k molekulové váze triglyceridu oleje, která leží okolo 850 až 900, odpovídá molekulová váha esteru již přibližně naftě, což činí 198 a 282.

Milan Graja:

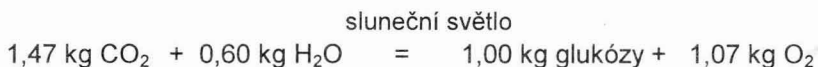
I když spálením 1,1 l bionafty vznikne přibližně stejné množství CO<sub>2</sub> (vyplývá z přibližně stejných molekulových vah alkanů motorové nafty a esterů bionafty), pěstování rostlin řepky olejky má za následek spotřebování CO<sub>2</sub> z atmosféry při fotosyntéze a uchování uhlíku ve formě organického uhlíku jako polotovaru pro výrobu budoucího paliva - bionafty. Tím lze vysvětlit, že využíváním bionafty jako paliva pro motory zůstane v atmosféře pouze 1,010 kg CO<sub>2eq</sub> (1,1 l bionafty) oproti 3,003 kg CO<sub>2eq</sub> (1 l fosilní motorové nafty). Na podporu těchto tvrzení slouží následující výklad. Při fotosyntéze se přeměňuje oxid uhličitý, který do rostlin vnikl přes průduchy (mikroskopické póry na listech), na cukr - glukózu, případně na sacharózu a škrob. Tuto přeměnu řídí energie slunečního světla, kterou zachycují chlorofyly (zelená barviva). Takto rostliny získávají organický uhlík, potřebný na syntézu materiálů, ze kterých jsou složeny. Chemická rovnice fotosyntézy je následující:



aneb:

$$\begin{array}{ccccccc} 6 * (12 + 2 * 16) & + & 6 * (2 * 1 + 16) & = & (6 * 12 + 12 * 1 + 6 * 16) & + & 6 * (2 * 16) \\ 264 & + & 108 & = & 180 & + & 192 & /: 180 \end{array}$$

or:



Aby vznikl 1 kg glukózy, spotřebuje se z atmosféry přibližně 1,47 kg CO<sub>2</sub>.

Za výše uvedenými jednoduchými rovnicemi se ukrývá složitá chemická povaha fotosyntézy, zahrnující celou skupinu reakcí zapojených do absorpce světla (světelné reakce) a další skupinu reakcí, jež mohou probíhat potmě (temnotní reakce). V těchto temnotných reakcích se oxid uhličitý mění na glukózu ve složitém cyklu chemických přeměn, z nichž některé využívají vodík uvolněný z vody a chemickou energii, která se vytvořila ze světelné energie.

Při fotosyntéze se spotřebává oxid uhličitý a jako odpadový produkt se uvolňuje kyslík. Je to opak dýchání rostlin a živočichů. Společnou snahou rostlin a živočichů je udržovat množství oxidu uhličitého a kyslíku v atmosféře přibližně na stejné úrovni. V případě spalování fosilních paliv se neustálým vytahováním, v podzemí nashromážděného uhlíku, na povrch země tato úroveň významně narušuje.

Podstatným snížením ekvivalentní produkce CO<sub>2</sub> (zhruba na 1/3), nízkými emisemi ostatních škodlivin (viz tab. 4 tohoto příspěvku) a prakticky nulovým obsahem síry se dají dosáhnout následující pozitivní efekty:

- snížená produkce CO<sub>2</sub> a tím jeho nižší podíl na tvorbě tzv. „skleníkového efektu“,
- nulový obsah síry v bionaftě, nulový obsah oxidů síry ve výfukových plynech, žádné kyselé deště a tím žádné škody na lesích, budovách atd.,
- bionafta snižuje riziko rakoviny,
- bionafta snižuje nebezpečí škod z titulu změn dědičných vlastností,
- bionafta ve spojení s oxidačním katalyzátorem splňuje již dnes limitní hodnoty podle předpisu EHK č. 49.03 (EURO II).

Dále je potřebné si uvědomit, že spolu s každým kg bionafty se vyrobí další doprovodné produkty jako:

- 1,57 kg šrotu z řepky olejky - výtečného proteinového krmiva,
- 0,093 kg glycerinu - přírodní suroviny pro chemický průmysl.

Sluneční energie, jež je v oleji z řepky olejky nashromážděna, ušetří tedy velké množství fosilní energie.

Úspory vzniknou tím, že :

- bionafta vytlačí fosilní pohonné hmoty,
- šrot z řepky olejky vytlačí jiná krmiva jako sojový šrot, rybí moučku a jiné energeticky a dopravně náročné proteinové nosiče,
- glycerin z rostlinného oleje vytlačí syntetický glycerin z ropy.

Jestliže se tedy 1 ha zemědělské plochy ležící ladem využije pro produkci řepky olejky [4], tak je možno na této báze vyrobit:

- 1210 kg bionafty (nahradí 1051 kg fosilní motorové nafty),
- 1900 kg šrotu z řepky olejky (nahradí 1591 kg sojového šrotu ze zámořské produkce),
- 112 kg glycerinu (nahradí 112 kg syntetického glycerinu).

Pro celkové bilancování si je ale potřebné uvědomit, že i když na úhorech nebude pěstována řepka olejka, je potřebné je připravit pro budoucí kultury (ozelenění - setba, ošetřování, atd.), čímž se emituje asi 330 až 860 kg CO<sub>2eq</sub>/ha.

Nahradí-li se 1 l motorové nafty 1,1 l bionafty, včetně ostatních náhrad - 1,27 kg sojového šrotu a 0,09 kg syntetického glycerinu - ovlivní to celkovou bilanci klimatu jak je dále uvedeno. Vše je přepočteno na 1 l nahrazené fosilní motorové nafty a porovnáno s potlačenými produkty.

**Tab. 5 Řetězec bionafty kontra potlačené produkty**

Řetězec bionafty			Potlačené produkty		
Množství	Produkt	Emise [kg CO <sub>2eq</sub> ]	Množství	Produkt	Emise [kg CO <sub>2eq</sub> ]
1,10 l	bionafta	1,010	1,00 l	fosilní nafta	3,368
1,52 kg	šrot řepky ol.	0,565	1,27 kg	sojový šrot	0,864
0,09 kg	glycerin	0,043	0,09 kg	synt. glycerin	0,675
bez úhuru		-	8,00 m <sup>2</sup>	úhorová plocha	0,260 – 0,689
∑ Bionafta		1,618	∑ Dnešní produkce potlačených produktů		5,167 – 5,596

Jak vyplývá z tab. 5, nahradí-li se 1 l motorové nafty bionaftou, tak se zmenší emise plynů bezprostředně ovlivňujících klima naší planety - s přihlédnutím k vedlejším produktům - o

**3,5 až 4,0 kg CO<sub>2eq</sub>/1 l nahrazeného fosilního paliva.**

„Využívání rostlinných olejů jako pohonných látek se zdá být dnes nevýznamné. Ale podobné produkty se mohou časem stát právě tak důležité, jako jsou dnes petrolej a uhelně-dehtové produkty“.

Tuto větu napsal Rudolf Diesel r. 1912 ve svém patentovém spise a to ještě nemohl nic tušit o energetické krizi, změnách klimatu, ozónových dírách a nadprodukcí potravin [5].



## Závěr

Nosné záměry ke snižování škodlivých emisí z dopravní činnosti jsou v podstatě trojího druhu:

- a) cesta snížení absolutní spotřeby paliva - znamená to uplatnění komplexního přístupu k řešení problému hybnosti (sledovat využití disponibilních kapacit, přesuny z přetížených druhů dopravy na dopravy s přebytkem kapacit, atd.),
- b) cesta snížení měrné spotřeby paliva, snižování obsahu škodlivin ve výfukových plynech - opatření namířená do konstrukcí motorů, včetně využívání všech možností aplikace řídicí elektroniky v oboru motorů, opatření na aplikaci přídavných zařízení k motorům (katalyzátory, zachycovače částic, atd.),
- c) cesty využívání z hlediska čistoty kvalitnějších klasických motorových paliv (bezsíratá nafta) a alternativních paliv příznivějších z hlediska produkce škodlivých emisí:
  - zemní plyn (produkce částic a kysličníku sirnatého prakticky nulová, snížení emisí  $\text{CO}_2$  i ostatních škodlivin oproti motorové naftě),
  - bionafta (podstatné snížení emisí  $\text{CO}_2$ , produkce kysličníku sirnatého taktéž prakticky nulová, snížení emisí ostatních škodlivin kromě  $\text{NO}_x$  oproti motorové naftě).

Možnost využití bionafty jako paliva pro vznětové motory se jeví v současné době výhodná zejména pro autobusy městské hromadné dopravy - vysoká koncentrace vozidel prakticky jednoho druhu (převážně též od jednoho výrobce) na velmi malém území. Technická legislativa nejenom v ČR vyžaduje totiž souhlas výrobce motoru s použitím bionafty. Vysoká koncentrace vozidel je výhodou při čerpání bionafty ve městě prakticky z jednoho výdejního místa. Další výhodou oproti motorové naftě je nižší viskozita bionafty, čímž se významně zlepši studené starty.

Prakticky jedinou nevýhodou (významnou rozdílnou vlastností v porovnání s motorovou naftou) je chování bionafty vůči elastomerům (umělým hmotám) a lakům. Protože se chová jako slabé rozpouštědlo, je potřebné všechny palivové hadice a různá těsnění v palivovém okruhu vyměnit za díly z dostatečně trvanlivých (hodnotnějších) materiálů (např. fluorkaučuk).

Využití bionafty jako paliva pro vznětové motory zejména autobusů městské hromadné dopravy možno chápat jako ekologickou výzvu palivovému průmyslu, zemědělství a zejména magistrátům evropských měst.

Lektoroval: RNDr. Tomáš Bajer, Csc.

Předloženo v lednu 1998.

## Literatura

- [1] Material of NEOPLAN company: Saubere Lösungen Führend in alternativen Antriebskonzepten. Fair IAAF'96, Hannover, 1996.
- [2] Zákon č. 38/1995 Sb. o technických podmínkách provozu silničních vozidel na pozemních komunikacích. Praha, ČR, 1995.
- [3] Vyhláška (prováděcí předpis k zákonu č. 38/1995 Sb.) 102 MD ČR o schvalování technické způsobilosti a technických podmínkách provozu silničních vozidel na pozemních komunikacích. Praha, ČR, 1995.
- [4] GET, Jülich, BRD: Biodiesel, Umweltauswirkungen, Wirtschaftlichkeit, Energiebilanz. Ufop, e.V., 1995.

- [5] Dierschke, G.: Bericht zur Biodieseleinführung durch die Hesische Erzeugergemeinschaft für die Produktion von Ölpflanzen zur industriellen Verwertung w.V. Hessischer Bauernverband, e.V., 1995.

### Resumé

#### **AUTOBUSY MĚSTSKÉ HROMADNÉ DOPRAVY, EKOLOGICKÉ VÝZVY, TECHNICKÉ MOŽNOSTI SNIŽOVÁNÍ ŠKODLIVÝCH EMISÍ, OČEKÁVANÉ REAKCE PRŮMYSLU PALIV**

Milan GRAJA

Technické možnosti snižování emisí škodlivin u vznětových motorů, ozdravování životního prostředí inteligentními technikami přenosu výkonu. Efekty plynoucí ze zvyšování čistoty motorové nafty. Možné alternativní pohonné látky jako náhrada za motorovou naftu, stlačený zemní plyn (CNG) a zkapalněný ropný plyn (LPG). Ekologické efekty plynoucí z náhrady motorové nafty bionaftou pro pohon autobusů městské hromadné dopravy. Ekologické výzvy směrem k průmyslu paliv, zemědělství a zejména magistrátům evropských měst.

### Summary

#### **BUSES OF CITY MASS TRANSPORT, ECOLOGY CHALLENGES, TECHNICAL POSSIBILITIES OF HARMFUL EMISSIONS DISPRASE, EXPECTED REACTIONS OF FUEL INDUSTRY**

Milan GRAJA

Technical possibilities of bad emissions dispraise about Diesel engine, of life environment cleansing with intelligent technique of power output transmission. Effects from increase of Diesel oil cleanliness following. A possible alternative power fuel as compensation for Diesel oil - Biodiesel oil, a compressed natural gas (CNG) and liquefied petroleum gas (LPG). Ecology effects from replacement of Diesel oil with Biodiesel oil following for drive of buses of city mass transport. Ecology challenges towards fuel industry, agriculture and especially towards town councils of European cities.

### Zusammenfassung

#### **DIE BUSSE DES STADTMASSENVERKEHRS, UMWELTSCHUTZAPELLE, TECHNISCHE MÖGLICHKEITEN DES SCHADSTOFFSHERABWÜRDIGUNG, VORAUSSICHTLICHEN REAKTIONEN DER KRAFTSTOFFINDUSTRIE**

Milan GRAJA

Die technische Möglichkeiten des Schadstoffsherabwürdigung beim Naphthamotoren, die Assanierung des Umweltschutzes mit Hilfe der Intelligentstechniken der Leistungstranlation. Die Effekte aus der Sauberkeitsteigerung des Motoröles anfallende. Die möglich Alternativstreibstoffe wie Naphtamotorenersatz das Pressnaturgas (CNG) und das verflüssigtes Erdölgas (LPG). Die Umweltschutzeffekte aus des Motorerdölersatzes mittles des Bionaphthas anfallende für der Antrieb der Busse des Stadtmassenverkehrs. Die Umweltschutzappelle zur Kraftstoffindustrie, zur Landwirtschaft und besonders zur den Magistraten der Europäischstädten.

Milan Graja: