



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení

Jan Re z l e r

obor

23 - 81 - 7 Strojírenství

zaměření

dopravní stroje a zařízení

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje bakalářská práce na téma:

Alternativní motorová paliva

Zásady pro vypracování:

(uveďte hlavní cíle bakalářské práce a doporučené metody pro vypracování)

Zpracujte přehled alternativních motorových paliv používaných nebo připadajících výhledově v úvahu k použití v ČR a uveďte jejich vlastnosti.

Zpracujte přehled možností využití alternativních paliv pro vozidlové motory s uvedením provozních parametrů motorů - zejména výkonu, spotřeby paliva, výfukových emisí. a se zhodnocením nákladů na případné rekonstrukce a na provoz motorů.

Stanovte požadavky na :

- a/ alternativní motorová paliva použitelná pro neupravené benzinové a naftové motory
- b/ úpravy naftových a benzinových motorů nutné pro přechod k provozu na alternativní paliva, která nelze použít přímo u neupravených benzinových ani naftových motorů.

Navrhňte vhodné způsoby rozšíření uplatnění alternativních motorových paliv v ČR.

V 77/99 Sb

K 90/DSZ
420.

ALTERNATIVNÍ MOTOROVÁ PALIVA

Anotace

Práce zpracovává přehled alternativních motorových paliv používaných nebo připadajících výhledově v úvahu k použití v ČR, uvádí jejich vlastnosti, požadavky na úpravy motorů a provozní parametry těchto motorů. Zabývá se také možnostmi rozšíření alternativních paliv v ČR.

ALTERNATIVE MOTOR FUEL

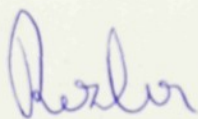
Annotation

This extended essay elaborates summary of alternative motor fuel sorts that are used or could be used in the Czech republic, it enumerates qualities, requirement of motor modification and working parameters of these motors. This essay also deals with prospect of extendation of alternative motor fuel in the Czech republic.

Prohlášení o původnosti bakalářské práce:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

Mladá Boleslav, 27. 5. 1999



Obsah

1. Úvod	5
2. Přehled atomárních jader používaných v ČR	5
3. Parametry, využití, způsob získávání jaderných paliv	10
3.1 Plyná palivo	10
3.2 Plyná palivo	10
3.3 Plyná palivo	12

Prohlášení o využívání výsledků bakalářské práce:

Jsem si vědom, že bakalářská práce je majetkem TU, a že s ní nemohu sám bez svolení TU disponovat. Bakalářská práce může být zapůjčena či její kopie objednána za účelem využití jejího obsahu.

Beru na vědomí, že si po pěti letech mohu bakalářskou práci převzít v Univerzitní knihovně TU, kde bude uložena.

27. 5. 1999

Jan Rezler

U Stadionu 957

293 01 Mladá Boleslav

OBSAH:

1.0	Úvod	8
2.0	Přehled alternativních paliv použitelných v ČR	9
3.0	Parametry, využití, způsob získávání jednotlivých paliv	10
3.1	Plynná paliva	10
3.1.1	LPG	10
3.1.2	Zemní plyn	12
3.1.3	Bioplyn	14
3.2	Kapalná paliva	15
3.2.1	Bionafta	15
3.2.2	Methylester řepkového oleje	17
3.2.3	Methylalkohol	18
3.2.4	Ethylalkohol	19
3.3	Porovnání základních vlastností paliv	20
4.0	Úpravy motorů při přechodu na alternativní paliva	22
4.1	Provoz na bionaftu	22
4.2	Provoz na ethylalkohol	23
4.2.1	Přechod z nafty na ethylalkohol	23
4.2.2	Přechod z benzínu na ethylalkohol	24
4.3	Provoz na methylester řepkového oleje (MEŘO)	26
4.4	Provoz na LPG	28
4.4.1	Přechod z benzínu na LPG	28
4.4.2	Přechod z nafty na LPG	28
4.5	Provoz na zemní plyn	29
4.5.1	Přechod z nafty na zemní plyn	29
4.5.2	Přechod z benzínu na zemní plyn	30
4.5.3	Další možnosti	30
4.6	Provoz na methylalkohol	31
4.7	Provoz na bioplyn	31

4.7.1	<i>Přechod z nafty na bioplyn</i>	31
4.7.2	<i>Přechod z benzínu na bioplyn</i>	32
4.8	Porovnání vlastností motorů na klasická a alternativní paliv	32
4.8.1	<i>Porovnání škodlivých emisí ve výfukových plynech</i>	32
4.8.1.1	<i>Způsoby měření emisí</i>	32
4.8.1.2	<i>Porovnávací tabulka emisí</i>	35
4.8.2	<i>Porovnání výkonových parametrů motorů</i>	36
4.8.3	<i>Porovnání spotřeb paliva</i>	36
5.0	Možnosti rozšíření alternativních paliv v ČR	38
5.1	<i>Úvod ke studii</i>	38
5.2	<i>Podmínky pro zavedení do provozu</i>	38
5.3	<i>Převedení do provozu</i>	39
	<i>(konkrétní území Mladá Boleslav)</i>	
5.4	<i>Ekonomická rozvaha</i>	39
5.5	<i>Závěr studie</i>	41
6.0	Závěr	42
7.0	Použitá literatura	43

1.0 ÚVOD

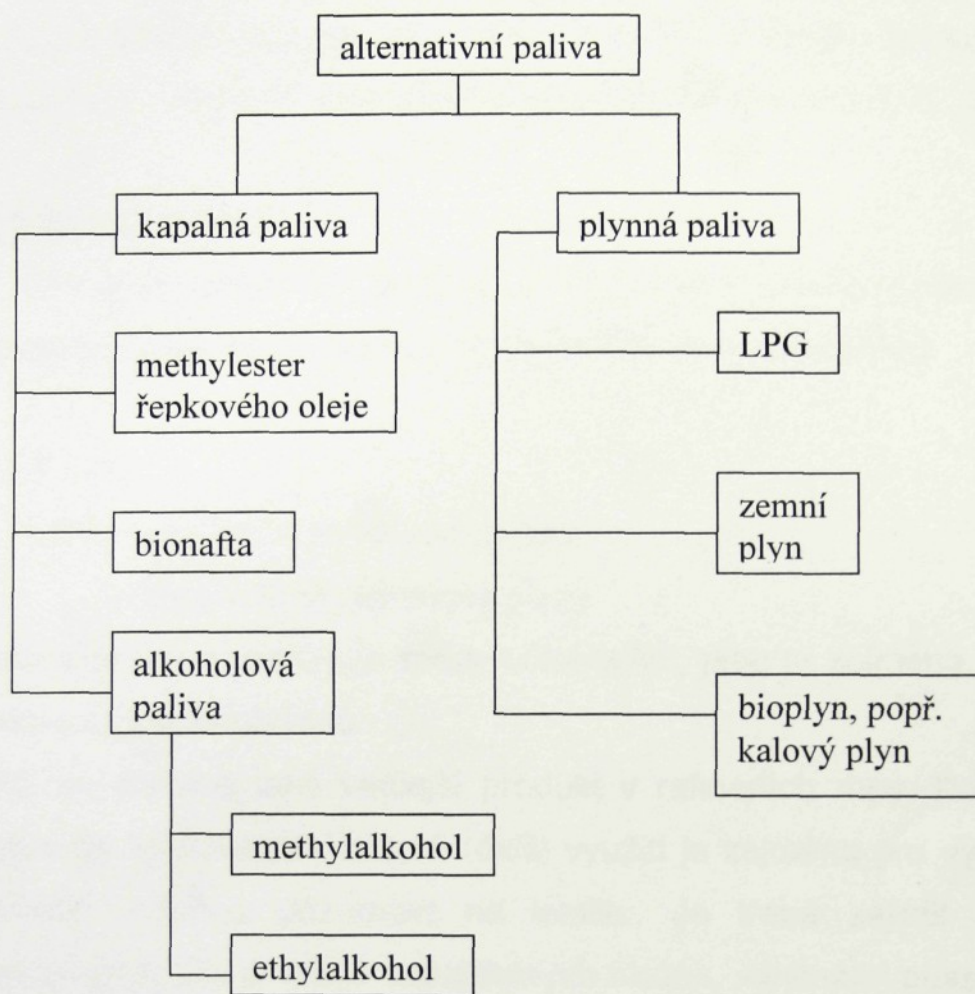
Práce zpracovává přehled alternativních motorových paliv používaných nebo připadajících výhledově v úvahu k použití v ČR, uvádí jejich základní vlastnosti a celkové porovnání. Jsou zde také uvedeny úpravy nutné pro provoz, změny základních provozních parametrů - výkonu, spotřeby paliva a výfukových emisí. Částí práce je studie zkoumající možnosti rozšíření alternativních paliv v ČR (zde konkrétně pro autobusovou dopravu na území Mladé Boleslavi).

Zde je třeba zmínit také hlavní důvody využívání alternativních paliv. V současnosti se pro pohon velké části dopravních prostředků, ale i techniky, používají motory spalující ropné produkty (benzín a naftu). Prvním důvodem je tedy vyčerpatelnost zásob ropy. Dalšími důvody jsou výrazné zvýšení hustoty provozu, ale zároveň s ním i snaha o snížení hodnot emisí škodlivin ve výfukových plynech. Nezanedbatelným důvodem je také potřeba snižování provozních nákladů dopravních prostředků a techniky (to však některá v práci uvedená paliva neumožňují).

Na druhou stranu disponujeme velkým množstvím odpadů, nadbytečnou zemědělskou plochou a některými, zatím nevyužitými, palivoenergetickými přírodními zdroji. A právě v těchto oblastech je třeba hledat zdroje alternativních paliv, která by v budoucnu měla nahradit klasická motorová paliva (popř. by měla sloužit k výraznému snížení jejich spotřeby).

Za odbornou pomoc, poskytnuté informace a jinou pomoc bych rád poděkoval doc. ing. Josefu Laurinovi, Csc., panu Kadavému z firmy Seco Trans a.s. a firmě NCT Computer Mladá Boleslav.

2.0 PŘEHLED ALTERNATIVNÍCH PALIV POUŽITELNÝCH V ČR



3.0 PARAMETRY, VYUŽITÍ, ZPŮSOB ZÍSKÁVÁNÍ JEDNOTLIVÝCH PALIV

V této kapitole jsou uvedeny základní vlastnosti jednotlivých paliv, způsoby jejich využití a získávání (viz. čl. 3.1 - 3.2.4). V závěru je uvedeno porovnání základních vlastností alternativních a klasických paliv (viz. čl. 3.3).

3.1 Plynná paliva

V následujících článcích 3.1.1 - 3.1.3 jsou uvedeny základní parametry, způsoby využití a získávání LPG, zemního plynu a bioplynu

3.1.1 LPG

LPG = Liquefield petroleum gases

= zkapalněné rafinérské plyny

Toto alternativní palivo je směsí uhlovodíků, jsou to zejména propan, butan a uhlovodíky vyšších řádů.

LPG se získává jako vedlejší produkt v rafineriích ropy. Při používání jako paliva do spalovacích motorů (další využití je zejména pro vytápění) je nutné zaměřit značnou pozornost na kvalitu. Je třeba zajistit minimální podíl neodpařitelných, či těžko odpařitelných složek, minimální obsah síry atd. LPG, určené jako palivo pro pohon automobilů, jsou specifikovány v normách. Např. pro ČR platí ČSN EN 589 (65 65 03), pro další země to jsou ISO 9162, ASTM D 1835. Základní vlastnosti LPG požadované některými těmito normami jsou uvedeny v následujících tabulkách 1 /16/ a 2 /16/.

Tab. 1. Jakostní ukazatele LPG podle EN 589-1993

Parametr	Hodnota
OČ MM	min. 89
obsah diemů (jako 1,3-butadien) [%mol]	max. 0,5
Sulfan	Nepřítomen
celková síra [mg/kg]	max. 200
koroze na mědi (1hod při 40°C)	max. 1
odparek [mg/kg]	max. 100
absolutní tlak par při 40°C [KPa]	max. 1.550
absolutní tlak par min. 250 KPa při teplotě [°C]	
- stupeň A	-10
- stupeň B	-5
- stupeň C	0
- stupeň D	10

Tab. 2. Specifikace LPG podle normy ISO 9162

Parametr	propan ISO-F-LP	buten ISO-F-LP
absolutní tlak par při 40°C [KPa]	max. 1.550	Max. 520
Uhlovodíky C ₄ [% mol.]	7,5	
Uhlovodíky C ₅ [% mol.]	0,2	2,5
obsah diemů [% mol.]	0,05	0,5
koroze na mědi	max. 1	max. 1
obsah síry [mg/kg]	50	50
Sulfan	nepřítomen	nepřítomen

Pro různé země jsou používány odlišné poměry hlavních složek LPG, propanu a butanu - např. v USA 90 % propanu

Japonsko 50 % i - butanu, 10 % butylenu, 14 % propylenu, 4 % propanu

V. Británie 90 % propanu, 10 % butanu, 10 % propylenu

Pro Českou republiku platí tyto poměry:

Pro LPG distribuované v době od 1. 6. do 30. 9.	0 - 100 % propanu
	100 - 0 % butanu
od 1. 10. do 30. 05.	68 - 100 % propanu
	32 - 0 % butanu

V současné době jezdí na našich silnicích asi 150 000 automobilů upravených pro používání LPG (zejména motory, které umožňují spalování LPG i benzínu). Bohužel však asi polovina úprav byla provedena neodborně (bez homologace). K tomuto poměrně značnému rozšíření přispěla jistě jak nízká cena LPG, tak i rozsáhlá síť čerpacích stanic.

Základní parametry propanu, butanu v porovnání s benzínem a naftou jsou uvedeny v následující tabulce 3 /16/.

Tab. 3. Porovnání propanu, butanu, benzínu a nafty

Palivo	výhřevnost [MJ/kg]	hustota [kg/m ³]	OČ (CČ)
Benzín	43,5	725 - 780	90 - 98
Nafta	42,4	820 - 860	(40 - 55)
Propan	46	2,060 (plyn)	112
Butan	45,5	2,060 (plyn)	104

3.1.2 Zemní plyn

Zemní plyn je směsí plynných uhlovodíků metanové řady s převahou metanu (89 - 99 %), dále obsahuje dusík (1 - 1,5 %) a CO₂ (1 %). Podle vzniku dělíme zemní plyn na naftový (podobný původ jako ropa) a karbonský (podobný původ jako uhlí), využívat je ho možné ve stavu stlačeném nebo zkapalněném (v ČR ne).

Spolu s LPG je stlačený zemní plyn (CNG = Compressed natural gas) nejvíce využívaným alternativním motorovým palivem. Kromě dopravy je možné zemní plyn využít k např. k vytápění, výrobě elektrické energie, ohřevu vody (podíl zemního plynu na primárních energetických zdrojích je 23 % a stále roste).

Pro představu jsou uvedeny zdroje zemního plynu v tabulce 4 /13/.

Tab. 4. Světové zásoby zemního plynu (stav k 1. 1. 1996)

	Zásoby [mld. m ³]	[%]
Arika	14 505	4
stř. a vých. Asie	47 477	12
již. Asie a Oceánie	11 990	3
vých. Evropa a sev. Asie	162 660	40
Střední východ	75 250	19
sev. Amerika	66 301	16
již. Amerika	13 602	3
záp. A stř. Evropa	12 520	3
svět celkem	4 041 375	100

Základní vlastnosti zemního plynu jsou uvedeny v následující tabulce 5 /21/.

Tab. 5. Základní vlastnosti zemního plynu

hustota [kg/m ³]	0,7
výhřevnost [MJ/kg]	50
OČ VM	120
OČ MM	104
teplota varu [°C]	-162
výparné teplo [°C]	510

V současné době je na celém světě v provozu více než 1 000 000 vozidel na zemní plyn (ve 47 zemích) - např. v Argentině 400 000 vozů, v Itálii 300 000 vozů, v Rusku 205 000 vozů, v USA 68 000 vozů, v Kanadě 36 000 vozů.

Počet plnicích stanic na stlačený zemní plyn je cca 3 000, z toho v Evropě je zhruba 900 stanic (500 000 vozidel). Kromě přestaveb dnes již mnoho výrobců sériově vyrábí automobily poháněné zemním plynem - pro osobní automobily to jsou např. BMW, Mercedes Benz, Honda, Volvo, Saab, Ford, Toyota, pro nákladní automobily IVECO, MAN, Volvo, Neoplan, Isuzu. Porovnání vozů spalujících benzín a zemní plyn je provedeno v čl. 4.5.2, tab. 15.

Značnou výhodou těchto vozů je velmi nízká úroveň emisí škodlivin, např. Honda představila vůz Civic GX, který při objemu 1,6 l a výkonu 81 KW dosahuje jen 1/10 emisního limitu ULEV (Ultre Low Emission Vehicle - nej přísnější emisní limit platný v Kalifornii) ve všech sledovaných hodnotách.

Stlačený zemní plyn je nutné rozdělit na dvě skupiny:

- a) uskladněný v tlakových zásobnících při přetlaku 2,2 - 5 MPa (bezkompresorové plnění). Používá se tam, kde nejsou kompresorové stanice. Výhodou jsou menší nároky na kvalitu tlakových nádob. Plnění vozidel probíhá přepouštěním z vytlačovacího potrubí. Použití je vhodné např. pro vozidla zajišťující údržbu a opravy dálkových plynovodů nebo pro místní sítě (akční radius vozidel je nevelký).
- b) Uskladněný v tlakových lahvích při přetlaku 20 - 25 MPa
Tento způsob je proti bezkompresorovému plnění mnohem více rozšířený. Nevýhodou je nutnost kompresorové stanice, vyšší kvalita tlakových lahví, snížení užitečné hmotnosti vozidel a snížení akčního radiusu.

3.1.3 Bioplyn

Bioplyn je odpadním plynem, který vzniká při zpracování tekutého hnoje (kejdy), slamnatého hnoje (chlévkové mrvy), zpracováním odpadů z městských kalů, popř. odpadů z potravinářského průmyslu. Kromě využití k pohonu motorových vozidel se uplatňuje např. pro vytápění domácností.

Pro výrobu z tekutého hnoje (kejdy) platí:

- hlavním produktem kejdy jsou velkokapacitní vepříny
- složení kejdy bývá obvykle 92 % vody, 8 % sušiny, v 8 % sušiny bývá až 80 % organických látek (celkový dusík 6 g/kg surové kejdy, celkový fosfor 2 g/kg surové kejdy)
- kejda se zpracovává anaerobním vyhníváním (bez přístupu okolního vzduchu), doplněným o zpracování tekuté fáze na primární produkty - vedlejším produktem je bioplyn, který je využíván pro další zpracování meziprojektu a pro jiné využití
- anaerobním vyhníváním vznikají 3/4 bioplynu (složení 65 % methanu, 34 % CO₂, 1 % dusíku, 1 % sirovodíku, vodní páry) a 1/4 vysokomolekulárních humusových látek
- tento plyn se poté čistí v pračkách, vlhkost se odstraňuje v sušičkách - takto upravený bioplyn obsahuje až 95 % methanu

Pro výrobu z chlévské mrvy platí:

- chlévská mrva je odpadním produktem hovězího dobytka (obsah sušiny je oproti kejdě vyšší - bývá okolo 25 %)
- úprava je podobná jako u kejdy, dochází tedy ke zpracování pomocí anaerobního vyhnívání

Stejně jako u zemního plynu je možné bioplyn používat ve dvou formách - stlačený (má v ČR reálné využití) a zkapalněný. Příklady složení bioplynu získaného z různých výchozích materiálů jsou uvedeny v následující tabulce 5 /16/.

Tab. 6. Složení bioplynu získaného z různých materiálních zdroj

Složka % obj.	tekutý hnůj hovězí dobytek	Tekutý hnůj prasata	čistírný odpadních vod
CH ₄	55 - 60	65 - 70	63 - 38
CO ₂	40 - 45	30 - 35	32 - 37
H ₂ S	max. 0,5	max. 1	max. 0,2
NH ₃	max. 10-3	max. 10-3	
H ₂ O	max. 5,5	max. 5,5	max. 5,5
H ₂	max. 1	max. 1	max. 0,2
N ₂	max. 2	max. 2	max. 0,2

3.2 Kapalná paliva

V následujících článcích 3.2.1 - 3.2.4 jsou uvedeny základní parametry, způsoby využití a získávání bionafty, methylesteru řepkového oleje, mehtylalkoholu a ethylalkoholu.

3.2.1 Bionafta

Bionaftu je třeba rozdělit na palivo tzv. první a druhé generace. O bionaftě první generace (což je čistý methylester řepkového oleje) pojednává článek 3.2.2 Kapalná paliva - methylester řepkového oleje.

Palivo tzv. druhé generace - vícekomponentní bionafta je ekologickým palivem pro vznětové motory na bázi methylesterů (nenasycených mastných kyselin rostlinného původu).

Vyrábí se esterifikací (mísením methanolu s hydroxidem sodným, poté s olejem lisovaným ze semen řepky olejné). Obsah methylesteru řepkového oleje bývá ve vícekomponentní bionaftě minimálně 30 %, zbytek tvoří látky minerálního (ropného) charakteru. Kritériem pro tuto směs je minimální biologická rozložitelnost 90 % za 21 dnů.

K dobrým vlastnostem vícekomponentní bionafty patří zlepšení hoření, snížení kouřivosti, množství částic síry, oxidu uhličitého, aromatických látek a uhlovodíků, vysoká mazací schopnost (snížené opotřebení motoru, prodloužení životnosti vstřikovacích jednotek při použití detergentních přísad, což je výhodné zejména pro rotační vstřikovací čerpadla).

K nevýhodám patří agresivita vůči pryži (u paliva druhé generace došlo k výraznému potlačení), z důvodů hydroskopie při delším odstavení hrozí korozivní působení vody atd. - o nevýhodách a z nich plynoucích nutných úpravách pojednává čl. 4.1 Provoz na bionaftu.

V současnosti je na území České republiky zhruba 90 stanic (např. okolí Liberce - Chrastava, Hodkovice nad Mohelkou). Tomuto rozšíření ještě napomáhá i příznivější cenová relace oproti klasické motorové naftě (DPH = 5 %).

K výrobcům, kterých je dnes v České republice 15, patří např. Milo Olomouc, SETA Holding Litvínov, Mydlovary u Českých Budějovic.

Při příklad jsou v tabulce 6 uvedeny základní parametry paliva SETA Diesel - vícekomponentní bionafty /16/.

Tab. 7. Palivo SETA Diesel - základní parametry

Barva	čirost	hustota při 20°C	hustota při 15°C	CČ	kinematická viskozita při 20°C
Žlutá	čirá	839,5 kg/m3	843 kg/m3	49	3,85

Kinematická viskozita při 40°C	Filtrovatelnost	bod tuhnutí	obsah síry	číslo kyselosti	obsah MEŘO
2,47	-23	-30	0,03%	0,036 mg KOH/kg	34%

obsah H ₂ O	obsah mechanických nečistot
<10 mg/kg	<10 mg/kg

V následující tabulce 8 jsou porovnány základní parametry vícekomponentní bionafty a klasické motorové nafty /2,16/.

Tab. 8. Porovnání vícekomponentní bionafty a klasické motorové nafty

Parametr	vícekomponentní bionafta	motorová nafta
hustota při 20°C [kg/m ³]	825 - 845	820 - 860
Kinetická viskozita 20°C [mm/s]	3 - 5	2 - 4,5
bod vzplanutí [°C]	min. 600	min. 55
obsah vody [% hm]	max. 0,02	max. 0,05
obsah síry [% hm]	max. 0,05	max. 0,02
Conradsonův karbonizační zbytek [% hm]	max. 0,05	max. 0,03
Popel [% hm]	max. 0,01	max. 0,01
Mechanické nečistoty	max. 24	24
Číslo kyselosti [mg KOH/g]	max. 0,2	
Výhřevnost [MJ/kg]	cca 40	41,8
bod tuhnutí [°C]	-13	(-4) - (-22)
CČ	min. 52	min. 46

3.2.2 Methylester řepkového oleje

Pokusy s využitím motorových paliv na rostlinném základu byly prováděny již od počátku 20. století.

Šlo zejména o využití rostlinných olejů - řepkového, popř. slunečnicového, olivového, palmového, arašídového, bavlníkového, lněného. Na problémy s těmito palivy poukazuje článek 4.3 Provoz na methylester řepkového oleje. Již

po prvních pokusech však bylo jasné, že pro vznětové motory s přímým vstřikem paliva (nejběžnější) nejsou řepkové, dále neupravované, oleje nejvhodnější. Další vhodnější cestou bylo využití methylesterů řepkového oleje (MEŘO).

Na rozdíly ve složení methylesteru řepkového oleje, řepkového oleje, řepkové slámy a klasické motorové nafty poukazuje tabulka 9 /2/.

Tab. 9. Porovnání methylesteru řepkového oleje, řepkového oleje, řepkové slámy a klasické motorové nafty

Veličina	motorová nafta	řepkový olej	MEŘO	řepková sláma (bezvodý vzorek)
uhlík [%hm]	86,5 - 87	77,7	76,5 - 77,5	45,23
Vodík [%hm]	13	11,6	12,1 - 12,3	5,56
síra [%hm]	<0,15	0,01 - 0,02	0,006 - 0,01	0,25
Kyslík [%hm]		10,6	10,4 - 11	42,86
Dusík [%hm]		0,086		0,61

3.2.3 Methylalkohol

Methylalkohol (methanol, dřevěný líh) je nejnižším členem řady jednomocných alifatických alkoholů. Hlavní zdroje pro výrobu jsou uhlí, biomasa a zemní plyn.

Základní vlastnosti methylalkoholu v porovnání s benzínem BA 95N jsou uvedeny v následující tabulce 10 /16/.

Tab. 10. Základní vlastnosti methylalkoholu a benzínu BA 95N

Parametr	methylalkohol	BA 95N
hustota při 20°C [kg/m ³]	791	725 - 780
OČ VM	105	min. 95
OČ MM	92	min. 85
bod varu [°C]	64,9	30 - 215
Výhřevnost [MJ/kg]	19,7	43,5

Kromě využití jako pohonné látky se methylalkohol uplatňuje k denuraci nezdaněného ethylakoholu, k rozpouštění tuků, olejů, pryskyřic a laků, nejvíce však pro výrobu formaldehydu.

Často se také používá k výrobě MTBE (methyl-terc. butylether), což je kyslíkatá sloučenina, která nahrazuje antidetonátory na bázi olovnatých sloučenin.

Největší zkušenosti s methylalkoholem (a jinými čistými alkoholy) jako palivem pro motorová vozidla má Jižní Amerika (zejména Brazílie), kde však jde spíše o důvody politické, než technické (nedostatek klasických paliv).

Výrazným nebezpečím methylalkoholu je jeho vysoká jedovatost, již vdechování, či pozření malého množství způsobuje oslepnutí (popř. smrt).

3.2.4 Ethylalkohol

Ethylalkohol (kvasný líh) se vyrábí ze zemědělských produktů - lihovým kvašením cukernatých surovin nebo hydratací ethylem. Jeho využití v oblasti motorismu je známé již od 30-tých let, kdy se přidávalo 20 % ethylalkoholu do benzínu (legislativní úprava z roku 1932 v ČSR). V současnosti se kromě pro výrobu paliva používá pro výrobu ethyl-terc. butyletheru (ETBE - přísada do benzínů, náhrada methyl-terc. butyletheru), jako surovina pro výrobu chloroformu, etheru, butadienu (pro výrobu syntetického kaučuku), uplatňuje se jako rozpouštědlo a dezinfekční činidlo. Vzhledem k tomu, že čistý ethylalkohol podléhá zdanění, využívá se pro technické účely denaturovaný ethanol, který nelze použít pro použití v potravinářství (denaturační přísady methanol, ester, pyridin, benzín, benzen).

Základní parametry methylalkoholu v porovnání s benzínem (OČ VM 96) a motorovou naftou jsou uvedeny v následující tabulce 11 /12/.

Tab. 11. Porovnání ethylalkoholu, benzínu a motorové nafty

parametr	nafta	benzín (OČ VM96)	ethylalkohol
hustota [kg/m ³]	825	750	794
výhřevnost [MJ/kg]	42,4	43,5	26,7
výhřevnost [MJ/l]	35	32,6	21,2
hmotnostní podíl O ₂ [%]		max. 2,7	34,7
OČ VM		96	122
CČ	45	11	8

3.3 Porovnání základních vlastností paliv

V následující tabulce 12 je uvedeno porovnání základních vlastností benzínu BA 95N, motorové nafty, methylesteru řepkového oleje (MEŘO), zemního plynu, LPG, methylalkoholu, ethylalkoholu, bioplynu a bionafty. Údaje jsou převzaté z různých zdrojů, je uveden průměr, či rozmezí hodnot /1 až 22/.

Tab. 12. Celkové porovnání základních vlastností

	Hustota při 20°C [kg/m ³]	výhřevnost [MJ/kg]	OČ VM	OČ MM	CČ
nafta	820 - 860	41,8 - 42,4			40 - 55
benzín BA 95N	725 - 780	43,5	95	85	11
MEŘO	855 - 890	37,1 - 40,7			48
Zemní plyn	0,73	50	140	128	
LPG 50%/50%	540 (kap.)	45,8	108	89	
Methylalkohol	791	19,7	105	92	5
Ethylalkohol	789 - 794	26,7	106 - 122	89	8
Bioplyn	0,96	42,8			
Bionafta	825 - 875	40			52

	Možný kompresní poměr	teplota zapálení [°C]	Lt [kg/kg]	interval zápalnosti
nafta	14 - 22	300 - 350	14,5	0,5 - 1,35
benzín BA 95N	5 - 9,5	480 - 450	14,7	0,4 - 1,4
MEŘO	20			
zemní plyn	11 - 17	680 - 750	17,1	0,7 - 2,2
LPG 50%/50%	7,5 - 11,5	490 - 565	15,5	0,4 - 1,7
methylalkohol	15,6	450	6,5	0,3 - 2
ethylalkohol	15,6		9	0,3 - 2,1
bioplyn	16/8,5	700		0,7 - 1,9
bionafta	14 - 22			0,7 - 1,9

Lt - teoretické množství vzduchu pro spalování stechiometrické směsi

Bioplyn - 16/8,5 = vznětový/zážehový motor

4.1 Výpočet množství

V tomto případě jde o předání z jednoho zařízení na druhé. Vzhledem k tomu, že se jedná o spalování, je třeba vzít v úvahu i teplotu vzduchu, který vstupuje do motoru.

Pro výpočet množství vzduchu je třeba znát teplotu vzduchu před vstupem do motoru a teplotu vzduchu po výstupu z motoru. Teplota vzduchu před vstupem do motoru je obvykle 20 °C, teplota vzduchu po výstupu z motoru je obvykle 150 °C.

Vzhledem k tomu, že se jedná o spalování, je třeba vzít v úvahu i teplotu vzduchu, který vstupuje do motoru. Teplota vzduchu před vstupem do motoru je obvykle 20 °C, teplota vzduchu po výstupu z motoru je obvykle 150 °C.

Vzhledem k tomu, že se jedná o spalování, je třeba vzít v úvahu i teplotu vzduchu, který vstupuje do motoru. Teplota vzduchu před vstupem do motoru je obvykle 20 °C, teplota vzduchu po výstupu z motoru je obvykle 150 °C.

Vzhledem k tomu, že se jedná o spalování, je třeba vzít v úvahu i teplotu vzduchu, který vstupuje do motoru. Teplota vzduchu před vstupem do motoru je obvykle 20 °C, teplota vzduchu po výstupu z motoru je obvykle 150 °C.

Vzhledem k tomu, že se jedná o spalování, je třeba vzít v úvahu i teplotu vzduchu, který vstupuje do motoru. Teplota vzduchu před vstupem do motoru je obvykle 20 °C, teplota vzduchu po výstupu z motoru je obvykle 150 °C.

Vzhledem k tomu, že se jedná o spalování, je třeba vzít v úvahu i teplotu vzduchu, který vstupuje do motoru. Teplota vzduchu před vstupem do motoru je obvykle 20 °C, teplota vzduchu po výstupu z motoru je obvykle 150 °C.

4.0 ÚPRAVY MOTORŮ PŘI PŘECHODU NA ALTERNATIVNÍ PALIVA

V následujících článcích 4.1 až 4.7 jsou uvedeny nutné úpravy motorů při přechodu na alternativní paliva.

4.1 Provoz na bionaftu

V tomto případě jde o přechod z původně vznětového naftového motoru na motor vznětový, který používá místo motorové nafty alternativní palivo nazvané bionafta.

Již před rokem 1990 se v čerpací síti ČR objevovalo palivo pod názvem bionafta. Šlo však o palivo tzv. první generace, což znamená, že se jednalo o čistý methylester řepkového oleje. O nutných úpravách při přechodu na toto palivo se zmiňuje článek 4.3.

V současné době je na čerpacích stanicích k dostání také palivo pod názvem bionafta. V tomto případě jde již o palivo tzv. druhé generace - vícekomponentní bionaftu (viz článek 3.2.1 Kapalná paliva - bionafta).

Při přechodu na toto palivo je nutné vyřešit několik problémů. Vzhledem k tomu, že methylestery mastných kyselin působí nepříznivě na některé části (plastové díly, které jsou ve styku s palivem, hadice, materiály těsnění), pokládají někteří světoví výrobci za nutné použít přestavbové sady součástí. Jsou to sady, ve kterých je klasické pryžové potrubí nahrazené potrubím z fluorkaučuku (popř. nitrilkaučuku), plastové díly jsou nahrazeny obvykle kovovými přestavbovými součástkami. Tyto nahrazené součástky však optimálně nevyhovují pro použití původního paliva (motorové nafty). Další podmínkou pro použití bionafty je u většiny výrobců zkrácení intervalu výměny motorového oleje (až na 50 % původního intervalu).

Z dalších úprav je doporučována, vzhledem k velmi brzkému bodu zkalení bionafty (cca. $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$), montáž palivových čističů s vyhříváním. Pro palivové čističe (jejich vložky) se též udává, že je nutná výměna po 1000 - 2000 km. To je způsobeno detergentními přísadami, které rozpouštějí úsady v palivovém systému (z doby používání klasické motorové nafty). Bez použití

detergentních přísad dochází k mnohem větší tvorbě úsad než u klasické motorové nafty (jde zejména o zanášení vstřikovačů).

Při používání tohoto paliva je také nutné dát pozor na poškození lakovaných částí vozidla. Methylester je totiž může svým působením narušit. Odolné proti tomuto poškození (po potřísnění palivem např. při čerpání) jsou pouze některé dvousložkové akrylové laky.

4.2 Provoz na ethylalkohol

Ethylalkoholové palivo je možno po nutných úpravách motorů spalovat v motorech používajících jako původní palivo benzín i naftu. O úpravách těchto motorů se zmiňují články 4.2.1 Přechod z nafty na ethylalkohol a

4.2.2 Přechod z benzínu na ethylalkohol.

4.2.1 Přechod z nafty na ethylalkohol

Při úpravách motoru používajícího jako palivo motorovou naftu na motor používající jako palivo ethylalkohol je nutné vzít v úvahu několik základních vzájemných odlišností těchto paliv. Jde zejména o nízkou výhřevnost ethylalkoholového paliva oproti motorové naftě, o velmi špatné mazací schopnosti a o nízkou hodnotu cetanového čísla (udává vznětlivost daného paliva). Některé tyto vlastnosti – velmi špatnou mazací schopnost a špatnou vznětlivost – lze upravit pomocí přísad. Přísady bývají obvykle na bázi organických dusičnanů a dusitanů, např. cyklohexylnitratů, izopropylnitratů, oktylnitratů, izopentilnitratů. Příkladem je přísada s obchodním označením AVOCET (složení – 80 % estery dusíku, 18,4 % methylalkohol, 1,5 % příměsí zvyšujících mazací schopnosti, 0,1 % příměsí zvyšujících antikorozi schopnosti), které se do alkoholových paliv přidává cca. 4 – 6 %.

Vlastní úpravy těchto motorů vycházejí ze dvou možností použití ethylalkoholu – jde o částečné nahrazení nafty neupraveným ethylalkoholem nebo úplnou náhradu nafty ethylalkoholovým palivem:

a) Částečná náhrada motorové nafty neupraveným ethylalkoholem – v tomto případě jde používat současně obě paliva – motorovou naftu i ethylalkohol

(bez přísad, které by zvyšovaly nízké cetanové číslo). Při těchto úpravách bývá používáno nasávání směsi ethylalkoholu (vstřikovaného do síní motoru) a vzduchu + vstřikování motorové nafty, nebo jde o systémy používající dvě vstřikovací čerpadla (jedno pro ethylalkohol a druhé pro motorovou naftu). Tyto úpravy však nebývají v praxi využívány, neboť proti nim hovoří jejich vysoká technická náročnost a nákladnost (rozsáhlé úpravy palivového systému původního naftového motoru).

b) Úplná náhrada motorové nafty ethylalkoholovým palivem - vzhledem k možným úpravám ethylalkoholu pomocí přísad (viz. výše) nejsou rozdíly mezi vlastním motorem při přechodu na toto palivo nijak výrazné. Většinou vyplývají z rozdílu výhřevnosti motorové nafty a ethylalkoholového paliva. Je nutné upravit palivový vstřikovací systém – měl by být schopen dodat objemovou dávku vyšší o cca. 70 %, dále je též nutné nastavit jiný počátek vstřiku ethylalkoholového paliva než byl u původního naftového motoru. Dále by měl být motor vzhledem ke zvýšené produkci CO a CH (u CO jde o navýšení o 50 % oproti původnímu motoru a u CH o zvýšení obsahu až o 110 %) vybaven oxidačním katalyzátorem. Pokud by byl požadován stejný dojezd vozidla jako u původního paliva, je nutné též zvětšit objem palivových nádrží na 1,7 násobek původního objemu.

4.2.2 Přechod z benzínu na ethylalkohol

Při této náhradě je nutné si nejprve uvědomit základní odlišnosti původního paliva (benzínu) a ethylalkoholu – jde nejvíce o nízkou výhřevnost, vysokou odolnost proti detonacím a vysoké skupenské výparné teplo ethylalkoholu. Způsoby, kterými můžeme použít ethylalkohol v původně benzínových motorech, jsou – úplná náhrada benzínu ethylalkoholem, použití přísady ETBE do benzínů, menší procento ethylalkoholu přidané do benzínu, téměř úplná náhrada benzínu ethylalkoholem (použití směsi E 85).

- a) náhrada benzínu ethylalkoholem – vzhledem k vyšší měrné spotřebě ethylalkoholu oproti benzínu (z důvodu nižší výhřevnosti ethylalkoholu) je nutné upravit palivové příslušenství (karburátor, vstřikovací zařízení) na použití větších (cca. o 60 %) hmotnostních průtoků paliva. Díky vysoké antidetonační odolnosti (oktanové číslo zjištěné výzkumnou metodou 122) lze upravit kompresní poměr (až 15:1) – tato úprava se provádí pomocí pístů se spalovacím prostorem. Vysoké skupenské výparné teplo sice umožní zvýšení výkonu (výraznější ochlazení směsi ve válci – vyšší naplnění), ale též způsobuje problémy při spouštění z nízkých teplot – tomu lze pomoci použitím pomocného zařízení pro spouštění. Pokud je nutné zachovat stejný akční rádius vozidla, je nutné upravit palivové nádrže (zvětšení o cca. 60 % oproti původnímu objemu).
- b) použití přísady ETBE vyrobené z ethylalkoholu do benzínu - v současné době je dán velký význam na snižování obsahu škodlivin ve výfukových plynech. Jednou z cest, jak lze obsah škodlivin snížit je používání antidetonační a kyslíkaté přísady ETBE na bázi ethylalkoholu, která se přidává do benzínu. Používání této přísadové složky však ještě není příliš rozšířeno. V současnosti se spíše než ETBE (ethyl - terc. butylether) používají jiné přísady, které snižují nepříznivé vlivy spalování benzínu na životní prostředí. Jsou to např. MTBE (methyl - terc. butylether), TAME (methyl - terc. amylether), ethylalkohol, popř. nově také DIPE (diisopropylether) - provozní (výkonové) parametry by se při použití rozličných přísad neměly výrazněji změnit. Základní vlastnosti některých těchto přísad jsou uvedeny v následující tabulce 13 /12,16/.

Tab. 13. Základní vlastnosti antidetonačních a kyslíkatých přísad

Parametr	Jednotka	MTBE	ETBE	TAME	Ethylalkohol
hustota při 20°C	kg/m ³	745	751	770	794
OČ VM	-	118	118	111	122
OČ MM	-	100	102	98	106
obsah kyslíku	% hm.	18,2	15,7	15,7	34,7
výhřevnost	MJ/kg	35,1	35,7	36,5	26,7
max. obsah v bezolovnatém benzínu podle EN 228	-	15,	17,2	16,7	-

c) menší procento ethylalkoholu přidané do benzínu - zde jde o ethylalkohol přidaný do benzínu jako kyslíkaté a antidetonační přísada (viz. minulý článek). Při vyšším obsahu vody v ethylalkoholu může docházet k rozvrstvení paliva (benzín - ethylalkohol). To je dáno citlivostí ethylalkoholu na vodu a také relativně vysokým tlakem par nasycených ethylalkoholem. Při použití ETBE, či MTBE (viz. minulý článek) problémy s rozvrstvením paliva nebývají. Základní vlastnosti ethylalkoholu jako přísady jsou uvedeny v tabulce 13. Základní vlastnosti antidetonačních a kyslíkatých přísad.

d) téměř úplná náhrada benzínu ethylalkoholem (použití směsi E85) - směs nazývaná E85 (podle složení - 85 % ethylalkoholu, 15 % uhlovodíků) se svého nepříliš velkého rozšíření dočkala v USA (u cca. 70 čerpacích stanic). Pro použití tohoto paliva (s OČ VM 110) je nutné provést podobné úpravy jako při náhradě benzínu ethylalkoholem. Jsou to zejména úprava kompresního poměru motoru (zvýšení), úprava palivového příslušenství. Díky obsahu uhlovodíků se velmi usnadňuje spouštění motoru. Zřejmě největší výhodou tohoto paliva je snížení emisí výfukových škodlivin - CO o 20 %, CH o 20 % a NO_x o 25 %.

4.3 Provoz na methylester řepkového oleje

Již dlouhou dobu byly zvažovány možnosti používání rostlinných olejů (kromě řepkového i slunečnicového, arašídového atd.) jako paliva pro

vznětové motory. Jejich používání v motorech s přímým vstřikem paliva však nebylo možné (docházelo k velkým úsadám karbonu a k potížím při spouštění - z důvodů vysoké viskozity těchto olejů při nízkých teplotách). Jejich využití bylo možné jen u vznětových komůrkových motorů (např. DEUTZ, MWM) nebo u speciálních vznětových motorů s tzv. duotermálním spalováním (ELSBETT). U duotermálních motorů je však přestavba velmi náročná, proto se upřednostňují motory komůrkové. Jejich úpravy bývají - změna hlav válců, pístů (odlišný spalovací prostor), palivové soustavy.

Pro motory s přímým vstřikem paliva je vhodným palivem methylester řepkového oleje (vyrobený esterifikací řepkového oleje), popř. ethylester nasycených mastných kyselin řepkového oleje. Methylestery řepkového oleje mají nižší viskozitu než řepkový olej, proto jsou jako palivo vhodnější než oleje (lepší průběh přípravy paliva i jeho spalování).

Nevýhodou methylesterů je jejich nízká výhřevnost (35,7 MJ/kg oproti 42,5 MJ/kg u klasické motorové nafty) a z toho plynoucí nižší výkon a vyšší spotřeba paliva. Mezi úpravy nutné pro přechod motoru na methylester řepkového oleje patří výměna součástí (hadic a těsnění) z klasické pryže a styrenbutadienu za součásti, které jsou vyrobené z nitril- nebo fluorkaučuku (k nim jsou estery netečné). Také je nutná výměna olejové náplně již po 50 % životnosti (z důvodů želatinizace oleje) nebo je třeba používat speciální oleje, které methylester řepkového oleje nezneškodňují).

Mezi další úpravy patří také seřízení vstřikovacího čerpadla (není nezbytně nutné). To je z důvodů rozdílné hustoty obou paliv (je dodáváno cca. o 6-10 % více methylesterů, takže skutečné snížení výkonu motoru, ani zvýšení měrné spotřeby paliva nepřesahuje 8 %). Velkou nevýhodou tohoto paliva však je, že ani při optimálním seřízení motoru nevyhovují emise oxidů dusíku předpisům EURO 3. Účelnější by tedy nejspíše bylo provozovat motor na směs paliva nafta - MEŘO. Základní údaje o methylesteru řepkového oleje, řepkovém oleji a jejich porovnání s motorovou naftou jsou uvedeny v následující tabulce 14 /2/.

Tab. 14. Porovnání základních vlastností MEŘO,
řepkového oleje a motorové nafty

Parametr	jednotka	motorová nafta	řepkový olej	MEŘO
Hustota	kg/m ³	820 - 860	910 - 940	870 - 880
viskozita při 20°C	mm/s	2,5 - 6	65 - 100	6,3 - 8,1
Výhřevnost	MJ/kg	42,5	37,4	37,5
bod tuhnutí	°C	(-4) - (-22)	0 - (-18)	-7
bod vzplanutí	°C	55	320	100
CČ SV		45	35 - 50	53 - 55

4.4 Provoz na LPG

Dalším z možných použitelných alternativních paliv jsou LPG (tekuté rafinérské plyny). Úpravy nutné pro přechod na toto palivo je třeba rozdělit na úpravy pohonných jednotek, které původně pracovaly v zážehovém cyklu (viz. článek 4.4.1) a ve vznětovém pracovním cyklu (viz. článek 4.4.2).

4.4.1 Přechod z benzínu na LPG

Mezi naprosto nejrozšířenější a poměrně jednoduché úpravy patří úpravy, které umožňují spalování LPG i benzínu. Tyto motory musí být vybaveny plynovým palivovým příslušenstvím. Mezi toto příslušenství patří např. regulátor tlaku plynu, odpařovač, směšovač v sání motoru, pojistné ventily. Nutné je též vybavit vozidlo tlakovými nádobami (palivové nádrže). Velkou výhodou těchto motorů je tišší chod, nízké provozní náklady a zejména nízké emise škodlivin (hlavně při použití katalyzátoru). Nevýhodou je relativně vysoká pořizovací cena přestavby a vyšší pohotovostní hmotnost.

4.4.2 Přechod z nafty na LPG

Při přechodu ze vznětového motoru na motor poháněný LPG jsou úpravy mnohem náročnější a nákladnější než při přechodu ze zážehového. Kromě plyného palivového příslušenství (regulátor tlaku plynu, odpařovač,

směšovač atd. - viz přechod ze zážehového, článek 4.4.1) je nutné snížit kompresní poměr motoru úpravou pístů (což snižuje účinnost motoru, to je kompenzováno vyšší výhřevností plyných paliv při vyšších otáčkách, při vyšším zatížení je měrná spotřeba paliva srovnatelná s naftovým motorem, při nižších otáčkách měrná spotřeba stoupá). Dále motor musí mít elektrickou zapalovací soustavu, vyžadující umístění zapalovacích svíček do hlav válců. Tyto motory mohou pracovat s částečnou náhradou nafty LPG, popř. jde o zapalovací vstřík nafty. Velkou výhodou je snížení emisí škodlivin (zejména při použití katalyzátoru) a hlučnosti, nevýhodami vyšší hmotnost motoru, vysoká nákladnost.

4.5 Provoz na zemní plyn

Při přechodu na stlačený zemní plyn je nutné rozdělit úpravy dle pracovního cyklu původního motoru. Jde o rozdělení na přechod z nafty na zemní plyn (viz. článek 4.5.1) a z benzínu na zemní plyn (viz. článek 4.5.2). O dalších možnostech využití zemního plynu je pojednáno v článku 4.5.3.

4.5.1 Přechod z nafty na zemní plyn

Přechod ze vznětového naftového motoru na motor poháněný stlačeným zemním plynem je nákladný a velmi technologicky náročný. Nejvýznamnějšími konstrukčními změnami jsou - úprava (snížení) kompresního poměru motoru pomocí pístů s upraveným spalovacím prostorem, úprava hlavy válců - osazené zapalovacími svíčkami (např. do otvorů pro vstřikovače), umístěním směšovače se škrtkou. Je nutné doplnit motor plynovým palivovým příslušenstvím (regulátor tlaku plynu, pojišťovací ventily, filtry) a elektrickou zapalovací soustavou. Na vozidlo je též třeba instalovat tlakové nádoby na palivo. Velkou výhodou těchto motorů jsou nízké emise škodlivin (zejména při použití katalyzátoru), nižší hlučnost než u původních motorů. Hlavní nevýhodou je již dříve uváděná vysoká nákladnost a náročnost.

4.5.2 Přechod z benzínu na zemní plyn

Zřejmě nejvýhodnější možností, zejména vzhledem ke řídké síti čerpacích stanic se stlačeným zemním plynem, je využití systému duálního pohonu (benzín - stlačený zemní plyn). Při úpravách na tento systém je nutné zážehový benzínový motor doplnit plynovým palivovým příslušenstvím, tzn. obvykle regulátorem tlaku plynu, směšovačem, pojistnými ventily, filtry. Dále je nutné vozidlo doplnit o palivové nádrže na zemní plyn (tlakové nádoby). Pro tuto přestavbu mluví nízké emise škodlivin, nevýhodami jsou vysoká hmotnost palivových lahví (lze snížit při použití kompozitních materiálů) a velmi nízké rozšíření čerpacích stanic. Pro představu jsou v následující tabulce 15 /16/ uvedeny základní technické parametry vozů BMW, které sériově vyrábí přímo tato bavorská společnost.

Tab. 15. Porovnání technických parametrů motorů spalujících benzín a zemní plyn

Model	BMW 316g		BMW 518g	
zdvihový objem	1,596		1,795	
počet válců /ventilů	4/8		4/8	
Palivo	Benzín	plyn	benzín	plyn
Nejvyšší výkon (kw/k)	75/102	64/87	85/115	74/101
Nejvyšší rychlost (km/h)	188	178	192	180
Zrychlení 0-100 km/h (s)	12,3	15,3	14	17,5
Spotřeba benzínu (l/100km)	7,5		8,2	
Spotřeba plynu (kg/100km)		4,9		5,3

4.5.3 Další možnosti

K dalším možnostem využití zemního plynu patří např. přestavba motoru ze vznětového na zážehový s možností pracovat v dieslově cyklu (motor dostane elektrickou zapalovací soustavu, zapalovací svíčku, pracuje s kompresním poměrem okolo 15,5 - vhodné pro plyn). Dále je možné použít dvojpalivový systém, kde se zážeh provádí naftou, pak se dodávají obě

paliva, popř. systém se zapalovacím vstřikem nafty. Neposlední možností je využití zkapalnělého zemního plynu (zde je nutná kryogenní nádrž. Tyto úpravy se však zejména pro svou finanční a technologickou náročnost v ČR nepoužívají.

4.6 Provoz na methylalkohol

Při přechodu na methylalkohol se používá upravený vznětový naftový motor. Úpravy vychází z rozdílů vlastností klasické motorové nafty a methylalkoholu. Rozdíly jsou např. ve výhřevnosti, mazacích schopnostech, vznětlivosti. Vzhledem k nízké výhřevnosti oproti klasickým palivům je nutné upravit vstřikovací trysky u vstřikovacího čerpadla, mazací vlastnosti upravíme pomocí přísad (až na hodnotu CČ 50). Dále je třeba vzhledem k agresivitě methylalkoholu vyměnit některé součásti motoru z pryže, plastů, hliníku a jeho slitin (např. těsnění, hadice).

Dále se methylalkohol velmi často využívá pro výrobu MTBE (methyl - terc. buthyletheru), sloužícího jako kyslíkatá a antidetonační přísada do paliv. Největším nebezpečím methylalkoholu je, že působí na lidský organismus jako prudký jed.

4.7 Provoz na bioplyn

Tyto úpravy je třeba rozdělit dle toho, zda motor pracoval v původně vznětovém cyklu (článek 4.7.1) nebo v zážehovém cyklu (článek 4.7.2).

4.7.1 Přechod z nafty na bioplyn

Při přechodu ze vznětového naftového motoru na motor poháněný stlačeným bioplynem se postupuje podobně jako u zemního plynu. Jde tedy zejména o úpravy kompresního poměru, dovybavení motoru kompletní elektrickou zapalovací soustavou, směšovacím zařízením - vznětový motor se změní na plynový zážehový. Dále může být použit provoz dvojpalivový, popř. zapalovací vstřík nafty. Nutné je doplnit vozy palivovými nádržemi na bioplyn.

Výhody a nevýhody těchto přestaveb jsou stejné jako u přestaveb na zemní plyn - nižší hlučnost, snížení emisí, vyšší cena a hmotnost.

4.7.2 Přejít z benzínu na bioplyn

I zde je postup podobný jako u zemního plynu. V případě možného použití obou paliv jde o doplnění motoru kompletním směšovací zařízením včetně regulátoru tlaku plynu. V případě přechodu na pouze plynový pohon je možné ještě zvýšit kompresní poměr motoru (úpravou /výměnou/ pístů). V obou případech je třeba vozidlo dovybavit palivovými nádržemi. Výhodou je snížení produkce škodlivých emisí, nevýhodou zejména zvýšení hmotnosti.

4.8 Porovnání vlastností motorů při přechodu na alternativní paliva

V dalších částech je zmíněno porovnání emisí motorů na alternativní paliva a emisím motorů na klasická paliva, včetně způsobů měření emisí škodlivin, porovnání změny výkonů a spotřeb.

4.8.1 Porovnání škodlivých emisí ve výfukových plynech

V této části jsou uvedeny způsoby měření emisí (viz. čl. 4.8.1.1) a porovnávací tabulky emisí původních motorů a motorů po přechodu na alternativní paliva (viz. čl. 4.8.1.2)

4.8.1.1 Způsoby měření emisí

Při měření emisí škodlivin je nutné rozdělit automobily na dvě skupiny - osobní a užitkové, neboť měření každé této skupiny má své specifické postupy.

Pro měření na osobních vozidlech se používá vždy celé vozidlo (vliv na celkovou úroveň emisí má i převodové ústrojí, hmotnost vozu atd.). Provádí se zkušební test (na válcovém dynamometru), při kterém vozidlo absolvuje tzv. jízdní cyklus. První zkušební testy byly zavedeny v Kalifornii (v roce 1966) - bylo prováděno 7 opakování cyklu, spaliny (jejich vzorek) byly vedeny přímo k analyzátoru. Další zavedenou metodikou byla CVS - lepší reakce analyzátorů

na změny koncentrace (výsledná hodnota se stanovila integrací průběhu koncentrací z grafického zapisovače napojeného na výstup analyzátoru). Poté nastoupila metodika CVS s odběrem vzorku do sběrného vaku (analýza po ukončení jízdních cyklů). U této metodiky byl v USA zaveden jízdní cyklus FTP 75 (Federal Test Procedure).

Pro Evropu byl tento cyklus upraven v roce 1971 předpisem EHK R 15 - test probíhal ve 4 cyklech, cyklus měl délku 1,013 km, průměrnou rychlost 18,7 km/h, volnoběh ve 31 % času, start při 20 - 30°C. Spaliny se shromažďovaly ve sběrném vaku, ze kterého se po skončení cyklů odebral vzorek. Zjišťovány byly hodnoty CO a HC. V nerevidovaném vydání předpisu (R 15.00) byla navíc limitována maximální koncentrace CO při volnoběhu ($C_{CO, voln.} < 4,5\%$) a únik uhlovodíků odvětráváním klikové skříně. Postupně bylo dále zavedeno měření koncentrace HC pomocí FIDu, hodnocení NO_x (přístroj CLA) a metodika CBS (ve sběrném vaku pouze část zředěných spalin). Vývoj postupoval až k EHK R 15.04, kde bylo provedeno rozšíření o mimoměstský jízdní cyklus EUDC (Extra Urban Driving Cycle - celková délka 11 km, prům. rychlost 32,5 km/h, platnost od 1993). V současnosti platí EHK R 83, který má 3 typy hodnocení:

Typ A - vozidla se zážehovým motorem + žádná dodatečná úprava spalin
(jako R 15.04)

Typ B - zážehové motory s katalytickým reaktorem

Typ C - vznětové motory

Nově se též mění emise uhlovodíků odparem ze stojícího vozidla (SHED - test).

Limity platné pro vozidla kategorií M1 a N1 (osobní a lehká užitková) od roku 1996:

Tab.16.

	CO [g/km]	NO _x + HC [g/km]
R 83.03 A	2,72	0,97
B	2,2	0,5
C	1	0,7

Odlišné je měření emisí vznětových motorů pro užitková vozidla. Pro provádění zkoušky se používá samotný motor, který je připojen k dynamometru (brzdové stanoviště).

Pro emise viditelného kouře se používá předpis EHK 24 (vztahuje se i na motory hodnocené podle EHK R 83C). měří se zde opacita (schopnost pohlcovat záření) spalin v určitých otáčkových režimech (pokrytí celé vnější otáčkové charakteristiky motoru) - provádí se v ustálených režimech.

Druhou částí předpisu je měření opacity spalin při volné akceleraci (zde motor akceleruje z volnoběhu na maximální přeběhové otáčky se připojení k dynamometru). Maximální hodnota opacity se používá jako dokumentační hodnota po provozní kontrolu emisí sazí.

V USA byl dříve zaveden předpis požadující měření emisí v různých ustálených režimech (výsledkem byl vážený průměr). Od roku 1987 bylo po modifikacích (limity emisí částic) zavedeno měření na brzdovém stanovišti v nestacionárních režimech simulujících typický jízdní cyklus.

Pro Evropu platí hodnocení dle předpisu EHK R 49 (pro vznětové motory automobilů kategorií M2, M3, N2, N3 - nákladní automobily a autobusy).

Zkouška se provádí ve 13 ustálených režimech. Režimy jdou bezprostředně po sobě (dáno 6 minut na každý režim). V každém režimu se po krátkém ustálení zjistí hodnoty energetických parametrů motoru, koncentrace škodlivin v neředěných spalinách a spotřeba vzduchu (z ní plyne průtok spalin). Součástí posouzení je také kontrola zástavby motoru do vozidla z hlediska dodržení podmínek ovlivňujících vlastnosti motoru, které výrobce deklaroval v přihlášce k homologační zkoušce a které byly při vlastním měření udržovány.

Tab.17. Vývoj limitovaných hodnot škodlivin

Předpis	CO [g/kWh]	CH [g/kWh]	NO _x [g/kWh]	částice
EHK R49	14	3,5	18	
EHK R49.01	11,2	2,4	14,4	
EHK R 49.02a (EURO 1)	4,5	1,1	8	0,36/0,63
EHK R 49.02b (EURO 2)	4	1,1	7	0,15
OICA (EURO 3)	2,5	0,7	5	0,1

Pro částice (EURO 1) platí hodnoty 0,36 pro motory s maximálním výkonem větším než 85 kW, hodnoty 0,63 pro motory s výkonem menším nebo rovným 85 kW.

4.8.1.2 Porovnávací tabulky emisí

Pro porovnání emisí škodlivin ve výfukových plynech byl v tomto případě použit jako původní motor přeplňovaný naftový čtyřdobý řadový šestiválec s hodnotami vrtání válců 130 mm, zdvih pístů 150 mm, který byl doplněn oxidačním katalyzátorem /17,22/.

Tab.18. Porovnávání emisí škodlivin

Palivo	pracovní oběh	CO [%]	CH [%]	NO _x [%]	částice [%]
Nafta	VZ	100	100	100	100
LPG	Z	30	50	55	30
zemní plyn	Z	25	20/150	60	27
MEŘO	VZ	80	80	110	40
Methylalkohol	VZ	150	200	80	30
Ethylalkohol	VZ	170	230	80	33
Seta diesel	VZ	82	68	100	77
bionafta 2	VZ	86	94	105	69
EHK R 49.02		700	260	102	102

Pro nespálené uhlovodíky u zemního plynu platí: 20 % bez methanu, 150 % včetně methanu, bionaftou 2 se rozumí bionafta druhé generace.

Pro měření emisí škodlivin ve výfukových plynech byl použit původní motor benzínový, karburátorový /1 až 22/.

Tab.19. Porovnávání emisí škodlivin

Palivo	pracovní oběh	CO [%]	CH [%]	NO _x [%]
Benzín	Z	100	100	100
zemní plyn	Z	20	45	60
LPG	Z	30	75	80
Bioplyn	Z	20	45	60

4.8.2 Porovnání výkonů

Při porovnání změny výkonů bylo provedeno rozdělení na původně vznětové a původně zážehové motory.

Pro původně vznětové naftové motory platí /1 až 22/:

Tab. 20. Porovnání výkonů

Palivo	pracovní oběh	výkon [%]
Nafta	VZ	100
LPG	Z	100
zemní plyn	Z	80 - 100
Methylalkohol	VZ	105
Ethylalkohol	VZ	100
Bionafta 2	VZ	95 - 97
Bioplyn	Z	85 - 100

Pro původně zážehové benzínové motory platí /1 až 22/:

Tab.21. Porovnání výkonů

Palivo	pracovní oběh	Výkon [%]
Benzín	Z	100
zemní plyn	Z	95
LPG	Z	100
Bioplyn	Z	94
Ethylalkohol	Z	110

4.8.3 Porovnání spotřeb

Pro porovnání spotřeb bylo třeba rozdělit motory na původně vznětové a zážehové. Pro porovnání bylo použito údajů o měrné spotřebě a spotřebě tepla.

Pro původní motor vznětový naftový platí /1 až 22/:

Tab.22. Porovnání spotřeb

Palivo	měrná spotřeba [%]	spotřeba tepla [%]
Nafta	100	100
LPG	100	120
Zemní plyn	100	120
Methylalkohol	220	105
Ethylalkohol	160	100
Bionafta 2	108	103
Bioplyn	103	120

Pro původní motor zážehový benzínový platí /1 až 22/:

Tab. 23. Porovnání spotřeb

Palivo	měrná spotřeba [%]	spotřeba tepla [%]
Benzín	100	100
Zemní plyn	75 - 95	95
LPG	80 - 100	95
Bioplyn	78 - 98	96
Ethylalkohol	160	

5.0 MOŽNOSTI ROZŠÍŘENÍ ALTERNATIVNÍCH PALIV V ČR

Kapitola zpracovává konkrétní možnosti rozšíření alternativních paliv (zde LPG a zemního plynu) na území Mladé Boleslavi.

5.1 Úvod ke studii

Studie řeší možnost převedení autobusů firmy Seco Trans a. s. (Mladá Boleslav) na pohon LPG nebo stlačeným zemním plynem.

5.2 Podmínky pro zavedení do provozu

Při provozu vozidel na LPG a stlačený zemní plyn je nutné dodržet legislativní, technické a personální podmínky.

Legislativními podmínkami pro provoz vozidel jsou vyhláška Ministerstva dopravy č. 102/95 Sb., zákon č. 38/95 Sb., pro plnicí stanice platí předpisy dané vyhláškou ČÚBP a ČBÚ č. 21/79 Sb., ve znění vyhlášky č. 554/90 Sb. a vyhláškou ČÚBP č. 85/78 Sb., vyhláškou ČÚBP a ČBÚ č. 18/79 Sb., ve znění vyhlášky ČÚBP a ČBÚ č. 551/90 Sb., pro LPG TPG 304 01 (plnicí stanice), TPG 403 01 (motorová vozidla), pro garáže, prostory na opravu, kontrolu a údržbu vozidel platí vyhláška ČÚBP a ČBÚ č. 213/91 Sb.

Třeba je také vypracovat havarijní plán.

K technickým podmínkám patří úpravy vozidel, plnicí stanice a úprava prostor. Vozidla poháněné plynovými motory musí být schválena Ministerstvem dopravy ČR, popř. Dopravním inspektorátem policie ČR.

Plnicí stanice musí být vybudovány dle platných předpisů. Prostory pro údržbu, opravy a kontrolu je třeba také upravit - zejména jde o větrání (nevýbušné provedení) a o signalizaci úniku plynu.

Personál musí absolvovat školení a zkoušky dle vyhlášky ČÚBP a ČBÚ č. 21/79 Sb., 18/79 Sb.

5.3 Převedení do provozu (konkrétní území Mladá Boleslav)

Pro převedení na pohon LPG nebo zemním plynem bylo vybráno 115 autobusů (typy Ikarus 280 08, Karosa C 734) firmy Seco Trans a.s. (Mladá Boleslav). Vozidla, plnicí stanice a prostory musí splňovat předpisy uvedené v článku 5.2.

5.4 Ekonomická rozvaha

Rozvaha uvádí porovnání nákladů na paliva, vybudování plnicích stanic, úpravu prostor, vozidel, výsledkem je návratnost vložených investic.

Současný stav (údaje platné pro rok 1998).

autobusy [ks]	115
jízdní výkony[1000km/rok]	4 826
prům. spotřeba nafty [l/100km]	32,13
celková spotřeba[1000l]	1 551
náklady na naftu[Kč/l]	14,3

Porovnání nákladů na paliva

Porovnání nákladů na paliva:

	Nafta [l]	LPG [l]	Zemní plyn [m ³]
náklady v Kč	14,31	6,6	5,5
průměrná spotřeba na 100 km	32,13	52	44,5
celková spotřeba	1 551 000	2 509 000	2 148 000
celkové náklady	22 199 000	16 563 000	11 812 000

Stanovení velikosti plnicí stanice:

LPG - denní spotřeba paliva je 6 900 l (zásoba na 3 dny tedy 20 700 l), z toho vyplývá, že je třeba použít 2 zásobníky (9 a 17 m³). Plnost zásobníků je max. 85 %, tj. 22,1 m³ (zůstane rezerva 1,4 m³).

Zemní plyn - stanice na stlačený zemní plyn by měla mít kapacitu zhruba 6000 m³/den

Porovnání ceny přestaveb:

	LPG	zemní plyn
1 autobus [1 000 Kč]	486	384
celkem [1 000Kč]	55 890	44 160

Porovnání ceny na úpravu prostor a na výstavbu plnicích stanic:

	LPG	zemní plyn
úprava prostor [1 000 Kč]	1 500	1 015
plnicí stanice [1 000 Kč]	958	12 680
stavební práce [1 000 Kč]	317	345

Porovnání celkových ročních nákladů na paliva:

	LPG [1 000 Kč]	zemní plyn [1 000Kč]
palivo	16 563	11 812
energie	3	564
údržba, opravy	31	77,5
režie	12	22,5
mzdy	40	100
odpisy 10 let	127,5	1 302,5
celkem	16 776,5	13 878,5

Stanovené roční úspory:

Náklady na naftu	22 199 000 Kč
Náklady na LPG	16 776 500 Kč
Úspora	5 422 500 Kč
Náklady na naftu	22 199 000 Kč
Náklady na zemní plyn	13 878 500 Kč
Úspora	8 320 500 Kč

Celkové náklady a návratnost:

	LPG	zemní plyn
celkové náklady	57 390 000 Kč	45 175 000 Kč
úspora	5 422 500 Kč	8 320 500 Kč
návratnost	10,6 roku	5,4 roku

5.5 Závěr studie

Přestavba autobusů u firmy Seco Trans by jistě přispěla ke snížení emisí výfukových škodlivin na území a v okolí Mladé Boleslavi (blíže k rozdílům v emisích čl. 4.8.1.2 Porovnávací tabulka emisí), snížila by se také hluchnost (a s ní např. i únava cestujících a obsluhy). Jak vyplývá z předchozího článku (5.4 Ekonomická rozvaha), návratnost vložených investic by pro provozovatele (investora) byla při přechodu na LPG (10,6 roku) velmi nevýhodná, ale o přechodu na stlačený zemní plyn (návratnost investic 5,4 roku) by již bylo možné reálně uvažovat. Další způsoby řešení této situace jsou naznačeny v kapitole 6.0 Závěr.

6.0 ZÁVĚR

Práce zpracovává přehled alternativních motorových paliv používaných nebo připadajících výhledově v úvahu k použití v ČR, uvádí parametry motorů po přechodu na alternativní paliva a požadavky na přechod z klasických paliv na alternativní. Přibližuje také možnosti rozšíření uplatnění alternativních paliv (v autobusové dopravě na území Mladé Boleslavi). Tomuto rozšíření však, přes velké výhody těchto paliv (nejvýznamnější výhodou jsou nižší emise výfukových škodlivin u většiny uvedených paliv), brání zejména v některých případech vysoká nákladnost (přestavby, čerpací stanice atd.). Většímu rozšíření alternativních paliv v ČR by jistě výrazně pomohla změna státní politiky v této oblasti (daňové úlevy uživatelům i provozovatelům, bezúročné půjčky, dotace aj.).

7.0 POUŽITÁ LITERATURA

1. Dürrerová, R. - Tománek, J.: Převod dopravních prostředků na pohon zemním plynem v čs. Národním hospodářství. Praha 1988
2. Jevič, P. - Šedivá, Z.: Výroba a užití alternativního paliva a biomaziv z řepky. Energie.1.1996.č.1.s.116.
3. Laurin, J.: ČSAD Trutnov - převod provozu autobusů na LPG nebo zemní plyn. Liberec 1995.
4. Laurin, J.: Ekologické a ekonomické parametry motoru na alternativní paliva pro autobusy. Liberec 1996.
5. Laurin, J.: Motor LIAZ M634 upravený pro provoz na zemní plyn. /Výzkumná zpráva/. SM 219/85. TU v Liberci, Liberec 1985
6. Laurin, J.: Motorové palivo LPG. Energie.1.1996.č.2.s.98
7. Laurin, J.: Plynové motory s nízkými škodlivými emisemi. Liberec 1997
8. Laurin, J.: Spalování stechiometrických palivových směsí v motorech na CNG. Liberec 1999.
9. Laurin, J.: Studie o možnostech použití bioplynu pro pohon vozidlových spalovacích motorů v JZD ČSSP Chýně. Liberec 1987.
10. Laurin, J.: Studie o využití kalového plynu pro pohon spalovacích motorů. Liberec 1981.
11. Laurin, J.: Škodlivé emise vznětového vozidlového motoru na kapalná paliva zemědělských produktů. Brno 1993.
12. Laurin, J.: Využití ethylalkoholu jako motorového paliva. Energie.3.1998.č.4.s.101.
13. Lucký, R.: Zemní plyn - palivo 21. Století. Energie.1.1996.č.2.s.62.
14. Novák, R.: Z historie a vývoje využívání zemního plynu Energie.1.1996.č.1.s.99.
15. Řádek, J.: Použití ethanolu v provozu vznětového motoru. (Diplomová práce). Liberec 1989. Technická univerzita v Liberci. Fakulta strojní.

16. Solar, M. - Voldřich, K.: Alternativní paliva spalovacích motorů. Energie.3.1998.č.4.s.101.
17. Šebor, G.: Vliv druhu a složení paliva na emise motorů užitkových a malotonážních nákladních automobilů. Praha 1998.
18. Večerek, J.: Zpráva o současném stavu plynofikace dopravy ve světě a návrh programu plynofikace v ČR.
19. Žákovec, J.: Událost roku v oblasti užití zemního plynu v dopravě. Energie 1.1996.č.2.s.67.
20. Žákovec, J.: Zemní plyn v dopravě. Energie.1.1996.č.2.s.67.
21. Internet
22. Sborník Motorové palivá 96. Vyhne SR. Slovnaft 1996.
23. Vyhlášky a zákony ze Sb. zák. a ČSN a technické předpisy citované v textu
24. Firemní literatura Seco Trans a.s., Mladá Boleslav