

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

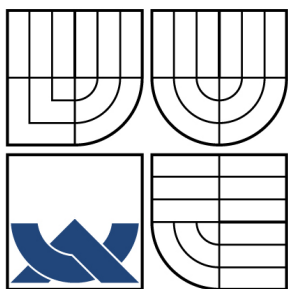
ALTERNATIVNÍ PALIVA V ZEMĚDĚLSKÉ TECHNICE A UŽITKOVÝCH
AUTOMOBILECH

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PAVEL MASNICA

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

ALTERNATIVNÍ PALIVA V ZEMĚDĚLSKÉ TECHNICE A UŽITKOVÝCH AUTOMOBILECH

ALTERNATIVE FUELS IN AGRICULTURAL ENGINEERING AND TRUCKS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

PAVEL MASNICA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. RADIM DUNDÁLEK, Ph.D.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2008/09

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Masnica Pavel

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Alternativní paliva v zemědělské technice a užitkových automobilech

v anglickém jazyce:

Alternative Fuels in Agricultural Engineering and Trucks

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Získání přehledu o zadaném tématu. Stanovení směrů a perspektivy vývoje.

Cíle bakalářské práce:

Uvedení přehledu alternativních paliv používaných zejména v zemědělské technice, shrnutí jejich vlastností a zamyšlení nad budoucností pohonných hmot takového charakteru.

Seznam odborné literatury:

[1] VLK, František. Alternativní pohony motorových vozidel 1. vyd. Brno: Vlk, 2004. 250 s.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Radim Dundálek, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/09.

V Brně, dne 31.10.2008

L.S.



prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu



doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Anotace

Cílem práce je uvedení alternativních paliv používaných zejména v zemědělství. Porovnání vlastností alternativních paliv, jejich dopad na ekologii a výkon motoru. Výhody a nevýhody alternativních paliv. A jejich vyhlídky do budoucna.

Klíčová slova

Alternativní paliva, bionafta, metanol, etanol, bioplyn, LPG, zemní plyn, vodík.

Annotation

The purpose of this thesis is introduction of alternative fuels especially in agriculture. Compare the properties of alternative fuels, their impact to ecology and engine power. Advantages and disadvantages of alternative fuels. And their expectations.

Key words

Alternative fuels, biodiesel, methanol, ethanol, biogas, LPG, natural gas, hydrogen.

Bibliografická citace mé práce:

MASNICA, P. *Alternativní paliva v zemědělské technice a užitkových automobilech*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 49 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Radim Dundálek, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Alternativní paliva v zemědělské technice a užitkových automobilech“ vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....
V Brně dne

.....
Podpis autora

Poděkování

Děkuji tímto především vedoucímu mé práce Ing. Radimu Dundálkovi, PhD., za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

1. Úvod	13
1.1 Rozdělení paliv	13
1.2 Biomasa	14
1.3 Rozdělení biomasy podle obsahu vody	15
2. Bionafta	16
2.1 Bionafta 1. Generace	16
2.2 Bionafta 2. generace	16
2.3 Příprava motoru na provoz bionafty	17
2.4 Vliv bionafty na motor	17
2.5 Výroba bionafty	18
2.6 Řepka olejka	19
2.7 Výroba řepkového oleje	20
2.8 Výroba MEŘO	21
2.9 Porovnání vlastností MEŘO, čistého řepkového oleje a nafty	21
2.10 Výrobci MEŘO v ČR	21
2.11 Princip přestaveb traktorů na řepkový olej	22
2.12 Výkon, poruchovost a ekonomika traktorů na řepkový olej	23
2.13 Traktor Fendt Vario 820 Greentec na řepkový olej	24
2.14 Výsledky německého programu pro jednotlivé výrobce a úpravce traktorů	25
2.15 Výhody a nevýhody bionafty	25
3. Bioetanol a biometanol	26
3.1 Bioetanol (EtOH, etylalkohol)	26
3.2 Výroba bioetanolu	26
3.3 Biolih (etanol, alkohol etylnatý)	27
3.4 Rozdíly benzínového motoru a motoru spalující etanol	27
3.5 Rozdíly naftového motoru a motoru spalující etanol	27
3.6 Využití ve světě	28
3.7 Výhody a nevýhody bioetanolu	28
3.8 Biometanol	29
3.9 Výroba biometanolu	29
3.10 Rozdíly benzínového motoru a motoru spalující biometanol	29
3.11 Rozdíly naftového motoru a motoru spalující biometanol	29
3.12 Využití biometanolu	30
3.13 Výhody a nevýhody biometanolu	30
3.14 Bioplyn	31
3.15 Výroba bioplynu	32
3.16 Výhody a nevýhody bioplynu	32
4. LPG	33
4.1 Výroba LPG	33
4.2 Dostupnost LPG v ČR	33
4.3 Vlastnosti LPG	34
4.4 Předepsané příslušenství pro vozidlovou nádrž na LPG	35
4.5 Systémy LPG	36
4.6 Porovnání vlastností LPG s běžnými palivy	36
4.7 Výhody a nevýhody LPG	37

5. Zemní plyn CNG a LNG	38
5.1 Těžba a přeprava zemního plynu	38
5.2 Porovnání LNG, CNG a jejich použití v dopravě.....	38
5.3 Dělení palivových soustav na zemní plyn	40
5.4 Porovnání zemního plynu s ropnými palivy	40
5.5 Plnicí stanice CNG	41
5.6 Výhody a nevýhody CNG, LNG	42
6. Vodíkový pohon	43
6.1 Výroba vodíku	43
6.2 Spalování vodíku v klasických motorech	43
6.3 Palivový článek (Fuel Cell)	44
6.4 Vodíkový traktor New Holland NH2	44
6.5 Výhody a nevýhody vodíku.....	45
7. Závěr	45
Seznam použité literatury	46
Seznam použitých zkratk	49

1. Úvod

Důvodů, proč bychom měli věnovat vývoji alternativním paliv pozornost, je mnoho. Jeden z nich je, že používané paliva jsou vyráběna na bázi fosilních paliv - ropy, jejíž světové zásoby jsou omezené. Další důvod je snižování emisí, zejména skleníkové plyny mají neblahý vliv na znečištění životního prostředí. Vývojem alternativních paliv zajistíme částečnou náhradu paliv fosilních a přispějeme ke snížení emisí.

1.1 Rozdělení paliv

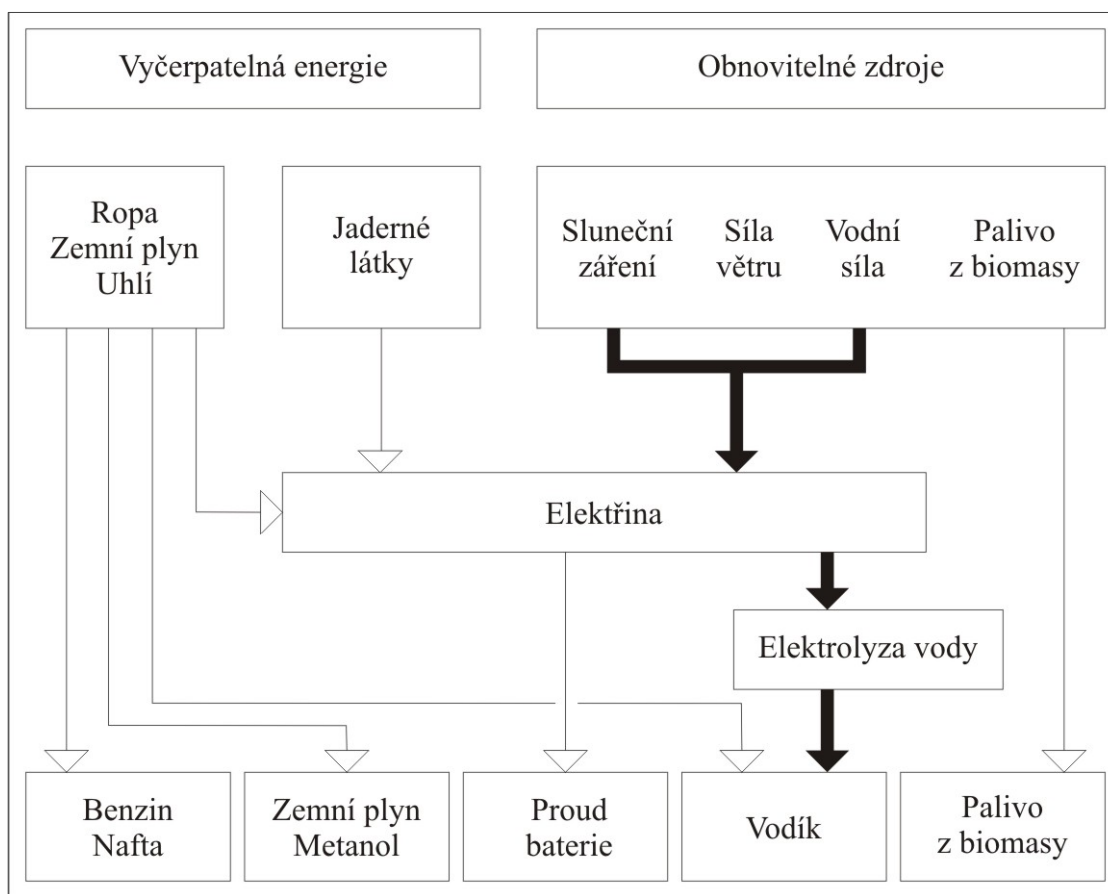


Schéma 1.1 Rozdělení paliv [1]

Základní pojmy

Výhřevnost je vlastnost paliva, které udává kolik energie se uvolní úplným spálením 1kg směsi.

Oktanové číslo (dále jen OČ) charakterizuje odolnost paliva proti samozápalu (projevuje se jako tzv. „klepání“ motoru). Vyjadřuje procentuální obsah izo-oktanu s n-heptanem. OČ izo-oktanu je 100, OČ n-heptanu je 0. OČ 95 znamená, že se chová ve zkušebním motoru jako směs skládající se z 95 obj. % oktanu a 5 obj. % heptanu.

Cetanové číslo (dále jen CČ) charakterizuje náchylnost paliva k samovznícení (vyšší CČ, znamená kratší průběh vznícení). Vyjadřuje procentuální obsah n-hexadekanu (cetan) s aromatickým uhlovodíkem 1-metylnaftalen. CČ cetanu je 100, CČ 1-metylnaftalenu je 0. CČ 55 znamená, že se chová ve zkušebním motoru jako směs skládající se z 55 obj. % cetanu a 45 obj. % 1-metylnaftalenu.

„Klepání“ motoru je negativní jev, snižující výkon motoru. Ke klepání dochází při detonačním spalování, tzn. velmi rychlé spálení, které vede k prudkému zvýšení tlaku, které se projeví úderem na píst – „klepání“ motoru. [11], [16]

1.2 Biomasa

Jde o výsledek biologického rozkladu produktů, odpadů a zbytků ze zemědělství, lesnictví a s nimi příbuzných průmyslových oborů, jakož i výsledek biologického rozkladu průmyslových a městských odpadů. [2]



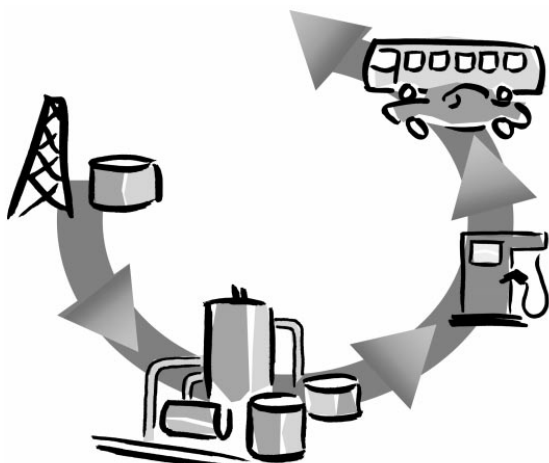
Obr. 1.1 Koloběh biomasy [8]

Pomocí fotosyntézy dokáže příroda uchovat sluneční energii v molekulách celulózy, škrobu, cukrů a tuků = biomasa.

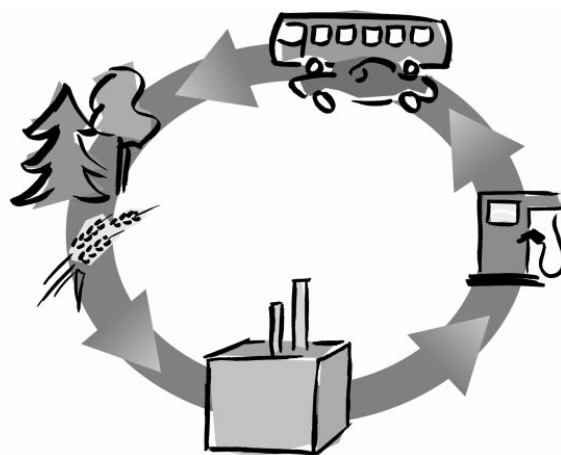
Biomasa rovněž splňuje tři hlavní podmínky pro zdroje energie umožňující trvale udržitelný rozvoj. Biomasa je:

- trvale obnovitelná
- k dispozici prakticky ve všech člověkem obývaných oblastech planety
- využití k energetickým účelům nemá negativní dopad na životní prostředí v lokálním, ani globálním měřítku.

Zásadní výhoda biomasy proti fosilním zdrojům z hlediska emisí oxidu uhličitého spočívá v tzv. Životním cyklu CO_2 . V případě fosilních zdrojů jde o otevřený cyklus CO_2 viz. obr. 1.2, jehož důsledkem je neustálé zvyšování emisí CO_2 . V případě biomasy jde o uzavřený cyklus CO_2 viz. obr. 1.3., to znamená, že oxid uhličitý, který se při spalování uvolňuje do ovzduší, se opět při tvorbě biomasy spotřebuje. [38]



Obr. 1.2 Otevřený cyklus CO_2 [38]



Obr. 1.3 Uzavřený cyklus CO_2 [38]

1.3 Rozdělení biomasy podle obsahu vody

Suchá

Zejména jde o dřevo a dřevní odpady, sláma a další suché zbytky z pěstování zemědělských plodin. Lze ji spalovat přímo, případně po dosušení.

Mokrá

Zejména jde o tekuté odpady, jako kejda a další odpady ze živočišné výroby a tekuté komunální odpady. Nelze ji spalovat přímo, využívá se zejména v bioplynových technologiích.

Speciální biomasa

Jde o olejniny, škrobové a cukernaté plodiny. Využívají se ve speciálních technologiích k získání energetických látek – zejména bionafty nebo lihu. [32]

2. Bionafta

Bionafta, označovaná jako FAME (Fatty Acid Methyl Ester) je metylester mastných kyselin rostlinných olejů, popřípadě tuků, s kvalitou nafty, užívaný jako biopalivo. [12]

2.1 Bionafta 1. Generace

Bionafta první generace se vyrábí esterifikací různých druhů olejů. Podle použitého druhu oleje jsou označovány následujícími zkratkami:

- RME: Raps-Methyl-Ester (metylester řepkového oleje MEŘO)
- SME: Sunflower-Methyl-Ester (metylester slunečnicového oleje)
- SOME: Soya-Methyl-Ester (metylester sójového oleje)
- FAME: Falty-acid-Methyl-Ester (metylester z živočišných tuků)
- VUOME: Vaste Used Oil-Methyl-Ester (metylester použitých fritovacích olejů)

V ČR a v Evropě se převážně používá řepkový olej. V ČR znamená bionafta 1. generace 100% MEŘO. [1]

2.2 Bionafta 2. Generace

Bionafta druhé generace – směsná nafta, jedná se o směsné palivo metylesteru s ropnými uhlovodíky. [2]

Jednu ze tří složek tvoří metylester.

Druhou složku tvoří lehké nebo těžké alkany. Mají vynikající palivové vlastnosti, naopak problém je nízká mazivost. Vzrůst objemové spotřeby (důsledek nižší měrné hmotnosti) je kompenzován snížením exhalací.

Třetí složku paliva tvoří tzv. střední bez sirný destilát. Jeho úkolem je vzhledem k velké výhřevnosti zvýšit výkon motoru a snížit spotřebu. Mezi nedostatky patří vysoké emise při jeho spalování a nízká biologická odbouratelnost (ta se sníží přidáním aromatických uhlovodíků). [2]

Podle ČSN dělíme naftu:

- ČSN 65 6507 RME bionafta 1. generace
- ČSN 65 6508 obsah RME větší než 31% více komponentní bionafta
 - U stojanů čerpacích stanic je označena jako SMN 30
- ČSN 65 6509 obsah RME menší než 5% více komponentní bionafta
 - U stojanů čerpacích stanic je označena jako SMN 5 [2], [3]

2.3 Příprava motoru na provoz bionafty

Je nutné zbavit palivový systém vody. Bionafta je velmi náchylná na přítomnost vody v palivovém systému nebo nádrži. Při kontaktu s větším množstvím vody se sráží a zanáší palivový filtr. [4]

Oproti běžné naftě je bionafta detergentnější (více rozpouští), takže může odplavit některé usazeniny (karbon), které vznikly v motoru a v celé soustavě při provozu na motorovou naftu. To motoru ve výsledku prospěje. Pokud se usazeniny rovnou nespálí, musí se někde zachytit. Z pravidla se zachytí v palivovém filtru. Proto je dobré si při přechodu na bionaftu palivový filtr pohlídat a měnit ho o něco dříve, než normálně, aby nedošlo k rapidní průchodnosti filtru a tím se celkově neovlivnil chod motoru. [3]

2.4 Vliv bionafty na motor

Při použití bionafty záleží, zda ji použijeme v novém, nepoužívaném motoru nebo ve starších motorech, ve kterých se používala motorová nafta.

Tab. 2.1 Vliv bionafty na motor [4]

Nový motor	
Výhody	Nevýhody
Udržuje čistý palivový systém	Schopnost vázat se s vodou, bionafta zhoustne, je nefiltrovatelná a „nemaže“
Nízké emise – menší zátěž katalyzátoru	Časem se rozkládá – oxiduje, motor nesmí dlouho stát
Vysoká mazací schopnost – nižší opotřebování vstřikovacího čerpadla	Údajně se zkracuje interval výměny oleje
Bod tuhnutí snížen pod hranici -30°C	Hlučnější chod v mrazech
Zvýšené cetanové číslo (46 - 56)	
Snižuje obsah karbonu v motorovém oleji	
Delší interval výměny palivového filtru, prakticky je interval nekonečný, protože bionafta neobsahuje téměř žádné nečistoty	
Starý motor	
Bionafta je detergentem, rozpouští usazeniny v palivové soustavě – čistí	vlivem detergentce starých agregátů může dojít k „ucpání“ palivové soustavy a následně disfunkci – nutná výměna filtrů
	Vlivem detergentce rovněž dochází k usazení karbonu v motorovém oleji
	Nutné odvodnění palivové soustavy a nádrže paliva, protože bionafta reaguje s vodou

2.5 Výroba bionafty

Obecné a zjednodušené technologické schéma výroby MEŘO a jeho komplexního využití, včetně vedlejších produktů [7]

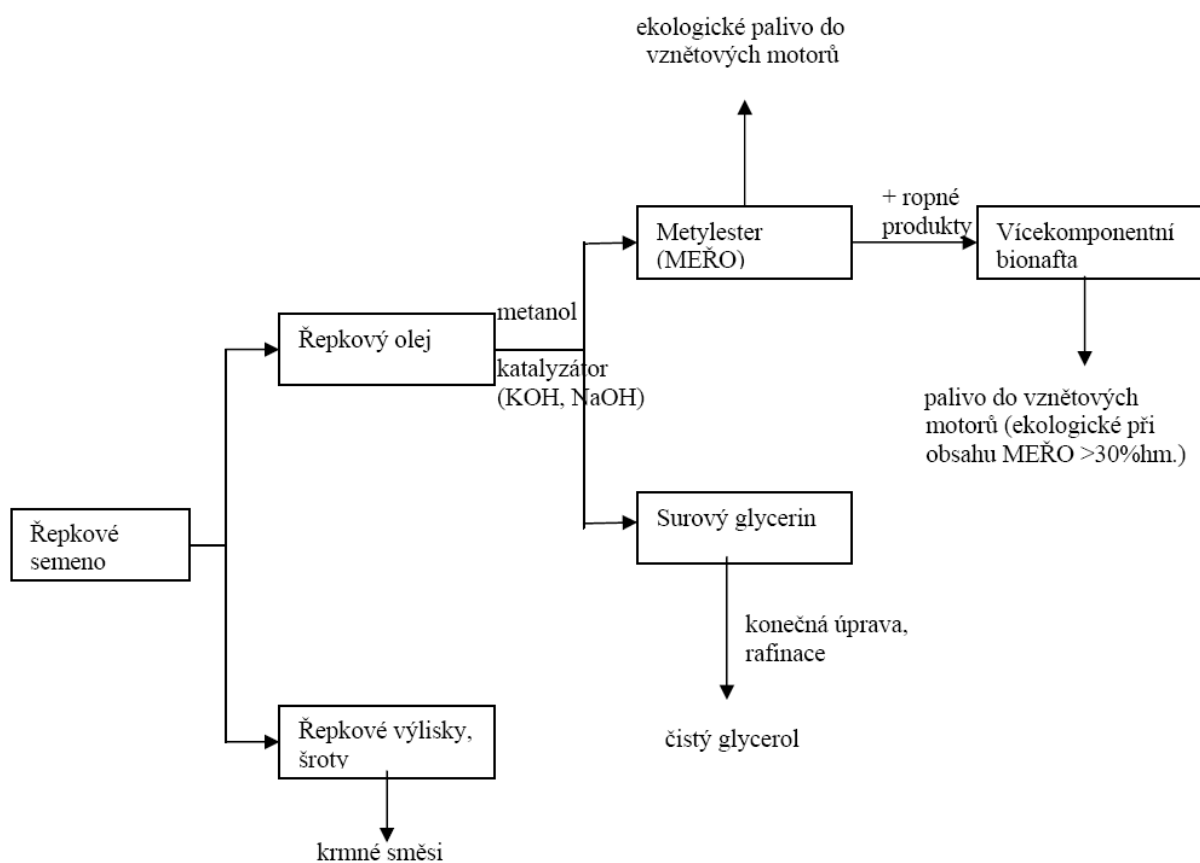


Schéma 2.1 Výroba bionafty [7]

2.6 Řepka olejka

V ČR i v Evropě se převážně jako rostlinný olej používá olej řepkový, metyl ester řepkového oleje MEŘO (1ha řepky = 3t oleje). Jedná se o produkt z rostliny brukev řepka olejka. Jde o hojně pěstovanou rostlinu, která zplahuje kolem polí v mírných pásmech zejména v Evropě. Rostlina je jednoletá až dvouletá, 50 až 120 cm vysoká s jasně žlutým květem. Kvete v měsících duben a květen. Plodem je 5 až 6 cm dlouhá šešule obsahující 15 až 40 semen. Ze semen se lisuje olej, jeho obsah v semenech je cca 45% a je složen z glycerolu kyseliny erukové, linolové a linolenové (dále jsou přítomny estery kyseliny myristové, palmitové, stearové aj.) [5]



Obr. 2.1 Řepka olejka [6]

2.7 Výroba řepkového oleje

Řepkový olej se vyrábí v lisovnách procesem „zastudena“ (tj. bez přehřevu řepkových semen). Olej tak nemá nadbytečný obsah fosforu. Vedlejším produktem jsou řepkové výlisky a šroty, které se používají jako bílkovinné složky krmných směsí. [7]

Zařízení na lisování řepkových semen

Lis na olej Europecon P500

Ve spodní části je na kovové desce uchycený teplotně optimalizovaný motor 5,5 kW. Za příplatek lze lis dodat i na zátěžových pojízdných kolečkách. Lis zpracuje až 1200 kg surové řepky za den na rostlinný olej a výlisky. Za den lze vylisovat cca 430 litrů rostlinného oleje. Hodinový výkon je cca 18-20 litrů oleje. Cena lisu je 114 240 Kč s DPH [9]



Obr. 2.2 Lis na olej Europecon P500 [9]



Obr. 2.3 Velký odstředivý filtr oleje [10]

Velký odstředivý filtr oleje

Velký odstředivý filtr poháněný tlakem oleje 3-6bar. Zapotřebí je pouze vhodné zubové čerpadlo, hadice, manometr a přetlakový ventil. Maximální výkon až 700 l/hod. Cena filtru je 9000 Kč s DPH. [10]

2.8 Výroba MEŘO

Vyrábí se chemickým procesem esterifikací, kdy se z řepkového oleje vyrobí MEŘO, jako vedlejší produkt je surový glycerin. Jde o chemickou reakci s metanolem za přítomnosti alkalických hydroxidů jako katalyzátorů (KOH, NaOH). Reakce probíhá v závislosti na zvolené technologii za běžné, nebo i zvýšené teploty. Získaný MEŘO se izoluje od surového glycerinu (vedlejší produkt) a čistí se. Surový glycerin se chemicky rafinuje a jako čistý glycerol je žadáným produktem zejména v chemickém průmyslu. [7]

2.9 Porovnání vlastností MEŘO, čistého řepkového oleje a nafty

Tab. 2.2 Porovnání vlastností MEŘO, čistého řepkového oleje a nafty [1]

	Nafta s nízkým obsahem síry	MEŘO	Čistý řepkový olej
Cetanové číslo	46	61,2	42,6
Bod varu [°C]	191	347	311
Viskozita při 20°C [mm ² /s]	5,1	7,5	77,8
při 50°C [mm ² /s]	2,6	3,8	25,7
Obsah síry [%hmot.]	0,036	0,012	0,022
Obsah dusíku [ppm]	0	6	-
Zbytkový obsah uhlíku [%]	0,15	0,02	0,25
Výhřevnost [MJ/kg]	44,5	40,6	40,4
Hustota [kg/m ³]	845,9	880,2	906,6

2.10 Výrobci MEŘO v ČR

Tab. 2.3 Výrobci v ČR odebírající řepku na zpracování [1]

Název výrobce	Kapacity na výrobu MEŘO	
	Zpracovaná řepka [t]	Vyrobené MEŘO [t]
A.B.C., s.r.o., Bransouze	9 120	2850
Standart Oil Company, s.r.o., Nový Přerov	28 124	8 789
Agrochem, a.s., Lanškroun	8 236	2 573
Agropodnik, a.s., Jihlava	172 389	53 872
Oleoprodukt, a.s., Milín	15 488	4 840
BIO Petrol, a.s., Praha	8 000	2 500
Fabio produt, s.r.o., Holín u Jičína	15 360	4 800
Setuza, a.s., Ústí nad Labem	220 800	69 000
Zdenko Jaroš – Jarimex	14 000	4 375
Celkem	500 717	156 474

2.11 Princip přestaveb traktorů na řepkový olej

Přestavbu je vhodné provádět na novém traktoru, do 5 tisíc najetých mth. U starších traktorů s vyšší provozní vůlí nepřináší uspokojivý efekt a spotřeba paliva je vyšší. [13] Existují 2 systémy přestavby nádrže. První způsob je jedna společná nádrž. Způsob druhý jsou dvě oddělené nádrže. Výhodou je, že traktory s úpravou pro provoz s řepkovým olejem lze převést zpět na provoz s naftou bez jakýchkoliv úprav. Obě přestavby obnáší:

- Počítač
- Magnetické ventily
- Tepelný výměník
- Přídavnou nádrž na naftu (v případě systému dvou oddělených nádrží)
- Palivoměr
- Předehřátí žhavicích svíček (bloku motoru)
- Čerpadlo na předehřátí řepkového oleje
- Regulaci teploty řepkového oleje před vysokotlakým čerpadlem
- Vstříkovací trysky se zvýšeným počtem otvorů (více než 5)
- Zvětšený palivový filtr a filtry na řepkový olej
- Optimalizaci spalování přes záznam řídicí jednotky motoru [14]

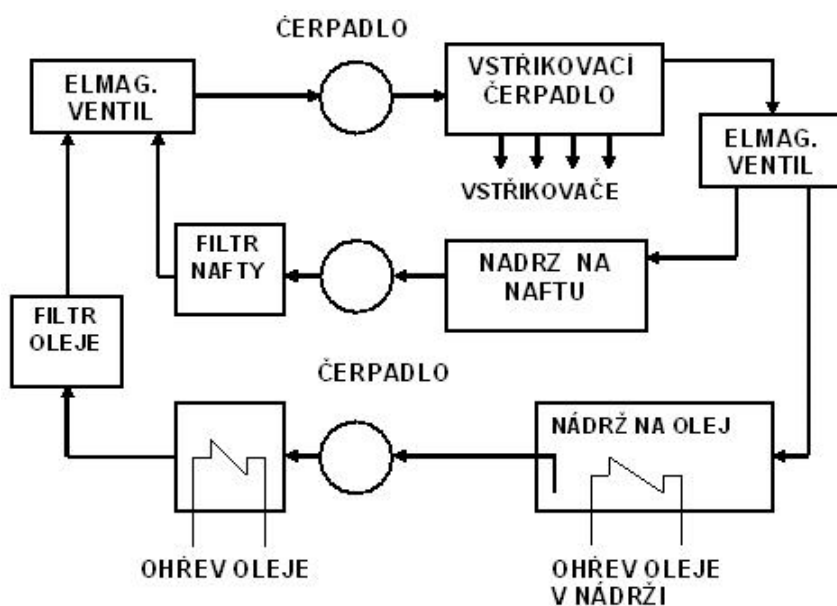


Schéma 2.2 Palivové příslušenství vozidlového motoru na rostlinný olej a naftu [40]

System dvou nádrží

Dvou nádržový systém startuje na naftu a dále se s ní plní palivový systém před odstavením motoru z činnosti. Po zahřátí paliva na cca 70 °C přepíná automaticky ŘJ na rostlinný olej v druhé nádrži. Rostlinný olej je z nádrže veden přes výměník tepla k předfiltru a magnetickému ventilu. Nafta je pak z nádrže vedena přímo k magnetickému ventilu. Odtud jde palivo přes ventil k elektrickému předehřátí, hlavnímu filtru až k vstřikovacímu čerpadlu. Řepkový olej je předehříván a přes filtry veden až do místa spojení s naftou. Přísun odpovídajícího množství pohonných hmot do motoru je regulován elektronickým rozvodem adekvátně k teplotě motoru. [13]

Výhody dvou nádržového systému

- ▶ Do naftové nádrže se nedostává žádný olej
- ▶ Automatické přimíchávání nafty při snížené zátěži
- ▶ Měření skutečné spotřeby rostlinného oleje [13]

2.12 Výkon, poruchovost a ekonomika traktorů na řepkový olej

Výkon traktorů

Ve srovnání se stejnými traktory s naftou, dosahují traktory s řepkovým olejem srovnatelných výkonů, cca 97% výkonu v porovnání s motorovou naftou. Emise výfukových plynů jsou také srovnatelné.

Poruchovost traktorů

Poruchy jsou většinou zapříčiněny chybnými vypouštěcími ventily a vadnými vstřikovacími čerpadly. Další problémy nastávají při studených startech. Poruchovost systémů s dvěma nádržemi je nižší než poruchovost systémů s jednou nádrží.



Obr. 2.4 Traktor na řepkový olej [36]

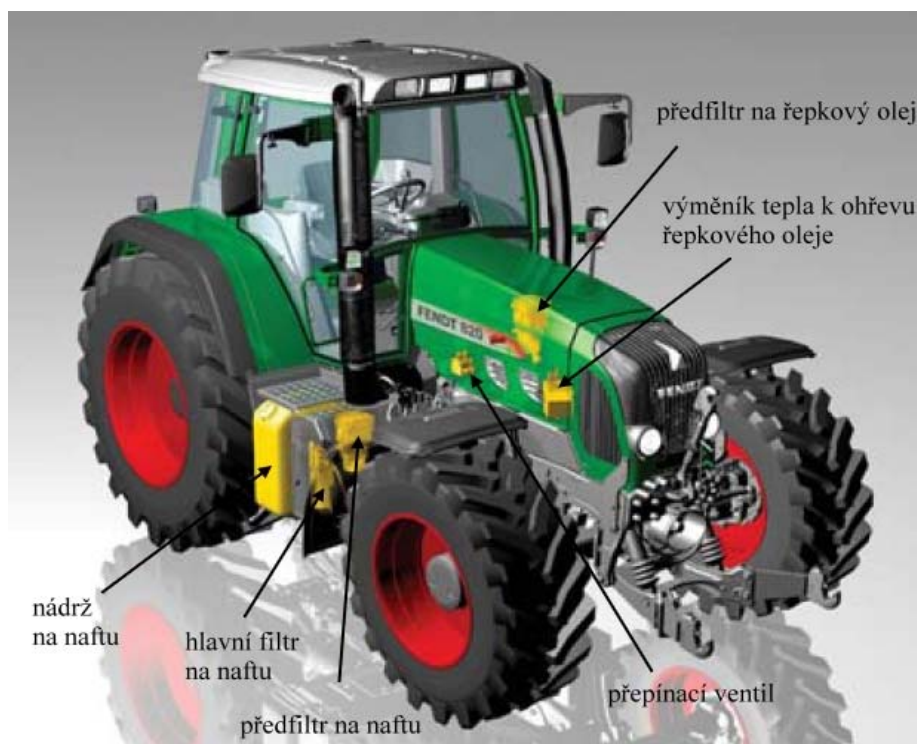
Ekonomika

Přestavba traktorů na provoz s řepkovým olejem je cca 180 000 Kč. Vycházíme-li z průměrné spotřeby 18 l/mth, pak:

- ▶ Nafta 18 000 litrů x 28 Kč = 508 000 Kč/rok
- ▶ Řepkový olej 18 000 litrů x 19 Kč (cena při nákupu semene) = 342 000 Kč/rok
- ▶ Řepkový olej 18 000 litrů x 15,50 Kč (cena při vlastní produkci) = 279 000 Kč/rok
- ▶ V hrubých počtech vychází roční úspora na 229 000 Kč [13], [14]

2.13 Traktor Fendt Vario 820 Greentec na řepkový olej

System spalování vyvinula firma Fendt společně s firmou Deutz. Tento systém je založen na používání dvou nádrží na palivo. Nádrž na řepkový olej má kapacitu 340 litrů, druhá nádrž na motorovou naftu má kapacitu 80 litrů. Obě tyto nádrže jsou vybaveny regulačními ventily. Traktor startuje na motorovou naftu a po zahřátí automaticky přepne na řepkový olej. Předehřev je nutný z důvodu lišící se viskozity a bodu vzplanutí motorové nafty a řepkového oleje. (Čím vyšší teplota oleje, tím nižší viskozita).



Obr. 2.5 Popis traktoru Fendt Vario 820 Greentec [37]



Obr. 2.6 Fendt Vario 820 Greentec [36]

Automatický přepínač po dosažení teploty oleje 70°C nebo stoupne-li výkon motoru na 25% hodnoty jeho maximálního výkonu po dobu více než 30 sekund přepne provoz na motorovou naftu. Olej se smísí s naftou po dobu několika sekund. Při zastavení motoru musí řidič manuálně přepnout na motorovou naftu. Řidič může sledovat na speciálním indikátoru „Varioterminal“ jaké palivo v tu chvíli motor spaluje. Tento systém vyvinutý výrobcem byl podroben důkladnému testování. Proto Fendt poskytuje stejnou garanci jako na traktory spalující pouze fosilní paliva. [35]






2.14 Výsledky německého programu pro jednotlivé výrobce a úpravce traktorů

Tab. 2.4 Výsledky německého programu 100 traktorů pro jednotlivé výrobce traktorů a úpravců [15]






Úpravce	Typ	Počet přestavovaných traktorů	Bez škod či s minimálními poruchami
VWP	Deutz-Fahr	41	32
	John Deere	7	0
	Fendt	6	6
	Welte	1	1
	New Holland	1	0
Hausmann	Fendt	18	18
	John Deere	6	0
	Case	4	1
	Deutz-Fahr	1	0
	Claas	1	1
	Same	1	0
	Lamborghini	1	1
Gruber KG	Case	10	2
	Igl. – LT.	Case	1
LBAG Luc.	Fendt	4	1
	New Holland	1	0
Stangl-LT. TC Bastorf	John Deere	2	0
	Case	1	0

2.15 Výhody a nevýhody bionafty

Výhody bionafty

-  Jedná se o obnovitelný zdroj
-  Příznivé složení emisí, až o 50% nižší kouřivost (lépe hoří)
-  Biologicky odbouratelná z 90% za 21 dní, podle testu CEC
-  Vysoká mazací schopnost
-  Lze ji skladovat ve stejných zásobnících jako motorovou naftu

Nevýhody bionafty

-  Energetická náročnost celého výrobního procesu
-  Poškození pryžové součástky (těsnění, hadičky)
-  Nepatrné snížení výkonové křivky cca o 4%) a tím i zvýšení měrné spotřeby paliva v g/kWh (způsobeno nižší výhřevností)
-  Zanášení vstřikovací trysky
-  Mění se složení emisí, což může způsobovat problémy při úpravě výfukových plynů katalyzátory [1], [2], [12]

3. Bioetanol a biometanol

Jedná se o alkoholy nižších skupin s obdobnými vlastnostmi jako paliva konvenční – ropná, benzin a nafta. Chceme-li je používat jako paliva, je nutná konstrukční úprava stávajících motorů. Nevýhodou je, že vážou vodu, která způsobuje korozi. Alkoholová paliva mají podstatně menší výhřevnost, avšak vzhledem k vázanému kyslíku potřebují ke spálení mnohem menší množství vzduchu. [1]

Zážehové motory

Motor nevyžaduje výraznější úpravy pro použití alkoholu. Vzhledem k menší výhřevnosti alkoholu je nutno zvýšit dodávku paliva do motoru tak, aby odpovídala směšovacímu poměru.

Poměr metylalkohol : vzduch je 6,5 : 1. Poměr etylalkohol : vzduch je 9 : 1.

Vznětové motory

Motor je nutno přestavět na zážehový, nebo upravit palivo tak, aby vyhovovalo vznětovému motoru. Je nutno řešit nízkou vznětlivost alkoholů a malé mazací schopnosti ve vztahu ke vstřikovacímu čerpadlu a tryskám. Tyto problémy řeší přísady na bázi organických dusičnanů a dusitanů. [1]

3.1 Bioetanol (EtOH, etylalkohol)

Je to látka, která se v přírodě vyskytuje ojediněle. Jde o hořlavinu, bezbarvá kapalina ostré, ve zředěném stavu alkoholické vůně. Je to jedno z nejstarších alternativních paliv, které se dnes běžně využívá jako náhrada benzínu ve spalovacích motorech. [1], [16]

3.2 Výroba bioetanolu

V klimatických podmínkách střední Evropy jsou hlavní obnovitelné suroviny pro výrobu etanolu obiloviny (žito, pšenice, ječmen, kukuřice), cukrová řepa, cukrová třtina, brambory, ovoce a jiné plodiny. Proces výroby alkoholu se nazývá fermentace (jde o chemickou reakci za přítomnosti enzymů jako katalyzátorů, kvašení [17]) probíhající na cukerných roztocích. Cukry mohou být vyráběny i ze zeleniny, resp. celulózy (dřeva). Po 30 hodinách fermentace obsahuje vzniklá kaše přibližně 6 až 10% alkoholu, který se po předchozí destilaci může použít jako kapalné palivo ve spalovacích motorech. Nepřeměněné suroviny na biopalivo (vedlejší produkty) se mohou použít jako bílkovinová krmiva. [1], [18]

Evropská unie (dále jen EU) udává, že kdyby se na výrobu etanolu použila např. cukrová řepa, tak by tímto palivem bylo možné zásobovat všechny zemědělské stroje, přičemž potřebná výměra půdy by představovala přibližně 10% orné půdy v EU. Ze zkušenosti vyplývá, že z jednoho hektaru osetému cukrovou řepou je možné získat téměř 5 tisíc litrů etanolu. Bilance takové výroby je následující: 1 ha = 87 730 kg cukrové řepy. Podíl bulev s průměrnou cukernatostí 16% představuje 48 740 kg.ha⁻¹. Zbytek tvoří vedlejší produkty. Ze 48 740 kg řepy je možné získat 4 755 litrů etanolu (asi 3775 kg). [1]

Etanol vyrobený fermentací z biomasy je možné použít buď jako palivo pro speciálně konstruované motory, nebo jako přísadu obsaženou 3 až 15% v benzínu. Chemicky změněný etanol na etyl-terc-butyl-eter (ETBE) je důležitou přísadou do bezolovnatých benzinů. Zvyšuje oktanové číslo a zlepšuje kvalitu hoření paliva v motoru. [1]

3.3 Biolíh (etanol, alkohol etylnatý)

Je to líh vyrobený z cukrů, jako je glukóza a fruktóza, kombinovaných cukrů – oligosacharidů jako je sacharóza a polysacharidů jako je škrob a celulóza. (tyto látky se vyskytují v zemědělských plodinách). Podstatou zemědělské výroby je využití fotosyntézy (přeměna oxidu uhličitého a sluneční energie na biomasu obsahující sacharidy, vlákninu a vodu).

Využití biolíhu

Na výrobu ETBE (etyl-terc-butyl-eter) – přísada do bezolovnatých benzinů, která zvyšuje oktanové číslo a zlepšuje kvalitu hoření paliva v motoru.

Jako přímý přídavek do motorových paliv pro benzínové i naftové motory, který má příznivý vliv na čistotu ovzduší

3.4 Rozdíly benzínového motoru a motoru spalující bioetanol

Je jich asi 300, nejdůležitější jsou tyto:

- Motor má vyšší kompresní poměr
- Má odlišné válce a tvar spalovacího prostoru
- Palivová nádrž bývá obvykle pocínovaná
- Palivové čerpadlo, karburátor a palivové potrubí jsou vyrobeny z nerezavějících materiálů [1]

3.5 Rozdíly naftového motoru a motoru spalující bioetanol

Z důvodu nízkého cetanového čísla je nutné vybavit vozidlo pomocným zapalovacím systémem. Tyto motory mohou spalovat také směs etanolu a nafty. Při obsahu několika procent nafty ve směsi, není nutné použít zapalovací svíčky.

Tab. 3.1 Vybrané parametry motorové nafty a alkoholů [1]

parametr		motorová nafta	metanol	etanol
cetanové číslo		40-55	5	8
hustota při 20°C	kg.m ⁻³	820 – 860	791	789
bod varu	°C	18 – 370	65	78,5
výhřevnost	MJ.kg ⁻¹	41,8	19,7	26,8

3.6 Využití ve světě

Brazílie

Program Proalcool, palivo pro zážehové motory obsahuje 26 až 30% etanolu a program MEG, palivo obsahuje 60 % etanolu, 33 % metanolu a 7 % benzínu. Pro vznětové motory palivo obsahuje 10 % etanolu a 90 % nafty

USA

Program Gasohol, palivo obsahuje 10% etanolu a 90% benzínu

Švédsko

Pro vznětové motory se používá etanol s přidavkem 2% aditiva (zlepšuje vznětlivost paliva).

ČR

Používalo se již mezi světovými válkami s obchodním názvem DINOL, paliváři nazýváno Bi-Bo-Li, což označovalo 60% benzínu, 20% benzolu a 20% agrárního lihu. [2]

Tab. 3.2 Roční spotřeby bioetanolu jako paliva pro motorová vozidla [38]

Země	Spotřeba [mil.m ³]	surovina
Brazílie	13	cukrová třtina
USA	6	kukuřice, obilí
západní Evropa	0,4	obilí
	0,4	etanol z vína
Švédsko	0,01	sulfitové výluhy

3.7 Výhody a nevýhody bioetanolu

Výhody bioetanolu

- ✚ V motoru je dokonaleji spalován
- ✚ Vyšší výkon a otáčky motoru
- ✚ Nižší emise ve spalínách (o polovinu nižší emise CO, tuhých částic a organických látek. A o jednu čtvrtinu nižší emise N₂O)

Nevýhody bioetanolu

- ✚ Způsobuje rychlejší korozi kovových materiálů, napadá plastické hmoty
- ✚ Má detergentní účinek (odstraňuje olej)
- ✚ Neblahý vliv na lidský organismus (hlavně při čerpání)
- ✚ Problémy při studeném startu (způsobeno vyšší zápalnou teplotou cca 425 °C, benzín cca 200 °C)
- ✚ Vyšší spotřeba (způsobeno nižší výhřevností cca 26,88 MJ.kg⁻¹, benzín cca 24,94 MJ.kg⁻¹)
- ✚ Vyšší tvorba aldehydů při spalování ve výfukových plynech, která se dá snížit použitím oxidačních katalyzátoru až o 80 %
- ✚ Výroba etanolu fermentací z celulózy vede k malému výtěžku při relativně vysokých nákladech [2]

3.8 Biometanol (MeOH, metylalkohol)

Je to čistá kapalina bez zápachu, pro člověka jedovatá, která se v přírodě vyskytuje ojediněle. Dříve to byl vedlejší produkt při výrobě dřevěného uhlí (zastaralý název dřevěný líh). Výroba dřevěného uhlí ztratila pomalu význam a metanol se stal důležitým palivem pro motorová vozidla. [1]

3.9 Výroba biometanolu

V klimatických podmínkách střední Evropy jsou hlavní obnovitelné suroviny pro výrobu etanolu obiloviny (žito, pšenice, ječmen, kukuřice), cukrová řepa, cukrová třtina, brambory, ovoce a jiné plodiny. Proces výroby alkoholu se nazývá fermentace (jde o chemickou reakci za přítomnosti enzymů jako katalyzátorů, kvašení) probíhající na cukerných roztocích. Cukry mohou být vyráběné i ze zeleniny, resp. celulózy (dřeva). Po 30 hodinách fermentace obsahuje vzniklá kaše přibližně 6 až 10 % alkoholu, který se po předchozí destilaci může použít jako kapalné palivo ve spalovacích motorech. Nepřeměněné suroviny na biopalivo (vedlejší produkty) se mohou použít jako bílkovinná krmiva. [17], [18]

Metanol je možné vyrobit jednak z biomasy, nebo z některých fosilních paliv jako jsou zemní plyn a uhlí. Z jedné tuny suché biomasy lze vyrobit 700 litrů metanolu. Při výrobě metanolu z obnovitelných zdrojů je velmi příznivý poměr získané a vložené energie. Nevýhodou je, že metanol vyrobený z biomasy je dvakrát nákladnější v porovnání se syntetickým metanolem vyrobeným ze zemního plynu. Z metanolu lze vyrobit i benzín, ale celý proces probíhá s energetickou ztrátou, proto se nevyužívá. [1]

3.10 Rozdíly benzínového motoru a motoru spalující biometanol

Z hlediska výkonu a dojezdu jsou vlastnosti podobné. Metanol jako palivo je možno u benzínového motoru použít buď v čisté formě, nebo jako směs. Metanol vyrobený ze dřeva a použitý jako náhrada benzínu má o 20 až 70 % nižší emise všech škodlivin. [2]

3.11 Rozdíly naftového motoru a motoru spalující biometanol

Pro spalování metanolu je třeba doplnit vznětový motor pomocným zapalovacím systémem z důvodu nízkého cetanového čísla metanolu. Takto upravené motory mohou spalovat i směs metanolu a nafty. Už při obsahu několika procent směsi metanolu a nafty není potřeba použít zapalovací svíčky. Nahrazením nafty metanolem, se u vznětových motorů podstatně sníží emise i tuhé části. [2]

Tab. 3.3 Snížení emisí při použití metanolu místo nafty u nákladního automobilu [2]

	Snížení emisí
NO _x	-65%
CO	-95%
HC	-95%
tuhé částice PT	-100%

3.12 Využití biometanolu

Z důvodů potíží při zkapalňování vodíku, potíží s tankováním a uchováním v nádrži se zkoumá i použití metanolu v palivových člancích, které jsou perspektivním zdrojem energie pro motorová vozidla. [1]

Na výrobu MTBE (metyl-terc-butyl-eter) jako přísady do bezolovnatých benzinů, která zvyšuje oktanové číslo a zlepšuje a zdokonaluje spalování, což vede ke snížení emisí uhlovodíků a CO. [19]

Na výrobu DME (di-metyl-éter) se využívá díky vysokému cetanovému číslu jako palivo pro vznětové motory. DME má dobrý vliv na snížení emisí. [19]

USA

Směs je označována jako M 85 (85 % metanolu a 15 % benzínu), nebo jako M 100, což je čistý metanol. M 85 je vhodný pro lehčí vozidla, M 100 je určený pro dodávky a nákladní vozidla. Úprava motoru na použití metanolu stojí cca 250 USD. Tyto automobily dodávají firmy Ford a Chrysler. [2]

3.13 Výhody a nevýhody biometanolu

Výhody metanolu

- ✚ Snížení emisí všech škodlivin (u benzínu o 20 až 70 %)
- ✚ Má vysokou energetickou hustotu, umožňující vyšší účinnost spalování v motoru, má nižší teplotu hoření
- ✚ Vyšší oktanové číslo než benzín, to umožňuje vyšší kompresi a následně lepší účinnost motoru
- ✚ Výrobní technologie jsou v praxi odzkoušené, spolehlivé a široce využívané
- ✚ Snadnější manipulace než s benzínem, je méně prchavý, bezpečnější při dopravních nehodách, případný požár se dá uhasit i vodou z malé vzdálenosti (nízká teplota plamene)

Nevýhody metanolu

- ✚ Toxicita metanolu jednak při vdechnutí, ale i při působení na kůži (riziko při čerpání)
- ✚ Způsobuje rychlejší korozi kovových materiálů
- ✚ Má detergentní účinek (odstraňuje olej z míst, kde je zapotřebí)
- ✚ Negativní vliv na plastové materiály
- ✚ Plamen je neviditelný (po přidání 15 % benzínu se stává viditelným)
- ✚ Vyšší zápalná teplota způsobuje problém při startu pod bodem mrazu (řeší se předehřátím paliva)
- ✚ Dvakrát vyšší spotřeba než u nafty (způsobeno o 50 % nižší energetickou hustotou)
- ✚ Vysoká výrobní cena (dvojnásobně vyšší než u benzínu) [2]

3.14 Bioplyn

Bioplyn je tvořen směsí plynů: 55 až 75 % metanu, 25 až 40 % oxid uhličitý a 1 až 3% dalších plynů (vodík, dusík, sirovodík).

Použití bioplynu

Ve většině případů se používá pro kogenerační jednotky (stabilní motor využívaný pro výrobu elektrické energie s plným využitím odpadního tepla).

Pro účely pohonu motorových vozidel je nutno bioplyn zbavit nežádoucích příměsí, zejména oxidu uhličitého a sirovodíku tak, aby odpovídal požadavkům na zemní plyn (obsah metanu vyšší než 95 %, výhřevnost srovnatelná).

Pro rychlé čerpání se bioplyn stlačuje na tlak 250 až 300 barů. Tlak bioplynu v nádrži je 50 až 100 barů.

V Evropě je bioplyn převážně využíván pro přímé spalování, nebo v kogeneračních jednotkách. [1], [20]

Švédsko

Ve Švédsku se 60% bioplynu vyrábí z čistírenských kalů, 30% tvoří skládky a zbytek tvoří průmyslové odpadní vody. Bioplyn využívá více než 130 městských autobusů.

Švýcarsko

Naturgas je bioplyn (kompogas) upravený na kvalitu zemního plynu.

Bioplyn využívá 520 aut, k dispozici mají 27 čerpacích stanic.

Francie

Bioplyn je získáván z čistírny odpadních vod, využívá se pro autobusy.

V Evropě se dále využívá v Dánsku, Rakousku, Itálii a na Islandu. Mimo Evropu pak v Brazílii, USA, Chile a na Novém Zélandu. [20]



Obr. 3.1 Bioplynové stanice [20]

3.15 Výroba bioplynu

Bioplyn vzniká metanogením kvašením organických látek, tento proces je označován jako anaerobní metanová fermentace. Nejčastěji jsou to látky jako chlévská mrvka, prasečí kejda nebo odpady v městských čistírnách (kalový plyn). Jeden ze způsobů je produkce bioplynu ve skládce odpadů. Tento způsob se moc nevyužívá, proces se nedá nijak ovlivňovat ani řídit. Výhodnější způsob je anaerobní fermentace v reaktoru. Tímto způsobem je možné vytvářet příznivé podmínky, jako je vhodná teplota a míchání substrátu viz. obr. 3.1 [1], [19]

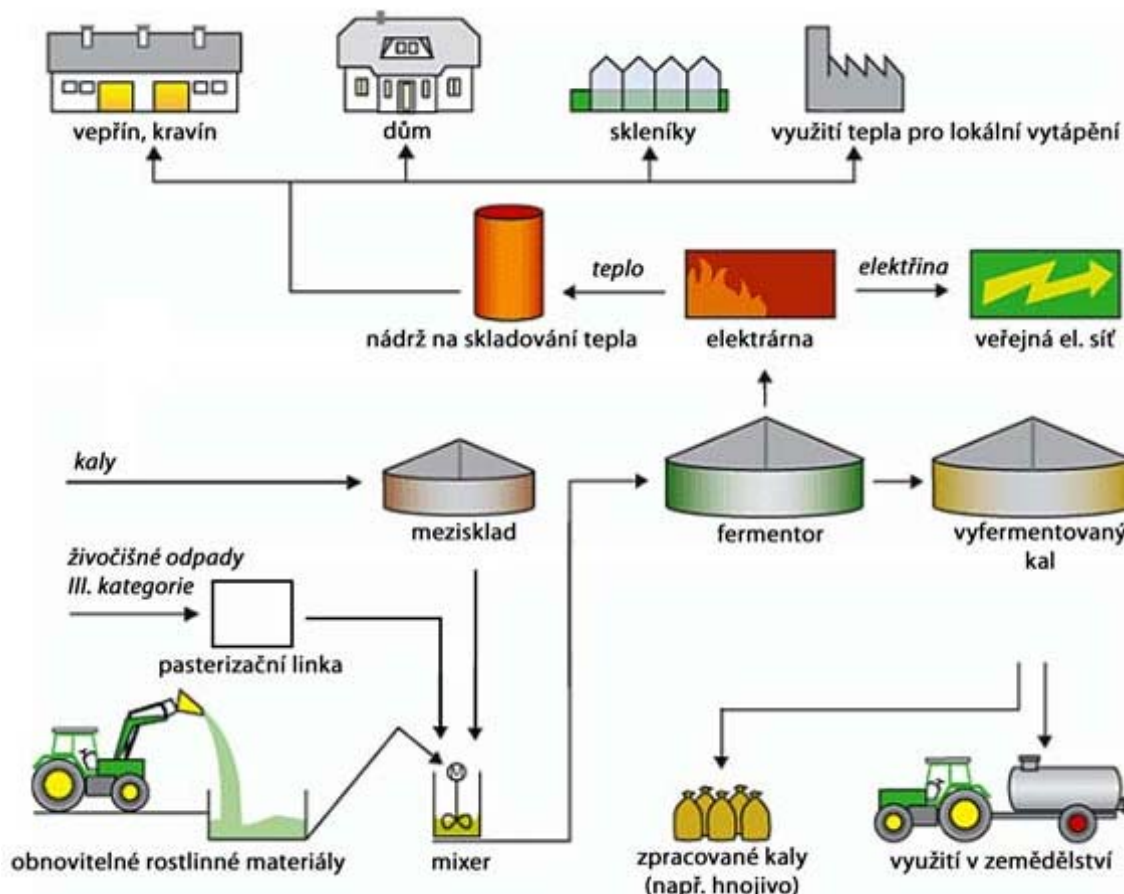


Schéma 3.1 Bio stanice [21]

3.16 Výhody a nevýhody bioplynu (viz. Zemní plyn)

Výhody

- Oproti benzínu nižší emise asi o 30%
- Úspora nákladů na palivo

Nevýhody

- Nestabilní produkce bioplynu. Anaerobní fermentační procesy probíhají nejlépe při teplotě 40 °C. V létě je zemního plynu přebytek a v zimě, kdy je potřeba více elektrické a tepelné energie je bioplynu nedostatek. [1], [20]

4. LPG

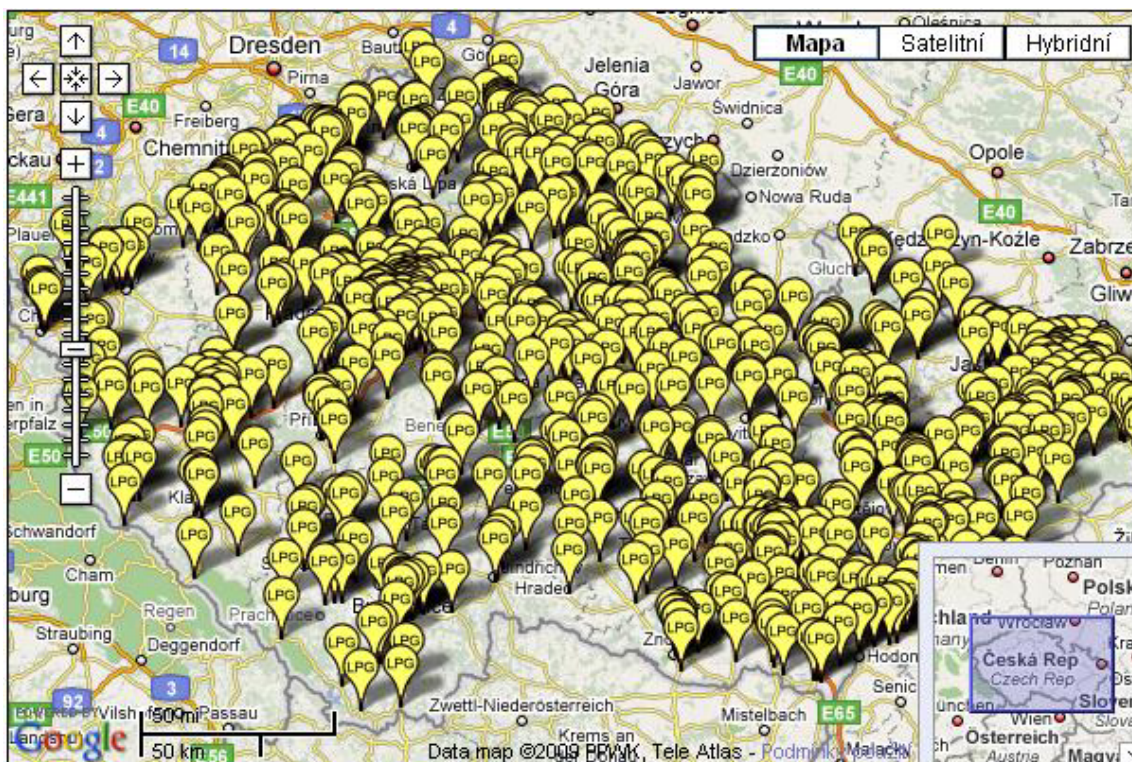
Propan-butan (LPG - Liquefied Petroleum Gas - zkapalněný ropný plyn). LPG je směs uhlovodíků, hlavně propanu a butanu, v kapalném stavu bezbarvá, silně těkává kapalina, charakteristického zápachu, s nízkým obsahem síry. Za atmosférických podmínek se propan butan vyskytuje v plynné formě. Ochlazením nebo stlačením se přemění do kapalného stavu. V kapalném stavu zaujímá 1/260 plynného objemu [2]

4.1 Výroba LPG

LPG vzniká při rafinaci ropy, a nebo jako kapalná frakce separovaná od metanu v průběhu těžby zemního plynu [2]. Rafinací zemního plynu se získá asi 60 % LPG. Při rafinaci ropy se získá asi 40 % LPG. Výroba LPG z ropy je omezená jejími zásobami, vzniká tedy otázka, zda takto vyrobený LPG může být považován za alternativní palivo. [19]

4.2 Dostupnost LPG v ČR

LPG využívá asi 5 milionů motoristů na celém světě. V České republice je v provozu přes 580 čerpacích stanic, z toho je 200 součástí klasických čerpacích stanic [2]



Obr. 4.1 Mapa LPG stanic v České republice [22]

4.3 Vlastnosti LPG [2]

Hlavními složkami LPG jsou propan, n-butan a isobutan. Vybrané vlastnosti jsou uvedené v tabulce 4.1.

Tab. 4.1 Vlastnosti LPG [2]

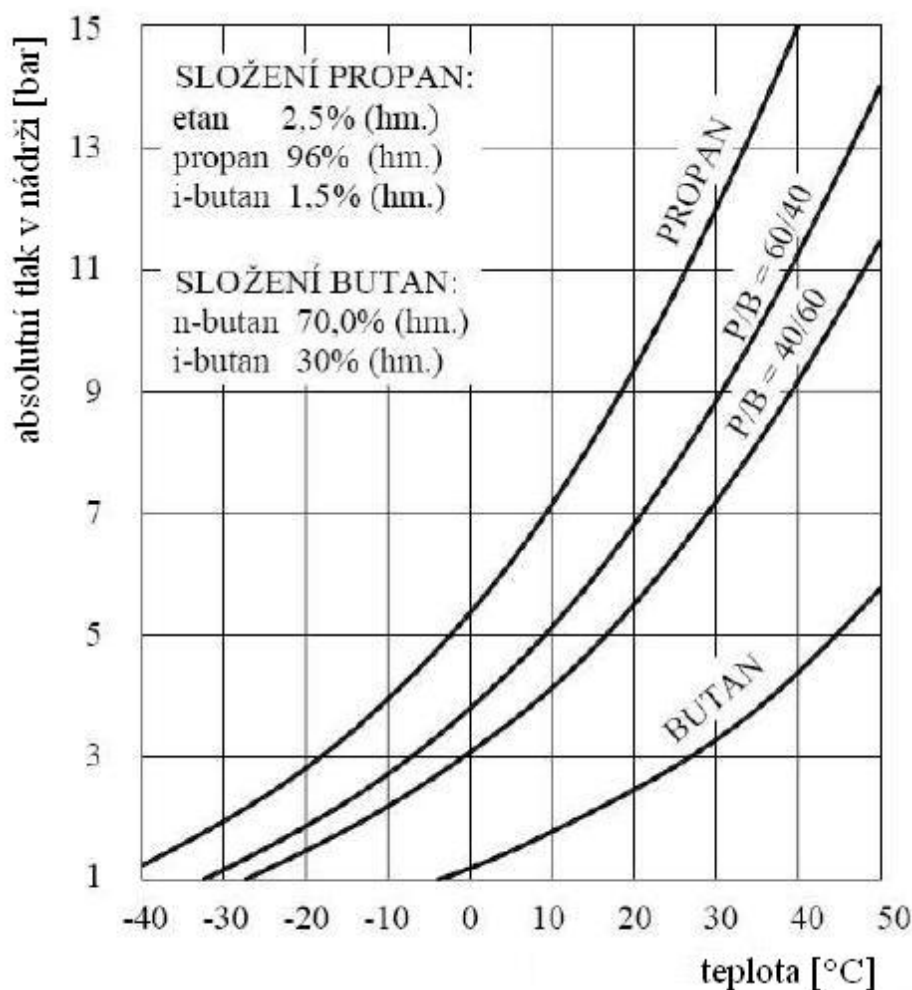
Palivo	Antidetonační odolnost – oktanové číslo OČ motorov./výzkumá metoda		Hustota ρ_{pal} kapal. plyn $[\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}]$	Výhřevnost H_U $[\text{MJ}/\text{kg}]$	Podmínky skladování -10°C $+30^\circ\text{C}$ $[\text{bar}]$	
BA 95 N	85	95	přibl. 760	43,50	1,00	
Propan	97	111	510 1,96	46,30	3,50	11,0
i-butan		99				
n-butan	92	96	580 2,59	47,70	0,75	3,0
LPG (P/B=60/40)	95	105	540 2,21	46,06	2,50	8,3

Abychom zajistili v nádrži dostatečný tlak LPG v letním i zimním období, mění se poměr propanu a butanu podle ročního období viz. tab. 4.2

Tab. 4.2 Složení LPG v různých zemích podle ročního období [1]

Země	Složení plynu (poměr P/B)	
	letní	zimní
Austrálie	propan	propan
Belgie	30/70	50/50
Německo	převaha propanu	převaha propanu
Finsko	propan	propan
Holandsko	30/70	70/30
Norsko	propan	Propan
Rakousko	20/80	80/20
Švédsko, Švýcarsko	propan	propan

Tlak par LPG nezáleží na tom, jak moc je nádrž naplněna, ale pouze na složení LPG a na teplotě. Teplota varu propanu je $-42\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při okolní teplotě např. $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ vytváří v nádrži přetlak $0,25\text{ MPa}$, naproti tomu butan má bod varu cca při $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a při teplotě pod bodem mrazu mají jeho páry nižší tlak než tlak atmosférický. Proto v zimních měsících obsahuje LPG většinou více propanu. [19]



Graf 4.1 Závislost tlaku v nádrži na složení a teplotě LPG [2]

4.4 Předepsané příslušenství pro vozidlovou nádrž na LPG

- Plnicí jednotku s omezovacím (vstupním) ventilem naplnění na 80 % celkového obsahu
- Pojistný ventil
- Provozní (výstupní) ventil s průtokovou (nadproudovou) pojistkou
- Stavoznakem (palivoměrem)

Palivová nádrž musí být řádně upevněna a prostor příslušenství nádrže řádně odvětrán. [2]

4.5 Systémy LPG

➤ **Systém s centrálním směšovačem**

Využití pro stará vozidla s karburátorem. Výhodou tohoto systému je nízká cena cca 10 000 Kč.

➤ **Systém kontinuálního vstřikování**

Využití pro novější automobily. Přísun plynu je zajišťován pro každý válec zvlášť (znamená to vyšší výkon a menší spotřebu paliva). Cena cca 30 000 Kč.

➤ **Systém sekvenčního vstřikování**

Využití pro moderní automobily. Přísun plynu do válců je zajištěn pomocí elektronicky řízených trysek (výkon i spotřeba se přibližují provozu na benzín). Cena od cca 40 000 Kč. [2]

4.6 Porovnání vlastností LPG s běžnými palivy

Porovnání vlastností LPG a benzínu

Oktanové číslo LPG je o 5 až 10 % vyšší než u benzínu. To umožňuje vyšší kompresi a tím i vyšší účinnost. Dále nevyžaduje obohacování směsi při studeném startu.

Porovnání vlastností LPG s naftou pro použití v autobusu

Tab. 4.3 Porovnání vlastností LPG s naftou pro použití v autobusu [2]

	Nafta	LPG
Hustota paliva [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	830	540
Výhřevnost [$\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$]	42,5	46,1
Přetlak v nádrži [MPa]	0,0	0,4
Objem nádrže [l]	200	340
Zvýšení hmotnosti [kg]	-	140

4.7 Výhody a nevýhody LPG

Výhody LPG

- ↳ Čistší výfukové plyny
- ↳ Delší životnost mazacího oleje (není rozpouštěn benzínem)
- ↳ Delší životnost motoru, menší mechanické opotřebení (netvoří se karbonové usazeniny)
- ↳ Tišší chod motoru
- ↳ Ekonomika provozu, snížení nákladů na palivo o cca 50 %
- ↳ Delší dojezd
- ↳ Možnost volby paliva benzin nebo LPG

Nevýhody LPG

- ↳ Snížený výkon o 5 %
- ↳ Vyšší spotřeba o 10 až 30 %
- ↳ Pořizovací náklady
- ↳ Větší celková hmotnost automobilu (o 50 až 80 kg) – sníží se povolená užitečná hmotnost vozidla
- ↳ Zmenšení zavazadlového prostoru (řeší se umístěním LPG nádrže místo rezervního kola)
- ↳ Dodržování určitých bezpečnostních podmínek (neparkovat v podzemní garáži)
- ↳ Dodržování pravidelných kontrolních prohlídek [1], [2]

5. Zemní plyn CNG a LNG

Jde sice o neobnovitelný zdroj, ale ložiska zemního plynu by měli vystačit až na 200 let. [19] Skládá se asi z 85 % metanu (CH_4 – jednoduchý uhlovodík bez barvy a zápachu, hořlavý, se vzduchem vybuchující plyn, vyskytující se často v přírodě, i jako bahenní či důlní plyn), z 10 % dusíku a oxidu uhličitého a z 5 % vyšších uhlovodíků. Rozeznáváme **CNG** (Compressed Natural Gas – stlačený zemní plyn). V zásobníku vozidla bývá stlačen až na tlak 200 bar a **LNG** (Liquified Natural Gas – zkapalněný zemní plyn). Pro dosažení kapalného stavu je třeba ho ochladit na teplotu $-162\text{ }^\circ\text{C}$ (zkapalněním se změní asi šestsetkrát objem původního plynu).

5.1 Těžba a přeprava zemního plynu

Zemní plyn se těží jednak z ložisek na pevnině, ale taky z ložisek ukrytých pod mořským dnem. Vytěžený plyn je pak z plošiny dopravován podmořským plynovodem na pobřeží, tam je pak upravován na komerční kvalitu. Těžební sondy na pevnině jsou propojeny systémem sběrných plynovodů, kterými je vytěžený plyn dopravován do úpravárenských závodů. [2] Celkové zásoby zemního plynu s odhadem 511 tisíc miliard kubických metrů mají životnost až 200 let. [23]

Cesta zemního plynu od ložiska k zákazníkovi je jeden z nejnáročnějších článků řetězce. Upravený zemní plyn je přepravován potrubím nebo ve zkapalněném stavu tankery.



Obr. 5.1 Přeprava zemního plynu [24]

5.2 Porovnání LNG, CNG a jejich použití v dopravě

Nevýhody LNG spočívají v:

- Uchování za velmi nízkých teplot
- Odpařování z nádrže při delší odstavce vozidla
- Složitější a zároveň nákladnější technologie oproti CNG

Výhody LNG spočívají v:

- Zmenšení objemu palivových nádrží (zvětšení úložného prostoru) oproti CNG
- Větší dojezd vozidla oproti CNG [2], [25]

Ve světě jezdí na zemní plyn více než 2,7 milionu vozidel v 50 zemích. Nejvíce vozidel na CNG jezdí v Argentině (962 tisíc), Brazílii (550 tisíc), Itálii (380 tisíc), Pákistánu (280tisíc), USA (208 tisíc) a Indii (137 tisíc). Z toho nejvíce vozidel na zemní plyn provozuje americká pošta. Nejvíce autobusů na zemní plyn jezdí v USA, Kolumbii, Mexiku, Austrálii, Francii a Švédsku. V ČR jezdí asi 400 vozidel na zemní plyn, z toho ¼ tvoří autobusy



Obr. 5.2 Autobus na CNG [26]



Obr. 5.3 Nákladní vozidlo na CNG [27]

(větší prostor pro umístění tlakové nádrže). Sériovou výrobu dodávkových a nákladních vozů zahájili společnosti Mercedes-Benz, Ford, Toyota, Nissan, Mitsubishi, Citroen, Fiat a další. Co se týče autobusů, jsou to společnosti Mercedes-Benz, Iveco, MAN, Volvo, Neoplan, Nissan, Isuzu, Renault, Van Hool, Scania. V ČR je to pak firma Karosa. [2]



Obr. 5.4 Nákladní vozidlo na LNG a kryogenní nádrž LNG [28]

5.3 Dělení palivových soustav na zemní plyn

➤ **Jednopalivová**

Monofuel – jde převážně o autobusy, případně některá nákladní auta.

➤ **Dvoupalivová**

Bifuel s možností přepínání mezi konvenčním a plynným palivem – většina osobních aut.

➤ **Smíšená**

Dual fuel společně využívající konvenční i plynné palivo. [2]

5.4 Porovnání zemního plynu s ropnými palivy

Tab. 5.1 Porovnání CNG a nafty pro autobus s dojezdem 500 km na jedno natankování [2]

	Nafta	CNG
Hustota paliva [kg.m^{-3}]	830	140
Výhřevnost [MJ.kg^{-1}]	42,5	47,7
Přetlak v nádrži [MPa]	0,0	20
Objem nádrže [l]	200	1270
Zvýšení hmotnosti [kg]	-	1000

Tab. 5.2 Porovnání emisí autobusu na zemní plyn a klasického autobusu na naftu [2]

	NO _x	CO	PT	CH ₄
Autobus na naftu	13,4	4,6	0,3	-
Autobus na zemní plyn	2,9	0,3	0,06	2,7

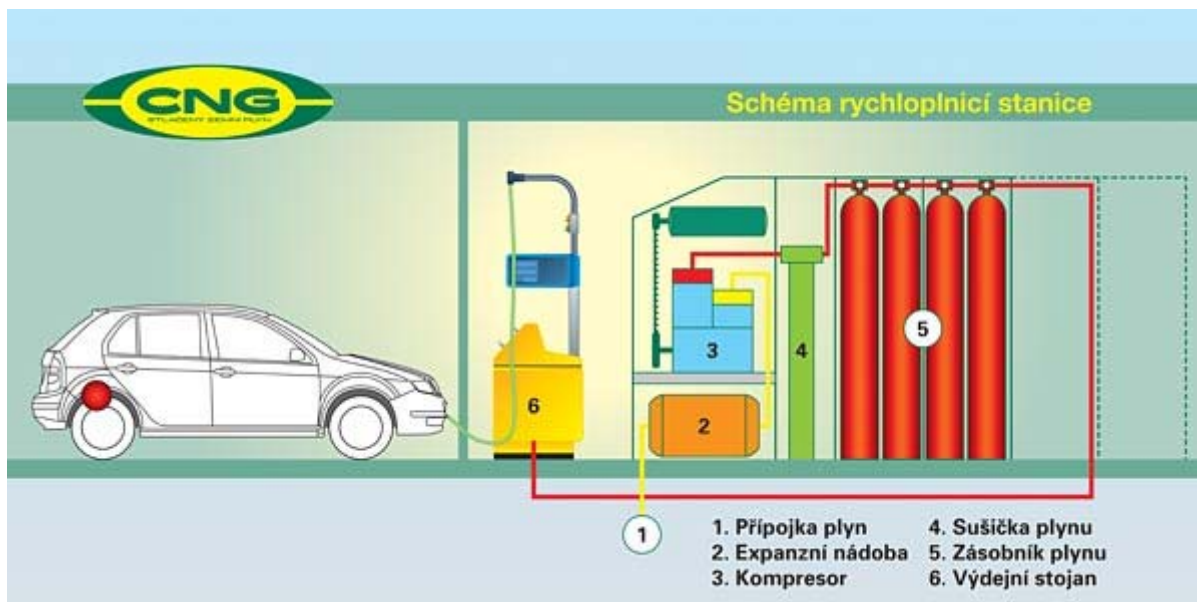
Tab. 5.3 Hmotnostní parametry autobusových nádrží na CNG, LNG a na naftu [2]

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 (20 MPa)	860	97	280	957
CNG – kompozitové (20 MPa)	338	102	295	420

5.5 Plnicí stanice CNG

Stanice pro rychle plnění

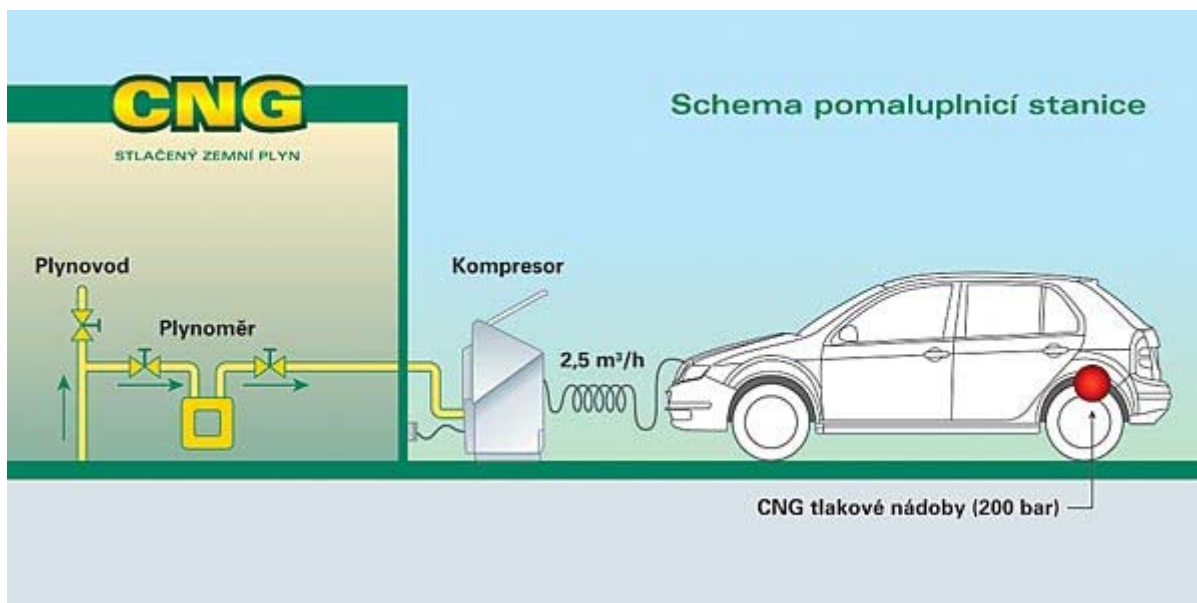
Srovnatelná doba plnění s kapalnými palivy (3-5 minut).



Obr. 5.5 Stanice pro rychlé plnění [30]

Stanice pro pomalé plnění

Plnění aut se provádí přímo pomocí kompresoru. Doba plnění je několik hodin. Mezi výhody této stanice patří jednoduchá instalace, snadná obsluha, plně automatizovaný provoz, bezpečnost, nízká hlučnost. Nevýhoda je pořizovací cena. [29]



Obr. 5.6 Stanice pro pomalé plnění [31]

5.6 Výhody a nevýhody CNG, LNG

Výhody

Ekologické

- Zemní plyn je složen z nejjednoduššího uhlovodíku - metanu (CH_4). Vozidla na zemní plyn produkují výrazně méně škodlivin, mají menší vliv na skleníkový efekt s porovnáním s benzínem či naftou. (V porovnání s benzínem má zemní plyn až o 25 % nižší emise CO_2)

Ekonomické

- 2 až 3x nižší náklady na pohonné hmoty

Provozní

- Vyšší životnost motoru a oleje, nevytvářejí se karbonové usazeniny. Lepší směřování se vzduchem – možnost pracovat s vysokým součinitelem přebytku vzduchu, rovnoměrnější plnění válců, menší zatěžování motoru. U dvou palivových systémů se zvyšuje délka dojezdu (u zemního plynu o cca 200-250 km). Snížení hlučnosti motoru ve srovnání s naftovým motorem. Lepší startování při nízkých teplotách. Vysoké oktanové číslo (130) - vysoká antidetonační schopnost – zvyšuje se odolnost vůči klepání motoru (motor může pracovat v oblasti výrazného ochuzení palivové směsi)

Bezpečnost

- Oproti benzínu, naftě a LPG je lehčí než vzduch. Dvojnásobná zápalná teplota oproti benzínu. Tlakové nádrže (vyrobeny z oceli, hliníku, nebo kompozitu) jsou bezpečnější než benzínové nádrže.
- Jednoduchá distribuce plynu k uživateli díky vybudovaným plynovodům. Snižuje se tím počet nákladních cisteren s kapalnými palivy. Vzhledem k tomu, že zásoby zemního plynu jsou větší než zásoby ropy, má zemní plyn větší perspektivu, než produkty z ropy (benzín, nafta, propan-butan).

Nevýhody

- Zpřísněná bezpečnostní opatření při garážování a opravách plynových vozidel
- Malý počet plnicích stanic
- Vyšší náklady na vozidlo – přestavba zvyšuje cenu vozidla
- Umístěním nádrže do zavazadlového prostoru se zhoršuje komfort [1]

6. Vodíkový pohon

Energie obsažená ve vodíku může být uvolněna ve dvou formách. Přímo ve spalovacím motoru, nebo ve „studené“ formě v palivovém článku přímou přeměnou v elektrický proud. Je potřeba zdůraznit, že vodík není energickým zdrojem, ale nosičem energie. [2]

6.1 Výroba vodíku

Vodík lze vyrábět mnoha způsoby. V celosvětové produkci vodíku dominuje v současnosti výroba z fosilních paliv.

Parní reforming zemního plynu

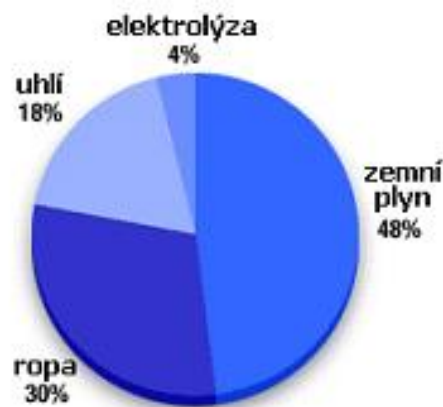
Elektrolýza

je to proces, při kterém stejnosměrný proud při průchodu vodným roztokem štěpí chemickou vazbu mezi vodíkem a kyslíkem:



Vysokoteplotní elektrolýza

Termochemické cykly



Graf. 6.1 Podíl na výrobě vodíku

6.2 Spalování vodíku v klasických motorech

Stlačený nebo zkapalněný vodík se spaluje obdobně jako běžné pohonné hmoty. Při spalování vodíku vzniká pouze neškodná voda a malé množství kyslíčků dusíku. Tento způsob má dvě podstatné nevýhody:

- drahá výroba vodíku
- vodík ve směsi se vzduchem je silně výbušný [2]

Palivový systém motoru je přizpůsoben pomocí elektronického směšovacího systému, ten určuje směšovací poměr vodíku a vzduchu. Spalování probíhá s přebytkem vzduchu. Přídavný vzduch ve spalovacím prostoru odnímá teplo a tím klesá teplota plamene pod kritickou mez, nad níž by se směs mohla sama vznítit. Nízká teplota spalování současně brání vzniku oxidů dusíku (NO_x), které jsou v redukčním katalyzátoru zážehových motorů neutralizovány. Bez dalších přídavných zařízení pracují vodíkové motory prakticky bez emisí, oproti benzínu jsou všechny emisní komponenty sníženy až o 99,9 % [1]

6.3 Palivový článek (Fuel Cell - FC)

Druhý systém využívá akumulátor pro zásobování palubní sítě elektrickou energií. Pohonnou jednotkou ve vozidle je elektromotor a elektřina pro něj je, na rozdíl od elektromobilů poháněných akumulátory, vyráběna přímo ve vozidle v palivových člancích. Palivový článek přebírá funkci konvenčního akumulátoru, má výkon 5 kW, účinnost téměř 50 % a je neustále v provozu.

Palivové články jsou zařízení, v nichž na základě elektrochemických procesů dochází k přímé přeměně vnitřní energie paliva na energii elektrickou. [1]

Palivový článek je galvanický článek, který vyrábí elektřinu z energie uvolňované při chemické reakci. K tomu slouží palivo (na anodové straně) a oxidant (na katodové straně). Palivo a oxidant za přítomnosti elektrolytu reagují. Nejčastěji se jako palivo využívá vodík a jako oxidant kyslík. [33]



Obr. 6.1 Autobus na vodík [34]

6.4 Vodíkový traktor New Holland NH2

Společnost New Holland testuje prototyp traktoru NH2. Naftový motor byl nahrazen



Obr. 6.2 Traktor NH2 [39]

elektromotorem s výkonem 78 kW. Energii čerpá z lithio-iontových akumulátorů a palivových článků. Traktor je zatím testován na základě praktických zkoušek, které jsou zaměřené na jeho využitelnost, odolnost, spolehlivost a skutečný ekologický přínos. Doba chodu elektromotoru je přibližně 2 hodiny. Konstruktéři chtějí dosáhnout doby dojezdu srovnatelné s motorovou naftou. Výrobce chce dostat tento traktor do sériové výroby do roku 2013. [39]

6.5 Výhody a nevýhody vodíku

Výhodou jsou neomezené zásoby a téměř nulové emise skleníkových plynů. Nevýhodou jsou vysoké náklady na jeho výrobu. [1]

7. Závěr

Dnes se žádné z alternativních paliv nevyrovná motorovým palivům vyráběným z ropy. Světové zásoby ropy se však snižují. Proto je používání alternativních paliv stále aktuálnější téma, zvláště v zemích, které jsou na dodávkách ropy závislé.

V současnosti jde hlavně o estery mastných kyselin a LPG. Co se týče biopaliv, jejich větší zastoupení by znamenalo větší využití orné půdy. Motivace zemědělců by vedla k pěstování rostlin určených k výrobě biopaliv, než k pěstování rostlin určených k výrobě potravin. To by v důsledku mělo negativní dopad na cenu potravin. Co se týče LPG je to dnes jedno z nepoužívanějších alternativních paliv. Jelikož je hlavní surovinou jeho výroby ropa, je zřejmé, že bude-li nedostatek ropy, bude rovněž nedostatek LPG. Od toho se odvíjí i cena LPG, která bude závislá na ceně ropy. Proto nemá LPG vyhlídky do budoucna.

V blízké budoucnosti se uplatní zemní plyn (zejména pak CNG) a bioetanol. Ložiska zemního plynu jsou sice také neobnovitelné, ale dostatečně velké na to, aby se mezitím našla a rozšířila jiná alternativní paliva.

Ve vzdálenější budoucnosti najde své uplatnění hlavně vodík a palivové články. Vodík je prvek, který se vyskytuje všude na Zemi i ve vesmíru. Může být spalován přímo ve spalovacích motorech, nebo použit jako nosič energie pro palivové články. Přičemž jediným vedlejším produktem při spalování je voda. Nevýhoda vodíku spočívá v energeticky a ekologicky náročné technologii výroby. I přesto je však vodík slibný kandidát paliva budoucnosti.

Seznam použité literatury

- [1] VLK, František. *Alternativní pohony motorových vozidel*. 1. vyd. Brno : Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2004. 234 s. ISBN 80-239-1602-5.
- [2] VLK, František. *Paliva a maziva motorových vozidel*. 1. vyd. Brno : Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. 376 s. ISBN 80-239-6461-5.
- [3] *Biodiesel.cz* [online]. [1999] [cit. 2009-03-5]. Dostupný z WWW: <<http://www.biodiesel.cz/co-je-bionafta/>>.
- [4] *Bionafta - Biodiesel* [online]. [2002] [cit. 2009-03-5]. Dostupný z WWW: <<http://max.af.czu.cz/~miki/biodiesel.htm>>.
- [5] *Brukev řepka olejka* [online]. [2005] [cit. 2009-03-5]. Dostupný z WWW: <<http://botanika.wendys.cz/kytky/K741.php>>.
- [6] *Brukev řepka olejka* [online]. 2003 [cit. 2009-03-5]. Dostupný z WWW: <<http://www.kvetenacr.cz/detail.asp?IDdetail=172>>.
- [7] VAJER, Lukáš, SKOUMALOVÁ, Lucie. *Zpracování bionafty* [online]. 2001 [cit. 2009-03-10]. Dostupný z WWW: <http://envi.upce.cz/pisprace/prezencni/2e_10_001.doc>.
- [8] *GreenProfit* [online]. c2008 [cit. 2009-03-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.green-profit.cz/data/pics/proces-biomasa.gif>>.
- [9] *EnviMarket.cz : lis na olej europecon P500* [online]. c2003-2009 [cit. 2009-03-15]. Dostupný z WWW: <http://www.envimarket.cz/?env=zbozi_bfd/Lis_na_olej_europecon_P500.html>.
- [10] *EnviMarket.cz : velký odstředivý filtr oleje* [online]. c2003-2009 [cit. 2009-03-15]. Dostupný z WWW: <http://www.envimarket.cz/?env=zbozi_bfe/Velky_odstredivy_filtr_oleje.html>.
- [11] *Oktanové a cetanové číslo* [online]. [2003] [cit. 2009-04-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.gnj.cz/projekt1/uhlovod/prezentace/oktacetcislo.pps>>.
- [12] *BIONAFTA* [online]. [2003] [cit. 2009-03-10]. Dostupný z WWW: <http://kfch.upce.cz/htmls/vedecka_cinnost_bionafta.htm>.
- [13] *Asociace soukromého zemědělství ČR : traktor na řepkový olej* [online]. c2000-2009 [cit. 2009-03-11]. Dostupný z WWW: <<http://www.asz.cz/cs/zpravy-z-tisku/zemedelska-technika/traktor-na-repkovy-olej.html>>.
- [14] *TRUCK RAPID OIL S.R.O. : test Nové alternativní palivo?* [online]. [2003] [cit. 2009-03-11]. Dostupný z WWW: <<http://www.truckrapidoil.cz/Cla5.htm>>.

- [15] *TIMUR : Rostlinný olej jako obnovitelný zdroj energie* [online]. c2006-2008 [cit. 2009-03-25]. Dostupný z WWW: <http://www.timur.cz/olej/energeticky_seminar.pdf>.
- [16] *Wikipedie* [online]. 2001-01-15 [cit. 2009-04-15]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org>>.
- [17] *Příroda.cz* [online]. [2003] [cit. 2009-03-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.priroda.cz/slovník.php?detail=365>>. ISSN 1801-278.
- [18] ČÍŽ, Karel. *LISTY CUKROVARNICKÉ a ŘEPAŘSKÉ* [online]. 2/2008 [cit. 2009-04-4]. Dostupný z WWW: <http://www.cukr-listy.cz/on_line/2008/pdf/46-47.PDF>.
- [19] ŠEBOR, Gustav, POSPÍŠIL, Milan, ŽÁKOVEC, Jan. *Technicko – ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě* [online]. Praha : 6/2006 [cit. 2009-03-15]. Dostupný z WWW: <http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/0/Technickoekonomicka_analyza_vhodnych_alternativnich_paliv_v_dopravecast_1.pdf>.
- [20] *RWE : bioplyn* [online]. [2003] [cit. 2009-04-18]. Dostupný z WWW: <http://www.cng.cz/cs/zemni_plyn/alternativni_pohonne_hmoty/bioplyn.html>.
- [21] *Tenza* [online]. c2006-2009 [cit. 2009-04-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.tenza.cz/images/tenza.cz/aktivity/biostanice-schema.jpeg>>.
- [22] *LPG* [online]. [2003] [cit. 2009-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://lpg.cernosice.cz/index.php?page=okresy.php>>.
- [23] *RWE : zásoby a těžba zemního plynu* [online]. [2003] [cit. 2009-04-18]. Dostupný z WWW: <http://www.rwe.cz/cs/zemni-plyn/zasoby_tezba/>.
- [24] *Zemní plyn : přeprava a uskladnění* [online]. c2007 [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <http://www.cng.cz/cs/zemni_plyn/alternativni_pohonne_hmoty/zkapalneny_zemni_plyn.html>.
- [25] *RWE : zkapalněný zemní plyn - LNG* [online]. [2003] [cit. 2009-04-18]. Dostupný z WWW: <http://www.cng.cz/cs/zemni_plyn/alternativni_pohonne_hmoty/zkapalneny_zemni_plyn.html>.
- [26] *RWE : CNG autobusy* [online]. [2003] [cit. 2009-04-19]. Dostupný z WWW: <http://www.cng.cz/cs/zemni_plyn/vozidla_na_zemni_plyn/C.html>.
- [27] *RWE : CNG nákladní automobil* [online]. [2003] [cit. 2009-04-19]. Dostupný z WWW: <http://www.cng.cz/cs/zemni_plyn/vozidla_na_zemni_plyn/B.html>.

- [28] *RWE : zkapalněný zemní plyn - LNG* [online]. [2003] [cit. 2009-04-19]. Dostupný z WWW:
<http://www.cng.cz/cs/zemni_plyn/alternativni_pohonne_hmoty/zkapalneny_zemni_plyn.html>.
- [29] *RWE : rozdělení CNG stanic* [online]. [2003] [cit. 2009-04-19]. Dostupný z WWW:
<http://www.cng.cz/cs/zemni_plyn/plnici_stanice/rozdeleni_cng_stanic.html>.
- [30] *RWE : rychloplnicí stanice* [online]. [2003] [cit. 2009-04-19]. Dostupný z WWW:
<http://www.cng.cz/miranda2/export/sites/www.cng.cz/cs/zemni_plyn/plnici_stanice/05_3_1_01.jpg>.
- [31] *RWE : pomaluplnicí stanice* [online]. [2003] [cit. 2009-04-19]. Dostupný z WWW:
<http://www.cng.cz/cs/zemni_plyn/plnici_stanice/05_3_2_01.jpg>.
- [32] *EkoWATT* [online]. c2008 [cit. 2009-04-25]. Dostupný z WWW:
<<http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-biomasy>>.
- [33] *Hybrid.cz : palivové články* [online]. c2006-2008 [cit. 2009-04-28]. Dostupný z WWW:
<<http://www.hybrid.cz/slovnicek/palivove-clanky>>.
- [34] *H2BUS* [online]. c2008 [cit. 2009-04-28]. Dostupný z WWW:
<<http://www.h2bus.cz/galerie>>.
- [35] *Agronavigátor* [online]. [2002] [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW:
<<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=1&typ=1&val=70211&ids=106>>.
- [36] *Agricoltura24* [online]. [1999] [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW:
<http://www.agricoltura24.com/820-vario-greentec/agricoltura_prodotto_8.html>.
- [37] *Hlfs St. Florian* [online]. c2005-2007 [cit. 2009-05-05]. Dostupný z WWW:
<<http://www.hlbla-florian.at/joomla/images/stories/agritronica08/hiegesberger.pdf>>.
- [38] *Technologické centrum AV ČR* [online]. c2003 [cit. 2009-03-15]. Dostupný z WWW:
<http://www.tc.cz/dokums_raw/alkoholovapaliva_1171360339.pdf>.
- [39] *Auto.pravda.sk* [online]. 2009-02-27 [cit. 2009-05-10]. Dostupný z WWW:
<http://auto.pravda.sk/new-holland-predstavil-traktor-na-palivove-clanky-fs8-sk_aaktual.asp?c=A090227_131806_sk_aaktual_P39>.
- [40] LAURIN, Josef. *EnviWeb* [online]. c2003-2009 [cit. 2009-05-10]. Dostupný z WWW:
<http://www.enviweb.cz/?env=puda_archiv_hcbeh/Rostlinne_oleje_jako_motorova_paliva.html>.

Seznam použitých zkratk

FAME	Metyl ester mastných kyselin
MEŘO	Metyl ester řepkového oleje
RME	Metyl ester řepkového oleje
SOME	Metyl ester sójového oleje
VUOME	Metyl ester z použitých fritovacích olejů
ČSN 65 6507	Česká státní norma pro výrobu a zkoušení MEŘO
ČSN 65 6508	Česká státní norma pro výrobu a zkoušení SMN s min. 30% hm. MEŘO
ČSN 65 6509	Česká státní norma pro výrobu a zkoušení SMN s min. 5% hm. MEŘO
SMN	Směsná motorová nafta
CČ	Cetanové číslo
OČ	Oktanové číslo
ETBE	EtylTercButylEter
MTBE	MetylTercButylEter
DME	DiMetylEter
LPG	Zkapalněný ropný plyn
CNG	Stlačený zemní plyn
LNG	Zkapalněný zemní plyn
mth	Motohodina
ppm	Počet částic na jeden milion (parts per million)