|  |  |
| --- | --- |
| SLOVENSKÁ POĽNOHOPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE  TECHNICKÁ FAKULTA  2119715 | |
| Alternatívne palivá v spaľovacích motoroch cestných vozidiel | |
|  | |
|  | |
| 2010 | Radovan TÓTH, Bc. |

|  |  |
| --- | --- |
| SLOVENSKÁ POĽNOHOPSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRESlovenská poľnohopodárska univerzita v nitre  MECHANIZAČNÁ FAKULTAtechnická fakulta | |
| Alternatívne palivá v cestných motorových vozidláchAlternatívne palivá v spaľovacích motoroch cestných vozidiel  Podnázov práce | |
| **Diplomová práca** | |
| Študijný program:  Študijný odbor: | Poľnospodopárska a lesnícka technika  Poľnohospodárska a lesnícka technika |
| Školiace pracovisko: | Názov katedryKatedra dopravy a manipulácie |
| Školiteľ: | Ing. Jozef Švec |
|  |  |
|  |  |
| NitraNitra 20102010 | Bc.Radovan TÓTHTóth, bc. |

**Čestné vyhlásenie**

Podpísaný Radovan Tóth vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému „Alternatívne palivá v spaľovacích motoroch cestných vozidiel“ vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomý zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre 20. apríla 2010

Radovan Tóth

**Poďakovanie**

Touto cestou by som sa chcel poďakovať vedúcemu diplomovej práce Ing. Jozefovi Švecovi, za dôležité pripomienky ako aj odbornú pomoc pri vypracovaní tejto práce, taktiež by som chcel poďakovať nemenovanej firme, za nezištné poskytnutie možnosti merania.

**Abstrakt**

Neustály nárast motorových vozidiel a spotreby fosílnych palív, ako aj hrozivo vyzerajúca perspektíva vplyvu emisií na znečistenie ovzdušia, sú hlavným dôvodom prečo sa čoraz väčší dôraz kladie na využívanie alternatívnych palív a pohonov. Táto práca popisuje jednotlivé alternatívne palivá, ich stručné charakteristiky, výrobu, výhody a aj nevýhody. Keďže u nás je najrozšírenejším alternatívnym palivom LPG, venoval som sa podrobnému opisu na prestavbu benzínového pohonu na LPG, stručne som opísal jednotlivé komponenty potrebné k samotnej prestavbe. Vykonal som merania emisií CO pri voľnobehu a pri zvýšených otáčkach pri benzínovom pohone ako aj pri pohone na LPG.

**Kľúčové slová:** alternatívne palivá, LPG, prestavba vozidla na pohon LPG, meranie emisií CO

**Abstract**

The steady increase of vehicles and fossil fuel consumption, as well as nasty-looking perspective on the impact of emissions on air pollution are the main reason why more and more is emphasis on the use of alternative fuels and propulsion. This thesis describes the various alternative fuels and their short characteristics, production, and their advantages and disadvantages. Because of in our region the most popular alternative fuel is LPG, I devoted to a detailed description of the rebuilding of gasoline engine to LPG one and I shortly described the various components necessary for that reconstruction. I made measurements of CO emiisions at idle running motor and at higher rotations too to compare of gasoline and LPG engines.

**Key words:** alternative fuels, LPG, LPG vehicle conversions, measurement of carbon monoxide emissions

# Obsah

[Obsah 5](#_Toc260133505)

[Zoznam ilustrácií 8](#_Toc260133506)

[Zoznam tabuliek 10](#_Toc260133507)

[Zoznam skratiek a značiek 11](#_Toc260133508)

[ÚVOD 12](#_Toc260133509)

[1. Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí 14](#_Toc260133510)

[1.1 Alternatívne pohony 14](#_Toc260133511)

[1.1.1 Elektromobil 14](#_Toc260133512)

[1.1.2 Hybrid 16](#_Toc260133513)

[1.1.3 Solárny pohon 17](#_Toc260133514)

[1.2 Oktánové a cetánové číslo 18](#_Toc260133515)

[1.3 Emisie a emisné limity 21](#_Toc260133516)

[1.4 Popis jednotlivých sledovaných emisných zložiek: 22](#_Toc260133517)

[1.4.1 CO 22](#_Toc260133518)

[1.4.2 CO2 22](#_Toc260133519)

[1.4.3 HC 23](#_Toc260133520)

[1.4.4 NOx 23](#_Toc260133521)

[1.4.5 SO2 24](#_Toc260133522)

[1.4.6 Pb 24](#_Toc260133523)

[1.4.7 PM 24](#_Toc260133524)

[1.4.8 N2 25](#_Toc260133525)

[1.4.9 O2 25](#_Toc260133526)

[1.4.10 O3 25](#_Toc260133527)

[1.4.11 Aldehydy 25](#_Toc260133528)

[1.4.12 VOCs 26](#_Toc260133529)

[2 Cieľ práce 27](#_Toc260133530)

[3 Metodika práce 28](#_Toc260133531)

[4 Výsledky práce 29](#_Toc260133532)

[4.1. Zemný plyn v stlačenej forme CNG 29](#_Toc260133533)

[4.1.1 Charakteristika CNG 29](#_Toc260133534)

[4.1.2 Výroba CNG 32](#_Toc260133535)

[4.1.3 Emisie CNG 32](#_Toc260133536)

[4.1.4 Výhody CNG 32](#_Toc260133537)

[4.1.5 Nevýhody CNG 33](#_Toc260133538)

[4.2 Zemný plyn v skvapalnenej forme LNG 33](#_Toc260133539)

[4.2.1 Charakteristika LNG 33](#_Toc260133540)

[4.2.2 Výroba LNG 34](#_Toc260133541)

[4.2.3 Emisie LNG 34](#_Toc260133542)

[4.2.4 Výhody LNG 34](#_Toc260133543)

[4.2.5 Nevýhody LNG 35](#_Toc260133544)

[4.3 Propán-bután v skvapalnenej forme LPG 36](#_Toc260133545)

[4.3.1 Charakteristika LPG 36](#_Toc260133546)

[4.3.2 Výroba LPG 36](#_Toc260133547)

[4.3.3 Emisie LPG 37](#_Toc260133548)

[4.3.4 Výhody LPG 37](#_Toc260133549)

[4.3.5 Nevýhody LPG 37](#_Toc260133550)

[4.4 Bioetanol 38](#_Toc260133551)

[4.4.1 Charakteristika bioetanolu 38](#_Toc260133552)

[4.4.2 Výroba bioetanolu 38](#_Toc260133553)

[4.4.3 Emisie bioetanolu 39](#_Toc260133554)

[4.4.4 Výhody bioetanolu 39](#_Toc260133555)

[4.4.5 Nevýhody bioetanolu 40](#_Toc260133556)

[4.5 Metanol 40](#_Toc260133557)

[4.5.1 Charakteristika metanolu 40](#_Toc260133558)

[4.5.2 Výroba metanolu 40](#_Toc260133559)

[4.5.3 Emisie metanolu 41](#_Toc260133560)

[4.5.4 Výhody metanolu 41](#_Toc260133561)

[4.5.5 Nevýhody metanolu 42](#_Toc260133562)

[4.6 Bionafta 42](#_Toc260133563)

[4.6.1 Charakteristika bionafty 42](#_Toc260133564)

[4.6.2 Výroba bionafty 43](#_Toc260133565)

[4.6.3 Emisie bionafty 44](#_Toc260133566)

[4.6.4 Výhody bionafty 44](#_Toc260133567)

[4.6.5 Nevýhody bionafty 45](#_Toc260133568)

[4.7 Bioplyn 46](#_Toc260133569)

[4.7.1 Charakteristika bioplynu 46](#_Toc260133570)

[4.7.2 Výroba bioplynu 46](#_Toc260133571)

[4.7.3 Emisie bioplynu 47](#_Toc260133572)

[4.7.4 Výhody bioplynu 48](#_Toc260133573)

[4.7.5 Nevýhody bioplynu 48](#_Toc260133574)

[4.8 Vodík 49](#_Toc260133575)

[4.8.1 Charakteristika vodíka 49](#_Toc260133576)

[4.8.2 Výroba vodíka 51](#_Toc260133577)

[4.8.3 Emisie vodíka 52](#_Toc260133578)

[4.8.4 Výhody vodíka 54](#_Toc260133579)

[4.8.5 Nevýhody vodíka 54](#_Toc260133580)

[4.9 Dusík 55](#_Toc260133581)

[4.9.1 Charakteristika dusíka 55](#_Toc260133582)

[4.9.2 Výroba dusíka 56](#_Toc260133583)

[4.9.3 Emisie dusíka 56](#_Toc260133584)

[4.9.4 Výhody dusíka 56](#_Toc260133585)

[4.9.5 Nevýhody dusíka 57](#_Toc260133586)

[4.10 Prestavba vozidla na pohon LPG 58](#_Toc260133587)

[4.11 Výber typu systému LPG 59](#_Toc260133588)

[4.11.1 Systém s centrálnym zmiešavačom 59](#_Toc260133589)

[4.11.2 Systém s centrálnym zmiešavačom riadený lambda sondou 59](#_Toc260133590)

[4.11.3 Systém kontinuálneho vstrekovania 60](#_Toc260133591)

[4.11.4 Systém sekvenčného vstrekovania 61](#_Toc260133592)

[4.11.5 Systém sekvenčného vstrekovania - kvapalná fáza - LPI 62](#_Toc260133593)

[4.12 Komponenty použité pri prestavbe na LPG 63](#_Toc260133594)

[4.12.1 Zmeny týkajúce sa prednej časti vozidla 63](#_Toc260133595)

[4.12.2 Zmeny týkajúce sa zadnej časti vozidla 68](#_Toc260133596)

[4.12.3 Spojovací a doplnkový materiál 71](#_Toc260133597)

[4.13 Meranie emisií LPG/benzín 72](#_Toc260133598)

[5 Záver 79](#_Toc260133599)

[Zoznam použitej literatúry 80](#_Toc260133600)

# Zoznam ilustrácií

[Obr. 1: Hlavné časti elektromobilu [1] 16](#_Toc260132499)

[Obr. 2: Sériové zapojenie pohonných jednotiek [2] 16](#_Toc260132500)

[Obr. 3: Paralelné zapojenie pohonných jednotiek [2] 17](#_Toc260132501)

[Obr. 4: Základné časti solárneho vozidla [3] 18](#_Toc260132502)

[Obr. 5:Graf hodnôt oktánových čísel pre jednotlivé palivá 20](#_Toc260132503)

[Obr. 6: Graf hodnôt cetánových čísel pre jednotlivé palivá 20](#_Toc260132504)

[Obr. 7: Sieť čerpacích staníc na Slovensku [4] 30](#_Toc260132505)

[Obr. 8: Schéma autobusu na CNG pohon s umiestnením nádrže v podlaží [5] 30](#_Toc260132506)

[Obr. 9: Schéma autobusu na CNG pohon s umiestením nádrže na streche [6] 31](#_Toc260132507)

[Obr. 10: Schéma osobného motorového vozidla na CNG pohon [7] 31](#_Toc260132508)

[Obr. 11: Technológická schéma výroby MERO 44](file:///C:\Documents%20and%20Settings\Nesky\Dokumenty\SKOLA\LPG\dipomovka\27.4.docx#_Toc260132509)

[Obr. 12: Vysokotlakový vstrekovač vodíka [8] 49](#_Toc260132510)

[Obr. 13: Princíp funkcie elektrolyzéra s PEM membránou [9] 51](#_Toc260132511)

[Obr. 14: Schéma výroby vodíka 52](file:///C:\Documents%20and%20Settings\Nesky\Dokumenty\SKOLA\LPG\dipomovka\27.4.docx#_Toc260132512)

[Obr. 15: Schéma okruhu dusíkového motora [10] 55](#_Toc260132513)

[Obr. 16: Systém centrálneho zmiešavania riadený lambda sondou [11] 60](#_Toc260132514)

[Obr. 17: Systém kontinuálneho vstrekovania [12] 61](#_Toc260132515)

[Obr. 18: Systém sekvenčného vstrekovania [13] 62](#_Toc260132516)

[Obr. 19: Schéma vstrekovania LPI [14] 63](#_Toc260132517)

[Obr. 20: Splynovač [15] 64](#_Toc260132518)

[Obr. 21: Zmiešavač [16] 65](#_Toc260132519)

[Obr. 22: Plynový ventil [17] 65](#_Toc260132520)

[Obr. 23: Benzínový ventil [18] 66](#_Toc260132521)

[Obr. 24: Prepínač LPG/ benzín [19] 66](#_Toc260132522)

[Obr. 25: Riadiaca jednotka LPG [20] 67](#_Toc260132523)

[Obr. 26: Vstrekovač pre jednobodový vstrek [21] 67](#_Toc260132524)

[Obr. 27: Vstrekovač pre viacbodový vstrek[22] 68](#_Toc260132525)

[Obr. 28: Valcová nádrž LPG [23] 68](#_Toc260132526)

[Obr. 29: Kruhová nádrž LPG interná [24] 69](#_Toc260132527)

[Obr. 30: Kruhová nádrž LPG externá [25] 69](#_Toc260132528)

[Obr. 31: Plniaca koncovka s krytom [26] 69](#_Toc260132529)

[Obr. 32: Multiventil [27] 70](#_Toc260132530)

[Obr. 33: Medené potrubie [28] 71](#_Toc260132531)

[Obr. 34: Nízkotlakové hadice [29] 71](#_Toc260132532)

[Obr. 35: Diagnostický prístroj BOSCH BEA 250 [30] 73](#_Toc260132533)

[Obr. 36: Graf emisií CO pre benzín/plyn pri zvýšených otáčkach 78](#_Toc260132534)

# Zoznam tabuliek

[Tab. 1: Porovnanie oktánových a cetánových čísel niektorých palív 19](#_Toc259992447)

[Tab. 2: Európske emisné normy pre osobné automobily 22](#_Toc259992448)

[Tab. 3: Rozhranie meraných hodnôt diagnostického prístroja BOSCH BEA250 72](#_Toc259992449)

[Tab. 4: Základné parametre vozidla Favorit 74](#_Toc259992450)

[Tab. 5: Namerané hodnoty vozidla Favorit 74](#_Toc259992451)

[Tab. 6: Základné parametre vozidla Daewoo Kalos 75](#_Toc259992452)

[Tab. 7: Namerané hodnoty vozidla Daewoo Kalos 75](#_Toc259992453)

[Tab. 8: Základné parametre vozidla Peugeot 306 76](#_Toc259992454)

[Tab. 9: Namerané hodnoty vozidla Peugeot 306 76](#_Toc259992455)

[Tab. 10: Základné parametre vozidla Škoda Octavia 77](#_Toc259992456)

[Tab. 11: Namerané hodnoty vozidla Škoda Octavia 77](#_Toc259992457)

# Zoznam skratiek a značiek

AFC Alkalické palivové články (Alkaline Fuel Cell)

CČ Cetánové číslo

CNG Stlačený zemný plyn (Compressed Natural Gas)

EK Emisná kontrola

EOBD Európska palubná diagnostika (Euro On-Board Diagnostics)

kW **kiloWatt,** zodpovedá 103 W, je jednotkou sily v SI

LNG Skvapalnený zemný plyn (Liquefied Natural Gas)

LPG Kvapalný propán –bután (Liquid Petroleum Gas)

LPI Vstrekovanie tekutého propánu (Liquid Propan Injection)

MCFC Uhličitanové palivové články (Molten Carbonate Fuel Cell)

MHD Mestská hromadná doprava

MERO Metylester Repky Olejnej (Rape Seed Methyl Ester)

MPa **MegaPascal,** zodpovedá 106 Pa, v SI sústave je1Pa= 1kg/( m.s2)

OČVM Oktánové Číslo Výskumnou Metódou

PAFC Palivové články s kys. fosforečnou (Phosphoric Acid Fuel Cell)

PEM Palivové membránové články (Polymer Electrolyte Membrane)

PM Tuhé častice (Particual Matter)

SOFC Palivový článok keramickým systémom (Solid Oxide Fuel Cell)

UV Ultrafialové (Ultra Violet)

V **Volt,** základná jednotka napätia v SI

VOCs Prchavé organické zlúčeniny (Volatile Organic Compound)

# ÚVOD

Znižujúci sa objem zásob fosílnych palív, znehodnotenie životného prostredia a zdravia ľudí si vyžadujú zamyslieť sa nad riešením súčasného stavu. Je známe, že Slnko je jediným zdrojom energie, na ktorý sa ľudstvo môže plne spoľahnúť, je základom obnoviteľných zdrojov energie.

Aktuálny spôsob využívania palív v doprave sa nedá opísať ani ako čistý ani ako trvalo udržateľný. Celý proces spracovania od ťažby po využívanie ropných produktov sa dá považovať za kolobeh surovín v prírode. Problém však nastáva preto, že tento cyklus nie je uzatvorený. Doba, ktorá bola potrebná na reformáciu fosílnych palív z organickej hmoty je oveľa dlhší ako čas, ktorý ľudstvo potrebuje na spotrebovanie týchto zdrojov. Tento cyklus je súčasne vážnou príčinou poškodzovania životného prostredia a zdravia ľudí. Je veľmi dôležité, aby všetky procesy (chemické, biologické a fyzikálne), ktoré na našej planéte prebiehajú, boli nielen cyklicky uzavreté, ale aj ekologicky únosné. Zvyšujúci sa nárast problémov vyplývajúcich zo znečistenia ovzdušia, hlavne hrozba globálnych klimatických zmien sú dôležitým predmetom rokovaní odborníkov ako aj politikov na celom svete.

Otázka ochrany životného prostredia sa stala jednou z najdôležitejších politických tém vo vyspelých krajinách. Dnes už existujú prijateľné technické aj ekonomické možnosti ako realizovať takýto proces aj v oblasti dopravy. Vyžadovalo by si to však prechod  na alternatívne palivá. Napriek tomu, že tento vývoj by bolo možné urýchliť, ukazuje sa, že stále neexistuje dostatok politickej vôle súčasný stav zmeniť. Finančné záujmy niektorých kruhov spoločnosti sú silnejšie ako ujmy na zdraví a životnom prostredí. Navyše dnes sa málokto zamýšľa nad tým, že by mohlo prísť k vyčerpaniu zásob ropy, hoci táto situácia musí raz bezpodmienečne nastať. Biznis, ktorý sa točí okolo ropy, je žiaľ až príliš veľký na to, aby ho v dnešnom stave niekto dokázal zmeniť pod vplyvom ekologických alebo morálnych argumentov. Pri dominantnom postavení ropy ako paliva ani jedno z opatrení nemôže úplne vyriešiť problémy so znečisťovaním životného prostredia a už vôbec nie problém s ohraničenosťou zdrojov.

V mnohých krajinách sveta sa upiera pozornosť na vývoj vozidiel s nízkymi resp. nulovými emisiami. Výsledkom je stále väčší počet takýchto vozidiel na cestách. Teraz sme svedkami toho, že sa vývoj uberá skôr cestou udržania dominantného postavenia súčasných palív a ovplyvňovania emisií cestou administratívnych opatrení. Tieto opatrenia síce prinášajú znižovanie emisií z jedného vozidla, avšak neriešia problém narastania ich počtu a najazdených kilometrov.

V tejto práci sa budem venovať hlavne opisu najznámejších druhov alternatívnych palív, schopných plne nahradiť motorovú naftu a benzín, ich výhodám, nevýhodám a vplyvom na emisie.

# Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí

Nárast celosvetovej spotreby energie, súčasný stav zásob fosílnych palív, a hlavne snaha o ochranu životného prostredia sú príčinou hľadania riešenia ako nahradiť fosílne palivá alternatívnymi, ktorých energetických zdroje by mohli aspoň čiastočne eliminovali emisnú záťaž, a to predovšetkým vplyv skleníkových plynov.

V doprave sa hľadá alternatíva ku klasickým pohonným hmotám, benzínu a motorovej nafty, vyrábaných na ropnej báze. Za alternatívne palivá považujú palivá nahrádzajúce konvenčné automobilové benzíny a motorové nafty.

Automobilový priemysel sa už dlhšiu dobu venuje výrobe a testovaniu rôznych alternatívnych motorových a pohonných konceptov, od solárneho až po palivové články.

Alternatívne pohony:

* Elektrický pohon
* Solárny pohon
* Hybridný pohon

## 1.1 Alternatívne pohony

### 1.1.1 Elektromobil

Elektromobily sú [automobil](http://sk.wikipedia.org/wiki/Automobil)y, ktoré na svoj pohon využívajú elektrickú energiu obsiahnutú v akumulátoroch, tie sa musia pred jazdou nabiť pomocou externého zdroja. Elektromobily sa v skutočnosti podstatne líšia od vozidiel na klasické palivá ako sú benzín a motorová nafta. Vyznačujú sa nulovými emisiami škodlivín. Elektromotor nahrádza spaľovací motor a namiesto palivovej nádrže má nabíjateľné akumulátory. (Kameš, 2004)

Hlavné časti elektromobilu (znázornené na Obr. 1) , ktorými sa líši od motorov s vnútorným spaľovaním sú:

* elektrický motor
* elektronický regulátor
* systém dobíjania batérií
* sada batérií.

Elektromobil musí bezpodmienečne obsahovať aj regulačný systém zabezpečujúci veľkosť dodávky elektrickej energie do elektromotora, ten nahrádza aj prevodovku a zároveň reaguje úmerne na stlačenie plynového pedála.

**Elektromotor**

Typy elektromotorov z hľadiska použitého napájania prúdu sú jednosmerné alebo striedavé. Jeho hlavnou úlohou je meniť elektrickú energiu na mechanickú prácu. Elektromotor býva pripojený na jednorýchlostnú prevodovku, ktorá zabezpečuje prevod krútiaceho momentu na poloos.

**Elektronický regulátor**

Zabezpečenie prenosu energie z akumulátorov do motora a do ostatných elektrických častí vozidla (svetlá, ventilácia atď.) má na starosti elektoregulátor.

**Systém dobíjania**

Dobíjanie na vstupe je prispôsobené prenosu elektrickej energie zo zásuvky na 230 V. Výstupná časť je pripojená na sadu akumulátorov. Systém je doplnený aj rekuperáciou energie, ktorá je vytváraná pri brzdení vozidla a následne je premieňaná na elektrickú energiu, prenášanú počas jazdy do batérií.

**Akumulátory**

Najslabším článkom elektromobilov sú práve akumulátory, keďže práve od vlastností daného typu akumulátora závisí pomer dĺžky nabíjania a ich dojazd.



Obr. : Hlavné časti elektromobilu [1]

### 1.1.2 Hybrid

Stále častejšie sa na cestách objavujú hybridné automobily, ktoré predstavujú výhodnú kombináciu dvoch typov motorov. V motorovom priestor sa nachádzajú dve pohonné jednotky navzájom spolupracujúce, tvorí ich kombinácia spaľovacieho motora a elektromotora. Výhody kombinácie týchto typov pohonov spočívajú v tom, že pri spomalení a brzdení vozidla sa zachytáva kinetickú energiu a elektromotor ju premení na elektrickú energiu, ktorá následne dobíja akumulátor. Tá sa neskôr využíva na zvýšenie výkonu a krútiaceho momentu automobilu pri predbiehaní, alebo na jazdu v meste bez spaľovacieho motora s použitím výlučne elektromotora, kde sú takmer nulové emisie. (Kameš, 2004)

Existujú dva typy hybridných pohonov z hľadiska zapojenia motorov.

**Sériové zapojenie motora**

Ide o sériové zapojenie elektromotora a spaľovacieho motora, kde spaľovací motor vyrába prúd dobíjajúci batérie a na pohon vozidla sa používa výlučne elektromotor.



Obr. : Sériové zapojenie pohonných jednotiek [2]

**Paralelné zapojenie motora**

Pri paralelnom zapojení spaľovacieho motora a elektromotora sa na pohon vozidla využívajú obe pohonné jednotky. Takéto vozidlo nepotrebuje generátor, pretože jeho funkciu nahrádza spaľovací motor. Pri chode spaľovacieho motora sa súčasne poháňa aj rotor elektromotora a dobíjajú sa akumulátory.



Obr. : Paralelné zapojenie pohonných jednotiek [2]

Neoceniteľnou výhodou hybridných vozidiel je ekologicky čistá prevádzka na krátke vzdialenosti napr. v meste a komfortná jazda na dlhšie vzdialenosti napr. na diaľnici.

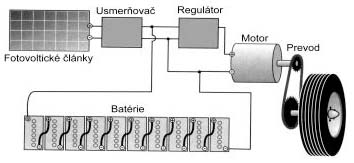
### 1.1.3 Solárny pohon

Vývoj solárnych automobilov ako aj fotovolaických panelov za posledných pár rokov viditeľne pokročil a stáva sa čoraz prijateľnejším pre využitie na jazdu v bežnej premávke. V súčasnosti sú dostupné ohybné fotovoltaické panely ako aj priehľadné fólie, ktoré sú aplikované na takmer celú plochu karosérie.

Svetlo sa konvertuje pomocou fotovoltaických panelov na elektrickú energiu, ktorou sú napájané všetky palubné prístroje. Naďalej však jeho hlavnou funkciou je vytváranie energie pre elektromotor na pohon automobilu.

Najslabším článkom takéhoto typu pohonu je jeho priama závislosť na intenzite slnečné žiarenia, veľkosti a vlastnostiach panelov.

Elektrická energia vyrobená fotovoltaickými článkami prechádza usmerňovačom, regulátorom a využíva sa na priamy pohon elektromotora ako aj na dobíjanie akumulátorov, ktoré majú využitie hlavne pri štarte, stúpaní do kopca, zrýchľovaní a nízkej intenzite slnečného žiarenia.



Obr. : Základné časti solárneho vozidla [3]

Doteraz najznámejšie alternatívne palivá, ktoré sú schopné plne nahradiť benzín alebo motorovú naftu sú:

* Zemný plyn:
  + - zemný plyn v stlačenej forme CNG,
    - zemný plyn v skvapalnenej forme LNG,
* Propán-bután v skvapalnenej forme LPG
* Biopalivá:
  + - etanol
    - metanol
    - bionafta
    - bioplyn
* Dusík
* Vodík

## Oktánové a cetánové číslo

Medzi najdôležitejšie charakteristiky benzínov a jeho alternatív patrí hodnota oktánového čísla, ktorou sa hodnotí odolnosť palív pre zážihové motory proti detonačnému spaľovaniu. Čím je vyššie oktánové číslo, tým je palivo odolnejšie proti detonačnému spaľovaniu. (Bajus, 2002)

U dieselových palív a ich náhrad sú najdôležitejšími charakteristickými znakmi vznietivosť, zápalná teplota, výhrevnosť a odolnosť voči nízkym teplotám. Je žiaduce, aby čas od okamihu vstrieknutia dávky paliva do spaľovacieho priestoru po jej vznietenie bol čo najkratší. Tento čas sa nazýva prieťah vznietenia. Schopnosť vznietenia palív pre vznetové motory sa posudzuje cetanovým číslom. Zápalnosť paliva stúpa s rastúcim cetanovým číslom. Cetanové číslo (CČ) vyjadruje, že palivo má rovnaké vlastnosti z hľadiska zápalnosti ako porovnávacia zmes zložená z dvoch referenčných palív. (Bajus, 2002)

Porovnanie oktánových a cetánových čísiel alternatívnych palív je uvedené v Tab. 1 a ich grafické znázornenie sa nachádza na Obr. 5 a Obr. 6.

Tab. : Porovnanie oktánových a cetánových čísel niektorých palív

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Palivo** | **OČVM** | **CČ** |
| Benzín BA super 95 | 95 | - |
| Bionafta | - | 61 |
| Bioplyn | 110 | - |
| Diesel | - | Min.51 |
| Drevoplyn | 100 | - |
| Etanol | 106 | 8 |
| LPG | 112 | - |
| Metanol | 105 | 5 |
| Zemný plyn | 130 | - |



Obr. :Graf hodnôt oktánových čísel pre jednotlivé palivá

Obr. : Graf hodnôt cetánových čísel pre jednotlivé palivá

## Emisie a emisné limity

Z dôvodu enormného používania motorových vozidiel, ktoré sa koncentrujú najmä v blízkosti obývaných aglomerácií je najprísnejší tlak na znižovanie emisií práve pre túto skupinu dopravných prostriedkov. Poznáme viacero spôsobov, ako je možné znížiť emisie škodlivých látok a hluku vytvárajúcich sa činnosťou spaľovacích motorov. Najideálnejším riešením by bol prechod na tzv. čisté palivá (vozidlá s nulovými emisiami), taktiež aj širšie využitie verejnej dopravy, ktorej hromadnejšie využitie by značnou mierou prispelo k zlepšeniu ovzdušia hlavne v mestách, na úkor ustupujúce osobnej automobilovej doprave.

Najsledovanejšími škodlivinami, ktoré majú značný vplyv na znečistenie ovzdušia a sú produkované pri premávke motorových vozidiel sú:

* tuhé častice (PM),
* oxid uhoľnatý (CO),
* uhľovodíky (HC),
* prchavé organické zlúčeniny (VOCs),
* oxidy dusíka (NOx),
* oxid siričitý (SO2),
* ťažké kovy (napr. olovo),
* a z hľadiska globálnych klimatických zmien aj oxid uhličitý (CO2)
* ozón O3.

Na stanovenie maximálnych prípustných limitov pre výfukové exhaláty bola zavedená norma Euro. Aktuálne platná je norma Euro V, ktorá obmedzuje množstvo oxidu uhoľnatého (CO), uhľovodíkov (HC), oxidov dusíka (NOx) a množstvo pevných častíc (PM). Sprísnenie noriem je uvedené v Tab. 2. Hodnoty sa uvádzajú v gramoch na kilometer.

Tab. : Európske emisné normy pre osobné automobily

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Rok** | **Norma** | **CO (g/km)** | | **NOx (g/km)** | | **HC + NOx(g/km)** | | **HC (g/km)** | **PM (g/km)** |
| benzín | nafta | benzín | nafta | benzín | nafta | benzín | nafta |
| 1992 | I | 3,16 | 3,16 | - | - | 1,13 | 1,13 | - | 0,18 |
| 1996 | II | 2,20 | 1,00 | - | - | 0,50 | 0,70\* | - | 0,08\*\* |
| 2000 | III | 2,30 | 0,64 | 0,15 | 0,50 | - | 0,56 | 0,20 | 0,05 |
| 2005 | IV | 1,00 | 0,50 | 0,08 | 0,25 | - | 0,30 | 0,10 | 0,025 |
| 2009 | V | 1,00 | 0,50 | 0,06 | 0,18 | - | 0,23 | 0,10 | 0,005 |
| 2014 | VI | 1,00 | 0,50 | 0,06 | 0,08 | - | 0,17 | 0,10 | 0,005 |

\*0,90 pre motory s priamym vstrekovaním

\*\*0,10 pre motory s priamym vstrekovaním

## Popis jednotlivých sledovaných emisných zložiek:

### CO

CO čiže oxid uhoľnatý je bezfarebný plyn, bez chuti a bez zápachu, ľahší ako vzduch, nedráždivý, výbušný; viaže sa na hemoglobín 200–300 krát rýchlejšie ako kyslík, tým zabraňuje prenosu vzduchu z pľúc do tkanív. Vzniká pri nedokonalom spaľovaní uhľovodíkov. V normálnych koncentráciách v ovzduší pomerne rýchlo oxiduje na oxid uhličitý CO2. (Tkáč, Gaduš ai., 2008)

### 1.4.2 CO2

CO2 čiže oxid uhličitý je bezfarebný plyn, ťažší ako vzduch, bez chuti a zápachu; nie je jedovatý, ale zvyšuje účinky CO a podieľa sa na vzniku skleníkového efektu. Emisná norma Euro nelimituje množstvo CO2. Najškodlivejšie skleníkové plyny sú vodná para, CO2, metán a ozón. CO2 je teda až druhé hneď za vodnou parou (podiel 9–26%). Jeho obsah v atmosfére však nevyhnutne neznamená katastrofu, ba práve naopak. Do ovzdušia sa oxid uhličitý dostal v dávnoveku vďaka explóziám vulkánov. Spôsobil tak pozitívny skleníkový efekt, ktorý umožnil ohriatie zemského povrchu do tej miery, že sa tu mohol objaviť život. Bez oteplenie krajiny v dôsledku skleníkového efektu by sa teplota na Zemi dosahovala asi –18 °C. Navyše je oxid uhličitý neoddeliteľnou súčasťou základného procesu živej prírody – fotosyntézy. (Tkáč, Gaduš ai., 2008)

### 1.4.3 HC

HC čiže uhľovodíky- nespálené, obsahujú karcinogénne aromatické uhľovodíky, jedovaté aldehydy a nejedovaté alkány a alkény, plus ďalšie zložky. Vznikajú v priebehu spaľovania, ak nie je dostatočný prísun kyslíka alebo je príliš chudobná zmes a obsah dostatočne nezhorí. Na slnečnom svetle reagujú s oxidmi dusíka a vytvárajú látky dráždiace sliznicu. V lete sa tieto látky podieľajú na vzniku toxického prízemného ozónu. (<http://sk.autolexicon.net/articles/emisie-vyfukovych-plynov>)

### 1.4.4 NOx

NOx čiže oxidy dusíka majú podobné účinky ako CO, NO2, napádajú pľúca a sliznice. V  motore vznikajú pri vysokých teplotách a tlakoch počas horenia pri nadbytku kyslíka. Niektoré oxidy dusíka sú zdraviu škodlivé! Opatrenia vedúce k znižovaniu spotreby paliva môžu viesť k zvýšeniu podielu oxidov dusíka vo výfukových plynoch, pretože účinnejšie spaľovanie vedie k vyšším teplotám spaľovania. Často sa stáva, že „ekologický“ turbodiesel má síce nízke emisie CO2, ale vďaka nadmernej produkcii NOx dosahuje len emisné normy Euro IV. (<http://sk.autolexicon.net/articles/emisie-vyfukovych-plynov>)

### 1.4.5 SO2

SO2 čiže oxid siričitý je páchnuci, bezfarebný plyn, ktorý pôsobí dráždivo na [sliznice](http://sk.wikipedia.org/wiki/Sliznica) [dýchacích ciest](http://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=D%C3%BDchacie_cesty&action=edit&redlink=1) a na očné [spojivky](http://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Spojivka&action=edit&redlink=1). V koncentráciách, v akých je produkovaný spaľovacím motorom, nemá škodlivý vplyv na [centrálny nervový systém](http://sk.wikipedia.org/wiki/Centr%C3%A1lny_nervov%C3%BD_syst%C3%A9m). V prírode znemožňuje [fotosyntézu](http://sk.wikipedia.org/wiki/Fotosynt%C3%A9za) rastlín. (<http://sk.autolexicon.net/articles/emisie-vyfukovych-plynov>)

### Pb

Pb čiže olovo je jedovatý ťažký kov, dnes je palivo na čerpacích staniciach bežne k dostaniu iba bez olova, mazacie vlastnosti olova sú nahradené rôznymi druhmi aditív.

Vplyv účinku olova vo vzduchu na zdravie obyvateľstva sa prejavuje hlavne v oblasti znižovania IQ u detí. Aj keď emisie olova sa podarilo výrazne znížiť používaním bezolovnatých benzínov a katalyzátorov vo vozidlách, v mnohých krajinách predstavujú   
stále záťaž prostredia. (<http://sk.autolexicon.net/articles/emisie-vyfukovych-plynov>)

### 1.4.7 PM

PM (Particulate Matter) čiže tuhé častice predstavujú hlavne častice sadzí, spôsobujú mechanické dráždenie, fungujú ako nosiče karcinogénov a mutagénov. Vznikajú hlavne pri spaľovaní nafty. (<http://sk.autolexicon.net/articles/emisie-vyfukovych-plynov>)

### 1.4.8 N2

N2 čiže dusík je nehorľavý, bezfarebný netoxický plyn bez zápachu. Dusík je hlavnou súčasťou vzduchu, ktorý dýchame (78% N2, 21% O2, 1% ostatné plyny). Prevažná časť dusíka sa po skončení spaľovacieho procesu vracia vo výfukových plynoch späť do ovzdušia. Malá časť reaguje s kyslíkom a vznikajú oxidy dusíka NOx.

### O2

O2 čiže kyslík je bezfarebný, netoxický plyn bez chuti a zápachu. Je nevyhnutný pre proces spaľovania.

### 1.4.10 O3

O3 čiže ozón je ďalší plyn, ktorého koncentrácie v atmosfére sú významne ovplyvňované stupňom motorizácie. Je to plyn, ktorý sa vyskytuje tak v stratosfére (vo veľkých výškach) ako aj v troposfére (pri zemi). Z tohto dôvodu je dôležité chápať rozdiely vo význame prítomnosti ozónu v jednotlivých vrstvách atmosféry. Kým v stratosfére, ktorá sa nachádza vo výške 15 až 40 km nad Zemou, má ozón ochrannú funkciu a chráni nás od nepriaznivého účinku UV žiarenia, v prízemnej vrstve majú zvýšené koncentrácie ozónu škodlivý vplyv na ľudský organizmus. (Tkáč, Gaduš ai., 2008)

### Aldehydy

Aldehydy sú čiastočne naoxidované uhľovodíky, ktoré sa tvoria hlavne pri nízkych teplotách motora. (Tkáč, Gaguš ai., 2008)

### VOCs

Patria medzi významnú skupinu plynných znečisťujúcich chemických látok, ktoré negatívne ovplyvňujú čistotu a kvalitu ovzdušia. Popri samotnom negatívnom vplyve na kvalitu ovzdušia sa podieľajú tieto látky aj na tvorbe fotochemického smogu, ktorého najškodlivejšou zložkou je ozón. (Ružinská, 2009)

# Cieľ práce

Cieľom tejto práce bolo zhodnotiť používanie alternatívnych palív v spaľovacích motoroch cestných vozidiel, stručne ich charakterizovať, popísať ich výhody a nevýhody, taktiež aj vymenovanie najznámejších alternatívnych pohonov, riešenie postupov na prestavbu vozidiel na LPG, meranie a vyhodnotenie miery emisií z rôznych typov vozidiel používajúcich LPG pohon.

# Metodika práce

Hlavnou rámcovou metodikou práce bolo spracovanie prehľadu danej problematiky, výber jednotlivých palív vhodných ako alternatívne palivá a pohony. Z tohto výberu vznikol nasledovný zoznam zemný plyn v dvoch formách (CNG a LNG), propán-bután vo forme LPG, biopalivá (etanol, metanol, bionafta, bioplyn), dusík a vodík. Ako najperspektívnejšie alternatívne pohony boli hodnotené: elektrický pohon, solárny pohon a hybridný pohon.

Pri meraní a spracovaní emisných hodnôt rôznych typov motorov som kládol dôraz na meranie CO pri voľnobežných a zvýšených otáčkach benzínového pohonu ako aj LPG pohonu.

Postupoval som podľa platnej legislatívy

* Zákon NR SR č. 725/2004 Z. z. o podmienkach prevádzky vozidiel v premávke na pozemných komunikáciách a o zmene a doplnení niektorých zákonov, v znení zákona č. 109/2005 Z. z., zákona č. 310/2005 Z. z. a zákona č. 548/2007 Z. z.
* Vyhláška MDPT SR č. 578/2006 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o niektorých ustanoveniach zákona č. 725/2004 Z. z.
* Metodický pokyn MDPT SR na vykonávanie EK pravidelnej, EK administratívnej a EK zvláštnej.

Pri písaní tejto práce som využil svoje vedomosti, ktoré som získal pri študovaní odborných článkov a literatúry, ktoré som neskôr použil na formuláciu jednotlivých kapitol. Ilustrácie sú z rôznych internetových stránok.

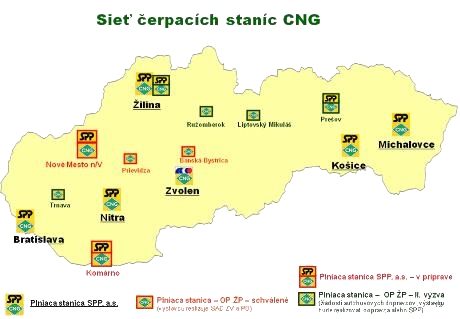
# Výsledky práce

V tejto časti práce som sa venoval popisu základných vlastností vybraných druhov alternatívnych palív, ich výrobe, vplyvu na emisie, výhodám a nevýhodám. Naďalej som sa venoval záležitostiam potrebným na prestavbu benzínového pohonu na pohon LPG, opísal som všetky potrebné komponenty pri tejto činnosti, tiež som vykonal meranie CO vo výfukových plynoch pri voľnobežných a zvýšených otáčkach vybraných typov vozidiel.

## 4.1. Zemný plyn v stlačenej forme CNG

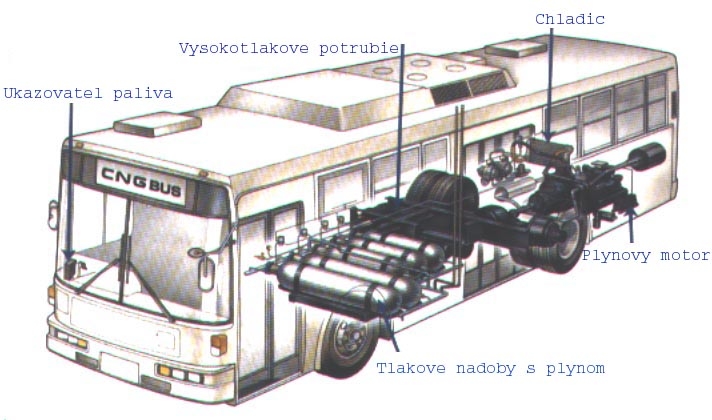
### 4.1.1 Charakteristika CNG

Zemný plyn je podstatne lacnejší než ostatné kvapalné fosílne palivá. Jeho výskyt sa neviaže len všade tam, kde sa nachádza ropa, ale jeho ložiskami sú aj v samostatných podzemných prírodných zásobníkoch. Najväčšie množstvá sa nachádzajú na Sibíri. Predbežné rezervy zemného plynu sa predpokladajú minimálne na ďalších 120 rokov. Zemný plyn obsahuje veľmi malé množstvo síry, čo je významnou charakteristikou pre jeho čisté spaľovanie. Je vysoko jedovatý, bez farby a zápachu, ale je možné ho odorizovať. Je ľahší než vzduch, preto keď nastane jeho únik rýchlo sa rozplynie v okolitom prostredí. Jeho zápalnosť podmieňuje obsah 15 % vzduchu. Vhodný zdroj jeho zapálenia by mal mať minimálnu teplotu 640 °C. V krajinách EÚ je pomerne hustá sieť plynovodov Momentálne je na Slovensku sedem čerpacích staníc, ktoré ponúkajú toto palivo. Aj keď sú relatívne rovnomerne rozložené po našej krajine, je to veľmi málo na to, aby sa CNG dostalo viac do povedomia motoristov., ich mapa je na Obr. 7. Zemný plyn je najrýchlejšou alternatívou na pohon vozidiel s minimálnym dopadom na životné prostredie.



Obr. : Sieť čerpacích staníc na Slovensku [4]

Sériovo vyrábané autobusy s pohonom na CNG sú konštruované ako jednopalivové. Motor je špeciálne konštruovaný na pohonom na stlačený zemný plyn. Tlakové nádoby (nádrže) na CNG sa nachádzajú na autobusoch zabudované na streche (Obr. 9) alebo v podlaží (Obr. 8). Dojazd autobusov s jednopalivovým pohonom na CNG je 400 – 700 km.

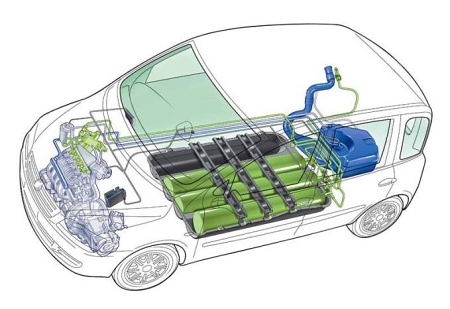


Obr. : Schéma autobusu na CNG pohon s umiestnením nádrže v podlaží [5]



Obr. : Schéma autobusu na CNG pohon s umiestením nádrže na streche [6]

Sériovo vyrábané osobné a malé úžitkové vozidlá s pohonom na CNG sú konštruované ako dvojpalivové - CNG a benzín. Motor je spravidla špeciálne konštruovaný s pohonom na CNG. Tlakové nádoby (nádrže) na CNG sú pri osobných autách zabudované v podlahe vozidla (Obr. 10). Dojazd osobných a malých úžitkových vozidiel v závislosti od veľkosti nádrže s duálnym pohonom na CNG/benzín je 200 - 450 km na CNG a 150 - 700 km na benzín.



Obr. : Schéma osobného motorového vozidla na CNG pohon [7]

### 4.1.2 Výroba CNG

CNG je zemný plyn stlačený kompresorom plniacej stanice na tlak 20 MPa a v tejto stlačenej forme sa plní do tlakovej nádrže vo vozidle. Pred použitím na pohon vozidla je zredukovaný na takmer atmosférický tlak. Existujú dva druhy plniacich staníc.

Plniace stanice na pomalé plnenie majú výkon kompresora 1 – 10 m3/hod.,plnenie vozidla trvá 3 – 12 hod.Pomalé plnenie je vhodné na plnenie vozidiel v domácnostiach a na nočné plnenie malých firemných flotíl.

Plniace stanice na rýchle plnenie majú výkon kompresora 50 – 2 000 m3/hod.,zásobník na CNG s objemom 100 – 15 000 m3 CNG,plnenie vozidla trvá 3 – 15 min.Rýchle plnenie používa väčšina plniacich staníc CNG, určených na verejné plnenie vozidiel CNG, väčšie firemné flotily a veľké počty autobusov.

### 4.1.3 Emisie CNG

Zemný plyn v porovnaní s naftou alebo benzínom znižuje hladinu [škodlivín](http://sk.autolexicon.net/articles/emisie-vyfukovych-plynov) CO2 a NOx o 25% a hladinu CO až o 50%.

### 4.1.4 Výhody CNG

Veľkou výhodou sú hlavne jeho dvojnásobné zásoby proti rope. CNG vďaka vyššej zápalnej teplote zabraňuje vznieteniu, vďaka nižšej hmotnosti ako vzduch sa prípadnom úniku rozptýlia vo vzduchu. To všetko prispieva k bezpečnému používaniu CNG ako alternatívneho paliva. Je lacný, má vysoké oktánové číslo, jedná sa o čisté (ekologickej) palivo, ktoré nemá problémy spĺňať súčasné ako ja budúce emisné limity. Pre používanie zemného plynu vo vozidlách je potrebný špeciálny zásobník plynu a vstrekovací systém. Zemný plyn je prepravovaný už vybudovanými plynovodmi, jeho používaním sa znižuje počet nákladných cisterien s kvapalnými pohonnými hmotami na cestách.

3

### 4.1.5 Nevýhody CNG

Nevýhodou CNG je zmenšenie batožinového priestoru kvôli umiestnenie nádrže na CNG. Druhou hlavnou nevýhodou je malá sieť čerpacích staníc. Preto sa v SR stlačený zemný plyn používa hlavne na pohon autobusov MHD. V poslednej dobe sa však CNG začína presadzovať aj u osobných automobilov. Ďalšou nevýhodou sú náklady na vozidlo a to hlavne na prestavbu vozidiel na plyn a tiež všeobecne sériovo vyrábané plynové automobily sú drahšie (menší počet kusov, individuálna výroba). Vyššie náklady na čerpacie stanice. Je možné však predpokladať, že náklady klesnú so širším využívaním zemného plynu v doprave.

Celkovo sa zvýši hmotnosť automobilu a tým sa automaticky zníži povolená užitočná hmotnosť. Riešením je použitie tlakových nádrží z kompozitných materiálov, ktoré sú až 5x ľahšie ako oceľové.

Zníženie výkonu motora (o cca 5–10 %) v prestavaných vozidlách. Menší dojazd CNG vozidiel oproti klasickým palivám (osobný automobil upravený na zemný plyn – 200–250 km).

## 4.2 Zemný plyn v skvapalnenej forme LNG

### 4.2.1 Charakteristika LNG

LNG je bezfarebná kvapalina, ktorá má pri atmosférickom tlaku teplotu –160 až –162°C a zaberá približne 570x menší objem ako zemný plyn v plynnej fáze, čo je významná výhoda pre jeho uskladnenie. Fyzikálne vlastnosti LNG sú závislé na jeho zložení.. Pred skvapalnením musia byť zo zemného plynu odstránené všetky nežiaduce prímesi tak, aby ich maximálne množstvo nepresahovali povolené limity.

Ako motory na LNG môžu byť použité motory zhodné s motormi na CNG. Z hľadiska kvality palivovej zmesi sú v súčasnosti používané motory prispôsobené pre spaľovanie buď stechiometrických zmesí (vtedy sa jedná o nepreplňované oproti motorom spaľujúcim chudobnú zmes) alebo chudobných. Motory spaľujúce chudobnú palivovú zmes sú takmer vždy preplňované turbodúchadlom, môžu dosahovať vyššie výkony ako motory v ktorých je použitá stechiometrická zmes.

Na uskladnenie LNG vo vozidlách sa používajú kryogénne nádrže, v ktorých sa LNG nachádza pri teplote –162 až –150°C. Nádrže sú konštruované na väčší dojazd vozidla oproti CNG na porovnateľnú úroveň s klasickými pohonnými hmotami.

### 4.2.2 Výroba LNG

Na skvapalnenie zemného plynu je potrebné jeho stlačenie a súčasne ochladenie až na mínus 161°C. Skvapalnením zemného plynu sa zmenší jeho objem až 600 krát, avšak náklady na skvapalnenie a chladenie zemného plynu predstavujú až jednu štvrtinu energie obsiahnutej v plyne. Takže veľké objemy plynu sa prepravujú vždy v stlačenom plynnom stave a tlak v potrubí potrebný pre jeho pohyb sa udržiava turbokompresormi a nie čerpadlami. Preprava zemného plynu v kvapalnom stave sa uskutočňuje iba špeciálnymi tankermi, vlakovými alebo automobilovými cisternami.

### 4.2.3 Emisie LNG

Emisie LNG sú totožné s emisiami CNG, keďže sa jedná o jeden a ten istý plyn, iba v rôznych skupenstvách.

### 4.2.4 Výhody LNG

Z ekologického hľadiska má veľkú výhodu ako vysoko čisté palivo s minimom škodlivých emisií,

Z konštrukčného hľadiska je výhodou nie príliš ťažká palivová nádrž, doba plnenia porovnateľná s klasickými palivami,

Z bezpečnostného hľadiska má bezpečnejšiu prevádzku (vyššia zápalná teplota LNG oproti benzínu), oproti CNG zmenšenie objemu palivových nádrží a tým zväčšenie úložného priestoru vo vozidle.

### 4.2.5 Nevýhody LNG

Konštrukčne veľká nevýhoda je uskladnenie pri veľmi nízkych teplotách ako aj odpar z nádrže pri dlhšom odstavení vozidla. Zložitejšie a nákladnejšie technológie v porovnaní s CNG.

## 4.3 Propán-bután v skvapalnenej forme LPG

### 4.3.1 Charakteristika LPG

LPG ako pohonná hmota je zmes propánu a butánu, pričom v štandardných klimatických podmienkach ako sú teplota a tlak, sa jedná a plyn. Za použitia pomerne nízkeho tlaku je možné tento plyn skvapalniť pri bežných teplotách. Má vyššie oktánové číslo ako benzín, čo umožňuje vyššiu kompresiu a tým aj vyššiu účinnosť.

Čerpá sa kvapalný a vďaka svojej ekonomickej výhodnosti jeho obľuba rýchlo rastie, najmä v odvetviach s vysokými nákladmi na pohonné hmoty (verejná hromadná doprava).

Použitie LPG u spaľovacích motorov v dopravných vozidlách je z technického hľadiska overené a bezproblémové. Vyžaduje si to však úpravu vozidla. K nákladom je však potrebné pripočítať úpravu vozidla. Tieto investície sa však majiteľovi vrátia už pri najazdení 15 tis. až 20 tis. km.

Spotreba LPG je približne o 1,5 litra na 100 km vyššia ako v prípade benzínu pre štandardné osobné vozidlo (spotreba cca 8 l/100 km), výkon motora klesne cca o 5-10%.

### 4.3.2 Výroba LPG

Propán-bután vzniká v rafinériach ako vedľajší produkt pri spracovaní ropy. Je to ľahká plynná frakcia, ktorá je skvapalňovaná chladením, pričom vzniká tzv. LPG (Liquid Petroleum Gas), ktorý je možné využiť ako palivo v motorových vozidlách. Pomer propánu a butánu v LPG sa mení v zime a v lete, a tiež existujú rozdiely v zložení v jednotlivých krajinách.

### 4.3.3 Emisie LPG

Z ekologického hľadiska sa vozidlá na LPG vyznačujú nižšími emisiami v porovnaní s benzínovým aj naftovým palivom. Miera zníženia emisií závisí od spôsobu spaľovania ako aj nastavenia a typu použitého systému. Napriek výhodám však spaľovanie LPG nie je úplne bez emisií. Vo výfukových plynoch sa objavuje hlavne CO2, VOC, CO, NOx, a metán.

### 4.3.4 Výhody LPG

Z ekonomického hľadiska je výhodnejšie použiť ako palivo LPG, lebo je lacnejšie. Nezanedbateľnou výhodou použitia LPG je, že vozidlá prestavané na pohon plynom produkujú až o 60 % menej škodlivých látok vypúšťaných do ovzdušia.

Za ďalšiu výhodu sa považuje väčší dojazd vozidla pri naplnení obidvoch nádrží, ako aj dostatočná sieť čerpacích staníc.

Z technického hľadiska je výhodou menšie opotrebenie motora. Pri jazde na plyn sa v motore vytvára podstatne menej karbónu, čo má za následok dlhšiu životnosť motorového oleja a tým aj priaznivý vplyv na mechanické opotrebenie pohyblivých častí agregátu.

Pri jazde na LPG je výhodou aj vyššia antidetonačná schopnosť keďže sa jedná o zmiešanie dvoch plynný látok, lepšia homogenita zmesi so vzduchom, a tým aj rovnomernejšie plnenie spaľovacieho priestoru.

### 4.3.5 Nevýhody LPG

Hlavnou a najväčšou nevýhodou je výška počiatočnej investície pri prestavbe spaľovacieho motora na LPG ako aj zmenšenie batožinového priestoru.

Technickými nevýhodami sú zníženie výkonu motora cca o 5%, a tým aj zníženie krútiaceho momentu, zvýšenie spotreby paliva cca o 10% oproti priemernej spotrebe benzínu.

## 4.4 Bioetanol

### 4.4.1 Charakteristika bioetanolu

Etanol je kvapalina vyskytujúca sa v prírode zriedkavo, jej požívanie nie je pre človeka toxické. Pri použití palív na báze alkoholu je potrebné pridať aditív na zlepšenie mazacích vlastností. Výhrevnosť alkoholov je nižšia ako u benzínu, ale spaľovanie je rýchlejšie a dokonalejšie. Etanol sa dnes bežne využíva ako náhrada za benzín v spaľovacích motoroch, pričom je to jedno z najstarších alternatívnych palív.

### Výroba bioetanolu

Vhodnou surovinou na výrobu etanolu sú viaceré rastliny ako napr. obilie, zemiaky, kukurica, cukrová trstina, cukrová repa, ovocie a iné plodiny. Tento proces výroby sa nazýva fermentácia.

Proces výroby je nasledovný: spracovávaná masa obsahuje po 30 hodinách fermentácie približne  6-10% alkoholu, ktorý sa dá odstrániť destiláciou a môže byť použitý ako kvapalné palivo v špeciálne upravených spaľovacích motoroch alebo ako prísada do benzínov v rozmedzí 3 až 15%. Keďže táto surovina sa nekonvertuje celá na biopalivo, vzniká veľmi významný druhotný produkt, ktorý nahrádza bielkovinové krmivá.

Veľkou nevýhodou tohto procesu výroby je, že ak by sme chceli nahradiť väčšie množstvo fosílnych palív, týmto palivom, išlo by v čase keď na svete hladuje množstvo ľudí o neetické plytvanie poľnohospodárskymi surovinami.

Táto nevýhoda sa však netýka procesu výroby etanolu z drevnej biomasy, ktorá sa ukazuje ako veľmi perspektívna. Podobne to platí aj pri výrobe etanolu z odpadnej biomasy z poľnohospodárskej produkcie. Hlavným problémom procesu výroby z celulózy je, že takto získaný etanol je pomerne nákladný pri  relatívne nízkom výťažku. Celkovým záverom je, že etanol môže prispieť k nahradeniu časti ropy a ozdraveniu životného prostredia , hlavne v mestách, ale nie je ekonomické ho použiť ako úplnú náhradu.

Na výrobu jedného litra etanolu je potrebných asi 2,8 kg obilia. V prípade cukrovej repy je to približne 10 kg.

Do popredia sa dostáva éter vyrobený z bioetanolu za vzniku etyl-terc.butyléteru (EBTE), ktorý sa postupne stáva dôležitou prísadou do bezolovnatých benzínov.

### 4.4.3 Emisie bioetanolu

Bioetanolové emisie závisia podľa toho z čoho bol vyrobený, teda podľa suroviny. Platí však, že emisie sú nižšie ako v pri spaľovacích motoroch využívajúcich benzín ako palivo. pričom pokles emisií CO, tuhých častíc a organických látok sú približne o polovicu nižšie. Nevýhodou je nárast emisií aldehydov.

Z ekologického hľadiska význam najväčší význam požívanie zmesi napr. 10% etanolu a 90% benzínu. Takéto palivo znižuje tvorbu CO o viac ako 25% v porovnaní s akýmkoľvek iným benzínom. Bioetanol je málo reaktívny, a tým sa podieľa aj na znižovaní tvorby ozónu, je tiež bezpečnou náhradou za toxické prísady na zvyšovanie oktánového čísla benzínu ako sú benzén, toluén a xylén. Navyše bioetanol, tým že je vyrábaný z biomasy, znižuje tvorbu oxidu uhličitého - najdôležitejšieho skleníkového plynu.

### 4.4.4 Výhody bioetanolu

Z hľadiska činnosti motora je dôležité, že bioetanol má vyššie oktánové číslo ako benzín, čo umožňuje vyššiu kompresiu a následne lepšiu účinnosť motora. Je dokonalejšie spaľovateľný, vykazuje nižšie emisie v spalinách.

### 4.4.5 Nevýhody bioetanolu

Nevýhodou bioetanolu je, že urýchľuje koróziu kovových materiálov, má detergentný účinok (odstraňuje oleje) a napadá plastické hmoty. Jeho výpary majú negatívny účinok na ľudský organizmus a ovplyvňujú vodičovu schopnosť viesť motorové vozidlo. Tieto výpary môžu byť problémom hlavne pri čerpaní pohonných  hmôt. Vyznačuje sa horším štartovaním motora pri nízkych okolitých teplotách a vozidlá poháňané bieoetanolom majú vyššiu spotrebu.

## Metanol

### 4.5.1 Charakteristika metanolu

Metanol je jedovatá látka, ide o čistú kvapalina bez zápachu, ktorá sa v prírode vyskytuje len zriedkavo. Metanol sa navyše dá použiť aj ako suroviny na výrobu DME (dimethyléter), ktorý je náhradou motorovej nafty.

### 4.5.2 Výroba metanolu

Výroba metanolu z dreva je vo svete známa už veľmi dlho, nebol však hlavným produktom, ale vznikal ako vedľajší produkt pri dreveného uhlia.

Metanol sa dá vyprodukovať aj zo zemného plynu alebo z uhlia. Metanol z biomasy je oveľa drahší v porovnaní so syntetickým metanolom vyrobeným zo zemného plynu.

  Metanol ako vysokooktánové palivo neobsahuje síru a znečistenie z jeho spaľovania je veľmi nízke. Pri výrobe metanolu je dôležitá skutočnosť aké množstvo biomasy je potrebné na výrobu a aký je pomer získanej a vloženej energie z takejto výroby.

Z jednej tony suchej biomasy je možné vyrobiť asi 700 litrov metanolu. Na druhú otázku je možné odpovedať, že pomer získanej energie (metanol) a vloženej energie na jeho produkciu je závislý hlavne na spôsobe výroby. Pri výrobe metanolu z obnoviteľných zdrojov je tento pomer vysoko pozitívny.

Automobily používajúce metanol ako palivo sa z hľadiska dojazdu podobajú vozidlám na benzín alebo naftu.

Metanol je možné použiť ako palivo v čistej forme alebo ako zmes. Motor si však vyžaduje istú úpravu. V prípade naftových motorov je potrebné vozidlá vybaviť pomocným zapaľovacím systémom, nakoľko cetánové číslo metanolu je nízke. Tieto motory môžu spaľovať tiež zmes metanolu a nafty. Už pri obsahu niekoľko percent nafty v takejto zmesi nie je potrebné použiť zapaľovaciu sviečku. Metanol je možné použiť ako prídavok do paliva.

### 4.5.3 Emisie metanolu

Emisie vozidiel na metanol závisia od vstupného materiálu, z ktorého bol metanol vyrobený. Metanol vyrobený z dreva a použitý  ako náhrada za benzín sa vyznačuje nižšími emisiami všetkých škodlivín (v priemere o 20% až 70 %). Nahradenie nafty za metanol v naftových motoroch znamená podstatné zníženie emisií tuhých častíc (dymu).

### 4.5.4 Výhody metanolu

Metanol má vyššie oktánové  číslo približne 105, benzín má oktánové číslo medzi 89 až 98. Vyššie oktánové číslo umožňuje vyššiu kompresiu a následne lepšiu účinnosť motora. Pre naftové motory je to cetánové číslo, ktoré je pre palivo rozhodujúce. Čím nižšie cetánové číslo, tým dlhší čas je potrebný pre kompresné zapálenie. Metanol sa vyznačuje tým, že má nižšie cetánové číslo ako nafta.

Výhodou je aj vyššia účinnosť spaľovania v spaľovacom motore, má nižšiu teplotu horenia, produkuje menej škodlivín, je menej prchavý.

### 4.5.5 Nevýhody metanolu

Nevýhodou metanolu je jeho nepriaznivý účinok na kovové a plastické materiály, hlavne rýchlejšia korózia, má detergentný účinok (odstraňuje oleje z miest, kde sú potrebné). Tieto nevýhody je možné zmierniť použitím odolnejších materiálov vo vozidlách napr. ocele.

Metanol má neviditeľný plameň, avšak pridaním asi 15% benzínu do metanolu sa plameň stáva viditeľným. Nevýhodou je tiež toxicita metanolu. V zimných mesiacoch môže dochádzať k problematickému štartovaniu, riešením je predhrievanie metanolu v palivovom systéme.

## Bionafta

### 4.6.1 Charakteristika bionafty

Bionafta je náhrada za motorovú naftu. Surovinou sú oleje, ktoré je možné získať z rôznych druhov rastlín medzi ktorými je napr. repka olejnatá, slnečnica, oliva, sója, kokosový orech a i. Olej sa v nich nachádza v semenách alebo plodoch. O tom, že R. Diesel, konštruktér naftového motora sa vážne zaoberal rastlinnými olejmi svedčí aj fakt, že už v roku 1900 predstavil na svetovej výstave v Paríži motor, ktorý bežal na olej z búrskych orieškov.  Konštruktéri sa vo veľkej miere znova začali zaoberať problematikou využitia bionafty. Navyše v dôsledku intenzívneho rastu produkcie poľnohospodárskej výroby a nadprodukcie potravín vlády vyspelých krajín začali podporovať poľnohospodárov v prechode na pestovanie technických plodín, kam patrí aj bionafta - najčastejšie využívaná forma rastlinných olejov v doprave.

Najčastejšie používaným pohonom v doprave všeobecne je motorová nafta, preto aj použitie bionafty má rozhodujúcu úlohu najmä z ekologického hľadiska pri znižovaní emisií. Hlavnou výhodou bionafty je, že väčšinu naftových motorov je možné upraviť na pohon bionafty.

Najvýznamnejším použitím bionafty je v poľnohospodárskych a lesníckych dopravných prostriedkoch (traktory). Často sa však využíva aj na pohon v niektorých lodiach a člnoch, čo je podmienené hlavne tým, že pri prípadnom úniku bionafta neznečisťuje vodu.

Najpoužívanejší rastlinný olej vhodný na výrobu bionafty sa u nás označuje ako MERO (metylester repkového oleja), v zahraničí označujú túto látku ako RME (rape seed metyl ester - metyl ester repkového semena). Esterifikácia znižuje viskozitu rastlinného oleja. Takto upravený olej sa bez problémov primiešava do nafty, čo sa vôbec neodrazí na chode motora, zato však vplyv na emisie pri spaľovaní je výrazný.

### 4.6.2 Výroba bionafty

Najčastejšia surovina využívaná pri výrobe bionafty je repka olejná, z nej sa vyrába čistý repkový olej, znázornenie technologickej schémy výroby MERO je na **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.**. Vylisovaný olej sa následne filtruje, potom prebieha delenie oleja (esterifikácia) na metylester a glycerín. Vedľajšie produkty vznikajúce pri tejto výrobe sú taktiež využiteľné. Glycerín je látka, ktorá sa široké využitie nielen v potravinárskom ale aj v iných priemysloch. Pri výrobe vznikajú taktiež výlisky, ktoré sú cennou kŕmnou zmesou. Bionaftu je možné vyrábať aj zo živočíšneho tuku.

Semeno repky olejnej

Repkový olej

Repkové výlisky

Kŕmne zmesi

MERO

Surový glycerín

Viackomponentná nafta

Čistý glycerín

ekopalivo

Palivo s primesou MERO

Obr. : Technológická schéma výroby MERO

### 4.6.3 Emisie bionafty

MERO ako palivo (aj ako zmesné palivo) má dobré ekologické vlastnosti a pri jeho spaľovaní sa produkuje nižšie množstvo emisií ako v prípade nafty. Vo výfukových plynoch sa pozoruje významný pokles obsahu polyaromatických uhľovodíkov a tuhých častíc.

### 4.6.4 Výhody bionafty

Výhodou bionafty je, že má približne rovnaké cetánové číslo ako nafta, čo znamená, že je ju možné priamo použiť v naftovom motore bez prísad. MERO neobsahuje takmer žiadnu síru. Výkony motorov s použitím MERA a motorovej nafty sú takmer rovnaké. Bionafta nie je horľavina, nie sú nutné také bezpečnostné predpisy ohľadom skladovania a transportu.

Veľmi dôležitou výhodou rastlinných olejov tiež je, že rýchlo (v priebehu asi 3 týždňov) degradujú v pôde čím sa vylučuje vznik ekologických havárií.

4.6.5 Nevýhody bionafty

Nevýhodou je vysoká viskozita a pri ich skladovaní sa čiastočne znehodnocuje. Pri spaľovaní zanášajú motor, sú agresívne voči plastom i lakom.

Inou nevýhodou rastlinných olejov je, že k ich produkcii by boli  potrebné veľké plochy poľnohospodárskej pôdy. V stave keď mnoho ľudí vo svete hladuje, by takáto filozofia pravdepodobne nebola správna.

## Bioplyn

### 4.7.1 Charakteristika bioplynu

Za prvého konštruktéra plynového motora sa považuje inžinier J.E. Lenoir, ktorý už v roku 1860 zostrojil takýto motor. V roku 1876 ho nasledoval nemecký inžinier N. Otto (konštruktér benzínového motora), ktorý postavil štvortaktný motor na stlačený plyn. Podľa dostupných údajov prvý Ottov motor poháňaný bioplynom bol skonštruovaný v Indii v roku 1907.  Počas 2. svetovej vojny bol v Európe veľmi rozšíreným plynným palivom drevoplyn.

Existujú dva procesy premeny biomasy, ktoré sa dajú použiť na výrobu plynných palív a to splyňovanie suchých zvyškov, v tom prípade vzniká drevoplyn alebo anerobickým vyhnívaním, vtedy vzniká bioplyn. Obidve palivá sa dajú použiť v benzínových aj naftových motoroch. Je však potrebné v nich urobiť isté úpravy, hlavne zmeniť kompresný pomer.

Vznetové motory sa dajú upraviť tak, že časť nafty sa spotrebuje na zapaľovanie zmesi, ide o tzv. duálny systém palivovej zmesi. Pôvodný systém zapaľovania nafty si vyžaduje iba nastavenie predzápalu o 3 až 4 stupne. V duálnych systémoch býva dostatočné zastúpenie nafty na úrovni 10%. Zo skúseností vyplýva, že vyššie zastúpenie bioplynu si vyžaduje chod motora na vyššom výkone.

### 4.7.2 Výroba bioplynu

Každá živá surovina po odumretí podlieha hnilobnému rozpadu. Ak tento rozklad je bez prítomnosti kyslíka (tzv. anerobické vyhnívanie) dochádza k vzniku bioplynu. Bioplyn je možné získať najmä zo skládok komunálneho alebo z poľnohospodárskeho odpadu.

Reakcia prebieha nasledovne :

**BIOMASA + BAKTÉRIE => BIOPLYN + ŽIVINY**

Hlavnými zložkami bioplynu sú metán, ktorí tvorí cca 60-70% a oxid uhličitý cca 30-40%. Vyhnívanie masy odpadov prebieha bez prístupu vzduch v uzavretých nádržiach. Okrem bioplynu vzniká aj tuhá zložka odpadu, ktorá má nenahraditeľné použitie ako hnojivo pre poľnohospodárske účely. Táto výroba je tiež efektívna pre čističky odpadových vôd alebo skládky komunálneho odpadu, kde vzniká tzv. kalový plyn.

Použitiu bioplynu ako paliva pre motorové vozidlá zabraňuje nedostatočné kapacity priestorov na skladovanie plynu, ktorý by im umožnil prijateľne dlhý dojazd. Z tohto dôvodu sa bioplyn najčastejšie používa hlavne v stacionárnych motoroch. Použitie bioplynu vo vozidlách má však niekoľko výhod oproti klasickým palivám.

Pri výrobe drevoplynu sa premieňa tuhé palivo (najčastejšie dreva) na plynné. Dôležitosť sa kladie najmä na dostatočnú čistotu plynu. Proces splyňovania prebieha tak, že vzduch prechádza cez  predhriaty materiál, pričom v ňom prebieha chemická reakcia s následným vznikom drevoplynu a ako nespáliteľný zvyšok sa tvorí popol. Zloženie drevného plynu sa mení v závislosti na použitej biomase a obsahu vlhkosti v palive .

### Emisie bioplynu

Pri správne nastavených otáčkach motor na bioplyn produkuje menej emisií hlavne oxidu uhoľnatého a oxidov dusíka ako motor na benzín alebo naftu. Vznikajúce uhľovodíky majú tiež nižšiu reaktivitu ako v prípade spaľovania klasických palív, a preto vedú k nižšej tvorbe smogu. Nevýhodou je prítomnosť sírovodíku v emisiách.

### Výhody bioplynu

Výhodou plynných palív je ich dokonalejšie zmiešavanie so vzduchom a preto lepšie horia ako kvapalné palivá. Ďalšou výhodou týchto palív v porovnaní s benzínom a naftou je, že majú vyššie oktánové číslo. Vyššia kvalita plynných palív umožňuje použitie vyššieho kompresného pomeru - až do 10:1 v benzínových spaľovacích motoroch a 15:1 v naftových motoroch, čo má za následok vyšší výkon a účinnosť motora.

### 4.7.5 Nevýhody bioplynu

Nevýhodou bioplynu vo vozidlách je nutnosť jeho skladovania pod vysokým tlakom často až 2 MPa a viac. To si zvyčajne vyžaduje umiestnenie plynových fliaš po stranách traktora alebo na streche. Inou nevýhodou bioplynu je, že obsahuje sírovodík v zastúpení približne 0,4%, ktorý má nepríjemný zápach a navyše spôsobuje znehodnocovanie oleja a nutnosť jeho častejšej výmeny. Výfukové ventily sú tiež vystavené vyššej teplote a skôr sa opotrebujú.

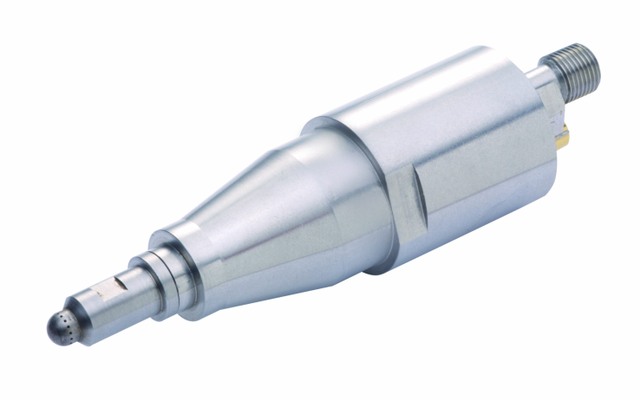
## 4.8 Vodík

### 4.8.1 Charakteristika vodíka

Vodík, na rozdiel od palív ropných pôvodov, je k dispozícii prakticky v neobmedzených množstvách. Vo vozidlách je  možné používať vodík ako palivo buď [priamo v spaľovacom motore](http://www.fae.sk/DOPRAVA/paliva/Vodik%20vozidla.html) resp. ako zdroj elektrickej energie v tzv. [palivovom článku](http://www.fae.sk/DOPRAVA/paliva/Vodik%20palivove%20clanky.html).

**Automobily s priamym spaľovaním vodíka**

Reakciou vodíka a kyslíka zo vzduchu pri spaľovaní v spaľovacom priestore motora vzniká energia, ktorá sa využíva na pohon automobilu. Funkčné časti motora sú totožné ako pri spaľovaní benzínu, mení sa iba pohonná látka. Detailný záber vysokotlakového vstrekovača je na Obr. 12. Na prepravu vodíka do motora sa používa čerpadlo, ktoré pracuje pri tlaku až 10 MPa. 100 litrová nádrž paliva má dojazd asi 300 km. Na zapálenie vodíka postačuje iskra elektrického zapaľovania.

****

Obr. : Vysokotlakový vstrekovač vodíka [8]

**Automobily s palivovými článkami**

Palivový článok je elektrochemické zariadenie, ktoré počas oxidačno-redukčnej reakcie premieňa chemickú energiu paliva priamo na energiu elektrickú. Základný princíp premeny energie je pre všetky palivové články rovnaký, jednotlivé typy sa však líšia materiálom elektród, použitým elektrolytom, pracovnou teplotou a chemickými reakciami na anódach a katódach. (Porš, 2002)

Palivové články môžeme rozdeliť podľa druhu eletrolytu na:

**AFC**, kde elektrolytom je roztok KOH (hydroxid draselný)

**PEM**, kde je použitá protónová priepustná membrána

**PAFC**, použitá je H3PO4 (kyselina fosforečná)

**MCFC**, kde je použitý uhličitan lítny alebo draselný

**SOFC**, s použitím tuhého keramického systému.

Palivové články prevádzajú energiu obsiahnutú v atómoch vodíka priamo na elektrickú (Obr. 13). Pri reakcii sa využíva kyslík, ktorý elektrochemicky reaguje s vodíkom pričom vzniká elektrická energia a voda. Samotný palivový článok je tvorený elektródami umiestnenými z dvoch strán membrány. Po napojení vodivých dosiek na elektródy sa umožní privádzať na jednej strane vodík, na druhej strane kyslík alebo vzduch a zároveň je možné z nich odoberať elektrickú energiu, ktorá vzniká rozdelením atómov vodíka na anóde na protóny a elektróny. Membrána elektrolytu umožní prechod voľného protónu ku katóde. Voľné elektróny sa pohybujú oddeleným obvodom a vytvárajú elektrický prúd. Na katóde dochádza k reakcii kyslíka alebo vzduchu s protónmi a elektrónmi vodíka a vzniká voda a teplo. Teoretická účinnosť sa podľa typu paliva môže pohybovať cca 80 - 90%, kým účinnosť spaľovacieho motora je okolo 40%. (Brestovič, 2007)



Obr. : Princíp funkcie elektrolyzéra s PEM membránou [9]

Palivové články sú pravdepodobne najperspektívnejšou technológiou, ktorá môže vyhovovať stále prísnejším emisným normám ako aj požiadavkám kladeným na ekologicky čistú a spoľahlivú dopravu budúcnosti.

Predpokladaný dojazd automobilu dosahuje cca 400 až 600 km na jednu nádrž, pri priemernej spotrebe 4 až 5 litrov/100 km.

### 4.8.2 Výroba vodíka

Získavanie vodíka pre palivové články je možné viacerými spôsobmi (Obr. 14).

**Reformácia vodíka z metánu, metanolu, benzínu a LPG**

Ako najperspektívnejšia sa zatiaľ ukazuje parná a oxidačná reformácia. Jednotlivé postupy sa odlišujú typom použiteľného paliva na vstupe, samotnými chemickými reakciami a parametrami vodíka na výstupe.

**Elektrolýzou a fotolýzou**

Oblasť priemyslu v ktorej je potrebná vysoká čistota vodíka využíva na jeho získanie proces elektrolýzy. Elektrolýza sa vyznačuje nulovými emisiami. Modernejšie elektrolyzéry využívajú na elektrolýzu vody PEM membránu.

Uvažuje sa o možnosti štiepenia vody na vodík a kyslík pomocou slnečnej energie, avšak doteraz nie sú vhodné riešenia tohto procesu.

**Voda**

Rafinácia

Reformovanie

Reformovanie

Čistenie

Splyňovanie

Čistenie

Splyňovanie

Aneróbne vyhnívanie

**Ropa**

Elektrolýza

VODÍK

**Benzín**

**LPG**

**Nafta**

**Bioplyn**

**Metanol**

**Metán**

**Zemný plyn**

**Uhlie**

**Biomasa**

Obr. : Schéma výroby vodíka

### 4.8.3 Emisie vodíka

Jediná emisia vozidla na vodíkový pohon je voda. Emisie CO2 pochádzajú len z produkcie vodíka, ktoré sa líši v závislosti od zdroja.

Výrobou vodíka z vody elektrolýzou, môžu byť emisie CO2 ďalej redukované a napokon stiahnuté na nulu, ak elektrina použitá na elektrolýzu je generovaná používaním slnečnej, veternej, vodnej alebo jadrovej energie.

Pri použití vodíka v palivových článkoch NOx nevzniká vôbec.

### 4.8.4 Výhody vodíka

Hlavnou výhodou palivových článkov v porovnaní s inými palivami je, že vodík ako základnú surovinu je možné vyrábať z vody. Najväčšou výhodou je, že spaľovanie vodíka je úplne čisté a jediným odpadom, ktorý pri tomto procese vzniká, je čistá voda a malé množstvo NOx, pri použití palivového článku sa NOx úplne eliminujú.

### 4.8.5 Nevýhody vodíka

Najväčšou nevýhodou je, že pri priamom použití vodíka v spaľovacom motore je účinnosť využitia energie len asi 10%.

Podstatne vyššiu účinnosť je však možné dosiahnuť v palivových článkoch. Nevýhodou vodíka ako paliva sú tiež vysoké náklady na jeho výrobu a veľká hmotnosť palivovej nádrže, ktorá je potrebná na zabezpečenie dostatočne dlhého dojazdu vozidla.

## 4.9 Dusík

### 4.9.1 Charakteristika dusíka

Čistý dusík v skvapalnenej forme v sebe ukrýva veľké množstvo energie, ktorú je možné použiť na pohon vozidiel. Ten je založený na princípe odparovania dusíka vo výmenníku, kde je pomocou mechanického tlaku poháňaný piest motora. Dusík na svoje odparovanie využíva tepelnú energiu obsiahnutú v okolitej atmosfére. Pri tomto procese nielenže nevzniká žiadne teplo, ale dochádza k ochladzovaniu okolitého priestoru.

Energetická hodnota skvapalneného dusíka je v porovnaní s elektromobilmi vyššia, no v porovnaní s fosílnymi palivami je nižšia.

Kvapalný dusík sa skladuje v nádrži pri teplote - 196 °C. Hlavné časti okruhu tohto pohonu sú na Obr. 15. Z nádrže sa skvapalnený dusík dopravuje tlakovým systémom do tepelného výmenníka. Tepelný výmenník sa využíva na ohrev dusíka, ten expanduje pod vysokým tlakom a je vháňaný do motora, ktorý pracuje na princípe parného stroja. Tlaková sila pôsobiaca na piest motora sa mení na mechanickú prácu, ktorá poháňa kolesá vozidla. Valce motora majú oceľové piesty, mazanie v motore sa zabezpečuje rozstrekom oleja na mieste vstupu plynu. Najväčší problém pri vývoji bolo zamŕzanie trubiek pri expanzii dusíka. Problém sa vyriešil po zavedení predohrevu plynu v ekonomizéri. Ekonomizér má na starosti tiež kvalitu, množstvo a teplotu dusíka privádzaného do expandéra.



Obr. : Schéma okruhu dusíkového motora [10]

### 4.9.2 Výroba dusíka

Kvapalný dusík, ktorý sa dnes bežne vyrába pre potreby priemyslu, je možné distribuovať buď nákladnými cisternami alebo izolovanými potrubiami. Výhodou oproti benzínu je, že by ho bolo možné priamo vyrábať na súčasných čerpacích staniciach vybavených malými zariadeniami na skvapalňovanie dusíka. Technológia si vyžaduje len prístup k elektrickej energii.

Pri skvapalňovaní dusíka, ktoré prebieha ochladzovaním vzduchu, je možné použiť tieto odpadové plyny. Výsledkom je, že CO2 a iné škodliviny skondenzujú a sú oddelené od skvapalneného dusíka. V takomto prípade nedochádza k tvorbe žiadnych emisií do ovzdušia.

Proces výroby kvapalného dusíka, pri ktorom je potrebná elektrická energia, je veľmi čistý a v prípade keď je elektrina vyrábaná z obnoviteľných zdrojov nevznikajú vôbec žiadne škodliviny.

### 4.9.3 Emisie dusíka

Jediným plynom vo výfuku vozidla je čistý dusík, ktorý ako najrozšírenejší plyn v atmosfére nepredstavuje žiadne nebezpečenstvo v koncentráciách produkovaných motorom.

### 4.9.4 Výhody dusíka

Veľkou výhodou je, že dusík ako palivo je najrozšírenejší plyn v prírode a pri reakcii v motore nevznikajú žiadne škodliviny. Dôležité sú aj nízke náklady na údržbu.

### 4.9.5 Nevýhody dusíka

Nevýhodou sú relatívne vysoké náklady na skvapalnenie dusíka. Zatiaľ neexistuje žiadna sieť verejných čerpacích staníc. Veľké straty energie pri konverzii kvapalného dusíka na plyn.

K nevýhodám tiež patrí, že dochádza k odparovaniu z nádrže do ovzdušia a sa vozidlo nachádza v zle vetranej miestnosti môže dôjsť k vytlačeniu kyslíka zo vzduchu. Je dôležitá aj bezpečná manipulácia, keďže spôsobuje omrzliny, taktiež vplyvom veľmi nízkej teploty sa mení krehkosť niektorých materiálov.

## 4.10 Prestavba vozidla na pohon LPG

V predchádzajúcich kapitolách som sa snažil priblížiť všetky klady a zápory jednotlivých druhov alternatívnych palív, žiaľ realita nielen na Slovensku zatiaľ uprednostňuje hlavne pohon na LPG, a to najmä z hľadiska finančnej dostupnosti bežného užívateľa, celkom dobrou sieťou čerpacích staníc, no hlavne s vedomím, že pri používaní toho paliva „robíme niečo pre čistejšiu a zelenšiu budúcnosť“.

Na základe týchto faktov som sa rozhodol venovať sa práve tomu, čo všetko musí bežný užívateľ jazdiaci na benzín podstúpiť pri prestavbe na LPG.

**Postup formalít k prestavbe na LPG**

Žiadateľ o prestavbu musí zabezpečiť nasledovné dokumenty, aby mohol vykonať prestavbu vozidla na LPG:

* podanie žiadosti podľa platného zákona na Obvodný úrad dopravy za účelom vydania „Povolenia na prestavbu vozidla“
* obvodný úrad dopravy následne vydá „Povolenie na prestavbu vozidla“ s platnosťou na dobu 1 roka, kde sú presné požiadavky na dokumentáciu na schválenie prestavby vozidla
* kvalifikované montážne stredisko vykoná montáž systému LPG a odovzdá potrebné doklady
* žiadateľ následne zabezpečí všetku potrebnú dokumentáciu požadovanú pre Obvodný úrad dopravy ako sú napr. [technické protokoly](http://www.igas.sk/index.php?option=content&task=view&id=122#podklady_pre_oud) zo [skúšobne,](http://www.igas.sk/index.php?option=content&task=view&id=122#skusobne_zoznam) z emisnej kontroly
* žiadateľ podá [žiadosť o schválenie prestavby vozidla](http://www.igas.sk/index.php?option=content&task=view&id=122#ziadas_schvalenie) s [prílohami](http://www.igas.sk/index.php?option=content&task=view&id=122#podklady_pre_oud) podľa platnej legislatívy
* obvodný úrad dopravy vydá vyjadrenie a súčasne prestavbu zapíše do osvedčenia o evidencii vozidla
* žiadateľ bezodkladne vybaví vozidlo doplnkovým štítkom so všetkými údajmi podľa schválenia Obvodného úradu dopravy a tiež označí vozidlo príslušnou nálepkou podľa platnej Vyhlášky 482/2007 na zadnom skle a v mieste plniaceho otvoru.

## 4.11 Výber typu systému LPG

Podľa typu motora je možnosť výberu z niekoľkých typov systémov LPG. Existujú nasledovné typy systémov LPG:

### 4.11.1 Systém s centrálnym zmiešavačom

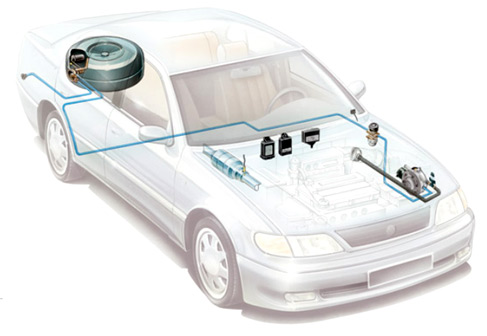
Vozidlá, ktoré majú klasický palivový systém s karburátorom používajú najjednoduchší systém LPG so zmiešavačom (Obr. 21), ktorého najväčšou výhodou je nízka cena, bezproblémová montáž zariadenia ako aj jeho následná údržba. Celý systém sa ovláda podtlakovou hadicou (Obr. 34) zapojenou do sacieho potrubia a na druhom konci do splynovača (Obr. 20). Prepínač LPG/benzín () umožňuje výber typu pohonu a to buď iba na benzín alebo iba na LPG.

Pri tomto systéme zmiešavača dochádza k cca 10%-nému nárastu spotreby LPG v porovnaní so spotrebou benzínu ako je to v prípade systému riadeného lambda sondou.

### 4.11.2 Systém s centrálnym zmiešavačom riadený lambda sondou

Tento typ zmiešavača sa využíva hlavne pri vozidlách, ktoré majú riadený karburátor, jednobodový alebo viacbodový vstrekovací systém paliva. Rozdiel oproti predchádzajúcemu systému je len v dávkovaní paliva, ktoré je sledované lambda sondou, čím sa dosahuje lepší výkon, ako aj spotreba paliva. Pri riadenom systéme dochádza k dokonalejšiemu spaľovaniu, čo má za následok splnenie prísnejších emisných noriem.

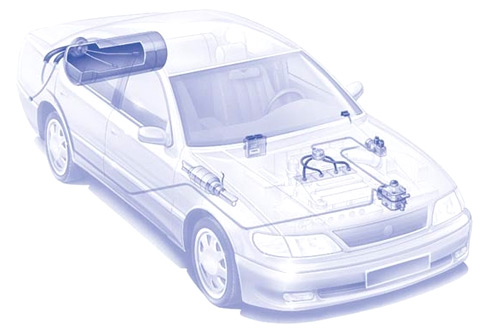
Dnešné, novšie a cenovo dostupnejšie systémy však úplne vytláčajú tieto základné, keďže sú dokonalejšie tak ako napr. použitie sekvenčného vstrekovania LPG.



Obr. : Systém centrálneho zmiešavania riadený lambda sondou [11]

4.11.3 Systém kontinuálneho vstrekovania

Pre vozidlá s viacbodovým vstrekom paliva bol vyvinutý systém so vstrekovaním plynu, kde je prívod paliva zabezpečovaný vlastným vstrekovačom pre každý jeden valec zvlášť, a celý systém je riadený lambda sondou. Tieto úpravy mali za následok lepšie hodnoty výkonov, spotreby paliva a hlavne znemožnili vznik spätného prešľahu. V súčasnosti sa však tieto systému používajú iba ojedinele.



Obr. : Systém kontinuálneho vstrekovania [12]

4.11.4 Systém sekvenčného vstrekovania

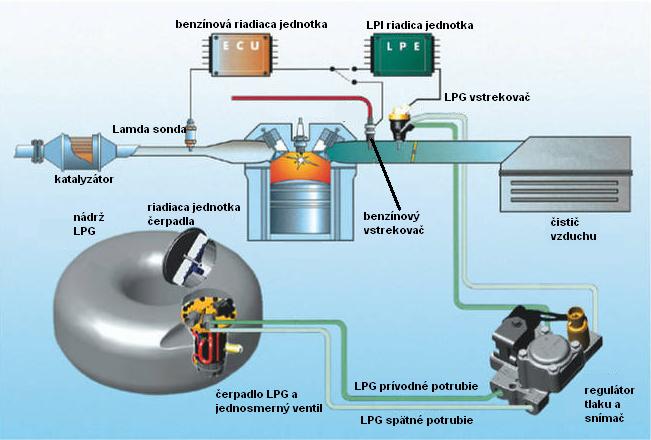
Jedná sa o doteraz najpoužívanejší systém, ktorý vyhovuje starším ale aj novším vozidlám. Sústava pozostáva zo splynovača (Obr. 20), vstrekovačov (Obr. 26, Obr. 27), plynového ventilu (Obr. 22), tlakovej nádrže (Obr. 28, Obr. 29, Obr. 30), rúrok, hadíc a pomocného materiálu (Obr. 33, Obr. 34). Plynový ventil prepúšťa kvapalný LPG z tlakovej nádrže do splynovača, ktorý sa nachádza v prednej časti vozidla v motorovom priestore a je napojený na chladiacu sústavu, kde sa LPG prehrieva a mení skupenstvo. Dávkovanie paliva sa uskutočňuje pre každý valec osobitne na základe riadenia benzínovej jednotky, ktorá poskytuje informácie riadiacej jednotke LPG (Obr. 25) o dĺžke vstreku paliva. Výhodou tohto systému je zabezpečenie splnenia emisnej normy Euro IV, taktiež spotreba a výkon motora sú porovnateľné s benzínovým pohonom.



Obr. : Systém sekvenčného vstrekovania [13]

4.11.5 Systém sekvenčného vstrekovania - kvapalná fáza - LPI

Systém sekvenčného vstrekovania kvapalného plynu sa líši hlavne tým, že je pod tlakom dávkované tekuté palivo pre každý valec zvlášť. Dávkovanie sa uskutočňuje za riadenia benzínovej jednotky, ktorá doplňuje údaje riadiacej jednotke LPG tak ako to bolo v prípade sekvenčného vstrekovania. Keďže systém vstrekuje kvapalné palivo, odpadá predhrievanie paliva vodou z motora.



Obr. : Schéma vstrekovania LPI [14]

## 4.12 Komponenty použité pri prestavbe na LPG

Komponenty potrebné na prestavbu LPG sa dajú rozdeliť na 3 základné časti:

* komponenty používajúce sa v prednej časti vozidla
* komponenty používajúce sa v zadnej časti vozidla
* spojovací materiál.

### 4.12.1 Zmeny týkajúce sa prednej časti vozidla

V motorovej časti  sa nachádza splynovač, plynový ventil, a zmiešavač LPG so vzduchom, benzínový ventil (Obr. 23) a prepínač paliva sú iba v prípade vozidiel s karburátorom. U vozidiel so vstrekovaním benzínu nie je nutný benzínový ventil, vypnutie benzínu je u viacbodového vstreku paliva riešené odpojením všetkých benzínových vstrekovačov a u jednobodového vstreku odpojením centrálneho vstrekovača.

Ďalším komponentom je riadiaca jednotka LPG, ktorá optimalizuje vstrek zmesi tak, aby nedošlo k poškodeniu katalyzátora. Pre vozidlá so vstrekovaním benzínu je použitý prepínač  tzv. benzo -štart umiestnený v kabíne vodiča a má za úlohu vozidlo štartovať na benzín a po dosiahnutí určitej úrovni otáčok cca 2000 ot./min automaticky prepne systém na plynový pohon.

Prestavba vozidla so vstrekovaním benzínu je o to náročnejšia, že je nutné použiť ďalšie komponenty ako napr. odpojovače vstrekov, emulátory, ai. Tiež pri vozidlách s turbodúchadlom sa vyžaduje použitie špeciálneho reduktora.

**Splynovač**

Toto zariadenie slúži na zníženie tlaku LPG z nádrže na prevádzkovú hodnotu a zároveň premieňa tekuté palivo na plyn. Ide o nádobu, ktorá je rozdelená membránou na dva priestory. Keďže pri zmene skupenstva paliva dochádza k zmene teploty, splynovač musí byť napojený na chladiaci okruh motora, z ktorého odoberá teplo, aby sa zabezpečilo čo najkvalitnejšie vyparovanie paliva. Ak je vozidlo vybavené riadeným katalyzátorom je výstupná časť splynovača prepojená so zmiešavačom cez regulačný elektroventil, ktorý upravuje bohatosť zmesi na základe informácií z lambda sondy, polohy škrtiacej klapky a množstva vzduchu pomocou elektronickej jednotky.



Obr. : Splynovač [15]

**Zmiešavač - mixér**

Zabezpečuje dokonalé zmiešanie zmesi plynu so vzduchom. Vzájomný pomer je regulovaný regulačným ventilom, ktorý je namontovaný na nízkotlakovej hadici medzi zmiešavačom a splynovačom. Nachádza sa v sacom potrubí motora medzi vzduchovým filtrom a škrtiacou klapku.

****

Obr. : Zmiešavač [16]

**Plynový ventil**

Jedná sa o elektronicky ovládaný solenoidový ventil uzatvárajúci systém LPG pri benzínovom pohone, alebo pri strate elektrickej energie, obsahuje filter, ktorý zabraňuje vniknutiu mechanických nečistôt do splynovača.

****

Obr. : Plynový ventil [17]

**Benzínový ventil**

Jedinou funkciou tohto ventilu je, že uzatvára prívod benzínu do karburátora, pri jazde na LPG.



Obr. : Benzínový ventil [18]

**Prepínač LPG/ Benzín**

Je zariadenie, ktoré umožňuje voľbu pohonu LPG/ benzín Existuje niekoľko typov prepínačov s rôznymi funkciami voľby pohonov, umiestňuje sa na palubovú dosku v zornom poli vodiča.



Obr. : Prepínač LPG/ benzín [19]

**Riadiaca jednotka LPG**

Je to zariadenie, ktoré pomocou servoventilu zabezpečuje optimálne množstvo LPG, má na starosti ovládanie ventilov pri prepínaní pohonov, zbiera a vyhodnocuje signály z lambda sondy a škrtiacej klapky, nastavuje optimálnu zmes čím chráni a predlžuje životnosť katalyzátora. Taktiež optimalizuje spotrebu paliva.



Obr. : Riadiaca jednotka LPG [20]

**Vstrekovače**

Ventily vstrekovania paliva LPG sa používajú pri motoroch s jednobodovým ale aj s viacbodovým vstrekom. Pri jednobodovom vstreku je jeden vstrekovač a palivo sa vstrekuje do sacieho potrubia motora, v prípade viacbodového vstreku paliva má každý valec svoj vlastný vstrekovač, čiže palivo je vstrekované priamo do spaľovacieho priestoru.



Obr. : Vstrekovač pre jednobodový vstrek [21]



Obr. : Vstrekovač pre viacbodový vstrek[22]

### 4.12.2 Zmeny týkajúce sa zadnej časti vozidla

**Nádrže**

Táto zmena sa týka predovšetkým nádrže LPG a jej príslušenstva. Nádrž na LPG sa nachádza v zdanej časti vozidla a to buď v batožinovom priestore s použitím valcovej nádrže (Obr. 28), alebo v mieste rezervy s kruhovým tvarom nádrže (Obr. 29), prípadne pod vozidlom (Obr. 30). Nádrž musí byť bezpodmienečne umiestená mimo deformačnej zóny vozidla.

Materiál tlakovej nádrže je oceľ s hrúbkou 3 mm, a po namontovaní sa skúša na tlak 3 MPa. Nádrž obsahuje viacúčelový ventil, pri valcových nádržiach je potrebná aj plynotesná skriňa s odvetrávacím systémom mimo priestorov vozidla.



Obr. : Valcová nádrž LPG [23]



Obr. : Kruhová nádrž LPG interná [24]



Obr. : Kruhová nádrž LPG externá [25]

**Plniaca koncovka**

V zadnej časti vozidla sa montuje aj plniaca koncovka (Obr. 31), ktorá sa umiestňuje podľa vedenia výfukového potrubia, vždy na protiľahlej strane. Slúži na čerpanie LPG do nádrže, má v sebe aj spätný ventil, ktorý zabraňuje úniku plynu z prívodového potrubia.



Obr. : Plniaca koncovka s krytom [26]

**Multifunkčný ventil**

Multiventil (Obr. 32), čiže viacúčelový ventil má funkčnú aj bezpečnostnú úlohu, funkčnou úlohou je zabezpečenie dodávky plynu do systému, taktiež zobrazuje orientačné množstvo plynu v nádrži.

Z bezpečnostného hľadiska zabezpečuje plnenie nádrže iba do 80 % jej objemu, v nádrži musí byt' dostatok priestoru pre rozpínanie plynu, spätný ventil zaisťuje, že nechcene ani v prípade nehody z nádrže plyn neunikne, elektromagnetický ventil otvorí výstupy z nádrže do rúrok až po naštartovaní motora pri prepnutí na plynový režim, okamžite po zaregistrovaní vypnutia motora (aj v prípade nehody) sa elektromagnetické ventily uzatvoria.



Obr. : Multiventil [27]

### 4.12.3 Spojovací a doplnkový materiál

K týmto doplnkom patria všetky druhy hadíc, medených potrubí, spojovací materiál, držiak tlakovej nádrže.

**Medené potrubia**

Jedná sa o potrubia s priemerom 6 až 8 mm, toto potrubie sa nachádza vo vysokotlakovej časti systému.



Obr. : Medené potrubie [28]

**Hadice**

Týmito hadicami sú prepojené jednotlivé nízkotlakové systémy LPG



Obr. : Nízkotlakové hadice [29]

## 4.13 Meranie emisií LPG/benzín

Meranie som uskutočnil na diagnostickom zariadení značky BOSCH, konkrétne  prístroj typu BEA 250CH (Obr. 35). Meral som emisie výfukových plynov podľa platnej legislatívy pre emisné kontroly so zameraním na CO pri voľnobežných otáčkach benzínového paliva, CO pri zvýšených otáčkach benzínového paliva, CO pri voľnobehu plynu a CO pri zvýšených otáčkach plynu. Rozhrania uvedeného prístroja sú uvedené v Tab. 3.

Tab. : Rozhranie meraných hodnôt diagnostického prístroja BOSCH BEA250

|  |  |
| --- | --- |
| **Parameter** | **Rozsah merania** |
| Teplota motora | 0-150°C |
| Otáčky motora | 0-6000 min-1 |
| CO | 0-10% |
| HC | 0-9999 ppm obj. |
| CO2 | 0-18% |
| O2 | 0-22% obj. |
| λ | 0,5-9,999 |

**Popis prístroja BOSCH**

Ide o moderný systém s bohatým základným vybavením pre úradné a diagnostické meranie emisií a súvisiacich veličín.  Jednoduchá obsluha, prehľadné zobrazenie nameraných hodnôt na farebnom displeji, obsluha je možná priamo z vozidla, univerzálne spôsoby merania otáčok. Výsledky merania možno tlačiť na vstavanej tlačiarni, alebo alternatívne na externej tlačiarni.

Prístroj je vybavený pre počítačové spracovanie štatistík, ďalšie spracovanie výsledkov na externom PC.



Obr. : Diagnostický prístroj BOSCH BEA 250 [30]

**Všeobecný postup pri meraní emisií**

Pred samotným meraním sa vykoná skúška tesnosti palivovej sústavy oboch pohonov ako aj výfukovej sústavy. Vykoná sa potrebná identifikácia vozidla a porovnávajú sa identifikačné údaje uvedené v osvedčení o evidencii a údaje o plynovom zariadení. Po zahriatí motora nad požadovanú teplotu, kontrolou nastavenia motora a jeho emisii, pri ktorej sa kontroluje rovnomernosť chodu motora pri zvýšených otáčkach a meria sa hodnota CO pri prevádzkovom palive plyn. Následne sa vykoná kontrola rovnomernosti chodu pri voľnobežných otáčkach pričom sa meria hodnota CO pri prevádzkovom palive plyn. Po tomto meraní nasleduje zmena prevádzkového paliva na benzín. Opäť sa kontroluje nastavenia motora a jeho emisii, pri ktorej sa kontroluje rovnomernosť chodu motora pri zvýšených otáčkach a merajú sa hodnoty CO a lambda. Po tomto úkone nasleduje kontrola rovnomernosti chodu pri voľnobežných otáčkach pričom sa merajú hodnoty CO a HC. Pri viacerých nezávislých vyústeniach výfukového potrubia sa meranie emisii vykoná v každom vyústení samostatne. Vozidlo sa vyhodnotí ako vyhovujúce ak má tesné komponenty plynnej palivovej sústavy, pri vizuálnej kontrole vyhovie a pri meraní všetky namerané hodnoty kontrolovaných parametrov zodpovedajú predpísaným.

Tab. : Základné parametre vozidla Favorit

|  |  |
| --- | --- |
| **Parameter** | **Hodnota** |
| Značka a typ vozidla | Škoda Favorit 136 GLXi |
| Rok výroby | 1994 |
| Objem motora | 1289 cm3 |
| Výkon motora | 40 kW |
| Emisný systém | RKAT |

Tab. : Namerané hodnoty vozidla Favorit

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Parameter** | **Hodnota ustanovená** | **Hodnota nameraná** |
| Teplota motora (°C) | 80 | 89 |
| Voľnobeh benzín (min-1) | 700-900 | 840 |
| CO benzín (%) | 0,5 | 0,11 |
| HC benzín (ppm) | 100 | 73 |
| Zvýšené otáčky benzín (min-1) | 2500-2800 | 2560 |
| CO benzín (%) | 0,3 | 0,19 |
| Hodnota λ | 0,97-1,03 | 0,997 |
| Voľnobeh plyn (min-1) | 700-900 | 840 |
| CO plyn (%) | 0,5 | 0,19 |
| Zvýšené otáčky plyn (min-1) | 2500-3000 | 2580 |
| CO plyn (%) | 0,3 | 0,27 |

Z Tab. 5 vyplýva, že vozidlo je schopné jazdy na cestných komunikáciach a spĺňa všetky požadované limity. Hodnoty CO plynu pri zvýšených otáčkach sa približujú k maximálnej prípustnej hodnote, takže by bolo vhodné systém LPG v najbližšej dobe podrobiť kontrole a nastaveniu. Na Obr. 36 je znázornené porovnanie emisií CO pri zvýšených otáčkach motora oboch palív.

Tab. : Základné parametre vozidla Daewoo Kalos

|  |  |
| --- | --- |
| **Parameter** | **Hodnota** |
| Značka a typ vozidla | Daewoo Kalos |
| Rok výroby | 2004 |
| Objem motora | 1399 cm3 |
| Výkon motora | 61 kW |
| Emisný systém | RKAT |

Tab. : Namerané hodnoty vozidla Daewoo Kalos

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Parameter** | **Hodnota ustanovená** | **Hodnota nameraná** |
| Teplota motora (°C) | 80 | 85 |
| Voľnobeh benzín (min-1) | 675-925 | 810 |
| CO benzín (%) | 0,5 | 0 |
| HC benzín (ppm) | 100 | 6 |
| Zvýšené otáčky benzín (min-1) | 2400-2700 | 2520 |
| CO benzín (%) | 0,3 | 0 |
| Hodnota λ | 0,97-1,02 | 1,002 |
| Voľnobeh plyn (min-1) | 400-1000 | 820 |
| CO plyn (%) | 0,3 | 0 |
| Zvýšené otáčky plyn (min-1) | 2500-3000 | 2580 |
| CO plyn (%) | 0,2 | 0 |

K tomuto záveru nie sú žiadne pripomienky, vozidlo je schopné jazdy na cestných komunikáciach, z ustanovených hodnôt je zrejmé, že sa jedná o vozidlo podliehajúce prísnejším a tým pádom aj novším emisným normám. K systému prevádzky vozidla na oba pohony nie je nutné uskutočniť žiadne korekcie. Na Obr. 36 je znázornené porovnanie emisií CO pri zvýšených otáčkach motora oboch palív.

Tab. : Základné parametre vozidla Peugeot 306

|  |  |
| --- | --- |
| **Parameter** | **Hodnota** |
| Značka a typ vozidla | Peugeot 306 |
| Rok výroby | 2001 |
| Objem motora | 1761 cm3 |
| Výkon motora | 81 kW |
| Emisný systém | RKAT |

Tab. : Namerané hodnoty vozidla Peugeot 306

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Parameter** | **Hodnota ustanovená** | **Hodnota nameraná** |
| Teplota motora (°C) | 70 | 78 |
| Voľnobeh benzín (min-1) | 750-950 | 840 |
| CO benzín (%) | 0,5 | 0,02 |
| HC benzín (ppm) | 100 | 1 |
| Zvýšené otáčky benzín (min-1) | 2200-3000 | 2900 |
| CO benzín (%) | 0,3 | 0,03 |
| Hodnota λ | 0,97-1,03 | 1,003 |
| Voľnobeh plyn (min-1) | 400-1000 | 840 |
| CO plyn (%) | 0,5 | 0 |
| Zvýšené otáčky plyn (min-1) | 2500-3000 | 2360 |
| CO plyn (%) | 0,3 | 0,01 |

Z nameraných údajov vyplýva, že vozidlo je schopné jazdy na cestných komunikáciach, a nie je potrebné vykonať zásah do nastavení systému oboch pohonov. Na Obr. 36 je znázornené porovnanie emisií CO pri zvýšených otáčkach motora oboch palív.

Tab. : Základné parametre vozidla Škoda Octavia

|  |  |
| --- | --- |
| **Parameter** | **Hodnota** |
| Značka a typ vozidla | Škoda Octavia |
| Rok výroby | 2001 |
| Objem motora | 1595 cm3 |
| Výkon motora | 75 kW |
| Emisný systém | RKAT |

Tab. : Namerané hodnoty vozidla Škoda Octavia

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Parameter** | **Hodnota ustanovená** | **Hodnota nameraná** |
| Teplota motora (°C) | 80 | 80 |
| Voľnobeh benzín (min-1) | 620-810 | 670 |
| CO benzín (%) | 0,5 | 0 |
| HC benzín (ppm) | 100 | 40 |
| Zvýšené otáčky benzín (min-1) | 2500-3000 | 2550 |
| CO benzín (%) | 0,3 | 0 |
| Hodnota λ | 0,97-1,03 | 1,18 |
| Voľnobeh plyn (min-1) | 620-810 | 1210 |
| CO plyn (%) | 0,5 | 0 |
| Zvýšené otáčky plyn (min-1) | 2500-3000 | 2640 |
| CO plyn (%) | 0,3 | 0 |

Toto vozidlo je príkladom nesprávne nastaveného pohonu LPG, a preto nie je spôsobilé jazdy na cestných komunikáciach. Odporúčam navštíviť najbližšie certifikované montážne pracovisko a vykonať opatrenia na úpravu a korekcie systému LPG. Systém LPG neovplyvňuje emisie CO, ale má vysokú hodnotu voľnobehu a λ, čo má za následok zvýšenie hodnôt sledovaných emisných prvkov vo výfukových plynoch, ako napr. HC, ktoré sa pri emisnej kontrole plynu nevykonáva. Na je znázornené porovnanie emisií CO pri zvýšených otáčkach motora oboch palív.

Obr. : Graf emisií CO pre benzín/plyn pri zvýšených otáčkach

Z tejto grafickej závislosti je zrejmé, že vozidlo značky Daewoo Kalos, má prísnejšie emisné limity pri zvýšených otáčkach pri pohone LPG, je to dané tým, že vozidlo má rok výroby datovaný na rok 2004. Tiež je povšimnutiahodné, že vozidlo značky Škoda Favorit sa svojimi nameranými hodnotami veľmi približuje stanoveným hodnotám, tiež to môžeme pripásať dôsledku roku výroby vozidla ako aj nie celkom správnemu nastaveniu vozidla.

# 5 Záver

Mojím cieľom bolo zhodnotiť druhy alternatívnych palív. Pri alternatívnych palivách som sa zameral na popis stručnej charakteristiky, procesu výroby, zhodnotil som vplyv emisií a vymenoval výhody a nevýhody pre každé alternatívne palivo osobitne.

Opisu alternatívnych pohonov som sa venoval hlavne kvôli ich perspektívnym vyhliadkam do budúcnosti, keďže tieto systémy sú z ekologického hľadiska neporovnateľne prijateľnejšie ako súčasné alternatívne palivá, no žiaľ momentálne ešte nie sú dostatočne pripravené ich plnohodnotne nahradiť.

Po celkovom zhodnotení a daným reálnym skutočnostiam je zatiaľ najrozšírenejším, cenovo najdostupnejším a so svojou už vybudovanou sieťou čerpacích staníc aj najpoužívanejším alternatívnym palivom, pohon na LPG. Na základe týchto faktov som zistil a opísal, čo všetko je nutné vykonať pred samotným vykonaním prestavby vozidla na pohon LPG. Taktiež som sa venoval opisu jednotlivých komponentov potrebných pri tejto úprave.

Záverom mojej práce bol vykonanie rozboru emisií výfukových plynov palivového systému benzín/LPG na rôzne typy vozidiel. Meranie som previedol na diagnostickom prístroji značky BOSCH, typu BEA250 a výsledky meraní ako aj všeobecný postup merania sú uvedené v príslušnej kapitole.

# Zoznam použitej literatúry

**BAJUS, M. 2002.** *Organická technológia a petrochémia*. Uhľovodíkové technológie. Skriptá. Vydavateľstvo STU, Bratislava, 2002

**BRESTOVIČ, T.- PETRÁŠ B. 2007.** *Palivový článok- Zdroj energie.* ATP journal 1/2007

**KAMEŠ, J. 2004.** *Alternativní pohon automobilů*. Vydavatelsvo BEN. Praha, 2004

**KUSÝ, J. 2008.** *Porovnanie tradičných a alternatívnych palív pre spaľovacie motory*: Diplomová práca. Nitra: SPU, 2008.

**PORŠ, Z. 2002.** *Palivové články*. Ústav jaderného výskumu Řež. Divize jaderné bezpečnosti a energetiky 2002

**RUŽINSKÁ, E. 2009.**Trendy ve vzdělávání 2009 Technika, materiály, technologie a didaktika. *Možnosti zníženia plynných znečisťujúcich látok z kompozitných materiálov s využitím odpadov*. [online] 2009, [cit. 11-2-2010]. Dostupné na <[http://edu.vsb.cz/interaktivni\_tabule/publikacni\_cinnost/2008\_2009/sborniky\_s\_ISBN/2009\_06\_25\_Olomouc/Monografie\_2009/dil\_I/3%20TTV%202009%20-%20díl%20I%20-%20sekce%201/RUŽINSKÁ\_Eva.pdf](http://edu.vsb.cz/interaktivni_tabule/publikacni_cinnost/2008_2009/sborniky_s_ISBN/2009_06_25_Olomouc/Monografie_2009/dil_I/3%20TTV%202009%20-%20d%C3%ADl%20I%20-%20sekce%201/RU%C5%BDINSK%C3%81_Eva.pdf)>

**VLK, F. 2006.** *Paliva a maziva motorových vozidel*. Vydavatelstvo Vlk. Brno, 2006

**VLK, F. 2003.** *Vozidlové spalovací motory*. Vydavatelstvo Vlk. Brno, 2003

**TKÁČ, Z- GADUŠ, J. ai. 2008** *Alternatívne palivá pre motory.* Vydala SPU Nitra. 2008

*Emisie výfukových plynov*.Skratky a označenia. [online] vydané 1.septembra 2009. [cit. 10-11-2009]. Dostupné na <<http://sk.autolexicon.net/articles/emisie-vyfukovych-plynov>>

*LPG prestavba - popis* [online]. [cit. 15-1-2010]. Dostupné na <[<http://www.elpege.cz/lpg-prestavby.html>>

Zákon NR SR č. 725/2004 Z. z. o podmienkach prevádzky vozidiel v premávke na pozemných komunikáciách a o zmene a doplnení niektorých zákonov, v znení zákona č. 109/2005 Z. z., zákona č. 310/2005 Z. z. a zákona č. 548/2007 Z. z.

Vyhláška MDPT SR č. 578/2006 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o niektorých ustanoveniach zákona č. 725/2004 Z. z.

Metodický pokyn MDPT SR na vykonávanie EK pravidelnej, EK administratívnej a EK zvláštnej.

**Zdroje ilustrácií:**

[1] <http://www.fae.sk/DOPRAVA/paliva/Elektromobily%20zakl%20casti.html>

[cit. 1-5-2009]

[2] <http://www.seps.sk/zp/fond/doprava/image88.gif> [cit. 12-8-2009]

[3] <http://www.inforse.dk/europe/fae/DOPRAVA/paliva/solar.jpg> [cit. 12-8-2009]

[4] <http://i.sme.sk/cdata/3/50/5042443/01.jpg> [cit. 12-8-2009]

[5] <http://www.inforse.dk/europe/fae/DOPRAVA/paliva/bus%20cng.jpg>

[cit. 12-8-2009]

[6] [http://www.cng.cz/cs/presscentrum/novinky/09/03/MB\_Citaro.jpg](http://www.cng.cz/miranda2/export/sites/www.cng.cz/cs/presscentrum/novinky/09/03/MB_Citaro.jpg)

[cit. 1-10-2009]

[7] <http://sk.autolexicon.net/obr_clanky/cng_002.jpg> [cit. 1-2-2010]

[8] <http://www.automobilesreview.com/uploads/2009/03/h2bvplus-hoerbiger-hydrogen-high-pressure-injectors.jpg> [cit. 12-2-2010]

[9] <http://www.atpjournal.sk/casopisy/atp_07/pdf/online61.pdf> [cit. 22-2-2010]

[10] <http://www.seps.sk/zp/fond/doprava/image93.gif> [cit. 12-8-2009]

[11] <http://www.autanaplyn.cz/systemy-lpg/system-s-centralnim-smes-lambda-sonda.jpg> [cit. 10-2-2010]

[12] <http://www.autanaplyn.cz/systemy-lpg/system-kontinualniho-vstrikovani.jpg> [cit. 10-2-2010]

[13] <http://www.autanaplyn.cz/systemy-lpg/system-landi.jpg> [cit. 10-2-2010]

[14] <http://www.mijnvolvo.nl/wp-content/uploads/2009/09/Vialle-LPI-systeemLPG-injectie1.jpg> [10-2-2010]

[15] <http://www.autanaplyn.cz/reduktory-a-prislusenstvi/ELPIGAZ-VEGA-sekvencni-vstrikovani_a.jpg> [cit. 10-2-2010]

[16] <http://www.auto.sk/obrazky/4/4737.jpg> [cit. 14-3-2010]

[17] <http://www.elpege.cz/lpg-picture/lpg-ventil-lovtec.jpg> [cit. 14-3-2010]

[18] <http://www.elpege.cz/lpg-picture/benzinovy-ventil-lovtec.jpg> [cit. 14-3-2010]

[19] <http://www.autogas.szm.com/images/prepinac.gif> [cit. 14-3-2010]

[20] <http://www.autanaplyn.cz/ridici-jednotky/ridici-jednotka-DTGAS-DT-BASIC-PLUS_a.jpg> [cit. 01-2-2010]

[21] <http://www.autanaplyn.cz/vstrikovace/vstrikovac-AG_a.jpg> [cit. 10-2-2010]

[22] <http://www.autanaplyn.cz/vstrikovace/vstrikovace-VALTEK-pro-DTGAS-STAG-ELPIGAZ-sekvencni-vstri_a.jpg> [cit. 10-2-2010]

[23] <http://www.elpege.cz/lpg-picture/valcova-nadrz-lpg.jpg> [cit. 14-3-2010]

[24] <http://www.elpege.cz/lpg-picture/lpg-toroid-nadrz-interni.jpg> [cit. 14-3-2010]

[25] <http://www.elpege.cz/lpg-picture/lpg-toroid-nadrz-externi.jpg> [cit. 14-3-2010]

[26] <http://www.autanaplyn.cz/plnici-koncovky/koncovka-LOVATO_a.jpg> [cit. 10-2-2010]

[27] <http://www.autanaplyn.cz/multiventily/multiventil-OMB_a.jpg> [cit. 10-2-2010]

[28] <http://www.autanaplyn.cz/medene-trubky/medena-trubka3.jpg> [cit. 10-2-2010]

[29] <http://www.autanaplyn.cz/odvetravani/odvetravaci-hadice_a.jpg> [cit. 10-2-2010]

[30] <http://www.caftec.net/home/images/stories/suppliers/bosch/bea250.jpg> [cit. 15-3-2010]