

**Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera**

Alternativní pohony CNG a LPG v silniční dopravě

Milan Špás

Bakalářská práce

2009

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě
Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Milan ŠPÁS**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Dopravní infrastruktura-Elektrotechnická zařízení
v dopravě**
Název tématu: **Alternativní pohony CNG a LPG v silniční dopravě**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Historie a současnost alternativních pohonů
2. Technická řešení systémů - vývoj
3. Řízení moderních LPG a CNG systémů
4. Bezpečnostní hlediska a legislativa
5. Plnění současných emisních limitů, výhled
6. Shrnutí, závěr

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

FIŠER, L., HANZL, T., Automobily na alternativní pohon, Benzín - plyn(LPG)

Interní materiály firmy TC 101, se souhlasem jednatele společnosti

Materiály občanského sdružení LPG klub

<http://www.cng.cz>

<http://www.petrol.cz>

<http://www.iangv.org>

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Stanislav Gregora, Ph.D.

Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě

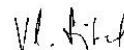
Datum zadání bakalářské práce: **15. prosince 2008**

Termín odevzdání bakalářské práce: **1. června 2009**



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.
děkan

L.S.



prof. Ing. Vladimír Schejbal, CSc.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 18. února 2009

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 29.5.2009

Milan Špás

ANOTACE

Práce je zaměřena na užití plyných paliv jako náhrady za motorovou naftu a automobilový benzín v silniční automobilové dopravě. Ukazuje směr vývoje systémů umožňujících jejich spalování v motorech současných motorových vozidel. Jednotlivé systémy jsou zde popsány podle jejich náročnosti a jsou porovnány a hodnoceny z ekologických, ekonomických a bezpečnostních hledisek.

KLÍČOVÁ SLOVA

Alternativní paliva, LPG, CNG, emisní limity, palubní diagnostika

TITLE

Alternative CNG and LPG drives in road transport

ANNOTATION

The work is focused on using gaseous fuels as supplanters of diesel oil and gasoline in road transport. It shows the way of development of systems enabling to burn them in combustion engines of existing motor vehicles.

Individual systems are described here according to their complexity and they are compared and assessed from ecological, economical and safety point of view.

KEY WORDS

Alternative fuels, LPG, CNG, emission standards, on board diagnostic

OBSAH

ANOTACE	5
KLÍČOVÁ SLOVA	5
TITLE	5
KEY WORDS	5
OBSAH	6
ÚVOD	7
1. HISTORIE A VÝVOJ PLYNOVÝCH POHONŮ	10
1.1 SITUACE V ČR	12
2. LPG – ZKAPALNĚNÝ ROPNÝ PLYN	14
2.1 TECHNICKÉ PROVEDENÍ	18
2.1.1 <i>Vozidla s karburátorem</i>	18
2.1.2 <i>Vozidla s jednobodovým vstřikováním paliva</i>	20
2.1.3 <i>Vozidla s vícebodovým vstřikováním paliva</i>	21
2.1.4 <i>Vozidla s vícebodovým vstřikováním (II. generace)</i>	23
2.1.5 <i>Systémy vstřikování kapalné fáze LPG</i>	24
2.2 BEZPEČNOST LPG SYSTÉMŮ	26
3. CNG – STLAČENÝ ZEMNÍ PLYN	28
3.1 TECHNICKÉ PROVEDENÍ	31
3.2 BEZPEČNOST	37
4. LNG – ZKAPALNĚNÝ ZEMNÍ PLYN	41
4.1 BEZPEČNOST	42
5. ŘÍZENÍ LPG A CNG SYSTÉMŮ	44
5.1 ŘÍZENÍ A DIAGNOSTICKÉ SYSTÉMY OBD A EOBD	47
5.1.1 <i>Technický popis funkce systému palubní diagnostiky</i>	49
5.1.2 <i>Vysvětlení některých užívaných pojmů v oblasti palubní diagnostiky</i>	50
5.1.3 <i>Kooperace řídicích jednotek systémů s palubní diagnostikou</i>	51
6. LEGISLATIVA	52
6.1 PŘEDPISY PRO VOZIDLA POHÁNĚNÁ LPG	52
6.2 PŘEDPISY PRO VOZIDLA POHÁNĚNÁ CNG	53
7. TESTOVÁNÍ VOZIDEL	54
7.1 PŘÍKLAD MĚŘENÍ ZJIŠŤOVÁNÍ EMISNÍHO CHOVÁNÍ	55
7.1.1 <i>Specifikace soustavy alternativního pohonu LPG</i>	55
7.1.2 <i>Specifikace soustavy alternativního pohonu CNG</i>	56
7.1.3 <i>Výsledky</i>	58
8. POROVNÁNÍ PODLE DRUHU POUŽITÉHO PALIVA	60
8.1 LPG	60
8.2 CNG	61
8.3 LNG	64
ZÁVĚR	66
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	67
SEZNAM TABULEK	69
SEZNAM OBRÁZKŮ	70
SEZNAM ZKRATEK	71
SEZNAM PŘÍLOH	72

ÚVOD

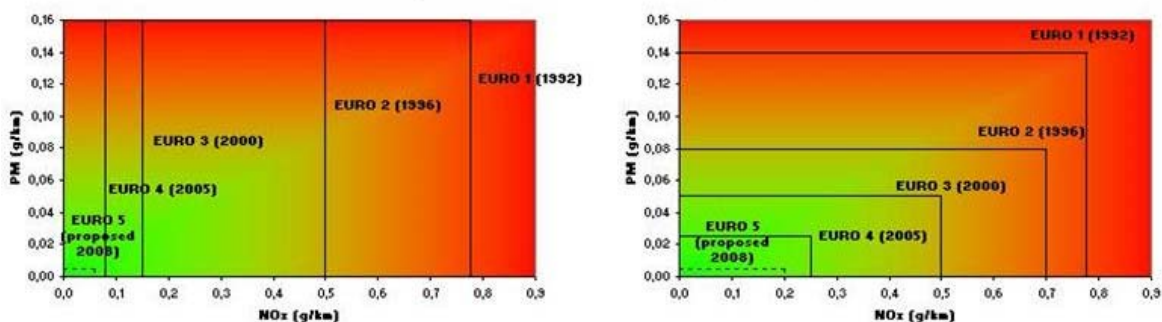
Jako alternativní paliva jsou v současnosti v silniční dopravě používány propan-butan a zemní plyn. Jejich rozvoj je poměrně rychlý. Přesto, že se vyskytly některé technické problémy spojené s jejich spalováním, lze říci, že jsou s úspěchem řešeny. Druhou stranou pohledu na tato paliva je jejich vliv na životní prostředí. Obsahem práce jsou technická řešení používaných a vyvíjených systémů, stejně jako celkový náhled na danou problematiku. Na základě zkušeností a výsledků některých výzkumů a měření lze již v této době s určitou pravděpodobností odhadnout, jakým směrem se bude tento obor ubírat. Cílem práce je porovnání a hodnocení technických řešení zmíněných druhů pohonů.

Nacházíme se v době, kdy rozmach automobilové dopravy dosáhl takové úrovně, jakou bychom třeba ještě před deseti lety jen stěží očekávali. Produkce nových automobilů je obrovská. V ekonomicky vyspělých zemích jsou dnes běžně v rodině dvě a více osobních aut. Jejich stáří klesá s tím, jak roste životní úroveň obyvatel dané země. Infrastruktura je na takové úrovni, že už není třeba (mnohdy už to není ani možné) budovat další pozemní komunikace. Stále častěji se potýkáme s problémy, jak zajistit, aby právě současná silniční síť umožnila v dostatečné míře plynulý, ale také bezpečný provoz motorových vozidel. Zastánci tvrdých a nekompromisních teorií naznačují, že vše, co nějakým způsobem ohrožuje nebo přímo poškozují životní prostředí se nemá rozvíjet, ale naopak potlačovat. Těžko si však dnes můžeme bez motorových vozidel život představit. Je ale na vládě každé země, jaké podmínky pro jednotlivé druhy dopravy nastaví, aby zátěž životního prostředí nenabyla neúnosných rozměrů.

V Kanadě nutí řidiče k tomu, aby ve svých autech nejezdili sami. K tomuto účelu byly vytvořeny mediální kampaně, které poukazují na tento trend a snaží se mu zabránit. Pokud si řidič vezme do vozidla ještě další dva spolucestující, má zaručen rychlejší a plynulejší průjezd městem. Je to proto, že může využívat zvláštních vyhrazených jízdnic pruhů pro autobusy a HOV (High Occupated Vehicles), tj. více obsazená vozidla.

Mnozí si slibují zásadní snížení vlivu automobilové dopravy na životní prostředí od, často diskutované, ropné krize. Někteří odborníci tvrdí, že nás zasáhne brzy, jiní jsou optimističtější a ropnou krizi očekávají tak za dvacet či více let. Jisté je, že za budoucí krizí nestojí pouze množství zásob ropy, ale do značné míry také ekonomicko-politické tlaky, které lze jen obtížně předpovídat. Roste spotřeba ropy a také její cena. Vědci vyvíjejí systémy, které by v budoucnu mohly nahradit dosavadní způsoby pohonu vozidel. Technická úroveň těchto zařízení však ještě nedosáhla maxima a bohužel ani ekonomicky se zatím s klasickými pohony nedají srovnávat. Výzkumná pracoviště na celém světě přicházejí s řešeními, která zajišťují stále menší a menší energetické nároky vozidel.

Se snižující se spotřebou klesají emise látek poškozujících životní prostředí. Rok od roku jsou předpisy pro provoz motorových vozidel přísnější a vyžadují neustále nižší emisní limity. Svědčí o tom např. i emisní limity EURO 1 až 4, které výrobcům vozidel jasně stanovují, jak kvalitní musí jejich výrobky, z pohledu ekologie, být. Posledním, zatím ne ještě platným předpisem je EURO 5 (v platnosti od září roku 2009). Vývoj těchto předpisů je vidět na obrázku 1. Přípravovaným limitem je snížení emisí CO₂ po roce 2012 na 140 g/km. Některé automobilky se tomu brání, jiné pochopily, že takových hodnot půjde dosáhnout zavedením nových technologií na bázi alternativních pohonných hmot. Funkční, dobře navržený systém spalování těchto paliv takových hodnot dosahuje již v dnešní době.



Obr. 1: Přehled vývoje emisních limitů EURO 1 – 5 [9]

Jak již ukázaly zkušenosti ze zahraničí, je nejlepší motivací pro zákazníky, aby kupovali taková vozidla, snížení provozních nákladů. Je dobré, když lidé využívají v co možná největší míře hromadnou dopravu, protože tam se dosahuje v přepočtu na přepravené osoby a kilometry nejnižší spotřeby pohonných hmot. Bohužel je dnes celosvětový trend opačný. Je patrný příklon k individuální silniční dopravě. Proto je třeba nabízet úspornější a technicky co možná nejdokonalejší vozidla.

V ČR je doprava spolu s domácnostmi největšími znečišťovateli ovzduší. Podle zprávy IEA z roku 2005 na jednotku HDP, máme mezi 26 členskými zeměmi IEA nejvyšší znečištění oxidem uhličitým. V Evropské unii má doprava podíl 26 % na spotřebě veškerých energií a přispívá 24 % z celkového objemu emisí CO₂. Právě oxid uhličitý je podle mnohých původcem tzv. globálního oteplování. Na toto téma dnes svět slyší a kromě již zmiňované ropné krize je hrozba globálního oteplování další hybnou silou ve směru nových technologií.

Vedle klasických uhlovodíkových paliv, jakými jsou automobilový benzín a motorová nafta, dochází k poměrně bouřlivému rozvoji tzv. alternativních uhlovodíkových paliv.

Jsou jimi:

- zkapalněný uhlovodíkový plyn LPG (Liquefied Petroleum Gas);
- stlačený zemní plyn CNG (Compressed Natural Gas);
- a v menší míře také zkapalněný zemní plyn LNG (Liquefied Natural Gas).

1. HISTORIE A VÝVOJ PLYNOVÝCH POHONŮ

Myšlenka spalování plynů v motorech není nová. První spalovací motory nespalovaly kapalná paliva, ale právě plynná. Issac de Rivaz získal r. 1807 patent na vozidlo poháněné výbušným motorem. Vůz postavil a veřejně zkoušel. Jeho motor měl válec, v němž elektricky zapaloval směs svítiplynu a vzduchu. Píst, který byl výbuchem vytlačen vzhůru, byl pak svojí váhou a atmosférickým tlakem vzduchu tlačěn dolů, přičemž ozubeným hřbetem poháněl soukolí. Odtud se pohyb přenášel na kola vozu.

Opravdového úspěchu dosáhl až Francouz belgického původu Jean Joseph Etienne Lenoir. Toho lze považovat za vlastního tvůrce výbušných motorů, neboť je přivedl k takovému stavu dokonalosti, že je bylo možno opravdu prakticky využít. V roce 1859 získal patent na motor poháněný svítiplynem a v roce 1860 začal již stavět vůz s plynovým motorem. Plyn byl stlačený v nádržce umístěné ve vozidle. V roce 1863 vykonal Lenoir s tímto vozidlem první jízdu z Paříže do jejího předměstí Joinville le Pont a zpět rychlostí 6 km/hod. Celá trať měřila 18 km. Plynový motor si začal razit úspěšnou cestu světem a byl zdokonalován dalšími vynálezci.

Zemní plyn – metan byl poprvé v historii použit v Ottově spalovacím motoru v roce 1872. Brzy se však k pohonu výbušných motorů začaly uplatňovat i kapalně pohonné hmoty. Nejdříve petrolej (1863), později benzín (1873) a nafta. Ty se pak staly koncem 19. století a zejména ve 20. století rozhodujícími v automobilovém průmyslu. Kapalně pohonná hmota nad plynem zvítězila a zdálo se, že éra plynu v pohonu vozidel skončila. Nebylo však tomu tak. O návrat plynových vozidel v první polovině 20. století se postaral nedostatek kapalných pohonných hmot za první i druhé světové války. Vzhledem k tomu, že mnohé státy měly dostatečné zásoby uhlí, bylo nejsnazší nahradit benzín svítiplynem. K jeho použití přistoupili především Angličané, kteří připevňovali na nákladní auta gumové balóny naplněné svítiplynem z nejbližšího plynového nízkotlakého potrubí.

V praxi se zjistilo, že plyn má pro pohon motorových vozidel vynikající vlastnosti. Především byl provoz s použitím svítiplynu levnější než s kapalnými pohonnými hmotami, motory snadněji startovaly i v mrazivém počasí a samozřejmě byl provoz ekologičtější. To si kupodivu naši předkové plně uvědomovali již v počátcích užívání spalovacích motorů. Nevýhodou použití nestlačeného svítiplynu byl velmi malý akční rádius automobilů. Vývoj proto jednoznačně směřoval k používání stlačeného plynu. Použití stlačeného plynu k pohonu automobilů, stále ještě svítiplynu, má své počátky kolem roku 1930 ve Francii a brzy se rozšířilo do dalších evropských zemí. Byly vyráběny kompresní tankovací stanice, tlakové lahve, přestavována vozidla, stlačený svítiplyn se začal běžně používat. Souběžně s rozvojem použití stlačeného svítiplynu byly prováděny pokusy s použitím i jiných plynů, především metanu a kalového plynu.

Zkapalněné uhlovodíkové plyny se začaly v Evropě používat počátkem třicátých let. Jsou tedy jedním z nejmladších motorových plynných paliv. Tekutých plynů bylo poprvé použito v Porúří v roce 1934 k pohonu 50 nákladních automobilů. O tři roky později již jezdilo 12 tisíc nákladních automobilů na tekutý plyn a v roce 1937 činila spotřeba tekutého plynu na území Německa 50 tisíc tun [6]. Tekutý plyn se získával jako vedlejší produkt při výrobě benzínu z uhlí. Ve využití zemního plynu pro pohon vozidel má primát Itálie. Snadná dostupnost zemního plynu z vlastní těžby ve 30. letech tohoto století umožnila nástup a později širší rozmach tohoto způsobu užití zemního plynu v Itálii.

1.1 Situace v ČR

V českých zemích se nový dopravní prostředek – automobil se spalovacím benzínovým motorem objevil v Praze okolo roku 1895. Využívání plynu v dopravě začalo v českých zemích v roce 1936. Konkrétně se jednalo o používání stlačeného svítiplynu k pohonu automobilů, autobusů a traktorů. Vítkovické železárny jako první vyráběly kompresní tankovací stanice a provozovaly na svítiplyn vlastní nákladní vozy. V roce 1937 došlo k výstavbě kompresní stanice v Hradci Králové, kde se na převedení městské autobusové dopravy na plyn dohodla městská plynárna s místním dopravním podnikem. Stlačený svítiplyn k pohonu autobusů, nákladních i osobních automobilů se začal používat v Praze, Hradci Králové a v dalších českých městech. V 30. a 40. letech jezdily plynové autobusy také v Krnově, Olomouci, Mladé Boleslavi. V té době byla v Praze v plynárně v Michli postavena kompresní stanice na plnění lahví stlačeným svítiplynem.

V letech 2. světové války, v roce 1942 byl pro nedostatek benzínu zvýšen počet tankovacích stanic stlačeného svítiplynu pro pohon automobilů v Praze, takže ke stanici v plynárně v Michli přibyla stanice před Masarykovým nádražím a na ostrově Štvanice. V roce 1944 byl zahájen provoz prvního autobusu na nestlačený svítiplyn na lince Michle–Hostivař a zpět. Autobusy vybavené zařízením na pohon nestlačeným svítiplynem byly však vhodné pouze pro kyvadlovou dopravu v dosahu plynovodní sítě.

Ve válečných letech pro nedostatek kapalných pohonných hmot jezdily v Praze autobusy městské hromadné dopravy, nákladní a osobní automobily i na dřevoplyn. V období druhé světové války byl na našem území pohon dřevoplynem zaveden i u motorových vozů bývalých Českomoravských drah BMD – ČMD. V roce 1941 a 1943 byly dodány dvě série motorových vozů v provedení na dřevoplyn. Typickým jevem při dřevoplynovém provozu byly zásoby bukových špalíků ukládané v pytlích na střechách vozů. Po válce však, obdobně jako v celé Evropě, používání plynu v dopravě ustupuje do pozadí a na scénu se vracejí klasické kapalně pohonné hmoty.

Zemní plyn jako pohonná hmota se začal v České republice uplatňovat od roku 1981, kdy byla provedena první přestavba vozidla na zemní plyn. Plány dalšího rozvoje byly smělé. V roce 1985 byla vypracována komplexní studie řešící náhradu kapalných paliv zemním plynem, podle níž v cílovém roce 1995 mělo být postaveno několik desítek plnicích stanic a na zemní plyn mělo jezdit několik tisíc vozidel, především nákladních automobilů a autobusů.

V roce 1989 byla v plynárně Měcholupy uvedena do provozu plnicí stanice stlačeného zemního plynu určená zejména pro autobusy v Praze. Prvních 5 autobusů poháněných stlačeným zemním plynem zahájilo v Praze provoz v roce 1991. V té době se rozšiřovalo používání plynových autobusů v městské dopravě i do dalších měst, hlavně na Moravě – Havířov, Frýdek Místek, Uherské Hradiště, Prostějov. Veškeré plynové autobusy byly přestavěny na zemní plyn z původních autobusů naftových, nejednalo se o plynové autobusy od výrobce. Takový způsob se může jevit jako složitý, finančně náročný a neefektivní. Nový autobus se musí částečně demontovat a upravit na plynový pohon. V té době to však byl jediný možný způsob, zahraniční plynové autobusy byly několikanásobně dražší a český výrobce plynové autobusy nenabízel.

Rovněž plynové osobní a nákladní automobily byly individuálně přestavované, neexistovaly ani sériově vyráběné automobily na zemní plyn ani nebyly schváleny hromadné přestavby vozidel – homologace. Individuální přestavby se v praxi neosvědčily, to byl hlavní důvod, proč se dobře rozbíhající program plynofikace zpomalil až zastavil. Česká republika byla počátkem 90. let v plynofikaci dopravy na předním místě ve světě. Díky stagnaci se ale před ní dostaly a dostávají další evropské země, které s plynofikací dopravy začínaly později. Neváhaly však využít poznatků z počátečních fází plynofikace a počet vozidel na zemní plyn i plnicích stanic tam nyní úspěšně roste (Německo, Francie).

Od roku 1999 se situace začala měnit. V oblasti osobních automobilů v roce 1999 byly schváleny hromadné přestavby vozidel na zemní plyn.

2. LPG – ZKAPALNĚNÝ ROPNÝ PLYN

Pro mnohého motoristu jsou tato tři písmena synonymem nebezpečí, nepříjemného zápachu a poskakujících staříčkových automobilů typu Škoda 120 nebo Lada 1300. Naštěstí však vývoj v tomto směru velmi pokročil a především ekonomicky smýšlející uživatelé nemají dnes s těmito systémy nejmenší problém. Palivem pro tato vozidla je vedle základního (benzín) směs uhlovodíkových plynů propanu a butanu (PB). Jsou to zkapalněné uhlovodíkové plyny složené z nenasycených uhlovodíků označované zkratkou LPG. Jak je zřejmé z názvu, jsou obsaženy v ropě a v zemním plynu, odkud se získávají přímo při těžbě nebo při rafinaci ropy.

LPG je bezbarvý, nekorozivní, snadno těkající plyn těžší než vzduch, specifického zápachu. Je nejedovatý, ale nedýchatelný, jeho hlavní nebezpečí spočívá v extrémní hořlavosti a výbušnosti. Koncentrace propanu ve vzduchu pod hodnotou 2 % objemových je bez zápachu. Propan C_3H_8 a butan C_4H_{10} jsou nasycené uhlovodíkové plyny, to znamená, že jejich molekuly obsahují pouze jednoduchou chemickou vazbu. Přibližně 60 % vyrobeného množství se získá při těžbě ropy a zemního plynu, zbývajících 40 % se získá při zpracování ropy v rafineriích.

Technologie výroby jsou následující:

- krakování – propan a butan je vyráběn stejně jako ostatní ropné produkty krakováním, což je chemický technologický proces probíhající za vysokého tlaku a teploty v katalyzátoru za nepřítomnosti vodíku. Cílem tohoto procesu je štěpení delších molekul uhlovodíků na kratší molekuly. LPG zde vzniká jako vedlejší produkt;
- atmosférická destilace ropy – při vysokých teplotách a nízkém tlaku dochází k odpařování plynných frakcí, takto jsou získávány většinou parafinické uhlovodíky;
- reformování benzínových frakcí – jedná se o chemický technologický proces úpravy uhlovodíků probíhající za vysokého tlaku a teploty za přítomnosti katalyzátoru s cílem zvýšení antidetonačních vlastností (zvýšení oktanového čísla). Při tomto procesu vznikají převážně nasycené uhlovodíky;

- hydrogenace – jedná se o chemický technologický proces při vysokém tlaku a teplotě probíhající v přítomnosti vodíku, jehož cílem je zušlechtnění těžko vroucích ropných frakcí. LPG je zde vedlejším produktem.

Rafinací ropy se vyrobí přibližně 1 % metanu a etanu, 2 % LPG, 20 % benzínu, 30 % petroleje, 40 % nafty a 7 % mazutu [4].

LPG se dříve získával při zpracování hnědého a černého uhlí zkapalňováním, nízkoteplotní karbonizací, hydrogenací apod. Tyto způsoby, jednak vlivem zpracování ropy, jednak z ekonomických důvodů, ztratily svůj význam.

Z hlediska upotřebení propanu a butanu nás zajímají jejich fyzikální a chemické vlastnosti, zejména meze zápalnosti, výhřevnost, oktanové číslo, hustota, tlak par, bod varu a objemová roztažnost. Přehled fyzikálních a chemických vlastností propanu a butanu je uveden v tabulce v příloze 1 této práce. Zkapalnění této směsi lze provést stlačením do maximálního tlaku 1,5 MPa nebo ochlazením. Při běžné teplotě okolí je LPG skladovatelný a přepravitelný ve středotlakých zásobnících, zkoušených na tlak 2,5 MPa. V kapalném stavu má LPG velmi malý objem, což usnadňuje umístění nádrží ve vozidle.

Směs LPG se vzduchem nebo kyslíkem lze spalovat pouze v případě, kdy objemová koncentrace LPG je v rozmezí dolní a horní meze zápalnosti. Dolní mez zápalnosti L_d představuje nejnižší objemovou koncentraci plynu ve směsi se vzduchem nebo kyslíkem, při které dochází k zapálení směsi. Horní mez zápalnosti L_h vymezuje nejvyšší objemovou koncentraci plynu ve směsi se vzduchem nebo kyslíkem, při které dochází k zapálení směsi. Aby došlo k zapálení směsi, musí být tedy splněna podmínka koncentrace v oblasti mezí zápalnosti a dále zdroj zapálení. Je-li koncentrace PB ve vzduchu nebo kyslíku pod dolní mezí zápalnosti, respektive nad horní mezí zápalnosti, nelze směs zapálit.

Hodnota oktanového čísla je důležitý parametr pro použití LPG jako pohonné hmoty pro motorová vozidla. Oktanové číslo značí počet objemových procent směsi isooktanu (s velkou antidetonační schopností) a n-heptanu (s malou antidetonační schopností), které se ve zkušebním zážehovém motoru projevuje stejnými detonacemi jako zkoušené palivo. Oktanové číslo tedy vyjadřuje schopnost paliva odolávat detonacím. Obecně platí, že motory s vyšším kompresním poměrem, vyžadují palivo s vyšším oktanovým číslem. Použití paliva s nižším oktanovým číslem má za následek detonace (klepání), což vede ke snížení životnosti těchto motorů. Pro motory s nižším kompresním poměrem stačí nižší oktanové číslo, použití paliva s vyšším oktanovým číslem motor nepoškodí, ale jeho vlastnosti se nevyužijí.

Propan vykazuje oproti butanu vyšší tlak par a odpařivost (již při teplotách pod $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$). Z toho důvodu, je jako topné médium pro zásobníkové tlakové stanice bez výparníku, používán výhradně propan. Naproti tomu lahve, které jsou umístěny především v objektech, skříních nebo přístavcích, a plynové nádrže pro pohon vozidel, kde teplota neklesá pod bod mrazu, je vhodné plnit směsí propanu a butanu a to směsí letní s nižším obsahem propanu, 30 %–40 % a vyšším obsahem butanu, 55 %–60 % a směsí zimní, kde je poměr propanu a butanu opačný. Tím je zajištěn určitý podíl odpařitelných složek za každého počasí.

Čím vyšší je podíl butanu v LPG, tím větší je při jinak stejných podmínkách, energetický obsah v náplni válce. Při větším obsahu butanu má také motor větší potřebu vzduchu. Při stejném množství obsahu vzduchu je bohatší směs a vyšší podíl CO ve výfukových plynech, ale také při stejném naplnění válce nebo poloze škrtící klapky je vyšší výkon motoru. To má za následek, že motor, který byl např. v Holandsku seřízen se 70% butanu, má při provozu na LPG v SRN větší přebytek vzduchu, chudší směs a pozorovatelný pokles výkonu. Protože je směs chudší, obsahuje menší podíl CO ve výfukových plynech. Složení směsi v některých zemích ukazuje tabulka 1.

Země	Poměr propanu - butanu	
	léto	zima
Belgie	30/70	až 50/50
SRN	převažuje propan	
Dánsko	50/50	až 70/30
Anglie	převažuje propan	
Rakousko	20/80	až 80/20
Nizozemí	30/70	až 70/30
Švédsko	propan	až 50/50
Švýcarsko	převažuje propan	

Tab. 1: Složení směsi v některých zemích [13]

Základní technické provedení systému pro spalování LPG je v podstatě poměrně jednoduché. Vozidla se většinou přestavují mimo výrobní linky. Na mnohá vozidla se dnes uplatňují tzv. hromadné přestavby, tj. přestavby, kdy má dodavatel schválenou montáž pro určitý typ a značku vozidla a schválení takto přestavěného vozidla do provozu proběhne velmi jednoduchým způsobem. Oproti tomu se u individuálních přestaveb (méně často přestavované typy vozidel) postupuje složitější a finančně nákladnější cestou při legalizaci takové montáže.

Mnozí výrobci osobních automobilů reagují na požadavky zákazníků a nechávají nebo sami montují zařízení do nově vyrobených vozidel. Výhodou toho je, že není v žádném případě dotčena záruka nového vozidla. Pokud si provozovatel nechá přestavět vozidlo na LPG sám, je většinou nemožné nebo dosti problematické uplatňovat reklamace závad na motorové části. Někdy jdou cestou přestaveb prodejci vozidel a přebírají potom záruku sami na sebe. Konečnému zákazníkovi je potom jedno, zda opravu platí výrobce nebo prodejce. Stále existují provozovatelé, kteří jezdí s vozidlem, na němž není taková přestavba vůbec schválena. To je samozřejmě protizákonné.

Provoz na alternativní palivo lze vždy pohodlně vypnout. Slouží k tomu přepínač umístěný v kabině řidiče (většinou sdružený s ukazatelem stavu LPG v nádrži). Zapínání se děje automaticky, jakmile teplota motoru dosáhne provozní hodnoty. Při vyčerpání LPG z nádrže se buď automaticky přepne na základní pohon nebo třeba jen akusticky uvědomí obsluhu (řidiče), aby takový úkon provedla.

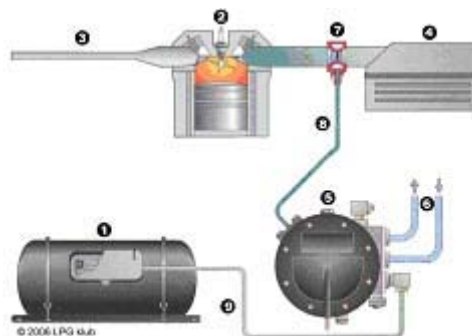
2.1 Technické provedení

Podívejme se nyní, jak taková přestavba vozidla po technické stránce vlastně vypadá. Jak se systémy pro alternativní pohon LPG vyvíjely, rostla jejich kvalita a také jejich cena.

2.1.1 Vozidla s karburátorem

Prvním a nejjednodušším systémem bylo zařízení pro starší automobily s karburátorem. Systém je znázorněn na obrázku 2.

1. tlaková nádrž
2. spalovací prostor
3. výfukové potrubí
4. filtr nasávaného vzduchu
5. regulátor tlaku
6. horkovodní okruh
7. směšovač - mixér
8. hadice LPG
9. CU potrubí



Obr. 2: Systém LPG ve vozidlech s karburátorem [1]

Palivo v kapalně fázi jde přes plnicí otvor s ventilem, umístěným zpravidla na zadním nárazníku nebo na blatníku. Odtud je vedeno měděnou trubičkou opatřenou plastovou izolací do tzv. multiventilu, který je vždy umístěn na tlakové nádrži, je její součástí.

Multiventil má hned několik důležitých funkcí:

- je umístěn v plynotěsné schránce a tento prostor je pak odvětráván hadičkou vedenou vně vozidla;
- uzavírá nádrž při vypnutí zapalování (povinné od roku 2001);
- zajišťuje plnění nádrže do max. 80 % obsahu kvůli teplotní roztažnosti LPG;
- zastavuje tok paliva při úniku nad 6 litrů za minutu (při poruše potrubí);
- vypouští plyn při přetlaku nad 27 bar;
- tepelná pojistka odpustí v případě požáru plyn z nádrže;

- umožňuje ručně uzavřít plynový ventil (při poruše, při nehodě, při údržbě a opravách);
- zprostředkovává odběr pohonné hmoty při provozu vozidla;
- je na něm také umístěn ukazatel množství paliva v nádrži.

Měření množství paliva přímo na nádrži se v praxi jeví jako nedostatečné. Proto se často ještě doplňuje optoelektrickým snímačem, jehož signál je veden až do kabiny k řidiči. Tam je buď umístěn samostatný ukazatel sestavený většinou z LED (Light Emitting Diode) nebo je signál upraven, aby mohla být hodnota zobrazena na přístrojové desce na analogovém sdělovači.

Nádrž je většinou ocelová, výjimečně kompozitní. Může mít válcový tvar, ale většina provozovatelů žádá toroidní nádrže. Ty jsou dodávány většinou za příplatek (asi 1500 Kč), ale nezabírají v zavazadlovém prostoru místo, protože jsou umístěny v otvoru určeném pro rezervní kolo. Rezerva je potom umístěna jinde, a v případě potřeby se dá vyjmout nebo přesunout. Jak již bylo řečeno, je z bezpečnostních důvodů dovoleno plnit nádrž nejvýše do 80 % jejího celkového objemu. Z nádrže je palivo vedeno do motorového prostoru, kde je nejprve uzavíráno elektromagnetickým ventilem a poté filtrováno papírovým filtrem. Následuje regulátor tlaku (výparník). Často se mu také říká reduktor. Jeho úkolem je zajistit změnu skupenství z kapalného na plynné a udržovat konstantní redukováný tlak. Při přeměně kapaliny v plyn je ale třeba dodat regulátoru energii. Ta je získávána z kapalinového chladicího okruhu motoru. Při přestavbě se chladicí okruh přeruší a vloží se do něho regulátor tlaku. Zahříváním motoru se pak zahřívá i regulátor a zajistí tak bezproblémovou přeměnu skupenství.

Plynné palivo je pak vedeno přes jednoduchý regulační prvek (škrťací šroub) do směšovače. Zde je plyn mísen se vzduchem přicházejícím k motoru přes vzduchový filtr. Směs je přiváděna k sacím ventilům zážehového motoru a spalována standardním způsobem. Výhodou tohoto systému je jednoduchost, spolehlivost a nízká cena. Cena za přestavbu se pohybuje okolo 12 000 Kč.

2.1.3 Vozidla s vícebodovým vstřikováním paliva

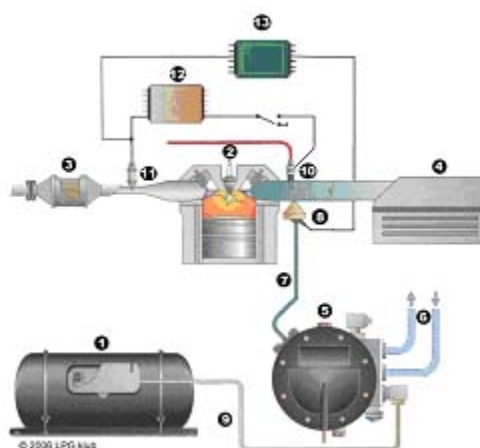
Zhruba od roku 1990 začali výrobci vozidel používat nové zapalovací systémy s názvem "Motronic". Tento typ zapalovacího systému dokáže měnit a optimalizovat předstih zážehu v každém režimu zatížení motoru (akcelerace – decelerace). Tato změna se projeví mírným poklesem výkonu, ale výrazným zlepšením emisních hodnot. Používání tohoto zapalovacího systému mělo ale negativní dopad na systémy PB, které potřebují spíše větší předstih než benzinové palivo a to z důvodu pomalejšího spalování směsi PB. Následkem těchto změn se u motorů s modernějším systémem zapalování a s delším sacím potrubím objevil velice nebezpečný jev, v angličtině označovaný jako „backfire“ – volně přeloženo jako zpětné zápaly zasahující do sacího potrubí [1].

Následkem tohoto jevu je většinou prasknutí sacího potrubí (pokud je plastové), zdeformování vzduchového filtru, poškození snímače měřícího množství vzduchu (MAF), poškození MAP senzoru a škrtkové klapky atd. Navíc u vozidel s plastovým sacím potrubím, u kterého jsou ještě větší rozdíly teplot na jeho začátku a konci, dochází ke kondenzaci plynu na stěnách sacího potrubí, to působí potíže při opakovaných startech.

Výrobcům plynových zařízení bylo jasné, že problém „backfire“ není řešitelný klasickými podtlakovými systémy, řízenými pouze lambda sondou. Bohužel tyto stále ještě jednoduché systémy nedokázaly zajistit ani přísné emisní limity požadované normami EURO 3 a EURO 4. Není ani možné montovat je do vozidel vybavených systémem OBD II (On Board Diagnostic) nebo EOBD (Europe On Board Diagnostic).

Některé země, kde je provoz vozidel s pohonem LPG hojně rozvinut (Itálie, Holandsko), vypracovaly a uvedly do provozu nové systémy splňující nejnáročnější emisní limity. První generace měla oproti klasickým systémům jednu dosti významnou změnu. Tou je náhrada pomalého a poruchového krokového motorku elektromagnetickým vstřikovačem. Vstřikovač dostává signál od řídicí jednotky, která sbírá signály o chování motoru (výstup lambda sondy, MAP senzoru apod.). Stanoveným algoritmem určí množství a čas pro dodání paliva. Vstřikovač oproti servomotorku pracuje velmi rychle a přesně. Jeho další velkou předností je, že dodává palivo nikoliv do dlouhého sacího potrubí, ale co nejbližší k válcům motoru. Tím je vyřešen problém se zpětnými zápaly. Řídicí signály dostává vstřikovač od plynové řídicí jednotky, a ta je odvozuje od pulsů určených původně pro vstřikovače benzínové. Uspořádání takového systému ukazuje obrázek 4. Jak je patrné, jedná se o paralelní systém, kdy původní řídicí jednotka je při provozu na alternativní palivo odpojena.

1. tlaková nádrž
2. spalovací prostor
3. katalyzátor
4. filtr nasávaného vzduchu
5. regulátor tlaku
6. horkovodní okruh
7. hadice LPG
8. vstřikovač LPG
9. CU potrubí
10. benzínový vstřikovač
11. lambda sonda
12. benzínová řídicí jednotka
13. plynová řídicí jednotka



Obr. 4: Systém LPG s náhradou krokového motorku vstřikovačem [1]

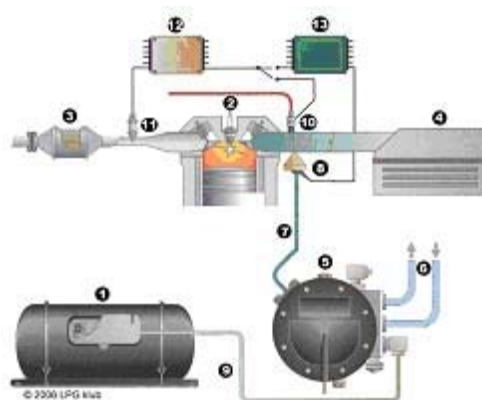
Hovoříme – li o vstřikovači, je třeba si uvědomit, že se nejedná o vstřikování paliva, ale spíše o „vefukování“, protože palivo je zde stále v plynné formě. Vstřikovače se dnes konstruují jako membránové nebo pístkové. Jejich spolehlivost je vysoká, životnost více než 100 000 ujetých km.

Tento systém byl spíše přechodným a poměrně brzy zaznamenal další zlepšení. To spočívalo hlavně v tom, že na místo jednoho vstřikovače byly použity čtyři, respektive tolik, kolik má motor válců.

2.1.4 Vozidla s vícebodovým vstřikováním (II. generace)

Zařízení jsou již na takové technické úrovni, že plní požadavky kladené na provoz moderních motorů. Jejich výkon při užití alternativního paliva je stejný nebo jen nepatrně menší (do 5 %) než výkon při standardním benzinovém pohonu. Obě řídicí jednotky spolu spolupracují a systém je vhodný pro vozidla vybavená palubní diagnostikou, viz obrázek 5.

1. tlaková nádrž
2. spalovací prostor
3. katalyzátor
4. filtr nasávaného vzduchu
5. regulátor tlaku
6. horkovodní okruh
7. hadice LPG
8. vstřikovač LPG
9. CU potrubí
10. benzinový vstřikovač
11. lambda sonda
12. benzinová řídicí jednotka
13. plynová řídicí jednotka



Obr. 5: Systém LPG ve vozidle s vícebodovým vstřikováním [1]

Vyskytly se však některé komplikace, které výrobci řeší různými způsoby. Právě tato nová vozidla s EOBD, vyráběná v Evropě od roku 2001 a v USA a Kanadě se systémy OBD II ještě mnohem dříve, jsou vybavena druhou lambda sondou za katalyzátorem. Sonda sleduje správnou funkci celého spalovacího systému a zajišťuje při provozu stálé plnění emisních limitů EURO 4. Zde vzniká problém chybějící komunikace mezi benzinovou a plynovou řídicí jednotkou. Při provozu na LPG pak plynová řídicí jednotka, která neumí číst signály od druhé lambda sondy, pokračuje ve svém základním programu. Benzinová řídicí jednotka se stále snaží korigovat svůj program pro dodávání ideální směsi paliva, ale nemůže provést žádnou změnu z důvodu odpojených benzinových vstřikovačů a neschopnosti komunikace plynové řídicí jednotky. Výsledkem je, že benzinová řídicí jednotka se dostává mimo svůj program a následuje rozsvícení kontrolky na přístrojové desce (check engine) a zapsání chyby emisní soustavy do paměti řídicí jednotky.

Pokud tento stav trvá delší dobu provozu, přechází benzínová řídicí jednotka do náhradního programu. Tento problém se zatím snaží vyřešit výrobci plynových zařízení použitím emulátoru OBD II (zatím jen pro některé typy vozidel). Tyto emulátory neustále mažou chyby benzinové řídicí jednotky při provozu na LPG, neřeší však samotnou příčinu a ani výrobci těchto emulátorů nezaručují jejich vliv na životnost benzinové řídicí jednotky.

U systémů III. generace je problém řízení a komunikace řídicích jednotek vyřešen. Původní řídicí jednotka nepracuje tzv. naprázdno, ale na jejím výstupu jsou vstupy řídicí jednotky plynové. Ta přijaté signály upraví a posílá je akčním členům – vstřikovačům. Takto pracují tzv. systémy sériové. U paralelních systémů jsou si řídicí jednotka benzinová i plynová rovnocenné a využívá se vždy jen ta, která je třeba pro daný druh paliva. Řídicí jednotky dostávají od motoru totožné informace (signály od lambda sondy, map sensorů, snímačů otáček, snímačů teplot motoru, vzduchu...) Cena za vestavění takových zařízení do vozidla se pohybuje okolo 30 000 Kč. Některé komponenty ukazuje obrázek 6.



Obr. 6: část montážní sady určené k vestavbě do vozida [1]

2.1.5 Systémy vstřikování kapalně fáze LPG

Zatím posledním řešením jsou systémy vstřikování kapalně fáze označované jako LPi. Celý systém pracuje s poněkud vyšším tlakem (asi 5 bar). Ten je na vstupu vstřikovačů stálý. Neupotřebené palivo se vrací přepadovým potrubím zpátky do nádrže. Na obrázku 7 je patrná montáž čerpadla v toroidní nádrži.

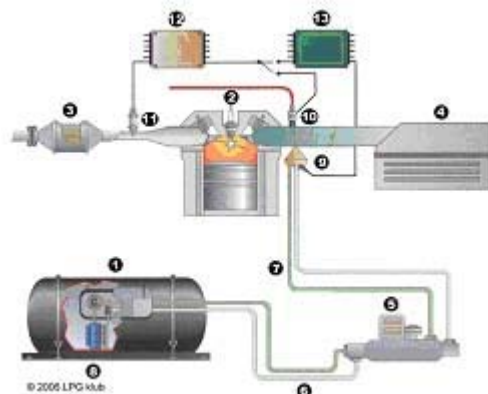


Obr. 7: Montáž čerpadla v toroidní nádrži [1]

System LPI pracuje podobně jako vstřikovací systém benzínu. V palivové nádrži je zabudováno speciální ponorné čerpadlo, které zvyšuje tlak v potrubí na cca 5 barů a tlačí LPG do motorové části. Přetlak LPG je nutný pro zabránění odpařování LPG v potrubí a tedy k udržení kapalného stavu paliva. Přes filtry umístěné mimo nádrž se dostává palivo do regulátoru tlaku. Odtud je kapalně palivo dodáváno do jednotlivých vstřikovačů, umístěných v sacím potrubí. Přebytné palivo, které nespotřebují vstřikovače pro dodání do motoru, je vráceno zpětným potrubím zpět do nádrže. Jako vstupní signály pro řídicí jednotku jsou, stejně jako u systému SGI, brány signály od benzínových vstřikovačů a jako doplňková informace o tlaku LPG.

Jak je patrné z obrázku 8, systém již nevyužívá vyhřívaného regulátoru tlaku a zplynovače. Díky většímu pracovnímu tlaku systému je ovšem třeba tomuto přizpůsobit jednotlivé komponenty. Tento způsob zpracování zatím není na dostačující technické úrovni. Jeho výrobci se často potýkají s problémy vzniklými kvůli nečistotám v palivu. Systém zatím není příliš rozšířen i přes jeho nespornou technickou vyspělost.

1. tlaková nádrž
2. spalovací prostor
3. katalyzátor
4. filtr nasávaného vzduchu
5. regulátor tlaku
6. tlakové potrubí, včetně zpětného
7. tlakové potrubí, včetně zpětného
8. čerpadlo v nádrži
9. vstřikovač LPG
10. benzínový vstřikovač
11. lambda sonda
12. benzínová řídicí jednotka
13. plynová řídicí jednotka



Obr. 8: schéma systému LPI [1]

2.2 Bezpečnost LPG systémů

Co se týče bezpečnosti, přežívají v mnohých z nás obavy z ohrožení života v případě, že takové vozidlo bude součástí dopravní nehody. Zde je ale nutno uvést, že například při převrácení vozidla je plynová nádrž lépe zabezpečena než třeba benzínová. Podmínkou technické způsobilosti vozidla je také absolutní těsnost soustavy.

Základní bezpečnostní aspekty:

- nádrž je umístěna v mimodeformační zóně, zpravidla v blízkosti zadní nápravy;
- na multiventilu je tepelná pojistka, která se při požáru vozidla při teplotě okolo 110 °C přetaví a vypustí obsah nádrže do prostoru, aby nemohlo dojít k výbuchu;
- všechny komponenty systému podléhají homologaci podle velice přísných evropských předpisů;
- každé vozidlo musí být podle našich předpisů označeno na viditelném místě vzadu (zadní sklo) kolečkem žluté barvy s nápisem LPG;
- životnost nádrže je podle vyhlášky č. 341/2002 sb. 10 let, pokud výrobce nádrže nestanoví jinak;
- povinností provozovatele takového vozidla je přistavit vozidlo ke kontrole těsnosti a stavu zařízení. Většinou po 10 000 ujetých kilometrů nebo nejpozději ve lhůtách jednoho roku;
- na stanici technické kontroly a na měření emisí je zařízení kontrolováno také (každé dva roky);
- pokud by sám řidič zjistil při provozu únik plynu, uzavře ho ručně přímo na nádrži, resp. multiventilu.

Bezpečnostní požadavky na nádrž:

- musí být označena štítkem s uvedením výrobce, data výroby, schválení, objemu nádrže a využitelné kapacity. Dále musí být uvedeno výrobní číslo, homologační číslo a číslo certifikátu o provedené tlakové zkoušce;
- nádrž nesmí být umístěna v motorovém prostoru;
- její poloha musí odpovídat předpisu výrobce;

- pevné uchycení na podvozku nebo karoserii vozidla. Upevnění musí být pro případ havárie dimenzováno na 20 g v podélném směru a 8 g v příčném směru;
- umístění v prostoru mimo kabinu vozidla;
- při instalaci nesmí dojít k dotyku „kov na kov“;
- v místě připojení armatury musí být vytvořeno hermeticky uzavřené pouzdro pro připojení příslušenství s odvětráním do okolního prostředí (tzv. plynotěsná skříň).

3. CNG – STLAČENÝ ZEMNÍ PLYN

Stlačený zemní plyn (CNG) je pro dopravu vynikající možnost pro snížení emisí a zlepšení životního prostředí nás všech. Přináší také nemalé snížení nákladů na provoz motorových vozidel. Evropská unie doporučuje nahradit alternativními palivy do roku 2020 cca 20 % klasických ropných produktů v silniční dopravě [4]. Právě CNG by měl tvořit celou polovinu z veškerých alternativních paliv. V prosinci 2005 navrhla evropská komise směrnici, podle níž nejméně čtvrtina nově pořizovaných vozidel ve veřejných službách musí být ekologicky čistá. Direktiva se má zatím týkat vozů těžších než 3 500 kg. Náklady na pořízení čistších, ale o 5 % – 15 % dražších vozidel, se mají vrátit v podobě větší ochrany životního prostředí a úspor stále dražší nafty a benzínu. Směrnice by se měla vztahovat na státní úřady, samosprávu, veřejné podniky i firmy zajišťující veřejnou dopravu. Nejméně čtvrtina jejich vozidel nad 3 500 kg bude muset být poháněna třeba stlačeným zemním plynem.

I u nás v červnu loňského roku schválila vláda „*Národní program snižování emisí*“. V návrhu mimo jiné je, že od roku 2014 by mělo každé čtvrté státní auto využívat buď alternativní palivo nebo hybridní pohon. Pracovníci ústřední státní správy by měli jezdit automobily, které jsou šetrné k přírodě. Do roku 2014 by měla veřejná správa využívat minimálně z 25 % právě tyto „čisté“ automobily. Ministerstvo vnitra podle vládního usnesení také zváží, zda upraví zákon o obecní policii, aby strážníci mohli přímo na ulici měřit škodliviny ve výfukových plynech.

K řešení problémů ochrany životního prostředí před znečištěním pocházejícím z dopravy přistupuje nejen EU, ale i řada států celého světa. Ačkoliv emise skleníkových plynů v ostatních odvětvích hospodářství v posledních letech klesají, doprava jich produkuje stále více. Myšlenka pohonu vozidel zemním plynem není rozhodně nová. V minulosti k ní přistupovaly některé země z různých důvodů. Byla v tom ropná krize z druhé poloviny minulého století, někdy to byly velké zásoby zemního plynu na území země (Itálie), jindy zase minimalizace závislosti na dovážené ropě nebo jen pouhá ekonomika.

V dnešní době ale vystupuje do popředí ochrana životního prostředí jdoucí ruku v ruce se stále častěji diskutovanými tenčícími se zásobami ropy. Ekologické plusy jsou u zemního plynu zcela evidentní: žádné pevné částice, o 90 % méně kysličníku uhelnatého, ozonu a oxidů dusíku. Pokud jde o emise oxidu uhličitého, pak je to o 30 % méně než u benzinových a o 10 % méně než u naftových motorů. Velmi rychle se novým požadavkům přizpůsobují i výrobci vozidel. Jestliže pohon LPG využívají zejména osobní automobily, v případě CNG je to trochu jiné. Dopravní podniky dnes hromadně nakupují autobusy, které spalují zemní plyn. Téměř každý výrobce autobusů (Tedom, Sor, Iveco) dnes nabízí také ekologické, tedy ty, které spalují stlačený zemní plyn, neprodukuje pevné částice a jsou při provozu v městě i méně hlučné.

Osobní automobily jsou zatím více rozšířeny hlavně v západní Evropě (Itálie, Německo), kde je vybudována poměrně hustá síť čerpacích stanic. I mezi výrobci osobních automobilů je stále více těch, kteří nabízejí a dodávají na trh vozidla s CNG pohonem. V první řadě je třeba jmenovat Fiat, Opel, VW a dokonce už tuzemská Škoda po chvíli váhání oznámila, že i ona se hodlá podílet na rozvoji CNG vozidel v dopravě. Tak jak bylo u LPG vozidel běžné, že alternativním pohonem byla opatřena až po výrobě nebo dokonce po prodeji konečnému zákazníkovi, je u vozidel CNG trend opačný. Zařízení je téměř výlučně montováno v postupných krocích přímo při výrobě konkrétního vozidla. Automobily pak nesou označení, které napoví o použitém pohonu. U vozidla Fiat Multipla je to například Bipower nebo u novější verze Naturalpower, Opel zase používá slůvko Ecofuel.

Dodatečnou vestavbou systémů se spíše zabývají plynárenské společnosti, které si často nechávají přestavět celý vozový park. Nevýhodou je, že při tomto postupu je pak téměř deklasován zavazadlový prostor. V něm je totiž umístěna robustní nádrž (nádrže) pro CNG, což však účelu těchto společností většinou nevadí. Dojezd dodatečně přestavěných vozidel bývá kvůli menší nádrži asi 200 km – 250 km. U sériově vyráběných dosahuje dojezd hodnot 350–500 km. Vozidla jsou ale dvoupalivová, tzn. že k tomu nutno ještě připočítat dojezd na obsah benzínové nádrže. Fiat Multipla se vyrábí též ve verzi pouze s pohonem CNG (Bluepower) s dojezdem 650 km na jedno naplnění. Výhodou těchto jednopalivových systémů je lepší využití vysokého oktanového čísla zemního plynu konstrukcí motorů s vyšším kompresním poměrem ve válcích.

Těžený zemní plyn je tvořen z 95 % – 99 % metanem CH₄, proto hovoříme často o motorech spalujících metan. Zemní plyn se těží podobně jako ropa, na rozdíl od ní ho ale velké množství můžeme těžit i v Evropě a okolních mořích. Vlastnosti zemního plynu se liší podle místa naleziště [4]. Ruský plyn, dodávaný v ČR z veřejného rozvodu je velmi čistý. Představuje prakticky 99 % metanu se stopovými příměsemi ostatních látek (povětšinou dusíku). Na rozdíl od LPG je jeho kvalita velice stabilní bez jakýchkoliv výkyvů. To má samozřejmě vliv na provoz vozidel a stálost jejich parametrů. V tabulce 2 je alespoň základní přehled jeho vlastností.

Vlastnost	Hodnota
výhřevnost	9,5 kWh/m ³
spalné teplo	10,5 kWh/m ³
hustota	0,69 kg/m ³

Tab. 2: Fyzikální a chemické vlastnosti zemního plynu [3]

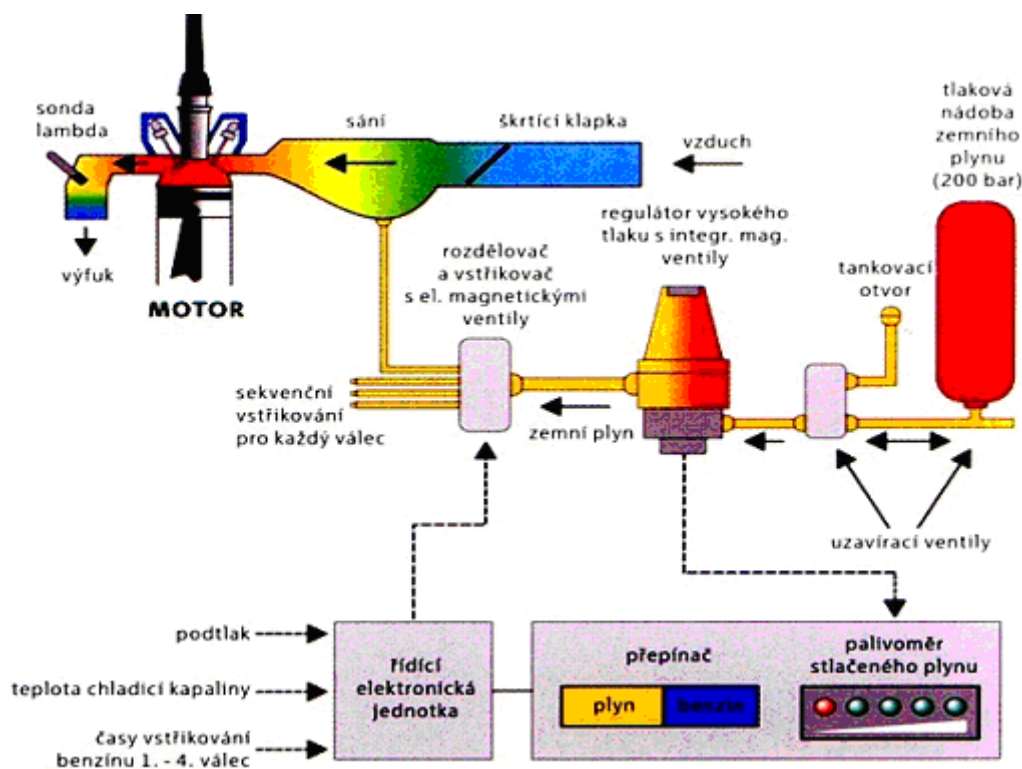
Metan nemusí být jen součástí zemního plynu, a tudíž fosilní palivo, může pocházet také z obnovitelných zdrojů. Vzniká obecně při hnilobných procesech, takže jej bud můžeme cíleně vyrábět (obvykle třeba z hnoje či „kejdy“ při živočišné výrobě), nebo kupříkladu jímat na skládkách. V tom prvním případě hovoříme o bioplynu, ve druhém o skládkovém plynu. Jejich použití v dopravě je však poněkud problematické pro nízký obsah metanu a vysoký obsah nečistot. Musí se tedy čistit nebo ho lze využít jiným způsobem (výroba tepla).

Metan, coby nejjednodušší uhlovodík, má emise nejen s nižším podílem CO₂, ale také naprosto čisté bez škodlivých složek. Nejčastěji jej vozidla používají stlačený. Náročnější a omezeně použitelná je technologie zkvalnění při hlubokém podchlazení. Nevýhodou CNG jsou veliké tlakové nádoby, do nichž se jej vejde jen malé množství.

Výhodou je vysoké oktanové číslo (až 130), které umožní stavbu vysoce účinných, často i přeplňovaných motorů. Metan má rovněž ze všech automobilových paliv nejvyšší výhřevnost (50 MJ/kg). V zahraničí můžeme do automobilu tankovat CNG s označením buď „L“ (v Belgii), kde je obsah metanu asi 70 % nebo typ „H“, obsahující asi 90 % metanu (Německo).

3.1 Technické provedení

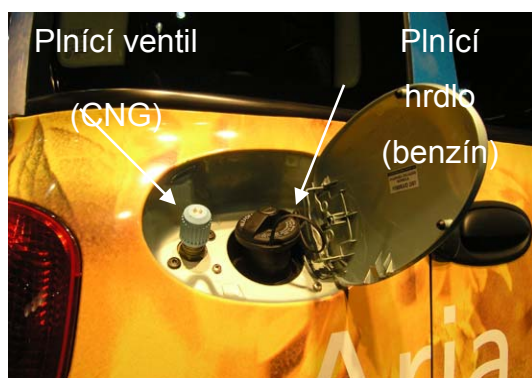
Systémy pro pohon vozidel zemním plynem jsou vlastně do značné míry podobné těm, které spalují zkvalněný ropný plyn. Tak, jak to ukazuje obrázek 9.



Obr. 9: Schéma provozu motoru na zemní plyn (CNG) [5]

Vše pracuje opravdu velmi podobně, jen s jedním významným rozdílem. Veškeré komponenty totiž pracují s podstatně větším tlakem. Tomu odpovídá i konstrukce jednotlivých dílů a větší důraz na bezpečnostní prvky. Tak jak tomu bylo u LPG, i zde je nutnou podmínkou použití komponent jejich homologace. Od roku výroby 2000 je vyžadována tzv. globální homologace podle předpisu EHK 110. Pokud by se vozidlo prodávalo pouze na území jednoho státu, je přípustná i národní homologace.

První v řadě nezbytných komponent pro provoz vozidla na CNG je plnicí ventil. V praxi se používají dva druhy. Italský je méně rozšířen a používá se hlavně v zemi svého vzniku (Itálie). Druhý, označený NGV1 se používá v ostatních evropských zemích. Při cestách např. s NGV1 do Itálie však řidiči nemusí mít obavu, že do vozidla palivo nenatankují. Téměř na všech plnicích stanicích k tomu mají připravenou vhodnou redukci, jejíž užití trvá zlomek sekundy. Plnicí ventil bývá často umístěn v prostoru těsně vedle víčka benzinové palivové nádrže a společně s ním je kryt víkem na karoserii vozidla jak ukazuje obrázek 10. Tak je tomu u vozidel, u nichž je systém montován již při samotné výrobě vozidla. Při dodatečných montážích je plnicí ventil zpravidla v motorovém prostoru.



Obr. 10: Plnicí ventil [3]

Vysokotlakým potrubím je palivo vedeno do nádrže, které opět předchází multiventil. Ten elektromagneticky uzavírá nádrž při vypnutém zapalování a řídí odebírání plynu z nádoby při provozu. Bezpečnostní funkci plní multiventil v případě poruchy potrubí (prudší pokles tlaku), kdy automaticky přeruší průtok plynu. Při přetlaku vypustí plyn do vzduchu a rovněž při požáru, při zvýšení teploty nádrže, dojde k vypuštění plynu tepelnou pojistkou.

Vlastní nádrž, tedy zásobník paliva, je velmi sledovanou součástí celého systému. Je to silnostěnná ocelová tlaková nádoba válcového tvaru. Je poměrně těžká a proto se někdy používají i nádoby z lehkých hliníkových nebo kompozitních materiálů. Ty jsou stejně pevné jako ocel, ale váží až 5krát méně. U přestavovaných vozidel bývá umístěna v zavazadlovém prostoru, kde zabírá značný objem. U vozidel, vybavených systémem z výroby, jsou nádrže umístěny většinou pod podlahou vozidla mezi nápravami, viz obrázek 11. Nutno podotknout, že tímto uspořádáním se zlepšily jízdní vlastnosti vozidel z důvodu snížení těžiště (odstředivá síla při průjezdu zatáčkou).



Obr. 11: Umístění nádrží u vozidla vybaveného systémem z výroby [3]

U autobusů jsou nádrže umístěny buď v zavazadlovém prostoru nebo u nízkopodlažních autobusů pod střechou vozidla. Tlak v nádrži po naplnění může dosáhnout hodnoty až 220 bar, což je dvacetkrát více než u nádrží na LPG. Někdy bývá součástí nádrže a multiventilu také manometr. CNG je pak pod vysokým, ale proměnným tlakem (s odběrem klesá) veden do regulátoru tlaku.

Na výstupu regulátoru je stálý tlak 10 bar. Z toho jasně vyplývá, že pokud tlak v nádrži poklesne pod tuto hodnotu, je množství paliva hodnoceno jako nedostatečné a řídicí jednotka zajistí přechod na náhradní palivo (benzín). Při rozpínání plynu v regulátoru dochází k odebírání tepla a proto je napojen na chladicí okruh motoru, z něhož potřebné teplo získává. Palivo se stálým redukováným tlakem putuje do palivové lišty, na níž jsou umístěny speciální vstřikovače. Plynové vstřikovače jsou blízko benzínových a obojí se nachází velmi blízko spalovacího prostoru motoru. Jak je patrné z obrázku 12. To je z hlediska správné funkce systému velmi výhodné.



Obr. 12: Palivová lišta CNG vstřikovačů [3]

Činnost celé soustavy zajišťuje řídicí jednotka. Ta může pracovat buď samostatně (paralelně) nebo ve spolupráci s benzínovou jednotkou (sériově). Všechny potřebné signály pro řídicí a regulační proces získává řídicí jednotka plynová, stejně jako benzínová, od snímačů v různých částech motoru. Kromě řízení procesu spalování, má řídicí jednotka ještě další, a to zejména bezpečnostní funkce. Kontroluje například také tlak v nádrži a zajišťuje přepínání mezi režimy motoru. Hovoříme sice o alternativním palivu a alternativním pohonu, ale praxe je u těchto vozidel poněkud odlišná. Jako hlavní, tj. základní palivo je považován CNG a jako alternativa teprve tradiční benzín.

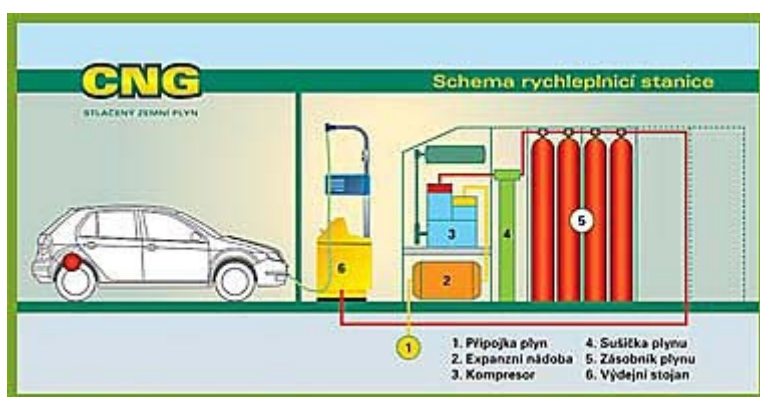
U vozidel s palubní diagnostikou EOBD je ale po nastartování motor nejdříve v režimu „benzín“ a teprve potom, po načtení všech údajů, dojde k přepnutí na CNG. Při spotřebování CNG z nádrže (pokles tlaku pod 10 bar) dojde k automatickému přechodu na benzín. Po opětovném natankování paliva a kontrole systému řídicí jednotkou je vozidlo znovu v provozu na plynné palivo. Řidič má k dispozici ukazatel množství paliva v nádrži (resp. informaci o tlaku) a přepínačem si může sám zvolit druh pohonu. To je vhodné zejména při poruchách systému, kdy řídicí jednotka nemusí vyhodnocovat signály korektně.

Přesto, že v naší zemi není tento druh paliva v dopravě ještě příliš využíván, můžeme hovořit o jeho velké technické vyspělosti. O tom svědčí i to, že mnozí výrobci vyrábějí motory konstruované přímo pro pohon plynným palivem tak, aby se co nejlépe využilo vlastností CNG. Opel například používá jinak tvarované písty nebo jsou v hlavě válců použita speciální ventilová sedla, která jsou pro spalování zemního plynu vhodnější než klasická. Nezaspalí ani výrobci zapalovacích svíček a i oni nabízejí speciální součástky konstruované přesně pro potřeby tohoto paliva.

Pořizovací náklady jsou oproti systémům LPG o poznání vyšší. U vozidel připravených na provoz na CNG již ve výrobě zaplatí uživatel asi o 60 000 Kč až 80 000 Kč více než za stejné vozidlo se stejným motorem, jen s provozem na benzín. U individuálních dodatečných přestaveb je cena o něco nižší.

Palivo při své cestě ke konečnému spotřebiteli není převáženo cisternami, tak jako v případě LPG, ale využívá husté sítě rozvodu zemního plynu. Nevýhodou je, že ho není možno použít přímo. Především je nutno ho před napuštěním do nádrže vozidla stlačit na cca 250 bar. To se neobejde bez obtíží. Při stlačení dochází ke kondenzaci vlhkosti obsažené v zemním plynu. Vhodnou technologií musíme proto všechny látky, které by mohly kondenzovat, z plynu odstranit ještě před natankováním do vozidla. Tam by totiž mohl kondenzát způsobit problémy při provozu. Kromě vysoušení je třeba zemní plyn zbavit nečistot.

Čerpací stanice může být buď zásobníková rychleplnicí (doba natankování je cca 3 – 5 min), viz obrázek 13, nebo pomaluplnicí, kde kompresor plní přímo nádrž vozidla (5 – 8 hodin). Zásobníkové plnicí stanice pracují tak, že po stlačení, vysušení a vyčištění je plyn ukládán do tlakových nádob rozdělených do několika sekcí. Jakmile v první sekci dosáhne tlak potřebné hodnoty, plní se další sekce a tak to postupuje dále do dalších nádob (většinou čtyř). Začíná-li vozidlo čerpat, odebírá nejprve palivo ze sekce tlakových nádob, která je ještě doplňována kompresorem. Postupně, jak se tlak v nádrži vozidla zvětšuje a tlak v zásobníku stanice snižuje, přepne stanice na sekci s plným tlakem. Tak se postupuje až do dosažení tlaku v nádrži vozidla asi 200 bar.



Obr. 13: Schéma rychleplnicí stanice [3]

Druhou možností plnění je tzv. domácí. Existují malá zařízení – kompresory, která dokáží za delší dobu natlakovat nádrž vozidla. Oficiální mezinárodní název je VRA (Vehicle Refuelling Appliance). Jde v podstatě o zařízení vybavená pomaloběžným kompresorem, umístěné např. v garáži, které se připojí na rozvod plynu podobně jako plynový sporák nebo jiný spotřebič a během několika hodin (zpravidla 5 - 6, v době, kdy vozidlo není v provozu), naplní nádrž zemním plynem stlačeným na 200 barů. Může být tankováno i několik vozidel současně.

Tato zařízení jsou už v některých zemích běžně k dostání, u nás se na trhu začínají objevovat, dodává je např. tuzemská firma Aquacentrum. Jejich rozšíření brání zatím relativně vysoká cena (zatím asi 80 – 100 000 Kč). V zahraničí již lze tato zařízení běžně pořídit, někde je dokonce v rámci podpory ekologických paliv dotují plynárenské společnosti, které fungují i jako prodejci a distributoři domácích plniček, ovšem podmínkou je obvykle uzavřít několikaletou smlouvu na odběr plynu s příslušnou společností. V ČR představila domácí plničku jako novinku oficiálně v červnu 2007 na Autosalonu v Brně firma Milox, zastupující v ČR největšího výrobce domácích plniček společnost FuelMaker. Pokud je zařízení instalováno venku, nejsou žádné problémy, je konstruováno pro venkovní prostředí. Složitější je však (z právního, nikoli technického hlediska) instalace v objektu - např. v garáži. Evropská legislativa to povoluje, u nás se teprv připravují potřebné prováděcí předpisy.

3.2 Bezpečnost

Bezpečnost pohonu na CNG je velmi vysoká. Dokazují to i zkoušky, při kterých se nechá vozidlo s plnou nádrží hořet. Nesmí přitom dojít k výbuchu vozidla a veškerý plyn musí být pojistným ventilem vypuštěn mimo vozidlo. Zemní plyn je lehčí než vzduch a proto se v otevřeném prostoru nikde nehromadí a je rychle rozptýlen. I při nárazových zkouškách dopadla tato vozidla dobře. To je způsobeno hlavně tím, že nádrže jsou velmi robustní a ještě jsou většinou umístěny mezi nápravami, tedy stoprocentně mimo deformační zónu. Tak jako v případě LPG je i vozidlům CNG zakázán vjezd do podzemních garáží a podobných prostor, pokud to není výslovně povoleno. I tady plynárenské společnosti vyvíjejí aktivitu a snaží se prosadit novelizaci předpisů tak, aby v nich již tento zákaz zahrnut nebyl. Podle nich k tomu totiž není rozumný důvod, neboť vlastnosti zemního plynu jsou jiné než propan butanu a plyn se nedeformuje při zemi. Protože je lehčí než vzduch je velmi rychle rozptýlen do okolí a brzy dosáhne koncentrace, která pod jeho dolní mezí zápalnosti. Nutno ještě zmínit, že zemní plyn potřebuje pro zapálení směsi se vzduchem zhruba dvakrát větší teplotu než benzín. Z toho jasně vyplývá, že současná omezení vycházejí buď z neznalosti problematiky nebo je důvodem pouhá nedůvěra.

Bezpečnostní aspekty:

- nádrž se plní na tlak 20 MPa;
- pokud tlak překročí 26 MPa je plyn pojistnými ventily odveden do okolí;
- uzavírací ventily na jednotlivých nádržích je opatřen nadprůtokovou pojistkou, která uzavře nádrž při náhlém vysokém odběru (netěsnost);
- vysokotlaké rozvody jsou vyrobeny z ocelových trubek potažených polyethylenem;
- elektromagnetické ventily uzavírají přívody paliva při nečinnosti systému nebo při provozu na základní palivo;
- veškeré komponenty jsou homologovány;
- vyžadována absolutní těsnost soustavy;
- pravidelná kontrola těsnosti při technické kontrole.

Životnost nádrže pro stlačený zemní plyn je 15 let, pokud výrobce nádrže nestanoví jinak. Někteří výrobci stanovují životnost nádrže na 20 let, což je číslo sahající až za hranici životnosti samotného automobilu. Co se týče servisních intervalů vozidel CNG, jsou běžně 30 000 km, tedy standardní z pohledu údržby a provozu dnešních moderních vozidel.

I přes značnou podobnost, nejsou systémy spalující CNG a LPG záměnné. Jak již bylo řečeno, jedná se zejména o část zásobníku paliva (nádrže) a jeho příslušenství. Protože tlak v nádrži CNG je až desetinásobně vyšší než v LPG nádrži, mohlo by při natankování stlačeného zemního plynu do nádrže pro propan butan dojít k její roztržení. Přesto, že provedení plnicích systémů je odlišné, vyskytly se údajně pokusy o tuto záměnu. Z toho důvodu je na CNG plnicích stojanech povinně umístěno upozornění na toto nebezpečí. Jak je patrné z obrázku 14, je vícejazyčné.



Obr. 14: Bezpečnostní upozornění na stojanech [3]

Nejdůležitější bezpečnostní opatření u CNG stanic a ve vozidlech na zemní plyn:

- každá plnicí stanice je vybavena tlačítkem pro nouzové okamžité ukončení plnění;
- každá plnicí hadice výdejního stojanu je vybavena tzv. „odtrhovou spojkou“, která pokud automobilista omylem při ukončení plnění nezavěsil plnicí pistoli do stojanu a odjíždí, přeruší plynotěsně spojení k výdajovému stojanu;
- pokud by při plnění praskla hadice, výdejní stojan zaznamená příliš velký tok plynu a okamžitě přeruší plnění;

- tloušťka stěny tlakové nádoby ve vozidle je vypočtena pro tlak 300 bar (1,5násobek provozního tlaku), tj. pro tlak který ani při nejextrémnějších teplotách nemůže nastat;
- uvnitř tlakové nádrže je tzv. "inlay ventil" který okamžitě zastaví přívod plynu při poklesu tlaku např. při porušeném plynovém potrubí při nehodě a zabrání tak případnému úniku plynu;
- v případě požáru vozidla se roztaví tavná pojistka a plyn kontrolovaně odhoří, aniž by tlaková nádoba ve vozidle explodovala.

Provedení plnicího stojanu ukazuje obrázek 15.



Obr. 15: Ukázka plnění vozidla u CNG stojanu [3]

4. LNG – ZKAPALNĚNÝ ZEMNÍ PLYN

Použití tohoto paliva není v naší zemi prozatím příliš rozšířeno. Pro pohon motorových vozidel má však oproti CNG některé výhody. Zejména je to menší objem i hmotnost nádrží pro uskladnění stejného hmotnostního množství zemního plynu, jak ukazuje tabulka 3.

Nádrž	Hmotnost prázdných nádrží (kg)	Hmotnost paliva (kg)	Dojezd autobusu (km)	Hmotnost nádrží s palivem (kg)
Nádrž na naftu obsah 240 l	40	247	750	287
Kryogenní nádrže LNG Chart	165	97,1	285	262
Nádrže CNG 20 MPa Faber (ocelové)	860	97	288	957
Nádrže CNG 20 MPa Lincoln Co. (kompozitové)	338	102	300	422

Tab. 3: Hmotnost vybraných typů nádrží a dojezd autobusu [13]

LNG je bezbarvá kapalina, která má při atmosférickém tlaku teplotu -160°C až -62°C . Významnou výhodou však je, že v tomto stavu zaujímá zemní plyn 570krát menší objem než CNG. Před zkapalněním musí být z plynu odstraněny nežádoucí příměsi.

Konstrukčně se celý systém téměř neliší od systému CNG. Zásadní odlišností je však konstrukce nádrže. Pro uskladnění LNG ve vozidlech se používají kryogenní nádrže, v nichž se udržuje teplota hluboko pod bodem mrazu (okolo -160°C). Ty bývají zpravidla konstruovány na maximální provozní přetlak do 0,6 – 0,8 MPa a musí mít velmi dobrou tepelnou izolaci. Kvalita izolace je rozhodující pro množství odpařeného plynu a tedy i pro „dobu zádrže“, za kterou vzroste tlak v nádrži na nejvyšší přípustnou hodnotu. Při ní pojistný ventil vypustí z nádrže část plynné fáze a tlak následně poklesne.

U moderních konstrukcí nádrží může být doba zádrže delší než jeden týden. Izolace nádrží bývá tvořena množstvím vrstev kovové fólie, obvykle hliníkové. Jednotlivé vrstvy jsou od sebe odděleny např. tkaninou ze skelných vláken. Prostor s izolací je evakuován na tlak asi 1Pa. Palivové nádrže se umísťují zpravidla pod podlahu autobusů nebo při zesílení konstrukce též na střechu vozidla. U užitkových vozidel odpovídá umístění nádrže zpravidla původnímu umístění nádrže na motorovou naftu, viz obrázek 16.



Obr. 16: Umístění LNG nádrže [11]

4.1 Bezpečnost

Bezpečnostní opatření jsou podobná jako u nádrží CNG, doplněna o následující:

- v případě vzrůstu tlaku nad povolenou mez musí být část plynného paliva odvedena do motoru nebo musí být vhodně zlikvidována (např. oxidací v katalickém reaktoru);
- doba zádrže musí být dostatečně dlouhá, aby vyhovovala časovému využití vozidla;
- bezproblémové a dostatečně rychlé plnění nádrže;
- upevnění nádrží stejné jako pro LPG;
- při úniku je palivo bezpečnější než LPG, dochází k rychlému odparu a rozptýlení do okolí;
- při úniku může způsobit zúčastněným osobám omrzliny;

- LNG může způsobit při styku s nekryogenními materiály jejich zkřehnutí a prasknutí.

5. ŘÍZENÍ LPG A CNG SYSTÉMŮ

Řízení procesu spalování je kvalitativním požadavkem dnešních systémů alternativních pohonů. Bez řízení nelze totiž dosáhnout nízkých emisních hodnot ani požadovaných výkonů motorů. U vozidel přestavěných dodatečně pro provoz na LPG lze v podstatě jednoduše zachovat vlastnosti motoru jako při provozu na základní palivo. Výkon je jen nepatrně nižší, emisní hodnoty většinou lepší. Zejména pokud se jedná o oxid uhličitý. U těchto vozidel bývá řídicí jednotka dodatečného systému svázána s původní a od jejích signálů odvozuje signály pro řízení oddělených vstřikovačů LPG. Představitelem tohoto řešení je např. systém DGI holandské firmy Autogas

Tento systém využívá vysoké rychlosti a širokého otevření vstřikovače. Právě tento vstřikovač je hlavním a nejdůležitějším rysem celého systému. Odpařený plyn v plynné fázi přichází z regulátoru tlaku o konstantním tlaku 0,8 bar do vstřikovače. Odtud je v časovaných a na sobě nezávislých pulsacích vstřikován, pro každý válec zvlášť, do motorového prostoru v blízkosti benzínových vstřikovačů.

Konstrukce vstřikovače je tvořena velkým pístem, který je elektromagneticky tažen vzhůru. Stejně jako u benzínového provozu je i zde množství vstříknutého PB regulováno různou dobou otevření. Právě vysokou rychlostí 2 – 15 ms je zajištěna dostatečná reakce na potřeby motoru ve všech jeho zátěžových a volnoběžných režimech. Ve výstupu vstřikovače je průtokoměr měřící množství dávkovaného paliva a předávající tuto informaci řídicí jednotce DGI. Tím je zaručen zpětný tok kontroly množství dodávaného plynu. Separátor umístěný za tryskovým měřičem rozdělí hlavní puls přesně na 3, nebo 4 stejné části (podle počtu válců). U vozidel se šesti, nebo osmi válci je nutno použít tyto vstřikovače dva, což sice přestavbu poněkud prodraží, ale na druhou stranu umožní využívat všech výhod tohoto systému. Rozdíly v přetlakování paliva, nebo v chování vstřikovače jsou ihned automaticky vyrovnávány se zpětnou vazbou na celý systém toku paliva.

Další částí vstřikovače je snímač teploty plynu. Tento snímač zaručuje přepnutí na LPG při správné teplotě a v čase, kdy je celý systém připraven pracovat ve správném režimu a zaručuje tak jeho bezchybnou činnost. Pro úplnost je třeba uvést, že každý start je automaticky prováděn na benzín a teprve po připravení celého systému dojde k automatickému přepnutí na plyn.

Neméně důležitou součástí systému DGI jsou beztlakové regulátory. Tyto regulátory jsou umístěny přímo na sacím potrubí v blízkosti sacích ventilů motoru. Jejich hlavní funkcí je udržovat konstantní podtlak v hadicích mezi vstřikovačem a sáním motoru. Zabraňují tak nežádoucím reakcím mezi válci během nasávání a pulsacemi. Při volnoběžných otáčkách a akceleraci dodávají plyn do sacího potrubí. Při deceleracích se uzavírají a udržují plyn v hadicích od vstřikovače. Svým uzavřením zajišťují nižší spotřebu, ale jejich hlavní přínos je právě v udržování plynu těsně u sacího potrubí a dosažení včasné dodávky plynu po následné akceleraci. V praxi to znamená, že u tohoto systému nedochází k žádným prodlevám při akceleraci (tzv. dírák v plynu) a to ani po předchozí deceleraci.

Součástí DGI systému je samostatná řídicí jednotka. Ta používá údaje o rychlosti motoru a o jeho zatížení pro výpočet základního množství paliva vstřikovaného pro každou otáčku motoru. Provedený výpočet je ještě opravován prostřednictvím signálu z lambda sondy ve výfukovém potrubí a všechny odchylky jsou následně uloženy do diagnostické paměti indexového pole –mapy. Pomocí palubní diagnostiky lze tedy následně zjistit v jakém čase a ve kterém režimu došlo k opravě.

Unikátním a charakteristickým znakem je elektrický pohon vstřikovače, který je zcela nezávislý na napětí baterie a výkyvech teplot.

Systém DGI je schopen plnit emisní limity evropských norem EURO 2 a EURO 3 a jeho charakteristickým rysem je schopnost reagovat na vzniklé situace a potřeby motoru. Důležitá je i jeho samočisticí schopnost a odolnost vůči drobným nečistotám a znečištěnému plynu. Zachována zůstává většinou i hodnota předstihu zážehu a doba délky vstřiku, což při daném druhu paliva nikterak nevádí.

Přesto se výrobci snaží zařízení vylepšit a využívají při tom nových poznatků. Typickým představitelem tohoto řešení je systém sekvenčního vstřikování SGI. Tento systém vytváří propastný rozdíl mezi všemi předchozími systémy. SGI jako první dokáže vstřikovat plyn jednotlivě pro každý válec zvlášť, a to podle signálů pro benzínové vstřikovače. Znamená to, že dochází ke vstřiku paliva jen při otevření sacího ventilu příslušného válce a řízení plynové řídicí jednotky následuje vstupní signál přicházející od benzínové řídicí jednotky. Každá změna dávkování směsi provedená programem benzínové řídicí jednotky se okamžitě projeví změnou dávkování směsi provedenou programem plynové řídicí jednotky (tzv. sériový systém).

Následuje výčet některých dalších předností SGI systému.

- Splňuje emisní limity EURO 4 při pohonu na plyn stejně jako při pohonu na benzín
- Splňuje požadavky EOBD a OBD na plyn stejně jako na benzín
- Benzínová řídicí jednotka ovládá plynovou řídicí jednotku a nemůže se tedy ocitnout mimo program v náhradním režimu
- Systém má příznivější spotřebu LPG, dosaženou lepším využitím dávkování plynu, podle potřeby jednotlivých válců

Zařízení patří mezi systémy, které nepotřebují žádné emulátory OBD II ani žádná zvláštní zapojení pro různé typy vozidel. Je také možné tento systém použít bez obav a následných komplikací i pro každé nové vozidlo vybavené EOBD a OBD II se dvěma, nebo i čtyřmi lambda sondami.

Tento systém používá regulátor tlaku s proměnlivým přetlakem 0,8 – 2,5 bar podle zatížení motoru. Díky vysoké rychlosti řídicí jednotky, dvěma speciálním MAP senzorům, které neustále sledují tlak regulátoru a podtlak motoru, a díky nízkoobjemovým vstřikovačům lze tento systém použít pro každé vozidlo, včetně 6 a 8 válcových. V neposlední řadě umožňuje tento systém také přestavby vozidel s turbo motory bez následných prodlev v akceleracích a dalších potíží, běžně se vyskytujícími po přestavbách těchto vozů s jinými LPG systémy.

Jeho velkou výhodou se ukazuje být jednoduché zapojení a univerzálnost celého systému. Toto zapojení je pro všechny typy vozů stejné, přičemž se nezapojují žádné přímé signály motoru jako RPM, TPS, lambda sonda a další, ale používají se pouze signály od benzínových vstřikovačů jednotlivých válců plus údaje o zatížení motoru. Díky tomu jsou možné i přestavby vozů se systémy MULTIPLEX.

5.1 Řízení a diagnostické systémy OBD a EOBD

Úsilí, omezit znečišťování ovzduší škodlivinami z výfukových plynů emitovaných spalovacími motory silničních motorových vozidel, začalo v USA v 60. letech 20. století.

V rozsáhlých městských aglomeracích centrální oblasti Kalifornie docházelo k ohrožování zdraví obyvatel v důsledku vysoké hustoty osídlení, vysokého stupně motorizace a místních klimatických podmínek. To bylo hlavním důvodem pro Kalifornský úřad pro čistotu ovzduší (California Air Resource Board – CARB) k nastartování procesu schvalování silničních motorových vozidel do provozu a jejich následných periodických kontrol s ohledem na emisní chování, tj. množství škodlivin ve výfukových plynech emitovaných vozidlem. K tomu CARB, společně s předními výrobci silničních motorových vozidel a jejich příslušenství, vypracovává rozsáhlé a přísné legislativní a technické předpisy, které po etapách zpřesňuje a zpřísňuje v návaznosti na postupující technický rozvoj v dané oblasti.

Úplná, případně částečná platnost těchto předpisů je postupně přejímána dalšími státy USA a s časovým odstupem cca deseti let i v Evropě.

Nejdůležitější etapy výše uvedeného legislativního a technického procesu v USA jsou [12]:

1968 první omezení emisí škodlivin ve výfukových plynech osobních vozidel zavedeno v Kalifornii;

1970 zpřísnění mezních hodnot v „Clean Air Act“ (CAA);

- 1975 zavedení řízených emisních systémů (třícestných katalyzátorů) v USA;
- 1988 doplnění řízených emisních systémů vlastní palubní diagnostikou OBD I (On Board Diagnostics Version I), tj. elektronickou kontrolou součástí ovlivňujících emisní chování vozidla, omezenou na zajištění jejich chybné funkce;
- 1994 vlastní palubní diagnostika OBD I je nahrazena OBD II. Jde opět o elektronický kontrolní systém, ale ten už se nespokojí s pouhou kontrolou součástí majících co do činění s emisemi. Systém OBD II sleduje účinnost katalyzátoru, výpadky spalování, funkci lambda sond, systém recirkulace výfukových plynů, systém odzdušnění palivové nádrže, systém sekundárního vzduchu, těsnost klimatizace a nejenom to. Normalizována je: diagnostická zásuvka včetně obsazení jednotlivých pinů, komunikace mezi testovacím přístrojem a řídicí jednotkou motoru. Normalizovány byly struktury a formáty kódů závad, označení komponentů systémů (dle SAE) atd. Do paměti závad se zaznamenávají rovněž podmínky, při kterých k dané závadě došlo (Freeze Frame, dále FF), poněkud rozšířenou funkci má indikátor chybné funkce MI (Malfunction Indicator). Zjednodušeně řečeno, výrobce vozidla musí zajistit, aby se při závadách vedoucích k 1,5násobku zvýšení emisí indikátor chybné funkce MI rozsvítil, při závadě, která způsobuje poškození katalyzátoru blikal a aby se vyvolání záznamu z paměti závad řídicí jednotky dalo provést pomocí univerzálního čtecího přístroje (Generic Scan Tool). Samozřejmě přes již zmíněnou diagnostickou zásuvku.

Americká OBD II, od modelového roku 1996 předepsaná v USA také pro vozidla se vznětovými motory, se stala nepochybně inspirací pro Evropu. Ostatně již předtím byly pro starý kontinent vzorem americké emisní předpisy a normy z druhé poloviny osmdesátých let.

Palubní diagnostika 2. generace (OBD-II) průběžně monitoruje funkci všech zařízení vozidla, relevantních z hlediska jeho působení na životní prostředí. Po dobu životnosti vozidla je tak zajištěno dodržení standardů prvovýrobce, resp. spolehlivá identifikace jejich nedodržení. Evidence poruchových stavů má motivovat uživatele k neprodlenému učinění opatření k uvedení vozidla do řádného technického stavu.

Kromě podílu OBD-II na procesu kontroly chování vozidla v provozu (tedy z pohledu státní administrativy) je její nasazení přínosem i pro diagnostiku vozidla při údržbě a opravách. Užitečná je též evidence technického stavu při prodeji či koupi ojetého vozidla. V neposlední řadě může být shledáno účelným sledování průběhu provozu vozidla při použití (jednoduchého) prostředku pro komunikaci s diagnostickou zásuvkou vozidla. Množství a sortiment informací je výrazně rozsáhlejší oproti konvenčnímu tachografu.

Z uvedeného plyne, že zachování funkce OBD-II na plynofikovaném vozidle (a expanze její funkce do oblasti monitorování specifických okolností, souvisejících s použitím alternativního paliva) je účelné pro výrobce, uživatele i pověřené orgány technického dozoru.

5.1.1 Technický popis funkce systému palubní diagnostiky

Vlastní palubní diagnostika OBD je elektronický kontrolní systém monitorující emisní chování vozidla. OBD monitoruje a testuje řídicí systém motoru a další komponenty relevantní pro emise. Zejména pak kontroluje:

- správnost funkce (funguje / nefunguje) včetně věrohodnosti informací, tj. zda se snímané veličiny nacházejí v předepsaném rozmezí hodnot a zda nabývají hodnot blízkých k hodnotám stanoveným ze souvisejících dat (např. hmotnostní tok nasávaného vzduchu souvisí s otevřením škrtící klapky a otáčkami motoru), chybná funkce je zapsána do paměti závad;
- překročení dané hranice emisí škodlivin ve výfukových plynech vozidla, které je experimentálně určeno nepřímo z vyskytujících se závad nebo jejich kombinaci.

Funkce OBD (vozidel se zážehovými motory): Trvale monitoruje, tj. vícekrát během jízdy, vždy při splnění stanovených podmínek:

- výpadky spalování;
- systém přípravy směsi;
- ostatní komponenty relevantní pro emise, sem patří všechny snímače a akční členy (s vyloučením komponentů monitorovaných periodicky).

Periodicky monitoruje, tj. jedenkrát během jízdního cyklu, při splnění stanovených podmínek:

- zpětné vedení výfukových plynů;
- vyhřívání lambda sond;
- lambda sondy;
- těsnost klimatizace;
- vhánění sekundárního vzduchu;
- odvětrání palivové nádrže (OBD II včetně těsnosti systému odvětrávání);
- vyhřívání katalyzátoru;
- účinnost katalyzátoru;
- sleduje dokončení či nedokončení periodického monitorování komponentů a systémů, o stavu jejich diagnostiky informuje;
- ukládá do paměti závady, přičemž pro jednu z nich, závadu s nejvyšší prioritou nebo při téže prioritě první závadu, ukládá provozní podmínky, za kterých se závada vyskytla (datový rámec FF).

5.1.2 Vysvětlení některých užívaných pojmů v oblasti palubní diagnostiky:

- Jízda - provoz vozidla, který se skládá ze spuštění motoru, jízdního režimu během kterého jsou otestovány všechny trvale monitorované komponenty a systémy a ze zastavení motoru. Během jízdy nemusí dojít k otestování všech periodických monitorovaných komponentů a systémů.
- Jízdní cyklus - provoz vozidla, který se skládá ze spuštění motoru, jízdního režimu během kterého jsou otestovány všechny periodicky monitorované komponenty a systémy a ze zastavení motoru.
- Cyklus ohřátí - provoz vozidla postačující ke vzrůstu teploty chladící kapaliny nejméně o 22 °C od startu motoru a dosažení teploty nejméně 70 °C, otáčky motoru musí být vyšší než 400 min⁻¹. Zastavením motoru se započne cyklus ohřátí.
- Testovací cyklus - provozní režim vozidla, testující po opravě závady její vymazání z paměti nepotvrzených závad, který splňuje podmínky za nichž došlo k závadě, viz datový rámec závady FF

5.1.3 Kooperace řídicích jednotek systémů s palubní diagnostikou

Jak již bylo řečeno, není spolupráce dodatečně montované řídicí jednotky a implementovaného systému palubní diagnostiky vždy bezproblémová. Celkem běžným nedostatkem mnoha systémů je opakované chybové hlášení zpravidla o chybějícím signálu od lambda sondy. Řešení pomocí emulátorů není ideální a lze ho považovat za dočasné. Mnozí výrobci si již s tímto problémem poradily, jiní ho neřeší

Druhým problémem bývá neschopnost diagnostiky rozpoznat závady v systému tak, jak to vyžadují příslušné normy. Zkoumáním těchto stavů se zabývá řada odborníků, jako např. řešitelé úkolu Ministerstva dopravy ČR č. 3120-02-52 projektu č.801/110/101 „*Výzkum metod ověřování vozidel s alternativním pohonem*“.

6. LEGISLATIVA

Předpisy upravující podmínky výroby, schvalování a provozu vozidel poháněných motory na plynná paliva lze rozdělit na dvě části. První jsou předpisy mezinárodní (ES, EHK), druhou pak národní předpisy (zákony, vyhlášky).

Národní předpisy upravující provoz obou druhů pohonů jsou tyto:

- zákon č. 56/2001 sb. o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích;
- vyhláška č. 302/2001 sb. o technických prohlídkách a měření emisí vozidel;
- vyhláška č. 341/2002 sb. o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích.

6.1 Předpisy pro vozidla poháněná LPG

Legislativní uznání tohoto alternativního pohonu vozidel bylo v ČR realizováno 25.8.1991 přijetím předpisu EHK-OSN 67.00 a v roce 1994 schválením národních kmenových a zkušebních metodik MD (KM-A/28.s, ZM-A/19.01 pro hromadné přestavby a metodikou č. j. 19607/96-222 pro individuální přestavby).

Uvedené metodiky do roku 1999 prošly několika aktualizacemi a obsahují zejména:

- respektování předpisů EHK-OSN 67.00, který se týká požadavků na vlastnosti plynových komponentů, používaných ve vozidlech;
- předepsaný způsob zástavby plynových komponentů ve vozidlech;
- předepsaný postup pro změny hmotnostních parametrů vozidel po přestavbě;
- předepsaný postup pro zachování pasivní bezpečnosti vozidel;
- předepsaný postup při provozu na LPG pro ověření plnění úrovně emisního předpisu jako při provozu na základní palivo.

Dne 13.11.1999 vstoupil v platnost předpis EHK-OSN 67.01, který stanovil vedle aktualizovaných požadavků na plynové komponenty požadavky na zástavbu a další parametry vozidla jako celku. Tato část předpisu EHK-OSN 67.01 je vymezena pro vozidla z prvovýroby. Uvedené požadavky jsou v České republice akceptovány i pro vozidla přestavěná v provozu, a to jak hromadně tak i individuálně. Přijetí tohoto opatření bylo nutné zejména proto, že mezinárodní předpis, který by vymezoval požadavky pro retrofitní systémy dlouhou dobu neexistoval. Dnes tuto problematiku řeší předpis EHK 115.

6.2 Předpisy pro vozidla poháněná CNG

Legislativní vymezení tohoto alternativního pohonu vozidel bylo v ČR ustanoveno v roce 1995 schválením národních kmenových a zkušebních metodik MD (KM-A/29.s. ZM-A/19.11 pro hromadné přestavby a metodikou č. j. 19607/96-222 pro individuální přestavby).

Uvedené metodiky prošly do roku 2002 několika aktualizacemi a obsahují zejména:

- respektování národních technických podmínek, které stanovují požadavky na vlastnosti plynových komponentů používaných ve vozidlech. Zde je zásadní rozdíl proti pohonu LPG, neexistence mezinárodního předpisu;
- ostatní požadavky odpovídají pohonu LPG (viz výše).

Dne 28.12. 2000 vstoupil v platnost předpis EHK-OSN 110, který stanovil vedle mezinárodních požadavků na plynové komponenty, požadavky na zástavbu a další parametry vozidla jako celku pro vozidla z prvovýroby.

Tento předpis je v České republice akceptován i pro retrofitní systémy. Situace se zavedením mezinárodního předpisu pro retrofitní systémy vozidel s CNG je obdobná jako s předpisem pro systémy LPG.

7. TESTOVÁNÍ VOZIDEL

Pro homologaci, popř. schválení určitého zařízení do provozu, ale také vhodnost systému pro vestavbu do určitého typu vozidla, je třeba vykonat řadu zkoušek a testů. Dnes, za existence mezinárodních předpisů (EHK) je situace jednodušší. Náročné zkoušky dělají sami výrobci zařízení. Homologace je potom globální, tzn., že lze zařízení montovat do kteréhokoliv vozidla splňující určité požadavky, v kterékoliv zemi. Schválení takto upraveného vozidla do provozu je pak v ČR jen otázkou kontroly zástavby (STK) a zapsání do technického průkazu na odboru dopravy obecního úřadu obce s rozšířenou působností.

Přesto se i u nás mnohá výzkumná pracoviště zabývají měřením parametrů motorů spalujících uhlovodíkové plyny a spolupracují s výrobcí jak vozidel, tak i zařízení při řešení technických problémů.

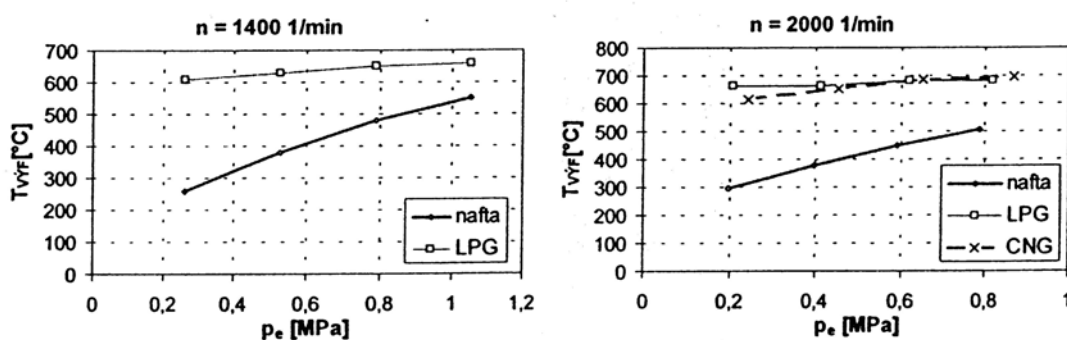
Jedním z projektů je i „*Výzkum metod ověřování vozidel s pohonem na alternativní paliva z hlediska jejich význačných technických parametrů č. 801/110/101*“ [12], kde ÚSMD a.s., řešil problematiku použití alternativních paliv ve vozidlech se zážehovými motory. V hodnocené etapě se jednalo zejména o průzkum možností konvenčních řídicích jednotek motoru vybavených diagnostickými systémy pro kontrolu mezních hodnot emisí u vozidel s alternativními pohony, zaměřený na navržení metod pro jejich provozní kontroly a schvalování.

Jednotlivé body řešení projektu:

- průzkum základních funkčních vlastností systémů palubní diagnostiky pro kontrolu mezních hodnot emisí při pohonu na základní palivo;
- výběr vhodné soustavy alternativního pohonu pro přestavbu zkušební vzorku vozidla, realizace přestavby, ověření základních funkčních vlastností vozidla po jeho přestavbě na alternativní pohon;
- průzkum základních funkčních vlastností systémů palubní diagnostiky zkušební vzorku při pohonu na alternativní palivo;

- návrh technických podmínek pro ověření vlastností řídicích systémů přípravy směsi včetně systémů palubní diagnostiky u vozidel s pohonem na alternativní paliva.

Jiný výzkum se zabývá například vlivem teploty výfukových plynů na celkovém oteplení motoru. Přesto, že teplota na výstupu z motoru má při spalování LPG a CNG výrazně vyšší hodnoty viz obrázek 17., není překvapivě znatelný vliv na odvádění tepla vně motoru.



Obr. 17: Teplota výfukových plynů [15]

7.1 Příklad měření zjišťování emisního chování

Pro měření byla vybrána stejná vozidla se stejným typem motoru. Vestavěná zařízení byla zvolena tak, aby zastupovala běžné typy užívané při přestavbách.

7.1.1 Specifikace soustavy alternativního pohonu LPG

Do vozidla ŠKODA FABIA 1.4 16V 74 kW byla zabudována soustava na alternativní pohon LPG s prvky různých výrobců, přičemž charakteristické vlastnosti soustavy byly dány zejména prvky firmy AUTOGAS SYSTEMS.

Zvolená soustava alternativního pohonu umožňovala vícebodové sekvenční vstřikování (vefukování) plynu do jednotlivých větví sacího potrubí motoru. Regulace dávkování plynu byla zajišťována na základě signálu doby vstřiku benzínu (při provozu na alternativní palivo signál převzat z aktivního řídicího systému provozu na benzín)

Jeden z mnoha výsledků měření ukazuje tabulka 4.

Vozidlo Škoda Fabia 1.4 74 kW, alternativní pohon LPG						
Hladiny emisních složek v ustálených provozních režimech						
(dílčí provozní režimy zkušebního cyklu zkoušky typu I dle EHK 83.05)						
Palivo	BA 95 B			LPG		
Emisní složka						
Provozní režim	HC	CO	NO_x	HC	CO	NO_x
(převodový stupeň/ rychlost jízdy)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
2 / 32 km.h⁻¹	0,001	84,602	0,301	0,446	61,716	0,328
3 / 50 km.h⁻¹	0,001	51,961	0,629	0,001	5,760	0,112
4 / 50 km.h⁻¹	0,028	61,476	1,670	0,001	61,901	0,068
5 / 70 km.h⁻¹	0,001	42,262	0,797	0,001	30,075	0,184
5 / 100 km.h⁻¹	10,369	51,317	0,944	1,004	10,580	0,142

Tab. 4: Hladiny vybraných emisních složek (LPG) [12]

7.1.2 Specifikace soustavy alternativního pohonu CNG

Soustava alternativního pohonu CNG byla sestavena s ohledem na možnost zajištění vícebodového sekvenčního vefukování plynu do sacího potrubí motoru, přičemž regulace dávkování plynu byla, obdobně jako u soustavy alternativního pohonu LPG v daném provozním režimu odvozena od délky vstřiku základního paliva.

Signál doby vstřiku benzínu byl při provozu na alternativní palivo převzat z aktivního řídicího systému provozu na benzin a dále prostřednictvím datového pole řídicí jednotky alternativního pohonu dílčím způsobem modifikován. Soustava alternativního pohonu pak vykazovala zejména z hlediska emisního chování vlastnosti obdobné jako soustava provozu na palivo základní.

Se soustavou alternativního pohonu CNG dodatečně zabudovanou ve vozidle bylo v rámci měření emisních parametrů tohoto druhu dosaženo výsledků, jak ukazuje tabulka 5:

Vozidlo Škoda Fabia 1.4 74 kW, soustava alternativního pohonu CNG						
Hladiny emisních složek v ustálených provozních režimech						
(díličí provozní režimy zkušební cyklu zkoušky typu I dle EHK 83.05)						
Provozní režim (převodový stupeň/ rychlost jízdy)	Palivo					
	BA 95 B			CNG – 1. / 2. Měření		
	HC (ppm)	CO (ppm)	NO_x (ppm)	HC (ppm)	CO (ppm)	NO_x (ppm)
2 / 16 km.h⁻¹	1,909	6,609	4,124	197,07	3,399	60,541
				208,68	6,310	31,286
2 / 32 km.h⁻¹	1,303	10,402	4,752	59,262	2,759	82,807
				57,286	5,757	60,986
3 / 50 km.h⁻¹	1,232	12,242	11,979	162,62	3,399	235,33
				44,325	5,714	121,41
4 / 50 km.h⁻¹	0,471	11,949	7,652	286,03	3,103	307,46
				215,15	5,015	179,44
5 / 70 km.h⁻¹	0,001	5,521	0,690	104,29	2,615	358,10
				43,263	5,034	304,69
5 / 100 km.h⁻¹	8,854	80,481	3,271	103,05	2,568	328,60
				40,002	23,976	93,135
5 / 120 km.h⁻¹	17,853	286,66	9,638	47,045	24,532	13,540
				46,027	22,649	3,060

Tab. 5: Hladiny vybraných emisních složek (CNG) [12]

7.1.3 Výsledky

Základní zkušební vzorek vozidla vybavený soustavou alternativního pohonu LPG vykázal na základní i alternativní palivo příznivé hodnoty všech měřených emisních parametrů, přičemž úroveň jednotlivých emisních složek dosažená při provozu na LPG byla vůči použití základního paliva srovnatelná, případně mírně lepší (zejména z hlediska parametrů NO_x). Toto vozidlo se soustavou alternativního pohonu LPG vykázalo během měření statických emisních parametrů a parametrů ve zkouškách typu I dle EHK 83.05 (emisní testy) při použití základního i alternativního paliva rezervu vůči stanoveným limitním hodnotám.

Emisní parametry vozidla vybaveného soustavou alternativního pohonu CNG nedosáhly při daném stupni vývoje takových úrovní jako se soustavou předchozí (LPG). Z hodnot emisních parametrů naměřených při použití tohoto druhu paliva lze usuzovat na potřebu další optimalizace. Přestože bylo při pohonu na CNG v ustálených provozních režimech motoru dosaženo z hlediska emisní složky CO oproti pohonu LPG i BA nejnižších měřených hladin, byly hladiny ostatních měřených složek (HC, NO_x) vůči pohonu na LPG a BA mnohonásobně vyšší. Vozidlo vybavené soustavou alternativního pohonu CNG nesplnilo na tento druh alternativního paliva ve stávajícím stupni vývoje z hlediska emisní složky HC resp. NO_x , limity dané předpisem EHK 83.05 pro zkoušku typu I.

Dále byly ověřeny výkonové parametry vozidla po provedených přestavbách na alternativní pohon. Výsledky dosažené se soustavou pohonu LPG v režimech maximálního výkonu a maximálního točivého momentu vůči stanoveným tolerancím značnou rezervu (pokles menší než 4 % vůči povoleným 15 %), jak ukazuje příloha 2.

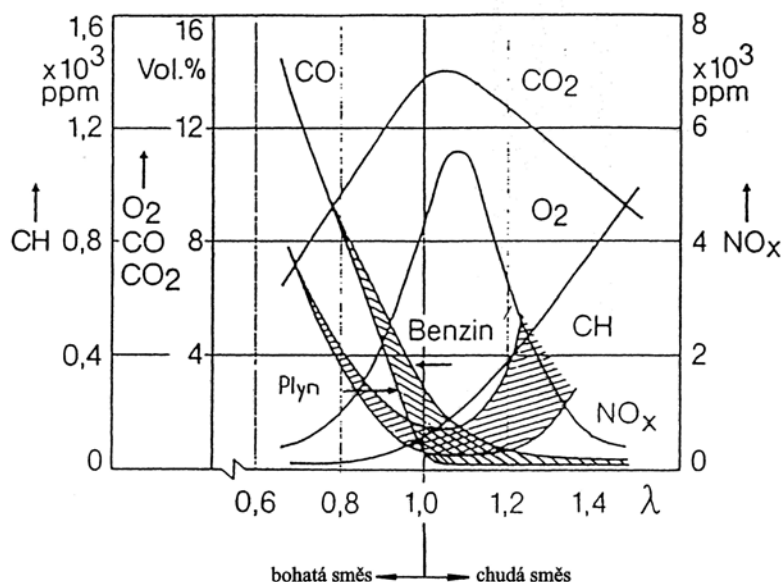
Pokles výkonových parametrů vozidla s alternativním pohonem CNG překročil v daném stadiu vývoje, při použití alternativního paliva v obou vyhodnocovaných režimech procentní toleranci stanovenou návrhem technických podmínek (zjištěn pokles cca 17 % vůči povoleným 15 %), viz příloha 3.

S ohledem na skutečnost, že tato soustava alternativního pohonu je v provedení se sekvenčním vstřikem paliva, zjištěný stav dokladuje obtížnost udržení odpovídající úrovně výkonových parametrů vozidel dodatečně přestavěných na alternativní pohon CNG.

8. POROVNÁNÍ PODLE DRUHU POUŽITÉHO PALIVA

8.1 LPG

Z hlediska životního prostředí lze říci, že motory spalující směs propanu a butanu jsou přínosné. Hodnoty některých sloučenin je vidět na obrázku 18. Emise CO mohou být až o 80 % nižší, oxidy dusíku asi o 20 % a s pevnými částicemi se u těchto pohonů nesetkáme vůbec. Nezanedbatelné je i snížení hladiny hluku, který motor produkuje.



Obr. 18: Závislost škodlivin ve výfukových plynech [13]

Hlavní hybnou silou, která pomáhá rozvoji vozidel spalujících LPG je ale ekonomika. Průměrný řidič, který najezdí se svým vozidlem ročně okolo 15 000 km a za přestavbu zaplatí 30 000 Kč má vložené náklady zpět do dvou let provozu. Cena 1 litr LPG je v současné době na hodnotě necelých 13 Kč. Spotřeba plynu je kvůli jeho nižší výhřevnosti pak asi o 10 % vyšší než benzínu. Spalování probíhá za, pro motor příznivějších podmínek, a proto dochází k jeho menšímu opotřebení – má větší životnost.

Rozvoz kapalného LPG je zajišťován, podobně jako při zásobování benzínem nebo naftou, cisternami. Ty jsou označeny a také konstruovány pro přepravu nebezpečných látek (ADR).

Jestliže bychom měli pohovořit o nevýhodách, bylo by nutno uvést snad jen jednorázové náklady na pořízení zařízení, opakované povinné kontroly a zabránění části zavazadlového prostoru. Pokud to není výslovně dovoleno, je zakázán vjezd vozidel s alternativním pohonem LPG do podzemních garáží. LPG je v České Republice značně rozšířen zejména pro svoji jednoduchost a ekonomickou výhodnost. Podle dostupných informací [1] jezdí na našem území v současné době asi 250 000 osobních aut s pohonem LPG. Infrastruktura je na vysoké úrovni. Čerpacích stanic je u nás okolo 800 a se servisem zařízení také není problém. Čerpání LPG, buď na samostatně stojících stanicích nebo jako součást klasických čerpacích stanic, musí podle našich norem provádět jen školená obsluha.

Závěrem lze říci, že jde o velmi bezpečné, ekologické a cenově výhodné palivo podporované vládami mnoha zemí světa. Ne tak úplně u nás. Zastánci tohoto paliva poukazují na nerovné podmínky ve srovnání se stlačeným zemním plynem. Tam je výrazná podpora ze strany našeho státu zejména zrušením spotřební daně. Donedávna se také s LPG nepočítalo jako s alternativním palivem. Průlomový byl až rok 2007, kdy i toto palivo získalo statut ekologicky šetrného paliva jako alternativa k benzínu a naftě.

8.2 CNG

S infrastrukturou je to v tomto směru v naší zemi prozatím slabší. Síť čerpacích stanic čítá zatím jen 18 míst. Jejich rozmístění ukazuje příloha 4. Je ale pravděpodobně otázkou krátké doby, kdy budeme moci hovořit o dostatečném množství čerpacích stanic.

Společnost Pražská plynárenská plánuje v Praze každý rok postavit dvě čerpací stanice na plyn tak, aby bylo pokryto celé město. Plynárenské společnosti se zavázaly k vybudování 100 plnicích stanic do roku 2020. Pro náhradu 10 % kapalných paliv je nutno vybudovat minimálně dalších 200 stanic cizími investory.

Z hlediska dostupnosti plynu, tzn. minimalizace nákladů na plynovodní přípojku, hledají plynárenské společnosti místa tak, aby pokryly Českou republiku a zajistily příslušný akční rádius CNG vozidel. Počítá se s tím, že se budou budovat společné stanice na CNG a klasické pohonné hmoty tak, jak je to běžné i v jiných zemích EU. Ty budou vznikat nově při rozšiřování dálniční sítě. Do roku 2013 by se měly stanice na zemní plyn objevit podél všech hlavních silničních tahů, které slouží pro tranzit přes ČR.

Velice aktivní je společnost RWE Transgas, která má bohaté zkušenosti s rozvojem CNG v dopravě v Německu. Také díky ní přijala naše vláda některé závazky týkající se většího rozvoje tohoto druhu paliva. Významným krokem bylo zrušení spotřební daně na zemní plyn používaný v dopravě. Současnou nulovou hodnotu zaručuje vláda až do roku 2011.

S předpokládaným nárůstem spotřeby zemního plynu v dopravě se pak spotřební daň bude postupně zvyšovat do roku 2020 tak, jak to ukazuje tabulka 6.

Sazba	Časový interval
0 Kč/t	od 1.1.2007 do 31.12.2011
500 Kč/t	od 1.1.2012 do 31.12.2014
1.000 Kč/t	od 1.1.2015 do 31.12.2017
2.000 Kč/t	od 1.1.2018 do 31.12.2019
3.355 Kč/t (úroveň do 1.1. 2007)	od 1.1.2020

Tab. 6: Zdanění zemního plynu do roku 2020 [4]

Současná cena stlačeného zemního plynu se pohybuje okolo 21 Kč za kg. Spotřeba běžného osobního automobilu je asi 5 kg až 6 kg na 100 ujetých kilometrů. Cena za úpravu vozidla pro takový pohon je poměrně vysoká. Návratnost investice může být, díky nesrovnatelně nižší ceně oproti benzínu, krátká, a to zhruba po ujetí 50 000 km. Usnesení vlády už konkrétně hovoří i o doporučení hejtmanům a primátorům měst s městskou hromadnou dopravou zavést krajské a městské příspěvky na pořízení autobusů na plynový pohon pro městskou dopravu a veřejnou linkovou dopravu.

Pokud jde o náklady na pořízení autobusu CNG, které jsou pochopitelně poněkud dražší, než ty se vznětovými motory, poskytuje stát z fondu dopravy provozovatelům linkových autobusů dotace. Pořizovací cena CNG autobusu dnes může být pro provozovatele levnější až o 3,3 milionu Kč. Stát poskytuje dotaci 800 tisíc Kč na jeden CNG autobus, 200 tisíc Kč přispívají plynárenské společnosti a navíc je možno využít dotace 2,3 milionu Kč na nízkopodlažní verzi. V současnosti jezdí podle posledních údajů na našich silnicích téměř 1000 vozidel poháněných motory spalujícími stlačený zemní plyn. Z toho je téměř 200 autobusů, zbytek tvoří osobní a dodávkové automobily. Jsou to zatím malá čísla, ale meziročně jde o nárůst více než o 30%. Autobusovou dopravu lze považovat v tomto směru za lídra v rozvoji CNG pohonů. Právě díky autobusům totiž mohou již dnes čerpací stanice pro CNG na našem území vůbec existovat.

Menší vozidla si zatím většinou pořizují plynárenské společnosti, které tím jednak snižují náklady na provoz svého vozového parku, ale hlavně se snaží ukázat ostatním, že to s podporou a rozšířením této alternativy myslí opravdu vážně. Do roku 2020 by podle všech předpokladů mělo v ČR jezdit asi 350–450 tisíc takových vozidel. V Evropě dnes jezdí asi 520 tisíc vozů na CNG a podle odhadů Evropské komise by jich v roce 2020 mělo být zhruba 23,5 milionu, což je desetina počtu aut.

Pokud bychom hledali nevýhody vozidel CNG, našli bychom především poměrně vysokou cenu za systém. Díky vysokým tlakům jsou nádrže poměrně těžké, čímž se zvyšuje celková hmotnost vozidla a snižuje se užitečná hmotnost. Prozatím lze jako nevýhodu uvést i nedostatečnou síť čerpacích stanic a servisů. Síť čerpacích stanic CNG provozovaných u nás plynárenskými společnostmi je bezobslužná. Každý, kdo má zájem tankovat CNG, od nich po krátkém školení zdarma obdrží magnetickou kartu. Ta umožní aktivovat po zadání PIN plnicí stojan na kterékoliv plnicí stanici dané společnosti v republice. Obsluha je jednoduchá, stojany umožňují bezproblémové a pohodlné tankování CNG v podstatě komukoliv. Po natankování řidič kartou stojan opět uzavře a odjíždí. Platba za odebrané množství plynu proběhne bezhotovostně převodem z účtu řidiče po obdržení faktury od dodavatele plynu (jednou měsíčně). V zahraničí umožňují čerpací stanice odběr buď na zákaznickou kartu nebo přímou platbou, pokud jsou součástí konvenční benzínové čerpací stanice.

8.3 LNG

Z uvedených skutečností vyplývá, že motory poháněné zkapalněným zemním plynem najdou využití zejména při provozu vozidel kategorií M3 (autobusy) a N2, N3 (nákladní automobily). Energetická hustota paliva je totiž natolik vysoká, aby zajistila dostatečnou zásobu pohonné hmoty i na dlouhé dojezdové vzdálenosti. Běžně se už dnes dosahuje dojezdových vzdáleností srovnatelných se standardními naftovými pohony, tedy okolo 800 km. Zajímavá je i cena nádrží, která vychází nižší než v případě nádrží CNG. Velice výhodně se jeví použití kapalného plynu k pohonu např. chladících vozidel, kde lze s výhodou využít výparného tepla. Vozidla nejsou omezena ani prostorově ani z pohledu užitečné hmotnosti.

V současné době není v ČR provozováno pravděpodobně žádné vozidlo používající kapalný zemní plyn. V roce 1989 byl ve spolupráci s Technickou univerzitou v Liberci a Výzkumným ústavem zemědělské techniky Praha zkoušen zemědělský traktor s tímto pohonem. Doba zádrže byla 12 hodin, izolace nádrže pouze polyuretanovou pěnou.

V USA je na LNG provozováno přibližně 1200 vozidel. K jejich zásobování slouží asi 50 plnicích stanic. V Evropě je toto palivo využíváno minimálně.

Jako motory na LNG mohou být využity motory shodné s motory na CNG. Mohou být navrženy tak, aby spalovaly buď stechiometrickou směs nebo chudou palivovou směs. Motory spalující stechiometrickou směs bývají zpravidla nepřepřehované a oproti motorům spalujícím chudou směs jsou často vybaveny pouze jednoduchým a levným elektronickým řídicím systémem. Motory spalující chudou směs, zpravidla přepřehované turbodmychadlem, mohou dosáhnout vyšších výkonů než motory spalující stechiometrickou směs. Jejich nevýhodou je nutnost použití složitějšího elektronického řídicího systému a také vyšší obsah sloučenin dusíku ve výfukových plynech.

ZÁVĚR

Rozborem nejrozšířenějších technických řešení systémů spalujících kapalně ropné plyny a zemní plyn bylo dosaženo závěrů, které ukazují současný trend jejich vývoje. I přes to, že LPG je jako palivo v ČR mnohem více rozšířeno než CNG, je z výzkumů patrné, že systémy LPG jsou vhodné jako vestavby do již provozovaných vozidel (tzv. přestavby). Toto palivo je v mnohém podobné základnímu a i výsledky měření ukazují na snadné plnění emisních limitů.

Pohony spalující CNG jsou zatím méně rozšířené, jejich cena vyšší a implementace do provozovaných vozidel poněkud náročnější. Nicméně využití zemního plynu jako paliva se zdá být výhledově mnohem perspektivnějším zdrojem energie. Důvodů pro to je několik. V první řadě jsou to obrovské celosvětové zásoby zemního plynu, nesrovnatelně větší než ropy nebo možnost dosáhnout jeho spalováním lepších emisních hodnot než spalováním konvenčních paliv. CNG jako palivo bude v pravděpodobně nejvíce využíván ve vozidlech připravených na tento pohon již z prvovýroby. Rozvoj tohoto druhu pohonu nabral v ČR kvůli některým, zejména legislativním nedostatkům zpoždění. Zdá se však, že zájem o něj je vysoký a jak ukazují statistiky, má tendenci rychlého růstu. Jeho hlavním potenciálem je využití v hromadné, zejména městské a příměstské dopravě, později snad i v nákladní automobilové dopravě. Jisté rezervy lze též spatřit v rozšíření užití kapalně zemního plynu LNG, pro jeho nesporné výhody v oblasti velikosti a hmotnosti nádrží.

Je samozřejmě mnoho alternativ, jak dosáhnout snížení závislosti silniční motorové dopravy na dodávkách ropy. Technická řešení některých jsou ještě předmětem dlouhodobých výzkumů. Jinde jsme se již dostali k technologicky propracovaným systémům. Oproti klasickým, ale vykazují ty nové mnohdy větší ekonomickou náročnost. Alternativní uhlovodíková paliva, především pak zemní plyn, mají v tomto období otevřeno cestu k maximálnímu rozvoji právě hlavně kvůli své ekonomické výhodnosti. Není to cesta konečná, jen odsouváme dobu, kdy nebude možné tradiční uhlovodíková paliva používat, o několik let dále. Kromě kvalitního technického rozvoje alternativních pohonů bude ale ještě třeba vynaložit nemalé částky na jejich propagaci. Jisté je, že období změn nastalo a bude nakonec jen na nás, na běžných uživateli, abychom se tomuto trendu přizpůsobili.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] V práci byly použity firemní materiály firmy TC 101 s výslovným souhlasem jednatele společnosti p. Tomáše Hanzla a materiály občanského sdružení LPG klub se souhlasem jeho předsedy.
- [2] FIŠER, L.; HANZL, T.: Automobily na alternativní pohon, Benzín – plyn (LPG) I. 1. vyd. Klub motoristů LPG, 1997. 116 s.
- [3] CNG osobní a dodávkové automobily [online]. 2007 Dostupné z http://www.cng.cz/cs/zemni_plyn/vozidla_na_zemni_plyn/A.html
- [4] Kastl, J.; Česká plynárenská unie: Podpora a stav užití zemního plynu v dopravě [online]. 2008. Dostupné z <http://www.cpu.cz/webmagazine/kategorie.asp?idk=226>
- [5] CNG silný konkurent benzínu a nafty [online]. 2007. Dostupné z http://www.eon.cz/cs/info/eon_energieplus/cng_silny_konkurent.shtml
- [6] Historie plynu v dopravě [online]. 2008. Dostupné z http://www.cng.cz/www.cng.cz/zemni_plyn/historie/histoire_plynu_v_doprave.html
- [7] Němeček, J.: Počet vozů jezdících na zemní plyn roste [online]. 2007. Dostupné z <http://www.petrol.cz/alternativa/clanek.asp?id=9458>
- [8] PETROLmedia: Auta na CNG na trhu jsou, infrastruktura chybí [online]. 2007. Dostupné z <http://www.petrol.cz/alternativa/clanek.asp?id=9175>
- [9] Cerman, J., EURO 5: Zdraží emisní limity automobily? [online]. 2008. Dostupné z <http://www.nazeleno.cz/doprava/emise/euro-5-zdrazi-emisni-limity-automobily.aspx>
- [10] Natural Gas Vehicles. [online]. 2008. Dostupné z <http://www.iangv.org/>
- [11] Zkapalněný zemní plyn – LNG. [online]. 2008. Dostupné z http://www.cng.cz/cs/zemni_plyn/alternativni_pohonne_hmoty/zkapalneny_zemni_plyn.html
- [12] Projekt číslo 801/110/101 z roku 2003 ÚSMD, a.s. Praha: Výzkum metod ověřování vozidel s pohonem na alternativní paliva z hlediska jejich významných technických parametrů
- [13] KRÖBL, L.; DOČKAL, L.; DVOŘÁČEK, I.; ŠTĚRBA, G.: Pohon vozidel na LPG a CNG, Praha, 1999, 2003

- [14] Vyhláška č. 341/2002 Sb. o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích
- [15] BEROUN, S.; BLAŽEK, J.; HÁJEK, T.; SALHAB, Z.: Vliv seřízení motoru a druhu paliva na parametry pracovního oběhu, Technická Univerzita, Liberec, 2002
- [16] Vyhláška č. 302/2001 Sb. o technických prohlídkách a měření emisí vozidel
- [17] Špás, M.: Alternativní uhlovodíková paliva v silniční dopravě, Univerzita Pardubice, 2007/2008

SEZNAM TABULEK

TAB. 1: SLOŽENÍ SMĚSI V NĚKTERÝCH ZEMÍCH [13]	17
TAB. 2: FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI ZEMNÍHO PLYNU [3]	30
TAB. 3: HMOTNOST VYBRANÝCH TYPŮ NÁDRŽÍ A DOJEZD AUTOBUSU [13]	41
TAB. 4: HLADINY VYBRANÝCH EMISNÍCH SLOŽEK (LPG) [12]	56
TAB. 5: HLADINY VYBRANÝCH EMISNÍCH SLOŽEK (CNG) [12]	57
TAB. 6: ZDANĚNÍ ZEMNÍHO PLYNU DO ROKU 2020 [4]	62

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBR. 1: PŘEHLED VÝVOJE EMISNÍCH LIMITŮ EURO 1 – 5 [9]	8
OBR. 2: SYSTÉM LPG VE VOZIDLECH S KARBURÁTOREM [1]	18
OBR. 3: SYSTÉM LPG VE VOZIDLE S JEDNOBODOVÝM VSTŘIKOVÁNÍM [1].....	20
OBR. 4: SYSTÉM LPG S NÁHRADOU KROKOVÉHO MOTORKU VSTŘIKOVAČEM [1].....	22
OBR. 5: SYSTÉM LPG VE VOZIDLE S VÍCEBODOVÝM VSTŘIKOVÁNÍM [1].....	23
OBR. 6: ČÁST MONTÁŽNÍ SADY URČENÉ K VESTAVBĚ DO VOZIDA [1]	24
OBR. 7: MONTÁŽ ČERPADLA V TOROIDNÍ NÁDRŽI [1].....	25
OBR. 8: SCHÉMA SYSTÉMU LPi [1].....	25
OBR. 9: SCHÉMA PROVOZU MOTORU NA ZEMNÍ PLYN (CNG) [5].....	31
OBR. 10: PLNÍCÍ VENTIL [3]	32
OBR. 11: UMÍSTĚNÍ NÁDRŽÍ U VOZIDLA VYBAVENÉHO SYSTÉMEM Z VÝROBY [3]	33
OBR. 12: PALIVOVÁ LIŠTA CNG VSTŘIKOVAČŮ [3]	34
OBR. 13: SCHÉMA RYCHLEPLNÍCÍ STANICE [3]	36
OBR. 14: BEZPEČNOSTNÍ UPOZORNĚNÍ NA STOJANECH [3]	39
OBR. 15: UKÁZKA PLNĚNÍ VOZIDLA U CNG STOJANU [3]	40
OBR. 16: UMÍSTĚNÍ LNG NÁDRŽE [11].....	42
OBR. 17: TEPLOTA VÝFUKOVÝCH PLYNŮ [15]	55
OBR. 18: ZÁVISLOST ŠKODLIVIN VE VÝFUKOVÝCH PLYNECH [13]	60

SEZNAM ZKRATEK

ADR	mezinárodní dohoda o přepravě nebezpečných nákladů
CNG	Compressed Natural Gas
CO	oxid uhelnatý
CO ₂	oxid uhličitý
CU potrubí	potrubí určené pro transport plynu
EHK	předpisy Evropské hospodářské komise
ES	předpisy Evropského společenství
EOBD	Europe On Board Diagnostic
EU	Evropská unie
EURO 3 - 5	emisní limity
FF	Freeze Frame – datový rámec
HDP	hrubý domácí produkt
HOV	High Occupated Vehicles
IEA	Mezinárodní energetická agentura
Ld	dolní mez zápalnosti
LED	Light Emiting Diode
Lh	horní mez zápalnosti
LNG	Liquefied Natural Gas
LPG	Liquefied Petroleum Gas
MAF	snímač množství vzduchu
MAP	snímač podtlaku v sání
NGV1	typ plnicího hrdla pro zemní plyn
OBD II	On Board Diagnostic
PB	Propan a butan
RPM	snímač otáček
TPS	snímač natočení škrťící klapky
ÚSMD	Ústav silniční a městské dopravy, a.s.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č.1: Fyzikální a chemické vlastnosti propanu a butanu [2]

Příloha č. 2: Graf závislosti výkonu motoru na otáčkách Š Fabia 1,4 16 V 74 kW, souprava alt. pohonu LPG, palivo BA 95B/LPG [12]

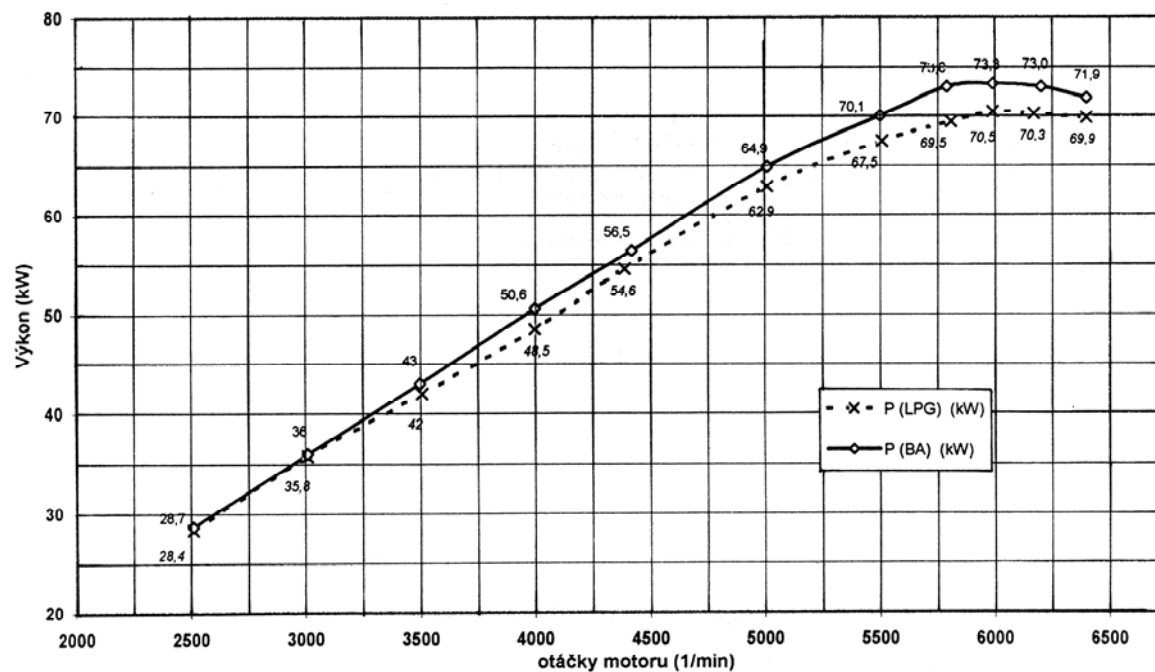
Příloha č. 3: Graf závislosti výkonu motoru na otáčkách Š Fabia 1,4 6 V 74 kW, souprava alt. pohonu CNG, palivo BA 95B/CNG [12]

Příloha č. 4 Mapka pokrytí území ČR čerpacími stanicemi CNG [3]

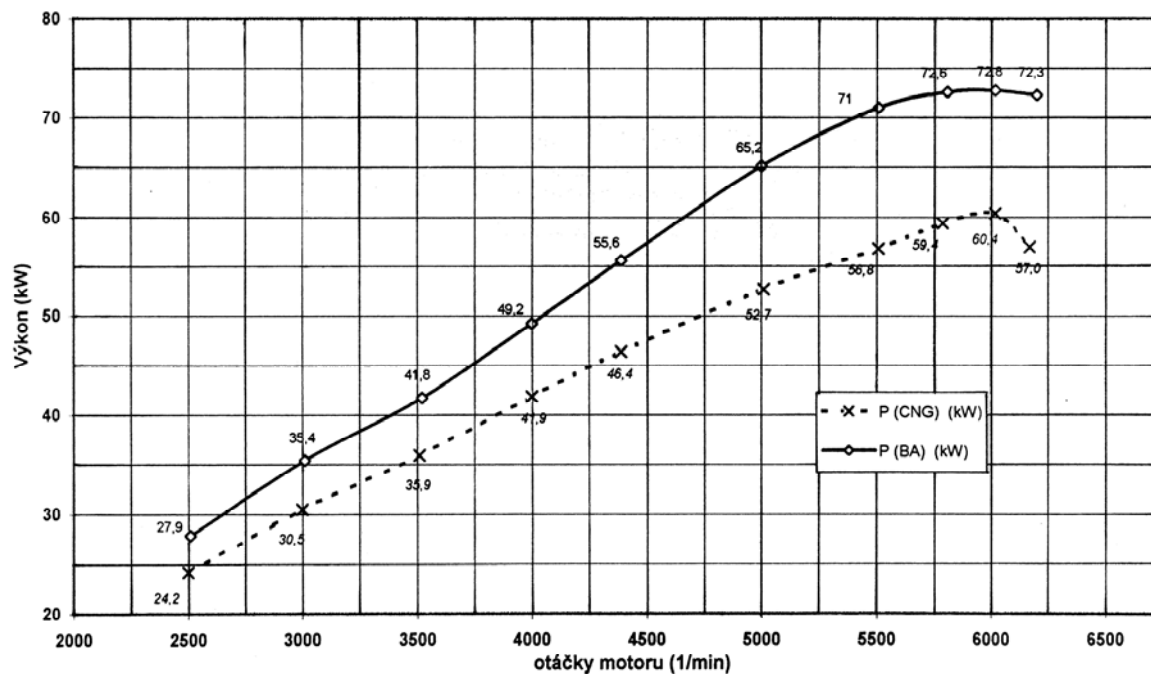
Příloha č. 1

Vlastnost	rozměr	propan	butan
Chemické označení	-	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀
Molární hmotnost	g.mol ⁻¹	44,094	58,120
Hustota kapalné fáze při 15°C	kg.l ⁻¹	0,508	0,585
Hustota kapalné fáze při 20°C	kg.l ⁻¹	0,498	0,578
Hustota plynné fáze při 0°C a 0,1MPa	kg.m ³	2,019	2,590
Obsah uhlíku	hmot. %	8,72	82,66
Obsah vodíku	hmot. %	18,28	17,34
Bod varu	°C K	-42,6 230,56	-0,5 272,66
Bod tání	°C K	-190,16 83,3	-134,96 138,2
Kritická teplota	°C K	96,74 369,90	152,04 425,20
Kritický tlak	MPa	4,256	3,800
Kritický objem	cm ³ .mol ⁻¹	200,00	255,00
Objem plynu, který vznikne odpařením: 1 kg kapalné fáze při 0°C a 101,325 kPa 1 kg kapalné fáze při +20°C a 101,325 kPa	m ³ m ³	0,496 0,553	0,368 0,395
Spalné teplo	MJ.kmol ⁻¹	2221,5	2880,4
Spalné teplo (kapalná fáze)	MJ.kg ⁻¹	50,43	51,75
Spalné teplo (plynná fáze)	MJ.m ⁻³	101,82	134,02
Výhřevnost	MJ.kmol ⁻¹	2054,6	2660,5
Výhřevnost (kapalná fáze)	MJ.kg ⁻¹	46,34	47,70
Výhřevnost (plynná fáze)	MJ.m ⁻³	93,57	123,55
Meze výbušnosti se vzduchem při 0,1 MPa	obj. %	2,12-9,35	1,86-8,41
Meze výbušnosti s kyslíkem při 0,1 MPa	obj. %	2,3-55,0	1,8-49,0
Zápalná teplota (vzduch)	°C	510 až 580	475 až 550
Zápalná teplota (kyslík)	°C	490 až 570	460 až 550
Maximální teplota spalování se vzduchem	°C	1925	1897
Maximální teplota spalování s kyslíkem	°C	2850	2960
Maximální rychlost hoření se vzduchem	m.s ⁻¹	0,38	0,37
Maximální rychlost hoření s kyslíkem	m.s ⁻¹	4,5	3,7
Stechiometrická potřeba vzduchu při 0°C a 0,1 MPa	m ³ .m ⁻³ m ³ .kg ⁻³	23,821 12,146	30,967 11,979
Stechiometrická potřeba kyslíku při 0°C a 0,1 MPa	m ³ .m ⁻³ m ³ .kg ⁻³	5,00 2,55	6,50 2,51
Maximální objem CO ₂ v suchých spalínách	obj. %	13,8	14,1
Oktanové číslo	-	100	92

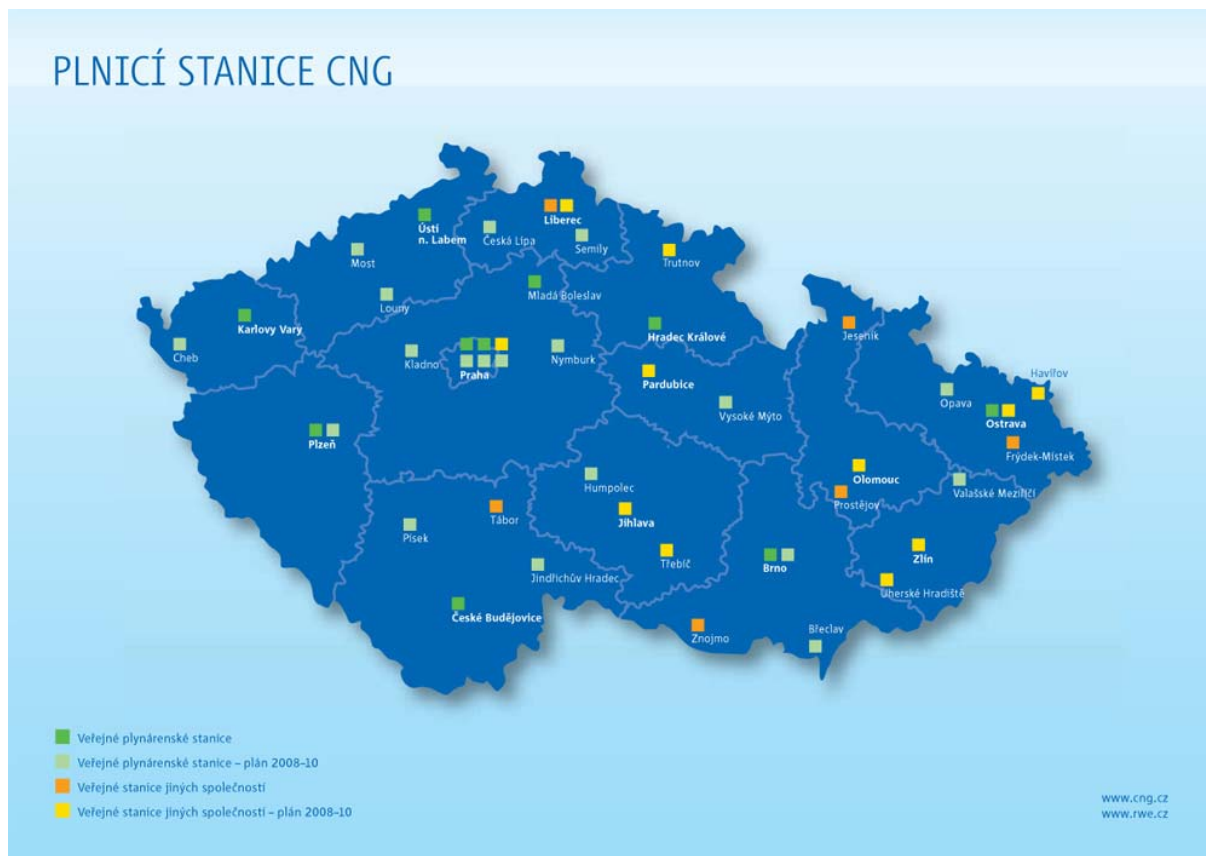
Fyzikální a chemické vlastnosti propanu a butanu [2]



Graf závislosti výkonu motoru na otáčkách Š Fabia 1,4 16V 74 kW, souprava alt. pohonu LPG, palivo BA 95B/LPG [12]



Graf závislosti výkonu motoru na otáčkách Š Fabia 1,4 16V 74 kW, souprava alt. pohonu CNG, palivo BA 95B/CNG [12]



Mapka pokrytí území ČR čerpacími stanicemi CNG [3]