

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
Fakulta dopravní



David Řehák

**PROVOZNÍ BEZPEČNOST MOTOROVÝCH VOZIDEL NA
ZEMNÍ A ROPNÝ PLYN**

Bakalářská práce

Poděkování

Zde bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli informace a našli si, ve svém nabytém programu, čas pro vystížené vysvětlení popřípadě jinou odbornou pomoc při zpracování této práce. Chtěl bych poděkovat jmenovitě svému vedoucímu bakalářské práce panu ing. Tomášovi Mičunkovi, Ph.D. za jeho návrhy, cenné rady a tipy pro úspěšné dokončení bakalářské práce, panu Ing. Karlovi Sejkovi a Ing. Jindřichovi Žďánskému za jejich drahé informace z oblasti homologací LPG a CNG systémů, Ing. Markétě Schauhuberové a Ing. Janu Žákovcovi za vyjádření v oblasti legislativy plynových vozidel v České Republice, dále pak panu Vladimírovi Coubalovi, st. za informace technického rázu z pohledu praktického. Nerad bych zapoměl na poděkování panu Ing. Václavovi Kratochvílovi, Ph.D. za připomínky k provozní bezpečnosti plynových vozidel a k zásahu bezpečnostního útvaru při nehodě, panu Zdeňkovi Haladovi, za doporučení ve velké většině okruhů plynofikace. Za formální kontrolu vděčím díky RNDr. Petře Havelkové, Ph.D. a Mgr. Davidovi Havelkovi.

Chtěl bych také výrazně poděkovat všem mým blízkým, známým, kamarádům a hlavně rodině, za jejich toleranci a pozdvížení nálady.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze

.....

podpis

Název práce: **Provozní bezpečnost motorových vozidel na zemní a ropný plyn**

Autor: David Řehák

Obor: Dopravní systémy a technika

Druh práce: Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Mičunek, Ph.D.

Ústav soudního znaectví v dopravě K622

Fakulta dopravní, ČVUT v Praze

Abstrakt: Cílem bakalářské práce je rešerše, a popis hlavních záležitostí týkajících se plynových systémů osobních vozidel na zemní a ropný plyn. Po stručném přehledu historie následuje pohled na legislativu plynových vozidel v České Republice, včetně předpisů EHK, norem a technických doporučení. Práce pokračuje popisem jednotlivých technických řešení se shrnutím důležitých konstrukčních částí plynových systémů. Další část obsahuje zhodnocení a popis jednotlivých prvků ze stránky bezpečnostní, čímž práce směřuje k prevenci a praxi. V prevenci je popsáno, jakým způsobem lze předcházet nebezpečí, tedy zabývá se revizí a údržbou, praxe je pak charakterizována z pohledu nejčastějších závad, parkování, nehod a samotnému zásahu při dopravní nehodě.

Klíčová slova: Ropný plyn, Zemní plyn, Propan, Butan, Metan, plynové vedení, legislativa, palivo, alternativní palivo, prevence, bezpečnost, dopravní nehoda, palivový systém, plynový palivový systém.

Title: **Operational Safety Of Natural Gas – And Petroleum Gas -
Powered Vehicles**

Author: David Řehák

Branch: Transportation Systems and Technology

Document type: Bachelor's thesis

Thesis adviser: Ing. Tomáš Mičunek, Ph.D.

Department of Forensic Experts in Transportation K622

Faculty of Transportation Sciences, CTU in Prague

Abstract: The aim of the work is the research, summarising and the description of main issues connected to the natural and petroleum gas powered cars. The work is mainly focused on the history of there usage, legislation in the Czech Republic connected to the topic and the description of particular technical and constructional details including ECE (ENECE) regulations. The next part deals with the prolematics of safety, its prevention (preventive inspections and car maintenance) and the practical solution of possible problems (i.e. parking, defects and accidents).

Key words: Petroleum gas, Natural gas, Propane, Butane, Methane, legislation, fuel, alternative fuel, prevention, safety, accident, fuel system, gas fuel system.

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	7
SEZNAM POUŽITÝCH VELIČIN A JEJICH JEDNOTEK A ZKRATEK	8
Úvod	9
1. Historie	10
1.1 Svět	10
1.2 Území České Republiky	12
2. Plynová paliva	14
2.1 Surovina zvaná ropa	14
2.2 Palivo jako ropný produkt	15
2.3 Ropná plyn	16
2.3.1 Výhody LPG jako alternativy benzínu	16
2.3.2 Nevýhody LPG jako alternativy benzínu	16
2.4 Zemní plyn	17
2.3.2 Výhody CNG/LNG jako alternativy benzínu	18
2.3.2 Nevýhody CNG/LNG jako alternativy benzínu	18
2.5 Porovnání uhlovodíkových paliv z hlediska požární bezpečnosti	19
3. Legislativa v České republice	20
3.1 Právní předpisy týkající se plynových vozidel	20
3.2 České technické normy	21
3.3 Technická pravidla GAS (TPG)	22
3.4 Technická doporučení pro plynaře GAS (TDG)	22
3.5 Předpisy Evropské hospodářské komise (EHK)	23
4. Značení plynofikovaných vozidel a významných prvků plynových systémů	24
4.1 Označování přestavěných vozidel	24
4.1.1 Označování vozidel kategorie M1 a N samolepicí nálepkou	24
4.1.2 Označování vozidel kategorie M2 a M3 samolepicí nálepkou	24
4.1.3 Ustanovení pro identifikační označení „CNG“ pro vozidla služeb	25

4.2 Označování jednotlivých komponentů	26
4.2.1 Příklady uspořádání homologační značky	26
4.2.2 Značení tlakových lahví	27
5. Přestavby vozidel	29
5.1 Sériově vyráběné automobily	29
5.2 Jednotlivá (typová) přestavba	29
5.3 Individuální přestavba	29
6. Základní pojmy, definice a klasifikace konstrukčních částí	30
6.1 Základní pojmy a jednotlivé části	30
7. Technická řešení systémů alternativních pohonů benzín/LPG a benzín/CNG	35
7.1 Motor s karburátorem bez řízeného katalyzátoru výfukových plynů	35
7.2 Motor s řízeným katalyzátorem výfukových plynů	36
7.3 Motor s řízeným katalyzátorem výfukových plynů a vstřikováním paliva	36
7.4 Motor s řízeným katalyzátorem výfukových plynů a vstřikováním kapalné směsi paliva	37
8. Prvky palivových plynových systémů (LPG a CNG), plnicí zásadní bezpečnostní funkce, jejich principy a pracovní okruhy	38
9. Bezpečnost provozu plynových vozidel	51
9.1 Automobily s pohonem na LPG	51
9.2 Automobily s pohonem na CNG	51
9.3 Nejběžnější závady, prevence a odstranění	51
9.4 Parkování a garážování plynových vozidel	52
9.5 Termíny revizí a údržby	53
10. Bezpečnostní pokyny k zásahu při nehodě vozidla s pohonem na plyn	54
10.1 Doporučené postupy při dopravní nehodě či požáru	55
Závěr	56
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	57
SEZNAM OBRÁZKŮ	59
SEZNAM TABULEK	60
SEZNAM PŘÍLOH	61

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK:

TPG	Technické předpisy GAS
TDG	Technická doporučení pro plynaře GAS
EHK	Předpisy Evropské hospodářské komise
ČSN	Česká technická norma
LPG	Liquified Petroleum Gas
CNG	Compressed Natural Gas
LNG	Liquified Natural Gas
MTBE	Methyl-terc. butyl éter
ETBE	Ethyl-terc. Butyl éter
MEŘO	Metyl estery řepkového oleje
EEŘO	Etyl estery řepkového oleje
Inert	Neaktivní složka
CO	Oxid uhelnatý
CO ₂	Oxid uhličitý
C ₃ H ₈	Propan
C ₄ H ₁₀	Butan
CH ₄	Metan
H ₂ S	Sulfan
MD	Ministerstvo dopravy
aj.	a jiné

SEZNAM POUŽITÝCH VELIČIN, JEJICH JEDNOTEK A ZNAČEK:

Veličina	Zn.	Rozměr	Název	Vztah k základním jednotkám
Teplota	T	[°C]	stupeň Celsia	K
Tíhové zrychlení	g	[m.s ⁻²]	metr za sekundu na druhou	=9,81 m.s ⁻²
Objem	V	[l]	litr	1 l=1.10 ⁻³ m ³
		[m ³]	Metr krychlový	
Průřez, plocha	S	[mm ²]	Milimetr na druhou	1 mm ² = 1.10 ⁻⁶ m ²
		[m ²]	Metr na druhou	
Hmotnost	m	[kg]	kilogram	
Měrná hmotnost (hustota)	ρ	[t.m ³]	Tuna na metr krychlový	1 t.m ³ = 1000 kg.m ³
		[kg.m ³]	Kilogram na metr krychlový	
Průtok	Q	[cm ³ min ⁻¹]	Centimetr krychlový za minutu	1 cm ³ .min ⁻¹ = 1.10 ⁻⁶ m ³ .min ⁻¹
		[l.min ⁻¹]	Litr za minutu	1 l.min ⁻¹ = 1.10 ⁻³ m ³ .min ⁻¹
		[m ³ min ⁻¹]	Metr krychlový za minutu	
Tlak	p	[bar]	bar	1 bar = 10 ⁵ pa
		[Mpa]	Mega pascal	1 Mpa = 1.10 ⁶ pa
		[pa]	pascal	
Elektrický odpor	R	[MΩ]	Mega ohm	1MΩ = 1.10 ⁶ Ω
		[Ω]	ohm	
Výhřevnost	h	[MJ.kg ⁻¹]	Megajoule na kilogram	1 MJ = 1.10 ⁶ J
		[MJ.m ⁻³]	Megajoule na metr krychlový	

Úvod

Celý svět se rok od roku zrychluje a to souvisí i s rychlostí vozidel. Lidé se potřebují přepravovat na velké vzdálenosti, rychle, bezpečně a ekonomicky výhodně. Nalézt alternativu ke klasickým palivům je pro lidstvo již po mnoho let jedním z hlavních cílů. A proto se naskytuje otázka proč nevyužít právě zemní či ropný plyn. Zejména zemní plyn, který se na Zemi vyskytuje v mnohonásobně větším množství než ropa, by mohl být vhodným alternativním palivem.

O plynových vozidlech toho bylo již mnoho napsáno. Při získávání informací o tomto typu vozidel je možné využít mnoho zdrojů, orientace v nich však může být, zejména pro laika, poněkud obtížná. A to především jedná-li se o hledisko jejich bezpečnosti.

Téma bakalářské práce bylo navrženo v době, kdy se zároveň veřejně řešilo parkování v podzemních garážích. Celá řada odborníků se v této oblasti stále neshode. Jistá část varuje před odstavováním vozidel v „uzavřených“ prostorech, jiní znalci hovoří o větší bezpečnosti při parkování plynových vozidel než vozidel s pohonem na klasická paliva.

Cílem této práce není porovnání různých druhů paliv z hlediska ekonomického, nýbrž zpráva v podobě rešerše týkající se provozní bezpečnosti plynofikovaných vozidel a to alternativ benzín/LPG a benzín/CNG, jakožto nejrozšířenějších plynových paliv ne jen v České Republice, ale po celém světě. Práce se bude věnovat tomuto tématu výhradně z pohledu České Republiky, a to z důvodu, že každý stát (vyjímaje těch, kterých se týkají předpisy Evropské hospodářské komise, zkráceně EHK) bere v potaz zejména vlastní národní předpisy a normy.

Původní vize je taková, že sběr dat bude proveden nejen z daných předpisů, ale hlavně prostřednictvím konzultací s lidmi, věnujícími se některému z odvětví, týkajících se plynových vozidel. Rád bych se ke konci práce také zaměřil na dopravní nehody plynových vozidel a s nimi související zásah bezpečnostního útvaru.

Lidé jsou stále skeptičtí v oblasti plynových vozidel a většina se mylně domnívá, že jsou tato vozidla velmi nebezpečná a že s sebou vozidlo nese „bombu smrti“. Proto je načase uvědomit širokou veřejnost o skutečné bezpečnosti (či nebezpečnosti) těchto vozidel.

1. Historie

1.1 Svět

Historie plynových vozidel sahá do druhé poloviny 18. Století. Ve 20. století nabývají na významu ropná klasická paliva a plynová paliva tak postupně mizejí z trhu. Detailní přehled historického vývoje plynových vozidel v datech je uveden níže. Shrnuje historii vozidel poháněných nejen pomocí zemního a ropného plynu, ale i dalších plynných médií, které se zpočátku začaly používat jako palivo pro výbušné motory.

1775 - 1780 - Alessandro Volta (italský fyzik) zkoumá směs dvou plynů a zjišťuje výbušnost směsi bahenního plynu se vzduchem zažehnuté jiskrou. Objev demonstruje na pistolí ze skla a mosazi, jež se stává skutečným předchůdcem spalovacích motorů.

1807 - Isaac de Rivaz (francouzský politik a švýcarský vojenský vysloužilce) se pokouší na principu Voltovi pistole, vytvořit spalovací motor na svítiplyn („svítiplyn je technický plyn, tvořený směsí vodíku, CO, CO₂, a dalších plynů, používaný v 19. a 20. století především ke svícení, ale i výrobě tepla“ [17]). Zmiňovaný rok se Rivazovi podaří získat od francouzské vlády patent na první spalovací motor světa. Motor poháněl vozidlo s použitím směsi svítiplynu a vzduchu zažehnuté jiskrou.

1863 - Jean Joseph Etien Lenoir „dne 10.11.1859 získal patent na motor poháněný svítiplynem a v r. 1860 začal již stavět vůz s plynovým motorem. Plyn byl stlačený v nádrže umístěné ve vozidle. V roce 1863 vykonal Lenoir s tímto vozidlem první jízdu z Paříže do jejího předměstí Joinville le Pont a zpět rychlostí 6km/hod. Celá trať měřila 18km. Celkový počet prodaných Lenoirových motorů dosáhl 500 kusů.“ [3]



Obrázek 1 - Motor, kterým vybavil Lenoir svůj vůz, jímž roku 1863 prvně kroužil ulicemi Paříže [28]

1872 - „Zemní plyn – metan byl poprvé v historii použit v Ottově spalovacím motoru v roce 1872“ [3].

Poč. 20. stol.- Klasická kapalná paliva (benzín, nafta) začínají postupně vytlačovat plynová paliva, vše nasvědčuje brzkému konci ve využívání těchto paliv. V průběhu 1. a 2.

světové války v mnohých státech velikou rychlostí klesají zásoby kapalných paliv jejich zvýšenou spotřebou. „Na možnost pohonu automobilů plynem si opět vzpomněli při nedostatku benzínu za ponorkové blokády v roce 1917 Angličané. Připevňovali na nákladní auta gumové vaky plněné svítiplynem z nízkotlakých plynovodů a používali plyn k pohonu místo benzínu“ [1].

S dalším používáním svítiplynu byly zjištěny mnohé zajímavé vlastnosti tohoto plynu. Mezi ně patří zejména velmi výhodná kupní cena oproti benzínu, snadné startování, a to i za velmi nízkých teplot a především výrazně ekologičtější provoz, což je dodnes jedna z nejfrekventovanějších otázek týkajících se plynových vozidel. Oproti tomu stojí jedna z hlavních nevýhod nestlačeného plynu, a tou je malý akční rádius, který se zpočátku pohyboval pouze v řádech desítek kilometrů. Vše tak jednoznačně směřuje k vývoji prostorově příznivějšími variantám zásobníků na stlačený zemní plyn a jeho využití v dopravě.

30. léta - Ve Francii se začíná pracovat na pohonu automobilu na stlačený plyn (v té době stále ještě svítiplyn). Postupně se tento nápad rozšiřuje do ostatních evropských zemí a dále za oceán. „Souběžně s rozvojem použití stlačeného svítiplynu byly prováděny pokusy s použitím i jiných plynů. Především metanu a kalového plynu“ [3].



Obrázek 2 - Plynová taxi v Birminghamu / 1940 [21]

1934 - Mezi nejmladší plynná motorová paliva patří zkapalněné uhlovodíkové plyny. „Tekutých plynů bylo poprvé použito v Porúří v roce 1934 k pohonu 50 nákladních automobilů. O tři roky později již jezdilo na území Říše 12 tisíc nákladních automobilů na tekutý plyn“ [3]

30. léta dále - V používání zemního plynu vévodí Itálie. Ta měla ve 30. letech 20. století velmi snadno dostupnou těžbu tohoto paliva. Následně se v Itálii rychle rozšířila

a zhoustla síť plnicích stanic zemního plynu. Proto se stává toto palivo v Itálii stále více atraktivním.

60. a 70. léta - Po druhé světové válce se dostaly do popředí opět klasické pohonné hmoty (benzín, nafta). Plyn se naopak začal používat ve větší míře až v 60. a 70. letech, kdy se technologie výroby nových materiálů, použitých v palivových plynových systémech, stále více zdokonaluje. Razantní navýšení počtu plynových vozidel spadá do 80. a zejména pak 90. let 20. století.



Obrázek 3 - Autobus Praga TO jezdil na nestlačený svítiplyn na trase Michle–Hostivař a zpět v letech 1944-45 [21]

1.2 Území České Republiky

- 1895 - V Českých zemích se objevuje automobil jako nový dopravní prostředek.
- 1936 - Jako palivo pro spalovací motory se začíná využívat plyn (svítiplyn).
- 1937 - Výstavba kompresní stanice na plyn v Hradci Králové.
- 30. léta - Pro pohon autobusů, nákladních a osobních vozidel se začíná používat svítiplyn i v Praze a dalších českých městech (V Praze kompresní stanice v Michli).
- 2. sv. válka - Z důvodu nedostatku benzínu zvýšení počtu tankovacích stanic stlačeného svítiplynu (v Praze přibýly stanice před Masarykovým nádražím a na Štvanici).
- 1944 - Zahájen provoz autobusu na nestlačený svítiplyn (linka Michle – Hostivař). Vhodné pouze pro dopravu v blízkém okolí tankovací stanice.
- 80. léta - Postupně se začíná rozšiřovat pohon Propan-Butanem (veliké množství automobilů jezdilo na plyn určený k vytápění).
- 90. léta - Schváleny první předpisy pro pohon vozidel na Propan-Butan, (první firmy zabývající se přestavbami a vznik čerpacích stanic LPG).
- 1981 - První přestavba na zemní plyn.

- 1989 - V provoz vystavena čerpací stanice na stlačený zemní plyn v Měcholupích (Praha) určena primárně pro autobusy.
- 1991 - V Praze prvních 5 autobusů na stlačený zemní plyn. Také se v tuto dobu začínají používat plynové autobusy v dalších městech, např. Havířov, Frýdek Místek, Uherské Hradiště (jednalo se o přestavby naftových motorů na plynové, český výrobce plynové autobusy nevyráběl a zahraniční byly příliš drahé).
- 1999 - Schváleny hromadné přestavby na zemní plyn (ty dlouhou dobu nebyly schváleny a to byl jeden z důvodů, proč se zpomalil dobře rozvíjející program plynofikace), pro celou řadu automobilů v závodě Škoda Mladá Boleslav. Škoda LIAZ ukončila vývoj motorů na zemní plyn pro autobusy.

2. Plynová paliva

2.1 Surovina zvaná Ropa

Co je to ropa

Je hořlavá kapalina tvořená směsí uhlovodíků (fossilního původu). Čili její původ sahá do dávné historie a zásoby jsou omezeny jejím množstvím a částečně také, nedosažitelnou polohou některých ložisek. Neodmyslitelně slouží k výrobě klasických paliv, technických kapalin, plastů a jiných průmyslových produktů. „Ropa je tekutá světle žlutá až temně černá hmota o hustotě 0,73 i přes 1 t/m³. Obsahuje 80 až 85 % uhlíku, 10 až 15 % vodíku, 4 až 7 % síry a v malé množství také dusík“ [1].

Vznik ropy

Vzhledem ke stáří ropy nelze s dostatečnou jistotou určit její přesný původ. Proto tuto surovinu provází dvě vzájemně si odporující teorie jejího původu – anorganická a organická:

Anorganická teorie - Pohrává si s takovou myšlenkou, kde vznik uhlovodíků byl způsoben reakcí vody s karbidy kovů. Tuto teorii zastával Mendělejev. Nebo také reakce oxidu uhelnatého s vodíkem, jako kosmická teorie, vycházející z poznání, že vodík a uhlovodíkové plyny tvoří na některých planetách hlavní složky atmosféry.

Organická teorie – Převážná většina populace dává přednost této teorii. Velký vliv má obdobný názor většiny vědců. Tato teorie nabízí myšlenku, kde ropa vznikla rozkladem hmoty živočišného a rostlinného původu, na němž se podíleli mikroorganismy. Postupná přeměna až v kapalnou ropu a zemní plyn napomohla migraci těchto surovin do spodních porézních geologických vrstev. Ty nyní tvoří samotná ložiska.

Výskyt a těžba ropy

Nachází se několik stovek až několik tisíc metrů pod povrchem ve vrchních vrstvách zemské kůry. Společně s ropou se nachází také zemní plyn, který ovšem má i svá samotná ložiska. Naleziště se vyskytují zejména mezi nepropustnými vrstvami okolních hornin.

Ropa může buďto při těžbě pod tlakem samovolně vyvěrat nebo může být čerpána. V dávných dobách vyvěrala na některých místech samovolně přímo na povrch a přisuzovaly se jí různé zázračné a blahodárné vlastnosti, proto byla používána pro různé i léčebné účely. Oproti tomu v dnešní době a relativně blízké minulosti (až 500 let zpět), kdy se výskyt poněkud redukuje, se preferuje těžba vrty. Tato těžba začíná vrtem až k samotnému ložisku, odkud ropa

putuje skrz těžební potrubí až k ropné věži (či pumpě). K těžbě se využívá tlaku zemního plynu, jenž se v ložisku nachází. Pokud tlak klesne pod určitou hranici a těžba již není dostatečně efektivní, přichází čas na zpětné čerpání zemního plynu, vzduchu či CO₂ zpět do ložiska, což umožní další navýšení celkového množství vytěžené ropy. Existují další metody, které napomáhají co možná nejvíce tuto hodnotu zvýšit. „Při všech známých a ekonomicky výhodných metodách se množství vytěžené ropy pohybuje až k 85 %“ [18] objemu ložiska. Závisí na druhu ropy a místě nálezu, pak se může vytěžené množství poměrně lišit.

2.2 Palivo jako ropný produkt

Rozdělení paliv

a) Uhlovodíková paliva

Klasická:

- benzín
- nafta

Alternativní plynová:

- LPG – zkapalněný ropný plyn (Liquified Petroleum Gas, známe také jako „Propan-Butan“)
- LNG – zkapalněný zemní plyn (Liquified Natural Gas)
- CNG – stlačený zemní plyn (Compressed Natural Gas)

b) Neuhlovodíková paliva

- vodík
- alkoholy (metanol, etanol)
- ethery (MTBE, ETBE)
- estery (MEŘO, EEŘO)

c) Biopaliva

- bioplyn, bionafta, bioethanol

d) Alternativní paliva

- Vodík, elektrický proud

Následující části práce již budou věnovány pouze o alternativním palivům benzín/LPG a benzín/CNG, jakožto nejrozšířenějších plynových paliv ve světě. Není tedy důležité blíže se zabírat ostatními druhy paliv.

2.3 Ropný plyn

Tento plyn, ač je ve skupině alternativních paliv, nelze označit v pravém slova smyslu jako alternativní vůči klasickým palivům. Hlavním důvodem je, že tento plyn vzniká jako vedlejší produkt při zpracování ropy v rafineriích a také při těžbě zemního plynu, kdy je oddělován od metanu jako kapalná frakce. Nicméně je oproti klasickým palivům znatelně ekologičtější. Pod zkratkou LPG se skrývá označení pro kapalný ropný plyn, tvořený zejména směsí uhlovodíků propanu (C_3H_8) a butanu (C_4H_{10}), dále skutečně malým množstvím síry a dalších nečistot a vyšších uhlovodíků, neobsahuje žádné olovo. Spalováním Propan-Butanu se tedy, pro jeho obsah, minimalizuje znečištění ovzduší.

Snadno se promísí se vzduchem, a tak vytváří velmi přijatelnou směs vzduchu s palivem uvnitř válce. To příznivě nahrává ke snadnému spálení nasáté směsi při spalovacím procesu zážehového motoru.

„Za normálních atmosférických podmínek se propan-butan vyskytuje v plynné formě. Poměrně snadno, ochlazením nebo stlačením, ho lze převést do kapalného stavu. V kapalném stavu zaujímá pouze 1/260 svého plynného objemu. Snadný přechod mezi oběma skupenstvími je pro praktické využití velmi výhodný.“ [1]

2.3.1 Výhody LPG jako alternativy benzínu

- Vytvoření vysoce kvalitní směsi paliva se vzduchem.
- Výrazně ekologičtější vůči klasickým palivům (LPG neobsahuje některé škodlivé látky, případně jen ve velmi omezené míře) – nižší hodnoty nežádoucích složek ve výfukových plynech.
- Ekonomická výhodnost - vzhledem k nižší ceně LPG oproti benzínu lze v některých případech ušetřit až o více než 40 % nákladů na pohonné hmoty.
- „Vysoká výhřevnost a vysoká antidetonační odolnost.“ [1]
- „Možnost dosažení lepší homogenity směsi.“ [1]
- „Nižší hlučnost a klidnější chod motoru.“ [2]
- Zvýšený akční rádius vozidla v případě přepínání pohonu LPG/benzín.

2.3.2 Nevýhody LPG jako alternativy benzínu

- Zvýšení celkové hmotnosti vozidla o zařízení LPG systému. To vede v některých případech i ke snížení maximálního počtu cestujících ve vozidle o jednu osobu.
- Dle umístění nádrže lze dosáhnout nežádoucí změny jízdních vlastností vozu.
- Umístěním nádrže uvnitř zavazadlového či užitkového prostoru se zmenší objem tohoto prostoru.

- Pravidelné kontrolní prohlídky v servisech s předepsanou kvalifikací.
- Dodržování větších bezpečnostních opatření (např. u oprav či garážování).
- Řidší síť čerpacích stanic (ovšem nyní není tato problematika již tak markantní).
- Vysoké pořizovací náklady (které se ovšem majiteli vrací již po zhruba 20-ti tisících ujetých kilometrech – cca 2 roky u běžného automobilu).

2.4 Zemní plyn

Vyskytuje se přímo v ložiskách ropy či v samostatných ložiskách, kde tvoří převážnou většinu (oproti ropě) objemu daného ložiska. Stejně tak jako u ropy existují i o zemním plynu hypotézy o jeho vzniku, které jsou v podstatě totožné. Zemní plyn lze těžit z podmořského dna i z povrchových vrtů. Oproti množství ropy, jejíž zásoba se odhaduje na zhruba 50-70 let, se zásoba a spotřeba zemního plynu pohybuje okolo 200 let. Z tohoto důvodu lze označit zemní plyn za poměrně perspektivní nerostnou surovinu.

„Zemní plyn sestává asi z 85 % metanu (CH₄ – jednoduchý uhlovodík bez barvy a zápachu, hořlavý, se vzduchem vybuchující plyn, vyskytující se často v přírodě, i jako bahenní či důlní plyn), z 10 % dusíku a oxidu uhličitého a z 5 % vyšších uhlovodíků“ [2].

„Těžený (přírodní) zemní plyn se podle složení dělí do čtyř základních skupin:

Zemní plyn suchý (chudý) - obsahuje vysoké procento metanu (95 – 98 %) a nepatrné množství vyšších uhlovodíků.

Zemní plyn vlhký (bohatý) - vedle metanu obsahuje vyšší podíl vyšších uhlovodíků.

Zemní plyn kyselý - je plyn s vysokým obsahem sulfanu (H₂S), který se v úpravárenských závodech před dodávkou zemního plynu do distribučního systému odstraňuje.

Zemní plyn s vyšším obsahem inertů - jedná se hlavně o oxid uhličitý a dusík“ [7].

Pro příklad si uveďme některé druhy zemního plynu používaného v Evropě:

Tabulka 1 – Složky zemního plynu ve vybraných regionech [15]

	metan	vyšší uhlovodíky	inerty
ČR naftový	97,7	1,7	0,6
ČR karbonský	92,5	2,2	6,3
Rusko	98,4	0,8	0,8
Norsko	93	4,9	2,1

Podobně jako ropný plyn i zemní plyn vytváří kvalitní směs se vzduchem a následné spalování pak probíhá opět velmi účinně. Zemní plyn lze skladovat v kapalném nebo stlačeném formě. Pokud mluvíme o CNG (Compressed Natural Gas) jedná se o stlačený zemní plyn vměstnaný do zásobníku vozidla pod tlakem 20 MPa. „Při tomto tlaku se objem plynu zmenší v poměru 200 : 1.“[1] Hovoříme-li o LNG (Liquified Natural Gas) pak touto zkratkou označujeme zemní plyn zkapalněný. Kapalného stavu se dosáhne ochlazením teplotou -162° C, což je značně technologicky náročné. „Při tomto způsobu se objem plynu zmenší přibližně 600krát“ [1].

2.4.1 Výhody CNG/LNG jako alternativy benzínu

- Podstatně nižší náklady vůči benzínu (zhruba 2-3x), v menší míře i oproti LPG.
- Nízké hodnoty škodlivých látek ve výfukových plynech a velmi malý vliv na skleníkový efekt, což je dáno složením zemního plynu.
- Podobně jako u LPG se daří lépe promístit palivo se vzduchem a tak dosáhnout lepší směsi ke spalování.
- Navýšení dojezdové vzdálenosti automobilu v případě přepínání mezi režimy CNG/benzín.
- V porovnání s benzinem, naftou a LPG je lehčí než vzduch.
- Nižší znečištění motoru a oleje, a tím prodloužení jejich životnosti.
- Vzhledem k několikrát větším zásobám zemního plynu na Zemi oproti ropě, se jeví zemní plyn perspektivnější pohonnou hmotou.
- Snadná distribuce zemního plynu již vybudovanými plynovody.
- Možnost vybudování domácích plnicích stanic, která je ovšem zároveň značně ekonomicky nevýhodná.

2.4.2 Nevýhody CNG/LNG jako alternativy benzínu

- Výrazně omezený počet plnicích stanic CNG, výhradně pak LNG.
- Vysoké náklady na přestavbu či navýšení ceny automobilu s pohonem CNG/LNG.
- Snížení objemu zavazadlového či užitkového prostoru vlivem umístění nádrže (to lze eliminovat například použitím speciálních nádrží umístěných na místo náhradního kola).
- Taktéž jako u Propan-Butanu, dodržování větších bezpečnostních opatření (např. u oprav či garážování).

2.5 Porovnání uhlovodíkových paliv z hlediska požární bezpečnosti

Tabulka 2 – Porovnání vlastností pohonných hmot [31]

Znak jakosti	Jedn.	Benzíny	Nafty	LPG (propan-butan)	Zemní plyn
Oktanové číslo, rozsah		91 – 98	-	100 - 110	128
Cetanové číslo, rozsah		-	51 - 55	-	-
Teplota vzplanutí	°C	- 20	55	-69 až - 60	152
Teplota hoření	°C	- 20	80	- 40	650
Teplota vznícení	°C	340	250	400-450	537
Teplota varu	°C	30 - 210	180 - 370	-42 až -0,5	- 161,6
Hustota při 15 °C	kg/m ³	720 - 775	800 - 845	502 - 579	0,678
Min. výhřevnost kap. fáze, resp. plynné fáze	MJ/kg MJ/m ³	43,5	41,8	46,5 94	34
Meze výbušnosti ve směsi se vzduchem	%	0,6 až 8	0,6 až 6,5	1,5 až 9,5	4,4 až 15
Třída nebezpečnosti		I.	III.	I.	IV.

3. Legislativa v České Republice

Podle slov pana inženýra Jana Žákovce, z Pražské plynárenské, a.s., lze obecně CNG legislativu rozdělit do 4 kategorií:

1. Legislativa CNG stanic (plnicí zařízení, rychloplnicí stanice).
2. Legislativa CNG vozidel (sériově vyráběné, přestavby, schvalování vozidel ...).
3. Legislativa provozu CNG vozidel (parkování, servis, vybavení dílen ...).
4. Legislativa emisní (EURO 5, EEV).

Tato část bude zaměřena především na body 2 a 3, čili legislativu CNG vozidel a legislativu provozu CNG vozidel. Ve stejném duchu budou takto pojata rovněž i vozidla s LPG pohonem. Následně si tedy představíme vybrané právní předpisy, normy a technické podmínky a doporučení týkající se pohonů jak na ropný tak na zemní plyn či těchto paliv samotných.

3.1 Právní předpisy týkající se plynových vozidel

Zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích

Prováděcí předpisy k zákonu jsou:

Vyhláška č. 302/2001 Sb., o technických prohlídkách a měření emisí vozidel zahrnuje:

Rozsah a způsob měření emisí a technických prohlídek. Přístroje a zařízení k tomu používaná, kterými zároveň musí být povinně vybavena příslušná měřicí stanice. Náležitosti protokolů souvisejících s měřením emisí a technickou prohlídkou (osvědčení o měření emisí a protokolu o technické prohlídce). Způsoby vyznačování provedených měření emisí a technických prohlídek. Druhy stanic technické kontroly.

Vyhláška MDS č. 341/2002 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích

Nahrazuje **vyhlášku č. 301/2001 Sb.**, a dále upravuje:

Schvalování technické způsobilosti vozidla. Podmínky pro přestavbu vozidla, povinnou výbavu a schvalování technické způsobilosti výbavy vozidla, podle kategorie vozidla. Umístění tabulky s registrační značkou. Druhy zkušebních stanic. Získávání odborné způsobilosti k provádění technických kontrol vozidel.

Vyhláška MDS č. 341/2002 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích

**Provoz vozidel poháněných zkapalněným ropným plynem
nebo stlačeným zemním plynem**

- (1) Při provozu a obsluze vozidel poháněných zkapalněným ropným plynem (dále jen "LPG") nebo stlačeným zemním plynem (dále jen "CNG") musí provozovatelé dodržovat tyto podmínky:
- (e) je zakázáno vjíždět do uzavřených skladovacích, garážních a obdobných prostorů, u nichž není výslovně povolen vjezd vozidel poháněných LPG nebo CNG,

Vyhláška MV č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb

Užívání stavby

- (8) V podzemní hromadné garáži určené pro veřejné užívání nelze parkovat vozidla s pohonem na plynná paliva

Podle inženýrky Markéty Schauhuberové (Manažerky České plynárenské unie) by od srpna roku 2011 měla platit nová vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb, podle níž by již koncem roku 2011 mohla parkovat vozidla na stlačený zemní plyn (CNG) ve všech, tedy i hromadných podzemních garážích pro veřejné užívání, zde za určitých technických podmínek. Ve většině států Evropské Unie, včetně sousedů České Republiky (Německo, Rakousko, Slovensko, aj.), toto dnes již možné je.

3.2 České technické normy

- ČSN 07 8304 Tlakové nádoby na plyn – Provozní pravidla.
- ČSN 07 8305 Kovové tlakové nádoby k dopravě plynů.
- ČSN 07 8508 Značení ocelových bežešvých lahví na plyn.
- ČSN 07 8509 Barevné označování kovových tlakových nádob k dopravě plynů pro technické účely.
- ČSN 07 8600 Kovové láhve na plyny. Uzavírací ventily pro nádoby na plyny. Rozdělení.
- ČSN 07 8616 Kovové láhve na plyny. Uzavírací ventily pro láhve na propan-butan. Rozměry.

- ČSN 07 8631 Kovové láhve na plyny. Uzavírací ventily pro láhve na plyny s plnicím přetlakem do 20 MPa. Rozměry.
- ČSN 63 5324 Hadice. Hadice pro propan-butan. Pracovní přetlak statický 2 MPa.
- ČSN 65 6480 Zkapalněné ropné plyny – Vzorkování.
- ČSN 65 6481 Zkapalněné ropné plyny – Topné plyny – Propan, butan a jejich směsi - Technické požadavky a metody zkoušení.
- ČSN 69 0010 Tlakové nádoby stabilní. Technická pravidla.
- ČSN 69 0012 Tlakové nádoby stabilní. Provozní požadavky.
- ČSN EN 417 Kovové nádoby na zkapalněné uhlovodíkové plyny pro jedno použití s ventilem nebo bez něho pro přenosné spotřebiče. Konstrukce, kontrola, zkoušení a značení.
- ČSN EN 1089-3 Lahve na přepravu plynů – Označování lahví.
- ČSN EN ISO 10286 Lahve na plyny – Terminologie.

3.3 Technická pravidla GAS (TPG)

- TPG 200 00 Skladování, prodej a doprava tlakových nádob se zkapalněnými uhlovodíkovými plyny.
- TPG 206 01 Láhve na zkapalněné uhlovodíkové plyny.
- TPG 206 21 Značení kovových tlakových lahví k dopravě plynu.
- TPG 301 01 Plnírny, přípravny, zkušebny a opravny kovových tlakových nádob k dopravě LPG.
- TPG 304 01 Čerpací stanice propan-butan pro motorová vozidla.
- TPG 403 01 Použití propan-butanu (LPG) k pohonu motorových vozidel.
- TPG 403 02 Zařízení na zkapalněné uhlovodíkové plyny (LPG) v žitných prostorách vozidel, v přívěsech a maringotkách.

3.4 Technická doporučení pro plynaře GAS (TDG)

- TDG 304 02 Plnicí stanice stlačeného zemního plynu pro motorová vozidla
- TDG 982 02 Podmínky provozu, oprav, údržby a kontroly motorových vozidel s pohonným systémem CNG.
- TDG 982 03 Plnicí zařízení pro motorová vozidla s pohonným systémem CNG

3.5 Předpisy Evropské hospodářské komise (EHK)

Přestaveb osobních automobilů na plynový pohon se zcela nebo částečně týkají:

- EHK 67 komponenty pro pohon vozidel LPG
- EHK 110 komponenty pro pohon vozidel CNG
- EHK 15 emise škodlivin ve výfukových plynech a spotřeba paliva
- EHK 83 emise škodlivin ve výfukových plynech
- EHK 84 spotřeba paliva
- EHK 85 čistý výkon motoru
- EHK 101 spotřeba paliva

Metodiky vydané MD o přestavbách automobilů na plynový pohon, určené pro montážní a kontrolní dílny, vycházejí zejména ze shora jmenovaných předpisů.

4. Značení plynofikovaných vozidel a významných prvků plynových systémů

4.1 Označování přestavěných vozidel

Všechna vozidla musí být označena nálepkou umístěnou:

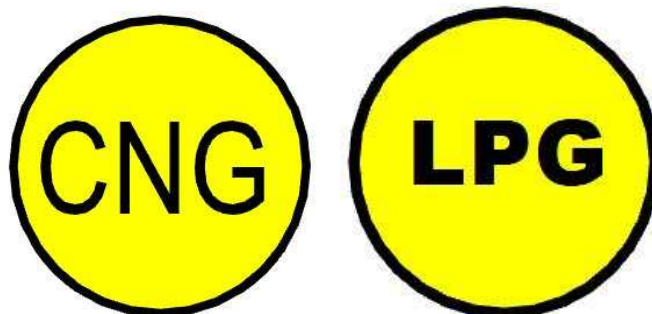
- na zadní části vozidla v pravém horním rohu, event. dolním rohu (pro vozidla kateg. M1 a N – viz obr. 1)
- vpředu, vzadu a na vnější straně pravostranných dveří (pro vozidla kateg. M2 a M3 – viz obr. 2)

4.1.1 Označování vozidel kategorie M1 a N samolepicí nálepkou

Podle předpisu EHK č. 115 v platném znění

Barevné provedení:

Pozadí:	žlutá chromová střední
Ohraničení a písmena:	černá
Rozměry:	viz příloha A1



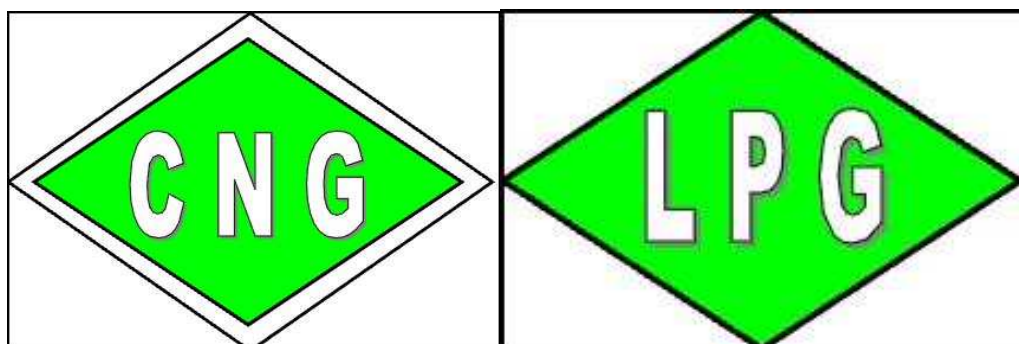
Obrázek 4 – Označení vozidel kategorie M1 a N – samolepicí nálepka [11] [12]

4.1.2 Označování vozidel kategorie M2 a M3 samolepicí nálepkou

Podle předpisu EHK č. 110 (respektive EHK č. 67) v platném znění

Barevné provedení:

Pozadí:	zelená
Ohraničení a písmena:	bílá nebo reflexní bílá
Rozměry:	viz příloha A2



Obrázek 5 – Označení vozidel kategorie M2 a M3 – samolepicí nálepka [11] [12]

4.1.3 Ustanovení pro identifikační označení „CNG“ pro vozidla veřejných služeb

„Označení je tvořeno samolepkou, která musí být odolná proti povětrnostním vlivům. Barvy a rozměry samolepky musí splňovat následující požadavky.

Barevné provedení:

Pozadí:	zelené
Okraj a písmena:	bílá nebo bílá reflexní
Rozměry:	viz příloha A2

Zkratka „CNG“ musí být vystředěna na střed samolepky“ [8].



Obrázek 6 – Označení „CNG“ vozidel veřejných služeb – samolepicí nálepka [8]

4.2 Označování jednotlivých komponentů

Veškeré vybavení musí být vyrobeno tak aby na jeho povrchu byl prostor pro umístění označení (homologační značky). Tento prostor musí být uveden na výkresech těchto částí.

4.2.1 Příklady uspořádání homologační značky

Značení komponentů palivových systémů pro oba dva druhy alternativních paliv se od sebe prakticky neliší. Pro příklad si uvedeme dva druhy značení. V prvním případě se jedná o udělení homologace v souladu s jedním předpisem, v druhém případě o udělení homologace v souladu s dvěma předpisy. Vzory jsou uvedeny pro komponenty CNG, pro LPG platí to samé, pouze s patřičnými obměnami.

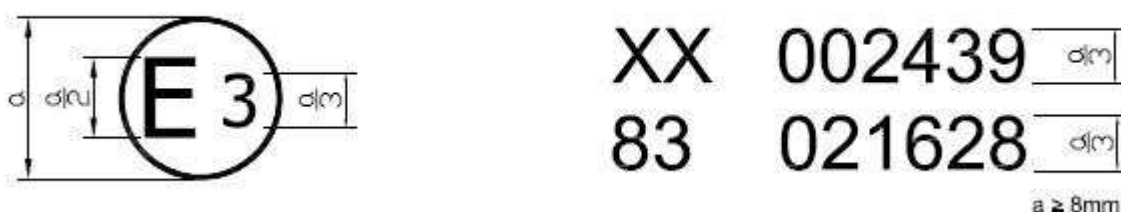
Vzor A



Obrázek 7 – Označování komponentů plynového systému (Vzor A) [8]

„Výše uvedená homologační značka, kterou je označeno vozidlo, informuje, že vozidlo bylo s ohledem na montáž CNG-systému pro použití CNG k jeho pohonu homologováno v Itálii (E3) dle předpisu č. XX, pod homologačním číslem 002439. První dvě číslice „00“ homologačního čísla udávají, že homologace byla udělena v souladu s požadavky Předpisu č. XX v jeho původním znění“ [8].

Vzor B



Obrázek 8 – Označování komponentů plynového systému (Vzor B) [8]

„Výše uvedená homologační značka, kterou je označeno vozidlo informuje, že vozidlo bylo s ohledem na montáž CNG-systému pro použití CNG k jeho pohonu homologováno v Itálii (E3) dle předpisu č. XX, pod homologačním číslem 002439. První dvě číslice homologačního čísla udávají, v době homologace byla homologa udělena v souladu s požadavky Předpisu č. XX v jeho původním znění a Předpis č. 83 zahrnoval 02 serii změn“ [8].

4.2.2 Značení tlakových lahví

Výrobce musí zabezpečit jasné a trvalé označení, které musí být čitelné, minimálně 6mm vysoké. Provedení musí být dle předepsaných způsobů tak, aby bylo odolné proti okolním vlivům. Označení musí být umístěno tak, aby nebylo zastíněno montážními podpěrami.

Každá vyhovující tlaková nádoba musí být označena následovně:

Povinné informace pro tlakové láhve CNG [8]

- „POUZE CNG“.
- „NEPOUŽÍVAT PO XX/XXXX“, kde XX/XXXX udává měsíc a rok vypršení lhůty použití (Datum vypršení lhůty použití nesmí překročit stanovenou životnost).
- Identifikace výrobce.
- Identifikace láhve (číslo vyznačující účel použití a výrobní číslo).
- Pracovní tlak a teplota.
- Číslo EHK Předpisu spolu s označením typu láhve a číslem certifikace.
- Přetlakové zařízení a/nebo ventily, které jsou určeny pro použití spolu s láhví nebo prostředky pro získání informace o kvalifikovaném systému ochrany proti ohni.
- Je-li použito nálepek, pak všechny láhve musí mít zvláštní identifikační číslo vyražené na obnaženém kovovém povrchu k zajištění sledování v případě, že nálepka bude zničena.

Každá nádrž musí také mít štítek pro vyznačení následujících dat:

- Výrobní číslo.
- Obsah v litrech.
- Označení „CNG“.
- Provozní tlak/zkušební tlak [Mpa].
- Hmotnost [kg].
- Roka a měsíc homologace (např.: 96/01).
- Homologační značka.

Nepovinné informace [8]

- Teplotní rozmezí plynu, např.: -40° C až 65° C
- Nominální vodní objem láhve dvěma podstatnými výrazy, např.: 120 l
- Datum původní tlakové zkoušky (měsíc a rok)

Příklad značení [8]

Značení musí být umístěno v navazujícím sledu, ale uspořádání se může lišit dle vymezeného prostoru. Přijatelný způsob povinných informací uvádí následující příklad:

POUZE CNG
NEPOUŽÍVAT PO ../...
Výrobce/Číslo dílu/Výrobní číslo
20 MPa / 15°C
ECE XXXX CNG-2 (číslo certifikace)
"Použít pouze výrobcem schválené přetlakové zařízení"

Obrázek 9 – Příklad značení tlakových lahví CNG [8]

Povinné informace pro tlakové láhve LPG [7]

Každá nádrž musí mít přivařený štítek pro vyznačení jasně čitelných a nesmazatelných následujících dat:

- Výrobní číslo.
- Obsah v litrech.
- Označení „LPG“.
- Zkušební tlak [bar].
- Formulaci: „maximální stupeň plnění: 80 %“.
- Rok a měsíc homologace (např.: 99/01).
- Homologační značku dle vzoru A nebo B.
- Označení „ČERPADLO UVNITŘ“ a označení identifikující čerpadlo, když je montováno uvnitř nádrže.

5. Přestavby vozidel

5.1 Sériově vyráběné automobily

Sériově vyráběné automobily představují nejjednodušší a zřejmě nejefektivnější variantu přestaveb. Přímou při vývoji automobilu lze předem určit například místa k zabudování palivových nádrží takovým způsobem, aby ubíraly co nejméně místa z užitkového prostoru vozidla.

5.2 Jednotlivá (typová) přestavba

Každý z montážních servisů musí mít povolení k hromadným přestavbám, ke každému z typů vozidel, které má zájem přestavovat. Toto povolení vydává Ministerstvo dopravy ČR.

5.3 Individuální přestavba

Provádí se u automobilů, u nichž daný montážní servis nemá povolení k typovým přestavbám. Tento automobil musí projít kontrolou plynové zástavby a splnění emisních limitů v uznané státní zkušebně. Uznané zkušebny v České Republice jsou uvedeny v následujícím přehledu.

- TÜV SÜD (dříve VÚMV) Praha
- DEKRA Automobil (dříve ÚSMD) Praha, České Budějovice
- Pardubice

Následně je nutné zažádat o zapsání do technického průkazu na příslušném Dopravním inspektorátu, který předem určí podmínky přestavby. Po splnění podmínek a předložení potřebných dokumentů je přestavba zapsána do technického průkazu.

6. Základní pojmy, definice a klasifikace konstrukčních částí [7, 8]

Jednotlivé prvky v plynových palivových systémech, užívaných ve vozidlech, jsou zařazeny do tříd, a to s ohledem na pracovní tlak a funkci. U CNG jsou to třídy 0, 1, 2, 3, 4 kde do třídy 0 spadají prvky podléhající nejvyšším tlakům. Ve třídě 4 pak tlaky dosahují nižších hodnot.

U konstrukčních částí LPG se objevují třídy 1, 2, 2A, 3, kde rozdělení je obdobné jako u CNG, jen s malým rozdílem. Třída 3 podléhá stejným zatížením jako třída 1, ovšem prvky třídy 3 plní zásadně funkci bezpečnostní.

Pro snadné zařazení prvků do adekvátní třídy existují algoritmy. Pokud si položíme otázku, za jakého tlaku musí konkrétní prvek bezpečně pracovat, lze ho pak dále zařadit do dané třídy (viz příloha D pro komponenty CNG a příloha E pro komponenty LPG).

6.1 Základní pojmy a jednotlivé části

CNG a LPG systémy jsou si velmi podobné. Přesto mezi nimi existují zásadní rozdíly. Především systémy LPG všeobecně pracují s daleko menšími tlaky oproti systémům CNG a zadruhé u systémů LPG se pracuje částečně s kapalnou fází a následně pak s plynnou fází oproti CNG, kde se pracuje pouze se stlačeným plynem. Za zmínku také stojí uvést, že velikost tlaku v tlakových lahvích u LPG systémů s úbytkem LPG zůstává stále stejná na rozdíl od CNG systémů, kde velikost tlaku s úbytkem plynu z tlakových lahví postupně klesá.

Dle předpisů EHK č. 67 a EHK č. 110 si uveďme základní pojmy, se kterými se dále můžeme setkat, případně si některé dále rozvedeme (v případě že bude daný pojem či část předmětem pouze systému LPG nebo naopak systému CNG bude toto názvosloví označeno (LPG) pro systémy LPG a (CNG) pro systémy CNG).

Dále pak pokud je prvek označen symbolem:

- 1) Palivový systém LPG musí obsahovat alespoň tyto části
- 2) Palivový systém CNG musí obsahovat alespoň tyto části
- 3) Palivový systém LPG tento prvek může zahrnovat. Nemusí jej zahrnovat, pokud je jeho funkce plněna jiným způsobem, jiným prvkem či není bezpodmínečně nutno tento prvek řadit do palivového systému.
- 4) Palivový systém CNG tento prvek může zahrnovat. Nemusí, pokud je jeho funkce plněna jiným způsobem, jiným prvkem či není bezpodmínečně nutno tento prvek řadit do palivového systému.

- „**Tlak**“ – relativní tlak vzhledem k atmosférickému tlaku, pokud není stanoveno jinak.
- „**Servisní tlak**“ – ustálený tlak při jednotné teplotě plynu 15° C.
- „**Zkušební tlak**“ – tlak jakému je konstrukční část vystavena během prováděné zkoušky.
- „**Pracovní tlak**“ – maximální tlak, na jaký je konstrukční část navržena, a ze kterého se vychází při posuzování silového namáhání konstrukční části.
- „**Pracovní teploty**“ – maximální hodnoty teplotních rozsahů, ve kterých bezpečnost a řádná funkce zvláštních konstrukčních částí je zaručena, a pro které jsou konstrukční části navrženy.
- „**Provozní tlak**“ – znamená tlak za normálních provozních podmínek.
- „**Maximální provozní tlak**“ – maximální tlak uvnitř konstrukční části, na který může tlak vzrůst během provozu.
- „**Klasifikační tlak**“ – maximální dovolený provozní tlak uvnitř konstrukční části podle klasifikace.

„**Zvláštní vybavení/konstrukční část**“

1. **Nádrž (nebo tlaková lahev)** – jakákoliv nádoba použitá pro skladování zkapalněného ropného plynu /stlačeného zemního plynu.

a) **Nádrže LPG** ¹⁾:

- Standardní válcová s válcovým pláštěm, dvěma miskovitými dny a to buď torisférickými nebo eliptickými a požadovanými otvory.
- Speciální, jiná než standardní válcová (eliptická, toroidní, dvojitá, dvojnásobná).

b) **Tlakové láhve CNG v provedení** ²⁾:

CNG-1: celokovová.

CNG-2: kovová vložka vyztužená spojitým vláknem impregnovaným pryskyřicí (obručovitě ovinutá).

CNG-3: kovová vložka vyztužená spojitým vláknem impregnovaným pryskyřicí (plně ovinutá).

CNG-4: spojitě vlákno impregnované pryskyřicí s nekovovou vložkou (plně kompozitní).

2. **Příslušenství připojené k nádrži (tlakové lahvi)** – znamená zejména následující konstrukční části, připevněné k nádrži buď jednotlivě, nebo v kombinaci:

- a) **80ti procentní uzavírací ventil (LPG)** ¹⁾ – zařízení omezující naplnění nádrže maximálně na 80 procent jejího obsahu.
 - b) **Stavoznak (LPG)** ¹⁾ – zařízení k ověření úrovně hladiny v nádrži.
 - c) **Přetlakový ventil (odpouštěcí ventil)** ^{1) 4)} – zařízení k omezení přetlaku vytvořeného v nádrži.
 - d) **Přetlakové zařízení (iniciované teplotou)** ²⁾ – viz níže.
 - e) **Dálkově ovládaný provozní (obslužný) ventil s přepadovým ventilem (LPG, CNG)** ¹⁾ – zařízení, které dovoluje zavést a přerušit dodávku LPG k odpařovači/regulátoru tlaku, dálkově ovládaný znamená, že provozní ventil je ovládán elektronickou řídicí jednotkou; když je motor v klidu, je ventil uzavřen; přepadový ventil znamená zařízení k omezení průtoku LPG (CNG).
 - f) **Palivové čerpadlo (LPG)** ³⁾ – viz níže.
 - g) **Víceúčelový (bezpečnostní nebo také čtyřcestný) ventil (LPG, CNG)** – zařízení obsahující celé nebo jen části příslušenství (více se tomuto zařízení budeme věnovat v kapitole 8).
 - h) **Plynotěsná skříň** – viz. níže v kapitole 8.
 - i) **Elektrická průchodka nádrže (LPG)** ³⁾ – (pro palivové čerpadlo/ovladače/palivový stavoznak)
 - j) **Ruční ventil** ²⁾ – viz níže v kapitole 8
 - k) **Tlakový snímač/ukazatel** ^{3) 2)}
3. **Odpařovač (výparník) (LPG)** ¹⁾ – zařízení určené k odpaření LPG z kapalného stavu do stavu plynného.
 4. **Regulátor tlaku** ¹⁾²⁾ – zařízení určené k redukci a regulaci tlaku zkapalněného ropného plynu/stlačeného zemního plynu.
 5. **Uzavírací ventil (dálkově řízený)** ¹⁾ – zařízení k uzavření toku plynu.
 6. **Automatický ventil** ²⁾ – ventil, který není ovládán ručně.

7. **Ruční ventil** ²⁾ – ruční ventil, pevně spojený s tlakovou lahví.
8. **Nastavovač průtoku plynu (CNG)** ²⁾ – zařízení omezující průtok plynu umístěné za tlakovým regulátorem, řídící tok plynu k motoru.
9. **Zařízení pro vstřik plynu, nebo vstřikovač nebo směšovač plynu** ^{1) 2)} – zařízení, které přivádí tekutý, odpařený nebo plynný plyn do vstupu motoru.
10. **Dávkovací jednotka plynu** ³⁾⁴⁾ – zařízení, které odměřuje a/nebo distribuuje proud plynu k motoru a může tak být buď kombinovaná se vstřikovacím zařízením pro vstřik plynu, nebo samostatná.
11. **Plnicí jednotka nebo plnicí hrdlo** ^{1) 2)} – zařízení umožňující plnění nádrže; u systémů LPG může být plnicí jednotka realizována integrací do 80ti procentního uzavíracího ventilu nebo do vnější přípojky na vnější straně vozidla.
12. **Zpětný ventil** ^{3) 4)} – automatický ventil, který dovoluje plynu proudit pouze jedním směrem.
13. **Přepadový ventil** ^{1) 2)} – (zařízení omezující nadměrný průtok) zařízení, které automaticky uzavře nebo omezí proud plynu, když proudění překročí stanovenou hodnotu.
14. **Přetlakový ventil tlakového (plynového) potrubí** ^{3) 4)} – zařízení k zabránění růstu tlaku v trubkách nad nastavenou hodnotu.
15. **Přetlakové zařízení iniciované teplotou** ^{1) 2)} - zařízení určené pro jedno použití iniciované překročením teploty a/nebo tlaku, odvádějící plyn za účelem zamezení roztržení tlakové láhve
16. **Filtrační jednotka** ^{3) 4)} – ochranná přepážka, která odstraňuje cizí úlomky z proudu plynu.
17. **Tlakový nebo teplotní snímač/ukazatel** ²⁾ – zařízení, které měří teplotu nebo tlak.
18. **Palivové čerpadlo (LPG)** ³⁾ – zařízení k zavedení dodávky tekutého LPG do motoru zvýšením tlaku v nádrži prostřednictvím přívodního tlaku palivového čerpadla.
19. **Servisní spojka** ³⁾ – (pouze pro jednopalinová vozidla a bez systému pro nouzové dojetí) připojení ve vedení paliva mezi nádrží a motorem. Pokud jednopalinovému vozidlu dojde palivo, vozidlo může být provozováno prostřednictvím rezervní palivové nádrže, která může být připojena do servisní spojky.

- 20. Servisní ventil** ³⁾ - odpojovací ventil, který je uzavřen pouze v případě provádění servisních prací.
- 21. Plynotěsná skříň** ^{3) 2)} - zařízení odvětrávající unikající plyn vlivem netěsností mimo vozidlo; zahrnuje i **odvětrávací hadici**.
- 22. Fitink** ^{1) 2)} - potrubní armatura
- 23. Elektronická řídicí jednotka** ^{1) 2)} – zařízení, které řídí požadavky motoru na plyn a ostatní parametry motoru, a automaticky uzavírá automatický (uzavírací) ventil/y, pokud to vyžadují bezpečnostní důvody.
- V případě LPG systému nesmí být prodleva v uzavření provozního ventilu po zastavení motoru větší než 5 vteřin. Porucha elektronického systému vozidla nesmí vézt k otevření kteréhokoliv ventilu.
- 24. Palivová lišta** ³⁾ – palivová trubka nebo kanál, která(ý) spojuje palivové vstřikovací zařízení.

7. Technická řešení systémů alternativních pohonů benzín/LPG a benzín/CNG

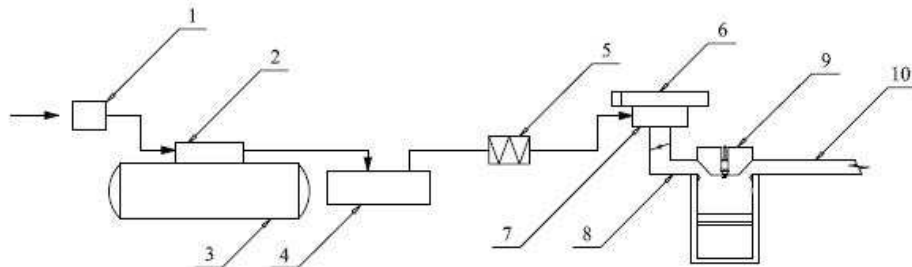
V této kapitole nejsou zahrnuty přestavby plyn/nafta přestože v 80. letech 20. století byla alternativa nafta/CNG zkoušena, dokonce s velmi kladnými výsledky a to, jak se spotřebou plynu, tak i s rychlostí vozidla (autobusu). S danou přestavbou ovšem souvisí i nemalé finanční náklady, zvláště při výzkumu. A to byl kámen úrazu, protože tyto přestavby byly a jsou velmi nákladné oproti přestavbám benzín/LPG či benzín/CNG.

Jednopalivová (monofuel) Motor je určen výhradně pro jeden druh paliva.

Dvoupalivová (bifuel) Motor je určen pro dva druhy paliv (benzín či nafta a zároveň alternativní palivo - plyn).

Smíšená (dual fuel) Využívá současně alternativní a klasické palivo.

7.1 Motor s karburátorem bez řízeného katalyzátoru výfukových plynů

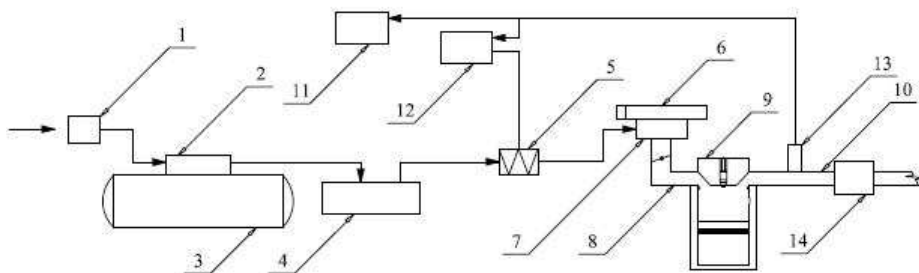


Obrázek 10 – Schéma palivového systému LPG u karburátorového motoru bez řízeného katalyzátoru výfukových plynů [4]

Hlavní části systému:

1 – plnicí hrdlo, 2 – příslušenství nádrže (včetně víceúčelového ventilu), 3 – tlaková nádoba na LPG (či CNG), 4 – výparník (reduktor), 5 – škrticí prvek (pevně nastavený), 6 – filtr nasávaného vzduchu, 7 – směšovač, 8 – karburátor a sací potrubí, 9 – motor (jeho vybraná část), 10 – výfukové potrubí

7.2 Motor s řízeným katalyzátorem výfukových plynů

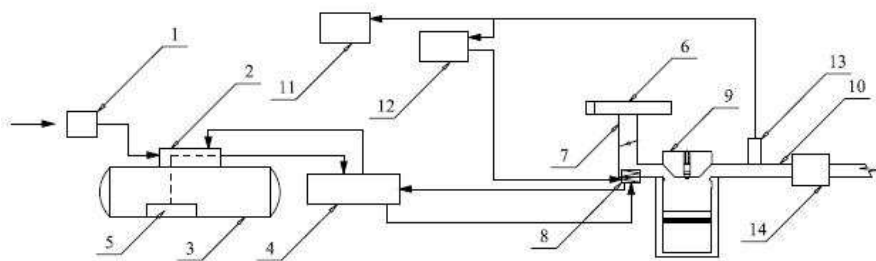


Obrázek 11 -Schéma palivového systému LPG u automobilu s řízeným katalyzátorem výfukových plynů [4]

Hlavní části systému:

1 – plnicí hrdlo, 2 – příslušenství nádrže (včetně víceúčelového ventilu), 3 – tlaková nádoba na LPG (či CNG), 4 – výparník (reduktor), 5 – škrticí prvek (s proměnlivým nastavením), 6 – filtr nasávaného vzduchu, 7 – směšovač, 8 – karburátor a sací potrubí, 9 – motor (jeho vybraná část), 10 – výfukové potrubí, 11 – řídicí jednotka pro benzínový pohon, 12 – řídicí jednotka pro pohon LPG (či CNG), 13 – lambda sonda, 14 - trojčinný katalyzátor

7.3 Motor s řízeným katalyzátorem výfukových plynů a vstřikováním paliva

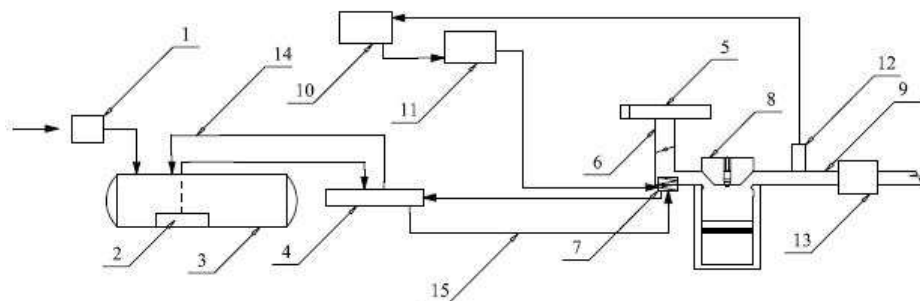


Obrázek 12 – Schéma palivového systému LPG u automobilu s řízeným katalyzátorem a vstřikováním plynné směsi paliva [4]

Hlavní části systému:

1 – plnicí hrdlo, 2 – příslušenství nádrže (včetně víceúčelového ventilu), 3 – tlaková nádoba na LPG (či CNG), 4 – výparník, 5 – čerpadlo, 6 – filtr nasávaného vzduchu, 7 – sací potrubí, 8 – vstřikovač paliva (LPG či CNG), 9 – motor (jeho vybraná část), 10 výfukové potrubí, 11 – řídicí jednotka pro benzínový pohon, 12 – řídicí jednotka pro pohon LPG (či CNG), 13 – lambda sonda, 14 - trojčinný katalyzátor

7.4 Motor s řízeným katalyzátorem výfukových plynů a vstřikváním kapalné směsi paliva



Obrázek 13 – Schéma palivového systému LPG u automobilu s řízeným katalyzátorem a vstřikváním kapalné směsi paliva [27]

Hlavní části systému:

1 – plnicí hrdlo, 2 – čerpadlo, 3 – tlaková nádoba na LPG, 4 – regulátor tlaku, 5 – filtr nasávaného vzduchu, 6 – sací potrubí, 7 – vstřikovač LPG, 8 – motor (jeho vybraná část), 9 – výfukové potrubí, 10 – řídicí jednotka pro benzínový pohon, 11 – řídicí jednotka pro pohon LPG, 12 – lambda sonda, 13 – trojčinný katalyzátor, 14 – tlakové potrubí, včetně zpětného, 15 tlakové potrubí, včetně zpětného.

Poslední varianta není u CNG stále ještě zcela běžná, nicméně nebude jistě trvat dlouho a s tímto řešením se budeme moci častěji setkat i u CNG. Tedy jako nejmodernější způsob dodávky zemního plynu do spalovacího prostoru, lze označit „vstřikování“, neboli vstřikování plynu ve stavu plynném.

8. Prvky palivových plynových systémů (LPG a CNG), plnicí zásadní bezpečnostní funkce, jejich principy a pracovní okruhy [7, 8]

U následujících funkčních částí jsou zdůrazněny meze a velikosti hodnot, případně typy zkoušek z ustanovení pro homologaci obsažené v předpise EHK č. 67 pro LPG a pro CNG jsou to ustanovení pro homologaci v předpise EHK č. 110.

Dále je v této kapitole pojednáno zvláště o prvcích, které jsou dle předem jmenovaných předpisů zásadně označovány jako bezpečnostní prvky, a dále o prvcích, které obdobnou funkci také plní. Z tohoto důvodu zde dále nebudeme hovořit například o armaturách, fitinkách nebo o elektronické řídicí jednotce a podobně, jejichž funkce je pro tuto práci bezpředmětná.

Požadavky na jednotlivé prvky pro palivové systémy LPG budou níže pod nadpisy LPG a pro palivové systémy CNG pod nadpisy CNG, a to pro přehlednost u každého prvku zvlášť (pokud se u prvku nenachází LPG či CNG, nejedná se o chybu, to pouze prvek pro daný systému není předepsán).

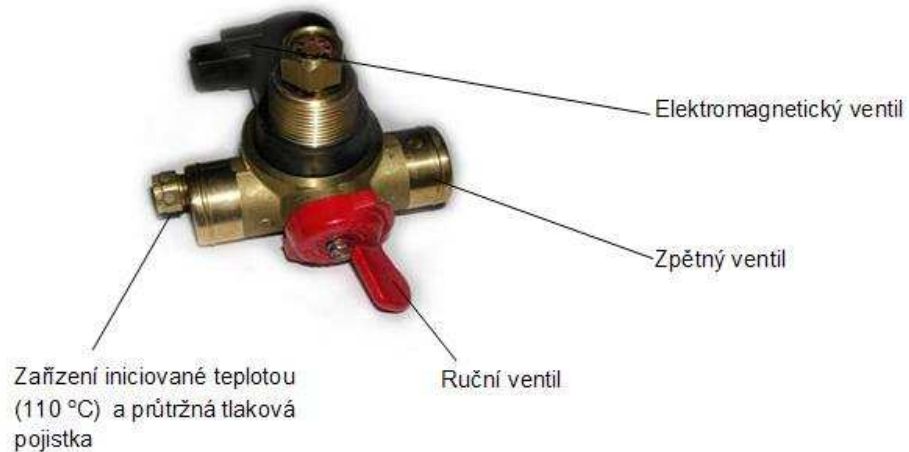
Předepsané zkoušky pro jednotlivé prvky LPG systému jsou v příloze F. V Příloze G jsou zkoušky pro jednotlivé Třídy CNG systémů (Po zařazení prvku do CNG Třídy lze zjistit jakým bude podléhat zkouškám). Jednotlivým zkušebními postupům se věnuje příloha B, kde jsou zkoušky stručně popsány.

Multiventil (Víceúčelový ventil, bezpečnostní ventil, čtyřcestný ventil)

Zařízení připojené k hrdlu nádrže, obsahující celé nebo jen část příslušenství níže jmenované (závisí, je-li předepsáno pro LPG či CNG systém, více v podkapitole 6.1):

- 80ti procentní uzavírací ventil
- Stavoznak
- Přetlakový odpouštěcí ventil
- Dálkově ovládaný provozní (obslužný) ventil
- Přepadový ventil
- Ruční ventil
- Přetlakové zařízení iniciované teplotou
- Zpětný ventil

Na tento soubor bezpečnostních prvků jsou kladeny takové požadavky na zkoušky, které jsou kladeny na jednotlivé prvky obsažené v tomto zařízení. Proto více pro jednotlivé konstrukční části viz. níže.



Obrázek 14 – Bezpečnostní ventil systému CNG (hlavní části) [24]

80ti procentní uzavírací ventil (LPG)

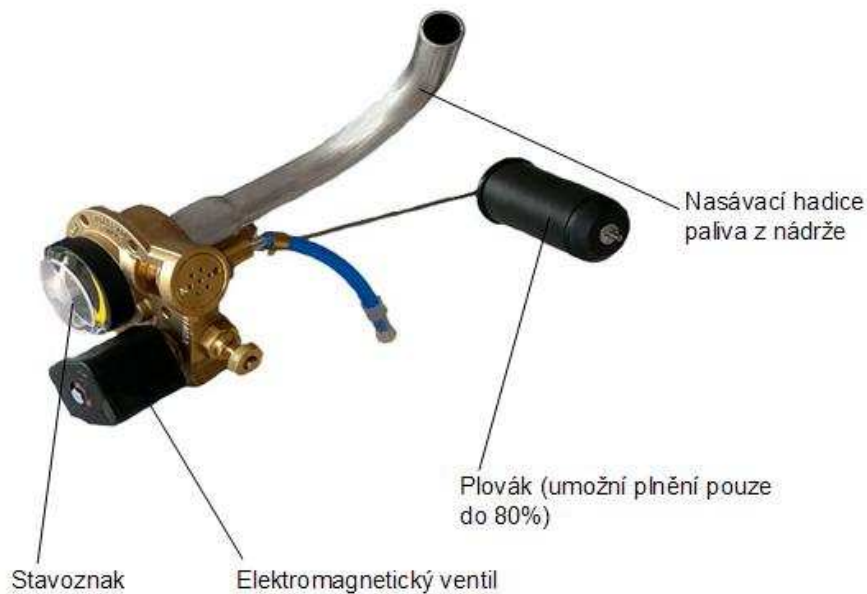
LPG

- Uzavírací jednotka zařízení, omezuje plnění na 80 % +0/-5 % objemu nádrže. Uzavírací jednotka zařízení musí odolat tlaku 6 750 kPa, aniž překročí průtok 500 cm³/minutu.
- Spojení mezi plovákem a uzavíracím 80ti procentním ventilem uzavíracího ventilu se nesmí deformovat při normálních provozních podmínkách.
- Pokud tento ventil obsahuje plovák, pak musí tento ventil odolat vnějšímu tlaku 4 500 kPa.
- Neobsahuje-li tento ventil plovák, nesmí být v uzavřené poloze pokračováno v plnění nádrže rychlostí plnění přesahující 500 cm³/min.
- V případě ventilu aktivovaného elektrickou/externí energií, musí být tento ventil při vypnutém přívodu energie v poloze „zavřeno“.

Klasifikační tlak: 3 000 kPa

Konstrukční teploty: -20° C do 65° C

Pro teploty přesahující výše uvedené hodnoty, jsou vyžadovány zvláštní podmínky zkoušky.



Obrázek 15 – Víceúčelový ventil systému LPG (hlavní části) [23]

Přetlakový ventil (odpouštěcí ventil)

LPG

- Musí být montován uvnitř nebo vně nádrže, v oblasti kde je palivo v plynném stavu.
- Musí být otevřen (se otevřít) při tlaku 2 700 +/- 100 kPa.

Nesmí vykazovat vnitřní netěsnost do 2 600 kPa

Klasifikační tlak: 3 000 kPa

Konstrukční teploty: -20° C do 65° C

Pro teploty přesahující výše uvedené hodnoty, jsou vyžadovány zvláštní podmínky zkoušky.

CNG

- Přetlakový ventil Třídy 0, musí být konstruován tak, aby odolal 1,5 násobku pracovního tlaku (MPa).
- Přetlakový ventil Třídy 1 a 2, musí být konstruován tak, aby byl těsný při rovnajícím se 2 násobku pracovního tlaku při uzavřených výstupech.
- Přetlakový ventil Třídy 0 musí být konstruován tak, aby pracoval při teplotách od -40° C do 85° C.

Dálkově ovládaný provozní (obslužný) ventil s přepadovým ventilem

LPG

- V případě ventilu aktivovaného elektrickou/externí energií, musí být tento ventil při vypnutém přívodu energie v poloze „zavřeno“.
- Provozní (obslužný) ventil musí odolat tlaku 6 750 kPa v otevřené a uzavřené poloze a dále pak tento ventil nesmí v uzavřené poloze vykazovat vnitřní únik ve směru proudění. Může být, ale netěsný v opačném směru.

Klasifikační tlak: 3 000 kPa

Konstrukční teploty: -20° C do 65° C

Pro teploty přesahující výše uvedené hodnoty, jsou vyžadovány zvláštní podmínky zkoušky.

Přepadový ventil

CNG

- Pokud není součástí tlaku, musí odolat tlaku rovnajícímu se 1,5 násobku pracovního tlaku (MPa). Jinak musí být těsný při tlaku rovnajícímu se 1,5 násobku pracovního tlaku (MPa).
- Musí být konstruován tak, aby pracoval při teplotách uvedených v příloze B (Pracovní teploty).

Tlakový ventil musí:

- být namontován uvnitř nádrže,
- konstruován s obtokem, k umožnění tlakového vyrovnání,
- uzavřít při tlakovém rozdílu na ventilu 650 kPa.

Ve chvíli, kdy je přepadový ventil v uzavřené poloze, průtok obtokem nesmí překročit 0,05 normálních m³/minutu při tlakovém rozdílu 10 000 kPa.

Nemusí vyhovovat zkouškám přetlaku, vnější těsnosti, odolnosti proti suchému teplu a stárnutí v ozonu.

Automatický ventil

CNG

- Musí být konstruován tak aby odolal tlaku rovnajícímu se 1,5 násobku pracovního tlaku (MPa) bez úniku a deformací a zároveň musí být při tomto tlaku těsný.

- Automatický ventil v pracovní poloze stanovené výrobcem se vystaví 20 000 operací, pak je deaktivován. Dále pak musí zůstat těsný při tlaku rovnajícím se 1,5 násobku pracovního tlaku (MPa).
- Musí být konstruován tak aby pracoval při teplotách uvedených v příloze B (Pracovní teploty).
- Elektrický systém, pokud existuje, musí být izolován od tělesa automatického ventilu. Isolační odpor musí být $> 10\text{M}\Omega$.
- Pokud je aktivovaný elektrickým proudem, musí být v pozici „zavřeno“, když je proud vypnutý.

Plynotěsná skříň s odvětrávací hadicí

LPG

- Výstup z plynotěsné skříně musí mít celkový volný průřez alespoň 450 mm^2 . Musí být těsná při tlaku 10 kPa s uzavřeným(i) otvorem(ry) maximálně dovolený únik je $100\text{ cm}^3/\text{h}$ par a nesmí vykazovat trvalé deformace.
- Musí být konstruována takovým způsobem, aby odolala tlaku 50 kPa.

Klasifikační tlak: nepoužije se

Konstrukční teploty: -20°C do 65°C

Pro teploty přesahující výše uvedené hodnoty, jsou vyžadovány zvláštní podmínky zkoušky.



Obrázek 16 – Plynotěsná skříň [29]



Obrázek 17 – Umístění plynotěsné skříně [30]

CNG

- Nádrž musí být vybavena plynotěsnou skříní, je-li to nezbytné.
- Musí být připevněna na nádrži, pokud nádrž(e) není vně vozidla.
- Musí být propojena do atmosféry.

- Odvětrávací otvor nesmí ústít do podběhu kola ani být směřován k tepelnému zdroji.
- Hadice či výstupní průchodka pro odvětrání plynotěsné skříně musí mít světlost minimálně 450 mm².
- Plynotěsná skříň a spojovací hadice musí být plynotěsné při tlaku 10 kPa bez jakýchkoliv trvalých deformací.

Přetlakové zařízení (iniciované teplotou) tavná pojistka

LPG

- V případě ventilu aktivovaného elektrickou/externí energií, musí být tento ventil při vypnutém přívodu energie v poloze „zavřeno“.
- Musí být otevřen (se otevřít) při tlaku 3 200 +/- 100 kPa a nesmí vykazovat vnitřní netěsnost až do 3 000 kPa.
- Musí být montována v oblasti, kde palivo je v plynném stavu.
- Musí být připevněna takovým způsobem, aby vypouštěla do plynotěsné skříně, pokud je tato skříň předepsána.

Klasifikační tlak: 3 000 kPa

Konstrukční teploty: Musí být konstruována takovým způsobem, aby otevřela při teplotě 120 +/- 10 °C

Požadavky na tavnou pojistku

Přetlakové zařízení (tavná pojistka) specifikovaná výrobcem musí vykazovat snášenlivost s provozními podmínkami prostřednictvím následujících zkoušek:

- a) Jeden vzorek musí být udržován při řízené teplotě ne méně než 90° C a při tlaku ne menším než je zkušební tlak (3 000 kPa) po 24 hodin.
- b) Jeden vzorek musí být následovně zkoušen na únavu tlakovými cykly o rychlosti nepřevyšující 4 cykly za minutu, při teplotách 82° C a -20° C po 10 000 cyklů mezi 300 a 3 000 kPa.
- c) Mosazné konstrukční části: Přetlakové zařízení musí být ponořeno po dobu 30 minut do vodního roztoku dusičnanu rtuťného obsahující 10 g dusičnanu rtuťného a 10 ml kyseliny dusičné na litr roztoku. Po vyndání z kapaliny musí být zkoušeno na těsnost.
- d) Konstrukční části z nerezavějící oceli: Musí být vyrobeny ze slitiny odolávající chloridům způsobujících vznik napěťových korozních trhlin.

CNG

- Přetlakový ventil Třídy 0 a 1 musí být konstruován tak, aby odolal 1,5 násobku pracovního tlaku (MPa), (U Třídy 1 při uzavřeném výstupu).
- Přetlakové zařízení musí být konstruováno tak aby otevřelo pojistku při teplotě 110 +/- 10° C.

Uzavírací ventil

LPG

- V případě ventilu aktivovaného elektrickou/externí energií, musí být tento ventil při vypnutém přívodu energie v poloze „zavřeno“.

Klasifikační tlak: 3 000 kPa

Konstrukční teploty: -20°C do 120°C

Pro teploty přesahující výše uvedené hodnoty, jsou vyžadovány zvláštní podmínky zkoušky.

CNG

V příslušném Předpise není blíže specifikováno.

Přetlakový ventil plynového potrubí

LPG

- V případě ventilu aktivovaného elektrickou/externí energií, musí být tento ventil při vypnutém přívodu energie v poloze „zavřeno“.
- Musí být otevřen (se otevřít) při tlaku 3 200 +/- 100 kPa a nesmí vykazovat vnitřní netěsnost až do 3 000 kPa.

Klasifikační tlak: 3 000 kPa

Konstrukční teploty: -20°C do 120°C

Pro teploty přesahující výše uvedené hodnoty, jsou vyžadovány zvláštní podmínky zkoušky.

CNG

V příslušném Předpise není blíže specifikováno.

Plnicí jednotka (zásuvka) a zpětný ventil

LPG

Konstrukce a rozměry musí splňovat požadavky, pro danou kategorii vozidla, dle předpisu EHK č. 67. Plnicí jednotka musí být vybavena minimálně jedním plynotěsným zpětným ventilem, který nesmí být z konstrukce demontován. Propojení s nádrží prostřednictvím hadice či trubky. Plnicí jednotka Euro musí vyhovět nárazové zkoušce, uvedené ve zmíněném předpise.

Zvláštní ustanovení pro plnicí jednotku Euro u lehkých vozidel:

- Mrtvý objem mezi předním těsnícím povrchem a předkem zpětného ventilu nesmí překročit 0,1 cm³.
- Průtok spojkou při tlakovém rozdílu 30 kPa musí při zkoušce vodou činit nejméně 60 litrů/minutu.

Zvláštní ustanovení pro plnicí jednotku Euro u těžkých vozidel:

- Mrtvý objem mezi předním těsnícím povrchem a předkem zpětného ventilu nesmí překročit 0,5 cm³.
- Průtok spojkou při tlakovém rozdílu 30 kPa musí při zkoušce vodou činit nejméně 200 litrů/minutu.

Klasifikační tlak: 3 000 kPa

Konstrukční teploty: -20°C do 65°C

CNG

Plnicí jednotka musí:

- být těsná při tlaku rovném 1,5 násobku pracovního tlaku (MPa),
- odolávat tlaku 33 MPa,
- odolat počtu 10 000 cyklů při zkoušce životnosti,
- být konstruována tak aby pracovala při specifických teplotách uvedených v příloze B (Pracovní teploty).

Zpětný ventil

LPG

- V případě ventilu aktivovaného elektrickou/externí energií, musí být tento ventil při vypnutém přívodu energie v poloze „zavřeno“.

Klasifikační tlak: 3 000 kPa
Konstrukční teploty: -20° C do 120° C

Pro teploty přesahující výše uvedené hodnoty, jsou vyžadovány zvláštní podmínky zkoušky.

CNG

Zpětný ventil musí:

- být konstruován tak aby odolal tlaku rovnajícímu se 1,5 násobku pracovního tlaku (MPa) bez úniku a deformací,
- být konstruován tak, aby byl těsný (vně) při tlaku rovnajícímu se 1,5 násobku pracovního tlaku (MPa),
- být konstruována tak aby pracovala při specifických teplotách uvedených v příloze B (Pracovní teploty).
- V pracovní poloze stanovené výrobcem se vystaví 20 000 operacím, pak je deaktivován. Ten pak musí zůstat těsný (vně) při tlaku rovnajícímu se 1,5 násobku pracovního tlaku (MPa).

Nádrže

Všeobecné pokyny pro montáž

Palivové nádrže musí být tak montovány, a upevněny, aby mohly absorbovat (aniž by došlo k jejich poškození) následující zrychlení při jejich plném obsahu.

Vozidla M1 a N1:

- a) 20 g ve směru jízdy
- b) 8 g ve směru vodorovně-kolmém na směr jízdy

Vozidla M2 a N2:

- a) 10 g ve směru jízdy
- b) 5 g ve směru vodorovně-kolmém na směr jízdy

Vozidla M3 a N3:

- a) 6,6 g ve směru jízdy
- b) 5 g ve směru vodorovně-kolmém na směr jízdy

Výše uvedené požadavky pro absorpci zrychlení lze dokázat výpočtovými metodami namísto praktických zkoušek.

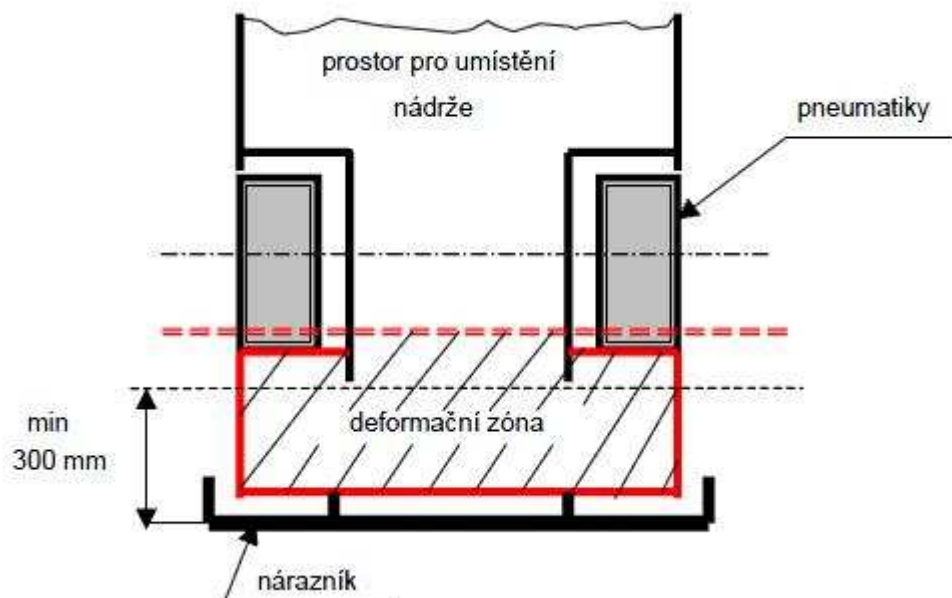
Nádrž musí mít trvalé body pro uchycení ke karoserii vozidla. Dodatečné připevňování úchytných bodů (např. svařováním) není dovoleno. Lze také použít držák schváleného typu, k němuž je nádrž připevněna minimálně dvěma úchytnými pásy pro každou tlakovou láhev. V případě použití úchytných pásů, musí být minimální překrytí 150 mm (nesmí být použito ocelových lan). Úchytné pásy musí být vyrobeny z takového materiálu, aby nenarušovali povrchovou ochranu nádrže vůči korozi (případně je použito podložení z těchto pásů z vhodného materiálu).

Uchycení nádrže je provedeno pevnostními šrouby, které je zakázáno přivařovat.

Nádrže musí být ve vzdálenosti minimálně 100 mm od míst vzniku sálavého tepla (např. výfukové potrubí, sluneční svit, motorový prostor).

Umístění nádrže nesmí být níže než 200 mm nad povrchem vozovky. V případě, že je nádrž dostatečně chráněna zepředu a ze stran, pak lze nádrž umístit i níže.

Ve směru předozadním, musí být nádrž umístěna mimo prostor obvyklé deformační zóny vozidla (vepředu či vzadu). „Za tu se považuje část vozidla přesahující vnější příčnou svislou tečnou rovinu od obrysu zadních nebo předních kol vozidla. V zadní části vozidla toto platí v případě, že výše definovaná tečna je vzdálena od zadního obrysu vozidla méně než 300 mm. V případě, že je vzdálena více jak 300 mm od zadního obrysu vozidla, může být umístění nádrže včetně armatur umístěných na této nádrži provedeno tak, aby žádná z jejich částí tento rozměr nepřekročila – viz obrázek 18.“ [11]



Obrázek 18 – Princip uložení nádrže mimo deformační zónu [11]

Umístění nádrží musí být rovněž takové, aby v případě nehody, byl zamezen jejich posun do prostoru cestujících.

Láhve vozidla poškozeného při kolizi musí být revidovány. V případě, že láhev, při kolizi nebyla poškozena, pak může být navrácena do provozu. V opačném případě musí být navrácena výrobci k posouzení.

V případě vystavení ohni musí být láhve revidovány příslušnou agenturou, nebo odmítnuty a vyřazeny z provozu.

LPG

Životnost lahví LPG stanovuje vyhláška č. 341 MD ČR na 10 let, pokud výrobce neurčí jinak.

Konstrukční pracovní teplota nádrže musí být v rozmezí -20°C do 65°C . V případě extrémní pracovní teploty, mimo toto rozmezí, se musí provést zvláštních podmínek zkoušek za souhlasu státní správy.

Konstrukční pracovní tlak nádrže musí být 3 000 kPa.

Nádrže bývají svařované, vzhledem k nízkému tlaku uvnitř nádrže. Podélný i obvodový svar je tupý (u obvodového svaru, taktéž přeplátovaný).



Obrázek 19 – Nádrže LPG (Válcová a toroidní pro umístění místo rezervního kola automobilu) [23]

CNG

Nádrže CNG musí odolávat mnohonásobně většímu tlaku oproti nádržím LPG. Proto musí být nádrže robustní, aby tomuto tlaku odolávaly. Není výjimkou, kdy se hmotnost nádrže pohybuje mezi 60 a 100 kg. Tím se pak samozřejmě zvyšuje i hmotnost vozidla. Proto je snahou výrobců lahví snížit hmotnost nádrží použitím speciálních materiálů, aniž by láhve ztrácely odolnost vůči vnitřnímu tlaku. To souvisí s cenou nádrže, kdy celokovové patří mezi lacinější, plně kompozitní pak mezi finančně náročnější záležitosti.

Maximální životnost CNG lahví je 20 let, vztažená na 1 000 naplnění ročně a celkový minimální počet 15 000 plnění. Ovšem životnost lahví stanovuje vyhláška č. 341 MD ČR u CNG na 15 let, pokud výrobce neurčí jinak.

Maximální tlak 20 MPa při ustálené teplotě 15° C a 26 MPa bezprostředně po plnění bez ohledu na teplotu.

Ustálená teplota plynu v lahvích musí být v rozmezí od -40° C do 65° C a teplota materiálu láhve v rozmezí od -40° C do 82° C.

Otvory CNG lahví jsou povoleny pouze v horních dnech lahví. Osa otvoru se musí shodovat s osou láhve.

Nádrže nejsou svařované vzhledem k velikosti tlaku, kterému musí odolat.



Obrázek 20 – Tlaková lahev CNG [26] Obrázek 21 – Možnost umístění tlakové lahve CNG [25]

Ruční ventil

LPG

V příslušném Předpise není blíže specifikováno.

CNG

- Pro Třídu 0 musí odolat tlaku rovnajícímu se 1,5 násobku pracovního tlaku.
- Musí bezpečně fungovat při teplotách od – 40° C do 85° C.

Servisní spojka

LPG

- V případě ventilu aktivovaného elektrickou/externí energií, musí být tento ventil při vypnutém přívodu energie v poloze „zavřeno“.

Klasifikační tlak: 3 000 kPa
Konstrukční teploty: -20° C do 120° C

CNG

V příslušném Předpise není blíže specifikováno.

.

9. Bezpečnost provozu plynových vozidel

9.1 Automobily s pohonem na LPG

Ropný plyn je těžší než vzduch, proto je nutné zajistit odvod odpařovaného nebo unikajícího plynu směrem dolů pod automobil pokud to konstrukce vyžaduje a nádrž není umístěna například mimo vnitřní prostor vozidla.

Existují případy, kdy jednotlivci nevědomí toho, co vlastně mohou způsobit, ohýbali(jí) spojení mezi plovákem a uzavírací jednotkou 80ti procentního ventilu. Dále pak mohou nádrž naplnit na více než 80 % objemu, tím ale vystaví do nebezpečí, ne pouze sami sebe, ale zejména ostatní účastníky dopravního provozu. Příloha C obsahuje grafické znázornění chování plynu v nádrži v závislosti na tlaku při rozdílných teplotách.

9.2 Automobily s pohonem na CNG

Zemní plyn je naopak lehčí než vzduch. U automobilů s pohonem na zemní plyn je proto nutné zamezit vniknutí plynu do proláklín, vytvořených již při výrobním procesu, v karoserii tzv. bublin, které mají otvor pouze ve spodní části a plyn má pak tendenci tento prostor vyplnit. Je nutné tyto prolákliny identifikovat a vhodným způsobem odvětrat, případně jinak zabránit vyplněním tohoto nežádoucího prostoru plynem.

Podle zákona č. 10/1991, (který sice již není v platnosti, ale zásady provozu v něm popisované jsou stále aktuální a neměnné) musí být vozidlo poháněné stlačeným zemním plynem vybaveno:

- Provozoschopným hasicím přístrojem,
- Bezpečnostními pokyny a návodem postupu při dopravní nehodě.
- Snadno přístupným odpojovačem akumulátoru.
- Musí být zřetelně označeno podle zvláštních předpisů.
- Pravidelně podrobováno technické prohlídce podle zvláštních předpisů.

9.3 Nejčastější závady a prevence před jejich vznikem

Používání plynových paliv podporuje nadměrné opotřebování ventilů a sedel ventilů, což úzce souvisí se špatným stavem hlavy motoru, vlivem nedostatku maziva v palivu. Tomu lze účinně předcházet správným doplňováním vhodných aditivních maziv. Tím se tak prodlouží životnost motoru. Dříve, mluvíme o době, kdy ona aditiva na trhu nebyla, byly dvě varianty řešení. Provozovat automobil střídavě na plyn a na benzín nebo průběžně vyměňovat ventilové vedení a sedla ventilů. To ovšem v dnešní době bývá velmi drahá položka.

Používáním nekvalitního LPG lze snadno, k jeho vysokému obsahu nečistot, zanést palivový filtr. Motor se začíná chovat, jakoby docházelo palivo, a najednou zhasne úplně. Tomuto šlo předcházet zejména tankováním u ověřených čerpacích stanic.

Nekvalitním plynem, lze negativně ovlivnit taktéž funkci regulátoru či výparníku. Zde se pak jedná o výměnu součástky.

V případě poškození vstřikovače paliva, upozorní řidiče na tento stav kontrolka na palubní desce. V jiném případě se tato závada projeví nepravidelností chodu motoru.

Požáry často vznikají na poškozené elektroinstalaci (poškození izolace a kontakt s kovovými částmi), netěsnost palivové soustavy (únik paliva na nějaký iniciační zdroj), ale to nejenom u plynových vozidel, ale také u vozidel na klasické pohonné medium. Oheň může také vzniknout nedbalostí provozovatelů, při jízdě, údržbě či opravách. Důležitá je preventivní kontrola hadic či trubek plynového rozvodu (kontrola netěsností či nález prasklé nebo zpuchřelé hadičky). Je vhodné, věnovat pozornost i špatně uchyceným vodičům, které pak mohou mít tendenci se odírat.

V případě oprav či údržby, obzvláště za použití vysokého tepla a plamene (např. sváření), musí být pracoviště řádně připraveno. To znamená, že veškeré předměty, které by od sálavého tepla mohli vzplanout, se z místa pracoviště odstraní. To je třeba si uvědomit i u zařízení, které je součástí automobilu. V tomto případě raději přenecháme tuto činnost odborné firmě, která má oprávnění manipulovat s plynovým zařízením LPG/CNG. V jiném případě se může provést neodborná demontáž (s následnou montáží), což může zapříčinit neblahé následky.

9.4 Parkování a garážování

Vozidla s pohonem na LPG lze parkovat na volném prostranství, v dostatečné vzdálenosti od vstupů do šachet se vzduchotechnikou a také mimo vstup do kanalizačních a jiných podzemních či obdobných prostor.

Je povoleno parkování v garáži bez montážní jámy a zároveň musí být garáž vybavena dvěma větracími otvory (alespoň jeden umístěn na nejnižším místě garáže). Bezpečnostní hlásiče přítomnosti nežádoucího plynu bývají umístěny ve větších garážích. Současně s nimi bývá použita dostatečně výkonná ventilace.

Do garáží a na servisní místa, není vjezd vozidlům na CNG zakázán, je pouze omezen. V podzemních garážích lze s takovými vozidly parkovat, pokud počet míst k stání nepřekročí tři vozidla. Garáže musí být, obdobně jako pro LPG, vybaveny bezpečnostními senzory a účinným větráním.

9.5 Termíny revizí a údržby

Vzhledem k tomu, že plynové zařízení je svým způsobem specifické, je třeba mimo běžné kontroly automobilu, podrobit zvláštním kontrolám také samotné plynové zařízení u odborné firmy. Vhodné je také zdůraznit, že termíny těchto kontrol, musí autorizovaný revizní technik včas sdělit provozovateli automobilu na plyn.

Přehled periodických kontrol pro provozovatele vozidla:

Každých 10 000 km

Kontrola těsnosti.

Kontrola pevnosti.

Kontrola hadic a ohebných členů.

Kontrola elektrického zařízení.

Kontrola regulátoru.

Diagnostika řídicích systémů.

Každé 3 roky nebo 50 000 km

Revize regulátoru.

Revize uzavíracího ventilu plynu.

Každých 10 let

Revize tlakových nádob.

Nejpozději po 20 letech

Vyřazení CNG tlakové láhve z provozu (více o nádržích v kapitole 8).

10. Bezpečnostní pokyny k zásahu při nehodě vozidla s pohonem na plyn

V momentě, kdy se roztaví tavná pojistka z Woodova kovu, začne ventilem unikat veliké množství plynu během malého okamžiku. Prvotní únik plynu je doprovázen zvukovým efektem v podobě obrovské rány. Pokud o tomto záchranář není předem spraven, může být do jisté míry ohrožena jeho psychika v následujících minutách.

Při konzultaci, Václav Kratochvíl (velitel zásahu mjr. Ing. Václav Kratochvíl, Ph.D., Praha Radotín) poskytl následující informace. Při nehodě či požáru automobilu, se předpokládá, že daný automobil v sobě nese nádrž na plyn. Z důvodu nejvyššího možného rizika.

V případě požáru automobilu uvnitř budovy (chápejme v garážích) se zásahová jednotka pohybuje výhradně v podřepu či jiným způsobem umožňujícím vést hlavu co nejbližší k zemi. Důvodem je velikost žáru ve výšce postavení hlavy průměrného člověka. Žár je tak veliký, že vlastní pohyb ve vzpřímené poloze je nanejvýš nepříjemný až nemožný.

Požár je hašen z delší vzdálenosti a pohyb bezprostředně okolo vozidla není nutný, pokud se ve vozidle nenachází osoba.

Existuje více druhů nástavců na požární hadici u zásahového vozidla s průtokem od cca 50 až k 800 l/min. Podle Vladimíra Kratochvíla postačuje v tuto situaci kropit vozidlo pomocí nástavce o průtoku okolo 110 l/min. Tím vystačí objem nádrže 8 m³. Až na 72 minut. V případě, kdy není hasič úplně obeznámen s danou problematikou a použitím jednotlivých nástavců, může pak při použití nástavce s největším průtokem vyprázdnit za stejnou dobu až zhruba 7x více hasicí kapaliny (to obnáší při 72 minutách přibližně 55 000 m³ vody a tudíž minimální počet 8 vozidel).

Postup zásahu při některé z mimořádných situací u vozidel s LPG či CNG pohonem se prakticky téměř neliší od zásahu u vozidel s klasickým palivem. Zejména je obtížné s určitostí zjistit, že postižené vozidlo je skutečně na plyn. Touto informací může informovat zasahující jednotku zejména řidič vozidla, ovšem řidič může být často v šoku a nemůže odpovědně vypovídat. Dalším informačním segmentem by mohly být nálepky, označující plynové vozidlo, ovšem zde nastává problém, kdy nálepka není dostatečně odolná vůči ohni (zde by musela být odolná alespoň 500° C) nebo je při ohni či dýmu vycházejícímu z vozidla velmi špatně nebo vůbec čitelná. Obdobná varianta nastává při požáru vozidla v prostorově malé garáži, zejména stojí-li vozidlo čelem k vjezdovým dveřím. V takto stísněném prostoru je prakticky nereálné, aby hasič jakýmkoliv způsobem vozidlo obcházel a zjišťoval, zda není vozidlo náhodou na jiné než na klasické palivo. Pokud ovšem lze s určitostí tvrdit, že postižené vozidlo obsahuje tlakové láhve (nádrže na plyn) postup by měl sestávat z následujících bodů, shrnutých v kapitole 10.1.

10.1 Doporučené postupy při dopravní nehodě či požáru

Tento postup byl sestaven pro automobily s pohonem na CNG. Požár či nehoda automobilu na LPG se ovšem příliš neliší, a proto bych tyto postupy rovněž přiřadil i k vozidlům na LPG.

Doporučený postup účastníkům dopravní nehody havarovaného vozidla

- Vypnout zapalování.
- Ověření, že nedochází k úniku plynu.
- Odpojení autobaterie.
- Vyproštění zraněné osoby (zraněných osob).
- Zajištění první pomoci zraněným osobám.
- Oznámení zasahujícím jednotkám, že se jedná o vozidlo s pohonem na LPG/CNG.
- Zасыпání uniklých provozních kapalin.
- Označení místa nehody.
- Po zdokumentování odstranění vozidla z vozovky.[28]

Doporučený postup účastníkům požáru havarovaného vozidla

- Vypnout zapalování.
- Vyrozumět požární sbor.
- Zajištění bezpečného odstupu hasičů od hořícího vozidla (vozidel).
- Po roztavení tepelné pojistky nechat pod kontrolou odhořet plyn z tlakových nádob (nádoby pouze chladit adekvátní kapalinou), tzn. nesrazit hasební látkou plamen hořícího plynu.
- Provádět hašení vozidla popř. okolí s výjimkou kužele odhořívajícího plynu z tlakových nádob.
- Po vyhoření plynu dohasit vozidlo.
- Zchladit tlakové nádoby a nádrž s klasickým kapalným palivem.
- Po dohašení odpojit autobaterii.[2]

Závěr

Otázka bezpečnosti plynových vozidel je často diskutovaná nejen mezi laiky, ale i odborníky. Často se lze dostat do situace, kdy jeden odborník hovoří o téměř naprosté bezpečnosti, druhý pak s obavami o pravém opak.

Jedná-li se o přestavbu vozidla na plynový pohon jako alternativu k benzínu, je nesmírně důležité přistavit vozidlo k ověřené firmě. V případě nedbale provedené práce v servisu se lze setkat s nekvalitně upevněným vedením plynu či elektrickou částí. Což může vést až k požáru.

Kompletní plynový systém motorového vozidla se dá rozdělit do třech částí, část motorová, plynové vedení (pod vozem) a nádrž. Tyto části jsou od sebe odděleny ventily a v případě netěsností či většího množství úniku plynu, než je předem definováno, se tyto ventily automaticky aktivují. Pokud tedy provozovatel vozidla nezanedbá údržbu, za což by měl také zodpovídat servis, který tuto údržbu provádí, měla by být, v tomto ohledu, bezpečnost automobilu zajištěna dostatečně.

I v případě nehody jsou aktivované potřebné prvky. To takovým způsobem, že i v případech, kdy byly plynové lahve poškozeny natolik, že došlo k uražení ventilů od hrdel lahví, nevedlo toto poškození ke katastrofě. V lahvi totiž existuje zabudovaný jiný ventil, který se aktivuje v podobně vyhlížející situaci.

Existuje řada případů, kdy skončila nehoda plynofikovaného vozidla katastroficky. Otázkou je, nebyl-li zanedbán stav vozidla již před nehodou. O tomto stanovisku málokdo hovoří, a konkrétně tento problém by se měl dostat do podvědomí široké veřejnosti. Tím pak vzniká globálně negativní pohled na plynová vozidla.

Nebezpečí při parkování vozidel na plynový pohon není větší než u vozidel s pohonem na klasické palivo. Při dodržení všech předepsaných bezpečnostních prvků, v hromadných podzemních garážích, by nemělo být zakázáno parkování plynovým vozidlům. V případě úniku plynu z vozidla, odstaveného v podzemní garáži, ohlásí detektory (detektory plynu jako bezpečnostní příslušenství garáží) stav, kdy směs plynu se vzduchem překročí určitou hranici. Ta je stále podstatně nižší než mez výbušnosti ve směsi se vzduchem. Následně jsou aktivované vertikální ventilátory, které nebezpečnou oblast odvětrávají směrem do jiného sektoru. Výměna vzduchu je řešena cirkulací vzduchu uvnitř garáže.

Pokud ovšem z automobilu uniká kapalné palivo (benzín), pak je tento problém obtížněji řešitelný i pro bezpečnostní útvar. V tomto ohledu je únik klasického paliva nebezpečnější než únik plyného paliva z důvodu výbušné směsi se vzduchem, která může brzy vzniknout.

Nadstavbou této práce by následně mělo být porovnání bezpečnosti jednotlivých pohonných hmot v podzemních hromadných garážích. Porovnání odvětratelnosti plynových paliv v různých dávkách a režimech okolního prostředí a odstranění uniklých paliv z motorového vozidla na praktických příkladech. Výsledek by měl kladně či záporně ovlivnit mínění z pohledu bezpečnosti parkování v podzemních garážích, případně posloužit příslušným orgánům při posuzování této problematiky.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Vlk, František. Paliva a maziva motorových vozidel. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2006. 376 s. ISBN 80-239-6461-5.
- [2] Vlk, František. Alternativní pohony silničních vozidel. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2004. 234 s. ISBN 80-239-1602-5.
- [3] Žákovec, Jan. Využití plyných paliv v dopravě. 1. vyd. Praha: GAS s.r.o., 2001. 70 s. ISBN 80-86176-86-X.
- [4] Cedrych, René. Jezdíme na plyn, Přestavba automobilů na alternativní pohon plynem, 2. vyd. Praha: Grada Publishing, spol. s r.o., 1999. 140 s. ISBN 80-7169-719-2.
- [5] Fišer, Lubomír. Automobily na alternativní pohon BENZÍN – PLYN (LPG) I. 1. vyd. Brandýs nad Orlicí: Klub motoristů LPG, 1997. 116 s.
- [6] Štěrba, Pavel. Kryžnický, Ondřej. Jak na LPG, Přestavba, provoz a údržba automobilů na plyn. 1. vyd. Praha: Computer Press, 2002. 103 s. ISBN 80-7226-734-5
- [7] EHK 67. Dohoda o přijetí jednotných technických pravidel pro kolová vozidla, zařízení a části, které se mohou montovat a/nebo užívat na kolových vozidlech a o podmínkách pro vzájemné uznávání homologací udělených na základě těchto pravidel. 2006.
- [8] EHK 110. Dohoda o přijetí jednotných technických pravidel pro kolová vozidla, zařízení a části, které se mohou montovat a/nebo užívat na kolových vozidlech a o podmínkách pro vzájemné uznávání homologací udělených na základě těchto pravidel. 2007.
- [9] MD ČR. Zkušební metodika silničních vozidel, ZM-A/19.11. Praha: ÚSMD a.s., 2004.
- [10] MD ČR. Zkušební metodika silničních vozidel, ZM-A/19.12. Praha. ÚSMD a.s., 2004.
- [11] MD ČR. Zkušební metodika silničních vozidel, ZM-A/19.01.3 Praha. ÚSMD a.s., 2004.
- [12] MD ČR. Zkušební metodika silničních vozidel, ZM-A/19.14. Praha. ÚSMD a.s., 2004.
- [13] Mišelnický, Lukáš. Motory na alternativní paliva. Brno, 2010. Diplomová práce (Bc.). Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství ústav automobilního a dopravního inženýrství.
- [14] petroleum.cz [on-line]. 2007-2011 [cit. 2011-2-4]. Původ, vznik, vyhledávání a těžba ropy. Dostupné z WWW: <<http://www.petroleum.cz/ropa>>.
- [15] zemní plyn [on-line]. 2007-2011 [cit. 2011-2-4]. Co je zemní plyn. Dostupné z WWW: <<http://www.zemniplyn.cz/plyn>>.
- [16] Hrazdil, Jiří. normy.biz [on-line]. 2004-2011 [cit. 2011-2-4]. Technické normy. Dostupné z WWW: <<http://www.normy.biz>>.

- [17] uhli.divoce.cz [on-line]. 2011 [cit. 2011-6-8]. Svítiplynu. Dostupné z WWW: <<http://uhli.divoce.cz/svitiplynu>>.
- [18] ROPA.cz [on-line]. 2004-2011 [cit. 2011-2-4]. Ropa. Dostupné z WWW: <<http://www.ropa.cz/profily/ropa>>
- [19] lpg-cng.ochranamotoru.cz [on-line]. [cit. 2011-6-8]. Šlápni na plyn. Dostupné z WWW: <<http://lpg-cng.ochranamotoru.cz>>
- [20] lpg.cz [on-line]. 2007 [cit. 2011-2-4]. Informace ze světa LPG. Dostupné z WWW: <<http://www.lpg.cz>>
- [21] RWE [on-line]. [cit. 2011-2-4]. Vlastnosti CNG. Dostupné z WWW: <<http://www.cng.cz>>
- [22] požary.cz ohnisko žhavých zpráv [on-line]. 2009-10-19 [cit. 2011-6-8]. Proč vznikají požáry vozidel. Dostupné z WWW: <<http://www.pozary.cz/clanek/20432-proc-vznikaji-pozary-vozidel>>
- [23] EUROPSPAR [on-line]. 2010 [cit. 2011-6-8]. Europspar energysystems. Dostupné z WWW: <<http://www.europsparshop.com>>
- [24] cng.sk [on-line]. [cit. 2011-6-8]. Sequential gas injection (SGI) sekvenčný vstrekovací systém. Dostupné z WWW: <<http://www.cng.sk/struktura/sequential.htm>>
- [25] NGVA [on-line]. 2010 [cit. 2011-6-8]. Přestavba nebo originál?. Dostupné z WWW: <<http://www.ngva.cz/cz/page/prestavba-nebo-original>>
- [26] MoravaGAS CZ s.r.o. [on-line]. [cit. 2011-6-8]. Nádrže na CNG tlakové. Dostupné z WWW: <<http://www.moravagascz.cz/moravagascz/eshop/8-1-Nadrze-na-CNG-tlakove>>
- [27] Auto gas coubal [on-line]. 2009 [cit. 2011-2-4]. Přestavby LPG. Dostupné z WWW: <<http://www.autogascoubal.cz/cz.php?txt=prestavby-lpg>>
- [28] Scholar resource [on-line]. [cit. 2011-6-8]. Internal combustion engine designed by Etienne Lenoir (1822-1900). Dostupné z WWW: <<http://www.scholarsresource.com/browse/work/2144603119>>
- [29] JUKR spol. s r.o. [on-line]. 2009 [cit. 2011-6-8]. Montáž LPG. Dostupné z WWW: <<http://www.jukr.cz/montaz-lpg>>
- [30] 2fligen.de [on-line]. [cit. 2011-6-8]. Corrado G60 – Gasumbau / Unfall. Dostupné z WWW: <http://www.2fligen.de/bilder/corrado/lpg_corrado_g60/pages/image/imagepage13.html>
- [31] Odborný tisk pro hasiče

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1	-	Motor, kterým vybavil Lenoir svůj vůz, jímž roku 1863 prvně kroužil ulicemi Paříže [28]	10
Obrázek 2	-	Plynová taxi v Birminghamu / 1940 [21]	11
Obrázek 3	-	Autobus Praga TO jezdil na nestlačený svítiplyn na trase Michle- Hostivař a zpět v letech 1944-45 [21]	12
Obrázek 4	-	Označení vozidel kategorie M1 a N samolepicí nálepkou [11] [12].....	24
Obrázek 5	-	Označení vozidel kategorie M2 a M3 samolepicí nálepkou [11] [12].....	25
Obrázek 6	-	Označení „CNG“ vozidel veřejných služeb – samolepicí nálepkou [8] ...	25
Obrázek 7	-	Označení komponentů plynového systému (Vzor A) [8]	26
Obrázek 8	-	Označení komponentů plynového systému (Vzor A) [8]	26
Obrázek 9	-	Příklad značení tlakových lahví CNG [8].....	28
Obrázek 10	-	Schéma palivového systému LPG u karburátorového motoru bez řízeného katalyzátoru výfukových plynů [4].....	35
Obrázek 11	-	Schéma palivového systému LPG u automobilu s řízeným katalyzátorem výfukových plynů [4].....	36
Obrázek 12	-	Schéma palivového systému LPG u automobilu s řízeným katalyzátorem a vstřikováním plynné směsi paliva [4]	36
Obrázek 13	-	Schéma palivového systému LPG u automobilu s řízeným katalyzátorem a vstřikováním kapalné směsi paliva [27]	37
Obrázek 14	-	Bezpečnostní ventil systému CNG (hlavní části) [24]	39
Obrázek 15	-	Víceúčelový ventil systému LPG (hlavní části) [23].....	40
Obrázek 16	-	Plynotěsná skříň [29].....	42
Obrázek 17	-	Umístění plynotěsné skříně [30]	42
Obrázek 18	-	Princip uložení nádrže mimo deformační zónu [11]	47
Obrázek 19	-	Nádrže LPG (Válcová a toroidní pro umístění místo rezervního kola automobilu) [23].....	48
Obrázek 20	-	Tlaková lahev CNG [26]	49
Obrázek 21	-	Možnost umístění tlakové lahve CNG [25].....	49

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1	-	Složky zemního plynu ve vybraných regionech [15]	17
Tabulka 2	-	Porovnání vlastností pohonných hmot [28]	19

SEZNAM PŘÍLOH

- A1 Rozměry značení přestavěných vozidel (kategorie M1 a N) [8, 12]
- A2 Rozměry značení přestavěných vozidel (kategorie M2, M3 a vozidla veřejných služeb) [8, 12]
- B Přehled zkušebních postupů
- C Změna hladiny uvnitř nádrže s ohledem na okolní vlivy
- D Vývojový diagram klasifikace konstrukčních částí CNG
- E Vývojový diagram klasifikace konstrukčních částí LPG s ohledem na maximální provozní tlak a funkci
- F Zkoušky, které musí podstoupit jednotlivé konstrukční prvky LPG systému
- G Zkoušky, které musí podstoupit jednotlivé konstrukční prvky v dané bezpečnostní třídě CNG (třídy 0, 1, 2, 3, 4)