

**Mendelova univerzita v Brně
Institut celoživotního vzdělávání
Oddělení expertního inženýrství**

**Analýza tržního podílu a rozvoje infrastruktury
u automobilů využívajících pohon CNG**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Ing. Jan Mareček, DrSc., dr. h. c.

Vypracoval:

Michal Tesař

Brno 2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci: **Analýza tržního podílu a rozvoje infrastruktury u automobilů využívajících pohon CNG** vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 Autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne 28. 4. 2016

Poděkování

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucímu své bakalářské práce panu prof. Ing. Janu Marečkovi, DrSc., dr. h. c. za cenné rady, připomínky, ochotu a čas, který mi věnoval v průběhu zpracování této práce. Poděkování také patří zaměstnancům firmy Libor Suchý, autoprodejna, kteří svými připomínkami a poznatky z praxe přispěli ke zkvalitnění této práce. V neposlední řadě bych chtěl velice poděkovat své rodině, která mi umožnila studium, během kterého mě bezmezně podporovala, stejně jako moje přítelkyně.

Abstrakt

Bakalářská práce poskytuje komplexní pohled na problematiku CNG. V teoretické části je rozebrán vznik zemního plynu, jeho složení a transport. Detailně je zpracována legislativa upravující provoz CNG vozidel, daňová zvýhodnění, požadavky na prostory garáží, opraven a plnicích stanic. Kromě analýzy trhu s automobily a rozvoje infrastruktury jsou také uvedena porovnání CNG modelů na českém trhu. U nejprodávanějších modelů jsou uvedeny odlišnosti v konstrukci. Jedna z kapitol je věnována možnostem přestaveb vozidel na CNG pohon. Přínosem této bakalářské práce jsou zejména poznatky získané v rámci zkušebních jízd.

Klíčová slova

CNG, zemní plyn, palivo, plnicí stanice, CNG pohon, osobní automobil, tržní podíl, provozní náklady,

Abstract

The bachelor thesis provides a comprehensive overview of CNG topic. Theoretical part is focused on natural gas formation, structure and it's transport. The operation of the CNG vehicles, tax benefits, garages, services and filling stations requirements are included at the part focused on legislation. Besides car market analysis and infrastructure development there is also a comparison of CNG cars available on Czech car market included. For the best-selling models the differences in construction are mentioned. One of the chapters is focused on possibilities of drives rebuilding. Knowledge obtained during test drives are the most valuable part of the bachelor thesis.

Keywords

CNG, natural gas, fuel, filling stations, CNG drive, car, market share, running costs,

Obsah

1	ÚVOD	7
2	CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	8
3	PŘEDSTAVENÍ PALIVA CNG	9
3.1	Zemní plyn	9
3.2	Historie využívání plynu v dopravě.....	17
3.3	Komparace CNG a LPG.....	18
3.3.1	Specifikace LPG	19
3.3.2	Důvody používání CNG.....	21
3.3.3	Nevýhody spojené s používáním CNG.....	23
3.3.4	Další možnosti získávání CNG.....	24
3.3.5	Zemní plyn v dálkové dopravě.....	26
4	MOŽNOSTI A ZPŮSOBY VYUŽITÍ CNG V DOPRAVĚ	28
4.1	Osobní automobily	28
4.1.1	Palivové systémy CNG motoru.....	28
4.1.2	Bezpečnostní opatření automobilů na CNG	32
4.2	Autobusy	33
4.3	Užitkové vozy.....	35
4.4	Nákladní automobily.....	36
4.5	Další možnosti použití.....	36
5	PODPORA ROZVOJE CNG V DOPRAVĚ	37
5.1	Národní akční plán čisté mobility	38
5.1.1	Cíle Národního akčního plánu čisté mobility.....	38
5.1.2	Budoucnost CNG.....	39

6	LEGISLATIVA K CNG	41
6.1	Provoz a údržba vozidel	41
6.1.1	České předpisy	41
6.1.2	Mezinárodní předpisy	44
6.2	Plnicí stanice	46
6.3	Parkování.....	47
6.4	Daně	47
7	VÝVOJ CENY CNG V ČESKÉ REPUBLICE	48
7.1	Predikce vývoje ceny CNG po roce 2020	51
8	VÝVOJ TRŽNÍHO PODÍLU	52
8.1.1	Materiál a metodika zpracování	52
8.2	Osobní automobily	53
8.3	Palivo	57
8.4	Vývoj infrastruktury	59
9	PŘEHLED AUTOMOBILŮ NA CNG	63
10	PŘESTAVBY	75
11	DISKUZE	77
12	ZÁVĚR	78
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	79
	SEZNAM OBRÁZKŮ	84
	SEZNAM GRAFŮ	85
	SEZNAM TABULEK	85

1 ÚVOD

Navzdory slibnému počátku vývoje motorů, kdy se experimentovalo zejména s plynem, byl plyn jako pohonná hmota postupně vytlačován výhodnějším benzinem. Renesance využití zemního plynu v dopravě spadá do období druhé světové války, kdy byl stlačený zemní plyn (CNG) používán k pohonu motorových vozidel z důvodu nedostatku ropy. V této době se na území dnešní České republiky nacházely čtyři CNG stanice, které sloužily k plnění CNG vozidel. Následovalo období útlumu, ve kterém nebyl zemní plyn, jako palivo pro dopravní prostředky, téměř využíván. K návratu k tomuto palivu došlo až v osmdesátých letech minulého století, kdy byla tehdejší Československá socialistická republika dokonce považována za velmoc a průkopníka v oblasti vývoje a přestaveb vozidel na CNG. Nicméně po sametové revoluci byl rozvoj v oblasti CNG vozidel značně zpomalen, a k dalšímu razantnějšímu nárůstu zájmu o CNG vozidla došlo až po roce 2004, kdy začal být brán větší zřetel na ekologii v dopravě.

V práci je zpracována problematika vývoje podílů jednotlivých společností na trhu s CNG, vývoj podílu CNG vozidel na trhu s osobními automobily a analýza rozvoje CNG infrastruktury. Dále jsou představeny modely vozidel na CNG dostupné na českém trhu. U nejprodávanějších modelů osobních vozidel jsou uvedeny odlišnosti v konstrukci oproti konvenčním modelům.

Motivací pro zpracování této bakalářské práce byl zájem autora o osobní automobily s CNG pohonem, jejich ekologické a ekonomické výhody.

2 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem této práce je v teoretické části představení paliva CNG, vymezení rozdílů mezi plynnými palivy a seznámení s palivovými systémy na CNG.

Mezi primární cíle této práce patří uvedení možností využití CNG v automobilové dopravě, zpracování analýzy českého trhu s automobily využívajícími k pohonu toto palivo, analýza rozvoje infrastruktury na území České republiky, a také seznámení s platnou legislativou spjatou s využíváním tohoto paliva.

Další cíle této práce jsou zjištění rentability provozu u vozidel využívajících pohon CNG a možnosti přestavby konvenčních pohonů na CNG.

3 PŘEDSTAVENÍ PALIVA CNG

Stlačený zemní plyn (dále jen CNG z angl. Compressed Natural Gas) je fosilní palivo, kterému je v poslední době v automobilovém průmyslu věnována nebývalá pozornost. Tržní podíl automobilů, využívajících k pohonu právě toto palivo, se každoročně zvyšuje z ekonomických i ekologických důvodů. Jedná se o zemní plyn stlačený na 20–30 MPa, při tomto tlaku dojde ke zmenšení objemu a to v poměru 200:1. Na rozšíření CNG má velký vliv cena primární suroviny, tedy zemního plynu, proto je důležité se zaměřit právě na vývoj cen zemního plynu. Pro lepší pochopení vlastností tohoto paliva je níže uvedeno složení a vlastnosti zemního plynu.

3.1 Zemní plyn

Zemní plyn je geologicky nejmladší palivo, které je směsí přírodních plynných, vyšších uhlovodíků s příměsí inertních plynů. Jedná se o směs plynů, konkrétně metanu (CH_4), etanu (C_2H_6), propanu (C_3H_8), butanu (C_4H_{10}), sirovodíku (H_2S) nebo vodní páry a dalších plynů jako oxidu uhličitého (CO_2) a dusíku (N_2), které však snižují výhřevnost tohoto paliva, tudíž jejich přítomnost v zemním plynu je považována za nežádoucí. Obvyklá výhřevnost zemního plynu se pohybuje kolem $35 \text{ MJ}/\text{Nm}^3$ (Hák, 2015).

Jedná se o bezbarvý plyn bez zápachu, který se vyznačuje svou hořlavostí. Zemní plyn je charakterizován jako nejedovatý, nedýchatelný plyn, který má menší měrnou hmotnost než vzduch. Náleží do skupiny topných plynů, nejčastěji je využíván k vytápění, vaření a ohřevu vody, dále je také využíván v elektrárnách, teplárnách, v kogeneračních jednotkách a v dopravě, kde je využíván pro pohon vozidel. (Gas, ©2007-2010). Zemní plyn se nejčastěji vyskytuje společně s ropou, buď je v ní rozpuštěn, nebo se vyskytuje ve formě plynových kapes, které se nachází v ropných nalezištích. Zemní plyn se těží vrty vedenými přímo do pórovitých vrstev ložisek, která se nacházejí většinou v hloubkách do 3 km pod povrchem země, nicméně se často těží i z hloubek kolem 8 km (Trubač, 2014).

Vznik zemního plynu

V současnosti existují tři teorie, které popisují vznik zemního plynu. První teorie tvrdí, že zemní plyn i ropa vznikají z organické hmoty. Podle druhé teorie vznikl zemní plyn z anorganických látek pomocí mnoha chemických reakcí. Se třetí teorií přišli američtí vědci, jedná se o tzv. abiogenetickou hypotézu, ve které je připisován vznik zemního plynu štěpení uhlovodíků. Tyto uhlovodíky se dostaly na planetu Zemi při jejím vzniku z vesmírné hmoty. Dále pak postupné štěpení vyšších uhlovodíků dalo za vznik metanu, který následně pronikal k zemskému povrchu (Gas, ©2007-2010).

Za nejpravděpodobnější je považován vznik zemního plynu podle první organické teorie, tedy vznik z organické hmoty, která má původ v odumřelých organismech, mezi které patří planktonní živočichové, rostliny a řasy. Zemní plyn společně s ropou vzniká z této organické hmoty dvěma způsoby. Prvním způsobem vzniká zemní plyn vlivem působení vysoké teploty v rozmezí 90-240 °C. Pro vznik ropy je to rozmezí teplot zhruba 65-140 °C. Druhým způsobem je vznik zemního plynu zapříčiněný činností bakterií bez přístupu kyslíku. V obou případech dochází k přeměně složitých struktur organické hmoty na struktury jednodušších sloučenin, kterými jsou zemní plyn a ropa. Ke vzniku plynu je potřeba zdrojová hornina, u které obsah organické hmoty přesahuje 2 %.

Zdrojovými horninami jsou nejčastěji břidlice a prachovce, což jsou v podstatě usazené jemnozrnné horniny, které vznikaly v podmínkách s bohatým přísunem organické hmoty s nízkým obsahem kyslíku. Jenom díky nízkému obsahu kyslíku bylo možné zachovat v hornině organickou hmotu, neboť rozkladem organické hmoty za přístupu kyslíku, nedochází ke vzniku jednodušších uhlovodíků, nýbrž ke vzniku CO₂ a H₂O. Podmínky s nízkým obsahem kyslíku splňují hlubokomořské jíly, které se nazývají pelagické. Tyto jíly se ukládají ve velkých hloubkách na otevřeném moři. Velký přínos organické hmoty z odumřelého planktonu i organismů žijících na mořském dně, vytváří společně s nízkým obsahem kyslíku tyto podmínky. Jako vhodné prostředí lze také označit rozsáhlé pralesní močály na pobřežích moří, kde se nachází velké množství

organického materiálu, který je převážně rostlinného původu, a nízký obsah kyslíku. Obvykle u těchto močálů dochází k periodickému zaplavování, které na vrstvu odumřelých rostlin nanese vrstvu bahna a to vše proběhne bez přístupu vzduchu. Následuje pomalý rozklad odumřelých rostlin bez přístupu vzduchu. Následně vzniká uhlí a z uhlí dochází k uvolňování metanu, který nazýváme jako zemní plyn (Trubač, 2014).

Jedná se o zemní plyn karbonský, který vzniká během dlouhodobé přeměny prvohorních rostlin na černé uhlí a je typický tím, že se vyskytuje právě v ložiscích černého uhlí. Při těžbě uhlí dochází k uvolňování metanu, který je z bezpečnostních důvodů odsáván, jedná se o tzv. degazační plyn. Těžba karbonského zemního plynu je realizována také vrty přímo v uhelných slojích. V některých lokalitách je karbonský plyn těžen dlouhodobě. Tomu však musí nejprve předcházet průzkum vlastností ložisek a uhlí, následuje umělé zvýšení prostupnosti plynu v uhelných slojích pro dosažení větší výtěžnosti (RWE, ©2016).

Zásoby zemního plynu a jeho těžba

Velikost jednotlivých nalezišť, kde jsou pod zemí ukryty světové zásoby zemního plynu, jsou velmi nerovnoměrně geograficky rozmístěny. Největší výskyt prokázaných zásob zemního plynu se nachází na Středním východě (76 trilionů Nm^3), v Euroasii, zejména v Rusku (63 trilionů Nm^3), dalšími jsou tichomořská Asie (9 trilionů Nm^3), Afrika (15 trilionů Nm^3), Severní Amerika (9 trilionů Nm^3), Jižní Amerika, kde je odhadován výskyt cca 8 trilionů Nm^3 (Hanák et al., 2015).

Těžba zemního plynu je realizována jak z ložisek na pevnině, tak i z ložisek pod mořským dnem. Vytěžený zemní plyn je dopravován podmořským plynovodem na pobřeží, kde následuje jeho úprava na požadovanou kvalitu. Při těžbě na pevnině jsou instalovány těžební sondy, které jsou propojeny systémem sběrných plynovodů, pomocí kterých je vytěžený plyn transportován k následné úpravě do úpravárenských závodů (Vlk, 2006).

Plyn vytěžený z různých nalezišť má rozdílnou kvalitu, podle své kvality lze plyn rozdělit do čtyř skupin.

- Suchý zemní plyn (chudý) – tento druh zemního plynu obsahuje vysoké procento metanu (95-98 %)
- Vlhký zemní plyn – pro tento druh je typický vyšší podíl vyšších uhlovodíků
- Kyselý zemní plyn – jedná se o plyn s vysokým obsahem sulfanu (H₂S), který musí být odstraněn v úpravárnách plynu, protože časem by došlo ke korozi distribučního systému, právě díky přítomnosti síry
- Zemní plyn s vyšším obsahem inertních plynů, mezi tyto plyny patří zejména dusík a oxid uhličitý

Mezi vyšší uhlovodíky obsažené v zemním plynu, patří etan, propan a butan. Některá ložiska obsahují zemní plyny i uhlovodíky, které jsou za normálních podmínek kapalné (od pentanu výše). Při úpravě zemního plynu se oddělují jako plynový kondenzát.

Tabulka 1 Příklady druhů plynů a jejich složení

Zdroj: *Webové stránky www.zemniplyn.cz, vlastní zpracování*

Původ plynu	Podíl metanu [%]	Vyšší uhlovodíky [%]	Inertní plyny [%]
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

Nejčastěji využívaným plynem je tzv. naftový zemní plyn, který vzniká společně s ropou. Při společné těžbě zemního plynu a ropy je získáván zpravidla zemní plyn vlhký. Při samostatném výskytu ložiska plynu je získáván suchý zemní plyn. Kromě plynu naftového je dnes využíván i zemní plyn karbonský, tento plyn se uvolňuje při těžbě uhlí, kdy je z bezpečnostních důvodů odsáván. Tento tzv. degazační plyn je složením vždy suchý (Gas, ©2007-2010).

Nové zdroje zemního plynu

Relativně novým zdrojem zemního plynu jsou sedimentární formace, ze kterých se zemní plyn těží pomocí frakování, což je nová technologie hydraulického rozrušování horniny. Tato metoda byla poprvé použita v USA a od roku 2005 těžba toho tzv. břidličného plynu snížila cenu zemního plynu. Během posledních deseti let také přispěla ke snížení spotřeby uhlí užívaného v amerických elektrárnách o 40 %. Díky tomu došlo ke snížení emisí skleníkových plynů o více než 15 %. Od roku 2005 bylo v USA dosaženo nejnižší produkce skleníkových plynů za posledních 20 let.

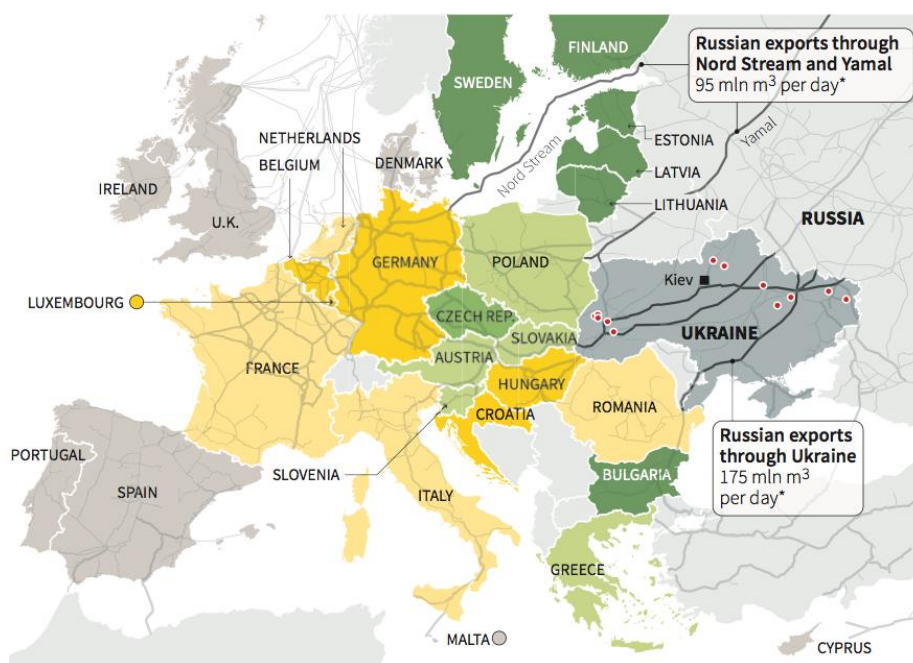
V USA byl břidlicový plyn vyhodnocen jako možný substituent ropných motorových paliv, což přispívá k nezávislosti USA na dovozu ropy z nestabilních rozvojových zemí. Velké zásoby břidlicového plynu jsou také v Číně, Latinské Americe, a v Evropě kolem Severního a Baltského moře. Bylo zjištěno, že dopady na životní prostředí jsou menší, než původně odborníci předpokládali. Avšak stále zde existují environmentální rizika, mezi která patří zejména kontaminace podzemních vod technickými kapalinami, které jsou používány při frakování (Hák et al., 2015).

Přeprava plynu

Transport zemního plynu je zpravidla uskutečňován dvěma způsoby. Prvním způsobem je transport pomocí potrubní sítě a druhým způsobem je transport pomocí tankerů.

Přeprava plynu tankery se využívá pro dopravu plynu přes moře na dlouhé vzdálenosti, kde by vybudování potrubí nebylo ekonomické. Tento způsob transportu je využíván při dopravě plynu do Evropy např. z Alžírsko, Nigérie a Austrálie. U toho způsobu přepravy jsou využívány dvě metody, které se liší podle skupenství plynu, ve které se přepravuje. První metodou je transport zemního plynu v plynném skupenství v podobě CNG. U druhé metody je plyn transportován v kapalném skupenství, kterého je dosaženo zchlazením na $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$, pak hovoříme o tzv. LNG (z angl. Liquefied Natural Gas). Tento způsob přepravy je velice efektivní, neboť zkapalněním zemního plynu dojde k radikálnímu snížení

objemu plynu v poměru 600:1. Nevýhodou je však vysoká energetická náročnost procesu zchlazení a také udržování teploty během přepravy a následného uchování, kdy dochází k odpařování. Transportu plynu dálkovými plynovody je využíváno z důvodu husté sítě dálkových plynovodů v Evropě. Při této přepravě je plyn stlačen až na 10 MPa, těchto hodnot tlaku je dosahováno u moderního potrubí. Průměr plynovodů se pohybuje kolem jednoho metru, v ČR je použito i potrubí o průměru 1400 mm. Plynovody mohou být vedeny nejen po souši, ale také po mořském dně, tímto způsobem do Evropy míří zemní plyn z nalezišť v Severním moři nebo Africe.



Obr. 1 Sít' plynovodů v Evropě

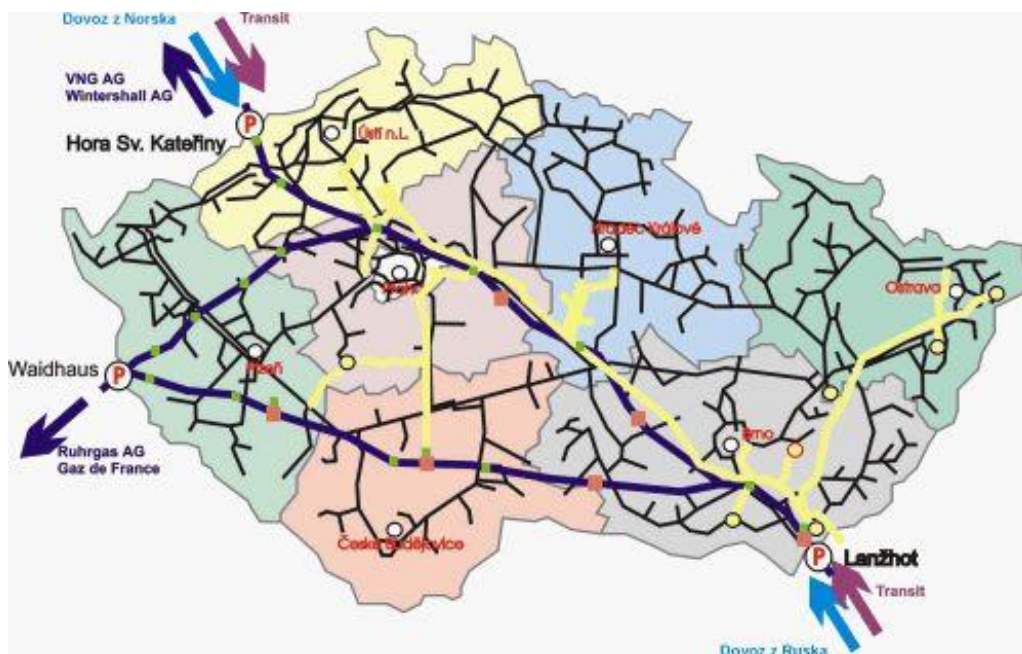
Zdroj: *Webová stránka qz.com*

Než však může být zemní plyn vůbec transportován, musí být zbaven vodní páry a sulfanu, protože právě tyto složky iniciují korozi v potrubí a kompresorech, které jsou při přepravě plynu využívány. Nesmí se také zapomínat, že vysoký obsah vlhkosti společně s metanem mohou způsobit ucpání plynovodu. K ucpání dochází díky pevným hydrátům, které vznikají z metanu a vodní páry při určitém tlaku a teplotě (Gas, ©2007-2010).

Pevné hydráty zemního plynu náleží do skupiny sloučenin tzv. klatrátů (z latinského slova clatratus, zamřížovaný). Mezi známé klatráty patří fulereny, které jsou uspořádány do pětiúhelníků nebo šestiúhelníků. Pevné hydráty jsou v zemním plynu tvořeny molekulami vody, kdy dojde k uvěznění molekuly některého z obsažených uhlovodíků nebo dusíku či oxidu uhličitého (Sloan a Koh, 2007).

Zásobování České republiky

Vzhledem k absenci významných ložisek zemního plynu v ČR, je nutné tuto surovinu do ČR importovat. Několik malých ložisek se však v ČR nachází. Na jižní Moravě se ročně vytěží necelých 100 mil. m³, což není ani jedno procento objemu plynu, který je v ČR ročně spotřebován. Mezi hlavní dodavatele zemního plynu do ČR patří Rusko a Norsko.



Obr. 2 Síť plynovodů v ČR

Zdroj: Webová stránka www.zemniplyn.cz

Ruský plyn se na naše území dostává přes Slovensko a předávací stanici v Lanžhotě. Plyn tekoucí z Norska se k nám dostává přes Německo a předávací stanici v Hoře Sv. Kateřiny. V předávacích stanicích se dostává plyn ze systému dálkové přepravy do vnitrostátní soustavy. Dochází ke kontrole množství

odebraného plynu, a k úpravě tlaku plynu. Následně je plyn transportován ke koncovým odběratelům. Do plynárenského systému patří také podzemní zásobníky plynu. Tyto zásobníky jsou zřizovány z důvodu vytvoření zásob zemního plynu, které jsou velice důležité, neboť spotřeba plynu je v průběhu roku proměnlivá. Z ekonomických důvodů jsou dálkové plynovody dimenzovány tak, aby byly využívány celoročně. Proto je potřeba v letních měsících plnit plyn do zásobníků, aby mohla být v zimních měsících pokryta zvýšená poptávka, kdy je plyn využíván k vytápění. Dalším důvodem vytváření zásob plynu v letních měsících je výrazně vyšší cena plynu v zimních měsících a omezení odběru na určitý objem. Nelze také opomenout riziko přerušování dodávek plynu díky politickým sporům, které hráli roli při přerušování dodávek plynu na Ukrajině v roce 2009. Nebo riziko přerušování dodávek vlivem extrémních mrazů, zemětřesení či dalších extrémních klimatických výkyvů (Gas, ©2007-2010).

Česká republika patří mezi země s nejlépe propracovanou infrastrukturou pro skladování plynu. Podílem mezi roční spotřebou plynu a skladovací kapacitou se řadí ČR mezi evropské špičky. Ke skladování plynu je zde využíváno osm podzemních zásobníků plynu, z toho je šest sezónních a dva jsou tzv. špičkové. Provoz těchto zásobníků zajišťují dvě společnosti, první společností je RWE Gas Storage, která má zásobníky hned v několika lokalitách. Konkrétně se nachází v: Lobodících u Přerova, Dolních Dunajovicích u Mikulova, Štramberku u Nového Jíčina, Třanovicích u Českého Těšína, Tvrdonicích u Břeclavi a Hájích u Příbrami. RWE Gas Storage dokáže uskladnit ve svých zásobnících cca 2,6 mld. m³ zemního plynu, tento objem v případě potřeby dokáže plně pokrýt spotřebu zemního plynu v ČR po dobu tří měsíců. Druhou společností je MND Gas Storage, tato společnost má své zásobníky v obci Uhřice a Uhřice Jih na Hodonínsku. V těchto zásobnících je schopna uskladnit cca 235 mil. m³ zemního plynu. Roční spotřeba zemního plynu v ČR činí průměrně 8 mld. m³ (Český plynárenský svaz, ©2015).

Environmentální dopad využívání zemního plynu

Mezi výhody, které jsou spjaty se zemním plynem, patří téměř nulové emise pevných částic, absence oxidů síry a nižší produkce skleníkových plynů při jeho spalování. Nespornou výhodou je také nižší environmentální zátěž při těžbě a přepravě plynu, která je, v komparaci s ropou, výrazně nižší. Mezi stinné stránky zemního plynu patří skutečnost, že společně se vzduchem tvoří, při vyšších koncentracích, výbušnou směs, která tvoří riziko jak pro obyvatelstvo, tak i pro infrastrukturu. Nesmí být také opomenut fakt, že zemní plyn je tvořen metanem, tedy skleníkovým plynem. Fugitivní emise, tedy emise vzniklé úniky při těžbě, přepravě a úpravě, napomáhají antropogenní změně globálního klimatu.

3.2 Historie využívání plynu v dopravě

Plyn se v dopravě vyskytuje od samotného počátku. První výbušný plynový motor sestrojil Alessandro Volta. Tento italský fyzik totiž v roce 1777 experimentoval se směsí bahenního plynu a vzduchu. Díky svým pokusům objevil výbušnost této směsi při zapálení jiskrou. Následně ze skla a mosazi sestrojil pistoli, která je prapředkem spalovacího motoru a podnětem k vývoji techniky plynů.

Dalším badatelem, který se zasloužil o pokrok ve vývoji, byl Isaac de Rivaz, který roku 1807 sestrojil, na principu Voltovy pistole, provozuschopný vůz poháněný jednoválcovým plynovým motorem na svítiplyn s elektrickým zapalováním směsi. Francouzská vláda na tento vynález udělila Rivazovi patent dne 30. 1. 1807, jednalo se o první výbušný motor světa.

První prakticky využitelným byl však plynový výbušný motor, který zkonstruoval Jean Joseph Étienne Lenoir. Svůj vynález si nechal patentovat v roce 1859, jednalo se o dvojčinný plynový motor. Následně v roce 1860 začal Lenoir konstruovat vůz, do kterého vestavěl svůj plynový motor (Vlk, 2006).

3.3 Komparace CNG a LPG

V dnešní době je zatím bohužel velmi časté, že lidé nerozlišují rozdíl mezi CNG a LPG a označují obě tyto komodity pouze plynem. Obě tato paliva jsou dnes využívána pro pohon motorových vozidel, avšak mají odlišné vlastnosti. Když je řeč o CNG, jedná se o stlačený zemní plyn, tedy Compressed Natural Gas, složený z molekul CH_4 . Tato kombinace jednoho atomu uhlíku a čtyř atomů vodíku v sobě skrývá velké množství energie. Naopak LPG je zkapalněný ropný plyn, Liquefied Petroleum Gas. Jedná se o směs propanu (C_3H_8), propylenu (C_3H_6), butanu (C_4H_{10}) a butylenu (C_4H_8). Složení LPG se v různých regionech liší např. v Německu se LPG z větší části skládá z propanu a propylenu, naopak ve Francii je z velké části složen z butanu a butylenu.

Oba tyto pohony mají také různé způsoby startování. Zatímco automobily z prvovýroby na CNG standardně využívají toto palivo i při startování až do teploty $-10\text{ }^\circ\text{C}$. U vozů, s LPG pohonem, je start realizován na benzin, jelikož LPG je potřeba získat v plynném skupenství, kterého je LPG schopno dosáhnout až při vyšších teplotách (Baborský, 2014).

Odlišné jsou také způsoby získávání těchto komodit, kdy zemní plyn se přímo těží a LPG je jednou z frakcí ropy. Oba pohonné systémy CNG a LPG jsou levnější a šetrnější k životnímu prostředí v porovnání s benzinem či naftou. Díky nízkým výrobním nákladům a daňovým úlevám jsou náklady na stlačený zemní plyn až o 50 % nižší. Ve srovnání s konvenčním benzinovým motorem produkuje vůz na CNG o 25 % CO_x a 40 % NO_x méně. U LPG je pokles produkce emisí CO_2 oproti benzinovému motoru o 20 %. Podle cen u čerpacích stanic se může zdát, že LPG je levnější než CNG, což je však zavádějící, jelikož obě tato paliva se prodávají v rozdílných jednotkách. Cena CNG je uváděna v kilogramech, zatímco u LPG se uvádí cena za litr. V kilogramu CNG je stejné množství energie jako v 1,9 l LPG. Průměrně je cena stejného množství energie o třetinu nižší u CNG. Při srovnání počtu čerpacích stanic je na tom daleko lépe LPG, jelikož v ČR a celkově v Evropě je vybudována hustá síť těchto stanic. Naopak síť plnicích stanic pro CNG není zatím tak hustá, ale v posledních letech došlo k jejich velkému

rozmachu. V únoru roku 2016 bylo v ČR cca 900 čerpacích stanic LPG a 111 veřejných plnicích stanic pro CNG. Výhoda CNG však spočívá v tom, že CNG lze plnit i pomocí domácích plniček, k jejich zřízení je potřeba pouze běžný rozvod plynu (Bosch, [2015]).

3.3.1 Specifikace LPG

Jedná se o směs propanu a butanu, která je často označována zkratkou PB. Tyto plyny jsou získávány během frakční destilace ropy, jedná se o frakci s nejnižším bodem varu. Oba tyto plyny se také v malém množství vyskytují v zemním plynu. Za normálních podmínek je PB v plynném skupenství, avšak lze jej poměrně jednoduše zkapalnit. Ke zkapalnění PB při 20 °C je zapotřebí tlak 0,85 MPa pro zkapalnění propanu a 0,23 MPa pro zkapalnění butanu. Díky zkapalnění PB dojde ke zmenšení objemu v poměru 250:1, což je výhodné jak pro přepravu LPG, tak i pro využití v zážehových motorech, kde není díky zmenšení objemu potřeba tak velký zástavbový prostor. Mezi nevýhody LPG patří menší objemová výhřevnost než u benzínu a také nepříznivý vliv na přírodní pryže, které narušuje, proto je nutné použít ve vozidlech těsnící elementy a hadice ze syntetických materiálů (Vlk, 2006).

LPG je vyhledávaným palivem vzhledem k jeho nízké ceně pohybující se kolem 17 Kč/l. Začátkem roku 2015 dokonce klesla cena LPG na hranici 14 Kč/l. LPG je specifické tím, že při tankování paliva musí plnicí koncovku vždy připojit a následně odpojit dostatečně proškolená obsluha čerpaní stanice, nikoliv sám řidič. V zimě je také potřeba tankovat tzv. zimní plyn, ve kterém je větší podíl propanu z toho důvodu, že zplyňovat butan při nízkých teplotách je velice problematické.



Obr. 3 Označení vozidel s LPG pohonem

Zdroj: Norma ČSN EN 589

Na českém trhu se vyskytuje spousta firem, které nabízí přestavby konvenčních zážehových motorů na LPG. Cena přestavby vozidla na LPG se liší podle počtu válců, způsobu vstřikování paliva a výrobce sady pro přestavbu. Obvykle se cena přestavby pohybuje v rozmezí 20 000-40 000 Kč.



Obr. 4 Přestavba Fabie druhé generace na LPG

Zdroj: *Webová stránka www.autoservis-saku.cz*

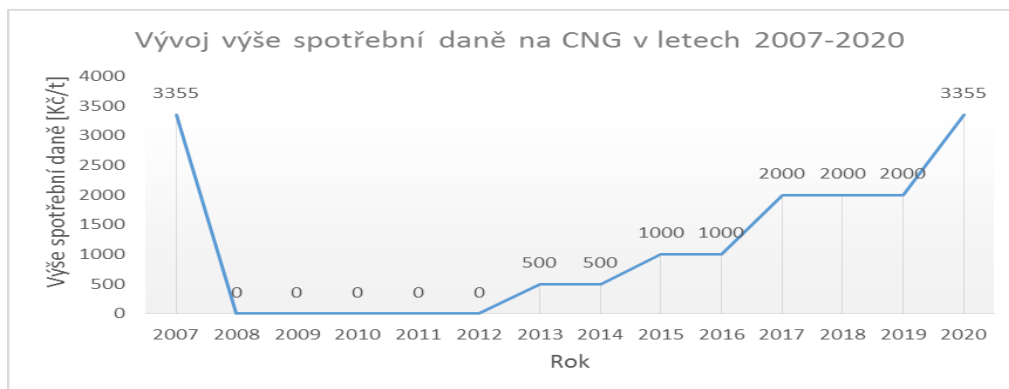
Spalováním LPG vzniká menší množství emisí než u konvenčních paliv, avšak pořád více než při spalování CNG. Automobilům spalujícím LPG je odepřen přístup do podzemních garáží a někdy i do nadzemních, to vše díky jeho fyzikálním vlastnostem. LPG má totiž větší měrnou hmotnost než vzduch, a proto při úniku LPG z vozidla se tento plyn drží u země a při větších koncentracích hrozí riziko udušení, jelikož LPG z daného prostoru vytlačuje vzduch. LPG se v 80. letech stal fenoménem a ještě do nedávné doby si držel prim nejlevnějšího paliva s nízkou produkcí emisí. Přestavbou na LPG se však zase zvýší spotřeba o 10-15 % a dalším problémem je i kvalita tohoto paliva, která je velice proměnlivá a podle kontrol ČOI se LPG ukázalo jako nejproblematictější palivo z pohledu normovaného složení uvedeného v ČSN EN 589 (AutoSAP, ©2016).

3.3.2 Důvody používání CNG

Od roku 2010 začal v ČR velký rozmach ve využívání vozidel s pohonem CNG, které je považováno za nejlevnější a zároveň neekologičtější fosilní palivo, které každoročně navyšuje svůj podíl na trhu. Tento velký rozmach CNG v ČR má na svědomí zejména automobilka ŠKODA AUTO Česká republika, která nabízí dva modely využívající CNG k pohonu. Konkrétně se jedná o malý městský automobil Citigo G-TEC a automobil nižší střední třídy Octavia G-TEC, po jejímž uvedení na trh se výrazně zvýšil zájem o využívání CNG v ČR.

Mezi prvními zákazníky, kteří měli zájem o tuto variantu pohonu, byly hlavně firmy s velkými flotilami služebních automobilů, u kterých vzhledem k velkému ročnímu nájezdu kilometrů dochází k největším úsporám finančních prostředků. Náklady na provoz výše uvedených modelů se pohybují kolem 1 Kč/km, což může firmě ročně ušetřit značné množství prostředků, které může následně investovat třeba do vlastní plničky CNG. Jedná se o velice zajímavou možnost doplňovat CNG v místě sídla firmy a k tomu ještě levněji. Plnicí stanice může být zřízena kdekoli, kde se nachází běžný rozvod plynu.

Mezi další výhody patří osvobození majitelů vozidel na CNG od platby silniční daně a také stanovení fixované spotřební daně, jejíž výše je pevně vymezena zákonem č. 353/2003 Sb., o spotřebních daních, a to do roku 2020. V porovnání s ostatními palivy je tato výhoda značná, jelikož výše spotřební daně pro benzín činí 12,80 Kč/l a u nafty je to 10,90 Kč/l (ČPS, ©2015).



Graf 1 Vývoj výše spotřební daně na CNG v letech 2006-2020

Zdroj: Zákon č. 261/2007 Sb., o stabilizaci veřejných rozpočtů, vypracování vlastní

Mezi výhody CNG patří lepší promísení a dodržení směšovacího poměru paliva se vzduchem, díky tomu se ve výfukových plynech nachází menší množství emisí CO_x, NO_x a téměř nulové emise pevných částic a sloučenin síry. Dále také nedochází ke smývání palivového filmu ve válci a ředění oleje v klikové skříni. Motory spalující CNG se také vyznačují svým tichým chodem, běžně je dosahováno snížení hluku o 10-15 dB. Nespornou výhodou je zamezení vzniku karbonových úsad ve spalovacím prostoru (Gscheidle et al., 2015).

Zápalná teplota CNG je 537 °C, tedy více jak dvojnásobně vyšší teplota než u benzínu a nafty, což přispívá k provozní bezpečnosti vozidla.

Tabulka 2 *Vlastnosti paliv*

Zdroj: *Webová stránka www.cng4you.cz, vypracování vlastní*

Palivo	Oktanové číslo	Cetanové číslo	Teplota vznícení [°C]	Mez výbušnosti [%]	Třída nebezpečnosti
Benzin	91-98	-	260	0,6-8	I.
LPG	100-110	-	430	1,5-11	I.
Motorová nafta	-	51-55	250	0,5-6,6	III.
Zemní plyn	128	-	537	4,4-15	IV.

Vyšší bezpečnost CNG vozidel zajišťuje pojistný ventil, který v případě nehody zabrání explozi vozidla. Výhodou je také bezproblémové startování při nízkých teplotách. Díky vlastnostem CNG je prakticky nemožné odcizit palivo z nádrže. Vzhledem k nižší produkci emisí je pohon CNG nejčastěji využíván u městských autobusů z důvodu nižší ekologické zátěže a ekonomické úspore na pohonných hmotách.

3.3.3 Nevýhody spojené s používáním CNG

Největším problémem je zákaz parkování v některých podzemních garážích. Do roku 2015 bylo totiž parkování automobilů na CNG v těchto garážích plošně zakázáno.



Obr. 5 Dopravní značka B50, zákaz vjezdu s LPG a CNG pohonem

Zdroj: *Webová stránka www.zabezpecovaci-zarizeni.cz*

Tento problém byl vyřešen vyhláškou 341/2014 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích vydanou dne 1. 1. 2015. Touto vyhláškou byl zrušen zákaz parkování v podzemních garážích pro vozidla na CNG. U nově budovaných podzemních garáží vzniká, podle normy ČSN 73 6058, povinnost vyhradit 10 % parkovacích míst právě pro automobily na CNG. Vzhledem k vlastnostem zemního plynu byl strach z parkování těchto vozidel v podzemních garážích neoprávněný, jelikož zemní plyn je nejbezpečnějším palivem běžně používaným v dopravě. Bylo zjištěno, že u CNG je velmi nízké riziko výbuchu, což vyplývá z jeho fyzikálních vlastností, dokonce HZS řadí CNG až do IV. třídy nebezpečnosti. Zatímco benzín a LPG patří do I. třídy nebezpečnosti a motorová nafta do skupiny III. (ČPS, ©2015).

Druhou nejčastěji zmiňovanou nevýhodou je malá síť čerpacích stanic v ČR, nicméně během posledních let byl zaznamenán velký nárůst a zájem o stavbu plnicích stanic, které jsou buď samostatné, nebo integrované na běžné čerpací stanici. Nejvíce integrovaných stojanů lze vidět u řetězce čerpacích stanic Benzina. Na konci roku 2015 bylo v ČR 108 veřejných plnicích stanic a do roku 2020 se počítá s nárůstem na 300 těchto stanic. U CNG vozidel dochází ke snížení výkonu

motoru z důvodu rozdílného směšovacího poměru v porovnání s benzínem. S provozem CNG automobilu jsou také spojeny pravidelné prohlídky, během kterých jsou prováděny revize tlakových nádob a celého systému.

3.3.4 Další možnosti získávání CNG

Do budoucna se počítá s výrobou CNG z obnovitelných zdrojů. Konkrétně existují dva koncepty, jak by měla výroba CNG probíhat. První metoda je založená na využívání metanu produkovaného na skládkách komunálního odpadu. Jímáním a následným vyčištěním metanu ze skládek by se redukovalo množství emisí metanu unikajícího do atmosféry, takto získaný plyn je označován jako Bio-CNG (Energy, ©2015).

Výše uvedený způsob je již běžně využíván v USA, kdy získaný metan slouží k pohonu popelářských vozů. Na stejném principu je postavena myšlenka získávat CNG z bioplynových stanic a čistíren odpadních vod. CNG získaného z bioplynových stanic je využíváno např. v Rakousku. Při uvedení do provozu v roce 2007 se jednalo o jednu z prvních plniček v Evropě využívající k plnění právě bioplyn. Tuto stanici provozuje firma MethaPower, která v roce 2014 získala od EU ocenění v oblasti udržitelných zdrojů. Takovéto stanice jsou k vidění také ve Finsku, Francii a Nizozemsku. Právě v Nizozemsku byla v prosinci 2015 otevřena první stanice svého druhu u dálnice. Většinou se totiž tyto stanice nachází v blízkosti bioplynových stanic, které jsou umístěny mimo hlavní dopravní tahy a slouží primárně k plnění automobilů a traktorů.

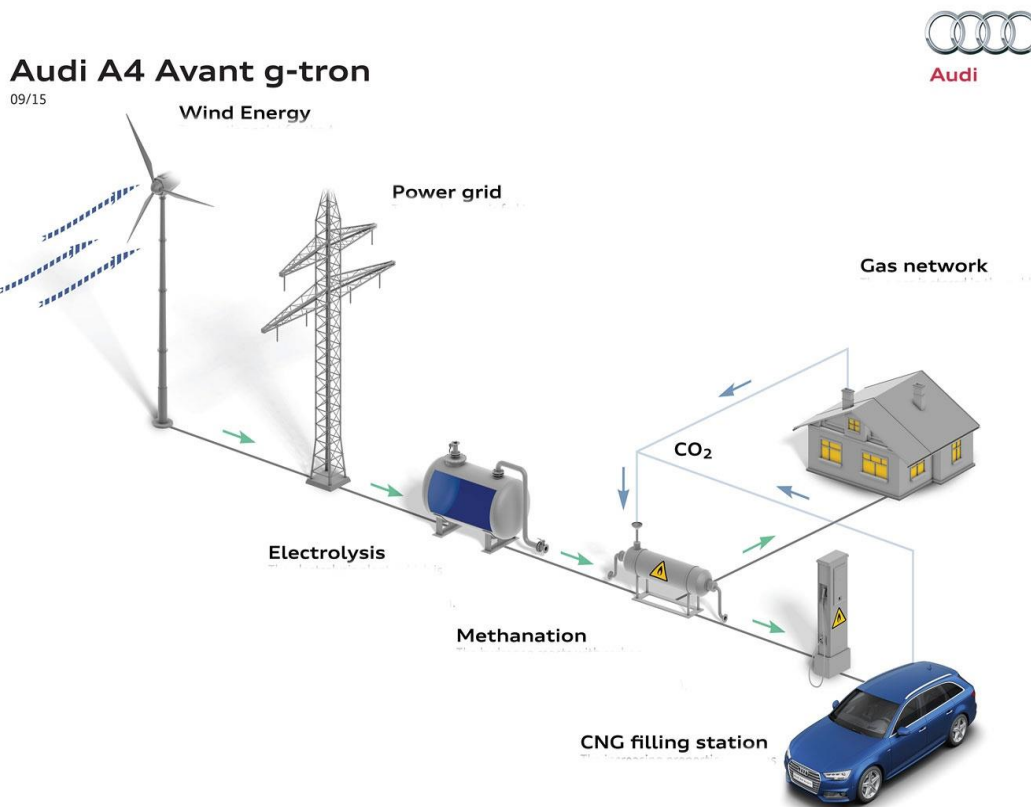
Získávání Bio-CNG z odpadních vod je realizováno v UK, konkrétně ve městě Bristol, kde jsou provozovány Bio-Busy, které do svých nádrží plní právě Bio-CNG (Gas Vehicles Report, ©2015).



Obr. 6 Bio-Bus provozovaný v Bristolu

Zdroj: Webová stránka www.geneco.uk.com

Druhým způsobem je získávání metanu jako produktu elektrolýzy. Elektrická energie získaná z obnovitelných zdrojů je využita k elektrolýze vody, která vodu rozdělí na vodík a kyslík. Takto získaný vodík by se dal využít k výrobě palivových článků, avšak prozatím kvůli nedostatečné infrastruktuře je prováděn krok druhý, kdy se provádí metanizace. Při metanizaci dochází k reakci vodíku s CO_2 a následně vzniká syntetický metan, který automobilka Audi ve svém konceptu označuje jako E-gas. Tento plyn může být následně dodáván do rozvodné sítě zemního plynu nebo bude použit v plnicích stanicích CNG k plnění automobilů na CNG. Takto získaný stlačený plyn se nazývá E-CNG (Audi, ©2015).



Obr. 7 Koncept E-CNG

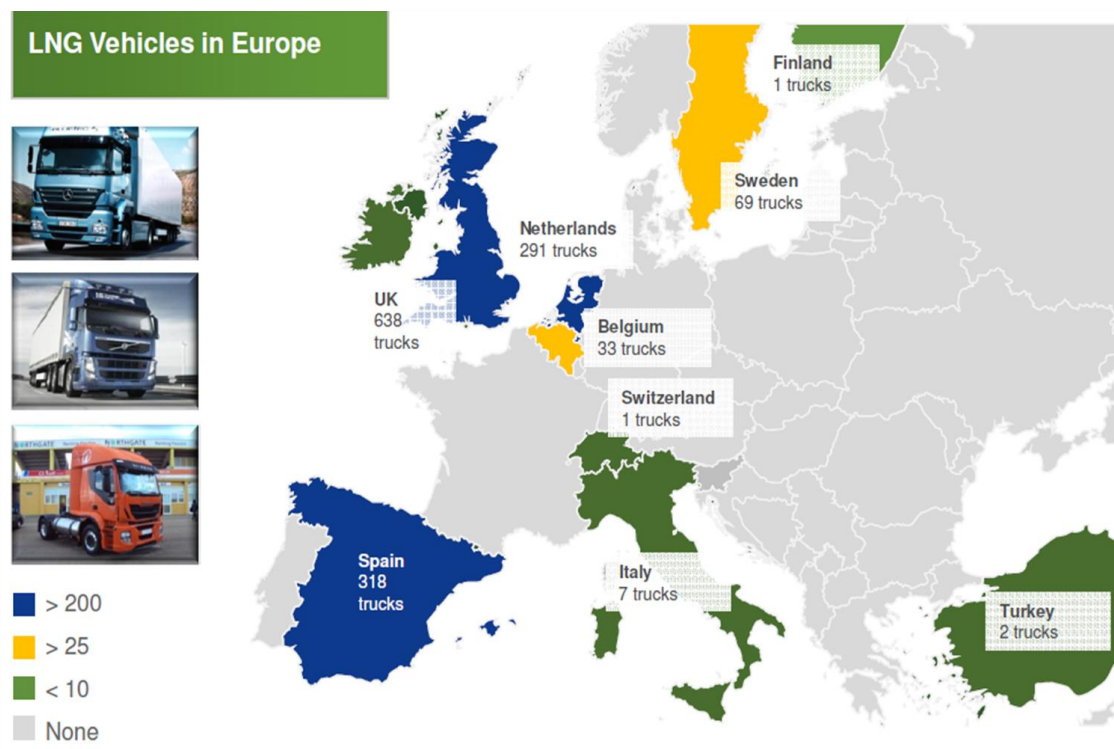
Zdroj: *Webová stránka www.audi.com*

3.3.5 Zemní plyn v dálkové dopravě

Vzhledem k velkému zástavbovému prostoru u nákladních automobilů, s CNG pro tyto účely nepoužívá. K tomuto účelu je daleko výhodnější zkapalněný zemní plyn LNG. Ke zkapalnění je nutné zemní plyn zchladit na teplotu $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$. Výhodou LNG oproti CNG, je 600krát menší objem, díky tomu lze dosáhnout delší dojezdové vzdálenosti a menší omezení zavazadlového prostoru u osobních automobilů. Dočasnou nevýhodou LNG je neexistence infrastruktury potřebné k rozšíření této technologie (Vlk, 2006). Z důvodu splnění Evropské směrnice 2014/94/EU, musí být na území ČR, do roku 2020, alespoň jedna plnicí stanice LNG (NAP CM, 2015).

Plnění LNG je velmi podobné systému plnění LPG, s tím rozdílem, že zemní plyn je přepravován a skladován v kryogenních nádržích. Toto skladování je realizováno při velmi nízkých teplotách -160 až -170 °C. K chlazení zásobníků kapalného zemního plynu v plnicích stanicích se používá kapalný dusík. Chlazením se zabraňuje samovolnému odparu, ke kterému dochází při delší odstavce vozidla. V současné době je LNG nejvíce využíváno ve Spojeném království, Španělsku a Nizozemí (Vlk, 2006).

LNG je považováno za budoucnost dálkové dopravy vzhledem k nízkým provozním nákladům. Ke zvýšení tržního podílu těchto vozidel s jistotou dojde až po vybudování dostatečné infrastruktury (Český plynárenský svaz, ©2016).



Obr. 8 Počty LNG automobilů v Evropě

Zdroj: Měsíčník Gas Vehicle Report, leden 2016

4 MOŽNOSTI A ZPŮSOBY VYUŽITÍ CNG V DOPRAVĚ

Jedná se o palivo s velkým potenciálem vzhledem k jeho stabilně nízké ceně a nízké produkci emisí. Velkou předností je proto používání, vozidel na CNG, v zastavěných oblastech, zejména autobusů.

4.1 Osobní automobily

Osobní automobily s CNG pohonem jsou nejčastěji součástí firemních flotil, a to z důvodu nízkých provozních nákladů. Bonusem je pak nižší produkce emisí v porovnání s konvenčními pohony.

Zpravidla s CNG pohon používá v kombinaci s provozem na benzin, pak je tento pohon nazýván bivalentním. V této podkapitole jsou uvedeny konstrukční prvky, které jsou odlišné od klasického konstrukčního řešení u konvenčních pohonů osobních automobilů.

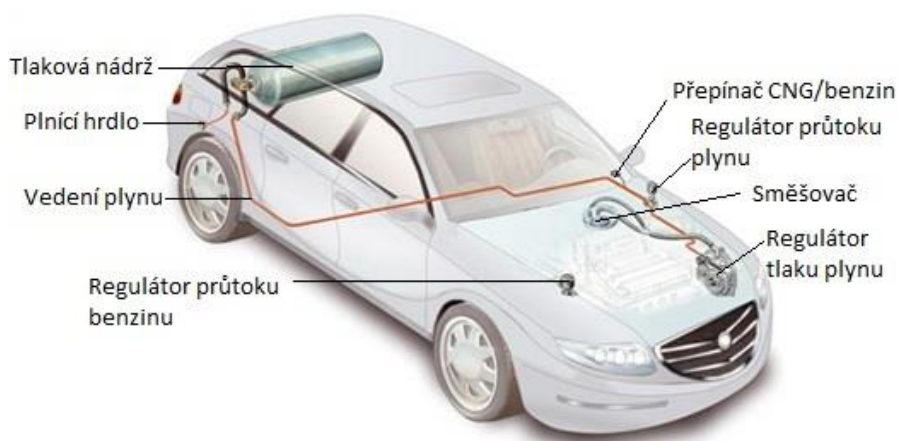
4.1.1 Palivové systémy CNG motoru

Během vývoje se měnily způsoby řešení palivového systému, vždy však musely být splněny základní funkce, tedy doprava paliva z palivové nádrže do spalovacího prostoru, kde musí dojít ke správnému promísení se vzduchem, a to ve všech provozních režimech. Obecně lze podle způsobu dopravy paliva rozlišovat tři systémy.

- systém se směšovačem plynu
- systém se vstřikováním plynu do sacího potrubí
- systém s přímým vstřikem paliva

System se směšovačem

Nejstarším a konstrukčně nejjednodušším systémem je systém se směšovačem plynu. Jednoduchost tohoto systému je spojena s jistými omezeními pro dosažení optimálního seřízení napříč provozními režimy.



Obr. 9 Palivový systém se směšovačem u přestavby

Zdroj: *Webová stránka muslimcng.com, vlastní zpracování*

Úkolem směšovače je vytvořit směs zemního plynu se vzduchem v takovém poměru, aby vznikla homogenní směs paliva se vzduchem. Konstrukce směšovače je poměrně jednoduchá, jedná se o hliníkový odlitek s kruhovým otvorem uprostřed. V tomto kruhovém otvoru jsou po obvodu malé otvory, kterými je do sacího potrubí přiváděno palivo. Toto palivo je unášeno proudem vzduchu a následně dochází k difúzi plynů. Funkce směšovače je založena na principu Venturiho trubice, který vychází z rovnice kontinuity, respektive Bernoulliho rovnice.



Obr. 10 Různá provedení směšovačů

Zdroj: *Webová stránka www.mijoautogas.co.in*

Systémy se vstřikováním paliva

Důvodem použití systémů se vstřikováním paliva je dosažení lepšího promísení paliva se vzduchem, a to při všech jízdních režimech. Systémy se vstřikováním paliva lze rozdělit do tří skupin:

- Systém s jednobodovým vstřikováním do sacího potrubí
- Systém s vícebodovým vstřikováním do sacího potrubí
- Systém přímého vstřikování

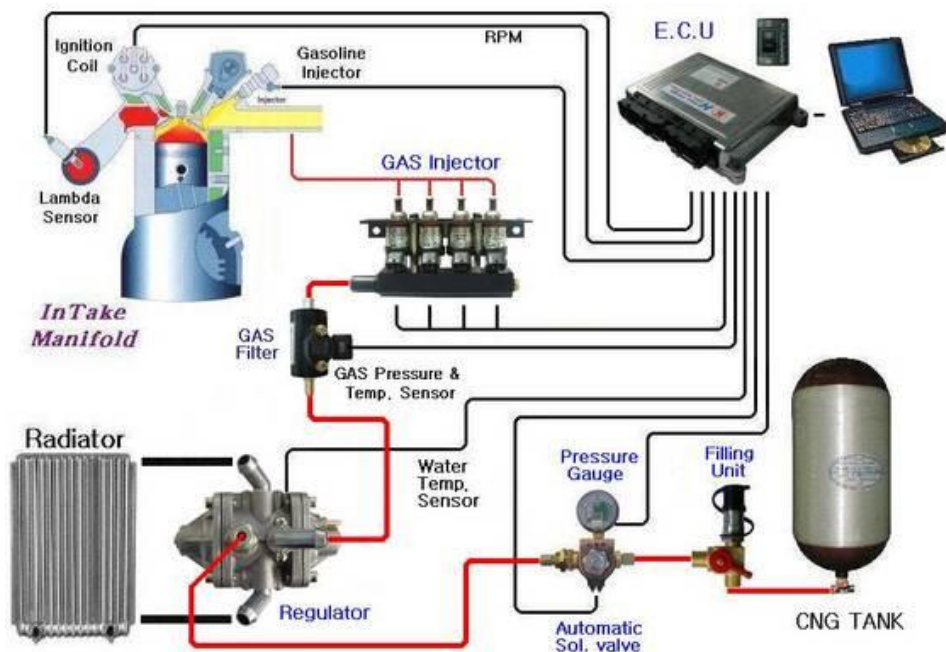
Systém s jednobodovým vstřikováním do sacího potrubí

Jedná se o systém založený na stejném principu, jaký je používán v případě jednobodového vstřikování benzínu. V sacím potrubí je umístěn jeden vstřikovací ventil, jehož úkolem je zajistit dodávku paliva pro všechny válce daného motoru. V porovnání systému se směšovačem, se jedná o vyspělejší technologii, jelikož je možné regulovat množství vstřikovaného paliva pomocí informací získaných lambda sondou. Tento systém je tedy už řízený elektronicky, avšak stále neodstraňuje problém s nerovnoměrně rozděleným množstvím paliva pro jednotlivé válce. Komplikované je tedy použití tohoto systému pro automobily s větším počtem válců.

Systém s vícebodovým vstřikováním do sacího potrubí

Tento systém je plně elektronický a odstraňuje problém jednobodového vstřikování do sacího potrubí s nerovnoměrným rozdělením paliva do válců. U tohoto systému je totiž před každým válcem umístěn vstřikovač. Lepší promísení má za následek snížení spotřeby a množství vyprodukovaných emisí.

V porovnání s výše uvedenými systémy se jedná o složitější a dražší systém, který je však dnes nejběžněji používaným (Bosch, [2015]).



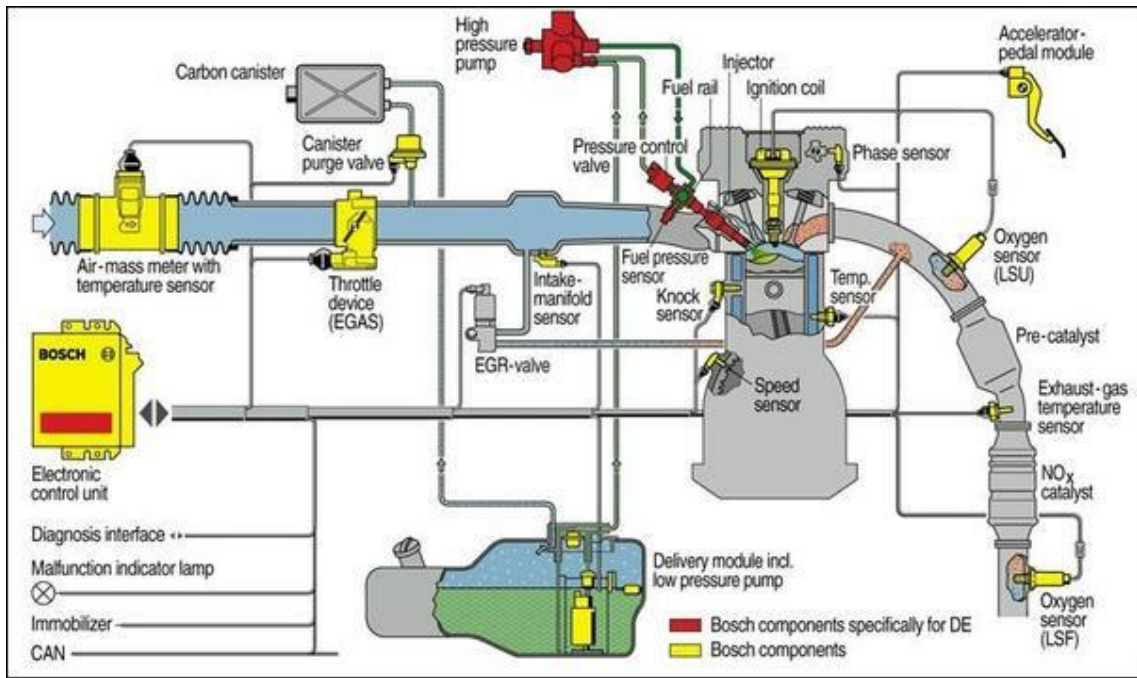
Obr. 11 Systém s vícebodovým vstřikováním CNG

Zdroj: *Webová stránka hanalpg.en.ec21.com*

Systém s přímým vstřikováním

Jedná se o technologicky nejsložitější systém dopravy paliva. Z toho důvodu není doposud hojně rozšířen a přednost dostává řešení s vícebodovým vstřikováním paliva do sacího potrubí. Přímým vstřikováním paliva lze CNG spalovat i ve vznětových motorech. Toto spalování s sebou však přináší problémy se samovznícením CNG, jelikož k němu dochází až při teplotě 580 °C. U motorové nafty samovznícení nastává, tedy dosažení zápalné teploty, už při 120°C. Z tohoto důvodu je v motorech s přímým vstřikováním CNG instalována keramická destička, jejíž teplota se pohybuje v rozmezí 1 200-1 300 °C. Díky přítomnosti rozžhavených keramických destiček je tedy CNG schopno samovznícení. Doposud se však tento systém potýká s nízkou spolehlivostí, která je způsobena nízkou životností keramických destiček.

Při samotném vstřikování nastává problém s tím, že CNG je v plynném skupenství a je dále stlačitelné, na rozdíl od téměř nestlačitelné motorové nafty. Není proto dost dobře možné měnit vstřikovací tlak, ale k regulaci množství vstřikovaného paliva slouží proměnný zdvih vstřikovače (Gasitaly, ©2016).



Obr. 12 Systém s přímým vstřikováním CNG

Zdroj: *Webová stránka www.gasitaly.com*

4.1.2 Bezpečnostní opatření automobilů na CNG

Při provozu vozidla na zemní plyn je potřeba předejít nebezpečí, která jsou s tímto palivem spojena. Největšími riziky jsou nekontrolovaný únik plynu a exploze tlakových nádrží vlivem zvýšení tlaku. Tato rizika jsou však ošetřena pomocí následujících opatření.

Ve vozidlech na CNG jsou instalovány zpětné ventily, které jsou umístěny v plnicím vedení a na uzavíracích ventilech nádrže. Jejich úkolem je zamezit zpětnému proudění plynu přes palivový ventil. Každý CNG automobil musí mít plynotěsný obal, který je umístěn kolem vedení a konstrukčních součástí uvnitř vozidla. U šroubových spojů jsou použity spoje s dvojitými svěracími kroužky. Tlakové nádrže na CNG jsou vyrobeny z oceli nebo kompozitních materiálů,

např. plastu zesíleného uhlíkovými vlákny (CFK). Ve fázi vývoje je porézní materiál MOF, který se vyznačuje nízkou hmotností a umožňuje skladování plynu při nižším tlaku. Výzkumem tohoto materiálu se zabývá německá univerzita v Paderbornu. Ocelové nádrže jsou používány pouze z důvodu nižší ceny, jejich nevýhodou je vyšší hmotnost a přetěžování zadní nápravy. Dalším opatřením je dvojitě uchycení každé tlakové nádrže. Každá tlaková nádrž také musí před instalací projít tlakovou zkouškou. U ocelových nádrží je testování prováděno tlakem cca 40 MPa, avšak u kompozitních nádrží může testovací tlak dosahovat i 50 MPa.

Pro případ požáru jsou na tlakových nádržích naistalovány pojistky s tavnou pájkou a tepelná pojistka. Toto opatření má zabránit explozi tlakových nádob v případě požáru, kdy se vlivem rostoucí teploty zvyšuje také tlak plynu (Groda, 2001). Proti úniku plynu, v případě prasknutí vedení, je nádrž vybavena omezovačem průtoku, který zamezí náhlému vyprázdnění nádrže. Důmyslný systém elektromagnetických uzavíracích ventilů, umístěných na tlakových nádobách a v regulátoru tlaku. Tyto elektromagnetické uzavírací ventily se uzavřou v případě přepnutí na benzin, výpadku proudu, pokud je motor v klidu, nebo v případě nehody. Kromě výše uvedených opatření je také použito pružné plynové vedení na straně nízkého tlaku, tedy mezi regulátorem tlaku a vstřikovacími plynovými ventily, kde je tímto opatřením eliminován vznik únavového lomu. K tomu také napomáhá regulátor přetlaku umístěný na regulátoru tlaku, který chrání stranu nízkého tlaku před příliš vysokým tlakem (Gscheidle et al., 2015).

4.2 Autobusy

Autobusy na CNG nachází uplatnění v oblasti městské dopravy vzhledem k dojezdové vzdálenosti, která se pohybuje kolem 400 km. Pro autobusy na CNG je typické umístění tlakových láhví na střeše, podle kterých je lze jednoduše identifikovat. Jedná se o velmi výhodné řešení z hlediska provozních nákladů, a v posledních letech i z pohledu pořízení nových autobusů. Na autobusy s tímto pohonem bylo možné získat dotace z několika dotačních programů. Z programu

Ministerstva životního prostředí bylo možné získat dotaci až do výše 90 % pořizovací ceny. Jednalo se o podporu v rámci projektu 57. výzvy Operačního programu Životní prostředí. Tento program měl za úkol zvýšit zájem o CNG autobusy, protože na konci roku 2014, kdy proběhlo schválení projektu, byl podíl autobusů na CNG zhruba 2,5 %, z celkového počtu provozovaných autobusů v ČR. Úspěch tohoto projektu byl potvrzen prudkým nárůstem nově registrovaných CNG autobusů v roce 2015. Český plynárenský svaz uvádí, že z celkového počtu 1350 nově registrovaných autobusů, bylo právě 26 % autobusů na CNG. Z toho plyne, že meziročně se počet registrací CNG autobusů více než zdvojnásobil.

Koncem roku 2014 v ČR jezdilo 19 716 autobusů, z toho více než polovina byla starší 10 let. Z dlouhodobého hlediska se postupně zvyšuje průměrné stáří provozovaných autobusů. Ještě na konci roku 2010 to bylo 14,38 let, v roce 2011 došlo k navýšení na 14,56 let, a na konci roku 2013 to už bylo dokonce 14,76 let.

V Evropské unii je průměrné stáří provozovaných autobusů 11 let, tudíž ČR v tomto pohledu zaostává. Navíc zhruba 13 000 autobusů provozovaných v ČR, patří do emisní normy Euro 0 až III. Během 57. výzvy Operačního programu Životní prostředí bylo jen v roce 2014, na osmi projektech, vyplaceno 1,4 mld. Kč, z celkových nákladů 2,4 mld. Kč (Český plynárenský svaz, ©2016).



Obr. 13 *Autobus IVECO URBANWAY 10,5 CNG*

Zdroj: *Webová stránka www.busportal.cz*

Největší dotace získaly dopravní podniky v Ostravě a v Brně. Ostravský dopravní podnik, a.s. získal na svůj projekt nejvyšší dotaci, a to ve výši 645 671 251 Kč. Druhou nejvyšší dotaci 394 146 882 Kč z celkové výše

nákladů 466 milionů Kč, obdržel Dopravní podnik města Brna, a.s. Díky této investici do CNG autobusů šetří Dopravní podnik města Brna, a.s. každoročně 30 000 000 Kč na pohonných hmotách, a také díky CNG ročně produkuje o 75 t méně škodlivin. Podle vyjádření generálního ředitele Brněnského dopravního podniku Miloše Havránka, šetří provoz autobusů na CNG 3,70 Kč na každém ujetém kilometru oproti provozu naftových autobusů. V Brně po předešlých zkušenostech ještě uvažují o koupi dalších 30 autobusů, nicméně by se už jednalo o konečný počet autobusů na tento pohon. Hlavním důvodem je zajištění dopravy v Brně i v období přerušení dodávek zemního plynu do ČR. Dále se také ukázalo, že se vyplatí koupě CNG autobusů i bez podpory. Důkazem toho je ČSAD Tišnov, s. r. o., která si již pořídila 5 autobusů na CNG bez dotací, a během dalších pěti let plánují provozovat 20-25 těchto autobusů. Kromě nákupu autobusů ČSAD Tišnov, s. r. o. vybudovala plnicí CNG stanici, která je dostupná i pro veřejnost. Celkem 820 autobusů s pohonem CNG bylo v ČR v provozu na konci roku 2015. Jedná se o 58% nárůst proti roku 2014. Podle celosvětových statistik jezdilo v roce 2014 celkem 782 000 autobusů na CNG. Jednou z metropolí, kde je CNG hojně využíváno, je španělský Madrid. V Madridu jezdí přes 400 CNG autobusů a zdejší plnicí stanice je schopna obsloužit 150-180 autobusů za hodinu. V ČR dosud používá CNG autobusy 45 měst, které mají také vybudovány vlastní plnicí stanice (Český plynárenský svaz, ©2016).

4.3 Užitkové vozy

Jedná se o velice oblíbený segment v rámci CNG vozidel. Tyto vozy nacházejí využití zejména u firem, které potřebují převážet menší náklad. Vozy tohoto segmentu využívá např. Česká pošta, dále pak jsou využívány energetickými firmami RWE a E.ON jako servisní vozidla. Využívání užitkových CNG vozidel je zajímavou alternativou i pro živnostníky, vzhledem k absenci silniční daně.

4.4 Nákladní automobily

Nákladní automobily na CNG jsou nejčastěji využívány ke svozu komunálního odpadu. Z důvodu omezené dojezdové vzdálenosti na 300-400 km, jsou tato vozidla využívána pouze k přepravě nákladu na kratší vzdálenosti. Pro dálkovou dopravu je vhodné využít LNG, které poskytuje dojezdovou vzdálenost až 1 000 km. Mezi výrobce, kteří nabízí své modely v segmentu nákladních CNG automobilů patří: Mercedes, Scania, Renault, Volvo a Iveco. V praxi tyto vozy slouží firmám DB Schenker a Santa-Trans, s. r. o., která zajišťuje logistiku pro výrobce nápojů Kofola. Do budoucna tato firma plánuje svoji CNG flotilu dále rozšiřovat (Scania, ©2015).

4.5 Další možnosti použití

Kromě výše uvedených způsobů použití je možné nalézt CNG pohon také ve vysokozdvíhacích vozících, lodích, rolbách ledu, motocyklech. O bezpečnosti CNG svědčí i použití tohoto paliva pro hasičské vozy. V roce 2015 byly v ČR pořízeny první dva hasičské vozy na CNG, které jsou určeny speciálně k likvidaci požárů elektrozařízení (Český plynárenský svaz, ©2015). Na podzim roku 2015 byl, na výstavě Agritechnica v Hannoveru, představen traktor firmy Deutz-Fahr, s CNG pohonem. Tento traktor disponuje nádrží na cca 60 l CNG, což zhruba odpovídá 77 l motorové nafty (Ngv Global News, ©2015).

Na výstavě Czech Raildays 2012 byla tahákem přestavěná lokomotiva na CNG, kterou tam prezentovala společnost Vítkovice Doprava, a.s. Od té doby tato společnost přestavěla několik dalších modelů, které měly sloužit společnosti České dráhy, a. s., nicméně z tohoto kontraktu nakonec po zkušebním provozu sešlo. Tyto lokomotivy s označením 714.801 slouží pouze skupině Vítkovice Machinery Group, která je využívá zejména k posunu (Hybrid, ©2015). Majitelé CNG vozidel se také mohou účastnit rallye závodů, které jsou pořádány i v ČR, jako součást FIA Alternative Energies Cupu (Ewrc, ©2016).

5 PODPORA ROZVOJE CNG V DOPRAVĚ

K rozšíření používání CNG v dopravě byla zapotřebí náležitá propagace a uspořádání osvětových akcí, které měly za úkol představit CNG jako vhodnou alternativu ke konvenčním palivům. Cílem rozšíření používání CNG v ČR je snížení ekologické zátěže v podobě produkovaných emisí, snížení závislosti ČR na ropných produktech a diverzifikace zdrojového mixu. K nárůstu registrací autobusů na CNG přispěly tři programy na podporu rozvoje CNG.

Prvním stimulantem byl dotační program Ministerstva dopravy ČR na obnovu vozidel veřejné autobusové dopravy. V rámci tohoto programu bylo možné získat dotaci až do výše 500 000 Kč na nový CNG autobus. Tento program byl ukončen v roce 2010 a v rámci tohoto programu bylo pořízeno 22 CNG autobusů (Ministerstvo průmyslu a obchodu, ©2015).

S druhým programem přišlo Ministerstvo životního prostředí v rámci 57. výzvy Operačního programu Životní prostředí. Tento program byl aktuální v letech 2007- 2014 a podpořil nákup 300 autobusů a vznik čtyř nových plnicí stanice. Tento program obsahoval i osvětovou kampaň, v rámci které byly na autobusy umístěny polepy s tematikou CNG, dále byla použita propagace pomocí billboardů a reklamy v regionálních médiích. Celkem si tento program vyžádal náklady ve výši 1,5 mld. Kč (Český plynárenský svaz, ©2015).

Třetí program byl iniciován Českou plynárenskou unií, v rámci programu Čistá veřejná doprava je možné získat dotaci ve výši 200 000 Kč na každý zakoupený CNG autobus (Ministerstvo průmyslu a obchodu, ©2015).

Celkově se do podpory CNG kromě Ministerstva životního prostředí a Ministerstva průmyslu a obchodu, zapojily i plynárenské společnosti, výrobci automobilů, zejména ŠKODA AUTO, a. s., provozovatelé plnicích stanic, a v neposlední řadě rozvoji CNG přispělo schválení Národního akčního plánu čisté mobility.

5.1 Národní akční plán čisté mobility

Národní akční plán čisté mobility (NAP CM), pro období 2015-2018, byl sestaven s výhledem do roku 2030. Jedná se o nelegislativní dokument, který vytvořilo Ministerstvo průmyslu a obchodu v rámci implementace Evropské směrnice 2014/94/EU o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva. V NAP CM je řešena problematika elektromobily, CNG, LNG a částečně palivových článků. U těchto paliv si musí jednotlivé členské státy EU stanovit národní cíle pro rozvoj příslušné infrastruktury dobíjecích a plnicích stanic. V návaznosti na již zmíněnou směrnici se bude NAP CM aktualizovat každé tři roky.

5.1.1 Cíle Národního akčního plánu čisté mobility

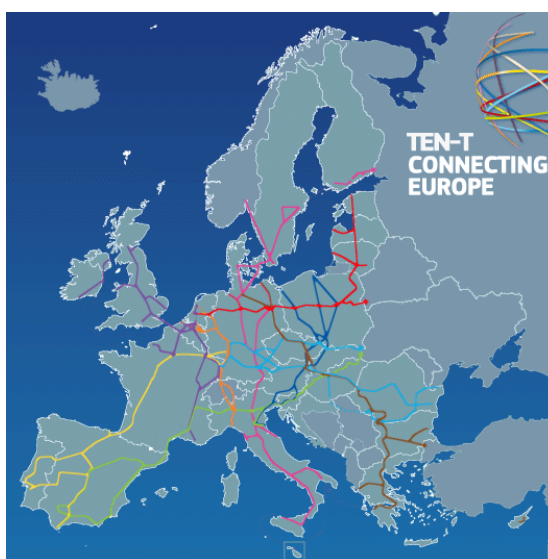
Mezi cíle NAP CM patří vytvoření dostatečně příznivého prostředí pro rozšíření využívání alternativních paliv a pohonů v sektoru dopravy v ČR. Dlouhodobým cílem je dosáhnout na úroveň ostatních vyspělých států Evropské unie, konkrétně po roce 2030 má být využívání zemního plynu v dopravě naprosto standardní, stejně jako využívání elektromobilů. Využívání palivových článků by se už mělo dostat z fáze výzkumu do pozice, ve které je dnes elektromobilita. NAP CM je založen na principu technologické neutrality, tedy všechny způsoby pohonů v něm zahrnuté by měly být veřejným sektorem podporovány rovnoměrně.

Pokud nedojde k naplnění stanovených cílů, bude značně ohrožena konkurenceschopnost ČR z důvodu proexportního charakteru ekonomiky, která je založena na automobilovém průmyslu. Díky podpoře nízkoemisních vozidel má být docíleno dalšího rozvoje infrastruktury, tuzemských výrobců automobilů a jejich dodavatelů. V případě nepříznivého vývoje v této oblasti nebude ČR schopna splnit své závazky k EU v oblasti snižování emisí skleníkových plynů do roku 2030.

5.1.2 Budoucnost CNG

Podle provedených analýz je zemní plyn ve formě CNG, případně LNG palivem s dobrým potenciálem se výrazně prosadit v dopravě, a to minimálně ve střednědobém horizontu (Ministerstvo průmyslu a obchodu, ©2015). Tyto prognózy jsou založeny na studii proveditelnosti Centra Dopravního výzkumu, v.v.i., Brno (Dopady plynofikace MHD) a evropských projektech: INGAS (Integrated GAS Powertrain Collaborative Project), GasHighWay. Mezi hlavní výhody CNG patří větší objem světových zásob zemního plynu než ropy. Podle výše uvedených projektů by měly být vyčerpány světové zásoby zemního plynu cca o 50-100 let později než tomu bude u ropy. Díky tomu je zemní plyn deklarován jako segment, o který poroste zájem minimálně do roku 2040.

Česká republika není žádným nováčkem ve využívání CNG v dopravě, naopak patří mezi evropské země s dynamickým nárůstem zájmu o tento pohon společně s Itálií, Německem, Rakouskem, Švédskem, Španělskem a Francií. Podle plánu by měly být v ČR plnicí stanice ve všech větších městech a to do roku 2020. Poté by měla být, do roku 2025, rozšířena síť plnicích stanic na hlavní síti TEN-T. Po roce 2025 by měla být infrastruktura rozšířena v takové míře, že dojezdová vzdálenost, mezi jednotlivým plnicími CNG stanicemi, nepřesáhne 150 km.



Obr. 14 Hlavní síť TEN-T

Zdroj: *Webová stránka ec.europa.eu*

Aby byl příznivý rozvoj CNG v dopravě dlouhodobě udržitelný, je zapotřebí zpracovat na stabilním legislativním prostředí pro oblast využití zemního plynu v dopravě. Prakticky se jedná o dokončení procesu revize technických předpisů a norem, včetně novel vyhlášek a zákonů se záměrem odstranit iracionální omezení pro tento pohon, zejména v oblasti parkování a garážování. Dále pak zlepšovat podmínky pro provoz a servis CNG vozidel. Výsledkem toho pak bude zvýšení atraktivity tohoto způsobu pohonu. Cílem NAP CM, pro období do roku 2020, je udržení výše spotřební daně na předem deklarované výši. Ze strany státu je očekávána podpora CNG pohonu pro všechny druhy dopravy, aby v daném období bylo dosaženo hranice 50 000 vozidel na CNG. Počet plnicích stanic by měl být alespoň 300, z čehož by se jednalo o 200 veřejných a 100 neveřejných plnicích stanic. Celková spotřeba CNG v dopravě by se měla pohybovat kolem 200 milionů m³.

6 LEGISLATIVA K CNG

V rámci této kapitoly jsou řešeny legislativní opatření vztahující se k CNG. Zejména je rozebrána legislativa týkající se provozu CNG vozidel, údržby, plnění a problematika parkování.

6.1 Provoz a údržba vozidel

6.1.1 České předpisy

Technická pravidla GAS (TPG)

Důkladný rozbor technických pravidel v problematice CNG vozidel, je uveden v TPG 982 02, podmínky provozu, oprav, údržby a kontroly vozidel s pohonným systémem CNG. V těchto pravidlech jsou vymezeny požadavky a podmínky, které je nutné splnit při samotném provozu, realizacích oprav, údržbě a technických kontrolách CNG vozidel. Cílem těchto pravidel je sjednocení objemu prováděných prací a zajištění bezpečnosti provozu vozidel s pohonem na CNG. Např. jsou řešeny prostory oprav, údržby a kontroly, na které jsou kladeny rozdílné nároky v ohledu na fakt, zda byly tlakové nádrže před samotným úkonem vyprázdněny nebo ne. V případě, že ano, je postup stejný jako u konvenčních pohonů. Rozdílné jsou také nároky na prostor, ve kterém jsou opravy prováděny v ohledu na náročnost a nebezpečnost opravy. Činnosti jsou proto rozděleny do několika skupin a dále jsou ještě brány v úvahu kategorie vozidel, které budou opravovány, to vše má vliv na požadavky ohledně požární bezpečnosti stavby. Uvedená pravidla mají návaznost na TPG 304 02 a TPG 982 01, o kterých je pojednáno v další podkapitole. Dále jsou v tomto přepisu definovány nálepky pro CNG vozidla, kterými musí být označena všechna vozidla s tímto pohonem. Přestavěná vozidla na CNG společně s vozidly z prvovýroby, která mohou spalovat konvenční paliva, musí být označena žlutý kruhem s černým ohraničením a černým nápisem CNG. Tato nálepka však musí splňovat předepsané rozměry. Šířka ohraničení musí být 4-6 mm, výška písma 25 mm a více, tloušťka

písma 4 mm a více, průměr nálepky 60 mm a více. Nápis CNG pak musí být vystředěn uprostřed nálepky. Pro označení vozidel s pohonným systémem CNG je využíván zelený kosočtverec s bílým ohraničením a bílým nápisem CNG. Šířka ohraničení musí být 4-6 mm, výška písma 25 mm a více, tloušťka písma 4 mm a více, šířka nálepky 80 mm a více, výška nálepky 60 mm a více. Nápis CNG pak musí být vystředěn uprostřed nálepky a v případě zvětšování nálepky je nutné zachovat poměr stran. Obě tyto nálepky jsou primárně definovány přílohou č. 6 směrnice EHK 110.



Obr. 15 Označení CNG vozidel

Zdroj: TPG 982 02

ČSN

Mezi české normy zabývající se dodatečnou montáží CNG systémů patří ČSN ISO 19078 a ČSN EN ISO 11439.

ČSN ISO 19078, láhve na plyn – kontrola instalace lahve a revize vysokotlakých lahví instalovaných ve vozidlech pro uložení zemního plynu užívaného jako palivo v motorových vozidlech. Tato norma je účinná od 1. 7. 2015, a pojednává o požadavcích na kontrolu, instalaci a revizi tlakových lahví. Tyto tlakové láhve musí být vyrobené podle ISO 11439, o které je zmínka níže. Pokud není k dispozici návod k použití tlakové lahve nebo vozidla, pak se podle této normy určuje, zda bude povolena instalace tlakových lahví na dané vozidlo. To stejné platí i pro případné opravy a likvidace těchto tlakových lahví.

ČSN ISO 19078, láhve na plyny - vysokotlaké láhve na zemní plyn používaný jako palivo v motorových vozidlech. Touto normou byla 1. 2. 2014, nahrazena původní ČSN EN ISO 11439, účinná od 1. 2. 2006. V normě jsou uvedeny minimální požadavky na znovu naplnitelné tlakové láhve jakékoli konstrukce.

Zákony a vyhlášky

Základním zákonem, který se mimo jiné věnuje problematice provozování CNG automobilů je zákon 239/2013 Sb., který je v platnosti od 1. 1. 2015. Jedná se o novelu zákona č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. Mezi prováděcí předpisy k tomuto zákonu patří několik následujících vyhlášek.

Za přelomovou lze označit vyhlášku vydanou Ministerstvem dopravy č. 341/2014 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. Tato vyhláška vešla v platnost 1. 1. 2015, a k tomuto datu došlo ke zrušení celoplošného zákazu vjezdu CNG vozidel do uzavřených prostor, který deklarovala vyhláška Ministerstva dopravy č. 341/2002 Sb. Kromě skladovacích prostor se však jednalo i o podzemní garáže, toto omezení bylo velkou překážkou a pramenilo ze špatné informovanosti o vlastnostech CNG. V novelizované podobě vyhlášky už tedy úplně vypadla zmínka o CNG v problematice parkování. Jediným paragrafem, který se zmiňuje o CNG je § 29, zabývající se přestavbou vozidel. Konkrétně v 9. odstavci je zmínka o přestavbě vozidel na zemní plyn, odkazuje se pak na přílohu č. 11. V této příloze jsou uvedeny podmínky, které musí přestavěné automobily na CNG splňovat. Zejména je řešena problematika tlakových nádob, u kterých musí být možné okamžitě uzavřít uzavírací ventil, v případě poruchy nebo havárie, pokud to není zajištěno samočinně. Tlakové nádoby musí být umístěny takovým způsobem, aby nebyly vystaveny vnějším zdrojům tepla. Výrobce je povinen stanovit podmínky údržby tlakových nádrží a intervaly tlakových zkoušek, a dále musí být stanovena životnost těchto lahví, která je obvykle 20 let. V příloze je také řešena problematika emisí, které nesmí přesáhnout stanovené hodnoty pro daný typ a kategorii vozidla. Každý přestavěný automobil na CNG musí splňovat požadavky předpisu technickému předpisu EHK č. 110. a na zadní části všech přestavěných vozidel na CNG musí být umístěna, v pravém horním, případně dolním rohu, příslušná nálepka uvedená na Obr. 15.

Každý přestavěný automobil také musí být vybaven návodem k obsluze, ve kterém je možné nalézt bezpečnostní pokyny a návod, jak postupovat v případě dopravní nehody. Dále návod k obsluze obsahuje informace o chování řidiče a posádky během plnění paliva, vypouštění tlakových nádob do volného prostoru nebo nádob k tomuto účelu určených. A také podmínky, za kterých musí být vozidlo odstaveno. Jedná se o případy, kdy dojde k úniku plynu z kterékoli části plynového zařízení, trvalému vypouštění plynu pojistnými ventily, vzniku trhlin a poškození. K odstavení vozidla vede i vznik poruchy na regulátoru tlaku, tlakoměru, směšovači nebo vstřikovacích ventilech, uzavíracích nebo zpětných ventilech, uchycení tlakových nádob, nízkotlakém nebo vysokotlakém vedení plynu, a také v případě průtoku CNG do směšovače nebo vstřikovacích ventilů i při vypnutém motoru. Výjimkou není ani překročení stanoveného množství emisí ve výfukových plynech.

Další vyhláškou k zákonu č. 239/2013 Sb. je vyhláška Ministerstva dopravy č. 83/2012 Sb., jedná se o novelu vyhlášky č. 302/2001 Sb., o technických prohlídkách a měření emisí vozidel, ve znění pozdějších předpisů. V té je možno nalézt informace o postupech a způsobech měření emisí a provádění technických prohlídek.

6.1.2 Mezinárodní předpisy

UNECE

Mezi předpisy mezinárodního rozsahu patří UNECE R110, jedná se o předpis komise UNECE (United Nations Economic Commission for Europe), který již přijalo více než 50 států. Tento předpis upravuje testování a bezpečnost komponent pro CNG a LNG vozidla, a to jak u přestaveb, tak i u sériově vyráběných. V rámci tohoto předpisu jsou zakomponovány i mezinárodní normy ISO. Norma ISO 11439 ošetřuje problematiku vysokotlakých lahví a norma ISO 14469-1 řeší plnicí hrdla určená pro CNG. Dalším předpisem je UNECE R115, který je zaměřen na problematiku schvalování přestaveb a vestaveb zážehových systémů na systémy CNG a LPG.

ISO

Již výše zmíněné mezinárodně platné normy ISO 11439, ISO 14469-1, jsou díky zmínce v UNECE R110 zákonné. Pro přiblížení je v ISO 11439 uvedeno např. značení tlakových lahví podle materiálu, ze kterého jsou vyrobeny.

- CNG-1 celokovové
- CNG-2 kovová vložka vyztužená spojitým vláknem impregnovaným pryskyřicí (obručovitě vinutá)
- CNG-3 kovová vložka vyztužená spojitým vláknem impregnovaným pryskyřicí (plně ovinutá)
- CNG-4 plně kompozitní láhve

Norma ISO 14469-1 se zabývá normálním plnicím hrdlem na pracovní tlak 20 MPa. V normě ISO 14469-2, jsou řešena plnicí hrdla pro nákladní vozy, ISO 14469-3 uvádí problematiku plnicích hrdel pro vyšší provozní tlaky, tedy nad 20 MPa. O kontrole instalovaných lahví používaných jako zásobníky zemního plynu instalovaných ve vozidlech, pojednává norma ISO 19078. Obsahuje postup pravidelných kontrol lahví na CNG a stanovuje, jakým způsobem se posuzuje neporušenost a bezporuchovost lahví. O komponentech palivového systému CNG lze nalézt informace v ISO 15500, která se zabývá jednotlivými komponenty. Např. 3. část je věnována zpětnému ventilu, 5. část ručnímu ventilu na láhvi, 6. automatickému ventilu, 9. regulátoru tlaku apod. Palivové systémy pak řeší další dvě normy, a to ISO 15501-1, zabývající se bezpečností palivového systému a ISO 15501-2, která pojednává o zkušebních metodách pro palivový systém na CNG.

6.2 Plnicí stanice

TPG

Problematikou CNG stanic se zabývají technická pravidla TPG 304 02, plnicí stanice stlačeného zemního plynu pro motorová vozidla. Tento předpis upravuje umístování, provedení a provoz plnicích stanic stlačeného zemního plynu. Tato pravidla nahradila technická doporučení TDG 304 02, která neobsahovala bezpečnostní zóny okolo plnicí rychlospojky, věnovala se obecně plnicími stanicemi. Současná verze se věnuje pouze rychle plnicím stanicím, které mohou být považovány za stacionární zdroje znečišťování ovzduší, a to ve smyslu zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. O jejich zařazení rozhodují příslušné krajské úřady na odborech životního prostředí.

Druhým technickým pravidlem je TPG 982 03, které v roce 2014 nahradilo původní technické doporučení TDG 982 03, plnicí zařízení pro motorová vozidla s pohonným systémem CNG. Jedná se o pravidlo, ve kterém jsou uvedeny požadavky na bezpečnost práce a požární bezpečnost. Dále se zabývá umístováním, provedením, zkoušením a provozem pomalu plnicích zařízení. Tato zařízení by měla být dimenzována tak, aby maximální výkonnost kompresoru byla $20 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, plnicí tlak nepřesáhl 2,1 MPa a maximální pracovní prostor kompresoru byl $0,5 \text{ m}^3$. Dále nesmí mít plnicí zařízení více, jak pět plnicích přípojek a celkový objem zásobníku se stlačeným zemním plynem nepřesáhne 960 dm^3 . Všechny výše uvedené údaje platí za normálních podmínek.

Zákony

V rámci oblasti plnicích stanic se této problematice dotýkají dva zákony. Prvním z nich je zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon). Podle tohoto zákona se plnicí stanice zemního plynu nepovažují za plynárenské zařízení.

Druhým zákonem je zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu, podle kterého musí být realizována stavba plnicích stanic.

6.3 Parkování

TPG

Technické pravidlo pro parkování a garážování TPG 982 01, vybavení garáží a jiných prostorů pro motorová vozidla s pohonným systémem CNG. Toto pravidlo upřesňuje požadavky pro vybavení garáží a dalších prostor určených k parkování, odstavování a stání motorových vozidel na CNG. Pro tyto prostory vymezuje podmínky pro projektování, výstavbu a provozování, dále se zabývá bezpečnostním vybavením, kterými jsou např. čidla plynové detekce součinná se vzduchotechnikou.

ČSN

Normou ČSN 73 6058, jednotlivé, řadové a hromadné garáže, je definováno parkování motorových vozidel na CNG. V uvedené normě jsou v kapitole 5.4, Parkování vozidel s pohonem na plynná paliva a ostatní alternativní paliva a energie, uvedené mezní hodnoty pro detekci plynu. Dále tato norma stanovuje počet parkovacích míst pro vozidla na plynná paliva v nově zřizovaných hromadných garážích. Při překročení kapacity 27 parkovacích míst, je majitel povinen vyhradit 10 % míst právě pro tato vozidla.

6.4 Daně

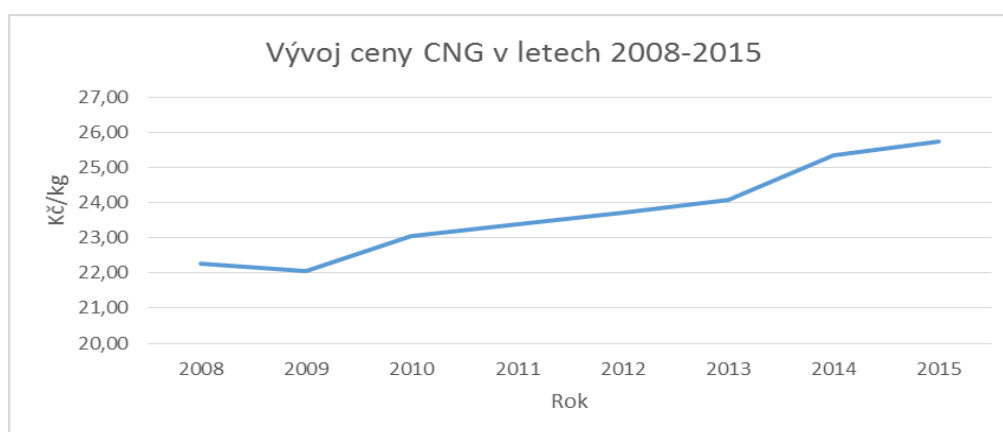
Využívání CNG pohonu s sebou přináší daňová zvýhodnění, která jsou definována dvěma zákony.

Prvním je zákon č. 16/1993 Sb., o dani silniční, ve kterém je v § 3 uvedeno osvobození od placení daně silniční pro vozidla do 12 t a vozidla MHD.

Druhým je zákon č. 261/2007 Sb., o stabilizaci veřejných rozpočtů, kde je v § 4 definováno CNG a § 6 udává fixovanou výši spotřební daně do roku 2020. Vývoj výše této daně uvádí Graf 1 *Vývoj výše spotřební daně na CNG v letech 2006-2020*.

7 VÝVOJ CENY CNG V ČESKÉ REPUBLICE

Vzhledem k tomu, že jsou vozidla na CNG často pořizována z důvodu snížení nákladů na pohonné hmoty, je důležité sledovat vývoj ceny CNG a predikovat její vývoj do budoucna. Pro palivo CNG je typická jeho stálá cena, která kolísá pouze minimálně. Příčinou toho je nezávislost na aktuální ceně ropy, jelikož cena plynu je smluvně ošetřena dlouhodobými kontrakty. Další výhodou je výrazně snížená spotřební daň, která do roku 2012 byla dokonce nulová. Výši spotřební daně upravuje zákon č. 261/2007 Sb., o stabilizaci veřejných rozpočtů, ve kterém je pevně stanovena výše této daně do roku 2020, kdy bude spotřební daň, na 1 kg CNG, činit 3,355 Kč.

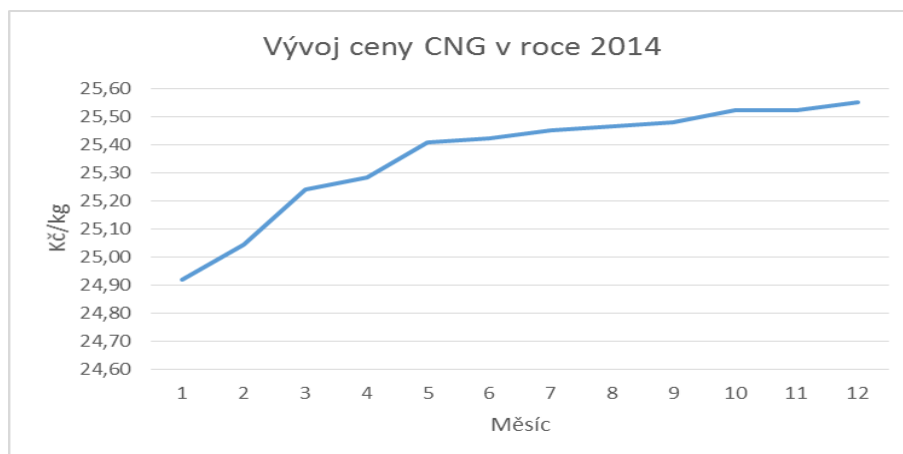


Graf 2 Vývoj ceny CNG v letech 2008-2015

Zdroj: Český plynárenský svaz, zpracování vlastní

V porovnání s konvenčními palivy je CNG značně ve výhodě, jelikož aktuální spotřební daň na benzin činí 12,84 Kč a 10,90 Kč na motorovou naftu. Při porovnávání cen jednotlivých paliv často dochází k mylnému dojmu, že CNG není tak výhodné, jak je deklarováno. Tento problém pramení z toho, že množství CNG se udává v kilogramech, případně v metrech krychlových a ostatní paliva se uvádí v litrech.

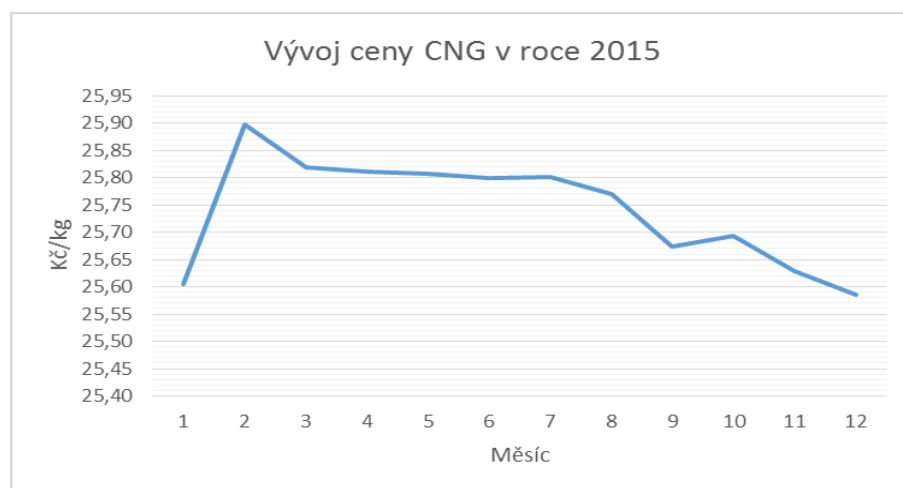
Rostoucí tendence ceny CNG v roce 2014 byla způsobena růstem ceny zemního plynu a velkými investicemi do nových plnicích stanic, které byly kompenzovány zvýšením cen tohoto paliva.



Graf 3 Vývoj ceny CNG v roce 2014

Zdroj: Český plynárenský svaz, zpracování vlastní

Z níže uvedeného grafu 4 je možné vyčíst, že do ledna 2015 pokračoval růst cen z důvodu vysokých investic do zřizování nových plnicích stanic. Naopak od února 2015 nastal zlom a cena CNG se začala pomalu snižovat díky snížení cen zemního plynu.



Graf 4 Vývoj ceny CNG v roce 2015

Zdroj: Český plynárenský svaz, zpracování vlastní

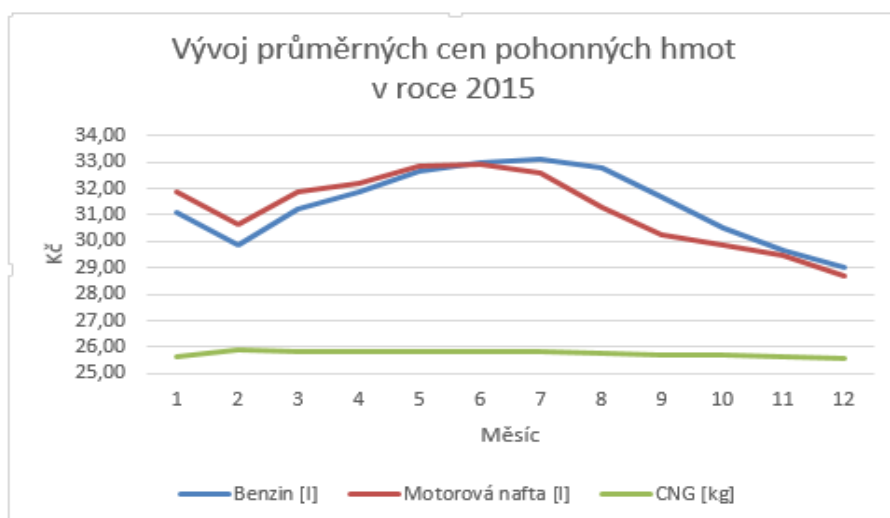
Graf 5 vyjadřuje vývoj ceny zemního plynu v amerických dolarech za milion Btu, tedy britských tepelných jednotek, kdy 1 Btu = 1,055 kJ. Cena je uvedena pro období od ledna roku 2011, až do ledna roku 2016. Z tohoto grafu je patrné, jak cena primární suroviny ovlivnila cenu CNG. Zajímavá je reakce na výkyvy ceny zemního plynu, které se projevily pomalejším růstem cen CNG, nicméně se jednalo o dlouhodobější proces.



Graf 5 Vývoj ceny zemního plynu v letech 2011-2016

Zdroj: *Webová stránka www.indexmundi.com*

Z grafu 6 je zřejmé, že CNG je nejlevnějším dostupným palivem. I při poklesu cen motorové nafty a benzínu v roce 2015 byla cena paliva CNG zhruba o 18-28% nižší.



Graf 6 Vývoj průměrných měsíčních cen pohonných hmot v roce 2015

Zdroj: *Český statistický úřad, zpracování vlastní*

Při porovnávání paliv je potřeba mít na paměti, že 1 kg CNG odpovídá objemu 1,4 m³ tohoto paliva. Když se vezme v úvahu množství energie obsažené v jednotlivých palivech, tak 1kg CNG je ekvivalentem 1,45 l benzínu, 1,2 l motorové nafty a 1,9 l LPG (Macek, 2007).

7.1 Predikce vývoje ceny CNG po roce 2020

Toto téma je velmi často diskutováno, jelikož do roku 2020 je pevně stanovena výše spotřební daně. Jedná se o nástroj stimulace trhu s CNG a často se spekuluje, jaký bude vývoj výše spotřební daně pro CNG po roce 2020. Prognózy vývoje CNG jsou uvedeny v NAP CM, kde jsou rozděleny na tři varianty.

První optimistická varianta počítá se zachováním výše spotřební daně odpovídající roku 2020, tedy 3,355 Kč na kilogram CNG. Na této úrovni by měla spotřební daň vydržet až do doby, kdy spotřeba CNG dosáhne 10% podílu celkové spotřeby paliv v dopravě. Dosažení této úrovně se podle současného růstu předpokládá v roce 2025, kdy by měla roční spotřeba CNG činit cca 600 mil. m³. V současné době je podíl CNG na roční spotřebě paliv v dopravě pod úrovní 1 %.

Druhá varianta počítá s nárůstem spotřební daně po roce 2020 na 50 % výše spotřební daně na klasická paliva. Tato varianta není už tak příznivá, ale stále by využívání CNG mělo i ekonomické výhody.

Třetí varianta je pesimistická a uvádí, že výše spotřební daně se zvýší na úroveň konvenčních paliv, čímž dojde ke smazání cenového rozdílu mezi palivy a CNG přestane být zajímavé pro provozovatele, kteří si tato vozidla pořizují zejména z důvodu snížení provozních nákladů. Toto opatření je odůvodňováno tím, že stát přichází ročně o spoustu peněz, díky nízké spotřební dani na CNG. U této možnosti se vytrácí apel na snižování emisí a snížení závislosti na kapalných palivech.

8 VÝVOJ TRŽNÍHO PODÍLU

8.1.1 Materiál a metodika zpracování

Data pro vytvoření analýzy tržního podílu osobních automobilů byla získána z veřejně dostupných statistik na webových stránkách Sdružení automobilového průmyslu (AutoSAP). Pro účely zjištění vývoje prodejů osobních automobilů byly sledovány roční prodeje všech osobních automobilů v letech 2004-2015. Zvláště byly analyzovány osobní automobily na CNG, u kterých byl proveden rozbor prodejů, a jejich podíl na trhu s osobními automobily, v jednotlivých měsících během let 2012-2015.

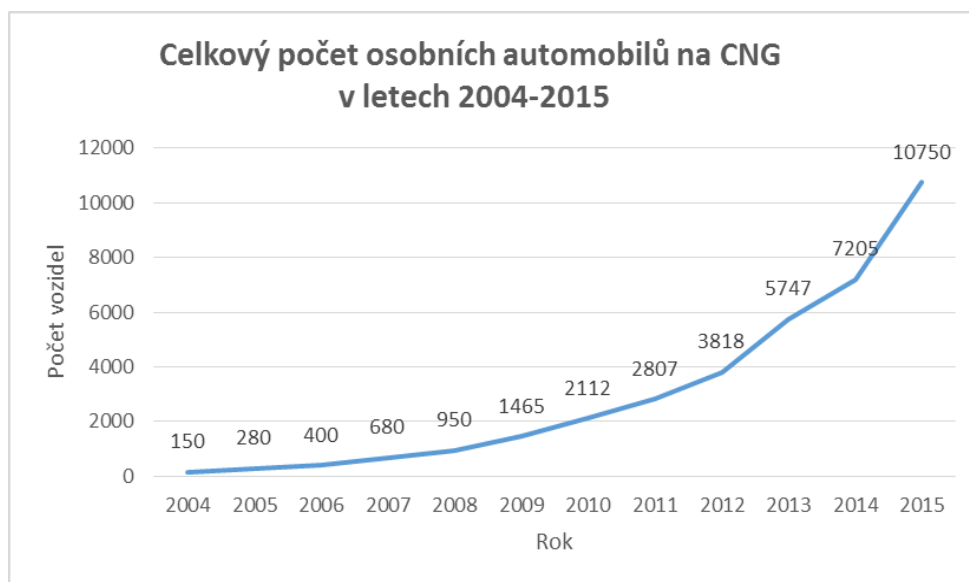
Data týkající se paliva a infrastruktury jsou dostupné na webových stránkách Českého plynárenského svazu. Tato data byla použita pro zjištění tržního podílu jednotlivých společností zabývajících se prodejem CNG. Pro detailnější porovnání byly vytvořeny samostatné grafy tržních podílů jednotlivých společností pro roky 2014 a 2015. Dále byla sledována roční spotřeba CNG v letech 2004-2015.

Pro účely vytvoření analýzy rozvoje infrastruktury byly také využity statistiky Českého plynárenského svazu. Vytvořením grafu byla znázorněna rostoucí tendence počtu plnicích stanic v letech 2004-2015, a dále byl zpracován graf vyjadřující množství plnicích stanic vlastněných největšími společnostmi na českém trhu.

Pomocí zkušebních jízd byly zjištěny rozdíly u Octavie G-TEC oproti klasickým verzím modelu Octavia. V rámci zkušebních jízd bylo ujetu 15 000 km, tedy jeden servisní interval.

8.2 Osobní automobily

V této kapitole je zachycen vývoj prodejů osobních automobilů na CNG, a dále je vymezeno několik milníků v rozvoji těchto motorových vozidel v České republice. Pomocí dat získaných od Svazu dovozců automobilů byly zpracovány grafy, které znázorňují vývoj tržního podílu a trendy prodejů CNG vozidel.

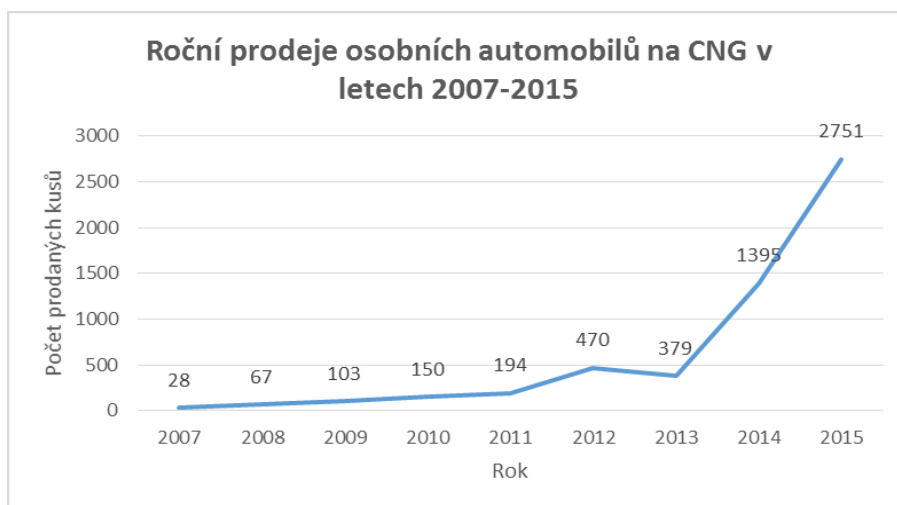


Graf 7 Celkový počet osobních automobilů na CNG v letech 2004-2015

Zdroj: Svaz dovozců automobilů, zpracování vlastní

Z grafu 7 je patrné, že se počet osobních automobilů na CNG každým rokem razantně zvyšuje. Ve sledovaném období je možno pozorovat překonání několika milníků. V roce 2009 byla pokořena hranice 1 000 automobilů na CNG, a v roce 2013 přesáhl počet těchto vozidel už hranici 5 000 kusů. Největší nárůst počtu osobních automobilů na CNG byl dosud zaznamenán v roce 2015, kdy byla překonána magická hranice 10 000 kusů. Autor práce předpokládá, že v následujících letech bude tento trend pokračovat vzhledem ke zkvalitňování sítě plnicích stanic a zvýšení povědomí o tomto palivu.

V grafu 8 je zachycen trend prodejů CNG vozidel během let 2011-2015. Z tohoto grafu je patrné, že velkou měrou krazantnímu nárůstu prodejů CNG vozidel přispěla domácí automobilka ŠKODA AUTO, která v roce 2012 představila svůj první model na palivo CNG. Jednalo se o malý městský automobil Citigo G-TEC, který si našel spoustu příznivců, zejména z řad provozovatelů taxislužeb a rozvozů jídel. Nicméně přelomovým rokem, pro rozmach CNG paliva, byl rok 2014, kdy byla na ženevském autosalonu představena Octavia G-TEC. Jelikož obecně model Octavia je nejoblíbenějším vozem českých řidičů, tak jeho uvedení v plynové verzi rozpoutalo velký zájem o pohon CNG. Octavia G-TEC se stala jednoznačně nejprodávanějším modelem na trhu s CNG vozidly. Nejčastěji je toto vozidlo využíváno jako součást firemních flotil, ale stále častěji si získává oblibu i u retailových zákazníků.

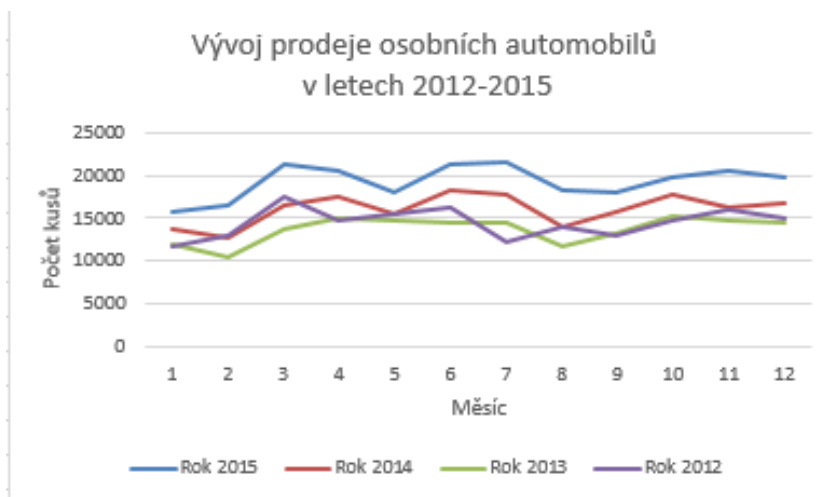


Graf 8 Roční prodeje osobních automobilů na CNG v letech 2011-2015

Zdroj: Svaz dovozců automobilů, vlastní zpracování

Pro představu, kolik se v ČR během roku prodá automobilů, je níže uveden graf 9, ve kterém jsou zpracována data za jednotlivé měsíce v letech 2013-2015. Z grafu je zřejmé, že automobilový průmysl je v posledních letech na vzestupu. Každým rokem jsou zvyšovány prodeje nových automobilů, což má také velmi dobrý dopad na českou ekonomiku. Rostoucí trend je očekáván i v roce 2016, vzhledem k prodejům v prvních dvou měsících, které převýšily prodeje za stejné období v roce 2015.

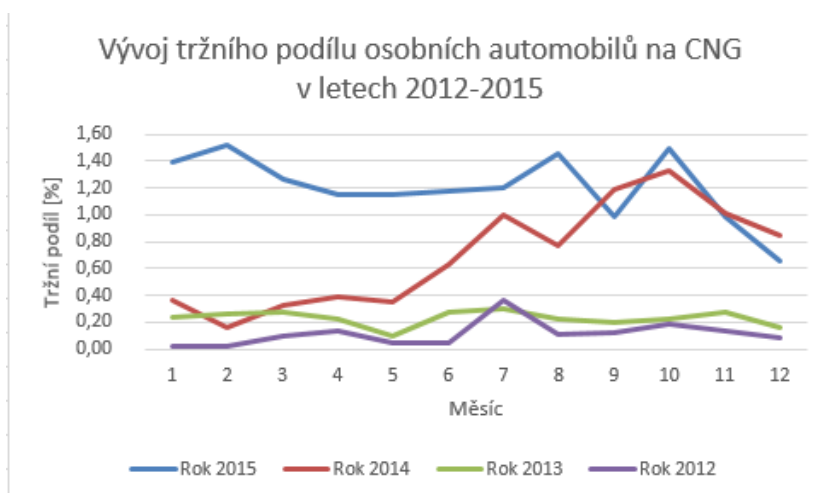
Pro komparaci množství vozidel podle jednotlivých paliv je důležité sledovat jejich tržní podíl. V průběhu roku 2015 se tržní podíl osobních CNG vozidel pohyboval kolem 1 %, do roku 2020 by měl podle NA PCM dosáhnout 10 %, což je nepravděpodobné vzhledem k dosavadnímu tempu růstu tržního podílu.



Graf 9 Vývoj prodeje osobních automobilů v letech 2013-2015

Zdroj: Svaz dovozců automobilů, vlastní zpracování

Vývoj tržního podílu osobních CNG vozidel zachycuje Graf 10, ze kterého je patrné, že v červenci roku 2014 byla poprvé překonána hranice 1% tržního podílu. Prozatím nejvyššího dosaženého podílu na trhu bylo dosaženo v únoru 2015, kdy tato hodnota přesáhla 1,5 %.



Graf 10 Vývoj tržního podílu osobních automobilů na CNG v letech 2012-2015

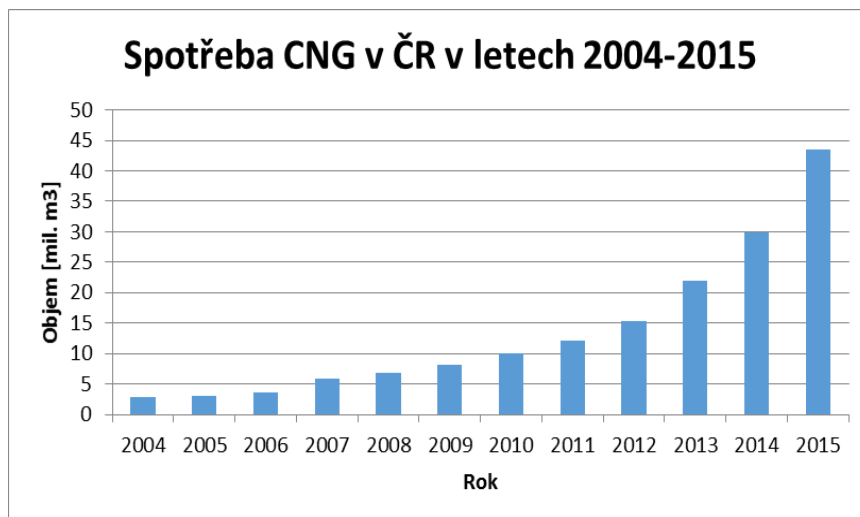
Zdroj: Svaz dovozců automobilů, vlastní zpracování

Ve statistikách Sdružení automobilového průmyslu (AutoSAP) se uvádí, že v ČR bylo ke konci roku 2015 registrováno 7,07 mil. vozidel. Celkový podíl těch s pohonem na CNG se pohybuje kolem 0,2 %. Podle dat Sdružení dovozců automobilů (SDA) bylo v roce 2015 v ČR celkem registrováno 230 857 nových osobních automobilů, z toho bylo 2 751 vozů na CNG. Podíl CNG vozidel na registracích nových osobních automobilů činil 1,19 %. V porovnání s rokem 2014 byl meziroční nárůst, nově registrovaných osobních vozidel na CNG, o 90,4 %. Lídrem na trhu s CNG vozidly byl v roce 2015 koncern Volkswagen: Škoda (1 909 vozů), Volkswagen (489 vozů) Audi (122 vozů), Seat (98 vozů). Další značky, které se podílely na prodejkách: Fiat (461 vozů), Mercedes-Benz (98 vozů), Iveco (55 vozů), Opel (39 vozů) a Piaggio (3 vozy).

Statistiky NGV Journal uvádí, že ke konci roku 2015 bylo celosvětově registrováno 22 404 405 CNG vozidel. Světové prvenství v registracích CNG vozidel patří Iránu, kde bylo celkem registrováno 4 068 632 vozidel. Druhý největší počet registrací byl v Číně a to 3 994 350 kusů CNG vozidel. Mezi další země s velkým počtem registrovaných CNG vozidel patří Pákistán, Argentina, Brazílie a Indie. V Evropě bylo k únoru 2016 registrováno 1 960 253 CNG vozidel. Evropskou špičkou je Itálie s 885 300 registrovanými vozidly. Další země, které se řadí mezi evropskou špičku: Německo, Bulharsko, Švédsko, Francie, Rakousko a Česká republika.

8.3 Palivo

Vzhledem k rychle rostoucímu počtu vozidel na CNG lze pozorovat markantní nárůst spotřeby paliva CNG. Díky tomu se výstavba nových plnicích stanic stala zajímavou činností pro investiční společnosti.



Graf 11 Spotřeba CNG v ČR v letech 2004-2015

Zdroj: Český plynárenský svaz, vlastní zpracování

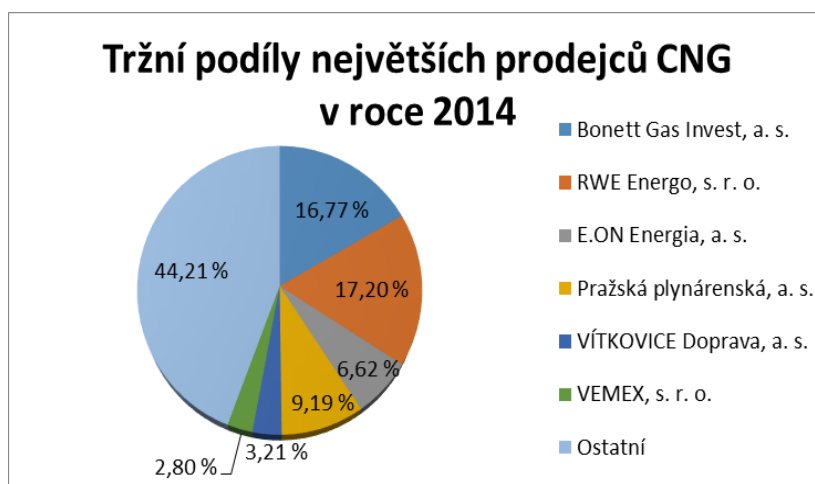
V tabulce 3 jsou uvedeny společnosti, které působí na trhu s palivem CNG. Poslední roky jsou ve znamení masového nárůstu počtu plnicích stanic, které jsou realizovány níže uvedenými společnostmi.

Tabulka 3 Společnosti zabývající se prodejem CNG

Zdroj: Český plynárenský svaz, vlastní zpracování

Bonett Gas Invest, a. s.	COMETT PLUS, s. r. o.
RWE Energo, s. r. o.	D. P. města Pardubice, a. s.
E.ON Energie, a. s.	D. P. města Ústí nad Labem, a. s.
D. P. města Brna, a. s.	D. P. města Jihlavy, a. s.
3ČSAD (CIDEM HOLDING)	D. P. Ostrava, a. s.
Pražská plynárenská, a. s.	GASCONTROL. s. r. o.
VÍTKOVICE Doprava, a. s.	ČSAD Tišnov, s. r. o.
VEMEX, s. r. o.	Autodoprava Maňásek
Busline, a. s.	FTL-First Transport Lines, a. s.

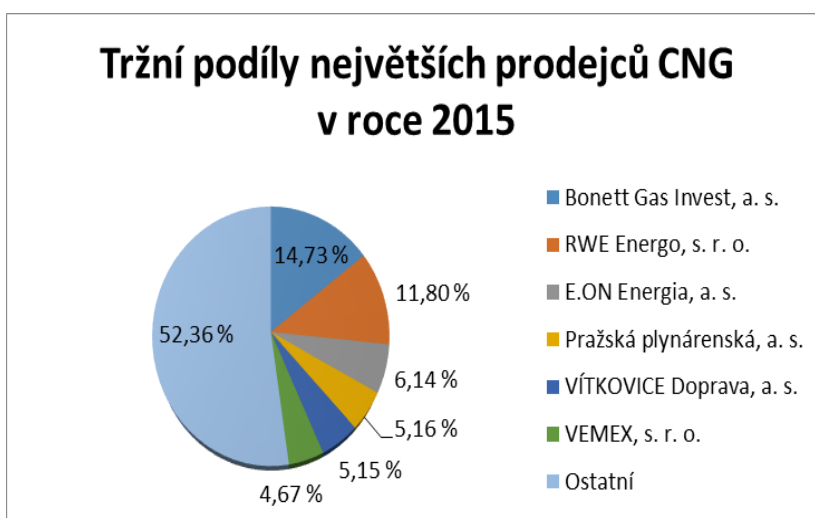
Do roku 2014 byla lídrem v prodeji CNG společnost RWE. V roce 2014 prodala tato společnost 5 146 000 m³ CNG. Na celkových prodeji se podílela 17,20 %. Druhým největším prodejcem byla společnost Bonett Gas Invest, s prodaným objemem 5 016 000 m³. Podíl této společnosti na trhu s palivem CNG činil 16,77 %.



Graf 12 Tržní podíly největších prodejců CNG v roce 2014

Zdroj: Český plynárenský svaz, vlastní zpracování

V roce 2015 poprvé došlo ke změně největšího prodejce CNG v ČR. Největší podíl na trhu s CNG získala společnost Bonett Gas Invest s 14,73% podílem na trhu a s celkovým prodaným objemem 6 418 593 m³.



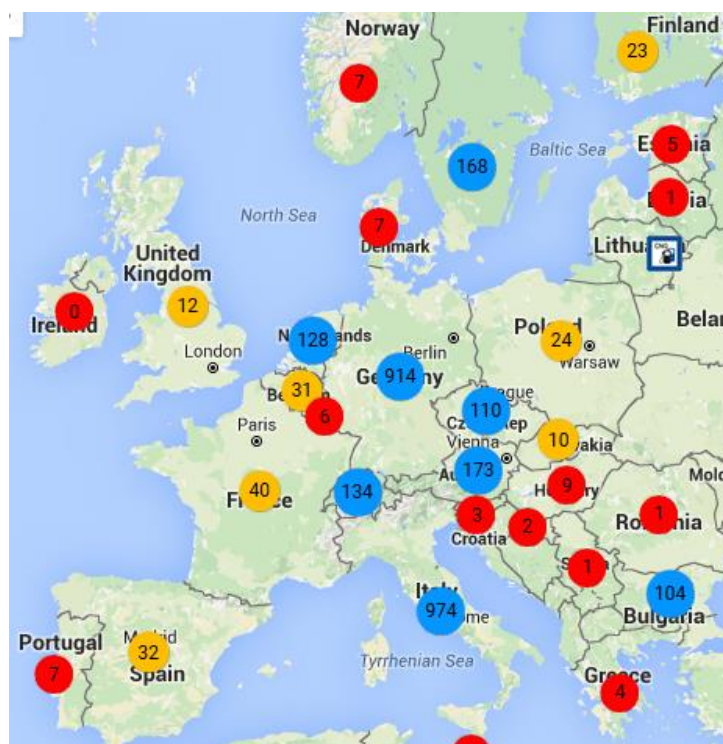
Graf 13 Tržní podíly největších prodejců CNG v roce 2015

Zdroj: Český plynárenský svaz, vlastní zpracování

Historicky poprvé předstihla tradičně největšího prodejce RWE Energo s 11,80% podílem na trhu a s prodaným objemem 5 141 300 m³ CNG. Během roku 2015 se celkově v ČR prodalo rekordních 43.59 milionů m³. Došlo tak k meziročnímu nárůstu prodeje CNG o 45,71 %. Za posledních 10 let se celkový objem roční spotřeby CNG paliva zvýšil více než 12krát.

8.4 Vývoj infrastruktury

Nízký počet plnicích stanic byl limitujícím faktorem pro rychlejší rozvoj CNG vozidel v Evropě. Ke zvýšení jejich počtu došlo díky dotačním pobídkám v jednotlivých státech Evropy, a také díky zvyšující se poptávce po tomto palivu. Na obrázku 16 je zobrazen stav počtu plnicích stanic v lednu roku 2016.

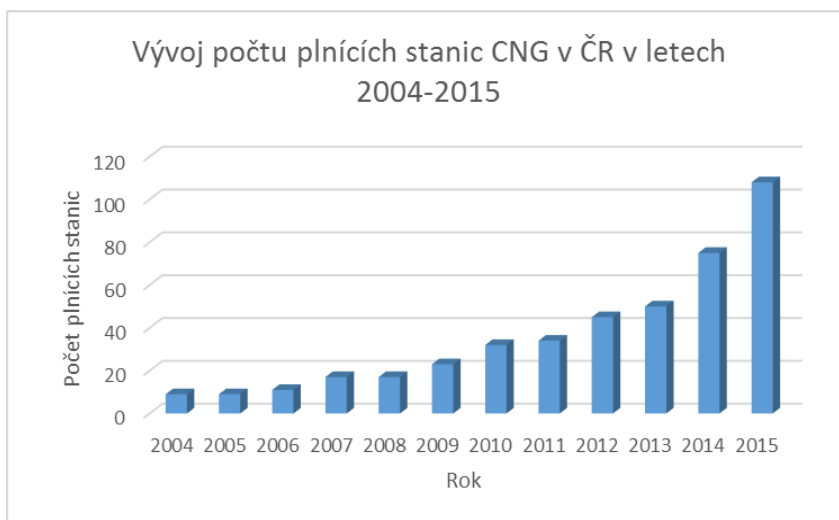


Obr. 16 Počet plnicích stanic v evropských zemích k lednu 2016

Zdroj: Evropská asociace výrobců automobilů, vlastní zpracování

V ČR bylo v únoru roku 2016 v provozu celkem 112 plnicích stanic. V Evropě se nejvíce plnicích stanic nachází v Itálii, kde je provozováno téměř 980 těchto stanic. Druhou CNG velmocí je Německo, na jehož území lze načerpat CNG na 914 stanicích. Za zmínku také stojí země jako Rakousko,

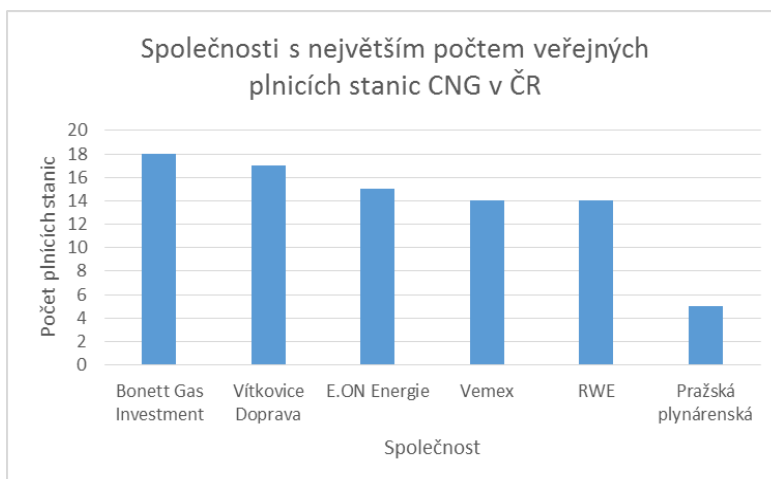
Švédsko a Švýcarsko, na jejichž území se nachází větší počet plnicích míst než v ČR. Avšak současný trend v ČR je takový, že každý týden je otevírána nová CNG stanice. ČR má potenciál se dostat, při současném růstu, mezi tři evropské země s největším počtem CNG stanic, a to v horizontu dvou let.



Graf 14 Vývoj počtu plnicích stanic CNG v ČR v letech 2004-2015

Zdroj: Český plynárenský svaz, vlastní zpracování

Graf 14 názorně zachycuje vývoj počtu CNG stanic v ČR, jejichž počet se každoročně značně zvyšuje. Do konce roku 2018 by podle plánů Českého plynárenského svazu mělo být v provozu 300 plnicích stanic.



Graf 15 Společnosti s největším počtem veřejných plnicích stanic CNG v ČR k únoru 2016

Zdroj: Český plynárenský svaz, vlastní zpracování

V grafu 15 jsou znázorněny společnosti s největším počtem plnicích stanic v rámci ČR. Největší síť těchto stanic vlastní společnost Bonett Gas Invest, která

provozuje 18 plnicích stanic. Druhou největší síť CNG stanic vlastní společnost Vítkovice Doprava. Avšak v objemu prodaného CNG zaostává téměř o 50%, za společností E.ON Energie, která má o dvě stanice méně. Kompletní mapu CNG stanic lze najít např. na webových stránkách cng4you.cz a cngplus.cz, kde jsou uvedeny aktuální ceny CNG na jednotlivých stanicích, otevírací doby, způsoby platby, kontakty na provozovatele a hodnocení zákazníků.



Obr. 17 Mapa CNG stanic k 18. 3. 2016

Zdroj: *Webová stránka www.cng4you.cz*

Na samostatných plnicích stanicích mohou zákazníci platit platebními nebo CNG kartami. Na integrovaných plnicích stojanech na benzinových stanicích lze platit i hotově (Benzina, Shell, Agip, EuroOil, LukOil, KAPR OIL). CNG kartu je možné vyřídit u kterékoli společnosti zapojené v CNG Card Centru. Při plnění CNG pak zákazník pouze přiloží CNG kartu, a na konci měsíce obdrží vyúčtování za celý měsíc. Zvýšeného zájmu o palivo CNG využila nákupní aliance AXIGON, která nabízí kartu umožňující čerpat CNG na plnicích stanicích RWE Energo o 1Kč za kg levněji. Tuto kartu lze získat pouze v rámci nabízeného balíčku AXIcar, který obsahuje slevy na PHM, pojištění vozidel a monitoring vozidel. Cena tohoto balíčku je 249 Kč za měsíc. Kromě plnění na veřejných stanicích existuje možnost stavby podnikové plnicí stanice nebo pořízení domácí plničky plynu. Stavba podnikové plnicí stanice je výhodná zejména pro dopravní společnosti a firmy

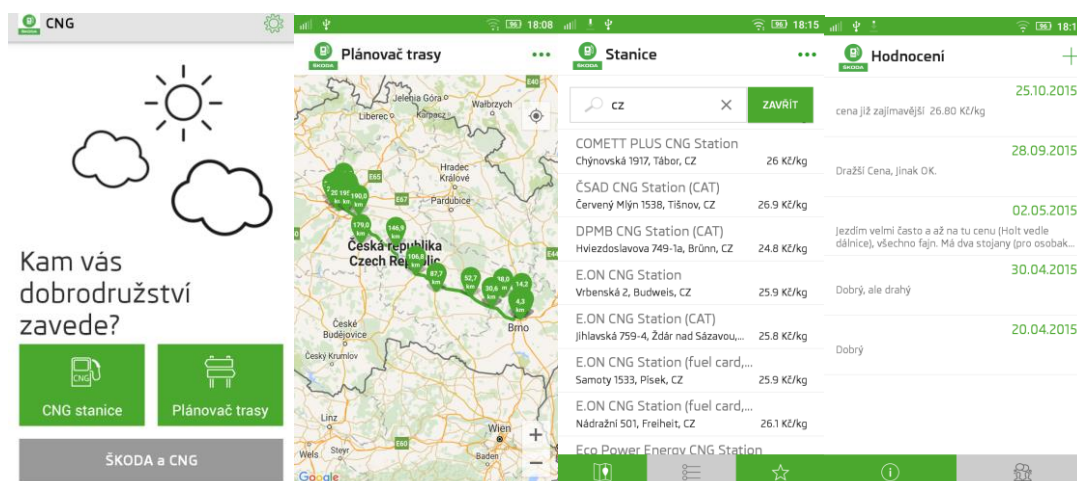
s velkým počtem CNG vozidel. Výrobou plnicích stanic se v ČR zabývají společnosti MOTOR JIKOV GROUP a VÍTKOVICE MACHINERY GROUP. Tyto společnosti nabízejí také domácí plničky plynu, které lze pořídit od 139 900 Kč bez DPH. Jedná se o zřízení k pomalému plnění vozidel, které dokáže plnit zároveň dvě vozidla. Plnění CNG tímto způsobem trvá 3-7 hodin podle velikosti nádrží, tudíž je vhodné pro použití během odstávky vozidla. Výhodou je nižší cena zemního plynu a nezávislost na otevírací době plnicích stanic.



Obr. 18 Domácí plnička plynu MJ COMPACT 05

Zdroj: *Webová stránka www.jikovcng.cz*

Majitelé CNG vozidel mají také k dispozici mobilní aplikaci ŠKODA CNG, jejíž prostředí je představeno na obrázku 18. Pomocí této aplikace je možné vyhledat nejbližší veřejné plnicí stanice, naplánovat trasu, zjistit ceny a možné způsoby platby na všech plnicích stanicích. Každý uživatel může také hodnotit kvalitu jednotlivých stanic. Velkou výhodou této aplikace je její použitelnost na území celé Evropy.



Obr. 19 *Prostředí aplikace ŠKODA CNG*

Zdroj: *Aplikace ŠKODA CNG*

9 PŘEHLED AUTOMOBILŮ NA CNG

Největší podíl na prodejkách CNG vozidel má koncern VW, který na českém trhu nabízí vozy značky Škoda, Volkswagen, Audi a Seat. Dalšími značkami, které v ČR nabízí modely na CNG jsou Fiat, Mercedes-Benz, Opel. Níže jsou uvedeny jednotlivé segmenty a modely, které byly na českém trhu nabízeny k 8. 3. 2016.

Malé automobily

Jedná se o segment, který si našel značné množství příznivců, jelikož díky nízkým provozním nákladům, malým rozměrům a sníženou produkcí CO₂, jsou tyto modely předurčeny pro městský provoz. Své uplatnění nejčastěji nachází u firem, které se podnikají v oblasti rozvozu jídla a taxislužby. Retailovou klientelou často bývá tento segment přehlížen. Níže uvedené modely pocházejí z koncernu VW, a jsou postaveny na stejné platformě. Rozdílný je pouze design a použité materiály.



Obr. 20 Modely Mii, Citigo a UP!

Zdroj: *Webová stránka www.oppositelock.kinja.com*

Pro porovnání byly vybrány vozy automobilek Škoda Auto, Seat a Volkswagen, které patří do koncernu VW. Jedná se o nejprodávanější modely v segmentu malých automobilů využívaných zejména pro městský provoz.

Všechny modely pohání upravený, tříválcový motor MPI se zdvihovým objemem motoru 999 cm³. Maximální výkon tohoto motoru je 50 kW, a maximální rychlost 164 km·h⁻¹.

Tabulka 4 Přehled malých CNG vozidel na českém trhu

Zdroj: Technické dokumentace výrobců

Značka	Škoda	Seat	Volkswagen
Model	Citigo G-TEC	Mii CNG	Eco Up!
Velikost nádrží	11 kg CNG +10 l benzin	11 kg CNG +10 l benzin	11 kg CNG +10 l benzin
Kombinovaná spotřeba CNG	2,9	2,9	2,9
Emise CO₂ [g·km⁻¹]	79	79	79
Cena s DPH (21 %)	270 200 Kč	277 900 Kč	285 900 Kč

Uvedené ceny jsou platné k 8. 3. 2016.

Z tabulky 4 je zřejmé, že koncern VW prodává tři téměř totožná malá vozidla. Porovnáním bylo zjištěno, že při výběru pětidveřové varianty, pro kterou platí uvedené ceny, je nejvýhodnější volit model značky Škoda. Model Citigo G-TEC disponuje stejnými parametry jako konkurenti, nicméně konkurenční výhodou tohoto modelu je nejnižší cena. Oproti verzím na konvenční paliva bylo nutné provést změny v konstrukci vozidel.

Prvním zásadním rozdílem je přítomnost nádrží na dvě různá paliva. Původní 35l nádrž vystřídaly dvě tlakové nádrže na CNG, které pojmu 11 kg tohoto paliva, a jedna nádrž na benzín o objemu 10 l. Toto uspořádání je znázorněno na obrázku č. 21.



Obr. 21 Zástavbové řešení palivových nádrží u modelu Citigo G-TEC

Zdroj: Technická dokumentace Škoda Citigo G-TEC

Kromě palivových nádrží je také odlišné výfukové potrubí, které je zkráceno a zakončeno na levé straně pod spodní částí karoserie, v prostoru před zadní nápravou. Tato úprava je realizována z důvodu umístění tlakových lahví v prostoru před a za zadní nápravou.



Obr. 22 Umístění palivových nádrží a výfukového systému u modelu Eco Up!

Zdroj: Technická dokumentace Volkswagenu Eco Up!

U výše uvedených modelů prošla změnou také konstrukce katalyzátoru. Katalyzátor je umístěn dále od motoru z důvodu vyšších teplot výfukových plynů vznikajících při spalování CNG.



Obr. 23 Verze výfukového systému pro benzin

Zdroj: Technická dokumentace Škoda Citigo G-TEC



Obr. 24 Verze výfukového systému pro zemní plyn

Zdroj: Technická dokumentace Škoda Citigo G-TEC

Automobily nižší střední třídy

Jedná se o segment, který má největší podíl na českém trhu s CNG vozidly. Vozidla z tohoto segmentu jsou často využívána jako firemní vozy, které ročně najedou velké množství kilometrů. Díky provozním nákladům pohybujícím se kolem 1 Kč/km, je to jasná volba pro majitele firem s ambicemi na snížení výdajů za PHM. Pro tento segment byl převratný rok 2014, kdy Škoda Auto představila novou Octavii G-TEC, která se rázem stala bestsellerem. Kromě Octavie G-TEC jsou v segmentu automobilů nižší střední třídy k dostání vozy značky Seat, Audi, Volkswagen a Fiat.

Pro porovnání byly zvoleny nejprodávanější modely v tomto segmentu, které jsou dostupné na českém trhu.

Tabulka 5 Přehled modelů nižší střední třídy na českém trhu

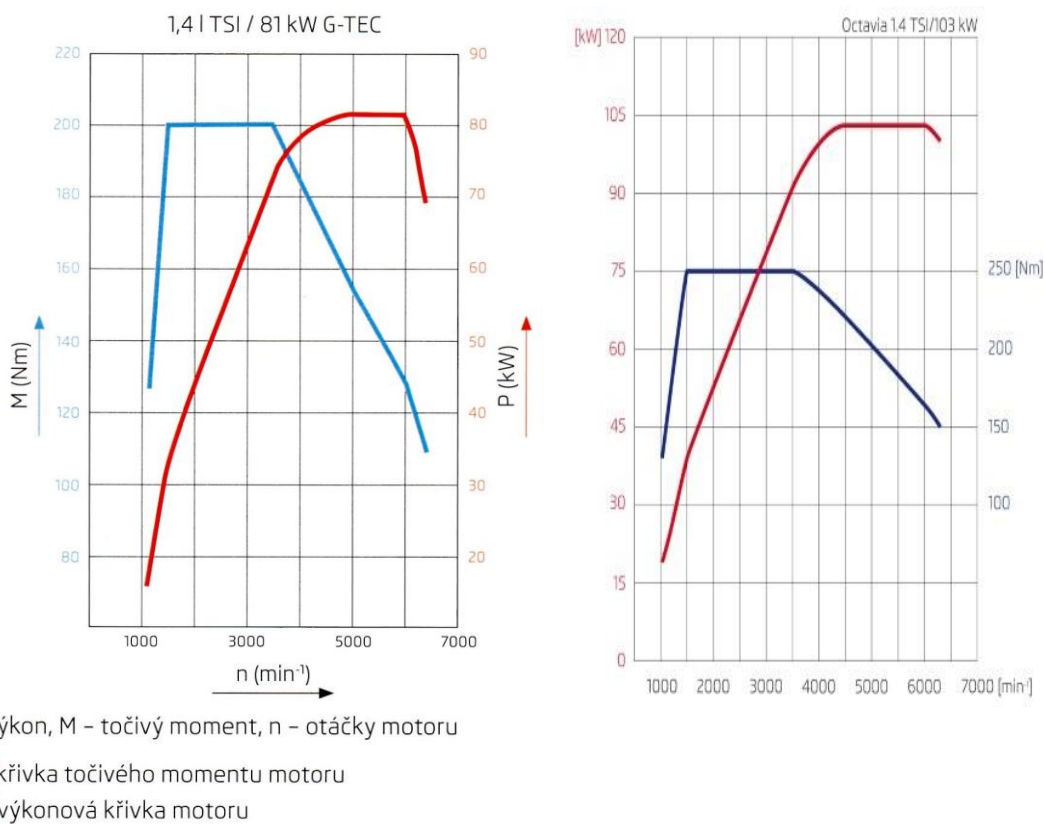
Zdroj: Technické dokumentace výrobců

Značka	Škoda	Seat	Volkswagen	Audi
Model	Octavia G-TEC	Leon TGI	Golf TGI	A3 Sportback g-tron
Max. rychlost [km·h⁻¹]	195	194	195	197
Kombinovaná spotřeba CNG	3,4	3,5	3,4	3,3
Emise CO₂ [g/km]	94	96	92	89
Cena s DPH (21 %)	481 900 Kč	484 900 Kč	507 900 Kč	673 900 Kč

Uvedené ceny jsou platné k 8. 3. 2016

Porovnávaná vozidla koncernu VW pohání upravený čtyřválcový motor TSI, o zdvihovém objemu motoru 1 395 cm³, s maximálním výkonem 81 kW. Všechny modely mají k dispozici klasickou 50l nádrž na benzin a tlakové nádrže na 15 kg CNG. Největší odlišnosti ve sledovaných parametrech jsou u modelu automobilky Audi, která jako jediná používá kompozitní tlakové nádrže, díky kterým snížila hmotnost vozidla. Díky této změně Audi A3 Sportback g-tron disponuje nižší kombinovanou spotřebou, produkuje méně gramů CO₂ na každý ujetý kilometr, a je schopna dosáhnout nejvyšší maximální rychlosti. Nevýhodou kompozitních tlakových nádrží je vyšší pořizovací cena. Drobné odchylky u ostatních modelů jsou dány softwarovými úpravami.

Na obr. 26 je uvedeno porovnání charakteristiky motorů Octavie o objemu 1,4 l. Na obrázku vlevo je umístěna charakteristika upraveného motoru na CNG s maximálním výkonem 81 kW, a vpravo je klasická verze TSI s maximálním výkonem 103 kW.



P - výkon, M - točivý moment, n - otáčky motoru

Obr. 25 Charakteristika motoru EA211

Zdroj: Technická dokumentace Octavie G-Tec

Pro spalování zemního plynu bylo provedeno několik úprav na mechanice motoru EA211, aby byla zajištěna zvýšená odolnost proti opotřebení. Tlakově odlité hliníkové písty jsou anodicky oxidované a vrchní pístní kroužky jsou ošetřeny speciální povrchovou úpravou. Vačky na vačkové hřídeli jsou plošší, což přispívá k pomalejšímu zavírání ventilů, a hlavně dochází ke snížení mechanického opotřebení. Sací i výfukové ventily jsou nitrídané, pancéřované a na koncích dřívků tvrzené. Vysokotlaké vstřikovací ventily jsou při provozu na benzin chlazeny protékajícím palivem. Při spalování CNG toto chlazení chybí, proto jsou vstřikovací ventily opatřeny teflonovým kroužkem s grafitovými vlákny s velkou tepelnou

vodivostí. Díky vysokému oktanovému číslu CNG je umožněn dřívější zážeh, aniž by docházelo k detonačnímu spalování. Vzhledem k tomu je dosahováno vyšší účinnosti, a to za vyššího tlaku i teploty spalování. Vlivem vyšší účinnosti při provozu na CNG bylo potřeba upravit také turbodmychadlo. Nižší kinetická energie spalin způsobená vyšší účinností při samotném spalování, je důvodem pro použití menšího dmychadlového kola pro zajištění rychlé reakce turbodmychadla. Odlišná je také řídicí jednotka, která kromě jiného zajišťuje přepínání mezi palivy (Auto.cz, ©2015).



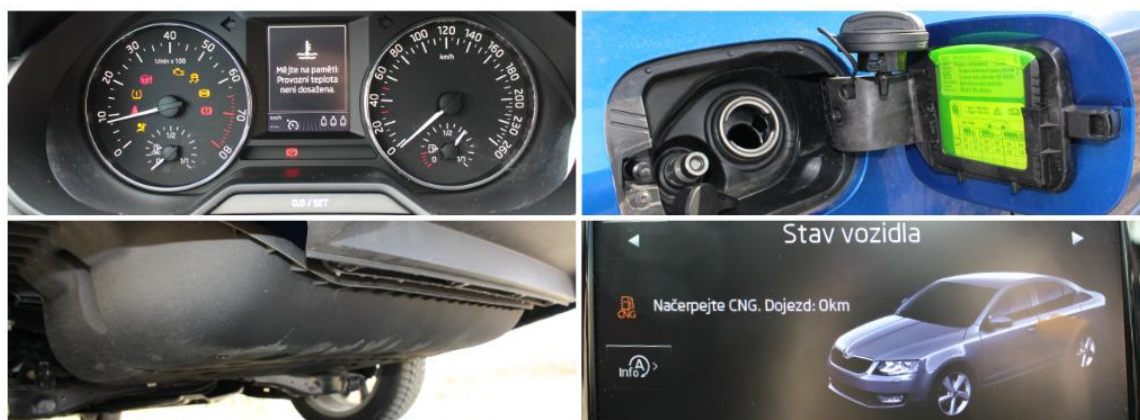
Obr. 26 Octavie G-Tec

Zdroj: Foto autor, 2016

Vzhledem k ceně, a obecně k oblibě modelu Octavia u českých řidičů, je model G-Tec nejprodávanějším ve svém segmentu. Octavie G-Tec je téměř k nerozeznání od klasické Octavie. Mezi poznávací znaky patří absence výfukového potrubí za zadní nápravou, dále označení G-Tec, které se nachází na pátých dveřích, viz obr. 26. Dalšími odlišnostmi jsou zakrytované tlakové nádrže umístěné

za zadní nápravou, plnicí hrdlo ukryté pod víčkem nádrže a žlutá značka CNG na zadním skle. Přidáním tlakových nádrží a provedenými úpravami vzrostla pohotovostní hmotnost o 140 kg. Díky většímu zatížení byla zvolena více prvková zadní náprava.

Octavie G-Tec využívá primárně k pohonu zemní plyn, na který za normálních podmínek i startuje. Ke startu na benzin dojde jen v případě, že teplota chladicí kapaliny klesne pod $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Druhou možností, kdy vyše řídicí jednotka signál ke startu na benzin, je start po načerpání CNG, kdy je zjišťována kvalita plynu, jejíž hodnota se objeví na středovém displeji. Krátce po startu však dojde k přepnutí na CNG. V interiéru lze zaznamenat pouze změnu v kapliče přístrojů, kde jsou umístěny dva palivoměry a chybí teploměr chladicí kapaliny. Funkci teploměru supluje upozornění o nedosažení provozní teploty, které se objevuje vždy po nastartování vozidla. Z důvodu umístění tlakových nádrží za zadní nápravou není možné zde umístit rezervní kolo. Z tohoto důvodu došlo také ke zmenšení zavazadlového prostoru z původních 560 l na 460 l. Servisní intervaly jsou u tohoto vozidla nastaveny na 15 000 km nebo 1 rok (Baborský, 2015).



Obr. 27 Odlišnosti Octavie G-Tec

Zdroj: Foto autor, 2016

V rámci zkušebních jízd bylo zjištěno několik odchylek od údajů uváděných výrobcem. Největší odchylka je v deklarovaném dojezdu na CNG. V katalogu je uvedena hodnota dojezdu 430 km, která je při běžném provozu nedosažitelná. Reálně se tato hodnota pohybuje v rozmezí 320-380km, v závislosti na kvalitě

plynu a stylu jízdy. Kombinovaná spotřeba CNG se v reálném provozu pohybuje kolem hodnoty 3,6-4,1 kg na 100 km.

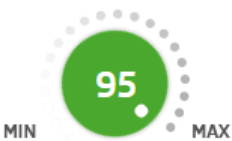
Výpočet rentability

Pro výpočet byla použita kalkulačka úspor dostupná na webových stránkách Škody. Tato kalkulačka počítá s aktuální cenou CNG, benzinu a motorové nafty. Pro výpočet rentability byly zvoleny dvě Octavie o maximálním výkonu 81 kW. Jako modelový byl zvolen roční nájezd 50 000 km, což odpovídá průměrně vytíženému služebnímu vozidlu. Spotřeba vozidel vychází z katalogových údajů výrobce. U plynové verze je brán v úvahu i provoz na benzin v rozsahu 5 %. Celkové úspory jsou uvedeny pro provozování vozidla v rozsahu tří let.

Srovnání nákladů	Octavia 1,2 TSI	Octavia 1,4 G-TEC
Cena za PHM	27,49 Kč	25,38 Kč
Kombinovaná spotřeba PHM	4,9 l/100 km	3,4 kg/100 km
Náklady na PHM/km	1,35 Kč	0,86 Kč
Náklady na PHM/měsíc	5 613 Kč	3 595 Kč
Celkové náklady na PHM	202 052 Kč	129 438 Kč
Celkové náklady na PHM/fleet	202 052 Kč	129 438 Kč

Úspory za PHM

Upravit procento jízdy na CNG	Celková úspora/vůz
Měsíc	1 888 Kč
Rok	22 651 Kč
Celkem	67 952 Kč



Obr. 28 Kalkulace rentability k 8. 3. 2016

Zdroj: Webová stránka www.skoda-auto.cz

Z obrázku 28 je patrné, že při ročním provozu těchto dvou vozidel dochází k úspoře na PHM ve výši 22 651 Kč. Tato úspora maže cenový rozdíl 51 900 Kč v pořizovacích cenách těchto vozidel ve třetím roce užívání vozidla. Dále už šetří svému majiteli náklady, které jsou v případě početnější flotily i v řádech desítek milionů korun ročně.

Vozidla kategorie mini VAN

Jedná se o vozidla s prostorným interiérem a objemným zavazadlovým prostorem. Nejčastěji jsou tyto vozidla pořizována do firem, a to ve skříňové verzi. Porovnávaná vozidla jsou poháněna přeplňovaným čtyřválcovým motorem. Ceny uvedené v tabulce jsou uvedeny pro modely se základní výbavou.

Tabulka 6 Porovnání parametrů modelů

Zdroj: Katalogy jednotlivých modelů

Značka	Opel	Fiat	Volkswagen
Model	Combo CNG Turbo Ecoflex	Doblo T-Jet CNG	Caddy EcoFuel CNG
Zdvihový objem motoru [cm ³]	1 368	1 368	1 984
Max. výkon [kW]	88	84	81
Max. rychlost [km/h]	172	172	168
Velikost nádrží	16 kg CNG +22 l benzin	16 kg CNG +22 l benzin	26 kg CNG +13 l benzin
Kombinovaná spotřeba CNG	4,9	4,9	5,7
Emise CO ₂ [g·km ⁻¹]	134	134	157
Cena s DPH (21 %)	525 140 Kč	565 900 Kč	580 619 Kč

Uvedené ceny platné k 18. 3. 2016.

Modely Combo a Doblo porovnávané v tabulce 6, disponují téměř shodnými parametry. Zásadní rozdíl je pouze v ceně. Model značky Opel je k dostání pouze ve druhém stupni výbavy (Enjoy). Zatímco značka Fiat nabízí svůj model ve všech

stupních výbavy. V cenovém porovnání jsou však uvedeny srovnatelné stupně výbavy. Z porovnání vyplývá jako nejvýhodnější koupě modelu Combo, nicméně u flotilových manažerů je oblíbenější model Doblo, který je nejrozšířenějším vozem ve svém segmentu. Jeho služeb hojně využívá např. Česká pošta. Podle vyjádření Jana Kubáska, vedoucího odboru dopravy České pošty, reálné provozní náklady u modelu Doblo, činí 1,76 Kč/km. V porovnání s naftovou verzí je to 40% úspora nákladů na PHM.



Obr. 29 Volkswagen Caddy EcoFuel CNG

Zdroj: Technická dokumentace vozu Volkswagen Caddy

Zástupce Volkswagenu v tomto porovnání vyšel nejlépe z pohledu dojezdové vzdálenosti na jedno naplnění. Model Caddy je schopen, do svých pěti tlakových nádob, pojmout 26 kg CNG. Velikost benzinové nádrže byla redukována na pouhých 13 l. Touto úpravou byl získán prostor pro umístění většího počtu tlakových nádrží. V březnu roku 2016 byl s tímto vozem vytvořen český rekord v dojezdové vzdálenosti na jedno naplnění, který má hodnotu 784,4 km. Celkově se jedná o spolehlivý model, který si v čase drží svoji cenu.

Další automobily na trhu

Kromě výše uvedených modelů jsou na českém trhu k dostání automobily, které ve své kategorii nemají konkurenci, nebo vzhledem ke svým parametrům nebyly vhodné pro porovnání.

Mezi tyto vozidla patří Opel Zafira Tourer Turbo Ecoflex, Mercedes-Benz B 200 Natural Gas Drive, Iveco Stralis 330 E6 Natural Power, IVECO Daily – CNG a modely automobilky Fiat, které nesou přívlástek Natural Power. Konkrétně se jedná o modely: Panda, Punto, 500L, Qubo a Ducato.

10 PŘESTAVBY

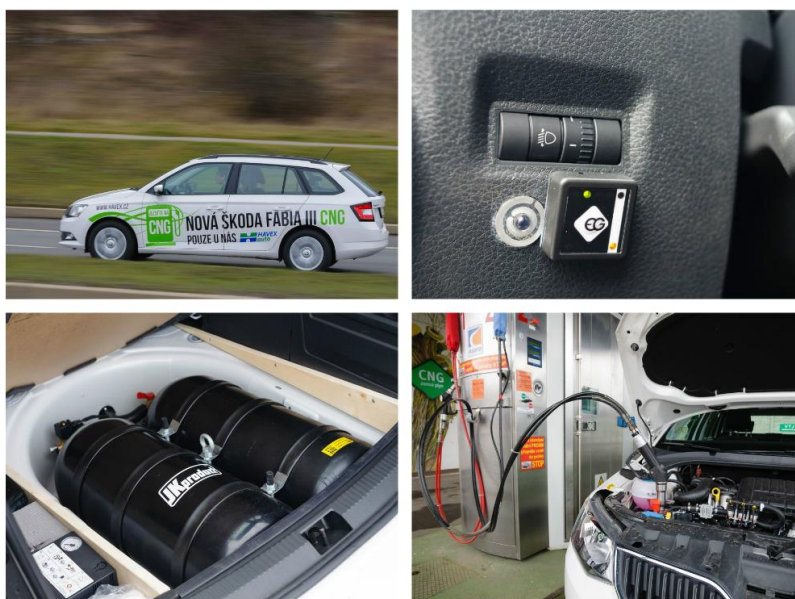
Kromě originálních vozidel upravených rovnou z výroby, existuje také možnost dodatečné přestavby vozidla na pohon CNG. K přestavbě lze použít pouze vozidla se zážehovými motory, které jsou následně doplněny o plynový palivový systém. Použití pouze zážehových motorů je odůvodněno příliš vysokou teplotou samovznícení zemního plynu. Při realizaci přestavby je do zavazadlového prostoru nainstalována tlaková nádrž, kterou lze plnit z motorového prostoru, tudíž je nutné při každém plnění otevřít kapotu vozidla. Instalací tlakové nádrže dojde ke zvýšení zatížení zadní nápravy, u které dochází k rychlejšímu opotřebení. Umístěním tlakové nádrže v zavazadlovém prostoru dojde k částečnému zmenšení nebo úplnému zaplnění tohoto prostoru. Míra obsazení zavazadlového prostoru je dána volbou velikosti tlakové nádrže. Při přestavbě vozidla přichází majitel o záruku poskytovanou výrobcem na toto vozidlo.

Realizace přestaveb na CNG byla ve světě velice žádaná do roku 2011, jelikož nabídka originálních CNG vozidel byla nedostačující. V ČR s těmito přestavbami bylo málo zkušeností a navíc tyto přestavby byly nákladné. Tudíž z ekonomického hlediska dávala přestavba smysl jen při velkém ročním nájezdu kilometrů. Dnes přestavbu vozidel nabízí velké množství firem, zejména těch, které se věnují také přestavbám na LPG. Cena takové přestavby se odvíjí od počtu válců a zvoleného výrobce sady pro přestavbu. Pomocí průzkumu trhu bylo zjištěno, že cena přestavby na CNG se pohybuje v rozmezí 35 000-60 000 Kč s DPH. Nicméně po přestavbě je nutné vozidlo nechat znovu homologovat. Při provozu přestavěných CNG vozidel dochází k rychlejšímu opotřebení motoru vzhledem k tomu, že nejsou provedeny úpravy sacích a výfukových ventilů, vaček na vačkovém hřídeli, pístních kroužků a vstřikovacích ventilů. Díky tomu dochází ke snížení životnosti těchto motorů.

Pokud je řeč o přestavbách na CNG, je potřeba zmínit firmu Havex-auto, která se zabývá hromadnými přestavbami CNG vozidel. V roce 2013 tato firma zrealizovala zakázku 150 přestaveb modelu Škoda Fabia 2. generace. Tyto vozy

si vzal do ročního pronájmu Státní úřad inspektorátu práce. S příchodem třetí generace Fabie v roce 2015, začala firma Havex-auto přestavovat i tento model ve variantě Combi. Oproti předešlé generaci jsou tlakové nádrže umístěny pod podlahou zavazadlového prostoru, nikoli přímo v zavazadlovém prostoru. Tlakové nádrže jsou schopny pojmout 11,5 kg CNG, tedy pouze o 0,5 kg více než dokážou pojmout nádrže u modelu Citigo G-TEC.

Přestavovaná vozidla startují vždy na benzin, a následně dojde k přepnutí na CNG. Také je možné si zvolit palivo, což u originálně upravených vozidel nelze. Přepínání paliva je doprovázeno cvaknutím tlakového ventilu, které se projevuje znatelným škubnutím, což snižuje jízdní komfort. Přepínač paliva se většinou nachází na levé straně pod regulací světel.



Obr. 30 Přestavba Fabie 3. generace

Zdroj: Webové stránky www.e-flotila.cz

11 DISKUZE

V rámci analýzy tržního podílu a infrastruktury u automobilů na CNG pohon bylo zjištěno, že CNG je palivem s dobrým potenciálem se výrazně prosadit v dopravě, a to minimálně ve střednědobém horizontu. Tato hypotéza je založena na rychle se rozvíjející infrastruktuře, která byla v minulosti překážkou v rychlejším rozvoji trhu s CNG vozidly. Počet plnicích stanic rapidně roste, a pokud tento trend vydrží, tak v průběhu dvou let se může ČR dostat na třetí pozici v rámci Evropy v počtu plnicích stanic a v počtu registrovaných vozidel na CNG. Podobný pohled na danou problematiku má i Ministerstvo průmyslu a obchodu, které svoji hypotézu zveřejnilo v tiskové zprávě.

Pro většinu firem i retailových zákazníků využívajících CNG vozidla je klíčová ekonomická výhodnost CNG, která je dána fixovanou spotřební daní do roku 2020 a absencí daně silniční pro vozidla do 12 t a autobusy. Díky této fixaci je každoročně očekáván 40% meziroční nárůst v počtu registrací osobních CNG automobilů až do roku 2020. Situace po roce 2020 je doposud nevyřešena a její řešení bude klíčové pro další vývoj trhu v ČR.

Do budoucna by mohla být CNG vozidla zvýhodněna bezplatným vjezdem a parkováním v nízkoemisních zónách. Tuto myšlenku také zmiňuje jedna z pozitivních variant vývoje CNG v Národním akčním plánu čisté mobility.

Při zpracovávání analýzy vývoje prodeje CNG vozidel se vyskytla otázka, zda se v ročních prodejkách automobilů vyskytuje určitý pravidelný trend prodeje v rámci jednotlivých měsíců. Odpověď na tuto otázku by mohla být řešena v další práci. Řešení této otázky by bylo velmi zajímavé pro marketingová oddělení automobilových společností.

12 ZÁVĚR

V rámci bakalářské práce byla zpracována analýza podílu CNG vozidel na trhu s osobními automobily. Pomocí této analýzy bylo zjištěno, že v roce 2013 byl podíl CNG vozidel na úrovni 0,2 %, avšak v roce 2015 se tržní podíl během roku pohyboval v rozmezí 1-1,5 %. Tento vývoj byl zapříčiněn rozvojem infrastruktury, který byl také analyzován. V roce 2013 bylo na území ČR v provozu 50 plnicích stanic na CNG. Koncem roku 2015 byl počet těchto stanic již 108, jednalo se tedy o 116% zvýšení počtu plnicích stanic. Největší počet stanic k únoru 2016 provozovala společnost Bonet Gas Invest, která se na prodejkách CNG v roce 2015 podílela 14,73 %. Celková roční spotřeba CNG meziročně vzrostla o 45,7 %. Na konci roku 2016 je očekávaný počet plnicích stanic 150-160.

Vedoucí pozici na českém trhu s osobními CNG vozidly si drží koncern VW, který se na prodejkách v roce 2015 podílel 94,5 %. Nejúspěšnější značkou v oblasti CNG je ŠKODA AUTO, která se na koncernových prodejkách podílela 73,4 %. Vzhledem k vývoji prodejků CNG vozidel značky ŠKODA AUTO v 1. kvartálu roku 2016, které meziročně vzrostly o 36,5 %, je znovu očekáván celkový nárůst počtu registrací CNG vozidel v roce 2016. Nejprodávanějším modelem na CNG je Octavia G-TEC, která je specifická příznivou pořizovací cenou a nízkou spotřebou paliva. V rámci zkušebních jízd s tímto vozidlem bylo zjištěno několik odlišností od výrobcem uváděných údajů. Jednalo se zejména o hodnoty kombinované spotřeby a celkového dojezdu vozidla. Tento vůz je také typický pomalým klesáním otáček motoru při změně rychlostních stupňů. Příčinou je zajištění dostatečného množství zbytkového tepla ve výfukovém potrubí pro zajištění správné funkce katalyzátoru. Zařazení CNG do Národního akčního plánu čisté mobility přineslo pozitivní změny, které se projeví i v legislativě. Za přelomové lze označit zrušení plošného zákazu parkování CNG vozů v podzemních garážích, který byl z technického hlediska neopodstatněný.

Z výsledků práce je zřejmé, že téma CNG bude velmi aktuální minimálně do roku 2020, který bude klíčový pro další vývoj.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Literární zdroje:

DAŇOVÉ ZÁKONY XXL PROFInanční správu - úplná znění platná v roce 2016. 1. Bratislava-Staré město: DonauMedia, s. r. o., 2016. ISBN 978-80-89364-88-6.

GRODA, Bořivoj a Petr HÁJEK. *Termomechanika*. 1.vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001. ISBN 80-7157-555-0.

GSCHEIDLE, Rolf. *Příručka pro automechanika*. 3. Haam-Gruiten: Europa-Lehrmittel, 2015. ISBN 978-3-8085-2163-2

HÁK, Tomáš. *Metabolismus společnosti: materiály, energie a ekosystémy*. Vydání první. V Praze: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 2015. ISBN 978-80-246-2799-1.

HUŠKOVÁ, Aneta, TRUBAČ, Jakub (ed.). *Geologie kolem nás*. Vyd. 1. Praha: P3K, 2014. ISBN 978-80-87343-44-9.

MACEK, Jan. *Spalovací motory I*. Vyd. 1. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03618-1.

SLOAN, E a Carolyn A KOH. *Clathrate hydrates of natural gases*. 3rd ed. /. Boca Raton, FL: CRC Press, c2008. Chemical industries, v. 119. ISBN 0849390788.

VLK, František. *Alternativní pohony motorových vozidel*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2004. ISBN 80-239-1602-5.

VLK, František. *Paliva a maziva motorových vozidel*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-6461-5.

Legislativa:

Národní akční plán čisté mobility. In: Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2015.

Program obnovy vozidel veřejné autobusové dopravy v roce 2010. *Ministerstvo dopravy* [online]. [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/AC987FDB-EF8B..0/Pravidla_2010.doc

Vyhláška o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. In: částka 134, 341/2014 Sb.

Zákon České národní rady o dani silniční. In: 1992, 16/1993 Sb.

Zákon o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon). In: 2000, 458/2000 Sb.

Zákon o stabilizaci veřejných rozpočtů. In: 2008, 261/2007 Sb.

Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). In: 2006, 458/2000 Sb.

Změna vyhlášky o technických prohlídkách a měření emisí vozidel. In: 2012, částka 30, 83/2012 Sb

Změna zákona o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. In: 2015, částka 93, 239/2013 Sb.

Normy:

ČSN EN 589. Motorová paliva - Zkapalněné ropné plyny (LPG) - Technické požadavky a metody zkoušení. 1. 2004.

ČSN EN ISO 11439. Lahve na plyny - Vysokotlaké lahve na zemní plyn používaný jako palivo v motorových vozidlech. 2014.

ČSN ISO 19078. Lahve na plyn - Kontrola instalace lahve a revize vysokotlakých lahví instalovaných ve vozidlech pro uložení zemního plynu používaného jako palivo v motorových vozidlech. 2015.

ISO 11439. Gas cylinders - High pressure cylinders for the on-board storage of natural gas as a fuel for automotive vehicles. 2013. Road vehicles - Compressed natural gas (CNG) refuelling connector -- Part 1: 20 MPa (200 bar) connector. In: 2004, částka 90, ISO 14469-1.

ISO 15500. Road vehicles - Compressed natural gas (CNG) fuel system components -- Part 9: Pressure regulator. 2012.

ISO 15501-1. Road vehicles -- Compressed natural gas (CNG) fuel systems -- Part 1: Safety requirements. 2012. ISO 19078. Gas cylinders - Inspection of the cylinder installation, and requalification of high pressure cylinders for the on-board storage of natural gas as a fuel for automotive vehicles. 2013.

TPG 304 02. Plnicí stanice stlačeného zemního plynu pro motorová vozidla. GAS s.r.o., 2012.

TPG 982 01. Podmínky provozu, oprav, údržby a kontroly motorových vozidel s pohonným systémem CNG. GAS s.r.o., 2014.

TPG 982 03. Plnicí zařízení pro motorová vozidla s pohonným systémem CNG. GAS s.r.o., 2014.

Periodika:

BABORSKÝ, Jiří. CZECH NEWS CENTER. *Svět motorů*. ABC ČR, 2014, **2014**(32). ISSN 0039-7016.

BABORSKÝ, Jiří. CZECH NEWS CENTER. *Svět motorů*. ABC ČR, 2014, **2014**(25). ISSN 0039-7016.

BABORSKÝ, Jiří. CZECH NEWS CENTER. *Svět motorů*. ABC ČR, 2015, **2015**(2). ISSN 0039-7016.

Gas Vehicle Report [online]. 2015, (167) [cit. 2016-03-29].
Dostupné z: <http://www.ngvjournal.com/category/c17-magazines/c25-the-gvr/>

Gas Vehicle Report [online]. 2016, (168) [cit. 2016-03-29].
Dostupné z: <http://www.ngvjournal.com/category/c17-magazines/c25-the-gvr/>

Internetové zdroje:

Audi A3 Sportback g-tron 1.4 TFSI. *Auto.cz* [online]. [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/test-audi-a3-sportback-g-tron-1-4-tfsi-jezdete-za-polovic-85175>

Audi e-gas project. *Audi* [online]. 2012 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <http://www.audi.com/corporate/en/corporate-responsibility/we-live-responsibility/product/audi-e-gas-project.html>

Czech Raildays 2012: Ve Vítkovicích pokračují přestavby lokomotiv na CNG. *Hybrid.cz* [online]. 2012 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/czech-raildays-2012-ve-vitkovicich-pokracuji-prestavby-lokomotiv-na-cng>

Deutz Develops Natural Gas Engine for Agricultural Tractors. *NGV Global News* [online]. Köln, 2015 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <http://www.ngvglobal.com/blog/deutz-develops-natural-gas-engine-for-agricultural-tractors-1119>

EXKLUZIVNÍ TEST: Škoda Fabia III Combi CNG. *Flotila* [online]. 2016 [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://www.e-flotila.cz/testy/1316-exkluzivni-test-skoda-fabia-iii-combi-cng>

Gas pressure. *Quartz* [online]. 2016 [cit. 2016-03-27]. Dostupné z: <https://www.qz.com>

Infrastructure - TEN-T - Connecting Europe. *European Commission* [online]. 2015 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: http://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/index_en.htm

IVECO URBANWAY 10,5 CNG posiluje BusLine. *Bus portál* [online]. 2015 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <http://www.busportal.cz/modules.php?name=article&sid=12714>

LPG-přestavba/servis. *Saku Autoservis* [online]. 2016 [cit. 2016-03-28]. Dostupné z: <http://www.autoservis-saku.cz>

Model vs Model: Are SEAT and Skoda really a better option than Volkswagen? *Kinja - OppositeLock* [online]. 2014 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <http://oppositelock.kinja.com/seat-and-skoda-are-more-interesting-than-volkswagen-a-1525538246>

Natural Gas. *Index mundi* [online]. 2016 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <http://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=natural-gas&months=60>

New Energies Rallye ČR 2016 součástí světového poháru!. *EWRC.cz* [online]. 2016 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <http://www.ewrc.cz/ewrc/show.php?id=27877>

Plnicí zařízení MJ COMPACT 05. *MOTOR JIKOV* [online]. [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.jikovcng.cz>

Průměrné ceny pohonných hmot v ČR. *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/>

První registrace vozidel v ČR – souhrnné údaje. *Sdružení automobilového průmyslu* [online]. 2016 [cit. 2016-03-28]. Dostupné z: <http://www.autosap.cz/>

UK's first 'poo bus' hits the road. Theguardian [online]. 2014 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <http://www.theguardian.com/environment/2014/nov/20/uks-first-poo-bus-hits-the-road>

Vozidla, provoz, údržba. *CNG4You* [online]. Český plynárenský svaz, 2015 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <http://www.cng4you.cz/legislativa/vozidla-provoz-udrzba.html>

Zemní plyn. *Gas* [online]. 2010 [cit. 2016-03-27]. Dostupné z: <http://www.zemnipllyn.cz/>

Zemní plyn. *RWE* [online]. 2016 [cit. 2016-03-27]. Dostupné z: <http://www.rwe.cz/>

Jiný dokument:

Bosch. Praha, 2015.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Síť plynovodů v Evropě.....	14
Obr. 2 Síť plynovodů v ČR.....	15
Obr. 4 Označení vozidel s LPG pohonem.....	19
Obr. 3 Přestavba Fabie druhé generace na LPG.....	20
Obr. 5 Dopravní značka B50, zákaz vjezdu s LPG a CNG pohonem	23
Obr. 6 Bio-Bus provozovaný v Bristolu	25
Obr. 7 Koncept E-CNG.....	26
Obr. 8 Počty LNG automobilů v Evropě.....	27
Obr. 9 Palivový systém se směšovačem u přestavby	29
Obr. 10 Různá provedení směšovačů	29
Obr. 11 Systém s vícebodovým vstřikováním CNG	31
Obr. 12 Systém s přímým vstřikováním CNG	32
Obr. 13 Autobus IVECO URBANWAY 10,5 CNG.....	34
Obr. 14 Hlavní síť TEN-T.....	39
Obr. 15 Označení CNG vozidel.....	42
Obr. 16 Počet plnicích stanic v evropských zemích k lednu 2016.....	59
Obr. 17 Mapa CNG stanic k 18. 3. 2016.....	61
Obr. 18 Domácí plnička plynu MJ COMPACT 05.....	62
Obr. 19 Prostředí aplikace ŠKODA CNG.....	62
Obr. 20 Modely Mii, Citigo a UP!	63
Obr. 21 Zástavbové řešení palivových nádrží u modelu Citigo G-TEC.....	65
Obr. 22 Umístění palivových nádrží a výfukového systému u modelu Eco Up!.....	65
Obr. 23 Verze výfukového systému pro benzin	66
Obr. 24 Verze výfukového systému pro zemní plyn	66
Obr. 25 Charakteristika motoru EA211.....	68
Obr. 26 Octavie G-Tec	69
Obr. 27 Odlišnosti Octavie G-Tec	70
Obr. 28 Kalkulace rentability k 8. 3. 2016	71
Obr. 29 Volkswagen Caddy EcoFuel CNG.....	73
Obr. 30 Přestavba Fabie 3. generace	76

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Vývoj výše spotřební daně na CNG v letech 2006-2020.....	21
Graf 2 Vývoj ceny CNG v letech 2008-2015.....	48
Graf 3 Vývoj ceny CNG v roce 2014	49
Graf 4 Vývoj ceny CNG v roce 2015	49
Graf 5 Vývoj ceny zemního plynu v letech 2011-2016	50
Graf 6 Vývoj průměrných měsíčních cen pohonných hmot v roce 2015.....	50
Graf 7 Celkový počet osobních automobilů na CNG v letech 2004-2015	53
Graf 8 Roční prodeje osobních automobilů na CNG v letech 2011-2015.....	54
Graf 9 Vývoj prodeje osobních automobilů v letech 2013-2015.....	55
Graf 10 Vývoj tržního podílu osobních automobilů na CNG v letech 2012-2015.....	55
Graf 11 Spotřeba CNG v ČR v letech 2004-2015.....	57
Graf 12 Tržní podíly největších prodejců CNG v roce 2014	58
Graf 13 Tržní podíly největších prodejců CNG v roce 2015	58
Graf 14 Vývoj počtu plnicích stanic CNG v ČR v letech 2004-2015	60
Graf 15 Společnosti s největším počtem veřejných plnicích stanic CNG v ČR k únoru 2016	60

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Příklady druhů plynů a jejich složení.....	12
Tabulka 2 Vlastnosti paliv	22
Tabulka 3 Společnosti zabývající se prodejem CNG	57
Tabulka 4 Přehled malých CNG vozidel na českém trhu	64
Tabulka 5 Přehled modelů nižší střední třídy na českém trhu	67
Tabulka 6 Porovnání parametrů modelů	72