

Česká zemědělská univerzita
Technická fakulta

**Analýza přechodu vozového parku na pohon
zemním plynem**

Diplomová práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Hromádko, Ph.D.

Bc. Jan Kánský

Praha 2012

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Kánský Jan

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Analýza přechodu vozového parku na pohon zemním plynem

Anglický název

Analysis of Car Fleet Changeover to Natural Gas Driving

Cíle práce

Cílem práce je analýza přechodu vozového parku na pohon zemním plynem.

Metodika

- prostudovat základní literaturu v oblasti přechodu vozového parku na pohon zemním plynem
- kontaktovat významné organizace zabývající se danou problematikou
- provést globální literární rešerši v dané problematice
- vlastní rozbor problematiky přechodu vozového parku na pohon zemním plynem
- návrh doporučení a předpokládaný vývoj v oblasti vozového parku na pohon zemním plynem

Osnova práce

1. Úvod
2. Současný stav řešené problematiky
3. Cíl a metodika diplomové práce
4. Vyhodnocení experimentu
5. Doporučení a závěr

Rozsah textové části

50 stran formátu A4

Klíčová slova

zemní plyn, motorové vozidlo, plnicí stanice, spotřeba paliva

Doporučené zdroje informací

1. Hromádko J., Hromádko J., Höhnig, V., Miler P.: Spalovací motory, Nakladatelství Grada, Praha, 2011, ISBN 978-80-247-3475-0
2. Kameš, J.: Alternativní pohony automobilů. Nakladatelství BEN, Praha 2004. ISBN 80-7300-127-6
3. Vlk, F.: Alternativní pohony motorových vozidel. Nakladatelství a zasilatelství Vlk, Brno, 2004. ISBN 80-239-1602-5
4. Maxwell, T., T.: Alternative Fuels – Emissions, Economics, and Performance. Society of Automotive Engineers, U.S.A, 1995, ISBN 1-56091-523-4
5. CNG - stlačený zemní plyn. [online]. [cit.2008-12-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.cng.cz>>

Vedoucí práce

Hromádko Jan, Ing., Ph.D.

Termín zadání

listopad 2010

Termín odevzdání

duben 2012

doc. Ing. Boleslav Kadleček, CSc.

Vedoucí katedry



prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan fakulty

V Praze dne 9.2.2011

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jana Hromádka, Ph.D. a použil jen pramenů citovaných v přiložené bibliografii.

Další informace mi poskytli Ing. Pavel Novák z Českého plynárenského svazu, Ing. Milan Fořt z Bonett Gas Investment, a.s. a Ing. Pavel Váňa z Nopek, a.s.

V Praze dne 6.4.2012

Podpis

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat Ing. Janu Hromádkovi, Ph.D, vedoucímu diplomové práce, dále Ing. Pavlu Novákovi z Českého plynárenského svazu, který mi poskytl mnoho zajímavých informací, praktických kontaktů na odborníky z oboru a umožnil mi účast na konferenci Perspektivy rozvoje a využití CNG v dopravě. Děkuji také Ing. Pavlu Váňovi za poskytnutí skutečných provozních údajů a umožnil mi vypracovat práci na reálné podmínky a obchodnímu řediteli Ing. Milanu Fořtovi z Bonett Gas Investment, a.s. za pomoc s parametry plnicí stanice.

Abstrakt: Diplomová práce byla zaměřena na využití zemního plynu v dopravě. Cílem bylo nastínění vývoje tohoto paliva, jeho popis a výroba, praktické výhody a nevýhody vozidel na plynná paliva. Zemní plyn je charakterizován od jeho vzniku až po distribuci, konstrukce vozidel a způsoby spalování zemního plynu v motoru. Zabývá se rovněž otázkou plnicích stanic. Praktická část práce byla zaměřena na projekt modernizace vozového parku se zavedením technologie CNG v konkrétní firmě. V projektu se definuje stávající stav vozového parku, výběr nových vozů, kalkulace parametrů plnicí stanice až po její návrh vhodný pro praktické využití. Následuje predikce cen paliv nafty a CNG do roku 2025, výpočet návratnosti zavedené technologie. Diplomová práce je zakončena návrhem finanční krytí projektu.

Klíčová slova: zemní plyn, CNG, LNG, konstrukce, ekonomika, plnicí stanice

Analysis of Car Fleet Changeover to Natural Gas Driving

Summary: The thesis was focused on the use of natural gas in transport segment. The aim was to outline the development of this fuel, its description and production, the practical advantages and disadvantages of vehicles on gaseous fuels. Natural gas is characterized from its creation up to its distribution, vehicle design and mode of natural gas combustion in the engine. The thesis also deals with the question of filling stations. Practical part of the thesis was focused on the project of the fleet modernization with the introduction of CNG technology in a particular company. The project defines the current state of the fleet, the selection of new cars and calculation of the filling station parameters up to its design suitable for practical use. Then attention is paid to predictions of diesel fuel prices and CNG up to 2025 with the calculation of return of introduced technology. The thesis is finished by a proposal of financial coverage of project.

Keywords: natural gas, CNG, LNG, construction, economics, filling station

Obsah

Úvod	1
1. Důvody zavádění alternativních paliv	2
2. Historie plynných paliv v dopravě	4
2.1. Vývoj plynných paliv ve světě	5
2.2. Historie plynných paliv v Čechách a na Moravě	9
2.3. Historie zemního plynu jako paliva v českých zemích	11
3. Charakteristika zemního plynu.....	11
3.1. Vznik zemního plynu	12
3.2. Složení zemního plynu	12
3.3. Těžba a úprava zemního plynu.....	14
3.4. Dálková přeprava	15
3.5. Skladování zemního plynu	16
3.6. Zásobování České republiky	17
3.6.1. Distribuce plynu v obcích a městech.....	18
4. Ekologické aspekty zemního plynu.....	18
5. Legislativní úprava parkování vozidel na CNG v České republice	19
6. Porovnání zemního plynu s klasickými kapalnými palivy	21
6.1. Výhody CNG.....	21
6.2. Nevýhody CNG.....	22
6.3. Výhody LNG.....	22
6.4. Nevýhody LNG	23
7. Plnicí stanice zemního plynu	23
7.1. Pomaluplnicí stanice CNG	23
7.2. Rychloplnicí stanice CNG.....	26
7.3. Plnicí stanice LNG	27
7.4. Plnicí stanice L-CNG	28

8. Konstrukce vozidel poháněných zemním plynem	28
8.1. Konstrukce vozidel na stlačený zemní plyn	29
8.2. Přímý vstřík zemního plynu do válce.....	32
8.2.1. Přímý vstřík do válce s klasickou svíčkou.....	32
8.2.2. Přímý vstřík do válce se žhavicí svíčkou	33
8.2.3. Přímý vstřík do válce s pilotním předstříkem motorové nafty	34
8.3. Bezpečnost tlakových nádob a vozidel na zemní plyn.....	35
9. Dostupnost silničních CNG vozidel na českém trhu	37
9.1. Osobní vozidla kategorie.....	37
9.2. Nákladní vozy	38
9.3. Autobusy	38
9.4. Dodávkové vozy.....	38
10. Profil firmy	39
11. Stávající stav v provozovně Hořice	40
11.1. Složení vozového parku	40
11.1.1. Avia A 30N a A 31N	41
11.1.2. Iveco Daily 60C15	42
11.2. Průměrné parametry denního využívání vozidel.....	42
12. Varianty možných budoucích vozidel.....	43
12.1. Nástavba vozidel	43
12.2. Dodávka Mercedes – Benz Sprinter.....	44
12.3. Dodávka Iveco Daily.....	45
12.4. Výběr z nabídky vozidel	45
13. Výpočet parametrů plnicí stanice	46
14. Výstavba plnicí stanice.....	47
15. Výpočet nákladů na plnicí stanici	47
16. Předpoklady pro ekonomický výpočet	48
16.1. Celkové náklady na pořízení plnicí stanice a vozů	48
16.2. Předpokládaný vývoj cen paliv od roku 2012 do roku 2025.....	49

16.2.1.	Vývoj ceny motorové nafty v daném období.....	49
16.2.2.	Vývoj ceny CNG v daném období.....	50
16.3.	Porovnání cen motorové nafty a CNG	53
17.	Výpočet návratnosti technologie CNG	54
17.1.	Vyčíslení vícenákladů na pořízení technologie CNG	54
17.2.	Náklady na palivo.....	54
17.3.	Výpočet úspory z palivových nákladů	55
17.4.	Stanovení čisté návratnosti CNG technologie.....	56
18.	Návrh finančního krytí navržených variantních řešení.....	56
Závěr	58
Použitá literatura	60
Seznam tabulek	61
Seznam obrázků.....	63
Příloha 1		
Příloha 2		
Příloha 3		
Příloha 4		

Úvod

V současné době se stále více mezi lidmi na internetu diskutuje o možnostech využívání kapalných motorových paliv, hlavně z ekonomického pohledu. Vzhledem k neustále stoupajícím cenám pohonných hmot se lidé začínají zajímat otázkou využívání alternativ k nynějším palivům. V dnešních dnech se již prémiová paliva kolem Prahy dokonce několikrát dostala přes magickou hranici 40 Kč/l. Veřejnost začíná také smýšlet ekologičtěji a uvědomuje si, že stávající paliva nejsou zrovna příliš šetrná k přírodě. Existuje mnoho alternativních paliv. Bohužel většina není použitelná v masovém měřítku, nejsou dostatečně zdokonalena a jejich výroba levnější. Nelze je šířit mezi lidmi nebo nejsou vhodná k použití do stávajících technických zařízení. Do této kategorie určitě nepatří zemní plyn jako motorové palivo, proto je zemnímu plynu jako alternativnímu palivu věnována tato diplomová práce.

Diplomová práce je rozčleněna teoretickou a praktickou část. V první kapitole teoretické části jsou rozebírány důvody zavádění alternativních paliv. Další kapitola se zabývá historickým vývojem plyných paliv v dopravě, první snahy o motorizaci, jak ve světě, tak i v českých zemích. Následující část práce se zabývá charakteristikou zemního plynu od teorií vzniku plynu přes jeho transportování až po skladování a distribuci zákazníkovi. Zemní plyn je rozdělen na dvě paliva: CNG a LNG. Dále jsou probrány ekologické aspekty zemního plynu, legislativní úprava parkování v České republice. Následující kapitola se věnuje porovnávání CNG a LNG s běžnými kapalnými palivy.

Práce pokračuje popisem typů plnicích stanic pro plnění zemního plynu v obou formách. Po této části následuje konstrukční řešení ukázkového automobilu na CNG, způsoby přípravy spalovací směsi.

Nabídkou trhu vozidel na CNG v České republice se věnuje kapitola po konstrukci vozidla.

Praktická část diplomové práce nejprve profiluje vzorovou firmu, pro kterou jsou následující výpočty prováděny. Za vzorovou firmu je vybrána firma Nopek, a.s., která se zabývá hlavně pekařstvím, cukrářstvím apod. a následnou distribucí svých výrobků pomocí vlastního vozového parku. Společnost poskytla pro tuto práci své vnitřní údaje o provozu vozidel, čímž je možné provádět výpočty pro přesně definovanou dopravní obslužnost. Firma Nopek má několik provozoven. Provozovna v obci Hrušová je již více jak rok plynofikována. Jezdí zde několik rozvázkových vozidel právě na CNG. Diplomová práce se zabývá

i provozovnou v obci Hořice v Podkrkonoší. Cílem je zjistit, výhodnost plynofikování dopravy a cenová kalkulace investic do CNG technologie.

Jedna z prvních kapitol v této části se zabývá složením stávajícího vozového parku v dané provozovně. Dále se práce věnuje volbě nového typu vozidel a jejich specifikací pro daný typ dopravy. Následně je nezbytné vypočítat, jakou spotřebu pohonných hmot budou mít nová vozidla, propočet parametrů plnicí stanice a vhodné umístění v provozovně. Následuje výpočet nákladů na připojení plnicí stanice k inženýrským sítím.

Další část diplomové práce je věnována ekonomické stránce celého projektu. Nejprve jsou vypočítány celkové náklady na výstavbu plnicí stanice a pořízení vozů. Pro zjištění výhodnosti je nutná predikce pohonných hmot jak CNG, tak nafty, aby bylo možné následně vyhodnotit úspory z nákladů na dané období. Výhodnost technologie CNG se zjistí z vícenákladů na pořízení stanice a vícenákladů na pořízení vozidel a vyčíslením úpor z nákladů na palivo. Následné srovnání vyčíslí návratnost pořízení CNG za dobu provozu vozidel. Závěrečná část se zabývá návrhem finančního krytí celého projektu s pokrytím nákladů úvěrem a částečně z vlastních prostředků.

Alternativní paliva jsou perspektivní jak pro dnešní dobu, tak i pro budoucnost. Zemní plyn je palivem, které může směle konkurovat ve všech oblastech dopravy. Pro různé oblasti dopravy je nutné vybrat formu zemního plynu. V porovnání s kapalnými palivy splňuje zemní plyn přísnější požadavky stále častěji kladené na bedra dopravy a v mnohých případech plní předpisy s rezervou. Zemní plyn by se tedy mohl stát jedním z nejdostupnějších, a nejvýhodnějších paliv dnešní doby a blízké budoucnosti.

1. Důvody zavádění alternativních paliv

Pro i proti zavádění alternativních paliv existuje mnoho důvodů.

Prvním a jedním z hlavních důvodů může být úvaha hlavně ekonomická, jelikož v dnešní době je ekonomika hlavním faktorem pro rozhodování. Při pohledu na stávající trh jsou rozhodující náklady. Jednou z mnoha položek v nákladech firmy, která má vykonávat přepravu, jsou jistě náklady na palivo. Další náklady, kupříkladu na mzdy a další provozny jsou pro tuto práci nedůležité.

Na dnešním velice proměnném trhu se ceny pohonných hmot stejně jako jiných surovin velice rychle mění. Proto je častý problém všech podnikatelů určit přesně náklady do rozpočtů na další období. Určení nákladů na cenu paliva je velice obtížné. Stačí se jenom obecně podívat na růst cen paliv na veřejných čerpacích stanicích a musí být každému jasné, že stanovení i rodinného rozpočtu je obtížné.

Dnešní společnost je silně závislá na ropě, velmi cenné surovině a produktů z ní vyráběných. Ropu využívají všechny dopravní prostředky, nejen silniční vozidla a vlaky, ale také letadla. Produkty z ropy jsou dnes všudypřítomné. Jsou potřebné i pro výrobu léků, kosmetických přípravků, lepidel, plastických hmot apod. Dnešní společnost se bez nich již neobejde.

Nejdůležitější je však argument mluvící proti spalování ropy v motorech. Jedná se o množství, které není neomezené. V statistických údajích z roku 1997 je uvedeno, že zásoby ropy jsou přibližně 141 miliard tun. Z toho přibližně 100 miliard tun leží pouze v oblasti Středního východu. V roce 2003 bylo v publikacích upřesněno, že další zásoby jsou ještě také v jiných lokalitách a to v Kanadě (25 miliard tun), Mexickém zálivu (10 miliard tun). Celkově pak činí tyto zásoby přibližně 176 miliard tun ropy. [2,3]

Dalším potencionálním probléme je skutečnost, že ropné oblasti jsou politicky velice citlivá a nestabilní. Stačí se podívat do médií a je velice dobře patrné, že i malá nestabilita regionu rozhoupe trh s ropou a jejími následnými produkty. Příkladem je válka v Libyi, kdy cena ropy ihned raketově stoupla a ovlivnila světovou ekonomiku. Naleziště ropy, jak již bylo zmíněno, leží pouze v určitých oblastech světa a země, kterým ropná naleziště patří, mají pak velkou moc na ovlivňování ekonomik světa, které ropu nemají a prakticky se bez ní neobejdou. Svým způsobem je OPEC (Organization of the Petroleum Exporting Countries) velice silnou organizací, která má moc nad velkou částí společnosti. Rozhodnutí této organizace ovlivní ekonomiky světa okamžitě.

Zbavení se závislosti na ropě může mít velký význam na stabilizaci ekonomik světa. Jistou možnost nabízejí dát alternativní paliva, která by se mohla stát hlavními palivy pro dopravu. Používáním těchto paliv se společnost stává méně závislá na rozhodování několika silných ropných společností.

Nezanedbatelným argumentem je také pohled ekologický. Alternativní paliva jsou více šetrná k životnímu prostředí. Při spalování těchto paliv jsou výfukové emise lepší. Některá alternativní paliva mají také přínos v energetické náročnosti výroby. Výfukové emise,

například u zemního plynu, jsou ekologicky šetrnější a není potřeba příliš složitých úprav. Je pravda, že někteří ekologičtí aktivisté a lidé nenakloněni zemnímu plynu jako palivu stále říkají, že to není alternativa, jelikož jde stále o fosilní palivo. Zemní plyn je však jako jedno z mála paliv, které je použitelné již při současných technologiích a malých změnách v konstrukcích vozidel. Navíc je zemní plyn stále ekologičtější než nafta nebo benzín. Další velkou výhodou je jistě to, že zemní plyn je dostupný velice dobře z již stávajících sítí plynovodů.

Pro představu kolik je na Zemi zásob plynu slouží tato kalkulace. Zásoby zemního plynu jsou uloženy-, podle odhadů, na území bývalého SSSR (39 %) a na Středním východě (34 %). Dále bylo také objeveno, ale neprozkoumáno, 150 biliónů metrů krychlových zemního plynu. Předpokládá se, že 100 biliónů nebylo zatím objeveno. Ve studii bylo také uvedeno, že do roku 2030 se uvažuje zdvojnásobení těžby, která by mohla by dosáhnout až 4,1 biliónů metrů krychlových ročně. 404 biliónů tun zemního plynu odpovídá 364 miliardám tun ropy. V tom případě je energie uložená v zemním plynu přibližně dvojnásobná oproti energii v ropě. Je nezbytné připomenout, že v této studii bylo uvažováno pouze se zásobami, které jsou těženy. Netěžené zásoby zde nejsou započítány. Také je nezbytné připomenout, že rozložení zásob zemního plynu, je výhodnější, jelikož zásoby nejsou jenom v několika málo oblastech. Tím je částečně zajištěna určitá míra stability. [2]

Zemního plynu sice také nejsou neomezené zásoby, ale toto palivo by se mělo stát alternativou k současným palivům a měl by se stát mnohem rozšířenějším. Zásoby plynu jsou natolik dostatečné, že by se mohlo přejít k alternativním palivům druhé generace, která již budou ekologicky neutrální. Po nastoupení těchto paliv již nebyl zemní plyn dále vhodnou alternativou na pohon vozidel.

2. Historie plynných paliv v dopravě

V minulosti byly nejpoužívanějšími plynnými palivy v dopravě, kromě mnoha jiných, hlavně svítiplyn a zemní plyn. Zemní plyn byl od začátku používán jako stlačený, vyjíměčně i jako zkapalněný.

2.1. Vývoj plynných paliv ve světě

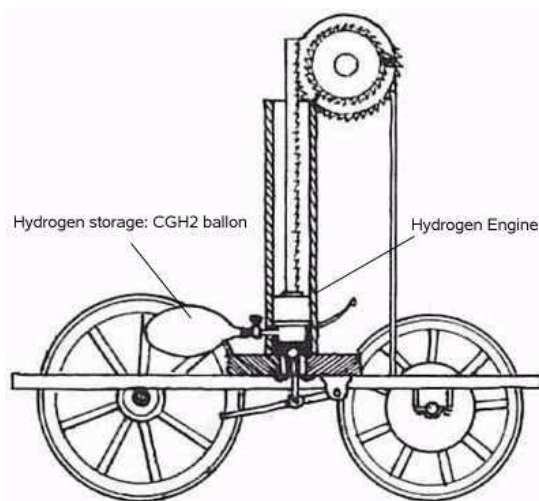
Za prapředka dnešních spalovacích motorů lze považovat plynový výbušný motor sestrojený Alessandrem Voltem. Tento fyzik v roce 1777 pracuje na experimentu se směsí bahenního plynu a vzduchu. Po zapálení jiskrou, zjistil fyzik, že je tato směs výbušná. Při jednom pokusu sestrojil pro zábavu ze skla a mosazi pistoli, která je dnes považována za předka dnešních motorů. Tyto pokusy se staly podnětem pro vývoj odvětví techniky plynů. [2]

Roku 1807 sestrojil major Issac de Rivaz, švédský vojenský vysloužilce, provozuschopný vůz poháněný jednoválcovým plynovým motorem na pohon svítiplynem s elektrickým zapalováním směsi. Tento motor vycházel z Voltovy pistole. Jako válec použil dělovou hlaveň, ve které se pohyboval píst s přípevněnou ozubenou tyčí. [2]

Dalším průkopníkem byl Filip Lebon. Ten se přiblížil velice blízko k úspěchu. V roce 1801 dostal na tři roky patent na konstrukci stroje, který byl poháněn výbušnou směsí hořlavého plynu. Směs plynu a vzduchu byla stlačována dvěma pístovými pumpami do zásobníku ke smísení. Směs byla dále vedena do dvojčinného stroje. Pracovní cyklus fungoval podobně jako dvoutakt bez komprese. Zapalování směsi již probíhalo elektricky, jednalo se o unikátní řešení. Tento stroj se však nedostal do fáze praktického využití, jelikož byl jeho vynálezce v roce 1804 zavražděn. Roku 1823 si nechal patentovat plynový atmosférický motor Angličan Samuel Brown. Zažehnutí směsi bylo docíleno zapalovacím plamínkem umístěným mimo válec. Zkonstruovaný motor pak vestavěl do čtyřkolky a předvedl v Londýně. [2]

Prvním vynálezcem, který dosáhl reálného využití plynového motoru, byl Francouz Jean Joseph Étienne Lenoir. Zdokonalil výbušný motor tak, aby byl motor již reálně využitelný. Motor na svítiplyn si nechal patentovat 10. 11. 1859. Následující rok se pustil do stavby vozidla s tímto motorem. V roce 1863 v Paříži uskutečnil první jízdu svým vozidlem.

Obr. 1 Vůz sestrojený Issacem de Rivazem



Zdroj:<http://veteran.auto.cz/wp-content/uploads/2009/11/rivaz.jpg>

Cesta vedla z centra na předměstí Joinville. Trať dlouhou 18 km projel rychlostí 6 km/h. [2]

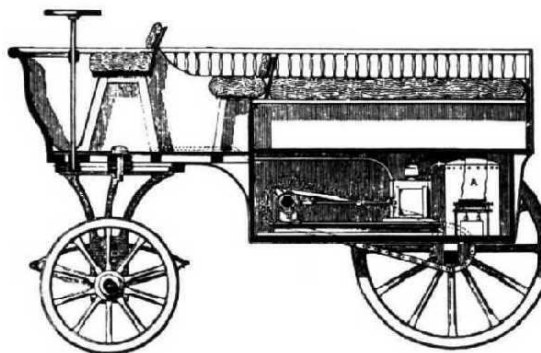
Motory na plyn od této chvíle začaly prorážet do světa a mnoho vynálezců se zabývalo zdokonalováním motorů. Úspěchy byly různé, některá zlepšení pomohla dalšímu vývoji, ale byla i taková, která upadla v zapomnění. V silně rozvíjejícím Německu se objevilo mnoho vynálezců, kteří se zapsali do historie automobilismu: Otto, Daimler, Benz, Langen. V dalších zemích to byl například Hock z Rakouska, Errani a Brayton z Ameriky a další. [2,5]

Zemní plyn byl poprvé použit v motoru N.A.Otta. Tento vynálezce založil společně s inženýrem E. Langenem v roce 1864 první továrnu na motory, která funguje do dnešních dnů pod názvem DEUTZ AG. Tito pánové rozvíjeli koncepci čtyřtakového motoru, na který přišel právě Otto. [5,10]

Roku 1867 byla poprvé představena první verze jednoválcového motoru. Motor byl oproti ostatním motorům hlučnější, méně spolehlivý. Jeho nespornou velkou výhodou byla třetinová spotřeba zemního plynu. Na výstavě získal Zlatou medaili. V roce 1872 se dostal do sériové produkce. Výkon byl v rozmezí od ¼ do 3 koňských sil. Pracovní otáčky motoru byly konstantní, odpovídaly 60 otáčkám za minutu. Zapálení směsi bylo řešeno odkrýváním plamínku ve vhodný okamžik. Jednalo se o první motor v historii, který používal jako palivo zemní plyn, oproti jinak běžně používanému svítiplynu. [2,10]

Během krátké doby se začaly objevovat i motory na kapalná paliva. Prvním kapalným palivem byl petrolej (r. 1863), benzín (r. 1873) a nakonec i nafta (r. 1897). Benzín a nafta se staly od konce 19. století hlavními palivy pro automobilový průmysl. [2,10]

Obr. 2 Vůz J.J.E. LENOIRA



Zdroj:<http://www.lessignets.com/signetsdiane/calendrier/images>

Obr. 3 Motor N.A.Otta



Zdroj:<http://www.deutsches-museum.de/typo3temp/>

O návrat plynu, jako pohonné hmoty, se postarala 1. světová válka. Během války začala armáda spotřebovávat ve velkém benzín pro válečné potřeby a obyvatelstvu se benzínu začalo nedostávat. Proto se opět navrátila koncepce využívat alternativních paliv, nejběžněji používaného dostupného paliva, svítiplynu. Jelikož se tento plyn vyrábí z uhlí a bylo ho dostatečné množství. [2,5]

Nejvíce se svítiplyn začal využívat v Anglii od roku 1917, kde se na nákladní automobily začaly připevňovat vaky, které se plnily svítiplynem z nejbližšího nízkotlakého plynovodu. [5,7]

Během používání si lidé začali uvědomovat, že plynná paliva mají řadu výhod, kterými předčí kapalná paliva. Vozidla na plyn lépe startují za mrazivých dní, jsou ekologičtější, což je sice překvapující, ale toto myšlení bylo již v té době velice silné. Bohužel velkou nevýhodou tohoto řešení byl malý dojezd vozidel. Proto se v krátké době začalo experimentovat se stlačeným plynem. [5,10]

První počátky využívání stlačeného plynu se datují do roku 1930, kdy se poprvé ve Francii začaly používat pro pohon automobilů tlakové láhve. Odtud se technologie postupně šířila do celého světa. Stále však pro pohon bylo využíváno svítiplynu. Souběžně se dělaly experimenty i s dalšími druhy plynů, především metanem a kalovým plynem. [10]

Zkapalněné uhlovodíky se začaly objevovat a rozšiřovat do Evropy na začátku třicátých let. Poprvé bylo zkapalněného plynu použito v Německu v roce 1934, kde uvedli do provozu 50 nákladních automobilů. Zkapalněný plyn se v té době vyráběl jako vedlejší produkt při výrobě benzínu a nafty. V roce 1937 se spotřeba zkapalněného zemního plynu v Německu zvedla až na 50 tis. tun. [5,7]

Primát ve využívání zemního plynu má Itálie, jelikož měla snazší dostupnost těžby zemního plynu ve 30. letech tohoto století. Tato výhoda umožnila zemi nástup a později i širší využití zemního plynu tímto způsobem. [10]

Obr. 4 Plynová tramvaj v Rusku



Zdroj: http://img-fotki.yandex.ru/get/5907/alekseyvt1982.1b/0_62d15_fdff668b_orig

Plynové motory se rovněž začaly využívat i u kolejových vozidel. Roku 1893 bylo zavedeno v Drážďanech použití motorů na svítíplyn pro tramvaje. Město pořídilo 6 tramvají. Motory byly vyrobeny podle patentu K. Lühriga. Tramvaje byly osazeny dvěma motory o výkonu 4 HP. Svítíplyn, ve formě stlačeného plynu, byl uložen v 6 nádržích po 1 m³. Plnicí tlak byl 0,6 MPa. Vozy měly při rychlosti 10-12 km.h⁻¹ dojezd do 40-ti km. Později se tramvaje na stlačený plyn objevily i v dalších městech jako například v Chicagu, Nordhausenu, Bermondsey (Anglie) a dalších městech. Následně o tři roky později byla v českých zemích postavena železniční trať z Hiršberka přes Teplice do Hermsdorfu o délce 10km. Po této trati jezdilo 8 motorových vozů, 8 pomocných osobních vozů a 2 sněhové pluhy, vše poháněno svítíplynem. V dalších letech byl plyn postupně nahrazován výhodnějším benzínem. [2,5]

V roce 1930 se objevily první snahy o využití stlačeného svítíplynu v automobilové dopravě určené pro přepravu osob. V tomto roce firma Bellis & Morcom představila na veletrhu v Birminghamu kompresor, který stlačoval plyn na 30 MPa a plnil jej do otlakových lahví autobusů. Prvním dopravcem se stala berlínská dopravní společnost, která upravila 23 autobusů na pohon stlačeným svítíplynem. Plyn bylo možné doplňovat i z pojízdných tanků. Roku 1940 se dopravní podnik v Paříži rozhodl, že přestaví autobusy na plyn. V tomto desetiletí již byly v Evropě stovky autobusů používajících jako paliva plyn. [5]

Během 2. světové války se opět objevila potřeba pohánět automobily alternativními palivy. Na řadu přišel plyn. Jezdilo se nejenom na svítíplyn, ale i zemní plyn nebo jiné zkapalněné uhlovodíkové plyny. Za války jezdilo v Evropě na plyn téměř vše: městské autobusy, nákladní i osobní vozy. Dřevoplyn byl využíván i pro lokomotivy.

Po druhé světové válce se většina zemí vrátila zpět k benzínu a naftě. Plyn se dostává do popředí až v 60. a 70. letech. Velký nástup pak začal na konci 80. let. V Mnichově v roce 1972 během olympiády bylo s velkým úspěchem používáno autobusů pro městskou dopravu, používajících jako palivo zkapalněný nebo stlačený zemní plyn. Po olympiádě byly autobusy používány pro normální linky. V holandském Ulrehtu uvedli do běžného provozu 10 autobusů na stlačený zemní plyn. Od 90. let je viditelný nárůst využívání plynných paliv v dopravě. [5,10]

2.2. Historie plyných paliv v Čechách a na Moravě

V našich zemích se poprvé objevil automobil se spalovacím benzínovým motorem v Praze roku 1895. Plyn se poprvé v české dopravě začal používat až v roce 1936. Používalo se opět svítiplynu k pohonu autobusů, automobilů a traktorů. Prvním výrobcem kompresních plnicích stanic byly Vítkovické železárny. Ty také používaly svítiplyn pro pohon pro vlastní nákladní vozy. Jedna z kompresních a plnicích stanic byla otevřena následujícího roku (1937) v Hradci Králové, kde se městská plynárna dohodla s místním dopravním podnikem na provozu městských autobusů. Další města se postupně připojovala. Stlačený svítiplyn se postupně začal využívat jako palivo v Praze, Krnově, Olomouci a následně i v dalších městech. Ve 30. letech byla v Praze Michli postavena první pražská kompresní stanice na plnění lahví stlačeným svítiplynem. [10]

Během druhé světové války v roce 1942 bylo v Praze pro nedostatek benzínu navýšeno používání stlačeného svítiplynu. Proto k michelské stanici přibyly stanice ještě u Masarykova nádraží a na Štvanickém ostrově. [10]

Během druhé světové války byl uveden do provozu pohon svítiplynem i u drážních vozidel. Do provozu byly dány dvě série z roku 1941 a 1943, které byly dodány Československým drahám BMD – ČMD. Typické pro tyto vozy bylo to, že měly na střeše vozu místo na dubové špalíky. Po válce opět nastal výrazný útlum používání plynu v dopravě u nás stejně jako v celé Evropě. [10]

Zemní plyn se jako palivo vrátil do dopravy od roku 1981. V tomto roce byla provedena první přestavba vozidla na pohon zemním plynem. Plány na zavádění plynu byly velice odvážné. V roce 1985 byla vypracována komplexní studie, zabývající se náhradou kapalných paliv zemním plynem, kdy mělo být do roku 1995 postaveno několik desítek plnicích stanic a na zemní plyn mělo jezdit v té době již několik tisíc vozidel, hlavně autobusů a nákladních vozidel. [10]

Roku 1989 byla v Praze Měcholupech postavena plnicí stanice stlačeného zemního plynu. Stanice byla určena převážně pro plnění autobusů.

Prvních 5 autobusů na stlačený zemní plyn bylo uvedeno do provozu téhož roku v Praze. Později se k Praze připojovala i další města jako Havířov, Frýdek Místek, Uherské Hradiště a další. Je zajímavé, že všechna města jsou na Moravě. V Čechách kromě Prahy stlačený zemní plyn jako palivo žádné město nezaujalo natolik, že by se rozhodlo o jeho

zavedení. Vozy byly pouze přestavované. Plynové autobusy od výrobce v tomto období ještě nebyly v České republice k dostání. Tento postup je velice složitý a finančně velmi nákladný, jelikož se autobus musí rozebrat a po částečné demontáži se upraví na pohon na zemní plyn. Tato cesta byla jedinou možnou alternativou, jak přechod uskutečnit. Cena nového plynového autobusu od zahraničního výrobce byla až 37 násobně dražší než cena naftového autobusu. Karosa jako jediný český výrobce autobusů plynové autobusy nenabízel. [5,7]

V osobní dopravě byl také možný přechod na pohon zemním plynem. Bylo to možné bohužel, opět jenom individuální přestavbou. Občas se tyto přestavby uskutečňovaly. Hromadné přestavby, zvané homologace, se neprováděly, jelikož nebyly schváleny. Nejlepší způsob přechodu, koupě nového vozidla, nebyl možný, protože žádná automobilka automobil na zemní plyn v Čechách nenabízela. Individuální přestavby byly problémové a neosvědčily se, takže se tento dobře rozjetý program zpomalil prakticky až zastavil. [2,5]

Je až podivuhodné, že na počátku byla Česká republika v plynofikaci dopravy na jednom z prvních míst na celém světě. Protože v rozvíjení plynofikace začal vývoj stagnovat, republika se pomalu propadávala a byla předbívána zeměmi, které začínaly mnohem později. Tyto země také využili poznatků z počátku plynofikace v ČR. Dnes mnoho zemí předčilo před Českou republikou. Počty vozidel jezdících na zemní plyn i počty plnicích stanic se v těch zemích stále rozrůstají. [5]

Po roce 1999 se situace začala pomalu měnit. Homologace přestaveb osobních vozidel na pohon zemním plynem byla schválena v roce 1999. na celou modelovou řadu vozidel značky Škoda. Výrobce motorů firma TEDOM ukončil vývoj motoru na zemní plyn, který splňoval emisní normu EUOR II. Firma TEDOM se roku 2003 stala součástí holdingu TEDOM se sídlem v Třebíči. Tato společnost je nástupnickou firmou po firmě LIAZ. Dnešní motory TEDOM splňují emisní normu EURO V a standart EEV. Současné motory této firmy dosahují dostatečných výkonu až 260 kW při 2000 ot. min⁻¹. Norma EEV je dnes již součástí pro EURO V pro nákladní vozidla, vyžaduje snížení emisí pevných částic o další třetinu oproti původní normě EURO V. Do nedávné doby se společnost zabývala i konstrukcí a stavěním autobusů. V současné době je tento program je pro malý zájem utlumován. Je to škoda, jelikož autobusy TEDOM jako jediné měly kostru konstruovanou z nerezových profilů, což mohla být obrovská výhoda oproti konkurenci. [5,7,8]

2.3. Historie zemního plynu jako paliva v českých zemích

Zemní plyn se začal být distribuován v českých zemích v období 2. světové války. Stlačený zemní plyn byl používán pro pohon motorových vozidel poprvé na jižní Moravě. Zde byly postaveny první čtyři plnicí stanice. Tato první vlašťovka byla na dlouhou dobu poslední, jelikož společnost zapoměla na zemní plyn jako palivo. Opětovný zájem o zemní plyn se objevil opět až v 80. letech 20. století. V těchto letech byla postavena první kompresní stanice na stlačený zemní plyn v Horní Suché u Ostravy, určená pro plnění vozidel využívajících CNG. [2,8]

LNG bylo poprvé pro pohon vozidel použito v 50. letech na území tehdejšího SSSR u několika traktorů v oblasti Azorského moře. Na české půdě se poprvé objevilo LNG také u dvou traktorů. Pokus byl zadán ministerstvem zemědělství.

Obr. 5 Traktor na LNG v Sovětském Svazu



Zdroj: http://www.cngcompany.cz/gallery/traktor_cng.jpg

3. Charakteristika zemního plynu

Zemní plyn je směs mnoha plynů. Hlavní a nejdůležitější složkou je metan.

Zemní plyn je přepravován a spotřebováván ve dvou stavech označené:

- CNG - Compressed natural gas, nebo-li stlačený zemní plyn.
- LNG - Liquefied natural gas, nebo-li zkapalněný zemní plyn.

3.1. Vznik zemního plynu

Teorii o vzniku zemního plynu je několik. Podle nejčastějšího výskytu v okolí ropných ložisek (naftový zemní plyn) nebo s uhlím (karbonový zemní plyn) je nejpravděpodobnější příčinou vzniku zemního plynu uvolňování plynu při postupném rozkladu organického materiálu. Proto podle teorie uvažující o organickém původu zemního plynu byly na počátku vzniku zbytky rostlinné a živočišné.

Podle teorie věřící v anorganický původ plynu se předpokládá, že plyn vznikl chemickými reakcemi z anorganických látek. Poslední nejnovější teorie amerických vědců vznikl plyn štěpením uhlovodíků, které se dostaly na planetu v době jejího vzniku z vesmírné hmoty. Štěpením vyšších uhlovodíků se postupně rozkládaly až na metan, který pak pronikal k povrchu Země. Tato teorie se nazývá abiogenetickou.

3.2. Složení zemního plynu

Metan je v zemním plynu zastoupen 95 – 98 %. Některé publikace uvádí rozmezí 85 – 98 %. Toto rozmezí je obecné, plyn dodávaný do České republiky je kvalitní a vyčištěný a tím se nedostane pod 95 % obsahu metanu, což je dokonce smluvně garantováno. Dalšími plyny zastoupené v zemním plynu jsou dusík, oxid uhličitý a směs dalších vyšších uhlovodíků. Zemní plyn by byl nejlepší, kdyby obsahoval jenom čistý metan. Příměsi jsou zpravidla považovány za nežádoucí. [5]

Metan je nejjednodušší uhlovodík CH_4 . Plyn je bezbarvý, hořlavý a se vzduchem vybuchující. V přírodě se také vyskytuje jako důlní nebo bahenní plyn a má nejpříznivější poměr uhlíku a vodíku. [2]

Zkapalnění zemního plynu se dosáhne při teplotě -162°C , zmenší svůj objem přibližně šest set krát. LNG má hustotu 0,4 - 0,42 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Výhřevnost 1 kg LNG je 54,8 MJ, výhřevnost jednoho litru LNG je 22,2 MJ. Zápalná teplota LNG je 540°C . Jednomu litru benzínu energeticky odpovídá 1,5 litru LNG. Litru nafty odpovídá 1,7 litru LNG. [1,2]

Takto podchlazený zkapalněný zemní plyn je namodralá průzračná kapalina malé viskozity, kapalina je bez zápachu, nezpůsobuje korozi a není toxická. [4]

LNG se dnes využívá hlavně k přepravě zemního plynu na velké vzdálenosti, zpravidla přes moře a oceány.

Těžený zemní plyn lze podle složení rozdělit na čtyři základní skupiny:

- Zemní plyn suchý (chudý) – obsahuje vysoké procento metanu (95-98%) a nepatrné množství vyšších uhlovodíků [11]
- Zemní plyn vlhký (bohatý) – metan a vyšší podíl vyšších uhlovodíků [11]
- Zemní plyn kyselý – obsahuje vysoký obsah sulfanu (H_2S), který se odstraňuje ihned po těžbě v úpravárenských závodech před odesláním do distribuční sítě [11]
- Zemní plyn s vyšším obsahem inertů – jedná se hlavně o dusík a oxid uhličitý [11]

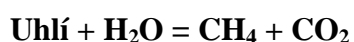
Z vyšších uhlovodíků v zemním plynu jsou obsaženy hlavně nasycené, které jsou za normálních podmínek plynné (etan, propan, butan). Některá ložiska zemního plynu obsahují také uhlovodíky, které jsou za normálních podmínek kapalné (od pentanu výše). Tyto plyny se oddělují při zpracování jako plynový kondenzát. Jejich směs se nazývá gazolin nebo přírodní benzín. [11]

Tab. 1 Příklady složení zemního plynu

	Metan	Vyšší uhlovodíky	Inerty
ČR naftový	97,7	1,7	0,6
ČR karbonový	92,5	2,2	6,3
Rusko	98,4	0,8	0,8
Norsko	93	4,9	2,1

Zdroj: <http://www.zemniplyn.cz/plyn/>

Velkou otázkou, která trápí čím dál více lidí je, co bude po dotěžení naftového zemního plynu. Zásoby tohoto plynu jsou sice stále ještě dostatečné, ale úvahy jsou již pomalu na místě. Jistě je zde možnost například výroba náhradního zemního plynu zplyňováním uhlí. Chemická reakce výroby naftového plynu je vcelku jednoduchá a je popsána následující chemickou rovnicí:



Takto vyrábět zemní plyn není zatím ekonomicky výhodné. [11]

3.3. Těžba a úprava zemního plynu

V dnešní době je nejvíce využívaným zemním plynem právě naftový, který vznikl společně s ropou. Při těžbě zemního plynu společně s ropou vzniká zemní plyn vlhký. V lokalitách, kde se těží plyn bez přítomnosti ropy, jde plyn tzv. suchý. [11]

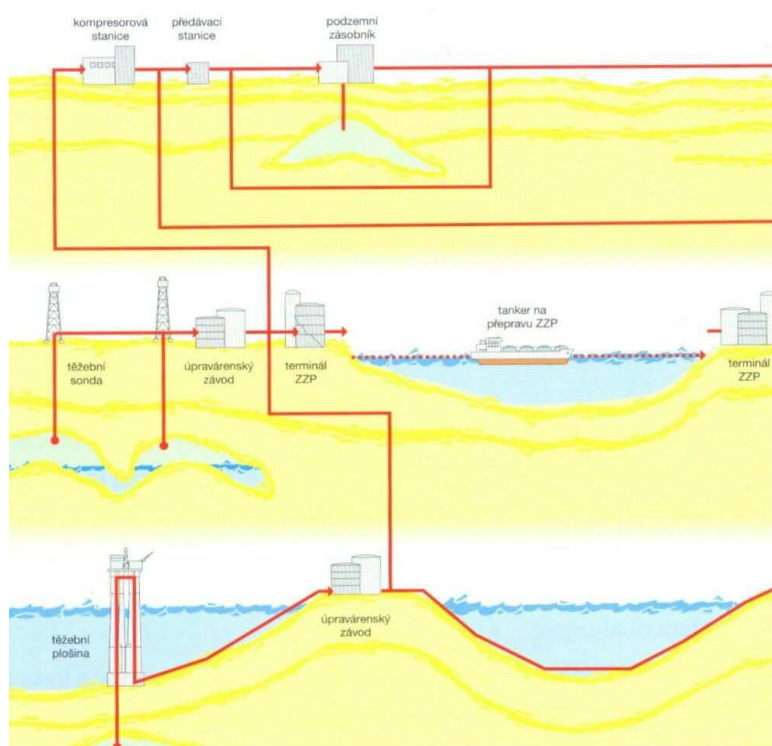
Zemní plyn naftový se usadil v pórovitých horninách ohraničených nepropustnými vrstvami a vodou. Zde se usadil jako lehčí látka a hromadil se zde po tisíce let nad vrstvami vody nebo ropy. Těžba probíhá vrty zavedenými přímo do pórovitých vrstev ložisek. Ložiska se zpravidla nachází v hloubce do 3 km pod povrchem země. Někdy se však plyn těží i z hloubek kolem 8 km. Těžba probíhá jak na povrchu, tak pod mořským dnem. [11]

Karbonský zemní plyn se těží společně s černým uhlím. Takto těžený plyn je vždy suchý. Plyn se tedy využívá hlavně v oblastech, kde se těží černé uhlí. [11]

Vznikal v průběhu dlouhodobé přeměny prvohorních rostlin na černé uhlí. Vyskytuje se v oblastech, kde je černé uhlí. Těžba tohoto plynu je taktéž podmíněna z bezpečnostních důvodů. Během těžby se plyn uvolňuje a je odsáván jako tzv. degazační plyn. Těžba je také možná přímo vrty do

uhelných slojí. V některých lokalitách se zemní plyn těží takto i dlouhodobě. Před tímto způsobem těžby je nezbytné udělat průzkum vlastností ložiska. Pro dosažení lepších výtěžností je někdy nutné přistoupit i k umělému zvýšení plynopropustnosti uhelných slojí. [11]

Obr. 6 Schéma těžby, úpravy a dopravy zemního plynu



Zdroj: <http://www.zemnipllyn.cz/img/f/131/57.jpg>

Po vytěžení plynu je před dálkovou dopravou nutno plyn upravit na požadovanou kvalitu, jelikož je nutné, aby byl plyn již v kvalitě, umožňující přímé komerční využití. Nezbytné úpravy jsou závislé na složení těženého plynu v daných podmínkách a složení plynu. Například zemní plyn těžený přímo s ropou obsahuje vyšší uhlovodíky, které jsou nežádoucí, proto je nutno se jich zbavit. [11]

Další látky v zemním plynu jsou například, které by mohly ovlivňovat distribuční systémy. Nejvýznamějšími škodlivými látkami jsou v tomto případě voda a sirné látky. Sirné látky mohou působit korozi zařízení. Dalším problémem je také již zmíněná voda. Vysoká vlhkost může za určitého tlaku a teploty tvořit pevné hydráty. Nechtěnou složkou vytěženého zemního plynu je prach, který by mohl mít za následek poruchu a poškození jemných součástí kompresorových a regulačních stanic. [11]

Veškerý vytěžený zemní plyn je vždy zbavován vlhkosti a pevných částic. Odstraňování vyšších uhlovodíků a sirných látek probíhá pouze u těženého plynu, který tyto látky obsahuje. [11]

3.4. Dálková přeprava

Dálková přeprava je nejnáročnějším článkem logistického řetězce distribuce zemního plynu. Jelikož jsou vzdálenosti mezi nalezišti zemního plynu a spotřebiteli velké, musí se této oblasti věnovat velká pozornost. [11]

Základní způsoby dálkové přepravy jsou dva:

- Přeprava potrubím – Evropa je v dnešní době protkána velice hustou sítí plynovodů různých tlaků a průměrů potrubí. Nejnovější potrubí může mít provozní tlak až 10 MPa a průměr více než jeden metr. Např. v ČR je téměř 400 km potrubí o průměru 1 400 mm. Plynovody mohou vést jak po souši, tak i po mořském dně. Potrubím přes mořské dno se zásobuje Evropa z nalezišť v Africe. [11]

- Přeprava tankery – tento způsob je využíván pro přepravu na velkou vzdálenost přes moře a oceány. Evropa je také zásobována tankery s CNG a LNG z Alžíru, Nigérie nebo Austrálie. Zemní plyn se před plněním tankeru buď stlačuje nebo zkapalňuje (zkapalněním zmenší objem 600x) a následně se přečerpává do nákladového prostoru tankeru. [11]

Obr. 7 Tranzitní plynovod, Slovensko



Obr. 8 Tanker pro přepravu LNG



Zdroj: http://www.iske.sk/sluzby/plynovody_vsetkych_druhov

Zdroj: <http://www.globalsecurity.org/military/systems/ship/images/tanker-lng-image101.jpg>

3.5. Skladování zemního plynu

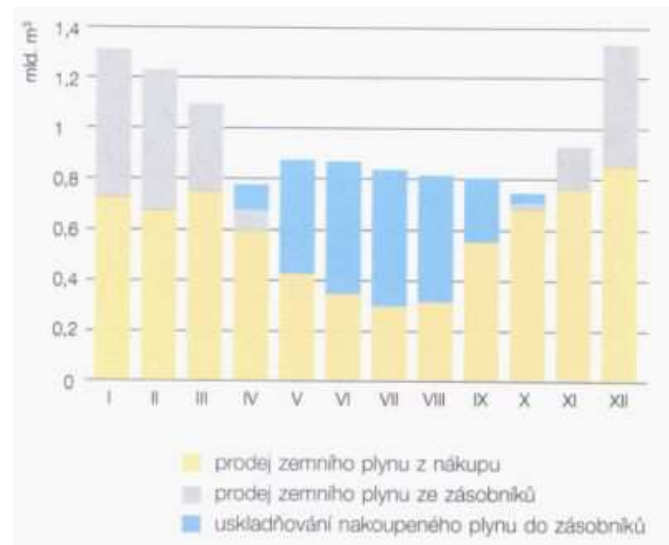
Skladování zemního plynu je nezbytnou součástí plynárenství. Samotné dodávky zemního plynu jsou od zpracovatelů a těžařů prakticky celý rok stabilní. Z tohoto důvodu jsou plynovody konstruovány tak, aby byly celoročně rovnoměrně zatížené. Zemní plyn je v dnešních dnech primárně využíván jako topné palivo. Proto je také jeho spotřeba v zimě mnohem vyšší než v létě. Zvýšená spotřeba se vykrývá ze zásobníků s uskladněným zemním plynem. [11]

Nejvhodnější variantou se jeví podzemní skladování, což je nejlevnější možnou variantou, jak vykrýt rozdíly ve spotřebě zemního plynu během celého roku. Další možností je varianta, kdy distributor plynu může od výrobce odebírat více plynu v zimním období, nevýhodou je vysoká pravděpodobnost, že cena suroviny by byla v zimním období vyšší než v létě, Problémem je velké omezení v možnostech a kapacitách dálkových plynovodů. [11]

Podzemní zásobníky lze z principu rozdělit na dva typy:

- Sezónní zásobníky – tyto zásobníky jsou během léta plněny a v zimním období je z nich skladovaný plyn odebírán. Zásobníky mají velkou kapacitu skladovaného plynu, ale menší denní výkon. Tento typ zásobníků se nejčastěji umísťují do vytěžených plynových nebo ropných ložisek,

Obr. 9 Ukázka hospodaření se zemním plynem za rok



Zdroj: <http://www.zemniplyn.cz/img/f/131/24.jpg>

vyjímečně i aquifery. V obou případech jde o podzemní porézní horninu s dostatečnou propustností; v prvním případě byly dříve naplněny ropou nebo plynem, v druhém případě vodou. [11]

- Špičkové zásobníky – tento typ zásobníků je určen ke krytí krátkodobého výkyvu v odběru, dodávají do sítě velké množství plynu během krátkého času. Zpětné doplňování je možné i během zimních měsíců. Ve světě se nejčastěji tyto zásobníky umísťují do solných kaveren, kdy byla těžená sůl vyluhována vodou. Občas se pro ně používají podzemní dutiny např. po vytěžení uhlí nebo rud. V některých případech se dutina vytvoří i uměle. [11]

3.6. Zásobování České republiky

Na území České republiky se nenachází žádný významný zdroj zemního plynu. Ložisko na jižní Moravě má těžební kapacitu necelých 100 mil m³ za rok. Tímto výkonem pokrývá roční spotřebu ČR přibližně jedním procentem. [11]

Do ČR se dodává zemní plyn hlavně z Ruska a Norska. S distributory těchto zemí byly podepsány smlouvy o dlouhodobých dodávkách zemního plynu v druhé polovině dvacátého století. [11]

Na území republiky jsou zavedeny dva dálkové plynovody. Jeden, vedoucí z Ruska, vstupuje na české území v předávací stanici v Lanžhotě. Plyn z Norska vstupuje na české území v předávací stanici Hora sv. Kateřiny. Složení plynu z těchto dvou zdroj se téměř neliší. [11]

Předávací stanice je stanicí na spojnici dálkové přepravy a vnitrostátního systému. Stanice plní dva úkoly: 1. měří se v ní množství odebíraného plynu a 2. úkol je regulace tlaku na tlak obvyklý v distribučním systému (v ČR obvykle pod 4 MPa). [11]

Z vnitrostátního systému je již zemní plyn dodáván přímo odběratelům, většinou buď průmyslovým podnikům, nebo obcím a městům. [11]

3.6.1. Distribuce plynu v obcích a městech

Na území republiky je rozvedena síť vysokotlakých plynovodů. Vysokotlaké potrubí je přivedeno do jednotlivých obcí, kde je na vstupu do města vybudována regulační stanice, v ní se opět snižuje tlak buď přímo do nízkotlakého potrubí (do 2 kPa) nebo do středotlakého (do 0,3MPa). Nízkotlaké potrubí je určeno již pro přímé připojení plynových spotřebičů. Při připojení na středotlaké potrubí je nutné, aby měl odběratel ještě vlastní regulační stanici, která upravuje tlak plynu na požadovaný tlak odběratelem. Výhodou středotlakého potrubí je vyšší kapacita a pružnost sítě. [11]

4. Ekologické aspekty zemního plynu

Zemní plyn, ať už ve formě LNG nebo CNG, je v mnoha ohledech ekologičtější palivem než klasická nejběžněji používaná kapalná paliva jako benzín a nafta. Nezanedbatelnou výhodou plyných paliv je určitě skutečnost, že v případě havárie a úniku paliva do životního prostředí, nedochází ke znečištění půdy nebo vod. Jelikož je zemní plyn lehčí než vzduch, unikající plyn stoupá směrem vzhůru do volného vzduchu, nedochází ke kontaminacím a nevznikají v terénních prohlubních nebezpečné koncentrace plynu, které by se mohly vznítit nebo explodovat. Tato výhoda je patrná oproti nejvyužívanějšímu plynému palivu v ČR - LPG.

Zemní plyn je tvořen převážně metanem, je spalování tohoto paliva neblíží dokonalému spalování. V tomto směru je lepší jenom pohon vodíkem, který se rozkládá na vodu. Emise pevných částic, které jsou u vznětových motorů považovány za závažný

problém, jsou v případě spalování zemního plynu minimální. Pevné částice tvořené při spalování paliv jsou nebezpečné hlavně svými karcinogenními účinky a mutagenními účinky. Kouřivost vznětového motoru se stále a pravidelně sleduje, u motoru na zemní plyn je kouřivost zcela potlačena. Dalšími sledovanými emisemi spalovacích motorů jsou NO_x, CO a CO₂. Emise u zemního plynu jsou sníženy dokonce až o 15 %. Aldehydy, aromatické, polyaromatické a nemetanové uhlovodíky jsou při tomto spalování potlačeny. Při spalování zemního plynu nedochází ke tvorbě ozonu, který způsobuje tzv. „letní smog“. Jelikož se zemní plyn spaluje jako čistý plyn, další emise již prakticky nevznikají. Při úpravě zemního plynu je plyn vyčištěn od sírných sloučenin, proto tyto sloučeniny nemohou ze spalování vystupovat. Bylo také změřeno, že hlučnost vozidel na zemní plyn je nižší až o 50 % vně a až o 70 % uvnitř vozidla. [5,10]

Zemní plyn lze tedy považovat jako současnou alternativu k palivům dnes nejvíce používanými. O zemním plynu lze uvažovat jako o vhodném kandidátu za náhradu benzínu a nafty. Nejedná se sice o ekologicky čisté palivo, ale patří mezi nečistší paliva, která jsou dnes využitelná pro běžné používání. Proto by mohl zemní plyn být vhodným přechodovým stupněm mezi palivy dnešními a ekologickými druhé generace, který již budou neutrální k životnímu prostředí.

5. Legislativní úprava parkování vozidel na CNG v České republice

V České republice určuje podmínky podzemních, nadzemních, hromadných a jednotlivých garáží norma ČSN 73 6085. Z důvodu požární ochrany bylo omezeno využívání těchto prostor. V původním znění vyhlášky ministerstva vnitra č.23/2008 Sb. byl zákaz vjezdu a parkování vozidel na plynná paliva. V legislativní úpravě vyhlášky byla z popudu hasičů utvořena samostatná skupina vozidel na plynná paliva, do které spadalo LPG i CNG. Omezení vzniklo proto, že LPG je těžší než vzduch a v případě úniku ze zaparkovaného vozidla by mohlo dojít k usazování plynu a tvoření koncentrací, které jsou výbušné. CNG je lehčí než vzduch a proto se nemůže shlukovat u země a tvořit výbušné směsi se vzduchem. Aby vznikla ze zemního plynu výbušná směs ve vzduchu, je nezbytná koncentrace plynu přibližně 15 %. Teprve po překonání této hranice je vytvořená výbušná směs. Dosáhnout této koncentrace je však za běžných podmínek obtížně dosažitelné, navíc, když se zemní plyn přirozeně rozptýluje. To by v parkovišti muselo stát mnoho aut společně a ze všech by musel

unikat zemní plyn. Navíc by parkoviště muselo být velice nevhodně řešeno, aby se nebezpečná výbušná koncentrace mohla nahromadit.

Tato chyba ve vyhlášce omezila používání CNG jako paliva, jelikož se do podvědomí lidí dostala i značka zakazující vjezd vozidel na CNG do podzemních prostor.

Mnoho skupin z oblasti plynárenství bojovalo pro změnu této vyhlášky, žádali vyjmutí CNG z neoprávněného zákazu.

Vyhláška ministerstva vnitra č. 268/2011 Sb. mění vyhlášku č. 23/2008 Sb. o technických podmínkách požární ochrany staveb. V nové vyhlášce je zrušeno omezení parkování CNG vozidel v hromadných podzemních garážích. Změna vyvolala nutnost provést revize v normách skupiny ČSN 73 08xx Požární bezpečnost staveb; ČSN 73 6058 Jednotlivé, řadové a hromadné garáže a technického předpisu TDG 982 01, který bude po revizi v rozsahu platnosti TPG 982 01. V normě ČSN 73 6058, s platností od 1. října 2011, je povinnost vyhradit v novostavbách hromadných garáží s více než 27 místy nejméně 10 % parkovacích stání pro vozidla na plynná paliva.

Vydání nové vyhlášky přišlo pozdě, jelikož právě v době zákazu byl v České republice stavební boom a vzniklo mnoho staveb, jejíž součástí byla právě podzemní parkoviště. Po změně zákona pokračovala doba, kdy i nově postavené parkoviště byla osazena značkou zákazu vjezdu jak vozidel na LPG tak i na CNG. Ještě v dnešních dnech se objevují stavby se zákazem, ale jenom do doby, než nově postavené budovy budou již muset být projektovány podle nové vyhlášky.

V Německu již dokonce vznikají podzemní parkoviště, kde mohou vjíždět i vozidla na pohon LPG. Vozidla ale musí parkovat na místech, která jsou pro ně určena - místa jsou zpravidla na roštu, kde jsou pod vozidlem umístěna čidla pro detekci unikajícího plynu ta jsou dále napojena na speciální vzduchotechniku, která by unikající palivo odsávala z prostoru parkoviště - toto řešení je sice ekonomicky náročnější, ale v rámci boje o zákazníky jde v některých případech o krok správným směrem. Lze předpokládat, že společnosti vlastníci parkoviště začínají smýšlet ekologicky.

6. Porovnání zemního plynu s klasickými kapalnými palivy

6.1. Výhody CNG

Ekologie – díky výhodnému poměru uhlíku a vodíku dochází k dokonalejšímu spalování a tím je tvořeno méně škodlivých emisí, omezena produkce skleníkového plynu CO₂. Teoreticky je možné snížit emisí CO₂ až o 20 – 25 %. Emise všech nebezpečných látek již byly popsány v předešlé kapitole. Další ekologickou výhodou je nemožnost kontaminace životního prostředí při plnění nádrží, prodloužení se intervalů výměn motorového oleje, jelikož olej není ředěn kapalným palivem a není nutné tak často likvidovat použité oleje. [5]

Ekonomika – náklady na pohonné hmoty jsou nižší o 30-50 %.

Provoz – díky lepšímu směšování zemního plynu se vzduchem je možno pracovat s vysokým součinitelem přebytku vzduchu a tím spalovat chudé směsi, které jsou rovnoměrněji promíseny. U dvoupalivových motorů se zvýšil celkový dojezd vozidla na jedno natankování. Spalovací prostory nejsou zanášeny karbonovými úsadami jako při provozu na kapalná paliva, nesmývá se olejový film. Dosahuje se vyšší životnosti motorových součástí a motorového oleje, zamezuje se krádeži pohonných hmot (podle odhadů ekonomů je v nákladech na palivo přibližně až 5 % paliva navíc z důvodu jeho krádeží). Pro splnění emisních norem není nutné používat technologii AdBlue, čímž odpadají náklady a starost o další provozní kapalinu. [5]

Bezpečnost – jelikož je zemní plyn lehčí než vzduch, nedochází k vytváření výbušných směsí, zápalná teplota oproti benzínu je dvojnásobná. Tlakové nádoby jsou vyráběny oceli, hliníků nebo kompozitních materiálů a tím jsou řádově bezpečnější než nádrže na benzín nebo naftu.

Jednoduchost – distribuce zemního plynu je možná stávajícími plynovody. Není nutné, jako u kapalných paliv, využívat takové množství automobilových cisteren pro převoz paliva do čerpacích stanic. Zemní plyn je perspektivnější než kapalná paliva nebo LPG, jelikož jeho zásoby jsou větší než zásoby ropy.

6.2. Nevýhody CNG

Nedostatečná infrastruktura – malý počet veřejných plnicích stanic, mnohé z nich jsou často umístěny v areálech plynáren a špatně se zákazníkovi hledají. V dnešních dnech je v České republice 33 plnicích stanic. Počet stanic se nadále zvyšuje.

Vyšší náklady – sériově dodávané vozy na CNG jsou většinou s duálním palivovým systémem a tím je jejich cena vyšší. Vozidla na zemní plyn jsou malosériová a tím je cena komponentů vyšší. V budoucnu s rozšiřováním zemního plynu jako paliva by tyto vícenáklady měly klesat. [5]

Zhoršení komfortu ve voze – u přestaveb je zmenšen zavazadlový prostor, dnes již není příliš aktuální, jelikož se přestavby již moc nevyskytují. U nových sériově dodávaných vozů je systém zabudován do karosérie vozu. U osobních vozů na CNG nemůže často být z důvodu umístění nádrží zabudována třetí řada sedadel. U autobusů a nákladních vozidel lze využít pro tlakové lahve prostor buď na střeše autobusu, nebo místo nádrží a v místech jinak technologicky nevyužitých. [5]

Provoz – zabudováním tlakových lahví se zvyšuje pohotovostní hmotnost, což může za určitých podmínek přinést provozovatelům problém, který je potřeba řešit pořízením většího vozidla splňujícího požadavky na užitečnou hmotnost nákladu. Dochází ke snížení výkonu motoru oproti provozu na klasické palivo o 10 %. Tento problém byl již výrobcem vyřešen například u vozu Volkswagen Turan, protože motor je již konstruován jako plynový a nedochází při provozu na zemní plyn k poklesu výkonu. Vozidla čistě na CNG mají nižší dojezd, což může být pro některé pracovní úkoly problém. Dojezd se pohybuje kolem 200 - 400 km podle velikosti nádrží ve vozidle. [5]

6.3. Výhody LNG

Ekologie – LNG je čisté palivo stejné jako CNG s vysokou energetickou hustotou

Dojezd – vozidla na LNG mají větší dojezd než vozidla na CNG a jsou již srovnatelná s majoritními palivy. Energetická hustota již byla výše vyčíslena.

Prostoje – doba naplnění nádrží je podobná jako u klasických paliv.

Bezpečnost – zápalná teplota je dvojnásobná oproti benzínu, při úniku se odpaří a smíchá se se vzduchem.

Zástavbový prostor – prostor pro nádrže je menší než u nádrže na CNG je srovnatelný s kapalnými palivy.

Využití podchlazení – podchlazené palivo lze využít např. pro chlazení nákladu

6.4. Nevýhody LNG

Technologie – technologie zpracovávání LNG jsou složitější ve všech směrech.

Bezpečnost – únik paliva způsobí může způsobit omrzliny a při velkém úniku zamrzá i zasažené okolí

Odstávka – při delším odstavení vozu se z nádrže může palivo odpařovat.

Plnění – jiná technologie, specifický způsob tankování a zásobování.

7. Plnicí stanice zemního plynu

Technologií plnicích stanic na zemní plyn je několik. Stanice se dělí podle toho, zda bude plnit stlačený nebo zkapalněný zemní plyn.

7.1. Pomaluplnicí stanice CNG

Plnění nádrže vozidla se uskutečňuje přímo kompresorem stanice. Kompresor může plnit nádrže několika vozidel najednou. Plnění probíhá několik hodin. Zpravidla se tak uskutečňuje v době, kdy vozidlo není v provozu, např. v nočních hodinách nebo během přestávek. [10]

Mezinárodní oficiální název pro tento typ plnění je VRA – Vehicle Refuelling Appliance (zařízení, přístroj, pro plnění vozidel). Někdy jsou tyto stanice nazývány

FuelMaker, podle dominantního kanadského výrobce. V češtině se používá názvu „domácí plnička plynu“. [10]

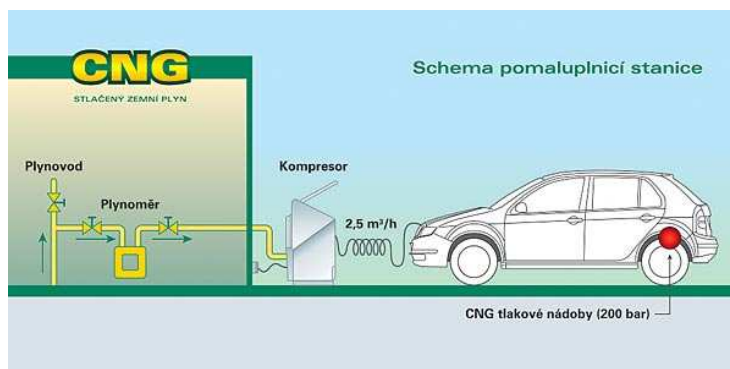
V České republice se instalují zařízení od firmy Coltri a od domácího výrobce Motor Jikov.

Pomaluplníci stanice jsou normou definovány jako přístroj, kde hlavní součástí je kompresor zemního plynu, stanice neobsahuje zásobník plynu. Výkon zařízení má být maximálně do 20-ti m³/hod, s maximálním plnicím tlakem 26 MPa a maximální skladovací kapacitou plynu 0,5 m³. [10]

Tento typ stanic je vhodný pro osobní vozy a lehké nákladní vozy, které nejsou v nepřetržitém provozu, ale parkují vždy na stejném místě. Občas se používá této stanice pro některá speciální vozidla, jako jsou vysokozdvizné vozíky nebo rolby ledu (využíváno spíše jenom v USA a Kanadě). [10] Stanice je vhodná pro jedno až dvě vozidla. Při rozložení plnění je možné plnit v průběhu celého dne až 4 vozidla. Konkrétní počet vozidel se bude lišit podle najetých kilometrů a četnosti plnění.

Velké společnosti se rozhodli využívat pomaluplnících stanic ve svých areálech, využívají větší počet těchto stanic. [10]

Obr. 10 Schéma pomaluplníci stanice



Zdroj: http://www.cng.cz/cs/img/stanice/05_3_2_01.jpg

Obr. 11 Domácí plniční stanice od firmy Jikov



Zdroj: <http://www.micb.cz/app-content/files/mjs/mjs-products/plynove-zarizeni.jpg>

Tyto stanice se někdy využívají pro první kroky plynofikace, kdy by se pro malý počet vozidel zatím nevyplatilo postavit rychloplnicí stanici. Stanice by pak mohla být dodatečně doplněna zásobníky. [10]

Největší firma, která v České republice využívá pro plnění svého autoparku, je Dopravní podnik města Pardubic. Podnik má ve svém areálu pomaluplnicí i rychloplnicí stanici.

Obr. 12 Stanice pro plnění více vozidel



Zdroj: http://www.cng.cz/cs/img/stanice/05_3_2_05.jpg

Výhody:

- **Instalace** - zařízení lze namontovat kdekoli, kde je přívod plynu a elektřiny, rychlá výstavba, možnost rychlého přemístění stanice v případě potřeby, modulární uspořádání. Jelikož se u domácích stanic přihlíží i k designu, může být pro svůj design doplňkem v garáži u osobního automobilu. [10]
- **Snadná obsluha** – připojí se hadice a pak se zmáčkne START, po dokončení stačí odpojit hadici, minimální servisní úkony a náklady. [10]
- **Automatizovaný provoz** – plnění probíhá bez přítomnosti obsluhy, po dosažení maximálního tlaku se stanice vypne, řídicí jednotka stanice kontroluje provozní podmínky stanice, servisní intervaly, kompenzuje tlak podle okolního prostředí. [10]
- **Ekonomika** – nižší ceny pohonných hmot odvislých od cen zemního plynu v místě stanice a podle smluvených cen odběratele. [10]
- **Bezpečnost** – při přerušení plnicí hadice nebo při úniku plynu se stanice automaticky vypne. [10]
- **Nízká hlučnost**
- **Nezávislost** – odběratel je nezávislý na síti veřejných stanic, vždy může odjet s plnou nádrží, nezávislost na benzínových čerpacích stanicích. [10]

Nevýhody:

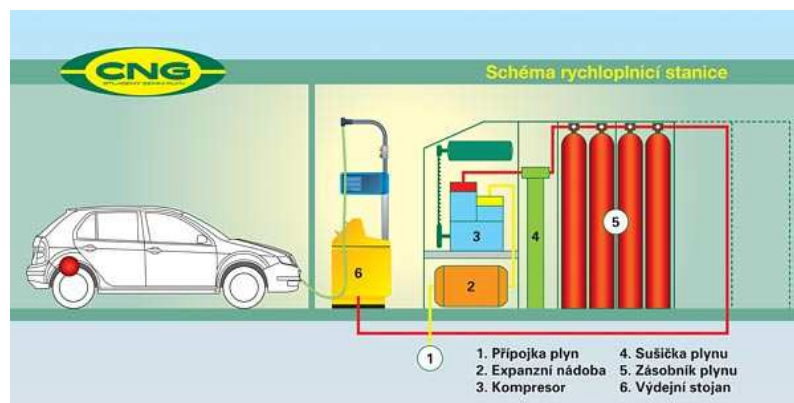
- **Pořizovací cena**

7.2. Rychloplnicí stanice CNG

Rychloplnicí stanice má kompresor, který odebírá zemní plyn z plynovodní přípojky. Následuje sušení a poté je plyn stlačován několika kompresními stupni do vysokotlakých zásobníků (do tzv. banku)

pod tlakem až 30MPa. Pro optimální využití je zásobník rozdělen do tří sekcí (nizkotlaké, středotlaké a vysokotlaké sekce). Po připojení tzv. „pistole“ pomocí rychloupínacího systému je stlačený zemní plyn přepuštěn do zásobníků ve vozidle na principu vyrovnávání tlaků plynů v nádobách. [10]

Obr. 13 Schéma rychloplnicí stanice



Zdroj: http://www.cng.cz/cs/img/stanice/05_3_1_01.jpg

Koncové přípojky jsou normované do dvou provedení. První provedení NGV1 je určeno pro plnění osobních vozidel. Tento typ má průtok plynu přibližně $50\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$. Druhé provedení NGV2 je určeno pro plnění autobusů a nákladních vozidel. Tato koncovka má mnohem větší průměr a tím i velký průtok plynu, aby byla schopna v krátkém čase naplnit zásobníky velkých vozidel. Tento typ koncovky má průtok až $80\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$.

Obr. 14 Plnicí stanice Pražských služeb



Zdroj: <http://www.cng.cz/cs/img/PSw.jpg>

Výstavba stanice není náročná na umístění, jelikož se často stanice dodává v kontejnerovém provedení.

Dnešní rychloplnicí stanice jsou vybaveny hmotnostními měřiči průtoku plynu, měřením teploty a tlaku. Za pomoci řídicí jednotky naplní tlakové lahve ve vozidle na provozní tlak 20 – 22 MPa. [10]

Základní části plnicí stanice:

- Přípojka zemního plynu
- Kompresorová jednotka
- Plynový zásobník
- Sušení plynu
- Expanzní zásobník
- Měřicí, řídicí a regulační jednotka
- Výdejní stojan s plnicí hadicí

Systémy těchto stanic jsou často samoobslužné s karetním nebo čipovým způsobem registrace a platby, ty to systémy se liší podle konkrétní stanice. [10]

7.3. Plnicí stanice LNG

Princip této stanice je velice podobný jako stanice na LPG. Ve stanici je zkapalněný plyn uchováván v kryogenních nádržích, kde se udržuje stálá teplota (-160°C). Středobodem celé stanice jsou nádrže a udržování provozní teploty. Všechny následující technologie se tomuto musí tomuto přizpůsobit. [5,10]

Nevýhodou stanice je nutnost zásobování LNG pomocí silničních cisteren. Další nevýhodou je nutnost zabránit odparu plynu. To se řeší kapalným dusíkem, čímž se odparu plynu téměř úplně zabrání. [2,5,10]

Obr. 15 Stanice LNG



Zdroj: <http://ct-futurefuels.com/wordpress/wp-content/uploads/wppa/18.jpg>

7.4. Plnicí stanice L-CNG

Tento typ plnicí stanice je energeticky méně náročná než ostatní stanice. Není nutné, aby zde byl přiveden plynovod, stačí elektrická energie. Tato stanice je mezičlánkem mezi LNG a CNG stanicí. Stanice je zásobována pomocí cisteren přivázejících LNG. Plyn se zde skladuje v kapalně fázi. Stanice je pak vybavena výparníkem a dále je veden jen plyn, který je následně přečerpáván do vozidla, které plní své nádrže. Ostatní zařízení jsou podobná předešlým stanicím. [2,5,7]

Lze vytvořit taktéž kombinované stanice, kde je možnost čerpat jak LNG, tak CNG. Zde se plyn přečerpává buď v kapalně fázi, nebo v plynně. [2,5,10]

Obr. 16 Stanice LNG/LCNG



Zdroj: <http://www.actexpo.com/images/photos/CleanEnergy550x250.jpg>

8. Konstrukce vozidel poháněných zemním plynem

Vozidla využívající jako palivo zemní plyn se přestavují nebo pořizují již jako sériově vybavené technologií CNG. Na začátku devadesátých let se prováděli výhradně přestavby, jelikož sériově vybavená vozidla nebyla na trhu dostupná. Postupem času se situace začala měnit a přicházeli na trh vozy s možností vestavby CNG. Občas se objevovaly pokusy s přestavbou autobusů, ale po roce 2000 se již ani v tomto segmentu již téměř nevyskytují přestavby. Důvodem je nákladnost samotné přestavby oproti vozidlům na CNG již sériově poháněnými v porovnání s možností zakoupit sériový autobus s pohonem na CNG. Přestavby vozidel na pohon zemním plynem se vyskytují v dnešní době většinou v zemích Jižní

Ameriky a Asie. V Evropě jsou provozovaná vozidla zpravidla sériově vybavena pohonem na zemní plyn. V České republice se přestavbami vozidel na pohon CNG zabývají 4 firmy.

Jak již bylo zmíněno, velkou nevýhodou CNG jsou těžké tlakové lahve. V případě LNG jsou nádrže již lehčí a nedosahují tak vysokých hmotností. V následující tabulce 2 jsou uvedeny hmotnostní parametry nádrží u autobusu pro CNG, LNG a naftu. Pro srovnání je v tabulce uveden také dojezd autobusu na dané množství paliva.

Tab. 2 Parametry autobusových nádrží na CNG, LNG a naftu

Nádrže	Hmotnost prázdných nádrží [kg]	Hmotnost paliva [kg]	Dojezd autobusu [km]	Hmotnost nádrží s palivem [kg]
Nafta – obsah 240l	40	198	580	238
LNG – kryogenní (-161°C)	165	97	280	262
CNG – ocelové (20 MPa)	860	97	280	957
CNG – kompozitové (20 MPa)	338	102	295	420

Zdroj: VLK, F. Paliva a maziva motorových vozidel. 1.vydání. Brno: František Vlk, 2006.96 s. ISBN 80-239-6461-5

Konstrukcí vozidel na LNG se tato práce nebude zabývat, jelikož toto palivo není v České republice téměř vůbec rozšířeno.

8.1. Konstrukce vozidel na stlačený zemní plyn

Přestavby na CNG jsou dnes v České republice v menšině, proto se tato práce bude zabývat konstrukcí osobního vozidla Opel Zafira 1,6 CNG, předchozí generace. Technické parametry k nejnovější verzi výrobce neposkytuje. Známý jsou jenom výkonové parametry. Porovnání parametrů je v následující tabulce 3. Z tabulky je patrné, že vývojem motoru pro novou generaci bylo dosaženo zvýšení výkonu. Uzpůsobením provozu primárně na pohon CNG se dosáhlo vyššího výkonu oproti provozu na benzín.

Opel Zafira pro provoz na CNG má motor přestavený z původního zážehového koncernového motoru. Při přepnutí na pohon zemním plynem řídicí jednotka motoru změní vstřikovací tlaky. Na palubní desce se místo ukazatele stavu benzínu v nádrži začne zobrazovat množství CNG v nádržích. Tento vůz byl připravený podle konceptu Monovalentplus. Podle tohoto konceptu je motor vyladěn tak, aby měl nejlepší účinnost při spalování zemního plynu.

Tab. 3 Porovnání předchozího modelu a současného modelu Opel Zafira

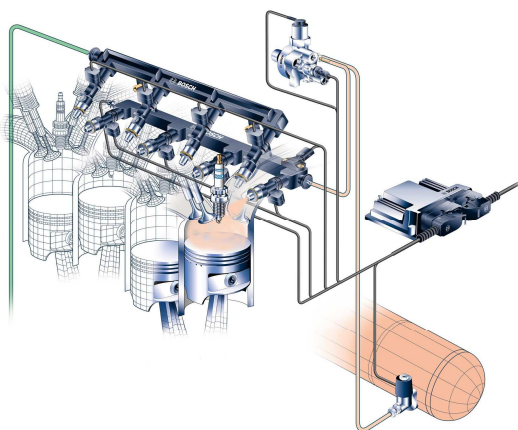
Srovnání modelů Opel Zafiry / CNG, benzín /	Předošlý model		Současný model	
	Zafira 1,6 CNG	Zafira 1,6 16 V ECOTEC	Zafira 1,6 XNT	Zafira 1,6 XER
Palivo	CNG	Benzín	CNG	Benzín
Výkon (kW)	59	74	110	85
Spotřeba na 100 km	8.0 m ³	7.9 l	7,7 m ³	6,7 l

Zemní plyn má, při použití metodiky na výpočet oktanového čísla, toto číslo rovno hodnotě 130, což je výrazně více než benzín, který běžně dosahuje 95-ti nebo 98 oktanů. Toto číslo definuje odolnost paliva ke vzniku detonačního klepání (tzv. klepání), konstruktéři tedy mohou bez velkých problémů zvýšit účinnost motoru za pomoci zvýšení kompresního poměru. Na motoru spolupracovali odborníci z firmy Opel a dosáhli již zmíněných výkonů srovnatelných s benzínovým motorem 1,6 16V ECOTEC Zafiry 1,6 16V, ze kterého motor na CNG vychází. Pro úpravu motoru na pohon zemním plynem bylo nutno upravit celý systém vstřikování, písty, dvě řady vstřikovačů se čtyřmi separátními vstřikovacími tryskami pro zemní plyn a čtyřmi pro benzín. Vstřikovací systém je znázorněn na obrázku 17. Toto řešení dosahuje výhody, kdy při provozu na kterékoli ze dvou paliv je dosaženo maximální efektivitu motoru a zároveň čistotou emisí. Motor je vybaven systémem sekvenčního vstřikování paliva. Regulátor zajišťuje stálý vstřikovací tlak 0,8MPa. Upravená konstrukce pístu dovoluje zvýšení kompresního poměru až na hodnotu 12,5 : 1. Písty pro motor 1,6 16V jsou znázorněny na obrázku 18.

Vůz má kombinovaný dojezd až 550 km. Pod podlahu vozu jsou umístěny 4 tlakové lahve. Celkový objem tlakových lahví je 110 litrů a hmotnost 120 kg. Na zemní plyn ujede

vůz na jedno naplnění přibližně 350 km. Ve voze je ještě rezervní nádrž s benzínem o objemu 14 litrů. Tato rezerva stačí přibližně na ujetí ještě 150 km. Opel Zafira 1,6 CNG je označováno jako monovalentní, jednopalcové, určené pro provoz na zemní plyn. Koncovka CNG je podle normy NGV 1, která je kompatibilní pro celou Evropu. [5,10]

Obr. 17 Vstříkovací soustava vozu Opel Zafira



Obr. 18 Písty motoru Opel Zafira 1,6 16V



Zdroj *HROMÁDKO, J.: Spalovací motory. Praha: Grada. 2011.70 s. ISBN 978 – 80 – 247 – 3475 – 0*

Zdroj: <http://www.cng.cz/cs/>

Bezpečnost zaručuje kompaktní stavba pevné zadní nápravy s torzní příčkou. Tento velkoprostorový model disponuje dostatečnými prostory pro umístění tlakových nádob. Tlakové nádoby jsou umístěny po dvou před a za zadní nápravu. Uložení tlakových nádob je znázorněno na obrázku 19. [5,10]

Uložení tlakových nádob pod podlahu neomezuje majitele vozu. Variabilita vozu není nijak omezena. Jediné v čem se model na CNG liší je, že není osazeno rezervním kolem. Tyto modely jsou vybaveny opravářskou sadou, což při platnosti dnešních zákonů není problémem. [10]

Zafira na zemní plyn má servisní intervaly shodné s ostatními verzemi, jak zážehovými tak vznětovými. Servisní kontrolu vyžadují tyto vozy až po ujetí 30 000 km nebo jedenkrát ročně. Jediná

Obr. 19 Schéma uložení tlakových lahví



Zdroj: http://www.cng.cz/cs/img/opel_zafira_schema.jpg

odlišnost od konvenčních paliv je nutnost kontrol tlakových nádob. Vizuální prohlídka se provádí jedenkrát za dva roky a po 5-ti letech je nutno provést tlakovou zkoušku.

Ope Zafira1,6 CNG produkuje výrazně méně emisí než vozy s konvenčními palivy. Nižší produkce emisí je v některých státech daňově zvýhodněna. Například emise oxidu uhličitého jsou nižší až o 25 % oproti benzínu a o 20 % nižší než u vznětového motoru. [5,10]

8.2. Přímý vstřík zemního plynu do válce

Dnes už jako u vozidel na zemní plyn jsou motory konstruovány s přímým vstřikem. Při přímém vstřiku je zemní plyn vstřikován přímo do prostoru válce, ne do sacích kanálů. Přímé vstřikování se začíná rozšiřovat do motorů jako pro osobní vozy, tak pro nákladní vozy nebo autobusy. Jelikož má zemní plyn vysokou teplotu vznícení (550°C) je nutné zajistit, aby došlo k vznícení paliva ve válci, kde by kompresní teplo nebylo dostatečné. Motorová nafta má teplotu vznícení 300°C, proto musí motor pro provoz na zemní plyn být upraven několika způsoby. V dnešní době jsou nejčastější tři systémy přímého vstřiku zemního plynu:

- Přímý vstřík do válce s klasickou svíčkou
- Přímý vstřík do válce s žhavicí svíčkou
- Přímý vstřík do válce s pilotním předstříkem motorové nafty [5]

První systém je nejvhodnější pro osobní vozidla. Pro nákladní vozy a autobusy je vhodný druhý systém. [5,10]

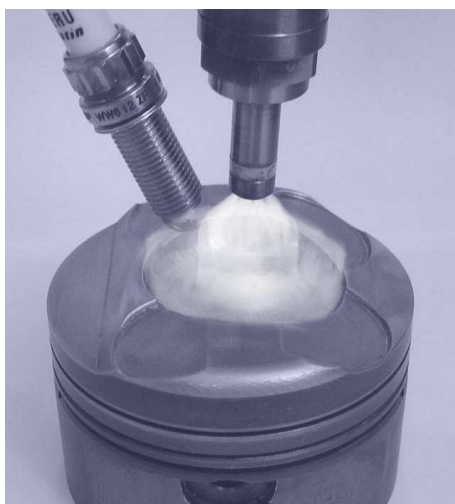
8.2.1. Přímý vstřík do válce s klasickou svíčkou

Tato koncepce je podobná klasickému zážehovému motoru s přímým vstřikem benzínu. Spalovací proces je také podobný zážehovému motoru. Vstřikovač je umístěn centrálně, svíčka na straně. Systém pracuje s nižším vstřikovacím tlakem (2MPa) a je vyvozován kompresorem zemního plynu. Plyn je vstříknut do spalovacího prostoru během kompresního zdvihu pístu. Vstřikování je proměnné podle provozního stavu motoru. Jelikož zemní plyn má vysoké oktanové číslo a tím i vyšší odolnost proti detonačnímu hoření, je možné zvednout kompresní poměr až na 14 : 1. [5]

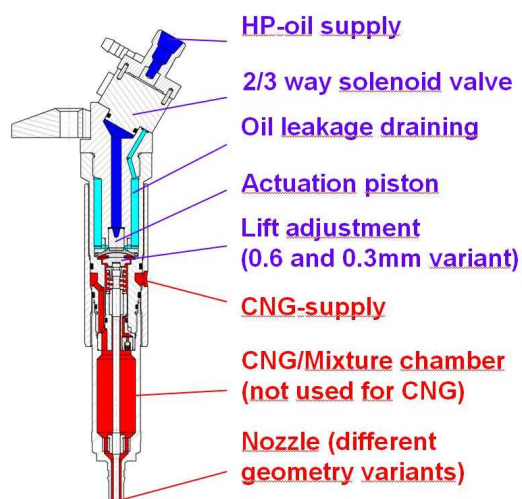
Výhody systému

- Úspora emisí CO₂ proti benzínovému motoru [5]
- Zvýšení účinnosti spalovacího procesu o 20 % oproti klasickým způsobům vstřikování plynu [5]
- Zvýšení maximálního točivého momentu zejména při nízkých otáčkách

Obr. 20 Umístění vstřikovače a svíčky



Obr. 21 Schéma vstřikovače CNG



Zdroj: HROMÁDKO, J.: *Spalovací motory*. Praha: Grada. 2011.75 s. ISBN 978 – 80 – 247 – 3475 – 0

Zdroj: HROMÁDKO, J.: *Spalovací motory*. Praha: Grada. 2011.75 s. ISBN 978 – 80 – 247 – 3475 – 0

8.2.2. Přímý vstřik do válce se žhavicí svíčkou

Tento systém se podobá běžně používanému systému common rail u vznětových motorů. Spalovací proces je velice podobný také vznětovému motoru. Motor pracuje s kompresním poměrem 16 až 18 : 1. Vstřik je proveden těsně před koncem kompresního zdvihu pod vysokým tlakem, kolem 20MPa. Pro zážeh směsi je z důvodu nedostatečné zápalnosti zemního plynu použito žhavicí svíčky. Komponenty systému plnění zemním plynem jsou následující: centrální rozdělovací systém, elektrohydraulické nebo elektromagnetické ventily pro řízení dodávky paliva a vysokotlaký kompresor pro zajištění konstantního tlaku plynu. Model je výhodný pro svojí účinnost dosaženou pomocí vysokého stupně komprese a neškrčeného provozu. [5,6]

System je jednoduchý, jelikož je stejný jako u klasického vznětového motoru- Je změněn pouze vstřikovací systém, který je z naftového vyměněn na plynový s integrací

žhavicí svíčky a plynového kompresoru. Provozní tlak je desetkrát nižší než je u nafty, což má za následek jednodušší systém. [3,5]

Tato koncepce překoná v hospodárnosti provozu, výkonu i spotřebě klasický vznětový motor. Jelikož je vznícení směsi zabezpečeno žhavicí svíčkou, tím je nižší teplota výfukových plynů, a klesají i emise NO_x . Prodlužuje se životnost katalyzátoru a z dlouhodobého pohledu se stabilizují emise. Nižší spotřeba paliva má zároveň za následek snížení emisí CO_2 . [10]

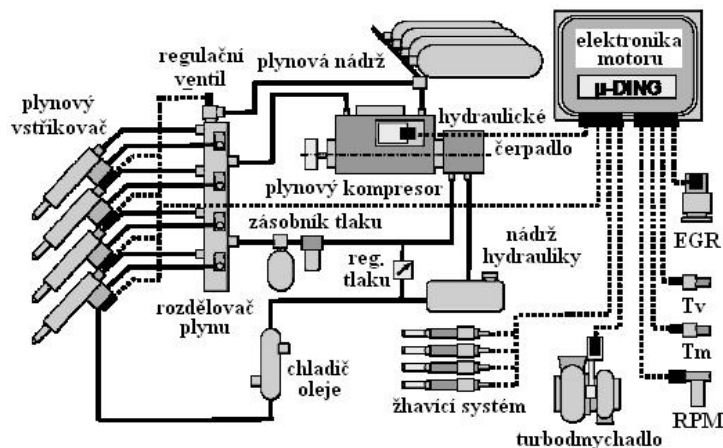
Výhody systému:

- Zvýšení účinnosti spalovacího procesu o 20 % v porovnání s klasickými způsoby vstřikování plynu
- Úspora paliva o 15 – 25 % [5]
- Nižší produkce emisí hlavně NO_x [5]
- Emise pevných částic blízka nule [5]
- Pokles emisí CO_2 o 20 – 25 % [5,7]

8.2.3. Přímý vstřik do válce s pilotním předstříkem motorové nafty

Tento koncept je dvoupalcový. Speciální vstřikovač umožní vstřik jak nafty, tak zemního plynu. Prvně dojde k předstříku nafty a poté k hlavnímu vstřiku zemního plynu. Poměr nafty a zemního plynu je 30 : 70. Předstřík je zde z důvodu zvýšení teploty, aby došlo ke vznícení zemního plynu. Konstrukce motoru je stejná, změny se provedou pouze v palivovém systému. V takto upraveném motoru je stále stejná energeticky výhodnější koncepce. Systém neobsahuje žhavicí svíčku a zároveň je zachována naftová palivová soustava.

Obr. 22 Schéma palivového systému se vstřikováním zemního plynu a žhavicí svíčkou

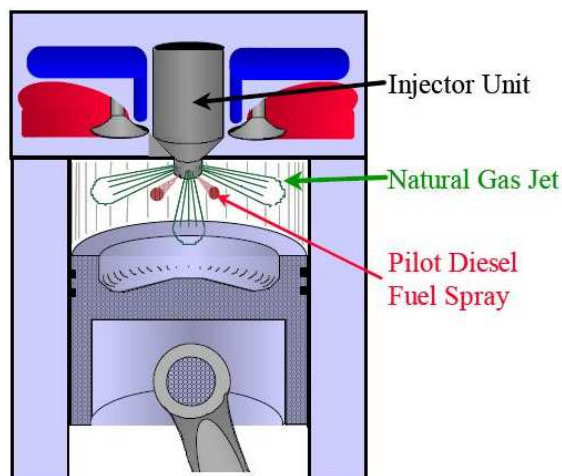


Zdroj: HROMÁDKO, J.: *Spalovací motory*. Praha: Grada. 2011. 76 s. ISBN 978 – 80 – 247 – 3475 – 0

Výhody systému:

- možnost dvoupalivového provozu [5]
- zachování stejných výkonnostních parametrů jako u čistého vznětového motoru [5]
- pokles paliva o 10 – 15 %
- pokles produkce NO_x o 40 % [5]
- pokles produkce pevných částic o 60 % [5]
- pokles CO₂ o 20 % [5]

Obr. 23 Vstřikování zemního plynu s předvstříkem motorové nafty



Zdroj: HROMÁDKO, J.: *Spalovací motory*. Praha: Grada. 2011.76 s. ISBN 978 – 80 – 247 – 3475 – 0

8.3. Bezpečnost tlakových nádob a vozidel na zemní plyn

Tlakové nádoby skladují zemní plyn pod tlakem 20 MPa. Každý zásobník je před montáží kontrolován na tlak 30 MPa. Proti roztržení musí nádoba vydržet tlak 45 MPa. Tlakové nádoby jsou vždy umístěny v pevném skeletu z kvalitních materiálů. Na každé nádobě je umístěn elektronicky řízený mechanický ventil, který dodává zemní plyn jenom za chodu motoru. Ventil má také funkci přerušení toku plynu v případě snížení tlaku v přívodu plynu, např. při nehodě. Pro případ požáru vozidla jsou zásobníky jištěny ochranou pojistkou, jenž má za úkol při požáru, řízeně „odfouknout“ expandující plyn. Teplota pro tuto pojistku je nastavena na 110°C, když teplota vznícení zemního plynu je 537°C. [10]

U vozidla poháněného zemním plynem je bezpečnost na prvním místě. V Německu byl společností ADAC proveden crashtest a následný pokus o zapálení vozidla Opel Zafira1,6 CNG. Testy neprokázaly žádná slabá místa plynového pohonného systému. [10]

Simulace byla provedena jako čelní nehoda s rychlostí při nárazu 64 km/h. Nedošlo k poškození žádné části plynového systému. Vyšší hmotnost vozu se projevila vyšším zátěží na cestující v porovnání s vozem vybaveným zážehovým motorem. [10]

Zásobníky plynu v zadní části vozu jsou chráněny robustní kovovou klecí. Nepoškozen zůstal i plynový systém v nárazové části. Zde je vedení plynu vedeno flexibilním potrubím, které se při nárazu neškodně ohnulo. Zkouška těsnosti byla ještě technikou dodatečně kontrolována pomocí dusíku a nebylo prokázáno žádné poškození. Zafungovaly elektromagnetické škrtkové ventily, které uzavřely tlakové lahve. Během následného pokusu o zapálení poškozeného vozidla se po pár minutách aktivovaly tavné pojistky, které začaly plyn regulovaně odpouštět z lahví, mimo nádrž došlo k hoření unikajícího plynu. Při žádné fázi testů nedošlo k nebezpečí exploze tlakových lahví. [10]

Rakouský soudní znalec Dipl. Ing. Dr. Bernhard Schieder se zabýval zkoumáním scénářů „Netěsná benzínová nádrž“ a „Netěsná tlaková nádrž na zemní plyn“. [10]

V první části se zabýval velikostí garáže o objemu 35 m³, kde vyšla směs zemního plynu a vzduchu méně nebezpečná než směs benzínu a vzduchu. Teplota směsi benzínu a vzduchu je mnohem nižší než směsi zemního plynu a vzduchu. Tato teplota výrazně zvyšuje rizika u odstavených benzínových motorů. [10]

Obr. 24 Testovací požár vozidla na CNG



V druhé části se zabýval garáží o objemu 250 m³. Zde byla dolní hranice výbušnosti překročena jenom v případě netěsné benzínové nádrže. [10]

Závěrem studie bylo, že „Netěsná benzínová nádrž“ představuje vyšší riziko.

Zdroj: http://www.cng.cz/cs/img/vozidla/CNG_pozar.JPG

Při dopravní nehodě je u vozidla na CNG více pojistných prvků. Pro hasiče je zásah podobný jako v případě nehody vozidel na kapalná paliva. Každá tlaková láhev je vybavena ručním ventilem, kterým lze láhev uzavřít. [10]

9. Dostupnost silničních CNG vozidel na českém trhu

Na český trh dodává vozidla na CNG jenom několik automobilek. Mezi tyto výrobce patří Fiat, Mercedes - Benz, Opel, Volkswagen a Iveco. [15]

Fiat označuje modely na CNG Natural Power, automobilka Mercedes – Benz NGT, Volkswagen Ecofuel a pro ostatní značky v koncernu bude používat označení CNG. Výrobci Iveco a Opel mají modely označené rovněž zkratkou CNG.

Pro autobusy má téměř každý výrobce možnost vybavit svůj autobus motorem na pohon CNG. Na českém trhu jsou nejčastějšími výrobci Iveco, SOR a TEDOM.

9.1. Osobní vozidla kategorie

V sektoru osobních vozidel jsou vozy řazeny do kategorií M1 nebo N1, podle určení vozidel pro přepravu osob nebo jako vozidla víceúčelová.

Italský výrobce Fiat dodává na český trh modely Panda, Punto, Dobló a novinka, která by měla přijít na český trh Qubo. Všechny modely jsou vybaveny motorem 1,4 Natural Power. [14]

Od značky Mercedes – Benz je mezi osobními vozidly na CNG zastoupen pouze model MB E – Class 200 NGT, který je vybaven motorem o objemu 1,8 cm³ s kompresorem. Tento model již plní emisní normu EURO 6, která je zatím nepovinná. [14]

Automobilka Opel je v tomto segmentu zastoupena pouze již zmiňovaným modelem Zafira 1,6 CNG EcoTec TURBO. [14]

Značka Volkswagen má v nabídce modely Passat a Touran s motorem 1.4 TSi Ecofuel. Také je zde ještě model Caddy vybavený motorem 2.0 CNG. [14]

Značka Iveco v tomto segmentu trhu nemá v nabídce model, jelikož tento výrobce se zaměřuje na výrobu a prodej nákladních vozidel. [14]

Nově by v roce 2012 měly být na trh, podle prvních informací, uvedeny modely z koncernu Volkswagen, značky Škoda, Seat a VW. Tyto modely by měly být vybaveny koncernovým tříválcovým motorem 1.0 CNG. [14]

9.2. Nákladní vozy

Nákladní vozy, zde uvedené, spadají do kategorií N2 nebo N3. V této části trhu jsou zastoupeny pouze dvě značky.

Od značky Mercedes – Benz je nabízena možnost pořízení vozu z řady Econic. Vozy Econic jsou nyní pořizovány například do vozového parku Pražských technických služeb a.s., který je převážně používán jako vozy na svoz různých druhů odpadů.

Značka Iveco dává na výběr dvě modelové řady Stralis a Eurocargo. Vozy značky Iveco jsou zastoupeny v mnoha firmách.

9.3. Autobusy

Autobusy jsou zařazeny do kategorií vozidel určené pro převoz osob M2 a M3.

Z domácích výrobců je největším výrobcem Iveco. Tento výrobce používá pro autobusy značku Irisbus. Dodává autobusy na pohon CNG pouze pro modely Citelis, které jsou určeny pro městský provoz. Pohon CNG je možný u modelů o délkách 12-ti metrů i u kloubových autobusů délky 18-ti metrů. [15]

Výrobce autobusů TEDOM ukončil, podle svého vyjádření, výrobu autobusů. [11]

Posledním domácím výrobcem autobusů je SOR. Výrobce dodává autobusy na CNG pro městský provoz. Jedná se o dva nízkopodlažní modely pod označením BNG 12 a celonízkopodlažní NBG 12. Zaveden je i model pro meziměstskou přepravu CNG 12.

9.4. Dodávkové vozy

Tyto vozy spadají do kategorií N1 nebo N2.

Od automobilky Iveco je v nabídce několik modelů, které většinou vycházejí z podobných modelů z řad osobních vozidel. Jsou jimi Dobló Van a Van Maxi CNG, Florino CNG. Největší z modelové řady a zároveň jediným zástupcem dodávek s umístěním do kategorie N2 je Ducato.

Dalším výrobcem nabízející dodávková vozidla je Mercedes – Benz. Tento výrobce má v nabídce model M – B Sprinter NGT.

Největším a nejvýraznějším zástupcem je značka Iveco. Jejich modely Iveco Daily jsou nejčastějšími dodávkovými vozidly na CNG v České republice.

Automobilka Ford nabízela model Tranzit, tento model již však podle dovozce nebude nabízen, jelikož vedení společnosti rozhodlo o ukončení vývoje a montáže benzínových motorů do modelové řady Tranzit a tím i ukončení programu CNG pro tuto řadu.

10. Profil firmy

Firma Nopek, a.s. byla založena v roce 1991 jako společnost Nopek, spol. s.r.o. Změna právní formy byla valnou hromadou schválena v roce 2006. V témže roce prošla společnost vnitrostátní fúzí se společností STABO, a.s. Nástupnickou společností se stala firma Nopek, a.s. Základní jmění společnosti je 4 100 000 Kč. [16]

Předmětem podnikání je:

- Hostinská činnost
- Opravy silničních vozidel
- Pekařství, cukrářství
- Zámečnictví, nástrojařství
- Výroba, obchod a služby neuvedené v přílohách 1 až 3 živnostenského zákona
- Silniční motorová doprava:
 - o Nákladní vnitrostátní o nejvyšší povolené hmotnosti do 3,5 tuny včetně
 - o Nákladní vnitrostátní o nejvyšší povolené hmotnosti nad 3,5 tuny včetně

Sídlo společnosti je na adrese: Náměstí Pod Kaštany 724, 566 01, Vysoké Mýto.[16]

Společnost má 6 pekáren a 10 prodejen v Pardubickém a Královéhradeckém kraji. Společnosti patří i kavárna a středisko údržby ve Vysokém Mýtě. V rámci této infrastruktury je zaměstnáno více jak 500 zaměstnanců. [17]

Pekárny jsou umístěny v Hrušové, Lanškrouně, Svitavách, Vysokém Mýtě, Moravské Třebové a Hořicích v Podkrkonoší. Provozovna Hrušová již využívá vozidel na CNG. [17]

Firma také opravuje strojní zařízení pro pekárny a cukrárny. [17]

Plnicí stanice CNG je umístěna před pekárnou v obci Hrušová. [17]

11. Stávající stav v provozovně Hořice

Provozovna leží přímo v městě Hořice v Podkrkonoší, na adrese Husova 1467. Obec leží v Královéhradeckém kraji severovýchodně přibližně 20 km od Hradce Králové. Hlavní činností provozovny je pekárna s dopravou pro rozvoz výrobků v přidělené oblasti. Pekárna leží na dvou pozemcích o celkové ploše 9 700 m². Provoz pekárny a pece jsou vytápěny zemním plynem. Situační plánec je na obr.25.

Obr. 25 Situační plánec provozovny Hořice



Na obrázku je také vyznačena regulační stanice plynu. Stanice leží na

severozápadním okraji pozemku. Na schématu označeno červeným obdélníkem. Ze stanice je vyvedeno středotlaké potrubí o provozním tlaku 220 kPa.

Zdroj: <http://geoportal.cuzk.cz>

11.1. Složení vozového parku

Provozovna má k dispozici celkem 17 vozů. Z toho je 9 vozů Iveco Daily 60C15 a zbylých 8 je Avia 30 N a 31N. Průměrné stáří je 14,52 let. Tento vysoký průměrný věk je způsoben rokem výroby některých Avii. Některé Avie byly například vyrobeny v letech 1976, 1979, 1984, 1986 apod. Některá vozidla jsou vybavena nástavbami s agregáty, ale nejsou

používány. Všechna vozidla jsou ve stávajícím stavu uzpůsobena na pohon motorovou naftou. Vozidla v prostoru pekárny také parkují a jsou odstavována.

11.1.1. Avia A 30N a A 31N

Avia A 30N byla vyráběna od sedmdesátých let do roku 1983, kdy byla nahrazena modernizovanou verzí Avia A 31N, která se vyráběla až do konce roku 1998. Předlohou byl nákladní vůz Super - Galion SC4

Obr. 26 Avia A 31N

francouzské společnosti Renault – Saviem. Vůz byl původně vyráběn zakoupenou licenci a postupně upravován pro české podmínky, normy a pro používání motorových dílů již vyráběných v Československu. Licenci zakoupil státní podnik Avia. Zajímavostí je, že po celou dobu výroby se od licenční předlohy z roku 1968 ze základních mechanických



částí téměř nic nezměnilo. Vůz byl původně koncipován pro jmenovitou hmotnost 3 000 kg. [16,17]

Firma NOPEK a.s. používá v provedení se skříňovou nástavbou, u některých vozů doplněných kompresorem pro regulaci vnitřních podmínek ložného prostoru.

Tab. 4 Základní parametry Avia A 30N a A 31N

Celková délka [mm]	6392	Pohotovostní hmotnost [kg]	2830
Rozvor náprav [mm]	3240	Celková přípustná hmotnost [kg]	5990
Celková šířka [mm]	2246	Užitečná hmotnost [kg]	3210
Převis za zadní nápravou [mm]	1910	Objem palivové nádrže [l]	70
Světlá výška [mm]	242	Maximální rychlost [km/h]	85

Zdroj: http://www.army.cz/assets/files/9368/Katalog_kolov__a_p_sov__techniky.pdf

11.1.2. Iveco Daily 60C15

Iveco Daily poprvé vyjelo roku 1978. Vznik Iveco Daily je tři roky po vzniku společnosti The Industrial Vehicles Corporation (IVECO). Iveco je vytvořeno z 5-ti společností: OM Soc.p.Az., FIAT Veicoli Industriali S.p.A., Lancia Veicoli Speciali, Magirus-Deutz AG a Unic S.A. Za vznikem vozu je spolupráce společností Fiat a Alfa Romeo. Iveco Daily bylo konstruováno pro segment do 3,5 tuny, bylo ale počítáno s variantami 2,8 a 4,2 tuny. Později

byly motory doplněny turbodmychadlem. V roce 1989 byl změněn design vozu a do nabídky dodány varianty s prodlouženými nápravami a rozšířeními až do celkové hmotnosti 6-ti tun. Dnes je na trhu možnost pořízení modelů Daily ve více než 2500 variantních provedení. [18]

Obr. 27 Iveco Daily 60C15



Firma NOPEK a.s. používá v provedení se skříňovou nástavbou, u některých vozů doplněných kompresorem pro regulaci vnitřních podmínek ložného prostoru.

Tab. 5 Základní parametry Iveco Daily 60C15

Celková délka [mm]	6515	Pohotovostní hmotnost [kg]	2255
Rozvor náprav [mm]	3750	Celková přípustná hmotnost [kg]	6000
Celková šířka [mm]	2060	Užitečná hmotnost [kg]	3745
Převis za zadní nápravou [mm]	1665	Objem palivové nádrže [l]	100
Světlá výška [mm]	165	Maximální rychlost [km/h]	90

Zdroj: <http://www.iveco.cz>

11.2. Průměrné parametry denního využívání vozidel

Pekárna vypravuje denně 11 vozidel a každé ujede denně 250 km.

Pro další výpočty bude uvažováno, že projeté kilometry se nebudou postupem času navyšovat. Podle údajů společnosti je průměrná spotřeba vozidel 15 litrů nafty

na 100 kilometrů. Celkem se v provozovně spotřebuje průměrně 8 500 litrů motorové nafty za měsíc. Tyto údaje jsou skutečné z roku 2010, poskytnuté společností NOPEK a.s. Údaje jsou shrnuty v tabulce 6.

Jedno vozidlo ujede za měsíc průměrně 4000 km.

Tab. 6 Základní údaje o používání vozidel v provozovně Hořice

Denní výprava vozidel	11
Průměrná ujetá denní vzdálenost jedním vozidlem	250 km
Průměrná spotřeba motorové nafty	15 litrů/ 100 km
Celková spotřeba motorové nafty za měsíc	8 500 litrů
Průměrně ujetá vzdálenost jednoho vozidla za měsíc	4 000 km

12. Varianty možných budoucích vozidel

Do provozovny je nutné zakoupit vozidla z kategorie N2 dodávkového typu. Firma Nopek a.s. odebírá všechny vozy v provedení kabiny s podvozkem. Toto provedení má výhodu v možnosti umístění nástavby podle potřeb společnosti. Na českém trhu se nabízí několik modelů, které splňují zadané podmínky. Jak bylo již zmíněno, v segmentu dodávek je pouze několik zástupců, dodávky od firem Mercedes – Benz a Iveco. Firma Ford již s výrobou dodávky Transit na pohon CNG skončila. V tomto segmentu trhu je ještě možnost pořízení malých dodávek z kategorie N1 od firmy Fiat, ale tyto vozy jsou příliš malé, vycházející z osobních vozidel a není možnost je dodávat jenom s podvozkem a možnou nástavbou, jak je požadováno.

12.1. Nástavba vozidel

Podle získaných informací pořizuje firma zpravidla nástavbu skříňového typu o vnitřních rozměrech 4 100 mm/ 2 180 mm/ 1 950 mm. Existují dvě provedení těchto nástaveb, první je pouze samotná skříň, v druhém provedení je ještě do nástavby zabudován agregát, který reguluje klima uvnitř nástavby, což není podstatné pro výběr podvozku.

Důležitým parametrem jsou tedy pouze vnitřní rozměry nástavby. Parametry a ceny nástaveb jsou uvedeny v tabulce 7.

Tab. 7 Parametry a cena nástavby

Rozměry nástavby (DxŠxV)	4 100 mm x 2 180 mm x 1 950 mm
Cena bez agregátu	300 000 Kč
Cena s agregátem	370 000 Kč

12.2. Dodávka Mercedes – Benz Sprinter

Podmínky dané rozměry nástavby splňuje Mercedes – Benz Sprinter 516NGT/L. Základní údaje jsou uvedeny v tabulce 8.

Referenční nosnost vozidla je definována dle vyhlášky 595/2009/EC, článek 2 jako rozdíl celkové hmotnosti vozidla a referenční hmotnosti vozidla. Referenční hmotností se rozumí konstrukční hmotnost zvýšená o hmotnost nádrže naplněné na 90 %, řidiče o hmotnosti 75 kg a nákladu o hmotnosti 25 kg.

Tab. 8 Parametry Mercedes – Benz Sprinter 516NGT/L

Rozvor náprav	4 325 mm	Referenční nosnost	2 710 kg
Celková hmotnost	5 000 kg	Výkon motoru	115 kW
Doporučená délka nástavby	4 300 mm	Objem tlakových nádob na CNG	126 - 295 l
Doporučená šířka nástavby	2 130 mm	Objem nádrže na benzín	15 l

V tabulce 9 jsou uvedeny ceny modelu na naftu, na CNG a výkony motorů.

Tab. 9 porovnání cen modelů Mercedes – Benz Sprinter

Model	Palivo	Výkon motoru	Kroutící moment	Cena bez DPH
MB Sprinter 516NGT/L	CNG	115 kW	340 Nm	800 000 Kč
MB Sprinter 516CD/L	nafta	120 kW	360 Nm	917 500 Kč

12.3. Dodávka Iveco Daily

Podmínky dané rozměry nástavby splňuje Iveco Daily 50C14G. Základní údaje jsou uvedeny v tabulce 10.

Tab. 10 Parametry Iveco Daily 50C14G

Rozvor náprav	3 750 mm	Referenční nosnost	2 310 kg
Celková hmotnost	5 200 kg	Výkon motoru	100 kW
Doporučená délka nástavby	4 480 mm	Objem tlakových nádob na CNG	194 l
Doporučená šířka nástavby	2 200 mm	Objem nádrže na benzín	14 l

V tabulce 11 jsou uvedeny ceny modelu na naftu, na CNG a výkony motorů.

Tab. 11 Porovnání cen modelů Iveco Daily

Model	Palivo	Výkon motoru	Kroutící moment	Cena bez DPH
Iveco Daily 50C14G	CNG	100 kW	350 Nm	750 000 Kč
Iveco Daily 50C15	nafta	112 kW	350 Nm	610 000 Kč

12.4. Výběr z nabídky vozidel

Pro další zpracování bude uvažováno se zakoupením vozů značky Iveco Daily 50C14G. Pro zvolení daného modelu mluví několik faktů. Prvním z nich je pořizovací cena, která v základním provedení činí 750 000 Kč. Rozdíl ceny mezi vybraným modelem a konkurenčním vozem je 167 500 Kč ve prospěch Iveca. Jedná se o nezanedbatelnou částku. Další skutečností je, že firma Nopek a.s. již odebírá vozidla od firmy STRATOS AUTO, spol. s.r.o. V provozovnách jsou již upravená zázemí pro vozy této značky. Podle vyjádření prodejce má již firma Nopek a.s. množstevní slevy z pořizovacích cen, tyto slevy nejsou zveřejnitelné, práce je nebude zohledňovat v cenách nových vozů.

Všechny vozy budou vybaveny nástavbou bez agregátu. Některé stávající vozy jsou sice vybaveny agregáty, ale jelikož nejsou využívány, vedení provozovny neuvažuje při obnově vozového parku pořizovat opět nástavby s agregáty.

13. Výpočet parametrů plnicí stanice

Pro výpočet výkonu plnicí stanice je důležitých několik parametrů: průměrná spotřeba vozidel na 100 km, počet ujetých kilometrů, počet vozidel na trasách. Jelikož je také uvažováno s nárůstem ujetých denních kilometrů o 1 %, je nezbytné dopočítat i ujetou vzdálenost na konci sledovaného období, což je v roce 2025. Vstupní parametry jsou zapsány v tabulce 12.

Spotřeba plynu jedním vozidlem je vypočítána takto: ujetá vzdálenost je vynásobena průměrnou spotřebou a následně vydělena stem, což je hodnota uváděna v jednotce průměrné spotřeby. Celková denní spotřeba plynu provozovny je násobek spotřebovaného plynu jedním vozidlem a počtem vozidel, která jsou v denním provozu. Vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 13.

Tab. 12 Základní parametry pro výpočet výkonu plnicí stanice

Průměrná spotřeba	16 m ³ / 100 km	Počet vozidel	11
Ujetá vzdálenost	250 km	Budoucí ujetá vzdálenost	289 km

Tab. 13 Spotřebovaný plyn za 1 den

Spotřebovaný plyn jedním vozidlem	46,2 m ³
Spotřebovaný plyn celkem	508,6 m ³

Pro tyto vypočtené parametry je nejvhodnější použít kompresor o výkonu 100 m³/hod. Elektrický příkon stanice je 60 kW. Ke kompresoru budou připojeny tlakové láhve pro CNG o vodním objemu 2000 litrů. Tento zásobník na CNG má stejnou kapacitu jako u plnicí stanice CNG v Hrušové, patřící také společnosti Nopek a.s.

14. Výstavba plnicí stanice

Na výstavbu plnicí stanice bylo vybráno místo jižně 10 metrů od regulační stanice. Kompresorová stanice se zásobníky bude postavena podél stávající hrany komunikace ve vzdálenosti 1 metr od stávající vozovky a 2 metry od hrany nově vybudovaného povrchu vozovky. Bude nutné zbourat sloup osvětlení, který je v místě budoucí stanice. Schéma umístění plnicí stanice se zakreslením inženýrských sítí a nově budovanou vozovkou je v příloze 2. Stávající nízkotlaký plynovod bude muset být přerušen a přeložen, aby nebyl veden pod povrchem nové vozovky. Zásobování stanice je středotlakým plynovodem o tlaku 220 kPa, který je přiveden z regulační stanice. Kompresorová část plnicí stanice má rozměry 6 x 2,5 m. Plocha potřebná pro výdejní stojan je 0,5 x 0,5 m a bude umístěn 5 metrů od rohu staré vozovky a půl metrů od hrany vozovky nové. Nízkotlaký plynovod je v nejbližším místě od nově budované plnicí stanice vzdálen nejméně 1,5 metrů, což je dostatečné, jelikož normy vyžadují vzdálenost minimálně 1 metr. Kompresorová část stanice bude na straně blíže ke středotlakému plynovodu a zásobníky CNG budou na opačné straně, aby byly co nejdále od nízkotlakého plynovodu. Nutné je zajistit rovněž přívod elektrické energie, přípojka musí být vedena přímo z rozvodné stanice, jelikož je pro kompresory potřeba výkon kolem 50 - 60 kW. V tabulce 14 je seznam budovaných inženýrských sítí.

Tab. 14 Tabulka budovaných inženýrských sítí

Zastavěná plocha plnicí stanic	15 m ²
Povrch vozovky	76 m ²
Nízkotlaký plynovod	23 m
Středotlaký plynovod	10 m
Elektrické vedení	92 m

15. Výpočet nákladů na plnicí stanici

Náklady jsou počítány z nákladů na stavbu plynovodů, elektrické přípojky, vystavěné ploše vozovky a ceny za plnicí stanici.

Ceny na inženýrské sítě jsou vypočítány z položené délky nebo plochy a ceny za stavební délku nebo plochu. Jednotkové ceny byly konzultovány se společnostmi, které se výstavbou zabývají. Náklady jsou vyčísleny v tabulce 15.

Tab. 15 Náklady na výstavbu stanice

	Délka/plocha	Jednotková cena	Náklady
Vozovka	76 m	3 500 Kč	266 000 Kč
Nízkotlaký plynovod	23 m	1 500 Kč	34 500 Kč
Středotlaký plynovod	10 m	1 500 Kč	15 000 Kč
Elektrická přípojka	92 m ²	1 000 Kč	92 000 Kč
Cena plnicí stanice			5 592 500 Kč
Celkové náklady na stanici			6 000 000 Kč

16. Předpoklady pro ekonomický výpočet

Ve výpočtech bude uvažováno se dvěma variantami renovace vozového parku v provozovně Hořice. Pro výpočty bude uvažováno, že měsíční ujetá vzdálenost jedním vozidlem se bude každý rok zvedat o 1 %.

První varianta bude uvažovat se zakoupením 8 vozů na CNG, místo zastaralých vozů Avia 30N a 31N. V druhé variantě se bude uvažovat o obnově všech vozidel, tj. 17 vozů. Plnicí stanice pro obě situace bude mít stejné parametry. Ceny budou počítány bez DPH.

16.1. Celkové náklady na pořízení plnicí stanice a vozů

Náklady na pořízení vozidel jsou kalkulovány násobkem ceny jednoho vozu a počtem pořizovaných vozů. Cena nástavby je kalkulována stejným způsobem. Celkové náklady jsou součtem nákladů na výstavbu plnicí stanice, pořízení vozidel a jejich nástaveb.

Náklady jsou uvedeny v tabulce 16.

Tab. 16 Celkové náklady na obnovu vozového parku

	Varianta 1	Varianta 2
Počet pořizovaných vozidel:	8	17
Náklady na výstavbu stanice:	6 000 000 Kč	6 000 000 Kč
Náklady na pořízení samotných vozidel	6 000 000 Kč	12 750 000 Kč
Náklady na pořízení nástaveb bez agregátu	2 960 000 Kč	6 290 000 Kč
Celkové náklady na obnovu vozového parku:	14 960 000 Kč	25 040 000 Kč

16.2. Předpokládaný vývoj cen paliv od roku 2012 do roku 2025

16.2.1. Vývoj ceny motorové nafty v daném období

Pro výpočet ceny motorové nafty jsou použity údaje Českého statistického úřadu. Na webových stránkách úřadu jsou k dispozici roční průměrné ceny nafty od roku 2003 do 2011. Údaje z roku 2011 jsou pouze za období prvních 11 měsíců. Uvedené ceny jsou včetně DPH. Ze stejného zdroje byl čerpán vývoj DPH pro dané období. K výpočtu predikce cen nafty byla průměrná cena snížena o sazbu DPH. Údaje jsou uvedeny v tabulce 17.

Průměrné ceny motorové nafty bez DPH byly vloženy do grafu, následně přidána exponenciální spojnice trendu a zobrazena její rovnice (graf 1). Rovnice má tvar:

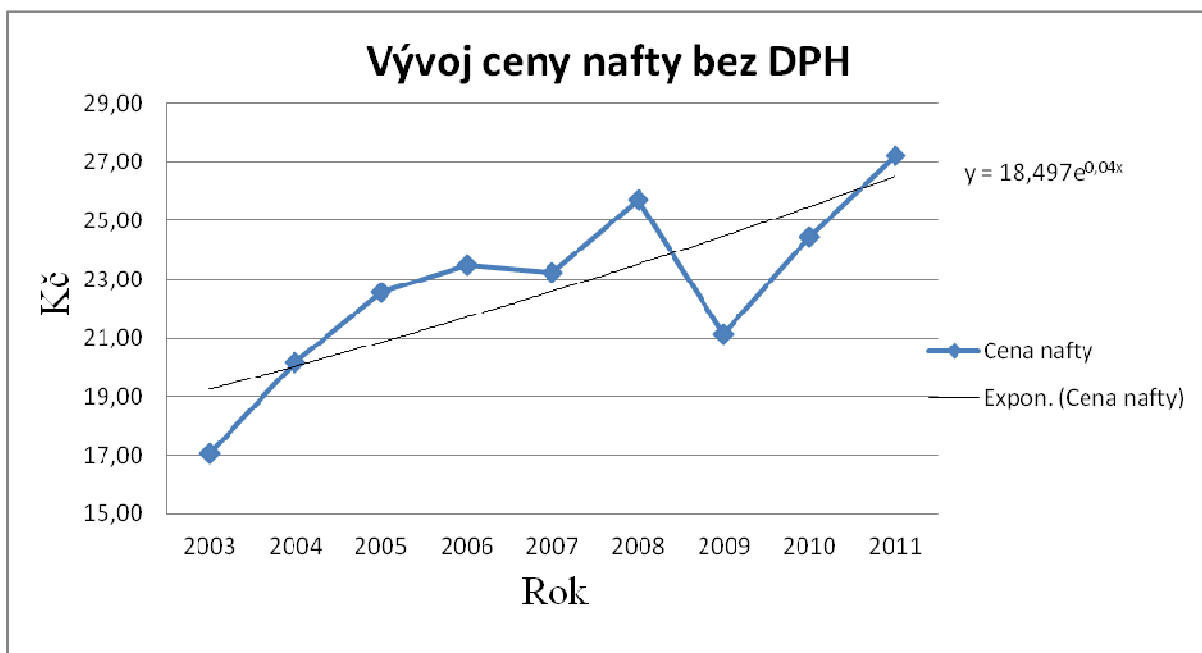
$$y = 18,497e^{0,04x}$$

Rovnice je použita pro kalkulaci predikce ceny nafty pro období let 2012 až 2025. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 18.

Tab. 17 Vývoj ceny motorové nafty v období od roku 2003 do roku 2011

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Cena motorové nafty [Kč] vč. DPH	21,89	24,92	27,87	28,97	28,67	31,74	26,10	30,57	34,01
Sazba DPH [%]	22	19	19	19	19	19	19	20	20
Cena motorové nafty [Kč] bez DPH	17,07	20,18	22,58	23,46	23,22	25,71	21,14	24,46	27,21

Graf 1 Vývoj ceny motorové nafty



Tab. 18 Predikce cen nafty

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Cena motorové nafty [Kč] bez DPH	27,59	28,72	29,89	31,11	32,38	33,70	35,08
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Cena motorové nafty [Kč] bez DPH	36,51	38,00	39,55	41,17	42,85	44,59	46,41

16.2.2. Vývoj ceny CNG v daném období

Pro výpočet ceny CNG jsou použity údaje Českého plynárenského svazu. K predikci byly použity roční průměrné ceny CNG v období od roku 2004 do roku 2011. Údaje z roku 2011 jsou pouze za období prvních 11 měsíců. Uvedené ceny jsou včetně DPH. Ze stránek Českého statistického úřadu byl čerpán vývoj DPH pro dané období. K výpočtu predikce cen byla cena snížena o sazbu DPH. Ceny jsou udávány za m³ a uvedeny v tabulce 19.

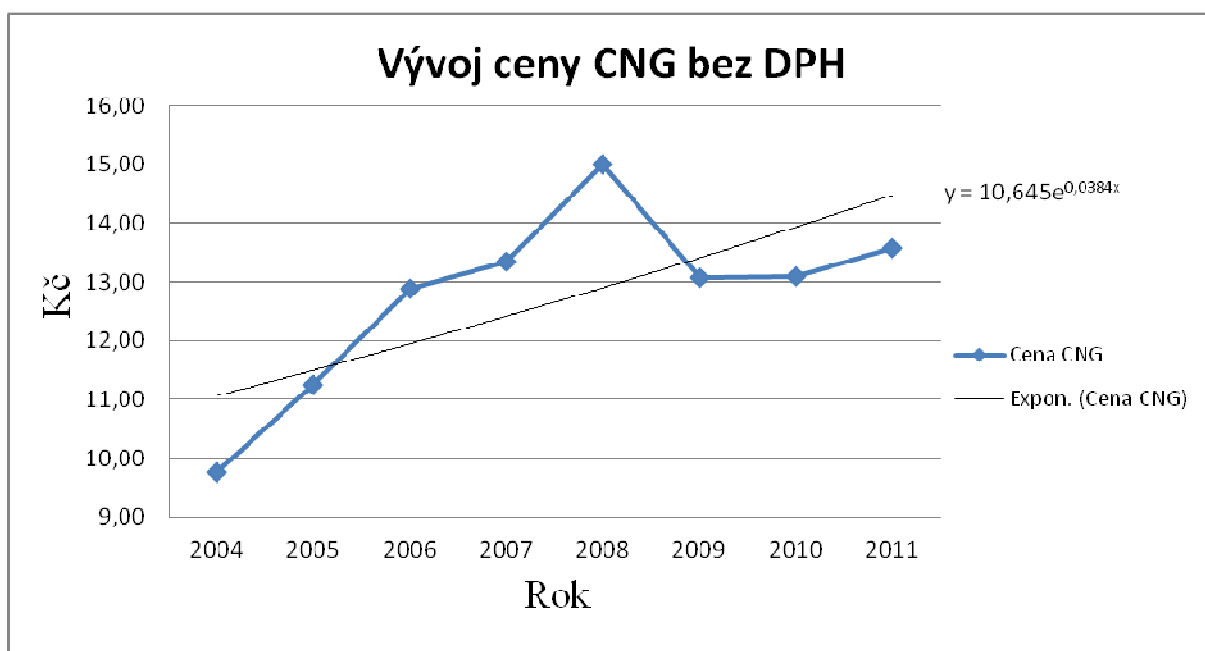
Vypočtené průměrné ceny CNG bez DPH byly vloženo do grafu, následně přidána exponenciální spojnice trendu a zobrazena její rovnice (graf 2). Rovnice má tvar:

$$y = 10,645e^{0,0384x}$$

Tab. 19 Vývoj ceny CNG v období od roku 2004 do roku 2011

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Cena CNG [Kč/m ³] vč. DPH	12,05	13,88	15,91	16,48	18,52	16,14	16,37	16,96
Sazba DPH [%]	19	19	19	19	19	19	20	20
Cena CNG [Kč/m ³] bez DPH	9,76	11,24	12,89	13,35	15,00	13,07	13,10	13,57

Graf 2 Vývoj ceny CNG



Rovnice je použita pro kalkulaci predikce ceny CNG pro období let 2012 až 2025. V tabulce 20 je predikovaná cena v jednotkách za m³ i s přepočtem na kg.

Tab. 20 Predikce cen CNG

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Cena CNG [Kč/m ³] bez DPH	15,63	16,24	16,88	17,54	18,22	18,94	19,68
Cena CNG [Kč/kg] bez DPH	21,88	22,74	23,63	24,56	25,51	26,52	27,55
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Cena CNG [Kč/m ³] bez DPH	20,45	21,25	22,08	22,94	23,84	24,78	25,75
Cena CNG [Kč/kg] bez DPH	28,63	29,75	30,91	32,12	33,38	34,69	36,05

K dané predikované ceně je nutné připočíst spotřební daň, která se od roku 2012 postupně navyšuje. Daň je udávána v korunách za tunu. Na období po roce 2020 není daň vyčíslena, bude uvažováno s jejím setrváním na stejné hodnotě. Před rokem 2012 byla spotřební daň nulová, není potřeba její zahrnutí při predikování ceny. Průběh daně je vyčíslen v tabulce 21.

Tab. 21 Vývoj spotřební daně CNG

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Spotřební daň na CNG [Kč/tunu]	500	500	500	1000	1000	2000	2000
Spotřební daň na CNG [Kč/kg]	0,50	0,50	0,50	1,00	1,00	2,00	2,00
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Spotřební daň na CNG [Kč/tunu]	2000	3355	3355	3355	3355	3355	3355
Spotřební daň na CNG [Kč/kg]	2,00	3,36	3,36	3,36	3,36	3,36	3,36

Končená cena za jeden kilogram je součtem predikované ceny a spotřební daně, pro další výpočty je cena převedena na m³. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 22.

Tab. 22 Výpočet celkové ceny CNG

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Predikovaná cena CNG [Kč/kg]	21,88	22,74	23,63	24,56	25,51	26,52	27,55
Spotřební daň na CNG [Kč/kg]	0,50	0,50	0,50	1,00	1,00	2,00	2,00
Celková cena CNG [Kč/kg]	22,38	23,24	24,13	25,56	26,51	28,52	29,55
Celková cena CNG [Kč/m ³]	15,99	16,6	17,24	18,25	18,93	20,37	21,11
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Predikovaná cena CNG [Kč/kg]	28,63	29,75	30,91	32,12	33,38	34,69	36,05
Spotřební daň na CNG [Kč/kg]	2,00	3,36	3,36	3,36	3,36	3,36	3,36
Celková cena CNG [Kč/kg]	30,63	33,11	34,27	35,48	36,74	38,05	39,41
Celková cena CNG [Kč/m ³]	21,88	23,65	24,48	25,34	26,24	27,18	28,15

16.3. Porovnání cen motorové nafty a CNG

V tabulce 23 jsou uvedeny predikované ceny motorové nafty a CNG v období 2012 až 2025. Jeden kilogram u CNG odpovídající přibližně jednomu litru motorové nafty.

Tab. 23 Porovnání cen CNG a motorové nafty

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Cena CNG [Kč/kg]	15,99	16,6	17,24	18,25	18,93	20,37	21,11
Cena nafty [Kč/l]	27,59	28,72	29,89	31,11	32,38	33,70	35,08
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Cena CNG [Kč/kg]	21,88	23,65	24,48	25,34	26,24	27,18	28,15
Cena nafty [Kč/l]	36,51	38,00	39,55	41,17	42,85	44,59	46,41

17. Výpočet návratnosti technologie CNG

17.1. Vyčíslení vícenákladů na pořízení technologie CNG

Vícenáklady udávají náklady na zavedení CNG technologie. V těchto nákladech je započítána investice do plnicí stanice, rozdíl pořizovací ceny mezi vozidlem na naftu a vozidlem na CNG (rozdíl činí 140 000 Kč) vynásobený počtem pořizovaných vozidel. Vícenáklady jsou vyčísleny pro obě varianty v tabulce 24.

Tab. 24 Vyčíslení vícenákladů

	Varianta 1	Varianta 2
Počet pořizovaných vozidel:	8	17
Náklady na pořízení stanice:	6 000 000 Kč	6 000 000 Kč
Vícenáklady na pořízení vozidel CNG oproti naftovým:	1 120 000 Kč	2 380 000 Kč
Celkové vícenáklady na pořízení technologie:	7 120 000Kč	8 380 000 Kč

17.2. Náklady na palivo

Kalkulace nákladů na palivo je násobkem ujetých kilometrů všemi vozidly za měsíc, ceny paliva a průměrné spotřeby vozů. V tabulce 25 a 26 jsou tyto hodnoty zpracovány.

Tab. 25 Měsíční náklady na palivo v letech

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ujetá vzdálenost za měsíc [km]	83 875	84 882	85 888	86 895	87 901	88 908	89 914
Náklady na CNG [Kč]	214 586	225 447	236 913	253 733	266 235	289 769	303 694
Náklady na naftu [Kč]	347 117	365 672	385 079	405 496	426 935	449 430	473 127
Rozdíl za měsíc [Kč]	132 531	140 225	148 166	151 763	160 700	159 661	169 433

Tab. 26 Náklady na palivo v letech 2019 až 2025

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Ujetá vzdálenost za měsíc [km]	90 921	91 927	92 934	93 940	94 947	95 953	96 960
Náklady na CNG [Kč]	318 296	347 852	364 004	380 870	398 625	417 280	436 708
Náklady na naftu [Kč]	497 929	523 984	551 331	580 126	610 272	641 782	674 987
Rozdíl za měsíc [Kč]	179 633	176 132	187 327	199 256	211 647	224 502	238 279

17.3. Výpočet úspory z palivových nákladů

V tabulce č. 25 a 26 jsou vyčísleny měsíční úspory v nákladech na palivo, které byly využity pro kalkulaci celkové úspory za dobu provozu. Roční úspora je násobkem měsíční úspory a počtem měsíců. Celková roční úspora je součtem úspor daného roku a let předcházejících. Měsíční kalkulace je podrobně rozpracována v příloze 3.

Celková úspora je vyčíslena v tabulce č. 27 a č.28 (hodnota je udávána v tis.).

Tab. 27 Výpočet úspor z palivových nákladů v letech 2012 až 2018 (v tis.)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Rozdíl za měsíc [Kč]	132	140	148	151	161	1598	169
Rozdíl za rok [Kč]	1 590	1 682	1 778	1 821	1 928	1 916	2 033
Celková úspora [Kč]	1 590	3 273	5 051	6 872	8 801	10 717	12 750

Tab. 28 Výpočet úspor z palivových nákladů v letech 2019 až 2025 (v tis.)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Rozdíl za měsíc [Kč]	180	176	187	199	212	225	238
Rozdíl za rok [Kč]	2 156	2 117	2 248	2 391	2 540	2 694	2 859
Celková úspora [Kč]	14 905	17 019	19 267	21 658	24 198	26 892	29 751

17.4. Stanovení čisté návratnosti CNG technologie

Vícenáklady se porovnají s úsporou, která se dosáhne po určité době provozu. V tabulce 29 jsou vypsány vícenáklady a odpovídající doba návratnosti.

Tab. 29 Návratnost investice do CNG

	Varianta 1	Varianta 2
Celkové vícenáklady [Kč]	7 120 000	8 380 000
Nejbližší úspora [Kč]	7 193 620	8 479 220
Za období [Kč]	4 roky, 2 měsíců	4 roky, 10 měsíců

18. Návrh finančního krytí navržených variantních řešení

Pro návrh finančního krytí bylo použito kalkulátoru od Komerční banky. Pro možné schválení úvěru je nutné bance předložit podnikatelský záměr a mít k dispozici alespoň 30% finančních prostředků z uvažovaných celkových nákladů k provedení podnikatelského záměru. Základní údaje jsou pro oba úvěry shodné a jsou shrnuty v následující tabulce 30. Tyto údaje jsou pouze orientační, jelikož konkrétní podmínky jsou pak domluveny individuálně při jednání s klientem.

Tab. 30 Základní údaje pro realizaci úvěru

Podíl vlastních prostředků	minimálně 30 %
Úroková sazba	8 %
Zpracování a vyhodnocení žádosti o úvěr	30 000 Kč
Za realizaci úvěru (příslibu úvěru)	60 000 Kč
Spravování úvěru (měsíčně)	600 Kč
Počet splátek	36

Splátka se vypočítává z několika položek. První položkou je placení jistiny, která se kalkuluje z rozdělení půjčené částky na příslušný počet měsíců splácení. Druhou částí je splátka úroků, která je vypočítána z nesplacené zapůjčené částky vynásobené úrokem a vydělené 12, částka odpovídá měsíčnímu úroku. Poslední položkou je měsíční poplatek za spravování účtu. Výše splátky měsíčně postupně klesá, proměnná hodnota je výše úroku. Poslední řádek tabulek udává celkovou splacenou částku, ke které byly připočteny náklady zaplacené před schválením úvěru, což je poplatek za zpracování žádosti a realizaci úvěru. První varianta je v tabulce 31, druhá varianta v tabulce 32. Kompletní výpisy splátek jsou uvedeny v příloze 4.

Tab. 31 Finanční krytí pro variantu 1

Celkové náklady projektu	15 000 000 Kč
Vlastní prostředky	5 000 000 Kč
Výše půjčované částky	10 000 000 Kč
Výše první splátky vč. poplatků	345 044,45 Kč
Výše poslední splátky vč. poplatků	280 229,63 Kč
Celková zaplacená částka vč. vstupních poplatků	11 344 933,40 Kč

Tab. 32 Finanční krytí pro variantu 2

Celkové náklady projektu	25 000 000 Kč
Vlastní prostředky	7 500 000 Kč
Výše půjčované částky	17 500 000 Kč
Výše první splátky vč. poplatků	603 377,78 Kč
Výše poslední splátky vč. poplatků	489 951,85 Kč
Celková zaplacená částka vč. vstupních poplatků	19 769 933,33 Kč

Závěr

Cílem mé diplomové práce bylo využití zemního plynu v dopravě a analýza přechodu vozového parku na pohon CNG, zpracování projektu pro firmu Nopek, a.s.

Současná doprava je charakteristická nárůstem počtu vozidel, vznikem kongescí a neposlední řadě i ekologickou zátěží na životní prostředí. Narůstají problémy s kapalnými palivy, neustálé zvyšování jejich cen, které stále častěji lámou rekordy a šplhají do výšin dříve nepředstavitelných. Obrovské výkyvy v cenách mění postupně i myšlení lidí, pomalu se začíná měnit i postoj společnosti k řešení problematiky s palivy. Růst cen je prakticky neustálý a často je závislý na politické situaci ve světě. Kvůli světové krizi je všude tlak na snižování nákladů. Náklady na dopravu se, díky cenám pohonných hmot, neustále navyšují, proto snížení palivových nákladů je na místě. Pro snížení nákladů na palivo je dobré začít uvažovat o alternativních palivech. Zavádění těchto paliv vnáší na trh rozmanitost v používání paliv a tím dosažení stabilnějšího trhu, který již nebude tolik závislý na cenách ropy.

Ke zpracování diplomové práce bylo využito dostupné literatury a konzultace s odborníky v dané problematice. Pro praktickou část práce byla vybrána firma, která již plynofikovanou dopravu v jedné provozovně vlastní, proto nebyl problém zjistit skutečné údaje pro výpočty, jelikož vedení firmy bylo ochotno se podílet na rozšiřování povědomí o CNG.

V únoru 2012 se stala Praha organizátorem mezinárodní konference „Perspektivy rozvoje a využití CNG v dopravě“ za účasti odborníků dané problematiky. Na konferenci se prezentovali zástupci států, ve kterých mají bohaté, pozitivní zkušenosti s podporou a zavedením CNG v dopravě. Přednášející i účastníci se v diskuzích shodovali v názoru, že je

potřeba zvýšit propagaci této problematiky v oblasti podpory státu, politické zainteresovanosti, soustředit se na legislativní úpravy a potlačení silného ropného lobbingu. Účast na konferenci mi pomohla upřesnit všechny vize, údaje a parametry, měl jsem možnost vše konzultovat s odborníky firem zabývajících se problematikou CNG.

Diplomová práce je rozdělená na dvě hlavní části – teoretickou a praktickou, každá tato část má další kapitoly. Úvodní teoretická část se věnuje dostupným teoretickým poznatkům, které se týkají alternativních paliv, rozebírá historii plyných paliv v dopravě ve světě a v českých zemích, charakterizuje zemní plyn od jeho vzniku přes skladování až po jeho distribuci k zákazníkovi. Ekologické aspekty zemního plynu jsou rozebrány v následující kapitole. V této části je popsána legislativní úprava pro parkování v České republice od jejích prvních omezení až po stávající stav. Následně jsou porovnány obě formy zemního plynu s majoritními kapalnými palivy. Následuje rozdělení plnicích stanic a ukázka konstrukce osobního vozidla s možnými způsoby spalování zemního plynu v motoru. Bezpečnosti je věnována samostatná kapitola, jelikož bezpečnost je u zemního plynu na prvním místě, zabezpečení je na vysoké úrovni. Závěr teoretické části se věnuje dostupnosti všech typů vozidel na českém trhu.

Praktická část spočívala ve spolupráci s firmou Nopek, a.s., která, jak již bylo řečeno, v současné době vlastní jednu provozovnu na CNG a do budoucna uvažuje o další plynifikaci. Úvod této části je zaměřen na profilaci firmy, definici provozovny, vyhodnocení stávajícího stavu a souhrn provozních parametrů. Pro projekt je nutné definovat nastavby pro plnění zadaných úkolů, vybrat vyhovující vozidla, zjistit parametry budované plnicí stanice, plně jí navrhnout a propočítat náklady související s uskutečněním projektu.

Poslední praktická část práce, se zabývá finanční stránkou celého projektu, nejprve bylo nutné predikovat ceny jak CNG tak nafty, zjistit jejich dlouhodobý vývoj a vyčíslit náklady na dobu předpokládané životnosti vozidel. Zajímavé je porovnání cen obou paliv v daném období a jejich vývoj. Práce se zabývá výpočtem návratnosti technologie CNG. V této části je zjištěna návratnost zvýšené investice, po jaké době bude generován zisk. V závěru se zabývám finanční stránkou projektu a zajištěním financí na projekt krytý úvěrem od bankovního domu, výpočtem a harmonogramem splácení i s výší splátek.

Přechod vozového parku na CNG je návratnou investicí a věřím, že závěry práce využije firma Nopek, a.s. k budoucímu rozvoji.

Použitá literatura

1. MATĚJOVSKÝ, V.: *Automobilová paliva*. 1. vydání. Praha: Grada, 2005. 223 s.
ISBN 80-247-0350-5
2. VLK, F.: *Paliva a maziva motorových vozidel*. 1.vydání. Brno: Vlk, 2006. 376 s.
ISBN 80-239-6461-5
3. VLK, F.: *Alternativní pohony motorových vozidel*. Brno: Vlk, 2004. 234 s.
ISBN 80 – 239 – 1602 - 5
4. KAMEŠ, J.: *Alternativní pohony automobilů*. 1.vydání. Praha: Ben, 2004. 232 s.
ISBN 80 – 7300 – 127 – 6
5. HROMÁDKO, J.: *Spalovací motory*. Praha: Grada. 2011.

ISBN 978 – 80 – 247 – 3475 – 0
6. MAXWELL, T.: *Alternative Fuels – Emissions, Economics, and Performance*.
U.S.A.: Society of Automotive Engineers, 2004.

ISBN 1 – 56091 – 523 - 4
7. *Provozně ekonomická analýza potenciálu postupné obměny vozového parku státních orgánů na vozidla s pohonem na CNG*. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu. 2006. nepublikovaný zdroj
8. *Studie proveditelnosti „Podpora veřejné hromadné dopravy ve Středočeském kraji s cílem její postupné ekologizace přechodem na alternativní druh paliva resp. pohonu“*. Brno: Centrum dopravního průzkumu. 2006. nepublikovaný zdroj
9. ŠEBOR, G.: *Technicko – ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě*. Praha. Vysoká škola chemicko – technologická v Praze. 2006. nepublikovaný zdroj
10. CNG stlačený zemní plyn. [online] cit [2011-15-12]. Dostupný z WWW: <http://www.cng.cz>
11. Autobusy Tedom - CNG autobusy a dieselové autobusy - městské a příměstský autobusy. [online] cit [2011-16-12]. Dostupný z WWW: <http://bus.tedom.cz>
12. Zemní plyn. [online] cit [2011-15-12]. Dostupný z WWW: <http://www.zemniplyn.cz>
13. Opel Česká republika. [online] cit [2012-02-01]. Dostupný z WWW: <http://www.opel.cz>

14. CNG company. [online] cit [2012-02-01]. Dostupný z WWW:
<http://www.cngcompany.cz>
15. Irisbus. [online] cit [2012-03-01]. Dostupný z WWW: <http://www.irisbus.com>
16. Obchodní rejstřík. cit [2012-01-02]. Dostupný z WWW: <http://obchodnirejstrik.cz/>
17. Nopek a.s. cit [2012-01-02]. Dostupný z WWW: <http://www.nopek.cz>
18. Český úřad zeměměřický a katastrální. cit [2012-01-02]. Dostupný z WWW:
<http://www.cuzk.cz>
19. Avia klub. cit [2012-01-02]. Dostupný z WWW: <http://www.avia-club.cz>
20. TRPKOŠ, L.: *Údržba a opravy automobilů AVIA A30, A15/20, A31, A21 1968-1994*.
1. Vydání. České Budějovice: Kopp, 2000. 219 s. ISBN 978 – 80 – 7232 – 095 – 5
21. Vše o autech. [online] cit [2012-01-02]. Dostupný z WWW: <http://www.auto.cz>
22. Český statistický úřad. [online] cit [2011-11-12]. Dostupný z WWW:
<http://www.czso.cz>
23. Gas to liquids technology worldwide. [online] cit [2011-11-15]. Dostupný z WWW:
<http://www.chemlink.com.au/gtl.htm>
24. Internal Combustion 1803-1883. [online] cit [2011-10-11]. Dostupný z WWW:
<http://www.quantium.plus.com/derivaz/isaac/isaac.htm>
25. WELCOME to Automotive Technology. [online] cit [2011-21-11]. Dostupný z
WWW: <http://www.brandonsd.mb.ca/crocus/Departments/autotech/History.html>
26. Iveco Česká republika. [online] cit [2011-11-12]. Dostupný z WWW:
<http://www.iveco.cz>
27. Mercedes - Benz. [online] cit [2011-11-12]. Dostupný z WWW:
<http://www.mercedes-benz.cz>

Seznam tabulek

Tab. 1 Příklady složení zemního plynu	13
Tab. 2 Parametry autobusových nádrží na CNG, LNG a na naftu	29
Tab. 3 Porovnání předchozího modelu a současného modelu Opel Zafira	30
Tab. 4 Základní parametry Avia A 30N a A 31N	41

Tab. 5 Základní parametry Iveco Daily 60C15	42
Tab. 6 Základní údaje o používání vozidel v provozovně Hořice.....	43
Tab. 7 Parametry a cena nástavby	44
Tab. 8 Parametry Mercedes – Benz Sprinter 516NGT/L	44
Tab. 9 porovnání cen modelů Mercedes – Benz Sprinter	44
Tab. 10 Parametry Iveco Daily 50C14G	45
Tab. 11 Porovnání cen modelů Iveco Daily	45
Tab. 12 Základní parametry pro výpočet výkonu plnicí stanice	46
Tab. 13 Spotřebovaný plyn za 1 den	46
Tab. 14 Tabulka budovaných inženýrských sítí	47
Tab. 15 Náklady na výstavbu stanice	48
Tab. 16 Celkové náklady na obnovu vozového parku.....	49
Tab. 17 Vývoj ceny motorové nafty v období od roku 2003 do roku 2011	49
Tab. 18 Predikce cen nafty	50
Tab. 19 Vývoj ceny CNG v období od roku 2004 do roku 2011	51
Tab. 20 Predikce cen CNG	52
Tab. 21 Vývoj spotřební daně CNG	52
Tab. 22 Výpočet celkové ceny CNG	53
Tab. 23 Porovnání cen CNG a motorové nafty	53
Tab. 24 Vyčíslení vícenákladů	54
Tab. 25 Měsíční náklady na palivo v letech	54
Tab. 26 Náklady na palivo v letech 2019 až 2025	55
Tab. 27 Výpočet úspor z palivových nákladů v letech 2012 až 2018	55
Tab. 28 Výpočet úspor z palivových nákladů v letech 2019 až 2025	56
Tab. 29 Návrh návratnosti investice do CNG.....	56
Tab. 30 Základní údaje pro realizaci úvěru	57
Tab. 31 Finanční krytí pro variantu 1	57
Tab. 32 Finanční krytí pro variantu 2	58

Seznam obrázků

Obr. 1 Vůz setrojený Issacem de Rivazem.....	5
Obr. 2 Vůz J.J.E. LEnoira.....	6
Obr. 3 Motor N.A.Otta	6
Obr. 4 Plynová tramvaj v Rusku	7
Obr. 5 Traktor na LNG v Sovětském Svazu.....	11
Obr. 6 Schéma těžby, úpravy a dopravy zemního plynu.....	14
Obr. 7 Tranzitní plynovod, Slovensko	16
Obr. 8 Tanker pro přepravu LNG.....	16
Obr. 9 Ukázka hospodaření se zemním plynem za rok	17
Obr. 10 Schéma pomaluplníčí stanice	24
Obr. 11 Domácí plnící stanice od firmy Jikov.....	24
Obr. 12 Stanice pro plnění více vozidel	25
Obr. 13 Schéma rychloplnící stanice	26
Obr. 14 Plnící stanice Pražských služeb.....	26
Obr. 15 Stanice LNG	27
Obr. 16 Stanice LNG/LCNG	28
Obr. 17 Vstříkovací soustava vozu Opel Zafira	31
Obr. 18 Písty motoru Opel Zafira 1,6 16V	31
Obr. 19 Schéma uložení tlakových lahví.....	31
Obr. 20 Umístění vstříkovače a svíčky.....	33
Obr. 21 Schéma vstříkovače CNG	33
Obr. 22 Schéma palivového systému se vstříkáním zemního plynu a žhavicí svíčkou	34
Obr. 23 Vstříkování zemního plynu s předvstříkem motorové nafty	35
Obr. 24 Testovací požár vozidla na CNG.....	36
Obr. 25 Situační plán provozovny Hořice	40
Obr. 26 Avia A 31N	41
Obr. 27 Iveco Daily 60C15	42

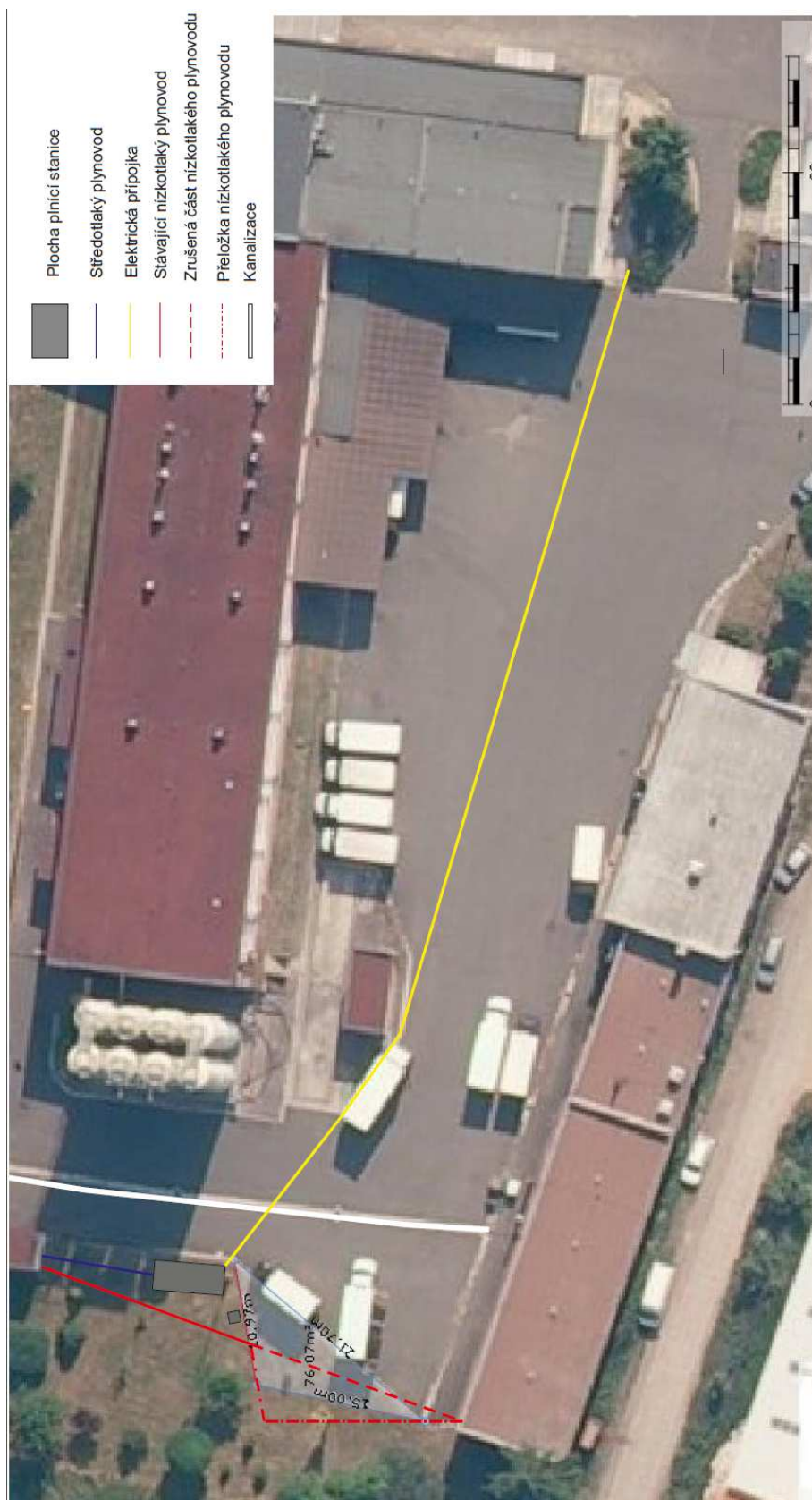
Příloha 1

Tabulka 1 Parkování vozů CNG v podzemních garážích

Stát	Zakázáno	Dovoleno	Bez legislativní úpravy
Finsko		X	X
Francie		X	X
Itálie		X	
Německo		X	
Nizozemí		X	
Portugalsko		X	
Rakousko		X	
Slovensko		X	
Slovinsko		X	
Švédsko		X	
Švýcarsko		X	
Velká Británie		X	

Zdroj: <http://www.cng.cz/cs/vlastnosti/>

Příloha 2



Příloha 3

Tabulka 2 Měsíční úspory za dobu provozu (v tis.)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
leden	133	1 731	3 421	5 203	7 033	8 960	10 886	12 929	15 081	17 206	19 466	21 870	24 422	27 130
únor	265	1 871	3 569	5 355	7 194	9 120	11 055	13 109	15 258	17 394	19 665	22 081	24 647	27 368
březen	398	2 011	3 718	5 506	7 354	9 280	11 225	13 289	15 434	17 581	19 865	22 293	24 871	27 607
duben	530	2 151	3 866	5 658	7 515	9 439	11 394	13 468	15 610	17 768	20 064	22 505	25 096	27 845
květen	663	2 291	4 014	5 810	7 676	9 599	11 564	13 648	15 786	17 956	20 263	22 716	25 320	28 083
červen	795	2 432	4 162	5 962	7 836	9 759	11 733	13 828	15 962	18 143	20 462	22 928	25 545	28 321
červenec	928	2 572	4 310	6 113	7 997	9 918	11 903	14 007	16 138	18 330	20 662	23 139	25 769	28 560
srpen	1 060	2 712	4 458	6 265	8 158	10 078	12 072	14 187	16 314	18 518	20 861	23 351	25 994	28 798
září	1 193	2 852	4 607	6 417	8 319	10 238	12 241	14 366	16 491	18 705	21 060	23 563	26 218	29 036
říjen	1 325	2 993	4 755	6 569	8 479	10 397	12 411	14 546	16 667	18 892	21 259	23 774	26 443	29 275
listopad	1 458	3 133	4 903	6 720	8 640	10 557	12 580	14 726	16 843	19 080	21 459	23 986	26 667	29 513
prosinec	1 590	3 273	5 051	6 872	8 801	10 717	12 750	14 905	17 019	19 267	21 658	24 198	26 892	29 751

Příloha 4

Varianta 1					
Měsíc	Nevyčerpaná částka úvěru	Splátka jistiny	Splátka úroků	Celková výše splátky	Celkové splátky vč. poplatků
1	10 000 000,00 Kč	277 777,78 Kč	66 666,67 Kč	344 444,45 Kč	345 044,45 Kč
2	9 722 222,22 Kč	277 777,78 Kč	64 814,81 Kč	342 592,59 Kč	343 192,59 Kč
3	9 444 444,44 Kč	277 777,78 Kč	62 962,96 Kč	340 740,74 Kč	341 340,74 Kč
4	9 166 666,66 Kč	277 777,78 Kč	61 111,11 Kč	338 888,89 Kč	339 488,89 Kč
5	8 888 888,88 Kč	277 777,78 Kč	59 259,26 Kč	337 037,04 Kč	337 637,04 Kč
6	8 611 111,10 Kč	277 777,78 Kč	57 407,41 Kč	335 185,19 Kč	335 785,19 Kč
7	8 333 333,32 Kč	277 777,78 Kč	55 555,56 Kč	333 333,34 Kč	333 933,34 Kč
8	8 055 555,54 Kč	277 777,78 Kč	53 703,70 Kč	331 481,48 Kč	332 081,48 Kč
9	7 777 777,76 Kč	277 777,78 Kč	51 851,85 Kč	329 629,63 Kč	330 229,63 Kč
10	7 499 999,98 Kč	277 777,78 Kč	50 000,00 Kč	327 777,78 Kč	328 377,78 Kč
11	7 222 222,20 Kč	277 777,78 Kč	48 148,15 Kč	325 925,93 Kč	326 525,93 Kč
12	6 944 444,42 Kč	277 777,78 Kč	46 296,30 Kč	324 074,08 Kč	324 674,08 Kč
13	6 666 666,64 Kč	277 777,78 Kč	44 444,44 Kč	322 222,22 Kč	322 822,22 Kč
14	6 388 888,86 Kč	277 777,78 Kč	42 592,59 Kč	320 370,37 Kč	320 970,37 Kč
15	6 111 111,08 Kč	277 777,78 Kč	40 740,74 Kč	318 518,52 Kč	319 118,52 Kč
16	5 833 333,30 Kč	277 777,78 Kč	38 888,89 Kč	316 666,67 Kč	317 266,67 Kč
17	5 555 555,52 Kč	277 777,78 Kč	37 037,04 Kč	314 814,82 Kč	315 414,82 Kč
18	5 277 777,74 Kč	277 777,78 Kč	35 185,18 Kč	312 962,96 Kč	313 562,96 Kč
19	4 999 999,96 Kč	277 777,78 Kč	33 333,33 Kč	311 111,11 Kč	311 711,11 Kč
20	4 722 222,18 Kč	277 777,78 Kč	31 481,48 Kč	309 259,26 Kč	309 859,26 Kč
21	4 444 444,40 Kč	277 777,78 Kč	29 629,63 Kč	307 407,41 Kč	308 007,41 Kč
22	4 166 666,62 Kč	277 777,78 Kč	27 777,78 Kč	305 555,56 Kč	306 155,56 Kč
23	3 888 888,84 Kč	277 777,78 Kč	25 925,93 Kč	303 703,71 Kč	304 303,71 Kč
24	3 611 111,06 Kč	277 777,78 Kč	24 074,07 Kč	301 851,85 Kč	302 451,85 Kč
25	3 333 333,28 Kč	277 777,78 Kč	22 222,22 Kč	300 000,00 Kč	300 600,00 Kč
26	3 055 555,50 Kč	277 777,78 Kč	20 370,37 Kč	298 148,15 Kč	298 748,15 Kč
27	2 777 777,72 Kč	277 777,78 Kč	18 518,52 Kč	296 296,30 Kč	296 896,30 Kč
28	2 499 999,94 Kč	277 777,78 Kč	16 666,67 Kč	294 444,45 Kč	295 044,45 Kč
29	2 222 222,16 Kč	277 777,78 Kč	14 814,81 Kč	292 592,59 Kč	293 192,59 Kč
30	1 944 444,38 Kč	277 777,78 Kč	12 962,96 Kč	290 740,74 Kč	291 340,74 Kč
31	1 666 666,60 Kč	277 777,78 Kč	11 111,11 Kč	288 888,89 Kč	289 488,89 Kč
32	1 388 888,82 Kč	277 777,78 Kč	9 259,26 Kč	287 037,04 Kč	287 637,04 Kč
33	1 111 111,04 Kč	277 777,78 Kč	7 407,41 Kč	285 185,19 Kč	285 785,19 Kč
34	833 333,26 Kč	277 777,78 Kč	5 555,56 Kč	283 333,34 Kč	283 933,34 Kč
35	555 555,48 Kč	277 777,78 Kč	3 703,70 Kč	281 481,48 Kč	282 081,48 Kč
36	277 777,70 Kč	277 777,78 Kč	1 851,85 Kč	279 629,63 Kč	280 229,63 Kč
	Celkem zaplaceno:			11 254 933,40 Kč	
	Celkem zaplaceno vč. vstupních poplatků:			11 344 933,40 Kč	

Varianta 2					
Měsíc	Nevyčerpaná částka úvěru	Splátka jistiny	Splátka úroků	Celková výše splátky	Celkové splátky vč. poplatků
1	17 500 000,00 Kč	486 111,11 Kč	116 666,67 Kč	602 777,78 Kč	603 377,78 Kč
2	17 013 888,89 Kč	486 111,11 Kč	113 425,93 Kč	599 537,04 Kč	600 137,04 Kč
3	16 527 777,78 Kč	486 111,11 Kč	110 185,19 Kč	596 296,30 Kč	596 896,30 Kč
4	16 041 666,67 Kč	486 111,11 Kč	106 944,44 Kč	593 055,56 Kč	593 655,56 Kč
5	15 555 555,56 Kč	486 111,11 Kč	103 703,70 Kč	589 814,81 Kč	590 414,81 Kč
6	15 069 444,44 Kč	486 111,11 Kč	100 462,96 Kč	586 574,07 Kč	587 174,07 Kč
7	14 583 333,33 Kč	486 111,11 Kč	97 222,22 Kč	583 333,33 Kč	583 933,33 Kč
8	14 097 222,22 Kč	486 111,11 Kč	93 981,48 Kč	580 092,59 Kč	580 692,59 Kč
9	13 611 111,11 Kč	486 111,11 Kč	90 740,74 Kč	576 851,85 Kč	577 451,85 Kč
10	13 125 000,00 Kč	486 111,11 Kč	87 500,00 Kč	573 611,11 Kč	574 211,11 Kč
11	12 638 888,89 Kč	486 111,11 Kč	84 259,26 Kč	570 370,37 Kč	570 970,37 Kč
12	12 152 777,78 Kč	486 111,11 Kč	81 018,52 Kč	567 129,63 Kč	567 729,63 Kč
13	11 666 666,67 Kč	486 111,11 Kč	77 777,78 Kč	563 888,89 Kč	564 488,89 Kč
14	11 180 555,56 Kč	486 111,11 Kč	74 537,04 Kč	560 648,15 Kč	561 248,15 Kč
15	10 694 444,44 Kč	486 111,11 Kč	71 296,30 Kč	557 407,41 Kč	558 007,41 Kč
16	10 208 333,33 Kč	486 111,11 Kč	68 055,56 Kč	554 166,67 Kč	554 766,67 Kč
17	9 722 222,22 Kč	486 111,11 Kč	64 814,81 Kč	550 925,93 Kč	551 525,93 Kč
18	9 236 111,11 Kč	486 111,11 Kč	61 574,07 Kč	547 685,19 Kč	548 285,19 Kč
19	8 750 000,00 Kč	486 111,11 Kč	58 333,33 Kč	544 444,44 Kč	545 044,44 Kč
20	8 263 888,89 Kč	486 111,11 Kč	55 092,59 Kč	541 203,70 Kč	541 803,70 Kč
21	7 777 777,78 Kč	486 111,11 Kč	51 851,85 Kč	537 962,96 Kč	538 562,96 Kč
22	7 291 666,67 Kč	486 111,11 Kč	48 611,11 Kč	534 722,22 Kč	535 322,22 Kč
23	6 805 555,56 Kč	486 111,11 Kč	45 370,37 Kč	531 481,48 Kč	532 081,48 Kč
24	6 319 444,44 Kč	486 111,11 Kč	42 129,63 Kč	528 240,74 Kč	528 840,74 Kč
25	5 833 333,33 Kč	486 111,11 Kč	38 888,89 Kč	525 000,00 Kč	525 600,00 Kč
26	5 347 222,22 Kč	486 111,11 Kč	35 648,15 Kč	521 759,26 Kč	522 359,26 Kč
27	4 861 111,11 Kč	486 111,11 Kč	32 407,41 Kč	518 518,52 Kč	519 118,52 Kč
28	4 375 000,00 Kč	486 111,11 Kč	29 166,67 Kč	515 277,78 Kč	515 877,78 Kč
29	3 888 888,89 Kč	486 111,11 Kč	25 925,93 Kč	512 037,04 Kč	512 637,04 Kč
30	3 402 777,78 Kč	486 111,11 Kč	22 685,19 Kč	508 796,30 Kč	509 396,30 Kč
31	2 916 666,67 Kč	486 111,11 Kč	19 444,44 Kč	505 555,56 Kč	506 155,56 Kč
32	2 430 555,56 Kč	486 111,11 Kč	16 203,70 Kč	502 314,81 Kč	502 914,81 Kč
33	1 944 444,44 Kč	486 111,11 Kč	12 962,96 Kč	499 074,07 Kč	499 674,07 Kč
34	1 458 333,33 Kč	486 111,11 Kč	9 722,22 Kč	495 833,33 Kč	496 433,33 Kč
35	972 222,22 Kč	486 111,11 Kč	6 481,48 Kč	492 592,59 Kč	493 192,59 Kč
36	486 111,11 Kč	486 111,11 Kč	3 240,74 Kč	489 351,85 Kč	489 951,85 Kč
	Celkem zaplaceno:			19 679 933,33 Kč	
	Celkem zaplaceno vč. vstupních poplatků:			19 769 933,33 Kč	