

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra vozidel a pozemní dopravy



Bakalářská práce

Zemní plyn jako alternativní palivo

Tomáš Rejpal

© 2015 ČZU v Praze



Česká zemědělská univerzita v Praze
Technická fakulta
Katedra vozidel a pozemní dopravy

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

- Autor práce: Tomáš Rejpal
Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojích
Obor: Silniční a městská automobilová doprava
- Vedoucí práce: Ing. Jan Hromádko, Ph.D.
- Název práce: **Zemní plyn jako alternativní palivo**
Název anglicky: **Natural gas as an alternative fuel**
Cíle práce: Cílem práce je vytvořit literární rešerši s vlastními komentáři zabývající se zemním plynem jako alternativním palivem.
- Metodika:
- prostudovat základní literaturu v oblasti výroby a využití zemního plynu
- kontaktovat významné organizace zabývající se danou problematikou
- provést globální literární rešerši v dané problematice
- vlastní rozbor problematiky výroby a využití zemního plynu
- návrh doporučení a předpokládaný vývoj v oblasti využití zemního plynu jako alternativního paliva
- Doporučený rozsah práce: 30 - 40 stran formátu A4
- Klíčová slova: zemní plyn, alternativní paliva, zkapalněný zemní plyn, plnicí stanice
- Doporučené zdroje informací:
1. Hromádko J.: Speciální spalovací motory a alternativní pohony, Nakladatelství Grada, Praha, 2012, ISBN 978-80-247-4455-1
 2. Kameš, J.: Alternativní pohony automobilů. Nakladatelství BEN, Praha 2004. ISBN 80-7300-127-6
 3. Šebor G., Pospíšil M., Žákovec J.: Technickoekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě, výzkumná zpráva vypracovaná pro Ministerstvo dopravy ČR, VŠCHT Praha, červen 2006.
 4. CNG - stlačený zemní plyn. [online]. Available at: <<http://www.cng.cz>>
 5. Český plynárenský svaz [online]. Available at: <<http://www.cgoa.cz>>
- Předběžný termín obhajoby: 2015/05 (květen)

Elektronicky schváleno: 13. 1. 2014
doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 3. 2. 2014
prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.
Děkan

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Zemní plyn jako alternativní palivo" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 10. dubna 2015

Poděkování

Úvodem bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce, panu Ing. Janu Hromádkovi, Ph.D., za vedení této diplomové bakalářské práce, jeho podnětné rady a připomínky při jejím vypracování.

Chtěl bych také velice poděkovat svým rodičům za nesmírnou podporu a trpělivost, se kterou mě podporovali v průběhu celého studia a při tvorbě této bakalářské práce.

Anotace

Hlavním úkolem této bakalářské práce je seznámení se, se zemním plynem, jako vhodnou náhradou za kapalná fosilní paliva. Zpočátku je práce věnována základnímu rozdělení jednotlivých fosilních a alternativních paliv, které jsou popsány. Následně je práce věnována zemnímu plynu.

Zemní plyn patří mezi významné části této práce. Práce popisuje zemní plyn jako alternativní palivo od jeho objevení, přes těžbu, dopravu, zpracování, až po jeho použití v motorových vozidlech.

Klíčová slova: zemní plyn, alternativní paliva, zkapalněný zemní plyn, plnicí stanice

Annotation

The main task of this bachelor thesis is familiarization with natural gas, as a suitable replacement for liquid fossil fuels. At the beginning, the work deals with basic division of individual fossil and alternative fuels, which are described. After it, the work deals with natural gas.

Natural gas belongs to important parts of this work. The work describes natural gas as an alternative fuel from his discovery through its production, processing up to its usage in motor vehicles.

Key words: natural gas, alternative fuels, liquid natural gas, filling station

Seznam použitých jednotek a zkratek

LNG - Liquid Natural Gas, zkapalněný zemní plyn

CNG - Compressed Natural Gas, stlačený zemní plyn

LCNG - Liquid-Compressed Natural Gas, stanice kombinovaná CNG a LNG

TDI - Turbocharged Direct Injection, naftový motor s přímým vstřikováním

MTBE - Methyl terc-butyl éter, syntetická složka automobilového benzínu

ETBE - Ethyl terc-butyl éter, biosložka automobilového benzínu

TAME - tercamaylmethyleter, přídavná složka benzínu

MEŘO - Metylester řepkového oleje, bionafta

E85 - směs bioethanolu 85% a benzínu 15%

ADR - sbírka mezinárodních smluv a dohod o přepravě nebezpečných látek

LPG - Liquid Petroleum Gas, zkapalněný ropný plyn, propan-butan

VW - Volkswagen, německý výrobce automobilů

Obsah

Úvod	1
1 Rozdělení paliv	2
1.1 Fosilní paliva.....	2
1.1.1 Pevná paliva	2
1.1.2 Kapalná paliva.....	4
1.1.3 Plynná paliva.....	8
1.2 Alternativní paliva.....	11
1.2.1 Biopaliva	12
1.2.2 Ostatní alternativní paliva	13
2 Zemní plyn.....	15
2.1 Vznik, historie a objevení	15
2.2 Těžba	16
2.3 Složení, vlastnosti a úprava.....	18
2.4 Doprava a skladování.....	20
3 Čerpací a plnicí stanice zemního plynu	24
3.1 Síť čerpacích stanic CNG na území ČR.....	24
3.2 Systém čerpání CNG.....	25
3.2.1 Konstrukce stálých stanic.....	25
3.2.2 Konstrukce mobilních stanic.....	26
3.3 Porovnání cen.....	27
4 Zemní plyn v dopravě.....	28
4.1 Vozidla na CNG.....	28
5 Palivová soustava	31
5.1 Palivové nádrže	31
5.2 Palivové vedení	32
6 Porovnání s ostatními palivy.....	34
6.1 Ekologický dopad na ovzduší	34
6.2 Porovnání spotřeby a výkonu.....	35
6.3 Zákazy a povolení vjezdu.....	36
Závěr	38
Použitá literatura	39
Seznam obrázků.....	41
Seznam tabulek	42
Seznam rovnic	43
Seznam příloh.....	44
Textové a grafické přílohy	45

Úvod

Fosilní paliva patří mezi vyčerpatelné zdroje energie. Jedná se především o ropu, uhlí, zemní plyn, které vznikaly před mnoha miliony let rozkladem organických hmot. Vzhledem k nárůstu dopravy a vývoji průmyslu dochází u spotřeby těchto paliv ke každoročnímu navýšení.

Důležitým aspektem vedoucím k zabývání se alternativními palivy je neustále se zvyšující cena ropy a její zásoby, které se ztenčují. Alternativní pohony a paliva se v současné době již používají, ale zatím pouze v omezené míře.

Elektrická energie uložená v bateriích se pomalu začíná rozšiřovat, toto palivo je však vzhledem ke kapacitě těchto baterií nevhodné pro delší cesty. Biopaliva mají velkou výhodu, vyrábějí se z obnovitelných zdrojů. K celému pokrytí vozového parku by však bylo zapotřebí více zemědělské půdy, než naše planeta obsahuje. Jedním z nejlepších paliv z hlediska budoucnosti je vodík. V poměru, v jakém se dnes produkuje nafta či benzin, je jeho výroba a pokrytí velice nákladné. Veškeré předpoklady ale směřují k tomu, že se vodík stane palivem budoucnosti.

Zemní plyn patří sice mezi neobnovitelná paliva, ale jeho zásoby jsou oproti ropě velké. I za předpokladu rostoucí spotřeby zemního plynu by měl dát lidstvu dostatek času na vývoj alternativního paliva, které by zcela nahradilo ropné produkty.

V České republice se např. CNG používá hlavně u městských autobusů, není však tak rozšířené jako v jiných státech světa, USA. Hlavním úkolem této práce je přiblížit zemní plyn a zhodnotit ho jako alternativní palivo pro pohony spalovacích motorů.

1 Rozdělení paliv

Palivo je chemický prvek nebo látka, která je nedílnou součástí při výrobě energie, nejčastěji tepelné. Tepelná energie se nadále může transformovat a využít například k pohonu vozidel nebo jiných strojů.

1.1 Fosilní paliva

Fosilní paliva se řadí mezi neobnovitelné zdroje energie. Jedná se o nerostné suroviny, které vznikly před desítkami milionů let rozkladem organických hmot. Tvoří je především uhlík a uhlovodíky, ty na sebe váží následně i další prvky. Patří k nejčastějším zdrojům přeměny energie. Masové využívání fosilních paliv odstartovala průmyslová revoluce a za vrchol používání těchto paliv je označováno 20. století. Jelikož za jeden rok spotřebuje lidská rasa průměrně takové množství paliv, které se vytvářelo cca 2 miliony let, je potřeba najít vhodnou a ekonomicky stejně dostupnou surovinu, alternativní palivo. (1)

1.1.1 Pevná paliva

Obr. 1-1 Složení uhlí

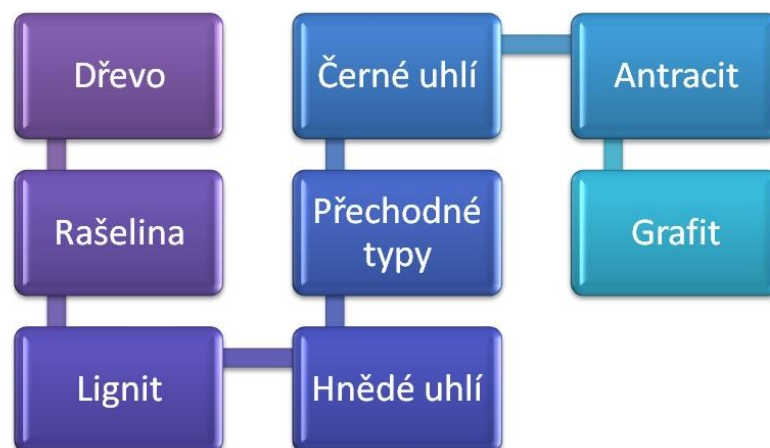


Mezi hlavní zástupce pevných paliv patří především uhlí. To je mezi lidmi používáno už řadu let a některé publikace uvádějí, že poprvé bylo použito v Číně kolem roku 1000 před Kr. Dle nálezů popela používali uhlí Římané, ale k jeho většímu rozšíření došlo až v průběhu středověku. (2)

Největšího rozmachu se toto fosilní palivo dočkalo v období průmyslové revoluce v 18. a 19. stol., kdy se používalo do parních strojů. Postupem času se začalo používat pro výrobu tepla spalováním. Teplo se dále využívalo k ohřevu vody, nebo se

nadále přeměňovalo např. na elektrickou energii. Použití uhlí začal vytlačovat rozvoj dalších fosilních paliv, ale i alternativních. (2)

Obr. 1-2 Vznik uhlí



Uhlí se vytvářelo propadáním rostlin a dřeva do bahna a zde za nepřístupu vzduchu pomocí chemických procesů a atmosférického tlaku vznikla **rašelina**. Při klesání ložiska hlouběji a zvyšováním teploty a tlaku se měnila na **lignit** a **hnědé uhlí**. Pomocí geologické fáze ztrácelo ložisko obsah vodíku a kyslíku a zvyšoval se obsah uhlíku. Tím vzniklo **černé uhlí**. Pokud došlo k úplnému odstranění vodíku a kyslíku, vznikl **antracit**, jenž obsahuje až 90 % uhlíku. (2)

Dobývání uhlí se dá rozdělit na dva způsoby: hlubinná těžba a povrchová těžba. Nejčastěji se využívá povrchová těžba, ta má ale svá úskalí. Při povrchové těžbě dochází k úplné změně okolní krajiny, a tím i k jejímu nenávratnému poškození. K těžbě se používají obrovská kolesová rypadla. Hlubinná těžba je šetrnější k životnímu prostředí, ale ekonomicky je zcela nevýhodná. Je potřeba naplánovat dopravu uhlí k povrchu, ta je řešena pomocí výtahů a systému důlních železnic, které jsou vedeny v horizontálních šachtách dlouhých až několik kilometrů. (2)

Obr. 1-3 Povrchová těžba

Zdroj: <http://iuhli.cz/wp-content/uploads/2015/02/BHPB-Klipspruit-1.jpg>

Obr. 1-4 Hlubinná těžba

Zdroj: <http://zkouska1112.wz.cz/04.jpg>

1.1.2 Kapalná paliva

Základem všech kapalných fosilních paliv je **ropa**, tzv. "černé zlato". Ropa byla známa už ve starověku a postupem času se z ní stávala nejdůležitější surovina. To zapříčinil vývoj spalovacích motorů počátkem 20. stol. Později se začala používat i v jiných odvětvích průmyslu a začala určovat životní úroveň lidstva. Stala se základním palivem pro dopravu, surovinou pro výrobu plastů, hnojiv a pesticidů, ale

především i léků. Některé země ji používají i pro výrobu elektrické energie pomocí spalování. (2)

Jedná se o žlutou až tmavohnědou hořlavou kapalinu, složenou převážně z uhlovodíků a kyslíkatých, dusíkatých a siřných sloučenin. (2)

Obr. 1-5 Složení ropy



Nachází se ve svrchních vrstvách zemské kůry v různých druzích hornin, jak propustných, tak nepropustných. Podle vědců existují dvě teorie o vzniku této kapaliny. *Organická a anorganická.* (2)

Anorganická teorie: Poprvé tuto teorii představil Mendělejev. Jedná se o působení přehřáté vodní páry na karbidy těžkých kovů zahříváné zemským jádrem. Tato teorie byla dokonce i ověřena v laboratorních podmínkách dle rovnice:

Rovnice 1-1 Vznik ropy



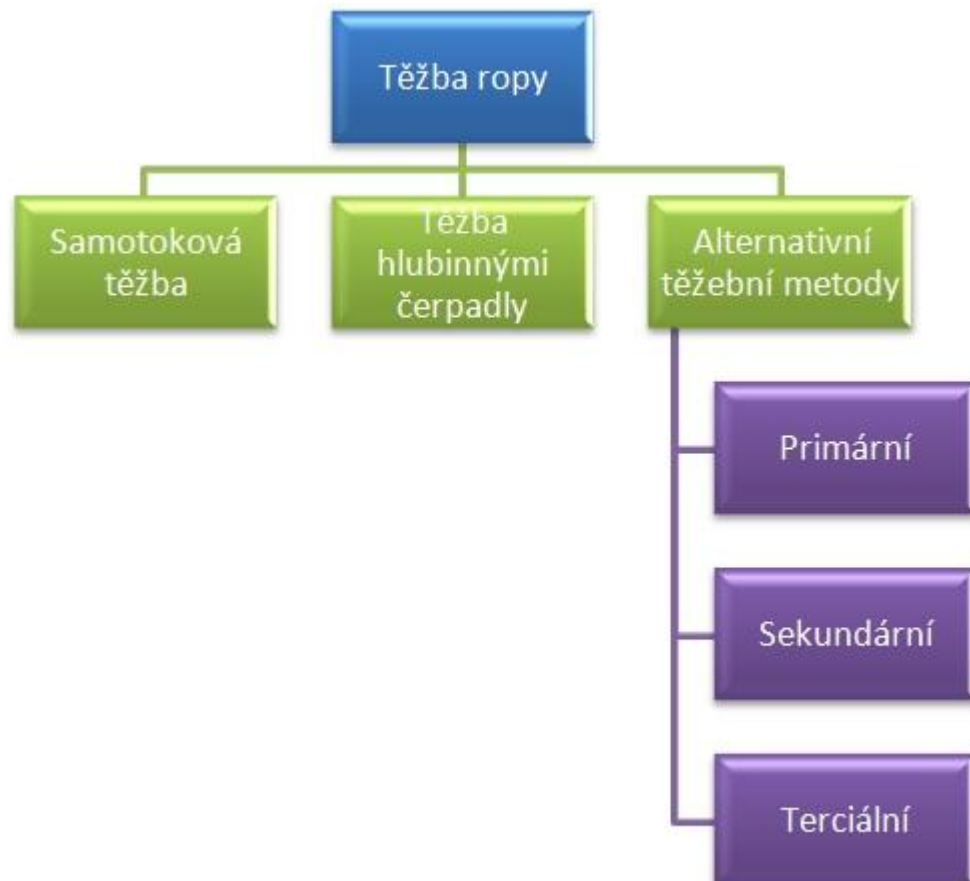
Zdroj: (3)

Organická teorie: Přiklání se k ní většina vědecké obce a předpokládá se, že ropa vznikala rozkladem různých organismů, které byly překryty vrstvami půdy. Ke vzniku ropy jsou potřeba specifické podmínky: vysoký tlak a zamezení přístupu kyslíku. Vlivem speciálních bakterií a minerálních látek začínají vznikat malé kapičky ropy. (2)

Ropa se těží za pomoci vrtů, ke kterým se používá vrtací hlavice osázená diamanty. Postup vrtání závisí na složení a tvrdosti horniny, ve které se ložisko nachází.

(3)

Obr. 1-6 Metody těžby



Samotoková těžba využívá vysoký tlak v ložisku a pomocí vedení se ropa samovolně dostává na povrch. Při tomto způsobu těžby je nutné používat filtry a často provádět údržbu potrubí, které se zanáší částicemi hornin. Lze ji použít do doby, než se tlak v ložisku vyrovná s atmosférickým tlakem a je potřeba přejít na jiné metody těžby. (3)

Hlubinná čerpadla přicházejí na řadu při poklesu tlaku v ropném vrtu. Jedná se o pístová čerpadla hnané elektromotorem. Pomocí dutého pístu a ventilů je ropa postupně vytlačována na povrch. Pro čerpání ropy se dají využít i jiná čerpadla, např. zubová nebo membránová, ale pístová patří k nejpoužívanějším. (3)

Alternativní těžební metody se dělí na tři základní fáze. *Primární* metoda využívá tlaku plynů v ložisku, a tím dochází k samovolnému vytékání na povrch. Tento tlak se vyvolává i uměle stlačeným vzduchem nebo plynem. Při *sekundární* metodě těžby je hlavním cílem udržet tlak v ložisku co nejdéle. K tomu se využívá voda natlačená do ložiska. Mezi *terciální* fáze se řadí různé speciální metody těžby. Jedná se o natlačení různých plynů do ložiska, použití upravené vody různými látkami, nebo ohřátí ropného ložiska a následně změně viskozity. Cílem je vytěžit zbytkovou ropu, kterou nebylo možno vytěžit předchozími fázemi. (2) (3)

Samotná ropa nemá v surovém stavu skoro žádné využití, proto je potřeba ji dále zpracovat. Prvotním cílem je zbavení se hrubých nečistot, písků a vody, která se do ložiska mohla dostat způsobem těžení. Samotné zpracování probíhá pomocí *frakční destilace*. Jednotlivé části od sebe dělí teplota destilace a při každé teplotě vzniká jiný produkt. Při samotné destilaci dochází k uvolňování různých plynů, které se používají jako paliva, jedná se o propan-butan a další uhlovodíky. (4)

Tabulka 1-1 Frakce ropy

Frakce	Přibližná teplota varu (°C)	Přibližná hustota (kg/m ³)
Benzin	70-180	700
Lehký benzin	90	
Střední benzin	90-150	
Těžký benzin	140-180	
Petrolej	170-250	800
Motorová nafta	240-300	900
Parafin	nad 300	
Mazut	destilační zbytek	950-1000

Zdroj: (4)

Jednou z prvních částí destilace je *benzin*. Automobilový benzin se získává ze středního a těžkého benzínu a slouží jako palivo zážehových motorů, lehký se používá např. jako čistič. Kvalitu benzínu udává oktanové číslo. Čím je hodnota vyšší, tím je kvalitnější benzin, jeho max. hodnota je 100. Ke zlepšení benzínu se používá dalších příměsí (MTBE, ETBE, TAME). (4) (2) (5)

Další důležitou částí je *petrolej*. V minulosti byl díky své přilnavosti a nízké viskozitě používán pro svícení v petrolejových lampách, využívaných v běžné domácnosti. Jejich úpadek nastal se zavedením elektrické energie. Nyní se používá jako palivo do proudových a tryskových motorů letadel. (4) (2) (5)

Motorová nafta patří mezi další nejvíce využívané frakce ropy. Je to směs petroleje a plynového oleje. Její nejdůležitější schopnost samovznícení se využívá především u vznětových motorů, kde slouží jako palivo. Dále se používá k vytápění speciálními kotli a kamny. Kvalitu nafty určuje cetanové číslo, které udává schopnost vznícení. Motorová nafta je velmi choulostivá na teplotu okolí, a tudíž může docházet i k jejímu zamrznutí. Tomu jde zabránit přidáním vhodných aditiv příměsí (MEŘO). (2) (4) (5)

Parafin dříve vznikal jako vedlejší produkt při výrobě minerálních olejů, nyní je to produkt frakční destilace. Využívá se především k výrobě svíček a slouží jako ochrana před korozi a okolními vlivy. (2) (4) (5)

Mazut je jednou z posledních částí destilace, ta probíhá při atmosférickém tlaku. Nejčastější výskyt mazutu je převážně na lodích a teplárnách jako palivo, nebo se ve velké míře využívá jako mazadlo a ochrana proti korozi. Mazut může projít další fází destilace, ale pouze za sníženého tlaku. Produktem je pak *asfalt*. (2) (4) (5)

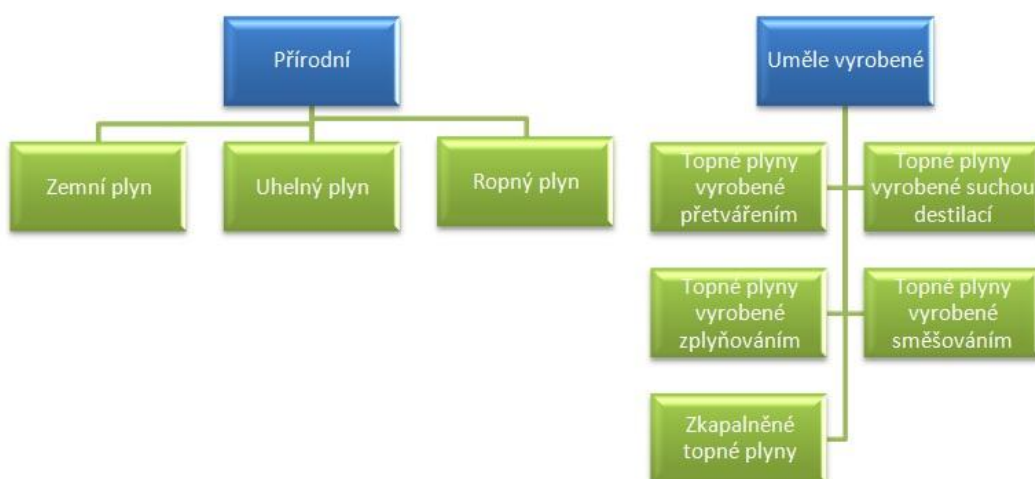
1.1.3 Plynná paliva

Plynné palivo je tvořeno směsí hořlavých a nehořlavých plynů, které se využívají pro získávání tepla spalováním. Tato paliva se dají rozdělit do čtyř skupin dle spalného tepla.

- a) **Se spalným teplem do 16,8 MJ/m³** - patří sem převážně chudé plyny: konvertorový plyn, vysokopecní plyn, nízkotlaké generátorové plyny.
- b) **Se spalným teplem od 16,8 do 20 MJ/m³** - jedná se o středně výhřevné plyny: vodní plyn, směsi různých plynů.
- c) **Se spalným teplem od 20 do 50 MJ/m³** - převážně bohaté plyny: svítíplyn, koksárenský plyn, zemní plyn naftový, kalové plyny.
- d) **Se spalným teplem vyšším než 80MJ/m³** - vysoko výhřevné plyny: zkapalněné uhlovodíkové plyny.

Na všechna plynná paliva se kladou daleko vyšší nároky z hlediska bezpečnosti. Plynná paliva jsou za jistých podmínek všechna výbušná a jedovatá s výjimkou zemního plynu a zkapalněných plynů kvůli přítomnosti oxidu uhelnatého. Plynné palivo má v mnoha ohledech lepší vlastnosti než paliva tuhá a kapalná. Do jisté míry se tak tuhá a kapalná paliva dají plynnými nahradit. Plynné palivo má možnost dokonalejšího spalování, a tím i menších ztrát tepla. Při předehřívání paliva se může dosahovat vyšších teplot, jednoduššího spalování, a tím i regulace a snadné dopravy plynu z místa těžby na místo spotřeby. Jistým nedostatkem je malá objemová hmotnost, což zapříčiňuje jisté problémy při skladování v porovnání s tuhými či kapalnými palivy. (6)

Obr. 1-7 Rozdělení plynných paliv



Z přírodních plynů se nejvíce využívá zemní plyn. Ten má samostatná ložiska. Uhelný plyn se vyskytuje společně s ložisky uhlí a je příčinou častých otrav a výbuchů v důlních štolách. Ropný plyn se nachází u ložiska ropy. Je v prostorách, které ropa nevyplnila a napomáhá vytlačování ropy na povrch. (6) (2)

Umělých plynných paliv je celá řada, především se jedná o topné plyny. Je to převážně způsobené tím, že způsobů výroby plynných paliv je daleko více než u tuhých či kapalných. Plynná paliva mohou také vznikat jako vedlejší produkt při různých technologických procesech (výroba surového železa). Mezi topné plyny nepatří ty, jenž se využívají při speciálních pracích jako je řezání plamenem, např. acetylen. (6) (2)

Topné plyny vyrobené přetvářením mají dva hlavní zástupce. Prvním je *reformovaný zemní plyn*, jedná se o ropný nebo uhelný plyn zředěný vodíkem a oxidem uhelnatým. Zředění má za následek snížení výhřevnosti a zlepšení vlastností při spalování v hořácích. Spousta plynů má nevhodné vlastnosti pro použití v domácnostech, a to je způsobeno malou zapalovací rychlostí. Reformováním lze dosáhnout rychlejšího zapalování a jistějšího hoření, to má za následek vyšší bezpečnost při spalování. Dalším zástupcem je *konverzní zemní plyn*. Vyrábí se ze zemního plynu a opět se do zemního plynu zpět přimíchává. Samostatně se jako palivo nepoužívá, použití má hlavně v chemickém průmyslu na výrobu syntézních plynů. Tento plyn vzniká neúplným spálením metanu. (6) (2)

Topné plyny vyrobené suchou destilací se získávají převážně z tuhých paliv. *Svítiplýn*, jak vyplývá z jeho názvu, byl hlavně k osvětlování. Vyráběl se v plynárnách z černého uhlí. Byla snaha tento plyn vyrobit s co největší výhřevností kvůli velikosti osvětlovacího plamene. Dnes se vyrábí několika způsoby: tlakovým zplyňováním hnědého uhlí s kyslíkem a vodní párou, v karbonizačních plynárnách, případně i směs těchto plynů s příměsí koksárenského. Tento plyn se ovšem z ekonomických důvodů dodával zředěný, smíchaný s lacinějšími plyny (vodní, generátorový plyn), které snižovaly jeho výhřevnost. Tento plyn měl obchodní název městský plyn. *Koksárenský* vzniká při výrobě koksu z kvalitního černého uhlí jako vedlejší produkt. Proto obsahuje menší podíl uhlovodíků a vyšší obsah vodíku. To má za následek menší výhřevnost. Složení a vlastnosti závisí na druhu uhlí, druhu vyráběného koksu atd. Pokud se koksárenský plyn odsítí a vyčistí, získáme svítiplýn. *Plyn nízkoteplotní karbonizace* je vedlejším produktem při výrobě dehtu. Složení plynu se mění s druhem karbonizovaného paliva. Z tohoto plynu se získává benzin a etylen, nebo se přímo spaluje v provozovnách. (2) (6)

Topné plyny vyrobené zplyňováním jsou nejčastěji z kapalných ale i tuhých paliv. *Vysokopecní plyn* vzniká při výrobě surového železa ve vysoké peci, a to nedokonalým spalováním koksu. Jeho složení je závislé právě na druhu koksu, vsázky a dalších materiálů ve vysoké peci. Má nízký obsah metanu, vodíku a neobsahuje žádnou síru. To má za následek že, je naprosto bez zápachu, je však prudce jedovatý. Je dobré ho smíchat s dalšími plyny o vyšší výhřevnosti z hlediska použití na topení v kotelnách. *Konvertorový plyn* vzniká při výrobě oceli v konvertorech. Tento plyn je nutno vyčistit, neboť jeho hlavní složkou je oxid uhelnatý a poté se zachycuje do plynojemů. Následně se buď spálí, a nebo se vypouští do ovzduší. Při jednotlivých výrobcích železných i neželezných prvků vzniká mnoho plynů, některé mají další využití, jiné jsou nežádoucí nebo málo používané. Mezi další zástupce této skupiny patří obohacený vodní plyn, který se používá jako náhrada za svítivý plyn, olejový plyn, vyráběný štěpením z minerálních olejů a syntézní plyn, využívaný při výrobě amoniaku, metanolu a dalších vyšších alkoholů. (2) (6)

Topné plyny vyrobené kombinovaným způsobem jsou plyny, které byly smíchány z různých topných plynů uvedených výše. Tento plyn je označen jako směsný a jeho složení je tedy různé, většinou se jedná o směs koksárenského a vysokopecního plynu. (2) (6)

Zkapalněné topné plyny se zachycují převážně ze zemního plynu nebo při různých procesech. Vzhledem ke skladování se uchovávají ve zkapalněné formě, které se dosáhne vyšším tlakem a po uvolnění se opět převedou do plynného stavu. Tato vlastnost je velice výhodná, a tudíž se používají v domácnostech, kde není zavedena přípojka městského plynu. Hlavním zástupcem je *Propan-butan*. (6) (2)

1.2 Alternativní paliva

Těmito palivy se převážně snažíme nahradit fosilní paliva, vyčerpatelné zdroje energie. Druhotným úkolem těchto paliv je snižování vypouštěných škodlivin do ovzduší. Alternativní paliva se především zaměřují na pohon dopravních prostředků. Toto technické odvětví je šířeno dvěma pomyslnými směry: přestavbou nebo úpravou dosavadních spalovacích motorů nebo vytvořením zcela nové pohonné jednotky.

1.2.1 Biopaliva

Bioplyn se uvolňuje při rozkládání odumřelých organických látek. Tento plyn se dnes získává především ze skládek komunálního odpadu nebo zemědělského odpadu. Jeho hlavní složkou je převážně metan a oxid uhličitý, ostatní prvky jsou již v malém poměru. Cílená výroba tohoto plynu probíhá v digestořích. Objem nádrží bývá kolem několika tisíc metrů krychlových. Hlavním zdrojem je močka, proto se tato zařízení staví vedle teletníků, prasečáků apod. Při určité teplotě dochází k rozkladu organické látky za pomoci různých bakterií a mikroorganismů, to má za následek uvolňování plynu, který se odčerpává. Bioplyn se používá převážně pro vytápění a jeho spalování probíhá v kotlích, nebo se přeměňuje na elektrickou energii v plynových turbínách. Po odstranění oxidu uhličitého z hlediska výhřevnosti se používá i pro pohon motorových vozidel, častěji se ale přimíchává do stlačeného zemního plynu. (7) (6)

Bionafta, nebo-li metylester, je vyráběna chemickou reakcí z olejů za přítomnosti dalších látek, nejdůležitější je metanol. V České republice se nejčastěji používá řepkový olej, jedná se o metylester řepkového oleje, zkráceně MEŘO. To se používá samostatně jako palivo do vznětových motorů nebo se dle norem přimíchává do klasické nafty. V porovnání s naftou má vyšší cetanové číslo, lépe se odbourává v případě havárií, ale je nestabilní, což je problém z hlediska skladování, má nižší výhřevnost a je potřeba ji před spalováním ve válci motoru ohřát na vyšší teplotu. Bionafta se převážně používá v zemědělských strojích, dnes se dá běžně natankovat u některých čerpacích stanic, ale nedoporučuje se používat tam, kde palivový systém obsahuje olovo, měď, mosaz či zinek. Vzhledem k její vyšší viskozitě není vhodná do všech vznětových motorů, proto dnes výrobci udávají, zda je vhodné ji použít. (8)

Bioetanol je palivo vyráběné fermentací z plodin, které obsahují velké množství cukrů nebo látek, ze kterých se dá cukr snadno vyrobit (škrob). Při kvašení probíhajícím za nepřístupu vzduchu vzniká následně surový alkohol. Takto vzniklý alkohol je nutné vyčistit za pomoci destilace. Etanol se používá jako palivo do zážehových motorů, zde se míchá s benzinem a má obchodní označení E85 (85 % etanolu, 15 % benzínu). Z etanolu se vyrábí MTBE (metyl-terc.-butyl éter) a ETBE (etyl-terc.-butyl éter), což jsou příměsi automobilových benzinů. Slouží jako biosložky, které se dle norem přimíchávají do benzínu. (8)

1.2.2 Ostatní alternativní paliva

Vodík je v mnoha firmách zabývajících se automobilovým průmyslem označován jako palivo budoucnosti. K využití vodíku se používá jeho kapalná forma. Existují dva základní způsoby pro získání energie pro pohon motorových vozidel. Buď dochází k jeho spalování přímo ve válci motoru, nebo se používá jako sekundární palivo pro výrobu elektrické energie v palivových článcích. Jelikož je jeho přirozená forma plynná, je nutné ho zkapalnit, a to je velice energeticky náročné. Následné skladování probíhá ve velkokapacitních tlakových nádobách. V současné době se rozšiřuje síť čerpacích stanic na vodík a i jeho použití v dopravě. (8)

Obr. 1-8 Auto poháněné vodíkem

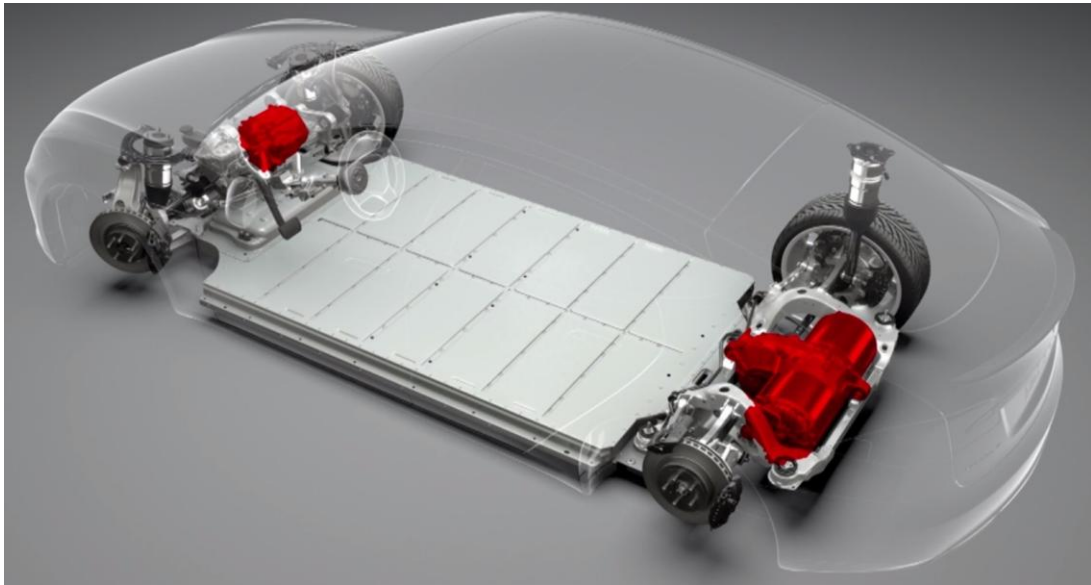


Zdroj: <http://21stoleti.cz/wp-content/images/1171710078.jpg>

Elektrická energie je v poslední době velmi využívaný pohon automobilů. Automobilky je prodávají již řadu let a neustále je vyvíjejí. Součástí elektromobilu jsou baterie a elektromotor. Tyto baterie je nejlépe optimalizovat tak, aby se co nejrychleji nabily na co největší kapacitu a aby co nejpomaleji docházelo k jejich vybití. Jedna z nevýhod těchto pohonů je právě dlouhé nabíjení oproti natankování běžného paliva do nádrže. Postupem času dochází k velkému rozšiřování dobíjecích stanic, které se nachází i v nákupních centrech. Největší pokrok udělala v tomto směru společnost Tesla

Motors. Vyrábí již dva vozy, které dosahují dobré dojezdové vzdálenosti vzhledem k využití komfortních systémů vozidla. (9) (10)

Obr. 1-9 Tesla model S se dvěma motory



Zdroj: <http://www.teslamotors.com/models>

2 Zemní plyn

Rozvoj v oblasti plynárenství se týká především využití zemního plynu, který je ohleduplnější k životnímu prostředí a snadno se dopravuje z místa na místo. V současnosti se zemní plyn využívá jako základní surovina k výrobě dalších látek, např. plastických hmot, alkoholů, amoniaku apod. Těžba plynu je vzhledem k těžbě tuhých a kapalných paliv ekonomicky výhodnější a vzhledem k jeho nízkému obsahu síry i šetrnější k životnímu prostředí.

2.1 Vznik, historie a objevení

Vznik zemního plynu obklopuje mnoho teorií. Vzhledem k tomu, že se zemní plyn vyskytuje spolu s ostatními fosilními palivy jako je ropa a uhlí, přiklání se jedna z teorií k organickému způsobu. Zemní plyn tedy vznikal společně s dalšími fosilními palivy postupným rozkladem organického materiálu, z toho se postupně uvolňoval uhlík a docházelo ke vzniku uhlovodíků, nejčastěji metanu. Za druhý případ organického vzniku se dá považovat organická transformace drobnými mikroorganismy. Tyto malé organismy se nacházejí blízko povrchu země nebo mohou žít i ve střevech živočichů. Za určitých okolností může být takto vzniklý metan utěsněn pod zemí. Tento plyn se nazývá biogenní. Nejčastěji tento plyn vzniká na skládkách odpadů. Podle anorganické teorie vzniká zemní plyn chemickými reakcemi různých anorganických látek. V novodobé historii přišli vědci s novou hypotézou, tzv. abiogenetickou hypotézou. Dle této hypotézy vznikal zemní plyn štěpením uhlovodíků, které se na naši planetu dostali při jejím vzniku z vesmíru. (2) (11)

Zemní plyn byl znám již v dobách středověku, ale lidé se na něj dívali jako na nadpřirozený jev. O samotné existenci zemního plynu se tedy ví už poměrně dlouhou dobu, avšak neměl žádné využití. Lidé v těchto dávných dobách neuměli žádný plyn skladovat, natož ho jakkoliv začlenit do tehdejšího způsobu života. První ho komerčně použili Angličané jako palivo do pouličních lamp v roce 1785. V roce 1791 navrhl John Barber využití tohoto plynu ve směsi se vzduchem k pohonu turbíny a v roce 1801 si Phillipe Lebon nechal jako první patentovat spalovací motor, který byl poháněn směsí svítiplynu. Zemní plyn jako palivo byl poprvé použit v roce 1872 v Ottově motoru. Vzhledem k levné ceně ropy v této době se od vývoje těchto motorů opustilo. Až v roce 1972 byl na olympijských hrách představen městský autobus s pohonem na zkapalněný

zemní plyn. V České republice byla v roce 1989 uvedena do provozu první plnicí stanice v Měcholupech a o dva roky později vyjelo prvních pět autobusů na pravidelných linkách v Praze právě na pohon stlačeného zemního plynu. (11) (2)

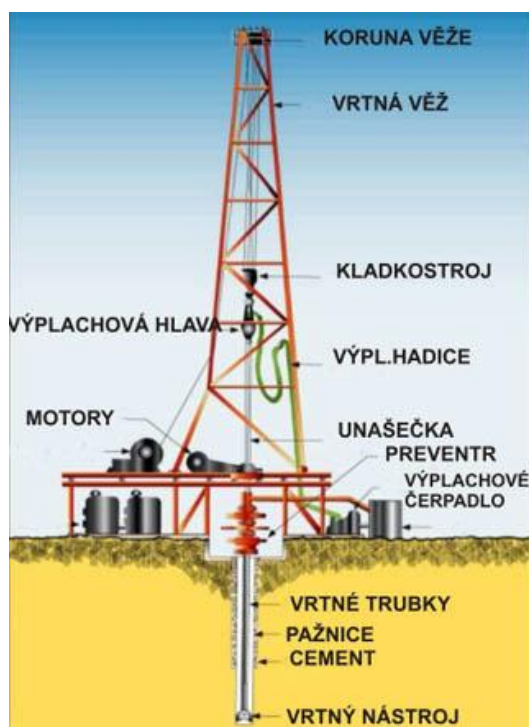
2.2 Těžba

Nejprve je nutné pomocí různých geologických průzkumů najít místo, kde se zemní plyn nachází. Provede se tzv. průzkumný vrt a pokud je úspěšný, započne příprava na samotnou těžbu. Při samotném hloubení vrtu, který má na počátku největší průměr a dochází k jeho zmenšování, se střídají tyto způsoby. (12)

Obr. 2-1 Způsoby hloubení vrtu



Obr. 2-2 Vrtná plošina



Zdroj: http://www.petroleum.cz/ropa/system/vrty_vrtani_03.jpg

Prvním ze způsobů těžby je *nárazové vrtání*. Jedná se o způsob hloubení vrtu kinematickým rázem na horninu pomocí různě tvarovaných dlát. Tato dláta jsou buď zavěšena na tyčích nebo na lanech. Občas je potřeba těžbu přerušit a vyhloubený vrt vyčistit od úlomků horniny. Čištění vrtu má dva základní způsoby: mechanické vybírání úlomků nebo se provádí výplachem vody. (12) (13)

U *rotačního vrtání* je dláto na konci vrtací soupravy nahrazeno vrtným nástrojem. Tento nástroj koná rotační pohyb a řízeným přitlakem dochází k hloubení vrtu. Během vrtání probíhá i výplach vrtu pomocí směsi vody a jílu, a zároveň dochází k ochlazení vrtacího nástroje. Tento způsob je velice výhodný, jelikož se hloubení vrtu nemusí zastavovat jako u nárazového vrtání. Vrtací nástroje se využívají dva: dláto a korunka. Dláto má vrtací segmenty, na kterých je převážně technický diamant a další různé tvrdé prvky, a úlomky horniny tudíž odchází po obvodě vrtu k povrchu. Vrtací korunka je uvnitř dutá a rotuje celá, tudíž jádro horniny odchází k povrchu středem. (12) (13)

Obr. 2-3 Vrtací korunka (vlevo) a vrtací dláto



Zdroj: http://www.petroleum.cz/ropa/system/vrty_vrtani_06f.jpg

Při *turbínovém* a *elektrickém* způsobu hloubení se používá k pohybu vrtáku turbína nebo speciální elektromotor. Výplach vyhloubeného vrtu se provádí kapalinou, která proudí skrz vrták. (13)

Po dosažení požadované hloubky vrtu se vrtná soustava nahradí potrubím a měřidly potřebnými pro těžbu plynu. V tomto potrubí je nejdůležitější **preventr**. Jedná se o tlakový ventil na konci sondy, který v případě velkého navýšení tlaku vrt automaticky uzavře. Aby při hloubení nedocházelo k závalům již vyvrtané části, používají se ke zpevnění ocelové roury, pažnice. Jednotlivé pažnice jsou na sebe našroubovány a mezikruží mezi pažnicí a stěnou vrtu je utěsněno cementem. Běžně

probíhá hloubení vrtů vertikálně, někdy je ale zapotřebí zakřiveného vrtu. Těmito otvory se lze dostat ke špatně přístupným ložiskům. Toto hloubení je časově i technologicky náročnější. K usměrňování směru vrtání je nutno použít vrtací klíny, o které se vrtací hlava opře a pokračuje ve vrtání měkčí horninou. Po dokončení vrtu je potřeba provést test čerpání plynu k ověření průtoku. (12)

2.3 Složení, vlastnosti a úprava

Zemní plyn patří do skupiny vysoce výhřevných plynů a jeho složky se mění s místem naleziště. V přirozené formě je zemní plyn bezbarvý, bez chuti, bez zápachu a lehčí než vzduch. Tento plyn je nejedovatý a neobsahuje kyslík, se kterým tvoří výbušnou směs. Pro použití v domácnostech se pro případy úniku do něj přimíchávají různé látky, aby se dosáhlo jistého zápachu. Hoří namodralým plamenem.

Tabulka 2-1 Složení zemního plynu

Název složky	Chemická zkratka	Obsah složky v [%]
Metan	CH ₄	70-90
Etan	C ₂ H ₆	0-20
Propan	C ₃ H ₈	
Butan	C ₄ H ₈	
Oxid uhličitý	CO ₂	0-8
Kyslík	O ₂	0-0,2
Dusík	N ₂	0-5
Sírovodík	H ₂ S	0-5
Vzácné plyny	He	Stopová množství

Zdroj: (13)

Zemní plyn se dle složení dá rozdělit do čtyř skupin. Skupiny se dělí podle obsahu uhlovodíků a dalších plynů.

- Suchý plyn* - obsahuje převážně metan.
- Vlhký plyn* - obsahuje metan a vyšší uhlovodíky.
- Kyselý plyn* - má vysoký obsah sulfanu.
- Plyn s vyšším obsahem inertních plynů* - převážně oxid uhličitý a dusík.

Tabulka 2-2 Fyzikálně-chemické vlastnosti zemního plynu

Parametr	Hodnota	Rozměr
Výhřevnost	34,09	MJ/m ³
Spalné teplo	10,51	kWh/m ³
Hustota	0,69	kg/m ³
Meze výbušnosti	4,4-15	%
Zápalná teplota	650	°C
Teplota plamene	1 957	°C
Bod vzplanutí	152	°C
Bod tuhnutí	-182	°C
Teplota varu	-162	°C
Stechiometrický objem vzduchu ke spalování	9,51	m ³
Oktanové číslo	130	-

Zdroj: (13)

Po vytěžení je potřeba zemní plyn upravit do takové podoby, aby po přepravě k zákazníkovi mohl být rovnou použit. Proto se odstraňují všechny přítomné nežádoucí látky. Oddělování těchto látek probíhá za pomoci dvou operací. V první fázi se provádí tzv. hrubé předčištění. To probíhá bezprostředně po vytěžení na těžební plošině. Plyn se přefiltruje a zbaví se hrubých nečistot, úlomků hornin, prachu, kapének ropy apod. Druhá fáze probíhá v centrálním závodě. Zde se odstraňují další nežádoucí prvky, které jsou označeny jako odpadní, např. voda nebo i prvky pro další použití: helium, uhlovodíky apod. Vodu je nutné odstranit pro její korozivní účinky, a to nejnázne sušením. (13)

Zemní plyn se nadále používá ve dvou formách. Stlačený zemní plyn CNG (Compressed Natural Gas) a zkapalněný zemní plyn LNG (Liquid Natural Gas). Stlačování zemního plynu se provádí vysokotlakými kompresory. Tlak, na který se plyn stlačuje, závisí na jeho dalším použití. Pro plnicí stanice dochází ke stlačení až na 30 MPa. Zkapalnění zemního plynu je technologicky velice náročná operace. Samotné zkapalnění dnes probíhá třemi různými způsoby. *Klasický kaskádový* způsob má tři okruhy s různými chladivými, která tvoří převážně stlačené uhlovodíky. V každém jednotlivém okruhu dochází k postupnému ochlazení až na teplotu -162 °C, kdy zemní plyn zkapalní. *Modifikovaný* způsob využívá jednoho upraveného kompresoru. Celková cena na pořízení a provoz je sice nižší, ale vzrůstá spotřeba měrné energie. Pro expanzní způsob je zapotřebí jistý tlakový spád, to se realizuje při dálkové přepravě

potrubím. Jednou ze součástí tohoto procesu je i expanzní turbína, pomocí které se vyrábí elektrická energie. (13)

2.4 Doprava a skladování

Přeprava zemního plynu je jedna z nejnáročnějších operací. Nejčastěji je dopravován potrubím, a to až v 80 % produkce, a zbytek pomocí tankerů ve zkapalněné formě.

Plynovody se napojí na těžební stanici a ústí v přejímacích terminálech, rozvodnách nebo až u koncového zákazníka. V samotné Evropě je dnes velice hustá síť dálkových plynovodů a u některých průměr potrubí přesahuje i 1000 mm. Plynovody se budují jak na souši, tak i na mořském dně. Potrubí lze rozdělit do čtyř základních skupin podle pracovního tlaku:

- Nízkotlaké do 5 kPa.
- Středotlaké do 400 kPa.
- Vysokotlaké do 4 MPa.
- Velmi vysokotlaké nad 4 MPa.

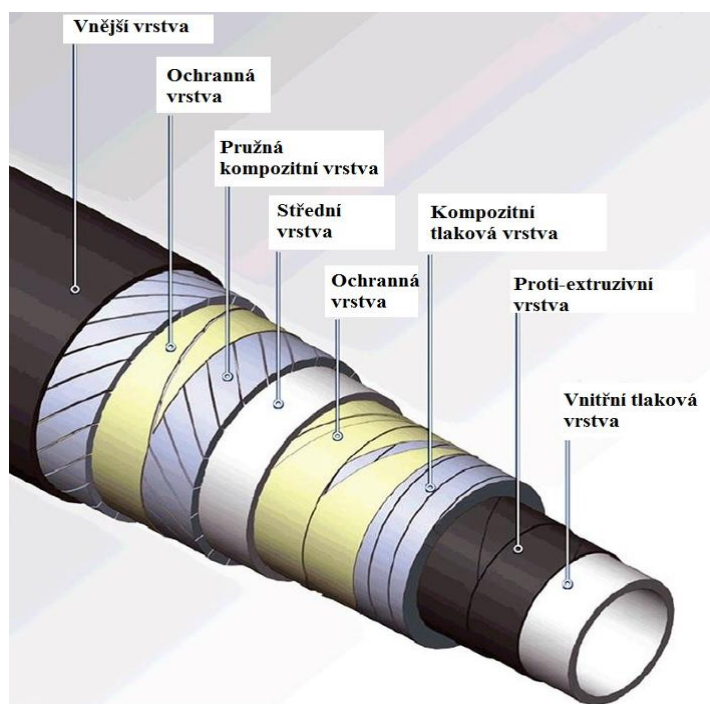
Obr. 2-4 Mapa plynovodů v Evropě



Zdroj: <http://www.cena-plynu.eu/wp-content/uploads/2013/09/Z%C3%A1sobov%C3%A1n%C3%AD-Evropy-a-%C4%8CR-zemn%C3%ADm-plynem-02.gif>

Přeprava tímto způsobem je ekonomicky velice výhodná, a proto se budují potrubí nová. Dnes již staré ocelové potrubí je nahrazováno novým, kompozitním. To je vhodné pro všechny druhy plynů, a tak je možné během přepravy nějaké plyny navíc přimíchávat. V České republice se v domácnostech nadále používají trubky ocelové, v zahraničí, především v západní Evropě, se používají trubky vícevrstvé potažené polyetylénem. Použití těchto trubek v ČR brání nejasná vyložení protipožárních vyhlášek a zákonů. (14) (15)

Obr. 2-5 Kompozitní roura

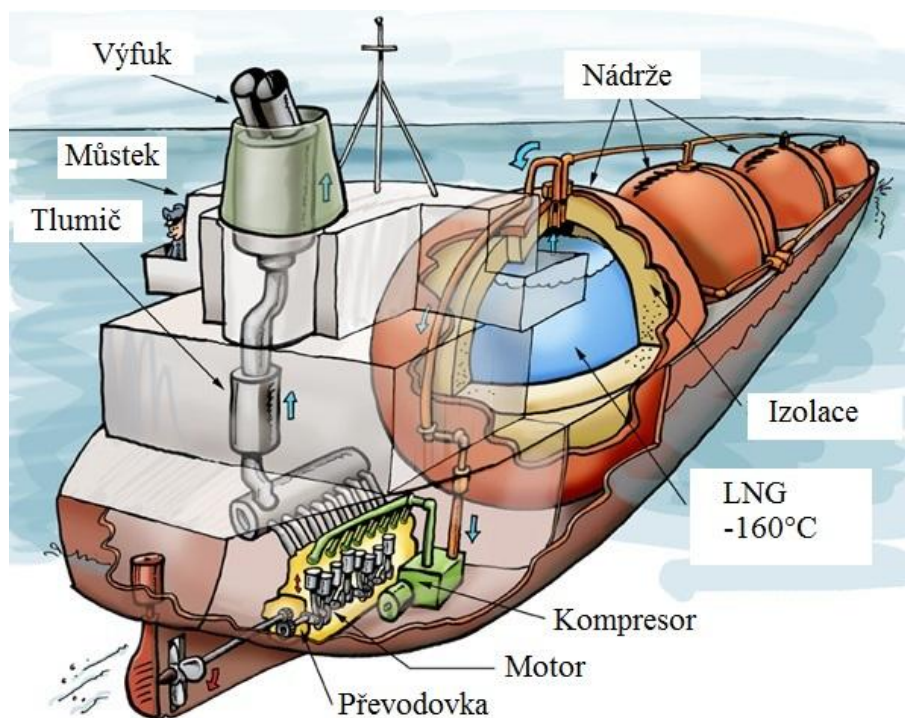


Zdroj: <http://www.compositesworld.com/articles/fossil-and-mineral-resources-composite-expand>

Pro přepravu zemního plynu pomocí velkých tankerů je nutné plyn zkapalnit. Není to ani tak důležité z technického hlediska, jako spíše z ekonomického. Po zkapalnění má zemní plyn (LNG) cca. 600x menší objem. Na palubě těchto tankerů jsou obrovské nádrže, jejichž účelem je udržet plyn při teplotě kolem -160°C a o tlaku lehce vyšším než atmosférický (101 kPa). Pro jejich pohon je využíván převážně zemní plyn. Tyto tankery o kapacitě převyšující až 100 000 t převezou plyn do přístavu, kde se přečerpá do satelitních stanic. Stanice mohou být napojeny na potrubní systém, do kterého se postupně stlačuje vysokotlakými čerpadly a následně odpařováním se dostává zemní plyn opět v plynném stavu do potrubí. Ke spotřebiteli může být LNG

rozhváženo pozemní dopravou, vlakem nebo nákladním automobilem opatřeným cisternou. Tyto cisterny pro přepravu LNG spadají pod předpisy ADR (přeprava nebezpečných látek). V ČR je LNG získáváno pouze z dovozu pozemní dopravou. Zkapalňovací stanice se nachází převážně v mořských přístavech. O vybudování zkapalňovací stanice na našem území se již spekovalo. Ke zkapalnění by se používal plyn z plynovodů, ale vzhledem k malé poptávce LNG by vybudování této stanice bylo značně neekonomické. (4) (8)

Obr. 2-6 Tanker pro přepravu LNG



Zdroj: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1f/LNGtanker.jpg>

Vzhledem k jeho nestálé spotřebě je nutno zemní plyn skladovat. Jeho uskladnění vyžaduje velký prostor a je zapotřebí udržet jistou jakost zemního plynu. Mohou být vytvořeny nádrže na povrchu, jejich výroba je ale značně nákladná. Proto se k uskladnění používají podzemní prostory. (14)

Porézní zásobníky vznikají po vytěžení ropy či zemního plynu. Horniny kolem dutiny jsou pevné, ale propustné. Je možno také využít dutin s podzemní vodou, která je tlakem vytlačena do nižších prostor a vzniklá dutina se naplní zemním plynem. (14)

Kavernové zásobníky jsou uměle vytvořené prostory, které vznikly těžbou nerostů. Především se jedná o uhelné nebo solné doly. Výhodou těchto zásobníků je velký provozní výkon. Těsnost zásobníku se zabezpečuje hydrostatickým tlakem kolem celé kaverny. To je zajištěno stálým průtokem vody kolem zásobníku. Před uskladněním zemního plynu je nutné provést zkoušku těsnosti. Nejčastějším médiem této zkoušky je dusík, v USA se používá i palivová nafta. (14) (8)

3 Čerpací a plnicí stanice zemního plynu

Čerpací stanice CNG jsou napojeny na plynovody. V těchto stanicích je plyn skladován v tlakových zásobnících, kde je stlačen na tlak v rozmezí 20-30 MPa, které jsou vzájemně propojeny. Velkou nevýhodou těchto stanic je umístění, které je závislé na připojení k plynovodu. (8)

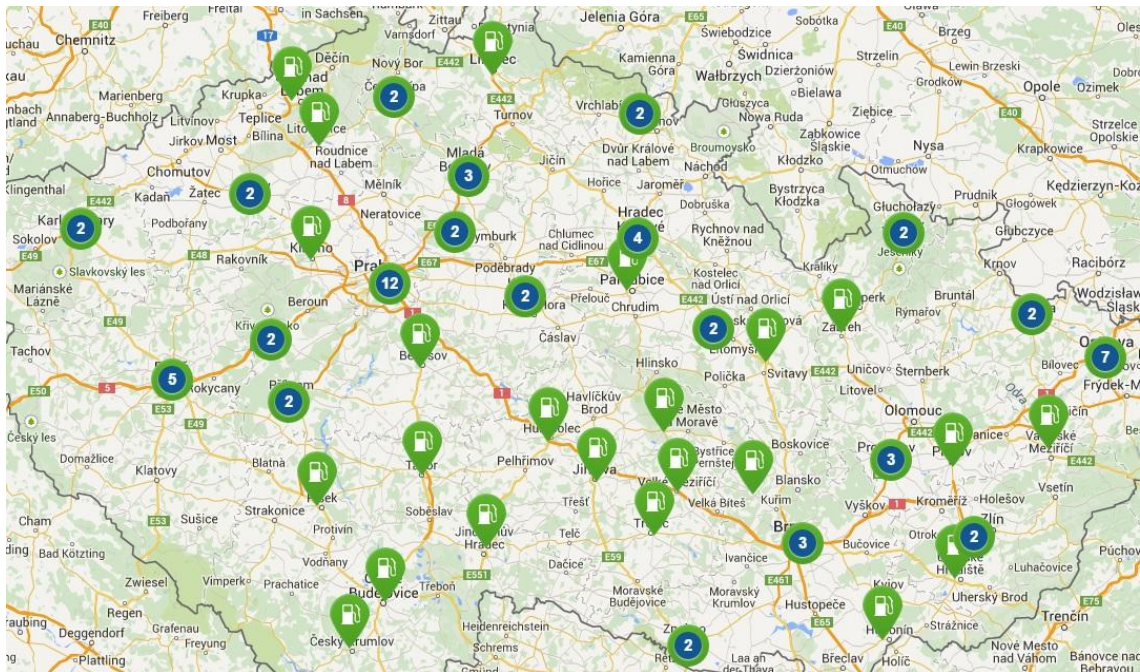
U čerpacích stanic LNG probíhá plnění výhradně vozidel poháněných na zkapalněný zemní plyn. Zásobování této stanice probíhá pomocí automobilových cisteren a následně je přepouštěn do zásobníku. Zde je uskladňován při tlaku 0,1 MPa, při kterém zůstává zemní plyn v kapalně formě. Vzhledem ke způsobu zásobování mohou být tyto stanice umístěné téměř kdekoli. (8)

LCNG stanice využívá dovezeného zemního plynu v kapalně formě. LNG se stlačí na potřebný tlak a v odpařovači je za pomoci atmosférického vzduchu zplyňován. Tato stanice není závislá na potrubí zemního plynu, a proto se může postavit na nejvhodnějším místě z hlediska dopravy. (8)

3.1 Síť čerpacích stanic CNG na území ČR

V ČR je pro pohon vozidel využíván zemní plyn ve své stlačené formě. Aby mohlo dojít k většímu využívání zemního plynu v dopravě, je potřeba vybudovat rozsáhlou síť čerpacích stanic. To je zapříčiněno poměrně malou dojezdovou vzdáleností automobilů s pohonem na CNG. Čerpací stanice jsou ve většině případů samoobslužné. Zákazník je zaregistrován do systému uživatelů a je mu vystavena karta, která slouží i jako platební. K registraci je zákazníkovi vytvořen účet na který se zaznamenává odběr plynu a k jeho zaplacení dochází převážně v měsíčních intervalech. Pokud se zákazník s platbou opozdí, karta mu je zablokována. Tyto stanice mívají přístup k tankování každý den po dobu 24 hod. (16)

Některé dopravní podniky mohou mít vlastní čerpací stanice. Tyto stanice mohou, ale nemusí být přístupné pro veřejnost. Čerpání do vozidel podniku je elektronicky zaznamenáváno. Pokud zde dochází k čerpání do osobních vozidel, je způsob placení stejný, jako u čerpacích stanic na kapalná paliva (nafta, benzin apod.).

Obr. 3-1 Síť čerpacích stanic v ČR

Zdroj: <http://www.cnplus.cz/mapa-cng-stanic.html>

3.2 Systém čerpání CNG

Systém čerpání CNG závisí na typu čerpací stanice. Plnění CNG do vozidla je srovnatelně náročné s čerpáním kapalných pohonných hmot. Dle doby plnění rozdělujeme stanice na dva základní typy: stanice pro rychlé plnění a pro pomalé plnění, které se řadí mezi stálé stanice. Na každém čerpacím stojanu bývá vylepen podrobný návod k použití a telefonní čísla pro případ poruchy nebo podání informací.

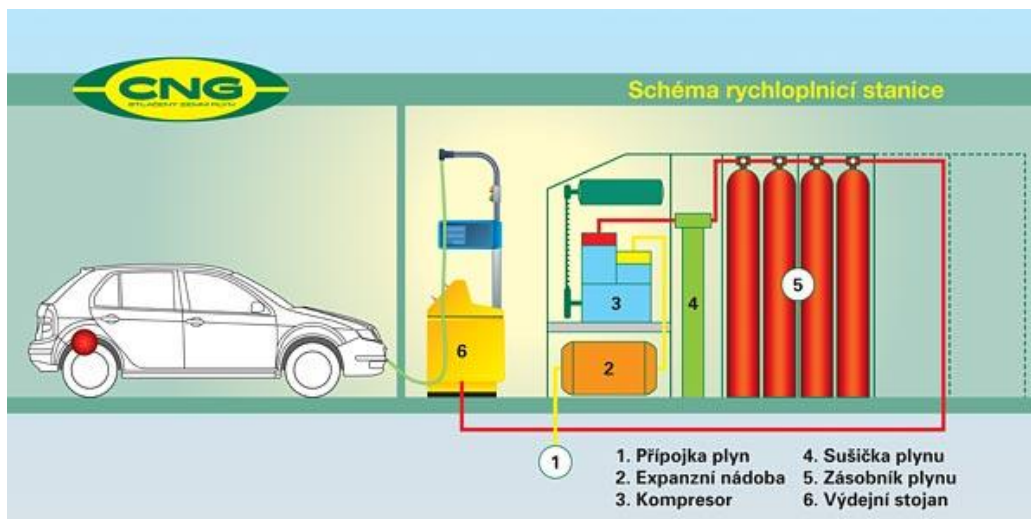
3.2.1 Konstrukce stálých stanic

Stanice pro rychlé plnění pracuje na principu vyrovnávání tlaku dvou spojených nádob. K vozidlu se připojí hadice pomocí rychloupínacího systému na plnicí ventil. Následně je vlivem vysokého tlaku v zásobníku čerpací stanice přepuštěn plyn do nádrže vozidla, který je okolo 20 MPa. Během plnění dochází k sušení CNG, aby nedocházelo ke kondenzaci par. Čerpání trvá přibližně stejnou dobu jako čerpání benzínu a to přibližně 3-4 min. (8)

Stanice pro pomalé plnění je napojena na městský systém rozvodu plynu. Plnění vozidla zde probíhá pomocí kompresoru, který distribuovaný plyn ze sítě stlačuje a rovnou plní nádrž ve vozidle. Tyto stanice nemají žádné vlastní tlakové zásobníky.

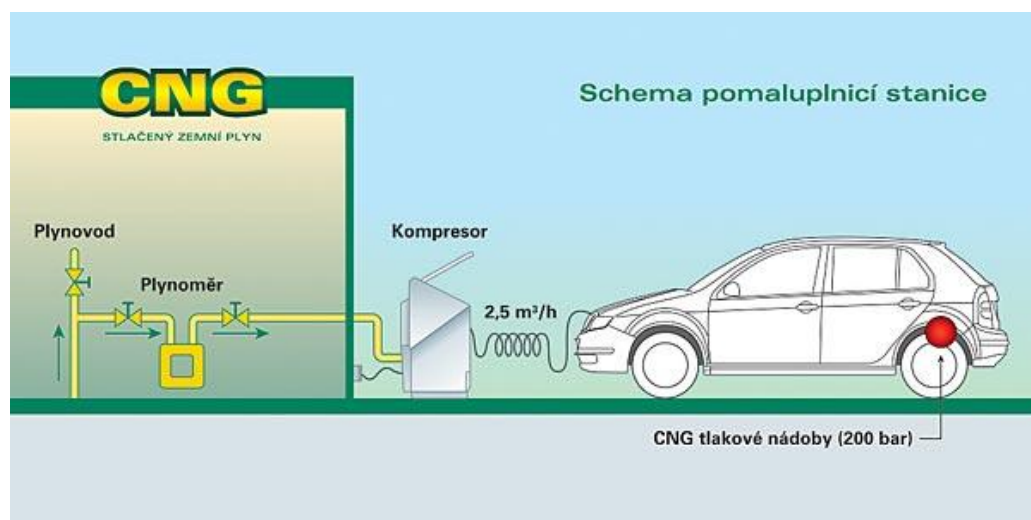
Proto se díky malým rozměrům zástavby používají především ve firmách, které CNG používají např. pro pohon vysokozdvížných vozíků a v domácnostech v rodinných domech. Toto plnění trvá přibližně 5-8hod. Proto se tento způsob nehodí do veřejně přístupných stanic. (8)

Obr. 3-2 Rychloplnicí stanice CNG



Zdroj: (8)

Obr. 3-3 Pomaluplnicí stanice CNG



Zdroj: (8)

3.2.2 Konstrukce mobilních stanic

Stanici je možno kdykoli přemístit dle místa použití. Tyto stanice je možno umístit kdekoli, jelikož jako zdroj stlačeného zemního plynu zde slouží mobilní zásobník. V tomto zásobníku je uloženo 4090 m³ zemního plynu při tlaku 25 MPa.

Připojení na technickou infrastrukturu a inženýrské sítě je řešeno individuálně podle daného místa. Stanice je navržena jako samoobslužná. Stanici i zásobník CNG je nutno postavit na zpevněnou a rovnou plochu. Celé technické zázemí této stanice je umístěno v přepravním kontejneru. Kontejner splňuje veškeré technické požadavky a normy z hlediska požárních předpisů, hluku apod. Výdejní stojan a platební terminál je umístěn na plošině pod přístřeškem, který je napevno spojena s kontejnerem. Stlačování plynu probíhá pomocí kompresoru, který plyn ukládá do tlakových zásobníků a z nich je plyn přepouštěn přes plnicí stojan do nádrže vozidla. Plnicí výkon této stanice může být až 70 kg/min. (17)

Obr. 3-4 Plnicí stanice CNG Booster



Zdroj: <http://www.cngvitall.cz/default/file/download/id/19966/inline/1>

3.3 Porovnání cen

Ceny stlačeného zemního plynu se pohybují okolo 26 Kč/kg. Tyto ceny se mohou měnit s ohledem na lokalitu a na využití této stanice. Pro porovnání odpovídá 1kg CNG odpovídá cca 1,4 m³ CNG. 1 m³ CNG odpovídá cca 1 l benzínu. Tabulka s jednotlivými čerpacími stanicemi a aktuálním ceníkem k 1.3.2015 je uvedena v příloze 1. (7)

4 Zemní plyn v dopravě

V poslední době se zemní plyn používá jako palivo pro motorová vozidla. Jeho výhodou je, že může být použit jak v zážehových, tak i vznětových motorech. Velký rozvoj zaznamenal zemní plyn v městské hromadné dopravě. Dnes se zemní plyn využívá v mnoha strojích např.: vysokozdvížné vozíky, traktory a zemědělské stroje, motorové čluny, trajekty, vlaky, letadla apod. Vzhledem k neustále rostoucím cenám ropy a k její zásobě se zemní plyn, nejčastěji ve formě CNG, začal využívat jako alternativní palivo v osobních automobilech.

4.1 Vozidla na CNG

Vozidla na zemní plyn jsou již běžně k dostání na našem trhu ve dvou provedeních, jednak automobily vyrobené na primární palivo CNG, jednak automobily s přestavbou. Zásadní rozdíl mezi těmito vozidly je umístění palivové nádrže a její velikost. Při přestavbě automobilu na kapalné palivo se ponechá stávající nádrž a plynová tlaková nádoba se umístí do zavazadlového prostoru. Velikost této nádrže ovlivňuje samotný zavazadlový prostor a s tím je spojen i komfort pro cestující ve vozidle. Přestavba vozidel na CNG bývá vzhledem k vysoké ceně méně častá, než přestavba na LPG. U automobilů vyráběných s pohonem na CNG jsou tlakové nádoby umístěny pod vozidlo, tudíž mají větší kapacitu. Nádrž na běžné palivo se do automobilu montuje také, dříve však sloužila pouze pro dojezd. Rezervní pneumatiky se dříve umísťovaly do boxů pod vozidlo. Po úpravě vyhlášky není potřeba náhradní pneumatiku mít ve vozidle, ale je postačující opravárenská sada. Díky tomu mohla být velikost nádrže na plynná paliva zachována, místo boxu pro rezervní pneumatiku namontována nádrž na CNG a tím zvýšena dojezdová vzdálenost vozidla.

(16) (8) (18)

Obr. 4-1 Schéma zástavby vyráběného automobilu na CNG

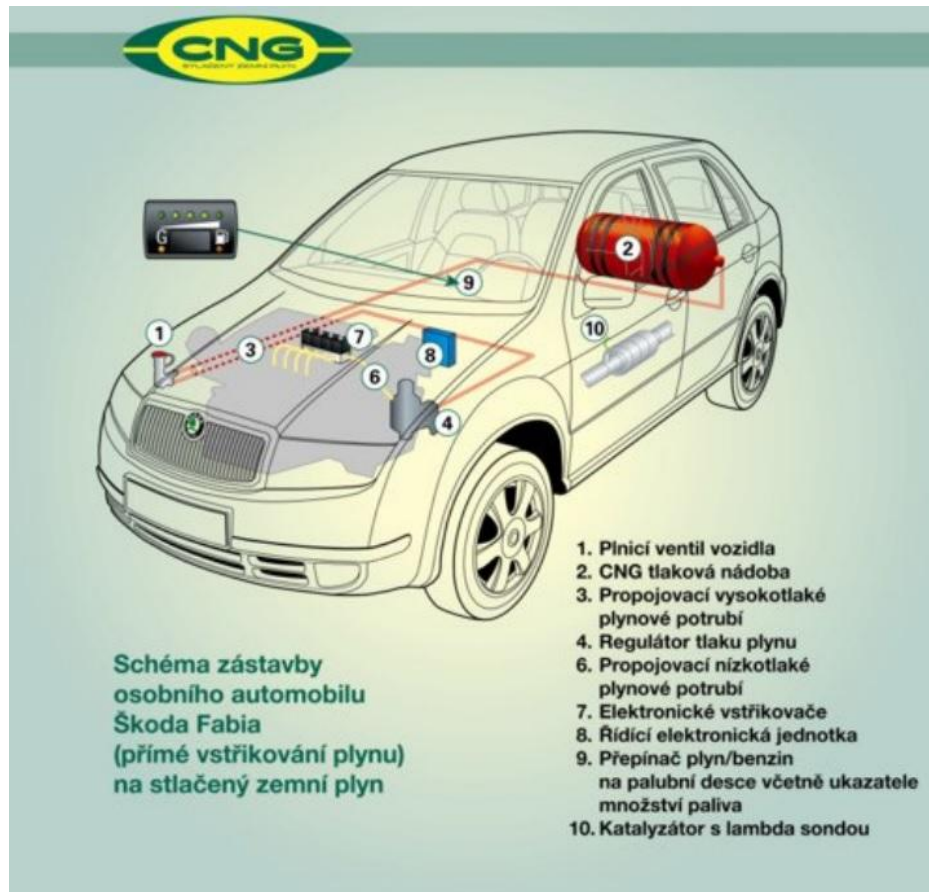
Zdroj: <http://www.skoda-auto.cz/SiteCollectionImages/skoda-auto/modely/octavia-g-tec/octavia-g-tec-prehled-6-pozadi.jpg>

Plyn z nádrže putuje vysokotlakým potrubím do regulátoru, kde se redukuje tlak plynu z nádrže na provozní. Krokový motorek upravuje množství plynu, které se dostává do směšovače pomocí řídicí jednotky. Ve směšovači dochází ke smíšení zemního plynu a vzduchu na správný poměr pro optimální chod motoru. Směšovač tedy u plyných paliv plní funkci karburátoru. Řídicí jednotka odpojí vstřikovač kapalného paliva a řídí dávkování plynu. V dohledu řidiče je umístěn ukazatel množství plynu v nádrži a přepínač mezi pohony na plyn či např. na benzin. (8) (10) (18)

Pohon vozidel na CNG přináší spoustu výhod, ale i nevýhod. Jeho použití je daleko bezpečnější než LPG, nebo dokonce i benzinu. Je to díky jeho zápalné teplotě, která je oproti benzinu zhruba dvojnásobná. Nižší cena dělá z CNG velkou konkurenci kapalných paliv. Toto palivo se také nedá odcizit, což vzhledem k dnešní době, kdy dochází k častějším krádežím benzinu i nafty, je velkou výhodou. U vozidel s pohonem na plyná paliva je nutné dělat revizi nádrží a u CNG je to po 10 letech

provozu. Přestavba vozidla je poměrně drahá (36 000 Kč) a vzhledem k namontovaným nádržím se zvedne i pohotovostní hmotnost automobilu. Mezi hlavní nevýhody patří vyšší spotřeba a menší dojezdová vzdálenost.

Obr. 4-2 Schéma zástavby přestavovaného automobilu na CNG



Zdroj: (8)

5 Palivová soustava

Palivová soustava je v této kapitole rozdělena do dvou částí: palivové nádrže a palivové vedení. Jednotlivé komponenty podléhají přísným normám a jejich výrobou se dnes zabývá mnoha firem.

5.1 Palivové nádrže

Palivové nádrže na CNG prochází celou škálou zkoušek. Klade se velký nárok na bezpečnost posádky ve vozidle. Každá nádrž musí projít hydraulickou tlakovou zkouškou, kde se zkoumá porušení pláště. Tlaková zkouška probíhá při různých teplotách. Je nutné provést i nárazovou zkoušku, a to z hlediska havárie vozidla. Dále se provádí zkouška ohněm a dokonce i odolnost průstřelu střelnou zbraní. Dle předpisu EHK OSN 110 je životnost tlakové nádoby omezena na 20 let. Po uplynutí této doby musí být tlaková nádrž vyřazena i za předpokladu, že by i nadále splňovala veškeré podmínky a zkoušky pro provoz ve vozidle. (19)

Palivové nádrže lze rozdělit do skupin dle použitého materiálu, ze kterého se daná tlaková nádoba skládá. Typy nádrží se také liší cenou.

a) **Typ 1** - Nejstarší typ tlakové nádoby, která je vyrobena celá z oceli. Nádrž má vzhledem k velikosti velkou hmotnost. Je konstruována na dvojnásobný tlak 40 MPa, než je tlak paliva v této tlakové nádobě.

b) **Typ 2** - Tento typ nádrže má ocelovou nebo hliníkovou vložku částečně opletenou uhlíkovým vláknem napuštěným epoxidovou živicí. Díky uhlíkovému vlákně dosahuje max. tlak z hlediska bezpečnosti až 50 MPa. Hmotnost této nádrže je přibližně stejná jako u typu 1.

c) **Typ 3** - Tato nádrž má stejnou konstrukci jako typ 2. Kvůli vyšší pevnosti je ale celá ještě opletena skleněným vláknem. To zvýší destrukční tlak až na 70 MPa.

d) **Typ 4** - Patří mezi nejmodernější typ nádrží. Jsou celé vyrobeny z kompozitu, nejčastěji na bázi kevlaru. Jejich velkou výhodou je malá hmotnost a max. tlak až 73 MPa. Cena těchto nádrží je přibližně dvojnásobná oproti ocelovým, ale z hlediska hmotnosti jsou daleko vhodnější pro přestavbu vozidel na CNG.

Umístění nádrží na vozidle se řeší individuálně dle konstrukce každého vozidla. Primárně bývá při přestavbě vozidla nádrž umístěna do zavazadlového prostoru. Dnes již firmy nabízí za příplatek možnost umístění na podvozek. Zde jsou primárně umisťovány nádrže přímo při výrobě vozidla, aby nedocházelo ke zmenšování zavazadlového prostoru. U nízkopodlažních autobusů je uložení řešeno na střeše. (8) (19)

5.2 Palivové vedení

Palivovou plynovou soustavu je oproti palivové soustavě běžných paliv nutno rozšířit o další komponenty.

Plnicí ventil - ventil slouží k plnění tlakových nádrží umístěných na vozidle zemním plynem. Tento ventil by měl být na vozidle dobře přístupný z hlediska komfortu při plnění CNG. Může být umístěn u otvoru pro čerpání klasických paliv, v motorovém prostoru, nebo zcela samostatně. (8) (10)

Tlakové nádoby - na tlakové nádrži se nachází víceúčelový ventil. Má za úkol uzavřít tlakovou nádrž při nečinnosti vozidla a řídí odebírání plynu do palivové soustavy. V případě poruchy přeruší přítok plynu, vypustí přebytečný tlak a v případě požáru tepelná pojistka zemní plyn vypustí tak, aby nedošlo k výbuchu. Umístění je popsáno výše. (8) (10)

Vysokotlaké plynové potrubí - potrubí vede zemní plyn od plnicího ventilu do nádrže. Dále je pak použito k vedení plynu z tlakové nádoby do regulátoru. Zde končí vysokotlaká větev. (8) (10)

Manometr - ukazuje hodnotu tlaku v celé vysokotlaké větvi včetně nádrže. (8) (10)

Regulátor tlaku plynu - reguluje vysoký tlak plynu na požadovaný. Součástí konstrukce je uzavírací ventil. Regulátor je již umístěn v motorovém prostoru a odebírá teplo z chladicího okruhu. (8) (10)

Vozidla s přímým vstřikováním:

Elektronický vstřikovač - slouží k řízení vstřikování plynu do spalovacích prostorů jednotlivých válců. Řízení vstřiku probíhá pomocí řídicí jednotky. (8) (10)

Palivová lišta - je součástí vstřikovacího systému a přivádí zemní plyn od regulátoru k jednotlivým vstřikovačům. (8) (10)

Vozidla s centrálním směřováním plynu:

Krokový motorek - přebírá funkci klapky u plynové soustavy. Z řídicí jednotky dostává průběžně informace a na jejich základě upravuje průtok plynu do směšovače pro optimální chod motoru. (8) (10)

Směšovač - zde se mísí zemní plyn se vzduchem a vytváří se tak ideální zápalná směs. V porovnání s benzinovým motorem má funkci karburátoru. (8) (10)

Elektronická řídicí jednotka - sbírá informace ze snímačů umístěných na motoru, vyhodnocuje je a následně upravuje dávku plynu pro správný chod vozidla. Spolupracuje i s centrální řídicí jednotkou vozidla. (8) (10)

Přepínač plyn-benzin s ukazatelem stavu paliva - v případě dvou palivových systémů bývá umístěn v dosahu řidiče na přístrojové desce. Přepínač ovládá přívod plynu do regulátoru a zároveň i přívod druhého paliva např. benzínu. Nejčastěji odpojí benzinové vstřikovače paliva nebo palivové čerpadlo. (8) (10)

Katalyzátor s lambda sondou - je umístěn na všech vozidlech. Na základě analýzy výfukových plynů z lambda sondy vyhodnotí řídicí jednotka následující dávku plynu pro optimální chod motoru. (8) (10)

Při výrobě nového vozidla na pohon CNG bývá upraven i spalovací prostor válce. To je provedeno geometrickou úpravou pístu a tím je docíleno lepšího rozptýlení směsi ve válci motoru. (8) (10)

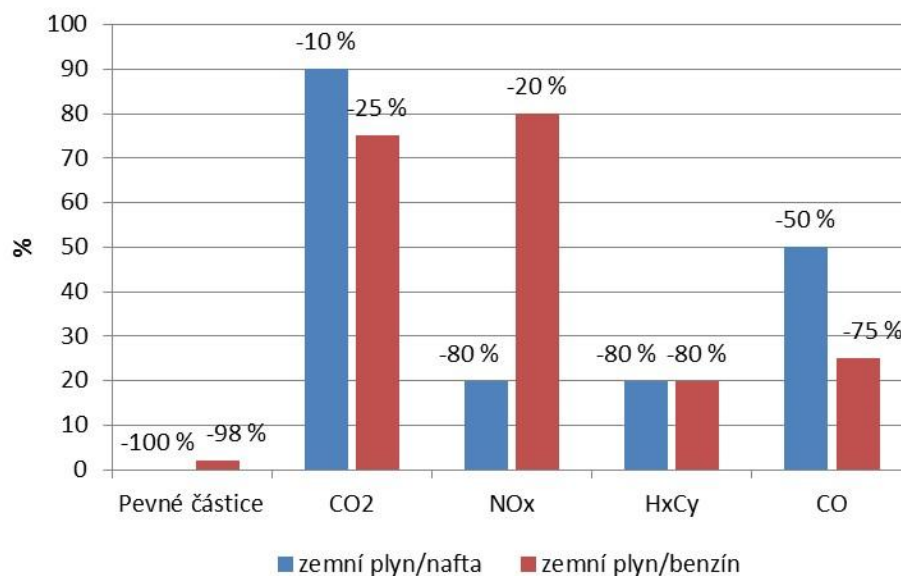
6 Porovnání s ostatními palivy

S výhledem do budoucnosti je nutné dosavadní paliva nahradit jinými, alternativními palivy. To je zapříčiněno hned několika důvody. Zásoby fosilních paliv se ztenčují a jelikož se jedná o vyčerpatelné zdroje energie, je nutné najít vhodnou alternativu. Různá biopaliva se mohou zdát jako vhodná, ale ve své produkci nestačí pokrýt spotřebu ropy. Vzhledem k těmto poznatkům se konstruuji stále nové pohony a některé z nich se pomalu začínají rozšiřovat. Pohon na elektrickou energii je kvůli kapacitě baterií vhodný pouze do městského provozu a využití vodíku je zatím v začátcích. Zemní plyn má oproti ostatním palivům mnoho výhod. Nevzniká jako vedlejší produkt při těžbě ropy, jako je to u LPG a jeho zásoby jsou při zvyšování jeho použití odhadovány minimálně na 300let.

6.1 Ekologický dopad na ovzduší

Ochrana životního prostředí je další prioritou pro vývoj nových paliv. Zemní plyn je dopravován plynovody vedoucími pod povrchem, a tak dochází k minimálnímu zásahu do krajiny a není zabírána zemědělská půda. Při samotném spalování zemního plynu se produkuje méně oxidu uhličitého, uhlovodíků, aldehydů a karcinogenních látek než u kapalných a tuhých fosilních paliv. Z hlediska ekologie je pro něj velikou výhodou, že nedochází k uvolňování benzolu a pevných částic. Oproti benzínu snižuje při spalování emise o 25 %. Při plnění nádrží nedochází ke kontaminaci půdy vlivem úniku a odpařování paliva, zemní plyn je lehčí než vzduch a dá se snadno odvětrat. Jednou z nevýhod je vznik NO_x při spalování. Zemní plyn sice neobsahuje žádné dusíkaté látky, ale vznik oxidu dusíku je závislý na teplotě spalování. Se vzrůstající teplotou roste i produkce těchto škodlivých látek. Díky novým konstrukčním úpravám motorů a dalších spotřebičů se podařilo snížení oproti původním hodnotám na 10 %. (7) (20)

Při používání zemního plynu v dopravě na místo nafty a benzínu by došlo ke značnému úbytku vypouštění škodlivých látek do ovzduší. Úbytek těchto škodlivin je uveden na obrázku 6-1. (7)

Obrázek 6-1 Redukce emisí při použití CNG v dopravě

Zdroj: (7)

6.2 Porovnání spotřeby a výkonu

Porovnání paliv benzínu, nafty a CNG bylo provedeno na vozidlech VW Touran s naftovým motorem 1.9 TDI, CNG pohonem 2.0 Eco Fuel a benzinovým motorem o obsahu 1,6 dm³. Palivo se nejlépe volí podle provozu vozidla a jeho obsazenosti. Jelikož se jedná o rodinný vůz, dá se předpokládat, že bude jezdit plně vytížen, jak v městském, tak i meziměstském provozu. Z hlediska výkonu a spotřeby je na tom stále nejlépe naftový motor. V tomto vozidle byla použita dnes již stará koncepce čerpadlo-tryska. Pokud se majitel rozhodne, je možné upravit palivovou mapu v řídicí jednotce a tím srazit spotřebu. U tohoto motoru prakticky nepoznáte rozdíl na spotřebě mezi prázdným a naloženým vozidlem. Benzinový motor je u tohoto testu poměrně slabý, přeci jen se jedná o rodinný vůz a cestovat s tímto motorem např. do Itálie k moři se poměrně prodraží. CNG pohon je na tom o mnoho lépe. Nemůže se sice rovnat jízdním vlastnostem s naftovým motorem, ale je postačující pro běžný provoz automobilu. Z hlediska pořizovací ceny je na tom automobil s pohonem na CNG nejhůře. Oproti slabému benzinovému motoru se může jednat o rozdíl ceny až 100 000 Kč. Aby se prvopočáteční investice do vozidla na pohon CNG vrátila během pěti let, muselo by být s vozidlem ujet ročně kolem 30 000 km. (21)

Tabulka 6-1 Porovnání vozidel s různými palivy

Technické údaje	VW Touran 1.6 Trendline	VW Touran 1.9TDI Trendline	VW Touran 2.0 Eco Fuel Trendline
Motor	zážehový čtyřválec OHC	přepřlň. vznětový čtyřválec OHC	zážehový čtyřválec OHC
Zdvihový objem	1595 cm ³	1896 cm ³	1984 cm ³
Výkon	75 kW při 5600/min	77 kW při 4000/min	80 kW při 5400/min
Točivý moment	148 Nm při 3800/min	250 Nm při 1900/min	160 Nm při 3500/min
Převodovka	manuální pětistupňová	manuální šestistupňová	manuální pětistupňová
Palivová nádrž	60 l	60 l	18 kg CNG + 13 l
Nejvyšší rychlost	179 km/h	179 km/h	180 km/h
Zrychlení 0 - 100km/h	12,9 s	13,2 s	13,5 s
Spotřeba paliva na 100km	11,0/6,5/8,1 l	7,4/5,2/5,9 l	12/6,6/8,6 m ³
Základní cena	544 600 Kč	619 900 Kč	639 400 Kč

Zdroj: (21)

Tabulka 6-2 Naměřené hodnoty Auto Bildu

Naměřené hodnoty Auto Bildu	VW Touran 1.6 Trendline	VW Touran 1.9 TDI Trendline	VW Touran 2.0 Eco Fuel Trendline
Zrychlení 0 - 100km/h	12,8 s	13,8 s	13,5 s
Pružnost 60 - 100/80 - 120km/h	10,9/18 s	8,7/14,6 s	13/21,4 s
Vnitřní hlučnost 50/100//130km/h	57/67/70 dB	59/70/73 dB	62/69/72 dB
Naměřená spotřeba na 100km	8,9 l	6,5 l	6,1 kg
Emise CO ₂	211 g/km	172 g/km	162 g/km
Cena za 1km jízdy	2,10 Kč	1,64 Kč	1,46 Kč

Zdroj: (21)

6.3 Zákazy a povolení vjezdu

Česká republika upravila vyhlášku vydanou v září roku 2011 č. 23/2008 o technických podmínkách požární ochrany staveb. Úprava této vyhlášky ruší kompletní zákaz parkování vozidel na plynná paliva a stanovuje podmínky, které parkování umožňuje. To ocení hlavně majitelé vozidel s pohonem na CNG, kteří by mohli parkovat ve velkých nákupních centrech. Parkování však majitel nákupního centra musí povolit a musí být splněny jisté technické předpoklady, jako je odvětrávání a detektory úniku plynu. V České republice se počet vozidel jezdících na zemní plyn neustále zvyšuje a nyní je jich více než 3000. Lidé se domnívají, že pokud u vjezdu do podzemních

a nadzemních garáží není zákazová značka vjezdu pro vozidla na LPG či CNG, mohou tam vjet, opak je ale pravdou. Vyhláška už ale neřeší, jak by měla vypadat značka, která vjezd těchto vozidel povoluje. (20) (22)

Obrázek 6-2 Zákaz vjezdu vozidel plyných paliv



Zdroj: (20)

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo přiblížit zemní plyn jako alternativní palivo pro pohon spalovacích motorů ve vozidlech, uvést jednotlivé informace k těžbě zemního plynu a jeho logistice, následně přiblížit jeho použití v dopravě, popsat základní komponenty palivové plynové soustavy a porovnat zemní plyn s jinými palivy.

Z hlediska vlastního hodnocení pro pohon vozidel na CNG vyplývá, že počáteční investice pro přestavbu již vyrobeného vozidla je vysoká. Přestavba vozidla se odvíjí od ceny nádrže a základní cena činí 36 000Kč. V porovnání s benzinovým palivem by bylo potřeba s vozidlem ujet nejméně 35 000km ročně, aby docházelo k návratnosti investice a vzhledem k naftě se tato přestavba nevyplatí vůbec. Při koupi nového vozidla zaplatí zákazník vyšší cenu, ale návratnost této investice se brzy vrátí. Zemní plyn tak může jako palivo konkurovat benzinu, ale z hlediska komfortnosti jízdy a výkonu naftě konkurovat nemůže.

Důležité v pokroku lidstva je zamezit používání kapalných fosilních paliv, nebo je i zcela nahradit palivy alternativními. Pro budoucnost je podstatné najít palivo, které nebude zatěžovat životní prostředí a bude schopno pokrýt globální spotřebu za optimální cenu.

V další práci by bylo možné navázat podrobným studiem spotřeby CNG, LNG a dalších paliv na vybraných vozidlech a provést měření v reálném provozu. Nebo se dá provést měření v laboratorních podmínkách (měření na válcové brzdě, výpočet spotřeby dle počítačové simulace apod.). Testovat použití jednotlivých nádrží z hlediska použitého materiálu při různých podmínkách.

Použitá literatura

1. **Škorpík, Jiří.** Fosilní paliva, jejich využití v energetice a ekologické dopady. *Transformační technologie*. 2011, Sv. 04.
2. **Kameš, Josef.** *Fosilní paliva*. Praha : autor neznámý, 2012. 80-260-1291-7.
3. Zpracování ropy. *Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity*. [Online] [Citace: 2. Duben 2015.] <https://is.muni.cz/do/ped/kat/fyzika/autem/pages/zpracovani-ropy.html>.
4. Těžba ropy. *Petroleum*. [Online] [Citace: 2. Duben 2015.] <http://www.petroleum.cz/ropa/tezba-ropy.aspx>.
5. Paliva. *Komenskeho66*. [Online] [Citace: 2. Duben 2015.] <http://www.komenskeho66.cz/materialy/chemie/WEB-CHEMIE9/paliva.html>.
6. **Kizek, Ján.** Plynné palivá, delenie a zloženie. *people tuke*. [Online] [Citace: 2. Duben 2015.] <http://people.tuke.sk/jan.kizek/bezpe/druhy%20paliv.pdf>.
7. Bioplyn. *CNG*. [Online] [Citace: 2. Duben 2015.] <http://www.cng.cz/cs/alternativni-pohonne-hmoty-125/>.
8. **Šebor, Gustav, Pospíšil, Milan a Žákovec, Jan.** *Technicko-ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě*. Praha : VŠCHT v Praze, 2006.
9. Tesla. *teslamotors*. [Online] [Citace: 2. Duben 2015.] <http://www.teslamotors.com/charging#/basics>.
10. **Hromádko, Jan.** *Speciální spalovací motory a alternativní pohony*. Praha : Vydavatelství Grada Publishink, a.s., 2012. 978-80-247-4455-1.
11. Vznik a historie zemního plynu. *Zemní plyn*. [Online] [Citace: 2. Duben 2015.] <http://zemniplyn.info/vznik-a-historie-zemniho-plynu/>.
12. Vrty a vrtání. *Petroleum*. [Online] [Citace: 2. Duben 2015.] <http://www.petroleum.cz/ropa/vrty-vrtani.aspx>.
13. **Buryan, Petr.** *Zemní plyn-energetická a chemická surovina*. Praha : VŠCHT v Praze, 2012. 978-80-7080-816-0.

14. Přeprava a uskladnění. *Zemní plyn*. [Online] [Citace: 2. Duben 2015.] <http://www.zemniplyn.cz/doprava/default.htm>.
15. Více vrstvé trubky. *Stavebnictví*. [Online] [Citace: 2. Duben 2015.] <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/vicestvrstve-trubky-pro-rozvod-plynu-a-legislativa/>.
16. Plnicí stanice CNG. *CNG4YOU*. [Online] [Citace: 2. Duben 2015.] <http://www.cng4you.cz/stanice/rychleplnici-stanice.html>.
17. CNG Booster. *CNGvitall*. [Online] [Citace: 2. Duben 2015.] <http://www.cngvitall.cz/61/cs/node/3258>.
18. **Kameš, Josef**. *Alternativní pohony automobilů*. Praha : Nakladatelství BEN, 2004. 80-7300-127-6.
19. CNG nádrže. *Elpigas*. [Online] [Citace: 2. Duben 2015.] <http://www.elpigas.cz/komponenty-a-sluzby/komponenty-pro-cng-prestavby/cng-nadrze>.
20. Životní prostředí. *CNG plus*. [Online] [Citace: 2. Duben 2015.] <http://www.cngplus.cz/o-cng/zivotni-prostredi.html>.
21. Srovnávací test. *Auto Tip*. Březen 2009.
22. Auta na CNG mohou konečně parkovat v garážích. *Hybrid*. [Online] [Citace: 2. Duben 2015.] <http://www.hybrid.cz/auta-na-cng-mohou-konecne-parkovat-v-garazich>.

Seznam obrázků

Obr. 1-1 Složení uhlí.....	2
Obr. 1-2 Vznik uhlí.....	3
Obr. 1-3 Povrchová těžba	4
Obr. 1-4 Hlubinná těžba.....	4
Obr. 1-5 Složení ropy.....	5
Obr. 1-6 Metody těžby.....	6
Obr. 1-7 Rozdělení plynných paliv	9
Obr. 1-8 Auto poháněné vodíkem.....	13
Obr. 1-9 Tesla model S se dvěma motory	14
Obr. 2-1 Způsoby hloubení vrtu	16
Obr. 2-2 Vrtná plošina	16
Obr. 2-3 Vrtací korunka (vlevo) a vrtací dláto	17
Obr. 2-4 Mapa plynovodů v Evropě	20
Obr. 2-5Kompozitní roura	21
Obr. 2-6 Tanker pro přepravu LNG.....	22
Obr. 3-1 Síť čerpacích stanic v ČR.....	25
Obr. 3-2 Rychloplnicí stanice CNG.....	26
Obr. 3-3 Pomaluplnicí stanice CNG	26
Obr. 3-4 Plnicí stanice CNG Booster.....	27
Obr. 4-1 Schéma zástavby vyráběného automobilu na CNG	29
Obr. 4-2 Schéma zástavby přestavovaného automobilu na CNG.....	30

Seznam tabulek

Tabulka 1-1 Frakce ropy	7
Tabulka 2-1 Složení zemního plynu	18
Tabulka 2-2 Fyzikálně-chemické vlastnosti zemního plynu	19
Tabulka 6-1 Porovnání vozidel s různými palivy	36
Tabulka 6-2 Naměřené hodnoty Auto Bildu.....	36

Seznam rovnic

Rovnice 1-1 Vznik ropy.....	5
-----------------------------	---

Seznam příloh

Textové a grafické přílohy

Příloha č. 1. : Aktuální ceny CNG a seznam plnicích stanic

Příloha č. 2. : Kalkulačka úspor

Textové a grafické přílohy

Příloha č. 1. : Aktuální ceny CNG a seznam plnicích stanic

Město - adresa	Kč/kg vč.DP H	Kč/m ³ vč.DP H	CNG CardCentrum
Benešov Křížíkova, u křížovatky s E 55	24,90	17,79	CNG CardCentrum
Brandýs nad Labem čerpací stanice KAROIL Zápská 1855, 250 01 Brandýs nad Labem	26,30	18,79	CNG CardCentrum
Brno RWE čerpací stanice Benzina Hviezdoslavova ul. 1276/1, 657 02 Brno - Slatina	27,20	19,43	CNG CardCentrum
Brno čerpací stanice Benzina Kaštanová ul. 617 00 Brno	27,20	19,43	CNG CardCentrum
Brno depo České pošty Opavská 26/8, 662 93, Brno	27,50	19,64	CNG CardCentrum
Častalovice Častalovice 12, 470 01 Častalovice	27,30	19,50	CNG CardCentrum
Česká Lípa areál autobusového nádraží Česká Lípa RWE, Konopeova ul., 470 01 Česká Lípa	27,20	19,43	CNG CardCentrum
České Budějovice Vrbenská 2, 370 49 České Budějovice	26,90	19,21	CNG CardCentrum
Český Krumlov Chvalšinská 242, 381 01 Český Krumlov	26,90	19,21	CNG CardCentrum
Frýdek Místek CNG, LPG stanice Dobrá u Fr.Místku Slezská ul., 738 01 Frýdek Místek	24,10	17,21	CNG CardCentrum
Havířov areál spol.Gas Control Dělnická 46, 735 64 Havířov	24,10	17,21	CNG CardCentrum
Havířov Železničářů 1487/2A, 736 01 Havířov	23,90	17,07	CNG CardCentrum
Humpolec - Vystrkov - dálnice D1 ČS BENZINA, s.r.o. 396 01 Humpolec - Vystrkov	27,50	19,64	CNG CardCentrum
Hodonín Průmyslová 4079/2a, Hodonín 695 01	26,50	18,93	CNG CardCentrum
Hradec Králové RWE Pražská 485, Hradec Králové	27,20	19,43	CNG CardCentrum
Hradec Králové Stavební 1049, Hradec Králové	27,30	19,50	CNG Card Centrum

Město - adresa	Kč/kg vč.DP H	Kč/m³ vč.DP H	CNG CardCentru m
Hradec Králové Kladská 1082, Hradec Králové	27,30	19,50	CNG Card Centrum
Hrušová u Vysokého Mýta areál spol.NOPEK Hrušová 127, 565 55 Hrušová	26,70	19,07	CNG CardCentrum
Chodov (okres Karlovy Vary) Karlovarská č.p. 1073, 357 35 Chodov	26,80	19,14	CNG CardCentrum
Jaroměř Hradecká 761, ČS Benzina, 551 01 Jaroměř	26,90	19,21	CNG CardCentrum
Janov u Litomyšle R35, Gajer, ČS Benzina, 569 55 Janov	26,50	18,93	CNG CardCentrum
Jeseník areál proti nemocnici Lipová 1177, 790 27 Jeseník	25,90	18,50	CNG CardCentrum
Jeseník silnice 60 směr Lipová lázně, 790 01 Jeseník	25,60	18,29	CNG CardCentrum
Jihlava Areál dopravního podniku Jihlava, Brtnická 23, Jihlava	26,90	19,20	CNG CardCentrum
Jindřichův Hradec Dolní Skrýchov 59, Jindřichův Hradec	26,90	19,21	CNG CardCentrum
Karlovy Vary RWE areál DP, Sportovní 1, 360 01 Karlovy Vary	27,20	19,43	CNG CardCentrum
Kutná Hora Kouřimská 939, 284 01 Kutná Hora	26,50	18,93	CNG CardCentrum
Kladno areál ČSAD Kladno, Železničářů 885, 272 01 Kladno-Kročehlavy	26,70	19,07	CNG CardCentrum
Kolín Plynárenská 824, Kolín 280 02	26,50	18,93	CNG CardCentrum
Králův Dvůr u Berouna Lukoil Czech Republic s.r.o., Pod Dálnicí 326, 267 01 Králův Dvůr u Berouna, čerpací stanice Lukoil	26,00	18,57	CNG CardCentrum
Krnov Ve Vrbíně 592/1, 794 01 Krnov	26,50	18,93	CNG CardCentrum
Liberec areál ČSAD Liberec, České mládeže 594/33, 460 06 Liberec 6	26,80	19,14	CNG CardCentrum
Louny RWE, areál společnosti DPÚK Zeměšská ul., 440 01 Louny	27,20	19,43	CNG CardCentrum
Milovice areál společnosti Švestka, Armádní 863, 289 23 Milovice nad Labem	25,70	18,36	
Mladá Boleslav areál RWE, Štefánikova 1251, Mladá Boleslav	27,20	19,43	CNG CardCentrum
Mladá Boleslav směr Mladá Boleslav, obchvat I/10, 293 01 Mladá Boleslav	26,90	19,21	CNG CardCentrum
Mladá Boleslav směr Praha, obchvat I/10, 293 01 Mladá Boleslav	26,90	19,21	CNG CardCentrum
Most	27,40	19,57	CNG

Město - adresa	Kč/kg vč.DP H	Kč/m³ vč.DP H	CNG CardCentru m
Dělnická 34, 431 01 Most			CardCentrum
Nýřany D5 Exit 93, Nýřany	26,90	19,21	CNG CardCentrum
Olomouc enská 52, Olomouc čerpací stanice Lukoil	Lip 26,00	18,58	CNG CardCentrum
Olomouc enská 1209/92, Olomouc-Hodolany, ČS PHM EuroOil	Lip 26,60	19,00	CNG CardCentrum
Opava Bruntálská 683/6, 746 01 Opava - Jaktař čerpací stanice Lukoil	25,00	17,86	CNG CardCentrum
Ostrava RWE Plynární 2748/6, 702 72 Ostrava	27,20	19,43	CNG CardCentrum
Ostrava Dolní oblast Vítkovice, naproti Velkému světu techniky, ul. Ruská, Ostrava-Vítkovice	25,40	18,14	CNG CardCentrum
Ostrava - Muglinov Bohumínská ul. čerpací stanice Lukoil	24,40	17,43	CNG CardCentrum
Ostrava ul. Ruská 2887/101, 706 02 Ostrava	25,90	18,50	CNG CardCentrum
Pardubice areál DP Pardubice Teplého 2141, 532 20 Pardubice	25,30	18,07	CNG CardCentrum
Písek Areál Jitex U Vodárny 1036, 397 01 Písek	26,90	19,21	CNG CardCentrum
Plzeň Areál České pošty Chebská ulice 15, Plzeň	26,50	18,93	CNG CardCentrum
Plzeň Areál RWE Doudlevecká 48, Plzeň	27,20	19,43	CNG CardCentrum
Plzeň RWE ČS Benzina, Jateční 2471, Plzeň	26,50	18,93	CNG CardCentrum
Praha areál Pražské plynárenské, a.s. U Plynárny 500, Praha 4 – Michle	26,60	19,00	CNG CardCentrum
Praha čerpací stanice Q100 Modřanská 80, Praha 4 - Hodkovičky	26,60	19,00	CNG CardCentrum
Praha Divoká Šárka, u McDonald, Praha 6	26,60	19,00	CNG CardCentrum
Praha Štěrboholská 391/61, Praha 10	25,50	18,21	CNG CardCentrum
Praha areál Pražských služeb, a.s. Pod Šancemi 444/1, Praha 9	26,60	19,00	CNG CardCentrum

Město - adresa	Kč/kg vč.DP H	Kč/m³ vč.DP H	CNG CardCentru m
Praha čerpací stanice SHELL Švehlova 10, Praha 10	26,60	19,00	
Praha Černokostecká 1168/90, Praha 10	24,50	17,50	CNG CardCentrum
Praha areál společnosti Ciml s.r.o. Řeporyjská 1, Praha 5 - Jinonice	24,00	17,14	CNG CardCentrum
Praha U Rajske Zahrady 114, Praha 3, 130 00	26,60	19,00	CNG CardCentrum
Praha Na Jelenách 404, Praha 11, 149 00	26,60	19,00	CNG CardCentrum
Prostějov areál FTL Prostějov Kojetínská 1, 796 01 Prostějov	25,80	18,43	CNG CardCentrum
Přerov areál STINGPRO s.r.o., K Moštěnici 265/8a, 750 02 Přerov	26,90	19,21	CNG CardCentrum
Příbram Zdabořská 493, 261 01 Příbram	27,00	19,29	CNG CardCentrum
Říčany Kolovratská 1367/15, 251 01 Říčany u Prahy	26,60	19,00	CNG CardCentrum
Svoboda n.Úpou areál OSNADO Nádražní 501, 542 24 Svoboda nad Úpou	27,00	19,29	CNG CardCentrum
Svitavy Hlavní 393/139, 568 02 Svitavy	26,70	19,07	CNG CardCentrum
Tábor čerpací stanice COMETT PLUS Chýnovská 1917, 390 02 Tábor	26,50	18,93	CNG CardCentrum
Terezín Areál společnosti Autoexpert spol. s r.o., Dukelských hrdinů 330, 411 05 Terezín	25,90	18,50	CNG Card Centrum
Tišnov Areál ČSAD Tišnov spol. s r.o., Červený Mlýn 1538, 666 01 Tišnov	26,90	18,68	CNG Card Centrum
Třebíč u areálu společnosti TEDOM Hrotovická 160, 674 01 Třebíč	26,00	18,57	CNG CardCentrum
Velké Meziříčí K Novému nádraží 1345 594 01 Velké Meziříčí	26,80	19,14	CNG CardCentrum
Valašské Meziříčí ČS Benzina, Hřbitovní ulice, silnice I/35 757 01 Valašské Meziříčí	26,50	18,93	CNG CardCentrum
Uherské Hradiště Za Olšávkou 380, 68601 Uherské Hradiště	23,90	17,07	CNG CardCentrum
Úpice u Trutnova Areál společnosti OSNADO Spojenců 115, 542 32 Úpice	27,00	19,29	CNG CardCentrum

Město - adresa	Kč/kg vč.DP H	Kč/m³ vč.DP H	CNG CardCentru m
Ústí nad Labem RWE areál Četrans Textilní 6, 400 01 Ústí nad Labem	27,20	19,43	CNG CardCentrum
Zábřeh Dvorská 2347/23, 789 01 Zábřeh	26,50	18,93	CNG CardCentrum
Zlín - Malenovice Makro Třída 3. května 1198, 763 02 Zlín	27,10	19,36	CNG CardCentrum
Zlín - Příluky ČS Benzina Vizovická 375, 763 02 Zlín	25,90	18,50	CNG CardCentrum
Znojmo areál EIKA Oblekovice 6, 760 01 Zlín	25,00	17,86	
Znojmo areál Autocentrum Psota,s.r.o. (areál bývalé mlékárny Lacrum) Dobšická 6, 669 02 Znojmo	24,50	17,50	CNG CardCentrum
Žebrák dálnice D5, exit 34 - Žebrák, Tovární ulice (za ČS PHM KAPR oil)	26,30	18,79	CNG CardCentrum
Žďár nad Sázavou Jihlavská 759/4 591 01	27,10	19,36	CNG CardCentrum

Zdroj: (7)

Příloha č. 2. : Kalkulačka úspor



Zdroj: (16)