

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**  
**ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace  
Studijní obor: Dopravní a manipulační prostředky  
Katedra: Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky  
Vedoucí katedry: doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Možnosti uplatnění pohonu zemním plynem v zemědělství**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Josef Frolík, CSc.

Autor: Miloslav Kaňka

České Budějovice, duben 2012

### **Prohlášení autora**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

Datum 8.4. 2012

Miloslav Kaňka

### **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat všem, kteří mi s touto prací jakkoli pomohli, poradili, poskytli podklady nebo své praktické zkušenosti a rady, panu Ing. Josefu Frolíkovi CSc. a zaměstnancům firmy MOTOR JIKOV STROJÍRENSKÁ a.s. Soběslav.

## **Abstrakt**

Ve své práci se zaměřuji na možnost využití plyných paliv v dopravě, a to od historických počátků, historického vývoje v evropských zemích až do současné doby. Nejvíce se zaměřuji na možnost využití stlačeného zemního plynu (CNG) v zemědělské výrobě, protože v tomto odvětví se nyní nově začíná CNG spolu s bioplynem jako palivem prosazovat a výrobci zemědělské techniky tomuto trendu jdou vstříc svými inovativními řešeními, které v práci popisuji stejně jako výhody a nevýhody provozu na CNG. Zvláště v některých odvětvích zemědělství, kde se používá ve velké míře manipulační technika, se může CNG jako palivo s úspěchem uplatnit taktéž. V práci jsou také uvedeny reálné zkušenosti z provozu vysokozdvihných vozíků poháněných CNG, které mohou být inspirací pro jakýkoliv zemědělský podnik, který o zavedení CNG jako paliva uvažuje.

**Klíčová slova:** CNG, provoz na CNG, vysokozdvihný vozík, příslušenství CNG motorů, vlastnosti plyných paliv, metan, plnicí stanice CNG, snižování emisí

## **Abstract**

This contribution is focused on the possibilities of using gas fuels in transportation, from the historical beginning, the historical development in individual European countries till now. The main focus is on the possibility of using compressed natural gas (CNG) and biogas in agriculture, because the industry is starting the production of new CNG tractors and other vehicles using in agriculture nowadays. The advantages and disadvantages of CNG usage are mentioned too. In some sectors of agriculture, where the handling machines are used, may CNG as fuel be applied successfully. The contribution deals with the real experience of usage the lift trucks powered by CNG, which can be an inspiration for the farms where they consider of CNG as fuel for their vehicles.

**Keywords:** CNG, CNG usage, lift truck, CNG engines equipment, gas fuels properties, methan, filling stations CNG, emissions reductions

## Obsah

1. Úvod.....	7
2. Plyny používané pro pohon spalovacích motorů v dopravě .....	8
2.1 Plyny a jejich vlastnosti .....	8
2.1.1 Propan butan – LPG .....	8
2.1.2 Bioplyn.....	9
2.1.3 Stlačený zemní plyn - CNG .....	9
2.1.4 Zkapalněný zemní plyn – LNG.....	13
3. Bezpečnost provozu a plnicí stanice .....	15
3.1 Některá bezpečnostní řešení CNG autobusů a jiných vozidel .....	15
3.2 Bezpečnost při plnění vozidel zemním plynem .....	15
3.3 Druhy plnění CNG .....	16
3.3.1 CNG plnicí zařízení NGV2 - rychlé plnění .....	16
3.3.2 CNG plnicí zařízení NGV1 - pomalé plnění.....	17
4. Situace v ČR a ve světě.....	18
4.1 Statistika k počátku roku 2011 .....	18
5. Historie pohonů silničních vozidel na plyn.....	19
5.1 Velká Británie .....	20
5.2 Francie.....	21
5.3 Německo .....	21
5.4 Itálie.....	22
5.5 Plynové pohony v hromadné dopravě.....	22
5.6 Situace plynových pohonů v Československu (později v České republice).....	23
6. Srovnání naftových a benzínových pohonů s CNG z hlediska emisí .....	27
6.1 Snížení emisí – zemní plyn / nafta .....	27
6.2 Snížení emisí – zemní plyn / benzín .....	28
7. Příslušenství CNG motorů .....	29
7.1 Obecný popis funkce a složení CNG vozidla motoru.....	29
7.2 Palivová a sací soustava .....	29
7.3 Druhy plynových motorů .....	33
8. Traktory provozované na CNG.....	36
8.1 Traktor Steyr 6195 CVT .....	36
8.2 Traktor Steyr Profi 4135 Natural Power .....	40
9. Plnicí zařízení.....	42
9.1 Plnicí zařízení MOTOR JIKOV CNG MJ05 .....	42
9.2 Veřejná plnicí stanice.....	47
10. CNG ve skladech zemědělských produktů, provozech živočišné výroby aj. .	50
10.1 Provoz vysokozdvíhových vozíků na CNG .....	51
11. Možnosti přestaveb vozidel na provoz CNG .....	53
11.1 Tovární přestavby.....	53
11.2 Dodatečné přestavby .....	53
12. Náročnost vybudování provozu na CNG .....	55
13. Závěr .....	57
14. Seznam použitých zdrojů a literatury.....	58

# 1. Úvod

Tématem plynofikace dopravy jsem se měl možnost již v minulosti poměrně rozsáhle zabývat, a to na soutěži Enersol 2008 a při příležitosti mé závěrečné maturitní práce na SPŠSS v Táboře v roce 2009. V obou těchto pracích jsem se snažil získat informace o provozu dopravních prostředků, a to zejména autobusů na stlačený zemní plyn (CNG). Tato problematika mě velmi zajímala, protože se jedná o poměrně nově uplatňovaný, ale málo rozšířený způsob pohonu vozidel, a proto když jsem dostal příležitost zpracovat téma „Možnosti uplatnění pohonu zemním plynem v zemědělství“ jako svoji bakalářskou práci, v podstatě jsem neváhal. V tomto odvětví je totiž CNG rozšířeno zatím ještě méně než kdekoli jinde a v mých předchozích pracích jsem se využitím CNG v zemědělství nezabýval. Protože pravdou je, že historie je učitelkou života, ani zjiitelná historická fakta z plynofikace dopravy jsem nevynechal a zařadil je do své práce, a poté se věnoval současnosti a snažil se řešit problematiku provozu dnešních vozidel na CNG.

Navíc si myslím, že toto jistě zajímavé téma o CNG pohonech je dobré zpracovat pro potřeby studentů i veřejnosti, protože mnohé informace chybí i v učebních textech. Smyslem této práce tedy je seznámení se s plyny používanými v dopravě, historií využití plynů v dopravě, problematikou a ekonomikou provozu vozidel na CNG, současnými možnostmi využití CNG v oboru zemědělství i praktickými zkušenostmi získanými v praxi.

## **2. Plyny používané pro pohon spalovacích motorů v dopravě**

### **2.1 Plyny a jejich vlastnosti**

#### **2.1.1 Propan butan – LPG**

Propan butan – LPG je směs zkapalněných rafinérských plynů – uhlovodíků, obsahující převážně propan a butan a menší množství vyšších uhlovodíků, přičemž poměr obsahu propanu a butanu v LPG je v různých zemích odlišný. LPG vzniká při rafinaci ropy anebo jako kapalná frakce separovaná od metanu v průběhu těžby zemního plynu. Za normálních atmosférických podmínek se propan butan vyskytuje v plynné formě. Propan butan je v současnosti nejvíce využívaný plyn v dopravě, jako automobilové palivo je využíván již několik desetiletí. Jedná se o levné, z ekologického pohledu příznivé palivo. Díky vazbě na ropu je ale otázkou, zda může být LPG považován za alternativní pohonnou hmotu.

Výhody:

- poměrně snadno, ochlazením nebo stlačením, ho lze převést do kapalného stavu
- v kapalném stavu zaujímá pouze 1/260 svého plynného objemu
- snadný přechod mezi oběma skupenstvími je pro praktické využití velmi výhodný
- příznivá cena

Nevýhody:

- nevýhodou je mírný pokles výkonu při přestavbě
- přestavba vozu je jednoduchá, ale poměrně drahá
- při úniku z nádrží se LPG díky větší hmotnosti než vzduch drží při zemi

### Složení LPG:

Směsi se liší podle ročního období: propan-butan letní (40/60) a směs propan-butan zimní (60/40). V tlakových lahvích je uchováván v kapalné formě a uvolňuje se z nich ve formě plynné, ve které je také použit pro spalování. Plyn je odorizován.

### **2.1.2 Bioplyn**

V dopravě se bioplynem rozumí palivo vzniklé biologickými procesy z organických hmot, které je pro účely pohonu motorových vozidel zbaveno nežádoucích příměsí, zejména oxidu uhličitého a sirovodíku, tak aby odpovídalo požadavkům na zemní plyn (obsah metanu vyšší než 95 %, výhřevnost srovnatelná).

Nevýhody:

- jeho omezené množství
- lokální výroba (většinou jsou bioplynové stanice umístěny odlišně od místa spotřeby)
- náročné a nákladné čištění na kvalitu zemního plynu

Výhody:

- ekologické palivo
- produkt z obnovitelných zdrojů

### **2.1.3 Stlačený zemní plyn - CNG**

Je to přírodní hořlavý plyn využívaný jako významné plynné fosilní palivo. Jeho hlavní složkou je metan (obvykle přes 90 %) a etan (1–6 %). Nachází se v podzemí buď samostatně, nebo společně s ropou. Používá se také jako zdroj vodíku při výrobě dusíkatých hnojiv. Díky tomu, že obsahuje především metan, má v porovnání s ostatními fosilními palivy při spalování nejmenší podíl CO<sub>2</sub> na jednotku uvolněné energie. Je proto považován za ekologické palivo. Ve vozidlech se využívá ve stlačené podobě (CNG). Samotný zemní plyn je bez



zápachu; proto se při jeho distribuci provádí odorizace, tj. přidávají se do něj zápachající plyny (např. etyl-merkaptan) tak, aby čichem bylo možno pocítit zemní plyn ve vzduchu v koncentraci větší než 1 procento.



**Obr. 2.1 Zajímavost - malý ruský autobus GAZ dodatečně přestavěný na zemní plyn (fotografii jsem pořídil v ukrajinském městě Mukačevo)**

### **Výhody stlačeného zemního plynu CNG**

Zemní plyn má velký potenciál pro využití jako motorové palivo. Je levný, má vysoké oktanové číslo, jedná se o čisté palivo, které nemá problémy se současnými i budoucími emisními limity. Zemní plyn může být užíván jako motorové palivo v klasických spalovacích motorech, benzínových nebo přímo plynových. Zemní plyn lze využívat jednak ve formě stlačeného plynu (tlak až 22 MPa), tak ve zkapalněné formě (při teplotě  $-162^{\circ}\text{C}$ ). „Vysokotlaká“ verze je v současnosti preferovanější variantou. Delší životnost zásob zemního plynu oproti ropě a rovnoměrnější rozložení nalezišť zemního plynu ve světě je velmi významnou skutečností pro budoucí rozvoj využití zemního plynu v dopravě.

Provoz CNG vozidel se oproti provozu vozidel s naftovými motory vyznačuje především následujícími výhodami:

a) Z hlediska ochrany životního prostředí:

- výrazné snížení emisí pevných částic (PM – Particulate Matters), které jsou u naftových motorů považovány z důvodu mutagenních a karcinogenních účinků za nejzávažnější
- kouřivost vznětových motorů je u plynových pohonů prakticky eliminována
- snížení dalších dnes sledovaných složek emisí – oxidů dusíku NO<sub>x</sub> a emisí oxidu uhelnatého CO
- snížení emisí oxidu uhličitého (skleníkového plynu) cca o 10 -15 %
- výrazné snížení nemetanových, aromatických a polyaromatických uhlovodíků (PAU), aldehydů
- snížení tvorby ozónu v atmosféře nad zemí, který způsobuje tzv. „letní smog“
- spaliny z motorů na zemní plyn neobsahují oxid siřičitý (SO<sub>2</sub>)
- do zemního plynu se nepřidávají aditiva a karcinogenní přísady
- plynové motory mají tišší chod, úroveň hluku např. plynových autobusů oproti naftovým je díky „měkčímu“ spalování nižší o 50 % vně vozidel a o 60-70% uvnitř vozidel
- při tankování nevznikají žádné ztráty paliva (odpařování nafty)
- nemožnost kontaminace půdy v důsledku úniku nafty na silnici, v garáži
- pohon na CNG je oproti ostatním ekologičtější i v dopravě pohonných hmot, kdy nafta, benzin či LPG se dováží zpravidla nákladními auty, zatímco zemní plyn je dopravován plynovodem

b) Z hlediska provozního:

- u dvoupalivových systémů zůstává zachována možnost užívání benzínu
- lepší směšování plynu se vzduchem umožňuje rovnoměrnost palivové směsi, možnost pracovat s vysokým součinitelem přebytku vzduchu, rovnoměrnější plnění válců, menší zatěžování motoru
- zvýšení celkového dojezdu u dvoupalivových systémů
- díky čistotě paliva se prodlužuje životnost motorového oleje i samotného motoru, nevytvářejí se karbonové usazeniny (zde se myslí v porovnání s motory poháněnými benzinem nebo naftou)
- nemožnost zcizení pohonné hmoty
- ve srovnání s naftovými motory snížení hlučnosti motoru
- lepší startování při nízkých teplotách
- vysoká antidetonační schopnost – vysoké oktanové číslo zemního plynu (130) umožňuje motoru pracovat i v oblasti výrazného ochuzení palivové směsi, zvyšuje odolnost vůči „klepání“ motoru
- CNG palivo je ve srovnání s naftou a benzinem levnější

#### **Nevýhody stlačeného zemního plynu CNG :**

a) Největším problémem pro rychlejší rozšíření stlačeného zemního plynu je nedostatečná infrastruktura tj. málo plnicích stanic. (Každé alternativní palivo, které se snaží konkurovat tradičním pohonným hmotám, trpí neexistencí dostatečné infrastruktury.)

b) Nevýhodou jsou vyšší náklady:

- na vozidlo - přestavby vozidel na plyn zvyšují cenu vozidla, sériově vyráběné plynové vozy jsou dražší (menší počty kusů, individuální výroba)
- na plnicí stanice, na díly plynových zástaveb - lze však očekávat, že tyto náklady celkově klesnou s širším využíváním zemního plynu v dopravě

c) Z hlediska provozního:

- zvýšení celkové hmotnosti automobilu a tím snížení povolené hmotnosti užitečné v důsledku instalace tlakové nádrže na plyn, řešením je užití tlakových lahví z kompozitních materiálů, které jsou až 5x lehčí než tradiční ocelové
- zpřísněná bezpečnostní opatření (garážování, opravy atd.)
- snížení výkonu motoru (o cca 5–10 %) u přestavovaných vozidel
- menší dojezd CNG vozidel oproti klasickým palivům (osobní automobil dodatečně upravený na provoz na zemní plyn na něj ujede cca 200–250 km)
- nutnost pravidelných kontrol plynových zástaveb
- zmenšení zavazadlového prostoru nebo užitého prostoru o prostor, který zabírá tlaková nádrž, je možno řešit umístěním tlakové nádrže na střechu (autobusy), pod vozidlo (osobní, nákladní automobily) nebo do jiných prostor (např. místo náhradního kola)

#### **2.1.4 Zkapalněný zemní plyn – LNG**

Na LNG (Liquefied Natural Gas) dnes ve světě jezdí přibližně několik tisíc vozidel, nejvíce v USA. Nárůst využívání LNG je v nejbližších letech očekáván v Asii (Čína, Korea) a v Evropě (Anglie, Německo, Španělsko).

##### **Výhody LNG:**

- větší dojezd vozidla na LNG oproti CNG (jedna z hlavních nevýhod CNG), na srovnatelnou úroveň s klasickými pohonnými hmotami

Pro srovnání:

- 1,5 litru LNG energeticky odpovídá 1 litru benzínu
- 1,7 litru LNG energeticky odpovídá 1 litru nafty

- vysoce čisté palivo s minimem škodlivých emisí
- vysoká hustota energie (srovnatelná s ropnými látkami)
- nepříliš těžká palivová nádrž
- doba plnění srovnatelná s klasickými palivy
- bezpečný provoz (vyšší zápalná teplota LNG oproti benzínu)
- oproti CNG zmenšení objemu palivových nádrží a tím zvětšení úložného prostoru ve vozidle

#### **Nevýhody LNG:**

- uchovávání za velmi nízkých teplot
- odpar z nádrže při delší odstávce vozidla
- složitější a nákladnější technologie v porovnání se stlačeným zemním plynem
- jiná technologie plnění vozidel a nová rizika při tankování

#### **Vlastnosti:**

Zkapalněný zemní plyn je 90–100% metan (se zbytky etanu, propanu, vyšších uhlovodíků, dusíku ...), který je zchlazen na  $-162^{\circ}\text{C}$  při atmosférickém tlaku. Zkapalněný zemní plyn je studená, namodralá, průzračná kapalina bez zápachu, nekorozivní, netoxická, s malou viskozitou.

- Zkapalněný zemní plyn zaujímá cca 600 x menší objem než plynný zemní plyn.
- Hustota LNG je  $0,4 - 0,42 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .
- 1 kg LNG má výhřevnost 54,8 MJ, 1 litr LNG 22,2 MJ.
- Zápalná teplota LNG je  $540^{\circ}\text{C}$ .

## **3. Bezpečnost provozu a plnicí stanice**

### **3.1 Některá bezpečnostní řešení CNG autobusů a jiných vozidel**

Jako příklad použití CNG vozidel mohou vhodně sloužit autobusy, protože zde se CNG pohon rozšířil a poměrně úspěšně se používá a lze tedy předpokládat, že se může podobně rozšířit tento pohon i do jiných vozidel i traktorů.

V porovnání s autobusy vybavenými vznětovými motory jsou autobusy, spalující stlačený zemní plyn CNG, konstrukčně vybaveny takto:

- umístění nádrží na střeše – v případě úniku stoupá plyn nahoru
- tlakové nádrže, potrubí a spoje odolnost 100 MPa = pětinašobek provozního tlaku (nejvýše 22 MPa)
- vysokotlaké vedení – vždy mimo prostor cestujících ve ventilovaném pouzdře
- snímač kolize = vypnutí motoru (dostupný uvnitř vozu)
- umístění plnicího hrdla mimo oblast zasaženou v případě havárie
- bezpečnostní uzávěr nádrže – zařízení zabraňuje nastartování motoru, pokud nejsou zamčena plnicí dvířka
- tepelná pojistka na 100°C po dobu 3 min. na každé nádrži
- několik elektromagnetických škrťících ventilů – v případě ohrožení uzavřou rozvod CNG po vozidle
- tavné pojistky na nádržích – kontrolovaný a bezpečný únik CNG při požáru

### **3.2 Bezpečnost při plnění vozidel zemním plynem**

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

- každá plnicí stanice je vybavena nouzovým "červeným" tlačítkem pro okamžité ukončení plnění

- každá plnicí přípojka výdejního stojanu je vybavena tzv. „trhací spojkou“, která v případě, že obsluha plnicího zařízení omylem neodpojí po ukončení plnění přípojku od koncovky vozidla a odjíždí, přeruší plynotěsně spojení přípojky k výdejnímu stojanu
- pokud by v průběhu plnění praskla plnicí přípojka, výdejní stojan zaznamená příliš velký tok plynu a okamžitě přeruší plnění
- tloušťka stěny tlakové nádoby ve vozidle je vypočtena pro tlak 30 MPa (1,5 násobek provozního tlaku), t.j. pro tlak, který ani při nejextrémnějších teplotách nemůže nastat
- uvnitř tlakové nádrže je tzv. "inline ventil", který okamžitě zastaví přívod plynu při poklesu tlaku, např. při porušeném plynovém potrubí při nehodě a zabrání tak případnému úniku plynu
- v případě požáru vozidla se roztaví tavná pojistka a plyn kontrolovaně odhoří, aniž by tlaková nádoba ve vozidle explodovala

Z hlediska bezpečnosti při plnění se velkým nebezpečím jeví záměna CNG a LPG. Bylo zaznamenáno několik tragických havárií při naplnění stlačeného zemního plynu do vozidla s pohonem na propan butan. Vzhledem k několikanásobně vyššímu tlaku CNG došlo k roztržení nádrže LPG a následnému výbuchu.

### **3.3 Druhy plnění CNG**

#### **3.3.1 CNG plnicí zařízení NGV2 - rychlé plnění**

Zemní plyn z plynovodní sítě je v CNG plnicích stanicích vysušován v sušičkách plynu a pomocí kompresoru stlačován na tlak 20–30 MPa. CNG plnicí stanice mají výkon kompresoru vyšší než 20 m<sup>3</sup>. hod<sup>-1</sup>. CNG je poté skladován v soustavě tlakových zásobníků, vzájemně propojených. Při vlastním plnění CNG do vozidel se přepouští stlačený zemní plyn z tlakových zásobníků prostřednictvím výdejního stojanu do tlakových nádob ve vozidle. Plnicí pistole na hadici výdejního stojanu se připojí pomocí rychloupínacího systému na plnicí koncovku

vozidla. Doba plnění CNG vozidla je srovnatelná s čerpáním kapalných pohonných hmot (3–5 minut). Tento způsob plnění je primárně určen pro autobusy a nákladní vozidla.



**Obr. 3.1 Plnicí koncovka NGV2**

### **3.3.2 CNG plnicí zařízení NGV1 - pomalé plnění**

Plnění CNG do vozidel se provádí přímo pomocí plnicího zařízení (bez tlakových zásobníků). Hlavní součásti plnicího zařízení jsou kompresor, výdejní zařízení, měření a regulace. Výkon kompresoru je do  $20 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$ . Plnění probíhá zpravidla několik hodin v době, kdy vozidlo není v provozu – v nočních hodinách nebo v přestávkách jízdy. Urychlit toto plnění lze spřažením plnicí stanice se stabilními zásobníky CNG. Tento způsob plnění CNG je vhodný především pro osobní a lehké nákladní automobily, které parkují na stálém místě a nejezdí nepřetržitě. Často je využíván i pro některá speciální vozidla – pro vysokozdvizné vozíky ve skladech nebo pro rolby ledu na zimních stadionech.



**Obr. 3.2 Plnicí koncovka NGV1**



## 4. Situace v ČR a ve světě

V České republice resp. v Československu se zemní plyn jako pohonná hmota začal uplatňovat již od roku 1981, kdy byla provedena první přestavba vozidla na zemní plyn. Počátkem 90. let minulého století patřila naše republika v plynofikaci dopravy na přední místa ve světě. Dobře se rozvíjející program plynofikace dopravy se ale zpomalil, nastala léta stagnace. Před Českou republiku se dostaly další evropské země, které s plynofikací dopravy začínaly daleko později. Počátkem 21. století zájem o zemní plyn opět roste.

### 4.1 Statistika k počátku roku 2011

Počet CNG vozidel ve světě je přes 13 mil., z toho v Evropě 1,4 mil. V České republice je přibližně 2500 vozidel. Pro srovnání uvedu několik dalších evropských zemí.

**Tabulka č. 4.1 Počet CNG vozidel v evropských státech**

Země	Počet vozidel na CNG
Itálie	730 tis.
Ukrajina	250 tis.
Rusko	160 tis.
Německo	90 tis.
Bulharsko	60 tis.
Švédsko	20 tis.
Francie	15 tis.
Švýcarsko	9 tis.

Počet veřejných plnicích stanic ve světě je přibližně 18 600, z toho v Evropě 1 550. V České republice je 34 plnicích stanic a jejich počet se stále rozrůstá. Například v Německu je plnicích stanic 880, v Itálii 700 a v Rakousku 190.

**Tabulka č. 4.2 Statistika v ČR**

Rok	Počet CNG veřej. stanic	Vozidel celkem	Z toho autobusů	Prodej CNG [10 <sup>6</sup> .m <sup>3</sup> ]
2004	9	250	100	2,7
2005	9	450	165	3
2006	11	580	180	3,5
2007	17	900	195	5,8
2008	17	1 200	215	6,7
2009	23	1 800	270	8,1
2010	32	2 500	300	10,1
2011	34	3 250	336	není známo

(zdroj: [www.cng.cz](http://www.cng.cz), 21.2. 2012)

## 5. Historie pohonů silničních vozidel na plyn

Využití CNG pro pohon dopravních prostředků není žádnou novou myšlenkou, jen díky dokonalejším technologiím je možné dnes mnohem účinněji zavádět taková vozidla do provozu a nebýt k tomu nuceni, například složitými válečnými podmínkami, kdy byla nouze o benzín a naftu.

Vynález výbušného plynového motoru je spojen především se jmény Rivaz a Lenoir. Švýcarský vojenský vysloužilce Issac de Rivaz získal r. 1807 patent na vozidlo poháněné výbušným motorem. Vůz dokonce postavil a veřejně zkoušel. Jeho motor měl válec, v němž elektricky zapaloval směs svítiplynu a vzduchu. Píst, který byl výbuchem vytlačen vzhůru, byl pak svojí vahou a atmosférickým tlakem vzduchu tlačěn dolů, přičemž ozubeným hřbetem poháněl soukolí, do něž se pohyb přenášel na kola vozu.

Opravdového úspěchu ale dosáhl až Francouz belgického původu Jean Joseph Etienne Lenoir, kterého lze považovat za vlastního tvůrce výbušných motorů, neboť je přivedl k takovému stavu dokonalosti, že je bylo možno opravdu prakticky využít. Dne 10. listopadu 1859 získal patent na motor poháněný svítíplynem a v roce 1860 začal již stavět vůz s plynovým motorem. Plyn byl stlačený v nádržce umístěné ve vozidle. V roce 1863 vykonal Lenoir s tímto vozidlem první jízdu z Paříže do jejího předměstí Joinville le Pont a zpět rychlostí 6 km/hod. Celá trať měřila 18 km. V této době se ale začaly rychle vyvíjet spalovací systémy na kapalná paliva, tedy benzín, naftu či petrolej a plynové pohony byly téměř zapomenuty. O jejich návrat se postaral nedostatek kapalných paliv během první poloviny 20. století - světové války. V praxi se zjistilo, že plyn má pro pohon motorových vozidel vynikající vlastnosti. Především byl provoz s použitím svítíplynu levnější než s kapalnými pohonnými hmotami, motory snadněji startovaly i v mrazivém počasí a samozřejmě byl provoz ekologičtější, což si kupodivu již v počátcích užívání spalovacích motorů naši předkové plně uvědomovali. Nevýhodou použití nestlačeného svítíplynu byl velmi malý akční rádius automobilů. Vývoj proto jednoznačně směřoval k používání stlačeného plynu. Ten se sice po 2. světové válce poněkud zastavil, ale energetická krize 60. a 70. let jej opět vzkřísila. Dnes jsou plynové pohonné systémy hojně využívány hlavně v hromadné dopravě po celém světě a tento trend se stále zdokonaluje a modernizuje. Od začátku 90. let se plynná paliva na trhu pohonných hmot stále více prosazují.

## **5.1 Velká Británie**

Ve Velké Británii se automobily vybavovaly gumovými balóny připevněnými na střeše, do kterých se z nízkotlakého potrubí plnil opět svítíplyn. Nevýhodou byl hlavně poměrně malý dojezd (dáno malým obsahem plynu v balónech).



**Obr. 5.1 Ukázka anglických vozidel s gumovými balóny**

## **5.2 Francie**

Kolem roku 1930 se ve Francii začalo poprvé objevovat použití stlačeného svítíplynu v automobilové dopravě a brzy se rozšířilo do dalších evropských zemí. Byly vyráběny kompresní tankovací stanice, tlakové lahve, přestavována vozidla, stlačený svítíplyn se začal běžně používat. Souběžně s rozvojem použití stlačeného svítíplynu byly prováděny pokusy s použitím i jiných plynů, především metanu a kalového plynu.

## **5.3 Německo**

Zkapalněné uhlovodíkové plyny se začaly v Evropě používat počátkem třicátých let. Jsou tedy jedním z nejmladších motorových plynných paliv. Tekuté plyny byly poprvé použity v Porúří v roce 1934 k pohonu 50 nákladních automobilů. O tři roky později již jezdilo na území Říše 12 tisíc nákladních automobilů na tekutý plyn. V roce 1937 činila spotřeba tekutého plynu na území Německa 50 tisíc tun ročně. Tekutý plyn se získával jako vedlejší produkt při výrobě benzínu z uhlí.

## 5.4 Itálie

Ve využití zemního plynu pro pohon vozidel má primát Itálie. Snadná dostupnost zemního plynu z vlastní těžby ve 30. letech minulého století umožnila nástup a později širší rozmach užití zemního plynu pro účely dopravy v Itálii.



Obr. 5.2 Italský FIAT při plnění stlačeným zemním plynem

## 5.5 Plynové pohony v hromadné dopravě

Poprvé v městské hromadné dopravě byl plyn poprvé použit nikoli pro pohon autobusů, ale tramvají. V roce 1893 jezdilo v Drážďanech 6 tramvají poháněných motory na stlačený svítiplyn. Stlačený svítiplyn byl uložen v 6 nádržkách po 1 m<sup>3</sup>, ve kterých byl svítiplyn stlačen přetlakem 0,6 MPa. Vůz dosahoval rychlosti 10 – 12 km.hod<sup>-1</sup> a měl dojezd až 40 km. V letech 2. světové války pro nedostatek kapalných pohonných hmot jezdily v Evropě autobusy městské hromadné dopravy, nákladní a osobní automobily nejen na svítiplyn, zemní plyn nebo zkapalněné uhlovodíkové plyny, ale byl využíván i dřevoplyn. Ten byl využíván nejen v silniční dopravě, ale i pro pohon lokomotiv, zejména v Německu. Po 2.

světové válce bylo používání plynu v dopravě ve většině evropských zemí na dlouhá léta utlumeno a do popředí se opět dostaly klasické kapalně pohonné hmoty – benzín a nafta. Opětovný nástup použití plynu pro pohon vozidel nastal v 60. a 70. letech, razantní přechod na plyn pak ke konci 80. a zejména v 90. letech minulého století. Na olympiádě v Mnichově v roce 1972 byly s úspěchem použity městské autobusy poháněné stlačeným nebo zkapalněným zemním plynem. Později byly použity na běžné linky.

## **5.6 Situace plynových pohonů v Československu (později v České republice)**

Využívání plynu v dopravě začalo v českých zemích v roce 1936. Konkrétně se jednalo o používání stlačeného svítiplynu k pohonu automobilů, autobusů a traktorů. Vítkovické železárny jako první vyráběly kompresní tankovací stanice a provozovaly na svítiplyn vlastní nákladní vozy. V roce 1937 došlo k výstavbě kompresní stanice v Hradci Králové, kde se na převedení městské autobusové dopravy na plyn dohodla městská plynárna s místním dopravním podnikem.



**Obr. 5.3 Československý automobil Praga s tlakovou nádobou na střeše**

Stlačený svítiplyn k pohonu autobusů, nákladních i osobních automobilů se začal používat v Praze, Hradci Králové a v dalších českých městech. V 30. a 40. letech

jezdily plynové autobusy také v Krnově, Olomouci, Mladé Boleslavi. V té době byla v Praze v plynárně v Michli postavena kompresní stanice na plnění lahví stlačeným svítíplynem. V Praze bylo ještě s rostoucím nedostatkem kapalných pohonných hmot potřebných k válečným účelům nutno roku 1944 otevřít další 2 plynové čerpací stanice. V tomto období jezdily v Praze autobusy městské hromadné dopravy, nákladní a osobní automobily i na dřevoplyn. Typickým jevem při dřevoplynovém provozu byly zásoby bukových špalíků ukládané v pytlích na střechách vozů.



**Obr. 5. 4** Autobus Praga TO na nestlačený svítíplyn v ulicích



**Obr. 5.5** Autobus Praga TO na nestlačený svítíplyn při plnění

V období druhé světové války byl na našem území pohon dřevoplynem zaveden i u motorových vozů bývalých Českomoravských drah BMD – ČMD. V roce 1941 a 1943 byly dodány dvě série motorových vozů v provedení na dřevoplyn. Systém dřevoplynového zařízení pro pohon vozidel je stejný jako u moderních kotlů na dřevoplyn.

Po válce však, obdobně jako v celé Evropě, používání plynu v dopravě ustoupilo do pozadí a na scénu se vrátily klasické kapalné pohonné hmoty. Zemní plyn jako pohonná hmota se začal v Československu uplatňovat od roku 1981, kdy byla provedena první přestavba vozidla na zemní plyn. Plány dalšího rozvoje byly smělé. V roce 1985 byla vypracována komplexní studie řešící náhradu kapalných paliv zemním plynem, podle níž v cílovém roce 1995 mělo být postaveno několik desítek plnicích stanic a na zemní plyn mělo jezdit několik tisíc vozidel, především nákladních automobilů a autobusů.



**Obr. 5.6** Nákladní automobil vybavený kotlem na dřevoplyn (výrobce Dokogen, dnešní Atmos)

*Pozn. Podobný nákladní automobil, avšak značky Praga, jako je na obrázku č.6 je možno vidět v Muzeu historických vozidel v Pořežanech u Týna nad Vltavou. Toto vozidlo v době druhé světové války při kritickém nedostatku pohonných hmot rozváželo mléko v Českých Budějovicích.*



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

Rovněž plynové osobní a nákladní automobily byly individuálně přestavované, neexistovaly ani sériově vyráběné automobily na zemní plyn, ani nebyly schváleny hromadné přestavby -vozidel – homologace. Individuální přestavby se v praxi neosvědčily, to byl hlavní důvod, proč se dobře rozbíhající program plynofikace zpomalil, až zastavil.

Česká republika byla počátkem 90. let minulého století v plynofikaci dopravy na předním místě ve světě. Díky stagnaci v dalších letech se ale před ni dostaly další evropské země, které s plynofikací dopravy začínaly později. Byly však zde využity poznatky z počátečních fází plynofikace a počet vozidel na zemní plyn i plnicích stanic tam nyní úspěšně roste (př. Německo, Francie).

Od roku 1999 se situace začala měnit. U osobních automobilů byly v roce 1999 schváleny hromadné přestavby vozidel na zemní plyn. Nutno podotknout, že se u nás pro CNG neuplatňuje spotřební daň (od 1. ledna 2007), která je cca 2,35 Kč.kg<sup>-1</sup>. Vláda tuto úlevu schválila s platností do konce roku 2012 a po tomto datu se předpokládá, že bude tato daň jen minimální a bude růst do roku 2020, kde se zastaví na právě 2,35 Kč.kg<sup>-1</sup>.

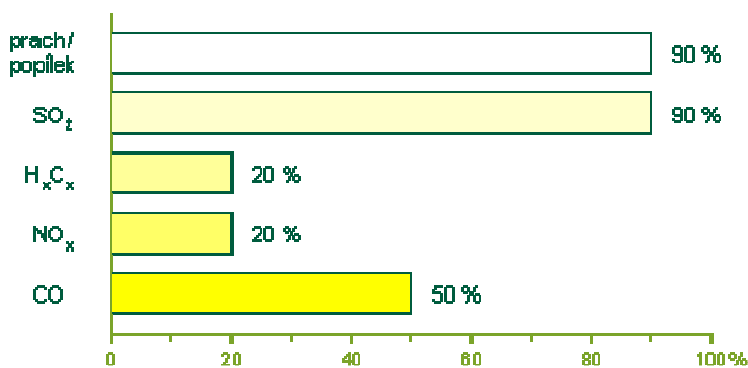
(zdroj: autorova maturitní práce „Plynofikace dopravy“)

## 6. Srovnání naftových a benzínových pohonů s CNG z hlediska emisí

Jak je vidět v následujícím srovnání, vozidla na zemní plyn produkují výrazně méně škodlivin než vozidla s klasickým pohonem. Ačkoliv nejde o obnovitelný zdroj energie, jeho spalování je ekologičtější než spalování konvenčních paliv v dopravě jako je benzin nebo nafta. Mimo jiné jsou z tohoto hlediska CNG vozidla oproti dieselovým (např. vysokozdvížné vozíky) mnohem vhodnější pro provoz v uzavřených prostorech – tedy například v zemědělských nebo skladovacích halách.

### 6.1 Snížení emisí – zemní plyn / nafta

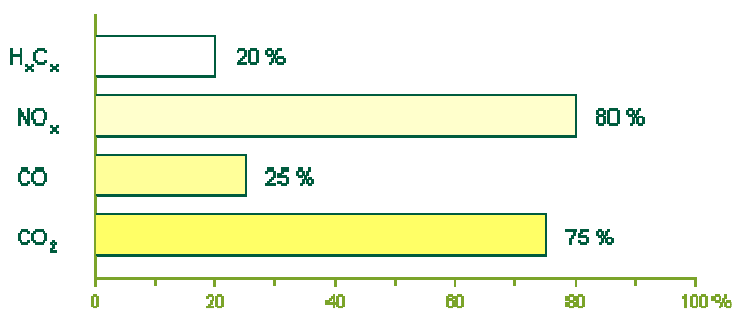
- Částečky (prach/popílek) téměř úplná eliminace
- Oxid siřičitý ( $\text{SO}_2$ ) téměř úplná eliminace
- Reaktivní uhlovodíky ( $\text{H}_x\text{C}_x$ ) o 20 % méně
- Oxidy dusíku ( $\text{NO}_x$ ) o 20 % méně
- Oxid uhelnatý ( $\text{CO}$ ) o 50 % méně



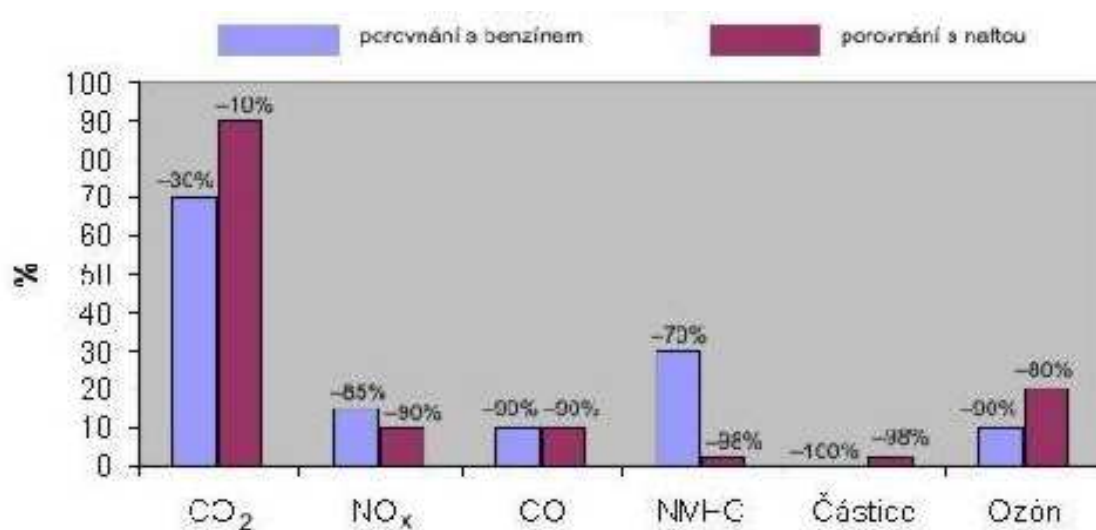
Graf č. 6.1 Snížení emisí ( $\text{g.km}^{-1}$ ) u vozidel s pohonem na zemní plyn a naftu

## 6.2 Snížení emisí – zemní plyn / benzín

- Reaktivní uhlovodíky ( $H_xC_x$ ) o 80 % méně
- Oxidy dusíku ( $NO_x$ ) o 20 % méně
- Oxid uhelnatý (CO) o 75 % méně
- Oxid uhličitý ( $CO_2$ ) o 25 % méně



Graf č. 6.2 Snížení emisí ( $g.km^{-1}$ ) u vozidel s pohonem na zemní plyn a benzín



Graf č. 6.3 Potenciál redukce emisí při využití zemního plynu v dopravě

(zdroj: autorova maturitní práce „Plynofikace dopravy“)

## **7. Příslušenství CNG motorů**

### **7.1 Obecný popis funkce a složení CNG vozidla motoru**

Plnění vozidel stlačeným zemním plynem (tlak cca 20 MPa) u CNG plnicích stanic se provádí prostřednictvím plnicí pistole výdejního stojanu, která se spojí s plnicí koncovkou vozidla. Palivovou nádrží CNG je soustava plynových tlakových nádob. Ty jsou většinou ocelové, ale stále více se prosazují i vylehčené nádoby kompozitní. U osobních a dodávkových automobilů bývají tlakové nádoby umístěny pod vozidlem, u autobusů pak v zavazadlovém prostoru nebo na střeše u nízkopodlažních autobusů. Při jízdě se CNG z tlakových nádob prostřednictvím vysokotlakého plynového potrubí dostává do vysokotlakého regulátoru, kde dochází k redukci tlaku plynu na potřebný provozní tlak. Prostřednictvím palivové lišty se zemní plyn přivádí od regulátoru plynu k jednotlivým vstřikovačům, které zajišťují vstřikování plynu do jednotlivých válců. Elektronická část plynové zástavby – řídicí jednotka slouží k správnému provozu vozidla na zemní plyn, řídí dávkování plynu. Na přístrojové desce automobilu je umístěn ukazatel množství CNG.

Popis je proveden na příkladu součástí autobusu Irisbus Citelis 18M CNG z důvodu podobnosti motorů (především výkonově) s motory, které se používají, nebo by se mohly používat i v zemědělství. Jednotlivé součásti CNG vozidel s možností použití v zemědělství (vysokozdvížné vozíky, traktory atd.) jsou velmi podobné těm z CNG autobusů.

### **7.2 Palivová a sací soustava**

Palivová soustava je dosti odlišná od motorů spalujících konvenční paliva. Obecně se skládá z tlakové nádrže, tlakového potrubí, redukčního ventilu, sací soustavy, směšovače a vstřikovací trysky. Součásti sacího potrubí CNG motoru jako je filtr vzduchu, sací potrubí či turbodmychadlo se obvykle příliš neliší od těch motorů, které jsou určeny pro pohon na koncepční paliva. Proto se zaměřím hlavně na specifické příslušenství sací soustavy CNG motorů.

### Tlakové nádrže CNG (lahve)

Mohou být umístěny na střeše vozidla (autobusy), pod podvozkem (osobní a nákladní automobily) nebo v jiných prostorech vozidla (například nad motorem vysokozdvížného vozíku, na předním třibodovém závěsem traktoru atd.). Nádrže se vyrábějí z oceli, nebo z kompozitních materiálů, což je výhodné z hlediska celkové úspory hmotnosti vozidla. Tlak v nádržích se po úplném doplnění paliva může lišit na druhu vozidla a palivové soustavy, například u CNG autobusů je maximální tlak v nádržích 22 MPa. Tento tlak vlivem spotřebovávání paliva klesá, což umožňuje určit množství zásoby CNG v nádržích a tento údaj je pak pro informaci zobrazen na palubní desce vozidla.



**Obr. č.7.1 Tlakové nádrže CNG autobusu umístěné na střeše vozidla**

### Tlakové potrubí

Je složeno z nerezových trubiček, armatur (uzavírací, zpětné, připojovací atd.), filtru a bezpečnostních protipožárních pojistek.

### Redukční ventil

Tento ventil redukuje tlak plynu v potrubí před vstupem do směšovače. Pokud jsou nádrže plné, je v nich tlak stlačeného plynu 22 MPa, tento ventil redukuje tlak na 1 MPa.



**Obr. č. 7.2 Redukční ventil CNG autobusu**

### Směšovač

Směšovač je vlastně s nadsázkou řečeno jakousi obdobou karburátoru benzinového motoru. Pomocí údajů z 18ti čidel, zpracovaných centrální řídicí jednotkou, směšuje nejvhodnější okamžitou směs stačeného zemního plynu CNG a vzduchu. Čidla jsou umístěna na různých místech motoru, měří základní parametry vzduchu a CNG na vstupu do směšovače, dále parametry spalin na výstupu motoru, okamžitý tlak a teplotu plynu v nádržích, okamžité otáčky motoru, zařazený rychlostní stupeň nebo atmosférické podmínky, zjištěné vně vozidla. Je mimo jiné spojen s plynovým pedálem řidiče.



**Obr. č. 7.3 Směšovač CNG autobusu**

### Vstříkovací trysky

Vstříkovací trysky CNG mají podobnou konstrukci jako vstříkovací trysky na benzin. U CNG autobusu Irisbus Citelis 18M CNG jsou vždy 2 vstříkovací trysky na 1 válec.





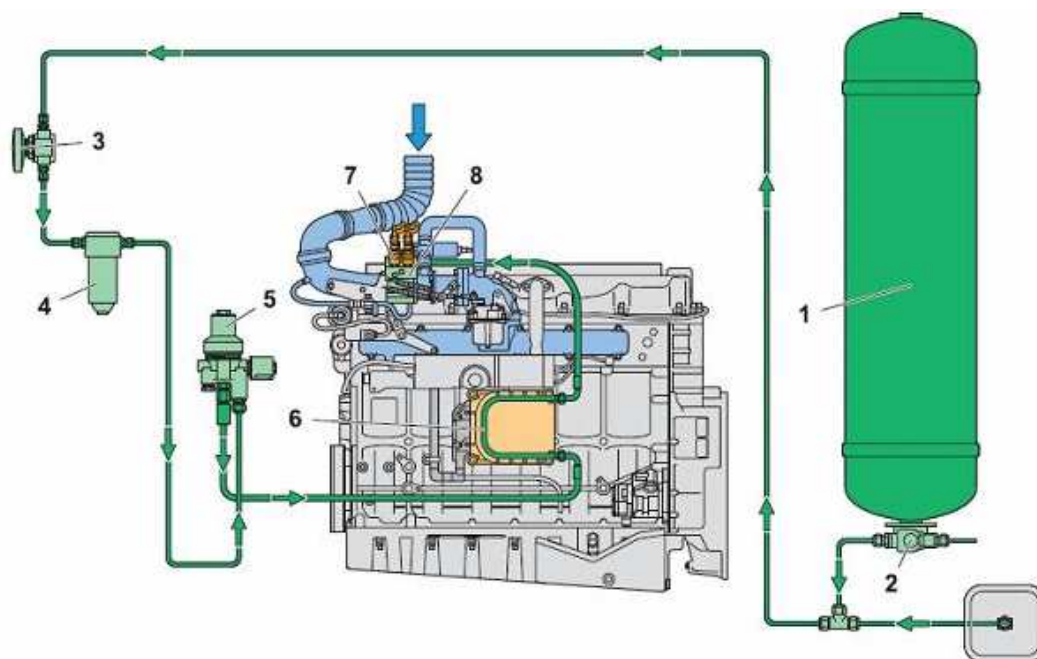
Obr. č. 7.4 Vstřikovací trysky CNG autobusu

### 7.3 Druhy plynových motorů

#### Monovalentní motor:

Tento druh motoru je určen pro spalování výhradně jednoho druhu paliva – v našem případě CNG. Tomu jsou přizpůsobeny další parametry motoru jako komprese, zapalování atd. Výhodou monovalentního motoru je, že je schopen spalovat CNG s vyšší účinností, než motory bivalentní, protože veškeré součásti a nastavení jsou přizpůsobené spalování jednoho charakteristického paliva. Nevýhodou je nemožnost přepnutí na jiný druh paliva, s tím je spojený i kratší akční rádius vozidla. Příkladem může být autobus Irisbus Citelis 18M CNG.





1-tlakový zásobník, 2-plnicí ventil, 3-uzavírací ventil, 4-filtr, 5-regulátor tlaku, 6-řídicí jednotka, 7,8- dávkovací ventil

**Obr. č. 7.5 Schéma palivové soustavy monovalentního spalovacího motoru na CNG**

### Bivalentní motor

Je to motor, jehož příslušenství umožňuje spalovat 2 různé druhy paliva, a to buď zcela odděleně, nebo společně. Bivalentní motor je výhodný z důvodu možnosti přepínání mezi spalováním obou druhů paliv (podle konstrukce zvlášť, nebo společně) a tím cenové úspore na palivu nebo při případné nemožnosti doplnění jednoho z paliv, dále také zvětšuje akční rádius vozidla. Nevýhodou je, že motor vozidla musí být konstruován s jistým „kompromisem“, neboť musí pracovat s oběma palivy pokud možno stejně a každé palivo má poněkud jiné požadavky na provedení součástí motoru. Proto mají tyto motory trochu menší účinnost, než motory monovalentní.

### Oddělené spalování

V praxi se s motorem s odděleným systémem paliv setkáme v některých osobních automobilech a to nejčastěji v kombinaci benzin – CNG. Řidič má tedy možnost přepínat mezi spalováním CNG a benzinu podle svého vlastního uvážení. V České republice CNG automobilů s odděleným spalováním sice příliš nejezdí, ale v zahraničí (zejména Německo a Itálie) je jejich provoz poměrně rozšířený. U nás jsou spíše rozšířená vozidla s odděleným bivalentním spalováním benzin – LPG.

### Společné spalování

Toto řešení se používá například u traktoru Steyr 6195 CVT, který lze dovybavit komponenty pro spalování CNG. Používá se zejména v případě přestavby vznětových naftových motorů na CNG z důvodu výchozí komprese, která není vhodná pro spalování samotného CNG. Přímé použití CNG není u motoru možné vzhledem k nulové hodnotě cetanového čísla a vysoké teplotě vznícení. Tyto dva parametry jsou v podstatě klíčové pro vznícení paliva. Motor funguje tak, že se současně do spalovacího prostoru přivádí plynné a kapalné palivo. Kapalné palivo při tom slouží k iniciaci vznícení, neboť plynné palivo má vysokou teplotu vznícení a běžnou kompresí tzn. tlakem a teplotou ve spalovacím prostoru by nedošlo k jeho zapálení. Výhodou tohoto systému je úspora nafty, jejíž spotřeba může při společném spalování klesnout až na 40% výchozí hodnoty. Další výhodou je, že v případě nedostatku CNG je motor schopen pracovat pouze na naftu. Nevýhodou tohoto systému je nutnost motor dovybavit dalším příslušenstvím.

(zdroj: autorova maturitní práce „Plynofikace dopravy“)

## 8. Traktory provozované na CNG

### 8.1 Traktor Steyr 6195 CVT

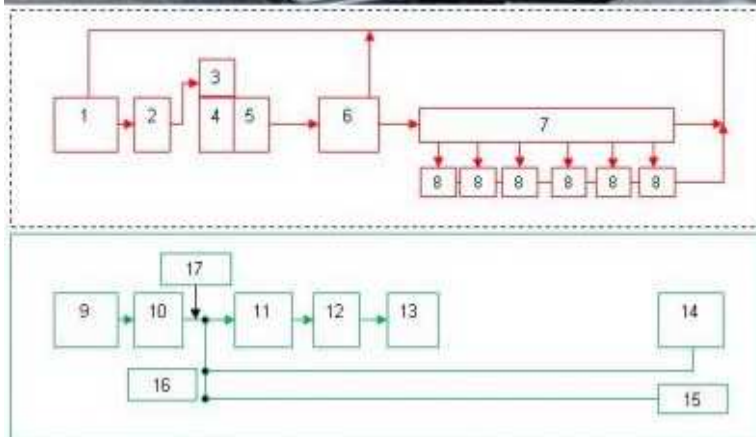


**Obr. č. 8.1 Traktor Steyr 6195 CVT s mobilním nosičem CNG tlakových lahví na předním tříbodovém závěsu**

Tento traktor je vybaven standardně šestiválcovým vznětovým motorem o objemu 6,6 l s palivovou soustavou Common Rail. Snaha hledat řešení pro snižování nákladů na provoz traktoru směřuje také do oblasti využívání jiných druhů paliv než je motorová nafta. Přitom je také cílem omezovat negativní účinky provozu vznětového motoru na životní prostředí. Jedním z takových řešení je varianta provozu traktoru na plynné palivo jako je u tohoto modelu. Motor je možno po přestavbě provozovat v bivalentním režimu společného spalování nafty a CNG (případně čištěného bioplynu). Tato přestavba se týká jen vnějších komponentů, podobně jako u přestaveb spalovacích motorů osobních automobilů. Základ palivové soustavy tvoří zásobník, ve kterém je plyn udržován pod tlakem přibližně 20 MPa. U traktoru Steyr mohou být tlakové láhve umístěny v mobilním nosiči, uchyceném na předním tříbodovém závěsu nebo případně na zadním tříbodovém závěsu. Pro zvýšení doby provozu se umísťují i do spodní části

traktoru. V nosiči, který je určen pro zavěšení na tříbodový závěs, se nachází šest lahví s celkovým objemem 300 l. V nosiči umístěném ve spodní části traktoru se nachází devět 22 l a jedna 16 l láhev. Všechny tlakové lahve jsou vyrobeny z oceli. Plnění lahví je možné provádět přes plnicí stanice CNG nebo přímo z domovní přípojky (domovní čerpací stanice) při nižším tlaku než u plnicí stanice. Tím se prodlužuje doba plnění, která probíhá obvykle přes noc. Mimo CNG lze používat bioplyn s vysokým obsahem metanu na úrovni 95 – 97 %. To znamená, že bioplyn z běžné produkce bioplynových stanic není vhodné přímo používat, neboť obsahuje 55 až 70 % metanu, a proto se musí ještě čistit, aby se zvýšila koncentrace metanu (čištění bioplynu spočívá hlavně v odstranění oxidu uhličitého, sirovodíku a vodní páry). Z tlakových lahví je plyn veden přes zpětný ventil do regulátoru tlaku, ve kterém se snižuje tlak na úroveň 0,38 MPa. Snižovaný tlak plynu se přivádí k dávkovacímu ventilu, který je společný pro všechna sací potrubí. Palivová soustava obsahuje dále několik snímačů např. teploty výfukových plynů, otáček spalovacího motoru, tlaku plynu a snímač nasávaného vzduchu. Do řídicí jednotky palivové soustavy pro motorovou naftu se při přestavbě nezasahuje. Výhoda plynného paliva umožňuje odstranit jak podávací, tak vysokotlaké čerpadlo, což znamená snížení ztrátového výkonu motoru a tím i spotřeby paliva.

Úkolem řídicí jednotky motoru je mimo jiné zajišťovat funkci výkonnostního regulátoru, tzn. dávkou paliva udržovat konstantní otáčky při rostoucím zatížení neboli zvyšujícím se točivém momentu. Pro tento typ regulace potřebuje řídicí jednotka dva parametry: polohu plynového pedálu a otáčky motoru. Samozřejmě existují další korekční konstanty na teplotu a tlak paliva a tlak v sacím potrubí. Pokud je standardní palivový systém doplněn o „druhou“ palivovou soustavu, v případě traktoru Steyr o plyn, dochází k jeho dávkování do sání a zvyšování obsahu energii paliv přivedených do spalovacího prostoru.



Palivový okruh pro motorovou naftu

Palivový okruh pro CNG

Palivový okruh pro motorovou naftu: 1-palivová nádrž, 2-hrubý filtr, 3-elektrické podávací čerpadlo, 4-hrubý filtr, 5-jemný filtr, 6-vysokotlaké čerpadlo, 7-tlakový zásobník, 8-vstřikovače

Palivový okruh pro CNG: 9-tlakové láhve, 10-zpětný ventil, 11-regulátor tlaku, 12-dávkovací ventil, 13-připojení k sacímu potrubí, 14-tlakové lahve ve spodní části traktoru, 15-připojení tlakových lahví z nosiče v zadním tříbodovém závěsu, 16-vedení k tlakovým lahvím ve spodní části traktoru a připojení tlakových lahví z nosiče v zadním tříbodovém závěsu, 17-vedení od tlakových lahví

**Obr. č. 8.2 Schéma palivové soustavy traktoru na bivalentní provoz**

Řídící jednotka standardní palivové soustavy pozná, že pro udržení stávajících otáček motoru může snížit vstřikované množství motorové nafty. Množství přiváděného plynu vychází z úplné charakteristiky motoru s detailním rozбором vstřikovaného množství paliva v závislosti na otáčkách motoru a velikosti

točivého momentu. Uvedená charakteristika byla změřena v laboratorních podmínkách a uložena do řídicí jednotky palivové soustavy s plynem. Na základě těchto dvou parametrů, tedy otáček motoru a velikosti spotřeby paliva, lze přesně stanovit zatížení motoru a podle toho i množství dávkovaného plynu. Plyn je přiváděn pouze v oblasti charakteristiky mimo vnější obalovou křivku, aby nedocházelo k přehřívání spalovacího motoru. V provozu může podíl motorové nafty klesnout na úroveň 40 %, ekonomický rozdíl tak dosahuje přibližně 44 %. Tuto přestavbu traktoru provádí rakouská firma LuPower ve spolupráci s výrobcem traktorů Steyr.



**Obr. č. 8.3 Traktor Steyr 6195 CVT s mobilním nosičem CNG tlakových lahví na předním tříbodovém závěsu**

(zdroj: tisková zpráva AGRI CS, Ing. Tomáš Šmerda PhD.)





**Obr. č. 8.4 Traktor Steyr 6195 CVT se speciální nástavbou nosiče CNG tlakových lahví na střeše**

Traktor Steyr 6195 CVT z obrázku 8.4 je používán rakouským zemědělcem, který jako palivo používá čištěný bioplyn z vlastní živočišné výroby.

## **8.2 Traktor Steyr Profi 4135 Natural Power**

Novinka společnosti Steyr je traktor Steyr Profi 4135 Natural Power, který je pracuje v monovalentním režimu, tedy pouze na CNG či bioplyn. Jde o třílitrový čtyřválec o výkonu 100 kW s max. točivým momentem 542 N.m. Tento traktor je výsledkem spolupráce firmy Steyr s jejím vlastníkem, italskou společností FIAT, která má s vývojem CNG vozidel velké zkušenosti (největší evropský výrobce CNG vozidel). Společnost FIAT je dodavatelem motoru pro tento traktor, tlakové nádrže jsou umístěné v různých částech traktoru (pod podvozkem, na střeše, mezi nápravami i za kabinou vozidla).



Obr. č. 8.5 Traktor Steyr Profi 4135 Natural Power



Obr. č. 8.6 Traktor Steyr Profi 4135 Natural Power – částečný pohled na umístění tlakových nádrží CNG

(zdroj: [www.agro-techweb.cz](http://www.agro-techweb.cz), 20.3. 2012)



## 9. Plnicí zařízení

Pokud se uživatel rozhodne provozovat svoje vozidlo na CNG, musí se zamyslet nad možností doplňování paliva v plnicím zařízení. Veřejné plnicí stanice se sice postupně rozšiřují, ale v současné době je jich v porovnání s čerpacími stanicemi konvenčních paliv stále málo. Vozidla na CNG jsou tímto poněkud v nevýhodě oproti vozidlům na konvenční paliva. Ovšem například u linkových nebo městských autobusů, které mají předem daný jízdní plán a plnicí zařízení v dosahu tento problém není, protože plnění lze snadno naplánovat – toto řešení aplikuje například dopravce Commet Plus s.r.o. v Táboře při plnění svých autobusů ve své veřejné plnicí stanici.

### 9.1 Plnicí zařízení MOTOR JIKOV CNG MJ05



Obr. č. 9.1 : Plnicí zařízení MOTOR JIKOV CNG MJ05

**Tabulka č. 9.1 Technická data plnicího zařízení MOTOR JIKOV CNG MJ05**

Nejvyšší dovolený výstupní tlak	23,5 MPa (20 MPa při 15 °C)
Maximální vstupní tlak plynu	0,02 MPa
Rozsah provozních teplot	-20 až +50 °C
Nominální výkon min.	5 m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>
Elektrické připojení	3x400V, 50 Hz, AC
Proudový jistič pro připojení	10 A
Elektromotor	2,2 kW, 2800 ot.min <sup>-1</sup>
Rozměry šířka x výška x délka v mm	600 x 1050 x 780 mm
Hmotnost	135 kg
Hluk v 5 metrech od zařízení	65 dB

Popis zařízení:

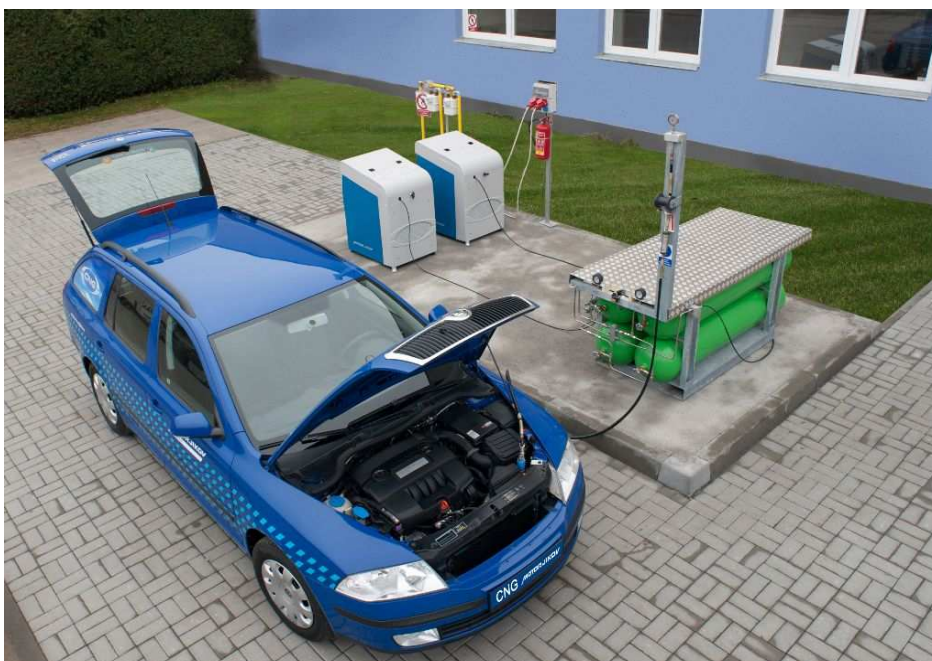
Plnicí zařízení CNG MJ05 je kompaktní zařízení pro plnění zemního plynu do motorových vozidel s pohonným systémem CNG. Toto zařízení se obzvláště vyplatí provozovatelům, kteří využívají zemní plyn jako palivo pro domácnost vzhledem k výhodnému tarifu, který určuje distributor. Vstup plynu do zařízení je prostřednictvím nízkotlaké přípojky plynu a dovoluje plnění několika vozidel denně. Při plnění do vozidel je doba čerpání vozidla závislá na velikosti nádrže (např. prázdná nádrž 70 l se plní maximálně 3 hodiny, obvykle to postačuje u osobních automobilů na dojezd přes 200 km), při dosažení plné nádrže dojde k automatickému vypnutí jednotky a odpuštění zbytku natlakovaného plynu zpět do systému. Jednotka je určena pro malé skupiny vozidel s provozem jednotky nepřekračujícím 15 h denně. Zařízení má uzamykatelný kryt, pod kterým je umístěno ovládání zařízení a přístup k plnicí hadici. Ze zadní strany je realizováno elektrické a plynové připojení, jsou zde umístěny odfuky pojistných ventilů a výpustní ventil odkalování.

Zařízení se skládá z třístupňového kompresoru pro stlačování plynu, elektromotoru pro pohon kompresoru, ovládání a elektroniky, která řídí proces plnění a hlídá provozní stavy zařízení, sušičky plynu, expanzní nádoby pro odkalení kompresoru a odvětrání plynu. Dále má zařízení integrovaný plynoměr pro odečet spotřeby nasávaného plynu a metanové čidlo pro detekci úniku plynu. Zařízení je vybaveno též teplotní kompenzací, která zaručuje, že plněné zásobníky

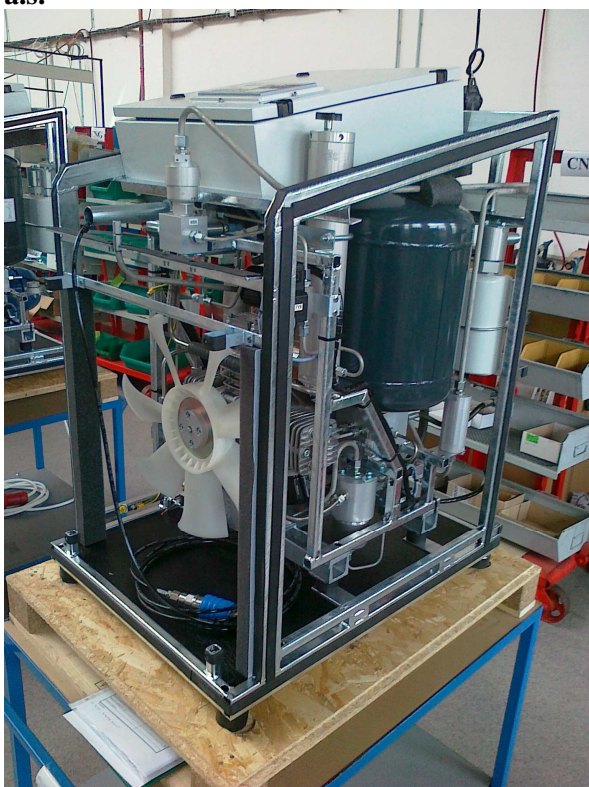
stlačeného plynu nebudou nadměrně zatěžovány z důvodu nárůstu tlaku při zvýšení atmosférické teploty. Zařízení je standardně vybaveno jednou sadou na plnění, která se skládá z trhací spojky, plnicí hadice a koncovky. Jako příslušenství může být jednotka vybavena druhou připojovací sadou pro plnění dvou vozidel najednou. V tomto případě se čas plnění úměrně prodlouží. Trhací spojka zabezpečuje to, že při náhodném vytržení plnicí hadice nedojde k úniku plynu (např. kdyby řidič odjel s připojenou plnicí hadicí). Zařízení je vybaveno ventilátorem a plášť jednotky je opatřen větracími otvory pro výměnu vzduchu. Všechna provozní hlášení jsou indikována na textový display. Kompresor je mazaný olejem, havarijní indikaci poklesu tlaku oleje zjistí uživatel na ovládacím displayi.

K plnicí stanici (popřípadě jejich kaskádě) je možno připojit stacionární tlakové zásobníky CNG, což jsou vlastně 150l tlakové lahve a je možno je stavebnicově uspořádat. Plnicí stanice naplní stacionární tlakové zásobníky na 2,3 MPa, ze kterých se pak CNG plní do vozidla. Tento způsob instalace plnicího zařízení a tlakových zásobníků CNG urychluje plnění vozidel na cca 3-5min (podle velikosti nádrží vozidla). Toto řešení je obvyklé například při provozu skupiny CNG vysokozdvížných vozíků, osobních automobilů atd.





**Obr. č. 9.3 Plnění Škody Octavie v areálu firmy MOTOR JIKOV STROJÍRENSKÁ a.s.**



**Obr. č. 9.4 Pohled na plnicí zařízení MJ05 bez krytů**

(zdroj: Firemní archiv MOTOR JIKOV STROJÍRENSKÁ a.s.)



## 9.2 Veřejná plnicí stanice

Veřejné plnicí stanice jsou určeny pro komerční prodej CNG a pro firmy, které spotřebovávají větší množství CNG, např. firmy provozující autobusy na CNG. Klienti veřejných plnicích stanic po naplnění platí buď v hotovosti, popřípadě kreditní kartou u obsluhy plnicí stanice, nebo pokud je veřejná plnicí stanice bezobslužná, mají speciální klientskou kartu, na základě které jim provozovatel plnicí stanice CNG fakturuje.

Veřejné plnicí stanice fungují na stejném principu jako například MJ05 s tlakovými zásobníky, avšak veškeré zařízení je mnohonásobně větší a výkonnější. Plnění zde trvá jen několik minut (z důvodu zásoby stlačeného zemního plynu v tlakových zásobnících, odkud se přepouští do vozidel) v závislosti na objemu tlakových nádrží vozidla.



**Obr. 9.5** Veřejná plnicí stanice otevřeného typu od českého výrobce společnosti Gascontrol s.r.o.



**Obr. 9.6** Třístupňový kompresor švýcarské výrobce GREENFIELD používaný ve veřejných plnicích stanicích společnosti Gascontrol s.r.o.

(zdroj: [www.gascontrol.cz](http://www.gascontrol.cz), 1.4. 2012)

### **Veřejná plnicí stanice od firmy TVAJA s.r.o.**

Základním stavebním kamenem stanic TVAJA jsou kompresory renomované firmy DELTA COMPRESION S.A. Tato firma disponuje 20letou zkušeností ve výrobě vysokotlakých kompresorů pro CNG a vyrábí rozsáhlou výkonovou řadu kompresorů pod značkou ASPRO. Tato řada začíná kompresorem se sacím tlakem 0,02 MPa a výkonu  $90 \text{ Nm}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$  a končí kompresorem se sacím tlakem 5,5 MPa a výkonu  $3\,500 \text{ Nm}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$ . Plně automatický chod kompresoru je řízen

elektronickou řídicí jednotkou firmy Siemens. Kompresory jsou standardně vybaveny systémem „měkkého startu“ elektromotoru, který zabezpečí snadný rozběh kompresoru a snižuje nároky na rozběhový proud. Celá technologie plnicí stanice je umístěna v ocelovém kontejneru, který je vybaven tlumiči hluku na vstupu i výstupu chladícího vzduchu, se standardní hlukovou úrovní 75 dB a v případě požadavku lze dodat i provedení s úrovní hluku pod 60 dB. V tomto kontejneru jsou dále umístěny skladovací tlakové nádrže CNG se základním objemem 2100 litrů (velikost je možné upravit podle potřeby stanice) a systém sušení plynu na vstupu i na výstupu. Pro výdej CNG je použit stojan firmy COMPAC, které dosahují rychlosti plnění až  $80 \text{ kg} \cdot \text{min}^{-1}$ . Hadice jsou osazeny koncovkami NGV 1 popř. NGV 2. Stanice se vybavují jedno, dvou nebo třístupňovým systémem plnění, který umožní optimální plnění CNG co se týče rychlosti a objemu.



**Obr. 9.7** Veřejná plnicí stanice kontejnerového typu od výrobce TVAJA s.r.o.

(zdroj: [www.tvajacng.eu](http://www.tvajacng.eu), 1.4. 2012)

Pro provoz CNG zemědělských vozidel a strojů nelze díky menšímu rozšíření veřejných plnicích stanic počítat s možností jejich použití. Zásadním důvodem nemožnosti použití veřejných stanic je také jejich většinou odlehlá poloha vůči



zemědělským podnikům (venkov). Pro provoz vysokozdvížných vozíků, které nemají většinou přidělené registrační číslo a na veřejnou komunikaci tedy nesmí, je tento způsob, hlavně doprava k veřejné plnicí stanici, prakticky nemožný.

## **10. CNG ve skladech zemědělských produktů, provozech živočišné výroby aj.**

### Legislativa

Provoz dopravní a manipulační techniky konkrétně v potravinářských skladech není legislativně přesně definován. Tuto problematiku upravuje Nařízení vlády 378/2001 Sb., které například vyžaduje ve vnitřních prostorách u vozíků se spalovacími motory použití katalyzátoru, ale vliv emisí na potravinářské produkty nezmiňuje.

### Praxe

Dle sdělení pracovníků společností zabývajících se prodejem vysokozdvížných vozíků se v potravinářské výrobě používají téměř výhradně vysokozdvížné vozíky elektrické, které v daném prostředí žádné emise výfukových plynů nemají. Pravděpodobně je to dáno interním výrobním předpisem provozu, prevencí a levnějším provozem elektrických vysokozdvížných vozíků v porovnání s dieselovými. Ve mnou osloveném provozu bramborárny vlivy emisí na zemědělské produkty nejsou známy a je používán dieselový vysokozdvížný vozík.

## 10.1 Provoz vysokozdvížných vozíků na CNG



**Obr. č. 10.1 Plnění vysokozdvížného vozíku LINDE H20 v areálu firmy MOTOR JIKOV STROJÍRENSKÁ a.s.**

Pokud pomineme ekologicky pozitivní dopad provozu vozidel na CNG v porovnání s konvenčními palivy, má provoz vysokozdvížných vozíků na CNG obrovskou výhodu v ekonomičnosti provozu. Pokud v konkrétním podniku vybudujeme plnicí stanici (například MJ05 se stacionárními tlakovými zásobníky), vychází provoz vysokozdvížných vozíků skutečně levně. Takové řešení se uplatnilo v podniku MOTOR JIKOV STROJÍRENSKÁ a.s. v Soběslavi, kde je vybudovaná nová plnicí stanice vlastní výroby a na CNG zde jezdí 3 vysokozdvížné vozíky a několik firemních osobních automobilů Škoda Octavia a Škoda Fabia. Toto řešení se zde osvědčilo natolik, že při průběžné obměně vozového parku a vysokozdvížných vozíků jsou nově pořízená vozidla výhradně na CNG. Toto řešení by mohlo být inspirací pro zemědělské podniky zabývající se např. provozováním skladů ovoce a bramboráren.

**Tabulka č. 10.1 Ekonomické porovnání provozu 2 vysokozdvížných vozíků Linde H20 řady 392 (nosnost 2t) v provedení CNG a DIESEL:**

Palivo	Spotřeba		Cena Kč.[l <sup>-1</sup> ,m <sup>-3</sup> ]	Náklady na 1 Mth [Kč.Mth <sup>-1</sup> ]	Náklady při provozu 2000 Mth.rok <sup>-1</sup> [Kč]
	[l.Mth <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> .Mth <sup>-1</sup> ]			
Diesel	2,1		32	67,2	134 400
<b>CNG</b>		<b>2,23</b>	<b>10</b>	<b>23,3</b>	<b>44 600</b>

Údaje uvedené v tabulce č. 10.1 byly zjištěny při provozu 9 ks vysokozdvížných vozíků Linde H20 na CNG, kdy bylo za 24 měsíců spotřebováno 53.427 m<sup>3</sup> CNG při nájezdu 23.904 Mth, to znamená, že bylo dosaženo průměrné spotřeby plynu 2,23 m<sup>3</sup>.Mth. Cena 10 Kč na jednotku byla určena jako přibližná cena určená distributorem zemního plynu pro zákazníky, kteří zároveň zemním plynem i vytápí budovy. Cena motorové nafty byla zaokrouhlena jako cena bez DPH. Z tohoto porovnání lze zjistit, že při použití CNG jako pohonné hmoty vysokozdvížných vozíků můžeme ušetřit téměř 70% nákladů na pohonné hmoty v porovnání s motorovou naftou. Je třeba si ale uvědomit, že ceny paliv i zemního plynu jsou pohyblivé, tudíž toto srovnání není zcela neměnné v čase. Zemní plyn má ovšem poměrně stabilní cenu na rozdíl od ropných produktů jako je motorová nafta a benzin či produktů souvisejícími se zpracováním ropy jako je LPG, jehož prodejní cena je závislá na poptávce resp. ceně benzínu a motorové nafty, která dlouhodobě roste.

(zdroj: Firemní archiv MOTOR JIKOV STROJÍRENSKÁ a.s.)

Z tohoto měření a porovnání provozu na obě paliva lze předpokládat, že by se CNG dalo dobře využít i v zemědělských provozech, jako například objektech živočišné výroby, skladech zemědělských produktů (ovoce, brambory aj.), protože provoz vozidel na CNG by byl ekonomicky i ekologicky přínosný.

## **11. Možnosti přestaveb vozidel na provoz CNG**

### **11.1 Tovární přestavby**

Při továrních přestavbách se výrobci již ve fázi výroby snaží umístit nádrže do konstrukce vozidla tak, aby nebyl omezen uživatelský komfort. Zpravidla je voleno několik nádrží menších průměrů/objemů pod podlahou vozu (osobní a nákladní vozidla), nebo na střeše vozidla (autobusy). Nejčastěji používanými jsou ocelová provedení tlakových lahví (výrobce např. Vítkovice Cylinders a.s.), která jsou cenově nejvýhodnější. Ocelové láhve však mají oproti nižším výrobním nákladům výraznou nevýhodu ve zvýšené hmotnosti. Motor konstruovaný přímo pro zemní plyn (Dedicated Natural Gas Engine) dosahuje o něco lepší provozní parametry než motor benzínový, spalující zemní plyn (jiný kompresní poměr, časování rozvodů, chlazení). Osobní a dodávková vozidla na CNG nabízejí v České republice výrobci Opel, Fiat, Ford, Mercedes-Benz, VW a Citroen. Autobusy na CNG nabízí zejména čeští výrobci jako SOR, Karosa (resp. Iveco) a Tedom. Nákladní a užitková vozidla na CNG nabízí Iveco, Mercedes-Benz a Renault.

### **11.2 Dodatečné přestavby**

Přestavba motorů na CNG z diesellových motorů (nahrazuje naftu) snižuje emise na úroveň normy Euro 5 bez nutnosti dodatečného čištění výfukových plynů, avšak dnes se již diesellové motory dodatečně téměř nepřestavují (traktor Steyr 6195 CVT je jedním z mála vozidel, který se na pohon CNG přestavuje) a vyrábějí se motory přímo pro CNG. Zážehový (benzínový) motor se v zásadě nepřestavuje, jen se změní (nebo přidá) palivový systém pro zemní plyn. Vozidla mohou být dvoupalivová (většina modelů na českém trhu), mají dvě nádrže - na CNG a benzín. Dodatečná přestavba zážehového vozidla spočívá především v montáži vstřikovacího zařízení CNG, nádrže a příslušenství. Tyto komponenty vyrábí například společnost Elpigaz a namontované zařízení lze kdykoli přemontovat do jiného vozidla stejné emisní kategorie.

Orientační ceník přestavby osobních a užitkových vozidel nabízené firmou Gera a.s. (ceny jsou včetně DPH):

Sekvenční vstřikování

Druh palivové soustavy vozidla	Cena přestavby
Sekvenční vstřikování pro 3 válcový motor	44.000 Kč
Sekvenční vstřikování pro 4 válcový motor	44.500 Kč
Sekvenční vstřikování pro 6 válcový motor	56.600 Kč
Sekvenční vstřikování pro 8 válcový motor	60.300 Kč

Klasické zařízení

Druh palivové soustavy vozidla	Cena přestavby
Vozidla s karburátorem a neřízené systémy	Od 26.000 Kč
Vozidla se vstřikováním paliva řízený systém, 4 válcový motor	Od 34.400 Kč
Vozidla se vstřikováním paliva řízený systém, 6 válcový motor	Od 36.400 Kč

Všechny ceny přestaveb jsou počítány s jednou válcovou nádrží CNG o objemu 50 l. Každá další nádrž CNG je za příplatek 11000 – 15000 Kč.

(zdroj: [www.gera.cz](http://www.gera.cz), 25.3. 2012)

Generálními opravami a přestavbami autobusů na pohon CNG se zabývá společnost ZLINER, která provádí přestavby autobusů KAROSA řady B 700 (městský) a C 700 (meziměstský) na pohon stlačeným zemním plynem (CNG). Autobus je vybaven motorem TEDOM M1.2C – ML 640 FNG o výkonu 210 KW. Jízdní dosah na jedno naplnění je cca 400 km. Přestavba je prováděna z originálních dílů renomovaných výrobců a je oficiálně schválena Ministerstvem

dopravy a spojů ČR. Umístění nádrží CNG je v případě autobusů přestavěných společností ZLINER v zavazadlovém prostoru autobusu (pod podlahou).



Obr.č. 11.1 Pohled na umístění tlakových nádrží CNG při přestavbě autobusu firmou ZLINER

(zdroj: [www.zliner.cz](http://www.zliner.cz), 26.3. 2012)

## 12. Náročnost vybudování provozu na CNG

Pokud by se zemědělský podnik rozhodl provozovat svoji dopravní a manipulační techniku na CNG, musí tuto investici zvážit především z hlediska návratnosti této investice, resp. přínosu tohoto druhu provozu pro podnik. Následující tabulky zobrazí přibližnou představu o ekonomické náročnosti pořízení CNG vozidel v porovnání s diesellovými vozidly.

**Tabulka č. 12.1 Orientační ceník zařízení potřebný pro provoz na motorovou naftu**

Zařízení	pořizovací cena [ Kč] bez DPH
Výdejní zařízení nafty + 2000l nádrž	33900
Steyr 6195 CVT	2000000 - 2500000
Vysokozdvíhový vozík Linde H18 D	490000

**Tabulka č. 12.2 Orientační ceník zařízení potřebný pro provoz na CNG**

Zařízení	pořizovací cena v Kč bez DPH
Plnicí stanice CNG MJ05	139000
Steyr 6195 CVT	2000000 - 2500000
Přestavba traktoru na CNG	375000 – 500000
Vysokozdvíhový vozík Linde H18 CNG	640000

*Pozn. Cena traktoru a přestavby na CNG je uvedena jako rozmezí z důvodu rozdílné ceny traktoru v závislosti na jeho výbavě a přestavby na počtu tlakových nádrží CNG.*

Návratnost investice do CNG provozu nelze v zemědělství jednoznačně určit z důvodu rozmanitého druhu provozu a s tím spojené kolísavé spotřeby vozidel. Jako určité vodítko k rozvaze návratnosti vysokozdvíhových vozíků může sloužit Tabulka č. 10.1.

### **13. Závěr**

Cílem této práce bylo popsat technické řešení využití alternativního zdroje paliva pro pohon vozidel, dále vyhodnotit ekonomický a ekologický dopad použití stlačeného zemního plynu (CNG) pro pohon vozidel.

Nelze zpochybnit ekologický přínos CNG vozidel pro životní prostředí, tento druh plynu je díky dobrému podílu vodíku a uhlíku z fosilních paliv nejčistší a jako palivo pro spalovací motory je poměrně vhodný. Pokud se budou CNG vozidla v rámci dopravy rozšiřovat, je zde reálná možnost zkvalitnění životního prostředí. Ekonomický přínos je z uvedeného rozboru rovněž pozitivní, přestože počáteční investice do CNG zařízení je nákladnější než u konvenčních druhů pohonných hmot a také je potřeba počítat s tím, že úspory takto získané nebudou mít každoročně stejnou hodnotu.

V zemědělství se CNG právě teď začíná prosazovat, a to zejména díky novým traktorům Steyr a snaze zemědělců snižovat svoje náklady na výrobu. V tomto sektoru má provoz na CNG ještě výhodu, že jeho alternativou může být čištěný bioplyn, který má podobné složení jako zemní plyn, a pokud zemědělský podnik vlastní technologii na jeho výrobu a čištění, může si palivo pro svoje vozidla vyrábět sám.



## 14. Seznam použitých zdrojů a literatury

Web:

[www.cng.cz](http://www.cng.cz)

[www.agrics.cz](http://www.agrics.cz)

[www.zliner.cz](http://www.zliner.cz)

[www.gera.cz](http://www.gera.cz)

[www.linde-mh.cz](http://www.linde-mh.cz)

[www.still.cz](http://www.still.cz)

[www.ooferngas.at](http://www.ooferngas.at)

[www.gascontrol.cz](http://www.gascontrol.cz)

[www.tvajacng.eu](http://www.tvajacng.eu)

[www.hybrid.cz](http://www.hybrid.cz)

[www.agro-techweb.cz](http://www.agro-techweb.cz)

Literatura:

Vlk, F.: Alternativní pohony motorových vozidel. Vlk, Brno, 2004. ISBN 80-239-1602-5

Žákovec, J.: Informační servis Gas- plyn v dopravě, GAS. ISSN 1212-7825

Kameš, J.: Alternativní pohon automobilů. Ben, Praha, 2005. ISBN 978-80-7300-127-8

Vlk, F.: Koncepce motorových vozidel. Vlk, Brno, 2000. ISBN 80-2385276-0

Takáts, M.: Příslušenství plynových motorů, ČVUT, Praha, 1996. ISBN 80-01-01058-9

Autorova maturitní závěrečná práce „Plynofikace dopravy“

Autorova práce pro soutěž Enersol „Plynové CNG autobusy v silniční dopravě“

Firemní archiv společnosti MOTOR JIKOV STROJÍRENSKÁ s.r.o.

Tisková zpráva AGRI CS, Ing. Tomáš Šmerda Ph.D.