



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

VYUŽITÍ BIOPLYNU V DOPRAVĚ

BIOGAS UTILIZATION IN TRANSPORT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MILAN ŠTYLÁREK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. JAN VOPAŘIL

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Milan Štylárek

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

VYUŽITÍ BIOPLYNU V DOPRAVĚ

v anglickém jazyce:

UTILIZATION OF BIOGAS IN TRANSPORT

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vyhodnotit možnosti použití bioplynu jako alternativního paliva pro spalovací motory dopravních prostředků. Stanovit hlavní bariéry jeho komerčního prosazení v dopravě a porovnat situaci v ČR se zemí, v níž je jeho používání již zaběhlé.

Provést modelovou studii obměny vozového parku zemědělského družstva za vozidla spalující CNG po zřízení vlastní plnicí stanice bioplynu.

Cíle bakalářské práce:

1. Rešerše problematiky využívání bioplynu v dopravě.
2. Definování hlavních nevýhod a možnosti jejich odstraňování.
3. Komparace situace v ČR a jiné země evropského kontinentu.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení výstavby plnicí stanice.

Seznam odborné literatury:

[1] VLK, F. Alternativní pohony motorových vozidel. 1. vyd. Brno : Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2004. 226 s. ISBN 80

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Vopařil

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 20.11.2011

L.S.

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty



ABSTRAKT

Cílem této práce je vyhodnotit možnosti použití bioplynu jako alternativního paliva pro spalovací motory dopravních prostředků. Práce se zabývá jak problematikou produkce a distribuce vyčištěného bioplynu, tak i situací v jeho využívání ve světě. Následně je zde porovnávána situace v jeho používání v České republice se situací ve Švédsku. Jsou zde popsány překážky v jeho komerčním nasazení a nastíněny možnosti zlepšení. Na závěr je v práci popsána modelová studie obměny vozového parku zemědělského družstva za vozidla spalující vyčištěný bioplyn produkovaný přímo na farmě.

KLÍČOVÁ SLOVA

bioplyn, biometan, alternativní palivo, CNG, zemní plyn, bioplynová stanice

ABSTRACT

Objective of this bachelor thesis is evaluating the possibility of utilization of biogas as an alternative fuel for combustion engines in traffic. Production and distribution of upgraded biogas is described as well as situation of its utilization in the world. This is followed by a comparison of situation in biomethan utilization in Czech republic and Sweden. There are explained barriers to commercial placing and its possible eliminating. In the end the model study of replacement of farm vehicle fleet for CNG vehicles is described.

KEYWORDS

biogas, biomethan, alternative fuel, CNG, natural gas, biogas plant



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠTYLÁREK, M. *Využití bioplynu v dopravě*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 42 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Vopařil.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jana Vopařila a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 21. května 2012

.....

Milan Štylárek



PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat všem, kteří mi byli při vypracování bakalářské práce nápomocní a podporovali mou snahu. Obzvláště bych chtěl poděkovat Ing. Janu Vopařilovi za odborné vedení této práce a za pohotové a vždy věcné odpovědi na mé dotazy.



OBSAH

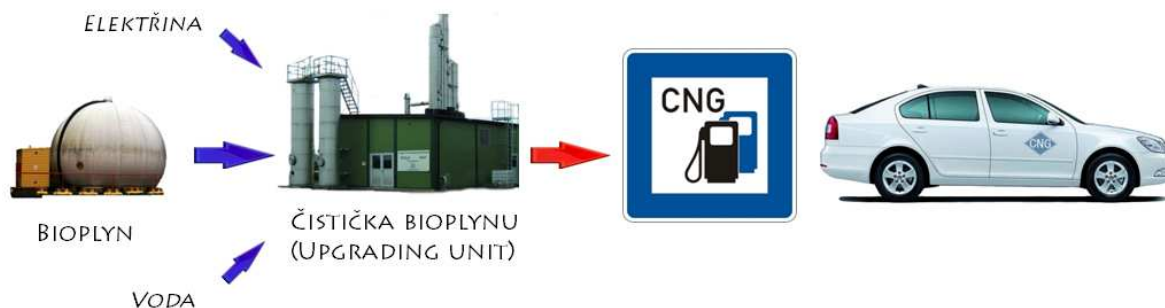
Úvod.....	9
1 Výroba, čištění a distribuce bioplynu	10
1.1 Bioplyn, biometan a zemní plyn	10
1.2 Průmyslová výroba bioplynu	10
1.3 Čištění bioplynu na kvalitu zemního plynu.....	11
1.4 Distribuce biometanu – plnicí stanice	13
2 Biometan a zemní plyn – paliva spalovacích motorů	16
2.1 Výhody využívání biometanu a zemního plynu v dopravě.....	16
2.2 Úpravy zážehových a vznětových motorů na spalování biometanu	18
3 Využití bioplynu v dopravě	21
3.1 Situace v České republice	21
3.2 Situace ve světě	22
3.2.1 Švédsko	22
3.2.2 Švýcarsko	23
3.2.3 Německo	23
3.2.4 Francie.....	24
3.2.5 Jižní a Severní Amerika	25
3.2.6 Indie a Pákistán	25
3.3 Srovnání České republiky a Švédska ve využívání bioplynu	26
3.4 Překážky ve využívání biometanu v ČR a jejich možné odstranění	26
4 Modelová studie obměny vozového parku zemědělského družstva	28
4.1 Model zemědělského družstva a jeho vozový park.....	28
4.2 Návrhy na obměnu vozidel	28
4.2.1 Traktor Steyr 6195 CVT	29
4.2.2 Traktor Steyr Profi 4135 Natural Power	30
4.2.3 Traktor Valtra N101 HiTech.....	30
4.2.4 Dodávkový vůz Fiat Ducato 3L Natural Power.....	32
4.2.5 Malý užitkový vůz Fiat Dobló Van	33
4.3 Plnicí stanice Greenfield S100	34
4.4 Technicko-ekonomické zhodnocení.....	35
Závěr	37
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	42



ÚVOD

Lidská činnost s sebou nese negativní zásahy do životního prostředí jak v lokálním měřítku, tak i na globální úrovni. Jednou z nejvíce přírodu ohrožujících oborů je automobilová doprava, která způsobuje znečištění ovzduší výfukovými emisemi. Tyto plyny, vzniklé spalováním fosilních paliv, ale i biopaliv, obsahují zdraví škodlivé látky. Navíc se spekuluje, že skleníkové plyny, které doprava ve velkém množství produkuje, mohou mít vliv na globální změny klimatu. K těmto problémům se v poslední době ještě přičítá tenčící se zásoba ropy ovlivňující cenu benzínu a nafty. Vysoké ceny těchto paliv způsobily odliv části jejich uživatelů k levnějším náhradám. V mnoha zemích se tak osvědčil zejména zemní plyn, který se v nádržích vozidel skladuje ve formě stlačeného plynu (CNG), nebo ve zkapalněné formě (LNG). I přes výrazně menší emise při použití zemního plynu se ale stále jedná o neobnovitelné fosilní palivo poškozující životní prostředí.

Mezi paliva biologického původu, jako je například bioetanol a bionafta, se řadí i bioplyn. K výrobě bioplynu lze výhodně použít odpady biologického původu, jako jsou kaly v čistírnách odpadních vod, odpady ze zemědělství a potravinářství. Po jeho úpravě jej lze následně využívat v dopravě jako náhradu za stlačený zemní plyn. Téma využití bioplynu v dopravě je v současné době velmi aktuální, neboť se zvažuje podpora produkce bioplynu pro účely úpravy na biometan. Pokud by došlo ze strany státu k adekvátní finanční podpoře producentů, mohlo by to znamenat větší podíl biometanu na celkové spotřebě paliv. To by vedlo ke snížení produkce škodlivých výfukových plynů a mírnému zlepšení kvality ovzduší a životního prostředí v našem okolí.



Obr. 1: Schéma procesu přeměny bioplynu na palivo automobilů [7]

Na následujících stranách je popsáno možné využití bioplynu jako paliva v dopravě. Je zde stručně popsána jeho cesta od vzniku až k distribuci, následně příklady využití upraveného bioplynu v dopravě ve světě s důrazem na Evropu, srovnání jeho využití v ČR a ve Švédsku. Následuje popis zábran jeho většího využití a možnosti jejich odstranění. Na závěr se tato práce zabývá modelovou studií obměny vozového parku zemědělského družstva za vozidla spalující vyčištěný bioplyn.



1 VÝROBA, ČIŠTĚNÍ A DISTRIBUCE BIOPLYNU

1.1 BIOPLYN, BIOMETAN A ZEMNÍ PLYN

Bioplyn je bezbarvá hořlavá směs plynů, vzniklých rozkladem biologických látek v anaerobním prostředí (tj. prostředí neobsahující kyslík). Hlavní podíl směsi bioplynu tvoří metan (cca 60 %) a oxid uhličitý (cca 40 %). Obsahuje ale i další malá množství N_2 , H_2S , NH_3 , H_2O , etanu a nižších uhlovodíků. K tvorbě bioplynu dochází samovolně například v bažinách, na dně rybníků, jezer, a také v trávící soustavě živočichů. Velký prostor pro tvorbu bioplynu vytváří také lidská činnost, při které vzniká velké množství dosud nevyužitého biologického odpadu. Bioplyn je tak možné jímat z těles skládek komunálního odpadu (tzv. skládkový plyn), nebo z čističek odpadních vod (tzv. kalový plyn). Nejčastěji ale dochází k produkci bioplynu na zemědělských farmách, kde je využitelné suroviny dostatek. Výrobní bioplynu (bioplynové stanice) bývají většinou kombinovány s kogenerační jednotkou, spalující jímaný bioplyn a produkující tak teplo k vytápění okolních budov a navíc vyrábějící elektřinu, kterou je možné prodávat do veřejné sítě. Případným čištěním bioplynu lze dosáhnout kvalitního ekologického paliva se srovnatelnými parametry jako zemní plyn. Toto palivo se často označuje jako biometan, což poukazuje na jeho biologický původ. Ve výsledku tak bioplyn a jeho čistá forma biometan představují perspektivní obnovitelné zdroje energie, které budou v budoucnu stále více nahrazovat fosilní paliva. [3]

Velký prostor pro nahrazování zemního plynu biometanem je zejména ve vtláčení do sítě zemního plynu a pak také v dopravě, kde se stlačený zemní plyn – CNG (z anglického Compressed Natural Gas) začíná v některých zemích nahrazovat jeho ekologickým ekvivalentem biometanem.

1.2 PRŮMYSLOVÁ VÝROBA BIOPLYNU

Proces vzniku bioplynu se nazývá anaerobní fermentace a zahrnuje několik na sebe navazujících mikrobiologických procesů. Každý proces vyžaduje koordinovanou metabolickou součinnost mikroorganismů, kdy se produkt jedné skupiny mikroorganismů stává substrátem další skupiny. Pro efektivní řízenou fermentaci se musí zajistit vhodné fyziologické podmínky k činnosti anaerobních organismů. Technicky je zapotřebí zajistit anaerobní prostředí, správné složení substrátu, správnou teplotu pro činnost organismů, míšení substrátu, přísun živin mikroorganismům a vhodné pH. [5]

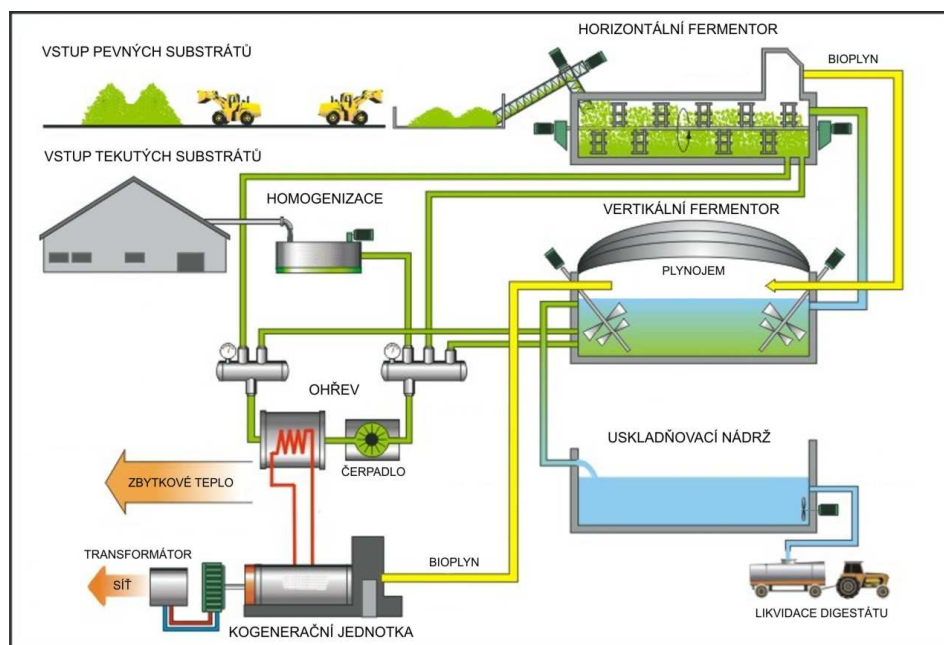


Obr. 2: Bioplynová stanice [8]

Suroviny pro výrobu bioplynu produkuje zemědělství a průmysl (zejména potravinářský, živočišný a papírenský), dále čističky odpadních vod (čistírenské kaly) a v neposlední řadě i domácnosti (kuchyňský odpad a odpad ze zahrad). [3]



Technologické vybavení bioplynových stanic tvoří homogenizační jímka, fermentor (reaktor), zásobník bioplynu, uskladňovací nádrž, kogenerační jednotka, tepelný výměník a rozvody tepla. Zhomogenizovaný odpad se čerpá z jímky a poté se dávkuje do fermentoru. Jímaný bioplyn se ukládá do plynojemu a zbytkový materiál (digestát) se uloží k dalšímu zpracování – většinou na hnojivo. Vlastnosti a složení bioplynu závisí na fermentovaném materiálu. [5]



Obr. 3: Schéma bioplynové stanice [9]

1.3 ČIŠTĚNÍ BIOPLYNU NA KVALITU ZEMNÍHO PLYNU

Získaný bioplyn se svými vlastnostmi značně odlišuje od zemního plynu. Zvýšený obsah sulfanu, vlhkosti a CO_2 u surového bioplynu má velký vliv na proces hoření ve spalovacích motorech. Pro spalování v kogeneračních jednotkách stačí bioplyn zbavit vlhkosti a sulfanu. Pokud je ale požadavek na využití bioplynu, ať už jako palivo vozidel, nebo distribuce plynu do sítě, je třeba bioplyn dále zbavovat nežádoucích složek. Tyto požadavky jsou obsaženy v normě TPG 902 02, nebo ve směrnících konkrétního odběratele biometanu. [10]

Požadavky na kvalitu biometanu pro možnost jeho dodávky do plynárenských sítí v ČR dle TPG 902 02	
Parametr	Hodnota
Obsah metanu	min. 95,0 % mol.
Obsah vody	max. -10°C
vyjádřený jako teplota rosného bodu vody	při předávacím tlaku
Obsah kyslíku	max. 0,5 % mol.
Obsah oxidu uhličitého	max. 5,0 % mol.
Obsah dusíku	max. 2,0 % mol.
Obsah vodíku	max. 0,2 % mol.
Celkový obsah síry (bez odorantů)	max. 30 mg.m^{-3}
Obsah merkaptanové síry (bez odorantů)	max. 5 mg.m^{-3}
Obsah sulfanu (bez odorantů)	max. 7 mg.m^{-3}
Obsah amoniaku	nepřítomen
Halogenované sloučeniny	max. $1,5 \text{ mg(Cl+F).m}^{-3}$
Organické sloučeniny křemíku	max. 6 mg(Si).m^{-3}
Mlha, prach, kondenzáty	nepřítomny

Obr. 4: požadavky na kvalitu bioplynu [10]

Požadovaného podílu 95 % metanu ve vyčištěném bioplynu se dosahuje různými fyzikálními a chemickými procesy. Z bioplynu se odstraňuje zejména CO_2 (původně 25-55 %), dále vodní pára, síra (sulfan), čpavek, vodík a složky vzduchu. U skládkového



plynu a plynu z ČOV se vyskytují navíc i sloučeniny organického křemíku a halogeny, které je rovněž potřeba těmito technologiemi odstranit. [4]

V praxi se využívají 4 hlavní technologie snižování obsahu CO_2 a dalších látek:

- absorpce – technologie PSA
- absorpce – tlaková vypírka, chemická vypírka
- membránová separace
- nízkoteplotní rektifikace (kryotechnologie – vymrazování)

TECHNOLOGIE TLAKOVÉ ABSORPCE (PSA)

K oddělení CO_2 využívá principu, kdy se na povrchu vysoce porézní látky (obvykle aktivního uhlí) pomocí Van der Waalsových sil zachycují molekuly CO_2 . V absorbéru se opakovaně mění tlak a tak dochází buď k absorpci, nebo desorpci (regenerace absorbentu). Následujícími procesy se odlučuje voda a zbytkový obsah CO_2 a tak se dosáhne čistoty 95-98 % metanu.

TECHNOLOGIE TLAKOVÉ VYPÍRKY

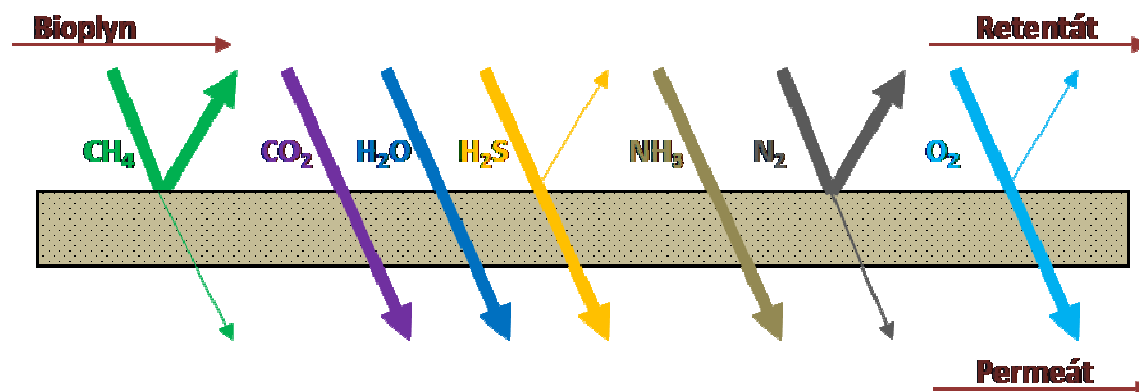
Zde se využívá odlišné rozpustnosti nežádoucích složek bioplynu oproti metanu za různých teplot a tlaků. Průchodem bioplynu přes pracovní prostředí dochází k syčení procesní kapaliny nežádoucími složkami a metan přitom prochází dál.

TECHNOLOGIE CHEMICKÉ VYPÍRKY

Oproti tlakové vypírce nabízí vyšší selektivitu a rozpustnost nežádoucích složek. V pracovním prostředí vodou ředěný sorbent (monoetanolamin) chemicky váže molekuly CO_2 . Průchodem se metan obohatí na 96-99 %.

TECHNOLOGIE MEMBRÁNOVÉ SEPARACE

Tato technologie využívá rozdílné průchodnosti složek bioplynu. Tenká, většinou polymerová membrána zabráňuje pronikání metanu, ale přitom je schopná propustit nežádoucí složky. Proces probíhá při optimálních podmínkách za tlaku 0,7 až 0,9 MPa. Podíl metanu závisí na vlastnostech membrány, obvykle se docílí až 97-98 % obsahu metanu v plynu. [4], [10]



Obr. 5: Membránová separace bioplynu [11]



TECHNOLOGIE NÍZKOTEPLTNÍ REKTIKACE

Funguje na principu rozdílných bodů varu u metanu a CO₂. Ochlazením bioplynu na teplotu pod -80 °C se oxid uhličitý a některé další nežádoucí složky zkapalní nebo rovnou desublimují. Dalším ochlazením se zkapalní i metan (využitelný jako tekutý zemní plyn-LNG). Tímto procesem lze dosáhnout vysoké čistoty metanu (přes 99 % podílu v plynu) a navíc lze získaný zkapalněný CO₂ dále využít. Tato technologie se ale příliš nerozmohla, zejména díky velké energetické a finanční náročnosti.

Zařízení na čištění bioplynu ke svému provozu potřebuje kromě samotného bioplynu ještě navíc stálou dodávku vody (cca 1 litr na m³ bioplynu a elektrickou energii – přibližně 0,5 kW na 1 m³ bioplynu). Procesy čištění cenu výsledného paliva navyšují až o polovinu, stále se ale jedná o výhodné palivo v porovnání s ostatními palivy, jako je nafta nebo benzin. Čištění bioplynu na kvalitu zemního plynu se osvědčilo zejména u bioplynových stanic ve spojení s čistíčkami odpadních vod (ČOV) a na skládkách. Výhodnost u zemědělských biostanic se stále ještě vyhodnocuje. [4], [10]

1.4 DISTRIBUCE BIOMETANU – PLNICÍ STANICE

K distribuování biometanu lze využít běžné plnicí stanice CNG, na kterých by byl biometan skladován v tlakových lahvích. Vedle soukromých plnicích stanic firem a podniků lze biometan dodávat i do stávající sítě veřejných plnicích stanic. Problémem je, bohužel, malý počet těchto stanic dostupných většinou jen ve větších městech. V poslední době ale naštěstí dochází k velkému rozmachu veřejných stanic, způsobeného velkým nárůstem cen benzínu a nafty. Úlohou takové plnicí stanice je stlačit přivedený plyn přibližně na 200-250 bar a plnit jím tlakové nádrže vozidel. Kromě kompresoru poháněného elektromotorem jsou plnicí stanice vybaveny také vysoušečem plynu, měřičem spotřeby, čidly a v neposlední řadě i pojistnými ventily a speciálním čidlem pro únik plynu. Stanice s rychlým plněním ke své funkci potřebují tlakový zásobník, ve kterém je plyn natlakován k rychlé distribuci. [16]



Obr. 6: Počet čerpacích stanic CNG v ČR [12]

Plnicí stanice se rozdělují podle způsobu plnění na dva typy. První typ představují stanice s pomalým plněním, u kterého plnění probíhá přímo z kompresoru bez využití



vysokotlakého uskladnění plynu v nádržích. Tyto málo výkonné plnicí stanice bývají často používány jako firemní nebo domácí plničky. U domácích stanic je s ohledem na cenu a využití použit méně výkonný kompresor, se kterým má takováto plnička výkon čerpání přibližně 5 m³/hodinu. Dotankování osobního automobilu po připojení propojovací hadice sice probíhá automaticky, ale naplnění celé nádrže může trvat i několik hodin. Tudíž je plnění výhodné provádět přes noc, kdy je navíc i levnější tarif elektřiny. [16]



Obr. 7: Stanice s pomalým plněním od firmy MotorJikov [17]

Firemní plnicí stanice mívají výkon přibližně 20 m³/hodinu a umožňují plnit několik vozidel zároveň. Doplnění paliva automobilu trvá přibližně stejně jako při tankování běžných paliv, cca 3-5 minut. Plničku lze využívat nejen pro plnění automobilů, ale i vysokozdvizných vozíků a dalších CNG vozidel. [17]

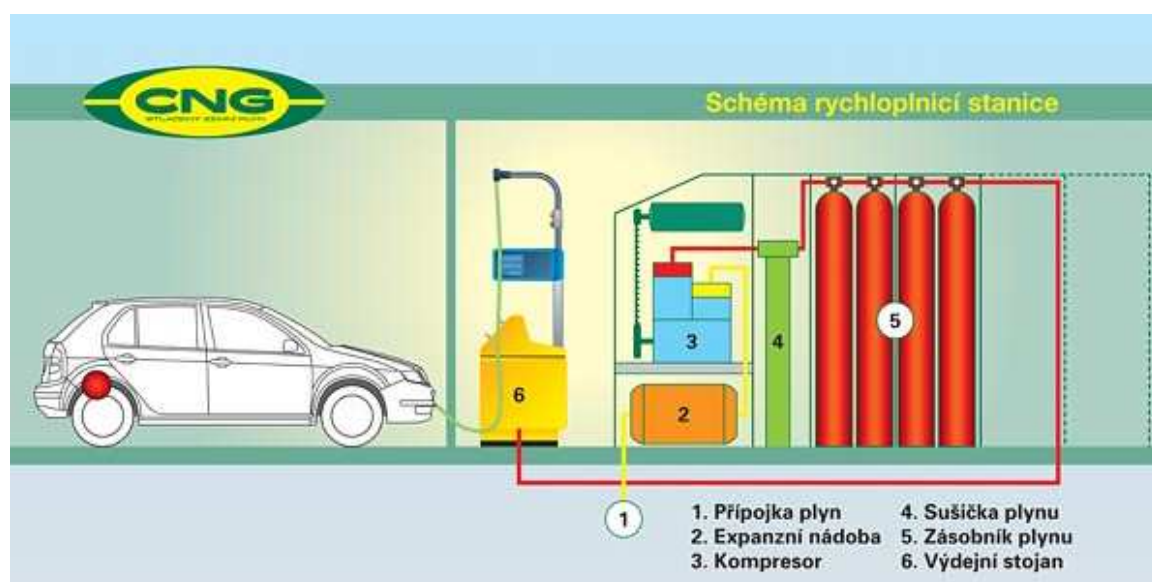


Obr. 8: Veřejná plnicí stanice v Brně Slatině [30]



Na obrázku č. 7 je plnicí stanice s pomalým plněním, kterou vyrábí česká strojírenská firma MotorJikov. Jde o vůbec první českou plničku. Tato plnička je vybavena třístupňovým kompresorem, který má výkon 5 m³. Má kompaktní rozměry a nízkou hmotnost 135 kg. Svými parametry je vhodná zejména pro firmy s malou vozovou flotilou, jako jsou například taxislužby, zásilkové služby nebo autoškoly. Cena takovéto plnicí stanice se pohybuje kolem 120 000 Kč. Nejlevnější plnicí stanice dokonce atakují cenu 62 000 Kč (bez DPH). Při ročním nájezdu 50-110 tis. km je návratnost domácí plnicí stanice v horizontu 2-3 let. Kromě vysoké pořizovací ceny může být problémem i umístění rozměrného plnicího zařízení a nutnost jeho odvětrávání. [17]

Druhým, rozšířenějším, typem jsou plnicí stanice s rychlým plněním. Oproti stanicím s pomalým plněním se zde navíc využívá zásobníku stlačeného plynu, který bývá často tvořen soustavou tlakových láhví. Plyn je v těchto láhvích skladován pod tlakem 250-300 bar. Výhodou tohoto řešení je vysoká rychlost plnění, které probíhá přímo ze zásobníku. Je tak možno dosáhnout rychlosti plnění srovnatelného s konvenčními palivy (běžně 3-5 minut). Plnicí stanice s rychlým plněním se používají zejména jako komerční veřejné plnicí stanice, ale své místo si získávají také u firem s velkým vozovým parkem, například u společností zajišťujících městskou hromadnou dopravu, či svoz komunálního odpadu. [15]



Obr. 9: Schéma rychloplnicí stanice [16]



2 BIOMETAN A ZEMNÍ PLYN – PALIVA SPALOVACÍCH MOTORŮ

2.1 VÝHODY VYUŽÍVÁNÍ BIOMETANU A ZEMNÍHO PLYNU V DOPRAVĚ

Vozidla poháněná biometanem nebo zemním plynem mají oproti benzinovým a naftovým vozidlům mnoho výhod. V první řadě jde zejména o ekologičtější a levnější provoz. Motor upravený na spalování biometanu/zemního plynu má výrazně nižší výfukové emise NO_x , CO, CO_2 , pevných částic a jiných zdraví škodlivých látek. U dnes nejvíce sledovaného parametru, tedy množství skleníkového plynu CO_2 , dochází ke snížení produkce CO_2 až o 25 % oproti naftovému motoru. Ekologickou produkcí biometanu lze dosáhnout úspory až 100 % CO_2 . [2], [22]

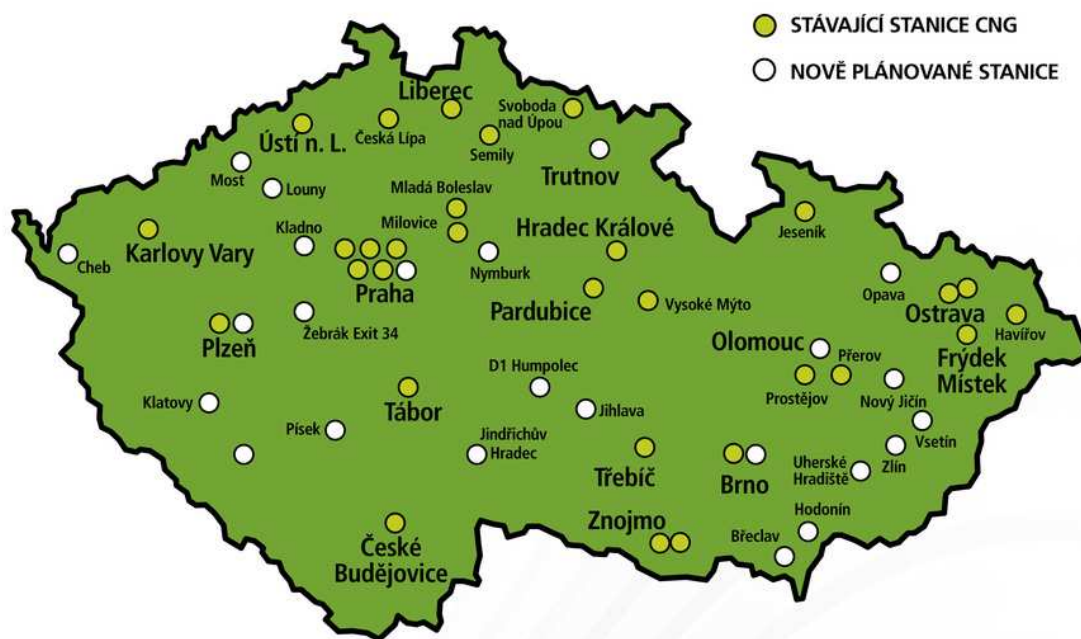
Z ekonomického hlediska je v ČR 1 kg CNG přibližně o 50 % levnější než podobné množství benzínu a o 40 % levnější než nafta. Neustále rostoucí ceny nafty a benzínu tak budou stále větším důvodem pro pořízení vozidel s pohonem na biometan a zemní plyn. [10]



Obr. 10: Soutěžní automobil upravený na spalování biometanu/zemního plynu [19]

Zemní plyn/biometan je navíc šetrnější k motoru a jeho chod je plynulejší a kultivovanější. Nedochází zde ani k usazování karbonového dehtu jako u benzinových a naftových motorů. Pocitově je motor v provozu na CNG nebo biometan mnohem tišší, než jeho zážehová nebo vznětová varianta. Nižší je i dýmivost a i zápach je téměř nezatelný. [2], [20], [21]

Vzhledem k vysokému tlaku je stlačený CNG uchováván v tlakových nádobách, které jsou mnohem odolnější než benzinové nádrže. Zápalná teplota zemního plynu je 600 °C, což je 2x více než u benzínu. Ve výsledku je tak použití tohoto paliva bezpečnější než použití benzínu. CNG distribuovaný v ČR má výhřevnost 34,091 MJ/m³ a hustotu 0,694 kg/m³ za atmosférického tlaku při teplotě 15 °C. Biometan má tyto parametry téměř shodné. [1]



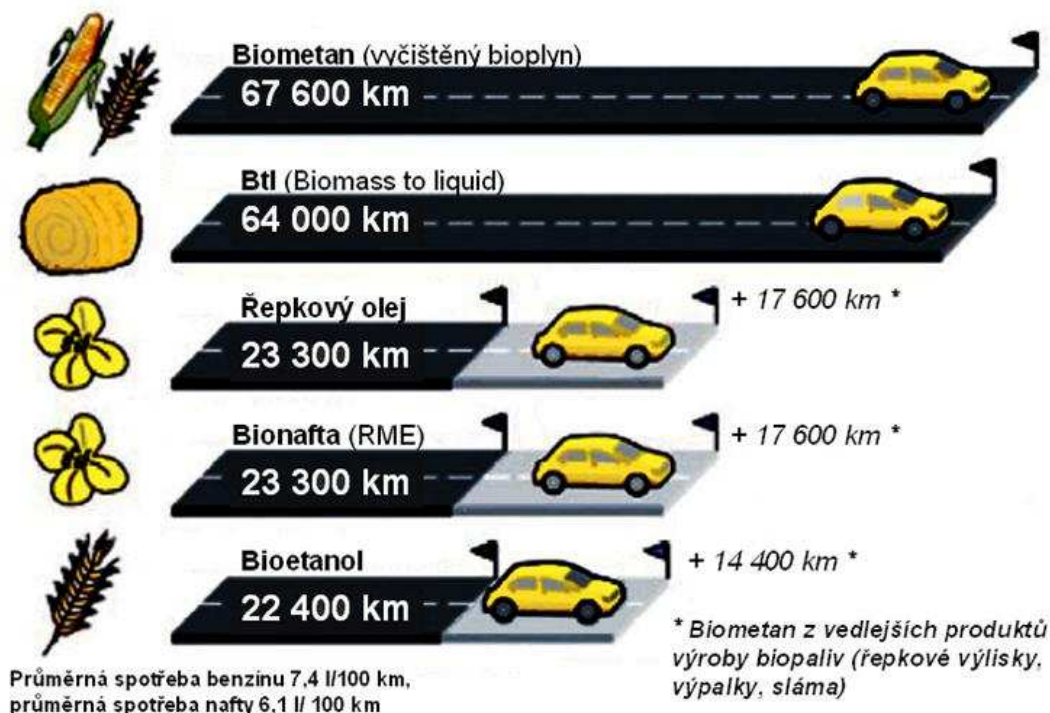
Obr. 11: Mapa stanic CNG (jaro 2012) [15]

Odolnost těchto plyných paliv proti detonacím ve spalovacím prostoru se vyjadřuje metanovým číslem paliva, kdy má čistý metan metanové číslo 100, na opačném spektru se nalézá vodík, který má vůči detonacím nulovou odolnost. Inertní CO_2 obsažený v bioplynu sice zvyšuje metanové číslo směsi, ale zároveň také představuje riziko pro kvalitní průběh spalování. Tím se myslí zejména možnost neúplného nebo nedokonalého vyhoření náplně válce. U biometanu, kde je podíl metanu min. 95 %, je odolnost vůči detonacím podobně jako u zemního plynu velmi dobrá. V důsledku lepšího směřování směsi plynu se vzduchem má motor spalující zemní plyn/biometan navíc rovnoměrnější palivovou směs a možnost pracovat s vyšším součinitelem přebytku vzduchu. Problémem ale někdy mohou být zbytkové objemy nežádoucích prvků v biometanu. Velmi korozivní jsou například sloučeniny síry, které za zvýšených teplot a tlaků mohou způsobovat korozi stěn válců a sedel ventilů. Problémy mohou způsobovat i zbytky siloxanů. V biometanu se při spalování přeměňují na anorganické křemičité sloučeniny, které mohou na stěnách spalovacího prostoru vytvářet usazeniny způsobující vydrolování a zadírání. Pro bezporuchový provoz vlivem čistoty paliva je tak potřeba razantní snížení objemů těchto složek ve vyčištěném bioplynu na bezpečné množství dle legislativní normy. S kvalitním biometanem pak havárie motoru nebo zhoršení spalování nehrozí. [2], [20], [21]

I přes mnohá pozitiva se zde najde i několik vlastností, které provoz takového vozidla mohou znepříjemňovat. Výkon motoru poháněného biometanem nebo CNG má přibližně o 5-10 % nižší výkon a také o zhruba 10 % vyšší spotřebu paliva než je tomu u provozu na benzin. [1]



**Ujetá vzdálenost osobního automobilu na různá biopaliva
vyprodukovaná z 1 ha zemědělské půdy za rok**

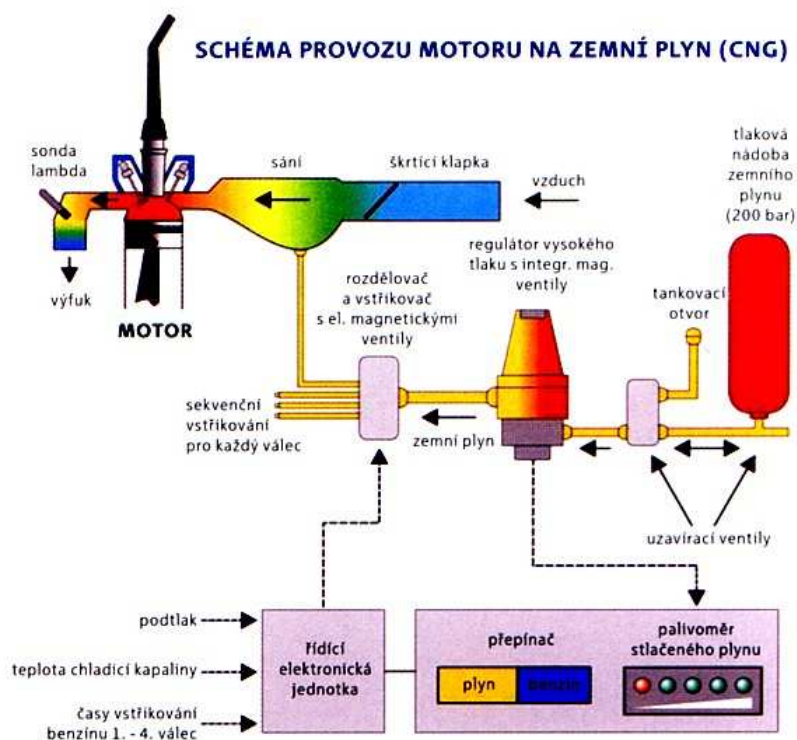


Obr. 12: Srovnání biopaliv [6]

Ve srovnání efektivity produkce biopaliv vítězí biometan, který je produkován až 3x efektivněji než dnes nejvíce rozšířená biopaliva světa (bioetanol a bionafta). Problémem ale může být nízká měrná energetická hodnota CNG, která spolu s těžkými tlakovými nádobami snižuje dojezd vozidla. Množství energie uložené v 80 litrech plynu, což je běžný objem plynové nádrže, odpovídá zhruba množství energie uložené ve 20 litrech benzínu. Z toho plyne, že automobil na plyn ujede na jednu nádrž plynu jen asi 200 až 300 km, což je ve srovnání s benzinem málo. Řešením by mohly být nádrže z lehkých kompozitních materiálů, které ale dosud nejsou cenově dosažitelné. [27], [23]

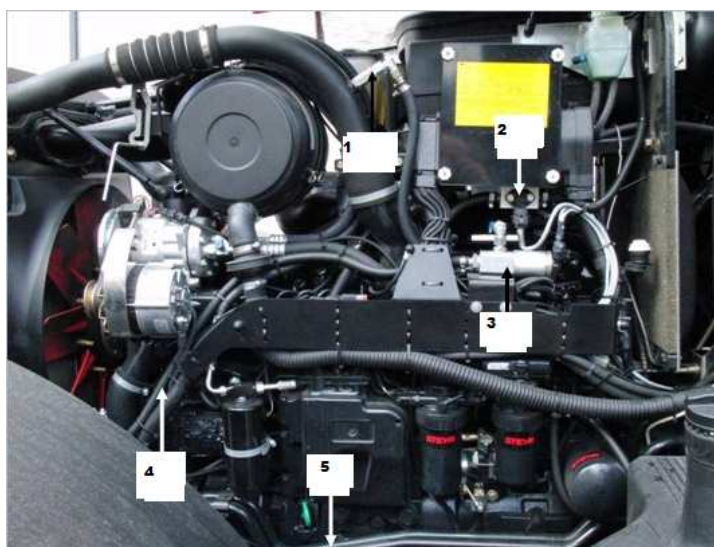
2.2 ÚPRAVY ZÁŽEHOVÝCH A VZNĚTOVÝCH MOTORŮ NA SPALOVÁNÍ BIOMETANU

V dnešní době se upravují zejména zážehové motory. Úprava vznětového motoru je složitější a podstatně nákladnější. Vzrůstající poptávku po vozidlech poskytujících dvoupalivový (bivalentní) provoz zaregistrovali i výrobci automobilů a jiných užitkových vozidel, a tak se dnes na trhu objevuje několik modelů s pohony na CNG. Kromě pořízení vozidla upraveného na spalování plynu přímo od výrobce existuje i možnost upravit stávající benzinové vozidlo. Úpravy vozidel na bivalentní systém paliva plyn/benzin spočívají zejména v přidání nádrží na stlačený plyn, potrubí, potřebné řídicí elektroniky a různých snímačů a regulátorů plynu. Motor takových vozidel bývá doplněn o systém magnetických ventilů, které ovládají přívod paliva. Řidič tak může spínačem v kabině volit, které palivo má být využíváno. [2]

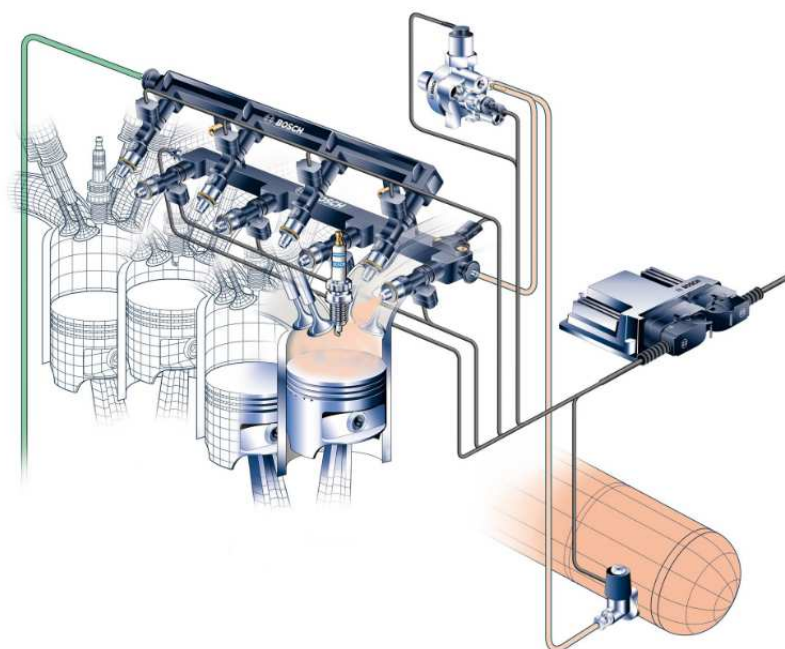


Obr. 13: Schéma provozu motoru na zemní plyn/biometan [25]

Přestavba naftového motoru na provoz CNG vyžaduje hlubší technické zákroky do konstrukce motoru. Častěji tak bývá takový motor navrhován již od počátku jako bivalentní. Na rozdíl od zážehového motoru se u vznětového motoru palivo vznítí vlivem vysokých teplot a tlaku. Biometan má ale vyšší teplotu vznícení než nafta, a tak by k jeho vznícení nedošlo, proto se do válce vstřikuje současně i nafta, která vznícení paliva iniciuje. Hlava motoru musí být upravena pro instalaci jak vstřikovacích trysek nafty, tak i plynu. K tomu je potřeba navíc speciální řídicí jednotka, která zabezpečuje optimální poměr směsi plynu a nafty. [18]



Obr. 14: Naftový bivalentní motor traktoru Steyr (1 - sací potrubí, 2 - regulátor tlaku, 3 - dávkovací ventil, 4,5 – vedení od tlakových nádrží) [18]

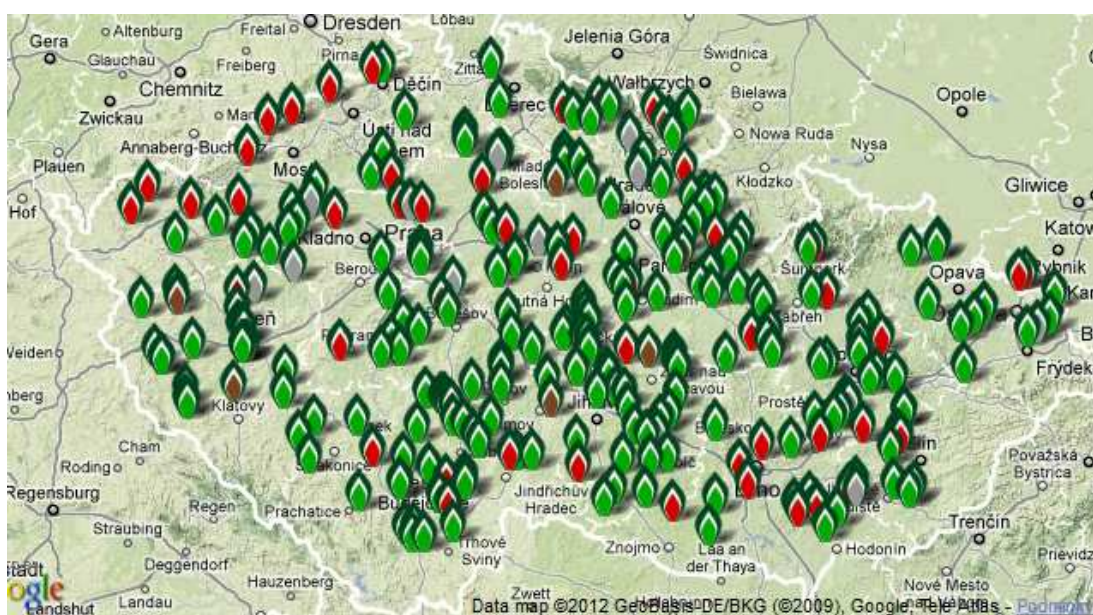


Obr. 15: Systém bivalentního vstřikování plyn/benzin společnosti Bosch [26]

3 VYUŽITÍ BIOPLYNU V DOPRAVĚ

3.1 SITUACE V ČESKÉ REPUBLICE

Bioplyn se u nás v drtivé většině využívá k výrobě elektrické energie a tepla. V ČR funguje v současnosti přibližně 327 bioplynových stanic, které mají souhrnný výkon 224,17 MW. To představuje přibližně 11 % vyrobené elektřiny elektrárnami využívajícími obnovitelné zdroje. Tento stav je způsoben dosavadními vysokými dotacemi pro producenty bioplynu. Vznikl tak obrovský nárůst registrací nových biostanic, a aby se předešlo nárůstu ceny elektřiny, byl na začátku roku 2012 předložen zákon, který omezuje dotace a nařizuje bioplynovým stanicím použití nejméně 30 % zemědělského odpadu v celkovém podílu zpracovávaného materiálu. Nadále bude stát podporovat dodávky biometanu do plynovodní sítě maximálně ve výši 1700 Kč za megawatthodinu. Tato opatření by mohla zvýšit produkci biometanu využitelného jako palivo spalovacích motorů. [13], [28]



Obr. 16: Mapa bioplynových stanic v ČR (duben 2012) [13]

Již dnes se vyčištěný bioplyn přidává do směsi s CNG a je k dispozici na některých plnicích stanicích CNG v České republice. Biometan začala jako historicky první do své sítě plnicích stanic dodávat energetická společnost E. ON. V současné době u nás přimíchává do CNG přibližně 20 % biometanu. [14]

Tab. 1: Vývoj CNG v ČR [31]

Vývoj využití zemního plynu v dopravě			
	konec roku 2005	začátek roku 2011	nárůst
Počet CNG vozidel v ČR	390	2 700	2 310
Počet CNG autobusů v ČR	90	306	216
Počet CNG plnicích stanic v ČR	9	33	24
Spotřeba CNG 2010 v ČR (m3)	3 010 000	10 058 000	7 048 000



Většímu rozšíření CNG bohužel brání řídká síť plnicích stanic. CNG je ale stále více využíváno zejména autobusovými dopravci ve větších městech. V Brně a Praze se ale autobusy na CNG neprosadily. V mnoha dalších městech si ale CNG autobusy pro svá pozitiva pochvalují nejen provozovatelé, ale i cestující a řidiči.

Počet motoristů, kteří využívají zemní plyn jako pohonnou hmotu, stále narůstá. Celkem je dnes v ČR provozováno již téměř 3 500 CNG vozidel, z toho přes 3 000 osobních a užitkových aut. Spolu s výstavbou dalších plnicích stanic v oblastech, ve kterých dosud chyběly, se jistě zvýší i počet jejich uživatelů. [29]

3.2 SITUACE VE SVĚTĚ

3.2.1 ŠVÉDSKO

Švédsko je považováno za průkopníka ve využívání CNG a bioplynu. Síť čerpacích stanic je v obydlené části země dostatečně hustá. CNG a bioplyn je zde používán k vytápění, výrobě elektřiny a pohonu vozidel. V této pokrokové zemi se více než 40 procent vyprodukovaného bioplynu používá k pohánění dopravních prostředků. Cílem je dostat z jinak nevyužitého odpadu hodnotné palivo a snížit úroveň smogu ve velkých městech. Rozmachu bioplynu zde pomáhají státní dotace a také velmi pozitivní vztah obyvatel k přírodě. [39], [33]



Obr. 17: Síť plnicích stanic CNG ve Švédsku [27]

Bioplynová stanice ve švédském městě Linköping (postavena už v roce 1997) využívá organický odpad ze zemědělství z jihovýchodní části Švédska. Zdejší autobusy jezdí pouze na biometan, čímž bylo dosaženo úspory 9000 tun CO₂ za rok. Plyn je zde dostatek, a proto se dodává i do 12 veřejných plnicích stanic, což je opravdu velké číslo, uvažíme-li počet obyvatel cca 140 tisíc. V tomto zemědělském kraji byla výstavba stanice jasná volba. Před léty se zde hledala alternativa k dieselovým autobusům MHD. Zavedení CNG autobusů bránila absence plynovodu, a tak se tedy přistoupilo na biometan. [32]

Dokonce zde jezdí vlak poháněný biometanem. Se zásobníky na 530 m³ biometanu je dojezd vlakové soupravy téměř 600 km. Výsledkem tak masivního využití plynu v této oblasti je velká úspora emisí CO₂ a snížení lokálních emisí oxidů síry a dusíku.



Ve výsledku se zde ročně bioplynem nahradí 5,5 milionu litrů ropných paliv. Zdejší systém sběru odpadu, výroby a distribuce bioplynu je velmi dobrým příkladem jak vyřešit hned několik environmentálních problémů najednou. [32]



Obr. 18: Vlak na biometan [32]

3.2.2 ŠVÝCARSKO

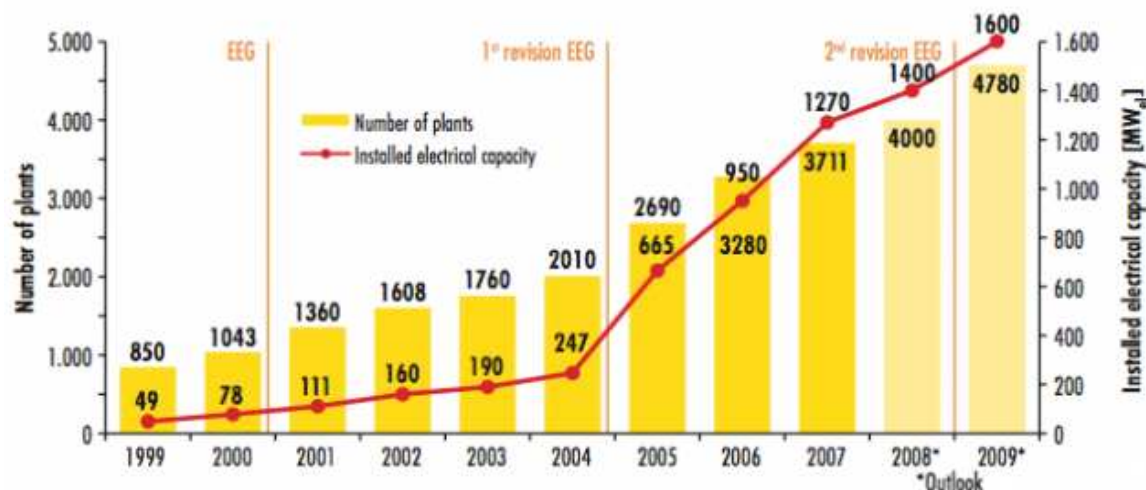
Podobně jako ve Švédsku, je i ve Švýcarsku výroba a využití bioplynu hojně rozšířeno. Bioplyn je zde osvobozen od daní, a tak k jeho využití přistupuje mnoho ekologicky smýšlejících firem a soukromých uživatelů. Velké množství bioplynu se zde upravuje na kvalitu CNG a je poté distribuováno do několika desítek plnicích stanic, nacházejících se zejména ve velkých městech. V těchto městech docházelo v posledních letech k nahrazování flotily městských dieselových autobusů, autobusy upravenými na spalování CNG a bioplynu. Například město Luzern využívá bioplyn z místní čistírny odpadních vod a po úpravě se používá jako palivo autobusů MHD. Tento systém zde úspěšně funguje již od roku 2005. V celém Švýcarsku dnes produkuje bioplyn více než 450 čistíren odpadních vod, ale jen část je vybavena zařízením na úpravu plynu na kvalitu zemního plynu. Jednou takovou je ČOV v Bernu, kde se upravený plyn vhání do sítě zemního plynu. Bioplyn se ve Švýcarsku často produkuje také kompostováním na místních zemědělských farmách. Švýcarská vláda také ve velké míře podporuje využití bioplynu jako palivo. Díky autobusům na biometan/CNG se v Bernu dosáhlo k více než 50% úspoře dusíku emitovaného do ovzduší, dříve vypouštěného naftovými autobusy. Celkově je ve Švýcarsku v provozu více než 10 000 vozidel na plyn. V roce 2010 zde biometan tvořil přibližně 20 % z dodaného paliva CNG. [36]

3.2.3 NĚMECKO

Česká republika je svým průmyslem a do jisté míry i zemědělstvím svázána s německým průmyslem. Německo je na špičce ve vývoji a také prodeji bioplynových zařízení. Německé společnosti se zabývají celým řetězcem zpracování a distribuce bioplynu. Není tak překvapením, že se v Německu vyprodukuje až 50 % z celkové produkce bioplynu v Evropě. V místních bioplynových stanicích se z většiny využívá tekutý odpad



ze zemědělských farem, odpady z potravinářských provozů a jídelen. Vzniklý digestát se používá jako vysoce kvalitní hnojivo. V roce 2009 se zde upravený bioplyn vháněl do sítě zemního plynu jen u dvou stanic, ale již v březnu roku 2011 takových stanic bylo registrováno již 44. To znamená velký nárůst využití biometanu pro účely pohonu automobilů a jiných zařízení na zemní plyn a CNG. [35]



Obr. 19: Vývoj instalovaného výkonu bioplynových stanic v Německu [35]

3.2.4 FRANCIE

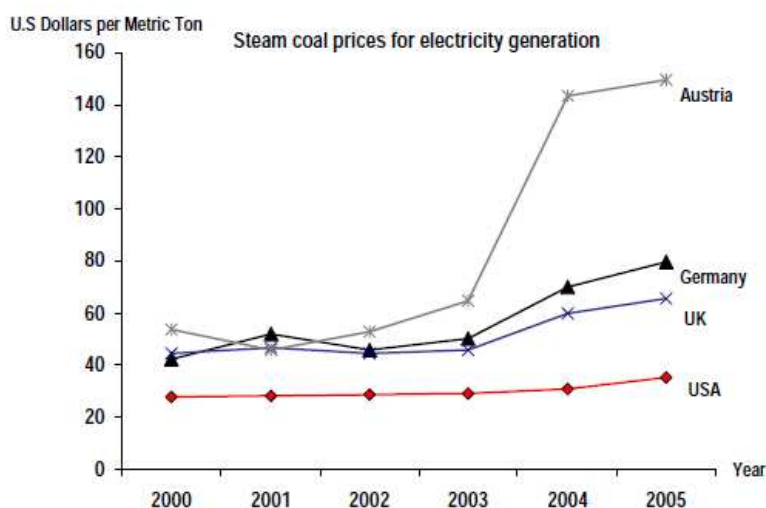
V okolí města Lille ve Francii byly v roce 1994 spuštěny vůbec první pilotní projekty (bio)plynových autobusů v Evropě. V roce 2004 zde již bylo 127 z 311 bioplynem poháněných autobusů a jejich podíl se stále zvyšuje. Ve spojení s metrem a tramvajovou dopravou je zde 80 % vozů MHD ekologických. Zdejší bioplynové stanice ročně vyprodukují 3 miliony m³ bioplynu a navíc 34 000 tun hnojiva pro zemědělské farmy. Jako materiál k fermentaci se zde využívá i odpad z domácností a dokonce odpad z restaurací a jídelen. [36]



Obr. 20: CNG autobusy ve francouzském městě Lille

3.2.5 JIŽNÍ A SEVERNÍ AMERIKA

V Jižní Americe se nachází přibližně 35 % celosvětové flotily CNG vozidel. Používají je zde zejména jako autobusy a automobily taxi služby ve velkých městech Argentiny a Brazílie. Existuje zde dostatek firem zabývajících se úpravami motorů a prodejem konverzních sad. Sítě plnicích stanic jsou zde obzvláště husté v okolí měst São Paulo a Rio de Janeiro. Bioplyn se zde ale do CNG přimíchává jen v malém množství. V USA je situace opačná – existuje zde sice přes 2200 výroben bioplynu (většinou skládkové a ČOV), ale velká většina vyprodukovaného plynu slouží k výrobě elektřiny. Na obrázku 21 lze vidět, jak velký je rozdíl v cenách uhlí mezi Spojenými státy a některými evropskými zeměmi. Je tak zřejmé, že výroba bioplynu, jinak než z odpadu je zde kvůli ceně ostatních paliv těžce obhajitelná. Klasická fosilní paliva jako benzin, nafta a uhlí zde mají dosud neotřesitelnou pozici. Vozy na CNG se zde sice vyskytují, ale z celkového počtu automobilů je to velmi malá část. Při obrovské rozloze USA se zde nachází jen asi 873 plnicích stanic pro 114 270 vozidel poháněných CNG. [34]



Obr. 21: Srovnání ceny uhlí k výrobě elektřiny u vybraných zemí [34]

3.2.6 INDIE A PÁKISTÁN

V indickém hlavním městě Novém Dillí se dnes nachází největší flotila vozidel CNG. Při tak velké hustotě zalidnění místní lidé těží z výhod menších emisí těchto automobilů. Podobně je tomu i v Pákistánu. Vedle autobusů na biometan a CNG se zde těší velké oblibě také lehká vozítka zvané rikša. [38]



Obr. 22: Typická indická CNG rikša [37]



3.3 SROVNÁNÍ ČESKÉ REPUBLIKY A ŠVÉDSKA VE VYUŽÍVÁNÍ BIOPLYNU

Mezi země s rozvinutou výrobou a distribucí bioplynu patří rozhodně Švédsko, které je navíc také vedoucí zemí ve využívání biometanu v dopravě. Při srovnání této země s Českou republikou lze dojít k značné podobnosti v množství využívané zemědělské půdy. Zatímco se ale v ČR bioplyn produkuje nejčastěji na farmách, ve Švédsku se velká část tohoto plynu produkuje také na skládkách komunálního odpadu a zejména na čistíčkách odpadních vod. Největším rozdílem mezi těmito zeměmi je ve využití získaného bioplynu. V českých zemích se doposud v drtivé většině případů bioplyn použije k výrobě elektřiny a tepla v kogeneračních jednotkách. Zatímco je vyrobená elektřina podporována dotačními příspěvky, tak vyrobené teplo často nenachází své uplatnění z důvodu odlehlosti stanic od obydlených míst.

Tab. 2: Srovnání ČR s Švédskem [29]

	ČR	Švédsko
počet CNG vozidel	3477	40 029
z toho CNG autobusy	356	1750
podíl CNG vozidel	0,07 %	0,83 %
počet veřejných plnicích stanic	37	132
Cena CNG jako % z ceny nafty	51 %	81 %
Cena CNG jako % z ceny benzínu	51 %	72 %

Oproti tomu se ve Švédsku bioplyn vedle této možnosti využívá k výrobě biometanu úpravou surového bioplynu. Biometan se zde pak využívá k pohonu široké škály vozidel – osobních aut, autobusů, traktorů a dokonce i vlaku. U nás takové využití bioplynu dosud zcela chybělo. Naštěstí se ale přechází aspoň k přimíchávání biometanu do směsi se stlačeným zemním plynem, distribuovaným na veřejných plnicích stanicích. Česká republika má ve využití biometanu oproti Švédsku jednu velkou výhodu, kterou je rozsáhlá síť plynovodu. Celková délka této sítě v ČR přesahuje 7000 km, zatímco ve Švédsku je to přibližně jen 800 km plynovodního potrubí. Tím u nás vzniká velký potenciál pro vtláčení biometanu do sítě zemního plynu. Může se tak jednat o efektivní způsob distribuce plynu do sítě, čímž by odpadly náklady na dopravu tlakovými lahvemi. Druhou stranou mince je ale laxní jednání státu ve věci podpory biostanic, které by se tím zabývaly. Ve Švédsku se podobné problémy nevyskytují a využití bioplynu a dalších obnovitelných paliv je zde podporováno jak státem, tak i soukromými firmami zabezpečujícími technologické vybavení. [32]

3.4 PŘEKÁŽKY VE VYUŽÍVÁNÍ BIOMETANU V ČR A JEJICH MOŽNÉ ODSTRANĚNÍ

Vedle majoritní produkce bioplynu pro kogenerační jednotky je podíl produkce vyčištěného bioplynu v ČR velmi malý. Nezáměr producentů o biometan se skrývá zejména v dalších nákladech na zařízení umožňující čištění bioplynu. Dalším problémem je dosavadní nezáměr odběratelů provozujících CNG plnicí stanice zejména kvůli vysokým cenám biometanu. Na CNG se často upravují autobusy MHD, u kterých díky malému dojezdovému radiu a možnosti velkých zásob CNG odpadá problém s řídkou sítí plnicích stanic. Pro běžné uživatele je to ale zásadní problém. Je tak záhodno tuto síť energetickými společnostmi rozšířit a přilákat tak více uživatelů. Na trhu je osobních



CNG vozidel relativně dostatek a ani cena úpravy běžného automobilu se zážehovým motorem není nikterak závratná. Dojezd takového automobilu je však jen okolo 160 km. Podobné vozidlo je tedy vhodné spíše do města s blízkou plnicí stanicí. Delší trasy je pak potřeba pečlivě naplánovat s ohledem na dostupné plnicí stanice. Překážkou může být i dosavadně vysoká cena domácích plnicích stanic, které začínají na cenách kolem 60 000 Kč. Řešením je pak pořízení společné plničky pro více uživatelů – např. v bytovém domě. S větším množstvím uživatelů CNG a zároveň s větší informovaností o ekologickém biometanu by mohl vzrůst i zájem o toto palivo. Pak by se mohla více vyplatit úprava bioplynu na kvalitu CNG, než prosté spálení v kogenerační jednotce. [36]



Obr. 23: CNG autobusy českého výrobce TEDOM [24]

Vše ale záleží na chování trhu s palivy, státních a evropských dotacích a také na preferencích uživatelů. U firem by mohlo hrát roli i daňové zvýhodnění takových ekologických vozidel. Řešením většího využití biometanu u osobních a menších nákladních vozidel je větší podpora státu a také informovanost o tomto palivu. V dohledné době tak je biometan vhodně použitelný zejména u firem, které přímo biometan produkují. Jedná se zejména o zemědělská družstva a společnosti zpracovávající komunální odpad. Dalšímu rozšíření produkce a využívání biometanu bohužel brání chaotický a různým vedlejším zájmům podléhající státní aparát. Situace se mění téměř každým dnem a je zatím ve hvězdách, zda bude biometan podporován nebo nikoliv.



4 MODELOVÁ STUDIE OBMĚNY VOZOVÉHO PARKU ZEMĚDĚLSKÉHO DRUŽSTVA

4.1 MODEL ZEMĚDĚLSKÉHO DRUŽSTVA A JEHO VOZOVÝ PARK

Modelové zemědělské družstvo v této práci se zabývá pěstováním obilnin, ovoce, zeleniny a v menším měřítku i chovem prasat. Z vypěstované úrody rajčat vyrábí zejména kečup, rajský protlak a další produkty. Získaný biologický odpad se zde používá jako surovina pro výrobu bioplynu. Popisovaná farma má k dispozici bioplynovou stanici o výkonu 500 kW elektrického výkonu a 460 kW tepelného výkonu. Dosud se zde bioplyn spaluje v kogenerační jednotce a vyprodukovaná elektřina se prodává do sítě.



Obr. 24: Ilustrační obrázek [40]

Vozový park této modelové farmy disponuje šesti traktory Zetor, dále jednou dodávkou Ford Transit a malým užitkovým automobilem Škoda Forman. Vzhledem k zastaralému a poruchovému vozovému parku se uvažuje o nových vozidlech. S ohledem na vlastní bioplynovou stanici a ekonomii provozu farmy se zvažuje nákup traktorů a automobilů umožňujících spalování CNG, nebo biometanem, který by se z bioplynu upravoval přímo na farmě. V případě přebytku biometanu je v plánu dodávat jej do sítě zemního plynu, která je zavedena až k farmě. Druhou variantou je prodej biometanu ostatním uživatelům v okolí. Podmínkou by ale byla dobrá dostupnost této veřejné plnicí stanice.

4.2 NÁVRHY NA OBMĚNU VOZIDEL

Díky možnosti vyrábět biometan přímo na farmě se zdá optimální volbou výběr traktorů a automobilů spalujících CNG/biometan. Náklady na nákup těchto vozidel bohužel prodraží navíc i nutnost vybudování plnicí stanice, nejlépe s rychlým plněním. V současnosti se vývojem traktorů poháněných stlačeným zemním plynem nebo biometanem nejvíce zabývají výrobci zemědělských traktorů a strojů Steyr a Valtra.

Pro potřeby farmy byly vybrány 2 modely dodávek italského výrobce FIAT, který zákazníkům nabízí i verze s přestavbou na CNG/biometan. Dalšími hledisky při výběru byla i zejména relativně nízká cena a kvalitní servis.



4.2.1 TRAKTOR STEYR 6195 CVT

Prototyp firmy Steyr vycházející ze standardního modelu Steyr 6195 CVT je vybaven šestiválcovým dvoupalivovým vznětovým motorem o objemu 6,6 litru s palivovou soustavou Common Rail. [18]

Plyn je zde skladován pod tlakem cca 200 barů v několika tlakových nádobách umístěných na předním nebo zadním nosiči a ve spodní části traktoru. Celkově je zde uloženo až 400 l plynu, což je dostatečné množství na 7-10 hodinový pracovní čas. Z lahví se plyn vede do regulátoru tlaku, kde se tlak sníží na 3,8 baru a následně se dávkovacím ventilem vstřikuje do sacího potrubí. Kromě řídicí jednotky pro vstřikování nafty motor navíc disponuje i řídicí jednotkou vstřikování plynu, zajišťující optimální dodávku plynného paliva v závislosti na výkonové křivce. [18]



Obr. 25: Přední nosič s tlakovými lahvemi obsahujícími biometan [18]

Zvláštností traktoru je režim, při kterém motor pracuje. Do spalovacího prostoru se současně přivádí plynné i kapalně palivo. U vznětového motoru se palivo vznítí vlivem vysokých teplot a tlaků. Jelikož má (bio)metan vyšší teplotu vznícení než nafta, k jeho vznícení by nedošlo, proto se do válce vstřikuje současně i nafta, která vznícení paliva iniciuje. Motor je i po úpravě stále možné provozovat v monovalentním režimu, kdy se vstřikuje pouze nafta. Při provozu na plynné palivo odpadá potřeba podávacího a vysokotlakého čerpadla, tím pádem dochází ke snížení ztrát na výkonu a ve výsledku i ke snížení spotřeby paliva až o 40%. Testy v provozu na biometan bylo u tohoto prototypu prokázáno snížení emisí CO₂ o 20 %, NO_x o 17%, uhlovodíků o 87 % a CO dokonce o 97 %. Jednou z nevýhod je ale vedle nutnosti častějšího doplňování paliva zejména výrazný příplatek za systém plynného paliva. [18]



Vzhledem k dosud testovacímu provozu se cena úpravy standardního modelu pohybuje okolo 500 000 Kč. I přes tak velkou investici je podle obchodního ředitele společnosti Steyr návratnost investice do 7 let. [42]

4.2.2 TRAKTOR STEYR PROFI 4135 NATURAL POWER

Nástupcem pokusného dvoupalivového traktoru Steyr 6195 CVT se stal nový model Steyr Profi 4135 Natural Power. Oproti předchůdci je použit přeplňovaný motor poháněný výhradně biometanem, případně stlačeným zemním plynem. Tento motor byl vyvinut společností Fiat Powertrain Technologies, která má s motory na plyn bohaté zkušenosti. Se zdvihovým objemem 3 litry dosahuje motor maximálního výkonu 105 kW a maximálního krouticího momentu 542 Nm na výstupu z převodovky. Zásobníky na 300 litrů plynu jsou rozmístěny na různých místech traktoru tak, aby nepřekážely při manipulaci. Tento traktor byl přímo vyvinut pro práci na farmách s vlastní výrobou bioplynu, nevýhodou tak může být nemožnost napájení jiným palivem než je biometan nebo CNG. Prodej modelu Steyr Profi 4135 Natural Power bude zahájen v roce 2015. [43]



Obr. 26: Traktor Steyr Profi 4135 Natural Power [43]

4.2.3 TRAKTOR VALTRA N101 HiTECH

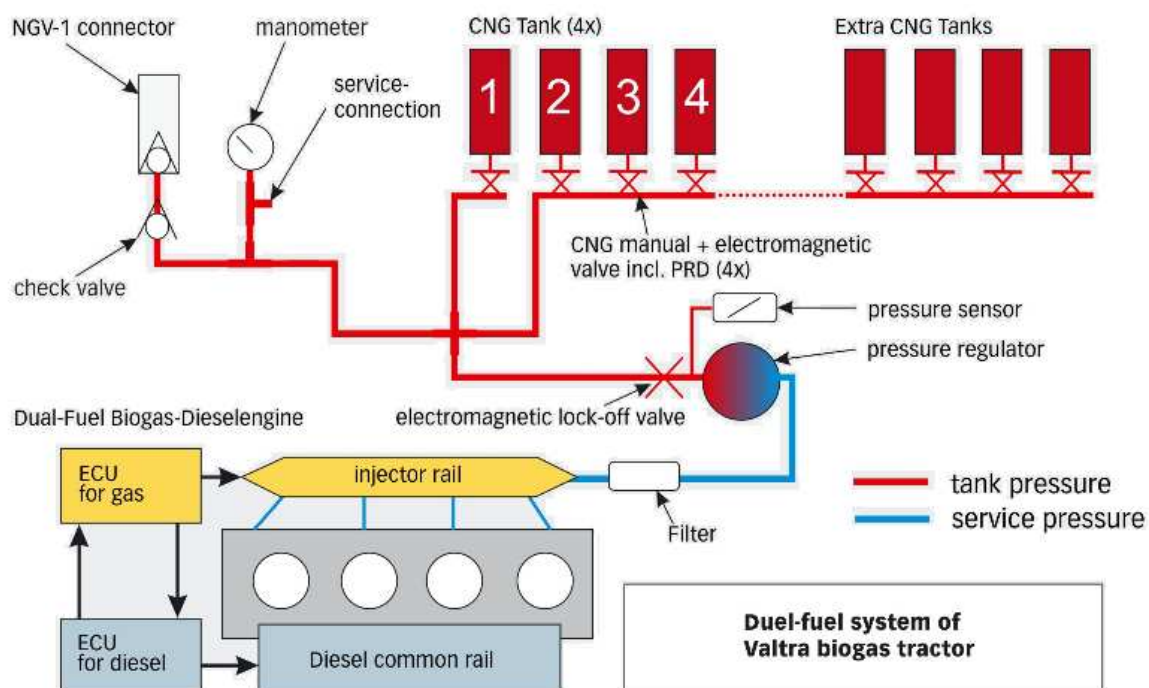
Finský výrobce traktorů Valtra v roce 2010 představil nový dvoupalivový traktor, umožňující spalovat biometan i naftu. Jedná se o kompaktní moderní traktor určený pro zemědělské podniky a komunální služby s možností doplňování plyného paliva. Tlakové láhve s kapacitou 170 litrů (ekvivalent 30 l nafty) jsou rozmístěny na pravé straně traktoru. Na jedno doplnění plynu je traktor schopen pracovat 3-4 h hodiny. Jelikož se biometan (případně CNG) vstřikuje přímo do sacího potrubí, nebylo potřeba motor upravovat. O řízení dodávky plynu se stará podobně jako u motoru traktoru Steyr 6195 CVT speciální řídicí jednotka. Výkon motoru je zajištěn ze 70-80 % spalováním plyného paliva. Šestiválcový motor o zdvihovém objemu 4,4 litru tak dosahuje výkonu 81 kW při 2000 ot./min. a točivý moment 460 Nm při 1500 ot./min. Po vyčerpání zásob



plynu je traktor schopen spalovat naftu bez příměsi plynu, opačně bohužel provozovat traktor nelze, protože je nafta v malých dávkách využívána k zapálení směsi. Během provozních testů bylo dosaženo snížení spotřeby nafty až o 3 l za hodinu. [41]



Obr. 27: Traktor Valtra N101 HiTech s předním nakladačem [41]



Obr. 28: Duální palivový systém traktoru Valtra N101 Hitech [41]



4.2.4 DODÁVKOVÝ VŮZ FIAT DUCATO 3L NATURAL POWER

Oproti benzinovým a naftovým dodávkám Ducato je u této verze použito upraveného benzinového motoru s dvoupalivovým systémem. Čtyřválcový zážehový motor se zdvihovým objemem 3 litry nabízí výkon 100 kW a kombinovanou spotřebu 8,8 kg zemního plynu (resp. biometanu). [44]



Obr. 29: Fiat Ducato 3L Natural Power v provedení dodávka [44]

Díky pěti tlakovým nádržím na 220 litrů plynu umístěných pod podlahou a nádrží na 14 l benzinu má Ducato dojezd až 500 km na jedno natankování. Vestavěné nádrže ale nikterak neomezuji nákladový prostor s objemem 11,5 m³. Cena vozu je 523 700 Kč (bez DPH). Při nájezdu 50 000 km ročně se úspora jízdy na plyn pohybuje kolem 57 000 Kč. [44]



Obr. 30: Schéma uložení tlakových lahví [44]



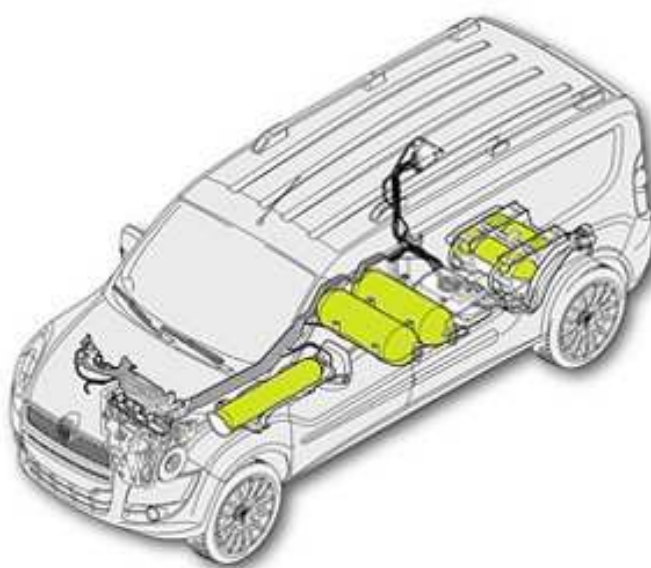
4.2.5 MALÝ UŽITKOVÝ VŮZ FIAT DOBLÓ VAN

Malé užitkové vozidlo Doblo Van je vybaveno přeplňovaným zážehovým motorem o zdvihovém objemu 1.4 litru spalujícím jak CNG, biometan, tak i benzin. Maximální výkon 88 kW při 5000 otáčkách za minutu a točivý moment 206 Nm už při 1750 ot/min. je dostačující pro většinu situací. [44]



Obr. 31: Fiat Dobló Van [44]

Spotřeba paliva v kombinovaném režimu dosahuje pouze 4,9 kg plynu CNG nebo biometanu. Maximální dojezd až 740 km umožňují nádrže na plyn o kapacitě 22 kg a benzinová nádrž o objemu 22 l. Do nákladního prostoru o objemu 3,4 m³ lze uložit až 2 europalety. Přístup do vnitřního nákladového prostoru je možný přes asymetrické zadní výklopné dveře nebo bočními posuvnými dveřmi. Základní cena takového vozu je 317 590 Kč, ale provozem na zemní plyn lze při ročním nájezdu 50 000 km ušetřit až 68 000 Kč ročně. [44]



Obr. 32: Schéma uložení tlakových lahví [44]



4.3 PLNICÍ STANICE GREENFIELD S100

Pro doplňování paliva vybraných vozidel je v areálu zemědělského družstva potřeba postavit plnicí stanici. Vzhledem k vozovému parku byla zvolena rychlá plnicí stanice s výkonem plnění 150 l za minutu. Aby byl zajištěn rychlý přísun plynu do nádrže vozidla, je zapotřebí stanici doplnit o zásobník plynu, tvořený z 10 tlakových lahví o celkovém objemu 800 l plynu. Stanice bude vozidla plnit primárně biometanem produkovaným v areálu družstva. Pokud bude biometanu nedostatek, dojde automaticky k plnění vozidel stlačeným zemním plynem. Tato stanice je zamýšlena jako veřejné plnicí místo, kde si zaměstnanci a také obyvatelé z okolí mohou dotankovat CNG do svých upravených vozů. V případě přebytku biometanu lze nabídnout i tento plyn, kvůli náročnější výrobě ale s adekvátním příplatkem. Celková cena stanice je přibližně 600 000 Kč. [45]



Obr. 33: Rychloplnicí stanice Greenfield [45]

Tab. 3: Technické parametry plnicí stanice Greenfield S100 [45]

Výkon plnicí stanice	150 litrů/min 9 m ³ /hod
Čas plnění 80l/200bar	1,5 hod
Pracovní tlak	200 nebo 250 bar
Pohon	třífázový elektromotor 4 kW
Rozměry plničky	v. 105 cm x š. 70 cm x hl. 67 cm
Prázdná hmotnost	170 kg
Hlučnost (1m vzdál.)	70 dB
Počet stupňů	3
Skříň plničky	polstrovaná lakovaná ocel
Mezistupňové a koncové chlazení	nerezová ocel
Filtrace	filtr s mol. sýtem a aktivním uhlím
Mín / max vstupní tlak plynu	0,017 / 0,2 bar



4.4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Při srovnání cen modelů vozidel s jejich upravenými alternativami na CNG vycházejí tyto vozy podstatně nákladněji. Příplatek za CNG verzi u užitkových vozů Fiat činí zhruba 20 % ceny standardního modelu. Výrazně horší je situace u upravených traktorů firem Steyr a Valtra. Příplatek se zde pohybuje odhadem 400 000 – 600 000 Kč, což představuje až 50 % ceny běžného naftového modelu. Ceny CNG traktorů zatím nebyly oficiálně stanoveny, ale kvůli konkurenceschopnosti nepřesáhnou pravděpodobně 150 % ceny běžného modelu. Do celkové ceny obměny vozového parku se navíc promítne i cena rychlé plnicí stanice. Tyto náklady lze ale snížit provozem stanice pro veřejnost.

Tab. 4: Pořizovací ceny vozů

Pořizovací ceny vozů (přibližné)		kusů	celková cena
Traktor na biometan	1 600 000 Kč	6	9 600 000 Kč
Fiat Ducato	523 700 Kč	1	523 700 Kč
Fiat Doblo	317 590 Kč	1	317 590 Kč
Cena plnicí stanice	600 000 Kč		
Celkové náklady			11 041 290 Kč

Finanční úspory lze dosáhnout použitím vlastního biometanu nezátíženého příplatky distributora a daněmi. Výrobní náklady na 1 m³ biometanu se pohybují okolo 25 Kč, což je přibližně 18 Kč za 1 kilogram plynu. V ceně plynu jsou sice zahrnuty i náklady na čištění biometanu, ale problémem může být vysoká pořizovací cena tohoto zařízení, která se pohybuje od 8 milionů korun a výše. Biometan lze také v případě přebytku vtlačet po úpravě a kontrole vtláčeční a odorizační stanicí do distribuční sítě zemního plynu, dostupné přímo na farmě. Takové řešení si opět žádá pořízení finančně náročného zařízení, ale poskytuje jistotu stabilního prodeje biometanu. Vzhledem k odhadovaným výkupním cenám (na úrovni zemního plynu) se ale vyplatí plyn využívat k pohonu vozového parku, nebo k prodeji na plnicí stanici přímo koncovým uživatelům. Hlavním účelem využití biometanu na farmě je provoz vozového parku na toto palivo. Provoz šesti plynových traktorů (Steyr Profi 4135 Natural Power) ročně provozovateli ušetří přibližně 1 362 000 Kč. To mimo jiné znamená návratnost investice na pořízení traktorů přibližně 7 let. S vyšším ročním nájezdem traktoru a s nižší výrobní cenou biometanu se doba ještě sníží. [10]

Tab. 5: Ekonomické zhodnocení využití biometanu u traktoru

Traktor na biometan/CNG			
Cena za 1 l nafty	37 Kč		
Cena za 1 kg CNG	25 Kč	Roční náklady za naftu	407 000 Kč
Výrobní cena 1 kg biometanu	18 Kč	Roční náklady za CNG	250 000 Kč
		Roční náklady za biometan	100 000 Kč
Roční nájezd traktoru	1000 hodin	Roční úspora při využití biometanu	227 000 Kč
Spotřeba nafty za hodinu	11 l		
Spotřeba plynu za hodinu	10 kg		



Vedle šesti traktorů se na farmě využívají ještě i dva dodávkové vozy. Velký dodávkový vůz Fiat Ducato provozem na biometan při ročním nájezdu 50 000 km ušetří přibližně 92 850 Kč. Provozem menšího vozu Fiat Doblo se stejným nájezdem se ročně provozovateli uspoří okolo 59 500 Kč. Nejenže se investice do příplatku za verzi spalující biometan/CNG vrátí do několika měsíců, ale i návratnost investice na pořízení nového vozu se vrátí během pár let.

Tab. 6: Ekonomické zhodnocení využití biometanu u dodávkových vozů

Dodávkové vozy na biometan/CNG			
Cena za 1l nafty	37 Kč		
Cena za 1kg CNG	27 Kč		
Cena za 1kg CNG biometanu	18 Kč		
Fiat Ducato			
Roční nájezd km	50000	Roční náklady za naftu	172 050 Kč
Spotřeba nafty na 100km	9,3 l	Roční náklady za CNG	118 800 Kč
Spotřeba plynu na 100km	8,8 kg	Roční náklady za biometan	44 000 Kč
		Roční úspora při využití biometanu	92 850 Kč
Fiat Doblo			
Roční nájezd km	50000	Roční náklady za naftu	103 600 Kč
Spotřeba nafty na 100km	5,6 l	Roční náklady za CNG	66 150 Kč
Spotřeba plynu na 100km	4,9 kg	Roční náklady za biometan	24 500 Kč
		Roční úspora při využití biometanu	59 500 Kč
Celková roční úspora provozem na biometan			1 514 350 Kč

Souhrnně se nahrazením naftových vozidel za vozidla spalující biometan ročně ušetří přibližně 1 514 350 korun. Velký vliv na úsporu má zejména výrobní cena biometanu a způsob využití vozidel. V modelové studii se počítá s velkým ročním nájezdem jak traktorů, tak i dodávkových vozů. Tím se dosáhlo ve výsledku velké finanční úspory, při které se návratnost přeměny vozového parku pohybuje v horizontu 7 let. Ve skutečném provozu je nájezd vozidel pravděpodobně menší a navíc se k ceně za biometan přidávají další provozní náklady.

Státní finanční podporou na zařízení upravující bioplyn a zelenými bonusy za produkováný biometan se v zemích jako je Švédsko nebo Rakousko dosáhlo snížení ceny biometanu na trhu, a tím k jeho větší spotřebě. V ČR by se mohlo omezením dotací za elektřinu z bioplynových stanic a naopak podporou produkce biometanu dosáhnout realizace této modelové studie na některé z bioplynových stanic, kterých je v českých zemích mnoho. Dosavadní situace tomu ale nenasvědčuje.



ZÁVĚR

Bioplyn je nejefektivnější alternativní palivo, co se jeho produkce na jednotku plochy týče. Jeho obliba u producentů roste spolu s dotacemi, které na něj jsou v některých státech uplatněny. Není tedy divu, že se k jeho využívání přiklonily zejména skandinávské země, kde je podpora „zelených“ technologií hojně podporována. Výroba bioplynu se stále více rozšiřuje nejen po celém světě, ale i v českých zemích. U nás je to způsobeno velice výhodnými bonusy za produkci elektřiny vyrobenou v kogeneračních jednotkách. Tím je ale jeho méně ekonomicky výhodné využití jako paliva spalovacích vozidel odsunuto na vedlejší kolej. Tento stav je způsoben zejména nutností zbavit bioplyn nežádoucích příměsí, které by při spalování způsobovaly rychlejší opotřebování částí motorů, potenciálně vedoucí až k jejich havárii. Zařízení k čištění bioplynu na biometan je finančně náročné a ani jeho následný provoz není levný.

Jak ale tato práce ukázala, není využití vyčištěného bioplynu zcela nevýhodné. Své uplatnění může najít zejména u stávajících producentů bioplynu, kteří by mohli vlivem dotačních pobídek přejít od prostého dodávání elektřiny do sítě k čištění bioplynu a k jeho následnému prodeji do sítě zemního plynu. Další možností je vyprodukovaný biometan používat přímo u traktorů a vozidel podniku zpracovávajícího bioplyn. Takové řešení poskytuje hned několik výhod. Vedle nezávislosti podniku zpracovávající bioplyn (farmy, skládky, ČOV) na stále dražších fosilních palivech je to také ekologická prestiž takového podniku, která se v dnešní době cení zejména u producentů biopotravin.

V budoucnosti se počítá s tím, že výroba velkého množství bioplynu bude začleněna do zemědělského systému. Zatím se využívá pouze malého objemu zdroje pro výrobu bioplynu (čističky odpadních vod, skládkové plyny a průmyslové zpracovávající závody). Podle prognóz se bude bioplyn v roce 2020 nejvíce produkovat ze zemědělských a potravinářských stanic. Politika Evropské unie má stanoven pevný cíl ve využívání biopaliv a to je podíl 20 % biopaliv z celkových energetických zdrojů zemí Evropské unie. Nejméně 25 % z podílu biopaliv může zaujímat bioplyn. Podle názoru autora této práce by mohla být část tohoto podílu způsobena využitím biometanu v dopravě, avšak za předpokladu dotačních příspěvků. V současné době se v navrhovaném zákonu počítá s podporou biometanu dotacemi, jejichž výši určí Energetický regulační úřad. Z obavy z opakování tzv. solárního boomu, který vedl k přehnané stavbě fotovoltaických elektráren a ke zdražení elektřiny se ale s větší podporou biometanu již nepočítá. Dotace na produkci biometanu tak budou na hranici ekonomické návratnosti, nebo mohou být dokonce nulové. Dle autora práce se tak využití bioplynu v České republice jako paliva stane v nejbližší době pouze okrajovou záležitostí několika málo ekologicky smýšlejících provozovatelů.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] VLK, F. *Alternativní pohony motorových vozidel*. 1. vyd. Brno : Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2004. 226 s. ISBN 80-239-1602-5.
- [2] KAMEŠ, J. *Alternativní pohony automobilů*. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2008. 232 s. ISBN 978-80-7300-127-8.
- [3] STRAKA, F. *Bioplyn – příručka pro výrobu, projekci a provoz bioplynových systémů*. 2. vyd. Praha: GAS, 2006. 706 s. ISBN 80-7328-090-6.
- [4] KÁRA, Jaroslav: Úprava bioplynu na kvalitu zemního plynu. *Biom.cz* [online]. 2009-08-19 [cit. 2012-04-18]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/uprava-bioplynu-na-kvalitu-zemniho-plynu>>. ISSN: 1801-2655
- [5] KAJAN, Miroslav: Výroba a využití bioplynu v zemědělství. *Biom.cz* [online]. 2002-11-26 [cit. 2012-04-18]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyroba-a-vyuziti-bioplynu-v-zemedelstvi>>. ISSN: 1801-2655.
- [6] Použití bioplynu v dopravě. ENVITON. *Bioplynové stanice* [online]. 2012 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.bioplynovestanice.cz/>
- [7] Technologie bioplynových stanic. ENVITON. *Bioplynové stanice* [online]. 2008 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: http://www.bioplynovestanice.cz/technologie-bps/newsbcm_551772/2/
- [8] Bioplynové stanice. *PORSENNA s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.porsennaops.cz/cs/o-p-s/sluzby-a-produkty/bioplynove-stanice/>
- [9] Energie z bioplynu. AGROMONT VIMPERK S.R.O. *Agromont.cz* [online]. 2012 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.agromont.cz/cs/11/section-40/energetika-bioplynove-stanice.htm>
- [10] SEVEN O.P.S. *Využití bioplynu v dopravě*. Praha, 2009. Dostupné z: <http://www.svn.cz/sites/www.svn.cz/files/desky-final.pdf>
- [11] Membránová separace bioplynu: Použité technologie. MEMBRAIN. *Membrain: Používané technologie* [online]. Stráž pod Ralskem, 2010 [cit. 2012-04-18]. Dostupné z: <http://www.membrain.cz/obory-cinnosti/pouzivane-technologie/membranova-separace-bioplynu/>
- [12] ŽIŽKA, Jan. Česko je přeborníkem v počtu čerpacích stanic. *E15.cz* [online]. 2012 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://zpravy.e15.cz/byznys/obchod-a-sluzby/cesko-je-prebornikem-v-poctu-cerpacich-stanic-752196>
- [13] Mapa bioplynových stanic. ČESKÁ BIOPLYNOVÁ ASOCIACE. *Národní technologická platforma pro bioplyn* [online]. 2012 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.czba.cz/mapa-bioplynovych-stanic/>



- [14] E.ON jako první v republice obohacuje CNG o bioplyn. *Česká plynárenská unie* [online]. 2011 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.cpu.cz/tiskove-zpravy/1895-3>
- [15] Plnicí zařízení a plnicí stanice. *SUPERTech* [online]. 2012 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.auta-cng.cz/plneni-cng/>
- [16] Technologie stanic. *CNG.cz* [online]. 2012 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: <http://www.cng.cz/cs/technologie-stanic-376/>
- [17] Plnicí zařízení s výkonem 5 m³/h. MOTOR JIKOV STROJÍRENSKÁ A.S. *JikovCNG* [online]. 2009 [cit. 2012-04-18]. Dostupné z: http://www.jikovcng.cz/Content/Article.aspx?id=produkty1&set_lang=cs-CZ
- [18] ŠMERDA, Tomáš, ČUPERA, Jiří, NOVÁK, Pavel: Provoz traktorového motoru na CNG nebo bioplyn. *Biom.cz* [online]. 2011-09-21 [cit. 2012-02-08]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/provoz-traktoroveho-motoru-na-cng-nebo-bioplyn>>. ISSN: 1801-2655.
- [19] CNG Seznam.cz Rally Team nasadí do české rally jako první vůz poháněný zemním plynem. *Charouz racing System* [online]. 2009 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: http://racing.charouz.cz/CZ/zpravy_cz/4/cng_seznam_cz_rally_team_nasadi_do_ceske_rally_jako_prvni_vuz_pohaneny_zemnim_plynem.html
- [20] MATHAI, Reji, R.K. MALHOTRA, K.A. SUBRAMANIAN a L.M. DAS. Comparative evaluation of performance, emission, lubricant and deposit characteristics of spark ignition engine fueled with CNG and 18% hydrogen-CNG. *International Journal of Hydrogen Energy* [online]. 2012, roč. 37, č. 8, s. 6893-6900 [cit. 2012-05-15]. ISSN 03603199. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2012.01.083. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360319912001796>
- [21] RYAN, Fearghal a Brian CAULFIELD. Examining the benefits of using bio-CNG in urban bus operations. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* [online]. 2010, roč. 15, č. 6, s. 362-365 [cit. 2012-04-18]. ISSN 13619209. DOI: 10.1016/j.trd.2010.04.002. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1361920910000532>
- [22] BÖRJESSON, Pål a Bo MATTIASSON. Biogas as a resource-efficient vehicle fuel. *Trends in Biotechnology* [online]. 2008, roč. 26, č. 1, s. 7-13 [cit. 2012-04-18]. ISSN 01677799. DOI: 10.1016/j.tibtech.2007.09.007. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167779907002910>
- [23] AHOUISSOUSSI, Nicolas B.C. a Michael E. WETZSTEIN. A comparative cost analysis of biodiesel, compressed natural gas, methanol, and diesel for transit bus systems. *Resource and Energy Economics* [online]. 1998, roč. 20, č. 1, s. 1-15 [cit. 2012-04-18]. ISSN 09287655. DOI: 10.1016/S0928-7655(96)00015-2. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0928765596000152>
- [24] Galerie 2: Výběr z dodávek 2010. TEDOM. *TEDOM.cz* [online]. 2010 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: <http://bus.tedom.cz/galerie-galerie-2--vyber-z-dodavek-2010-a-42.html>



- [25] Automobily na CNG. *Auta 5P Automobilová encyklopedie* [online]. 2012 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: <http://auta5p.eu/clanky/cng/cng.htm>
- [26] Bosch develops CNG engine management system. BOSCH. *Bosch media service* [online]. 2005 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: <http://www.bosch-presse.de/presseforum/details.htm?txtID=2438&locale=en>
- [27] CNG COMPANY S.R.O. *CNG Company* [online]. Hředle: CNG Company s.r.o, 2008 [cit. 2012-04-18]. Dostupné z: <http://www.cngcompany.cz/>
- [28] Stát nebude dotovat biometan tak jako solární elektřinu. Může to být jeho konec. In: *Enviweb* [online]. 2012 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/clanek/zemedelstvi/90306/stat-nebude-dotovat-biometan-tak-jako-solarni-elektřinu-muze-to-byt-jeho-konec>
- [29] NGVA EUROPE. *European NGV statistics* [online]. Madrid: NGVA Europe, 2012 [cit. 2012-04-18]. Dostupné z: <http://www.ngvaeurope.eu/european-ngv-statistics>
- [30] CNG plnicí stanice v Brně Slatině je zaintegrovaná do klasické čerpací stanice. *Busportal.cz* [online]. 2012 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.busportal.cz/modules.php?name=article&sid=9511>
- [31] SOUKUP, Petr. 5 let poté aneb Jak si vede CNG. In: *Hybrid.cz* [online]. 2011 [cit. 18.4.2012]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/clanky/5-let-pote-aneb-jak-si-vede-cng>
- [32] 100 % Biogas for urban transport in Linköping. IEA BIOENERGY. *IEA Bioenergy Task 37* [online]. 2007 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: http://www.iea-biogas.net/_download/linkoping_final.pdf
- [33] LANTZ, Mikael, Mattias SVENSSON, Lovisa BJÖRNSSON a Pål BÖRJESSON. The prospects for an expansion of biogas systems in Sweden? Incentives, barriers and potentials. *Energy Policy* [online]. 2007, roč. 35, č. 3, s. 1830-1843 [cit. 2012-05-15]. ISSN 03014215. DOI: 10.1016/j.enpol.2006.05.017. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421506002564>
- [34] Renewable energy in the U.S. *Energimyndigheten* [online]. 2008 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.energimyndigheten.se/Global/Engelska/News/biogas.pdf>
- [35] German Biogas Industry. *Infinity Biopower* [online]. 2010 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://infinitybiopower.com/technology-2/weltec-biopower/german-biogas-industry/>
- [36] PÄDAM, Sirje a Daniel WALUSZEWSKI. BIOGASMAX. *Biomethane vehicles in five european cities*. 2010. Dostupné z: http://www.biogasmax.eu/media/d5_8_v2_biogasmax_sto_vf_noappendix__059658400_0948_26012011.pdf
- [37] Bajaj Auto rickshaw. In: *Automobiles.indiabizclub.com* [online]. 2012 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://automobiles.indiabizclub.com/catalog/273268~bajaj+auto+rickshaw+rear+engine+4+stroke,+cng~mumbai>



- [38] PALIWAL, Ankur. Biogas from sewage treatment plant to power Delhi buses. In: *The Weekend leader* [online]. 2012 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://www.theweekendleader.com/Innovation/880/Biogas-buses.html>
- [39] SCHEIBER, Ernst, STRUŠKA, Ján: Švédsko sází na bioplyn.... *Biom.cz* [online]. 2006-04-13 [cit. 2012-04-18]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/svedsko-sazi-na-bioplyn>>. ISSN: 1801-2655.
- [40] Zetor 5211. *Agrobazar Květinov* [online]. 2012 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: http://www.agrobazarkvetinov.cz/Zetory/Zetory/Zetor_5211_2.htm
- [41] Biogas tractor tests continue. In: *Valtra: News* [online]. 4.3.2011 [cit. 2012-04-18]. Dostupné z: <http://www.valtra.com/news/4890.asp>
- [42] Steyr launches first biogas-powered tractor. In: *Farmers Weekly* [online]. 2009 [cit. 18.5.2012]. Dostupné z: <http://www.fwi.co.uk/Articles/01/04/2009/114960/Steyr-launches-first-biogas-powered-tractor.htm>
- [43] Steyr derives power naturally. In: *Steyr-traktoren* [online]. 2011 [cit. 18.5.2012]. Dostupné z: <http://www.steyr-traktoren.com/Pages/en/Aktuelles-Veranstaltungen/Aktuelles/Pressedetail.aspx?Guid=b67da90c-f5dc-45fd-b8494221962680ee>
- [44] FIAT ČR SPOL. S R.O. *Fiat Proffesional: Modely* [online]. 2010 [cit. 2012-04-18]. Dostupné z: <http://www.fiatprofessional.cz/>
- [45] Produkty. GASCONTROL. *Gascontrol.cz* [online]. 2012 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: <http://www.gascontrol.cz/produkty/plnici-stanice-cng.html>



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

CNG	stlačený zemní plyn
CO	oxid uhelnatý
CO ₂	oxid uhličitý
ČOV	čistička odpadních vod
H ₂ O	voda
H ₂ S	sulfan
LNG	zkapalněný zemní plyn
MHD	městská hromadná doprava
N ₂	dusík
NH ₃	amoniak
NO _x	oxidy dusíku