

Vysoká škola logistiky o.p.s.

**Využití nákladních vozidel
s alternativním pohonem z pohledu
organizace**

Bakalářská práce

Přerov 2019

Pavel Beck



Vysoká škola
logistiky
o.p.s.

Zadání bakalářské práce

| | |
|------------------|--------------------|
| student | Pavel Beck |
| studijní program | Logistika |
| obor | Dopravní logistika |

Vedoucí Katedry bakalářského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v bakalářském studijním programu určuje tuto bakalářskou práci:

Název tématu: **Využití nákladních vozidel s alternativním pohonem z pohledu organizace**

Cíl práce:

Analýzovat využití nákladních vozidel s alternativním pohonem (CNG, elektrický pohon) z pohledu organizace (konkrétní firmu doporučí organizace GS1 CR). Analýzu v podmínkách doporučené 3PL firmy zobecnit.

Zásady pro vypracování:

Využijte teoretických východisek oboru logistika. Čerpejte z literatury doporučené vedoucím práce a při zpracování práce postupujte v souladu s pokyny VŠLG a doporučeními vedoucího práce. Části práce využívající neveřejné informace uveďte v samostatné příloze.

Bakalářskou práci zpracujte v těchto bodech:

- Úvod
- 1. Logistické procesy v silniční dopravě
- 2. Alternativní pohony nákladních vozidel
- 3. Vozový park dopravní společnosti
- 4. Analýza využití vozidel v 3PL firmě
- 5. Zobecnění výsledků
- Závěr

Rozsah práce: 35 – 40 normostran textu

Seznam odborné literatury:

Gros, I., Barančík, I., Čujan, Z.: Velká kniha logistiky. VŠCHT Praha, 2018, ISBN 978-80-7080-952-5

Hromádko, Jan. Speciální spalovací motory a alternativní pohony. Grada Publishing a.s. Praha, 2012. ISBN 978-80-247-4455-1

Kameš, J.: Alternativní pohon automobilů. BEN - technická literatura, 2004, ISBN 80-7300-127-6

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Dr. Ing. Oldřich Kodým

Datum zadání bakalářské práce:

31. 10. 2018

Datum odevzdání bakalářské práce:

4. 5. 2019

Přerov 31. 10. 2018



Ing. et Ing. Iveta Dočkalíková, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivan Hlavoň, CSc.
rektor

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a že jsem ji vypracoval samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem v práci neporušil autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Prohlašuji, že jsem byl také seznámen s tím, že se na mou bakalářskou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Vysoká škola logistiky o.p.s. nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro pedagogické, vědecké a prezentační účely školy. Užiji-li svou bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat před tím o této skutečnosti Vysokou školu logistiky o.p.s. prorektora pro vzdělávání.

Prohlašuji, že jsem byl poučen o tom, že bakalářská práce je veřejná ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 47b. Taktéž dávám souhlas Vysoké škole logistiky o.p.s. ke zpřístupnění mnou zpracované bakalářské práce k její tištěné i elektronické verzi. Souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely.

Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze bakalářské práce, elektronická verze na odevzdaném optickém médiu a verze nahraná do informačního systému jsou totožné.

V Přerově, dne 4. 5. 1993

.....

podpis

Anotace

V práci se zabývám možnostmi využití alternativních paliv v nákladní silniční dopravě. První část práce je věnována základům dopravního procesu. V následující části se zabývám jednotlivými alternativními pohony, které jsou v dnešní době využívány nebo vyvíjeny. V praktické části práce se věnuji konkrétnímu využití vozového parku, poháněného stlačeným zemním plynem, které využívá společnost DB Schenker. Součástí praktické části jsou srovnávací tabulky a grafy, které porovnávají jednotlivé aspekty motorů spalujících stlačený zemní plyn a motorů spalujících naftu.

Klíčová slova

silniční doprava, alternativní pohony, stlačený zemní plyn, elektromobilita

Annotation

This paper deals with a range of alternative fuels and their use in road freight transport. The first part focuses on the basics of transport processes and is followed by a close examination of the individual alternative fuel sources that are produced and developed these days. The practical part of this paper then takes a closer look at a particular car fleet powered by compressed natural gas. This method is used by DB Schenker. For the purposes of comparison, the practical part also involves graphs and tables with individual aspects of engines burning compressed natural gas and engines relying on diesel.

Keywords

road transport, alternative fuels, compressed natural gas, electromobility

Obsah

| | |
|---|----|
| Úvod..... | 8 |
| 1 Logistické procesy v silniční dopravě | 10 |
| 1.1 Silniční doprava | 10 |
| 1.2 Základní znaky silniční dopravy | 10 |
| 1.3 Infrastruktura silniční dopravy | 10 |
| 1.4 Logistický proces | 11 |
| 1.4.1 Dopravní proces | 12 |
| 1.4.2 Přepravní proces | 12 |
| 2 Alternativní pohony nákladních vozidel..... | 12 |
| 2.1 Mobilita 21. století | 12 |
| 2.2 Vliv silniční dopravy na životní prostředí..... | 13 |
| 2.3 Evropský program ochrany klimatu..... | 14 |
| 2.4 Optimalizace pohonů | 14 |
| 2.5 Vozidla s modifikovanými spalovacími motory | 15 |
| 2.5.1 Biogenní paliva | 15 |
| 2.5.2 Zemní plyn..... | 17 |
| 2.5.3 Vodíkový motor..... | 20 |
| 2.6 Elektrická vozidla na baterie..... | 22 |
| 2.6.1 Elektromotor | 22 |
| 2.6.2 Stejnoseměrný motor s cizím buzením..... | 22 |
| 2.6.3 Stejnoseměrný motor bez kartáčů..... | 23 |
| 2.6.4 Střídavé motory..... | 23 |
| 2.6.5 Bateriové systémy a energetické zásobníky | 25 |
| 2.7 Elektrická vozidla s palivovými články | 27 |
| 2.8 Vozidla s hybridním pohonem | 28 |
| 2.8.1 Sériové uspořádání hybridního pohonu | 28 |
| 2.8.2 Paralelní uspořádání hybridního pohonu | 29 |

| | | |
|-------|---|----|
| 2.8.3 | Smíšený systém hybridního pohonu | 30 |
| 3 | Vozový park dopravní společnosti | 31 |
| 3.1 | Společnost DB Schenker | 31 |
| 3.2 | Fiat Ducato | 32 |
| 3.3 | Iveco Daily | 34 |
| 3.4 | Mercedes Benz Sprinter | 36 |
| 3.5 | Iveco Eurocargo | 38 |
| 3.6 | Scania Streamline G340 CNG | 40 |
| 4 | Analýza využití vozidel v 3PL firmě | 42 |
| 4.1 | Oblasti využití vozidel na CNG | 42 |
| 4.2 | Ekonomické hledisko využití vozidel CNG | 44 |
| 5 | Zobecnění výsledků | 45 |
| | Závěr | 47 |
| | Soupis bibliografických citací | 49 |
| | Seznam zkratk a značek | 51 |
| | Seznam ilustrací a tabulek | 52 |
| | Seznam Obrázků | 52 |
| | Seznam Tabulek | 53 |

Úvod

Jako téma mé závěrečné práce jsem si zvolil Alternativní pohony nákladních automobilů. Automobilismus je jedním z mých koníčků, a spediční firma, pro kterou dělám, provozuje lehkou nákladní dopravu dodávkovými vozy zejména po České republice a západní Evropě. Často tyto přepravy absolvuji jako řidič těchto vozidel. Dále si myslím, že je toto téma v současnosti aktuální, neboť se stále zvyšujícím se počtem automobilů a množstvím přepravovaného zboží po silniční síti, je nutné hledat alternativní pohony k současně nejvíce používaným konvenčním pohonům, nafty a benzínu.

V první kapitole se zaměřím na silniční dopravu obecně. Co je to přepravní a dopravní proces, výhody silniční dopravy a její nevýhody. Krátce se také zaměřím na silniční infrastrukturu.

Následující část věnuji alternativním pohonům, se kterými se plánuje do budoucna, nebo které jsou již zaváděny nebo používány. Nejprve se zaměřím na alternativní paliva, která jsou schopna spalovat současné motory na konvenční paliva, jako je bionafta, bioetanol, CNG (stlačený zemní plyn) a vodík.

V další části druhé se budu zabývat základními koncepcemi elektromotorů, které pro svůj pohon využívají elektrický proud z akumulátorů. U jednotlivých motorů vysvětlím základní princip fungování, jejich výhody a nevýhody. Uvedu základní typy akumulátorů a jejich výhody a nevýhody.

Po elektromotorech využívající ke svému pohonu baterií a akumulátorů vysvětlím základní princip fungování motorů s palivovými články a uvedu jejich základní druhy.

Závěrem této kapitoly se budu věnovat hybridním pohonům, tedy kombinaci zpravidla elektromotoru a spalovacího motoru, neboť tyto motory jsou dnes již často využívány a spojují výhody jednotlivých motorových koncepcí.

V předposlední kapitole této práce se budu věnovat části vozovému parku firmy DB Schenker, která využívá pro svůj pohon CNG. Porovnáám tyto vozidla s jejich verzemi s naftovým motorem, abych vyzdvihl výhody jednotlivých pohonů.

V poslední kapitole uvedu oblasti využití těchto vozidel společností DB Schenker, v závislosti na jejich rozdílných vlastnostech oproti naftovým vozidlům, neboť v tomto ohledu je velice důležitý dojezd, který je u vozidel na CNG jiný než u naftových vozidel.

Cílem této práce je vybrat oblasti v silniční dopravě, kde je přínosem, jak pro okolí, tak pro přepravní společnost, používat vozidla na alternativní pohon, v tomto případě na CNG.

1 Logistické procesy v silniční dopravě

1.1 Silniční doprava

Silniční doprava je nejvyužívanějším druhem dopravního systému v České republice jak z hlediska přepravy zboží, tak i z hlediska přepravy osob. V ČR se silniční doprava podílí na více než 3/4 celkového objemu přepravovaného zboží v tunách.

Silniční doprava je oblast podnikání s velmi ostrou konkurencí, protože je vstup na trh v tomto odvětví relativně jednoduchý.

Silniční nákladní doprava se využívá především při dopravě zemědělských produktů, potravin a spotřebního zboží. Konečná přeprava pohonných hmot se provádí výlučně pomocí kamionů.

1.2 Základní znaky silniční dopravy

Mezi základní znaky silniční dopravy řadíme nízké náklady na krátké vzdálenosti, rychlost, pružnost, dostupnost, omezenost rozměru nákladu a ekologická problémovost

Vysoká dostupnost je nespornou výhodou silniční dopravy. Zboží a osoby je možné dopravit všude, kde existuje silnice s potřebnou nosností. Díky této vlastnosti došlo k rychlému růstu podílu silniční dopravy na přepravních výkonech na celém světě.

Přestože jsou náklady na krátké vzdálenosti nízké, celkové náklady na silniční dopravu jsou vysoké a s rostoucími cenami pohonných hmot se stále zvyšují.

Přes řadu opatření, týkající se zejména regulace emisí oxidu uhličitého, dusíku a aromatů, má silniční doprava negativní vliv na životní prostředí. Silniční doprava je také zdrojem hluku. [1]

1.3 Infrastruktura silniční dopravy

Dopravní infrastruktura silniční dopravy se z technického hlediska dělí na síť dopravních cest s obslužnými objekty a dopravní prostředky

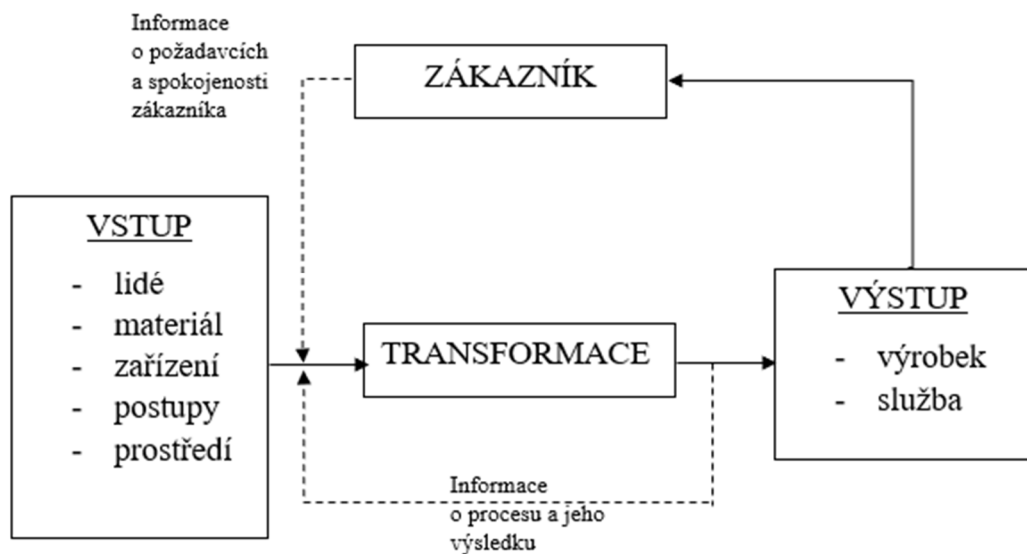
Dopravními cestami jsou silniční sítě, na jejichž hustotě a kvalitě závisí další rozvoj silniční dopravy. V České republice je v provozu zhruba 55 000 km silničních sítí využitelných pro přepravu zboží.

Mezi obslužné objekty patří zejména čerpací stanice, parkoviště, odstavné plochy, kamionové terminály, překladiště atd.

K uskutečňování silniční dopravy se jako dopravních prostředků využívá nákladních automobilů a automobilů pro přepravu osob. Silniční doprava disponuje širokou škálou druhů vozidel, nabízející vhodný typ vozidla dle objednávky zákazníka. [2]

1.4 Logistický proces

Proces je skupina logicky seřazených aktivit s přesně definovaným vstupem a výstupem, přičemž se vstupní zdroje během procesu přetvářejí na výstupní produkty, viz. obr. č. 1.1. V případě logistiky se jedná o aktivity v rámci logistických činností. č. 1.1 V silniční dopravě se rozlišují procesy na dopravní proces (přemístění) a přepravní proces (efekt přemístění). [2]



Obr. 1.1 Schéma logistického procesu

Zdroj [2]

1.4.1 Dopravní proces

Nedílnou součástí logistického řetězce je doprava, jejímiž subjekty jsou dopravce a přepravce. Dopravní proces spočívá v zajišťování přemístění dopravních prostředků a tím i výrobně užitečného efektu. Jedná se tedy o souhrn aktivit zajišťující přemístění dopravních prostředků.

Doprovce provozuje dopravu či dopravní prostředky. Mnohdy bývá vlastníkem těchto dopravních prostředků, ale může být jen jejich nájemcem. Je realizátorem dopravních služeb.

Zákazníkem dopravce nebo zasílatele či operátora je přepravce, který vystupuje nejčastěji jako odesílatel nebo příjemce. Je spotřebitelem dopravních nebo přepravních služeb.

1.4.2 Přepravní proces

Přepravní proces spočívá ve vlastním přemísťování osob a věcí. Představuje spotřebu užitečného efektu, v našem případě přemístění. Je to tedy souhrn aktivit zahrnující vlastní přepravní proces a služby s tímto procesem související. Může jít např. o celní služby, ložné operace (nakládka, vykládka, překládka). [4]

2 Alternativní pohony nákladních vozidel

2.1 Mobilita 21. století

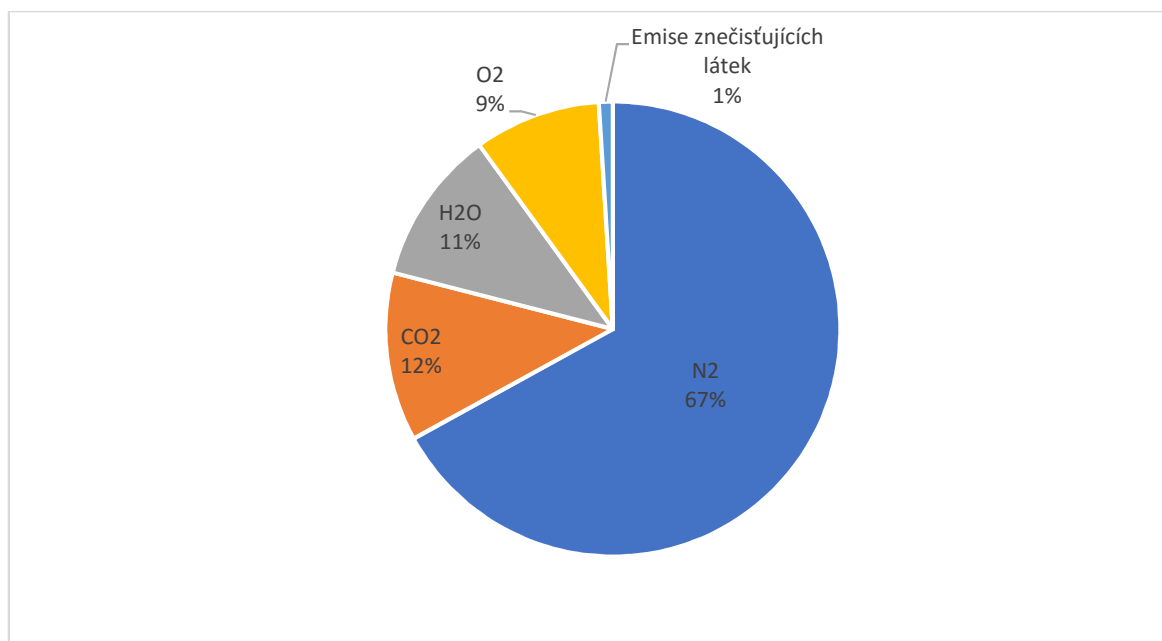
Doby prosperity v jednotlivých epochách lidstva byly udávány silným vzrůstem mobility. Mobilita je centrem hospodářského života, a proto je velmi důležitá její modernizace a výstavba infrastruktury

V 21. století hraje doprava významnou úlohu ve spotřebě energie a škodlivých emisí. Na druhé straně chtějí všichni řidiči svými vozy neomezeně využívat mobilitu i v budoucnosti. Do budoucna lze také očekávat pokles těžby fosilních paliv, jako je ropa a zemní plyn, a tím i růst jejich cen, což je jedním z důvodů současného vývoje alternativních pohonů. Směr v tomto vývoji udávají ekologické a ekonomické úvahy.

Strategie vývoje alternativních pohonů se orientuje na snížení emisí a využití obnovitelných zdrojů energie. Z hlediska této strategie jde zejména o hledání alternativních paliv a k tomu příslušných pohonných koncepcí.

2.2 Vliv silniční dopravy na životní prostředí

Celosvětově se silniční doprava podílí více jak polovinou všech emisí oxidu uhličitého a oxidů dusíku a kolem 50 % emisí uhlovodíků. Většina nákladních vozidel je dnes poháněna čtyřdobými spalovacími motory. Nejpoužívanějším palivem pro nákladní dopravu je tedy nafta. Na obr. č. 2.1 je zobrazeno složení výfukových plynů z diesellových automobilů. Emise znečišťujících látek se skládají z SO₂, CO, HC, NO_x, PM.



Obr. 2.1 Grafické znázornění složení výfukových plynů diesellových motorů

Zdroj [9], vlastní zpracování

V roce 2000 uveřejnila Mezinárodní energetická agentura (IEA), že dojde k 60% nárůstu emisí CO₂ do roku 2020. V současné době již koncentrace CO₂ v atmosféře destabilizuje vysoce komplexní klimatický systém. Dochází k růstu globální povrchové teploty, stoupají hladiny moří a posunují se zemské pásy. V současné době stoupá průměrná teplota povrchu země za 10 let o 0,1 až 0,4 stupně. Objevují se v četných regionech sucha, intenzivní deště, větrné smrště.

Trendem k zastavení ohřívání klimatu vyžaduje odklánět se dlouhodobě od fosilních paliv a efektivněji využívat energii. Již dnes roste tlak na snižování emisí CO₂, současně se zvyšováním cen pohonných hmot a podporou prodeje vozidel poháněných palivovými články.

Snížení emisí CO₂, oxidů dusíků a uhlovodíků je možno dosáhnout například zavedením vodíku, zemního plynu nebo biopaliva v současných spalovacích motorech. Dále

je možné tohoto snížení dosáhnout lokálně s hybridním pohonem, kdy je vozidlo vybaveno spalovacím motorem a elektromotorem, a posléze s čistým elektromotorickým pohonem s baterií nebo palivovým článkem.

2.3 Evropský program ochrany klimatu

Tento program ochrany životního prostředí předložila Evropská komise v roce 2001. Program obsahuje studii celkového hodnocení a cíle snižování emisí. Program předkládá omezování škodlivých emisí v oboru dopravy. Zavádí podpory technických inovací a alternativních pohonů, podpory jízdních způsobů s nízkou spotřebou, vyšší zdanění na orientaci CO₂. Zavádí také silniční poplatky, které závisí na jízdním výkonu vozidel, jejich spotřebě, vypouštěných emisí atd.

V automobilovém průmyslu jednotliví výrobci dnes platí cca 150 EUR za tunu CO₂, případně i více. Podíl na snižování emisí CO₂ přináší automobilový průmysl snižováním spotřeby paliva. Při zavedení katalyzátorů v polovině 80. let, průměrná spotřeba nových vozidel mírně stoupla.

2.4 Optimalizace pohonů

U moderních zážehových motorů, využívající přímí vstřik paliva, dochází ke snížení emisí CO₂ až o 20 %. Požadavek podílu automobilů poháněných naftovými motorem má důležitý vliv na snižování emisí CO₂ v silniční dopravě. K úsporným opatřením přispívá zejména nízká spotřeba zážehových motorů a vysoká výkonová síla těchto motorů. Podíl vozidel s normovanou spotřebou nafty menší než 6,5 l/100 km je přibližně 40 % a tento podíl stále roste. [3]

2.5 Vozidla s modifikovanými spalovacími motory

2.5.1 Biogenní paliva

Jedná se o paliva vyrábějící se z dorůstajících surovin. Základ těchto paliv tvoří biomasa, ze které se získává bioplyn. Bioplyn je velmi rychle biologicky odbouratelný, má obrovský energetický potenciál, který několikanásobně převyšuje současnou spotřebu základní energie.

2.5.1.1 Výroba biomasy

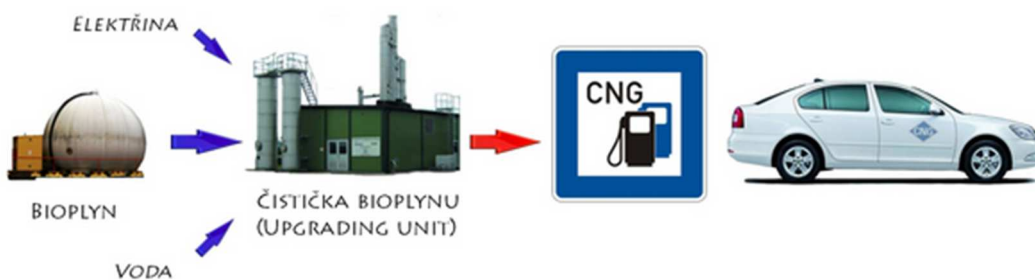
Biomasa se záměrně pěstuje, nebo se využívají různé biologické odpady. K výrobě biomasy se pěstuje cukrová řepa, cukrová třtina, brambory, olejniny a obilí. Z odpadů biologického původu se nejčastěji využívá sláma, zbytky krmiv, odpady z dřevařského průmyslu, ze sadů a z lesní produkce.

Bioplyn se z biomasy vyrábí termochemickým způsobem, tj zplynováním biomasy nebo biochemickým způsobem.

Při spalování biomasy nevzniká žádný přídavný CO_2 , protože během spalování se uvolňuje jenom tolik CO_2 , kolik spotřebovali během růstu rostliny ze vzduchu.

2.5.1.2 Výroba biometanu

Biometan jsou schopny spalovat motory na stlačený zemní plyn, neboť tyto plyny jsou totožné, liší se pouze způsobem výroby. Biometan se vyrábí zušlechťováním bioplynu v čističce bioplynu, viz. obr. č. 2.2.



Obr. 2.2 Schéma čištění bioplynu

Zdroj [11]

Stejně jako u zemního plynu, je zápalná teplota 650 až 750 stupňů Celsia. Výhodou biometanu je velké množství rostlin, ze kterých je možno biometan vyrábět, možnost jeho výroby z bioodpadu, vysoká energetická výtěžnost a neexistence vedlejších produktů.

Spotřeba vozidel poháněných biometanem, udávaná v m³ je srovnatelná se spotřebou benzínu v litrech. Vozidla spalující biometan mají tišší chod a jsou bezpečnější než vozidla na LPG. Emise ze spalování biometanu jsou stejné jako emise ze spalování zemního plynu. CO₂ obsažený v emisích z biometanu nezvyšuje celkové množství CO₂ v atmosféře, protože pochází z rostlin, ze kterých byl biometan vyroben. V tab. č. 2.1. je zobrazeno procentuální snížení emisí jednotlivých znečišťovatelů při přechodu z konvenčních paliv na biometan. [10]

| EMISE | Autobus nafta → biometan | Automobil nafta → biometan | Automobil nafta → biometan |
|--|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Skleníkové plyny (CO₂, CH₄, N₂O) | -96 % | -95 % | -96 % |
| Prachové částice PM | -94 % | -100 % | -67 % |
| SO₂ | -100 % | -100 % | -100 % |
| NO_x | -39 % | -88 % | -57 % |
| NMVOC | -70 % | -33 % | -79 % |

Tab. 2.1 Procentuální snížení emisí při přechodu z konvenčních paliv na biometan

Zdroj [10], vlastní zpracování

2.5.1.3 Bionafta a bioetanol

V ČR je v současné době nejrozšířenějším a státem nejvíce podporovaným biopalivem bionafta spolu s bioetanolem. Obě paliva jsou kapalná a přimíchávají se do konvenčních paliv.

Bionafta se vyrábí z řepky olejné pomocí chemického procesu transesterifikace, tedy chemická reakce, při které dochází k přeměně jednoho fosfátového esteru v jiný.

Bioetanol se nejčastěji vyrábí z obilovin a cukrové řepy. Vzniká při alkoholovém kvašení těchto produktů. [10]

Členské státy se zavazují na zajištění odbytu minimálních podílů biopaliv v poměru k prodanému množství benzínu a nafty. Biogenní paliva se použijí buď přímo ve vozidlovém parku, nebo jako příměsi ke konvenčním palivům. [3.]

2.5.2 Zemní plyn

Silniční vozidla poháněná zemním plynem jsou již desetiletí v četných zemích světa úspěšně zastoupena. K nejvýznamnějším značkám v Evropě, vyrábějícím vozidla na zemní plyn (CNG), patří Volkswagen, Fiat, Opel, Seat, Mercedes-Benz a Škoda Auto. V České republice jezdí aktuálně téměř 20 000 vozů na CNG. Nejvíce čerpacích stanic na CNG mají v Německu (904) a v Itálii (903). V České republice je aktuálně v provozu 184 stanic na CNG.

Vozidla poháněná pouze plynem, jsou označována jako monovalentní vozidla. Vozidla poháněná současně plynem a benzínem se označují jako bivalentní vozidla. Sériová vozidla bivalentního provedení nabízí v současné době Fiat, Ford, Opel, Volvo a koncern VW. Vozidla monovalentního provedení nabízí Iveco, Ford, Fiat a Citroen.

Zákonodárci byla zrušena pro zemní plyn daň z minerálních olejů do 31. 12. 2020. V Německu zavádí Spolkové ministerstvo životního prostředí četné podpůrné programy pro rozšiřování vozového parku poháněného CNG. [5]

2.5.2.1 Výhody zemního plynu

Zemní plyn má vysoké oktanové číslo (130), proto má vynikající odolnost vůči klepání. V motoru má měkké spalování, proto je hluchost motoru poháněného CNG zpravidla nižší.

Motory mohou mít vyšší stupeň přeplňování, což znamená vyšší měrný výkon přeplňovaných motorů na CNG oproti benzínovým motorům.

Zemní plyn není jedovatý a při jeho spalování namísto benzínu dochází k výraznému snižování ozónu, smogu a plynů vyvolávajících skleníkový efekt. Při spalování CNG nejsou produkovány pevné částice ani síra. CNG je fosilní palivo, které je nejchudší na emise. CNG se ve vzduchu vypaří.

Při spalování produkuje CNG až o 25 % méně CO₂ oproti spalování benzínu a ostatní složky škodlivin CO, HC a NO_x jsou redukovány v porovnání s benzínem a naftou až o 80 %.

Ve srovnání s naftovými motory produkují plynové motory emise s velmi nízkým obsahem polycyklických uhlovodíků a emise aldehydu. Částice zvláště kritického benzolu neprodukuje plynové motory vůbec.

Další výhodou je cena CNG, která se dnes pohybuje okolo 26 Kč/kg a spotřební daň 2 Kč/kg. [22]

2.5.2.2 Tankování CNG

Tankování CNG je velice podobné jako u tankování kapalného paliva. V případě, že je nádrž naplněna, plnění se automaticky vypne. Doba tankování CNG závisí na technické koncepci čerpací stanice. Osobní vozidlo bývá natankováno asi za 2 minuty, nákladní vozidlo a autobus cca za 6 minut. Osobní vozidla mají zpravidla menší průměr tankovacího uzávěru než vozidla nákladní a autobusy. Během plnění nádrže automobilu je spojení tankovacího uzávěru nádrže vozidla s protispojku čerpací stanice absolutně plynotěsné. Elektronika připojená na výdejní protispojku zabraňuje, během tankování, startu motoru tankovaného vozidla.

2.5.2.3 Osobní a lehká nákladní vozidla

Vyráběná vozidla na CNG jsou většinou bivalentní, neboť infrastruktura čerpacích stanic CNG je ve světě a v jednotlivých státech stále ještě nedostatečná.

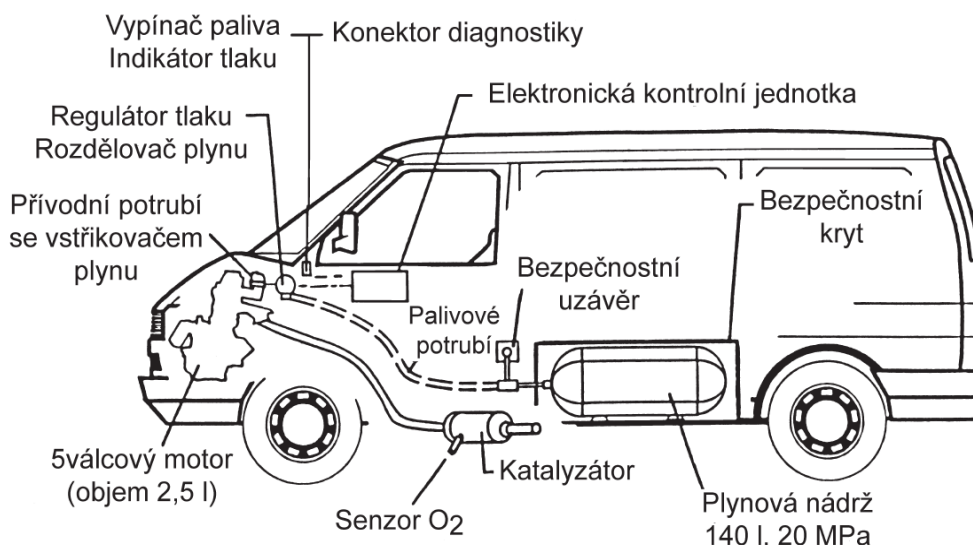
Vozidla na CNG se musí každých 10 let podrobit zkouškám plynových nádrží, které jsou zkoušeny na trojnásobek tlaku nádrží benzinových. Možnost požáru nebo exploze plynových nádrží je oproti benzinovým nádržím nižší, neboť plyn má dvakrát vyšší zápalnou teplotu než benzín (min 650 °C).

U osobních a lehkých užitkových vozidel se využívá konvenčních zážehových motorů vybavených třicestným katalyzátorem a lambda sondou. K přívodu plynu do válců se využívá sekvenčního nebo centrálního systému. Jednotlivé konstrukční prvky palivového systému CNG jsou popsány na obr. č. 2.3.

U centrálního systému je plyn přiveden do sacího potrubí za elektronicky ovládanou škrtící klapku. Sací potrubí je společné pro všechny válce. Tento systém přináší nevýhody z hlediska emisí a spotřeby paliva.

Sekvenční způsob přivedení plynu je oproti centrálnímu systému účinnější. Plyn je přiveden přímo před sací ventily jednotlivých válců. Systém řídí dodávané množství

plynu pro každý válec v každém okamžiku, v závislosti na bodu zážehu pro dosažení optimální účinnosti a k dosažení nejnižší produkce škodlivých emisí.



Obr. 2.3 VW Transporter CNG

Zdroj [3]

2.5.2.4 Nákladní vozidla a autobusy

I v této skupině jsou rozšířeny dvojpaliivé motory. Směs plynu a vzduchu je zapalována vstříknutím malého množství nafty (asi 30 %), která se kompresním teplem vznítí. Kvůli snížení uvedeného podílu nafty pro zapálení plynu nastávají problémy s uchlazením vstřikovací trysky pomocí protékajícího paliva. Tyto dvojpaliivé motory jsou schopny pracovat jak na plyn, tak i na samotnou naftu. V praxi však tyto motory dosahují vyšší spotřeby oproti naftovým motorům o 20 až 25 %, avšak emisní hodnoty mají značně lepší.

Těžká vozidla v současnosti využívají buď motory $\lambda = 1$ pro stechiometrickou směs nebo motory na chudou směs. Posledním typem motorů poháněných zemním plynem je systém DING, který je ve vývoji.

- a) Princip motorů $\lambda = 1$ spočívá na přívodu jen tolika paliva do spalovacího prostoru, kolik je ho potřeba k dokonalému spálení. Katalyzátorem lze snížit emise výfukových plynů CO, HC a NO_x o 90 %. I bez katalyzátoru mají motory $\lambda = 1$ ve výfukových plynech jen velmi malý obsah NO_x.
- b) Spotřeba motorů na chudou směs odpovídá chudému spalování. Princip spočívá v přivedení většího množství vzduchu do spalovacího prostoru,

než kolik je ho potřeba ke spálení přivedeného paliva. Výsledkem je pak nižší spotřeba, avšak výfukové plyny obsahují, díky vysokým teplotám spalování, více emisí NO_x , které nemohou být redukovány současnými katalyzátory.

- c) Systém DING využívá vysokotlakého plnění plynu do motoru o kompresním poměru 16 až 18:1. Do spalovacího prostoru je zemní plyn naplněn před koncem kompresního zdvihu pod vysokým tlakem (cca 20 MPa). Tím se, jako u naftového motoru, tvoří směs palivo-vzduch. Zážeh směsi plynu se vzduchem je zajištěn žhavící svíčkou, protože zápalnost zemního plynu je nedostatečná. Pomocí neškrceného provozu a díky vysokému stupni komprese dosahuje tento systém vysoké účinnosti. Oproti plynovým motorům $\lambda = 1$ je účinnost až o 20% vyšší.

Tato koncepce by měla z hlediska hospodárnosti provozu, výkonu a spotřebě překonat klasický vznětový motor. [3]

2.5.3 Vodíkový motor

Vodíkem mohou být poháněny upravené zážehové motory. Vodík, jako přímé palivo motorů má velmi nízké emise. EIHP je evropský program zabývající se vodíkovým pohonem automobilů. V současné době je ve své druhé fázi, tedy EIHP 2. V rámci tohoto programu byl vydán soupis požadavků na systémy vozidel pro vodík v tekuté nebo plyné podobě. [6.]

V roce 1999 bylo představeno vozidlo BMW s dvanáctiválcovým bivalentním motorem na tekutý vodík. Jednalo se o vozidla BMW 750 hL. Maximální rychlost těchto vozidel je 226 km/h s kombinovaným dojezdem 900 km, z kterých je 300 km na vodík. Maximální rychlost benzínových vozidel vybavených stejným typem motoru je o 20% vyšší. Vozidla rozvážela návštěvníky v rámci výstav na Mnichovském výstavišti.

Výrobce automobilů Esoro AG, představilo ve Švýcarsku v roce 2016 nákladní automobil man TGS 18.320, viz. obr. č 2.4, poháněný kombinací vodíkového motoru a elektromotoru., který je uložen v 7 nádržích viz obr. 2.5. Vodíkový motor v tomto vozidle má výkon 100 kW a elektromotor má výkon 250 kW. Vozidlo testuje ve Švýcarsku obchodní řetězec COOP k zásobování jejich provozoven.

Dalším užitkovým vozidlem na vodíkový pohon je Hyundai H350 fuell cell, představený na výstavě IAA v Hannoveru v roce 2016. Tento dodávkový automobil pohání vodíkový

motor o výkonu 100 kW v kombinaci s elektromotorem o stejném výkonu. Vozidlo je ve fázi konceptu. [7]



Obr. 2.4 Nákladní automobil MAN poháněný kombinací vodíkového motoru a elektromotoru

Zdroj [7]



Obr. 2.5 Detailní pohled na vodíkové nádrže

Zdroj [7]

2.6 Elektrická vozidla na baterie

Elektrický pohon vozidel neprodukuje prakticky žádné škodlivé emise, má příznivou výkonovou charakteristiku a nízkou hladinu hluku. Proto je elektromotor další z možností alternativního řešení pohonů vozidel. Na druhé straně, nevýhodou elektrického pohonu je menší jízdní výkon vozidel, jejich omezený dojezd, vyšší cena a větší nebezpečí v případě havárie.

Velká města mají zavedeny trolejbusy pro městskou dopravu. Jedná se o vozidla poháněná elektromotory s trolejovým přívodem proudu.

Bateriové elektrické vozidlo je takové vozidlo, které má k dispozici plošné pokrytí infrastruktury nabíjení baterií a existuje u něj možnost zpětného využití brzdící energie.

2.6.1 Elektromotor

Trakční pohony využívají celou řadu tradičních principů činnosti. Při určení druhu elektromotoru je důležitá hodnota momentu, která má zásadní význam, a hodnota výkonu.

Konstrukce elektromotoru musí být spolehlivá, elektromotor musí dosahovat dostatečného výkonu ve velkém rozpětí otáček.

Důležitá je u konstrukce elektromotoru jeho kompaktní stavba, krátkodobá přetížitelnost, nízká hladina hluku, vysoká účinnost při malé hmotnosti a nízké udržovací náklady spolu s nízkou pořizovací cenou.

2.6.2 Stejnoseměrný motor s cizím buzením

Rozeznáváme dva druhy stejnosměrného motoru s cizím buzením. Pokud je kotva a budící vinutí zapojeno sériově, jedná se o sériový elektromotor. V případě paralelního zapojení kotvy a budícího vinutí se jedná o elektromotor paralelní.

Sériový elektromotor dosahuje dobrého počátečního točivého momentu, který však rychle klesá se stoupajícími otáčkami.

Točivý moment u paralelního elektromotoru klesá pomaleji, rovnoměrně s otáčkami, proto se do elektrovozidel prosazuje paralelní elektromotor.

V praxi se používá dvojitý paralelní elektromotor (sdružený nebo také kompaundní motor), který má kromě paralelního vinutí také přídatné sériové budící vinutí. Tím spojuje výhodu vysokého počátečního točivého momentu a jeho pomalého poklesu, v závislosti na poklesu otáček elektromotoru.

Výhodou stejnosměrných motorů je jejich technická vyzrálost, jednoduché řízení a cenová dostupnost.

Nevýhodou stejnosměrných motorů je jejich nižší účinnost a menší hustota výkonu než u střídavých elektromotorů, náchylnost komutátoru a kartáčů k poruchám. Komutátory a kartáče musí být také udržovány. Další nevýhodou je maximální obvodová rychlost, která je omezena rotační frekvencí na cca 7000 min^{-1} .

2.6.3 Stejnosměrný motor bez kartáčů

Stavba stejnosměrného motoru je podobná stavbě permanentně buzenému synchronnímu motoru. Stator a rotor změni své umístění v motoru. Vinutí se nalézá ve vnějším statoru, ve kterém se jinak nacházejí permanentní magnety, které jsou u tohoto motoru v rotoru. S pokrokovým řešením těchto motorů přišla firma Magnet-Motor. Tyto motory pohání nízkopodlažní městské autobusy Neoplan MIC řady N 8012 DE a N 4114 DE a trolejbusy N 6020.

2.6.4 Střídavé motory

U elektrovozidel jsou střídavé motory vytlačovány stejnosměrnými motory. Frekvence musí být odvozena ze stejnosměrného napětí trakční baterie, proto je nutno přeměnit proud stejnosměrného akumulátoru na střídavý. Motor je vybudován rotujícím magnetickým polem, jehož síla působí na kotvu, která se otáčí. Střídavé motory rozdělujeme v závislosti na otáčení rotoru s točivým polem. Pokud se otáčí asynchronně, jedná se o asynchronní motory. V případě synchronního otáčení se jedná o synchronní motory.

Výhodou střídavých motorů je jejich technická dokonalost, kompaktnost a robustnost konstrukce, čímž jsou tyto motory bezúdržbové. Střídavé motory umožňují vysoké otáčky a mají vysokou účinnost.

Nevýhodou střídavých motorů je jejich nákladné řízení a vyšší cena oproti stejnosměrným motorům.

2.6.4.1 Asynchronní motor

Výhodou asynchronního motoru je jeho nízká hmotnost oproti stejnosměrnému motoru o stejném výkonu. Asynchronní motor má jednodušší a robustní konstrukci, je bezúdržbový a silně přetížitelný. Asynchronní motor může dosáhnout až 20 000 otáček

min^{-1} . V konstrukci asynchronního motoru chybí vinutí kotvy a kolektor, což je další z výhod tohoto elektromotoru.

2.6.4.2 Synchronní motor

U synchronních motorů rozdělujeme elektricky a permanentně buzené motory. Výhodou elektricky buzených synchronních motorů je dosažení velkého rozsahu maximálního výkonu. U permanentně buzených synchronních motorů není potřeba přívodu přídavné elektrické energie, protože magnetické pole v rotoru je buzeno permanentními magnety.

2.6.4.3 Řízený reluktanční motor

Je zvláštním druhem střídavého motoru, v jehož rotoru není budící vinutí. Reluktance znamená magnetický odpor, který představuje rotor v magnetickém poli. Výroba tohoto motoru je jednoduchá a levná, přesto byly tyto motory málo využívány kvůli závislosti točivého momentu na poloze rotoru.

Rotor se otáčí při rozběhu motoru asynchronně, poté se otáčí synchronně.

Další výhodou reluktančního motoru je dosahování vysokého točivého momentu při nízkých otáčkách, robustní konstrukce, nízké náklady na údržbu, vysoká přetížitelnost a malý ohřev.

Nevýhodou těchto motorů je již zmíněná nerovnoměrnost točivého momentu, tzv. vlnitý točivý moment a jeho vyšší hlučnost.

Tab. č. 2.2. obsahuje porovnání jednotlivých koncepcí trakčních elektromotorů

| Motor | Cena | Účinnost | Hmotnost | Rozsah P_{konst} | Přetížitel- nost | Spolehli- vost | Stav vývoje |
|-----------------------------|------|----------|----------|------------------------------|---------------------|-------------------|----------------|
| Stejnoseměrný | 10 | 7 | 6 | 10 | 10 | 7 | 10 |
| Asynchronní | 8 | 8 | 6 | 9 | 10 | 9 | 9 |
| Synchronní | 8 | 10 | 7 | 10 | 10 | 9 | 8 |
| Synchron. perm. buzení | 7 | 10 | 8 | 8 | 10 | 10 | 7 |
| Přepínatelný reluktanční | 9 | 6 | 7 | 4 | 10 | 9 | 5 |
| Magnetický (M-M) | 8 | 10 | 10 | 8 | 9 | 10 | 8 |

Tab. 2.2 Srovnávací tabulka elektromotorů

Zdroj [3]

2.6.5 Bateriové systémy a energetické zásobníky

Centrálním komponentem pohonu elektrických vozidel na baterie jsou trakční baterie. Důležitá je jejich výkonová hustota, která vyjadřuje odnímatelný elektrický výkon na jednotku hmotnosti. Výkonová hustota určuje rychlost vozidla a jeho zrychlení a měla by dosahovat asi 100 W/kg.

Důležitým požadavkem na trakční baterie je možnost rychlého nabíjení, životnost 5 až 10 let. Trakční baterie by měly být bezúdržbové a cena neměla přesahovat 150 EUR/kWh

Baterie, akumulátory a palivové články, souhrnně označované jako galvanické elementy, mohou přeměnit chemickou energii přímo na elektrickou energii.

U baterií a akumulátorů jsou ponořeny dvě elektrody z různých materiálů do kapaliny nebo pevné látky (elektrolytu), která obsahuje elektricky nabitě pohyblivé částice. Nejčastěji bývá touto látkou kyselina, zásada nebo rozpuštěná sůl. Elektrolyt umožňuje vodivé spojení mezi elektrodami. Napětí mezi elektrodami závisí na materiálech, ze kterých jsou vyrobeny. Napětí obvykle dosahuje hodnot mezi 1 a 4 V. V případě potřeby dosažení vyššího napětí se musí spojit více galvanických elementů do řady.

Chemické průběhy v akumulátorech (sekundárních člancích), jsou obrácené oproti chemickým průběhům v bateriích (primárních člancích). Akumulátory mohou být opětovně nabíjeny.

2.6.5.1 Olověný akumulátor

Mezi elektrodami v olověném akumulátoru je napětí cca 2 V. Záporná elektroda, katoda, je z čistého olova v případě nabitého akumulátoru. Kladná elektroda, anoda, je tvořena z kysličníku olova. Elektrolytem je v případě olověného akumulátoru zředěná kyselina sírová. Tyto akumulátory mohou být v dnešních elektrovozidlech cca 800x nabitý a vybitý. Životnost ve vozidle bývá kolem 4 roků nebo 50 000 km.

Výhodou olověného akumulátoru je jeho cena, a proto je také stále nejpoužívanějším zásobníkem energie elektrovozidel. Nevýhodou olověného akumulátoru je jeho vysoká hmotnost a omezené množství akumulované energie, které činí cca 25 Wh/kg.

2.6.5.2 Baterie nikel-kadmium

Vyrábějí se jako malé, plynotěsné a uzavřené knoflíkové články. Elektrody jsou v tomto akumulátoru tvořeny vlákny, které se skládají z vodících vrstvených materiálů obsahující nikel. Elektrolytem je v baterii nikel-kadmium roztok hydroxidu draselného.

Výhodou baterie nikel-kadmium je možnost jejího silného vybití a rychlého nabití, nízká hmotnost a široký rozsah provozních teplot (od -50 do 50 °C). Životnost těchto baterií je cca 120 000 km nebo 20 až 25 let. Nevýhodou těchto baterií je jejich vysoká cena.

2.6.5.3 Baterie nikel-metalhydridová

Tento druh baterie využívají převážně moderní elektrovozidla. Anoda této baterie je tvořena sloučeninami niklu a katoda je tvořena ze slitiny pohlcující vodík. Elektrody jsou v této baterii ponořeny ve zředěném roztoku hydroxidu.

Výhodou této baterie je její neškodnost k životnímu prostředí, vyšší výkon a energetickou hustotu oproti nikel-kadmiovým bateriím.

Nevýhodou nikel-metalhydridové baterie je nižší počet cyklů nabití a vybití, vysoká cena a nákladná recyklace na konci životnosti.

2.6.5.4 Baterie lithium iontová

Záporná elektroda je v této baterii tvořena sloučeninami lithia. Kladná elektroda je tvořena uhlíkovou maticí z grafitisovaných částí koksu. Elektrody jsou v této baterii v roztoku z vodivé soli a rozpouštědla.

Výhodou této baterie je její vysoká a energetická a výkonová hustota. Životnost je stejná jako u nikel-metalhydridové baterie.

Nevýhodou lithium iontové baterie je její vysoká cena a vysoká závislost kapacity na teplotě (5 až 30 °C). [3]

| Typ baterie | Hustota energie | | Výkonová hustota | | Životnost | | Cena |
|-------------------|-----------------|---------|------------------|----------|-----------|-------|----------|
| | Wh/kg | Wh/l | W/kg | W/l | cyklů | let | Euro/kWh |
| olovo | 30-50 | 70-120 | 150-400 | 350-1000 | 50-1000 | 3-5 | 100-150 |
| nikl-kadmium | 40-60 | 80-130 | 80-175 | 180-350 | > 2000 | 3-10* | 225*-350 |
| nikl-metalhydrid | 60-80 | 150-200 | 200-300 | 400-500 | 500-1000 | 5-10* | 225*-300 |
| sodík-niklchlorid | 85-100 | 150-175 | 155 | 255 | 800-100 | 5-10* | 225*-300 |
| lithium-iontová | 90-120 | 160-200 | 300 | 300 | 1000 | 5-10* | 275* |
| lithium-polymer | 150 | 220 | 300 | 450 | < 1000 | - | < 225* |
| zinek-vzduch | 100-220 | 120-250 | 100 | 120 | - | - | 60* |
| cílové hodnoty | 80-200 | 135-300 | 75-200 | 250-600 | 600-1000 | 5-10 | 90-135 |

Tab. 2.3 Srovnávací tabulka baterií

Zdroj [3]

2.7 Elektrická vozidla s palivovými články

Nevýhodou zásobníku energie elektrovozidel na baterie je jeho vysoká hmotnost, cena a nedostatečná životnost. Alternativou k bateriím akumulátorům je vhodný palivový článek. Oproti baterii je do palivového článku neustále přiváděn redukční prostředek (palivo) a oxidační prostředek a to zvenčí, přičemž palivový článek zůstává nezměněn. Palivový článek poskytuje neomezeně energie, dokud je dodáván redukční a oxidační prostředek z vnějšku.

V palivových článcích dochází pomocí elektrochemických procesů k přeměně vnitřní energie paliva na elektrickou energii. Oproti bateriím nejsou chemické látky součástí elektrod, ale jsou do palivového článku přiváděny z vnějšku. Elektrody se během činnosti téměř neopotřebovávají, nemění a slouží jako katalyzátor. Pracovní teplota je u většiny palivových článků vyšší než u baterií. [3]

Druhy palivových článků:

- Alkalický palivový článek
- Palivový článek s kyselinou fosforečnou
- Palivový článek s roztavenými uhlíčitany
- Palivový článek s tuhými oxidy
- Regenerativní palivový článek
- Palivový článek zinek-vzduch

2.8 Vozidla s hybridním pohonem

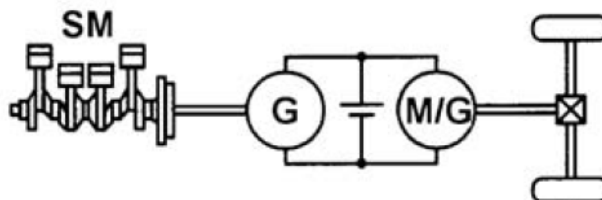
Možné řešení splnění požadavků emisí, vysoké účinnosti a dojezdu. Hybridní pohon je kombinací dvou pohonných systémů, kdy jsou využívány výhody obou těchto systémů. V případě spalovacího motoru je to jeho využití při jízdě na delší vzdálenosti a v případě elektromotoru provoz v městě. Hybridní pohon je vhodný převážně pro městský provoz, pro vozidla nízké a střední třídy.

Vozidlo s hybridním pohonem má díky svým vlastnostem univerzální použití. Při velmi krátkých úsecích jízd vzniká velké množství škodlivých emisí. V tomto případě lze hybridní pohon použít jako bezemisní pohon. V meziměstském provozu hybridní vozidlo využívá vyššího výkonu a velké dojezdové vzdálenosti spalovacího motoru.

V praxi se dle uspořádání jednotlivých komponentů dělí hybridní systémy na sériové, paralelní nebo systémy se smíšeným uspořádáním.

2.8.1 Sériové uspořádání hybridního pohonu

Komponenty poháněcího ústrojí jsou vzájemně uspořádány za sebou viz. obr. 2.6. Spalovací motor (SM) může být, v případě sériového uspořádání komponentů, spojen mechanicky pro pohon vozidla zpravidla pouze při konstantních otáčkách motoru.



Obr. 2.6 Sériové uspořádání hybridního pohonu

Zdroj [8]

SM – spalovací motor

G – generátor

M/G – elektromotor pracující jako motor nebo generátor

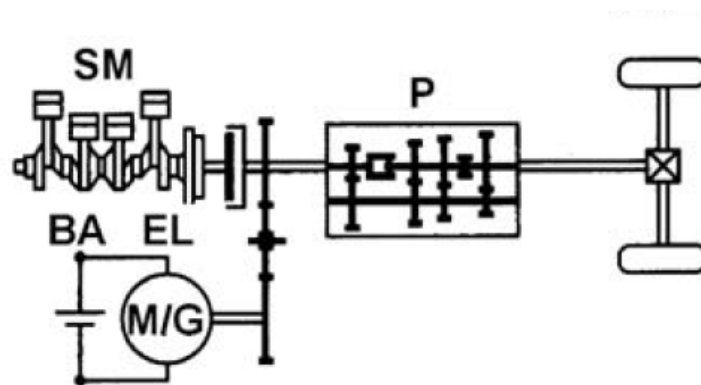
Spalovací motor je provozován v úzkém rozsahu otáček, nebo pouze při jedné otáčce. Díky tomu odpadají neekonomické režimy provozu, jako je volnoběh nebo částečné zatížení ve spodním rozsahu. Motor tedy pracuje v optimálním rozsahu otáček,

kdy dosahuje nejvyšší účinnosti. V případě, že není elektromotor schopný pokrýt okamžitou potřebu výkonu, nastartuje se spalovací motor.

Nevýhodou sériového uspořádání hybridního pohonu je vícenásobná přeměna energie. Mechanická účinnost mezi spalovacím motorem a hnanou nápravou je stěží větší než 55 %, vzhledem k účinnosti nabití akumulátoru.

2.8.2 Paralelní uspořádání hybridního pohonu

Komponenty jsou v tomto typu hybridního pohonu seřazeny vedle sebe, tzn. Paralelně viz. obr. č. 2.7. Při provozu se spalovacím motorem, nedochází, v případě paralelního uspořádání komponentů hybridního pohonu, k žádnému zhoršení oproti normálnímu provozu vozidla.



Obr. 2.7 Paralelní uspořádání hybridního pohonu

Zdroj [8]

SM – spalovací motor

BA – akumulátor

EL – elektromotor

M/G – elektromotor pracující jako motor nebo generátor

P – převodovka

Spalovací motor v paralelním uspořádání spojuje s pohonem mechanické připojovací ústrojí a převodovka. Tato převodovka je konvenčního typu a je společná pro spalovací motor i elektromotor. Otáčky elektromotoru se mění analogicky ve vztahu k otáčkám spalovacího motoru. Maximální otáčky elektromotoru jsou stejné, jako maximální otáčky spalovacího motoru.

Průměrný dojezd elektromotoru v paralelně uspořádaném hybridním motoru je cca 150 km při omezení výkonu na cca 30kW. V případě současného chodu spalovacího motoru a elektromotoru je možné zvýšit tažnou sílu při nízkých otáčkách motoru. Při kombinovaném provozu, kdy zůstává spalovací motor zapnut, se přidává elektromotor pouze při velkém zatížení, jako je např. předjíždění, kdy je krátkodobě vyžadován zvýšený výkon.

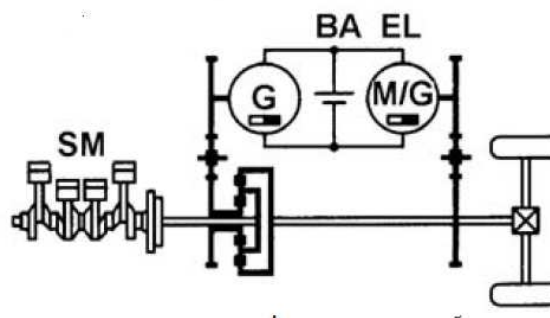
Naopak v městském provozu se do chodu zařadí spalovací motor při nutnosti krátkodobého zvýšení výkonu, opět např. při předjíždění.

Výhodou paralelního uspořádání hybridního pohonu je možnost projetí jednotlivých úseků dráhy bez emisí a dojezd se současnými těžkými akumulátory.

Nevýhodou paralelní koncepce je vysoká cena těchto pohonů.

2.8.3 Smíšený systém hybridního pohonu

Smíšená koncepce hybridního pohonu, viz. obr. 2.8, se snaží odstranit nevýhody sériového a paralelního uspořádání hybridního pohonu. Uspořádání spalovacího motoru, elektromotoru, převodových mechanismů, spojky a brzd je libovolně rozmanité. Může jít o sériovou hybridní koncepci s propojovací spojkou spalovacího motoru ke kolům. Smíšené koncepce hybridního pohonu využívá např. nejznámější hybridní automobil na světě Toyota Prius.



Obr. 2.8 Smíšené uspořádání hybridního pohonu

Zdroj [8]

SM – spalovací motor

BA – akumulátor

EL – elektromotor

G – generátor

M/G – elektromotor pracující jako motor nebo generát

3 Vozový park dopravní společnosti

3.1 Společnost DB Schenker

DB Schenker je jedním z největších poskytovatelů integrovaných logistických a spedičních služeb. Přepravu zboží uskutečňuje formou silniční, železniční, letecké a námořní přepravy. Společnost dále poskytuje komplexní logistická řešení, jako jsou přeprava skladování a distribuce, až po řízení toku informací. Dále poskytuje logistické služby v rámci významných sportovních akcí, výstavních a veletržních akcí po celém světě.

V české republice působí společnost DB Schenker od roku 1991. V rámci udržitelného rozvoje v oblasti životního prostředí, společnost přechází postupně u osobních vozidel na pohon stlačeným zemním plynem (CNG). Do svých flotil nákladních vozidel společnost také zařazuje postupně vozidla poháněná CNG. [12]

V oblasti lehkých nákladních vozidel, zařadila společnost do své flotily první dodávkový vůz poháněný CNG. Jednalo se o dodávkový vůz Fiat Ducato. Dále společnost provozuje dodávková vozidla Iveco Daily a Mercedes – Benz Sprinter poháněné na CNG.

V oblasti nákladní dopravy >3,5t provozuje firma několik vozidel Mercedes Benz Atego a Iveco Eurocargo. Začátkem roku 2018 zařadila firma do své flotily tahač Scania Streamline G350 poháněný CNG.

V roce 2015 společnost otevřela vlastní plnicí stanici na CNG, která se nachází v areálu této firmy v Rudné u Prahy. Ročně se na této stanici vyčerpá přes 210 000 kubíků zemního plynu. [13]



Obr. 3.1 Plnicí CNG stanice v areálu DB Schenker

Zdroj [14]

3.2 Fiat Ducato

Prvním vozidlem na CNG, které společnost zařadilo do své flotily byl dodávkový vůz Fiat Ducato viz. obr. č. 3.2. Výkonové údaje, kterých toto vozidlo dosahuje, jsou společně s dieslovou verzí stejné rozměrové a váhové kategorie uvedeny v tab. č. 3.1.



Obr. 3.2 Fiat Ducato CNG společnosti DB Schenker

Zdroj [15]

| | Fiat Ducato CNG | Fiat Ducato Diesel |
|--------------------------------|----------------------|----------------------|
| Zdvihový objem cm ³ | 2998 cm ³ | 2998 cm ³ |
| Max. výkon kW | 100 kW | 115 kW |
| Max. točivý moment Nm | 350 Nm | 400 Nm |
| Spotřeba kg (l)/100 km | 8,8 kg | 9,3 l |
| Objem nádrže kg (l) | 38 kg | 90 |
| Dojezd km | 400 km | 1050 |

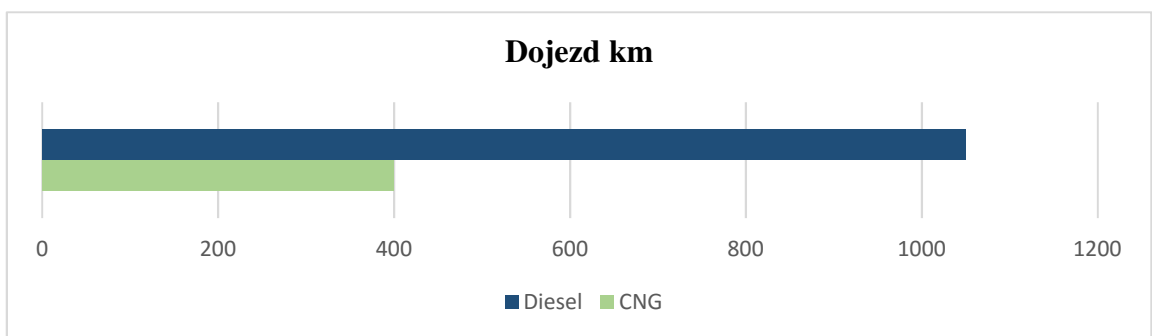
Tab. 3.1 Srovnávací tabulka Fiat Ducato

Zdroj [16], vlastní zpracování

Dle údajů ze srovnávací tabulky vozidla Fiat Ducato, má CNG verze, oproti dieselové verzi tohoto vozidla, při stejném zdvihovém objemu motoru o 15 kW menší maximální výkon. To je dáno přeplňováním naftového motoru a vyšší energetickou účinností nafty. Dieselový motor má také vyšší maximální kroutící moment.

Cena za 1 ujetý kilometr je, v případě průměrné ceny CNG 25,98 Kč/kg, 2,29 Kč. Při průměrné ceně nafty 33,60 Kč/l, je cena za jeden ujetý kilometr dieselovým vozem 3,12 Kč. [18]

Dojezd vozidla poháněného naftovým motorem je více než dvojnásobný, oproti vozidlu poháněného CNG, viz. obr. č. 3.3.



Obr. 3.3 Grafické znázornění dojezdu Fiat Ducato

Zdroj [16], vlastní zpracování

3.3 Iveco Daily

Dalším vozidlem na CNG, které společnost DB Schenker využívá je Iveco Daily, viz. obr. č. 3.4.



Obr. 3.4 Iveco Daily CNG

Zdroj [19]

| | Iveco Daily GV 3.0 HPI | Iveco Daily 2.3 HPT |
|--------------------------------|------------------------|----------------------|
| Zdvihový objem cm ³ | 2998 cm ³ | 2287 cm ³ |
| Max. výkon kW | 100 kW | 100 kW |
| Max. točivý moment Nm | 350 Nm | 320 Nm |
| Spotřeba l (kg)/100 km | 9,7 - 11,7 kg | 10,9 l |
| Objem nádrže kg (l) | 34 kg | 70 l |
| Dojezd km | 290–350 km | 600 km |

Tab. 3.2 Srovnávací tabulka Iveco Daily

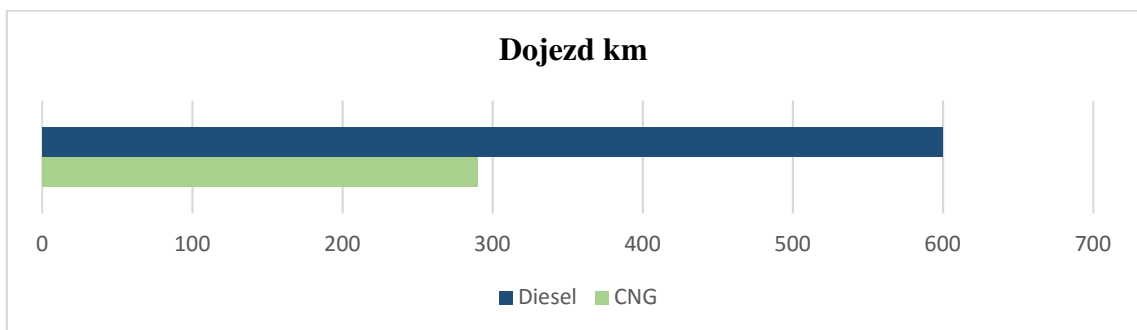
Zdroj [16], vlastní zpracování

Dle údajů z tab. 3.2. dosahují obě verze vozidla Iveco Daily stejného maximálního výkonu 100 kW. Motor poháněný CNG potřebuje k dosažení stejného výkonu vyšší zdvihový objem.

Maximální točivý moment je u vozidla poháněného CNG vyšší z důvodu vyššího zdvihového objemu.

Při průměrné ceně CNG 25,98 Kč/kg a kombinované spotřebě 11,7 kg/100 km, je cena za 1 ujetý kilometr vozidlem Iveco Daily CNG 3,04 Kč. Cena za 1 ujetý km dieselovým motorem poháněného Iveca Daily, při spotřebě paliva 10,9 l/100 km, 3,62 Kč. [18]

Stejně jako v případě dieselové verze vozidla Fiat Ducato, má dieselová verze vozidla Iveco Daily téměř dvojnásobný dojezd, viz. obr. č. 3.5, oproti vozidlu poháněného CNG. Opět byly porovnávány vozidla stejných rozměrů.



Obr. 3.5 Grafické znázornění dojezdu Iveco Daily

Zdroj [16], vlastní zpracování

3.4 Mercedes Benz Sprinter

Posledním dodávkovým vozidlem poháněného CNG, které společnost DB Schenker využívá, je Mercedes Benz Sprinter, viz. obr. č. 3.6. Tyto dodávkové vozy má ve své flotile firma Pánek DOSP, která jezdí pod společností DB Schenker.



Obr. 3.6 Mercedes Benz Sprinter CNG

Zdroj [20]

| | MB Sprinter 316 NGT | MB Sprinter 316 CDI |
|--------------------------------|----------------------|----------------------|
| Zdvihový objem cm ³ | 1796 cm ³ | 2148 cm ³ |
| Max. výkon kW | 115 kW | 120 kW |
| Max. točivý moment Nm | 240 Nm | 360 Nm |
| Spotřeba kg (l)/100 km | 9,0 kg | 9,3 l |
| Objem nádrže kg (l) | 51 kg | 75 l |
| Dojezd km | 470 km | 800 km |

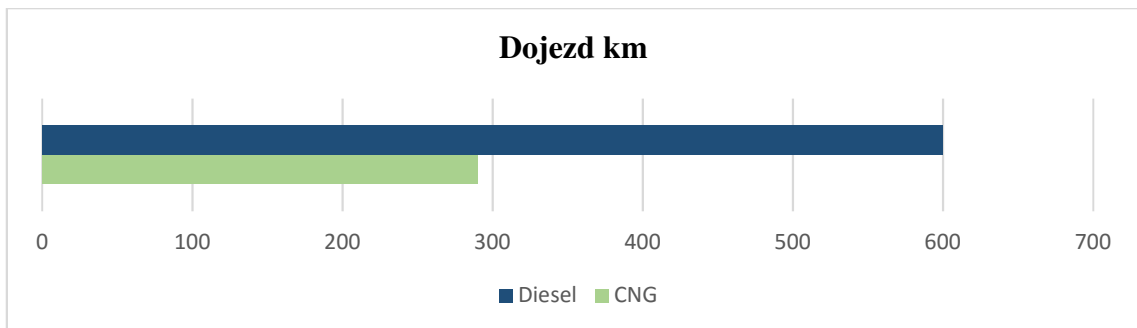
Tab. 3.3 Srovnávací tabulka Mercedes Benz Sprinter

Zdroj [16], vlastní zpracování

Mercedes Benz Sprinter na CNG, dosahuje pouze o 5 kW méně než dieselová verze tohoto vozidla, a to při nižším zdvihovém objemu. Kroutící moment je ovšem u dieselové verze Mercedesu o 120 Nm vyšší, což je výsledek vyššího objemu motoru a, jak bylo zmíněno v teoretické části, vysoké energetické účinnosti dosahované při spalování nafty.

Náklady na 1 ujetý km jsou v případě plynové verze Mercedesu 2,34 Kč, při ceně CNG 25,98 Kč/kg a spotřebě 9 kg/100 km. Náklady na 1 ujetý km naftové verze Mercedesu, jsou 3,12 Kč, při ceně nafty 33.60 Kč a spotřebě 9,3 l/100 km. Opět je tedy provoz čistě na CNG cenově výhodnější než při provozu na naftu.

Dojezdová vzdálenost při provozu čistě na CNG, je v případě Mercedesu téměř o polovinu nižší než u vozidla vybaveného dieselovým motorem, viz. obr. 3.7.



Obr. 3.7 Grafické znázornění dojezdu Mercedes Benz Sprinter

Zdroj [16], vlastní zpracování

3.5 Iveco Eurocargo

Iveco Eurocargo je nákladní automobil nad 3,5 tuny, který společnost DB Schenker využívá zejména pro účely sběrné služby a dnes již testuje verzi na CNG.



Obr. 3.8 Iveco Eurocargo společnosti DB Schenker

Zdroj [21]

| | Iveco Eurocargo CNG | Iveco Eurocargo Diesel |
|--------------------------------|----------------------|------------------------|
| Zdvihový objem cm ³ | 5880 cm ³ | 5880 cm ³ |
| Max. výkon kW | 148 kW | 160 kW |
| Max. točivý moment Nm | 650 Nm | 610 Nm |
| Spotřeba kg (l)/100 km | 17 kg | 20 l |
| Objem nádrže kg (l) | 82 kg | 200 l |
| Dojezd km | 430-500 km | 900-1100 km |

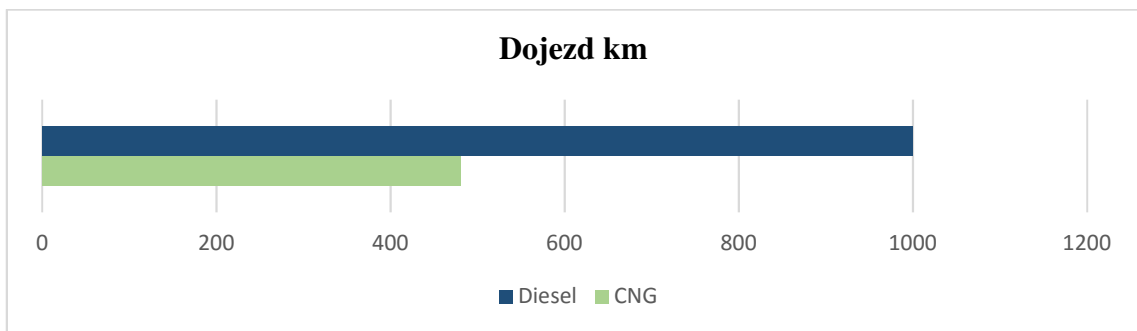
Tab. 3.4 Srovnávací tabulka Iveco Eurocargo

Zdroj [16], vlastní zpracování

Dle tab. č. 3.4 má verze na CNG stejný objem motoru jako dieselová verze. CNG verze má vyšší krouticí moment o 40 Nm, což je dáno vysokým oktanovým číslem zemního plynu. Naftová verze vozidla má o 12 kW vyšší výkon, díky přeplňování turbodmychadlem.

Cena spotřebovaného CNG za 1 ujetý kilometr vozidlem Iveco Eurocargo je 4,42 Kč. U verze s dieselovým motorem je cena spotřebované nafty 1 ujetý kilometr 6,72 Kč. Iveco Eurocargo je vozidlo vyráběné v tonáži 7,5 – 16 t, proto je zde výraznější cenová úspora oproti dodávkovým vozům, které spotřebují méně paliva, jelikož se jedná o nákladní vozidla o celkové hmotnosti do 3,5 t.

Dojezd na CNG je stejně jako u dodávkových vozů přibližně poloviční než u vozidla s dieselovým motorem.



Obr. 3.9 Grafické znázornění dojezdu Iveco Eurocargo

Zdroj [16], vlastní zpracování

3.6 Scania Streamline G340 CNG

V roce 2018 zařadila společnost DB Schenker do své flotily po dodávkách a osobních vozech tahač poháněný motorem spalující CNG. Jedná se o tahač Scania Streamline G340 CNG, viz. obr. č. 3.10.



Obr. 3.10 Scania Streamline G340 CNG

Zdroj [22]

| | Scania Streamline G430 CNG | Scania Streamline G410 |
|------------------------------|----------------------------|------------------------|
| Zdvihový objem cm^3 | 9300 cm^3 | 12700 cm^3 |
| Max. výkon kW | 250 kW | 302 kW |
| Max. točivý moment Nm | 1600 Nm | 2150 Nm |
| Spotřeba kg (l)/100 km | 29 kg | 36,7 l |
| Objem nádrže kg (l) | 120 kg | 400 l |
| Dojezd km | 414 km | 1090 km |

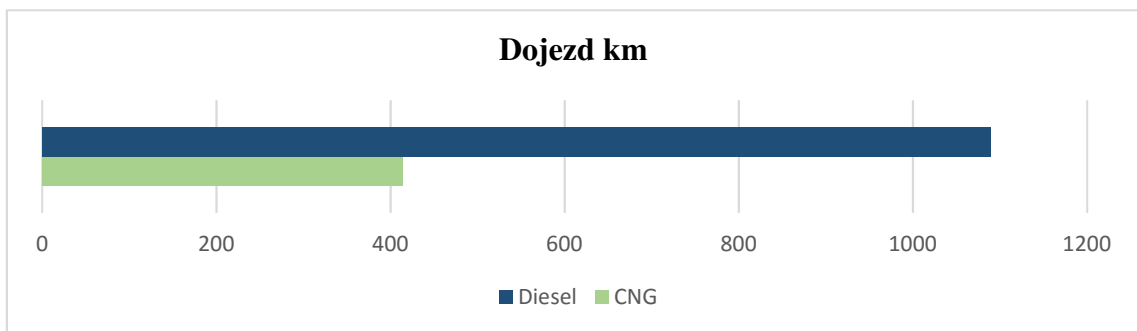
Tab. 3.5 Srovnávací tabulka Scania

Zdroj [22,24], vlastní zpracování

Diesellová Scania uvedená ve srovnávací tabulce č. 3.5 má vyšší maximální výkon a vyšší točivý moment oproti Scanii poháněné CNG, což je dáno větším objemem motoru, v tomto případě o více než 3000 cm³.

Při průměrné spotřebě 36,7 l nafty na 100 km, ujede Scania poháněná diesellovým motorem více než 2x delší vzdálenost než vozidlo poháněné CNG, nehledě na větší objem motoru. Při pohonu na CNG je průměrný dojezd 414 km.

Cena spotřebované nafty na 1 ujetý kilometr je 12,33 Kč, při průměrné spotřebě 36,7 l/100 km a ceně nafty 33,60 Kč. Cena spotřebovaného CNG na 1 ujetý kilometr je 7,53 Kč, při průměrné spotřebě CNG 29 kg/100 km a ceny CNG 25,98 Kč.



Obr. 3.11 Grafické znázornění dojezdu

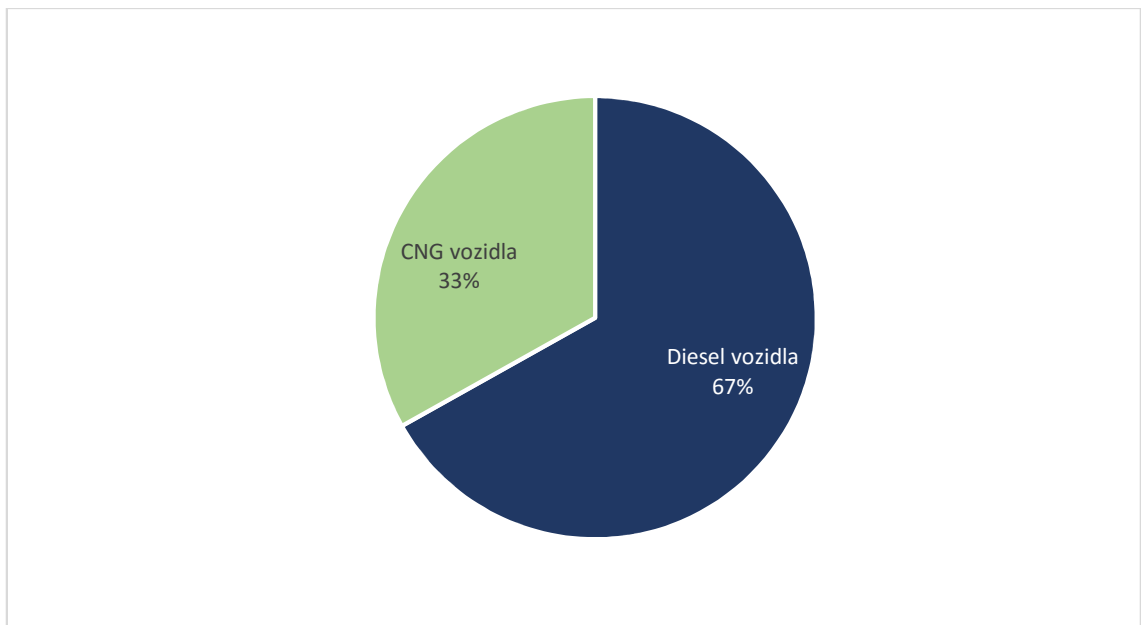
Zdroj [22,24], vlastní zpracování

4 Analýza využití vozidel v 3PL firmě

4.1 Oblasti využití vozidel na CNG

Z hlediska silniční dopravy, se společnost DB Schenker zabývá přepravou balíkových zásilek, tj zásilek do 30 kg. Dále společnost nabízí sběrnou přepravu door-to-door napříč celou Evropou, přímé přepravy a expresní přepravy.

V současné době disponuje společnost DB Schenker v České republice 160 rozvozovými vozy, kterými provádí svoz a rozvoz z terminálů v rámci daného regionu. Do konce roku 2018 společnost zařadila do své flotily rozvozových vozů 53 vozidel poháněných CNG, včetně tahače Scania Streamline G430. Na obr. č. 4.1. je znázorněn procentuální podíl vozidel poháněných CNG, který dosahuje 33 %, tedy třetina svozových vozů společnosti jezdí na CNG, které je šetrnější k životnímu prostředí.



Obr. 4.1 Podíl CNG vozidel ve vozovém parku společnosti

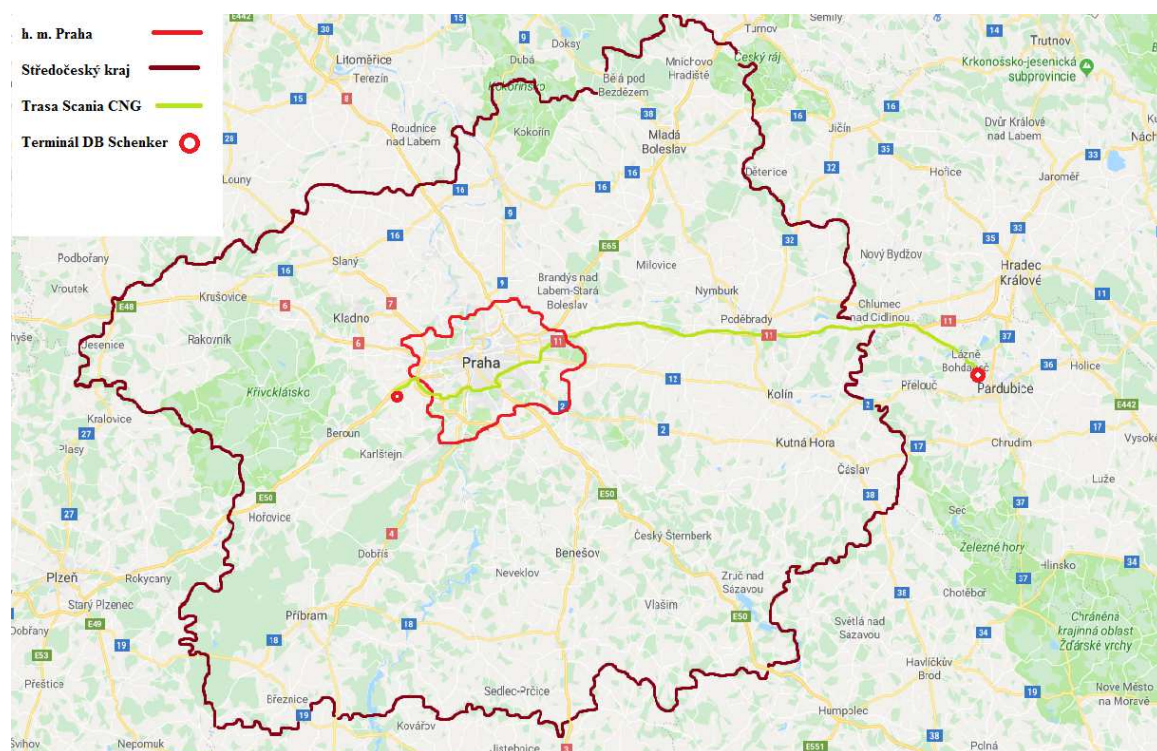
Zdroj [14], zpracování vlastní

Vozidla poháněná CNG jsou využívána k regionálním rozvozům v rámci Prahy a středočeského kraje, neboť mají zhruba poloviční dojezd oproti vozidlům s naftovým pohonem. Emise výfukových plynů z motorů poháněných CNG obsahují výrazně méně škodlivých látek než emise z dieselových motorů. To je dalším důvodem, proč společnost nasazuje tyto vozidla na rozvozy v rámci hlavního města.

Vozidla Fiat Ducato CNG bývají využívána zejména pro balíkové zásilky, neboť jejich užitečná nosnost je nižší než u dieselových verzí těchto vozidel. Jak bylo uvedeno na začátku kapitoly, v rámci balíkových zásilek se přepravuje zboží do hmotnosti 30 kg. V případě verze vozidla L3H2, která má nákladový prostor o objemu 13 m³ a celkové hmotnosti 3500 kg, je užitečná nosnost vozidla poháněného dieselovým motorem 1525 Kg. V případě pohonu na CNG, je užitečná nosnost vozidla 1140 kg, tedy o 358 kg, což není u lehkého nákladního vozidla nezanedbatelná hodnota. [23]

Rozvozová vozidla rozvázejí a svážejí zásilky v rámci Prahy a středních Čech z terminálu DB Schenker, který se nachází v Nučicích. V tomto areálu se také nachází výše zmíněná plnicí stanice na CNG.

Tahač Scania Streamline s návěsem je využíván společností DB Schenker při přepravě mezi terminálem v Praze Nučicích a terminálem v Pardubicích. Tato trasa měří v kolečku necelých 300 kilometrů a dojezd tohoto tahače je pro tuto přepravní trasu dostačující.



Obr. 4.2 Oblasti využití CNG vozidel

Zdroj [25], vlastní zpracování

4.2 Ekonomické hledisko využití vozidel CNG

Využívání vozidel poháněných CNG má pozitivní dopad na náklady spojené s nákupem pohonných hmot. Nespornou výhodou CNG je výše zmíněná nižší cena, díky nízké spotřební dani, která činí v současné době 2 Kč/l. Při tvorbě tab. č. 4.1 byly použity údaje z předchozí kapitoly, které se týkaly cen za 1 ujetý kilometr. V tabulce vidíme, že po ujetí 100 000 kilometrů jsou cenové úspory na spotřebovaném palivu značné. U vozidla Iveco Eurocargo je téměř trojnásobná úspora financí oproti dodávkovým automobilům. Je to dáno vyšší spotřebou paliva, což je důvod nejlepšího výsledku tahače Scania Streamline, z hlediska nákladů na PHM, jelikož dosahuje nejvyšší spotřeby, tudíž i úspora je nejvyšší z celého výběru. Náklady jsou tedy hlavním důvodem, kromě ekologického hlediska, snahy společnosti DB Schenker nahradit stávající vozidla poháněná dieselovým motorem, ekonomicky výhodnějšími vozidly na CNG.

| | Ceny paliva 100 000 km | | |
|--------------------------|------------------------|---------|---------------|
| | CNG | Diesel | Úspora |
| Fiat Ducato | 229000 | 312000 | 83000 |
| Iveco Daily | 304000 | 362000 | 58000 |
| MB Sprinter | 234000 | 312000 | 78000 |
| Iveco Eurocargo | 442000 | 672000 | 230000 |
| Scania Streamline | 753000 | 1233000 | 480000 |

Tab. 4.1 Srovnávací tabulka cen PHM po ujetí 100 000 km

Zdroj: vlastní zpracování

5 Zobecnění výsledků

Z předchozích kapitol vyplývají důležité aspekty, které je nutné brát v úvahu při plánování zařazení vozidel poháněných CNG do vozového parku společnosti.

Největší předností nákladních vozidel na CNG je jejich minimální negativní dopad na životní prostředí a značná úspora nákladů na PHM.

Díky nízkým hladinám škodlivých látek ve výfukových emisích motorů CNG je důležité prosazování těchto vozidel v rámci velkých městských aglomerací, které jsou v dnešní době po celé Evropě zatíženy, jak osobní dopravou, tak také dopravou nákladní. Nízká hladina škodlivých látek ve výfukových emisích je důležitá z hlediska vlivu na zdraví obyvatel těchto městských aglomerací. V případě jeho úniku se vypaří a díky jeho vysokému oktanovému číslu jsou motory na CNG méně hlučné, tudíž dochází ke snižování tzv. znečištění hlukem.

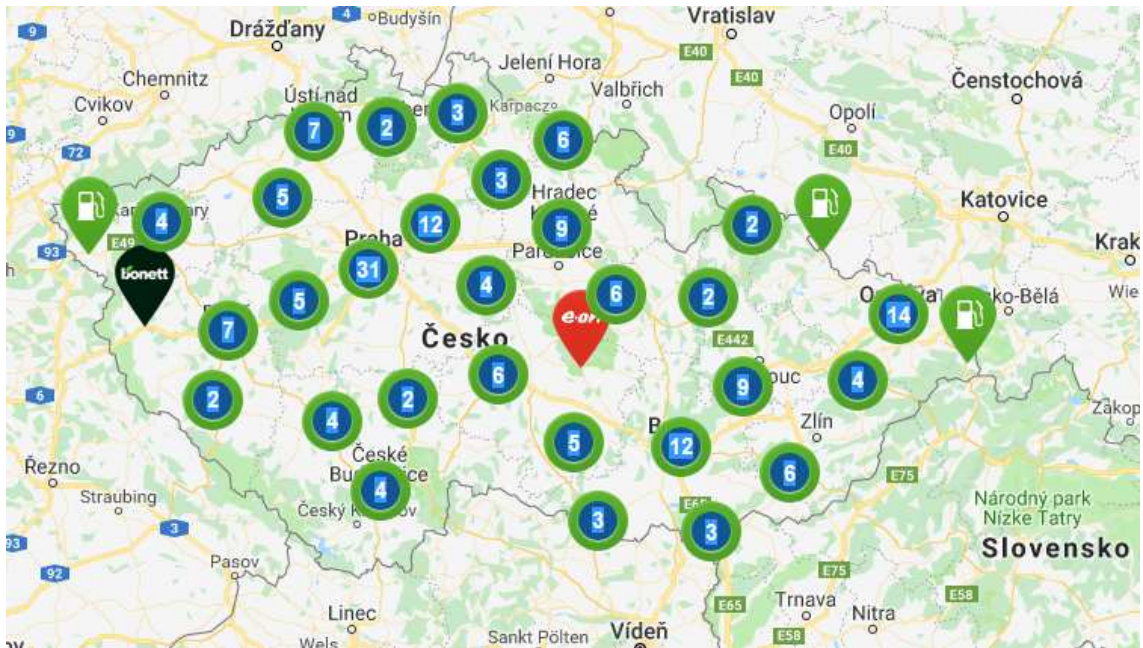
Využívání CNG, vyrobené čištěním bioplynu, jako alternativního paliva má z hlediska životního prostředí, kromě nízkých škodlivin ve výfukových emisích, také příznivý dopad na emise CO₂ v atmosféře, neboť při spalování nevzniká žádný přidaný CO₂, pouze ten, který rostlina spotřebovala během svého růstu.

Využití vozidel pro přepravní společnosti je z ekonomického hlediska výhodné, protože cena CNG je oproti konvenčním palivům benzínu a naftě výrazně nižší. Výrazný podíl na tom má v předchozích kapitolách zmíněná nízká spotřební daň, neboť stát má zájem na rozšiřování vozového parku na CNG.

Hlavní nevýhodou vozidel na CNG, jak bylo uvedeno v předchozích kapitolách je jejich kratší dojezd, oproti dieselovým motorům a nižší užitečná nosnost, která je důležitá zejména u vozidel o celkové hmotnosti do 3,5 t.

Proto jsou tyto vozidla vhodná k regionálním rozvozům, zejména ve městech a na kratší vzdálenosti, kdy dochází k úspoře nákladů a snížení negativních dopadů silniční dopravy na životy lidí a životní prostředí.

V rámci ČR je možné provozovat vozidla při správném plánování přeprav i při přepravě mezi kraji, neboť ČR disponuje sítí 187 CNG plnicích stanic, viz. obr. č. 5.1.



Obr. 5.1 Síť čerpacích stanic CNG

Zdroj [14]

Další nevýhodou, která byla zmíněna v předchozí kapitole, je nižší užitečná nosnost těchto vozidel. U dodávkového vozidla Fiat Ducato je to 358 kg. Tato vozidla je tedy vhodné využívat k přepravě lehkého zboží, zejména u vozidel do 3,5 t, kdy má hmotnost nádrží na CNG větší význam než u těžkých nákladních vozidel.

Závěr

Jako cíl této práce jsem si zvolil určení oblastí, ve kterých je možné využití vozidel na alternativní pohony v závislosti na jejich výhodách a nevýhodách.

Prvními palivy, kterými jsem se v mé práci zabýval byla biogenní paliva, využívaná v konvenčních spalovacích motorech, nebo v jejich upravených verzích. Tato paliva jsou v současné době nejperspektivnější oblastí alternativních paliv. Hlavní předností těchto paliv je, že motory na konvenční paliva jsou schopné je spalovat bez úprav, nebo s drobnými úpravami. Biopaliva bývají také přimíchávána do konvenčních paliv, což však přináší problémy pro starší motory, které mohou mít problémy při jejich spalování. Při spalování těchto paliv, nevzniká žádný přidaný CO₂, pouze ten, který rostlina, z níž bylo palivo vyrobeno, spotřebovala během svého růstu.

CNG, tedy stlačený zemní plyn, kterému jsem věnoval praktickou část této práce je dle poznatků z mé práce nejperspektivnějším alternativním palivem v současnosti, díky jeho vlastnostem, jako je nízký obsah škodlivých emisí ve výfukových plynech, při úniku se vypaří a je možná jeho výroba čištěním bioplynu v čistících stanicích. CNG má vysoké oktanové číslo, tzn. má vyšší odolnost proti klepání, a proto by měli jednotlivé komponenty pohonné jednotky vydržet více km než při provozu na méně kvalitní paliva.

Výhodou pro provozovatele vozidel poháněných CNG je značná úspora nákladů na provoz těchto vozidel, jelikož spotřební daň CNG činí v současné době 2 Kč/kg. Zejména u nákladních vozidel nad 3,5 t, které mají vyšší spotřebu pohonných hmot je tato úspora značná. ČR v současné době disponuje poměrně hustou sítí CNG plnicích stanic, proto je možné při správném plánování tato vozidla používat při přepravách po celé ČR.

Dalším perspektivním alternativním pohonem je do budoucna vodíkový pohon, neboť probíhá jeho úspěšné testování a do budoucna je možná výstavba plnicích vodíkových stanic. Nevýhodou těchto vozidel je jejich kratší dojezd a vysoké pořizovací náklady. Tato vozidla jsou zatím pouze testována a nejsou sériově vyráběna.

Hybridní pohony jsou v současné době často využívaným alternativním pohonem. Tyto hybridní pohony kombinují výhody jak spalovacího motoru současně s výhodami elektromotoru. Elektromotor pohání vozidlo v městském provozu a během jeho chodu auto nevypouští žádné výfukové emise, pokud je dostatečná kapacita elektrické energie v bateriích. Při delších cestách, zejména mimo město se spustí spalovací motor, který

pohání vozidlo a současně se podílí na dobíjení baterií pro pohon elektromotoru. Nevýhodou hybridního pohonu jsou vyšší pořizovací náklady, složitá konstrukce a pro svou činnost potřebují benzin nebo naftu, tedy fosilní paliva. Protože je vozidlo vybaveno jak elektromotorem, tak spalovacím motorem, bývá dojezd vozidel poháněných hybridním pohonem srovnatelný s vozidly poháněnými pouze spalovacím motorem.

Co se týká elektromotorů, jejich výhodou je vysoký výkon, který je dostupný okamžitě, ale jak bylo uvedeno v teoretické části této práce, v ČR zatím není dostatečně rozsáhlá síť nabíjecích stanic, pořizovací náklady jsou vysoké, dojezd vozidel omezený a je zde problém při likvidaci baterií z těchto vozidel. Největší výhodou elektromobilů jsou nulové výfukové emise. Velká část elektřiny však pochází z uhelných elektráren, které jsou velkými producenty škodlivých emisí, zejména CO₂. Tato vozidla jsou vhodná pro městský provoz, kdy jsou dojezdové vzdálenosti krátké. Jednotlivé státy se snaží prosazovat elektromobilitu pomocí různých daňových úlev při pořizování těchto vozidel.

Vzhledem k stále rostoucímu objemu přepravovaného zboží silniční dopravou je nutné vyvíjet a prosazovat využívání alternativních pohonů, vzhledem k negativním dopadům na lidské zdraví a životní prostředí, které vznikají v silniční dopravě, neboť v alternativních pohonech je budoucnost silniční dopravy a její udržitelnosti

Soupis bibliografických citací

- [1] GROS, Ivan a kol. *Velká kniha logistiky*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016, 512 s. ISBN 978-80-7080-952-5.
- [2] MACUROVÁ, Pavla, Naděžda KLABUSAYOVÁ a Leo TVRDOŇ. *Logistika: 2. Upravené a doplněné vydání*. 2. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2018, 370 s. ISBN 978-80-248-4158-8.
- [3] KAMEŠ, Josef. *Alternativní pohon automobilů*. Praha: BEN, 2004, 223 s. ISBN 978-80-7300-127-8.
- [4] *Doprava-info* [online]. webnode: Ševčík David, 2011 [cit. 2019-02-02]. Dostupné z: <https://doprava-info.webnode.cz/sitemap/>
- [5] *CNG.cz* [online]. [cit. 2019-02-11]. Dostupné z: <https://www.cng.cz/>
- [6] *European Integrated Hydrogen Project* [online]. [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <http://www.eihp.org/>
- [7] *Service Portal of TUV SÚD: H2 mobility* [online]. [cit. 2019-03-07]. Dostupné z: <https://www.netinform.net/h2/h2mobility/Detail.aspx?ID=552>
- [8] VLK, František. *Alternativní pohony motorových vozidel*. Brno: František Vlk, 2004. ISBN 80-239-1602-5.
- [9] REŞİTOĞLU, İbrahim Aslan, Kemal ALTINIŞIK a Ali KESKIN. The pollutant emissions from diesel-engine vehicles and exhaust aftertreatment systems. *Springer Link* [online]. 2014 [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10098-014-0793-9>
- [10] Použití bioplynu jako biopaliva v dopravě. In: *Bioplynové stanice* [online]. [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: <http://www.bioplynovestanice.cz/technologie-bps/pouziti-bioplynu-v-doprave/>
- [11] Čistička bioplynu. In: *Bioplynové stanice* [online]. [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: <http://files.bioplynovestanice.webnode.cz/200000012-cf90bd08c0/Schema%20upgrading%20unit%20kopie.jpg>
- [12] *DB Schenker Česká republika* [online]. [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: <https://www.dbschenker.com/cz-cs/>
- [13] N, R. DB Schenker nasazuje po dodávkách i kamiony na CNG. *Logistika ihned* [online]. 2018 [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: <https://logistika.ihned.cz/c1-66062450-db-schenker-nasazuje-po-dodavkach-i-kamiony-na-cng-ujedou-az-450-km-na-jedno-natankovani>
- [14] Plnicí stanice. In: *CNG plus* [online]. [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: <http://www.cngplus.cz/files/cng/images/news/1000x1000-1458205030-cng-stanice-db-schenker.jpg>
- [15] Fiat Ducato. In: *CNG plus* [online]. [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: <http://www.cngplus.cz/files/cng/images/news/1000x1000-1458205028-dsc0486.jpg>

- [16] *CNG Company* [online]. [cit. 2019-03-25]. Dostupné z:
<http://www.cngcompany.cz/>
- [17] Scania. In: *CNG plus* [online]. [cit. 2019-03-25]. Dostupné z:
<http://www.cngplus.cz/files/cng/images/news/1000x1000-1458205032-kamion-cng-db-schenker-i.jpg>
- [18] Průměrné ceny PHM. *Business center* [online]. [cit. 2019-03-25]. Dostupné z:
<https://business.center.cz/business/finance/cestnahr/benzin.aspx>
- [19] Iveco Daily CNG. In: *Intermodal logistics* [online]. [cit. 2019-03-25]. Dostupné z:
<https://www.intermodal-logistics.ro/db-schenker-primele-camioane-alimentate-cu-gaz-natural>
- [20] Mercedes Benz Sprinter CNG. In: *Pánek DOSP s.r.o.* [online]. [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: <http://www.dosp.cz/images/CNG%20-%20Mercedes.jpg>
- [21] Iveco Eurocargo. In: *Nettikone* [online]. [cit. 2019-03-27]. Dostupné z:
<https://cdn.nettikone.com/live/1401373/Kuljetuskalusto-Iveco-c50122e3f86f5a13-large.jpg>
- [22] DB Schenker nasazuje po dodávkách i kamiony na CNG. *Logistika ihned* [online]. **2018** [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://logistika.ihned.cz/c1-66062450-db-schenker-nasazuje-po-dodavkach-i-kamiony-na-cng-ujedou-az-450-km-na-jedno-natankovaniScania-G410-Streamline>. *Automobil revue* [online]. **2014** [cit. 2019-04-02]. Dostupné z:
https://www.automobilrevue.cz/rubriky/truck-bus/testy/scania-scania-g-410-streamline_43482.html
- [23] Katalog Ducato. *Strojservis* [online]. [cit. 2019-04-02]. Dostupné z:
<http://fiat.strojservis.cz/ceniky-a-katalogy/stahnout-katalog/25-ducato-preprava-zbozi>
- [24] Scania G410 Streamline. *Automobil revue* [online]. **2014** [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: https://www.automobilrevue.cz/rubriky/truck-bus/testy/scania-scania-g-410-streamline_43482.html
- [25] Mapa ČR. *Mapy.cz* [online]. [cit. 2019-04-02]. Dostupné z:
<https://mapy.cz/zakladni?x=14.4799726&y=50.1193591&z=11>

Seznam zkratek a značek

| | |
|------------------|--|
| CH ₄ | methan |
| CNG | Compressed nature gas (stlačený zemní plyn) |
| CO ₂ | oxid uhličitý |
| EIHP | European Integrated Hydrogen Project (Evropské sdružení vodíkového projektu) |
| kW | kilowatt |
| kWh | kilowatthodina |
| N ₂ O | oxid dusný |
| NMVOG | non-methane volatile organic compound (nemethanové těkavé organické látky) |
| NO _x | oxidy dusíku |
| O ₂ | kyslík |
| PHM | pohonné hmoty |
| PM | prachové částice |
| SO ₂ | oxid siřičitý |

Seznam ilustrací a tabulek

Seznam Obrázků

| | |
|---|----|
| Obr. 1.1 Schéma logistického procesu..... | 11 |
| Obr. 2.1 Grafické znázornění složení výfukových plynů dieselových motorů | 13 |
| Obr. 2.2 Schéma čištění bioplynu | 15 |
| Obr. 2.3 VW Transporter CNG | 19 |
| Obr. 2.4 Nákladní automobil MAN poháněný kombinací vodíkového motoru a elektromotoru | 21 |
| Obr. 2.5 Detailní pohled na vodíkové nádrže | 21 |
| Obr. 2.6 Sériové uspořádání hybridního pohonu | 28 |
| Obr. 2.7 Paralelní uspořádání hybridního pohonu | 29 |
| Obr. 2.8 Smíšené uspořádání hybridního pohonu..... | 30 |
| Obr. 3.1 Plnicí CNG stanice v areálu DB Schenker | 31 |
| Obr. 3.2 Fiat Ducato CNG společnosti DB Schenker..... | 32 |
| Obr. 3.3 Grafické znázornění dojezdu Fiat Ducato | 33 |
| Obr. 3.4 Iveco Daily CNG | 34 |
| Obr. 3.5 Grafické znázornění dojezdu Iveco Daily | 35 |
| Obr. 3.6 Mercedes Benz Sprinter CNG | 36 |
| Obr. 3.7 Grafické znázornění dojezdu Mercedes Benz Sprinter | 37 |
| Obr. 3.8 Iveco Eurocargo společnosti DB Schenker | 38 |
| Obr. 3.9 Grafické znázornění dojezdu Iveco Eurocargo | 39 |
| Obr. 3.10 Scania Streamline G340 CNG..... | 40 |
| Obr. 3.11 Grafické znázornění dojezdu | 41 |
| Obr. 4.1 Podíl CNG vozidel ve vozovém parku společnosti | 42 |
| Obr. 4.2 Oblasti využití CNG vozidel | 43 |
| Obr. 5.1 Síť čerpacích stanic CNG | 46 |

Seznam Tabulek

| | |
|---|----|
| Tab. 2.1 Procentuální snížení emisí při přechodu z konvenčních paliv na biometan..... | 16 |
| Tab. 2.2 Srovnávací tabulka elektromotorů..... | 24 |
| Tab. 2.3 Srovnávací tabulka baterií | 27 |
| Tab. 3.1 Srovnávací tabulka Fiat Ducato..... | 32 |
| Tab. 3.2 Srovnávací tabulka Iveco Daily..... | 34 |
| Tab. 3.3 Srovnávací tabulka Mercedes Benz Sprinter..... | 36 |
| Tab. 3.4 Srovnávací tabulka Iveco Eurocargo | 38 |
| Tab. 3.5 Srovnávací tabulka Scania..... | 40 |
| Tab. 4.1 Srovnávací tabulka cen PHM po ujetí 100 000 km..... | 44 |

| | |
|------------------------|--|
| Vypracoval | Pavel Beck |
| Název BP | Využití nákladních vozidel s alternativním pohonem z pohledu organizace |
| Studijní obor | Dopravní logistika |
| Rok obhajoby BP | 2019 |
| Počet stran | 41 |
| Počet příloh | 0 |
| Vedoucí BP | doc. Dr. Ing. Oldřich Kodým |
| Anotace | <p>V práci se zabývám možnostmi využití alternativních paliv v nákladní silniční dopravě. První část práce je věnována základům dopravního procesu. V následující části se zabývám jednotlivými alternativními pohony, které jsou v dnešní době využívány nebo vyvíjeny. V praktické části práce se věnuji konkrétnímu využití vozového parku, poháněného stlačeným zemním plynem, které využívá společnost DB Schenker. Součástí praktické části jsou srovnávací tabulky a grafy, které porovnávají jednotlivé aspekty motorů spalujících stlačený zemní plyn a motorů spalujících naftu.</p> |
| Klíčová slova | silniční doprava, alternativní pohony, stlačený zemní plyn, elektromobilita |
| Místo uložení | ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově |
| Signatura | |