



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA DOPRAVNÍ**

Bc. Daniel Mach

**EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ VOZŮ NA LNG  
V AUTOBUSOVÉ DOPRAVĚ**

**Diplomová práce**

**2018**



**K617**..... **Ústav logistiky a managementu dopravy**

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE** (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Bc. Daniel Mach**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**N 3710 – LA – Logistika a řízení dopravních procesů**

Název tématu (česky): **Ekonomické zhodnocení vozů na LNG v autobusové dopravě**

Název tématu (anglicky): **Economic Evaluation of LNG Vehicles in Bus Transportation**

### **Zásady pro vypracování**

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Charakteristika LNG, současné využití CNG a LNG autobusů v dopravě, Blue corridors a základní LNG infrastruktura
- Legislativa EU, legislativa ČR, podpora alternativních paliv, porovnání způsobů podpory alternativních paliv v dopravě ve vybraných členských zemích EU
- Analýza současného stavu dopravce, popis vozidlového parku
- Technologické požadavky na změnu na LNG, vozidla, vybavení, personál, bezpečnost
- Ekonomické zhodnocení, kalkulace nákladů, porovnání LNG vs. nafta, náklady spojené s vybudováním plnicího systému LNG



Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího diplomové práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: DUCHOŇ, B., ZELENÝ, L., Inženýrská ekonomika. Praha: C. H. Beck, 2007  
EILSER, J., KUNST, J., ORAVA, F., Ekonomika dopravního systému. Praha: Oeconomica, 2011

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Zdeněk Říha, Ph.D.**

Datum zadání diplomové práce: **30. června 2016**  
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejméně 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **30. listopadu 2018**  
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Tomáš Horák, Ph.D.  
vedoucí  
Ústavu logistiky a managementu dopravy



doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. Daniel Mach  
jméno a podpis studenta

V Praze dne ..... 7. června 2018

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu práce, doc. Ing. Zdeňku Říhovi, Ph.D, za cenné rady a doporučení. Stejně tak mé poděkování patří panu RNDr. Štěpánu Ševčíkovi z ČSAD Střední Čechy a panu Ing. Václavu Chrzovi, CSc., ze společnosti Chart Ferox, za poskytnutí interních materiálů k analýze.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze 11. 9. 2018

---

# ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

Fakulta dopravní

## EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ VOZŮ NA LNG V AUTOBUSOVÉ DOPRAVĚ

Diplomová práce

Září 2018

Bc. Daniel Mach

### **ABSTRAKT**

Diplomová práce reaguje na aktuální trend navyšující se popularity alternativních paliv (CNG a LNG), jež začínají být systémově prosazována jako ekologičtější varianta pohonných hmot budoucnosti. Cílem práce je zhodnotit, nakolik výhodné je využití LNG a také CNG autobusů ve srovnání s těmi poháněnými na diesel. Za užití odpovídajících matematických vzorců jsou zároveň ověřovány předem stanovené hypotézy, jež se vedle vlastního srovnání jednotlivých pohonných hmot týkají také využití dotací pro nákup CNG/LNG autobusů a příp. změny odpisové skupiny, která může provoz těchto autobusů učinit ekonomicky výhodnějším. Pozornost je věnována také tomu, zda výhodnost CNG/LNG nějak ovlivňuje typ trasy, na níž jsou autobusy provozovány, a také příp. cena nově budované LNG stanice.

### **KLÍČOVÁ SLOVA**

Alternativní paliva, autobusová doprava, CNG, diesel, LNG, pohonné hmoty

## **ABSTRACT**

The thesis responds to the increasing popularity of the alternative fuels (CNG and LNG), which are now becoming systematically promoted as an ecological fuel option of the future. The aim of the thesis is to assess the extent of the benefits of the LNG and CNG usage in buses in comparison to the buses fueled with diesel. The defined hypotheses are being verified by using appropriate mathematical formulae, which are applied not only to the comparison of the individual fuels but also to the use of the subsidies granted for the purchase of the CNG/LNG buses. The attention is also given to the possible interaction of the benefit of the CNG/LNG with the type of the route and also its influence on the price of the newly built LNG station.

## **KEYWORDS**

Alternative fuels, bus transport, CNG, diesel, LNG, fuels

## OBSAH

<b>ÚVOD.....</b>	<b>9</b>
<b>1 VYUŽITÍ PLYNNÝCH MOTOROVÝCH PALIV .....</b>	<b>11</b>
1. 1 CHARAKTERISTIKY LNG A CNG.....	12
1. 1. 1 Výhody a nevýhody LNG .....	13
1. 1. 2 LNG terminály, import a plnicí stanice.....	14
1. 1. 3 Výhody a nevýhody CNG.....	17
1. 1. 4 Distribuce CNG a plnicí stanice.....	18
<b>2 VYUŽITÍ LNG A CNG V DOPRAVĚ .....</b>	<b>21</b>
2. 1 BLUE CORRIDORS .....	21
2. 2 VYUŽITÍ LNG A CNG v ČR .....	24
2. 3 SOUČASNÉ VYUŽITÍ LNG A CNG AUTOBUSŮ .....	26
2. 3. 1 Plynofikace autobusů v ČR.....	27
<b>3 LEGISLATIVNÍ RÁMEC .....</b>	<b>28</b>
3. 1 EVROPSKÁ LEGISLATIVA .....	29
3. 1. 1 Norma EURO 6/VI .....	32
3. 2 ČESKÁ LEGISLATIVA.....	34
3. 2. 1 Státní politika životního prostředí .....	35
3. 2. 2 Národní program snižování emisí ČR.....	36
3. 2. 3 Národní akční plán čisté mobility.....	37
<b>4 PODPORA ALTERNATIVNÍCH PALIV V DOPRAVĚ .....</b>	<b>38</b>
4. 1 EVROPSKÝ KONTEXT .....	39
4. 2 STAV V ČESKÉ REPUBLICĚ.....	40
4. 2. 1 Dotační programy .....	42
<b>5 SROVNÁNÍ PROVOZU AUTOBUSŮ NA DIESEL A ALTERNATIVNÍ POHON.....</b>	<b>45</b>
5. 1 OTÁZKY A HYPOTÉZY .....	45
5. 2 POSTUP ŘEŠENÍ.....	46
5. 2. 1 Matematický postup.....	50
5. 3 VYHODNOCENÍ DAT .....	51
5. 3. 1 Vyhodnocení hypotéz .....	52
5. 3. 2 Využití alternativních paliv x finanční zvýhodnění.....	56
5. 3. 3 Výhody a nevýhody užití LNG/CNG x diesel.....	62
5. 4 SHRNUTÍ A DOPORUČENÍ.....	63
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>65</b>
<b>LITERATURA A ZDROJE.....</b>	<b>68</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ, GRAFŮ A TABULEK .....</b>	<b>75</b>



## ÚVOD

Způsob pohánění motorových vozidel je dlouhodobě otázkou celosvětového charakteru, a to zejména v kontextu změn životního prostředí, na které má proces spalování ropy – tedy stále nejhodněji využívané pohonné hmoty – velmi negativní dopad. Na druhou stranu ani změny v klimatu v důsledku rozšiřování zplodin do ovzduší nelze v žádném případě považovat za jediný důvod k tomu naleznout nové, alternativní a k životnímu prostředí šetrnější způsoby pohonu vozidel. Druhým, neméně zásadním důvodem, je sám ropný průmysl, který nejenže je s ohledem na celosvětový nárůst spotřeby ropy cenově relativně nestabilní, ale zásoby ropy nejsou nevyčerpatelné. I proto se o téma alternativních pohonných hmot zajímá stále více vědeckých týmů i techniků, kteří se snaží naleznout co nejefektivnější možnosti pohonu s co nejnižší závislostí na ropných produktech. Ačkoliv s nimi totiž většina již existujících alternativ v nějaké míře stále nakládá, každá metoda jejich omezení je ve všech směrech žádoucí.

*„Od konce sedmdesátých let je vývoj kvality benzínu stále více ovlivňován ekologickými tlaky a v tomto směru začaly být později vydávány legislativní programy, které formou právních předpisů regulovaly složení benzínu tak, aby byl omezován zejména obsah složek poškozujících životní prostředí, ať už jejich únikem do ovzduší či po spálení“* (Matějovský, 2005, s. 14). Konkrétně se jednalo nejprve o snižování obsahu olova, přidávání kyslíkatých sloučenin a následný úplný zákaz užívání olovnatých benzínů. Stejně tak se tyto požadavky dotkly i motorové nafty, kde byl největší důraz kladen na co nejvyšší eliminaci obsahu síry tak, aby byly sníženy emise oxidů síry a také potlačeno kouření motorů (tamtéž).

Mnohé z variant k okolí šetrnějších způsobů pohonu byly již samozřejmě uvedeny i do praxe, a to nejen v odvětví dopravy osobní, ale i hromadné. Právě ta – a zejména potom ve městech – má s ohledem na vysokou míru koncentrace zplodin nejen nejzávažnější důvody k využívání dopravních prostředků na alternativní pohon, ale také ideální podmínky (především v kontextu financování). Proto již není žádnou výjimkou, že prostředky městské hromadné dopravy jsou poháněny plynem, či fungují na pohony elektrické či hybridní. Nejčastějšími alternativními palivy, jež jsou využívána k nahrazení motorové nafty a benzínu, jsou potom ropný plyn (LPG, tedy směs zkapalněných uhlovodíkových plynů), stlačený zemní plyn (CNG) a zkapalněný zemní plyn (LNG). Z ostatních plynných paliv lze dále jmenovat bioplyn, vodík apod. (Hromádko, 2012). A ačkoliv využití plynu v jeho zkapalněné podobě se prozatím

nedostává zásadní pozornosti, faktem je, že zejména emisní norma Euro 6, která stanovuje maximální limity výfukových exhalací, postupem času povede k navyšující se poptávce po tomto typu paliva (zejména v oblasti dopravy nákladní, ale i městské hromadné). Tomu odpovídá i Evropskou unií podporované budování tzv. Blue Corridors, tedy pozemních komunikací, na nichž je možné LNG doplňovat.

I v ČR je již rozličnými způsoby realizována systémová podpora dopravy na alternativní pohon, různé dotační programy se zaměřují zejména na dopravu hromadnou (tj. podpora financování pořízení dopravních prostředků na alternativní pohony). Právě na toto téma se pak zaměřuje i diplomová práce, jejímž cílem je tedy srovnání finanční náročnosti provozu autobusů na diesel a také CNG a LNG (prováděno konkrétně s daty získanými od ČSAD Střední Čechy) a zodpovězení otázky, jaké jsou ne/výhody alternativních paliv CNG a LGN ve srovnání s diesellovým pohonem. Dílčím cílem pak je ověření předem stanovených souvisejících hypotéz.

Diplomová práce je klasicky rozdělena na část teoretickou a praktickou. První kapitola teoretické části představí problematiku využití plyných motorových paliv – LNG a CNG – a také způsoby a výhody i nevýhody jejich užití. Druhá kapitola bude zaměřena na využití plyných motorových paliv v dopravě, s důrazem na dopravu hromadnou (autobusovou). Ve třetí kapitole bude představen také související legislativní rámec, jenž se zejména na celoevropské úrovni díky normám určeným Evropskou unií dotýká nejen České republiky, ale také všech členských zemí. Opomenuta však nebude ani legislativa tuzemská, která reflektuje problematiku ochrany životního prostředí, ale také snižování emisí. Závěrečná kapitola teoretické části pak představí podobu podpory alternativních paliv v dopravě, a to jak na úrovni celoevropské, tak i české.

V praktické části práce bude za užití metody kalkulace nákladů v dopravě a dat poskytnutých ČSAD Střední Čechy, a. s., Chart Ferox, IVECO Czech Republic a.s., SOR Libchavy, s. r. o, a Spolgas, s. r. o., pozornost zaměřena v prvé řadě na zodpovězení položené otázky, potažmo dvojice souvisejících hypotéz stanovených tak, aby bylo možné potvrdit/vyvrátit, zda je využití CNG/LNG v autobusové dopravě finančně výhodnější než užití dieselu. Vedle toho bude zohledněna také úvaha, jak je využití CNG/LNG ovlivněno např. dotační politikou.

# 1 VYUŽITÍ PLYNNÝCH MOTOROVÝCH PALIV

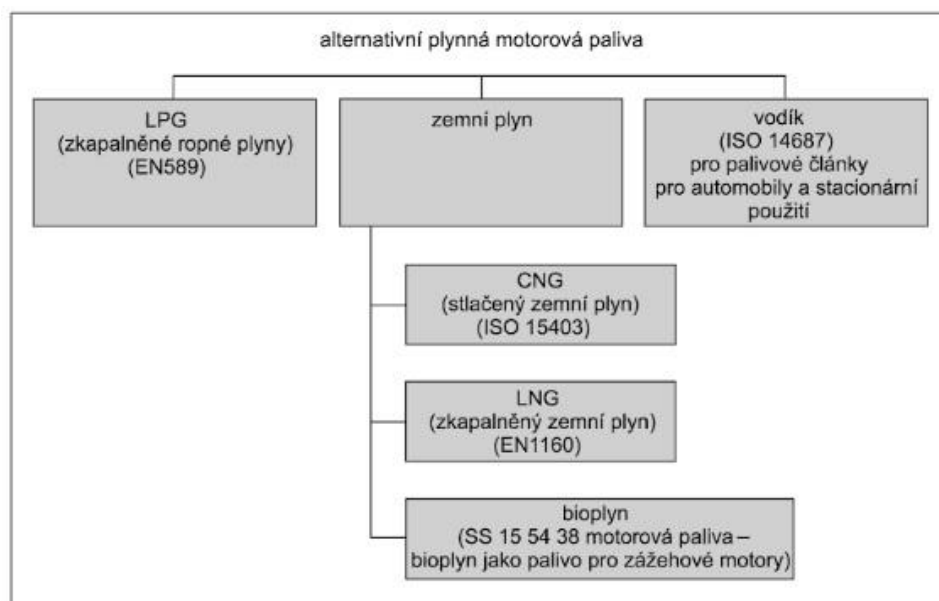
Využití plyných paliv jako pohonné hmoty sahá historicky do období druhé poloviny 19. století, kdy si Jean Joseph Lenoir nechal v roce 1859 patentovat motor poháněný svítiplynem. O čtyři roky později se mu podařilo uskutečnit první jízdu s vozidlem vybaveným plynovým motorem. Koncem 19. století však paliva kapalná (benzin, nafta a petrolej) nad plynem v popularitě zvítězila a mnozí tak považovali éru plynových pohonů za ukončenou. Plynová vozidla se však následně vrátila v 1. polovině 20. století, a to zejména v důsledku nedostatku kapalných pohonných hmot v době světových válek. Jednou ze zásadních výhod jejich užití byla cena, jelikož svítiplyn byl levnější než kapalně pohonné hmoty, zároveň však vozidla poháněná plynem snadněji startovala i v mrazech a již v první polovině minulého století si navíc byla společnost vědoma faktu, že provoz těchto vozidel je významně ekologičtější než užití motorů spalovacích. Ačkoliv po 2. světové válce opět užívání plynu v dopravě ustoupilo do pozadí, dočkalo se své renesance v 60. a 70. letech a od počátku let 90. jsou plyná paliva na trhu s pohonnými hmotami stále populárnějšími (Hromádko, 2012).

Z hlediska plyných paliv lze v základní rovině hovořit o využití plynu ropného a zemního. V případě plynu ropného je jako pohonná hmota užíváno LPG (*Liquefied Petroleum Gas*), a to v podobě směsi zkapalněných uhlovodíkových plynů. LPG standardně vzniká při procesu zpracování ropy a je tvořeno konkrétně propanem a butanem. Ačkoliv má LPG ve srovnání s benzinem lepší antidetonační vlastnosti, vykazuje nižší objemovou výhřevnost, což v případě nezměněného kompresního poměru zapříčiňuje zvýšení spotřeby přibližně o 20-30 % (Hromádko, 2012). Je však třeba dodat, že v dnešní době již propan a butan v nemalé míře pochází také z plynu zemního (jedná se o frakci separovanou od metanu během těžby zemního plynu).

Zemní plyn – tedy směs plyných uhlovodíků s příměsí neuhlovodíkových plynů, která je obvykle tvořena více než 90 % metanu – se potom v dopravě užívá ve skupenství plyném a kapalném. S ohledem na vlastní složení zemního plynu vede jeho spalování k významně nižšímu vzniku zplodin a emisí, které unikají do ovzduší. Podobu stlačeného zemního plynu má – prozatím rozšířenější – CNG (*Compressed Natural Gas*), zkapalněný zemní plyn je označován jako LNG (*Liquefied Natural Gas*) (Matějovský, 2005).

Dalším alternativním plynným motorovým palivem je z kategorie vycházející ze zemního plynu jako základní suroviny bioplyn. Specifickou možností ekologického pohonu na bázi plynného skupenství je pak užití vodíku. Všechny tyto možnosti znázorňuje následující obrázek.

**Obrázek 1:** Přehled plynných alternativních paliv a paliv z obnovitelných zdrojů



**Zdroj:** Matějovský, 2005, s. 17

## 1. 1 Charakteristiky LNG a CNG

Zkapalněný zemní plyn, LNG, je z 90-100 % tvořen metanem (obsahuje však i zbytky etanu, propanu, vyšších uhlovodíků, dusíku apod.) při atmosférickém tlaku zchlazeným na teplotu  $-162^{\circ}\text{C}$ . Zkapalněný zemní plyn má podobu namodralé průzračné kapaliny bez zápachu, je nekorozivní, netoxický a má malou viskozitu. Ve srovnání se zemním plynem v plynném skupenství zaujímá jeho zkapalněná varianta přibližně 600krát menší objem a jeho zápalná hodnota dosahuje  $540^{\circ}\text{C}$  (Hromádko, 2012).

Poté, kdy je zemní plyn zkapalněn, je třeba jej uchovávat v izolačních nádobách, které brání jeho ohřevu a opětovné plynofikaci. LNG zásobníky jsou vyráběny z nerezové oceli a skládají se z vnitřní a vnější nádoby, mezi kterými je umístěn izolační materiál. Ten společně s vakuem, které je vytvořeno v meziprostorech, zajišťuje, že je

eliminováno působení teploty vnějšího prostředí na skladované LNG, ale také jeho odpařování, které tak standardně dosahuje 0,1 % z celkového množství za den.

System LNG plnicích stanic je potom obdobný jako u stanic LPG, rozdílem je však nutnost přepravy i skladování v kryogenních nádržích udržujících teplotu v rozmezí -160 až -170°C. K samotnému chlazení zásobníků je využíván kapalný dusík (Hromádko, 2012).

V případě stlačeného (pod tlakem 200 barů) zemního plynu CNG je objem plynu zmenšen v poměru 200:1 a obsažená energie v objemové jednotce je 4-5krát nižší než v případě kapalných uhlovodíkových paliv. Plyn je uskladňován v tlakových nádobách, které jsou bezpečnostně prověřovány tak, aby jejich odolnost dosahovala až ke 300 barům, tyto nádrže však s ohledem na svou velikost nežádoucím způsobem zmenšují zavazadlový či nákladový prostor (Hromádko, 2012). CNG však lze kombinovat i s klasickými palivy, je možné využívat jej i v běžných benzinových motorech. Jak dále uvádí dokument *CNG – Osvětový materiál* publikovaný Ministerstvem životního prostředí, „při plnění CNG nedochází ke ztrátám paliva, ke kterým běžně dochází odparem při tankování kapalných paliv. U zemního plynu nehrozí ani kontaminace půdy a spodních vod při haváriích způsobených únikem paliva, neboť zemní plyn je lehčí než vzduch a přirozeně odvětrává“ (Ministerstvo životního prostředí, 2017, s. 10).

Nespornou výhodou CNG je tedy bezpečnost, ta se na jednu stranu týká právě bezproblémového užití v kontextu prakticky nulového znečištění životního prostředí, na stranu druhou i samotného technického zajištění, jelikož tlakové nádrže jsou podrobovány přísným testům a řídí se striktními pravidly. Opomíjet pak samozřejmě nelze ani cenu, která je ve srovnání s dalšími pohonnými hmotami příznivější.

### **1. 1. 1 Výhody a nevýhody LNG**

Ve srovnání s dnes populární variantou CNG mají vozidla využívající jako pohon LNG větší dojezd a de facto dosahují úrovně odpovídající klasickým pohonným hmotám. „1,5 litru LNG energeticky odpovídá 1 litru benzínu; 1,7 litru LNG energeticky odpovídá 1 litru nafty“ (Hromádko, 2012, s. 117). LNG je však palivem, které obsahuje minimální množství emisí (při spalování LNG dochází k produkci 10krát menšího množství oxidu uhelnatého a 2krát menšího množství oxidů dusíku než při spalování benzínu) a i provoz vozidel, která disponují LNG palivovou nádrží, je bezpečnější než provoz vozidel využívajících benzin (LNG má totiž vyšší zápalnou

hodnotu). Sama palivová nádrž přitom není těžká (navíc při srovnání s CNG nádržemi zabírá menší prostor) a také doba jejího plnění je v podstatě srovnatelná s obvyklými palivy (Hromádko, 2012).

Z hlediska nevýhod LNG je možné jmenovat v první řadě nutnost udržení velmi nízkých teplot pro uchovávání LNG. V případě srovnání s CNG se jedná o technologii, která je složitější a nákladnější (i v kontextu nutnosti skladování při zmíněných skutečně nízkých teplotách) a plnění vozidel LNG s sebou nese také nová rizika. Co však lze považovat za největší nevýhodu LNG, je jeho odpařování, a to především při odstávkách vozidel. Proto toto palivo není ideální ani pro užití v osobních automobilech a uplatnění nalezne zejména v dopravě nákladní či v případě městských a dálkových autobusů (Matějovský, 2004).

### ***1. 1. 2 LNG terminály, import a plnicí stanice***

Dovoz zkapalněného plynu je podmíněn geografickým rozložením LNG terminálů, kterých se nejvíce nachází v západní Evropě a na Pyrenejském poloostrově. Vlastními LNG terminály disponuje např. Belgie, Velká Británie, Francie, Itálie, Řecko, Španělsko, Portugalsko, v letech 2016/2016 byly dokončeny práce také na LNG terminálu v Polsku, který aktuálně dosahuje 60% vytíženosti. Mimo EU lze potom LNG terminály nalézt např. v Turecku. Nejvíce plynu ve formě LNG pak dováží Španělsko (Binhack a Tichý, 2011).

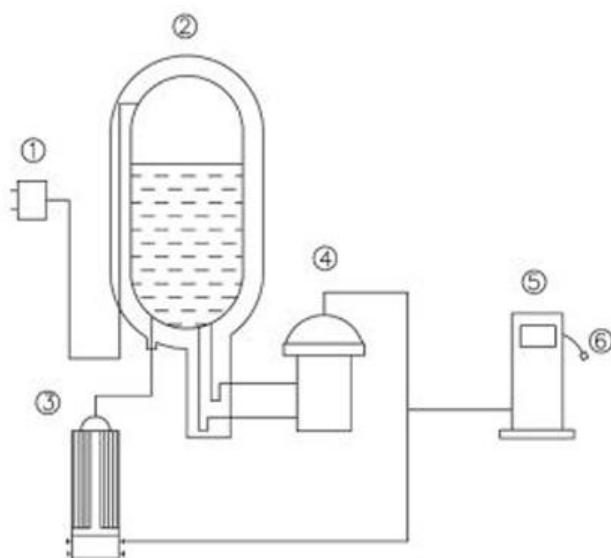
Ačkoliv však zkapalněný zemní plyn na světovém trhu v posledních letech významně zlevňuje, jeho import do Evropy klesá. Např. v roce 2015 využívaly evropské dovozní terminály pouze 13 % své celkové kapacity (Stuchlík, 2016, online). Snižující se import LNG pak ovlivňuje zejména jeho cena, která ačkoliv má klesající tendenci, stále je vyšší než cena plynu z plynovodů. I proto definovala Evropská komise *Strategii pro LNG*, dle níž je třeba provést trojici opatření, aby se množství distribuovaného zkapalněného plynu do Evropy zvýšilo. Prvním předpokladem tak je dostavba přijímacího terminálu v Chorvatsku a obecně zlepšení propojení zemí, které již terminály disponují. Dále *Strategie* určuje potřebu zkvalitnění vnitřního trhu tak, aby cena LNG nebránila v jeho rozšiřování. A v neposlední řadě je také nutné větší zapojení EU do celosvětového vzniku produkční LNG infrastruktury (European Commission, 2/2016).

Česká republika – jelikož se nachází ve vnitrozemí – nemůže budovat pro dovoz LNG přístavní terminál, který je nejobvyklejší variantou. Možností distribuce LNG do ČR je tak buď import z dalších zemí v Evropě, které těmito terminály disponují, příp. výstavba stanice, která by technologicky uměla plyn distribuovaný klasicky v potrubí zkapalnit. Jelikož však výstavba takových zařízení je velmi ekonomicky náročná, minimálně zatím se klasický dovoz jeví jako nejlepší varianta, jak LNG na území ČR transportovat. Za jednu z nejpříjemnějších možností je do budoucna považován dovoz z již zmíněného Polska, tamní LNG terminál ve Svinoústi meziročně (2017/2018) dosáhl téměř dvojnásobného využití, a to ze 35 % na 60 % kapacity. Jedná se zároveň o nejvyšší míru využití napříč evropskými terminály zaměřenými na dovoz LNG (Voříšek, 2018, online).

Co se týká konkrétně LNG plnicích stanic, jejich výstavba je dostupnější a v ČR (v Lounech) byla první otevřena v roce 2017, přitom s ohledem na velikost ČR a dojezd vozidel poháněných LNG (ten činí kolem 1 200 km) je předpokládáno, že do budoucna by měly být na nejexponovanějších dálnicích zbudovány další (Štengl, 2016, online). Stát se přitom letos rozhodl podpořit výstavbu těchto stanic dalšími 100 miliony korun z evropských fondů. Tento krok by mohl pomoci při naplňování *Národního plánu akční mobility*, jehož cílem je do roku 2025 zajistit průjezdnost Českou republikou dálkovým LNG kamionům, a to díky možnosti čerpat LNG alespoň na 5 místech v zemi (ČTK, 2018(a), online).

LNG čerpací stanice fungují obdobně jako čerpací stanice na klasická kapalná paliva. Zkapalněný plyn je skladován v izolovaných zásobnících a přes výdejní stojan je do vozidlové nádrže čerpán prostřednictvím ponorného čerpadla, které se nachází v samostatné izolované nádrži. Z hlediska nákladů jsou LNG čerpadla velmi úsporná (k jejich pohonu je třeba 12 kW), stejně tak vyžadují minimální počet pravidelných odstávek. Ve srovnání s čerpáním CNG jsou výdejní stojany na LNG až 3krát rychlejší (průtok 190 l/minutu) (Busportal.cz, 22. 12. 2009, online). Jelikož LNG je uskladňován za velmi nízkých teplot a navíc v podobě kapalné, je k obsluze při jeho čerpání nutné užívat ochranný oděv, brýle a rukavice (U. S. Department of Energy, nedatováno, online).

**Obrázek 2:** Schéma plnicí stanice LNG



1: plnicí místo z traileru, 2: zásobník LNG, 3: Saturační odpařovač, 4: Odstředivé čerpadlo v jímce, 5: Výdejní stojan LNG, 6: Plnicí koncovka automobilu

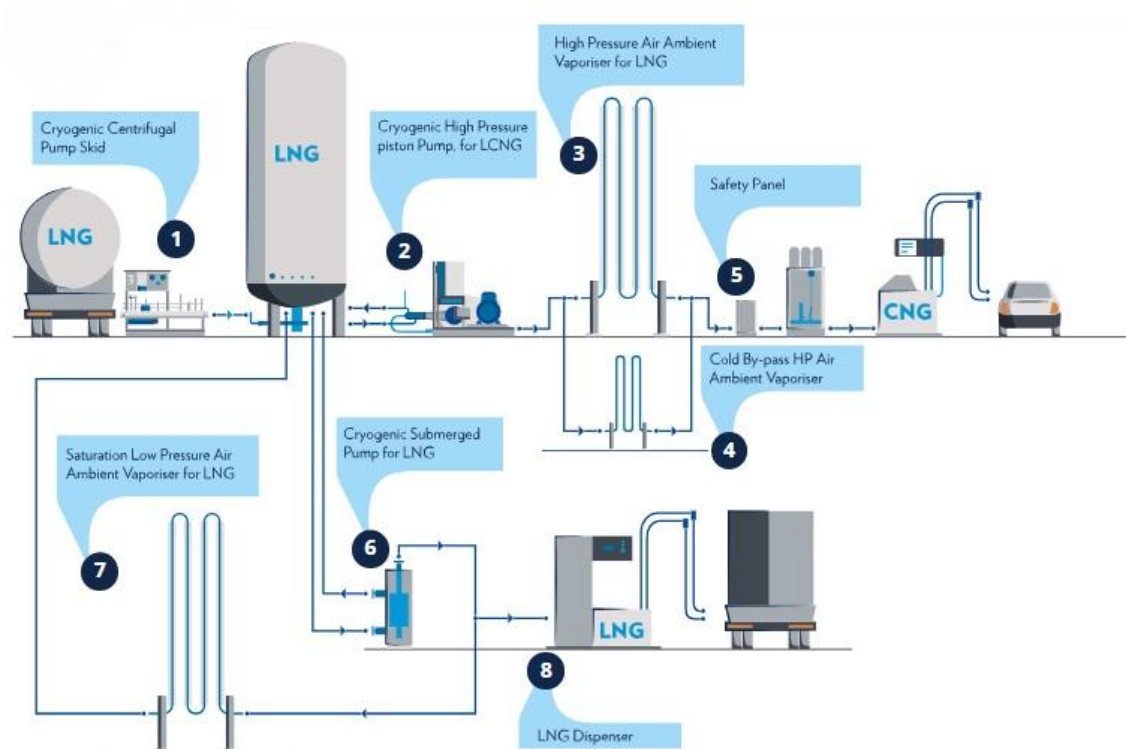
**Zdroj:** Chrz, 2013, online

LNG čerpací stanice mohou být jak stacionární, tak i mobilní. V případě mobilních stanic je LNG dodáváno v cisternovém kamionu, který má na palubě vybavení nutné k přečerpání. Prostřednictvím těchto mobilních stanic je standardně možné naplnit až 50 tahačů denně, přitom jedna silniční cisterna je uzpůsobena k transportu 18 tun LNG (44 000 litrů). Stacionární stanice jsou vysokokapacitní a poskytují veškerý komfort jako klasické čerpací stanice (Chrz, 2013, online).

Další variantou jsou pak tzv. L/CNG stanice, kde se zkapalněný zemní plyn mění na stlačený a tyto plnicí stanice tak mohou využívat jak vozidla na LNG, tak i CNG. LNG se v tomto případě při vysokém tlaku v rámci systému LNG stanice odpařuje a do vozidel je tak možné plnit také CNG. „Na stanicích LNG je LNG uložen v kryogenní skladovací nádrži, odkud je pomocí čerpadla čerpán, což zvyšuje tlak LNG až na 250 – 300 barů. Tento vysokotlaký LNG je veden přes vysokotlaké odpařovače pro přímou konverzi LNG na CNG“ (Singh a kol., 2017, s. 1448).



**Obrázek 3:** Schéma L/CNG stanice



**Legenda:** (1) Kryogenní odstředivé čerpadlo, (2) Kryogenní vysokotlaké pístové čerpadlo, (3) Vysokotlaký vzduchový odpařovač, (4) Vysokotlaký průchodový odpařovač, (5) Bezpečnostní panel, (6) Kryogenní ponořené čerpadlo pro LNG, (7) saturační nízkotlaký odpařovač okolního vzduchu, (8) LNG dávkovač

**Zdroj:** Vanzetti, 2015, online

### ***1. 1. 3 Výhody a nevýhody CNG***

Jak již bylo naznačeno výše, k využití LNG v dopravě se pojí četná specifika (a také „komplikace“). I proto se CNG jako alternativní pohon jeví jako jednodušší varianta, která je zároveň levnější a také do jisté míry (jak při přepravě, tak i samotném využití) bezpečnější. Ačkoliv tedy dojezd vozidel na CNG není tak velký (resp. je až třikrát nižší) jako v případě vozidel poháněných LNG, další definované výhody tento fakt úměrně vyvažují. Zatímco LNG se tak zdá jako ideální řešení pro dálkové nákladní spoje, naopak CNG je považováno za vhodné řešení např. právě pro MHD a další firemní vozy, které jezdí spíše po regionech (Veselá Schauhuberová, 2016, online). Nespornou výhodou pak je i možnost provozovat vozidla dvoupalivová, kdy lze tankovat právě dostupné palivo, čímž se celkový dojezd zvyšuje.

Z nevýhod lze zmínit především omezené možnosti plnění (plnicích stanic je v celé ČR v provozu 174, přičemž však v každém okresním městě<sup>1</sup> je vždy minimálně jedna), ale samozřejmě i vyšší náklady na pořízení vozidla na CNG stejně jako zvýšené náklady nutné k údržbě.

#### ***1. 1. 4 Distribuce CNG a plnicí stanice***

Na rozdíl od zkapalněného zemního plynu je zemní plyn ve stlačené podobě lépe dostupný, snadnější je jeho distribuce a v důsledku je i mezi uživateli populárnější. Zejména mezi řidiči osobních automobilů jsou vozy na CNG oblíbené také díky ceně, jelikož náklady na jeden ujetý kilometr se pohybují okolo 1 Kč. Faktem pak je, že nejvíce zájmu o vozidla poháněná CNG mají zatím firmy, kterým se z dlouhodobého hlediska vyplatí i vyšší investice, kterou pořízení dopravních prostředků poháněných CNG nesporně je (Veselá Schauhuberová, 2016, online).

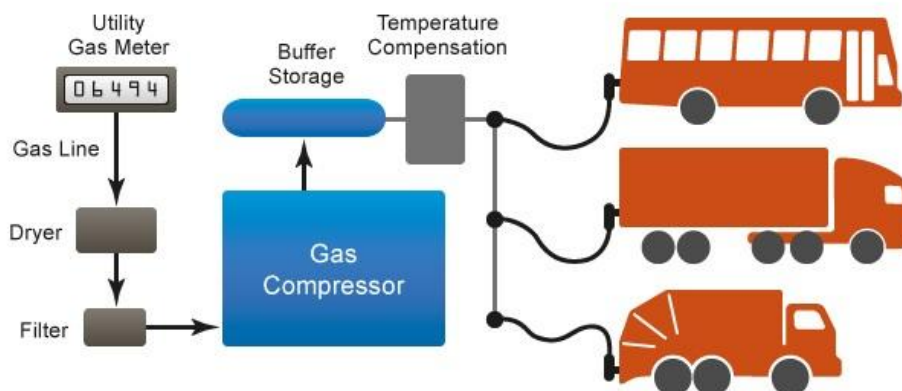
V případě plnění CNG lze hovořit o dvojitým typu plnicích stanic, a to s ohledem na konkrétní způsob plnění. Jedná se o (1) stanice určené k rychlému plnění, kdy je možné při plnění plynem dosáhnout přibližně srovnatelného času jako při čerpání paliv v kapalném skupenství, tj. 3-5 minut. V tomto případě je plyn z plynovodní sítě čerpán do nádrže ze zásobníků, kde je uskladněn pod tlakem 30 MPa. Dále se jedná o (2) stanice pro pomalé plnění, v takovém případě dochází k plnění plynem za užití kompresoru přímo ze sítě a doba tohoto plnění obvykle dosahuje k několika hodinám (Hromádko, 2012). Tato varianta je tedy vhodná např. pro vozidla na noc odstavená, která během pauzy mohou pohonné hmoty doplnit.

Zatímco v případě pomalu plnicích stanic lze hovořit o nespočtu jejich výhod (snadná instalace, rychlost vybudování, jednoduchá obsluha, plně automatizovaný provoz, bezpečnost, nízká hlučnost ad.), stěžejním negativem je pořizovací cena. Na druhou stranu se jedná o vhodný způsob prvotního přechodu k plynofikaci dopravy, kdy rychloplnicí stanice, která by umožnila naplnění většího počtu nádrží, ještě není třeba (Hromádko, 2012).

---

<sup>1</sup> Tímto je odkazováno k územnímu celku, nikoliv ke správním jednotkám, které již zanikly.

**Obrázek 4:** Schéma pomalu plnicí stanice na CNG

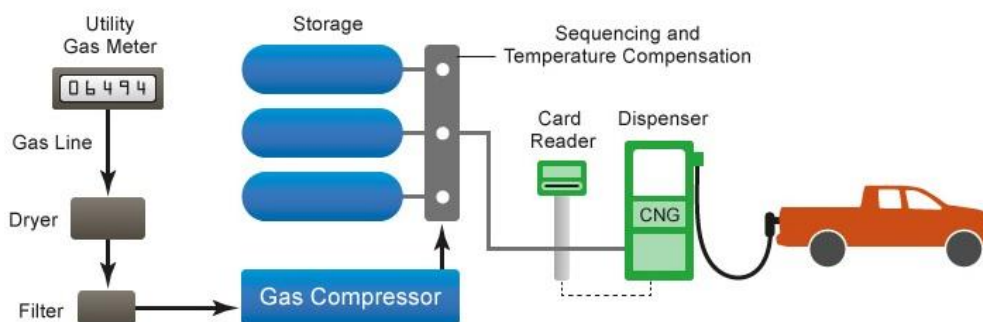


**Legenda:** *Utility Gas Meter*/plynoměr, *Gas Line*/plynové potrubí, *Dryer*/vysoušeč, *Filter*/filtr, *Compressor*/kompresor, *Buffer Storage*/vyrovnávací zásobník, *Temperature Compensation*/chladič

**Zdroj:** EERE, 2016(a), online

Pro rychloplnicí stanice je charakteristická jejich uživatelská přívětivost, resp. rychlost vlastního plnění. Ta je dána odlišnou technologií plnění, kdy jsou tlakové zásobníky přímo integrovány do plnicí stanice. Ovšem i v tomto případě jsou největší nevýhodou vysoké pořizovací náklady.

**Obrázek 5:** Schéma rychloplnicí stanice na CNG

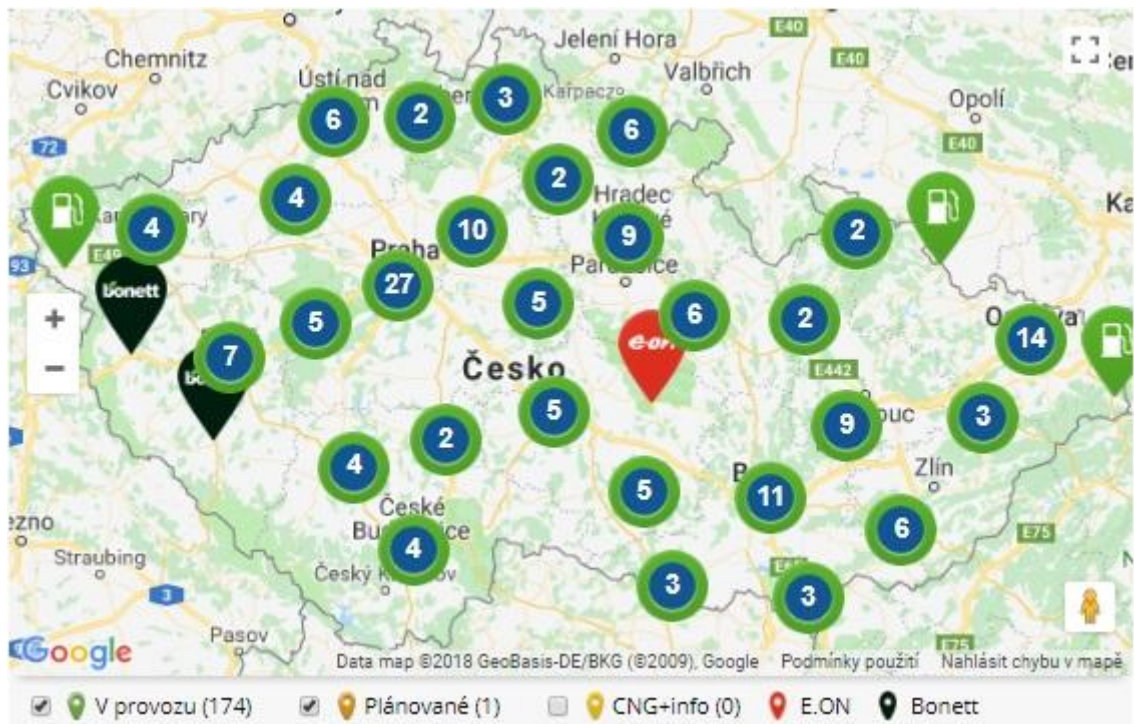


**Legenda:** *Utility Gas Meter*/plynoměr, *Gas Line*/plynové potrubí, *Dryer*/vysoušeč, *Filter*/filtr, *Gas Compressor*/kompresor, *Storage*/skladovací nádoby, *Sequencing and Temperature Compensation*/chladič s hmotnostním měřičem odčerpaného plynu, *Card Reader*/čtečka karet, *Dispenser*/čerpací stojan

**Zdroj:** EERE, 2016(b), online

I navzdory výše zmíněné finanční náročnosti při budování plnicích stanic na CNG (a to jak rychlo-, tak pomalu plnicích), jsou CNG stanice v ČR relativně rozšířeny (v provozu jich je k 8/2018 na našem území již 174), což je ostatně dáno lepší dostupností plynovodní sítě ve srovnání s LNG.

**Obrázek 6:** Přehled plnicích CNG stanic v ČR



**Zdroj:** cngstanice.cz, 2018, online

## 2 VYUŽITÍ LNG A CNG V DOPRAVĚ

Zkapalněný zemní plyn byl v dopravě – konkrétně k pohonu zemědělských traktorů – poprvé využit v 50. letech minulého století v SSSR v oblasti nalezišť u Azovského moře. V dnešní době je LNG nejhojněji využíván především v Severní Americe, USA a Kanadě, a to jak pro dopravu nákladní, tak i autobusovou. S velkým úspěchem se setkalo především využití LNG jako pohonu pro chladírenská auta, jelikož kapalným plynem je v těchto případech možné využít nejen jako pohonnou látku, ale také jako zdroj chladu při procesu odpařování (Hromádka, 2012). Výjimkou však dnes není ani využití LNG v dopravě železniční. O tom, že využití LNG jde nestále kupředu, pak svědčí skutečnost, že 1. 11. 2016 byl ve Finsku uveden do provozu první ledoborec na světě, který je poháněn zkapalněným zemním plynem (ČTK, 1. 11. 2016, online).

Jak využití LNG, tak i CNG v dopravě má pak svá specifika i výhody. Jelikož využití CNG klade specifické nároky na kompaktnost paliva a také hmotnost nádrží, je řešením pro těžká vozidla, jako jsou tahače, autobusy, vozidla městských služeb, právě LNG. Z hlediska dopravy nákladní je dle prognóz očekáváno, že v roce 2020 bude 30 % amerických tahačů vybaveno nádržemi na LNG (Chrz, 2013). Velké popularity dosahuje LNG např. v Číně, kde na LNG již jezdí přes 40 000 tahačů a také 40 000 autobusů. V Evropě lze vybudovanou síť LNG určenou pro nákladní dopravu nalézt např. ve Velké Británii.

Podle místopředsedy Rady Českého plynárenského svazu Jiřího Šimka je v rámci Evropy v provozu kolem 80 LNG stanic a jejich četnost by měla rapidně stoupat, a to zejména kvůli výrazným úsporám ve srovnání s klasickými pohonnými hmotami a také relativně rychlé návratnosti investice do vozidel LNG pohon využívajících (konkrétně z hlediska dálkové dopravy vozidla poháněná LNG uspoří kolem 25 % nákladů ve srovnání s těmi poháněnými naftou) (Štengl, 2016, online).

### 2.1 Blue Corridors

Evropská komise se snaží podporovat využívání CNG a LNG, proto v roce 2013 vznikl také pětiletý projekt *Blue Corridors* Evropské asociace pro plynová vozidla NGVA-Europe, který byl částečně hrazen z dotací EU (zapojené země měly investovat 14,3 milionu eur, dotace měly pokrýt náklady ve výši 8 milionů eur) (LeFevre, 2014). Principiálně projekt *Blue Corridors*, jehož cílem byla popularizace užití těžkých

nákladních vozidel poháněných zemním plynem, spočíval v budování dálničních komunikací s v odpovídajících vzdálenostech umístěnými CNG a LNG plnicími stanicemi (Chrzą, 2013, online).

K naplnění Evropskou unií vytyčených cílů (snižování emisí skleníkových plynů, zaměření se na kvalitu ovzduší, snižování závislosti na ropě atd.) v rámci projektu *Blue Corridors* posloužily čtyři trasy – koridory. Jak je znázorněno na následujícím obrázku, oblast přiléhající Atlantiku pokrývá koridor ATL-Blue (vyznačen zeleně), Středomoří koridor Med-Blue (vyznačen červeně), severní část Evropy s jižní spojuje koridor SoNor-Blue (vyznačen modře) a západní Evropu s východní propojuje koridor WE-Blue (vyznačen žlutě).

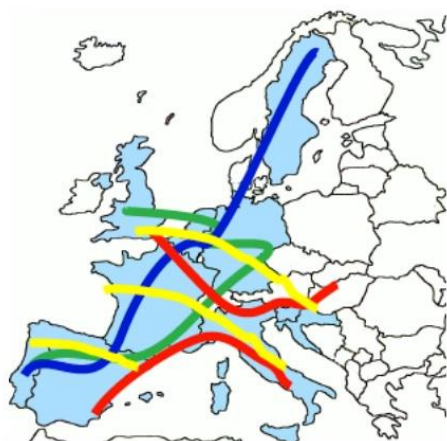
**Obrázek 7:** Přehled Modrých koridorů



**Zdroj:** NGVA Europe, 2015, online

Tyto „Modré koridory“ prozatím na území České republiky nezasahují a míjejí ji jak ze strany severní, tak i jižní (rozmístění je závislé na podaných projektech), tento systém by však mohl být – hypoteticky – rozšířen i o trasu, která by Českou republikou procházela (Souček, 2015, online).

**Obrázek 8:** Mapa možného rozšíření Modrých koridorů pro roky 2016/2017



**Zdroj:** LeFevre, 2014, s. 32

První krok při budování Modrých koridorů zahrnoval zřízení 14 nových LNG/L-CNG stanic. Mezi do projektu zapojenými partnery figurovaly plynárenské společnosti jako Fluxys, GasNatural Fenosa a GDF SUEZ, výrobci vozidel jako Volvo, Renault a Iveco a také zprostředkovatelské společnost jako GasRec, Linde a Ballast Nedam (LeFevre, 2014).

Projekt Modrých koridorů se ale soustředil i na technické aspekty – tj. zvyšování efektivity provozu vozidel a výkonu jejich motorů a také standardizaci palivových nádrží, připojení a také regulaci systémů pro vozidla i čerpací stanice. Ambicí projektu tak bylo vytvořit ze zkapalněného zemního plynu reálnou alternativu pro středně dlouhou a dálkovou dopravu, nejprve v podobě paliva doplňkového a později jako adekvátní náhrady za motorovou naftu.

Ačkoliv v rámci projektu, který byl ukončen v dubnu 2018, nakonec k rozšíření uvažovaného koridoru, jenž by procházel i Českou republikou, nedošlo, závěrečné hodnocení naznačuje, že stěžejní cíle byly naplněny. „Projekt naplnil své cíle s vozovým parkem 140 LNG trucků, které pokryly více než 31,5 milionu kilometrů a zároveň spotřebovaly celkem 14,2 tisíc tun LNG. Tento objem byl rozdělen do přibližně 111 000 naplnění,“ uvádí přehledová zpráva (LNG World News, 2018, online). Silniční síť – a potažmo koridory – se pak samozřejmě průběžně rozšiřují a infrastruktura LNG plnicích stanic se zlepšuje. Jen během projektu (mezi lety 2014 a 2018) se jejich počet navýšil na 130, další tři desítky jsou ve výstavbě či procesu plánování. Stejně tak se navyšuje počet L/CNG stanic (tamtéž).

## 2. 2 Využití LNG a CNG v ČR

V kontextu požadavku směrnice 2014/94/EU o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva vznikl v ČR *Národní akční plán čisté mobility* (NAP CM) vztahující se k období let 2015-2018. Ten se specificky zaměřuje na plánování budování infrastruktury odpovídající požadavkům využití alternativních paliv (CNG, LNG a také elektropohonů) v oblasti dopravy. NAP CM dále reflektuje i další strategické vládní dokumenty definované pro oblast energetiky, dopravy a životního prostředí a stanovuje dva základní dopravně-politické cíle, jež by ČR měla naplnit – v prvé řadě se jedná o snižování negativních vlivů dopravy na životní prostředí a především pak o snižování emisí, v řadě druhé je potom strategickým cílem systematické snižování závislosti na kapalných palivech a zvyšování rozmanitosti zdrojového mixu a také energetické účinnosti v dopravě (Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2015). „Z hlediska CNG, LNG, elektřiny a vodíku předpokládáme do roku 2020 největší podíl na snižování skleníkových plynů využíváním CNG. Po roce 2020 by mělo dojít k významnému nárůstu elektromobility a vozidel na LNG a následně i vozidel na bázi vodíkové technologie“ (tamtéž, s. 11). Využití LNG je potom NAP CM předpokládáno zejména v dálkové nákladní dopravě a v této souvislosti Ministerstvo průmyslu a obchodu plánuje zřízení dvou až tří plnicích stanic na LNG v horizontu následujících pěti let, a to tak, aby byla naplněna směrnice 2014/94/EU. Aby technologie LNG byla na území ČR plně rozvinuta, bylo by však třeba vybudovat 10 LNG stanic (Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2015). Více o tomto dokumentu viz kapitola 3.

**Tabulka 1:** Předpokládaný vývoj počtu plnicích stanic na zemní plyn v ČR

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
<b>Veřejné CNG (varianta 1A)</b>	70	90	110	135	160	185	210	310	345
<b>Neveřejné CNG</b>	35	40	50	60	75	90	100	150	200
<b>LNG</b>	0	0	0	1	1	1	2	5	14

**Zdroj:** Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2015, s. 52

Co se týká výhledu vztahového k počtu vozidel užívajících jako pohonnou hmotu LNG, dosahoval odhad Ministerstva průmyslu a obchodu k sedmdesáti vozům do konce roku 2017 (nesplněno), právě od tohoto roku je již (v souladu s plánem) v provozu první plnicí stanice na LNG na českém území, a zároveň také dobudovány



LNG koridory v západní části Evropské unie. Celkové množství plynu užitého pro dopravu je pak pro rok 2020 odhadováno na 5 % z jeho celkové spotřeby a na 15 % v roce 2030. „*Vizi rozvoje trhu vozidel na LNG v ČR, na které jsou založeny jednotlivé strategické cíle a opatření obsažená dále v NAP CM, je dosáhnout k roku 2030 stavu, kdy by objem spotřeby zemního plynu dosáhl cca 90 mil. m<sup>3</sup> a kdy by počet registrovaných vozidel na LNG činil cca 1 300*“ (Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2015, s. 89). Česká republika má přitom pro rozvíjení technologie LNG dva velmi významné předpoklady – prvním z nich je strategická poloha země ve středu Evropy, druhým potom fakt, že právě v ČR sídlí pobočka jednoho z nejvýznamnějších dodavatelů této technologie, společnost Chart Ferox Děčín (součást celosvětového koncernu Chart Industries, Inc.). Ta se specializuje na výrobu a distribuci kryogenních zařízení, stejně jako systémů na uchovávání, transport a distribuci zkapalněných technických plynů, zejména potom LNG (Chart Ferox, nedatováno, online).

Jelikož cílem ČR je podporovat rozšiřování užití alternativních pohonných hmot, od roku 2006 byla stabilizována spotřební daň na CNG a LNG tak, aby mohla být postupně navyšována v souladu se směrnicemi EU, ovšem zároveň tak, aby nedošlo k utlumení stimulační poptávky po vozidlech poháněných plynnými palivy. K té v současnosti přispívá o nulová sazba silniční daně (od roku 2009), jež je uplatňována na vozidla do 12t a také na vozidla městské hromadné dopravy poháněná ekologickými způsoby, konkrétně potom i CNG. Podle NAP CM by však v následujících letech měla být pozornost věnována i oblasti vozidel nákladní dopravy nad 12t, a to zejména proto, že vozidel poháněných zemním plynem je zatím v ČR minimum, a to jak na poli dopravy nákladní, tak i v sektoru veřejné dopravy. Na vině jsou především vysoké pořizovací náklady (Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2015). V ČR je tak v současné době dostupných 174 čerpacích stanic CNG a provozováno celkem 20 700 vozů, které jsou zkapalněným plynem poháněny, kdy 1 150 z nich jsou autobusy (CNG4you.cz, 2018, online).

## 2.3 Současné využití LNG a CNG autobusů

Během 90. let byla v rámci Evropy sjednocena kvalita paliv a také nastaveny specifické normy. Zejména v souvislosti s ekologickými aspekty byly potom stanoveny požadavky na kvalitu paliv, které zahrnují direktivy Evropské unie, jež jsou základem pro definování právních předpisů vztahujících se k požadavkům na kvalitu paliv ve členských zemích (European Commission, 1/2016). „*Plynofikace městských a tranzitních autobusů je například prioritou australské vlády. Na přestavbu vozidel na plyn v rámci programu podpory alternativních paliv vyčlenila 75 milionů AUD a na budování infrastruktury plnicích stanic 7,6 milionů AUD*“ (Matějovský, 2005, s. 23).

Autobusy poháněné stlačeným zemním plynem si své místo na evropském trhu již našly a úspěšně se etablovaly jako efektivní řešení ekologických problémů, s nimiž se svět potýká. Nejvíce jich je možné nalézt ve Francii (2 400, údaj ze září 2014), Itálii (2 300, údaj z června 2014), Německu (1 735, údaj z května 2014) a ve Španělsku (1 609, údaj z prosince 2013) (LeFevre, 2014, online). V Polsku varšavský dopravní podnik nasadí na jaře 2019 do provozu dalších 80 CNG autobusů, celkem jich tedy bude jen po Varšavě jezdit již 110 (Man Truck & Bus, 2018, online).

Na trhu se zkapalněným zemním plynem má v evropském měřítku významné postavení společnost Gazprom Germania, která se společně s polským výrobcem autobusů SOLBUS snaží o nastavování nových směrů v plynových pohonech uplatňovaných ve veřejné dopravě. Společnost SOLBUS tak v roce 2013 představila v rámci varšavského veletrhu GasShow autobus Solbus Solcity 12, který je poháněn právě LNG. Přitom společnost SOLBUS ve spolupráci s Gazprom Germania již v roce 2013 vyrobila prvních jedenáct LNG autobusů v Evropě, které byly určeny pro polské město Olsztyn (Nesveda, 2013, online), další autobusy na LNG byly v roce 2016 uvedeny do provozu ve Varšavě.

Polsko se pak obecně díky zřízenému LNG terminálu ve Svinoústi postupně stává v našich zeměpisných šířkách průkopníkem na poli ekologické dopravy, na druhou stranu faktem je, že ve srovnání se značně rozšířeným CNG je LNG spíše pohonnou hmotou budoucnosti, kdy jednou ze zemí, kde je nejrozšířenější, je Čína. V prosince 2017 tak právě tam (jedná se zároveň o největší transportní trh LNG) bylo v provozu více jak 200 000 nákladních automobilů a autobusů poháněných LNG (Shell, 2018, online).

### **2. 3. 1 Plynofikace autobusů v ČR**

Co se konkrétně České republiky týká, program plynofikace je realizován již od roku 1981, přitom jeho první vlna proběhla počátkem 90. let. Jako první svůj pohon z dieselového na plynový změnilo autobusy Karosa B 732.40, které byly poháněny CNG. Prvních pět těchto autobusů začalo být v roce 1991 provozováno v Praze (Harák, 2014).

Další změny vyplynuly zejména z norem, jež nastavila Evropská unie. „Podle direktivy EU a zpracované vize by měla spotřeba zemního plynu do roku 2020 představovat kolem 10 % celkové spotřeby paliv pro dopravu, tj. přibližně 730 milionů metrů krychlových“ (Matějovský, 2005, s. 23). Z hlediska počtu vozidel, která by v ČR do roku 2020 měla být provozována na zemní plyn, by se mělo jedna přibližně o 200-300 tisíc kusů, z čehož by až 10 tisíc z tohoto počtu měly tvořit autobusy a nákladní automobily (tamtéž).

Jelikož *Státní politika životního prostředí ČR pro roky 2012-2020* určuje jako jednu z hlavních priorit snižování množství rizikových látek z dopravy a také snižování znečišťování ovzduší, měl by být provoz vozidel na CNG i LNG systémově podporován.

Dle posledních dostupných statistických údajů bylo v rámci ČR provozováno 19 892 autobusů (data ke dni 30. 9. 2015) průměrného stáří 14,3 roku. Průměrné stáří autobusů v zemích EU přitom činí maximálně 11 let. Během roku 2015 bylo v ČR nově zaregistrováno 1 350 autobusů, přičemž podíl CNG autobusů meziročně vzrostl více jak o čtvrtinu. V polovině roku 2018 pak bylo na území České republiky provozováno 1 180 autobusů užívaných k hromadné dopravě poháněných CNG, což je přibližně 5 % z jejich celkového počtu (CNG4you.cz, 2018, online). Za průběžným nárůstem popularity lze vedle již zmíněných výhod spatřovat také četné poskytované dotace (nejen) z evropských zdrojů. „Vliv zcela jistě na toto zvýšení mělo právě i poskytnutí dotací na výměnu nejstarších a životní prostředí nejvíce znečišťujících autobusů městské hromadné dopravy za ekologické bezprašné autobusy na CNG“ (CNGplus.cz, 2016, online).

### 3 LEGISLATIVNÍ RÁMEC

Jen v rámci EU zemřelo v roce 2011 v důsledku znečištění ovzduší na 450 000 osob. Podle Světové zdravotnické organizace (WHO) je více než 90 % obyvatel evropských měst vystaveno vyšším koncentracím škodlivých látek v ovzduší, než jaké WHO stanovuje jako limitní a zdraví ohrožující. Mezi nejvíce znečišťující látky se řadí černý uhlík (součást pevných prachových částic) a oxid dusičitý (CleanAir, 2015, online). Problematika znečišťování životního prostředí, a tedy i snižování vlivu emisí skleníkových plynů na jeho negativní změny, stejně jako snižování využití fosilních paliv, je tedy v současné době velkým tématem. Nezbytností tak je také příslušná legislativa, která se množství škodlivin snaží regulovat a omezovat.

Výše zmíněné skutečnosti daly vzniknout tzv. emisním normám, které určují, v jaké míře – či zda vůbec – mohou být škodlivé chemické látky v automobilových emisích přítomny. Standardy zahrnují sady požadavků týkající se maximálních limitů pro složení výfukových plynů veškerých silničních prostředků vyráběných v zemích EU a konkrétně se vztahují k oxidu dusíku ( $\text{NO}_x$ ), uhlovodíkům (HC), oxidu uhelnatému (CO) a pevným částicím (PM) obsaženým v emisích s cílem postupně množství těchto látek snižovat (Toušek, 2009). Co však např. dále pojednávaná norma EURO 6 nijak neřeší, je redukce oxidu uhličitého  $\text{CO}_2$ , který je nezřídka tematizován právě v souvislosti s globálním oteplováním. Jeho limity definoval Evropský parlament dodatečně – nejnověji je platný limit 130 g/km, který má však být postupně (během tzv. přechodového období, které bude trvat mezi lety 2020-2022) snížen na 95g/km (Bednář, 2014, online).

První emisní normy užívané pro homologaci vozidel začaly vznikat již koncem 60. let 20. století v USA. V roce 1971 Ameriku následovala i Evropa, když vydala normu EHK 15. „*Prvním předpisem platným v Evropě byla směrnice EHK 15 zavedená v roce 1971. Po mnoha přepracováních byla EHK 15 koncem osmdesátých let nahrazena novou vyhláškou EHK 83. Ta se stala základem i pro dnes platné předpisy (označované EURO). Původní znění EHK 83 vstoupilo v platnost v roce 1989 (v ČR od 1991)*“ (Hromádka a kol., 2011). Emisní předpisy EURO jsou pak přijímány i ve státech, které nejsou členskými zeměmi EU, v nich jsou však značeny jako odpovídající verze předpisů EHK.

Emisní norma Euro 1 vstoupila v platnost v roce 1992 a stanovila maximální hranici obsahu částic na ujetý kilometr u osobních automobilů poháněných na diesel na

hodnotu 0,18 g/km. U naftových, ale i benzinových motorů dále stanovila maximální hranici pro produkovaný oxid uhelnatý na hodnotu 3,16 g/km a uhlovodíky (HC) a oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>) na 1,13g/km. Právě od roku 1992 pravidelně – přibližně ve čtyřletém intervalu – vzniká norma nová, přísnější (Jenne, 2014). Česká republika je jako členská země EU povinna nařízení vydaná EU považovat za závazná.

Normy, které se vztahují na osobní automobily, jsou označovány arabskými číslicemi, normy určené těžkým nákladním autům a také autobusům jsou číslovány římsky. Aktuálně je – od 1. 9. 2014 – platná norma Euro 6 pro schvalování nových vozů a od 1. 9. 2015 pak také pro registraci a prodej všech nových vozů určených pro evropský trh. Norma Euro 6/VI však kromě emisních limitů pro automobily/nákladní automobily a autobusy definuje také nové standardy pro plyny určené na testování motorů (Jenne, 2014).

### **3. 1 Evropská legislativa**

Jak již bylo řečeno, první předpisy, směrnice a nařízení týkající se oblasti konkrétních technických podmínek pro provoz silničních vozidel začaly vznikat již v roce 1970/71, a to v rámci Evropského hospodářského společenství (EHS). Prvním dokumentem, který se tohoto sektoru týkal, však byla *Dohoda o přijetí jednotných technických pravidel pro kolová vozidla, zařízení a části, která se mohou montovat nebo užívat na kolových vozidlech a o podmínkách pro vzájemné uznávání homologací, udělených na základě těchto pravidel*, která byla sjednána již v roce 1958 (v Československu vstoupila Dohoda v platnost 11. 7. 1960 s výhradou podle článku 11/1, že se země nepovažuje být zavázána ustanovením článku 10 Dohody) (Vyhláška č. 176/1960 Sb.). K její novelizaci pak došlo v roce 1995 a dodržování je závazné jen pro země, které tento dokument (dobrovolně) podepsaly.

Evropská hospodářská komise (EHK) publikuje konkrétní normy i dnes, avšak stejně jako tomu bylo v případě výše zmiňované Dohody, jejich dodržování funguje na bázi dobrovolnosti. Oproti tomu předpisy vycházející z Evropského parlamentu a Rady Evropské unie jsou (ač jsou de facto paralelou norem EHK) pro všechny členské země závazné.

Podle dokumentu Evropské komise *Bílá kniha: Cestovní mapa k jednotnému evropskému dopravnímu prostoru* je cílem Evropské unie snižovat množství vozidel využívajících k provozu konvenční pohonné hmoty. Pro rok 2030 je cílem snížit jejich

počet o 50 % a v roce 2050 by se již tato vozidla v Evropě neměla vyskytovat vůbec (European Commission, 2011, online). Členským státům související dokument *Společně ke konkurenceschopné a efektivní městské mobilitě* doporučuje, aby zahájily přípravu dle *Udržitelných plánů městské mobility* (European Commission, 2013, online). K ochraně životního prostředí a také ovzduší se vztahují také další dokumenty EU, např. Eko-inovační akční plán ad.

Evropská unie se samozřejmě kromě prognostiky a stanovování cílů, jichž chce do budoucna v oblasti snižování znečišťování ovzduší dosáhnout, věnuje také analýze stávajícího stavu, od nějž se odvíjí možné postupy a strategie, jak vytyčených skutečností za využití platných právních předpisů EU dosáhnout (Amann, 2014).

Evropská legislativa tak např. stanovuje jednotlivé zkoušky, jejichž prostřednictvím lze zjistit množství produkovaných emisí. Jako první byl na tuto problematiku zaměřen již zmiňovaný předpis č. 83 Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK/OSN) – *Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel z hlediska emisí znečišťujících látek podle požadavků na motorové palivo*. Ten je průběžně doplňován a aktualizován. V současné době je tak (specificky pro oblast nákladní a autobusové dopravy, jež je předmětem zájmu této práce) platný předpis EHK č. 49, který je již 48. přílohou zmiňované Dohody a zároveň je obsahově v souladu se směrnici Evropského společenství (EU) č. 595/2009 pro vozidla kategorií M a N.

Konkrétně se předpis týká jak testování, tak i snižování emisí plyných škodlivých látek, jež jsou uvolňovány motory vznětovými, motory poháněnými zemním plynem i motory poháněnými zkapalněnými ropnými plyny, a zahrnuje podmínky vztahující se na motory vozidel, která se řadí do kategorie M1 o celkové hmotnosti přesahující 3,5 tuny a také kategorie motorových vozidel M2, M3, N1, N2 a N3 (Předpis č. 49 Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů). Klasifikace motorových vozidel (od níž se odvíjí jak předepsané emisní limity, tak i typy požadovaných zkoušek) je dle předpisu následující:

- Kategorie M
  - M1 – vozidla s maximálně osmi místy k přepravě osob (bez místa řidiče) a víceúčelová vozidla;
  - M2 – vozidla s více než osmi místy k přepravě osob (bez místa řidiče) a nejvyšší přípustnou hmotností 5000 kg;
  - M3 – vozidla s více než osmi místy k přepravě osob (bez místa řidiče) a nejvyšší přípustnou hmotností převyšující 5000 kg.

- Kategorie N (nákladní automobily)
  - N1 – vozidla s maximální hmotností do 3500 kg;
  - N2 – vozidla s maximální hmotností v rozmezí 3500 kg - 12 000 kg;
  - N3 – vozidla s maximální hmotností převyšující 12 000 kg.

Předpis zahrnuje popis trojice testů, které slouží ke stanovení emisí plyných znečišťujících látek a znečišťujících částic a kouře z motoru. Jedná se o zkoušku ESC (Evropská zkouška s ustáleným cyklem), ETC (Evropská zkouška s neustáleným cyklem) a zkoušku ELR (Evropská zkouška se závislostí na zatížení). K plynovým motorům se vztahuje měření plyných emisí pomocí zkoušky ETC. V tomto případě je simulována silniční jízda v režimu motorů s velkým výkonem (pro nákladní automobily a autobusy), motor je zahřátý na provozní teplotu a během předepsaného neustálého cyklu probíhá analýza znečišťujících látek po zředění celkového množství výfukových plynů stabilizovaným okolním vzduchem. „K provedení výpočtu hodnot hmotnosti emisí znečišťujících látek se určí průtok surových nebo zředěných výfukových plynů za cyklus. Z hodnot hmotnosti emisí ve vztahu k práci motoru se určí počet gramů každé znečišťující látky emitované na kilowatthodinu“ (Předpis 49 Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů, 2008, s. 81).

**Tabulka 2:** Mezní hodnoty u zkoušky ETC

Řádek	Hmotnost oxidu uhelnatého (CO) g/kWh	Hmotnost uhlovodíků jiných než methan (NMHC) g/kWh	Hmotnost methanu (CH <sub>4</sub> ) (*) g/kWh	Hmotnost oxidů dusíku (NO <sub>x</sub> ) g/kWh	Hmotnost částic (PT) (†) g/kWh
A (2000)	5,45	0,78	1,6	5,0	0,16//0,21 (‡)
B1 (2005)	4,0	0,55	1,1	3,5	0,03
B2 (2008)	4,0	0,55	1,1	2,0	0,03
C (EEV)	3,0	0,40	0,65	2,0	0,02

(\*) Jen pro motory na NG.

(†) Neplatí pro plynové motory stupně B1 a B2.

(‡) Pro motory se zdvihovým objemem menším než 0,75 dm<sup>3</sup> na válec a s otáčkami jmenovitého výkonu vyššími než 3 000 min<sup>-1</sup>.

**Zdroj:** Předpis 49 Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů, 2008, s. 27

### 3. 1. 1 Norma EURO 6/VI

Dodržování emisní normy EURO 6/VI je vyžadováno na základě směrnice o podpoře čistých a energeticky účinných silničních vozidel (2009/33/ES). Emisní norma EURO 6/VI je aktuálním platným předpisem a je revizí normy předchozí, tedy EURO 5. V tomto kontextu je třeba dodat, že mnozí experti se však shodli, že vozidla, která normu EURO 5 technicky splňovala, v reálných podmínkách požadovanou schopnost snižovat emise NO<sub>x</sub> nezřídka nevykázala (zejména právě v městském provozu) (CleanAir, 2015).

Základním cílem normy je, aby výfukové plyny, které jsou produkovány oběma typy motorů – tedy jak zážehovými, tak i vznětovými –, obsahovaly nízké množství škodlivin v souladu s normou předchozí. V případě srovnání normy EURO 6 se stavem v roce 1990 jsou limitní hranice škodlivin skutečně významně nižší, v případě CO o 66 %, HC o 88 %, PM o 98 % a NO<sub>x</sub> o 98 %. Přehled o vývoji limitů v rámci normy EURO poskytuje následující tabulka.

**Tabulka 3:** Přehled limitů jednotlivých emisních norem EURO

Rok/norma		CO		NO <sub>x</sub>		HC + NO <sub>x</sub>		HC	PČ
		[g/km]		[g/km]		[g/km]		[g/km]	[g/km]
1992	I	3,16	3,16	–	–	1,13	1,13	–	0,18
1996	II	2,20	1,00	–	–	0,50	0,70*	–	0,08**
2000	III	2,30	0,64	0,15	0,50	–	0,56	0,20	0,05
2005	IV	1,00	0,50	0,08	0,25	–	0,30	0,10	0,025
2009	V	1,00	0,50	0,06	0,18	–	0,23	0,10	0,005
2014	VI	1,00	0,50	0,06	0,08	–	0,17	0,10	0,005

\* 0,90 pro motory s přímým vstřikováním paliva, \*\* 0,10 pro motory s přímým vstřikováním paliva

**Pozn.:** zeleně jsou vyznačeny limity pro benzínové motory, černě pro motory naftové

**Zdroj:** Sajdl, 2014, online

V případě naftových motorů je pro emise NO<sub>x</sub> stanovena limitní hranice 80 mg/km (oproti dřívějším 180 mg/km) a zážehové motory by neměly překročit hodnotu 60 mg/km. Pro vozidla, která přesáhnou hmotnost 1700 kg, jsou také nutností



katalyzátory SCR skombinované s AdBlue systémem, které v kooperaci dokáží efektivně snižovat obsah škodlivých látek ve výfukových plynech. Doba užití těchto zařízení je limitována ujetou vzdáleností, a to 160 000 kilometry, přičemž jejich provozuschopnost je také třeba ověřit na STK, a to buď po 5 letech užívání, nebo ujetých 100 000 kilometrech.

Za účelem zjištění, zda vozidlo odpovídá požadavkům normy EURO 6, je nutné, aby prošlo sadou specializovaných zkoušek. Těch je pro vozidla typu M a N v základu šest, sedmou je pak tzv. zkouška OBD.

- Zkouška typu I – ověření výfukových emisí po studeném startu, a to ve dvou cyklech, městském a mimoměstském;
- Zkouška typu II – test emisí oxidu uhelnatého při volnoběžných otáčkách;
- Zkouška typu III – ověření emisí plynů z klikové skříně;
- Zkouška typu IV – určení emisí, které jsou zapříčiněny vypařováním z vozidel se zážehovými motory;
- Zkouška typu V – zkouška, jež ověřuje životnost zařízení proti znečišťování;
- Zkouška typu VI – ověření průměrných výfukových emisí oxidu uhelnatého a uhlovodíků po studeném startu za nízké okolní teploty;
- ZKOUŠKA OBD – spočívá v simulaci chybné funkce součásti řídicí jednotky motoru nebo systému regulace emisí na základě cyklu zkoušky typu I (Evropská unie, 2012).

Tyto zkoušky se vztahují na zážehové motory osobních automobilů, ovšem i zkoušky osobních či nákladních vozidel s motory vznětovými probíhají obdobně a liší se pouze minimálně (rozdílem je, že některé zkoušky se v případě vznětových motorů nerealizují a provádí se jen zkouška I, V a zkouška OBD).

Vznik emisí autobusů městské hromadné dopravy pak stojí na obdobném principu jako vznik emisí vozidel osobních, rozdílem je pouze typ motoru, který je v případě vozů MHD většinou vznětový. Emisní normy, které se vztahují na vznětové motory autobusů, a jejich vývoj mezi lety 1992-2013 shrnuje tabulka na následující straně. Limity vztažené na autobusy definují nejvyšší možné množství emisí v g/kWh.

**Tabulka 4:** Limitní hodnoty normy EURO VI, 1992-2013

Norma	Platnost	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM
Euro I	1992	4,500	1,100	8,000	0,612
Euro II	1998	4,000	1,100	7,000	0,150
Euro III	2000	2,100	0,660	5,000	0,100
Euro IV	2005	1,500	0,460	3,500	0,020
Euro V	2008	1,500	0,460	2,000	0,020
Euro VI	2013	1,500	0,130	0,400	0,010

**Zdroj:** Mrzena, 2010, s. 220

V případě zaměření se na srovnání produkce emisí uvolňovaných autobusy dieselvými a těmi na plyn (LNG/CNG) je třeba mít na mysli v prvé řadě fakt, že CNG (potažmo plyn) je až z 98 % tvořen metanem, k jehož spalování dochází společně se vzduchem. Průběh spalování této homogenní směsi je pak de facto ideální a emise vznikají v minimálním množství. Tomuto stavu se však spalování aerosolu motorové nafty může i za užití rozličných úprav jen zdaleka přiblížit (Hořčík, 2009, online). Jak pak naznačila související studie Centra dopravního výzkumu v Brně, v případě užití zemního plynu v dopravě dochází k produkci nižších hodnot CO, NO<sub>x</sub> a také pevných částic – vedle toho CNG/LNG vozidla produkují minimálně o polovinu nižší množství prachových částic, než jaké je určeno normou EURO 5. Právě snaha této normě vyhovět pak prodražuje provoz vozidel poháněných dieselem, jelikož je třeba provádět adekvátní úpravy tak, aby produkce emisí normě odpovídala. Přitom konkrétně CNG/LNG autobusy tuto normu naplňují již jen z podstaty užitého paliva a logicky pak splňují i normu EURO VI a příp. normy a předpisy následující, a to bez nutnosti jakýchkoliv prováděných úprav (tamtéž).

### 3. 2 Česká legislativa

Negativnímu vlivu emisí městské dopravy čelí také většina české populace. Podle informací z konference o CNG autobusové dopravě, která se konala na podzim 2014, byly ve 37 českých městech přesaženy maximální stanovené limity, a to zejména co se týká koncentrace jemných prachových částic, ale také z hlediska karcinogenního benzo[a]pyrenu (Schindler, 2014, online). „*Koncentrace benzo[a]pyrenu, který se nachází ve výfukových plynech, jsou dlouhodobě překračovány u 60 procent populace ČR. Je silně karcinogenní a představuje nejvýznamnější riziko znečištěným ovzduším u nás. A největší zátěž benzo[a]pyrenu ve velkých městech způsobuje právě doprava,*“

uvedl Radim Šrám z Ústavu experimentální medicíny Akademie věd ČR (Schindler, 2014, online).

I pro Českou republiku je tedy klíčová podpora rozvoje využití alternativních pohonných hmot a snižování emisí, což je téma, jemuž se plně věnuje *Národní program snižování emisí České republiky* (NPSE), dokument, který vláda schválila 2. 12. 2015 usnesením č. 978 (Ministerstvo životního prostředí, 2015). Na problematiku podpory vozidel na alternativní pohon a rozvoj patřičné infrastruktury se zaměřuje *Národní akční plán čisté mobility* přijatý českou vládou v roce 2014. Za výchozí legislativní rámec lze však považovat *Státní politiku životního prostředí ČR 2012-2020*.

### **3. 2. 1 Státní politika životního prostředí**

*Státní politika životního prostředí ČR 2012-2020* (SPŽP ČR) je stěžejní dokument týkající se ochrany životního prostředí, který vláda také průběžně aktualizuje. SPŽP ČR definuje čtveřici tematických oblastí – tj. Ochranu a udržitelné využívání zdrojů, Ochranu klimatu a zlepšení kvality ovzduší, Ochranu přírody a krajiny a Bezpečné prostředí. Poslední aktualizace dokumentu proběhla na podzim 2016, kdy byla upravena struktura jednotlivých priorit, nově s větším důrazem kladeným na „Bezpečné prostředí“.

Oblast Ochrany klimatu a zlepšení kvality ovzduší jako základní předmět zájmu určuje právě snižování skleníkových plynů a omezování negativních dopadů klimatických změn. Cílem tak je „*snižování emisí skleníkových plynů v rámci EU ETS o 21 % a omezení nárůstu emisí mimo EU ETS na 9 % do roku 2020 oproti úrovni roku 2005*“ (Ministerstvo životního prostředí, 2012, s. 21). V souvislosti se snižováním úrovně znečištění ovzduší by měla být zlepšována kvalita ovzduší v lokalitách překračujících imisní limity a také by měla být dodržována emisní maxima z roku 2010. Vedle toho je cílem „*snižování celkové emise oxidu siřičitého (SO<sub>2</sub>), oxidů dusíku (NO<sub>x</sub>), těkavých organických látek (VOC), amoniaku (NH<sub>3</sub>) a jemných prachových částic (PM<sub>2,5</sub>) do roku 2020 ve shodě se závazky ČR*“ (tamtéž, s. 22).

### 3. 2. 2 Národní program snižování emisí ČR

Národní program snižování emisí (NPSE) analyzuje stávající situaci a predikuje další vývoj ovzduší v ČR. Zaměřuje se na definování příčin znečištění, emise v souvislosti s konkrétními ekonomickými sektory, na možnosti, jak by se znečišťování ovzduší mohlo do budoucna vyvinout, to vše v kontextu mezinárodních smluv, které by Česká republika měla dodržovat. Přehled emisí v rámci České republiky mezi lety 2005-2013 shrnuje následující tabulka.

**Tabulka 5:** Celkové národní emise v ČR v letech 2005-2013 (kt/rok, B(a)P t/rok)

Rok	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NM-VOC	NH <sub>3</sub>	TZL	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	B(a)P (t/rok)
2005	211,2	280,8	203,4	81,8	78,3	45,9	31,5	n.a.
2006	205,2	271,7	195,4	63,4	75,9	43,5	30,8	n.a.
2007	210,9	268,9	186,1	59,9	75,9	43,5	30,8	11,1
2008	168,0	248,6	174,7	65,8	73,6	44,4	30,4	11,2
2009	167,1	230,8	164,1	68,3	68,7	40,6	27,8	10,8
2010	160,4	218,6	155,9	68,6	64,9	38,7	26,7	11,0
2011	159,7	204,6	140,9	65,7	60,0	34,5	23,2	9,1
2012	154,9	190,9	134,9	64,3	59,3	34,5	23,4	9,6
2013 <sup>22</sup>	138,5	177,8	128,8	63,3	59,6	34,7 <sup>23</sup>	23,5 <sup>24</sup>	n.a.
Národní emisní stropy k roku 2010 (kt/rok)								

**Zdroj:** Ministerstvo životního prostředí, 2015, s. 11

Vedle toho určuje NPSE možné scénáře, jak problematický stav ovzduší změnit k lepšímu, a také termíny, kdy by jednotlivých cílů mělo být dosaženo, přičemž program je připraven pro období do roku 2020, avšak počítá i s výhledem do roku 2030. Aby bylo do roku 2020 dosaženo stanovených hodnot emisí oxidu siřičitého, oxidů dusíku, těkavých organických látek, amoniaku a jemných prachových částic, určuje NPSE na 23 opatření, která jsou uváděna do kompetencí různých orgánů státní správy. Z těchto 23 opatření se jich pak 15 vztahuje explicitně k oblasti dopravy.

Z hlediska naplňování norem EURO je jistě pozitivní zjištění, že – jak uvádí analýza NPSE – na českých komunikacích se již vozidla, která by je nespĺňovala, prakticky nevyskytují. I tak však průměrné stáří vozového parku ČR za standardy, jež jsou vlastní vyspělým zemím EU, zaostává (Ministerstvo životního prostředí, 2015).

### 3. 2. 3 Národní akční plán čisté mobility

Podpořit provoz vozidel poháněných alternativními palivy a snížit závislost České republiky na ropných produktech si klade za cíl již dříve zmiňovaný *Národní akční plán čisté mobility* (NAP CM), jež přichystalo Ministerstvo průmyslu a obchodu. K jeho schválení došlo v listopadu 2015. Výchozím dokumentem pro NAP CM je směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/94/EU z října 2014. Ta se týká „zavádění infrastruktury pro alternativní paliva, která v případě elektromobility a zemního plynu (a částečně rovněž vodíku) stanoví členským státům povinnost rozvíjet příslušnou infrastrukturu dobíjecích a plnicích stanic“ (Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2015, online). NAP CM tedy mj. definuje podmínky pojící se k výstavbě plnicích a dobíjecích stanic, a to v období let 2020-2030.

Předpokladem je, že podpora prodeje vozidel, jež produkují snížené množství emisí, by měla přispět ke zlepšení prozatím neuspokojivé situace ve městech z hlediska vysoké míry zplodin ovlivněné zejména hustou dopravou. Dokument tak vedle kladených cílů také zahrnuje konkrétní opatření, která by měla vést jak k navyšování množství elektromobilů, tak i vozidel poháněných alternativními palivy, přičemž jednou ze základních podmínek této vize je budování nutné infrastruktury. Jelikož se NAP CM řídí zmiňovanou směrnicí EU, zaměřuje se na alternativní paliva, jež jsou „na prahu plného komerčního využití“, nevztahuje se tedy na LPG a ani biopaliva, jelikož např. LPG infrastruktura je v zemích EU již relativně uspokojivá (Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2015, online). Směrnice EU totiž „obsahuje obecnou definici alternativních paliv, do níž vedle elektromobility a zemního plynu (CNG/LNG) řadí i vodík, biopaliva a zkapalněný ropný plyn LPG, pouze v případě elektromobility a zemního plynu a částečně rovněž v případě vodíku však stanoví členským státům povinnost rozvíjet příslušnou infrastrukturu dobíjecích a plnicích stanic“ (Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2015, s. 10).

## 4 PODPORA ALTERNATIVNÍCH PALIV V DOPRAVĚ

Na podporu alternativních paliv v dopravě lze nahlížet z dvojí perspektivy. Prvním hlediskem je samozřejmě to ekologické, jelikož zejména motorová vozidla poháněná spalovacími motory významně negativně působí na ovzduší. Ačkoliv jsou tedy stále zpříšňovány maximální emisní limity a také požadavky vztahující se ke kvalitě pohonných hmot, s ohledem na systematicky stále narůstající dopravu a počet vozidel nelze tato opatření považovat za dostatečná. Druhým pohledem je pak otázka závislosti Evropy na dovozu ropy a také možná bezpečnostní a ekonomická rizika z této situace plynoucí.

Jelikož Evropa je významně závislá na importu ropy, je samozřejmě jedním z globálních evropských cílů snížení této závislosti (vedle toho je předpoklad, že během následujících 20 až 30 let budou evropská ložiska ropy vyčerpána). Konkrétně v dopravním odvětví dosáhlo využití ropy v Evropě v roce 2010 k 94 % a výdaje za dovoz této suroviny dosáhly k jedné miliardě eur za den. Podpora využití alternativních paliv v dopravě by tak – vedle eliminace fatálních dopadů spalování ropy na životní prostředí – mohla vést také k významným finančním úsporám (a to navzdory investicím nutným pro vybudování patřičné infrastruktury). Jak dále uvádí *Program podpory alternativních paliv v dopravě - zemní plyn*, který vznikl na základě usnesení vlády České republiky č. 563 ze dne 11. 5. 2005, podpora trhu s alternativními palivy a vytváření potřebné infrastruktury by zároveň mohla poskytnout nová pracovní místa (podle výzkumu, který provedla *Evropská nadace pro otázky klimatu*, by se do roku 2025 mohlo jednat až o 700 000 pracovních míst).

Snížit závislost na ropě a zároveň také snížit emise skleníkových plynů si vytyčila za hlavní úlohy již v roce 2000 *Zelená kniha: Evropská strategie pro zabezpečení zásobování energiemi*, která určuje také ideální hodnoty podílu alternativních paliv užívaných v dopravě do roku 2020, a to ve výši 20 % z celkového množství.

Alternativními palivy jsou pak míněna biopaliva, zemní plyn a ostatní fosilní plyny a též vodík. Každé z nich však vyžaduje vlastní specifická opatření. Co se konkrétně zemního plynu týká (jak v podobě stlačené, tak i zkapalněné), jeho dostupnost je relativně bezproblémová, ovšem je nutné vybudovat potřebnou infrastrukturu určenou k jeho distribuci, stejně tak je bezpodmínečná výměna vozidel. Na druhou stranu z hlediska bezpečnosti (jak užití, tak i distribuce) je zemní plyn ve

srovnání s ropou lepší alternativou. Na dokument z roku 2000 následně v roce 2006 navázala *Zelená kniha: Evropská strategie pro udržitelnou, konkurenceschopnou a bezpečnou energii* (Evropská unie, 2006).

#### 4. 1 Evropský kontext

Pro všechny země Evropské unie je závazná *Směrnice EU o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva* z roku 2014, která po členských státech požaduje sestavení (a následně také pravidelnou aktualizaci po uplynutí tří let) vlastního legislativního rámce (např. v případě ČR *Národní akční plán čisté mobility*), jenž poslouží k rozvoji trhu s alternativními palivy, k rozvoji infrastruktury podporující rozšíření paliv CNG, LNG, ale také elektřiny a vodíku. Uživatelům vozidel poháněných alternativními palivy by totiž mělo být umožněno pohybovat se v prostoru celé Evropské unie tak, aby je nijak neomezovala nedostatečná infrastruktura. Co se týká konkrétně LPG, jak již bylo řečeno, v tomto případě je zázemí relativně uspokojující, ovšem 23 zemí Evropské unie zároveň disponuje nedostatečným počtem CNG stanic (Kavková, 2015, online).

Podle někdejšího místopředsedy Evropské komise Siima Kallase, který měl mj. na starost sektor dopravy, je podpora alternativních paliv ve 21. století naprostou nezbytností. „*Rozvoj inovativních a alternativních paliv je zcela zřejmou cestou, jak dospět k větší účinnosti hospodářství EU z hlediska zdrojů, jak snížit naši přílišnou závislost na ropných produktech a jak rozvinout odvětví dopravy, aby odpovídalo požadavkům 21. století,*“ uvedl Kallas v tiskové zprávě Evropské komise o strategii čistých paliv z roku 2013 (Evropská komise, TZ, 2013, online). Ta se vztahuje ke všem typům alternativních paliv a určuje plánovaný rozvoj.

V případě zkapalněného zemního plynu (LNG) a stlačeného zemního plynu (CNG) EU vytyčuje jako hlavní cíl podporu infrastruktury, a to zejména pro zkapalněný zemní plyn (zásobníky na LNG určenými pro námořní plavidla je vybaveno např. Švédsko). Do roku 2020 je však cílem zbudovat čerpací stanice LNG ve všech 139 námořních přístavech a do roku 2025 i ve všech přístavech vnitrozemských (Evropská komise, TZ, 2013, online). Co se vybavenosti zemí EU čerpacími stanicemi na LNG týká, Evropská komise navrhuje, aby do roku 2020 byly vybudovány napříč transevropskou dopravní sítí, a to ve vzdálenosti 400 km od sebe. (Nejnověji se potom tématu LNG týká Usnesení Evropského parlamentu ze dne 25. října 2016 o strategii EU

pro zkapalněný zemní plyn a skladování plynu.) Faktem ale je, že v rámci celé EU bylo na jaře 2015 registrováno pouze kolem 500 LNG vozidel, přičemž většina z nich byla provozována ve Velké Británii a zemích Beneluxu (dále pak ve Francii, Itálii, Polsku, Skandinávii a Španělsku) (Loucký, 2015, online).

Stlačený zemní plyn je využíván především v osobních automobilech, jichž je – poháněno právě CNG – v rámci EU kolem dvou milionů (tj. cca 1 % všech vozidel). Evropská komise pak navrhuje, aby do roku 2020 byl tento počet zdesetinásoben a CNG stanice aby byly rozmístěny ve vzájemné vzdálenosti do 150 km. Trend rapidního nárůstu využití CNG by měl následovat i v letech nadcházejících, předpokladem je v rámci EU 5% podíl CNG vozidel v roce 2025 a 9% podíl v roce 2040 (což i tak značí zpoždění ve srovnání s trhem světovým, kde 9% podílu – tedy 64 milionů vozidel poháněných CNG – bude dosaženo již v roce 2020) (Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2016, s. 47). Infrastruktura týkající se zkapalněného ropného plynu je v současné době dle EU dostatečná.

To, že implementace a zejména naplnění met, jež jsou vytyčovány EU, neprobíhá vždy tak, jak je očekáváno za ideálních podmínek, pak dokladuje např. Německo. To si ve svých národních cílech stanovilo do roku 2020 dosáhnout zvýšení využití zemního plynu jako paliva na 4 %, a to za využití podpůrných mechanismů, jako je vyrovnávání cen paliv, sleva na poplatcích odváděných za provoz sítě zemního plynu a také zvýhodnění výše mýtného ku prospěchu vozidel s nízkoemisními charakteristikami. Jak však vyhodnotila Iniciativa pro podporu mobility zemního plynu, implementace opatření zatím neprobíhá příliš úspěšně (Kroneisl, 2016, online) a opatření jsou pro dosažení sledovaných cílů nedostatečná. Je tedy otázkou, nakolik úspěšné budou se svými národními plány sledujícími opatření EU ostatní členské země.

## **4. 2 Stav v České republice**

Pro zavádění alternativních paliv na území České republiky je samozřejmě nezbytný evropský legislativní rámec z roku 2014 týkající se klimatické a energetické oblasti. Ten za své stěžejní cíle s výhledem do roku 2030 vytyčuje v první řadě snížení emisí CO<sub>2</sub> o 40 % oproti roku 1990, v druhé řadě zmiňuje navyšování podílu obnovitelných zdrojů energie a neopomíjí ani zvyšování energetické účinnosti. V souvislosti s oblastí dopravy EU opětovně zmiňuje nutnost komplexní změny



dopravního systému čítající jak inovace, tak i zaužívání nových pohonných technologií a také alternativních paliv.

Alternativní paliva (specificky CNG a LPG) jsou podle NPSE (Ministerstvo životního prostředí, 2015) v rámci České republiky využívána ve srovnání s palivy klasickými minimálně a především pak v sektoru osobní dopravy (v roce 2013 činil podíl využití CNG 0,27 %). Přitom však *Dopravní politika ČR* týkající se let 2014-2020, kterou vláda schválila v roce 2013, si explicitně klade za cíl zavádění takových opatření, která by snížila důsledky dopravy na životní prostředí a veřejné zdraví, a uvádí tedy zejména opatření týkající se budování potřebné infrastruktury a také podpory oblasti nízkoemisní nákladní dopravy (tamtéž).

V souladu s v roce 2005 schváleným dokumentem *Program podpory alternativních paliv v dopravě* však vláda do roku 2020 počítá s minimálně 10% náhradou klasických pohonných hmot zemním plynem. Podle slov Jiřího Šimka, místopředsedy Rady Českého plynárenského svazu, by měla být situace v příštích desetiletích následující: „*Do roku 2030, kdy by mělo být v ČR více než 300 plnicích stanic, by měl mít CNG/LNG asi 10% podíl na celkové spotřebě pohonných hmot v ČR. V roce 2030-2040 by mohlo po českých silnicích jezdit kolem 300 000 vozidel na zemní plyn. Jeho roční spotřeba by se měla pohybovat mezi 600 až 700 miliony metrů krychlových*“ (Hybrid.cz, 2015, online).

Za podporu zvyšování zájmu o vozidla poháněná CNG lze považovat především zvýhodněnou spotřební daň, která je do roku 2025 zastropována, a také osvobození od silniční daně v případě vozidel do 12 tun. Vláda však již také potvrdila, že následně daň poroste alespoň na evropské minimum (Skalický, 2014, online).

Specificky se problematiky podpory rozšiřování alternativních paliv týká opatření AA7 – *Podpora výstavby čerpací a dobíjecí infrastruktury pro alternativní pohony v dopravě*, které má být prováděno průběžně až do konce roku 2023. Cílem tohoto opatření je především snížení emisí NO<sub>x</sub>, VOC, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> a benzo[a]pyrenu (BaP), ale ve vedlejším plánu také snížení emisí CO<sub>2</sub>. Opatření dále zmiňuje nezbytnost vybudování sítě plnicích stanic na CNG/LNG, ale také dobíjecích stanic určených elektromobilům. Jak opatření shrnuje stav v ČR v roce 2015: „*V současné době je v ČR v provozu téměř 100 plnicích stanic na CNG a 0 stanic na LNG, přičemž pro zajištění pohodlného celoplošného čerpání zemního plynu je nutné mít v provozu minimálně 250 plnicích stanic na CNG a cca 5 stanic na LNG*“ (Ministerstvo životního prostředí, 2015,

s. 78). Počet stanic určených k dobíjení elektromobilů je pak odhadován na 80, kdy však za dostatečný je považován počet 1300 (tamtéž).

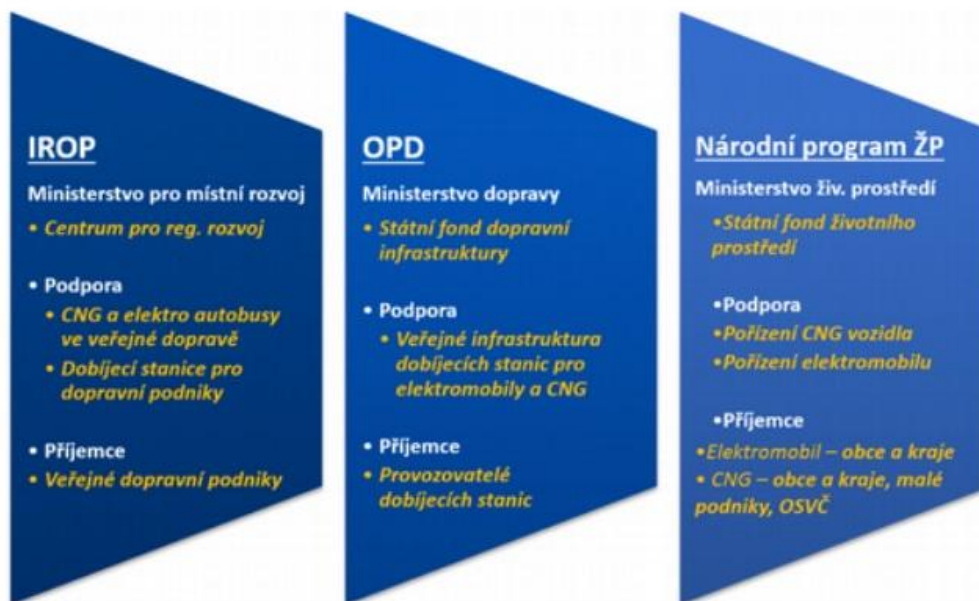
Zejména neexistence dostatečné infrastruktury je hlavní bariérou bránící masivnější plynofikaci v dopravě. Pro její zahájení se pak jako nejvhodnější jeví právě autobusová doprava, jelikož autobusy poháněné CNG jsou již dostupné i na českém trhu (hlavní překážkou pro jejich pořízení jsou však vyšší náklady pro jejich zakoupení ve srovnání s autobusy poháněnými dieselem). I co se týká využití LNG, lze v případě dostatečné institucionální podpory očekávat značný nárůst vozidel – zejména tahačů, ale také autobusů – jím poháněných (Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2015). LNG lze totiž obdobně jako CNG efektivně využít ke snižování emisí (prakticky na úroveň stejných hodnot), ovšem zároveň s vyšším dojezdem vozidel a nižší hmotností palivových nádrží, než je tomu v případě CNG vozidel. Podle NAP CM lze pak rozvoj vozidel poháněných LNG na našem území očekávat cca v horizontu následujících pěti let, a to především v nákladní dopravě.

#### **4. 2. 1 Dotační programy**

Podpora rozšiřování nízkoemisní dopravy (resp. veřejné hromadné dopravy) má samozřejmě množství podob – vedle zmiňovaných daňových zvýhodnění a příp. upřednostňování nízkoemisních vozidel ve státní správě a veřejné dopravě jsou hlavním mechanismem rozličné dotace. Ty se mohou vztahovat jak přímo na nákup vozidel na LNG a CNG, tak i na budování čerpacích stanic.

Konkrétně v ČR nákup plynových autobusů finančně podporoval Státní fond životního prostředí, a to v oblastech, kde kvalita ovzduší překročila kritickou hranici. Na tyto aktivity následně navázalo také Ministerstvo pro místní rozvoj, které spoluposkytuje související dotace v rámci *Integrovaného regionálního operačního programu* (IROP). Kromě toho mohou zájemci využít také dotačních programů ministerstva dopravy a také ministerstva životního prostředí.

**Obrázek 9:** Přehled dotačních programů na podporu CNG



**Zdroj:** Muřický, 2016, online, s. 16

IROP (Ministerstvo pro místní rozvoj) problematice tzv. čisté mobility věnuje pozornost v rámci vytyčeného cíle *Zvýšení podílu udržitelných forem dopravy*, přičemž by mělo být směřováno k tomu, aby byly budovány parky veřejné dopravy využívající alternativních pohonů. Přímou podporován je tedy jak samotný nákup nízkoemisních i bezemisních vozidel, tak i zřízení plnicích i doplňovacích stanic pro tato vozidla. O finanční podporu mohou žádat jak kraje, tak i obce, svazky obcí, organizace zřizované krajem nebo všichni dopravci, kteří provozují veřejnou linkovou dopravu (vyjma hl. m. Prahy). V rámci IROP jsou průběžně vypisovány jednotlivé výzvy. Pokud by měly být zmíněny ty z poslední doby, jednalo by se např. o 20. výzvu *Nízkoemisní a bezemisní vozidla*, kdy příjem žádostí o podporu probíhal v období 29. 1. 2016 - 29. 7. 2016. Alokace výzvy z Evropského fondu pro regionální rozvoj dosáhla v tomto případě výše 1,15 mld. Kč, státní rozpočet pak vyhradil maximálně 67,5 mil. Kč. Další z výzev IROP v programu *Udržitelná doprava – zvýšení podílu udržitelných forem dopravy* probíhala v období 15. 9. 2016 – 29. 12. 2017 a vyhrazeny byly prostředky v celkové výši 8,4 mld. Kč, kdy bylo počítáno s pokrytím 90 % nákladů krajů a 85 % nákladů veřejných dopravců (Voříšek, 2017, online).

Operační program Doprava (Ministerstvo dopravy) je zaměřen na podporu rozvoje sítě napájecích stanic alternativních energií na silniční síti (tj. napájecí a

dobíjecí stanice pro alternativní pohony). Tento program běží od roku 2014 až do roku 2020 a jedním z vytyčených cílů je vytvoření podmínek pro širší využití vozidel na alternativní pohon na silniční síti – proto se pozornost soustředí především na podporu utváření infrastruktury pro alternativní paliva (Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2015).

Národní program životního prostředí – životní prostředí ve městech a obcích (Ministerstvo životního prostředí) se zaměřuje na podporu alternativních způsobů dopravy, tj. nákup nových nebo přestavěných vozidel s alternativním pohonem (jak CNG, tak i elektromobily, plug-in hybrid), jedna z posledních výzev probíhala v období 10. 11. 2016 – 31. 3. 2017 a konkrétně na CNG bylo vyhrazeno 20 milionů, podmínkou poskytnutí finanční podpory pak byla více jak 50% účast příjemců podpory (Voříšek, 2017, online).

## 5 SROVNÁNÍ PROVOZU AUTOBUSŮ NA DIESEL A ALTERNATIVNÍ POHON

Využití alternativních paliv v hromadné dopravě se v dnešní době ukazuje jako efektivní způsob, jak omezit negativní dopady stále se navyšujícího provozu na silnicích a také v centrech měst. Zatímco CNG je již i v našich zeměpisných šířkách relativně běžné a vozidla poháněnými stlačeným zemním plynem se postupně snaží obnovovat svůj vozový park jak dopravní podniky, tak i firmy, jejichž podnikání je postaveno právě na přepravě (např. Česká pošta), LNG je prozatím spíše palivem, na nějž je nahlíženo jako na variantu budoucnosti. A to navzdory faktu, že v USA a např. i v Číně jsou již nákladní vozy/tahače, ale také autobusy na LNG zcela běžné.

Jelikož cílem práce je srovnání provozu autobusů na diesel a alternativní pohon, v případě CNG lze již nakládat s konkrétními daty – autobusy na CNG totiž již mnohé české dopravní podniky disponují. Modelovým příkladem v rámci této práce tak bude ČSAD Střední Čechy, dopravní podnik, který v letošním roce uvedl do provozu díky získané dotaci 10 CNG autobusů. Vedle toho samozřejmě provozuje také autobusy na diesel. Právě informace vztahující se k provozu těchto autobusů (a také informace ze spol. IVECO, SOR bus Libchavy a Chart Ferox) pak budou využity také za účelem konkrétních výpočtů. S ohledem na to, že autobusy na LNG zatím v ČR v provozu nejsou, bude v tomto případě nakládáno s odpovídajícími obecnými údaji týkajícími se jejich provozu.

### 5.1 Otázky a hypotézy

Jelikož se diplomová práce zaměřuje na identifikaci a srovnání ne/výhod využití alternativních pohonných hmot (LNG, CNG) v hromadné autobusové dopravě ve srovnání s dieselovým pohonem, je jejím cílem poskytnout odpověď na hlavní otázku: *Jaké jsou ne/výhody alternativních paliv CNG a LGN ve srovnání s dieselovým pohonem?* Za účelem jejího zodpovězení byly formulovány dvě dílčí hypotézy, jejichž záměrem je v rámci jejich potvrzení/vyvrácení poskytnout komplexní pohled na tuto problematiku.

- **HYPOTÉZA 1:** Využití LNG je v případě využití v autobusové dopravě finančně výhodnější než využití dieselu.

- **HYPOTÉZA 2:** Využití CNG je v případě využití v autobusové dopravě finančně výhodnější než využití dieselu.

Jelikož je však třeba kromě samotného typu paliva zohledňovat i další aspekty, zejména pak ovlivňující cenu autobusů na LNG/CNG, byla formulována také otázka doplňující:

- *Jak využití alternativních paliv v autobusové dopravě ovlivňují finanční zvýhodnění?*
  - V tomto případě je cílem zaměřit se na výši poskytovaných dotací a určit, zda je nákup autobusů na alternativní paliva pro dopravní podnik rentabilní i bez udělené dotace. Stejně tak je záměrem zohlednit možnost odpisů namísto 5 let na dobu 10 let.

## 5. 2 Postup řešení

Pro zodpovězení hlavní otázky a vyhodnocení souvisejících hypotéz bude využita metodika Kalkulace nákladů silniční nákladní a osobní dopravy (Tichý, 2014). Budou realizovány výpočty vycházející z vyčíslení nákladů na 1 km týkajících se převodu spotřeby nafty na LNG, CNG a jejich vzájemné srovnání (viz dále kap. 5. 2. 1 – Matematický postup). Jak uvádí Tichý (2014, s. 3), „*pro výpočet (kalkulaci) nákladů a nákladových tarifů a realizaci dopravních výkonů je potřebná znalost technických a ekonomických ukazatelů, jejichž hodnoty se udávají pro kalkulované období, typicky pro 1 rok.*“ Hodnocena tedy bude efektivita jednotlivých pohonů v kontextu cen zvolených pohonných hmot, přičemž vedle ceny a spotřeby paliva budou vzaty v potaz také náklady na údržbu a opravy a samozřejmě i pořizovací náklady v podobě odpisů. Za do jistého slova smyslu výchozí budou považovány také informace poskytnuté ČSAD Střední Čechy, tedy dopravním podnikem, který provozuje linkové autobusy, a to jak na diesel, tak nově i na CNG (ty byly pořizeny právě díky získané dotaci).

V případě výpočtu nákladů na jízdu autobusu je třeba brát v potaz soubor proměnných – resp. součet nákladů na autobus (jízda i jeho stání) a také řidiče. Náklady je však nezbytné rozdělit detailněji, a to na náklady přímé (ty, které jsou s provozem autobusu neoddelitelně spojeny, tedy pohonné hmoty, pneumatiky apod.) a režijní/nepřímé (ty, které je nutno vynaložit, ale nejedná se přímo o náklady spojené explicitně s provozem (Tichý, nedatováno, online).

Do celkových nákladů budou tedy zahrnuty veškeré vyvstávající náklady, vedle vlastní spotřeby pohonných hmot a mazadel budou započteny také položky jako

náklady na pneumatiky, odpisy dopravních prostředků, mzdy a odvody, údržba, mýto, provozní a správní režie a jiné (ostatní) náklady. Tento vztah zachycuje následující výchozí vzorec – vytvořený v souladu s výše zmiňovanou Metodikou.

$$n_{CEL} = c * p_{PHM} + n_{PNEU} + n_{ODPISY} + n_{MZDY,ODVODY} + n_{ÚDRŽBA} + n_{MÝTO} + n_{REŽIE} + n_{OSTATNÍ} \quad (1)$$

Při vlastním srovnání využití jednotlivých typů pohonných hmot konstantními náklady budou ty, které se v závislosti na palivu nemění (mzdy, režie, pojištění...), zachycovány budou ale i náklady, jež se mění v závislosti na ujetých kilometrech a také počtu hodin provozu.

Za účelem srovnání je tedy třeba nejprve zohledňovat ty položky, jež se mění v závislosti na zvoleném palivu. V první řadě se jedná o samotnou spotřebu – z toho důvodu je nezbytnou znalost objemu plynové nádrže a také spotřeby za ujetý kilometr. Jelikož výpočty pro CNG a diesel jsou realizovány s ohledem na data poskytnutá ČSAD Střední Čechy, v případě CNG je vzat v potaz objem nádrže (resp. čtveřice nádrží po 320 litrech) autobusů IVECO Urbanway, tedy celkem 1280 l. Objem nádrží stávajících dieselových autobusů IVECO Urbanway 12M pak činí 300 l. V případě objemu nádrží LNG lze vycházet z obecně dostupných údajů (autobusy na LNG jsou v provozu např. v Polsku), kdy právě polské autobusy Solcity12 disponují palivovou nádrží o objemu 365 litrů, již lze naplnit cca 35 kg LNG (Český plynárenský svaz, 2015, online). Nespornou výhodou zkapalněného zemního plynu je však také jeho kompaktnost. „Zemní plyn zkapalní za tlaku 1 bar při teplotě  $-161^{\circ}\text{C}$ . Jeden normální  $\text{m}^3$  zemního plynu zabírá po zkapalnění objem 1,7 litru, tedy 3 krát méně než po stlačení na 200 bar při  $15^{\circ}\text{C}$ , což je normalizovaná hustota při plnění vozidel stlačeným zemním plynem“ (Chrz a Čermák, 2009, online). Nádrž autobusů na LNG tedy obsáhne více paliva než nádrže na CNG a autobusy mají v důsledku delší dojezdové schopnosti.

Další klíčovou položkou je cena vybraných pohonných hmot. V průměru se aktuální (k 31. 8. 2018) cena 1 kg CNG pohybuje v rozmezí od cca 23 Kč po 26 Kč s DPH (CNGplus, 2018, online), jak uvádí poskytnuté interní materiály ČSAD Střední Čechy, jeho cena je v tomto případě oproti průměru zvýhodněna, navíc je třeba počítat s částkami bez DPH, v případě této práce je tedy nakládáno s částkou 19,57 Kč/kg. Cena LNG (opět bez DPH) činí u jediné české plnicí stanice společnosti Spolgas 19,83 Kč/kg (Spolgas.cz, 2018, online). V případě nafty se pak jedná o 26,81 Kč/l (bez DPH).

Koncová cena pohonných hmot je ovlivněna také spotřební daní, kdy tuto položku v případě CNG upravovala/cíleně snižovala až do konce roku 2017 legislativa (Zákon č. 261/2007 Sb., o stabilizaci veřejných rozpočtů), a to na 68,40,- Kč/MWh, tj. 0,72 Kč/m<sup>3</sup> (kdy 1kg CNG=1,4 m<sup>3</sup> CNG). Jelikož však nebylo projednáno nové memorandum, které mělo zaručovat trvalý výrazně nižší zdanění zemního plynu užívaného do dopravních prostředků, tato částka se k 1. 1. 2018 zdvojnásobila. Nová sazba tedy činí 136,80 Kč/MWh, tj. 1,44 Kč/m<sup>3</sup> (Sůra, 2018, online). Od 1. 1. 2020 pak tato částka měla v souladu se zákonem 261/2007 Sb., o stabilizaci veřejných rozpočtů, ještě stoupnout, a to na 264,80 Kč/MWh, tedy 2,80 Kč m<sup>3</sup>. Toto navýšení však vláda zamrazila až do roku 2025, a to v souladu s naplňováním *Národního akčního plánu čisté mobility*. Spotřební daň uvalená na LNG je pak totožná (ČTK, 2018(b), online). V případě spotřební daně, jež je uplatňována při využívání nafty, hovoří zákon č. 353/2003 Sb., o spotřebních daních, o položce 10 950,- Kč/1000 l, tj. 10,95,- Kč/l.

U přímých odpisů (tj. účetní odpisy autobusů a také hmotného investičního majetku, jež se váže k provozu MHD) je v první řadě klíčová pořizovací cena autobusu. Ceny autobusů se samozřejmě různí s ohledem na výbavu a také individuální požadavky dopravců – v rámci práce je tedy vycházeno z ceny pořízených 10 CNG autobusů ČSAD Střední Čechy a dále z informací poskytnutých odborníky ze spol. IVECO, SOR Bus Libchavy a Chart Ferox, kdy cena CNG autobusů byla ve srovnání s autobusy na diesel stanovena o 20 % vyšší a cena LNG autobusů o 30 % vyšší. Cena autobusu na diesel tedy činí 4,27 milionu, autobusu na CNG 5,34 milionu a na LNG 5,55 milionu (vše v Kč bez DPH). V případě odpisů je pak třeba brát v potaz, že u autobusů na CNG půjde s ohledem na jejich vyšší pořizovací cenu o vyšší částky než v případě autobusů na diesel. Na druhou stranu tento finanční rozdíl může být snížen díky poskytnutým dotacím, kdy jsou odpisy realizovány až z částky, jež vyjde po odečtení čerpané dotace z pořizovací částky autobusu. Klasicky pak autobusy spadají do odpisové skupiny 2 společně s nákladními a osobními automobily a doba jejich odpisu je stanovena na 5 let. ČSAD Střední Čechy však při koupi pojednáváných CNG autobusů získal výjimku, autobusy byly přeřazeny do odpisové skupiny 3, kdy doba odpisu je stanovena na 10 let. To bude zohledněno také v rámci výpočtů.

V souvislosti s opravami a nutnou údržbou je stěžejní fakt, že plynné pohonné hmoty snižují opotřebení motoru přibližně o 10 – 15 % ve srovnání s motorem na diesel. To je nesporné plus. Motory – ať už poháněné LNG či CNG – tak mají vyšší životnost. V základu lze hovořit o veškerých nákladech vynaložených na opravy



prováděné externě či ve vlastní režii, které jsou dle statistik Ministerstva dopravy vyčísleny na 2,41 Kč/km (Ministerstvo dopravy, 2018, online). Tato hodnota byla ponechána jak u LNG/CNG, tak i dieselu, jelikož ačkoliv u LNG/CNG autobusů je sice ve srovnání s těmi dieselovými nižší opotřebení motoru, vyšší jsou však investice do motorových olejů i údržby jako takové.

Položka „mzdy“ v sobě obsahuje na jednu stranu vlastní mzdy řidičů, na stranu druhou také všech ostatních pracovníků, již obstarávají provoz MHD, a také dalších pracovníků, kteří se podílejí na činnostech týkajících se provozu MHD.

Mýtné se týká zejména dopravců, kteří provozují autobusové linky na silnicích dálničního typu, což případ ČSAD Střední Čechy obstarávajícího primárně přepravu na regionální úrovni, ve většině případů není. Se silniční daní pak není třeba počítat vůbec, ta je pro vozidla na CNG/LNG do hmotnosti 12 tun zákonem č. 16/1993 Sb., o dani silniční, od roku 2009 stanovena na nulovou hodnotu. Stejně tak se silniční daň netýká ani autobusů na diesel, a to v souladu s legislativou, která od této daně osvobozuje vozidla zabezpečující linkovou osobní vnitrostátní přepravu. Položka mýtného je do výpočtu zahrnuta pro CNG a LNG v hodnotě 0,02 Kč/km (autobusy spadají do kategorie EURO VI a jsou zvýhodněny) a pro diesel 0,04 Kč/km (dle normy EURO IV).

Režijní náklady, resp. nepřímé náklady, jsou takové náklady, jejichž původce není přesně znám, tj. týkají se rozličných podpůrných procesů k chodu podniku/firmy. Tyto režijní náklady lze rozličně kategorizovat s ohledem na sledované ekonomické veličiny.

Ostatními náklady jsou míněny náklady v souladu se zákonem č. 119/1992 Sb., o cestovních náhradách, a dále odvody realizované v souvislosti s příspěvkem hrazenými zaměstnavatelem z mezd, jež jsou placeny zaměstnancům (tj. sociální a zdravotní pojištění).

### 5. 2. 1 Matematický postup

Zatímco spotřeba CNG a LNG je nejčastěji uváděna v kilogramech, v případě nafty je nakládáno s litry. V rámci výpočtu však není třeba převádět jednotky na litry, jelikož do základního vzorce lze dosadit diesel v litrech a spotřebu plynu v kg s tím, že výsledná cena plynu bude uvedena v ceně za 1 kg. Tento vztah zachycuje následující vzorec:

$$c_{alter.} = \frac{100 * \left( \frac{S_{diesel} * c_{diesel}}{100} + n_{soubor}^{diesel} - n_{soubor}^{alter.} \right)}{S_{alter.}} \quad (2)$$

Do vzorce pro výpočet ceny alternativního paliva ( $c_{alter.}$ ) na jednotku km v závislosti na ceně dieselu jsou dále dosazeny jednotky, do nichž budou dosazeny dané hodnoty – tedy spotřeba dieselu je uváděna v litrech/km a spotřeba alternativního paliva, v tomto případě plynu, v kilogramech/km.

$$c_{alter.} = \frac{100 * \left( \frac{S_{diesel} \left( \frac{l}{km} \right) * c_{diesel} \left( \frac{Kč}{l} \right)}{100} + n_{soubor}^{diesel} \left( \frac{Kč}{km} \right) - n_{soubor}^{alter.} \left( \frac{Kč}{kg} \right) \right)}{S_{alter.} \left( \frac{kg}{km} \right)} \quad (3)$$

V dalším kroku jsou pokráceny všechny veličiny, které neovlivní jednotky.

$$c_{alter.} = \frac{\left( \frac{l}{km} \right) * \left( \frac{Kč}{l} \right) + \left( \frac{Kč}{km} \right)}{\left( \frac{kg}{km} \right)} \quad (4)$$

Následně je vzorec matematicky upraven – litry a kilometry opět pokráceny.

$$c_{alter.} = \left( \frac{Kč}{kg} \right) \quad (5)$$

Výsledná hodnota je pak uvedena v korunách českých/kilogram.

Celkové odpisy vyjadřuje následující vzorec, kdy je dělena cena autobusu jeho životností (kdy je pracováno nejprve s odpisovou skupinou 2 a následně také 3, tj. 5 a 10 let) a celkovým nájezdem (ten dle ČSAD Střední Čechy činí 66 000 km/rok).

$$n_{ODPISY} = \frac{c_{autobusu}}{\check{Z} + N} \quad (6) \quad \check{Z} - \text{životnost (roky)}, N - \text{nájezd (km/rok)}$$

V souhrnu lze tedy výchozí vzorec zjednodušit tak, že náklady, jež se nemění (jsou konstantní), budou shrnuty do jedné položky ( $k$ ) a celkové náklady nutné

k provozu autobusů na jednotlivé pohonné hmoty budou součtem nákladů na pohonné hmoty, údržbu, odpisy a mýto a výše zmíněné nákladové konstanty. Zjednodušený vzorec lze pak variovat jak pro diesel, tak i pro alternativní paliva, a to následovně:

$$\mathbf{n}_{\text{CEL}}^{\text{diesel}} = \mathbf{n}_{\text{PHM}}^{\text{diesel}} + \mathbf{n}_{\text{ÚDRŽBA}}^{\text{diesel}} + \mathbf{n}_{\text{ODPISY}}^{\text{diesel}} + \mathbf{n}_{\text{MÝTO}}^{\text{diesel}} + k \quad (7)$$

$$\mathbf{n}_{\text{CEL}}^{\text{alter}} = \mathbf{n}_{\text{PHM}}^{\text{alter}} + \mathbf{n}_{\text{ÚDRŽBA}}^{\text{alter}} + \mathbf{n}_{\text{ODPISY}}^{\text{alter}} + \mathbf{n}_{\text{MÝTO}}^{\text{alter}} + k \quad (8)$$

Tyto informace dále poslouží k výpočtům, jež budou prováděny za účelem ověření/vyvrácení jednotlivých hypotéz a zodpovězení položené hlavní otázky.

### 5.3 Vyhodnocení dat

Zatímco v rámci popisu metodického postupu byly představeny základní užití vzorce, s ohledem na to, že je třeba zjistit, za jakých podmínek (při jaké ceně) jsou LNG a CNG výhodnější než diesel a příp. které ze dvou alternativních paliv LNG – CNG je výhodnější, je třeba přizpůsobit tomu také výpočet. Výchozí je pak trojice základních vzorců zachycující, jaké veličiny jsou zahrnuty do výpočtu celkových nákladů pro provoz autobusu na jednotlivé typy pohonných hmot – diesel, LNG a CNG.

$$\mathbf{n}_{\text{CEL}}^{\text{diesel}} = \mathbf{n}_{\text{PHM}}^{\text{diesel}} + \mathbf{n}_{\text{ÚDRŽBA}}^{\text{diesel}} + \mathbf{n}_{\text{ODPISY}}^{\text{diesel}} + \mathbf{n}_{\text{MÝTO}}^{\text{diesel}} + k \quad (9)$$

$$\mathbf{n}_{\text{CEL}}^{\text{LNG}} = \mathbf{n}_{\text{PHM}}^{\text{LNG}} + \mathbf{n}_{\text{ÚDRŽBA}}^{\text{LNG}} + \mathbf{n}_{\text{ODPISY}}^{\text{LNG}} + \mathbf{n}_{\text{MÝTO}}^{\text{LNG}} + k \quad (10)$$

$$\mathbf{n}_{\text{CEL}}^{\text{CNG}} = \mathbf{n}_{\text{PHM}}^{\text{CNG}} + \mathbf{n}_{\text{ÚDRŽBA}}^{\text{CNG}} + \mathbf{n}_{\text{ODPISY}}^{\text{CNG}} + \mathbf{n}_{\text{MÝTO}}^{\text{CNG}} + k \quad (11)$$

Jelikož cílem je zjistit, za jakých okolností jsou si náklady na provoz autobusu rovny (při zohlednění srovnávaných typů pohonných hmot), jsou celkové náklady za diesel postaveny do rovnosti s celkovými náklady za alternativní palivo.

$$\mathbf{n}_{\text{CEL}}^{\text{diesel}} = \mathbf{n}_{\text{CEL}}^{\text{alter}} \quad (12)$$

$$\mathbf{n}_{\text{PHM}}^{\text{diesel}} + \mathbf{n}_{\text{ÚDRŽBA}}^{\text{diesel}} + \mathbf{n}_{\text{ODPISY}}^{\text{diesel}} + \mathbf{n}_{\text{MÝTO}}^{\text{diesel}} + k = \mathbf{n}_{\text{PHM}}^{\text{alter}} + \mathbf{n}_{\text{ÚDRŽBA}}^{\text{alter}} + \mathbf{n}_{\text{ODPISY}}^{\text{alter}} + \mathbf{n}_{\text{MÝTO}}^{\text{alter}} + k \quad (13)$$

Vynaložené náklady na pohonné hmoty (na 1 km) jsou vyjádřeny následujícím vztahem:

$$n_{PHM}^{diesel} = \frac{S_{diesel} * C_{diesel}}{100} \quad (14) \quad S - \text{spotřeba paliva (l/100km), } C - \text{cena paliva (Kč/l)}$$

$$n_{PHM}^{alter.} = \frac{S_{alter.} * C_{alter.}}{100} \quad (15) \quad S - \text{spotřeba paliva (kg/100km), } C - \text{cena paliva (Kč/kg)}$$

Pro zjednodušení výpočtu byly položky na údržbu, odpisy a mýto sloučeny do jedné kategorie (proveden součet), což vyjadřují následující dva vzorce:

$$n_{\text{ÚDRŽBA}}^{diesel} + n_{\text{ODPISY}}^{diesel} + n_{\text{MÝTO}}^{diesel} = n_{\text{soubor}}^{diesel} \quad (16)$$

$$n_{\text{ÚDRŽBA}}^{alter.} + n_{\text{ODPISY}}^{alter.} + n_{\text{MÝTO}}^{alter.} = n_{\text{soubor}}^{alter.} \quad (17)$$

Výsledkem je tedy následující rovnice:

$$\frac{S_{diesel} * C_{diesel}}{100} + n_{\text{soubor}}^{diesel} + k = \frac{S_{alter.} * C_{alter.}}{100} + n_{\text{soubor}}^{alter.} + k \quad (18)$$

Pro zjištění ceny alternativního paliva je třeba vztah upravit následovně:

$$100 * \left( \frac{S_{diesel} * C_{diesel}}{100} + n_{\text{soubor}}^{diesel} - n_{\text{soubor}}^{alter.} \right) = S_{alter.} * C_{alter.} \quad (19)$$

$$C_{alter.} = \frac{100 * \left( \frac{S_{diesel} * C_{diesel}}{100} + n_{\text{soubor}}^{diesel} - n_{\text{soubor}}^{alter.} \right)}{S_{alter.}} \quad (20)$$

### 5. 3. 1 Vyhodnocení hypotéz

**První hypotéza** zní, že využití LNG je v případě využití v autobusové dopravě finančně výhodnější než využití dieselu. Na praktické úrovni je tedy zjišťováno, jaká může být cena LNG, aby se provoz autobusu na tento pohon i se zahrnutím všech ostatních nákladů, ve srovnání s provozem autobusu na diesel, vyplatil. Po provedení odpovídajícího výpočtu bude sestaven graf, z něhož tato závislosti vyplyne.

S ohledem na to, že ČSAD Střední Čechy, s jehož interními podklady je v rámci této práce nakládáno, je plátcem DPH, ve výpočtech užívané ceny jsou bez DPH. Zároveň je nejprve pracováno s pětiletými odpisy.

Prvním krokem výpočtu je zjištění rovnosti využití jednotlivých paliv. Do následujícího vzorce je tedy třeba dosadit dané hodnoty.

$$C_{LNG} = \frac{100 * \left( \frac{S_{diesel} * C_{diesel}}{100} + n_{soubor}^{diesel} - n_{soubor}^{LNG} \right)}{S_{LNG}} \quad (21)$$

$S_{LNG}$  – spotřeba LNG (kg/100km),  $C_{LNG}$  – cena LNG (kg/Kč)

$S_{diesel}$  – spotřeba dieselu (l/100 km),  $C_{diesel}$  – cena dieselu (l/Kč)

V případě LNG je tedy nakládáno se spotřebou 31,81 kg/100 km (dle průměrných údajů), náklady na údržbu 2,41 Kč/km (čerpáno z údajů Ministerstva dopravy), odpisy ve výši 16,83 Kč/km, mýtem 0,02 Kč/km (Ministerstvo dopravy) a konstantními náklady 16,5 Kč/km (Ministerstvo dopravy).

Tytéž zdroje byly využity také pro vyčíslení sledovaných položek v případě dieselu, kdy spotřeba činí 29 l/100 km, údržba 2,41 Kč/km, odpisy 12,94 Kč/km, mýto 0,04 Kč/km a konstantní náklady 16,5 Kč/km. Cena pohonné hmoty byla za účelem sestavení modelu variována, a to na testovací hodnotu 20, 25, 30, 35, 40, 45 a 50 Kč/l. Výsledky jsou zachyceny v následující tabulce, která ukazuje cenu LNG při dané ceně dieselu tak, aby si náklady byly rovny.

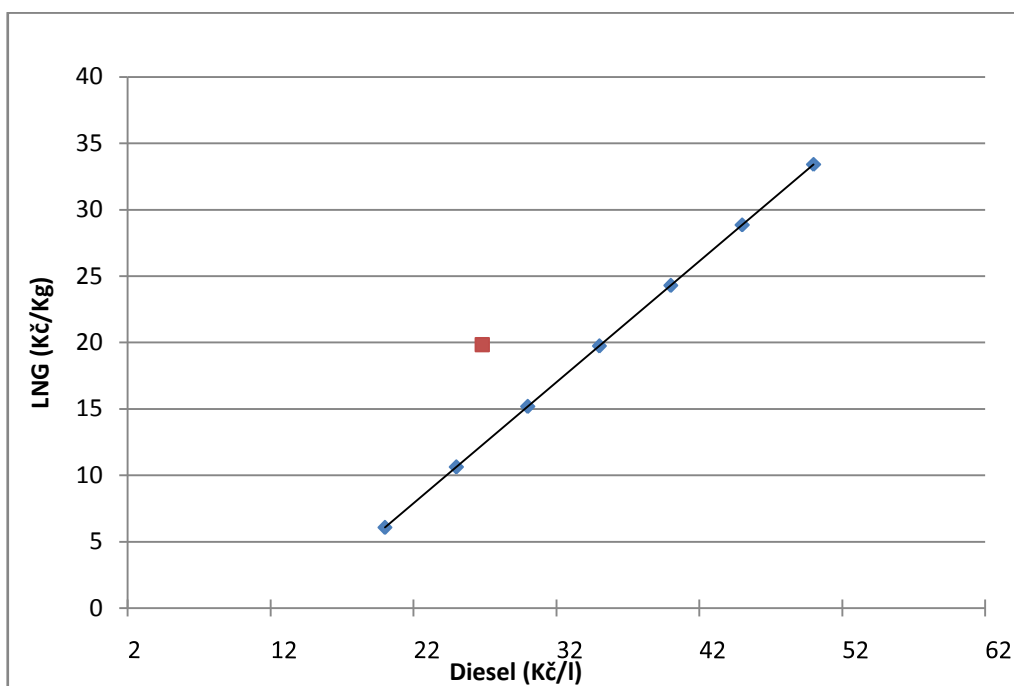
**Tabulka 6:** Výsledky výpočtu rovnosti nákladů, diesel x LNG

Cena diesel (Kč/l)	20	25	30	35	40	45	50
Cena LNG (Kč/kg)	6,07	10,63	15,18	19,74	24,3	28,86	33,42

**Zdroj:** vlastní výpočet

Tyto hodnoty byly dále využity k sestavení grafu – určené body posloužily k vytvoření přímky, která určuje, za jakých okolností se které z paliv vyplatí.

**Graf 1:** Grafické znázornění ne/výhodnosti LNG x diesel



**Zdroj:** vlastní zpracování

Modrá přímka znázorněná v grafu ukazuje trend, při kterém jsou si celkové náklady na provoz autobusů na diesel a LNG rovny za stanovených cen dieselu. Tato přímka v grafu odděluje výhodnost použití dieselu a LNG. Červený bod je pak spočítaný průnik za užití aktuálních cen dieselu (26,81 Kč/l) a LNG (19,83 Kč/l). Je-li nad přímkou, je výhodnější užití dieselu, je-li pod ní, je výhodnější užití LNG. Jak je tedy zřejmé, umístění tohoto bodu dokazuje aktuální nevýhodnost použití LNG jako alternativního paliva. **První hypotéza je tedy tímto vyvrácena**, využití LNG není v případě využití v autobusové dopravě (za pětiletých odpisů) finančně výhodnější než využití dieselu – kdy důvodem je nesporně výrazně vyšší pořizovací cena LNG autobusu.

V rámci **druhé hypotézy** je ověřováno, zda je využití CNG v případě v autobusové dopravě finančně výhodnější než využití dieselu. Postup je totožný jako v případě hypotézy první, do užitého vzorce jsou pak dosazeny hodnoty pro CNG.

$$C_{CNG} = \frac{100 * \left( \frac{S_{diesel} * C_{diesel}}{100} + n_{soubor}^{diesel} - n_{soubor}^{CNG} \right)}{S_{CNG}} \quad (22)$$

$S_{CNG}$  – spotřeba CNG ( l/100 km),  $C_{CNG}$  – cena CNG (Kč/kg)

$S_{diesel}$  – spotřeba dieselu ( l/100 km),  $C_{diesel}$  – cena dieselu (Kč/l)

V případě CNG je počítáno s údaji poskytnutými ČSAD Střední Čechy, kdy spotřeba činí 31,81 kg/100 km, náklady na údržbu 2,41 Kč/km (dle údajů Ministerstva dopravy), odpisy 16,18 Kč/km (pracováno s pětiletými odpisy), mýto 0,02 Kč/km (Ministerstvo dopravy) a konstantními náklady 16,5 Kč/km (Ministerstvo dopravy). Hodnoty užívané pro diesel jsou totožné jako v předchozím případě, i testovací ceny jsou nastaveny na 20, 25, 30, 35, 40, 45 a 50 Kč/l.

Výsledky jsou zachyceny v následující tabulce, která ukazuje cenu CNG při dané ceně dieselu tak, aby si náklady byly rovny.

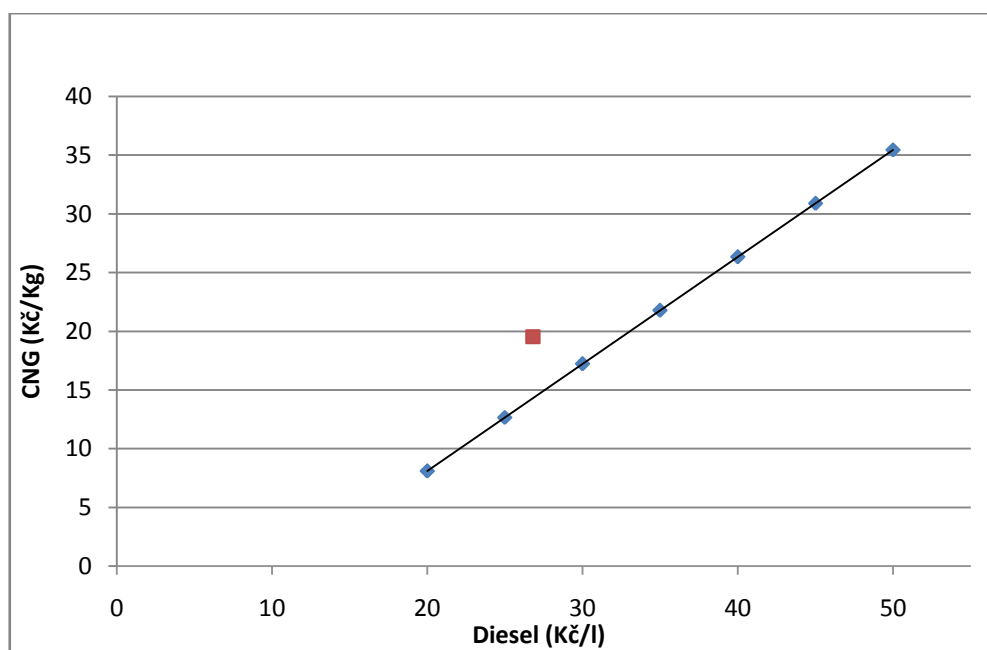
**Tabulka 7:** Výsledky výpočtu rovnosti nákladů, diesel x CNG

Cena diesel (Kč/l)	20	25	30	35	40	45	50
Cena CNG (Kč/kg)	8,11	12,67	17,23	21,79	26,34	30,9	35,46

**Zdroj:** vlastní výpočet

Zjištěné hodnoty byly opět využity k vytvoření grafu – přímky, která určuje, za jakých okolností se které z hodnocených paliv vyplatí.

**Graf 2:** Grafické znázornění ne/výhodnosti CNG x diesel



**Zdroj:** vlastní zpracování

I v tomto případě platí, že přímka s vyznačenými body (ty jsou výsledkem provedeného výpočtu) ukazuje, kdy jsou si celkové náklady na provoz autobusů na diesel a CNG za použití testovaných cen paliva rovny. Přímka tedy odděluje ne/výhodnost použití dieselu a CNG. Červený bod je pak spočítaný průnik za užití aktuálních cen dieselu (26,81 Kč/l) a CNG (19,57 Kč/kg). Opět je patrné, že za stávajících podmínek není využití CNG výhodnější než užití dieselu. Také **druhá hypotéza je tak vyvrácena**, využití CNG není v případě využití v autobusové dopravě (za pětiletých odpisů) finančně výhodnější než využití dieselu. Stejně jako v předchozím případě lze za hlavní důvod považovat vysokou pořizovací cenu autobusů na CNG.

### 5. 3. 2 *Využití alternativních paliv x finanční zvýhodnění*

Jelikož v rámci vyhodnocovaných hypotéz bylo pracováno pouze se standardními odpisy autobusů, jež jsou legislativně stanoveny na 5 let, a bylo prokázáno, že za těchto podmínek se provoz LNG ani CNG autobusů nevyplatí, je dále záměrem zjistit, zda tuto situaci nějak ovlivní udělená dotace, potažmo změna v položce odpisů. Jak již bylo řečeno, ČSAD Střední Čechy financovalo pořízení 10 nových CNG autobusů skrze dotaci. Na tyto autobusy, jejichž pořizovací cena byla celkem 64,6 mil. korun, získalo ČSAD Střední Čechy 85% dotaci z Integrovaného regionálního operačního programu a zároveň z provozu vyřadilo ekologickým normám neodpovídající autobusy Karosa 954. Změněna pak byla i odpisová skupina, kdy ČSAD Střední Čechy bude tyto nové autobusy odepisovat až po 10 letech.

Pro zjištění, jak se udělení dotace projeví v celkové ne/výhodnosti autobusů na alternativní paliva ve srovnání s dieselem, byl použit stejný matematický postup jako v případě vyhodnocení předcházejících hypotéz. Při srovnání LNG a dieselu se zohledněním potenciální 85% dotace byly pro diesel užitý totožné hodnoty tak, jak již byly uvedeny výše. V případě LNG se pak právě se zohledněním dotace změnila položka s odpisy, a to na 2,66 Kč/km.

**Tabulka 8:** Výsledky výpočtu rovnosti nákladů, diesel x LNG/dotace

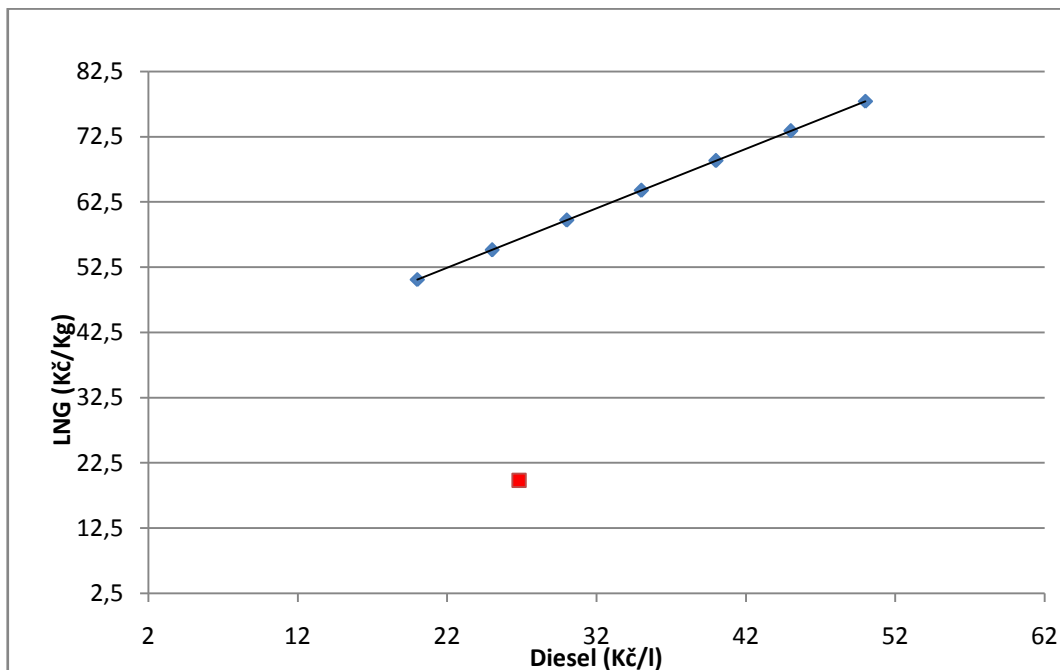
Cena diesel (Kč/l)	20	25	30	35	40	45	50
Cena LNG (Kč/kg)	50,61	55,17	59,73	64,29	68,85	73,4	77,96

**Zdroj:** vlastní výpočet



Jak naznačuje následující graf, v němž sestavená přímka určuje, za jakých okolností se které z hodnocených paliv vyplatí, situace se v tomto případě – kdy je zohledněna 85% dotace na pořízení autobusů – mění.

**Graf 3:** Grafické znázornění ne/výhodnosti LNG x diesel/dotace



**Zdroj:** vlastní zpracování

Červený bod, jenž je výsledkem výpočtu s aktuálními cenami zvolených paliv – diesel 26,81 Kč/l a LNG 19,83 Kč/kg – naznačuje, že v této modelové situaci je již LNG finančně výhodnější, a to právě díky finančním prostředkům plynoucím z uvažované dotace.

Tentýž postup byl aplikován také pro výpočet s variantou 85% dotace na pořízení autobusů na CNG, kdy byla změněna položka odpisů/pořizovací ceny, a to na 2,43 Kč/km. Výsledky výpočtů jsou zachyceny v následující tabulce, kdy hodnoty opět posloužily k sestavení grafu.

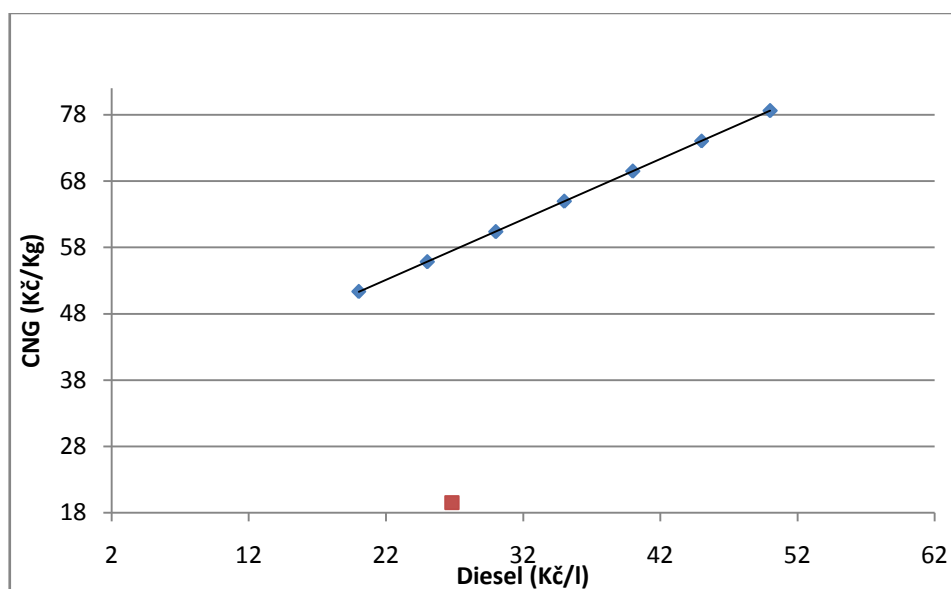
**Tabulka 9:** Výsledky výpočtu rovnosti nákladů, diesel x CNG/dotace

Cena diesel (Kč/l)	20	25	30	35	40	45	50
Cena CNG (Kč/kg)	51,34	55,83	60,39	64,95	69,51	74,06	78,62

**Zdroj:** vlastní výpočet

Jak je zřejmé, i v případě porovnání dieselu a CNG s uvažovanou dotací je výsledek pro alternativní palivo mnohem příznivější. Jsou-li vzaty v úvahu aktuální ceny posuzovaných pohonných hmot – kdy výsledek výpočtu nákladů zachycuje červený bod – je CNG skutečně finančně výhodnější variantou než diesel.

**Graf 4:** Grafické znázornění ne/výhodnosti CNG x diesel/dotace



**Zdroj:** vlastní zpracování

Je tedy evidentní, že udělená dotace pozitivně ovlivňuje rentabilitu provozu autobusů na alternativní paliva. Faktem však je, že ne každému dopravnímu podniku se na zakoupení autobusů na CNG/LNG podaří získat dotaci v takové výši jako ČSAD Střední Čechy (tj. 85 %). Z toho důvodu byla dále pozornost zaměřena na určení minimální výše dotace na pořízení nových autobusů na alternativní pohon, kterou je třeba získat, aby byl pro dopravní podnik jejich provoz nezatěžující/výhodný. V případě minimální výše dotace je hledán bod, kdy jsou si náklady na provoz autobusů na diesel a alternativní paliva rovny, resp. je určena minimální dotace k tomu, aby se náklady na LNG/CNG autobusy rovnaly nákladům na diesel a jejich provoz byl tak rentabilní. Výchozím je i v tomto případě základní vzorec:

$$\frac{S_{diesel} * C_{diesel}}{100} + n_{\text{ÚDRŽBA}}^{\text{diesel}} + n_{\text{ODPISY}}^{\text{diesel}} + n_{\text{MÝTO}}^{\text{diesel}} + k = \frac{S_{alter} * C_{alter}}{100} + n_{\text{ÚDRŽBA}}^{\text{alter}} + n_{\text{ODPISY}}^{\text{alter}} + n_{\text{MÝTO}}^{\text{alter}} + k \quad (23)$$

Výše definovaný vzorec je však s ohledem na nutnost zjistit výši odpisů třeba následovně upravit:

$$n_{\text{ODPISY}}^{\text{alter}} = \frac{S_{\text{diesel}} * C_{\text{diesel}}}{100} + n_{\text{ÚDRŽBA}}^{\text{diesel}} + n_{\text{ODPISY}}^{\text{diesel}} + n_{\text{MÝTO}}^{\text{diesel}} + k - \frac{S_{\text{alter}} * C_{\text{alter}}}{100} - n_{\text{ÚDRŽBA}}^{\text{alter}} - n_{\text{MÝTO}}^{\text{alter}} - k \quad (24)$$

Dále je dosazen konkrétní typ užitého paliva. Pro diesel x LNG pak platí vztah:

$$n_{\text{ODPISY}}^{\text{LNG}} = \frac{S_{\text{diesel}} * C_{\text{diesel}}}{100} + n_{\text{ÚDRŽBA}}^{\text{diesel}} + n_{\text{ODPISY}}^{\text{diesel}} + n_{\text{MÝTO}}^{\text{diesel}} + k - \frac{S_{\text{LNG}} * C_{\text{LNG}}}{100} - n_{\text{ÚDRŽBA}}^{\text{LNG}} - n_{\text{MÝTO}}^{\text{LNG}} - k \quad (25)$$

Opět je nakládáno s položkami spotřeby (diesel 29 l/100 km, LNG 31,81 kg/100 km), ceny (diesel 26,81 Kč/l, LNG 19,83 Kč/kg), údržby (v obou případech 2,41 Kč/km), odpisů (u dieselu 12,94 Kč/km, u LNG 16,83 Kč/km), mýta (diesel 0,04 Kč/km, LNG 0,02 Kč/km) a konstantních nákladů – v obou případech opět 16,5 Kč/km.

Rovnovážné odpisy LNG (tj. odpisy, při kterých jsou si náklady na provoz autobusu na diesel a LNG rovny):  $n_{\text{ODPISY}}^{\text{LNG}} = 14,43$  Kč/km.

Minimální výše dotace:  $100 - \left(\frac{\text{mezní odpisy}}{\text{aktuální odpisy}} * 100\right)$ , tedy 14,26 %.

Aby se nákup, resp. provoz, LNG autobusu vyplatil, za uvažovaných podmínek je třeba, aby bylo dosaženo na dotaci v minimální výši 14,26 %.

Pro CNG pak platí následující vztah:

$$n_{\text{ODPISY}}^{\text{CNG}} = \frac{S_{\text{diesel}} * C_{\text{diesel}}}{100} + n_{\text{ÚDRŽBA}}^{\text{diesel}} + n_{\text{ODPISY}}^{\text{diesel}} + n_{\text{MÝTO}}^{\text{diesel}} + k - \frac{S_{\text{CNG}} * C_{\text{CNG}}}{100} - n_{\text{ÚDRŽBA}}^{\text{CNG}} - n_{\text{MÝTO}}^{\text{CNG}} - k \quad (26)$$

Uvažovaná spotřeba CNG činí 31,81 kg/100 km, cena pohonných hmot 19,57 Kč/kg, údržba 2,41 Kč/km, mýto 0,02 Kč/km, a konstantní náklady 16,5 Kč/km. Hodnoty pro diesel jsou totožné jako v předchozím případě.

Rovnovážné odpisy CNG (tj. odpisy, při kterých jsou si náklady na provoz autobusu na diesel a CNG rovny):  $n_{\text{ODPISY}}^{\text{CNG}} = 14,51$  Kč/km.

Minimální výše dotace:  $100 - \left(\frac{\text{mezní odpisy}}{\text{aktuální odpisy}} * 100\right)$ , tedy 10,32 %.

Aby se nákup, resp. provoz, CNG autobusu vyplatil, za uvažovaných podmínek je třeba, aby bylo dosaženo na dotaci v minimální výši 10,32 %.

S ohledem na tato zjištěná fakta lze tedy zkonstatovat, že právě dotace mohou nepříliš výhodný provoz jinak nesporně ekologičtějších autobusů, jejichž plná cena však dopravní podniky evidentně fatálně zatíží, vyvážit. Dotace tedy mohou také pozitivně působit na vlastní zájem provozovatelů autobusové dopravy obnovovat svůj vozový park, a to v souladu s formulovanými cíli ochrany životního prostředí a omezení vypouštění škodlivin do ovzduší. V případě, že je samotné pořízení autobusů na alternativní pohon dotováno, následně se jejich provozovateli nesporně vyplatí také po finanční stránce, vlastní náklady na provoz jsou za takových okolností neporovnatelně nižší než v případě autobusů na diesel. Je však třeba zohledňovat také výši dané dotace, kdy aby byl pro provozovatele/dopravní podnik nákup LNG/CNG autobusu výhodný, je třeba, aby v případě LNG autobusů dosáhla dotace minimálně ke 14,26 % z celkové ceny a v případě CNG autobusů k 10,32 %.

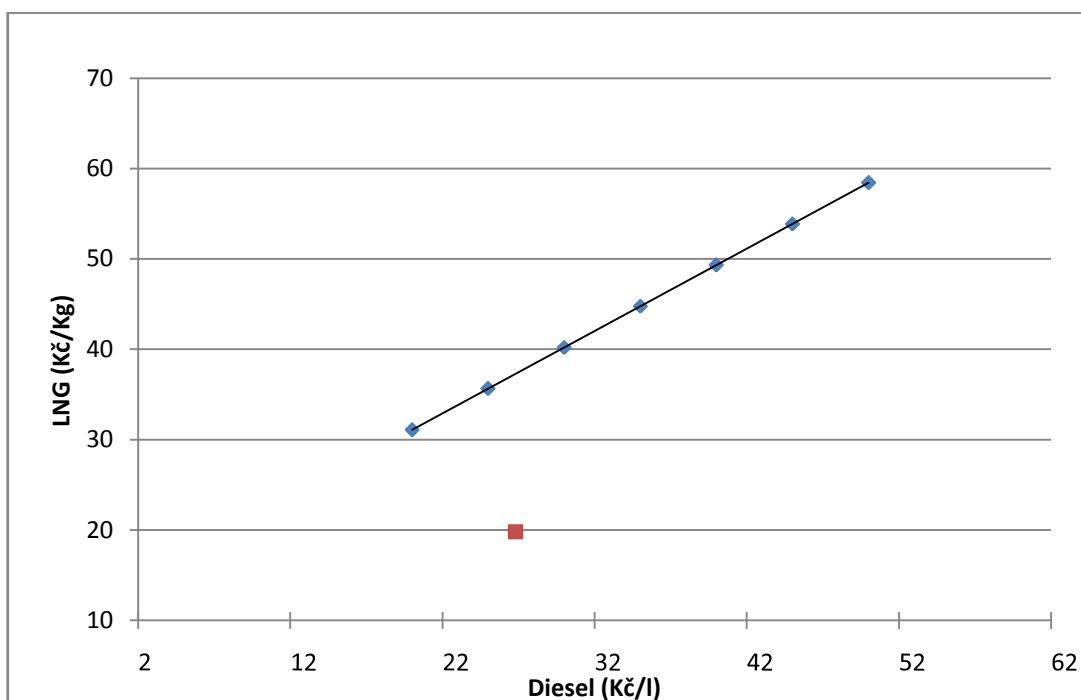
Další variantou, jak učinit nákup/provoz LNG/CNG autobusu výhodnější, je – stejně jako se to stalo v případě ČSAD Střední Čechy – změna odpisové skupiny z 2. na 3., a to z pěti let na deset. Tuto variantu naznačují následující modelové příklady, kdy je znovu variován základní vzorec s tím, že jsou opět k příslušným položkám dosazeny všechny již dříve zmiňované hodnoty, v případě odpisů je však počítáno s obdobím 10 let, čímž se inkriminovaná částka v případě LNG snižuje z 16,83 Kč/km na 8,87 Kč/km a v případě CNG z 16,18 Kč/km na 8,09 Kč/km (odpisy u dieselu se nemění, hodnota 12,94 Kč/km zůstává konstantní). Na základě provedeného výpočtu byla sestavena tabulka sloužící jako podklad pro vytvoření grafu.

**Tabulka 10:** Výsledky výpočtu rovnosti nákladů, diesel x LNG/odpisy 10 let

Cena diesel (Kč/l)	20	25	30	35	40	45	50
Cena LNG (Kč/kg)	31,09	35,65	40,21	44,77	49,32	53,88	58,44

**Zdroj:** vlastní výpočet

**Graf 5:** Grafické znázornění ne/výhodnosti LNG x diesel/odpisy 10 let



**Zdroj:** vlastní zpracování

Jak je patrné, červený bod, který vyznačuje výpočet nákladů za uvažovaných podmínek a za užití aktuálních cen inkriminovaných pohonných hmot, se nachází pod přímkou – značí výhodnost LNG.

Srovnání se zohledněním desetiletých odpisů bylo realizováno také pro CNG/diesel, a to s následujícími výsledky:

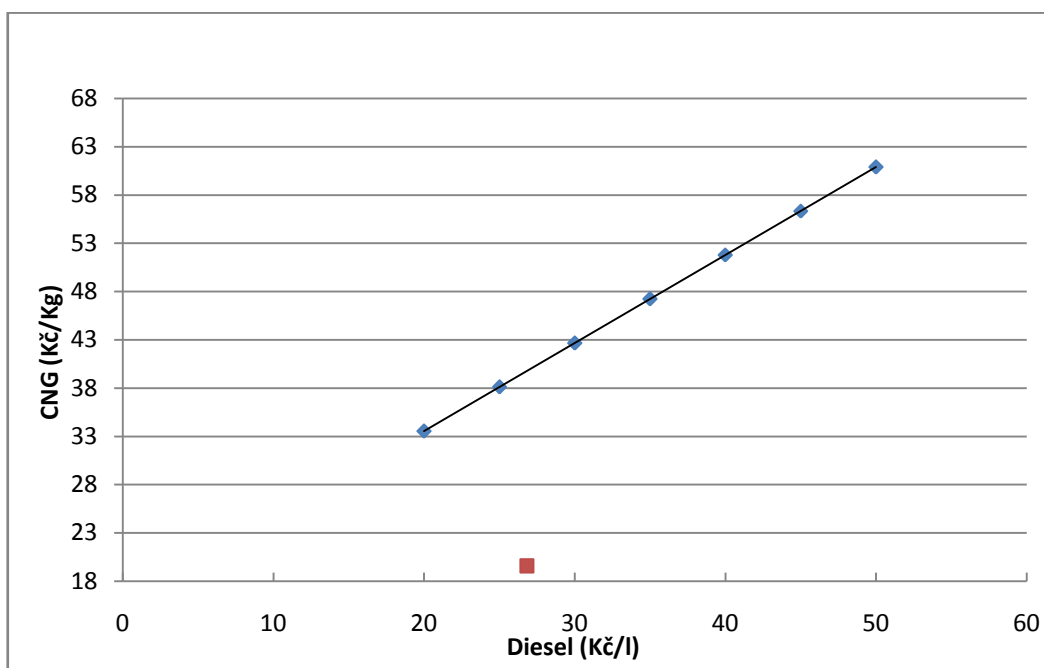
**Tabulka 11:** Výsledky výpočtu rovnosti nákladů, diesel x CNG/odpisy 10 let

Cena diesel (Kč/l)	20	25	30	35	40	45	50
Cena LNG (Kč/kg)	33,54	38,1	42,66	47,22	51,78	56,33	60,89

**Zdroj:** vlastní výpočet

I v tomto případě zjištěné hodnoty posloužily k sestavení grafu (na následující straně), který stejně jako u LNG zároveň naznačuje ne/výhodnost užití daného paliva při zohlednění stávajících cen. Tento bod se opět nachází pod přímkou, tedy i CNG je v případě desetiletých odpisů autobusů výhodnější než diesel.

**Graf 6:** Grafické znázornění ne/výhodnosti CNG x diesel/odpisy 10 let



**Zdroj:** vlastní zpracování

Stejně jako dotace tedy i změna v odpisové skupině – tedy z pěti na deset let – pozitivně ovlivňuje rentabilitu provozu LNG/CNG autobusů. Je-li vzat v úvahu konkrétní příklad ČSAD Střední Čechy, který nejenže získal zmiňovanou dotaci, ale zároveň bude nové autobusy odepisovat právě až po deseti letech, výhodnost/rentabilita provozu těchto autobusů ve srovnání s autobusy na diesel ještě roste. Přitom kromě ekonomických aspektů nelze opomíjet ani ty ekologické, kdy samozřejmě autobusy na alternativní paliva neprodukují takové množství škodlivin jako autobusy poháněné dieselem.

### **5. 3. 3 Výhody a nevýhody užití LNG/CNG x diesel**

Hlavní položená otázka tematizovala identifikaci výhod a nevýhod využití alternativních paliv LNG a CNG ve srovnání s dieselovým pohonem, a to na příkladu dopravy autobusové, resp. konkrétně v rámci užití CNG autobusů v ČSAD Střední Čechy. Na základě vyhodnocení stanovených hypotéz lze zkonstatovat, že za podmínek standardních – za stávajících cen pohonných hmot a zahrnutí položek, jako jsou odpisy, mýto, režie apod., se jak provoz autobusů na LNG (vycházeno z obecných údajů, jelikož LNG autobusy zatím v ČR nejsou užívány), tak ani CNG (nakládáno s daty ČSAD Střední Čechy) ve srovnání s autobusy dieselovými nevyplátí – na vině je

jednoznačně vysoká cena těchto autobusů na alternativní paliva. Ekonomickou nevýhodnost lze však do jisté míry korigovat, a to např. poskytnutím dotací (ty jsou udělovány právě v souladu s prosazováním ekologičtější dopravy, a to jak úrovni celoevropské, tak i lokální – v rámci ČR např. *Národní akční plán čisté mobility*). Jak bylo výpočty zjištěno, při zohlednění cen autobusů na LNG a CNG je minimální výše dotace, která musí být na jejich nákup poskytnuta, aby byl provoz autobusu rentabilní, v případě LNG 14,26 % a v případě CNG 10,32 % z pořizovací ceny. Stávající praxe (a také příklad ČSAD Střední Čechy) pak ale naznačuje, že dotace jsou udělovány výrazně vyšší – a to snad i jako jistá „motivace“ pro dopravce k tomu, aby přešli na LNG/CNG. Další možností, jak ovlivnit rentabilitu provozu autobusů na alternativní paliva, je změna jejich odpisové skupiny z 2. na 3., kdy jsou odpisy realizovány namísto po pěti až po deseti letech. Jsou-li obě možnosti rozličně kombinovány, samozřejmě je situace ještě příznivější.

Zároveň však nelze opomíjet ani specifika provozu LNG a CNG autobusů – jak již bylo naznačeno, konkrétně CNG autobusy mají nižší dojezdovou schopnost než LNG autobusy, a to kvůli nižší kompaktnosti stlačeného plynu ve srovnání s tím zkapalněným. Např. ČSAD Střední Čechy aktuálně provozuje CNG autobusy výhradně na linkách v okolí Prahy, tedy se jej toto omezení nijak netýká. Na druhou stranu donedávna byla aktivní ještě linka do Špindlerova Mlýna, na které by provoz CNG autobusu byl kapacitou nádrže omezen, a tak by bylo vhodnější užít autobus LNG.

Hlavní výhodou LNG/CNG autobusů je tedy v tuto chvíli jejich ekologičnost a fakt, že následují stávající trendy ochrany životního prostředí a omezování škodlivin produkovaných při provozu vozidel na diesel, ale i benzin. Naopak za největší nevýhodu lze považovat vysoké pořizovací náklady, které mohou zároveň mnohé od pořízení LNG/CNG autobusů (i dalších vozidel) odrazovat. Jak však ukázaly realizované výpočty, je-li provozovateli poskytnuta dotace či je mu umožněno změnit odpisovou skupinu, pak jsou náklady na provoz ve srovnání s dieselem příznivější.

## **5. 4 Shrnutí a doporučení**

Jelikož ekologická výhoda LNG/CNG autobusů je nesporná, stejně jako fakt, že samotný provoz je – s ohledem na nižší cenu těchto paliv a zároveň další zvýhodnění plynoucí např. z nižšího mýta díky naplnění normy EURO VI – ekonomicky výhodnější, je třeba zaměřit se především na jasné negativum. Tedy vysoké pořizovací

náklady (v případě CNG autobusu ve srovnání s dieselovým – kdy je počítáno s jeho průměrnou cenou 4,27 mil Kč – cca o 20 % vyšší, v případě LNG pak o cca 30 % vyšší), které negativně ovlivňují zároveň rentabilitu celkových nákladů nutných pro provozování těchto autobusů. Jelikož konkrétně LNG technologie je v ČR zatím zcela nevyužita a CNG teprve získává na popularitě, lze samozřejmě předpokládat, že časem – až se LNG i CNG vozidla stanou běžnějšími – klesne i jejich cena. Na druhou stranu však nelze opomínat, že ačkoliv zatím je spotřební daň na CNG/LNG zamrzena, do budoucna nepochybně dojde k jejímu růstu, což ovlivní koncovou cenu obou paliv. V případě srovnatelných pořizovacích nákladů dieselových autobusů a autobusů na LNG/CNG je pak nesporná nejen ekonomická rentabilita, ale zároveň také ekologičnost. To ostatně dokládá i přehledový materiál ČSAD Střední Čechy. Ten poskytuje srovnání mezi emisemi produkovanými jimi provozovanými (a letos vyřazenými) dieselovými autobusy Karosa (norma EURO III), které již stávajícím požadovaným parametrům nevyhovovaly, a nově zakoupenými autobusy na CNG (dle normy EURO VI). Jak následující tabulka naznačuje, v případě CNG autobusů se jedná o 76% snížení produkovaných škodlivin.

**Tabulka 12:** Srovnání emisí dieselových busů (EURO III) a CNG busů (EURO VI)

	Indikátor EPS (t/rok)		Změna	
	Bez projektu (nafta EURO 3)	S projektem (CNG EURO 6)	t/rok	%
Výpočet na 1 autobus	0,373518121	0,088575817	0,284942304	-76%
Výpočet na 10 autobusů	3,735	0,886	2,849	-76%

**Zdroj:** ČSAD Střední Čechy, 2017, s. 3

Dalším aspektem, na který nelze zapomenout, jsou plnicí stanice. Zatímco síť CNG stanic je v ČR již relativně rozsáhlá, LNG stanice na našem území funguje pouze jedna, v Lounech. Z toho důvodu mohou být zájemci o tuto technologii odrazeni touto skutečností. Řešením by mohlo být vybudování nové plnicí stanice, ideálně L/CNG, kterou mohou využívat jak LNG, tak i CNG vozidla. Cena této stanice dle společnosti Chart Ferox, která se těmito stavbami zabývá, dosahuje v průměru k půl milionu eur, opět by však v tomto případě bylo možné zvažovat získání dotací, které by zřízení této stanice provozovateli usnadnilo/zlevnilo.



## ZÁVĚR

Diplomová práce se v souladu s celosvětovým trendem prosazování ekologického provozu dopravních prostředků, potažmo popularizací alternativních paliv, zaměřila na využití LNG (zkapalněný plyn) a CNG (stlačený plyn) v autobusové dopravě. Cílem práce bylo odpovědět na otázku, jaké jsou výhody a nevýhody alternativních paliv CNG a LGN ve srovnání s dieselovým pohonem. Za tímto účelem byl zvolen také konkrétní příklad, a to v podobě ČSAD Střední Čechy. Tento dopravní podnik, který provozuje jak autobusy na diesel, tak nově (díky poskytnuté 85% dotaci na jejich pořízení) 10 autobusů na CNG, tedy poskytl svá interní data využitá k prováděným výpočtům. Jelikož autobusy na LNG v ČR prozatím v provozu nejsou, v rámci prováděných výpočtů bylo pracováno s údaji dalších kompetentních společností – Chart Ferox, IVECO, SOR Bus Libchavy a také Spolgas.

Práce byla klasicky rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části byly sumarizovány výchozí informace týkající se jak principu LNG/CNG pohonů (a také plnicích stanic), tak i problematiky znečišťování ovzduší v důsledku provozu dopravních prostředků na benzin/diesel. Pozornost byla zaměřena na využití LNG a CNG v dopravě, a to s důrazem na dopravu autobusovou, kdy byla tematizována i plynofikace autobusů v ČR. Opominuty nebyly ani legislativní předpisy a normy, a to jak na úrovni celoevropské, tak i té lokální – české. Zmíněny byly jednotlivé programy, které jsou v rámci ČR realizovány za účelem ochrany životního prostředí v kontextu oblasti dopravy, stejně jako možnosti dotačních programů, které s podporou alternativních paliv v dopravě souvisí.

V rámci praktické části byla zodpovídána položená hlavní otázka, jež se týkala určení výhod a nevýhod užití alternativních paliv CNG a LGN ve srovnání s dieselovým pohonem. S ohledem na její komplexnost byla „rozložena“ do dvojice hypotéz a jedné doplňující otázky. Skrze hypotézy bylo ověřováno, zda je využití LNG v autobusové dopravě finančně výhodnější než využití dieselu, totéž bylo prováděno pro případ CNG. Doplňující otázka se pak zaměřovala na identifikaci a testování faktorů, které by mohly pozitivně ovlivnit ekonomickou výhodnost provozu CNG/LNG autobusů – tedy v první řadě dotace a také změnu odpisové skupiny. Ve všech případech bylo nakládáno s metodikou Kalkulace nákladů silniční nákladní a osobní dopravy (Tichý, 2014) a prováděny výpočty vycházející z vyčíslení nákladů na 1 km týkajících se převodu

spotřeby nafty na LNG, CNG a jejich vzájemné srovnání. Hodnocena tedy byla efektivita jednotlivých pohonů v kontextu cen zvolených pohonných hmot, přičemž vedle ceny a spotřeby paliva byly vzaty v potaz také náklady na údržbu a opravy a samozřejmě i pořizovací náklady v podobě odpisů.

Jak ukázaly realizované výpočty (a vyhodnocení hypotéz, které byly obě vyvráceny), aktuálně se jak provoz LNG, tak ani CNG autobusů dopravnímu podniku nevyplácí, a to ani při zohlednění výrazně nižších cen pohonných hmot LNG/CNG. Důvodem jsou vyšší pořizovací náklady LNG a CNG autobusů (ve srovnání s těmi dieselovými v prvním případě v průměru o 30 % a v druhém o 20 %). Situaci však může značně ovlivnit udělená dotace na nákup těchto autobusů, což je zároveň i případ ČSAD Střední Čechy. Pozornost tedy byla zaměřena také na minimální výši dotace, která je třeba, aby byla zachována rentabilita provozu LNG/CNG autobusu. Minimální výše dotace tak byla v případě LNG autobusů určena ve výši 14,26 % a v případě CNG ve výši 10,36 %. Ve skutečnosti jsou však dopravcům aktuálně poskytovány dotace o desítky procent vyšší (viz případ ČSAD Střední Čechy), a to proto, aby byly jistou motivací k obnově/rozšíření vozového parku ve prospěch CNG/LNG autobusů (což lze do určité míry považovat i za způsob ovlivnění trhu). Druhou variantou, jak nákup/provoz CNG/LNG autobusů učít ekonomicky výhodnějším/rentabilnějším, je změna odpisové skupiny (opět případ ČSAD Střední Čechy), a to z 2. na 3., kdy se odpisové období mění z 5 na 10 let. Za užití totožného matematického výpočtu (opět – stejně jako v případě zohlednění udělení dotace – se změnou v položce odpisů) bylo zjištěno, že je-li odpisová skupina změněna, provoz LNG/CNG autobusů se i bez čerpané dotace provozovateli vyplácí.

Na základě shromážděných dat a realizovaných výpočtů lze tedy určit zejména hlavní nevýhodu autobusů na alternativní paliva, jíž jsou vysoké pořizovací náklady. Tento aspekt pak lze vyvažovat rozličnými ekonomickými zvýhodněními, např. v podobě dotací či změnou v odpisech. Nespornou výhodou je naopak ekologičnost, která však s ohledem na vysoké pořizovací náklady nemusí být pro mnohé provozovatele stávajících dieselových (ale i benzinových) vozidel dostatečnou motivací – a to ani při zohlednění aktuálně příznivějších cen LNG/CNG – k obnově vozového parku (na druhou stranu je však třeba myslet také na investice, které jsou nutné pro provedení úprav stávajících dieselových autobusů tak, aby odpovídaly stále se zpříšňujícím normám a stanoveným limitům emisí). Navíc zatímco dnes jsou ceny LNG/CNG skutečně nižší než ceny dieselu i benzínu, tato skutečnost je dána

systemovými opatřeními, která do roku 2025 zamrazila spotřební daň na tato alternativní paliva. Do budoucna však lze očekávat, že jejich ceny vzrostou.

Zatímco síť CNG plnicích stanic je v ČR již relativně rozsáhlá (v současné době je v provozu 174 stanic), v kontextu s využitím LNG je nutné brát v potaz také fakt, že v ČR aktuálně funguje jediná plnicí stanice v Lounech. Pokud by se tedy např. mezi českými dopravními podniky našel nějaký zájemce o autobusy na LNG, nejlepší variantou by pro něj bylo vybudování vlastní plničky, ideálně na L/CNG, kde lze plnit jak vozidla na LNG, tak i CNG. Jak bylo zjištěno od společnosti Chart Ferro, cena takové plničky se pohybuje cca okolo 0,5 milionu eur. Aby byla zaručena rentabilita jejího vybudování, opět by se nabízelo získání dotace z některého z dostupných dotačních programů.

Ačkoliv je tedy zřejmé, že v současné chvíli se pořízení autobusů na LNG/CNG bez poskytnutých dotací či alespoň změny odpisové skupiny provozovateli nevyplatí, faktem je, že právě zemní plyn by do budoucna měl být náhradou za postupně vyčerpávané globální zdroje ropy. Tento vývoj pak do jisté míry předznamenává také snazší přeprava plynu mezi kontinenty, kdy již není třeba potrubí, ale lze využít moderní tankery. Právě LNG je i díky své vyšší kompaktnosti považován za ekologické palivo budoucnosti, jelikož LNG vozidla dokáží ujet až třikrát větší vzdálenosti než vozidla poháněná CNG. Pro ČR je pak jistě pozitivní fakt, že LNG terminál v polském Svinoústi za první dva roky provozu dosáhl k 60% vytížení a do budoucna lze předpokládat, že bude využíván jako zdroj LNG také pro plánované české LNG stanice.

## LITERATURA A ZDROJE

BINHACK, Petr a TICHÝ, Lukáš (2011). *Energetická bezpečnost ČR a budoucnost energetické politiky EU*. Praha: Ústav mezinárodních vztahů. 165 s. ISBN 978-80-87558-02-7.

HARÁK, Martin (2014). *Autobusy Karosa 700: historie, vývoj, technika, modifikace*. Praha: Grada. 159 s. ISBN 978-80-247-5221-1.

HROMÁDKO, Jan (2012). *Speciální spalovací motory a alternativní pohony: Komplexní přehled problematiky...* Praha: Grada. 158 s. ISBN 978-80-247-4455-1.

HROMÁDKO, Jan a kol. (2011). *Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilových škol*. Praha: Grada. 296 s. ISBN 978-80-247-3475.

MATĚJOVSKÝ, Vladimír. *Automobilová paliva*. Praha: Grada, 2005. 223 s. ISBN 80-247-0350-5.

SINGH, Pradeep (et al.) (2017). *NexGen Technologies for Mining and Fuel Industries, vol. I and II*. Allied Publishers Pvt. 1560 s. ISBN 978-9385926402.

### Periodika a další zdroje

ČSAD Střední Čechy (2017). Studie: *Nákup plně nízkopodlažních CNG autobusů*. ČSAD Střední Čechy, a. s. 6 s.

CHRZ, Václav. *Zavádění dopravy na zkapalněný zemní plyn (LNG)*. Příspěvek na 2. Mezinárodní konferenci Trendy evropské dopravy. 18 s.

JENNE, Diana. Speciální plyny a evropská emisní norma Euro 6. *Chemagazín*, 2014/6.

TICHÝ, Jan (2014). *Kalkulace nákladů silniční a osobní dopravy*. ČVUT a Společenství autodopravců Čech a Moravy. 20 s. Dostupný také online na: <<https://docplayer.cz/4821766-Kalkulace-nakladu-silnicni-nakladni-a-osobni-dopravy.html>>

TOUŠEK, Radek (2009). *Management dopravy*. České Budějovice, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Ekonomická fakulta.

## Online zdroje

AMANN, Markus (ed.). *The Final Policy Scenarios of the EU Clean Air Policy Package* [online]. International Institute for Applied System Analysis, 2/2014. 43 s. [cit. 3. 1. 2017 ] Dostupné z <<http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/TSAP.pdf>>

BEDNÁŘ, Marek. *EU schválila emisní limit 95 g CO<sub>2</sub>/km, přechodné období bude do roku 2022* [online]. Autoforum.cz, 26. 2. 2014 [cit. 7. 1. 2017 ] Dostupné z <<http://www.autoforum.cz/zajimavosti/eu-schvalila-emisni-limit-95-g-co2-km-prechod-ne-obdobi-bude-do-roku-2022/>>

Busportal. *Doprava na zemní plyn - stanice na zkapalněný zemní plyn (LNG) pro autobusy* [online]. Busportal.cz, 22. 12. 2009 [cit. 23. 10. 2016]. Dostupné z <<http://www.busportal.cz/modules.php?name=article&sid=7056>>

CleanAir. *Pokyny – čistší autobusy* [online]. 11/2015 [cit. 7. 1. 2017 ] Dostupné z <[http://www.cleanaireurope.org/fileadmin/user\\_upload/redaktion/downloads/BUND/10\\_B2\\_Update\\_Guideline\\_-\\_Cleaner\\_Busses\\_CZ.pdf](http://www.cleanaireurope.org/fileadmin/user_upload/redaktion/downloads/BUND/10_B2_Update_Guideline_-_Cleaner_Busses_CZ.pdf)>

CNG4you. *Statistiky 2018* [online]. CNG4you.cz, 2018 [cit. 31. 8. 2018]. Dostupné z <<http://cng4you.cz/cng-info/statistiky.html>>

CNG4you.cz. *Co je zemní plyn* [online]. CNG4you.cz, 2018 [cit. 17. 8. 2018]. Dostupné z <<http://www.cng4you.cz/cng-info/co-je-zemni-plyn.html>>

CNGplus. *Podíl nových registrací CNG autobusů v ČR vzrostl z 10 na nejméně 26 procent* [online]. CNGplus.cz, 14. 1. 2016 [cit. 31. 10. 2016]. Dostupné z <<http://www.cngplus.cz/novinky/podil-novych-registraci-cng-autobusu-v-cr-vzrostl-z-10-na-nejmene-26procent.html>>

Cngstanice.cz. *Přehled* [online]. Cngstanice.cz, 2018 [cit. 31. 8. 2018]. Dostupné z: <<http://www.cngstanice.cz/cng-stanice.html>>

Český plynárenský svaz. *Do konce roku 2016 by mělo být v EU až 50 dalších LNG stanic* [online]. Cngplus.cz, 2015 [cit. 20. 8. 2018]. Dostupné z: <<http://www.cngplus.cz/novinky/do-konce-roku-2016-by-melo-byt-v-eu-az-50-dalsich-ling-stanic.html>>

ČSAD Střední Čechy. *10 nových CNG autobusů do provozu* [online]. Aktuality, 2018. [cit. 3. 6. 2018]. Dostupné z: <<http://www.csad-sc.cz/index.php?id=4&detail=309>>

ČTK. *Revoluce v námořní dopravě? Finský ledoborec bude pohánět zemní plyn* [online]. Ceskyrozhlas.cz, 1. 11. 2016 [cit. 2. 11. 2016]. Dostupné z <[http://www.rozhlas.cz/zpravy/technika/\\_zprava/revoluce-v-namorni-doprave-finsky-ledoborec-bude-pohanet-zemni-plyn--1665159](http://www.rozhlas.cz/zpravy/technika/_zprava/revoluce-v-namorni-doprave-finsky-ledoborec-bude-pohanet-zemni-plyn--1665159)>

ČTK. *Stát podpoří LNG stanice dalšími 100 miliony korun* [online]. Ihned.cz, 2018(a) [cit. 25. 8. 2018]. Dostupné z: <<https://archiv.ihned.cz/c1-66123670-stat-podpori-ling-stanice-dalsimi-100-miliony-korun>>

ČTK. *Zvýhodněná sazba daně pro plyn CNG do aut zůstane i po roce 2020, rozhodla vláda.* [online]. Aktualne. cz, 2018(b). [cit. 31. 8. 2018]. Dostupné z: <<https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/jezdit-na-plyn-bude-levnejsi-i-po-roce-2020-zvyhodnena-sazba/r~f492c2c03d7811e894960cc47ab5f122/>>

EERE. *Time-Fill CNG Station* [online]. Alternative Fuels Data Center, 2016 [cit. 31. 8. 2018]. Dostupné z: <[http://www.afdc.energy.gov/fuels/images/time\\_fill\\_popup.jpg](http://www.afdc.energy.gov/fuels/images/time_fill_popup.jpg)>

EERE. *Fast-Fill CNG Station* [online]. Alternative Fuels Data Center 2016 [cit. 31. 8. 2018]. Dostupné z: <[http://www.afdc.energy.gov/fuels/images/fast\\_fill\\_popup.jpg](http://www.afdc.energy.gov/fuels/images/fast_fill_popup.jpg)>

European Commission. *Clean Transport – Support to the Member States for the Implementation of the Directive on the Deployment of Alternative Fuels Infrastructure* [online]. Ec.europa.eu, 1/2016 [cit. 30. 10. 2016]. Dostupné z <<http://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/urban/studies/doc/2016-01-alternative-fuels-implementation-good-practices.pdf>>

European Commission. *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on an EU strategy for liquefied natural gas and gas storage* [online]. Ec.europa.eu, 2/2016 [cit. 31. 10. 2016]. Dostupné z <[https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1\\_EN\\_ACT\\_part1\\_v10-1.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1_EN_ACT_part1_v10-1.pdf)>

European Commission. *Together towards competitive and resource-efficient urban mobility* [online]. 17. 12. 2013 COM(2013) [cit. 7. 1. 2017 ] Dostupné z <[https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/urban/doc/ump/com%282013%29913\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/urban/doc/ump/com%282013%29913_en.pdf)>

European Commission. *WHITE PAPER: Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system* [online]. COM, 2011 [cit. 4. 1. 2017 ] Dostupné z <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex%3A52011DC0144>>

Evropská komise. *EU zahajuje strategii pro čistá paliva, tisková zpráva* [online]. 24. 1. 2013 [cit. 12. 1. 2017]. Dostupné z <[http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-13-40\\_cs.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-13-40_cs.htm)>

HOŘČÍK, Jan. *CNG autobusy čistější než diesely* [online]. Hybrid.cz, 20. 2. 2009 [cit. 3. 9. 2018]. Dostupné z: <<http://www.hybrid.cz/novinky/cng-autobusy-cistejsi-nez-diesely>>

HYBRID.CZ. *2030: až 10% podíl CNG/LNG v ČR – tisková zpráva* [online]. 23. 1. 2015. [cit. 9. 1. 2017]. Dostupné z <<http://www.hybrid.cz/2030-az-10-podil-cnglng-v-cr>>

CHRZ, Václav a ČERMÁK, Tomáš. *Doprava na zemní plyn - stanice na zkapalněný zemní plyn (LNG) pro autobusy* [online]. Busportál, 22. 12. 2009 [cit. 22. 8. 2018]. Dostupné z: <<http://www.busportal.cz/modules.php?name=article&sid=7056>>

Chart Ferox. *Co děláme* [online]. Chart-ferox.cz, nedatováno [cit. 25. 10. 2016]. Dostupné z: <<http://www.chart-ferox.cz/>>

KAVKOVÁ, Jiřina. *Alternativní paliva: Česko musí předložit EU svoji strategii*, Tisková zpráva [online]. Kurzy.cz. 11. 11. 2015 [cit. 12. 1. 2017]. Dostupné z: <<http://www.kurzy.cz/zpravy/390018-alternativni-paliva-cesko-musi-predlozit-eu-svoji-strategii/>>

KRONEISL, Jan. *Německo je ve skluzu s plány ohledně zemního plynu v dopravě* [online]. Oenergetice.cz, 19. 12. 2016 [cit. 25. 10. 2016]. Dostupné z: <<http://oenergetice.cz/cista-mobilita/nemecko-ve-skluzu-plany-ohledne-zemniho-plynu-doprave/>>

Kurzy.cz. *Komodity* [online]. Kurzy.cz, 2018 [cit. 31. 8. 2018]. Dostupné z: <<https://www.kurzy.cz/komodity/benzin-nafta-cena/>>

Le FEVRE, Chris. *The Prospects for Natural Gas as a Transport Fuel in Europe* [online]. The Oxford Institute for Energy Studies, 3/2014 [cit. 29. 10. 2016]. Dostupné z: <<https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2014/03/NG-84.pdf>>

LNG World News. *LNG Blue Corridors project ends as target reached* [online]. Lngworldnews.com, 4. 5. 2018 [cit. 25. 8. 2018]. Dostupné z: <<https://www.lngworldnews.com/lng-blue-corridors-project-ends-as-targets-reached/>>

LOUCKÝ, Milan. *Zkapalněný plyn LNG nabídne alternativu dopravcům* [online]. Prumysl.cz, 20. 3. 2015 [cit. 13. 1. 2017]. Dostupné z: <<http://www.prumysl.cz/alternativou-v-doprave-bude-zkapalneny-zemni-plyn-lng/>>

Ministerstvo dopravy. *Statistiky – Ekonomické ukazatele v autobusové dopravě* [online]. Mdcz.cz, nedatováno [cit. 18. 8. 2018]. Dostupné z: <<http://www.mdcz.cz/Statistiky/Autobusova-doprava/Ekonomicke-ukazatele-v-autobusove-doprave/Ekonomicke-ukazatele-vztazene-na-1-km>>

Ministerstvo průmyslu a obchodu. *Národní akční plán čisté mobility (NAP CM)* [online]. Mpo.cz, 10/2015 [cit. 30. 10. 2016]. Dostupné z: <[download.mpo.cz/get/54377/62106/640972/priloha001.pdf](http://download.mpo.cz/get/54377/62106/640972/priloha001.pdf)>

MRZENA, Rudolf. *Porovnání vlivu individuální a hromadné dopravy na životní prostředí* [online]. 2010 [cit. 7. 1. 2017] Dostupné z: <[http://pernerscontacts.upce.cz/19\\_2010/Mrzena.pdf](http://pernerscontacts.upce.cz/19_2010/Mrzena.pdf)>

MUŘICKÝ, Eduard. *Národní akční plán čisté mobility NAP ČR* [online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu, 16. České dopravní fórum Čistá mobilita Prahy a ČR, 2016 [cit. 20. 5. 2018]. Dostupné z: <[http://www.top-expo.cz/domain/top-expo/files/smart-city/smart-city-2016/cista-mobilita-velkomest/prednasky/muricky\\_eduard.pdf](http://www.top-expo.cz/domain/top-expo/files/smart-city/smart-city-2016/cista-mobilita-velkomest/prednasky/muricky_eduard.pdf)>

NESVEDA, Zdeněk. *Kapalný zemní plyn LN – perspektivní palivo pro autobusy veřejné dopravy* [online]. Buspress.eu, 29. 7. 2013 [cit. 31. 10. 2016]. Dostupné z <<http://www.buspress.eu/kapalny-zemni-plyn-lng-perspektivni-palivo-pro-autobusy-verejne-dopravy/>>

SAJDL, Jan. *Emisní norma EURO* [online]. Autolexicon.net. 2014. [cit. 7. 1. 2017 ] Dostupné z <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/emisni-norma-euro/>>

Shell. *Energy and Innovation – Natural Gas, LNG for Transport* [online]. Shell.com, 2018 [cit. 15. 8. 2018]. Dostupné z: <<https://www.shell.com/energy-and-innovation/natural-gas/lng-for-transport.html>>

SCHINDLER, Jan. *Poznátky z konference: CNG autobusy – nejlepší řešení pro bezprašná čistá města* [online]. TZB-info.cz. 6. 12. 2014 [cit. 9. 1. 2017] Dostupné z <<http://www.tzb-info.cz/12082-poznatky-z-konference-cng-autobusy-nejlepsi-reseni-pro-bezprasna-cista-mesta>>

SKALICKÝ, Matěj. *Češi si oblíbili auta na CNG. I díky úlevě na spotřební dani* [online]. Rozhlas.cz, 26. 8. 2014. [cit. 12. 1. 2017] Dostupné z <[http://www.rozhlas.cz/zpravy/domaciekonomika/\\_zprava/cesi-si-oblilibili-auta-na-cng-nova-sazba-spotrebni-dane-by-ale-mohla-jeho-cenu-zvysit--1388782](http://www.rozhlas.cz/zpravy/domaciekonomika/_zprava/cesi-si-oblilibili-auta-na-cng-nova-sazba-spotrebni-dane-by-ale-mohla-jeho-cenu-zvysit--1388782)>

SOUČEK, Ivan. *Zkapalňování NG nebo doprava a distribuce LNG?* [online]. VŠCHT, Praha, 24. 11. 2015 [cit. 31. 10. 2016]. Dostupné z <[http://www.mhdzive.cz/data/cng\\_konf\\_prezentace/Zkapalnovani\\_NG\\_nebo\\_doprava\\_a\\_distribuce\\_LNG\\_final.pptx](http://www.mhdzive.cz/data/cng_konf_prezentace/Zkapalnovani_NG_nebo_doprava_a_distribuce_LNG_final.pptx)>



STUHLÍK, Jan. *LNG by mohlo pokrýt až pětinu české spotřeby plynu, pomohou nové trubky* [online]. E15, 18. 2. 2016 [cit. 30. 10. 2016]. Dostupné z <<http://zpravy.e15.cz/burzy-a-trhy/komodity/lng-by-mohlo-pokryt-az-petinu-ceske-spotreby-plynu-pomohou-nove-trubky -1272297>>

SŮRA, Jan. *Spotřební daň na plyn do aut zdražila na dvojnásobek, o pokračování úlev vláda nerozhodla* [online]. Zdopravy.cz, 3. 1. 2018 [cit. 25. 8. 2018]. Dostupné z: <<https://zdopravy.cz/spotrebni-dan-na-plyn-do-aut-zdrasila-na-dvojnásobek-o-pokracovani-ulev-vlada-nerozhodla-6196/>>

ŠTENGL, Michal. *První stanice se otevře již příští rok* [online]. iHned.cz, 20. 9. 2016 [cit. 30. 10. 2016]. Dostupné z <<http://archiv.ihned.cz/c1-65440820-prvni-stanice-se-otevře-jiz-pristi-rok>>

TICHÝ, Jan. *Kalkulace nákladů, náklady a nákladové tarify* [online]. Transparentnidoprava.cz, nedatováno [cit. 3. 9. 2018]. Dostupné z: <[http://docs.wixstatic.com/ugd/f12d3b\\_a3c589b1e31c44e5b4b626fe99e60dc9.pdf](http://docs.wixstatic.com/ugd/f12d3b_a3c589b1e31c44e5b4b626fe99e60dc9.pdf)>

U. S. Department of Energy. *Natural Gas Fueling Infrastructure Development* [online]. Afdc.energy.gov, nedatováno [cit. 25. 10. 2016]. Dostupné z: <[http://www.afdc.energy.gov/fuels/natural\\_gas\\_infrastructure.html](http://www.afdc.energy.gov/fuels/natural_gas_infrastructure.html)>

Vanzetti – Cryogenic technology. *LNG and L-CNG Filling Station Components* [online]. Vanzettiengineering.com, 2015 [cit. 15. 5. 2018]. Dostupné z: <[http://www.vanzettiengineering.com/en/products/lng\\_and\\_l\\_cng\\_filling\\_station\\_components/](http://www.vanzettiengineering.com/en/products/lng_and_l_cng_filling_station_components/)>

VESELÁ SCHAUHUBERTOVÁ, Markéta. *LNG vs. CNG* [online]. Cngplus.cz, 2016 [cit. 15. 8. 2018]. Dostupné z: <<http://www.cngplus.cz/lng-vs-cng.html>>

VOŘÍŠEK, Martin. *Využití LNG terminálu ve Svinoušti dosahuje 60 % kapacity, nejvíce v Evropě* [online]. Oenergetice.cz, 22. 5. 2018 [cit. 31. 8. 2018]. Dostupné z: <<http://oenergetice.cz/plyn/vyuziti-lng-terminalu-ve-svinousti-dosahuje-60-kapacity-nejvice-evrope/>>

VOŘÍŠEK, Tomáš. *Národní akční plán - Čistá mobilita, vazba na územní energetické koncepce* [online]. Podpora a rozvoj nízkouhlíkových technologií, 21. 2. 2017 [cit. 20. 5. 2018]. Dostupné z: <[http://www.svn.cz/assets/files/seminare\\_a\\_konference/2017/zlin/%C4%8Cist%C3%A1%20mobilita%20SEVEN%20Energy.pdf](http://www.svn.cz/assets/files/seminare_a_konference/2017/zlin/%C4%8Cist%C3%A1%20mobilita%20SEVEN%20Energy.pdf)>

## **Legislativa a normy**

Evropská unie – Komise evropských společenství. Zelená kniha – Evropská strategie pro udržitelnou, konkurenceschopnou a bezpečnou energii. 8. 3. 2006. 105 s.

Předpis č. 49 Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů. *Emise vznětových motorů a zážehových motorů (poháněných zemním plynem a zkapalněným ropným plynem)*. Úřední věstník Evropské unie, 12. 4. 2008. 103 s.

Předpis č. 83 Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK/OSN) – Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel z hlediska emisí znečišťujících látek podle požadavků na motorové palivo. Úřední vesník Evropské unie, 15. 2. 2012, svazek 55.

Vyhláška č. 176/1960 Sb., o dohodě o přijetí jednotných podmínek pro homologaci (ověřování shodnosti) a o vzájemném uznávání homologace výstroje a součástí motorových vozidel

Zákon č. 16/1993 Sb., o dani silniční

Zákon č. 261/2007 Sb., o stabilizaci veřejných rozpočtů

Zákon č. 353/2003 Sb., o spotřebních daních

Zákon č. 119/1992 Sb., o cestovních náhradách

## SEZNAM OBRÁZKŮ, GRAFŮ A TABULEK

Obrázek 1: Přehled plyných alternativních paliv a paliv z obnovitelných zdrojů .....	12
Obrázek 2: Schéma plnicí stanice LNG.....	16
Obrázek 3: Schéma L/CNG stanice .....	17
Obrázek 4: Schéma pomalu plnicí stanice na CNG.....	19
Obrázek 5: Schéma rychloplnicí stanice na CNG .....	19
Obrázek 6: Přehled plnicích CNG stanic v ČR.....	20
Obrázek 7: Stávající přehled Modrých koridorů .....	22
Obrázek 8: Mapa možného rozšíření Modrých koridorů pro roky 2016/2017.....	23
Obrázek 9: Přehled dotačních programů na podporu CNG .....	43
Graf 1: Grafické znázornění ne/výhodnosti LNG x diesel .....	54
Graf 2: Grafické znázornění ne/výhodnosti CNG x diesel .....	55
Graf 3: Grafické znázornění ne/výhodnosti LNG x diesel/dotace.....	57
Graf 4: Grafické znázornění ne/výhodnosti CNG x diesel/dotace .....	58
Graf 5: Grafické znázornění ne/výhodnosti LNG x diesel/odpisy 10 let .....	61
Graf 6: Grafické znázornění ne/výhodnosti CNG x diesel/odpisy 10 let .....	62
Tabulka 1: Předpokládaný vývoj počtu plnicích stanic na zemní plyn v ČR.....	24
Tabulka 2: Mezní hodnoty u zkoušky ETC .....	31
Tabulka 3: Přehled limitů jednotlivých emisních norem EURO .....	32
Tabulka 4: Limitní hodnoty normy EURO VI, 1992-2013 .....	34
Tabulka 6: Celkové národní emise v ČR v letech 2005-2013 (kt/rok, B(a)P t/rok).....	36
Tabulka 7: Výsledky výpočtu rovnosti nákladů, diesel x LNG.....	53
Tabulka 8: Výsledky výpočtu rovnosti nákladů, diesel x CNG .....	55
Tabulka 9: Výsledky výpočtu rovnosti nákladů, diesel x LNG/dotace .....	56
Tabulka 10: Výsledky výpočtu rovnosti nákladů, diesel x CNG/dotace .....	57
Tabulka 11: Výsledky výpočtu rovnosti nákladů, diesel x LNG/odpisy 10 let.....	60
Tabulka 12: Výsledky výpočtu rovnosti nákladů, diesel x CNG/odpisy 10 let.....	61
Tabulka 13: Srovnání emisí dieselových busů (EURO 3) a CNG busů (EURO 6).....	64