

UNIVERZITA PARDUBICE

DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2021/2023

Luboš Slavík

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

Porovnání provozování vozidel Iveco S-WAY NP s palivem na LNG/CNG
s vozidly na naftový pohon

Bakalářská práce

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Luboš Slavík**
Osobní číslo: **D19280**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Technologie a řízení dopravy: Technologie a řízení dopravních systémů**
Téma práce: **Porovnání provozování vozidel Iveco S-WAY NP s palivem na LNG/CNG s vozidly na naftový pohon**
Zadávající katedra: **Katedra technologie a řízení dopravy**

Zásady pro vypracování

Úvod

1. Analýza provozování vozidla Iveco S-WAY NP (CNG/LNG)
2. Analýza provozování vozidla Iveco S-WAY na naftu
3. Porovnání obou variant paliva z pohledu technologie silniční dopravy

Závěr

Rozsah pracovní zprávy: **30-40**
Rozsah grafických prací: **3-4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

VLK, František. Alternativní pohony motorových vozidel: [zemní plyn CNG, ropný plyn LPG, biopaliva, etanol a metanol, elektřina, vodík]. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2003. ISBN 80-239-1602-5
MATĚJOVSKÝ, Vladimír. Automobilová paliva. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-0350-5.
DUFEK, Zdeněk, et. al. Využití LNG v dopravě a energetice a jeho bezpečnost. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2019. ISBN 978-80-7623-016-3.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Nachtigall, Ph.D.**
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání bakalářské práce: **1. února 2022**
Termín odevzdání bakalářské práce: **12. května 2023**

L.S.

doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Jaromír Široký, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 2. ledna 2023

Prohlášení autora

Práci s názvem Porovnání provozování vozidel Iveco S-WAY NP s palivem na LNG/CNG s vozidly na naftový pohon jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích

Luboš Slavík v. r.

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Petrovi Nachtigalovi, Ph.D., za připomínky, doporučení a konzultace při tvorbě této práce.

Chtěl bych poděkovat své rodině za podporu při studiu.

Anotace

Bakalářská práce reaguje na současné zvyšování prodeje nákladních vozidel na alternativní paliva (LNG/CNG), které jsou systémově preferována. Důvodem je jednak pokles zásob ropy a zároveň ekologičtější verze pohonných hmot. Cílem práce je analyzovat, zda je výhodné používat LNG/CNG nákladní vozidla v porovnání s těmi poháněnými na naftu, seznámit se s vlastnostmi těchto paliv a podmínkami provozu.

Klíčová slova

LNG, CNG, Iveco S-way, přeprava.

Title

Comparison of operation of Iveco S-WAY NP vehicles with LNG / CNG fuel versus diesel vehicles

Annotation

The bachelor thesis responds to the current increase in sales of trucks for alternative fuels (LNG / CNG), which are systemically preferred. The reason is, on the one hand, the decline in oil reserves and, at the same time, a more environmentally friendly version of fuels. The aim of this work is to analyze whether it is advantageous to use LNG / CNG trucks in comparison with those powered by diesel, to get acquainted with the properties of these fuels and transport conditions.

Keywords

LNG, CNG, Iveco S-way, transport.

Obsah

Seznam obrázků.....	9
Seznam tabulek.....	10
Seznam zkratk.....	11
Úvod	12
1 Analýza provozování vozidla Iveco S-WAY NP (CNG/LNG)	13
1.1 Fyzikální vlastnosti LNG a CNG.....	13
1.2 Vozidlo.....	16
1.3 Systém LNG a bezpečnostní komponenty.....	17
1.4 CNG / LNG vozidla použitá při přepravě ADR	19
1.5 Bezpečnost vozidel na parkovišti	21
1.6 Podpora alternativních paliv	22
1.7 Označení vozidla CNG a LNG	24
2 ANALÝZA PROVOZOVÁNÍ VOZIDLA IVECO S-WAY (DIESEL)	25
2.1 Vozidlo.....	25
2.2 Doplnování paliva.....	25
2.3 Palivová nádrž.....	27
3 Porovnání obou variant paliva z pohledu technologie silniční dopravy.....	29
3.1 Podpora rozvoje infrastruktury LNG prostřednictvím legislativy EU.....	29
3.2 Kroky Euro VI načasování a hlavní změny	29
3.3 Biopaliva	30
3.4 Biometan.....	31
3.5 Výhody a nevýhody LNG.....	31
3.6 Čerpací stanice LNG.....	33
3.7 Porovnání nákladů	34
Závěr	41
Seznam použitých informačních zdrojů	42
Seznam příloh	43

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	CH ₄ –Metan.	14
Obr. 2	Přehled složení LNG a CNG.	15
Obr. 3	Nová řada nákladních automobilů IVECO S–WAY.	16
Obr. 4	Konfigurace nákladních automobilů IVECO S–WAY NP.	17
Obr. 5	Přehled palivové soustavy LNG.	17
Obr. 6	Štítky označující vozidlo CNG a LNG.	24
Obr. 7	Třícestným katalyzátorem (TWC).	24
Obr. 8	Etiketa udávající správný typ použitého paliva.	25
Obr. 9	1. Palivová nádrž na levé straně.	27
Obr. 10	2. Palivová nádrž na pravé straně.	27
Obr. 11	3. Přídavná nádrž na zadní straně.	27
Obr. 12	System následné úpravy výfukových plynů.	28
Obr. 13	Vývoj evropské regulace emisí pro velmi těžká silniční vozidla.	30
Obr. 14	Legislativním cílem je splnit faktor shody (CF) 1,5 na NOX při studeném startu během PEMS.	30
Obr. 15	Mapa tří veřejných stanic v ČR.	34
Obr. 16	Diesel-měsíční provozní náklady 2020.	35
Obr. 17	LNG-měsíční provozní náklady 2020.	36
Obr. 18	Diesel-měsíční provozní náklady 2023.	38
Obr. 19	LNG-měsíční provozní náklady 2023.	39

SEZNAM TABULEK

Tab. 1	Kapacita nádrží LNG [7].	18
Tab. 2	Opce pro kategorie ADR [10].	20
Tab. 3	Kategorie vozidel ADR s několika příklady nebezpečných věcí[autor].	20
Tab. 4	Odhadovaná zbývající dobu (dny) před odvětráním[10, autor].	21
Tab. 5	Aktualizace NAP CM obsahuje mj. následující cíle počtu vozidel na jednotlivá alternativní paliva (CNG/LNG/elektřina/vodík) a rozsahu infrastruktury plnicích a dobíjecích stanic do roku 2030[7].	23
Tab. 6	Přehled naftových motorů a povolených paliv[10, autor].	26
Tab. 7	Přehled naftových motorů a povolených paliv[10, autor].	31
Tab. 8	Přehled motorů CNG/LNG a povolených paliv[10, autor].	31
Tab. 9	Rozdělení nákladů v roce 2020 - nafta 0,92 Eur/L(23,92 Kč) [10, autor].	35
Tab. 10	Rozdělení nákladů v roce 2020 - LNG 0,72 Eur/Kg (18,72 Kč) [10, autor].	36
Tab. 11	Před pandemií korona viru se ceny pohybovali v následujících hodnotách (bez DPH) [10, autor]	36
Tab. 12	V následujícím grafu je zaznamenám vývoj cen pohonných hmot v letech 2017 až 2023. [11, autor]	37
Tab. 13	Rozdělení nákladů v roce 2023 - nafta 1,584Eur/L (40,3 Kč) [10, autor].	38
Tab. 14	Rozdělení nákladů v roce 2023 - LNG 2,562 Eur/Kg (65,2 Kč) [10, autor].	39
Tab. 15	Přehled dieselových vozidel[10, autor].	44
Tab. 16	Přehled LNG vozidel[10, autor].	45
Tab. 17	Porovnání výběrových průměrů spotřeby[autor].	47

SEZNAM ZKRATEK

AS	Active space (Aktivní prostor)
ADR	Accord européen relative au transport international des marchandises Dangereuses par Route. (Regulations for the transport of dangerous goods over the Road). – Evropská dohoda o mezinárodní dopravě (předpisy pro přepravu nebezpečného zboží po silnici)
CNG	Compressed Natural Gas (Stlačený zemní plyn)
CUC	Clean Up Catalyst (Čistící katalyzátor)
DOC	Diesel Oxydation Catalyst (Dieselový oxidační katalyzátor)
DPF	Diesel Particulate Filtr (Filtr pevných částic)
HVO	Hydrotreated Vegetable Oil (Hydrogenačně upravený rostlinný olej)
LBG	Liquefied Bio Gas (Zkapalněný bioplyn)
LNG	Liquefied Natural Gas (Zkapalněný zemní plyn)
NP	Natural power (Přírodní síla)
NG	Natural gas (Zemní plyn)
OOP	Osobní ochranné pomůcky
PEMS	Portable emissions measurement systém (Přenosný systém měření emisí)
PHM	Pohonné hmoty
PMC	Preventive maintenance compliance (Shoda s preventivní údržbou)
SCR	Selective Catalytic Reduction (Selektivní katalytická redukce)
TWC	Three Way Catalyst (Třícestný katalyzátor)
XTL	Syntetická nafta

ÚVOD

Metan je dobře znám jako opravdu dostupné alternativní a ekologické palivo. V automobilové dopravě představuje jednu z pohonných látek, pod označením CNG, stlačený zemní plyn a LNG, zkapalněný zemní plyn, jehož hlavní složku tvoří právě metan. Pohon motorových vozidel je otázkou celosvětového problému, a to v souvislosti ekologického přístupu k životnímu prostředí.

Vozidla na zemní plyn produkují výrazně méně škodlivin (nejen dnes sledovaných oxidů dusíku, oxidu uhelnatého, uhlíčitého, pevných částic, ale i polyaromatických uhlovodíků, aldehydů, aromátů včetně benzenu) než vozidla s klasickým palivem. Rovněž vliv na skleníkový efekt je u plynových motorů menší v porovnání s benzínem či naftou [0].

Nahrazování dnes tradičních paliv v silniční dopravě není pouze o ochraně životního prostředí, ale i o tenčících se dosud známých zásobách ropy. s dnešní roční spotřebou ropy a prokazatelnou zásobou ropy na světě ji vyčerpáme za 48 let [1].

Zemní plyn je vhodné palivo pro silniční, železniční a lodní dopravu. Spotřeba zemního plynu v silniční dopravě se zvyšuje v rámci CNG konceptu, který se využívá především u osobních automobilů a u městských nebo příměstských autobusů. Stále se zvyšuje i využití LNG jako paliva v kamionové dopravě. Rostoucí popularitu LNG dokazuje nárůst provozovaných nákladních vozidel na LNG. Statistiky Českého plynárenského svazu ukazují, že v porovnání s prvním kvartálem minulého roku se eviduje více než dvojnásobný nárůst, z tehdejších 21 na současných 52 vozidel [2].

S příchodem emisní normy Euro 6 v roce 2014, která stanovuje maximální limity emisí ve výfukových plynech, stoupá i prodej nákladních vozidel Iveco na zemní plyn. v nabídce této značky najdeme vozidla na stlačený zemní plyn CNG a od roku 2013 i vozidla na zkapalněný zemní plyn LNG nebo jejich kombinaci. Tyto varianty šetrných pohonů se používají v nákladní dopravě, ale právě LNG umožnilo výrazně delší dojezd, a to až 1630 km.

Cílem bakalářské práce je popsat převážně palivovou soustavu LNG vozidla Iveco S-WAY NP a analyzovat odlišnosti od diesellového Iveco S-WAY. Následně zhodnotit použití LNG vozidla při přepravě.

1 ANALÝZA PROVOZOVÁNÍ VOZIDLA IVECO S-WAY NP (CNG/LNG)

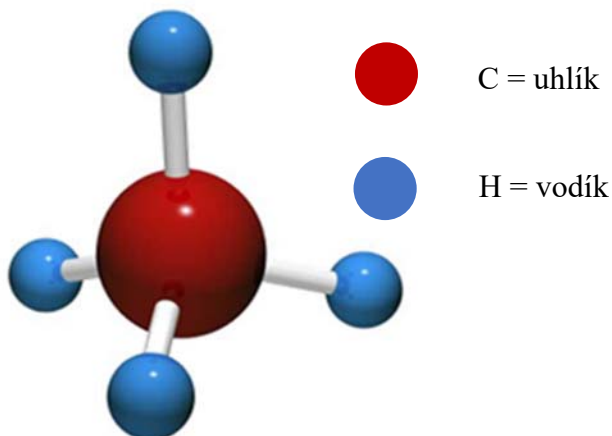
Dále je popsána analýza vozidla Iveco S-WAY NP.

1.1 Fyzikální vlastnosti LNG a CNG

Zkapalněný zemní plyn zabírá cca 600krát menší objem v porovnání se zemním plynem (NG) v plynném stavu při atmosférickém tlaku. To je hlavní důvod, proč se kapalně skupenství využívá při transportu na delší vzdálenosti a zároveň je to výhoda pro skladování. Zkapalněný zemní plyn (LNG) má hustotu 400 kg/m^3 . Zemní plyn zkapalní při teplotě $-162 \text{ }^\circ\text{C}$ a atmosférickém tlaku.

Teplota varu LNG stoupá se zvyšujícím se tlakem. Var je vždy pod teplotou $0 \text{ }^\circ\text{C}$ v přímé závislosti na tlaku okolí. Kapalně skupenství zemního plynu je fyzikálně možné při vysokých tlacích a teplotách nižších než $-80 \text{ }^\circ\text{C}$. u vozidel řady S-way se využívá tlak od 8 Bar do 16 Bar. v tomto rozmezí tlaků je teplota zkapalněného plynu $-127 \text{ }^\circ\text{C}$ až $-112 \text{ }^\circ\text{C}$. Při teplotě pod $-110 \text{ }^\circ\text{C}$ je zemní plyn těžší než vzduch a bude se šířit po celé podlaze. Při teplotě nad $-110 \text{ }^\circ\text{C}$ je zemní plyn lehčí než vzduch a bude stoupat vzhůru. Zkapalněný zemní plyn je hořlavý pouze v plynném skupenství po vytvoření směsi se vzduchem. To vyžaduje nutnost zajistit odpar před vlastním zapálením. Zkapalněný zemní plyn je z chemického složení daleko čistším metanem než NG v plynovodech. To je způsobené vyšším stupněm oddělení nemetanových složek ze zemního plynu (CO_2 , N_2 , NGL, S) před samotným zkapalněním.

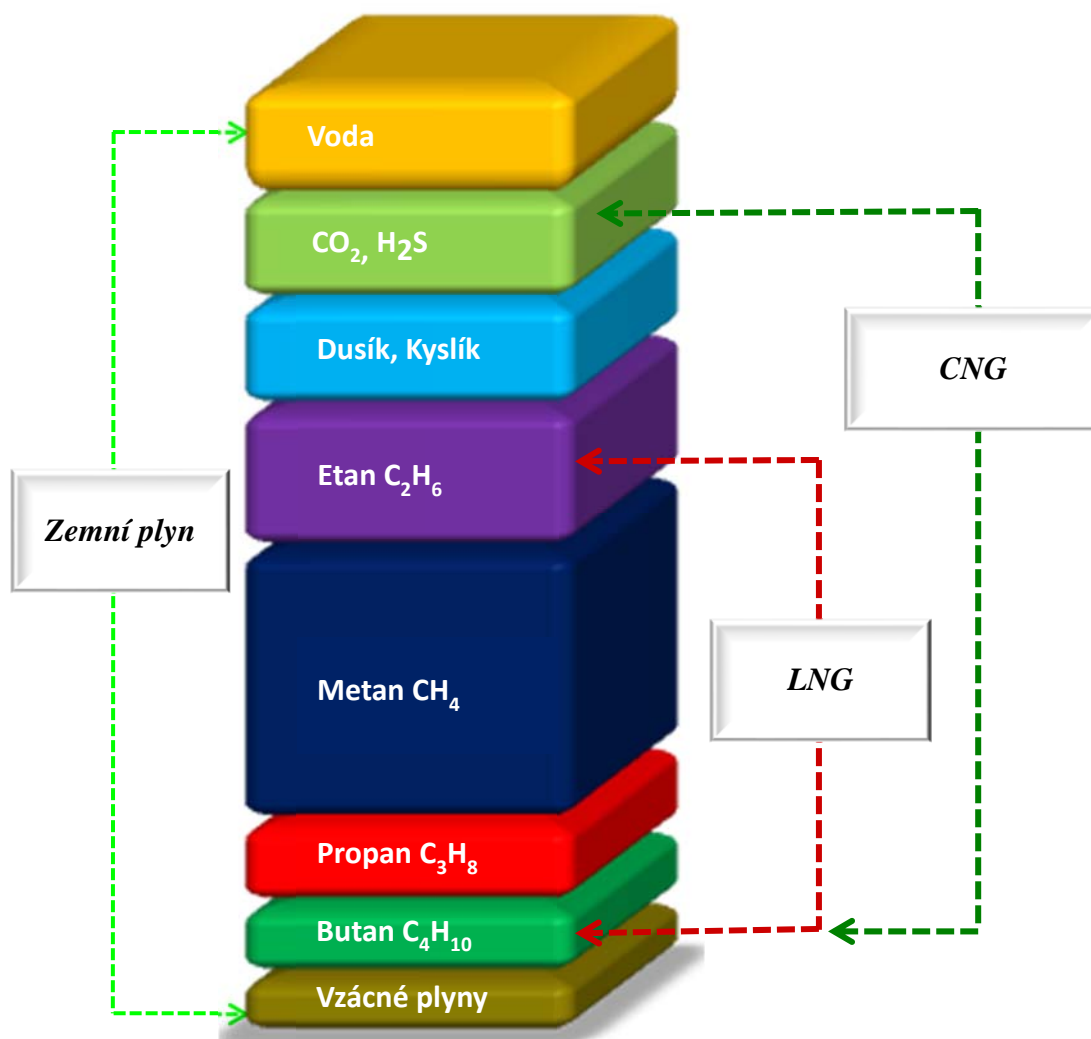
V porovnání fosilních paliv produkuje zemní plyn při spalování nejméně CO₂ na jednotku uvolněné energie, a to díky složení metanové molekuly. Zemní plyn je nekorozivní, bezbarvý, s výhřevností 50 kJ·kg⁻¹ a bez zápachu [3]. Proto se odorizuje.



Zdroj [10, autor]

Obr. 1 CH₄–Metan.

Pod označením CNG rozumíme stlačený zemní plyn, který je v nádržích stlačen až na 200 bar. Zemní plyn dodávaný do distribuční sítě musí mít alespoň 85 % metanu, může obsahovat až kolem 5 % etanu, 7 % propanu a vyšších uhlovodíků, až 7 % inertních plynů a pouze do setiny procenta kyslík. Skutečné složení zemního plynu dodávaného v současné době v ČR je podstatně příznivější. Obsahuje až kolem 98 % metanu, 1 % uhlovodíků a 1 % dusíku [4].



Zdroj [5, autor]

Obr. 2 Přehled složení LNG a CNG.

1.2 Vozidlo

Jedná se o nákladní vozidlo Iveco S-WAY NP s motorem Cursor 13. Maximální výkon motoru je 460 HP při otáčkách 1900. Kroutící moment je maximálně 2000 Nm v rozmezí 1100–1650 otáček za minutu. Systém pro úpravu výfukových plynů je TWC, splňující emisní normu VI/e. Verze kabiny řidiče AS spací kabina (na obrázku 3 zcela vlevo). Objem palivových nádrží je 2 x 540 litrů a průměrná spotřeba paliva LNG je 26 kg/100 km [10].

Motory Cursor 9 o výkonu 270 a 340 koní lze použít v samosprávě například jako popelářské vozy. Pro účely distribuce, regionální dopravy nebo lehkého stavebnictví má zákazník na výběr z dalších typů motorů. Jsou to motory Cursor 9 s výkonem 340 a 400 koní. Pro dálkovou dopravu si klient může vybrat mezi motory Cursor 9 400 koní a Cursor 13 460 koní. v praxi se obvykle setkáváme s tím, že si zákazník pro dálkovou dopravu vybere Cursor 13 s výkonem 460 koňských sil [10].



Zdroj [6]

Obr. 3 Nová řada nákladních automobilů IVECO S-WAY.

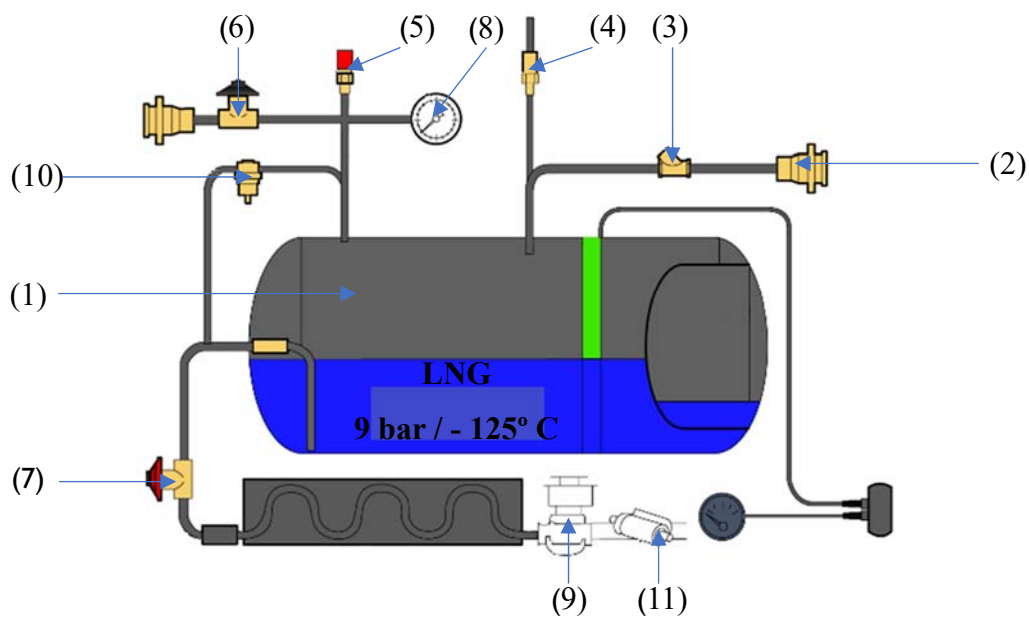
	4x2 standard Artics					
Výkon motoru	460 HP (338 kW) při 1900 rpm					
Krouticí moment	2000 Nm při 1100 – 1600 rpm					
Životnost	1.000.000 km					
Konfigurace	CNG	CNG+LNG	1x LNG	2x LNG	2x LNG	2x LNG
CNG Kapacita	920 L	460 L	-	-	-	-
LNG Kapacita	-	540 L	540 L	540 + 410 L	540 + 250 L	2x 540 L
Dojezd	580 km	1080 km	790 km	1420 km	1170 km	1630 km
Převodovka	HI-Tronix 12TX2011TO 200 Nm (Traxon)					
Řízení	LHD + RHD					
Kabina	AS (2.5m)					

Zdroj [10, autor]

Obr. 4 Konfigurace nákladních automobilů IVECO S-WAY NP.

1.3 Systém LNG a bezpečnostní komponenty.

V této části se autor zabývá popisem palivové soustavy LNG (obr.5).



Zdroj [10, autor]

Obr. 5 Přehled palivové soustavy LNG.

Nádrž (1) pro kapalný LNG je „super izolovaná“ (kryogenní) s provozním tlakem 10 Bar a teplotě -125 °C. Palivová nádrž je opatřena krytem. Tento kryt je vybaven spínačem, který zabráňuje startu při připojení plnicí hadice. Akumulační nádrž má zabránit doplňování kapaliny na 100 %. Během doplňování paliva se nádrž (10 % čistého objemu) bude pomalu plnit přes trysku mezi hlavní a akumulaciční nádrží. Když tlak stoupá, čerpadlo plnicí stanice přestane doplňovat palivo a nad horní částí kapalného LNG je stále ještě nějaké množství metanu. Nádrž se nesmí naplnit na maximum opakovaným spuštěním doplňování paliva několikrát za sebou. Hodnota kapacity uvedená na štítku nádrže výrobce je kapacita brutto. v níže uvedené tabulce je kapacita netto pro výpočet dojezdu. v souladu s předpisem EHK/OSN č. (UNECE č. 110) musí být nádrž kontrolována každých sto dvacet měsíců. Datum výroby a datum první revize jsou uvedeny na štítku nádrže.

Tab. 1 Kapacita nádrží LNG [7].

Model nádrže LNG	Průměr	Kapacita brutto uvedená výrobcem na štítku nádrže	Jmenovitá kapacita netto (v litrech)	Kapacita netto (v kg zemního plynu)
HLNG-158		598 l	540 l	195 kg
HLNG-119	660 mm	450 l	410 l	150 kg
HLNG-125		474 l	425 l	155 kg
HLNG-73		276 l	250 l	90 kg

Plnicí přípojka LNG (2) má připojení vhodné pro nádrže LNG a je vybavena zpětným ventilem.

Při doplňování paliva LNG je nutné nosit ochranný oděv, tedy rukavice, ochranné brýle a oblečení s dlouhým rukávem. Pro zabránění zamrznutí plnicích trysek během doplňování paliva, použijte vzduchovou pistoli k čištění nádrže. Maximální doporučený průtok pro plnění vozidel bez ohledu na velikost nádrže na LNG je 200 l/min.

Zpětný ventil (3) chrání nádrž před rozlitím paliva po nehodě nebo při poruše plnicího konektoru.

Primární pojistný ventil (4) se otevře v případě, že vozidlo stojí několik dní a tím pádem tlak LNG v nádrži vzroste v důsledku tepla. Aby se zabránilo vysokému tlaku v systému, primární pojistný ventil se otevře při 16 barech a vypustí plyn do ovzduší. Primární bezpečnostní ventil musí být vždy vyveden na bezpečné místo nad vozidlem. Po šesti dnech začíná vypouštět plyn do okolí. To představuje nebezpečí při odstavení vozidla. Za určitých provozních podmínek může do atmosféry unikat metan, čemuž je třeba za každou cenu zabránit.

Sekundární pojistný ventil (5) je nastaven na 1,5násobek maximálního povoleného pracovního tlaku nádrže (24 barů). Odvádí plyn do atmosféry, aby zabránil poškození nádrže v případě poruchy primárního pojistného ventilu nebo potrubí. Tento ventil je poslední ochrana nádrže. Pokud chybí jeho červený kryt, mělo by být vozidlo okamžitě vyřazeno z provozu a měl by být zkontrolován primární pojistný ventil. Červený kryt zabraňuje vodě zmrznout v sekundárním pojistném ventilu. Chybějící nebo poškozený červený kryt indikuje otevření sekundárního pojistného ventilu. Po otevření je nutné vyměnit pojistný ventil.

Odvzdušňovací ventil (6) je černý a **hlavní uzavírací ventil paliva (7)** je červený. Během normálního provozu vozidla je odvzdušňovací ventil vždy uzavřen. Odvzdušňovací ventil se otevírá pouze při doplňování paliva vozidla a tlaku v nádrži menší než 10 barů. Pokud je tlak v nádrži větší než 10 barů, před doplňováním paliva není nutné tento ventil otevírat. Hlavní uzavírací ventil je během normálního provozu vozidla otevřený. Pokud je zavřen, je přívod paliva do motoru blokován.

Tlakoměr (8) ukazuje tlak v nádrži. Nejedná se o ukazatel úrovně hladiny. Pokud manometr ukazuje tlak vyšší než 16 bar, zkontroluje se primární pojistný ventil. Během normálního provozu vozidla bude tlak v nádrži 8 až 10 bar.

Uzavírací elektromagnetický ventil (9) uzavře přívod paliva do motoru, když je vypnuto zapalování.

Ekonomizér (10) snižuje tlak v nádrži tím, že přepouští plyn do palivového potrubí k motoru. Tlak otevření je 9,5 bar.

Redukční ventil (11) nastavuje normální provozní tlak systému, který je vyšší o 1,7 bar vzhledem k ekonomizéru.

1.4 CNG / LNG vozidla použitá při přepravě ADR

ADR je mezinárodní smlouva o přepravě nebezpečného zboží, která je novelizována každý druhý rok (takzvané ADR 2013, ADR 2015, ADR 2017 atd.). Počínaje rokem 2017 zahrnuje text ADR také vozidla poháněná CNG/LNG. Odpovídající nařízení č. 105 vstoupilo v platnost v červnu 2017. Devátá kapitola ADR definuje požadavky týkající se konstrukce a schválení vozidel CNG/LNG pro přepravu nebezpečných věcí.

Od roku 2017 jsou tedy povolena vozidla CNG a LNG pro ADR, dle mnohostranné dohody M293 podle oddílu 1.5.1 ADR. Tuto dohodu dosud nepřijaly všechny členské státy EU a ani ČR [7].

- Maximální objem skladování paliva je 1500 litrů (může být více nádrží). Naftové nádrže určené pro provoz vozidla taktéž do 1500 l. Nádrže CNG/LNG nepodléhají předpisu ADR.
- Další požadavky na výšku a směr ventilačních linek (únik plynu).
- Vyžaduje se schválení od vnitrostátních silničních úřadů.
- Požadavky jsou v kapitole devět ADR 2019 a odrážejí se v nařízení č. 105. Poslední ADR (2021) definuje 4 kategorie. Kategorie OX v předchozím ADR 2015 byla vypuštěna.
- Certifikát shody může vykazovat shodu s předpisem č. 105 podle dále uvedené tabulky:

Tab. 2 Opce pro kategorie ADR [10].

	Opční kód	Kategorie ADR 2021			
		AT	EX/II	EX/III	FL
Řada naftová	2342	■	■	■	■
	72181	■	-	-	-
Řada CNG/LNG	72441	■	- (*)	- (*)	■
	72181	■	-	-	-

(*) v případě vozidel EX/II a EX/III musí být motor vznětové konstrukce, který využívá pouze kapalná paliva. Nesmí se používat plyny. ADR 2017/nařízení č. 105 odst. 6 nepovoluje CNG/LNG vozidla pro kategorie EXII a EXIII.

Tab. 3 Kategorie vozidel ADR s několika příklady nebezpečných věcí [autor].

EX/II a EX/III	FL	AT
Vozidlo určené k přepravě výbušných látek a předmětů	Vozidlo určené k přepravě tekutin, které mají bod vznícení u teplot nepřesahujících 60 °C	Vozidlo jiné kategorie než EX nebo FL určené pro přepravu nebezpečných věcí v pevných cisternách nebo výměnných cisternách
Výbušniny Ohňostroje Munice Náboje Nitrocelulóza Světlice	Plynový olej, diesellové palivo, benzín CNG/LNG LPG Butan, Ethan Acetylen Hnojiva	Zkapalněný / stlačený vzduch (např. kyslík, oxid uhličitý) čpavek Uhlovodíky živočišného či rostlinného původu Hořlaviny pevné, organické Žiravá pevná či tekutá látka Barvy

1.5 Bezpečnost vozidel na parkovišti

Pokud se vozidlo zaparkuje v uzavřeném prostoru, vždy se musí kalkulovat s tím, že z nádrže LNG by se mohla odvětrávat výbušná směs spalitelného plynu, jakmile vnitřní tlak dosáhne hodnoty 16 bar.

Pokud tlak uvnitř nádrže LNG překročí nominální nastavení primárního pojistného ventilu (16 bar), systém odvětrá nezbytné množství plynu ze svislé trubky za kabinou, aby se snížil tlak pod hodnotu 14,5 bar.

Nádrž na LNG je konstruována tak, aby udržovala tlak pod hodnotou nastaveného tlaku primárního pojistného ventilu po dobu alespoň pěti dní při plné nádrži a standardním pracovním tlaku, pokud vozidlo stojí a okolní teplota dosahuje $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$. Za těchto podmínek se plná nádrž vyprázdí, pokud bude probíhat odvětrávání, přibližně za šest týdnů. Přeprava vozidel vlakem nebo trajektem může způsobit značné otřesy paliva v nádržích, a tak se následně zkrátí doba odvětrávání.

Pokud se vozidlo parkuje uvnitř budovy nebo pod nevětranou střechou, níže uvedená tabulka 4 ukazuje odhadovanou zbývající dobu čekání (před odvětráním) při prostorové teplotě 20 °C pro 100 %, 50 % a 25 % množství paliva v nádrži LNG podle vnitřního tlaku.

Doba, která musí uplynout předtím, než začne odvětrávání nádrže, závisí na počátečním vnitřním tlaku (čím nižší, tím lepší) a procentech paliva v nádrži (čím vyšší, tím lepší).

Proto je doporučován tento postup: doplnit nádrže na konci pracovní směny, a také před víkendem nebo kratší dobou nečinnosti (sedm dní). v nádrži ponechat co nejmenší možné množství paliva v případě, že bude prováděn servis nádrže na LNG nebo bude následovat dlouhá doba nečinnosti, aby se zamezilo odvětrávání zemního plynu do ovzduší.

Tab. 4 Odhadovaná zbývající dobu (dny) před odvětráním [10, autor].

Tlak v nádrži (HLNG-158/129/126)	Nádrž naplněná na 100 %	Nádrž naplněná na 50 %	Nádrž naplněná na 25 %
9 bar	5	3	2,5
10 bar	5	2,5	2
11 bar	3,5	2	1,5
12 bar	3	1,5	1
13 bar	2	1	1
14 bar	1	<1	

1.6 Podpora alternativních paliv

Vláda na svém zasedání 27. 4. 2020 schválila aktualizaci Národního akčního plánu čisté mobility (NAP CM). Aktualizace tohoto dokumentu reaguje na dosavadní postup plnění nové výzvy v této oblasti a reflektuje i nejnovější vývoj legislativy Evropské unie. Aktualizovaný plán se nově zabývá také rozvojem bezemisní mobility v nesilničních druzích dopravy. Dokument obsahuje i aktualizované cíle v počtu vozidel na jednotlivá alternativní paliva a v rozsahu doprovodné infrastruktury v České republice k roku 2030.

Za nejvýraznější změnu v mezinárodním kontextu rozvoje čisté mobility, ke které došlo od schválení původního NAP CM, lze považovat přijetí tzv. Pařížské dohody o změně klimatu. v této dohodě se signatářské země zavázaly udržet nárůst globální průměrné teploty výrazně pod hranicí 2 °C oproti hodnotám před průmyslovou revolucí a vyvinout úsilí o to, aby nárůst teploty nepřekročil hranici 1,5 °C oproti hodnotám před průmyslovou revolucí. v návaznosti na výše uvedený mezinárodní smluvní závazek bylo na úrovni EU v posledních letech přijato několik nových právních předpisů, které do budoucna zásadním způsobem ovlivní směřování čisté mobility. Jde zejména o dvě nová nařízení, která stanovují výkonnostní emisní normy CO₂ pro nové osobní automobily, lehká užitková vozidla a nově i těžká vozidla po roce 2020, a revizi směrnice 2009/33/ES o podpoře čistých a energeticky účinných silničních vozidel. Nejnovější strategické dokumenty Evropské unie pak akcentují vizi tzv. klimatické neutrality do roku 2050, přičemž není pochyb, že k dosažení tohoto cíle je nutné postupně dekarbonizovat systém mobility ve všech druzích dopravy. Posledním takovýmto dokumentem je sdělení Komise „Zelená dohoda pro Evropu“.

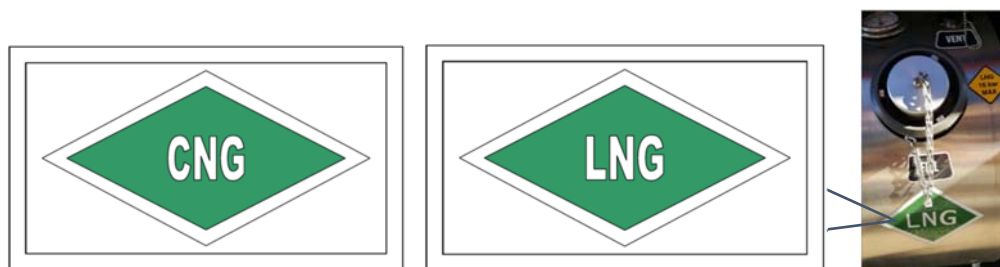
S ohledem na tyto skutečnosti byla k NAP CM doplněna samostatná kapitola týkající se čisté mobility v nesilničních druzích dopravy. Původní Národní akční plán čisté mobility vznikl na základě požadavku směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/94/EU ze dne 22. října 2014 o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva, aby členské státy Evropské unie přijaly národní rámec politiky na podporu rozvoje alternativních paliv v dopravě a vytvořily tak dostatečně příznivé prostředí pro širší uplatnění vybraných alternativních paliv a pohonů, a to primárně v sektoru silniční dopravy [7].

Tab. 5 Aktualizace NAP CM obsahuje mj. následující cíle počtu vozidel na jednotlivá alternativní paliva (CNG/LNG/elektrina/vodík) a rozsahu infrastruktury plnicích a dobíjecích stanic do roku 2030[7].

vozidla	rok 2030
elektromobily	220 000 / 500 000
EV busy	800 / 1 200
CNG	35 000
LNG kamiony	3 500 / 6 900
LPG	170 000 / 250 000
vodík OA	40 000 / 50 000
Vodíkové autobusy	870
dobíjecí/plnicí stanice	rok 2030
elektrické	19 000 / 35 000
CNG	350 / 400
LNG	30
vodík	80

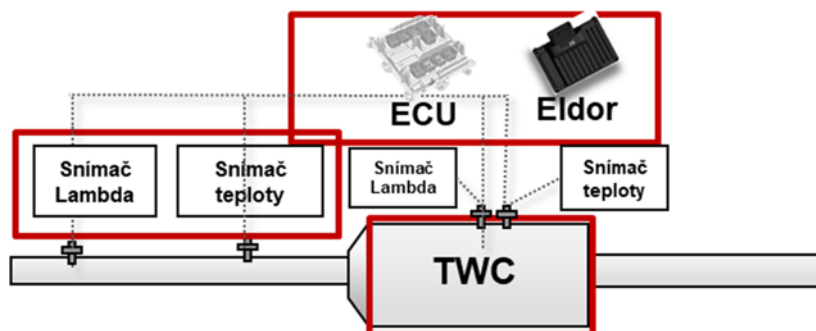
1.7 Označení vozidla CNG a LNG

Identifikace se řídí podle předpisu EHK OSN-R110. Štítky musí být umístěny na přední straně vozidla, na zadní části vozidla (u vozidel třídy N2, N3, M2 a M3) a na všech dveřích (u vozidel třídy M2 a M3). Velikost a barva podle přílohy 6. u vozidel LNG musí být štítek blízko plnicího konektoru (obrázek 6). Označení je tvořeno samolepkou, která musí být odolná proti povětrnostním vlivům [9].



Zdroj [10, autor]

Obr. 6 Štítky označující vozidlo CNG a LNG.



Zdroj [10, autor]

Obr. 7 Třícestným katalyzátorem (TWC).

2 ANALÝZA PROVOZOVÁNÍ VOZIDLA IVECO S-WAY (DIESEL)

2.1 Vozidlo

Jedná se o nákladní vozidlo Iveco S-WAY s motorem Cursor 13. Maximální výkon motoru má 510 HP při 1560–1900 otáčkách za minutu. Kroutící moment je maximálně 2300 Nm v rozmezí otáček 900–1560. Systém pro úpravu výfukových plynů má celkem tři katalyzátory (DOC, SCR, CUC) a jeden filtr pevných částic (DPF), splňující emisní normu VI/E. Verze kabiny řidiče je AS spací kabina. Objem palivových nádrží je 2 x 540 litrů. Průměrná spotřeba nafty je 32 l/100 km [10].

2.2 Doplnění paliva

V blízkosti plnicího hrdla se nachází etiketa (znázorněná na obrázku 8), která udává správný typ používaného paliva, jenž je kompatibilní pro verze B7 a XTL / HVO v souladu se směrnici 2014/94/EU (2014/94 / UE). Používá se pouze s běžně dostupnou motorovou naftou odpovídající normě EN 590 s označením B7 nebo se používá pouze běžně dostupná motorová nafta odpovídající normě EN 15940 se standardním označením XTL / HVO.

Aditiva do paliva se nedoporučují. Použití aditiv může omezit záruku poskytovanou pro vozidlo. Doplněním paliva ze sudů nebo kanystrů může dojít ke kontaminaci motorové nafty, což může následně způsobit problémy v systému přívodu paliva; v těchto případech je potřeba provést vhodnou filtraci.



Zdroj [10, autor]

Obr. 8 Etiketka udávající správný typ použitého paliva.

Alternativní palivo k motorové naftě XTL je známé jako rostlinný olej zpracovaný hydrogenací. Palivo XTL je bionafta, která se získává z přírodního odpadu. Surovina pochází z kontrolovaných a certifikovaných pěstíren. Dále je XTL palivo s vysokým cetanovým číslem bez obsahu síry a aromatických látek, takže se během spalování netvoří popel. Používání paliva XTL / HVO přináší významné zlepšení z hlediska snížení emisí CO₂. Jde-li o čisté HVO, označuje se symbolem „XTL“. Hydro zpracování rostlinných olejů je způsob, jak vyrábět vysoce kvalitní bionaftu, aniž by došlo ke snížení kvality paliva a zvýšení emisí výfukových plynů z motorů po úpravě. Tato paliva se nazývají „obnovitelná paliva“, zatímco termín „bionafta“ je vyhrazen pro metylestery mastných kyselin [6].

Tab. 6 Přehled naftových motorů a povolených paliv [10, autor].

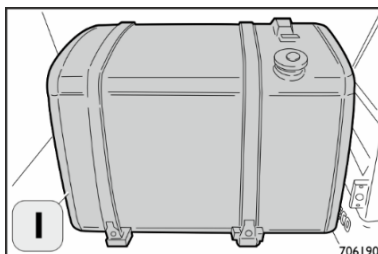
MOTOR	OBSAH [l]	TURBO	VÝKON			TOČIVÝ MOMENT		ÚROVEŇ EMISÍ	POVOLENÉ PALIVO	
			hp	kW	při ot./min.	Nm	při ot./min.			
CURSOR 9	8,7	WG	330	243	1655–2200	1400	1100–1655	Euro VI step E	B7 (*)	
			360	265	1530–2200	1650	1200–1530			
		EVGT	400	294	1655–2200	1700	1200–1655			
CURSOR 11	11,1	EVGT	420	309	1475–1900	2000	870–1475		Euro VI step E	B7 (*) HVO/XTL (**)
			460	338	1500–1900	2150	925–1500			
			480	353	1465–1900	2300	970–1465			
CURSOR 13	12,9	EVGT	510	375	1560–1900	2300	900–1560			
			570	419	1,605–1900	2,500	1,000–1,605			

(*) Bio diesel (FAME, RME) je biopalivo 1. generace a IVECO ho používá/homologuje pouze jako B7 = 7% směs, která je v EU standardem. Kvalita paliva je obecně špatná a promítá se negativně do vstřikování a následného zpracování. Směs s obsahem nad 7 % (např. B10, B15 nebo B30) IVECO neprodává/nezajišťuje pro ně schválení typu.

(**) HVO/XTL je obnovitelné palivo 2. generace, které lze používat čisté (100% směs). Kvalita je ještě lepší než u fosilního paliva a nijak se negativně nepromítá do následného zpracování. Z technického hlediska nejsou mezi vozidly jezdícími na B7 a na HVO žádné změny.

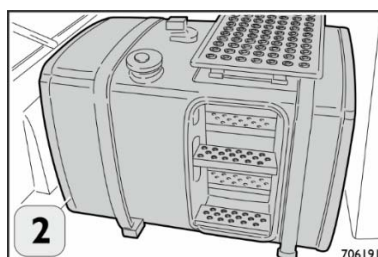
2.3 Palivová nádrž

Vozidlo může být vybaveno plastovou nebo hliníkovou nádrží, která je umístěna na pravé, levé či na obou stranách. Jejich objem se tedy může lišit od minimálně 290 L do maximálně 1340 L (pokud jsou umístěny na obou stranách).



Zdroj [10, autor]

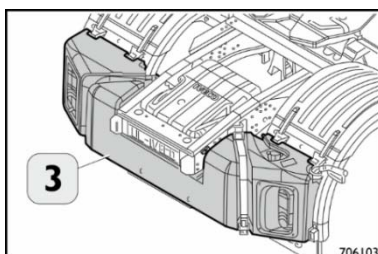
Obr. 9 1. Palivová nádrž na levé straně.



Zdroj [10, autor]

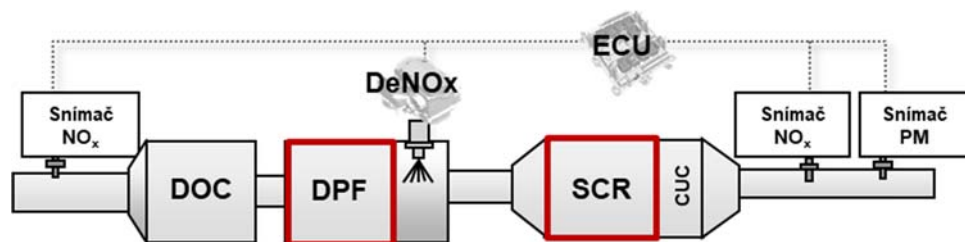
Obr. 10 2. Palivová nádrž na pravé straně.

Nádrž může být mimo jiné opatřena schůdky pro přístup na nakládací plošinu. Kromě standardní nádrže může být vozidlo vybaveno přídatnou palivovou nádrží (3), umístěnou v zadní části vozidla, o objemu 265 L. Celkově objemu paliva může být až 1605 L.



Zdroj [10, autor]

Obr. 11 3. Přídavná nádrž na zadní straně.



Zdroj [10, autor]

Obr. 12 Systém následné úpravy výfukových plynů.

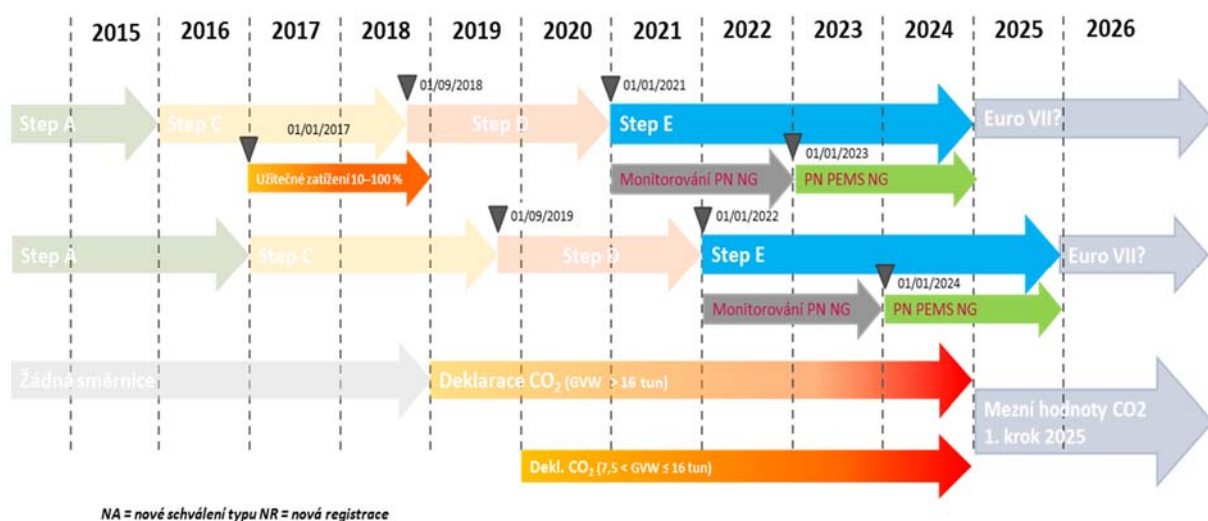
3 POROVNÁNÍ OBOU VARIANT PALIVA Z POHLEDU TECHNOLOGIE SILNIČNÍ DOPRAVY

3.1 Podpora rozvoje infrastruktury LNG prostřednictvím legislativy EU

Technologie LNG nabízí širokou škálu čistších řešení pro podporu mobility i nákladní dopravy. Směrnice o zavádění alternativních paliv a harmonizované normy jsou nezbytné pro zavedení dopravy LNG v EU. Díky lepší hospodárnosti LNG v nákladní dopravě se může urychlit obnova obíhajícího vozového parku. To přinese významnější snížení škodlivých emisí. Infrastruktura pro doplňování zemního plynu by se měla dále rozvíjet, aby se stabilizoval trh v celé Evropě. Harmonizované normy EU jsou potřebné a měly by být implementovány na vnitrostátní úrovni, aby se zvýšila interoperabilita mezi evropskými zeměmi.

3.2 Kroky Euro VI – načasování a hlavní změny

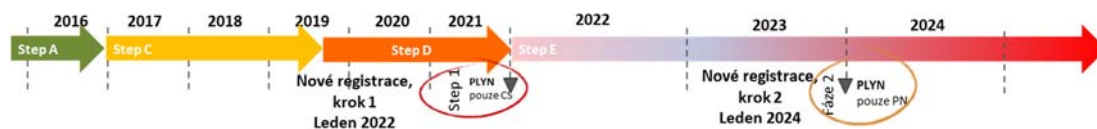
Nařízení Euro 6 se týká spalovacích motorů (vznětových) a benzínových motorů (zemní plyn). Krok E se týká zahrnutí PEMS při studeném startu pro oba typy motoru a měření počtu částic pouze pro spalovací motory. Benzínové motory (zemní plyn) mají deklaraci pro účely monitorování na nové homologace od 1. ledna 2021 a nové registrace od 1. ledna 2022. Benzínové motory musí vyhovovat z hlediska měření pro nové homologace od 1. ledna 2023 a pro nové registrace od 1. ledna 2024. Regulace EVI krok E zavádí přísnější limity při zvažování testů PEMS faktor shody (CF) 1,5 pro NO_x ve stavu studeného startu (CS) a 1,63 pro počet částic (PN) během PEMS. Úroveň množství znečišťujících látek se ve srovnání s krokem D VI nezměnila. Krok E se stává povinným pro nové registrace počínaje 1. lednem 2022.



Zdroj [10, autor]

Obr. 13 Vývoj evropské regulace emisí pro velmi těžká silniční vozidla.

Hlavní změny pro Euro 6, krok E se týkají „shodnosti v provozu“, kterou lze testovat pomocí „přenosného systému měření emisí“ (P.E.M.S.).



Zdroj [10, autor]

Obr. 14 Legislativním cílem je splnit faktor shody (CF) 1,5 na NOX při studeném startu během PEMS

3.3 Biopaliva

Kvalita biopaliv 1. generace FAME/RME je obecně špatná a může mít negativní vliv na vstřikovače a systém následné úpravy. Z tohoto důvodu nejsou povoleny směsi vyšší než 7 % (např. B10, B15 nebo B30). Tento typ je schválen IVECO.

Hydrogenace rostlinných olejů (HVO) je způsob výroby vysoce kvalitních bio naftových paliv, aniž by došlo k ohrožení motorů, systémů následného zpracování výfukových plynů nebo emisí. Tato paliva jsou nyní také označována jako „obnovitelná nafta“ namísto

„bionafty“, která je vyhrazena pro předchozí generaci FAME (metylestery mastných kyselin) nebo RME (metylester řepkového oleje).

Pro provoz s HVO/XTL nejsou nutné žádné technické změny nebo specifické vlastnosti a nemá vliv na standardní záruční a údržbové intervaly ve srovnání s B7.

Tab. 7 Přehled naftových motorů a povolených paliv [10, autor].

Motor	Palivo v homologaci	Biopaliva 1. generace RME/FAME podle EN 590	Biopaliva 2. generace HVO/XTL podle EN 15940
Cursor 9	B7 B7 a HVO / EN 15490	max 7% směs (B7)	100 %
Cursor 11			
Cursor 13			

3.4 Biometan

Pro provoz S-Way CNG/LNG s motorem C13 NP s biometanem nejsou nutné žádné technické změny ani specifické vlastnosti a záruční podmínky. Podmínky údržby zůstávají ve srovnání s fosilními palivy nezměněny. Požadavky IVECO na složení fosilního/obnovitelného plynu:

- CH₄ > 83%
- NMHC <13%
- CO₂ < 14%
- N₂ < 14%
- H₂ < 5%

Tab. 8 Přehled motorů CNG/LNG a povolených paliv [10, autor].

Motor	Palivo v homologaci (referenční palivo)	Biometan podle požadavků IVECO
Cursor 9 NP	GR / G25	100 %
Cursor 13 NP	GR / G25	

3.5 Výhody a nevýhody LNG

Zkapalněný zemní plyn je dnes jedna z nejzajímavějších forem energie využívaná v dálkové silniční dopravě, v železniční dopravě a lodní. Taktéž se využívá v průmyslu při energetických a tepelných procesech v podnicích mimo distribuční síť zemního plynu.

V místních podmínkách České republiky je poměrně zásadní využití LNG v rámci silniční dopravy jako ideální palivo pro těžká nákladní vozidla. Zkapalněný zemní plyn je efektivním řešením pro logistické společnosti, dopravce, či různé technické služby.

Pro dopravce a speditéry jsou rozhodující provozní náklady, a právě zde LNG vyniká. Náklady na palivo pro vozidla na LNG jsou totiž převážně nižší než náklady u vozidel na naftu. Cena se samozřejmě může vlivem různých okolností měnit. S cenou zkapalněného zemního plynu tak bude hýbat rychlost výstavby nových LNG terminálů, ale i globální poptávka po LNG. Zemní plyn je globální komodita vzrůstajícího významu. Můžeme ji dopravovat dvěma způsoby, a to potrubím nebo ve formě kapaliny. Kapalná forma zemního plynu, hraje velkou roli v energetických dodávkách hlavním spotřebitelům, kterými jsou převážně asijské země, jako třeba Čína, Japonsko, Jižní Korea a Indie. Dodavateli LNG pak hlavně Austrálie, Katar, USA a Rusko. Značný vliv má kromě ceny samotné komodity i cena dopravy. Zkapalněný plyn je vhodný k dopravě pomocí lodí a kamiony. LNG tankerů je omezené množství a většina je vázána dlouhodobými kontrakty. Pokud tedy odběratelé náhle navýší své objednávky, k dispozici je omezený počet tankerů a roste tak i cena přepravy, která se do celkové ceny promítá. Dlouho ale platilo, že cena těchto paliv byla nižší než u vozidel s pohonem na benzin nebo naftu. Tato výhoda pravděpodobně stále potrvá s tím, jak se bude zvyšovat celosvětová výrobní kapacita LNG, což usnadní a zefektivní jeho použití.

Pro provozovatele vozových parků nákladních automobilů je pohon na LNG ekonomická a ekologická alternativa nafty. V porovnání s naftou je nejen šetrnější, ale také ekonomičtější.

Natankovat vůz palivem LNG trvá jen 5–10 minut. Jde tedy o srovnatelný čas jako tankování běžných nákladních vozů. Další nespornou výhodou je, že LNG se nedá zcizit a ani se spotřebou jakkoli manipulovat.

Nákladní vozidla potřebují k tomu, aby mohla jezdit na LNG, drobné úpravy. Systém má jednu nebo dvě palivové nádrže na LNG. Ty jsou instalovány mezi přední a zadní nápravou nákladního vozidla. Systém dvou nádrží umožňuje skladovat takové množství LNG, že dojezd vozidla je srovnatelný s dojezdem naftových nákladních vozidel. s dojezdovou vzdáleností 1630 km se S-Way LNG vyrovnává vozidlům na tradiční pohon a posouvá tak dálkovou přepravu s LNG na úplně jinou úroveň. Na jedno natankování tak projede napříč Evropou. Bonusem je pak přístup do center měst, kde mohou být omezující zákony pro vjezd kvůli hlukovým a emisním normám nebo úlevy na poplatcích ve vybraných zemích. Německý federální parlament již totiž schválil zákon, který osvobozuje elektrická a plynová vozidla od

ekologické části dálničních poplatků. Z pohledu čísel se jedná o úsporu 135 € za každých 1000 km. Také polský prezident Andrzej Duda v roce 2018 podepsal zákon o nulové sazbě spotřební daně pro tento typ vozidel. Znečišťující látky jsou z výfuku odváděny (bez použití Ad Blue) přes TWC katalyzátor.

Výhodou zkapalněného zemního plynu je cca 600krát menší objem v porovnání se zemním plynem v plynném skupenství. Z toho vyplývá vyšší dojezd vozidla na LNG oproti CNG, který je na srovnatelné úrovni s klasickými pohonnými hmotami, tedy 1 litr LNG energeticky odpovídá 1,39 litru naftu. V porovnání s CNG mají navíc nádrže na LNG podstatně nižší hmotnost a díky menšímu objemu palivových nádrží mají vozidla na LNG větší úložný prostor. Vozy LNG mají tišší chod motoru oproti dieselovému.

K hlavním nevýhodám LNG počítáme nutnost uchovávání zkapalněného plynu za velmi nízkých teplot, což je ekonomicky i technologicky náročné. Také samotné zkapalňování plynu je energeticky velmi náročné a představuje jednu z hlavních nevýhod tohoto paliva. Zkapalněný plyn je navíc jako zdroj, co se týče produkce emisí velmi problematický právě kvůli přepravě na dlouhé vzdálenosti. Další nevýhodou LNG je kontinuální odpar při skladování a přepravě. Celkově je LNG v porovnání s naftovým vozidlem složitější a nákladnější technologie.

3.6 Čerpací stanice LNG

Vozidla LNG mohou v České republice využít již sedm veřejných plnicích stanic viz. obrázek 5. v roce 2021 byly pouze tři. Už téměř rok je v provozu LNG stanice v Klecanech. Poslední z nich byla otevřena u Mladé Boleslavi. Otevření této stanice u Mladé Boleslavi je dalším krokem v rámci podpory rozvoje trhu s LNG v nákladní dopravě. Novou plnicí stanicí LNG zprovoznil v blízkosti areálu ŠKODA AUTO největší český distributor zemního plynu, společnost GasNet. Stanice je řidičům nákladních vozů k dispozici 24 hodin denně 7 dní v týdnu.

Stěžejným faktorem pro využití technologie LNG na delší trasy je pochopitelně dostupnost plnicích stanic. Celkově se v České republice aktuálně projektuje 18 nových LNG stanic, které mají již zajištěné financování ze strany ministerstva dopravy. Ty by měly být v provozu do konce roku 2022. Do roku 2030 by pak podle Národního akčního plánu čisté mobility měl vzrůst jejich počet až na tři desítky.

V EU je v současnosti 665 plnicích stanic LNG [8]. V roce 2022 to bylo 632 čerpacích stanic. Aktuálně je v České republice 106 registrovaných nákladních vozů na LNG [10].



Zdroj [8]

Obr. 15 Mapa sedmi veřejných stanic LNG v ČR.

3.7 Porovnání nákladů

V závislosti na požadovaném rozsahu dopravního výkonu rozlišujeme náklady fixní a variabilní. Fixní náklady jsou stále stejné. Jedná se například o odpisy, režijní náklady nebo daně. Variabilní náklady jsou závislé na dopravním výkonu. Jsou to náklady na pohonné hmoty, údržbu a opravy. Cílem kalkulace je porovnání výše nákladů pro ujetí 10800 km vozidla s palivem LNG a na naftu. Pro výpočet nákladů jsou použity údaje ze společnosti Iveco Czech Republic. Kalkulace nákladů po ujetí 10800 km je zvolena po konzultaci s dopravní společností LABANT, spol. s r.o., která provozuje obě zvolená vozidla. Tento náběh kilometrů je průměrně ujetá vzdálenost za jeden měsíc.

V této konkrétní kalkulaci je použito nákladů fixních a variabilních. Mezi fixní náklady patří náklady na mzdy, odpisy, leasing vozu, úhrada za použití infrastruktury jako silniční daň, mýtné a ostatní poplatky, do kterých ředíme např. administrativní náklady a pojištění vozidla. Mezi variabilní náklady počítáme náklady na pohonné hmoty, náklady na opravy a údržbu. Rozdělení jednotlivých nákladů je v grafu na obrázku 16 a 17.

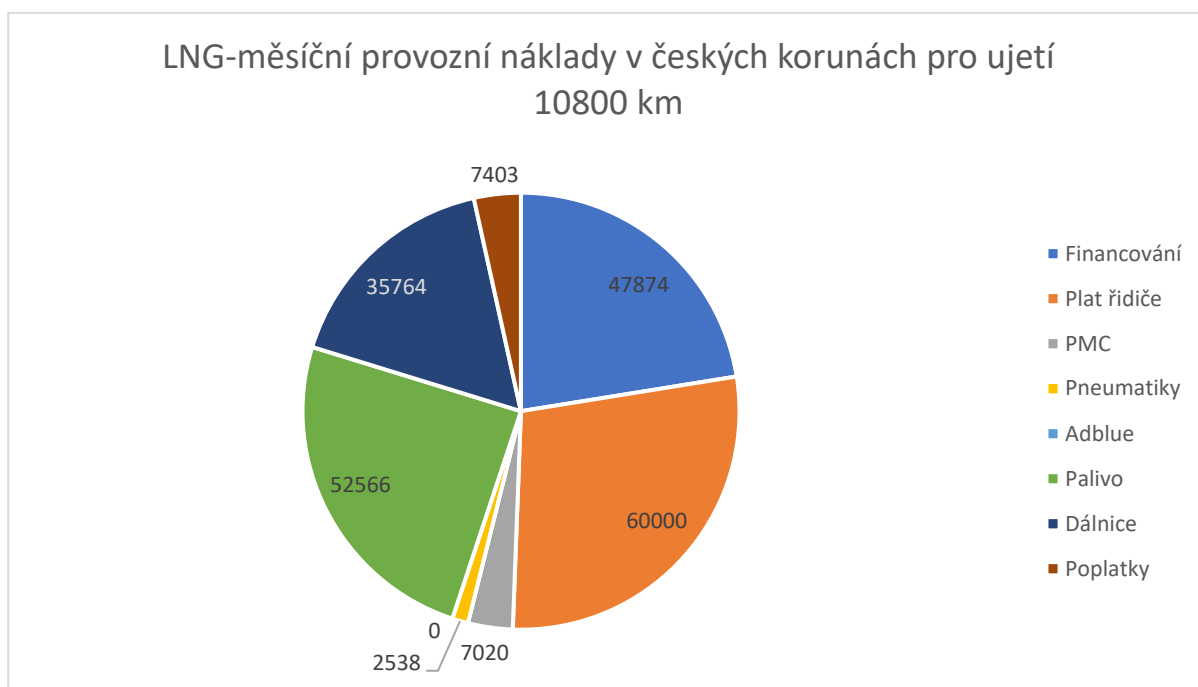


Zdroj [10, autor]

Obr. 16 Diesel-měsíční provozní náklady 2020.

Tab. 9 Rozdělení nákladů v roce 2020 - nafta 0,92 euro/L (23,92 Kč) [10, autor].

	Celkové měsíční náklady-leasing 1.-4. rok	Celkové měsíční náklady-po leasingu 5.-7. rok
Financování	31337	
Plat řidiče	60000	60000
PMC	4129	4129
Pneumatiky	2538	2538
Ad blue	1896	1896
Palivo	82668	82668
Dálnice	35764	35764
Poplatky	7403	7403
Celkem	225735	194398



Zdroj [10, autor]

Obr. 17 LNG-měsíční provozní náklady 2020.

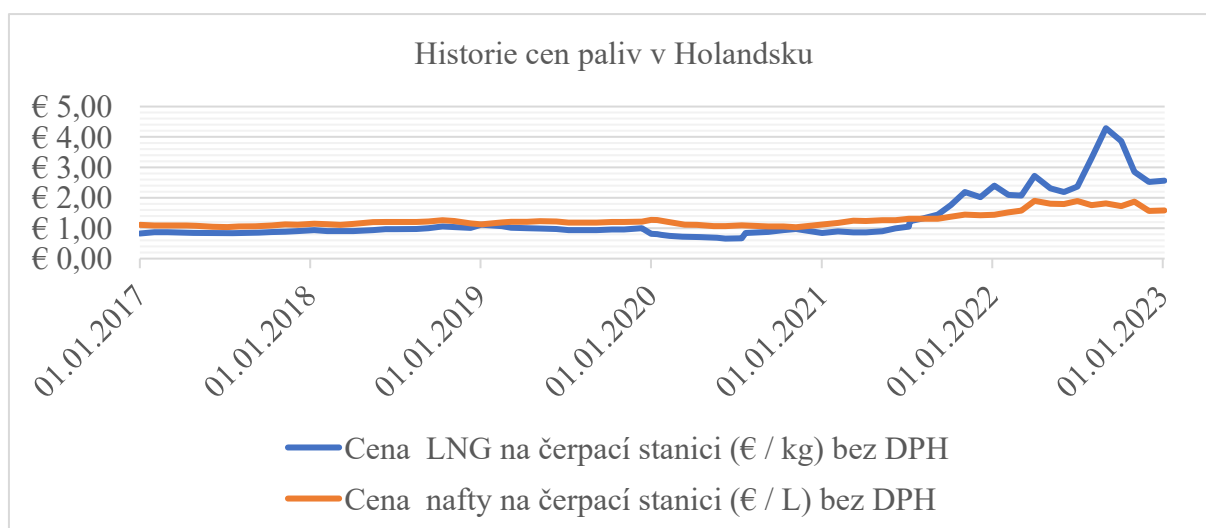
Tab. 10 Rozdělení nákladů v roce 2020 - LNG 0,72 euro/Kg (18,72 Kč) [10, autor].

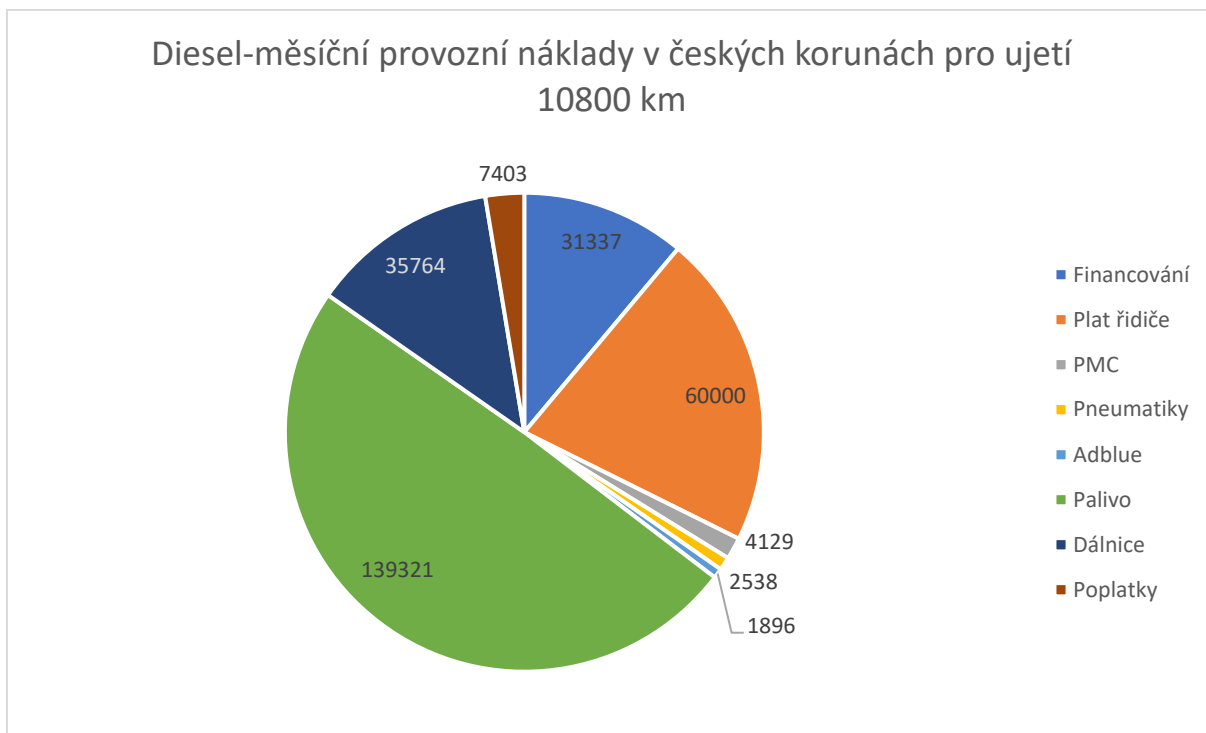
	Celkové měsíční náklady-leasing 1.-4. rok	Celkové měsíční náklady-po leasingu 5.-7. rok
Financování	47874	
Plat řidiče	60000	60000
PMC	7020	7020
Pneumatiky	2538	2538
Ad blue	0	0
Palivo	52566	52566
Dálnice	35764	35764
Poplatky	7403	7403
Celkem	213165	165291

Tab. 11 Před pandemií korona viru se ceny pohybovaly v následujících hodnotách (bez DPH) [10, autor]

palivo	cena v eurech za L/kg
diesel	1
LNG CZ	0.8
LNG Polsko	0.59
LNG Německo	0,87
LNG Nizozemí	0.94

Tab. 12 V následujícím grafu je zaznamenám vývoj cen pohonných hmot v letech 2017 až 2023. [11, autor]



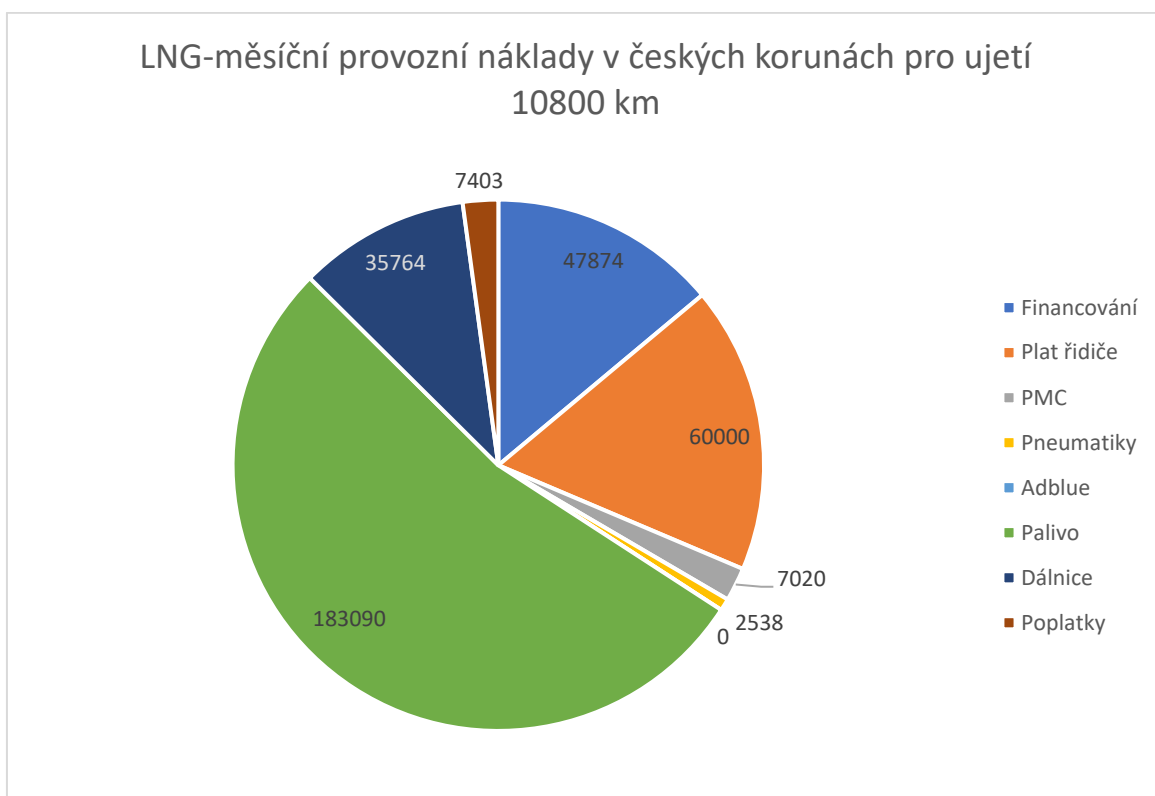


Zdroj [10, autor]

Obr. 18 Diesel-měsíční provozní náklady 2023

Tab. 13 Rozdělení nákladů v roce 2023 - nafta 1,584 euro/L (40,3 Kč) [10, autor].

	Celkové měsíční náklady- leasing 1.-4. rok	Celkové měsíční náklady-po leasingu 5.-7. rok
Financování	31337	
Plat řidiče	60000	60000
PMC	4129	4129
Pneumatiky	2538	2538
Ad blue	1896	1896
Palivo	139321	139321
Dálnice	35764	35764
Poplatky	7403	7403
Celkem	282388	251051



Zdroj [10, autor]

Obr. 19 LNG-měsíční provozní náklady 2023.

Tab. 14 Rozdělení nákladů v roce 2023 - LNG 2,562 euro/Kg (65,2 Kč) [10, autor].

	Celkové měsíční náklady- leasing 1.-4. rok	Celkové měsíční náklady-po leasingu 5.-7. rok
Financování	47874	
Plat řidiče	60000	60000
PMC	7020	7020
Pneumatiky	2538	2538
Ad blue	0	0
Palivo	183090	183090
Dálnice	35764	35764
Poplatky	7403	7403
Celkem	343689	295814

Při porovnání nákladů jednotlivých vozidel v roce 2020 se bude vycházet z tabulky 9 a 10, ve kterých jsou vstupní údaje. Rozdílem celkových měsíčních nákladů je úspora při používání vozidla LNG první 4 roky 12570 Kč. Z grafů na obrázcích 16 a 17 je zřejmé, že hlavní položkou nákladů jsou pohonné hmoty. Určením průměrné spotřeby paliva pro výpočet je provedeno dle přílohy A. Náklady za palivo se u jednotlivých vozidel odlišuje podle profilu terénu, intenzity provozu, hmotností vozidla, způsobu jízdy řidiče, ale také podle období, ve kterém je dané palivo zakoupeno (tabulka 12). Cena paliva za naftu i LNG se může dost významně lišit v jednotlivých zemích (tabulka 11). V sedmém měsíci roku 2021 došlo ke zdražení LNG a jeho cena je výrazně vyšší než cena nafty viz. tabulka 12. Cena pohonných hmot je udávána bez DPH a kurz eura je stanoven k 19. 1. 2023. Při porovnání nákladů jednotlivých vozidel v roce 2023 se bude vycházet z tabulek 13 a 14, ve kterých jsou vstupní údaje. Rozdílem celkových měsíčních nákladů je úspora při používání dieselového vozidla 61301 Kč.

ZÁVĚR

Hlavním cílem této práce bylo popsat převážně palivovou soustavu LNG vozidla Iveco S-WAY NP a analyzovat odlišnosti od Iveco S-WAY (diesel). Následně zhodnotit použití LNG vozidla z pohledu technologie silniční dopravy, to znamená se zaměřením na zákaznické potřeby.

Jedno je jisté: v porovnání s vozidly spalujícími naftu jsou emise CO₂ z LNG nižší a vozidla jsou tišší. Stejně jako stlačený zemní plyn (CNG) se však LNG skládá především z metanu, tedy látky, která je pro klima škodlivější než CO₂ (na rozdíl od LPG neboli zkapalněného ropného plynu, který se skládá z propanu a butanu). Oba druhy plynu tak představují další výzvy pro správu motorů a emisní technologie.

Vozidlo LNG splňuje požadavky logistiky poslední míle. V přímém kontextu dosažení klimaticky neutrální silniční dopravy jsou evropští politici obecně kladně naladěni vůči palivu vyráběného z metanu. Protože EU klasifikuje vozidla na LNG a CNG jako vozidla šetrná k životnímu prostředí, byla až do roku 2023 osvobozena od mýtného. To byl důležitý krok ke stimulaci poptávky zejména po palivu LNG.

Dopravní společnosti, které uvažují o přechodu na LNG, musí zvážit ještě jednu věc: německé Spolkové ministerstvo dopravy v současné době nabízí atraktivní paušální dotace na nákup ekologických vozidel.

Ještě nějakou dobu potrvá, než bude LNG všeobecně dostupné. Čerpací stanice LNG nejsou v Evropě zatím příliš rozšířené. Například v Německu je v současné době k dispozici přibližně 30 stanic. EU však usiluje o to, aby se tento počet zvýšil. Plánuje dotovat další čerpací stanice LNG podél hlavních evropských silničních dopravních tepen.

Téměř veškeré zboží je v současnosti přepravováno vozidly s naftovým motorem. Vozidlo LNG nabízí srovnatelný výkon jako nafta, ale vyznačuje se nižší hlučností a emisemi. Díky vyššímu obsahu energie a nižší spotřebě paliva mohou nákladní vozidla poháněná LNG dosáhnout výrazného snížení nákladů ve srovnání se standardními vozidly s naftovým motorem. To činí ze zkapalněného plynu atraktivní nabídku.

Věřím, že výsledky této práce společnost Iveco Czech Republic, a. s. využije pro charakteristiku zákaznických potřeb. Veškeré poznatky získané při tvorbě této bakalářské práce využiji i ve své další práci a budoucím studiu.

SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

[0].VLK, František. Alternativní pohony motorových vozidel: [zemní plyn CNG, ropný plyn LPG, biopaliva, etanol a metanol, elektřina, vodík]. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2003. ISBN 80-239-1602-5.

[1] abcMedia Network, s.r.o. (online). 2021 [cit. 2021-27-10]. Dostupné z: <https://vedazive.cz/planeta-zeme/klesajici-zasoby-ci-poptavka-po-ropce/#:~:text=Podle%20statistik%20z%20roku%202019%20dos%C3%A1hly%20prokazatel%C3%A9%20z%C3%A1soby,znamenalo%2C%20%C5%BEe%20sv%C4%9Btov%C3%A1%20ropa%20dojde%20v%20roce%202067.>

[2] www.prumyslovaekologie.cz (online). 2021 [cit. 2021-31-10]. Dostupné z: <https://www.prumyslovaekologie.cz/info/zajem-o-lng-v-cesku-roste-statni-podpora-obnovy-vozidel-vsak-vazne>

[3] DUFEK, Zdeněk, Petr BENEŠ, Jiří POSPÍŠIL, Jiří ŠKORPÍK, Václav ŽIVEC a Milan MARTINKA. *Využití LNG v dopravě a energetice a jeho bezpečnost*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2019. ISBN 978-80-7623-016-3.

[4] MATĚJOVSKÝ, Vladimír. *Automobilová paliva*. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-0350-5.

[5] Wikipedia (online). 2021 [cit. 2021-31-10]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Zemn%C3%AD_plyn#Slo%C5%BEn%C3%AD

[6] Iveco Czech Republic, a. s. (online). 2021 [cit. 2021-29-03]. Dostupné z: <https://www.iveco.com/czech/produkty/pages/iveco-s-way.aspx#overview>

[7] Ministerstvo dopravy (online). 2021 [cit. 2021-01-11]. Dostupné z: [https://www.mdcz.cz/getattachment/Dokumenty/Silnicni-doprava/Nakladni-doprava-a-mezinarodni-osobni-doprava/Nakladni-doprava-\(1\)/Preprava-nebezpecnych-veci-dohoda-adr/Dohoda-ADR-2021/02_ADR-2021_Cast-1.pdf.aspx](https://www.mdcz.cz/getattachment/Dokumenty/Silnicni-doprava/Nakladni-doprava-a-mezinarodni-osobni-doprava/Nakladni-doprava-(1)/Preprava-nebezpecnych-veci-dohoda-adr/Dohoda-ADR-2021/02_ADR-2021_Cast-1.pdf.aspx)

[8] NGVA Europe (online). 2021 [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: <https://www.ngva.eu/stations-map/>

[9] ESIPA s.r.o. (online). 2021 [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: [https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=42015X0630\(01\)](https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=42015X0630(01))

[10] Interní materiály společnosti Iveco Czech Republic, a. s. [cit. 2023-06-01].

[11] TotalEnergies Gas Mobility B.V.. 2021 [cit. 2023-19-01]. Dostupné z: <https://www.pitpointcleanfuels.com/clean-fuels/what-does-lng-filling-up-cost/>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A - Určení a porovnání střední hodnoty spotřeby u vozidel	44
---	----

Příloha A - Určení a porovnání střední hodnoty spotřeby u vozidel

Tab. 15 Přehled dieselových vozidel [10, autor].

Vozidlo	Ujetá vzdálenost (m)	Ujetá vzdálenost (km)	Celková spotřeba paliva (l)	Průměrná spotřeba [l/100 km]
1	154977000	154977	47987,5	30,96
2	89485950	89485,95	24382	27,25
3	118005325	118005,325	27537,5	23,34
4	268467395	268467,395	87804	32,71
5	165019535	165019,535	54612,5	33,09
6	113539325	113539,325	34789,5	30,64
7	316140230	316140,23	99519,5	31,48
8	52306685	52306,685	15010	28,70
9	336530850	336530,85	112341,5	33,38
10	135818705	135818,705	47468,5	34,95
11	76455320	76455,32	32161,5	42,07
12	290164265	290164,265	89068,5	30,70
13	75143290	75143,29	22740,5	30,26
14	34890775	34890,775	12269	35,16
15	77216395	77216,395	30539	39,55
16	115695040	115695,04	32998,5	28,52
17	123292125	123292,125	37756,5	30,62
18	220102575	220102,575	64530	29,32
19	270702180	270702,18	72411,5	26,75
20	62480750	62480,75	21212,5	33,95
21	8948290	8948,29	3030,5	33,87
22	59351700	59351,7	16946	28,55
23	23962755	23962,755	7478	31,21
24	187440265	187440,265	57708,5	30,79
25	100584600	100584,6	27547	27,39
26	313768880	313768,88	102994	32,82
27	300297980	300297,98	86388,5	28,77
28	271752955	271752,955	82563,5	30,38
29	205076415	205076,415	76320,5	37,22
30	45609815	45609,815	14856	32,57

Tab. 16 Přehled LNG vozidel [10, autor].

Vozidlo	Ujetá vzdálenost (m)	Ujetá vzdálenost (km)	Celková spotřeba LNG (kg)	Průměrná spotřeba LNG [l/100 km]
1	161547380	161547,38	42818	26,50
2	119383865	119383,865	30920,5	25,90
3	86471400	86471,4	22494,5	26,01
4	1181845	1181,845	310	26,23
5	35043765	35043,765	8502,5	24,26
6	227530	227,53	74	32,52
7	89135835	89135,835	25162,5	28,23
8	58999610	58999,61	15494	26,26
9	182156665	182156,665	39889	21,90
10	99374535	99374,535	27041,5	27,21
11	161494735	161494,735	47247	29,26
12	100792915	100792,915	23445	23,26
13	189902940	189902,94	52721	27,76
14	307010465	307010,465	70768	23,05
15	324431210	324431,21	73971	22,80
16	141203710	141203,71	34846,5	24,68
17	130025400	130025,4	33062,5	25,43
18	144842795	144842,795	35487,5	24,50
19	165321760	165321,76	44243	26,76
20	157260660	157260,66	44685,5	28,41
21	205980160	205980,16	57051,5	27,70
22	178848005	178848,005	46805,5	26,17
23	30593370	30593,37	10333,5	33,78
24	175834740	175834,74	56338,5	32,04
25	162728690	162728,69	38180	23,46
26	86984335	86984,335	21505	24,72
27	109146395	109146,395	27628,5	25,31
28	85643545	85643,545	20708	24,18
29	88793230	88793,23	21096	23,76
30	121999110	121999,11	31979,5	26,21
31	287197175	287197,175	49981	17,40

V této části se zabývám určením střední hodnoty spotřeby paliva ze záznamu údajů vyčtených z nákladních vozidel diagnostikou Iveco UDT, protože ji výrobce neuvádí. Výpočet byl proveden pro každé náhodně vybrané vozidlo z celé Evropské unie. Výrobní čísla jednotlivých vozidel má tvůrce této práce k dispozici. Získaný výsledek je uveden v litrech pro naftové vozidlo a v kilogramech pro LNG vozidlo. Výpočet dle vzorce 1

$$S_{100} = \frac{l}{s} \cdot 100 \quad [\text{kg}/100 \text{ km (l}/100 \text{ km)}] \quad (1)$$

l určená celková spotřeba paliva [kg(l)]

s celková ujetá vzdálenost vozidla [km]

S_{100} střední hodnota spotřeby PHM [kg/100 km (l/100 km)]

Z výše uvedených dvou náhodných výběrů prozkoumám rovnost středních hodnot spotřeby paliva. Tyto dva výběry nazvu *spotřeba X* pro dieselová vozidla a *spotřeba Y* pro LNG vozidla. Příslušné střední hodnoty spotřeby označím μ_x a μ_y . Chci testovat hypotézu:

$$H_0: \mu_x = \mu_y$$

$$H_a: \mu_x \neq \mu_y$$

Oba výběry pocházejí z normálního rozdělení $N(\mu_1, \sigma^2)$. Pomocí F-testu ověřím shodu rozptylů. Testovou statistiku potom založím na rozdílu výběrových průměrů. Stanovým hladinu významnosti 5 %. Testová statistika dvou výběrového t-testu s rovností rozptylů má tvar:

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{(n_1 - 1)s_x^2 + (n_2 - 1)s_y^2}} \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}$$

Kritická oblast je definována jako: $W = \{t; |t| \geq t_{1-\frac{\alpha}{2}; n_1+n_2-2}\}$

Tab. 17 T-test porovnání průměrné spotřeby [autor].

	Diesel
$n_x =$	30
$s_x =$	3,82
$\sigma_x =$	31,57
$s_x =$	14,62
	LNG
$n_y =$	31
$s_y =$	3,22
$\sigma_y =$	25,99
$s^2 =$	10,36
alpha =	0,05
alpha/2 =	0,03
1-alpha/2 =	0,98
F alpha/2, n_x-1 , n_y-1 =	0,48
F 1- alpha/2, n_x-1 , n_y-1 =	2,08
F =	1,41
t =	6,17
t 1-alpha / 2, $n_x + n_y-2$ =	2,00

F-test nevyvrátil shodu rozptylů, proto proveden t-test s rovností rozptylů. Testová statistika je rovna 6,1685 při 59 stupních volnosti. Hodnota testovacího kritéria leží v kritické oblasti. S 95% spolehlivostí průměrná spotřeba dieselových a LNG vozidel tedy není stejná. Průměrná spotřeba dieselových vozidel vyšla zaokrouhleně 32 l/100 km a LNG vozidel 26 kg/100 km.