

Vysoká škola logistiky o.p.s.

**Snižování skleníkových plynů v silniční
nákladní dopravě**

(Bakalářská práce)

Přerov 2020

David Kraclík



Vysoká škola
logistiky
o.p.s.

Zadání bakalářské práce

| | |
|------------------|----------------------|
| student | David Kraclík |
| studijní program | Logistika |
| obor | Dopravní logistika |

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

Název tématu: **Snižování skleníkových plynů v silniční nákladní dopravě**

Cíl práce:

Zhodnotit vliv nákladní silniční nákladní dopravy na životní prostředí. Navrhnout snížení emisí skleníkových plynů v silniční dopravě využitím kombinované přepravy a alternativních paliv. Navrhnout řešení vedoucí ke snížení spotřeby pohonných hmot u silničních nákladních vozidel.

Zásady pro vypracování:

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

Bakalářskou práci zpracujte v těchto bodech:

Úvod

1. Teoretický přístup k řešení snižování skleníkových plynů
2. Analýza současného stavu nákladní silniční dopravy
3. Návrhy na snižování skleníkových plynů v nákladní silniční dopravě
4. Zhodnocení návrhů

Závěr

Rozsah práce: 35 – 50 normostran textu

Seznam odborné literatury:

ŠIROKÝ, Jaromír. Technologie dopravy. Třetí upravené vydání. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2016. ISBN 978-80-7560-017-2.

NOVÁK, Jaroslav, Václav CEMPÍREK, Ivan NOVÁK a Jaromír ŠIROKÝ. Kombinovaná přeprava. Vydání: páté rozšířené. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2015. ISBN 978-80-7395-948-7.

JILEK, Petr a Jan POKORNÝ. Úvod do spalovacích motorů. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2013. ISBN 978-80-7395-743-8.

GRAJA, M. Základy dopravní techniky, silniční vozidla. Studijní opora. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2016.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Alexander Čapka, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce:

31. 10. 2019

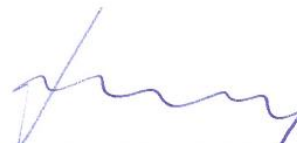
Datum odevzdání bakalářské práce:

5. 5. 2020

Přerov 31. 10. 2019



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



doc. Ing. Ivan Hlavoň, CSc.
rektor

Čestné prohlášení

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

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

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

V Přerově, dne 05. 05. 2020

.....

podpis

Poděkování

Děkuji tímto vedoucímu bakalářské práce Ing. Alexanderu Čapkovi, Ph.D. za odbornou pomoc, rady a cenné připomínky při zpracování této práce.

Anotace

Cílem práce je zhodnotit vliv nákladní silniční dopravy na životní prostředí. Navrhnout snížení emisí skleníkových plynů v silniční dopravě využitím kombinované přepravy. Navrhnout snížení emisí skleníkových plynů v silniční dopravě využitím alternativních paliv. Navrhnout řešení vedoucí ke snížení spotřeby pohonných hmot u silničních nákladních vozidel.

Klíčová slova

Kombinovaná doprava, silniční doprava, skleníkové plyny, alternativní paliva, spotřeba paliva

Annotation

The aim of this work is to evaluate the impact of road freight transport on the environment. Propose a reduction in greenhouse gas emissions from road transport using combined transport. Propose a reduction in greenhouse gas emissions from road transport through the use of alternative fuels. Design solutions to reduce fuel consumption of road trucks.

Keywords

Combined transport, road transport, greenhouse gases, alternative fuels, fuel consumption

Obsah

| | |
|--|----|
| Úvod..... | 8 |
| 1 Teoretický přístup k řešení snižování skleníkových plynů | 9 |
| 1.1 Paliva pístových spalovacích motorů..... | 11 |
| 1.2 Spalovací motory | 15 |
| 2 Analýza současného stavu nákladní silniční dopravy | 18 |
| 3 Návrhy snižování skleníkových plynů v nákladní silniční dopravě..... | 26 |
| 3.1 Hospodárná a ekologická jízda | 26 |
| 3.2 Kombinovaná přeprava | 40 |
| 3.3 Využití alternativních paliv..... | 45 |
| 4 Zhodnocení návrhů..... | 48 |
| Závěr | 50 |
| Seznam zdrojů..... | 51 |
| Seznam grafických objektů..... | 53 |
| Seznam zkratk | 55 |
| Seznam příloh | 56 |

Úvod

V této bakalářské práci se budu věnovat tématu snížení skleníkových plynů v nákladní silniční dopravě. Navrhnou postupy, které vedou ke snížení spotřeby pohonných hmot a snížení skleníkových plynů v silniční nákladní dopravě. V jednotlivých kapitolách popíšu způsoby snížení skleníkových plynů v nákladní silniční dopravě s využitím kombinované dopravy, s využitím alternativních paliv, dále s využitím školení hospodárné a ekologické jízdy, které bude hlavním tématem méj bakalářské práce.

Podrobněji budu popisovat způsob snížení spotřeby paliv využívaných v nákladní silniční dopravě. V samostatné kapitole se zaměřím na školení hospodárné a ekologické jízdy, na techniku jízdy nákladních silničních vozidel s dopadem na snížení skleníkových plynů. V praktické části uvedu příklady spotřeby paliv řidičů.

Tyto spotřeby paliva porovnáám na základě absolvovaného školení hospodárné a ekologické jízdy, kde uvedu konkrétní spotřebu paliva před školením a po absolvování školení. Tyto údaje o spotřebě paliva jsem získal z fleet management systému, který je nedílnou součástí nákladních silničních vozidel.

1 Teoretický přístup k řešení snižování skleníkových plynů

Doprava uspokojuje rozsáhlé potřeby v přemísťování. Jejím prostřednictvím se uskutečňují materiálové toky mezi výrobou a spotřebou, mezi průmyslem a zemědělstvím, mezi městem a venkovem i mezi oblastmi a státy. Rozvoj dopravy tak vytváří předpoklady k bezprostřednějším a těsnějším společenským vztahům, k rozvoji vědy a techniky, k pevnějším hmotným a kulturním svazkům mezi národy a k všestranné bohatšímu životu lidí.

Většinou se přemístění uskutečňuje pomocí dopravního prostředku po dopravní cestě, jinými slovy se jedná o úmyslný pohyb (jízda, plavba let) dopravních prostředků po dopravních cestách nebo činnost dopravních zařízení. Vlastní změna místa bez ohledu na to, jak se uskutečnila, tedy výsledný efekt dopravy je přeprava (přemístění či přemísťování osob a věcí jako výsledek dopravy). Přeprava je plně určena výchozím a koncovým bodem procesu přemístění. Provozovatel dopravy resp. dopravních prostředků (zpravidla jejich vlastník nebo nájemce), uskutečňující vlastní přemísťovací činnost v prostoru a čase je dopravce. Zatímco přepravce je ten, kdo přemístění požaduje, ve většině případů vlastník hmotného zboží vystupující jako zákazník vůči dopravci, tedy spotřebitel dopravních a přepravních služeb.

Po roce 1990 nastal nepřiměřený nárůst silniční nákladní dopravy, který byl dále skokově navýšen na našem území vstupem do Evropské unie k 1. květnu 2004. Důsledky výrazného zvýšení objemu silniční dopravy se především projevují neúměrným zatížením silnic a zhoršováním životního prostředí. Energetická náročnost silniční dopravy je mnohonásobně vyšší než u železniční či vodní dopravy. Silniční doprava vykazuje nejvyšší počet dopravních nehod a škod z nehod vzniklých, nemluvě o zranění, zmrzačení a smrcení osob. Nestálému růstu silniční dopravy kapacitně nedostačují určité úseky pozemních komunikací a tak se vytváří úzká až kritická místa.

Jednotlivé druhy dopravy působí na životní prostředí vesměs negativně. Nejen, že ovlivňuje kvalitu života, ale i životní podmínky člověka a v neposlední řadě přírodní prostředí s přilehlými prostory pro zvířata a rostliny. Například na znečištění ovzduší se markantně podílí silniční nákladní doprava.

Vývoj spalovacích motorů bude zřejmě směřovat ke snížení spotřeby paliva a s tím souvisejícím snížením zatížení životního prostředí vlivem produkovaní nižších emisí

škodlivin. Příčinami, jež mají za následek nutnost snižování škodlivin produkovaných spalovacími motory, jsou stále zpřísnující se legislativní předpisy dané stále vzrůstajícím počtem provozovaných vozidel. Dále je třeba optimalizovat řízení přípravy směsi a okamžik vznícení směsi u vznětových motorů, potažmo okamžik a průběh zapálení směsi u zážehových motorů, potažmo okamžik a průběh vstříknutí paliva u vznětových motorů. V neposlední řadě bude vývoj spalovacích motorů směřovat ke snížení celkové hmotnosti motoru a k co největšímu možnému využití recyklovatelných materiálů. Jelikož vývoj spalovacích motorů není možný do nekonečna, tak je třeba počítat s tím, že jednou budou postupně nahrazovány tzv. „čistými motory“. Pod tímto pojmem je možné si představit zdroj energie, který při svém využívání neznečišťuje životní prostředí.

„Ke znečištění ovzduší dochází vlivem nedokonalého spalování v motoru. Zplodiny spalování pohonných hmot jsou emitovány do ovzduší. „Jednotlivé složky exhalací je možné charakterizovat následovně:

- *oxid uhelnatý: Neohrožuje přírodu, ale živé organismy. Je jedovatý, způsobuje zpomalení reflexů, zbavuje tělo kyslíku a zvyšuje výskyt bolestí hlavy. Ve vysokých koncentracích způsobuje i otravu,*
- *oxid uhličitý: Nemá vliv na lidské zdraví, ale jde o nejdůležitější skleníkový plyn, způsobující asi 50 % celkové oteplování atmosféry,*
- *uhlovodíky: Některé uhlovodíky jsou karcinogenní, jiné způsobují ospalost, dráždění očí a kašel,*
- *oxidy dusíku: Tyto plyny hrají spolu s oxidy síry hlavní roli při tvorbě kyselých dešťů. Způsobují i snížení odolnosti vůči virovým onemocněním, bronchitidě a zápalu plic,*
- *ozón: v přízemní vrstvě ničí vegetaci a poškozuje některé druhy materiálů. Ovlivňuje rovněž zdraví lidí. Přízemní ozón dle EU způsobuje v Evropě tisíce úmrtí/rok, z toho polovina je způsobována silniční dopravou,*
- *olovo: je vysoce toxické, ohrožuje zejména děti a těhotné ženy (dnes emise olova z dopravy jsou zanedbatelné, což je v důsledku používání bezolovnatého benzínu),*
- *prachové částice: Jejich hlavním zdrojem jsou naftové motory. Jde o různorodou směs organických a anorganických látek (uhlík, olej, sírany, nespálené palivo a další).“ [2, s. 29]*

Kyselý déšť

Jde o následek znečištění ovzduší způsobené oxidem siřičitým a oxidy dusíku a dalšími škodlivinami, vytvořenými jejich reakcemi v atmosféře. Doprava je především zdrojem oxidu dusíku a v menším měřítku oxidu siřičitého. Kyselý déšť způsobuje destrukci evropských jezer, řek a ostatních povrchových vod.“

Skleníkových efekt

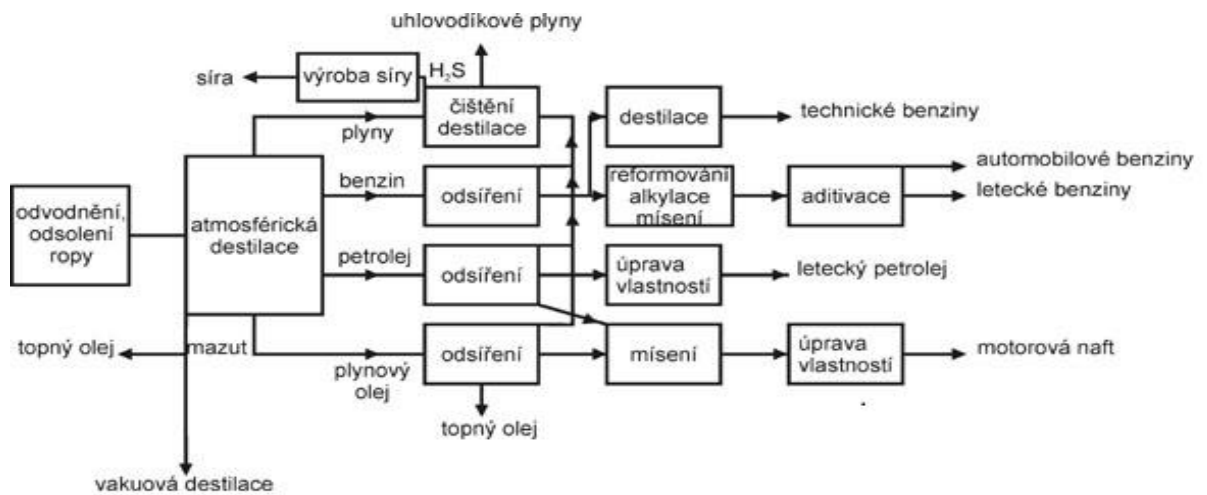
„Bez skleníkového efektu by bylo na Zemi velmi chladno, zemský povrch by byl přibližně o 35 ° C chladnější a život by byl v mnoha regionech prakticky nemožný. Problém je, že masivní antropogenní emise skleníkových plynů (GHG) CO₂, CH₄, N₂O a freonů způsobují výrazně zesilování skleníkového efektu, který rozvrací klima a v zásadě i ohrožuje přežití lidstva na Zemi. Jejich hlavním zdrojem je spalování fosilních paliv, částečně i úniky provázející jejich těžbu, zpracování, dopravu a distribuci.

GHG v atmosféře brání infračervenému záření unikat do vesmírného prostoru a proto má atmosféra tendenci se ohřívat. Nejdůležitějším „skleníkovým“ plynem je oxid uhličitý vznikající spalováním fosilních paliv. I při započtení exhalací z výroby elektriny pro elektrickou trakci železniční dopravy, zdaleka nejvíce exhalaci produkuje silniční doprava.“ [2, s. 30]

1.1 Paliva pístových spalovacích motorů

„Za palivo pro pístové spalovací motory je možné požadovat pouze látku, jejímž spálením se vyvine teplo. Přičemž za proces spalování je považována prudká oxidace. Paliva pro spalovací motory jsou nejčastěji kapalná (ropa a její deriváty), plynná (propan-butan, svítiplyn, zemní plyn) a v minulosti se také používala tuhá (uhelný prach, dřevo). Pro pohon silničních vozidel se dnes používají výhradně kapalná nebo plynná paliva. Na motorová paliva se kladou požadavky pro vysokou výhřevnost, schopnost vytvářet se vzduchem ve spalovacím prostoru motoru kvalitní směs. Mimo to je nutné, aby paliva umožnila spolehlivý zážeh případně vznícení směsi s co nejvyšším možným hořením, byla

zajištěna vysoká čistota, stabilita vlastností při skladování a dopravě, bezpečná manipulace a minimální obsah síry. Jak benzín, tak i nafta se vyrábí z ropy“ [3, s. 21].



Obr. 1.1 Destilace ropy a její jednotlivé složky

Zdroj: [3, s. 21].

Ropa je směs uhlovdíků a lze z ní pomocí destilace viz Obr. 1.1, získávat jednotlivé frakce. Ropa se zahřívá bez přístupu vzduchu v destilačních věžích, v nichž se základní směs dělí na skupiny neboli frakce s určitým rozmezí bodu varu. Zahříváním se jednotlivé frakce odpařují a následně jsou pomocí kondenzace zkapalňovány.

1.1.1 Paliva pro nákladní silniční vozidla

Nároky na vlastnosti paliva pro vznětové motory se liší v závislosti na rozměrech a určení společně s velikostí provozních otáček. V silniční dopravě se pro motory používá frakce ropy z destilačního rozmezí 150 až 360 °C. Motorová nafta je při normální teplotě mírně zakalená a více či méně zbarvená.

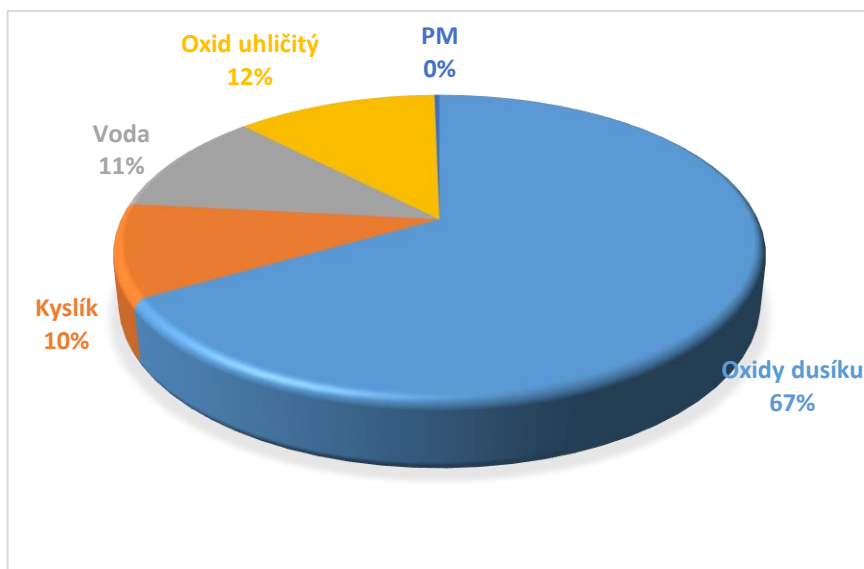
U paliv pro vznětové motory je hlavním požadavkem snadné a rychlé vznícení paliva. Schopnost samozápalnosti (reaktivita) se vyjadřuje cetanovým číslem (CČ), které odpovídá objemovému procentu cetanu ve směsi s heptametylnonanem a které k dosažení

určité prodlevy vznícení v laboratorním motoru potřebuje stejný kompresní stupeň jako zkoušené palivo.

„Obsah síry v motorové naftě je v ČR od roku 1995 stanovený max. 0,05 %. Tato hodnota se stále snižuje a dnes se vyrábí motorová nafta o obsahu síry max. 10 mg/kg. Vysoký obsah síry v palivu zvyšuje emise a způsobuje korozi motoru. Sírné sloučeniny v naftě se projevují v podobě studené koroze, kdy napadají kovy, ale také i v podobě horké koroze, která je důsledkem spalování těchto sloučenin. Vzniklé oxidy síry se slučují s vodou a tím vytváří kyseliny. Určité minimální množství síry zlepšuje mazací schopnosti nafty, ale může být nahrazeno aromáty“[3, s. 27].

Spalování nafty

Stlačením vzduchu ve válci dochází k jeho ohřátí na cca. 600 až 900 °C. Do stlačeného a ohřátého vzduchu se před dosažením horní úvratě pístu vstříkuje palivo. Toto palivo je vstříkováno z trysky pod vysokým tlakem a třením o stlačený vzduch se jemně rozprašuje. Počátek vstříku je závislý převážně na otáčkách motoru, jeho zatížení, ale také na teplotě motoru.



Graf 1.1 Složení výfukových plynů vznětového motoru

Zdroj: [3, s. 28].

1.1.2 Alternativní paliva pro pístové spalovací motory

Alternativními palivy jsou myšlena taková paliva, která jsou schválená pro použití k pohonu motorových vozidel a slouží k substituci benzínu či nafty. Alternativní paliva je podle svého skupenství možno rozdělit na plynná a na kapalná. V této kapitole se budu věnovat plynným palivům.

LPG (Liquified Petroleum Gas)

LPG je směs propanu a butanu v poměru 40:60 v létě a 60:40 v zimě (platí pro ČR). Propan a butan jsou odpadní produkty při výrobě benzínu a proto není možné, aby LPG nahradilo benzín v plném rozsahu. Nevýhodou LPG je skutečnost, že se velmi špatně odvětrává a se vzduchem tvoří výbušnou směs.

CNG (Compressed Natural Gas)

Stlačený zemní plyn se prodává pod zkratkou CNG. Prakticky jde o čistý metan CH_4 . CNG nezapáchá a tedy pro zvýšení bezpečnosti je nutné provádět při výrobě dodatečnou úpravu pro zvýšení zápachu. Oproti LPG se skladuje v plynné podobě pod vysokým tlakem okolo 20 MPa. CNG produkuje asi o 25 % méně CO_2 , ostatní sledované složky jsou na tom podobně jako u LPG. Rozdílné složení CNG a benzínu komplikuje dodržení limitů jedovatých zplodin při použití třicestného katalyzátoru. Cena CNG je proti LPG nižší a tolik se nemění. Nevýhodou je plnění nádrží, které je zdlouhavé, naplnění tlakové nádoby trvá přes 5 minut. Dalším problémem je krátký dojezd vozidel, která využívají palivo CNG, cca 350 km u nákladních vozidel, dle druhu provozu.

LNG (Liquefied Natural Gas)

Pod zkratkou LNG je zkapalněný zemní plyn. Zkapalněný zemní plyn je tvořen z 90 až 100 % metanem, zbývající podíl tvoří etan, dusík, propan a vyšší uhlovodíky. Pro uskladnění je zchlazen na $-162\text{ }^\circ\text{C}$ při atmosférickém tlaku. Zkapalněný zemní plyn je studená, namodralá, průzračná kapalina bez zápachu, nekorozivní, netoxická, s malou viskozitou. Zkapalněný zemní plyn zaujímá cca 600 x menší objem než plynný zemní plyn a má zápalnou teplotu $540\text{ }^\circ\text{C}$. Výhodami paliva LNG je vysoký energetický potenciál srovnatelný s ropnými látkami, bezpečnější provoz vzhledem k vyšší zápalné teplotě oproti benzínu a je vysoce čisté palivo s minimem škodlivých emisí. Nevýhodami jsou uchovávání za velmi nízkých teplot, odpar z nádrže při delší odstavce vozidla, jiná

technologie plnění vozidel a nová rizika při tankování a složitější a nákladnější technologie výroby v porovnání se stlačeným zemním plynem.

Vodík (H₂)

Vodík je předmětem současného intenzivního výzkumu jako potenciální palivo pro motorová vozidla. Využití vodíku v dopravě je spalováním v klasických motorech nebo je možné jej využít v palivových článcích. Vodík se získává tepelným rozkladem uhlovodíků (uhlovodíková paliva) nebo elektrolyzou za použití velkého množství elektřiny, která se musí získat jiným způsobem, například z obnovitelných zdrojů. Vodík jako takový má vysokou výhřevnost. Nevýhodou je, že se vzduchem tvoří třaskavou směs a díky malé molekule proniká téměř každým těsněním, šroubením i ventily. Stlačování a zkapalňování je velmi energeticky náročné.

1.2 Spalovací motory

„Spalovací motory jsou tepelné stroje, v nichž se mechanická práce získává spalováním kapalných nebo plynných paliv. Aby byl provoz spalovacích motorů pokud možno co nejvíce ekonomický, musí být přeměna energie realizována s co nejvyšší účinností. Ke spalování paliva dochází v pracovním prostoru motoru při tlaku, jenž je vyšší než tlak atmosférický. Nutností je také hoření do jisté míry řídit, to se týká především okamžiku hoření. Pracovním médiem pro chod motoru jsou produkty hoření vzniklé spalováním paliva, respektive tlak, který je vyvozen při spalování. Při přeměně tepelné energie vzniklé hořením vzniklé hořením v mechanickou práci probíhají ve spalovacích motorech termodynamické děje, při nichž se mění vlivem spalování také chemické složení pracovní látky“. [3, s. 6]

Rozdělení spalovacích motorů

Turbinové spalovací motory – se skládají z kompresoru, spalovací komory a turbíny. Každý z uvedených konstrukčních prvků může být zastoupený i několikrát.

Reaktivní motory – pracují na principu zákona akce a reakce. Síla, která je výsledkem činnosti motoru, se nazývá tah. Síla je úměrná množství a rychlosti média, která z motoru vychází.

Pístové spalovací motory – jsou to motory, v nichž je chemická energie paliva přeměňována jeho spalováním na energii tepelnou a následně na energii mechanickou. Přeměna je realizovaná hořením, kde rozpínající se tlak plynů působí na píst. Pohyb pístu může být přímočarý vratný anebo rotační. Jejich výhodou je přijatelná účinnost, snadné spuštění a možnost téměř okamžitého zatížení po spuštění. Pístové spalovací motory mají vzhledem k poskytovanému výkonu relativně nejmenší hmotnost, proto se v nejširší míře používají k pohonu silničních vozidel. Nevýhodou je produkování škodlivin vzniklých hořením uhlíkatých paliv a značná hlučnost.

Pístové spalovací motory je možné rozdělit z mnoha hledisek, jako např. podle konstrukce, pracovního oběhu nebo použití. Spalovací motory je možné rozdělit i z jiného hlediska, a to podle druhu spalovaného paliva, způsobu vytváření zápalné směsi, způsobu dopravy čerstvé náplně do spalovacího prostoru, podle způsobu tvoření a zapálení směsi, podle způsobu výměny náplně ve válci a v neposlední řadě také podle konstrukčního provedení.

Rozdělení pístových spalovacích motorů podle používaného paliva

Podle typu používaného paliva je možné motory dělit na benzínové, naftové, plynové a na smíšené. Dále se budu věnovat pouze naftovému (vznětovému motoru), který je nejvíce využíván v nákladní silniční dopravě.

Naftový (vznětový motor)

Pro vznětový motor je charakteristická komprese vzduchu a vstříknutí paliva pod vysokým tlakem do válce. Zápalná směs se tvoří ve válci (vnitřní tvoření směsi). K zapálení směsi dochází samočinně vlivem vysoké kompresní teploty (samovznícením). K dokonalému spálení 1 g paliva je zapotřebí 14,7 g vzduchu. Čím více vzduchu je pro spalování k dispozici, tím více paliva může být spáleno a o to vyšší je výkon.

Výhody a nevýhody vznětového motoru.

„Výhody vznětového motoru:

- *malé rozměry vzhledem k poskytovanému výkonu,*
- *jednoduchost konstrukce,*
- *nízká hmotnost,*
- *možnost okamžitého spuštění a rychlého zatížení,*

- vysoká výhřevnost,
- snadné skladování a doprava paliva,
- v malém množství paliva (nádrž) se skrývá velký energetický potenciál.“

Nevýhody vznětového motoru:

- hlučnost,
- chvění a vibrace,
- zátěž pro životní prostředí způsobena nejen spalováním uhlikatých paliv a zároveň možným únikem provozních kapalin
- malá přetížitelnost“. [3, s. 18,19]

Spotřeba paliva

Množství paliva spotřebované pro dosažení měřeného výkonu, případně se jedná o spotřebované palivo pro ujetí dané dráhy. Spotřeba se měří speciálními měřicími přístroji.

Výpočet emise na základě spotřeby

„Výpočet je založen na emisních faktorech vycházejících z chemický rovnic spalováním motorové nafty, které vyjadřují obsah uhlíku v palivu. Dále je uvažováno, že nedochází ke stoprocentnímu spalování paliva, že dokonale je spáleno 99 % objemu paliva. Takto získané hmotnosti uhlíku se přepočtením na hmotnost emisí CO₂ přes poměr atomové hmotnosti uhlíku (12 g/mol) a molekulové hmotnosti CO₂ (44 g/mol). Výsledné znění převodních vzorců dle EPA je následující: emise CO₂ z galonu nafty = 2 778 gramů x 0,99 x (44/12) = 10 084 gramů/ galon. Dále je nutné výslednou hodnotu přepočíst na u nás běžnější litry. Jeden americký galon odpovídá 3,7584 litru. Pokud tedy dané hodnoty podělíme tímto číslem, získáme množství emisí z jednoho spáleného litru nafty“.

[6]

Spálením 1 litru (fosilní) nafty vzniká 2,6 kg CO₂.

2 Analýza současného stavu nákladní silniční dopravy

Jak je uvedeno v knize Technologie dopravy.

„Evropská doprava je na rozcestí. Mobilita se bude nadále rozvíjet. Dne 28. března 2011 vydala Evropská komise sdělením MEMO/11/197 informaci o svém návrhu Bílé knihy evropské dopravní politiky do roku 2050 s určitou etapizací pro rok 2020 a 2030. „Před systémem dopravy je řada úkolů:

- *U dodávek nafty se zvýší nejistota dodávek z důvodu rizikových zdrojů, rostoucího nedostatku a extrémního kolísání cen. Očekává se, že cena se do roku 2050 oproti úrovni v roce 2005 více než zdvojnásobí (v roce 2005 stál barel ropy 59 USD),*
- *Doprava je energeticky účinnější, ale je ještě z 96% závislá na ropě a přetížení dopravou stojí Evropu každoročně zhruba 1% HDP,*
- *Je třeba podstatně snížit světové emise skleníkových plynů, aby se omezila změna klimatu v roce 2050 nejvýše na +2 ° C proti roku 1990. Má-li to být dosaženo, musí Evropská unie do roku snížit emise celkem o 80-90 % pod úroveň roku 1990,*
- *Znepokojující je zejména přetížení dopravy silniční a letecké. Předpokládá se, že v roce 2030 nákladní doprava v porovnání s rokem 2005 vzroste zhruba o 40 % a do roku 2050 o něco více než o 80 %.“ [1, s. 26]*

Spotřebitelé požadují větší množství a větší možnost výběru zboží dodávaného na určené místo i v malém množství. Z tohoto důvod je nákladní silniční doprava nejvíce využívaná. Spotřebitelé sice požadují produkty, ale nejsou ochotni se smířit s nákladními vozidly, které je převážejí.

Oxid uhličitý (CO₂) je hlavním plynem, který přispívá k vzniku skleníkového efektu a globálnímu zvyšování teplot. Ambicí Evropské unie je emise oxidu uhličitého (CO₂) snižovat, a to i u nákladních vozidel. Výrobci nákladních vozidel musejí prokázat trvalou udržitelnost své výroby s cílem snížení emisí oxidu uhličitého (CO₂).

Nástroj VECTO

Nástroj pro výpočet spotřeby energie vozidla (VECTO)

Od roku 2010 vyvíjí Evropská unie nástroj pro počítačovou simulaci nazývaný VECTO, který vypočítá emise CO₂ pro každou konfiguraci vozidla. Nástroj VECTO poskytne tyto údaje o emisích CO₂ pro konkrétní vozidlo pro tyto tři standardní distribuční profily (městská přeprava, regionální rozvážka, dálková přeprava). Všichni výrobci budou používat stejný nástroj VECTO. Vstupy pro nástroj VECTO jsou ty vlastnosti, které mají vliv na hospodárnost spotřeby paliva.

„Údaje, které mají být sledovány a vykazovány členskými státy (ČÁST A):

- *identifikační číslo vozidla u všech nových vozidel podle čl. 2 písm. a) a b), která jsou registrována na území daného členského státu,*
- *jméno výrobce*
- *značka (obchodní název výrobce)*
- *kód karoserie dle specifikace bodu 38 prohlášení o shodě, je-li k dispozici,*
- *v případě vozidel podle čl. 2 písm. a) informace o hnací jednotce upřesněné v položkách 23, 23.1 a 26 prohlášení o shodě.*

Údaje, které mají být sledovány a vykazovány výrobci těžkých vozidel (ČÁST B), viz Příloha C. [7]

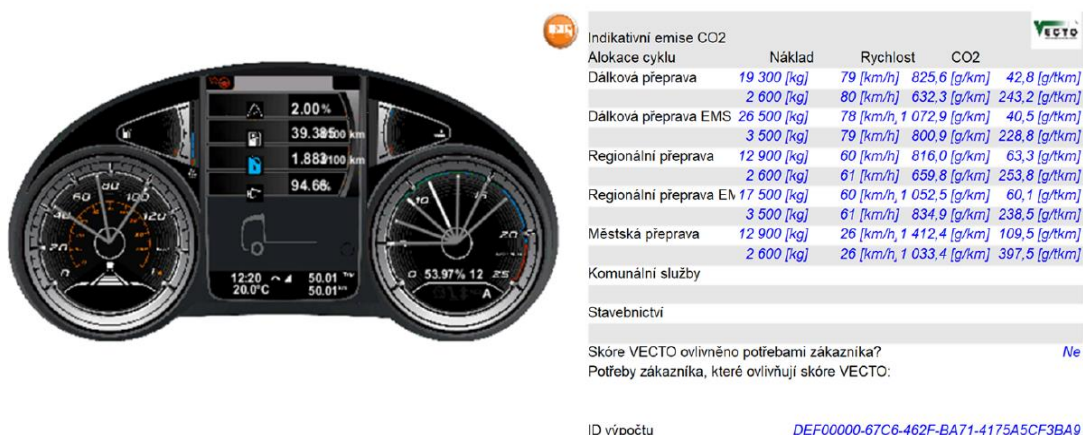
Vykazování členskými státy

„Počínaje 1. lednem 2019 budou členské státy v každém kalendářním roce sledovat údaje stanovené v části A. Údaje budou v souladu s článkem 4 předávat kontaktní místo příslušného orgánu elektronickým přenosem údajů do centrálního úložiště údajů spravovaného agenturou EEA.

Vykazování výrobci

Výrobci sdělí komisi neprodleně a nejpozději do 31. 12. 2018 tyto informace:

- název výrobce uvedený v prohlášení o shodě nebo v certifikátu o jednotlivém schválení,
- světový kód výrobce, definovaný v nařízení komise EU, který se používá v identifikačním čísle vozidla nových těžkých vozidel uváděných na trh,
- kontaktní místo, které je odpovědné za načtení údajů do úložiště obchodních údajů,
- počínaje 1. lednem 2019 a za každý následující kalendářní rok zaznamená každý výrobce pro každé nově vyrobené těžké vozidlo údaje stanovené v části B. “ [7]



Obr. 2.1 Skóre VECTO

Zdroj: [8].

Spálením 1 L (fosilní) motorové nafty vzniká 2,6 kg oxidu uhličitého (CO₂)

Snížení spotřeby paliva = snížení emisí oxidu uhličitého (CO₂)

Tab. 2.1 Počet km na 1 kg emise v nákladní dopravě v České republice v roce 2010

| Druh emise | Silniční | Železniční motorová trakce | Vodní | Železniční elektrická trakce |
|-----------------|----------------------|-------------------------------|---------|---------------------------------|
| | Tkm.kg ⁻¹ | | | |
| CO ₂ | 9 | 45 | 24 | 22 |
| CO | 772 | 7 446 | 3 789 | 142 989 |
| NO ₂ | 1 267 | 4 334 | 2 205 | 11 885 |
| VOC | 3 038 | 31 358 | 15 955 | 210 037 |
| SO ₂ | 296 183 | 46 306 | 996 667 | 9 303 |
| tuhé | 17 419 | 56 071 | 28 531 | 181 629 |

Zdroj: [2].

Z výše uvedené Tab 2.1 je patrné, že nejvíce emisí produkuje nákladní silniční doprava. Snižít znečištění ovzduší z nákladní dopravy lze učinit jen při zvýšení přepravy na železničních elektrifikovaných tratích.

„Přeprava a přepravní výkony

Jsou kvantifikací požadavků na přemístění osob a zboží, podávají tak informace o jejich uskutečnění, slouží analýze dané činnosti a tím rozhodování o dalším vývoji. Je nutné přihlížet i k povaze druhu dopravy, v níž se podnikání odvíjí, neboť technologie jednotlivých doprav je různá a její kvantifikace pomocí soustavy ukazatelů dopravního procesu se liší. Kvantifikace požadavků přepraveců na přemístění zboží (tj. v nákladní dopravě) používá těchto ukazatelů:

objem přeprav (v tunách – t) charakterizuje velikost požadavku statisticky bez ohledu na vzdálenost, na kterou má být zásilka přepravena,

přepavní výkon (v tunokilometrech – tkm) je dynamickým ukazatelem přepravních požadavků, neboť je součinem hmotnosti zásilky (objemu přepravy celkem) a vzdálenosti, na kterou byla zásilka přepravena.“ [1, s. 43]

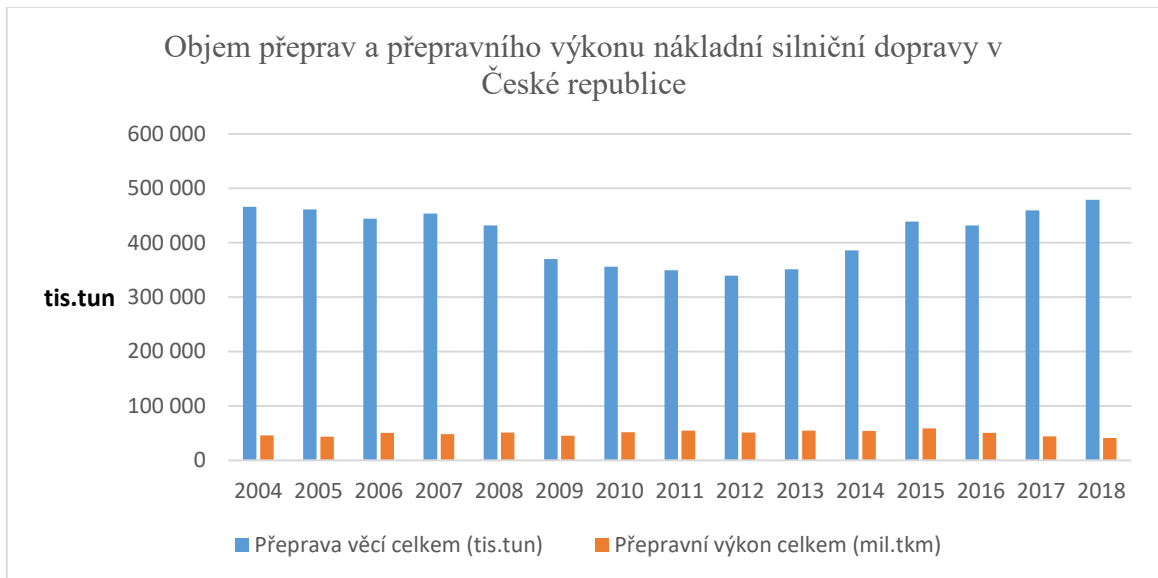
Tab. 2.2 Vývoj objemu přepravy a přepravního výkonu v nákladní silniční dopravě v České republice

| Rok | Přeprava věcí celkem (tis.tun) | Přepravní výkon celkem (mil.tkm) |
|------------|---------------------------------------|---|
| 2004 | 466 034 | 46 010 |
| 2005 | 461 144 | 43 447 |
| 2006 | 444 574 | 50 369 |
| 2007 | 453 537 | 48 141 |
| 2008 | 431 855 | 50 877 |
| 2009 | 370 115 | 44 955 |
| 2010 | 355 911 | 51 832 |
| 2011 | 349 278 | 54 830 |
| 2012 | 339 314 | 51 228 |
| 2013 | 351 517 | 54 893 |
| 2014 | 386 243 | 54 092 |
| 2015 | 438 906 | 58 714 |
| 2016 | 431 889 | 50 315 |
| 2017 | 459 433 | 44 274 |
| 2018 | 479 235 | 41 073 |

Zdroj: vlastní zpracování podle [12].

Tab. 2.2 uvádí informace o vývoji objemu přepravy a přepravního výkonu nákladní silniční dopravy v České republice. Porovnal jsem data celkového objemu přeprav od roku 2004 do roku 2018. Celkový nárůst přepravy věcí (v tis.tun) v roce 2018 je

ve srovnání s rokem 2004 o 2,83 % vyšší, to je o 13 201 tis tun. Největší propad v objemu přeprav sleduji v roce 2012, ve srovnání s rokem 2004 je nižší o 27,19 %, to je o 126 720 tis tun. Pro představu jsem uvedl v grafu 2.1.



Graf 2.1 Objem přeprav a přepravního výkonu v České republice

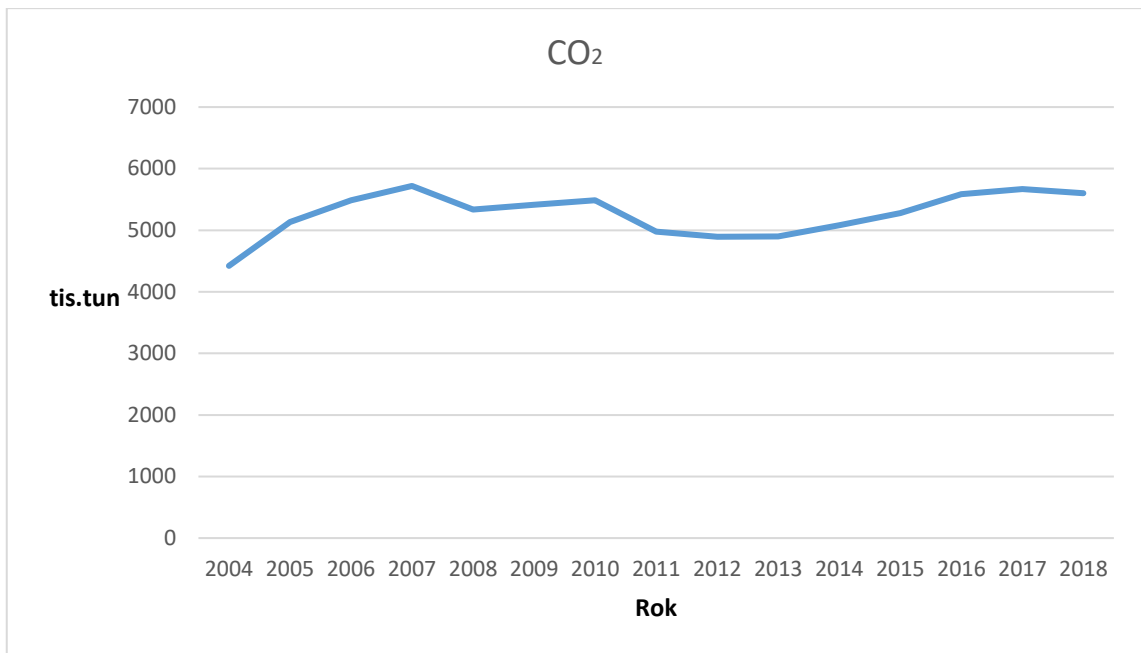
Zdroj: vlastní zpracování podle [12].

Tab. 2.3 Celkové emise nákladní silniční dopravy v České republice (tis.t)

| Rok | CO₂ | CO | NO_x | N₂O | VOC | CH₄ | PM | SO₂ | Celkem |
|------------|-----------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|------------|-----------------------|-----------|-----------------------|---------------|
| 2004 | 4 421 | 88 421 | 46 802 | 251 | 20 173 | 386 | 3 310 | 953 | 164 717 |
| 2005 | 5 132 | 98 671 | 53 385 | 312 | 22 706 | 448 | 3 628 | 164 | 184 446 |
| 2006 | 5 489 | 97 062 | 53 524 | 334 | 22 711 | 458 | 3 565 | 179 | 183 322 |
| 2007 | 5 719 | 88 881 | 50 576 | 351 | 21 415 | 449 | 3 517 | 190 | 171 098 |
| 2008 | 5 338 | 80 649 | 46 444 | 343 | 19 572 | 419 | 3 313 | 170 | 156 248 |
| 2009 | 5 415 | 78 121 | 45 665 | 350 | 19 191 | 418 | 3 374 | 173 | 152 707 |
| 2010 | 5 488 | 67 125 | 40 897 | 366 | 17 060 | 396 | 2 976 | 175 | 134 483 |
| 2011 | 4 975 | 22 312 | 19 411 | 353 | 6 822 | 253 | 1 181 | 32 | 55 339 |
| 2012 | 4 893 | 18 400 | 16 925 | 354 | 5 948 | 242 | 1 009 | 31 | 47 802 |
| 2013 | 4 899 | 16 279 | 15 925 | 357 | 5 466 | 237 | 923 | 31 | 44 117 |
| 2014 | 5 079 | 15 549 | 15 253 | 371 | 5 340 | 243 | 894 | 32 | 42 761 |
| 2015 | 5 277 | 15 124 | 15 289 | 389 | 5 304 | 252 | 876 | 34 | 42 545 |
| 2016 | 5 583 | 8 177 | 21 322 | 215 | 1 058 | 101 | 1 656 | 36 | 38 148 |
| 2017 | 5 669 | 7 500 | 20 530 | 217 | 994 | 94 | 1 621 | 36 | 36 661 |
| 2018 | 5 601 | 5 980 | 17 861 | 217 | 802 | 74 | 1 503 | 36 | 32 074 |

Zdroj: vlastní zpracování podle [12].

V tabulce 2.3 jsem porovnal emise nákladní silniční dopravy od roku 2004 do roku 2018 v České republice. Tyto údaje jsem získal z jednotlivých ročenek dopravy České republiky. Ve srovnání s rokem 2004 jsem pozoroval snížení emisí v nákladní silniční dopravě v České republice, a to o 80,53 % v roce 2018. Co je velice důležité a má vliv na skleníkové plyny, je nárůst CO₂. Sleduji zvýšení emise CO₂ o 26,69 %, pokud porovnám rok 2004 a rok 2018.



Graf 2.2 Emise CO₂ nákladních silničních vozidel v České republice

Zdroj: vlastní zpracování podle [12].

3 Návrhy snižování skleníkových plynů v nákladní silniční dopravě

Chceme-li snižovat znečištění ovzduší z nákladní silniční dopravy při daných přepravních výkonech a daném vozovém parku, lze tak učinit při hospodárné a ekologické jízdě nákladních silničních vozidel s výsledkem snížení spotřeby paliva za využití správné techniky jízdy a při použití fleet management systému. Dalším způsobem snížení skleníkových plynů uvádím návrh s využitím kombinované přepravy na železničních tratích s použitím elektrické trakce. Poslední návrh, který má vliv na snížení skleníkových plynů jsou alternativní plynná paliva, která jsou spalována v pístových spalovacích motorech nákladních silničních vozidel.

3.1 Hospodárná a ekologická jízda

Jezdit plynule a hospodárně se přitom může naučit každý řidič. Řidič je klíčovým faktorem pro dosažení co nejnižší spotřeby paliva a minimálního opotřebení vozidla. Školení a vzdělávání řidičů umožňuje šetřit palivo a lépe předvídat dopravní situace. Vyškolený řidič jezdí hospodárněji, bezpečněji a plynuleji. V současnosti každý výrobce nákladních vozidel nabízí v rámci poprodejních služeb školení ekonomického provozu, a to od základního seznámení s vozidlem až po praktickou instruktáž ekonomické jízdy. Součástí poprodejních služeb výrobců nákladních vozidel jsou i standardem snadno použitelné online fleet management systémy. Tyto systémy poskytují informace o vozidle, řidiči a pozici v reálném čase pro jednotlivá vozidla, zvolená vozidla dokonce i pro celý vozový park. V jednom jasném přehledu se zobrazují klíčové indikátory výkonnosti, jako jsou například trasy, doba jízdy, spotřeba paliva a využití vozového parku. Tyto systémy nejsou hlavním tématem mé bakalářské práce, ale jsou také důležité při plánování tras a monitorování stylu jízdy řidiče u jednotlivých vozidel. Snižování spotřeby paliva přitom nemá jen ekonomický efekt. Pro dokonalé spálení jednoho litru paliva spalovacím motorem je zapotřebí 14,7 m³ vzduchu. Pozitivní ekologický dopad hospodárné jízdy ovšem nespočívá jen v nižší spotřebě vzduchu, ale i v následné nižší produkci škodlivin a oxidu uhličitého.

3.1.1 Fleet management systém

Řada výrobců nákladních vozidel poskytuje tyto poprodejní služby, které jsou součástí výbavy samotného nákladního vozidla. Tyto systémy jsou součástí pracovního prostředí řidiče, které se řidiči zobrazují formou reportu na monitoru nákladního vozidla nebo jsou přeneseny on-line do přehledných reportů přímo dispečerovi nebo majiteli dopravní společnosti.

Drivecheck

Slouží pro hodnocení stylu jízdy řidičů v nákladních vozidlech. Byl vyvinut s předním výrobcem nákladních vozidel značky DAF. Hodnocení probíhá v přehledných reportech s barevným rozlišením. Tento systém pracuje on-line s aktivní účastí dispečera nebo majitele dopravní společnosti, který může vozidlo sledovat na dálku a na základě sledovaných parametrů: běh a otáčky motoru, brždění, rychlost vozidlo, používání tempomatu a předvídatost, hodnotí styl jízdy řidiče. Tento systém je použitý v praktické části bakalářské práce.

Výrobce nákladních vozidel IVECO uvádí přehled úspory paliva se systémem IVECONNECT – drivecheck. Pokud je vozidlo tímto systémem vybaveno, tak je rozdíl ve spotřebě paliva 0,6 l na 100 km. Tento systém má vliv na snížení skleníkových plynů.



Obr. 3.1 Asistent jízdního stylu řidiče DAF

Zdroj: [10].

3.1.2 Řidič a technika jízdy

Fyzikální zákony

Na pohybující se vozidlo působí fyzikální zákony, které v silné míře ovlivňují jeho chování. Tyto zákony je třeba znát, protože je nelze obejít ani ovlivnit. Řidič jim může pouze přizpůsobit své chování a styl jízdy. Je proto důležité znát, jaké odpory na vozidlo působí a jaký mají vliv na spotřebu.

Jízdní odpory – jsou to síly, které působí proti pohybu vozidla. „Mezi jízdní odpory zahrnujeme valivý odpor, odpor při jízdě do stoupání, odpor vzduchu, odpor působící na vozidlo při zrychlení.

- *„Valivý odpor – vzniká jako důsledek deformace pneumatik při styku kola s tuhou podložkou. Stykem kola s podložkou se tvoří plocha nazvaná stopa. V přední části stopy dochází k stlačování pláště, v zadní části pak k návratu pláště do kruhového tvaru“ [4, s. 22]*
- *Odpor při jízdě do kopce – je ovlivněn velikostí (stupněm nebo úhlem) stoupání, hmotností vozidla a jeho rychlostí. Na vozidle se projevuje zvýšenými nároky na výkon motoru a samozřejmě i spotřebu paliva.*
- *Aerodynamický odpor- má rozhodující podíl na odporech vozidla při rovnoměrné jízdě po rovině. Závisí na tvaru karoserie (zejména čelní plocha) a takových poměrech na jejím povrchu. Nejmenší část představují kola, až 20 % představují ztráty vznikající průchodem vzduchu motorovým prostorem.*
- *Odpor při zrychlení – vzniká vlivem zvyšování rychlosti vozidla, protože každá hmota si dle fyzikálních zákonů snaží zachovat svůj pohybový stav. Odpor při zrychlení je ovlivňován vlastní velikostí zrychlení a hmotností vozidla.“ [5, s. 9, 10]*

Hospodárnou jízdou velmi zjednodušeně můžeme říci, že je ekonomický styl jízdy, který je kompromisem mezi jízdním stylem zaměřeným na nízkou spotřebu paliva a jízdním stylem s důrazem na výkon. Řidič, který jezdí hospodárně, tak jezdí s důrazem na snížení spotřeby paliva. Jízda s důrazem na spotřebu znamená provozovat motor při nízkém odevzdaném výkonu a na co možná nejvyšší převodový stupeň při co nejnižších otáčkách. Mnohdy se tak můžete dostat i pod hranici zeleného pásma otáčkoměru. Toto pásmo sice zobrazuje oblast nejnižší spotřeby, ale pouze při plném zatížení.

Rychlost a spotřeba paliva

S rostoucí rychlostí se zvyšují i jízdní odpory, zejména pak odpor vzduchu, tak jak bylo uvedeno. S vyššími nároky na překonání těchto odporů přímo roste i potřeba výkonu motoru, a tím i spotřeba paliva, která s rychlostí roste exponenciálně. Velmi strmý nárůst zvýšených nároků na výkon začíná při rychlosti 60 km/h^{-1} . Zvyšuje-li se rychlost vozidla z 80 km/h na 90 km/h , zvyšuje se odpor vzduchu o 25-30 %, což vede ke zvýšení nároku motoru, který se projeví vyšší spotřebou paliva o cca 10 %. Proto je vhodné stoupání vyjet co možná nejrychleji, samozřejmě s ohledem na bezpečnost silničního provozu. V tomto případě je časový zisk vyšší než hodnota spotřebovaného paliva. Naproti tomu na rovině má vysoká rychlost za následek vyšší spotřebu paliva při minimálním časovém zisku.

„Příkladem z praxe je zrychlení 40 t soupravy z 80 km/h na 90 km/h , které odpovídá zvýšením spotřeby o 0,25 litru. Díky progresivnímu nárůstu odporu vzduchu je na zrychlení z 0 km/h na 80 km.h^{-1} potřeba čtyřikrát více paliva než na zrychlení z 0 km.h^{-1} na 40 km.h^{-1} . Při nízkých rychlostech (pod 60 km.h^{-1}) je ze stejného důvodu zrychlení o 10 km.h^{-1} levnější než zrychlování při vyšších rychlostech, ve kterých i malá změna rychlosti vede ke zřetelnému zvýšení spotřeby paliva“ [5, s 14].

Výkon motoru:

- Odpory
- Zrychlení

Zrychlení 40 tun:

0–80 km/h

=

0,5–0,7 litru paliva



Obr. 3.2 Spotřeba paliva při zrychlení

Zdroj: [10].

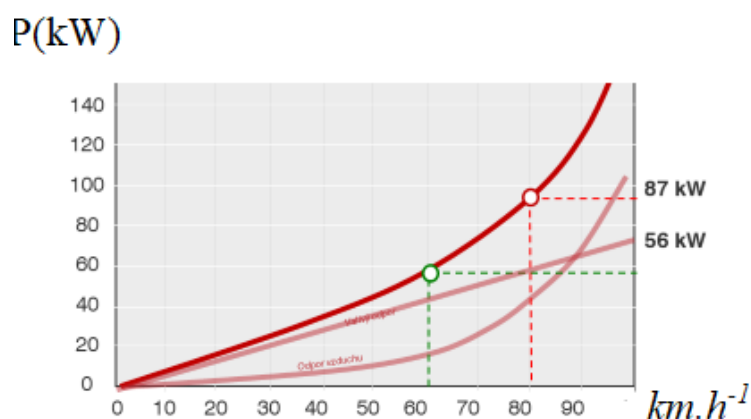
Jak uvádí výrobce DAF viz Obr. 3.2, při snížení rychlosti 89 km/h^{-1} na rychlost 80 km/h^{-1} se sníží spotřeba paliva o 6,5 %.



Obr. 3.3 Snížení spotřeby paliva při nižší rychlosti

Zdroj: [10].

„Zvyšování rychlosti jízdy má vždy za následek vyšší spotřebu paliva, než jaké je dosahováno jízdou ustálenou rychlostí. Zvýšení spotřeby je závislé na požadované intenzitě zrychlení a na rychlosti, ze které se zrychluje. Pro udržení trvalé nízké spotřeby paliva je tak nutné jezdit vyrovnaně a rovnoměrně, vyvarovat se zbytečnému zastavování, stejně jako zbytečnému vytáčení motoru do maximálních otáček. Negativní vliv na spotřebu mají časté změny rychlosti vozidla, zejména pokud se odehrávají při vyšších cestovních rychlostech“ [5, s. 15].



Graf 3.1 Výkon potřebný k překonání odporu vzduchu a valivého odporu

Zdroj: [10].

Rychlost a doba jízdy

„Jestliže vypočítáme, kolik času potřebujeme čistě teoreticky pro ujetí vzdálenosti 100 km při různých rychlostech, pak zjistíme při porovnání různých rychlostí jízdy mezi sebou následující skutečnosti:

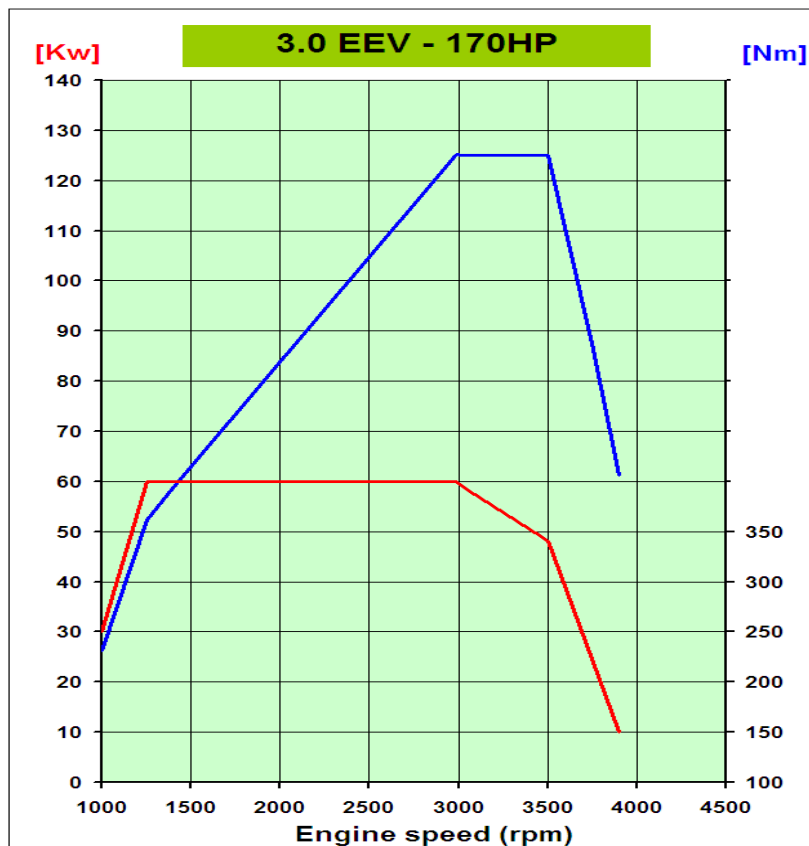
- zvýší-li se průměrná rychlost ze $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ na $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, činí časový zisk 30 minut,
- zvýší-li se průměrná rychlost z $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ na $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, tedy rovněž o $10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, činí časový zisk na stejné vzdálenosti jen 8 min.

Z toho je zřejmé, že nemá smysl jezdit maximální rychlostí pro dohánění různých časových ztrát. Časová úspora je ve vysokých rychlostech minimální a zbytečně rychlá a riskantní jízda pouze zvyšuje možnost vzniku dopravní nehody. Mimo to dochází i ke zvýšenému zatížení řidiče a většímu opotřebení hnacího řetězce. Zejména pneumatik. Vysokou rychlostí vyvolaná častá předjíždění (při předjíždění kamionů s minimálním rozdílem rychlostí, tzv. sloní závody) mohou spotřebu zvýšit až o 20 %. Jedno předjetí 40 t soupravy znamená zvýšení spotřeby o 0,4 l.

Rozdíl $0,5 \text{ km/h}$ v průměrné rychlosti znamená časový zisk 2 minuty na vzdálenost 500 km. Snížení otáček o 150 min díky jízdě nižší rychlostí naproti tomu snižuje celkovou spotřebu paliva o 2 %“ [5, s. 16]

Řazení

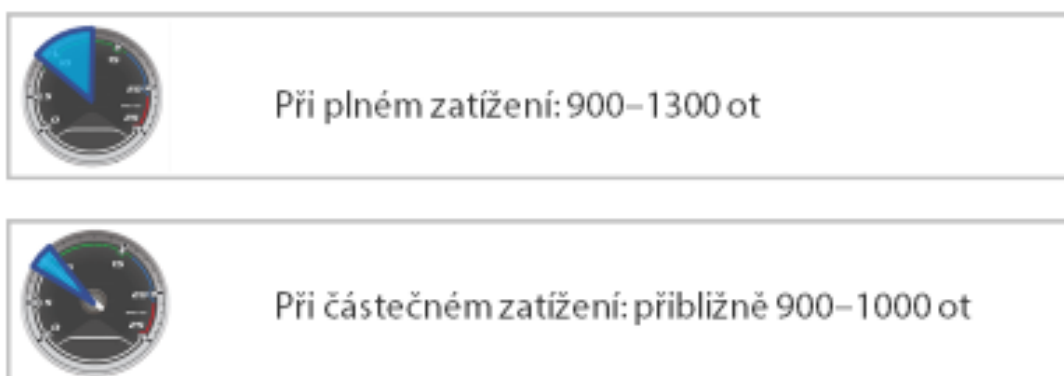
Tvar průběhu křivky točivého momentu v charakteristice při plném zatížení, tj. její strmost a maximum ukazují pružnost motoru. Čím je křivka plošší, tím je motor méně náročný na řazení rychlostních stupňů, viz Obr. 3.5. Při rostoucích otáčkách motoru měrná spotřeba nejprve mírně klesá. Minima dosahuje obvykle mezi třetinou a polovinou rozsahu a pak stoupá až do maximálních otáček. To je základní údaj potřebný pro správnou techniku jízdy. Vyplývá z něho, že z hlediska dosažení vyššího výkonu motoru nemá význam jej vytáčet do nejvyšších otáček. Výkon motoru se zvýší jen nepatrně nebo vůbec ne, zato však prudce vzroste spotřeba paliva. Vysoké otáčky se negativně podepisují rovněž na životnosti motoru a jeho komponent, pokud je jimi zatěžován studený motor. Horní hranice hospodárného provozu by se měla pohybovat mezi dvěma třetinami až třemi čtvrtinami maximálních otáček. Tento otáčkový režim by měl řidič dodržovat při využívání všech převodových stupňů, viz Obr. 3.4.



Obr. 3.4 Vznětový motor o výkonu 126 kW

Zdroj: [9].

Motor v otáčkách, kde je spotřeba paliva nejnižší



Obr. 3.5 Maximální efektivita s použitím co nejmenšího množství paliva

Zdroj: [10].

Uvádím několik příkladu správného použití manuální převodovky s efektem snížení spotřeby paliva u nákladního vozidla:

- jezdit do kopce vždy rychleji a využít setrvačnosti, $P(Kw)$
- včasné zařazení vhodného převodového stupně při překonání stupání,
- pokud se nákladní vozidlo přibližuje v kopci k vrcholu stoupání, je nutné ubrat plyn a řadit vyšší převodový stupeň,
- v případě příliš prudkého stoupání je lepší již na začátku zvolit nižší převodový stupeň než následně řadit v kopci.

Brzdění a jízda z kopce

Brzdění je z hlediska spotřeby negativním faktorem, protože energie získaná z paliva se bez užitku maří. Jízda z kopce je naproti tomu faktorem velmi příznivým, pokud je vhodně využita např. setrvačnost vozidla při jízdě z kopce. Z hlediska hospodárné jízdy, jako komplexního pohledu na snižování provozních nákladů, je ovšem i při jízdě z kopce nutno dodržovat určitá pravidla. Významných úspor lze v této fázi jízdy dosahovat především na brzdách (nízké opotřebení kotoučů, brzdových destiček, bubnů a obložení čelistí). Při brzdění a jízdě z kopce je tak nutné nejprve využívat systémů neopotřebitelných brzd, mezi které patří např. motorová brzdy, různé typy retardérů a další systémy. Každý brzdový systém působí svým účinkem na jinou část hnacího řetězce, důležité je, že se neopotřebovává.

Motorová brzda je neznámější a nejvíce používaný systém neadhezních pomocných brzd. I když se konstrukční řešení může u jednotlivých výrobců lišit, ovládání zůstává stejné. Účinnost motorové brzdy se zvyšuje s otáčkami motoru. Proto je nutné nejprve zvýšit otáčky podřazením na nižší převodové stupně. Při správném použití motorové brzdy nebo retardéru se četnost použití adhezní brzdy sníží až na 5 %. Výsledným efektem je snížení a prodloužení životnosti adhezních brzd.

Plynulý a předvídavý styl jízdy

Plynulá a předvídavá jízda není jen bezpečná, ale také velmi úsporná, viz Obr. 3.4. Dodržovat podmínky plynulé a předvídavé jízdy jsou velice obtížné u nákladní silniční dopravy z důvodu velkého počtu silničních vozidel na pozemních komunikacích. Díky

minimalizaci přechodových stavů, to je bez zbytečného zrychlování a následného maření energie brždění, je motor provozován v optimálních otáčkách při nízké spotřebě. Každé zrychlování znamená výdej energie, která se pak bez užitku přemění v brzdách na teplo. Řidič v maximální míře využívá setrvačnosti vozidla, a to nejen při dojíždění k překážkám, ale především při zdolávání stoupání tím, že vozidlo rozjede před kopcem a před vrcholem stoupání ubere. Předvídavost je jedna nejdůležitějších vlastností řidiče, pokud chce jezdit úsporně a hospodárně.

Ve své bakalářské práci uvedu návrh pro snížení skleníkových plynů v nákladní silniční dopravě na praktické ukázce s vyhodnocením školení hospodárné a ekologické jízdy. V dopravní společnosti ABC proběhlo školení řidičů a techniky jízdy za přítomnosti školitele ekonomické jízdy a za použití on line fleet systému WEBDISPEČINK-DRIVECHECK. Školitel ekonomické jízdy porovnal jízdní styl nákladního vozidla před školením, při školení (při aktivní účasti školitele ekonomické jízdy) a po školení bez přítomnosti školitele.

Společnost ABC

Řidič: P.K.

Report: ze dne 11. 9. 2017 před školením, viz Tab. 3.1.

Tab. 3.1 Report před školením

| | | |
|--|-------------------------------------|-------------|
| Záznam Start - Záznam Stop: | 11.09.2017 05:02 - 11.09.2017 15:58 | |
| VozJede Start - VozJede Stop: | 11.09.2017 05:02 - 11.09.2017 15:58 | |
| Řidič 1 (ID karty: | P. .K (CZ0000000003WN0001) | |
| Řidič 2 (ID karty: | | |
| Vozidlo: | 1BK 5575 | |
| Automaticky rozpoznávaný typ provozu: | Regionální | |
| Průměrné stoupání na 100 km: | 0.85 % | |
| Celkové provozní časy vozidla: | | |
| Jízda: | 06:46 | |
| Běh motoru celkem: | 08:30 | |
| Celkové provozní časy motoru: | | |
| Běh motoru celkem: | 08:30 | (100 %) |
| Jízda s motorem v tahu: | 02:36 | (31 %) |
| Překročení 1440 ot/min v tahu: | 00:01 | (0,2 %) |
| Jízda bez spotřeby paliva + Ecoroll: | 02:27 | (36 %) |
| Stání se spuštěným motorem: | 01:44 | (20 %) |
| Volnoběh: | 01:42 | (20 %) |
| Zvýšený volnoběh za stání: | 00:02 | (0 %) |
| PTO: | 00:00 | (0 %) |
| Doba jízdy s Ecoroll: | 00:00 | (0 %) |
| Využití tempomatu a konst.akcelerátor: | | |
| Jízda s tempomatem: | 01:30 | (22 %) |
| Doba sešlápnutého pedálu akcelerátoru při aktivním tempomatu: | 00:07 | (8 %) |
| Konstatní akcelerační pedál: | 00:42 | (10 %) |
| Využívání brzd: | | |
| Užití provozní brzdy: | 00:29 | (7.2 %) |
| Retardér / motorová brzda při překročení 20 km/h: | 00:48 | (9 %) |
| Počet brzdění [1/100km]: | 105 | |
| Užití retardérů/motorové brzdy k brzdění při překročení 20 km/h: | 86 % | |
| Provoz/spotřeba paliva: | | |
| Průměrná spotřeba paliva: | 40,9 l/100km | |
| Průměrná spotřeba paliva bez PTO: | 40,9 l/100km | |
| Spotřebované palivo celkem: | 152,8 l | |
| Spotřeba tempomat vůči průměrné spotřebě [%]: | 39,2 l/100km | (4 %) |
| Spotřeba paliva za volnoběh: | 3 l | |
| Spotřeba paliva za PTO: | 0 l | |
| Celková ujetá vzdálenost: | 373 km | (100 %) |
| Celkové nastoupané km: | 3 km | (0.9 %) |
| Vzdálenost v režimu Ecoroll: | 0 km | (0 %) |
| Ujetá vzdálenost při překročení 85 km/h s motorem v tahu: | 17 km | (4 %) |
| Překročení 85 km/h v tahu: | 4 % | |
| Prům. hmotnost [t]: | 41,1 t | |
| Průměrná dlouhodobá rychlost: | 55,3 km/h | |
| Rozjezdy: | 69 | 18.5 /100km |
| Průměrné otáčky motoru v tahu: | 1188 rpm | |
| Spotřeba nad 1440 ot/min: | 0.9 l | |
| Maximální dosažená rychlost absolutně: | 104,0 km/h | |
| Maximální dosažené otáčky motoru v tahu: | 1746 rpm | |

Zdroj: [11].

Komentář školitele před školením, běžná trasa řidiče.

Celková ujetá vzdálenost **373 km**

Jízda s průměrnou spotřebou paliva 40,9 l/100 km a průměrnou celkovou tonáží 41,1 t . Doba volnoběhu 1 hod 42 min, to je 20 % , nadlimitní volnoběh s ohledem na provoz, který řidič jezdí, tolerance do 8 % (1 hod volnoběhu = 1.6 l paliva). Jízda s tempomatem (tempomat 22 % z celkové jízdy) vzhledem na typ dopravy, který řidič jezdí, je tato hodnota dostatečná. Poloha pedálu akcelérátoru konstantní 10 % z celkové jízdy. Užití retardérů 86 % je vzhledem k tonáži a typu dopravy málo, nutné zlepšit! Spotřeba nad 1440 ot/min⁻¹ 0,9 l paliva. Překročení 85 km/h⁻¹ s motorem v tahu 17 km, to je zbytečné hodnota značně navyšuje spotřebu paliva. Předvídavost řidiče 94 % výborné.

Průběh školení ze dne 19. 9. 2017, za účasti školitele v kabině vozidla.

Školení zahájeno dne 19.09 2017 v Tvarožné u Brna v 6:20 hod. Počáteční stav tachometru 510 493 km, náklad 29,9 t, předpokládaná vykládka Přerov.

Vykládka Přerov 7:43 – 8:15 stav tach. 510 575 km.

Vykládka při zapnutém motoru OK - PTO

Přejezd po prázdnou na nakládku - odjezd 8:15 hod. směr Bystrovany.

Přejezd na nakládku Bystrovany 8:50 hod stav tachometru. 510 609 km.

Nakládka 8:50 – 9:20 hod., naloženo 28,2 t., obrubníky na stavbu odjezd směr Brno Tuřany.

Vykládka Brno Tuřany 10:36 – 11:09 hod stav tach. 510 689 km vyloženo 28,2 t.

Přejezd po prázdnou na nakládku - odjezd 11:09 hod. směr Tvarožná. Nakládka stav tach 510 699 km , 11:23 – 12:06 hod., naloženo 29,8 t. vápno odjezd směr Přerov.

Bezpečnostní přestávka – dodělána během nakládky

Vykládka Přerov 13:11 – 13:45 hod., stav tach. 510 780 km., vyloženo 29,8 t.

Vykládka při zapnutém motoru OK - PTO.

Přejezd po prázdnou na nakládku v Přerově.

Nakládka stav tach. 510 784 km, 13:55 – 14:45 hod., naloženo 30,1 t., dlažba odjezd směr Tvarožná.

Příjezd do Tvarožné 16:36 hod, ukončení praktické testovací jízdy - školení ekonomické jízdy stav tach : 510 881 km, celkově ujetá vzdálenost 387 km.

Vyhodnocení jízdy řidiče při školení ekologické a hospodárné jízdy ze dne 19. 9 2017

Řidič najel celkem **387 km**.

Jízda s průměrnou spotřebou 35,6 l/100 km a průměrnou celkovou tonáží 45,1t. Doba volnoběhu 1 hod, to je 13 %, tolerance je do 8%. Jízda s tempomatem (tempomat 18 % z celkové jízdy) vzhledem na typ dopravy, který řidič jezdí, je tato hodnota dostatečná. Poloha pedálu akcelerátoru konstantní, to je 22 % z celkové jízdy. Užití retardérů 95 % je u řidiče značné zlepšení. Jízda nad 1440 ot.min⁻¹. hodnota spotřebovaného paliva 0 L. Překročení 85 km/hod s motorem v tahu 27 km, je k celkově ujeté vzdálenosti příliš vzhledem k tomu, že mezi 85 km/hod a 90 km/hod je rozdíl 1,5 l paliva na 100 km. Předvídavost řidiče 100 % výborné.

Tab. 3.2 Report po školení

| | | |
|--|-------------------------------------|-------------|
| Záznam Start - Záznam Stop: | 20.09.2017 06:34 - 21.09.2017 11:19 | |
| VozJede Start - VozJede Stop: | 20.09.2017 06:34 - 21.09.2017 11:19 | |
| Řidič 1 (ID karty: | P. K (CZ0000000003WN0001) | |
| Řidič 2 (ID karty: | | |
| Vozidlo: | 1BK 5575 | |
| Automaticky rozpoznávaný typ provozu: | Regionální | |
| Průměrné stoupání na 100 km: | 0.89 % | |
| Celkové provozní časy vozidla: | | |
| Jízda: | 09:10 | |
| Běh motoru celkem: | 11:10 | |
| Celkové provozní časy motoru: | | |
| Běh motoru celkem: | 11:10 | (100 %) |
| Jízda s motorem v tahu: | 04:09 | (37 %) |
| Překročení 1440 ot/min v tahu: | 00:00 | (0,0 %) |
| Jízda bez spotřeby paliva + Ecoroll: | 03:25 | (37 %) |
| Stání se spuštěným motorem: | 01:59 | (18 %) |
| Volnoběh: | 01:56 | (17 %) |
| Zvýšený volnoběh za stání: | 00:03 | (0 %) |
| PTO: | 00:00 | (0 %) |
| Doba jízdy s Ecoroll: | 00:00 | (0 %) |
| Využití tempomatu a konst.akcelerátor: | | |
| Jízda s tempomatem: | 01:22 | (15 %) |
| Doba sešlápnutého pedálu akcelerátoru při aktivním tempomatu: | 00:00 | (0 %) |
| Konstatní akcelerační pedál: | 01:37 | (18 %) |
| Využívání brzd: | | |
| Užití provozní brzdy: | 00:13 | (2.4 %) |
| Retardér / motorová brzda při překročení 20 km/h: | 00:53 | (8 %) |
| Počet brzdění [1/100km]: | 40 | |
| Užití retardérů/motorové brzdy k brzdění při překročení 20 km/h: | 98 % | |
| Provoz/spotřeba paliva: | | |
| Průměrná spotřeba paliva: | 37,2 l/100km | |
| Průměrná spotřeba paliva bez PTO: | 37,2 l/100km | |
| Spotřebované palivo celkem: | 182,9 l | |
| Spotřeba tempomat vůči průměrné spotřebě [%]: | 40,3 l/100km | (-8 %) |
| Spotřeba paliva za volnoběh: | 3.2 l | |
| Spotřeba paliva za PTO: | 0 l | |
| Celková ujetá vzdálenost: | 492 km | (100 %) |
| Celkové nastoupané km: | 4 km | (0.9 %) |
| Vzdálenost v režimu Ecoroll: | 0 km | (0 %) |
| Ujetá vzdálenost při překročení 85 km/h s motorem v tahu: | 14 km | (3 %) |
| Překročení 85 km/h v tahu: | 3 % | |
| Prům. hmotnost [t]: | 40,4 t | |
| Průměrná dlouhodobá rychlost: | 53,6 km/h | |
| Rozjezdy: | 85 | 17.3 /100km |
| Průměrné otáčky motoru v tahu: | 1151 rpm | |
| Spotřeba nad 1440 ot/min: | 0.1 l | |
| Další údaje o provozu: | | |
| Maximální dosažená rychlost absolutně: | 106,0 km/h | |
| Maximální dosažené otáčky motoru v tahu: | 1615 rpm | |
| Předvídavost řidiče: | 100 % | |

Zdroj: [11].

Tab. 3.3 Celkové hodnocení, společnost ABC, řidič P.K.

| Parametry | Před školením | Při školení | Po školení |
|-------------------|---------------|-------------|------------|
| Spotřeba (L) | 40,9 | 35,6 | 37,2 |
| Volnoběh % | 20 | 13 | 17 |
| Tempomat % | 22 | 18 | 15 |
| Užití retardéru % | 86 | 95 | 98 |
| Předvídavost % | 94 | 100 | 100 |

Zdroj: vlastní zpracování.

Tab. 3.4 Společnost ABC, řidič P.K.

| Parametry | Před školením | Po školení | Úspora paliva |
|----------------------|---------------|------------|---------------|
| Spotřeba (l) | 40,9 | 37,2 | 3,7 |
| CO ₂ (kg) | 106,3 | 96,7 | 9,6 |

Zdroj: vlastní zpracování.

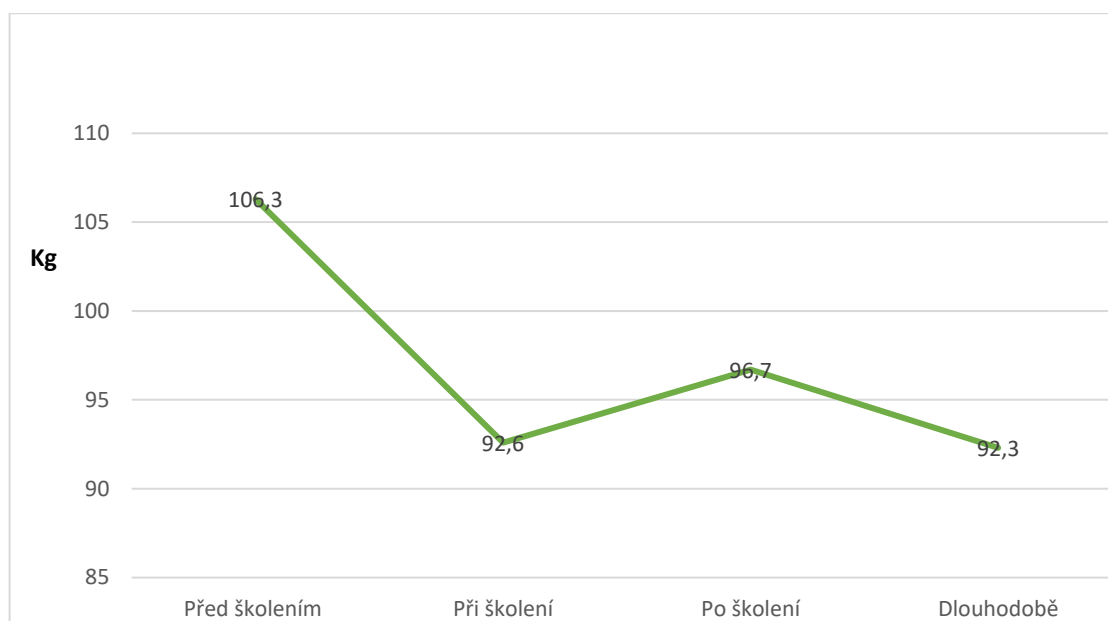
Po absolvování školení hospodárné a ekologické jízdy se průměrná spotřeba paliva snížila z původních 40,9 l na 37,2 l, to je snížení spotřeby paliva o 3,7 l na 100 km, to je snížení skleníkových plynů CO₂ o 9,6 kg na 100 km. Měsíční proběh kilometrů řidiče P.K. je 10 000 km. Hospodárnou a ekologickou jízdou sníží řidič P. K. emise skleníkových plynů, např. CO₂ o 960 kg za měsíc provozu nákladního vozidla.

Metodou hospodárné a ekologické jízdy jsem prokázal snížení spotřeby paliv a snížení nejdůležitějšího skleníkového plynu oxidu uhličitého. Je nutné řidiče neustále trénovat a dlouhodobě sledovat jejich styl jízdy. K tomu řidiče motivovat pro hospodárnou a ekologickou jízdu. Jako další příklad uvádím spotřebu paliva u řidiče P.K., kterého jsme hodnotili 10 měsíců po absolvování školení (1.7 – 11.9. 2017), viz Tab. 3.5. Vozidlo jezdilo ve stejném režimu s identickou hmotností soupravy a jezdilo stejné trasy. Nadále řidič jezdí hospodárně a ekologicky, uvádím další snížení spotřeby paliva.

Tab. 3.5 společnost ABC, řidič P.K., dlouhodobá spotřeba

| Řidič | Po školení, spotřeba (l) | Dlouhodobá spotřeba (l) |
|-------|--------------------------|-------------------------|
| P.K. | 37,2 | 35,5 |

Zdroj: vlastní zpracování.



Graf 3.2 Vývoj emisí CO2 u řidiče P.K.

Zdroj: vlastní zpracování.

3.2 Kombinovaná přeprava

Mezi další návrhy snížení skleníkových plynů v nákladní silniční dopravě uvádím kombinovanou přepravu. Kombinovaná přeprava patří do progresivních přepravních systémů, které vznikly spojením výhod jednotlivých druhů dopravy, čímž byly vytvořeny ucelené systémy, jejichž cílem je zabezpečení přepravy věcí, zboží z místa poptávky do místa spotřeby. Obecně se kombinovanou přepravou rozumí zboží v jedné a téže přepravní jednotce při použití minimálně dvou druhů dopravy. Kombinovanou přepravu uvádím jako jeden z návrhu snížení skleníkových plynů v nákladní silniční dopravě, praktická data v tomto návrhu neuvádím, pouze popíši teoreticky způsob snížení skleníkových plynů.

„Kombinovaná doprava je systém přepravy zboží v jedné a téže přepravní jednotce (ve velkém kontejneru, výměnné nástavbě, odvalovacím kontejneru) nebo silničním vozidle, které při jedné jízdě využije též železniční nebo vodní dopravu. Svoz a rozvoz v rámci kombinované dopravy je silniční doprava přepravních jednotek kombinované dopravy a silničních vozidel, pokud využijí též železniční nebo vodní dopravu, z místa jejich nakládky, případně vykládky do překladiště kombinované dopravy nebo z překladiště kombinované dopravy do místa jejich vykládky, případně nakládky.“ [2, s. 19]

„Spojováním jednotlivých druhů dopravy a především převedením části objemu přímé silniční nákladní dopravy na železniční, příp. vnitrozemskou vodní dopravu přispívá kombinovaná přeprava ke snížení negativního dopadu dopravy na životní prostředí. Zásady dopravní ekologie spočívají v analýze nepříznivých vlivů jednotlivých druhů dopravy na životní prostředí, v prevenci, v omezování a odstraňování znečištění či poškozování přírody a v ochraně životního prostředí jako celku. Doprava je součástí nejen hospodářství, ale i samotného životního prostředí. Každý druh dopravy zapříčiňuje určitý stupeň znečištění, které ovlivňuje především ovzduší. Zejména se jedná o emise prachových částic, přízemní vrstvu ozónu, polycyklických aromatických uhlovodíků, oxidu dusíku, těkavých organických látek, oxidu uhelnatého, podíl na tvorbě přízemního ozónu a přímé i nepřímé emise skleníkových plynů oxidu uhličitého a metanu a tím i skleníkového efektu.“ [2, s. 28]

Ekologický význam kombinované přepravy

Ekologický význam nedoprovázené kombinované přepravy spočívá v tom, že jejím využíváním se uplatňují přednosti jednotlivých druhů dopravy a tak se současně omezují negativní dopady jednotlivých druhů dopravy na životní prostředí. Rozhodující část přepravní trasy by se měla realizovat po železnici či vnitrozemské vodní cestě, kde je zpravidla velká volná kapacita dopravních tras a tím se může nahradit významný podíl jízd silničních vozidel. Proto je nutné vytvořit pro rozvoj nedoprovázené kombinované přepravy dopravní infrastrukturu s dostatečnou kapacitou. Chceme-li snižovat znečištění ovzduší z nákladní dopravy při daných přepravních výkonech a daném vozovém parku, lze tak činit jen zvyšováním přepravy na železničních tratích za využití elektrické trakce na úkor silniční dopravy a motorové trakce v rámci železniční dopravy. Tzn., že chceme přesunout část nákladní silniční dopravy na železniční elektrifikované tratě.

Systémy kombinované přepravy

„Někdy se používá i pojem technika nebo technologie, lze členit podle několika hledisek, z nichž základním jsou použité přepravní jednotky, ze kterých vyplývá potřebná technická základna, kterou tvoří:

- přepravní jednotky,
- dopravní prostředky,
- překládací mechanismy,
- překladiště“.

Systémy založené na kontejnerech a výměnných nástavbách vyžadují poměrně širokou technickou základnu.

Systém kontejnerů ISO řady 1 (námořní kontejner)

Základním článkem systému kontejnerů ISO řady 1 je přepravní jednotka-námořní kontejner konstrukcí a velikostí odpovídající technické normě ISO a řadě kontejnerů 1. Dále do tohoto systému patří silniční vozidla speciálně upravena pro přepravu kontejnerů, především tzv. návěsové soupravy. Pro silniční přepravu na veřejných pozemních komunikacích a současně i pro manipulaci s kontejnery jsou vyvinuté i silniční překladače a nakladače.

Dalším článkem tohoto systému jsou železniční vozy-plošinové vozy rámové konstrukce, příp. plošinové vozy s podlahou, vybavené v určitých vzdálenostech trny pro uchycení kontejnerů umístěných na těchto vozech. Manipulace a překládka kontejnerů mezi jednotlivými druhy dopravy se provádí v překladištích, která jsou odpovídajícím způsobem vybavena a uspořádaná.

Systém vnitrozemských kontejnerů

Vnitřní rozměry a konstrukce námořních kontejnerů založených na normě ISO neumožňují nebo jsou nevhodné pro přepravu určitých druhů zboží a zboží na europaletách. To bylo důvodem zavedení dalších kontejnerových systémů, které mají převzaty některé konstrukční prvky z námořních kontejnerů. Do tohoto systému patří silniční vozidla. Vzhledem k tomu, že vnitrozemské kontejnery jsou vybaveny rohovými prvky, využívají se pro jejich přepravu na veřejných pozemních komunikacích stejná

silniční vozidla jako v případě kontejnerů ISO řady 1. Manipulace a překládka vnitrozemských kontejnerů se provádí pomocí překládacích mechanismů.

Systém odvalovacích kontejnerů

Základním prvkem systému jsou přepravní jednotky – odvalovací kontejnery, založená především na německé technické normě DIN 30 722 a které mají délku cca 5,9 m. Systém odvalovacích kontejnerů využívají nákladní automobily, která jsou vybavena manipulátory. Odvalovací kontejnery se mohou přepravovat i na přívěsových soupravách, které jsou tvořeny hákovým nakladačem a přívěsem konstrukčně upraveným pro přepravu a zejména pro sejmutí a zpětné nasunutí kontejneru. Pro přepravu odvalovacích kontejnerů po železnici se používají plošinové železniční vozy vybavené otočnými rámy určenými pro uložení a upevnění kontejnerů. Protože manipulace s odvalovacími kontejnery se provádí pomocí nákladních automobilů, tzv. hákových nakladačů, nejsou pro tento systém potřebné speciální překládací mechanismy. Technická základna systému odvalovacích kontejnerů je proto výrazně jednodušší než systém kontejnerů nebo výměnných nástaveb.

Systém výměnných nástaveb

Základní prvkem systému výměnných nástaveb je přepravní jednotka – výměnná nástavba. Do tohoto systému dále patří silniční vozidla speciálně upravená pro přepravu výměnných nástaveb. Výměnné nástavby se především přepravují na přívěsových soupravách. Systém výměnných nástaveb využívá železniční vozy, které s ohledem na konstrukci spodní části výměnných nástaveb se používají pro přepravu kontejnerů ISO řady 1. Manipulace a překládka se provádí pomocí překládacích mechanismů.

Systém silničních návěsů

Základními prvky tohoto systému jsou silniční (běžné) návěsy, speciální silniční intermodální návěsy. Dalším článkem tohoto systému jsou železniční vozy. Podle způsobu nakládky a vykládky se používají dva základní druhy železničních vozů a to konstrukčně upravené pro vertikální nebo horizontální překládku silničních návěsů. Silniční návěsy běžné stavby se překládají horizontálním způsobem, tj. najetím na speciálně konstrukčně upravený železniční vůz. V tomto případě není potřeba žádný

překládací mechanismus. Silniční intermodální návěsy se překládají vertikálním způsobem. Jejich manipulace se provádí překládacími mechanismy vybavenými zařízeními (kleštinami). Manipulace a překládka silničních návěsů mezi jednotlivými druhy dopravy se provádí v překladištích.

Systém podvojných (bimodálních) návěsů

Speciálním systémem jsou tzv. podvojně návěsy (bimodální), které se od běžných silničních návěsů liší svou konstrukcí, především tuhostí rámu za účelem přenášení podélných sil při jízdě vlaku, který je sestaven z těchto návěsů umístěných na speciálních železničních podvozcích. Podvojně návěsy jsou vedle přepravních jednotek součástí i silničního vozidla. Ve spojení s tahačem vytvářejí tzv. návěsové soupravy, pomocí kterých jsou návěsy dopravovány po veřejných pozemních komunikacích. Manipulace, tj. změna druhu dopravy, představuje vložení, resp. vyjmutí železničního podvozku přímo v ose koleje (jedná se tedy o horizontální způsob překládky). Překladiště nejsou vybavená překládacími mechanismy.

Systém Ro-La

Systém přepravy nákladních automobilů a jízdních souprav po železnici. Systém Ro-La je potřebná nejjednodušší technická základna. Jako běžně používané nákladní automobily či jízdní soupravy, které nemají žádné speciální konstrukční úpravy a pouze musí splňovat povolené parametry pro přepravu po železnici. Při přepravě silničních souprav se používají speciální železniční vozy, a to nízkopodlažní železniční vozy s malými průměry kol. Železniční vozy jsou vždy spojeny do soupravy. Silniční vozidla po rampě najíždějí na soupravu železničních vozů přes čelo na jednom konci této soupravy. Pro najetí nebo sjetí nákladních – silničních vozidel slouží buď pevné, nebo mobilní čelní rampy. Systém Ro-La je založen na horizontální překládce a nepotřebuje žádný speciální překládací mechanismus. Podíl systému Ro-La v nákladní silniční dopravě roste, viz Tab. 3.6.

Tab. 3.6 Nedoprovázená přeprava silničních návěsů po železnici

| | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|--|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Počet přepravených ložených silničních návěsů a přívěsů celkem | 4 346 | 30 487 | 31 955 | 35 937 | 40 404 | 53 912 |
| vnitrostátní | 0 | 970 | 1 506 | 1 521 | 1 195 | 232 |
| mezinárodní celkem | 4 346 | 29 517 | 30 449 | 34 416 | 39 209 | 53 680 |
| v tom: vývoz | 2 137 | 14 449 | 15 138 | 17 214 | 18 585 | 23 736 |
| dovoz | 2 209 | 15 068 | 15 311 | 17 202 | 18 648 | 23 275 |
| tranzit přes ČR | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 976 | 6 669 |

Zdroj: [12].

„Z národohospodářského pohledu je kombinovaná přeprava potřebná na základě spojení železnice a silnice a umožňuje:

- *odlehčení dálkových silnic od tisíců automobilů,*
- *snížení vynaložené energie na přepravu až o 30 % ve srovnání s přepravou pouze nákladními automobily,*
- *redukci zatížení ovzduší škodlivými látkami jako jsou oxid dusíku, prach, oxid uhličitý, oxid uhelnatý, organické sloučeniny (u některých látek dochází ke snížení škodlivin látek až o 90 %).“ [1, s. 214]*

3.3 Využití alternativních paliv

Celosvětová poptávka po méně znečišťujících motorech v kombinaci se zvyšujícím se využíváním obnovitelných zdrojů energie zmenšují naši závislost na fosilních palivech a jsou hlavním důvodem, proč se alternativní paliva vyvíjí. Vývoj těchto alternativních paliv určují tři hlavní podmínky, které je nutné zohlednit: snížení CO₂, snížení hluchosti, snížení výfukových emisí s dopadem na snížení skleníkových plynů v nákladní silniční dopravě. Použití paliv z obnovitelných zdrojů je reakcí na potřebu dalšího snížení skleníkových plynů.

Nejvíce využívaná alternativní paliva v nákladní silniční dopravě jsou plynná alternativní paliva, a to CNG (stlačený zemní plyn), LNG (zkapalněný zemní plyn). Registrace nákladních silničních vozidel se zvyšuje, jak je patrné viz Tab. 3.7.

Tab. 3.7 Registrace vozidel v ČR

| | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|--|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Počet celkem | 13 045 | 6 621 | 5 283 | 4 488 | 4 132 | 4 360 |
| <i>podle věkových kategorií</i> | | | | | | |
| do 2 let | 199 | 89 | 67 | 83 | 149 | 204 |
| od 2 do 5 let | 966 | 180 | 153 | 84 | 54 | 88 |
| od 5 do 10 let | 4 508 | 899 | 551 | 378 | 255 | 226 |
| přes 10 let | 7 372 | 5 453 | 4 512 | 3 943 | 3 674 | 3 842 |
| <i>podle typu spotřebované energie</i> | | | | | | |
| benzínové | 39 | 18 | 18 | 18 | 16 | 41 |
| dieselové | 12 973 | 6 576 | 5 241 | 4 444 | 4 094 | 4 286 |
| elektrické a ostatní | 33 | 27 | 24 | 26 | 22 | 33 |
| nezařazeno | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Zdroj: [12].

CNG (stlačený zemní plyn)

Na CNG lze pohlížet na čistější alternativu k motorové naftě, jelikož má nižší emise skleníkových plynů, například oxid uhličitý (CO₂), methan (CH₄). Tato technologie je nerozšířenější navíc je dostupná infrastruktura pro doplnění paliva CNG. Vlastnosti CNG činí z tohoto plynu velmi užitečné palivo pro vozidla určené pro krátké vzdálenosti. Toto alternativní palivo je nejvíce využíváno pro rozvozová nákladní silniční vozidla. Tato vozidla mají dojezd na alternativní palivo CNG cca 300 km. Pokud budeme porovnávat dopad na emise hlavního skleníkového plynu CO₂, tak zjistíme, že dnešní vznětové motory plnící normu EURO 6 typ D produkují podobné hodnoty CO₂. Pokud však nedojde k úplnému spálení CNG, emise CH₄ vzrostou emise CH₄ (metanu) jsou 20krát nebezpečnější než emise CO₂. Na druhou stranu se tato technologie osvědčila a je velmi rozšířená. Navíc je k dispozici rozsáhlá infrastruktura pro doplňování paliva.

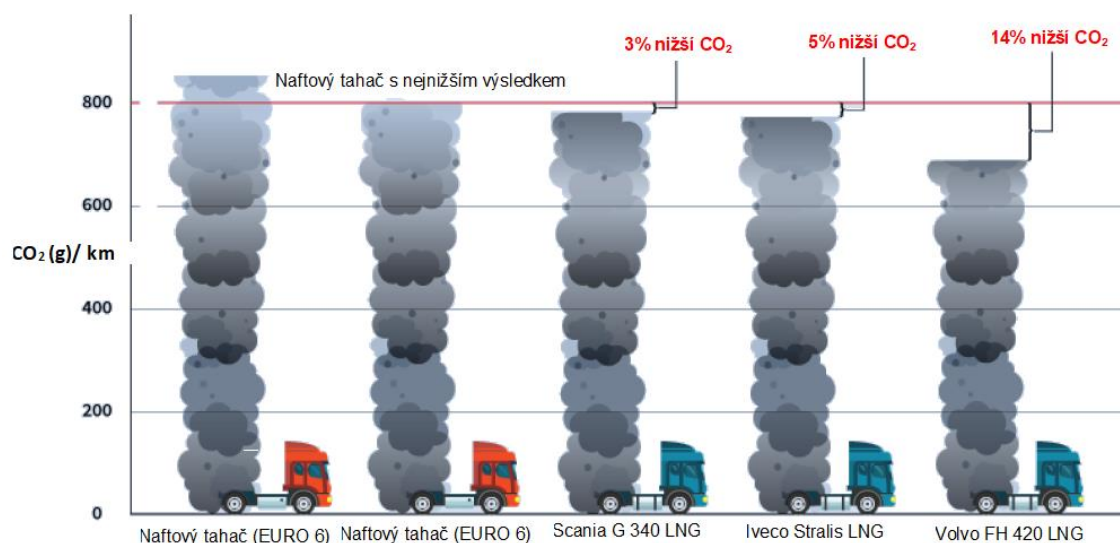
LNG (zkapalněný zemní plyn)

LNG se principiálně používá při přepravě zemního plynu na místa odběru. Má menší objem v porovnání s CNG. Je vhodný pro dálkovou silniční dopravu. Nákladní silniční vozidla mají dojezd na LNG až 1 500 km. Provoz nákladních vozidel na LNG je ekologičtější ve srovnání s provozem vozidel s naftovými agregáty, snížení o 15 % CO₂, 70 % NO_x, až 99 % PM ve srovnání s limity EURO 6.

Řada výrobců nákladních vozidel tvrdí, že nákladní vozy poháněné plynem poskytují vyšší kvalitu ovzduší ve srovnání s vozidly poháněné vznětovým motorem. Podle studie

zadané nizozemskou vládou byly provedeny testy nezávislou výzkumnou organizací TNO za účelem porovnání emisí naftových silničních vozidel ve srovnání s vozidly, které byly poháněny agregáty na zemní plyn (LNG). Byla testována vozidla IVECO, SCANIA a Volvo. Data této studie byly zveřejněné www.transportenvironment.org. Data studie ukazují, že mnoho tvrzení výrobců nákladních automobilů jsou nepravdivá. Bylo testováno šest dieselových vozidel EURO 6 vyrobených v roce 2013 se třemi vozidly s motory EURO 6 LNG. Kromě látek znečišťujících ovzduší také TNO měřil a porovnával emise skleníkových plynů z naftových a LNG vozidel viz Obr.3.6, zaměřil se na emise CO₂. Výrobce VOLVO uvádí ve svých propagačních materiálech, že produkuje nižší emise CO₂ o 20 % nižší ve srovnání s naftovým agregátem. Podle měření TNO je hodnota nižší pouze o 14 %. Další výrobci IVECO a SCANIA uvádí nižší hodnoty CO₂ až o 20%, dle TNO je hodnota emisí CO₂ pouze nižší o 3% - 5 % [13].

Z důvodu značných rozdílných údajů výrobců nákladních vozidel, tento návrh nebudu dále porovnávat v praktické části mé bakalářské práce.



Obr. 3.6 Emise CO₂

Zdroj: [13].

4 Zhodnocení návrhů

Hospodárná a ekologická jízda

Tab. 4.1 Vývoj spotřeby paliva

| Řidič | Před školením (l) | Po školení (l) | Úspora (l) | CO ₂ (kg) |
|-------|-------------------|----------------|------------|----------------------|
| P.K. | 40,9 | 37,2 | 3,7 | 9,6 |
| M.Š. | 38,3 | 36,2 | 2,1 | 5,4 |
| P.V. | 41,3 | 38,3 | 3 | 7,8 |

Zdroj: vlastní zpracování.

Tab. 4.2 Porovnání dlouhodobé spotřeby paliva (01. 07. 2017.-11. 9. 2017)

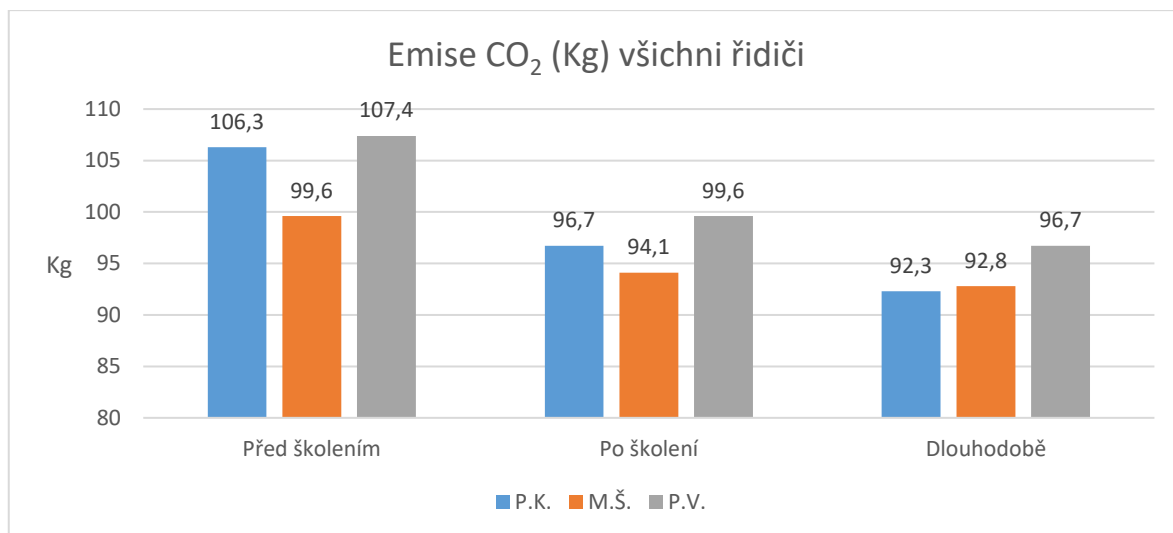
| Řidič | Po školení (l) | Dlouhodobě (l) | Úspora (l) | CO ₂ (kg) |
|-------|----------------|----------------|------------|----------------------|
| P.K. | 37,2 | 35,5 | 1,7 | 4,4 |
| M.Š. | 36,2 | 35,7 | 0,5 | 1,3 |
| P.V. | 38,3 | 37,2 | 1,1 | 2,9 |

Zdroj: vlastní zpracování podle [11],

Tab. 4.3 Vývoj emisí CO₂, všichni řidiči

| Řidič | CO ₂ (kg) | | |
|-------|----------------------|------------|------------|
| | Před školením | Po školení | Dlouhodobě |
| P.K. | 106,3 | 96,7 | 92,3 |
| M.Š. | 99,6 | 94,1 | 92,8 |
| P.V. | 107,4 | 99,6 | 96,7 |

Zdroj: vlastní zpracování.



Graf 4.1 Vývoj emisí CO₂

Zdroj: vlastní zpracování.

Každý řidič je schopný jezdit s nákladním vozidlem hospodárně a ekologicky. Technika jízdy je jedním z nejdůležitějších činitelů hospodárneho provozu, který může ovlivnit přímo řidič. Zvládnutí správné techniky jízdy vyžaduje nejen teoretické znalosti, praktické zkušenosti, ale i důkladnou znalost a ovládání všech systémů daného vozidla. V návrhu hospodárné a ekologické jízdy s využitím školení řidiče a vyhodnocení stylu jízdy prostřednictvím on-line fleet systému WEBDISPEČINK jsem porovnával spotřebu paliva s dopadem na snížení skleníkových plynů v nákladní silniční dopravě. V praktické části bakalářské práce jsem srovnával spotřebu vozidel u 3 řidičů. Byly porovnány 3 jízdy řidičů, a to před školením ekologické jízdy, spotřeba paliva po školení ekologické a hospodárné jízdy a dlouhodobá spotřeba po školení ekologické jízdy.

Závěr

V této bakalářské práci byly shrnuté 3 návrhy pro snížení skleníkových plynů v nákladní silniční dopravě s praktickou ukázkou. Kombinovanou přepravou je možné docílit snížení skleníkových plynů v nákladní silniční dopravě s využitím železniční dopravy poháněné elektrickou trakcí, například systém RO-LA, který uvádím v části 3.2.

Nákladní silniční vozidla provozována na alternativní plynná paliva nemají velký vliv na snížení skleníkových plynů, pouze mají nižší exhalaci prachových částic, které nejsou hlavním skleníkovým plynem. Jako další nevýhodou uvádím nedostačující infrastrukturu, a to malý počet čerpacích stanic na zkapalněný zemní plyn LNG.

Vytyčeného cíle jsem dosáhl v kapitole 3.1 při využití hospodárné a ekologické jízdy, kdy jsem porovnal spotřebu paliv u 3 řidičů, kteří absolvovali školení ekologické a hospodárné jízdy. Toto srovnání jsem znázornil do tabulek na základě on-line fleet systému pro sledování správné techniky jízdy nákladních vozidel. Dlouhodobě i po školení vykazují řidiči nižší spotřebu paliv s následným efektem snížení skleníkových plynů. Metodou hospodárné a ekologické jízdy jsem prokázal snížení spotřeby paliv a snížení nejdůležitějšího skleníkového plynu oxidu uhličitého. Je nutné řidiče neustále trénovat a dlouhodobě sledovat jejich styl jízdy. K tomu řidiče motivovat pro hospodárnou a ekologickou jízdu.

Seznam zdrojů

- [1] ŠIROKÝ, Jaromír a kol. *Technologie dopravy*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2016. ISBN 978-80-7560-017-2.
- [2] NOVÁK, Jaroslav a kol. *Kombinovaná přeprava*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2015. ISBN 978-80-7395-948-7.
- [3] JÍLEK, Petr a Jan POKORNÝ. *Úvod do spalovacích motorů*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2013. ISBN 978-80-7395-743-8.
- [4] GRAJA, Milan. *Základy dopravní techniky, Silniční vozidla* [online], Pardubice: Univerzita Pardubice, 2015 [cit. 2020-02-28]. Dostupné také z: https://portal.upce.cz/portal/studium/prohlizeni.html?pc_pagenavigationalstate=A.
- [5] ČUMPELÍK, Jiří. *Hospodárná a ekologická jízda*. Praha: Sdružení automobilových dopravců ČESMAD Bohemia, 2008. Řidičova knihovna. ISBN 978-80-904249-1-3.
- [6] HODKOVÁ, Julie. *Výpočet emisí na základě spotřeby* [online]. Praha: České vysoké učení technické, 2010 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <http://www.envimat.cz/metodika/kalkulacka/>.
- [7] NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2018/956 o sledování a vykazování emisí CO₂ a spotřeby paliva u nových těžkých vozidel. *Eur-lex: Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/956 ze dne 28. června 2018 o sledování a vykazování emisí CO₂ a spotřeby paliva u nových těžkých vozidel* [online]. Brusel: Rada Evropské unie, 2018 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=celex:32018R0956#>.
- [8] Truck Sales Information: VECTO CO₂. *Eportal.daf.com* [online]. Eindhoven: DAF Trucks N.V., 2020 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://eportal.daf.com/tsiweb/tsi/cz/market/legislation/vecto>.
- [9] IVECO S.p.A. *IVECONNECT*. TURIN: IVECO S.p.A, 2012. Dostupné z: intranet společnosti.
- [10] DAF TRUCKS N.V. *FUEL EFFICIENCY*. EINDHOVEN: DAF TRUCKS N.V., 2017. Dostupné z: intranet společnosti.

- [11] WEBDISPEČINK. *WEBDISPEČINK* [online]. PRAHA: PRINCIP, 2020 [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <https://www.webdispecink.cz/>.
- [12] Statistiky: Ročenky dopravy ČR. *Www.mdcz.cz* [online]. Praha: Ministerstvo dopravy České republiky, 2020 [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <https://www.mdcz.cz/Statistiky> .
- [13] *Transportenvironment: Do gas trucks reduce emissions* [online]. Brussels: European Federation for Transport and Environment AISBL, 2019 [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: www.transportenvironment.org.

Seznam grafických objektů

Seznam grafů

| | |
|--|----|
| Graf 1.1 Složení výfukových plynů vznětového motoru | 13 |
| Graf 2.1 Objem přeprav a přepravního výkonu v České republice | 23 |
| Graf 2.2 Emise CO ₂ nákladních silničních vozidel v České republice | 25 |
| Graf 3.1 Výkon potřebný k překonání odporu vzduchu a valivého odporu | 30 |
| Graf 3.2 Vývoj emisí CO ₂ u řidiče P.K..... | 40 |
| Graf 4.1 Vývoj emisí CO ₂ | 49 |

Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obr. 1.1 Destilace ropy a její jednotlivé složky..... | 12 |
| Obr. 2.1 Skóre VECTO..... | 20 |
| Obr. 3.1 Asistent jízdního stylu řidiče DAF | 27 |
| Obr. 3.2 Spotřeba paliva při zrychlení | 29 |
| Obr. 3.3 Snížení spotřeby paliva při nižší rychlosti..... | 30 |
| Obr. 3.4 Vznětový motor výkonu 170 k | 32 |
| Obr. 3.5 Maximální efektivita s použitím co nejmenšího množství paliva | 32 |
| Obr. 3.6 Emise CO ₂ | 47 |

Seznam tabulek

| | |
|--|----|
| Tab. 2.1 Počet km na 1 kg emise v nákladní dopravě v České republice v roce 2010 ... | 21 |
| Tab. 2.2 Vývoj objemu přepravy a přepravního výkonu v nákladní silniční dopravě v České republice..... | 22 |
| Tab. 2.3 Celkové emise nákladní silniční dopravy v České republice (tis.t)..... | 24 |
| Tab. 3.1 Report před školením..... | 35 |

| | |
|---|----|
| Tab. 3.2 Report po školení..... | 38 |
| Tab. 3.3 Celkové hodnocení, společnost ABC, řidič P.K..... | 39 |
| Tab. 3.4 Společnost ABC, řidič P.K. | 39 |
| Tab. 3.5 společnost ABC, řidič P.K., dlouhodobá spotřeba | 40 |
| Tab. 3.6 Nedoprovázená přeprava silničních návěsů po železnici | 45 |
| Tab. 3.7 Registrace vozidel v ČR | 46 |
| Tab. 4.1 Vývoj spotřeby paliva..... | 48 |
| Tab. 4.2 Porovnání dlouhodobé spotřeby paliva (01. 07. 2017.-11. 9. 2017) | 48 |
| Tab. 4.3 Vývoj emisí CO ₂ , všichni řidiči..... | 48 |

Seznam zkratk

| | |
|-------|--|
| CNG | Stlačený zemní plyn |
| DAF | Výrobce nákladních vozidel |
| EPA | Agentura pro ochranu životního prostředí |
| GHG | Skleníkové plyny |
| IVECO | Výrobce nákladních vozidel |
| LNG | Zkapalněný zemní plyn |
| LPG | Zkapalněný ropný plyn |
| VECTO | Nástroj pro výpočet spotřeby energie vozidla |

Seznam příloh

Příloha A Report A

Příloha B Report B

Příloha C Údaje VECTO pro výrobce nákladních vozidel

Report A

Report před školením 01.08-31 .8. 2016

Společnost D. E. F

Řidič: M.Š.

| | | |
|---|-------------------------------------|------------|
| Záznam Start - Záznam Stop: | 03.08.2016 07:14 - 29.08.2016 08:04 | |
| VozJede Start - VozJede Stop: | 17.08.2016 08:03 - 29.08.2016 08:03 | |
| Řidič 1 (ID karty: | M.Š (CZ0000000005FYU000) | |
| Řidič 2 (ID karty: | | |
| Vozidlo: | 1BK 5575 | |
| Automaticky rozpoznáný typ provozu: | Regionální | |
| Průměrné stoupání na 100 km: | 0.64 % | |
| Celkové provozní časy vozidla: | | |
| Jízda: | 63:18 | |
| Běh motoru celkem: | 77:15 | |
| Celkové provozní časy motoru: | | |
| Běh motoru celkem: | 77:15 | (100 %) |
| Jízda s motorem v tahu: | 36:04 | (47 %) |
| Překročení 1440 ot/min v tahu: | 00:13 | (0,3 %) |
| Jízda bez spotřeby paliva + Ecoroll: | 20:58 | (33 %) |
| Stání se spuštěným motorem: | 13:58 | (18 %) |
| Volnoběh: | 12:25 | (16 %) |
| Zvýšený volnoběh za stání: | 01:32 | (2 %) |
| PTO: | 00:00 | (0 %) |
| Doba jízdy s Ecoroll: | 00:00 | (0 %) |
| Využití tempomatu a konst.akcelerátor: | | |
| Jízda s tempomatem: | 11:23 | (18 %) |
| Doba sešlápnutého pedálu akcelerátoru při aktivním tempomatu: | 00:04 | (1 %) |
| Konstatní akcelerační pedál: | 13:59 | (22 %) |
| Využívání brzd: | | |
| Užití provozní brzdy: | 04:40 | (7.4 %) |
| Retardér / motorová brzda: | 05:44 | (7 %) |
| Počet brzdění [1/100km]: | 74 | |
| Užití retardérů/motorové brzdy k brzdění: | 74 % | |
| Provoz/spotřeba paliva: | | |
| Průměrná spotřeba paliva: | 38,3 l/100km | |
| Průměrná spotřeba paliva bez PTO: | 38,3 l/100km | |
| Spotřebované palivo celkem: | 1457,7 l | |
| Spotřeba tempomat vůči průměrné spotřebě [%]: | 40,0 l/100km | (-5 %) |
| Spotřeba paliva za volnoběh: | 41 l | |
| Spotřeba paliva za PTO: | 0 l | |
| Celková ujetá vzdálenost: | 3810 km | (100 %) |
| Celkové nastoupané km: | 24 km | (0.6 %) |
| Vzdálenost v režimu Ecoroll: | 0 km | (0 %) |
| Ujetá vzdálenost při překročení 85 km/h s motorem v tahu: | 112 km | (3 %) |
| Překročení 85 km/h v tahu: | 3 % | |
| Prům. hmotnost [t]: | 46,7 t | |
| Průměrná dlouhodobá rychlost: | 60,2 km/h | |
| Rozjezdy: | 321 | 8.4 /100km |
| Průměrné otáčky motoru v tahu: | 1121 rpm | |
| Spotřeba nad 1440 ot/min: | 12.3 l | |
| Další údaje o provozu: | | |
| Maximální dosažená rychlost absolutně: | 100,0 km/h | |
| Maximální dosažené otáčky motoru v tahu: | 2209 rpm | |
| Předvídavost řidiče: | 83 % | |

Report při školení 13. 9. 2016

| | | |
|---|-------------------------------------|------------|
| Záznam Start - Záznam Stop: | 13.09.2016 05:26 - 13.09.2016 17:42 | |
| VozJede Start - VozJede Stop: | 13.09.2016 05:26 - 13.09.2016 17:41 | |
| Řidič 1 (ID karty: | M. Š. (CZ0000000005FYU000) | |
| Řidič 2 (ID karty: | | |
| Vozidlo: | 1BK 5575 | |
| Automaticky rozpoznáný typ provozu: | Regionální | |
| Průměrné stoupání na 100 km: | 0.58 % | |
| Celkové provozní časy vozidla: | | |
| Jízda: | 09:13 | |
| Běh motoru celkem: | 10:05 | |
| Celkové provozní časy motoru: | | |
| Běh motoru celkem: | 10:05 | (100 %) |
| Jízda s motorem v tahu: | 05:14 | (52 %) |
| Překročení 1440 ot/min v tahu: | 00:01 | (0,2 %) |
| Jízda bez spotřeby paliva + Ecoroll: | 03:09 | (34 %) |
| Stání se spuštěným motorem: | 00:51 | (9 %) |
| Volnoběh: | 00:45 | (7 %) |
| Zvýšený volnoběh za stání: | 00:07 | (1 %) |
| PTO: | 00:00 | (0 %) |
| Doba jízdy s Ecoroll: | 00:00 | (0 %) |
| Využití tempomatu a konst.akcelerátor: | | |
| Jízda s tempomatem: | 01:06 | (12 %) |
| Doba sešlápnutého pedálu akcelerátoru při aktivním tempomatu: | 00:00 | (0 %) |
| Konstatní akcelerační pedál: | 02:30 | (27 %) |
| Využívání brzd: | | |
| Užití provozní brzdy: | 00:31 | (5.5 %) |
| Retardér / motorová brzda: | 01:06 | (11 %) |
| Počet brzdění [1/100km]: | 48 | |
| Užití retardérů/motorové brzdy k brzdění: | 89 % | |
| Provoz/spotřeba paliva: | | |
| Průměrná spotřeba paliva: | 35,9 l/100km | |
| Průměrná spotřeba paliva bez PTO: | 35,9 l/100km | |
| Spotřebované palivo celkem: | 199,5 l | |
| Spotřeba tempomat vůči průměrné spotřebě [%]: | 41,9 l/100km | (-17 %) |
| Spotřeba paliva za volnoběh: | 3 l | |
| Spotřeba paliva za PTO: | 0 l | |
| Celková ujetá vzdálenost: | 555 km | (100 %) |
| Celkové nastoupané km: | 3 km | (0.6 %) |
| Vzdálenost v režimu Ecoroll: | 0 km | (0 %) |
| Ujetá vzdálenost při překročení 85 km/h s motorem v tahu: | 8 km | (1 %) |
| Překročení 85 km/h v tahu: | 1 % | |
| Prům. hmotnost [t]: | 50,4 t | |
| Průměrná dlouhodobá rychlost: | 60,2 km/h | |
| Rozjezdy: | 53 | 9.6 /100km |
| Průměrné otáčky motoru v tahu: | 1140 rpm | |
| Spotřeba nad 1440 ot/min: | 1.1 l | |
| Další údaje o provozu: | | |
| Maximální dosažená rychlost absolutně: | 100,0 km/h | |
| Maximální dosažené otáčky motoru v tahu: | 1826 rpm | |
| Předvídavost řidiče: | 81 % | |

Report po školení 27. 9. 2016

| | | |
|---|-------------------------------------|------------|
| Záznam Start - Záznam Stop: | 27.09.2016 03:17 - 27.09.2016 16:19 | |
| VozJede Start - VozJede Stop: | 27.09.2016 03:17 - 27.09.2016 16:19 | |
| Řidič 1 (ID karty): | M. Š. (CZ0000000005FYU000) | |
| Řidič 2 (ID karty): | | |
| Vozidlo: | 1BK 5575 | |
| Automaticky rozpoznávaný typ provozu: | Regionální | |
| Průměrné stoupání na 100 km: | 0.64 % | |
| Celkové provozní časy vozidla: | | |
| Jízda: | 09:29 | |
| Běh motoru celkem: | 11:05 | |
| Celkové provozní časy motoru: | | |
| Běh motoru celkem: | 11:05 | (100 %) |
| Jízda s motorem v tahu: | 05:39 | (51 %) |
| Překročení 1440 ot/min v tahu: | 00:04 | (0,6 %) |
| Jízda bez spotřeby paliva + Ecoroll: | 03:09 | (33 %) |
| Stání se spuštěným motorem: | 01:36 | (14 %) |
| Volnoběh: | 01:24 | (13 %) |
| Zvýšený volnoběh za stání: | 00:12 | (2 %) |
| PTO: | 00:00 | (0 %) |
| Doba jízdy s Ecoroll: | 00:00 | (0 %) |
| Využití tempomatu a konst.akcelerátor: | | |
| Jízda s tempomatem: | 02:25 | (26 %) |
| Doba sešlápnutého pedálu akcelerátoru při aktivním tempomatu: | 00:04 | (3 %) |
| Konstatní akcelerační pedál: | 01:55 | (20 %) |
| Využívání brzd: | | |
| Užití provozní brzdy: | 00:33 | (5.8 %) |
| Retardér / motorová brzda: | 01:09 | (10 %) |
| Počet brzdění [1/100km]: | 47 | |
| Užití retardérů/motorové brzdy k brzdění: | 86 % | |
| Provoz/spotřeba paliva: | | |
| Průměrná spotřeba paliva: | 36,2 l/100km | |
| Průměrná spotřeba paliva bez PTO: | 36,2 l/100km | |
| Spotřebované palivo celkem: | 236,2 l | |
| Spotřeba tempomat vůči průměrné spotřebě [%]: | 41,4 l/100km | (-8 %) |
| Spotřeba paliva za volnoběh: | 3.7 l | |
| Spotřeba paliva za PTO: | 0 l | |
| Celková ujetá vzdálenost: | 619 km | (100 %) |
| Celkové nastoupané km: | 4 km | (0.6 %) |
| Vzdálenost v režimu Ecoroll: | 0 km | (0 %) |
| Ujetá vzdálenost při překročení 85 km/h s motorem v tahu: | 29 km | (5 %) |
| Překročení 85 km/h v tahu: | 5 % | |
| Prům. hmotnost [t]: | 50,6 t | |
| Průměrná dlouhodobá rychlost: | 65,3 km/h | |
| Rozjezdy: | 34 | 5.5 /100km |
| Průměrné otáčky motoru v tahu: | 1164 rpm | |
| Spotřeba nad 1440 ot/min: | 3.4 l | |
| Další údaje o provozu: | | |
| Maximální dosažená rychlost absolutně: | 104,0 km/h | |
| Maximální dosažené otáčky motoru v tahu: | 2202 rpm | |
| Předvídavost řidiče: | 81 % | |

Report B

Report před školením 1.9.-12. 09. 2017

Společnost: G.H.

Řidič: P.V.

| | | | |
|--|-------------------------------------|------------|--------|
| Záznam Start - Záznam Stop: | 01.09.2017 03:16 - 12.09.2017 13:12 | | |
| VozJede Start - VozJede Stop: | 01.09.2017 03:16 - 12.09.2017 13:12 | | |
| Řidič 1 (ID karty: | P.V. (CZ0000000005KVD000) | | |
| Řidič 2 (ID karty: | | | |
| Vozidlo: | 4E4 7971 | | |
| Automaticky rozpoznáný typ provozu: | Regionální | | |
| Průměrné stoupání na 100 km: | 0.7 % | | |
| Celkové provozní časy vozidla: | | | |
| Jízda: | 66:37 | | |
| Běh motoru celkem: | 77:49 | | |
| Celkové provozní časy motoru: | | | |
| Běh motoru celkem: | 77:49 | (100 %) | |
| Jízda s motorem v tahu: | 40:17 | (52 %) | |
| Překročení 1440 ot/min v tahu: | 02:25 | (3,1 %) | 0 |
| Jízda bez spotřeby paliva + Ecoroll: | 22:24 | (34 %) | 0 |
| Stání se spuštěným motorem: | 11:11 | (14 %) | |
| Volnoběh: | 09:58 | (13 %) | 4 |
| Zvýšený volnoběh za stání: | 01:14 | (2 %) | |
| PTO: | 00:00 | (0 %) | |
| Doba jízdy s Ecoroll: | 00:00 | (0 %) | |
| Využití tempomatu a konst.akcelerátor: | | | |
| Jízda s tempomatem: | 11:18 | (17 %) | 0 |
| Doba sešlápnutého pedálu akcelerátoru při aktivním tempomatu: | 00:31 | (5 %) | |
| Konstatní akcelerační pedál: | 12:35 | (19 %) | |
| Využívání brzd: | | | |
| Užití provozní brzdy: | 04:45 | (7.1 %) | 0 |
| Retardér / motorová brzda při překročení 20 km/h: | 08:16 | (11 %) | |
| Počet brzdění [1/100km]: | 123 | | 0 |
| Užití retardérů/motorové brzdy k brzdění při překročení 20 km/h: | 81 % | | 1 0 |
| Provoz/spotřeba paliva: | | | |
| Průměrná spotřeba paliva: | 41,3 l/100km | | |
| Průměrná spotřeba paliva bez PTO: | 41,3 l/100km | | |
| Spotřebované palivo celkem: | 1776,7 l | | |
| Spotřeba tempomat vůči průměrné spotřebě [%]: | 36,1 l/100km | (13 %) | 1 0 |
| Spotřeba paliva za volnoběh: | 30.6 l | | |
| Spotřeba paliva za PTO: | 0 l | | |
| Celková ujetá vzdálenost: | 4300 km | (100 %) | |
| Celkové nastoupané km: | 30 km | (0.7 %) | |
| Vzdálenost v režimu Ecoroll: | 0 km | (0 %) | |
| Ujetá vzdálenost při překročení 85 km/h s motorem v tahu: | 209 km | (5 %) | |
| Překročení 85 km/h v tahu: | 5 % | | 1 |
| Prům. hmotnost [t]: | 50,0 t | | |
| Průměrná dlouhodobá rychlost: | 64,6 km/h | | |
| Rozjezdy: | 253 | 5.9 /100km | |
| Průměrné otáčky motoru v tahu: | 1219 rpm | | |
| Spotřeba nad 1440 ot/min: | 154.6 l | | |
| Další údaje o provozu: | | | |
| Maximální dosažená rychlost absolutně: | 106,0 km/h | | |
| Maximální dosažené otáčky motoru v tahu: | 2214 rpm | | |
| Předvídavost řidiče: | 50 % | | 5 |

Report při školení 14. 09. 2017

| | | | |
|--|-------------------------------------|------------|--------|
| Záznam Start - Záznam Stop: | 14.09.2017 06:09 - 14.09.2017 16:13 | | |
| VozJede Start - VozJede Stop: | 14.09.2017 06:09 - 14.09.2017 16:13 | | |
| Řidič 1 (ID karty: | P.V. (CZ0000000005KVD000) | | |
| Řidič 2 (ID karty: | | | |
| Vozidlo: | 4E4 7971 | | |
| Automaticky rozpoznávaný typ provozu: | Regionální | | |
| Průměrné stoupání na 100 km: | 0.61 % | | |
| Celkové provozní časy vozidla: | | | |
| Jízda: | 08:17 | | |
| Běh motoru celkem: | 08:52 | | |
| Celkové provozní časy motoru: | | | |
| Běh motoru celkem: | 08:52 | (100 %) | |
| Jízda s motorem v tahu: | 04:50 | (55 %) | |
| Překročení 1440 ot/min v tahu: | 00:01 | (0,3 %) | 1 0 |
| Jízda bez spotřeby paliva + Ecoroll: | 03:00 | (36 %) | 0 |
| Stání se spuštěným motorem: | 00:35 | (7 %) | |
| Volnoběh: | 00:35 | (7 %) | 1 0 |
| Zvýšený volnoběh za stání: | 00:01 | (0 %) | |
| PTO: | 00:00 | (0 %) | |
| Doba jízdy s Ecoroll: | 00:00 | (0 %) | |
| Využití tempomatu a konst.akcelerátor: | | | |
| Jízda s tempomatem: | 02:27 | (30 %) | |
| Doba sešlápnutého pedálu akcelerátoru při aktivním tempomatu: | 00:02 | (2 %) | |
| Konstatní akcelerační pedál: | 01:03 | (13 %) | |
| Využívání brzd: | | | |
| Užití provozní brzdy: | 00:16 | (3.3 %) | 8 |
| Retardér / motorová brzda při překročení 20 km/h: | 01:02 | (12 %) | |
| Počet brzdění [1/100km]: | 39 | | 8 |
| Užití retardérů/motorové brzdy k brzdění při překročení 20 km/h: | 95 % | | 1 0 |
| Provoz/spotřeba paliva: | | | |
| Průměrná spotřeba paliva: | 36,0 l/100km | | |
| Průměrná spotřeba paliva bez PTO: | 36,0 l/100km | | |
| Spotřebované palivo celkem: | 187,9 l | | |
| Spotřeba tempomat vůči průměrné spotřebě [%]: | 41,1 l/100km | (-14 %) | 0 |
| Spotřeba paliva za volnoběh: | 0.8 l | | |
| Spotřeba paliva za PTO: | 0 l | | |
| Celková ujetá vzdálenost: | 521 km | (100 %) | |
| Celkové nastoupané km: | 3 km | (0.6 %) | |
| Vzdálenost v režimu Ecoroll: | 0 km | (0 %) | |
| Ujetá vzdálenost při překročení 85 km/h s motorem v tahu: | 3 km | (1 %) | |
| Překročení 85 km/h v tahu: | 1 % | | 1 0 |
| Prům. hmotnost [t]: | 53,4 t | | |
| Průměrná dlouhodobá rychlost: | 63,0 km/h | | |
| Rozjezdy: | 39 | 7.5 /100km | |
| Průměrné otáčky motoru v tahu: | 1143 rpm | | |
| Spotřeba nad 1440 ot/min: | 1 l | | |
| Další údaje o provozu: | | | |
| Maximální dosažená rychlost absolutně: | 101,0 km/h | | |
| Maximální dosažené otáčky motoru v tahu: | 2215 rpm | | |
| Předvídavost řidiče: | 56 % | | 6 |

Report po školení 15. 09. 2017

Celkové údaje o jízdě:

| | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Záznam Start - Záznam Stop: | 15.09.2017 06:06 - 15.09.2017 17:31 |
| VozJede Start - VozJede Stop: | 15.09.2017 06:06 - 15.09.2017 17:31 |
| Řidič 1 (ID karty: | P.V.(CZ0000000005KVD000) |
| Řidič 2 (ID karty: | |
| Vozidlo: | 4E4 7971 |
| Automaticky rozpoznáný typ provozu: | Regionální |
| Průměrné stoupání na 100 km: | 0.66 % |

Celkové provozní časy vozidla:

| | |
|--------------------|-------|
| Jízda: | 08:59 |
| Běh motoru celkem: | 09:45 |

Celkové provozní časy motoru:

| | | | |
|--------------------------------------|-------|----------|--------|
| Běh motoru celkem: | 09:45 | (100 %) | |
| Jízda s motorem v tahu: | 05:19 | (44,5 %) | |
| Překročení 1440 ot/min v tahu: | 00:03 | (0,5 %) | 1 0 |
| Jízda bez spotřeby paliva + Ecoroll: | 04:07 | (39 %) | 4 |
| Stání se spuštěným motorem: | 00:46 | (8 %) | |
| Volnoběh: | 00:42 | (7 %) | 9 |
| Zvýšený volnoběh za stání: | 00:04 | (1 %) | |
| PTO: | 00:00 | (0 %) | |
| Doba jízdy s Ecoroll: | 00:00 | (0 %) | |

Využití tempomatu a konst.akcelerátor:

| | | | |
|---|-------|--------|---|
| Jízda s tempomatem: | 02:08 | (24 %) | 1 |
| Doba sešlápnutého pedálu akcelerátoru při aktivním tempomatu: | 00:03 | (2 %) | |
| Konstatní akcelerační pedál: | 01:30 | (17 %) | |

Využívání brzd:

| | | | |
|--|-------|---------|--------|
| Užití provozní brzdy: | 00:20 | (3.6 %) | 6 |
| Retardér / motorová brzda při překročení 20 km/h: | 01:04 | (11 %) | |
| Počet brzdění [1/100km]: | 51 | | 4 |
| Užití retardérů/motorové brzdy k brzdění při překročení 20 km/h: | 90 % | | 1 0 |

Provoz/spotřeba paliva:

| | | | |
|---|---------------|------------|---|
| Průměrná spotřeba paliva: | 38,3, l/100km | | |
| Průměrná spotřeba paliva bez PTO: | 38,3 l/100km | | |
| Spotřebované palivo celkem: | 217,1 l | | |
| Spotřeba tempomat vůči průměrné spotřebě [%]: | 37,2 l/100km | (3 %) | 3 |
| Spotřeba paliva za volnoběh: | 1.6 l | | |
| Spotřeba paliva za PTO: | 0 l | | |
| Celková ujetá vzdálenost: | 566 km | (100 %) | |
| Celkové nastoupané km: | 4 km | (0.7 %) | |
| Vzdálenost v režimu Ecoroll: | 0 km | (0 %) | |
| Ujetá vzdálenost při překročení 85 km/h s motorem v tahu: | 14 km | (3 %) | |
| Překročení 85 km/h v tahu: | 3 % | | 5 |
| Prům. hmotnost [t]: | 52,4 t | | |
| Průměrná dlouhodobá rychlost: | 63,0 km/h | | |
| Rozjezdy: | 37 | 6.5 /100km | |
| Průměrné otáčky motoru v tahu: | 1161 rpm | | |
| Spotřeba nad 1440 ot/min: | 2.3 l | | |

Další údaje o provozu:

| | | | |
|--|------------|--|---|
| Maximální dosažená rychlost absolutně: | 100,0 km/h | | |
| Maximální dosažené otáčky motoru v tahu: | 2084 rpm | | |
| Předvídavost řidiče: | 56 % | | 6 |

Údaje VECTO pro výrobce nákladních vozidel

| Č. | Parametry sledování | Zdroj | Popis |
|----|--|---------------|---|
| 1 | identifikační číslo vozidla (VIN) | 1.1.1 | identifikace vozidla a jeho konstrukčních částí |
| 2 | certifikační číslo motoru | 1.2.1 | |
| 3 | číslo osvědčení CdxA (v příslušných případech) | 1.8.2 | |
| 4 | certifikační číslo převodovky | 1.3.2 | |
| 5 | certifikační číslo náprav | 1.7.2 | |
| 6 | certifikační číslo pneumatik, náprava 1 | 1.9.2 | |
| 7 | certifikační číslo pneumatik, náprava 2 | 1.9.6 | |
| 8 | certifikační číslo pneumatik, náprava 3 | 1.9.10 | |
| 9 | certifikační číslo pneumatik, náprava 4 | 1.9.14 | |
| 10 | kategorie vozidla | 1.1.2 | |
| 11 | uspořádání náprav | 1.1.3 | |
| 12 | maximální celková hmotnost vozidla | 1.1.4 | |
| 13 | skupina vozidel | 1.1.5 | Specifikace vozidla a podvozku |
| 14 | název výrobce | 1.1.6 | |
| 15 | značka (obchodní název výrobce) | 1.1.7 | |
| 16 | korigovaná pohotovostní hmotnost vozidla | 1.1.8 | |
| 17 | jmenovitý výkon motoru | 1.2.2 | Hlavní specifikace motoru |
| 18 | volnoběžné otáčky motoru | 1.2.3 | |
| 19 | jmenovité otáčky motoru | 1.2.4 | |
| 20 | zdvihový objem motoru | 1.2.5 | |
| 21 | typ referenčního paliva motoru | 1.2.6 | |
| 22 | certifikační možnost použitá k vytvoření CdxA (implicitní hodnota nebo měření) | 1.8.1 | Aerodynamika |
| 23 | hodnota CdxA | 1.8.3 | |
| 24 | název a adresa výrobce | - | Hlavní specifikace převodovky |
| 25 | značka (obchodní název výrobce) | - | |
| 26 | certifikační možnost použitá pro vytvoření mapy ztrát nástroje pro výpočet spotřeby energie vozidla (standardní hodnoty / metoda 1 / metoda 2) | 1.3.1 | |
| 27 | typ převodovky | 1.3.3 | |
| 28 | počet rychlostních stupňů | 1.3.4 | |
| 29 | koncový ozubený převod převodového poměru | 1.3.5 | |
| 30 | odlehčovací brzda (ano/ne) | 1.3.6 | |
| 31 | pohon pomocných a přídatných agregátů (ano/ne) | 1.3.7 | |
| 32 | název a adresa výrobce | - | |
| 33 | značka (obchodní název výrobce) | - | |
| 34 | certifikační možnost použitá pro vytvoření mapy ztrát nástroje pro výpočet spotřeby energie vozidla (standardní hodnoty / měření) | 1.7.1 | Hlavní specifikace nápravy |
| 35 | typ nápravy | 1.7.3 | |
| 36 | stálý převod rozvodovky | 1.7.4 | |
| 37 | certifikační možnost použitá pro vytvoření mapy ztrát nástroje pro výpočet spotřeby energie vozidla (standardní hodnoty / měření) | 1.6.1 | Specifikace úhlového převodu |
| 38 | poměr úhlového převodu | 1.6.2 | |
| 39 | název a adresa výrobce | - | Hlavní specifikace pneumatik |
| 40 | značka (obchodní název výrobce) | - | |
| 41 | rozměr pneumatik, náprava 1 | 1.9.1 | |
| 42 | specifický součinitel valivého odporu (RRC) všech pneumatik na nápravě 1 (vlevo/vpravo) | 1.9.3 | |
| 43 | rozměr pneumatik, náprava 2 | 1.9.4 | |
| 44 | dvojitá náprava (ano/ne), náprava 2 | 1.9.5 | |
| 45 | specifický součinitel valivého odporu (RRC) všech pneumatik na nápravě 2 (vlevo/vpravo) | 1.9.7 | |
| 46 | rozměr pneumatik, náprava 3 | 1.9.8 | |
| 47 | dvojitá náprava (ano/ne), náprava 3 | 1.9.9 | |
| 48 | specifický součinitel valivého odporu (RRC) všech pneumatik na nápravě 3 (vlevo/vpravo) | 1.9.11 | |
| 49 | rozměr pneumatik, náprava 4 | 1.9.12 | |
| 50 | dvojitá náprava (ano/ne), náprava 4 | 1.9.13 | |
| 51 | specifický součinitel valivého odporu (RRC), náprava 4 (vlevo/vpravo) | 1.9.15 | |
| 52 | technologie ventilátoru chlazení motoru (ano/ne – pokud ano, uveďte typ technologie) | 1.10.1 | Hlavní specifikace přidavných zařízení |
| 53 | technologie čerpadla posilovače řízení (ano/ne – pokud ano, uveďte typ technologie) | 1.10.2 | |
| 54 | technologie elektrického systému (ano/ne – pokud ano, uveďte typ technologie) | 1.10.3 | |
| 55 | technologie pneumatického systému (ano/ne – pokud ano, uveďte typ technologie) | 1.10.4 | |
| 56 | profil určení (dálková, regionální, městská doprava, stavebnictví) | 2.1.1 | Simulační parametry (pro každou kombinaci profil určení / náklad / palivo) |
| 57 | náklad (podle definice v nástroji pro výpočet spotřeby energie vozidla) | 2.1.2 | |
| 58 | Celková hmotnost vozidla v simulaci | 2.1.4 | Jízdní výkon vozidla (pro každou kombinaci profil určení / náklad / palivo) |
| 59 | průměrná rychlost | 2.2.1 | |
| 60 | minimální okamžitá rychlost | 2.2.2 | |
| 61 | maximální okamžitá rychlost | 2.2.3 | |
| 62 | maximální zpomalení | 2.2.4 | |
| 63 | maximální zrychlení | 2.2.5 | |
| 64 | podíl plného zatížení v době jízdy | 2.2.6 | |
| 65 | celkový počet rychlostních stupňů | 2.2.7 | |
| 66 | celková ujetá vzdálenost | 2.2.8 | |
| 67 | emise CO ₂ (vyjádřeny v g/km, g/t-km, g/p-km, g/m ³ -km) | 2.3.13–2.3.16 | Emise CO ₂ a spotřeba paliva (pro každou kombinaci profil určení / |
| 68 | spotřeba paliva (vyjádřena v l/100km, l/t-km, l/p-km, l/m ³ -km, MJ/km, MJ/t-km, MJ/p-km, | 2.3.1–2.3.12 | |
| 69 | verze nástroje pro výpočet spotřeby energie vozidla | 3.1.1 | Software a uživatelské informace |
| 70 | datum a čas simulace nástroje pro výpočet spotřeby energie vozidla | 3.1.2 | |
| 71 | odkaz na uživatele/licenci nástroje pro výpočet spotřeby energie vozidla | 3.1.3 | |
| 72 | kryptografický klíč | 3.1.4 | |
| 73 | pokročilé technologie pro snížení CO ₂ | - | Technologie vozidla pro snížení CO ₂ |

| | |
|------------------------|--|
| Autor/ka | David Kraclík |
| Název BP | Snižování skleníkových plynů v silniční nákladní dopravě |
| Studijní obor | DOL |
| Rok obhajoby BP | 2020 |
| Počet stran | 43 |
| Počet příloh | 3 |
| Vedoucí BP | Ing. Alexander Čapka, Ph.D. |
| Anotace | Cílem práce je zhodnotit vliv nákladní silniční dopravy na životní prostředí. Navrhnout snížení emisí skleníkových plynů v silniční dopravě využitím kombinované přepravy. Navrhnout snížení emisí skleníkových plynů v silniční dopravě využitím alternativních paliv. Navrhnout řešení vedoucí ke snížení spotřeby pohonných hmot u silničních nákladních vozidel. |
| Klíčová slova | Kombinovaná doprava, silniční doprava, skleníkové plyny, alternativní paliva, spotřeba paliva |
| Místo uložení | ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově |
| Signatura | |