



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC TECHNOLOGY

OPTIMALIZACE VOZOVÉHO PARKU S CÍLEM SNÍŽENÍ EMISÍ CO₂

FLEET OPTIMIZATION TO REDUCE CO₂ EMISSIONS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Josef Kolísek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Petr Bača, Ph.D.

BRNO 2023

Diplomová práce

magisterský navazující studijní program **Elektrotechnická výroba a management**

Ústav elektrotechnologie

Student: Bc. Josef Kolísek

ID: 211230

Ročník: 2

Akademický rok: 2022/23

NÁZEV TÉMATU:

Optimalizace vozového parku s cílem snížení emisí CO₂

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s problematikou environmentálních zátěží u automobilové dopravy. Popište možnosti/opatření snižování emisí v automobilové dopravě. Zohledněte typy automobilů podle pohonné jednotky (benzín, nafta, cng, hybrid, elektromobil) a způsoby dalšího snižování emisí u jednotlivých typů.

Seznamte se se složením vozového parku konkrétní společnosti. Srovnajte typy jednotlivých automobilů a zjistěte, jak výrazný je vliv jejich reálného používání na spotřebu a další parametry.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce.

Termín zadání: 6.2.2023

Termín odevzdání: 23.5.2023

Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Bača, Ph.D.

doc. Ing. Petr Bača, Ph.D.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá problematikou znečištění ovzduší provozem osobních automobilů. V dnešní době je stále více moderní, a aktuální, téma klimatických změn, ekologie výroby, provozu osobních automobilů a s nimi spojené emise, které vypouštějí do ovzduší. Práce je zaměřena na vyhodnocení příčin vzniku emisí z výfukových plynů a na jejich možné regulace a snížení. V úvodu práce jsou rozděleny typy motorů, podle pohonných hmot a jejich různé výhody a nevýhody. V další části práce je věnována pozornost na zpracování reálných hodnot spotřeby vůči teoretickým hodnotám spotřeb jak hybridních vozů, tak elektromobilů i konvenčních spalovacích motorů. V práci jsou nadále analyzovány časové využití jednotlivých typových automobilů a jejich prostoje v jednotlivých ročních kvartálech a tím pádem zhodnocena efektivnost využití různých automobilů a efektivnost využití baterie v hybridních vozech.

Klíčová slova

Ekologie, konvenční motorová vozidla, elektromobilita, emise

Abstract

This thesis deals with the issue of air pollution caused by the operation of cars. Nowadays, the topic of climate change, ecology of production, operation of cars and the related emissions they produce into the air is more and more trendy. This thesis focuses on the evaluation of the causes of exhaust emissions and their possible regulation and reduction. In the introduction of the thesis, the types of engines are classified according to their fuel and their various advantages and disadvantages. In the next part of the thesis, the attention is paid to the treatment of the real consumption values against the theoretical consumption values of hybrid cars, electric cars and conventional combustion engines. The thesis continues to analyze the time usage of different types of cars and their downtime in each quarter of the year and in this way evaluates the efficiency of different cars and the efficiency of battery usage in hybrid cars.

Keywords

Ecology, Conventional motor vehicles, Electromobility, Emissions

Bibliografická citace

KOLÍSEK, Josef. Optimalizace vozového parku s cílem snížení emisí CO2 [online]. Brno, 2023 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/152436>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektrotechnologie. Vedoucí práce Petr Bača.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení studenta:	Josef Kolísek
VUT ID studenta:	211230
Typ práce:	Diplomová práce
Akademický rok:	2022/23
Téma závěrečné práce:	Optimalizace vozového parku s cílem snížení emisí CO2

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: 23. května 2023

podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu semestrální práce doc. Ing. Petr Bača, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne: 23. května 2023

podpis autora

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ	9
SEZNAM TABULEK.....	10
SEZNAM GRAFŮ	11
ÚVOD	12
1. TYPY AUTOMOBILOVÝCH MOTORŮ.....	13
1.1 ZÁŽEHOVÉ MOTORY	13
1.1.1 Výhody a nevýhody zážehových motorů	13
1.2 VZNĚTOVÉ MOTORY	14
1.2.1 Výhody a nevýhody vznětových motorů.....	14
1.3 CNG POHON.....	15
1.3.1 Výhody a nevýhody CNG motorů.....	16
1.4 LPG MOTORY	16
1.4.1 Výhody a nevýhody LPG motorů.....	16
1.5 LNG MOTORY	17
1.5.1 Výhody a nevýhody LNG motorů	17
1.6 WANKELŮV MOTOR.....	18
1.6.1 Části Wankelova motoru:.....	18
1.6.2 Výhody a nevýhody Wankelova motoru	19
2. ELEKTROMOBILITA	21
2.1 TYPY ELEKTROMOBILŮ	21
2.1.1 Hybridní vozidla.....	21
2.1.2 Full hybrid	22
2.1.3 Plug-in hybrid.....	22
2.1.4 Micro-hybrid.....	22
2.1.5 Mild-hybrid.....	22
2.1.6 Bateriová elektrická vozidla.....	23
3. GREENDEAL	24
3.1 AUTOMOBILOVÝ PRŮMYSL.....	24
4. MOŽNOSTI SNÍŽENÍ EMISÍ.....	25
4.1 KATALYZÁTOR VÝFUKOVÝCH PLYNŮ	26
4.1.1 Dvoucestný oxidační katalyzátor	26
4.1.2 Třícestný katalyzátor.....	26
4.1.3 Redukční katalyzátor.....	26
4.2 RECIRKULACE SPALIN EGR	26
4.3 FILTR PEVNÝCH ČÁSTIC.....	27
4.4 AERODYNAMIKA VOZIDLA	27
4.5 SNÍŽENÍ HMOTNOSTI VOZIDLA.....	28
4.6 ADBLUE.....	28
4.7 POUŽITÍ KVALITNÍHO PALIVA	28
4.8 PŘEPLŇOVÁNÍ MOTORŮ.....	28

4.9	PŘIZPŮSOBENÍ JÍZDNÍHO STYLU	28
4.10	FINANČNÍ MOTIVACE OPERÁTORA PŘI NIŽŠÍ SPOTŘEBĚ VOZU	28
4.11	PŘECHOD NA ELEKTROMOTORY A HYBRIDNÍ VOZY	29
5.	TESTOVÁNÍ NEDC A WLTP	30
5.1	ROZDÍL MEZI NEDC A WLTP TESTOVÁNÍ	30
6.	SEZNÁMENÍ S VOZOVÝM PARKEM SPOLEČNOSTI	31
6.1	VOZOVÝ PARK EXTERNÍ SPOLEČNOSTI	31
6.1.1	<i>Vyhodnocení pěti nejčtenějších vozidel ve vozovém parku</i>	<i>32</i>
6.1.2	<i>Vyhodnocení elektromobilů ve vozovém parku</i>	<i>42</i>
6.1.3	<i>Vyhodnocení plug-in hybridních vozidel.....</i>	<i>44</i>
6.1.4	<i>Vyhodnocení nájezdů vozidel s konvenčními motory</i>	<i>47</i>
6.1.5	<i>Vyhodnocení časového využití vozidel s konvenčními motory</i>	<i>50</i>
7.	ZÁVĚR.....	60
	LITERATURA.....	62
	SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	65

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1.1: Schéma principu činnosti čtyřdobého zážehového motoru [3].....	14
Obrázek 1.2: Schéma principu činnosti vznětových motorů [5].....	15
Obrázek 1.3: Schéma Wankelova motoru [16].....	19
Obrázek 2.1: Srovnání jednotlivých typů automobilů [20][21][22].....	23

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1.1: Tabulka emisních hodnot různých typů paliva [11].....	17
Tabulka 1.2: Množství vyprodukovaného CO ₂ /km [11].....	17
Tabulka 1.3: Počty čerpacích stanic v ČR v roce 2022 [14].....	18
Tabulka 1.4: tabulka výhod a nevýhod jednotlivých typů motorů.....	20
Tabulka 4.1: Tabulka norem EURO pro benzínové motory [g/km] [26].....	25
Tabulka 4.2: Tabulka norem EURO pro naftové motory [g/km] [26]	25
Tabulka 5.1: Rozdíly mezi testováním NEDC a WLTP [34]	30
Tabulka 6.1: Rozdělení jednotlivých typových vozidel.....	31
Tabulka 6.2: Nejčtenější vozy vozového parku s množstvím vypuštěných emisí	32
Tabulka 6.3: Srovnávací tabulka spotřeby pro jednotlivé roky výroby osobního vozu 1	33
Tabulka 6.4: Srovnávací tabulka spotřeby pro jednotlivé roky výroby technického vozu 1	34
Tabulka 6.5: Srovnávací tabulka spotřeby pro jednotlivé roky výroby technického vozu 2	35
Tabulka 6.6: Srovnávací tabulka spotřeby pro jednotlivé roky výroby technického vozu 3	36
Tabulka 6.7: Srovnávací tabulka spotřeby pro jednotlivé roky výroby osobního vozu 2	37
Tabulka 6.8: Tabulka srovnání teoretické a reálné spotřeby hybridních vozů.....	45
Tabulka 6.9: Počty najetých kilometrů jednotlivých typových vozidel	47
Tabulka 6.10: Průměrné teploty v České republice podle Českého hydrometeorologického ústavu.....	51

SEZNAM GRAFŮ

Graf 6.1: Graf složení vozového parku externí společnosti	32
Graf 6.2: Graf znázorňující poměr teoretické kombinované spotřeby a reálné kombinované spotřeby osobního vozu 1	34
Graf 6.3: Graf znázorňující poměr teoretické kombinované spotřeby a reálné kombinované spotřeby technických vozů 1	35
Graf 6.4: Graf znázorňující poměr teoretické kombinované spotřeby a reálné kombinované spotřeby technického vozu 2	36
Graf 6.5: Graf znázorňující poměr teoretické kombinované spotřeby a reálné kombinované spotřeby technických vozů 3	37
Graf 6.6: Graf znázorňující poměr teoretické kombinované spotřeby a reálné kombinované spotřeby osobního vozu 2	38
Graf 6.7: Grafické znázornění průměrných spotřeb typových vozidel	39
Graf 6.8: Rozložení četnosti spotřeb osobních vozidel 1	40
Graf 6.9: Rozložení četnosti spotřeb osobních vozidel 2	40
Graf 6.10: Rozložení četnosti spotřeb technických vozidel 1	41
Graf 6.11: Rozložení četnosti spotřeb technických vozidel 2	41
Graf 6.12: Rozložení četnosti spotřeb technických vozidel 3	42
Graf 6.13: Graf znázorňující poměr teoretické kombinované spotřeby a reálné kombinované spotřeby elektromobilů	43
Graf 6.14: Graf znázorňující poměr mezi teoretickou a reálnou spotřebou hybridních vozů	46
Graf 6.15: Rozložení najetých kilometrů jednotlivých typových vozidel	48
Graf 6.16: Grafické rozložení denních nájezdů jednotlivých typových vozidel	49
Graf 6.17: Rozložení najetých kilometrů typových vozidel podle měsíců v roce	50
Graf 6.18: Znázornění rozložení časového využití jednotlivých typových vozidel	51
Graf 6.19: Časové využití jednoho typového vozidla	52
Graf 6.20: Grafické znázornění časových prostojů typových vozidel	52
Graf 6.21: Rozložení časových prostojů pro jedno z typových vozidel	53
Graf 6.22: Množství litrů spotřebovaných jednotlivými typovými vozidly	54
Graf 6.23: Poměr časového využívání typových vozidel	55
Graf 6.24: Rozložení četnosti jízd osobních vozů 1 v únoru	56
Graf 6.25: Rozložení četnosti jízd osobních vozů 1 v červnu	56
Graf 6.26: Rozložení četnosti jízd osobních vozů 1 v listopadu	57
Graf 6.27: Rozložení četnosti jízd technických vozů 1 v únoru	58
Graf 6.28: Rozložení četnosti jízd technických vozů 1 v červnu	58
Graf 6.29: Rozložení četnosti jízd technických vozů 1 v listopadu	59

ÚVOD

Tato diplomová práce pojednává o problematice konvenčních motorů, jejich emisních hodnot a o následném vyšším nasazení a využívání alternativních pohonných hmot a jiných typů motorů v automobilech. Emise automobilových spalovacích motorů mají nepříznivý vliv na životní prostředí, a to jak již při výrobě jednotlivých typů automobilů, tak i při následném provozu, servisu a celkové údržbě. V posledních několika letech je věnována větší pozornost péči a čistotě výfukových plynů, snížení jedovatých složek výfukových plynů a použití různých nástrojů na snížení množství škodlivých emisí ve výfukových plynech. Do popředí se tak dostávají elektromobily a hybridní vozy, které ke své jízdě využívají kombinaci konvenčního motoru a elektromotoru a tím pádem mají nižší negativní dopad na ovzduší.

1. TYPY AUTOMOBILOVÝCH MOTORŮ

Koncem 18. století došlo k prvním pokusům a úspěšné realizaci vozidla, která byla poháněna parním strojem. Kvalita a výkon parního stroje se postupem času a vývojem doby neustále zvyšoval, avšak tyto rostoucí činitelé nebyly schopny překonat těžkopádnost a vysoké provozní nároky tohoto typu pohonu. Ve druhé polovině 19. století se podařilo zprovoznit první prototyp spalovacího motoru. Koncem 19. století Rudolf Diesel sestrojil první provozuschopný vznětový motor. Automobily a jejich motory se neustále zlepšovaly a jednotlivá soutěžení mezi parním pohonem, spalovacím motorem a prvním elektromobilem, který se objevil na počátku 20. století, trvala téměř do prvního desetiletí 20. století. Revoluci a masivní rozšíření automobilů poháněných naftou či benzínem započal pan Henry Ford svou výrobní linkou na sériovou výrobu automobilů. Poté převzaly otěže spalovací motory a začaly dominovat svou efektivitou a dostupností na trhu [1].

Postupem času a s vývojem nových technologií se začaly objevovat i pohony na bázi propan-butanu (LPG) a zemního plynu (CNG). Tyto typy alternativních paliv jsou používány v podstatně menším měřítku oproti konvenčním spalovacím motorům. Avšak s vývojem situace a zaměřením legislativních záležitostí na snížení emisí ze spalovacích motorů je potřeba tyto typy motorů více a více do budoucna využívat, aby došlo ke snížením emisí vzniklých při provozu automobilů.

1.1 Zážehové motory

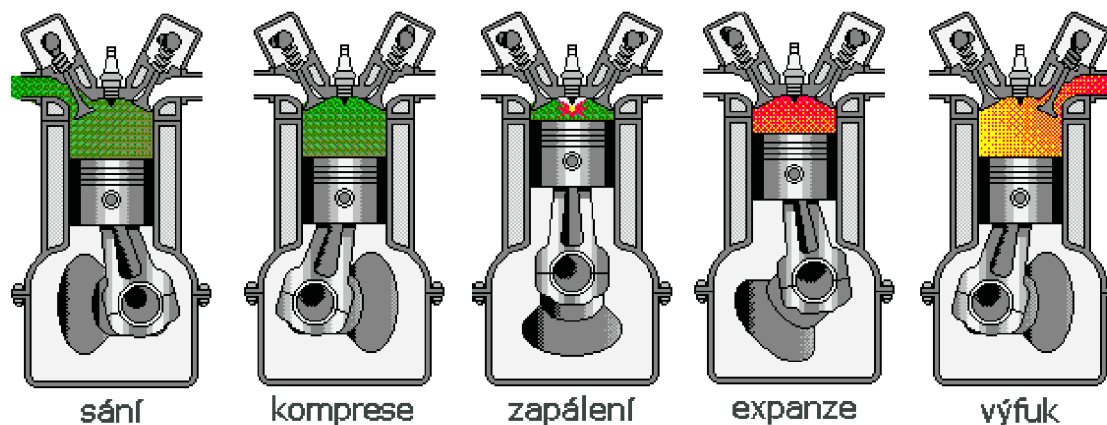
Zážehový motor, neboli benzínový motor, je známý typ motoru z kategorie spalovacích motorů. Benzínový motor je motor s vnitřním spalováním, ve kterém se směs vzduchu a paliva vznítí díky jiskře, kterou zajišťuje zapalovací svíčka. V roce 1876 zkonstruoval Nikolaus August Otto první benzínový motor. Obrázek 1.1 schematicky zobrazuje princip činnosti zážehového motoru.

Benzínový motor pracuje na základním principu Ottova cyklu. V zapalovací svíčce zážehového motoru se využívá vysokonapěťový proud, který vytváří jiskru. Tato zapalovací svíčka se instaluje na horní část spalovací komory, aby došlo k rychlému zapálení směsi vzduchu a paliva. Při procesu vznícení paliva vzniká teplo, které se při zdvihu pístu přeměňuje na mechanickou práci [2].

1.1.1 Výhody a nevýhody zážehových motorů

Jednou z hlavních výhod je nižší váha a menší nároky a náklady na údržbu benzínového motoru vůči motoru dieselovému a nižší počáteční pořizovací cena benzínového motoru. Další z výhod pro uživatele benzínového motoru je nižší hlučnost motoru vůči motoru dieselovému a spolehlivější nastartování vozidla v zimních obdobích, kdy teploty klesají pod bod mrazu.

Mezi nevýhody zážehových motorů patří nutnost zapalovací svíčky při startování motoru, jelikož ke svému nastartování je vyžadován podnět ve formě jiskry. Vyšší spotřeba paliva než u konvenčních dieselových motorů. Celková nižší účinnost motoru v porovnání s dieselovým motorem. Pro kvalitní a plynulou jízdu je zapotřebí více otáček motoru než při provozu dieselového motoru [2].



Obrázek 1.1: Schéma principu činnosti čtyřdobého zážehového motoru [3]

1.2 Vznětové motory

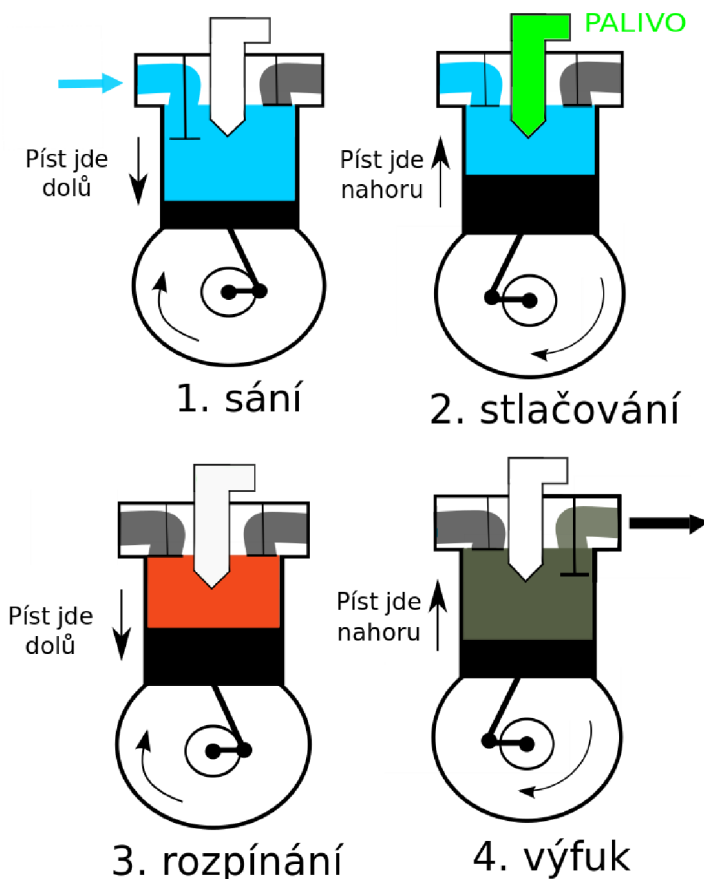
Vznětový motor je kompresní motor, ve kterém na rozdíl od zážehových motorů je palivo dopravováno do spalovacího prostoru odděleně od vzduchu speciálním vysokotlakým čerpadlem a vysokotlakým potrubím. Obrázek 1.2 schematicky zobrazuje princip činnosti vznětového motoru.

Vznětový motor má vyšší účinnost než jiné spalovací benzinové motory [4].

1.2.1 Výhody a nevýhody vznětových motorů

Hlavní výhodou použití vznětového motoru je přímé vstřikování paliva do spalovací komory. K nastartování motoru není potřeba zapalovací svíčka, avšak nastartování dieselového motoru v chladnějším období roku je náročnější, a ne vždy zcela spolehlivé. Vznětový motor se pyšní vyšší účinností oproti zážehovému motoru a vyšší odolností a životností než u benzinového motoru. Další výhodou je nižší spotřeba paliva u obdobného typu vozidla. Dieselový pohon je vhodnější do terénních vozů a dodávek, jelikož si lépe poradí se zátěží a větším nákladem.

Mezi hlavní nevýhody diesellových motorů patří vyšší pořizovací cena než u konkurenčních benzínových motorů. Taktéž uživatelé diesellových motorů se musí vyrovnat s vyšší hlučností a vyššími vibracemi při startování a při celkovém provozu automobilu [4].



Obrázek 1.2: Schéma principu činnosti vznětových motorů [5]

1.3 CNG pohon

Vozidla na stlačený zemní plyn (CNG) fungují podobně jako vozidla na benzín se zážehovými spalovacími motory. Motor funguje stejně jako benzínový motor. Zemní plyn je uložen v palivové nádrži nebo lahvi, obvykle v zadní části vozidla. Palivový systém CNG přenáší vysokotlaký plyn z palivové nádrže přes palivové potrubí, kde regulátor tlaku snižuje tlak na úroveň kompatibilní se systémem vstřikování paliva do motoru. Nakonec je palivo zavedeno do sacího potrubí nebo spalovacího prostoru, kde se smísí se vzduchem a poté je stlačeno a zapáleno zapalovací svíčkou. Jedná se o dvoupalivový způsob pohonu, kdy automobil jezdí na CNG i na konvenční palivo [6].

1.3.1 Výhody a nevýhody CNG motorů

Hlavní výhodou je výrazně nižší cena zemního plynu vůči benzínu a dieselu. CNG pohon je mnohem ekologičtější a produkuje značně méně škodlivých emisí a uhlovodíku než benzín či diesel. Na rozdíl od benzínu se při spalování CNG minimalizují škodlivé uhlíkové usazeniny. Výsledkem je čistší a účinnější motor a delší životnost zapalovacích svíček. Minimalizuje se také výměna oleje, protože se eliminují karbonové usazeniny, které olej znečišťují.

Při přechodu na CNG pohon je nutnost obětovat část zavazadlového prostoru pro nádrž s CNG. Tlaková láhev je těžší a zabírá určité místo v zavazadlovém prostoru. Z finanční stránky je přestavba konvenčního vozu na vůz s pohonem CNG náročná a je s ní spojený i pravidelný nákladnější servis a údržba. Plnicí stanice CNG mají omezenou dostupnost. Nyní je v České republice 227 veřejných plnicích stanic [7].

1.4 LPG motory

Zkapalněný ropný plyn, známý také jako LPG nebo AutoGas, je směs plynů obsažená v zemním plynu nebo rozpuštěná v ropě. Plynné složky LPG - propan a butan - se při pokojové teplotě snadno zkapalňují, a odtud pochází jejich název.

Vozy na LPG jsou dvoupalivové, to znamená, že jezdí na plyn a benzín nebo naftu. V případě benzínových motorů se při vyčerpání nádrže na LPG systém manuálně nebo automaticky přepne do režimu benzínového pohonu, aniž by to řidič vnímal, s výjimkou kontrolky, která řidiči signalizuje změnu v pohonu. V případě nádrží na naftu se elektronický systém postará o to, aby se paliva smíchala ve správném poměru.

LPG / AutoGas je palivem pro novou udržitelnou mobilitu. Používáním LPG / AutoGas je přispíváno ke snížení emisí skleníkových plynů a zlepšení kvality ovzduší ve městech. V Evropě jezdí více než 15 milionů vozidel na LPG / AutoGas [9].

1.4.1 Výhody a nevýhody LPG motorů

Hlavními výhodami LPG motorů je nižší cena pohonné hmoty, nižší než benzín či diesel. Větší autonomie: vozidla upravená na LPG znásobí svou autonomii o dva stupně instalací druhé nádrže. Benzín zůstává beze změny a řidič může střídavě používat obě paliva. Průměrný dojezd vozidla s LPG je 500 nebo 600 kilometrů, dvojnásobná, pokud používáme i benzínovou nádrž. LPG splňuje všechny předpisy vyžadované pro ostatní paliva.

Nevýhodou LPG motorů je nutnost předělání automobilu pro druhou palivovou nádrž a tím odstranění části zavazadlového prostoru a prostoru pro rezervní kolo. S předěláním automobilu pro druhou palivovou nádrž je i vyšší cena, kterou je nutno zaplatit v případě, že se uživatel rozhodne jezdit na palivo LPG [9].

V následujících tabulkách: Tabulka 1.1 a Tabulka 1.2 lze naleznout souhrn vyprodukovaných emisí v závislosti na použitém typu motoru. Výpočet množství oxidu uhličitého, který vznikne při spálení 1 litru paliva, byl proveden s pomocí výpočetní

metody Americké agentury pro ochranu životního prostředí EPA (Environmental Protection Agency) [10].

Tabulka 1.2 zobrazuje hodnoty, které byly převedeny z na jízdu klasického vozidla s optimální spotřebou na 100 km.

Tabulka 1.1: Tabulka emisních hodnot různých typů paliva [11]

Druh paliva	Množství CO ₂ /1 l paliva [g]
Nafta	2 640
Benzín	2 390
CNG	1 903
LPG	1 660

Tabulka 1.2: Množství vyprodukovaného CO₂/km [11]

Druh paliva	Spotřeba na 100 km	Množství CO ₂ /km [g]
Nafta	5 l	132
Benzín	5 l	120
CNG	4 kg	106,6
LPG	5 l	83

1.5 LNG motory

Jedná se o ekologickou a ekonomickou alternativu naftových motorů. Využívá se především v těžké nákladní dopravě. Zkratka LNG znamená Liquefied natural Gas a jedná se o zkapalněný zemní plyn, který vzniká ochlazením a následnou kondenzací zemního planu do kapalného stavu. V rámci České republiky je využití LNG zásadní pro silniční dopravu jakožto palivo pro těžká nákladní vozidla. Jde o efektivní řešení pro dopravce, logistické společnosti a technické služby [12].

1.5.1 Výhody a nevýhody LNG motorů

Výhodou zkapalněného zemního plynu je jeho objem, který je až 600x menší než objem zemního plynu v plynné fázi. To je hlavní výhodou při skladování a přepravě a taktéž jeho využití v nákladní dopravě. Mezi další výhody patří vysoká energetická hustota, která je téměř srovnatelná s palivy, která se získávají z ropy. Díky svému malému objemu a nízké hmotnosti zabírají nádrže LNG menší prostor, a proto vozidla s LNG disponují větším úložným prostorem.

Mezi nevýhody se zahrnuje uskladňování zkapalněného zemního plynu za velmi nízkých teplot, což je ekonomicky a technologicky náročnější. Taktéž při delším nepoužívání a odstavení vozidla může docházet k odpařování paliva z nádrže. V porovnání s CNG se technologie LNG náročnější a nákladnější. Samotný proces

zkapalňování zemního plynu je energeticky velmi náročný a představuje jednu z hlavních nevýhod u tohoto typu paliva. Opravdu náročné pro uživatele je naleznout čerpací stanici, jelikož v České republice fungují zatím jen tři čerpací stanice na LNG. Tabulka 1.3 shrnuje počty čerpacích stanic v ČR v roce 2022 [13].

Tabulka 1.3: Počty čerpacích stanic v ČR v roce 2022 [14]

CNG	227
LNG	3
LPG	970
Konvenční paliva	3 978 (veřejných)

1.6 Wankelův motor

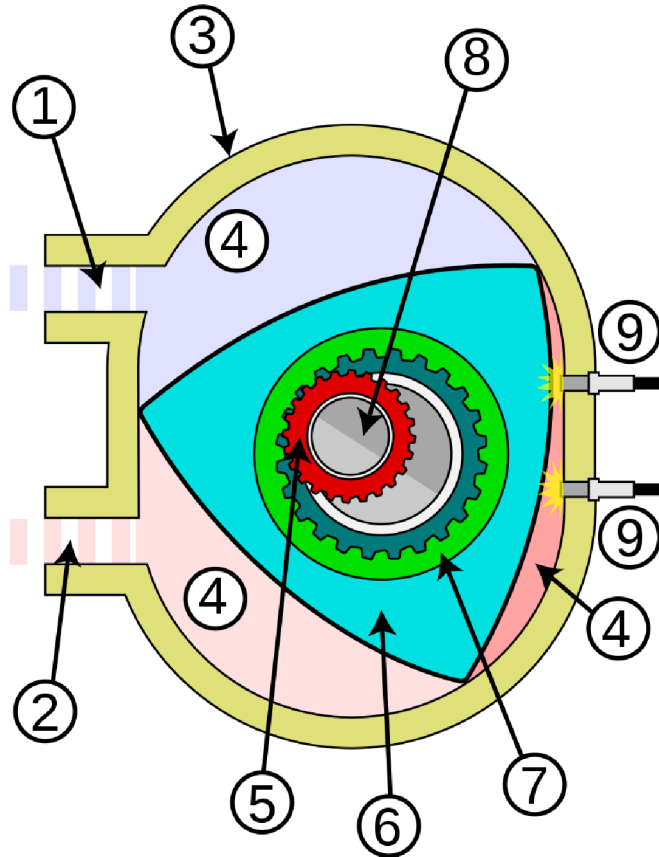
Zdrojem energie je i ve Wankelova motoru rozpínání plynů při spalování směsi paliva a vzduchu, avšak nedochází zde k nutnosti převádění přímočarého pohybu na rotační. Oproti klasickému pístovému motoru Wankelův motor přinesl nejen nízký počet pohyblivých komponent, ale i nízké emise. Wankelův motor má tvar trojúhelníku, jehož strany nejsou tvořeny rovnými stranami, ale křivkami. Pohyb rotoru ve válci je excentrický, nevyvážený, což je samozřejmě nežádoucí. Tato skutečnost se dá vyřešit přidáním druhého rotoru a jeho pootočením o 180°. V ten moment by oba rotory měly vždy opačný vektor působení síly a tím by se vyrušily nevyvážené síly a došlo by k vyvážení systému [15].

Wankelův motor se skládá z jednotlivých částí viz. Obrázek 1.3.

1.6.1 Části Wankelova motoru:

1. Sací otvor
2. Výfukový otvor
3. Skříň
4. Komora
5. Ozubení výstředníku
6. Rotor
7. Vnitřní ozubení rotoru
8. Výstředník hnané hřídele

9. Zapalovací svíčka [16]



Obrázek 1.3: Schéma Wankelova motoru [16]

1.6.2 Výhody a nevýhody Wankelova motoru

Mezi hlavní výhody Wankelova motoru je nižší počet pohyblivých částí, které by se mohly postupem času zničit a tím pádem se snižuje pravděpodobnost poruchy, což znamená lepší spolehlivost a snadnější údržba. Wankelův motor se, co se týče pohyblivých částí, skládá jen z rotoru a excentrické hřídele. Otáčení rotoru na excentrické hřídeli je velmi plynulé ve srovnání s neustálými a prudkými změnami směru pohybu pohyblivých částí u klasických pístových motorů.

I když mezi výhody patří nízká pravděpodobnost poruch, mají tyto motory obecně kratší životnost než klasické pístové motory. A to v důsledku použití pístních kroužků, které mají rozdílný koeficient roztažnosti materiálu, a které se používají pro oddělení komor v motorech. Další nevýhodou je problematické spalování. Vzduch a palivo jsou sice lépe promíchány, ale spalovací komora je velká a „pohyblivá“. Z ekologické stránky se nejedná vůbec o ekologický motor. Wankelovy motory spotřebovávají více paliva než konvenční spalovací motory a taktéž mají vysoké hodnoty znečištění. A v neposlední řadě cena. Jelikož Wankelovy motory disponují menšími díly na jejich provoz, je jejich výroba

technologicky náročnější. Tabulka 1.4 shrnuje výhody a nevýhody jednotlivých typů motorů [17].

Tabulka 1.4: tabulka výhod a nevýhod jednotlivých typů motorů

	Výhody	Nevýhody
Zážehový motor	Menší nároky na údržbu. Nižší pořizovací cena. Menší hlučnost. Spolehlivější start v zimním období. Nižší cena benzínu.	Nutnost zapalovací svíčky. Vyšší spotřeba než u dieselových motorů. Vyšší otáčky motoru při provozu.
Vznětový motor	Přímé vstřikování paliva. Není potřeba zapalovací svíčka. Vysoká účinnost a delší životnost oproti zážehovému motoru. Nižší spotřeba paliva.	Vyšší pořizovací cena. Vyšší hlučnost a vibrace při provozu. Nižší spolehlivost v chladnějším období.
CNG pohon	Nižší cena pohonné hmoty. Ekologičtější oproti konvenčním pohonům. Čistší a účinnější motor. Méně častá výměna oleje.	Menší zavazadlový prostor. Vyšší hmotnost CNG nádrže. Finanční náročnost na přeměnu vozu na CNG pohon. Omezená dostupnost plnicích stanic
LPG pohon	Nižší cena pohonné hmoty. Vysoká dojezdovost.	Menší zavazadlový prostor. Vyšší hmotnost vozidla. Finanční náročnost na přeměnu vozu na LPG pohon.
LNG pohon	Malý objem zemního plynu. Nízká hmotnost. Velký úložný prostor.	Náročné skladování LNG. Odpařování paliva při delším nepoužívání. Čtyři čerpací stanice v ČR.
Wankelův motor	Nižší počet pohyblivých částí. Nízká údržbovost. Vysoká spolehlivost.	Krátká životnost. Vyšší spotřeba. Vyšší cena.

2. ELEKTROMOBILITA

První vyráběná elektrická vozidla se v Americe objevila na počátku 20. století. V roce 1902 vstoupila společnost Studebaker Automobile Company do automobilového průmyslu s elektrickými vozidly, i když v roce 1904 vstoupila také na trh s benzinovými vozidly. S nástupem levných automobilů z montážních linek společnosti Ford Motor Company však popularita elektromobilů výrazně poklesla. Ovšem v 21. století se s vývojem nových technologií dostávají elektromobily zpět do provozu a více do povědomí obyvatel.

Kvůli tehdejším omezením akumulátorů se elektromobily příliš neprosadily, zato elektrické vlaky si získaly obrovskou oblibu díky své úspornosti a dosažitelné rychlosti. Ve 20. století se elektrická železniční doprava stala běžnou díky pokroku ve vývoji elektrických lokomotiv. Postupem času se jejich univerzální komerční využití omezilo na specializované role jako plošinové vozíky, vysokozdvizné vozíky, sanitní vozy, tahače a městská dodávková vozidla [18].

Požizovací cena elektromobilu je vyšší než pořizovací cena auta se spalovacím motorem, avšak poté provozní náklady jsou značně nižší. Hlavním důvodem vysoké pořizovací ceny elektromobilu je cena baterie použité v daném voze. Avšak s vývojem nových technologií se cena baterie snižuje, a i nadále by měla klesat a tím by se elektromobily staly dostupnější variantou pro většinu občanů. S postupně klesající cenou by se automobily staly dostupnějšími a tím pádem by došlo k potlačení provozu automobilů se spalovacími motory a tím ke snížení emisí vzniklých z provozu konvenčních spalovacích motorů v automobilech. Nejedná se však jen o emise vzniklé provozem automobilů, ale do celkových emisí, které spadají na vozidlo je třeba zahrnout i emise vzniklé z vlastní výroby automobilu, z energetického mixu, pokud se elektromobil dobíjí ze sítě a z likvidace elektromobilu. Elektromobily mají sice vyšší emise vzniklé při výrobě, ale s postupným provozem a zapojením se do silničního provozu se emise téměř rovnají nule a od najetých cca 120 000 km jsou na tom elektromobily emisně lépe než automobily se spalovacími motory. Dojezd elektromobilů závisí na řídičském stylu řidiče a na ceně pořízeného vozu. Tesla model 3 může mít dojezd až 600 km, avšak MINI Cooper S 1 má dojezd cca 250 km [19][20].

2.1 Typy elektromobilů

Existuje mnoho druhů elektromobilů v závislosti na zdroji elektrické energie a možném způsobu dobíjení akumulátoru.

2.1.1 Hybridní vozidla

Hybridní vozidla využívají k provozu kombinovaný konvenční motor s elektromotorem. Hybridní pohony lze dále rozdělit do několika kategorií:

2.1.1.1 Sériový hybrid

Sériový hybrid je vždy poháněn elektrickým motorem a spalovací motor slouží jen k dobíjení baterií v elektromobilu [20].

2.1.1.2 Paralelní hybrid

Paralelní hybrid může být poháněn buďto jen čistě spalovacím motorem, nebo pouze elektrickým motorem či jejich vzájemnou kombinací. Rozdíl oproti sériovému hybridnímu pohonu je ve vyšší efektivnosti i při vyšších rychlostech, kde v případě potřeby dokáže využít výkon z obou kombinací motorů [20].

2.1.1.3 Sériový/paralelní hybrid

Tento typ hybridního pohonu umí dle potřeby přepínat mezi sériovým a paralelním režimem a dochází tak ke kombinaci výhod obou typů pohonu. Díky této skutečnosti může být poháněn jak jednotlivým typem motoru nebo jejich vzájemnou kombinací [20].

2.1.2 Full hybrid

Jedná se o elektromobil, který dokáže jezdit čistě na elektrický pohon podle kapacity baterie uvnitř vozu, která je dobíjena buďto rekuperací při brždění nebo spalovacím motorem [20].

2.1.3 Plug-in hybrid

Rozdíl mezi full hybridem a plug-in hybridem spočívá v nabíjení baterie. U full hybridu se baterie nabíjí pouze rekuperací energie při brždění nebo spalovacím motorem, avšak u plug-in hybridu lze dobíjet baterii i ze zásuvky přes nabíjecí stanici [20].

2.1.4 Micro-hybrid

Jedná se o typ elektromobilu, který se sice vybavený elektromotorem, ale k pohonu kol po dobu jízdy je i nadále využíván spalovací motor. Elektromotor využitý u typu Micro-hybrid vypomáhá vozidlu pouze při rozjezdu či zrychlování. Tento motor bývá doplněný o pomocný akumulátor, díky tomu disponuje schopností rekuperace, která nadále vede k dalšímu snížení spotřeby paliva a tím k snížení emisí CO₂ [20].

















2.1.5 Mild-hybrid

Mild-hybrid je sice vybaven elektromotorem, ale k pohonu stále používá konvenční spalovací motor. Elektromotor zabudovaný ve vozidle jen vypomáhá spalovacímu motoru při rozjezdu nebo zrychlení. Mild-hybrid bývá často vybaven o pomocnou 48 V baterii s větší kapacitou elektrické energie, díky které elektromobil disponuje vyšší schopností rekuperace, která dopomáhá k dalšímu snížení spotřeby paliva a tím pádem ke snížení emisí CO₂. Díky již zmíněné 48 V baterii je mild-hybrid schopen rekuperovat více brzděné energie než micro-hybrid. Účinnější je taktéž systém start-stop, jelikož lze častěji

a na delší dobu zastavit. Tento typ hybridního vozu spotřebuje až o 15 % méně paliva než klasický konvenční automobil [20][23].

2.1.6 Bateriová elektrická vozidla

Bateriová elektrická vozidla jsou vozidla, která jsou vybavená dobíjecí baterií, jakožto jediným zdrojem energie ve vozidle. Neobsahují benzínový motor a k dobíjení baterie slouží zásuvka z dokovací stanice nebo se dobíjí rekuperací energie při brždění. Jelikož tento typ elektromobilu postrádá spalovací motor, tak nevypouštějí žádné škodlivé emise CO₂ při provozu. Obrázek 2.1 graficky popisuje rozdílnosti a náročnost mezi jednotlivými typy automobilů [20].

	 KONVENČNÍ	 HYBRID	 PLUG-IN HYBRID	 ELEKTRICKÉ
ZDROJ ENERGIE				
SPOTŘEBA				
EMISE		 106 g CO ₂ /km	 26-36 g CO ₂ /km	 ŽADNÉ EMISE

Obrázek 2.1: Srovnání jednotlivých typů automobilů [20][21][22]

3. GREENDEAL

Greenddeal, neboli Zelená dohoda pro Evropu, je soubor politických ustanovení Evropské komise, která má za cíl dosáhnout klimatické neutrálnosti Evropy do roku 2050. Celý soubor obsahuje plány a opatření na snížení emisí skleníkových plynů v Evropě do roku 2030 o 55 % ve srovnání s rokem 1990 a následně v druhé fázi dosáhnout klimatické neutrálnosti Evropy do roku 2050. Dohoda byla představena koncem roku 2019.

V červenci roku 2021 byl vydán balíček opatření Fit for 55, který doplňuje Zelenou dohodu pro Evropu a obsahuje nové a revidované legislativní návrhy v oblasti klimatu, energetiky a dopravy. Soubor Fit for 55 počítá i s rozšířením systému emisních povolenek na domácí vytápění nebo zákazem prodeje nových benzinových a dieselových aut od roku 2035, který by vedl k podpoře prodeje elektromobilů. Avšak tento navržený zákaz prodeje automobilů s konvenčními motory vzbudil v politicích a občanech Evropy vlnu pobouření a nevoli vůči Greenddealu.

Podle Evropské komise, která v již zmíněném roce 2019 vydala Greenddeal, jsou v dohodě obsaženy tyto prvky:

- Zvýšení ambic Evropské Unie v oblasti klimatu v první fázi pro rok 2030 a druhé pro rok 2050
- Dodávky čisté, bezpečné a dostupné energie
- Urychlení přechodu k udržitelné a inteligentní mobilitě
- Ochrana a obnova ekosystémů a biologické rozmanitosti
- Výstavba a renovace za využívání účinných zdrojů energie

Mnohá opatření, i samotný Greenddeal, jsou velmi často terčem kritiky občanů i politiků v důsledku nedostatečných, ba dokonce zkrslených informací, které se objevují v médiích či je šíří sami politici [24][25].

3.1 Automobilový průmysl

Automobilový průmysl nemalou částí přispívá do znečištění ovzduší a změny klimatu. Ať už se jedná o výrobu automobilů nebo jejich následný provoz a servis, tak emise z dopravy tvoří přibližně 25 % celkových emisí skleníkových plynů v Evropské Unii. Trendem je i neustálý nárůst emisí v posledních letech. S rostoucím počtem automobilů a zvyšuje i množství tvořících se kolon a s tím vším se zvyšuje množství vyprodukovaných emisí z výfukových plynů. Komise Evropské Unie by se měla zaměřit na emise, dopravní přetížení měst a zlepšování veřejné dopravy. Dojde k navržení přísnějších norem pro emise látek znečišťujících ovzduší vozidly s konvenčními spalovacími motory [24].

4. MOŽNOSTI SNÍŽENÍ EMISÍ

S rostoucím počtem vozidel roste i množství vyprodukovaných emisí. Proto bylo zapotřebí zavést emisní normy, které by stanovovaly limitní hodnoty škodlivin ve výfukových plynech. Emisní norma EURO stanovuje limity oxidu uhelnatého CO, uhlovodíků HC, oxidů dusíku NO_x a pevných částic. Normy se do roku 2020 nezaobíraly oxidem uhličitým CO₂. Limitní množství CO₂, které smí nový vůz vypustit je 95 g/km. Normy se vydávají postupně a neustále se navyšují a zpřísňují nároky na provoz vozidla. Tabulka 4.1 a Tabulka 4.2 shrnuje hodnoty limitního množství škodlivin ve výfukových plynech podle EURO norem. Platnost normy EURO 7 je odložena a pokud bude schválena, tak by měla platit od roku 2025.

Tabulka 4.1: Tabulka norem EURO pro benzínové motory [g/km] [26]

Rok	Norma	Oxid uhelnatý	Oxidy dusíku	Pevné částice
1993	Euro 1	2,72		
1997	Euro 2	2,2		
2001	Euro 3	2,3	0,15	
2006	Euro 4	1	0,08	
2011	Euro 5a	1	0,06	0,005
2013	Euro 5b	1	0,06	0,0045
2015	Euro 6b	1	0,06	0,0045
2018	Euro 6c	1	0,06	0,0045
2019	Euro 6d - TEMP	1	0,06	0,0045
2021	Euro 6d	1	0,06	0,0045

Tabulka 4.2: Tabulka norem EURO pro naftové motory [g/km] [26]

Rok	Norma	Oxid uhelnatý	Oxidy dusíku	Pevné částice
1993	Euro 1	2,72		0,14
1997	Euro 2	1		0,08
2001	Euro 3	0,66	0,5	0,05
2006	Euro 4	0,5	0,25	0,025
2011	Euro 5a	0,5	0,18	0,005
2013	Euro 5b	0,5	0,18	0,0045
2015	Euro 6b	0,5	0,08	0,0045
2018	Euro 6c	0,5	0,08	0,0045
2019	Euro 6d - TEMP	0,5	0,08	0,0045
2021	Euro 6d	0,5	0,08	0,0045

4.1 Katalyzátor výfukových plynů

Jednou z možností snížení emisí z výfukových plynů je katalyzátor. Katalyzátory se používají u zážehových motorů, avšak s příchodem přísnějších emisních norem EURO 4 a vyšších, se započaly vyvíjet i katalyzátory pro vznětové motory. To v podobě systému selektivní katalytické redukce a recirkulaci výfukových plynů.

Katalyzátor umožňuje chemickou přeměnu škodlivých výfukových plynů na jiné látky. V katalyzátoru jsou keramické plástve potažené vzácnými kovy, které reagují s výfukovými plyny a chemickými procesy je rozkládají na méně škodlivé látky. Životnost katalyzátoru se odhaduje na 128 000 km, avšak v závislosti na řídicím stylu operátora. Katalyzátor pro svou správnou funkci vyžaduje teploty minimálně 300 °C, proto studené starty a krátké trasy výrazně ovlivňují životnost [27].

Podle reakcí, které v katalyzátoru probíhají, se dělí na tyto typy:

- Třícestný
- Oxidační
- Redukční

4.1.1 Dvoucestný oxidační katalyzátor

Snižuje emise oxidu uhelnatého (CO) a nespálených uhlovodíků (CH). Podmínkou pro správnou funkci je dostatečné množství kyslíku ve spalinách. Využívá se pro vznětové motory.

4.1.2 Třícestný katalyzátor

Na rozdíl od dvoucestného redukuje také emise oxidů dusíku NO_x. Třícestný katalyzátor může správně fungovat pouze v úzké oblasti poměru paliva a vzduchu. Aby se motor mohl pohybovat v tomto okně, je nutné použít zpětnovazební smyčku pro řízení palivové směsi s tzv. lambda sondou. Tímto způsobem dnes pracují všechny modernější motory se vstřikováním paliva. Lambda sonda přes řídicí počítač motoru jednoduše nastavuje poměr paliva a vzduchu tak, aby motor pracoval v optimálním režimu s tzv. stechiometrickou směsí. Proto montáž třícestného katalyzátoru do motoru s karburátorem nikdy nemůže přinést požadovaný výsledek.

4.1.3 Redukční katalyzátor

Používá se ke snížení emisí oxidů dusíku NO_x u vznětových a zážehových motorů s přímým vstřikováním [28].

4.2 Recirkulace spalin EGR

Smyslem recirkulace spalin je opětovné nasátí zbytkových plynů do válce a tím snížit množství emisí oxidů dusíku. Obecně se recirkulace spalin dělí na vnitřní a vnější. Vnitřní

recirkulace spalin probíhá přímo uvnitř motoru bez přítomnosti EGR (Exhaust Gas Recirculation) ventilu. Jedná se o jednodušší, spolehlivější, avšak méně účinný způsob, jak vracet spaliny zpět do válců při sacím zdvihu. Princip spočívá v proměnném časování rozvodu a dřívějším otevírání sacích ventilů ve fázi výfuku. Díky tomu se část pístem vytlačovaných spalin dostane zpět do sacího potrubí, odkud se následně nasaje smíchaná s čerstvým vzduchem (diesely, zážehové motory s přímým vstřikem) nebo se zápalnou směsí (benzínové motory s nepřímým vstřikem). Problém je, že tento způsob (jakkoliv je spolehlivý a v praxi nepřinášející problémy) má svá omezení. Prostě zpět do sání lze natlačit jen určité množství spalin, které odpovídá překrytí otevření ventilů. Jde tedy o metodu pevně návaznou na provozní stav motoru a také na jeho konstrukci.

Vnější recirkulace je účinnější než vnitřní EGR. Smysl vnější recirkulace tkví ve vracení výfukových plynů zpět do sání přes aktivně řízený ventil EGR. Toto řešení se nyní hojně využívá u moderních vznětových i zážehových motorů s přímým i nepřímým vstřikem. U vznětových motorů plnicích Euro 6 se dnes často kombinuje navíc takzvaný vysokotlaký a nízkotlaký okruh recirkulace spalin [29].

Automobilky se životnost EGR ventilu snaží stále zlepšovat. Například tím, že spaliny jsou z výfuku odebírány až za filtrem pevných částic (DPF), který z nich odstraní významné procento částic tvořící karbon. U motorů s technologií AdBlue je navíc EGR ventil mnohem méně vytěžován, neboť škodliviny jsou ničeny v katalyzátoru vstřikem technické močoviny.

4.3 Filtr pevných částic

Diesel Particulate Filter neboli filtr pevných částic slouží k odstranění karcinogenních, velmi jemných prachových částic výfukových plynů vozidel s dieslovým a benzínovým motorem. Filtr se zaplní v praxi po zhruba 20 000 km. Takto zaplněný filtr už nesplňuje požadavky na správnou funkci a je potřeba jej vyčistit. Čistění probíhá rapidním zvýšením teploty ve filtru, na cca 600 °C, která jemné saze spálí a uvolní tím potřebné místo ve filtru. I takové spalování má však své omezení. Filtr se neustále zaplňuje nečistotami, které se nespálily a postupně filtr ucpávají a snižují jeho životnost. Životnost filtru pevných částic se při správném použití blíží 250 000 km [30].

4.4 Aerodynamika vozidla

Aerodynamika se zabývá problémy spojenými s obtékáním a pohybem těles v proudu vzduchu. Jedná se o schopnost vozidla prorážet atmosférický vzduch, který působí proti směru jízdy automobilu a tím snižovat zatížení vzduchu tak, aby jel automobil co možná nejrychleji a s nejnižším odporem. Tím by se docílilo ke snížení množství potřebného paliva potřebného k dosažení určité rychlosti a tím snížení množství vyprodukovaných emisních hodnot [31].

4.5 Snížení hmotnosti vozidla

Snížení hmotnosti celého vozidla opět povede k nižší spotřebě pohonných hmot u vozidla a tím i ke snížení množství vyprodukovaných emisí.

4.6 AdBlue

Jedná se o kapalné aditivum, které v naftových motorech slouží ke snížení emisí z výfukových plynů a tím splnění emisních norem. 32,5 % roztok močoviny v demineralizované vodě se používá za účelem snížení obsahu oxidů dusíku ve výfukových plynech a využívá procesu selektivní katalytické redukce. V první řadě výfukové plyny prochází filtrem pevných částic, který je zbaví sazí. Následně je do výfukového potrubí vstříkovan již zmiňovaný roztok AdBlue a vlivem chemické reakce dochází k rozložení oxidu dusíku na dusík a vodní páru [32].

4.7 Použití kvalitního paliva

Použití kvalitnějších pohonných hmot by taktéž mohlo mít za následek snížení emisních hodnot při spalování.

4.8 Přepřívání motorů

Jde o technické řešení, při kterém se výkon motoru zvýší tak, že se vhná vzduch do spalovacího prostoru s vyšším tlakem, než je tlak atmosférický. Tím je docíleno dokonalejší spalování, a proto mají přepřívávané motory nižší spotřebu a menší množství vypouštěných emisí [33].

4.9 Přizpůsobení jízdního stylu

Řidič je schopen i svým stylem jízdy výrazně ovlivnit spotřebu paliva. Jedná se především o plynulé řazení, nevytáčení motoru do přespřívá vysokých otáček, rapidní akceleraci apod.

4.10 Finanční motivace operátora při nižší spotřebě vozu

Finanční odměna pro řidiče firemních automobilů by mohla taktéž vést k větší disciplíně a přizpůsobení jízdního stylu, jak již bylo zmíněno v předešlé kapitole, který by vedl ke snížení spáleného paliva a tím pádem ke snížení vyprodukovaných emisí z výfukových plynů. Řidiči by se tím pádem stali motivovanějšími k zodpovědnější jízdě za vyhlídkou finanční odměny při dosažení určité hodnoty spotřeby paliva.

4.11 Přejchod na elektromotory a hybridní vozy

Samozřejmě přechod z konvenčních automobilů na elektromobily a hybridní vozy je jedním z milníků ve směru snížení emisí z provozu osobních automobilů. Jedná se poměrně o drahou finanční záležitost, kdy ceny elektromobilů značně převyšují ceny konvenčních automobilů, avšak s odstupem času bude zapotřebí tento přechod realizovat ve větším měřítku. Udělat elektromobily finančně dostupnější a posílit distribuční síť pro nabíjení Plug-in hybridů a čistě elektromobilů. Jedná se o velký krok, který by ovšem vedl ke snížení množství celkových emisí vyprodukovaných z výroby, nabíjení, provozu a servisu elektromobilů.

5. TESTOVÁNÍ NEDC A WLTP

Původní New European Driving Cycle byl navržen v 80. letech 20. století. Avšak k značným změnám v technologiích a celkovému vývoji v automobilovém průmyslu došlo k vytvoření nových testovacích podmínek a testu Worldwide Harmonised Light test Procedure, který je platný od září roku 2017 [34].

5.1 Rozdíl mezi NEDC a WLTP testování

Metoda testování WLTP zavedla realističtější testovací podmínky, mezi které spadá: realističtější chování řidiče, větší rozsah jízdních situací (město, mimo město, dálnice), delší testovací vzdálenosti, vyšší průměrná a maximální rychlost, dynamičtější zrychlení a zpomalení a kratší zastávky. S těmito vylepšeními poskytne testování WLTP mnohem přesnější výsledky pro výpočty spotřeby paliva a emisních hodnot automobilu. Tato skutečnost zajistí lepší a přesnější testovací měření, které bude lépe odrážet výkonnost a chování vozu na silnici. Tabulka 5.1 shrnuje hlavní rozdíly mezi jednotlivými testování.

Tabulka 5.1: Rozdíly mezi testováním NEDC a WLTP [34]

	NEDC	WLTP
Testovací cyklus	Jeden	Dynamický cyklus, který více odpovídá skutečné jízdě
Čas cyklu	20 min	30 min
Testovací vzdálenost	11 km	23,25 km
Průměrná rychlost	34 km/h	46,5 km/h
Maximální rychlost	120 km/h	131 km/h
Fáze testování	2 fáze, 66 % městské a 34 % mimoměstské jízdy	4 dynamičtější fáze, 52 % městské a 48 % mimoměstské.
Teploty testování	20-30°C	23°C

6. SEZNÁMENÍ S VOZOVÝM PARKEM SPOLEČNOSTI

Další částí diplomové práce bylo vytvoření tabulky vozového parku externí společnosti a dohledání technických parametrů k jednotlivým vozidlům.

6.1 Vozový park externí společnosti

Složení vozového parku bylo dodáno externí společností. S pomocí technických dat o vozech byla vytvořena tabulka s jednotlivými parametry. Jedním z kritérií byla spotřeba vozu, a to spotřeba mimo město, kombinovaná spotřeba a spotřeba ve městě. Dalším z parametrů, který byl potřebný pro následné zpracování dat, byla kapacita nádrže, či baterie, v případě hybridního vozu nebo čistě elektromobilu. S těmito parametry bylo možné buďto dopočítat teoretický dojezd vozidla nebo byl teoretický dojezd vyčten z technického listu daného vozu. V neposlední řadě bylo zapotřebí znát emisní hodnoty každého vozidla, pro výpočet množství vypuštěných emisí.

V důsledku ochrany dat byly jednotlivé typové vozy přejmenovány, aby nedošlo ke zveřejnění citlivých údajů o vozech společnosti. Tabulka 6.1 slouží k rozdělení jednotlivých vozidel ve vozovém parku společnosti. Jedná se o typová vozidla, která byla vyrobena v různých letech, a proto byla data spotřeb vozidel zprůměrována.

Tabulka 6.1: Rozdělení jednotlivých typových vozidel

Označení vozu	Počet vozů	Palivo	Doplňek	Výkony motorů [kW]	Objemy motorů [cm ³]
Osobní vůz 1	168	Nafta		110	1968
Technický vůz 1	167	Nafta	4x4	90	1968
Technický vůz 2	148	Nafta		120, 150	2967
Technický vůz 3	108	Nafta	4x4	110	1968
Osobní vůz 2	95	Benzín	Combi	70	999
Zbytek vozového parku	313				

Vozový park dané externí společnosti čítá v celku 999 vozů. Tato práce je zaměřena pouze na osobní vozy, ať už s konvenčními pohony, či hybridní vozy nebo elektromobily. Při vyhodnocování byl brát zřetel na pětici nejčtenějších vozů s konvenčním typem pohonu, na elektromobily a na hybridní vozidla. Mezi nejčtenější se vyskytující typy vozů patří osobní vozy 1, které čítají 168 kusů ve vozovém parku, dále technické vozy 1 s celkovým počtem 167 vozů, technické vozy 2 s 148 vozy, technické vozy 3 v 108 kusech a osobní vozy 2 v počtu 95 vozů. Tato pětice vozů tvoří valnou část vozového parku společnosti, a proto na ně bude brán největší zřetel v této diplomové práci, a tvoří

konkrétně 69 % vozového parku externí společnosti. Graf 6.1 znázorňuje složení vozového parku společnosti.



Graf 6.1: Graf složení vozového parku externí společnosti

I když nejčastěji se vyskytující vůz ve vozovém parku společnosti je osobní vůz 1, tak je z tabulky patrné viz. Tabulka 6.2, že nejvíce vypouštěných emisí CO₂, za sledované období, vypustily technické vozy 2 a to v celkovém množství 624,0 tun. Hodnoty emisí CO₂ byly přepočítány z reálných nájezdů jednotlivých vozidel. Tento typ vozidla tvoří nemalou část v množství vypuštěných emisí a to 30,5 % z celkového množství 2046,1 tun. Tato hodnota množství emisí CO₂ vychází z počtu najetých kilometrů odečtených z jednotlivých vozů a množství emisí CO₂, které udává výrobce vozu v g/km. Hodnota emisí CO₂ je uváděna výrobcem pro danou teoretickou spotřebu vozu.

Tabulka 6.2: Nejčtenější vozy vozového parku s množstvím vypuštěných emisí

Nejčtenější vozy	Počet vozů	Procentuální vyjádření ve vozovém parku	Množství vypuštěných emisí [tuny]
Osobní vůz 1	168	16,8	252,3
Technický vůz 1	167	16,7	363,9
Technický vůz 2	148	14,8	624,0
Technický vůz 3	108	10,8	310,9
Osobní vůz 2	95	9,5	96,3
Zbytek vozového parku	313	31,3	398,8

6.1.1 Vyhodnocení pěti nejčtenějších vozidel ve vozovém parku

Z této pětičky nejčtenějších vozů byla vytvořena rešerše a zpracována analýza srovnání teoretické spotřeby jednotlivých vozidel vůči reálné spotřebě, kterou vozidlo disponuje v časovém intervalu od listopadu roku 2021 do listopadu roku 2022. Jedná se o konvenční vozy disponující klasickým spalovacími motory. Ke každému vozu byla vytvořena

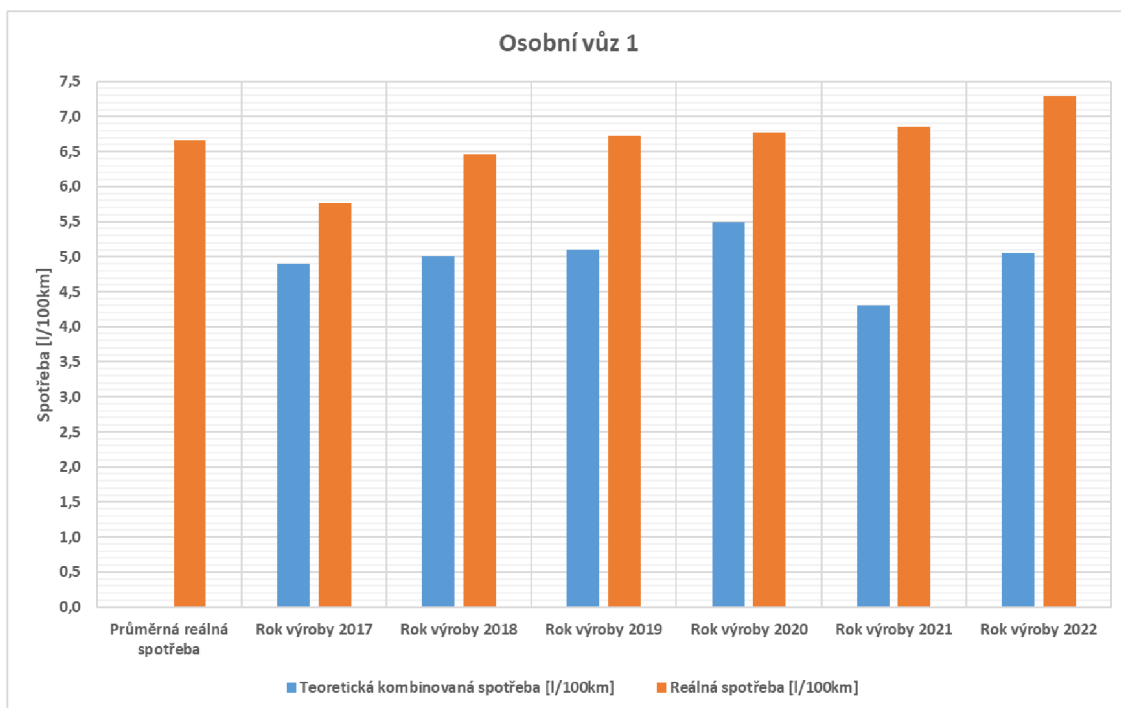
tabulka srovnávající teoretickou kombinovanou spotřebu a reálnou kombinovanou spotřebu sledovanou v daném časovém období. Tabulka 6.3 sjednocuje data spotřeby pro osobní vozy 1 v jednotlivých letech výroby vozu. Osobní vůz 1 je nejčteněji se vyskytující vůz v externí společnosti a odpovídá 16,8 % využití vozového parku. Jedná se o vozy využívané především zaměstnanci vyšších pozic.

Tabulka 6.3: Srovnávací tabulka spotřeby pro jednotlivé roky výroby osobního vozu 1

Osobní vůz 1	Teoretická kombinovaná spotřeba [l/100km]	Reálná spotřeba [l/100km]
Průměrná reálná spotřeba		6,66
	Průměrná spotřeba podle roku výroby	
Rok výroby 2017	4,90	5,77
Rok výroby 2018	5,00	6,46
Rok výroby 2019	5,10	6,72
Rok výroby 2020	5,50	6,77
Rok výroby 2021	4,30	6,85
Rok výroby 2022	5,05	7,29

Pro názornější potřeby byly vytvořeny pro každý vůz grafy zobrazující spotřeby vozů ve srovnání teoretické kombinované spotřeby a reálné kombinované spotřeby s ohledem na roky výroby vozů.

Graf 6.2 znázorňuje nárůst reálné kombinované spotřeby mezi roky 2017 a 2022. I když se teoretická kombinovaná spotřeba mezi lety stále drží kolem hodnoty 5 l/100 km, tak reálná kombinovaná spotřeba s lety postupně roste z hodnoty 5,77 l/100 km na 7,29 l/100 km. Celková průměrná reálná kombinovaná spotřeba pro všechny vozy bez ohledu na rok výroby podle dodaných najetých kilometrů a natankovaných litrů paliva je podle výpočtů 6,66 l/100 km. Zvyšující teoretickou spotřebu vozu má za následek zvyšující se hmotnost jednotlivých automobilů vyrobených v pozdějších letech. Objem motorů u jednotlivých vozů je stále stejný a to 110 kW. Avšak, jak již bylo zmíněno, se zvyšující se hmotností vozů se zvyšuje i teoretická kombinovaná spotřeba. Za zvyšující se teoretickou spotřebou stojí i testování WLTP, které je oproti testování NEDC důslednější, dynamičtější a časově náročnější, jak již bylo popsáno v kapitole dříve.



Graf 6.2: Graf znázorňující poměr teoretické kombinované spotřeby a reálné kombinované spotřeby osobního vozu 1

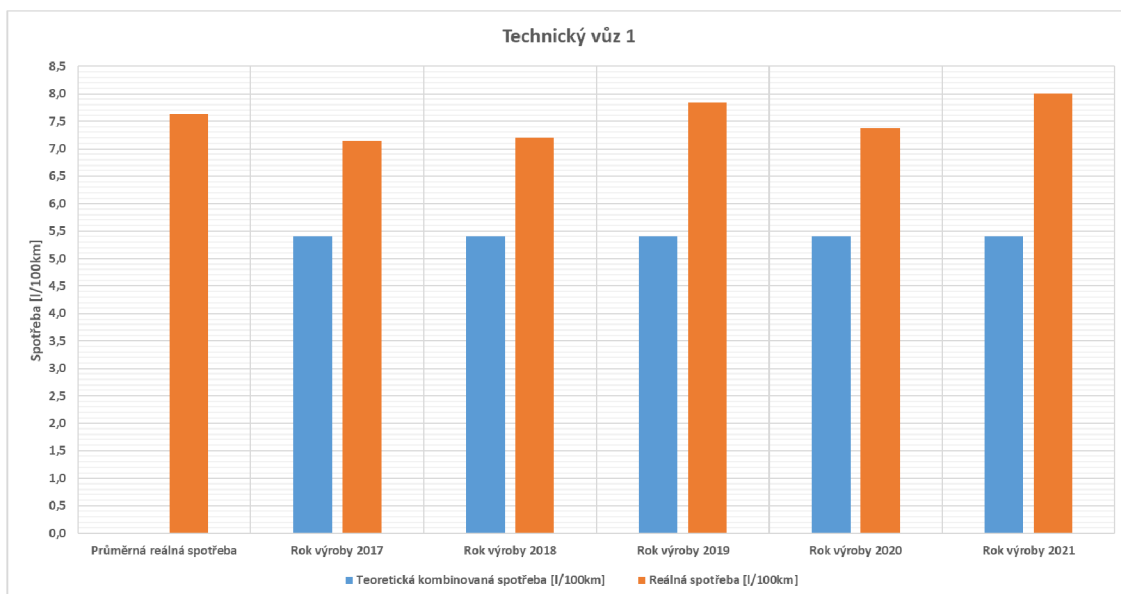
Dalším z vozů s nejčtenějším využitím je technický vůz 1 ve verzi 4x4. Jejich četnost čítá 167 vozů, což odpovídá 16,7 % z celkového složení vozového parku. Jedná se o vozidlo, které se využívá k vykonávání těžké práce.

Tabulka 6.4 shrnuje srovnání teoretické kombinované spotřeby vozu a reálné kombinované spotřeby technických vozů 1 pro jednotlivé roky výroby jednotlivých vozidel.

Tabulka 6.4: Srovnávací tabulka spotřeby pro jednotlivé roky výroby technického vozu 1

Technický vůz 1	Teoretická kombinovaná spotřeba [l/100km]	Reálná spotřeba [l/100km]
Průměrná reálná spotřeba		7,64
	<u>Průměrná spotřeba podle roku výroby</u>	
Rok výroby 2017	5,40	7,13
Rok výroby 2018	5,40	7,21
Rok výroby 2019	5,40	7,83
Rok výroby 2020	5,40	7,38
Rok výroby 2021	5,40	8,01

Graf 6.3 zobrazuje poměry teoretické kombinované spotřeby k reálné kombinované spotřebě vozu. Na rozdíl od osobního vozu 1 se reálná kombinovaná spotřeba vozu nezvyšuje se zvyšujícími se roky výroby vozu, ale spíše více závisí na uživateli jednotlivých vozidel, jak s vozidlem zachází. Celková reálná kombinovaná spotřeba je 7,64 l/100 km. Tuto hodnotu přesáhly jen technické vozy 1 vyrobeny v roce 2019 a 2021, ostatní vozy se držely pod hodnotou celkové reálné kombinované spotřeby.



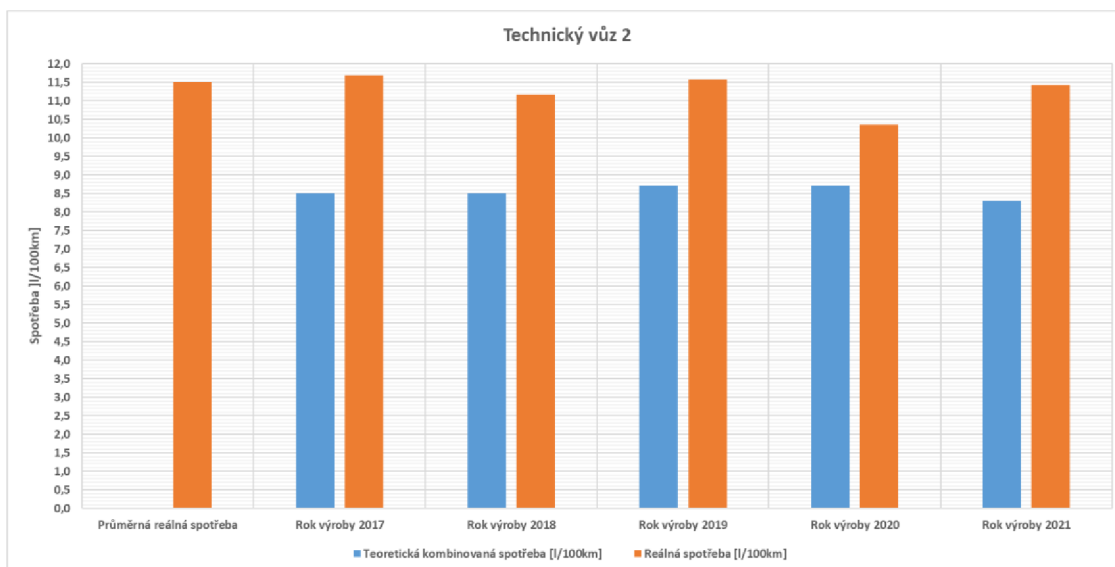
Graf 6.3: Graf znázorňující poměr teoretické kombinované spotřeby a reálné kombinované spotřeby technických vozů 1

Na třetí příčce četnosti vozů je technický vůz 2 se 148 vozy z celého vozového parku, což odpovídá 14,8 %. Tabulka 6.5 zobrazuje hodnoty teoretické a reálné kombinované spotřeby pro technické vozy 2 pro jednotlivé roky výroby.

Tabulka 6.5: Srovnávací tabulka spotřeby pro jednotlivé roky výroby technického vozu 2

Technický vůz 2	Teoretická kombinovaná spotřeba [l/100km]	Reálná spotřeba [l/100km]
Průměrná reálná spotřeba		11,50
	Průměrná spotřeba podle roku výroby	
Rok výroby 2017	8,50	11,68
Rok výroby 2018	8,50	11,17
Rok výroby 2019	8,70	11,58
Rok výroby 2020	8,70	10,35
Rok výroby 2021	8,30	11,42

Graf 6.4 pro technický vůz 2 znázorňuje poměr teoretické a reálné kombinované spotřeby vozu. Jelikož se jedná o užitkový vůz, který je z valné většiny využíván k jízdě s vyšší hmotností nákladu, tak se reálná kombinovaná spotřeba pohybuje ve vyšších hodnotách vůči teoretické kombinované spotřebě. Reálná spotřeba vozů se u všech vozů, bez ohledu na rok výroby, pohybuje kolem hodnoty 11,5 l/100 km. Jedná se tedy o vozidla s nejvyšší reálnou spotřebou.



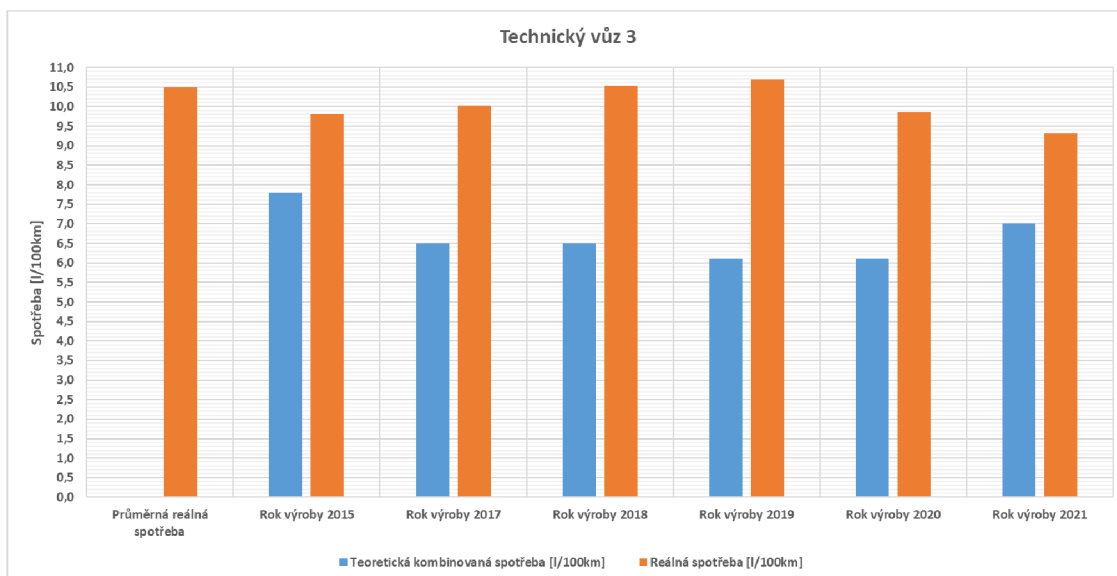
Graf 6.4: Graf znázorňující poměr teoretické kombinované spotřeby a reálné kombinované spotřeby technického vozu 2

Na čtvrté příčce v počtu vozů je technický vůz 3. S 108 kusy tvoří 10,8 % vozového parku. Taktéž jako technický vůz 2 je i tento typ vozu využívám na převoz nákladu vyšší hmotností a od toho se úměrně odvíjí reálná kombinovaná spotřeba, která je značně vyšší než spotřeba teoretická. Tabulka 6.6 znázorňuje data reálných a teoretických kombinovaných hodnot spotřeby vzhledem k různým letem výroby.

Tabulka 6.6: Srovnávací tabulka spotřeby pro jednotlivé roky výroby technického vozu 3

Technický vůz 3	Teoretická kombinovaná spotřeba [l/100km]	Reálná spotřeba [l/100km]
Průměrná reálná spotřeba		10,49
<u>Spotřeba podle roku výroby</u>		
Rok výroby 2015	7,80	9,79
Rok výroby 2017	6,50	10,03
Rok výroby 2018	6,50	10,53
Rok výroby 2019	6,10	10,70
Rok výroby 2020	6,10	9,86
Rok výroby 2021	7,00	9,32

Tento typ vozidla mezi pětici nejčtenějších vozů má největší rozdíl mezi teoretickou kombinovanou spotřebou a reálnou kombinovanou spotřebou viz. Graf 6.5. Vzhledem k jeho využití se jedná o očekávanou hodnotu, avšak se zvyšujícím se rokem výroby dochází k efektu snižování reálné kombinované spotřeby a ke snižování rozdílu mezi teoretickou a reálnou hodnotou, až na výjimku rok 2021, kdy dochází opět k růstu reálné spotřeby vozidla.

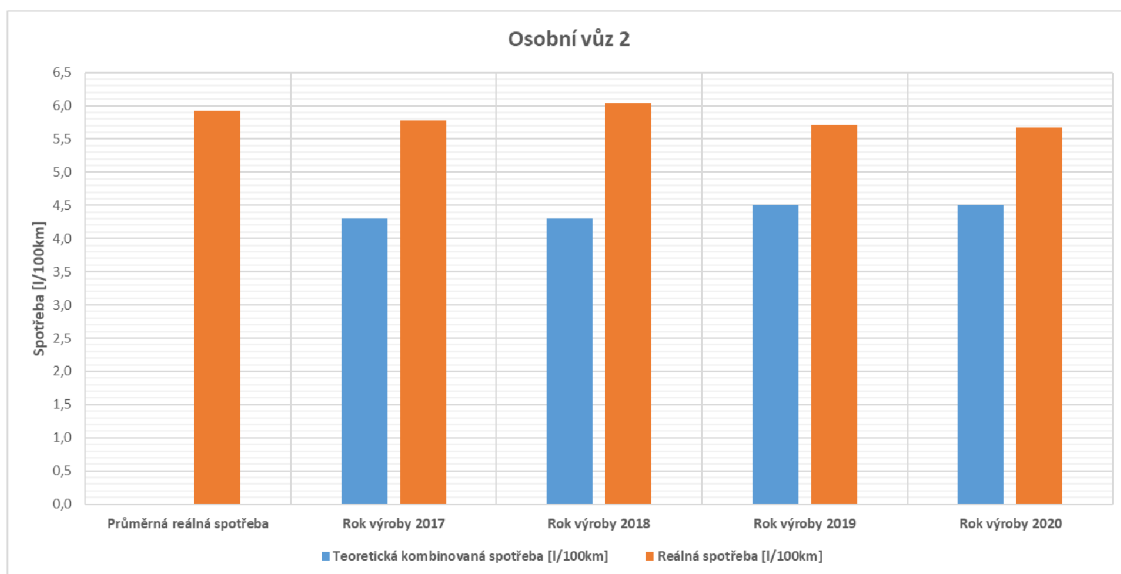


Graf 6.5: Graf znázorňující poměr teoretické kombinované spotřeby a reálné kombinované spotřeby technických vozů 3

Pátým nejčtenějším vozem v celkovém složení je osobní vůz 2 v počtu 95 kusů, což odpovídá 9,5 % z celkového počtu vozového parku. Z pěti nejpočetnějších vozů se jedná o automobil s nejnižší teoretickou i reálnou kombinovanou spotřebou. Tabulka 6.7 znázorňuje srovnání hodnoty teoretické a reálné kombinované spotřeby jednotlivých vozů, které se vyskytují ve vozovém parku. Jedná se i o nejmenší, nejlehčí a nejméně výkonný vůz z pěti vyhodnocujících vozidel, a proto se u tohoto vozu očekávala i nejnižší spotřeba. Graf 6.6 naznačuje určitou jednodolitost v reálné kombinované spotřebě vozů.

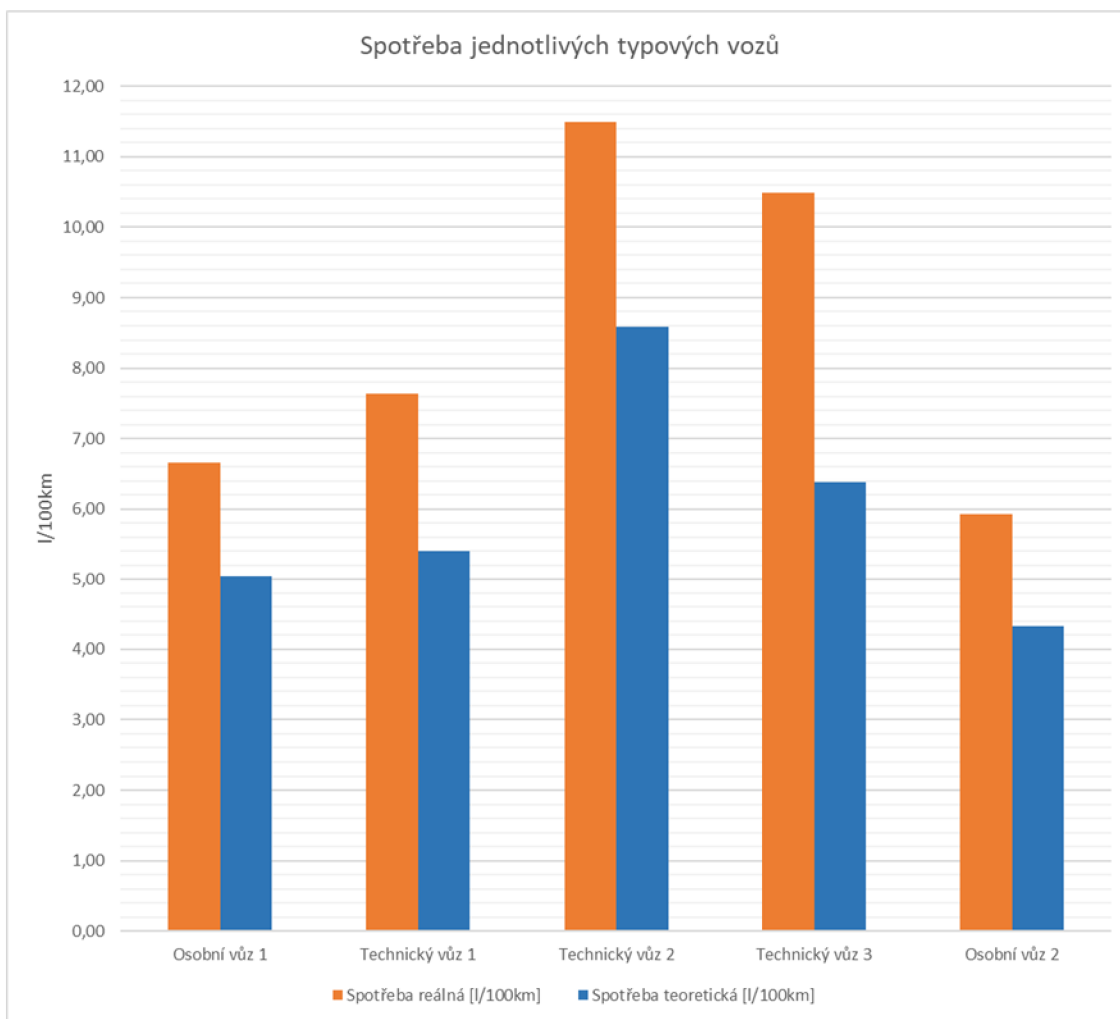
Tabulka 6.7: Srovnávací tabulka spotřeby pro jednotlivé roky výroby osobního vozu 2

Osobní vůz 2	Teoretická kombinovaná spotřeba [l/100km]	Reálná spotřeba [l/100km]
Průměrná reálná spotřeba		5,93
	Průměrná spotřeba podle roku výroby	
Rok výroby 2017	4,3	5,78
Rok výroby 2018	4,3	6,04
Rok výroby 2019	4,5	5,71
Rok výroby 2020	4,5	5,68



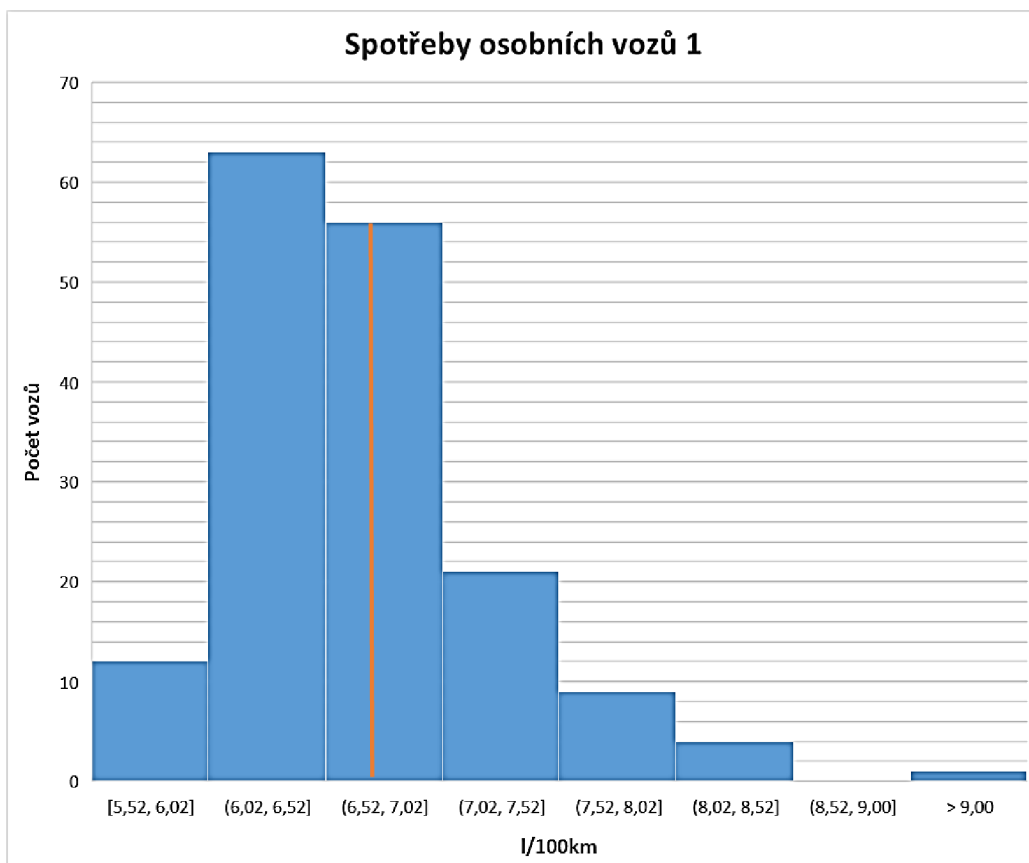
Graf 6.6: Graf znázorňující poměr teoretické kombinované spotřeby a reálné kombinované spotřeby osobního vozu 2

Jelikož se ve vozovém parku vyskytují typová vozidla, která jsou mnohdy vyrobena v jiných letech s jinými parametry, co se týče váhy, výkonu a objemu motoru, tak samozřejmě i odlišnými spotřebami, byl proto v návaznosti na tuto skutečnost vytvořen graf, který spotřeby jednotlivých typových vozidel sjednocuje pro lepší znázornění viz. Graf 6.7. Nejvyšší reálnou spotřebou disponuje technický vůz 2, který je výkonově i objemově nejsilnějším vozidlem ve vozovém parku.

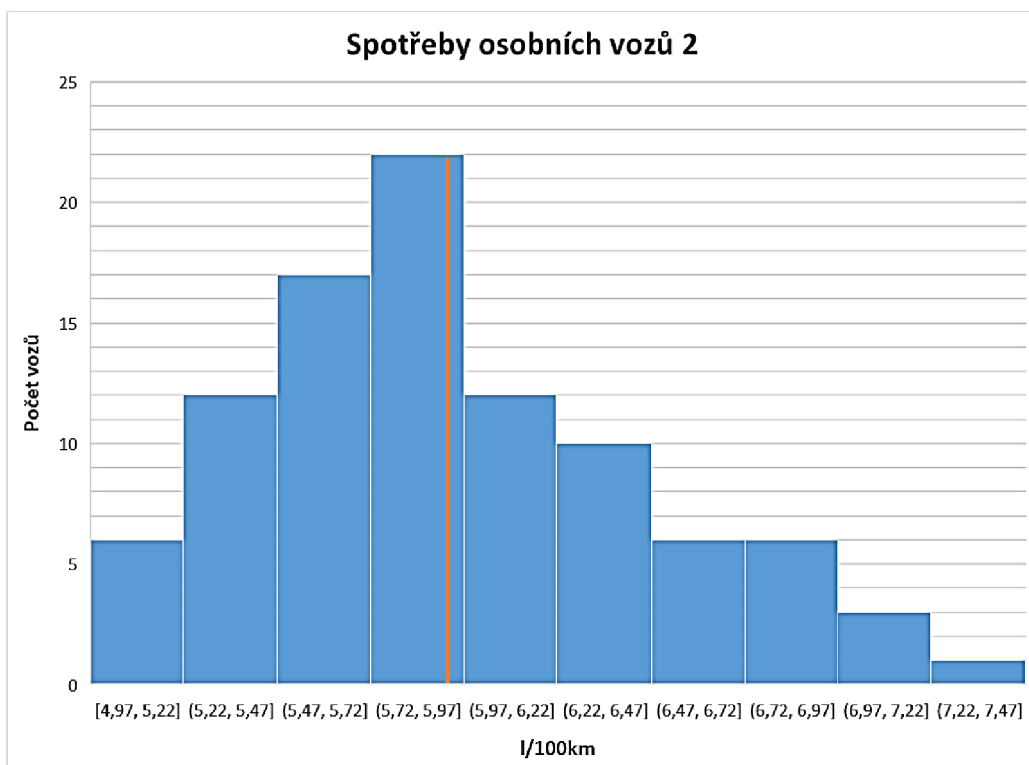


Graf 6.7: Grafické znázornění průměrných spotřeb typových vozidel

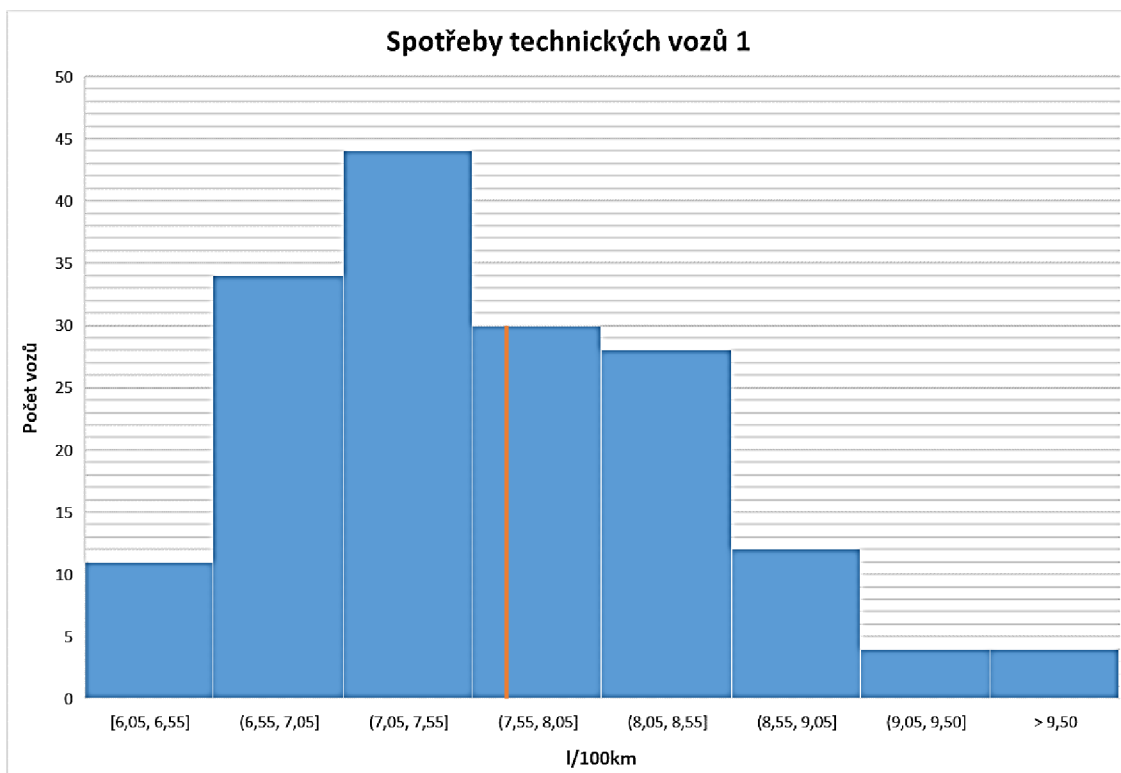
Pro rozložení četností spotřeb jednotlivých vozidel byly vytvořeny grafy, které pro lepší znázornění zobrazují reálné spotřeby typových vozidel viz. Graf 6.8, Graf 6.9, Graf 6.10, Graf 6.11 a Graf 6.12. Grafy rozložení četnosti znázorňují, kolik vozidel a s jakou spotřebou se složení jednotlivých typových vozidel vyskytuje vůči průměrné spotřebě. Průměrná spotřeba je zde znázorněna červenou čarou. Grafy jsou tvořeny s intervaly po 0,5 l. Jedinou výjimkou jsou osobní vozy 2, kterých je nejméně a pro lepší představu byl interval upraven na 0,25 l. V každém grafu je vyznačena hodnota průměrné spotřeby daného typového vozidla pro názornější představu o rozložení spotřeby ve vztahu k průměrné spotřebě. Z grafů rozložení četností jednotlivých spotřeb je patrné, že se valná většina vozů pohybuje se svou spotřebou kolem průměrné hodnoty spotřeby, avšak v případě osobních vozů 1 a technických vozů 1 není průměrná spotřeba vozidel ta nejčetněji se vyskytující. V tomto případě se nejčetněji vyskytují spotřeby vozů, které mají nižší hodnotu spotřeby, než je průměrná spotřeba vozidel.



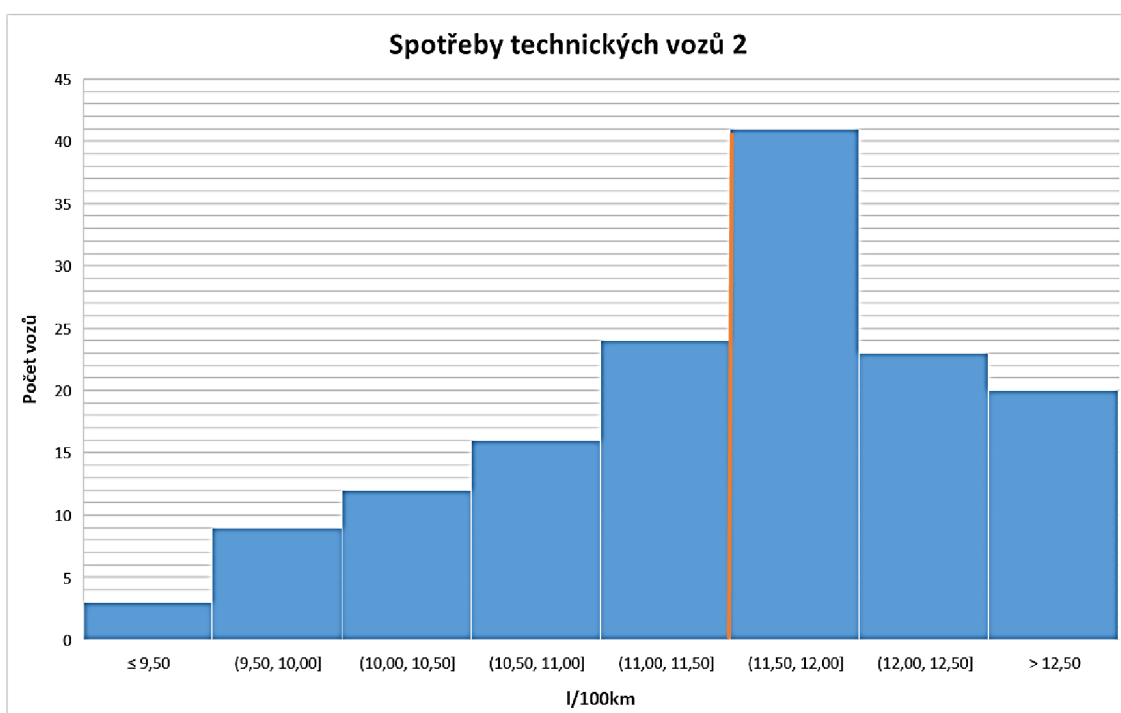
Graf 6.8: Rozložení četnosti spotřeb osobních vozidel 1



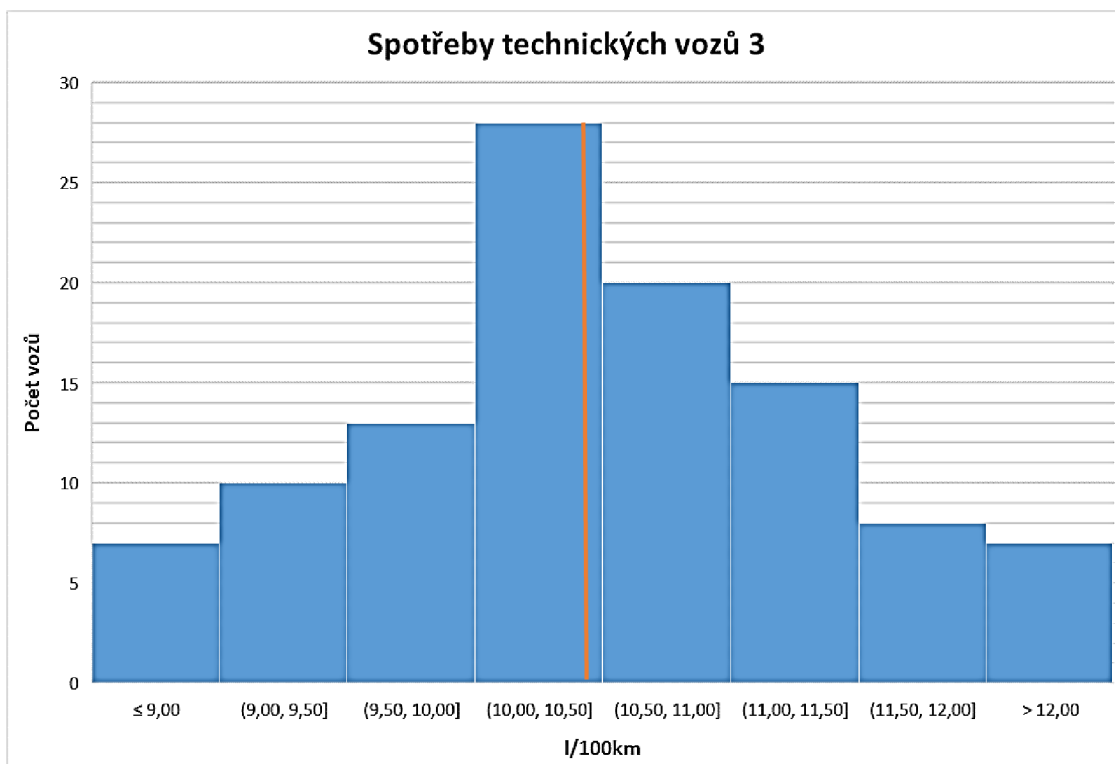
Graf 6.9: Rozložení četnosti spotřeb osobních vozidel 2



Graf 6.10: Rozložení četnosti spotřeb technických vozidel 1



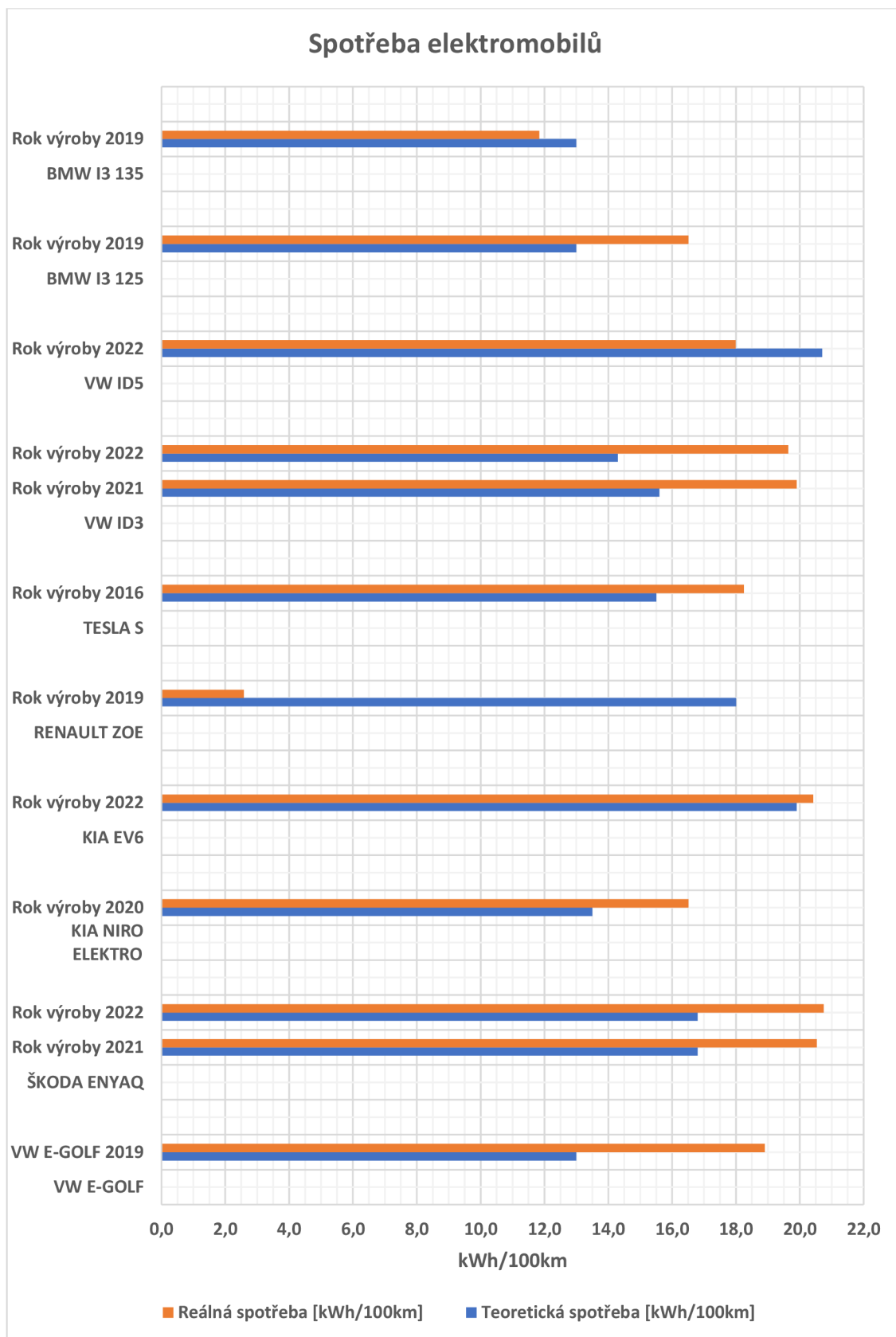
Graf 6.11: Rozložení četnosti spotřeb technických vozidel 2



Graf 6.12: Rozložení četnosti spotřeb technických vozidel 3

6.1.2 Vyhodnocení elektromobilů ve vozovém parku

Čistě elektrická vozidla se z celkového vozového parku objevují v externí společnosti v počtu 26 kusů a to mezi 10 typovými vozy. Elektromobily byly taktéž rozděleny do vhodné tabulky pro porovnání teoretické a reálné spotřeby. Nejčetnější zastoupení ve vozovém parku obsazuje Volkswagen E-golf s 8 vozy, dále Škoda Enyaq s 5 vozy a třetí nejčetněji zastoupený elektromobil je Kia Niro v počtu 4 kusů. Graf 6.13 zobrazuje rozdíly mezi jednotlivými elektromobily v rozdílných letech výroby v závislosti na teoretické a reálné spotřebě vozu. Hodnotu reálné spotřeby, která nejvíce odpovídá teoretické spotřebě má vůz KIA EV6 z roku 2022. Na rozdíl vůz s největší odchylkou je vůz Renault ZOE z roku 2019. Nejspíše se jedná o chybnou hodnotu zadanou ve společnosti, jelikož hodnota odchylky je až nerealistická. Po vyjmutí vozu Renault ZOE z tabulky se všechny elektromobily jeví s vyšší reálnou kombinovanou spotřebou, než je udávaná hodnota teoretické kombinované spotřeby. Tuto skutečnost ovšem popírají vozy Volkswagen ID5 a BMW I3 135, které se pyšní nižší reálnou spotřebou, než je udávána spotřeba teoretická. Jedná se nejspíše o jízdní styl používání konkrétním uživatelem, který se svou jízdou zaslouhuje o nižší spotřebu vozu. Jízdní styl zaměstnanců nebylo možné z důvodu nařízení o ochraně osobních údajů dále zkoumat a vyhodnocovat tak vhodný či nevhodný řídičský styl.



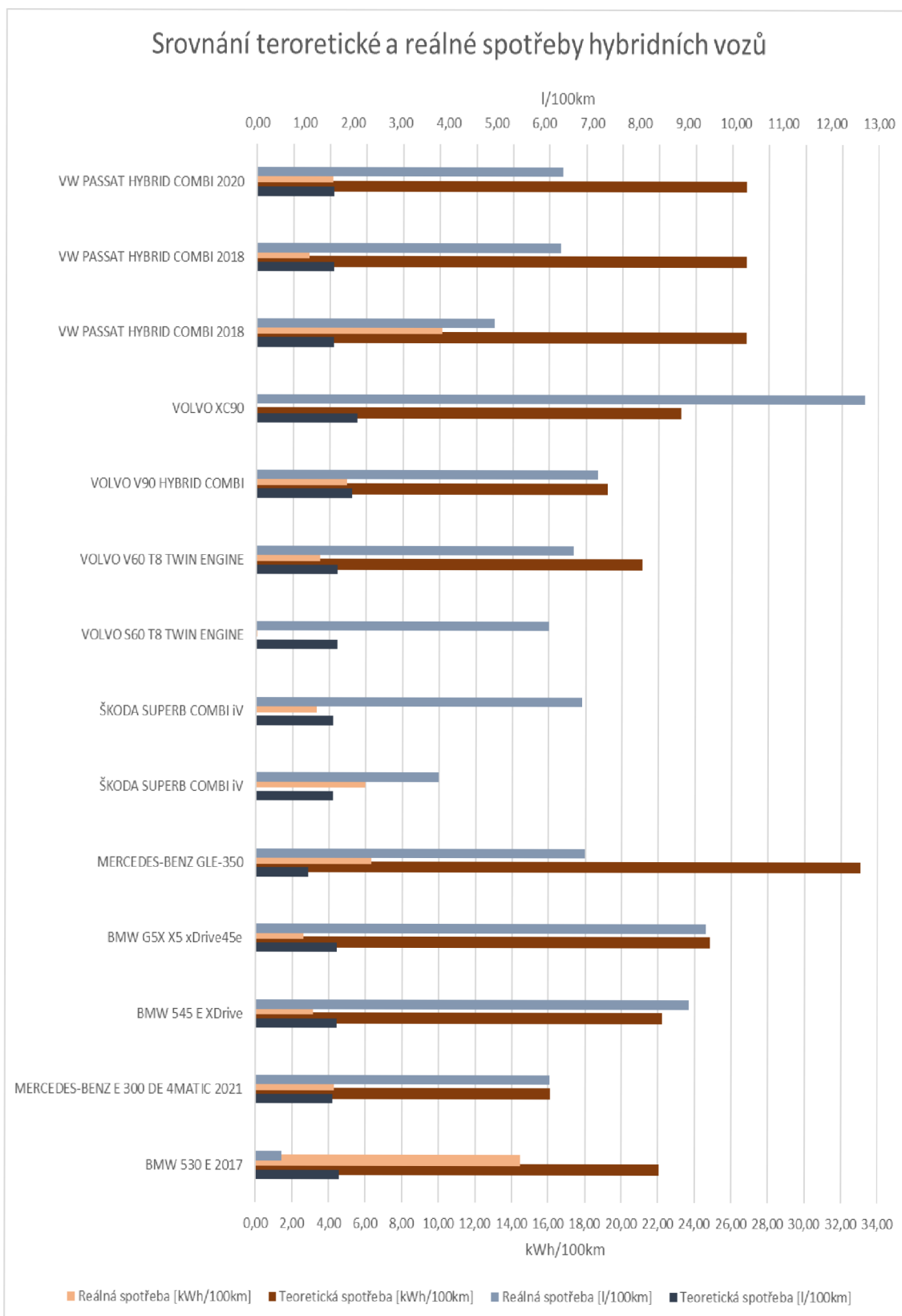
Graf 6.13: Graf znázorňující poměr teoretické kombinované spotřeby a reálné kombinované spotřeby elektromobilů

6.1.3 Vyhodnocení plug-in hybridních vozidel

Tabulka 6.8 sjednocuje data ohledně teoretických a reálných spotřeb hybridních vozidel v externí společnosti v počtu 14 hybridních vozidel. Graf 6.14 znázorňuje spotřeby jednotlivých typových vozidel. Jak je z grafu patrné, spotřeby jednotlivých vozů se mezi teoretickou a reálnou složkou značně liší. Teoretické spotřeby v l/100 km jsou řádově nižší než jejich reálné spotřeby a teoretické spotřeby v kWh/100 km jsou naopak značně vyšší než reálné hodnoty. Jedná se o situaci, kdy se hybridní vozidla převážně tankují a nedochází k jejich nabíjení skrze externí nabíjecí stanice. Tím pádem dochází ke zvýšení spotřeby konvenčního paliva a nedochází k efektivnímu využívání kapacity baterie a elektromotoru. Jelikož hybridní vozidla kombinují spalovací motor s elektromotorem a při jízdě na krátké vzdálenosti elektromotor spotřebuje méně energie než spalovací motor a tím pádem má nižší spotřebu paliva a nižší množství vypuštěných emisí. Avšak v případě nedostatečného nabíjení hybridních vozů dochází ke zvyšování emisních hodnot a celkově k nesprávnému zacházení s hybridním vozidlem. Pro správné využívání hybridního vozidla by se měly vozy častěji nabíjet, aby se co nejvíce využíval potenciál baterie a elektromotoru a aby se co nejvíce snížilo množství vypouštěných emisí v důsledku vyššího využívání elektromotoru.

Tabulka 6.8: Tabulka srovnání teoretické a reálné spotřeby hybridních vozů

Typy vozů	Teoretická spotřeba [kWh/100km]	Reálná spotřeba [kWh/100km]	Teoretická spotřeba [l/100km]	Reálná spotřeba [l/100km]
BMW 530 E 2017	22,05	14,48	1,75	0,55
MERCEDES-BENZ E 300 DE 4MATIC 2021	16,10	4,29	1,60	6,14
BMW 545 E XDrive	22,22	3,15	1,70	9,06
BMW G5X X5 xDrive45e	24,83	2,63	1,70	9,42
MERCEDES-BENZ GLE-350	33,05	6,32	1,10	6,88
ŠKODA SUPERB COMBI iV		5,99	1,60	3,82
ŠKODA SUPERB COMBI iV		3,29	1,60	6,81
VOLVO S60 T8 TWIN ENGINE		0,08	1,70	6,12
VOLVO V60 T8 TWIN ENGINE	21,09	3,48	1,70	6,63
VOLVO V90 HYBRID COMBI	19,20	4,94	2,00	7,13
VOLVO XC90	23,20	0,00	2,10	12,71
VW PASSAT HYBRID COMBI 2018	26,76	10,11	1,6	4,97
VW PASSAT HYBRID COMBI 2018	26,76	2,86	1,60	6,34
VW PASSAT HYBRID COMBI 2020	26,76	4,15	1,60	6,39



Graf 6.14: Graf znázorňující poměr mezi teoretickou a reálnou spotřebou hybridních vozů

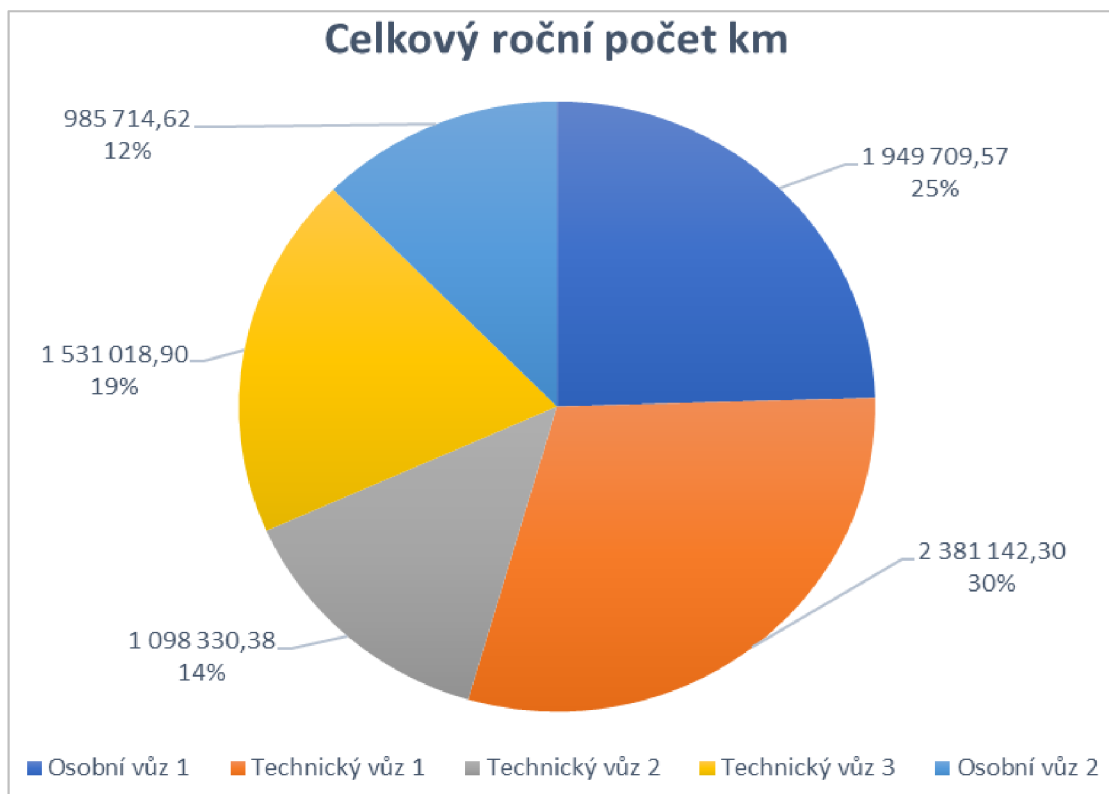
6.1.4 Vyhodnocení nájezdů vozidel s konvenčními motory

Tabulka 6.9 zobrazuje rozložení najetých kilometrů jednotlivých typových vozidel. Nejvíce najetými kilometry disponují technické vozy 1 a to 2 381 142,30 km a tvoří tak 30 % celkových najetých kilometrů ve vozovém parku. Naopak nejméně najetými kilometry disponují osobní vozy 2 v rozsahu 985 714,62 km.

Tabulka 6.9: Počty najetých kilometrů jednotlivých typových vozidel

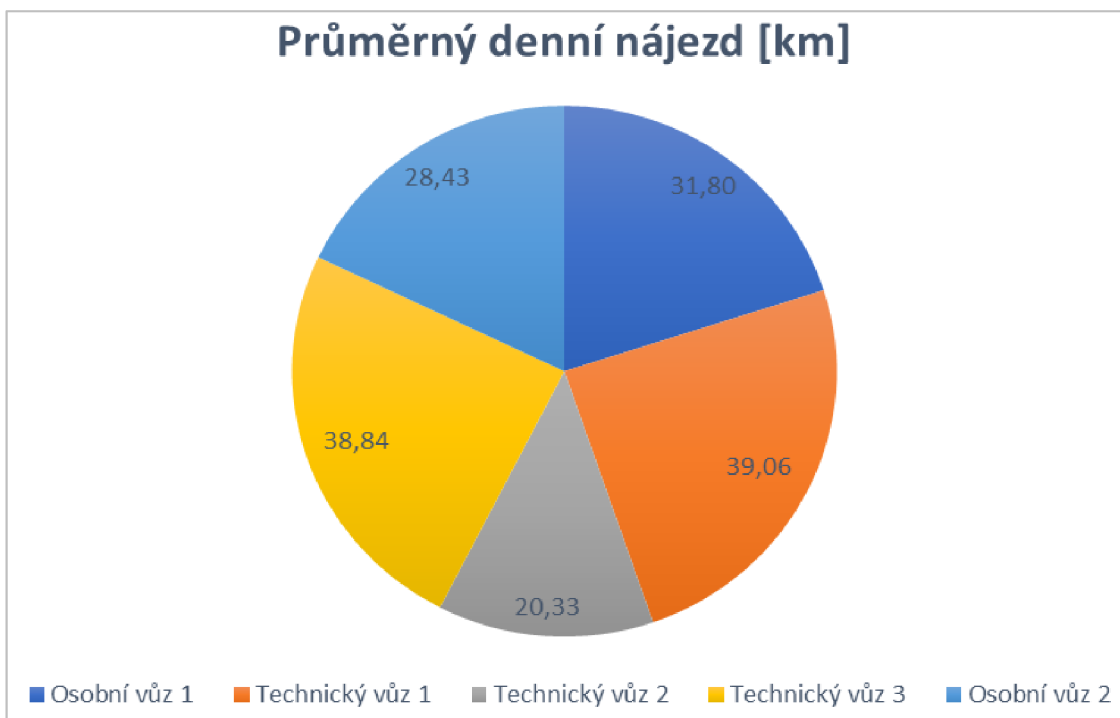
	Počet najetých km	Počet najetých km	Počet najetých km	Počet najetých km	
	1.-3.měsíc	4.-6.měsíc	7.-9.měsíc	10.-12.měsíc	Celkový roční počet km
Osobní vůz 1	448 959,49	529 266,54	486 927,85	484 555,69	1 949 709,57
Technický vůz 1	600 572,82	620 507,59	563 849,59	596 212,30	2 381 142,30
Technický vůz 2	283 407,70	275 088,98	259 291,35	280 542,35	1 098 330,38
Technický vůz 3	402 602,98	386 877,97	361 686,78	379 851,17	1 531 018,90
Osobní vůz 2	228 602,53	251 356,09	233 382,46	272 373,54	985 714,62

Pro názornější představu byl vytvořen graf, který znázorňuje počty najetých kilometrů jednotlivých typových vozidel viz. Graf 6.15. I přes fakt, že technické vozy 2 nemají nejvyšší roční nájezd, mají ovšem nejsilnější a nejobjemnější motory a jsou největším producentem CO₂ v celém vozovém parku, jak již bylo zmíněno dříve viz. Tabulka 6.2.



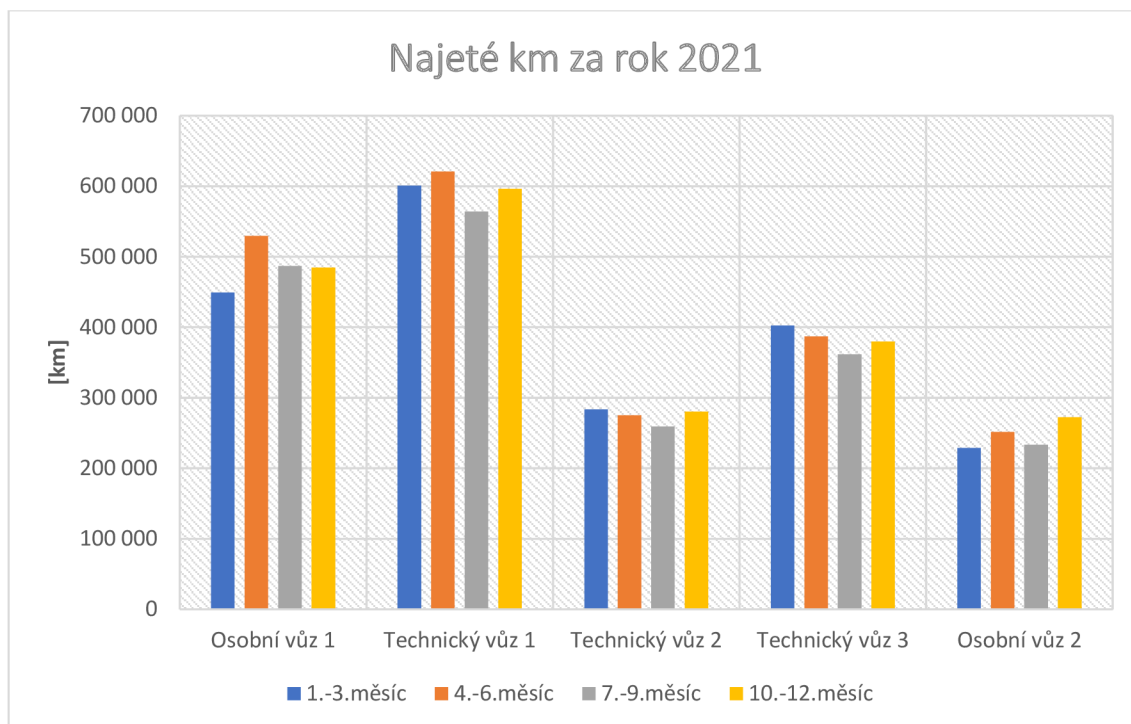
Graf 6.15: Rozložení najetých kilometrů jednotlivých typových vozidel

Hodnoty nájezdů jednotlivých typových vozidel byly následně zprůměrovány pro vytvoření grafu znázorňující průměrný denní nájezd jednoho typového vozidla viz. Graf 6.16. Z grafu vyplývá nejnižší denní nájezd pro technické vozy 2 a to 20,33 km. Nejvyšším denním nájezdem disponují technické vozy 1 a to 39,06 km.



Graf 6.16: Grafické rozložení denních nájezdů jednotlivých typových vozidel

Graf 6.17 znázorňuje rozložení najetých kilometrů typových vozidel podle kvartálního rozdělení. Z grafu je patrný pokles po druhém kvartálu (4.-6. měsíci), a to v kvartálu třetím (7.-9. měsíci). Jedná se nejspíše o důsledek letních dovolených jednotlivých pracovníků, kdy dochází k menšímu využívání firemních vozidel pro vykonávání pracovní činnosti a tím pádem nižším najetým kilometrům.



Graf 6.17: Rozložení najetých kilometrů typových vozidel podle měsíců v roce

6.1.5 Vyhodnocení časového využití vozidel s konvenčními motory

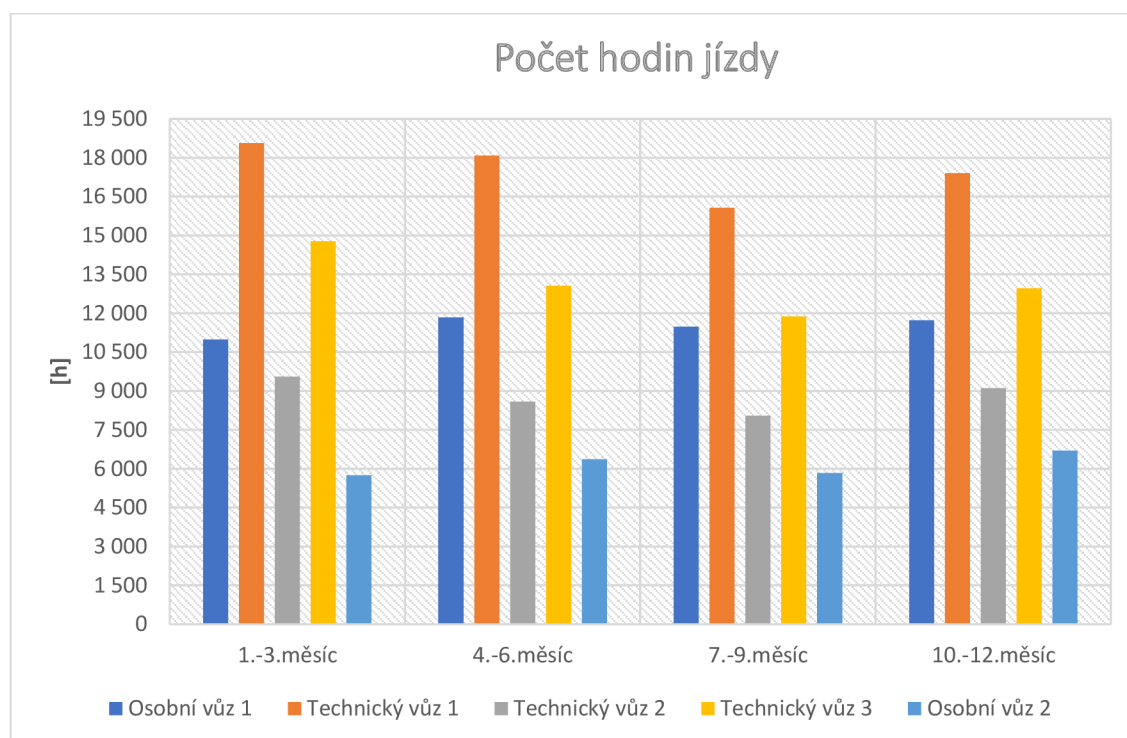
Během analýzy vozového parku byl dbán zřetel taktéž na časové využití jednotlivých typových vozidel ve vozovém parku. Graf 6.18 znázorňuje rozložení časového využití jednotlivých typových vozidel. Jak je z grafu patrné, nejvíce časově vytížená vozidla jsou technická vozidla 1 a 3. Následně byl vytvořen graf znázorňující rozložení časového využití na jedno vozidlo daného typu viz. Graf 6.19.

V návaznosti na tuto skutečnost byl vytvořen i graf znázorňující dobu prostojů vozidel viz. Graf 6.20. Graf 6.21 znázorňuje dobu prostoje pro jedno z typových vozidel. Jedná se o nastartované vozidlo, které ovšem jen stojí na místě se zapnutým motorem. K této situaci dochází nejčastěji v prvním kvartálu a čtvrtém kvartálu, kdy dochází u naftových vozidel k delšímu zahřívání vozidel pro jejich maximální efektivnost. Dále tuto situaci potvrzuje skutečnost, kdy v zimních měsících dochází u technických vozidel k delším prostojům vlivem nižší teploty okolí a pracovníci využívají nastartované vozidlo jako takovou mobilní kancelář k zahřátí sebe samých. V tento moment dochází k nadměrnému spalování paliva. Možným řešením tohoto problému by bylo nakoupení a využití nezávislého topení, které by vyhřálo interiér vozidel před samotným nastoupením pracovníků a tím pádem by nevyžadovalo běh motoru. Systém nezávislého topení je napájen buďto elektrinou či LPG a tím pádem by se snížilo množství spotřebovaného paliva a taktéž vypouštěných emisí vzniklých v důsledku spuštěného motoru vozidla. Případě nových vozidel lze systém nezávislého topení pořídit přímo u výrobce, kdy systém funguje na stejnou palivovou nádrž. Vůz s nejvyšší dobou prostojů i dobou jízdy je technický vůz 1. Jedná se tedy o nejvíce využívaný vůz v celém vozovém parku.

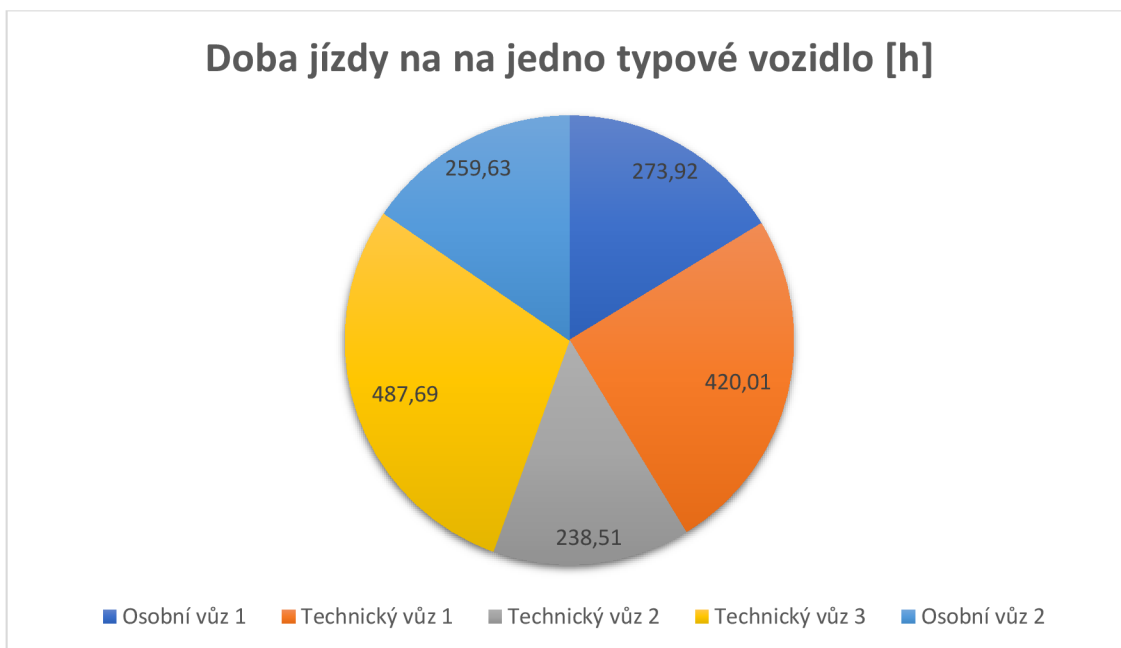
Nejnižší doba prostojů by naopak měla být v třetím kvartálu, kdy jsou v průběhu roku nejvyšší průměrné denní teploty a není zapotřebí tak dlouho zahřívát motor před jízdou či vyhřívat teplotu ve voze pro co nejpříjemnější jízdu. Tuto myšlenku potvrzuje skutečnost, kdy podle Českého hydrometeorologického ústavu byly tyto průměrné roční teploty viz. Tabulka 6.10.

Tabulka 6.10: Průměrné teploty v České republice podle Českého hydrometeorologického ústavu

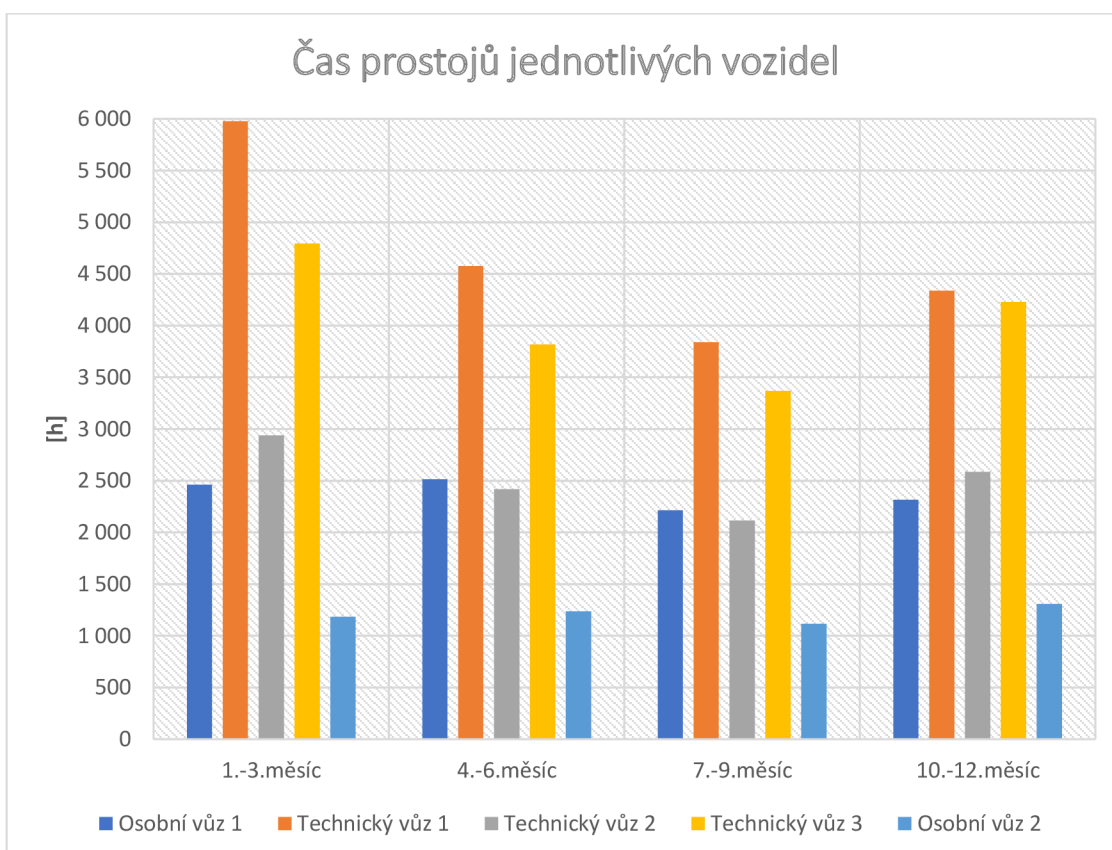
ČR	1.-3.měsíc	4.-6.měsíc	7.-9.měsíc	10.-12.měsíc
T [°C]	0,23	11,60	16,33	4,00



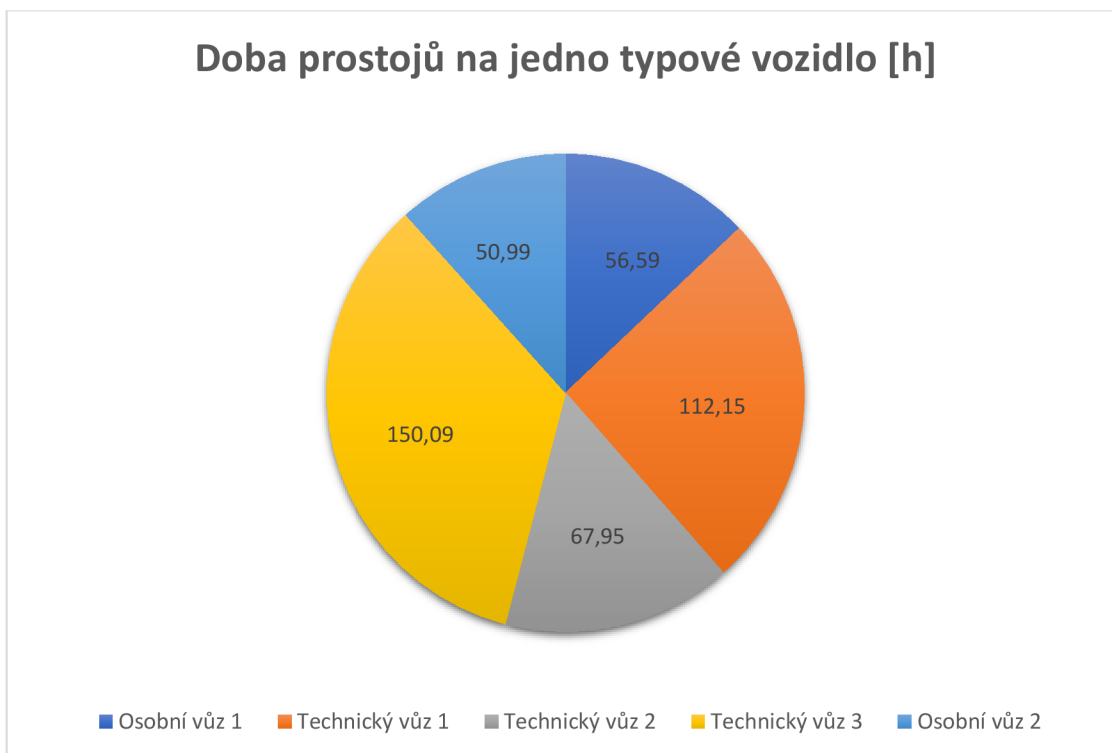
Graf 6.18: Znázornění rozložení časového využití jednotlivých typových vozidel



Graf 6.19: Časové využití jednoho typového vozidla

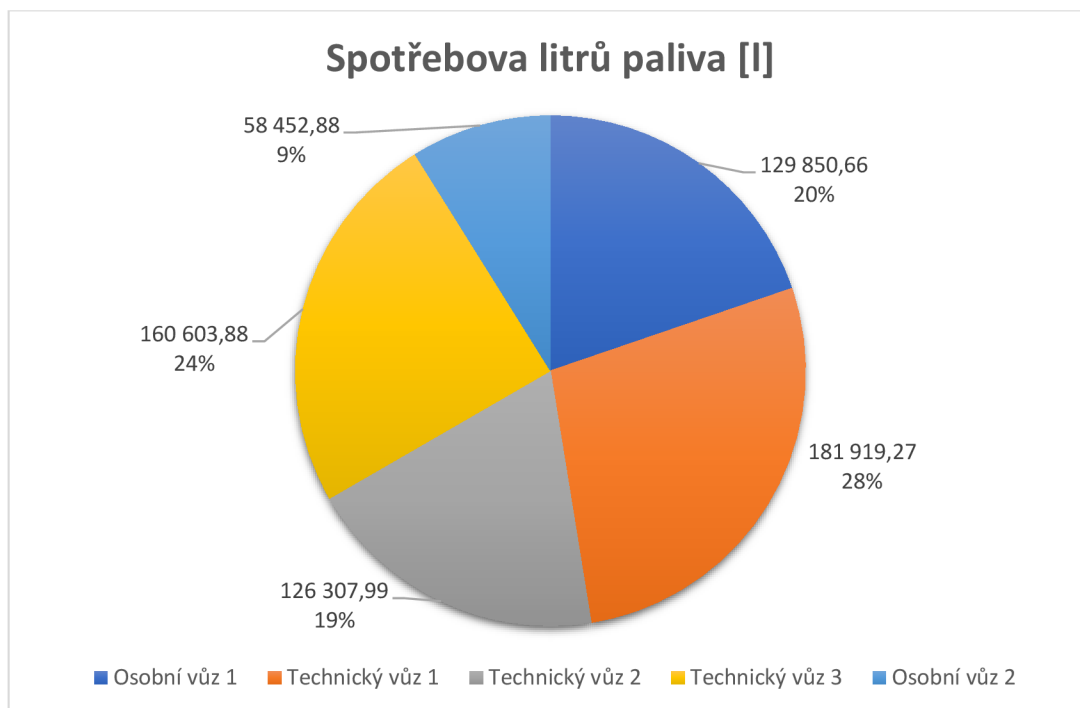


Graf 6.20: Grafické znázornění časových prostojů typových vozidel



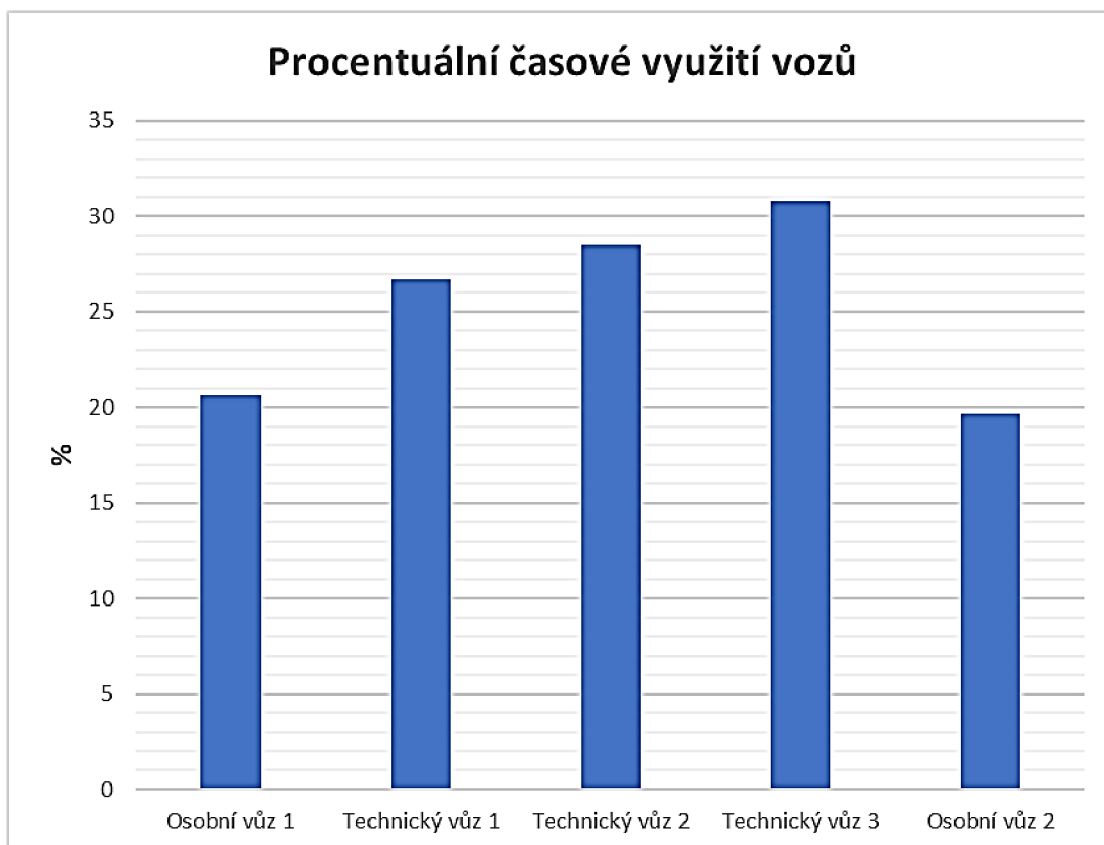
Graf 6.21: Rozložení časových prostožů pro jedno z typových vozidel

Pro vyhodnocení následujících dat bylo sečteno palivo, které bylo spotřebováno na provoz vozidel viz. Graf 6.22. Nejvíce paliva bylo spotřebováno technickými vozy 1 a 3. I když technické vozy 2 disponují nejvyšší spotřebou, nejsou největším konzumentem pohonných hmot ve vozovém parku.



Graf 6.22: Množství litrů spotřebovaných jednotlivými typovými vozidly

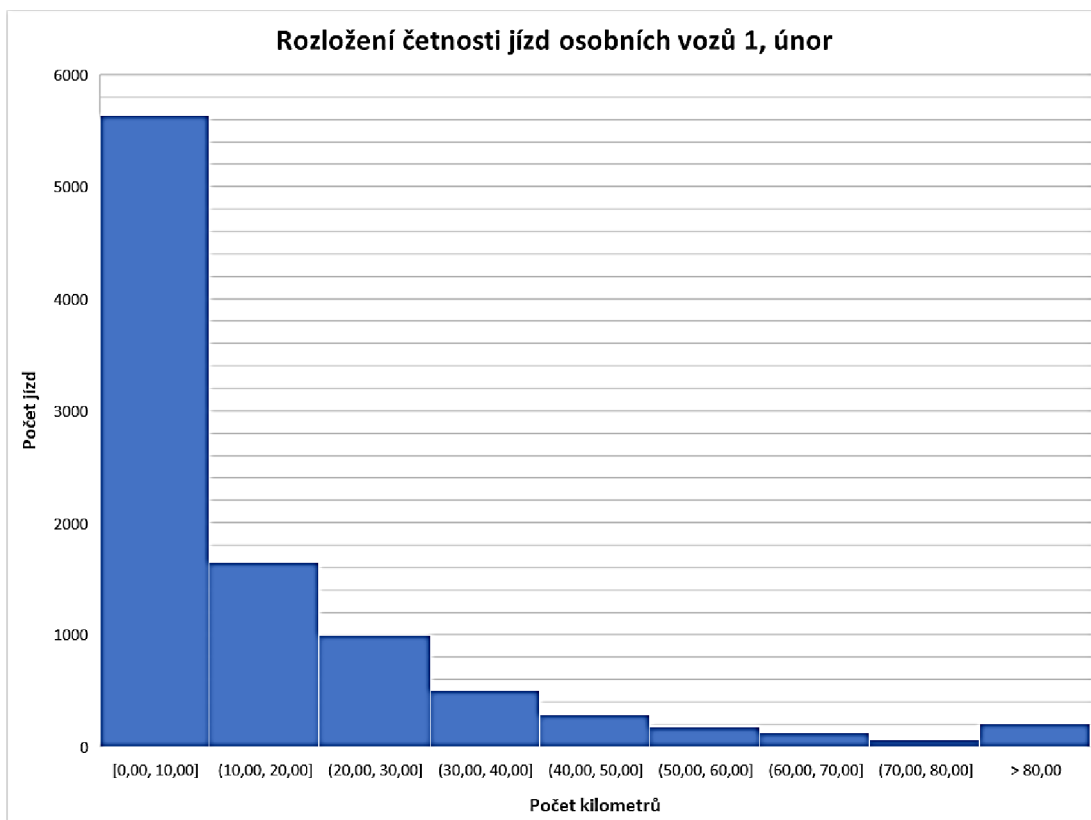
Z grafů časového využití vozidel a prostojů byl následně vytvořen procentuální graf, znázorňující nejlépe využívaná vozidla z celého vozového parku viz. Graf 6.23. Mezi nejlépe využívaná vozidla vyšla osobní vozidla 2. Jedná se o vozidla, které nejsou tak časově využívána oproti ostatním vozidlům, avšak se kterými je zacházeno nejlépe, co se týče časového využití a prostojů. Jak již bylo zmíněno výše, za časové prostoje je ve smyslu této práce považována situace, kdy vozidlo stojí na místě s nastartovaným motorem a v důsledku toho dochází ke spotřebě paliva a tím pádem k vytváření dalších emisí a navyšování celkových emisních hodnot znečištění. V případě osobních vozidel 1 i 2, která jsou nejčastěji využívána zaměstnanci ve vyšší pozicích, se jedná o situaci, kdy zaměstnanec dojedne na místo určení, vypne motor a přesune se na schůzku. V tomto případě nedochází k prostojům vzniklých nastartovaným stojícím vozidlem a tím pádem k menšímu tvoření emisních hodnot CO₂. Avšak vůz s nejvyšším procentem doby prostojů je technický vůz 3, který má téměř 31 % doby strávenou prostoji.



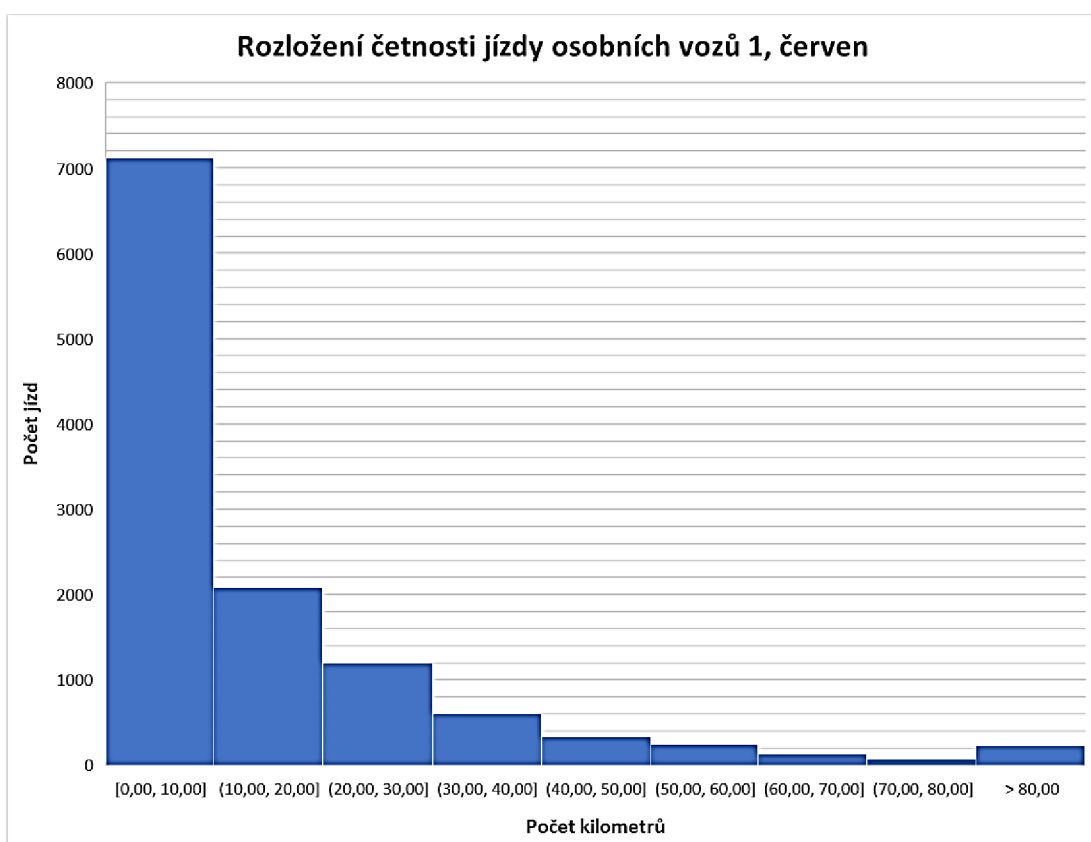
Graf 6.23: Poměr časového využívání typových vozidel

V případě osobních vozů 1 bylo dále vyhodnoceno rozložení četnosti jednotlivých délek jízd viz. Graf 6.24, Graf 6.25 a Graf 6.26. Z grafů je patrná největší vytiženost v rozsahu do 10 km. Nejvíce cest do vzdálenosti 10 km bylo v porovnání s únorovými a listopadovými hodnotami podniknuto v červnu, a to kolem 7000 jízd. V každém sledovaném období ovšem vozidla podniknou i trasy delší než 80 km. Četnost těchto tras se u jednotlivých vozidel liší, avšak jsou to cesty nutné pro fungování společnosti.

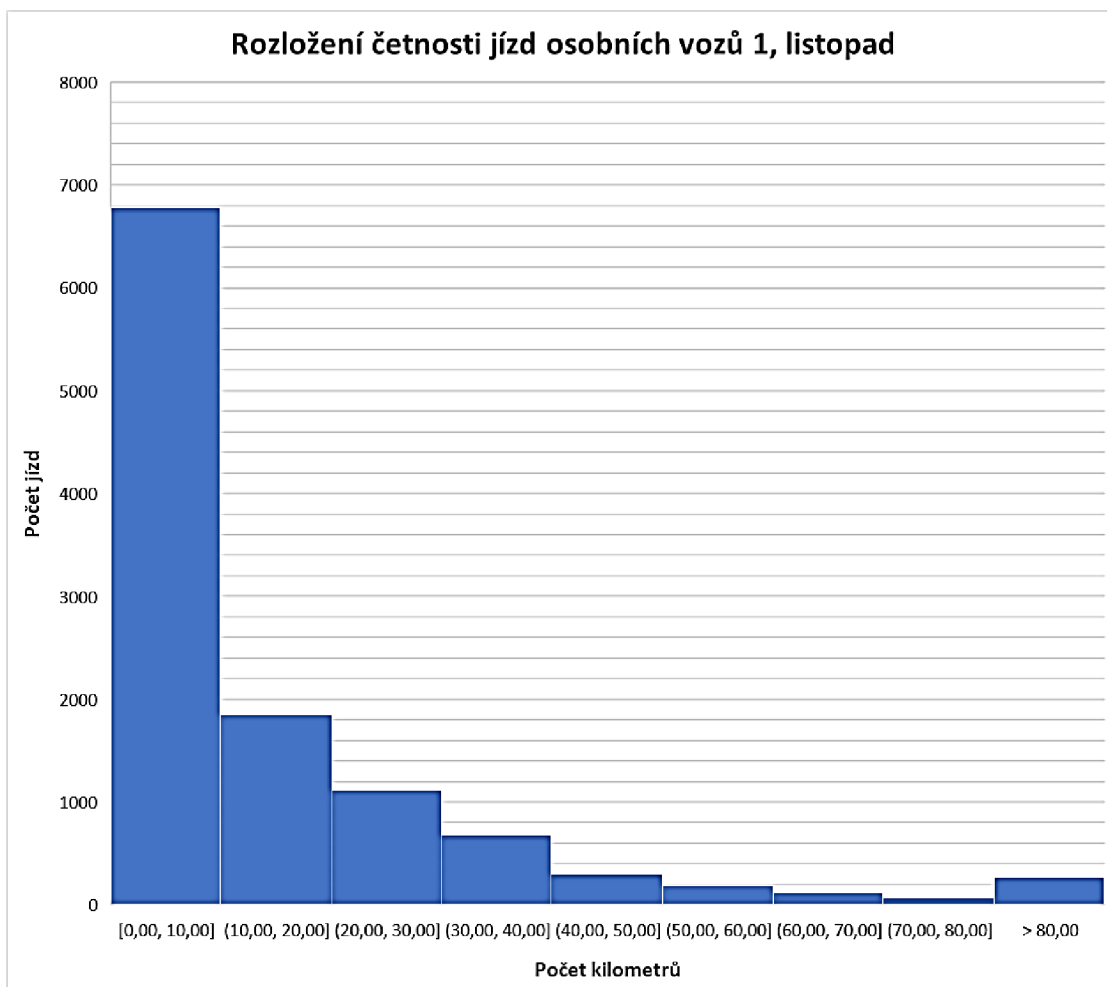
Z grafů četnosti jízd vyplývá i vyšší spotřeba paliva u daných vozidel. V případě krátkých tras, které se do hodnoty 10 km vyskytují nejčastěji, dochází k vyšší spotřebě paliva. Naftové motory při krátkých trasách nedosáhnou optimální pracovní teploty, čímž tato skutečnost vede ke zvýšení spotřeby paliva. Naftové motory potřebují čas k jejich zahřátí a tím k dosažení bodu, kdy je jejich výkon nejefektivnější a tím pádem spotřeba paliva nejnižší. Pokud je ovšem tato skutečnost narušena neustálým vypínáním motoru, tak nedojde k jeho zahřátí a efektivnímu využití potenciálu motoru. Dalším z faktorů vyšší spotřeby v případě krátkých tras je časté brzdění a časté rozjezdy, při kterých vozidla spotřebovávají více paliva než v případě delší plynulé jízdy. Tato skutečnost se následně promítne do průměrné spotřeby paliva, a tím se zvýší její hodnota a opět rostou hodnoty vzniklých emisí CO₂ při provozu vozidla.



Graf 6.24: Rozložení četnosti jízd osobních vozů 1 v únoru

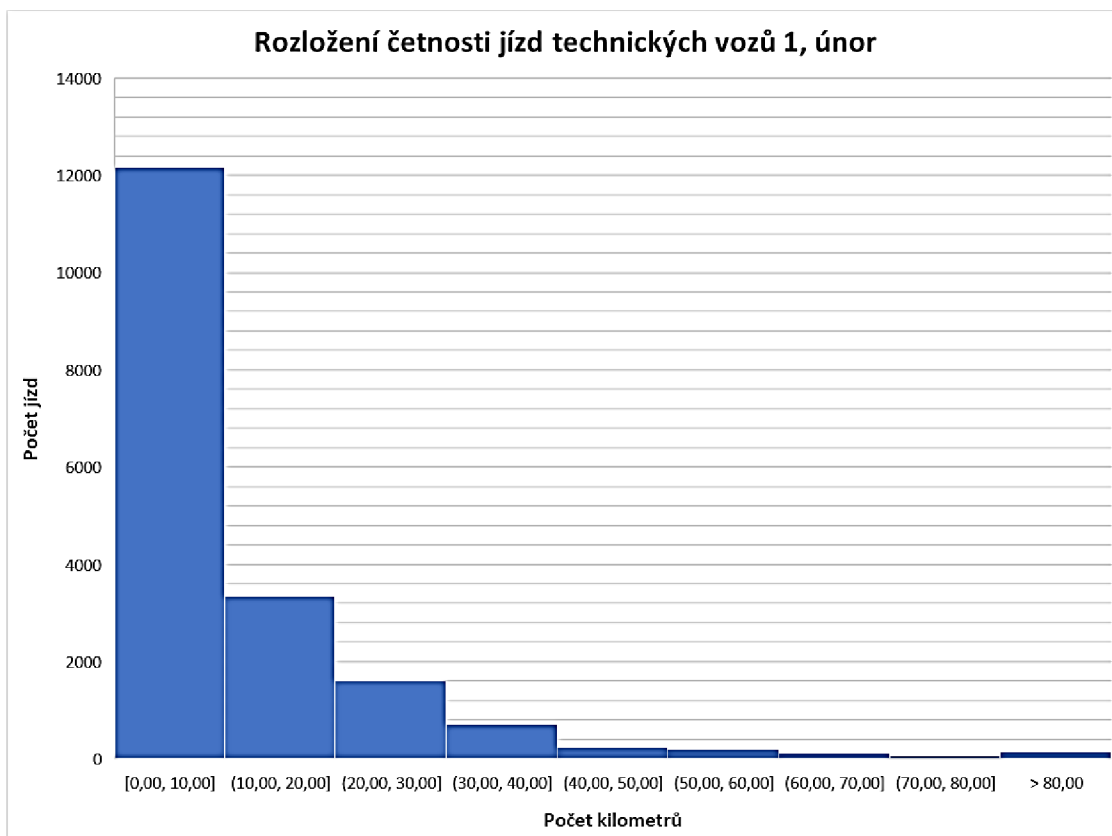


Graf 6.25: Rozložení četnosti jízd osobních vozů 1 v červnu

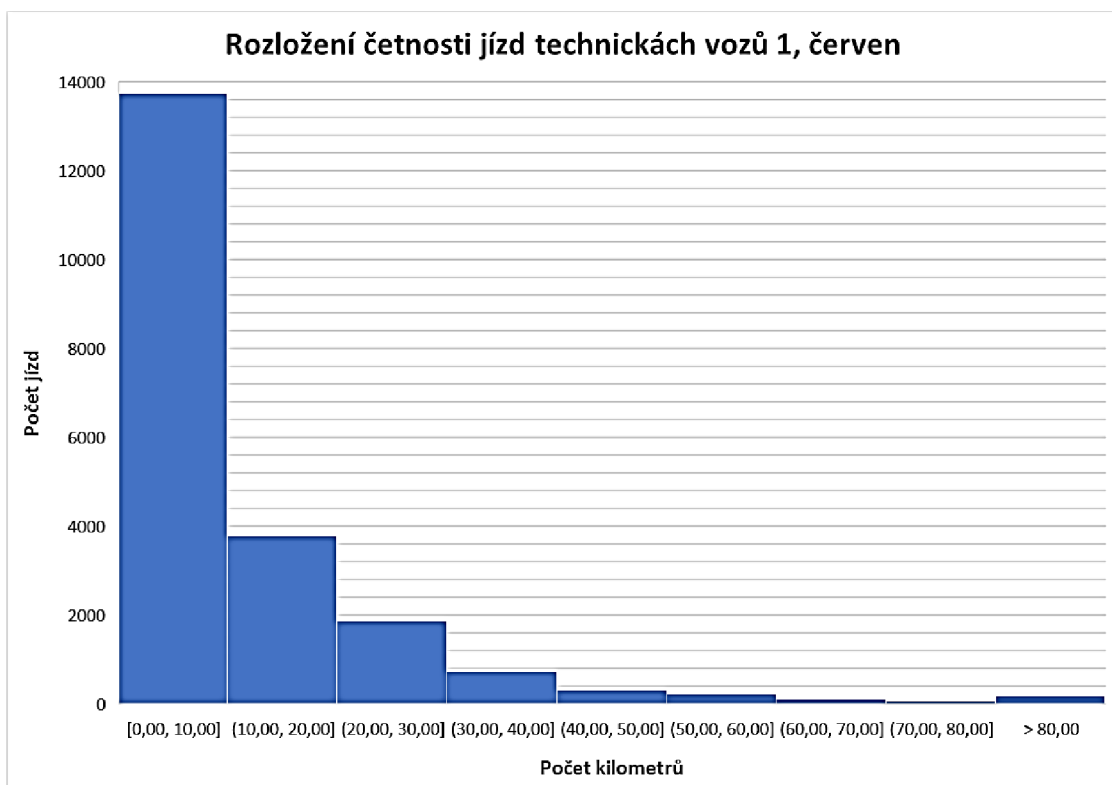


Graf 6.26: Rozložení četnosti jízd osobních vozů 1 v listopadu

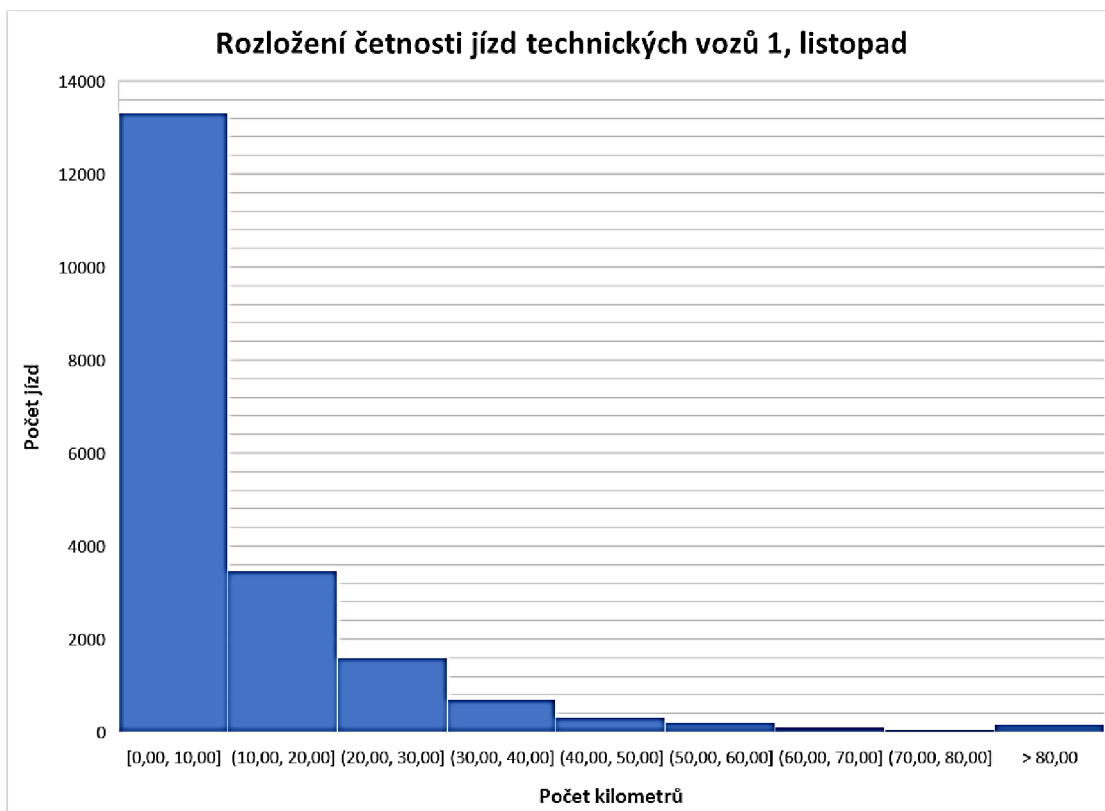
Pro vytvoření grafů četnost délky jízd byla vyhodnocena data i pro technické vozy 1, jakožto druhého nejčetnějšího zástupce vozového parku viz. Graf 6.27, Graf 6.28 a Graf 6.29. Technické vozy 1 jsou oproti osobním vozům 1 více využívány, co se týče počtu jízd, kdy se počet jízd ve vzdálenosti do 10 km pohybuje téměř k hodnotě 14 000 jízd v měsíci červnu. Jedná se o nejvíce vytížený měsíc v porovnání s únorovými a listopadovými údaji. Jakožto i u osobních vozidel 1, tak i u technických vozů 1 se motory nestíhají nahřívát na nejefektivnější teplotu a tím pádem dochází k vyšší spotřebě paliva při kratších trasách.



Graf 6.27: Rozložení četnosti jízd technických vozů 1 v únoru



Graf 6.28: Rozložení četnosti jízd technických vozů 1 v červnu



Graf 6.29: Rozložení četnosti jízd technických vozů 1 v listopadu

7. ZÁVĚR

Diplomová práce pojednává o problematice emisních hodnot vzniklých vlivem spalování pohonných hmot konvenčními vozy. První částí této práce je rešerše různých druhů konvenčních motorů a srovnání jejich jednotlivých výhod a nevýhod. Postupně s emisními normami EURO se zvyšují nároky na provoz i osobních automobilů. Proto se budou do popředí postupně dostávat elektromobily a hybridní vozy, které mají nižší emisní hodnoty při správném provozu vozidla.

V druhé části diplomové práce byla nashromážděna data pro další analýzy. Proběhlo seznámení s vozovým parkem společnosti a vytvoření tabulky celého vozového parku s hodnotami spotřeby jednotlivých vozů, objemu nádrže, kapacity baterie a možného dojezdu. Následně bylo provedeno srovnání mezi teoretickou kombinovanou spotřebou a reálnou kombinovanou spotřebou jednotlivých vozů. Ke každému vozu je přiřazeno identifikační číslo, které slouží k jednoduchému dohledání vozu a s ním spojených potřebných parametrů.

Další částí diplomové práce je analýza výsledků, které byly zpracovány v semestrální práci. Hlavní náplní finální části diplomové práce je analyzování dat z GPS modulů ve vozech a zajištění příčin vzniku vyšších reálných kombinovaných spotřeb jednotlivých vozů vůči teoretickým kombinovaným spotřebám. Z důvodu nařízení o ochraně osobních údajů GDPR nebylo možné analyzovat jízdní styly zaměstnanců a vyhodnotit tak další možné příčiny vzniku vyšších reálných spotřeb. Mezi hlavní příčiny vyšších spotřeb patří prostoje, způsobené nevhodným využíváním vozidla a značné množství krátkých tras, při kterých vozidlo neefektivně využívá potenciál motoru a v důsledku zahřívání motoru dochází k nadměrné spotřebě paliva. V případě hybridních vozidel se je potřeba dbát větší zřetel na nabíjení vozidel, a nejen na jejich tankování konvenčními palivy. Vyšší nabíjení hybridních vozidel by vedlo ke snížení spotřeby konvenčního paliva, ušetření financí vynaložených na tankování vozů a snížení vypouštěných emisí. Pro správné využití kapacity baterie a elektrického pohonu vozu by bylo doporučeno vytvoření infrastruktury a následná instalace nabíjecích stanic do vozového parku a tím zvýšení efektivity baterie a správné funkce hybridních vozidel. Dalším možným řešením by byla určitá forma školení a následná motivace zaměstnanců, kteří využívají hybridní vozidla, aby více nabíjeli hybridní vozidla a tím pádem více využívali potenciál elektromotoru.

Dosavadní množství vypuštěných emisí za měřené období, a to od listopadu roku 2021 do listopadu 2022, je 2046,1 tuny. Mezi nejlépe využívané vozidlo ve vozovém parku externí společnosti je osobní vůz 2, který disponuje nejlepším poměrem mezi časem využití a časem prostojů. Pro snížení časů prostojů by bylo vhodné nakoupení nezávislého topení do technických vozidel, které by vedlo ke snížení využívání vozidla pro ohřev pracovníků, tím pádem k možnému snížení prostojů v důsledku využívání vozidel jako pojízdných kanceláří pro zahřívání pracovníků a v důsledku toho ke snížení spotřeby vozu. V případě nákupů nových vozidel by bylo doporučeno vybavení vozidla

nezávislým topením přímo od výrobce vozu, které funguje na stejnou palivovou nádrž. Časy prostožů se v případě osobních automobilů 1 i 2 v průběhu roku výrazně nemění a není potřeba nakupovat nezávislé topení do těchto vozidel. Jejich nákup by byl zcela neefektivní a finančně náročný.

LITERATURA

- [1] Automobil. Cs.wikipedia.org [online]. [cit. 2022-03-22]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Automobil#Historie>
- [2] What is a Petrol Engine?. Mechanicalboost.com [online]. [cit. 2022-03-22]. Dostupné z: https://mechanicalboost.com/si-engine-components-working-application-advantages-disadvantages-and-components/#What_is_a_Petrol_Engine
- [3] Princip činnosti automobilových motorů. Auta5p.eu [online]. [cit. 2022-03-22]. Dostupné z: <https://auta5p.eu/informace/motory/motory.php>
- [4] A diesel engine. Mechanicalboost.com [online]. [cit. 2022-03-23]. Dostupné z: https://mechanicalboost.com/a-diesel-engine/#What_is_a_Diesel_Engine
- [5] Vznětový motor. Cs.wikipedia.org [online]. [cit. 2022-03-23]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Vznětový_motor
- [6] How Do Natural Gas Vehicles Work?. Afdc.energy.gov [online]. [cit. 2022-03-23]. Dostupné z: <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-natural-gas-cars-work>
- [7] THE ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF CNG CONVERSION KITS. Cngunited.com [online]. [cit. 2022-03-24]. Dostupné z: <https://www.cngunited.com/advantages-disadvantages-of-cng-conversion-kits/>
- [8] Statistiky. Cng4you.cz [online]. [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: <http://www.cng4you.cz/cng-info/statistiky.html>
- [9] What is LPG/AutoGas? What advantages does it have?. Begasmotor.com [online]. [cit. 2022-03-24]. Dostupné z: <https://www.begasmotor.com/what-is-lpg-autogas-what-advantages-does-it-have-frequent-questions/>
- [10] Greenhouse Gases Equivalencies Calculator - Calculations and References. Epa.gov [online]. [cit. 2022-04-21]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gases-equivalencies-calculator-calculations-and-references>
- [11] Výpočet emisí CO₂. Autolexicon.net [online]. [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/vypocet-emisi-co2/>
- [12] O LNG. Lng.cz [online]. [cit. 2022-04-06]. Dostupné z: <https://www.lng.cz/o-lng.html>
- [13] Zkapalněný zemní plyn (LNG). Oenergetice.cz [online]. [cit. 2022-04-06]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/plyn/zkapalneny-zemni-plyn-lng>
- [14] Trh s čerpacími stanicemi je v ČR vysoce konkurenční. Cerpacka.cz [online]. [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: <https://www.cerpacka.cz/2022/01/14/mpo-trh-s-cerpacimi-stanicemi-je-v-cr-vysoce-konkurencni-obsluhuje-jej-7-633-cerpacich-stanic/>
- [15] Jak funguje Wankelův motor, princip. Portalridice.cz [online]. [cit. 2022-04-06]. Dostupné z: <https://www.portalridice.cz/clanek/jak-funguje-wankeluv-motor-princip>

- [16] Wankel engine diagram. Cs.wikipedia.org [online]. [cit. 2022-04-06]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Wankelův_motor#/media/Soubor:Wankel_engine_diagram.svg
- [17] Wankel Engine - Part III - problems and disadvantages. Brighthubengineering.com [online]. [cit. 2022-04-06]. Dostupné z: <https://www.brightengineering.com/machine-design/4948-the-wankel-engine-part-iii-problems-and-disadvantages/>
- [18] Electric car. En.wikipedia.org [online]. [cit. 2022-03-24]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_car
- [19] Trh s čerpacími stanicemi je v ČR vysoce konkurenční. Drive-electric.co.uk [online]. [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: <https://www.drive-electric.co.uk/guides/general/electric-vehicle-range-everything-you-need-to-know/>
- [20] Typy elektromobilů a jak je rozeznat. Elektrickevozy.cz [online]. [cit. 2022-03-24]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/typy-elektromobilu-a-jak-je-rozeznat>
- [21] Lowest CO2 emissions - hybrid cars. Nextgreencar.com [online]. [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: <https://www.nextgreencar.com/emissions/low-emission-cars/hybrid/>
- [22] ŠKODA OCTAVIA VRS IV PLUG-IN HYBRID. Greencarguide.co.uk [online]. [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: <https://www.greencarguide.co.uk/2020/10/skoda-octavia-vrs-iv-plug-in-hybrid-2/>
- [23] Statistika. Infineon.com [online]. [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: <https://www.infineon.com/cms/en/discoveries/hybrid-vehicles/>
- [24] Efektivní a bezpečná doprava šetrná k životnímu prostředí. Ec.europa.eu [online]. [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/transport-and-green-deal_cs
- [25] European Green Deal. En.wikipedia.org [online]. [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/European_Green_Deal
- [26] Emise automobilů a jejich povolená hodnota. Portalridice.cz [online]. [cit. 2022-04-21]. Dostupné z: <https://www.portalridice.cz/clanek/emise-automobilu-a-jejich-povolena-hodnota>
- [27] Katalyzátor - jak funguje a kdy ho měnit. Cebia.cz [online]. [cit. 2022-04-21]. Dostupné z: <https://www.cebia.cz/pruvodce/katalyzator-jak-funguje-a-kdy-ho-menit>
- [28] Katalyzátor výfukových plynů. Cs.wikipedia.org [online]. [cit. 2022-04-21]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Katalyzátor_výfukových_plynů
- [29] EGR ventil: Postrach moderních motorů. K čemu vlastně slouží? A proč je tak problémový?. Auto.cz [online]. [cit. 2022-04-21]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/egr-ventil-postrach-modernich-motoru-k-cemu-vlastne-slouzi-a-proc-je-tak-problemovy-103380>
- [30] Co je DPF filtr a jaká je jeho životnost. Portalridice.cz [online]. [cit. 2022-04-21]. Dostupné z: <https://www.portalridice.cz/clanek/co-je-dpf-filtr-a-jaka-je-jeho-zivotnost>

- [31] Co je a jak funguje aerodynamika automobilu. Portalridice.cz [online]. [cit. 2022-04-25]. Dostupné z: <https://www.portalridice.cz/clanek/co-je-a-jak-funguje-aerodynamika-automobilu>
- [32] Co je AdBlue a k čemu slouží?. Povinne-ruceni.com [online]. [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: <https://www.povinne-ruceni.com/clanky/co-je-adblue-a-k-cemu-slouzi/>
- [33] Nejnovější trendy ve vývoji zážehových motorů: Jak se snižují emise a zvyšuje výkon?. Auto.cz [online]. [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/nejnovejsi-trendy-ve-vyvoji-zazehovych-motoru-jak-se-snizuji-emise-a-zvysuje-vykon-99572>
- [34] FROM NEDC TO WLTP: WHAT WILL CHANGE?. Wltpfacts.eu [online]. [cit. 2022-12-19]. Dostupné z: <https://www.wltpfacts.eu/from-nedc-to-wltp-change/>

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratky:

FEKT	Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
VUT	Vysoké učení technické v Brně
LPG	Liquefied Petroleum Gas
CPG	Compressed Petroleum Gas
LNG	Liquefied Natural Gas
CNG	Compressed Natural Gas
EPA	Environmental Protection Agency
NEDC	New European Driving Cycle
WLTP	Worldwide Harmonised Light Vehicle Test Procedure
kWh	kilowatthodina
GDPR	General Data Protection Regulation