Vysoká škola logistiky o.p.s.

Ekologické pohony silničních vozidel

(Bakalářská práce)

Přerov 2022 Filip Kouřil

Vysoká škola
logistiky
o.p.s.

Zadání bakalářské práce

student	**Filip Kouřil**
studijní program	LOGISTIKA
obor	Logistika v dopravě

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: **Ekologické pohony silničních vozidel**

Cíl práce:

Porovnat standardní a alternativní pohony silničních vozidel z hlediska dopadu na životní prostředí a navrhnout opatření ke snížení jejich negativních vlivů.

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. Teoretická východiska pohonů silničních vozidel
2. Analýza standardních a alternativních pohonů
3. Návrhy opatření ke snížení negativních vlivů
4. Vyhodnocení navržených opatření

Závěr

Rozsah práce: 35 – 50 normostran textu

Seznam odborné literatury:

HROMÁDKO, Jan. Speciální spalovací motory a alternativní pohony. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4455-1.

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

KAMEŠ, Josef. Hybridní a elektrický pohon automobilů. Praha: Kameš Josef, 2015. ISBN 2013-11-14-1.

VLK, František. Alternativní pohony motorových vozidel. Brno: Vlk František, 2004. ISBN 80-239-1602-5.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Michal Turek, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 31. 10. 2021
Datum odevzdání bakalářské práce: 6. 5. 2022

Přerov 31. 10. 2021

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

prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.
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/a povinnosti informovat předtím o této skutečnosti prorektora pro vzdělávání Vysoké školy 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. Souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely.

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

V Přerově, dne 01. 05. 2022 ……

podpis

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Michalovi Turkovi, Ph.D., za profesionální přístup, doporučení a návrhy při zpracování této bakalářské práce a dále své rodině za podporu.

Anotace

Bakalářská práce je zaměřena na analýzu používaných pohonů silničních vozidel. U jednotlivých pohonů bylo provedeno srovnání dopadů jejich provozu na životní prostředí. Na základě získaných informací byla navržena vhodná opatření, která by mohla vést ke snížení negativních vlivů na ekologii a ochranu životního prostředí.

Klíčová slova

Silniční vozidlo, spalovací motor, vodíkový pohon, hybridní pohon, pohon LPG, pohon CNG, elektrický pohon, emise, ekologie.

Annotation

The bachelor thesis is focused on the analysis of used engines of road vehicles. The environmental impact of the operation of the different drives was compared. On the basis of the information obtained, appropriate measures were proposed that could lead to a reduction of negative impacts on ecology and environmental protection.

Keywords

Road vehicle, gasoline engine, petrol engine, hydrogen engine, hybrid engine, LPG engine, CNG engine, electric engine, emissions, ecology

Obsah

Čestné prohlášení 4

Poděkování 5

Anotace 6

Klíčová slova 6

Annotation 6

Keywords 6

Úvod 9

1. Teoretická východiska pohonů silničních vozidel 10

1.1. Druhy pohonů 11

1.1.1. Spalovací motor 11

1.2. EURO – Evropské emisní normy 22

1.3. Technologie používané v pohonech ke snížení emisí 24

1.3.1. Aktivní prostředky 24

1.3.2. Pasivní prostředky 26

1.3.3. Snižování objemu motoru – „downsizing“ 27

1.3.4. Ostatní systémy 27

1.4. Podpora státu při provozu ekologických vozidel 29

2. Analýza standardních a alternativních pohonů 30

2.1. Emise zážehového a vznětového motoru 30

2.1.1. SWOT analýza 33

2.2. Emise pohonů LPG a CNG 34

2.2.1. SWOT analýza LPG a CNG 35

2.3. Emise elektrického pohonu 37

2.3.1. SWOT analýza 39

2.4. Souhrnné srovnání v množství vyprodukovaných emisí u jednotlivých druhů pohonů 40

3. Návrhy opatření ke snížení negativních vlivů 42

4. Vyhodnocení navržených opatření 45

Závěr 46

Seznam zdrojů 47

Seznam grafických objektů 49

Seznam tabulek 49

Seznam zkratek 50

Úvod

Celosvětová snaha o snížení produkce skleníkových plynů výrazným způsobem zasahuje i do automobilového průmyslu a silniční dopravy, protože výrazně přispívá k nárůstu koncentrace CO_2 a dalších škodlivých látek. Spalovací motory jsou stále považovány za největší znečišťovatele životního prostředí z pohledu dopravy, i přesto, že parametry na ekologii jejich provozu se stále zpřísňují. Výrobci musí neustále vyvíjet nová řešení a technologie k tomu, aby splnily přísné emisní normy. Východiskem z této složité situace je vývoj nových, alternativních typů pohonů a paliv, které produkují do okolního prostředí výrazně nižší nebo nulové množství škodlivých látek. Ekologicky přínosná je náhrada kapalných ropných paliv (benzín a nafta) za plynná paliva (LPG a CNG). Výhodou při zavedení plynných paliv bylo minimum požadavků na technickou úpravu klasických spalovacích motorů, aby byly schopny tento druh paliva efektivně využít. Také nároky na distribuci, skladování a dostupnost tohoto paliva pro konečné spotřebitele se výrazně neliší od požadavků na ropná paliva. Z hlediska dlouhodobého horizontu je však snaha výše uvedené typy paliv zcela opustit a najít vhodnou alternativu, protože jsou neobnovitelnými zdroji, a jejich zásoby jsou omezené a budou jednoho dne vyčerpány. Mezi nejnadějnější alternativní pohony, které nevyužívají ke svému provozu ropné produkty a mají potenciál k masovému rozšíření, patří bezesporu elektrický pohon. Elektrické pohony sice neprodukují žádné emise, ale pro celkové zhodnocení jejich vlivu na životní prostředí je nutné vyřešit převážně ekologii výroby samotné elektrické energie. Další vhodnou alternativou je vodíkový pohon, který se však stále potýká s řadou technických problémů týkajících se převážně skladováním a dostupností vodíkového paliva pro konečné spotřebitele. U těchto dvou typů alternativních pohonů však dosud nepanuje obecná shoda na tom, který z nich v budoucnu nahradí klasické spalovací motory a bude nejšetrnější k životnímu prostředí.

1. Teoretická východiska pohonů silničních vozidel

Pod pojmem silničního vozidla si každý představí osobní automobily, které můžeme vidět každý den téměř kdekoliv na pozemních komunikacích. Silniční vozidla jsou rozčleněna na motorová a nemotorová vozidla, která slouží k provozu na pozemních komunikacích k přepravě osob, zvířat nebo věcí. Tudíž silniční vozidla máme osobní, nákladní a zvláštní. Nejčastěji se osobní silniční vozidla používají pro osobní přepravu, ale také pro přepravu menších nákladů. Nákladní silniční vozidla se používají pouze pro přepravu nákladu, přestože je toto vozidlo vybaveno místy k sezení pro vícečlennou posádku. Skupina zvláštních silničních vozidel je tvořena vozidly, které slouží k určitým úkonům, jako jsou například zemědělské stroje, lesnické stroje, stavební stroje, a také vojenská vozidla. Ty se dále dělí na kolová a pásová vozidla.

Každé silniční motorové vozidlo má určitý pohonný motor, díky kterému se dostává do pohybu. Nejčastěji jsou poháněny spalovacími motory, elektrickými motory, nebo kombinací spalovacího a elektrického motoru – takzvanými hybridními motory. Do skupiny motorových vozidel patří vozidla jednostopé, což jsou motocykly, a dvoustopé, které představují osobní automobily, nákladní automobily a autobusy. Do skupiny nemotorových vozidel patří přípojná zařízení, což mohou být přípojná vozidla jako přívěsy, návěsy, postranní vozíky, nebo tažená či tlačená vozidla.

1.1. Druhy pohonů

Vývoj technologií je postupem času na čím dál vyšší úrovni. Aktuální světová úroveň je velice vysoká, ale s tím jsou také vysoké podmínky a požadavky na provoz určitých věcí. Tyto přísné podmínky se týkají právě i silničních vozidel.

V dřívější době byla uznávána jako velký úspěch samotná konstrukce a výroba motorového silničního vozidla neboli motorového dopravního prostředku způsobilého k provozu na pozemní komunikaci. První automobily byly vyrobeny s konstrukcí, která umožňovala tažení vozidla koňmi, což byly kočáry. Až v roce 1769 proběhla první jízda s prvním automobilem na světě vyrobeným Jamesem Wattem, který byl poháněný parním strojem. K výrobě prvních spalovacích motorů do automobilů došlo až v letech 1862–1866. Nicolausovi Otto se podařilo sestrojit čtyřdobý benzínový spalovací motor. Čtyřdobé spalovací motory jsou v automobilovém průmyslu těmi nejpoužívanějšími motory v celé historii. Ovšem v roce 1897 přišel Rudolf Diesel s motorem, který nebyl spalovaný benzínem ale naftou tzv. vznětový motor [1].

V dnešní době jsou tyto motory největším problémem při provozování silniční dopravy z hlediska negativních dopadů na životní prostředí. Přichází se s alternativními pohony, které mají příznivější a mírnější dopady na životní prostředí v provozu, a je celosvětový záměr, že tak zastoupí vznětové a zážehové motory.

1.1.1. Spalovací motor

Prvním druhem pohonu, který je používaný u silničních vozidel je spalovací motor. Už z názvu je zřejmé, že tento motor funguje na principu nějakého spalování. Jako pohon silničních vozidel je tento pohon na prvním místě ve využití. Tím, že jedním z druhů spalovacího motoru byl tento typ pohonu použitý na vůbec prvním automobilu, řadí se tak jako nejstarší pohon, který se používá dodnes.

U spalovacího motoru dochází k přeměně vzniklé tepelné energie uvolněné při spalování paliva na mechanickou práci. Spalovací motory mají různé způsoby přeměny energie spalin na mechanickou práci, a dle toho má každý pohon svůj odvozený specifický název.

Podle této přeměny dělíme motory na pístové a reaktivní. Pístové motory mají jako základní prvek píst, na který celá spalovací reakce působí. Motory reaktivní fungují na

principu akce a reakce, což znamená, že akcí je vyjádřena síla, kterou trysky vypudily hořením paliva. Reakcí je síla, která působí na motor, a uvádí tak prostředek do pohybu. Reaktivní motory se používají sériově pouze ve výrobě leteckých dopravních prostředků – letadel, proto se nadále budou rozebírat už jen pístový spalovací motory, které se používají v silničních dopravních prostředcích – silničních vozidlech.

Zážehový spalovací motor

Tím nejpoužívanějším pohonem na světě a nejosvědčenějším pohonem v celé historii je zážehový spalovací motor. Od předcházejícího parního stroje se celá konstrukce motoru velmi změnila. Předchozí parní stroj měl vnější spalování, a k přenosu tepelné energie na mechanickou energii využíval vodní páru. Používaly se následně i v železniční dopravě (parní lokomotivy). Spalovací motory využívají vnitřní spalování, konkrétně ve válci motoru. Spalovací motory, konkrétně ty zážehové, mají velmi široké využití. Nejsou konstruovány pouze do silničních vozidel, ale také například do menších strojů jako jsou sekačky, motorové pily atp.

Palivem tohoto pohonu je benzín. Benzín je vysoce hořlavá a zdraví škodlivá látka. Benzín je směs kapalných uhlovodíků s 5–11 atomy uhlíku v řetězci. Je tvořen asi ze 60-65 % alkany, z 20-25 % cykloalkany a z 10-15 % areny. Podle složení těchto složek se vyznačuje kvalita benzínu oktanovým číslem (např. Natural 95, Natural 98). Čím vyšší je oktanové číslo, tím je benzín kvalitnější. Dříve se ke zvýšení oktanového čísla přidávaly do benzínu organické sloučeniny olova. Tyto sloučeniny obsahovaly olovnaté benzíny (např. Speciál 98). Následně se přišlo na to, že při používaní těchto benzínů dochází k vypouštění olovnatých sloučenin do ovzduší pomocí výfukových plynů, které jsou jedovaté, a s tím se tento olovnatý benzín přestal prodávat. I dnes se ale prodávají benzíny s vysokými oktanovými čísly až 102, které výrazně zvýší výkon motoru. Oproti těm dřívějším vysoce škodlivým olovnatým benzínům jsou tyto benzíny bezolovnaté [2].

Zážehové spalovací motory fungují na principu zažehnutí paliva uvnitř válce, kde dojde k výbuchu směsi paliva a vzduchu. Tím vznikne tlak, který působí na píst a uvede jej do pohybu. U těchto motorů je k jeho provozu důležitý výkon, který se udává v koních (HP – „Horsepower“, nebo v určitých státech v Evropě také PS – od německé jednotky výkonu „Pferdestärke“), nebo kilowattech (kW). Jeden kůň (HP) je 0,735 kilowatt (kW) neboli 1 kilowatt je 1,36 koně [3]. Zážehové motory máme dvou typů. Dvoutaktní a čtyřtaktní zážehové motory.

Dvoutaktní neboli dvoudobý zážehový motor má oproti čtyřtaktnímu neboli čtyřdobému motoru celý svůj pracovní cyklus rozdělený na dvě doby (fáze), které provede za jednu otočku klikové hřídele.

1. fáze je sání a komprese, což je fáze, při které se píst zvedá od dolní úvratě k horní úvrati, čímž nastane v klikové skříni podtlak a tím se nasaje do klikové skříně směs paliva a vzduchu. Tím, že se píst zvedne k horní úvrati, tak dojde k zavření výfukového kanálku a píst tlačí směs před sebou směrem k zapalovací svíčce.

Od tohoto momentu nastává 2. fáze, která zahrnuje expanzi a výfuk. Stlačenou směs zapálí svíčka a nastává expanze. Expanze znamená, že výbuch směsi tlačí píst zpátky z horní úvratě do dolní úvratě. Tento moment je pro motor nepracovní, jelikož je poháněn výbuchem směsi. Tímto pohybem dolů píst zavírá sací kanál, a zamezí přísunu další směsi do klikové skříně. Zároveň dojde k otevření výfukového kanálu, kterým jdou spálené zplodiny do výfuku. Jelikož dvoutaktní motor pracuje i pod pístem (v klikové skříni), tak nemá žádné své centrální mazání. Proto musí být olej přidáván přímo do paliva. Směs je tedy tvořena palivem spolu s rozpuštěným olejem, a následně se mísí v karburátoru spolu se vzduchem v ideální směsi, aby motor měl co nejlepší spalování dle požadovaných otáček.

Výhodou dvoutaktního motoru je okamžitá reakce na přidání plynu. Oproti čtyřdobému motoru má vyšší výkon při stejném objemu a při stejných otáčkách. Je lehčí, a má jednodušší konstrukci. Nevýhodou však je, že nedochází k dokonalému spalování a tím je větší spotřeba paliva a oleje, tzn. že má nízkou účinnost. Tímto důvodem nastává velký problém z pohledu ekologie. Při špatném spalování paliva a oleje je motor ekologicky nešetrný a produkuje velké množství škodlivých emisí.

V historii bylo běžné využití těchto motorů u automobilů Trabant nebo Wartburg. V dnešní době se už tyto motory používají jen zřídka, tudíž zakázané zatím nejsou. Využití je dnes hlavně do sekaček, motorových pil, i motocyklů, ale do dvoustopých automobilů už se nedodávají [4].

Čtyřtaktní neboli čtyřdobé spalovací motory jsou těmi nejpoužívanějšími pohony v silničních vozidlech. Ke svému provozu také spaluje benzín. Oproti dvoutaktnímu motoru probíhají pracovní fáze za dvě otáčky klikové hřídele. Jelikož má oproti předchozímu motoru ventily a centrální mazání, jsou následky provozování příznivější z hlediska dopadů na životní prostředí. Tím, že má ventily, dochází k uzavírání válce a je

palivo lépe spalováno a celkový motor je účinnější. Navíc tím, že má centrální mazání, a nemusí se olej míchat s palivem, nedochází k sebevětšímu pálení oleje, ale pouze paliva.

Každá fáze (1. sání, 2. komprese, 3. expanze, 4. výfuk) probíhá zvlášť, proto tento typ motoru nazýváme jako čtyřdobý nebo čtyřtaktní motor. Oproti dvoudobému motoru, je konstrukce čtyřdobého motoru složitější, protože obsahuje navíc ventily a rozvody.

Při 1. fázi – sání – se píst pohybuje od horní úvratě do dolní úvratě a spolu s tím se otevře sací ventil, který do válce pustí směs.

Při 2. fázi – kompresi – se píst vrací se směsí do horní úvratě, kde dojde ke stlačení – kompresi.

U 3. fáze – expanzi – dojde stejně jako u dvoutaktu k tomu, že svíčka zapálí směs a výbuch směsi vytvoří tlak, který tlačí píst směrem dolů. Též je tato doba pro motor nepracovní ale pro činnost pohonu je ta nejdůležitější.

A jako poslední fáze 4. – výfuk – dojde k otevření výfukového ventilu, kdy vzniklé spálené plyny jsou vytlačeny do výfukového potrubí.

Směs paliva a vzduchu je připravována buď v karburátoru, nebo ve vstřikovací soustavě. Celková směs je pro správný chod motoru velmi důležitá. Hlavními úkoly správné směsi je dosáhnout co nejnižší spotřeby, k nejlepšímu spalování ke tvoření co nejméně škodlivých spalin, a při tom poskytovat co nejvyšší možný výkon motoru. Samozřejmě při různém chodu motoru je použita různá směs [5].

Využití zážehových čtyřtaktních motorů jako pohon silničního vozidla je zvoleno hlavně pro automobily a motocykly. U motocyklů se ale také setkáváme s použitím dvoutaktních motorů, protože mají nižší hmotnost. Toto využití převládá hlavně u terénních motocyklů, protože je u nich důležitá nízká hmotnost.

Vznětový spalovací motor

U zážehových motorů byly definovány dva typy motorů. Jeden byl dvoutaktní, a druhý čtyřtaktní. Vznětový motor je druh čtyřtaktního motoru, ale nefunguje na totožném principu, jako zážehový motor. Ke svému spalování využívá též tekuté palivo, a to právě naftu neboli diesel. Od toho názvu paliva je vznětový motor též nazývaný jako dieselový motor.

Nafta je taktéž vysoce hořlavá a škodlivá látka. Ovšem ke svému hoření potřebuje mnohem vyšší teplotu vzplanutí. U benzínu se tato teplota vzplanutí pohybuje okolo až-

24 stupňů celsia, ale u motorové nafty se tato teplota pohybuje od 52 až do 85 stupňů celsia. Z těchto údajů je patrné, že teplota vzplanutí je značně rozdílná a vlastnosti hoření jsou zde velmi odlišné. S tím souvisí, že ke svému zapálení ve válci, jako to je u zážehového motoru, by nebyla zapalovací svíčka tuto směs schopná zapálit.

Princip 1. fáze – sání – vznětového motoru se od zážehového motoru liší tím, že do válce není nasávána směs paliva a vzduchu, ale je nasáván pouze vzduch.

Při 2. fázi – kompresí – se píst pohybuje do horní úvratě, kde se vzduch stlačí na cca 3-4 MPa = 30-40 barů. S tím se teplota vzduchu zvyšuje, přičemž dosahuje teploty až 550-800 stupňů celsia. Při dosažení této vysoké teploty je pomocí vstřikovací trysky přímo do válce vstříknuta pod tlakem určitá dávka paliva, která se v této teplotě sama vznítí. Od tohoto principu je tento motor nazván vznětovým motorem. Vstřikovací tryska je uložena na stejným místě, jako je zapalovací svíčka u zážehového motoru. Tím pádem vznětový motor zapalovací svíčky vůbec nemá, má pouze žhavící svíčky, které předehřívají spalovací komoru a studený vzduch při nízkých venkovních teplotách [6].

3. a 4. fáze – je už stejná jako u zážehového motoru.

Hlavní využití těchto motorů není ani tak u osobních automobilů, ale hlavně u nákladních silničních vozidel, zemědělských a jiných pracovních strojů. Důvodem použití těchto motorů oproti zážehovým je síla motoru. Benzínové zážehové motory jsou hodně závislé na výkonu k dosažení náročného výsledku (např. zrychlení), zatímco tyto naftové vznětové motory produkují spoustu síly. Tyto dvě veličiny spolu úzce souvisejí, ale význam mají jiný. Ovšem že výkon je také potřebný k vyprodukování síly, ale vznětové motory jsou specifické tím, že mají velký točivý moment, který dodává tu sílu i v nižším spektru otáček.

Účinnost a výsledné emise vznětového pohonu nejsou v optimálních hodnotách. Ovšem velkou inovací – zlepšením stavu, vzniklo s příchodem přeplňování, s kterým se dnes stýkáme téměř u každého vznětového motoru.

Pohon na LPG

Prvním alternativním pohonem silničních vozidel je pohon na LPG. Tato zkratka vznikla z angličtiny, a to z názvu: „Liquified Petroleum Gas“, což je v překladu do češtiny „zkapalněný ropný plyn“. V dnešní době se řadí mezi jedny z nejpoužívanějších alternativních pohonů. Tento pohon používá jako palivo stejný plyn, jako známe například z domácnosti nazývaný jako „Propan-butan“. Patří mezi nejedovaté plyny, má

vysokou výhřevnost a je snadno zkapalnitelný. Jeho zkapalněním se dá zmenšit objem až 260krát.

Zájem o tento typ alternativního pohonu stoupl hlavně díky finanční úspornosti. Cena LPG je oproti benzínu nebo naftě o více než polovinu levnější. Díky dnešní rozšířenosti už není žádný problém s tím, že by nebylo možné najít v daném regionu čerpací stanici provozující tankování LPG, a to nejen v České republice, ale v celé Evropě.

Jedná se vlastně o klasický zážehový motor, který ale je poupraven, aby byl možný přísun plynu a aby byl uskladněn na bezpečném místě. Plyn se tlakuje do speciálních plynových nádrží, které bývají nejčastěji v kufru automobilu. V těchto nádobách je plyn natlakovaný maximálně na 2,5 MPa [7]. V případě, že je tlak větší, je zde přetlak ošetřený tlakovou a tepelnou pojistkou, aby nedošlo k výbuchu, či jiným problémům. Automobily na LPG už lze koupit jako sériově vyrobené, ale i tak lze každý zážehový motor přestavit na tento provoz. Při přestavbě se musí provádět nárazová a dynamická zkouška, a každých 15 tisíc kilometrů, či každý rok se musí provádět revize. Automobily, které jsou konstruovány na LPG, nemají nikdy LPG jako jediné palivo. Vždy jsou tyto auta konstruovány na benzín + plyn. S tím, že nastartování a ohřátí motoru musí proběhnout na benzín, a až následně se dá přepnout provoz na plyn, kdy už motor spaluje jen čistě LPG. Pro motor je LPG šetrné. To znamená, že má plynulejší a lepší chod motoru, a nedochází ke karbonizaci. S nízkými emisemi to samozřejmě i souvisí s tím, že se neusazuje ani tolik spalin ve výfuku, jako při používání benzínu. Ovšem při přepnutí z benzínu na plyn bohužel motor ztrácí přibližně 10 % výkonu. Druhým významným mínusem těchto aut je zákaz parkování v podzemních garážích. Tento zákaz platí proto, že tento plyn je těžší než vzduch a při úniku by nebylo možné plyn jednoduše odvětrat, z čehož by mohlo vzniknout nebezpečí. V případě, že je podzemní garáž vybavena odvětrávacími systémy a čidly na tento plyn, je parkování možné i pro LPG. Člověk je upozorněný na zákaz vždy před vjezdem do podzemní garáže příslušnou dopravní značkou. Aktuálně je v České republice přes 200 tisíc vozidel s pohonem LPG. Čerpacích stanic LPG je přibližně kolem jednoho tisíce. Velkými výrobci automobilů s pohonem LPG je koncern VW (Volkswagen, Seat, Audi, Škoda), Dacia, Fiat, Opel, Mitsubishi, aj.

Pohon na CNG

Druhým alternativním pohonem, který je v České republice taktéž hodně používaný je pohon na CNG. Od anglické zkratky „Compressed Natural Gas“ se jedná o stlačený

zemní plyn – metan. Jedná se o téměř shodný pohon, jako u předchozího pohonu LPG, ale vlastnosti a kvalita těchto dvou plynů je odlišná. Plyn CNG se těží přímo v ropných či naftových nalezištích. Oproti tomu LPG vzniká jako vedlejší produkt při těžbě zemního plynu, či ropy. Tím pádem se CNG vyznačuje jako vysoce kvalitním palivem s vysokým oktanovým číslem. Jedná se o směs fosilního paliva tvořeného z metanu, proměnnou směsí uhlovodíků a inertních plynů.

Princip spalování je stejný jako u LPG. Plyn nebývá vstřikován přímo do válce motoru, ale do sacího potrubí, kde dojde ke správnému mísení plynu se vzduchem. Tím dochází ke správnému spalování, a řadí se tím jako nejšetrnější druh spalovacího motoru zároveň s nejnižší spotřebou. Jelikož má vysoké oktanové číslo, není znát žádná ztráta výkonu. CNG je v autě skladováno taktéž v tlakových nádobách, či láhvích. V tomto případě je plusem, že se tyto tlakové láhve dávají i do podlahy automobilu ze vnější spodní strany automobilu, to znamená že tím neomezuje plnou kapacitu zavazadlového prostoru v kufru automobilu. Jelikož se jedná o stlačený zemní plyn, jsou tyto nádoby, nebo láhve tlakovány až na 250 barů. Tímto podléhají nádoby vůbec nejpřísnějším bezpečnostním předpisům a při zkouškách dochází k tlakování nádoby až na 600 barů, i přesto, že se nádoby tlakují palivem maximálně na 250 barů. Díky řadě pojistek a systémů proti okolnímu nebezpečí nemůže dojít k tomu, že by láhev pod tímto tlakem praskla, ani při zvýšené teplotě, ani při požáru [8]. Revize v tomto pohonu platí taktéž jako u LPG. Je nutné podotknout, že při plnění LPG automobilu je možné jen v případě, že vozidlo natankuje osoba pracující na čerpací stanici. Ovšem pro pohony CNG jsou budovány samoobslužné tankovací stanice, které například fungují i nepřetržitě 24 hodin denně. Podmínkou těchto stanic je vlastnit CNG kartu, u které nejsou dány žádné zvláštní podmínky. Jsou vyžádány pouze osobní údaje a údaje o daném vozidle. Nevýhodou je, že síť těchto stanic už jsou sice v dnešní době na lepší úrovni jako dříve, ale pořád nedisponují takovým počtem, jako LPG čerpací stanice. K nejvýznamnějším výrobcům CNG automobilům patří koncern VW (Volkswagen, Seat, Audi, Škoda), Opel, Fiat. V České republice je aktuálně přes 25 tisíc automobilů na CNG na přibližně 230 čerpacích stanic.

Vodíkový pohon

V předešlých kapitolách byly všechny pohony napájeny vysoce hořlavými plyny nebo kapalnými palivy. Zde se ale jedná o pohon silničních vozidel, který má jako palivo vodík. Jak může vodík být palivem spalovacího motoru, když není hořlavý? Většina z nás, si

pod pojmem „vodík“ představí vodu (H_2O), kterou normálně každodenně užíváme ke svým potřebám. Ovšem význam to má úplně jiný.

Vodík (H) je lehký, bezbarvý a hořlavý plyn, který nemá žádnou chuť ani zápach. V pohonech se může využití vodíku rozdělit na dva typy využití. A to buď jako vodíkový pohon ve spalovacích motorech, nebo jako zdrojem elektrické energie, kdy reaguje vodík s kyslíkem v palivovém článku a vyrábí tak elektrickou energii. Často se o tomto pohonu hovoří, jako o pohonu budoucnosti.

U spalovacích motoru lze vodík použít jak u zážehových, tak i u vznětových spalovacích motorů. U zážehového motoru se vodíkové palivo vstřikuje do sání nebo do spalovacího prostoru motoru a následně zapálí svíčkou, jako klasický zážehový motor. Použití je možné i u vznětových motorů, kdy se vstřikuje přímo do spalovacího prostoru – do válce pod vysokým tlakem. Výsledkem výfukových plynů je vodní pára. To znamená, že tento pohon nezpůsobuje žádnou tvorbu skleníkového efektu [9]. V případě, že by vodík byl jediným palivem, který by poháněl spalovací motory, nevedlo by to k opatřením, které by přikazovaly, aby se spalovací motory postupem času úplně vyloučily z výroby, a i z používání – které je už i dnes v některých oblastech. V dnešní době se pár automobilek na tento druh pohonu zaměřilo a vyrobilo automobily, které tímto principem fungují. Ovšem není možné ho provozovat, protože je na světě velmi nízký počet čerpacích stanic na vodík. Jeho výstavba je finančně velice náročná. Své prototypy na vodíkový pohon vyrobily i významné a velké automobilky jako je BMW, Mazda nebo Ford.

Užití vodíku jako součástí palivového článku automobilu se používá u elektromobilů. Tento způsob je zatím ve fázi výzkumu a testování.

Hybridní pohon

Oproti předchozím pohonům, které měly samostatný pohon v silničním vozidle, je zde princip jiný. Jedná se zde o druh pohonu, který je složený z dvou typů pohonných jednotek, tzn. dva pohony v jednom silničním vozidle [10].

Většinou se ten typ pohonu skládá z elektromotoru a spalovacího motoru. Tento typ se může vyznačovat několika principy. Prvním typem je „mild hybrid“ označuje pohon, který disponuje pouze malým elektromotorem, s nízkým výkonem a nízkou kapacitou. Tento elektromotor není možné nabíjet ze sítě. V praxi to funguje tak, že hlavním motorem je benzínový a elektromotor pouze napomáhá primárnímu motoru při rozjezdech, či při prudkém zrychlení, tedy při situacích, kdy má benzínový motor největší

spotřebu, a kdy produkuje nejvíc emisí. Tím dojde k větší šetrnosti primárního motoru a sníží se tím množství produkce škodlivých výfukových plynů, a naopak se tím zvýší výkon. Druhou věcí je, že s tímto roste účinnost hybridu oproti samotnému zážehovému motoru. Při ubrání plynu se nabíjí elektromotor, tím pádem pohlcuje energii, která je u benzínového motoru ztrátová, čímž se zase spotřeba sníží. Druhým neboli opačným typem je paralelní hybrid. Funguje tak, že primárním pohonem je elektromotor, a sekundárním pohonem je spalovací motor. Tedy hlavní roli pohonu plní elektromotor, který jede samostatně do určité chvíle. Při prudké akceleraci, kdy je potřeba více výkonu je připravený spalovací motor, který se připne k elektromotoru a jedou oba zároveň. Pokud tedy do určité míry člověk pojede po městě s lehkou nohou na plynu, není vůbec potřebný chod spalovacího motoru, což by značně snížilo stav emisí, při neustálém rozjíždění a brždění spalovacích motorů. Následně se dostáváme k Plug-in hybridu, který funguje stejně jako paralelní hybrid, ale je zde možný nabíjet elektromotor z elektrické zásuvky. To znamená, že tím nabývá na kapacitě. Méně používaným hybridem je sériový hybrid. Vozidlo je poháněné pouze elektromotorem. Spalovací motor zde nemá vůbec žádné spojení s pohonem a pohybem vozidla. Spalovací motor zde slouží pouze jako generátor proudu pro elektromotor. Motor tedy je nastartovaný ve chvíli, kdy je potřeba dobíjet, ale jede zde na průběžně stejné a nízké otáčky, tím pádem je úsporný.

Typy tohoto pohonu nejsou využity pouze u silničních vozidel, ale velké využití je u železniční dopravy. Zde se kombinují vznětové motory s elektromotory, a trolejemi, které dodávají elektrický proud na elektrifikovaných tratích. Dále máme i hybridní trolejbusy, které jsou vybaveny dieselovým generátorem, který umožňuje jízdu trolejbusu i do úseků, kde není trakční vedení. Byl i navržen hybridní autobus, který měl jako spalovací motor vodíkový.

Elektrický pohon

Velmi moderním a technologicky velmi zabývaným tématem, je plně elektrický pohon. Jedná se o pohon, který ke svému provozu potřebuje jen elektrickou energii a neprodukuje svým provozem žádné emise. Ovšem činnosti související s výrobou elektromobilů, dodávání elektrické energie, a následná likvidace elektromobilu už tak šetrná pro životní prostředí není.

Elektromobily fungují na stejném principu jako všechny věci, které máme například v domácnosti, které nemají stály příjem elektrického proudu. Elektromobily mají

vysokokapacitní lithium-iontové baterie, které se nabijí ze sítě elektrického vedení, a dodávají elektromotoru elektrickou energii. Jak bylo zmíněno u vodíkového pohonu, je zde možné mít i vodíkové palivové články, které vytváří elektrickou energii. Elektrický pohon sebou nese řadu problematiky, kterou se snaží řešit všichni výrobci elektromobilů. Podle stavu nabití dokáže elektromobil vyhodnotit stav dojezdu. Bohužel je to jen předpovídaná hodnota, která se může výrazně měnit. Faktory ovlivňující dojezd je: rychlost, kterou na dané trase pojedete; styl jízdy – prudké zrychlovaní, zbytečné brždění – lidově řečeno „brzda, plyn“; hmotnost, která bude v autě navíc, např. spolucestující; odpor vzduchu; a velkým problémem i počasí – tím jsou myšleny nízké teploty v zimě, kdy je známé, že celkově baterie ztrácí kapacitu [11].

Velkou zápornou vlastností elektrického pohonu z pohledu ekologie je hlavně při těžbě lithia, při výrobě lithia a následná výroba elektrické energie, která je potřebná k provozu elektromobilů. Při těžbě lithia je vyprodukováno obrovské množství CO_2, které je ale samozřejmě produkováno i spalovacími motory. Následnou úpravou všech materiálů dochází k dalším činnostem, které vyprodukují ještě více emisí než samotná těžba. Při kompletaci této baterie dochází opět k velmi náročným operacím, které zatěžují životní prostředí. Ekologie provozu elektromobilu se může dělit dle států, na kterém je auto v provozu. Pokud se čerpá tato energie z obnovitelných zdrojů nebo z jaderných zdrojů je samozřejmě rozdíl. A to je ten faktor, který se následně podepíše také na celkové ekologii elektrického pohonu. Hranice k dosažení efektivnosti a výhodnosti těchto pohonů z hlediska dopadů na životní prostředí by musel elektromobil najet 200 tisíc kilometrů. To znamená, že až po 200 tisících kilometrech se tento provoz vyplatí jako ekologický oproti ostatním pohonům. Ovšem po této době už kondice a kapacita baterie nebude taková jako od výroby. To znamená, že je při tomto nájezdu potřebná výměna baterie, čímž dochází k opakovanému problému. Tím pádem pro velké auta s vysokokapacitními bateriemi je tohle velice neekologické. Ekologické je to v případě, že se jedná o malé automobily, které takovou velkou kapacitu nedisponují. Je velkou otázkou, jak se tyto automobily budou v budoucnu vyvíjet, jakou mají baterie výdrž a jak časté výměny baterií budou potřebné. Tudíž je patrné, že tak jak se na první pohled může zdát, že jsou elektromobily velice ekologické, tak to nemusí být pravda. A to zde nejsou započítány rizika spojené s bateriemi, které mohou být také fatální pro ekologii. Časem se zjistí, jaké mají elektromobily skutečné dopady na životní prostředí, jelikož se neví,

jak se tyto elektromobily budou projevovat po letech užívání. Přemýšlí se do budoucna i nad solární energií.

1.2. EURO – Evropské emisní normy

Aby se ekologie pohonů neustále vyvíjela, je dána výrobcům norma, která se musí dodržovat při výrobě nových automobilů hlavně s výrobou inovativních pohonů, konkrétně spalovacích motorů. Tato norma se netýká pouze osobních automobilů, ale i nákladních automobilů, a také různých pracovních strojů, jako například i traktorů aj.

Tyto normy stanovují určité limity, které nesmí motory přesáhnout. Faktory, které se při této normě zkoumají je množství: oxidu uhelnatého (CO), oxidu dusíku (NO_x), uhlovodíků (HC) a pevných částic (PM). Vozidla vypouští i oxid uhličitý (CO_2), který je jedním ze skleníkových plynů, ale ten ovšem EURO normy nezahrnují. Všechny tyto látky se uvádí v miligramech na kilometr. Ke splnění těchto limitů se provádí emisní zkouška EURO, která se skládá ze 6 zkoušek.

1. zkouškou je měření emisí při studeném startu. Tedy vozidlo se nastartuje a ihned se provádí zkouška, aniž by se vozidlo muselo chvíli ohřát. Na kufr vozidla se nainstaluje speciální zařízení, které vysává výfukové plyny z výfukového systému, které pak analyzuje a vyhodnocuje. Test spočívá ve dvou částech. V první části se 780 sekund měří emise po městě. Prvních pár sekund se jede pouze na první rychlostní stupeň, kde vozidlo dosahuje rychlosti okolo 15 km/h, a následně se zastaví na krátkou dobu. Poté se rozjede znovu a jede na první dva rychlostní stupně, kde automobil dosahuje rychlosti kolem 30 km/h, poté znovu zastaví. Potřetí se znovu rozjede a jede se na první tři rychlostní stupně, kde dosahuje rychlosti max 50 km/h, jelikož se test provádí ve městě a musí se zde dodržovat předpisy. Těmto třem fázím se nazývá „základní městský cyklus“, který trvá 195 sekund a provádí se čtyřikrát po sobě, což se rovná těch 780 sekund dohromady. V druhé části první zkoušky se měří mimoměstský provoz, kdy se průběžně zrychluje až do 120 km/h. Doba této části trvá 400 sekund.

2. zkouškou je měřeno množství oxidu uhelnatého a uhličitého při volnoběžných otáčkách a při zahřátém motoru.

3. zkouška měří tlak v klikové skříni, kde tlak musí být nižší něž je atmosférický

4. zkouška se provádí u zážehových motorů a měří se množství uhlovodíků. Vozidlo musí být předem ohřáté a zajeté s nájezdem minimálně 3000 km. Zkouška se provádí v uzavřeném prostoru 24 hodin.

5. zkouškou se provádí životnost zařízení s důrazem na znečištění. Vozidlo musí mít najeto přes 80 000 km. Poté se v různých režimech poměru vzduchu a paliva měří emise vozidla.

6. zkouškou se měří množství oxidu uhelnatého a uhlovodíků při studeném startu při velmi nízkých teplotách (-7 stupňů celsia)

Dodatečná poslední zkouška se netýká emisí, ale funkčnost řídících systémů, řídící jednotky, a také palubního počítače, zda při poruše zahlásí řidiči chybu včas.

Je zde vidět, že emisní normy jsou velmi důkladně prověřeny, a že touto zkouškou nemusí projít každý spalovací motor. Po úspěšném absolvování těchto zkoušek dostává vozidlo příslušné označení emisní normy EURO. Tyto označení jsou vždy označeny „EURO“ s dodatečným číslem za názvem, tedy například „EURO 6“. Tyto označení máme s číslicemi od 1 do 6, přičemž každá číslice má svůj význam [12].

EURO 1 – platí pro vozidla vyrobené od roku 1992

EURO 2 – platí pro vozidla vyrobené od roku 1996

EURO 3 – platí pro vozidla vyrobené od roku 2000

EURO 4 – platí pro vozidla vyrobené od roku 2005

EURO 5 – platí pro vozidla vyrobené od roku 2009

EURO 6 – platí pro vozidla vyrobené od roku 2014, a platí dodnes.

V návrhu je norma EURO 7, která by měla omezovat spotřebu vozidel na 2,7l/km, což je ve skutečnosti něco nepředstavitelného a nemožného.

1.3. Technologie používané v pohonech ke snížení emisí

Tato kapitola je zaměřena zejména na systémy, které se používají u jednotlivých pohonů, které slouží ke zlepšení spalování a ke snížení emisí výfukových plynů. Tyto technologie se dělí na aktivní a pasivní prostředky.

1.3.1. Aktivní prostředky

Aktivními prostředky se rozumí veškeré funkční systémy, které ovlivňují spalování paliva. Tudíž jsou to systémy, které plní svou funkci ještě předtím, než dojde ke spalování. Veškeré činnosti těchto prostředků se znatelně projevují na výsledných emisích.

Tvorba směsi

Jedním vůbec z nejdůležitějších je samotná tvorba směsi. Skládá se z paliva a vzduchu, který je potřebný k samotnému hoření. Tudíž tvoření směsi zahrnuje odměření přesného množství paliva, a dodání vzduchu, který umožní, aby kompletní směs byla schopna shořet. Tím se odvíjí množství škodlivých výfukových plynů – množství emisí. Složení směsi je pro každou činnost motoru různé. Například při studeném startu musí být směs bohatší (přívod více paliva), naopak při brždění motorem nedochází k žádnému přísunu paliva, tím pádem nespalujeme žádné palivo. Tvoření směsi je hlavně důležité i při akceleraci, kdy člověk potřebuje využít plný výkon motoru, přičemž musí být směs dokonale vyvážená k poskytnutí potřebného výkonu, a aby zároveň nedocházelo k nějakému cukání či jinému nežádoucímu stavu. O tvorbu této směsi se stará u starších pohonů karburátor, nebo u dnešních pohonů nepřímě a přímé vstřikování, které je propojené s řídící jednotkou, čímž se dostáváme na další kapitolu.

Vstřikování

Jak bylo zmíněno v předchozí kapitole je vstřikování poslední finální součástí ke tvorbě směsi. U karburátorových motorů se jednalo o systém podtlaku, kdy směs byla do motoru tažena. U vstřikování se směs dávkuje přesně dle potřeby, tudíž elektronicky. Vstřikování se rozděluje na přímé a nepřímé. Nepřímé vstřikování je pouze u zážehových motorů.

Nepřímé vstřikování paliva je název odvozený z důvodu, že nedochází ke vstřikování paliva přímo do spalovacího prostoru motoru, ale do prostorů před ním. Podle místa, kde

je palivo vstřikováno, dělíme nepřímé vstřikování na jednobodové (SPI) a vícebodové (MPI).

U jednobodového nepřímého vstřikování dochází ke vstřikování před škrtící klapkou motoru. Škrtící klapka motoru otevírá a zavírá přívod vzduchu. Je spojena s plynovým pedálem a je ovládána buď mechanicky (lankem) nebo elektronicky. Tudíž jakmile člověk sešlápne plyn, dojde k otevření škrtící klapky a vstříknutí paliva. Při společné cestě paliva a vzduchu dojde ke smíchání a vznikne tak směs vzduchu a paliva.

U vícebodového nepřímého vstřikování dochází ke vstřikování až za škrtící klapku do sacího potrubí před spalovacím prostorem. Každý válec má své sací potrubí a tím pádem má zde i každé potrubí svoji vstřikovací trysku. Zde ale dochází k tomu, že vstřikování je u každého válce v jeden moment stejné i přesto, že každý píst je zrovna v jiné fázi a v jiné poloze.

Přímé vstřikování probíhá tedy přímo do spalovacích prostorů (válců) motoru. U zážehového motoru je vstřikovací tryska umístěna na stejném místě jako na vznětovém motoru. Tedy v hlavě válce uprostřed mezi sacím a výfukovým ventilem. Zážehový motor oproti vznětovému má vedle vstřikovací trysky ještě navíc zapalovací svíčku, kterou dochází při určité fázi motoru k zapálení směsi. Ze všech vstřikování má přímé vstřikování nejlepší vlastnosti.

Přeplňování

Ke zvýšení výkonu a zároveň účinnosti motoru, se používá přeplňování. Přeplňováním dochází ke zvýšení množství vzduchu do spalovacího prostoru, což umožňuje zvýšit množství paliva, aby bylo zachováno správné spalování. Tímto principem se zvýší výkon motoru, ale zároveň se sníží spotřeba motoru, protože motor není za určitých podmínek v takové zátěži, jako motor bez přeplňování. K přeplňování se používají turbodmychadla nebo kompresory. Turbodmychadla jsou poháněna vlastními výfukovými plyny, které na jedné straně dmychadla roztáčí turbínu pomocí lopatek, přičemž je výfuková turbína propojená s přívodní turbínou, která naopak lopatkami tlačí vzduch do motoru. Druhým zařízením k přeplňování se používá kompresor, který vyrábí tlak a pouští jej do spalovacího prostoru stejně jako turbodmychadlo. Rozdílem je, že kompresor není poháněny výfukovými plyny, ale je propojený klínovým řemenem s kladkou motoru. Je možná i kombinace těchto dvou typů, která se nazývá „přeplňování turbokompresorem“. Jelikož je turbodmychadlo účinné až od určitých otáček motoru, a kompresor je účinný v

nízkých otáčkách, má tak motor jednodušší průběh jak v nízkých otáčkách, tak i ve vysokých.

1.3.2. Pasivní prostředky

Aktivní prostředky zahrnovaly zařízení, které byly umístěny před spalováním a samotné spalování se podle jejich činností odvíjelo. Pasivními prostředky jsou naopak technologie, které jsou umístěné až za spalovacím momentem, a slouží k zachycování škodlivých plynů a částic.

Katalyzátor

Prvním pasivním prostředkem za účelem snížení emisí je katalyzátor. Je to nedílnou součástí výfukového potrubí všech spalovacích motorů. Název katalyzátor je odvozený od své činnosti pasivního prostředku. Dochází zde ke katalytickému čistění – to znamená, že přemění škodlivé výfukové plyny na méně škodlivé látky. K této přeměně je potřebný ušlechtilý kov (rhodium, platina), keramický nebo kovový nosný materiál a regulační zařízení k řízení procesu. Při tomto procesu dochází k přeměnám oxidu uhelnatého na oxid uhličitý, uhlovodíků na oxid uhličitý a vodu, a k redukci oxidu dusného na dusík a kyslík. Tímto principem můžeme dosáhnout snížení emisí až o 90 % výfukových plynů. Velice důležitou součástí je čidlo uvnitř katalyzátoru nazývané „lambda sonda“. Je v katalyzátoru velice důležitá, protože je spojená s řídící jednotkou motoru, která podle stavu spalin neustále reguluje směs. Pokud zjistí, že směs není vhodná, tak ji přehodnocuje neustále tak, aby docházelo k nejideálnějšímu spalování a tím tak k nejnižším emisím.

Filtr pevných částic

Tento typ pasivního prostředku se využívá hlavně u vznětových motorů kvůli vysokému obsahu karcinogenních částic ve výfukových plynech. Tak jako katalyzátor je tento pasivní prostředek závislý na kvalitním spalování. Základními prvky filtru pevných částic je keramické těleso s voštinovou strukturou, která je tvořena karbidem křemíku. Celé těleso je to umístěno v kovovém plášti na výfukovém potrubí. Jeho funkce funguje na principu zanesení filtru spalinami, a následném spalování a tím přeměňování na oxid uhličitý. To znamená, že když se zanese, následně se sám zase vyčistí. Svižnější jízdou neboli vyšším průtokem výfukových spalin se čistění urychlí.

EGR – Recirkulace výfukových plynů

Od anglické zkratky EGR („Exhaust Gas Recirculation“) nazýváme tento pasivní prostředek jako recirkulaci výfukových plynů. Při této činnosti dochází ke vrácení výfukových plynů znovu do sání. Před vstupem zpátky do sání ale plyny musí projít EGR ventilem, který plyny přepouští do chladiče, kde plyny sníží svou teplotu. Dochází tím ke snižování spalovací teploty a snižování množství oxidu dusíku přímo v motoru. Je tomu tak, protože při zvyšování spalovací teploty dochází k většímu uvolňování oxidu dusíku, a také se s rostoucí teplotou zvyšuje spotřeba paliva a snižuje se účinnost motoru.

1.3.3. Snižování objemu motoru – „downsizing“

K výraznějšímu zlepšení emisních výsledků se v Evropě ministerstva rozhodly udávat určité limity, kterých se automobilky ve výrobě pohonů musí držet. Hlavní myšlenkou pojmu „downsizing“ je snížit objem válců motoru a tím docílit nižší spotřeby paliva, což by znamenalo nižší emise, aniž by motor ztrácel na výkonu. K zachování výkonnostních hodnot se nahradily atmosférické (nepřeplňované) motory těmi přeplňovanými. K přeplňování se používají již výše zmíněná turbodmychadla, kompresory, či použití obou systémů zároveň.

V praxi to znamená, že předchozí atmosférický čtyřválec o objemu 1,6 litru byl nahrazen tříválcovým 1,0 litr turbo motorem, který disponoval dokonce ještě vyšším výkonem. Snížením spotřeby paliva sice bude výsledkem tohoto nahrazení, ale otázkou dále zůstává, jaká bude skutečná životnost tohoto menšího motoru při takovém výkonu a zátěži. Jelikož výroba automobilů je sama o sobě nákladná a náročná, nemusí to být až tak přínosné, když tyto motory nebudou spolehlivé a budou mít krátkou životnost.

1.3.4. Ostatní systémy

V automobilech nedocházelo ke změnám pouze po motorové stránce, ale jsou zde i technologie a systémy, které jsou využívány ke snížení produkce škodlivých emisí. Jeden z nich je zrovna systém Start-Stop. Jedná se o systém, který přerušuje chod motoru v době, kdy není motor potřebný tudíž je nastartovaný zbytečně, např. na křižovatce.

Jakmile člověk zastaví, a jednotka pozná, že motor je v nečinnosti určitý čas, vypne motor. Poté hned jak člověk sešlápne plyn, či spojkový pedál, motor se znovu nastartuje a je ihned připravený k rozjezdu. Udávaná účinnost tohoto systému je až 8 %, a snížení paliva až o 1 litr. Nicméně ani tento systém není pro automobil ve všech směrech přínosný, a může mít i negativní dopady.

K regulování emisí u naftových motorů se používá už několik let AdBlue. Dříve bylo jeho využití převážně u novějších nákladních automobilů, a postupně se tato technologie začala aplikovat i u osobních automobilů. Jedná se o syntetickou močovinu, která ve výfukovém potrubí dokáže značně snížit produkci škodlivých emisí.

Postupný rozvoj informačních technologií se významným způsobem promítl také do informačního řídícího systému u osobních automobilů. Z manuálních převodovek se postupně přechází k automatickým, které díky vyspělým řídícím systémům dokáží lépe vyhodnotit ideální moment pro přeřazení na jiný rychlostní stupeň. Tímto způsobem lze docílit optimálního chodu motoru tak, aby nedocházelo k přetáčení ale zároveň ani k podtáčení motoru a dosáhnout tak co nejnižší spotřeby. Funkce automatické převodovky je úzce spojená i s jízdními režimy, které jí určují, jaký styl jízdy řidič požaduje. Například při EKO režimu automatická převodovka řadí při optimálních otáčkách motoru, což odpovídá klidnému způsobu jízdy. Naopak při volbě sportovního režimu dochází k řazení ve vyšších otáčkách, ve kterých má motor nejvyšší výkon a umožňuje dynamickou jízdu. Některé automobily jsou vybaveny i systémy, které při jízdních EKO režimech dokáží odstavit činnost některých válců, tudíž například místo osmi válců pracují jen čtyři, což se výrazně promítne do snížení spotřeby.

1.4. Podpora státu při provozu ekologických vozidel

Ke zlepšení celkového stavu životního prostředí a snížení tvorby škodlivých emisí se stát rozhodl v určité míře provoz ekologických vozidel finančně podpořit. Ministerstvo průmyslu a obchodu schválilo částečné dotování nákupu elektromobilů, vodíkových automobilů a cargo e-kol pro podniky. Výše dotací závisí na velikosti podniku. Pro malé podniky míra dotace představuje 60 %, pro středně velké podniky asi 50 % a pro velké podniky 40 %. Podmínkou k udělení této finanční podpory je splnění předem stanovených podmínek.

Další významnou podporou provozu ekologických vozidel je částečné osvobození či úplné osvobození od povinnosti zakoupení dálničních známek k jízdě po dálnici. Úplné osvobození se týká přepravy osob s průkazem ZTP, ZTP/P – zdravotně postižených a dále těžce nemocných a onkologických pacientů, což musí být doloženo lékařskou zprávou. Dále jsou od dálničního poplatku zcela osvobozeny motocykly, historická vozidla, a nově i elektromobily, vozidla na vodíkový pohon nebo s hybridním pohonem, přičemž množství emisí takovýchto vozidel nesmí přesáhnout 50 g CO_2/km. Tato vozidla musí mít přidělenou speciální státní poznávací značku začínající na písmena EL. Pokud některé vozidlo splňuje podmínky pro osvobození, ale není vybaveno speciální poznávací značkou, má provozovatel tohoto vozidla možnost podat žádost o udělení této speciální státní poznávací značky. Částečné osvobození se týká jen automobilů, které jsou poháněny zemním plynem (CNG, nikoli LPG) nebo biometanem. V tomto případě je cena dálniční známky zvýhodněna o 50 % oproti standartní dálniční známce.

2. Analýza standardních a alternativních pohonů

Praktická část práce se týká sběru a analýzy reálných dat týkajících se dopadu provozu dopravních prostředků se standardními a alternativními pohony na životní prostředí. Z předchozích teoretických východisek pohonů silničních vozidel (Kapitola 1) je patrné, že každý pohon má své pozitivní, ale i negativní stránky, které jsou z hlediska dopadu na životní prostředí velice nešetrné. Analyzovaná reálná data zahrnují pouze data týkajících se škodlivých emisí vznikající při provozu, nikoli data týkajících se negativních dopadů na životní prostředí při výrobě či likvidaci určitého pohonu. U zhodnocení provozu elektromobilů je analýza komplikovanější. Elektromobily fyzicky netvoří žádné škodlivé látky, jelikož v nich nedochází k žádnému spalování paliva. Z toho je tedy patrné, že patří k nejekologičtějším pohonům. Toto tvrzení však nemusí vždy platit. Zásadním faktorem je jaký je původ elektrické energie, která je v elektromobilu využívána. Je zřejmé, že provoz elektromobilu bude ekologičtější při využívání elektrické energie vyrobené např. vodní elektrárnou než při využití elektrické energie vyrobené v tepelné elektrárně. Tudíž nelze v globálním měřítku přesně stanovit, jaký dopad má provoz elektromobilu na životní prostředí. Do alternativních pohonů nepatří pouze elektromobily, ale i pohony CNG a LPG, které jsou již analyzovány stejným způsobem jako standardní pohony.

2.1. Emise zážehového a vznětového motoru

Výfukové plyny se skládají z plynných a pevných složek. Hlavní složku výfukových plynů tvoří plynné látky. Z většiny se jedná o oxidy, ale i nespálené uhlovodíky a vodní páru. Oxidy se vyskytují převážně v podobě oxidu uhličitého – CO_2, oxidu uhelnatého – CO a oxidů dusíku – NO_x. Nespálené uhlovodíky se označují značkou HC. Mezi pevné složky výfukových plynů patří prachové částice, popel, částice koroze a jiné drobné částice. K omezení nebo snížení produkce těchto škodlivin se používá řada aktivních a pasivních prostředků, které z výfukových plynů pohlcují řadů oxidů a jiných pevných látek a zabrání tak jejich uvolnění do okolního prostředí. Tímto způsobem však nelze zcela pohltit všechny plynné složky výfukových plynu, jako např. CO_2. Jeho vyprodukované množství ve výfukových plynech se udává v gramech na ujetý kilometr

(g/km). Tyto údaje jsou běžně zveřejněny výrobci automobilů a můžeme se o nich dopředu informovat před samotnou koupí automobilu.

V případě posouzení množství CO_2 vzniklého při spálení jednoho litru pohonné hmoty se tyto hodnoty pohybují u naftového motoru okolo 3 620 g a u benzínového motoru okolo 3 370 g. Tudíž na jeden spálený litr paliva má vyšší produkci CO_2 naftový motor. Jestliže však při srovnání těchto dvou typů pohonů uvažujeme i skutečnou spotřebu paliva na ujetou vzdálenost, pak se tyto hodnoty liší. V tomto případě má benzínový motor při průměrné spotřebě 6 l/100 km produkci 202 g CO_2/km, kdežto naftový má, při průměrné spotřebě 5 l/100 km, 180 g CO_2/km [13]. Tyto hodnoty jsou přibližné, jelikož jejich skutečné hodnoty závisí na inovaci motoru, velikosti motoru a také na spotřebě paliva motoru (Tab. 2.3). Přestože z pohledu emisí CO_2 jsou naftové motory k životnímu prostředí šetrnější, oproti benzínovým motorům produkují více jiných škodlivých látek, které jsou pro živočichy škodlivé. Ke snížení produkce těchto škodlivých látek jsou u všech dnešních naftových motorů do výfukového systému konstruovány filtry pevných částic, které tyto škodlivé částice z velké části pohlcují a následně se při samotném provozu z výfukového systému vypalují. Tím se zničí a nejsou tak uvolňovány do ovzduší. U benzínových motorů se tyto filtry nepoužívají. Zde jsou ve výfukovém potrubí využívány pouze katalyzátory, které chemickou reakcí ty nejškodlivější látky přemění na méně škodlivé. Z celkového srovnání vyplývá, že naftové motory jsou méně ekologické než ty benzínové. I přes neustálé technické inovace a vylepšování prostředků ke snížení emisí jsou jejich hodnoty ve výfukových spalinách stále vysoké.

K další regulaci množství vzniklých spalin v naftovém motoru byl vyvinuta technologie pod názvem AdBlue. Využívá syntetickou močovinu, která dokáže stav a množství emisí ve výfukovém systému regulovat. Syntetická močovina je uskladněna v oddělené nádrži automobilu, odkud je pak následně vstřikována do výfukové soustavy ještě před katalyzátorem. Tudíž AdBlue není přidáváno do paliva, ale pouze je vstřikováno do výfuku. U některých automobilů je systém naprogramován tak, aby při nízkém stavu AdBlue nebylo vůbec možné vozidlo nastartovat, čímž se ekologická stránka tohoto systému posiluje. Tato syntetická močovina je dostupná na všech čerpacích stanicích.

Přestože je dnes provozování spalovacích motorů na vysoké úrovni, stále patří mezi pohony s největší produkcí škodlivých emisí. Proto jsou na výrobu nových automobilů se spalovacími motory kladeny vysoké nároky a musí splňovat stále se zpřísňující emisní

normy EURO. Tyto normy jsou udávány zvlášť jak na benzínové, tak na naftové motory (Tab. 2.1, 2.2).

Tab. 2.1 EURO normy pro zážehové benzínové motory. Uvedené číselné hodnoty uvádějí množství dané látky v g/km.

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

Zdroj: [13]

Tab. 2.2 EURO normy pro vznětové naftové motory. Uvedené číselné hodnoty uvádějí množství dané látky v g/km.

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

Zdroj: [13]

2.1.1. SWOT analýza

Ke komplexní charakterizaci provozu těchto pohonů jsem zvolil SWOT analýzu. Tato analýza objektivně vyjadřuje skutečný stav spalovacích motorů. Tato analýza se skládá ze čtyř částí. V první části se zabývá silnými stránkami, v kterých jsou posuzovány plusy těchto pohonů. V druhé části jsou definovaná negativa neboli mínusy, to znamená vyjádření negativních vlastností. Třetí část se zabývá příležitostmi, které by mohly být pro tyto pohony přínosné. Poslední část je zaměřena na posouzení vnějších negativních vlivů, které mohou spalovací motory postihnout či ohrozit.

Silné stránky

Mezi silné stránky spalovacích motorů jsem zařadil hlavně technickou vyspělost, která plyne z dlouhodobého používání těchto pohonů. S tím souvisí jejich vysoká spolehlivost. Druhou velmi silnou stránkou je rozšířenost pohonu, protože se používá po celém světě ve velké míře. Dalším velkým plusem je též hustá síť čerpacích stanic po celém světě.

Slabé stránky

Do slabých stránek spalovacích motorů beze sporu patří velké množství škodlivých látek ve výfukových plynech. Pro lidi, kteří používají tento druh pohonu jsou slabou stránkou neustálé výkyvy ceny pohonných hmot, které citlivě reagují na ekonomickou,

hospodářskou a bezpečnostní situaci ve světě. Třetí slabou stránkou pro nové typy naftových pohonů je jejich závislost na AdBlue. Poslední slabou stránkou je omezené množství ropných nalezišť.

Příležitosti

Mezi hlavní příležitosti patří rozhodně úprava paliva, aby bylo pro životní prostředí při spalování šetrnější. Další příležitostí může být vývoj nových principů spalování, aby bylo spalování dokonalejší a ekologičtější.

Hrozby

Jednoznačnou hrozbou je úplný zákaz výroby a provozu spalovacích motorů. Nemusí se tak stát jen přímým zákazem, ale i nepřímo díky zavedení přísnější EURO normy. Jestliže nebudou výrobci schopni tuto normu splnit, tak nebude výroba spalovacích motorů možná. Další hrozbou je nahrazení těchto pohonů pohony alternativními. Velkou hrozbou je nárůst ceny pohonných hmot. Pokud se cena vyšplhá na neúnosnou částku, tak uživatelé přejdou na jiný typ pohonu.

2.2. Emise pohonů LPG a CNG

U předchozího srovnání byly porovnány pohony, které spalují tekutá paliva. U pohonů CNG a LPG se používá plynné palivo. Přestože u LPG se jedná o zkapalněný ropný plyn, jeho vlastnosti jsou považovány stále za plynné, a tudíž ekologičtější pro provozování automobilové dopravy. I přesto však při spalování plynného paliva dochází k produkci CO_2, nicméně jeho množství je výrazně nižší v porovnání se standardními pohony. Pozitivním faktorem je, že při spalování plynného paliva nedochází k tvorbě pevných částic jako je prach, saze nebo kouř.

Hlavním faktorem pro posouzení ekologie pohonu využívající LPG je množství CO_2 uvolněného při spalování. Při spotřebování jednoho litru LPG dochází k produkci asi 1,66kg CO_2. V konečném důsledku při spotřebě cca 8 l/100 km produkuje tento pohon přibližně 133 g CO_2 na jeden kilometr. U CNG se tato produkce udává dokonce okolo 103 g CO_2 na jeden kilometr (Tab. 2.4). Tímto se pohon CNG řadí mezi ty nejúspornější spalovací motory z pohledu ekologie.

2.2.1. SWOT analýza LPG a CNG

Silné stránky

Největší silnou stránkou pohonů využívající plynná paliva je jejich šetrný dopad na životní prostředí. Navíc provoz těchto pohonů je zároveň i finančně výhodnější v porovnání se standardními pohony. Proto jsou v dnešní době velice rozšířené po celém světě. Nespornou výhodou je konstrukční řešení, které umožňuje při nedostatku plynu využít sekundární benzínový pohon a tím se zvýší i celkový dojezd. Další silnou stránkou rozhodně je možnost přestavby standardního benzínového motoru jak na LPG, tak i na CNG. Jelikož tato vozidla podléhají přísnějším bezpečnostním normám musí být pravidelně kontrolována, čímž se zvyšuje bezpečnost jejich provozu.

Slabé stránky

Velkou slabou stránkou u těchto pohonů je značné omezení úložného prostoru kvůli umístění plynové nádrže. Mínusem je také snížení výkonu u plynu LPG a navýšení hmotnosti vozidla při přestavbě. Další nevýhodou pro automobily využívající LPG je zákaz vjezdu do podzemních garáží, které nemají odvětrávací systém. Dalším negativem je nedostatečně hustá síť čerpacích stanic oproti pohonům využívající benzín nebo naftu.

Příležitosti

Velkou příležitostí pro tyto alternativní pohony je nahrazení standardních pohonů v oblasti osobní dopravy. Další příležitostí je další rozšíření CNG čerpacích stanic. Možnou příležitostí může být i snížení nákladů na přestavbu.

Hrozby

Zásadní hrozbou je úplné vyloučení všech spalovacích motorů z výroby, to znamená úplný zánik spalovacích motorů a zákaz provozování. Hrozbou pro uživatelé je také nárůst ceny těchto typů pohonných hmot.

Tab. 2.3 Spotřeba a produkce CO_2 u jednotlivých vozů Volkswagen se standardními pohony

Typ vozidla	**Benzin**			**Nafta**		
	Motor	Spotřeba (l/100 km)	CO_2 (g/km)	Motor	Spotřeba (l/100 km)	CO_2 (g/km)
VW Golf	1,5 TSI	6	136	2,0 TDI	4,8	127
VW Arteon	2,0 TSI	8,5	193	2,0 TDI	5,4	140
VW Tiguan	2,0 TSI	9,3	211	2,0 TDI	7	183
VW Touareg	3,0 TSI	11	249	3,0 TDI	8,2	215

Zdroj [14]

Tab. 2.4 Spotřeba a produkce CO_2 u jednotlivých vozů s alternativními pohony

Typ vozidla	**LPG**		
	Motor	Spotřeba (l/100 km)	CO_2 (g/km)
Dacia Sandero	1,0 TCe LPG	7,1	109
Dacia Duster	1,0 TCe LPG	7,0	126
Typ vozidla	**CNG**		
	Motor	Spotřeba (m^3/100 km)	CO_2 (g/km)
Škoda Scala	1,0 TGI	5,5	98
Škoda Octavia	1,5 TGI G-TEC	5,8	103

Zdroj [15]

2.3. Emise elektrického pohonu

Pro zhodnocení vlivu provozu elektromobilů na životní prostředí se nelze zaměřit na měření množství emisí, protože elektromobily žádné neprodukují, ale na množství produkce emisí, které vznikají při výrobě elektrické energie. Z tohoto důvodu nelze přesně určit ekologii provozu elektromobilů z důvodu využití elektrické energie vyráběné v různých typech elektráren.

Spotřeba elektromobilů se pohybuje ve střední třídě automobilů okolo 15-20 kWh. Aktuální cena za 1 kWh je okolo 6 Kč. To znamená, že na spodní hranici spotřeby 15 kWh je cena 90 Kč/100 km. Na horní hranici spotřeby 20 kWh je cena 120 Kč/100 km. Ve srovnání s benzínovým motorem při spotřebě 7 litrů se cena pohybuje okolo 280 Kč (při ceně benzínu cca 40 Kč), což je více jak dvojnásobek ceny u elektromobilu. Ovšem tento cenový rozdíl není fixní a je snadno ovlivnitelný ekonomickou situací, například prudkým nárůstem ceny pohonných hmot, nebo naopak jejich snížením.

Zdrojů elektrické energie je v České republice několik druhů. Dělí se na obnovitelné a neobnovitelné. Tudíž některé jsou šetrné, některé méně. Ze statistické analýzy z roku 2021 vyplývá, že podíl zdrojů elektrické energie je v ČR následující [17]. Hlavním největším zdrojem v energetickém mixu v ČR jsou jaderné elektrárny. Vyrábí asi 33,6 % z celkových zdrojů elektrické energie. Druhým největším zdrojem elektrické energie jsou tepelné elektrárny, které spalují hnědé uhlí. Procentuální podíl se blíží k jaderným elektrárnám a činí 32,4 % z celkových zdrojů. Na třetím místě jsou plynové elektrárny, které vyrábí cca 11 % z celkových zdrojů elektrické energie. 4. a 5. místo zaujímají solární (vyrábí asi 5 %) a vodní (asi 4,5 %) elektrárny, které patří k šetrným zdrojům elektrické energie, protože využívají obnovitelné zdroje. Do minoritních zdrojů ještě patří elektrárny spalující černé uhlí (4,3 %) a biomasu (3,7 %).

K přesnému zhodnocení vlivu provozu elektromobilů na životní prostředí je třeba znát množství CO_2, které produkuje daný zdroj elektrické energie. U jaderných elektráren se udává produkce CO_2 od 80 až do 180 g CO_2 na jednu kWh elektrické energie. Tato hodnota neodráží pouze výrobu elektřiny, ale je v ní započtena i velmi ekologicky náročná výstavba elektrárny a zpracování uranu, který je palivem elektrárny. V případě tepelných elektráren dochází při spalování hnědého nebo černého uhlí k produkci asi 800 gramů CO_2 na jednu kWh, což představuje velkou ekologickou zátěž. Plynové tepelné elektrárny produkují téměř polovinu množství CO_2 jako tepelná elektrárna spalující uhlí.

U elektrárny spalující biomasu se tato hodnota pohybuje v průměru okolo 230 g CO_2 na jednu kWh. U ostatních elektráren je toto množství zanedbatelné, protože využívají obnovitelné zdroje.

Z výše uvedeného vyplývá, že k nabití elektromobilu ve střední třídě, který má kapacitu baterie okolo 15–20 kWh, se může ekologická šetrnost k životnímu prostředí znatelně lišit (Tab. 2.5, 2.6).

Tab. 2.5 Množství CO_2 při nabíjení elektromobilu z konkrétní elektrárny

Množství emisí (g CO_2/kWh)	**Kapacita baterie (kWh)**	**Jaderná elektrárna**	**Uhelná elektrárna**	**Plynová elektrárna**	**Biomasa**	**Solární**
VW e-Golf	36	4 680	28 800	17 640	8 280	1 728
VW e-Up	18,7	2 431	14 960	9 163	4 301	898
BMW i3	42	4 290	26 400	16 170	7 590	1 584
Tesla Model S	75	11 700	72 000	44 100	20 700	4 320

Zdroj: [18]

Tab. 2.6 Množství emisí CO_2 z nabytí elektromobilu z konkrétního zdroje (g CO_2/km)

Množství emisí (g CO_2/km)	**Dojezd (km)**	**Jaderná elektrárna**	**Uhelná elektrárna**	**Plynová elektrárna**	**Biomasa**	**Solární**
VW e-Golf	300	15,6	96	58,8	27,6	5,8
VW e-Up	160	15,2	93,5	57,3	26,9	5,6
BMW i3	320	13,4	82,5	50,5	23,7	5
Tesla Model S	466	25,1	154,5	94,6	44,4	9,3

Zdroj: [18]

Z uvedených tabulek je patrné, že ekologie elektromobilů je velmi závislá na typu zdroje elektrické energie. Nejekologičtější z uvedených zdrojů je energie získaná ze solární elektrárny, a naopak nejméně ekologická je z tepelné elektrárny spalující uhlí.

2.3.1. SWOT analýza

Silné stránky

Při pohledu na provozní emise CO_2 mají elektromobily velmi silnou stránku ekologie provozu, která je významně příznivější k životnímu prostředí narozdíl od předchozích pohonů. Silnou stránkou je zaručeně i to, že elektromobil nepotřebuje pohonné hmoty, tudíž se uživatelů výkyvy ceny pohonných hmot netýkají. S tím souvisí další silná stránka, přičemž na některých veřejných dobíjecích stanicích je možnost i nabíjení elektromobilu zdarma. Při samotné jízdě je zaručeně velkým plusem nízká hlučnost automobilu.

Slabé stránky

Hlavní slabou stránkou je náročnost výroby a likvidace elektromobilů z pohledu ekologie. Mezi další slabé stránky bohužel patří relativně dlouhá doba nabíjení. Může trvat až 45 minut, čímž nemůže konkurovat rychlosti čerpání pohonných hmot u jiných pohonů. Další slabou stránkou je dojezd elektromobilu, který je podstatně nižší než u předchozích pohonů. Dojezd také výrazně závisí například na počasí, kdy se může snížit při nízkých teplotách i o polovinu.

Příležitosti

Velkou příležitostí je návrh a výstavba lepších dobíjecích stanic, které by byly schopny nabít elektromobil za kratší dobu na plnou kapacitu. Také velkou příležitostí je vývoj nových typů akumulátorů, které by měly větší kapacitu a zvýšily by tím dojezd elektromobilu. Poslední příležitostí může být výstavba elektrického vedení podél dálnice, které by umožňovalo napájení nákladních elektromobilů (princip troleje).

Hrozby

Hrozbou pro elektromobily je možný nedostatek komponent pro výrobu akumulátorových baterií. S rostoucí výrobou elektromobilů může dojít k nedostatku baterií. To souvisí s omezenými nalezišti, které jsou potřebné pro výrobu těchto akumulátorů. S rostoucím využitím elektromobilů může dojít k nedostatku dobíjecích stanic.

2.4. Souhrnné srovnání v množství vyprodukovaných emisí u jednotlivých druhů pohonů

Poslední část druhé kapitoly zahrnuje srovnání zjištěných údajů o emisích CO_2 u vybraných pohonů. Veškeré zjištěné údaje jsou vypracovány do tabulek, z kterých je patrné, které pohony jsou při provozu nejekologičtější z pohledu produkce CO_2 (Tab. 2.7, 2.8).

Tab. 2.7 Porovnání produkce CO_2 u automobilů nižší třídy při použití různých pohonů.

Typ automobilu	**Pohon**	**Spotřeba (x/100 km)**	**Množství CO_2 (g/km)**
VW e-Up	Elektrický	11,7 kWh	39,7
VW e-Golf	Elektrický	12 kWh	40
VW Golf	Benzínový	6 l	136
VW Golf	Naftový	4,8 l	127
Škoda Scala	CNG	5,5 m^3	98
Dacia Sandero	LPG	7,1 l	109

Tab. 2.8 Porovnání produkce CO_2 automobilů střední a vyšší třídy při použití různých pohonů.

Typ automobilu	**Pohon**	**Spotřeba (100 km)**	**Množství CO_2 (g/km)**
BMW i3	Elektrický	13,1 kWh	35
Tesla Model S	Elektrický	16,1 kWh	65,6
VW Arteon	Benzínový	8,5 l	193
VW Tiguan	Naftový	7 l	183
VW Touareg	Benzínový	11 l	249
VW Touareg	Naftový	8,2 l	215
Dacia Duster	LPG	7 l	126
Škoda Octavia	CNG	5,8 m^3	103

3. Návrhy opatření ke snížení negativních vlivů

Celkový počet dopravních prostředků na pozemních komunikacích je z největší části jednoznačně tvořen osobními automobily, které lidé využívají pro své osobní účely. V těchto případech dochází mnohdy k tomu, že jízdu provádí samostatně řidič bez dalších spolucestujících, a to i přesto, že má k dispozici více volných míst. Tím pádem není využita kapacita automobilu a jízda není efektivní. V tomto případě by bylo přínosným řešením provádění sdílených jízd. Přepravou více lidí v jednom automobilu by se výrazně snížily ekonomické náklady, dojde k odlehčení dopravní infrastruktury a v neposlední řadě by se také výrazně snížilo množství vyprodukovaných emisí. V praxi to znamená, že člověk, který má automobil a plánuje cestu z bodu A do bodu B, by zadal do určitého systému nabídku. Tuto nabídku by mohli využít lidé, kteří by chtěli využít spolujízdu do stejné nebo blízké destinace jako řidič automobilu a podíleli by se na úhradě cestovních nákladů. Tímto způsobem by byla i finančně výhodnější cesta pro řidiče vozidla.

Z ekologického hlediska je pro pohyb uvnitř města velmi přínosná městská hromadná doprava. V dnešní době mají dopravní podniky modernizované vozové parky a disponují řadou ekologických vozidel, které v případě elektrických dopravních prostředků netvoří žádné emise a tím neznečišťují ovzduší v centru města. Kvůli neustálému rozjíždění a zastavování v centru města mají obvykle standardní pohony největší spotřebu, tudíž využití elektrických dopravních prostředků je velmi přínosné pro snížení úrovně emisí. Mezi takovéto elektrické prostředky patří hlavně tramvaje, metro, trolejbusy nebo elektrobusy. Nadměrné využívání automobilů v centru města nebo jeho blízkosti také výrazně ovlivňuje plynulost silničního provozu a tvorbu dopravních kolon. Plynulost a hustota provozu na hlavních tazích uvnitř města je velmi důležitá. Řešením je optimalizace řízení světelné signalizace na klíčových křižovatkách.

Z pohledu nahrazení spalovacích motorů elektromotory je pro ekologický provoz nutný vysoký podíl elektráren, které produkují malé množství emisí. Tudíž aby byly elektromobily z hlediska dopadů na životní prostředí výrazně příznivější oproti těm spalovacím, je nutné rozšířit elektrárny na obnovitelné zdroje. Tím se také sníží tvorba skleníkových plynů a jiných škodlivých látek, a celkově bude provoz elektromobilů výrazně ekologičtější. Tento návrh by měly uplatňovat převážně státy, které mají k vybudování elektráren poháněné obnovitelnými zdroji, jako např. vodní nebo větrné elektrárny, příznivé podmínky. K podpoření prodeje elektromobilů by rozhodně pomohly

dotace při jejich nákupu. Jako další motivací pro lidi přestupující na elektromobily by mohla být nabídka výhodnější sazby na elektrickou energii.

Další nedílnou součástí provozu elektromobilů, na kterou je potřeba brát zřetel, je jejich likvidace, která může být pro ekologii velice náročná zejména jejich akumulátorů. V případě, že za několik let bude na světě tolik nepojízdných elektromobilů jako se v dnešní době standartních automobilů, může to být pro životní prostředí velká hrozba. Před úplným nahrazením standardních pohonů by měl být vytvořen výzkum, který zjistí komplexní stav elektromobility. Tento výzkum by měl být zaměřený na určení nejpřesnější hodnoty skutečné životnosti elektromobilů, z kterého by bylo patrné, zda se elektromobilita vyplatí nebo ne. Již dnes je zřejmé, že elektromobily musí mít nájezd stovky tisíc kilometrů, aby se jeho výroba ekologicky vyplatila, což klade vysoké nároky na jejich konstrukci a kvalitu výroby. K tomuto náročnému procesu je nutné přičíst i náročnou likvidaci.

Dalším řešením ke snížení dopadu provozu spalovacího motoru na životní prostředí může být vynalezení jiného principu spalovacího motoru, který by měl několikanásobně lepší spalování. Anebo v opačném případě ponechat dnešní moderní spalovací motory a vyvíjet nové syntetické palivo, které by mělo dokonalejší spalování a při hoření by neuvolňovalo takové množství škodlivých látek jako dnešní standartní paliva.

K nižšímu silničnímu provozu ve velkých městech rozhodně napomáhá city logistika, která by se mohla časem rozvíjet i do menších měst, ve kterých by její využití mělo smysl. Navržení podobného principu city logistiky pro osobní automobily u měst s velkou návštěvností by bylo přínosné ke snížení hustoty provozu. V praxi by to znamenalo, že by na okraji měst byla vybudována velká záchytná parkoviště, kde by návštěvníci zaparkovali své vozy, a následně by do centra města využili MHD, městská kola, nebo by šli pěšky. Četnost linek MHD by bylo optimalizováno podle vytíženosti jednotlivých spojů v daných časech. Vjezd vozidel do centra města by tak byl umožněn jen pro obyvatele, pro zásobování a služby, či jiné důvody, přičemž by každý musel mít k vjezdu zvláštní povolení.

Jako motivace k používání jiných dopravních prostředků než motorových, by určitě byla efektivní výstavba cyklostezek, a to na místech, kde je provoz frekventovaný a nebezpečný. Tato opatření by tak umožnila jízdu na kole i na místech, kde je bez cyklostezek jízda nepřípustná a nebezpečná.

Další možností snížení produkce škodlivých emisí by bylo efektivnější využívání kombinované dopravy při přepravě nákladu, která sníží úroveň škodlivých emisí až o 75 % oproti běžné silniční přepravě.

4. Vyhodnocení navržených opatření

Z navržených opatření ke snížení negativních vlivů na ekologii způsobených pohony silničních vozidel je patrné, že se v zásadě nejedná o nová inovativní opatření, ale pouze o podporu určitých již existujících systémů, které tyto dopady mohou razantně ovlivnit a změnit k lepšímu. Největší potenciál dalšího rozvoje by mohl mít systém sdílených jízd, lepší využívání veřejné dopravy a další výstavba a vývoj elektráren využívající obnovitelné zdroje.

První opatření týkající se systému „sdílených jízd“ ještě není mezi lidmi v ČR zcela rozšířené a tudíž využívané. Ve světě je tento systém již řadu let znám jako „car pooling“. Myšlenkou tedy je vytvoření přehledné jednoduché aplikace, kterou by byl schopný ovládat každý a využil by tak spolujízdu těch, kteří by ji prostřednictvím této aplikace nabízeli. Vytvoření této aplikace by byla jistě finančně nákladné, avšak pokud by byla její propagace cílená na správnou skupinu lidí, např. prostřednictvím sociálních sítí, měla by velkou pravděpodobnost masového rozšíření, využití a návratnosti.

Využívání veřejné dopravy, ať už na dlouhé vzdálenosti či v centru města, je pro člověka finančně výhodnější a dostupnější volbou než jízda automobilem, zvláště, když jede člověk sám. Kromě finanční úspory tak člověk výrazným způsobem přispěje k ochraně životního prostředí. Jízdu automobilem lze také nahradit jízdou na koloběžce, či na kole, což umožňuje mnohem lepší přístup do určitých oblastí, kde je zákaz vjezdu motorových vozidel. V tomto případě je tato varianta ještě finančně výhodnější než použití MHD.

Pro zlepšení celkového dopadu provozu elektromobilů na životní prostředí je důležitá další výstavba nízkoemisních elektráren. Kromě již zmíněných vodní a větrných elektráren jsou velmi perspektivní technologie využívající sluneční energii. Podíl fotovoltaických elektráren na výrobě elektrické energie neustále roste. Lze očekávat, že s dalším technickým vylepšením fotovoltaických panelů bude jejich podíl na výrobě elektrické energie stále narůstat. V budoucnu lze očekávat že se rozšíří i další technologie využívající jiné zdroje energie, jako například bioplyn, geotermální energii nebo termojadernou fúzi.

Závěr

Cílem bakalářské práce byl rozbor standardních a alternativních pohonů z hlediska dopadu jejich provozu na životní prostředí. Zhodnocení bylo provedeno na základě hodnot produkovaných emisí CO_2 ať už přímo z výfukových plynů automobilu, nebo při výrobě elektrické energie v různých typech elektráren.

První část práce se věnuje rozčlenění a charakterizaci standardních a alternativních druhů pohonů využívaných v silničních vozidlech. Důraz byl kladen na všeobecný popis jednotlivých pohonů, technologický vývoj a stanovení kladných a záporných vlastností z hlediska produkce škodlivých látek uvolňovaných do okolního prostředí při jejich provozu.

U standardních pohonů byl rozbor proveden pro vznětové a zážehové motory, které v silniční dopravě představují hlavní zdroj znečištění emisemi CO_2 a dalších škodlivých látek. Pozornost byla věnována technologickému vývoji aktivních a pasivních prostředků, které výrazně přispívají ke snížení celkových emisí.

Rozbor alternativních pohonů se týkal pohonů CNG, LPG, hybridního, vodíkového a elektrického pohonu. Byly zhodnoceny pozitivní stránky z hlediska nízkých až nulových emisí CO_2, ale také negativní stránky související s technologií a náročnosti výroby jednotlivých pohonů, distribucí a skladováním paliva.

Druhá část práce je zaměřena na přímé srovnání standardních pohonů s alternativními při provozu. Analýza se týkala převážně srovnání hodnot emisí CO_2 na ujetou vzdálenost. Ze srovnání pohonů, které využívají kapalné nebo plynné palivo, dosáhl nejnižších emisí pohon CNG, naopak nejvíce emisí CO_2 produkuje benzínový motor. Komplexní zhodnocení emisí CO_2 u elektromobilů je náročnější. Přestože při provozu má elektromobil emise CO_2 nulové, do celkové bilance je nutné započítat emisi CO_2, které produkuje zdroj výroby elektrické energie. Ekologie elektromobilu tudíž není fixní, ale silně závisí na zdroji elektrické energie.

Třetí a čtvrtá část se věnuje návrhům řešení snížení negativních vlivů provozu pohonů na životní prostředí, jejich optimalizaci a lepší propagaci. Jako nejvýhodnější se jeví efektivnější využití osobní přepravy pomocí sdílených jízd a dále motivace hojnějšího využívání prostředků veřejné dopravy. Tato opatření mohou výrazně snížit hustotu provozu v zabydlených oblastech a přispět k lepšímu životnímu prostředí.

Seznam zdrojů

[1]: MACEK, Jan a Vladimír KLIMENT. Spalovací turbíny, turbodmychadla a ventilátory: (přeplňování spalovacích motorů). Vyd. 4. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2006, c1988. ISBN 80-01-03529-8.

[2]: Hořlavé a vysoce hořlavé látky (kapaliny). Rozdíly, klasifikace, bod vzplanutí a vznícení. Dostupné z: https://www.bozp.cz/aktuality/horlave-a-vysoce-horlave-latky/

[3]: VLK, František. Automobilová elektronika. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-7063-1.

[4]: HROMÁDKO, Jan. Speciální spalovací motory a alternativní pohony: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4455-1.

[5]: Čtyřdobý zážehový motor. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cty%C5%99dob%C3%BD_z%C3%A1%C5%BEehov%C3%BD_motor

[6]: LÁNÍK, Ondřej. Turbodmychadla. auto.cz [online]. [cit. 2004-07-26] Dostupné z: https://www.auto.cz/preplnovani-2-dil-turbodmychadla-16765

[7]: LPG (Liquefied Petroleum Gas). [cit. 2016-07-20] Dostupné z: https://www.autolexicon.net/cs/articles/lpg-liquefied-petroleum-gas/

[8]: CNG vozidla. Dostupné z: https://autobible.euro.cz/prehled-lpg-cng-vozu-ceskem-trhu-nejsirsi-nabidku-ma-fiat/BRNO 201563

[9] DLOUHÝ, Petr a Luděk JANÍK Palivové články. 2007.. HYTEP [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: https://www.hytep.cz/cz/clanky/kategorie-clanku/clanky/410-palivove-clanky

[10]: Hybridní pohon. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Hybridn%C3%AD_pohon

[11]: ŠABLATURA, Jan. Elektrický pohon, přitom dlouhý dojezd a palivo podobné benzínu: Auta s metanolovými články. VTM.cz [online]. [cit. 2019-12-23] Dostupné z: https://vtm.zive.cz/clanky/elektricky-pohon-pritom-dlouhy-dojezd-a-palivo-podobne-benzinu-auta-s-metanolovymi-clanky/sc-870-a-197857/default.aspx

[12]: SAJDL, Jan. Emisní norma EURO. Dostupné z: https://www.autolexicon.net/cs/articles/emisni-norma-euro/

[13]: Přehled emisních norem pro osobní automobily. Dostupné z: https://www.portalridice.cz/clanek/prehled-emisnich-norem-pro-osobni-automobily

[14]: Srovnání produkce emisí dle pohonů. Dostupné z: https://fdrive.cz/clanky/kolik-oxidu-uhliciteho-vypousti-vozidlo-do-ovzdusi-velke-srovnani-podle-pohonu-6874

[15]: Typy vozů VW. Dostupné z: https://www.volkswagen.cz/

[16]: Typy vozů Škoda, Dacia. Dostupné z: https://www.skoda-auto.cz/; https://www.dacia.cz/

[17]: Zdroje elektrické energie. Dostupné z: https://oenergetice.cz/energetika-v-cr/vice-nez-tretina-elektriny-vyrobene-v-cesku-pochazi-i-v-lete-stale-z-uhli

[18]: Informace o elektromobilech. Dostupné z: https://www.alza.cz/auto/slovnik/kapacita-baterie-kwh

Seznam grafických objektů

Seznam tabulek

Tab. 2.1	EURO normy pro zážehové benzínové motory	33
Tab. 2.2	EURO normy pro vznětové naftové motory	34
Tab. 2.3	Spotřeba a produkce CO_2 u vozů VW	38
Tab. 2.4	Spotřeba a produkce CO_2 u alternativních pohonů	38
Tab. 2.5	Množství CO_2 při nabíjení elektromobilu z konkrétní elektrárny	40
Tab. 2.6	Množství emisí CO_2 z nabytí elektromobilu z konkrétního zdroje	40
Tab. 2.7	Porovnání CO_2 u aut. nižší třídy různých pohonů	42
Tab. 2.8	Porovnání CO_2 aut. střední a vyšší třídy různých pohonů	43

Seznam zkratek

MHD	Městská hromadná doprava
ZTP	Zvlášť těžké postižení
ZTP/P	Zvlášť tělesně postižení s průvodcem
LPG	Liquified Petroleum Gas
CNG	Compressed Natural Gas
EGR	Exhaust Gas Recirculation
SPI	Single Point Injection
MPI	Multi Point Injection
CO	Oxid uhelnatý
NO_x	Oxid dusíku
HC	Uhlovodíky
PM	Pevné částice
CO_2	Oxid uhličitý
H	Vodík
H_2O	Voda
MPa	Mega pascal
kWh	Kilowatt hodina
HP	Horse power
PS	Pferstarke
kW	Kilowatt
VW	Volkswagen

Autor	Filip Kouřil
Název BP	Ekologické pohony silničních vozidel
Studijní obor	LVD
Rok obhajoby BP	2022
Počet stran	38
Počet příloh	18
Vedoucí BP	Ing. Michal Turek, Ph.D.
Anotace	Bakalářská práce je zaměřena na analýzu používaných pohonů silničních vozidel. U jednotlivých pohonů bylo provedeno srovnání dopadů jejich provozu na životní prostředí. Na základě získaných informací byla navržena vhodná opatření, která by mohla vést ke snížení negativních vlivů na ekologii a ochranu životního prostředí.
Klíčová slova	Silniční vozidlo, spalovací motor, vodíkový pohon, hybridní pohon, pohon LPG, pohon CNG, elektrický pohon, emise, ekologie
Místo uložení	ITC Vysoké školy logistiky v Přerově
Signatura	