

Alternativní paliva pro spalovací motory

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce:
prof. Ing. František Bauer, CSc.

Vypracoval:
Jiří Káňa

Brno 2017

Na této stránce bude vložen originální formulář Zadání bakalářské práce.
Vystavený, podepsaný a orazítkovaný formulář Vám připraví vedoucí
bakalářské práce před jejím svázáním.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci:

Alternativní paliva pro spalovací motory vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Ivančicích, dne: 22. 5. 2017

Podpis

Poděkování

Tímto chci poděkovat prof. Ing. Františku Bauerovi, CSc. za cenné připomínky a odborné rady při zpracování této bakalářské práce. Rovněž bych chtěl poděkovat celé své rodině za podporu a trpělivost během mého studia.

Abstrakt

Tato bakalářská práce na téma „Alternativní paliva pro spalovací motory“ se zabývá současnými a alternativními palivy používanými ve spalovacích motorech. Úvodem představuje vývoj spalovacího motoru až po současnost. Dále pojednává o výhodách a nevýhodách paliv, jejich výrobě a použití, zavádění na trh. Na závěr je uvedeno zhodnocení paliva z hlediska budoucího využívání a směřování nové produkce biopaliv.

Klíčová slova

Spalovací motor, palivo, alternativní palivo, biopalivo, MEŘO, emise, automobil, oxid uhličitý, ropa.

Abstract

This Bachelor Thesis on "Alternative Fuel for Combustion Engines" briefly discusses current and alternative fuels used in internal combustion engines. Initially, the development of the internal combustion engine is the present. It also discusses the advantages and disadvantages of fuels, their production and use, market introduction. Finally, the fuel assessment is presented in terms of future use and direction of new biofuel production.

Keywords

Incineration engine, fuel, alternative fuel, biofuel, RME, emissions, car, carbon dioxide, oil.

OBSAH

1	ÚVOD	8
2	CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	9
3	MATERIÁL A METODIKA ZPRACOVÁNÍ	10
3.1	Materiál a metodika zpracování teoretické části práce	10
3.2	Materiál a metodika zpracování praktické části práce.....	10
4	SPALOVACÍ MOTOR	11
4.1	Historie a vývoj.....	11
4.2	Stručný přehled vývoje	15
4.3	Současné spalovací motory.....	16
4.3.1	Zážehový (benzínový).....	16
4.3.2	Vznětový (naftový)	17
4.3.3	Dělení spalovacích motorů dle druhu paliva.....	19
5	PALIVA KONVENČNÍ	21
5.1	Ropa jako nejvýznamnější konvenční zdroj energie	21
5.1.1	Druhy paliv pro automobily	23
5.1.2	Rozdělení paliv pro spalovací motory.....	24
5.2	Problematika produkce emisí z využívání fosilního paliva - ropy	25
6	PALIVA NEKONVENČNÍ - ALTERNATIVNÍ	28
6.1	Alternativní paliva	28
	Základní přehled stavu používání alternativních paliv	30
6.1.1	Emulzní nafta	30
6.1.2	Bionafta	31
6.1.3	DME (Dimethyléter)	32
6.1.4	Metanol (methylalkohol).....	33
6.1.5	Etanol (ethylalkohol).....	33
6.1.6	ETBE, MTBE (ethery)	34
6.1.7	LPG – ropný plyn (propan-butan).....	34
6.1.8	Zemní plyn (CNG a LNG)	35

6.1.9	Vodík (H ₂)	38
7	BIOPALIVA	39
7.1	Důvody používání biopaliv pro pohon silničních vozidel	39
7.1.1	Bioethanol (líh)	41
7.1.2	MEŘO (methylester řepkového oleje)	42
7.1.3	Syntetická motorová nafta.....	43
7.1.4	HVO (Hydrogenated vegetable oil – hydrogenovaný rostlinný olej)	43
8	POROVNÁNÍ RŮZNÝCH UKAZATELŮ PALIV	44
9	DISKUZE	50
10	ZÁVĚR	52
11	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	53
11.1	Literární zdroje	53
11.2	Internetové zdroje	54
11.3	Ostatní zdroje.....	55
12	SEZNAM OBRÁZKŮ	57
13	SEZNAM TABULEK	58

1 ÚVOD

Spalovací motory pohánějí automobily, se kterými se lidstvo přepravuje, používá je i pro přepravu různých nákladů a věcí. Automobil představuje pro člověka nezbytnou součást jeho života a zažívá velký rozmach ve společnosti. Z důvodu toho, že ve spalovacích motorech se spaluje palivo z fosilních neobnovitelných zdrojů, je na místě se zamýšlet nad budoucností. Zásoby těchto zdrojů se tenčí a je třeba řešit otázku, z jakých alternativních surovin bude lidstvo palivo, zdroj energie, vyrábět. V souvislosti s použitím a spalováním fosilních paliv to přináší i další negativa v podobě produkce škodlivých emisí, škodlivých nejen pro lidské zdraví, ale i pro planetu jako takovou. Proto je na výzkum, vývoj a použití alternativních paliv kladen požadavek v podobě produkcí nižších (teoreticky žádných) emisí plynů škodlivých pro planetu a člověka. Sledovány jsou emise u nových vozidel uváděných na trh, uvedené v Evropské normě tzv. EURO (dnes označené číslem 6), a dále sledována je produkce znečišťujícího a skleníkového efektu způsobujícího oxidu uhličitého CO₂. Obecně je u vozidel se spalovacím motorem kladen důraz na nižší spotřebu paliva, dokonalejší spalování a čištění výfukových plynů. Z hlediska budoucnosti je zde otázka, jestli je spalovací motor, který spaluje palivo, ta správná volba pohonu. Již v počátcích vývoje automobilismu byl pohonem elektromotor, který v dnešní době zažívá renesanci v podobě hybridních nebo čistě elektrických pohonů.

Úvodem je charakterizován spalovací motor, jeho vývoj až po současnost. Dále následuje stručné seznámení s palivem konvenčním, palivem alternativním a biopalivem, výrobou a dále jejich výhody a nevýhody. Závěrem je uvedeno porovnání parametrů těchto alternativních a konvenčních paliv.

2 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem bakalářské práce je uvést současný stav paliv používaných ve spalovacích motorech, úvodem se seznámit s historií a současným vývojem spalovacího motoru, následně představit konvenční paliva a rozvést téma alternativních paliv. Dalším cílem bylo shromáždit technickoekonomické parametry vybraných paliv používaných ve spalovacích motorech. Technické parametry tabulkově a graficky zpracovat a ze získaných hodnot provést hodnocení, analýzu a formulovat závěr.

3 MATERIÁL A METODIKA ZPRACOVÁNÍ

3.1 Materiál a metodika zpracování teoretické části práce

Materiálem pro zpracování teoretické části je studium doporučených i autorem vyhledaných odborných publikací o alternativních palivech, podkladem je i legislativa ČR a EU, normy ČSN související s palivy a internetové zdroje. Dalším krokem je vymezení základních pojmů, následuje analýza, srovnávání, syntéza a zpracování teoretických poznatků.

3.2 Materiál a metodika zpracování praktické části práce

Materiálem praktické části je uvedení vyhledaných parametrů paliv jak z českého statistického úřadu, tak z odborných publikací, jejich porovnání s komentářem zjištěných skutečností.

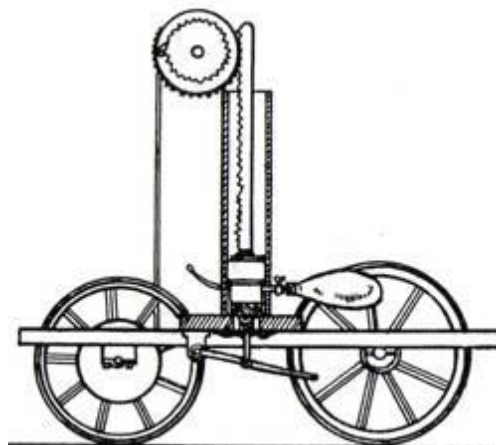
4 SPALOVACÍ MOTOR

4.1 Historie a vývoj

Rozvoj manufaktur, velkých dílen, do nichž byla soustředěna výroba, byl novým směrem dosud existující řemeslné výroby. Za začátek rozvoje manufaktur lze považovat 17. století ve Francii a Anglii. Tento rozvoj manufaktur má za následek i rozvoj techniky jako takové. Zásadním objevem – vynálezem byl parní stroj, který se považuje za začátek průmyslové revoluce 19. století. Anglie patřila mezi průkopníky parních strojů a s tím související je i prvopočátek vývoje železniční dopravy. V této době byla číslem jedna v přepravě železnice, a proto byl rozvoj silniční dopravy pomalý.

Základní myšlenkou a parametry pro vývoj spalovacího motoru byl parní stroj. Jeho princip spočíval ve vytvoření páry mimo pracovní prostor stroje a přivedení páry do pracovního prostoru stroje, kde se konala pomocí expanze, na jedné straně pístu a výfuku, na druhé straně pístu, mechanická práce. Princip stroje byl dvoudobý. Řešila se otázka konstrukce stroje, nalezení vhodného paliva a úprava pracovního oběhu stroje. Do tohoto vývoje se historicky zapsalo Německo a Francie (Remek, 2012).

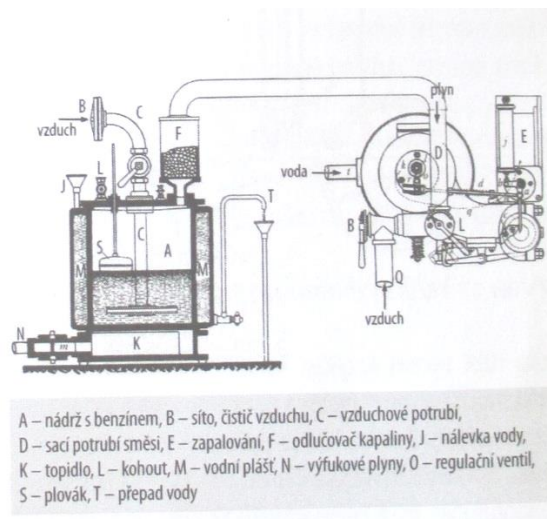
Historickým milníkem se dá považovat patent plynového motoru (na svítíplyn) z roku 1807. Švýcar Issac de Rivaz ho zkonstruoval z dělové hlavně a pístu, konstrukce byla orientovaná ve svislé poloze. Tento stroj pracoval na principu naplnění směsí plynu a vzduchu, zážeh byl elektrický, píst byl expanzí posunut do horní krajní polohy, po výfuku píst sjel do dolní polohy. Pohyb se konal při klesání pístu do dolní polohy. Cyklus se opakoval 12 x za minutu, pohyb stroje vpřed byl nepravidelný (Remek, 2012).



Obr. 1 Vozík s výbušným motorem Isaaca de Rivaz

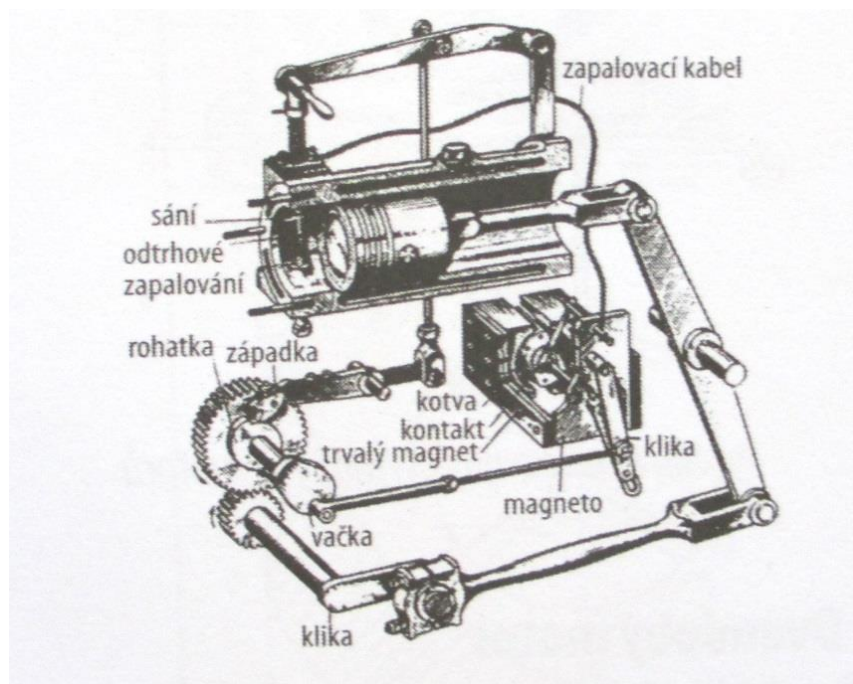
Zdroj: Remek (2012)

Vývojem se zabývali technici z Anglie, Itálie, Francie a Německa. Zpočátku se jednalo o úpravy parního stroje, Francouz Jean Joseph Lenoir prodal svůj patent (1859), upravený parní stroj na kapalná paliva (vodík, plyn), Němci Nikolausovi Ottovi, který jeho patent vylepšoval a zkonstruoval první čtyřdobý motor. K expanzi a výfuku bylo přidána komprese a sání, byl upraven i klikový mechanismus. Použití kapalného paliva bylo zásadním zlomem ve vývoji, toto palivo má z doposud použitých paliv největší objemovou energetickou hustotu, a dále je zásadní pro zásobu paliva ve vozidle. V roce 1825 anglický fyzik a chemik Faraday, mimo jiné zabývající se elektromagnetizmem, popsal postup destilace ropy a její jednotlivé frakce – benzín, petrolej, naftu. Zpočátku byl benzín brán jako odpad, postupem času nabýval na významu. Bylo vyvinuto nové zařízení, které přeměňovalo benzín na plyn, českým výrazem bylo „zplynovač“, francouzský výraz byl „carbureteur“. V roce 1876 Nikolaus August Otto zkonstruoval ležatý motor, který pracoval ve čtyřdobém cyklu. Roku 1878 byl představen na světové výstavě v Paříži, tento rok byl považován za nástup a využití spalovacího motoru do praxe. Spalovací motor byl jednoválcový, čtyřdobý, konstrukčně velký - jen karburátor byl větší než samotný motor (Remek, 2012).



Obr. 2 Benzínový motor N. A. Otta z roku 1885

Zdroj: Remek (2012)

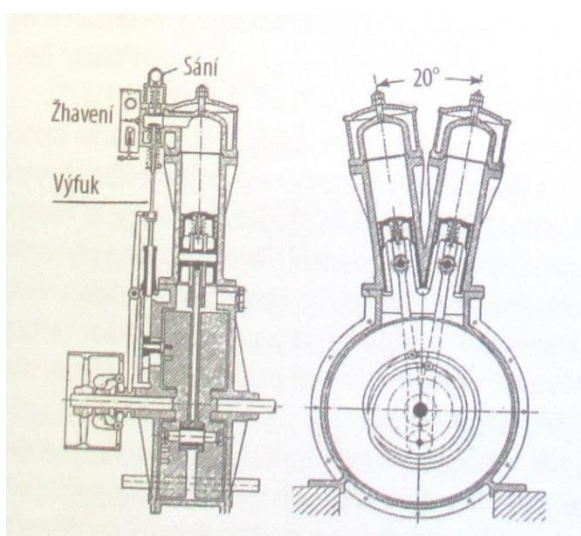


Obr. 3 Benzínový motor Marcus – detail z roku 1888

Zdroj: Remek (2012)

V roce 1884 Otto vylepšil elektrické zapalování - nízkonapětové magneto a použil odpařovací karburátor. Postupem doby se vžilo označování pro zážehový motor „Ottův motor (cyklus)“ a pro vznětový „Dieselův motor (cyklus)“. U firmy Otto-Langen začínali jako zaměstnanci a technici, označování za tvůrce automobilů. Prv-

ním z nich byl Carl Benz z Mannheimu, který roku 1880 vyvinul dvoudobý motor s rozvodem kanály a elektrickým zapalováním s dynamem. Druhým byl Gottlieb Daimler z Schorndorfu, který v roce 1883 získal patent na rychloběžný spalovací motor na kapalné palivo, odpařované v karburátoru se svislým válcem a uzavřenou klikovou skříní. Daimler dále spolupracoval s Wilhelmem Maybachem, se kterým v roce 1886 zakomponoval rychloběžný spalovací motor do kočáru. V roce 1889 Daimler sestrojil dvouválcový motor s válci do V a Benz plochý motor s protilehlými válci (boxer).



Obr. 4 Motor Daimler V2

Zdroj: Remek (2012)

V roce 1886 získal Benz patent na vozidlo s plynovým motorem. V roce 1890 Maybach v Německu zkonstruoval spalovací motor čtyřdobý se čtyřválcovým motorem s výkonem pěti koní při 620 otáčkách za minutu a o hmotnosti 153 kg.

Na univerzitě v Paříži pracoval jako asistent praktické termodynamiky Němec Rudolf Diesel. Tento je považován za otce vznětového motoru. Princip, kterým se odlišuje vznětový motor od zážehového je ten, že ke vznícení paliva dojde při kompresním teple stlačeného vzduchu ve válci motoru. Z toho plyne, že vznětový motor nemá zapalovací soustavu. Diesel původně postavil vznětový motor spalující petrolej. Zde ve vývoji a konstrukci vznětového motoru nastává období hledání optimálního

vstřikovacího zařízení. Problémem bylo, aby vstřikovací tlak paliva byl vyšší než spalovací tlak pro vznícení. Dále variabilita množství vstřikovaného paliva, nejmenší dávka paliva pro běh na prázdko až po největší pro plný výkon. Technologie pro tento konstrukční problém zatím nebyly dostupné, a tak vstřikování mělo mnoho nedostatků. (Na vývoji vstřikovacího zařízení se pracovalo následujících dvacet let, než bylo možné je použít u vznětového motoru v automobilu). V roce 1897 Diesel zkonstruoval tzv. „Dieselův“ motor s výkonem 17,8 koní při 150 otáčkách za minutu. Na světové výstavě v Paříži v roce 1900 byl Dieselův motor oceněn Velkou cenou. Vznětový motor nahradil parní stroj především k pohonu lodí a lokomotiv (Remek, 2012).

Pístový spalovací motor byl využíván od sedmdesátých let 19. století k pohonu stacionárních zařízení. Trvalo ještě dalších deset let, než mohl být použit u vozidel. Prvními konstruktéry vozidel se spalovacím motorem lze považovat - Francouz Lenoir (1863), Němec Benz a Daimler (1886) a Rakušan Marcus (1875) (Remek, 2012).

4.2 Stručný přehled vývoje

Tab. 1 Stručný přehled milníků vývoje automobilu a spalovacího motoru a jeho příslušenství

Zdroj: Remek (2012)

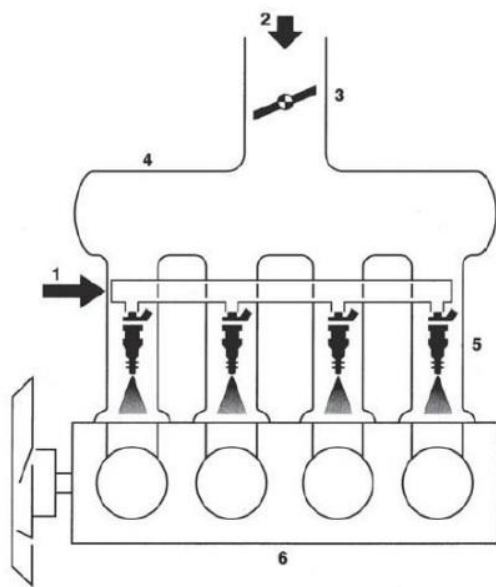
Rok	Automobil	Spalovací motor	Příslušenství
1859		Lenoir, patent dvoudobý motor	
1860		Lenoir, plynový dvoudobý motor	
1863	Lenoir, tříkolové vozidlo		
1865	Marcus, pokusný vozík		Marcus, odpařovací karburátor
1866			Siemens, dynamo
1877	Marcus, vozidlo	Otto, patent čtyřdobý motor	
1879		Benz, dvoudobý motor	
1885		Daimler, čtyřdobý motor	
1886	Benz a Daimler		Bosch, elektrické zapalování
1887			Dunlop, pneumatika
1889		Daimler, dvouválcový motor	
1890		Maybach, čtyřválcový motor	
1893			Daimler, kuličková ložiska
1894			Maybach, karburátor
1897		Diesel, vznětový motor	
1901	Benz, klasická koncepce		
1902			Bosch, zapalovací svíčka
1909		Benz, patent vznětový motor	

4.3 Současné spalovací motory

4.3.1 Zážehový (benzínový)

Charakteristikou zážehového (benzínového) motoru (nazývaného také Ottův) je stlačení směsi vzduchu a paliva a její zapálení od elektrické jiskry. Tento motor logicky potřebuje ke své činnosti zapalovací soustavu. Pro přípravu směsi dnes využíváme vstříkovací systémy. Jejich výhodou je, že plní požadavky na hospodárnost provozu, kde umožní přesné dávkování paliva v závislosti na provozu a zatížení motoru a dále také složení směsi v návaznosti na nízký obsah škodlivých látek ve výfukových plynech. Způsoby vstříkování paliva rozeznáváme dva.

- 1) Zápalná směs se tvoří vně válců vstříkovaním paliva do sacího potrubí u hlavy válce, zpravidla na sací ventil.

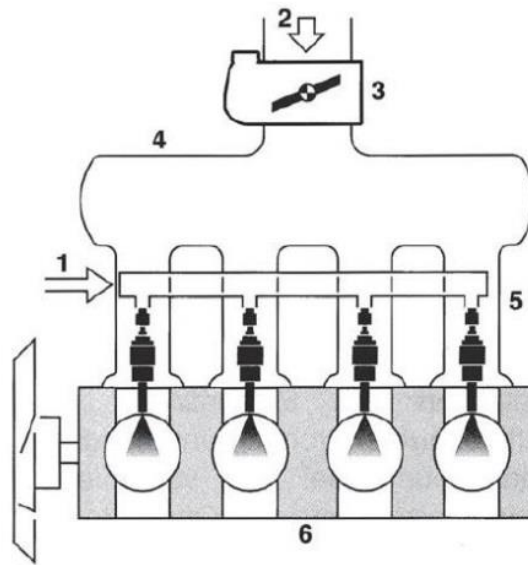


Vícebodové vstříkování benzínu: 1 – palivo; 2 – vzduch; 3 – škrťací klapka; 4 – sací potrubí; 5 – vstříkovací ventily; 6 – motor.

Obr. 5 Schéma motoru s nepřímým vstříkováním

Zdroj: Vlček (2004)

- 2) Zápalná směs se tvoří uvnitř pracovního válce přímým vstříkováním paliva. Tento princip vstříkování dosahuje nižších emisních limitů při trvalém snížení spotřeby paliva.



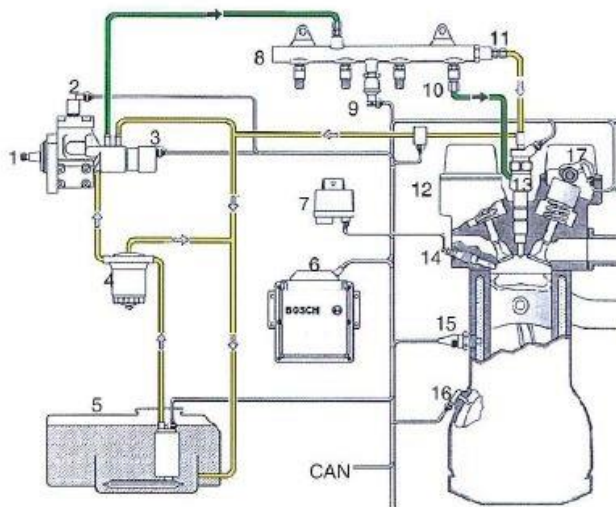
Přímé vstřikování benzínu: 1 – palivo; 2 – vzduch; 3 – škrťací klapka; 4 – sací potrubí; 5 – vstřikovací ventily; 6 – motor.

Obr. 6 Schéma motoru s přímým vstřikováním

Zdroj: Vlček (2004)

4.3.2 Vznětový (naftový)

Charakteristikou vznětového (naftového) motoru (nazývaného také Dieselův) je stlačení vzduchu na vysokou kompresní teplotu a vstříknutí paliva pod velmi vysokým tlakem do válce. Zápalná směs se tvoří ve válci, kde se sama vznítí. Ve vznětových motorech se dnes využívá vstřikovací systém Common Rail (vysokotlaký zásobník paliva) dosahující tlaků 110 až 220 MPa (Matějovský, 2005).

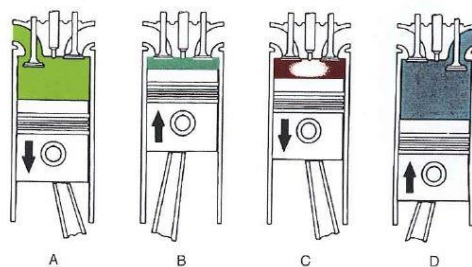


1 – vysokotlaké čerpadlo, 2 – odpojovací ventil elementu, 3 – regulační ventil tlaku, 4 – čistič paliva, 5 – nádrž, 6 – řídicí jednotka, 7 – napájení žhavicí svíčky, 8 – vysokotlaký zásobník, 9 – snímač tlaku v zásobníku, 10 – omezovač průtoku, 11 – pojistný ventil, 12 – snímač teploty paliva, 13 – vstříkovač, 14 – žhavicí svíčka, 15 – snímač teploty chladicí kapaliny, 16 – snímač otáček motoru, 17 – snímač otáček vačkového hřídele (43)

Obr. 7 Schéma vstříkovacího systému s tlakovým zásobníkem Common Rail

Zdroj: Bauer (2013)

Současné motory z hlediska pracovních cyklů jsou tzv. „čtyřdobé“. Čtyřdobé motory mají pracovní oběh během dvou otáček klikového hřídele, je složen z jednotlivých na sebe navazujících fází (sání, komprese, expanze, výfuk). Pracovní cyklus probíhá nad pístem. Výměna náplně válce probíhá pomocí ventilů, které jsou ovládány vačkovým hřídelem (Matějovský, 2005).



A – sání, B – komprese, C – expanze, D – výfuk

Obr. 8 Pracovní oběh čtyřdobého vznětového motoru

Zdroj: Bauer (2012)



Obr. 9 Příklad současné kompaktní konstrukce, vzhledu a uspořádání motoru osobního automobilu

Zdroj: <http://www.skoda-auto.com>

Konstrukcí motorů se vstřikováním paliva a s použitím turbodmychadla (tzv. přeplňované motory) se umožňuje dosahovat nižší spotřeby paliva, nižší produkce emisí ve výfukových plynech za současného zachování jízdní dynamiky.

4.3.3 Dělení spalovacích motorů dle druhu paliva

Motory na kapalná paliva

- 1) ropná lehko odpařitelná paliva – benzín, petrolej
- 2) ropná těžko odpařitelná paliva – nafta, mazut (těžký topný olej)
- 3) kapalná paliva neropného původu: líh (metanol, etanol), rostlinné oleje přepracované esterifikací (bionafta – metylester řepkového oleje, tzv. MEŘO)
- 4) směsná paliva (lihobenzinová paliva, směs nafty a MEŘO)

Motory na plynná paliva

1) na propan – butan (LPG – Liquefied petroleum gas), zkapalněný ropný plyn, Využití pro vysokozdvizné vozíky a dopravní prostředky se spalovacími motory s využitím v uzavřených prostorech, osobní automobily

2) na zemní plyn (CNG – Compressed Natural Gas, nebo LNG – Liquefied Natural Gas), praktické využití těchto plynů je ve všech kategoriích silničních vozidel

Více palivové motory

Motory na dvojí palivo, většinou provoz na plynné palivo s plynulou možností záměny na kapalné palivo, variantně LPG (CNG,LNG) a benzín nebo CNG (LNG) a nafta (Matějovský, 2005).

5 PALIVA KONVENČNÍ

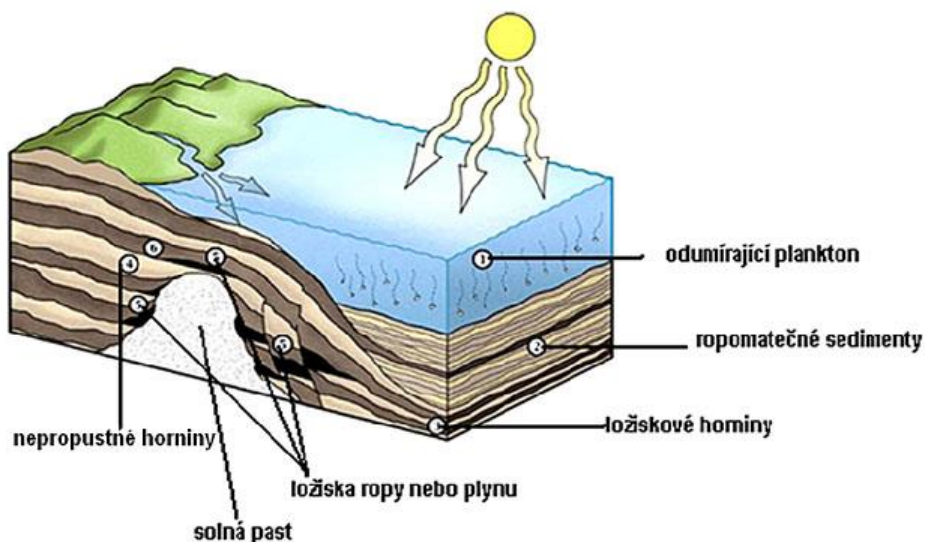
5.1 Ropa jako nejvýznamnější konvenční zdroj energie

V současné době se ropa využívá ve většině odvětví lidské společnosti a představuje největší zdroj energie. Ropa vznikla anaerobní fermentací značného množství odumřelých bakterií, zbytků živočichů, rostlin a řas na dně moří přibližně v jurském období (tj. před cca 180 miliony lety). Vznikala v průběhu tisíců až milionů let v až několik stovek metrů hlubokých ložiscích. Ropa je tekutá světle žlutá až černá hmota, která se vyskytuje společně se zemním plynem. Ropa se získává - těží pomocí vrtů, kde zařízení pro těžení ropy se nazývají těžební věže. Charakteristika ropy se stanovuje hustotou při teplotě 20° C a normálním atmosférickém tlaku. Hustota ropy je závislá na obsahu rozpuštěných látek (Hromádko, 2012).

Lehká ropa: od 600 až 850 kg · m⁻³

Středně těžká ropa: od 850 až 930 kg · m⁻³

Velmi těžká ropa: od 930 až 1050 a více kg · m⁻³



Obr. 10 Vznik ropného ložiska

Zdroj: <https://is.muni.cz/>

Pro objemové míry se využívá tzv. 1 barel, to je 42 amerických galonů a to je 158,97 litrů. Jeden barel ropy tak váží v rozmezí od 96,97 kg do 166,92 kg.

Chemické složení ropy je následující:

Uhlík: 84–87 %

Vodík 11–14 %

Kyslík až 1 %

Síra až 4 %

Dusík až 1 %

Dle shora uvedeného chemického složení řadíme ropu do uhlovodíkového paliva.

Ropa se zpracovává destilací v tzv. destilační koloně. Rozděluje se na užší frakce pod teplotu varu. Destilační kolona je rozdělena na patra, kde probíhá dělení. Část destilátu se do kolony vrací kvůli zlepšení dělení. Jednotlivé frakce se odebírají z hlavy kolony, z boku kolony a ze spodu kolony. Ze spodu kolony odchází zbytek, který nejde destilovat, a to mazut. Vše se děje za atmosférického tlaku. Mazut se dále destiluje ve vakuové koloně, výsledkem je zbytek nazývaný se asfalt (Hromádko, 2012).

Frakce destilace ropy:

- Plyny
- Benzinová frakce
- Petrolej
- Plynový olej
- Destilační zbytek (mazut)

Frakce vakuové destilace mazutu:

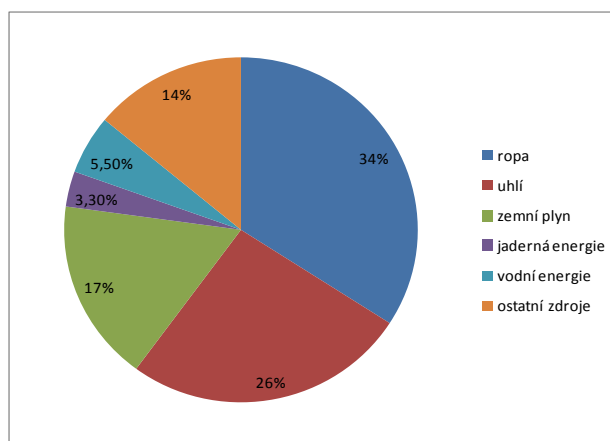
- Vakuový plynový olej
- Olejový destilát I, II, III
- Destilační zbytek (asfalt)

Následují další úpravy a postupy, při nichž získáváme pohonné hmoty. Destilát se zbavuje sirných sloučenin kvůli minimalizaci emisí a dopadu na životní prostředí.

Motorová nafta se připravuje míšením plynového oleje a petroleje v daném poměru pro zimní nebo letní období. Kvalitu motorové nafty z hlediska její vznětové charakteristiky vyjadřuje tzv. cetanové číslo, (př. 50 až 60).

Automobilové benzíny se také dále upravují přidáváním aditiv, hlavním úkolem úprav je, aby benzíny byly odolné vůči detonačnímu spalování, odolnost vůči detonačnímu spalování vyjadřuje oktanové číslo benzínu, př. 95, 98 (Hromádko, 2012).

Celosvětově poptávka po ropě neustále roste a bez ohledu na nové naleziště ropy a na to, že se v přírodě ropa stále vytváří, se považuje za neobnovitelný zdroj energie. Ropa spolu se zemním plynem a uhlím patří do skupiny fosilních paliv, které tvoří největší zdroje pokrývající spotřebu energie. To je jeden z hlavních důvodů, proč se lidská společnost poohlíží po alternativních zdrojích pohonů (Hromádko, 2012).



Obr. 11 Podíl jednotlivých zdrojů energie na celosvětové spotřebě energie

Zdroj: Hromádko (2012)

5.1.1 Druhy paliv pro automobily

Kromě paliv běžně dostupných na trhu jsou zde i další druhy chemických látek, které mohou být využívány jako složky paliv nebo dokonce i jako samotná paliva pro automobilové spalovací motory. Obecně je můžeme dělit do těchto skupin:

- Automobilové benzíny

- Motorová nafta
- Petrolej (kerosin)
- Zkapalněné ropné plyny LPG (propan butanové směsi)
- Zemní plyn stlačený CNG nebo zkapalněný LNG
- Alkoholy metanol, etanol (líh), vyšší alkoholy
- Étery s pěti a více uhlíky (methylter, etyléter MTBE)
- Metylestery mastných kyselin (z řepkového oleje) smícháním s motorovou naftou – směsné motorové nafty)
- Vodík
- Exotická paliva (amoniak, nitrometr, dimethyléter, aceton)
- Bioplyn a různé chudé plyny s malou výhřevností (Matějovský, 2005).

5.1.2 Rozdělení paliv pro spalovací motory

Paliva uhlovodíková:

- Klasická – benzín a nafta (kapalná)
- Alternativní (plynná, plynová)
- Propan – butan (na bázi ropných látek) LPG
- Zemní plyn a bioplyn zkapalněný – LNG
- Zemní plyn a bioplyn stlačený – CNG

Paliva bez uhlovodíků:

- Vodík stlačený H₂, vodík zkapalněný LH
- Alkoholy (methanol, etanol)
- Etery (MTBE: methyl-tertio-butyl-ether; ETBE: ethyl-tertio-butyl-ether)
- Estery (MEŘO – methylester řepkového oleje; EEŘO – ethylester řepkového oleje)

Biopaliva:

- Bioplyn
- Bionafta (I. Generace, II. Generace – MEŘO)
- Bioethanol („líh“ z biomasy), (Vlk, 2006).

5.2 Problematika produkce emisí z využívání fosilního paliva - ropy

Spalováním paliva ve spalovacích motorech dochází k vytváření a vypouštění škodlivých emisí do ovzduší. Tento důvod vede společnost k nalézání nových alternativních způsobů pohonů vozidel. Můžeme definovat základní škodliviny ve výfukových plynech, které produkují spalovací motory a které mají negativní vliv na lidský organismus a na životní prostředí.

▪ Oxid uhelnatý (CO)

Jedovatý plyn, omezuje přenos kyslíku z plic do krevního oběhu. Způsobuje vznik letního smogu.

▪ Oxid uhličitý (CO₂)

Plyn vznikající při dokonalém prohořívání paliva způsobující skleníkový efekt.

▪ Oxidy dusíku (NO_x)

Vznikají při vysokých teplotách, při přítomnosti v atmosféře oxidují na oxid dusičitý, jenž způsobuje u člověka snižování přístupu vzduchu do plic, také způsobuje letní smog.

▪ Nespálené uhlovodíky (HC)

Vznikají při nedokonalém prohoření paliva, mají karcinogenní účinky.

▪ Oxidy síry (SO_x)

Nejvíce je vytváří naftové motory, se shora uvedených látek je jejich produkce nejnižší. I když se nafta v průběhu posledních let při výrobě co nejvíce odsiřuje, dochází k produkci SO_x, které jsou příčinou tzv. kyselých dešťů.

▪ Pevné částice

Opět je vytváří nejvíce naftové motory, vnikají při spalování při nedostatku kyslíku, mají různou velikost v řádu mikrometrů, jsou karcinogenní (Hromád-ko, 2012).

Na spálení 1 kg benzínu, nebo nafty v motoru spotřebujeme 12,4 m³ vzduchu a vznikne přibližně 1,8 m³ CO₂ (Bauer, 2013).

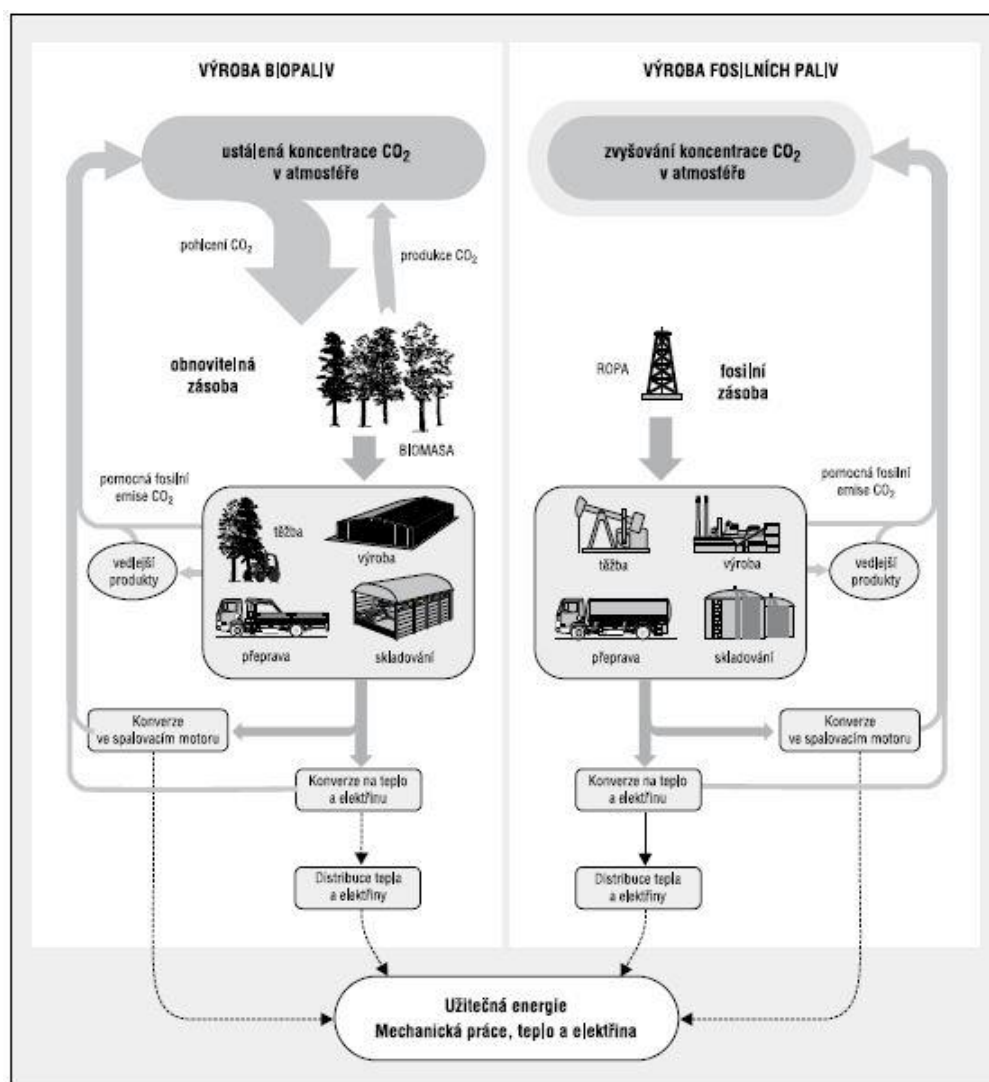
Tyto shora uvedené škodlivé látky snižujeme pomocí, ve výfukovém potrubí na- instalovaným, tzv. čističem výfukových zplodin - katalyzátorem, který má za úkol:

- Oxidovat oxid uhelnatý na CO₂
- Oxidovat nespálené uhlovodíky na CO₂ a H₂O
- Snižovat množství oxidu dusíku (NO_x)

Díky dalšímu využívání nových technologií a vývoji v oblasti snižování škodli- vých látek, především oxidů dusíku (NO_x) ve výfukových plynech, se v současné době u vznětových, i nové generace zážehových motorů, využívá systém vstřikování Adblue (kapalná močovina). Adblue je vstřikováno před katalyzátor, kde se mísí s výfukovými plyny, a průchodem přes katalyzátor výfukových plynů odchází do ovzduší čistě přírodní látky - vodní pára a dusík.

Dalšími prvky instalovanými do výfukového potrubí za účelem snižování škodli- vých emisí patří filtry pevných částic a také systémy recirkulace výfukových plynů (EGR).

Paliva obsahující uhlovodík nebo uhlík mohou pocházet buď z fosilních zdrojů, nebo z biomasy různých forem. V souvislosti se snižováním emisí oxidu uhličitého byl zpracován dle mezinárodních dohod program, v jehož rámci se zavádí paliva po- cházející z obnovitelných zdrojů – biopaliv. Paliv vyrobených z biomasy – estery mastných kyselin rostlinných olejů a kvasný líh, metanol, vodík a kapalná paliva z biomasy. Důležitá je skupina paliv jen částečně tvořená složkami původu biologic- kého – ETBE a směsné motorové nafty (Matějovský, 2005).



Obr. 12 *Produkce emisí skleníkových plynů při výrobě fosilních paliv a biopaliv*

Zdroj: <http://www.cukr-listy.cz>

6 PALIVA NEKONVENČNÍ - ALTERNATIVNÍ

6.1 Alternativní paliva

V současné době se z důvodu snižování škodlivých látek v ovzduší hledají nebo zavádí tzv. alternativní druhy paliv. Alternativní se rozumí k benzínům a motorové naftě z ropy. Počítají se k alternativním proto i paliva typu zkapalněných ropných plynů (LPG), zemní plyn (CNG, LNG), metanol ze zemního plynu, nafta vyráběná ze zemního plynu a dále paliva biologického původu.

„Zatím jsou nejdůležitější složkou motorových paliv uhlovodíky. V oficiálních odhadech se počítá s využitím alternativních motorových paliv na bázi rostlinných olejů a alkoholů (obnovitelné zdroje), synteticky připravených paliv z uhlí a dehtů, ropných písků, ropných plynů a zemního plynu“.

„Vlastnosti alternativních paliv ze zemědělské produkce jsou velmi podobné v porovnání s ostatními motorovými palivy ropného původu. Ropná paliva mají jiné složení. Fyzikální a chemické vlastnosti rostlinných olejů a jejich esterů jsou však velmi podobné automobilním benzínům. Použití čistých rostlinných olejů a alkoholů si vyžaduje speciální úpravu motorů. Užití esterů a éterů jako přísad v palivových směsích úpravy nevyžaduje“ (Kára, 2001).

Základní přehled kapalných alternativních paliv:

Nafta

- Emulzní nafta (MN 85 %, voda 13 %, 2 % přísady)
- Bionafta
 - B5 (do 5 %)
 - B30 (SMN 30 % FAME - metylestery mastných kyselin v naftě)
 - B100 (FAME pro diesely)
 - Etanol a jeho deriváty (směsi s naftou přibližně 5 – 20 %)
- Syntetická nafta
 - Nafta ze zemního plynu

- Kapalná paliva z biomasy
- DME (Dimethylether) nejjednodušší ether

Benzín

- Benzínová směs s etanolem a metanolem
 - E5 (do 5 %)
 - E15 (bio-etanol v benzínu) vyžaduje změnu pro obsah kyslíku etanolu
 - E85
 - M3 (malý přídavek metanolu do benzínu, do 3 %)
 - M85

Metanol (M100) tzv. „dřevný líh“

Etanol (E100) alkohol

- E95 (90 % - 95 % obj. bio-etanolu a 5 % - 10 % přísad) motorová paliva – alkoholová pro rychloběžné diesely, kvasný líh denaturovaný určený pro přidávání do automobilových benzinů

EETBE, MTBE (ethery)

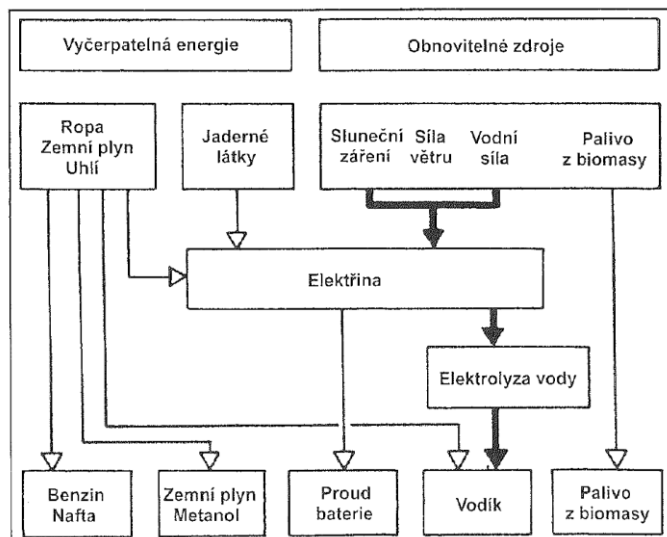
Základní přehled plynných motorových paliv:

LPG, zkapalněné ropné plyny

Zemní plyn

- CNG stlačený zemní plyn
- LNG zkapalněný zemní plyn
- Bioplyn pro motorová paliva – bioplyn jako palivo pro zážehové motory

Vodík pro palivové články pro automobily a stacionární použití (Matějovský, 2005).



Obr. 13 Různé druhy energie pro pohon vozidel

Zdroj: Vlček (2004)

Základní přehled stavu používání alternativních paliv

6.1.1 Emulzní nafta

Jedná se o směs obsahující 85 % motorové nafty, 13 % vody a 2 % přísad (emulgačních činidel, směsi alkoholů). Je používána zejména ve Francii a Itálii, vzhledem k přítomnosti vody ve směsi má příznivý průběh spalovacího procesu. Emulzní motorová nafta je osvobozena od spotřební daně.

Výhody:

- Možnost spalování ve vznětových motorech bez dalších úprav
- Snížení emisí pevných částic až o 80 %, NO_x až o 30 % a s tím související snížení kouřivosti

Nevýhody:

- Skladování emulze, stabilita roztoku

- Vysoké náklady na výrobu
- Snížení výkonu motoru o 10 až 15 %

6.1.2 Bionafta

Pod názvem bionafta se uvádí produkt:

A) MEŘO, je to zkratka pro metylester řepkového oleje. Dle České státní normy (ČSN) se pojem bionafta neuvádí. Jsou zde dva termíny:

a) metylester řepkového oleje MEŘO

b) směsné palivo pro vznětové motory s obsahem metylesteru řepkového oleje (nad 30 % hm. MEŘO, maximálně 36 % hm. MEŘO)

MEŘO vzniká při reakci řepkového oleje a metanolu. V současné době je na trhu 2. generace bionafty. Jedná se o směsnou naftu, kde podíl MEŘO je 31 % ku 69 % motorové nafty.

B) FAME (fatty acid methyl ester) je na bázi rostlinných olejů (př. sojový, slunečnicový olej), které se vyrábí chemickou reakcí rostlinného oleje s metanolem. FAME a MEŘO můžou obsahovat aditiva na zlepšení užitečných vlastností.

V současnosti musí výrobci pohonných hmot povinně přimíchat procentní podíl bionafty do nafty vyrobené z ropy. (Biosložka je ze zákona povinnou součástí každého litru benzínu a nafty. V benzínu musí být nejméně 2,9 % biolihu, v naftě nejméně 4,2 % bionafty) (Zákon č. 382/2015 Sb.).

Výhody:

- Využití řepky olejky a dalších olejnin jako obnovitelného zdroje energie
- Při úniku paliva je snadnější ekologická odbouratelnost
- Snížení emisí CO₂, využití CO₂ při růstu rostliny v následném vegetačním období
- Snížení emisí nespálených uhlovodíků a oxidů síry

Nevýhody:

- Na stěnách spalovacího prostoru se tvoří usazeniny

- Degradace motorového oleje, častější intervaly výměny
- Vyšší spotřeba paliva z důvodu nižší výhřevnosti
- Zanášení špiček vstřikovacích trysek karbonem
- Obtížná filtrovatelnost při nižších teplotách

Pozn.: „*Řepka olejka je potravinářskou surovinou, vyrábí se z ní jedlý olej. V krmivářství se využívají extrahované šrotky a pokrutiny pro výrobu krmných směsí. Může sloužit také jako pícnina. Zelená hmota se využívá i na zelené hnojení. Řepkový olej je také surovinou pro chemický průmysl a může sloužit i jako zdroj obnovitelné energie místo fosilních zdrojů. Řepka slouží také jako medonosná rostlina*“.
(<http://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/repka.htm>, 2006)

6.1.3 DME (Dimethyléter)

Dimethyléter patří do skupiny éterů, je vyrobený z biomasy a je jako palivo využitelný pro vznětové motory jako náhrada nafty. Je to bezbarvý plyn, využívá se i např. jako chladicí médium nebo jako hnací plyn ve sprejích (<http://biom.cz/cz>, 2009).

Výhody:

- Má vysoké cetanové číslo (nižší emise, vyšší výkon, lepší starty, tišší chod motoru)
- Neobsahuje síru
- Vysoký obsah kyslíku – pozitivní ovlivnění spalování
- Postačují relativně nízké vstřikovací tlaky (30 MPa)
- Výrazně nižší emise (NO_x a pevných částic)

Nevýhody:

- Vyžaduje rozsáhlé změny palivového systému motoru (průkopníkem je švédský výrobce Volvo)
- Nízká mazací schopnost, nutnost přidání aditiv
- Kapalný DME se musí skladovat v tlakových nádržích (jako LPG)

6.1.4 Metanol (methylalkohol)

Metanol a etanol jsou alkoholy, mají podobné vlastnosti jako konvenční paliva. Metanol se vyrábí chemicky z fosilních paliv nebo i suchou destilací dřeva (biomasa), mísí se s benzinem, např. 3 % metanolu a 97 % benzínu (Vlk, 2004).

Výhody:

- Vysoké oktanové číslo
- Lepší hoření a nižší produkce emisí
- Vyšší výkon motoru
- Lze použít jako palivo v čisté formě nebo jako směs

Nevýhody:

- Nutné používání aditiv zlepšující mazací vlastnosti
- Vysoce toxický a chemicky agresivní
- Ve směsi s benzinem váže vodu (nutnost použití aditiv)
- Výrazně vyšší výrobní cena

6.1.5 Etanol (ethylalkohol)

Vyráběný kvašením ze surovin obsahujících cukr nebo škrob (cukrová a krmná řepa, brambory, obiloviny), nebo i z odpadní biomasy zemědělské výroby, a dále následnou destilací. Mísí se různým poměrem s benzinem, (např. 60 % etanolu, 33 % metanolu a 7 % benzínu, nebo 10 % etanolu a 90 % benzínu), je jedním z nejstarších alternativních paliv (Vlk, 2004).

Výhody:

- Vysoké oktanové číslo
- Lepší hoření a nižší produkce emisí
- Vyšší výkon motoru
- Lze použít jako palivo v čisté formě nebo jako směs

Nevýhody:

- Nutné používání aditiv zlepšující mazací vlastnosti
- Nutnost větší dávky paliva kvůli menší výhřevnosti
- Je chemicky agresivní
- Výrazně vyšší výrobní cena

6.1.6 ETBE, MTBE (ethery)

(Etyltercbutyléter, Metyltercbutyléter, tzv. oxigenáty)

Používají se jako složky automobilových benzinů, díky kyslíkaté složce snižuje ve výfukových plynech obsah oxidu uhelnatého a uhlovodíků. Lze je vyrobit z biomasy. MTBE vzniká reakcí izobutenu (uhlovodík) a metanolu, je rozpustný ve vodě. ETBE vzniká reakcí izobutenu a etanolu, je složen ze 47 % kvasného lihu (Matějovský, 2005).

6.1.7 LPG – ropný plyn (propan-butan)

Vzniká při rafinaci ropy jako vedlejší produkt, ochlazením nebo stlačením se zkapalňuje, zkapalněním LPG z 1 m³ vzniknou 4 litry kapaliny - skladování v poměrně malém prostoru. LPG je nejvíce rozšířené automobilové palivo nahrazující motorový benzín. LPG lze použít jen s nutnou přestavbou palivového systému, v ČR je hustá síť čerpacích stanic (Vlk, 2006).

Výhody:

- Vysoké oktanové číslo
- Lepší hoření a nižší produkce emisí
- výkon motoru se uvádí nižší jen o 5 %
- až o polovinu nižší cena oproti ceně benzínu
- je možné přepínání z pohonu LPG na benzín (duální systém)

Nevýhody:

- na 40 litrovou nádrž nájezd jen 400 až 450 km

- Nutnost přestavby palivového systému – dodatečná montáž, s tím spojená finanční investice, rovněž se přestavbou zvýší hmotnost vozidla
- Použití jen u zážehových motorů
- Požadavek na vyšší kvalitu a čistotu než u propanbutanových lahví
- Zákaz parkování v podzemních garážích
- Ropný plyn má fosilní podstatu

6.1.8 Zemní plyn (CNG a LNG)

Zemní plyn je použitelný v zážehových motorech, kde není třeba žádných konstrukčních změn. Jeden kilogram zemního plynu má vyšší energetický obsah o 38 % než jeden litr nafty a o 47 % vyšší energetický obsah než jeden litr benzínu. Zemní plyn má výrazně nižší produkci emisí až o 25 % méně CO₂ a CO, HC a NO_x až o 80 % oproti spalování benzínu a nafty.

Zkratkou CNG se rozumí stlačený zemní plyn, zkratkou LNG zkapalněný zemní plyn. Zemní plyn se také řadí mezi nejstarší alternativní paliva, první pokusy byly se spalovacími motory plněnými výbušnou směsí (Francouz Lenoir v roce 1859). Během druhé světové války byly na jihu Moravy čtyři čerpací stanice na stlačený zemní plyn pro pohon motorových vozidel. V současné době jsou motory na zemní plyn, zprvu konstruované do městských autobusů a nákladních vozidel, masově rozšířené i do osobních vozidel – jako již sériová výroba. Největší počet vozidel na CNG jezdí u americké pošty (Vlk, 2006).

Zemní plyn se nachází v podzemí buď samostatně nebo spolu s ropou nebo černým uhlím. Hlavní složkou zemního plynu je:

Metan: 90 % a více

Etan: 1 % až 6 %

Vysoký obsah metanu způsobuje, že při spalování jsou nižší emise, zvláště pak méně oxidu uhličitého než obecně při spalování ropy – tzv. „čisté palivo“. V současné době se zásoby zemního plynu odhadují na přibližně 200 let, u ropy jsou odhady na 50 – 100 let (Hromádko, 2012).

Výhody:

- Nulová silniční daň pro užitková a nákladní vozidla do 12 tun a všechna vozidla pro přepravu osob
- Nižší cena oproti benzínu a naftě (osvobozeno od spotřební daně)
- Vysoké oktanové číslo, tišší chod motoru (odolnost proti detonačnímu hoření)
- Lepší hoření a výrazně nižší produkce sledovaných emisí, včetně dalších karcinogenních látek
- je možné přepínání z pohonu CNG (LNG) na benzín (duální systém)
- doprava zemního plynu CNG k odběrným místům potrubním systémem (plynovodem)

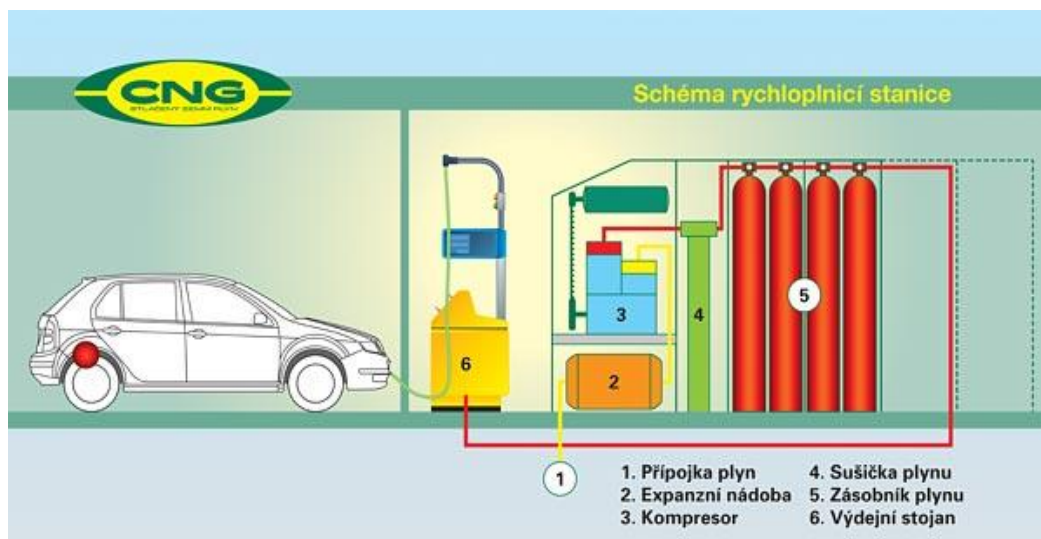
Nevýhody:

- Použití jen u zážehových motorů (u vznětových nutná nákladná přestavba)
- náročné na objem zastavěného prostoru v automobilu, to souvisí i s vyšší hmotností ocelových lahví, plnicí tlak je 20 MPa
- LNG – potřeba velmi nízké teploty ke zkapalnění zemního plynu (-162°C)
- Zákaz parkování v podzemních garážích u LNG
- Poměrně malá dojezdová vzdálenost
- Stále nedostatečná síť čerpacích stanic
- Zemní plyn má fosilní podstatu

Tab. 2 Porovnání CNG a nafty pro autobus s dojezdem 500 km

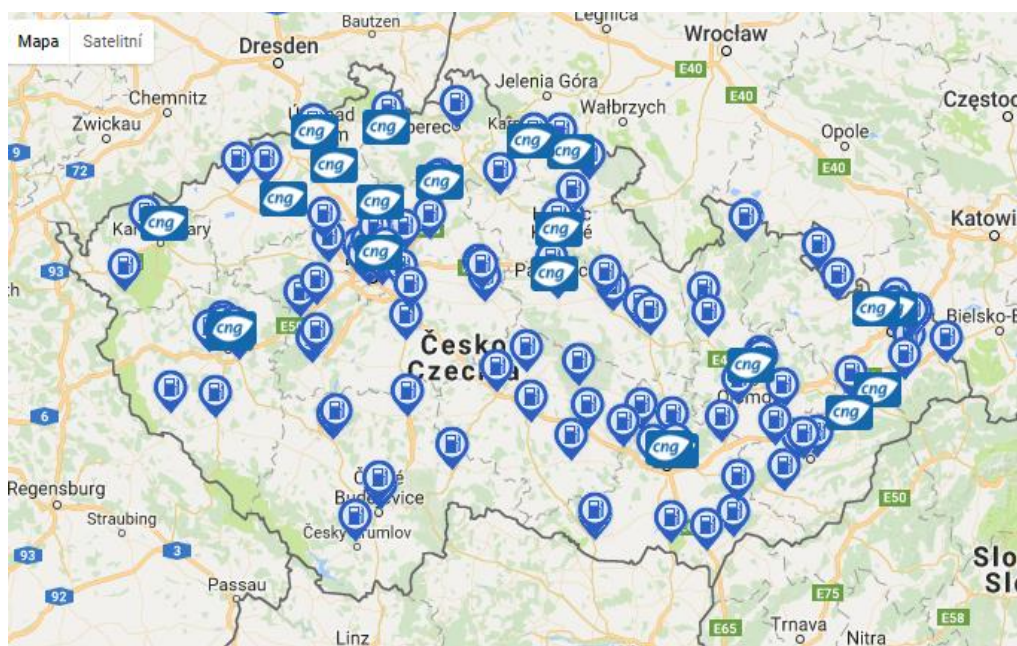
Zdroj: Vlček (2006)

	Nafta	CNG
Hustota paliva [kg · m⁻³]	830	140
Výhřevnost [MJ · kg⁻¹]	42,5	47,7
Přetlak v nádrži [MPa]	0	20
Objem nádrže [litry]	200	1270
Zvýšení hmotnosti [kg]	--	1000



Obr. 14 Schéma rychloplnící stanice CNG

Zdroj: Hromádko (2012)



Obr. 15 Mapa CNG stanic, stav k březnu 2017

Zdroj: <http://www.cng.cz>

6.1.9 Vodík (H₂)

Z budoucího pohledu se vodík jeví jako největší naděje pro pohon automobilů a obecně také jako zdroj energie. Voda, ve které je obsažen, se vyskytuje v přírodě prakticky neomezeně. Užití vodíku je nyní ale v počátcích, není jasné, jakým způsobem se bude vyrábět. Současná technologie výroby vodíku je energeticky náročná, jednou z alternativ pro výrobu vodíku je energie nukleární. Způsob využití je také otázkou. Vodík můžeme spalovat ve spalovacích motorech (produkce emisí jsou voda a malé množství NO_x). Hlavní nevýhodou je, že vodík je ve směsi se vzduchem značně výbušný. Vodík pro svou malou hustotu je hůře uskladnitelný ve vozidle než například zemní plyn. Vodík lze použít i v případě jako zdroj reakce v palivových článcích, kde tímto způsobem pohání elektromotor. Tyto shora uvedené důvody nám neúnosně zvyšují finanční náročnost tohoto paliva.

Vodík se vyrábí několika způsoby:

- Z fosilních paliv
- Elektrolýzou (nejvíce pravděpodobná technologie výroby z hlediska budoucnosti)
- Z biomasy
- Z alternativních zdrojů energie (elektrolýza za použití elektrické energie vyrobené s využitím solární, větrné, vodní a jaderné energie)

Průkopníkem v oblasti spalovacího motoru na vodík je německý výrobce automobilů BMW. Vodíkový dvanáctiválec BMW 750hL je již pátou generací pohonu na vodík. Stejně jako u zemního plynu jsou i u vodíku dvě formy – stlačený a zkapalněný (Hromádko, 2012).

7 BIOPALIVA

7.1 Důvody používání biopaliv pro pohon silničních vozidel

„Biopaliva v dnešní době představují jednu z nejdiskutovanějších skupin alternativních paliv. Hlavním důvodem zájmu veřejné společnosti a výzkumu ohledně biopaliv je nalezení odpovědi na otázku, do jaké míry jsou biopaliva schopná snižovat produkci oxidu uhličitého. Při pěstování rostlin použitých jako vstupní surovina se ze vzduchu spotřebovává oxid uhličitý, který se uvolní až při spalování biopaliva. Z tohoto pohledu by byla produkce oxidu uhličitého nulová. Skutečnost je ale odlišná. Pěstování a úprava vstupní suroviny na použitelné biopalivo je energeticky náročný proces, který je bezpochyby spojen s produkcí oxidu uhličitého. Z tohoto důvodu je přínos v poklesu oxidu uhličitého o tuto produkci snížen“ (Hromádko, 2012).

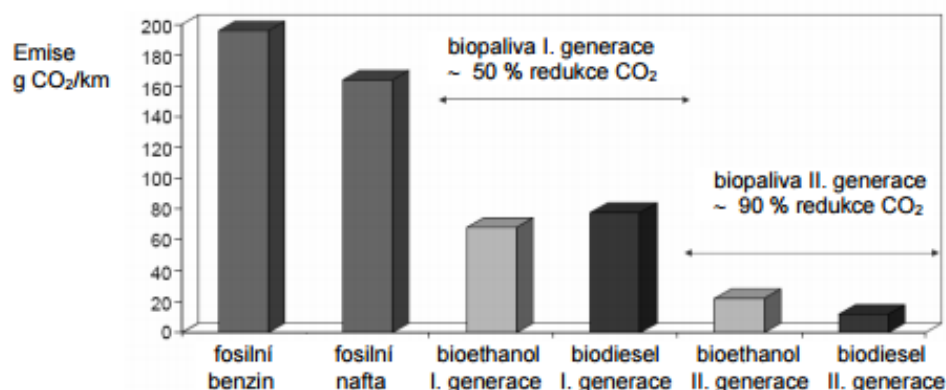
Důvody k používání biopaliv jsou především v tom, že se jedná o obnovitelný zdroj energie, který se obnovuje srovnatelně s jeho využíváním. Fosilní paliva zde vznikaly po několik tisíciletí a vlivem masivní těžby hrozí jejich budoucí vyčerpání. Spotřebou biopaliv v dopravě se může stát zbavit závislosti na dovážené ropě. Jsou zde možnosti využívání zemědělské půdy pro pěstování biomasy a tím možnosti vzniku nových pracovních míst.

Biopaliva první generace vznikala ze vstupních surovin určených k výrobě potravin. Druhá generace biopaliv má za vstupní suroviny nepotravinářské plodiny a lignocelulózový materiál - dřevní odpad, sláma, použitý papír, biologický odpad apod. (Hromádko, 2012).

Motorová paliva původem z ropy mají podobné fyzikální a chemické vlastnosti jako paliva ze zemědělské produkce. Rostlinné oleje a jejich estery jsou velmi podobné motorové naftě. Vlastnosti alkoholů a éterů jsou velmi podobné benzinům. Používáním čistých rostlinných olejů a alkoholů jako paliva vyžaduje poměrně značnou úpravu a zásah do spalovacího motoru. Ale jako přísady do příslušného paliva úpravy nevyžadují.

Související vybraná legislativa pro oblast biopaliv:

- Směrnice Evropského parlamentu a Rady **2009/28/ES** ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů.
Každý členský stát zajistí, aby v roce 2020 byl podíl energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie a rovnal se alespoň celkovému národnímu cíli pro podíl energie z obnovitelných zdrojů – pro ČR 13 %.
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady **2009/30/ES** ze dne 23. dubna 2009 o specifikaci benzínu, motorové nafty a plynových olejů, zavedení mechanismu pro sledování a snížení emisí skleníkových plynů.
- Nařízení vlády č. **351/2012 Sb.** ze dne 3. října 2012 o kritériích udržitelnosti biopaliv
- ČSN EN 228 a ČSN EN 590
Tyto normy povolují přimíchávání bioetanolu do výše 10 % u automobilového benzínu, do výše 7 % FAME do motorové nafty.
- Zákon č. **382/2015 Sb.** ze dne 10. prosince 2015, kterým se mění zákon č. 353/2003 Sb., o spotřebních daních, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony.
 - *“§ 19a Povinnost zajistit minimální množství biopaliv v průběhu kalendářního roku*
 - (1) *Dodavatel pohonných hmot je povinen zajistit, aby v pohonných hmotách, které uvádí do volného daňového oběhu na daňovém území České republiky pro dopravní účely v příslušném období nebo které byly uvedeny do volného daňového oběhu v jiném členském státě Evropské unie a jsou dodávány na daňové území České republiky pro dopravní účely v příslušném období, bylo obsaženo minimální množství biopaliva*
 - a) *ve výši 2,9 % objemových z celkového množství motorových benzinů přimíchaných do motorových benzinů,*
 - b) *ve výši 4,2 % objemových z celkového množství motorové nafty přimíchaných do motorové nafty“ (Zákon č. 382/2015 Sb.).*



Obr. 16 Potenciál snížení emisí CO₂ biopalivy první a druhé generace

Zdroj: Hromádko (2012)

Přehled energetického využití biomasy:

- A) Skupina – chemické přeměny » Technologie – spalování, zplyňování, rychlá pyrolýza » Produkty – olej, plyn, dehet, metan, metanol » Výstupy - teplo, elektřina, pohon vozidel.
- B) Skupina – chemické přeměny ve vodním prostředí » Technologie – zkapalňování, esterifikace » Produkty – olej, metylester řepkového oleje (MEŘO) » Výstupy - pohon vozidel.
- C) Skupina – biologické procesy » Technologie – anaerobní digesce, alkoholové kvašení, kompostování » Produkty – bioplyn, metan, etanol » Výstupy - teplo, elektřina, pohon vozidel.

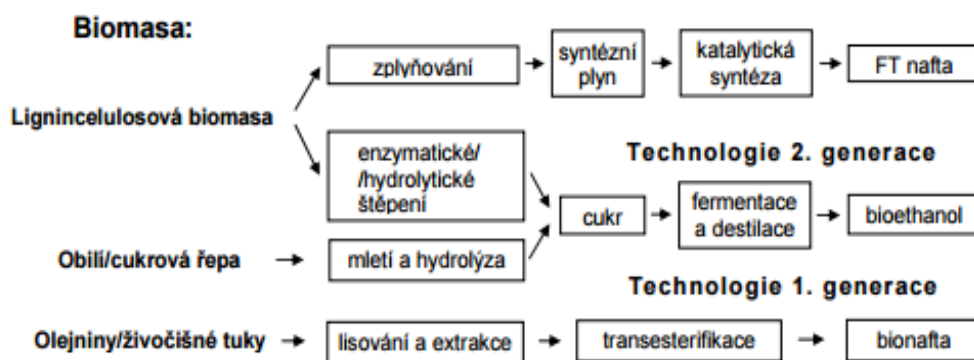
7.1.1 Bioethanol (líh)

Vyráběl se především z přebytků zemědělské produkce. Již v roce 1922, kdy nastal nedostatek lihu jako paliva pro motorová vozidla, se začalo používat palivo nazvané Dynalkol. Byla to směs 50 % kvasného lihu, 30 % benzenu (uhlovodík získaný destilací kamenouhelného dehtu) a 20 % benzínu. Po roce 1945 nastupuje na trh ropa a její destiláty. Dnešní výroba bioethanolu spočívá v použití surovin obsahujících jednoduché cukry nebo látky, které se mohou přeměnit na jednoduché cukry, jako jsou celulóza a škrob.

Bioethanol se vyrábí z biomasy, která obsahuje:

- Jednoduché cukry (cukrová třtina a řepa)
- Škrob (kukuřice, brambory, obiloviny)
- Biomasa tzv. lignocelulózová (sláma, rychle rostoucí energetické plodiny – vrba, blahovičnick, eukalyptus, zbytky zemědělské produkce)

V České republice se bioethanol vyrábí ze vstupní suroviny obilí a cukrové řepy. Bioethanol má oktanové číslo 107, má menší výhřevnost, využívá se jako palivo v benzínových motorech. Je zde zapotřebí úprava, zvětšení dávkování paliva. Palivo se značí velkým písmenem „E“, např. E85 (85 % etanolu a 15 % benzínu), E95 (95 % etanolu a 5 % benzínu). Další alternativou je směs MEG (33 % metanolu, 60 % etanolu a 7 % benzínu). Využití má také jako přísada 5 až 7 % do benzínu (Kára, 2001).



Obr. 17 Technologické postupy výroby biopaliv první a druhé generace

Zdroj: <http://www.chemicke-listy.cz>

7.1.2 MEŘO (methylester řepkového oleje)

Surovinou je řepkový olej vylisovaný z řepkových semen. Methylester řepkového oleje vzniká chemickou reakcí s metanolem s přidáním hydroxidu draselného nebo sodného. Vznikají dva produkty, methylester řepkového oleje a glycerol. Následuje oddělení a vyčištění oleje od nežádoucích přísad. Řepkový olej je nejvyužívanějším olejem pro výrobu bionafty v Evropě. MEŘO je určeno výhradně pro naftové motory, fyzikálně chemické vlastnosti jsou podobné jako u nafty. Dle použitého oleje se methylestery označují:

RME – methylester řepkového oleje MEŘO (zahraniční označení)

SME- methylester slunečnicového oleje

SOME- methylester ze sójových bobů

FAME- methylester mastných kyselin

VUOME- methylester z použitých fritovacích olejů (Hromádko, 2012)

7.1.3 Syntetická motorová nafta

Získává se ze zemního plynu nebo zplyňováním biomasy. Výroba se nazývá Fischer – Tropšova syntéza (FT). Tato technologie se používala od třicátých let minulého století do zavedení ropovodu Družba. Jednalo se o výrobu nafty z uhlí. V současné době je primární záležitostí zplyňování biomasy, zplyňováním se vyrobí syntézní plyn, pomocí něhož se pomocí FT syntézy vyrobí syntetická nafta. Zemí zabývajících se intenzivním vývojem této technologie je Německo (Hromádko, 2012).

7.1.4 HVO (Hydrogenated vegetable oil – hydrogenovaný rostlinný olej)

Rostlinné oleje jsou dnes nejvyužívanějším zdrojem pro výrobu alternativních paliv pro vznětové motory. Spolu s těmito oleji lze využít i upotřebené fritovací oleje, živočišné tuky a oleje z řas. Uvedené suroviny se prvotně transformují na metylestery vyšších mastných kyselin FAME. Využívají se k přimíchávání do motorových naft.

Nová možnost zpracování shora uvedených olejů je hydrogenace. Hydrogenací se získává bezkyslíkatá sloučenina alkanů, která má vysoké cetanové číslo, velmi nízký obsah síry a vynikající stabilitu a výhřevnost. Lze ji přimíchávat do motorové nafty ve velkém poměru. Pro výrobu tohoto paliva je zapotřebí vodík.

Obecně dnes dělíme konverzi rostlinných olejů přímo na kapalná paliva:

- Transesterifikace rostlinných olejů
- Hydrogenace rostlinných olejů (Váchová, 2015, Hydrogenace...).

8 POROVNÁNÍ RŮZNÝCH UKAZATELŮ PALIV

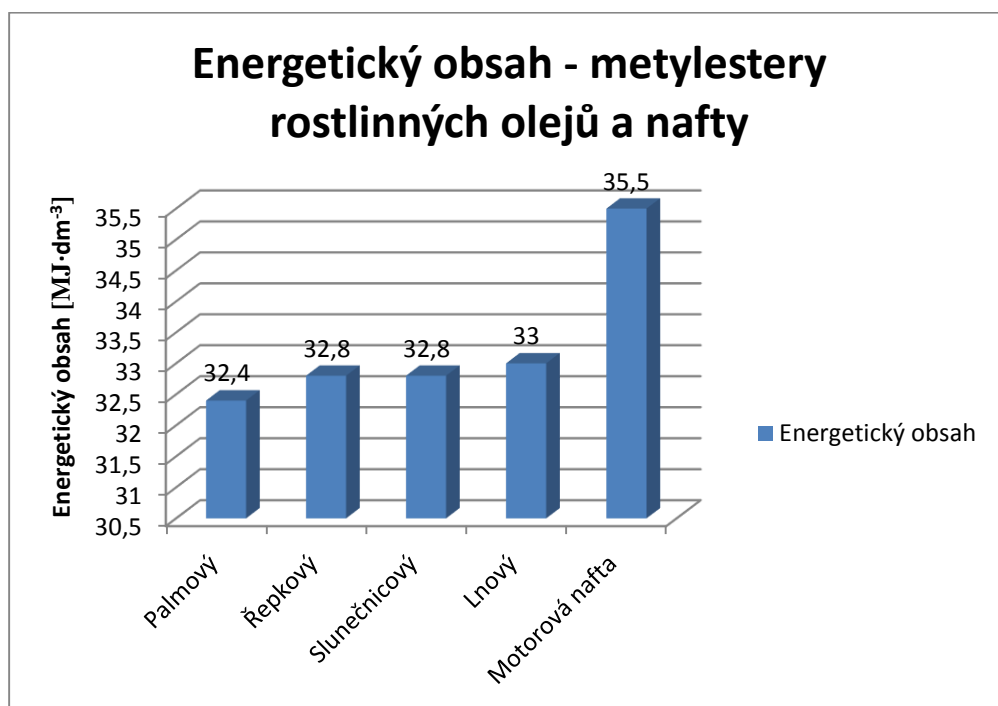
V porovnání surovin pro produkci biopaliv v tabulce 3 je zřejmé, že pro výrobu etanolu, který se přimíchává do motorových benzínů, je nejvýhodnější zemědělská plodina cukrovka, která má největší obsah energie a celkovou energetickou hodnotu 9,8 PJ. Pro výrobu rostlinných olejů a jejich esterů, které se přimíchávají do motorové nafty, se z hlediska obsahu energie jeví jako nejvýhodnější zemědělská plodina řepka spolu se lnem a slunečnicí v celkové energetické hodnotě cca 10,3 PJ. (Trávníček, 2015).

Pozn. ($10^{15} J = 1 PJ$ [petajoule]).

Tab. 3 Výroba surovin pro produkci biopaliv ČR

Zdroj: Trávníček (2015)

Plodina	Druh paliva	Alokovaná plocha půdy	Spotřeba plodiny na výrobu biopaliva	Výtěžnost biopaliv z 1 ha	Obsah energie		Celková energetická hodnota
					GJ·m ⁻³	GJ·ha ⁻¹	
		v tis. ha	t·m ⁻³	m ³ ·ha ⁻¹			PJ
Cukrovka	etanol	80	9,32	5,85	21	122,85	9,8
Kukuřice	etanol	30	2,13	3,43	21	72	1,7
Pšenice	etanol	30	2,57	2,04	21	42,8	1,7
Řepka	FAME	240	2,3	1,3	33	43	10,3
TTP - trvalé travní porosty	biometan	20	0,01	2700	0,0212	57,24	1,4
Kukuřičná siláž	biometan	10	0,006	8100	0,0212	172	1,7
BRO (tis. t) - biologicky rozložitelné odpady	biometan	-	-	100	0,0212	-	0,1
Použité kuchyňské oleje a tuky (tis. t)	FAME	-	-	32	37 GJ·t ⁻¹	-	1,18
Celkem		380					26,2



Obr. 18 Metylestery z různých rostlinných olejů v porovnání s motorovou naftou

Zdroj: Trávníček (2015)

Tab. 4 Porovnání energetických obsahů stejného množství různých paliv

Zdroj: Trávníček (2015)

Druh paliva	Energetický obsah [%]
Motorová nafta	100
Řepkový olej	97
Metylester řepkového oleje (MEĚO)	92
Benzín	91
Etanol	58
Metanol	44

Z uvedených hodnot je patrné, že konvenční paliva mají z hlediska energetického obsahu oproti alternativním palivům výhodnější ukazatele.

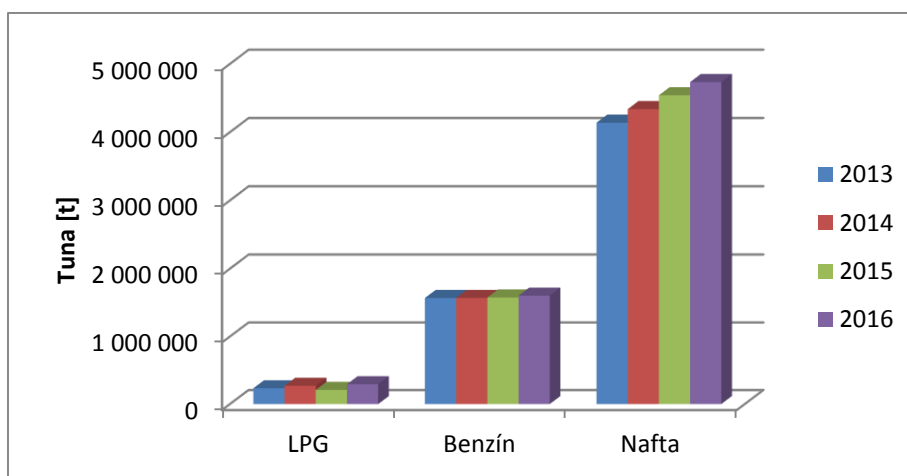
Současný stav využití paliv a biopaliv uvádí tabulka 5, kde se uvádí spotřeba ropných produktů. Spotřeba nafty stoupá, spotřeba benzínu je ve sledovaných letech přibližně stejná a spotřeba LPG měla klesající tendenci, avšak v roce 2016 jeho spotřeba stoupla.

POROVNÁNÍ RŮZNÝCH UKAZATELŮ PALIV

Tab. 5 Spotřeba ropných produktů a bioložek v ČR [t]

Zdroj: <https://www.czso.cz>

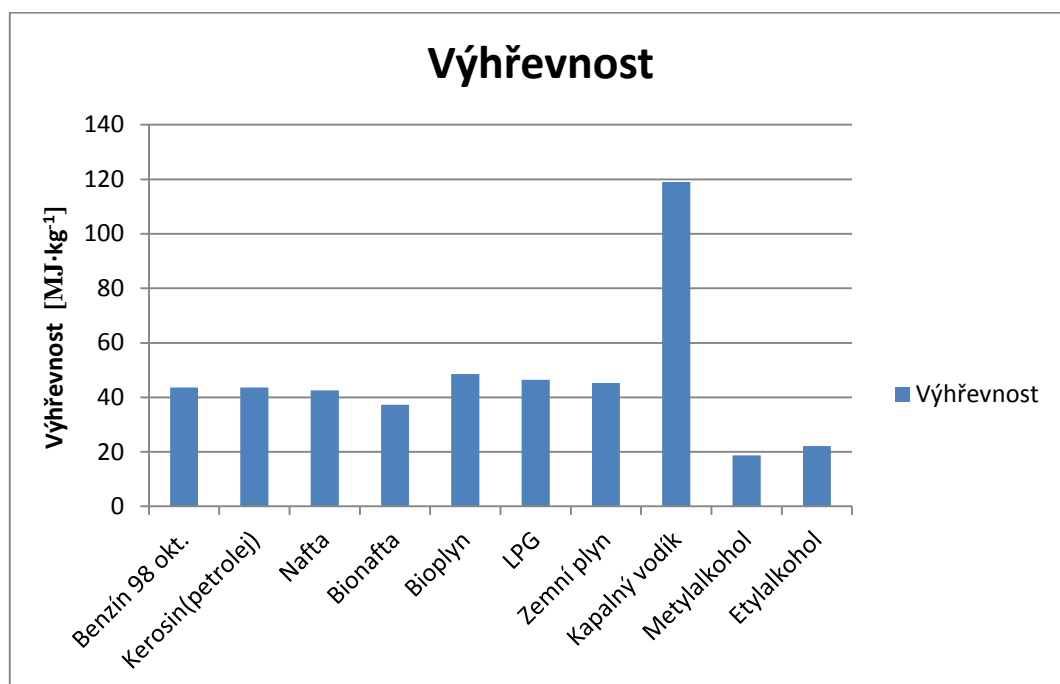
Rok	LPG	Benzín	z toho biosložky	Nafta	z toho biosložky
2013	234 000	1 570 000	83 000	4 138 000	235 000
2014	271 000	1 570 000	102 000	4 337 000	284 000
2015	210 000	1 577 000	98 000	4 541 000	264 000
2016	294 000	1 605 000	74 000	4 733 000	286 000



Obr. 19 Spotřeba ropných produktů v ČR [t]

Zdroj: <https://www.czso.cz>

Z pohledu výhřevnosti vybraných paliv v obrázku 20 je zřejmé, že paliva původem fosilního mají přibližně stejný výsledek výhřevnosti. Ropný plyn (LPG) a zemní plyn (CNG) mají o několik jednotek lepší výsledek výhřevnosti. Nejvyšší výhřevnost má v tomto porovnání kapalným vodík.



Obr. 20 Výhřevnost vybraných paliv

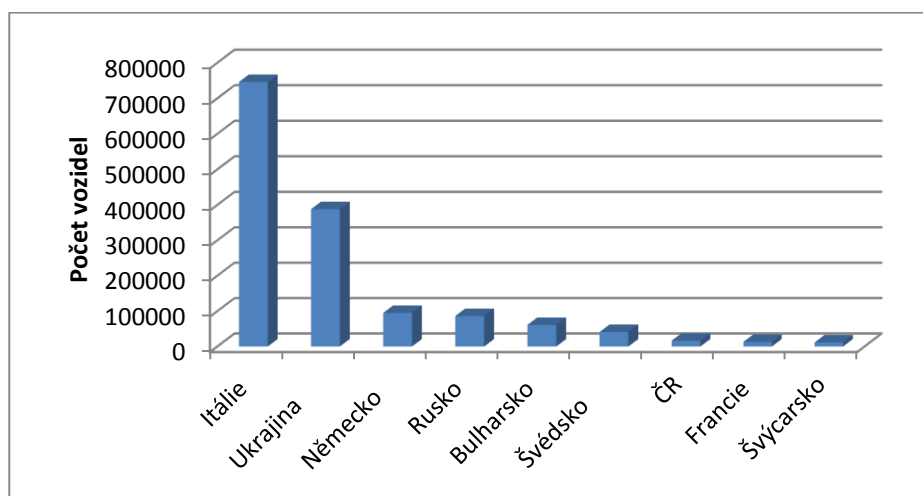
Zdroj: Frybert (2015)

Dalším současným palivem motorových vozidel je stlačený zemní plyn CNG. Distribuce zemního plynu k odběrným místům, tankovacím stanicím CNG, je řešen pomocí plynovodů, proto je statistika oddělená od ostatních druhů paliv. Z hlediska registrací nových vozidel, vozidel vyrobených již v prvovýrobě, jsou počty vozidel rok od roku stoupající. Obliba těchto vozidel i přes o několik procent vyšší pořizovací cenu roste. Za jeden z důvodů lze považovat nižší cenu tohoto paliva a s tím související nižší náklady na ujetý kilometr.

Tab. 6 Statistika CNG vozidel

Zdroj: <http://www.cng.cz>

Počet CNG vozidel		
Svět	Evropa	ČR
22 335 773	1 960 253	16400



Obr. 21 Počty vozidel na CNG ve vybraných evropských státech

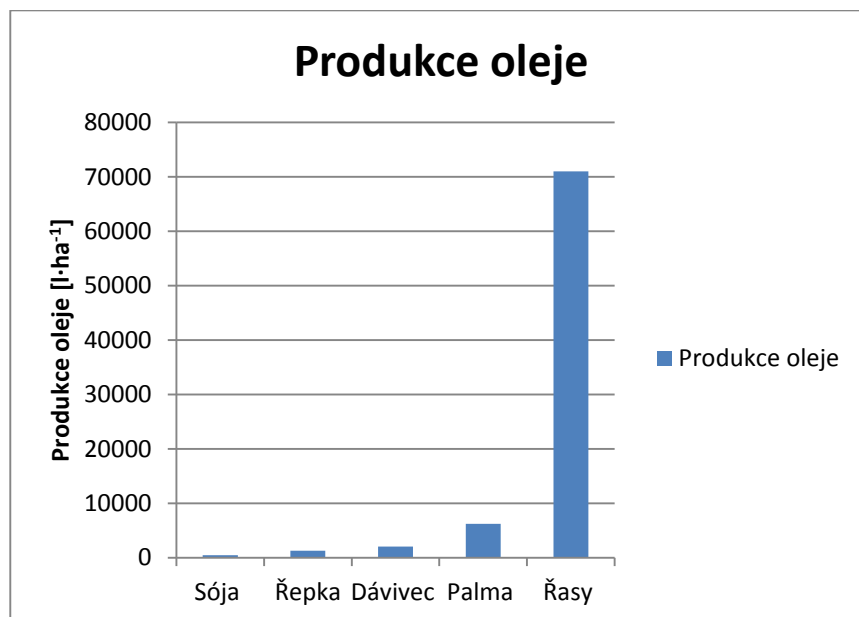
Zdroj: <http://www.cng.cz>

Tab. 7 CNG statistika v ČR

Zdroj: <http://www.cng.cz>

Statistika ČR:				
Rok	Počet stanic	CNG vozů celkem	z toho CNG autobusů	Prodej CNG (mil. m ³)
2004	9	250	100	2,773
2005	9	450	165	3,01
2006	11	580	180	3,584
2007	17	900	195	5,79
2008	17	1 200	215	6,758
2009	23	1 800	270	8,082
2010	32	2 500	300	10,058
2011	34	3 250	336	12,089
2012	45	4 300	362	15,242
2013	50	6 300	410	21,952
2014	75	8 055	518	29,912
2015	102	12 000	820	43,589
2016	130	16 400	1 047	59,346

Z hlediska hledání nových budoucích alternativních biopaliv, paliv pocházející z nepotravinářské produkce, byl při výzkumu zjištěn nový možný budoucí zdroj – řasy. Řasy jsou nejrychleji rostoucí rostliny a mají vysokou výtěžnost. V obrázku 22 jsou srovnány rostliny produkující oleje, řasy zde mají několikanásobně vyšší produkci.



Obr. 22 Produkce olejů různými rostlinami

Zdroj: Trávníček (2015)

Důvodem hledání alternativních paliv je nejen zbavení se závislosti na fosilních palivech, ale také snižování emisí vznikajících spalováním těchto paliv. Proto Evropská unie vydala normu stanovující mezní hodnoty škodlivin na ujetou vzdálenost. Limity se vztahují na vozidla nově uváděná na trh.

Tab. 8 Přehled limitů jednotlivých emisních norem EURO

Zdroj: <http://www.autolexicon.net>

Vývoj evropských výfukových emisních hodnot [g·km ⁻¹]									
Rok	Emisní hodnoty	CO		NO _x		HC + NO _x		HC	Pevné částice
		Benzínové motory	Naftové motory	Benzínové motory	Naftové motory	Benzínové motory	Naftové motory	Benzínové motory	Naftové motory
1992	Euro 1	3,16	3,16	--	--	1,13	1,13	--	0,18
1996	Euro 2	2,2	1	--	--	0,5	0,7	--	0,08
2000	Euro 3	2,3	0,64	0,15	0,5	--	0,56	0,2	0,05
2005	Euro 4	1	0,5	0,08	0,25	--	0,3	0,1	0,025
2009	Euro 5	1	0,5	0,06	0,18	--	0,23	0,1	0,005
2014	Euro 6	1	0,5	0,06	0,08	--	0,17	0,1	0,005

9 DISKUZE

Z uvedených se můžeme domnívat, že budoucnost alternativních paliv se zcela jistě bude rozvíjet v několika směrech. Současný stav výroby v podobě pěstování rostlin produkujících oleje nebo cukry je limitující ve vztahu k pěstování potravin. Tyto produkce si navzájem konkurují. Následující vývoj a výzkum je určitě důležitý v nepotravinářských plodinách, tzv. lignocelulózný materiál. Ale také z části využívající půdu pro pěstování nepotravinářských plodin.

Limitujícím faktorem je dnes určitě cena paliva, dostupnost paliva (sít' čerpacích stanic), jeho spotřeba na ujetou vzdálenost a pořízení vozidel s pohonnými jednotkami na běžně dostupná paliva. Z tabulky 5 můžeme vyčíst, že spotřeba tradičního paliva (obliba naftových motorů) rok od roku roste. Ropné společnosti mají k dispozici novější technologie těžby, dále pak v současnosti lepší výtěžnost nových nalezených ložisek ve větších hloubkách. V celosvětové produkci a masové výrobě jsou dnes ropná paliva zatím cenově nejdostupnější.

Pro uživatele je dnes zajímavou možností pořízení automobilu na CNG palivo. Je zde podpora tohoto tzv. čistého paliva ze strany státu. U vozidel na tento pohon je nulová silniční daň a dále je oproti naftě a benzínu snižena sazba spotřební daně. Pořizovací cena se dá srovnat s pořizovací cenou vozidla s naftovým motorem. Na rozdíl od ostatních států Evropy sice ne v takové míře, ale dle uvedených údajů v tabulce 7 počty vozidel rostou spolu s výdejními – čerpacími samoobslužnými stanicemi. Výhoda je nejen v ceně tohoto paliva, která se promítne do nákladů na provoz CNG vozidel, ale také nižší spotřeba a dále také ve výrazně nižší produkci emisí ve výfukových plynech. Nevýhodou tohoto paliva je jeho fosilní původ. Dalším palivem s podobnými vlastnostmi jako CNG je LPG. Dle tabulky 5 ale velká obliba tohoto pohonu před několika lety začala stagnovat.

Možnou další novou alternativou biopaliva jsou řasy. Tyto vodní organismy využívají ke svému růstu z ovzduší oxid uhličitý a při fotosyntéze jej využívají k vytváření olejovitých molekul. Olej z řas by mohl být efektivnějším biopalivem než současně používaný olej z řepky. Genetickou úpravou řas, jak se ostatně praktikuje i u potravinářských plodin, se může získaný olej upravit tak, aby měl vlastnosti po-

dobné ropě. Ropa získaná z řas by také vytvářela uzavřený cyklus, řasy spotřebují oxid uhličitý z atmosféry, vytvoří z něj ropu, ta se po spálení promění v oxid uhličitý a řasy ho zase spotřebují zpět. V zemské atmosféře by tedy teoreticky nepřibývalo tohoto skleníkového plynu, který přispívá k jejímu oteplování. Řasy jsou nejrychleji rostoucí rostliny na světě a jsou vysoce produktivní, stejně jako ostatní rostliny používají řasy fotosyntézu. Energie se skladuje v buňkách ve formě lipidů (zdroj oleje) a sacharidů. Z řas tedy můžeme vyrobit bionaftu nebo bioetanol (Trávníček, 2015).

Vodík ve srovnání s ostatními dalšími palivy vykazuje nejvyšší výhřevnost a z hlediska budoucnosti je to další alternativa pohonu a zdroje energie. V současné době je ale výroba vodíku značně energeticky náročná a zatím neexistuje technologie výroby, která by snížila tuto náročnost a použití vodíku masově rozšířila.

Spalováním paliv ve spalovacích motorech se produkují emise. Tyto emise jsou škodlivé jak pro člověka tak současně pro planetu. Produkované škodlivé plyny se snažíme redukovat jak spalováním „čistějších“ paliv, sofistikovanějšími prvky napomáhající k dokonalejšímu procesu spalování a dále pak následně čištěním výfukových plynů. Systém EGR recirkuluje výfukové plyny jejich opětovným nasáváním do spalovacího motoru. Důvodem je snižování emisí oxidu dusíku NO_x . Dalším systémem je katalyzátor umístěný ve výfukovém potrubí, který svou konstrukcí umožňuje snižování oxidu uhelnatého CO oxidací na oxid uhličitý CO_2 . Dále napomáhá oxidovat nespálené uhlovodíky na CO_2 a H_2O a snižuje oxidy dusíku NO_x . Před katalyzátorem se také instaluje vstřikování AD Blue (kapalné močoviny), která reakcí napomáhá rozkladu při průchodu katalyzátorem NO_x na vodní páru a dusík. Ve výfukovém potrubí se instaluje i filtr pevných částic, který zachycuje tyto částice, které vznikají při vysoké teplotě a nepřístupu vzduchu ve spalovacím prostoru motoru. Evropská unie svým nařízením určila, v průběhu let, s jakými emisními parametry se smí nová vozidla uvádět na trh. Výrobci vozidel nesmí prodávat vozidla s motory nesplňujícími tyto shora uvedené limity pro jednotlivé složky ve výfukových plynech.

10 ZÁVĚR

Pokračování současného trendu používání fosilních paliv ve spalovacích motorech můžeme odhadovat ještě na dalších několik let. Přimíchávání bioložek do těchto paliv snižuje škodlivé emise vypouštěné do ovzduší. Zvětšování obsahu bioložek, (dnes již i z nepotravinářské produkce, tzv. biopaliva II. A III. generace) na větší koncentrace přináší další komplikace v podobě úprav stávajících motorů v provozovaných vozidlech, nebo vyžadující obměnu provozovaných vozidel, a dále také je částečná potřeba půdy pro pěstování těchto nepotravinářských produktů. Dle statistických údajů ministerstva dopravy je průměrné stáří vozového parku v ČR 14 let. V souvislosti s masivní produkcí a výrobou konvenčních paliv pro motorová vozidla, lze konstatovat, že výroba alternativních paliv nemůže konkurovat jejich ceně, protože je vyšší. Další alternativou snižování emisí a spotřeby paliva jsou hybridní vozidla využívající ke svému pohonu elektromotor a spalovací motor. Vodík, jako budoucí zdroj energie, se jeví jako nejvýhodnější pro použití v palivovém článku, palivový článek pohánějící elektromobily. Elektromobily využívají ke svému pohybu akumulovanou elektrickou energii, samotný provoz vozidla nevytváří žádné emise, ale musíme počítat se skutečností, že se emise vytváří na výrobu této elektrické energie v elektrárnách. Budoucnost paliv pro dopravu v následujících letech je v pravděpodobné kombinaci shora uváděných alternativ, a dále je potřebné kladení důrazu na úsporné systémy veškerých podob dopravy.

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

11.1 Literární zdroje

- BAUER, F. *Traktory a jejich využití*. 2. vyd. Praha: Profi Press, 2013, 224 s. ISBN 978-80-86726-52-6.
- FRYBERT, J. *Alternativní pohony*. Brno: Integrovaná střední škola automobilní, 2015, 125 s. ISBN 978-80-260-7548-6.
- HROMÁDKO, J. *Speciální spalovací motory a alternativní pohony: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. Praha: Grada, 2012, 160 s. ISBN 978-80-247-4455-1.
- KAMEŠ, J. *Alternativní pohon automobilů*. Praha: BEN - technická literatura, 2004, 223 s. ISBN 80-7300-127-6.
- KÁRA, J. *Motorová paliva z biomasy v České republice*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2001, 39 s. Zemědělské informace. ISBN 80-7271-095-8.
- MATĚJOVSKÝ, V. *Automobilová paliva*. Praha: Grada, 2005, 223 s. ISBN 80-247-0350-5.
- REMEK, B. *Automobil a spalovací motor: historický vývoj*. Praha: Grada, 2012, 159 s. ISBN 978-80-247-3538-2.
- TRÁVNÍČEK, P. *Technologie zpracování biomasy za účelem energetického využití*. Vyd. 1. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015, 209 s. ISBN 978-80-7509-206-9.
- VLK, F. *Paliva a maziva motorových vozidel*. Brno: František Vlk, 2006, 375 s. ISBN 80-239-6461-5.
- VLK, F. *Alternativní pohony motorových vozidel*. Brno: František Vlk, 2004, 234 s. ISBN 80-239-1602-5.

11.2 Internetové zdroje

- HROMÁDKO, Jan a kol. *Technologie výroby biopaliv druhé generace. Chemické listy 104, s. 784-790* [online]. 21. 12. 2009 [cit. 2017-03-30]. ISSN 1213-7103. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2010_08_784-790.pdf
- HROMÁDKO, Jan a kol. *Hodnocení životního cyklu fosilních paliv a bioetanolu. Listy cukrovarnické a řepařské 125, č. 11* [online]. Listopad 2009 [cit. 2017-03-30]. ISSN: 1210-3306. Dostupné z: http://www.cukr-listy.cz/on_line/2009/pdf/320-323.pdf
- Interaktivní mapa CNG stanic* [online]. Praha: innogy Energo, s.r.o., 2017, 30. 3. 2017 [cit. 2017-03-30]. Dostupné z: <http://www.cng.cz/cs/interaktivni-mapa/>
- KOLEKTIV AUTORŮ. Katedra geografie – Pedagogická fakulta, Masarykova univerzita. *Život s autem. Těžba ropy* [online]. 2010 [cit. 2017-03-30]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/ped/kat/fyzika/autem/pages/tezba-ropy.html>
- LAURIN, Josef. *Étery získávané z biomasy jako alternativní automobilová paliva. Odborné články, Biom.cz* [online]. 12. 9. 2007 [cit. 2017-03-30]. ISSN: 1801-2655. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/etery-ziskavane-z-biomasy-jako-alternativni-automobilova-paliva>
- Příklad současné kompaktní konstrukce, vzhledu a uspořádání motoru - Motory, nižší spotřeba paliva, vyšší dynamika* [online]. Mladá Boleslav: Škoda Auto, a.s., 2017, 28. 4. 2017 [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.skoda-auto.com/en/models/superb/technology#ColumnRepeaterLiteWebPart>
- Přehled limitů jednotlivých emisních norem EURO* [online]. Praha: 2017, 5. 5. 2017 [cit.2017-05-05]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/emisni-norma-euro/>
- Řepka olejná (Brassica napus L.)* [online]. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2016 [cit. 2017-03-30]. Dostupné z: <http://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/repka.htm>
- Spotřeba vybraných ropných produktů v ČR* [online]. Praha: Český statistický úřad, 2017, 11. 3. 2016 [cit. 2017-04-29]. Dostupné z:

<https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-vybranych-ropnych-produktu-a-zemni-plyn-prosinec-2015>

Statistika CNG vozidel [online]. Praha: innogy Energo, s.r.o., 2017, 29. 4. 2017 [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: <http://www.cng.cz/cs/statiska-cr-evropa-svet/>

VÁCHOVÁ, Veronika a Petr VOZKA. *Hydrogenace rostlinných olejů na paliva pro vznětové motory*. *Paliva* 7(2015), s. 66-73 [online]. 25. 05. 2015 [cit. 2017-05-20]. ISSN 1804-2058. Dostupné z: <http://paliva.vscht.cz>

11.3 Ostatní zdroje

ČSN EN 228. *Česká technická norma - Motorová paliva – Bezolovnaté automobilové benziny – Technické požadavky a metody zkoušení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013. Katalogové číslo 92723. Třídící znak 656505.

ČSN EN 590. *Česká technická norma - Motorová paliva – Motorové nafty – Technické požadavky a metody zkoušení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014. Katalogové číslo 95061. Třídící znak 656506.

Směrnice evropského parlamentu a rady č. 2009/28/ES, ze dne 23. dubna 2009, o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a o změně a následném zrušení směrnic 2001/77/ES a 2003/30/ES. In: *Oficiální internetové stránky Evropské unie, Právo EU – právní předpisy*. Dostupný z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&rid=1>

Směrnice evropského parlamentu a rady 2009/30/ES, ze dne 23. dubna 2009, kterou se mění směrnice 98/70/ES, pokud jde o specifikaci benzínu, motorové nafty a plynových olejů, zavedení mechanismu pro sledování a snížení emisí skleníkových plynů, a směrnice Rady 1999/32/ES, pokud jde o specifikaci paliva používaného plavidly vnitrozemské plavby, a kterou se ruší směrnice 93/12/EHS. In: *Oficiální internetové stránky Evropské unie, Právo EU – právní předpisy*.

Dostupný z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0030&rid=9>

Nařízení vlády č. 351 ze dne 3. října 2012 o kritériích udržitelnosti biopaliv. In: *Portál veřejné správy. 2017.* Dostupný z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/?path=/portal/obcan/>

Zákon č. 382 ze dne 10. Prosince 2015, kterým se mění zákon č. 353/2003 Sb., o spotřebních daních, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony, Část třetí, Změna zákona o ochraně ovzduší, Čl. IV, § 19a. In: *Portál veřejné správy. 2017.* Dostupný z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/?path=/portal/obcan/>

12 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 <i>Vozík s výbušným motorem Isaaca de Rivaz</i>	12
Obr. 2 <i>Benzínový motor N. A. Otta z roku 1885</i>	13
Obr. 3 <i>Benzínový motor Marcus – detail z roku 1888</i>	13
Obr. 4 <i>Motor Daimler V2</i>	14
Obr. 5 <i>Schéma motoru s nepřímým vstřikováním</i>	16
Obr. 6 <i>Schéma motoru s přímým vstřikováním</i>	17
Obr. 7 <i>Schéma vstřikovacího systému s tlakovým zásobníkem Common Rail</i>	18
Obr. 8 <i>Pracovní oběh čtyřdobého vznětového motoru</i>	18
Obr. 9 <i>Příklad současné kompaktní konstrukce, vzhledu a uspořádání motoru osobního automobilu</i>	19
Obr. 10 <i>Vznik ropného ložiska</i>	21
Obr. 11 <i>Podíl jednotlivých zdrojů energie na celosvětové spotřebě energie</i>	23
Obr. 12 <i>Produkce emisí skleníkových plynů při výrobě fosilních paliv a biopaliv</i>	27
Obr. 13 <i>Různé druhy energie pro pohon vozidel</i>	30
Obr. 14 <i>Schéma rychloplnicí stanice CNG</i>	37
Obr. 15 <i>Mapa CNG stanic, stav k březnu 2017</i>	37
Obr. 16 <i>Potenciál snížení emisí CO₂ biopalivy první a druhé generace</i>	41
Obr. 17 <i>Technologické postupy výroby biopaliv první a druhé generace</i>	42
Obr. 18 <i>Metylestery z různých rostlinných olejů v porovnání s motorovou naftou</i>	45
Obr. 19 <i>Spotřeba ropných produktů v ČR [t]</i>	46
Obr. 20 <i>Výhřevnost vybraných paliv</i>	47
Obr. 21 <i>Počty vozidel na CNG ve vybraných evropských státech</i>	48
Obr. 22 <i>Produkce olejů různými rostlinami</i>	49

13 SEZNAM TABULEK

Tab. 1 <i>Stručný přehled milníků vývoje automobilu a spalovacího motoru a jeho příslušenství</i>	15
Tab. 2 <i>Porovnání CNG a nafty pro autobus s dojezdem 500 km</i>	36
Tab. 3 <i>Výroba surovin pro produkci biopaliv ČR</i>	44
Tab. 4 <i>Porovnání energetických obsahů stejného množství různých paliv</i>	45
Tab. 5 <i>Spotřeba ropných produktů a bioložek v ČR [t]</i>	46
Tab. 6 <i>Statistika CNG vozidel</i>	47
Tab. 7 <i>CNG statistika v ČR</i>	48
Tab. 8 <i>Přehled limitů jednotlivých emisních norem EURO</i>	49