

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra jakosti a spolehlivosti strojů



Bakalářská práce

Vliv biopaliv na poškození vznětových motorů

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D

Vypracoval: Lukáš Babič

2015 Praha

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra jakosti a spol. strojů

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Babič Lukáš

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Vliv biopaliv na poškození vnitřních motorů

Anglický název

Impact of biofuels on diesel engine damage

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je popsat postupný dopad používání paliv s vyšším obsahem biosložek na poškození vnitřních motorů.

Metodika

- základem bakalářské práce bude literární rozbor dostupných vědeckých publikací,
- na základě literárního rozboru budou zvolena biopaliva a u nich bude popsán jejich vliv na poškození vnitřního motoru,
- svázání a odevzdání bakalářské práce.

Osnova práce

- 1) Úvod
- 2) Popis biopaliv a jejich rozdělení
- 3) Vliv biopaliv na poškození motoru
- 4) Závěr

Rozsah textové části

40-50 stran

Klíčová slova

biopaliva, spalovací motor, poškození

Doporučené zdroje informací

KAMEŠ, J.: Alternativní pohony automobilů, 1. vydání, Ben, Praha, 2004, 232 s. ISBN 80-7300-127-6

KOVÁŘ, J.: Alternativní paliva a jejich problematika: přímé využití RME a FAME, sborník referátů z 23. vyhodnocovacího semináře „Systém výroby řepky“, SPZO s.r.o, Praha, 2006, 345 s. ISBN 80-27065-00-x

MAXWELL T., JONES J.: Alternative Fuels (Emissions, Economics, and Performance). Mechanical Engineering Department Texas Tech University, In Society of Automotive Engineers, 1994, ISBN 1-56091-523-4

Předpisy a periodika

Vedoucí práce

Pexa Martin, doc. Ing., Ph.D.

Konzultant práce

Ing. Jakub Mařík

Termín zadání

listopad 2013

Termín odevzdání

duben 2015

prof. Ing. Josef Pošta, CSc.
Vedoucí katedry



prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.
Děkan fakulty

V Praze dne 3.2.2014

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv biopaliv na poškození vznětových motorů" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Martinu Pexovi, Ph.D. za jeho věcné připomínky, pomoc a cenné rady při zpracovávání této bakalářské práce.

Vliv biopaliv na poškození vznětových motorů

Impact of biofuels on diesel engine damage

Souhrn

Tato bakalářská práce se věnuje tématu biopaliv ve vznětových motorech a dopadu jejich případného použití na poškození motoru a jeho součástí. Práce je psaná formou literární rešerše a je rozdělena do dvou hlavních kapitol. V první kapitole jsou uvedeny biopaliva užívaná ve vznětových motorech a jejich popis případně způsob výroby. Druhá část je zaměřená na vlivy paliva a jejich možný negativní dopad na poškození motoru.

Klíčová slova: biopaliva, spalovací motor, poškození

Summary

This thesis focuses on the topic of biofuels in diesel engines and their possible impact on the damaging the engine and its components. The thesis is written in the form of a literature review and is divided into two main chapters. The first chapter provides review on biofuels used in diesel engines and their description or a manufacturing process. The second part focuses on the impact of fuel and their possible negative impact on engine damage.

Keywords: biofuels, combustion engine, damage

OBSAH

Úvod.....	1
1. Popis biopaliv	2
1.1 Motorová nafta a její vlastnosti.....	3
1.1.1 Cetanové číslo.....	4
1.1.2 Bod vzplanutí.....	4
1.1.3 Hustota.....	5
1.1.4 Viskozita	5
1.1.5 Destilační křivka	5
1.1.6 Další důležité vlastnosti.....	6
1.2 Biopaliva I. generace.....	6
1.3 Biopaliva II. generace	6
1.4 Přehled biopaliv I a II generace	7
1.4.1 Čisté rostlinné oleje	8
1.4.2 MEŘO.....	9
1.4.3 Dimethylether	13
1.4.4 Bionafta vyrobená z řas	14
1.4.5 Bioethanol.....	16
1.4.6 Bioplyn.....	18
1.4.7 Biobuthanol.....	19
1.4.8 Fischer-Tropschova syntéza	21
1.5 Biopaliva III. generace	22
2. Vliv biopaliv na motor.....	24
2.1 Vliv motoru	24
2.2 Kvalita paliva	25

2.3	Vliv nízkých teplot	28
2.4	Mazací schopnost bionafty	29
2.5	Definice poškození	30
2.6	Opotřebení	31
2.7	Koroze	34
2.8	Úsady karbonu	36
2.9	Vliv bionafty na polymery	39
2.10	Provoz vznětového motoru na bioethanol	41
2.11	Doporučení při provozování motoru na biopaliva	43
3.	Závěr	45
4.	Seznam použité literatury	47
5.	Seznam použitých zkratek	52
6.	Seznam obrázků a tabulek	54

ÚVOD

Doprava je jedním z nejdůležitějších odvětví v celém spektru lidských činností. Stále větší snahy o snižování emisí a zvýšení podílu energie z obnovitelných zdrojů se dotýkají dopravy velkou měrou. Je to především z toho důvodu, že v dopravě se spotřebuje až 35 % celkové spotřeby energie a až 80 % ropných produktů. Doprava je zodpovědná za téměř čtvrtinu emisí skleníkových plynů na poli Evropské Unie.

Zásoby ropy nejsou neomezené a tento fakt si lidé už začínají uvědomovat. Všechny vyspělé státy se stále více snaží přijít s alternativou k fosilním palivům. Zavedení biopaliv se sice může zdát jako východisko z této situace, ale je potřeba pečlivě zkoumat všechny dopady, které by toto rozhodnutí mohlo mít.

Podíl vznětových motorů je v Evropě zhruba 50 % což představuje veliký potenciál pro bionaftu. Vznětové motory jsou účinnější v přeměně energie a emise mají nižší. Z důvodu nižších emisí se očekává nárůst podílu vznětových motorů na trhu v Asii, kde dochází k zpřísnování emisních limitů z důvodu znečištění ovzduší. Očekává se nárůst i na ostatních kontinentech.

Úplné nahrazení ropných produktů biopalivy v dohledné době není ani možné, vzhledem k velké spotřebě paliv a z toho plynoucí potřebě orné půdy pro vypěstování produktů pro biopaliva. K částečnému nahrazení ale už dochází, například z důvodu přidávání povinného procenta biosložky do motorové nafty. Podíl biosložky bude v budoucnu růst, a proto vzniká otázka dopadu biopaliva na chod a poškození motoru.

Cílem této práce je získat alespoň částečný přehled o dnes používaných biopalivech pro spalovací motory. Dále je cílem zjistit vliv biopaliv na vznětový motor a jejich spojení s poškozením těchto motorů.

1. POPIS BIOPALIV

Biopaliva jsou v dnešní době velmi diskutovanou skupinou takzvaných alternativních a substitučních paliv. Veškerá biopaliva, ať už kapalná či plynná, jsou výrobním postupem vytvořena z biomasy. Pojem biomasa je vysvětlen níže. Pod pojmem alternativní palivo se rozumí takové palivo, kterým lze bez vážnějších konstrukčních změn zastoupit klasické palivo. Ve všech důležitých parametrech se velmi blíží klasickému palivu. [1][2]

Pojem substituční palivo vymezuje takovou skupinu paliv, které nahrazují jen menší část dosavadního paliva, aby se předešlo nežádoucím změnám či účinkům, které by mohlo větší zastoupení alternativní paliva způsobit. [3]

Směrnice Evropského parlamentu a rady 2009/28/ES, která se zabývá podporou využívání energie z obnovitelných zdrojů, mimo jiné definuje názvosloví v oblasti biopaliv. Pro lepší orientaci lze uvést význam alespoň některých termínů v souvislosti s biopalivy.

„Biomasa se rozumí biologicky rozložitelná část produktů, odpadů a zbytků biologického původu ze zemědělství (včetně rostlinných a živočišných látek), z lesnictví a souvisejících průmyslových odvětví včetně rybolovu a akvakultury, jakož i biologicky rozložitelná část průmyslových a komunálních odpadů; zahrnuje biokapaliny a biopaliva.“

„Biopalivem se rozumí kapalně nebo plynně palivo pro dopravu vyráběné z biomasy.“

„Směsným palivem se rozumí palivo, které obsahuje biomasu i fosilní uhlík.“ [4]

Bionafta (biodiesel) je methylester vyrobený z rostlinného nebo živočišného oleje, s jakostí motorové nafty. Běžně se lze setkat s palivy na bázi rostlinných olejů s označováním písmenem B, které značí bionaftu a za to se uvádí procentuální podíl biopaliva (např. B30 obsahuje 30 % bionafty a 70 % fosilní nafty). [2]

Alternativní paliva lze rozdělit do několika skupin:

1. Paliva biologického původu

- rostlinné oleje a jejich modifikace, estery rostlinných olejů,
- lihová paliva získaná fermentací škrobnatých a cukernatých plodin,
- bionafta a její modifikace,
- bioplyn,
- dřevoplyn.

2. Paliva ropného původu

- zkapalněný propan-buthan modifikovaný pro spalovací motory (LPG).

3. Paliva neropného původu

- zemní plyn ve formě zkapalněného plynu (LNG) nebo stlačeného plynu (CNG),
- syntetická kapalná paliva vyrobená ze zemního plynu technologií GTL.

4. Vodík a palivové články

- elektrická energie získaná z palivového článku. [5]

1.1 Motorová nafta a její vlastnosti

Motorová nafta je palivo využívané ve vznětových motorech. Kvalitu, technické požadavky a metody zkoušení vymezuje norma ČSN EN 590. Mimo jiné je zákonem daná povinná příměs biosložky do motorové nafty. Tento podíl se neustále zvyšuje. Přehled změn obsahu biosložky je uveden v Tabulce 1. Současný maximální podíl biosložky v motorové naftě je 7 %.

Tabulka 1 Podíl biosložky v motorové naftě

Datum platnosti	Požadován procentuální podíl biosložky v naftě
od 1. září 2007	ve výši 2 %
od 1. ledna 2009	ve výši 4,5 %
od 1. června 2010	ve výši 6 %

Zdroj: [2]

1.1.1 Cetanové číslo

Cetanovým číslem se ohodnocuje schopnost vznícení nafty neboli vznětlivost či reaktivita. Určuje tedy, jak rychle se palivo po vstříknutí do prostoru spalování vznítí. Pokud dojde ke vznícení paliva rychleji, o to později lze vstříkovat palivo před ukončením komprese. Vyšší hodnota má pozitivní vliv na spalování, které je poté pravidelnější a dokonalejší. [2][3]

Hodnota cetanového čísla motorové nafty se zjišťuje na zkušebním motoru s proměnným kompresním poměrem při normalizovaných zkušebních podmínkách. Při zkoušce se postupně zvyšuje kompresní poměr a zjišťuje se nejmenší kompresní poměr, při kterém nedochází k vynechávání provozu motoru. [3]

1.1.2 Bod vzplanutí

Bod vzplanutí je důležité číslo pro určení bezpečnostního hlediska a zařazení hořlaviny do příslušné třídy. V tomto parametru má bionafta, výhodu jelikož tato hodnota je vyšší a nevztahují se na ni tak vysoké bezpečnostní nároky. Bod vzplanutí udává, teplotu paliva, při jaké lze zapálit směs jeho par se vzduchem za atmosférického tlaku. Minimální hodnota udávaná normou je 55 °C. Změna hodnoty bodu vzplanutí, ale nemá nijak závažný vliv na spalování v motoru. Hodnota pod minimální hranicí ve většině případů napovídá o kontaminaci motorové nafty automobilovým benzínem. [6]

1.1.3 Hustota

Hustota nafty je dána především obsahem aromátů. Z její hodnoty lze také usuzovat o frakčním chemickém složení. Měla by být v určitém rozsahu, jinak ovlivňuje celou řadu pochodů spalovacím motoru. Normou ČSN EN 590 udávaná hodnota při 15 °C, je v rozmezí 820 až 845 kg/m³.

Mezi vlivy, které může špatná hodnota hustoty způsobit, patří například:

- **změna výkonu motoru** - z důvodu objemového vstřikování paliva,
- **zvýšená kouřivost a emise** - vlivem hustoty dochází ke zvýšené náchylnosti k nedokonalému spalování,
- **poškození pohyblivých součástí palivové soustavy** - při nízké hodnotě se nevytvoří dostatečná mazací vrstva. [3]

1.1.4 Viskozita

Viskozita je veličina charakterizující vnitřní tření a závisí především na přitažlivých silách mezi částicemi. Kapaliny s větší přitažlivou silou mají větší viskozitu. Větší viskozita znamená větší brzdění pohybu kapaliny nebo těles v kapalině. Stanovuje se pomocí viskozimetrů. Hodnota je ovlivněna teplotou a tlakem. Viskozita má vliv na čerpatelnost, filtrovatelnost a vstřikování paliva. [6]

1.1.5 Destilační křivka

Jedná se o důležitý test při hodnocení paliva. Pomocí křivky vytvořené po předestilování určitého množství paliva se vyhodnocují teploty varu při určitém předestilovaném množství. Obvykle jsou to desetiprocentní, padesátiprocentní a devadesátipětiprocentní body. Počátek destilace je u motorové nafty kolem 170 °C, řepkového oleje 250 °C a u methylesteru řepkového oleje (MEŘO) 350 °C. [2]

1.1.6 Další důležité vlastnosti

Kromě výše uvedených parametrů se sledují i další parametry, které mají vliv na kvalitu paliva. Některé vlastnosti mají vliv jen u biopaliv jako např. číslo kyselosti a obsah fosforu. Parametry se dále dělí na variabilní a charakteristické. Charakteristické kolísají jen málo, kdežto variabilní se liší ve větším rozsahu. U bionafty je může ovlivnit odrůda základní suroviny, způsob pěstování, lisování atd.

1.2 Biopaliva I. generace

Biopaliva první a druhé generace se od sebe odlišují použitým druhem vstupní suroviny biomasy. U paliv první generace je použita biomasa, která by ale mohla být použita i k jiným účelům, třeba jako krmivo pro zemědělská zvířata, nebo ji lze využít k výrobě potravin. Z výše uvedeného tudíž přirozeně vyplývá největší negativum paliv I. generace a tím je zvyšování cen potravin. V dnešní době se používají převážně paliva první generace, jelikož pocházejí z potravinářského průmyslu a výroba je tudíž poměrně dobře zmapována. [1][3]

1.3 Biopaliva II. generace

Druhá generace má základ v celulóзовých materiálech, které nejsou primárně využívány k potravě. Poslední dobou se také stále více diskutuje o rozdílu snižování emisí CO₂ a skleníkových plynů. Ve snižování celkových emisí CO₂ jednoznačně vedou paliva druhé generace, která mají mnohem větší potenciál ve snižování emisí během celého životního cyklu. Velký rozdíl mezi oběma druhy je v předzpracování. Stupeň předběžného zpracování při výrobě biopaliv první generace je poměrně jednoduchý. Předzpracování celulóзовé suroviny je obvykle rozsáhlé a nákladné vzhledem k silným chemickým vazbám ve struktuře celulózy. Tato etapa byla identifikována jako ta, která vyžaduje lepší pochopení s cílem zlepšit efektivitu výroby. [7]

Mezi biopaliva druhé generace se řadí:

- bioethanol vyráběný z lignocelulóзовé biomasy,

- syntetická motorová nafta jako produkt Fischer-Tropschovy syntézy,
- biomethanol jako produkt katalytické konverze syntézního plynu,
- biodimethyléter jako produkt katalytické konverze syntézního plynu,
- biovodík jako produkt katalytické konverze syntézního plynu. [8]

Pro pěstování produktů pro výrobu biopaliva druhé generace se mohou využít i méně úrodné a v současné době nevyužitelné půdy. Tím mají tato paliva schopnost vyhnout se konkurenci v zemědělství. Pro jejich produkci se dá využít i velká řada biologického odpadu, který obsahuje celulózu a dojde tak k zúžitkování surovin, které jsou nákladně likvidovány. Zaváděním biopaliv II. generace bude možné splnit cíl, daný směrnicí 2009/28/ES o 10% podílu biopaliv v dopravě pro rok 2020. Nová směrnice Evropského parlamentu a Rady o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů uvádí, že se do tohoto 10% cíle budou moci započítávat jen ta biopaliva, u nichž dosahuje úspora emisí skleníkových plynů v celém životním cyklu oproti klasickým palivům alespoň 35 %. Od 1. ledna 2017 se tato hranice zvyšuje na 50 %. [9]

V současné době se postupně začínají uplatňovat především dva druhy výroby biopaliv, biochemický způsob a termo-chemický. Za biochemickou výrobou se bere kvašení biomasy za účelem výroby bioethanolu. Druhou kategorií je výroba syntetické nafty Fischer-Tropschovou syntézou. Výrobní náklady na biopaliva druhé generace založené na termo-chemické cestě jsou zatím mnohonásobně vyšší než náklady na výrobu bionafty první generace a těžbu fosilní nafty. Termo-chemická cesta je z velké části založena na již stávajících technologiích, které jsou vyvíjeny ve světě již po desetiletí. Proto je zjevné, že zde jsou omezené možnosti pro další zlepšení v oblasti nákladů. [7]

1.4 Přehled biopaliv I a II generace

Stále rostoucí požadavky na kvalitu ovzduší jsou příčinou toho, že do popředí zájmu státních orgánů i podnikatelské sféry na celém světě se stále více dostává alternativní pohon motorových vozidel. Vedle klasických kapalných paliv jsou jako pohonné hmoty používány jednak biopaliva a dále potom také plynná paliva, zemní plyn a propan-butan. Nejvíce využívaná alternativní paliva v automobilovém průmyslu jsou plynná paliva,

stlačený (CNG) nebo zkapalněný zemní plyn (LNG) a především propan-butan (LPG). Program zavádění biopaliv je součástí širšího programu využití alternativních paliv a to nejenom v dopravě, ale také v energetice při výrobě elektrické energie a tepla. Na dnešním trhu s palivy lze narazit na poměrně velké množství biopaliv určených pro pohon automobilů. Liší se jak svými vlastnostmi tak i způsobem výroby.

1.4.1 Čisté rostlinné oleje

Rostlinné oleje jsou důležitým zdrojem alternativních paliv. Mezi nejpoužívanější oleje se řadí oleje z řepky olejky, podzemnice olejné, slunečnicové oleje, lněné a sojové. Rostlinný olej lze vylisovat ze stovek různých rostlin, přičemž kvalita a použitelnost oleje se mění v závislosti na použité původní rostlině. Největší zastoupení v ČR má z výše jmenovaných rostlinný olej z řepky olejky. V automobilovém průmyslu se rostlinné oleje využívají buď jako základ pro výrobu bionafty nebo jako přímé palivo pro motory. V dnešní době jsou vznětové spalovací motory využívány na spalování motorové nafty a přizpůsobeny na její vlastnosti. Z tohoto důvodu nelze používat čisté rostlinné oleje bez nutných úprav paliva nebo motoru. V případě rostlinných olejů je, k parametrům běžně sledovaných u fosilních paliv, nutné navíc sledovat vlastnosti biologické. [2]

Výroba řepkového oleje

Technologie zpracování řepky na rostlinný olej se využívá v potravinářském průmyslu delší dobu. V případě že výsledný olej má sloužit jako palivo musí splňovat normu ČSN 65 6516. Pro zpracování semen olejnin se využívají dva způsoby. Základem je vždy vylisování, liší se jen následným krokem. V prvním případě se semena ještě dolisují mechanicky. V druhém případě se využije extrakce organickým rozpouštědlem. Nejvíce ovlivňuje kvalitu oleje samotné lisování a před-úprava semen. Výtěžnost se zvyšuje využitím dvoustupňového lisování, kdy dojde ke zvýšení výtěžnosti až na přibližně 90 %. To znamená, že v pokrutinách zůstane už jen 10 % oleje. Ve větší průmyslové výrobě se využívá extrakce pomocí rozpouštědel a výtěžnost v tomto způsobu výroby vzroste až na 99 %. Zbylým produktem jsou pokrutiny, které lze dále využít jako krmivo hospodářských zvířat. [2]

1.4.2 MEŘO

Používání čistých rostlinných olejů v nedávné době ukázalo, že jejich přímé použití je trochu komplikovanější, jelikož ve většině dnes dostupných motorů je nelze dlouhodobě používat bez nutných úprav ve vstřikovací soustavě či spalovacím prostoru. Tyto úpravy jsou nutné z důvodu odlišných fyzikálních a palivářských vlastností mezi oleji a běžně používanou naftou (zejména vyšší viskozita, bod vzplanutí, filtrovatelnost aj.). Z důvodu nákladnosti úpravy spalovacích motorů na provoz olejů se přistoupilo k variantě přizpůsobení vlastností těchto olejů co nejblíže k běžné motorové naftě. Zmíněnou úpravou je transesterifikace olejů, ve většině případů řepky olejky. Výsledný produkt se tedy nazývá methylester řepky olejky nebo také označovaný jako biodiesel či jen zkráceně MEŘO. Tento produkt již splňuje vyšší nároky kladené na motorovou naftu a to především ve změně viskozity, bodu vzplanutí a hustotě. [10]

MEŘO se v ČR využívá v podobě příměsi povinné biosložky v motorové naftě, jako úplná náhrada klasické nafty nebo jako nezastupitelná složka ekologického směsného motorového paliva (obsah přes 30 % hm. MEŘO). Smíšením MEŘO s vybranými ropnými produkty a přísadami se vyrábí v ČR směsné motorové palivo, jehož jakostní parametry jsou stanoveny v ČSN 65 6508. V posledních letech je zřejmá výrazná snaha v koordinaci vybraných činností v rámci EU (financování výzkumu, technologií výroby MEŘO, zkoušek v motorech, daňové politiky, představující nejdůležitější oblast ekonomické podpory nového paliva a zabezpečující konkurenceschopnost proti klasickému ropnému palivu). [10]

V souvislosti s bionaftou se používá mnoho zkratk a označení. Ve většině případu nese druh nafty ve zkratce anglické označení výchozí suroviny či postup získávání výsledného produktu.

Běžně používané druhy bionafty a jejich zkrácené označení:

- RME (Raps-Methyl-Ester) methylester řepkového oleje MEŘO,
- SME (Sunflower-Methyl-Ester) methylester slunečnicového oleje,
- SOME (Soya-Methyl-Ester) methylester ze sóje,

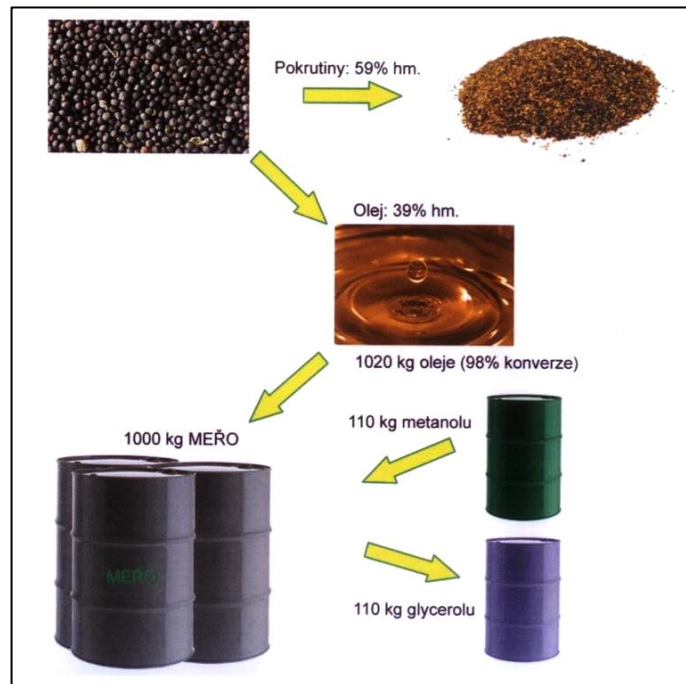
- FAME (Falty-Acid-Methyl-Ester) methylester z živočišných tuků,
- VUOME (Vaste-Used-Oil-Methyl-Ester) methylester z použitých fritovacích olejů,
- REE (Raps-Ethyl-Ester) ethylester řepkového oleje. [1]

Výroba MEŘO

Výroba metylesterů se provádí esterifikací. Esterifikace je proces, při kterém je cílem nahradit triglyceridy za methanol. Proces probíhá v reaktorech za přítomnosti katalyzátoru. Při chemických reakcích dochází k tvorbě metylesteru řepkového oleje a vedlejších složek glycerinu a methanolu. Proces probíhá buď za běžné, nebo i zvýšené teploty (v závislosti na zvolené technologii). Vedlejší složky je možné dále využít k vylepšení ekonomiky celého procesu. Přibližný poměr výroby je vidět na (Obr. 1). Glycerin je možné využít v kosmetickém průmyslu, především k výrobě mýdla, v potravinářském průmyslu pro úpravu nápojů, využití je možné i v lékařství. [2][11]

Existuje několik možných postupů pro výrobu bionafty, například pyrolýzou, použití mikroemulze nebo transesterifikace. Ačkoli u pyrolýzy dojde ke snížení viskozity a produktem je kvalitní palivo, stále produkuje více bioplynu nežli bionafty. Palivo získané mikroemulzí vytváří problémy s výkonem motoru a tudíž také není nejvhodnější metodou. Nejobvyklejším a nejrozšířenějším způsobem získávání bionafty je transesterifikací triglyceridů s alkoholy s krátkým řetězcem, obvykle methanolem (někdy i s ethanolem), za přítomnosti kyseliny nebo alkalického katalyzátoru. Tímto způsobem je bod vzplanutí bionafty snížen a cetanové číslo je zvýšeno. Transesterifikace je třístupňová reakce, ve které jsou jako meziprodukty vytvářeny diglyceridy a monoglyceridy. [12]

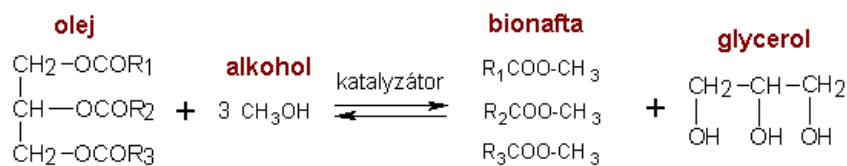
Obr. 1 Bilance výroby metylesteru řepkového oleje



Zdroj: [2]

Použitý katalyzátor, tím je obvykle hydroxid draselný nebo sodný, se rozpustí v metanolu a směs obou látek je společně s rostlinným olejem dávkována do uzavřeného reaktoru na transesterifikaci. U základní suroviny je třeba kontrolovat obsah vody a volných mastných kyselin. Jejich větší množství je příčinou tvorby mýdel a problémů, ke kterým může docházet při oddělování glycerolu z reakční směsi. Transesterifikace je vratná reakce, jak je vidět z (Obr. 2), z důvodu téměř úplné konverze triglyceridů, které se dosáhlo použitím přebytku metanolu. Po transesterifikaci následuje oddělení glycerolu od methylesterů. Přebytek methanolu, který napomáhá rozpouštění glycerolu, jeho oddělení zpomaluje. Tento postup, syntézy bionafty, se používá v průmyslovém měřítku po celá desetiletí, ale existuje několik problémů spojených s tímto druhem výroby. Komplexní odstranění katalyzátoru, nadměrné požadavky na energii, nežádoucí vedlejší reakce a náklady na rafinované suroviny jsou hlavní nevýhody takového chemického procesu. [12][13]

Obr. 2 Transesterifikace



$R_{1,2,3}$ jsou hydrofóbní zbytky mastných kyselin

Zdroj: [14]

V současné době, biologická výroba bionafty pomocí lipáz (enzym rozkládající tuky na glycerol a mastné kyseliny) získává větší pozornost a prochází rychlým vývojem. Mezi hlavní výhody zaměstnávání lipáz jako biokatalyzátoru jsou mírné reakční podmínky a snadná obnova glycerolu bez čištění nebo chemického odpadu a výroba velmi vysoké čistoty produktu. Kromě toho, obsah volných mastných kyselin v oleji může být zcela převeden na methylestery bez tvorby mýdla, a tím i zvýšení výnosu a snížení nákladů na čištění paliva. Tato charakteristika enzymů umožňuje použití materiálů s vysokým obsahem volných mastných kyselin a vysokým obsahem vody jako jsou neředlé oleje, jedlé oleje z odpadů a průmyslových odpadních olejů. Transesterifikace triglyceridů pomocí lipázy je považován za jeden z nejúčinnějších postupů výroby bionafty z odpadního oleje. Je zřejmé, že výrobní proces alkalickou metodou je složitější než enzymatickým postupem. [12]

Složení bionafty je následující:

- asi 98 % metylesterů mastných kyselin řepkového oleje,
- do 1 % směsi mono-, di- a triglyceridů,
- do 0,3 % volných mastných kyselin,
- do 0,02 % volného glycerolu,
- zbytek tvoří nezmýdelnitelné látky. [3]

1.4.3 Dimethylether

Dimethylether (DME) je považován jako možný kandidát náhrady LPG, jako přídavek k motorové naftě či její úplná náhrada. Důvodem je veliká podobnost mezi palivy především v cetanovém čísle. Kromě toho, DME může být vyroben z různých surovin, a to například z biomasy, uhlí a zemního plynu, což vede k flexibilitě výroby. Dimethylether slouží jako čisté, vysoce účinné vznětové palivo s tichým provozem. Jedná se o ekologicky nezávadné palivo, které nemá velké problémy s toxicitou, infrastrukturou, dopravou a skladováním, jako některá ostatní alternativní paliva. [15]

Dimethylether, je jedním z nejslibnějších alternativ paliv neropného původu. Umožňuje vysokou účinnost spalování s nižšími hodnotami emisí SO_x , NO_x a CO_2 a s nízkým počtem pevných částic. Je to nejjednodušší forma všech etherů s chemickým vzorcem CH_3OCH_3 . Je to zkapalněný plyn do tlaku 6 atm. Má podobné vlastnosti jako zkapalněný ropný plyn LPG, a lze s ním nakládat jako s klasickým LPG (infrastruktura je podobná LPG). Při spalování hoří DME viditelným modrým plamenem jako zemní plyn, který je rozhodujícím ukazatelem bezpečnosti a nevyžaduje odorizační látky, protože má vůni po etheru. Nízká teplota samovznícení DME a jeho rychlé odpařování po vstřiku paliva do válce motoru je důsledkem vysokého cetanového čísla (~ 55-60) a proto zlepšuje výkon motoru. Kromě toho, má vysoký obsah kyslíku (~ 35 % hmotnosti) a absence vazeb uhlík-uhlík vede ke zlepšení kinematiky spalování a bezkouřovému spalování s nízkým obsahem pevných částic. [15]

Vysoký obsah kyslíku má, ale také nevýhodu. Je zapotřebí větší objem paliva aplikovaného do válce motoru k dosažení totožného spalovacího výkonu. Tento problém se řeší delším časem vstřikování a větší nádrží paliva, aby nedocházelo ke snížení dojezdu vozidla. Nízká viskozita DME vede k problémům s úniky z palivových systémů, zvláštní pozornost musí být věnována těsnění nádrže a palivového systému. Další nepříznivá vlastnost DME je jeho korozivní povaha, z toho důvodu DME není kompatibilní s většinou z elastomerů. Aby se zabránilo poškozování, těsnění mohou být vyrobeny z materiálu na bázi polytetrafluorethylenu (PTFE). Dalším důsledkem nízké viskozity je nižší charakteristika kluzkosti. Nižší mazivost může způsobit rozsáhlé opotřebení pohyblivé části motoru. Tento problém lze překonat zavedením některých druhů maziva. [15]

1.4.4 Bionafta vyrobená z řas

Na řadu, při vyhledávání rostlin jako zdroj rostlinných olejů, přicházejí i rostliny, které na první pohled nemusí vypadat jako vhodné. Mezi tuto skupinu jistě patří i olej získávaný z mořských řas. Řasy jsou rostliny jednobuněčné či mnohobuněčné, které ovšem postrádají kořeny, stonek i listy a lze je dělit na makro a mikro-řasy. Makro-řasy jsou mnohobuněčné organismy, které v přirozeném prostředí rostou na skalnatých podkladech, tedy především u pobřeží. Mikro-řasy jsou mikroskopické fotosyntetizující organismy žijící ve slaných i sladkých vodách. [16][17]

Velkou výhodou řas ve srovnání s tradičními plodinami je, že dávají mnohem více oleje na jednotku plochy a daleko rychleji rostou, tudíž lze očekávat i vyšší potenciální výnos. V tabulce 2 lze vidět porovnání množství získaného oleje z pěstovaných rostlin na jednom hektaru. Je potřeba si uvědomit, že výnosnost produkce řas se může výrazně lišit s použitou technologií. Na první pohled je ovšem jasně zřejmé, že řasy mají nejvýhodnější poměr získaného množství oleje na potřebnou plochu.

Tabulka 2 Množství oleje v litrech na 1 hektar

Rostlina	Množství získaného oleje [l/ha]
Řasy	100 000
Ricin	1 413
Kokos	2 689
Palmový olej	5 950
Světlice barvířská	779
Sója	446
Slunečnice	952

Zdroj: [18]

Výhodou pěstování řas je také to, že nedochází k ničení zemědělské půdy, jelikož ji vůbec nepotřebují a rovněž lze používat slanou vodu. Mohou být pěstovány bez velkého nároku na zavlažování a hnojení. Způsob pěstování se liší podle zvolené technologie a při

výrobě se využívají i výhody, že řasy rostou i v odpadních vodách, v moři, v umělých nádobách nebo nádržích. Řasy za dobu růstu spotřebovávají oxid uhličitý. Tento fakt lze využít. Odpadní plyn například z tepelných elektráren, přivádět do pěstírny řas, což snižuje náklady. [17]

Poměrně finančně náročné je ovšem sklizení. Odhaduje se, že v některých případech je to až 30 % z celkových nákladů na výrobu. Nákladnost zpracování vychází především z faktu, že velikost řas je velmi malá, řádově mikrometry. Od velikosti se odvíjí i výběr metody extrakce oleje. [16]

Metody sklizení vypěstovaných řas lze zařadit do čtyř skupin:

- mechanické,
- chemické,
- elektrické,
- biologické.

Mezi nejrozšířenější způsoby sklizení řas patří první dvě skupiny z výše jmenovaných. **Biologický** způsob je nyní ve fázi výzkumu, ale mohl by časem přispět ke snížení celkové finanční náročnosti při pěstování řas. **Mechanické** metody jsou centrifugace, filtrace a sedimentace. Centrifugace je nejspolehlivější metoda při oddělování řas, bohužel je ovšem nejnáročnější na provoz a tím pádem také finančně nejnákladnější. Dnes využívanější metody jsou tedy filtrace a sedimentace z důvodu nižšího finančního zatížení podniku na zpracování řas. **Chemickou** metodou je flokulace (vločkování). Před sklizní dojde ke zvětšení jednotlivých buněk řas za pomoci flokulantů. Následné zpracování je poté snazší. Následným krokem bývá mechanická flotace za použití elektrolytů a syntetických polymerů. Flotace je metoda často využívaná při čištění odpadních vod. V případě sklizení řas je upřednostňována před sedimentací. Největší výhodou je využití této metody ve velkém měřítku. Naopak nevýhodou je nutnost použití flokulantů, čímž se může ztížit další zpracování biomasy. [16]

Přestože pěstování řas pro získávání energetických produktů může znít velice slibně, je stále ve vývoji. Výroba jednoho litru paliva pomocí produkce řas je stále mnohonásobně dražší, nežli jeden litr fosilního paliva. Pokud nedojde tedy k výraznému snížení nákladů výroby z řas nebo k nárůstu cen fosilních paliv je tento způsob výroby neekonomický.

1.4.5 Bioethanol

Bioethanol je druhý nejnižší alkohol neboli ethanol či ethylalkohol, někdy bývá nesprávně nazýván lihem. Alkohol je čirá kapalina charakteristická zápachem a je dobře rozpustná ve vodě. [3]

Dnes už je bioethanol poměrně rozšířené palivo po celém světě, ačkoliv většina paliva se vyrobí v USA a Brazílii. Tyto dva státy se podílejí na celosvětové produkci bioethanolu až 80 %. Podíl Evropské Unie je v tomto ohledu jen 3 % světové produkce. [19]

Výroba

Při výrobě bioethanolu se v největší míře využívají suroviny, které obsahují jednoduché cukry. Ve druhé řadě je možno použít látky, které lze přeměnit na jednoduchý cukr jako třeba škrob a celulóza. V České republice se pro pěstování biomasy k výrobě bioethanolu využívá hlavně obilí a cukrová řepa. Hlavní plodinou v USA je kukuřice a v Brazílii je to cukrová třtina. [1]

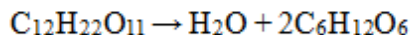
Biomasu sloužící k výrobě bioethanolu lze rozdělit do tří skupin:

- biomasa obsahující jednoduché cukry (cukrová řepa a třtina),
- biomasa obsahující škrob (obiloviny, brambory, kukuřice),
- lignocelulózová biomasa (sláma, rychle rostoucí dřeviny, štěpky, odpad biologického původu, papír apod.) – paliva II.generace. [1]

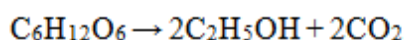
Nejjednodušší způsob výroby je z cukrové třtiny a cukrové řepy, které obsahují sacharózu. Tato sacharóza se podle níže uvedené rovnice (*Obr. 3*) přemění na jednodušší cukry, ty se následovně oddělují a fermentují. Fermentují se roztoky cukru s maximální koncentrací do 20 %, nebo suroviny přímo obsahující sacharidy. Kvašení probíhá za působení rozličných druhů kvasinek, např. **Saccharomyces cerevisiae** (pivní kvasinka). [1][3]

Obr. 3 Základní rovnice při výrobě bioethanolu

Rovnice přeměny sacharózy



Rovnice kvasného procesu



Zdroj: [1]

Kvašením dojde k získání produktu, který se nazývá zápara. Zápara je slabý vodný roztok s ethanolem. Kvašením lze získat maximálně 15% roztok, obsahující další nežádoucí příměsi. Tento roztok se dále čistí a zvyšuje svou koncentraci destilací. Destilací už je možno získat i více jak 99% ethanol. Celý proces výroby bioethanolu je pak vidět na (Obr. 4) [3]

Obr. 4 Proces výroby bioethanolu



Zdroj: [3]

1.4.6 Bioplyn

Bioplyn se získává methanogením kvašením organických látek bez přístupu vzduchu (anaerobní fermentace). Hlavní složkou bioplynu je tedy plynný methan CH_4 , jehož zastoupení jsou asi dvě třetiny objemu. Dalšími produkty jsou oxid uhličitý, síra, dusík a sirovodík. Nejdůležitější vliv na množství získané energie má methan. Jeho podíl závisí na více faktorech, jako je množství vody, teplota fermentace, předpracování substrátu a jeho stupeň rozkladu. [20]

Základem pro výrobu může být:

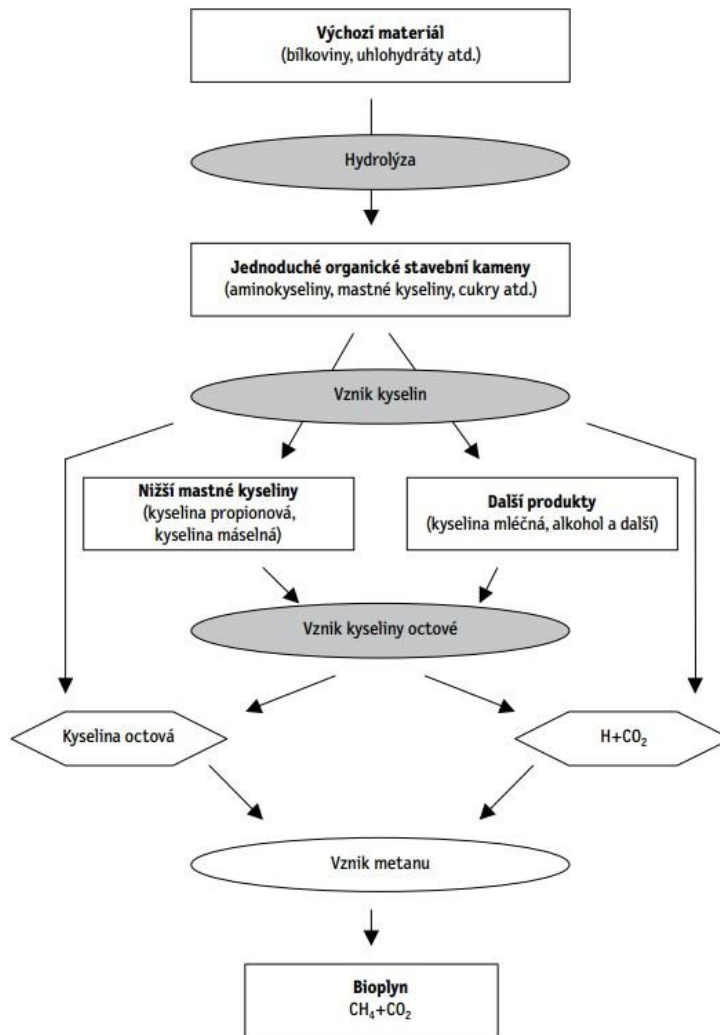
- odpad ze zemědělství (chlévká mrva, prasečí kejda, hnůj, močůvka apod.),
- komunální a průmyslové odpady (domovní odpad, jatka, mlékárny, lékařství apod.),
- fytomasa. [8]

Celý proces výroby bioplynu je vidět na (*Obr. 5*). Výroba probíhá v několika za sebou jdoucích krocích, při kterých dochází k procesu změny výchozí suroviny až k použitelnému plynnému palivu.

Výrobu bioplynu anaerobní fermentací lze rozdělit do čtyř fází:

- hydrolýza - přeměna organických látek na nižší rozpustné organické sloučeniny,
- acidogeneze - přeměna na mastné kyseliny,
- acetogeneze - oxidace produktů acidogeneze na CO_2 , H_2 a kyselinu octovou,
- methanogeneze - přeměna na methanu, oxid uhličitý. [3]

Obr. 5 Proces výroby bioplynu



Zdroj: [20]

1.4.7 Biobuthanol

Buthanol je čtyř-uhlíkový alkohol, který obsahuje dvojnásobný počet uhlíku a téměř dvojnásobný počet vodíku oproti ethanolu. Větší počet uhlíku a vodíku se projeví jako větší výhřevnost než má konkurenční ethanol. Oproti klasickému benzínu má jen o 5 % menší výhřevnost a je podobný benzínu i hustotou. Výroba biobuthanolu se provádí hydratací z butanu. Biobuthanol lze také mísit s klasickými palivy ve velkém spektru, může být míchán s benzínem od 10 do 99 %. Vzhledem k běžným palivům má také nižší hodnoty emisí SO_x, NO_x a CO_x a nemusí být skladován v tlaku odolných nádržích, jako

stlačený zemní plyn. Mnohem méně korosivně napadá kovové nádrže, potrubí a může být dopravován a distribuován běžnými existujícími produktovody, cisternami a čerpacími stanicemi. Palivo s biobuthanolem je bezpečnější díky nižší tenzi par než běžné benziny a palivo s ethanolem, méně se odpařuje zvláště v letním období. Přídavek buthanolu do benzínu již obsahujícího ethanol by měl působit pozitivně z hlediska snížení tlaku par. [21][22]

Buthanol je kapalina velmi bohatá na vodík. Tím pomůže řešit problém výroby a distribuce vodíku v infrastruktuře v souvislosti se zaváděním palivových článků (výroba elektřiny). Vodík může být snadno z buthanolu získáván a rozváděn stávající rozvodnou sítí a předávacími zařízeními při kvalitě požadované právě palivovými články nebo vozidly. [21]

Výroba

Proces výroby buthanolu, známý také jako aceton-buthanol-ethanolové kvašení byl objeven téměř před 150 lety. Po první světové válce se stal po výrobě ethanolu druhou fermentační technologií využívanou v průmyslovém měřítku. Ke kvašení se využívají anaerobní bakterie rodu *Clostridium* (nejznámějšími druhy jsou *C. acetobutylicum* a *C. beijerinckii*) jako hlavní produkt heterofermentativního kvašení. Nejprve se při růstu a množení bakterií tvoří kyseliny octová a máselná spolu s oxidem uhličitým a vodíkem. V navazující fázi, po nahromadění kyselin v kultivačním médiu, se pak tvoří rozpouštědla. Zejména buthanol a aceton, přičemž produkce fermentačních plynů klesne zhruba na polovinu. V malé míře je po celou dobu fermentace tvořen také ethanol, případně další produkty jako kyselina mléčná nebo acetoin. [23]

Melasa z cukrové třtiny, která se využívá jako základ při výrobě buthanolu, byla poprvé použita při průmyslovém fermentačním procesu výroby buthanolu v roce 1936. Do té doby byly pro aceton-buthanol-ethanolové fermentaci využívány škrobnaté substráty a produkční bakteriální kmeny. Při prvních pokusech se proto sacharosa v melase musela nejprve rozkládat (invertovat) na glukosu a fruktosu, jinak ji bakterie nedokázaly využít. Později však byly izolovány kmeny schopné využívat sacharosu bez nutnosti předchozí inverze. [23]

Pro udržitelnou produkci v průmyslovém měřítku se jeví jako slibná lignocelulózová biomasa. Buthanol vyrobený z lignocelulózy je biopalivem druhé generace. Přeměna

lignocelulozových materiálů na zkvasitelné cukry vyžaduje před-úpravu materiálu. Je zapotřebí ovlivnit strukturu rozbitím složky buněčné stěny rostliny, kterou je složitý polymer označovaný jako hemicelulóza, ta váže dohromady celulózová mikrovlákná, a degradovat hemicelulózové polysacharidy a zvýšit dostupnost enzymu k celulóze. Úprava za pomoci zředěné kyseliny je velmi efektivní, lze využít i u materiálů, kde dochází k fermentaci škrobů. [24]

1.4.8 Fischer-Tropschova syntéza

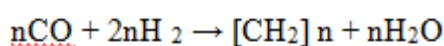
Průmyslová aplikace procesu Fischer-Tropschovy (FT) syntézy začala v Německu ve 30. letech minulého století. Původně byla základní surovina uhlí. Dnes se syntetická motorová paliva získávají ze syntézního plynu, který se získává ze zemního plynu nebo zplynováním biomasy. [1]

Zájem o tuto metodu ovšem zůstává, jelikož téma nedostatku ropy a s ním i nafty vyrobené z ropy je stále aktuální a v budoucnu lze očekávat, že se Fischer-Tropschova metoda stane ještě diskutovanější. Ekonomická životnost jasně souvisí s cenou surové ropy a ta se za poslední roky hodně měnila. Budování komplexů zabývajících se touto syntézou je tedy poměrně velký risk, který se může, ale také nemusí vyplatit.

Při výrobě syntézního produktu se dnes upřednostňuje výroba z methanu před uhlím. Důvodem jsou až o 30 % nižší kapitálové náklady, jelikož je proces mnohem účinnější. Při reformování methanu se 20 % uhlíku přetvoří na CO₂. U uhlí je to až 50 % jelikož uhlí obsahuje málo vodíku. Z důvodu nákladnosti tohoto procesu je potřeba maximalizovat množství konvertovaného produktu na výsledný produkt v reaktoru. Základní proces probíhá podle rovnice (Obr. 6). [25]

Obr. 6 Rovnice Fischer-Tropschovy syntézy

Základní rovnice Fischer-Tropschovy syntézy



Zdroj: [14]

Výroba syntetických motorových paliv realizována FT syntézou na bázi biomasy nese označení BTL (Biomass To Liquids). FT syntéza představuje další variantu energetického i chemického využití biomasy, která je považována za perspektivní a v posledních letech je předmětem intenzivního výzkumu. Výroba syntetického plynu je formou zplyňováním biomasy. [1]

Fischer-tropschova syntéza je příkladem heterogenně katalyzované reakce. Jako katalyzátory se při Fischer-Tropschově syntéze využívají kovy, které jsou schopné za určitých podmínek štěpit vazby mezi atomy C a O. Nikl je velmi aktivní hydrogenační katalyzátor, ale za podmínek Fischer-tropschovy syntézy vytvoří příliš mnoho methanu a je tudíž nepříliš vhodným prvkem, kobalt, ruthenium a železo jsou efektivní katalyzátory. Ruthenium, je ale příliš drahé, jelikož je poměrně vzácné. Naproti tomu železo je levné jelikož se nachází v poměrně hojném množství. Tyto katalyzátory ovšem vyžadují podporu k potřebnému štěpení. K této podpoře se využívají hydroxidy, nejčastěji je to K_2O . Na povrchu katalyzátorů dochází k disociativní adsorpci molekul CO. K reakci, dochází při vyšších teplotách a tlacích za vzniku odpovídajícího karbonylu $Fe(CO)_5$, případně $Co(CO)_4$. Teplota, při které dochází ke vzniku karbonylu, je ale nižší než teplota, při které probíhá FT syntéza. Katalyzátory pro FT syntézu jsou vysoce citlivé vůči otravě sírou, na které se CO silně chemicky sorbuje. [25][26]

Při FT syntéze vzniká teplo, jedná se o exotermickou reakci, rychlé odstranění tohoto tepla je významným faktorem při navrhování vhodných reaktorů. Cílem je minimalizovat zvýšení teploty v loži. Pro dosažení tohoto snížení teploty, se vyžaduje rychlý odvod tepla ve směru kolmo k proudu reakčních složek. Existuje několik důvodů pro přísné kontrolování teploty. Čím vyšší je teplota, tím vyšší je selektivita nežádoucího CH_4 . Rychlost ukládání uhlíku se také zvyšuje s teplotou. [25][26]

1.5 Biopaliva III. generace

Jednou z nových technologií výroby biopaliv je získávání energie z řas. Pro vědce řasy znamenají velkou příležitost a jsou nyní předmětem zkoumání. Řasy totiž mohou produkovat obnovitelnou energii a současně absorbovat oxid uhličitý a proto by jejich potencionální využití znamenalo celkový přínos. Energie z řas, by mohla v budoucnu produkovat biopaliva srovnatelná s palivy na bázi fosilní ropy. V první fázi procesu se

mění struktura řas tak, aby produkovaly uhlovodíky. Řasy mohou sloužit nejen jako zdroj pro výrobu biopaliva, ale mohou pomoci i čistit odpadní městskou vodu či čistit odpadní plyn z tepelných elektráren. [27]

Kyanobakterie svým odpadním produktem obohatili Zemi o kyslík. Díky genetickému inženýrství jsou nyní upravovány, aby přeměňovaly sluneční záření a CO₂ na využitelné palivo. Od svých běžných druhů se liší tím, že jejich DNA byla vylepšena, takže v případě dostupnosti světla, vody a uhlíku přímo produkují alkany. Většina konkurentů v dané oblasti využívá řasy, které ve svých buňkách olej hromadí, zatímco kyanobakterie alkany rovnou vyměšují. Tyto alkany pak plavou přímo na povrchu a mohou být snadno odebírány. Velkou výhodou takto vyrobených alkanů je i to, že mají dlouhé řetězce uhlíku 13 – 19, což je ideální délka pro naftu. Předcházející vědecké studie podpořily důkazy, že některé mikroby, stejně tak několik druhů kyanobakterií, mohou alkany syntetizovat. [27]

2. VLIV BIOPALIV NA MOTOR

Pokud se zvažuje využívání alternativního, potažmo bio paliva musí se vzít v úvahu, jaké důsledky by toto rozhodnutí mohlo mít. Mezi hlavní aspekty, které je nutno zvažovat se řadí ekonomický vliv, zvýšení či snížení emisí, změna výkonnových parametrů a v neposlední řadě možné poškození motoru a ostatních součástí.

Existuje mnoho polopравd a nepřesných dohadů ohledně používání biopaliv především v oblasti snížení výkonu, poškození klíčových komponent, nebo dokonce selhání motorů, které jsou dávány za vinu bionaftě. Vzhledem k širokému spektru těchto matoucích zpráv, je pochopení skutečností nesnadné. Naštěstí, v dnešní době je již dostupné určité množství výzkumů a další budou určitě přibývat. Výzkumy probíhají jak v laboratořích, tak i v reálných podmínkách běžného provozu. [28]

Pouze malá část výzkumů je, ale věnovaná celkovým zkouškám životnosti biodieselových motorů, protože tyto výzkumy jsou velmi časově náročné a mnohem nákladnější, než ty, které provádějí měření na výkon motoru, spotřebu a emise. Studie specializující se na životnost se zaměřují především na usazování karbonových úsad na vstřikovačích, opotřebení motoru a problémy v palivových soustavách. [29]

2.1 Vliv motoru

Je nutné si také uvědomit, že pokud je zkoumán vliv biopaliv na motor, nejen palivo, ale také samotný motor bude mít vliv na výsledek testů. Ne všechny vznětové motory jsou stejné. Design každého výrobce obsahuje některé unikátní vlastnosti a materiály, které mohou ovlivnit jeho výkon a odolnost při použití bionafty. Tato problematika není v současné době jasně pochopena. Nicméně, moderní vznětové motory jsou dostatečně podobné, že rozdíly ve změně výkonnových parametrů po použití bionafty, by měla být minimální, za předpokladu, že použité materiály v motoru jsou kompatibilní s bionaftou.

Totéž však nemusí být pravda u starších motorů, zvláště u těch, které nepoužívají vstřikovací systémy common-rail, ty jsou dnes hojně používány. Některé testy ukázaly, že u starých motorů s přímým vstřikem, nedochází tak často k potížím při použití bionafty

a dokonce jsou slibné i pro běh na přímé rostlinné oleje, které nebyly chemicky zpracovány na bionaftu. Potenciál tak může být při zkoumání starších motorů a hledat existující návrhy a vodítka k tomu, jak nejlépe vytvořit motory pro bezproblémový chod na bionaftu. [28]

Někteří podnikatelé se obávají o dodržení záruky od výrobce na nových motorech, pokud použijí bionaftu. Kompatibilitu s bionaftou by měl vždy výrobce potvrdit před použitím bionafty v daném typu motoru.

2.2 Kvalita paliva

Je důležité brát vždy v úvahu jakost vysoce kvalitní bionafty s jakostí méně kvalitní bionafty. Rozdíl mezi nimi může být obrovský, a u výrobců, kteří nejsou příliš pozorní či nekladou takový důraz na kvalitu a výrobní postupy je téměř zaručeno dosažení jen velmi málo kvalitního paliva. Správná jakost pohonných hmot je velmi důležitá pro všechny paliva, a samozřejmě to platí také pro bionaftu.

Mezi nejčastější problémy s kvalitou paliva jsou:

- bionafta může z části obsahovat původní rostlinný olej (neúplným zpracováním),
- stopy chemikálií z výroby bionafty (např. methanol, louh),
- produkty reakce nemusí být zcela odstraněny z bionafty (např. glycerin, mýdla),
- palivo může obsahovat vodu, která se používá při čištění bionafty,
- palivo může polymerovat/oxidovat kvůli dlouhodobému skladování nebo vystavení vysokým teplotám. [29]

Dopad nekvalitní bionafty ve většině případů nebude okamžitě patrný v provozu motoru. Vliv špatného paliva bude negativně ovlivňovat chod motoru v dlouhodobějším měřítku. V motoru dochází k postupnému ukládání nečistot a karbonových úsad, korozi a akumulovanému poškozování a to vše se může nahromadit až do doby než motor fatálně selže. Na první pohled není snadné rozpoznat rozdíl mezi kvalitní a nekvalitní bionaftou

a laboratorní testy, které jsou požadovány, jsou poměrně drahé. V dnešní době už je možné zakoupit i nízkonákladové zkušební soupravy, které jsou již komerčně dostupné, a i když nejsou tak přesné jako zkoušky z kvalifikovaných laboratoří, lze si udělat aspoň přibližný obrázek o kvalitě měřeného paliva. Každé palivo dodávané na trh by mělo splňovat nejnovější normy pro dané palivo a stát, ve kterém se vyrábí, případně prodává. Před zakoupením paliva se tedy vážně doporučuje zkontrolovat, zda daný produkt vlastní certifikát o splnění standardů předepsané kvality. [28]

K dosažení předepsaných parametrů je potřeba některé vlastnosti upravit. Stejně tak jako se přidávají přídatné látky (aditiva) do běžné nafty, ani bionafta není výjimkou.

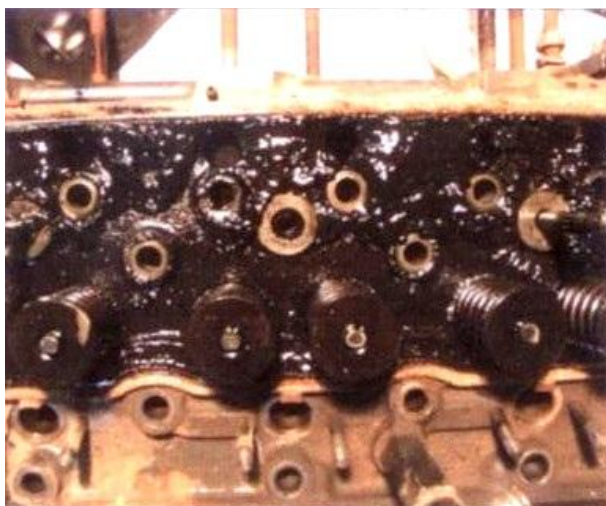
Mezi základní aditiva přidávané do bionafty lze zařadit:

- Detergenty s označením FIC (Fuel Injector Cleanliness) výrazně ovlivňují čistotu trysek a tím dokonalost úhlu rozstříku paliva a zároveň mají vliv na emise.
- Stabilizátory paliva, které působí proti tvorbě pryskyřic a úsad na stěnách nádrže, na sítkách čerpadla a proti tvorbě sedimentů.
- Protikorozní aditiva, potlačují korozivní napadání materiálů.
- Zlepšovače mazivosti ovlivňují opotřebení, zejména vibrační, u stále častěji užívaných rotačních čerpadel.
- Zlepšovače tekutosti paliva (MDFI - Middle Destilate Flow Improvers) zlepšují zejména nízkoteplotní vlastnosti.
- Protipěnicí aditiva zabraňují pění paliva při plnění nádrže či cisterny. Urychlují plnění cisteren a nádrží. [3]

Výsledný produkt je vždy potřeba posuzovat komplexně. Některé vlastnosti ovlivňují následné chování v motoru více a jiné méně, vzájemně se mohou podporovat či potlačovat. Pokud je účelem zachovat životnost motoru i při použití bionafty, je důležité hlídat některé parametry bionafty.

Kinematická viskozita má vliv na čerpatelnost, filtrovatelnost a vstřikování paliva. Snahou je viskozitu snižovat k lepšímu a plynulejšímu chodu motoru. Vysoká viskozita zvyšuje podávací tlak v palivové soustavě a to současně zvyšuje nároky i na podávací čerpadla, která na tyto tlaky musí být dimenzována, jinak by mohlo dojít k jejich přetížení. Viskozita se snižuje s teplotou. Tato skutečnost vede k myšlence zahřívání paliva, to ovšem nemusí být to nejlepší řešení. Teplota nad 75 °C vede ke zvýšení rizika polymerizace, které je vidět na (Obr. 7). Jak je vidět, produkty této polymerizace způsobí velký nárůst viskozity, což okamžitě vede k ucpávání filtrů a regulačních částí v palivové soustavě. [2]

Obr. 7 Polymerizovaný olej na horním dílu hlavy válců



Zdroj: [2]

Jódové číslo mimo jiné udává informaci o sklonu oleje k tvorbě usazenin a kalů. S rostoucí hodnotou se zvyšuje usazování na vstřikovačích, pístních kroužcích a snižuje se oxidační stabilita. Oleje s vyšším jódovým číslem jsou někdy označovány jako „vysychavé oleje“. Skupina těchto olejů má na vzduchu větší a rychlejší sklon k tvorbě pryskyřic. U motorové nafty se hodnota pohybuje okolo 8,6 J₂/100g a u MEŘO přibližně 97,4 J₂/100g.

Obsah síry, který neprojde oxidací během spalování na oxid siřičitý, se ukládá na částice. Tyto částice mají negativní vliv na zařízení pro následnou redukci v katalyzátorech a filtrech pevných částic. Při kontaktu s motorovým olejem zvyšuje jeho kyselost a to vede ke zvýšené korozivní činnosti.

Celkové znečištění po výrobě nebo nečistoty vzniklé špatným skladováním paliva mohou vést k ucpávání palivových filtrů, zanášení čerpadel a vstříkovačů. Zvyšují také tvorbu tvrdých usazenin, které mohou vést i k abrazivnímu poškození v motoru.

Číslo kyselosti neboli podíl volných mastných kyselin v palivu. Cílem je tuto hodnotu snižovat z důvodu snižování koroze, opotřebení motoru a zvyšování oxidační stability.

Oxidační stabilita vyjadřuje odolnost paliva vůči chemickým změnám. Oxidační stabilita se projevuje zvýšením kyselosti, viskozity a změnou barvy.

Obsah fosforu, v palivu se vyskytuje fosfor ve formě fosfolipidů. Tyto látky snižují oxidační stabilitu a mají sklon k hydrataci (nasycení vodou za zvětšení objemu) a mohou vést k ucpávání filtrů. Fosfor mimo jiné snižuje teplotu spalování a také přispívá k tvorbě usazenin ve spalovacím prostoru a ventilech. Účinnost oxidačních katalyzátorů je vlivem fosforu snižována stejně jako životnost.

Obsah magnézia a vápníku způsobuje tvorbu usazenin.

Obsah popílku zvyšuje možnost abraze ve spalovacím prostoru, v palivovém čerpadle a tryskách.

Obsah vody v palivu vytváří prostředí pro růst mikroorganismů, ty mohou znehodnocovat palivo. Urychluje korozi a ve vysokotlakých čerpadlech může způsobovat kavitační opotřebení. Za nižších teplot přispívá k ucpávání filtrů. [2]

2.3 Vliv nízkých teplot

Viskozita je důležitým parametrem u paliv a olejů. Její hodnota je mimo jiné ovlivněna také teplotou. Při úplné ztrátě tekutosti nebo jejím velkým snížením pak může být velký problém v dopravování oleje či paliva v motoru, což může vést k přerušení činnosti, většímu opotřebení nebo dokonce k poruše příslušného zařízení. Mezi nejčastěji stanovované nízkoteplotní vlastnosti paliv a maziv patří teplota vylučování parafinů, bod tekutosti a filtrovatelnosti. [30]

Chladové parametry se zjišťují definovaným chlazením vzorku nafty v přístroji, kde nafta periodicky prochází soustavou sítěk. Vyloučené parafíny postupně sítka ucpávají a zvětšují rozdíl tlaků před a za sítky. Teplota, při které se dosáhne určitého daného rozdílu

tlaků, je hledaná teplota ztráty filtrovatelnosti. Podle chladových parametrů se rozlišují druhy prodávaných naft do několika tříd (třídy B, D, F, někdy také označovány jako letní, přechodová a zimní nafta). Chladové parametry jsou rozhodující pro použití a provozuschopnost nafty v zimním období. [3]

Bod zákalu, (Cloud Point), neboli teplota při, které dochází k vylučování parafínu, představuje teplotu, kdy nafta je stále plně čerpatelná, dopravitelná, filtrovatelná a vstřikovatelná, ale dochází k tvorbě zákalu.

Ztráta filtrovatelnosti, (někdy zkráceně CFPP; Cold Filter Plugging Point), neboli teplota ucpání studeného čističe. Při této teplotě je nafta ještě čerpatelná, ale použití už je problematické z důvodu ucpání filtru, kterým již neprochází dostatek paliva. Teplota ztráty filtrovatelnosti je nejdůležitějším chladovým parametrem a zhruba určuje teplotu, do které je nafta použitelná.

Bod tuhnutí. Při dosažení bodu tuhnutí motorové nafty již není nafta ani dopravitelná, ani čerpatelná, ani vstřikovatelná. [3]

Jednou z nevýhod bionafty je její špatné chování za chladu. Na rozdíl od nafty, kde je probléme v tuhnutí parafínu, v bionaftě dochází ke krystalizaci nasycených mastných kyselin. Tato krystalizace způsobuje špatnou dopravu paliva do motoru a celkově průchod palivovou soustavou je obtížnější. S větším počtem nasycených mastných kyselin se zhoršují i chladové vlastnosti bionafty. Pro zlepšení chladových vlastností se bionafta aditivuje dalšími látkami, které podporují její průchod palivovou soustavou. I přes tyto aditiva se doporučuje používat čistou bionaftu jen za vyšších teplot (nad 5 °C). [31]

2.4 Mazací schopnost bionafty

Snahou výrobců a vědců je hledat vhodné mazivostní aditivum pro motorovou naftu s nízkým obsahem síry aniž by, překročili emisní normy. V minulosti nafta obsahovala až desetiny % síry a její sloučeniny zajišťovaly dostatečnou mazivost. Postupně, ale docházelo k stále většímu odsiřování až na obsah, kdy poklesla mazivost pod únosnou mez a musela být přidávána aditiva ke zlepšení mazivosti. Výzkumy ukázaly, že bionafta vykazuje vyšší vlastnost mazivosti než rafinovaná nafta. Vzhledem k dobrým mazacím

vlastnostem může být bionafta použita jako přísada pro zlepšení vlastností mazání ropných paliv. [31][32]

Do norem byl zaveden požadavek na mazivost metodou HFRR. U této metody se zkouší mazivost pohybem zatěžované kuličky po destičce ponořené do zkoušeného paliva. Výsledkem testu je průměr otěrové plochy. Mezní hodnotou průměru otěrové stopy je max. 460 μm , automobilový průmysl doporučil nepřekračovat hodnotu 400 μm . Zavedením povinného přidávání biosložky do motorové nafty přestala být úroveň mazivosti problémem, protože methylestery mazivost zlepšují. [32]

Zlepšená mazací schopnost se připisuje délce řetězce mastných kyselin a zachovanému glycerinu. Výzkumníci zjistili, že míra přítomné kyseliny olejové hraje důležitou roli v různých vlastnostech a parametrech bionafty. Vyšší obsah kontaminujících látek v bionaftě zejména mono a di-glyceridy, a přítomnost síry propůjčuje bionaftě dobré mazací schopnosti. Methylestery a monoglyceridy jsou hlavní složky, které určují mazivost bionafty. Volné mastné kyseliny a diglyceridy ovlivňují mazivost jen mírně a triglyceridy nemají téměř žádný účinek na mazivost bionafty. [32]

Změna teploty má velký vliv na mazivost pro různé druhy směsných paliv. Výsledky testů s různými teplotami a koncentracemi bionafty ukázaly, že vyšší směs má tendenci snižovat koeficient tření. Hodnoty stop otěrů se zvyšují mírně se zvyšující se teplotou. Bylo zjištěno, že obsah volné vody v testovaných palivech se zvyšuje s rostoucí teplotou, zatímco žádná volná voda nebyla v obou případech jak u motorové nafty, tak u bionafty zjištěna v základních podmínkách. Studie také ukázala, že tření a opotřebení se zvyšuje se zvyšující se teplotou. To může být přičítáno klesající viskozitě se zvyšující se teplotou. Při vyšší teplotě, mazací vrstva ztrácí svou stabilitu v důsledku snížení viskozity, a tím způsobuje zvýšení opotřebení. [31]

2.5 Definice poškození

V případě řešení problematiky poškození je nutné si nejdříve definovat některé základní pojmy a říct pár slov o opotřebení a spolehlivosti.

Používáním motoru nebo vozidla a v podstatě jakéhokoliv stroje, dochází ke změnám provozních vlastností způsobených opotřebením jeho součástí. Snahou konstruktérů

a provozovatele vozidla, ale stejně tak výrobců biopaliv, je především opotřebování zamezit, či jej alespoň snížit, a tak eliminovat možnost vzniku poruchy. Zejména železniční, ale i silniční vozidla jsou udržována pomocí vypracovaného systému preventivních prohlídek a oprav. Cílem údržbového systému je zajistit spolehlivost a bezpečný provoz. Vzniká tak souvislost mezi procesem opotřebením a vznikem poruchy na jedné straně, a údržbovým systémem jako prostředkem k předcházení nebo odstraňování poruch na straně druhé. [33]

Spolehlivost - „jakost v době provozu“ schopnost objektu plnit funkce při zachování hodnot provozních ukazatelů v daných mezích během doby provozu [34]

Porucha - jev, spočívající v ukončení schopnosti plnit požadované funkce při stanovené (požadované) úrovni parametrů.

Porucha se dá dále rozdělit na:

- **Trvalá porucha** je taková porucha, kterou lze odstranit pouze obnovou prvku nebo soustavy.
- **Dočasná porucha** je taková, která může samovolně vymizet, nebo trvá jen po dobu působení vnějšího vlivu.
- **Katastrofální porucha** způsobí okamžitou a úplnou ztrátu schopnosti provozu.
- **Úplná porucha** je porucha objektu, při níž dochází k úplné neschopnosti objektu plnit všechny požadované funkce.
- **Částečná porucha** způsobující neschopnost objektu plnit některé, nikoliv však všechny požadované funkce.
- **Závada** je zhoršení schopnosti provozu, které ještě nezpůsobí poruchu, někdy se označuje jako chyba. [33]

2.6 Opotřebením

Opotřebením je definováno jako progresivní ztráta látky z pracovní plochy tělesa vyskytující se v důsledku relativního pohybu mezi povrchy. Je to pomalý, ale kontinuální proces, při kterém dochází k odstraňování materiálu z jednoho nebo více prvků. Opotřebením je závislé na celé řadě faktorů, včetně zatížení, rychlosti, tvorby sazí, teploty, tvrdosti, povrchové úpravy, přítomnosti cizích látek, a dalších podmínek prostředí. Během

procesu opotřebení se materiály mohou deformovat, mohou být převedeny z jednoho prvku na druhý, nebo se vyskytovat ve formě nečistot. To má za následek klesající fyzické rozměry. Třecí částice přítomné v mazacím oleji nesou podrobné a důležité informace o stavu motoru. Využívají se různé techniky, jako jsou atomové absorpční spektroskopie, ferografy atd., které poskytují cenné informace o složení částic opotřebení, velikosti částic, druhu opotřebení atd. Tyto testy odhalují stav motoru nepřímo prostřednictvím analýzy těchto částic v oleji. [35]

Rozlišuje se celkem 6 druhů opotřebení:

- adhezivní,
- abrazivní,
- erozivní,
- kavitační,
- únavové,
- vibrační.

Diagnostika opotřebení, je velice důležitá pro zajištění spolehlivosti. Také lze podle těchto výsledků upravit strategii preventivní údržby na stroji, pokud se použije správně. Vzhledem k některým nedostatkům v tradiční analýze opotřebení, digitalizovaný obraz pomocí kamer s velkým přiblížením se stal jedním z řešení problémů spojených s tradičními technikami.

V zásadě existují dva typy opotřebení, které se vyskytují v strojním inženýrství:

- mechanické opotřebení (spojené s třením, otěrem, nárazem a únavou),
- mechanicko-chemické opotřebení (reakce se sloučeninou na povrchu a následné mechanické odstranění produktů této reakce). [36]

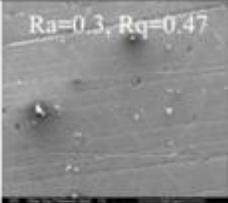
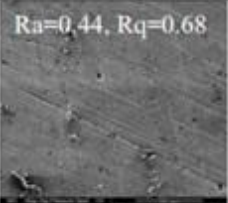
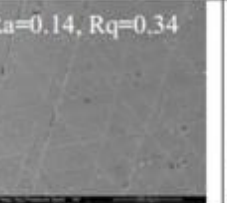
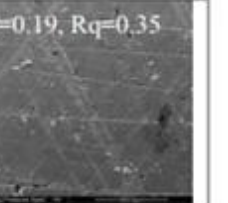
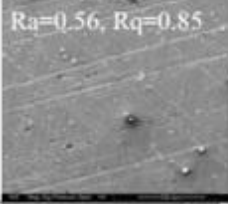

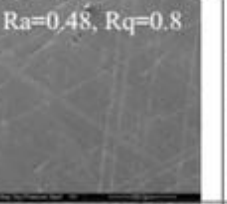
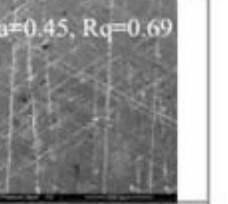
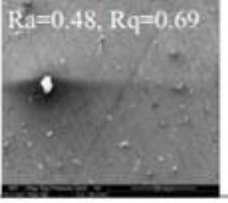
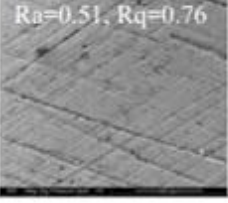
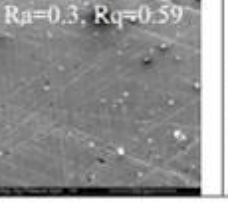
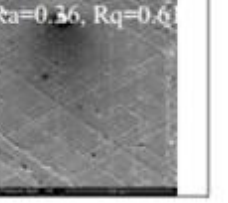
Důležitou roli hraje mazivo, které přepravuje ochranné chemické látky do míst, kde jsou potřebné. Také odvádí odpadní produkty daleko od místa vzniku. Saze jsou jedním

z hlavních faktorů, které zvyšují opotřebení motoru. Nepříznivý vliv je především v tom jak se vzájemně ovlivňují s olejovými aditivami a snižují účinnost protioděrových přísad. To má za následek zhroucení olejového filmu a tím dojde k umožnění kontaktu mezi sazemí a povrchem motoru. Za těchto podmínek je mezní vrstva lubrikantu silná 0,001-0,05 μm . Nicméně, saze mají průměr v rozmezí od 0,01 μm až 0,8 μm a může tedy dojít k otěru. K maximálnímu opotřebení pístní skupiny dochází v dolní a horní úvrati pístu, jelikož v těchto místech je hranice mazací vrstvy. [35]

Opotřebení v sedle ventilu se měří vzdáleností hlavy ventilu a montážní příruby. Při laboratorních měření (BOSE, P.K, 2011), v případě bionafty, bylo zjištěno nižší opotřebení o zhruba 12-35 %. Bylo zjištěno, že opotřebení pístů se pohybuje v rozmezí od 0,01-0,08 mm pro motor pracující na obě paliva, tudíž zde nebyl znatelný rozdíl. Výsledky některých testů ukázaly nižší úroveň opotřebení u bionafty. To může být způsobeno lepším spalováním bionafty, nižší vrcholovou teplotou ve válci, menší tvorbu sazí, a lepší mazací vlastností bionafty. Některá měření vykazují větší opotřebení pro bionaftu a některé pro minerální naftu. Žádný jednoznačný závěr nelze tedy vyvodit, obecně ale platí, že je relativně nižší opotřebení u bionaftou poháněných motorů. [36]

Ke zjištění míry opotřebení povrchu se využívá drsnoměrů. K vizuální kontrole mikroskop s velkým přiblížením. Na něm je pak vidět otěrová stopa povrchu způsobená třením. Výsledek takového testu (SINHA, S, 2010) je vidět na (Obr. 8). Měřeným povrchem v tomto testu byly vložky válce motorů, které byly provozovány 100h. Jeden na minerální naftu a druhý na naftu s 20 % složkou bionafty. Měření, proběhlo v horní úvrati, dolní úvrati a mezi nimi. Z tohoto testu, ale nelze jednoznačně určit, ve kterém případě je opotřebení závažnější. [35]

Obr. 8 Abrazivní opotřebení vložky válce

	Tlaková strana		Protitlaková strana	
	Nafta	Bionafta B20	Nafta	Bionafta B20
HU	 Ra=0.3, Rq=0.47	 Ra=0.44, Rq=0.68	 Ra=0.14, Rq=0.34	 Ra=0.19, Rq=0.35
Střed	 Ra=0.56, Rq=0.85	 Ra=0.59, Rq=0.89	 Ra=0.48, Rq=0.8	 Ra=0.45, Rq=0.69
DU	 Ra=0.48, Rq=0.69	 Ra=0.51, Rq=0.76	 Ra=0.3, Rq=0.59	 Ra=0.36, Rq=0.6

Zdroj:[35]

Z důvodu nízkého obsahu sazí a dobré mazivosti se bionafta jeví jako palivo způsobující jen minimální opotřebení. Výsledky testů ovšem ukazují ve většině případů podobné hodnoty opotřebení v případě bionafty i minerální nafty. Nečistoty v palivu mají velký vliv na výskyt abrazivního poškození ve spalovacím prostoru. K předcházení poškození v tomto směru je vhodné udržovat dobrou kvalitu motorového oleje a dbát na čistotu použitého paliva.

2.7 Koroze

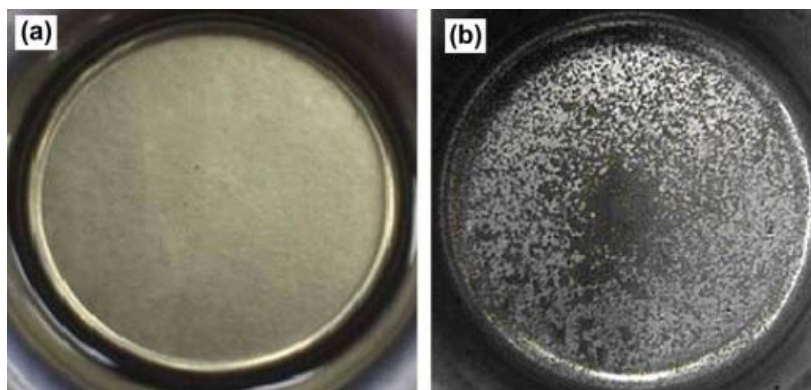
Korozí kovů je nazýváno postupné znehodnocování materiálu, které nastává chemickým nebo fyzikálně chemickým působením vnějšího prostředí. Prostředí, která způsobují korozi, jsou rozmanitá. Je obecně známo, že bionafta je korozivnější než motorová nafta. Korozní charakteristiky bionafty jsou velmi důležité pro dlouhodobou životnost částí motoru.

U bionafty se často mluví o obsahu kyseliny ve vztahu ke korozi. Pro bionaftu se standardně požaduje maximální obsah kyseliny 0,80 mg KOH/g. Číslo kyselosti je v přímém vztahu k obsahu volných mastných kyselin. Čím vyšší je číslo, tím je palivo korozivnější a je považováno za jedno z měřítek korozivnosti u bionafty. U bionafty se celkový obsah kyseliny zvyšuje, protože dochází k oxidaci a to za provozu i v klidu. Korozivní povaha bionafty může také pramenit z nečistot, jako je voda, methanol, volný glycerol, volné mastné kyseliny, katalyzátory (Na a K), zbývající po zpracování a také z reverzibility chemické reakce při zpracování na bionaftu. Za určitých podmínek absorbovaná voda může převést zpět některé estery na mastné kyseliny a methanol. Tyto kyseliny pak mohou reagovat s kovy a zapříčiňovat další korozi. [37]

V současné době se používá k měření koroze bionafty metoda s využitím proužků mědi. Během zkoušky se měděné pásy ponoří do bionafty a po uplynutí stanovené doby jsou vzorky hodnoceny. Na konci expoziční doby jsou měděné proužky srovnávány s referenčními standardizovanými proužky za použití měřítka od 1A do 4A-C. Ve většině případů tyto zkoušky v bionaftě vycházejí 1A, což představuje jen malou korozi. [37]

Na (*Obr. 9*) je výsledek testu (Haaseb, 2011), kdy byla zkoumána koroze ocelového plechu ponořením v motorové naftě a v 5 % FAME smíšeným s naftou při teplotě 80 °C. Zkušební list je Pb-8 % Sn s povlakem z válcovaného ocelového plechu, který se běžně používá pro výrobu palivové nádrže. Po 500 hodinách vystavení vzorku v bionaftě, vědci našli důlkovou korozi na povrchu vzorku ponořeného do 5 % FAME. Zjistili, že ke korozi došlo i ve 2 % FAME. Proto došli k domněnce, že hodnota kyselosti nebo obsahu mastných kyselin nedostatečně vysvětluje korozivní povahu a je potřeba hledat přesnější ukazatel. Došli také k závěru, že oxidační proces přeměňuje estery na mastné kyseliny, jako je kyselina mravenčí, kyselina octová, propionová kyselina, kyselina kapronová, které jsou vysoce korozivní. [37]

Obr. 9 Koroze po 500h a) diesel b) 5% FAME



Zdroj: [37]

Na základě dosud provedených studií lze říci, že bionafta je více korozivní než nafta. Korozivnost bionafty se zvyšuje s koncentrací bionafty ve směsi. Slitiny mědi jsou více náchylné ke korozi, než slitiny železa a slitiny hliníku. Přítomnost nečistot a vody v palivu zvyšuje korozi bionafty. Je zřejmé, že v současné době je nedostatek vědeckých údajů o korozi automobilových kovů a slitin při použití s bionaftou, na jejichž základě by mohlo být učiněno jasné rozhodnutí o velikosti vlivu bionafty na korozivní chování materiálů. [37]

2.8 Úsady karbonu

Vznětové motory mají několik kritických komponent, které pracující s malými tolerancemi a které jsou vystaveny vysokým teplotám a mechanickému namáhání. Usazeniny na těchto částech obecně vznikají v důsledku tepelné a oxidační degradace maziv a pyrolýzy (nedokonalé spalování). Tyto nánosy snižují výkon motoru, účinnost, a mohou způsobit provozní problémy a také zvyšují náklady na údržbu. Někdy velmi silné vrstvy mohou také vést až k poruše motoru. [35]

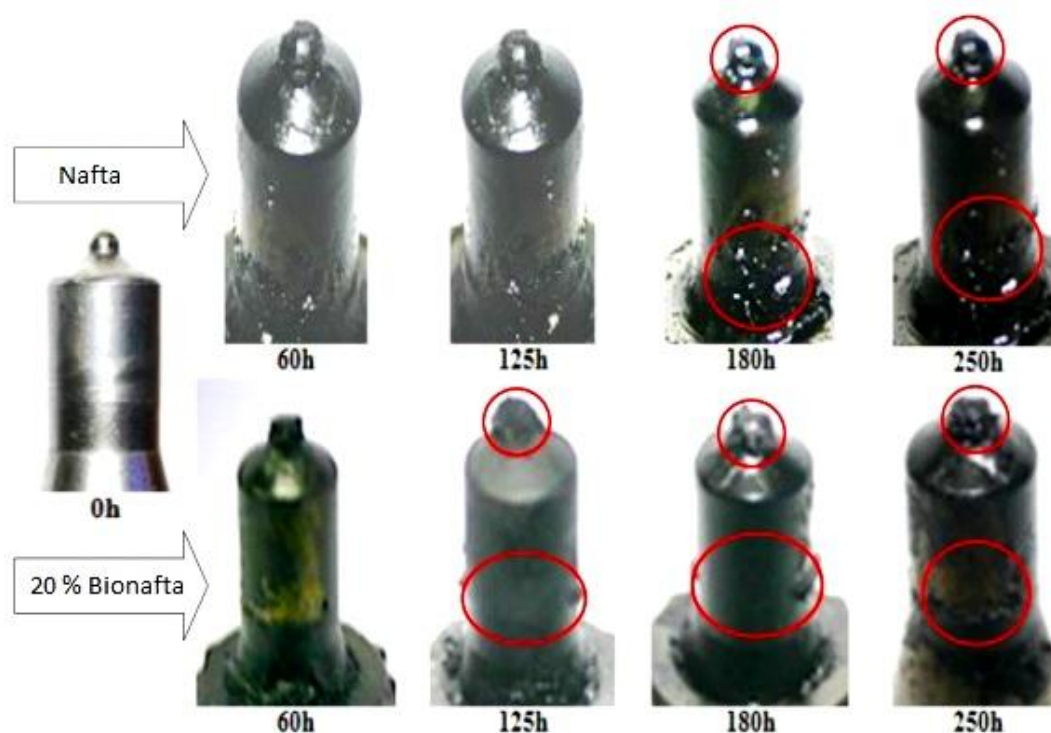
Pokročilé systémy vstřikování nafty se vyznačují vyššími teplotami v oblasti špičky vstřikovače. To může vést k tvorbě obzvláště odolných usazenin na a kolem vstřikovacího hrotu. Tvorba usazenin uvnitř otvorů vstřikovací trysky nebo na vnější straně špičky injektoru může mít nepříznivý vliv na celkový výkon systému, protože se změní tvar vstřikovacího kuželu a dojde ke snížení průtoku paliva vlivem úsad na trysce. Vznik usazenin ve spalovacím prostoru se také negativně projevuje v tom, že dochází ke vnikání

nespálených částí do mazacího oleje motoru. Nespálené podíly také nepříznivě ovlivňují vedení tepla ve spalovacím prostoru. Tvorba usazenin začíná na hrotu vstřikovače, následují pístní kroužky, stěny komory a poté hlavy válců atd. Usazeniny se mohou na injektoru vyvíjet ve dvou oddělených místech, první uvnitř tělesa injektoru a druhý na vnitřním ventilu a rozprašovacího otvoru, kde palivo opouští trysku a vstupuje do spalovací komory. Proto je pravděpodobné, že palivo uložené v hrotu injektoru se zahřeje v průběhu spalovacího procesu. Kombinace odpaření lehčích frakcí paliva a degradace je považován za jeden z důvodů přichycení usazeniny. Tento proces je ovlivněn nečistotami paliva, výslednými produkty spalování a sazemi. V usazeninách lze nalézt někdy i velmi malé množství maziva. [38]

Dnes je již známo, že i některé vlastnosti bionafty mohou vést k rychlejšímu zanášení vstřikovačů a nadměrné tvorbě usazenin. Mezi tyto vlastnosti se řadí vyšší viskozita a nižší těkavost. Uhlíkové usazeniny jsou obvykle tvořeny dvěma různými způsoby. Rozklad uhlovodíků na elementární uhlík a vodík, nebo polymerace/kondenzace uhlovodíkových částí do větších polyaromatických uhlovodíků. Tyto polyaromatické uhlovodíky tvoří zárodky, které následně rostou a tvoří uhlíkové sedimenty. [38]

Kvalitativní analýza uhlíkových úsad na různých částech motoru se provádí vizuálně, měřením váhy a případně se zjišťuje i složení. Výkon motoru se udržuje v průběhu vytrvalostní zkoušky konstantní. Motor běží se stejnými otáčkami a zatížením. Při testu se musí vyfotografovat části, na kterých se porovnává množství úsad. K zachycení fotografií dochází před zatěžovací zkouškou a v zápětí po ní. Následně dochází opět ke kontrole částí a k vyhodnocování o kolik se zvýšila vrstva těchto usazenin. [35]

Obr. 10 Úsady na vstřikovačích



Zdroj: [38]

Na (Obr. 10) je vidět výsledek jednoho z testů (LIAQUAT, A.M, 2014) zaměřených na úsady na vstřikovací trysce. V tomto testu byly porovnávány trysky po 250 hodinách provozu. V prvním případě šlo o klasickou minerální naftu, ve druhém případě je vidět vstřikovač po použití na 20% bionaftu vyrobenou ze semen rostliny dávice. Na první pohled je vidět větší množství usazenin na vstřikovači při použití bionafty. Co ovšem není na pohled zřejmé je, že usazeniny vytvořené provozem nafty jsou spíše mastné, usazenina vzniklá při použití bionafty je suchá. Tato skutečnost opět hovoří proti bionaftě, kdy suché a tvrdé usazeniny mohou způsobovat větší problémy s dávkováním paliva. [38]

V krátkodobých operacích, při použití obnovitelných paliv získaných z rostlinných olejů, nedochází k výraznějšímu poklesu výkonu motoru. S dlouhodobějším provozem, některá z paliv mohou způsobit snížení výkonu motoru vlivem nadměrných uhlíkových usazenin a ve výsledku někdy i vést k poškození motoru.

2.9 Vliv bionafty na polymery

Motorová nafta je palivo, které se užívá již mnoho let ve vznětových motorech. Díky tomu je známé jaké komponenty a materiály z polymerů, které přicházejí do styku s naftou, jsou vhodné a nejsou závažně ovlivňovány působením nafty. Nicméně, je zde méně dostupných informací o kompatibilitě elastomerů v palivovém systému při použití bionafty jako paliva a to většinou z důvodů velkého množství elastomerů a rozličných chemických složení bionafty. Aplikace alternativních paliv a změny ve složení paliva často mohou vytvářet potíže s těsněním v palivovém systému motoru a vlastně všude, kde dochází ke styku paliva s elastomery.

Obavy vyplývají ze skutečnosti, že fosilní nafta a bionafta mají hodně odlišné chemické struktury a následné účinky na elastomery jsou různé. Bionafta je směs esterů, zatímco nafta je směs uhlovodíků. Kromě toho bionafta je náchylná k oxidaci při vystavení vzduchu při delším skladování. Oxidace, produkuje hydroperoxydy v místech nenasyčených mastných kyselin a tyto hydroperoxydy se později rozkládají na aldehydy, ketony, karboxylové kyseliny s kratším řetězcem. Estery, hlavní složky bionafty, mohou být také snadno hydrolyzovány za přítomnosti vody a vytvářet karboxylové kyseliny. Všechny tyto složky, včetně chemického složení bionafty, mají vliv na bobtnající charakteristiku elastomerů v závislosti nejen na složení, ale i na formulaci sloučeniny. Stejně tak hraje roli použitý druh bionafty, respektive základní surovina pro výrobu daného paliva. [31][37]

Typicky nízko-tlaké palivové vedení ve vznětových motorech je vyrobeno z pružných hadic ze syntetického kaučuku. Vysokotlaké palivové potrubí z oceli. Běžně používané pryžové součásti jsou nitrilové pryže, hydrogenovaný nitrilový kaučuk, polyvinylchlorid, akrylová guma, kopolymer, terpolymer, polychloropren, fluoroviton, buna, ethylen-propylen-dien monomer (EPDM), chloropren syntetický kaučuk a polytetrafluorethylen nebo teflon. [31]

Mnoho z těchto materiálů ve vznětovém motoru nejsou kompatibilní s bionaftou. Testy na použitelnost se provádějí laboratorně při vložení daného vzorku do bionafty. Tento vzorek setrvává v tomto stavu desítky, stovky a v některých případech i tisíce hodin. Vliv na degradaci má také teplota a proto se po dobu ponoření udržuje konstantní a v některých

případech zvýšená oproti pokojové teplotě. Po uplynutí předem stanovené doby se vzorek vyjme a následně se provádí porovnání stavu před a po ponoření. Mezi měřené fyzikální vlastnosti patří například, změny hmotnosti a objemu, tvrdost a pevnost v tahu.

Změna objemu

Jak u motorové nafty, tak v případě bionafty dochází ke zvýšení objemu po ponoření. Tato změna objemu je mnohem vyšší v případě bionafty. To lze vysvětlit tím, že dochází k difúzi kapaliny v elastomeru. Toto rozpouštění nebo difúze závisí na interakci kapaliny a elastomerů. Protože bionafta je více polární než nafta, je interakce u bionafty větší než u motorové nafty. Dochází tedy k výraznému nárůstu objemu v případě bionafty. Množství bobtnání nebo změny objemu závisí na chemickém chování elastomerů. [31]

Změna pevnosti

Opět platí, že pokles pevnosti v tahu je vyšší u bionafty nežli u nafty. Větší snížení pevnosti v tahu u některých elastomerů poukazuje na vyšší ztrátu v zesílení polymerních řetězců při ponoření. Zatímco v případě jiných elastomerů, u kterých došlo k poměrně menšímu snížení pevnosti v tahu, může poukazovat na menší rozpuštění vytvrzení. Experimentální data získaná po provedení ponorné zkoušky na elastomery bionafty a nafty ukazují, že účinek paliva na materiálu se mění vzorek od vzorku. Použití paliva s velkým obsahem nenasycených mastných kyselin může způsobit nežádoucí vliv. V jednom z výzkumů bylo dokonce zjištěno, že například některé nitrokaučuky byly použitelné s B20 (20 % bionafta, 80 % nafta), ale již ne s ethanolem o koncentraci 15 %. Většina z elastomerů bobtná absorpcí aromatických sloučenin. Bionafta může vyluhovat aromatické látky, stejně jako přísady, jejichž cílem je zabránit kalení a praskání. [31]

Tabulka 3 Kompatibilita elastomerů s bionaftou

Kompatibilní materiály	Středně kompatibilní	Nekompatibilní
Teflon, Carbon-filled acetal, Fluorocarbon, Perfluoroelastomer, Chemraz	Viton, Ethylene propylene, Fluorosilicone, Butyl	Wil-Flex, Buna-N, Nordel, Polyurethane, Nitrile, Natural rubber, Chloroprene, CR/neoprene, Styrene-butadiene rubber, Butadiene rubber, Hypalon

Zdroj: [37]

Výzkumy se někdy ve výsledcích trochu liší, ale panuje obecná shoda, že fluorované elastomery jsou jen velmi málo ovlivněny bionaftou. Na základě experimentálních dat a zkušeností z terénu z různých zdrojů byl sestaven seznam použitelných materiálů. V Tabulce 3 je vidět kompatibilita některých materiálů. Pro použití s bionaftou jsou vhodné viton, EPDM. Některé další mohou být také použity, v závislosti na podmínkách (například koncentrace bionafty, nebo její složení). Nicméně, některé běžné typy elastomerů, jako je nitril, chloroprene, neopren, přírodní kaučuky apod., nejsou vhodné pro použití s bionaftou, jelikož při kontaktu dochází k nežádoucí degradaci těchto látek. Mechanismy degradace polymerů v bionaftě nejsou dosud dobře známy. Vysoce nestabilní volné mastné kyseliny, jakož i nezreagované triglyceridy, glycerol, a methanol mohou mít velký vliv na elastomery. Tyto aspekty kompatibility s elastomery je téma pro budoucí výzkum. [31][37]

2.10 Provoz vznětového motoru na bioethanol

Dnes je provoz vznětového motoru v rámci biopaliv spojován především s bionaftou případně provozem na čistý řepkový olej. Setkat se s ethanolem se lze především jako s vysokoprocenním palivem E85 (85 % ethanolu 15 % benzin) pro použití v zážehových motorech. Stále častěji se objevují i pokusy s provozem pro vznětový motor. Jedním z problémů může být nízká výhřevnost ethanolu jen 22,71 MJ.l⁻¹ oproti MEŘO 37,9 MJ.l⁻¹.

Vzhledem k tomuto znatelnému rozdílu je zapotřebí úprava. U ethanolu dojde k vyšší měrné hmotnostní spotřebě a je tedy nutné upravit palivové příslušenství. U starších vozidel bude nutné vyměnit vstřikovače, aby byly schopné vstřikovat větší dávky paliva do spalovacího prostoru a to přibližně 1,5x větší. [2][39]

Další komplikací je, že směsi s bioethanolem nemají potřebnou stálost a je nutné je kombinovat s MĚŘO a případně i s minerální naftou. Bioethanol má větší zápalnou teplotu, které se nedosáhne pouhou kompresí. Hodnota poměru komprese se zvyšuje na hodnotu 25 a vyšší, to alespoň částečně kompenzuje vysokou zápalnou teplotu. Z tohoto důvodu se bioethanol aditivuje látkou, která je vysoce explozivní a urychluje zapálení. K tomuto účelu se často využívá látka AVOCET v poměru k bioethanolu 90:5. [39]

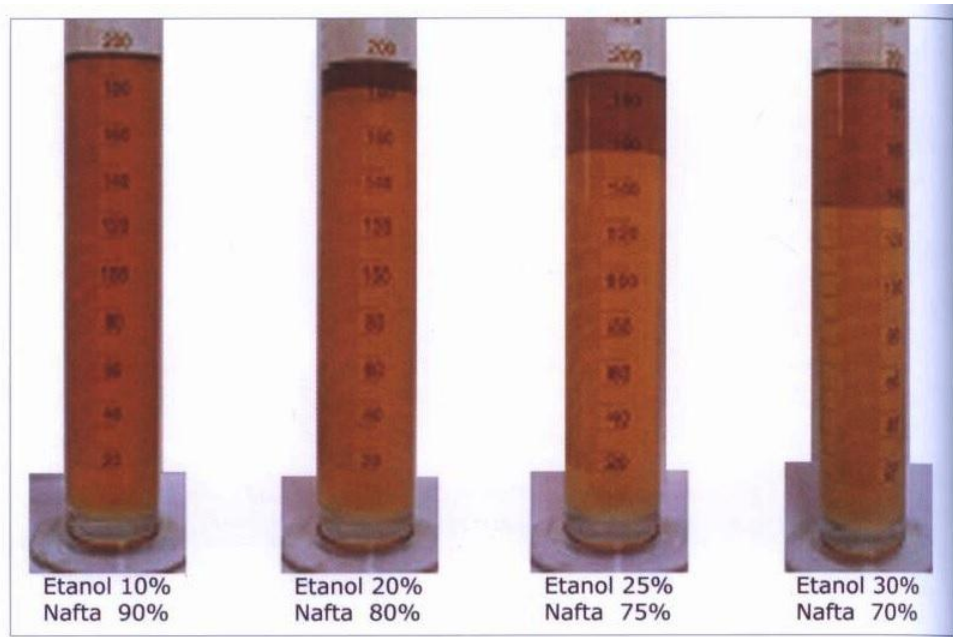
Pro použití bioethanolu jako alternativního paliva vznětových motorů v zásadě existují tři možné způsoby:

- přimíchávání bioethanolu do motorové nafty,
- dvoupalivový systém, kdy je do spalovacího prostoru zvlášť přiváděn bioethanol a zvlášť motorová nafta,
- jednopalivový systém využívající palivo E95. [40]

Dnes se experimentuje s použitím i 95 % ethanolu. V praxi se dá přepokládat koncentrace do 15 %. I tato hodnota už přináší značný problém s mazáním vstřikovacího čerpadla. Dalším úskalím při použití bioethanolu je jeho korozivní chování a negativní vliv na elastomery. [41]

Důležité je také věnovat pozornost rozdílné měrné hmotnosti mezi ethanolem a naftou. Tento rozdíl způsobuje problém s mísitelností obou paliv. Problém s mísitelností je dobře vidět i na (*Obr. 11*), kde je vidět rozdíl hladin. V nádobách jsou různé poměry nafty a bioethanolu. Zajímavý je také fakt, že čím větší koncentrace ethanolu, tím dříve dochází k separaci obou kapalin. V případě 30% ethanolu došlo k oddělení již po 5 minutách, u 10% to bylo až po 72 hodinách. Problém se špatnou mísitelností obou paliv lze řešit pomocí různých aditiv. Osvědčilo se přimíchávání i malého množství buthanolu do směsí, kdy došlo ke zpomalení separace až na několik dní. [2]

Obr. 11 Mísitelnost nafty a ethanolu



Zdroj: [2]

2.11 Doporučení při provozování motoru na biopaliva

Většina dnešních vozidel je dnes provozována na fosilní paliva. Biopaliva stále hrají jen malou roli a nahrazují jen část spotřeby v automobilovém průmyslu. Pokud je v úmyslu provozovat automobil, který byl původně vyroben pro spalování klasických paliv na biopaliva, je potřeba toto rozhodnutí pečlivě zvážit. Faktorů, podle kterých se rozhodovat, je mnoho. Nutné je v tomto ohledu zmínit, že je dobré brát v potaz doporučení výrobce daného motoru či automobilu. Dále je potřeba se řídit pravidly pro užívání daného paliva. Před prvním natankováním biopaliva je potřeba zajistit potřebnou kompatibilitu veškerých materiálů, které přijdou s palivem do styku. Dále by se měl uživatel ujistit, že kvalita tankovaného paliva splňuje předpisy a standardy v kvalitě.

V případě bionafty je potřeba zdůraznit několik dalších pravidel doporučovaných výrobcí vozidel.

- Je zapotřebí zkrátit interval výměny motorového oleje, někdy se doporučuje až polovina doby obvyklé.
- Věnovat pozornost častějším kontrolám palivového filtru, hladině oleje a odlučovači vody.
- V případě 100% bionafty je vhodné zařadit ještě jeden předčistič paliva.
- B20 používat jen do teploty -9°C a B100 jen do $+5^{\circ}\text{C}$
- Vozidlo na B20 nesmí být odstaveno na delší dobu jak 3 měsíce, v případě B20 až B100 jen 45 dní. Pokud je plánováno odstavení na delší dobu, doporučuje se provoz alespoň 20h na čistou naftu před odstavením k vyčištění palivové soustavy. [2]

3. ZÁVĚR

Dnešní svět je stále více propojován, z jedné strany vlivem postupující technologie v oblasti komunikačních technologií a na druhé straně vlivem možnosti dopravovat zboží a osoby v poměrně krátkém čase na jakékoliv místo na Zemi. Objem přepravovaného zboží, je stále větší a v budoucnu se neočekává pokles. Tato přeprava zboží, materiálů a osob celkově přispívá ke zvyšování životní úrovně ve všech státech. Bohužel nadměrný objem přepravy s sebou přináší i negativní vlivy spojené především se znečišťováním životního prostředí a velkou spotřebou fosilních paliv.

Jedním z řešení jsou biopaliva. Evropská unie včetně České republiky se snaží vyvíjet podpůrné nástroje, které mají pomoci s ke zvyšování podílu biopaliv na trhu. Mezi již zavedené nástroje patří přímé dotace výrobcům biopaliv, vrátka spotřební daně, a povinné přimíchávání biosložky do fosilních paliv. Ovšem některá opatření k zavádění biopaliv mohou mít i negativní dopad, například zvyšování podílu biopaliv stanovených Evropskou unií na 10 % do roku 2020 by mohlo vést ke zvýšení cen potravin a velkému rozšiřování zemědělské půdy na úkor lesů. Tento problém by mohli vyřešit biopaliva druhé generace. Proto je nutné nejdříve zvolit, zda podporovat již zavedená biopaliva první generace nebo investovat do vývoje biopaliv druhé a případně třetí generace.

Biopaliva se stále setkávají s nedůvěrou veřejnosti a to zejména z důvodů obav z poškození vozu. Snahou výrobců vozů i výrobců paliv je však tyto nedostatky eliminovat. Některé problémy stále přetrvávají, jiné se už podařilo snížit na únosnou mez či úplně odstranit. S postupujícím výzkumem se dá očekávat zlepšování kvality a snižování nepříznivých dopadů biopaliv na motor. Stále ovšem zavedení biopaliv do motoru, který je konstruován na motorovou naftu, není úplně bezproblémové.

Použití bioethanolu a butanolu ve vznětových motorech je spíše jen okrajovou záležitostí, se kterou se spíše než v reálném provozu, je dnes možné setkat ve fázi testování. Dlouhodobější vliv těchto paliv není ještě podrobně zmapovaný, ale už nyní se vyskytují problémy s korozí materiálů a špatnou mísitelností s motorovou naftou při použití s bioethanolem.

Nevýhodou čistého rostlinného oleje při použití ve vznětovém motoru je jeho vysoká viskozita a vysoký bod vzplanutí. Vysoká viskozita řepkového oleje může způsobovat poškozování filtrů a čerpadel palivového systému motoru. Nedostatečně spálené palivo, z důvodu vysokého bodu vzplanutí, ovlivňuje životnost motorového oleje. V oleji se můžou vytvářet kalý a nečistoty, které se mohou usazovat v mazacím systému, což může vést k poškození motoru. Řešením těchto problémů je použít dvou-palivový systém a předeřev paliva, tím dojde ke snížení viskozity. Problémy s motorovým olejem lze řešit jeho častější výměnou.

Bionafta je vhodnější palivo pro vznětové než čistý rostlinný olej, jelikož její vlastnosti jsou podobnější běžné motorové naftě. Její použití, ale také není bezproblémové. V případě bionafty dochází, vlivem obsahu kyselin v bionaftě, k rychlejší korozi některých materiálů. Problémy vznikají také v netěsnosti palivového systému z důvodu poškození těsnění a potrubí z polymerů. Snášitelnost některých materiálů lze většinou vyřešit výměnou za jiné, které mají potřebnou kompatibilitu. U vznětových motorů provozovaných na bionaftu také dochází také k pronikání paliva do motorového oleje. Tento problém se řeší zkrácením intervalu výměny motorového oleje.

4. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HROMÁDKO, Jan. *Speciální spalovací motory a alternativní pohony: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012, 158 s. ISBN 978-80-247-4455-1.
- [2] ŠMERDA, Tomáš, Jiří ČUPERA a Martin FAJMAN. *Vznětové motory vozidel: Biopaliva, emise, traktory*. 1. vyd. Brno: CPress, 2013. ISBN 978-80-264-0160-5.
- [3] HÖNIG, VLADIMÍR. *Paliva a maziva* [online]. [cit. 2014-12-20]. Dostupné z: <http://oppa-smad.tf.czu.cz/?q=pm>
- [4] SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2009/28/ES: o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a o změně a následném zrušení směrnic 2001/77/ES a 2003/30/ES. In: *Úřední věstník Evropské unie*. 2009. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:cs:PDF>
- [5] KABELKOVÁ, Andrea. *Situace na trhu s biopalivy a aplikace ve vznětových motorech*. Praha, 2011. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Vedoucí práce Vladimír Hönig.
- [6] *Diesel - Motorová nafta* [online]. [cit. 2015-01-10]. Dostupné z: <http://www.atpetrol.cz/technicke-info/diesel-motorova-nafta/>
- [7] EGGERT, Hakan a Mads GREAKER. Promoting Second Generation Biofuels: Does the First Generation Pave the Road?. *Energies* [online]. 2014, vol. 7, issue 7, s. 4430-4445 [cit. 2015-03-02]. DOI: 10.3390/en7074430. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/1996-1073/7/7/4430/>
- [8] VLK, František. *Alternativní pohony motorových vozidel*. 1. vyd. Brno: Prof.Ing.František Vlk, DrSc., 2004, 234 s. ISBN 80-239-1602-5.
- [9] HROMÁDKO, Jan, et al. Chemické listy. *Technologie výroby bioplaiv druhé generace* [online]. 2010, s. 784-790 [cit. 2015-02-20]. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2010_08_784-790.pdf
- [10] POKORNÝ, Zdeněk. *BIONAFTA: Ekologické alternativní palivo do vznětových motorů*. 1. vyd. Nové Město nad Cidlinou: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství České republiky, 1998. ISBN 80-7105-173-X.

- [11] *Co je glycerin?* [online]. ACE Trade s.r.o. [cit. 2015-02-02]. Dostupné z: <http://www.glycerin.cz>
- [12] LUKOVIĆ, Nevena, Zorica KNEŽEVIĆ-JUGOVIĆ a Dejan BEZBRADICA. *Biodiesel Fuel Production by Enzymatic Transesterification of Oils: Recent Trends, Challenges and Future Perspectives*. Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade Serbia, 2011. ISBN 978-953-307-372-9.
- [13] Dlouhodobá strategie využití biopaliv v České republice. In: *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://download.mpo.cz/get/26605/28938/315330/priloha001.doc>
- [14] POKORNÝ, Adam. *Analýza alternativních paliv ve vznětových motorech*. Praha, 2014. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Vedoucí práce Jan Hromádko.
- [15] ERDENER, Hulya, Ayca ARINAN a Sultan ORMAN. *Future Fossil Fuel Alternative: Di-methyl Ether (DME) A review*. International Journal Of Renewable Energy Research, IJRER, 2011.
- [16] VOBECKÁ, Kateřina. *Biopaliva z řas*. Praha, 2012. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze. Vedoucí práce Jakub Kočan.
- [17] ŠTĚRBA, Mojmir. *Biopaliva z řas* [online]. 2007 [cit. 2015-01-10]. Dostupné z: <http://proatom.luksoft.cz/view.php?cislocclanku=2007120401>
- [18] DEMIRBAS, Ayhan Demirbas a M. Fatih DEMIRBAS. *Importance of algae oil as a source of biodiesel: Energy Conversion and Management*. 2010.
- [19] HROMÁDKO, Jan. et al. Výroba bioetanolu: LISTY CUKROVARNICKÉ a ŘEPAŘSKÉ. [online]. 2010, s. 267-271 [cit. 2015-03-02]. Dostupné z: http://www.cukr-listy.cz/on_line/2010/PDF/267-271.PDF
- [20] CZ BIOM. *Průvodce výrobou a využitím bioplynu*. 3. vydání. 2019. ISBN 978-80-903777-5-2.
- [21] SLADKÝ, Václav: Biobutanol – vhodnější náhrada benzínu. Biom.cz [online]. 2007-07-04 [cit. 2015-02-25]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biobutanol-vhodnejsi-nahrada-benzinu>. ISSN: 1801-2655.

- [22] MORONE, Amruta a R.A. PANDEY. Lignocellulosic biobutanol production: Gridlocks and potential remedies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. 2014, vol. 37, s. 21-35 [cit. 2015-01-20]. DOI: 10.1016/j.rser.2014.05.009. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032114003256>
- [23] PATÁKOVÁ, Petra. et al. Využití cukrovky pro výrobu biobutanolu. *LISTY CUKROVARNICKÉ a ŘEPAŘSKÉ* [online]. 2011, 46–49 [cit. 2015-03-02]. Dostupné z: http://www.cukr-listy.cz/on_line/2011/PDF/46-49.pdf
- [24] KUITTINEN, Suv. et al. The use of (green field) biomass pretreatment liquor for fermentative butanol production and the catalytic oxidation of biobutanol. *Chemical Engineering Research and Design* [online]. 2014, vol. 92, issue 8, s. 1531-1538 [cit. 2015-02-20]. DOI: 10.1016/j.cherd.2014.01.015. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0263876214000343>
- [25] DRY, Mark E. The Fischer–Tropsch process: 1950–2000. *Catalysis Today* [online]. 2002, vol. 71, 3-4, s. 227-241 [cit. 2015-03-02]. DOI: 10.1016/S0920-5861(01)00453-9. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0920586101004539>
- [26] DRY, Mark E. Practical and theoretical aspects of the catalytic Fischer-Tropsch process. *Applied Catalysis A: General* [online]. 1996, vol. 138, issue 2, s. 319-344 [cit. 2015-03-02]. DOI: 10.1016/0926-860X(95)00306-1. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0926860X95003061>
- [27] VANĚK, Václav. *Obnovitelné zdroje: Biopaliva druhé a třetí generace* [online]. 2012 [cit. 2015-02-25]. Dostupné z: <http://www.3pol.cz/cz/rubriky/obnovitelne-zdroje/987-biopaliva-druhe-a-treti-generace>
- [28] *Renewable and alternative energy fact sheet: Using Biodiesel Fuel in Your Engine* [online]. Pennsylvania State University, 2013 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: <http://pubs.cas.psu.edu/FreePubs/pdfs/uc204.pdf>
- [29] RAJENDRA, V. International Journal of Automobile Engineering: EFFECT OF BIODIESEL ON DIESEL ENGINE PERFORMANCE, LUBRICANTS AND EMISSIONS -A REVIEW. [online]. 2013, s. 39-46 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: www.tjprc.org/download.php?fname=--1372324388-4.Automobile-IJAuERD-EffectofBiodiesel-SACHINURUNKAR.pdf

- [30] NÍZKOTEPLTNÍ VLASTNOSTI PALIV A MAZIV OSTI PALIV A MAZIV: Laboratorní cvičení. In: [online]. [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: http://cesmina.vscht.cz/trp/data/soubory/51_nizkoteplotni-vlastnosti-paliv-a-maziv.pdf
- [31] SORATE, Kamalesh A. a Purnanand V. BHALE. Biodiesel properties and automotive system compatibility issues. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. 2015, roč. 41, s. 777-798 [cit. 2015-03-18]. DOI: 10.1016/j.rser.2014.08.079.
- [32] Přísady do nafty. MATĚJOVSKÝ, Vladimír. [online]. 2012 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: <http://www.petrol.cz/aktuality/archiv/2012/37/prisady-do-nafty-1589.aspx?nom=2489&vote=3>
- [33] Opatření strojních soustav a vznik poruch. In: [online]. [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/TU/TU/4kapitola.pdf>
- [34] Přednášky z předmětu Jakost, spolehlivost a obnova strojů: Přednáška 5. [online]. [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: <https://moodle.czu.cz/>
- [35] SINHA, S. a A.K. AGARWAL. Experimental investigation of the effect of biodiesel utilization on lubricating oil degradation and wear of a transportation CIDI engine. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power* [online]. 2010, roč. 132, č. 4 [cit. 2015-03-18]. DOI: 10.1115/1.3204506.
- [36] BOSE, P.K., Bijan SARKAR a Swarup PAUL. EFFECT OF CONTINUOUS OPERATION ON WEAR CHARACTERISTICS OF SOME COMPONENTS OF A DIESEL ENGINE RUN BY ALTERNATIVE FUELS. [online]. s. 35-39 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: http://mech-ing.com/journal/Archive/2011/12/167_Swarup%20Paul.pdf
- [37] HASEEB, A.S.M.A., M.A. FAZAL, M.I. JAHIRUL a H.H. MASJUKI. Review article: Compatibility of automotive materials in biodiesel. *Fuel* [online]. 2011, roč. 90, č. 3, s. 922-931 [cit. 2015-03-18]. DOI: 10.1016/j.fuel.2010.10.042.

- [38] LIAQUAT, A.M., H.H. MASJUKI, M.A. KALAM a I.M. RIZWANUL FATTAH. Impact of biodiesel blend on injector deposit formation. *Energy* [online]. 2014, vol. 72, s. 813-823 [cit. 2015-03-10]. DOI: 10.1016/j.energy.2014.06.006. Dostupné z:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360544214007014>
- [39] *Listy cukrovarnické a řepářské: Bioetanol jako inspirace do budoucnosti*. Praha: VUC Praha, a. s. ve spolupráci s ČMCS a SPC, 2008, č. 7-8. ISSN listy.
- [40] *Listy cukrovarnické a řepářské: Využití paliva E95 ve vznětových motorech*. Praha: VUC Praha, a. s. ve spolupráci s ČMCS a SPC, 2011, č. 2. ISSN listy.
- [41] *Listy cukrovarnické a řepářské: Využití etanolu ve vznětových motorech*. Praha: VUC Praha, a. s. ve spolupráci s ČMCS a SPC, 2009, č. 1. ISSN listy..

5. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

B100 - palivo tvořené 100 % bionafty

B20 - palivo tvořené 20 % bionafty

B30 - palivo tvořené 30 % bionafty

BTL - (Biomass To Liquids) technologie výroby syntetického kapalného paliva na bázi biomasy

CFPP - (Cold Filter Plugging Point) teplota při, které dochází k ucpání studeného čističe

CNG - (Compressed Natural Gas) stlačený zemní plyn

CP - (Cloud Point) teplota při, které dochází k vylučování parafinů v palivu

ČR - Česká republika

DME - dimethylether

E85 - palivo tvořené 85 % ethanolu

E95 - palivo tvořené 95 % ethanolu

EPDM - ethylen-propylen-dien monomer

EU – Evropská unie

FAME - (Fatty Acid Methyl Ester) methylester z živočišných tuků,

FIC - (Fuel Injector Cleanliness) aditivum zlepšující čistotu vstříkovačů

FT - Fischer-tropschova syntéza

GTL - (Gas To Liquids) technologie pro přeměnu zemního plynu na kapalné produkty

HFFR - (High-Frequency Reciprocating Rig) metoda zjišťování mazivosti

LNG - (Liquefied Natural Gas) zkapalněný zemní plyn

LPG - (Liquefied Petroleum Gas) zkapalněný ropný plyn

MDFI - (Middle Distillate Flow Improvers) aditivum zlepšující nízkoteplotní vlastnosti

MEŘO - (Raps Methyl Ester) methylester řepkového oleje

PTFE - polytetrafluorethylen

REE - (Raps Ethyl Ester) ethylester řepkového oleje

RME - (Raps Methyl Ester) methylester řepkového oleje

SME - (Sunflower Methyl Ester) methylester slunečnicového oleje

SOME - (Soya Methyl Ester) methylester ze sóje

VUOME - (Waste Used Oil Methyl Ester) methylester z použitých fritovacích olejů

6. SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázky:

<i>Obr. 1 Bilance výroby metylesteru řepkového oleje</i>	11
<i>Obr. 2 Transesterifikace</i>	12
<i>Obr. 3 Základní rovnice při výrobě bioethanolu</i>	17
<i>Obr. 4 Proces výroby bioethanolu</i>	17
<i>Obr. 5 Proces výroby bioplynu</i>	19
<i>Obr. 6 Rovnice Fischer-tropschovy syntézy</i>	21
<i>Obr. 7 Polymerizovaný olej na horním dílu hlavy válců</i>	27
<i>Obr. 8 Abrzivní opotřebení vložky válce</i>	34
<i>Obr. 9 Koroze po 500h a) diesel b) 5% FAME</i>	36
<i>Obr. 10 Úsady na vstřikovačích</i>	38
<i>Obr. 11 Mísitelnost nafty a ethanolu</i>	43

Tabulky:

<i>Tabulka 1 Podíl biosložky v motorové naftě</i>	4
<i>Tabulka 2 Množství oleje v litrech na 1 hektar</i>	14
<i>Tabulka 3 Kompatibilita elastomerů s bionaftou</i>	41