

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra vozidel a pozemní dopravy



**Vliv podílu biosložky na parametry motorové
nafty a vznětového motoru**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Ing. Petr Miler, Ph.D.

Diplomant: Bc. Radoslav Gajdoš

Praha 2011

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Akademický rok 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Radoslav Gajdoš

obor Silniční a městská automobilová doprava

Vedoucí katedry Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu ČZU v Praze
čl. 17 odst. 2 určuje tuto diplomovou práci.

Název práce: **Vliv podílu biosložky na parametry motorové
nafty a vznětového motoru**

Osnova diplomové práce:

1. Úvod
2. Parametry motorové nafty
3. Parametry biosložky přidávané do motorové nafty
4. Cíl práce a metodika
5. Experimentální ověření vlivu podílu biosložky na vybrané parametry motorové nafty
6. Závěr
7. Seznam literatury
8. Přílohy

Rozsah hlavní textové části: 40 - 60 stran

Doporučené zdroje:

1. Matějovský, V.: Automobilová paliva. Nakladatelství GRADA, Praha, 2005. ISBN 80-247-0350-5
2. Directive 2003/30/EC of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport, Brusel 8.5. 2003
3. Helebrant, F., Ziegler, J., Marasová, D., Technická diagnostika a spolehlivost. 1., Tribodiagnostika, 1. vyd., Ostrava : Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2001, ISBN 80-7078-883-6
4. DOORNBOSCH, R., STEENBLIK, R.: Biofuels: Is the Cure Worse than the Disease. Round Table on Sustainable Development-Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris, 11-12.9. 2007
5. Šebor G., Pospíšil M., Žákovec J.: Technickoekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě, výzkumná zpráva vypracovaná pro Ministerstvo dopravy ČR, VŠCHT Praha, červen 2006. Dostupný z WWW: <http://www.mdcz.cz/cs/Strategie/Zivotni_prostredi/>.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Petr Miler**

Termín zadání diplomové práce: listopad 2009

Termín odevzdání diplomové práce: duben 2011


.....
Vedoucí katedry




.....
Děkan

V Praze dne: 30. 11. 2009

P r o h l á š e n í

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Vliv podílu biosložky na parametry motorové nafty a vznětového motoru“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Petra Milera, Ph.D. Použité zdroje jsem uvedl v příloze na konci dokumentu.

V Praze dne

.....

.....

Bc. Radoslav Gajdoš

P o d ě k o v á n í

Ing. Petru Milerovi, Ph.D., vedoucímu diplomové práce, za odborné konzultace, věcné připomínky a pomoc při řešení a zpracování práce.

Ing. Vladimíru Hönigovi, Ph.D., za odborné konzultace a hlavně za poskytnutí laboratorního vybavení k měření praktické části práce.

Dále děkuji celé své rodině za podporu a vytvoření dobrých podmínek ke studiu na vysoké škole.

V Praze dne

.....

.....

Bc. Radoslav Gajdoš

Abstrakt: Diplomová práce přináší přehled problematiky biosložky přidávané do motorové nafty a jejím vlivu na vybrané parametry motorové nafty. Celá práce je rozdělena do čtyř hlavních kapitol. První se věnuje legislativě užití bionafty v zemích Evropské unie. Je zde popsána základní legislativa EU, její podpora pro biopaliva a jsou vyjmenovány Evropské směrnice. Další kapitola se zabývá motorovou naftou, její charakteristikou, způsobem výroby v rafinériích, požadavky plynoucí z norem a ke konci jsou stručně charakterizována jednotlivá aditiva do nafty. Třetí část popisuje parametry biosložky přidávané do motorové nafty. V této kapitole je zahrnuta i historie používání na českém území. Práce pokračuje praktickou částí, ve které je experimentálně zkoumán vliv podílu biosložky na vybrané parametry motorové nafty. Konkrétně se jedná o tyto parametry: hustota, viskozita, bod vzplanutí, anilinový bod, destilační křivka a chladové parametry nafty.

Klíčová slova: bionafta, motorová nafta, MEŘO, destilační křivka, EEŘO

The Influence of bio-component part onto the parameters of diesel fuel and compression ignition engine

Summary: This thesis provides an overview of issues in adding biofuel to diesel fuel and its impact on selected parameters of diesel fuel. It is divided into four main chapters. The first deals with the legislation of using biodiesel in the European Union. It describes the basic legislation, EU's support for biofuels and the European Directives are listed as well. In the next chapter are described characteristics of diesel fuel, mode of production in the refineries, the requirements arising from the standards and in the end are briefly described various additives for diesel fuel. The third section describes the parameters of biofuel added to diesel fuel. This chapter also includes a history of using biofuels in the Czech Republic. The thesis continues with the practical part, in which is experimentally examined the influence of bio-component ratio on selected parameters of diesel fuel. Concretely the parameters are density, viscosity, flash point, aniline point, distillation curve and parameters of the cold oil.

Key words: biofuel, diesel fuel, RME, distillation curve, REE

Obsah

1	ÚVOD	1
2	LEGISLATIVA K UŽITÍ BIOPALIV Z HLEDISKA EVROPSKÉ UNIE A ČESKÉ REPUBLIKY	3
2.1	ZÁKLADNÍ LEGISLATIVA EU	3
2.2	LEGISLATIVA EU PRO PODPORU BIOPALIV	4
2.3	SMĚRNICE EVROPSKÉ KOMISE	5
2.4	AKČNÍ PLÁN EU PRO VYUŽITÍ BIOPALIV	5
2.5	LEGISLATIVA K UŽITÍ BIOPALIV V DOPRAVĚ V ČESKÉ REPUBLICE	6
2.5.1	<i>Aktuální legislativní předpisy</i>	6
3	PARAMETRY MOTOROVÉ NAFTY	8
3.1	CHARAKTERISTIKA	8
3.2	POŽADAVKY ČSN EN 590	9
3.2.1	<i>Motorová nafta pro mírné klima</i>	9
3.2.2	<i>Motorová nafta pro arktické klima</i>	10
3.2.3	<i>Národní příloha ČSN EN 590</i>	10
3.3	VÝROBA V RAFINÉRII	11
3.4	NÍZKOTEPLNÍ VLASTNOSTI	12
3.5	CETANOVÉ ČÍSLO	13
3.5.1	<i>Způsoby určování cetanového čísla</i>	13
3.6	EMULZNÍ NAFTA	14
3.6.1	<i>Emulzní nafta v Evropě</i>	14
3.6.2	<i>Mechanismus působení emulzní nafty</i>	15
3.6.3	<i>Shrnutí výhod a nevýhod emulzní nafty</i>	16
3.7	PŘÍSADY DO MOTOROVÉ NAFTY	17
3.7.1	<i>Aditivace nafty při výrobě</i>	18
3.7.2	<i>Charakteristika jednotlivých aditiv do motorové nafty</i>	18
3.7.3	<i>Charakteristiky speciálních přísad</i>	22
4	PARAMETRY BIOSLOŽKY PŘIDÁVANÉ DO MOTOROVÉ NAFTY	24
4.1	VZNIK BIONAFTY A PRVNÍ ZKUŠENOSTI	24
4.2	VÝROBA BIONAFTY	25
4.3	FYZIKÁLNĚ – CHEMICKÉ VLASTNOSTI BIONAFTY	27
4.4	JEDNOTLIVÉ BIOSLOŽKY PŘIDÁVANÉ DO MOTOROVÉ NAFTY	28
4.4.1	<i>Obsah mastných kyselin v rostlinných olejích a oxidační stabilita</i>	28
4.5	POŽADAVKY NA KVALITU BIONAFTY	29
4.6	ZPŮSOBY SKLADOVÁNÍ A DISTRIBUCE BIONAFTY	30
4.7	PODMÍNKY PRO POUŽITÍ BIONAFTY V DOPRAVĚ	31
4.8	ČESKÁ TECHNOLOGICKÁ PLATFORMA PRO VYUŽITÍ BIOSLOŽEK V DOPRAVĚ A CHEMICKÉM PRŮMYSLU	32
4.9	METYLESTERY ŘEPKOVÉHO OLEJE (MEŘO)	32
4.9.1	<i>Výroba řepkového oleje</i>	33
4.9.2	<i>Výroba MEŘO</i>	33
4.9.3	<i>Požadavky ČSN EN 14214 + AC</i>	36
4.9.4	<i>Požadavky na kvalitu MEŘO</i>	37
4.9.5	<i>Výhody a nevýhody při používání MEŘO</i>	38
4.9.6	<i>Směsná motorová nafta B30 a její normování</i>	38
4.9.7	<i>Přehled výrobců MEŘO v České republice</i>	41
4.9.8	<i>Paliva obsahující MEŘO v zahraničí</i>	41
4.9.9	<i>Přísady (aditiva) do bionafty</i>	42
4.10	ETYLESTERY ŘEPKOVÉHO OLEJE (EEŘO)	43
4.10.1	<i>Technologie výroby EEŘO</i>	43
4.11	PŘÍMÉ VYUŽITÍ ŘEPKOVÉHO OLEJE JAKO PALIVA	44
5	CÍL PRÁCE A METODIKA	46

6	PRAKTICKÁ ČÁST	46
6.1	STANOVENÍ KINEMATICKÉ VIZKOZITY	46
6.1.1	<i>Podstata metody</i>	46
6.1.2	<i>Postup měření</i>	46
6.1.3	<i>Naměřené hodnoty</i>	46
6.1.4	<i>Měřicí zařízení</i>	47
6.1.5	<i>Zhodnocení měření</i>	48
6.2	MĚŘENÍ HUSTOTY	48
6.2.1	<i>Postup měření</i>	48
6.2.2	<i>Naměřené hodnoty</i>	48
6.2.3	<i>Zhodnocení měření</i>	48
6.3	BOD VZPLANUTÍ	49
6.3.1	<i>Podstata metody</i>	49
6.3.2	<i>Postup zkoušky</i>	49
6.3.3	<i>Naměřené hodnoty</i>	50
6.3.4	<i>Zhodnocení měření</i>	50
6.4	ANILINOVÝ BOD	50
6.4.1	<i>Postup měření</i>	50
6.4.2	<i>Naměřené hodnoty</i>	51
6.4.3	<i>Zhodnocení měření</i>	52
6.5	DESTILAČNÍ ZKOUŠKA	52
6.5.1	<i>Postup měření</i>	53
6.5.2	<i>Zhodnocení měření</i>	55
6.6	CHLADOVÉ PARAMETRY	55
6.6.1	<i>Postup měření</i>	56
6.6.2	<i>Zhodnocení měření</i>	58
6.7	HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ	58
7	ZÁVĚR	60
	POUŽITÁ LITERATURA	62
	SEZNAM OBRÁZKŮ	65
	SEZNAM TABULEK	65
	SEZNAM GRAFŮ	65
	SEZNAM ZKRATEK	65
	SEZNAM SYMBOLŮ	66

1 Úvod

Jednou z priorit, která se dostává do popředí většího zájmu, je ochrana životního prostředí, ochrana klimatu, a s tím související využití obnovitelných zdrojů energie. Počátkem devadesátých let se automobilová doprava v zemích EU podílela na celkových emisích CO a NO_x z 50 – 60%, v případě VOC (těkavých uhlovodíků) byl její podíl přibližně 35%. Negativní vliv průmyslové výroby a zejména dopravy na emise vedly počátkem devadesátých let 20. století k vytvoření společného programu, na kterém se podílejí výrobci vozidel a výrobci paliv. Evropská unie se k tomuto programu zavázala v Kjótském protokolu a stanovila směry a postupy, které je v oblasti změny klimatu potřeba realizovat. Jedním z hlavních programů je snižování emisí skleníkových plynů. [10]

Znečištění životního prostředí a vyčerpatelnost neobnovitelných zdrojů patří k základním globálním problémům, které by měly být řešeny pro zabezpečení budoucnosti lidstva a celé planety. Světové zásoby strategicky významné suroviny, ropy, se pomalu snižují. Sice se objevují nová ložiska, ale její těžba je stále obtížnější a finančně náročnější. Ropa je významnou surovinou pro více průmyslových odvětví, proto je v posledních letech ve světě snaha o její nahrazení, především v oblasti její největší spotřeby (výroba pohonných hmot). Proto náhrada klasických motorových paliv vyráběných z ropy, případně ze zemního plynu, za alternativní paliva, je problémem, který je v současné době nejen předmětem intenzivních výzkumných prací, ale i reálnou skutečností, a které se doznává intenzivní rozvoj, hlavně v průmyslově vyspělých zemích. Jedna z možností využití obnovitelných zdrojů energie je využití biomasy.

Problematika využití biopaliv je velmi složitá, protože zasahuje hned do několika rezortů, jako rezort zemědělství, průmyslu a obchodu, dopravy, životního prostředí a financí. K řešení je nutno nalézt a využít možnosti změny technologie výroby surovin pro biopaliva a změny procesu výroby biopaliv samotných. Finanční podporu státu k uplatnění biopaliv je potřebné doplnit vhodnými sazbami spotřebních daní. Tento problém se netýká jenom situace v České republice, ale je to skutečnost týkající se všech zemí v Evropě, které biopaliva používají pro pohon motorů nebo pro výrobu energie.

Jako motorová biopaliva mohou být použity rostlinné oleje, jejich deriváty, hlavně estery mastných kyselin jako jsou metylestery nebo etylestery, nižší alkoholy jako metanol, etanol, propanol a různé chemické produkty vyrobené z obnovitelných surovin jako je dimetyléter, uhlovodíky, etyl-terc. butyléter (ETBE).

Nutno podotknout, že v souvislosti se zaváděním biopaliv lze zaznamenat i vlnu kritických ohlasů. Řepka, coby cíleně pěstovaná biomasa, se stává nedostatkovým zbožím. Poptávku po této komoditě vědomě umocňuje Evropská unie zvyšováním obsahu biosložky v pohonných hmotách. S tím souvisí i otázka rozšiřování zemědělské půdy na úkor tropických deštných pralesů za účelem pěstování surovin pro výrobu biopaliv. Typickým příkladem této skutečnosti jsou tropické deštné pralesy v Amazonii. S tím úzce souvisí i problematika hladomoru v rozvojových zemích centrální Afriky. Je na místě položit si otázku, zdali není humánnější pěstovat na zemědělské půdě plodiny pro obživu obyvatelstva, nežli rostliny sloužící k výrobě biopaliv. Pěstováním takových plodin se zabírá kvalitní půda a odčerpává voda pro plodiny, které jsou určeny k výživě nejen lidí, ale i zvířat. Toto se může v budoucnu projevit jako past, a zvýšit ceny potravin a krmiv.

Zdůrazňována bývá také nízká energetická bilance zahrnující vloženou energii, zde ale není brán v potaz energetický přínos vedlejších produktů vznikajících při výrobě biopaliv.

V teoretické části diplomové práce je rozebrána legislativa k užívání biopaliv na území států Evropské unie a také České republiky. Dále se čtenář seznámí s problematikou výroby motorové nafty, jejím normováním a aditivací, jakožto i podrobným popisem různých typů nafty. Poslední kapitola je věnována samotné bionaftě, kde je popsána jak historie použití v České republice, tak popsány jednotlivé biosložky, které jsou přidávány do motorové nafty. Nakonec je věnována pozornost výrobě a využití MEŘO a jeho mísení s motorovou naftou.

Cílem praktické části je experimentální ověření vlivu podílu biosložky na vybrané parametry motorové nafty a následné zhodnocení vlivu na spalovací motor a motorovou naftu.

2 Legislativa k užití biopaliv z hlediska Evropské unie a České republiky

2.1 Základní legislativa EU

Dokument označený jako „Bílá kniha“, nazvaný „Energy for the future: renewable sources of energy“, byl prvním krokem ke strategii využití obnovitelných energií v Evropské unii. Byl přijat Evropskou komisí dne 26.11.1997. Obsahoval požadavek, aby členské země EU zvýšily podíl obnovitelných zdrojů na celkové spotřebě energie z 6 na 12% do roku 2010. Následně dne 29.11.2000 byl přijat další dokument, tzv. „Zelená kniha“ s názvem „Green Paper towards a European strategy for the security of the energy supply“. Hovoří se v něm, že členské státy EU by se měly zavázat k tomu, aby v roce 2010 činil podíl alternativních paliv v EU 7% a v roce 2020 až 20% z celkové spotřeby motorových paliv vyjádřené energetickým obsahem, z toho podíl biopaliv by měl činit 8%. Širší používání biopaliv má za cíl snížit energetickou závislost EU, pomoci zkvalitnit životní prostředí, diverzifikovat produkci a zaměstnanost v zemědělství. Produkce plodin pro výrobu biopaliv by se měla stát oblastí, která bude se zvýšeným zájmem podporována v rámci společné zemědělské politiky EU z důvodu vytváření nových ekonomických zdrojů a zachování zaměstnanosti v rámci venkovské komunity. Zelená kniha o zajištění poptávky po energii uvádí také jako jeden z bodů nutnost zajistit nové „čistější“ technologie.

Na zasedání Evropské rady v roce 2001 ve Švédsku prezentovala Komise strategii EU pro trvale udržitelný rozvoj, která zahrnuje tyto klíčové priority:

- omezit nežádoucí klimatické změny a zvětšit využití čisté energie,
- využívat zodpovědněji přírodní zdroje,
- zlepšit dopravní systém a využití půdy.

V roce 2001 byla vydaná další „Bílá kniha“ nesoucí název „European transport policy for 2010: A time to decide“. Popisuje se v ní, jak velký problém představuje znečištění z dopravy, a že se jedná o hlavní zdroj znečištění ovzduší ve městech a městských aglomeracích. Závazek Evropské asociace výrobců automobilů v této souvislosti je 25% snížení průměrných emisí CO₂ z nových aut do roku 2008. Je to Bílá kniha, která stanovila indikační cíl pro rok 2010 zajistit 12% podíl obnovitelných zdrojů energie na celkovém trhu s energií. V Bílé knize byl také zanesen předpoklad, že bude zvýšení emisí CO₂ z dopravy o 50% mezi roky 1990 a 2010 na celkem 1 113 mil. tun. Hlavní zodpovědnost je na silniční dopravě, která přispívá 84% emisí CO₂. Z tohoto

důvodu EU zanesla do Bílé knihy požadavek na snížení závislosti dopravního sektoru na ropě používáním alternativních paliv. Kromě závazku o snížení produkce CO₂ z motorových vozidel, se očekávala další opatření na úrovni Evropské unie zaměřená na zavádění alternativních paliv a následně i podporu poptávky po nich.

Nakonec byl přijat Evropským parlamentem a Evropskou radou Akční plán a dvě směrnice o širším využití biopaliv v dopravě. V Akčním plánu jsou považována za perspektivní v krátkodobém časovém horizontu biopaliva, ve střednědobém zemní plyn a v dlouhodobém horizontu vodík.

Státy měly za povinnost uvést v platnost zákony, směrnice a správní předpisy ve shodě se směrnicí 2003/30/EC, která vybízí členské země k zajištění minimálního podílu biopaliv na jejich národních trzích a stanovení národních indikativních priorit, nejpozději do konce roku 2004. Následně museli o této skutečnosti informovat Komisi Evropské unie. Evropská komise dále vyžaduje, aby státy oznámily do 1. července každého následujícího roku níže popsané body:

- jaká opatření byla přijata na podporu využití biopaliv k náhradě motorové nafty a benzínu v dopravě,
- státní zdroje přidělené na produkci biomasy, která je využita pro jiné účely než dopravu,
- celkové množství prodaných pohonných hmot a podíl biopaliv.

Podle Evropské komise by měla být podpora biopaliv v souladu s cílem zvětšit surovinovou soběstačnost a ochranu životního prostředí. Dále by členské státy měly podporovat výzkum a vývoj v oblasti biopaliv. Mimo to navrhla Evropská komise rozšířit prémii pro energetické plodiny, která byla zavedena v rámci reformy zemědělské politiky v roce 2003. To by vedlo ke zvětšení maximální plochy, na níž lze podporu poskytovat, a to ze stávajících 1,5 mil. hektarů na 2 mil. hektarů. [5, 9, 21, 22]

2.2 Legislativa EU pro podporu biopaliv

Bylo nutné vytvořit podmínky, které by učinily výrobu a využití biopaliv výhodné pro všechny, protože náklady na výrobu biopaliv jsou ve srovnání s náklady na výrobu fosilních paliv výrazně vyšší. Byla přijata legislativa podporující pěstování energetických plodin a daňově zvýhodňující biopaliva.

Při využívání půdy za účelem pěstování energetických plodin byla zavedena podpora pěstování energetických plodin ve výši 45 €/ha. Ale takovéto využití půdy je

nutno doložit. Co se týče dalších možných forem státní podpory, na základě pravidel pro státní pomoc mají státy možnost poskytnout finanční podporu pro tyto typy aktivit:

- výstavba výrobních kapacit pro výrobu biopaliv (investiční dotace, nebo jiná forma státní podpory),
- vývoj a výzkum spojený s používáním biopaliv a jejich směsí v dopravě.

Další možností je spolufinancování pro různé projekty se zaměřením na biopaliva z Evropského fondu regionálního rozvoje. [9, 21]

2.3 Směrnice Evropské komise

Směrnice Evropské unie jsou rámcové právní předpisy, které určují povinný rámec pro národní právní předpisy členských států EU. Směrnice popisují cíl, kterého má být na národní úrovni dosaženo a ponechává členským státům volbu formy a prostředků, kterými tuto implementaci provedou. Níže jsou vypsány základní směrnice Evropské komise.

- *směrnice 2003/30/EC* - vybízí členské země k zajištění minimálního podílu biopaliv na jejich národních trzích a stanovení národních indikativních priorit,
- *směrnice 2003/96/ES* – změna struktury rámcových předpisů Společenství o daněch energetických produktů a elektřiny,
- *směrnice 2003/87/ES* – o systému obchodu s certifikáty na emise skleníkových plynů,
- *směrnice 2003/30/ES* – o podpoře užívání biopaliv nebo jiných obnovitelných pohonných hmot v dopravě. [9]

2.4 Akční plán EU pro využití biopaliv

Energie hraje pro Evropu klíčovou roli v nadcházejícím období z hlediska dosažení stanovených cílů v oblasti udržitelného růstu a zaměstnanosti. Přezkoumání v této oblasti je předmětem Zelené knihy, která vyšla v roce 2006. Základními prvky této politiky v kontextu hospodářského růstu jsou:

- potřeba snížení poptávky po energii,
- zvýšení důvěry v obnovitelné zdroje energie,
- diverzifikace zdrojů energie.

V roce 2006 vydala Evropská komise sdělení „Strategie Evropské unie pro biopaliva“, v němž jsou uvedeny teze programu pro další využití biopaliv a odstranění technických a obchodních překážek. Jako důvod pro zpracování tohoto dokumentu je

udáván nejednotný přístup jednotlivých členských států a dosavadní neuspokojivé výsledky v zavádění biopaliv. Strategie zahrnuje následující cíle:

- pokračovat v propagaci biopaliv v EU a v rozvojových zemích a zajistit, aby jejich využití bylo celkově pozitivní pro životní prostředí a aby mělo přínos pro cíle lisabonské strategie,
- zajistit rozsáhlé využívání biopaliv prostřednictvím zlepšení jejich konkurenceschopnosti pomocí optimalizované kultivace vhodných surovin a podpory jejich proniknutí na trh pomocí odstraňování překážek.

Pro dosažení výše uvedených cílů byla navržena strategie založená na aktivitách, které by se měly realizovat v rámci následujících sedmi základních oblastí:

- *oživení poptávky po biopalivech,*
- *dosahování environmentálních efektů,*
- *rozvoj výroby a distribuce biopaliv,*
- *rozšiřování zásob surovin,*
- *posílení obchodních možností,*
- *podpora rozvojových zemí,*
- *podpora výzkumu a vývoje. [9, 21, 22]*

2.5 Legislativa k užití biopaliv v dopravě v České republice

Problematika užití biopaliv v České republice je ošetřena řadou legislativních předpisů (zákony, vyhlášky, usnesení a nařízení vlády ČR). V některých případech je legislativa neprovázána a není v souladu v unijním právem. V roce 2005 došlo k projednání a zpracování studie o užití biopaliv a srovnání se situací v zemích Evropské unie. Toto projednání je shrnuto v usnesení vlády č. 1308. Níže jsou uvedeny aktuální legislativní předpisy.

2.5.1 Aktuální legislativní předpisy

Níže jsou uvedeny platné legislativní předpisy, které bezprostředně ovlivňují uplatnění biopaliv.

- a) Zákon č. 61/1997 Sb., o lihu a o změně a doplnění zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů, a zákona České národní rady č. 587/1992 Sb., o spotřebních daních, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o lihu), ve znění účinném od 1.1.2007.

- b) Vyhláška Ministerstva financí č. 150/2008 Sb., o kontrole výroby a oběhu lihu a o provedení dalších ustanovení zákona o lihu s tím souvisejících.
- c) Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 190/2008 Sb., kterou se mění vyhláška č. 141/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobu, skladování a zpracování lihu, ve znění pozdějších předpisů.
- d) Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu č. 229/2004 Sb., kterou se stanoví požadavky na pohonné hmoty a způsob sledování a monitorování jejich jakosti.
- e) Zákon č. 385/2005 Sb., kterým se mění zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší.
- f) Zákon č. 575/2006 Sb., ze dne 30. listopadu 2006, kterým se mění zákon č. 353/2003 Sb., o spotřebních daních, ve znění pozdějších předpisů, a další zákony.
- g) Nařízení vlády č. 598/2006 Sb., ze dne 12. prosince 2006, kterým se ruší nařízení vlády č. 66/2005 Sb., o minimálním množství biopaliv nebo jiných paliv z obnovitelných zdrojů v sortimentu motorových benzinů a motorové nafty na trhu v České republice.
- h) Zákon č. 180/2007 Sb., který novelizuje zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů).
- i) Zákon č. 37/2008 Sb., kterým se mění zákon č. 353/2003 Sb., o spotřebních daních, ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 61/1996 Sb., o lihu.

3 Parametry motorové nafty

3.1 Charakteristika

Motorová nafta je jedním z nejdůležitějších produktů ropných rafinérií. Z hlediska výroby ji můžeme zařadit mezi střední ropné destiláty. Získává se destilací ropy a dalšími navazujícími technologickými procesy jako jsou hydrogenační rafinace, hydrokrakování, katalytické krakování atp. Krakování je proces, při kterém se dlouhé uhlovodíkové řetězce štěpí na kratší s nižší specifickou hmotností. Krakování probíhá za vysokých teplot a bez přítomnosti kyslíku. Obecně můžeme motorovou naftu charakterizovat jako složitou směs převážně ropných uhlovodíků s 12 až 22 atomy uhlíku vroucí v rozmezí cca 180 až 370 °C. Aby tato směs byla použitelná jako motorové palivo, musí splňovat celou řadu kvalitativních ukazatelů, které jsou u všech výrobců předmětem pečlivé výstupní kontroly. Základní kvalitativní parametry motorové nafty jsou definovány normou ČSN EN 590 (viz. tab. 1).

V současné době je motorová nafta s ohledem na rozsah použití nejdůležitější motorové palivo v hospodářsky vyspělých zemích. Využívá se pro vznětové motory v nákladní autodopravě, u autobusů, v železniční a lodní dopravě, pro pohon zemědělských strojů a v poslední řadě i pro pohon osobních automobilů.

Zpřísnování emisních limitů v celkovém měřítku od začátku devadesátých let a hlavně zavedení nových emisních předpisů limitujících obsah pevných částic, nespálených uhlovodíků, oxidu uhelnatého, oxidu siřičitého a oxidů dusíku nutí výrobce věnovat výrobě stále větší pozornost a snaží se trvale o zvyšování jejich užitných vlastností. To by se mělo projevit jejím dokonalejším spalováním v motorech a snižováním škodlivých emisí. V Evropě roste v posledních letech ekologické uvědomění, které se projevuje tlakem na výrobu paliv, které co nejméně zatěžují životní prostředí.

V poslední době významně stoupá spotřeba motorových naft pro nákladní automobily. V současné době však již k pokrytí spotřeby nafty na světových trzích nestačí pouze zdroje poskytované prostou destilací ropy, ale stále častěji jsou k výrobě používány složky pocházející z konverze frakcí sloužících k výrobě topných olejů. [19]

3.2 Požadavky ČSN EN 590

Od roku 2004 je pro kvalitu motorových naft platné pouze poslední vydání ČSN EN 590. Uvedená norma je v obecné části identická s evropskou normou EN 590:2004 a nahrazuje ČSN EN 590 z roku 2001.

Norma povoluje použít barvivo a značkovací látku, kromě zákonem přesně definovaných chemikálií určených pro označení tzv. středních destilátů, mezi které náležejí topné oleje destilovaného typu, protože spotřební daň na tato paliva je významně menší, nebo se až na malou část po jejich použití pro výrobu tepla vrací a jejich značkování umožňuje kontrolovat, zda nejsou používána pro pohon vozidel a nedochází tak k daňovému úniku. Tato norma dovoluje použít vhodná aditiva bez škodlivých vedlejších účinků v přiměřeném množství, která zabraňují zhoršení jízdních vlastností a dlouhodobě regulují emise. Hlavními změnami ve vydání z roku 2004 jsou požadavky na obsah síry a ustanovení o přidávání esterů mastných kyselin, které ale musí splňovat požadavky EN 14214. V ČSN EN 590:2004 jsou zahrnuty všechny požadavky evropské normy pro šest druhů naft pro mírné klima a pět druhů naft pro klima arktické. Z těchto jedenácti tříd pak stanoví národní příloha pro ČR povinnost dodávat v letním období naftu třídy B, v zimním období naftu třídy F a v přechodových obdobích naftu třídy D. Není stanovena povinnost dodávat naftu v kvalitě některé třídy pro arktické klima, ale není to také zakázáno, takže prodejci mohou v zimním období nabízet naftu s nízkoteplotními vlastnostmi definovanými např. třídou 2 pro arktické klima. [7]

3.2.1 Motorová nafta pro mírné klima

Pro motorovou naftu pro mírné klima norma stanovuje, že cetanové číslo má mezní hodnotu minimálně 51, cetanový index minimálně 46. Požadavek na hustotu zůstává nadále stejně úzký 820 až 845 kg.m⁻³, dříve to bylo max. 860. Požadavek na polycyklické aromatické uhlovodíky zůstává stejný, a to maximálně 11% hm. Obsah síry je uváděn ve třech úrovních. Naftu s obsahem síry max. 10 mg.kg⁻¹ je možné vyrábět, prodávat a používat bez časového omezení, naftu s obsahem síry max. 50 mg.kg⁻¹ bylo možné používat pouze do konce roku 2008 a s obsahem max. 350 mg.kg⁻¹ bylo možné používat jen do konce roku 2004. Bod vzplanutí PM musí být nadále nad 55 °C, karbonizační zbytek zkoušený z 10% destilačního zbytku max. 0,30% hm., popel max. 0,01% hm., voda max. 200 mg.kg⁻¹, celkový obsah nečistot maximálně 24 mg.kg⁻¹. Nemění se požadavek na objem max. 95%, který musí předestilovat při 360 °C. V této normě se poprvé uvádí, že

požadavky na objemy předestilující při 250 a 350 °C jsou zařazeny v souladu se společným celním tarifem Evropské unie. [7]

3.2.2 Motorová nafta pro arktické klima

V této skupině norma stanoví požadavky na pět tříd arktických motorových naft označovaných 0 – 4, s filtrovatelností od min. -20 do max. -44 °C a s TVP od -10 do -34 °C. Aby bylo možné při výrobě tuto úroveň zimních vlastností zajistit, musí být použito velké množství petrolejové frakce, proto norma udává pro arktické nafty dolní mez hustoty min. 800 kg.m⁻³. Mohou mít menší viskozitu a nejvyšší dvě třídy i nižší cetanové číslo. Není omezen podíl destilující do 250 °C, jsou stanoveny pouze dvě podmínky na frakční složení, aby předestilovalo při 180 °C max. 10% a při 340 °C min. 95%. [7]

3.2.3 Národní příloha ČSN EN 590

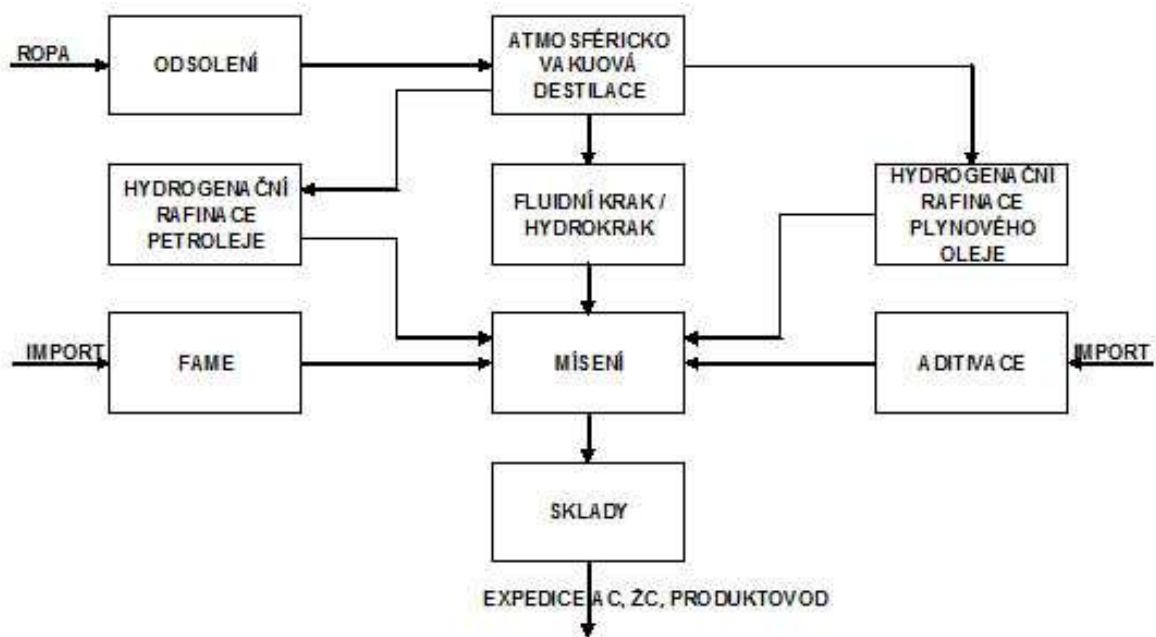
Tato příloha říká, že každé výdejní místo musí být označeno štítkem, na kterém se uvede druh motorové nafty. Je to buď nafta pro mírné klima, anebo nafta pro arktické klima a v tomto případě se uvede i číslo třídy. Pro rozlišení motorových naft z hlediska obsahu síry se používá pro produkt s obsahem síry max. 10 mg.kg⁻¹ název bezsiráná nafta popřípadě zkratka SF (z anglického sulphur-free). Příloha stanoví časové rozmezí pro prodej nafty třídy B (CFPP max. 0 °C), nafty třídy D (CFPP max. -10 °C) a nafty třídy F (CFPP max. -20 °C) a Cloud Point max. -8 °C. [7]

Ukazatel	Jednotka	MN třída B	MN třída D	MN třída F
Hustota při 15 °C	kg/m ³	820,0 – 845,0	820,0 – 845,0	820,0 – 845,0
Cetanové číslo		min. 51,0	min. 51,0	min. 51,0
Obsah síry	mg/kg	max. 10,0	max. 10,0	max. 10,0
Viskozita při 40 °C	mm ² /s	2,00 – 4,50	2,00 – 4,50	2,00 – 4,50
Bod vzplanutí	°C	nad 55	nad 55	nad 55
Destilační zkouška				
při 180 °C p ředest.	% (V/V)			
při 250 °C p ředest.	% (V/V)	<65	<65	<65
při 340 °C p ředest.	% (V/V)			
při 350 °C p ředest.	% (V/V)	min. 85	min. 85	min. 85
95% (V/V) p ředest.	°C	max. 360	max. 360	max. 360
Filtrovatelnost	°C	max. 0	max. -10	max. -20
CFPP	°C	max. 0	max. -10	max. -20
Období dle klimatických podmínek		mírné klima	mírné klima	mírné klima
		15.04.- 30.09.	01.10.- 15.11. 01.03. - 14.04.	16.11.- 28.02.
Obsah metylesterů mastných kyselin (FAME)	% (m/m)	max. 5,0	max. 5,0	max. 5,0

Tab. 1 - Základní kvalitativní parametry motorové nafty dle ČSN EN 590 [12]

3.3 Výroba v rafinérii

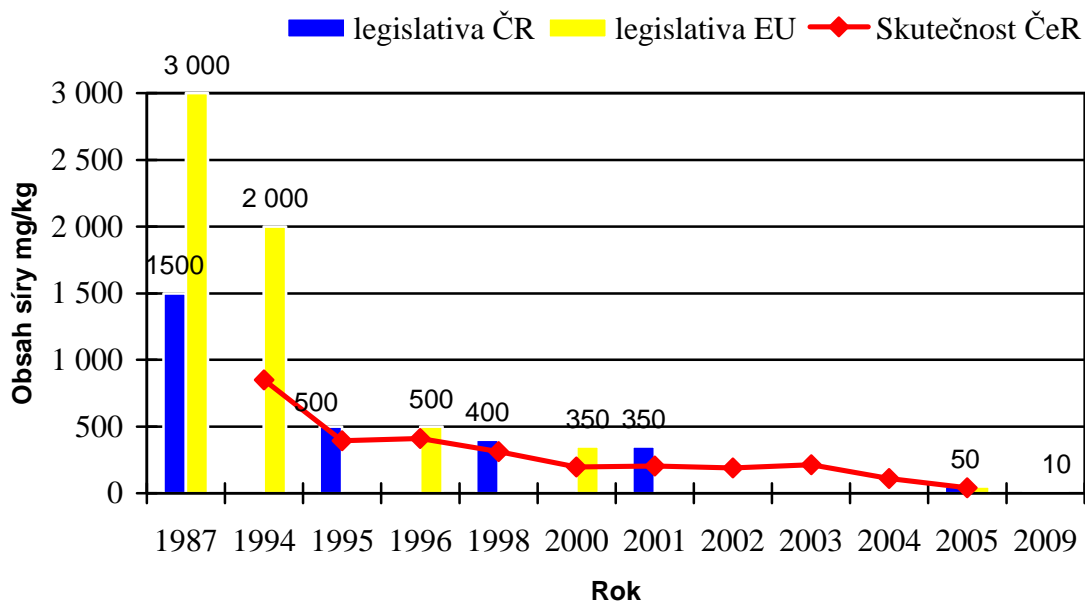
Při výrobě se nafta mísí hlavně ze dvou složek, a to petroleje s rozmezím destilace přibližně 160 – 260 °C a z plynového oleje destilujícího od 250 – 360 °C. Obě frakce z atmosférické destilace obsahují poměrně velké množství sirných sloučenin, takže musí být podrobeny hydrogenačnímu odsíření, při kterém dojde i k odstranění stopových množství kyslíku a dusíku. Podmínky však musí být mírné, aby současně nedocházelo ke štěpení molekul a také, aby ve větším množství nevznikaly n-alkany (parafinické uhlovodíky s vysokým bodem tuhnutí). [7]



Obr. 1 - Blokové schéma výroby [9]

Hydrogenační odsířování je technologie používaná celá desetiletí, ale nové problémy přináší požadavky na výrobu tzv. bezsírné nafty, tj. nafty s obsahem síry pod 10 ppm. Tak hlubokého odsíření nejsou dosavadní hydrogenační jednotky schopny dosáhnout a je nutná jejich hlubší rekonstrukce nebo výstavba nových, dokonalejších. Některé procesy dokonce pracují ve dvou stupních, protože nové katalyzátory pro úplné odsíření vyžadují, aby vstupní surovina obsahovala jen malé množství síry, respektive jejích sloučenin. [7]

Obsah síry je vlastně první vlastností motorové nafty, která je kontrolována legislativou ve vztahu k úrovni emisí. Tuzemské motorové nafty splňují bez problémů jakostní požadavky na ně kladené. V rafinérii v Litvínově a v Kralupech nad Vltavou byla uskutečněna modernizace a rekonstrukce hydrorafinačních jednotek plynového oleje, aby byly schopny vyrábět bezsírná motorová paliva. [9]



Graf 1 - Vývoj obsahu síry v motorové naftě [28]

Požadavky na kvalitu motorových naft specifikuje evropská norma EN 590, do které jsou v plném rozsahu začleněny všechny požadavky směrnice 98/70/EC, ve znění směrnice 2003/17/EC.

3.4 Nízkoteplotní vlastnosti

Jednou z nejdůležitějších vlastností motorové nafty je její chování za nízkých teplot. Ve většině států Evropské unie se na trhu v průběhu roku distribuuje motorová nafta s rozdílnými nízkoteplotními vlastnostmi v závislosti na ročním období. Období pro jednotlivé třídy jsou následující:

- *letní motorová nafta* – motorová nafta pro mírné klimatické podmínky třídy B v období od 15.4. do 30.9. s filtrovatelností nižší než 0 °C,
- *přechodová motorová nafta* – motorová nafta pro mírné klimatické podmínky třídy D v období od 1.3 do 14.4. a od 1.10 do 15.11. s filtrovatelností nižší než -10 °C,
- *zimní motorová nafta* – motorová nafta pro mírné klimatické podmínky třídy F v období od 16.11. do 28.2. s filtrovatelností nižší než -20 °C.

Všechny výše uvedené druhy se prodávají na čerpacích stanicích z jednoho výdejního stojanu a neliší se označením. Pro zajištění bezporuchového provozu motoru v silných mrazech se vyrábí arktická motorová nafta s filtrovatelností nižší než -32 °C. Někdy se lze

taky setkat s motorovou naftou, která není zcela čirá, zejména v zimním období. Je to způsobeno vzniknutými krystaly parafinů, které jsou ale dostatečně malé na to, aby nebránily průchodu paliva palivovým systémem motoru. [19, 29]

3.5 Cetanové číslo

Cetanové číslo je veličina označována zkratkou CČ anebo CN, udávající kvalitu motorové nafty z hlediska její vznětové charakteristiky. Udává množství *n*-hexadekanu (cetanu) v objemových procentech ve směsi s aromatickým uhlovodíkem 1-etylnaftalenem, která má stejnou vznětovou charakteristiku jako srovnávaný vzorek skutečné pohonné látky (nafty). Cetanové číslo 0 tedy odpovídá motorové naftě, která má stejné charakteristiky jako čistý metylnaftalen; cetanové číslo 100 odpovídá čistému cetanu (hexadekanu).

Čím vyšší cetanové číslo, tím je nafta kvalitnější. Motor lépe startuje, má vyšší výkon, tišší spalování, méně nežádoucích zplodin hoření a pozitivní dopad na spotřebu. To vše vede ke snižování zátěže na životní prostředí. Jedná se hlavně o snižování emisí CO a HC. Cetanové číslo je jediným z parametrů nafty, který řidič pocítí již během jízdy. Čím vyšší má nafta cetanové číslo, tím rychleji se po vstříknutí do válce vznítí.

Česká a evropská norma vyžaduje cetanové číslo 51, což je spodní hranice z hlediska ekologie i potřeb moderních motorů. Na trhu se většinou vyskytuje nafta s číslem v rozsahu 51 až 55, špičkové nafty ve světě se v současnosti pohybují s cetanovým číslem v rozmezí 58 až 65 jednotek. V Česku nabízí naftu s vysokým cetanovým číslem společnost Benzina, která s ní přišla na trh jako první. Komerční dodávky prémiové nafty Verva Diesel mají cetanové číslo v rozsahu 59 až 62 jednotek. [7, 24]

3.5.1 Způsoby určování cetanového čísla

Způsoby stanovení cetanového čísla předepisují technické normy ČSN EN ISO 5165 (1998) a ASTM D 613. Měření se uskutečňuje na speciálních měřicích vznětových motorech, u kterých se porovnává konkrétní vzorek paliva s referenčními vzorky a sleduje se, zda průběh vznětu je v obou případech při změnách kompresního poměru stejný. Motor má plynule měnitelný kompresní poměr, ale nikoli jako motor pro stanovení oktanového čísla změnou polohy válce a hlavy, ale zasouváním horizontálně uloženého pístu (plunžru) jemným šroubovým mechanismem do spalovacího prostoru, a pracuje za stálých podmínek. V minulosti se jako zkoušené palivo používala směs dvou standardů. Pro CČ = 0 byl vybrán 1-metylnaftalén, poměrně odolný proti vznícení a pro CČ = 100 byl vybrán *n*-hexadekan s dobrou schopností vznícení. V současné době se jako referenční

paliva používají nafty s plnou destilační křivkou, z nichž jedna má cetanové číslo 30 a druhá 70. Vhodným způsobem přepočtu se získají výsledky odpovídající zkoušce s primárními referenčními palivy. [7]

Delší dobu je také známa metoda stanovení cetanového čísla na principu vstřikování paliva do horké komory za přesného časového sledování průběhu nárůstu tlaku. [7]

3.6 Emulzní nafta

Emulzní nafta je mechanická směs kapiček deionizované vody v naftě ve formě emulze. Emulzí se přitom rozumí „nepravý“ roztok zpravidla dvou kapalin, které jsou za normálních podmínek navzájem nerozpustné. Tento stav pomáhají změnit látky nazývané emulgátory. Jsou to organické látky, které umožňují zmenšit povrchové napětí na rozhraní kontaktu dvou nemísitelných kapalin natolik, až dojde k jejich zdánlivému vzájemnému rozpuštění. Přitom se ale nejedná o rozpuštění látek na atomové, iontové nebo molekulové úrovni, ale jenom o mechanické promíchání a dispergování zmenšených kapek nerozpustné kapaliny v rozpouštědle (vody v naftě). Výsledkem je vznik emulzní nafty bílé barvy připomínající mléko, někdy se taky nazývá „bílá nafta“. [14]

Jako emulgační činidla se používají chemické látky, které jsou produktem reakcí alkanolaminů s mastnými kyselinami. Jako stabilizační látky, jejichž úkolem je dlouhodobě bránit rozkladu vytvořené nestabilní emulzní směsi v době skladování, se používají vyšší alkoholy neboli chemické látky na bázi glykolu. Díky aplikaci stabilizátorů je délka skladovatelnosti od čtyř do dvanácti měsíců.

3.6.1 Emulzní nafta v Evropě

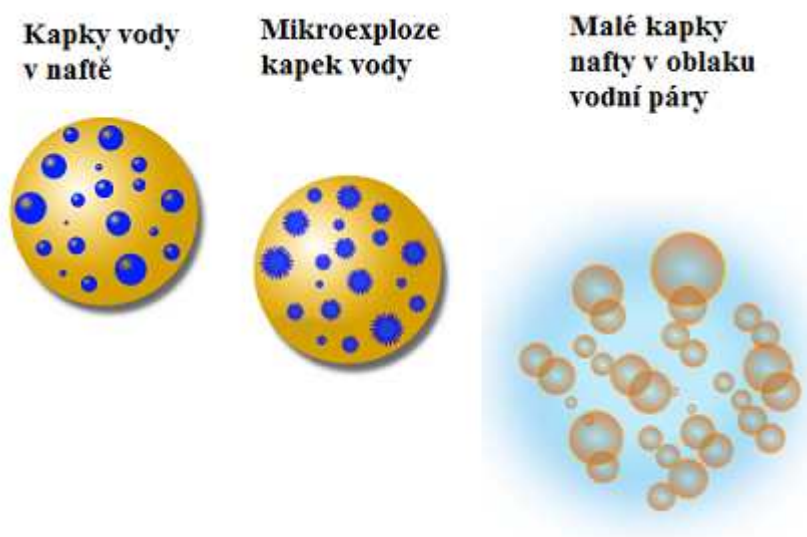
K výrobě a experimentování s emulzní naftou se přistoupilo již začátkem 90. let s cílem radikálně snížit obsah škodlivých látek ve výfukových plynech převážně u nákladních automobilů, autobusů, ale i vlaků a lodí. Konstrukce motorů a palivových soustav vozidel nemusela být jakkoliv modifikována.

V zemích Evropské unie se emulzní nafta nejvíce používá v Itálii a Francii. Používají ji k pohonu autobusů veřejné dopravy, komunálních strojů a strojů těžebního průmyslu. Postupem času se ale přidaly i další země: Švýcarsko, Velká Británie a Nizozemsko. Na toto palivo jezdí v některých městech České republiky autobusy městské hromadné dopravy, a to autobusy dopravního podniku města Prahy, Ostravy a Teplic. [14, 16]

3.6.2 Mechanismus působení emulzní nafty

Mechanismus působení vody v palivu je zajímavý tím, že kapičky vody v naftě jsou jenom pasivním prvkem v procesu spalování paliva. Voda nepřináší žádný energetický potenciál, tím pádem nezlepšuje energetickou bilanci spalování, naopak ji zhoršuje. Příčinou je nižší měrná energie emulzní nafty a vysoký ochlazující účinek vody snižující teplotu hoření. Tyto skutečnosti negativně ovlivňují samotnou spotřebu emulzní nafty, která se zvyšuje přibližně o 4 až 6% v porovnání se spotřebou klasické motorové nafty. Při nezměněném seřízení palivové soustavy motoru dochází k poklesu výkonu motoru o 10 až 15%. [17]

Nižší teplota varu vody v porovnání s naftou (cca 160 °C u nafty) způsobí okamžité odpaření vody v podobě mikroexploze jejích kapiček dispergovaných v naftě při vstřiku emulze do spalovacího prostoru motoru. Při této explozi dochází k roztrhání kapiček nafty na ještě menší a k zvětšení celkové kontaktní plochy paliva s kyslíkem. Palivo tak může dokonaleji přehořet za vzniku menšího množství pevných částic. Tato skutečnost se pozitivně projeví kromě jiného na snížení kouřivosti motoru. Zároveň, kvůli velkému výparnému teplu vody, poklesne teplota spalování o přibližně 300 °C, což má za následek snížení obsahu NO_x a snížení teploty výfukových plynů. [14]



Obr. 2 - Mechanismus působení emulzní nafty [14]

Na druhou stranu však přítomnost vodní páry zabrání kontaktu části paliva se vzduchem a může tak dojít k zvýšení podílu nespálených uhlovodíků. Kromě toho se část vody z procesu spalování dostává do motorové náplně a urychluje její degradaci.

Je proto zapotřebí častější výměna motorového oleje. Zajímavý je tlakový efekt vodní páry vedoucí k čistějšímu spalovacímu prostoru a výfukovému systému. [17]

3.6.3 Shrnutí výhod a nevýhod emulzní nafty

- + ekologičtější palivo oproti klasické naftě (při spalování se vytváří méně pevných částic, sazí a chemických sloučenin ve spalinách, zejména oxidů dusíku, menší kouřivost),
- + vyšší účinnost spalování,
- + nulová spotřební daň,
- nárůst spotřeby paliva o přibližně 4 až 6%,
- zákaz použití paliva do malých a rychloběžných dieselových motorů (snížená mazivost emulzní nafty čímž hrozí riziko zadření vstřikovacího systému a zničení motoru),
- v zimě je použitelná do teploty - 15 °C (při nižší teplotě dochází ke zhoršení tekutosti paliva),
- technické úpravy čerpací stanice. [14]

I když existuje velké množství praktických zkušeností z nasazení emulzní nafty potvrzující její pozitivní vliv na emisní bilanci dieselových motorů a použitelnost v praxi, nelze předpokládat, že dojde v budoucnu k masovému rozšíření tohoto produktu do veřejné čerpací sítě. Nadále existuje několik překážek, které brání jejímu rozšíření na trh, jedná se hlavně o ekonomické aspekty. Náklady na výrobu emulzní nafty jsou totiž dost vysoké, z čehož plyne i její výsledná cena na trhu.

V tabulce 2 jsou uvedeny nejznámější produkty emulzních paliv prodávaných na světovém a evropském trhu.

Výrobce emulzní nafty	Obchodní název produktu	Krajina prodeje (distribuce)	Přibližný obsah vody (m/m)
Shell (v licenci CFT, Inc.)	AquadieselTM	Austrálie	13%
Chevron (v licenci Lubrizol)	ProformixTM	USA	20%
BP (v licenci Lubrizol)	Aspira	Velká Británie	13%
Lubrizol Corp.	PuriNOxTM (Qwhite)	USA, Velká Británie, Kuvajt	10-20%
Pirelli&C.Eco Technology S.p.A.	GecamTM	Itálie, Francie, ČR, Švýcarsko	10-11%
TotalFinaElf	AquazolTM	USA, Francie	14-17%
Singapore Emulsion Fuel Pte, Ltd.	E-DieselTM	Malajsie, Čína, Singapur, Thajsko	20%

Tab. 2 - Emulzní paliva prodáváná v Evropě a ve světě [14]

3.7 Přísady do motorové nafty

Přísady do motorové nafty neboli aditiva, jsou látky, jejichž přidáním lze zlepšit některé její vlastnosti. Mohou se do nafty přidávat už v průběhu výroby, aby zlevňovaly výrobní proces a aby bylo s menšími náklady dosaženo vlastností vyžadovaných normou, jiné přísady se přidávají buď v průběhu distribuce, nebo až těsně před použitím, například před tankováním paliva do nádrže vozidla. Nadstandardní aditivace motorových paliv na trhu je v dnešní době velmi rozšířeným marketingovým nástrojem, kdy významné distribuční firmy nabízejí v sítích svých čerpacích stanic zákazníkům paliva v nadstandardní kvalitě s některými vylepšenými parametry a užitečnými vlastnostmi. Takto aditivovaná paliva jsou prodávána pod příslušnou obchodní značkou nebo ochrannou známkou. Skladba ovlivňovaných vlastností a parametrů se mezi jednotlivými firmami liší podle jejich strategie obchodní politiky a podmínek použití. Pro účely komerční aditivace motorových paliv jsou používány tzv. multifunkční „balíčky“, které si dodávají distribuční firmy k podvýrobní aditivaci v aditivačních jednotkách, jež jsou součástí stáček terminálů ve velkoobchodních skladech. [23]

Úkolem aditiv je poskytnout všestrannou ochranu palivové soustavy, zlepšit zimní vlastnosti, potlačit hluk, zlepšit spalování a emise a udržovat kondici motoru. Komplexní přípravek pro ochranu palivové soustavy by měl obsahovat tyto základní složky:

- mazivostní přísadu,
- přísadu chránící proti rezivění v přítomnosti vlhkosti,
- detergentní přísadu,
- antioxidant (stabilizátor) účinný i pro stabilizaci MEŘO.

Pro zajištění funkce palivové soustavy se pak dále používají modifikátory krystalické struktury parafinů (depresanty), pro zlepšení spalování, snížení hluku a potlačení emisí se používají zvyšovače cetanového čísla a různé další přísady.

3.7.1 Aditivace nafty při výrobě

Běžně používané jsou modifikátory krystalické struktury parafinů, které pomáhají výrobcům dosáhnout požadovanou úroveň nízkoteplotních vlastností. Pokud nafta obsahuje větší procento olefinů, jsou používány antioxidanty a přísady potlačující tvorbu úsad v naftě při skladování. Může být použita přísada zlepšující cetanové číslo, do zimních a arktických naft se běžně přidává přísada pro zlepšení mazivosti. V poslední době je z bezpečnostních důvodů přidávána přísada pro zlepšení elektrické vodivosti, aby se předcházelo možnosti elektrostatického výboje při manipulacích a v nádržích vozidel. [7]

3.7.2 Charakteristika jednotlivých aditiv do motorové nafty

Antioxidanty a přísady zlepšující stabilitu nafty

Motorovou naftu není třeba stabilizovat, pokud neobsahuje olefiny, anebo pokud nemá být dlouhodobě skladována. Pak lze použít aminové i fenolické typy antioxidantů, například alkyl-p-fenylendiaminy, alkyl-p-aminofenoly anebo alkylfenoly. Tyto přísady rozkládají peroxidové radikály a jsou velice účinné už v malých dávkách (10 – 20 ppm).

Při dlouhodobém skladování, v nádrži vozidla a v palivové soustavě motoru, kde je při cirkulaci nafta vystavena poměrně velké teplotě, dochází k chemickým reakcím, při kterých vznikají v naftě nerozpustné látky. Pokud jsou v naftě přítomny olefiny, diolefiny a polyolefiny, mohou v ní vznikat pryskyřice (při dlouhodobém skladování a při vyšších teplotách mohou být pryskyřice vytvořeny komplexními aromatickými strukturami). [7]

Pro zlepšení stability lze použít celou řadu přísad. Nejúčinnější sloučenina z nich je N,N-dimetylcyklohexylamin, ale účinné jsou i jiné terciální aminy. Tyto přísady působí

jako inhibitory chemických reakcí mezi dusíkatými heterocykly a kyslíkatými sloučeninami.

Baktericidní a bakteriostatické přísady

Tyto látky ničí mikroorganismy (baktericidní) nebo zabraňují jejich reprodukci (bakteriostatické) a mohou být použity pro potlačení bakteriálního rozkladu paliva. Přidávají se do nafty (chinolín, cyklické aminy, imidazolín) nebo do vodní vrstvy pod naftou, která bývá v nádržích často přítomna (látky na bázi formaldehydu). Další možností je použití přísad na bázi bóru, které jsou rozpustné ve vodě i v uhlovodících. Existují ve formě amidů nebo esterů kyseliny borité. Pokud je použit biocid rozpustný ve vodě, nesmí být přidán do motorové nafty, protože s ní vytvoří suspenzi, která může způsobit poruchu a dokonce i poškození palivové soustavy. Naštěstí v mírném klimatickém pásmu není velké nebezpečí biologické kontaminace motorové nafty, a proto se tyto přísady skoro nepoužívají. [7]

Antistatické přísady

Explozi směsi paliva se vzduchem může způsobit výboj statické elektřiny, pokud se složení směsi pohybuje v hodnotách mezi dolní a horní mezí výbušnosti. Toto nebezpečí vzniká při dopravě, čerpání a při tankování paliva a jiných manipulacích. Statická elektřina vzniká při pohybu produktu, který má malou elektrickou vodivost (hluboce rafinované výrobky). Jejich vodivost je o osm řádů menší než u vody. Vodivost při výrobě by měla být zvýšená na hodnoty 50 – 450 pS/m, aby se předešlo nebezpečí výbuchu. Účinné jsou látky jako nitráty polymerů a sirmé sloučeniny v koncentracích 2 - 5 mg/l, ale ty už nejsou pro dnešní bezsirmou naftu vhodné. [7]

Deemulgátory

Motorová nafta má občas slabý zákal způsobený jemně rozptýlenými kapičkami vody, který je velmi stálý. Většinou se to stává na konci distribuční sítě, když nafta prošla několika nádržemi a několikerým čerpáním. Stabilitu disperze zvyšuje přítomnost detergentních aditiv. Přidává se proto malé množství, přibližně 10 ppm deemulgátorů jako jsou alkyloxypolyglykoly nebo arylsulfonáty. Jejich účinnost může být zkoušena prostým způsobem. Do nafty se přidá malé množství vody, celá směs se přetřepe a pozoruje se rychlost odsazování vody a vyčechení horní vrstvy. [7]

Mazivostní přísady

Výrazné zhoršení mazivosti je způsobeno hlubokým odsířením nafty, snížením konce destilace a velkým obsahem petrolejové frakce. Týká se to především tzv. ekologické nafty pro zimní období nebo pro arktické klima. Do normy EN 590 byl proto zahrnut požadavek na minimální úroveň mazivosti. Na základě toho vznikla norma na zkoušení mazivosti, EU přijala metodiku HFRR a jako mez byla stanovena hodnota WSD (průměr otěrové stopy) maximálně 460 mm. Rotační vstřikovací čerpadla malých vznětových motorů, ale také vysokotlaká čerpadla systémů Common Rail jsou zvláště citlivá na mazivost. Jako přísady pro zlepšení mazivosti se používají estery mastných a karboxylových kyselin v koncentracích 50 – 300 ppm. Mazivost také zlepšuje přídavek metylesterů řepkového oleje nebo jiných rostlinných olejů. [7]

Detergentní přísady

Přísady pro zlepšení stability nafty, popsané výše, potlačují tvorbu úsad zejména při dlouhodobém skladování, což se příznivě projeví menší rychlostí zanášení palivového filtru motoru. Oproti tomu detergenty, jak typu disperzantů, tak povrchově aktivních látek, neovlivňují přímo vnitřní stabilitu paliva, ale zmenšují rizika, že dojde k problémům v provozu motoru zapříčiněným zanášením trysek.

K zanášení trysek dochází hlavně v okolí štěrbin mezi ústím trysky a čepem, na hraně tělesa trysky a na špičce čepu, to je v části zasahující do spalovacího prostoru, k zanášení dochází uvnitř otvorů a v okolí jejich ústí. To má za následek snížení průtoku paliva (jehla se musí více otevírat) a změny směru jeho paprsků.

Detergentní přísady do motorové nafty mají problém v tom, že některé z nich nejsou kompatibilní s metylestery mastných kyselin. V jejich přítomnosti vznikají sraženiny vylučující se jako úsady. Toto nebezpečí je nutné zvažovat i při aditivace naft s obsahem do 5% MEŘO a použít detergent nového typu. Důležitá je taky kompatibilita s motorovým olejem, hlavně s přísadami v něm obsaženými. [7]

Protikoroziční přísady

Při aplikaci ropných výrobků je vždy nutné posoudit nebezpečí koroze a podle jeho stupně zvolit prevenci. V minulosti při rafinérské výrobě paliv musela být věnována velká pozornost kontrole přítomnosti korozivních sloučenin síry v motorové naftě. Současné technologie, používající hluboké odsíření hydrorafinačními procesy, minulá nebezpečí

úplně eliminují, takže se korozivní sirné sloučeniny v automobilových palivech skoro vůbec nevyskytují.

Motorová nafta podstatně pomaleji odlučuje vodu, zejména obsahuje-li MEŘO, takže vlhkost nafty se vyskytuje častěji. Ani nafta není schopna chránit ocelový povrch před rezivěním v přítomnosti vody, a protože hydraulické prvky vysokotlaké části palivové soustavy jsou vyrobeny s velmi přesnými rozměry a hladkými povrchy mechanických dílů, předchází se riziku jejich korozi a poškození aditivací nafty přísadami zabraňujícími rezivění. Přísady jsou účinné již v malých dávkách a jejich účinnost se zkouší metodikou vyvinutou pro turbínové oleje. [7]

Protipěnovostní přísady

Motorová nafta má větší či menší sklon k pěnění při čerpání, bionafty obvykle pění ještě více. Při tankování vozidla pěna snadno přeteče na zem nebo potřísní ruce či oblečení zákazníka. Pěnění lze významně potlačit přidáním protipěnovostních přísad, mezi ně patří některé polysiloxany (silikonové oleje) v přídavcích 10 – 20 ppm, ale existují i nesilikonové přísady. Aditivace paliv obsahujících MEŘO by mělo být pravidlem, pokud se jedná o ropné nafty, měla by být přísada alespoň ve značkových produktech.

Přísady pro zvýšení cetanového čísla

Se zpřísnujícími se emisními limity vznětových motorů rostou požadavky na zvyšování cetanového čísla. Procesním způsobem lze dosáhnout zvýšení hlavně dearomatizací, což je velmi náročné, takže se budou v budoucnu více než v současné době používat aditiva. Existují dva základní typy, a to jsou nitráty a peroxidy. Jedná se o silná oxidovadla vytvářející při rozkladu volné radikály. Ty nastartují oxidační reakce, které předcházejí vznícení, a tím pádem se zkrátí prodleva vznícení.

Nejznámějším představitelem nitrátů je 2-etylhexylnitrát, méně známý je dodecylnitrát, kterými lze dosáhnout zvýšení cetanového čísla za přijatelnou cenu. Účinnost velmi značně závisí na velikosti cetanového čísla základního paliva (na jeho uhlovodíkovém složení). Pokud nafta obsahuje větší podíl aromátů a její cetanové číslo je malé, je účinnost aditiva velmi nízká. Hodnota cetanového čísla může být zvyšována jednak ve výrobě (především u zimní a arktické motorové nafty), a jednak v individuální motorizaci pro zlepšení jízdních vlastností motorové nafty. [7]

Schopnost peroxidů zvyšovat cetanové číslo je známá, ale komerční využití je obtížné, protože jsou ve směsi s naftou nestálé a jsou drahé vzhledem k účinnosti.

Přísady zlepšující nízkoteplotní vlastnosti

Zajištění potřebné úrovně zimních vlastností motorových naft pro střední a chladné klimatické pásmo je stále problém, který je řešen snižováním konce destilace nafty anebo přidáváním petrolejové frakce, ale také přidavkem přísad modifikujících krystalickou strukturu parafínu.

Podstatou modifikace je, že za přítomnosti malého množství těchto modifikátorů se vytváří krystaly menší, které tak snadno neucpou filtr. Existují i tzv. typy WASA (Wax Antisetlin Additive), v jejichž přítomnosti se vytvářejí tak drobné krystaly, že se vůbec neusazují ve vrstvě u dna skladovací nádrže. Typickým představitelem jsou kopolymery etylénu a vinylacetátu. Tyto přísady snižují bod tuhnutí a zároveň neovlivňují začátek vylučování parafínů. Jejich účinek je různý v naftách různého uhlovodíkového složení a různého ropného původu. [7]

3.7.3 Charakteristiky speciálních přísad

Deodoranty

Motorová nafta, i když je hluboce odsířená, má dlouho přetrvávající nepříjemný zápach, především když dojde ke kontaktu s pokožkou a oděvem. Proto byly vyvinuty přísady na maskování zápachu. Používají se běžné parfémy, které dodávají palivu svou vlastní vůni, nebo se hledají speciální přísady, které jenom neutralizují nepříjemné pachy od sloučenin. Tato metoda je mnohem obtížnější. Tyto přísady jsou odvozeny od látek s přirozenými vůněmi nebo obsahují ketony či syntetické estery. [7]

Přísady pro regeneraci filtrů částic

Pro zachycování sazí z výfuku vznětových motorů se používají různé filtry, např. s keramickým tělesem, s keramickými vlákny anebo s kovovými vlákny. Tyto filtry se v průběhu používání ucpávají sazemi (čím jemnější částice zachycují, tím rychleji se ucpávají). Zanášení filtrů má za následek snižování výkonu motoru, a proto musejí být filtry regenerovány. Jednou z možností je vypalování sazí. Účinnost této metody lze podpořit přísadami se schopností katalytické regenerace filtru. Tato metoda vyžaduje vysoké teploty (zápalná teplota částic sazí je 550 – 600 °C), kterých je dosaženo při déle trvajícím nejvyšším zatížení motoru. Na vypálení se taky používá speciální plamen z hořáku nebo elektrický ohřev. Avšak tyto techniky jsou drahé a jejich zavedení je složité, jednodušší je katalytická regenerace. Podstatou metody je přidání vhodného kovu do paliva

ve formě rozpustné organokovové sloučeniny, která svým katalytickým účinkem snižuje teplotu vznícení sazí a urychluje oxidační proces.

Barviva a značkovače

Do nafty je povoleno přidávání barviva, což slouží k odlišení druhů anebo se upozorňuje na nadstandardní kvalitu paliva. Ze zákona se barví střední destiláty pro výrobu tepla, které mají sníženou sazbu spotřební daně, ve srovnání s motorovou naftou. Důvod je takový, že lze kontrolovat, zda tyto paliva nejsou používána pro pohon motorů a nedochází k daňovým únikům. Přidává se červené barvivo v koncentraci přibližně 10 ppm a jako značkovače se používají difenylaminy a furfural v koncentracích kolem 50 ppm a 10 ppm. Přítomnost v palivu lze dobře zjistit jednoduchými zkouškami. [7]

4 Parametry biosložky přidávané do motorové nafty

Biopalivo pro vznětové motory je označováno jako bionafta, ale podle českých zákonů a norem se pod tímto pojmem rozumí pouze čistý metylester (jedna složka výsledné směsi). Důvodů pro zavádění biopaliv do praxe je hned několik. Především je to obava ze zmenšujících se známých zásob ropy. Jsou sice objevovány její další zdroje, avšak tyto zásoby jsou méně přístupné, a těžba je proto dražší. Dalším důvodem je zemědělská politika. S prvními myšlenkami o využití biopaliv v automobilismu se často objevoval argument využití přebytečné zemědělské půdy a zkulturnění krajiny. Dnes se tento argument jeví již v jiném světle. Posledním důvodem je ekologické hledisko a emise oxidu uhličitého, který je jedním ze skleníkových plynů, o nichž se tvrdí, že ovlivňují globální klimatické podmínky.

4.1 Vznik bionafty a první zkušenosti

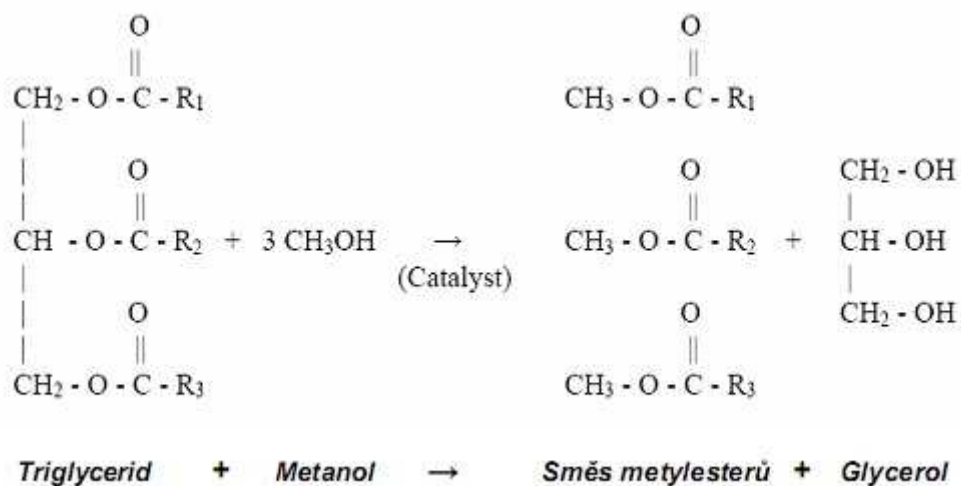
Biopaliva byla v České republice využívána již od 90. let minulého století. Na začátku vzniklo za podpory vlády několik provozů, kde se začala vyrábět bionafta I. generace - 100% metylester řepkového oleje, nazývaný MEŘO, jako alternativní palivo za motorovou naftu (tzv. OLEOPROGRAM). Snahou výrobců bylo, aby čisté MEŘO po menších úpravách pomocí aditiv mohlo být používáno ve vznětových motorech (podobně jako je tomu dodnes v Rakousku a Německu). Byla to sice dobrá myšlenka vzhledem k využití rostlinného oleje, který můžeme snadno získávat z řepky nebo bobů vypěstovaných zemědělci, ale proti většímu využívání čistého MEŘO hovořily špatné zkušenosti z provozu. Tento upravený rostlinný olej nedosahoval výkonnostních parametrů motorové nafty. MEŘO vykazovalo vysokou kouřivost, špatnou filtrovatelnost při nízkých teplotách (bod tuhnutí), velmi nízkou kalorickou hodnotu a s ní spojený snížený výkon motoru. Bionafta I. generace přinášela při její exploataci v naftovém motoru řadu problémů, především v množství látek pryskyřičnaté povahy vznikajících při částečné oxidaci ethylesterů. Dalšími reakcemi vznikající kaly, laky a další látky polymerní povahy, označované též jako SOF (Solid Organic Fraction), byly příčinou nejen velkého množství úsad na pohyblivých i nepohyblivých částech motoru, ale i značného nárůstu látek nerozpustných v motorovém oleji, kde se v tom případě mluví o tzv. želatizaci oleje. Důsledkem toho byla nutnost předčasné výměny motorových olejů a tím i vzrůst nákladů při využívání této bionafty první generace. Tyto a další problémy byly hlavní příčinou hledání nové formulace bionafty druhé generace. Navíc tento druh bionafty vykazoval

vysoké poškozování pryžových částí motoru, což znemožňovalo jeho použití ve většině běžných dieselových motorech. V období prvních pokusů nasazení bionafty do běžného prodeje zůstala ještě dodnes v některých lidech zakořeněna velká nedůvěra vůči tomuto palivu. Bionafta se srážela při styku s vodou a její bezhlavé smíchávání s klasickou motorovou naftou většinou znehodnotilo celé palivo. Dopravci a většinou ani prodejci nebyli dostatečně poučeni o záludnostech bionafty a směle ji tankovali do vozidel bez jakékoli přípravy, což právě u starších a neudržovaných motorů mělo za následek vysokou poruchovost. [5]

V průběhu realizace OLEOPROGRAMU však u nás došlo k jednoznačnému příklonu k používání směsného paliva do vznětových motorů (s obsahem nad 30% hm. a maximálním obsahem 36% hm. MEŘO; další podíl paliva tvoří ropné produkty vybrané tak, aby byla splněna další podmínka: biologická rozložitelnost výsledného směsného paliva 90% za 21 dní podle mezinárodního testu CEC). Toto směsné palivo si zachovává řadu ekologických předností MEŘO a má i některé provozní výhody proti čistému MEŘO. Současný systém ekonomické podpory (daňové úlevy) u nás vytvořil podmínky pro cenovou konkurenceschopnost směsného paliva se zmíněným podílem MEŘO vůči klasické motorové naftě. Díky němu je cena směsného paliva nižší než cena motorové nafty (cena čistého MEŘO je však výrazně vyšší). [5]

4.2 Výroba bionafty

Výroba bionafty patří k zavedeným technologiím a předpokládá se, že již nedozná podstatných změn. Její podstatou je transesterifikace v surovině přítomných triglyceridů realizovaná v přítomnosti vhodného katalyzátoru za vzniku metylesteru rostlinného oleje. Reagujícími látkami jsou rostlinný olej získaný z olejnatých rostlin (sója, řepka olejná, slunečnice) nebo živočišný tuk (hovězí lůj, drůbeží a vepřové sádlo a rybí tuk) a metanol. Dále lze jako suroviny použít i použité fritovací oleje a tučky. V současné době je 80% světové roční produkce bionafty realizováno na bázi řepkového oleje. [9, 27]

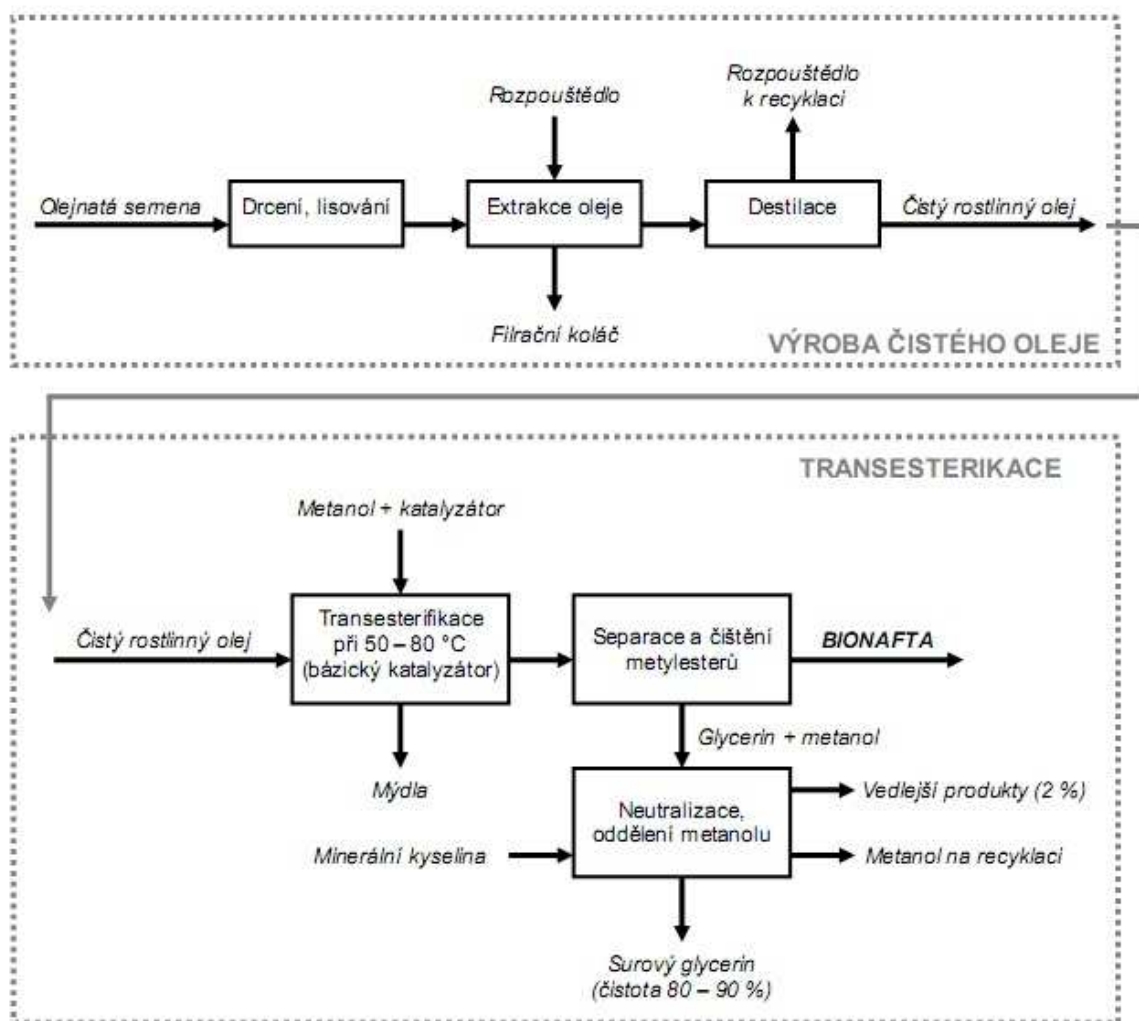


Obr. 3 - Základní reakční schéma transesterifikace triglyceridů metanolem [9]

Zastoupení jednotlivých typů mastných kyselin a délka jejich řetězců jsou určující pro klíčové fyzikální vlastnosti vzniklých metylesterů (tj. bionafty), jako jsou cetanové číslo, tok za nízkých teplot, oxidační stabilita atd. Pro získání čistého rostlinného oleje jako suroviny pro výrobu bionafty se používá zavedený postup běžně používaný při výrobě rostlinných olejů v potravinářském průmyslu.

Základní složky výrobního procesu:

- **Transesterifikace** - hlavní reakce, kdy spolu chemicky reagují řepkový olej s alkoholem za vzniku esteru a glycerolu. Používaným alkoholem je, jak již z názvu esteru vyplývá, metanol. Hlavním důvodem jeho použití jsou příznivé vlastnosti získaného MEŘO (hustota, viskozita, palivářské vlastnosti). Rovněž lze použít ethanol, ale jeho výrobní cena je mnohem vyšší než metanolu.
- **Neutralizace** - důsledek nevyhnutelné vedlejší reakce mastné kyseliny a katalyzátoru (nejčastěji hydroxid draselný nebo sodný) za vzniku mýdla a vody.
- **Zmýdlnění** - nežádoucí vedlejší reakce mastné kyseliny a katalyzátoru, za vzniku mýdla a glycerolu.



Obr. 4 - Blokové schéma výroby bionafty transesterifikací rostlinných olejů [9]

4.3 Fyzikálně – chemické vlastnosti bionafty

Metylestery mastných kyselin jsou vhodným palivem pro vznětové motory, jejich viskozita, hustota a cetanové číslo jsou podobné jako u klasické motorové nafty. Vysoké cetanové číslo MEŘO dokládá, že MEŘO se dobře vzněcuje, jeho stechiometrické spalování vyžaduje méně vzduchu, nevýhodou při jeho spalování je vznikající specifický zápach. MEŘO má větší viskozitu, rovněž jeho hustota je v porovnání s naftou o něco větší, což částečně kompenzuje jeho menší výhřevnost vztážená na jednotku objemu, která souvisí s velkým obsahem kyslíku. Nevýhodou menšího energetického obsahu vztáženého na jednotku objemu je větší spotřeba MEŘO v porovnání s klasickou naftou.

MEŘO má dále vyšší bod vzplanutí, který je důležitý z hlediska bezpečného zacházení s palivem. MEŘO proto vyžaduje ohřev na vyšší teplotu než klasická nafta pro vznik plynné směsi se vzduchem před jejím vznícením ve válci. Výhodou MEŘO

je skutečnost, že má dobré mazací vlastnosti. Z ekologického hlediska je další výhodou bionafty její velmi dobrá biologická odbouratelnost, na druhou stranu to však znamená, že bionafta je méně stabilní, což je její nevýhoda z pohledu skladování. [9]

4.4 Jednotlivé biosložky přidávané do motorové nafty

- RME Rape Methylester metylester řepkového oleje MEŘO
- SME Sunflower Methylester metylester slunečnicového oleje
- SOME Soya Methylester metylester ze sóji
- FAME Falty Acid Methylester metylester mastných kyselin
(rostlinných i živočišných tuků)
- VUOME Waste Used Oil Methylester metylester z použitých fritovacích olejů
- REE Rape Ethylester etylester řepkového oleje EEŘO

[18]

4.4.1 Obsah mastných kyselin v rostlinných olejích a oxidační stabilita

Chemická stabilita mastných kyselin rostlinných olejů, převážně se 16 nebo 18 uhlíky, je ve srovnání s nasycenými uhlovodíky výrazně menší, protože obsahují jednu až tři dvojně vazby.

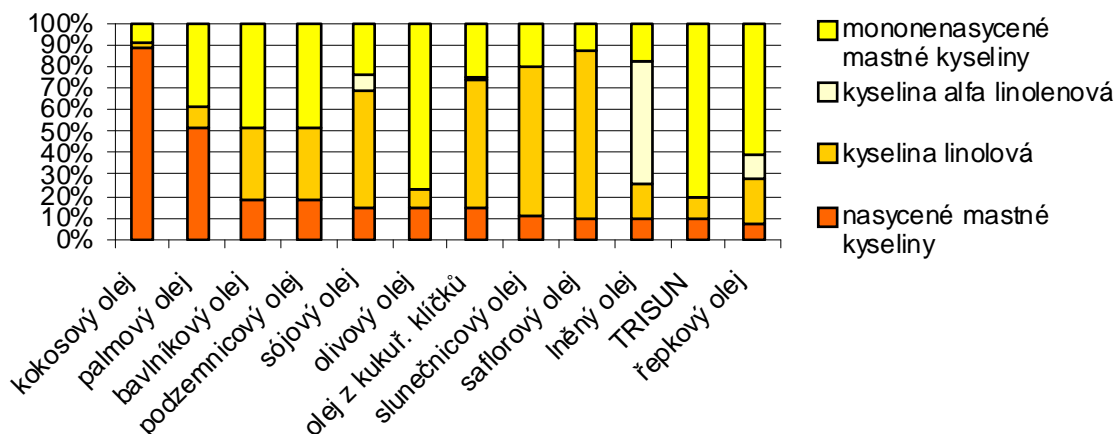
Počet atomů C v uhlovodíkovém řetězci	Počet dvojných vazeb v uhlovodíkovém řetězci			
	0 (žádná)	1	2	3
12	kys. laurová			
14	kys. myristová			
16	kys. palmitová	kys. palmitoolejová		
18	kys. stearová	kys. olejová	kys. linolová	kys. linolenová
20	kys. arachidová			
22	kys. behenová	kys. eruková		

Tab. 3 - Dominantní mastné kyseliny v rostlinných olejích používaných k výrobě bionafty [9]

Pro řepkový olej je uváděno 4,8% a 1,5% kyselin se 16 a 18 uhlíky, které neobsahují dvojně vazby, dále kyselina s 18 uhlíky v zastoupení 60,3% s jednou dvojnou vazbou na devátém uhlíku (kyselina olejová, resp. 9-oktadecenová), kyselina s 18 uhlíky v zastoupení 21,5% s dvojnými vazbami na devátém a dvanáctém uhlíku (kyselina linolová, resp. 9,12-oktadekadienová), kyselina s 18 uhlíky v zastoupení 7,6% s dvojnými vazbami na devátém, dvanáctém a patnáctém uhlíku (kyselina linolenová, respektive

9,12,15 oktadekatrienová) a ještě další dvě kyseliny s 20 a 22 uhlíky s dvojnou vazbou na devátém uhlíku. Číslování uhlíku je směrem od karboxylové skupiny, jejíž uhlík má číslo 1. [7]

Skladba mastných kyselin významných rostlinných olejů



Graf 2 - Obsah mastných kyselin v rostlinných olejích [1]

4.5 Požadavky na kvalitu bionafty

Novelizace jakostního standardu pro motorovou naftu EN 590 zaznamenala v roce 2003 kromě snížení obsahu síry i další změnu, která umožnila přidavek metylesterů mastných kyselin (FAME) do 5% obj. do motorové nafty. Pro stanovení jakostních ukazatelů pro FAME byla vytvořena jakostní norma EN 14 214. FAME je ve směrnici uvažováno i pro samostatné použití, ke kterému musí dát souhlas výrobce vozidla. Použití FAME ve formě přídavku do motorové nafty nezměnilo jakostní požadavky pro motorovou naftu, pouze byly jakostní požadavky rozšířeny o limit pro jeho obsah. V České republice byl v minulosti k dispozici národní standard pro metylester řepkového oleje (druh MEŘO) ČSN 65 6507, ale zavedením EN 14 214 došlo ke zpřísnění požadavků na kvalitu tohoto paliva a ČR plně přijala tuto technickou normu. Zpřísnění se týká zejména čistoty paliva, obsahu kontaminantů a oxidační stálosti. Jedná se o požadavky na obsah glycerolu ve volné i vázané formě (glyceridy), přítomnost nenasycených mastných kyselin (jódové číslo), obsah vody, minimální obsah metylesteru, zbytkový obsah metanolu (bod vzplanutí), obsah alkalických kovů (Na, K) a kovů alkalických zemin (Ca, Mg). Obsah kontaminujících látek významně ovlivňuje oxidační stálost tohoto paliva. Jen při dodržení všech jakostních požadavků je možné použít FAME jako komponentu do motorové nafty. Specifickou

záležitostí pro Českou republiku je používání paliva s obsahem 30% obj. MEŘO. Jakostní požadavky jsou definovány v ČSN 65 6508. [9]

Kvalita vyrobené bionafty (FAME) je ovlivněna především složením mastných kyselin, resp. jejich triglyceridů. Pro kvalitu je dále nezbytné, aby transesterifikace triglyceridů proběhla pokud možno úplně, jinak v reakční směsi zůstávají nezreagované tri-, di- a monoglyceridy. Každá z těchto sloučenin obsahuje neuvolněnou molekulu glycerolu, který je označován jako tzv. vázaný glycerol. Tento vázaný glycerol a volný glycerol přítomný v reakční směsi pak představují celkový glycerol. Výše uvedená norma požaduje, aby obsah glycerolu ve vyrobené bionaftě byl maximálně 0,25% hm. Norma obsahuje i požadavky na obsah jednotlivých typů glyceridů. Obsah glycerolu ve výchozím rostlinném oleji se pohybuje obvykle okolo cca 10,5% hm., pro dosažení jeho požadovaného limitního obsahu v bionaftě je proto nutné při transesterifikaci zajistit minimálně 98%ní konverzi.

Přítomnost volného glycerolu v bionaftě má za následek jeho usazování ve skladovacích nádržích, tvorbu viskózních směsí, které mohou ucpávat palivové filtry a může způsobit problémy i při spalování v motoru. Další problematickou příměs z hlediska kvality bionafty představuje voda a sedimenty. Voda, která se v bionaftě rozpouští ve větší míře než v klasické minerální naftě, může být přítomna buď rozpuštěná, nebo ve formě emulgovaných kapiček. Bionafta může obsahovat až 1 500 mg/kg rozpuštěné vody, zatímco norma připouští max. 500 mg/kg. Voda přispívá k růstu mikroorganismů v bionaftě, které podporují tvorbu kyselých kalů ucpávajících palivové filtry. Emulgovaná voda navíc přispívá ke korozi vstřikovacích jednotek. [9]

4.6 Způsoby skladování a distribuce bionafty

Bionafta je významně bezpečnější než klasická motorová nafta. Pro skladování a distribuci bionafty je možné využít stejnou technologii jako pro klasickou motorovou naftu. Palivo je nutno skladovat v suchém a čistém prostředí bez přístupu světla, v ocelových či hliníkových skladovacích nádržích, případně nádržích vyrobených z organických polymerních materiálů (polyetylén, polypropylen). Konstrukční materiály by neměly obsahovat olovo, měď, mosaz, cín nebo zinek. V případě čisté bionafty bez přídavku antioxidantů a biocidních aditiv by uskladnění nemělo přesáhnout dobu 3 až 6 měsíců. Vlivem působení mikroorganismů může číslo kyselosti při dlouhodobém skladování překročit maximální přípustnou mez. V případě skladování a distribuce čisté

bionafty je nutno rovněž vzít v potaz horší nízkoteplotní vlastnosti v porovnání s klasickou motorovou naftou, které mohou ovlivnit čerpatelnost paliva v zimním období.

S ohledem na nižší oxidační a skladovací stabilitu není možné čistou bionaftu ani jiné motorové palivo obsahující bionaftu dopravovat potrubním systémem. Není totiž technicky možné zamezit nežádoucí kontaminaci motorové nafty určené pro dlouhodobé uskladnění v rámci nouzových zásob Správy státních hmotných rezerv. V úvahu tedy přicházejí dvě varianty distribuce směsných paliv s obsahem bionafty. Doprava vyrobeného paliva přímo z terminálu výrobce do maloobchodní sítě, anebo doprava obou složek paliva, FAME i motorové nafty, odděleně do skladovacích prostor distribuční společnosti, kde je palivo z obou složek namícháno a následně expedováno do maloobchodní sítě. V síti čerpacích stanic pohonných hmot lze v rámci systému určeného pro skladování a výdej motorové nafty distribuovat bez omezení pouze palivo s obsahem FAME do 5% obj., které vyhovuje normě na běžnou motorovou naftu. Ostatní směsi bionafty a motorové nafty nebo čistou bionaftu je možné distribuovat a skladovat pouze odděleně od běžné motorové nafty se zvláštním označením výdejních stojanů. [7, 9]

Při skladování směsného paliva s obsahem bionafty větším než 5% obj. je nutno vzít do úvahy fakt, že může docházet k rozsazování směsi vlivem vyšší hustoty bionafty (koncentrování bionafty ve spodní části skladovací nádrže). Směsné palivo pak v celém objemu nemusí mít stejné složení, a proto je potřeba před distribucí po déle trvajícím skladování palivo intenzivně promíchat.

Problémem je také odstavování vozidel v zimním období, např. u sezónních strojů v zemědělství. Pokud je v nádrži běžná motorová nafta s bionaftou, může během zimy zoxidovat a na jaře lze očekávat velké problémy. Proto je doporučováno před odstavením vozidla po sezoně vyjet veškerou běžnou naftu a motor ještě propláchnout natankovanou čistou ropnou naftou. V současné době je k tomuto účelu využívána arktická motorová nafta, do které se zatím biosložka nepřimíchává. [3]

4.7 Podmínky pro použití bionafty v dopravě

V současnosti existují tři možné způsoby použití bionafty jako paliva pro motorová vozidla se vznětovým motorem:

- 1) ve formě čisté bionafty v kvalitě odpovídající ČSN EN 14214,
- 2) ve formě směsného paliva obsahujícího 30% obj. MEŘO ve směsi s uhlovodíkovou frakcí, v kvalitě odpovídající technické normě ČSN 65 6508,

- 3) ve formě přídatku v množství max. 5% obj. do běžné motorové nafty, v kvalitě odpovídající technické normě ČSN EN 590. Toto palivo s obsahem MEŘO je považováno za motorovou naftu, bez nutnosti zvláštního označení.

Základní požadavky vznětových motorů pro používání bionafty, resp. jejich směsí s motorovou naftou – 5% (B5), 10% (B10), 20% (B20) a 30% (B30) jsou stejné jako pro používání klasické motorové nafty. [9]

4.8 Česká technologická platforma pro využití biosložek v dopravě a chemickém průmyslu

Svaz chemického průmyslu ČR vyhlásil v prosinci 2006 zřízení České technologické platformy pro využití bioložek v dopravě a chemickém průmyslu (ČTPB). Platforma si klade za cíl zodpovědět tyto otázky:

- existuje v České republice dostatek surovin pro realizaci strategie užití biosložky v dopravě a chemickém průmyslu,
- existují v České republice dostupné a ověřené technologie pro výrobu biosložky s náklady na úrovni motorových paliv,
- je reálná a proveditelná Dlouhodobá strategie velkoobjemového použití biopaliv v dopravě v České republice,
- je Česká republika schopna připravit a realizovat a legislativně posoudit strategii,
- existují reálná a ekonomicky proveditelná užití bioložek pro další zpracování v chemickém průmyslu?

ČTPB zahájila svou činnost v únoru 2007 a kontaktním místem je Svaz chemického průmyslu ČR. Některé členské firmy České asociace petrolejářského průmyslu a obchodu (ČAPPO) a sekretariát se na činnosti ČTPB podílí. [9]

4.9 Metylestery řepkového oleje (MEŘO)

Pro získávání oleje z řepkových semen jako suroviny pro technické účely je možné použít účinnějších chemických prostředků, které jsou při rafinaci surovin pro výživu vesměs nepoužitelné. V současnosti se uplatňuje jak šaržový technologický postup, tak polokontinuální, kde kontinuálně pracují mísiče jednotlivých fází, ale nikoliv již dělicí zařízení. Nejdříve se z řepkového semene lisuje olej. Strojní linka pro esterifikaci je tvořena míchačkou provozovanou za normálního tlaku a teploty (eventuálně s přihřevem na 60 až 80 °C pro triglycerid), míchačkou pro směs alkoholu, usazovací nádrž pro těžkou glycerinovou fázi, odpařovačem alkoholu pro jeho regeneraci z lehké esterové fáze,

propírací a sedimentační nádrží pro ester mastné kyseliny zbavený zbytků alkoholu, vysoušeče promyté esterové fáze a kondičním stupněm před uskladněním či expedicí bionafty. [5]

Při výrobě MEŘO se jako vstupní surovina používá řepkový olej a menší množství metanolu. Celý výrobní proces se tak skládá z lisování oleje, filtrování a následné reakce oleje s metanolem a katalyzátorem za vzniku metylesteru a glycerinu (esterifikace). [5]

4.9.1 Výroba řepkového oleje

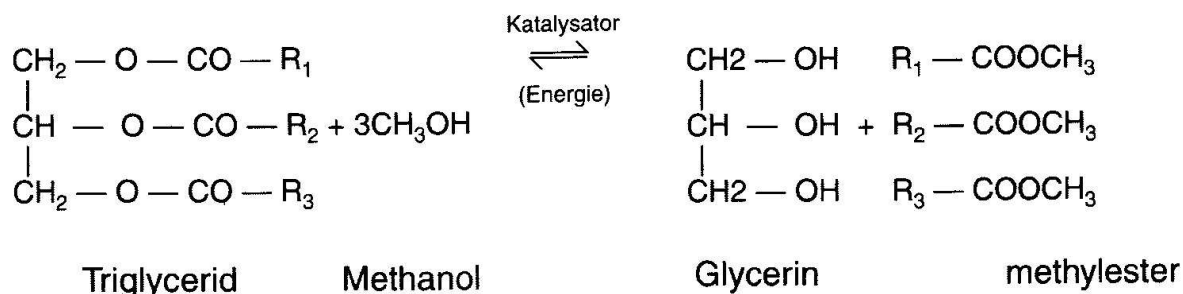
Výroba řepkového oleje může být prováděna lisováním řepkových semen (decentralizovaná výroba) nebo centrálně v olejovém mlýnu lisováním a extrakcí s možnou rafinací (průmyslová výroba). Řepkový olej se vyrábí technologií lisování „za studena“ (tj. bez předhřevu řepkových semen). V průmyslových lisovnách je produktem řepkový šrot s minimalizovaným obsahem zbytkového oleje (přibližně 2%), protože velké tukařské závody jsou vybaveny technologickým zařízením pro extrakci (provozem, ve kterém se pomocí organických rozpouštědel získává z výlisků velká část zbytkového oleje). Takto získaný olej má však zpravidla vysoký podíl látek obsahujících fosfor (vliv vysokých teplot a tlaků), které se musí před dalším zpracováním oleje na MEŘO odstranit chemicko-fyzikálními procesy. Olej z lisování procesem „za studena“ nemá nadbytečný obsah fosforu. Vedlejším produktem jsou však řepkové výlisky s obsahem zbytkového oleje v rozsahu od 12 do 16% hm. (v závislosti na použitém zařízení). Řepkové výlisky i šroty se používají jako žádané bílkovinné složky krmných směsí (mohou částečně nahradit dovážené sojové šroty). Kromě toho jsou řepkové výlisky s obsahem 10 až 15% zbytkového oleje v krmné směsi energetickým přínosem.

Z výsledků srovnání průmyslové a decentralizované výroby řepkového oleje ve studii „Institute for Energy and Environmental Research Heidelberg“ vyplývá, že při používání řepkového oleje jako náhrady motorové nafty vzniká přibližně 10% úspora fosilní energie, je-li řepkový olej získáván průmyslově. [10]

4.9.2 Výroba MEŘO

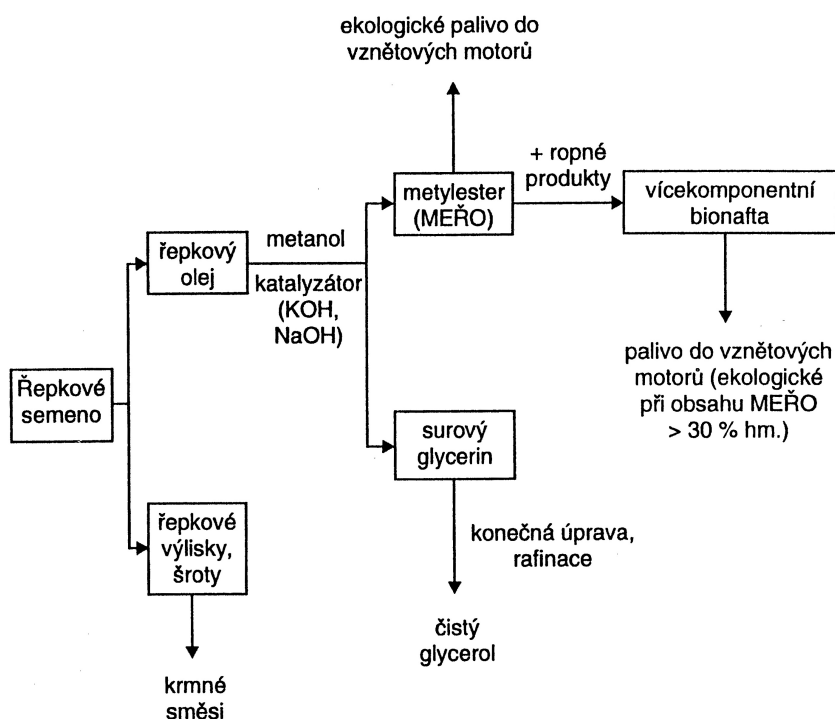
Chemickým procesem (tzv. reesterifikací) se z řepkového oleje vyrábí MEŘO a vedlejším produktem je surový glycerin. V podstatě jde o chemickou reakci s metanolem (za přítomnosti alkalických hydroxidů jako katalyzátorů), která probíhá buď za běžné, nebo i zvýšené teploty (v závislosti na zvolené technologii). Získaný MEŘO se izoluje od vedlejšího produktu – surového glycerinu a čistí. Surový glycerin se chemicky rafinuje

(buď v centrální rafinační jednotce, kde se soustřeďuje surovina z malých a středně velkých výroben MEŘO, nebo přímo ve velkokapacitních výrobnách MEŘO). Po finalizaci u specializovaného zpracovatele je čistý glycerol žádaným produktem, zejména pro další využití v chemickém průmyslu. [2]



Obr. 5 - Proces reesterifikace řepkového oleje [5]

Při reesterifikaci se z triglyceridu postupně uvolní acylové zbytky, které se váží na metanol. Vedle metylesteru mastné kyseliny tak vzniká zpočátku diglycerid, monoglycerid, až se uvolní glycerin, který se pro svou omezenou rozpustnost v tucích a metylesterech oddělí z reakční směsi jako spodní, těžší fáze. [2]



Obr. 6 - Schéma výroby MEŘO [26]

Esterifikaci je možné provádět ve velkých průmyslových zařízeních nebo v malých zařízeních (objem vsázek 1500 litrů). Malá esterifikační zařízení se od velkých odlišují tím,

že esterifikace probíhá při běžném tlaku a teplotě. V cisterně uskladněný rostlinný olej se čerpadly dopraví do nádoby reaktoru a poté proběhne esterifikace. Asi za 6 až 8 hodin se na základě různé hustoty směs rozdělí na dvě fáze:

- a) Metylester odteče do tepelného ohříváče, kde se oddělí zbylý metanol, který nevstoupil do reakce. Separace probíhá kontinuálně v koloně, kde se odstraní i případný zbytek glycerinu. MEŘO je vedeno do zásobníku s pufrem (kyselina fosforečná), kde je prováděna zkouška kvality.
- b) Směs glycerinu s olejem se neutralizuje kyselinou fosforečnou. Poté se odstředivkou oddělují pevné příměsi. Ty vstupují do sušárny, odkud vychází jako konečný produkt hodnotné fosforečné hnojivo. Ze zbylé tekutiny se v diskovém separátoru oddělí olej od glycerolu. [5]

V České republice i v Evropě je vhodným rostlinným olejem pro výrobu metylesteru hlavně řepkový olej. Je to hlavně kvůli tomu, že má velkou výhřevnost (40 MJ.kg^{-1}) a obsah oleje v semenech 40 – 50% (při jeho výtěžnosti 98%).

MEŘO je čirá kapalina bez jakýchkoliv nečistot, zbarvená dožluta, s vodou nemísitelná. Je hořlavá kapalina III. třídy nebezpečnosti, neobsahuje PCB (polychlórované bifenyly) ani látky obsahující těžké kovy. Při znečištění půdy se MEŘO samo biologicky odbourá. Je agresivní vůči běžným nátěrům a pryžím a neomezeně mísitelné s motorovou naftou. [11]

V České republice se upřednostňují kontinuální technologie výroby MEŘO, přičemž výtěžnost výroby je 95 až 97% hmotnosti řepkového oleje. Na jednu tunu metylesteru je zapotřebí 127 kg metanolu a 8 kg KOH. Glycerinová fáze získaná při výrobě metylesteru, obsahující přibližně 60% glycerolu, slouží k výrobě glycerinu používaného většinou pro kosmetické účely. [5]

Složení MEŘO je:

- přibližně 98% metylesterů mastných kyselin řepkového oleje,
- do 1% směsi mono-, di- a triglyceridů,
- do 0,3% volných mastných kyselin,
- do 0,3% metanolu,
- do 0,02% volného glycerolu,
- zbytek tvoří nezmýdelnitelné látky. [11]

4.9.3 Požadavky ČSN EN 14214 + AC

Tato norma je českou verzí evropské normy EN 14214:2003 včetně opravy EN 14214:2003/AC:2003 a byla vydána v průběhu roku 2004.

Vlastnosti	Jednotka	Mezní hodnoty		Metoda zkoušení
		min	max	
obsah esterů	% (m/m)	96,5	-	EN 1403
hustota při 15 °C	kg/m ³	860	900	EN ISO 3675
viskozita při 40 °C	mm ² /s	3,5	5	EN ISO 3104
bod vzplanutí	°C	120	-	PrEN ISO 3679
Síra	mg/kg	-	10	PrEN ISO 20846
				PrEN ISO 20884
karbonizační zbytek (vztaženo na 10% destilační zbytek)	% (m/m)	-	0,3	EN ISO 10370
cetanové číslo/index		51/48		EN ISO 5165
popel sulfátový	% (m/m)	-	0	ISO 3987
voda		-	500	EN ISO 12937
celkový obsah nečistot	mg/kg	-	24	EN 12662
korozí na mědi (3 hod při 50 %)	korozní stupeň	třída 1		EN ISO 2160
oxidační stabilita, 110 °C	H	6	-	EN 14112
číslo kyselosti	mg KOH/g	-	0,5	EN 14104
jodové číslo	g I ₂ /100 g	-	120	EN 14111
metylester kys. linolenové	% (m/m)	-	12	EN 14103
metylestery s více nenasycenými vazbami (> = 4 dvojnásobné vazby)			1	
obsah metanů			0,2	EN 14110
obsah monoglyceridů	% (m/m)		0,8	EN 14105
obsah diglyceridů			0,2	
obsah triglyceridů			0,2	
volný glycerol			0,02	
celkový glycerol		-	0,25	
skupina kovů I (Na + K)	mg/kg		5	EN 14108
				EN 14109
skupina kovů II (Ca + Mg)				prEN 14538
fosfor		-	10	EN 14107

Tab. 4 - Kvalitativní požadavky na metylestery mastných kyselin a zkušební metody, ČSN

EN 14214 + AC [7]

Požadavky na kvalitu v této normě jsou podstatně přísnější než v dřívější ČSN 656507. Důležité je, že došlo k harmonizaci českého a evropského standardu. Produkty z dnešních moderních technologií kvalitou odpovídající požadavkům ČSN EN 14214 + AC, jsou téměř zcela zbaveny zbytků metanolu, glycerinu, glyceridů, volných kyselin, zbytků alkalických katalyzátorů a dokonce i fosforu obsaženého v řepkovém oleji. Norma omezuje i obsah kyselin se třemi, čtyřmi a více dvojnými vazbami a stanoví požadavek na oxidační stálost. To vše vytváří podmínky pro bezproblémovou aplikaci metylesterů jako komponentů paliva pro vznětové motory. Norma dále stanoví požadavky závislé na klimatických podmínkách jednak pro mírné klima, jednak pro klima arktické. Tyto požadavky jsou konformní s požadavky v ČSN EN 590. Národní příloha stanoví povinnost označování výdejních stojanů štítky a určuje časové období pro dodávání jednotlivých tříd pro mírné klima, obdobně jako národní příloha ČSN EN 590. [7]

4.9.4 Požadavky na kvalitu MEŘO

Základní požadavky na kvalitu MEŘO jsou stejné jako u motorové nafty. Přibývají k nim však další, reagující na odlišné chemické složení metylesterů mastných kyselin. Ty se od ropné motorové nafty liší především menší chemickou a oxidační stabilitou a frakčním složením, ale i viskozitou, pěnivostí, rozpustností vody a mazivostí. Estery mají lepší mazivost než uhlovodíky a poměrně velké cetanové číslo, jsou však agresivnější k některým materiálům, zejména k těsnícím a mají výrazný sklon ke korozi olova a jeho slitin. [7]

4.9.4.1 Základní vlastnosti MEŘO

- afinita k vodě,
- biologická rozložitelnost,
- toxicita,
- těkavost,
- cetanové číslo,
- materiálová snášenlivost,
- vliv na motorové oleje,
- mazivost,
- spotřeba,
- tvorba karbonových úsad,
- viskozita. [8]

4.9.5 Výhody a nevýhody při používání MEŘO

4.9.5.1 Výhody

- Jedná se o alternativní palivo velmi podobné motorové naftě, které dává možnosti rozvoje zemědělské výroby a využití tuzemských zdrojů.
- Biologicky rozložitelné palivo.
- Vyrovnaná uhlíková bilance (nevzniká skleníkový efekt – hromadění CO₂).
- Možnost zásobovat ekologicky ohrožené oblasti CHKO a velká centra tímto palivem.
- Při spalovacím procesu palivo lépe shoří, což má za následek snížení kouřivosti motoru.
- Používáním tohoto paliva se snižuje opotřebení motoru (palivo má vysokou mazací schopnost).

4.9.5.2 Nevýhody

- Menší výhřevnost paliva, z toho plyne zvýšení spotřeby cca o 8%.
- Špatný vliv na motorový olej – jeho ředění, z čehož plyne snížení jeho viskozity a následná tvorba kalů vedoucí k extrémnímu zhuštění oleje.
- Nutnost zkrácení výměnných lhůt olejů na polovinu.
- Snižování výkonu motoru (nutná dekarbonizace) o 2,5 až 5% v porovnání s motorovou naftou.
- Agrese vůči plastům a pryžím.
- Horší chladové vlastnosti (nutná aditivace depresanty). [5, 9]

4.9.6 Směsná motorová nafta B30 a její normování

Směsná motorová nafta B30 je ekologické palivo pro vznětové motory na bázi metylesterů nenasycených mastných kyselin rostlinného původu. Obsah MEŘO v palivu je stanoven min. na 31%. Zbylé složky tvoří minerální oleje (motorová nafta) a aditiva sloužící k úpravě paliva na požadované parametry. Tento druh paliva byl schválen Ministerstvem dopravy, testován a schválen v Ústavu pro výzkum motorových vozidel a Institutem pro testování a certifikaci jako biologicky odbouratelné palivo.

Palivářské hodnoty směsné motorové nafty jsou naprosto srovnatelné s motorovou naftou, dokonce v některých případech i podstatně lepší. Během výzkumu a vývoje byl postupně vybrán soubor aditiv tak, aby ekonomická a ekologická zátěž na životní prostředí

byla co nejmenší. V praxi je výsledek dobré volby aditiv viditelný nejen na palivářských, ale i provozních vlastnostech, jako je například:

- zvýšení oxidační stability paliva,
- omezení agresivity směsi na kovy a těsnící pryžové materiály,
- nižší stupeň degradace oleje,
- zlepšení nízkoteplotních parametrů v zimním období. [13, 27]

Vlastnosti směsné motorové nafty byly taky odzkoušeny u výrobců v akreditovaných zkušebnách a výsledky potvrzují, že při dodržování určitých pravidel a především pravidelným odstraňováním vody z palivového systému lze směsné palivo bez problémů dlouhodobě používat.

4.9.6.1 Výhody paliva oproti běžné motorové naftě

- výhodnější cena,
- příznivé složení emisí,
- nižší kouřivost (až o 48% menší obsah pevných částic),
- velmi dobrá biologická odbouratelnost (dle testu CEC je to 90% za 21 dní),
- dobrá startovatelnost v zimním období,
- velmi dobrá mazivost (o ½ lepší než u motorové nafty),
- lze rovněž uplatnit nárok na vrácení spotřební daně.

V neposlední řadě směsná motorová nafta nevyžaduje úpravy motorů a její spotřeba má pozitivní vliv na ekonomiku zemědělství. [13, 27]

4.9.6.2 Požadavky ČSN 65 6508

Na paliva obsahující MEŘO existovaly na začátku roku 2003 tři normy:

- ČSN 656507 pro metylestery řepkového oleje,
- ČSN 656508 pro palivo s obsahem metylesterů řepkového oleje nad 30%,
- ČSN 656509 pro palivo s obsahem metylesterů do 5%.

Ke změně došlo v únoru 2003, v rámci které byla ČSN 65 6509 zrušena. Zrušení bylo provedeno v souvislosti s vydáním ČSN 656508, která obsahovala požadavky pro SMN 30 a SMN 5. K další změně došlo po vydání ČSN EN 590 z června 2004, kdy byla zrušena SMN 5 v ČSN 656508 z února 2003 v souvislosti s ustanovením, že motorová nafta podle uvedené normy může obsahovat maximálně 5% metylesterů. SMN 30

s obsahem nad 31% MEŘO je jediné palivo z výše uvedených, které bylo až dosud prodáváno a používáno v ČR. Pro zlepšení kvality směsné motorové nafty se povoluje a doporučuje používat vhodné přísady bez známých škodlivých účinků v přiměřeném množství tak, aby pomohly zabránit zhoršení jízdních vlastností a dlouhodobě regulovat emise.

Vydání z roku 2003 požaduje minimální hodnotu cetanového čísla 51, ale jen jako informativní hodnotu. Dále požaduje, aby 95% objemu předestilovalo při maximálně 360 °C, u třídy F požaduje Cloud Point maximálně -8 °C, obsah polycyklických aromatických uhlovodíků maximálně 11% a u druhu SMN 30 zůstává horní mez hustoty maximálně 860 kg.m⁻³. Maximální obsah vody je snížen na 300 mg.kg⁻¹, obsah síry je snížen na maximálně 250 mg.kg⁻¹, od 1.1.2005 na maximálně 40 mg.kg⁻¹, číslo kyselosti na maximálně 0,20 mg KOH.g⁻¹, obsah fosforu a alkalických kovů je limitován hodnotami 4,0 respektive 2,0 mg.kg⁻¹, ale jako informativní hodnoty. Nejdůležitějšími změnami je zavedení požadavku na mazivost HFRR, stejného jako u motorové nafty, tzn. maximálně 460 μm a požadavku na oxidační stabilitu, opět na úrovni hodnoty pro motorovou naftu, tzn. maximálně 25 g úsad na m³. SMN 30 v této kvalitě prakticky splňuje veškeré požadavky ČSN EN 590, takže by měla být bez problémů použitelná i pro motory s moderními systémy vstřikování, ve kterých je palivo vystaveno značnému tepelnému namáhání a nesmí ani za těchto podmínek vytvářet úsady. [5, 7]

Ukazatel	Jednotka	SMN 30 třída B	SMN 30 třída D	SMN 30 třída F
Hustota při 15 °C	kg/m ³	820,0 – 860,0	820,0 – 860,0	820,0 – 860,0
Cetanové číslo		min. 51,0	min. 51,0	min. 51,0
Obsah síry	mg/kg	max. 10,0	max. 10,0	max. 10,0
Viskozita při 40 °C	mm ² /s	2,00 – 4,50	2,00 – 4,50	2,00 – 4,50
Bod vzplanutí	°C	nad 55	nad 55	nad 55
Destilační zkouška				
při 180 °C p ředest.	% (V/V)			
při 250 °C p ředest.	% (V/V)	<65	<65	<65
při 340 °C p ředest.	% (V/V)			
při 350 °C p ředest.	% (V/V)	min. 85	min. 85	min. 85
95% (V/V) p ředest.	°C	max. 360	max. 360	max. 360
Filtrovatelnost	°C	max. 0	max. -10	max. -20
CFPP	°C	max. 0	max. -10	max. -20
Období dle klimatických podmínek		mírné klima	mírné klima	mírné klima
		15.04.-30.09.	01.10.-15.11. 01.03.-14.04.	16.11.-28.02.
Obsah metylesteru řepkového oleje (MEŘO)	% (m/m)	min. 31,0	min. 31,0	min. 31,0

Tab. 5 - Základní kvalitativní parametry SMN dle ČSN 65 6508 [13]

4.9.7 Přehled výrobců MEŘO v České republice

Produkční potenciál výroben MEŘO v ČR dosáhl v roce 2010 téměř 470 000 tun řepkových metylesterů ročně, přičemž poměr celkové výroby MEŘO v České republice vůči domácím výrobním kapacitám stále klesá. Veškerá produkce MEŘO je dodávána výrobcům směsného paliva. Seznam všech výrobců MEŘO v ČR je uveden v tabulce 6.

Výrobce metylesterů řepkového oleje	Roční kapacita	Rok zahájení (rekonstrukce)
A. B. C., s.r.o., Bransouze	2 900 t	1995
AGRICOS, s.r.o., Stod u Plzně	660 t	1996
Agrochem, a.s., Lanškroun	2 550 t	1995 (2001)
AGROPODNIK, a.s., Jihlava	70 000 t	1995 (2001 a 2004)
BIO Petrol, a.s., Nová Ves pod Pleší	3 750 t	1995
FABIO produkt, s.r.o., Holín	6 200 t	1994
FAME, a.s., Ústí nad Labem (dříve SETUZA)	150 000 t	2010
Jan Horák - H H Corporation, Česká Třebová	55 000 t	2003
J A R I M E X, s.r.o., Hněvčeves	7 050 t	1997
KL - OIL, s.r.o., Bílý Kostel nad Nisou	1 150 t	2000
KL - OIL, s.r.o., Lužany	2 000 t	2000
PAVEX C.Z., a.s., Pardubice	15 000 t	2004
PREOL, a.s., závod Lovosice	100 000 t	2003
Primagra, a.s., závod Milín	35 000 t	2007
Primagra, a.s., Žatec	4 800 t	1995
RPN, s.r.o., Chrudim	2 050 t	1991
Standard Oil Company, s.r.o., Nový Přerov	9 000 t	1995 (2001)
Zemědělské družstvo Dolany	1 500 t	1993
ZS Kratonohy, a.s.	1 000 t	1994

Tab. 6 - Výrobní kapacity MEŘO v ČR (stav k 31.12.2010) [10]

4.9.8 Paliva obsahující MEŘO v zahraničí

V některých zemích se prodává palivo obsahující 100% MEŘO, tj. bionafta (SRN, Rakousko, Švýcarsko a další). Lze se setkat i s 50% směsí a s palivem, které obsahuje méně než 5% MEŘO. V Německu, kromě zemědělců, bionaftu (zde čisté MEŘO) běžně využívají i vozidla taxislužby a autobusy městské hromadné dopravy. Obvykle jsou tato vozidla upravena tak, že umožňují jízdu jak na bionaftu, tak i na běžnou naftu. Již v roce 2000 bylo v provozu cca 500 čerpacích stanic s bionaftou (MEŘO) a jejich počet stále výrazně narůstá. [5, 7, 11]

Ve Francii došlo k účelné spolupráci zemědělských organizací, výrobců MEŘO, výrobců automobilů a výrobců ropných paliv (TOTAL, ELF) za aktivní koordinace ze strany státu. Jejím výsledkem bylo využití MEŘO ve dvou formách:

- využití MEŘO při aditivaci běžných motorových naft jako přísady ke zvýšení mazivosti odsiřeného paliva (do 5% přídatku MEŘO). Jde o palivo, které je označováno jako City-Diesel,
- využití MEŘO ve směsi s běžnou motorovou naftou (30 - 33% MEŘO) jako ekologického paliva pro vybrané oblasti použití, zejména městskou autobusovou dopravou. Ve Francii je nově legislativně zakotvena povinnost používat palivo s obsahem přes 30% hm. MEŘO ve městech, která mají přes 100 000 obyvatel.

Řepka pro tento účel (nepotravinářská) je ve Francii přibližně o 25% levnější než běžná potravinářská. Je nutno podotknout, že oba druhy řepky mají stejnou jakost. Francie vidí v bionaftě řešení problémů zemědělců související s nadprodukcí potravin a dotacemi, které jsou v současnosti vypláceny farmám za neobdělávání půdy (podobně jako v České republice program uvádění půdy do klidu a zalesňování).

V USA se v posledních letech užívá 20% směs metylesteru sójového oleje s motorovou naftou, ale i čistý metylester. Své uplatnění našly v národních parcích, autobusové a lodní dopravě. Úspěšné zkoušky proběhly dokonce i v armádě. V Japonsku se používají esterifikované opotřebené rostlinné oleje a tuky. [5]

Ve Švédsku se uplatňuje typ směsného motorového paliva s obsahem 2% nebo 50% MEŘO. Na Slovensku se veškerá produkce MEŘO uplatňuje ve výrobě směsného paliva (s obsahem přes 30% hm. MEŘO). Hlavní využití směsného paliva je v zemědělství, autobusové dopravě a používá se také na pohon strojů v dolech.

4.9.9 Přísady (aditiva) do bionafty

Detergenty s označením FIC (Fuel Injektor Cleanliness) – výrazně ovlivňují čistotu trysek a tím pádem dokonalost úhlu rozstříku paliva a zároveň tak i emise.

Protikorozní aditiva – působí hlavně proti korozi vstřikovacího čerpadla, ale i v palivové nádrži a potrubí.

Antioxidační aditiva – stabilizátory paliva, které působí proti tvorbě pryskyřic a úsad na stěnách palivové nádrže a proti tvorbě sedimentů na sítkách čerpadla.

Protipěnicí aditiva – při plnění palivové nádrže nebo cisterny zabraňují pění paliva a tím urychlují plnění (odpadá čekací doba na opad pěny).

Zlepšovače maznosti – ovlivňují zejména vibrační opotřebení u stále častěji užívaných rotačních čerpadel a u rychloběžných dieselů (počet otáček 3500 min⁻¹).

Zlepšovače tekutosti paliva MDFI (Middle Destilate Flow Improvers) – zlepšují nízkoteplotní vlastnosti a bod tuhnutí. [5]

4.10 Etylestery řepkového oleje (EEŘO)

Etylestery mastných kyselin vznikají esterifikací etanolem, kdy je metanol vyráběný z fosilních paliv (použitý při výrobě MEŘO), v případě EEŘO nahrazen bioetanolem. Samotná esterifikace neprobíhá tak snadno jako s metanolem. Výhodou v tomto případě je, že obě reagující složky, rostlinný olej a líc, jsou z obnovitelných zdrojů.

Ukazatel	Jednotka	EEŘO
Hustota při 15 °C	kg/m ³	879
Kinematická viskozita při 40 °C	mm ² /s	4,78
Bod tuhnutí	°C	-12/-26
Filtrovatelnost (CFPP)	°C	-5 až -10
Bod vzplanutí	°C	56
Destilační zkouška rozmezí do 300 °C	°C	320-360
95% (V/V) předest.	% (V/V)	4,5
	°C	360
Voda	mg/kg	-
Karbonizační zbytek (10% destil. zbytku)	% hmot.	0,05
Síra	% hmot.	0,02
Popel	% hmot.	0,02
Obsah mechanických nečistot	mg/kg	20
Číslo kyselosti	mg KOH/g	0,43
Alkalické kovy (K, Na)	mg/kg	29
Obsah fosforu	mg/kg	20
Cetanový index		58,2

Tab. 7 - Vybrané vlastnosti EEŘO [20]

4.10.1 Technologie výroby EEŘO

Technologický postup výroby EEŘO je v podstatě analogický jako při výrobě MEŘO, tj. alkalicky katalyzovaná reesterifikace řepkového oleje. To umožňuje výrobu

EEŘO realizovat v současných výrobních jednotkách pro výrobu MEŘO s případnými úpravami výrobního zařízení nebo jeho doplněním. [5]

Náklady na výrobu EEŘO zahrnují jak surovinové náklady, tak ostatní zpracovatelské náklady. Surovinové náklady jsou závislé hlavně na použitém technologickém postupu, kdežto zpracovatelské náklady jsou ovlivněny hlavně organizačním uspořádáním výrobní linky a její kapacitou. Náklady na výrobu etylesteru se (oproti nákladům na výrobu metylesteru) liší hlavně v surovinových nákladech. Hlavní roli zde hraje výrazně vyšší cena etanolu než metanolu a vyšší spotřeba etanolu na esterifikaci. [5]

4.11 Přímé využití řepkového oleje jako paliva

Další způsob využití řepkového oleje jako paliva spočívá v jeho přímém použití bez chemických úprav. Má to ale jednu nevýhodu. Bezpodmínečně musí být upraven palivový systém nebo samotný spalovací motor a přizpůsobit se tak palivářským vlastnostem oleje (hlavně jeho viskozitě).

Při srovnání základních fyzikálních vlastností řepkového oleje a motorové nafty, zjistíme, že jsou mezi těmito palivy značné rozdíly. Parametry jako bod vzplanutí a viskozita ukazují, že přímé použití v neupraveném vznětovém motoru nebude bezproblémové. Naproti tomu má olej v zásadě srovnatelnou výhřevnost jako motorová nafta. Velká výhoda rostlinných olejů spočívá v jejich rychlé degradaci v půdě (přibližně tři týdny).

Problémem použití oleje jako samostatného paliva je jeho viskozita, která je až 40krát vyšší než u motorové nafty. Tuto negativní vlastnost lze snížit zahříváním oleje a vhodnou úpravou průtokových poměrů vstřikovacích trysek. Zásadní problém vyplývá z tvorby poměrně velkých kapek oleje a jeho nízké odpařivosti. Tato vlastnost vede k tvorbě karbonu, který může ve velmi krátké době, u motorů s přímým vstřikem, znehybnit první i druhý pístní kroužek, což vede k zadření motoru. U rostlinného oleje je střední průměr kapičky při vstřiku paliva o cca 80% větší než je tomu u motorové nafty (důvodem je vysoká viskozita a povrchové napětí). Pro snižování jejich hodnot je vhodné používat aditiva. [4, 5, 11]

Nevýhody používání rostlinných olejů

- rostlinné oleje při spalování zanášejí motor,
- jsou agresivní vůči plastům a lakům,
- způsobují vyšší emise N_2O a tuhých částic,
- vyšší spotřeba než u klasické motorové nafty (plyne z menší výhřevnosti),
- horší chladové vlastnosti,
- horší filtrovatelnost řepkového oleje,
- nutnost častější výměny palivového filtru a údržba palivové nádrže,
- tvorba kalů při skladování (důvodem je nižší oxidační stabilita oleje),
- vznik pryskyřic, laků a karbonových úsad při spalování a následná ztráta komprese motoru.

V současné době se čistý rostlinný olej v dopravě využívá jenom zřídka, a když, tak jenom ve speciálních motorech. Dnes existuje spousta firem zabývajících se přestavbou motorů na řepkové palivo. V minulosti to byly hlavně firmy v Německu, ale v dnešní době není žádný problém podobné firmy najít i na území České republiky.

Přímé využívání řepkového oleje může přinést pozitivní dopady jen v případě vyzkoušených a osvědčených úprav v konstrukci. Použití bez podstatných nebo jen částečných úprav přinese nejen velké zklamání, ale i značné škody na motoru a jeho příslušenství. [5]

5 Cíl práce a metodika

Cílem práce je zhodnotit vliv podílu biosložky na vybrané parametry motorové nafty. Metodika práce spočívá v analýze vzorků od čisté motorové nafty až po čisté MEŘO. Byly namíchany vzorky s následujícím procentuálním zastoupením metylesteru: 30, 60, 80% a zkoumány palivářské vlastnosti jako kinematická viskozita, hustota, hodnota anilinového bodu, bodu vzplanutí a destilační zkouška. V poslední části práce se zjišťuje teplota vylučování parafinů (TVP) a filtrovatelnost vzorků. Při analýze se zjišťuje hustota nafty při 15 °C a její viskozita při 40 °C.

6 Praktická část

6.1 Stanovení kinematické viskozity

Kinematická viskozita „ ν “ je odpor proti toku kapaliny způsobenému gravitační silou. Viskozita se vypočte jako součin naměřené doby průtoku a kalibrační konstanty viskozimetru.

6.1.1 Podstata metody

Měří se doba, za kterou stanovený objem kapaliny proteče působením gravitační síly kapilárou kalibrovaného viskozimetru při známé teplotě. V našem případě se jedná o teplotu 40 °C.

6.1.2 Postup měření

Lázeň pro viskozimetr se nastaví a udržuje na zkušební teplotě. Do viskozimetru se nalije měřený vzorek a pomocí hadičky se nasává kapalina do horní baňky nad rysku začátku měření. Následně přestaneme se sáním a měříme dobu průtoku kapaliny v horní baňce (2) od rysky startu (1) po spodní rysku konce (3) pomocí stopek. Výsledný čas zaznamenáme. Princip měření je pro všechny námi zvolené vzorky stejný (viz. obr. 7).

6.1.3 Naměřené hodnoty

Vzorek	NM	30%	60%	80%	MEŘO
Viskozita při 40 °C [s]	01:00,1	01:00,3	01:17,3	01:23,9	01:31,5

Tab. 8 - Přehled naměřených hodnot vzorků

Z naměřených hodnot bylo nutné vypočítat hodnotu kinematické viskozity za použití vztahu $\nu = C \times t$, kde

- ν je kinematická viskozita [$\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$],
- C kalibrační konstanta viskozimetru [$\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-2}$],
- t průměrná doba průtoku [s].

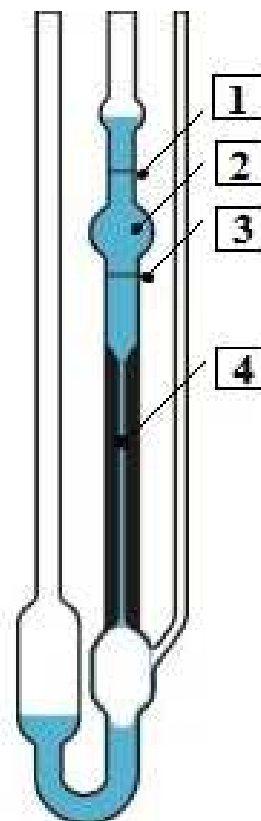
Hodnota kalibrační konstanty použitého viskozimetru je $C = 0,04994$ [$\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-2}$].

Vzorek	NM	30%	60%	80%	MEŘO
Viskozita při 40 °C [$\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]	3,00	3,01	3,86	4,19	4,57

Tab. 9 - Přehled vypočtených hodnot kinematické viskozity

6.1.4 Měřicí zařízení

K měření viskozity byl použit Ubbelohdeho kapilární viskozimetr zobrazený na obrázku 7.



Obr. 7 - Ubbelohdeho kapilární viskozimetr

6.1.5 Zhodnocení měření

Z výsledků vyplývá, že viskozita motorové nafty a směsné motorové nafty je prakticky identická, $3,0 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Se zvyšujícím se podílem MEŘO v motorové naftě viskozita stoupá a nejvyšší hodnotu má čisté MEŘO, $4,57 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

6.2 Měření hustoty

Hustota je definována jako hmota takového množství látky, která zaujímá jednotkový objem při určité teplotě. Měrnou jednotkou je $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Především u motorové nafty má zjištění hustoty význam k výpočtu Dieselova indexu a cetanového čísla. Existují tři způsoby měření hustoty (hustoměrem, hydrostatickými vahami a pyknometrem). V našem případě jsme zvolili k měření hustoměr. Hustoměry jsou skleněné přístroje, které slouží k rychlému stanovení hustoty kapalin dle Archimedova zákona.

6.2.1 Postup měření

Nejprve zkontrolujeme hustoměry, jestli jsou čisté a nezaleptané. Do vypláchnutého válce nalijeme vzorek tak, aby se netvořily vzduchové bubliny. Změříme teplotu vzorku ve válci, v našem případě měříme hustotu při $15 \text{ }^\circ\text{C}$. Pak uchopíme suchý a čitý hustoměr za konec stonku a opatrně ponoříme do kapaliny. Hustoměr použijeme, když už sám plave. Následně odečteme hodnotu na stupnici. Postup se opakuje pro všechny vzorky.

6.2.2 Naměřené hodnoty

Vzorek	NM	30%	60%	80%	MEŘO
Hustota při $15 \text{ }^\circ\text{C}$ [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]	832	837	857	865	876

Tab. 10 - Přehled naměřených hodnot hustoty

6.2.3 Zhodnocení měření

Z měření plyne, že hustota motorové nafty a směsné motorové nafty odpovídá požadavkům dle norem ČSN EN 590 a ČSN 656508. Z tabulky 10 je patrné, že se zvyšujícím se podílem MEŘO v naftě její hustota stoupá, což je způsobeno větší hustotou přidaného metylesteru.

6.3 Bod vzplanutí

Bod vzplanutí (flash point) je nejnižší teplota zkušební vzorku, při které aplikace zapalovacího zařízení způsobí vzplanutí par vzorku a plamen se rozšíří přes povrch kapaliny. Zkouška má význam pro posouzení motorových naft s bodem vzplanutí nad 35 °C z hlediska provozní bezpečnosti a umožňuje jejich zařazení do bezpečnostních tříd.

6.3.1 Podstata metody

Podstatou této zkoušky je zahřívání vzorku v kelímku předepsaným způsobem a zjišťování zápalnosti jen opakovaným přibližováním zkušební plamínku (obr. 8).



Obr. 8 - Měřicí zařízení na zjištění bodu vzplanutí

6.3.2 Postup zkoušky

Do kelímku (2) nalijeme zkušební vzorek až po rysku a teploměr (3) ponoříme do vzorku tak, aby se nedotýkal dna kelímku. Pod stojan (5) umístíme plynový kahan (1) a začneme s ohřevem vzorku. Na stupnici teploměru kontrolujeme teplotu a postupně zkusíme přikládat hořák se zkušebním plamínkem (4). Ten má být nad hladinou vzorku

cca 1 vteřinu a celá doba manipulace by měla být co nejkratší. Zkušební plamínek přikládáme až do doby, než nashromážděné páry nad vzorkem vzplanou modravým plamenem. V ten moment odečteme výslednou teplotu na teploměru. A právě to je okamžik bodu vzplanutí vzorku. Před měřením dalšího vzorku opatrně uchopíme kelímek do kleští (6) a obsah vylijeme do sběrné nádoby. Následně kelímek zchladíme proudem vody. Je důležité, aby se voda nedostala dovnitř kelímku, jinak by při další zkoušce docházelo k jejímu odpařování a tím i k nepřesnosti měření.

6.3.3 Naměřené hodnoty

Vzorek	NM	30%	60%	80%	MEŘO
Bod vzplanutí [°C]	60	64	98	118	185

Tab. 11 - Přehled naměřených hodnot bodu vzplanutí

6.3.4 Zhodnocení měření

Teplota, při které dojde ke vznícení motorové nafty a směsné motorové nafty je z hlediska normy v pořádku. Se zvyšujícím se podílem biosložky v naftě stoupá teplota, při které dojde ke vzplanutí nashromážděných par nad vzorkem a následně samotného vzorku. Tento údaj je důležitý zejména při skladování a přepravě paliv.

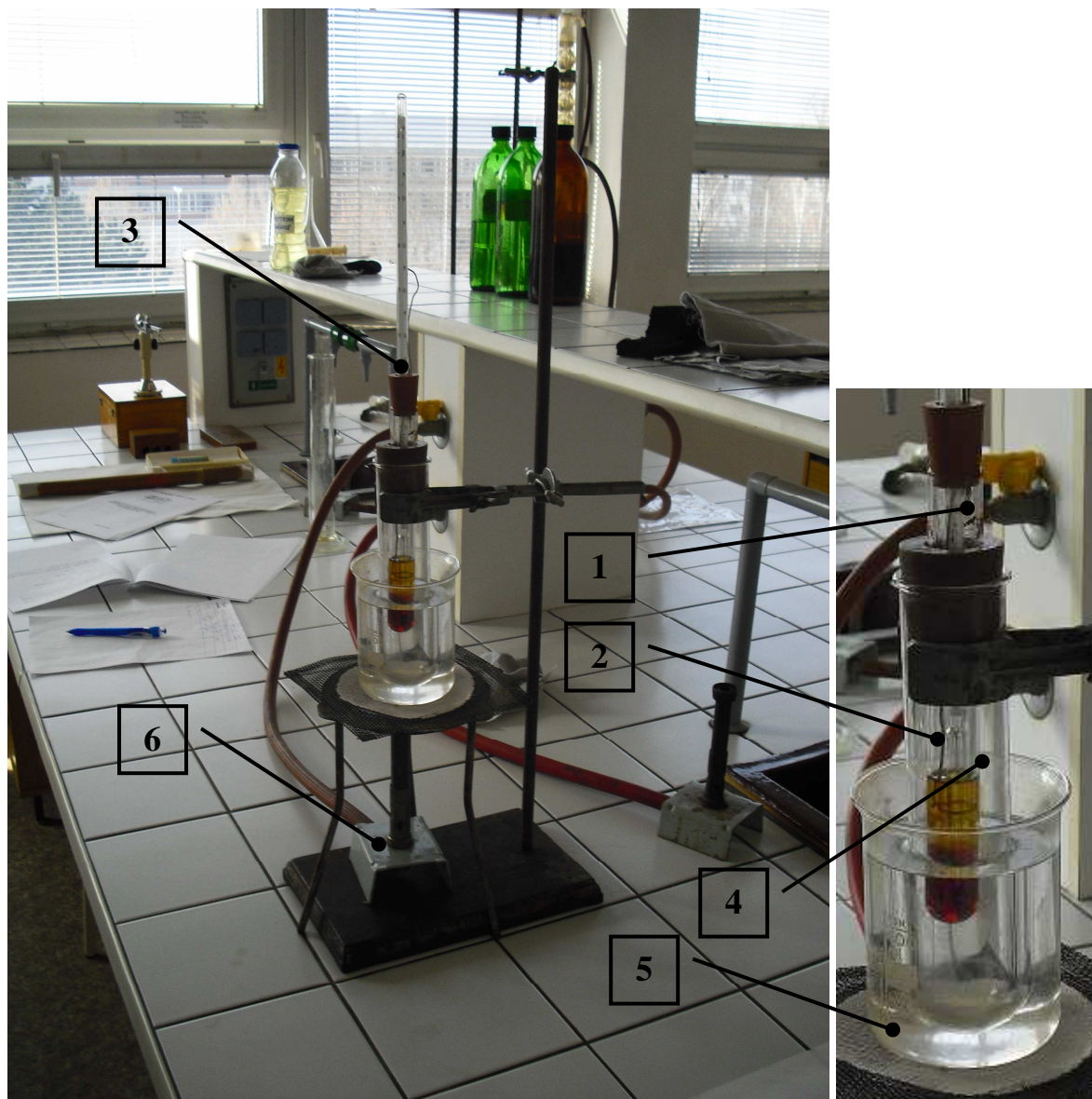
6.4 Anilinový bod

Anilinový bod je nejnižší teplota udaná ve °C, při které je zkoumaný vzorek dokonale mísitelný se stejným objemem anilinu. Největší význam má anilinový bod pro posouzení vhodnosti paliv pro vznětové motory. Paliva s nižším anilinovým bodem, tj. s menším obsahem parafinických uhlovodíků, mají větší sklon k tvrdému chodu motoru. Anilinový bod slouží k výpočtu Dieselova indexu a laboratorního Cetanového čísla motorové nafty.

6.4.1 Postup měření

Základem pro měření anilinového bodu je vhodná aparatura zobrazená na obrázku 9. Do čisté zkumavky (1) odlijeme 5 ml vzorku a stejné množství anilinu. Do zkumavky vložíme míchadlo (2) a uzavřeme ji korkem s teploměrem (3). Celou soupravu vložíme do ochranné zkumavky (4) a ponoříme do tepelné lázně, která je tvořena silikonovým olejem (5). Následně umístíme pod stojan plynový hořák (6) a pozvolna celou

soupravu zahříváme. Na začátku měření jsou obě dvě látky oddělené od sebe (viz. obr. 9). Se zvyšující se teplotou a za občasných míchání se postupně obě složky smísí. V tomto okamžiku vyndáme zkumavku z tepelné lázně a necháme pozvolna chladnout až do okamžiku, než se odloučí anilin od vzorku. Teplotu v tomto okamžiku odečteme z teploměru a zaznamenáme. Postup opakujeme pro všechny vzorky.



Obr. 9 - Souprava pro měření anilinového bodu

6.4.2 Naměřené hodnoty

Vzorek	NM	30%	60%	80%	MEŘO
Teplota při anilinovém bodě [°C]	53	35	X	X	X

Tab. 12 - Přehled naměřených teplot při anilinovém bodě

Z naměřených hodnot se provádí výpočet anilinového bodu podle vztahu $A = 1,8 \times a + 32$,
kde

A je anilinový bod [°F],

a je teplota při anilinovém bodě [°C].

Vzorek	NM	30%
Anilinový bod [°F]	127,4	95

Tab. 13 - Přehled vypočtených hodnot anilinového bodu

Následně lze za pomoci anilinového bodu vypočítat hodnotu Dieslova indexu. Dieslův index je setina součinu specifické hmotnosti G dle A.P.I. (American Petroleum Institute) a anilinového bodu vzorku ve Farenheitech. Dieslův index je hrubým ukazatelem spalovacích vlastností motorové nafty v motoru. Výpočet se provádí dle vztahu

$DI = \frac{G \times A}{100}$, kde „G“ je specifická váha [API] a „A“ je anilinový bod ve [°F]. Hodnota G

se vypočte dle vztahu $G = \frac{141,36}{h + 0,003} - 131,5$, kde „h“ je hustota vzorku.

Vzorek	NM	30%
Dieslův index	48	35

Tab. 14 - Výpočet Dieslova indexu

6.4.3 Zhodnocení měření

Při měření anilinového bodu bylo možné naměřit jeho hodnotu pouze u motorové nafty a směsné motorové nafty. U vzorků s větším procentuálním zastoupením MEŘO v naftě a čistého MEŘO již nedocházelo k odloučení anilinu a vzorku. K tomu by byla zapotřebí nižší teplota než byla teplota prostředí při měření. Pro vzorky, u kterých nebylo možné stanovit anilinový bod, je tím pádem nemožné vypočítat hodnotu Dieslova indexu.

6.5 Destilační zkouška

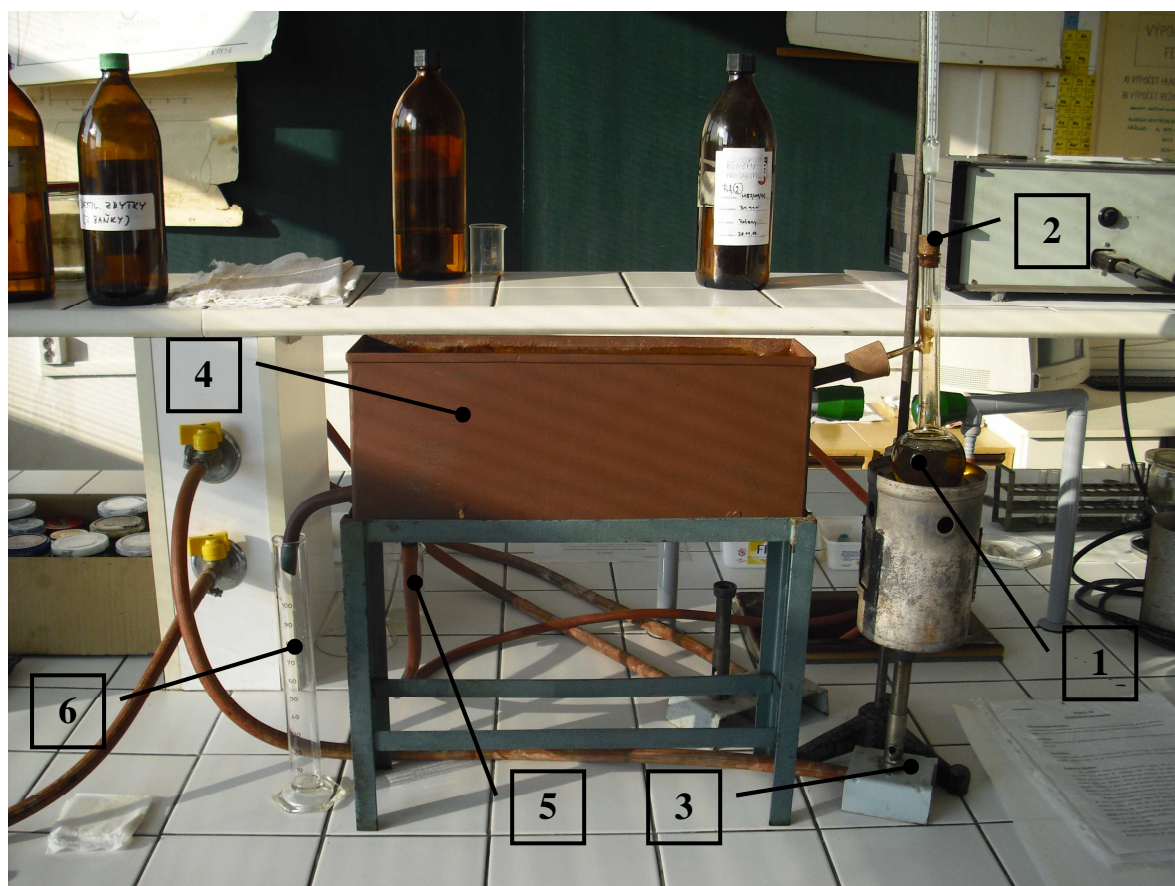
Pro dokonalé spalování ve vznětovém motoru je požadavek, aby byla alespoň část paliva odpařena. To zajistí dostatečně jemné rozprášení paliva při vstřiku (malé kapičky mají větší celkový povrch a vyšší rychlost odpařování), ale také určitý podíl lehce odpařitelných složek. Současně by mělo palivo obsahovat těžší složky, které se odpaří

postupně během kompresního zdvihu, kdy ochlazují stěny spalovacího prostoru. Tyto vlastnosti se kontrolují destilační zkouškou.

Podstata zkoušky spočívá v zahřívání 100 ml vzorku ve frakční baňce, ochlazení par v kovovém chladiči a zachytávání kondenzátu v odměrném válci za současného zjišťování teploty par, při kterých kondenzovaly předem určené objemy. V tomto případě je zaznamenána teplota začátku destilace a teploty, kdy se predestiluje 5, 10, 50 a 90% objemu paliva.

6.5.1 Postup měření

Vzorkem naplněná destilační baňka (1), která je uzavřena zátkou s teploměrem (2), se zahřívá plynovým kahanem (3). Baňka je napojena na chladič (4), do kterého přitéká malým proudem chladicí voda (5). Na druhém konci chladiče je umístěn odměrný válec (6), do kterého se zachytává kondenzát. Intenzita zahřívání je taková, aby první kapka skápla přibližně 5 – 10 minut po začátku zahřívání a dále vzorek kapal rychlostí cca $5 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$. Aparatura použitá na destilační zkoušku je patrná z obrázku 10.

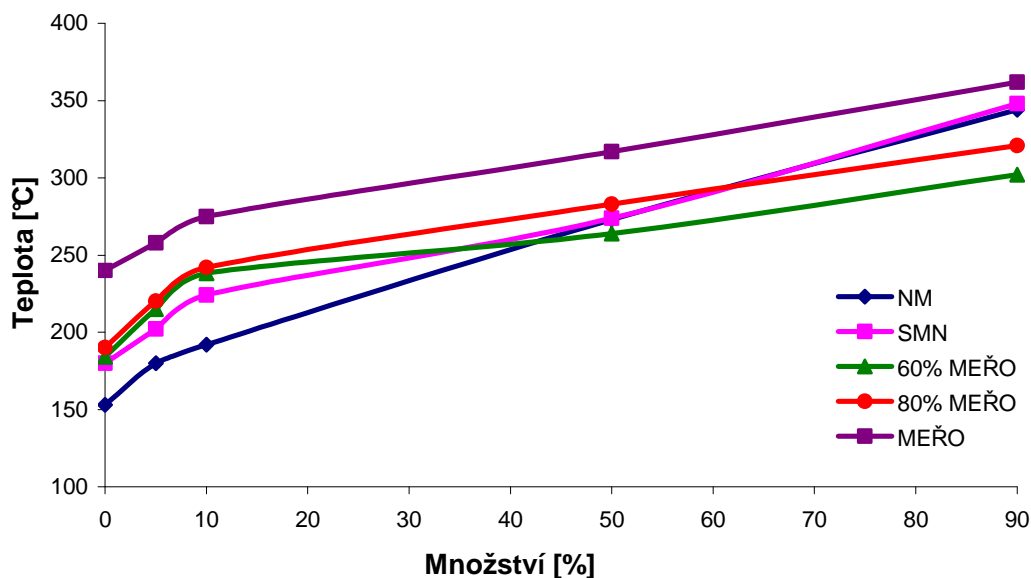


Obr. 10 - Aparatura pro destilační zkoušku

Vzorek	NM	30%	60%	80%	MEŘO
Začátek [°C]	153	180	184	190	240
5% [°C]	180	202	215	220	258
10% [°C]	192	224	238	242	275
50% [°C]	273	274	264	283	317
90% [°C]	344	348	302	321	362

Tab. 15 – Přehled naměřených teplot při destilaci

Destilační křivky



Graf 3 – Destilační křivky nafty, SMN, 60% MEŘO, 80% MEŘO a čistého MEŘO

Z destilační křivky na grafu 3 lze specifikovat několik bodů, podle kterých se zjistí žádoucí vlastnosti. Začátek destilace, kdy se odpaří nejlehčí podíly, charakterizuje ztráty odparem při manipulaci s palivem a nebezpečí požáru. Následuje 10%ní bod (tzv. desetiprocentní bod, tj. teplota, kde se předestiluje 10% objemu paliva). Tento bod charakterizuje startovací schopnost paliva. Střed destilační křivky udává 50%ní bod, který ovlivňuje rychlost akcelerace motoru po sešlápnutí akceleračního pedálu. Poslední bod, 90%ní, značí konec destilace.

Destilace čistého MEŘO neprobíhala úplně hladce. Při postupném zahřívání se zvětšoval objem vzorku v baňce a doba destilace byla oproti ostatním vzorkům podstatně delší. Na obrázku 11 je ukázka předestilovaného vzorku čistého MEŘO.

Při značném obsahu „lehkých složek“ v naftě, může dojít k poškození pohyblivých součástí palivové soustavy (zhoršené mazací schopnosti). Na pohyblivých součástech se nevytvoří mazací vrstvička a dochází k jejich nadměrnému opotřebení. Naopak, když se v naftě vyskytuje zvýšený obsah „těžkých složek“, dochází k zhoršení emisí motoru. Kapičky paliva ohoří jenom na povrchu a dochází k nedokonalému spalování. V emisích roste podíl nespálených uhlovodíků, sazí a oxidu uhelnatého. Lze to jednoduše posoudit vizuálně, a to hlavně při akceleračním režimu a režimu plného výkonu, jako zvýšenou kouřivost motoru (černý kouř).



Obr. 11 – Předestilovaný vzorek MEŘO

6.5.2 Zhodnocení měření

Z grafu 3 je patrné, že čistá motorová nafta začíná destilovat jako první ze všech zkoušených vzorků. Je to dáno bodem varu, který je u nafty nejnižší. Při vyšším podílu biosložky se zhoršuje startovatelnost motoru. Výše posunutá destilační křivka u bionafty přispívá k horšímu spalování při malém zatížení motoru a nízké vnější teplotě. Právě při tomto režimu zůstává na chladnějších stěnách válce a následně proniká do olejové náplně.

6.6 Chladové parametry

Dle chladových parametrů se rozlišují druhy prodáváných naft a jsou rozhodující pro použití a provozuschopnost nafty v zimním období. Při zkouškách se obvykle sledují tyto základní teploty:

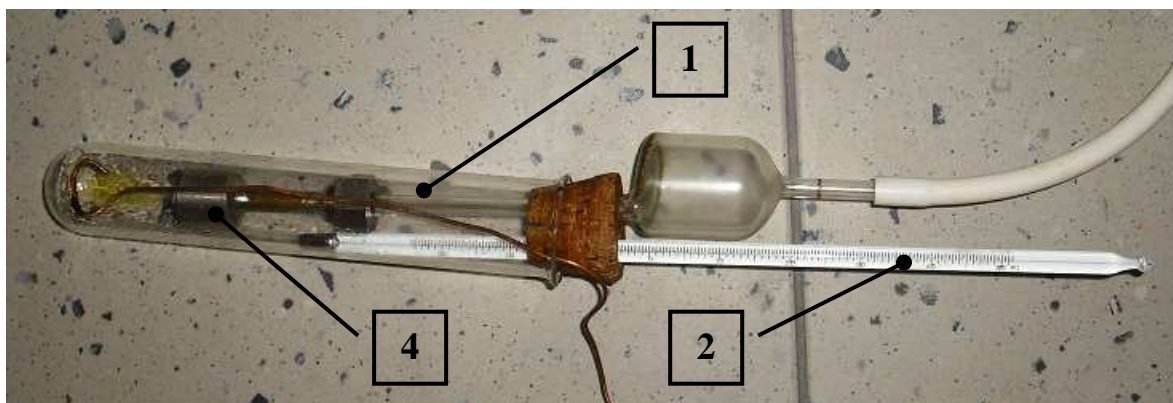
- teplota vylučování parafínů (TVP, CP) je teplota, kdy motorová nafta začíná vylučovat parafíny, které se usazují na palivovém filtru. Po určité době částice pokryjí filtr tak silně, že nastane ztráta filtrovatelnosti paliva,

- o filtrovatelnost (CFPP) udává, kdy je motorová nafta použitelná v závislosti na klimatických podmínkách. Je to teplota, při které motorová nafta přestává protékat přes filtr v důsledku jeho ucpání vyloučenými krystaly parafínů.

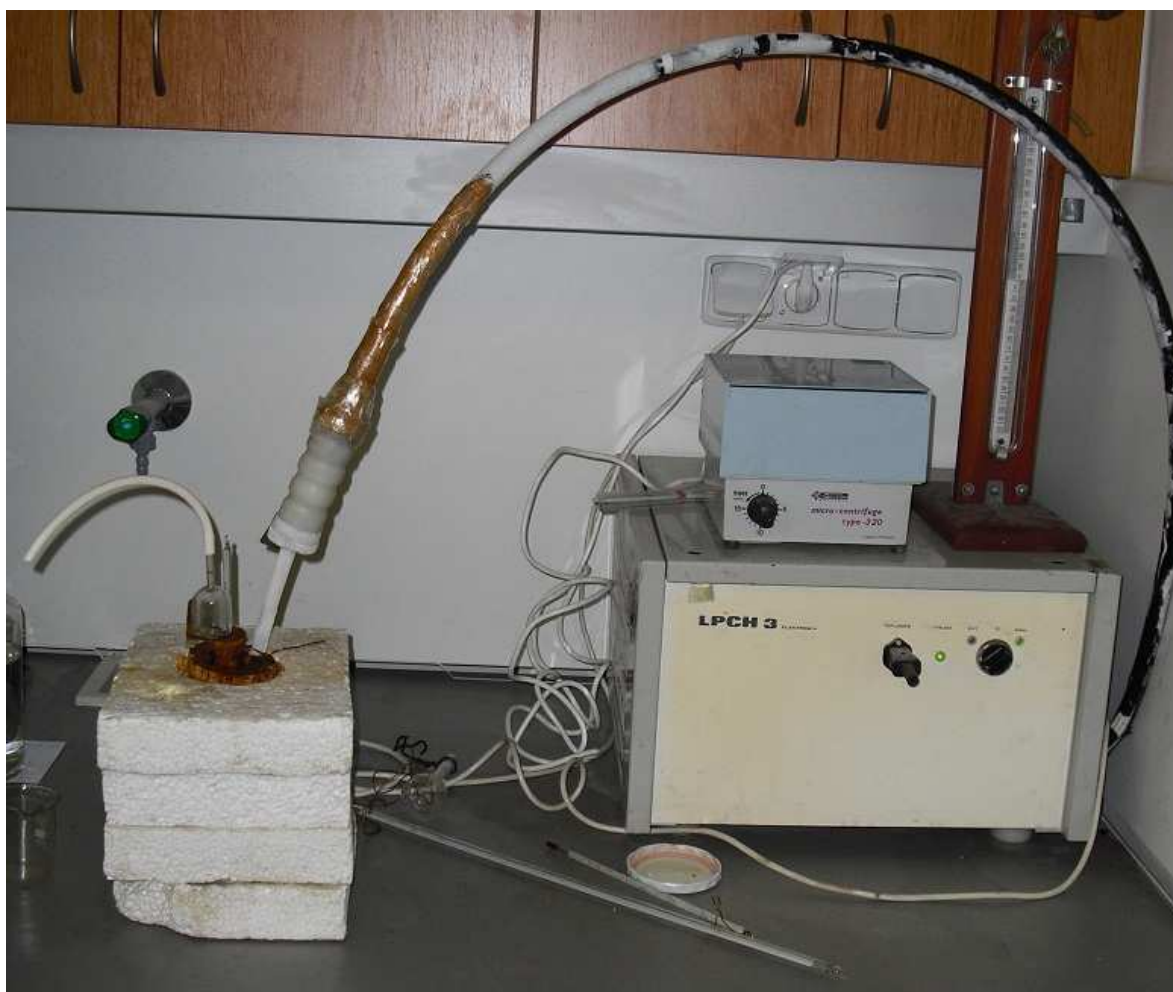
6.6.1 Postup měření

Pro měření byly namíchány vzorky za použití zimní nafty třídy F. Do zkumavky (1) se nalije přibližně 40 ml vzorku a uzavře se korkovou zátkou, z které je vyveden teploměr (2) a drátek (3), který slouží k míchání. Uvnitř zkumavky se nachází speciální sítko (4), na kterém se zachytávají krystaly parafínů. Vzorky jsou chlazeny na přístroji, jehož konstrukce je patrna z obrázku 15. Pro stanovení TVP se odečte teplota, při které se objeví první viditelné známky vyloučených parafínů (ve vzorku se objeví krystalky bílé barvy). K stanovení CFPP se vzorek pořád ochlazuje a v pravidelných intervalech se za pomoci hadičky (5) nasává do baňky (6), ve které se sleduje jeho chování. Teplota nasátého paliva v baňce rychle stoupá a proto je nutné po každém nasátí vzorek pořádně promíchat ve zkumavce. Ochlazování trvá až do okamžiku, když se nasáté palivo z baňky nevrací zpátky do zkumavky (filtr je už úplně pokryt krystalkami parafínů). V tento okamžik se odečte teplota z teploměru a zaznamená. Uvedený postup se opakuje pro všechny vzorky.





Obr. 12,13,14 – Detail komponentů měřícího zařízení



Obr. 135 – Přístroj pro měření chladových parametrů

Vzorek	NM	30%	60%	80%	MEŘO
TVP [°C]	-8	-8	-6	-6	-4
CFPP [°C]	-24	-22,5	-22	-20,5	-18

Tab. 16 – Přehled naměřených teplot při TVP a CFPP

6.6.2 Zhodnocení měření

Z naměřených hodnot je patrné, že se zvyšujícím se podílem biosložky v motorové naftě se v závislosti na klimatických podmínkách její použitelnost snižuje. U čistého MEŘO dochází již při $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ k vylučování parafínů a při teplotě paliva $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ k úplnému ucpání filtru, a tím pádem ke ztrátě filtrovatelnosti.

6.7 Hodnocení výsledků měření

Cílem práce bylo zjistit, jaký vliv má různý podíl biosložky na parametry motorové nafty a vznětového motoru. Hodnocení provedených měření palivářských vlastností je uvedeno v následujících odstavcích.

Kinematická viskozita paliva se zvyšujícím se podílem metylesteru řepkového oleje lineárně stoupá. Nejvyšší hodnotu má vzorek čistého MEŘO, a to $4,57\text{ mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$. Je to způsobeno tím, že rostlinný olej, z kterého je metylester vyroben, má v porovnání s motorovou naftou vysokou viskozitu. Kinematická viskozita v závislosti na vyšší teplotě klesá. Paliva s vysokou viskozitou se hůře rozprašují a mají sklon k nedokonalému spalování, což má negativní vliv na emise škodlivin. Neoxidované nespálené palivo proniká do motorového oleje a dochází k zanášení olejových filtrů a tvorbě úsad v motoru. Vysoce viskózní nafta je také příčinou tvorby karbonu, protože ve válci nevytvoří dostatečně jemný aerosol. Naproti tomu malá viskozita paliva způsobuje horší vlastnosti, což může vést až k zadření vstřikovacího čerpadla. Palivo o nižší viskozitě proniká do skříně vstřikovacího čerpadla, tam zředí motorový olej a způsobuje tak větší opotřebení motoru. Nízká viskozita má však pozitivní vliv na tvorbu aerosolu při vstřikování nafty do spalovacího prostoru.

Hustota vzorků byla měřena při teplotě $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Z naměřených hodnot je vidět, že s větším procentuálním zastoupením biosložky v naftě její hodnota roste. Největší hustotu měl vzorek čistého MEŘO, a to $876\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Obecně platí, že paliva s větší hustotou mají horší atomizaci a větší průbojnost kužele vstříknutého paliva, kdežto lehčí paliva mají při stejném vstříknutém objemu nižší výkon i přes lepší atomizaci. Je to způsobeno tím, že mají menší výhřevnost na jednotku objemu. Tento fakt je pro bionaftu příznivý z hlediska objemové spotřeby. Dodávka paliva se totiž odměřuje ve vstřikovacím čerpadle objemově a tím se dostává do spalovacího prostoru hmotnostně více bionafty než je tomu u klasické motorové nafty. Nižší výhřevnost bionafty je právě tímto kompenzována. Když má palivo hustotu kolem spodní hranice dané normou společně s nízkou viskozitou, hrozí poškození pohyblivých součástí palivové soustavy.

Měření bodu vzplanutí umožňuje posoudit palivo z hlediska provozní bezpečnosti. Je důležité hlavně z hlediska skladování a přepravy paliv. Při zkoušce bylo zjištěno, že čím je podíl biosložky v motorové naftě větší, tím se teplota bodu vzplanutí zvyšuje. Největší hodnotu má vzorek čistého MEŘO, a to 185 °C. MEŘO proto vyžaduje ohřev na vyšší teplotu než klasická nafta pro vznik plynné směsi se vzduchem před jejím vznícením ve válci. Naproti tomu motorová nafta má bod vzplanutí již při 60 °C, čímž je splněn požadavek plynoucí z normy. Zůstává tedy zachována výhoda motorové nafty, že ani při nejvyšších letních teplotách se z bionafty neodpařuje tolik par, aby byly schopny vznícení.

Nafty mají tu vlastnost, že při nízkých teplotách vytvářejí krystaly parafinů, které od určité velikosti už nemohou protékat přes palivový filtr. K zjištění teploty, při které nastane ucpání filtru, nám slouží zkouška filtrovatelnosti. Z měření je patrné, že čistá motorová nafta má ze všech vzorků nejširší použití z hlediska klimatických podmínek. Vylučování parafinů začíná při teplotě -8 °C, ale palivo je stále plně čerpatelné, dopravitelné, filtrovatelné a vstřikovatelé. Množství krystalků parafinů se snižující se teplotou postupně vzrůstá a hromadí se v palivovém filtru. Dle měření nastává ztráta filtrovatelnosti u motorové nafty při teplotě -24 °C. V ten moment je palivový filtr úplně ucpáný. Po dosažení této teploty je sice nafta čerpatelná a můžeme nastartovat motor, ten ale za chvíli zhasne, protože přes filtr už neprojde kapalný podíl nafty v dostatečné míře. Vozidla používající jako palivo čistý metylester (stroje v zemědělství) jsou z tohoto důvodu značně limitována. Vylučování parafinů u MEŘO nastává již při -4 °C a ztráta filtrovatelnosti pak u teploty -18 °C. Značná část moderních automobilů je již vybavena vyhříváním palivového filtru, čímž se teplotní rozsah použitelnosti dané nafty rozšiřuje.

Z měření plyne, že motorová nafta a směsná motorová nafta B30 mají prakticky stejné kvalitativní vlastnosti. Větší rozdíl lze zpozorovat pouze u destilační zkoušky. Z grafu 3 je patrné, že směsná motorová nafta začíná destilovat při vyšší teplotě (180 °C).

Co se týče provozu na čisté MEŘO, ne u všech motorů je to možné. Důležitou roli v rozhodování hraje samotný výrobce motorů a vstřikovacích soustav. Ten musí provoz na metylester schválit, jinak majitel riskuje ztrátu záruky.

7 Závěr

Bionafta se v České republice zkouší v provozních podmínkách, ve kterých se předpokládá její další využití. Jedná se především o zemědělské stroje, autobusy městské hromadné dopravy a společnosti s velkým vozovým parkem (taxi služby). Důvody vedoucí dopravce k zavedení bionafty do provozních zkoušek jsou různé. Jsou to hlavně důvody ekologické a ekonomické. Co se týká ekologie, je to především příznivější složení emisí škodlivých látek obsažených ve výfukových plynech a biologická rozložitelnost; ekonomickou předností je příznivější cena (nižší sazba spotřební daně). Ovšem paliva obsahující do 5% biosložky nejsou osvobozena od spotřební daně. Otázkou však je vliv tohoto alternativního paliva na vznětový motor a jeho palivovou soustavu.

V případě bionafty první generace se objevilo více problémů (agresivita vůči pryžovým dílům, lakům, degradace motorového oleje, nízká výhřevnost, chování za nízkých teplot). Proto se v ČR postupně přešlo na směsné palivo, bionaftu druhé generace s obsahem metylesteru řepkového oleje 31%. Při používání dochází vlivem průniku bionafty do motorového oleje k jeho degradaci a tím pádem i ke zkrácení intervalu výměny. Zde je nutné rozlišovat příčinu vzniku tohoto problému. Pokud se jedná o průnik paliva do oleje spalovacím prostorem, potom výrobci bionafty nedoporučují používání u motorů se zhoršeným technickým stavem a především s opotřebenou pístní skupinou. Zvýšenému průniku bionafty do olejové náplně může přispět i režim práce motoru. Zvýšené nebezpečí je zejména při studeném motoru, malém zatížení a nízké okolní teplotě, kdy může dojít k nedokonalému spálení paliva a jeho následnému průniku do motorového oleje. Dochází k tomu především při běhu naprázdno. Těmto režimům práce je samozřejmě motor vystaven i při provozu na motorovou naftu, ale problémy s ředěním oleje se v takovéto míře nevyskytují. Odstranění tohoto problému by přispělo k širšímu zavedení bionafty do provozu. Při zkoušení bionafty druhé generace se v některých případech projevila její agresivita vůči pryžovým dílům, které byly rozměklé a lepivé. Zde je třeba se řídit doporučeními výrobců bionaft i motorů. Pokles výkonu motoru a nárůst spotřeby se pohybuje řádově v jednotkách procent.

Jednou z nevýhod provozování vozidla na bionaftu je typický zápach při spalování. Ten je způsoben zvýšeným obsahem akroleinu ve výfukových plynech.

Další otázkou jsou škodlivé emise výfukových plynů z motorů používajících bionaftu. Tento proces se sleduje postupem zvaným Well to Wheel (WTW), tj. vyhodnocování emisí v celé síti řetězce výroba – spotřeba. Hlavní ekologický přínos MEŘO je v diverzifikaci

zdrojů paliv a v redukci nových emisí CO₂. Ve výfukových plynech je v porovnání s motorovou naftou nižší koncentrace oxidů síry, částic a oxidu uhelnatého. Na druhou stranu výroba bionafty vyžaduje vstup fosilní energie pro výrobu dusíkatých hnojiv, pro výrobu oleje lisováním a extrakcí a pro výrobu methanolu použitého pro reesterifikaci. Při pěstování řepky se tím pádem uvolňuje do ovzduší značné množství oxidů dusíku. Ty působí nejen jako skleníkové plyny, ale navíc se podílejí na narušování ochranné ozónové vrstvy v atmosféře.

Největší nevýhodou bionafty je její skladovatelnost, která je zkrácena horší oxidační stabilitou, což má značný vliv na sezónně pracující stroje, které jsou odstavovány na delší dobu, než je doporučená doba skladování. Ta bývá zpravidla tři až čtyři měsíce. V těchto případech se doporučuje palivovou nádrž úplně vypustit a celý palivový systém propláchnout čistou motorovou naftou.

Použitá literatura

1. BARANYK, P.: *Možnosti využití řepky, sborník referátů z 22. vyhodnocovacího semináře „Systém výroby řepky“*. Praha: SPZO s.r.o, 2005. 385 s. ISBN 80-903464-6-4.
2. BROŽ, K. – ŠOUREK, B.: *Alternativní zdroje energie*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. 213 s. ISBN 80-01-02802-X.
3. ČERNÝ, J.: Biopaliva v praxi. *Mechanizace zemědělství*, 2010, vol. LX, no. 11, p. 52–55.
4. GLATZ, A.: *Využití rostlinného oleje jako paliva v praxi – možnosti a zkušenosti, sborník referátů z 23. vyhodnocovacího semináře „Systém výroby řepky“*. Praha: SPZO s.r.o, 2006. 345 s. ISBN 80-27065-00-X.
5. HÖNIG, V. *Technicko-ekonomické parametry biopaliv pro aplikace ve spalovacích motorech: Disertační práce*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2007
6. KOVÁŘ, J. *Cvičení z aplikované chemie: Skripta*. Praha: Vysoká škola zemědělská Praha, 1988.
7. MATĚJOVSKÝ, V.: *Automobilová paliva*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2005. 224s. ISBN 80-247-0350-5.
8. POKORNÝ, Z.: *Bionafta: Ekologické alternativní palivo do vznětových motorů*. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, 1998. 43 s. ISBN 80-239-1889-3.
9. ŠEBOR, G., POSPÍŠIL M., ŽÁKOVEC J.: *Technickoekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě, výzkumná zpráva vypracovaná pro Ministerstvo dopravy ČR*, Praha: VŠCHT, červen 2006
10. VANČUROVÁ, P. *Podmínky konkurenceschopnosti výroby bionafty v České republice: Disertační práce*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2008.
11. VLK, F.: *Paliva a maziva motorových vozidel*. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, Brno, 2006, 376 s. ISBN 80-239-6461-5.

INTERNETOVÉ ZDROJE:

12. ADW: *Motorová nafta: Všeobecná charakteristika a použití*. [online]. c2009. [cit. 2011-01-29]. Dostupné z WWW: <<http://www.adw.cz/cs/content.aspx?id=227&sid=28&lid=149>>.
13. ADW: *Motorová nafta: Všeobecná charakteristika a použití*. [online]. c2009. [cit. 2011-03-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.adw.cz/cs/content.aspx?id=228&sid=28&lid=150>>.

14. AGÁT DIESEL: *Emulzná nafta- zmes vody a nafty*. [online]. publikováno [2010-08-14]. [cit. 2010-12-26]. Dostupné z WWW: <<http://www.agat.sk/post/emulzna-nafta-zmes-vody-a-nafty-27/>>.
15. AUTO.CZ: *Cetanové číslo – čím vyšší tím lepší*. [online]. publikováno [2010-05-10]. [cit. 2010-12-25]. Dostupné z WWW: <<http://www.auto.cz/cim-vyssi-tim-lepsi-22895>>.
16. AUTOJOB: *Veolia Transport Teplice testuje emulzní naftu*. [online]. c2007. [cit. 2010-12-26]. Dostupné z WWW: <<http://www.autojob.cz/auto-magazin/clanek/1055-veolia-transport-teplice-testuje-emulzni-naftu.htm>>.
17. BIOPALIVA: *Emulzní motorová nafta*. [online]. publikováno [2008-08-16]. [cit. 2010-12-26]. Dostupné z WWW: <<http://biopaliva.webgarden.cz/emulzni-motorova-nafta>>.
18. BIOPALIVA: *Emulzní motorová nafta*. [online]. publikováno [2008-08-16]. [cit. 2012-02-22]. Dostupné z WWW: <<http://biopaliva.webgarden.cz/bionafta-1-generace>>.
19. ČESKÁ RAFINÉRSKÁ, a.s.: *Motorová nafta*. [online]. [cit. 2011-02-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.ceskarafinerska.cz/cz/motorova-nafta.aspx>>.
20. ČZU: *Alternativní programy nepotravinářského využití řepky olejné*. [online]. [cit. 2011-03-12]. Dostupné z WWW: <<http://max.af.czu.cz/~miki/biodiesel/Hluk98/Holas/holas98.htm>>.
21. EURAKTIV: *Biopaliva pro dopravu*. [online]. c2011. [cit. 2010-12-20]. Dostupné z WWW: <<http://www.euractiv.cz/energetika/link-dossier/biopaliva-pro-dopravu>>.
22. EUROPA.EU: *Obnovitelná energie: Komise vítá dohodu Rady o rozšíření režimu podpory pro energetické plodiny na všechny členské státy*. [online]. publikováno [cit. 2006-12-19]. [cit. 2010-12-20]. Dostupné z WWW: <<http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/06/1844&format=HTML&aged=1&language=CS&guiLanguage=en>>.
23. FORD FOCUS FORUM: *Aditivace v praxi*. [online]. publikováno [2009-04-27]. [cit. 2011-02-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.fordfocus.cz/forum/viewtopic.php?f=14&t=14702>>.
24. H-DIAG: *Cetanové číslo*. [online]. publikováno [2008-07-29]. [cit. 2010-12-25]. Dostupné z WWW: <<http://www.h-diag.cz/news/cetanove-cislo/>>.
25. MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Evropské směrnice*. [online]. c2008. [cit. 2010-12-20]. Dostupné z WWW: <<http://www.mpo-efekt.cz/cz/legislativa/evropske-smernice>>.

26. MOUDRY, J.: *Energie biomasy*. [online]. České Budějovice: Jihočeská Univerzita, 1999. [cit. 2011-03-15]. ISSN 1212-0731. Dostupné z WWW: <http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/4/energie_biomasy.html>.
27. SETA TRADE: *SETADIESEL - směsná motorová nafta*. [online]. c2009. [cit. 2011-03-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.seta.cz/velkoobchod-phm>>.
28. SOUČEK, I.: Česká rafinérská zajistila výrobu bezsirných motorových paliv – program „Čistá paliva“ 2003 - 2008. *Konference Unipetrolu Čistá paliva a biopaliva*. [online]. 2008 [cit. 2011-04-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.crc.cz/cz/odborne-prednasky.aspx?sc=2008>>.
29. UNIPETROL RPA: *Motorová nafta*. [online]. publikováno [2008-07-29]. [cit. 2011-02-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.unipetrolrpa.cz/cs/nabidka-produktu/rafinerske-produkty/motorova-paliva/motorova-nafta.html>>.

Seznam obrázků

<i>Obr. 1 - Blokové schéma výroby</i>	11
<i>Obr. 2 - Mechanismus působení emulzní nafty</i>	15
<i>Obr. 3 - Základní reakční schéma transesterifikace triglyceridů metanolem</i>	26
<i>Obr. 4 - Blokové schéma výroby bionafty transesterifikací rostlinných olejů</i>	27
<i>Obr. 5 - Proces reesterifikace řepkového oleje</i>	34
<i>Obr. 6 - Schéma výroby MEŘO</i>	34
<i>Obr. 7 - Ubbelohdeho kapilární viskozimetr</i>	47
<i>Obr. 8 - Měřicí zařízení na zjištění bodu vzplanutí</i>	49
<i>Obr. 9 - Souprava pro měření anilinového bodu</i>	51
<i>Obr. 10 - Aparatura pro destilační zkoušku</i>	53
<i>Obr. 11 – Předestilovaný vzorek MEŘO</i>	55
<i>Obr. 12,13,14 – Detail komponentů měřicího zařízení</i>	57
<i>Obr. 15 – Přístroj pro měření chladových parametrů</i>	57

Seznam tabulek

<i>Tab. 1 - Základní kvalitativní parametry motorové nafty dle ČSN EN 590</i>	10
<i>Tab. 2 - Emulzní paliva prodáváná v Evropě a ve světě</i>	17
<i>Tab. 3 - Dominantní mastné kyseliny v rostlinných olejích používaných k výrobě bionafty</i>	28
<i>Tab. 4 - Kvalitativní požadavky na metylestery mastných kyselin a zkušební metody, ČSN EN 14214 + AC</i>	36
<i>Tab. 5 - Základní kvalitativní parametry SMN dle ČSN 65 6508</i>	40
<i>Tab. 6 - Výrobní kapacity MEŘO v ČR (stav k 31.12.2010)</i>	41
<i>Tab. 7 - Vybrané vlastnosti EEŘO</i>	43
<i>Tab. 8 - Přehled naměřených hodnot vzorků</i>	46
<i>Tab. 9 - Přehled vypočtených hodnot kinematické viskozity</i>	47
<i>Tab. 10 - Přehled naměřených hodnot hustoty</i>	48
<i>Tab. 11 - Přehled naměřených hodnot bodu vzplanutí</i>	50
<i>Tab. 12 - Přehled naměřených teplot při anilinovém bodě</i>	51
<i>Tab. 13 - Přehled vypočtených hodnot anilinového bodu</i>	52
<i>Tab. 14 - Výpočet Dieslova indexu</i>	52
<i>Tab. 15 – Přehled naměřených teplot při destilaci</i>	54
<i>Tab. 16 – Přehled naměřených teplot při TVP a CFPP</i>	57

Seznam grafů

<i>Graf 1 - Vývoj obsahu síry v motorové naftě</i>	12
<i>Graf 2 - Obsah mastných kyselin v rostlinných olejích</i>	29
<i>Graf 3 – Destilační křivky nafty, SMN, 60% MEŘO, 80% MEŘO a čistého MEŘO</i>	54

Seznam zkratk

A.P.I. – American Petroleum Institute
CC, CN – Cetanové číslo
CFPP – Cold Filter Plugging Point - filtrovatelnost
CO – oxid uhelnatý
CO₂ – oxid uhličitý

ČAPPO – Česká asociace petrolejářského průmyslu a obchodu
ČTPB – Česká technologická platforma pro biopaliva
EEŘO – Etylestery řepkového oleje
EN – Evropská Norma
ETBE – Etyl-terc.butyléter
EU – Evropská Unie
FIC – Fuel Injektor Cleanliness
HC – uhlovodíky
HFRR – High Frequency Reciprocating Rig – přístroj s vysokofrekvenčním vratným pohybem (pro hodnocení mazivosti)
CHKO – chráněná krajinná oblast
ISO – Internation Organization for Standardization
KOH – hydroxid draselný
MDFI - Middle Destilate Flow Improvers
MEŘO – Metylester řepkového oleje
NM – nafta motorová
NO_x – oxidy dusíku
ppm - part per million – miliontá část
SMN – Směsná motorová nafta
SOF – Solid Organic Fraction
TVP – Teplota vylučování parafínů
VOC - Volatile Organic Compounds
WASA – Wax Antisetlin Additive
WSD – Wear Scar Diameter – průměr otěrové stopy

Seznam symbolů

% - procento
€ - Euro
°C – stupeň Celsia
μm – mikrometr
A – anilinový bod
a – teplota při anilinovém bodě
C – kalibrační konstanta viskozimetru
Ca - vápník
g – gram
G – specifická váha
ha - hektar
K - draslík
kg – kilogram
l – litr
m – metr
Mg - hořčík
mg – miligram
MJ – mega joule
ml – mililitr
mm – milimetr
Na – sodík
t – čas
v – kinematická viskozita