

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chemie**



**Biopaliva z odpadních olejů**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Simona Šafránková**

**Obor studia: Ochrana a využívání přírodních zdrojů**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Vladimír Hönig, Ph.D.**

© 2018

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že předložená diplomová práce "Biopaliva z odpadních olejů" je mým původním autorským dílem, které jsem vypracovala samostatně. Veškerou literaturu a další zdroje, ze kterých jsem při zpracování čerpala, v práci řádně cituji a jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze dne 11. dubna 2018

Bc. Šafránková Simona

### **Poděkování**

Chtěla bych poděkovat doc. Ing. Vladimírovi Hönigovi, Ph.D. za odborné vedení, ochotu a rady při zpracování této diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat Janu Jenčíkovi za pomoc, kterou mi poskytl během laboratorních měření. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat Ing. Stanislavu Kofroňovi za informace týkající se pěstování řepky olejky v Zemědělském družstvu Hrejkovice.

# Biopaliva z odpadních olejů

## Souhrn

Jednou z nejvýznamnějších složek životního prostředí je ovzduší. Vdechovaný vzduch a veškeré částice, které jsou jeho součástí, se dostávají do lidského organismu a přímo tak ovlivňují zdraví a kvalitu života. Z těchto důvodů je ochraně ovzduší věnována velká pozornost a to jak na národní, tak i mezinárodní úrovni.

Fenoménem posledních dvou století byla ropa a doprava, které mají významný vliv na vývoj a spotřebu paliv. Zvyšující se spotřeba energií je v dnešní době jedna z hlavních problematik vyspělých států. S ohledem na blížící se vyčerpání zdrojů fosilních paliv a ochraně životního prostředí bylo nezbytné přistoupit k hledání alternativních zdrojů energií.

Literární rešerše diplomové práce se zaměřuje na alternativní náhrady fosilních paliv. Zabývá se dělením a složením biopaliv, jejich přínosy i negativy. Významná část práce je věnována legislativě, která je platná na území České republiky i Evropské unie.

Experimentální část se zabývá rozborem alternativních paliv vyrobených z rostlinných olejů (FAME). Cílem bylo zhodnotit technické parametry biopaliva a porovnat je s parametry pro motorovou naftu.

Z výsledků experimentální části vyplývá, že biopaliva z rostlinných olejů prozatím nedokáží plně nahradit fosilní paliva. Stejně tak paliva vyrobená z odpadních materiálů se v mnohých palivářských parametrech nedokáží vyrovnat biopalivům vyrobených z cíleně pěstované biomasy. Jako hlavní problém se jeví výrazně nižší oxidační stabilita.

**Klíčová slova:** paliva, alternativní paliva, biopaliva, rostlinné oleje, FAME

# Biofuels from waste oils

## Summary

Air is one of the most important parts of the environment. Inhaled air and all its particles get into the human organism and directly influence health and the quality of life. Due to such reasons, a lot of attention is aimed at air protection, both on the national and international level.

Oil and transportation have been a phenomenon of the last two centuries, both having huge impact on fuel development and consumption. Increasing energy consumption is currently one of the major problems of developed countries. With respect to the approaching exhaustion of the fossil fuel sources and environmental protection, it was necessary to search for alternative energy sources.

Literary research of the diploma thesis is focused on alternative substitutions of fossil fuels. It looks into the division and composition of biofuels, its benefits and also its negative aspects. Significant part of the thesis focuses on the legislation valid in Czech Republic as well as in the EU.

The experimental part inquires into the analysis of alternative fuels made from vegetable oils (FAME). The goal was to evaluate technical parameters of biofuels and compare them with those of diesel oil.

The results of the experimental part show that biofuels made from vegetable oil cannot fully substitute fossil fuels for now. Likewise, fuels made from waste material cannot be equalized with biofuels made from targeted grown biomass in terms of many fuel parameters. The major problem appears to be significantly lower oxidation stability.

**Keywords:** fuels, alternative fuels, biofuels, vegetable oils, FAME

# Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce a metodika.....	2
	<b>2.1 Cíl práce .....</b>	<b>2</b>
	<b>2.2 Metodika .....</b>	<b>2</b>
3	Literární přehled.....	3
	<b>3.1 Paliva a pohonné hmoty .....</b>	<b>3</b>
	3.1.1 Ropa.....	3
	3.1.2 Zemní plyn .....	5
	3.1.3 Nafta .....	5
	3.1.4 Benzín.....	6
	<b>3.2 Alternativní paliva a pohonné hmoty .....</b>	<b>6</b>
	3.2.1 Biomasa .....	6
	3.2.2 Biopaliva .....	8
	<b>3.2.2.1 Bioplyn.....</b>	<b>10</b>
	<b>3.2.2.2 Bioethanol.....</b>	<b>11</b>
	<b>3.2.2.3 Biopaliva z methylesterů řepkového oleje.....</b>	<b>11</b>
	<b>3.2.2.4 Výroba bionafty hydrogenací rostlinných olejů .....</b>	<b>15</b>
	<b>3.3 Ekonomické zhodnocení pěstování řepky olejky a výroby bionafty .....</b>	<b>17</b>
	<b>3.4 EK a EU legislativa .....</b>	<b>20</b>
	3.4.1 Legislativa pro biomasu .....	20
	3.4.2 Legislativa pro bioplyn.....	21
	3.4.3 Kjótský protokol.....	22
	3.4.4 Zelená a bílá kniha .....	23
	3.4.5 Kritéria udržitelnosti.....	24

4	Materiál a metody .....	26
<b>4.1</b>	<b>Materiál.....</b>	<b>26</b>
4.1.1	Rostlinný materiál .....	26
4.1.2	Ostatní materiál .....	31
<b>4.2</b>	<b>Metody.....</b>	<b>31</b>
4.2.1	Výroba FAME .....	31
4.2.2	Oxidační stabilita.....	33
4.2.3	Hustota.....	35
4.2.4	Kinematická viskozita .....	36
4.2.5	CFPP = ztráta filtrovatelnosti .....	37
4.2.6	Bod vzplanutí .....	37
5	Výsledky .....	39
<b>5.1</b>	<b>Oxidační stabilita .....</b>	<b>39</b>
<b>5.2</b>	<b>Hustota .....</b>	<b>41</b>
<b>5.3</b>	<b>Kinematická viskozita.....</b>	<b>42</b>
<b>5.4</b>	<b>CFPP .....</b>	<b>44</b>
<b>5.5</b>	<b>Bod vzplanutí.....</b>	<b>46</b>
6	Diskuze.....	48
7	Závěr .....	51
8	Seznam obrázků .....	53
9	Seznam tabulek .....	54
10	Seznam zkratek .....	55
11	Použitá literatura .....	56
12	Seznam příloh.....	1

13 Přílohy .....	2
------------------	---



# 1 Úvod

Rostoucí závislost na fosilních palivech, zvyšující se ceny energií a klimatické změny jsou hlavní příčinou, proč se v dnešní době využívání obnovitelných zdrojů energií dostává do popředí. Hlavním přínosem je zejména jejich schopnost snižovat znečištění a emise skleníkových plynů. Kvalita ovzduší je pro zdraví obyvatelstva klíčová. S ohledem na prudký nárůst dopravy je obyvatelstvo, které z větší části osidluje města, vystavováno vysoce nepříznivým emisím z benzinových a dieselových motorů. I z tohoto důvodu rostou snahy o snižování podílu využívání fosilních paliv ve všech průmyslových odvětvích, včetně dopravy.

Doprava je hned po energetickém průmyslu největším producentem skleníkových plynů v Evropské unii. Ta se roku 2007 zavázala Kjótským protokolem, že do roku 2020 sníží emise skleníkových plynů až o 30 %. Důležitým krokem pro dosažení těchto cílů je zlepšit účinnost spalování v motorech a zvýšit podíl využívání biopaliv. Povinnost zvýšit podíl využívání alternativních paliv byla dále uzákoněna směrnicí Evropského parlamentu a Rady o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů, která vešla v platnost roku 2008. Tato směrnice udává povinnost členským státům přidávat 10% podíl biopaliv do pohonných hmot. Směrnice dále ukládá za povinnost dodržovat kritéria udržitelnosti a certifikaci biopaliv, jež slouží k určení původu daného biopaliva.

Oblast využívání energie z obnovitelných zdrojů také pomáhá vytvářet nové pracovní příležitosti a zlepšovat regionální rozvoj. Výhodou obnovitelných zdrojů energií je to, že jsou zpravidla domácího původu a umožňují nezávislost na fosilních zdrojích paliv. Jednou z nejvýznamnějších komodit, která se v České republice pro výrobu biopaliva z obnovitelných zdrojů využívá, je řepka olejka.

Pěstování řepky má v České republice dlouholetou tradici. Od roku 1990 dochází k neustálému rozvoji pěstování této komodity, o čemž svědčí i neustále rozšiřování osevních ploch. V roce 2013 bylo pro výrobu biopaliv využito přibližně 4,6 % zemědělské půdy z celkového množství obhospodařované půdy. To odpovídá zhruba 14 % zemědělské půdy deklarované Akčním plánem pro biomasu pro roky 2012–2020 v České republice a 42 % zemědělské půdy využívané pro biopaliva. Z tohoto celkového přehledu vyplývá, že nehrozí žádné riziko zaboru půdy pro pěstování řepky olejky a tím úbytek ploch pro pěstování ostatních komodit v České republice. S ohledem na globální oteplování, úbytek ozonové vrstvy, eutrofizaci a acidifikaci byla výroba bionafty z řepkového oleje vyhodnocena jako environmentálně nejpříznivější.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Cílem této diplomové práce je stanovit metody a možnosti lokální výroby bionafty z odpadních materiálů na území České republiky v souladu s českou i evropskou legislativou a experimentálně vyhodnotit parametry směsných paliv.

První částí cíle – stanovení metod a možností lokální výroby bionafty pro Českou republiku – se podrobně zabývá literární rešerše, která také zahrnuje problematiku legislativy.

Praktická část diplomové práce slouží k vyhodnocení parametrů směsných paliv, konkrétně k vyhodnocení parametrů pro rostlinné oleje = FAME.

### **2.2 Metodika**

Teoretická část práce využívá sekundární techniky sběru dat. Klíčovou metodou je studium zdrojů dostupných z odborných publikací, článků a internetu. Internetové zdroje byly v této práci využívány v minimální míře převážně z důvodu relevantnosti dat.

Praktická část diplomové práce se skládá ze tří částí. V první části byly odebírány vzorky olejů – slunečnicového a řepkového, které byly postupně vystavovány až čtyřnásobnému přepálení. Druhá fáze experimentální části diplomové práce probíhala v laboratorních prostorech katedry chemie fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů na České zemědělské univerzitě v Praze. Třetí fáze spočívala ve vyhodnocování naměřených dat a jejich porovnávání s normami České republiky i Evropské unie.

## 3 Literární přehled

### 3.1 Paliva a pohonné hmoty

Palivo může být definováno jako látka, která splňuje několik následujících hledisek:

- 1) Energetické – tzn. že při spalování se uvolňuje dostatečné množství tepla. Vztahuje se na jednotku hmotnosti nebo objemu ( $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$  či  $\text{kJ} \cdot \text{dm}^{-3}$ ).
- 2) Ekonomické – které zohledňuje maximální cenovou dostupnost pro odběratele, která je vyjádřena v Kč za kg paliva.
- 3) Ochrany životního prostředí – především ochrana ovzduší proti znečištění oxidy dusíku, sírou a dalšími látkami (Augusta, et al., 2001).

Paliva se mohou dále dělit podle skupenství a stáří. Podle skupenství se paliva dělí na tuhá, plynná a kapalná. Mezi tuhá paliva patří dřevo, koks, uhlí či rašelina. Plynná paliva jsou LPG, zemní plyn, generátorový plyn, svítiplyn či bahenní plyn. Mezi kapalná paliva se řadí ropa, motorová nafta, benzín, syntetický benzín, topné oleje a mazut.

Podle stáří se paliva dělá na recentní (př. dřevo), přechodná (př. rašelina) a fosilní (př. ropa a zemní plyn) (Crocker, 2010).

Protože paliv existuje celá řada a v této diplomové práci není prostor na seznámení se všemi, byli vybráni zástupci z jednotlivých skupin paliv.

#### 3.1.1 Ropa

Ropa je hnědá až černá olejovitá kapalina s charakteristickým zápachem a hustotou menší než voda. Jedná se o hořlavou kapalnou směs skládající se zejména z kapalných uhlovodíků, ve kterých se nachází menší podíly rozpuštěných plynných a tuhých uhlovodíků, jejichž vzájemný poměr se liší podle místa výskytu (Kameš, 2012). Některé ropy navíc mohou obsahovat větší množství sirných a dusíkatých látek, jejichž přítomnost ztěžuje chemické zpracování (viz tabulka 3.1). Barevné spektrum ropy se pohybuje od světlých žlutohnědých, zelených až téměř černých barev. Řadí se mezi <sup>1</sup>kaustobiolity bitumenového řádu. O původu bitumenů existují dvě odlišné teorie:

- anorganická,
- organická (Bienik, 1982).

---

<sup>1</sup> Kaustobiolit – sedimenty s vysokým obsahem organických látek. Mohou být kapalné, plynné či pevné povahy. Jsou to hořlavé horniny nebo jejich podíly, které se rozpouští v organických rozpouštědlech (př. sirovodík), aniž by nastala změna chemické struktury (Bienik, 1982).

Obě teorie mají své významné zastánce. Mezi anorganické zastánce patří Berthelot, který roku 1866 předpokládal, že bitumeny v přírodě vznikají působením vody na alkalické karbidy vznikající při redukci uhličitánů pomocí alkalických kovů. Mendelejev roku 1877 předpokládal genezi ropy působením přehřáté páry na karbidy těžkých kovů (př. železa či manganu) v době, kdy se karbidy ještě nacházely na povrchu Země, anebo byly na povrch vyneseny sopečnou činností. Moissan v roce 1895 vyslovil vulkanickou teorii o genezi ropy. Sokolov (1898) přednesl kosmickou teorii. Z přítomnosti uhlovodíků v některých meteoritech předpokládal, že první vzniklou sloučeninou při reakci mezi vodíkem a uhlíkem v průběhu chladnutí meteoritů byly přírodní uhlovodíky. Sabatier a Senderens v roce 1902 zjistili, že při hydrogenaci acetylénu vznikají uhlovodíky podobající se ropě. Charičkov v roce 1906 dokázal, že při takové hydrogenaci vznikají v přítomnosti dusíku organické dusíkaté látky. Domníval se, že tímto způsobem je možné vysvětlit přítomnost dusíku v ropě (Serrano-Ruiz, et al., 2015).

Zastánci teorie o organickém původu ropy byli Höfer, Engler, Gubkin, Lomonosov, Dobrijaskij, Zaleziecki či Vassojevič. Ti všichni předpokládali, že prvotní látkou ropy byly zbytky organismů, které se vyskytovaly ve slaných a brakických vodách, zbytky rostlinného a živočišného planktonu a mikroplanktonu, který, v obrovském množství, vzniká i dnes (Bienik, 1982).

**Tabulka 3.1** Obsah vybraných prvků v ropě (zdroj: Vlč, 2006)

Prvek	Obsah (%)
<b>uhlík</b>	80–85
<b>vodík</b>	11–14
<b>síra</b>	0,5–4,5
<b>chlor</b>	0,1–1,0
<b>kyslík</b>	0,0–1,0

Největší naleziště ropy leží v okolí Kaspického moře, v Indonésii, na Sahaře, v Severní a Střední Americe a poblíž Perského a Guinejského zálivu. Ropa se na moři přepravuje pomocí tankerů a na souši prostřednictvím ropovodů (Zehnálek, 2005).

Zpracovává se v rafinériích, kde, po odstranění hrubých příměsí a vody, podléhá zpracování v destilačních kolonách. Díky tomu jsou získány uhlovodíkové plyny, do teploty vzduchu 180 °C benzínová frakce, do teploty vzduchu 260 °C petrolejová frakce a do teploty 400 °C plynový olej a destilační zbytek (Matějovský, 2005).

### 3.1.2 Zemní plyn

Zemní plyn je směsí několika nearomatických plynů, jejichž zastoupení kolísá podle jeho naleziště. Obvykle zemní plyn obsahuje přibližně 75 % methanu a 15 % ethanu. Zbytek tvoří alkany, oxid uhličitý, dusík a v určitých případech i helium. Zemní plyn je látka bez zápachu, proto bývá odorizován, tzn., že se k němu přidávají páchnoucí látky, aby se jeho případný únik snáze odhalil (Augusta, et al., 2001).

V současném plynárenství má dominantní postavení díky svým obrovským zdrojům, zvládnuté technice těžby, možnosti dálkové přepravy, uskladňování a nové technologii jeho použití. To vše dalo obrovský impuls k rozvoji plynárenství (Pastorek, et al., 2004)..

### 3.1.3 Nafta

Jedná se o směsi kapalných uhlovodíků, které obsahují 10–22 uhlíků v řetězci (izoalkany, n-alkany, alkeny, naftaleny a aromáty). Hlavní surovinou pro výrobu nafty je ropa, která, jak už bylo uvedeno výše (v kapitole Ropa str. 3), se zpracovává v rafinériích pomocí dvoustupňové destilace. Jako první probíhá destilace atmosférická. Její zbytek – mazut – se dále může zpracovávat destilací za sníženého tlaku (vakua). Produkty destilace jsou směsí uhlovodíků lišící se od sebe rozmezím bodu varu. Jako první se vydestilují nejlehčí, nízkovroucí frakce s malou specifickou hmotností, dále střední frakce a jako poslední frakce nejtěžší, vysokovroucí, s vyšší specifickou hmotností (Bienik, 1982).

Existují dva druhy motorové nafty – nafty pro mírné klima a nafty pro arktické klima. V následujících tabulkách (tabulka 3.2 a tabulka 3.3) jsou popsány jejich jednotlivé třídy včetně teplot (Bart, et al., 2010).

**Tabulka 3.2** Nafty pro mírné klima (zdroj: Bart, et al., 2010)

Třída	A	B	C	D	E	F
CFPP [°C]	5	0	-5	-10	-15	-20

**Tabulka 3.3** Nafty pro arktické klima (zdroj: Bart, et al., 2010)

Třída	0	1	2	3	4
CFPP [°C]	-20	-26	-32	-38	-44
TVP [°C]	-10	-16	-22	-28	-34

K charakterizaci schopnosti nafty ke vzněcování (neboli reaktivitě) slouží cetanové číslo<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Cetanové číslo – udává kvalitu motorové nafty v závislosti na vznětové charakteristice, tendenci vznítit se ve spalovacím prostoru (Sebos, et al., 2009).

Čím větší je reaktivita paliva, tím dokonalejší a pravidelnější je jeho spalování a posléze i chod motoru (Schubert, et al., 2009).

### 3.1.4 Benzín

Zážehové motory využívají benzíny, což jsou směsi nižších uhlovodíků. Benzíny se získávají frakční destilací ropy, anebo krakováním z výševroucích ropných frakcí. Jsou neustále podrobovány chemickým úpravám z důvodu vysokých nároků na kvalitu moderních zážehových motorů. Benzín se za přítomnosti katalyzátoru a za tlaku 1 až 4 MPa zahřívá na teplotu přibližně 500 °C. Za takových podmínek probíhají cyklizační, dehydrogenační, izomerační a hydrogenační reakce, díky nimž vzniká lepší jakost benzínu. Kvalita benzínu se stanovuje pomocí tzv. oktanového čísla (OČ)<sup>3</sup> (Zehnálek, 2005).

## 3.2 Alternativní paliva a pohonné hmoty

Za alternativní paliva se považují taková paliva, která nezatěžují životní prostředí svými emisemi a řadí se mezi obnovitelné zdroje. Alternativní palivo dokáže v plné míře zastávat funkci tradičního paliva, aniž by došlo k velkým konstrukčním změnám, a takové, které ve všech dominantních parametrech odpovídá běžnému palivu ropného původu (Benda, et al., 2013).

Alternativní paliva jsou využívány především v motorovém průmyslu. Zde se využívají zejména plynná paliva jako je LPG, zemní plyn, methan a vodík. V současné době se vyvíjí i alternativní paliva, která využívají sluneční energii. Před jejich používáním je však potřeba vyřešit spoustu otázek spojených s trvanlivostí, výkonem, dojezdem a náklady (Kubička, et al., 2009).

Alternativní paliva jsou dělena na paliva biologického, ropného a neropného původu a vodík, který se využívá v palivových článcích (Bezergianni, et al., 2010).

### 3.2.1 Biomasa

Biomasa označuje veškerou hmotu biologického původu na Zemi. Je dělena na <sup>4</sup>dendromasu, <sup>5</sup>fytomasu a <sup>6</sup>zoomasu. Biomasa je také biologicky rozložitelná část

---

<sup>3</sup> Oktanové číslo – vyjadřuje odolnost proti samozápalu. To se projevuje jako tzv. „klepání motoru“ (Schubert, et al., 2009).

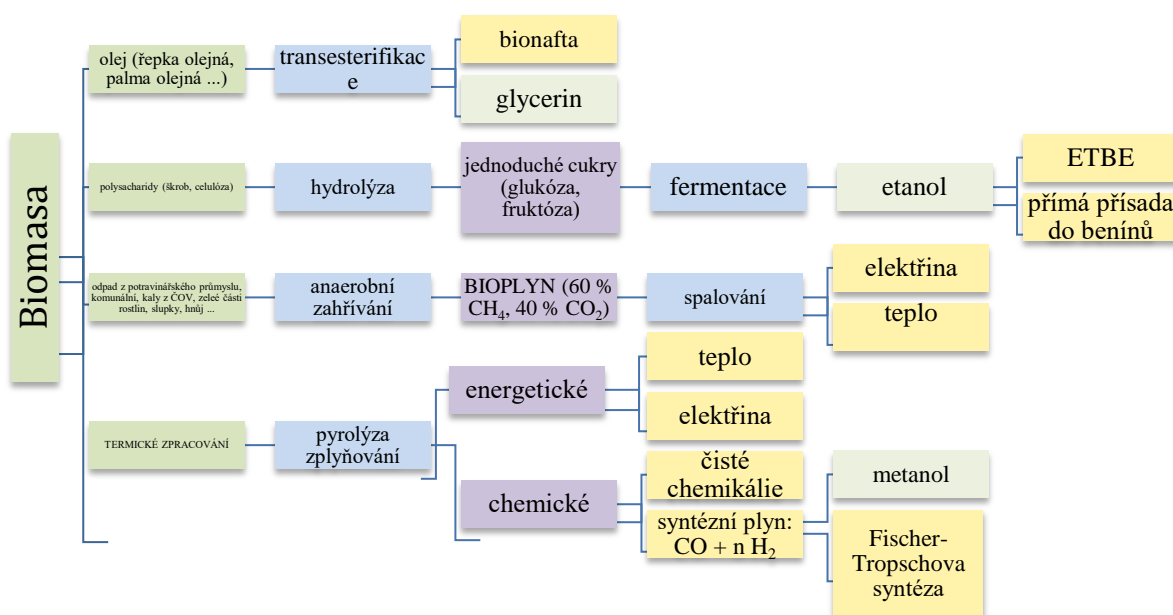
<sup>4</sup> Dendromasa – dřevní biomasa ((Pastorek, et al., 2004).

<sup>5</sup> Fytomasa – biomasa rostlin a zemědělských plodin (Pastorek, et al., 2004).

<sup>6</sup> Zoomasa – biomasa živočišného původu (Pastorek, et al., 2004).

zemědělských, průmyslových a komunálních odpadů (Šmidrkal, et al., 2008). Podle vyhlášky Ministerstva životního prostředí České republiky č. 482/2005 Sb. je biomasa dělena na:

- 1) zemědělskou biomasu, která především zahrnuje energetické, tedy cíleně pěstované byliny, trvalé travnaté porosty, vybrané plodiny pro nepotravinářské účely, biomasu ze zahrad, vinic, chmelnic a ovocných sadů. A v neposlední řadě se sem řadí na zemědělské půdě rychle rostoucí dřeviny.
- 2) Lesní biomasu zahrnující zejména rychle rostoucí dřeviny pěstované na lesní půdě, palivové dřevo, zbytky z lesní těžby a z probírek a prořezávek lesních porostů.
- 3) Zbytkovou biomasu, která vzniká při výrobě a zpracování primární živočišné a rostlinné biomasy. Jedná se zejména o zbytky z potravinářského, dřevozpracujícího a papírenského průmyslu. Dále jsou do této skupiny řazeny odpady z živočišné a rostlinné výroby a ze zpracování plodin a biomasa z komunálních a dalších odpadů (Ministerstvo životního prostředí).



**Obr. 3.1** Možnosti energetického využití biomasy (zdroj: Vlkash, et al., 2014)

Jelikož zásoby energie ve formě fosilních paliv nejsou nevyčerpatelné, je žádoucí se postupně navracet k obnovitelným formám, mezi které se řadí i biomasa.

Biomasa je v České republice nejvýznamnějším obnovitelným zdrojem energie. Je buď přímo využívána jako pevné palivo, anebo jako surovina pro výrobu plynných a kapalných biopaliv. Biomasa jako surovina je také využívána ve stavebnictví či chemickém průmyslu.

Dalším důvodem pro její využívání jako paliva, je i požadavek na snížení produkce oxidu uhličitého (Benda, et al., 2013).

Následující tabulka 3.4 ukazuje efektivitu využití různých druhů rostlinné biomasy na produkci tepla a energie.

**Tabulka 3.4** Energetické a růstové parametry různých druhů rostlinné biomasy (zdroj: Benda, et al., 2013)

Druh rostlinné biomasy	Výhřevnost při vlhkosti 5 % (MJ · kg <sup>-1</sup> )	Spalné teplo sušiny biomasy (MJ · kg <sup>-1</sup> )	Průměrné výnosy sušiny (t · ha <sup>-1</sup> )	Energetická produkce (GJ · ha <sup>-1</sup> )
<b>Sláma obilnin</b>	15,5	17,5	4,2	65,1
<b>Sláma řepky olejky</b>	15,3	17,5	3,0	45,9
<b>Celé nadzemní rostliny žita ozimého</b>	15,3	17,6	11,0	168,3
<b>Celé nadzemní rostliny tritikale</b>	15,5	17,5	12,0	186,0
<b>Konopí seté</b>	15,5	18,1	7,9*	122,5
<b>Psineček veliký<sup>1</sup></b>	15,6	17,8	7,7	120,1
<b>Koštrava rákositá<sup>1</sup></b>	15,6	17,5	7,6	118,6
<b>Lesknice rákosovitá<sup>1</sup></b>	15,5	17,5	6,4	99,4
<b>Ozdobnice čínská<sup>2</sup></b>	16,8	18,1	14,0*	235,2
<b>Křídlatka česká<sup>2</sup></b>	15,3	17,6	10,3*	157,6
<b>Energetický šťovík<sup>2</sup></b>	15,3	18,0	9,0	132,2
<b>Čiroky (průměr)</b>	15,3	17,7	8,1*	123,9
<b>Topoly (obmýti)</b>	17,1	19,0	7,1	121,4
<b>Vrby (obmýti)</b>	17,0	19,7	6,9	117,3

### 3.2.2 Biopaliva

Biopaliva jsou dělena na biopaliva I. a II. generace. Vznikají díky těžbě a zpracování biomasy. Biopaliva I. generace jsou vyráběna z „potravinářské“ biomasy. Mají nízkou konečnou hodnotu produkce CO<sub>2</sub> během celého životního cyklu a řadí se sem:

- rostlinný olej,
- methylester řepkového oleje (MEŘO),



- bioethanol,
- bioethyltercbuthyleter (ETBE) (Bart, et al., 2010).

Biopaliva II. generace jsou vyráběna z rostlinné biomasy, jako jsou těžební zbytky, dřevo, seno, sláma, rychle rostoucí dřeviny, odpadní zbytky rostlin apod. V konečné fázi mají pozitivně nižší produkci CO<sub>2</sub> a to během celého životního cyklu. Ve srovnání s fosilními palivy mají biopaliva II. generace až 90% potenciál pro snížení emisí CO<sub>2</sub> v životním prostředí. Mezi tato paliva patří:

- bioethanol vyráběný z lignocelulózové syntézy,
- biovodík,
- biomethanol a biodymethyléter, které vznikají jako produkty katalytické konverze syntézního plynu,
- a syntetická motorová nafta, která je produktem Fischer-Tropschovy syntézy (Bezergieanni, 2013).

V současné době se v praxi využívá pouze bioethanol a syntetická motorová nafta. Ostatní druhy biopaliv II. generace jsou ve stádiu výzkumu a vývoje (Triantafyllidis, et al., 2013).

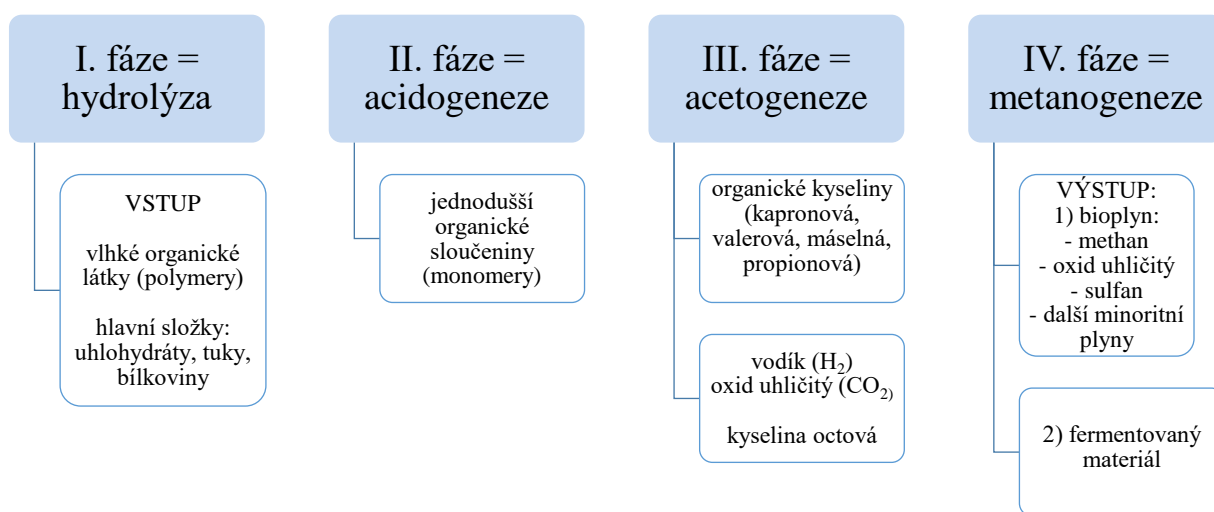
Důvodem zavádění vysokoobjemových paliv je plnění legislativního požadavku. Patří sem zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší, který, mimo jiné, zahrnuje práva a povinnosti dodavatelů pohonných hmot a působnost orgánů veřejné správy při sledování a snižování emisí skleníkových plynů z pohonných hmot v dopravě. Podle §19 tohoto zákona je osoba, která uvádí nebo dodává motorové benzíny nebo motorovou naftu do volného daňového oběhu na území České republiky či na území jiného členského státu EU pro dopravní účely, povinna zajistit, aby v těchto pohonných hmotách bylo obsaženo minimální množství biopaliva a to ve výši 4,1 % objemových z celkového množství motorových benzínů přimíchaných do motorových benzínů a ve výši 6,0 % objemových z celkového množství motorové nafty přimíchané do motorové nafty. §20 zákona č. 201/2012 Sb. ustanovuje povinnost snižování emisí skleníkových plynů z pohonných hmot. Dodavatel pohonných hmot je tak povinen snižovat emise skleníkových plynů na jednotku energie obsaženou v pohonné hmotě v úplném životním cyklu pohonné hmoty tak, aby dosáhl, ve srovnání se základní hodnotou produkce emisí skleníkových plynů pro fosilní pohonné hmoty stanovenou prováděcím právním předpisem, snížení o 2 % do 31. prosince 2014, o 3,5 % do 31. prosince 2017 a o 6 % do 31. prosince 2020 ([www.zakonyprolidi.cz](http://www.zakonyprolidi.cz)).

### 3.2.2.1 Bioplyn

Bioplyn je směs různých plynů, mezi nimiž převažuje methan. Vzniká během anaerobní fermentace, což je proces, během kterého díky působení anaerobních mikroorganismů dochází k rozkladu organických látek. V tomto procesu se po náležité úpravě mohou uplatnit všechny druhy biomasy (Guzman, et al., 2010). Proces anaerobní fermentace je blíže popsán na obr. 3.2.

Po vyčištění bioplyn obsahuje 95–98 obj. % methanu, odtud odvozen název biomethan. V uvedeném stavu je vhodný jako pohon pro plynové motory mobilních i stabilních zařízení ve formě biopaliva. Může být také vtlačován do rozvodné sítě zemního plynu (Khanal, et al., 2010).

Na území České republiky se bioplyn využívá zejména ke spalování v kotlích nebo pro pohon kogeneračních jednotek. Bioplyn se dále využívá v oblasti kombinované výroby elektrické energie, v oblasti využití tepla či chladu a jako pohon turbín a spalovacích motorů s vnitřním i vnějším spalováním. Spaluje se za účelem topení, svícení, chlazení a vaření. Tento způsob využití je charakteristický v zemích, kde rozvodná síť elektrického proudu nepokrývá široké oblasti osídlené obyvatelstvem (např. Afrika, jihovýchodní Asie či některé ostrovní země) (Djebbar, et al., 2012). Bioplyn je také využíván k výrobě biomethanu, který se dále používá jako pohon energetických prostředků. V neposlední řadě se bioplyn využívá jako zdroj vodíku a oxidu uhličitého pro palivové články a jako zdroj chemických surovin. Ostatní způsoby využití bioplynu jsou momentálně ve fázi experimentů, výzkumných a vývojových prací (Augusta, et al., 2001).



**Obr. 3.2** Anaerobní fermentace organických látek (zjednodušené schéma) (zdroj: Kubička, et al., 2009)

### 3.2.2.2 Bioethanol

Bioethanol se vyrábí kvašením zemědělských plodin obsahujících cukry. Využívány jsou zejména cukrová třtina a cukrová řepa, které obsahují sacharózu. Dalšími využívanými surovinami jsou obilniny obsahující polysacharidy (tzn. škrob), kukuřice a brambory (Augusta, et al., 2001).

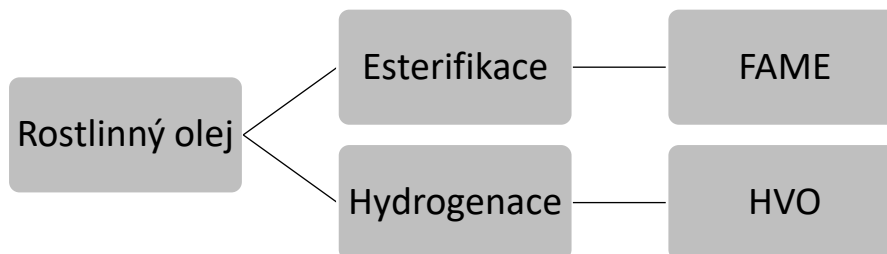
Výroba bioethanolu probíhá především alkoholovým kvašením pomocí kvasinek *Saccharomyces cerevisiae*. Kvašení probíhá za anaerobních podmínek<sup>7</sup>, nicméně začátek kvasného procesu je vhodné provzdušnit, dosáhne se tak zvýšeného počtu a aktivity kvasných buněk. Po nakvašení je ethanol oddestilován, díky čemuž vznikne použitelné palivo (Mousdale, 2008).

Bioethanol se nejčastěji využívá jako příměs do klasických paliv v koncentraci 5–10 %, označení Ethanol E85. Jedná se o směs ethanolu (70–85 %) a automobilového benzínu BA 95 Super (15–30 %), také známý jako Natural 95. V letních měsících tato směs obsahuje méně benzínu a více ethanolu, v zimních měsících je tomu naopak. V obou případech však musí být dodržen předepsaný obsah obou zmíněných komponentů (Crocker, 2010).

Smísení bioethanolu s klasickým palivem zajišťuje snížení množství vypouštěného CO<sub>2</sub> do ovzduší, tím pádem i snížení emisí (Šmidrkal, et al., 2008).

### 3.2.2.3 Biopaliva z methylesterů řepkového oleje

Jako zdroje pro výrobu alternativních paliv jsou v současné době ve velké míře zpracovávány rostlinné oleje. Tyto oleje jsou málo těkavé, proto jsou využívány pouze u dieselových (vznětových) motorů. Rudolf Diesel, výrobce vznětových motorů, se o možnosti využívání rostlinných olejů jako paliva zmínil již v roce 1912 (Khanal, et al., 2010).



**Obr. 3.3** Způsob zpracování rostlinných olejů pro tvorbu bionafty (zdroj: Neste Oil)

<sup>7</sup> Anaerobní podmínky – proces, který probíhá bez přítomnosti kyslíku (Váchová a Vozka, 2015).

Rostlinné oleje jsou estery glycerinu a mastných kyselin vyskytujících se v semenech různých rostlin, jako jsou řepka, slunečnice, hořčice a další. Významná zemědělská plodina, která se využívá jako biopalivo zejména ve střední Evropě, je řepka olejka. Jedná se o fylogeneticky mladý a doposud proměnlivý druh. Řepka olejka se na území České republiky pěstuje již od 8. století. Největší rozmach nastal v letech 1820–1839. Pěstování se zintenzivnilo od roku 1942. Po roce 1990 se řepka začala více využívat jako energetická plodina a od roku 2000 se stala nejvýznamnější exportní komoditou rostlinné výroby v České republice. Olej se z řepkových semen získává mechanickým lisováním nebo je oddělován chemickou extrakcí pomocí hexanu. Využívána je zejména technologie lisování za studena, během které nejsou řepková semena přehřívána (Lai, et al., 2012). Odpadem lisování řepkového semene jsou pokrutiny a řepkové extrahované šroty se zbytkovým množstvím oleje, jež jsou využívány jako krmivo. V případě použití chemické extrakce nemohou být výlisky použity jako krmivo. Řepkový olej je využíván přímo jako motorové palivo, ale hlavně pro výrobu biopaliva s označením MEŘO (= methylester řepkového oleje). Dále se pro výrobu biopaliv využívá olej kokosový, bavlníkový, sezamový, ricinový, olej ze sójových bobů, slunečnicový nebo hořčičný. Výhřevnost je u všech těchto olejů podobná, proto jsou významné i jejich hektarové výnosy, náklady na sklizeň a zpracování (Bezergianni, 2013).

**Tabulka 3.5** Výnosy z pěstování vybraných rostlin (zdroj: Baranyk a Kazda, 2005)

Rostlina	Výnos ( $1 \cdot \text{ha}^{-1}$ )
<b>Sójové boby</b>	375
<b>Řepka</b>	1 000
<b>Hořčice</b>	1 300
<b>Kokosová palma</b>	5 800
<b>Řasy</b>	95 000

Z tabulky 3.5 je patrné, že nejvíce využívaná řepka olejka nemá v České republice nejvyšší výnos, nicméně technologie jejího pěstování a následného sklizení je velmi dobře zvládnutá, a proto převažuje. Avšak přímé využití řepkového oleje ve stávajících motorech naráží na řadu problémů. Prvním problémem je jednoznačně vyšší viskozita řepkového oleje oproti motorové naftě (přibližně 20krát vyšší). Jak již bylo zmíněno, rostlinné oleje jsou estery mastných kyselin a glycerinu. Samotné mastné kyseliny mají zhruba stejnou velikost molekul jako uhlovodíky vyskytující se v motorové naftě. Problém způsobuje jejich vazba na glycerin. Molekula se tak stává třikrát větší a má odlišné vlastnosti, včetně vyšší viskozity. Vysoká viskozita se stává problémem pro vstřikovací čerpadlo, palivové čerpadlo a palivový

filtr. Aby mohl motor správně fungovat, je nutná jeho úprava (Olusola, 2009). Přijatelnějším řešením, než je úprava motoru, je přeměna řepkového oleje na methylester, jehož molekula je třikrát menší, viskozita nižší než u řepkového oleje (jen o málo vyšší než viskozita motorové nafty) a jeho vlastnosti jsou velmi podobné vlastnostem uhlovodíků, které jsou součástí motorové nafty. Zároveň si uchovává některé výhodné vlastnosti řepkového oleje, jako je biodegradabilita<sup>8</sup> (Bart, et al., 2010).

Methylester se dá bez jakýchkoli dalších úprav motoru využít jako palivo. Má však i řadu negativních vlastností, mezi které se řadí nižší výkon motoru způsobený nižší výhřevností, bod tuhnutí při teplotě okolo -8 °C, větší viskozita, která negativně ovlivňuje filtrovatelnost a více poškozuje pryžové součásti motoru a palivového systému (Djebbar a Erle, 2012). V případě, že se methylester použije ve směsi s uhlovodíky, tzn. s normální naftou, mohou být tato negativa odstraněna. Jako nejlepší varianta se tedy jeví využívání methylesteru ve formě příměsi do klasické motorové nafty. Zpravidla se používá směs, která obsahuje přibližně 30 % methylesteru řepkového oleje a 70 % motorové nafty. Tato směs je označována jako SMN 30 (bionafta II. generace) (Guzman, et al., 2010).

Murtinger a Beranovský (2008) uvádí několik výhod směsi motorové nafty a methylesteru, mezi které patří:

- nižší teplota výfukových plynů, díky které se snižuje tepelné zatížení motoru,
- bionafta má nižší kouřivost, způsobuje tedy nižší opotřebení motoru a díky vysoké mazací schopnosti prodlužuje životnost vstřikovacího systému a jeho součástí,
- bionafta hoří lépe než normální nafta, motor má tak měkčí a tišší chod a celkově nižší hodnoty emisí,
- bionafta má příznivou hodnotu cetanového čísla.

Výroba esterů mastných kyselin z triglyceridů je umožněna díky katalyzované esterifikaci nebo reesterifikaci s alkoholem, zejména methanolem, na tzv. FAME = methylestery mastných kyselin. Pokud by byl použit ethanol, jedná se o ethylestery mastných kyselin neboli FAEE. Reesterifikací se získávají jednodušší methylestery. Před ní musí být řepkový olej zbaven fosforu, aby byl splněn požadavek na jeho maximální obsah v methylesteru používaném ve vznětových motorech. Během procesu dochází k chemické reakci mezi olejem a methylem za účasti katalyzátoru, v tomto případě hydroxidů alkalických kovů (např. hydroxid draselný či hydroxid sodný). Reakce může probíhat i v suchém

---

<sup>8</sup> Biodegradabilita – biologická odbouratelnost (Váchová a Vozka, 2015).

prostředí. Výslednými produkty reesterifikace jsou methylestery mastných kyselin a monoglycerid, diglycerid a glycerin jako vedlejší produkty. Glycerin společně se zbytky katalyzátoru a přebytečným množstvím methanolu musejí být z MEŘO odstraněny (Donnis, et al., 2009).

Tabulka 3.6 uvádí spektra nasycených a nenasyčených mastných kyselin, která jsou vztažena na molekulu glycerinu a která tvoří triglyceridy v surovinách využívaných pro výrobu esterů mastných kyselin (MK).

**Tabulka 3.6** Spektra mastných kyselin a podíl volných mastných kyselin v surovinách k výrobě bionafty (zdroj: Benda, et al., 2013)

Mastná kyselina	Počet atomů	Dvojná vazba	Podíl triglyceridicky vázaných mastných kyselin (%)					
			řepkový olej	slunečnicový olej	sójový olej	palmový olej	hovězí lůj	starý tuk
<b>Laurinová</b>	12	0	-	-	-	-	~ 0,5	~ 0,5
<b>Myristinová</b>	14	0	-	-	-	1–2	3–6	~1
<b>Palmitová</b>	16	0	~ 4	4–9	7–10	40–45	25–38	~25
<b>Stearová</b>	18	0	1–2	3–6	3–5	4–6	15–28	~6
<b>Olejová</b>	18	1	~ 60	14–35	22–31	35–40	26–50	~50
<b>Linolová</b>	18	2	~ 20	50–75	49–55	8–10	1–3	~16
<b>Linolenová</b>	18	3	~ 8	0,5–1	6–11	~ 0,5	~ 0,5	~0,5
<b>Eruková</b>	22	1	~ 1	-	-	-	-	~0,5
<b>Volné mastné kyseliny</b>			< 1	< 1	0,5–1	2 – 10	< 1	5> 10

Výroba bionafty transesterifikací je v současné době nejpoužívanější technologií. Nicméně tento způsob výroby má významné negativum, a to v tvorbě kyslíkatých látek, jež jsou agresivní vůči konstrukčním materiálům a které navíc obsahují dvojně vazby zhoršující oxidační stabilitu těchto produktů. Z těchto důvodů se rozvíjí zpracování rostlinných olejů a výroba bionafty pomocí hydrogenace, která umožňuje získání bezkyslíkatých produktů, a to převážně v destilační úrovni motorové nafty (Hromádko, 2009).

MEŘO (Methylester řepkového olej) řadí se mezi FAME (překlad z anglického jazyka Fatty Acid Methyl Ester) je využíváno jako biopalivo do dieselových motorů, kde slouží jako náhrada klasického fosilního paliva – motorové nafty. Jako vedlejší produkt výroby MEŘO vzniká glycerin (Mamedova, et al., 2010).

V roce 2014 se celková produkce MEŘO v EU pohybovala okolo 10,2 milionu tun, což bylo takřka o 9 % více než v předešlém roce 2013 (Český statistický úřad).

Tabulka 3.7 zaznamenává produkci FAME a bionafty bez obsahu kyslíku (HVO) za roky 2007 až 2014. Produkce za roky 2015–2018 bohužel prozatím není zveřejněna.

**Tabulka 3.7** Produkce FAME/MEŘO a HVO v 1000 t (zdroj: F.O. Licht, UFOP)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Belgie</b>	145	277	416	350	472	291	500	600
<b>Dánsko</b>	70	98	86	76	79	109	200	200
<b>Německo</b>	2 890	2 600	2 500	2 350	2 800	2 600	2 600	3 000
<b>Anglie</b>	427	282	196	154	177	246	250	350
<b>Francie</b>	954	1 763	2 089	1 996	1 700	1 900	1 800	1 850
<b>Itálie</b>	470	668	798	799	591	287	459	400
<b>Holandsko</b>	85	83	274	382	410	382	606	650
<b>Rakousko</b>	242	250	323	337	310	264	234	240
<b>Polsko</b>	44	170	396	371	364	592	648	692
<b>Portugalsko</b>	181	169	255	318	359	299	294	310
<b>Švédsko</b>	114	145	110	130	239	352	223	180
<b>Slovinsko</b>	7	8	7	21	1	6	15	0
<b>Slovensko</b>	46	105	103	113	127	110	105	101
<b>Španělsko</b>	180	221	727	841	649	472	581	750
<b>Česká Republika</b>	82	75	155	198	210	173	182	219
<b>Ostatní EU</b>	-	-	-	-	548	660	712	682
<b>EU – 27</b>	6 129	7 321	8 888	8 981	9 036	8 743	9 409	10 224
<b>HVO</b>	-	-	-	-	404	1 201	1 325	1 620
<b>Celkem</b>	6 129	7 321	8 888	8 981	9 440	9 944	10 734	11 844

#### 3.2.2.4 Výroba bionafty hydrogenací rostlinných olejů

Rostlinné oleje kromě transesterifikace mohou být taktéž zpracovány procesem hydrogenace, díky kterému se přemění do podoby kapalných alkanů a výsledným produktem je bionafta bez obsahu kyslíku (HVO), tudíž bionafta s lepší oxidační stabilitou. Kyslík je během procesu vyloučen ve formě oxidu uhličitého a vody (Bezergianni, 2013).

Během hydrogenace dochází za přítomnosti katalyzátorů k deoxygenaci triglyceridů obsažených v rostlinných olejích při teplotě 300–370 °C a tlaku 2–10 MPa. Jako vhodné katalyzátory se používají:

- platinové kovy na alumině či aktivním uhlí,
- sulfidy molybdenu, kobaltu, niklu a wolframu, které mají nižší pořizovací náklady a jsou více odolné vůči nečistotám v surovině (Qi, et al., 2011).

Výroba bionafty hydrogenací má oproti transesterifikaci řadu výhod, mezi které patří:

- flexibilita surovin,
- kompatibilita se stávajícími zařízeními v ropných závodech,
- kompatibilita vytvořených produktů s existujícími motory (díky strukturní podobnosti sloučenin vzniklých hydrogenací rostlinných olejů se sloučeninami tvořící naftu) (Kubička, et al., 2009).

Významnou nevýhodou tohoto způsobu zpracování rostlinných olejů je velká spotřeba vodíku, při jehož výrobě vznikají značné emise oxidu uhličitého. Vodík je potřebný k odstraňování vody, čímž blokuje jeho deaktivaci. Další velkou nevýhodou jsou horší nízkoteplotní vlastnosti, které však mohou být vybalancovány vhodnou volbou reakčních podmínek a katalyzátoru, popřípadě izomerací bionafty (Matějovský, 2005).

První zmínka o přeměně rostlinných olejů na biopaliva se v literatuře objevila v roce 1986. Jednalo se o studii sójových bobů, které byly pomocí procesu hydrogenace postupně přeměny na biopalivo (Bezergianni, 2013).

Nejdůležitější reakce probíhající během hydrogenace triglyceridů jsou:

- hydrogenace dvojných vazeb v nenasycených řetězcích acylů,
- přeměna triglyceridů na diglyceridy, monoacylglyceroly, propan a mastné kyseliny,
- eliminace atomů kyslíku z karboxylové skupiny ve formě vody hydrogenací esterů a mastných kyselin, vznikají n-alkany se sudým počtem uhlíků v řetězci = hydrodeoxygenace,
- odstranění karboxylové skupiny v podobě oxidu uhelnatého, vznik n-alkanů s lichým počtem uhlíků = hydrodekarboxylace,
- odstranění karboxylové skupiny v podobě oxidu uhličitého, vznik n-alkanů s lichým počtem uhlíků = hydrodekarboxylace (Donnis, et al., 2009).

Vzniklé n-alkany mohou být dále vystavovány dalším reakcím, např. hydroizomeraci, která je nezbytná pro tvorbu rozvětvených uhlovodíků s nižším bodem tuhnutí. To je důležité



zejména pro zimní druhy motorové nafty. Hydroizomerace bývá zpravidla katalyzována kyselými katalyzátory (Sebos, et al., 2009).

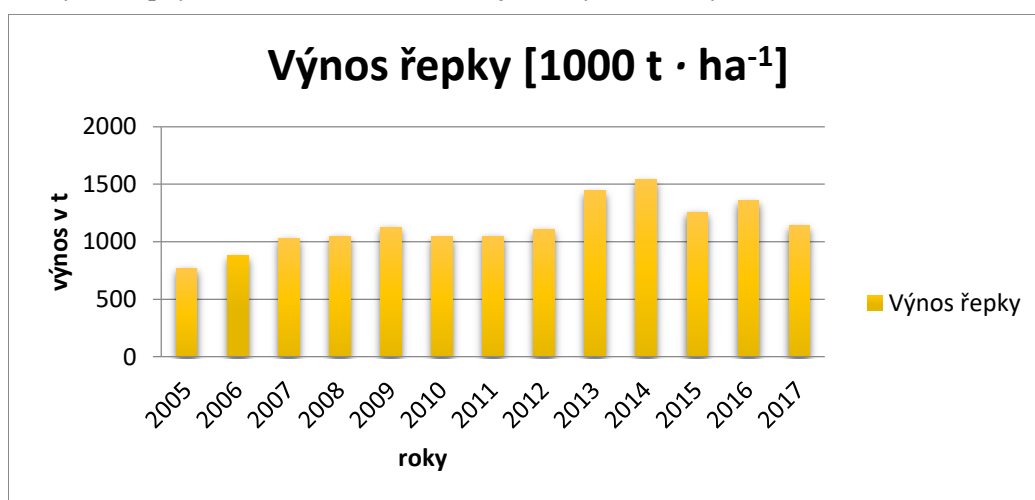
Celosvětově je bionafta tímto způsobem vyráběna ve Finsku, Rotterdamu a Singapuru. Jedná se o firmy jako Neste Oil, ENI, UMP Biofuels, Diamond Green Diesel a Renewable Energy Group. Česká republika bionaftu hydrogenací plošně nevyrábí (Vlk, 2004).

### 3.3 Ekonomické zhodnocení pěstování řepky olejky a výroby bionafty

Pěstování řepky má v České republice dlouholetou tradici. Od roku 1990 dochází k neustálému rozvoji pěstování této komodity, o čemž svědčí i neustále rozšiřování osevních ploch. V druhé polovině devadesátých let došlo k rozvoji využití řepky pro nepotravinářské účely a Česká republika se stala jejím významným exportérem (Augusta, et al., 2001).

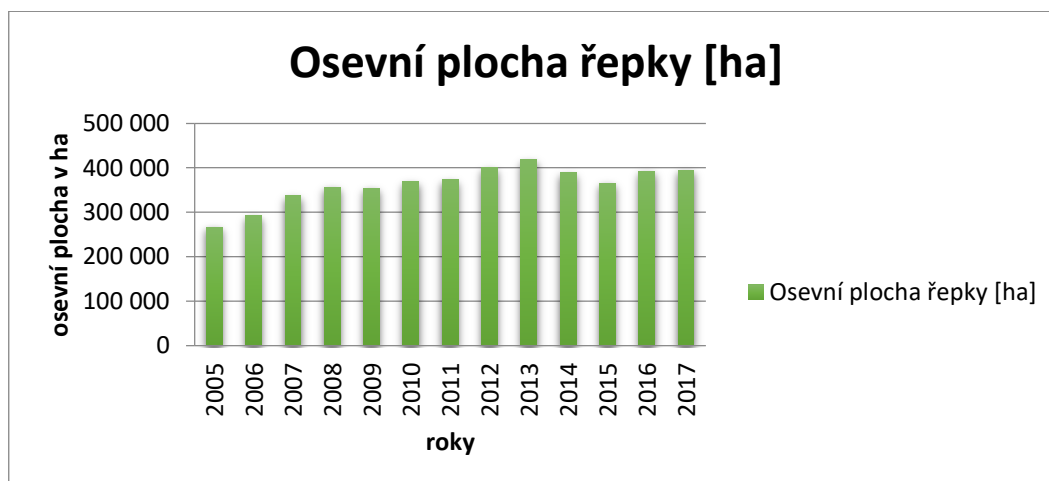
Pěstování řepky ve velké míře ovlivňuje počasí. Ideální jsou oblasti s průměrnou roční teplotou 6,5–8,5 °C a s ročním srážkovým úhrnem 550–750 mm. Během let 1998–2001 bylo počasí příznivé, díky čemuž byly porosty řepky silné a dosažené výnosy byly dobré a stabilní. Následující dva roky – 2002 a 2003 – byly velmi nepříznivé. V roce 2003 dokonce výnos řepky klesl z původních 2,5 t · ha<sup>-1</sup> na pouhých 1,5 t · ha<sup>-1</sup>. Od roku 2004 výnosy řepky kolísají. V loňském roce výnos činil 3,51 t · ha<sup>-1</sup>. Sklizeň za rok 2017 je odhadována na 2,96 t · ha<sup>-1</sup>. Hektarový výnos se tak snížil o 0,55 t · ha<sup>-1</sup>, tj. o 15,8 % (Český statistický úřad).

**Obr. 3.4** Výnos řepky v letech 2005–2017 (zdroj: Český statistický úřad)



Z obrázku 3.4 je patrné, že výnos řepky od roku 2005 má mírně vzrůstající tendenci. Nicméně rozdíl ve výnosech za posledních 12 let není nijak extrémní, proto se řada pěstitelů shodla na tom, že výnosy stagnují.

Obr. 3.5 Osevní plocha řepky v letech 2005–2017 (zdroj: Český statistický úřad)



Z předchozího obrázku 3.5 vyplývá, že osevní plocha pro řepku se postupně od roku 2005 až do roku 2013 zvětšovala. Tento rozmach způsobila tendence exportovat řepku do zahraničí, jelikož export tvoří významnou část zisku zemědělských podniků. Další důležitou příčinou rozšiřování ploch pro pěstování řepky je i její nepotravinářské využití, zejména pro výrobu bionafty. Mezi lety 2014 a 2015 došlo k mírnému poklesu velikosti osevní plochy a od roku 2016 nastal mírný vzestup a velikost plochy se ustálila na stejné hektarové ploše 394 262 ha (Český statistický úřad).

Řepka se pro řadu pěstitelů stala významným zdrojem financí zemědělského podniku. Její pěstování má řadu agronomických a ekonomicko-organizačních výhod, mezi které patří:

- funkce jako předplodiny,
- jako součást osevního postupu napomáhá snižovat výskyt infekčních chorob a škůdců (omezuje např. šíření septorióz, chorob pat stébel či výskyt DTR infekce),
- během podzimu přispívá k dobré půdní zralosti, potlačení některých typů plevelů a brání významné větrné a vodní erozi,
- odumřelé kořenové zbytky vytváří drenážní síť pro kořenové systémy následujících rostlin,
- řepka napomáhá zlepšovat vodní kapacitu půdy, obohacuje půdu o organickou hmotu, zlepšuje bilanci humusu a napomáhá udržet půdní úrodnost,
- vegetační hmota brání vyplavení dusíku, který by mohl kontaminovat prostředí,
- významná část řepky je každý rok exportována do zahraničí (Bečvářová, 2008).

Aby pěstování řepky mělo skutečně pozitivní efekt (obohacování půdy o organickou hmotu apod., viz výše), je důležité dodržet správný osevní postup. Na stejný pozemek by měla být řepka vyseta jednou za čtyři roky, ideálně jednou za pět let. Kratší pěstební perioda se nedoporučuje zejména z důvodů častějšího výskytu chorob a škůdců. Přesto

je ročně založeno několik tisíc hektarů po řepkové předplodině či dokonce po ponechání řepkového výdrolu (Schubert, et al., 2009). Důvodem je zejména vysoký tlak spotřebitelů a EU na neustále se zvyšující velikost výnosů. Díky tomuto tlaku bývá v některých lokalitách podíl řepky v osevním postupu až 50 %, přičemž obecně známé doporučení maximálního zastoupení řepky v osevním postupu je 12,5 %. Tento podíl tedy bývá až čtyřnásobně překročen. Pěstitelé v takovém případě střídají pouze řepku a pšenici ozimou. Takto úzký způsob osevního postupu vyžaduje vyšší úroveň chemizace a větší důraz na kvalitu provedené práce (Satyarthi, et al. 2012).

Vzrůstající podíl zastoupení řepky v osevním postupu je příčinou vzniku řady komplikací. S rozšířením ploch řepky olejky a zavedením dvou nulových odrůd dochází k časté akutní otravě srnčí zvěře, která ji nadměrně konzumuje především v brzkém jarním a zimním období. Tento druh otravy se projevuje trávicími obtížemi, které jsou vyvolány S-methycysteinem sulfoxidem, který dále vyvolává hemolytickou anémii s nervovými příznaky, jako je desorientace či ztráta plachosti (Lai, et al., 2012).

Výroba FAME z odpadních zdrojů je v mnoha ohledech výhodná. Jejich zpracování do této podoby zajišťuje využívání odpadních materiálů, a tím dochází k minimalizaci odpadů. Zároveň to České republice umožňuje dodržet kritéria udržitelnosti, která ukládají členským státům Evropské unie za povinnost přimíchávat 4 % bionafty z odpadních zdrojů do motorové nafty. Mezi další výhody využívání odpadních tuků patří:

- velké množství materiálu,
- regenerace methanolu,
- nízké náklady (Lai, et al., 2012).

V dnešní době existuje řada firem, které se výkupem použitých tuků zabývají. Jejich výkup tak nezatěžuje životní prostředí. Ceny za 1 kg použitých rostlinných a živočišných tuků se pohybují okolo 1,85 eur (Kadrnožka, 2008).

Mezi tyto firmy se řadí např. MAKRO, které za výkup použitého oleje dává slevové kupóny na nákup čistých olejů v jejich řetězcích. Konkrétně je cena stanovena na 180 korunový kupón za plný 50 litrový barel použitého oleje.

Další firma, která se výkup zabývá je Trafín oil, a.s., která za 1 kg použitého oleje, který smí obsahovat maximálně 5 % nečistot nabízí 0–6 Kč. Cena se odvíjí na velikosti produkce daného podniku.

### 3.4 EK a EU legislativa

Výzkum, vývoj i samotné používání pohonných hmot je v České republice i EU opatřeno řadou vyhlášek, směrnic a zákonů. Legislativa EU zahrnuje čtyři směrnice:

- směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2009/30/ES,
- směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2009/28/ES,
- směrnice Rady (EU) č. 2015/652 ze dne 20. dubna 2015,
- směrnice EP a Rady (EU) 2015/1513/ES ze dne 9. září 2015, která upravuje směrnici 98/70/ES s názvem FQD (Fuel Quality Directive) a směrnici 2009/38/ES s názvem RED (Renewable Energy Directive) (Jančářová, 2011).

V České republice se jedná o:

- zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší ve znění pozdějších předpisů,
- nařízení vlády č. 351/2012 Sb. ze dne 3. října 2012 o kritériích udržitelnosti paliv.

S výše zmíněným zákonem a nařízením vlády souvisí zákon č. 353/2003 Sb. zákon o spotřebních daních ve znění platných předpisů a vyhláška MPO č. 133/2010 Sb. o požadavcích na pohonné hmoty, o způsobu sledování a monitorování složení a jakosti pohonných hmot a o jejich evidenci (Tichý, et al., 2011).

Kritéria udržitelnosti biokapalin jsou také součástí prováděcího předpisu k novému zákonu o podporovaných zdrojích energie. Národní akční plán jako jeden z cílů uvádí, že do roku 2020 se obnovitelné zdroje energie (OZE) budou na dopravě podílet z 10 %.

Tabulka 3.16 představuje národní cíl pro rok 2020 a odhaduje vývoj energie z obnovitelných zdrojů energie (OZE) (Ministerstvo životního prostředí).

**Tabulka 3.8** Národní cíl pro rok 2020 a odhadovaný vývoj energie z OZE v dopravě (zdroj: Ministerstvo životního prostředí)

	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
OZE	0,1	4,0	5,2	5,2	5,2	5,7	6,5	7,0	7,5	8,2	8,9	10,0

#### 3.4.1 Legislativa pro biomasu

Jak již bylo řečeno, využívání obnovitelných zdrojů energie je jednou z možných cest, jak ovlivnit snahu o snižování emisí látek, které znečišťují životní prostředí, zejména vzduch. Nicméně v právní úpravě je potřeba zohledňovat ekonomický, energetický i ekologický přínos těchto látek, ale také s nimi související negativní dopady. Jedním takovým

legislativním předpisem je vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 482/2005 Sb., kde jsou státem stanoveny výkupní ceny pro biomasu a tzv. zelené bonusy vztahující se na různé způsoby výroby a distribuce energie vyrobené z biomasy. Tato vyhláška také stanovuje parametry, na jejichž základě se určují kategorie biomasy, které se odlišují rozdílnou podporou výroby energií. Existující kategorie biomasy jsou:

- ❖ 1 – cíleně pěstovaná biomasa,
- ❖ 2 – zbytková biomasa (sláma, štěpka a jiné),
- ❖ 3 – odpadní biomasa (odpadní dřevo, piliny a jiné),
- ❖ O – spalování čisté biomasy,
- ❖ P – paralelní spalování biomasy a neobnovitelného zdroje,
- ❖ S – společné spalování biomasy a neobnovitelného zdroje (Jančářová, 2011).

### **3.4.2 Legislativa pro bioplyn**

Právní rámec vzniku a provozu bioplynových stanic je značně složitý, jelikož významně zasahuje do různých oblastí, jako např. do odpadového hospodářství, energetiky, ochrany životního prostředí, podnikání, stavební činnosti, zemědělství, či požadavků na výrobky.

Majitelé či provozovatelé bioplynových stanic se musí řídit předpisy Evropské unie a stejně tak předpisy České republiky (Tichý, et al., 2011).

Mezi předpisy EU patří nařízení EP a Rady (ES) č. 1069/2009 o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu a získané produkty, které nejsou určeny k lidské spotřebě. Tímto nařízením bylo zrušeno nařízení předchozí č. 1774/2002 – nařízení o vedlejších produktech živočišného původu. Dalším evropským nařízením je směrnice č. 2003/30/ES o podpoře využití biopaliv a jiných obnovitelných zdrojů paliv v dopravě. Směrnice č. 2001/77/ES o podpoře elektřiny vyrobené z OZE na vnitřním trhu s elektřinou. Směrnice č. 2006/12/ES o odpadech ve znění směrnice č. 2008/98/ES. A nařízení č. 2003/2003/ES o hnojivech ([www.zakonyprolidi.cz](http://www.zakonyprolidi.cz)).

Mezi základní zákony národního právního systému o výrobě a využití bioplynu patří zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky uváděné na trh, v posledním znění. Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech a pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech) ve znění pozdějších předpisů. Úplné znění zákona o hnojivech obsahuje zákon

č. 461/2004 Sb., poslední novela byla zveřejněná pod č. 9/2009 Sb. Tato novela začlenila pod zákon o hnojivech používání sedimentů na zemědělských půdách (Jančářová, 2011).

Dále sem patří zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech, ve znění novel. Významná je také novela č. 154/2010 Sb., která klade větší důraz na předcházení vzniku odpadů. Zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů (Tichý, et al., 2011).

Další důležité vyhlášky jsou:

- vyhláška č. 274/1998 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv, ve znění pozdějších předpisů,
- vyhláška č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiv, ve znění pozdějších předpisů,
- vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrch terénu, ve znění pozdějších předpisů,
- vyhláška č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů,
- vyhláška č. 475/2005 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona o podpoře OZE, ve znění pozdějších předpisů,
- vyhláška č. 252/2001 Sb., o způsobu výkupu elektřiny u obnovitelných zdrojů a z kombinované výroby elektřiny a tepla, ve znění pozdějších předpisů,
- vyhláška č. 482/2005 Sb., o stanovení druhů způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy, ve znění pozdějších předpisů (Augusta, et al., 2001) (Benda, et al., 2013).

### **3.4.3 Kjótský protokol**

Rámcová úmluva OSN o změně klimatu z roku 1992 (podepsána v Rio de Janeiru) byla v prosinci roku 1997 rozšířena o přijetí Kjótského protokolu, jehož předmětem byl závazek zemí snížit emise skleníkových plynů mezi roky 2008–2012 o 5,2 % ve srovnání s rokem 1990. Protokol zároveň obsahoval možné způsoby, jak redukce docílit. V prosinci 2012 byl protokol prodloužen o další osmileté kontrolní období (2013–2020). Evropská unie se jeho podpisem zavázala do roku 2020 snížit emise skleníkových plynů o 20 % v porovnání s rokem 1990. Snižovat se mají emise produkované především při spalování paliv v energetickém a dopravním průmyslu, mezi které se řadí oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>), oxid dusný (N<sub>2</sub>O), methan (CH<sub>4</sub>), polyfluorovodíky (PFC<sub>S</sub>), fluorid dusitý (NF<sub>3</sub>), hydrogenované fluorovodíky (HFC<sub>S</sub>) a fluorid sírový (SF<sub>6</sub>) (Kadrnožka, 2008).

Kromě emisí skleníkových plynů se Kjótský protokol zabývá i problematikou odlesňování a dalšího využívání půdy a přírodního bohatství.

Česká republika Kjótský protokol podepsala v listopadu roku 1998 na základě usnesení vlády č. 669/1998. Závazek, který vyplývá z podpisu Kjótského protokolu, představuje snižování emisí skleníkových plynů na území příslušného státu. Nicméně protokol připouští možnost snižovat emise na území jiných států či možnost zakoupit práva na vypouštění těchto plynů (Ministerstvo životního prostředí).

Základní vymezené mechanismy Kjótského protokolu:

- mechanismus čistého rozvoje,
- obchodování s emisemi skleníkových plynů,
- opatření pro redukci skleníkových plynů (Ministerstvo životního prostředí).

#### **3.4.4 Zelená a bílá kniha**

Zelená kniha je pravidelně vydávána Evropskou komisí už od roku 1985. Slouží jako informační zdroj pro širokou veřejnost o budoucích záměrech Evropské komise před tím, než jsou zpracovány do podoby směrnic či zákonů. Zpravidla se rozdělují na dvě části. První část se obvykle zabývá aktuálním stavem dané problematiky, druhá část pak navrhuje cesty, jakým způsobem situaci řešit (Jančářová, 2011).

Významným dokumentem je Zelená kniha s názvem „Směrem k evropské strategii pro zabezpečení dodávek energie“, která stanovuje, že do roku 2020 dojde v silniční dopravě k náhradě fosilních paliv 20 % alternativních paliv. Podíl biopaliv by měl z těchto 20 % tvořit 8 %. Oblast využívání alternativních paliv navíc pomáhá vytvářet nové pracovní příležitosti a zlepšovat regionální rozvoj (Drahotský, et al., 2009).

Bílá kniha v řadě případů navazuje na Zelenou knihu, má doporučující, nezávaznou podobu a obsahuje návrhy možných řešení daných problematik (Hromádka, 2010).

Bílá kniha zabývající se dopravní politikou vyšla pod názvem „Evropská dopravní politika pro rok 2010: čas rozhodnutí“ v září roku 2001. Tato kniha se zabývá problematikou znečištění životního prostředí v důsledku velké dopravní zátěže, a to zejména v městských oblastech, které vytváří 84 % emisí CO<sub>2</sub>. Výrobci automobilů se tak Evropské asociaci zavázali, že do roku 2008 sníží emise CO<sub>2</sub> o 25 %. Bílá kniha stanovuje cíl zajistit využití 12% podílu obnovitelných zdrojů energie na celkové spotřebě energií od roku 2010 (Kadrnožka, 2008).

### 3.4.5 Kritéria udržitelnosti

Kritéria udržitelnosti biopaliv se stanovují ve vztahu k CO<sub>2</sub> a ve vztahu k půdě a jsou upravovány příslušnými zákony, mezi které se řadí nařízení vlády č. 351/2012 Sb., o kritériích udržitelnosti biopaliv, vydané na základě zmocnění podle § 20 odst. 7 a § 21 odst. 13 zákona o ochraně ovzduší. Dne 1.9.2012 došlo k nabytí účinnosti nového zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, který rozšířil parametry prokazování splnění kritérií udržitelnosti. Ty mohou být děleny na dvě základní skupiny:

- 1) povinnost prokázat úsporu emisí skleníkových plynů biopaliv v porovnání s fosilními palivy,
- 2) povinnost prokázat původ biopaliva, tzn. musí být doloženo, že pěstováním materiálu pro výrobu biopaliv nedošlo k narušení biodiverzity<sup>9</sup> ([www.zakonyprolidi.cz](http://www.zakonyprolidi.cz)).

Biopaliva, která splňují kritéria udržitelnosti, mohou být použita jako příměs do pohonných hmot (Ministerstvo životního prostředí).

Kritéria udržitelnosti ve vztahu k CO<sub>2</sub> stanovovala, že do roku 2016 musí biopaliva během svého celoživotního cyklu uspořit alespoň 35 % emisí skleníkových plynů oproti fosilním palivům. Od roku 2017 nejméně 50 % a od roku 2018 musí být úspora minimálně 60 % (Ministerstvo životního prostředí).

Podle § 20 odst. 3 zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, je dodavatel pohonných hmot povinen celnímu úřadu a Ministerstvu životního prostředí každý rok do 15. března podávat zprávu o emisích skleníkových plynů (Tichý, et al., 2011).

Podle § 19 odst. 1 stejného zákona je dodavatel pohonných hmot povinen přimíchávat minimální množství biopaliv. V případě cíleně pěstované biomasy se jedná o 6 % biosložky do motorové nafty. V případě odpadních zdrojů pro výrobu biopaliv se uplatňuje tzv. dvojitý započítávání, tzn., že obsah biosložky může být o polovinu nižší (Tichý, et al., 2011).

#### Kontrolní orgány

Mezi hlavní kontrolní orgány patří celní úřady, Ministerstvo životního prostředí a Česká inspekce životního prostředí (Ministerstvo životního prostředí).

Celní orgány se zabývají kontrolou platnosti a úplnosti potřebných dokladů pro dovoz biopaliv a to, zda dodavatel pohonných hmot splnil požadavky na snížení emisí skleníkových plynů. Česká inspekce životního prostředí provádí kontrolu, zda byly splněny kritéria

---

<sup>9</sup> Biodiverzita – rozdílnost žijících organismů, živočichů i rostlin (Augusta, et al., 2001).



udržitelnosti a v případě lživého prohlášení je oprávněna udělovat sankce. Ministerstvo životního prostředí kontroluje úplnost a platnost prohlášení pěstitelů biomasy (Vlk, 2004).

Teprve na základě těchto kontrol může být palivo prohlášeno za biopalivo.

## 4 Materiál a metody

### 4.1 Materiál

Praktická část diplomové práce se skládá z několika částí. V první fázi byly odebírány vzorky oleje, které byly postupně vystavovány až čtyřnásobnému přepalování. Jako vstupní materiál byl použit slunečnicový a řepkový olej (viz obrázek 4.1). Po každém přepálení bylo odebráno 300 ml vzorku, který byl následně využit v další fázi praktické části k výrobě biopaliva. Od obou olejů bylo nakonec odebráno 5 vzorků:

- 1) olej nepoužitý (čistý),
- 2) olej 1x přepálený,
- 3) olej 2x přepálený,
- 4) olej 3x přepálený,
- 5) olej 4x přepálený.

Dohromady se v následujících částech praktické části diplomové práce pracovalo s deseti vzorky.



**Obr. 4.1** Vstupní rostlinný materiál – slunečnicový a řepkový olej

#### 4.1.1 Rostlinný materiál

Následující tabulka 4.1 je záznamem čtyřnásobného smažení různých druhů surovin ve slunečnicovém oleji. V tabulce je zaznamenán čas smažení, druh a množství surovin, které byly v oleji smaženy.

**Tabulka 4.1** Průběh smažení různých druhů surovin ve slunečnicovém oleji (zdroj: vlastní)

<b>SLUNEČNICOVÝ OLEJ</b>			
<b>1. smažení</b>			
		<b>čas</b>	<b>teplota</b>
suroviny	brambory (420 g)		
objem oleje	1 700 ml		
začátek		18:04	0 °C
začátek smažení		18:11	112,3 °C
konec		18:22	137,1 °C
<b>2. smažení</b>			
		<b>čas</b>	<b>teplota</b>
suroviny	brambory (300 g)		
objem oleje	1 400 ml		
začátek		19:09	0 °C
začátek smažení		19:13	100,9 °C
konec		19:22	169,1 °C
<b>3. smažení</b>			
		<b>čas</b>	<b>teplota</b>
suroviny	brambory (850 g)		
objem oleje	1 100 ml		
začátek		12:14	0 °C
začátek smažení		12:19	97,9 °C
průběh smažení		12:24	111,1 °C
konec – 1. várka		12:34	152,3 °C
konec – 2. várka		12:43	156,4 °C
<b>4. smažení</b>			
		<b>čas</b>	<b>teplota</b>
suroviny	kuřecí řízky		
objem oleje	800 ml		
začátek		11:47	0 °C
začátek smažení		11:53	102,3 °C
konec – 1. várka		11:58	146,9 °C
začátek smažení – 2. várka		12:00	155,9 °C
konec – 2. várka		12:04	196,9 °C

Na obrázcích 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 a 4.6 jsou vyfocené odebrané vzorky slunečnicového oleje.



**Obr. 4.2** Nepoužitý slunečnicový olej



**Obr. 4.3** Slunečnicový olej 1x použitý



**Obr. 4.4** Slunečnicový olej 2x použitý



**Obr. 4.5** Slunečnicový olej 3x použitý



**Obr. 4.6** Slunečnicový olej 4x použitý

Z tabulky 4.2 je patrný čas smažení, druh a množství surovin, které byly vystavovány až čtyřnásobnému přepalování v řepkovém oleji.

**Tabulka 4.2** Průběh smažení různých druhů surovin v řepkovém oleji (zdroj: vlastní)

<b>ŘEPKOVÝ OLEJ</b>			
<b>1. smažení</b>			
		<b>čas</b>	<b>teplota</b>
suroviny	květák		
objem oleje	1 700 ml		
začátek		11:32	0 °C
začátek smažení		11:41	137,3 °C
průběh smažení		11:47	143,5 °C
konec		11:53	173,9 °C
<b>2. smažení</b>			
		<b>čas</b>	<b>teplota</b>
suroviny	brambory (800 g)		
objem oleje	1 400 ml		
začátek		11:11	0 °C
začátek smažení		11:18 – 11:20	118,7 – 124 °C
konec – 1. várka		11:28	180 °C
začátek – 2. várka		11:30	156,5 °C
konec – 2. várka		11:38	183,2 °C
<b>3. smažení</b>			
		<b>čas</b>	<b>teplota</b>
suroviny	květák		
objem oleje	1 100 ml		
začátek		18:23	0 °C
začátek smažení – 1. várka		18:28	122,9 °C
konec – 1. várka		18:38	167,1 °C
začátek smažení – 2. várka		18:40	169,1 °C
konec – 2. várka		18:45	175,5 °C
<b>4. smažení</b>			
		<b>čas</b>	<b>teplota</b>
suroviny	brambory (100 g)		
objem oleje	800 ml		
začátek		10:06	0 °C
začátek smažení		10:11	132,5 °C
konec		10:15	231,1 °C

Na následující obrázcích 4.7, 4.8, 4.9, 4.10 a 4.11 jsou vyfoceny vzorky řepkového oleje.



**Obr. 4.7** Nepoužitý řepkový olej



**Obr. 4.8** Řepkový olej 1x použitý



**Obr. 4.9** Řepkový olej 2x použitý



**Obr. 4.10** Řepkový olej 3x použitý



**Obr. 4.11** Řepkový olej 4x použitý

### 4.1.2 Ostatní materiál

Kromě rostlinného materiálu ve formě vzorků slunečnicového a řepkového oleje byly v této diplomové práci použity následující potřeby:

- laboratorní nádobí – kádinka (250 ml, 500 ml), odměrný válec (250 ml), hustoměr,
- NaOH (1,89 g),
- methanol (50,1 g),
- destilovaná voda (3 x 0,15 l).

## 4.2 Metody

### 4.2.1 Výroba FAME

Vybavení:

- kádinka,
- PET lahve (10 ks),
- váha.

Materiál:

- řepkový olej 1,5 l;
- slunečnicový olej 1,5 l;
- methanol,
- NaOH.

Příprava menthanolátu:

Do 50,1 g methanolu přidat 1,89 g NaOH a pořádně zamíchat.

Příprava bionafty:

Jednotlivé vzorky (300 ml) byly přelity do kádinky a postupně vyhřáty na teplotu 60 °C. Po dosažení teploty byly vzorky oleje přelity do PET lahví, ke kterým byl přidán methanolát. Následně se smíchané vzorky pořádně protřepaly. V případě zvyšování tlaku v lahvi, byl vypouštěn přebytečný vzduch pomalým uvolňováním víčka PET lahve. Poté byly lahve po dobu 24 hodin uloženy do prostoru bez přístupu světla a vzduchu. Za tuto dobu došlo k oddělení glycerolu od olejové fáze. Následně byly vzorky přelity do dělicích nálevek, kde díky postupnému odpouštění došlo k odstranění glycerolu z olejové fáze. Poté byly vzorky přelity do označených kádinek, aby mohly být použity pro další měření – oxidační stabilitu, hustotu, kinematickou viskozitu, CFPP a bod vzplanutí (viz obr. 4.15).



**Obr. 4.12** Oddělování destilované vody z řepkového oleje

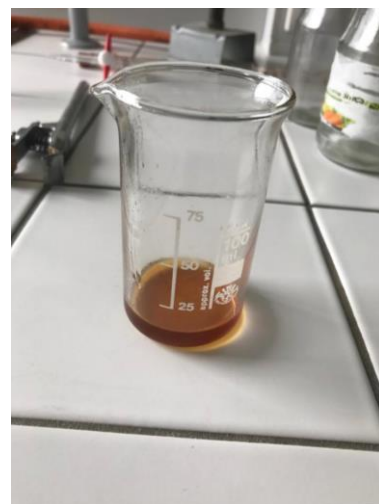
Během této diplomové práce byl klasický postup výroby bionafty lehce upraven vzhledem k úspoře času.

Výroba FAME probíhala ve dvou fázích. V první fázi byl dodržen celý postup výroby, tzn. po oddělení glycerolu (viz obr. 4.13 a 4.14) byla olejová fáze dána do vakuové odparky, aby došlo k odstranění methanolu. Bohužel ani po několika hodinách nedošlo k žádným změnám v konzistenci, množství ani zbarvení vzorku. Proto byl vzorek následně smíchán s destilovanou vodou, viz obrázek 4.12, která se pak postupně odpouštěla. Bohužel tento postup se ukázal jako časově neefektivní. K oddělení destilované vody po prvním protřepání nedošlo ani za 3 hodiny. Vzhledem k těmto skutečnostem a vzhledem ke skutečnosti, že vyrobená bionafta byla využívána pouze pro účely diplomové práce nikoli v praxi, bylo z konečného postupu výroby FAME vynecháno odstranění methanolu ve vakuové odparce a protřepání v destilované vodě. Díky tomu ve vzniklé bionaftě mohlo zůstat větší množství nečistot, které by v případě jejího klasického použití jako motorové směsi vedlo ke korozi motoru. V případě této diplomové práce zbylé nečistoty a voda, mohou být příčinou zkreslení měřených parametrů. Rozšířená nejistota měření je stanovena na  $\pm 1$  °C.





**Obr. 4.13** Oddělování glycerolu ze slunečnicového a řepkové oleje



**Obr. 4.14** Oddělený zbytek glycerolu



**Obr. 4.15** Výstupní materiál – bionafta ze slunečnicového a řepkého oleje

#### 4.2.2 Oxidační stabilita

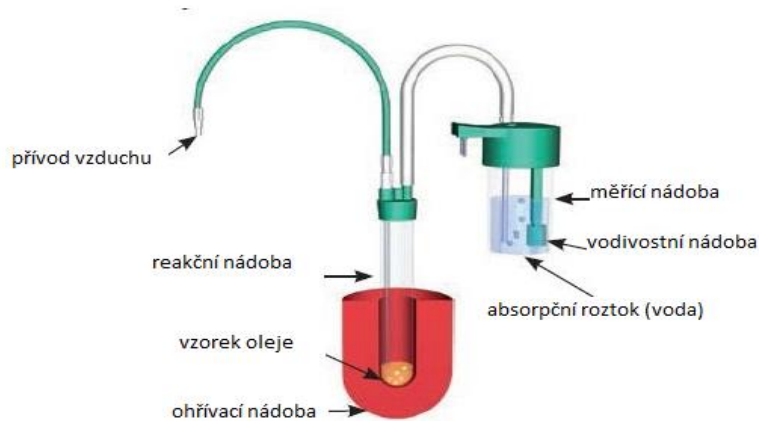
Pro měření oxidační stability se používají pouze činidla zaručené analytické čistoty, destilovaná či demineralizovaná voda.

Vybavení:

- směs tří rozpouštědel – methanol, toluen, aceton v poměru 1:1:1,
- alkalický roztok pro čištění skla,
- 2-propanol,
- laboratorní sklo,
- zařízení pro stanovení oxidační stability.

Zařízení pro stanovení oxidační stability se skládá z:

- vzduchového filtru tvořeného trubicí, která je na svých koncích vybavená filtračním papírem a naplněná molekulárním sítem, které je spojeno se sacím koncem čerpadla,
- membránového čerpadla plynu s nastavitelnou rychlostí průtoku 10 l/hod, v kombinaci s manuálním či automatickým přístrojem pro řízení rychlosti průtoku,
- reakční nádoby tvořené z borosilikátového skla, která je vybavená těsníci uzávěry,
- uzavřené měřicí cely s objemem přibližně 150 ml a trubicí, která zajišťuje přívod plynu,
- elektrody pro měření vodivosti,
- měřicího a záznamového přístroje, které jsou tvořeny zesilovačem a záznamovým zařízením, který slouží k registraci měřeného signálu každé elektrody,
- tyristoru a kontaktního teploměru s teplotním rozsahem od 0 °C do 150 °C,
- topného bloku z hliníkové slitiny,
- certifikovaného, kalibrovaného teploměru nebo článku Pt 100 s teplotním rozsahem 150 °C, oddělený po 0,1 °C,
- odměrného válce či odměrné pipety,
- sušárny,
- propojovací hadice,
- a molekulárního síta.



**Obr. 4.16** Zařízení pro měření oxidační stability

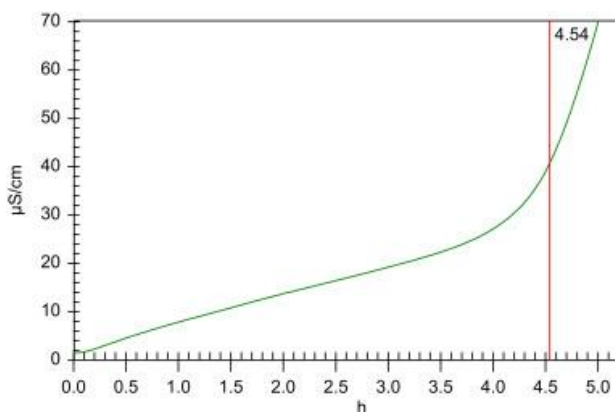
Princip:

Vzorkem vytemperovaným na teplotu 110 °C prochází proud čištěného vzduchu. Během oxidačního procesu vznikají výpary, které společně se vzduchem odchází do lahve s destilovanou či demineralizovanou vodou a s elektrodou pro měření vodivosti. Elektroda

je propojena se záznamovým zařízením. V momentě, kdy se vodivost roztoku rychle zvýší, zařízení zaznamená konec indukční periody. Prudké zvýšení vodivosti je vyvoláno disociací těkavých karboxylových kyselin adsorbovaných ve vodě anebo vytvářených v průběhu oxidace.

Postup:

K přístroji pro měření oxidační stability bylo připojeno membránové čerpadlo plynu a nastaven průtok přesně 10 l za hod. Poté bylo čerpadlo vypnuto a byl zapnut topný blok vytemperovaný na teplotu 110 °C za použití teploměru a tyrositoru. Během zkoušky se udržovala konstantní teplota  $\pm 0,1$  °C. Měřící cela byla naplněna 60 ml destilované vody. Signály elektrod byly nastaveny na 0 hodnotu na záznamovém papíře. Posun papíru byl nastaven na 10 mm/hod a frekvence měření na jeden bod za 30 s. Do rekreační nádoby bylo napipetováno 7,5 g vzorku bionafty, poté se rekreační nádoba zvažila. Následně bylo zapnuto membránové čerpadlo plynu. Díky propojovacím hadicím došlo ke spojení přívodní a odvodní trubice s rekreačními nádobami a měřnými celami. Rekreační nádoba byla uzavřena těsnícím uzávěrem a umístěna do topného bloku. Předchozí dva kroky – zapnutí membránového čerpadla a umístění vzorku do topného bloku – musely být provedeny co nejrychleji, jelikož ihned poté se začal automaticky zaznamenávat čas a údaje na záznamový papír. Měření bylo ukončeno v momentě, kdy signál dosáhl 100 % záznamové stupnice, tzn.  $200 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ .



Obr. 4.17 Křivka oxidační stability

### 4.2.3 Hustota

Vybavení:

- odměrný válec,
- hustoměr,

- vzorek bionafty.

Postup:

Před začátkem měření byl překontrolován hustoměr, zda-li je čistý a nenaleptaný. Do odměrného válce bylo nalito 130 ml vzorku bionafty tak, aby nevznikaly vzduchové bubliny. Poté byl do válce ponořen suchý a čistý hustoměr, po ustálení hladiny byla odečtena teplota ze stupnice. Pomocí výpočetního algoritmu v početní databázi byla přepočítána na hustotu při teplotě 15 °C a zaznamenána do tabulky 5.2.

#### 4.2.4 Kinematická viskozita

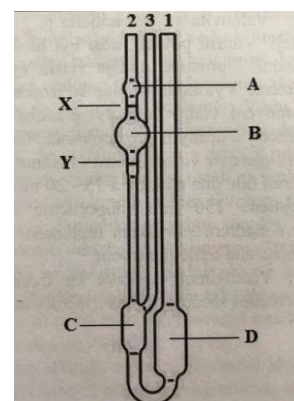
Vybavení:

- přístroj pro měření kinematické viskozity,
- malá kádinka,
- stopky,
- vzorek bionafty.

Postup:

Vzorek bionafty byl nalit trubicí do viskozimetru tak, že jeho hladina v nádobce D – viz obr. 4.18 – byla mezi značkou plnění. V přesně svislé rovině, aby se přístroj nedotýkal stěn, byl ponořen až do místa A do lázně. Po 10–30 minutách, které jsou potřebné k vytemperování vzorku na potřebnou teplotu, bylo zahájeno měření, které se skládalo z následujících kroků:

- ucpat trubicí 3 – pomocí prstu nebo vinylové či pryžové hadice,
- nasát olej nad značku (max. do poloviny baňky A),
- uvolnit otvory trubice 2 a 3 a nechat vzorek volně stékat zpět,
- měřit čas klesání vzorku mezi bodem X a Y,
- zaznamenat čas po průchodu vzorku bodem Y.



**Obr. 4.18** Ubbelohdeho viskozimetr

Měření bylo opakováno 3x pro každý vzorek FAME. Kinematická viskozita byla následně vypočítána pomocí vzorce:

$$v = A \times \tau - \frac{B}{\tau} \quad [\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1} \text{ neboli cSt}] \quad (1)$$

v = kinematická viskozita [ $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  nebo cSt]

A = kalibrační konstanta přístroje

$\tau$  = aritmetický průměr průtokových dob [s]

B = konstanta korekčního členu na kinetickou energii

#### 4.2.5 CFPP = ztráta filtrovatelnosti

Vybavení:

- přístroj pro stanovené bodu tuhnutí,
- míchadlo,
- teploměr,
- tuhý CO<sub>2</sub>,
- vzorek FAME.

Při testování bodu tuhnutí (CFPP) dochází ke stejnoměrnému ochlazování vzorku FAME, který je umístěn v chladicí lázni. Zkumavka se vzorkem o pokojové teplotě 24 °C byla vložena do chladicí lázně společně s teploměrem a uzavřena zátkou. Poté docházelo k ochlazování vzorku pomocí tuhého CO<sub>2</sub>. Jakmile vzorek dosáhl teploty 0 °C, byl po každém snížení teploty o 2 °C vyjmut z chladicí lázně, aby mohlo být zkontrolováno, zda je stále tekutý. Doba pobytu zkumavky mimo chladicí lázeň však nesměla být delší než 3 vteřiny. Díky klesající teplotě docházelo ke snižování pohyblivosti vzorku FAME. Jakmile po vyjmutí zkumavky a jejím naklonění nebyl zaznamenán pohyb, byla zapsána teplota, při které k bodu tuhnutí došlo, viz tabulka 5.4.

#### 4.2.6 Bod vzplanutí

Vybavení:

- mosazný kelímek,
- azbestová síťka,
- plynový kahan,
- stojan s držákem,
- zkušební hořák,
- teploměr,
- vzorek FAME.

Postup:

Mosazný kelímek byl vytřen do sucha, naplněn vzorkem FAME po rysku a byl položen na azbestovou síťku. Do kelímku byl následně ponořen teploměr tak, aby se jeho špička

nedotýkala dna kelímku, ale byla potopená v oleji. Pod mosazným kelímkem byl zapálen kahan a postupně se zvyšovala teplota. Zároveň byl zapálen vedlejší menší hořáček. V momentě, kdy se na povrchu zahřívaného FAME začaly vytvářet páry, bylo zahájeno zkoušení, tzn. vedlejší hořáček byl opatrně přikládán k obvodu mosazného kelímku a byl pozorován okamžik vzplanutí těchto par. V okamžiku vzplanutí par FAME byla zaznamenána teplota. Vzorek znehodnoceného FAME byl zlikvidován a mosazný kelímek schlazen na původní teplotu. Tento postup byl opakován 10x v závislosti na 10 zkušebních vzorcích.

## 5 Výsledky

### 5.1 Oxidační stabilita

Oxidační stabilita je jeden ze základních parametrů, které jsou limitované několika normami. Tento parametr vypovídá o tom, jak je palivo náchylné k degradaci. Udává tedy schopnost paliva předcházet projevům stárnutí za běžných podmínek, mezi které se řadí přístup vlhkosti a vzdušného kyslíku, změna teploty či přístup katalytických kovů, které jsou součástí konstrukčních materiálů. Výše zmíněné vlivy vedou k oxidačnímu rozpadu paliva, při němž vznikají různé složité chemické sloučeniny (např. typu pryskyřic). K oxidaci (stárnutí) paliva může dojít během skladování, nicméně vzhledem k nízké teplotě (5–20 °C) je degradace poměrně pomalá. K dalším fyzikálně-mechanickým přeměnám může docházet přímo v motoru, kde je oxidační proces zrychlen zvýšenou teplotou, která se pohybuje v rozmezí 60–80 °C. V důsledku tohoto typu oxidace pak mohou vznikat nerozpustné usazeniny, které jsou schopné ucpat palivový systém a následně způsobit jeho selhání (Guzman, et al., 2010).

Od roku 2007 vstoupila v platnost povinnost výrobců přidávat do ropných motorových paliv příměs biosložky. V současné době se jedná o 6 % objemových z celkového množství motorové nafty přimíchávané do motorové nafty. Nicméně přídavek biosložek do motorových paliv s sebou nese řadu komplikací, mezi které patří zejména snížení oxidační stability. Toto snížení je způsobeno přítomností dvojných vazeb mezi řetězcí mastných kyselin a také výskytem nečistot (volných mastných kyselin), které se do ní dostávají z výroby. Pro zpomalení nitračních a oxidačních procesů se do paliv s obsahem MEŘO přidává řada antioxidantů, které stabilizují naftu. Mezi tyto antioxidanty se řadí např. trimethylpentat, ethery či tetranitromethan (Hromádka, 2009).

Hladina oxidační stability je pro různé pohonné hmoty definována následujícími normami:

- motorová nafta je definována podle ČSN EN 590,
- FAME (MEŘO) je definováno normou ČSN EN 14 214,
- SMN 30 podle ČSN 65 6508 (Jančářová, 2011).

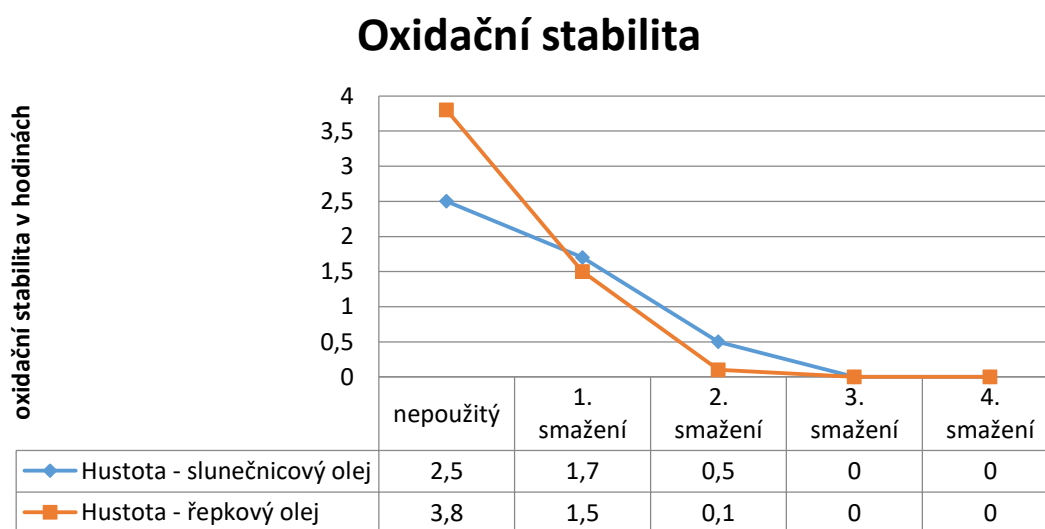
Pro tuto diplomovou práci je nejvýznamnější norma ČSN EN 14 214, která říká, že oxidační stabilita pro rostlinné oleje při 110 °C je minimálně 8 hodin. Z následující tabulky 5.1 a obrázku 5.1 je patrné, že ani jeden ze vzorků FAME vyrobeného ze slunečnicového a řepkového oleje neodpovídá minimální době (tzn. 8 hodin) průběhu

oxidační stability. Nejstabilnější je nepoužitý řepkový olej. Doba, kdy došlo k jeho degradaci, jsou 3,8 hodin, což je méně než půlka stanové normy.

**Tabulka 5.1** Oxidační stabilita vzorků bionafty ze slunečnicového a řepkového oleje v hodinách

Druh oleje	Oxidační stabilita v hodinách
<b>Slunečnicový olej nepoužitý</b>	2,5
<b>Slunečnicový olej 1x použitý</b>	1,7
<b>Slunečnicový olej 2x použitý</b>	0,5
<b>Slunečnicový olej 3x použitý</b>	-
<b>Slunečnicový olej 4x použitý</b>	-
<b>Řepkový olej nepoužitý</b>	3,8
<b>Řepkový olej 1x použitý</b>	1,5
<b>Řepkový olej 2x použitý</b>	0,1
<b>Řepkový olej 3x použitý</b>	-
<b>Řepkový olej 4x použitý</b>	-

Z výsledků zaznamenaných na obr. 5.1 vyplývá, že použití samotného FAME by způsobilo rychlou degradaci paliva, a tím pádem rychlejší opotřebení motoru, stejně tak příměs biosložky do motorové nafty má nepříznivý vliv na rychlejší průběh stárnutí paliva. Tato negativa mohou být zčásti odbourána přidavkem antioxidantů, která jsou schopná degradaci paliv oddálit.



**Obr. 5.1** Průběh oxidační stability u bionafty ze slunečnicového a řepkového oleje



## 5.2 Hustota

Hustota paliva se stanovuje na základě normy ČSN EN 14 214 zkušební metodou ČSN EN ISO 3675 při teplotě 15 °C. Hustota je jeden z nejdůležitějších technických parametrů paliv. Příliš lehká paliva, tzn. paliva s nízkou hustotou, jsou příčinou horší mazivosti. Naopak těžké nafty s vysokou hustotou způsobují kouření motoru, kvůli kterému se pak do ovzduší vypouští větší množství emisí.

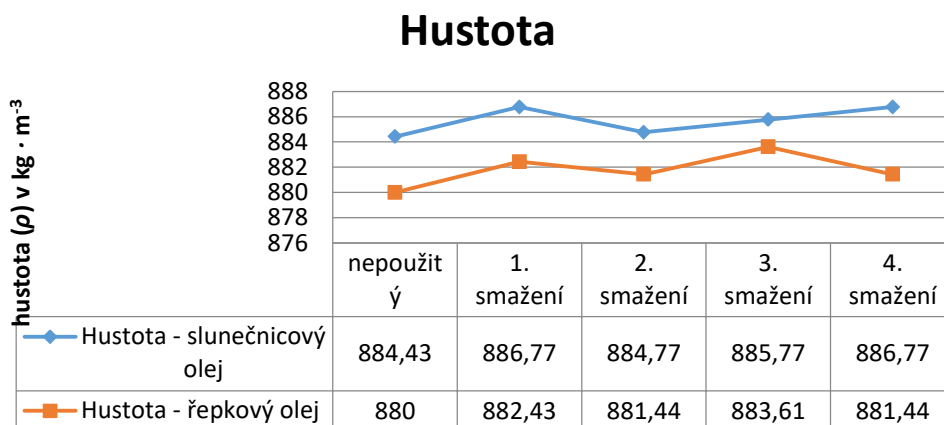
V případě této diplomové práce byl vzorek vytemperován na teplotu 23,5 °C a následně pomocí výpočetního algoritmu přepočítán na hustotu při teplotě 15 °C a zaznamenán do následující tabulky 5.2.

**Tabulka 5.2** Hustota vzorků bionafty při teplotě 15 °C

Druh oleje	Hustota v $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ při teplotě 15 °C
<b>Slunečnicový olej nepoužitý</b>	884,43
<b>Slunečnicový olej 1x použitý</b>	886,77
<b>Slunečnicový olej 2x použitý</b>	884,77
<b>Slunečnicový olej 3x použitý</b>	885,77
<b>Slunečnicový olej 4x použitý</b>	886,77
<b>Řepkový olej nepoužitý</b>	880,00
<b>Řepkový olej 1x použitý</b>	882,43
<b>Řepkový olej 2x použitý</b>	881,44
<b>Řepkový olej 3x použitý</b>	883,61
<b>Řepkový olej 4x použitý</b>	881,44

Výsledky byly vyhodnocovány podle normy ČSN EN 14 214, která stanovuje mezní hodnoty hustoty FAME při teplotě 15 °C. Minimální mezní hodnota je  $860 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ , maximální mezní hodnota pro stejný typ paliva je  $900 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Z obr. 5.2 vyplývá, že všechny vzorky odpovídají hodnotám normy. Z toho je možné usoudit, že přepalování na tento palivářský parametr nemá významný vliv.



**Obr. 5.2** Hustota vzorků bionafty ze slunečnicového a řepkového oleje

### 5.3 Kinematická viskozita

Během stanovení viskozity je měřena doba, za kterou proteče stanovené množství zkušební vzorku kapilárou kalibrovaného Ubbelohdeho viskozimetru za předem stanovené teploty.

V případě této diplomové práce byla viskozita zkušebních vzorků stanovována při teplotě 40 °C pomocí Ubbelohdeho viskozimetru (viz obr. 5.3).



**Obr. 5.3** Ubbelohdeho viskozimetr pro stanovení viskozity zkušebních vzorků bionafty ze slunečnicového a řepkového oleje

Viskozita se stanovuje na základě normy ČSN EN ISO 3104 – Ropné výrobky – při teplotě 40 °C. Mezní hodnoty viskozity pro methylester řepkového oleje jsou podle výše zmíněné normy stanoveny v rozmezí 3,50–5,00 mm<sup>2</sup> · s<sup>-1</sup>.

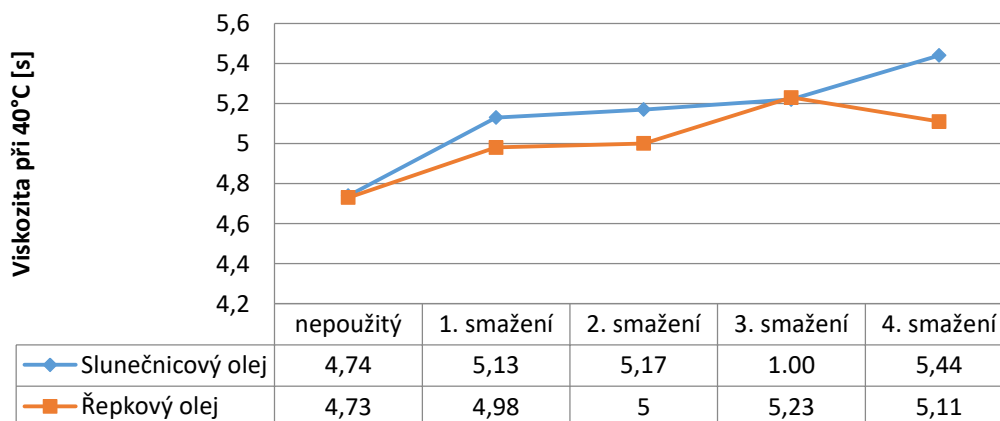
**Tabulka 5.3** Viskozita vzorků bionafty při teplotě 40 °C

Olej	Viskozita při 40 °C [s]
<b>Slunečnicový olej čistý</b>	4,74 mm <sup>2</sup> · s <sup>-1</sup>
<b>Slunečnicový olej 1. smažení</b>	5,13 mm <sup>2</sup> · s <sup>-1</sup>
<b>Slunečnicový olej 2. smažení</b>	5,17 mm <sup>2</sup> · s <sup>-1</sup>
<b>Slunečnicový olej 3. smažení</b>	5,23 mm <sup>2</sup> · s <sup>-1</sup>
<b>Slunečnicový olej 4. smažení</b>	5,44 mm <sup>2</sup> · s <sup>-1</sup>
<b>Řepkový olej čistý</b>	4,73 mm <sup>2</sup> · s <sup>-1</sup>
<b>Řepkový olej 1. smažení</b>	4,98 mm <sup>2</sup> · s <sup>-1</sup>
<b>Řepkový olej 2. smažení</b>	5,00 mm <sup>2</sup> · s <sup>-1</sup>
<b>Řepkový olej 3. smažení</b>	5,23 mm <sup>2</sup> · s <sup>-1</sup>
<b>Řepkový olej 4. smažení</b>	5,11 mm <sup>2</sup> · s <sup>-1</sup>

Z naměřených hodnot vyplývá, že v rozmezí normy se pohybují vzorky čistého řepkového oleje a vzorky řepkového oleje, které byly vystaveny prvnímu a druhému smažení. Z výsledků přepalování slunečnicového oleje je patrné, že v rámci norm se pohybuje pouze nepoužitý slunečnicový olej.

Na základě těchto výsledků může být stanoveno, že v případě viskozity bionafty vyrobená z cíleně pěstované biomasy má příznivější technické parametry než bionafta vyrobená z odpadních zdrojů surovin, tzn. větší počet přepalování olejů způsobuje zvyšování viskozity. Nicméně z tabulky 5.3 a ob. 5.4 vyplývá, v případě řepkového oleje se v rámci normy pohybovaly vzorky, jež byly vystaveny až dvojnásobnému přepálení. Z toho lze usoudit, že řepkový olej je vhodný pro výrobu FAME i z odpadních zdrojů, kdežto v případě slunečnicového oleje by se pro její výrobu měla používat pouze cíleně pěstovaná biomasa.

### Kinematická viskozita



**Obr. 5.4** Kinematická viskozita u vzorků bionafty ze slunečnicového a řepkového oleje

## 5.4 CFPP

Ztráta filtrovatelnosti, označovaná také jako CFPP, vyjadřuje nejvyšší teplotu zkušební vzorku, za které vzorek nedokáže projít filtračním zařízením. Toto měření může být rozděleno na 3 části:

- 1) bod zákalu – teplota, při které dojde k tvorbě bílého zakalení (u motorové nafty označováno jako TVP = teplota vylučování parafínů),
- 2) ztráta filtrovatelnosti (CFPP) je teplota, při které je palivo stále v kapalném stavu, ale už není průchozí přes palivový filtr,
- 3) bod tuhnutí – teplota, při které palivo zamrzne.

Pro tuto diplomovou práci bylo podstatné stanovit bod zákalu a ztrátu filtrovatelnosti. Pro stanovení těchto palivářských parametrů byl použit přístroj na obrázku 5.5, na němž byly naměřené hodnoty zapsané v tabulce 5.4 a znázorněny na obr. 5.6.



Obr. 5.5 Přístroj pro měření CFPP

Tabulka 5.4 Bod tuhnutí vzorků bionafty ze slunečnicového a řepkového oleje

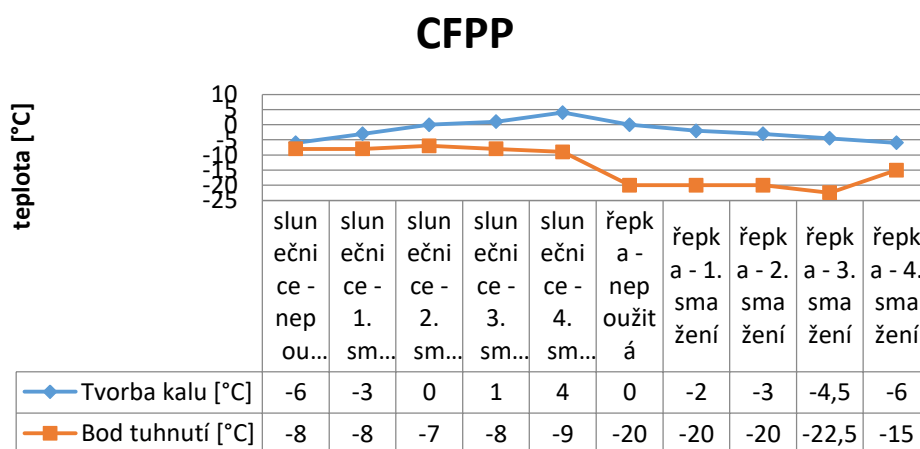
Druh oleje	Tvorba kalu (°C)	Bod tuhnutí (°C)
<b>Slunečnicový olej nepoužitý</b>	-6 °C	-8 °C
<b>Slunečnicový olej 1x použitý</b>	-3 °C	-8 °C
<b>Slunečnicový olej 2x použitý</b>	0 °C	-7 °C
<b>Slunečnicový olej 3x použitý</b>	1 °C	-8 °C
<b>Slunečnicový olej 4x použitý</b>	4 °C	-9 °C
<b>Řepkový olej nepoužitý</b>	0 °C	-20 °C
<b>Řepkový olej 1x použitý</b>	-2 °C	-20 °C
<b>Řepkový olej 2x použitý</b>	-3 °C	-20 °C
<b>Řepkový olej 3x použitý</b>	-4,5 °C	-22,5 °C
<b>Řepkový olej 4x použitý</b>	-6 °C	-15 °C

Z tabulky 5.4 vyplývá, že vzorky rostlinných olejů se pohybují v rámci normy ČSN EN 14 214, která stanovuje mezní hodnoty FAME v podmínkách mírného a arktického podnebí. Vzorky slunečnicového oleje odpovídají rozmezí hodnot FAME pro mírné klima, třídy A–C. Z těchto výsledků vyplývá, že FAME ze slunečnicového oleje není vhodným typem paliva, které by mělo být využíváno v zimních období, protože ztráta filtrovatelnosti nastává při relativně vysokých teplotách, okolo -8 °C.

V případě řepkového oleje naměřené hodnoty v diplomové práci odpovídají mezním hodnotám FAME pro mírné klima s výjimkou třikrát přepáleného oleje, který odpovídá rozmezí mezních hodnot pro arktické klima – konkrétně třídě 0 a třídě 1. Řepkový olej, který byl vystaven největšímu počtu přepalování, odpovídá mezní hodnotě třídy E, tzn. -15 °C.

Při porovnání výsledků CFPP u slunečnicového a řepkového oleje je patrné, že FAME vyrobené z řepkového oleje má příznivější hodnoty ztráty filtrovatelnosti. Jeho využívání v zimním období je rozhodně efektivnější. Obzvláště za předpokladu přidání aditiv, zejména depresantů. Předem stanovené množství aditiv je do pohonných hmot přimícháváno už v rafinerii, nicméně do paliv mohou být přidávána i tzv. povýrobní aditiva, z nichž nejdůležitější jsou antioxidanty, které zabezpečují zpomalení stárnutí a zlepšují stabilitu paliva.

Na základě získaných poznatků může být konstatováno, že v případě slunečnicového oleje nemá přepalování významný vliv na ztrátu filtrovatelnosti. U řepkového oleje byly výsledky příznivé a relativně shodné až do čtvrtého přepálení. Z toho lze usoudit, že v tomto parametru se cíleně pěstovaná biomasa vyrovná materiálům z odpadních zdrojů.



**Obr. 5.6** CFPP u vzorků bionafty ze slunečnicového a řepkového oleje

## 5.5 Bod vzplanutí

Bod vzplanutí je nejnižší teplota zkušební vzorku, při které za pomoci zápalného zařízení dojde ke vzplanutí par vzorku a při které se plamen rozšíří po celé jeho ploše a následně dojde k jeho okamžitému uhašení. Naměřená nejnižší teplota, při které dojde ke vzplanutí, musí být přepočítána na standardní atmosférický tlak 101,3 kPa pomocí rovnice:

$$T_C = T_0 + 0,25 \times (101,3 - p) \quad (2)$$

Přičemž:

$T_C$  = bod vzplanutí

$T_0$  = bod vzplanutí vyjádřen ve °C

$P$  = okolní atmosférický tlak vyjádřen v kPa

**Tabulka 5.5** Bod vzplanutí u vzorků bionafty ze slunečnicového a řepkového oleje

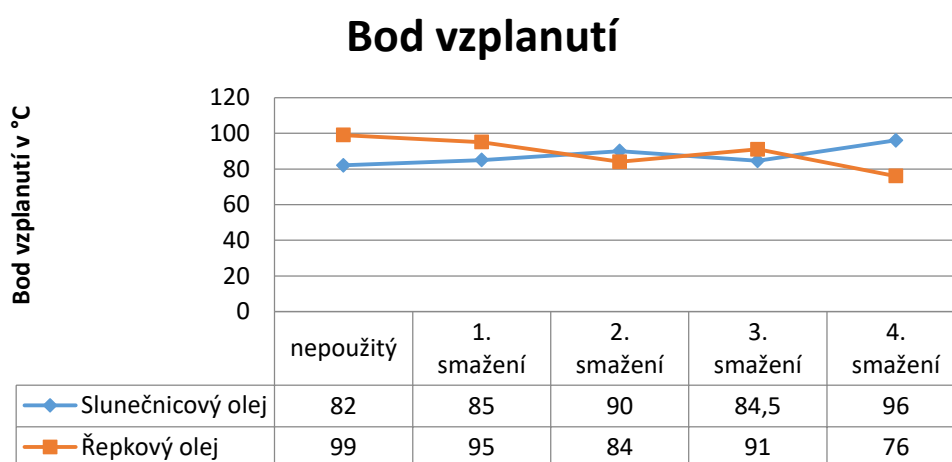
Druh oleje	Bod vzplanutí
<b>Slunečnicový olej nepoužitý</b>	82 °C
<b>Slunečnicový olej 1x použitý</b>	85 °C
<b>Slunečnicový olej 2x použitý</b>	90 °C
<b>Slunečnicový olej 3x použitý</b>	84,5 °C
<b>Slunečnicový olej 4x použitý</b>	96 °C
<b>Řepkový olej nepoužitý</b>	99 °C
<b>Řepkový olej 1x použitý</b>	95 °C
<b>Řepkový olej 2x použitý</b>	84 °C
<b>Řepkový olej 3x použitý</b>	91 °C
<b>Řepkový olej 4x použitý</b>	76 °C

K vyhodnocování výsledků byla použita norma ČSN EN 14 214, která stanovuje minimální mezní hodnotu 101 °C, která odpovídá IV. třídě nebezpečnosti paliv. Z tabulky 5.5 a obr. 5.7 je patrné, že této teploty nedosahuje žádný ze vzorků, jež byly v diplomové práci použity. Vzhledem ke kategorizaci tříd nebezpečnosti paliv, by se tato paliva řadila do třídy III, která určuje, že skladování takových látek musí probíhat v rozmezí teplot 55–100 °C.

**Tabulka 5.6** Rozdělení tříd nebezpečnosti paliv podle bodu vzplanutí (zdroj: Drahotský a Saradín, 2009)

I. třída nebezpečnosti	teplota vzplanutí do 21 °C
II. třída nebezpečnosti	teplota vzplanutí nad 21 °C do 55 °C
III. třída nebezpečnosti	teplota vzplanutí nad 55 °C do 100 °C
IV. třída nebezpečnosti	teplota vzplanutí nad 100 °C do 250 °C

Možnou příčinou poklesu bodu vzplanutí pod uvedenou teplotní normu 101 °C u vyrobeného FAME v této diplomové práci by mohl být pozůstatek methanolu, který ve výrobním procesu bionafty nebyl odstraněn.



**Obr. 5.7** Bod vzplanutí vzorků bionafty ze slunečnicového a řepkového oleje

## 6 Diskuze

Problematika biopaliv je velmi citlivé téma. Vzhledem ke skutečnosti, že roku 2007 vstoupila v platnost povinnost výrobců, kteří uvádí do volného daňového oběhu na daňovém území České republiky přidávat do ropných pohonných hmot příměs biosložky, je skutečně nezbytné hledat nejlepší způsoby, jak biopaliva vyrábět. V roce 2007 tato povinnost představovala 2 % objemových z celkového množství motorové nafty přimíchaných do motorové nafty. V roce 2009 se jednalo o 4,5 % objemových z celkového množství motorové nafty přimíchávané do motorové nafty. V současné době se povinnost zvýšila dokonce na 6 % objemových z celkového množství motorové nafty přimíchávané do motorové nafty. Bečvářová 2008 dále uvádí, že výrobce dále musí dodržet hodnoty normy ČSN EN 590, která stanovuje, že maximální obsah FAME v motorové naftě může být 7 % v případě výroby z cíleně pěstované biomasy a 4 % biosložky vyrobené z odpadních zdrojů. Pokuty za nedodání jednoho litru biopaliva do motorové nafty se pohybují okolo 1,5 eur.

V případě motorového paliva SMN 30 může být obsah MEŘO maximálně 30 % objemových. Vyšší příměs MEŘO do motorové nafty by způsobila rychlejší zanášení filtru, tvorbu kalů a šlemů v palivovém systému, polymerizaci motorového oleje a celkové poškození motoru.

Murtinger a Beranovský (2008) uvádí několik výhod směsi motorové nafty a methylesteru, mezi které patří:

- nižší teplota výfukových plynů, díky které se snižuje tepelné zatížení motoru,
- bionafta má nižší kouřivost, způsobuje tedy nižší opotřebení motoru a díky vysoké mazačské schopnosti prodlužuje životnost vstřikovacího systému a jeho součástí,
- bionafta hoří lépe než normální nafta, motor má tak měkčí a tišší chod a celkově nižší hodnoty emisí,
- bionafta má příznivou hodnotu cetanového čísla.

Tato diplomová práce představuje zhodnocení významných palivářských parametrů FAME, které podstatně ovlivňují chod motoru a životní prostředí. Hromádko et al. (2010) publikovali, že biopaliva během procesu spalování do ovzduší uvolní stejné množství CO<sub>2</sub>, které během svého růstu spotřebují rostliny využívané pro jejich tvorbu.

V diplomové práci bylo deset vzorků bionafty podrobováno laboratornímu zkoušení. Vzorky byly testovány na oxidační stabilitu, hustotu, kinematickou viskozitu, ztrátu filtrovatelnosti a bod vzplanutí.



Oxidační stabilita je jeden z významných parametrů, který vypovídá o tom, jak je palivo náchylné k degradaci. Mužíková (2013) uvádí, že palivo je v období od výroby až k procesu řízené oxidace ve spalovací komoře vystavováno procesu stárnutí.

Minimální hodnota oxidační stability pro FAME je stanovena na 8 hodin. Za předpokladu, že FAME splňuje požadavky normy na minimální délku oxidační stability, je možné směsnou motorovou naftu skladovat až tři měsíce. Bohužel žádný ze vzorků FAME použitých v této diplomové práci se minimálně hodnotě ani nepřiblížil. Z výsledků naměřených hodnot tudíž vyplývá, že směsné palivo vyrobené smísením motorové nafty a tohoto FAME by mohlo být skladováno kratší dobu, zhruba jeden měsíc. Nicméně hodnota oxidační stability by mohla být zlepšena přidávkem aditiv.

Hustota je jeden z nejvýznamnějších technických parametrů paliv. Vlček (2004) uvádí, že vyšší hustota paliv způsobuje zhoršený průchod paliva palivovým systémem, což je příčinou většího opotřebení vysokotlakého čerpadla a vstřikovacích trysek. Díky tomuto opotřebení by nevznikal dokonalý aerosol, částice by byly větší a byly by náchylnější k nedokonalému spalování, díky kterému by mohlo do ovzduší unikat více emisí. Naopak příliš lehká paliva, tzn. paliva s nízkou hustotou, představují zvýšené riziko opotřebení palivového systému a motoru. Z naměřených hodnot vyplývá, že všechny vzorky FAME vyrobené ze slunečnicového i řepkového oleje použité v diplomové práci odpovídají hodnotám normy ČSN EN 14 214. Tzn., že použití ani jednoho z nich by nezpůsobilo poškození palivových částí, ani by výrazně nepřispělo ke znečištění ovzduší způsobené vyšším podílem emisí skleníkových plynů.

Hönig (2016) uvádí, že významným palivářským parametrem, který úzce souvisí s hustotou, je viskozita. Z výsledků měření v diplomové práci je patrné, že v případě viskozity bionafta vyrobená z cíleně pěstované biomasy má příznivější technické parametry než bionafta vyrobená z odpadních zdrojů surovin, tzn. větší počet přepalování olejů způsobuje zvyšování viskozity. Nicméně z výsledků měření vyplývá, že v případě řepkového oleje se v rámci normy pohybovaly vzorky, jež byly vystaveny až dvojnásobnému přepálení. Z toho lze usoudit, že řepkový olej je vhodný pro výrobu FAME i z odpadních zdrojů, kdežto v případě slunečnicového oleje by se pro její výrobu měla používat pouze cíleně pěstovaná biomasa.

Ztráta filtrovatelnosti vyjadřuje nejvyšší teplotu zkušební vzorku, za které vzorek nedokáže projít filtračním zařízením. V praxi by to znamenalo ucpání palivového filtru, což by vedlo ke ztrátě provozu schopnosti. Při porovnání výsledků CFPP u slunečnicového

a řepkového oleje je patrné, že FAME vyrobené z řepkového oleje má příznivější hodnoty ztráty filtrovatelnosti. Jeho využívání v zimním období je rozhodně efektivnější. Obzvláště za předpokladu přidání aditiv, zejména depresantů, viz Höning (2016). Z naměřených výsledků lze usoudit, že v tomto parametru se cíleně pěstovaná biomasa vyrovná materiálům z odpadních zdrojů.

Bod vzplanutí je velmi významný bezpečnostní parametr. Matějovský (2005) uvádí, že nejčastější příčinou snížení bodu vzplanutí u motorové nafty je smíchání nafty se zbytky benzínu. Obsah 1 % benzínu v motorové naftě může způsobit snížení bodu vzplanutí až o 20 °C. Přítomnost benzínu může ovlivnit i další parametry jako cetanové číslo, mazivost či viskozitu. K tomuto smíchání nejčastěji dochází při skladování či přepravě paliva v cisterně, ve které zůstaly zbytky benzínu. Nicméně benzín je vysoce těkavý, tzn., že při nízkých koncentracích žádná rizika nehrozí.

Jak již bylo uvedeno v této diplomové práci byl postup výroby FAME lehce upraven, a to v souvislosti s neodpařením vody a odstranění methanolu, které ve vyrobené bionaftě zůstaly. Právě přítomnost vody může být příčinou poklesu bodu vzplanutí. Naměřené hodnoty vzorků FAME v diplomové práci odpovídají hodnotám bezpečností třídy III., která uvádí, že takové látky je nutné skladovat při teplotách v rozmezí 55–100 °C.

Rozhodnutí, zda je výhodnější vyrábět biopaliva z cíleně pěstované biomasy či z odpadních materiálů je velmi obtížné. Oba typy výroby mají svá pozitiva i negativa. Výroba biopaliv z odpadních zdrojů je výhodná jak z ekologického, tak ekonomického hlediska. Výkupem použitých olejů dochází k redukci odpadů, které by musely projít kanalizačním systémem a následně by musely být vyčištěné v čistírnách odpadních vod. Ekologický aspekt využívání odpadních zdrojů je podpořen i ekonomicky. V dnešní době na trhu existuje řada firem, které se výkupem použitých olejů (zejména z potravinářského průmyslu) zabývají. Firmám za něj nabízí odměnu buďto přímo ve formě peněz, anebo peněžních poukázek na nákup nového čistého materiálu.

Na druhou stranu biopaliva vyrobená z cíleně pěstované biomasy měla v řadě technických palivářských parametrů lepší hodnoty. Zejména se jednalo o oxidační stabilitu, která je velmi důležitá. Příznivější výsledky se dále ukázaly v parametru hustoty a kinematické viskozity. Z těchto výsledků lze usoudit, že stále existuje řada komplikací, které bude nezbytné do budoucna vyřešit.

## 7 Závěr

Základní složky životního prostředí – voda, půda, vzduch – jsou nejdůležitějšími parametry pro zajištění života na Zemi. To, jakým způsobem se k těmto složkám přistupuje, ve velké míře ovlivňuje kvalitu lidských životů.

Jednou z nejvýznamnějších složek životního prostředí je ovzduší. Vdechovaný vzduch a veškeré částice, které jsou jeho součástí, se dostávají do lidského organismu a přímo tak ovlivňují zdraví a kvalitu života. Z těchto důvodů je ochraně ovzduší věnována velká pozornost.

Fenoménem posledních dvou století byla ropa a doprava, které mají významný vliv na vývoj a spotřebu paliv. Zvyšující se spotřeba energií je v dnešní době jedna z hlavních problematik vyspělých států. S ohledem na blížící se vyčerpání fosilních zdrojů paliv a ochraně životního prostředí bylo nezbytné přistoupit k hledání alternativních zdrojů energií.

Dalším důležitým aspektem pro zavádění alternativních paliv byla i ochrana životního prostředí.

Výroba a spotřeba biopaliv se v posledních několika letech výrazně zvýšila. Produkce bionafty stoupla z 1 000 000 m<sup>3</sup> na téměř až 11 000 000 m<sup>3</sup>. Významným podílem se na její výrobě podílela Evropská unie, a to až z 60 %.

V několika posledních desítkách let je vytvářena snaha o využívání i odpadních zdrojů materiálů, které by napomohly řešení několika problematických oblastí. V první řadě se jedná o zemědělství. Pokud by se využívaly odpadní zdroje rostlinných olejů, nároky na pěstování řepky olejky by nebyly tak vysoké. Pro řadu oblastí a zemědělských podniků by tato úleva představovala zvýšenou možnost dodržet správný osevní postup a řepku vysévat skutečně jen jednou za čtyři roky, a tím nezatěžovat životní prostředí. Využívání odpadních zdrojů materiálů by zároveň napomohlo odpadovému hospodářství. Tímto způsobem likvidace živočišných a rostlinných tuků by se výrazně ulevilo čistírenskému procesu (zejména v případě tuků vylévaných do kanalizací). K tomu všemu přispívá i fakt, že v dnešní době na trhu existuje řada firem, které se výkupem použitých tuků zabývá.

Oblast biopaliv je velmi kontroverzní téma, na které je pohlíženo často odlišnými způsoby. Problematika biopaliv zahrnuje mnoho dalších odvětví, kterých se přímo či nepřímo dotýká. Patří sem aspekty ekologické, ekonomické, zemědělské, chemické, jakostní, technické a samozřejmě politické. Před užitím biopaliv je nezbytné definovat, za jakých podmínek a kde se budou využívat. Velmi významným parametrem jsou samozřejmě konstrukční vlastnosti motorů.

Využívání biopaliv s sebou nese řadu pozitiv, jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách diplomové práce, konkrétně jde převážně o pozitivní dopad v oblasti ekologie, zemědělství a ekonomiky. Nicméně z výsledků této diplomové práce vyplývá i řada komplikací, které musí být brány v potaz a které by se do budoucna měly odstranit či eliminovat.

## 8 Seznam obrázků

- Obr. 3.1 Možnosti energetického využití biomasy
- Obr. 3.2 Anaerobní fermentace organických látek (zjednodušené schéma)
- Obr. 3.3 Způsob zpracování rostlinných olejů pro tvorbu bionafty
- Obr. 3.4 Výnos řepky v letech 2005–2017
- Obr. 3.5 Osevní plocha řepky v letech 2005–2017
- Obr. 4.1 Vstupní rostlinný materiál – slunečnicový a řepkový olej
- Obr. 4.2 Nepoužitý slunečnicový olej
- Obr. 4.3 Slunečnicový olej 1x použitý
- Obr. 4.4 Slunečnicový olej 2x použitý
- Obr. 4.5 Slunečnicový olej 3x použitý
- Obr. 4.6 Slunečnicový olej 4x použitý
- Obr. 4.7 Nepoužitý řepkový olej
- Obr. 4.8 Řepkový olej 1x použitý
- Obr. 4.9 Řepkový olej 2x použitý
- Obr. 4.10 Řepkový olej 3x použitý
- Obr. 4.11 Řepkový olej 4x použitý
- Obr. 4.12 Oddělování destilované vody z řepkového oleje
- Obr. 4.13 Oddělování glycerolu ze slunečnicového a řepkového oleje
- Obr. 4.14 Oddělený zbytek glycerolu a) ze slunečnicového oleje a b) z řepkového oleje
- Obr. 4.15 Výstupní materiál – bionafta ze slunečnicového a řepkového oleje
- Obr. 4.16 Zařízení pro měření oxidační stability
- Obr. 4.17 Křivka oxidační stability
- Obr. 4.18 Ubbelohdeho viskozimetr
- Obr. 5.1 Průběh oxidační stability u bionafty ze slunečnicového a řepkového oleje
- Obr. 5.2 Hustota vzorků bionafty ze slunečnicového a řepkového oleje
- Obr. 5.3 Ubbelohdeho viskozimetr pro stanovení viskozity zkušebních vzorků bionafty ze slunečnicového a řepkového oleje
- Obr. 5.4 Kinematická viskozita u vzorků bionafty ze slunečnicového a řepkového oleje
- Obr. 5.5 Přístroj pro měření CFPP
- Obr. 5.6 CFPP u vzorků bionafty ze slunečnicového a řepkového oleje
- Obr. 5.7 Bod vzplanutí vzorků bionafty ze slunečnicového a řepkového oleje

## 9 Seznam tabulek

Tabulka 3.1 Obsah vybraných prvků v ropě

Tabulka 3.2 Nafty pro mírné klima

Tabulka 3.3 Nafty pro arktické klima

Tabulka 3.4 Energetické a růstové parametry různých druhů rostlinné biomasy

Tabulka 3.5 Výnosy z pěstování vybraných rostlin

Tabulka 3.6 Spektra mastných kyselin a podíl volných mastných kyselin v surovinách k výrobě bionafty

Tabulka 3.7 Produkce FAME/MEŘO a HVO v 1000 t

Tabulka 3.8 Národní cíl pro rok 2020 a odhadovaný vývoj energie z OZE v dopravě

Tabulka 4.1 Průběh smažení různých druhů surovin ve slunečnicovém oleji

Tabulka 4.2 Průběh smažení různých druhů surovin v řepkovém oleji

Tabulka 5.1 Oxidační stabilita vzorků bionafty ze slunečnicového a řepkového oleje

Tabulka 5.2 Hustota vzorků bionafty při teplotě 15 °C

Tabulka 5.3 Viskozita vzorků bionafty při teplotě 40 °C

Tabulka 5.4 Bod tuhnutí vzorků bionafty ze slunečnicového a řepkového oleje

Tabulka 5.5 Bod vzplanutí u vzorků bionafty ze slunečnicového a řepkového oleje

Tabulka 5.6 Rozdělení tříd nebezpečnosti paliv podle bodu vzplanutí

## 10 Seznam zkratek

CFPP = ztráta filtrovatelnosti

Co-Mo = kobalto molybdenové katalyzátory

ČSN = česká technická norma

ČSN EN = evropská norma převzatá do národního systému norem České republiky

E85 = palivo tvořené 85 % ethanolu (pro zážehové motory)

E95 = palivo tvořené 95 % ethanolu (pro vznětové motory)

EU = Evropská unie

FAME = estery mastných kyselin (fat acids methylesters)

HVO = bezkyslíkatá bionafta

MEŘO = methylester řepkového oleje

MPa = mega pascal

NaOH = hydroxid sodný

Ni-Mo = nikl molybdenové katalyzátory

OZE = obnovitelné zdroje energie

SMN30 = směsná motorová nafta, minimálně 30 % MEŘO

MK = mastná kyselina

kPa = kilopascal

μS = mikrosiemens

MK = mastná kyselina

HVO = bionafta bez obsahu kyslíku

MJ = megajoule

GJ = gigajoule

## 11 Použitá literatura

Augusta, P., Dufková, M., Hrůza, J., Malínský, J., Marek, J., Opplová, M., Štoll, I., Tůma, J. 2001. Velká kniha o energii. L.A. Consulting Agency. Praha. 384 s. ISBN: 80-238-6578-1.

Baranyk, P., Kazda, J. 2005. Řepka olejka v českém zemědělství. Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin. Praha. 161 s. ISBN: 80-903464-3-X.

Bart J. C. J., Palmeri N., Cavallaro S. 2010. Biodiesel science and technology: From soil to oil. Oxford: Woodhead. p. 158. ISBN 978-18-45695-91-0.

Bečvářová, V. 2005. Podstata a ekonomické souvislosti formování agrobiznisu. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. Brno. 62 s. ISBN: 80-7375-255-2.

Bečvářová, V. 2008. Vývoj českého zemědělství v evropském kontextu. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická škola. 62 s. ISBN: 978-80-7375-255-2.

Benda, V., Doležalová, H., Dušička, P., Hanslian, D., Jevič, P., Matuška, T., Myslíl, V., Pastorek, Z., Stupavský, V., Šejvl, R., Šrefl, J., Šulek, P. 2012. Obnovitelné zdroje energie. Profi Press s.r.o. Praha. 208 s. ISBN: 978-80-86726-48-9.

Bezergianni S. 2013. Catalytic hydroprocessing of liquid biomass for biofuels production. In Liquid, gaseous and solid biofuels - conversion techniques, (Fang Z. ed.). p. 299. ISBN 978-953-51-1050-7.

Bezergianni, S., Dimitriadis, A., Sfetsas, T., Kalogianni, A. 2010. Hydrotreating of waste cooking oil for biodiesel production. Part II: Effect of temperature on hydrocarbon composition. Bioresource Technology. 101 (19). 7658.

Crocker, M. 2010. Thermochemical Conversion of Biomass to Liquid Fuels and Chemicals. Royal Society of Chemistry. p. 532. ISBN: 978-18-49730-35-8.

Choi, C., Bower, G., Reitz, R. 1997. Effects of Biodiesel Blended Fuels and Multiple Injections on D. I. Diesel Engines, University of Wisconsin-Madison. Society of Automotive Engineers, Warrendale. ISBN: 1-56091-959-0.

ČSN 65 6508 (656508). Motorová paliva – Směsné motorové nafty obsahující methylestery mastných kyselin (FAME) – Technické požadavky a metody zkoušení. 2013. 12 s.

ČSN EN 14214+A1 (656507). Kapalné ropné výrobky – Methylestery mastných kyselin (FAME) pro vznětové motory a topné oleje – Technické požadavky a metody zkoušení. 2014. 24 s.

ČSN EN 14274 (656502). Motorová paliva – Hodnocení kvality automobilového benzínu a motorové nafty – Systém monitorování kvality paliv. 2013. 24 s.

ČSN EN 590+A1 (656506). Motorová paliva – Motorové nafty – Technické požadavky a metody zkoušení. 2018. 20 s.



- Djebbar, T., Erle, C. D. 2012. Petrophysics Theory and Practice of measuring Reservoir Rock and Fluid Transport Properties. Gulf Professional Publishers. Boston. p. 950. ISBN: 978-0-12-383848-3.
- Donnis, B., Egeberg, R. G., Blom, P., Knudsen, K. G. 2009. Hydroprocessing of bio-oils and oxygenates to hydrocarbons. Understanding the reaction routes. *Catalysis*. 52 (3). 229.
- Drahotský, I., Šaradín, P. 2009. Dopravní politika. Univerzita Pardubice. Pardubice. 127 s. ISBN: 80-7194-5110.
- Fábry, A. 2005. Řepka v měnícím se světě a dopad na českého pěstitele, sborník referátů z 22. vyhodnocovacího semináře „Systém výroby řepky“. SPZO s.r.o. Praha. 385 s. ISBN: 80-903464-6-4.
- Guzman, A., Torres, J. E., Prada, L. P., Nuñez, M. L. 2010. Hydroprocessing of crude palm oil at pilot plant scale. *Catalysis Today*. 156 (1 – 2). 38.
- Hönig, V., Strouhal, J., Linhart, Z. 2016. Biodiesel from Waste Animal Fat: Efficient Fuel of the Future? *Springer US*. 4 (22). 465-466.
- Hromádko, J. 2009. Ekonomická analýza uplatnění biopaliv v podmínkách České republiky. *Ekonomická revue: Central European Review of Economic Issues*. 12 (2). 61-68.
- Hromádko, J. 2012. Speciální spalovací motory a alternativní pohony. Grada. Praha. 160 s. ISBN: 978-80-247-4455-1.
- Hromádko, J., Hönig, V., Hromádko, J., Miler, P., Krupička, J. 2010. Analýza škodlivých emisí vznětového motoru při provozu na rostlinný olej. *Chemagazín*. 20 (1). 18-20.
- Hromádko, J., Miler, P., Hönig, V., Štěrba, P. 2010. Výroba bioetanolu. *Listy cukrovarnické a řepařské*. 126 (4). s. 7-8.
- Jančárová, I. 2011. Environmental Law: selected international treaties and Czech national regulations. Masarykova univerzita. Brno. 83 s. ISBN: 978-80-210-5445-5.
- Kadrnožka, J. 2008. Globální oteplování Země. VUTIUM. Brno. 467 s. ISBN: 978-80-2143498-1.
- Kameš, J. 2012. Fosilní paliva. Praha. 227 s. ISBN: 978-80-260-3499-5.
- Khanal, S. K., Surampalli R. Y., Zhang T. C., Lamsal B. P., Tyagi R. D., Kao C. M. 2010. Bioenergy and biofuel from biowastes and biomass. Reston, Va.: American Society of Civil Engineers. p. 427. ISBN 978-0-7844-1089-9.
- Kubička, D., Šimáček, P., Žilková, N. 2009. Conversion of vegetable oils into hydrocarbons. *Catalysis*. 52 (1 – 2). 161.
- Lai, O. M., Tan, Ch. P., Akoh, C. C. 2012. Palm oil: production, processing, characterization, and uses. Urbana, IL: AOCS Press. p. 852. ISBN 978-098-1893-603.

Mamedova, T. A., Andryuschenko, N. K., Askerova, E. N., Veliev, K. R., Abbasov, V. M., Rustamov, M. I. 2010. Production of a new generation of diesel fuels by hydrotreating a mixture of petroleum and plant. *Chemistry and technology of fuels and oils*. 46. 149.

Matějovský, V. 2005. *Automobilová paliva*. Grada. Praha. s. 228. ISBN: 80-247-0350-5.

Maxwell, T., Jones, J. 1994. *Alternative Fuels (Emissions, Economics, and Performance)*, Mechanical Engineering Department Texas Tech University. Society of Automotive Engineers, Warrendale. p. 267. ISBN: 1-56091-523-4.

Mousdale, D. M. 2008. *Biofuels: biotechnology, chemistry, and sustainable development*. CRC Press. Boca Raton. p. 404. ISBN: 978-1-4200-5124-7.

Murtinger, K., Beranovský, J. 2008. *Energie z biomasy*. ERA group spol. s.r.o. Brno. 96 s. ISBN: 978-80-7366-115-1.

Nemešová, I., Pretel, J. 1998. *Skleníkový efekt a životní prostředí – podstata, rizika, možná řešení a mezinárodní souvislosti*. MŽP, ČHMÚ. Praha. 43 s. ISBN: 80-7212-046-8.

Olusola, J. O., Adediran, M. M., Oluseyi, A. K., Ajao, U. L. 2009. Processing of triglycerides to diesel range hydrocarbon fuels: Easily practicable small scale approach. *Energy & Environment*. 20 (8). 1325.

Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P. 2004. *Biomasa - obnovitelný zdroj energie*. FCC Public. Praha. s. 288. ISBN: 80-86534-06-5.

Qi, D. H., Chen, H., Geng, L. M., Bian, Y. Z. 2011. Effect of diethyl ether and ethanol additives on the combustion and emission characteristics of biodiesel-diesel blended fuel engine. *Renewable energy*. 36 (4). p. 1252-1258.

Satyarthi, J. K., Chiranjeevi, T., Gokak, D. T., Viswanathan, P. S. 2012. An overview of catalytic conversion of vegetable oils/fats into middle distillates. *Catalysis Science*. 3. 1.

Sebos, I., Matsoukas, A., Apostolopoulos, V., Papayannakos, N. 2009. Catalytic hydroprocessing of cottonseed oil in petroleum diesel mixtures for production of renewable diesel. *Fuel*. 88 (1). p. 145-149.

Serrano-Ruiz, J. C. 2015. *Advanced biofuels: Using catalytic routes for the conversion of biomass platform molecules*. CRC Press. p. 330. ISBN 978-1- 77188-221-7.

Schubert, R., Schellhuber, H. J., Buchmann, N., Epiney, A., Griebhammer, R., Kulesa, M., Messner, D., Rahmstorf, S., Schmid, J. 2009. *Future bioenergy and sustainable land use*. Earthscan. London. p. 365. ISBN 978-1-84407-841-7.

Šmidrkal, J., Filip, V., Bělohav, Z., Zámotný, P., Hönig, V. 2008. *Současný stav a perspektivy využití rostlinných olejů*. *Chemické listy*. 102. 984-991.

Tichý, L., Arnold, R., Zemánek, J., Král, R. 2011. *Evropské právo*. 4. vyd. C.H. Beck. Praha. 953 s. ISBN: 978-80-7400-333-2.

Triantafyllidis K. S., Lappas A. 2013. *The role of catalysis for the sustainable production*

of bio-fuels and bio chemicals. 1<sup>st</sup> ed. Boston: Elsevier. p 79. ISBN 978-0-444-56330-9.

Třebický, V. 2004. Zkoušení kvality pohonných hmot, směsných paliv a biopaliv: Biopaliva, methylestery a směsná paliva (legislativa, kvalita, standardizace, logistika, marketing), Sborník vědeckých a odborných prací vydaný k 6. mezinárodnímu semináři, TECHAGRO. Brno. 102 s. ISBN 80-903271-5-X .

Váchová, V., Vozka, P. 2015. Hydrogenace rostlinných olejů na paliva pro vznětové motory. Paliva 7. 2. 66-73.

Vikash, B., Ashish, T., Girijesh, K. P. 2014. Biofuels production. Scrivener publishing. New York. p. 392. ISBN: 978-1-118- 63450-9.

Vlk, F. 2004. Alternativní pohony motorových vozidel. Brno. s. 234. ISBN: 80-239-1602-5.

Vlk, F. 2006. Paliva a maziva motorových vozidel. Vlk Františe. Vlk František. Brno. p. 376. ISBN: 80- 239-6461-5.

Zákon č. 201/2012 Sb. ze dne 2. května 2012 o ochraně ovzduší. In: Sběrka zákonů České republiky. 2012. částka 69. s. 2786-2841.

Zehnálek, J. 2005. Chemie, paliva, maziva. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. Brno. ISBN: 80-7157-900-9.

Online zdroje:

Český statistický úřad. Produkce řepky olejky. [online]. ČSÚ. [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: <[https://www.czso.cz/csu/czso/zemedelstvi\\_zem?\\_3\\_formDate=1521833863115&p\\_p\\_id=3&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=maximized&p\\_p\\_mode=view&\\_3\\_struts\\_action=%2Fsearch%2Fsearch&\\_3\\_cur=1&\\_3\\_format=&\\_3\\_keywords=vynos+repka&\\_3\\_groupId=0&\\_3\\_entryClassName=&\\_3\\_assetCategoryTitles=&documentsSearchContainerPrimaryKeys=>](https://www.czso.cz/csu/czso/zemedelstvi_zem?_3_formDate=1521833863115&p_p_id=3&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_3_struts_action=%2Fsearch%2Fsearch&_3_cur=1&_3_format=&_3_keywords=vynos+repka&_3_groupId=0&_3_entryClassName=&_3_assetCategoryTitles=&documentsSearchContainerPrimaryKeys=>)>.

Kužel, J. Kritéria udržitelnosti [online]. Ministerstvo životního prostředí. 1. září 2012. [cit. 2017-11-12]. Dostupné z: <[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/kriteria\\_udrzitelnosti\\_ovzdusi/\\$FILE/000-podavani\\_zpravy\\_o\\_emisich-20140204.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/kriteria_udrzitelnosti_ovzdusi/$FILE/000-podavani_zpravy_o_emisich-20140204.pdf)>.

Ministerstvo průmyslu a obchodu. Národní akční plán pro energii z obnovitelných zdrojů [online]. Ministerstvo životního prostředí. 3. prosince 2015. [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: <[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/obnovitelne\\_zdroje\\_energie/\\$FILE/OEOK-Narodni\\_akcni\\_plan\\_-20180111.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/obnovitelne_zdroje_energie/$FILE/OEOK-Narodni_akcni_plan_-20180111.pdf)>.

Union zur förderung von oel – und proteinpflanzen E.V. [online]. UFOP. [cit. 2017-07-13]. Dostupné z: <<https://www.ufop.de/biodiesel-und-co/biodiesel/forschung-und-entwicklung/>>.

Zákony pro lidi. Zákon č. 201/2012 Sb. [online]. Zákony pro lidi. [cit. 2017-10-09]. Dostupné z: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-201#cast1>>.



## 12 Seznam příloh

- A) Ekonomické zhodnocení pěstování řepky olejky v Zemědělském družstvu Hrejkovice
- B) Technická specifikace motorové nafty – norma ČSN EN 590 + A1
- C) Všeobecné požadavky a metody zkoušení pro bezolovnatý benzín Normal (Natural 91) – norma ČSN EN 228.
- D) Všeobecné požadavky a metody zkoušení pro bezolovnatý benzín Super (Natural 95) – norma ČSN EN 228.
- E) Všeobecné požadavky a metody zkoušení pro bezolovnatý benzín Super (Natural 98) – norma ČSN EN 228.
- F) Obecně platné požadavky a metody zkoušení metylesteru řepkového oleje podle normy ČSN EN 14214.
- G) Požadavky závislé na kinematických podmínkách a metody zkoušení FAME jako palivo pro mírné klima
- H) Požadavky závislé na kinematických podmínkách a metody zkoušení FAME jako palivo pro arktické klima
- I) Požadavky a zkušební metody pro Ethanol E85 podle normy ČSN P CEN/TS 15293.

## 13 Přílohy

### A) Ekonomické zhodnocení pěstování řepky v zemědělském družstvu Hrejkovice

V rámci této diplomové práce bylo osloveno Zemědělské družstvo Hrejkovice a jeho agronom Ing. Stanislav Kofroň, který poskytl potřebné materiály pro vyhodnocení ekonomického hlediska pěstování řepky olejky a svůj názor na celou problematiku pěstování.

Následující tabulky 1, 2, 3 a 4 ukazují výši nákladů, výnosů a celkový hospodářský výsledek Zemědělského družstva Hrejkovice za rok 2016. Za tento rok výnos z pěstování řepky olejky činil zhruba 3 900 000 Kč. Další plodiny, které toto družstvo pěstuje, jsou hořčice (výnos 58 000 Kč), obilí (4 245 000 Kč) a brambory (210 000 Kč). Z těchto částek vyplývá, že řepka olejka tvoří významnou část výnosů tohoto družstva.

**Tabulka 1** Náklady Zemědělského družstva Hrejkovice za rok 2016 (zdroj: vlastní)

<b>NÁKLADY za rok 2016</b>	<b>Kč</b>
Spotřeba nakoupených osiv a sadby	187 437,38
Spotřeba nakoupených hnojiv	686 099,60
Spotřeba chemických ochranných prostředků	1 190 324,55
<b>Spotřeba materiálu</b>	<b>2 063 861,53</b>
<b>Spotřebované nákupy</b>	<b>2 062 861,53</b>
Polní práce	12 633,12
Ostatní služby	7 280,00
<b>Ostatní služby</b>	<b>19 913,12</b>
<b>Služby</b>	<b>19 913,12</b>
Pojištění provozního materiálu a zákonné pojištění	131 843,00
Ostatní finanční náklady – nezapočitatelné	1 500,00
Prodej výrobků rostlinné výroby	3 449 595,10
Spotřeba hnojiv vlastní výroby	205 997,00
<b>Změna stavu výrobků</b>	<b>3 655 592,10</b>
<b>Změna stavu zásob vlastní činnosti a aktivace</b>	<b>3 655 592,10</b>
<b>Náklady celkem</b>	<b>5 872 709,75</b>

**Tabulka 2** Náklady Zemědělského družstva Hrejkovice za rok 2016 (zdroj: vlastní)

NÁKLADY VNITROPODNIK rok 2016	Kč
Rozpuštění hnojení	102 423,69
Výrobní režie RV	2 636 874,35
Správní režie podniková	283 404,82
<b>Náklady vnitropodnik celkem</b>	<b>3 022 702,86</b>

**Tabulka 3** Výnosy Zemědělského družstva za rok 2016 (zdroj: vlastní)

VÝNOSY za rok 2016	Kč
Tržby z realizace výrobků rostlinné výroby	6 293 825,89
<b>Výnosy celkem</b>	<b>6 293 825,89</b>

**Tabulka 4** Souhrn výnosů, nákladů a hospodářský výsledek za rok 2016 (zdroj: vlastní)

Souhrn za rok 2016	Kč
Náklady celkem	5 246 577,51 Kč
Výnosy celkem	6 293 825,89 Kč
<b>Hospodářský výsledek za rok 2016</b>	<b>1 047 248,38 Kč</b>

Podle Ing. Kofroně je řepka nepostradatelnou rostlinou, kterou vysévají jednou za tři až čtyři roky. O řepce říká: „Řepka je v našem osevním postupu nenahraditelnou plodinou, hluboce koření, díky čemuž dokáže vytáhnout živiny ze spodních vrstev půdy zpět do úrodné vrstvy, kde jsou pak přístupné rostlinám“.

Řepka má vysoké nároky na množství draslíku, kterým se musí neustále přihnojovat. Aby ho bylo v půdě dostatek, před zaséváním řepky zemědělské družstvo Hrejkovice aplikuje organická hnojiva. Ing. Kofroň dodává: „Po sklizni řepky navíc na poli zůstává kvantum slámy, která obsahuje významné množství živin, které se posléze navrací zpět do půdy. A to je skvělé.“

Názor agronoma na zrychlené pěstování je jasný – musí se používat větší množství pesticidů, které jsou však certifikované, tzn. že při dodržení návodu by neměly vznikat žádné problémy s kontaminací okolních plodin či významných přírodních zdrojů (např. vod).

Tabulky 5, 6, 7 a 8 vyobrazují náklady, výnosy a hospodářský výsledek za rok 2017.

**Tabulka 5.** Náklady Zemědělského družstva Hrejkovice za rok 2017 (zdroj: vlastní)

NÁKLADY za rok 2017	Kč
Spotřeba nakoupených osiv a sadby	288 360,12
Spotřeba nakoupených hnojiv	721 968,22
Spotřeba chemických ochranných prostředků	1 244 148,29
<b>Spotřeba materiálu</b>	<b>2 254 476,63</b>
<b>Spotřebované nákupy</b>	<b>2 254 476,63</b>
Agrochemické výkony	54 163,58
Pojištění provozního majetku a zákonné pojištění	145 204,00
Ostatní finanční náklady – nezapočitatelné	8 740,00
Prodej výrobků rostlinné výroby	1 983 684,00
Spotřeba hnojiv vlastní výroby	242 931,70
<b>Změna stavu výrobků</b>	<b>2 226 615,70</b>
<b>Změna stavu zásob vlastní činnosti a aktivace</b>	<b>2 226 615,70</b>
<b>Náklady celkem</b>	<b>4 689 199,91</b>

**Tabulka 6** Náklady Zemědělského družstva Hrejkovice za rok 2017 (zdroj: vlastní)

NÁKLADY VNITROPODNIK rok 2017	Kč
Rozpuštění hnojení	712 960,83
Výrobní režie RV	2 474 523,37
Správní režie podniková	283 719,07
<b>Náklady vnitropodnik celkem</b>	<b>3 426 203,27</b>

**Tabulka 7** Výnosy Zemědělského družstva Hrejkovice za rok 2017 (zdroj: vlastní)

VÝNOSY za rok 2017	Kč
Tržby z realizace výrobků rostlinné výroby	3 889 237,00
Tržby z prodeje služeb rostlinné výroby	-16 178,46
<b>Tržby za vlastní výkony a zboží</b>	<b>3 873 058,54</b>
<b>Výnosy celkem</b>	<b>3 873 058,54</b>



**Tabulka 8** Souhrn výnosů, nákladů a hospodářský výsledek za rok 2017 (zdroj: vlastní)

Souhrn za rok 2017	Kč
Náklady celkem	6 017 139,18
Výnosy celkem	3 873 058,54
<b>Hospodářský výsledek za rok 2017</b>	<b>-2 144 080,64</b>

Z předchozích tabulek je patrné, že rok 2016 byl pro zemědělské družstvo Hrejkovice výnosnější.

Vyprodukované množství řepky olejky Zemědělské družstvo Hrejkovice prodává dál. Hlavními odběrateli jsou ZZN Pelhřimov a.s., AGPI a.s. a Primagra Milín a.s..

Primagra Milín a.s. je dlouhodobým partnerem zemědělských podniků zejména ve středních a západních Čechách. Hlavní činností je produkce a prodej krmných směsí pro hospodářská zvířata, zabývá se však také výrobou a distribucí MEŘO. V roce 2007 tato společnost otevřela nový závod na výrobu bionafty v Milíně, který za rok dokáže vyprodukovat 35 000 tun MEŘO. Jako vedlejší produkt lisování řepky vznikají řepkové pokruty a řepkové extrahované šroty, které Primagra a.s. dále zpracovává zejména v oblasti krmivářství.

B) Technická specifikace motorové nafty – norma ČSN EN 590 + A1

Vlastnost	Jednotka	Mezní hodnoty		Zkušební metoda
		minimum	maximum	
<b>Cetanové číslo</b>		51,0	-	EN ISO 5165
<b>Cetanový index</b>		46,0	-	EN ISO 4264
<b>Hustota při 15 °C</b>	kg/m <sup>3</sup>	820	845	EN ISO 3675 EN ISO 12185
<b>Polycyklické aromatické uhlovodíky</b>	% (m/m)	-	11	EN 12916
<b>Obsah síry</b>	mg/kg	-	50 (do 31.12.2008) 10	EN ISO 20846 EN ISO 20847 EN ISO 20884 EN ISO 20846 EN ISO 20884
<b>Bod vzplanutí</b>	°C	nad 55	-	EN ISO 2719
<b>Karbonizační zbytek (vztaženo na 10% destilační zbytek)</b>	% (m/m)	-	0,30	EN ISO 10370
<b>Obsah popela</b>	% (m/m)	-	0,01	EN ISO 6245
<b>Obsah vody</b>	mg/kg	-	200	EN SIO 12937
<b>Celkový obsah nečistot</b>	mg/kg	-	24	EN 12662
<b>Korozivní působení na měď (3 hod při 50 °C)</b>	stupeň koroze		třída 1	EN ISO 2160
<b>Oxidační stabilita</b>	g/m <sup>3</sup>	-	25	EN ISO 12205
<b>Mazivost, korigovaný průměr oděrové plochy při 60 °C</b>	mikrometr	-	460	EN ISO 12156-1
<b>Viskozita při 40 °C</b>	mm <sup>2</sup> /s	2	4,50	EN ISO 3104
<b>Destilační zkouška při 250 °C předestiluje při 350 °C předestiluje 95% (V/V) předestiluje při</b>	% (V/V) °C	85	< 65 360	EN ISO 3405
<b>Obsah methyl esterů mastných kyselin (FAME)</b>	% (V/V)	-	7,0	EN 14078

C) Všeobecné požadavky a metody zkoušení pro bezolovnatý benzín Normal (Natural 91) – norma ČSN EN 228.

Vlastnost	Jednotka	Mezní hodnota		Zkušební metoda
		minimum	maximum	
<b>Oktanové číslo výzkumnou metodou</b>	-	91,0	-	prEN ISO 5164
<b>Oktanové číslo motorovou metodou</b>	-	82,0	-	prEN ISO 5163
<b>Obsah olova</b>	mg/l	-	5	prEN 237
<b>Hustota (při 15 °C)</b>	kg/m <sup>3</sup>	720	775	EN ISO 3675 EN ISO 12185
<b>Obsah síry</b>	mg/kg	-	50	EN ISO 20846 EN ISO 20847 EN ISO 20884
<b>Oxidační stabilita</b>	min	360	-	EN ISO 7536
<b>Obsah pryskyřic (promyté)</b>	mg/100 ml	-	5	EN ISO 6246
<b>Korozivní působení na měď (3 hod při 50 °C)</b>	korozivní stupeň		třída 1	EN ISO 2160
<b>Vzhled</b>			čirý	vizuálně
<b>Složení uhlovodíků:</b>	% (V/V)			
- olefiny		-	18,0	ASTM D 1319
- aromáty		-	35,0	prEN 14517
<b>Obsah benzenu</b>	% (V/V)	-	1,0	EN 12177 EN 238 prEN 14517
<b>Obsah kyslíku</b>	% (m/m)	-	2,7	EN 1601 EN 13132
<b>Obsah kyslíkatých látek:</b>	% (V/V)			EN 1601:1997 EN 13132
- methanol		-	3	
- ethanol		-	5	
- iso-propylalkohol		-	10	
- iso-butylalkohol		-	10	
- terc.-butylalkohol		-	7	
- ethery (5 nebo více C at.)		-	15	
- jiné kyslíkaté látky		-	10	

D) Všeobecné požadavky a metody zkoušení pro bezolovnatý benzín Super (Natural 95) – norma ČSN EN 228.

Vlastnost	Jednotka	Mezní hodnota		Zkušební metoda
		minimum	maximum	
<b>Oktanové číslo výzkumnou metodou</b>	-	95,0	-	prEN ISO 5164
<b>Oktanové číslo motorovou metodou</b>	-	85,0	-	prEN ISO 5163
<b>Obsah olova</b>	mg/l	-	5	prEN 237
<b>Hustota (při 15 °C)</b>	kg/m <sup>3</sup>	720	775	EN ISO 3675 EN ISO 12185
<b>Obsah síry</b>	mg/kg	-	50	EN ISO 20846 EN ISO 20847 EN ISO 20884
<b>Oxidační stabilita</b>	min	360	-	EN ISO 7536
<b>Obsah pryskyřic (promyté)</b>	mg/100 ml	-	5	EN ISO 6246
<b>Korozivní působení na měď (3 hod při 50 °C)</b>	korozivní stupeň		třída 1	EN ISO 2160
<b>Vzhled</b>			čirý	vizuálně
<b>Složení uhlovodíků:</b>	% (V/V)			
- olefiny		-	18,0	ASTM D 1319
- aromáty		-	35,0	prEN 14517
<b>Obsah benzenu</b>	% (V/V)	-	1,0	EN 12177 EN 238 prEN 14517
<b>Obsah kyslíku</b>	% (m/m)	-	2,7	EN 1601 EN 13132
<b>Obsah kyslíkatých látek:</b>	% (V/V)			EN 1601 EN 13132
- methanol		-	3	
- ethanol		-	5	
- iso-propylalkohol		-	10	
- iso-butylalkohol		-	10	
- terc.-butylalkohol		-	7	
- ethery (5 nebo více C at.)		-	15	
- jiné kyslíkaté látky		-	10	

E) Všeobecné požadavky a metody zkoušení pro bezolovnatý benzín Super (Natural 98) – norma ČSN EN 228.

Vlastnost	Jednotka	Mezní hodnota		Zkušební metoda
		minimum	maximum	
<b>Oktanové číslo výzkumnou metodou</b>	-	98,0	-	prEN ISO 5164
<b>Oktanové číslo motorovou metodou</b>	-	88,0	-	prEN ISO 5163
<b>Obsah olova</b>	mg/l	-	5	prEN 237
<b>Hustota (při 15 °C)</b>	kg/m <sup>3</sup>	720	775	EN ISO 3675 EN ISO 12185
<b>Obsah síry</b>	mg/kg	-	50	EN ISO 20846 EN ISO 20847 EN ISO 20884
<b>Oxidační stabilita</b>	min	360	-	EN ISO 7536
<b>Obsah pryskyřic (promyté)</b>	mg/100 ml	-	5	EN ISO 6246
<b>Korozivní působení na měď (3 hod při 50°C)</b>	korozivní stupeň		třída 1	EN ISO 2160
<b>Vzhled</b>			čirý	vizuálně
<b>Složení uhlovodíků:</b>	% (V/V)			
- olefiny		-	18,0	ASTM D 1319
- aromáty		-	35,0	prEN 14517
<b>Obsah benzenu</b>	% (V/V)	-	1,0	EN 12177 EN 238 prEN 14517
<b>Obsah kyslíku</b>	% (m/m)	-	2,7	EN 1601 EN 13132
<b>Obsah kyslíkatých látek:</b>	% (V/V)			EN 1601 EN 13132
- methanol		-	3	
- ethanol		-	5	
- iso-propylalkohol		-	10	
- iso-butylalkohol		-	10	
- terc.-butylalkohol		-	7	
- ethery (5 nebo více C at.)		-	15	
- jiné kyslíkaté látky		-	10	

F) Obecně platné požadavky a metody zkoušení metylesteru řepkového oleje podle normy ČSN EN 14214.

Vlastnost	Jednotka	Mezní hodnoty		Zkušební metoda
		minimum	maximum	
<b>Obsah methylesterů mastných kyselin (FAME)</b>	% (m/m)	96,5	-	EN 14103
<b>Hustota při 15°C</b>	kg/m <sup>3</sup>	860	900	EN ISO 3675 EN ISO 12185
<b>Viskozita při 40 °C</b>	mm <sup>2</sup> /s	3,50	5,00	EN ISO 3104
<b>Bod vzplanutí</b>	°C	101	-	EN ISO 2719 EN ISO 3679
<b>Cetanové číslo</b>		51	-	EN ISO 5165
<b>Koroze na mědi (3 hod při 50 °C)</b>	korozní stupeň		třída 1	EN ISO 2160
<b>Oxidační stabilita (při 110 °C)</b>	hod	8,0	-	EN 14112 EN 15751
<b>Číslo kyselosti</b>	mg KOH/g	-	0,50	EN 14104
<b>Jodové číslo</b>	g jod/100 g	.	120	EN 14111 EN 16300
<b>Methylester kyseliny linoleové</b>	% (m/m)	-	12,0	EN 14103
<b>Methylester s více nenasycenými vazbami (&gt;= 4 dvojně vazby)</b>	% (m/m)	-	1,00	EN 15779
<b>Obsah methanolu</b>	% (m/m)	-	0,20	EN 14110
<b>Obsah monoglyceridů</b>	% (m/m)	-	0,70	EN 14105
<b>Obsah diglyceridů</b>	% (m/m)	-	0,20	EN 14105
<b>Obsah triglyceridů</b>	% (m/m)	-	0,20	EN 14105
<b>Volný glycerol</b>	% (m/m)	-	0,02	EN 14105 EN 14106
<b>Celkový glycerol</b>	% (m/m)	-	0,25	EN 14105
<b>Obsah vody</b>	mg/kg	-	500	EN ISO 12937
<b>Celkový obsah nečistot</b>	mg/kg	-	24	EN 12662
<b>Obsah sulfátového popela</b>	% (m/m)	-	0,02	ISO 3987
<b>Obsah síry</b>	mg/kg	-	10,0	EN ISO 20846 EN ISO 20884

				EN ISO 13032
<b>Kovy I. skupiny (Na + K)</b>	mg/kg	-	5,0	EN 14108 EN 14109 EN 14538
<b>Kovy II. skupiny (Ca + Mg)</b>	mg/kg	-	5,0	EN 14538
<b>Obsah fosforu</b>	mg/kg	-	4,0 <sup>m</sup>	EN 14107 FprEN 16294

G) Požadavky závislé na kinematických podmínkách a metody zkoušení FAME jako palivo pro mírné klima

Vlastnost	Jednotka	Mezní hodnoty						Metoda zkoušení
		Třída A	Třída B	Třída C	Třída D	Třída E	Třída F	
<b>CFPP</b>	max. °C	+5	0	-5	-10	-15	-20	EN 116

H) Požadavky závislé na kinematických podmínkách a metody zkoušení FAME jako palivo pro arktické klima

Vlastnost	Jednotka	Mezní hodnoty					Metoda zkoušení
		Třída 0	Třída 1	Třída 2	Třída 3	Třída 4	
<b>CFPP</b>	max. °C	-20	-26	-32	-38	-44	EN 116

I) Požadavky a zkušební metody pro Ethanol E85 podle normy ČSN P CEN/TS 15293.

Vlastnosti	Jednotka	Mezní hodnoty		Zkušební metoda
		minimum	maximum	
<b>Oktanové číslo výzkumnou metodou</b>		95	-	ČSN EN ISO 5164
<b>Oktanové číslo motorovou metodou</b>		85,0	-	ČSN EN ISO 5163
<b>Obsah síry</b>	mg/kg	-	20b 10b	ČSN EN ISO 20846 ČSN EN ISO 20884
<b>Oxidační stabilita</b>	min	360	-	ČSN EN ISO 7536
<b>Obsah pryskyřic (promyté)</b>	mg/100 ml	-	5	ČSN EN ISO 6246
<b>Vzhled – určován při 15 °C nebo teplotě prostředí, pokud je vyšší</b>		čirý a jasný, bez viditelných suspendovaných nebo vysrážených nečistot		vizuální kontrola
<b>Vyšší alkoholy (C3 – C8)</b>	% (V/V)	-	2,0	ČSN EN 1601
<b>Methanol</b>	% (V/V)		1,0	ČSN EN 13132
<b>Ethery (5 nebo více atomů C)</b>	% (V/V)	-	5,2	
<b>Fosfor</b>	mg/l	nedetekovaný		ASTM D 3231
<b>Obsah vody</b>	% (V/V)		0,3	ČSN EN ISO 12937
<b>Obsah anorganických chloridů</b>	mg/l		0,1	ČSN ISO 6227
<b>pHe</b>		6,5	9,0	ASTM D 6423
<b>Korozivní působení na měď (3 hod při 50 °C)</b>	klasifikace	třída 1		ČSN EN ISO 2160
<b>Kyselost (kyselina octová CH<sub>3</sub>COOH)</b>	% (m/m)	-	0,005	ASTM D 1613
	(mg/l)		(40)	ČSN ISO 1388-2