

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

Katedra mechaniky a strojnictví

Biopaliva na bázi esterifikace rostlinných olejů

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. David Herák, Ph.D.

Vypracovala: Veronika Kubešová

PRAHA 2012

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra mechaniky a strojnictví

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Kubešová Veronika

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Biopaliva na bázi esterifikace rostlinných olejů

Anglický název

Biofuels on the base of the esterification of the vegetable oils

Cíle práce

Cílem práce je popsat historický vývoj využití biopaliv a stanovit faktory, které v určitých historických obdobích pozitivně i negativně ovlivňovaly použití biopaliv. Nedílnou součástí práce je také popsání v současnosti používaných biopaliv vyrobených esterifikací rostlinných olejů.

Metodika

Studentka se nejdříve zaměří na historický vývoj a vznik biopaliv vyrobených na bázi esterifikace rostlinných olejů. V bakalářské práci popíše postupy výroby a využití biopaliv v jednotlivých historických etapách. V další části práce studentka popíše v současnosti používaná biopaliva na bázi esterifikace a rozdělí je dle zdrojů rostlinných olejů a také dle technologie výroby.

Osnova práce

1. Úvod
2. Historický vývoj
3. Současný stav
4. Diskuze
5. Závěr

Rozsah textové části

30 až 40 stran

Klíčová slova

biomasa, bioenergie, obnovitelné zdroje, řepka, palma

Doporučené zdroje informací

1. BOCKISCH, M.: Fats and Oils Handbook, Urbana, AOCS Press 1998, 838
2. BRUCE, F.: Palm oil miracle, Colorado Springs, Piccadilly Books, Ltd. 2007, 191
3. CORLEY, R., H., V., TINKER, P., H., B.: The oil palm, New York, Wiley-Blackwell 2003, 592
4. ECONOMIDES, N., OLIGNEY, R.: The color of oil : The history, the money and the politics of the world's biggest business, Texas, Round Oak Publishing Company 2000, 220
5. ESTILL, L.: Biodiesel Power: The passion, the people, and the politics of the next renewable fuel, Chatman County, New Society Publisher 2005, 272
6. EUROPEAN PARLIAMENT: Directive 2003/30/EC of the European parliament and the council of 8 May 2003, In Official Journal of the European Union, 2003, L 123/42, s. 1 - 5
7. GOODBURN, K.: EU Food Law: A practical guide, London, CRC Press 2001, 192
8. GREGH, P.: Biodiesel, Chelsea, Chelsea Green Publishing 2005, 224
9. KIPLE, K., F., et al.: The Cambridge World History of Food 2, Ohio, Bowling Green State University 2000, 1958
10. MAUGERI, L.: The Age of Oil: The Mythology, History, and Future of the World's Most Controversial Resource, Greenwood, Praeger Publishers 2006, 360
11. MIELKE, S.: Oil world, Hamburg, ISTA Mielke GmbH 1988, 680
12. MOLL, H., A., J.: The economics of the oil palm, Wageningen, Pudoc 1987, 288
13. PARRA, F.: Oil politics: a modern history of petroleum, New York, I. B. Tauris 2004, 352

Vedoucí práce

Herák David, doc. Ing., Ph.D.

Termín zadání

listopad 2010

Termín odevzdání

duben 2012

prof. Ing. Radomír Adamovský, DrSc.

Vedoucí katedry



V Praze dne 9.2.2011

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan fakulty

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Biopaliva na bázi esterifikace rostlinných olejů“ vypracovala samostatně pod vedením doc. Ing. Davida Heráka, Ph.D. a uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala. Dále prohlašuji, že se tištěná verze plně shoduje s verzí elektronickou.

V Praze dne 8. 4. 2012

.....

Poděkování:

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Davidu Herákovi, Ph.D. za poskytnuté rady a odborné vedení.

Abstrakt:

Bakalářská práce pojednává o historickém vývoji paliv a biopaliv, dále o biopalivech na bázi esterifikace rostlinných olejů a neopomenuta byla také ostatní biopaliva a to zejména na bázi alkoholů.

V první části práce je uvedena historie paliv a biopaliv, která byla ovlivněna různými pozitivními i negativními událostmi. Na tuto kapitolu volně navazuje kapitola věnovaná současnému stavu a to obzvláště obnovitelnému zdroji energie biomase a biopalivům z ní vyráběných. Jsou zde popsány postupy zpracování biomasy a druhy paliv. V kapitole Legislativa je obsažena nejen česká legislativa upravující povinné přidávání biopaliv do fosilních paliv, ale i Kjótský protokol omezující emise skleníkových plynů. Práce je uzavřena Diskuzí věnované častým otázkám a mýtům ohledně biopaliv a závěrem.

Klíčová slova: biomasa, bioenergie, obnovitelné zdroje, řepka, palma

Abstract:

The bachelor thesis deals with the historical development of fuels and biofuels, then biofuels based on esterification of vegetable oils and also biofuels based on alcohols.

The first part is dedicated to the history of fuels and biofuels, which was influenced by different positive and negative events. Next chapter is dedicated on the current state and particularly to renewable energy source - biomass and biofuels produced from it. It describes the procedures and types of biomass fuels. In Chapter Legislation is covered not only Czech legislation on mandatory addition biofuels to fossil fuels, but the Kyoto Protocol limiting greenhouse gas emissions. The thesis is enclosed by discussion dedicated to frequent questions and myths regarding biofuels and by finish.

Key words: biomass, bioenergy, renewable sources, rape, palm

Obsah:

1	Úvod	1
2	Historický vývoj paliv	2
3	Biomasa	5
3.1	Cíleně pěstovaná biomasa v Česku	7
3.2	Principy získávání energie z biomasy	8
3.3	Kapalná biopaliva první a druhé generace	10
	3.3.1 Kapalná biopaliva první generace	10
	3.3.2 Kapalná biopaliva druhé generace.....	11
3.4	Biopaliva na bázi rostlinných olejů.....	12
	3.4.1 Postup zpracování olejnatých semen	13
	3.4.2 Druhy paliv.....	13
	3.4.2.1 Metylestery mastných kyselin (FAME)	14
	3.4.2.2 MEŘO (metylester řepkového oleje)	15
	3.4.2.2.1 Výroba MEŘO - transesterifikace.....	15
	3.4.2.3 Směsná motorová nafta	16
	3.4.2.4 EEŘO (etyl ester řepkového oleje)	16
	3.4.2.4.1 Výroba EEŘO	17
	3.4.2.5 Palmový olej.....	17
	3.4.3 Rozdíl mezi FAME a MEŘO	19
	3.4.4 Oxidační stabilita bionafty	20
3.5	Biopaliva na bázi alkoholu	20
	3.5.1 Postup výroby bioetanolu	20
	3.5.2 Bioetanol	21
	3.5.3 Metanol	22
	3.5.3.1.1 Výroba metanolu	22
	3.5.4 Biobutanol.....	22
	3.5.4.1.1 Výroba biobutanolu.....	22
	3.5.5 MTBE – Metyl Terc. Butyl Éter	23
	3.5.6 ETBE – Etyl Terc. Butyl Éter	23
4	Legislativa.....	24
4.1	Dodržování směrnic	26
4.2	Kjótský protokol	26
4.3	Kjótský protokol a současnost	28
5	Diskuze	30
5.1	Vliv biopaliv na růst cen potravin.....	30
5.2	Biopaliva a kácení pralesů	30
5.3	Biopaliva a škodlivý vliv na motory	31
5.4	Biopaliva a emise skleníkových plynů	31
5.5	Spotřeba biopaliv v ČR	32
6	Závěr.....	33
7	Použitá literatura	34

1 Úvod

Biopaliva jsou v dnešní době velmi často zmiňována jak v médiích, tak i širokou veřejností. Důvodem toho není jen postupné snižování celosvětových ropných zásob, ale také závislost na dovozcích ropy a ropných produktů. Neméně podstatným důvodem je i problematika emisí skleníkových plynů, které mají za příčinu skleníkový efekt způsobující globální oteplování.

Ve své bakalářské práci se zabývám historickým vývojem paliv a biopaliv, kde ve stručném pojetí představuji, pro někoho možná již zapomenutá, paliva používaná od 18. století přes známé vynálezce 19. století, až po ropné krize v 70. letech 20. století.

Dále charakterizují pojem biomasa a její využití jako obnovitelného zdroje energie. V budoucnosti očekáváme, že biomasa bude využívána k výrobě biopaliv, která budou schopna plně nahradit fosilní paliva. To nám umožní zbavit se závislosti na zemích vyvážejících ropu a ropné produkty a pozitivně působit na životní prostředí.

V kapitole Biomasa vymezují pojmy jako biopaliva první a druhé generace a jednotlivé druhy paliv a jejich výrobu zde specifikují. Více se zaměřují na biopaliva vyráběná z rostlinných olejů, která jsou určena pro pohon vznětových motorů. Neopomím také zmínit biopaliva na bázi alkoholu, která jsou zase určena pro pohon zážehových motorů.

Důležitou součástí této práce je i kapitola Legislativa, kde je stručně shrnuto, jaký zákon upravuje uvádění biokomponent na trh a jaké povinnosti z toho plynou. Dále je zde zmiňován Kjótský protokol, který ukládá závaznou povinnost o snižování emisí skleníkových plynů.

2 Historický vývoj paliv

Na počátku vývoje paliv stál především rozvoj vědy a techniky, a stále větší potřeba energie. Až do poloviny 18. století bylo hlavním zdrojem energie dřevo, z něhož se vyrábělo dřevěné uhlí. Avšak masová těžba a drancování lesů mělo za následek kritický nedostatek dřeva a odlesnění krajiny.

V druhé polovině 18. století se s vynálezem parního stroje začalo ve větší míře těžit uhlí. I když parní stroj našel široké uplatnění v průmyslu, nehodil se pro pohon prvních automobilů.

Další vývoj v oblasti nastal až s vývojem spalovacího motoru. Zde byl jednou z nejdůležitějších osob německý vynálezce Nicolaus August Otto, který v roce 1876 realizoval čtyřtákní spalovací motor poháněný plynem. Byl to stacionární stroj a na jeho základě byly vyvinuty moderní spalovací motory pro automobily, lodě a železnici.

Plyn se tedy již v 19. století používal nejdříve u stacionárních motorů a později v automobilech. Pro pohonné účely sloužily různé druhy hořlavého plynu. Především to byl svítiplyn, ale i důlní plyn (metan), dřevoplyn, kalový plyn, generátorový plyn nebo vysokopeční plyn. Postupem času se však pro pohon výbušných motorů začala uplatňovat kapalná paliva.

První motory sice byly sestaveny pro pohon na obnovitelné zdroje, avšak neustálý rozvoj techniky pomohl umožnit již v průběhu 19. století těžbu ropy. [1,2, 3]

V roce 1898 se ale objevil Rudolf Diesel v Paříži se svým motorem, který byl poháněn na olej z podzemnice olejné. A v roce 1912 ve svém patentním spisu napsal: „Použití rostlinného oleje jako pohonné látky se dnes může jevit jako nevýznamné. Avšak takové produkty se mohou během času stát stejně důležitými jako je dnes petrolej a další ropná paliva.“ [4]

Rostlinné oleje byly používány běžně až do roku 1920, kdy byly postupně nahrazeny fosilními palivy. Během dvacátých let zažily Spojené státy americké rozmach petrolejářského průmyslu a to umožnilo otevření mezinárodního trhu s fosilními palivy. Protože docházelo k přebytkům ropných produktů, musela vláda začít minimalizovat daňové zatížení.

Nejvíce podporovanou a nejrozšířenější rostlinou ve zlaté éře biopaliv (1900 -1920) bylo v USA konopí seté. Tuto rostlinu a zakládání plantáží podporovaly i vlády George

Washingtona a Thomase Jeffersona. Avšak průmysloví magnáti, kteří zbohatli a dále bohatli na těžbě ropy, se rozhodli během dvacátých let zdiskreditovat a zastavit výrobu bionafty. Toto rozhodnutí potvrdili roku 1930, kdy zahájili v tisku dezinformační kampaň proti používání biopaliv a zejména proti pěstování konopí setého. K této mystifikaci se nebáli použít i silného rasismu v jižanských státech, nazvat konopí svým mexickým názvem – Marihuanou a přesvědčit farmáře, aby se tuto rostlinu báli pěstovat. To obhajovali tím, že Mexiko chce „škodlivou“ marihuanou oslabit a snížit výnosnost ostatních plodin pěstovaných farmáři.

Díky dezinformační kampani a značnému ekonomickému a politickému vlivu se průmyslovým magnátům podařilo zavést novou legislativu roku 1937. Tato legislativa upravovala pro použití biopaliv a zvýšení daňové zátěže pro biopalivo vyráběné ze setého konopí. Tyto zákony byly postupně aplikovány na všechna biopaliva. V roce 1940 tak došlo k uzavření trhu s biopalivy v USA. [3]

Ovšem výhoda ropy byla obrovská – stačilo ji jen vytěžit a upravit, na rozdíl od biopaliv, které bylo nutno vypěstovat. V počátcích těžby ropy by nikoho nenapadly problémy, se kterými se vznikající chemický a těžební průmysl později setkal. Neřešili politické ani finanční problémy, natož množství zásob a dostupnost. Soustředili se jen na zkvalitnění těžby a zpracování na benzín, petrolej, mazací oleje, parafín a další produkty, které chemický průmysl vyráběl. V této době byl benzín poměrně levný, protože vznikal jako vedlejší produkt při výrobě petroleje, kterým se svítilo.

Na konci 19. století převážila kapalná paliva nad plynnými, avšak ne na dlouhou dobu. Nedostatek kapalných pohonných hmot za 1. a 2. světové války zapříčinil návrat plynných paliv. To, že je plyn ekologičtější, si již v této době lidé uvědomovali. A nejen to – měl řadu dalších výhod, mezi které patřila zejména cena a snazší startování v zimě. Velkou nevýhodou ale byla nízká distribuční síť a také malý akční rádius.

V mezidobí dvou světových válek zažili dopravní prostředky velký technický pokrok. Tím se samozřejmě zvýšila i spotřeba paliva, tedy benzínu. Se vzrůstajícím napětím mezi zeměmi odlišného společenského uspořádání si státy začaly uvědomovat omezenou zásobu fosilních paliv. S potřebou zajistit si trvalé zdroje, a to především ze zemí produkujících ropu se zejména potýkaly země evropského kontinentu, které měly zpracovatelský průmysl pro výrobu paliv, avšak postupně se ztrátou vlivu ve svých koloniích přicházely o zdroje této suroviny.

V této době vznikl i problém s nadprodukcí zemědělské výroby, která byla řešena rozvojem lihovarského průmyslu. Místo toho zde však vznikl nadbytek lihu. V té době byla produkce lihu omezena výrobními kvótami. Smyslem těchto kvót bylo omezení výroby lihu jen na nadbytečnou a nekvalitní zemědělskou produkci. Zde vznikla myšlenka využít kvasný líh jako palivo do spalovacích motorů.

První myšlenka využití lihu patřila však Henrymu Fordovi, který v roce 1908 začal vyrábět model T, jenž mohl být poháněn etanolem z kukuřice nebo benzínem.

Už v roce 1922 se v Československu kvasný líh začal používat jako palivo do zážehových motorů v podobě dynalkolu. Dynalkol byla směs skládající se z 50 % z kvasného lihu, z 30 % z benzenu a z 20 % z benzínu. Díky dobrým zkušenostem s tímto palivem a s jistou nadprodukcí v zemědělství vznikl zákon o povinném mísení lihu s pohonnými látkami č. 85 Sb. ze dne 7. 6. 1932 a vládní nařízení č. 127 Sb. ze dne 22. 7. 1932. Přimíchávat do veškerého benzínu 20 % lihu teď bylo povinností.

Konec lihobenzínovým směsím přinesl až rok 1950, kdy byl zákonem zrušen lihový monopol a dle nových vyhlášek a norem byla omezena výroba a oběh lihu.

Po skončení 2. světové války se tedy využívání lihu jako paliva postupně snižovalo vzhledem k vzrůstající těžbě a zpracování ropy. Až po příchodu dvou velkých ropných krizí v 70. letech si začaly státy uvědomovat závislost na cizích zdrojích. V této době se státy začaly zabývat možností náhrady fosilních paliv za biopaliva vyráběná z obnovitelných zdrojů.

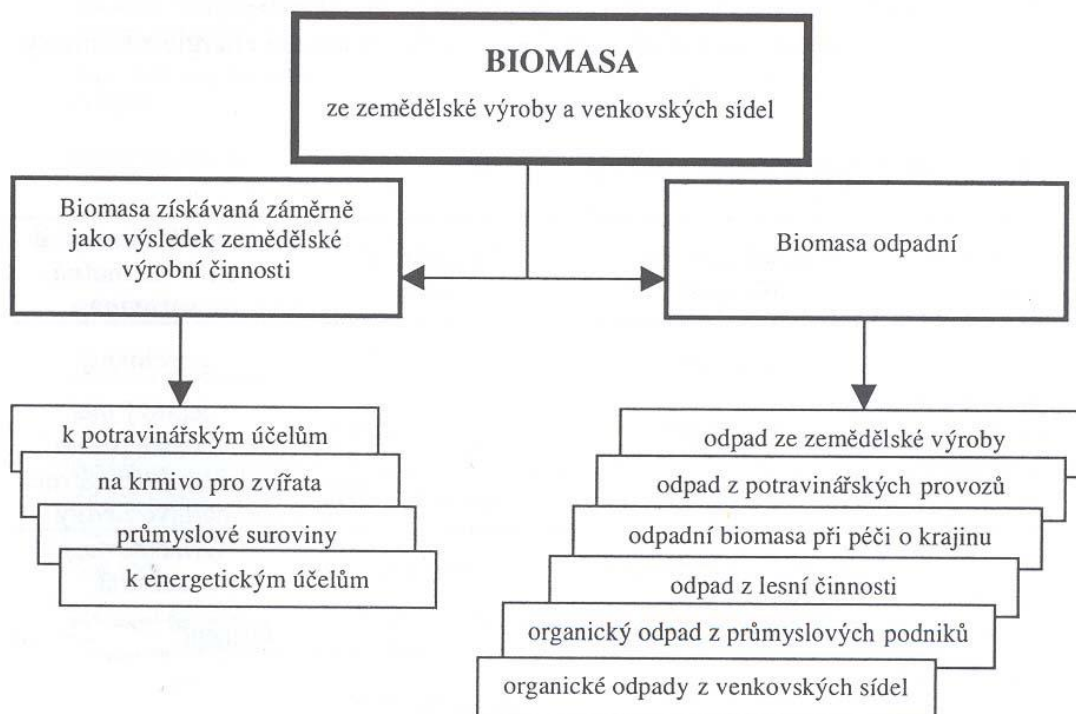
A to byl impuls pro znovuobjevení biopaliv na bázi lihu, rostlinných olejů a produktů z nich vyrobených.[1,2]

3 Biomasa

Biomasa byla zdrojem energie již před nástupem benzínu. Hlavní výhodou biomasy a důvodem proč ji využíváme je, že pochází z obnovitelných zdrojů na rozdíl od fosilních paliv. V budoucnu se očekává, že biomasa nahradí velkou část neobnovitelných zdrojů energie. Avšak stále existují určité nedostatky, které brání rychlejšímu rozšíření využití biomasy v energetice. Sem můžeme zařadit problémy spojené se zajištěním dlouhodobé spolehlivé dodávky biomasy a nejde jen o zpracování biomasy, ale i o sezónnost a skladování. Dalším problémem je doposud nízká účinnost a malý výkon zařízení pro energetické využití biomasy. Abychom zajistili dostatečné množství energetické biomasy, musíme rozšiřovat produkční plochy a zvyšovat intenzitu výroby.

Pro energetické využití se buď cíleně pěstují rostliny, nebo se používá odpad ze zemědělské, potravinářské či lesní produkce. Přehledně je toto rozdělení biomasy znázorněno v obr. 1. V dnešní době se nejčastěji z biomasy vyrábí paliva jako metanol, etylalkohol a bionafta. [5]

Obr. 1 Rozdělení biomasy



Zdroj: http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/4/obrazky/2-Rozdeleni_druhu_biomasy.jpg

Základní rozdělení biomasy může být například také dle obsahu vody:

- Suchá biomasa

Tu lze spalovat přímo nebo případně po mírném vysušení. Patří sem zejména dřevo, dřevní odpady, ale také sláma a jiný odpad.

- Mokrá biomasa

Nelze ji spalovat přímo. Využívá se hlavně v bioplynových technologiích. Jsou to tekuté odpady, kejda a další odpady.

- Speciální biomasa

Speciální technologií je využívána k získávání energetických látek v podobě bionafty nebo lihu. Jsou to zejména olejiny, škrobové plodiny a cukernaté plodiny. [6]

Biomasa se dá členit také na fytomasu a biomasu. Kdy fytomasa pochází pouze z rostlinného původu a biomasa je hmota zahrnující i živočišný původ např. to může být kejda hospodářských zvířat.

Rostliny pěstované s jiným záměrem než k získání potravin a krmiv byly nazvány jako technické plodiny. A technické plodiny, které jsou pěstovány pro účely energetiky, nazýváme jako energetické plodiny. Výsledným produktem energetických plodin jsou biopaliva, která mohou být tuhá, tekutá nebo plynná. Mezi tuhá paliva řadíme řezanku, balíky, brikety, pelety a další. Jako tekutá paliva známe rostlinné oleje, bionaftu a bioetanol. A plynným biopalivem je bioplyn.

Dále rozeznáváme cíleně pěstovanou biomasu a zbytkovou neboli odpadní biomasu. Cíleně pěstovanou biomasou jsou především energetické byliny a rychlerostoucí dřeviny. Za zbytkovou biomasu je považován dřevní odpad z lesního hospodářství, odpad z papírenského, dřevařského a nábytkářského průmyslu, komunální bioodpad, zbytky ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny a odpad z potravinářského průmyslu. [3, 4]

3.1 Cíleně pěstovaná biomasa v Česku

Zástupci u nás pěstované bylinné biomasy

Řepka olejka

Řepka se u nás pěstuje již od 13. století. Lisováním se ze semen získává olej a odpad po lisování se dále využívá jako krmivo, které obsahuje asi 20 % bílkovin. Olej je jedlý, avšak používán je i pro technické účely jako je například výroba mýdel.

Slunečnice

V Česku se můžeme setkat s pěti druhy slunečnic, z nichž některé rostliny jsou jednoleté a některé vytrvalé. Velkými pěstiteli slunečnice jsou Francie a jihovýchodní Rusko, kde i olej zpracovávají. (Slunečnicový olej obsahuje kyselinu linolovou, linolenovou, olejovou, stearovou a palmitou.)

Pšenice

V Evropě se nejčastěji používá jako základní surovina pro výrobu pečiva. Pšenici lze využít i v průmyslu a to zejména k výrobě škrobu, lihu nebo piva. Pro energetické účely se z pšenice využívá pšeničná sláma.

Kukuřice a cukrová řepa

Obě tyto plodiny jsou pěstovány nejen pro účely potravinářské, ale i pro účely energetické. Z těchto plodin se po výrobě získává etanol. [6, 7]

Dřevní biomasa

Pod tímto pojmem si můžeme představit kusové dřevo, dřevní odpad – kůru, štěpku, piliny, slámu a suché části rostlin pěstovaných za účelem spalování. [6]

Energetické dřeviny se pěstují na plantážích, u kterých je doba mezi sázením stromů a těžbou dřeva kratší než oproti běžnému způsobu – zhruba 2 roky až 8 let. Jako nejvhodnější se pro pěstování na plantážích jeví eukalypty, platany, topoly, akáty, vrby, olše. Pro pěstování v našich podmínkách je nejvhodnější topol. Dále lze využít vrby, akáty, břízy a olši, které jsou ale méně výkonné. Rychle rostoucích dřevin a jejich plantáží lze také dobře využít za účelem využití volné zemědělské půdy či půdy nevyužívané, jako např. kolem silnic a dálnic, na složištích popele a také na místech, která jsou ohrožena imisemi.

Klasickým palivem ze dřeva je dřevní štěpka. Ta je nejméně hodnotná ze syrového dřeva, nejkvalitnější a nejdražší je potom z odpadů dřevařského a nábytkářského průmyslu. [8]

3.2 Principy získávání energie z biomasy

a. Spalování biomasy

Pro tyto účely se používá hlavně sláma, štěpky a dřevní hmota.

Jednotlivé fáze spalování:

- Fáze sušení – odstraňuje vlhkost z paliva
- Fáze pyrolýzy – materiál se začne ohřívat, organický materiál se rozkládá na hořlavé plyny, destilační produkty a zuhelnatělý zbytek
- Fáze spalování plynné složky – postupné hoření, prodlužování plamene
- Fáze spalování pevných složek – zuhelnatělý zbytek na roštu za přístupu dostatečného množství kyslíku vytváří oxid uhelnatý, který dále oxiduje na oxid uhličitý.

Pokud ke spalování dochází za přístupu vzduchu, jedná se o prosté hoření. V případě zahřívání paliva bez přístupu vzduchu se uvolňuje energoplyn, který se následně odvádí do spalovacího prostoru, kde se spaluje podobně jako ostatní plynná paliva.

Využití: Výroba tepla a příprava teplé užitkové vody.

b. Alkoholové kvašení

Z rostlin obsahujících cukry a škrob, jako jsou obiloviny, řepa, brambory, cukrová třtina a ovoce, je možné získat organickou fermentací v mokřém prostředí a následně destilací vysokoprocentní alkohol - etanol. Teoreticky lze z 1 kg cukru získat 0,65 l čistého etanolu. V praxi je však energetická výtěžnost 90 - 95 %, protože vedle etanolu vznikají další produkty např. glycerin.

Využití: Etanol je vysoce hodnotné ekologické palivo pro spalovací motory. Má antidetonační vlastnosti. Jeho nedostatkem je schopnost vázat vodu a působit korozi motoru, což lze odstranit přidáním aditiv – antikoročních přípravků.

c. Anaerobní fermentace – metanové kvašení

Zpracování organických látek se současným vznikem bioplynu nazývá anaerobní fermentace dříve metanogenní kvašení (vyhánění, rozklad). Bioplyn, dříve kalový plyn, je směs plynů. Z 50 až 75 % obsahuje metan, z 25 až 40 % oxid uhličitý a z 1 až 3 % obsahuje další plyny – dusík, vodík, vzácné plyny, sirovodík a vodní páry. Biologický a chemický proces tvorby metanu se dělí do těchto etap:

- Hydrolyza – přeměna organických látek na nižší rozpustné organické sloučeniny
- Acidogeneze – přeměna na mastné kyseliny
- Metanogeneze – přeměna na metan, oxid uhličitý a další látky za vhodných fermentačních podmínek – teplota, pH atd. Tyto podmínky je nutné dodržovat, protože metanogenní bakterie jsou na jejich kolísání velmi citlivé. Změny prostředí ve vyháněvací nádrži (fermentoru) by mohly vést ke zpomalení nebo zastavení reakcí.

Dvě skupiny zpracovávané organické hmoty:

- Tuhé substráty – chlévská mrva
- Tekuté substráty – kejda prasat, skotu

Využití: Pro přímé spalování a ohřev teplotně odolného média, výrobu elektrické energie a ohřev teplotně odolného média. Dále jako pohon spalovacích motorů pro získání mechanické energie. A pro chemickou výrobu sekundárních produktů bioplynu.

d. Esterifikace

Z olejnatých semen se lisuje olej. Ten se esterifikací, tj. substitucí metylalkoholu za glycerin, mění na metylester oleje, který má podobné vlastnosti a výhřevnost jako motorová nafta. Jeho rozložitelnost v přírodě je několikrát rychlejší než u běžné nafty, což má velký význam pro ochranu životního prostředí, vodních zdrojů a podobně.

Podrobněji se esterifikací zabývám v kapitole 3.4.2.2.1.

Využití: Náhrada motorové nafty. [5]

3.3 Kapalná biopaliva první a druhé generace

Biopalivem můžeme komplexně nazvat jakékoliv palivo vyrobené z biomasy. V současné době jsou nejvhodnějšími produkty z biomasy pro výrobu biopaliv rostlinné oleje a alkoholy. [4]

Kapalná paliva vyrobená z biomasy - biopaliva můžeme rozdělit na biopaliva první generace a biopaliva druhé generace, dle způsobu získávání vstupní suroviny. [5]

3.3.1 Kapalná biopaliva první generace

Pod pojmem kapalná biopaliva první generace jsou označována paliva jako bionafta (FAME), řepkový olej a etanol. Bionafta první generace je vyráběná především reesterifikací rostlinných olejů s metanolem za přítomnosti katalyzátoru pro tvorbu metylesterů. Hlavní surovinou je zde rostlinný olej (z řepky olejné, sóji a ostatní rostlinné oleje) a v omezeném množství je používán i živočišný tuk. Řepkový olej je vyráběn lisováním za studena, extrakcí a rafinací neupraveného oleje.

Etanol je vyráběn procesem fermentace upravené suroviny a dehydratací, která zajišťuje bezvodý alkohol ze surovin jako je cukrovka, obilí či kukuřice. Přehledně jsou zobrazena biopaliva první generace v tab. 1. [4]

Tab. 1 Přehled kapalných biopaliv první generace

Typ biopaliva	Specifický název	Surovina biomasy	Výrobní proces
Bioetanol	Konvenční bioetanol	Cukrová řepa, obiloviny	Hydrolyza a fermentace
Rostlinný olej	Čistý rostlinný olej	Olejnaté plodiny (řepkové semeno)	Lisování za studena/ extrakce
Bionafta	Bionafta z energetických plodin, metylester řepkového oleje (MEŘO), metyl/etyl ester mastných kyselin (FAME/FAAE)	Olejnaté plodiny (řepkové semeno)	Lisování za studena/ extrakce a transesterifikace
Bionafta	Bionafta z odpadů, FAME/FAAE	Odpadní oleje z vaření a smažení, živočišné tuky	Transesterifikace
Bioplyn	Zušlechtěný bioplyn	Mokrá biomasa	Vyhnívání
Bio ETBE		Bioetanol	Chemická syntéza

[4]

3.3.2 Kapalná biopaliva druhé generace

Do této skupiny biopaliv, nazývaných biopaliva druhé generace, patří zejména bioetanol, syntetická biopaliva, bionafta a biovodík viz tab. 2. Tyto paliva jsou nejčastěji vyráběna tepelně-chemickou přeměnou biomasy zplyňováním. Jedná se o výrobu biopaliv, která můžou být vyráběna s jasně stanovenými vlastnostmi na rozdíl od klasických fosilních paliv. Tyto vlastnosti jsou realizovány tak, aby přispívali ke splnění současných i budoucích norem pro výfukové emise.

Syntetická biopaliva, mohou být také označována BTL (Biomass-to-liquids), jsou vyráběna na základě jakékoliv tuhé biomasy a za podmínek, které jsou velmi příznivé pro pěstování energetických plodin. Používáním celých plodin lze dosáhnout vyššího výnosu z 1 hektaru, než např. u biopaliv první generace z olejnin a obilovin.

Výrobu můžeme charakterizovat třemi hlavními kroky: zplyňováním lignocelulózy biomasy na surový plyn, čištěním a úpravou surového plynu na syntetický plyn, katalytickou syntézou tohoto plynu na syntetická biopaliva nebo úpravou a čištěním na biovodík.

Bionafta druhé generace je z chemického hlediska odlišná od bionafty založené na rostlinném oleji. Zplyňováním biomasy vzniká syntetický plyn, který je tvořen především CO (oxidem uhelnatým) a vodíkem. Pokud je tento plyn vystaven vhodnému katalyzátor, je přeměněn na uhlovodíky (syntéza Fisher-Tropsch), které jsou následně ošetřeny tak, aby poskytly směs benzínu, nafty a leteckého paliva. Samotná výroba je směřována k výrobě leteckého paliva a nafty, z důvodu nízkého oktanového čísla benzínové části.

Cena biopaliv druhé generace se odvíjí od ceny surovin a také od technického vývoje. Avšak nelze předpokládat, že by byla tato paliva výrazně levnější, než biopaliva první generace. [4]

Tab. 2 Přehled kapalných biopaliv druhé generace

Typ biopaliva	Specifický název	Surovina biomasy	Výrobní proces
Bioetanol	Bioetanol z celulózy	Lignocelulózový materiál	Postupná hydrolyza a fermentace
Syntetická biopaliva	Biomass-to-liquids (BTL), FT-HC (Fischer-Tropsch diesel), syntetický biodiesel, biometanol, těžké alkoholy (směsi), biodimetyléter (bio-DME)	Lignocelulózový materiál	Zplynění a syntézy
Bionafta	Hydrogenačně zpracovaná bionafta	Rostlinný olej a živočišné tuky	Hydrogenace
Bioplyn	SNG (syntetický zemní plyn)	Lignocelulózový materiál	Zplynění a syntézy
Biovodík		Lignocelulózový materiál	Zplynění a syntézy nebo biologický proces

[4]

3.4 Biopaliva na bázi rostlinných olejů

K získání rostlinného oleje využíváme zejména olejnata semena rostlin. Rostlinné oleje však nelze využít jako náhradu motorové nafty bez nutné úpravy palivového příslušenství či motoru, protože mají velmi odlišné vlastnosti než motorová nafta. Druhou možností je vlastnosti rostlinných olejů přizpůsobit vlastnostem motorové nafty. To se v dnešní době provádí zejména esterifikací olejů pomocí metanolu na metylestery mastných kyselin. Tím nám vzniká bionafta obsahující 100 % FAME (FAME = Fatty Acid Methyl Esters). Nejčastěji používaným palivem na základě rostlinných olejů je směsná motorová nafta, která je směsí bionafty a motorové nafty.

V porovnání s motorovou naftou mají rostlinné oleje vysokou teplotu vzplanutí, vysokou viskozitu, nízké cetanové číslo, nízkou výhřevnost a malou tepelnou stabilitu viz tab. 3.

Tab. 3 Parametry rostlinných olejů konkrétně řepkového, slunečnicového, palmového a sojového oleje ve srovnání s motorovou naftou.

Parametry	Jednotky	Nafta	Řepkový olej	Slunečnicový olej	Palmový olej	Sójový olej
Hustota (15°C)	kg.m ⁻³	830	915	920	916	928
Výhřevnost	MJ.kg ⁻¹	42,5	36	36,5	36,8	36,7
Kinematická viskozita (40°C)	mm ² .s ⁻¹	3	35	34	39,8	32,6
Teplota vzplanutí	°C	55	246	274	267	254
Cetanové číslo		>51	38	37	38	38

[9]

3.4.1 Postup zpracování olejnatých semen

Olejnatá semena jsou před zpracováním upravena tzv. kondicionáním. Jedná se o proces probíhající při teplotách 80 – 90 °C, který deaktivuje některé enzymy a zajistí přiměřený obsah vlhkosti, a tím zlepší mechanickou separaci oleje. Po kondicionání jsou semena lisována v centrálních olejových mlýnech kontinuálními šnekovými lisami. Tímto lisováním se získá asi 50 % obsahu oleje. Pokrutiny, které zbudou po lisování, jsou drceny a dopraveny do extraktoru, kde jsou protiproudě extrahovány technickým rozpouštědlem.

Rozpouštědlo se po filtraci z extraktu oddestiluje a vrátí se do procesu. Po tomto kroku následuje ještě dočištění. Surový olej je potom tvořen olejem získaným z lisování a olejem získaným extrakcí.

Surový olej je nutné rafinovat, kvůli obsahu velkého množství rozpustných doprovodných látek olejiny. Prochází procesy, kdy je olej zbaven volných mastných kyselin (deguming), pigmentů (bělení), zápachů (deodorizace) a dalšími. Olej po rafinaci dosahuje kvalit rostlinného oleje.

Účinnost tohoto procesu (vztaženo na obsah oleje v semenech) je 98 %. [4]

3.4.2 Druhy paliv

V této kapitole jsou popsána biopaliva na bázi rostlinných olejů používaná u nás či ve světě.

3.4.2.1 Metylestery mastných kyselin (FAME)

Metylester mastných kyselin je neomezeně mísitelný s motorovou naftou, avšak s vodou mísitelný není. FAME (bionafta) má velké množství výhod, mezi které patří zejména její obnovitelnost, biologická odbouratelnost, vysoká mazací schopnost a nízký obsah emisí. Přidáváním bionafty do motorové nafty se snižuje opotřebení motoru, jelikož je mastnější než motorová nafta. Bionafta v čisté podobě je netoxické biopalivo, neobsahující síru, halogeny a polyaromatické látky. Díky možné výrobě z vlastních zdrojů (energetických plodin) přispívá ke snížení závislosti na importované ropě.

Technologie výroby bionafty je téměř bez odpadu, jelikož vedlejší produkty výroby je možné dále využít. K výrobě je možné použít různé oleje, ve světě jsou to nejčastěji např. sójový olej (zejména Spojené státy americké), palmový olej, slunečnicový olej, řepkový a další. Po lisování olejnatých semen získáme olej a odpad, výlisky, který lze použít ke krmným účelům či k výrobě přírodních hnojiv.

Pokud srovnáme motorovou naftu a bionaftu, tak u bionafty (FAME) dochází při spalování k výraznému snížení emisí nespálených uhlovodíků, pevných částic a na nich vázaných polycyklických uhlovodíků (ty jsou karcinogenní). [10]

Bionafta a její značení na základě použitého oleje:

- RME (Raps-Methyl-Ester) – metylester řepkového oleje (MEŘO)
- REE (Raps-Ethyl-Ester) – etylester řepkového oleje (EEŘO)
- SME (Sunflower-Methyl-Ester) – metylester slunečnicového oleje
- SOME (Soya-Methyl-Ester) – metylester sójového oleje
- VUOME (Vaste-Used-Oil-Methyl-Ester) – metylester z použitých fritovacích olejů [11]

U nás je k dostání bionafta na čerpacích stanicích pod názvem **B 100** – 100% metylester rostlinného oleje. Mimo výše jmenované vlastnosti má bionafta ještě jiné, výhodné i nevýhodné. Díky vysokému cetanovému číslu zaručuje tišší a pružnější chod motoru. Rozpouští a odvádí z palivové soustavy motoru usazeniny vzniklé za provozu motoru na klasickou motorovou naftu. To však s sebou nese povinnost častěji měnit motorový olej, palivový filtr a olejový filtr. Také díky nižší energetické hodnotě paliva je nižší výkon motoru o 3 až 8 % a spotřeba je vyšší o 6 až 10 %. [12]

3.4.2.2 MEŘO (metylester řepkového oleje)

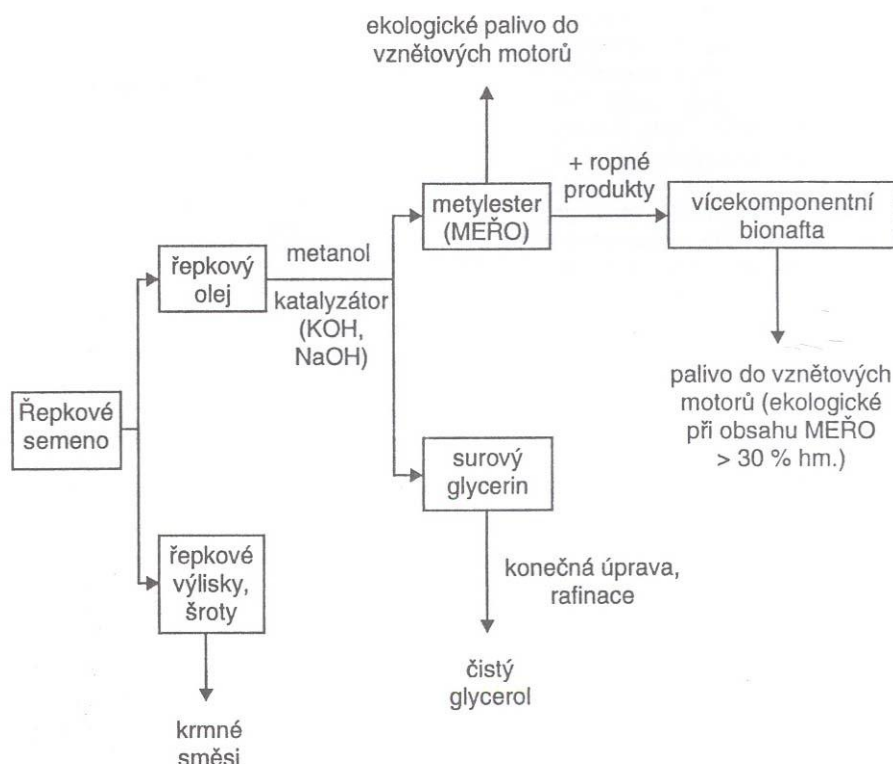
V České republice je pro výrobu metylesterů nejvhodnější řepkový olej. Výhoda řepky nespočívá jen ve velké výhřevnosti oleje, ale také výtěžnosti oleje ze semen. Semena obsahují 40 až 50 % oleje a výtěžnost je zde až 98 %.

Biologická odbouratelnost MEŘO je z 98 % za 21 dní. [13]

3.4.2.2.1 Výroba MEŘO - transesterifikace

MEŘO se vyrábí tzv. transesterifikací řepkového oleje. Je to chemický proces, kdy se z řepkového oleje vyrobí metylester řepkového oleje a vedlejší produkt surový glycerin. Postup získání oleje byl již popsán v kapitole 3.4.1. Chemická reakce s metanolem, za přítomnosti alkalických hydroxidů NaOH (hydroxidu sodného) a KOH (hydroxidu draselného) jako katalyzátorů, probíhá buď za běžné teploty, nebo za zvýšené teploty. Teplota se určuje v závislosti na konkrétní technologii. [14]

Obr. 2 Schéma procesu výroby MEŘO



Zdroj: http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/4/obrazky/2_Rozdeleni_druhu_biomasy.jpg

Tab. 4 Energetický obsah biosložky v závislosti na jejím obsahu v palivu

Obsah MEŘO (% obj.)	Obsah MEŘO (% hm.)	Výhřevnost (MJ.kg ⁻¹)
0	0	42,9
1	1,5	42,8
5	5,3	42,6
30	31,1	41,1
100	100	37,0

[14]

3.4.2.3 Směsná motorová nafta

Na čerpacích stanicích ji u nás najdeme pod různými jmény. Nejčastěji SMN30, B30, Ekodiesel, Biodiesel nebo Setadiesel. Směsná motorová nafta je tvořena minimálně z 30 % metylesterem řepkového oleje a ze zbytku motorovou naftou.

Používání směsné motorové nafty je možné bez jakékoliv konstrukční úpravy motoru. Je vhodná pro provoz po celý rok – tedy i v zimním období. Pro svou mazací schopnost snižuje opotřebení motoru. Díky vysokému cetanovému číslu zaručuje tišší a pružnější chod motoru.

Je však třeba dbát na některá doporučení:

Rozpouští a odvádí z motoru a palivové soustavy usazeniny, které vznikly během provozu na motorovou naftu, proto by vzhledem k těmto čistícím účinkům paliva měla probíhat častěji výměna motorového oleje, olejového filtru a palivového filtru. U starších vozidel by měla být zkontrolována těsnost pryžového těsnění a hadic a případně by měla být provedena výměna.

Kvalitativní parametry jsou dány normou ČSN 656508. Za zmínku zde určitě stojí sdělit, že musí splňovat kritérium biologické rozložitelnosti min. 90 % za 21 dní. [12]

3.4.2.4 EEŘO (etyléster řepkového oleje)

Etylestery řepkového oleje jsou obdobou metylesterů, které vznikají na základě esterifikace etanolem. U metylesterů je používán toxický metanol, který se vyrábí z fosilních paliv, zatímco u etylésterů je metanol nahrazen bioetanolem. Esterifikace nemá sice tak snadný průběh, jako při použití metanolu, ale zato jsou obě složky (řepkový olej a líh) z obnovitelných zdrojů. [14]

3.4.2.4.1 Výroba EEŘO

Technologie výroby etylesterů řepkového oleje je v podstatě analogická jako při výrobě metylesterů řepkového oleje. Proto lze výrobu EEŘO uskutečnit ve stávajících výrobních jednotkách na výrobu MEŘO (s případným doplněním výrobního zařízení či jeho úpravami).

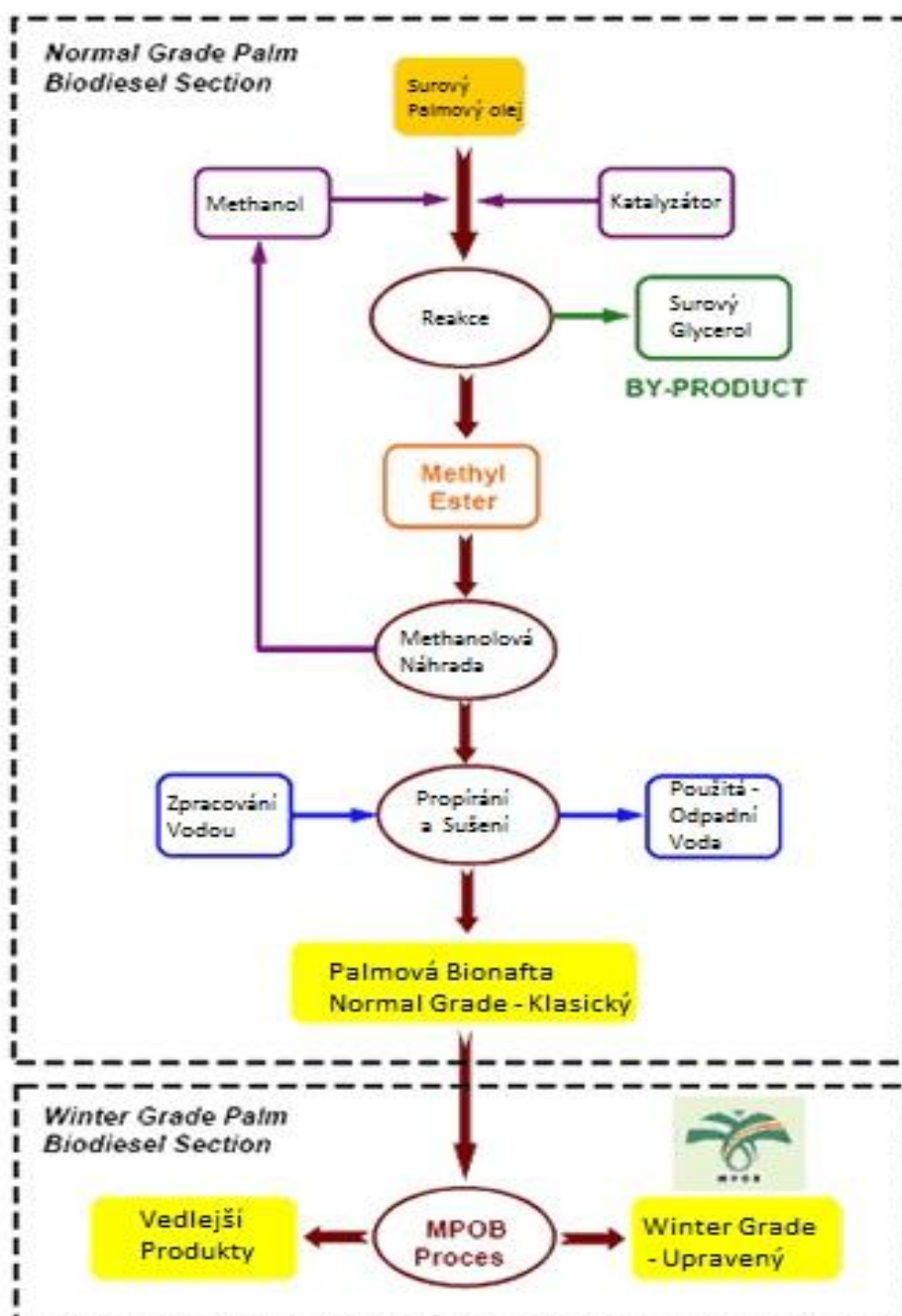
Náklady na výrobu etylesteru oproti metylesteru se liší zejména v nákladech na suroviny. Etanol má výrazně vyšší cenu než metanol a také je jeho spotřeba na esterifikaci vyšší. [14]

3.4.2.5 Palmový olej

Palmový olej se stejně jako ostatní rostlinné oleje užívá na výrobu bionafty, buď jako jednoduše zpracovaný palmový olej smíchaný s motorovou naftou, nebo zpracovaný transesterifikací jako metylester kyseliny palmitové, jehož mezinárodní specifikace je EN 14214. Jako vedlejší produkt transesterifikace zde vzniká glycerin. Bionafta (metylester palmového oleje) může být používána čistá nebo smíchaná s motorovou naftou v jakémkoli množství.

Směs bionafty a motorové nafty může být použita v jakémkoliv vznětovém motoru. Většina výrobců vozidel doporučuje užití směsi paliva složené z max. 15 % z bionafty a motorové nafty. Aktuální proces výroby biopaliv záleží na zemi výroby a na požadavcích trhu. Vzhledem k vzrůstající globální potřebě snížit závislost na fosilních palivech nabízí palmový olej velký potenciál jako nákladově-efektivní surovina pro výrobu bionafty. Tato biomasa může snížit produkci oxidu uhličitého až o 80%. [15, 16]

Obr. 3 Výroba metylesteru palmového oleje



Zdroj: http://www.oiltek.com.my/palm_biodiesel.html

Klasická palmová bionafta má bod tuhnutí asi 15°C a z tohoto důvodu může být používána jen v tropických zemích. K umožnění užívání palmové bionafty v zemích s nízkými teplotami vyvinula Malaysia Palm Oil Board (MPOB) proces k výrobě bionafty s nízkým bodem tuhnutí (-21°C až 0°C). Palmová bionafta s nízkou teplotou tuhnutí a její

produkční technologie je zahrnuta v Malajském patentu PI 20021157. Parametry bionafty viz tab. 5. [17]

Tab. 5 Vybrané parametry palmové bionafty

Vlastnost	Jednotka	EN 14214	Palmová bionafta	
			Normální úprava	Zimní úprava
Obsah esteru	% hm.	Min. 96.5	> 98.0	> 98.0
Hustota při 15°C	kg.m ⁻³	860 – 900	878	870 – 890
Viskozita při 40°C	mm ² .s ⁻¹	3.5 - 5.0	4.4	4.0 – 5.0
Bod Vzplanutí	°C	Min. 120	182	150 – 200
Bod Tuhnutí	°C	----	15	-21 – 0
Cetanové číslo	----	Min. 51	58 – 59	58 – 59

[17]

Tato upravená bionafta je vytvořena odstraněním komponentů s vysokou teplotou tání z klasické palmové bionafty. K tomu je použit proces fyzického oddělení. To zahrnuje částečnou krystalizaci esterů, následovanou oddělením pevných částí od kapalných. V závislosti na požadavcích na teplotu tuhnutí se výnos upraveného bionafty pohybuje mezi 35 až 40%, zatímco vedlejší produkty nacházejí uplatnění jako pohonné hmoty pro letní období, nebo jako suroviny pro zpracování v chemickém průmyslu. [17]

3.4.3 Rozdíl mezi FAME a MEŘO

Tento rozdíl vzniká na základě charakteru používaných surovin. Zatímco pro výrobu MEŘO přichází v úvahu pouze řepkový olej, pro výrobu FAME jsou to oleje různé. Mohou to být i oleje méně vhodné, levnější či závadné a pro kuchyňské účely nepoužitelné. Dále se mohou používat oleje, které mají vysoký podíl metylesterů nasycených kyselin např. olej palmový.

Tyto oleje způsobují v palivářské praxi mnoho závad, jako třeba špatné chladové vlastnosti a ucpávání palivových filtrů. Metylestery slunečnicového oleje mají v praxi za následek tvorbu kalů a pryskyřic už i při skladování a zejména při spalování v motoru. Může dojít až ke ztrátě komprese.

Horší palivářské vlastnosti má FAME, které je vyrobeno z živočišných tuků a to zejména kafilerních. Negativní vlastnosti zmiňované výše se zde ještě více stupňují. Působí

nejen na spalovací prostor motoru, ale také na vstřikovací zařízení (trysky). U těch poté dochází k havárii. Vstřikovací trysky však nejdou opravit, a proto musí být celé vyměněny.

Nejhorších vlastností dosahuje VUOME, který se vyrábí z použitých kuchyňských fritovacích olejů. U vykupovaných olejů jsou různé kvalitativní rozdíly. Těmto rozdílům by se předcházelo, pokud by všichni respektovali teplotu a dobu používání. To je dodržováno spíše velkými firmami na rozdíl od malých firem, které olej často přepalují a využívají ho „co to jde“. Dochází k vystupňování negativních parametrů do té míry, že vyrobený metylester nesplňuje normu v důležitých parametrech. Především je to velmi narušená oxidační stabilita a tvorba kalů a pryskyřic, které přispívají k degradaci oleje a interval jeho výměny zkracuje až na polovinu. Agresivita vůči plastům zde již byla zmíněna. [14]

3.4.4 Oxidační stabilita bionafty

Nízká oxidační stabilita bionafty ovlivňuje zejména skladování bionafty i směsných naft. Paliva i s nízkým obsahem bionafty (do 5 %) nelze dlouhodobě skladovat. K přimíchávání bionafty do klasické motorové nafty proto dochází těsně před výdejem nafty do přepravních cisteren.

Nízká oxidační stabilita bionafty může napomáhat k zanášení palivových filtrů a vstřikovačů. Dále může přispívat k potížím s pryskyřičnatými a karbonovými úsadami na pístu a také na pístních krouzcích. Bionafta v motorovém oleji způsobuje zrychlené znehodnocování motorového oleje. Možným rizikem je i nežádoucí vliv na detergentní schopnosti motorového oleje. [18]

3.5 Biopaliva na bázi alkoholu

Etanol je používán jako biopalivo pro benzínové motory. Lze jej získat z různých zemědělských plodin jako např. z obilí, brambor, cukrové řepy, kukuřice a dalších. Výnos etanolu je tím vyšší, čím více obsahuje plodina sacharidů nebo škrobů. Etanol je možné získat i ze slámy a jiných rostlinných zbytků, dřeva a celulóзовých odpadů, a to dokonce i ze starého papíru. Velkou výhodou je, že výroba nekonkuruje produkci potravin a tím nezvyšuje jejich cenu. Jeho nedostatek, schopnost vázat na sebe vodu, lze odstranit vhodnými přídatnými látkami – aditivy s antikoročním účinkem. [19]

3.5.1 Postup výroby bioetanolu

Bioetanol se získává destilací zkvašených cukernatých roztoků, kdy se glukóza kvašením rozkládá na etanol a CO₂. Cukernaté plodiny se oproti škrobnatým plodinám kvasí

přímo. U škrobnatých plodin je nejprve nutné škrob enzymaticky rozložit na cukry a vodu. U lignocelulóзовých rostlin je postup získávání etanolu složitější.

Fermentace cukrů může probíhat pouze za podmínek mokrého, vodu obsahujícího prostředí. Tímto nám vznikne alkohol, který se musí oddělit destilací a následně je zbaven vody a dalších příměsí. [19]

Výnosy z výroby etanolu závisí nejen na kvalitě vstupní suroviny, ale také na kvalitě technologického procesu (viz tab. 6). [4]

Tab. 6 Průměrná výtěžnost bioetanolu z vybraných rostlin

Biomasa	Průměrná spotřeba na výrobu 100 l bioetanolu	
Syrovátka	[l]	4 000
Cukrová třtina	[kg]	1 181
Cukrová řepa	[kg]	932
Brambory	[kg]	1 211
Dřevo	[kg]	385
Melasa	[kg]	360
Pšenice	[kg]	260
Kukuřice	[kg]	268/258 (mokrý způsob/suchý způsob)
Žito	[kg]	241

[19]

3.5.2 Bioetanol

Bioetanol se pro pohon benzínových motorů neuzívá čistý, ale ve formě směsi s benzínem. V současné době je u nás dostupné palivo s označením **E85**. Na základě technické normy se u nás vyskytuje v letní a zimní směsi. Letní směs je tvořena až z 85 % etanolem a z 15 % benzínem. Zimní směs je tvořena přibližně z 65 až 70 % etanolem a z 30 až 35 % benzínem, kdy vyšší procento benzínu zde má účelně omezit tzv. studené starty. Bioetanol je ve srovnání s benzínem výkonnější o 10 až 15 %. Při spalování E85 vzniká o 70 % méně škodlivin v porovnání s klasickým benzínem.

Avšak vyšším výkonem nám stoupá i spotřeba paliva, u etanolu to může být až o 20 %. Také musí být vůz častěji kontrolován z hlediska agresivity etanolu vůči gumovým hadicím a těsněním. Dále je třeba častěji měnit motorový olej a palivový a olejový filtr z důvodu rychlejšího opotřebení. [12]

3.5.3 Metanol

Metanol (metylalkohol) je bezbarvá těkavá, hořlavá a silně jedovatá kapalina zapáchající po alkoholu. Je neomezeně mísitelný s vodou.

V současnosti se metanol využívá především jako rozpouštědlo, přísada do nemrznoucích směsí a paliv nebo k výrobě MTBE (metyl-terc-butyl-éter). MTBE se využívá jako aditivum do benzínu, ale má karcinogenní účinky. Avšak metanol se dá využít i jako palivo a to zejména u přeplňovaných spalovacích motorů. Využit se dá i k výrobě jiných organických látek jako je např. formaldehyd či kyselina mravenčí. [4]

3.5.3.1.1 Výroba metanolu

Původně se metanol vyráběl suchou destilací dřeva, odtud také pochází dřívější název dřevný líh. Při destilaci vzniká směs metanolu, kyseliny octové a acetonu. Nejdříve se z této směsi neutralizací vápnem (hydroxidem vápenatým) odstraňuje kyselina octová. Poté se metanol s nepatrným množstvím acetonu oddělí destilací.

V současnosti se metanol vyrábí katalytickou hydrogenací oxidu uhelnatého z vodního plynu. [4]

3.5.4 Biobutanol

Butanol je alkohol, který se především používá jako rozpouštědlo v různých textilních a chemických procesech, např. jako ředidlo barev, složka hydraulických a brzdových kapalin či jako složka parfémů.

V současné době se biobutanol díky své energetické hodnotě označuje jako palivo příští generace. Dále se vyznačuje snadnou manipulací, mísitelností a také nízkou tvorbou koroze. [4]

3.5.4.1.1 Výroba biobutanolu

K výrobě biobutanolu může být použito mnoho zemědělských surovin (např. kukuřice). Většina butanolu je komerčně získávána z fosilních paliv. Také jej lze získat jako vedlejší produkt procesu kvašení, při kterém se uvolňuje i vodík.

Biobutanol je z hlediska výrobních nákladů konkurenceschopný vůči bioetanolu. Výhodou biobutanolu oproti bioetanolu je, že může přidáván do benzínu ve vyšší koncentraci (až 10 % obj. u evropských benzínů) a to bez jakýchkoliv úprav motoru. Palivo s příměsí biobutanolu je díky nižší tenzi par bezpečnější než běžné benzíny a paliva s příměsí

bioetanolu. Také se méně odpařuje, zvláště v letních měsících a nepohlcuje vodu jako bioetanol. Biologická odbouratelnost je díky přírodnímu původu velmi dobrá, a tudíž není ohrožením půdy a vody. [4]

3.5.5 MTBE – Metyl Terc. Butyl Éter

Je vysokooktanovou syntetickou složkou benzínů a je s benzínem neomezeně mísitelný. Avšak díky vysoké rozpustnosti MTBE ve vodě a jeho stabilitě bylo jeho použití omezeno, protože kontaminace může ohrozit zdroje pitné vody. Surovinami k výrobě MTBE jsou metanol a izobutan.

V dnešní době biopaliv a obnovitelných zdrojů energie se MTBE začal nahrazovat ETBE. [20]

3.5.6 ETBE – Etyl Terc. Butyl Éter

Využívá se jako náhrada MTBE u benzínů za účelem navýšení podílu biosložek v motorových či jiných palivech. Výroba je velmi podobná jako u MTBE, kdy metanol je nahrazen etanolem a druhou složkou zůstává izobutan. Zdrojem etanolu může být bioetanol vyráběný z biomasy. Je stejně jako MTBE s benzínem neomezeně mísitelný. [21]

4 Legislativa

Zákonem č.180/2007 Sb., kterým se mění zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší je v ČR stanovena povinnost uvádění biokomponent na trh. Podle zákona č.180/2007 Sb. jsou zde povinnými subjekty, uvádějící paliva na trh, výrobci motorových paliv, rafinérie, provozovatelé daňových skladů, dovozci paliv a někteří distributoři.

Do motorových paliv se biopaliva přidávají v průběhu jejich mísení nebo na skladových terminálech. Výrobce však musí garantovat jakost fosilních paliv a prověřit i jakost biopaliv.

U nás jsou jako biopaliva do benzínu používána bioetanol a ETBE (etyl terc butyl éter). Do motorové nafty se užívají FAME (metylestery mastných kyselin), zejména však MEŘO (metylestery řepkového oleje).

Minimální povinnost náhrady fosilní složky odpovídajícím biopalivem stanovená zákonem č.180/2007 Sb.:

Od 1. 9. 2007	2,0 % obj. pro motorovou naftu
Rok 2008	2,0 % obj. pro motorovou naftu 2,0 % obj. pro automobilové benzíny
Rok 2009	3,5 % obj. pro automobilové benzíny 4,5 % obj. pro motorovou naftu

Zákonem č. 172/2010 Sb. s účinností od 1. 6. 2010:

4,1 % obj. pro automobilové benzíny
6,0 % obj. pro motorovou naftu

Na českém trhu jsou dostupná tyto paliva:

- a) Pro zážehové motory
 - Automobilové benzíny dle EN 228 s obsahem bioetanolu do 5 % obj. (E5)
 - Palivo E85

b) Pro vznětové motory

- Motorová nafta dle EN 590 s obsahem FAME/MEŘO do 7 % obj. (B7)
- Směsná motorová nafta (motorová nafta s obsahem FAME/MEŘO 30 %) – SMN 30 – ČSN 65 6608
- Bionafta dle EN 14214 (čisté FAME/MEŘO)
- Palivo E95 (pouze pilotní projekty)

Legislativa připouští jako palivo i **čisté** rostlinné oleje.

Směrnice 2009/28/ES a 2009/30/ES transponovala ČR do českého práva novelou zákona č. 91/2011 Sb., o pohonných hmotách:

Pro petrolejářský průmysl je rozhodujícím cílem do roku 2020 v dopravě nahradit 10 % energie fosilních paliv biopalivy. V této době budou benzíny obsahovat až 10 % bioetanolu a nebo 22 % bioetyl terc butyl éteru. Motorová nafta bude obsahovat max. 7 %, později i 10 %.

Směrnice dále stanoví, že min do roku 2013 musí být v síti čerpacích stanic k dispozici benzín s obsahem do 5 % bioetanolu pro starší vozový park se zážehovým motorem.

Zákonem č. 91/2011 Sb., byla tato povinnost pro ČR prodloužena až do konce roku 2018.

Směrnice dále také zavádí pojem „kritérium udržitelnost“ pro biopaliva. Můžeme tomu rozumět jako minimální hranici úspor emisí skleníkových plynů ve srovnání s ekvivalentním fosilním palivem. Pro rok 2011 bylo kritérium stanoveno na 35 % úspory. Postupně se toto kritérium zvyšuje – ve dvou krocích. Od roku 2017 na 50 % a od roku 2018 až na 60 %. Z tohoto důvodu by měla být každá dodávka paliva doprovázena certifikátem. Tento certifikát by měl obsahovat kritéria udržitelnosti a procento úspor oxidu uhličitého.

Od roku 2014 zavádí směrnice povinnost snižovat emise skleníkových plynů. Do 31. 12. 2020 má být dosaženo cíle snížení emisí o 6 %. Tohoto cíle má být dosaženo ve dvou krocích a to do 31. 12. 2014 snížit emise o 2 % a do 31. 12. 2017 o 4 %.

Do 31. 12. 2020 snížit emise o další 2 % použitím všech technologií, které mohou přispět ke snížení emisí skleníkových plynů a také dodávkami paliv i pro nesilniční vozidla.

[22]

4.1 Dodržování směrnic

Česká republika nesplnila orientační cíl roku 2010 a nenahradila 5,75 % energetického obsahu fosilních paliv biopalivy. Abychom tohoto cíle dosáhli, museli bychom zavést vysoce koncentrované směsi biopaliv a fosilních paliv. To ovšem z důvodu zastaralého vozového parku není v současné době možné. Dále by byla velmi vhodná ekonomická podpora a to formou úlevy na spotřební dani. [22]

4.2 Kjótský protokol

Jedná se o protokol k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu v originálním znění Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change.

9. května 1992 byl text úmluvy finálně formulován. Cílem bylo zejména stabilizovat koncentraci emisí skleníkových plynů v atmosféře.

ČR podporovala návrhy Evropské unie již před konferencí v Kjótu. 10. prosince 1997 proto přijala protokol, který průmyslově rozvinutým zemím (zemím Dodatku I) poskytuje jistou flexibilitu. Jako první krok ukládá této skupině povinnost snížit své emise o 5,2 %. Toto snížení se vztahuje na 6 plynů resp. průměrné emise a to v letech 2008 – 2012. Tyto emise budou porovnávány s lety 1990 nebo 1995.

Vztaženo na plyny:

- Oxid uhličitý (CO₂)
- Metan (CH₄)
- Oxid dusný (N₂O)
- Hydrogenované fluorovodíky (HFCs)
- Polyfluorovodíky (PFCs)
- Fluorid sírový (SF₆)

I když mají jiné plyny větší dopad na skleníkový efekt než oxid uhličitý, nejvíce se omezuje právě tento plyn, protože produkován v největším množství.

Ratifikace Kjótského protokolu

Díky stanoveným podmínkám vstoupil Kjótský protokol v platnost až po více než sedmi letech. Těmito podmínkami byly:

1. Ratifikace alespoň 55 států
2. Ratifikace tolika států Dodatku I, aby jejich podíl na emisích všech států Dodatku I v roce 1990 činil alespoň 55 %

Se splněním první podmínky nebyl velký problém, jelikož pro rozvojové státy nebyly v protokolu stanoveny přísné podmínky. Ovšem splnění druhé podmínky bylo komplikované.

Velký problém způsobily USA svým rozhodnutím protokol neratifikovat, i když jejich podíl na emisích zemí Dodatku I byl zhruba 36%. Osud Kjótského protokolu tak závisel na jediné zemi – Rusku. To na podzim roku 2004 po zdoluhavém projednávání podepsalo a umožnilo tak Kjótskému protokolu vstoupit v platnost. Dle některých zdrojů požadovalo Rusko po Evropské unii podporu ke vstupu Ruska do Světové obchodní organizace.

Kjótský protokol ratifikovalo k datu 16. prosince 2004 132 zemí a z toho 37 zemí jmenovaných v Dodatku I. Emisní podíl států jmenovaných v Dodatku I, které protokol ratifikovaly, byl 61,6 % z celkových emisí týkajících se států Dodatku I.

Flexibilní mechanismy

Z Kjótského protokolu vyplývají závazky, jejichž splnění spočívá v redukcí emisí na území konkrétního státu. Protokol umožňuje vyplnit část závazku pomocí tzv. flexibilních mechanismů. Tyto mechanismy umožňují průmyslovým státům, aby zajistily snížení emisí na území jiného státu nebo odkoupily od jiného státu právo vypouštět skleníkové plyny.

Tři typy flexibilních mechanismů:

- obchodování s emisemi (Emission Trading)
- společně zaváděná opatření (Joint Implementation)
- mechanismus čistého rozvoje (Clean Development Mechanism)

Obchodování s emisemi je založeno na principu obchodování s ušetřenými emisemi skleníkových plynů. Pokud tedy jedna země ušetří o 5 milionů tun CO₂ méně, než jí ukládá protokol, může pak tento rozdíl prodat druhé zemi. V konečném důsledku plní obě země společně své závazky, dochází zde k redistribuci emisních limitů. V dnešní době je možné tohoto principu využít např. mezi zeměmi Evropské unie.

Společně zaváděná opatření se zakládají na rozdílu nákladů na redukci emisí v jednotlivých vyspělých zemích. Tyto vyspělé země vykazují rozdíly v náročnosti na energetiku při tvorbě HDP, ve struktuře zdrojů energie a ve spotřebě energie v dopravě a obytném sektoru. Jinak jsou využívány i energetické zdroje neemitující skleníkové plyny jako např. atomová, vodní nebo větrná energie. A rovnocenná v emisích si nejsou ani jednotlivá uhlíkatá paliva. Zejména u zemí střední a východní Evropy se předpokládá, že díky dřívějšímu neefektivnímu využívání tepla a elektřiny, jsou u nich mnohem větší možnosti redukce emisí. Na základě tohoto mechanismu by pak do těchto zemí vstupovali zahraniční investoři, kteří by ze své investice získávali emisní kredity. Přijímající země, tedy ta, na jejímž území byly emise sníženy, by si toto snížení nemohla započíst do svých závazků vyplývajících z Kjótského protokolu. Získala by však zahraniční investice a vyspělou technologii.

Mechanismus čistého rozvoje umožňuje zemím jmenovaných v Dodatku I podobným způsobem finančně podporovat projekty, které musí skutečně snižovat existující emise, ve státech třetího světa. Za příslušné projekty je od roku 2000 možné získávat kredity, které je možné započítat do splnění závazků vyplývajících z Kjótského protokolu. [23]

4.3 Kjótský protokol a současnost

Ve dnech 28. listopadu – 9. prosince 2011 se uskutečnilo v Durbanu v Jihoafrické republice sedmnácté zasedání konference smluvních stran Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu a sedmé zasedání smluvních stran Kjótského protokolu. Jednání se zúčastnilo 194 států. Jedním z hlavních bodů bylo i projednávání pokračování tzv. druhého kontrolního období Kjótského protokolu (první období vyprší na konci roku 2012).

Bylo přijato rozhodnutí o pokračování Kjótského protokolu a přijetí jeho druhého kontrolního období pro plnění cílů snižující emise u rozvinutých států. Tím se vytvořily podmínky pro to, aby nedošlo k právní mezeře mezi prvním (2008 - 2012) a druhým kontrolním obdobím (od roku 2013). Druhé kontrolní období bude dle přijatého rozhodnutí na

konferenci zahájeno 1. ledna 2013. Až další klimatická konference v roce 2012 rozhodne o jeho délce a konkrétních závazcích rozvinutých zemí. K rozvinutým zemím, které se přihlásily k druhému kontrolnímu období, patří kromě EU a jejích členských států, také Austrálie, Nový Zéland, Švýcarsko, Norsko a Ukrajina.

Naopak Rusko a Japonsko indikovaly, že se dalšího kontrolního období účastnit nebudou. Kanada oficiálním oznámením prohlásila odstoupení od smlouvy s účinností od 15. prosince 2012. Délka druhého kontrolního období, specifikace závazků rozvinutých států ke snížení emisí skleníkových plynů pro toto období a s tím související další změny Kjótského protokolu mají být dohodnuty na zasedání smluvních stran Kjótského protokolu (CMP-8) v roce 2012. [24]

5 Diskuze

Ve své práci se v první řadě věnuji obnovitelnému zdroji energie – biomase a biopalivům z ní vyráběným. Názory na biopaliva se velmi liší. V nedávné době zazněly výroky, že biopaliva způsobují růst cen potravin, zapříčiňují kácení pralesů, poškozují motory, a že dokonce mají vyšší emise skleníkových plynů, než jim bylo doposud přičítáno. Kde je tedy pravda?

5.1 Vliv biopaliv na růst cen potravin

Růst cen na trhu potravin je jen nepatrným podílem zapříčiněn výrobou biopaliv. Například cena obilí klesla na světovém trhu v letech 1983 až 2005 o více než polovinu. I přes nárůst cen obilí, ke kterému došlo v posledních letech, nedosáhla úroveň ceny obilí na cenu z 80. let. V současné době je růst cen ovlivňován různými událostmi a procesy.

U zemí, jejichž ekonomický význam stále roste např. Čína a Indie, ve kterých žije kolem 38 % světové populace je v dnešní době spotřebováno pouze 20 % energie vyrobené ve světě. Spotřeba potravin, ale i energie se s rostoucí prosperitou zemí zvyšuje. Ve zmíněných oblastech dochází i ke změně stravovacích návyků. Rostlinné výrobky jsou více nahrazovány mléčnými a masnými produkty, které jsou ale náročnější na potřebu zemědělské plochy.

„Prudký nárůst cen ropy na světových trzích byl způsoben úbytkem ropných zásob v souvislosti se stále rostoucí potřebou energie a spekulacemi na ropných trzích. V důsledku toho se zvyšují výrobní náklady u zemědělských produktů a tím také u potravin. Podíl nákladů na energii působící na celkový růst cen je možné snížit zvýšeným využitím obnovitelných zdrojů energie, tedy také biopaliv.“

Dá se předpokládat, že z dlouhodobého hlediska můžeme očekávat nárůst cen potravin a také energií. [25]

5.2 Biopaliva a kácení pralesů

Ročně představuje celosvětový úbytek přibližně 13 milionů hektarů, z toho je 8 až 10 milionů hektarů v tropických zemích. Velká část vykácené plochy je využívána k zakládání plantáží palmy olejné, a proto je toto kácení přičítáno právě výrobě biopaliv.

Deštné pralesy se v dnešní době kácení především kvůli těžbě dřeva a ziskům z jeho prodeje. V minulosti se významná část vytěžené plochy ponechávala ladem. V současnosti se tyto plochy stále více obdělávají díky vyšší poptávce po energetických zdrojích (biomase) a potravinách. Pěstují se zde zejména cukrová třtina, sója a palma olejná. Tyto plodiny je možno použít jako potraviny nebo krmivo nebo mohou být použity jako surovina k výrobě biopaliv. Palmový olej je používán zejména v oblasti výroby potravin a jen velmi malá část se používá pro energetické účely. [25]

5.3 Biopaliva a škodlivý vliv na motory

Chemické a fyzikální vlastnosti biopaliv se od klasických fosilních paliv výrazně odlišují. Povolení pro používání biopaliv v čisté formě bylo výrobci vozidel umožněno pouze u několika typů aut. [25]

Pro běžný provoz a neupravené motory jsou používána směsná paliva skládající se z fosilního paliva (nafty či benzínu) s příměsí odpovídající biosložky viz kapitoly 3.5.2.3 a 3.6.2.

5.4 Biopaliva a emise skleníkových plynů

Snížení emisí skleníkových plynů používáním biopaliv bylo původně špatně vypočítáno a teprve nedávno bylo zjištěno, že téměř všechny propočty v Evropské unii vykazují výrazně chybné výsledky. Toto vyplývá z dokumentu zveřejněného Evropskou agenturou pro životní prostředí (EEA) dne 21. 9. 2011 ve Vídni.

"Většina biopaliv má citelně vyšší emise skleníkových plynů, než jim bylo na základě dosavadních výpočetních metod přičítáno," řekl podle agentury APA člen výboru profesor ústavu sociální ekologie ve Vídni Helmut Haberl.

„Dosavadní výpočty podle něj vycházejí z předpokladu, že biopaliva jsou ve své podstatě "klimaticky neutrální", tedy že jejich spalováním se uvolňuje jen tolik oxidu uhlíku, kolik předtím do sebe jako rostliny z životního prostředí nabraly. Vědecký výbor však poukazuje na to, že přeměnou zemědělského ekosystému na lány energetických rostlin je zničeno obrovské množství rostlin odbourávajících oxidy uhlíku a že unijní propočty na tuto okolnost neberou zřetel.“ [26]

5.5 Spotřeba biopaliv v ČR

Spotřeba biopaliv u nás má vzrůstající tendenci (viz tab. 7, 8), která je zapříčiněna zejména povinným přimícháváním biosložek do paliv. Vyšší spotřeba je patrná z tabulek 7 a 8. Tento podíl je navyšován odpovídající legislativou. V roce 2010 byl podíl biosložky přidávané do nafty navýšen ze 4,5 % na 6 % a podíl biosložky přimíchávaný do benzínu z 3,5 % na 4,1 %.

Tab. 7 Domácí produkce, dovoz, vývoz a hrubá spotřeba FAME v letech 2007-2011 (v tunách)

Rok	2007	2008	2009	2010	2011
Domácí produkce	81 806	76 672	154 923	197 988	210 092
Dovoz	8 339	43 657	10 866	21 707	54 294
Vývoz	53 572	34 352	29 911	35 232	16 796
Hrubá spotřeba	36 946	88 121	135 572	184 188	245 216

[26]

Tab. 8 Domácí produkce, dovoz, vývoz a hrubá spotřeba bioetanolu v letech 2007-2011 (v tunách)

Rok	2007	2008	2009	2010	2011
Domácí produkce	26 509	60 236	89 625	94 523	54 412
Dovoz	0	20 404	32 939	10 361	35 696
Vývoz	17 027	31 909	50 953	36 556	7 378
Hrubá spotřeba	287	50 721	74 937	69 037	78 961

[26]

6 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo popsat historický vývoj využití biopaliv a v současnosti používaných biopaliv, zejména pak ta získaná esterifikací rostlinných olejů.

Historický vývoj byl poznamenán několika důležitými pozitivními i negativními mezníky, mezi které patřil objev spalovacího motoru, zlatá éra biopaliv, dezinformační kampaň ropných magnátů, která přispěla k zastavení výrobě biopaliv, světové války a ropné krize.

Vzhledem k neustále se zvyšující potřebě energie se v dnešní době přikláníme k využívání obnovitelných zdrojů energie. Jedním z těchto zdrojů je biomasa, ze které je možno vyrobit biopaliva jako např. bioetanol, bionaftu nebo u nás známé MEŘO. V současnosti jsou vyvíjeny novější metody pro zpracování biomasy a to hlavně odpadní biomasy.

Používání čistých biopaliv pro pohon automobilů není zatím povinné, ale přidávání do fosilních paliv biopaliva, v legislativou určeném množství, povinné je. U nás se díky zastaralému vozovému parku přechod z fosilních paliv na biopaliva oproti vyspělejším a bohatším zemím opozdí. Na trhu tak budou fosilní paliva dominovat i nadále a to až dalších 20 až 30 let.

Při dodržování určitých pravidel a doporučení od výrobců jak automobilů, tak i paliv je možné v současnosti biopaliva používat i bez úpravy motoru. K dostání jsou u nás, zatím v řídké síti čerpacích stanic, biopaliva, která byla v práci uvedena, jako např. bionafta (B100), směsná motorová nafta (SMN30, B30) a palivo E85.

Avšak nahrazování fosilních paliv biopalivy je pro nás z dlouhodobého hlediska velmi důležité, nejen z důvodu vyčerpatelných zásob ropy, ale také z důvodu ochrany životního prostředí omezováním emisí skleníkových plynů.

7 Použitá literatura

- [1] Biopaliva frčí. *Co jsou to biopaliva?: Historie* [online]. 2012 [cit. 2012-03-02]. Dostupné z: <http://biopalivafrci.cz/co-jsou-to-biopaliva/historie/>
- [2] PRAŽÁK, Václav. Motorová paliva - historie a současnost. In: *Výroba a technologie: Odborné přednášky* [online]. 2003 [cit. 2012-01-22]. Dostupné z: http://www.crc.cz/data/publications/motorova_paliva_historie_soucasnost.pdf
- [3] HERÁK, PH.D., Ing. David. *Biopaliva: Výběr z habilitační práce*. 2008.
- [4] VACULÍK, Ing. Petr. *Zhodnocení alternativních kapalných paliv a způsoby jejich využití*. Praha, 2008. Doktorská disertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze.
- [5] OCHODEK, Tadeáš, Jan KOLONIČNÝ a Pavel JANÁSEK. Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy. In: OCHODEK, Tadeáš, Jan KOLONIČNÝ a Pavel JANÁSEK. *Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy: studie v rámci projektu Možnosti lokálního vytápění a výroby elektřiny z biomasy* [online]. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2006 [cit. 2012-02-22]. ISBN 80-248-1207-X. Dostupné z: <http://www.biomasa-info.cz/cs/doc/bio.pdf>
- [6] Biomasa. *Biopaliva* [online]. 2008 [cit. 2012-03-22]. Dostupné z: <http://biopaliva.webgarden.cz/biomasa>
- [7] MALAŤÁK, Jan a Petr VACULÍK. *Biomasa pro výrobu energie*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008, 206 s. ISBN 978-80-213-1810-6 (BROŽ.)
- [8] ŠNOBL, Josef. *Rostlinná výroba IV.: (chmel, len, konopí, využití biomasy k energetickým účelům)* [online]. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Agronomická fakulta, Katedra rostlinné výroby, 2004, 119 s. [cit. 2012-01-25]. ISBN 80-213-1153-3. Dostupné z: http://etext.czu.cz/php/skripta/skriptum.php?titul_key=85
- [9] LAURIN, Josef a Radek HOLUBEC. Publikace. In: *Motorová paliva z rostlinných olejů* [online]. 2008 [cit. 2012-04-06]. Dostupné z: http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12241-BOZEK/publikace/2008/2008_029_01.pdf
- [10] Bionafta (FAME). *KFCH-Věda a výzkum* [online]. 2011 [cit. 2011-12-06]. Dostupné z: http://kfch.upce.cz/htmls/vedecka_cinnost_bionafta.htm
- [11] Bionafta 1. generace. *Biopaliva* [online]. 2011 [cit. 2012-03-06]. Dostupné z: <http://biopaliva.webgarden.cz/bionafta-1-generace>
- [12] Biopaliva frčí. *Chci začít tankovat biopaliva. Co to obnáší?* [online]. 2012 [cit. 2012-01-07]. Dostupné z: <http://biopalivafrci.cz/chci-zacit-tankovat-biopaliva-co-to-obnasi/>
- [13] VLK, František. *Alternativní pohony motorových vozidel*. 1. vyd. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2004, 234 s. ISBN 80-239-1602-5.

- [14] HÖNIG, Ing. Vladimír. *Technicko-ekonomické parametry biopaliv pro aplikace ve spalovacích motorech*. Praha, 2009. Disertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze.
- [15] The Use of Palm Oil As Biofuel and Biodiesel. *Climate Avenue* [online]. 2010 [cit. 2012-03-23]. Dostupné z: <http://www.climateavenue.com/en.biodiesel.palm.oil.htm>
- [16] Palm oil. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-03-23]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Palm_oil
- [17] Palm Biodiesel Plant: What is palm biodiesel. OILTEK SDN BHD. *Our products* [online]. 2001 [cit. 2012-03-23]. Dostupné z: http://www.oiltek.com.my/palm_biodiesel.html
- [18] ČERNÝ, Jaroslav. Bionafta a provoz motorů. *Tribotechnika* [online]. 2009, roč. 2009, č. 1 [cit. 2011-12-23]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-1-2009/bionafta-a-provoz-motoru.html>
- [19] Tekutá biopaliva. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2008-2012 [cit. 2012-03-26]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/tekuta_biopaliva
- [20] Výkladový slovník: MTBE. *Petroleum.cz* [online]. 2007-2012 [cit. 2012-02-06]. Dostupné z: <http://www.petroleum.cz/slovník.aspx?pid=134>
- [21] Výkladový slovník: ETBE. *Petroleum.cz* [online]. 2007-2012 [cit. 2012-02-06]. Dostupné z: <http://www.petroleum.cz/slovník.aspx?pid=83>
- [22] Zhodnocení používání biopaliv v dopravě v České republice k 31. 5. 2011. In: *Česká asociace petrolejářského průmyslu a obchodu: Motorová paliva* [online]. 2011 [cit. 2012-01-26]. Dostupné z: <http://www.cappo.cz/res/data/000049.pdf>
- [23] SVÍTIL, Radek a Michael POLÁK. Co přináší Kjótský protokol. *Ekolist.cz* [online]. 2005, - [cit. 2012-01-06]. ISSN 1802-9019. Dostupné z: <http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/co-prinasi-kjotsky-protokol>
- [24] Aktuální stav vyjednávání. In: *Rámcová úmluva OSN o změně klimatu* [online]. 2011 [cit. 2012-04-06]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/ramcova_umluva_osn_zmena_klimatu/\\$FILE/OEOK-Aktualni_stav_vyjednavani-20120201.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/ramcova_umluva_osn_zmena_klimatu/$FILE/OEOK-Aktualni_stav_vyjednavani-20120201.pdf)
- [25] Motorová biopaliva v otázkách a odpovědích. JEVIČ, CSC., PROF. H. C., Ing. Petr. *Energie 21* [online]. 25. 6. 2010 [cit. 2011-12-06]. Dostupné z: http://www.energie21.cz/archiv-novinek/Motorova-biopaliva-v-otazkach-a-odpovedich__s303x46871.html
- [26] Vědci: Biopaliva mají vyšší emise skleníkových plynů, výpočty byly chybné. *Ekolist.cz* [online]. 2011, - [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: <http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/vedci-biopaliva-maji-vyssi-emise-sklenikovych-plynu-vypocty-byly-chybne>
- [27] Kapalná biopaliva za rok 2011. In: *Souhrnný přehled* [online]. 2012 [cit. 2012-03-09]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/dokument102478.html>