

Česká zemědělská univerzita v Praze

**Fakulta tropického zemědělství**  
**Katedra udržitelných technologií**



Česká zemědělská univerzita v Praze

**Fakulta tropického  
zemědělství**

**Porovnání produkce a podmínek používání  
kapalných biopaliv v různých zemích**

Bakalářská práce

2016

Vedoucí práce:  
doc. Ing. Josef Pecen, CSc.

Vypracoval:  
Adam Semerák

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Adam Semerák

Trvale udržitelný rozvoj tropů a subtropů

Název práce

**Porovnání produkce a podmínek používání kapalných biopaliv v různých zemích**

Název anglicky

**Comparison of production and conditions of use of liquid biofuels in different countries**

---

### Cíle práce

Cílem práce bylo formou literární rešerše identifikovat nejdůležitější oblasti v problematice kapalných biopaliv v dopravním sektoru a shrnout, kde se nachází jejich největší nedostatky a přednosti. Identifikovat, kde jsou limity dělící je od masového používání. Dále pak v případové studii shrnout informace a vyhodnotit možnost produkce biopaliv z dané plodiny pro danou zemi a jaké jsou důsledky z toho plynoucí, dle vybraných kritérií.

### Metodika

Bakalářská práce byla pojata jako literární rešerše se zaměřením na sběr a porovnání dat. Sběr dat probíhal prostřednictvím elektronických zdrojů literatury a byly vyhledávány především prostřednictvím Science Direct a Google Scholar. Nejčastěji používané zdroje, které byly použity při psaní této bakalářské práce, byly Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Energy Agency a periodika FUEL a Renewable and Sustainable Energy Reviews. Většina odborné literatury byla v anglickém jazyce.

## **Doporučený rozsah práce**

35 – 50 stran

## **Klíčová slova**

biofuels, ethanol, biodiesel, engine, compatibility, corrosion, Green house gas, food security, economic, socio-institutional, enviromental

---

## **Doporučené zdroje informací**

- Agudelo J, Delgado Á, Benjumea P (2011) The lubricity of ethanol-gasoline fuel blends. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, (58): 9-16.
- Elbehri A, Segerstedt A, Liu P (2013) Biofuels and the sustainability challenge: A global assessment of sustainability issues, trends and policies for biofuels and related feedstocks. Rome: Trade and Markets Division for Food and Agriculture Organization of the United Nations. 188p.
- FAO (2008). The State of Food and Agriculture. Biofuels: prospects, risks and opportunities. Rome: Sales and marketing group for Food and Agriculture Organization of the United Nations. 138p.
- Haseeb ASMA, Fazal MA, Jahirul MI, Masjuki HH (2011) Review article: Compatibility of automotive materials in biodiesel. Fuel 90(3): 922-931.

---

## **Předběžný termín obhajoby**

2015/16 LS – FTZ

## **Vedoucí práce**

doc. Ing. Josef Pecen, CSc.

## **Garantující pracoviště**

Katedra udržitelných technologií

Elektronicky schváleno dne 1. 4. 2016

**doc. Ing. Jan Banout, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 1. 4. 2016

**doc. Ing. Jan Banout, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 14. 04. 2016

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Porovnání produkce a podmínek používání kapalných biopaliv v různých zemích vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uváděné v seznamu použité literatury. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne .....

Podpis .....

Adam Semerák

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce, doc. Ing. Josefu Pecenovi, CSc., za poskytnuté rady, jeho vstřícný přístup a věnovaný čas. V neposlední řadě mé poděkování patří моým rodičům a blízkým přátelům za jejich obětavou podporu, trpělivost a pomoc s korekturami.

## **Abstrakt**

Produkce biopaliv zažívá v posledních letech rychlý růst. Řada zemí zahájila legislativní opatření na podporu jejich rozvoje, výroby a využití v odvětví dopravy. Nicméně se také objevují rostoucí obavy ohledně ekonomické, ekologické a sociální udržitelnosti používání biopaliv, stejně jako jejich schopnosti skutečně splnit očekávání energetické bezpečnosti.

Tato literární rešerše se snažila za použití dostupných zdrojů informací poukázat na komplexnost a diverzitu používání a výroby kapalných biopaliv v dopravním sektoru. Konkrétně tedy bioetanolu a bionafty, které jsou nejvíce používanými biopalivy. Dále se snažila poukázat na rozdílnost vlastností a dopadů ve výrobě a používání kapalných biopaliv, stejně jako na důležitost zohlednění specifických lokálních podmínek. To bylo zkoumáno ze čtyř úhlů pohledu udržitelnosti, tedy technického, ekonomického, socioinstitucionálního a environmentálního. Pro ilustraci rozdílnosti a provázanosti dopadů celé této problematiky byly na závěr vybrány dvě země s velice rozdílným indexem lidského rozvoje, a to Malajsie a Indie.

Autor došel na základě prostudovaných literárních zdrojů k závěru, že pro úspěšnou a udržitelnou produkci kapalných biopaliv je nutné zohlednit stejnou měrou všechny zkoumané faktory a zdůraznil důležitost dalších výzkumů tohoto obnovitelného zdroje energie z pohledu zajištění budoucí energetické bezpečnosti.

Klíčová slova: bionafta, bioetanol, technické faktory, ekonomické dopady, socioinstitucionální dopady, environmentální dopady

## **Abstract**

Biofuels production has experienced rapid growth in recent years. Many countries initiated legislative measures to promote their development, production and use in the transport sector. However, there are also growing concerns about the economic, environmental and social sustainability of biofuels, as well as their ability to truly meet the expectations of energy security.

This paper attempted to point out the complexity and diversity of the production and use of liquid biofuels in the transport sector while using available information resources. More specifically, bioethanol and biodiesel which are most commonly used biofuels. Furthermore, he also tried to point out the diversity of characteristics and impacts in production and use of liquid biofuels, as well as the importance of consideration of the specific local conditions. That was examined from four perspectives of sustainability – technological, economical, socio-institutional, and environmental. To illustrate the diversity and interdependence of the impacts of this whole issue two countries with very different human development indexes were selected. The Malaysia and India.

At the basis of this paper the author concluded that for successful and sustainable production of liquid biofuels there must be taken into account all the factors examined equally. He also emphasized the importance of further research of this renewable energy source in terms of ensuring future energy security.

**Keywords:** biodiesel, bioethanol, technical issues, economic impacts, socio-institutional impacts, environmental impacts

## Obsah

1. Úvod .....	1
2. Cíle práce .....	1
3. Metodika .....	1
4. Literární rešerše .....	2
4.1 Biopaliva .....	2
4.1.1 Bionafta .....	2
4.1.1.1 Obecné představení .....	2
4.1.1.2 Druhá generace .....	2
4.1.1.3 Současný stav .....	3
4.1.2 Bioetanol .....	4
4.1.2.1 Obecné představení .....	4
4.1.2.2 Druhá generace .....	4
4.1.2.3 Současný stav .....	5
4.2 Technické faktory .....	6
4.2.1 Bionafta .....	6
4.2.1.1 Degradace materiálů v bionaftě .....	7
4.2.1.1.1 Koroze .....	7
4.2.1.1.2 Opotřebenění .....	8
4.2.1.1.3 Degradace elastomerů .....	9
4.2.2 Bioetanol .....	9
4.2.2.1 Degradace materiálů v bioetanolu .....	9
4.2.2.1.1 Koroze .....	10
4.2.2.1.2 Opotřebenění .....	10
4.2.2.1.3 Degradace elastomerů .....	11
4.3 Socioekonomické a environmentální faktory udržitelnosti biopaliv .....	12
4.3.1 Ekonomický faktor .....	12
4.3.1.1 Ziskovost a efektivnost .....	12
4.3.1.2 Ekonomický kapitál .....	14



4.3.1.3	Obchodní konkurence .....	14
4.3.1.4	Biopaliva vs. potraviny .....	15
4.3.1.4.1	Dopad na ceny potravin .....	17
4.3.2	Socioinstitucionální faktory.....	18
4.3.2.1	Práva vlastnictví půdy .....	19
4.3.2.2	Podmínky pracovní síly.....	20
4.3.2.3	Posouzení sociální udržitelnosti .....	21
4.3.3	Environmentální faktory.....	21
4.3.3.1	Energetická bilance .....	21
4.3.3.2	Skleníkové plyny a jiné znečištění.....	23
4.3.3.3	Změny ve využívání půdy .....	24
4.3.3.4	Biodiverzita .....	24
4.3.3.5	Znečišťování vody.....	25
4.3.3.6	Posouzení lokálních vlivů na životní prostředí .....	27
5.	Případová studie .....	28
5.1.1	Malajsie .....	29
5.1.2	Indie.....	32
5.1.3	Srovnání těchto zemí .....	35
6.	Závěr.....	36
7.	Reference .....	38

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Reakce transesterifikace.....	6
--	---

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Vlastnosti nafty a bionafty vyrobené z různých surovin.....	I
Tabulka 2: Typické materiály použité v konstrukci komponentů vznětového motoru ....	II
Tabulka 3: Přehled kompatibilních a nekompatibilních elastomerů s bionaftou .....	III
Tabulka 4: Přehled kompatibilních a nekompatibilních materiálů s bioetanolem .....	III
Tabulka 5: Výsledky měření HFRR metodou pro směsi bioetanolu a benzínu .....	IV
Tabulka 6: Náklady na výrobu biopaliv z vybraných surovin.....	IV
Tabulka 7: Požadavky vody pro plodiny na výrobu biopaliv.....	V

## Seznam zkratk

MEŘO	metylester řepkového oleje
FAME	fatty acid methyl ester
CO <sub>2</sub>	oxid uhličitý
BTL	biomass to liquid
FTS	Fischer-Tropschova sybtéza
EU	Evropská unie
USA	Spojené státy americké
SO <sub>2</sub>	oxid siřičitý
NO <sub>x</sub>	oxidy dusíku
Na	sodík
K	draslík
HFRR	vysokofrekvenční kmitová souprava
IEA	Mezinárodní energetická asociace
USD	americký dolar
HDP	hrubý domácí produkt
SIA	posouzení sociálního dopadu
EIA	posouzení environmentálního dopadu
CH <sub>4</sub>	metan
N <sub>2</sub> O	oxid dusný
SEA	strategické posouzení environmentu
DRIFT	Downstream Response to Imposed Flow Transformations
HDI	index lidského rozvoje

## **1. Úvod**

Aniž bychom si to uvědomovali, setkáváme se s biopalivy každý den. Stačí jen nasednout v podstatě do jakéhokoliv dopravního prostředku, aby se tak stalo. Především z hlediska toho, že v roce 2003 byla schválena tzv. směrnice o biopalivech 2003 (2003/30 EC), která zahájila širší rozvoj používání biopaliv v Evropské unii. Ta povazuje členské státy k vypracování celostátního politického rámce pro rozvoj biopaliv. Rovněž určila přibližné využití biopaliv a jiných obnovitelných pohonných hmot v dopravě, a to 2 % v roce 2005, a 5,75 %, v roce 2010.

Produkce biopaliv je poháněna především potenciálním příspěvkem k energetické bezpečnosti, zmírňováním změny klimatu a rozvojem venkova, zažívá v posledních letech rychlý růst. Několik zemí zahájilo legislativní opatření na podporu jejich rozvoje, výroby a využití v odvětví dopravy. Nicméně se také objevují rostoucí obavy ohledně ekonomické, ekologické a sociální udržitelnosti používání biopaliv, stejně jako jejich schopnosti skutečně splnit očekávání energetické bezpečnosti.

## **2. Cíle práce**

Cílem práce bylo formou literární rešerše identifikovat nejdůležitější oblasti v problematice kapalných biopaliv v dopravním sektoru a shrnout, kde se nachází jejich největší nedostatky a přednosti. Identifikovat, kde jsou limity dělicí je od masového používání. Dále pak v případové studii shrnout informace a vyhodnotit možnost produkce biopaliv z dané plodiny pro danou zemi a jaké jsou důsledky z toho plynoucí, dle vybraných kritérií.

## **3. Metodika**

Bakalářská práce byla pojata jako literární rešerše se zaměřením na sběr a porovnání dat. Sběr dat probíhal prostřednictvím elektronických zdrojů literatury a byly vyhledávány především prostřednictvím Science Direct a Google Scholar. Nejčastěji používané zdroje, které byly použity při psaní této bakalářské práce, byly Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Energy Agency a periodika FUEL a Renewable and Sustainable Energy Reviews. Většina odborné literatury byla v anglickém jazyce.

## **4. Literární rešerše**

### **4.1 Biopaliva**

Biopaliva jsou paliva vyrobená z organických látek. Mohou být získána přímo z rostlin nebo nepřímo ze zemědělského, domácího či průmyslového odpadu. Pojem biopaliva pokrývá široký rozsah paliv od pevných až po ty plynné. Hlavním zájmem této práce jsou ale ta, která se řadí mezi kapalná. Tedy především bioetanol a bionafta, neboť jsou podstatnou částí dopravního sektoru.

#### **4.1.1 Bionafta**

##### **4.1.1.1 Obecné představení**

Bionafta, nebo také metylester mastné kyseliny (u nás zkratka MEŘO, metylester řepkového oleje, nebo z angličtiny FAME, fatty acid methyl ester) je představitelem první generace biopaliv. To jsou ta, která se vyrábí z rostlinných olejů a živočišných tuků procesem známým jako esterifikace. Mezi hlavní suroviny patří řepka, sója, palmový olej a jatrofa. Výrobní proces vytváří další vedlejší produkty, především krmiva pro zvířata a glycerin, který lze využít v různých průmyslových odvětvích.

Bionafta může být smíchána s motorovou naftou nebo použita v čisté formě bez jakýchkoliv úprav motoru nebo jeho infrastruktury. Její obsah energie se pohybuje mezi 88 - 95 %, ve srovnání s motorovou naftou. Co se spotřeby týče, je obecně u obou paliv srovnatelná, protože bionafta má vyšší obsah cetanu a zlepšuje mazivost (FAO, 2008). Zároveň snižuje emise pevných částic a emisí CO<sub>2</sub>.

##### **4.1.1.2 Druhá generace**

V mnoha zemích světa nejsou jedlé oleje vyráběny v takovém množství, aby vyhovovaly místním požadavkům, a proto se musí dovážet odjinud. Právě díky tomu existuje i druhá generace bionafty, která je obvykle vyráběna z nejedlých surovin, jako jsou odpadní rostlinné oleje a tuky, nepotravinářské plodiny, odpady z lesnictví, řasy atd. Využití nejedlých rostlinných olejů má význam hlavně z hlediska snížení poptávky po těch jedlých. Díky tomu je druhá generace bionafty čím dál tím více atraktivní a perspektivní. Navíc široká škála dostupných surovin představuje jeden z nejvýznamnějších faktorů pro udržitelnou výrobu tohoto biopaliva.

Další možnosti při výrobě bionafty představuje syntetická Fischer-Tropschova bionafta, také známá jako FT nafta, či BTL (biomass to liquid). Jedná se o biopalivo druhé generace, které je stále ve vývoji. Fisher-Tropschova syntéza (FTS) je v poslední době zmiňována často. Jedná se o proces, který převádí směs oxidu uhelnatého a vodíku ( $\text{CO} / \text{H}_2$  také označován jako syntézní plyn) do kapalných uhlovodíků (Ojeda & Rojas 2010). Velkou výhodou FTS je, že syntézní plyn lze získat prakticky z každého zdroje, který obsahuje uhlík. BTL slibuje výrazné výhody, co se týká skleníkových plynů ve srovnání s benzínem vyráběným v rafinerii. Odhaduje se, že životní cyklus emisí skleníkových plynů z BTL ušetří v rozmezí mezi 60 - 90 % ve srovnání s rafineriemi. Nicméně dosažení takovýchto výsledků je silně závislé na použité surovině. Uvedené hodnoty se vztahují na lesní dřevo, které má nižší negativní dopad na biodiverzitu než zemědělská půda. Například suroviny jako sláma a rychle rostoucí dřeviny, mají podle odhadů ještě horší dopad na emise skleníkových plynů než benzin, hlavně díky odhadovanému negativnímu vlivu na využití zemědělské půdy. Dále tvrdí, že emise skleníkových plynů z BTL jsou srovnatelné s těmi z rafinérie, tj. rozdíl  $\pm 5$  %. (Swain *et al.*, 2011).

#### **4.1.1.3 Současný stav**

Mezi nejvýznamnější výrobce a spotřebitele bionafty patří Evropa s Německem v čele. Bionafta drží přibližně 80 % trhu EU s biopalivy používanými v dopravě. Podle Worldwatch Institute (2011), má EU přibližně 53 % podílu na trhu ve výrobě bionafty. Nejběžnější surovinou pro výrobu bionafty v EU je semeno řepky olejné, které představuje přibližně 58 % celkové evropské výroby. Následuje palmový olej s 16 % produkce. Přestože je EU největším výrobcem bionafty, její kapacita není ani z daleka využívána naplno. V roce 2015 se očekávalo, že Evropská unie vyprodukuje 11 miliard litrů při výrobní kapacitě 26 miliard litrů, tedy pouhých 42 % (Flach *et al.*, 2014). Abdelradi a Serra (2015) připisují nevyužitou kapacitu dovozu subvencované bionafty z Argentiny, Indonésie a USA.

## **4.1.2 Bioetanol**

### **4.1.2.1 Obecné představení**

Bioetanol může být vyroben z jakéhokoliv výchozího materiálu, který obsahuje značné množství cukru, nebo z materiálů, které mohou být převedeny na cukr, jako je škrob nebo celulóza. Bioetanol se v současné době vyrábí z cukrových (cukrová třtina, cukrová řepa, sladký čirok) nebo škrobnatých (kukuřice, pšenice, maniok jedlý) plodin prostřednictvím procesu kvašení a následné destilace, využívající technologie první generace. Základní výrobní proces bioetanolu z obou typů plodin je podobný. Nicméně, spotřeba energie na výrobu bioetanolu ze škrobnatých plodin je podstatně vyšší, než z těch na bázi cukru. Především kvůli procesům, které slouží ke konverzi škrobu na cukr. Balance energie a skleníkových plynů vyznívá tedy logicky výhodněji pro bioetanol vyrobený z cukrových plodin, než pro ten z plodin škrobnatých.

Výroba bioetanolu vyúsťuje v různé vedlejší či druhotné produkty v závislosti na vstupní surovině. Například při produkci bioetanolu z cukrové třtiny vznikají, mimo jiné, bagasa a zbytková vlákna. Pokud se tyto produkty dále vhodně využijí, může bioetanol na bázi cukrové třtiny dosáhnout lepší energetické bilance ve srovnání s fosilními palivy. Dále je pak možné kombinovat výrobu tepla a elektřiny s tím, že přebytek je možné prodat, což nabízí další zdroj příjmů. Přebytek bagasy má i jiné průmyslové využití a může být použit jako krmivo pro hospodářská zvířata. Zatímco v případě výroby bioetanolu ze škrobnatých plodin vznikají vysoce hodnotná krmiva pro hospodářská zvířata a lihovarské obilí.

Bioetanol může být používán ve směsích s fosilními palivy (až 10%) u běžných zážehových motorů nebo i 100% v případě speciálně upravených motorů. Ačkoliv má bioetanol pouze 66% energetického obsahu v porovnání s benzínem, má vyšší oktanové číslo a je-li smíchán s benzínem, zlepšuje výkonnost vozidla a snižuje emise CO<sub>2</sub>. Bioetanol má také velmi nízký obsah síry, čímž se snižují emise SO<sub>2</sub>, které jsou zdrojem kyselých dešťů. Na druhé straně používání bioetanolu může zvyšovat emise oxidů dusíku (NO<sub>x</sub>), které hrají důležitou roli při tvorbě přízemního ozónu a kyselých dešťů.

### **4.1.2.2 Druhá generace**

Další generace bioetanolu se vyrábí z celulózové biomasy. Celulózové suroviny mohou být složeny z dřevitých nebo bylinných odpadů z lesnictví a zemědělství,

komunálního odpadu a specializovaných plodin, jako jsou rychlerostoucí druhy (vrba, topol, eukalyptus) a vytrvalé trávy (ozdobnice čínská, proso) (Mandil & Shihab-Eldin, 2010). Tyto plodiny mají velké výhody oproti plodinám využívaným k výrobě biopaliv první generace, pokud jde o udržitelnost životního prostředí. Ve srovnání s konvenčními škrobnatými a olejnatými semeny mohou produkovat více biomasy na hektar půdy, protože celá plodina je k dispozici jako vstupní surovina pro přeměnu na palivo. Kromě toho některé rychle rostoucí celoroční rostliny, například dřeviny a vysoké trávy, mohou být pěstovány i na chudých (co se živin týče) a degradovaných půdách, které nejsou optimální pro pěstování potravinářských plodin kvůli erozi apod. (FAO, 2008).

Postup výroby celulózového bioetanolu je ale velmi obtížný a v současné době neexistuje žádný komerční výstup z tohoto zdroje, i když výzkum stále pokračuje (Mandil & Shihab-Eldin, 2010).

#### **4.1.2.3 Současný stav**

Zatímco bionafta je převážně vyráběna a spotřebovávána v Evropě, produkce bioetanolu zaujímá prvenství ve světě. Největším producentem jsou Spojené státy americké (USA) následované Brazílií, která je zároveň i největším vývozcem. EU je třetím největším producentem biopaliv, ale drží pouze 28 % podílu ve výrobě bioetanolu (Babu *et al.*, 2013).

Bioetanol je možné mísit s benzínem, a to v různých směsích. Obvyklé jsou E10 a E15, kde číslo znamená procentuální obsah bioetanolu v palivu. Nicméně, například Brazílie má dokonce povinné používání 27,5 % bioetanolu (Dezem, 2014). Politika jako tato má potenciál ke snížení emisí skleníkových plynů. Na druhé straně má také nevýhody. Používání většího množství bioetanolu ve směsi může poškodit motor korozí v důsledku přirozeného obsahu vody. Existují ale i tzv. pružná palivová vozidla, která jsou navržena tak, aby byla schopna spalovat E85 nebo i vyšší směsi. Tento typ vozidla je běžný v Brazílii a USA, nikoliv však v EU. V Brazílii tyto vozy představují přibližně 55% vozového parku a očekává se, že podíl dosáhne 80% v roce 2020 (Flach *et al.*, 2014).

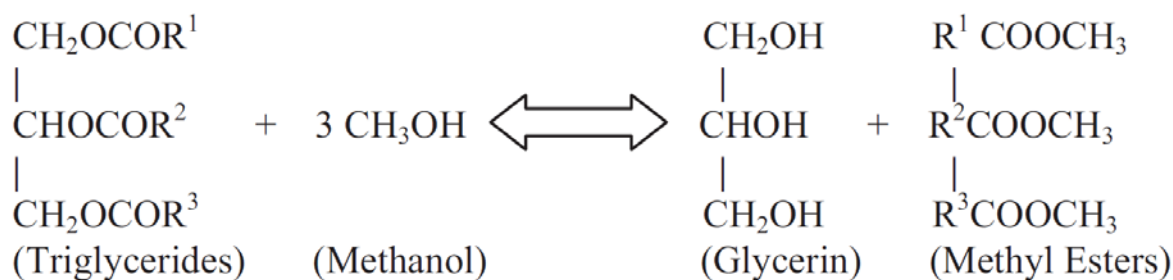
## 4.2 Technické faktory

### 4.2.1 Bionafta

Podle výzkumů jsou vlastnosti bionafty závislé na jejím chemickém složení a obsahu mastných kyselin. Právě proto je před jejím použitím ve vznětovém motoru povinné měření, to je stanoveno v normách ASTM D6751-09 a EN 14214. Rozdílné vlastnosti motorové nafty a bionafty vyrobené z různých plodin jsou pro srovnání k nahlédnutí v Tabulce 1.

Pro celosvětové komerční využití bionafty jako paliva pro vznětové motory je klíčové identifikování různých výrobních procesů, které by následně měly být poskytnuty k dispozici lidem pracujícím na lokální úrovni. Suroviny potřebné pro výrobu se mohou lišit zem od země. S tímto vědomím se vědci musí snažit najít způsoby, jak vyrábět bionaftu z různých místně dostupných surovin, jako jsou rostlinné oleje (jak jedlé, tak i nejedlé), zvířecí lůj, řasy a odpadní oleje z gastronomie.

Viskozita olejů a tuků získaných z dříve uvedených surovin je mnohem vyšší než u motorové nafty, tím pádem je výsledné palivo nevhodné pro použití v nemodifikovaných vznětových motorech. Jedná se o velmi důležitý parametr, protože je přímo spojen se vstřikovacím systémem motoru. Vyšší viskozita také ovlivňuje tekutost a atomizaci v průběhu spalování, což může způsobit i jeho nedokonalost a vznik karbonových usazenin na vstřikovacích tryskách. Logicky tedy musí být prvním krokem její snížení. To se provádí pomocí chemické reakce zvané transesterifikace. V tomto procesu triglycerid obsažený v oleji nebo tuku reaguje s alkoholem (metanolem nebo etanolem) za přítomnosti katalyzátoru, který je zásadité povahy (například hydroxid sodný nebo draselný), kdy jako vedlejší produkt vzniká glycerol (také nazývaný glycerin) (Ayhan, 2008). Reakce procesu transesterifikace je znázorněna na Obrázku 1.



**Obrázek 1:** Reakce transesterifikace (Saka & Kusdiana, 2011)



Bionafta může být použita v moderních dieselových motorech ve své čisté formě (B100) nebo ve směsi s motorovou naftou (Lebedevas & Vaicekauskas, 2006). Kromě toho, že je obnovitelným zdrojem, nabízí i celou řadu jiných výhod. Je biologicky odbouratelná, netoxická, má vyšší bod vzplanutí, což způsobuje snížení emisí výfukových plynů a je šetrná k životnímu prostředí (Haseeb *et al.*, 2011). Nicméně ale také trpí některými nevýhodami, jako jsou oxidační nestabilita, horší vlastnosti při nízkých teplotách, působí jako rozpouštědlo, atd. Může také produkovat o něco nižší výkon a točivý moment při vyšší spotřebě pohonných hmot (Demirbas, 2007).

Bylo zjištěno, že bionafta způsobuje řadu provozních problémů, včetně materiální nekompatibility, uvolňování usazenin v motoru, zanášení vstřikovacích trysek, ucpávání filtrů a lepivost pístních kroužků (Terry, 2006). Studie (Monyem & Van Gerpen, 2001) ukazuje, že některé vlastnosti bionafty jako tepelná nestabilita, oxidace, polymerizace, absorpce vody, zvyšování kyselosti jsou hlavním problémem pro zajištění stability paliva pro jeho používání.

#### **4.2.1.1 Degradace materiálů v bionaftě**

Tabulka 2 přináší přehled materiálů, běžně používaných v palivovém systému vznětového motoru. Kovové materiály zahrnují železné (jako je ocel a litiny) a neželezné (jako jsou hliníkové a měděné slitiny). Elastomery, plasty, barvy, papír atd. jsou pak nejčastějšími nekovovými materiály. Palivo s nimi přichází do styku při různých teplotách, rychlostech, rozdílném zatížení, jakož i v různých fázích pracovního cyklu, a tím způsobuje korozi, opotřebení a degradaci těchto materiálů (Haseeb *et al.*, 2011).

##### **4.2.1.1.1 Koroze**

Koroze je postupný samovolný proces rozrušení materiálu (organického i anorganického) v důsledku chemické nebo elektrochemické reakce s okolním prostředím. Je obecně známo, že bionafta je více korozivní než nafta motorová. Tento fakt je velice důležitý z hlediska dlouhodobé životnosti částí motoru. Koroze kovů může také vyvolat nebo katalyzovat i jiné nežádoucí reakce vedoucí k nestabilitě a degradaci bionafty.

U bionafty je číslo kyselosti v přímém vztahu k obsahu volných mastných kyselin. Jejich vyšší obsah je měřítkem korozivnosti a zvyšuje se oxidací, především

během provozu. Tento problém se stává vážnějším, pokud se k výrobě bionafty používají suroviny s vysokým počtem volných mastných kyselin (Haseeb *et al.*, 2011).

Nicméně, tento ukazatel není spolehlivý pro korozivnost bionafty (Geller *et al.*, 2008). Její korozivní povaha může totiž také pramenit z nečistot, jako jsou voda, metanol, volný glycerol, mastné kyseliny, katalyzátory (Na a K), které zbydou po zpracování, a také z reverzibility chemické reakce, která produkuje estery (Tsuchiya *et al.*, 2006). Kromě toho je bionafta hygroskopického charakteru a může absorbovat vlhkost ze vzduchu a tím zvýšit obsah vody (Fazal *et al.*, 2010). Ta je nežádoucí, protože může podporovat růst mikroorganismů a způsobit korozi komponentů palivového systému (Kamisnki *et al.*, 2008).

Diaz-Ballote *et al.* (2009) zkoumali korozi čistého hliníku v bionaftě na bázi řepky elektrochemickou technikou. Pozorovali, že rychlost koroze hliníku silně závisí na úrovni nečistot, které vznikly z procesu transesterifikace. Čištění bionafty práním významně snižuje rychlost tohoto procesu. Několik studií (Kaul *et al.*, 2007; Hancsok *et al.*, 2008), uvádí, že korozivnost bionafty lze snížit pomocí aditiv. Kromě vědecké literatury jsou také k dispozici zprávy o problémech s kompatibilitou materiálů od průmyslových subjektů, či vládních agentur. V jedné takové zprávě (Tyson & McCormick, 2006) bylo uvedeno, že měď, mosaz, bronz, olovo, cín a zinek v bionaftě korodují. Tyto prvky totiž urychlují oxidaci bionafty, a tím pádem je třeba se jim v rámci palivového systému vyhnout. Hliník, nerezová a uhlíková ocel jsou na druhé straně pro použití v bionaftě ideální.

#### **4.2.1.1.2 Opotřebení**

Opotřebení znamená odstranění kovu z povrchu v důsledku tribologického kontaktu. Abraze, adheze, koroze, odírání a vyčerpání aditiv jsou u vznětového motoru hlavními příčinami opotřebení. Při abrazi, adhezi, oděru dochází k mechanickému poškození povrchu. Opotřebení v důsledku koroze, koroze třením a vyčerpání aditiv zahrnuje řadu chemických reakcí. Nejkritičtější části motoru podléhající opotřebení jsou vložky válců, ložiska, vačky, zdvihátka, klikové hřídele, písty, pístní čepy, vedení ventilů, ventilové systémy, atd. (Haseeb *et al.*, 2011)

Železo, jako hlavní složka nejdůležitějších součástí motoru, vykazuje v bionaftě menší nebo podobné opotřebení v provozu s výjimkou jediné studie, od Daryla a Petersona (1995). Na druhé straně měď vykazuje v mnoha případech vyšší opotřebení.

Podobné nebo menší opotřebení se vyskytuje u olova a hliníku. Je zřejmé, že neželezné kovy trpí vyšším opotřebením v bionaftě oproti železným (Haseeb *et al.*, 2011).

#### **4.2.1.1.3 Degradace elastomerů**

Kompatibility motorové nafty s materiály těsnění a hadic běžně používaných v automobilových palivových systémech vznětového motoru je dosaženo již po dlouhou dobu. Dostupných informací o jejich kompatibilitě s bionaftou je však méně. Motorová nafta a bionafta mají různé chemické struktury a tím pádem i různé účinky na elastomery. Kromě toho je bionafta náchylná k oxidaci. Ta produkuje hydroperoxydy na nenasycených místech mastných kyselin a tyto hydroperoxydy se později rozloží na aldehydy, ketony a karboxylové kyseliny s kratším řetězcem (Knothe & Steidley, 2005). Estery, hlavní součásti bionafty, mohou být také snadno hydrolyzovány v přítomnosti vody za vzniku karboxylové kyseliny. Všechny tyto procesy, včetně chemického složení bionafty mají vliv na bobtnání elastomerů samozřejmě v závislosti na jejich složení (Thomas *et al.*, 2007). Celkový přehled je pak uveden v Tabulce 3.

### **4.2.2 Bioetanol**

#### **4.2.2.1 Degradace materiálů v bioetanolu**

Obecně je rychlost koroze způsobená bioetanolem nízká, nicméně lokální koroze může způsobit selhání i v krátkém čase. Zvýšená teplota nejen urychluje korozní procesy, ale také z bioetanolu vytváří nechtěné vedlejší produkty (kyseliny), které jsou zvláště reaktivní. Koroze související se spalováním není problémem při dopravě a skladování, ale až při jeho použití jako paliva nebo palivové směsi. (ORNL, 2008)

Nejdůležitějšími složkami, které by měly být monitorovány nebo kontrolovány, jsou kyslík, voda, chloridy a jiné ionty (včetně sulfidů, kovových iontů a H<sup>+</sup>). Elektrické kontakty příslušenství palivové nádrže mohou vyžadovat utěsněné připojení a voděodolné mazivo. Přehled kompatibilních a nekompatibilních materiálů pak přináší Tabulka 4. (ORNL, 2008)

#### 4.2.2.1.1 Koroze

U kovů v kontaktu s bioetanolem se mohou vyskytnout různé korozní účinky. Mezi ně patří například suchá, mokrá, galvanická a elektrolytická koroze, korozní pukliny a eroze-koroze. (ORNL, 2008)

Galvanická koroze je elektrochemický proces, při kterém jeden kov koroduje na úkor druhého za předpokladu, že jsou oba kovy v elektrickém kontaktu, a za přítomnosti elektrolytu. Například nerezová ocel a hliník mohou podléhat galvanické korozi, jsou-li umístěny vedle sebe. Vzhledem k tomu, že bioetanol je mnohem více elektricky vodivý a snadněji mísitelný s vodou, možnost galvanické reakce je významně vyšší, než u čistého benzínu. Konvenční paliva (bez aditiv) mají elektrickou vodivost mezi  $10^{-8}$  až  $10^{-6}$   $\mu\text{S/cm}$ , zatímco bioetanol má  $1,35 \times 10^{-3}$   $\mu\text{S/cm}$ . Kromě toho oxidace bioetanolu na kyselinu octovou vyvolává rychlé zvýšení elektrické vodivosti (41  $\mu\text{S/cm}$  na 0,1 M roztoku kyseliny octové). Přítomnost kyseliny octové může v důsledku toho zvýšit galvanickou korozi a působení chemikálií. Mezi kovy doporučené pro použití s bioetanolem patří bronz, uhlíková a nerezová ocel. Naopak hořčík, mosaz, měď a zinkové povrchové úpravy se nedoporučují (Bechtold, 1997).

Předchozí odstavec předpokládá, že je bioetanol „suchý“, tedy že neobsahuje žádnou vodu. V minulosti byl zjištěn bioetanol s velmi vysokým obsahem vody (až 5 % objemu), který je díky vysoké koncentraci iontů mnohem agresivnější než ve své čisté podobě (Mueller Associates, 1985). Použití bezvodého bioetanolu je v důsledku toho povinné, aby se zabránilo korozi motoru. To je nejvýznamnější omezení pro rozvoj bioetanolu, co se logistiky a skladování týče.

#### 4.2.2.1.2 Opotřebení

Vzhledem k tomu, že palivová čerpadla ve vznětových motorech pracují při mnohem vyšších tlacích, než ta u jejich zážehových protějšků, jsou požadavky na mazivost paliva pro dieselové agregáty obecně přísnější. Ve skutečnosti není mazivost pro zážehový motor problém. V důsledku toho se v rámci této problematiky uskutečnilo pouze minimum výzkumů a experimentů. Dokonce se paliva zážehových motorů na mazivost ani netestovala (Agudelo *et al.*, 2011). Nicméně se objevily neoficiální zprávy o selhání palivových čerpadel, z nichž některé souvisely právě se špatnou mazivostí benzínu (Eleftherakis *et al.*, 1994). Až s vývojem zážehových motorů s přímým vstřikováním, které vyžadují vysoký tlak vstřikovacích čerpadel, a po zavedení několika

omezení ve složení paliva, včetně snížení obsahu síry pro zvýšení životnosti a účinnosti katalyzátoru, se začalo uvažovat o mazivosti jako o klíčové vlastnosti i pro paliva zážehových motorů (Agudelo *et al.*, 2011).

Mazivost bioetanolu (hydratovaného a bezvodného), benzínu nebo jejich směsí se měří za použití HFRR testu, tedy vysokofrekvenční kmitové soupravy (The High Frequency Reciprocating Rig), což je mikroprocesorem řízený zkušební systém pro tření a opotřebení. Rozdíl hodnot opotřebení u testovaných paliv od E20 až E85 je obecně malý, což znamená, že příměs bioetanolu (ať už bezvodého nebo hydratovaného) nemá významný dopad na mazivost směsi.

Výsledky ukázaly, že přídavek hydratovaného bioetanolu (96 % v/v) vykazuje o něco lepší mazací schopnosti, než příměs bezvodého bioetanolu.

Z Tabulky 5 můžeme vysledovat, že E5 a čistý bioetanol (ať už bezvodý nebo hydratovaný) mají nejhorší mazací vlastnosti a způsobují největší opotřebení motoru, zatímco u směsí E10 až E85 jsou tyto vlastnosti o něco lepší a vcelku konzistentní.

Typické hodnoty opotřebení u komerční motorové nafty se pohybují mezi 200 až 460  $\mu\text{m}$  (La Puerta *et al.*, 2010). Lepší mazivost motorové nafty ve srovnání s benzínem a bioetanolem, či jejich směsmi, může být vysvětlena její vyšší viskozitou a aditivy. Z uvedeného vyplývá nutnost použití přísad podporujících mazivost u moderních zážehových motorů se systémem přímého vstřikování paliva (Agudelo *et al.*, 2011).

#### **4.2.2.1.3 Degradace elastomerů**

Bioetanol může vyvolávat oslabení a bobtnání pryžových komponentů, především kvůli absorpci paliva do pryže. Jakmile k ní dojde, kyslík alkoholu poruší dvojně vazby uhlík-uhlík. Důsledkem bobtnání a oslabení může být i únik paliva, který má potenciál ohrozit uživatele osobních automobilů (Hammel-Smith, 2002)

Bobtnání a rozpad komponentů by mohl být vyřešen použitím kompatibilních materiálů, jako je například vysoce fluorovaný kaučuk (Viton®) (Nersasian, 1980). Nylon je také odolný, ale pouze při nízké teplotě (méně než 30°C) (Dunn, 1980). Tento polymer tedy lze použít v palivovém potrubí za předpokladu, že teplota paliva zůstává na nízké úrovni.

## **4.3 Socioekonomické a environmentální faktory udržitelnosti biopaliv**

### **4.3.1 Ekonomický faktor**

Tři z nejdůležitějších kritérií pro ekonomickou udržitelnost biopaliv jsou ziskovost, efektivnost a vlastní kapitál. Udržitelnost, která je nezbytně nutná, vyžaduje, abychom jasně zvážili právě tato kritéria jak v krátkodobém, tak i dlouhodobém horizontu. Proto, z hlediska udržitelnosti, je prvním cílem zajistit dlouhodobou ekonomickou životaschopnost výrobního systému. (Elbehri *et al.*, 2013)

#### **4.3.1.1 Ziskovost a efektivnost**

Prvním kritériem pro dlouhodobou životaschopnost výrobního systému využívajícího zdrojů k výrobě obchodovatelného výstupu je, že jeví ekonomickou rentabilitu. Tedy že producenti budou ochotni se věnovat produkci biopaliv pouze tehdy, pokud to bude ekonomicky výhodné. Klíčové faktory, které to mohou ovlivnit, zahrnují výhodné alternativní využití výchozích surovin a ceny energií. Alternativní využití suroviny hraje důležitou roli v rozhodovacím procesu producentů. Pokud budou ceny biopaliv nižší, než ceny ostatních možných výrobních výstupů (potravin, krmiva, dřevo, apod.), bude samozřejmě výhodnější produkovat ty, namísto biopaliv ze stejných surovin. V souladu s tímto faktem určují ceny těchto produktů cenovou „podlahu“ biopaliv. Naopak jejich cenový „strop“ je určen cenou fosilních paliv. Především z hlediska toho, že výrobní náklady musí zůstat pod cenou daných ropných ekvivalentů, aby byla zachována ziskovost a konkurenceschopnost. Pokud náklady překročí tuto hodnotu, biopaliva budou automaticky cenově vyloučena z trhu (Schmidhuber, 2007).

Ukážeme-li si to na příkladu, tak produkce cukru je komerčně proveditelná, pokud jsou pokryty výrobní náklady. Nicméně když stoupnou ceny ropy a ceny cukru klesnou, může být bioetanol více efektivní volbou. Může nastat i situace, kdy ve stejné době cena ropy a cukru zůstává nízká. Tak tomu bylo například v květnu roku 1999, kdy se nedařilo výrobě ani bioetanolu ani cukru. Tedy pro zemědělce by bylo výhodnější produkovat jiné suroviny. (Gallagher *et al.*, 2006)

Další klíčový faktor, který činí toto ekonomické hodnocení méně jednoznačným, je prevalence dotací, které jsou udržovány ve výrobě biopaliv ve většině producentů zemí, zejména v těch průmyslových. Ekonomická rentabilita biopaliv je neustále přičítána vládním dotacím nebo mandátům, jedinou výjimkou je brazilský bioetanol z cukrové třtiny. Existují však i názory, že biopaliva díky zvýšené poptávce

tlačí ceny nahoru a to by mohlo snížit potřebu zemědělských dotací, jako takových. Problémem je, že zatím většina programů zabývajících se biopalivy ve vyspělých ekonomikách je sama o sobě udržována převážně prostřednictvím těchto státních dotací a mandátů generujících poptávku (Elbehri *et al.*, 2013)

V nedávné minulosti byly dotace biopaliv monitorovány v rámci globální dotační iniciativy (Global Subsidies Initiative - GSI) mezinárodním institutem pro udržitelný rozvoj (International Institute of Sustainable Development) a mezinárodní energetickou agenturou (International Energy Agency – IEA). IEA odhadla, že dotace pro globální obnovitelné zdroje na biopaliva dosáhly 22 miliard USD v roce 2010 (o 6% víc než v roce 2009), a to většinou ve formě daňových úlev pro určité investice nebo výrobu, aby se pokryly vyšší výrobní náklady ve srovnání s tradičními palivy. Z toho je odhadováno, že EU a její členské státy v roce 2010 utratily za dotace pro biopaliva přibližně 3,1 miliard eur a USA dotovala dokonce 6 miliard USD (Gerasimchuk *et al.*, 2012).

Biopaliva mohou poskytovat určité výhody díky vytěsnění fosilních paliv a tím pádem za určitých podmínek snížení emisí skleníkových plynů. Tyto redukce jsou ale relativně malé ve srovnání s jejich dotačními náklady. Pokud bereme snižování ekvivalentu CO<sub>2</sub> jako hodnotící faktor, tak například v EU se ukázalo, že by bylo daleko výhodnější pořídit redukci emisí na trhu, a to i za těch nejpříznivějších podmínek pro snižování emisí prostřednictvím biopaliv. (Elbehri *et al.*, 2013)

V současnosti, s výjimkou Brazílie, nejsou biopaliva cenově konkurenceschopná konvenčním palivům. Při porovnání celkových výrobních nákladů různých kombinací biopalivo-země v Tabulce 6, se bionafta na bázi řepky olejné v EU ukazuje být nejdražší (0,87 USD za litr), zatímco bioetanol z cukrové třtiny v Brazílii je nejlevnější (při 0,25 USD za litr). Nicméně ale, využitím druhotných produktů, jako jsou glycerin, bagasa, lignin nebo odpadní teplo se mohou snížit náklady na výrobu biopaliv až o 20% v závislosti na typu paliva a použití druhotného produktu. V některých případech (např. bionafta ze sóji) je dokonce biopalivo spíše vedlejším, než hlavním produktem (Elbehri *et al.*, 2013).

Celkově je ekonomická rentabilita, a tedy i dlouhodobá životaschopnost biopaliv, pohyblivý cíl. Důležité je především snížení nákladů skrze technologický pokrok a relativní cenovou konkurenceschopnost s alternativním využitím plodin (což je silně závislé ať už na pozitivním, či negativním politickém rámci).

#### 4.3.1.2 Ekonomický kapitál

Rostoucí celosvětová poptávka po kapalných biopalivech a s ní související environmentální a socioekonomické změny mohou mít odlišný dopad na muže a ženy ve stejné domácnosti, jakož i na muže a ženy v čele domácností. Především pokud jde o jejich přístup a kontrolu pozemků a dalších produktivních aktiv, úroveň jejich účasti na rozhodování, pracovní příležitosti a podmínky a jejich potravinovou bezpečnost. Jak povaha, tak závažnost těchto dopadů bude záviset na konkrétně použitých technologiích a na socioekonomickém legislativním kontextu. Potenciálně vysoké požadavky na využití půdy pro biopaliva by mohly vyvíjet tlak na takzvané marginální půdy (vnímány jako méně důležité pro výrobu potravin), pobízejíc k jejich přeměně právě pro pěstování plodin na biopaliva. (Elbehri *et al.*, 2013).

Například vláda Indie prostřednictvím své národní mise v oblasti biopaliv cílí získat kolem 400 000 hektarů marginálních pozemků pro pěstování nejedlých olejnin (většinou jatrofy) na výrobu bionafty. Nicméně, většina z těchto pozemků je v Indii klasifikována jako společný majetek. Představují nedílnou součást obživy chudých na venkově, poskytují potraviny, krmiva, palivové dříví a stavební materiály. Přispívají mezi 12 až 25 % do příjmů chudé domácnosti. Dalším příkladem je pak několik zemí subsaharské Afriky, kde jsou ženám často přiděleny nekvalitní pozemky jejich manžely. Přeměna těchto pozemků na pěstování plodin pro biopaliva by mohla způsobit částečné nebo úplné vytěsnění zemědělské činnosti žen, s negativními důsledky pro schopnost žen plnit povinnosti v domácnosti, včetně tradičního zajišťování potravin (Rossi, 2012).

#### 4.3.1.3 Obchodní konkurence

Ekonomická udržitelnost spolu s vlastním kapitálem obchodu otevírá různým zemím možnost zapojit se v rámci mezinárodního trhu s biopalivy. Vezmeme-li v potaz velikost trhu s energiemi, budoucí poptávku po energiích, distribuci půdních zdrojů a priorit v oblasti životního prostředí, tak se očekává, že vyspělejší země zůstanou majoritním spotřebitelem biopaliv, zatímco mnoho rozvojových zemí má šanci se stát hlavními producenty a vývozci. Nicméně obchod s biopalivy byl v minulých letech průmyslově rozvinutými zeměmi omezován skrze kombinaci subvencí a sazeb, která měla zajistit, že pomoc bude směřovat pouze k domácím producentům (Kojima *et al.*, 2007). Přesto se očekává, že obchod bude hrát velice významnou roli v globálním rozvoji biopaliv.



Jak se v budoucnu vyvinou tržní regulace biopaliv, zůstává otevřenou otázkou. V rámci WTO (World Trade Organization) probíhá dlouhodobě spor o tom, jak by měla být bioenergie z biomasy klasifikována. Sice je produkována jako zemědělská komodita, ale finální produkt je používán jako průmyslová náhražka za účelem zlepšení životního prostředí. Výsledkem je, že se zdroji bioenergie je zacházeno rozdílně. Bioetanol je považován za produkt zemědělství, bionafta za produkt chemický, a dřevěné pelety jsou součástí dřevních odpadů. To se odráží v aplikaci různých tarifů a dotací (pravidla jsou striktnější pro průmyslové produkty, než pro ty zemědělské). Některé země (Brazílie) argumentují, že by biopaliva měla být kvůli snížení sazeb klasifikována jako ekologické produkty (WTO, 2007). Kromě toho je zde také problém se zvyšováním cel, související s úrovní zpracování suroviny. V Evropské unii se dovozní clo na surový palmový olej pohybuje okolo 4%, zatímco rafinovaný palmový olej podléhá clu ve výši 9 % a stearin z Malajsie a Indonésie dokonce 10,9 % (Kaditi, 2008).

Růst produkce biopaliv a obchodu je v konečném důsledku propojen. Potenciál pro růst poptávky po biopalivech je pro velkou část světa obrovský. Zejména pro průmyslové a velké rozvíjející se ekonomiky. Nicméně inherentní nerovnováha mezi možnostmi nabídky a poptávky je stejně tak významná. To dává obchodu kritickou roli regulace rovnováhy nabídky a poptávky jak globálně, tak mezi zeměmi s nadměrnou produkcí a nadměrnou poptávkou.

Celkově lze říci, že větší nárůst obchodu s biopalivy by mohl mít jak negativní, tak pozitivní dopad. V lepším případě bude obchod nabízet nové, významné příležitosti pro rozvoj a nové zdroje příjmů pro producenty, včetně drobných zemědělců. V tom horším by v případě nedodržení ochranných opatření mohlo rozšíření obchodu rozpoutat v některých oblastech obrovskou investiční vlnu do biopaliv se zcela nechtěnými důsledky (například nadužívání půdy a vodních zdrojů). Pouze vhodná obchodní a rozvojová politika může zajistit vyváženější výsledek. Ta ale může být zavedena pouze na národní, či nadnárodní úrovni (Elbehri *et al.*, 2013).

#### **4.3.1.4 Biopaliva vs. potraviny**

Jedním z dalších klíčových faktorů určujících dlouhodobou ekonomickou životaschopnost biopaliv je jejich konkurence potravinám. Především z hlediska využívání stejných zdrojů, tedy půdy, vody a pracovní síly. Potravinová bezpečnost je

klíčovým cílem rozvoje a potenciální konflikt s energetickou bezpečností se může vymstít hned na několika úrovních, včetně té národní a dokonce regionální. Tento fakt je velikou překážkou pro rozvoj trhu s biopalivy. Závisí na celkové rovnováze mezi velikostí populace, míře jejího růstu, dostupnosti půdy, stejně jako její vhodnosti pro pěstování potravin, či energetických plodin. Dalšími přispívajícími faktory jsou zvýšení produktivity, dostupnost půdy k dosažení různých požadavků, stejně jako relativní ziskovost pěstování plodin pro biopaliva oproti jiným způsobům využití půdy, vody a pracovní síly (potravin, krmiva, a další průmyslová využití). Na konci ale bude vždy rozhodujícím faktorem, jaký z outputů poskytuje nejvyšší přidanou hodnotu a zisk farmářům, kteří si díky němu pak mohou dovolit lepší a kvalitnější potraviny (Elbehri *et al.*, 2013).

Podle FAO (2003) je definicí potravinové bezpečnosti když: „Všichni lidé v každé době mají fyzický, sociální a ekonomický přístup k dostatečnému, nezávadnému a výživnému jídlu, které splňuje jejich stravovací požadavky a preference pro aktivní a zdravý život.“. Tedy jinými slovy, lidem se dostává adekvátních potravin v dostatečném množství, bez kolísání produkce a každý z nich k němu má stálý přístup. Pokud jsou plodiny používány pro produkci potravin, bude dostupnost potravin omezena dodávkou biopaliv tak dlouho, dokud budou využívat stejných zdrojů (půda, hnojiva, voda). Dopad může být méně, či více přímým, záleží totiž i na druhu a místě pěstování plodiny. Existují ale i nepřímé dopady, jako je tomu v případě americké kukuřice používané na výrobu bioetanolu. Zde je efekt na potravinovou bezpečnost vyvolán nepřímo skrze světové ceny obilnin a dalších potravinářských plodin v zemědělství, jejichž nabídka a poptávka je ovlivněna rostoucím využíváním americké kukuřice právě k výrobě bioetanolu. Lze ovšem využít i nejedlé plodiny, zejména pak jatrofu. Tyto plodiny jsou nepoživatelné a tedy ani nemají takový vstup. Zvýšené využívání bioenergií má tendenci tlačit vzhůru ceny potravin, zejména pak jsou-li potravinové nebo krmné plodiny používány na produkci energií. Dopad biopalivy indukovaného zvýšení cen nebude stejný na spotřebitele a producenty. Navíc tento dopad je daleko silnější v rozvojových zemích, díky tomu, že výdaje na potraviny jsou v nich obecně proporcionálně mnohem vyšší a značná část populace je v zemědělství zaměstnána ať už přímo, či nepřímo. Jestli bude čistý dopad pozitivní nebo negativní, závisí na zemi, regionu a nakonec i dané domácnosti a individuální pozici.

Cena potravin závisí na úrovni potřebného zpracování. V rozvinutých zemích má cena plodin velmi malý vliv na cenu konečné potraviny. Přesně naopak je tomu však v případě rozvíjejících se ekonomik, hlavně proto, že jídlo je méně zpracováváno, tím pádem ceny dané plodiny hrají daleko větší roli při stanovování konečné ceny potraviny. Díky tomu padne vyšší procento hrubého domácího produktu (HDP) na potraviny, což znamená i silnější dopad na životní standardy.

Výrobní odvětví biopaliv má potenciál vytvořit a zdokonalit stávající tržní mechanismy (např. fyzickou infrastrukturu a agronomické možnosti), které by mohly vést k efektivnější zemědělské výrobě. Brazílie, například, dosáhla významného zlepšení v oblasti produkce a zpracování cukru a bioetanolu. V rozmezí let 1975 až 2000 v regionu São Paula vzrostly výnosy z cukrové třtiny o 33 %, produkce bioetanolu na jednotku sacharózy se zvýšila o 14 % a produktivita fermentačního procesu vzrostla dokonce o 130% (von Braun & Meinzen-Dick, 2009).

Celkově lze říci, že konkurence biopaliv s potravinami při investování do tohoto odvětví je potenciálně významným důvodem pro znepokojení. Tato otázka není zcela vyřešena ani v případě druhé generace biopaliv, přestože využívají nejdle plodiny. Především z hlediska nepřímých změn ve využívání půdy a také obrovské tržní poptávce po obnovitelných zdrojích energií ve srovnání se zemědělstvím. Až řádně provedená legislativní opatření zavádějící kritéria a standardy udržitelnosti by mohla přispět k zmírnění konfliktu biopaliva vs. potraviny (Elbehri *et al.*, 2013).

#### **4.3.1.4.1 Dopad na ceny potravin**

Vyvstávají otázky o dopadu biopaliv na ceny potravinářských plodin. Souvislost mezi cenami zemědělských komodit a příslušných biopaliv byla předmětem četných studií. Například Křišťoufek *et al.* (2014) kvantifikoval závislost jeho ceny a suroviny, z které je vyráběno. Podle studie je cena bioetanolu pružná v závislosti na ceně obilí, zatímco bionafta se vztahuje především k cenám německé nafty. Vrcholem promítání do cen byl rok 2008. Výsledky těchto studií jsou v souladu s dalšími, které ukazují rostoucí pozitivní korelaci mezi zemědělskými komoditami a cenami energií před tzv. potravinovou krizí v roce 2008 (Abdelradi & Serra, 2015; Busse *et al.*, 2012). Busse zjistil i souvislost mezi cenami bionafty a olejem (řepkovým, sójovým). Kromě toho se jejich závislost mění v průběhu času s ohledem na vývoj politiky. Na druhou stranu, Abdelradi a Serra (2015) zkoumali trh EU v oblasti biopaliv a tvrdí, že cena

bionafty nemá vliv na cenu řepky olejné, avšak může způsobit nestabilitu trhu zvýšením volatility cen řepkového oleje. Naopak, cena řepky silně ovlivňuje cenu bionafty. Studie také dále uvádí, že zásoby řepky a kurz eura vůči dolaru pozitivně ovlivňují její cenovou volatilitu. Došli k závěru, že průmysl biopaliv v EU nemůže v dlouhodobém horizontu zvýšit ceny potravin.

Existují různé státní strategie pro boj s náhlými cenovými vzrůsty potravin, jako je například podpora dovozu prostřednictvím snížení tarifů. V krátkodobém horizontu se zvýšení cen zmírňuje především navýšením dostupných zásob. Nicméně, tato opatření jsou omezena, jak fyzicky, pokud jde o výrobu, tak politicky, kdy se například dané množství potenciálních potravinových plodin použije pro výrobu biopaliv, k dodržení povinných kvót pro obsah jejich směsí (FAO, 2014).

Největší pozornosti se dostalo potravinové krizi v roce 2008, kdy ceny prudce stouply, a to až o 40 %. Zasaženy byly prakticky všechny zemědělské komodity. Rosegrant (2008) mimo jiné tvrdí, že právě rozvoj biopaliv byl jeden ze spouštěčů této krize. Vysoká poptávka po surovinách pro biopaliva byla kompenzována větší částí úrody, která dříve sloužila k produkci potravin. Model připisuje 30 % vzrůstu ceny obilnin právě zvýšené poptávce po biopalivech. Ze zvýšené ceny se připisuje 39 % u kukuřice, 21 % u rýže a 22 % u pšenice zvýšené poptávce po biopalivech. Přestože takovýto vývoj nemusí být považován za závažný problém u bohatých zemí, tak v případě rozvojových se jím může stát. Především z hlediska toho, že podstatná část jejich příjmů musí být vynaložena na potraviny. To je v současné době jedním z hlavních důvodů pro vývoj biopaliv druhé a třetí generace (Kouřílek, 2015).

#### **4.3.2 Socioinstitucionální faktory**

Sociální rozměr udržitelnosti biopaliv se vztahuje k potenciálu pro rozvoj venkova a snížení chudoby. Sociální (nebo socioinstitucionální) rozměr udržitelnosti biopaliv se může dotknout mnoha případně vzájemně souvisejících problémů. To vyvolává řadu metodických obtíží, včetně rozlišování mezi přímými a nepřímými sociálními problémy. Tato část se zaměřuje na aspekty sociální udržitelnosti, jako práva vlastnictví půdy a pracovní práva. Všechny tyto otázky více či méně může vyřešit společný cíl – potřeba integrace drobných zemědělců v rámci rozvoje, zajištění sdílení benefitů, základních práv a lokálních způsobů obživy v důsledku zavedení biopaliv (Elbehri *et al.*, 2013).

#### 4.3.2.1 Práva vlastnictví půdy

Změna klimatu a rozšiřování produkce biopaliv povede pravděpodobně k větší konkurenci z hlediska dostupnosti půdy. Toto zvýšení konkurence ohrožuje živobytí milionů zemědělců, pastevců, rybářů a obyvatel žijících v lesních oblastech bez formálních práv vlastnictví půdy. Zásadní význam bude mít jak správné nastavení politického rámce, tak i vhodné plánování využívání půdy (Elbehri *et al.*, 2013).

Vezmeme-li v potaz to, že půda je omezeným zdrojem, vhodnost využití pozemků je dána hodnotou, jakou mohou poskytnout těm, kteří k nim drží práva. Tuto hodnotu lze měřit mnoha způsoby (např. generováním bohatství, údržbou a ochranou ekosystémů). Biopaliva mohou hrát významnou roli v zahájení „zemědělské renesance“, která by mohla revitalizovat zdroje obživy a způsoby využívání půdy ve venkovských oblastech. Cenové signály by mohly výrazně zvýšit výnosy a příjmy drobných zemědělců, což by mohlo vést k zajištění skutečného a dlouhodobého snižování chudoby, tím spíše v zemích, které jsou silně závislé na zemědělských komoditách. Pěstování plodin pro biopaliva ve velkém měřítku by rovněž mohlo s sebou nést výhody v podobě vyšší zaměstnanosti, rozvoje sekundárního průmyslu, či zlepšení dovedností a know-how (Cotula *et al.*, 2008).

Mnoho vlád vyjádřilo naději, že rozvoj v pěstování energetických plodin by mohl vytvořit příležitost k využití neproduktivních půd. Nicméně, akvizice takovýchto pozemků, i přestože v současné době neslouží k rostlinné produkci, může představovat problém. Venkovské komunity, které mohou mít na půdu historické nároky, například kvůli sběru palivového dříví nebo pastvě, nejsou schopny tato práva chránit, protože jsou založeny na právu obecném a na neformálních systémech držby. V důsledku toho existuje riziko, že rozšíření produkce energetických plodin může vést k vypuzení zranitelných skupin nebo vlastníků bez dřívější dokumentace. To vše se stává více pravděpodobným na základě vládních vyhlášek nebo vyšších cen pozemků (pronájmu nebo prodeje), přičemž chudí obyvatelé jsou obvykle z trhu vytlačeni (Elbehri *et al.*, 2013).

Existují ale také slibné postupy, kterým je ovšem věnována menší pozornost. V určitých podmínkách jsou drobní zemědělci schopni půdy užívat a dokonce si k nim i upevnit přístup, pokud se chopí příležitosti, kterou pěstování surovin pro biopaliva

nabízí. Ať už jde o vytváření příjmů, nebo lokální energetickou soběstačnost. Zajištění práv drobných zemědělců na půdy může poskytnout aktiva pro jejich jednání s většími hráči. Díky tomu spolu může koexistovat rozsáhlá a drobná produkce biopaliv a dokonce začít spolupracovat, s cílem maximalizovat pozitivní výsledky pro rozvoj venkova. (Cotula *et al.*, 2008)

Pro dlouhodobou životaschopnost a udržitelnost projektů v oblasti biopaliv je kriticky důležité zapojit místní komunitu od samotného začátku návrhu projektu s cílem zajistit zápal místního obyvatelstva, zachování jejich práv a nepřetržitého přístupu k jejich půdě a zdrojům obživy. Takové posouzení by mělo být provedeno souběžně s environmentálním a ekonomickým vyhodnocením dlouhodobé životaschopnosti projektů pro rozvoj biopaliv a jejich předpokládaných dopadů na všechny důležité zainteresované strany (Elbehri *et al.*, 2013).

#### **4.3.2.2 Podmínky pracovní síly**

Rozvoj biopaliv by rovněž mohl vynést na světlo řadu problémů souvisejících s pracovní silou, samozřejmě v závislosti na typu zemědělských operací a kvalitě jejich řízení. Umožnění zahraničním investorům mít volnou ruku nad produkcí biopaliv s sebou nese riziko toho, že by si mohli dovést i své vlastní pracovní síly, a tím negovat veškeré výhody plynoucí z tohoto odvětví pro místní obyvatelstvo. Na druhou stranu v případě, že se zaměstná pouze místní pracovní síla, je pravděpodobné, že přetrvají i problémy se zneužíváním pracovníků. To zahrnuje vysoké sezónní výkyvy v zaměstnanosti, dlouhé pracovní směny za obtížných podmínek a slabá práva pracujících (zejména u pracovníků bez smlouvy). Aby k takovýmto situacím nedocházelo, tak rozvoj bioenergie (včetně případu pod vedením zahraničních investorů) musí postupovat v plném souladu s normami stanovenými všeobecnou deklarací lidských práv a Mezinárodní organizace práce (RSB, 2008).

Konvence Mezinárodní organizace práce uvádějí, že farmy a plantáže se nemohou stát udržitelnými pracovišti, dokud pracovníci nedosáhnou důstojných pracovních a životních podmínek a nemohou se podílet na rozhodnutích, která ovlivňují jejich životy a práci (Elbehri *et al.*, 2013).

### **4.3.2.3 Posouzení sociální udržitelnosti**

Sociální rozměr udržitelnosti může být hodnocen v rámci projektu biopaliv nebo investiční iniciativy v mnoha ohledech. Jedním z konkrétních způsobů je posouzení sociálního dopadu (Social Impact Assessment - SIA), který zahrnuje posouzení dopadů na zaměstnanost, mzdy, zdraví, začlenění pohlaví atd. Stejně jako posuzování vlivů na životní prostředí (Environmental Impact Assessment), kombinuje posouzení sociálního dopadu kvalitativní i kvantitativní metody, ale spoléhá ve větší míře na účast různých zúčastněných stran (Harrison *et al.*, 2009). Často jsou velké průzkumy prováděny na základě standardizovaných dotazníků, expertních rozhovorů a skupinových diskusí. Kromě toho je k dispozici celá řada nástrojů pro začlenění konkrétních otázek do analýzy projektu, jako jsou pohlaví, rizika pro komunity, atd. (Keam & McCormick, 2008).

V závislosti na vyhodnocení a lokalitě aktivity může SIA obsáhnout celou řadu samostatných studií na odborná témata, jako například dopady na lidská práva, domorodé obyvatelstvo, ekonomické a fyzické přesídlení, zdraví komunity nebo konfliktní situace. Díky tomu by měla vzniknout zpráva, která obsahuje doporučení o způsobech předcházení a zmírnění možných dopadů. Vedoucí daného projektu by pak měl rozhodnout, která doporučení se budou přijímat a rozvíjet. A dále sledovat jejich pokrok a podávat zprávy příslušným zúčastněným stranám (například postiženým komunitám) (Elbehri *et al.*, 2013).

## **4.3.3 Environmentální faktory**

### **4.3.3.1 Energetická bilance**

Jedna z motivací pro produkci biopaliv je zlepšení energetické bezpečnosti. Fosilní paliva nejsou nevyčerpatelná a díky tomu se očekává, že jejich ceny v dlouhodobém horizontu budou stoupat. Obnovitelná bioenergie nabízí alternativu.

Příspěvek jakéhokoliv biopaliva k energetickým dodávkám závisí na jeho energetickém obsahu a potřebném množství fosilní energie potřebné k jeho výrobě. To zahrnuje energii potřebnou pro kultivaci (hnojiva, pesticidy, zavlažování, orba), sklizení, zpracování a transport. Fosilní energetická bilance, definovaná jako poměr mezi energetickým výstupem obnovitelné energie a energetickým vstupem fosilní energie potřebné k jeho výrobě, je klíčovým faktorem k posouzení vhodnosti biopaliva

z dané biomasy. Jinými slovy jde o míru, do jaké je biopalivo schopné nahradit fosilní alternativu. Tedy energetická bilance 1,0 znamená, že k výrobě je potřebné stejné množství fosilní energie, jako samo obsahuje (Armstrong *et al.* 2002). Biopalivo tedy neposkytuje žádný čistý zisk či ztrátu energie. Fosilní energetická bilance paliva 2,0 znamená, že litr biopaliva obsahuje dvojnásobné množství energie, které bylo nutné k jeho výrobě.

Konvenční benzín a nafta mají obvykle energetickou bilanci v rozmezí okolo 0,8-0,9 (FAO, 2008), z hlediska spotřeby energie při zpracovávání surové nafty a také při transportu. Pokud má biopalivo vyšší fosilní energetickou bilanci než tuto, znamená to, že pomáhá snížit závislost na fosilních palivech.

Například u bioetanolu se energetická bilance vůči fosilním energiím pohybuje okolo 1,34 v případě kukuřice. Vezmeme-li to jinak, bioetanol z kukuřice skýtá o 34 % více energie, než je potřeba fosilní energie k jeho produkci. Včetně samotného růstu, sklízení, transportu a destilace kukuřice a za daných předpokladů, že hnojiva jsou produkována moderními metodami, kukuřice se zpracovává za pomoci technologicky vyspělých zařízení a farmáři zaznamenají průměrné výnosy.

U bioetanolu z cukrové třtiny je hodnota energetické bilance vůči fosilním energiím v rozmezí od 2,0 až do 8,0. Tento veliký rozdíl je zapříčiněn výbornými výsledky výnosů z cukrové třtiny na hektar v Brazílii, kdy je k produkci tepla nebo energie zároveň efektivně využít i vedlejší produkt v podobě bagasy (Shapouri *et al.* 2002).

Je obecně přijímaným faktem, že bionafta produkovaná z cukrové řepy, pšenice a kukuřice má omezené možnosti nahradit jiná paliva, a to buďto z hlediska nízkých výnosů těchto plodin nebo vysokých vstupních požadavků. Odhadovaná fosilní energetická bilance v případě bionafty se pohybuje v rozmezí od 1,0 do 4,0 u řepky olejné a sóji - především díky jejich nižším výnosům na hektar a energeticky více náročnému konverznímu procesu (Elbehri *et al.*, 2013).

Přestože jsou konvenční biopaliva poměrně vyspělá, je ještě dále co zlepšovat. Zvýšení účinnosti konverze by znamenalo nejen lepší ekonomické výsledky, ale i efektivitu využívání půdy.



#### 4.3.3.2 Skleníkové plyny a jiné znečištění

Boj proti globálnímu oteplování a možnost snížení emisí skleníkových plynů je jednou z hlavních hnacích sil pro rozvoj biopaliv. Negativní působení emisí skleníkových plynů na klima je již dlouhodobě známý fakt. Čtvrtá hodnotící zpráva Mezivládního panelu pro změnu klimatu (IPCC, 2007) uvedla, že emise skleníkových plynů je třeba snížit o 50 až 85 % do roku 2050 s cílem stabilizovat jejich koncentrace v atmosféře. Vzhledem k tomu, že fosilní paliva používaná v dopravě, vytápění a chlazení ke globálnímu oteplování přispívají nejvíce (asi 75 % z celkového počtu emisí CO<sub>2</sub>), bude jedním z nejdůležitějších cílů snížení emisí právě v této oblasti. Posuzování emisí skleníkových plynů obvykle zahrnuje CO<sub>2</sub>, metan (CH<sub>4</sub>), oxid dusný (N<sub>2</sub>O) a halogenované uhlovodíky. Tyto plyny se uvolňují v průběhu celého životního cyklu biopaliva v závislosti na zemědělských postupech (včetně používání hnojiv, pesticidů, sklizení atd.), procesech konverze, distribučním procesu, konečné spotřebě a využití vedlejších produktů.

Čistý dopad biopaliv na emise skleníkových plynů se může značně lišit. Biopaliva se vyrábějí z biomasy a teoreticky by proto měla být uhlíkově neutrální, protože jejich spalováním se vrací do atmosféry pouze oxid, který z ní byl izolován rostlinou během jejího růstu. Na rozdíl od toho fosilní paliva uvolňují uhlík, který byl uložen po miliony let pod povrchem země. Nicméně posuzování čistého efektu biopaliv na emise skleníkových plynů vyžaduje analýzu emisí během celého životního cyklu biopaliva (pěstování a sklizeň plodiny, zpracování suroviny na biopalivo, přepravu suroviny a konečného paliva, skladování, distribuce a maloobchodní prodej biopaliva - včetně dopadů tankování vozidla a emise způsobené spalováním). Navíc je třeba zvážit případné druhotné produkty, které mohou snížit také emise. Je tedy nutno konstatovat, že fosilní energetické bilance jsou jen jedním z mnoha faktorů ovlivňujících dopad emisí biopaliv. Mezi kritické faktory týkající se zemědělského výrobního procesu patří hnojení, používání pesticidů, zavlažovací technologie a zpracování půdy. Velký dopad na využití půdy mohou mít změny spojené s rozšířením výroby biopaliv. Například když produkce biomasy pro biopaliva vytlačí pěstování potravinářských plodin na nově konvertované lesní půdy, nebo je tam pěstována sama, dojde k uvolnění značného množství uloženého uhlíku do atmosféry. Dosažení původního stavu trvá následně roky, protože emisní úspora biopaliv vůči fosilním palivům není tak výrazná. V závěru lze jen dodat, že dopad biopaliv na změnu

klimatu se může lišit a nemusí být nutně pozitivní nebo alespoň ne až tak pozitivní, jak se často zpočátku předpokládalo (FAO, 2008).

#### **4.3.3.3 Změny ve využívání půdy**

Běžnou metodou pro odhad změny ve využití půdy je použití dálkově snímaných obrázků (zaslaných na zemi satelity nebo jinými rovnocennými systémy), především z hlediska sledování odlesňování. Na základě prostorových modelů jsou pak použity různé techniky k identifikaci zástupců podílejících se na změnách ve využívání půdy (dos Santos Silva *et al.*, 2008). Kromě toho je využíváno primárních a sekundárních dat z ploch osázených a sklizených v minulosti, což může pomoci předpovědět budoucí trendy ve využívání půdy i na místní úrovni, pokud je údaje z naměřených hodnot možno porovnat s jinými plodinami (Nassar *et al.*, 2008).

Změny ve využití půdy se rozlišují na přímé a nepřímé. Pokud je nově požadovaná plodina, například pro produkci biopaliv, pěstována na půdě konvertované pro ni, jedná se o přímou změnu ve využití půdy a je obvykle zahrnuta i ve většině analýz životního cyklu dané plodiny. Opačný příklad, kdy jsou nedotčené pozemky vyklizeny a převedeny na ornou půdu pro pěstování plodiny pro krmiva či potraviny, které byly odkloněny jinam kvůli výrobě biopaliv, je nazýván nepřímou změnou ve využívání půd. To může vést k zvýšení emisí skleníkových plynů z hlediska toho, že deštné pralesy a pastviny pohlcují a ukládají uhlík v jejich půdě a biomase a ten se jejich vymycováním znovu uvolňuje zpět. Kromě toho Searchinger *et al.* (2008) ještě poukazuje na další významné sociální a environmentální změny, které vyvíjí tlak na biodiverzitu, půdu, kvalitu vody, ceny a dodávky potravin, odsun dělníků a místních komunit a kulturní narušení. Některými výzkumníky jsou, mimo jiné, i proto používány k vyhodnocení poptávky po půdě v globálním měřítku (částečné nebo obecné) ekonomické modely (Gnansounou *et al.*, 2008).

#### **4.3.3.4 Biodiverzita**

Biodiverzita, definovaná jako hojnost druhů (rostlin, živočichů a mikroorganismů) v habitatu, může být pozitivně i negativně ovlivněna produkcí biomasy pro výrobu biopaliv. Za použití znehodnocené půdy může dokonce dojít i k jejímu zlepšení. Naopak velké monokultury energetických plodin mohou způsobit újmu, zejména prostřednictvím ztráty přirozeného prostředí, rozšířením invazivních druhů a znečištěním způsobeným hnojivem a herbicidy. Problémem je, že zemědělské

systemy s vyšší uniformitou bývají ty neefektivnější. Celosvětové snížení biologické rozmanitosti se nicméně ukázalo jako jedna z největších hrozeb 21. století v oblasti životního prostředí. Hlavní hnací silou je tradičně především zemědělský a městský rozvoj (Elbehri *et al.*, 2013)

Rozsah ztrát přirozeného prostředí závisí na druhu změny ve využívání půdy. Mnoho tropických zemí má vysoký potenciál pro produkci biomasy vzhledem k jejich příznivým klimatickým podmínkám, jakož i jejich půdním a pracovním zdrojům. Rostoucí poptávka po biopalivech pobízí k zničení přirozených prostředí, jako jsou tropické deštné pralesy. Například expanze sójových plantáží do amazonského pralesa by znamenala radikální pokles biodiverzity. Naopak oblast s nižší koncentrací druhů by byla vystavena daleko menšímu riziku (UNEP, 2008). Jenže biodiverzita není ohrožována ze strany produkce biopaliv jen tímto. Problémem jsou i invazivní druhy, vznikající uvedením nepůvodních rostlin. Například v Brazílii se ukázala být invazivní africká palma olejná, která se velmi dobře šíří ve vlhkých oblastech. Dalšími příklady rostlin, u kterých se prokázaly invazivní tendence, jsou některé druhy jatrofy a otočná fazole (Howard & Ziller, 2008).

#### **4.3.3.5 Znečišťování vody**

Voda na zemi je z 97 % slaná. Pouze z 3 % sladká a o něco více než dvě třetiny z ní jsou zamrzlé v ledovcích a polárních oblastech. Zbývající nezmrzlá sladká voda se vyskytuje převážně pod povrchem. Jen malý zlomek vody se nachází na povrchu nebo ve vzduchu (Gleick, 1993).

Spíše nedostatek vody, než půdy se proto může ukázat být klíčovým limitujícím faktorem pro produkci plodin na biopaliva. Asi 70 % odběru sladké vody na celém světě se používá k zemědělským účelům (Molden, 2007). Vodní zdroje pro zemědělství jsou v mnoha zemích stále vzácnější v důsledku zvýšené konkurence s potřebami domácností či průmyslovými účely. Kromě toho očekávané dopady změn klimatu, pokud jde o snížení srážek a odtoku v některých klíčových oblastech producentů (včetně blízkého východu, severní Afriky a jižní Asie), zvýší tlak na již tak omezený zdroj (FAO, 2008).

Biopaliva v současné době zodpovídají asi za 100 km<sup>3</sup> (1 %) veškeré vody využitě pro produkci plodin po celém světě a asi 44 km<sup>3</sup> (2 %) veškerého odběru závlahové vody (de Fraiture *et al.*, 2007). Mnohé z plodin v současné době používaných

pro výrobu biopaliv (například cukrová třtina, palma olejná a kukuřice) mají relativně vysoké nároky na vodu při komerčních úrovních výnosu (viz Tabulka 7). Díky tomu jsou nejvhodnější pro tropické oblasti s vysokými srážkami, pokud nemohou být zavlažovány. Například v Brazílii je 76 % produkce cukrové třtiny zavlažováno deštěm a v případě kukuřice v USA dešť odpovídá za 70 % závlahy. Dokonce i vytrvalé rostliny, jako jatrofa a kožnatec indický, které mohou být pěstovány v polosuchých oblastech, či na okrajových a degradovaných půdách mohou vyžadovat zavlažování během horkých a suchých lét. Mnoho regionů vyrábějících cukr v jižní a východní Africe a severovýchodní Brazílii jsou již v blízkosti hydrologických mezí svých přidružených povodí. Zpracování surovin na biopaliva může vyžadovat velké množství vody, především pro praní rostlin a semen nebo pro chlazení odpařováním. Nicméně největší dopad na místní bilanci vodních zdrojů má zavlažování surovin pro biopaliva (FAO, 2008).

Produkce bionafty a bioetanolu navíc vede k organicky kontaminované odpadní vodě, která v případě uvolnění může zvýšit eutrofizaci (proces obohacování vod o živiny, zejména dusík a fosfor) povrchových vod. Nicméně stávající technologie čištění odpadních vod umí účinně řešit organické odpady a znečišťující látky. Fermentační systémy mohou snižovat biologickou spotřebu kyslíku v odpadních vodách o více než 90 %, takže voda může být znovu použita pro zpracování. Pokud jde o distribuci a skladování, potenciál pro negativní dopady na půdu a vodu z prosakování a úniků je snížen ve srovnání s fosilními palivy, protože bioetanol a bionafta jsou biologicky odbouratelné. Nicméně voda může být znečištěna pesticidy a jinými chemikáliemi, které se používají v zemědělství. Kukuřice, sója a jiné suroviny pro biopaliva se výrazně liší ve svých požadavcích na hnojiva a pesticidy. Kukuřice podléhá nejvyšším aplikačním dávkám na hektar jak u hnojiv, tak u pesticidů. Odhaduje se, že například sója vyžaduje pouze zlomek dusíku, fosforu a pesticidů požadovaných kukuřicí, s příslušně nižšími dopady na kvalitu vody (Hill *et al.* 2006; Tilman *et al.*, 2006).

Celkově lze říci, že dostupnost a hospodaření s vodními zdroji je kritickým prvkem pro jakékoliv investice do výroby biopaliv v konkrétní lokalitě. Při hospodaření s vodou je proto třeba zvážit mnoho faktorů (výběr plodiny s ohledem na její poptávku po vodě, dlouhodobé zdroje vody, vodohospodářské legislativy, komunální práva) a je třeba zajistit, aby spotřeba vody byla nejen efektivní, ale také udržitelná v delším

časovém horizontu. Rozumné hospodaření s vodou vyžaduje ale také zachování kvality vody nebo opatření k minimalizaci poškození jakosti vody v důsledku intenzivní produkce biomasy (Le Quesne *et al.*, 2007).

#### **4.3.3.6 Posouzení lokálních vlivů na životní prostředí**

Mnoho současných obav ohledně biopaliva pochází ze špatných analýz materiálů, živin a energetických toků, které se podílejí na výrobě a jejich používání. Chybné předpoklady o skleníkových plynech a ekologických přínosech biopaliv mohou vést k podpoře nesprávných možností. Existuje řada nástrojů, které mohou pomoci ke kvantifikaci materiálových toků, emisí skleníkových plynů a jiných ekologických dopadů. Lze je rozdělit do celé řady vědeckých postupů a nástrojů pro posuzování udržitelnosti různých výrobních procesů. Patří mezi ně analýza životního cyklu, odhady vodní a energetické bilance. Mnoho zemí má zavedena legislativní opatření, která vyžadují posouzení vlivu na životní prostředí pro daný projekt ať už na místní či regionální úrovni. Jedná se o proces, který zahrnuje výčet sociálních, ekonomických a environmentálních kritérií, jež mají za úkol vyhodnotit, zaznamenat nebo zvážit různé dopady projektu a navrhnout možné způsoby, jak je minimalizovat (Pearce *et al.*, 2006). Ve Spojených státech a Evropské unii se tento přístup nazývá posuzování vlivů na životní prostředí (Environmental Impact Assessment) a zpravidla se provádí na úrovni projektu. Ovšem nedávno byl podobný rámec rozšířen i na úrovni programu nebo legislativy. Tento přístup se nazývá strategické hodnocení životního prostředí (Strategic Environmental Assessment). Mezi komponenty, které se při hodnocení používají, patří screening (ke zjištění rozhodujícího dopadu na životní prostředí), identifikace (předpovídání a vyhodnocování dopadů), zmírňování (určení, jak by negativní dopady měly být minimalizovány), monitorování (pro zlepšování a provádění změn v případě potřeby) a rozhodování o tom, které dopady by měly být zahrnuty do EIA/SEA (Kulsum & Sanchez Triana, 2008).

Jiný přístup, známý jako DRIFT (Downstream Response to Imposed Flow Transformations), může být použit k vyhodnocení dopadu projektu na vodní zdroje a režimy průtoků (povodí, rozvodí, břehy, atd.) (King *et al.*, 2004). Tato metoda má čtyři složky. Za prvé se posuzuje, jak byl ovlivněn ekosystém řeky změnami vyvolanými projektem. Za druhé jaký dopad zaznamenají lidé, kteří jsou závislí na řece. Za třetí se berou v úvahu možné scénáře budoucích dopadů na říční ekosystém a jeho

uživatele. A nakonec, ve čtvrtém bodě, se posuzují socioekonomické úvahy, kde se vypočítávají náhrady a náklady na zmírnění dopadů. Další možný lokálně zaměřený přístup je založený na analýze ekologické stopy (Ecological Footprint Analysis) a ten se týká nezbytné rozlohy potřebné k absorpci znečištění vyvolaného projektem a k poskytnutí přírodních zdrojů, aniž by byla ohrožena její schopnost poskytovat služby (Marchetti *et al.*, 2007).

## 5. Případová studie

Cílem této části práce bylo formou literární rešerše za použití dostupných zdrojů upozornit na rozdílnost vlastností a dopadů ve výrobě a používání kapalných biopaliv z různých vstupních surovin, zdůraznit důležitost specifických lokálních podmínek pro úspěšnou produkci kapalných biopaliv a prozkoumat, zdali se vyspělost země projeví v místní problematice kapalných biopaliv.

Vyspělost země byla posuzována na základě indexu lidského rozvoje (Human Development Index - HDI), který je normalizovaným měřítkem HDP na obyvatele, průměrné doby dožití, gramotnosti, vzdělání a životní úrovně zemí po celém světě. Je to standardní způsob měření blahobytu, zejména v péči o děti. Používá se k určení a indikaci toho, zda je země rozvinutá, rozvíjející se, nebo málo rozvinutá. Také se využívá k měření dopadu hospodářských politik na kvalitu života (Tripathi, 2008).

Země byly vybírány tak, aby se každá nacházela v jiné kategorii indexu lidského rozvoje. Tedy tak, aby jedna byla spíše vyspělejší a druhá spíše zaostalá. Původně bylo v plánu zvolit jako jednu ze zemí Mosambik (jedná se o jednu z nejméně rozvinutých zemí světa), ale bohužel se ukázalo, že neexistuje skoro žádný vhodný zdroj zabývající se environmentálními dopady produkce biopaliv v této zemi. Tudíž jsem se zaměřil na země, na které jsem narazil dříve v průběhu zpracovávání literární rešerše a vybral z nich dvě v rámci HDI pokud možno co nejvíce vzdálené.

Malajsie, dle posledního reportu lidského rozvoje (Human Development Report, 2015), zaujímá 62. pozici s hodnotou HDI 0,779. Kromě toho na ni padla volba i díky tomu, že její hlavní plodinou pro produkci biopaliv je palma olejná. Právě kritika produkce z této plodiny, obzvláště v poslední době, byla silně medializována, a to hlavně v Indonésii. Ta nebyla vybrána ze dvou důvodů. Díky své nižší pozici v rámci

HDI (110.) vůči Malajsii, a také kvůli obavě přehnaně kritického pohledu v rámci zdrojů.

Druhou vybranou zemí byla Indie. Stejně jako v předchozím případě byla vybrána spíše na základě plodiny, která vévodí její produkci biopaliv, tedy jatrofě (dávivec černý). Dalším aspektem bylo velice zajímavé zjištění, že Indická vláda tuto problematiku řeší a zkoumá a snaží se jí celkově plánovat. Nelze také opomenout, že se jedná o druhou nejlidnatější zemi světa, která zároveň v žebříčku HDI nezaujímá zrovna vysokou pozici (130.) a spadá do méně vyspělé poloviny zemí světa.

### 5.1.1 Malajsie

Malajsie je jedním z předních světových výrobců a vývozců palmového oleje. Její po celý rok panující vlhké klima s teplotním rozmezím 24-32 °C a rovnoměrně distribuovanými ročními srážkami dosahujícími téměř 2000 mm představuje ideální podmínky pro pěstování palmy olejné. Obecně je ale výroba palmového oleje již po dlouhou dobu spojována se zprávami o odlesňování tropických oblastí, ztrátě biologické rozmanitosti, znečišťování vod a porušováním pozemkových práv (Tan 2004; Anon 2009; Koh & Wilcove 2008; Then, 2009). Nicméně právě tento zemědělský sektor je jedním z největších zdrojů příjmů v zemi a zaměstnává mnoho lidí. Vláda propaguje produkci palmy olejné pro výrobu biopaliv, mimo jiné kvůli rozvoji venkova a právě tvorbě pracovních míst. Co se této její aspirace týče, dosahuje smíšených výsledků, do značné míry z hlediska interakce cen ropy a palmového oleje. Právě k tomu došlo na přelomu let 2007 a 2008, kdy cena palmového oleje byla vyšší než cena surové ropy. V důsledku toho došlo k uzavření mnoha továren na bionaftu. Tento stav trval až do začátku roku 2010, kdy mezinárodní ceny palmového oleje klesly vzhledem k cenám ropy natolik, že většina závodů mohla být opětovně otevřena a dokonce bylo zveřejněno několik plánů na výstavbu nových (Norwana *et al.*, 2011).

Ve srovnání s jinými olejninami se jedná v případě palmy olejné, díky jejímu vysokému obsahu oleje, o jednu z efektivnějších plodin pro produkci bionafty pokud jde o využívání půdy. Oproti sóje, může být vyrobeno z jednoho hektaru plantáže palmy olejné až desetinásobné množství bionafty (Lam *et al.*, 2009), přičemž energetická bilance je srovnatelná například s cukrovou třtinou (Reinhardt *et al.*, 2007). Nehledě na

to, že bionafta vyrobená právě z palmového oleje by mohla přinést až 38% úsporu emisí skleníkových plynů oproti fosilním palivům (Yee, 2009).

Nicméně Fargione *et al.* (2008) uvádí, že pěstování palmy olejné pro výrobu bionafty na místě tropických deštných lesů a lesů na rašelinných půdách může mít vysoký dopad na uhlíkovou stopu. Dále odhaduje, že doba návratnosti uvolněného uhlíku v případě tropických lesů činí 86 let a až 423 let v případě lesů na rašelinných půdách. Kromě toho se znečištění zhoršuje i kvůli spalovacím praktikám v průběhu odlesňování.

V minulosti byla Malajsie jednou ze 14 zemí s roční mírou odlesňování přesahující 250 000 ha (Wood, 1990). Většina z toho je připisována dřevařskému průmyslu a rostoucím plantážím palmového oleje. Koh & Wilcove (2008) analyzovali, že v období 1990-2005, bylo téměř 60 % expanze plantáží palmového oleje v Malajsii na úkor lesů a zbytek na úkor jiné produkce na zemědělských půdách (např. guma, kakaovník). Podstatný úbytek lesů, byl způsoben především nadměrnou těžbou v krátkých cyklech se špatnými těžebními postupy a absencí rehabilitace po této těžbě. Tyto aktivity vedly například v Sabahu (jeden ze států tvořící Malajsii) mezi lety 1975 a 1995 k masivnímu snížení primárního lesního porostu. A to z 2,8 milionu ha na 300 000 ha, a odpovídajícímu nárůstu degradovaných lesů, který dosáhl 2,5 milionu ha (Toh & Grace, 2006). V průběhu následných let docházelo k dalším změnám ve využívání půdy, především na místě původních lesů ve prospěch produkce palmového oleje. Na konci první dekády nového milénia tato produkce pokrývala 1,36 milionů hektarů půdy jen v Sabahu (Wahid, 2010).

Zpracovávání reziduí (vláken a skořápek), k výrobě tepla a elektřiny je dalším zdrojem znečištění, jelikož jejich spalování uvolňuje emise do ovzduší (oxidy dusíku, uhlovodíky a částice). Obecně platí, že když se spalují nevyužité odpady vzniklé při zpracování plodin (k odbourání nákladů na likvidaci), nejsou systémy čištění spalin v továrnách dostačující (Reinhardt *et al.*, 2007). Navíc továrny na zpracovávání biopaliv bez moderních zařízení pro čištění odpadních vod mohou představovat vážné riziko pro kvalitu vody (Sheil *et al.*, 2009).

V jihovýchodní Asii a mnoha částech subsaharské Afriky je palma olejná nejlevnějším zdrojem rostlinného oleje. S tím, jak stoupá jeho využívání pro produkci bionafty, rostou i jeho ceny a vznikají obavy ohledně potravinové bezpečnosti, zejména pak pro městské spotřebitele. Nicméně, pro mnoho zemědělců je vyšší cena motivací



k dalším investicím právě do tohoto sektoru. Přestože se jejich příjmy často mění s tržními cenami, jsou výnosy z palmového oleje zpravidla vyšší než u jiných alternativ. Z tohoto důvodu by výroba biopaliv mohla pomoci tím, že zvýší tržní příležitosti a sníží nejistoty cen (Vermeulen & Goad, 2006).

Malajsie je velmi choulostivá na požadavky udržitelnosti, a to zejména z pohledu velkého evropského trhu. Mnoho koncepcí udržitelnosti biopaliv cílí právě na výrobce palmového oleje, jako je ona sama či Indonésie. Tento názorový proud přišel v patách studií poukazujících na negativní vazby mezi produkcí palmového oleje a udržitelností. Od roku 2008 bylo zveřejněno a medializováno několik studií spojujících palmový olej se škodlivými dopady na životní prostředí. Například Koh a Wilcove (2008) poukazují na již výše zmíněné vymycování lesů a zaměřují se zejména na populace lesních motýlů, které v této spojitosti poklesly až o 83 %.

Malajská vláda se snaží reagovat, a proto zahájila řadu opatření k dosažení udržitelnosti. Například v roce 1990 zavedla tzv. politiku nulového spalování a byla také přijata opatření, která čelí problematice odpadních vod (Sheil *et al.*, 2009). Aby bylo možné snížit vysoké emise znečištění ovzduší, bylo zakázáno také přímé spalování nevyužitelných odpadů vzniklých při zpracování plodin. Malajsie se také rozhodla regulovat využití agrochemikálií. Postavila mimo zákon používání škodlivého herbicidu parakvatu a podporuje využívání alternativního herbicidu glyfosátu, či různých biologických metod (Sheil *et al.*, 2009).

Obecně platí, že produkce palmového oleje, nejen na výrobu biopaliv, v Malajsii přinesla do značné míry pozitivní dopad na životní podmínky místních obyvatel. Zejména pak u nezávislých pěstitelů palmového oleje a migrujících pracovníků. Ať už jde o zvýšení příjmů, zvýšení zaměstnanosti a lepší přístup k sociálním službám. Avšak zapojení do produkce palmového oleje také způsobilo u mnoha místních komunit jejich odklon od tradičních zvyklostí a způsobů života. Zejména to pak platí pro nezávislé pěstitele, kteří na oplátku získali z pěstování palmového oleje podstatnou ekonomickou návratnost. Jinými slovy, byly jejich životní podmínky před začátkem produkce palmového oleje špatné, což bylo jednou z hlavních příčin motivace rozvoje tohoto sektoru. Navzdory těmto pozitivně vnímaným faktům, bylo prokázáno i značné množství nepříznivých dopadů na životní prostředí, jako je odlesňování a znečišťování řek. To kromě jiného zvyšuje obavy mezi těmi, kteří i nadále spoléhají na tradiční

využívání půdy nebo jsou závislí na řece a jen ilustruje vysokou variabilitu dopadů mezi zainteresovanými skupinami.

To vše jen zdůrazňuje prostor pro zlepšení postupů (nejen) v sociální a environmentální rovině, zvláště pak pro velkoplošné farmy produkující palmový olej.

### **5.1.2 Indie**

Možnosti Indie pro výrobu biopaliv jsou poměrně omezené, a to hned ze tří hlavních důvodů. Za prvé, ačkoli se jedná o druhého největšího producenta cukrové třtiny na světě (po Brazílii), je produkce cukru doplněna stejně velkou poptávkou, tudíž si nemohou dovolit ji využít k jiným účelům. Z hlediska toho je produkce bioetanolu realizována jen z melasy - vedlejšího produktu cukru (Ravindranath *et al.*, 2011). Za druhé, Indie jedlý olej dováží, a proto si nemůže dovolit přeměrovat své dodávky do výroby bionafty. Za třetí se Indie obecně snaží politikou v oblasti biopaliv zabránit čemukoliv, co by mohlo zhoršit již tak vážnou situaci v oblasti potravinové bezpečnosti, která postihuje více než 220 milionů Indů (FAO 2011). Tudíž Indická národní strategie pro rozvoj biopaliv stojí na rozvoji výrobní kapacity bionafty z nejedlých olejnatých semen, odpadních plodin, nebo kultivaci rostlin na narušených či marginálních půdách. Vláda zde schválila předběžný cíl přimíchávat 20% podíl bionafty a bioetanolu do jejich odpovídajících fosilních protějšků, kterého má být dosaženo do roku 2017. Indie také poskytuje podporu minimálních cen pro produkci nejedlých olejnatých semen s pravidelnými revizemi, aby zajistila spravedlivé ceny pro pěstitele a minimální kupní ceny pro nákup bioetanolu a bionafty. Dále investuje do výzkumu a vývoje se zaměřením na plantáže, zpracovávání a výrobu biopaliv, a to včetně jejich druhé generace. Pro tu se také zvažují finanční pobídky, včetně dotací a grantů. To vše je řízeno a kontrolováno. Národní koordinační výbor biopaliv (National Biofuel Coordination Committee), v čele s premiérem, je nastaven tak, aby poskytoval politické vedení a koordinaci, zatímco řídicí výbor biopaliv (Biofuel Steering Committee), kterému předsedá sekretář kabinetu, dohlíží na uplatňování politik (Ray & Bhardwaj, 2008).

Vzhledem k tomu, že cílem je především uspokojení rostoucí domácí poptávky, mohly by se certifikace pro vývoz jevit jako méně kritické (Morel, 2007). Nicméně z důvodu nedostatečného domácího distribučního systému začala Indie v roce 2007 vyvážet bionaftu do Evropské unie a USA, což vyžaduje plnění certifikačních

požadavků, zejména ze strany EU (Cleantech Group LLC, 2008). Kromě toho se systém certifikací stal důležitým i v domácí rovině a byl předmětem diskusí příslušných orgánů (The Quality Council of India), které projevíly zájem o vytvoření norem pro certifikaci třetích stran (Chaturvedi, 2009).

Jednou z největších překážek pro biopaliva na bázi jatrofy je jejich ekonomická životaschopnost. Až dosud byla tato plodina kultivována jen v malém měřítku a šlechtitelské činnosti ke zvýšení výnosů oleje probíhaly jen ve velmi omezeném měřítku. I ve špatných podmínkách nemusí být výnosy vyšší než pouhý 1 kg na strom. Samozřejmě že použití zavlažování, hnojiv, pesticidů a úrodné půdy by obecně vedlo k podstatně vyšším výnosům (až 3,5 kg na strom). Avšak kultivace za těchto podmínek činí náklady ušlé příležitosti vyšší a tím pádem většina zemědělců raději zůstane u jatrofy pouze v podobě živého plotu, nebo jako doplňku k jiným výnosnějším plodinám (Altenburg *et al.*, 2009).

Jedním ze způsobů, jak snížit náklady ušlé příležitosti je ke kultivaci podporovat využívání pustin. Tak je klasifikováno zhruba 17,5 % z celkové rozlohy Indie. Tato území obnáší například buše se zhoršenými podmínkami a degradované lesní a neúrodné kamenité půdy (Ministry of Rural Development, 2010). Podle Indické vlády by takto mohlo být obděláváno až 13,66 milionů ha (Government of India, 2012). Navíc jatrofa, jako dřevitý trvalý porost, může přispět ke zlepšení kvality půdy. Kromě toho tato rostlina také dobře zapadá do politiky Indie, která se snaží zamezit používání krmných, respektive potravinářských plodin pro produkci biopaliv (Jongschaap, 2007).

Jatrofa je zajímavou plodinou i z hlediska toho, že potenciálně nabízí mnoho atributů ve prospěch udržitelnosti biopaliv. Reinhardt *et al.* (2007) poukazuje, že produkce bionafty z této plodiny by v Indii mohla snížit emise skleníkových plynů mezi 0,13 a 1,05 tunami ekvivalentu CO<sub>2</sub> (asi o 10 až 75 % méně než u konvenční motorové nafty) na hektar půdy ročně. Nicméně pokud by kultivace jatrofy probíhala na místě bývalých lesních půd, budou dopady s největší pravděpodobností negativní a povedou ke zvýšení uhlíkového dluhu (Ndong *et al.*, 2009). Lepších výsledků by šlo dosáhnout v případě zvýšení výnosů, a když budou vedlejší produkty používány pro výrobu energií namísto hnojiv a krmiv.

Dále, Reinhardt *et al.* (2007) a Achten *et al.* (2010) uvádějí, že pěstování jatrofy má větší dopad na acidifikaci a eutrofizaci než využívání fosilních paliv. To znamená,

že pokud se biopaliva používají namísto fosilních paliv, mohlo by dojít k posunu dopadů z globálního oteplování k jiným škodlivým dopadům na životní prostředí.

Problémem je také znečišťování vod díky odtoku. Studie (GEXSI, 2008) zjistila, že negativní účinky pesticidů a hnojiv jsou omezeny, když je produkce zavlažována deštěm a jsou používány degradované půdy (většina plantáží). Morel (2007) referuje o pěti případových studiích (provedených v Andhra Pradesh, Maharashtra a Uttaranchal), které ukázaly, že zemědělci již splnili kritéria týkající se správných zemědělských praxí a efektivního využívání vstupů (zejména vody). Nicméně, ke zvýšení výnosů může být použito zavlažování a v důsledku toho použito relativně velké množství vody ve srovnání s produkcí jiných biopaliv (Gerbens-Leenes *et al.*, 2009). Takováto praxe by také vedla k poměrně vysokému namáhání vodních zdrojů (Pfister & Hellweg, 2009). Ovšem odhady spotřeby závlahové vody se různí a ve většině případů může být nízká, z čehož plyne, že je potřeba podrobné posouzení na základě sběru dat v terénu o výnosech a odpovídajícím zavlažování (Jongschaap *et al.*, 2009; Maes *et al.*, 2009)

Použití metylesteru jatrofy ve srovnání s fosilními palivy obecně snižuje potenciál globálního oteplování (snížením emisí skleníkových plynů) a poptávku po neobnovitelné energii. Na druhé straně dochází ke zvýšení environmentálních dopadů na acidifikaci, vyčerpávání vody, eutrofizaci a ekotoxicity. Je ale důležité podotknout, že dopady hodnotových řetězců jatrofy na životní prostředí vykazují velké rozdíly, které jsou způsobeny především rozdílností pěstitelských postupů a jsou silně závislé na účinném využívání zdrojů během pěstování plodiny. Dále je důležitá i volba použitého vozidla na indických silnicích, jelikož má přímý vliv na spotřebu paliva a tedy i dopad na životní prostředí způsobený při výrobě paliva. Politické nástroje zaměřené na podporu automobilů s vysokou účinností a poskytování dopravních alternativ (tj. pomocí veřejné dopravy) by měly jít ruku v ruce s udržitelnou výrobou biopaliva (Gmünder *et al.*, 2012).

Pěstování jatrofy pro produkci bionafty by mohlo dále pozitivně ovlivnit růst venkova a zaměstnanosti (GEXSI 2008). Další výhodou této plodiny je, že sklizeň neprobíhá v období dešťů (na přelomu června a července), kdy je většina zemědělců zapojena do jiných zemědělských činností (Altenburg *et al.*, 2009).

Mezi hlavní nevýhody jatrofy patří relativně malá zkušenost zemědělců s komerční produkcí této nové plodiny. Kromě toho doba růstu trvá tři roky, tudíž je

poměrně dlouhá. Nehledě na to, že je jatrofa zdraví škodlivá a lidé, kteří jsou v kontaktu s plodinou nebo jejími vedlejšími produkty potřebují absolvovat odpovídající školení. Další překážkou jsou nejasná práva vlastnictví půdy, nedostatek bezpečnosti držby půdy a konflikty práv obyvatel a zákonných práv. To vše vládě umožnilo, aby si nárokovala rozlehlé plochy těchto pozemků (nebo je předala do rukou soukromých společností) a zasadila zde monokultury jatropy. Některé organizace občanské společnosti to označily jako masivní zabírání půdy. Navíc tyto marginální půdy jsou často používány venkovskými společnostmi k mnoha jiným účelům (palivové dřevo, potraviny, krmiva, léčivé rostliny, pastva) a jejich zabráním může dojít k výrazným problémům (GRAIN 2008; Rajagopal, 2007). Zemědělci, kteří byli přesvědčeni k pěstování jatropy, především ti, kteří s touto plodinou nebyli předtím obeznámeni, s touto činností většinou skončili, když se výnosy ukázaly jako neuspokojivé. To mělo celkově za následek snížení místní produkce potravin (například podzemnice olejná ve státě Tamil Nadu), pokles potravinové bezpečnosti a řadu dalších sociálních a ekonomických nákladů, které pro chudé venkovské obyvatelstvo již tak byly náročné (Lahiri, 2009; Ariza-Montobbio & Lele, 2010).

Poté, co se výše zmíněné obtíže staly viditelnými, indická vláda zmírnila svá očekávání a posunula svůj cíl přimíchávat 20% podíl bionafty a bioetanolu do jejich odpovídajících fosilních protějšků z původně plánovaného roku 2012 na rok 2017 (MNRE 2009). Nicméně, dokonce i toto se z pohledu velké části obyvatelstva jeví jako frustrující. Kromě toho sliby indické vlády o rozvoji venkova prostřednictvím produkce biopaliv zůstaly daleko od reality. Zatímco politika bioetanolu v Indii ukazuje, že má málo co do činění se snížením chudoby a nerovnoprávnosti, její program ohledně bionafty spíše využívá zranitelnosti běžných uživatelů půdy, ohrožuje živobytí a potravinovou bezpečnost venkovského obyvatelstva a zhoršuje podmínky zainteresovaných drobných zemědělců, kvůli jejich nejistým zemědělským zakázkám (Lima, 2012).

### **5.1.3 Srovnání těchto zemí**

Obě země vycházejí z naprosto rozdílných pozic, co se produkce biopaliv týká. Zatímco Malajsie pěstuje palmu olejnou už několik dekad, tak Indie začala svou hlavní plodinu pro výrobu bionafty, tedy jatropu, pěstovat relativně nedávno a i díky tomu zde dochází k větším problémům. To ale ani zdaleka neznamena, že se rozvoj produkce

biopaliv v Malajsii vyhnul závažnějším problémům. Naopak. Obě země trpí do značné míry stejnými, či velmi podobnými problémy. Jako nejzávažnější se jeví změny ve využívání půdy, kdy v obou zemích dochází k vytlačování původních vedlejších činností (pastva, palivové dřevo apod.) a k právním sporům o práva k těmto pozemkům, čímž trpí především chudé obyvatelstvo. Tento jev je asi silnější v Indii, ale na druhé straně v Malajsii častěji dochází k vymycování lesů, či jiných přírodních úložišť uhlíku, což negativně ovlivňuje emise skleníkových plynů. Co se naopak zřejmě v Malajsii daří lépe, je pomocí produkce biopaliv snižovat podíl chudé populace. To byla evidentně i jedna z motivací Indie, která se zde ale nezdařila, tak jak bylo plánováno.

V závěru bych podotkl, že v případě Malajsie by se měla, kromě spousty dalšího, hlídat hlavně biodiverzita a další environmentální dopady. Naopak u Indie se jeví jako méně šťastná problematika spojená s rozvojem biopaliv ta sociální. Nelze se zde ubránit dojmu, že celá iniciativa indické vlády na zahájení výroby biopaliv byla poněkud uspěchaná. Bylo by ji potřeba pečlivěji naplánovat a také se snažit, aby si k ní drobní zemědělci našli cestu sami.

## **6. Závěr**

Rozvoj produkce a používání kapalných biopaliv v dopravním sektoru má svůj smysl. Především z hlediska toho, že se na rozdíl od konvenčních fosilních paliv jedná o obnovitelný zdroj energie. Nicméně s touto problematikou se pojí i spousta velice závažných problémů, které je potřeba adresovat a do budoucna vyřešit. Vezmeme-li ale v potaz to, že se stále jedná o relativně mladou technologii, nejedná se o nic překvapivého a stejně jako skoro vše prostě potřebuje svůj čas a pečlivé plánování.

Aby biopaliva dostála vysokým nadějím a přínosům, které potenciálně přináší, musí se zohlednit všechny faktory jejich produkce. Existuje nepřehledné množství vědecké literatury, která se touto problematikou zabývá. Většinou ovšem pouze sektorově, ať už v rovině environmentální, sociální, ekonomické, či ještě daleko detailnější, což je ale v důsledku zcela správně. Toto téma je totiž potřeba prozkoumat detailně a do hloubky. Hlavně z důvodu toho, že se jedná o velice komplexní a provázanou problematiku, v rámci které je velice snadné, aby se z největšího pozitivita stalo negativum. Jediný způsob jak tomu zabránit je před zahájením produkce a používání kapalných biopaliv v dopravním sektoru zvážit všechny stránky a vše

pečlivě naplánovat. Jinými slovy jde o to, že to nejlepší řešení v jednom sektoru může velice snadno být jedním z těch nejhorších v jiném a jedině když budou brány v potaz všechna tato hlediska se stejnou vážností, je šance dosáhnout opravdové udržitelnosti.

Opomenout ale nelze ani technickou stránku věci, která také jednoznačně potřebuje spoustu dalšího a časově velice náročného výzkumu. Současné moderní spalovací motory jsou sice schopny pracovat se směsmi s vysokým obsahem biopaliva, či dokonce pouze na něj, ale rozhodně ne příliš efektivně. V dlouhodobém horizontu může dojít i k silnému poškození motoru. V samotném důsledku je to pochopitelné, tyto jednotky byly totiž vyrobeny pro úplně jiná paliva, tedy fosilní, a do budoucna je potřeba vyvíjet i motory přímo určené pro provoz na biopaliva v jejich čisté formě. Dále by se v této rovině měly adekvátně adresovat i rozdílné vlastnosti biopaliv z různých vstupních plodin.

Dalším prostorem pro zlepšení celkové efektivnosti produkce a používání kapalných biopaliv v dopravním sektoru je zlepšování energetických bilancí biopaliv, ať už skrze zlepšování agrárních technologií a tím pádem výnosů na hektar, nebo zdokonalováním konverzních způsobů.

Pro zahájení úspěšné produkce kapalných biopaliv v dopravním sektoru je, kromě výše zmíněného, třeba nejdříve po důkladném průzkumu vybrat ideální plodinu pro danou zemi, kde se má tato výroba odehrávat. Tím ale práce nekončí. Musí se také nastavit správný politický rámec za účelem vytyčení základních pravidel udržitelnosti. Následně je ovšem potřeba důkladně hlídat, aby byl dodržován a nebyl obcházen, což se jeví jako samozřejmost, ale ve skutečnosti se jedná o jeden z nejpálčivějších problémů produkce kapalných biopaliv v dopravním sektoru v současnosti.

Závěrem je potřeba zmínit to, proč je tak důležité hledat alternativní zdroje energie, respektive pohonu, v dopravním sektoru, kterým biopaliva jednoznačně jsou. Vynechme možné ekologické úlevy a zmírňování změn klimatu. Nejdůležitější je uvědomění si, že přestože současné zásoby surové ropy vydrží ještě mnoho let, někdy v budoucnu přeci jen dojdou a čím dříve začneme s hledáním a zdokonalováním možných alternativ, tím tuto budoucnost nejen budeme oddalovat, ale hlavně zamezíme ničivým důsledkům, které by měla.

## 7. Reference

- Abdelradi F, Serra T. 2015. Asymmetric price volatility transmission between food and energy markets: The case of Spain. *Agricultural Economics* 46: 503–513.
- Agudelo J, Delgado Á, Benjumea P. 2011. The lubricity of ethanol-gasoline fuel blends. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia* 58: 9-16.
- Achten WMJ, Almeida J, Fobelets V, Bolle E, Mathijs E, Singh VP, Muys B. 2010. Life cycle assessment of *Jatropha* biodiesel as transportation fuel in rural India. *Applied Energy* 87: 3652–3660.
- Altenburg T, Dietz H, Hahl M, Nikolidakis N, Rosendahl C, Seelige K. 2009. Biodiesel in India Value chain organisation and policy options for rural development. Bonn: Deutsches Institut für Entwicklungspolitik. 43p.
- Anon. 2009. Lip service by palm oil mills. *Daily Express*. Available at: <http://www.dailyexpress.com.my/news.cfm?NewsID=67157>: Accessed 2016-04-09.
- Ariza Montobbio P, Lele S, Martínez Alier J, Kallis G. 2010. The political ecology of *Jatropha* plantations for biodiesel in Tamil Nadu, India. *The Journal of Peasant Studies* 37: 875–897.
- Armstrong AP, Baro J, Dartoy J, Groves AP, Nikkonen J, Rickeard D, Thompson N, Larivé J. 2002. energy and greenhouse gas balance of biofuels for europe - an update. Brussel: Concaawe. 24p.
- Ashraful AM, Masjuki HH, Kalam MA, Fattah IMR, Imtenan S, Shahir SA, Mobarak HM. 2014. Production and comparison of fuel properties, engine performance, and emission characteristics of biodiesel from various non-edible vegetable oils: a review. *Energy Convers Manag* 80: 202–228.
- ASTM D6751-09. 2009. Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels. West Conshohocken: American Society for Testing and Materials. 11p



- Babu V, Thapliyal A, Patel GK. 2013. Biofuels production. John Wiley & Sons. 392p.
- Bechtold RL. 1997. Alternative Fuels Guidebook: Properties, Storage, Dispensing, and Vehicle Facility Modifications. SAE International. 214p
- Bosch. 2001. VP44 endurance test with E diesel. Internal Report No. 00/47/3156. Robert Bosch Corporation, Farmington Hills, MI, USA.
- Burley H, Bebb A. 2009. Losing the Plot: The Threats to Community Land and to the Rural Poor through the Spread of the Biofuel *Jatropha* in India. Brussels: Friends of the Earth Europe. 24p.
- Busse S, Brümmer B, Ihle R. 2012. Price formation in the German biodiesel supply chain: a Markov-switching vector error-correction modeling approach. *Agricultural Economics*, 43.5: 545-560.
- Cleantech Group LLC. 2008. India can't use own biodiesel. Available at: <http://bepi.mpob.gov.my/news/detail.php?id=5430>: Accessed 2016-04-10
- Cotula L, Dyer N, Vermeulen S. 2008. Fuelling exclusion? The biofuels boom and poor people's access to land. London: International Institute for Environment and Development and Food and Agriculture Organization of the United Nations. 82p.
- Crouse WH, Angle DL. 1993. *Automotive mechanics* (10th ed., International ed.). New York: Glencoe. 820p.
- Datta A, Mandal BK. 2016. A comprehensive review of biodiesel as an alternative fuel for compression ignition engine. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 57: 799-821.
- de Fraiture C, Giordano M, Yongsong L. 2007. Biofuels and implications for agricultural water use: blue impacts of green energy. *Water policy* 10: 67-81.
- Demirbas A. 2007. Progress and recent trends in biofuels. *Progress in energy and combustion science* 33: 1-18

Demirbas A. 2008. Biodiesel: A Realistic Fuel Alternative for Diesel Engines. London: Springer Science & Business Media London Limited. 208p.

Díaz-Ballote L, López-Sansores JF, Maldonado-López L, Garfias-Mesias LF. 2009. Corrosion behavior of aluminum exposed to a biodiesel. *Electrochemistry Communications* 11.1: 41-44.

dos Santos Silva M, Camara G, Escada M, De Souza R. 2008. Remote-sensing image mining: detecting agents of land-use change in tropical forest areas. *International Journal of Remote Sensing* 29.16: 4803-4822.

Dunn JR, Pfisterer HA. 1980. Resistance of NBR-Based Fuel Hose Tube to Fuel-Alcohol Blends (No. SAE 800856). SAE Paper No. 800856. 11p.

Elbehri A, Segerstedt A, Liu P (2013) Biofuels and the sustainability challenge: a global assessment of sustainability issues, trends and policies for biofuels and related feedstocks. *Biofuels and the sustainability challenge: a global assessment of sustainability issues, trends and policies for biofuels and related feedstocks*. Rome: Trade and Markets Division for Food and Agriculture Organization of the United Nations. 188p.

Eleftherakis JG, Harrigan MJ, Tao X. 1994. Development of a benchtop fuel lubricity assesment method. SAE Technical Paper No. 941915. 16p.

EN 14214. 2003. Automotive Fuels – Fatty Acid Methyl Esters (FAME) for Diesel Engines – Requirements and Test Methods. European Committee for Standardization, Brussels: Committee for Standardization. 22p.

EU Parliament. 2009. Directive 2009/30/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009. *Off. J. Eur. Union*, 140, p88-113.

FAO. 2003. Trade Reforms and Food Security: Conceptualizing the linkages. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations. 315p.

FAO. 2008. The State of Food and Agriculture 2008. Biofuels: prospects, risks and opportunities. Rome: Sales and marketing group for Food and Agriculture Organization of the United Nations. 138p.

FAO. 2011. How Does International Price Volatility Affect Domestic Economies and Food Security? The State of Food Insecurity in the World. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 55p.

FAO. 2014. Food Outlook: Biannual report on global food markets. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 133p.

Fargione J, Hill J, Tilman D, Polasky S, Hawthorne P. (2008). Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt. *Science* 319: 1235 – 1238.

Fazal MA, Haseeb ASMA, Masjuki HH. 2010. Comparative corrosive characteristics of petroleum diesel and palm biodiesel for automotive materials. *Fuel Processing Technology* 91.10: 1308-1315.

Flach B, Bendz K, Lieberz S. 2014. USAID Foreign Agricultural Service: EU Biofuels Annual 2014. Available at: <http://gain.fas.usda.gov/Pages/Default.aspx>: Accessed 2016-02-24

Gallagher P, Schamel G, Shapouri H, Brubaker H. 2006. The International Competitiveness of the US Corn-Ethanol Industry: A Comparison with Sugar-Ethanol Processing in Brazil. *Agribusiness* 22.1: 109–134.

Geller DP, Adams TT, Goodrum JW, Pendergrass J. 2008. Storage stability of poultry fat and diesel fuel mixtures: specific gravity and viscosity. *Fuel* 87: 92-102.

Gerasimchuk IV, Bridle R, Beaton C, Charles C. 2012. State of Play on Biofuel Subsidies: Are policies ready to shift?. International Institute for Sustainable Development. Winnipeg: International Institute for Sustainable Development. 36p.

Gerbens-Leenes W, Hoekstra AY, van der Meer TH. 2009. The water footprint of bioenergy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106: 10219–10223.

GEXSI. 2008. Global Market Study on Jatropha. Final report. The Global Exchange for Social Investment. London: The World Wide Fund for Nature. 42p.

Gleick PH. 1993. Water in crisis: a guide to the world's fresh water resources. Oxford: Oxford University Press. 473p.

Gmünder S, Singh R, Pfister S, Adheloya A, Zah R. 2012. Environmental impacts of Jatropha curcas biodiesel in India.. Journal of Biomedicine and Biotechnology 2011: 1-10

Gnansounou E, Panichelli L, Dauriat A, Villegas JD. 2008. Accounting for indirect land-use changes in GHG balances of biofuels: Review of current approaches. Lausanne: École Polytechnique fédérale de Lausanne. 22p

Government of India. 2012. Report of the working group on Animal Husbandry and Dairying for the 12<sup>th</sup> Five Year Plan (2012- 2017), Planning Commission, Delhi. Available at: [http://planningcommission.gov.in/aboutus/committee/wrkgrp12/agri/AHD\\_REPORT\\_Final\\_rev.pdf](http://planningcommission.gov.in/aboutus/committee/wrkgrp12/agri/AHD_REPORT_Final_rev.pdf): Accessed 2016-04-09.

GRAIN. 2008. Agrofuels in India, private unlimited. GRAIN's Quarterly Magazine, Seedling April 18: 15-23

Hammel-Smith C, Fang J, Powders M, Aabakken J. 2002. Issues associated with the use of higher ethanol blends. National Renewable Energy Laboratory, US Department Of Energy.84p.

Hancsók J, Bubálik M, Beck Á, Baladincz J. 2008. Development of multifunctional additives based on vegetable oils for high quality diesel and biodiesel. Chemical engineering research and design 86.7: 793-799.

Harrison JA, von Maltitz G, Tiwari S. 2009. Developing a Sustainability Framework for Assessing Bioenergy Projects. 17<sup>th</sup> European Biomass Conference and Exhibition. From Research to Industry and Markets. Hamburg: Institute for Energy and Transport, Joint Research Centre, p2367-2372.

- Haseeb ASMA, Fazal MA, Jahirul MI, Masjuki HH. 2011. Review article: Compatibility of automotive materials in biodiesel. *Fuel* 90.3: 922-931.
- Hill J, Nelson E, Tilman D, Polasky S, Tiffany D. 2006. Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(30): 11206–11210.
- Howard G, Ziller S. 2008. Alien alert – plants for biofuel may be invasive. *Bioenergy Business* 14: 14-16.
- IPCC. 2007. *Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge: Cambridge University Press. 863p.
- Jongschaap R. 2008. A to Z of *Jatropha Curcas L*: 3. Agronomy. *Plant Research International Wageningen UR.* Available at: <http://www.pri.wur.nl/NR/rdonlyres/90AF26A1-47D5-4F2F-9E96-D413C2933685/70109/JatrophaWorld2008Agronomy.pdf>: Accessed 2016-04-10.
- Jongschaap REE, Blesgraaf RAR, Bogaard TA, Van Loo EN, Savenije HHG, 2009. The water footprint of bioenergy from *Jatropha curcas L*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106: E92.
- Kaditi EA. 2008. Bio-energy policies in a global context. *Journal of Cleaner Production* 17: S4-S8
- Kamisnki J, Kurzydowski KJ. 2008. Use of impedance spectroscopy on testing corrosion existence of carbon steel and stainless steel in water–biodiesel configuration. *J Corros Meas* 6: 1–5.
- Kaul S, Saxena RC, Kumar A, Negi MS, Bhatnagar AK, Goyal HB, Gupta AK. 2007. Corrosion behavior of biodiesel from seed oils of Indian origin on diesel engine parts. *Fuel processing technology* 88.3: 303-307.

Keam S, McCormick N. 2008. Implementing Sustainable Bioenergy Production. A Compilation of Tools and Approaches. Gland: International Union for Conservation of Nature. 32p.

King J, Brown C, Paxton B, February R. 2004. Development of DRIFT, a scenariobased methodology for environmental flow assessments. Pretoria: Water Research Commission. 179p.

Knothe G, Steidley KR. 2005. Lubricity of components of biodiesel and petrodiesel. The origin of biodiesel lubricity. *Energy & fuels* 19.3: 1192-1200.

Koh LP, Wilcove DS. 2008. Is oil palm agriculture really destroying tropical biodiversity? *Conservation Letters* 1: 60-64.

Kojima M, Mitchell D, Ward W. 2007. Considering trade policies for liquid biofuels. Washington, D.C.: The International Bank for Reconstruction and Development World Bank Publications. 128p.

Kouřilek J. 2015. Does the Shale Gas Revolution Mean the End of Biofuels? [Bc.]. Prague: Charles University, 53p.

Kulsum A, Sánchez Triana E. 2008. SEA and Policy Formulation. Washington, D.C.: The World Bank Publications. 236p.

Kumar S. 2011. Biofuels Make a Comeback Despite Tough Economy. World Watch Institute: Vision for a Sustainable World. Available at <http://www.worldwatch.org/biofuels-make-comeback-despite-tough-economy> : Accessed 2016-02-29

Ladislav K, Janda K, Zilberman D. 2014. Price transmission between biofuels, fuels, and food commodities. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* 8.3: 362-373.

Lam MK, Tan KT, Lee KT, Mohamed AR. 2009. Malaysian palm oil: Surviving the food versus fuel dispute for a sustainable future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13: 1456-1464.

Lapuerta M, Contreras M, Agudelo JR. 2010. The lubricity of ethanol-biodiesel-diesel fuel blends. *Energy and Fuels* 24: 1374-1379.

Lebedevas S, Vaicekaskas A. 2006. Research into the application of biodiesel in the transport sector of Lithuania. *Transport*, 21.2: 80-87.

Lima MGB. 2012. An Institutional Analysis of Biofuel Policies and their Social Implications. *Occasional Paper 9*: 1-22.

Lopez GP, Laan T. 2008. *Biofuels at what cost? Government support for biodiesel in Malaysia*. Geneva: The Global Subsidies Initiative, International Institute for Sustainable Development. 87p.

Maes WH, Achten WMJ, Muys B. 2009. Use of inadequate data and methodological errors lead to an overestimation of the water footprint of *Jatropha curcas*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106: E91.

Mandil C, Shihab-Eldin A. 2010. *Assessment of Biofuels Potential and Limitations*, IEF commissioned Report, International Energy Forum. 59p.

Marchettini N, Niccolucci V, Pulselli FM, Tiezzi E. 2007. Environmental Sustainability and the Integration of Different Methods for its Assessment. *Environmental Science and Pollution Research - International* 14: 227–228.

Martínez G, Sánchez N, Encinar JM, González JF. 2014. Fuel properties of biodiesel from vegetable oils and oil mixtures. Influence of methyl esters distribution. *Biomass and Bioenergy* 63: 22-32.

McCallum PW, Timbario TJ. 1985. *Status of Alcohol Fuels Utilization Technology for Highway Transportation*. Office of Conservation and Solar Applications, Division of Transportation Energy Conservation. Washington D.C.: Department of Energy. 158p.

Ministry of Rural Development. 2010. Wastelands Atlas of India. New Delhi. Available at: <http://www.dolr.nic.in/wasteland2010/wateland%20Introduction-%20forword%20.pdf>: Accessed 2016-04-09.

MNRE. 2009. National Policy on Biofuels. Government of India. New Delhi:Ministry of New and Renewable Energy. 18p.

Molden D. 2007. Water for food, water for life a comprehensive assessment of water management in agriculture. *Irrigation and Drainage Systems* 22: 127-129.

Monyem A, Van Gerpen JH. 2001. The effect of biodiesel oxidation on engine performance and emissions. *Biomass Bioenergy* 20:317–25.

Morel A. 2007. How can biodiesel from jatropha be certified as sustainable and would India implement a certification scheme? [MSc.]. Oxford: Oxford University. 56p.

Nassar AM, Rudorff BFT, Antoniazzi LB, Alves de Aguiar D, Bacchi MRP, Adami M. 2008. Prospects of the sugar cane expansion in Brazil: impacts on direct and indirect land use changes. Zuurbier P, van de Vooren J, editors. *Sugar cane ethanol. Contributions to climate change mitigation and the environment*. Wageningen: Wageningen Academic Publishers. p63-93.

Ndong R, Montrejaud-Vignoles M, Saint Girons O, Gabrielle B, Pirot R, Domergue M, Sablayrolles C. 2009. Life cycle assessment of biofuels from *Jatropha curcas* in West Africa: A Field Study. *GCB Bioenergy* 1: 197–210.

Nersasian A. 1980. The Volume Increase of Fuel Handling Rubbers in Gasoline/Alcohol Blends. SAE Technical Paper No. 800789. 13p.

Norwana AABD, Kunjappan R, Chin M, Schoneveld G, Potter L, Andriani R. 2011. An assessment based on a case study in Sabah State. The local impacts of oil palm expansion in Malaysia. Bogor: Center for International Forestry Research. 26p.

ORNL. 2008. Ethanol Pipeline Corrosion Literature Study, Final Report. Oak Ridge National Laboratory. US Department of Energy. 43p.



- Pawel SJ, Kass MD, Janke CJ. 2009. Preliminary Compatibility Assessment of metallic dispenser materials for service in ethanol fuel blends. Oak Ridge National Laboratory. US Department of Energy. 47p.
- Pearce DW, Atkinson G, Mourato S. 2006. Cost-benefit analysis and the environment. Washington, D.C.: Organisation for Economic Cooperation and Development. 315p.
- Pfister S, Hellweg S. 2009. The water “shoesize” vs. footprint of bioenergy. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 106: E93–E94.
- Rajagopal D. 2007. Rethinking Current Strategies for Biofuel Production in India. Berkeley: University of California. 10p.
- Ravindranath NH, Lakshmi CS, Manuvie R, Balachandra P. 2011. Biofuel production and implications for land use, food production and environment in India. Energy Policy 39: 5737–5745.
- Ray R, Bhardwaj M. 2008. India sets new biofuel target, risks food price row. Reuters. Available at: <http://uk.reuters.com/article/us-india-biofuels-idUKDEL6739420080911>: Accessed 2016-04-10.
- Reece DL, Peterson CL. 1995. Biodiesel testing in two on-road pickups. Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, PA, USA. SAE Technical Paper No. 952757. 9p.
- Reinhardt G, Gärtner S, Rettenmaier N, Münch J, von Falkenstein E. 2007. Screening Life Cycle Assessment of Jatropha Biodiesel. Final Report. Stuttgart: Insitute for Energy and Environmental Research Heidelberg GmbH.62p.
- Rosegrant MW. 2008. *Biofuels and grain prices: impacts and policy responses* (p. 4). Washington, DC: International Food Policy Research Institute. Available at: <http://www.ifpri.org/publication/biofuels-and-grain-prices>: Accessed 2016-03-13.

Rossi A. 2012. Good Environmental Practices in Bioenergy Feedstock Production: Making Bioenergy Work for Climate and Food Security. Rome: Natural Resources Management and Environment Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 236p.

Rovai FF, Tanaka DK, Sinatora A. 2005. Wear and corrosion evaluation of electric fuel pumps with ethanol/gasoline blends. SAE Transactions 114.4: 1123-1134.

RSB (Roundtable on Sustainable Biofuels). 2008. Background paper on labour and human rights. Available at: <http://cgse.epfl.ch/webdav/site/cgse/shared/Biofuels/Working%20Groups/SOC%20WG/Backgrounders/Background%20paper%20%20labour%20rights%20SOC%20WG.pdf>: Accessed 2016-03-14.

Saka S, Kusdiana D. 2001. Biodiesel fuel from rapeseed oil as prepared in supercritical methanol. Fuel 80.2: 225–231.

Searchinger T, Heimlich R, Houghton RA, Dong F, Elobeid A, Fabiosa J, Tokgoz S, Hayes D, Yu T. 2008. Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change. Science 319: 1238 – 1240.

Shapouri H, Duffield J, Wang M. 2002. The Energy Balance of Corn Ethanol: An Update. Agricultural Economic Report No. 813. US Department of Agriculture, Office of the Chief Economist. Washington, D.C.: US Department of Agriculture. 20p.

Sheil D, Casson A, Meijaard E, van Noordwijk M, Gaskell J, Sunderland- Groves J, Wertz K, Kanninen M. 2009. The impacts and opportunities of oil palm in Southeast Asia: What do we know and what do we need to know? Bogor: Center for International Forestry Research. 80p.

Schmidhuber J. 2008. Impact of an increased biomass use on agricultural markets, prices and food security: A longer-term perspective. Petersson B, Törnquist-Plewa B editors. Energy Security in Europe. Lund: The Centre for European Studies, p133-170.

Sovacool BK, Drupady IM. 2011. Innovation in the Malaysian Waste-to-Energy Sector: Applications with Global Potential. *Electricity Journal* 24: 29–41.

Swain, PK, Das LM, Naik SN. 2011. Biomass to liquid: a prospective challenge to research and development in 21st century. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15.9: 4917-4933.

Tan E. 2004 Beluran folks face water pollution threat. *Daily Express*. Available at: <https://www.scribd.com/doc/39942178/Beluran-Folks-Face-Water-Pollution-Threat-Daily-Express-Newspaper-Online-Sabah-Malaysia>: Accessed 2016-04-09.

Terry B, McCormick RL, Natarajan M. 2006. Impact of biodiesel blends on fuel system component durability. SAE Technical Paper No. 2006-01-3279. 19p.

Then S. 2009. Borneo natives in stand-off with oil-palm giant. *The Star*. Available at: <http://thestar.com.my/news/story.asp?file=/2009/11/6/nation/20091106204350&sec=nation>: Accessed 2016-04-09.

Thomas EW, Fuller RE, Terauchi K. 2007. Fluoroelastomer compatibility with biodiesel fuels. SAE Technical Paper No. 2007-01-4061. 12p.

Tilman D, Hill J, Lehman C. 2006. Carbonnegative biofuels from low-input high-diversity grassland biomass. *Science*, 314: 1598– 1600.

Toh SM, Grace KT. 2006. Case study: Sabah forest ownership. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 28p.

Tripathi S. 2008. Social Impact of Biofuels in India. Mumbai: Indira Gandhi Institute of Development Research. 41p.

Tsuchiya T, Shiotani H, Goto S, Sugiyama G, Maeda A. 2006. Japanese standards for diesel fuel containing 5% FAME: investigation of acid generation in FAME blended diesel fuels and its impact on corrosion. SAE Technical Paper No. 2006-01-3303. 16p.

Tyson KS, McCormick RL. 2006. Biodiesel Handling and Use Guidelines (Third Edition). US Department of Energy. 61p.

UNDP. 2015. Human Development Report 2015. Available at [http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr\\_2015\\_statistical\\_annex.pdf](http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2015_statistical_annex.pdf): Accessed 2016-04-10

UNEP (United Nations Environment Programme). 2008. The Potential Impacts of Biofuels on Biodiversity. Matters arising from SBSTTA recommendation XII/7. Bonn: Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity, Ninth Meeting. p16.

Vermeulen S, Goad N. 2006. Towards better practice in smallholder palm oil production. London: International Institute for Environment and Development. 57p.

von Braun J, Meinzen-Dick R. 2009. Land grabbing" by foreign investors in developing countries: Risks and opportunities. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute. 4p.

Wahid MB. 2010. Overview of the Malaysian oil palm industry 2009. Kuala Lumpur: Malaysian Palm Oil Board. 4p.

Wakker E, Watch S, Rozario JD. 2005. Greasy palms: the social and ecological impacts of large-scale oil palm plantation development in South Asia. London: Friends of the Earth. 54p.

Wood WB. 1990. Tropical deforestation: balancing regional development demands and global concerns. *Global Environmental Change* 1: 23–41.

WTO. 2007. Biofuels, organic food proposed as environmental goods. WTO News Items. Available at: [http://www.wto.org/english/news\\_e/news07\\_e/envir\\_nov07\\_e.htm](http://www.wto.org/english/news_e/news07_e/envir_nov07_e.htm): Accessed 2016-03-15.

WWF. 2007. Allocating Scarce Water: A primer on water allocation, water rights and water markets. Water Security Series 1. Gland: World Wildlife Fund for Nature. 44p.

Yee KF, Tan KT, Abdullah AZ, Lee KT. (2009). Life cycle assessment of palm biodiesel: Revealing facts and benefits for sustainability. Applied Energy 86: 189-196.

# Přílohy

## Tabulky

**Tabulka 1:** Vlastnosti nafty a bionafty vyrobené z různých surovin

<b>Vstupní surovina paliva</b>	<b>Hustota</b> (kg/m <sup>3</sup> )	<b>Kinematická viskozita při 40 °C</b> (mm <sup>2</sup> /s)	<b>Cetanové číslo</b> (-)	<b>Výhřevnost</b> (MJ/kg)	<b>Bod zákalu</b> (°C)	<b>Bod vzplanutí</b> (°C)	<b>Bod hoření</b> (°C)	<b>Bod tuhnutí</b> (°C)
Mahua	880-916	3,98-5,72	-	37-39,4	-	129-208	141	6
Karanja	880-890	4,37-9,6	48-58	36,12-42,13	-16,6	170-205	-	-11,1
Palma	870-878,4	4,5-5,11	50-62	37,2-39,91	14	173	182	8
Bavlníkové semeno	850-885	6-9,6	52	37,5-41,68	-2	-	-	-4
Jatropha	873	4,23	-	42,673	10,2	148	-	4,2
Polanga	869	3,99	-	41,397	13,2	140	-	4,3
Sója	885-914	4,057-39,5	37,51,3	37,3-39,66	-	69-163	-	-
Slunečnice	880-885,6	4,381-4,4	50-61,6	37,5-39,95	-	183	-	-
Řepka	872-885	4,585-11	37,6-54,5	37,3-39,9	-	177-275	-	-
Honge	890	5,6	45	36,01	-	163	-	-
Arašíd	886,4	5,251	54	39,7	-	193	-	-
Kukuřice	885,8	4,363	55,4	39,87	-	167	-	-
Olej z palmových jader	876,6	3,248	32,1	38,53	-	131	-	-
Odpad ze smažení	884,2	4,869	55	39,68	-	167	-	-
Motorová nafta	850	2,44-2,6	47-50	42-44,3	-	68,75	80	-20

Zdroj: (Datta & Mandal, 2016)

**Tabulka 2:** Typické materiály použité v konstrukci komponentů vznětového motoru

Hlavní části	Komponenty	Materiály
Palivová nádrž	plášť těsnění	ocel, plast, barvy, povlak
		elastomer, papír, korek, měď
Palivové čerpadlo		slitiny na bázi železa,
		hliníkové slitiny
Palivové potrubí	vysokotlaké	ocel
	nízkotlaké	guma
Palivový filtr	filtrační náplň	papír
	plášť	hliník, plast
Vstřikovače		nerezová ocel
Válec	hlava válců	kovaný hliník, hliníková a ocelová litina
	blok motoru	hliník, šedá a ocelová litina
	vložka válce	šedá litina, hliník
	ventily	ocelová litina
Písty	píst	šedá litina, kovaný hliník, do písku lité hliník, hliník lité pod tlakem
	pístní čep	ocel
	pístní kroužek	speciální litiny oceli
	ložisko	slitina mědi
	ojnice	ocel, hliníkové slitiny
Výfukový systém	svody	litiny
	výfukové potrubí	ocel
	katalyzátor	nerezová ocel, keramická a hliníková vlákna
	tlumič výfuku	ocel

Zdroj: (Crouse & Angle, 1993)

**Tabulka 3:** Přehled kompatibilních a nekompatibilních elastomerů s bionaftou

Kompatibilní	Středně kompatibilní	Nekompatibilní
teflon, uhlíkovými vlákny plněný acetal, fluorokarbon, hi-flur, perfluoroelastomer	fluorosilicone, butyl, ethylene-propylene	polyuretan, nitril, chloropren, neopren, butadiene-styrene kaučuk, hypalon, butadien kaučuk, přírodní kaučuk

Zdroj: (Haseeb *et al.*, 2011)

**Tabulka 4:** Přehled kompatibilních a nekompatibilních materiálů s bioetanolem

Kategorie	Kompatibilní	Nekompatibilní
<b>Nekovové materiály</b>	fluoroelastomery (v některých případech), uretanové nátěry (mohou být vhodné pro ochranu proti stříkající vodě, ale ne pro dlouhodobé ponoření), polymerové nátěry, nylon (pro aplikace s nízkou teplotou), termoplasty jako hadicové vložky, keramika, termoset vyztužený skelnými vlákny, termoplastické potrubí, Buna-N, neoprenový kaučuk, polypropylen, nitril, viton, teflon	přírodní kaučuk, elastomery, metyl-metakrylátové plasty, pryskyřice, epoxid, korek, kůže, PVC, polyamidy, některé termoplastické a termosetové polymery
<b>Kovy</b>	cín, slitina kadmium-mosaz, slitina železo-kobalt, uhlíková ocel, nerezová ocel, bronz, nikl	olovo, zinek a jeho slitiny, lité železo, hořčík, hliník, měď, mosaz

Zdroj: (ORNL, 2008)



**Tabulka 5:** Výsledky měření HFRR metodou pro směsi bioetanolu a benzínu

Palivo	bezvodé		hydratované	
	Opotřebení (μm)	Součinitel tření (-)	Opotřebení (μm)	Součinitel tření (-)
<b>E5</b>	688	0,362	551	0,32
<b>E10</b>	567	0,291	488	0,237
<b>E20</b>	580	0,287	515	0,243
<b>E50</b>	599	0,291	544	0,256
<b>E85</b>	592	0,274	535	0,269
<b>Bioetanol</b>	632	0,3	605	0,338

Zdroj: (Agudelo *et al.*, 2011).

**Tabulka 6:** Náklady na výrobu biopaliv z vybraných surovin

Biopalivo/Země	Vstupní surovina	Celková cena produkce (USD/l)
<b>Bionafta</b>		
USA	Sójový olej	0,64
Malajsie	Palmový olej	0,52
EU	Řepkový olej	0,84
Indie	Jatropha	0,51
<b>Nafta</b>		
USA	Nafta	0,38
<b>Bioetanol</b>		
USA	Kukuřice	0,38
USA	Celulózní suroviny	0,69
Brazil	Cukrová třtina	0,25
EU	Pšenice	0,57
EU	Cukrová řepa	0,74
<b>Benzín</b>		
USA	Benzín	0,33

Zdroj: (Elbehri *et al.*, 2013)

**Tabulka 7:** Požadavky vody pro plodiny na výrobu biopaliv

Plodina		Cukrová třtina	Kukuřice	Palma olejná	Řepka olejná
Jednotka					
Roční výnos paliva	litr/ha	6000	3500	5500	1200
Energetický výnos	GJ/ha	120	7	193	42
Evapotranspirační ekvivalent	litr/litr paliva	2000	1357	2364	3333
Potenciální evapotranspirace plodiny	mm/ha	1400	550	1500	500
Evapotranspirace plodiny zavlažované deštěm	mm/ha	1000	400	1300	400
Požadavek plodiny na zavlažování	mm/ha	800	300	0	0
	litr/litr paliva	1333	857	0	0

Zdroj: (FAO, 2008)