

**Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta
Ústav pro životní prostředí**



**Ekologie a ochrana prostředí
Ochrana životního prostředí**

**Bakalářská práce
Využívání biopaliv v dopravě
Utilization of biofuels in transport**

Ondřej Šubr
školitel Ing. Luboš Matějíček, Ph.D.

květen 2014

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Využívání biopaliv v dopravě" jsem vypracoval samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a taktéž uvedeny v seznamu použité literatury. Dále prohlašuji, že předložená tištěná verze mé bakalářské práce je totožná s elektronickou verzí, vloženou do Studijního informačního systému.

V Praze dne 23. 5. 2014

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Luboši Matějčkovi, Ph.D. za spolupráci při tvorbě mé bakalářské práce a cenné rady, které mi byly poskytnuty.

Abstrakt

Práce se zabývá nejrůznějšími aspekty využívání kapalných biopaliv v silniční dopravě, jak fyzikálně-chemickými, technickými, tak ekonomickými, sociálními a environmentálními.

V první části je nejdříve definován bioethanol a bionafta, jež jsou v současné době nejvyužívanějšími kapalnými biopalivy. Dále jsou zmíněny vlastnosti obou biopaliv a procesy jejich výroby. Spalování biopaliv má mj. výrazný vliv na lidské zdraví, tudíž následuje kapitola pojednávající o emisích vzniklých spalováním bioethanolu, resp. bionafty a zdravotních efektech těchto emisí.

Druhá část práce si bere za cíl zmapovat současnou situaci na poli biopaliv ve vybraných zemích. Těmito zeměmi jsou Spojené státy americké, Brazilská federativní republika a Čínská lidová republika. Analýza každé země je rozčleněna na několik témat – produkce bioethanolu/bionafty, vládní programy na podporu rozvoje biopaliv a možné budoucí perspektivy rozvoje na poli biopaliv.

Třetí a poslední část se zabývá četnými vedlejšími efekty produkce a využívání kapalných biopaliv. Tyto efekty jsou rozděleny do dvou hlavních kategorií a to efekty environmentální a sociální. Vedlejší efekty ekonomického rázu jsem pro účely této práce zanedbal.

Klíčová slova : biopaliva, doprava, bioethanol, bionafta, vliv na životní prostředí

Abstract

This bachelor's work is dealing with the various aspects of utilization of liquid biofuels in the road transport. These aspects are physicochemical, technical, economic, social and environmental.

In the first part of the work, there are definitions of bioethanol and biodiesel at the beginning, which are the most frequently used in the category of liquid biofuels. Properties of both biofuels and production processes are also included. Combustion of biofuels has a significant impact on human health, among others. So, the chapter dealing with the emissions from combustion of bioethanol or biodiesel and health effects of these emissions is following.

The second part of the work aims to map a current situation in the field of biofuels in selected countries. These countries are the United States of America, Federative Republic of Brazil and People's Republic of China. Analysis of each country is divided into several topics – production of bioethanol/biodiesel, government programs to support the development of biofuels and possible future perspectives of developments in the fields of biofuels.

The third and last part deals with numerous side effects of production and utilization of liquid biofuels. These effects are divided into the two main categories, environmental effects and social effects. The side effects of the economic impact are neglected for the purpose of this work.

Keywords : biofuels, transport, bioethanol, biodiesel, environmental impacts

Obsah

1. Úvod	9
2. Biopalivo	10
2. 1 Druhy kapalných biopaliv	10
3. Výroba bioethanolu	10
4. Výroba bionafty	12
5. Fyzikálně-chemické vlastnosti kapalných biopaliv a způsoby jejich využití ve spalovacích motorech	14
5. 1 Bioethanol	14
5.2 Bionafta	15
6. Emise ze spalování bioethanolu	16
6. 1 Dělení emisí a jejich zdravotní efekty	16
6. 2 Emise vzniklé spalováním bioethanolu ve spalovacím motoru	18
7. Emise ze spalování bionafty	20
8. Kapalná biopaliva ve Spojených státech amerických	21
8. 1 Produkce bioethanolu	22
8. 2 Produkce bionafty	23
8. 3 Vládní program na podporu biopaliv	23
8. 4 Perspektivy rozvoje biopaliv	24
9. Kapalná biopaliva v Brazílské federativní republice	25
9. 1 Produkce bioethanolu	25
9. 2 Produkce bionafty	26
9. 3 Vládní program na podporu biopaliv	27
9. 3. 1 Bioethanol	27
9. 3. 2 Bionafta	29
9. 4 Perspektivy rozvoje biopaliv	29
10. Kapalná biopaliva v Čínské lidové republice	31
10. 1 Možnosti produkce kapalných biopaliv	31
10. 2 Produkce bioethanolu	34
10. 3 Produkce bionafty	35
10. 4 Vládní program na podporu biopaliv	36
10. 5 Perspektivy rozvoje biopaliv	37
11. Ekologické vedlejší efekty produkce kapalných biopaliv	38
11. 1 Odlesňování Amazonského pralesa	38

11. 2 Vliv destrukce tropických savan na místní biodiverzitu.....	39
11. 3 Vliv na změnu využití území (<i>land-use change</i>).....	39
11. 4 Znečištění atmosféry.....	40
11. 5 Degradace půdy	41
11. 6 Spotřeba vody a její znečištění	42
12. Sociální vedlejší efekty produkce kapalných biopaliv	43
12. 1 Potravinová bezpečnost	43
12. 2 Vliv na pracovní podmínky a příjmy.....	44
12. 3 Poškození zdraví pracovníků jako důsledek vypalování podrostu	45
12. 4 Zaměstnanost a rozvoj venkova.....	45
13. Závěr.....	46
Seznam použitých zkratk.....	47
Seznam použité literatury	48

1. Úvod

Pokrývání energetických potřeb patří v současnosti mezi nejnaléhavější problémy, které ovlivňují další vývoj lidské společnosti. Prvním použitelným palivem bylo dřevo – surovina téměř všude dostupná a navíc obnovitelná. První průmyslová revoluce v 2. polovině 18. století je úzce spjata s intenzivním využíváním uhlí. Druhá průmyslová revoluce nastala asi sto let po prvním použití ropy jako nového zdroje energie. Objevem benzinového a naftového motoru dosáhla ropa významu jako palivo. S tím dále rostla spotřeba energie, avšak první ropná krize v r.1973 byla prvním mezníkem v tomto překotném vývoji. Tento nárůst, spolu s faktem, že zásoby fosilních nosičů energie nejsou neomezené, vyvolal několik problémů budoucího rozvoje. Nejpalčivějším problémem v otázce pokrývání energetických potřeb je stále rostoucí počet obyvatel Země, stále rostoucí spotřeba energie obyvatel vyspělých států a též postupná industrializace dosud rozvojových zemí (Kameš, 2004).

Ve všech epochách vývoje lidstva byly doby prosperity udávány silným vzrůstem mobility. Mobilita v příštím staletí nabývá zvláštního významu a to proto, že doprava hraje ve spotřebě energie a produkci škodlivých emisí významnou roli a také proto, že téměř všichni řidiči chtějí neomezeně využívat mobilitu prostřednictvím svých vozů i v budoucnosti. Mimoto můžeme očekávat budoucí pokles těžby fosilních paliv a nárůst jejich ceny, což jsou faktory, které stimulují intenzivní vývoj tzv. alternativních pohonů. Při hledání ideálního alternativního pohonného systému je nezbytně nutné brát v potaz ekologické a ekonomické úvahy (Kameš, 2004).

Podíl emisí způsobených lidskou činností připadá především na spalování fosilních paliv. Přestože silniční doprava v tomto podílu nehraje ani zdaleka hlavní roli, politická i vědecká obec vidí přesto v omezení podílu oxidu uhličitého způsobeného lidskou činností splnění jednoho z cílů ochrany životního prostředí. Počátkem 21.století začalo tento přístup uplatňovat i širší portfolio výrobců automobilů, kteří čelí stále se zvyšujícímu tlaku na snižování emisí výfukových plynů a proto vyvíjí různé koncepce pohonu, které by měly těmto požadavkům vyhovět (Kameš, 2004).

Palivo vyrobené z obnovitelné organické hmoty se zdá být dobrým řešením při stále se tenčících zásobách ropy, přinejmenším než se řada pokrokových technologií (plně elektrický pohon, pohon pomocí palivových článků apod.) nezbaví významných nedostatků a omezení. Proto se řada zemí vydala cestou podpory výroby a spotřeby těchto paliv, z nichž mezi nejvýznamnější patří USA, Brazílie a Čína.

2. Biopalivo

Pod pojmem biopalivo se skrývá jakékoliv kapalné či plynné palivo vyrobené zpracováním biomasy. Pro plné porozumění termínu biomasa je tedy nezbytné definovat samotnou biomasu. Biomasou je jakýkoliv biologicky rozložitelný materiál, jež je produktem, odpadem či zbytkem jak výroby zemědělské (rostlinné i živočišné), tak dřevařské a jiných, těmto výrobám příbuzných odvětví. Biomasou je taktéž biodegradabilní součást komunálních a průmyslových odpadů (Šebor et al., 2006a). Kapalných a plynných biopaliv je řada typů, lišících se vstupní surovinou, způsobem výroby i mírou komerčního využití v dopravě.

2. 1 Druhy kapalných biopaliv

Bioethanol je nearomatický hydroxylový derivát ethanu. Jedná se o jednosytný alkohol vyrobený z biomasy či biologicky rozložitelné části odpadů, využitelný jako palivo (Šebor et al., 2006b).

Bionafta je metylester vyrobený z oleje nebo tuku (rostlinného nebo živočišného) = mastných kyselin, využitelný jako palivo (Šebor et al., 2006b).

3. Výroba bioethanolu

Proces výroby bioethanolu je založen na fermentačním procesu, též se nazývající kvašení. Jde o působení enzymů (bílkovinných katalyzátorů) mikrobiální buňky některých kvasinek. Přímo zkvasitelné jsou jen ty monosacharidy, jejichž molekula obsahuje maximálně 6 uhlíků. Ty sacharidy, jejichž molekula obsahuje uhlíků více, musí být působením vlastních enzymů mikroorganismů či přidáním hydrolyzujících látek před zkvašováním rozštěpeny na monosacharidy. Fermentační proces probíhá téměř výhradně bez přístupu vzduchu (anaerobně), nicméně provzdušnění kvasného

média, zejména na počátku fermentačního procesu je velmi žádoucí. Napomáhá nárůstu buněk a zvyšuje jejich aktivitu (Hromádko et al., 2011).

Výrobu bioethanolu je možno rozdělit do tří skupin dle výchozí suroviny, jež byla pro výrobu použita.

a) biomasa obsahující jednoduché cukry (cukrová řepa a cukrová třtina)

Výroba bioethanolu z těchto surovin je cestou nejjednodušší, poněvadž suroviny obsahují nejběžnější disacharid, sacharózu, která se snadno přemění na jednoduché cukry, ty se pomocí vodní vypírky následně oddělí a zkvašují ve fermentoru. Tam jsou sacharidy přeměňovány kvasinkami na bioethanol a CO₂. Další fází produkce je destilace, při níž dochází k oddělení ethanolu od destilačního zbytku. Výroba bioethanolu končí rafinací ethanolu, kdy se odstraňují vedlejší produkty fermentace. Složkami odpadu z výroby je melasa, rozmělněná dužnina a lihové výpalky (Hromádko et al., 2011).

b) biomasa obsahující škrob (různé druhy obilovin)

Tento způsob produkce bioethanolu je v České republice v současnosti nejrozšířenější. Prvním krokem je nezbytné mechanické rozmělnění zrn obilovin, a to buď za mokra či sucha. Poté upravená biomasa prochází procesem zápar, kdy dochází ke zmazování zrn škrobu a ten je převáděn na zkvasitelný sacharid působením enzymů či kyselou hydrolyzou. Odpadem z tohoto druhu výroby bioethanolu jsou slupky zrn, obilná stébla a lihové výpalky (Hromádko et al., 2011).

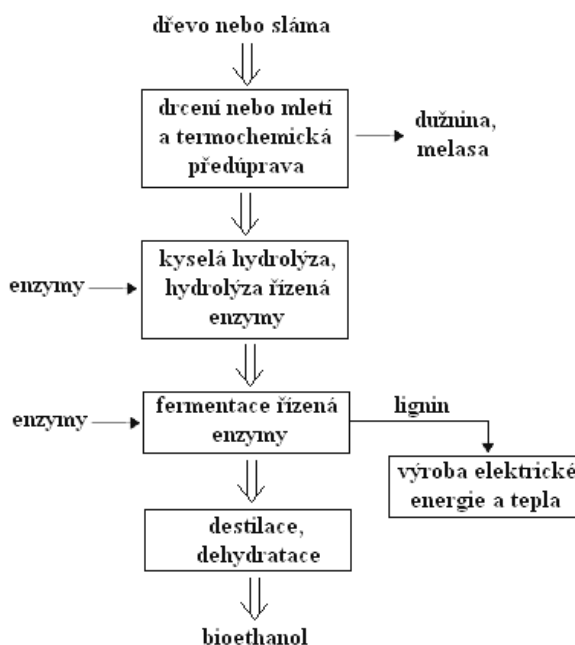
c) lignocelulozová biomasa (sláma, dřevní štěpka, řepné řízky, vylisovaná cukrová třtina papír, odpad biologického původu atd.)

Tento typ produkce bioethanolu je považován za velice perspektivní, a tudíž stále probíhá intenzivní výzkum, především v USA (*NREL – National Renewable Energy Laboratory*). Výzkum je zaměřen primárně na redukci nákladů při výrobě a na zvýšení účinnosti procesu výroby. Přesto se širší využití pro komerční účely nepředpokládá dříve, než za 10-15 let (Šebor et al., 2006a).

Největší výhodou je široký rozsah vstupních surovin a též lepší energetická bilance konverze lignocelulozové biomasy na bioethanol (Hromádko et al., 2011).

Nesporným kladem tohoto způsobu výroby je také nulové „plýtvání“ potravinovými zdroji, které je často kritizovanou skutečností u předchozích způsobů výroby. Nevýhodou procesu je mnohem obtížnější hydrolyza tohoto typu biomasy na

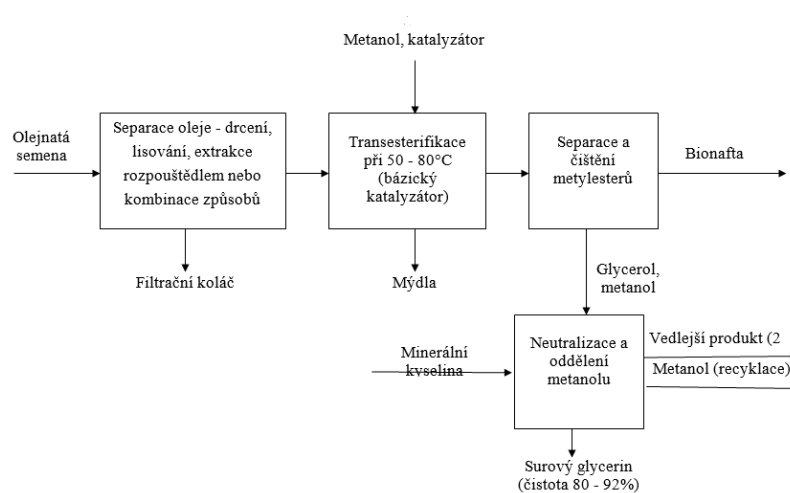
jednoduché cukry, než je tomu u hydrolyzy škrobu. Odpadem výroby biopaliva z lignocelulózy jsou dužnina, melasa a lignin, který lze využít pro výrobu elektrické energie a tepla. Následující schéma názorně vysvětluje tento typ výroby (Hromádko et al., 2011).



Obr.1. Blokové schéma výroby bioethanolu z lignocelulózové biomasy (Hromádko et al., 2011)

4. Výroba bionafty

Technologii výroby bionafty lze zařadit k procesům zavedeným, dobře technicky zvládnutým a řadu let komerčně využívaným. Podstatou této technologie je transesterifikace triglyceridů za přítomnosti vhodného katalyzátoru. Vstupní surovinou je methanol a olej na rostlinné (ze sóji, řepky olejné, slunečnice apod.) či živočišné (vepřové sádlo, rybí tuk apod.) bázi. Na 1t metylesterů řepkového oleje (MEŘO) je třeba okolo 2,5t řepky. Cestou recyklace použitých fritovacích olejů a živočišných tuků lze též vyrobit kvalitní bionaftu. V teoretické rovině je možno do nádrže automobilu nalít čistý rostlinný olej bez jakékoliv úpravy, nicméně má tato látka pro tento účel použití řadu negativních vlastností – nízké cetanové číslo, vysoká viskozita a špatná termická, resp. hydrolytická stabilita (Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, 2005). Blokové schéma procesu výroby znázorňuje Obr.2.



Obr.2. Blokové schéma výroby bionafty z rostlinných olejů (Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, 2005)

Prvním krokem je získání rostlinného oleje ze vstupní suroviny, a to různými způsoby či jejich kombinací (extrakce, lisování, drcení). Rozpouštědlo je odstraněno destilací a odpadní produkt v podobě filtračního koláče využít jako vysokoproteinové krmivo. V dalším kroku je methanol s rozpuštěným katalyzátorem – NaOH či KOH dávkován, spolu s olejem do reakčního prostoru. Teplota při samotné transesterifikaci se pohybuje mezi 50 až 80 °C a reakční doba činí 1 – 8 hodin (Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, 2005).

Následuje proces oddělení glycerolu od methylesterů, což vlivem jeho malé rozpustnosti a větší hustoty lze provést poměrně snadno. Na 1t bionafty vzniká cca 100kg glycerolu. Poté je nutno obě oddělené fáze (glycerol + methanol) zneutralizovat a v přímé návaznosti je provedeno destilační oddělení methanolu, jehož přebytek ve směsi brání zpětné reakci. Finální postup spočívá v odstranění zbytků katalyzátoru promytím teplou vodou. Závěrem je nutno zbavit vyrobené biopalivo vody (Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, 2005).

Kvalita vyrobené bionafty musí splňovat požadavky normy ČSN EN14214. Pro její bezproblémové uplatnění ve spalovacích motorech je nutno udržet určitý kvalitativní standard, který je ovlivněn zejména složením triglyceridů mastných kyselin. Dále norma stanoví maximální přípustný obsah glycerolu 0,25% hm a vody 500ppm. Vyšší obsah těchto látek má za následek tvorbu viskózních směsí, resp. kyselých kalů a tyto látky mohou způsobit mj. ucpání palivového filtru automobilu (Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, 2005).

5. Fyzikálně-chemické vlastnosti kapalných biopaliv a způsoby jejich využití ve spalovacích motorech

5. 1 Bioethanol

V porovnání s benzínem má bioethanol o 40% nižší výhřevnost, a tak měrná spotřeba paliva bioethanolu je ve srovnání s benzinem vyšší (Hönig et al., 2008). Tudíž pro poskytnutí stejného množství energie je třeba 1,6 násobek objemu bioethanolu, pokud bereme jako referenční hodnotu 1 u benzínu (Pikunas et al., 2003). Bioethanol má také oproti benzínu vyšší oktanové číslo (cca 108 bez další aditivace), což má za následek vyšší efektivitu spalování a očekávanou nižší teplotu výfukových plynů (Hönig et al., 2008). Nepochybně příznivý je též fakt, že bioethanol má nulový obsah síry (Agarwal, 2007). Na druhou stranu, skupenské výparné teplo je u bioethanolu vyšší než u benzínu a působí výraznější ochlazení palivové směsi přiváděné do spalovací komory, což má za následek (řešitelné) problémy se startováním motoru za nízkých teplot (Hromádko et al., 2011).

Problémem je též skutečnost, že déle skladovaný bioethanol absorbuje vzdušnou vlhkost, která má za následek korozivní vliv na palivovou soustavu automobilu (Agarwal, 2007). Nevýhodou dlouhodobého používání bioethanolu či jeho vysokoprocentních směsí je riziko zvýšeného opotřebení motoru. Neúplné spálení části alkoholu v motorovém prostoru může vyústit až vznikem kyseliny octové, která má prokazatelně negativní vliv na slitiny hliníku, olova, mědi a cínu (Hönig et al., 2008). Degradální vliv byl také pozorován u gumových součástí automobilu, které přišly přímo do styku s palivem (Agarwal, 2007). Srovnání různých vlastností primárních alkoholů s benzínem, popřípadě naftou uvádí tabulka Tab.1.

Tab.1.: Srovnání různých vlastností primárních alkoholů s benzínem, popřípadě naftou (Agarwal, 2007)

	Methane	Methanol	Dimethyl ether	Ethanol	Gasoline	Diesel
Formula	CH ₄	CH ₃ OH	CH ₃ OCH ₃	CH ₃ CH ₂ OH	C ₇ H ₁₆	C ₁₄ H ₃₀
Molecular weight (g/mol)	16.04	32.04	46.07	46.07	100.2	198.4
Density (g/cm ³)	0.00072 ^a	0.792	0.661 ^b	0.785	0.737	0.856
Normal boiling point (°C) [30]	-162	64	-24.9	78	38–204	125–400
LHV (kJ/cm ³) [31]	0.0346 ^a	15.82	18.92	21.09	32.05	35.66
LHV (kJ/g)	47.79	19.99	28.62	26.87	43.47	41.66
Exergy (MJ/l) [30]	0.037	17.8	20.63	23.1	32.84	33.32
Exergy (MJ/kg) [30]	51.76	22.36	30.75	29.4	47.46	46.94
Carbon Content (wt%) [30]	74	37.5	52.2	52.2	85.5	87
Sulfur content (ppm) [32]	~7–25	0	0	0	~200	~250

^aValues per cm³ of vapor at standard temperature and pressure.

^bDensity at $P = 1 \text{ atm}$ and $T = -25 \text{ °C}$.

5.2 Bionafta

Pokud mluvíme o bionaftě vyrobené z řepkového oleje, čili MEŘO (metylexer řepkového oleje), tak se jedná o čistou nažloutlou kapalinu bez mechanických nečistot a viditelné vody. Je neomezeně mísitelná s motorovou naftou, netoxická, bez těžkých kovů a zdravích škodlivých látek. Srovnání vlastností MEŘO s vlastnostmi řepkového oleje, resp. motorové nafty uvádí Tab.2. (Pokorný, 1998)

Tab.2.: Porovnání typických vlastností řepkového oleje, MEŘO a motorové nafty (Pokorný, 1998)

vlastnosti	měrné jednotky	řepkový olej	MEŘO	motorová nafta
hustota (15 °C)	kg . m ⁻³	915	880	840
kinematická viskozita (20 °C)	mm ² . s ⁻¹	98	7,5	6,5
bod vzplanutí	°C	300	130	75
cetanové číslo	---	40	52	50
filtrovatelnost	°C	+15	-10	0/-10/-20*
výhřevnost	MJ . kg ⁻¹	36	37,1	42,5

*) dle způsobu aditivace

Jak je z Tab.2. patrné, MEŘO má ve srovnání s klasickou naftou o něco vyšší hustotu a viskozitu, která ovšem dramaticky roste s poklesem teploty v zimním období (Šebor G. et al. a), 2006). Biopalivo disponuje výrazně vyšším bodem vzplanutí, zatímco cetanové číslo a filtrovatelnost jsou na víceméně srovnatelné úrovni. V otázce výhřevnosti MEŘO za motorovou naftou mírně zaostává (Pokorný, 1998).

Provozní parametry čistého MEŘO jsou ve srovnání s motorovou naftou následující: pokles výkonových parametrů o 3-5% a nárůst objemové spotřeby o 6-9%. Nevýhodou provozu automobilu na čisté MEŘO je zejména vyšší agresivita vůči pryžovým částem palivové soustavy a též vyšší nebezpečí postupného ředění motorového oleje palivem, čemuž lze předejít zkrácením intervalu jeho výměny či použitím speciálního motorového oleje, pro provoz na MEŘO uzpůsobeného (Pokorný, 1998). Všechny uvedené provozní parametry platí v případě směsné motorové nafty s určitým podílem biosložky přímo úměrně. Zásadnější potíží provozu automobilu na bionaftu je skutečnost, že v tomto biopalivu se voda rozpouští ve větší míře než v klasické naftě, což přispívá ke korozi vstříkovacích jednotek a též možné tvorbě kyselých kalů ucpávajících palivové filtry. Moderní vysokotlaké vstříkovací systémy se taktéž potýkají s horší stlačitelností bionafty, což může vyústit až k zalepením funkčních dílů čerpadla a nutnosti jeho výměny (Šebor et al., 2006a).

V neposlední řadě je třeba zmínit velkou výhodu MEŘO, která spočívá ve velmi dobré biologické rozložitelnosti (kolem 98% za 21 dní), která se významně nemění ani u směsných motorových naft s výrazně nižším podílem biosložky (Pokorný, 1998).

6. Emise ze spalování bioethanolu

6. 1 Dělení emisí a jejich zdravotní efekty

Spalováním různých typů fosilních paliv má za následek produkci různých typů škodlivých emisí do ovzduší. Tyto emise se dělí do dvou základních kategorií :

a) regulované emise – limity těchto emisí byly stanoveny různými zákony na ochranu životního prostředí. V těchto normách jsou ustanoveny některé druhy emisí, které jsou produkovány silniční dopravou. Mezi regulované emise patří oxidy dusíku (NO_x), oxid uhelnatý (CO), uhlovodíky (HC) a pevné částice o velikosti menší, než $10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) (Agarwal, 2007). Pro tyto emise jsou zde legislativně stanoveny hodnoty pro určité

období, jež nemohou být u nově schvalovaných vozidel překročeny. Emisní limity jsou rozděleny zvlášť pro spalování benzínu a zvlášť pro spalování nafty. Limity jsou též rozděleny na dvě kategorie podle hmotnosti vozidel – emisní limity pro osobní vozidla (do 3,5t) a vozidla nákladní (nad 3,5t). Jak je patrné z Tab.3., postupem času vstupují v platnost emisní limity čím dál tím přísnější, napříč kategoriemi paliv, potažmo typů vozidel (Lindqvist, 2012).

Zdravotní efekty regulovaných emisí

U těchto emisí byly zaznamenány zejména krátkodobé efekty na lidské zdraví. Oxidy dusíku (NO_x) způsobují podráždění dýchacího ústrojí. Oxid uhelnatý (CO) dokáže, ve velkých dávkách, zhoršit srdeční poruchy, snižuje schopnost vázat kyslík na červené krvinky a v neposlední řadě má negativní vliv na centrální nervovou soustavu. Expozice člověka vůči nespáleným uhlovodíkům (HC) mu může přivodit kašel, podráždění očí či ospalost (Agarwal, 2007).

Tab.3. : Emisní limity pro osobní automobily (v mg/km) (Lindqvist, 2012)

	NO _x		THC		THC + NO _x		PM		PN ¹⁾	
	nafta	benzín	nafta	benzín	nafta	benzín	nafta	benzín	nafta	benzín
Euro 1 1992.07	---	---	---	---	970	970	140	---	---	---
Euro 2 1996.01	---	---	---	---	700/900 ²⁾	500	80-100	---	---	---
Euro 3 2000.01	500	150	---	200	560	---	50	---	---	---
Euro 4 2005.01	250	80	---	100	300	---	25	---	---	---
Euro 5a 2009.09	180	60	---	100	230	---	5	5	---	---
Euro 5b 2011.09	180	60	---	100	230	---	5	5	6 . 10 ¹¹	---
Euro 6 2014.09	80	60	---	100	170	---	5	5	6 . 10 ¹¹	---

1) Maximální povolené množství částic na kilometr

2) Údaje pro přímé vstřikování a nepřímé vstřikování odděleně

b) neregulované emise – emise zařazené do kategorie „neregulované“ jsou ty, jejichž limity nebyly legislativní cestou stanoveny. Mezi ně patří polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH's), formaldehyd, benzen, toluen, xylen (BTX), aldehydy, SO₂, CO₂, methan (Agarwal, 2007), acetaldehyd, peroxy-acetylnitrát (PAN) atd. (Hönig et al., 2008).

Zdravotní efekty neregulovaných emisí

Těmto látkám jsou připisovány dlouhodobé negativní efekty na zdraví člověka, nicméně jejich vliv, vzhledem k jejich obsahu ve výfukových plynech ještě nebyl příliš prozkoumán. Například některým izomerům polycyklických aromatických uhlovodíků bývají přisuzovány karcinogenní a mutagenní účinky (Agarwal, 2007). Emise peroxy-acetylnitrátu (PAN) může mít za příčinu podráždění dýchacích cest (Hönig et al., 2008).

6. 2 Emise vzniklé spalováním bioethanolu ve spalovacím motoru

Emise vyprodukované spalovacím motorem při použití bioethanolu (pozn. směsi bioethanolu s benzínem v různém poměru) lze rozdělit do tří kategorií a klíčem k samotnému rozdělení je jejich porovnání s emisemi spalovacího motoru provozovaného na klasický benzín.

První kategorie sledovaných typů emisí zahrnuje právě oxidy dusíku (NO_x), oxid uhelnatý (CO) a uhlovodíky (HC), poněvadž u těchto látek došlo, při spalování paliva E85, ke zdatnému snížení jejich obsahu ve výfukových plynech (Miler et al., 2009).

Jak je patrné z Tab.4., produkce oxidů dusíku (NO_x) poklesne o 31% , uvažujeme-li kombinovaný způsob provozu, který se nejvíce blíží reálným podmínkám provozu na pozemních komunikacích (Miler et al., 2009). Redukce emisí NO_x je přímo úměrná otáčkám motoru a také podílu biosložky v palivu (Sarkar et al., 2012). Pokud opět vezmeme do úvahy kombinovaný způsob provozu, tak úspora v produkci emisí oxidu uhelnatého (CO) bude činit rovných 30%. Zde je přímá úměrnost se snižováním emisí obdobná jako u emisí NO_x (Pikunas et al., 2003).

Při hodnocení míry snížení nebo naopak zvýšení množství vyprodukovaných nespálených uhlovodíků je třeba mít na paměti zásadní skutečnost. Emise nespálených uhlovodíků (HC) se všeobecně snižuje zvyšováním otáček motoru. Zvyšování zátěže motoru poskytuje, díky zvýšení intenzity turbulence směsi palivo-vzduch dokonalejší spalování a tím pádem i redukci emisí nespálených uhlovodíků (HC) (Sarkar et al., 2012). Vyšší míra redukce této škodlivé složky výfukových plynů následkem většího objemu biosložky v palivu platí obdobně. Množství emisí bylo v porovnání s benzínem nižší v kombinovaném jízdním cyklu činí o 21% (Miler et al., 2009).

Emise tolik diskutovaného oxidu uhličitého (CO_2) a snížení jeho produkce následkem spalování paliva E85 je, ve srovnání s klasickým automobilovým

benzínem, minimální (Miler et al., 2009). Nicméně v otázce emisí tohoto skleníkového plynu nezastávají odborné studie zcela jednotné stanovisko. Z Tab.4. vyplývá snížení množství CO₂ v kombinovaném provozu o 3%, ovšem studie testující vliv paliva E10 tvrdí, že množství oxidu uhličitého ve výfukových plynech se naopak o 5-10% zvýší. Nárůst nastane kvůli dokonalejšímu spalování, vlivem bohatosti bioethanolu na kyslík (Pikunas et al., 2003). Hlavní přínos je nutno hledat ve způsobu výroby bioethanolu užívaného pro pohon automobilů. A je to právě řepa cukrovka, která přináší větší úsporu v produkci CO₂ (o 40-45%). U obilovin tato úspora činí stále zajímavých 25-30%. Absolutně nejvyšší úsporu produkce oxidu uhličitého (CO₂) nicméně přináší biopaliva vyráběná z lignocelulozy (tzv. "biopaliva druhé generace"). Tato výroba je ovšem technicky poměrně náročná - viz. Obr.1 (Miler et al., 2009).

Třetí a poslední kategorií emisí tvoří aldehydy, konkrétně acetaldehyd v případě spalování bioethanolu. Používání tohoto biopaliva je zároveň spojeno s výrazným nárůstem množství této škodliviny ve výfukových plynech automobilu. V případě použití paliva E22 je zvýšení množství acetaldehydu zhruba pětinasobné, nicméně čistý bioethanol (E100) již vykazuje nárůst desetinásobný. U této látky tedy pozorujeme trend přesně opačný, než tomu bylo u látek předešlých – s nárůstem podílu biosložky v palivu výrazně stoupá množství škodlivé emise (Hönig et al., 2008).

Tab.4.: Výsledné měrné produkce jednotlivých složek emisí Škody Felicia 1,3 MPI (Miler et al., 2009)

Měrné emise	Městská část cyklu	Mimoměstská část cyklu	Kombinovaný provoz
Spotřeba paliva E85 (g . km ⁻¹)	92,25	52,62	67,20
Spotřeba paliva Natural 95 (g . km ⁻¹)	63,56	35,62	45,90
CO ₂ na palivo E85 (g . km ⁻¹)	218,6	122,8	158,05
CO ₂ na palivo Natural 95 (g . km ⁻¹)	225,5	126,7	163,06
CO na palivo E85 (g . km ⁻¹)	0,27	0,26	0,26
CO na palivo Natural 95 (g . km ⁻¹)	0,43	0,33	0,37
HC na palivo E85 (mg . km ⁻¹)	2,59	1,49	1,89
HC na palivo Natural 95 (mg . km ⁻¹)	3,2	1,86	2,35
NO _x na palivo E85 (mg . km ⁻¹)	17,25	17,42	17,36
NO _x na palivo E85 (mg . km ⁻¹)	24,39	25,46	25,07

7. Emise ze spalování bionafty

Pro vyřešení otázky přínosu používání bionafty na snížení výfukových emisí byl podroben vznětový motor 1,9 TDI měření v emisní zkušebně. Nejprve byl motor testován na klasickou naftu pro získání základních údajů. Poté naftu v nádrži vystřídala směsná motorová nafta SMN30 (klasická nafta s 30% biosložky) a výsledky měření, včetně zhodnocení procentuálního přínosu použití bionafty jsou zaznamenány v Tab.5. (Auersvald a Matějovský, 2010).

Nejvyšší míra zlepšení byla použitím SMN30 zaznamenána u částic a to plných 40%. Toto snížení má v praxi dopad na výrazné snížení kouřivosti automobilu (Auersvald a Matějovský, 2010). Toto snížení nastalo vlivem vyššího cetanového čísla bionafty, obsahem kyslíku v biopalivu zajišťující efektivnější spalování a též díky nízkému obsahu síry (Kumar et al., 2013). Ovšem tento motor spadá do emisní třídy EURO 4 a není vybaven filtrem pevných částic (Auersvald a Matějovský, 2010). Jak uvádí *Lopes et al. (2013)*, instalací filtru pevných částic lze množství pevných částic ve výfukových plynech zredukovat až o 90% i při použití klasické nafty. Analýzou spalin motoru, který plní normu EURO 5 a tudíž je vybaven zmiňovaným filtrem nelze prokázat snížení emisí pevných částic použitím bionafty, poněvadž zachycené množství částic je pod detekčním limitem (Lopes et al., 2013).

Další látkou, u které došlo použitím SMN30 k významnému zlepšení o 17% je oxid uhličitý (Auersvald a Matějovský, 2010). Nicméně ve studii analyzující vznětový motor 1,5dCi vybavený filtrem pevných částic byl zjištěn dokonce mírný nárůst množství CO₂ ve výfukových plynech (Lopes et al., 2013). Nárůst bývá přičítán obsahu kyslíku a také nižšímu obsahu uhlíku v biopalivu, který není kompenzován vyšší spotřebou (Kumar et al., 2013).

Množství oxidu uhelnatého ve výfukových plynech vzniklých spalováním SMN30 bylo oproti emisím klasické nafty sníženo o 9% (Auersvald a Matějovský, 2010). Tento výsledek potvrzují studie, které zaznamenaly snížení množství CO v rozmezí 18,4 – 4% při užití čisté bionafty (B100). Nicméně je třeba podotknout, že míra snížení emisí CO není přímo úměrná obsahu biosložky v palivu (Kumar et al., 2013). Při testování motoru 1,5dCi bylo množství CO pod detekčním limitem použité techniky, tudíž nelze prokázat pozitivní či negativní vliv bionafty (Lopes et al., 2013).

Co se týče emisí oxidů dusíku (NO_x), bylo při měření dosaženo 6% snížení jejich množství za předpokladu použití paliva SMN30 (Auersvald a Matějovský, 2010). Lopes et al. (2013) tento trend potvrzuje s odkazem na vyšší efektivitu spalování při užití paliv s vyšším poměrem biosložky. Tvrdí, že zvýšení efektivitativy spalovacího procesu je pravděpodobně způsobeno vyšší hustotou palivové směsi (bionafta má vyšší hustotu než nafta klasická), což může hrát významnou roli ve zlepšení mazací schopnosti kovových vstřikovacích částí motoru (Lopes et al., 2013). Jsou ovšem známy i případy, kdy použití bionafty vedlo ke zvýšení množství emisí NO_x ve výfukových plynech. U biopaliva s 30% biosložky byl zaznamenán nárůst oxidů dusíku o 10%. Mez hlavní příčiny tohoto nárůstu se řadí kyslík obsažený v bionaftě a též její rychlejší hoření v motorovém prostoru (Kumar et al., 2013). Ostatní látky obsažené ve výfukových plynech a jejich množství v g/km, včetně procentuálního vyhodnocení uvádí Tab.5.

Tab.5.: Výsledky měření emisí vozidla Škoda Octavia 1,9 TDI (Auersvald a Matějovský, 2010)

emise		NM 21.7.2009	SMN30 24.7.2009	zlepšení pro SMN30
THC	$\text{g} \cdot \text{km}^{-1}$	0,0328	0,0259	21
THC + NO_x	$\text{g} \cdot \text{km}^{-1}$	0,267	0,2456	8
CH_4	$\text{g} \cdot \text{km}^{-1}$	0,0065	0,0052	20
NO_x	$\text{g} \cdot \text{km}^{-1}$	0,2342	0,2196	6
CO	$\text{g} \cdot \text{km}^{-1}$	0,1479	0,1349	9
CO_2	$\text{g} \cdot \text{km}^{-1}$	150,19	124,52	17
částice	$\text{g} \cdot \text{km}^{-1}$	0,0225	0,0136	40

8. Kapalná biopaliva ve Spojených státech amerických

Třetí největší země světa s více než 300 miliony obyvatel a jednou z nejvýkonnějších ekonomik světa je nucena čelit klesajícím zásobám fosilních paliv, tlaku na snižování emisí skleníkových plynů a mnoha dalším vlivům, plynoucím z hospodářského růstu, přestože světová finanční krize z r.2008 se na tomto růstu podepsala velmi negativně. Taktéž je žádoucí snížit vysokou závislost Spojených států amerických na dovážené

ropě, jejíž podíl v r.2005 činil až 50% (International Energy Agency, 2007). Rozvoj biopaliv je tudíž vhodným nástrojem, jak v současné době tuto závislost snížit.

Přestože vláda USA podporuje biopaliva již po mnoho let (první daňové zvýhodnění bioethanolu se objevilo už v r. 1978), skutečný boom nastal v roce 2005 a pokračuje do současnosti (Tyner, 2008). V mixu kapalných biopaliv v zemi využívaných hraje v současnosti prim bioethanol, který v r. 2011 tvořil téměř desetinu objemu spotřebovaného benzínu. Bionafta má podíl na spotřebované naftě mnohem nižší, během stejného roku jen cca 1,5% (Rusco, 2012).

8. 1 Produkce bioethanolu

Kukuřice je v současnosti dominantní vstupní surovinou pro produkci bioethanolu na území Spojených států amerických (Hoekman,2008). Ethanol je produkován z kukuřice dvěma způsoby – suchým a mokřým mletím (U.S. Department of Energy, 2010).

Proces suchého mletí sestává z pomletí vstupní suroviny, přidání vody a enzymů a přeměny škrobu na jednoduchý cukr dextrozu. Následně je směs vařena, poté ochlazená a přemístěna do fermentorů, kde se za pomoci dodaných mikroorganismů mění cukr na alkohol. Nakonec je alkohol destilován na konečný produkt – ethanol.Před transportem do distribučních terminálů je ještě ethanol dehydratován na čistý alkohol a smíchán s malým množstvím bezolovnatého benzínu (U.S. Department of Energy, 2010).

Během tzv.mokrého mletí je kukuřice máčena ve vodě, spolu s kyselinou siřičitou. Následně směs prochází sérií drtičů a zbývající vlákna, lepek a škrobnaté části jsou ze směsi oddělovány různými technologiemi. Získaný škrob, spolu s vodou ze směsi poté lze fermentovat na ethanol. Je třeba podotknout, že suché zpracování poskytuje vyšší výtěžnost ethanolu, než zpracování mokré (U.S. Department of Energy, 2010).

Produkce ethanolu v zemi dosahovala v roce 2005 kolem 14,8 miliard litrů, o dva roky později to bylo již 24,6 miliard litrů (Tyner, 2008). Během období 2010 – 2012 bylo ve Spojených státech amerických vyrobeno 47 906 milionů litrů bioethanolu a projekce r.2022 očekává téměř 80 000 milionů litrů, což zemi zajistí celosvětové prvenství v produkci bioethanolu i do budoucna (OECD-FAO, 2013).

Drtivá většina spotřebovaného bioethanolu je ve formě 10% biosložky v klasickém benzínu, vysokoprocentní směsi, jako je palivo E85 tvoří méně než 1% celkové spotřeby tohoto biopaliva (Rusco, 2012).

8. 2 Produkce bionafty

Produkce bionafty spočívá převážně ve využívání oleje lisovaného ze sojových bobů (Hoekman, 2008). Na území Spojených států amerických bylo vyprodukováno během období 2010-2012 celkem 3 721 milionů litrů bionafty a země zaujímá v objemu vyrobené bionafty druhé místo celosvětově a toto množství činí zhruba třetinu produkce vedoucí Evropské unie. Plných 6 267 milionů litrů biopaliva, které by Spojené státy měly vyprodukovat v r.2022, udrží zemi na druhé pozici i nadále (OECD-FAO, 2013). Nicméně, jak už bylo zmíněno, co se týče podílu bionafty na celkovém prodaném množství klasické nafty, tak ten je prozatím velmi malý (Rusco, 2012). Malá spotřeba bionafty, ve srovnání s bioethanolem, je dána složením místního vozového parku, kdy naprosto převažují vozidla se spalovacím motorem.

8. 3 Vládní program na podporu biopaliv

Státní politika na podporu biopaliv se historicky zaměřuje ethanol, tudíž prvním podpůrným prostředkem bylo částečné osvobození ethanolu od spotřební daně, zavedené v r.1978 pod názvem *Energy Tax Act*. Federální program na podporu ethanolu byl a je rozvíjen s cílem posílit energetickou bezpečnost, snížit závislost na importované ropě, zlepšit kvalitu ovzduší, a též růstem tohoto průmyslového odvětví nabídnout nová pracovní místa a posílit tím ekonomický růst země (U.S. Department of Energy, 2010).

Současnou éru státní podpory odstartovalo nařízení *Volumetric Ethanol Excise Tax Credit*, schválené v r.2004. Toto nařízení poskytovalo, nezávisle na množství a původu ethanolu slevu na dani za každý spotřebovaný galon, pokud se jednalo o palivo směsné. Sleva na dani činila 51 centů/galon. O rok později *Energy Policy Act* zavedla Standardy pro obnovitelná paliva (*Renewable Fuel Standards – RFS1*), jež si kladly za cíl uplatnit 4 miliardy galonů biopaliv v r.2006 a tím zvýšit jejich podíl v dopravním sektoru. Pozdější nové Standardy (*RFS2*) zvýšily cíle pro využívání biopaliv na 36 miliard galonů do r.2022 (US galon = 3,79 l), stimulovaly

rozvoj biopaliv druhé generace a vytvořily kritéria pro zajištění ekologičtější produkce (Sorda et al., 2010).

V roce 2007 vstoupil v platnost podpůrný akt *Energy Independence and Security Act (EISA)*, bořící dříve zavedené cíle pro využívání biopaliv. Cíl ustanovený tímto aktem byl 136.3 miliard litrů využitých biopaliv do r. 2022. Dále toto nařízení hovoří o roku 2016, od kterého musí být veškerý vzestup spotřeby učiněn výhradně díky biopalivům druhé generace. *Food, Conservation and Energy Act*, který byl zahájen v r. 2008 přišel s významnou finanční podporou na rozvoj pěstování rostlin, z nichž lze vyrobit biopalivo 2. generace. Program taktéž podporuje výstavbu továren na výrobu tohoto druhu biopaliv, modernizace továren stávajících apod. (Smith et al., 2013).

Prezident Obama přispěl k rozvoji biopaliv v USA zřízením pracovní skupiny (*Biofuels Interagency Working Group*) k podpoře investic na poli biopaliv a též podporou využití biopaliv v letectví a námořním průmyslu (Smith et al., 2013).

8. 4 Perspektivy rozvoje biopaliv

Průmysl zabývající se biopalivy prochází ve Spojených státech amerických v současné době rapidním rozvojem, jež je do značné míry řízen snahou zajistit zemi energetickou bezpečnost a snížit množství vypouštěných skleníkových plynů. Vládní nařízení, jak na úrovni národní, tak na úrovni jednotlivých států jsou postupně rozvíjena a začleňována za účelem podpory využívání biopaliv v čím dál větším měřítku. V současnosti mezi surovinami pro výrobu biopaliv kraluje kukuřice, ovšem stále větší důraz se klade na rozvoj a využívání biopaliv druhé generace, produkovaných z lignocelulózního materiálu (Hoekman, 2008).

Přírodní zdroje jsou v USA na takové úrovni, že jsou schopné vyprodukovat materiál, ze kterého se vyrobí tolik biopaliva 2. generace, že pokryje 30-50% současné spotřeby fosilních paliv v průběhu příštích 30-50 let. Než se ovšem tak stane, je třeba podrobit vědeckému bádání jak samotné rostliny (rychlejší růst, nižší požadavky na vodu atp.) a způsob jejich zpracování (efektivní sklizeň), tak proces výroby samotného biopaliva (smysluplné využití vedlejších produktů výroby atp.) a jeho skladování, resp. distribuci samotným zákazníkům (Hoekman, 2008).

Nehledě na tyto důležité úkoly, extrémní péče musí být věnována procesu rozvoje biopaliv z hlediska udržitelnosti, cenové výhodnosti a co je hlavní, z hlediska minimalizace nepříznivých vlivů na životní prostředí (Hoekman, 2008).

9. Kapalná biopaliva v Brazílské federativní republice

V 18. století byla biomasa hlavním materiálním zdrojem lidstva, používaným pro topení, stavbu domů, lodí, mostů a pro mnoho jiných účelů. Koncem 19. století nicméně překonalo uhlí biomasu a stalo se nejvýznamnějším energetickým a materiálním zdrojem. Od té doby byl pozorován též vzrůstající trend extenzivního využívání neobnovitelných zdrojů, a to především ropy. Biomasa začala ztrácet svou nadvládu ve světovém energetickém mixu už do r.1850, kdy její podíl klesl z 90% na 10,5% v roce 2004. Na rozdíl od Evropy a USA, v Brazílii množství použitých fosilních paliv překonalo biomasu až v roce 1973 a stále roste. Brazílské zásoby ropy čítají 11,8 milionů barelů (1 barel = cca 159 litrů), což této zemi zajišťuje zásoby na 20 let. Oproti zemím OECD, jejichž zásoby jsou zhruba poloviční, je Brazílie ve výrazně výhodnější pozici. Co víc, v roce 2008 země dosáhla téměř soběstačnosti, kdy produkce prakticky pokryla spotřebu (Carioca et al., 2009).

Ovšem vlivem stále rostoucího ekonomického rozvoje a též všudypřítomným tlakem na snižování závislosti na ropě, resp. snižování emisí skleníkových plynů je i Brazílie nucena hledat alternativní zdroje energie. Země má okolo 338 milionů hektarů orné půdy, z toho 90 milionů je stále neprozkoumáno. Díky své výhodné poloze na jižní polokouli s tropickým vlhkým podnebím země poskytuje výhodné podmínky pro pěstování energetických plodin s pravidelnými srážkami na téměř celém území státu (Carioca et al., 2009).

První experimentální použití bioethanolu jako náhrady benzínu v automobilu bylo učiněno již v roce 1920 (Carioca et al., 2009). V Brazílii pochází polovina celkové spotřebované energie z obnovitelných zdrojů, prim zde hraje vodní energie, cukrová třtina a dřevo. V sektoru silniční dopravy je podíl biopaliv taktéž značný, v r. 2011 tvořil podíl bioethanolu a bionafty 25,1% (Nogueira and Capaz, 2013).

9. 1 Produkce bioethanolu

Brazílie je největším producentem cukrové třtiny na světě. Již v r.1961 země vyprodukovala 85% veškeré cukrové třtiny vyprodukované členskými zeměmi MERCOSUR (sdružení volného obchodu jihoamerických zemí). Postupem času země zvyšovala svůj podíl na světové i domácí produkci díky nařízením vedoucím ke zvýšené spotřebě alkoholu jako paliva. Brazilská produkce cukrové třtiny je rozdělena do dvou hlavních oblastí – méně industrializovaná severovýchodní oblast a vyspělejší jihovýchodní oblast kolem Sao Paula, která je zodpovědná za celých 62% vypěstované cukrové třtiny v zemi (Da Costa et al., 2010). Řečí čísel, za období 2010 – 2012 Brazílie vyprodukovala 25 373 milionů litrů bioethanolu, což tvoří celou čtvrtinu světové produkce. V r.2022 je odhadováno, že výroba stoupne na 47 376 milionů litrů biopaliva, čímž země posílí svou pozici světové dvojky na trhu s bioethanolem (OECD-FAO, 2013).

9. 2 Produkce bionafty

Národní produkce bionafty sestává z řady vstupních surovin, lišících se podle regionu. Severní oblast využívá soju a palmová jádra, středozápadní region produkuje soju, bavlníková semena, semena skočce obecného (=ricinový olej) a slunečnicová semena. V jižní oblasti je pěstována soja a semena slunečnicová, řepková a bavlníková. Jak je z tohoto výčtu patrné, soja je zastoupena ve všech regionech a tudíž tvoří 90% všech rostlinných olejů vyrobených v zemi. Pro budoucí udržitelný rozvoj je velmi zajímavou surovinou zmíněný olej z palmových jader, zejména pro jeho nejvyšší výnosy ze všech dostupných rostlin v zemi – 4000 až 6000 litrů / ha / rok (Freires and Espíndola, 2010).

Další surovinou zasluhující pozornost je živočišný lůj. Jelikož je Brazílie největší producent hovězího masa na světě a lůj je vedlejší produkt jeho výroby, skýtá tato surovina velký potenciál. A vlivem rostoucích cen sóji už některé továrny lůj k produkci bionafty využívají (Freires and Espíndola, 2010). V současné době nemá Brazílie zdaleka tak pevné postavení, jako je tomu v případě bioethanolu.

Dle organizace FAO země vyprodukovala během období 2010 – 2012 celkem 2 599 milionů litrů bionafty, což ji řadí na třetí místo v objemu produkce, za Evropskou unii a USA. Nicméně ve zmíněném r.2022 ji odsune na čtvrté místo sousední Argentina, která už v současnosti má obrovský potenciál a v objemu produkce se Brazílii velmi přibližuje (OECD-FAO, 2013).

9. 3 Vládní program na podporu biopaliv

9. 3. 1 Bioethanol

Je neoddiskutovatelným faktem, že v oblasti kapalných biopaliv je Brazílie jednou z nejznámějších zemí. A je to právě bioethanol vyrobený z cukrové třtiny, jež stojí v čele brazilského úspěchu na poli biopaliv (Alonso-Pippo et al., 2013). Rozsáhlé zkušenosti s bioethanolem získala země zavedením programu *ProÁlcool* v r.1975, nicméně země započala s rozvojem biopaliv již mnohem dříve. V r.1931 vláda ustanovila povinnost přimíchávat alespoň 5% bezvodého ethanolu do benzínu ve snaze snížit závislost na dovážených palivech a vypořádat se s přebytky v cukerném průmyslu (Nogueira and Capaz, 2013).

Vláda též vytvořila několik státních institucí, jako např. *Sugar and Alcohol Institute* v r.1933 – určený k regulaci trhu s cukrem a alkoholem, resp. vytvářená výrobních kvot. V reakci na prudkým vzrůstem cen v r.1973 byl zvýšen povinný obsah biosložky v palivu na 10% (Stattman et al., 2013). O dva roky později, následky první ropné krize a expanze využívání ethanolu v zemi vedly k zavedení Národního alkoholového programu (*ProÁlcool*), který je možno rozčlenit do čtyř hlavních fází (Nogueira and Capaz, 2013).

a) první fáze (1975-1985)

Tato fáze započala přijetím programu *ProÁlcool* 14. listopadu 1975 (Stattman et al., 2013). Ten měl za úkol následující: ustanovit vyšší poměr ethanolu v benzínu – až 25%, zaručit nižší ceny ethanolu pro koncové zákazníky oproti benzínu, zaručit konkurenceschopnost producentům ethanolu, nařídít povinnost prodeje ethanolu na čerpacích stanicích, snížit daně a poplatky pro ethanolem poháněná vozidla apod. (Nogueira and Capaz, 2013).

Růst brazilské ekonomiky zrychloval a zaměstnanost se dramaticky zvýšila (Alonso-Pippo et al., 2013). Řidiči byli stimulováni k používání bioethanolu, jež byl v tu dobu o více než třetinu levnější než benzín. Čtyři roky po zavedení programu

přišel do prodeje osobní, čistým ethanolem poháněný automobil, což způsobilo obrovský boom na automobilovém trhu (Stattman et al., 2013). Program měl také pozitivní vliv na produkci biopaliva, která se zvýšila mezi lety 1975 – 1985 více než dvacetinásobně a převyšovala všechny dosavadní předpoklady a očekávání (Nogueira and Capaz, 2013).

b) druhá fáze (1985 – 2003)

Kolem roku 1985 se začala situace měnit a to vlivem snížení cen ropy a posílení cen cukru (Nogueira and Capaz, 2013). Vládní garnitura navíc nebyla jednotná v podpoře programu a tato nejistota posléze vyústila v úbytek zákazníků, propad v prodeji vozidel poháněných biopalivy a vůbec ztrátu zájmu automobilového průmyslu o biopaliva (Stattman et al., 2013).

V programu *ProAlcool* bylo učiněno několik změn (odstranění dotací, snížení vlivu státu na určování cen ethanolu atp.), zachována byla pouze snížená danová sazba na bioethanol, jež měla udržet zájem řidičů v této nelehké době (Nogueira and Capaz, 2013). Krize a následné změny proměnila vysoce dotovaný národní program v ziskové podnikání se vzrůstající mírou privatizace (Stattman et al., 2013).

c) třetí fáze (2003 – současnost)

Poslední období započalo významnou technologickou novinkou v automobilovém průmyslu a to objevem motoru, který je schopen spalovat směs o libovolném poměru benzín/bioethanol. Zákazníci přijali tuto inovaci pozitivně, o čemž svědčí fakt, že v současnosti tvoří 90% prodaných automobilů v Brazílii právě vozidla vybavena touto technologií (FFV – flexi-fuel vehicles) (Stattman et al., 2013).

Mezi roky 2003 – 2008 brazilský průmysl zabývající se zpracování cukrové třtiny rapidně rostl, čehož důkazem je mnoho nově zbudovaných cukrovarů a inovace řady lihovarů (Nogueira and Capaz, 2013). Také vstup řady zahraničních investorů, kteří v současné době ovládají až čtvrtinu tohoto odvětví potvrzuje onen vzestup (Alonso-Pippo et al., 2013).

Ovšem od roku 2008 se odvětví potýká se stagnací. Příčiny tohoto nepříznivého stavu lze hledat ve snížení výnosů, zvýšení cen, ale především ve snížení konkurenceschopnosti vlivem státních zásahů do cen benzínu. V r.2010 byl objem produkce biopaliva o 30% nižší, než v r. 2008 (Nogueira and Capaz, 2013).

9. 3. 2 Bionafta

První pokusy o nahrazení nafty rostlinnými oleji započaly již v roce 1920. V r. 1980 se objevil pilotní program, určený k zavedení bionafty na běžný trh, ovšem ekonomická nevýhodnost produkce energie z rostlinných olejů a skokové snížení cen ropy znamenalo úpadek zájmu o tento program (Nogueira and Capaz, 2013).

Hlavní zásluhu za rozvoj bionafty jako alternativního paliva v dopravě má na svědomí *National biodiesel program* (PNPB), jež vstoupil v platnost 6. prosince 2004 (Stattman et al., 2013). Mezi hlavní směrnice programu patří:

- a) zavést udržitelný program a podporovat sociální začlenění nejchudších oblastí země
- b) zajistit konkurenceschopné ceny, kvalitu a dodávané množství
- c) produkovat bionaftu z různých vstupních surovin a posílit potenciál regionů v jejich produkci (Alonso-Pippo et al., 2013)

Program na podporu bionafty byl vyvinut na podporu malých producentů a farmářů z nejméně rozvinutých oblastí Brazílie a na ustanovení cílů, které stanoví míru povinně přimíchávané biosložky do klasické nafty. Tato povinnost započala v lednu 2008 s 2% biosložky (B2) a postupným navyšováním se o dva roky později dostala až na úroveň 5% (B5). Spotřeba a výroba bionafty korespondovala s tímto trendem a od r.2005 exponenciálně rostla (Nogueira and Capaz, 2013). Na rozdíl od bioethanolu je zde vládní podpora v podobě dotací stále nezbytná (Alonso-Pippo et al., 2013). V současné době, přes snahu o diverzifikaci vstupních surovin a podporu zejména palmového a ricinového oleje, je stále převážná většina bionafty v zemi vyrobena na bázi soji (Nogueira and Capaz, 2013).

9. 4 Perspektivy rozvoje biopaliv

Dle zprávy FAO je Brazílie v množství vyprodukovaného ethanolu světovou dvojkou (OECD-FAO, 2013). Vlivem snižujícího se množství dodávané ropy na světový trh a ratifikací Kyotského protokolu je očekáván nárůst poptávky po bioethanolu nejen uvnitř země, ale i mezinárodně (Da Costa et al., 2010). To potvrzuje i již zmíněná zpráva FAO, která odhaduje, že v r.2022 bude množství vyrobeného ethanolu téměř dvojnásobné (OECD-FAO, 2013), tudíž je v dohledné době třeba navýšit množství ploch, kde jsou pěstovány vstupní suroviny (zejm. cukr. třtina), aby došlo k pokrytí vzrůstající poptávky. Tento nárůst produkce též posílí situaci země na mezinárodním

trhu. A vzhledem k rozsáhlým zkušenostem země s produkcí a využíváním biopaliv se Brazílie pravděpodobně stane významným mezinárodním hráčem na poli exportu s biopalivy spojených technologií (Da Costa et al., 2010).

V otázce bionafty se zdá být klíčovým úkolem nalezení co možná nejvhodnější suroviny pro její produkci. V Brazílii je 90% bionafty vyprodukováno ze sóji, nicméně je s touto surovinou spojeno několik problémů. Výnos pouze třetinového množství biopaliva z jednotky biomasy oproti ostatním vstupním surovinám je jedním z nich. Díky významu sóji jako důležitého zdroje obživy lidí a zvířat je její používání pro výrobu biopaliv chybou, tvrdí někteří odborníci (Da Costa et al., 2010). Jak ukazuje zpráva FAO, množství vyprodukované bionafty je v porovnání s bioethanolem mnohem nižší, ale očekávaný nárůst produkce v r.2022 činí 28,4 % (OECD-FAO, 2013). Protože je bionafta v zemi zavedena poměrně krátkou dobu, je zde řada úkolů, které by ve spojitosti s její produkcí, transportem a spotřebou měly být v co nejkratším časovém horizontu vyřešeny.

Technologické otázky

- rozvíjet nový proces výroby s možností redukce vedlejších produktů a nižší cenou tohoto procesu
- zlepšit kvalitativní standard bionafty, aby bylo možno vyhnout se poškození motorů, potažmo životního prostředí

Agro-ekonomické otázky

- plánovat a provádět expanzi pěstování surovin s ohledem na zásady trvale udržitelného rozvoje
- zesílit výzkumnou činnost za účelem zvýšení produktivity a obsahu olejů v rostlinách
- zlepšit infrastrukturu transportu a distribuce bionafty

Environmentální otázky

- provést výzkum dopadu používání biopaliv na životní prostředí (Freires and Espíndola, 2010)

10. Kapalná biopaliva v Čínské lidové republice

Čína je nejlidnatější zemí světa a třetí zemí v pořadí, co se týče rozlohy. Vlivem prudkého ekonomického rozvoje se spotřeba energie v Číně za posledních dvacet let ztrojnásobila. Podle Organizace pro výživu a zemědělství jsou fosilní paliva, zejména uhlí, ropa a zemní plyn nejdůležitějšími zdroji energie současnosti. V Číně tvoří hlavní podíl uhlí (69,4%) a ropa (20,4%). Podíl dovezené ropy od roku 1990 do roku 2006 vzrostl více než desetinásobně (Wang, 2009). Růst čínské ekonomiky bude mít za následek další růst spotřeby a dovozu ropy, což může vést až k 75% podílu dovezené ropy v roce 2030. Čína je též pod stále se zvyšujícím tlakem, pokud hovoříme o nutnosti řešit otázku emisí skleníkových plynů, jejichž je tato země největším producentem (Qiu, 2012).

Biopaliva, jako udržitelné a obnovitelné zdroje energie, pomohou snížit vliv rostoucích cen ropy, pomohou redukovat produkci skleníkových plynů a zvýší počet pracovních příležitostí, zejména má produkce biopaliv pozitivní vliv na zaměstnanost ve venkovských oblastech (Wang, 2009). Pokud vztáhneme čínskou spotřebu energie z obnovitelných zdrojů na standardní uhelný ekvivalent, tak dosáhla celkem 250 milionů tun, což tvoří 9% celkové spotřeby energie. Národní energetický plán klade za cíl, aby energie z obnovitelných zdrojů tvořila v národním energetickém mixu podíl 15% do r.2020. V produkci kapalných biopaliv je Čína dokonce čtvrtý největší producent. Ve světle těchto informací, Čína udělala v používání obnovitelných zdrojů energie významný pokrok (Qiu, 2012).

10. 1 Možnosti produkce kapalných biopaliv

Na území Číny lze nalézt mnoho typů ploch s různou nadmořskou výškou, teplotními podmínkami a srážkovými úhrny. Tudíž lze zde uplatnit řadu energetických plodin, vhodných pro výrobu kapalných biopaliv. Vstupní suroviny pro výrobu bioethanolu lze rozdělit do následujících kategorií (Wang, 2009).

- 1) škrobnatý materiál (kukuřice, pšenice, ječmen apod.)
- 2) cukernatý materiál (cukrová řepa, cukrová třtina apod.)
- 3) materiál obsahující celulózu (dřevo, různé druhy trav apod.)

Kukuřice

V současnosti je kukuřice v Číně nejvyužívanější plodinou pro produkci bioethanolu a je z ní vyrobeno též 90% bioethanolu, vyprodukovaného v USA. Nicméně vlivem méně pokročilých pěstebních a fermentačních technologií je cena vyprodukovaného biopaliva v Číně 1,5-2x dražší než ve Spojených státech. Pěstování kukuřice je soustředěno do východních oblastí země, především do severovýchodního regionu, kde se nachází největší producent kukuřice – provincie Jilin. Celková produkce této komodity dosahovala téměř 145,5 milionů tun v r.2006. Je odhadováno, že čínská poptávka po kukuřici bude v r.2020 dosahovat 204 milionů tun, zatímco produkce bude v tu dobu dosahovat pouhých 184 milionů tun. Tudíž chybějící množství bude muset být pokryto importem. Aby se v budoucnu uspokojila rostoucí poptávka po této plodině, je třeba především zvýšit produkci a též uplatnit geneticky modifikovanou kukuřici (Wang, 2009).

Kořenové plodiny

Pro produkci bioethanolu jsou z této kategorie plodin nejpříhodnější maniok a sladké brambory. Obsah škrobu v čerstvém manioku může dosahovat až 30% , sušená plodina je fermentovatelná dokonce z 80%. V tropických a subtropických oblastech Číny (zejm. provincie Guangxi), kde jsou pro jeho pěstování nejvhodnější podmínky, je proto maniok nejlepší plodinou, ze které lze bioethanol získat (Wang, 2009).

Cukrová třtina

Další důležitou surovinou, která je pěstována též na jihu Číny, je cukrová třtina. Jak se postupně zvyšuje obdělávaná plocha (mezi r.1980 a r.2006 se obdělávaná plocha více než ztrojnásobila), tak se postupem času šlechtěním zvyšují výnosy této plodiny. Bohužel, oproti Brazílii a Spojeným státům je Čína s výnosem 66,7 t/ha stále na nižší úrovni. V současné době je velkou vědeckou výzvou vyšlechtění druhů odolných proti nemocem a nejrůznějším škůdcům (Wang, 2009).

Cukrová řepa

S roční produkcí 5,5 milionů tun ročně z pouhých dvou severočínských provincií hraje cukrová řepa mezi obnovitelnými zdroji energie spíše minoritní roli (Wang, 2009).

Čiřok

Čirok je plodinou, jejíž předností je vysoká efektivita využití přijaté vody a adaptace na sucho, tudíž má vlastnosti příhodné pro jeho pěstování v oblastech, kde je nedostatek přirozených srážek a umělé zavlažování by bylo příliš drahé nebo by vedlo k vyčerpání zásob vody. Pro vysoký obsah cukru (u šlechtěných odrůd až 20% ve vylisované šťávě) a výše zmíněné přednosti je tato plodina velmi vhodnou vstupní surovinou výroby bioethanolu. Triumfem šlechtitelských technologií je bezesporu objev takové odrůdy čiroku, který má dokonce o 2,3% vyšší obsah cukru, než cukrová třtina a též má vysokou toleranci k zasoleným či jinak neúrodným půdám (Wang, 2009).

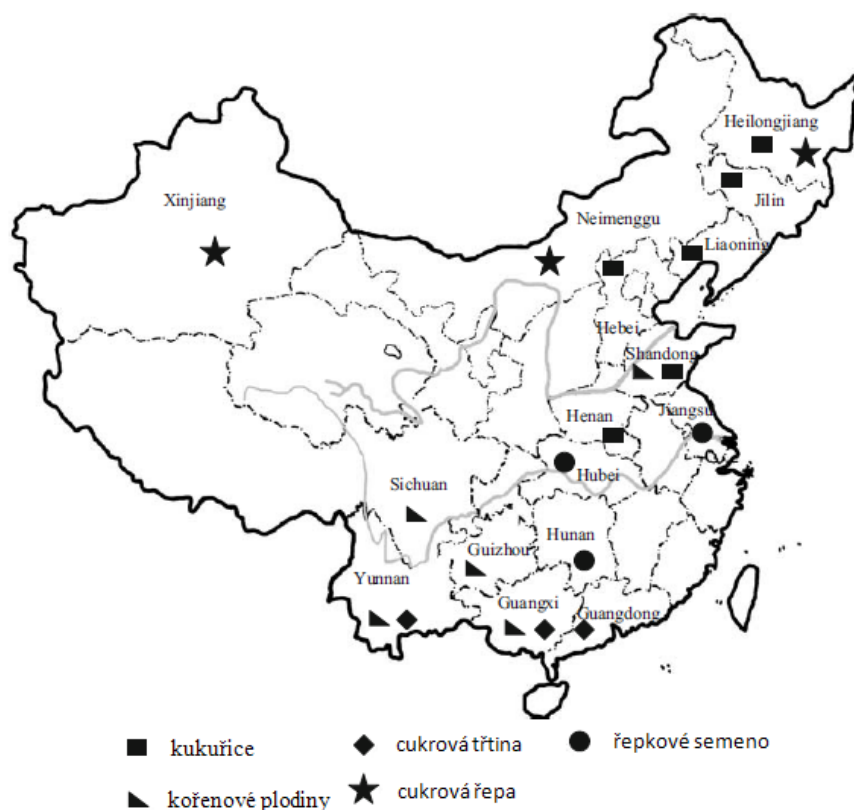
Lignocelulozní materiál

Do této kategorie řadíme zejména dřevo, zbytky ze zemědělské výroby a též některé druhy trav. Dostupnost, obnovitelnost a především nulová konkurence s potravinovými zdroji činí tyto suroviny téměř ideálními pro produkci bioethanolu, nicméně technologie jeho výroby z těchto zdrojů je prozatím ve výzkumné a testovací fázi. Významný potenciál je připisován především travám. Jejich výhody spočívají především v poměrně rychlém růstu a tím vysoké produkci biomasy, adaptace na suché, popř. zasolené prostředí a také odolnost vůči nemocem, resp. škůdcům. Druh *Panicum virgatum L.* dosáhl v nížinných oblastech výnosů 13-16t suché biomasy/ha (Wang, 2009).

Olejnate plodiny pro produkci bionafty

Z hlediska plodin vhodných pro výrobu bionafty hraje v Číně prozatím prim brukev řepka. Obsah oleje v této plodině dosahuje až 40%. Pěstování řepky se vyskytuje v jihovýchodních oblastech Číny a v r. 2006 bylo dosaženo celkového výnosu 12,65 milionů tun. Velkého významu nabývá v Číně pěstování olejnatých dřevin, jež obsahují více než 15% oleje, jakými jsou *Jatropha curcas L.*, *Pistacia chinensis* a *Xanthoceras sorbifolia*. Tyto dřeviny mají několik společných vlastností – rychlý růst, dlouhé období sklizně, nenákladná péče o rostliny a vysoká schopnost adaptace rostlin na nejrůznější přírodní podmínky. Téměř čtyři miliony hektarů těchto dřevin bylo vysázeno během několika let, zejména *Pistacia chinensis* se svými více než 7 300 hektary ve východní provincii Hebei zaznamenala prudký rozvoj. Od r.2000 byl v zemi vykonán velký pokrok v produkci bionafty, nicméně stále existuje několik omezení, které brání širšímu využití tohoto biopaliva v praxi. Mezi dvě nejdůležitější se řadí

problém se stabilní dodávkou levné biomasy a prozatím stále vysoká cena vyprodukované bionafty (Wang, 2009).



Obr.3. Oblasti pěstování vybraných energetických plodin v Čínské lidové republice (Wang, 2009)

10. 2 Produkce bioethanolu

Čína začala s produkcí bioethanolu před více než deseti lety a od té doby toto odvětví zaznamenává významný nárůst, což se odrazilo ve vyprodukovaném množství tohoto biopaliva. V r. 2002 bylo na území Číny vyprodukováno 30 000 tun, zatímco o šest let později toto množství už činilo 1,9 milionů tun (Qiu, 2012). Podle zprávy Organizace pro výživu a zemědělství (FAO) země vyprodukovala během sledovaného období 2010-2012 plných 8 643 milionů litrů bioethanolu, což ji řadí na třetí příčku celosvětově. Předpokládaný vzestup výroby na hodnotu 10 531 milionů litrů bioethanolu v r.2022 je sice mírnější, než u dříve jmenovaných zemí, ovšem i tak stačí na pozici čtvrtého největšího producenta světa, hned za Evropskou unií (OECD-FAO, 2013).

Na počátku celého bioethanolového průmyslu, mezi lety 2001 a 2004, stály čtyři továrny, využívající jako vstupní surovinu kukuřici a pšenici. V r.2007 byla vybudována a o rok později uvedena do provozu továrna, zpracovávající maniok na biopalivo. Tato továrna v r.2008 vykazala produkci 150 000 tun bioethanolu. Ovšem, ve světle faktu, že ve stejném roce Čína na produkci bioethanolu spotřebovala téměř 3% své roční produkce kukuřice, země začala experimentovat s produkcí na bázi těch surovin, které nejsou potravinami. V případě čiroku byla od r.2004 v severní provincii Heilongjiang zřízena výroba bioethanolu na testovací úrovni s roční produkcí 50 000 tun biopaliva. O tři roky později se k tomuto pilotnímu projektu připojila východočínská provincie Jiangsu s další továrnou na zpracování čiroku (Qiu, 2012).

Rozvoj též zaznamenala produkce bioethanolu ze sladkých brambor, bylo vybudováno několik testovacích provozů v několika oblastech Číny. Ovšem, jakmile byla Národní rozvojovou a reformní komisí (NDRC) v r.2007 schválena výstavba továrny pro komerční produkci bioethanolu, výstavba byla pozastavena především z důvodu možné konkurence s produkcí obilnin v regionu (Qiu, 2012).

Produkce bioethanolu, založené na lignocelulozním materiálu jako vstupní surovině je prozatím hudbou budoucnosti, poněvadž jejímu komerčnímu rozšíření brání vysoké náklady. I přes tuto nevýhodu bylo do konce r.2009 v Číně vybudováno celkem osm testovacích provozů se souhrnnou produkcí přes 280 000 tun bioethanolu ročně. Díky relativnímu úspěchu tohoto mohutného projektu je naplánována expanze tohoto typu výroby na 2 miliony tun biopaliva ročně, produkováných v celkem 20 továrnách po celé Číně (Qiu, 2012).

10. 3 Produkce bionafty

Čína se zapojila do produkce bionafty v r.2001 a v r.2009 již měla následkem prudkého rozvoje tohoto průmyslového odvětví kapacitu produkce 2,1 milionu tun ročně. Bohužel je v Číně trvalý nedostatek vstupních surovin pro produkci bionafty. To Čínu nečiní v porovnání s evropskou či severoamerickou produkcí nikterak silným hráčem. Svůj podíl na tom zajisté mají i programy na rozvoj bionafty, které mají ve srovnání s biethanolovými programy nižší míru účinnosti vzhledem k nedostatku a nestabilním dodávkám vstupních surovin a menšímu rozsahu těchto podpůrných akcí (Qiu, 2012).

V Číně jsou surovinami pro produkci bionafty hlavně použité oleje, zbytkové živočišné tuky a divoce rostoucí olejnaté rostliny. Země se snaží problém

s nedostatkem surovin řešit intenzivním výzkumem výroby bionafty na bázi semen z určitých typů stromů, jakými jsou již výše uvedené *Pistacia chinensis*, *Xanthoceras sorbifolia* či *Jatropha curcas L.* A právě v poslední zmíněnou rostlinu je vkládána velká naděje a je součástí národního programu rozvoje bionafty. *Jatropha* je subtropickou až tropickou plodinou, jejíž pěstování se věnuje převážně jižní subtropické oblasti Číny – Yunnan, Sichuan a Guizhou. Za podpory ropných společností a v neposlední řadě také čínské vlády se v těchto oblastech začala rozvíjet výroba bionafty na bázi semen stromu *Jatropha* od r. 2006. O dva roky později bylo zjištěno, že celková plocha, na které je produkována tato surovina činí 15 milionů ha, nicméně výnosy z této plochy zdaleka nedosahovaly požadovaných výnosů, poněvadž rostlina plně plodí až po cca třech letech (Qiu, 2012).

Ve stejném roce byl optimistický vývoj situace narušen prudkým poklesem cen ropy. Následkem této situace tři čínské ropné společnosti snížily či dočasně pozastavily plánované dotace na rozvoj tohoto průmyslu. Na území zmíněných tří provincií je v příštích 10-15 letech očekáván rozvoj pěstování stromu *Jatropha curcas L.* na plantážích, zaujímajících plochu až 167 milionů ha (Qiu, 2012). Produkce bionafty za r.2012 je odhadována na 568 milionů litrů (Scott and Junyang, 2012).

10. 4 Vládní program na podporu biopaliv

Následkem vysokého růstu čínské ekonomiky roste počet automobilů v této zemi velmi zásadně. Čínský automobilový trh se svými 7,28 miliony prodaných aut v roce 2006 předstihl trh v Japonsku a stal se druhým největším trhem světa. To vede ke zvýšení spotřeby ropy a jejího dovozu a též ke zhoršování kvality ovzduší (až 79% znečišťujících látek v ovzduší pochází z dopravy). Mezinárodní agenturou pro energii (IEA) bylo odhadnuto, že spotřeba ropy pro účely dopravy poroste do r.2030 o 5,3% ročně. Co činí tento problém ještě tíživějším je fakt, že prokázané zásoby ropy na území Číny činí pouze 1,2% z celosvětových zásob této suroviny (2008). Pokud vezmeme v potaz, že Čína je po USA druhým největším spotřebitelem ropy, tak je nasnadě, že je třeba řešit nejen problematiku jejího dovozu, ale především maximální podporu pro alternativní zdroje energie (Koizumi, 2011).

Podpora biopaliv a obecně energie z biomasy započala v Číně v r.2001, kdy byl ustanoven „Pětiletý plán pro období 2001-2005“ (Koizumi, 2011). Pro zavedení biopaliv na běžný trh a zajištění jejich určité spotřeby, čínská vláda zvolila v r.2002

pilotní projekt podpory paliva E10 (směs 90% benzínu a 10% bioethanolu) v pěti čínských městech. O dva roky později tento projekt úspěšně expandoval do celkem 27 měst a pěti provincií (Qiu, 2012). V těchto provinciích bylo na vládní úrovni dokonce ustanovena povinnost přimíchávat 10% biosložky – bioethanolu do běžného benzínu (Koizumi, 2011). V roce 2008 se provincie Guangxi připojila k projektu komercializace biopaliva na bázi manioku. Určitým rizikem pro rozvoj bioethanolu jako automobilového paliva a pro utváření jeho ceny na trhu by mohla být skutečnost, že veškerý bioethanol, jakožto i všechna ostatní automobilová paliva musí projít před samotným prodejem koncovým zákazníkům některou ze tří státem vlastněných ropných společností. Tyto společnosti zajišťují jak míchání biopaliva s benzínem, tak i skladování a rozvoz této směsi do sítě čerpacích stanic (Qiu, 2012). Dle mého názoru, vstup soukromých podnikatelských subjektů do tohoto odvětví by vytvořil konkurenční prostředí a měl by veskrze pozitivní vliv na výslednou cenu paliva, nabízeného motoristům.

Bionafta se ovšem, na rozdíl od bioethanolu netěší zdaleka takové podpoře. Vládou není toto palivo v současnosti propagováno jako alternativa ke klasické naftě, tudíž nebyl zaveden ani žádný vládní program na podporu její výroby a spotřeby. Bionafta je spíše používána jako palivo do stavebních strojů, popř. se dodává do malých továren. Protože toto odvětví průmyslu ve státem velmi málo regulováno, lze pozorovat silný vliv z privátního sektoru. Na druhou stranu, vlivem značného potenciálu rostliny *Jatropha curcas L.* začínají tři největší, státem vlastněné ropné společnosti investovat do tohoto odvětví, takže v dohledné budoucnosti lze očekávat nejen nárůst spotřeby bionafty, ale i nějaký podpůrný program (Qiu, 2012).

10. 5 Perspektivy rozvoje biopaliv

Podle jedenáctého „Pětiletého plánu rozvoje obnovitelné energie v Číně“, produkce bioethanolu z nepotravinových surovin bude udávat budoucí směr rozvoje bioethanolu v zemi. Z této kategorie se největší naděje vkládají do sladkého čiroku a manioku, pokud hovoříme o produkci bioethanolu. Protože použité rostlinné oleje a jiné odpadní oleje nedokáží zajistit potřebnou kvalitu výsledné bionafty a nepokryjí rostoucí poptávku po tomto biopalivu, řepkový olej je odborníky považován za jednu z nejvhodnějších surovin (Wang, 2009).

Komerční výroba bionafty z plodin jako je *Jatropha curcas L.* se zdá být ještě nadějnější, ale vlivem zásadních nedostatků uvedených výše je toto zatím hubdou

vzdálenější budoucnosti. Přestože produkce biopaliv v Čínské lidové republice rok od roku stoupá, rozvoj tohoto odvětví je v zemi stále v počáteční fázi a bude třeba vyřešit řadu problémů na cestě za širokým komerčním využitím alternativních paliv – bioethanolu a bionafty. Mezi nejzásadnější úkoly patří vyšlechtění takových odrůd plodin, které budou vysoce odolné vůči nemocím a škůdcům, schopné adaptace na nepříznivé podmínky prostředí a také budou disponovat vysokou výnosností (Wang, 2009).

Technická inovace stávajících výrobních technologií za účelem maximální efektivity a zároveň co nejnižší ceny výsledného produktu je též úkolem hodným pozornosti a vědeckého zájmu (Wang, 2009). Mimo jiné, rozvoj dopravní infrastruktury a účelné umístování zdrojů vstupních surovin za cílem snížení vedlejších nákladů je taktéž důležitou částí mozaiky čínského biopalivářského průmyslu. Co možná největší podpora producentů energetických plodin a snaha o minimalizaci škod na životním prostředí by měly být základními pilíři snahy této nejjobydenější země světa o ovládnutí světového trhu s biopalivy (Qiu, 2012).

11. Ekologické vedlejší efekty produkce kapalných biopaliv

11. 1 Odlesňování Amazonského pralesa

Amazonský deštný prales pokrývá většinu povodí Amazonky, představuje přes polovinu rozlohy všech deštných pralesů na Zemi a je považován za území s nejvyšším druhovým bohatstvím. Přes 60% rozlohy patří Brazílii, nicméně ta se vlivem odlesňování stále zmenšuje (Janssen and Rutz, 2011).

V současnosti mezi hlavní důvody patří těžba dřeva, komerční zemědělství a vytváření nových ploch pro pastvu dobytka. V poslední době sílí hlasy, které tvrdí, že rozvoj biopaliv též přispívá ke snižování rozlohy pralesa. Je třeba vzít v potaz, že pro cukrovou třtinu nejsou klimatické podmínky Amazonie příhodné. Někteří ovšem zmiňují fakt, že vlivem expanze pěstování cukrové třtiny budou ostatní plochy (pro pěstování kukuřice, pastvu dobytka apod.) vytlačeny na území pralesa. Otázkou je, do jaké míry tento tlak nepovede např. k intenzifikaci chovu dobytka za předpokladu nedotčení cenného biomu (Janssen and Rutz, 2011).

V případě pěstování sóji už je spojitost s odlesňováním užší. Rozšiřování pěstebních ploch na území pralesa začalo koncem 90. let vlivem rostoucí poptávky, nízkými cenami půdy a narůstající dopravní infrastrukturou v jihovýchodní části Amazonie. K nepřímé deforestaci dochází rozšiřováním sójových plantáží na bývalé pastviny, které farmáři výhodně prodali, posléze nakoupili levné pozemky na území pralesa a zisk použili na rozšíření svých stád. Obsah oleje v sójových bobech je ovšem pouze 18% a hlavní část bobů je používána jako krmivo, takže odlesňování následkem expanze pěstování sóji nelze přičítat pouze biopalivům, ale celému odvětví pěstování sóji (Janssen and Rutz, 2011).

11. 2 Vliv destrukce tropických savan na místní biodiverzitu

Brazilské savany, zvané *Cerrado*, představují druhý nejrozsáhlejší biom země s více než 200 miliony hektarů a obrovskou mírou biodiverzity jak flory, tak i fauny. Tyto savany jsou hlavní oblastí produkce hovězího masa - více než třetina celostátní produkce v r.2010 (Castanheira et al., 2013). Ovšem díky zavlažování a zvýšení pH půdy přidavkem vápna a fosforu se staly tyto oblasti důležitými zemědělskými centry pěstování soji, kukuřice, rýže, resp. pastevectví (Janssen and Rutz, 2011). Odhaduje se, že během pouhých 35 let byla více než polovina brazilských savan přeměněna na intenzivně využívané zemědělské plochy (Castanheira et al., 2013).

V současnosti oblast čelí ohrožení z důvodu převažujících monokultur sóji. A právě posun od drobného farmaření k rozsáhlým monokulturním plantážím sóji má negativní vliv nejen na biodiverzitu lokality, ale nepřímo ovlivňuje i míru odlesňování Amazonského pralesa, poněvadž drobní rolníci a pastevci jsou nuceni hledat nové plochy k obhospodařování a ty nachází často na území pralesa. Při budoucím navrhování udržitelného rozvoje biopaliv je tudíž třeba zavést taková opatření, aby si tyto cenné lokality i nadále udržely svůj původní charakter (Castanheira et al., 2013).

11. 3 Vliv na změnu využití území (*land-use change*)

Od r. 1980, kdy vlastně biopaliva zažívala v Brazílii obrovský rozmach, se událo několik důležitých změn ve využití určitých území. Snížily se celkové plochy přírodních pastvin, resp. lesních plantáží a zvýšily se celkové plochy pro ostatní účely – orná půda, pastevní plantáže apod. Přírodní pastviny dominovaly brazilské krajině

až do r.1985, kdy je vystřídaly pastevní plantáže, následkem stále rostoucích populací dobytka. O deset let později celková rozloha krajin poklesla, zejména intenzifikací chovu dobytka (Castanheira et al., 2013).

Rozloha orné půdy od zavedení programu na rozvoj bioethanolu též roste, dokonce se téměř zdvojnásobila. Hlavní zásluhu na tomto nárůstu má soja a cukrová třtina. Na druhou stranu je třeba zmínit nepříznivou skutečnost, že dřívější různorodost pěstovaných plodin je v současné době nahrazována dominancí jedné plodiny (Castanheira et al., 2013).

11. 4 Znečištění atmosféry

Jedním z cílů, kterých Čína chce dosáhnout pomocí mohutné podpory biopaliv je zlepšit situaci v oblasti znečištění ovzduší. Mnoho obyvatel žije ve městech, kde se vyskytují jedny z nejvyšších koncentrací škodlivých látek na světě. Látky jako oxidy dusíku, oxid siřičitý nebo pevné částice výrazně negativním směrem ovlivňují jejich zdraví a též mají za následek velké množství předčasných úmrtí. A přestože spalování uhlí jako zdroj znečišťujících látek stále dominuje, růst spotřeby benzínu a nafty tomuto negativnímu trendu značnou měrou přispívá. Používáním biopaliv, konkrétně paliva E10 (běžně použitelná směs 90% benzínu a 10% bioethanolu) lze snížit výfukové emise u SO_x o 46%, u CO o 36% a u emisí skleníkových plynů (GHG) o 12%. Výměnou klasické nafty za bionaftu je možné zmírnit znečištění ovzduší o 80% nižší produkcí SO_x, o 43% nižší produkcí CO a o 78% nižší produkcí CO₂. Na druhou stranu, studie oponentů tvrdí, že na rozdíl od fosilní nafty jsou emise NO_x o desetinu vyšší (Global Subsidies Initiative, 2008).

Z pohledu analýzy životního cyklu (LCA) biopaliv již snížení jednotlivých složek emisí není tak výrazné, nicméně jak je patrné z Tab.6., u oxidu uhelnatého je snížení emisí stále nezanedbatelných 25%. Ovšem látka, která u výfukových emisí vykazovala nejvyšší procentuální snížení množství emisí, vykazuje v LCA hodnoty zcela opačné. U oxidů dusíku dochází u paliva E10 ke zvýšení jeho množství o 18% (Global Subsidies Initiative, 2008).

Tab.6. : Analýza životního cyklu (LCA) : Srovnání množství emisí klasického benzínu a paliva E10 – v g/km (Global Subsidies Initiative, 2008)

	těkavé organické látky	oxid uhelnatý	oxidy dusíku	extrémně malé částice	oxidy síry	emise skleníkových plynů
klasický benzín (g . km ⁻¹)	0,167	3,483	0,262	0,025	0,079	238,599
směsné palivo E10 (90% benzínu a 10% bioethanolu) (g . km ⁻¹)	0,146	2,629	0,265	0,023	0,094	233,827
Zlepšení/zhoršení (v %)	-13	-25	+1	-10	+18	-2

Rozmachem pěstování energetických plodin pro výrobu biopaliv nevyhnutelně dochází i k přeměně původních biotopů na člověkem obdělávané plochy, kde je možno tyto plodiny pěstovat. A právě přeměnou lesů a luk dochází k produkci značného množství CO₂ (např. vypalování) (Global Subsidies Initiative, 2008).

Toto množství může být vykompenzováno nižším množstvím CO₂, vypouštěného z výfuků, nicméně než se tak stane, budou mít biopaliva s původem na takovýchto plochách čisté emise skleníkových plynů vždy vyšší, než mají paliva klasická. Řešením tohoto problému by bylo podrobovat přeměně taková území, která jsou postižena erozí, bez vegetačního krytu, jako činí v jihozápadní Číně při produkci semen rostliny *Jatropha* (Global Subsidies Initiative, 2008).

11. 5 Degradace půdy

Půda je jedním ze základních zdrojů, bez kterých by nebylo možno vyprodukovat žádné potraviny pro závratně rostoucí počet obyvatel Země, nýbrž ani žádné suroviny pro výrobu biopaliv. Degradace půdy je definována jako pokles jejího produktivního potenciálu a ekonomické hodnoty. Degradace pedosféry je též následkem činností, jakými jsou přílišná intenzita pastvy, přílišná kultivace (orbou apod.), zamokření a zasolení zavlažovaných ploch, odlesnění či chemické znečištění hnojivy (European Commission, 2013).

Plodiny, v současnosti nejvíce používané pro výrobu biopaliv vyžadují pro poskytnutí adekvátních výnosů vysoce kvalitní zemědělskou půdu, pravidelné zavlažování a v neposlední řadě hnojiva a pesticidy pro podporu růstu, resp. na obranu

proti škůdcům. Významný dopad na půdu má též její obdělávání, která zejména kukuřice či řepka vyžadují. Nevhodná orba zvýší erozi půdy, sníží množství půdní organické hmoty a naruší se přirozená struktura půdy. Intenzifikace pěstování biomasy a využívání těžké techniky při sklizni též může vést ke zhutnění půdy, jehož průvodními jevy jsou snížení schopnosti infiltrace a ztráta biodiverzity v půdním profilu. Taktéž nerespektování dlouhodobé udržitelnosti při aplikaci hnojiv může vést ke značnému zhoršení její kvality (European Commission, 2013).

Biopaliva druhé generace, vyráběná mimo jiné z rostlinných zbytků s sebou přináší obrovskou výhodu v podobě nulového záboru dalších ploch pro pěstování. Ale je stále velkou neznámou, které části rostlinných zbytků mohou být odebírány z lesů a polí, za předpokladu zachování hlediska udržitelnosti. Tyto zbytky totiž obsahují živiny, jež přispívají vysoké produktivitě půdy. Také udržují obsah uhlíku v půdě, chrání ji proti erozi a pozitivně působí na půdní biodiverzitu. Určitým příslibem pro zachování vitality půdy by mohlo být pěstování dřevin pro účely zpracování dřevní biomasy na biopalivo. Poněvadž kořeny těchto dřevin pomáhají půdu stabilizovat, brání erozi, zvyšují zadržování vody a látek v půdě a též pomáhají fixovat dusík v půdě (European Commission, 2013).

11. 6 Spotřeba vody a její znečištění

Mnoho rostlin v současné době používaných pro produkci biopaliv, zejména kukuřice, cukrová třtina a olejnaté palmy vyžadují poměrně vysoký příděl vody. Mnoho z nich je navíc pěstováno v oblastech s nedostatečnými úhrny srážek, tudíž je produkce úzce vázána na umělé zavlažování. Pro ilustraci, brazilská produkce cukrové třtiny je ze 75% závislá na umělém zavlažování. V případě biopaliv druhé generace je situace mnohem příznivější. Množství vody potřebné k výrobě jednotky energie z lignocelulózního materiálu je 3-7x nižší, než v případě výroby stejné energetické jednotky z kukuřice (European Commission, 2013).

Vhodným jednotícím prvkem pro různé vstupní suroviny a spotřebované množství vody je ukazatel vodní stopy. Vodní stopa kukuřice, resp. řepky činí 2500l vody na 1l vyprodukovaného biopaliva. Čirok, vyznačující se vysokou efektivitou využití přijaté vody má nicméně vodní stopu čtyřnásobně větší, celých 10 00l na litr biopaliva. A co se týče favorizované rostliny *Jatropha curcas L.*, tak některé studie tvrdí, že pro rentabilní produkci olejnatých semen je třeba též zavlažovat. Poté ovšem stoupne vodní stopa takového biopaliva na 6000l vody na litr biopaliva. V samotném

výrobním procesu je spotřeba vody minoritním faktorem, během výroby jednoho litru bioethanolu se spotřebuje od 2,5 do 30 litrů vody – záleží na vstupní surovině a výrobním procesu (European Commission, 2013). Proto, aby se Čína vyvarovala páchání dalších škod na přírodním prostředí, je třeba vybudovat sofistikované zařízení na úpravu vody a zřídít cirkulaci znečištěné vody celým výrobním procesem, místo jejího vypouštění (Qiu, 2012). Zacyklením oběhu provozní vody dojde též ke zmírnění tepelného znečištění přírodního prostředí (European Commission , 2013).

Znečištění vody při výrobě biopaliv má primárně za následek užívání příliš velkého množství či nevhodných druhů hnojiv a pesticidů. Hnojení obdělávaných půd má za následek zlepšení podmínek pro růst rostlin, jelikož hnojiva obsahují pro růst nezbytné prvky, jakými jsou dusík a fosfor. Ovšem, pokud se hnojiv používá příliš, začnou tyto látky negativně ovlivňovat kvalitu povrchových i podpovrchových vod. To se samozřejmě promítne do navýšení ceny za vodárenskou úpravu takto znečištěných vod. Z dlouhodobějšího pohledu je nicméně nejvíce alarmující fakt, že nadbytek těchto látek způsobuje eutrofizaci řek, stojatých vod i moří. S rostoucím tempem nárůstu řas se přímo úměrně snižuje biodiverzita těchto vodních ekosystémů (European Commission , 2013).

Další problém spočívá v používání pesticidů na hubení škůdců. Zatímco rozvinuté země (Evropa, USA) se snaží vyvíjet efektivnější a méně škodlivé produkty, ostatní země používají dovezené produkty, které byly v rozvinutých zemích zakázány. Organizace pro výživu a zemědělství (FAO) ovšem již pracuje na řešení tohoto problému (European Commission , 2013).

12. Sociální vedlejší efekty produkce kapalných biopaliv

12. 1 Potravinová bezpečnost

Organizace pro výživu a zemědělství definuje potravinovou bezpečnost jako „situaci, ve které všichni lidé mají kdykoliv přístup k dostatečnému množství bezpečné a výživné potravy k uspokojení jejich dietních potřeb a potravních preferencí pro naplnění aktivního a zdravého života“ (Nogueira and Capaz, 2013). Konkurence mezi pěstováním potravin a surovin na výrobu biopaliv je jedním z hlavních zdrojů obav v oblasti sociálních dopadů (Janssen and Rutz, 2011).

Problém nabývá na významu zejména v rozvojových zemích, kde lidé utratí většinu svého příjmu na nákup potravin. V obecné rovině bylo skutečně potvrzeno, že rozšiřující se produkce biopaliv má za následek vyšší ceny zemědělských komodit na světovém trhu, ovšem význam této skutečnosti na zvyšování cen potravin se napříč studii velmi liší a závisí na radě parametrů (výnosy ze sklizně, spekulace s komoditami apod.). Na druhou stranu, pro chudé obyvatele je zde možnost profitovat z produkce biopaliv. Rozvoj tohoto sektoru nabízí rozvojovým zemím příležitost k přílivu nových investic do zemědělství, což pomůže rozvoji venkova a snížit míru chudoby (Janssen and Rutz, 2011).

12. 2 Vliv na pracovní podmínky a příjmy

Produkce cukru a ethanolu je významným odvětvím brazilské ekonomiky, představující okolo 3% hrubého domácího produktu. Bioethanolový průmysl je také zodpovědný za vytvoření mnoha pracovních míst (De Almeida et al., 2007). Odhaduje se, že přímo je v tomto sektoru zaměstnáno 400 tisíc a ve srovnání s ropným průmyslem vytváří produkce bioethanolu 32x více pracovních míst na jednotku vyrobené energie (Nogueira and Capaz, 2013).

Realita je ovšem taková, že naprostá většina těchto míst jsou práce na třtinových plantážích. Tuto práci zastávají nekvalifikovaní pracovníci a jejich pracovní podmínky rozhodně nejsou ideální – těžkou manuální práci vykonávají 10-15 hodin denně za vysokých teplot a vypalování podrostu za účelem usnadnění sklizně též nemá na jejich zdraví příznivý vliv. Producenti oponují, že pracovní podmínky a především platy jsou na lepší úrovni než v ostatních zemědělských sektorech. Dalším mínusem je, že tato nově vzniklá pracovní místa jsou pouze sezonního charakteru a pracovníci jsou zaměstnaní jen 6-7 měsíců v roce. Je třeba zmínit, že tyto sociální problémy nejsou stejné na celém území Brazílie, severovýchodní region na rozdíl okolí Sao Paula je mnohem méně technologicky vybaven a sklizeň se zde provádí téměř výhradně ručně (De Almeida et al., 2007).

A právě zvýšení mechanizace celého procesulepší pracovní podmínky, produktivitu i platy. Úroveň zaměstnanosti se sice sníží, ale toto snížení bude zároveň kompenzováno expanzí celého sektoru. Odborné odhady hovoří o tom, že každé zvýšení produkce cukrové třtiny o 100 tun bude zodpovědné za vznik 125 000 přímých a 136 000 nepřímých pracovních míst, což téměř pokryje počáteční pokles (De Almeida et al., 2007). Nárůst produkce bioethanolu poskytuje ovšem i jiné benefity

v zainteresovaných oblastech – zejména snížení negramotnosti (prodloužením doby vzdělávání) a významná je i redukce najímaných nezletilých pracovníků (Nogueira and Capaz, 2013).

Studie ukazují, že v případě rozvoje produkce bionafty lze taktéž s největší pravděpodobností očekávat vytváření pracovních míst, zlepšování pracovních podmínek a zvýšení příjmů. Brazilská vláda plánuje vytvořit na 200 000 pracovních míst a podporovat v produkci biopaliva zejména malé farmáře (Nogueira and Capaz, 2013).

12. 3 Poškození zdraví pracovníků jako důsledek vypalování podrostu

Na území Latinské Ameriky ve v současnosti cukrová třtina sklízena převážně ručním způsobem. Plantáže jsou cíleně vypalovány za účelem usnadnění sklizně a vyhnání jedovatých živočichů. Studiemi bylo zjištěno, že emise z tohoto vypalování mají značně negativní vliv na zdraví nejen pracovníků, ale i lidí v přílehlém okolí (Janssen and Rutz, 2011).

Časové analýzy ukázaly, že vypalování přispívá ke vzniku vysokého krevního tlaku, astmatu a o obecných respiračních obtížích. Hoření biomasy je převládajícím zdrojem částic PM_{2,5} během období vypalování a naměřené koncentrace těchto částic byly v okolních městech o 100% vyšší než mimo něj (Scovronick and Wilkinson, 2013). Přičemž krátkodobá expozice těmto látkám (spolu s SO₂) má vliv na snížení funkce plic a zvýšení akutních respiračních chorob, dlouhodobá způsobuje nárůst respiračních symptomů v populaci (Hůnová a Janoušková, 2004).

12. 4 Zaměstnanost a rozvoj venkova

Vzhledem k tomu, že v Číně již funguje nebo v blízké budoucnosti začne fungovat řada továren na produkci biopaliv, očekává se, že toto odvětví nabídne značné množství nových pracovních míst. Národní rozvojová a reformní komise (NDRC) odhaduje, že roční produkce 100 000 tun bioethanolu zaměstná okolo 1000 lidí – včetně zaměstnanců zajišťujících produkci vstupních surovin a jejich transport. Čína si dala za cíl rozvojem tohoto odvětví především snižovat nezaměstnanost na venkově či přijímat do těchto provozů propuštěné státní zaměstnance, např. v provincii Jilin (Global Subsidies Initiative, 2008).

Na příkladu produkce manioku čínskými farmáři lze ilustrovat, jak může pěstování plodin pro produkci bioethanolu zvýšit jejich příjmy. Pokud cena manioku bude US\$ 68 / t a produkce na něm založeného biopaliva dosáhne 1 milionu tun, příjmy pěstitelů se zvýší o US\$ 137 ročně (Global Subsidies Initiative, 2008). Nicméně, podpora farmářů na vládní úrovni v podobě dotací je nezbytná. Dotace slouží především k zajištění stabilního výdělku i při slabé úrodě a též jsou tyto státní finance využívány ke zlepšení infrastruktury v zemědělských oblastech a na podporu pěstebních technologií (GreenFacts, 2008).

13. Závěr

Omezenost zásob fosilních paliv je bohužel nezvratitelným faktem a pokud chceme ve světě zachovat současnou úroveň ekonomického rozvoje a osobní mobility, je nezbytné věnovat úsilí a také nemalé množství finančních prostředků k nalezení takové náhrady, která se co možná nejvíce podobá současným fosilním palivům a v některých ohledech je i předčí. Pokud se totiž podíváme očima „běžného spotřebitele“ na současnou nabídku alternativních pohonů tak zjistíme, že příliš adekvátních možností neskýtá.

V kategorii plyných paliv můžeme mluvit o zkapalněném ropném plynu (LPG) či stlačeném zemním plynu (CNG), ovšem obě látky mají fosilní původ, tudíž i zmíněné omezené zásoby. Automobilovým průmyslem protěžovaný trend elektromobilů též není pro většinou společnost zatím přijatelný, poněvadž málokdo je ochoten zaplatit násobně vyšší pořizovací cenu za automobil se značně omezeným dojezdem a nutností mnohahodinového nabíjení. Rovněž otázka původu elektrické energie a posouzení životního cyklu elektromobilu je do značné míry problematická. Vodík je jistě velmi zajímavým bezemisním zdrojem energie, nicméně k jeho výraznějšímu podílu v dopravě zbývá ještě dlouhá cesta a nutnost vyřešení řady problémů, v čele s nákladnou výrobou a problematickým skladováním.

Podle mého názoru jsou kapalná biopaliva v současné době nejvhodnější náhradou za benzín či naftu. Jejich hlavní přednost spočívá v obnovitelnosti vstupních surovin. Odpadá též potřeba nákladného vývoje alternativní pohonné jednotky, způsob použití v automobilu se neliší od klasických kapalných paliv, založených na ropné bázi. Ovšem, vše má své pro a proti a tak je velmi důležité při rozvoji výroby a používání biopaliv dbát na zamezení či alespoň omezení poškozování životního

prostředí či negativních sociálních efektů, jakým je například ohrožení potravinové bezpečnosti.

Seznam použitých zkratk

B2 – motorová nafta s 2% biosložky

BTX – xylen

CO – oxid uhelnatý

CO₂ – oxid uhličitý

E85 – směsné palivo tvořené 85% bioethanolu a 15% benzínu

EURO – systém emisních norem pro automobily se spalovacím motorem

FAO – Organizace pro výživu a zemědělství

HC – nespálené uhlovodíky

IEA – mezinárodní agentura pro energii

KOH – hydroxid draselný

MERCOSUR – sdružení volného obchodu jihoamerických zemí

MEŘO – metylester řepkového oleje

NaOH – hydroxid sodný

NM – motorová nafta

NO – oxid dusnatý

NO_x – oxidy dusíku

PAH – polycyklické aromatické uhlovodíky

PAN – peroxy-acetylnitrát

PM – směs extrémně malých částic

PN – počet částic

SMN30 – směsná motorová nafta s 30% biosložky

SO₂ – oxid siřičitý

THC – celkové uhlovodíky

Seznam použité literatury

Agarwal A. K. (2007): Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines, *Progress in Energy and Combustion Science* 33, s. 233-271

Alonso-Pippo Walfrido, Luengo A. Carlos, Alberteris Morales Alonsoamador Lidice et al. (2013) : Practical implementation of liquid biofuels: The transferability of the Brazilian experiences, *Energy Policy* 60 (2013), s. 70 - 80

Auersvald Miloš, Matějovský Vladimír (2010) : Závěrečná zpráva II.etapy projektu Provozní zkoušky směsné motorové nafty SMN30, Ústav paliv a maziv a.s., cit.26. 4. 2014, dostupné online zde : <http://www.preol.cz/admin/files/pdf/Zprava-Preol-II-etapa.pdf>

Carioca J.O.B, Filho Hiluy J.J., Leal M.R.L.V et al. (2009) : The hard choice for alternative biofuels to diesel in Brazil, *Biotechnology Advances* 27 (2009), s. 1043 - 1050

Castanheira Geraldés Érica, Grisoli Renata, Freire Fausto et al. (2013) : Environmental sustainability of biodiesel in Brazil, *Energy Policy* 65 (2014), s. 680 - 691

Da Costa Augusto Carlos Antonio, Junior Pereira Nei, Aranda Gomes Alexandre Donato (2010) : The situation of biofuels in Brazil : New generation technologies, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14 (2010), s. 3041-3049

De Almeida Fagundes Edmar, Bomtempo Vitor Jose, De Souza E Silva Maria Carla (2007) : The Performance of Brazilian Biofuels : An Economic, Environmental and Social Analysis, *International Transport Forum*, 91 s.

European Commission (2013) : Assessing the impact of biofuels production on developing countries from the point of view of Policy Coherence for Development – Final Report, 177 s.

Freires M. Gaudêncio Francisco, Espíndola Gonçalo E. Thomas (2010) : Biodiesel in Brazil : Policies, Resources and Trends, Academia.edu, cit.17. 4. 2014, dostupné online zde :
http://www.academia.edu/3362370/Biodiesel_in_Brazil_Policies_Resources_and_Trends

Global Subsidies Initiative (2008) : Biofuels – At What Cost? Government support for ethanol and biodiesel in China, International Institute for Sustainable Development, 78 s.

Hoekman Kent S. (2008) : Biofuels in the U.S. – Challenges and opportunities, Renewable Energy 34 (2008), s. 14 - 22

Hönig Vladimír, Miler Petr, Hromádka Jan (2008): Bioetanol jako inspirace do budoucna, Listy cukrovarnické a řepařské 7/2008, s. 203 - 206

Hromádka Jan, Hromádka Jiří, Miler Petr et al. (2011): Využití bioethanolu jako paliva ve spalovacích motorech, Chemické listy 105 (2), s. 122 - 128

Hůnová Iva a Janoušková Svatava (2004) : Úvod do problematiky znečištění venkovního ovzduší, nakladatelství Karolinum, Univerzita Karlova v Praze, 144 s.

International Energy Agency (2007) : Energy Policies of IEA Countries - The United States, 2007 review, Iea.org, 193 s., cit.2. 5. 2014, dostupné online zde :
<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/us2007.pdf>

Janssen Rainer, Rutz Damian Dominik (2011) : Sustainability of biofuels in Latin America : Risks and opportunities, Energy Policy 39 (2011), s. 5717 - 5725

Kameš Josef (2004) : Alternativní pohon automobilů, nakladatelství BEN – technická literatura, Praha 2004, 232 s., ISBN : 80-7300-127-6

Koizumi Tatsuji (2011) : Biofuel Programs in East Asia : Developments, Perspectives and Sustainability, Environmental Impact of Biofuels, Intechopen.com, cit.15.3.2014, dostupné online zde :
<http://www.intechopen.com/books/environmental-impact-of-biofuels/biofuel-programs-in-east-asia-developments-perspectives-and-sustainability>

Kumar Niraj, Varun, Chauhan Ram Sant (2013) : Performance and emission characteristics of biodiesel from different origins : A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews 21 (2013), s. 633 - 658

Lindqvist Kajsa (2012): Emission standards for light and heavy road vehicles, AirClim Factsheet no: 25, Airclim.org, cit.16.4.2014, dostupné online zde :
<http://www.airclim.org/sites/default/files/documents/Factsheet-emission-standards.pdf>

Lopes M., Serrano L., Ribeiro I. et al. (2013) : Emission characterization from EURO 5 diesel/biodiesel passenger car operating under the new European driving cycle, Atmospheric Environment 84 (2014), s. 339-348

Miler Petr, Hromádka Jan, Hromádka Jiří et al. (2009): Zhodnocení ekologického potenciálu paliva E85, Listy cukrovarnické a řepařské 5-6/2009, s. 180-184

Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR (2005) : Návrh Dlouhodobé strategie využití biopaliv v České republice, Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, 2005, 161 s.

Nogueira Horta Augusto Luiz, Capaz Silva Rafael (2013) : Biofuels in Brazil : Evolution, achievements and perspectives on food security, Global Food Security 2 (2013), s. 117 - 125

OECD-FAO (2013) : Agricultural Outlook 2013, Chapter 3 : Biofuels, Fao.org, cit. 4. 5. 2014, dostupné online zde :

http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Oilcrops/Documents/OECD_Reports/OECD_2013_22_biofuels_proj.pdf

Pikunas Alvydas, Pukalskas Saugirdas, Grabys Juozas (2003): Influence of composition of gasoline-ethanol blends on parameters of internal combustion engines, *Journal of KONES*, International Combustion Engines 10, s. 3-4

Pokorný Zdeněk (1998) : Bionafta : ekologické alternativní palivo do vznětových motorů, Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství České republiky, Praha 1998, 43 s., ISBN : 80-7105-173-X

Qiu Huanguang, Sun Laixiang, Huang Jikun et al. (2012) : Liquid biofuels in China : Current status, government policies and future opportunities and challenges, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, s. 3095 - 3104

Rusco Frank (2012) : Biofuels infrastructure in the United States : Current status and future challenges, OECD, 13 s.

Sarkar Achinta, Chowdhuri Kumar Achin, Bhowal Jyoti Arup et al. (2012): The Performance and Emission Characteristics of SI Engine Running on Different Ethanol- Gasoline Blends, *International Journal of Scientific & Engineering Research* 3 (6), 7 s.

Scientific facts on Liquid Biofuels for Transport – Prospects, risks and opportunities, Greenfacts.org, cit. 20. 3. 2014, dostupné online zde :

<http://www.greenfacts.org/en/biofuels/>

Scott Ryan, Junyang Jiang (2012) : People´s Republic of China – Biofuels annual, Global Agricultural Information Network, 8 s., cit. 5. 5. 2014, dostupné online zde : http://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual_Beijing_China%20-%20Peoples%20Republic%20of_7-9-2012.pdf

Scovronick Noah, Wilkinson Paul (2013) : Health impacts of liquid biofuel production and use : A review, *Global Environmental Change* 24 (2014), s. 155 - 164

Smith L.A, Klenk L., Wood S. et al. (2013) : Second generation biofuels and bioinvasions : An evaluation of invasive risks and policy responses in the United States and Canada, Renewable and Sustainable Energy Reviews 27 (2013), s. 30 - 42

Sorda Giovanni, Banse Martin, Kemfert Claudia (2010) : An overview of biofuel policies across the world, Energy Policy 38 (2010), s. 6977 - 6988

Stattman L. Sarah, Hospes Otto, Mol P.J. Arthur (2013) : Governing biofuels in Brazil: A comparison of ethanol and biodiesel policies, Energy Policy 61 (2013), s. 22 - 30

Šebor Gustav, Pospíšil Milan, Maxa Daniel (2006a) : Využití kapalných biopaliv pro pohon motorových vozidel, Chemické listy 100 (s1), s. 30 - 35

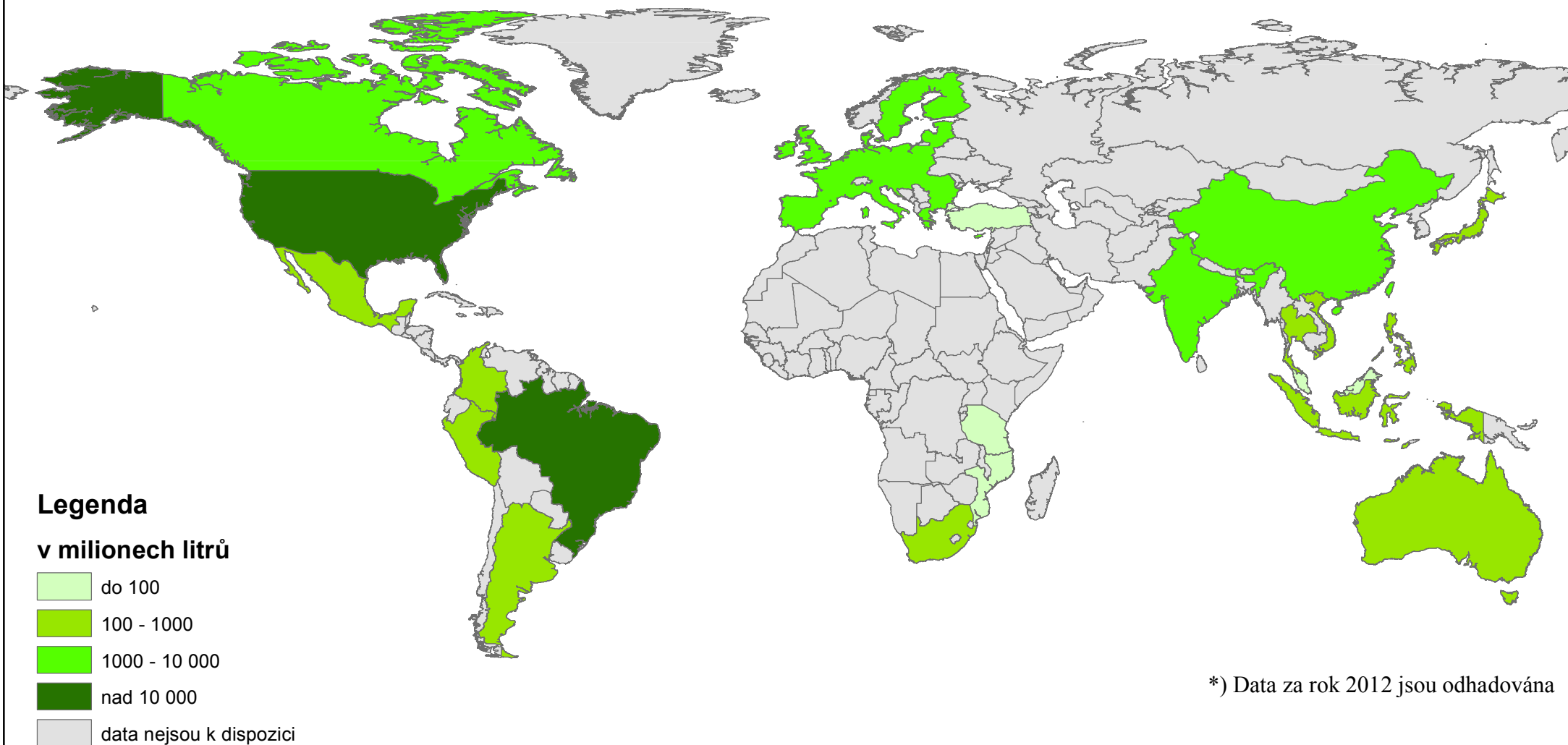
Šebor Gustav, Pospíšil Milan, Žákovec Jan b) (2006b) : Technicko-ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze - Ústav technologie ropy a petrochemie, Praha, 201 s.

Tyner E. Wallace (2008) : The US Ethanol and Biofuels Boom : Its origins, current status and future prospects, BioScience 58 (7), s. 646 - 653

U.S. Department of Energy (2010) : Current state of the U.S. Ethanol Industry, 48 s., cit.29. 4. 2014, dostupné online zde :
https://www1.eere.energy.gov/bioenergy/pdfs/current_state_of_the_us_ethanol_industry.pdf

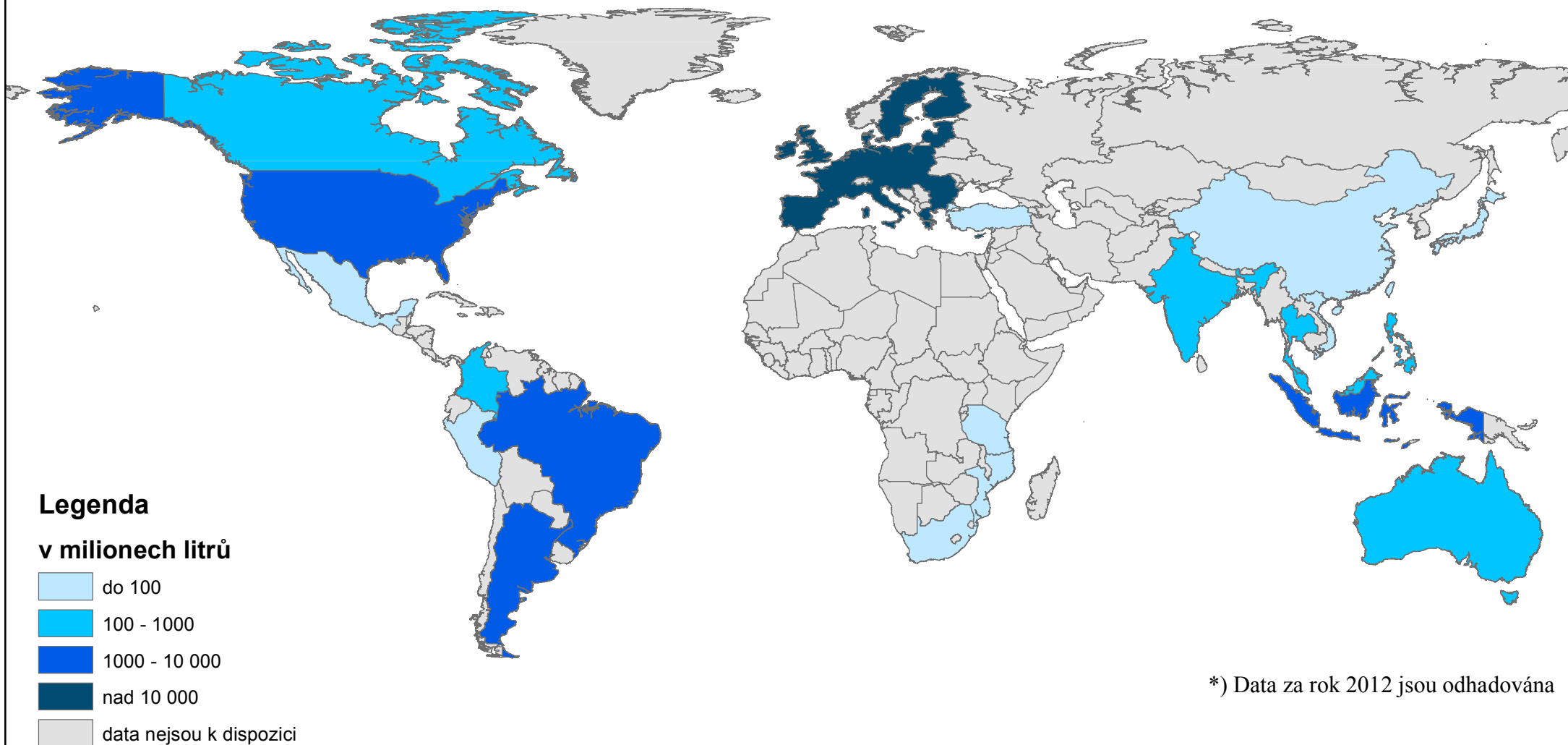
Wang Feng, Xiong Rong-Xue, Liu Zhao-Chun (2009) : Biofuels in China : opportunities and challenges, In Vitro Cell.Dev.Biol.-Plant 45 (2009) s. 342 – 349

Množství vyprodukovaného bioethanolu ve světě (průměr 2010-2012*)



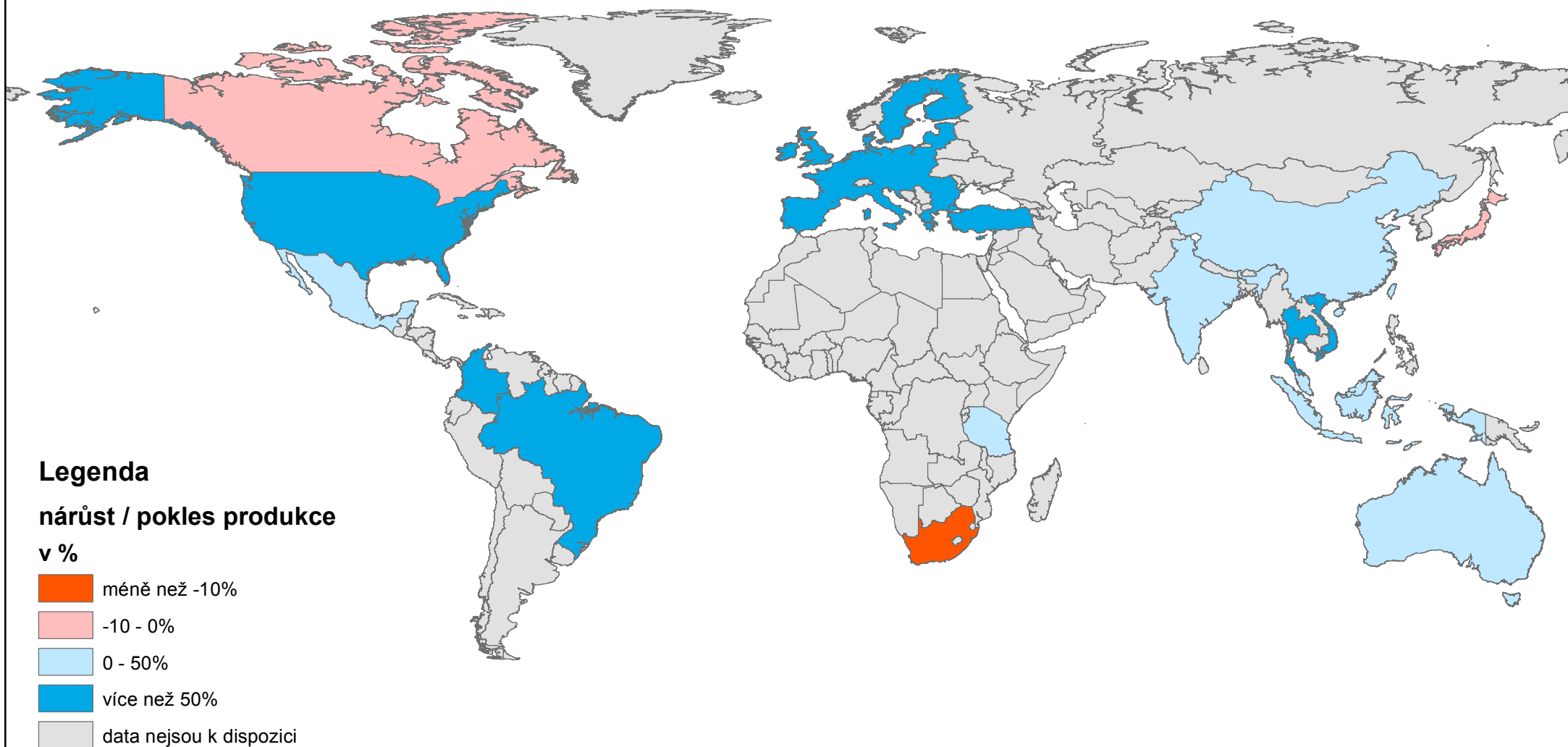
*) Data za rok 2012 jsou odhadována

Množství vyprodukované bionafty ve světě (průměr 2010-2012*)

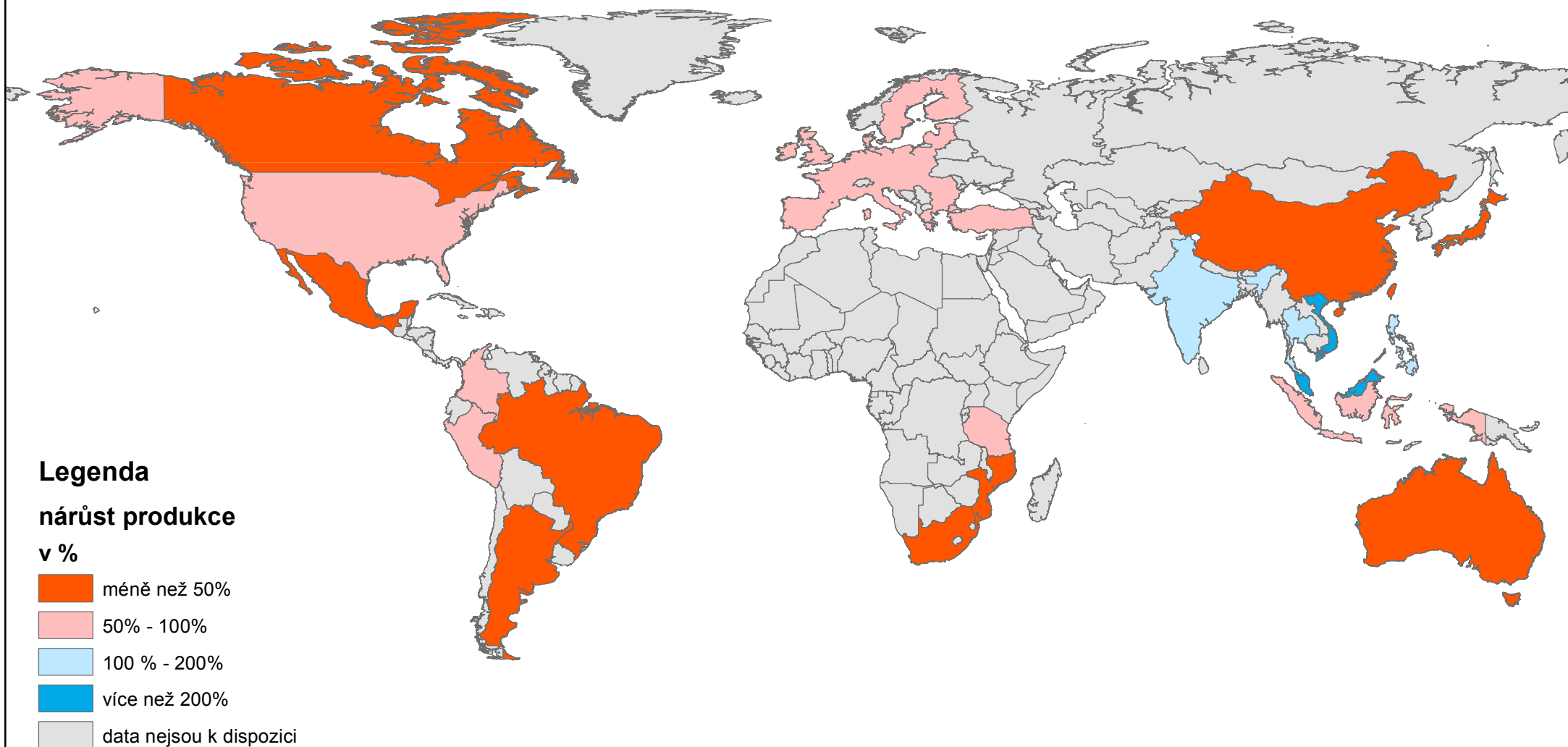


*) Data za rok 2012 jsou odhadována

Vývoj produkce bioethanolu ve světě vzhledem k r. 2022

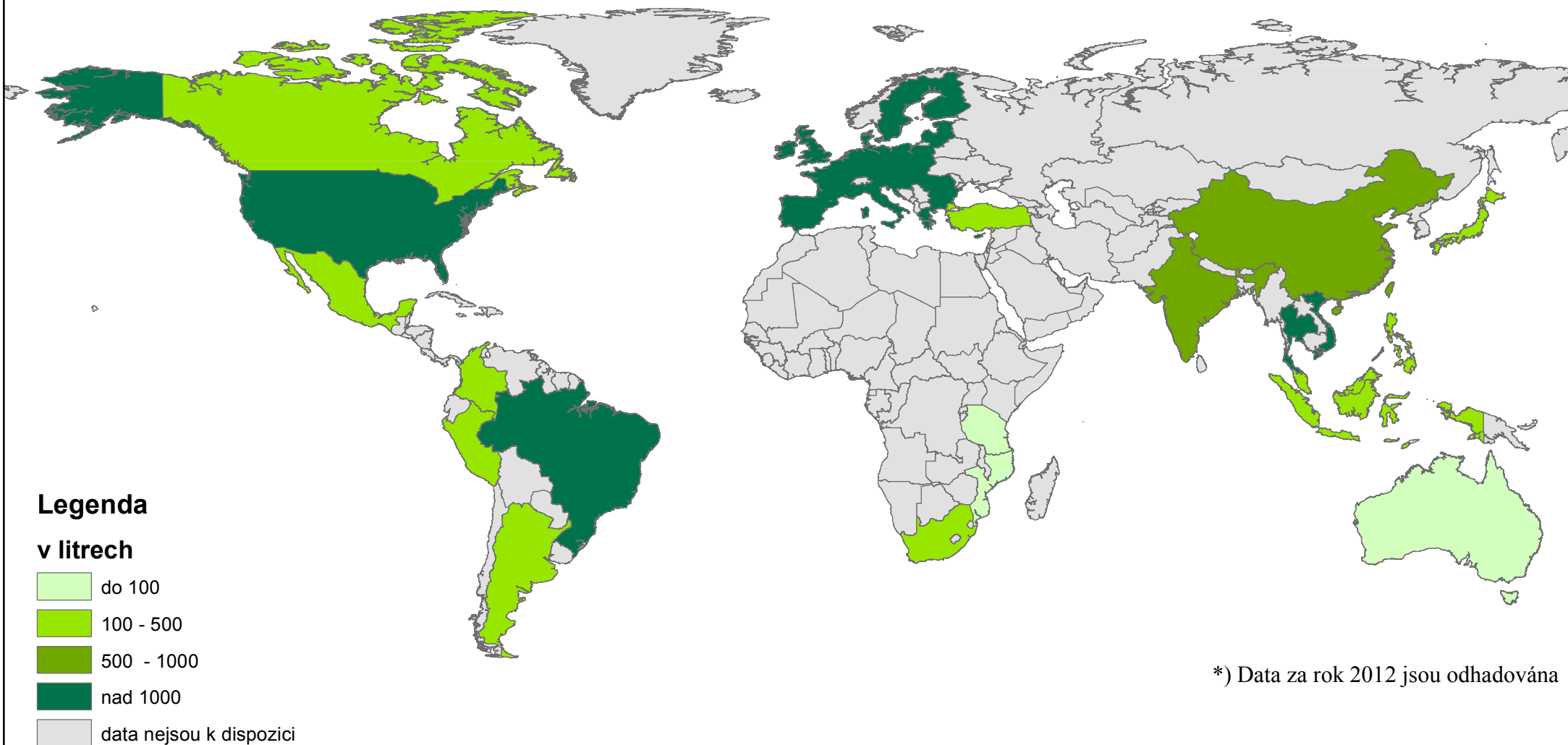


Vývoj produkce bionafty ve světě vzhledem k r. 2022



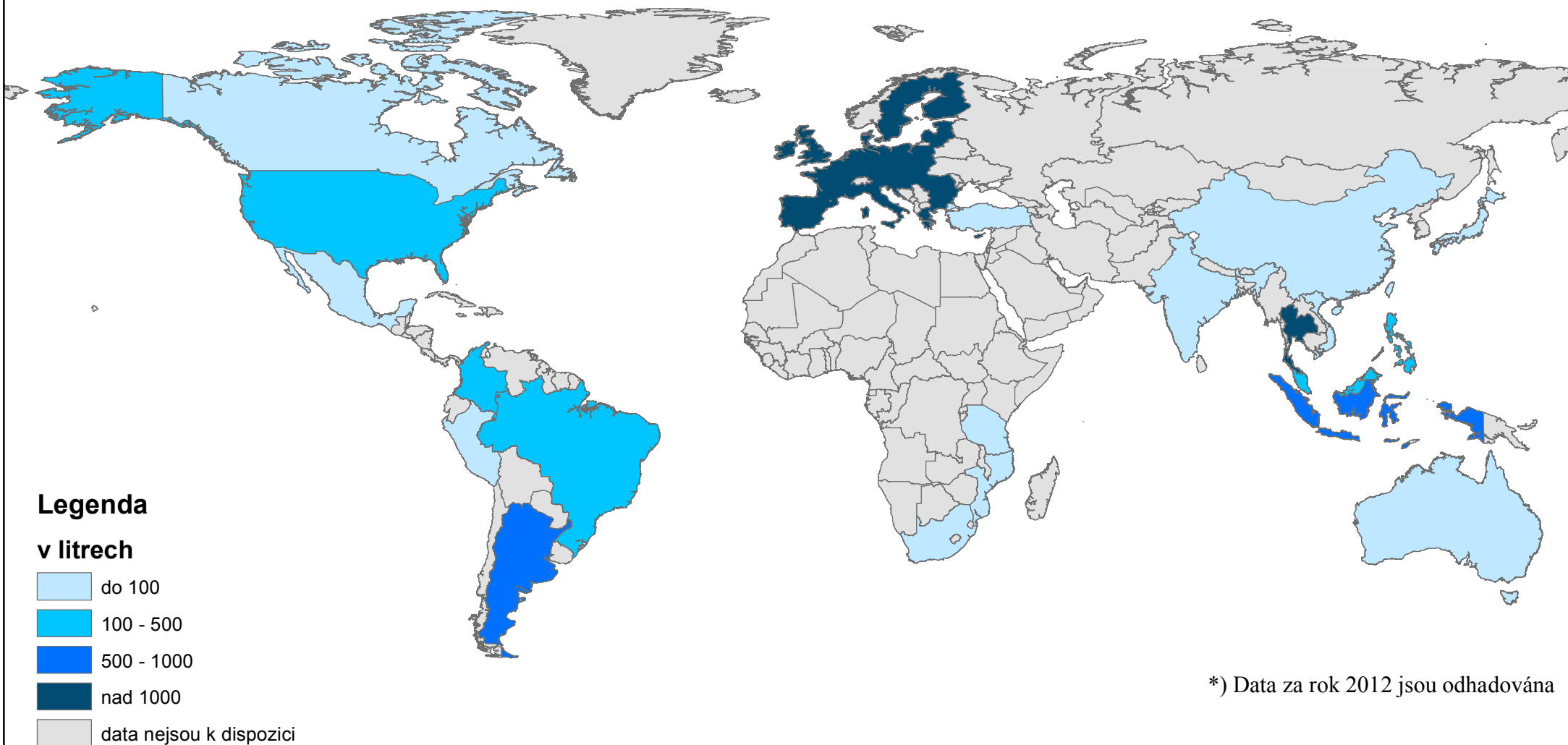
zdroj : http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Oilcrops/Documents/OECD_Reports/OECD_2013_22_biofuels_proj.pdf

Množství vyprodukovaného bioethanolu na 1 km² rozlohy státu (2010-2012*)



*) Data za rok 2012 jsou odhadována

Množství vyprodukované bionafty na 1 km² rozlohy státu (2010-2012*)



*) Data za rok 2012 jsou odhadována