

Česká zemědělská univerzita v Praze

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních
zdrojů**

Katedra rostlinné výroby



Důsledky produkce a využití biomasy

Autor práce: Bohdan Osoha

Vedoucí práce: Ing. Perla Kuchtová Ph.D.

© 2015 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci " Důsledky produkce a využití biomasy " jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 9.4. 2015

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval paní Ing. Perle Kuchtové PhD. za odbornou podporu při psaní práce a rovněž své rodině za trpělivost.

Důsledky produkce a využití biomasy

Souhrn

Konstantně rostoucí potřeba energie, závislost na omezených zásobách fosilních paliv a nepříznivé vlivy na životní prostředí s tím spojené vedou k rostoucí poptávce po obnovitelných zdrojích, mezi nimiž hraje biomasa významnou roli. Využití biomasy pro energii sahá daleko do historie a k jejím výhodám patří především dostupnost, více způsobů vyvinuté zkonverze i schopnost omezit emise skleníkových plynů.

Oborné odhady potenciálu využití biomasy pro energii se různí, což je dáno především rozdílnou metodikou výzkumu a obtížně předpověditelnou dostupností přírodních zdrojů, ty neoptimističtější předpovědi hovoří o schopnosti biomasy plně uspokojit světovou energetickou poptávku. Tento potenciál naráží na limity spočívající v multifunkčnosti využití půdy, kdy zejména zemědělství bude nuceno zajistit výživu pro expandující populaci.

Expanse pěstování energetické biomasy tak bude mít vliv na produkci potravin, jejich cenu, dostupnost vodních zdrojů a biodiverzitu. Současná rozšiřující se produkce tekutých biopaliv I. generace se stala problematickou pro životní prostředí a potravinovou bezpečnost.

Česká republika ke splnění cílů EU k dosažení významnějšího podílu obnovitelných zdrojů energie podporuje povinné užití tekutých biopaliv I. generace v dopravě. EU nyní přehodnocuje podporu těchto biopaliv s novými poznatky o malých či nulových redukcích skleníkových plynů. Produkční možnosti pěstování plodin pro biopaliva v ČR jsou omezené a mohou jen malým dílem uspokojit poptávku paliv. Intenzivní využívání půdy k pěstování plodin pro výrobu biopaliv může mít negativní dopady pro životní prostředí a potravinovou bezpečnost, ekonomika výroby biopaliv není v současnosti konkurenceschopná ropným produktům. Bude nutné zaměřit pozornost na podporu vývoje takové energie, která bude mít schopnost významněji zredukovat závislost na ropě s minimálními dopady pro životní prostředí a přírodní zdroje.

Klíčová slova:

obnovitelné zdroje energie, biomasa, biopaliva, bioenergie, skleníkové plyny, potravinová bezpečnost.

Consequences of the production and use of biomass

Summary

Steadily growing energy consumption, dependence on limited supplies of fossil fuels and the associated environmental impacts result in an increasing demand for renewable energy sources, among which of them biomass plays an important role. Utilization of biomass for energy has historical background, its advantages are mainly availability, variability of developed methods conversion and the ability to reduce greenhouse gas emissions.

The scientific studies estimating the potential of biomass to provide energy, have wide amplitude of outcomes, which is primarily due to the different methodology of research and difficulty to assess the availability of natural resources, the most optimistic predictions conclude, that biomass production could fully meet the world's energy demand. This potential is limited due to multifunctional land use, especially when agriculture will face challenges to feed the expanding population. Large scale cultivation of biomass for energy will have probably an impact on food production, cost, availability of water resources and biodiversity. Recent expansion of cultivating crops for biofuels I. generation has become problematic for the environment and food security.

The Czech Republic to meet the EU targets for achieving a more significant share of renewable energy, supports the compulsory use of liquid biofuels I. generation for transport. The EU is now reassessing support these biofuels under emerging knowledges about small or zero greenhouse gas reduction. Production ability of crops for biofuels in the Czech Republic are very limited and could only insignificantly cover demand for transport fuels. Expansion of intensive cultivation crops for biofuel production could have negative consequences for the environment and food security, the economy of biofuel production is not currently competitive with petroleum products. We should need to shift our focus on promoting the development of such energy, which will have the ability to significantly reduce dependence on oil with minimal impact on the environment and natural resources.

Keywords: renewable energy sources, biomass, bioenergy, biofuels, food security.

Obsah

1.	Úvod.....	1
2.	Cíl práce.....	2
3.	Literární rešerše.....	3
1.1	Fytoenergetika jako obnovitelný zdroj energie a její role na světovém trhu 3	
1.2	Energetická biomasa a její využití.....	5
1.3	Produkce a využití záměrně pěstované energetické biomasy.....	6
1.4	Technologie zkonverze biomasy na energii.....	7
1.4.1	Termochemická zkonverze.....	7
1.4.2	Biochemická konverze.....	7
1.5	Potenciál využití biomasy pro pokrytí světové poptávky energie	9
1.5.1	Globální energetická spotřeba	9
1.5.2	Energetický potenciál biomasy.....	10
1.6	Ekonomika využití energetické fytomasy.....	12
1.6.1	Výroba tepla	12
1.6.2	Výroba elektřiny	12
1.6.3	Tekutá biogenní paliva	12
1.6.4	Bioetanol.....	13
1.6.5	Bionafta	14
1.7	Dopady globálního rozšíření fytoenergetiky	16
1.7.1	Půda	16
1.7.2	Dostupnost půdy pro bioenergii.....	16
1.7.3	Vliv pěstování energetické biomasy na půdu.....	16
1.7.4	Pěstování energetických plodin na degradovaných a marginálních půdách 17	
1.8	Bezpečnost produkce potravin.....	19
1.8.1	Definice potravinové bezpečnosti.....	20
1.8.2	Dostupnost potravin.....	20
1.8.3	Vliv na cenu potravin	21
1.8.4	Expanze biopaliv	21
1.8.5	Dopady pro venkovské oblasti	21
1.9	Vliv bioenergetiky na vodní zdroje	22
1.9.1	Světová potřeba vody – situace	22
1.9.2	Dostupnost vody.....	22
1.9.3	Voda a zemědělství.....	22
1.9.4	Vliv pěstování energetických plodin na vodní zdroje.....	23
1.9.5	Vodní stopa fytoenergetiky	23

1.10 Skleníkové plyny	26
1.10.1 Globální emise skleníkových plynů	26
1.10.2 Zemědělství a skleníkové plyny.....	27
1.10.3 Vliv expanze bioenergie na emise skleníkových plynů	27
1.11 Biodiversita	31
1.11.1 Vliv podpory a expanze tekutých biopaliv na biodiverzitu – situace ve světě	32
4. Studie - Perspektivy fytoenergetiky, analýza produkčních možností a možné dopady na potravinovou bezpečnost a životní prostředí v ČR.....	33
1.12 Materiál a metody.....	33
1.13 Skladba obnovitelných zdrojů v ČR	33
1.14 Problematika tekutých biogenních paliv	35
1.14.1 Legislativa ve vztahu k tekutým biopalivům	35
1.15 Posouzení produkčních možností, environmentálních dopadů a ekonomiky pěstování plodin pro tekutá biopaliva.	37
1.15.1 Řepka olejná	37
1.15.2 Cukrová řepa pro výrobu bioetanolu	40
1.15.3 Stanovisko Evropské komise k udržitelnosti biopaliv I generace v konfrontaci s postojem Vlády ČR.....	42
1.15.4 Odhad produkčních možností energetické biomasy pro biopaliva II. generace	42
1.15.5 Swot analýza.....	45
5. Diskuze	47
6. Závěr a doporučení	49
7. Seznam použitých zdrojů	51
8. Seznam použitých zkratk.....	60

1. Úvod

Světová poptávka po energii má trvale rostoucí křivku a k jejímu uspokojení využívá lidstvo převážně fosilních paliv. Nadměrné využívání fosilních surovin má prokazatelně negativní vliv na naše životní prostředí, jejich zásoby jsou vyčerpitelné, což bude nadále zvyšovat cenu těchto surovin. Rezervoáry fosilních komodit se mnohdy koncentrují v geopoliticky nestabilních oblastech, tím je narušována stabilita na světových trzích, přičemž importující země mají omezené možnosti imunity proti těmto výkyvům (Popp et al.,2014).

Obavy z globálních změn klimatu, snaha po energetické nezávislosti vedou k hledání alternativních zdrojů energie, kdy se v současnosti největší pozornosti dostává energii získávané ze zdrojů obnovitelných. Velký potenciál mezi obnovitelnými zdroji energie spatřujeme ve fytomase, která má ve srovnání s ostatními zdroji řadu výhod, jako schopnost růstu v rozmanitých oblastech, skladovatelnost, možnost transportu na větší vzdálenosti a také různé způsoby konverze na energii. Zpracování biomasy na energii má taktéž potenciálně mnohem menší zátěž pro životní prostředí, zejména ve vztahu k emisím

Energie z biomasy se používá od pradávna, zejména pro získání tepla a pro vaření. Tyto primitivní způsoby přímého pálení biomasy zůstávají nejčastější konverzí ve světovém měřítku a můžeme je spatřit především v rozvojových zemích, kde nadále zůstávají primárním zdrojem energie.

Vyspělejší technologie konverze přeměny umožňují získání rozličných forem energie z biomasy, ekonomika výroby především závisí na typu použité biomasy a konkrétní technologii. Fytoenergetika má menšinové zastoupení ve světovém energetickém mixu, nicméně má vzrůstající tendenci, v mnoha zemích je podporována a dotována. Obecně lze konstatovat, že výroba energie s biomasy je dražší ve srovnání s fosilními palivy, zlepšení ekonomičnosti slibuje vývoj nových technologií, jakož i předpokládaný růst cen fosilních surovin.

Uspokojení světové poptávky energie prostřednictvím využití biomasy má své limity a rizika. Pěstování plodin pro energetické využití vyžaduje zajištění velké rozlohy půdní plochy, což může být hrozbou pro zajištění potravinové potřeby, životní prostředí a biodiverzitu. Predikce schopnosti pokrytí potřeby energie prostřednictvím fytomasy se velmi různí, svou roli zde hrají obtížně předpověditelné veličiny, především růst světové populace, vývoj ekonomik zemí, změna stravovacích návyků a odhady velikosti vhodných ploch pro pěstování energetických plodin.

2. Cíl práce

Existuje reálný předpoklad, že nárůst poptávky v oblasti fytoenergetiky by s sebou mohl přinést negativní důsledky pro potravinovou bezpečnost a soběstačnost v produkci potravin, efektivitu hospodaření se zdroji, ekonomiku produkce, ceny potravin, využití zemědělské půdy, biodiversitu a životní prostředí člověka.

Cílem práce je na základě analýzy dat a údajů z dostupných informačních zdrojů zpracovat kritickou srovnávací studii o efektivitě produkce, zpracování a využití záměrně pěstované biomasy k energetickému využití.

3. Literární rešerše

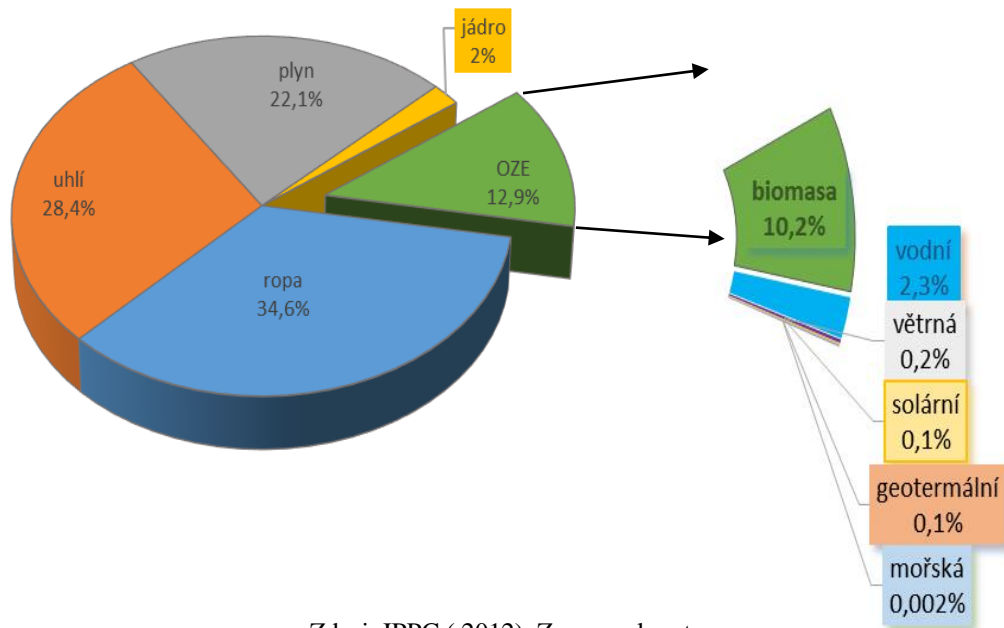
1.1 Fytoenergetika jako obnovitelný zdroj energie a její role na světovém trhu

Naše soudobá industrializovaná civilizace velmi závisí na zajištění ohromného množství energie a většina ekonomického bohatství se zakládá na ropě. Éra lehce získatelné energie z ropy začala teprve před 150 lety (Demirbas et al., 2009) a zaznamenala velký pokrok v průmyslu, dopravě, zemědělství a mnoha dalších odvětvích. Rostoucí ekonomiky světa jsou poháněny fosilními palivy, jejichž podíl ve světové výrobě představuje dominantních 85 %, jak uvádí Mezivládní panel pro změnu klimatu (dále jen IPCC 2012) a jejich potřeba neustále narůstá, zejména ekonomickým rozmachem rozvojových zemí, nejvýrazněji Čína a Indie (Hazzel et al., 2006). Od doby průmyslové revoluce, došlo k rapidnímu růstu potřeby fosilních paliv s nepříznivými environmentálními dopady a zvýšení koncentrace CO₂ v atmosféře které se stává hrozbou pro globální klima. Bez zásadních změn lze očekávat do roku 2050 dvojnásobnou spotřebu energie spojenou s dvojnásobnými emisemi CO₂ (Gupta et al., 2014), kdy ztenčující se zásoby fosilních paliv nebudou schopny uspokojit poptávku.

Snaha o zajištění energetické bezpečnosti, obavy z globálních změn klimatu a zhoršujícího se stavu životního prostředí vedou k hledání zdrojů energie, s konceptem trvalé udržitelnosti. Do popředí zájmu se dostala energie z obnovitelných zdrojů, jejíž získávání má v posledních dekádách narůstající trend. Ve světové produkci energie mají obnovitelné zdroje energie stále minoritní zastoupení okolo 13 % (IPCC 2012), viz graf č.1, energie z biomasy zaujímá mezi obnovitelnými zdroji (solární, větrná, vodní, termální apod.) největší podíl, dosahující 80% dle Mezinárodní energetické agentury – IEA(2012). Právě energii s biomasy se v dnešní době přisuzuje největší potenciál pro nahrazení fosilních paliv v budoucnosti.

Globální produkce energie z biomasy vyžaduje dostatek surovin, které bude především nutno zajistit pěstováním vhodných plodin na zemědělské půdě. Masová produkce a zpracování energetických plodin se může pravděpodobně dostat do konfliktu s produkcí potravin a krmiv a tím ohrozit potravinovou bezpečnost s dalšími negativní důsledky na půdní a vodní režim a biodiversitu (Popp et al., 2014).

Graf č.1. Struktura zdrojů světové energie



Zdroj: IPCC (2012). Zpracoval: autor

1.2 Energetická biomasa a její využití

Biomasa je využívána pro energetické účely po staletí, než byla nahrazena fosilními palivy a v mnoha zemích a regionech zůstává hlavním zdrojem energie, kupříkladu v Bhútánu 86 %, v Nepálu 97 %, Asii 16% a Africe 39 % (Hoogwijk et al., 2005). Přibližně pro 2,5 miliardy lidí představuje biomasa hlavní zdroj energie pro vaření a 89% bioenergie se využívá tradičním primitivním způsobem - pálením (Shubert et al., 2009).

Biomasa pro energii je nejvíce podporovaným, subvencovaným a diskutovaným odvětvím z obnovitelných zdrojů energie (Lobell et al., 2007), v její prospěch hovoří skladovatelnost uložené energie, rozmanitá škála vhodných plodin, jakož i podmínek pro jejich pěstování. Výroba energie z fytomasy má hypoteticky nulové emise CO₂, stejné množství CO₂ je poutáno i emitováno. Z biomasy lze získat energii tepelnou, elektrickou a biopaliva (Shubert et al., 2009).

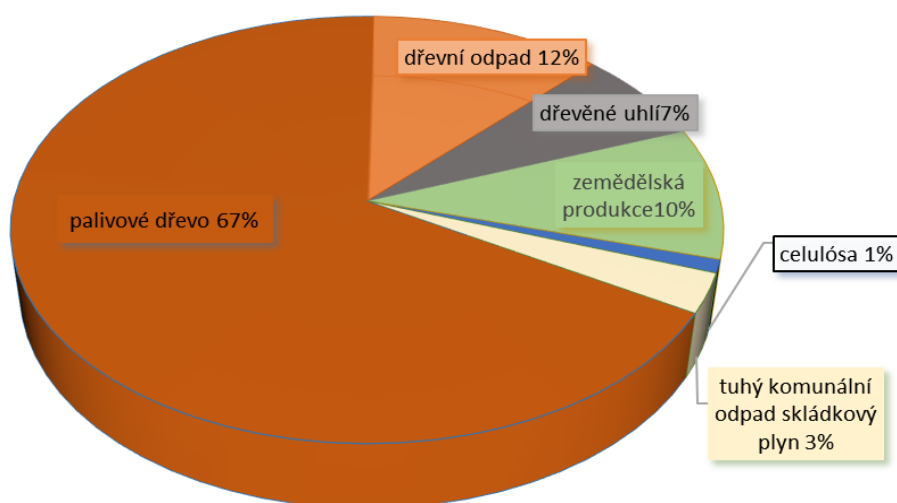
K uspokojení energetické poptávky je nutné zajistit velké množství biomasy, k čemuž je potřebné záměrné pěstování plodin pro energetické účely. Globální využití záměrně pěstované biomasy však mimo zmíněné přednosti může s sebou přinést, jak uvádějí Popp et al. (2014), nepříznivé dopady pro životní prostředí, potravinovou bezpečnost, biodiversitu, problémy sociálně geografické a jiné, kterými se budou zabývat další kapitoly této práce.

1.3 Produkce a využití záměrně pěstované energetické biomasy

Moderní zdroje energie z biomasy v současnosti zauímají menšinový podíl z globálního využití bioenergie, jež představují 10% (Shubert et al., 2009), nicméně mezi obnovitelnými zdroji energie zastává 80 % podíl (Popp et al., 2014). Mezi nejvýznamnější zdroje bioenergie patří dřevo, zemědělsky pěstované plodiny a jejich odpadní produkty (Bauen et al., 2009), viz graf č.2 . Největší podíl využití biomasy na energii - celých 90% (Shubert et al., 2009), představuje tradiční, zastaralé metody spočívající v pálení dřeva, dřevěného uhlí, rostlinného a živočišného odpadu pro vytápění a vaření v rozvojových zemích, což představuje celých 22 % z globálního využití energie (IEA 2012). Tyto primitivní metody využití s sebou přináší negativní dopady pro lidské zdraví a životní prostředí. Záměrně pěstované plodiny pro energetické využití představují 3 % podílu na globálním využití biomasy, jak zmiňuje ve své zprávě Mezivládní panel pro ochranu klimatu IPPC (2012).

Moderní metody konverze biomasy produkují teplo, elektřinu a paliva pro dopravu, kdy se na celkové produkci energie elektřina z biomasy podílí 4 %, vytápění komerčních a rezidenčních budov 4 %, biopaliva 3,1% (IPPC, 2012). V budoucnosti lze očekávat nárůst poptávky po bioenergii, odhady růstu objemu produkce energie z fytomasy se různí, Popp et al. (2014) předpokládají zvýšení produkce biomasy pro energii o 25% do roku 2050.

Graf č.2 Podíl druhů biomasy využívané pro energii.



Zdroj Bauen et al. (2009). Zpracoval: autor.

1.4 Technologie zkonverze biomasy na energii

Biomasa má širokou variabilitu způsobů přeměny na energii, v čemž tkví výhoda oproti ostatním obnovitelným zdrojům. Výstupní produkty nositelů energie mohou být ve skupenství plynném, kapalném a pevném. Přeměna fytomasy na energii se základně dělí na konverzi termochemickou a biochemickou (Benda a kol., 2012).

1.4.1 Termochemická zkonverze

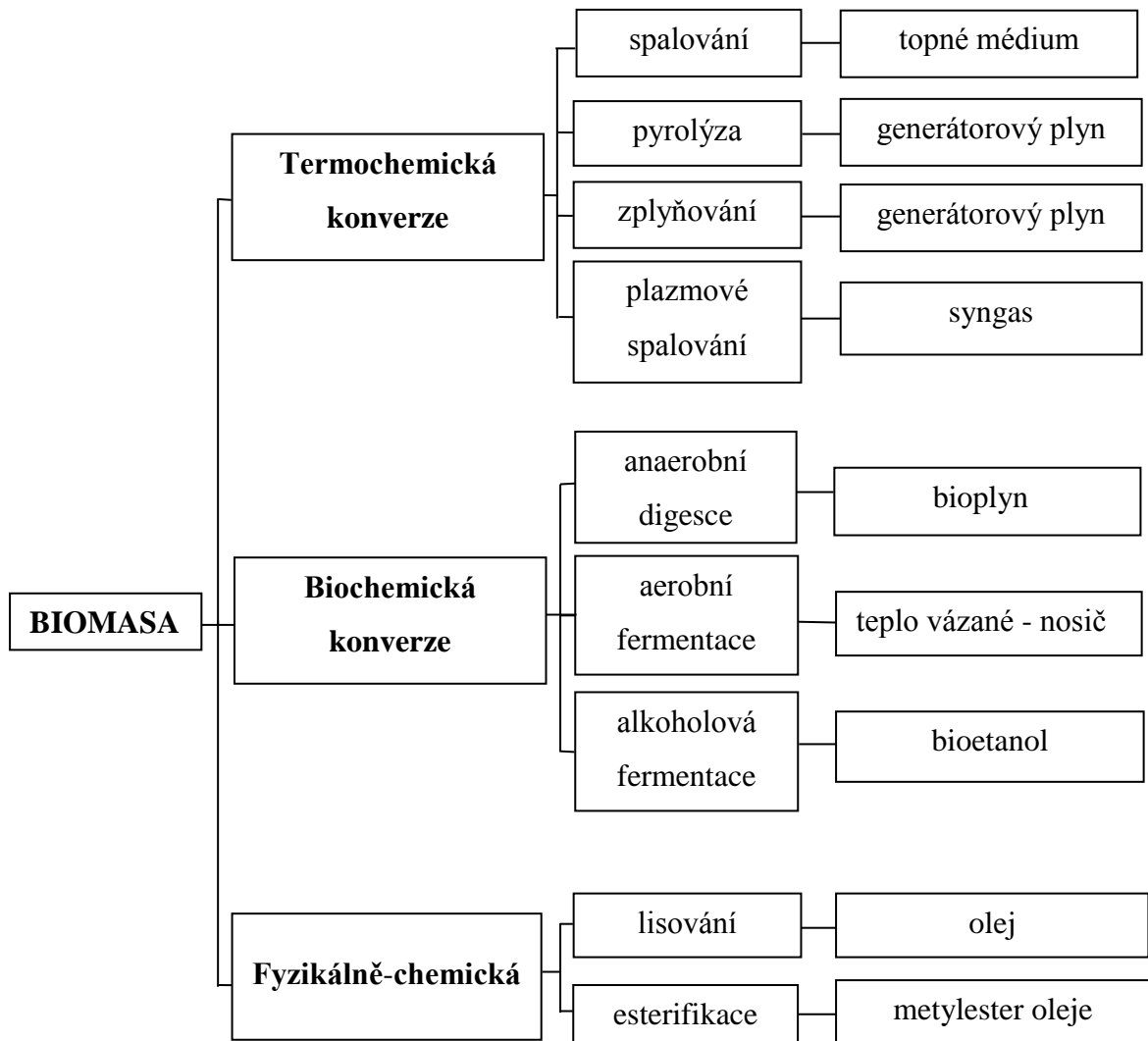
Nejvyužívanějším typem termochemické zkonverze je přímé spalování biomasy (Popp et al., 2014), jejímž výstupem mohou být teplo a elektřina, dalšími typy jsou pyrolýza a zplyňování (Shubert et al., 2009).

1.4.2 Biochemická konverze

Zahrnuje dva hlavní způsoby v podobě fermentace (produkt etanol) a anaerobní digesce s koncovým produktem ve formě bioplynu. Mechanická extrakce oleje s následnou trans esterifikací produkuje metylester, který lze použít jako palivo pro vznětové motory jako bionafta (Benda a kol., 2012). Výraz bionafta, jako produkt esterifikace rostlinných olejů bude použit v následujících kapitolách této práce.

Schéma způsobů přeměny biomasy na jednotlivé typy a nosiče energie jsou znázorněny v tabulce č.1.

tabulka č.1. Schéma způsobů zkonverze biomasy na energii.



Zdroj: Benda a kol. (2012); Shubert et al (2009).Zpracoval: autor.

1.5 Potenciál využití biomasy pro pokrytí světové poptávky energie

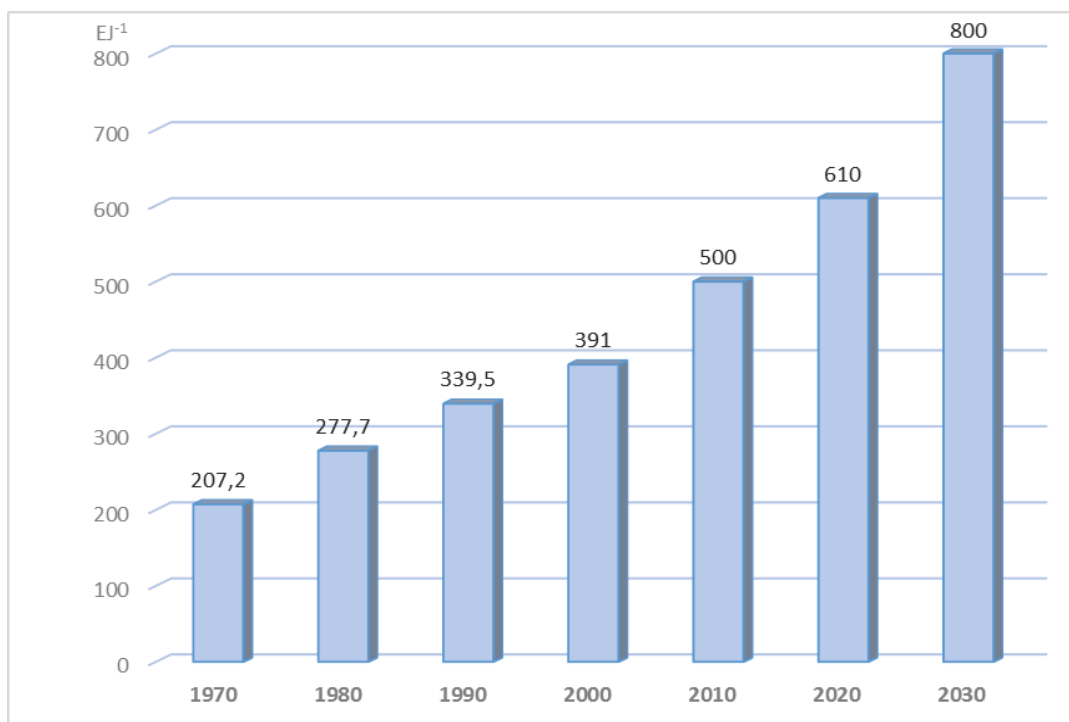
1.5.1 Globální energetická spotřeba

S rostoucí populací lidstva a ekonomickým rozvojem má poptávka po energii konstantně vzestupnou tendenci, v posledních 35 letech se poptávka po energii zdvojnásobila (Popp et al., 2014). Současná globální spotřeba energie dosahuje podle Mezinárodní energetické agentury IEA (2014) hodnot 559,8 EJ ($559,8 \times 10^{18}$ J), která je kryta z 80 % fosilními palivy.

V energetickém mixu globální spotřeby energie se biomasa řadí po ropě, uhlí a plynu na 4. místo ve zdrojích světově využívané energie. Očekává se nárůst poptávky a produkce fytomasy pro energii. Energie z biomasy nyní dosahuje 55 EJ/rok, z čehož 23,6 EJ pochází z „moderního“ využití biomasy pro teplo, biopaliva a elektřinu, 31,4 je neefektivně využito pro vaření a topení v chudých venkovských oblastech (Ren21.2013).

Hlad po energii bude ve výhledu desetiletí nadále vzrůstat, IEA (2014) odhaduje v roce 2030 světovou poptávku v hodnotě 800 EJ, jak je znázorněno na grafu č.3. Obnovitelné zdroje mají sice vzestupný trend, ale pokrýt jimi fosilní paliva blízké budoucnosti se zdá být nereálné (Popp et al., 2014).

Graf č.3.Světová spotřeba energie s výhledem do roku 2030



. Zdroj : IEA (2012).Zpracoval: autor.

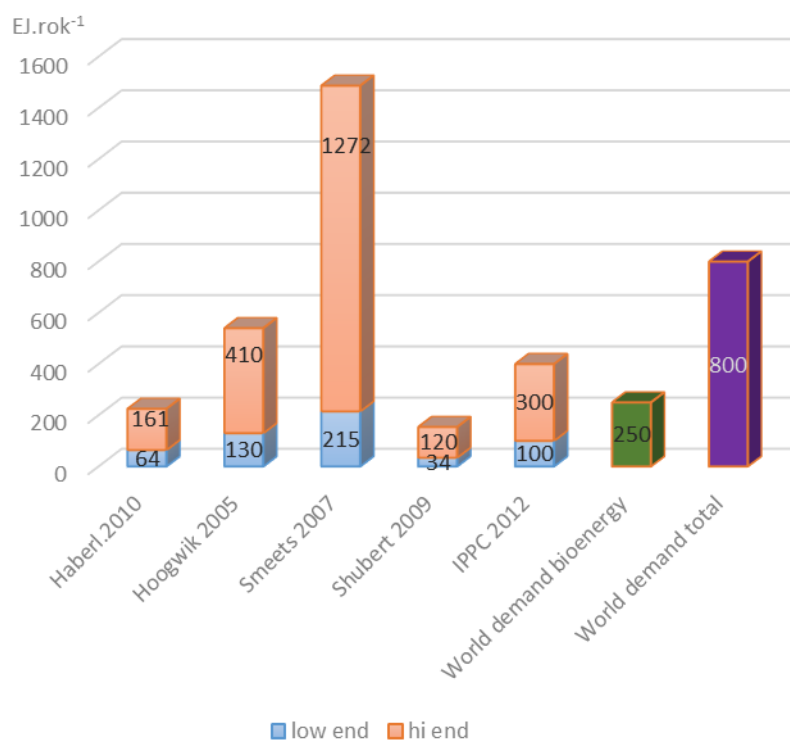
1.5.2 Energetický potenciál biomasy

V porovnání s ostatními zdroji obnovitelné energie má fytohmota nízkou účinnost získání energie fotosyntézou, která je schopna využít pouhé 1 % dopadající energie. (Popp et al., 2014). Při úvaze výnosu 10 tun suché hmoty z hektaru a s výhřevností 19 MJ.kg^{-1} z energetických plodin by bylo potřeba 2.500 mil. ha půdy pro jejich pěstování aby byla uspokojena světová energetická poptávka, přičemž možná odhadovaná plocha pro pěstování představuje 400 mil. ha (Shubert et al., 2009). Proto je nutno zmínit, že efektivita fotovoltaických článků z monokrystalického křemíku dosahuje účinnosti 15 až 19% (Benda a kol., 2012), instalace solárních panelů by pro energetickou poptávku světa by zabrala plochu 40 mil. ha (Shubert et al., 2009), to je 1/60 plochy oproti velikosti potřebné pro energetické plodiny. Nicméně globálnímu využití solární energie brání technické problémy spočívající v zabezpečení plynulých dodávek do sítě a pokrytí energetických špiček (Denholm et al., 2006).

Predikce poptávky po bioenergii odhadují růst poptávky po bioenergii v příštích desetiletích, Bauen et al. (2009) odhadují v roce 2050 poptávku energie z biomasy na 200 – 250 EJ, to představuje pětinasobné zvýšení produkce oproti současnosti. Zajištění takového množství energie bude vyžadovat několikanásobné zvětšení ploch pro produkci biomasy, důsledkem může být zvýšení tlaku na využití půdy a biodiverzitu (Popp et al., 2014). Studie, zabývající se potenciálem energetické biomasy udávají hodnoty v rozmezí 30 – 1300 EJ /rok (Popp et al., 2014). Takto velké rozpětí je způsobeno rozdílnou metodikou výzkumu, která pracují s odlišnými údaji o dostupné zemědělské půdě, předpokládaných výnosech. Při výpočtech jsou rovněž zahrnuty obtížně předpověditelné faktory budoucího vývoje zajištění zemědělské produkce pro rostoucí populaci lidstva, vliv globální změny klimatu na výnosy, stupeň ochrany biodiverzity a technologický pokrok.

Výhledy potenciálu záměrně pěstovaných energetických podílů do roku 2050 jsou zpracovány v několika vědeckých studiích, Haberl et al. (2010) zveřejňují potenciál v rozmezí hodnot $64 - 161 \text{ EJ . rok}^{-1}$, IPCC (2012) $100 - 300 \text{ EJ . rok}^{-1}$, Smeets et al. (2007) $215 - 1272 \text{ EJ . rok}^{-1}$, Shubert et al. (2009) publikují $34 - 120 \text{ EJ . rok}^{-1}$, grafické vyjádření odhadů je znázorněno na grafu č.4.

Graf č.4. Predikce energetického potenciálu dedikovaných plodin v EJ.rok⁻¹ do roku 2050 dle jednotlivých autorů



Zpracoval: autor.

Popp et al. (2014) se domnívají, že vzhledem k pokračujícímu trendu růstu světové populace a s ní spojené nároky k zajištění dostatku potravin se lze domnívat, že pravděpodobný potenciál energetických rostlin se bude přibližovat konzervativním odhadům a nebude dostačující pro pokrytí poptávky energie.

1.6 Ekonomika využití energetické fytomasy

Kvantifikovat ekonomiku získávání energie z biomasy lze obtížně, existuje mnoho způsobů zkonverze, rozmanitá je skladba plodin a podmínek pro jejich pěstování, svou roli hrají taktéž regionální specifika (Gondelach et al., 2014)

Náklady na produkci energie zahrnují náklady na produkci, dopravu, zásobování, proces zkonverze, proces využití energie a nakládání s odpady (Shubert et al., 2009)

Cena fytomasy představuje největší podíl, až 80% nákladů (Worldwatch Institute 2006), liší se dle plodiny a oblasti kde je pěstována. Tropické oblasti mají vyšší efektivitu produkce. Manipulace a transport může ovlivnit cenu bioenergie 20 – 50 %, cena se liší dle regionu, ceny suroviny, dopravy suroviny, způsobu zkonverze a rozsahu produkce (IPCC 2012).

1.6.1 Výroba tepla

Nejvyužívanější způsob využití energie z biomasy, při moderním způsobu zkonverze má nejvyšší účinnost přeměny na energii v rozmezí 79 – 88 % (Popp et al., 2014) a taktéž nejnižší náklady na jednotku energie konkurenceschopnou s fosilními palivy. Velkokapacitní výroba tepla z biomasy má přibližné náklady v Evropě 0,05 € . kWh⁻¹ (Gondelach et al., 2014).

1.6.2 Výroba elektřiny

Elektřina z biomasy má ve světovém měřítku výroby elektřiny podíl 1% (Bauen et al., 2009). V posledních letech má stoupající tendenci s ročním přírůstkem 3,8% (Demirbas et al., 2009). Pro výrobu se používá několik technologií, z nichž nejvíce efektivní je v současnosti metoda spoluspalování v uhelných elektrárnách s účinností 45% a nákladem na jednotku energie 0,45-0,1 € . kWh⁻¹, dále technologie CPH – kombinovaný cyklus pro výrobu elektřiny a tepla procesem spoluspalování v uhelných elektrárnách nebo v dedikovaných zařízeních pro biomasu, která má náklad na kWh 0,12€. Tyto technologie se nákladově nejvíce přibližují fosilním palivům (0,07€ . kWh⁻¹) ; (Gondelach et al., 2014). Výroba energie v dedikovaných zařízeních má náklady v průměru 0,90 € . kWh⁻¹ (IEA. 2007).

1.6.3 Tekutá biogenní paliva

Doprava má silnou závislost na ropě s 95% podílem užití a její poptávka představuje 20% globální spotřeby energie. (WWI. 2007). Biopaliva jsou v současnosti nejrychleji

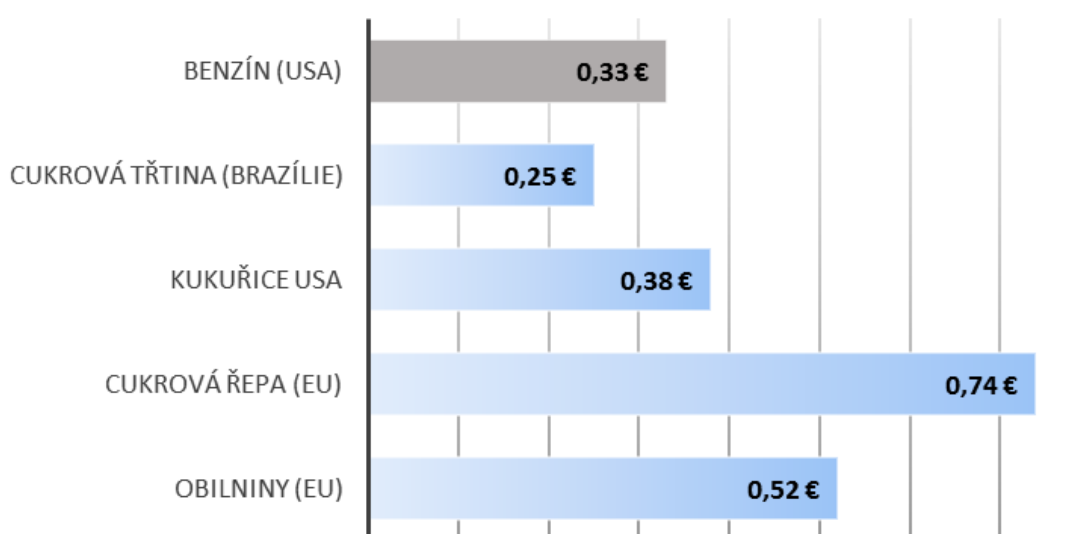
rostoucím sektorem, přestože mají mezi palivy pro dopravu 3 -4 % zastoupení a 5% z celkové bioenergie. Nejvíce rozšířená biopaliva současnosti jsou bioetanol a bionafta (Popp et al., 2014).

1.6.4 Bioetanol

V produkci biopaliv zaujímá 87% podíl na světovém trhu s jeho největšími producenty USA a Brazílií (REN 21, 2013). Brazílie vyrábí bioetanol, který je svou cenou schopen konkurovat ropě při ceně 35\$ za barrel (Hazzel et al., 2006) a to díky klimatickým podmínkám nutných pro spěšné pěstování cukrové třtiny. Výnosy třtiny v Brazílii dosahují až 80 t.ha⁻¹ a výtěžnosti bioetanolu 6000 l.ha⁻¹ (Elbehri et al. 2013) Rozšiřování ploch pro pěstování třtiny ale přináší negativní dopady pro biodiversitu (Miyake et al., 2012). Náklady na výrobu bioethanolu z kukuřice (USA), řepy a obilnin (v EU) nejsou v současnosti konkurenceschopné benzínu,(Elbehri, 2013), viz graf č.5. Výtěžnost bioethanolu z jednotlivých plodin je znázorněn v grafu č.6.

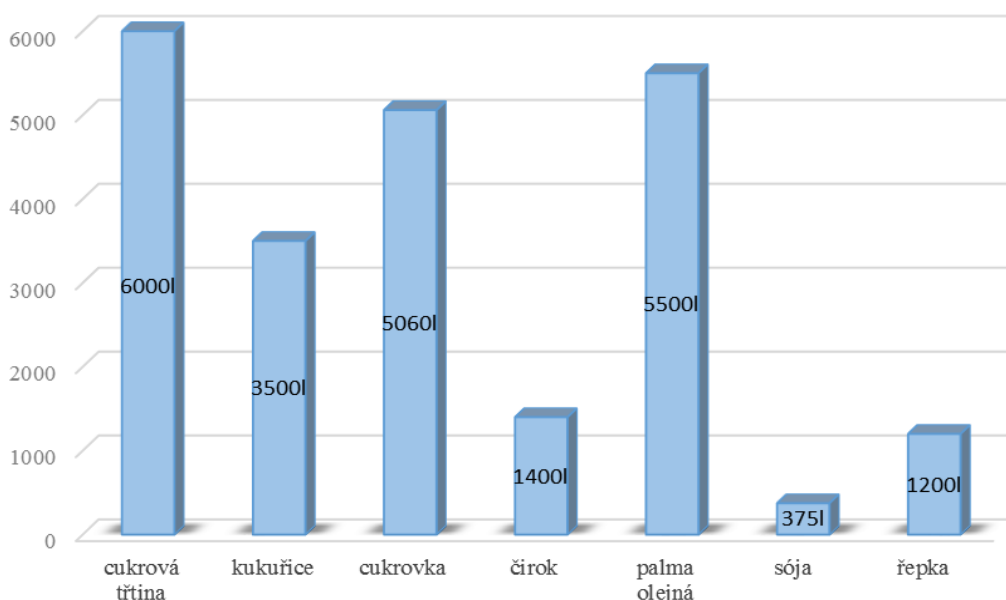
Kukuřice pro výrobu bioetanolu vyžaduje 2 krát větší plochu, než třtina (WWI. 2007), náklady na výrobu bioetanolu má oproti cukrové třtině v Brazílii o 52% vyšší a pohybují se okolo 0,38\$. l⁻¹ . Největším producentem bioetanolu z kukuřice jsou USA, které pro výrobu spotřebují 40 % produkce plodiny , jak publikuje Americká vládní agentura pro energii (EIA, 2012).

Graf č.5. Průměrné náklady na výrobu bioetanolu u jednotlivých plodin v eurech na litr paliva .



. Zdoj : Elbehri et al. (2013). Zpracoval: autor.

Graf.č.6. Hektarový výnos biopaliva dle jednotlivých plodin 1 . ha⁻¹



Zdroj : Elbehri et al. (2013) Zpracoval: autor.

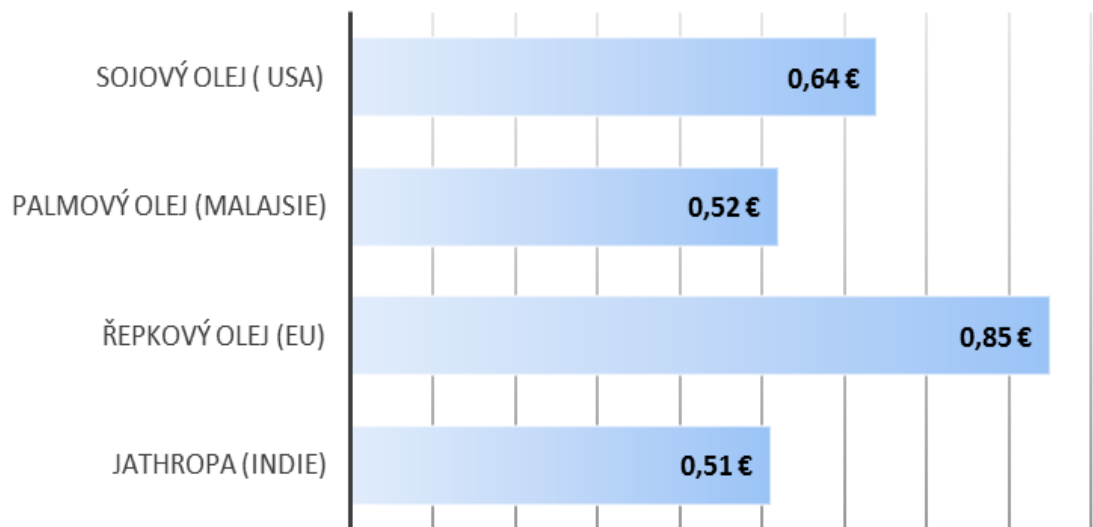
1.6.5 Bionafta

Evropa drží prvenství v produkci bionafty s roční produkcí 9,1 mld. litrů a 42 % podílem ve světě (REN 21, 2014). V evropské produkci bionafty dominuje Německo, (WWI, 2007), 2/3 vyprodukovaného řepkového oleje v Evropě se použije pro výrobu bionafty (Miyake et al., 2012).

Profitabilita produkce bionafty z řepkového oleje závisí na subvencích, náklady na výrobu jsou více než dvojnásobné s porovnáním s fosilním palivem a pohybují se v hodnotě 0,85€ . l⁻¹, výtěžnost oleje z pěstební plochy je u řepky je 4 násobně menší než u palmy olejná (Elbehri et al., 2013).

Nejlevnější zdroj rostlinného oleje na světových trzích představuje palma olejná, která má výrazně vyšší výtěžnost, než olejnaté plodiny mírného pásma (Miyake et al., 2012). Prvenství v produkci palmového oleje náleží Malajsii a Indonésii (Elbehri et al., 2013), kde se však projevují negativní dopady na ekosystémy (Shubert et al., 2009). Náklady na výrobu bionafty dle jednotlivých plodin jsou znázorněny na grafu č.7.

Graf č.7. Průměrné náklady na výrobu bionafty u jednotlivých plodin



. Zdroj : Elbehri et al. (2013). Zpracoval: autor.

1.7 Dopady globálního rozšíření fytoenergetiky

1.7.1 Půda

Přibližně 34 % zemské souše – 4,92 mld. ha (Faostat, 2015) připadá na zemědělskou půdu, největší část této půdy, 69%, jsou extenzivní pastviny. 80% zemědělské půdy je využíváno pro chov dobytka, to kontrastuje s faktem, že potraviny živočišného původu tvoří jen 17% celkové produkce.(Popp et al., 2014).

Rozloha orné půdy dle údajů Faostatu (2015) dosahuje 1,5 mld. hektarů, avšak pro zajištění světové energetické potřeby by bylo nutná rozloha 2.5 mld. ha pro pěstování energetické biomasy při průměrném výnosu 10 t.ha⁻¹ suché hmoty (Shubert et al., 2009).

1.7.2 Dostupnost půdy pro bioenergii

Potravinová poptávka patří k hlavním faktorům, které nejvíce ovlivňují dostupnost půdy, roli zde hrají další klíčoví činitelé, jmenovitě poptávka po vlákninách, rozsah chráněných území, urbanizace, velikost ploch s nedostatkem vody a degradovaných půd. (Batidziary et al., 2012).

Budoucí potřebu potravin, která vychází z predikcí do roku 2050, bude nutno zajistit zvýšenou zemědělskou produkcí a přes rostoucí výnosy se neobejde bez zvýšením ploch (Ray et al., 2013), rozšíření pěstování energetických plodin na zemědělské půdě tímto bude limitováno.

1.7.3 Vliv pěstování energetické biomasy na půdu

Jakým způsobem budou ovlivněny půdní podmínky závisí na druhu pěstované plodiny pro energii a rovněž způsobu kultivace. Správně zvolená technologie pěstování vytrvalých plodin, zejména vytrvalých trav zvyšuje podíl organické hmoty v půdě, zlepšuje její strukturu, zvětšuje schopnost zadržování vody a živin a zabraňuje erozi, dřeviny pro energii působí proti vodní a větrné erozi (Kort et al., 1997).

Intenzivní pěstební systémy monokulturálních plodin mohou nepříznivě působit na půdu, vodní zdroje a životní prostředí Shubert et al. (2009) ; Ribiero (2007), souhrn nepříznivých faktorů je v tabulce č.2. níže.

Tabulka č.2. Nepříznivé vlivy intenzivní produkce cukrové třtiny, kukuřice a řepky.

plodina	důsledky intenzivní agrotechniky
cukrová třtina	- utužování půdního profilu těžkou agrotechnikou - zavlažování ve svazích způsobuje erozi a salinitu - pálení třtiny způsobuje degradaci půdy a kontaminuje ovzduší
kukuřice	- kontaminace půdy a vody při vysokých dávkách hnojiv a herbicidů - utužení půdy těžkou mechanizací eroze půdy.
řepka	- kontaminace půdy a vody při vysokých dávkách hnojiv a herbicidů

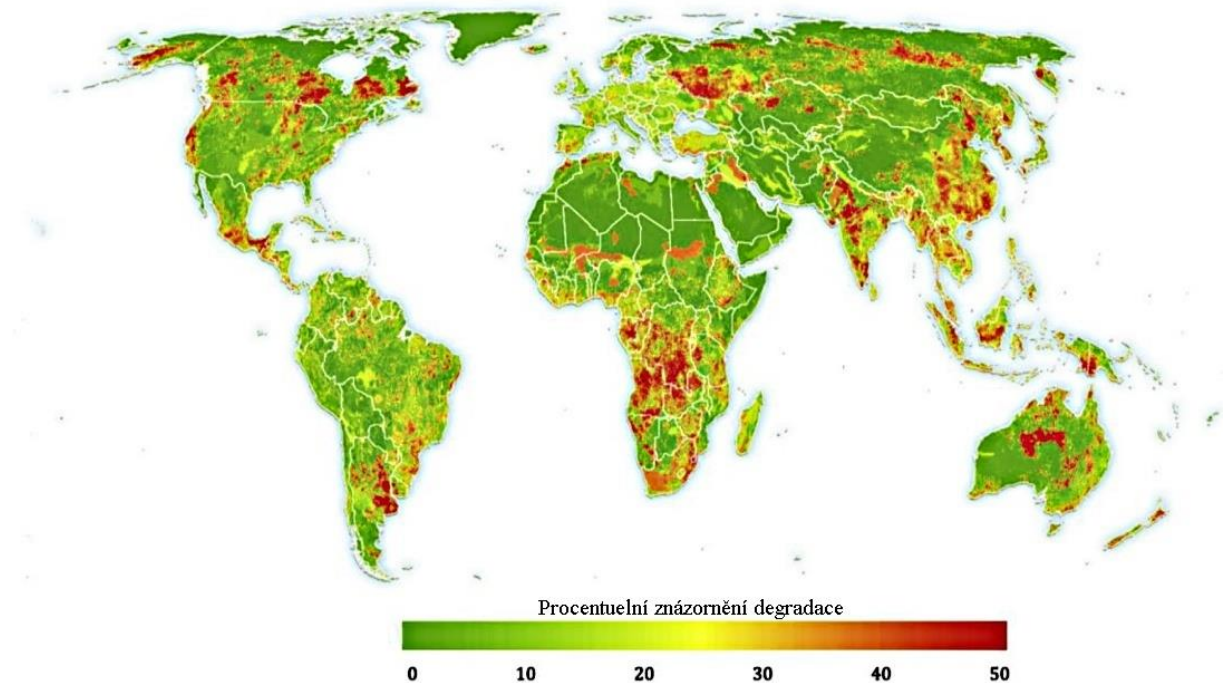
Zdroj: Shubert et al. (2009) ; Ribiero, (2007). Zpracoval: autor.

1.7.4 Pěstování energetických plodin na degradovaných a marginálních půdách

Obavy z ohrožení produkce potravin pěstováním plodin pro energii směřují odbornou veřejnost na možnost využití pozemků s nízkou produktivitou či degradovaných za účelem omezení konkurence pro produkci potravin.(Popp et al., 2014).

Půda je ohrožena degradací v celosvětové měřítku, zejména v aridních oblastech, které tvoří 40 % zemského povrchu (Shubert et al., 2009). Úmluva OSN v boji proti desertifikaci (UNCCD, 2008) ve své zprávě uvádí, že v oblastech sužovaných suchem se nachází převážná část rozvojových zemí, 50 nejchudších zemí světa je nejvíce ohroženo desertifikací.

obr.č.1 Světová mapa s vyznačením degradovaných půd



Zdroj : Gibbs et al.(2014) Upravil: autor

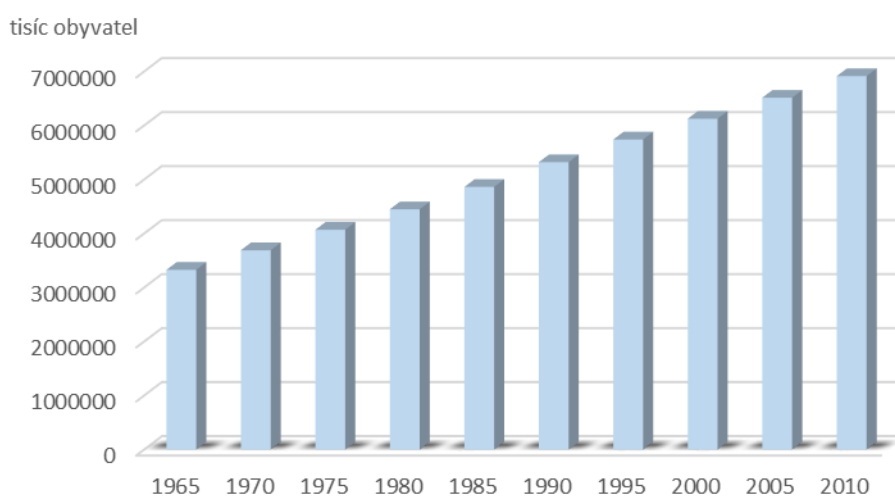
Liu et al. (2010) shrnují charakteristiku marginálních půd jako oblasti s nízkou produktivitou, jejichž produkce stěží pokryje náklady na kultivaci. Field et al. (2007) odhadují rozlohu marginálních oblastí na 385 – 472 mil. ha se schopností pokrytí 5% světové poptávky energie datované k roku 2006. Marginální a degradované půdy jsou obvykle náchylné k další degradaci více, než půdy produktivní, proto by na těchto půdách měly být pěstovány energetické plodiny s předem určenou strategií pro ochranu půd (Shubert et. al, 2009).

Pěstování biomasy pro energii může být v konfliktu s udržováním půdní úrodnosti (Hazzel et al., 2006), většina plodin je kompletně sklizena a zanechává minimum organické hmoty důležité pro obnovení půdní úrodnosti, pěstování na neproduktivní půdě naopak může zlepšit její úrodnost (Shubert et al., 2009).

1.8 Bezpečnost produkce potravin

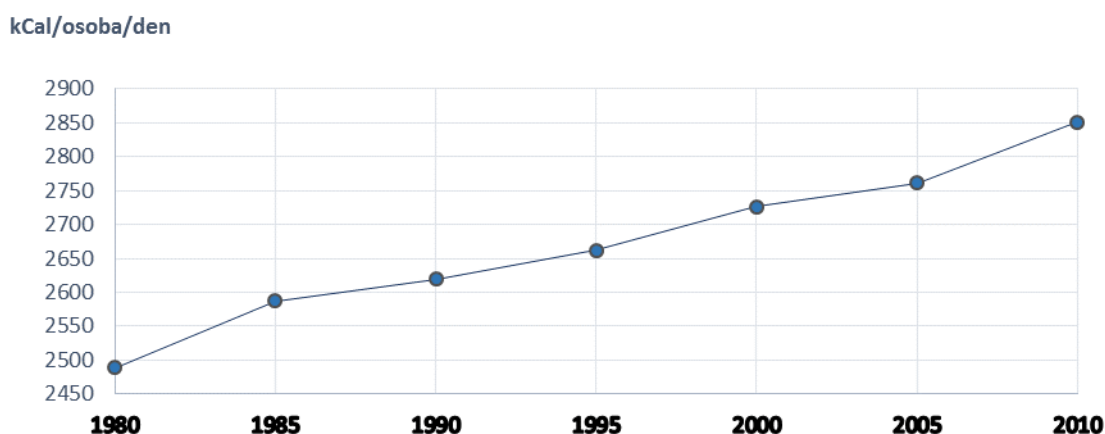
Lidská populace se podle statistiky Faostatu (2015) od roku 1965 zdvojnásobila dosáhne počtu 9 miliard v roce 2050, jak je znázorněno na grafu č.8. Pokračující ekonomický růst a orientace na energeticky bohatší stravu s vyšším podílem živočišných produktů bude vyžadovat navýšení globální produkce potravin o 60 %.(Tilman et al., 2011), rostoucí trend průměrných kalorických hodnot stravy celosvětově je demonstrován na grafu č.8. Díky vysoké závislosti zemědělského sektoru na ropě se trh se zemědělskými komoditami vyznačuje nestabilitou a zvýšení cen fosilních paliv ohrožuje potravinovou bezpečnost (Popp et al., 2014). Za posledních 40 let se v důsledku rostoucí potřeby potravin rozšířily plochy pro pěstování o 30 % i přes výrazné úspěchy v intenzifikaci zemědělství (Kastner et al., 2012).

Graf.č.8 Růst lidské populace ve světě od roku 1965



Zdroj: FAOSTAT (2015). Zpracoval: autor.

Graf č. 9. Vývoj kalorické hodnoty stravy v kCal na osobu a den - světový průměr



Zdroj : FAOSTAT (2015) . Zpracoval autor.

1.8.1 Definice potravinové bezpečnosti

Potravinová bezpečnost závisí na komplexu ekonomických, environmentálních, sociologických a regionálních jevů a byla definována na summitu FAO v roce 1996 – existuje za předpokladu, že všichni lidé mají vždy fyzický a ekonomický přístup k dostatečnému množství bezpečných a nutričních potravin, které uspokojují jejich dietní a potravinové preference, aby mohli vést aktivní a zdravý život.

1.8.2 Dostupnost potravin

Změny v produkci, trhu a zásobách mají přímý vliv na dostupnost potravin (Naylor et al.,2007), konkrétněji řečeno zvýšení využití zemědělské produkce pro nepotravinářské účely může snížit dostupnost potravin v produkční oblasti a to přímým či nepřímým efektem. Přímý vliv představuje snížení dostupnosti potravin tím, že budou využity pro jiné účely, nepřímo tím, že zdroje (půda, voda, pracovní síla, kapitál), budou omezeny využitím pro bioenergetické účely. (Faaijh, 2007).

1.8.3 Vliv na cenu potravin

Pěstování energetických plodin za určitých okolností představuje konkurenci pro produkci potravin a krmiv, půdní zdroje a ostatní elementy zemědělství. Je-li zemědělská půda využívána jako alternativní zdroj pro energetickou fyto masu, má to vždy za následek zdražení vstupů do zemědělské výroby a tím i zdražení základních potravin (Shubert et al., 2009). Vyšší cena potravin může znamenat negativní dopad na konečné spotřebitele, rovněž tak pozitivní dopad v podobě vyšších příjmů pro producenty (FAO, 2010b).

1.8.4 Expanze biopaliv

Expanze produkce biopaliv klade vyšší poptávku na klíčové zemědělské produkty, které jsou určeny pro potraviny nebo slouží jako krmiva, v čehož důsledku dochází k růstu cen těchto komodit. Komodity jako jsou kukuřice, palmový olej, cukrová třtina, hrají důležitou roli ve výživě obyvatelstva chudých, potravinově nestabilních oblastí. Rozmach pěstování energetických plodin tak může mít nepříznivý dopad na obyvatelstvo těchto chudých okrajových oblastí, kde je zemědělství často jediným zdrojem příjmů. (Faaijh, 2007).

Precedentem by se mohla stát situace v USA, které jsou největším producentem bioetanolu z kukuřice. Díky státním subvencím a zdražení ropy došlo k rapidnímu vzestupu produkce bioetanolu, v roce 2006 výroba dosahovala 18 mld. litrů, v roce 2009 již produkce dosáhla 45 mld. litrů.(Faostat, 2015) Důsledkem bylo téměř dvojnásobné zvýšení ceny kukuřice v období let 2006 - 2007 a nárůst pěstované plochy o 19% na 38mil ha (Mitchell, 2008), tímto navýšením ploch pro kukuřice došlo k 5% úbytku rozlohy pozemků se sójou (Naylor et al., 2007). Následným efektem bylo zvýšení cen sóji na světových trzích (FAO, 2008).

1.8.5 Dopady pro venkovské oblasti

Pěstování plodin pro energetické potřeby může mít jak pozitivní tak negativní vliv pro venkovské území. Ty mohou z fytoenergetiky těžit kupříkladu tím, že získají decentralizovaný zdroj energie, či vylepší místní ekonomiky a zaměstnanost. Celkové dopady se budou lišit v jednotlivých státech, případ od případu a budou záviset na regionálních faktorech, jako jsou přírodní, zemědělské a sociální podmínky, typu využívané bioenergie a vývoji na globálních potravinových trzích (Shubert et al., 2009).

1.9 Vliv bioenergetiky na vodní zdroje

1.9.1 Světová potřeba vody – situace

Rostoucí populace, změna stravovacích zvyků, rozšiřování ekonomik, industrializace přináší vyšší nároky na spotřebu vody. Lidstvo nyní využívá 26% zemské evapotranspirace a odčerpává 54 % geologicky dostupných vodních zdrojů, mezi lety 1950 – 1990 se spotřeba vody zvětšila o 50 % (Postel et al., 1996), v příštích 50 letech se očekává zvýšení spotřeby vody o 70 – 90 % (Molden, 2007).

1.9.2 Dostupnost vody

Současná situace s dostupností vody pro obyvatelstvo není příznivá, 80 % světové populace je vystavena ohrožením bezpečnosti vodních zdrojů (Vorosmarty et al., 2010). Změnám klimatu je přisuzován 20 % vliv na nedostatku vody, nejvíce jej pocítují právě ty země, které trpí suchem nejvíce, jak udává Global energy assessment (GEA, 2012).

Distribuce vody je velmi nerovnoměrná, ke státům mající největší potíže s dostatkem vody patří jižní a subsaharská Afrika, jižní a centrální Asie (Shubert et al., 2009).

1.9.3 Voda a zemědělství

Zemědělská činnost s sebou přináší některé neblahé vlivy na vodní ekosystémy, nynější způsoby produkce se na mnoha místech neslučují s udržitelností, kupříkladu nadměrným čerpáním spodních vod, odkloňováním toku řek pro závlahy, které způsobuje poškození vodních ekosystémů, populací ryb a biodiversity. Neuvážená aplikace hnojiv a chemických látek negativně působí na vodní a suchozemské ekosystémy kontaminovaným průsakem vod. (Lundquist, 2008).

Zemědělský sektor má největší podíl na spotřebě vody, nynější produkce potravin a surovin odčerpává 86 % dostupné sladké vody (Hoekstra et al., 2007). Podle GEA (2012) se k uspokojení růstu poptávky po potravinách očekává zvětšení potřeby vody o 50 % v rozmezí let 2000 – 2045 ze 7000 na 10600 km³ za rok při současné úrovni produktivity, spolu s předpokládaným rozšířenou produkcí energetická biomasy se bude zvyšovat tlak na vodní zdroje, které již nyní jeví známky degradace (Fresco, 2006). Na druhou stranu existují podstatné rezervy ve zlepšení efektivity využití vody o 25 % a také eliminaci ztrát v produkčním řetězci o 30 % (GEA 2012).

1.9.4 Vliv pěstování energetických plodin na vodní zdroje

Rozmach pěstování energetických plodin, který se čekává v příštích desetiletích může být konkurencí pro využití vodních zdrojů (GEA, 2012) odhaduje potřebu vody pro bioenergii v objemu 4000 – 12000 km³ ročně v roce 2050, v závislosti na množství vody potřebné na vytvoření hmoty v energetické veličině prostřednictvím transpirace.

Dopady produkce bioenergie vodních zdroje záleží na komplexu faktorů, Berdnes (2008) uvádí závislost na následujícím:

- zvoleném typu bioenergie - plodiny mají odlišné nároky na množství vláhy, svou roli také relevantní vláhové charakteristiky, například infiltrační kapacita
- místě, kde jsou plodiny pěstovány - v lokalitách s dostatkem přístupné vody nedochází ke konfliktu s úbytkem vody a naopak
- jaký typ vegetace byl nahrazen energetickou biomasou – výsledná změna v evapotranspiraci může být pozitivní, zatímco odlesnění pro pěstování plodin pro biopaliva jako sója a kukuřice zredukuje evapotranspiraci.

V závislosti na typu plodiny je možné pěstování biomasu pro energii v oblastech, které jsou pro produkci potravin neefektivní. Pěstování plodin pro biopaliva pod závlahou může lokálně, v oblastech s omezenou dostupností vody, zapříčinit významný tlak na využití vodních zdrojů (Lundqist et al., 2008).

1.9.5 Vodní stopa fytoenergetiky

Prostřednictvím evapotranspirace rostliny spotřebovávají vodu vytvoření biomasy ale též následné operace končící přeměnou biomasy na energii. Hoekstra et al. (2007) definují vodní stopu jako množství vody potřebné k vytvoření produktu v celém produkčním řetězci, která se skládá ze tří dimenzí – „zelené vody“, což představuje dešťovou vodu, kterou využila rostlina pro transpiraci, dále „modrou vodu“ tj. voda využitá ze zavlažování a „šedou vodu“, kterou se rozumí množství vody znečištěné během produkce.

Největší vodní stopu má v rámci fytoenergie výroba biopaliv, která spotřebovává 2500 až 3500 litrů vody pro produkci 1 litru biopaliva (GEA 2012). Ve srovnání s produkcí biopaliv má výroba energie z biomasy nižší spotřebu vody na energii, poněvadž se využívají celé rostliny (Gerbens –Leenes et al., 2009).

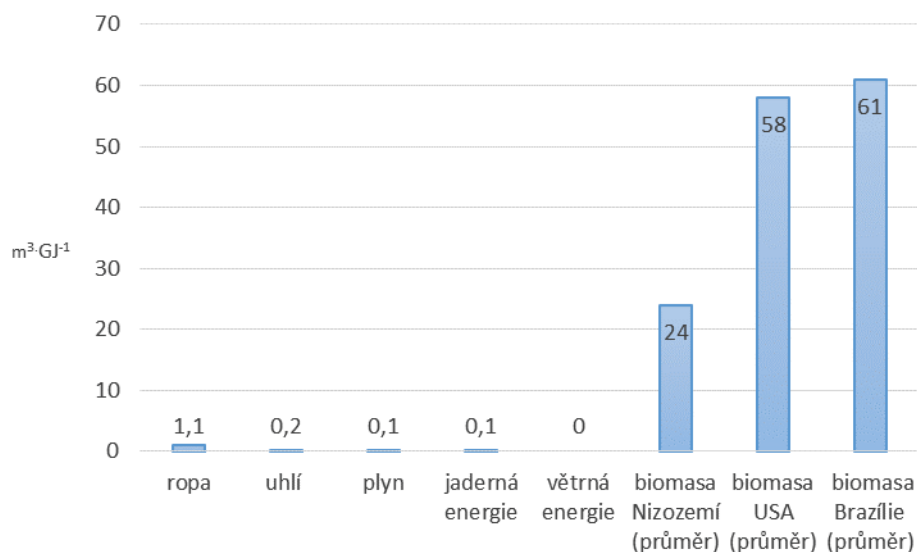
Gerbens - Leens et al. (2009) vypracovali studii zabývající se množstvím vody, které je potřebné vytvoření jednotky energie (GJ) u jednotlivých plodin - vodní stopy, které jsou využívány pro bioenergií a pěstovány na území Nizozemska, Brazílie a USA. Studie ve výsledcích ukazuje velké rozpětí ve spotřebě vody, které se liší dle plodiny a také území, kde je plodina pěstována. Největší spotřeba zjištěna u palmy olejná, řepky a sóji. Hodnoty jsou shrnuty v tabulce č.3. Zprůměrovanou spotřebu všech sledovaných plodin v jednotlivých státech srovnává se spotřebou u ostatních zdrojů energie, vodní stopa u biomasy je dle jeho propočtů 70 – 400 krát vyšší, než je tomu u fosilních paliv, viz graf č. 10.

Tabulka.č.3. Vodní stopa energetických plodin v Nizozemí, USA, Brazílii v m³ v přepočtu na jednotku energie (GJ)

SPOTŘEBA VODY NA JEDNOTKU ENERGIE (m³. GJ⁻¹)			
plodina	Nizozemí	USA	Brazílie
topol	22	42	55
miscantus	20	37	49
kukuřice	9	18	39
cukrová třtina	-	30	25
sója	-	99	61
řepka olejná	67	113	214
slunečnice	27	61	54
palma olejná	-	-	75

Zdroj: Gerbens - Leens (2009) Zpracoval: autor

Graf č.10. Vodní stopa zprůměrovaná všech sledovaných plodin v Nizozemí, USA a Brazílii ve srovnání s fosilními zdroji.



Zdroj: Gerbens – Leens et al. (2009). Zpracoval: autor

Expanse pěstování energetické biomasy ve velkém rozsahu a nevhodné systémy jejich kultivace může podstatným způsobem zvýšit tlak na dostupné zdroje, v konečném důsledku způsobit vzájemnou konkurenci s produkcí potravin o vodnu a půdu. Problém může výrazně a v krátkém čase zhoršit regionální podpora nevhodných kultivačních metod (Shubert et al., 2009).

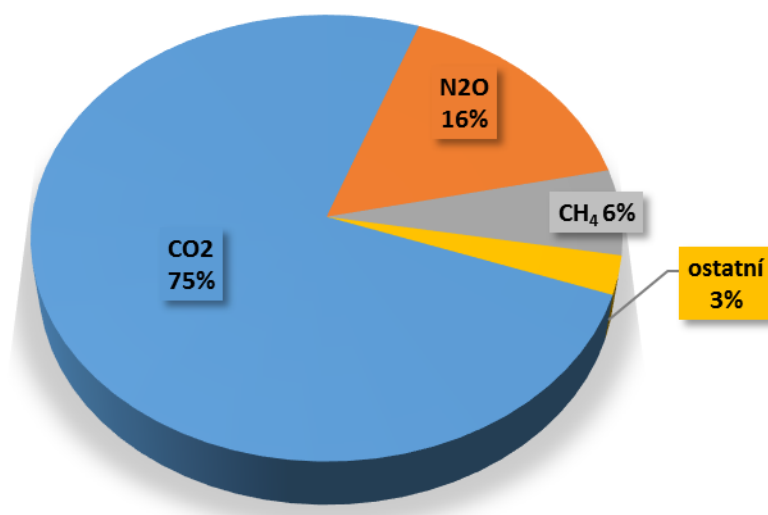
Pěstování vhodných energetických druhů na marginálních a degradovaných půdách skýtá možnost zlepšení využití srážkové vody, tím že se tok vody vypařováním z půdy změní na produktivní transpiraci energetických rostlin (Berdes., 2008b).

1.10 Skleníkové plyny

1.10.1 Globální emise skleníkových plynů

Zvyšování koncentrace skleníkových plynů v atmosféře znamená pro lidstvo vážný problém, zejména v podobě klimatických změn, dle IPCC (2014) se v období let 1970 -2010 zvýšily globální emise skleníkových plynů z 27 na 49 Gt CO₂ ekvivalent^{nt.rok⁻¹}, tedy o 80%, největší zastoupení s 75 % zaujímá CO₂, následován metanem a N₂O, viz graf č. 11 níže.

Graf č. 11 Podíl jednotlivých plynů na globálních skleníkových emisích.



. Zdroj : IPCC (2014). Zpracoval: autor.

Silná závislost na energii získávané z fosilních paliv představuje největší problém spojený se zvyšováním koncentrace skleníkových plynů. 78% CO₂ emisí vzniká jejich pálením v industriálním, energetickém a transportním sektoru, zemědělství, využití lesů a změny ve využití půdy se významným způsobem podílejí vedle CO₂ dalšími skleníkovými emisemi CH₄ a N₂O celkovými 21% (IPCC, 2014).

1.10.2 Zemědělství a skleníkové plyny

Globální emise skleníkových plynů CO_2 , CH_4 , a N_2O vzrostly v důsledku lidské činnosti mezi lety 1970 – 2004 o 70% a s nejvyšší pravděpodobností mají za následek zvýšení průměrných pozorovaných globálních teplot (IPCC 2008). N_2O a CH_4 , které jsou nejvíce emitovány zemědělskou činností, se staly středem pozornosti, protože jejich potenciál globálního oteplení – GWP (global warming potential) má několikanásobně větší hodnoty, než u CO_2 . GWP u N_2O dosahuje 295 a CH_4 25. Jako ekvivalent pro srovnání schopností zachycení tepelného záření u jednotlivých skleníkových plynů byl stanoven CO_2 s GWP 1 (Richter and Caillol, 2011).

Dle IPCC (2014) se zemědělství, lesnictví a změny ve využití pozemků podílely 20 – 25 % na celkových antropogenních emisích, které vzrostly v období let 1970 – 2010 o 20% na nynějších 12 Gt CO_2 ekvivalent za rok.

Zemědělství vyprodukovalo rekordní množství emisí v roce 2011 s nárůstem o 19% od roku 2001, které dosáhlo hodnot 5,335 Mt CO_2 ekvivalent. Největší objem z těchto emisí tvoří CH_4 z gastrointestinálních fermentačních procesů (40%), z hnoje ponechaném na pastvinách (16%) a N_2O uvolněné z používání průmyslových hnojiv (13%) (Tubiello, 2014).

Změny ve využívání půdy, zejména v důsledku odlesňování a expanze zemědělské půdy pro produkci potravin přispívají 15 % k celkovým světovým emisím skleníkových plynů (Berndes et al., 2011a).

1.10.3 Vliv expanze bioenergie na emise skleníkových plynů

Využití biomasy pro energetické využití se považuje jako prostředek k omezení emisí skleníkových plynů, tím že CO_2 fotosyntézou do formy lignocelulózy, který je pak emitován do ovzduší pálením fytohmoty a v konečném výsledku tím nezvyšuje koncentraci skleníkového plynu v atmosféře (Gonsales - Rosas et al., 2013). Avšak pěstování plodin a výroba energie z nich vyžaduje vklady energie z fosilních paliv a ovlivňuje také toky ostatních skleníkových plynů. Hlavními zdroji skleníkových plynů při pěstování energetických plodin jsou CO_2 , N_2O a CH_4 a souvisí se vstupy spojené s jejich kultivací a provozu techniky (Adler et al., 2007). Do jaké míry bioenergie omezuje skleníkové plyny závisí na typu fosilního zdroje, který je nahrazen, lokalitě kde je fytoenergetika etablována a na typu bioenergie. Kvantifikace omezení emisí je velmi složitá pro nedostatek spolehlivých empirických dat (Berndes et al., 2011a).

Emise skleníkových plynů významným způsobem ovlivňují změny ve využití půdy spojené s pěstováním energetické fytomasy, změny ve využití půdy mohou být přímé a nepřímé (Shubert et al., 2009). Přímé změny ve využití půdy znamená přeměnu produkčního využívání půdy pro potraviny a suroviny (taktéž přeměnu pastvin, degradaci produkčních lesů) a konverzi přírodního systému na produkci dedikované fytomasy (Berndes et al., 2011a).

Nepřímé změny ve využití půdy znamená, že produkce plodin či pastviny nahrazené expanzí bioenergetiky se rozšiřuje v jiných oblastech (Creutzig et al., 2014). Negativní dopad změn ve využívání půdy demonstrují (Fargione et al., 2007) na přeměně deštných pralesů, savan, pastvin, na produkci plodin pro biopaliva v oblastech jihovýchodní Asie, Brazílie a USA , které uvolní 17 – 420 krát více CO₂ než, které je zredukováno nahrazením fosilních paliv biopalivy.

Biopaliva jsou prezentována jako karbon neutrální, ale produkční řetěz biopaliv spotřebovává významný podíl energie z fosilních paliv, počínaje orbou, hnojením, použitím pesticidů, závlahami, využitím strojů pro sklizeň transport, páry a elektřiny pro samotnou výrobu, tímto přispívá k emisím skleníkových plynů (Patzek L and Patzek T, 2007) .

Cherubiny et al. (2009) se ve své práci zabývají životním cyklem bioenergie ve vztahu k emisím skleníkových plynů, který zahrnuje veškeré vstupy v řetězci produkce energie z biomasy se zahrnutím faktoru změn ve využívání půdy a porovnává s životním cyklem fosilních paliv. Největší úsporu CO₂ ekvivalentu zde představuje využití biomasy pro elektřinu a teplo, bioetanol z kukuřice, cukrové řepy a pšenice v některých případech vykazují nulovou, či zápornou úsporu ve srovnání s fosilními surovinami, jak je uvedeno v tabulkách č.4, 5 a 6.

Tabulka č.4. Emise skleníkových plynů vyjádřené ekvivalentem CO₂ v gramech na ujetý kilometr vypočítaný z životního cyklu biopaliv a fosilních paliv.

Paliva v dopravě	emise skleníkových plynů g CO₂ ekv.km⁻¹
bioetanol (cukrová třtina)	50 - 75
bioetanol (kukuřice, cukrovka, pšenice)	100 - 195
bioplyn	25 - 100
bionafta (řepka, slunečnice, sója)	80 - 140
bioetanol (lignocelulósa -II.generace)	15 - 55
benzín	210 - 220
nafta	185 - 220
zemní plyn	155 - 85

Zdroj: Cherubiny et al.(2009). Zpracoval: autor..

Tab. č.5. Emise skleníkových plynů vyjádřené ekvivalentem CO₂ při výrobě elektřiny z biomasy a fosilních paliv během životního cyklu vyjádřené v g CO₂ ekv. .MJ⁻¹

elektřina a kongenerace	emise skleníkových plynů g CO₂ ekv. .MJ⁻¹
biomasa (štěpka, pelety)	15 - 30
biomasa - spoluspalování s uhlím	20 - 100
bioplyn	15 - 65
solární panely	15 - 45
uhlí	300 - 500
jádro	5 -30
zemní plyn	100 - 200

Zdroj : Cherubiny et. al. (2009). Zpracoval: autor.

Tab.č.6. Skleníkové plyny produkované z životního cyklu při vytápění biomasou a fosilními palivy vyjádřené v gramech ekvivalentu CO₂ z jednotky energie MJ⁻¹(intervaly).

vytápění	emise skleníkových plynů CO₂ ekv.MJ⁻¹
biomasa (štěpka, pelety)	5 -20
uhlí	110 - 150
ropa	90 - 120
zemní plyn	70 - 85
elektřina ze zemního plynu (lokální vytápění)	180 - 210
elektřina z uhlí (Lokální vytápění)	290 - 320

Zdroj : Cherubiny et al. (2009). Zpracoval: autor.

Fritsche (2010) studuje životní cyklus biopaliv se zahrnutím faktoru nepřímých změn ve využívání půdy, kde dochází k vyšším emisím CO₂ u FAME z řepky v Evropě , kukuřičnému bioetanolu v USA , bioetanolu z pšenice v Evropě než je tomu u fosilních paliv. Výsledky jsou shrnuty v tabulce č.7.

Tabulka č.7. Emise skleníkových plynů vyjádřené ekvivalentem CO₂ v gramech na MJ⁻¹ , které jsou vyvozeny z životního cyklu biopaliv s referencí fosilních paliv s faktorem nepřímých změn v důsledku využívání půdy.

	minimum	střed	maximum
FAME - řepka olejná, EU	117	188	260
FAME - palma olejná, Indonesie	45	64	84
FAME- sója, Brazílie	51	76	101
bioetanol - cukrová třtina, Brazílie	36	42	48
bioetanol - kukuřice, USA	72	101	129
bioetanol - pšenice, EU	77	110	144
benzín		87-90	
nafta		85-90	

Zdroj : Fritche (2010). Zpracoval: autor.

Intenzifikace zemědělské produkce energetických plodin patří k dalšímu aspektu, který má vliv na velikost emisí skleníkových plynů. Zintenzivnění technologie pěstování vede k vyšším výnosům, ale také vyšší emisi skleníkových plynů v důsledku frekventovanějšímu zpracování půdy, vyšším dávkám hnojiv, zavlažovacím systémům apod. (Cherubiny et al., 2009).

1.11 Biodiversita

Ztráta biodiversity se v současnosti dostává globálně do krizové situace, k nejvýznamnějším příčinám tohoto stavu náleží ztráta přirozeného prostředí v důsledku přeměny přírodních a polopřírodních systémů na zemědělské a lesní využití a jejich intenzifikací (Shubert et al., 2009). Zvyšující se poptávka po zemědělských produktech se dorovnáva rozšiřováním pěstebních ploch nebo intenzifikací produkce (Tilman et al., 2011)

Chráněná území, zejména v tropických regionech jsou ohrožována zejména nadměrným využíváním a osídlením v podobě přeměny pozemků a fragmentace uprostřed těchto území a izolace od okolních území jejich přeměnou. (Shubert et al., 2009).

Rozšířením pěstování energetických plodin může vést k intenzifikaci a ke konverzi ploch s vysokou biologickou diversitou na ornou půdu se sníženou biodiverzitou, to může být dále znásobeno zvýšením tlakem na půdu využívanou pro potravinovou produkci. Oslabení biodiversity krajiny pak může způsobit ztrátu opylovačů a přirozenou regulaci škůdců, které v konečném důsledku narušuje stabilitu ekosystémových funkcí. Na druhou stranu pěstování zejména vytrvalých plodin pro energii na intenzivně využívaných půdách dává příležitost omezit agronomické vstupy a omezit narušování bioty, na opuštěných a degradovaných pozemcích může rozšíření energetická fytomasy rehabilitovat místní biodiverzitu (Pedrolí et. al., 2012)

Intenzifikace masové produkce energetické biomasy dle Shuberta et al. (2009) může přímo či nepřímo představovat hrozbu pro biodiverzitu těmito způsoby :

- destrukci a fragmentaci přírodních ekosystémů - transformace na velké plochy monokultur často přináší narušení území s vysokou přírodní ochrannou funkcí
- ohrožení ztrátou agrobiodiversity
- ohrožení nadměrným hnojením a eutrofizací – intenzivní obdělávání, eroze a vyplavení nadorniční vrstvě.
- ohrožení zamořením pesticidy
- ohrožení nadměrným využíváním vodních zdrojů - závlahy mají vysoký odběr vody, často spojeno se ztrátou mokřadů, které udržují nadprůměrnou diversitu.
- ohrožení invazivními druhy plodin
- ohrožení geneticky modifikovanými druhy – geneticky modifikované materiály se mohou rozšířit do okolní přírody.

1.11.1 Vliv podpory a expanze tekutých biopaliv na biodiverzitu – situace ve světě

V USA expanze výroby bioetanolu z kukuřice ohrožuje program pro uvádění půdy do klidu - Conservation reserve program (CRP), který má za úkol zabránit erozi půd, dostupnost vodních zdrojů a rozšíření přírodních stanovišť tím že tato pozemky budou navráceny zpět k produkčním účelům (WWI 2007). Státní program pro biopaliva má za následek změny ve využití půdy, studie zabývající se nepřímými změnami ve využití uvádí, že nahrazení produkce sóji expanzí kukuřice pro bioetanol může způsobit rozsáhlou přeměnu savan a lesů pro produkci energetických plodin celosvětově, zejména v Brazílii (Myiake et al., 2012).

Simulace, vycházející ze státně stanovených cílů pro produkci biopaliv v Brazílii do roku 2020, odhadují, že cukrová třtina pro bioetanol a sója na bionaftu mají za příčinu nepřímé odlesňování v rozsahu 41% a 59 %, hlavním mechanismem je přesunutí pastvin dobytka vytlačených cukrovou třtinou na jihovýchod země a sójou na jihozápad (Lapola et al., 2010). Produkce sóji pro bionaftu a krmivo v centrální části Brazílie ve státě Mato Grosso znamenají největší přímou hrozbu pro deštné pralesy, odhady předpovídají 40% úbytku amazonských deštných pralesů do roku 2050 (Naylor et al., 2007). Expanze biopaliv rovněž ohrožuje endemicky významné savany (cerrado), které se plánují využít pro pěstování třtiny a sóji (WWI 2007).

Palmový olej je nejlevnějším zdrojem rostlinného oleje, díky vysokým výnosům ve srovnání s olejnatými plodinami mírného pásma, což jej činí ekonomicky přitažlivým pro výrobu bionafty (Naylor et al., 2007). Expanze výroby palmového oleje má hlavní příčinu na odlesňování deštných pralesů v jihovýchodní Asii, palmové plantáže v Indonésii a Malajsii se rapidně rozšiřují navzdory zákonným opatřením zakazující mýcení pralesů (WWI, 2007). Vedle svých státních podpor pro bionaftu obě země vyčlenily 6 mil. tun palmového oleje pro export za účelem uspokojení poptávek pro výrobu bionafty v USA, Evropě a ostatních asijských státech (Myiake et. al. 2012). Přeměny deštných pralesů v těchto oblastech mají vážné environmentální důsledky v podobě zániku přirozených stanovišť vzácných druhů živočichů a rostlin (kupříkladu vymírání orangutanů), pozemky jsou často vypalovány mající za následek zamořování ovzduší spalinami, uvolňování uhlíku z rostlin a půdy, odpadní vody z mlýnů pro zpracování oleje způsobují kontaminaci vodních zdrojů (Naylor et al., 2007).

4. Studie - Perspektivy fytoenergetiky, analýza produkčních možností a možné dopady na potravinovou bezpečnost a životní prostředí v ČR

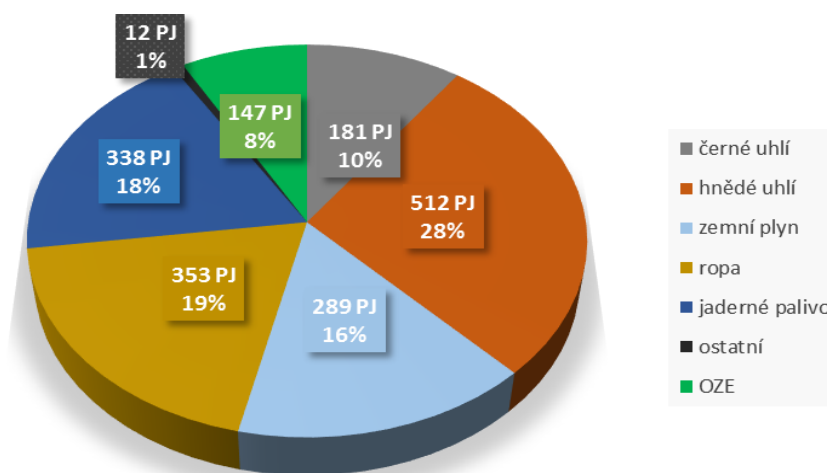
1.12 Materiál a metody

V této části práce bude provedena analýza, jaké jsou produkční možnosti záměrně pěstovaných plodin pro výrobu tekutých biogenních paliv v zájmovém území České republiky se zaměřením na možné důsledky využití záměrně pěstované biomasy pro tekutá biogenní paliva, potravinovou bezpečnost a pro životní prostředí, dále bude zhodnocena sporná témata státní politiky v oblasti podpory biopaliv. Pro kritickou analýzu bude jako materiálu využito vědeckých studií a statistických údajů, metodou pro vyhodnocení výsledků bude zpracování formou swot analýzy.

1.13 Skladba obnovitelných zdrojů v ČR

Energetická základna České republiky je založena především na využívání fosilních paliv, s dominantním zastoupením 91% (1347 PJ) z celkových primárních zdrojů energie, nejvíce (28%) je využíváno hnědé uhlí, které má z fosilních zdrojů nejvíce negativní environmentální dopady. Celková spotřeba energie primárních energetických zdrojů v roce 2013 byla 1771PJ (MPO, 2014), struktura primárních energetických zdrojů v České republice je znázorněna na grafu č.12.

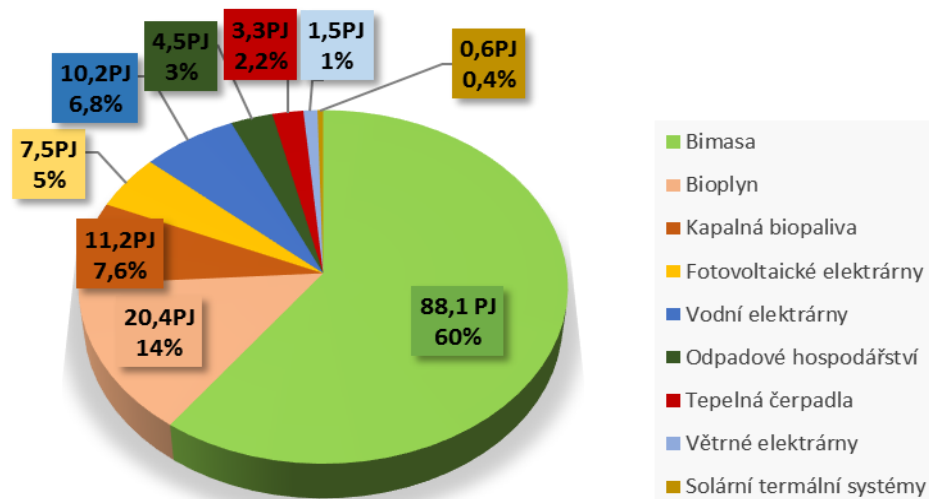
Graf č.12.Skladba primárních zdrojů energie v České republice .



Zdroj: Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO 2014). Upraveno: autor.

Obnovitelné zdroje má svými 7,8 % (147,2 PJ) minoritní postavení v energetickém mixu MPO (2014) z celkových primárních zdrojů energie v roce 2013. Energie z biomasy mezi obnovitelnými zdroji energie v ČR zaujímá dominantní postavení s podílem 85% (120 PJ), z toho energie biomasy v domácnostech a komerční představuje 60% (88,1PJ), bioplyn 14% (20,4 PJ) a tekutá biogenní paliva 7,6 % (1,2 PJ), jak je znázorněno na grafu č 13 .

Graf č.13 Struktura obnovitelných zdrojů energie v České republice



Zdroj: Ministerstvo průmyslu a obchodu (2014) Zpracoval: autor.

1.14 Problematika tekutých biogenních paliv

V Evropě se doprava významným způsobem podílí na celkové spotřebě energie s 31 % (European union, 2014), nárůst emisí skleníkových plynů z dopravy vzrostl od roku 1990 o 7 %, závislost dopravního sektoru na ropných produktech je rovněž vysoká a dosahuje 88 % (Eurostat, 2015) i přes podpory obnovitelných zdrojů.

Provoz motorových vozidel v silniční dopravě je v ČR z pohledu energetického zajištění v současné době závislý z 94,4 % na fosilních motorových palivech z ropy. (MPO 2010). Doprava se podílí 20,2%(MPO, 2010) na celkové spotřebě energie. Snahy našeho státu o snížení závislosti na fosilních palivech a omezení skleníkových emisí v dopravě se opírají o podporu využívání tekutých biogenních paliv.

V současné době jsou převážně používanými biopalivy bioetanol (kvasný líh zvláště denaturovaný) a bio-ethylterc-butyl-ether (ETBE) na bázi bioetanolu do benzínu a metylestery mastných kyselin (FAME) anebo metylestery řepkového oleje (MEŘO), tzv. bionafty do motorové nafty. Tato biopaliva jsou definována jako biopaliva I. generace, tj. vyrobená z potravinářských surovin (Šebor a kol.,2006).

1.14.1 Legislativa ve vztahu k tekutým biopalivům

Zákonná opatření České republiky pro podporu obnovitelných zdrojů energie navazují na směrnice EU, mezi které patří především Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2009/28/ES. Směrnice stanoví pro členské země závazný cíl do roku 2020 nahradit minimálně 10 % energetického obsahu motorových paliv (benzínů a motorové nafty) obnovitelnými zdroji energie, tj. biopalivy a elektrickou energií z obnovitelných zdrojů

Evropská směrnice 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů (OZE) ukládá ČR do roku 2020 zvýšit podíl těchto zdrojů na celkové energetické spotřebě na 13 %, čili přibližně na dvojnásobek současného stavu. Nejvýznamnější podíl má mít podle současných prognóz biomasa pro přímé spalování, počítá se s ní však i pro kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla. Menší podíl pak připadá na kapalná biopaliva a bioplyn z cíleně pěstované biomasy.

Zákonem č. 221/2011 Sb., o ochraně ovzduší, se převádí do české legislativy ustanovení směrnice 2009/28/ES o kritériích udržitelnosti biopaliv a povinnost snižovat emise skleníkových plynů. S platností od 1. 1. 2012 musí biopaliva použitá pro dopravní účely splňovat kritéria udržitelnosti. Od roku 2012 je kritérium udržitelnosti pro každé biopalivo

definované zákonem 35 %, od roku 2017 pak 50 % a od roku 2018 60 % úspory emisí skleníkových plynů. Výrobce, dovozce a distributor musí splnění kritéria udržitelnosti prokázat certifikátem. Kritériem udržitelnosti biopaliva se rozumí úspora skleníkových plynů vyjádřená v % oproti ekvivalentnímu čistému fosilnímu palivu pro dopravu.

Dne 12.9.2012 byl vládou schválen Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012 – 2020. Cílem tohoto materiálu je především vymezit opatření a principy, která povedou k efektivnímu a účelnému využití energetického potenciálu biomasy a pomohou tak naplnit závazky ČR pro výrobu energie z obnovitelných zdrojů do roku 2020. Podíl energie na hrubé domácí spotřebě by měl v roce 2020 dosáhnout 13,5 % a podíl obnovitelné energie v dopravě 10 %.

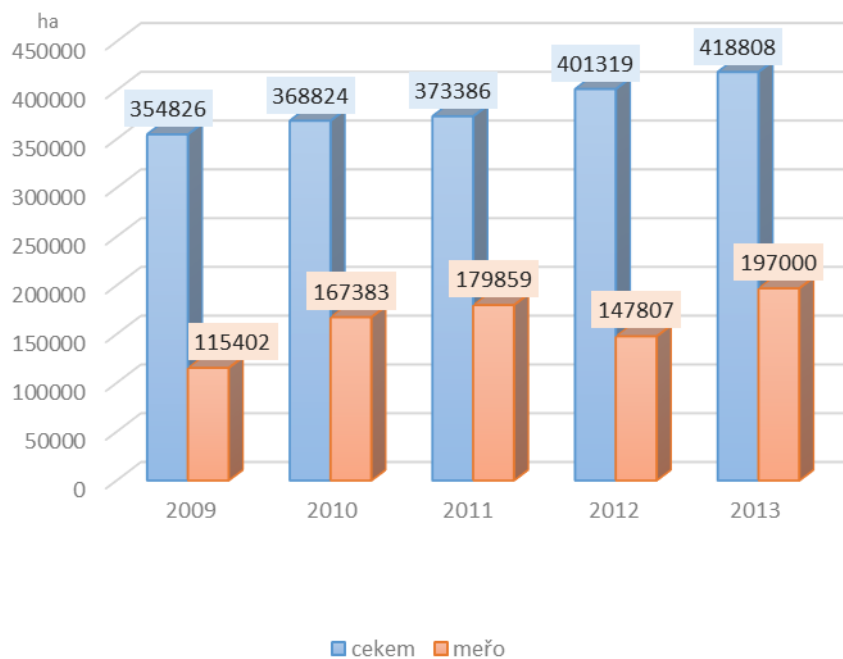
1.15 Posouzení produkčních možností, environmentálních dopadů a ekonomiky pěstování plodin pro tekutá biopaliva.

V podmínkách ČR se pro výrobu bionafty využívá esterifikace oleje řepky olejné, která z plodin pěstovaných pro tekutá biopaliva zaujímá největší pěstební plochy, pro výrobu bioetanolu nachází převážného uplatnění produkce cukrové řepy.

1.15.1 Řepka olejná

Osevní plochy řepky olejné, jak uvádí statistiky MZe (2014) se díky státní podpoře rozšířily na dnešních 418 tisíc hektarů z kterých šlo 47 % produkce (197 tis ha) na výrobu MEŘO oproti roku 2009 s 355 tisíci hektary (115.402 pro MEŘO), růst produkce je znázorněn na grafu č.14.

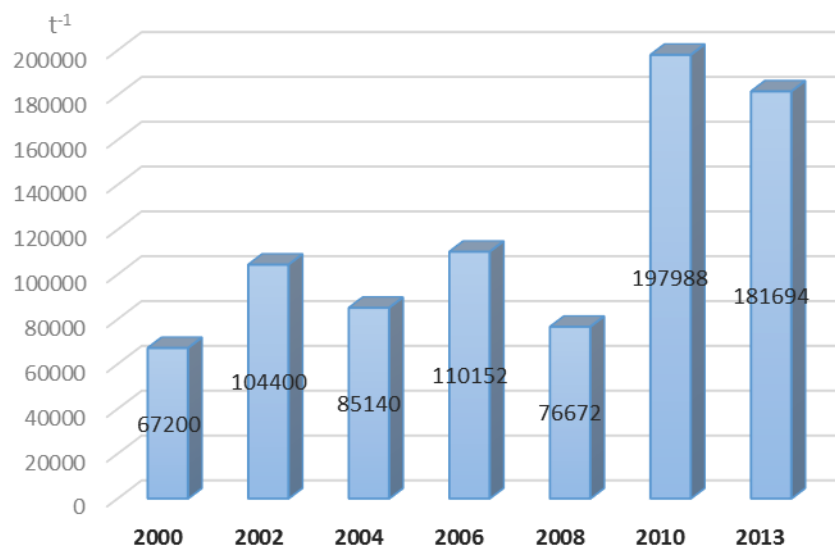
Graf č. 14. Vývoj osevní plochy řepky celkem a podílem ploch pro zpracování na MEŘO



Zdroj: MZe (2014). Zpracoval: autor

Produkce MEŘO má v České republice poměrně vzestupnou tendenci, kdy vzrostla z původních 67 tisíc tun v roce 2000 na 181 tisíc tun v roce 2013, viz graf č. 15 .

Graf č.15. Vývoj výroby MEŘO v České republice mezi lety 2000 – 2013 rok . t⁻¹



Zdroj: MZe (2014) Zpracoval: autor.

MEŘO se využívá v České republice jako směsný komponent do nafty, což je zákonem stanovená povinná složka biopaliva o objemu 6%, lze jej použít v čisté formě 100 % bionafty s označením B 100, která vyžaduje úpravu motoru (Šebor a kol. 2006.).

Jaké jsou možnosti substituce nafty bionaftou lze tedy odvodit výpočtem produkčních možností řepky v našich podmínkách vycházející z průměrného výnosu plodiny, který byl za posledních 5 let v průměru 3 tuny z hektaru (MZe 2014), výtěžnost MEŘO z tuny řepkového semene se pohybuje v hodnotě 0,39 tuny (Jevič 2013). Ze statistiky Ministerstva zemědělství, která stanoví možnost vyčlenění plodin pro energetické účely se zachováním potravinové bezpečnosti, vyplývá, že lze využít 240 tisíc hektarů orné půdy pro pěstování řepky na bionaftu, dostáváme se tedy v ČR k produkci 280 tisíc tun za rok.

Spotřeba motorové nafty v roce 2014 dle statistiky Ministerstva průmyslu a obchodu-MPO (2014) dosáhla 4.359 tisíc tun a má mírně vzestupnou křivku. Při započítání průměrné výtěžností 1,17 tuny MEŘO z hektarové produkce řepky by k uspokojení spotřeby nafty v České republice byla potřebná osevní plocha pro pěstování řepky olejné o rozloze 3 317 094 ha.

Tabulka č.8. Výpočet produkčních možností řepky olejné pro krytí spotřeby kapalných pohonných hmot.

výnos řepkového semene t.ha ⁻¹	3
výnos MEŘO z tuny semene v tunách	0,39
celkový výnos MEŘO t.ha ⁻¹	1,17
plocha dostupná v ha max. (potravinová bezpečnost)	240 000
Celkový potenciální výnos v tunách	280 800
celková současná spotřeba nafty v tunách za rok	3.881 000
plocha potřebná k pokrytí spotřeby nafty v ha	3.317 094
Potenciál pokrytí spotřeby nafty	7,23 %
celkový potenciál pokrytí spotřeby paliv v dopravě	5,73 %

Zpracoval: autor

Z výsledků v tabulce č.8. vyplývá, že plocha zemědělské půdy, potřebná pro výrobu MEŘO k vykrytí spotřeby nafty 13,8 krát převyšuje plochu maximálně využitelnou pro pěstování řepky a zabrala by 1,4 krát plochu orné půdy v ČR. Bereme-li v úvahu využití maximálních 240 tisíc ha pro pěstování řepky, produkce pokryje 7,23 % spotřeby motorové nafty v dopravě, celkovou spotřebu pohonných hmot pak 5,73 %.. Ekonomika výroby paliva MEŘO není ve srovnání s naftou při současných cenách konkurenceschopná, plošné náklady na litr paliva jsou 3 násobně dražší (Gondelach et al., 2014). Současná cena řepkového semene na Plodinové burze (2015) v období 3.3. – 17.3. 2015 byla 9.547 Kč za tunu, cena za 1kg Meřo bez započtení nákladů na výrobu tak dosahuje 25 Kč.

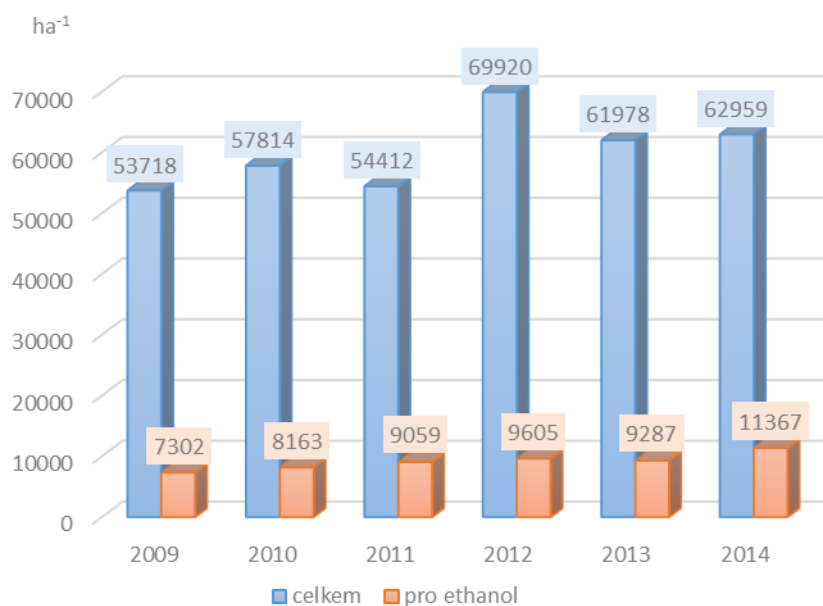
Dosažení nezávislosti na ropných tekutých palivech dalece přesahuje limity plochy vhodné pro pěstování řepky, další rozšiřování ploch by se stalo konfliktním pro zajištění potravinové bezpečnosti.

Nutno podotknout, že úspora skleníkových plynů při využívání bionafty z řepky je polemická, jednak vyžaduje velké energetické vstupy do životního cyklu produkce, pro dosažení uspokojivých výnosů s používá v hojné míře minerálních dusíkatých hnojiv, která uvolňují N₂O do ovzduší, což může způsobit až negativní bilanci úspory skleníkových plynů (Crutzen et al., 2007), Cherubiny et al. (2009) ve své studii rovněž poukazují na eventualitu nízké až minusové úspory skleníkových plynů při zahrnutí faktoru nepřímé změny ve využívání pozemků – ILUC (indirect land and use changes).

1.15.2 Cukrová řepa pro výrobu bioetanolu

V našich podmínkách poskytuje největší výtěžnost bioetanolu cukrová řepa technická, která je pro výrobu biopaliva v největší míře využívána. Má méně náročnou technologii zpracování naproti tomu vysoká výtěžnost je vykoupena vysokými hektarovými náklady a nevýhodou je též úzký rozsah oblasti pěstování.(Zeman a Tvrzník 2007). Celková osevní plocha cukrovky v roce 2013 sklizňová dosáhla 62 959 ha, z toho výměra pro bioetanol se podílela 11 367 ha a to ve srovnání s rokem 2009 představuje nárůst o 64% MZe (2014), viz graf č.16. Zvažovaná dostupná plocha pro pěstování cukrovky s ohledem na zajištění potravinové bezpečnosti na bioetanol dle Mze (2010) činí 80 tisíc ha. Cukrová řepa v našich podmínkách dosahuje stabilně vysoký výnos, který dosáhl za posledních 5 let podle dat Českého statistického úřadu (ČSÚ, 2014) 63,3 tuny, přičemž výtěžnost bioetanolu z tuny cukrovky je průměrně 93,2 litru(Jevič, 2013).

Graf č.16. Vývoj osevních ploch cukrová řepy s podílem pro zpracování na bioetanol



Zdroj: MZe (2014). Zpracoval: autor

Spotřeba benzínu v dopravě v roce 2014 dle statistiky ministerstva průmyslu a obchodu MPO (2015) představovala 2.09 mld. litrů benzínu . Bioetanol lze považovat za vhodný substituent benzínu, v ČR se přimíchává jako směsný s podílem do 5%, ve světě se mísí taktéž ve vysokoprocentních směsích - 95% v Brazílii, za tímto účelem je nutná úprava

motoru typu FFV – flexi fuel vehicle (Zeman a Tvrzník 2007). V porovnání s benzínem má bioetanol nižší hodnotu výhřevnosti a vozidla s úpravou na vysokoprocenní bioetanol mají v průměru 1,4 krát vyšší spotřebu paliva (Zhai et al., 2007), k uspokojení spotřeby benzínu by bylo potřebných 497 027 hektarů pro pěstování cukrové řepy. viz výpočet v tabulce č.9. Tato rozloha 6 x převyšuje rozlohu půdy vhodné pro pěstování cukrovky s ohledem na zajištění potravinové soběstačnosti.

Tabulka č.9. Výpočet produkčních možností cukrové řepy pro krytí spotřeby tekutých fosilních pohonných hmot

výnos cukrovky t.ha ⁻¹ (průměr)	63,3
výnos bioetanolu z tuny cukrovky v litrech	107
výtěžek bioetanolu l.ha ⁻¹	5 887
výtěžek v ekvivalentu benzínu l.ha ⁻¹	4 205
plocha dostupná v ha max. (potravinová bezpečnost)	80 000
celkový potenciální výnos bioetanolu v litrech	533 840 000
Přepočet na ekvivalent benzínu v litrech	336 400 000
celková současná spotřeba benzínu v litrech za rok	2.090 000 000
plocha potřebná k pokrytí spotřeby benzínu v ha	497 027
potenciál krytí spotřeby benzínu	16,1 %
potenciál krytí celkové spotřeby paliv (benzín + nafta)	3,67%

Zpracoval: autor

Z analýzy vyplývá, že výroba bioetanolu z cukrové řepy v podmínkách České republiky může při zachování potravinové bezpečnosti krýt spotřebu fosilního paliva benzínu z 16,1 % a celkovou spotřebu z 3,67 %.

Další navyšování plochy ve snaze o snížení závislosti na ropě by vedlo k ohrožení potravinové bezpečnosti, pěstování cukrové řepy jako okopaniny má zlepšovateľské vlastnosti, zároveň vyžaduje kvalitní půdy a intenzivní způsob pěstování s vysokými nároky na hnojení, pesticidy a mechanizaci. Ekonomika výroby bioetanolu je ve srovnání z benzínem je přibližně dvojnásobně dražší (Elbehri et al., 2013).

1.15.3 Stanovisko Evropské komise k udržitelnosti biopaliv I generace v konfrontaci s postojem vlády ČR.

Vědecké práce ukazují, že emise vyplývající z nepřímé změny ve využívání půdy se mohou podstatně lišit v závislosti na vstupních surovinách a mohou negovat některé nebo veškeré úspory GHG jednotlivých biopaliv oproti fosilním palivům, které nahrazují. Evropská komise reflektovala tyto poznatky návrhem revize směrnic RED a FQD, který zveřejnila dne 17.10.2012. Předložený návrh zpřísňuje kritéria udržitelnosti biopaliv ve vztahu k úspoře emisí GHG zavedená výše uvedenými směrnicemi, řeší problematiku nepřímé změny ve využívání půdy způsobenou pěstováním biomasy pro výrobu biopaliv, omezuje příspěvek biopaliv vyrobených z „potravinářské“ biomasy do povinného 10% podílu obnovitelných zdrojů v dopravě v roce 2020 na 5 % a zavádí podporu moderních biopaliv (biopaliva 2. a 3. generace, která jsou vyráběna z „nepotravinářské“ biomasy). Směrnice EU 2009/28/ES stanovila kromě podílů energie z obnovitelných zdrojů ve všech druzích dopravy i podmínky, které musí splňovat použítá biopaliva. Jedná se o tato kritéria udržitelnosti:

1) Úspora emisí skleníkových plynů při používání biopaliv musí činit alespoň 35 % oproti fosilním analogickým palivům, s účinkem od 1. ledna 2017 alespoň 50 % a od 1. ledna 2018 alespoň 60 % u zařízeních, která zahájila výrobu dne 1. ledna 2017, nebo později.

Při započtení ILUC faktoru bionafty z MEŘO, který může být ve stejných hodnotách emisí skleníkových plynů jako u fosilních paliv vyplývá, že biopaliva I. generace v podmínkách ČR nebudou splňovat kritéria udržitelnosti po roce 2018.

Vláda ČR dne 23.2. 2015 (Vláda, 2015) ve svém usnesení navrhuje pokračování subvencování biopaliv I. generace až do roku 2020 přes změnu postoje Evropské komise míře udržitelnosti, která se jeví jako diskutabilní. Dle uvedených odhadů Ministerstva zemědělství (MZe, 2014), by se za celé období 2015 – 2020 měla celková výše finanční podpory biopaliv vyšplhat na 11, 436 mld. Kč.

1.15.4 Odhad produkčních možností energetické biomasy pro biopaliva II. generace

Větší perspektiva se očekává od biopaliv II. generace, které vykazují významný pozitivní rozdíl v saldu produkce CO₂ během životního cyklu a jsou vyráběna z lignocelulosové biomasy (dřevo, těžební zbytky, seno, sláma, rostlinné odpady, rychle rostoucí dřeviny atd.) Biopaliva druhé generace mají až 90% potenciál snížení emisí CO₂ ve

srovnání se svou fosilní alternativou a nekonkurují plodinám pro potravinářské využití (Hromádka a kol., 2010).

Z technologických procesu výroby biopaliv II. generace se nejvíce vyvíjí konverze biochemická výroba bioetanolu z celulózy (např. z vymláčené slámy nebo z vylisované cukrové třtiny) a pak procesy parciální oxidace biomasy s následnou výrobou syntézního plynu, který slouží jako surovina pro výrobu uhlovodíku pro výrobu BA a NM FT syntézou. Další technologií je pyrolýza nebo proces hydrotermického zpracování biomasy za vzniku uhlovodíkové suroviny. (WWI, 2007).

Výtěžnost biopaliva závisí na technologii zkonverze a typu biomasy, pohybují se v rozmezí 75 až 300 litrů paliva z tuny suché hmoty (Sims et al., 2009) , údaje jsou zpracovány v tabulce č.10.

Tabulka č.10. Výtěžnost biopaliva II.generace při biochemické a termochemické konverzi.

	Výtěžnost l.t ⁻¹ suché biomasy		zisk energie GJ.t ⁻¹	
	min.	max.	min.	max.
Biochemická zkonverze -bioetanol	110	300	2,3	6,3
Termochemická zkonverze				
FTP diesel	75	200	2,6	6,9
bioetanol	120	160	2,5	3,4

Zdroj: Sims et al.(2009) Zpracoval: autor

Pro pěstování biomasy ke zpracování na paliva II. generace lze využít pozemků, které se nachází pod prahem ekonomické rentability nebo degradovaných. Výměra nevyužité zemědělské půdy dle odhadů Jeviče (2013) a MZe (2010) dosahuje přibližných 1,1 milionů hektarů, pro produkční účely odhadují ve studii Lewandowski et al.(2006) rozlohu minimálně 535 tisíc hektarů s průměrným výnosem 4,5 tuny suché biomasy.

V případě využití této odhadované rozlohy k pěstování energetických rostlin pro potřeby výroby tekutých biopaliv II. generace existuje předpoklad získání 493,8 mil litrů bioetanolu. Uvedené množství by mohlo nahradit 24,6 % roční spotřeby benzínu v ČR , celkových kapalných pohonných hmot pak 5 % , údaje potenciálního využití jsou uvedeny v tabulce č.11.

Tabulka č.11. Výpočet potenciálních možností biopaliv II. generace z dedikované biomasy

výnos suché biomasy t.ha ⁻¹ (průměr)	4,5
výnos etanolu z tuny suché biomasy v litrech	205
výnos etanolu l.ha ⁻¹	923
Výtěžnost v ekvivalentu benzínu l.ha ⁻¹	659
Plocha dostupná v ha	535 000
Celkový potenciální výnos etanolu v litrech	352 565 000
celková současná spotřeba benzínu v litrech za rok	2.090 000 000
potenciál pokrytí spotřeby benzínu	16,9 %
potenciál pokrytí celkové spotřeby paliv (benzín +nafta)	5 %

Zpracoval: autor.

Využití paliv II. generace má v podmínkách ČR perspektivu tím, že nebude konkurovat produkci potravin, protože může být využita biomasa z půdy, která není produkčně rentabilní představovat nižší zátěž pro životní prostředí. Výpočet potenciálu krytí celkové potřeby pohonných hmot 5 %, potřebu benzínu na 16,9 %. Do kalkulace potenciálu nebyla zahrnuta odpadní biomasa, jejíž využití může rovněž přispět k nahrazení fosilních paliv.

Pěstování energetických rostlin na marginálních a degradovaných půdách může přispět ke zlepšení jejich vlastností, za předpokladu vhodně zvolených druhů.

Ekonomika výroby paliv II. generace se v současnosti pohybuje nad náklady pro výrobu tekutých biopaliv I. generace technologie výroby není plně komercializovaná, její možné rozšíření a konkurenceschopnost s odhaduje na 10 a více let (WWI, 2007), v ČR dle dostupných informací není zařízení pro výrobu paliv II. generace zavedena.

1.15.5 Swot analýza

Výstupy z posouzení produkčních možností plodin pro biopaliva a dopadů jejich expanze jsou zpracovány formou swot analýzy, která posuzuje relevantní silné a slabé stránky problematiky, zároveň také příležitosti a hrozby za účelem indikace perspektivy zkoumané problematiky. Zpracování analýzy se nachází v tabulce č.12.

Silné stránky

Tekutá biogenní paliva mají za určitých okolností pomoci snížit závislost na potřebě fosilních kapalných paliv, to závisí na podmínkách pro pěstování, rozloze ploch, plodině a technologii zpracování, s ohledem na typ plodiny a způsobu kultivace vykazují úsporu emisí skleníkových plynů. Výhodou je více způsobů zkonverze a osvědčené technologie.

Slabé stránky

Ve srovnání s fosilními ekvivalenty je výroba bioaliv z řepky a cukrové řepy v podmínkách ČR dražší, vyžadují vysoké vstupy energie, mají vyšší nároky na stanoviště, tím omezené využití, pro pokrytí spotřeby pohonných hmot by byly nutné rozsáhlé pěstební plochy. V případě vysokoprocentních směsí nebo čistých formách nutná úprava motorů.

Příležitosti

Pěstování energetických plodin může být příležitostí pro zlepšení ekonomické situace v zemědělském sektoru a tím i venkovských oblastí, jejich využití na marginálních a degradovaných lokalitách mohou zlepšit půdní vlastnosti. Rozšíření biopaliv II. generace má potenci využití zemědělských a lesnických zbytků biomasy a odpadní biogenní hmoty.

Hrozby

Pro biopaliva I. generace se využívá plodin, které slouží k potravinářským, nebo krmivářským účelům a rozsáhlé využití pro biopaliva tak může ohrozit potravinovou bezpečnost a cenu zemědělských komodit. Zvýšená poptávkách po komoditách pro tekutá biopaliva taktéž může zapříčinit přímé a nepřímé změny ve využití pozemků a tím i ohrožovat biodiverzitu, intenzivní způsoby pěstování spojené s intenzivním hnojením a herbicidů jsou hrozbou pro životní prostředí a výsledně i způsobovat zvýšení emisí skleníkových plynů. Monopolizace rozsáhlého pěstování kultur má negativní vliv na agrobiodiverzitu.

Tab.č.12.SWOT ANALÝZA

SILNÉ STRÁNKY	SLABÉ STRÁNKY
<ul style="list-style-type: none"> - snížení závislosti na fosilních palivech - omezení emisí skleníkových plynů - vícero způsobů zkonverze - rozvinuté technologie pro výrobu 	<ul style="list-style-type: none"> - Vysoká výrobní cena produktu pokud nejsou dotována - potřeba velkých ploch pro pěstování - Nutná úprava motorů pro biopaliva - náročnost na půdní podmínky - omezený potenciál nahrazení fosilních paliv
PŘÍLEŽITOSTI	HROZBY
<ul style="list-style-type: none"> - Zlepšení ekonomiky venkovského sektoru - Zdokonalením technologií využití odpadní a lignocelulósové biomasy - zlepšení půdních podmínek v marginálních a degradovaných oblastech 	<ul style="list-style-type: none"> - důsledkem expanze ohrožení potravinové bezpečnosti - nepřímé změny ve využití krajiny - emise skleníkových plynů stejné či větší jak u fosilních paliv u některých plodin - snížení agrobiodiversity (monopolizace kultur) - nepříznivé environmentální dopady intenzivního pěstování

Zpracoval: autor.

5. Diskuze

Česká republika má podobně jako ostatní státy EU úzkou vazbu na ropná tekutá paliva jako hlavního zdroje energie v dopravním sektoru. To způsobuje zranitelnost ekonomiky jednak tím, že hrozí výkyvy cen ropy na trhu, dále blížící se vyčerpatelnost a také, že úzká skupina zemí vlastní ropná ložiska. Spalováním ropných paliv rovněž významně přispívá k emisím skleníkových plynů, popularizace využívání obnovitelných zdrojů je tedy zcela na místě.

Do popředí diskuse se dostalo využití tekutých biogenních paliv, která mají schopnost nahradit ropné pohonné hmoty a za určitých předpokladů omezit emise skleníkových plynů, v současnosti se jedná o biopaliva I. generace, mezi kterými jsou nejvyužívanější MEŘO a bioetanol. V klimatických a půdních podmínkách České republiky se pro výrobu těchto biogenních paliv nejvíce produkčně osvědčují řepka olejná pro bionaftu a cukrová technická řepa pro bioetanol, jejichž pěstební plochy mají díky státním podporám vzestupnou tendenci.

Analýza produkční možností jmenovaných plodin v ČR vychází z propočtů MZe a ÚZEI pro velikosti vhodných ploch s ohledem na zachování potravinové bezpečnosti a opírá se o statistické údaje výnosů. V případě řepky olejné byly shledány omezené produkční schopnosti, kdy výtěžnost bionafty z celkové uvažované plochy je schopna nahradit spotřebu nafty 7,23 % a celkovou spotřebu ropných paliv v dopravě 5,73%. Pěstování řepky pro stabilní výnosy vyžaduje intenzivní způsoby pěstování, které s sebou přináší environmentální rizika, vysoké vstupní energie a hnojení spolu s faktorem ILUC způsobují, že úspora emisí skleníkových plynů se stává diskutabilní, některé studie uvádí až nulovou úsporu CO₂ (Cherubini et al., 2009). Oproti fosilnímu ekvivalentu má ekonomika výroby MEŘO výrazně vyšší náklady a není životaschopná bez dotací.

V posledních letech se navyšuje plocha cukrové řepy pro zpracování na bioetanol, díky vysokým výnosům má cukrovka až 5 násobně vyšší zisk biopaliva z hektaru, než je tomu u řepky, v ekonomickém srovnání má zpracování řepy na bioetanol nižší náklady, nicméně 2 x dražší než u benzínu (Elbehri et al., 2013). Cukrová řepa má specifické nároky na stanoviště a vyžaduje vysoké dávky hnojení a chemického ošetření, její pěstování je energeticky náročné. Na základě údajů o výnosech a výtěžnosti biopaliva by bylo nutné pro pokrytí spotřeby tekutých pohonných hmot 6 krát větší rozlohy, než která je potenciálně možná. S ohledem pro zajištění potravinové bezpečnosti má cukrová řepa dle propočtů v této práci, schopnost krýt celkovou spotřebu tekutých paliv 3,5 %. Tak jako u řepky, vysoké dávky hnojení a chemických látek na ochranu rostlin představují nepříznivé elementy pro životní

prostředí a malé či záporné úspory emisí skleníkových plynů. Cukrová řepa a řepka olejná jsou plodinami potravinářskými, a proto jejich intenzivní využití pro výrobu biopaliv přímo konkuruje potravinové produkci a mohou mít dopad na cenu potravinových komodit

Zavedení a rozšíření technologií výroby II. generace tekutých biopaliv s využitím nízcce produktivních a degradovaných půd pro pěstování vhodných plodin by eliminovalo konkurování produkci potravin a krmiv a mohlo přispět ke zlepšení půdních podmínek. Na základě současných poznatků o výtěžnosti při rozvíjejících se technologií byl odhadnut potenciál nahrazení ropných tekutých paliv na 3,5 % krytí.

Z propočtených údajů lze usoudit, že role tekutých biogenních paliv při současných produkčních možnostech v ČR je velmi omezená a jen malým dílem může přispět k omezení závislosti na ropě, ekonomická životaschopnost tekutých biopaliv se neobejde bez státní podpory. Zároveň se z některých studií životního cyklu tekutých biopaliv při zahrnutí iLUC faktoru ukazuje, že dochází k malým či nulovým úsporám skleníkových plynů a vyvstává tedy otázka, zda je perspektivní nadále biopaliva I. generace nadále dotovat či se raději zaměřit na jiné možnosti technologií využívající obnovitelné zdroje.

6. Závěr a doporučení

Rostoucí ekonomika světa se neobejde bez energie a spotřebovává ji stále více při silné závislosti na ztenčujících se fosilních zdrojích, kterými si při jejich spalování zhoršujeme podmínky k životu. Společnost zaujatá spíše ekonomickými cíli zatím nedostatečně reflektuje hrozby spojené s nadměrným vyčerpáváním přírodních zdrojů a není dosud připravena na přechod k jinému způsobu získávání energie. Nejinak je tomu v našem státě.

Využití biomasy pro energii zažívá renesanci jako jeden z největších zdrojů obnovitelné energie a její využívání pro tento účel sahá do daleké historie. V mnoha státech světa, zejména v rozvojových oblastech, je stále hlavním zdrojem pro energetické účely avšak spíše jako málo efektivní, jednoduché spalování pro vaření a topení.

Moderní technologie využití jsou schopny biomasu přeměnit na energii tepelnou, elektrickou a rovněž jako palivo pro dopravu. Studie, zabývající se potenciálem využití záměrně pěstované biomasy pro energii se velmi různí ve výsledcích díky rozdílným metodikám pro posouzení, rovněž tak pro složitý způsob zjišťování vhodnosti dostupných ploch. Optimistické studie hovoří o potenciálu biomasy plně nahradit světovou poptávku energie, pesimistické naopak o několika procentech příspěvku do energetického mixu.

Masové pěstování energetické biomasy se pravděpodobně nevyhne konkurenci s potravinovou produkcí pro zajištění výživy rostoucí populace lidstva v přímém duelu o půdu a vodní zdroje. Důsledkem také může být přeměna přírodních lokalit pro produkci energetické fytomasy anebo pro zemědělské plodiny vytěsněné plodinami pro energii a ohrozí tak biodiversitu.

Doprava, která největším dílem spotřebovává ropné paliva, významně přispívá k emisím skleníkových plynů, a proto upoutává pozornost využití tekutých biogenních paliv. Často se deklarují jako karbon-neutrální, protože uhlík poutaný rostlinou z atmosféry je emitován zpět spálením média z biomasy, tuto bilanci ale narušuje fakt, že výroba tekutých biopaliv vyžaduje energetické vstupy, které mají v původu využití fosilních paliv, při zahrnutí faktoru přímé a nepřímé změny ve využití půdy můžeme u některých plodin hovořit o negativních úsporách skleníkových plynů. Takzvaná biopaliva I. generace pochází z přeměny plodin sloužící pro potravinové a krmivářské účely, tím může být ohrožena potravinová bezpečnost a ceny potravin.

Česká republika v návaznosti na požadavky Evropské unie stanovila povinné kvóty podílu biopaliv v ropných palivech a rovněž podporuje pěstování plodin pro tekutá biogenních paliv a jejich výrobu. Z analýzy spotřeby pohonných hmot a produkčních

možností tradičních a nejvíce využívaných plodin řepky a cukrové řepy vyplynulo, že při využití maximálních ploch vhodných pro pěstování těchto plodin jen zlomkem přispějí k omezení spotřeby ropy. Intenzivní způsob pěstování těchto plodin může mít negativní vliv na životní prostředí, ohrožit potravinovou bezpečnost a generovat nižší, či záporné úspory skleníkových plynů. Ekonomika produkce má vysoké náklady a nemá životaschopnost bez dotačních opatření.

Z výše uvedených hledisek se nejeví smysluplné nadále daňově podporovat biopaliva I. generace, která se jeví jako nákladná a neperspektivní slepá k cesta k omezení emisí a ropné závislosti. Efektivnější využití energie z biomasy představuje spalování na teplo, které má 2 krát větší energetickou účinnost a kombinovaná výroba elektřiny a tepla (CPH) a pro tyto způsoby přeměny energie by se měla více soustředit podpora.

Biomasa nebude schopna splnit požadavky na potřebu energie, ale může být doplňkem pro diversifikaci energetických zdrojů. Za nejperspektivnější náhradu energie z uhlí a plynu v nejbližším časovém horizontu lze označit jadernou energii, která má minimální emise skleníkových plynů, nejvyšší koncentrace energie v palivu, jehož zásoby se odhadují na minimálně 100 a více let v případě uvedení do provozu reaktorů IV generace více než 1000 let (OECD, 2011).

7. Seznam použitých zdrojů

- Adler P., Grosso S., Parton W. 2007. Life-cycle assessment of net greenhouse-gas flux for bioenergy cropping systems. *Ecological applications*. p. 675–691.
- Batidzirai B., Smeets E., Faaij A. 2012. Harmonising bioenergy resource potentials- methodological lessons from review of state of the art bioenergy potential assessments. *Renewable and sustainable energy reviews*. p. 6598–6630.
- Bauen A., Berndes G., Junginger M., Londo M., Vuille F. 2009. Bioenergy - A sustainable and reliable energy source A review of status and prospects. *IEA Bioenergy*. p. 11
- Benda V., Doležalová H., Dušička P., Hanslian D., Jevič P., Matuška T., Myslík V., Pastorek Z., Stupovský V., Šejvl R., Šrefl J., Šulek P. 2012. *Obnovitelné zdroje energie*. Profí Press. Praha. ISBN 978-8086726-48-9. s. 209.
- Berndes G., Bird N., Cowie A. 2011a. Bioenergy, land use change and climate change mitigation. *IEA bioenergy*. p.19.
- Berndes G. 2008b. Water demand for global bioenergy production: trends, risks and opportunities. *WBGU*. p. 48. ISBN: 978-3-9396191-21-9.
- Creutzig F., Ravindranath H., Berndes G., Bolwig S., Bright R., Cherubini F., Chum H., Corbera E., Delucchi M., Faaij A., Fargione J., Haberl H., Heath G., Lucon O., Plevin R., Popp A., Robledo-abad C., Rose S., Smith P., Stromman A., Suh S., Masera O. 2014. Bioenergy and climate change mitigation: an assessment. *GCB Bioenergy*. p.29.
- Denholm P., Margolis R.M. 2006. Evaluating the limits of solar photovoltaics in traditional electric power systems. *Energy policy*. p. 2852–2861.
- Demirbas M.F., Balat M., Balat H. 2009. Potential contribution of biomass to the sustainable energy development. *Energy Conversion and Management*. p.1746–1760

Elbehri A., Segerstedt A., Liu P. 2013. A global assessment of sustainability issues, trends and policies for biofuels and related feedstocks. FAO. Rome. ISBN 978-92-5-107414-5. p.174.

EIA. 2010. International Energy Outlook 2010. U.S. Energy Information Administration Washington, DC. p.328.

European union. 2014. EU transport in figures. European union, Belgium. p. 148. ISBN 978-92-79-37506-4.

FAO. 2013a. Fao statistical yearbook 2013 - world food and agriculture. FAO. p.307. ISBN: 978-92-5-107396-4.

FAO. 2010b. Bioenergy and food security. The Bioenergy and Food Security Project Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome 2010. ISSN 2071 - 0992.

Fargione J., Hill J., Tilman D., Polasky S., Hawthorne P. 2007. Land clearing and the biofuel carbon debt. Science (319). p. 1235 -1237.

Field C., Campbell J., Lobell D. 2007. Biomass energy: the scale of the potential resource. Trends in Ecology and Evolution. p. 8.

Fresco L. O. Biomass, food and sustainability: is there a dilemma?. 2007. University of Amsterdam. p.53.

Fritche U. 2010. The “iLUC factor” as a means to hedge risks of ghg emissions from indirect land use change.[online] Öko-Institut, Darmstadt Office. © 2015 Oeko-Institut e.V.[cit.2015-03-02]. dostupne z <<http://www.oeko.de/oekodoc/1030/2010-082-en.pdf>>

GEA. 2012. Global energy assessment toward a sustainable future. Global energy assesment. Cambridge university press. p. 1459 – 1526. ISBN: 9780 52118 2935.

Gerbens-Leenes P.W., Hoekstra A.Y., Van der Meer T. 2009. The water footprint of energy from biomass: A quantitative assessment and consequences of an increasing share of bio-energy in energy supply.

Gerssen-Gondelach S. J., Saygin D., Wicke., Patel M. K., Faaij A. 2014. Competing uses of biomass : Assessment and comparison of the performance of bio-based heat, power, fuels and materials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. p. 964 -998.

Gibbs H., Salmon J. 2014. Mapping the world's degraded lands. *Applied Geography*. p.12 -21.

González-Rosas A., Miranda-Gómez J., Padmasree K., Luqueño F .2013. How green is bioenergy? A review on myths, challenges, biotechnology progress and emerging possibilities. *Academic journals*. p. 532 – 542.

Gupta V., Potumarthi R., O'Donovan A., Kubicek C., Sharma G., Tuohy M. 2014. Bioenergy research: an overview on technological developments and bioresources. *Bioenergy research: advances and applications* p. 23 – 47.

Haberl H., Beringer T., Bhattacharya S., Erb K.H., Hoogwijk^b M. 2010. The global technical potential of bio-energy in 2050 considering sustainability constraints. *Elsevier B. V.* p. 394 - 403.

Hazell P., Pachauri R.K. 2006. *Bioenergy and agriculture : promises and challenges*. International Food Policy Research Institute. Washington DC.p. 28.

Hoekstra Y., Chapagain A K. 2007b. *Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern*. Springer Science + Business Media B.V. p. 35 – 48.

International Energy Agency Bioenergy. 2011. *Bioenergy, land use change and climate change mitigation*. IEA Bioenergy. p.20.

IEA. 2014. Key world energy statistics. International Energy Agency. Paris. p. 748
ISBN: 978-92-64-20804-9.

IPPC - Mezivládní panel pro změnu klimatu. 2012 Renewable energy sources and climate change mitigation - special report. Cambridge University Press. New York. ISBN 978-1-107-60710-1. p.1076.

IPPC. 2008. Climate change 2007 synthesis report. © Intergovernmental Panel on Climate Change. p. 103. ISBN: 92-9169-122-4.

Kastner T., Rivas M., Koch W., Nonhebel S. 2012., Global changes in diets and the consequences for land requirements for food. PNAS (18) p.6868 – 6872.

Kort J., Collins M., Ditsch D. 1998. A review of soil erosion potential associated with biomass crops. Biomass and Bioenergy. Elsevier Science Ltd.. p 351 – 359.

Lapola D. M., Schaldach R., Alcamo J., Bondeau A., Koch J., Koelking C., Priess J. A. 2010. Indirect land-use changes can overcome carbon savings from biofuels in Brazil. PNAS. p. 3388 – 3393.

Lewandowski I., Weger J., Hooijdonk A., Havlickova K., Dam J., Faaij A. 2006. The potential biomass for energy production in the Czech Republic. Biomass and Bioenergy. p. 405–421.

Liu T., McConkey B., Ma Z., Liu Z., Li X., Cheng L. 2010. Strengths, weaknessness, opportunities and threats - Analysis of bioenergy production on marginal land. Energy Procedia. p. 2378–2386.

Lundqvist J., de Fraiture C., Molden D. 2008. Saving water : from field to fork. SIWI Policy Brief. p. 35.

Miyake S., Renouf M., Peterson A., McAlpine C., Smith C. 2012. Land-use and environmental pressures resulting from current and future bioenergy crop expansion :A review. *Journal of Rural Studies*. p. 650 – 658.

Molden D. 2007. Water for food, water for life. International water management Institute. p.40. ISBN: 978-1-84407-396-2.

MZe . 2012. Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012–2020. Ministerstvo zemědělství. Praha. s.100. ISBN: 978-80-7434-074-1.

MZe. 2014. Situační a výhledová zpráva olejnin. Ministerstvo zemědělství. Praha .s. 62. ISBN 978-80-7434-189-2.

Naylor R., Liska A., Burke M., Falcon W., Gaskell J. 2007. The ripple effect: biofuels, food security, and the environment. University of Nebraska. Heldref Publications. p. 30 – 43.

OECD.2012, The Role of Nuclear energy in a low-carbon energy future. Organisation for economic co-operation and development.p.93. ISBN: 978-92-64-99189-7

Patzek L., Patzek T. 2007. The disastrous local and global impacts of tropical biofuel production. *Energy tribune*. Houston p. 19 – 21.

Popp J.,Lakner Z., Harangi-Rákos M., Fári M. 2014. The effect of bioenergy expansion: Food, energy, and environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. p. 559 – 578

Ray D., Mueller N., West P., Foley. 2013. Yield trends are insufficient to double global cropproduction by 2050. *Plos One*.Volume 8. Issue 6. p.8.

Richter R., Caillol S. 2011. Fighting global warming: The potential of photocatalysis against CO₂, CH₄, N₂O, CFCs, tropospheric O₃, BC and other major contributors to climate change. Elsevier B.V. p. 1 -19.

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

Sims R., Mabee W., Saddler J., Taylor M. 2009. An overview of second generation biofuel technologies. Bioresource Technology. p. 570–1580.

Smeets E., Faaij A., Lewandowski I., Turkenburg W. 2007. A bottom-up assessment and review of global bio-energy potentials to 2050. Progress in Energy and Combustion Science p. 56–106.

Šebor G., Pospíšil M., Žákovec J. 2006. Technicko - ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě. Vysoká škola chemicko – technologická. Praha. s. 200.

REN21. Renewables 2013 Global Status Report. 2013. Paris, REN21 Secretariat, p. 177. ISBN 978-3-9815934-0-2.

Tilman D., Balzer C., Hill J., Befort B. 2011. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. PNAS. p. 20260 – 20264.

UNCCD. 2008. UN convention to combat desertification : recent developments. United Nations Convention to combat desertification. Koninklijke Brill NV. Netherlands. Volume 12 p. 287 - 300

World watch institute. 2007. Biofuels for transport, Global potential and implications for sustainable energy and agriculture. Earthscan. London. p.452. ISBN: 978-1-84407-422-8.

Zhai H., Frey H., Roupail N., Gonçalves G., Farias T. 2007. Fuel consumption and emissions comparisons between ethanol 85 and gasoline fuels for flexible fuel vehicles. Paper no. 2007-AWMA-444, Proceedings, 100th annual Meeting of the Air & Waste management association, Pittsburgh. p.5.

Internetové zdroje

EIA . Biofuels Issues and Trends [online]. U.S. Energy Information Administration. 15. October 2012 [cit. 2014-12-19] dostupné z <http://www.eia.gov/biofuels/issuestrends/pdf/bit.pdf>

EUROSTAT. Energy production and imports. [online] 20 March 2015. [cit. 2015-03-29] dostupné z [http <://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Transport>](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Transport)

FAO. High-level conference on world food security: the challenges of climate change and bioenergy [online] 5. June 2008 [cit. 2015-01-02]. Dostupné z [<http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/foodclimate/HLCdocs/HLC08-Rep-E.pdf.>](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/foodclimate/HLCdocs/HLC08-Rep-E.pdf)

FAOSTAT. Population [online]. [cit. 2015-01-02]. dostupné z [<http://faostat3.fao.org/download/O/OA/E.>](http://faostat3.fao.org/download/O/OA/E.>)

Český statistický úřad. Vývoj ploch osevů [online]. 11. června 2014. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z [< http://www.czso.cz/csu/2014edicniplan.nsf/kapitola/270151-14-n_2014-01.>](http://www.czso.cz/csu/2014edicniplan.nsf/kapitola/270151-14-n_2014-01.>)

Jevič P. 2013. Zajištění potravinové soběstačnosti a efektivní užití zbývajícího potenciálu zemědělské půdy pro energetické potřeby České republiky - Stav a rozvoj biopaliv do roku 2020 [online] UZEI. [cit. 2015-03-15] dostupné z [<http://www.uzei.cz/data/usr_001_cz_soubory/13_05_23_jevic.pdf >](http://www.uzei.cz/data/usr_001_cz_soubory/13_05_23_jevic.pdf >)

MPO. Primární energetické zdroje [online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu. 23. dubna 2014 [cit. 2015-02-02]. Dostupné z [>"> < http://www.mpo.cz/dokument148849.html.>](http://www.mpo.cz/dokument148849.html)

MPO . Ropa a ropné produkty za rok 2013 [online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu. 16. ledna 2015 [cit. 2015-02-22]. Dostupné z [<http://www.mpo.cz/dokument157142.html.>](http://www.mpo.cz/dokument157142.html.>)

MPO. Vize silniční dopravy v roce 2030 [online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu. srpen 2010 [cit. 2015-01-29] dostupné z [<http://www.tpsd-ertrac.cz/file/vize-silnicni-dopravy-v-roce-2030-prac-skupina-3/>](http://www.tpsd-ertrac.cz/file/vize-silnicni-dopravy-v-roce-2030-prac-skupina-3/>)

MPO. Obnovitelné zdroje energie v roce 2013, výsledky statistického zjišťování [online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu. 2. října 2014. [cit. 2015-03-18]. Dostupné z <<http://www.mpo.cz/dokument153790.html>>.

Mze. Statistika komodity Cukr - Cukrová řepa - III. odhad k 15.1.2015. [online]. Ministerstvo zemědělství. 27. ledna 2015 [cit. 2015-03-05]. Dostupné z <<http://eagri.cz/public/web/mze/ministerstvo-zemedelstvi/statistika/zemedelstvi/cukr/>>.

MZe. Víceletý program podpory dalšího uplatnění udržitelných biopaliv v dopravě na období 2015 – 2020 [online]. Ministerstvo zemědělství 2014.[cit. 2015-03-30]. Dostupné z <http://eagri.cz/public/web/file/327185/Vicelety_program_2014.pdf>

MZe. Biomasa obnovitelný zdroj energie [online]. Ministerstvo zemědělství. 25. března 2008 [cit. 2015-03-02]. dostupné z <http://eagri.cz/public/web/file/3649/_4_BIOMASA.pdf>

Plodinová burza Brno. Ceny vybraných komodit – obchody promptní za období od 3.3 do 17.3. 2015 [online]. březen 2015.[cit. 2015-03-19]. Dostupné z http://www.pbb.cz/files/Ceny_komodit/untitled%20folder/PBB%20ceny%202015%2003%2017%20III..pdf.

Zeman L., Tvrzník M. Využití vedlejších produktů vznikajících při výrobě bioetanolu [online]. prosinec 2007. [cit. 2015-03-05]. Dostupné z <<http://www.vuzv.cz/sites/Zeman%20vypalky%282%29.pdf>>

Legislativa

Česko.Vláda. Usnesení Vlády České Republiky ze dne 23. února 2015 č. 117 k návrhu zákona, kterým se mění zákon č. 353/2003 Sb., o spotřebních daních, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony v oblasti pohonných hmot a biopaliv. Dostupné také z <<https://apps.odok.cz/attachment/-/down/VPRA9U9ARC7D>>

Česko.Zákon č.201/2012 o ochraně ovzduší. in: Sbírka zákonů. 2012. část 4. strana 2802.

Dostupné také z

<[http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/9F4906381B38F7F6C1257A94002EC4A0/\\$file/Z%20201_2012.pdf](http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/9F4906381B38F7F6C1257A94002EC4A0/$file/Z%20201_2012.pdf)>

Evropská Unie. Směrnice Evropského parlamentu a rady 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů. Dostupné také z

<<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:cs:PDF>>

Evropská Unie. Směrnice Evropského parlamentu a rady 98/70/ES ze dne 13. října 1998 o jakosti benzínu a motorové nafty a o změně směrnice Rady 93/12/EHS. L 350. s.58. Dostupné také z <mezinarodni-predpisy.tuv-sud.cz/attachments/98w70.pdf>

8. Seznam použitých zkratk

CPR	Conservation reserve program
ČSÚ	Český statistický úřad
EIA	Americká vládní agentura pro energii
IEA	Mezinárodní energetická agentura
FAO	Organizace pro výživu a zemědělství
GWP	potenciál globálního oteplování
EJ	Exajoule
kWh	kilowathodina
MJ	Megajoule
Mt	Megatuna
OECD	Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj
ILUC	nepřímé změny v důsledku využívání půdy (indirect land and use changes)
IPPC	Mezivládní panel pro ochranu klimatu
LUC	přímé změny v důsledku využívání půdy
MEŘO	metylester řepkového oleje
OZE	obnovitelné zdroje energie
PJ	Petajoule
UNCCD	Úmluva OSN v boji proti desertifikaci