

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH
BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií

Studijní obor: TUSHK – Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině

TÉMA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Environmentální aspekty pěstování energetických plodin - produkce CO₂ eq

Environmental aspects of energy crops growing - production of CO₂ eq

Autorka bakalářské práce:

Sandra Hovorková

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Moudrý, Ph.D.

2013

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „Environmentální aspekty pěstování energetických plodin - produkce CO₂ eq“ vypracovala samostatně, a veškerá použitá literatura, kterou cituji, je zařazena do seznamu v závěru práce. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě, elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 26. 3. 2013

.....

Sandra Hovorková, autorka

Poděkování:

Tímto si dovoluji poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Janu Moudrému, Ph.D., konzultantce Ing. Zuzaně Jelínkové a dále konzultantům Ing. Jaroslavovi Bernasovi a Ing. Markovi Kopeckému za cenné rady, odborné připomínky a všestrannou pomoc při vypracování bakalářské práce.

V Českých Budějovicích dne 26.3. 2013

Abstrakt

Úkolem bakalářské práce „Environmentální aspekty pěstování energetických plodin - produkce CO₂ eq“ je zpracovat literární rešerši shrnující agrotechniku pěstování vybrané energetické rostliny (Lesknice rákosovitá – *Phalaris arundinacea* L.) a vliv jejího pěstování na životní prostředí se zaměřením na produkci skleníkových plynů vyjádřenou emisemi oxidu uhličitého (CO₂). Náplň vlastní práce spočívá ve vytvoření rámce pro výpočet emisní zátěže pěstování lesknice rákosovité z hlediska CO₂ v programu SIMA – PRO.

Klíčová slova: biomasa, energetické plodiny, lesknice rákosovitá, oxid uhličitý

Abstract

The task of the thesis: " Environmental aspects of growing energy crops - production CO₂ eq " is processed agricultural engineering literature review summarizing selected cultivation of energy plants (Reed canary grass - *Phalaris arundinacea*) and its growing impact on the environment with a focus on the production of carbon dioxide (CO₂). The content of their work is to create a framework for calculating emission load growing canary rákosovité in terms of CO₂ in the SIMA - PRO.

Key words: biomass, energy crops, reed canary grass, carbon dioxide

Obsah

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Úvod..... | 7 |
| 2 | Literární přehled..... | 8 |
| 2.1 | Zdroje energie | 8 |
| 2.1.1 | Tradiční zdroje energie | 8 |
| 2.1.2 | Fosilní paliva..... | 9 |
| 2.2 | Obnovitelné zdroje | 9 |
| 2.3 | Biomasa..... | 10 |
| 2.3.1 | Způsoby využití fytomasy..... | 10 |
| 2.3.2 | Biomasa a konvenční paliva: | 11 |
| 2.4 | Energetické rostliny | 12 |
| 2.4.1 | Energetické rostliny v ČR..... | 14 |
| 2.4.2 | Zemědělská půda – plocha pro pěstování energetických plodin..... | 16 |
| 2.4.3 | Rozdělení energetických plodin:..... | 17 |
| 2.4.4 | Rozdělení, způsoby pěstování a zpracování energetických plodin: ... | 17 |
| 2.5 | Skleníkový efekt..... | 20 |
| 2.5.1 | Skleníkové plyny..... | 20 |
| 2.6 | Důsledky změny klimatu..... | 21 |
| 2.6.1 | Dohody o boji proti změně klimatu | 21 |
| 2.6.2 | Emise ze zemědělství | 22 |
| 2.7 | LCA analýza..... | 23 |
| 2.7.1 | Fáze LCA | 24 |
| 2.7.2 | Nástroje LCA | 26 |
| 2.8 | Charakteristika vybraných druhů trav | 27 |
| 2.8.1 | Energetické využití trav | 27 |
| 2.9 | Chrastice rákosovitá (<i>Phalaris arundinacea L.</i>) | 29 |

| | | |
|--------|--|----|
| 2.9.1 | Původ | 29 |
| 2.9.2 | Biologická charakteristika..... | 29 |
| 2.9.3 | Nároky na stanoviště | 29 |
| 2.9.4 | Povolené odrůdy | 30 |
| 2.9.5 | Osevní postup..... | 30 |
| 2.9.6 | Agrotechnika | 30 |
| 2.9.7 | Hnojení..... | 31 |
| 2.9.8 | Ochrana rostlin | 31 |
| 2.9.9 | Sklizěň a posklizňové ošetření | 32 |
| 2.9.10 | Zhodnocení využití pro energetické účely | 33 |
| 3 | Cíl práce | 34 |
| 4 | Materiál a metodika..... | 35 |
| 5 | Výsledky a diskuze | 37 |
| 6 | Závěr | 42 |
| 7 | Seznam použité literatury..... | 43 |

1 Úvod

Neustále se zvyšuje životní úroveň lidstva, ale s ní se zvyšuje i spotřeba energie. Od roku 1990 se spotřeba energie zvýšila až čtyřnásobně. Bude-li spotřeba energie i nadále stoupat, je otázkou, zdali v budoucnu dokáže lidstvo tento problém řešit.

Zdroje energie můžeme dělit na obnovitelné a neobnovitelné. Do kategorie neobnovitelných zdrojů energie patří zejména fosilní paliva - a právě v současné době je světová výroba energie kryta převážně využíváním fosilních paliv – neboť uhlí, ropa a zemní plyn pokrývají více než tři čtvrtiny (80%) světové spotřeby energie. Jejich spalováním se však do ovzduší dostává obrovské množství oxidů síry, dusíku, těžkých kovů a dalších emisí. Ale tyto zásoby fosilních paliv jsou vyčerpitelné. Paradoxem je, že země, které se považují za vyspělé, již tyto své zdroje z větší části vyčerpaly a nyní se intenzivně podílí na jejich exploataci i v dalších částech světa. Největším antropogenním zdrojem skleníkových plynů je právě spalování fosilních paliv. Avšak i způsob hospodaření v zemědělství může ovlivnit produkci CO₂ a následně změny klimatu. Vhodně zvoleným způsobem hospodaření je možno snižovat emise skleníkových plynů. Obnovitelné a jaderné zdroje jako jediné nevytvářejí oxid uhličitý.

Úkolem alternativní energetické politiky je především využití obnovitelných, ekologických a racionálně dostupných zdrojů energie.

Dalším problémem je i rostoucí spotřeba energie pro pohon spalovacích motorů a stává se globálním problémem společnosti. Při hledání nových zdrojů energie se pozornost přirozeně soustřeďuje na biomasu rostlin jako na spolehlivý, neustále se obnovující zdroj energie. Biomasa pokrývá ve světě dvě třetiny produkce energie z obnovitelných zdrojů. Různými úpravami lze získat kapalná, plynná i pevná paliva použitelná pro produkci tepla, elektrické energie nebo právě k pohonu spalovacích motorů. Navíc biomasu lze pěstovat i v takových oblastech, kde normální zemědělské využití půdy není zcela možné (horské a podhorské oblasti).

Nepotravinářské využití biomasy má tedy opravdu slibnou budoucnost a tomuto tématu je třeba se dále věnovat a objevovat nové technologie v oblasti tohoto využití.

2 Literární přehled

2.1 Zdroje energie

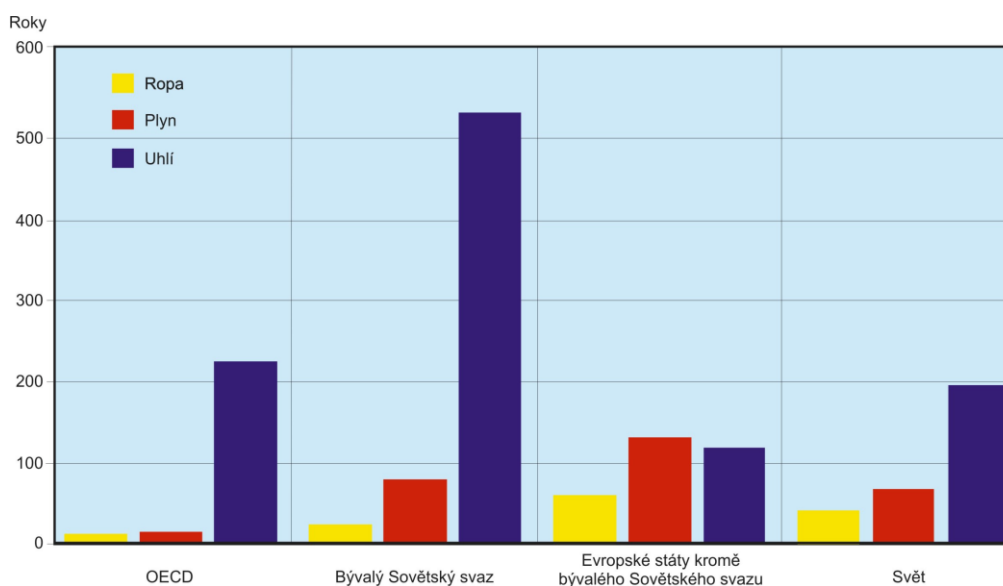
2.1.1 Tradiční zdroje energie

Primární (tradiční) energetické zdroje jsou v takové podobě, v jaké se vyskytují i ve volné přírodě (Libra, Poulek, 2007). Množství primárních zdrojů je omezené (Balák, 1989) – viz. Graf č. 1- Čas do vyčerpání zásob fosilních paliv.

Mezi tradiční zdroje energie se podle autora řadí tuhá paliva, plynná paliva, primární elektrická energie a Sladký, et al., (2002) je ještě doplňuje o paliva kapalná. A Libra, Poulek, (2007) ještě připomíná energii termonukleární.

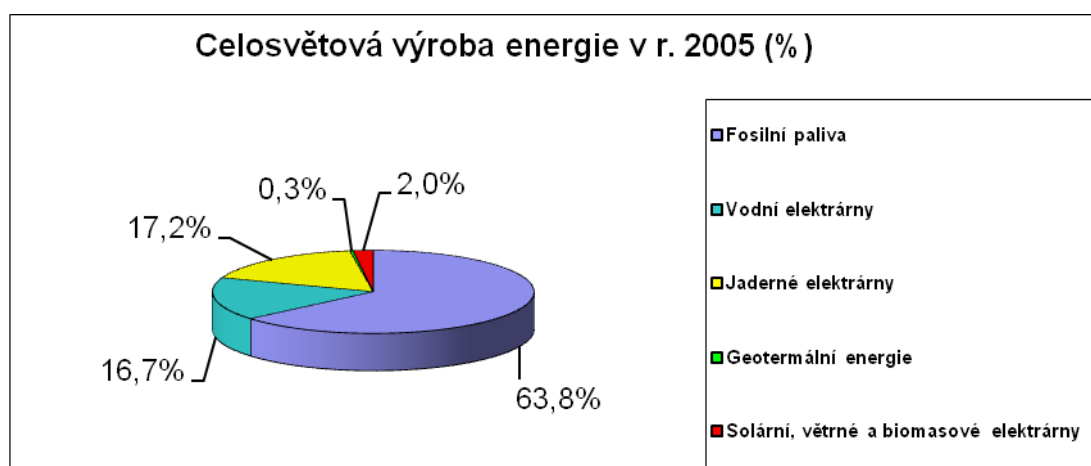
V posledních dvou stoletích začalo docházet k intenzivnímu využívání fosilních paliv, čímž se zvýšila koncentrace oxidu uhličitého i ostatních skleníkových plynů (metan, oxid dusný, freony) (Petříková et al., 2006). Zvýšením koncentrace oxidu uhličitého (o 25%) došlo k nárůstu skleníkového efektu a ke zvyšování průměrné teploty na zemi (Váňa, 1998). Je proto velice důležité zvýšit účinnost elektráren a snížit tak produkci skleníkových plynů a omezit spalování fosilních paliv a nahradit je jadernými (JE) a obnovitelnými zdroji (OZE). Energie z OZE je zatím dražší, ale je i šetrnější k životnímu prostředí (Libra, Poulek, 2007). Na to, které energie bylo vyráběno nejvíce, se můžeme podívat v Grafu č. 2- Celosvětová výroba energie v r. 2005

Graf č. 1- Čas do vyčerpání zásob (zásoby/roční těžba)



(Otčenášek, 2006))

Graf č. 2- Celosvětová výroba energie v r. 2005



(Libra, Poulek, 2007)

2.1.2 Fosilní paliva

Jsou to tzv. tradiční (primární) vyčerpávající se zdroje, které jsou vázány na určité místo, jejich množství je omezené a jejich zásoby se stálou těžbou zmenšují (Balák, 1989). Tradiční zdroje fosilních paliv jsou značné, ale jen malou část můžeme počítat mezi ověřené zásoby (Heřmanský, Štoll, 1992). Velmi důležitou část světových energetických zdrojů tvoří plynná paliva (Balák, 1989).

2.2 Obnovitelné zdroje

Nahrazením fosilních paliv biopalivem se snižují celkové emise skleníkových plynů, neboť použití biomasy má nulovou bilanci CO₂. Spalováním rostlinných paliv emise oxidu uhličitého nenarůstají, protože téměř stejné množství oxidu uvolněného spálením se spotřebovává z atmosféry při fotosyntetických procesech tvorby biomasy (Váňa, 1998). Rostoucí biomasa totiž tímto procesem zpětně váže z ovzduší oxid uhličitý, jež je produkován při spalování a stabilizuje tak globální cyklus uhlíku (Libra, Poulek, 2007).

Obnovitelnými zdroji můžeme rozumět jiný zdroj či jinak vyrobenou energii než vzniklou spalováním fosilních paliv či štěpením jaderného paliva (Beranovský et al., 2001). Frydrych et al. (2002) za obnovitelné zdroje energie (OZE) považuje přírodní zdroje, které jsou pro využití buďto ihned, či pravidelně k dispozici a neustále se obnovují.

Kohout, et al., (2010) mezi obnovitelné zdroje řadí energii sluneční, větrnou a vodní a Balák, Prokeš (1984) tento výčet ještě rozšiřují o energii geotermální. A dále biomasa, která pokrývá ve světě dvě třetiny produkce energie z obnovitelných zdrojů. (Petříková et al., 2006).

2.3 Biomasa

Pro pojem biomasa Moudrý, Stražil (1996) uvádí hned několik definic. Obecně je to jakýkoliv materiál organického původu, který se neustále obnovuje – tedy živočichové, rostliny a jejich odpady. Podle Havlíčkové, et. al., (2008) biomasa zahrnuje veškeré organické látky rostlinného původu, které vznikají v přírodě při fotosyntéze.

Biomasu lze rozdělit dle způsobu získávání do dvou základních kategorií:

odpadní – využití odpadů z různých odvětví hospodářské činnosti, hlavně ze zemědělské, potravinářské a lesní produkce, z komunálního hospodářství, z údržby krajiny a péče o ni (Pastorek, Kára, Jevič, 2004).

záměrně získávaná (vyprodukovaná) – cílená produkce a využití biomasy jako výsledek výroby.

Biomasa je do budoucna jeden z nejperspektivnějších obnovitelných zdrojů energie v ČR (Srdečný, Truxa, 2000). Využití biomasy, jak uvádí Pastorek, Kára, Jevič (2004), výrazně napomáhá omezit produkci emisí oxidu uhličitého do atmosféry. A po zavedení obchodu „s úsporami emisí CO₂“ se uvedené úspory dají i finančně zhodnotit.

V současnosti je bioenergetika založena především na využití odpadní biomasy, a to z ekonomických důvodů (Ust'ak, 2006).

2.3.1 Způsoby využití fytomasy

Způsob využití biomasy je do jisté míry dán fyzikálními a chemickými vlastnostmi biomasy. Důležitá je vlhkost, resp. obsah sušiny v biomase. Hodnota 50% sušiny je přibližná hranice mezi procesy mokrymi (obsah sušiny je menší než 50%) a suchými (obsah sušiny větší než 50%) (Pastorek, Kára, Jevič, 2004).

Energii z rostlin lze získávat přímým spalováním celých rostlin, nebo jejich částí, popř. výrobou paliv z jejich produktů (oleje, estery, alkoholy) (Noskievič et al.,

1996). Energií je pak možno využívat na výrobu tepla, elektřiny, či jako biopaliva (bionafta, bioplyn). K vytápění se používá přímého spalování fytomasy. V případě využití odpadní biomasy (hnůj, zbytky krmiv) je jednou z nejběžnějších technologií výroba a využití bioplynu (Kára, et al., 2001; Sladký, 1996).

Energií z biomasy lze získat:

- a.) termochemickou konverzí (tzv. suchým procesem) - spalováním, zplynováním a pyrolýzou
 - b.) biochemickou konverzí (tzv. mokřím procesem) - anaerobní fermentací, aerobní fermentací či alkoholovou fermentací
 - c.) fyzikálně-chemickou konverzí, - esterifikací bioolejů
- (CELJAK, Ivo: Biomasa je nezbytná součást lidského života).

2.3.2 Biomasa a konvenční paliva:

Využití biomasy k energetickým účelům má oproti konvenčním palivům některé výhody. Základní výhodou je, dle Noskiewiče (1996), její obnovitelnost a dostupnost. Využívání biomasy má menší negativní dopady na životní prostředí. Dle Srdečného, Truxy (2000) je to hlavně díky uzavřenému uhlíkovému cyklu. Při spalování biomasy sice také vzniká oxid uhličitý. Ten ale skleníkový efekt nenavyšuje, neboť rostliny při růstu odebírají z ovzduší CO₂ a při spalování ho do ovzduší pouze vracejí. Produkce biomasy napomáhá vytváření krajiny a péči o ni. Navíc k jejímu pěstování lze použít přebytečnou zemědělskou půdu, dnes nepotřebnou k produkci potravin. Energetické využití biomasy je také zaměřeno na rostlinné zbytky, které by jinak byly bez uplatnění (Havličková et al., 2008).

Za technickou nevýhodu biomasy lze považovat ve srovnání s fosilními palivy její nižší energetickou hustotu, což se projeví nepříznivě i v logistice, jež se může stát omezujícím a náklady zvyšujícím faktorem u větších fytoenergetických zařízeních. Mezi hlavní nevýhody biomasy patří, dle Petřikové et al. (2006), nedostatečná ekonomická konkurenční schopnost vůči fosilním palivům a kolísavé

výnosy biomasy. Pěstování energetických rostlin, sklizeň i příprava fytopaliva představuje provozně a investičně náročný řetězec operací (Petříková et al., 2006).

Fuksa (2009) za nedostatky považuje nízkou objemovou hmotnost fytohmoty, z čehož plynou velké požadavky na skladovací prostory. A Noskovič (1996) upozorňuje na laické a nesprávné provozování spalovacích zařízení pro biomasu, protože tak může dojít k překročení emisních limitů některých škodlivin.

2.4 Energetické rostliny

V dnešní době je dle Anderta et al., (2006) pro vytvoření energie využívána řada záměrně pěstovaných energetických rostlin. K energetickým záměrům se ovšem může užívat i rostlinných zbytků, které se takto často účelně využívají (Moudrý, Stražil, 1999).

Podle Ust'aka (2006) je široká škála rostlinných druhů použitelných pro výrobu biopaliv. Jsou to energetické porosty víceletých i jednoletých dřevin či bylin (Moudrý, Stražil, 1999).

Volba rostlin pro energetické plantáže je velmi důležitá a je závislá na finálním účelu zpracování biomasy (Havlíčková et al., 2008). Dle Moudrého, Strašila (1999) je výběr druhu energetické rostliny podmíněn mnoha faktory např.: druhem půdy, způsobem energetického využití, sklizni, dopravě atd.

Je třeba proto vybírat z druhů rostlin, které jsou v daném kraji tradiční a jsou pro ně zaběhnuty běžné pěstitelské technologie (Andert et al., 2006). Pro výrobu energetické fytohmoty se také dají uplatnit i dosud tradičně pěstované druhy zemědělských plodin, kde v možnost připadají hlavně výkonné odrůdy zemědělských plodin. Např. pšenice ozimá, kukuřice, triticale, žito, různé druhy čiroků, proso, dále některé druhy vysoko-vzrůstných lučních trav a také různé olejniny. Vesměs to jsou jednoleté plodiny mimo některých druhů polních pícnin a lučních trav (Ust'ak, 2006)

Dostatek biomasy je důležitým prvkem celého systému výroby daných energií z obnovitelných zdrojů a vzniku tzv. uzavřeného systému, který je nezávislý na nákupu všech fosilních zdrojů odjinud.

Je tedy nutné porovnat investované náklady na pěstování i výrobu energie s výnosy (Moudrý, Stražil, 1999).

Podle Havlíčkové et al. (2008) platí, že pěstování vytrvalých plodin je efektivnější než pěstování jednoletých (pokud to není produkt vedlejší jako například sláma obilovin)

Víceleté plodiny jsou perspektivnější, protože jsou hospodárné (Ust'ak, 2006), na každoroční zakládání porostu i nákup osiva (Petříková, 2006).

Pěstováním nezvyklých vytrvalých plodin lze hospodárně snížit výdaje na výrobu jednotky fytohmoty a zásadně zvýšit poměr výstupu energie ke vstupu tzv. „output: input“ (dle zahraničních zdrojů 4 až 10x). Jak tvrdí Moudrý, Součková (2006), je to zapříčiněno tím, že při pěstování vytrvalých rostlin jsou nejvyšší náklady v prvním roce – tedy při založení porostu (tyto náklady mohou být dokonce mnohem vyšší než u tradičních plodin). V dalších letech však souhrnné výdaje na pěstování vytrvalých rostlin rapidně klesají, protože odpadají náklady na zpracování půdy i setí a jsou nižší výdaje na hnojení a chemickou ochranu apod. Další výhodou pěstování vytrvalých rostlin je, že během vegetace či přes zimní období, (za předpokladu sklizně až na jaře), poskytují životní prostor a útočiště rozličným druhům ptáků, ale i dalším druhům větších či menších obratlovců či bezobratlých. A krajina přes zimní období nepůsobí tak pustým dojmem (Havlíčková et al., 2008). Zásluhou celoročního pokryvu půdy působí víceleté porosty proti odnosům půdy, které by se mohly při každoroční orbě velice záporně projevit (Petříková, 2006).

Dokonalá energetická plodina by dle Ust'aka (2006) a Moudrého, Strašila (1999) měla mít tyto vlastnosti:

- 1.) Rychlý růst a vysoké výnosy nadzemní biomasy za výhodnou cenu.
- 2.) Plodiny s nadzemní biomasou (obvyklé jsou i rostliny s hlízkami). Sklízni nadzemních částí je nižší cena a také šetřena půda.
- 3.) Co nejmenší množství prvků (hlavně N) především ve sklizených částech, protože se zvýšením kvantity popelovin se sníží hodnota paliva.
- 4.) Vytrvalé plodiny vyrůstající z rhizomů a pařezů jsou prioritní před jednoletými, protože již není znovu hrazena opětovná setba ani další technologie pěstování.
- 5.) Dobré přezimování.
- 6.) Poskytnutí plodinou vhodných technologických podmínek pro sklizeň a zpracování biomasy.

- 7.) Bezpečnost plodiny z hlediska ochrany životního prostředí.
- 8.) Příležitost užití jednoduchých nízkonákladových zemědělských technologií (obvyklé zemědělské techniky jsou upřednostňovány před použitím úzce strojů).
- 9.) Klíčení brzy z jara a hnutí pozdě na podzim, kdy se vrací část živin zpět do přeživší části rostliny (recyklace živin), čímž umožňují malé vstupy živin. Plodina tak má značně rychlý růst i při nízkých teplotách.
- 10.) Rezistence vůči chorobám.
- 11.) Snížené nároky na hnojení a ochranu, tzn. vyšší konkurenceschopnost vůči plevelům. Pokud bude jejich růst na jaře rychlý nehrozí problém v podobě zaplevelení.
- 12.) Minimální spotřeby vody a rezistence proti suchu.

2.4.1 Energetické rostliny v ČR

Rostliny, pěstované s cílem získání surovin a energie, Ust'ak (2006) souhrnně nazývá průmyslovými a energetickými plodinami. Plíštil, Malat'ák (2004) prohlašuje, že pěstování energetických rostlin v ČR je nyní na počátku. Používá se zde hlavně odpadní biomasa, ale docílení zhruba trojnásobného zvýšení podílu obnovitelných zdrojů energie se bez záměrně pěstované biomasy neobejde.

V první fázi užití rostlinných energetických zdrojů bude v ČR nejsnažší, dle Havlíčkové et al. (2008), používat stávající a v současnosti málo využívané zdroje, jako jsou přebytky z lesů či sláma některých zemědělských komodit. V další fázi bude třeba nastartovat program účelného pěstování biomasy na zemědělské půdě.

Petříková (2006) tvrdí, že v současnosti je v ČR nejvíce zkušeností s pěstováním krmného š'ovíku a některých dalších druhů, včetně trav. Osevní plochy energetických rostlin nyní nejsou dostačující, protože většina zemědělců odmítají začít pěstovat nové, ne příliš známé plodiny, obzvláště když při pěstování klasických rostlin mají shodnou či vyšší podporu a často i vyšší finanční efekt z 1 ha orné půdy. Pro hlavní zvětšení ploch těchto nepotravinářských rostlin je nezbytné přehodnotit investiční politiku tak, aby vytvářela motivaci pro dostatek produkce biomasy. Protože pro zemědělskou praxi jsou významné hlavně ekonomické dopady (Hůla, Procházková, 2002). Dále je nezbytné zajištění kvalitního systematického poradenství.

Značně pomalý rozvoj programu pěstování energetických plodin v ČR je vyvolán i tím, že až do současnosti nebyl nalezen vzájemně vstřícný přístup mezi pěstiteli a spotřebiteli, tedy mezi resortem zemědělství a průmyslu. K úspěšné produkci biomasy je přitom zajištění odbytu biomasy základní podmínkou (Petříková, 2006). Nové plodiny resp. nové produkty je třeba uvést na trh a prolomit tak bariéru konzervatismu, což je někdy velice náročné nejen na čas, ale i na finanční prostředky. Bez odbytových studií a připravené produkční vertikály je nevhodné zavádět plodinu do pěstování (Moudrý, Stražil, 1996, 1999). Pěstitel musí navazovat na spotřebitele. Není to však tak jednoduché, jako při pěstování klasických zemědělských plodin, které se jednoduše prodají do výkupu, ale pěstitel si musí najít netradičního zpracovatele fytohmoty a s ním uzavřít dlouhodobé dohody (nebo biomasu využít ve svém podniku). Je to program komplikovanější, ale reálný, jak nasvědčuje mnoho případů, které se u nás v provozních podmínkách již úspěšně uplatňují. Vždy se, ale musí vycházet z daných podmínek, přičemž biomasu je možno využít v nejrůznějších alternativách (Petříková, 2006).

Za další brzdu v rozvoji produkce a energetického využití biomasy je možno považovat potřebu specializované techniky pro efektivní a ekonomicky přijatelné využití energie z biomasy a proto je třeba vyvíjet nové prostředky pro pěstování, sklizeň, zpracování i nové postupy, což potom prodražuje konečný produkt (Moudrý, Stražil, 1996, 1999). Produkce biomasy je rentabilní jen ve velkém měřítku, a sice pro rozlohu stovek ha a produkci tisíců tun fytohmoty.

Za další podstatné faktory, které brání úspěšnému rozvoji bioenergetiky v ČR a ostatních státech EU, lze pokládat: vyčerpateľnost levných odpadních zdrojů biomasy dosavadním rozvojem bioenergetiky, ekonomický tlak sousedních vyspělých států (především Rakouska a Německa) na ceny a dostupnost biopaliv v ČR. Velkou část na rozvoji biomasy by měly plnit i vědecké instituce, protože až do současnosti je nedostatečný sortiment druhů a odrůd energetických plodin vhodných pro fytoenergetiku, slabý produkční potenciál již existujících druhů energetických plodin, dále je potřeba snížit náklady na pěstování zavedením nových druhů nenáročných na agrotechniku, hnojení a ochranu, vylepšení existujících technologií v oblasti pěstování, sklizně, skladování a zpracování energetických plodin (Petříková, 2006).

2.4.2 Zemědělská půda – plocha pro pěstování energetických plodin

Odhadem 10 - 20 miliónů ha zemědělsky obdělávané půdy v Evropě již není potřebné k produkci potravin ani krmiv a to v důsledku nadvýroby. Také v ČR, podobně jako i u dalších států EU, výrazně přibylo rozlohy zemědělských půd, a to hlavně v důsledku nadprodukce obhospodařování (Váňa, Havlíčková, 2006).

Dle Váni (2002) je celková výměra zemědělské půdy v ČR 4,3 mil. ha. Z čehož produkci, kterou zvládne ČR spotřebovat v podobě potravin, dokážeme podle Murtingera, Beranovského (2006) vyprodukovat na ploše 2 700 tis. ha. Po odečtení plochy asi poloviny orné půdy, jež je v oblastech s méně příznivými podmínkami, jak popisuje Váňa (2002), tj. 1 mil. ha půdy vyskytující se v podmínkách nevhodných pro zemědělskou produkci tzv. „marginální oblasti“ a plochy 1 mil. ha marginální části s navrženým řešením podpory chovu masného skotu a uvedením půdy do klidu, 80 tis. ha půdy, jež budou postupně převedeny do odlišných kategorií půdy - stavební pozemky, komunikace (Murtinger, Beranovský, 2006) a zhruba jedné osminy zemědělské půdy, která je alokována v chráněných oblastech - ochrana vod, krajiny a přírody (Váňa, 2002), zůstává 500 tis. ha půdy, jež se vyskytuje ve výrobní oblasti a je využitelná pro intenzivní zemědělskou produkci (Murtinger, Beranovský, 2006). Nyní je v ČR 500 000 ha nepoužívané půdy a dle Petříkové et al. (2006) bude plocha narůstat až na 1 mil. ha.

Nárůst přebytku zemědělské půdy v důsledku zvyšování intenzity zemědělské výroby je podle Pastorka et al. (2004) problémem celé Evropy. Snížení zemědělské výroby po roce 1989, jež způsobil záporný vliv v podobě rozlehlých částí půd zemědělsky nevyužívaných obsahující hrozby jak z hlediska zemědělského, tak i z pohledu krajinářského nás pobízí tyto plochy určitým vhodným, šetrným způsobem zachovat pro jejich případnou zemědělskou produkční obnovu či je využít k nepotravinářským účelům (Váňa, Havlíčková, 2006). Stávající zemědělská politika řeší projevy tohoto problému vývozem zemědělských komodit, udržováním luk a pastvin, finančně náročným zatravněním a zalesněním. Dané plochy jsou spravovány pomocí zemědělských dotací (Petříková et al. 2006). Toto řešení je však jednosměrné, neboť nedokáže napomoci udržení důležité ekonomické a sociální úrovně venkova. Má své hranice ve vztahu k zajištění potravinové bezpečnosti, udržení obydlí i kvality života na venkově.

Andert et al. (2006) považuje tuto půdu za případnou plochu pro pěstování energetických plodin, a to z příčiny hledání náhradních zdrojů energie, jež je globálním problémem. Zaměření na pěstování energetických rostlin na této půdě je perspektivním řešením zpracování nadbytečné zemědělské půdy (Pastorek et al., 2004). Dle Moudrého, Strašila (1998) lze dané rostliny pěstovat, nejen na přebytečné půdě, ale i na půdách zničených, v krajích s vysokou imisní zátěží, kde je riziko kontaminace produkce škodlivými látkami a také v oblastech s regulovanými podmínkami hospodaření.

Využití nadbytečné půdy k pěstování energetických plodin je zajištěna údržbu krajiny, dále je omezeno zaplevelování, snížení eroze a unikání nitrátů do vod. Pěstování energetických plodin, produkce fytopaliv a výroba fytoenergetických zařízení poskytuje nové pracovní příležitosti. Zazelenění krajiny pěstováním energetických plodin zlepšuje životní prostředí, a dále má zeleň vliv na filtrování a odprašení vzduchu. (Petříková et al., 2006)

2.4.3 Rozdělení energetických plodin:

- 1.) Energetické byliny - jednoleté či víceleté plodiny pěstované na orných půdách
 - a.) Jednoleté - rostliny a jejich části – různé druhy slám (obilní, řepková), atd. (Nejedlá, 2011)
 - b.) Víceleté a vytrvalé energetické rostliny - Ozdobnice čínská, křídlatka, rákos obecný, cukrová třtina, vojtěška, lesknice kanárská, topolovka, robustní typy jílků, aj.
- 2.) Rychlerostoucí dřeviny – řadí se mezi ně-např. : některé topoly, vrby, javory, akáty. Doba obmýtí je mezi 3 až 10 lety. RRD lze také pěstovat pro produkci celulózy pro celulózo-papírenský průmysl a průmyslové záměry.(Petříková et. al., 2006)

2.4.4 Rozdělení, způsoby pěstování a zpracování energetických plodin:

Energetické plodiny lze obecně charakterizovat jako nenáročné, ale rozhodně se nejedná o plodiny bezúdržbové či plevelné. Neboť každá plodina vyžaduje jistou péči, ochranu před chorobami a škůdci, poskytnutí optimálního množství přístupných živin, ale i předset'ovou úpravu pozemku a správné založení porostu, jinak je riziko jen slabé či téměř žádné sklizně. (Petříková et al., 2006)

Nyní se zemědělci v ČR dozvídají více o pěstování energetických rostlin. Mnoho plodin je však teprve na počátku výzkumu a jejich pěstování je zatím pouze na úrovni zkoušení. U některých z těchto plodin se můžeme setkat s legislativním omezením, dosud nevyvinuté schválené druhy apod. (Petříková et al., 2006).

2.4.4.1 Energetické byliny:

V našich podmínkách lze z jednoletých či víceletých pro pěstování použít: ozdobnice, křídlatky, chřastice, rákos, konopí, čirok, šťovík apod. (Moudrý, Strašil, 1999). Polní energetické plodiny - (PEP) - jsou bylinného charakteru. Je mnoho druhů jednoletých, víceletých a vytrvalých plodin. Založení porostu těchto plodin spočívá v jednoduchém zasetí na volnou půdu za použití klasického secího stroje i k dalším operacím, se používá tradiční technika, kterou má každý zemědělský podnik k použití. Polní energetické plodiny (PEP) je snadné pěstovat a produkují biomasu mnohem rychleji, než např. RRD. U jednoletých plodin se biomasa získá v roce zasetí, víceleté a vytrvalé PEP poskytují biomasu až od druhého roku vegetace. Cílené pěstování PEP nám poskytne v krátkém časovém úseku významný podíl energetické biomasy a přispěje tím k řešení nynější obtížné situace s nedostatkem biomasy (Petříková, 2011).

2.4.4.2 Energetické dřeviny:

V ČR se nejlépe daří topolům a vrbám. Z ostatních druhů, které jsou již méně výkonné, lze uvažovat o akátu, bříze, olši, osice. (Moudrý, Strašil, 1999). Výsadba rychle rostoucích dřevin- (RRD)- vyhrazených k energetickému využití je jednou z mnoha možností jak použít půdy k nepotravinářským účelům. Při zakládání plantáží rychle rostoucích dřevin je dobré vybrat vhodné klony pro dané stanoviště a podmínky. Na vegetaci topolů má značný vliv průměrná teplota v letním období a vodní režim v půdě. Na těchto faktorech záleží produkce dřevní hmoty. (Abrham, et al., 2001)

Půdy na v ČR jsou pro topoly a vrby dostatečně zásobeny živinami, proto není nutné je dále hnojit průmyslovými hnojivy. V případě kvalitního založení porostu jsou agrotechnické zásahy velmi ojedinělé či žádné. Houbové choroby a hmyzí škůdci nepředstavují vážnou hrozbu. (Havlíčková, et al., 2008)

Porosty jsou sklízány v tzv. velmi krátkém obmýtí, které se v našich podmínkách pohybuje mezi 3 – 6 roky. (Součková, Moudrý, 2006). Zakládáním těchto porostů lze účelně využít uvolněnou zemědělskou půdu, či nevyužívanou půdu např. kolem dálnic, silnic, na půdních výsypkách nebo složištích popele, lokalitách ohrožených imisemi apod. (Moudrý, Stražil, 1999). Podle Součkové a Moudrého (2006) je možno produkci rychle rostoucích topolů a vrb ve fytoenergetice použít v různých formách. Například jako štěpku, polena, kusové sekané dříví a malé energetické otepi. Každý druh je určen pro určitý typ topidla. Účelem pěstování rychle rostoucích dřevin je produkce dřevní štěpky či palivového dříví (polena nebo krátké kusové dřevo). Štěpka je využívána hlavně v centrálních teplárnách a výtopnách. Jednou z možností je i spalování štěpky s uhlím v elektrárnách. (Havlíčková, et al., 2008)

Podle délky obmýtí rychle rostoucích dřevin rozeznáváme tři způsoby pěstování:

a) Minirotace

Při tomto způsobu je délka trvání obmýtí do 5 let, kdy se při tloušťce rostlin asi 100 mm docílí průměrný roční výnos 10-20 t.ha⁻¹ sušiny fytomasy. Počet řízků se pohybuje od 3 do 30 tis. (dle druhu dřeviny a sponu). Pařezy se po sklizni nechávají obrazit a cyklus se opakuje 3-4x.

b) Midirotace

Při tomto způsobu se použije kolem 5 tis. řízků, případně se provede prořezávka. Tloušťka mláží se při sklizni pohybuje kolem 120 mm a průměrný výnos činí asi 8-14 t.ha⁻¹ za rok v suché hmotě. Sklízí se po 10-ti letech a pařezy se nechávají obrůstat.

c) Maxirotace

Sází se asi 4 tis. řízků na 1 ha a sklízí se po 20-ti letech. Kmeny dorůstají tloušťky 200-300 mm s průměrným výnosem 8-12 t.ha⁻¹ za rok. Pařezy se pak dále nechávají obrůstat. Z uvedených způsobů pěstování najde v našich současných podmínkách největší uplatnění minirotace a to hlavně z důvodů vyššího výnosu sušiny. (Moudrý, Stražil, 1999)

2.5 Skleníkový efekt

Spočívá v tom, že sluneční záření prochází jenom s malými změnami atmosférou k povrchu Země, kde je pohlcováno. Energií záření se zemský povrch zahřívá a nadbytečného tepla se zbavuje opět zářením: vyzařuje infračervené záření.

Infračervené paprsky však atmosférou neproniknou tak snadno jako viditelné záření sluneční a z velké části se v ovzduší absorbují. Atmosféra se jimi zahřívá a přebytečnou energii obdobně jako zemský povrch vyzařuje jako infračervené záření. Jehož část směřuje k zemskému povrchu a ten se dále ohřívá (Moldan, 2010).

Metelka a Tolasz (2009) tvrdí, že bez skleníkových plynů by byla průměrná teplota atmosféry v blízkosti zemského povrchu asi o 33 °C nižší, než je nyní. Infračervené záření ze zemského povrchu pohlcují jen některé složky ovzduší a ty také způsobují skleníkový efekt. (Moldan, 2010).

2.5.1 Skleníkové plyny

Složky ovzduší, způsobující skleníkový efekt jsou nazývány skleníkové plyny (Barros, 2006). Mezi přírodní skleníkové plyny jsou dle Barrose (2006) řazeny: vodní pára, oxid uhličitý, metan, oxid dusný a ozón. Existují i další plyny, jež také disponují podobnými vlastnostmi, ale jejich podíl na radiační rovnováze planety je zanedbatelný. Hlavním skleníkovým plynem je vodní pára, ale pozornost je soustředěna na druhou nejdůležitější látku, kterou je oxid uhličitý, neboť jeho obsah v atmosféře stoupá. Za důsledek antropogenně vyvolaného růstu obsahu skleníkových plynů v ovzduší lze považovat zvyšování skleníkového efektu zemské atmosféry (Moldan, 2010). Velký nárůst emisí skleníkových plynů souvisí dle Doringera a Tretera (2008) s nevratným zničením mnoha druhů rostlin, živočichů a podzemních vod.

Metelka a Tolasz (2009) jsou přesvědčeni, že největším antropogenním zdrojem skleníkových plynů je právě spalování fosilních paliv: uhlí (40 %), ropy (40 %) a zemního plynu (20 %). Nemešová a Pretel (1998) tvrdí, že skleníkové plyny, které jsou ve velké míře vypouštěny do atmosféry, patrně vyvolaly jen v tomto století růst globální teploty asi o polovinu stupně Celsia.

Oxid uhličitý (CO₂) – silně pohlcuje dlouhovlnné infračervené záření, které emituje povrch planety (Nátr, 2006). Podílí se tak na skleníkovém efektu z 9-26 %. Velkým zdrojem oxidu uhličitého je také výroba cementu či odlesňování. Mezi další zdroje lze dle Nátra (2006) řadit spalování fosilních paliv (až 80 %), změny užívání půdy, spalování biomasy a eroze (celkem 20 %). Rees (2005) tvrdí, že dnes je obsah oxidu uhličitého v atmosféře ve srovnání s dobou před průmyslovou revolucí vyšší o více než polovinu; původem je zvýšená spotřeba fosilních paliv. Podle Houghtona et al. (1990) se do ovzduší v souvislosti se změnami ve využívání půdy, zejména díky kácení lesů, vypalování savan apod. dostalo asi 115 Gt uhlíku. Celkové množství uhlíku, které bylo za toto období do atmosféry vyprodukováno, činí asi třetinu jeho původního obsahu v atmosféře.

Způsob jak lze reprezentovat lidský vliv na globální oteplování představuje CO₂ ekvivalent. Ekvivalent CO₂ (oxidu uhličitého) je míra užívaná k porovnání emisí složených z mnoha rozličných skleníkových plynů na základě jejich potenciálu pro globální oteplování. Ekvivalent CO₂ pro plyn se vypočte násobením počtu tun plynu příslušným potenciálem. (Definice indikátorů, ochrana životního prostředí, 2006).

2.6 Důsledky změny klimatu

Klima a jeho výkyvy ovlivňuje nejen lidi, ale i ekonomiku. Větší výkyvy mají přirozeně i horší dopady. Důsledky se mohou řetězit. Nejprve působí na rostliny, mikroorganismy (např. výskyt tropických chorob), zvířata a následně na lidské zdraví, zemědělství, energetiku, dopravu a další. (Metelka a Tolasz, 2009). Bude-li toto pokračovat, mohou se dle Nemešové a Pretela (1998) změnit klimatické poměry na celém světě – dojde k tání ledovců, vzestupu hladiny oceánů, růstu pouští a posunu vegetačních pásem.

2.6.1 Dohody o boji proti změně klimatu

První konference OSN o lidském prostředí ve Stockholmu proběhla v roce 1972. Jedním z výsledků byl i vznik Programu OSN na ochranu životního prostředí (UNEP) v Nairobi (Bc. Robin Hyšpler, 2011).

Problémy změny klimatu se dle Nemešové a Pretela (1998) poprvé objevily až na mezinárodním fóru během 1. světové klimatické konference v Ženevě a to

v roce 1979. Tato konference byla zaměřena na možnosti „předvídání“ dopadů různých úrovní koncentrací plynů v atmosféře na klima. Závěr akce odhalil, že lze připustit a vědecky zdůvodnit, že narůstající koncentrace skleníkových plynů mohou vést k narušení přirozeného klimatického systému.

"Summit Země" v Rio de Janeiru z roku 1992, neboli druhá konference OSN na téma ochrany životního prostředí a ten přinesl tři hlavní výsledky: rámcovou konvenci o změnách klimatu, konvenci o biologické rozmanitosti a Agendu 21, kterou mnozí považovali za plán, který povede k trvale udržitelnému rozvoji (Bc. Robin Hyšpler, 2011). Úmluva vychází ze základního poznání, že klima planety je ohroženo emisemi skleníkových plynů a to zejména v důsledku spalování fosilních paliv. V roce 2002 proběhl Světový summit o udržitelném rozvoji v Johannesburgu. Tématem byla integrace ekonomické, environmentální i sociální politiky. Konference měla na programu pět hlavních témat - globalizaci, harmonizaci rozvoje a životního prostředí, chudobu a miléniové cíle rozvoje, model spotřeby a výroby, ochranu biodiverzity a přírodních zdrojů (Světový summit o udržitelném rozvoji v Johannesburgu, 2006).

Ve dnech 7. - 18. prosince 2009 v Dánsku, v Kodani proběhlo setkání Rámcové dohody o změně klimatu. Cílem setkání bylo dosažení hranice globálního oteplování 2°C, 25 až 40 % snížení emisí v rozvinutých zemích a způsob financování rozvojových zemí z prostředků EU po roce 2012 (Bc. Robin Hyšpler, 2011).

2.6.2 Emise ze zemědělství

Podle Nátra (2006) zemědělství vydává zhruba mezi 5,1 a 6,6 miliardy tun CO₂e/rok (10 - 12%). Emise jsou emitovány ve formě metanu (3,3 Gt CO₂e/ rok) a oxidu dusného (2,8 miliardy tun CO₂e/rok). Proti tomu čisté emise oxidu uhličitého jsou relativně nízké (0,04 miliardy tun CO₂e/rok). Rapidní rozdíly dle těchto autorů je možno vidět mezi ekologickým a konvenčním systémem hospodaření.

I způsob hospodaření ovlivní produkci CO₂ a následně změny klimatu. Vhodně zvoleným způsobem hospodaření je možno snižovat emise skleníkových plynů (Jarešová M., 2011)

Obnovitelné a jaderné zdroje jako jediné nevytvářejí oxid uhličitý. (Spalování biomasy má uděleno výjimku.) Jejich rozvoj je tak více než žádoucí a později se ukáže, co bylo cennější, zda jejich příspěvek do struktury spotřeby energie, či nulový potenciál globálního oteplování. (Pavel Noskievič, Stavebnictví a interiér 11/2005)

2.7 LCA analýza

LCA analýza je zkratka anglického spojení Life Cycle Assessment, což se dá přeložit jako hodnocení životního cyklu. Tato metoda byla původně určena pro interní účely organizací – ohodnocení výrobků, služeb a technologií (tedy obecně produktů). Původním cílem bylo najít možnost zlepšení životního cyklu produktu či vybrat variantu s nižším dopadem na životní prostředí (Consoli, 1993).

Remtová a Příbylová (2001) popisují metodu LCA jako systematický postup, podle kterého lze stanovit vlivy, kterými působí výrobní systém během svého celého životního cyklu na životní prostředí. To znamená, že zkoumáme vliv výrobku na životní prostředí od jeho počáteční fáze-(vzniku) až po jeho likvidaci nebo recyklaci (tedy zánik). Posuzování životního cyklu produktů je analytická metoda hodnocení dopadů lidských činností na životní prostředí ve vztahu k daným produktům. LCA analýza se zabývá environmentálními dopady produktových systémů s ohledem k očekávané funkci výrobku či služby. Environmentální dopady určitého systému jsou vždy vztaženy k dané funkční jednotce (Remtová, 2003).

Základní myšlenka metody LCA je posouzení produktu, činnosti nebo nějakého systému od jeho vzniku až po jeho zánik z hlediska dopadu na životní prostředí, respektive i z jiného hlediska (dopad na zdraví člověka, na bezpečnost, na vznik rizika) je v praxi velmi užitečná. (Kočí, 2009).

Metoda LCA je standardizována ve 2 normách:

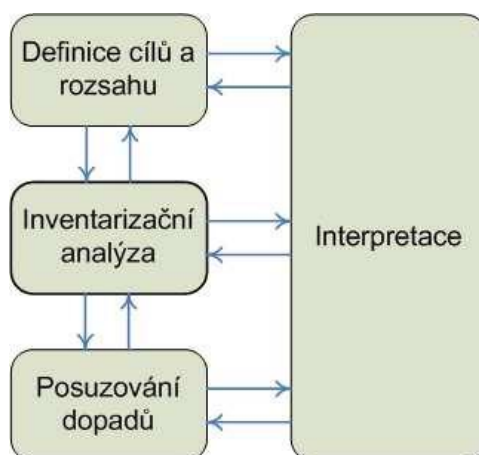
CSN EN ISO 14040:2006 (01 0940), která řeší environmentální management – posuzování životního cyklu - zásady a osnovu

CSN EN ISO 14044:2006 (01 0944), která se zabývá environmentálním managementem – posuzováním životního cyklu - požadavky a směrnice (Hyšpler R., 2011)

2.7.1 Fáze LCA

LCA analýza obsahuje čtyři na sebe plně navazující fáze. Jejich vzájemné vazby jsou znázorněny na Obrázku č. 1.

Obrázek č. 1: Fáze LCA a jejich vzájemný vztah (Zdroj: ČSN EN ISO 14 040)



Fáze stanovení cíle a rozsahu

V první fázi je nutno vyhranit rámec, z kterého potom vycházejí další kroky. Při studii LCA jsou vždy velmi důležité hranice systému, neboli stanovené rozhraní mezi výrobním systémem a okolím (Remtová a Příbylová 2001). Při stanovení cíle studie je důležité zodpovědět otázky, proč se daná studie vypracovává, z jakého důvodu a s jakým účelem, dále k čemu budou výsledky analýzy použity a pro koho se tato analýza vypracovává (Weinzettel, 2008).

Při stanovení rozsahu studie je nutné udat jasně, srozumitelně a viditelně všechny meze, metodologie, kategorie dat a přijaté předpoklady. Je tedy nezbytné vytyčit následující položky: funkce systému, funkční jednotku, kvalitu dat a alokační postupy (Remtová a Příbylová, 2001).

Fáze inventarizační analýzy

Inventarizační analýza je kvantitativní popis všech toků materiálů a energie přes hranici systému směrem dovnitř i vně vlastního systému. Do inventarizační analýzy je řazeno 6 procesů:

- příprava a realizace sběru údajů - přímé měření, údaje z literatury, kvalifikované odhady
- validace získaných údajů - kontrola platnosti údajů
- vztažení získaných údajů k jednotkovému procesu a k funkční jednotce – sebrané údaje přepočítat na funkční jednotku
- zpřesnění hranic systému - při zpracovávání údajů může dojít k potřebě zmenšit nebo zvětšit výrobní systém kvůli zjištění, zda jsou nebo nejsou informace důležité
- alokace toku - je rozdělení vstupních a výstupních toků jednotkového procesu vzhledem k posuzovanému výrobnímu systému, je nutná tam kde nevzniká jen jeden požadovaný meziprodukt, ale také další nepožadované produkty
- interpretace výsledků

Funkcí inventarizační analýzy je sběr dat a následně posouzení jejich kvality (reprodukovatelnosti, věrohodnosti, transparentnosti). Jedná se o souhrn vstupů (materiál, energie) a výstupů (obsahuje materiál ve formě hotových výrobků a odpadů do ovzduší, vody, půdy, (Čurda a Fuchsová, 1996). Podle Fava (1997) představuje tato fáze podstatnou praktickou část studie LCA, náročnou na čas, dostupnost dat a zkušenost zpracovatele studie s modelováním výrobních systémů.

Fáze hodnocení dopadu životního cyklu (LCIA)

LCIA klasifikuje důležitost možných dopadů na životní prostředí na základě výsledků inventarizační analýzy. Výstup z LCIA je tvořen souborem výsledků indikátorů odlišných kategorií dopadu. Kategorie dopadu je třída představující problém v životním prostředí, který je způsobován lidskou činností a ke kterému lze přiřadit výsledky inventarizace (Hyšpler R., 2011)

Základní kategorie dopadu:

- úbytek neobnovitelných (abiotických) zdrojů
- využívání krajiny (pokles množství využitelné krajiny)

- změny klimatu
- úbytek stratosférického ozónu
- humánní toxicita
- ekotoxicita (sladkovodní, mořská, terestrická)
- tvorba foto-oxidačních látek
- acidifikace
- eutrofizace

Fáze interpretace životního cyklu

Identifikace environmentálních problémů zkoumané výrobní soustavy a hledání variant zaměřených na snížení spotřeby energie, surovin a dopadů na životní prostředí. V interpretaci dochází k propojení poznatku z inventarizační analýzy a hodnocení dopadů.

- identifikace významných problémů - cílem je vybrat ta data, jež se zásadní měrou podílejí na formulaci závěrů
- hodnocení - cílem hodnotící části LCA studie je zvýšit její důvěryhodnost. Toho se docílí sledováním spolehlivosti průběžných, závěrečných výsledků a především významných problémů. Hodnocení studie je třeba provádět v souladu s cílem a rozsahem studie a musí brát zřetel na zamýšlené použití výsledků.
- závěry a doporučení - cílem je určit závěry na základě předchozích postupů a zpracovat doporučení pro zadavatele studií LCA nebo LCIA (Kočí, 2008).

2.7.2 Nástroje LCA

Mnohé soukromé společnosti i státní organizace, které pracují na rozvoji metody LCA, se podílejí i na tvorbě databází a rozvoji aplikačních softwarů. Mezi nejznámější softwarové nástroje pro zpracování LCA lze zařadit: GaBi (Pre International, Německo), SimaPro (Pré Consultants, Holandsko), Umberto (ifu Hamburg, Německo), Boustead Model (Boustead Consulting, Velká Británie). Tyto nástroje pracují s databázemi procesů a materiálů, ty potom lze využít přímo při

modelování životního cyklu produktu. Z nich program následně zkonstruuje inventarizační analýzu (Hyšpler R., 2011)

2.8 Charakteristika vybraných druhů trav

Ideální energetické plodiny mají dle Havlíčkové et al.,(2008). Tyto vlastnosti: rychlý růst a to i při nižších teplotách, malý podíl dusíku a popelovin, vytrvalost a dobré přezimování. Měly by klíčit časně zjara a hynout až pozdě na podzim s návratem části živin do přežívajících částí rostliny. Recyklace živin totiž snižuje nároky na přísun živin. Dalšími důležitými vlastnostmi ideálních energetických plodin by měly být vysoká odolnost proti chorobám a velká konkurenční schopnost, dále nízká spotřeba vody a odolnost vůči suchu.

2.8.1 Energetické využití trav

V současnosti, jak uvádí Frydrych et al. (2006), získává větší smysl využívání energie z biomasy rostlin. Trávy a jejich použití v energetice lze doporučit zejména jako náhradu ladem ležících, neobdělávaných zemědělských půd dříve intenzivně využívaných, jejichž plocha se díky zvyšující se úrovni a produktivitě zemědělské výroby zvyšuje, protože nyní nemá využití pro produkci potravin (Gerndtová, 2006).

Plocha trvalých travních porostů (TTP) od roku 1989 v ČR stále narůstá. Mimo to roste i plocha dočasných luk, kterých je asi 60 000 ha. Počítá se se zalesněním těchto ploch až při svahovitosti přes 14 (Sladký, 1995).

Trávy často tvoří velké množství sušiny organické hmoty a je na ně soustředěna značná výzkumná pozornost (Honzík, Uš'ak, 1997). Jejich využití jako zdrojů obnovitelné energie je výhledově dobrým řešením pro ekonomické zhodnocení nepotravinářského využívání zemědělské půdy.

Stroje pro sklizeň tradičních energetických travin, jak uvádí Sladký (1995), se příliš neliší od strojů pro sklizeň krmiv. Jsou to například - prstové a rotační žací stroje, kondicionéry, mačkače a stroje pro „matracování“ rostlin, tj. stroje urychlující sušení. Pro sklizeň při dopravě na krátké vzdálenosti lze využít sběrací vozy v návaznosti na mechanizované seníky, pro větší vzdálenosti různé typy sběracích lisů. Sklizeň energetických travin se od krmných podstatně liší v agrotechnických

lhůtách a také požadavcích na biologicko-chemický obsah, který je daný mimo jiné také složením druhovým. Dle Fuksy (2009) závisí způsob použití fytomasy na jejích fyzikálních a chemických vlastnostech. Hlavní je obsah sušiny. Hraniční hodnota je 50 % sušiny v biomase a materiál s obsahem sušiny vyšším nežli 50 % je vhodný k suchým procesům získávání energie. Naopak, biomasa s nižším obsahem je využívána k tzv. mokrým procesům získávání energie. Murtinger (2007) rozděluje biomasu na suchou a mokrou také podle obsahu sušiny, ale za hraniční hodnotu považuje 40 %.

Možnosti energetického využití TTP:

Sklizeň přezrálých porostů z předem posečených řádků. Spalování balíků či „polobriket“ v kombinaci se slámou obilnin a dřevem s tím, že tvar topeniště, způsob odhořování i poměr paliv musí být vývojově řešen. Sklizeň porostů v jakékoliv vhodné agrotechnické lhůtě v širokém rozmezí vlhkosti pro využití v bioplynových stanicích. Neopomenutelná, i když krátkodobá možnost je export kvalitního sena do Rakouska nebo Německa, kterým tamější zemědělci pro ně výhodně obcházejí pěstební limity u nich platné. Kompostování, které je ovšem energeticky a ekonomicky ztrátové, a mulčování, které je však nutné zamítnout pro řadu agrotechnických nedostatků (Sladký, 1995).

Při pěstování trav je z fyto-sanitárního hlediska potřeba, aby se trávy určené pro energetické využití nepěstovaly v oblastech, kde se v současnosti vyskytují virózy z důvodu dalšího možného šíření těchto chorob. Za výhodu trav lze považovat jejich nenáročnost, vytrvalost a možnost pěstování i na místech, kde běžně dochází k půdní a větrné erozi. Při pracovních operacích by se však nemělo používat pasivní nářadí, které místy utuží půdu a zhorší tak její propustnost pro vodu. V rámci možností je vhodná tzv. minimalizace, tedy redukce a zjednodušení počtu vstupů na půdu, aby se zabránilo utužení půdy (Havličková et al., 2008).

Na základě dosavadního výzkumu trav pro energetické využití se jako nejvhodnější pro energetické účely jeví psineček veliký, kostřava rákosovitá a ovsík vyvýšený.

Trávy byly již zkoumány z hlediska výnosu sušiny, spalného tepla i výhřevnosti. V současnosti probíhá výzkum vlivu termínu sklizně trav před technickou zralostí a po technické zralosti na výnos zelené hmoty, suché hmoty a

sušiny. S cílem vlastní realizace a koncovky celého pěstitelského procesu využití energetických trav probíhají i výzkumy spalování energetických trav v technických zařízeních (Frydrych et al., 2006).

2.9 Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea* L.)

2.9.1 Původ

Gräu et al. (2002) tvrdí, že lesknice rákosovitá se vyskytuje téměř v celé Evropě, mírné zóně Asie a v Severní Americe. Je rozšířena na celém území našeho státu a to hlavně tam, kde je dostatek půdní vláhy. (Petříková a kol., 2006).

2.9.2 Biologická charakteristika

Chrastice, jinak též lesknice, je vytrvalá výběžkatá tráva. Se řadí mezi nejvyšší trávy. Výška stébel může přesahovat až 2 metry. Mohutná přímá stébla se 4-6 kolénky jsou zakončena jednostrannou latou (Součková et al., 2006), kterou Gräu et al. (2002) popisují jako v obrysu kopinatou, vzpřímenou, poměrně hustou, 5 – 25 cm dlouhou a až 4 cm širokou. V době květu bývá prořídlá. Má hustě olistěné sterilní výhony, listy jsou dlouhé a široké. Mohutný kořenový systém prorůstá do značných hloubek (až do 2,5 – 3 m) (Šantrůček et al., 2001). Chrastice může tvořit dlouhé podzemní výběžky (Součková et al., 2006). Šantrůček et al. (2001) uvádí, že lesknice se přirozeně vyskytuje poblíž vodních zdrojů a je tedy schopna vydržet i přechodné záplavy. Ale snese i krátkodobé přisušky a drsnější klima. Podle Havlíčkové et al. (2008), dosahuje lesknice rákosovitá plného vývinu zhruba kolem druhého roku. Z jara začíná obrůstat velice časně a také rychle roste. Moudrý, Stražil (1998, 1999) uvádí, že lesknice je cizosprašná a jejím plodem je vejčitá nahá obilka asi 1,5 - 4 mm dlouhá a 1 mm široká s HTS kolem 0,8 g

Chrastice rákosovitá lze využít jako krmivo či pro výrobu buničiny. Stále, ale narůstá její význam i ve fytoenergetice. Slouží k výrobě elektřiny, přímému spalování, či se formuje do briket a pelet. Dále se může využívat i k výrobě bioplynu (Petříková et al., 2006).

2.9.3 Nároky na stanoviště

V přirozených porostech se lesknice rákosovitá, jak uvádí Havlíčková et al. (2007), nejvíce vyskytuje v okolí tekoucích vod i jezer, vytváří charakteristické

porosty v pobřežních rákosinách (Gräu et al., 2002). Moudrý, Stražil (1998, 1999) tvrdí, že její rozšíření vysoko do hor poukazuje na velkou odolnost vůči drsným klimatickým podmínkám.

Nejlepší jsou pro ni těžší půdy s bohatou zásobou živin. Půdní reakce pro ni není až tak podstatná. Je totiž přizpůsobivá půdní reakci a to v rozmezí pH od 4,0 do 7,5 optimum se pohybuje okolo pH 5,0.

Po zakořenění ji neublíží ani delší sucho. Neškodí jí mrazy ani pozdní jarní mrazíky. Dobře snáší i zastínění. (Petříková et al., 2006).

2.9.4 Povolené odrůdy

Ve Státní odrůdové knize ČR nebyla k 1. 10. 2004 dle Petříkové et al.(2006) registrována žádná odrůda. V zemích EU je za standardní brána odrůda 'Palaton' (USA). (Havlíčková et al. 2007).

Moudrý, Stražil (1998) uvádí, že jsou šlechtěny nové odrůdy pro průmyslové využití, které by se měly lišit od krmných vysokým poměrem stonků oproti listům, nízkým obsahem popele a prvků jako jsou křemík, draslík a chlór. Chlór při spalování podněcuje korozi spalovacích zařízení a popel se při vysoké koncentraci uvedených prvků a při nízkých teplotách spalování taví a spéká.

2.9.5 Osevní postup

Lesknici, bychom dle Havlíčkové et al. (2007), měli dát na nezaplevelený pozemek. A není náročná na předplodinu (Petříková et al., 2006).

2.9.6 Agrotechnika

Volba agrotechnických procesů, jak uvádí Havlíčková et al. (2008), je dána účelem, pro který je lesknice pěstována. Lesknici lze pěstovat na semeno, píci i průmyslové využití. Na semeno se seje na pozemek přirozené vlhkosti, s těžší půdou a dostatkem živin a to do širších řádků (25-30 cm), množství osiva je 8-10 kg/ha. Výsev lze provádět na podzim či časně z jara a to s krycí plodinou, nebo bez krycí plodiny. Při podzimním setí by měla být lesknice zaseta do 20. - 25. srpna, aby do zimy stihla dobře zakořenit. Lesknice dozrává koncem července. Lesknici na semeno

je potřeba sklízet opatrně, neboť obilky dozrávají nestejně a snadno vypadávají. Výnosy semene jsou udávány 2-4 q/ha (Moudrý, Stražil, 1999).

V případě pěstování lesknice na píci se seje do užších řádků na vzdálenost 12,5-30 cm dle využití. Výsevek činí 20-25 kg/ha semene (Regal, 1953).

Pro zajištění dobré kvality píce je nutné porosty lesknice sklízet ještě před metáním, kdy má seno vysoký obsah bílkovin. Po vymetání se prudce snižuje stravitelnost. Obecně je uváděno, že lesknice rákosovitá má průměrný obsah živin a horší stravitelnost než ostatní pícní trávy. Při pozdější sklizni je doporučeno silážování. Obvykle jsou dvě někdy i tři seče za rok (Petříková et al., 2006; Moudrý, Stražil, 1998, 1999).

Havlíčková et al. (2007), Petříková et al., (2006) a Moudrý, Stražil (1998, 1999) se shodují v tom, že porosty lesknice určené k energetickému využití jsou zakládány podobně jako na píci. Správně založený porost vydrží i několik let. Doporučují se však sklízet po zimě brzy z jara, tedy v době, kdy mají rostliny nízký obsah vody (12-20%).

2.9.7 Hnojení

V literatuře Moudrý, Stražil (1998, 1999) je uvedeno, že lesknice je značně náročná na živiny. Ve Švédsku se udávají průměrné dávky živin při pěstování lesknice sklizené na jaře 80 kg/ha N, 30 kg/ha K a 10 kg/ha P. Ve Švédsku bylo úspěšně použito také přihnojování čistírenským kalem. Ve Finsku používali v polních pokusech zpočátku 40-70 kg/ha N a později 70-100 kg/ha N. Doporučená dávka od druhého roku stáří porostu je 50-80 kg/ha N, dle půdních podmínek (Havlíčková et al., 2007). Nejlepší je přihnojovat porosty na jaře – ještě před počátkem vegetační sezony. Petříková a kol., (2006) zase doporučuje dávku 100 kg/ha.

2.9.8 Ochrana rostlin

Choroby ani škůdci, dle Moudrého, Strašila (1998, 1999), obvykle u lesknice nepředstavují větší problémy. Za jistých podmínek se však mohou vyskytnout listové choroby.

Je možno aplikovat herbicidy proti plevelům, jež se používají do jarních obilnin a to nejlépe ve fázi 2-5 listů. Doporučován je Starane EC 250 v dávce 2-3

l/ha nebo Lontrel 300 v dávce 0,8-1,0 l/ha nebo Harmony Extra v dávce 0,5 kg/ha (Petříková et al., 2006).

2.9.9 Sklizeň a posklizňové ošetření

Podle Petříkové et al. (2006) se lesknice určená pro průmyslové využití v roce výsevu při využití na buničinu obvykle nesklízí. Sklízí se většinou až na jaře, kdy se poseče na řádek a poté je lisována do balíků. Sklízecí mechanismy lze upravit tak, že se sníží otáčky bubnu a zvětší se tím průchodnost sklízecího ústrojí. Díky těmto opatřením je snížen odrol listů. V případě energetického využití lze lisovat brikety či pelety. Ve Švédsku jsou uváděné průměrné výnosy sušiny za 5 let pěstování (od druhého roku) ve výši 9 t/ha na konci vegetační sezóny a 7,5 t/ha na jaře, při dávce 100 kg/ha N (Pedersen, 1997). Ztráty sušiny přes zimní období tvoří asi 25 % (Hadders, Olson, 1997). Průměrná produkce sušiny v okolních státech je v rozmezí 4,5 až 9,0 t.ha⁻¹ (Moudrý, Strašil, 1998,1999).

Dle Havlíčkové et al. (2008), lze lesknici sklízet i pro výrobu bioplynu. Sklizeň pro využití v bioplynových stanicích je v době, kdy je obsah sušiny pod 35 % (tj. před tvorbou reprodukčních orgánů). Během roku lze k výrobě bioplynu mít 2-3 sklizně. Lesknice však není pro výrobu bioplynu příliš vhodná.

Při polních experimentech Moudrý, Strašil (1998, 1999) docílili v závislosti na agrotechnických postupech a půdně-klimatických podmínkách u tříletých porostů produkce sušiny nadzemní fytohmoty v rozmezí od 5,3 do 12,6 t/ha. Je uváděno, že na uměle vytvořených loukách za pomoci hnojivé závlahy je možno dosáhnout výnosů více než 15 t (sušiny) ha⁻¹.

Využití produktu

- semena (osivo),
- celé rostliny - krmivo (čerstvá píče, seno, siláž),
- výroba buničiny (Pahkala, Mela, 1997; Kozłowski et al., 1996).
- přímé spalování (listy nebo celé rostliny, spalné teplo sušiny nadzemní části rostlin je kolem 17,52 MJ/kg),
- výroba elektřiny,
- výroba bioplynu (Moudrý, Strašil, 1998).

2.9.10 Zhodnocení využití pro energetické účely

Lesknice je, dle Moudrého, Součkové (2006), jednou z alternativních plodin, o jejímž pěstování na průmyslové využití se uvažuje, a to hlavně v SRN, Dánsku ale i v severských evropských státech, kterými jsou například – Finsko a Švédsko.

Lesknice je brána jako potenciální energetický zdroj. Např. ve Švédsku je lesknici oseto více než 1000 ha. Nově se začíná zavádět i v pobaltských zemích, kde má přednost i před rychlerostoucími dřevinami (Petříková et al., 2006).

Podle Havlíčkové et al. (2008) je z energetického a ekonomického hlediska podstatný termín sklizně. Nejlepší termíny jsou v okamžiku největšího nárůstu fytomasy, tedy pozdě na podzim nebo brzy na jaře. Obsah vody v rostlinách při sklizni je v prvním termínu sklizně 60-80 %, ve druhém termínu sklizně pak 30-70 %. Takováto fytomasa se dá z energetického hlediska přímo využít pouze k výrobě bioplynu. Pokud by se lesknice používala pro přímé spalování v kotlích nebo na výrobu pelet a briket, je třeba ji dosušet, dle počasí buď přímo na poli či uměle v sušárnách.

Fytomasa s vlhkostí pod 20 %, jež lze dosáhnout při jarní sklizni, je vhodná přímo k výrobě briket a pelet, ke skladování nebo i k okamžitému spalování (Landstromet et al., 1996). Ztráta fytomasy kolem 25 % v zimním období není v porovnání s některými ostatními plodinami až tak rapidní. Ztráta je vyrovnána úbytkem vlhkosti, neboť při podzimní sklizni je nutno fytomasu dosušet. Porost lesknice přes zimní období obvykle nepoléhá, což znamená bezproblémovou sklizeň bez větších ztrát fytomasy (Havlíčková et al., 2008).

Havlíčková et al. (2008) tvrdí, že při správném založení porostu, vydrží lesknice na jednom stanovišti bez snížení výnosů fytomasy i řadu let. Díky husté soustavě oddenků a kořenů zpevňuje lesknice půdu a prakticky celoroční pokryv půdy zabraňuje erozi. Zavedením lesknice je tedy možno zlepšit fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy a to včetně zvýšení její organické složky.

Pro zavádění lesknice hovoří také nízká cena při zakládání porostů, téměř žádné používání herbicidů či pesticidů i ostatní nízké výdaje. Nemalou výhodou je, jak již bylo zmíněno, že lesknici lze pěstovat téměř ve všech klimatických podmínkách od nížin až po hory.

3 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce bylo rešeršní zpracování problematiky energetického využití biomasy se zaměřením na vybraný travní druh – Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea L.*). Druhou částí práce je výpočet produkce CO₂ eq při jejím pěstování.

Dílčí cíle:

1. Shrnout poznatky o vlivu pěstování energetických rostlin na produkci skleníkových plynů.
2. Zjistit množství emisí CO₂ vyprodukovaných při pěstování lesknice rákosovité na ploše 1 hektaru (pomocí LCA analýzy v programu SIMA - PRO).

Hypotézy:

1. Předpokládaná emisní zátěž (produkce CO₂ eq) při pěstování lesknice rákosovité pro energetické účely na dobu 10 let nepřesáhne 10 tun eq CO₂ na 1ha.
2. Emisní zátěž vzniklá aplikací hnojiv a chemickým ošetřováním porostu je vyšší, než emisní zátěž vzniklá ostatními agrotechnickými operacemi.

4 Materiál a metodika

Náplní této práce bylo dodržet předem stanovené cíle a posoudit správnost hypotéz. K výpočtu emisí CO₂ byl použit softwarový program SimaPro. Tento nástroj využívá databáze Ecoinvent a slouží k modelování životního cyklu různých komodit v souladu s ČSN EN ISO 14040 a ČSN EN ISO 14044.

Byl stanoven rámec pro posouzení životního cyklu (LCA analýzy) lesknice rákosovité (*Phalaris arundinacea* L.) z hlediska emisního zatížení. Rámec pro analýzu byl zhotoven pro monokulturní porost lesknice rákosovité zakládáný na 10 let, s předpokládaným výnosem 7 t/ha (hodnota stanovena na základě údajů různých autorů). Rámec byl vymezen od přípravy půdy před setím, přes agrotechnické vstupy, až po sklizeň a zpracování sušiny lesknice do formy balíků a jejího odvozu do skladu.

Výpočet CO₂ eq probíhal za pomoci softwarového nástroje pro zpracování LCA – program SIMA PRO. Tento nástroj pracuje s databázemi procesů a materiálů, které lze následně využít pro modelování životního cyklu produktu. Z nich program následně zkonstruuje inventarizační analýzu.

Inventarizační analýza se skládá ze 6 procesů (etap):

1. příprava a realizace sběru údajů – byly převzaty údaje z literatury a vytvořeny kvalifikované odhady
2. validace získaných údajů - kontrola platnosti údajů opět dle literatury
3. vztažení získaných údajů k jednotkovému procesu a k funkční jednotce
4. zpřesnění hranic systému- zaměřeno na agrotechnické postupy
5. alokace toku - v procesu vzniká jen jeden požadovaný produkt,.
6. interpretace výsledků- v diskusi.

Agrotechnické operace a průměrná spotřeba nafty na vykonání těchto operací byly převzaty z publikace Normativy zemědělských výrobních technologií (Kavka, 2006) – viz tabulka č 1. V tabulce je rovněž uveden počet operací vykonaných za dobu trvání porostu (10 let).

Tabulka č. 1-Agrotechnické operace, spotřeba nafty a počet operací na ha

| agrotechnické operace | spotřeba l/ha nafty | počet operací na ha |
|---|---------------------|---------------------|
| Sečení plevelů - Podzim, před podmítkou | 6 | 1 |
| Podmítka | 8 | 1 |
| Hnojení P do zásoby před setím víceleté plodiny | 2,4 | 1 |
| Hnojení K do zásoby před setím víceleté plodiny | 1,5 | 1 |
| Hnojení N do zásoby před setím víceleté plodiny | 1,5 | 1 |
| Střední orba s urovnáním | 20 | 1 |
| Likvidace plevelů - jaro (III-V) | 1,8 | 1 |
| Vláčení a válení - předseťové | 8,2 | 1 |
| Setí | 4,2 | 1 |
| Válení - po setí | 3,4 | 1 |
| Likvidace dvouděložných plevelů - chemická | 1,8 | 1 |
| Hnojení K (na jaře nebo po sklizni) | 1,5 | 9 |
| Hnojení P (na jaře nebo po sklizni) | 2 | 9 |
| Hnojení N (na jaře nebo po sklizni) | 1,5 | 9 |
| Jarní sečení - sklizeň (nejnižší vlhkost - bez dosoušení) | 5,5 | 9 |
| Lisování suché hmoty | 5 | 9 |
| Odvoz a uložení balíků do skladu | 10,6 | 9 |

(Kavka, 2006)

5 Výsledky a diskuze

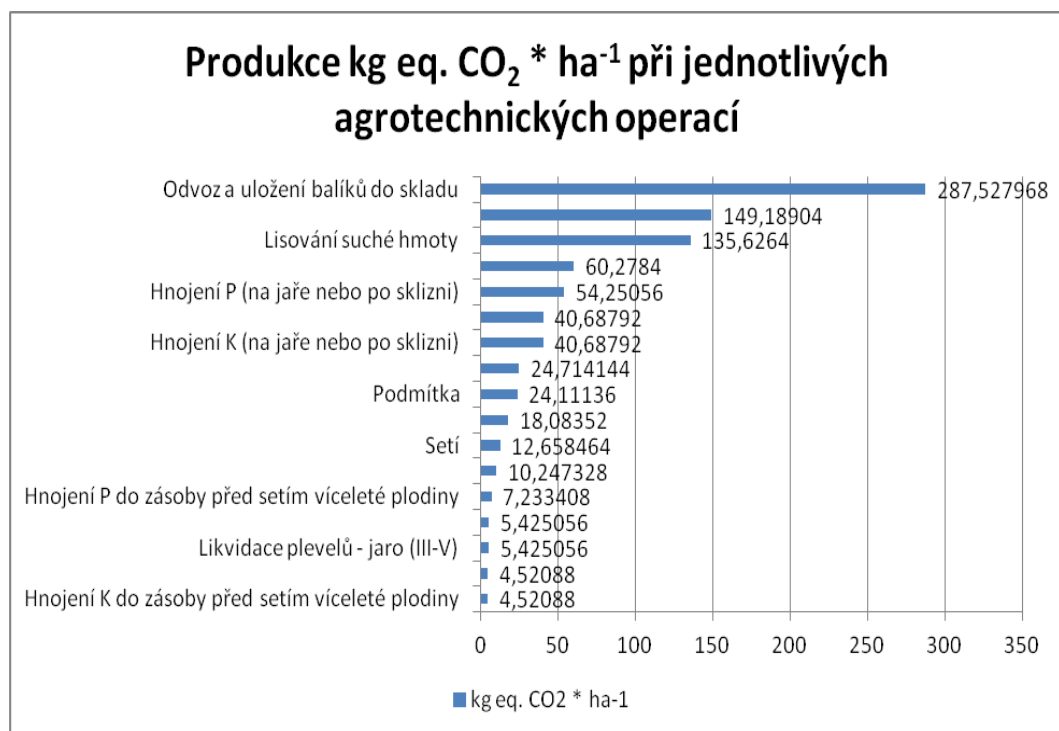
Množství vyprodukovaného CO₂ při provádění agrotechnických operací za 10let pěstování lesknice rákosovité zobrazuje tabulka č.2 a graf č.3. Celkové množství činí 885,1883 kg eq. CO₂ na 1 ha a 0,126455 kg eq. CO₂ na 1 kg sušiny. Největší emisní zátěž představuje odvoz a uložení balíků do skladu. Při této operaci je vyprodukováno 287,527968 kg eq. CO₂ * ha⁻¹, tato hodnota je však velice proměnlivá, neboť záleží na vzdálenosti daného místa (skladu), způsobu odvozu a uložení balíků. Na tuto problematiku poukazuje i Lackner (2008), který uvádí, že při přepravě biomasy nákladním automobilem se vyprodukuje 100 g CO₂* km⁻¹ * t⁻¹.

Tabulka č. 2- Emisní zátěž vzniklá agrotechnickými operacemi (u hnojení je započítána zátěž způsobená pouze přejezdy) při pěstování lesknice rákosovité po dobu 10let:

| Agrotechnické operace | Počet provedených operací po dobu využívání porostu | kg eq. CO ₂ * ha ⁻¹ (hodnota pro příslušný počet opakování) | kg eq. CO ₂ * kg ⁻¹ sušiny lesknice rákosovité (hodnota pro příslušný počet opakování) |
|---|---|--|---|
| Sečení plevelů - Podzim, před podmínkou | 1 | 18,08352 | 0,00258336 |
| Podmítka | 1 | 24,11136 | 0,00344448 |
| Hnojení P do zásoby před setím víceleté plodiny | 1 | 7,233408 | 0,001033344 |
| Hnojení K do zásoby před setím víceleté plodiny | 1 | 4,52088 | 0,00064584 |
| Hnojení N do zásoby před setím víceleté plodiny | 1 | 4,52088 | 0,00064584 |
| Středně hluboká orba s urovnáním | 1 | 60,2784 | 0,0086112 |
| Likvidace plevelů - jaro (III-V) | 1 | 5,425056 | 0,000775008 |

| | | | |
|---|---|------------|-------------|
| Vláčení a válení - předseťové | 1 | 24,714144 | 0,003530592 |
| Setí | 1 | 12,658464 | 0,001808352 |
| Válení - po setí | 1 | 10,247328 | 0,001463904 |
| Likvidace dvouděložných plevelů - chemická | 1 | 5,425056 | 0,000775008 |
| Hnojení K (na jaře nebo po sklizni) | 9 | 40,68792 | 0,00581256 |
| Hnojení P (na jaře nebo po sklizni) | 9 | 54,25056 | 0,00775008 |
| Hnojení N (na jaře nebo po sklizni) | 9 | 40,68792 | 0,00581256 |
| Jarní sečení - sklizeň (nejnižší vlhkost - bez dosoušení) | 9 | 149,18904 | 0,02131272 |
| Lisování suché hmoty | 9 | 135,6264 | 0,0193752 |
| Odvoz a uložení balíků do skladu | 9 | 287,527968 | 0,041075424 |
| Celkem | | 885,1883 | 0,126455 |

Graf č. 3 – Produkce kg eq. CO₂ * ha⁻¹ při jednotlivých agrotechnických operacích



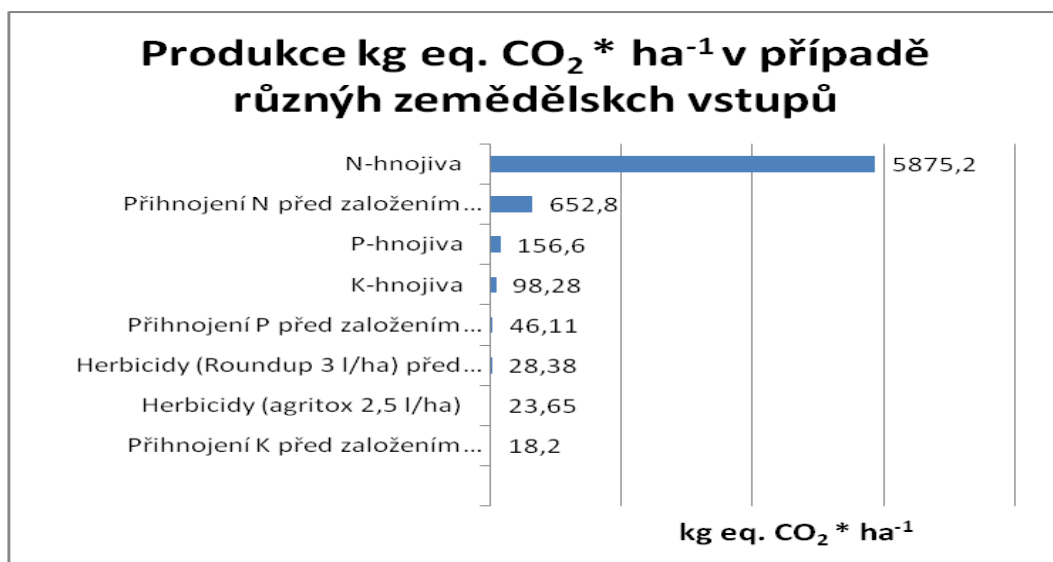
Z hlediska vstupů použitých pro intenzifikaci produkce představuje při pěstování lesknice rákosovité nejvyšší emisní zatížení oxidem uhličitým minerální hnojení, což je v souladu s tvrzením Fotta, et al (2003).

Tabulka č. 3- Emisní zátěž způsobená zemědělskými vstupy v podobě hnojení a chemického ošetření lesknice rákosovité pěstované po dobu 10let:

| Zemědělské vstupy | Počet provedených operací po dobu využívání porostu | Kg * ha ⁻¹ | kg eq. CO ₂ * ha ⁻¹ (hodnota pro příslušný počet opakování) | kg eq. CO ₂ * kg ⁻¹ sušiny lesknice rákosovité (hodnota pro příslušný počet opakování) |
|--|---|-----------------------|--|---|
| Přihnojení N před založením porostu (podzim) | 1 | 80 | 652,8 | 0,093257143 |
| Přihnojení P před založením porostu (podzim) | 1 | 27 | 46,11 | 0,006587143 |
| Přihnojení K před založením porostu (podzim) | 1 | 50 | 18,2 | 0,0026 |
| N-hnojiva | 9 | 720 | 5875,2 | 0,839314286 |
| P-hnojiva | 9 | 90 | 156,6 | 0,022371429 |
| K-hnojiva | 9 | 270 | 98,28 | 0,01404 |
| Herbicidy (Roundup 3 l/ha) před zasetím - jaro | 1 | 3 | 28,38 | 0,004054286 |
| Herbicidy (agritox 2,5 l/ha) | 1 | 2,5 | 23,65 | 0,003378571 |
| Celkem | | | 6899,22 | 0,985603 |

Aplikací anorganických hnojiv a chemických prostředků na ošetření se při pěstování lesknice rákosovité na období 10 let vyprodukuje 6899,22 kg eq CO₂/ha. V případě výpočtu na 1 kg sušiny lesknice rákosovité se za dané období vyprodukuje 0,9856 kg eq CO₂ (tabulka č. 3, graf č. 4). Nejvyšší emisní zátěž je zde způsobena N-hnojivy a to 5875,20 kg eq. CO₂ * ha⁻¹.

Graf č. 4 – Produkce kg eq. CO₂ * ha⁻¹ v případě různých zemědělských vstupů



Tabulka č. 4: Celková emisní zátěž způsobená agrotechnickými operacemi a chemickými vstupy při produkci energetické fytomasy z lesknice rákosovité pěstované po dobu 10let:

| | kg eq. CO ₂ * ha ⁻¹ (hodnota pro příslušný počet opakování) | kg eq. CO ₂ * kg ⁻¹ sušiny lesknice rákosovité (hodnota pro příslušný počet opakování) |
|---|---|--|
| Emisní zátěž vzniklá agrotechnickými operacemi (u hnojení je započítána zátěž způsobená pouze přejezdy) | 885,18 | 0,1264 |
| Emisní zátěž způsobená zemědělskými vstupy v podobě hnojení a chemického ošetření | 6899,22 | 0,9856 |
| Celkové emise | 7884,40 | 1,1120 |

Produkce celkových emisí uvolňovaných při relativně intenzivním pěstování lesknice rákosovité pro energetické účely činí za 10 let 7884,40 kg eq.CO₂. ha⁻¹. Pimentel (2005) při porovnávání jednotlivých systémů hospodaření z hlediska produkce emisí zjistil nejnižší roční zátěž prostředí u bezorebných způsobů zakládání porostů 140 kg eq.CO₂. ha⁻¹, u low input systémů hospodaření 630 kg eq.CO₂. ha⁻¹ a u intenzivních systémů hospodaření na orné půdě 1140 kg eq.CO₂. ha⁻¹. Za desetileté období je zátěž ovzduší skleníkovými plyny o 3616 kg eq.CO₂. ha⁻¹ než při intenzivním pěstování energeticky využívané lesknice. Při využití organických hnojiv, zvýšení výnosu lesknice šlechtěním či dalšími vlivy lze emisní zátěž ještě snížit.

6 Závěr

Na základě požadavků praxe se doposud výzkum zabýval především otázkami výnosu, výhřevnosti a technologickými aspekty cíleně pěstované fytomasy pro energetické účely. Z environmentálních aspektů byly sledovány emise vznikající při spalování. V předkládané bakalářské práci byly zjišťovány emise, které nevznikají při spálení, ale při produkci paliva v zemědělské prvovýrobě vlivem materiálových vstupů a technologických operací. Jako modelová rostlina byla zvolena lesknice rákosovitá – *Phalaris arundinacea* L.

Cílem práce bylo ověřit hypotézu, že předpokládaná emisní zátěž (produkce CO₂ eq) při pěstování lesknice rákosovité pro energetické účely na dobu 10 let nepřesáhne 10 tun eq CO₂ na 1ha. Pomocí dílčí LCA analýzy bylo zjištěno že, agrotechnické operace v případě pěstování lesknice rákosovité při výnosu sušiny biomasy 7 t . ha⁻¹ představují 885,1883 kg eq. CO₂ na 1 ha a dále, že při pěstování lesknice rákosovité je zemědělskými vstupy za období 10 let vyprodukováno 6899,22kg eq CO₂ /ha. Produkce celkových emisí uvolňovaných při relativně intenzivním pěstování lesknice rákosovité pro energetické účely činí za 10 let 7884,40 kg eq.CO₂. ha⁻¹ to je téměř o 30% nižší než emisní zátěž způsobená intenzivním hospodařením na orné půdě a jen o 20% více než v low input systémech hospodaření. Z uvedeného je zřejmé, že víceleté trávy vlivem jednorázového založení porostu pro desetileté pěstební období i při relativně vysoké intenzitě pěstování zatěžují životní prostředí emisemi skleníkových plynů uvolňovaných při jejich pěstování a sklizni relativně málo. Hypotéza byla tímto potvrzena.

Druhá hypotéza zněla, že emisní zátěž vzniklá aplikací hnojiv a chemickým ošetřováním porostu je vyšší, než emisní zátěž vzniklá ostatními agrotechnickými operacemi. Na základě zjištění výsledků lze říci, že i tato hypotéza byla potvrzena, neboť emisní zátěž způsobená aplikací hnojiv a chemickým ošetřováním porostu (6899,22 kg eq.CO₂. ha⁻¹) je téměř osmkrát vyšší, než emisní zátěž vzniklá ostatními agrotechnickými operacemi (885,18 kg eq.CO₂. ha⁻¹), přičemž sama výroba syntetických dusíkatých hnojiv zatěžuje ovzduší emisemi skleníkových plynů 20x více než ostatní hnojiva. Výsledky práce naznačují potřebu komplexního hodnocení energetických i surovinových zdrojů z ekonomického, energetického i environmentálního hlediska.

7 Seznam použité literatury

1. ABRHAM, Z; KOVÁŘOVÁ, M; KUNCOVÁ, T. Ekonomika a konkurenceschopnost biopaliv. In *Zemědělská technika a biomasa 2004*. 2004. s. 8-13.
2. ABRAHAM Z., ŠPELINA M., KOVÁŘOVÁ M., Organizace a řízení zemědělského podniku, Praha ÚZPI, 2001, 27s.
3. ANDERT, D., GERNDTOVÁ, I., HANZLÍKOVÁ, I., ANDERTO VÁ, J., FRYDRYCH, J. (2006): Využití trav při produkci bioplynu. In: Energetické a průmyslové rostliny XI. - Sborník referátů CZ Biom, Chomutov 2006: 85-90 s.
4. BALÁK, Rudolf. Nové zdroje energie. Praha : Nakladatelství technické literatury, 1989. 208 s.
5. BALÁK A PROKEŠ. Nové zdroje energie, 1984
6. BARROS, V. (2006): Globální změna klimatu. Mladá fronta, 165 s.
7. BERANOVSKÝ, Jiří. Obnovitelné zdroje energie. Praha : FCC PUBLIC s.r.o., 2001. 208 s.
8. BERNAS, J. Energetické využití trav. České Budějovice, 2010. Bakalářská
9. práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
10. CELJAK, I., VÁVRA, V. (2000): Energetické dřeviny – topolové plantáže po prvním roce pěstování. In: EKOTREND 2000 – trvale udržitelný rozvoj. – Sborník z mezinárodní konference 23.3. - 24.3. 2000, JU ZF, České Budějovice
11. CONSOLI, (1993): Guidelines for life-cycle assessment: 'A Code of Practise', SETAC, Brusel.
12. ČURDA, Dušan; FUCHSOVÁ, Alena. *Ekologická bilance - hodnocení životního cyklu: Svazek 39*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská -

Technická univerzita Ostrava, Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR, Centrum pro otázky životního prostředí, 1996. 60 s. ISBN 80-85368-95-1.

13. ČNI, (2006a). ČSN EN ISO 14 040: Environmentální management – Posuzování životního cyklu - Zásady a osnova, Český normalizační institut, Praha.
14. ČNI, (2006b). ČSN EN ISO 14 044: Environmentální management – Posuzování životního cyklu - Požadavky a směrnice, Český normalizační institut, Praha.
15. Definice indikátorů, Ochrana životního prostředí, 2006
16. Kolektiv autorů, Energetické plodiny, profipress praha 2006
17. Fava, J., Pomper, S. (1997): Life-Cycle Critical Review! Does It Work?, Int. J. LCA, 145-153.
18. Fott, P., Pretel, J., a kol. (2003): Národní zpráva České republiky o inventarizaci emisí skleníkových plynů. ČHMÚ, 97 s.
19. FRYDRYCH, J; CAGAŠ, B; MACHÁČ, J. Energetické využití některých travních druhů. 2002. 35 s.
20. FRYDRYCH, J; ANDERT D; JUCHELKOVÁ, D. Výnosový potenciál trav vhodných k energetickému využití [online]. 2009 [cit. 2012-02-26]. Dostupné z: <http://svt.pi.gin.cz/vuzt/publ/P2009/008.PDF>
21. FRYDRYCH, J., ANDERT, D., KÁRA, J., JUCHELKOVÁ, D. (2006): Nové poznatky ve výzkumu energetických trav. Úroda, 54, 12: 31-33 s.
22. FRYDRYCH, J., ANDERT, D., KÁRA, J., JUCHELKOVÁ, D. (2006): Výzkum a využití trav pro energetické účely. In: Energetické a průmyslové rostliny XI. - Sborník referátů CZ Biom, Chomutov 2006: 39-45 s.
23. FUKSA, P: Netradiční využití biomasy v praxi [online]. 2009 [cit. 2009-10-19]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/netradicni-vyuziti-biomasy-v-praxi>>.
24. GERNDTOVÁ, I. (2006): Využití trav k energetickým účelům se zaměřením na produkci bioplynu. Bakalářská práce. ČZU Praha, 60 s.
25. GRÄU, J. et al. (2002): Trávy. Euromedia Group – Ikar, Praha, 287 s.

26. HADDERS, G., OLSSON, R. (1997): Harvest of grass for combustion in late summer and in spring. *Biomass and Bioenergy*. 12, 3, 171-175 s.
27. HAVLÍČKOVÁ, K., ET AL. (2007): Zhodnocení ekonomických aspektů pěstování a využití energetických rostlin. Vědecký ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví Průhonice a JU ZF v ČB, 92 s.
28. HAVLÍČKOVÁ, K., WEGER, J., BOHÁČ, J., ŠTĚRBA, Z., HUTLA, P., KNÁPEK, J., VAŠÍČEK, J., STRAŠIL, Z., KAJAN, M., LHOTSKÝ, M. (2008): Rostlinná biomasa jako zdroj energie. VÚKOZ, Průhonice, 82 s.
29. HEŘMANSKÝ, Bedřich, ŠTOLL, Ivan. *Energie pro 21.století*. Praha : ČVUT, 1992. 315 s.
30. HONZÍK, R., USŤAK, S. (1997): Energetické využití biomasy. Sborník VUSTE-APIS, Praha, 4-5 s.
31. HOUGHTON, J. T., JENKINS, G. J., EPHRAUMS, J. J. (1990): *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University Press, Cambridge, 365 s.
32. HŮLA, J., PROCHÁZKOVÁ, B. (2002): Vliv minimalizačních půdoochranných technologií na plodiny, půdní prostředí a ekonomiku. ÚZPI, Praha, č. 3, 103 s.
33. HYŠPLER R., *Environmentální zátěž při produkci a zpracování potravinářské pšenice a výrobě chleba*. České Budějovice, 2011. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
34. JAREŠOVÁ M., *Vliv produkčních procesů při pěstování brambor na emise CO₂*, České Budějovice, 2011. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
35. KÁRA, J., HUTLA, P., PASTOREK, Z. (2001): Anaerobní fermentace vlhkých organických materiálů – výroba bioplynu. In: *EKOTREND 2001 – trvale udržitelný rozvoj. – Sborník z mezinárodní konference 28.- 29.3. 2001, JU ZF, České Budějovice*, 207-210 s.
36. KAVKA, M, et al. *Normativy zemědělských výrobních technologií*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2006. 376 s.

37. KOČÍ, V.(2009): Posuzování životního cyklu – Life cycle assessment LCA, Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim, 263 s.
38. KOČÍ, V. (2010): Příručka základních informací o posuzování životního cyklu LCA. VŠCHT Praha, 27 s.
39. KOHOUT, P., et al. *Rychle rostoucí dřeviny v energetice (topoly a vrby)*.
 a. ZFJČU. České Budějovice: 2010. 101 s. ISBN 978-80-7394-247-2
40. KOLLAROVÁ, M, et al. Zásady pro obhospodařování trvalých travních porostů [online]. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2007 [cit. 2011-08-15]. Dostupné z WWW: <http://212.71.135.254/vuzt/poraden/prirucky/p2007_01.pdf>.
41. KOPECKÝ M., Energetické využití trav. České Budějovice, 2010. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
42. KOPECKÝ M., Význam trvalých travních porostů a vliv vodního stresu na klíčivost vybraných druhů trav - bojínek luční (*Phleum pratense*), chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*), sveřep horský (*Bromus catharticus*). České Budějovice, 2012. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
43. KOZŁOWSKI, S., GOLINSKA, B., SWEDRZYNSKI, A., GOLINSKI, P. (1996): Rate of grass lignification. *Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych*. 442: 257-268 s.
44. LACKNER, M. Sozialökologische Dimensionen der österreichischen Ernährung: Eine Szenarienanalyse. Vienna, 2008. 66 s.
45. LIBRA, M., POULEK, V. (2007): Zdroje a využití energie. ČZU v Praze (Kamýcká 129, 165 21 Praha 6), 140 s.
46. MALAŤÁK, J., VACULÍK, P. Biomasa pro výrobu energie. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008. 206 s.
47. METELKA, LADISLAV; TOLASZ, RADIM, Praha, Centrum pro otázky životního prostředí, 2009, 35s.
48. MOLDAN B., 17. výroční přednáška k počtě J.L.Fischera, Univerzita Palackého v Olomouci, 2010

49. MOUDRÝ, J., SOUČKOVÁ, H. (2006): Nepotravinářské využití fytomasy. VÚZE v Praze a ZF JU v Č. Budějovicích, 95 s.
50. MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z. (1996): Alternativní plodiny. ZF JU Č. Budějovice, 90 s.
51. MOUDRY, J., STRAŠIL, Z. (1998): Energetické plodiny v ekologickém zemědělství. Spolek poradců v ekologickém zemědělství, vH press Hradec Králové ve spolupráci s nadací Partnerství, 56 s.
52. MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z. (1999): Pěstování alternativních plodin. JU ZF v Českých Budějovicích, 165 s.
53. MURTINGER, K., BERANOVSKÝ, J. (2006): Energie z biomasy. Brno: ERA, 94 s.
54. MURTINGER, K: *Možnosti využití biomasy*. [online]. 2007 [cit. 2009-12-02]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-vyuziti-biomasy>>.
55. NÁTR, L. (2006): Země jako skleník - Proč se bát CO₂. Academia Praha, 143 s.
56. NEMEŠOVÁ, I., PRETEL, J., (1998): Skleníkový efekt a životní prostředí. MZEvE spolupráci s ČHMÚ a ústavem fyziky atmosféry AV ČR, 76 s.
57. NEJEDLÁ A., Energetické využití fytomasy v Jihočeském kraji, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2011
58. NOSKIEVIČ, P; JUCHELKOVÁ, D; ČECH, B. *Biomasa a její energetické využití*. 1996. 68 s.
59. OTČENÁŠEK, P. Elektroenergetika v 21. století: globální světové energetické hospodářství a jeho vliv na Českou republiku. Praha: ČEZ, 2006.
60. PAHKALA, K., MELA, T. (1997): Farming methods and quality of reed canary grass grown for paper raw material. In International conference- Sustainable agriculture for food, energy and industry. Book of abstracts. Ed.: CARMEN, Rimpár, s. 997-1000 s.
61. PASTOREK, Z., KÁRA, J., JEVIČ, P. (2004): Biomasa – obnovitelný zdroj energie. FCC Public, Praha, 286 s.

62. PAVEL NOSKIEVIČ, Stavebnictví a interiér 11/2005)
63. PEDERSEN, S. (1997): Reed canary grass on marginal land – Industrial applications, economics and enviromental impacts. In Proceedings of the NJF seminar on alternative use of agricultural land, Research Centre Foulum, Denmark, 9-10 June 1997. SP Raport Statenes Planteavlsforsog. No. 18, s. 102-111 s.
64. PETŘÍKOVÁ, V. Rostliny pro energetické účely [online]. 1999. [cit. 2012-02-23]. Dostupné z: http://www.mpo-efekt.cz/dokument/99_8089.pdf
65. PETŘÍKOVÁ, V. (2006): Nové zkušenosti s pěstováním energetických plodin a podmínky pro rozvoj fytoenergetiky v ČR. In: Energetické a průmyslové rostliny XI. - Sborník referátů CZ Biom, Chomutov, 17-28 s.
66. PETŘÍKOVÁ, V., ET AL. (2006): Energetické plodiny. Profi Press, s.r.o., Praha, 127 s.
67. PETŘÍKOVÁ, V: *Biomasa – významný zdroj ekologické energie* [online]. 2001 [cit. 2009-06-30]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-vyznamny-zdroj-ekologicke-energie>>.
68. PIMENTEL, D. et.al (2005) “Environmental, Energetic, and Economic
a. Comparisons of Organic and Conventional Farming Systems”
BioScience 55: 573–582)
69. PLÍŠTIL, D., MALAŤÁK, J. (2004): Utilize Residual Biomass from Agricultural Produce. In.: International Conference – Conference Proceedings, Science and Research – Tools of Global Development Strategy, Czech University of Agriculture Prague, Technical Faculty, 177-180 s.
70. PROKEŠOVÁ M., Energetické využití trav. České Budějovice, 2010. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
71. REES M., Naše poslední hodina: Přežije lidstvo svůj úspěch?, Praha: Argo: Dokořán, 2005
72. REGAL, Vladimír. Pícní a plevelné trávy. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 1953. 291 s.

73. Remtová, K. (1996): Trvale udržitelný rozvoj a strategie ochrany životního prostředí. Ministerstvo ŽP ČR Praha, 95 s.
74. REMTOVÁ a PŘIBYLOVÁ, (2001), Využití metody hodnocení životního cyklu výrobků (LCA) v České republice (Posuzování dopadu životního cyklu výrobku na životní prostředí)
75. ŘÍMOVSKÝ, Karel, HRABĚ, František, VÍTEK, Lubor. Pícninářství : polní pícniny. Brno : Vysoká škola zemědělská v Brně, 1989. 165 s.
76. SLADKÝ, V. (1995): Příprava paliva z biomasy. Studijní informace, Ř. Zeměd. Techn. a Stavby, ÚZPI Praha, 50 s.
77. SLADKÝ, V. *Ekologické aspekty využití a výroby energie v zemědělství*. 1996. s. 35.
78. SLADKÝ, V.; DVOŘÁK, J; ANDERT, D. *Obnovitelné zdroje energie – fytopaliva – VÚZT*. Praha : 2002. 25 s. ISBN 80-238-9952-X
79. SOUČKOVÁ, H; MOUDRÝ, J; KALINOVÁ, J; KONVALINA, P; CELJAK, I; MOUDRÝ, J; BLAHO, M. *Nepotravinářské využití biomasy*. 2006. 95 s.
80. SOUČKOVÁ, H., MOUDRÝ, J. (2005): Využití fytomasy pro energetické účely. Sborník vědeckých publikací z mezinárodního semináře „Nepotravinářské využití fytomasy“ ZF JČU v ČB, VÚZE Praha, České Budějovice, 123 s.
81. SRDEČNÝ, K., TRUXA, J. (2000): Obnovitelné zdroje energie v Jižních Čechách a Horním Rakousku. Praha: EkoWATT, 77 s.
82. STRAŠIL, Z, et al. Trávy jako energetická surovina: Certifikovaná metodika pro praxi. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i., 2011. 36 s.
83. SVĚTOVÝ SUMMIT O UDRŽITELNÉM ROZVOJI V JOHANNESBURGU, 2006
84. ŠANTRŮČEK, J; MRKVIČKA, J; SVOBODOVÁ, M; VESELÁ, M; VRZAL, J. *Základy pícninářství*. 2001. 139 s.
85. UŠŤAK, S. (2006): Rozvoj pěstování a využití biomasy pro energetické a průmyslové účely v ČR: technické a ekonomické aspekty a základní

- překážky. In: Energetické a průmyslové rostliny XI. - Sborník referátů. CZ Biom, Chomutov: 118-133.
86. VÁŇA, J. (1997): Energetické využití biomasy. Sborník VUSTE-APIS, Praha, 1-3 s.
87. VÁŇA, J. (1997): Zpracování biomasy travních porostů. – Výroční zpráva VÚRV Praha – Ruzyně
88. VÁŇA, J. (2002): Problémy brzdící rozvoj energetického využívání fytomasy, 7 s.
89. VÁŇA, Jaroslav. Phytoenergetika: přínos pro řešení ekologických problémů. In Energetické a průmyslové rostliny. 4. vyd. Chomutov : CZ-Biom a VÚRV, 1998. s. 15.
90. VÁŇA, V., HAVLÍČKOVÁ, K. (2006): Možnosti využití rychle rostoucích dřevin v podmínkách ČR. In: Sborník referátů z odborné konference „Energetické a průmyslové rostliny XI.“, CZ Biom a VÚRV, 15.6.2006, Chomutov, 108-117 s.
91. WEINZETTEL, J. (2008): Posuzování životního cyklu (LCA) a analýza vstupů a výstupů (IOA): vzájemné propojení při získávání nedostupných dat. Disertační práce. Praha, ČVUT, fakulta elektrotechnická, 151 s.