

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**  
**ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agroekologie

Katedra: Katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií

Vedoucí katedry: prof. Ing. Jan, st. Moudrý, CSc.

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Environmentální aspekty pěstování energetických  
plodin - produkce CO<sub>2</sub>eq**

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jan Moudrý, PhD.

Konzultant diplomové práce: prof. Ing. Jan, st. Moudrý, CSc.

Autor diplomové práce: Bc. Martin Písařík

České Budějovice, 2014

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Fakulta zemědělská  
Akademický rok: 2012/2013

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin PÍSAŘÍK**  
Osobní číslo: **Z12757**  
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**  
Studijní obor: **Agroekologie**  
Název tématu: **Environmentální aspekty pěstování energetických plodin - produkce CO<sub>2</sub>eq**  
Zadávací katedra: **Katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií**

**Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :**

1. Vypracování úvodního shrnutí a literární rešerše na téma pěstování energetických plodin a jeho environmentální dopady.
2. Výběr sledovaných energetických plodin.
3. Stanovení rámce pro analýzu a příprava detailního popisu produkčního procesu u vybraných energetických plodin.
4. Analýza databází EKO-INVENT a jejich využití k výpočtu emisní zátěže.
5. Zhodnocení environmentálních dopadů pěstování energetických plodin z hlediska emisí CO<sub>2</sub>eq.
6. Vytvoření seznamu literatury v abecedním pořadí dle ČSN.

Rozsah grafických prací: tabulky, grafy, fotografická příloha  
Rozsah pracovní zprávy: 40 stran textu včetně tabulek  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:

Součková, H., Moudrý, J.: Využití fytomasy pro energetické účely. JU ZF České Budějovice, VÚZE, 2005, 123 s.

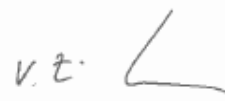
Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P.: Biomasa - obnovitelný zdroj energie. FCC Public, 2004, 286 s.

Petříčková, V., a kol.: Energetické plodiny. Profipress Praha, 2006, 127 s.


Havlíčková, K., a kol. (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.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jan Moudrý, Ph.D.  
Katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií  
Konzultant diplomové práce: prof. Ing. Jan, st. Moudrý, CSc.  
Katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií

Datum zadání diplomové práce: 7. února 2013  
Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2014

  
prof. Ing. Milošlav Soch, CSc.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Stučenská 13  
370 05 České Budějovice  
I.S.

  
prof. Ing. Jan, st. Moudrý, CSc.  
vedoucí katedry

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 20. 4. 2014

.....

Bc. Martin Písařík

**Poděkování:**

Touto cestou bych chtěl poděkovat Ing. Janu Moudrému, PhD., Ing. Jaroslavu Bernasovi a prof. Ing. Janu Moudrému, CSc., za odborné vedení diplomové práce a za čas, který mi věnovali při konzultacích. Mé poděkování také patří Ing. Zuzaně Jelínkové za odbornou pomoc při výpočtech. V neposlední řadě i celé mé rodině za podporu při studiu na vysoké škole.

## Abstrakt CZ

Diplomová práce se zabývá částečným hodnocením životního cyklu třech druhů energetických rostlin, konkrétně kukuřicí setou (*Zea mays L.*), chrasticí rákosovitou (*Phalaris arundinacea L.*), Szarvasi I (*Agropyron elongatum L.*) a jejich environmentálních dopadů během jejich pěstování. Jako rámec hodnocení byla použita doba od předseťové přípravy v prvním roce až po poslední sklizeň po desetiletém pěstitelském cyklu.

K výpočtu emisí skleníkových plynů byl použit softwarový nástroj SimaPro. Cílem bylo zjistit kolik emisí skleníkových plynů (kg CO<sub>2</sub>eq na 1 kg sušiny) vznikne při pěstování vybraných energetických rostlin a porovnat, která rostlina je z environmentálního hlediska nejvíce šetrná k životnímu prostředí.

Celková emisní zátěž vyprodukovaná během životního cyklu kukuřice seté je 0,199210 kg CO<sub>2</sub>eqv na 1kg sušiny, u chrastice rákosovité 0,182075 kg CO<sub>2</sub>eqv na 1kg sušiny. Szarvasi I je z environmentálního hlediska nejvíce šetrná produkuje 0,110232 kg CO<sub>2</sub>eqv na 1kg sušiny.

**Klíčová slova:** biomasa, energetické rostliny, chrastice rákosovitá, kukuřice setá, szarvasi I, oxid uhličitý, CO<sub>2</sub>eqv

## **Abstract EN**

This thesis deals with the partial evaluation of the life cycle of three kinds of power plants, particularly flint corn ( *Zea mays* L.) , reed canary grass ( *Phalaris arundinacea* L.) , Szarvazi I ( *Agropyron elongatum* L.) and their environmental impact during their cultivation. As an evaluation framework was used seedbed preparation time from the first year to the last harvest after ten years growing cycle.

To calculate the emissions of greenhouse gases has been used software tool SimaPro . The aim was to find out how much greenhouse gas emissions (kg CO<sub>2</sub>eq per 1 kg of dry matter ) is created in the cultivation of selected power plants and compare that plant is from an environmental point of view the most environmentally friendly.

The total emission load produced during the life cycle of corn is sown CO<sub>2</sub>eqv 0.199210 kg per 1 kg of dry matter , with reed rákosovité CO<sub>2</sub>eqv 0.182075 kg per 1 kg of dry matter. I Szarvasi is from an environmental point of view the most friendly CO<sub>2</sub>eqv produces 0.110232 kg per 1 kg of dry matter.

**Key words:** biomass, energy crops, reed canary grass, maize, szarvasi I, carbon dioxide, CO<sub>2</sub>eqv

## Obsah

1 Úvod.....	10
2 Literární přehled.....	12
2.1 Zdroje energie .....	12
2.2 Spotřeba energie ve světě a ČR.....	13
2.3 Obnovitelné / neobnovitelné zdroje .....	15
2.3.1 Neobnovitelné zdroje .....	15
2.3.2 Obnovitelné zdroje energie: .....	16
2.3.2.1 Energie vody .....	16
2.3.2.2 Geotermální energie .....	16
2.3.2.3 Energie větru .....	17
2.3.2.4 Energie slunečního záření .....	17
2.3.2.5 Biomasa.....	17
2.4 Energetické rostliny .....	19
2.4.1 Druhy energetických rostlin.....	21
2.4.1.1 Energetické dřeviny .....	21
2.4.1.2 Energetické rostliny nedřevnaté.....	21
2.4.1.3 Rozdělení energetický plodiny nedřevnatých .....	22
2.5 Vybrané energetické rostliny .....	23
2.5.1 Chrastice rákosovitá ( <i>Phalaris arundinacea L.</i> ) .....	23
2.5.2 Kukuřice ( <i>Zea Mays L.</i> ) .....	25
2.5.3 Szarvasi I ( <i>Agropyron elongatum L.</i> ) .....	26
2.6 LCA.....	27
2.6.1 Použití LCA .....	28
2.6.2 Nástroje LCA .....	28
2.6.3 Standardizace LCA studií .....	28
2.6.4 Fáze LCA .....	29
2.6.4.1 Fáze 1:Definice cílů a rozsahu .....	29
2.6.4.2 Fáze 2: Inventarizace.....	30
2.6.4.3 Fáze 3: Hodnocení dopadů.....	30
2.6.4.4 Fáze 4: Interpretace .....	31
2.7 Globální oteplování.....	31
2.7.1 Skleníkový efekt.....	31
2.7.2 Skleníkové plyny.....	32
2.7.2.1 CO <sub>2</sub> .....	32
2.7.2.2 Vodní para.....	33



2.7.2.3 Metan .....	33
2.7.2.4 Oxidy dusíku .....	34
3 Cíl práce .....	35
4 Metodika .....	36
4.1 Výběr rostlin .....	36
4.2 Životní cyklus výrobku (LCA) .....	37
4.3 První fáze LCA: Definice cílů a rozsahu .....	37
4.4 Druhá fáze: Inventarizační analýza .....	38
4.4.1 Vstupy a výstupy do procesu .....	41
4.5 Třetí fáze: Posuzování dopadů .....	49
4.6 Čtvrtá fáze: Interpretace životního cyklu produktu .....	49
5 Výsledky a diskuse.....	50
6 Závěr .....	63
7 Seznam použité literatury.....	65

## 1 Úvod

Lidstvo ve své historii nejprve využívalo energii vlastních svalů, později začalo využívat sílu zvířat. Postupně přes využití energie větru či vody dospělo až k moderním výkonným elektrárnám, které využívají fosilní paliva. Energetika se dostala do popředí zájmů států a stala se významnou součástí jejich hospodářství.

V dnešní době se preferuje využívání fosilních paliv, především uhlí, ropy a zemního plynu, které tvoří až 60% vyrobené energie na Zemi. Tím, jak se zvyšuje poptávka a potřeba této energie, tím se zároveň zásoby fosilních paliv. Díky tomu faktu se stále častěji hledají nové alternativy pro využívání energie z jejich obnovitelných zdrojů. Jedním z negativních jevů při využívání fosilních paliv je uvolňování množství oxidu uhličitého a dalších prvků, které se podílejí na zesilování skleníkového efektu.

Dnes ve velké míře využívané neobnovitelné zdroje energie nedokážou uspokojit celkovou spotřebu energie. Proto se dostávají do popředí zájmu obnovitelné energetické zdroje. Dnes se v hojné míře využívají zdroje energie jako například slunce, voda nebo vítr. Tyto zdroje byly známy a využívány už dříve, ale nyní jde o jejich využití na zcela jiné úrovni. I když využitelnost těchto zdrojů obnovitelných energií je časově proměnná a do značné míry závisí na podmínkách v dané oblasti, je to alternativa, kterou rozhodně nelze opomíjet.

Nejperspektivnější se jeví využití energie z biomasy. Nemusí se jednat pouze o využití odpadní biomasy, ale i cíleného pěstování speciálních plodin. Díky intenzifikaci zemědělství se na území České republiky nachází zhruba 1 milion ha půdy, která není příliš vhodná z hlediska podmínek pro produkci potravin. Alternativou využití této půdy je cílené pěstování již zmíněných plodin (především energetických trav). Ekonomicky zajímavými se zdají být druhy trav např. chřastice rákosovitá nebo nově zaváděná Szarvasi I. U víceletých druhů je další výhodou pěstování na orné půdě celoroční pokryv půdy, který chrání půdu před negativními jevy jako je eroze, napomáhá vyšší biodiverzitě a zlepšení vzhledu krajiny, k čemuž se přiklání velká část populace.

Vypěstovaná fytomasa slouží nejčastěji k výrobě tepla nebo k produkci bioplynu s následnou výrobou elektrické energie. Fytomasa energetických trav má

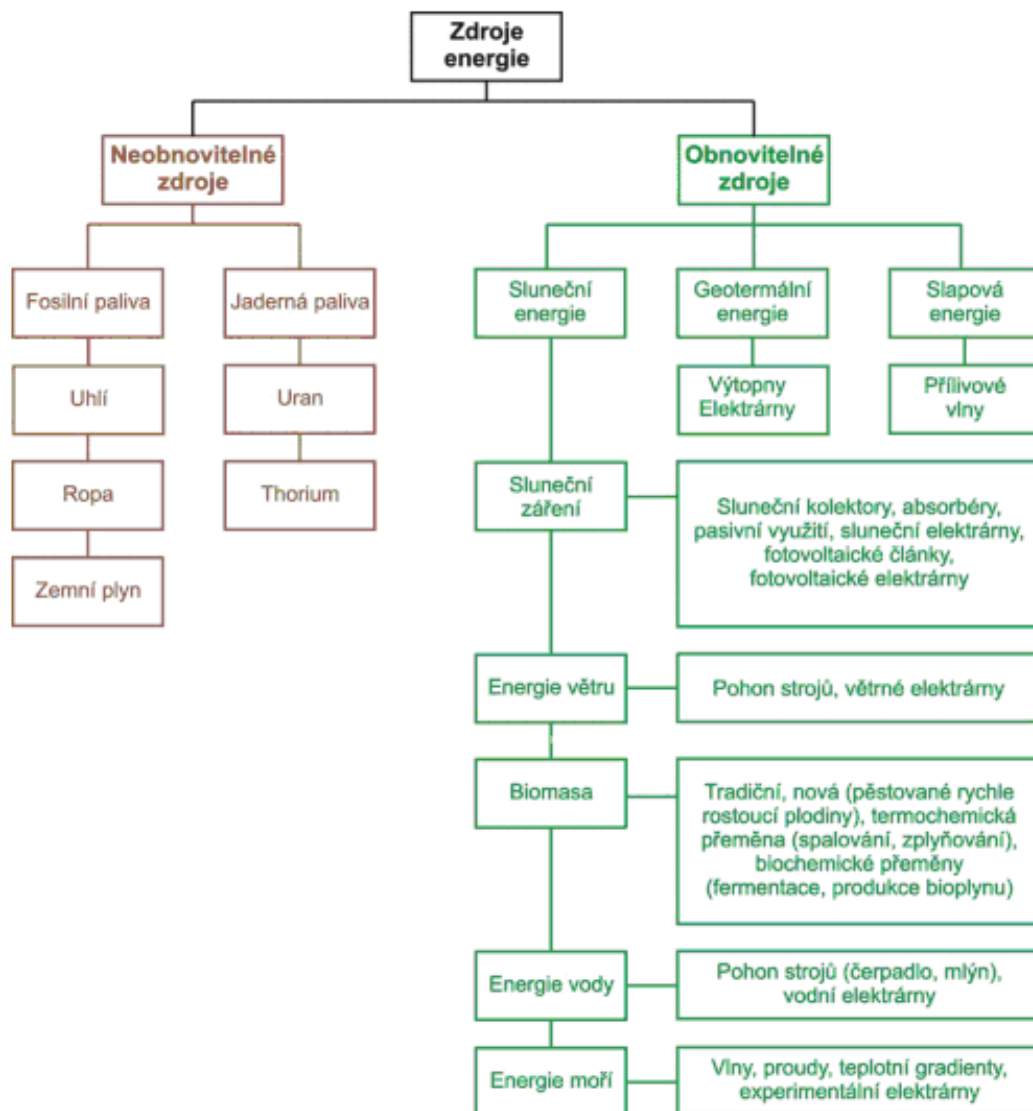
díky svému výnosovému potenciálu schopnost nahradit kukuřici, která je dnes hojně využívána pro energetické účely. Vybrané druhy trav mají navíc z hlediska zakládání a udržování nižší energetické požadavky. Dále také přispívají k environmentálně přijatelnějšímu nepotravinářskému využití v podobě snižování produkce skleníkových plynů.

## 2 Literární přehled

### 2.1 Zdroje energie

Vráblíková (2000) tvrdí, že vzhledem ke stále rostoucímu počtu obyvatel světa se rovněž neustále zvyšuje i spotřeba energie, jež se v současnosti převážně získává využíváním fosilních paliv. Toto tvrzení potvrzuje i Libra (2007), přes 60 % energie vyrobené na celém světě pochází právě z fosilních paliv. Podle Mastného (2011) jsou zdroje rozděleny do dvou základních skupin jak je vidět na obrázku 1, a to na obnovitelné a neobnovitelné.

**Obrázek 1:** Zdroje energie (Mastný, 2011)



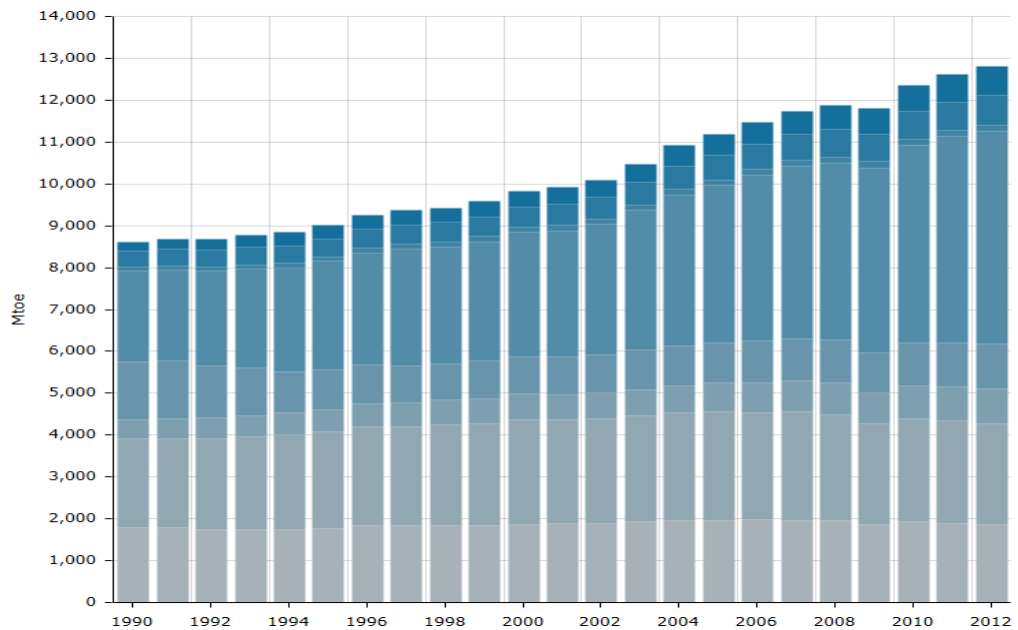
## 2.2 Spotřeba energie ve světě a ČR

Vošta (2008) tvrdí, že současné procesy na světové politické scéně a ve světovém hospodářství jsou stále ve větší míře podmíněny činiteli spojenými s energetickou oblastí. Do této problematiky spadají nejen otázky zabezpečování jednotlivých ekonomik primárními energetickými zdroji, ale také problémy znečištění životního prostředí, klimatické změny, energetické náročnosti, jak jednotlivých ekonomik, tak i světového hospodářství jako celku.

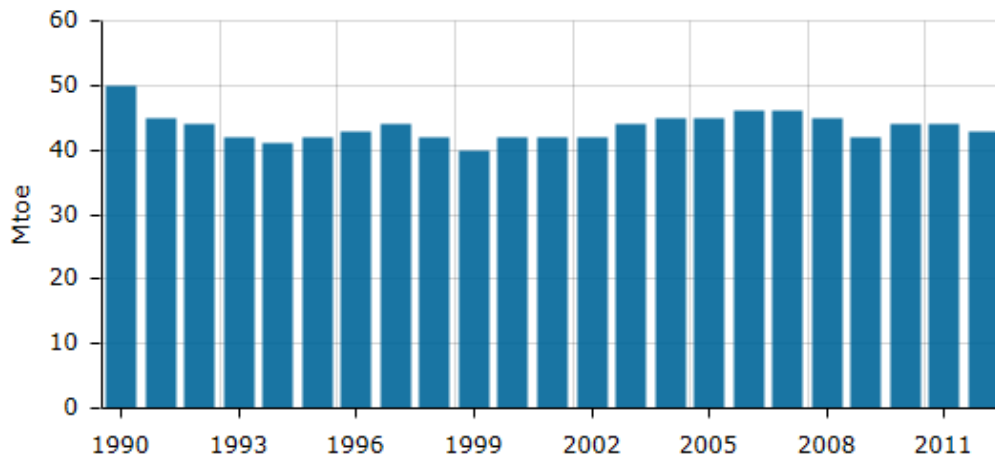
Kadrnožka (2006) uvádí, že poptávka po energetických zdrojích je a bude stále více podmíněna změnou lokalizace světového hospodářství. Hlavním faktorem, který ovlivní změny v lokalizaci světové ekonomiky, budou asijská dynamicky se rozvíjející hospodářská centra, zejména pak Čína a Indie, jejichž ekonomický růst bude bezprostředně spojen s rostoucí poptávkou po primárních energetických zdrojích. Vošta (2008) je přesvědčen, že spotřeba energie ve všech jejích konečných uživatelských formách bude stále stoupat.

To je možno vidět na grafu 1. Světová spotřeba energie vzrostla o 1,4 % v roce 2012, což je méně než v předchozích letech, kde nárůst byl 2,3 %. Spotřeba energie v ČR má poměrně setrvalý stav spotřeby až na mírný pokles v roce 2008 viz graf 2. Jak se můžeme dočíst v roční zprávě World Energy Scenarios (2013) vzroste světová spotřeba elektřiny do roku 2020 o 75 % a do roku 2050 o 200 %.

**Graf 1:** Spotřeba energie ve světě - údaje jsou v Mtoe: Milion tun ropného eMillion  
Tons of Oil Equivalent (Global Energy Statistical)



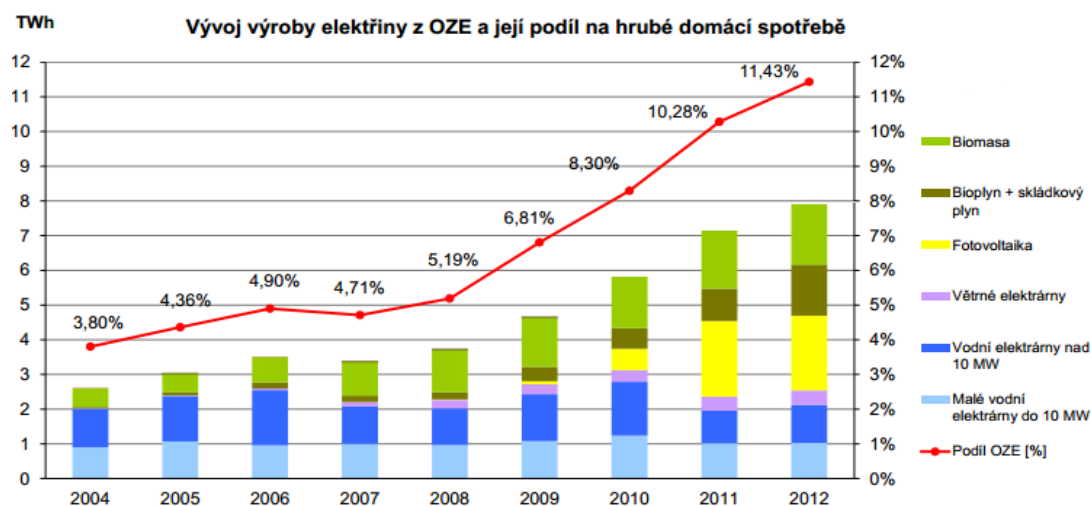
**Graf 2:** Spotřeba energie v ČR - údaje jsou v Mtoe: Milion tun ropného eMillion  
Tons of Oil Equivalent (Global Energy Statistical)



## 2.3 Obnovitelné / neobnovitelné zdroje

Evropská unie si stanovila ambiciózní cíl – do roku 2020 pokrýt 20 % své energetické spotřeby z obnovitelných zdrojů. Česká republika pak musí z čistých zdrojů pokrývat 13 % své spotřeby. Ještě v roce 2007 činil podíl obnovitelných zdrojů v ČR 4,7 %. V roce 2009 už stoupl na 6,8 % – především zásluhou vodních elektráren a spalování biomasy. Toto je vidět v grafu 3. Česká vláda nešetří optimismem – do roku 2014 by měl podíl obnovitelných zdrojů stoupnout na 13 %, v roce 2015 na 14 %, v roce 2016 na 14,9 % a v roce 2018 na 15,5% (Archalous, 2010).

**Graf 3:** Spotřeba energie z obnovitelných zdrojů (ERU)



### 2.3.1 Neobnovitelné zdroje

Masný (2011) považuje za neobnovitelný zdroj energie takový zdroj, jehož vyčerpání je očekáváno v horizontu maximálně stovek let, ale jeho případné obnovení by trvalo mnohonásobně déle. Jinak toto tvrzení zformuloval Quasching (2010), který definoval fosilní palivo jako sluneční energii uloženou do organické hmoty rostlin a živočichů po miliony let v zemi. Ta se při vystavení vysokým tlakům a teplotám přemění na nám známé uhlíkaté sloučeniny. Thomas (2012) uvádí, že zásoby dnes nejvíce používaných fosilních paliv se nezadržitelně tenčí, například podle vybraných energetických studií vydrží současné potvrzené zásoby uhlí na 165 až 210 let. Podle současného poměru zásob a těžby by uhelné rezervy uhlí měly vydržet 6x déle než zásoby ropy a 4x déle než zásoby zemního plynu.

Škorpík (2011) rozděluje fosilní paliva na tuhá (rašelina, lignit, hnědé a černé uhlí), kapalná (dehty, zemní oleje, ropa) a plynná (zemní plyn), což jsou paliva vzniklá z pravěkých rostlin při horotvorných procesech. Janalík (2012) uvádí, že za jeden rok spotřebuje lidská civilizace takové množství fosilních paliv, jaké se tvořilo po dobu 2 milionů let. Moudrý (1998) zdůrazňuje špatný vliv na životní prostředí, především zvyšující koncentrací CO<sub>2</sub> v atmosféře.

### **2.3.2 Obnovitelné zdroje energie:**

Dle Kohouta (2010) lze za obnovitelné zdroje energie v podmínkách České republiky považovat: energii vody, větru, slunečního záření, biomasy a geotermální energii. Všechny obnovitelné zdroje jsou nefosilní přírodní zdroje energie. Mastný (2011) dodává, že energie se získává primárně především z jaderných přeměn v nitru Slunce. Dalšími zdroji jsou teplo zemského nitra a setrvačnost soustavy Země-Měsíc.

#### **2.3.2.1 Energie vody**

Podle Mastného (2011) využívá vodní energii lidstvo již cca 2000 let. Využívání transformace kinetické energie vody k získání mechanické práce byl první úspěšný pokus lidstva využít přírodních energetických zdrojů ke svému prospěchu. Libra (2007) tvrdí, že energie vody je v dlouhodobém horizontu nevyčerpatelná. Z celkové produkce elektřiny v ČR se ve vodních elektrárnách vyrobí asi 3,3 %. (Beranovský, 2007).

#### **2.3.2.2 Geotermální energie**

Jak uvádí Motýlík (2007) geotermální energie je teplo získávané z nitra Země. Geotermální energie se zpravidla využívá buď přímo ve formě tepla, nebo se používá pro výrobu elektrické energie v geotermálních elektrárnách. Petránek (1993) dodává, že pokud je teplota vody nad 150 stupňů Celsia, lze ji přímo využít v geotermálních elektrárnách.



### **2.3.2.3 Energie větru**

Koč (1996) se přiklání k teorii, že větrná energie je jen jedna z forem sluneční energie. Vzniká díky tomu, že Slunce zahřívá Zemi nerovnoměrně. Mezi různě zahřátými oblastmi vzduchu v zemské atmosféře vznikají tlakové rozdíly, které se vyrovnávají prouděním vzduchu. Pod pojmem vítr rozumíme pouze horizontální složku proudění vzduchu, ve vrstvě několika desítek metrů nad zemí jsou stoupavé vzdušné proudy nevýznamné.

### **2.3.2.4 Energie slunečního záření**

Scheer (1999) považuje Slunce za zdroj obrovského množství energie, kterou nevyužíváme a vyrábíme teplo z jiných zdrojů. Protože tradiční zdroje energie neustále stoupají v ceně a tento nárůst bude rok od roku vyšší, začíná se pozornost nejen vědců, ale i široké veřejnosti stále více obracet k alternativním zdrojům energie, které lze využívat takřka zdarma.

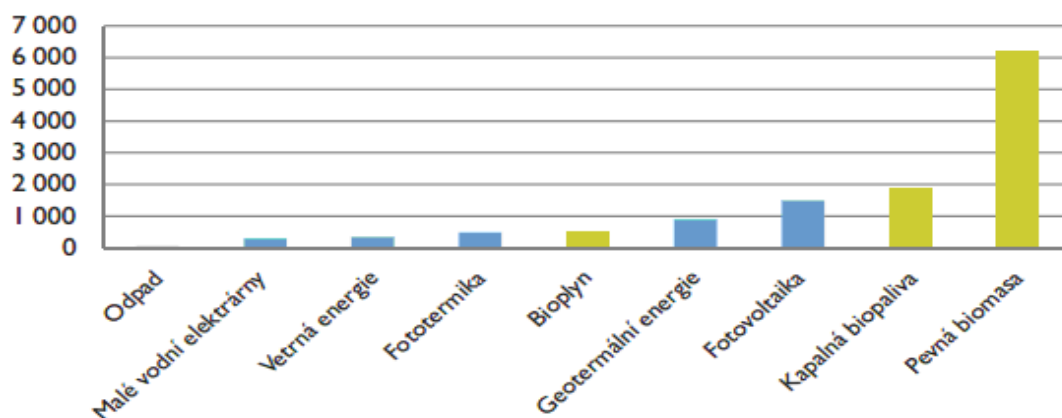
### **2.3.2.5 Biomasa**

Petříková (2011) je přesvědčena o tom, že biomasa je nejdůležitější forma obnovitelné energie, neboť se odhaduje, že zaujímá v rámci všech obnovitelných zdrojů kolem 75 %. Šnobl (2004) dělí biomasu na tyto druhy: dendromasu (dřevní biomasa), fytomasu (biomasa z bylin, vč. zemědělských plodin), zoobiomasu (biomasu živočišného původu) a v neposlední řadě biologicky rozložitelné odpady.

Srdečný (2000) považuje biomasu jako jeden z nejperspektivnějších obnovitelných zdrojů energie v ČR, a to kvůli velkému energetickému potenciálu, což potvrzuje i Ochotek (2006) výrokem, že hlavní výhodou využití biomasy v energetice je její nevyčerpatelnost (obnovitelnost) jako zdroje energie. Očekává se, že v budoucnu nahradí významnou část neobnovitelných klasických zdrojů energie. Využívání biomasy představuje významný zdroj jak na národní, tak zejména na regionální úrovni. Vedle energetického přínosu biomasy pro diverzifikaci a změnu palivového mixu české energetiky lze spatřovat přínos využívání biomasy především v rozvoji lokální ekonomiky, v pozitivním vlivu na zaměstnanost - viz graf 4, lokální energetickou nezávislost a v neposlední řadě zejména z hlediska environmentálního.

Biomasa se tak stále víc stává důležitým artiklem pro zemědělce, lesníky, ale také pro obce, regiony a majitele nemovitostí, tedy pro spotřebitele energie (Anonym 1). Biomasa zaměstnává v ČR nemalý podíl lidí. Jak je vidět v grafu 4 v roce 2011 to bylo 8 600 lidí, což je nejvíc ze všech obnovitelných zdrojů v ČR (celkem 70 %) a asi 6 % zaměstnanosti v zemědělství (EurObserv'ER, 2012)

**Graf 4:** Zaměstnanost v sektoru OZE ČR 2011 (EurObserv'ER, 2012)



### Využití biomasy

Dle Fuksy (2009) závisí způsob využití biomasy na jejích fyzikálních a chemických vlastnostech. Nejdůležitějším parametrem je obsah sušiny. Hraniční hodnota je 50 % sušiny v biomase, kdy materiál s obsahem sušiny vyšším než 50 % je vhodný k takzvaným suchým procesům získávání energie. Naopak biomasa s nižším obsahem se zpravidla využívá k tzv. mokrým procesům získávání energie.

Kára (2005) rozděluje biomasu na suchou a mokrou také podle obsahu sušiny, jako hraniční hodnotu považuje 40 %. Pastorek (2004) dělí způsoby získávání energie do čtyř skupin. První z nich je termochemická přeměna biomasy (suché procesy), kam řadí spalování, zplyňování a pyrolýzu biomasy. Druhou skupinu tvoří biochemická přeměna biomasy neboli mokré procesy, zahrnující alkoholové a metanové kvašení. Další skupina je fyzikální (mechanická- peletování, briketování, drcení apod.) a poslední je chemická (esterifikace surových bioolejů) přeměna biomasy. Toto vše je přehledně zobrazeno v tabulce 1.

**Tabulka 1:** Využití biomasy (Kára, 2005, Pastorek, 2004)

Technologie	Produkt	Využití
<b>Termochemické přeměny</b>		
Spalování	Teplo	Vytápění
Zplynování	Plyn	Chemický průmysl, vytápění
Rychlá pyrolyza	Olej, dehet, plyn	Vytápění, pohon vozidel, chemický průmysl
<b>Chemické přeměny v kapalném prostředí</b>		
Zkapalňování	Olej	Pohon vozidel
Esterifikace	Bionafta - MERO	Pohon vozidel
<b>Biochemické procesy</b>		
Anaerobní digesce (metanové kvašení)	Bioplyn	Chemický průmysl, vytápění, pohon vozidel
Alkoholové kvašení	Etanol, butanol	Pohon vozidel
Kompostování	Hnojivo	Hnojivo
<b>Mechanické přeměny</b>		
Lisování	Olej	Pohon vozidel
Mechanická úprava	Štěpka, pelety, dřív	Vytápění

## 2.4 Energetické rostliny

Cílem pěstování energetických rostlin je produkce fytomasy pro energetické využití nebo výrobu kapalných biopaliv, tj. ne pro produkci potravin. Havlíčková (2007) označuje energetické plodiny jako botanické druhy dřevin, trvalek a bylin, jejich kultivary a sorty, přírodní a záměrně šlechtěné hybridy, pěstované pro získání uhlovodíků, vhodných k získání energie. Sklizená produkce se nazývá biomasa. Petříková (2005) dodává, že biomasa, která je pouze rostlinného původu, se nazývá fytomasa.

Rychle rostoucí rostliny se vyznačují především objemovou produkcí (t/ha/rok) při intenzivním pěstování výrazně převyšují průměrné hodnoty ostatních plodin ve sledované oblasti (Havlíčková, 2007). Dauber (2010) je považuje za jedny z nejefektivnějších a nejvhodnějších z hlediska trvalé udržitelnosti produkce bioenergie v regionech mírného klimatu.

Je třeba mít na paměti, že pěstování energetických plodin s sebou nepřináší pouze výhody. Biemans (2008) zdůrazňuje, že před masivním zaváděním těchto

plodin je třeba znát jejich vliv na životní prostředí. S tím souhlasí i Dauber (2010), který podotýká, že abychom byli v pěstování energetických plodin úspěšní a co nejeefektivnější, je třeba zhodnotit vědecké výsledky, které zkoumají, jak energetické plodiny ovlivní biodiverzitu, ekosystémové služby a udržitelnost přírodních a zemědělských stanovišť.

Výrobní cíle pro pěstování se podle Zimové (1991) dělí takto:

- a) pěstování cukernatých a škrobových rostlin pro výrobu ethanolu
- b) využití rostlinných olejů jako paliv
- c) pěstování rostlin k využití na teplo a plyn

Jiné rozdělení používá například Weger (2009), který energetické plodiny řadí do 2 skupin.

- Energetické plodiny první generace, mezi něž zařazuje plodiny jako například řepku a palmu olejnou k výrobě metylesteru mastných kyselin (FAME) a čistý řepkový olej (PPO), pšenice a kukuřice na bioetanol, zejména v USA a žitovec na pelety
- Energetické plodiny druhé generace (tzv. ligno-celulózní plodiny) mezi něž patří dřeviny a nedřevnaté rostliny

## 2.4.1 Druhy energetických rostlin

### 2.4.1.1 Energetické dřeviny

Hájek (2004) se zmiňuje o energetických plodinách jako o rychle rostoucích dřevinách případně klonech dřevin, které jsou schopné vysokého výnosu nadzemní biomasy v krátkém obmětí 3-6 let a životností 20-35 let. Celjak (2008) uvádí, že v našich podmínkách jsou to především různé druhy topolů a jejich hybridů, ale třeba i akáty, olše osiky a břízky. Jejich růst a zejména objemová produkce (t/ha/rok) v prvních letech nebo po opakovaném seříznutí výrazně převyšuje průměrné hodnoty ostatních dřevin. Pro rychle rostoucí dřeviny považujeme za nadprůměrný výnos od 8 do 10 (t sušiny/ ha/rok).

Moudrý (1998) považuje jako nespornou výhodu pro pěstování rychle rostoucích dřevin i environmentální využití v podobě koridorů kolem silnic, dálnic, rekultivace důlních výsypek a lokálně ohrožených míst imisemi. Mohou sloužit i jako biokoridory a mají vedle energetického i ekologický význam.

Odborníci z VÚKOZ řadí mezi energetické dřeviny tyto:

topol černý (*Populus nigra L.*), topol osika (*Populus tremula L.*), topol bavlníkový (*Populus trichocarpa L.*), kříženci topolu, vrba bílá (*Salix alba L.*), vrba lýkocová (*Salix daphnoides L.*), vrba košíkářská (*Salix viminalis L.*), vrba křehká (*Salix fragilis L.*), kříženci vrby, růže (*Rosa sp. L.*), olše lepkavá (*Alnus glutinosa L.*), pajasan žláznatý (*Ailantus altissima L.*), líska (*Corylus sp. L.*), jilm horský (*Ulmus montana L.*), trnovník akát (*Robinia pseudoacacia L.*), blahovičník (*Eucalyptus sp. L.*) (VÚKOZ, 2013).

### 2.4.1.2 Energetické rostliny nedřevnaté

Petříková (2011) rozděluje rostliny bylinného charakteru, pěstované pro získávání energie, na několik skupin. Z praktického hlediska se tyto rostliny dělí na jednoleté, víceleté či vytrvalé. Dále lze tyto rostliny členit podle botanického zařazení, např. na „energetické“ obiloviny, „energetické“ trávy a celou další velkou skupinu rostlin dvouděložných. Do této skupiny se pak řadí vzrůstné statné rostliny, zpravidla netradiční, z nichž některé byly dříve pěstovány jako plodiny zemědělské, rostliny okrasné, nebo i planě rostoucí. Hlavním kritériem jsou vysoké výnosy nadzemní hmoty.

Dle Murtinger (2006) lze téměř každou plodinu využít energeticky, praktický význam mají ovšem jen plodiny s určitými pro energetické použití významnými vlastnostmi, a to především dobrá účinnost přeměny oxidu uhličitého na biomasu, velký obsah sušiny v době sklizně, vysoká výhřevnost a nízký obsah popela, nenáročnost na vodu a živiny a odolnost proti chorobám a škůdcům. Havlíčková (2008) dále doplňuje vysokou konkurenceschopnost proti plevelům, schopnost růstu i při nižších teplotách s nízkým obsahem dusíku, především ve sklizených částech.

#### **2.4.1.3 Rozdělení energetický plodiny nedřevnatých**

Moudrý (1998) uvádí, že pro energetické účely lze použít velké množství různých rostlin. Ty můžeme rozdělit na jednoleté, víceleté a vytrvalé nedřevěné energetické rostliny. Toto rozdělení používá spousta autorů včetně Petříkové (2011). Jednotlivé druhy jsou uvedeny v seznamu energetických plodin sepsaným Wegerem (2011).

##### **Jednoleté byliny:**

Lebeda rozkladitá (*Atriplex patula L.*), merlík bílý (*Chenopodium album L.*).

##### **Dvouleté byliny:**

Topolovka růžová (*Alcea rosea L.*), divizna velkokvětá (*Verbascum densiflorum L.*), slézmeljuka (*Malva melita L.*), sléz kadeřavý (*Malva crispa L.*).

##### **Víceleté a vytrvalé byliny:**

Mužák prorostlý (*Silphium perfoliatum L.*), křídlatka japonská (*Reynoutria Japonka L.*), křídlatka sachalinská (*Reynoutria sachalinensis L.*), vratič obecný (*Tanacetum vulgare L.*), bělotrn modrý (*Echinops ritro L.*), zlatobýl kanadský (*Solidago canadensis L.*), vrbka úzkolistá (*Chameiron angustifolium L.*), tužebník jilmový (*Filipendula ulmaria L.*), konopí seté (*Cannabis sativa L.*), pelyněk černobýl (*Artemisia vulgaris L.*), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica L.*), oman pravý (*Inula helenium L.*), šťovík krmný „Uteuša“ (*Rumex tianshanicus x R. patientia L.*).

### **Obiloviny:**

Pšenice setá (*Triticum aktivum L.*), žito seté (*Secala cereale L.*), žitovec (*Triticale L.*), kukuřice setá (*Zea mays L.*), čirok cukrový (*Sorghum sacharatum L.*), proso prutnaté (*Panicum virgatum L.*), laskavec (*Amaranthus sp. L.*).

### **Pícniny:**

Komonice lékařská (*Melilotus officinalis L.*), komonice bílá (*Melilotus albus L.*), vojtěška setá (*Medicago sativa L.*), jestřabina východní (*Galega orientalis L.*), vičelec setý (*Onobrychis viciifolia L.*), vlčí bob mnoholistý (*Lupinus polyphylus L.*), jehlice rolní (*Ononis arvensis L.*), sveřep bezbranný (*Bromus inermis L.*), janovec metlatý (*Sarothammus scoparious L.*), sveřep samužníkovitý (*Bromus catharticus L.*).

### **Olejniny:**

Řepka olejka (*Brassica napus ssp. oleifera L.*), ředkev olejná (*Raphanus sativus L.*), řepice ozimá (*Brassica rapa L.*), hořčice bílá (*Sinapis alba L.*), katrán habešský (*Crambe abyssinica L.*), lnička setá (*Camelina sativa L.*), světlíce barvířská (*Carthamnus tinctorius L.*), slunečnice rolní (*Helianthus annuus L.*), topinambur hlíznatý (*Helianthus tuberosus L.*), pupalka dvouletá (*Oenothera biennis L.*) (Weger. 2011)

## **2.5 Vybrané energetické rostliny**

### **2.5.1 Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea L.*)**

Sladký (1995) popisuje chrastici rákosovitou (lesknici rákosovitou) jako vytrvalou travu relativně náročnou na vodu a živiny, nenáročnou na agrotechniku, dávající ve vhodných podmínkách vysoké výnosy nadzemní fytomasy. Koloničný (2011) definuje chrastici rákosovitou jako vytrvalou výběžkatou travu, která v našich podmínkách patří mezi nejvyšší. Ustřák (2012) udává výšku stébel často přesahující 2 m. Jedná se o alogamní autochtonní druh, který je rozšířen po celém území ČR s dostatkem půdní vláhy. Havlíčková (2007) uvádí vhodnost použití chrastice rákosovité na senáž, seno či pro přímé zkrmování.

Weger (2011) považuje chrastici rákosovitou jako slibnou energetickou rostlinu. Petříková (2006) uvádí, že spalné teplo sušiny nadzemních částí dosahuje v průměru 17,52 GJ/t. Chrastice rákosovitá disponuje mohutným do velké hloubky pronikajícím kořenovým systémem, kterým rostlina výborně přijímá vodu. Snáší přechodné záplavy, ale i delší dobu bez vody (Šantrůček, 2007). Dle Hutly (2004) jsou výnosy chrastice značně ovlivňovány půdně klimatickými podmínkami. Chrastice rákosovitá na chudších půdách dobře reaguje na zvyšování dávek dusíku, při dosažení relativně dobrých výnosů ji lze pěstovat ve všech půdně klimatických podmínkách. Larsson (2008) opouje, že se hodí především do chladnějších podmínek.

Lewandowski (2003) uvádí průměrné výnosy 5-12 t/ha sušiny ve Finsku a Švédsku, toto potvrzuje i (Sahramaa, 2003). Dle Strašila (2011) se průměrné roční výnosy v okolních státech pohybují v rozmezí 4,5 až 9,0 t/ha sušiny. K tomuto se přiklání řada autorů (Frydrych, 2009, Petříková, 2006, Kavka, 2006)

Chrastici rákosovitou je v osevním postupu dobré zařadit na nezaplevelený pozemek. Na předplodinu je nenáročná (Petříková, 2006). Při pěstování pro energetické účely se porosty, podobně jako na píci, zasévají do užších řádků. V prvním roce je dávka 200 kg/ha dusíku, 30 kg/ha fosforu a 100 kg/ha draslíku. Takto nahojené kultury vydrží podle Gebera (2002) několik let. Havlíčková (2007) doporučuje sklizeň k energetickým účelům brzy na jaře kvůli nízkému obsahu vody.

Malat'ák (2008) konstatuje, že pro zavádění chrastice hovoří nízká cena při zakládání porostů, minimální používání herbicidů nebo pesticidů, i další nízké přímé náklady. Nepřehlédnutelnou výhodou je, jak již bylo zmíněno, že se v ČR dá pěstovat téměř ve všech klimatických podmínkách od nížin až po hory, výhodou je používání běžné zemědělské techniky při pěstování i při sklizni. Využití chrastice pro energetické účely se jeví jako velmi perspektivní.



### 2.5.2 Kukuřice (*Zea Mays L.*)

Fuksa (2009) řadí kukuřici do čeledi liniovitých. Systematika kukuřice má více modifikací, které jsou založeny na různých principech. Petr (1997) dělí kukuřici dle tvaru a chemického složení. Jsou známy tyto konvariety: kukuřice obecná, kukuřice cukrová, kukuřice plevnatá, kukuřice pukancová, kukuřice vosková a kukuřice škrobová. Šantrůček (2001) řadí kukuřici mezi rostliny C4. Původní tropickou plodinu díky vyšlechtění různě raných hybridů lze pěstovat s dobrými výsledky i v chladnějších oblastech. Kořeny kukuřice podle svého původu se rozdělují na primární a sekundární. Stéblo kukuřice je plné a je současně zásobním orgánem. Je rozdělené kolénky (nody) na články (internodia). Články stébla jsou stejně dlouhé. Nejkratší jsou bazální články. Výška stébla se v našich podmínkách v závislosti na hybridu pohybuje od 1,2 do 3 m. Listy kukuřice jsou protistojné. Počet listů je odrůdový znak a je rozdílný v závislosti na ranosti hybridů. Nejméně listů mají velmi rané hybridy (8 - 10), nejvíce pozdní hybridy (až 14 i více), jak popisuje rostlinu Diviš (2010).

Nejčastěji se kukuřice zařazuje po hustě setých obilninách. Po kukuřici následují nejčastěji obiloviny, jak dále uvádí Diviš (2010). Naproti tomu Vrzal (1995) tvrdí, že při pěstování kukuřice na siláž platí pro zařazení v osevním postupu stejné zásady jako u kukuřice na zrno. To znamená, že nejvhodnější předplodinou je jetelotráva nebo jetelovina. Podrývání se provádí jednou za 4 – 5 let. Diviš (2010) doplňuje, že je vhodné do podmítky a orby zapracovat chlévský hnůj a P, K hnojiva. Dále uvádí, že podle půdy a podmínek je možné zvážit minimalizaci zpracování nebo variantu bez orby. Na 1 ha se vysévá přesný počet klíčivých zrn, který se v závislosti na ranosti hybridu a způsobu pěstování (na zrno, siláž) pohybuje od 85 do 95 tisíc jedinců na 1 ha, což potvrzuje i (Šantrůček, 2001).

Šantrůček (2007) uvádí, že pro dosažení výnosu sušiny 10 – 12 t/ha a při minimálním podílu palic 40 % na celkovém výnosu je nutné pozemek dobře zásobit všemi živinami. Na vyprodukování uvedeného množství hmoty je zapotřebí kukuřici dodat 120 - 180 kg/ha N, 30 - 45 kg/ha P a 80 - 160 K kg/ha. Banaj (2004) považuje za nejdůležitější prvek pro vysoký výnos palic fosfor. Vrzal (1995) dodává, že kukuřice příznivě reaguje na živiny v tzv. „staré půdní síle“, což znamená, že je

vhodné hnojit intenzivněji předplodinu. Kukuřice je pak schopná v následujícím roce využít tyto živiny i z hlubších půdních horizontů.

V současné době se využívají dvě technologie sklizně kukuřice na siláž. První je při nižší sušině 27 – 28 % a druhá při vyšší sušině 32 – 34 %. Z hlediska výnosu živin se jeví jako nejvhodnější termín sklizně ve voskové zralosti (Šantrůček, 2001). Nejvhodnější termín sklizně kukuřice na siláž je v mléčné voskové zralosti. V této fázi poskytuje kukuřice vysoký výnos sušiny s podílem palic 45 – 55 %. Vysoký podíl palic je podmínkou pro získání kvalitní silážní píce. Zároveň dává předpoklady pro dosažení sušiny v době sklizně v rozmezí 25 – 30 % jak uvádí (Vrzal, 1995).

### 2.5.3 Szarvasi I (*Agropyron elongatum* L.)

Další názvy této rostliny: *Tall wheatgrass*, *Ungarisches Energiegras*, *Waldviertler Energiegras*, *Thinopyrum ponticum*

*Agropyron elongatum* L. registrované kultiváry: Kanadská "Orbit" a maďarský "Szarvasi I". Welsh (2003) popisuje *Agropyron elongatum* jako vytrvalou travu, která dosahuje výšky až 3 m. Délka kořene je až 3,5 m. Listy jsou zelené s vysokým obsahem soli. Bazální listy jsou dlouhé a přilehlé ke stonku, mají válcovou plochu a jsou široké 2 až 8 mm, dlouhé jsou 10 až 30 cm. Šedavě-zelené stonky jsou řídce listnaté, rovné, hladké, tvrdé 180-260 cm vysoké, květenství je 15 - 25 cm dlouhé. Liu (2008) uvádí, že vzdálenost mezi klásky je 7-20 mm. Plevy jsou silnostěnné a tvrdé, 6-11 mm dlouhé. Délka prašníků je 4 až 7 mm. Szarvasi I je nenáročná na půdu a klimatické podmínky. Ideálně se pěstuje se v oblastech s ročním úhrnem srážek 300 až 350 mm, ale také na nepodmáčených půdách v nadmořských výškách 1300 - 1800 m nad mořem. Je velice tolerantní na pH, snáší dobře i alkalické prostředí, patří mezi nejméně náročné kulturní trávy (USDA, 2008).

Hloubka setí je asi 1 cm nejčastěji v monokultuře, ale například Liu (2008) dodává, že v prvním roce pěstování je vhodné vysadit Szarvasi I jako podsev k jiné kulturní plodině. Butler (2006) poukazuje na vhodnost hnojit organickými hnojivy, jelikož z nich rostlina velice dobře vstřebává živiny. Výsevok se pohybuje mezi 13 až 19 kg/ha. Setí je možné od dubna, ale velmi záleží na klimatických podmínkách, hlavně na vlhkosti půdy (Scheinost, 2008). Szarvasi I se hojně používá pro krmné

účely, například Retana (1993) vyzdvihuje vysokou stravitelnost, ale menší chutnost, a to kvůli hrubosti a těžkosti listů.

Szarvasi I je energeticky využitelné jako palivo pro přímé spalování, je velmi vhodné díky nižší hladině síry a dusíku vyprodukovaném při jejím spalování (Mezogazdasagi, 2008). Je vhodný i pro výrobu plynu pyrolýzou pomocí enzymů, ale Blunk (2005) uvádí, že hrozí problém s poměrně vysokými emisemi NO<sub>x</sub> a SO<sub>x</sub>. Pro využití na materiál nebo energii (s výjimkou bioplynu) je nejrozměňší sklizeň jednou ročně. Pro tyto účely je totiž důležitý vysoký obsah celulózy a ligninu. Nevýhodou při sklizni do balíku je nízká objemová hmotnost (Schrabauer, 2010).

Výnos v semenářství se pohybuje okolo 350kg/ha a (Smoliak, 1990). A výnos sušiny pro produkci zelené hmoty se pohybuje okolo 12 – 15 t/ha (Mezogazdasagi, 2008, Sándor, 2011, BSV SAATEN, 2014, Holub, 2011).

## 2.6 LCA

Za základ metody LCA (angl. life cycle assessment) lze považovat metodu vyvíjenou v USA na přelomu 60. a 70. let. Metoda se nazývala „Zdroje a profilová analýza z hlediska životního prostředí“ („Resource and Enironmental Profile Analysis“ zkráceně REPA) a zaměřovala se na hodnocení výrobku z hlediska spotřeby energie a surovin (Kotovicová, 2003). Kočí (2009) definuje metodu posuzování životního cyklu produktu LCA jako analytickou metodu hodnocení environmentálních dopadů (tj. dopadů na životní prostředí) u výrobků, provozování služeb a technologií a obecně lidských produktů. Guinée (2005) tvrdí, že LCA lze popsat jako systematické postupy, podle nichž lze stanovit vlivy působící na výrobní systém během celého životního cyklu na životní prostředí. To znamená, že zjišťuje vliv výrobku na životní prostředí těžby a dopravy surovin přes užívání produktu až po jeho likvidaci.

Remtová (2003) definuje posuzování životního cyklu produktů jako analytickou metodu hodnocení dopadů lidských činností na životní prostředí ve vztahu ke konkrétním produktům. Toto samé definuje i Satish (2000).

### **2.6.1 Použití LCA**

Singh (2009) dokazuje, že výsledky ze studií LCA mohou být užitečné v široké škále rozhodovacích procesů na úrovni firemní, obecní a státní správy či na úrovni mezinárodní. V současné době je LCA mezinárodně uznávanou metodou pro posuzování dopadů výrobků a systémů na životní prostředí. Metoda LCA také nabývá na významu s přibývajícím si uvědoměním veřejnosti dopadů, které lidské činnosti mají na životní prostředí.

Baumann (2004) upozorňuje, že za zmínku stojí rostoucí využívání LCA pro štítky typu ISO III , tzv. prohlášení životního prostředí produktu. To je definované jako kvantifikované údaje o výrobku s předem stanovenou kategorií parametrů na základě norem řady ISO 14040 v oblasti životního prostředí (Singh, 2009).

### **2.6.2 Nástroje LCA**

Většina státních i soukromých organizací, které se zabývají rozvojem metody LCA, se zároveň podílí i na tvorbě databází a tvorbě aplikačních softwarů. Mezi nejznámější softwarové nástroje pro zpracování LCA patří německý GaBi (Pre International) a Umberto (ifu Hamburg), holandský SimaPro (Pré Consultants), a anglický Boustead Model (Boustead Consulting). Tyto nástroje pracují s databázemi procesů a materiálů (Kočí, 2009).

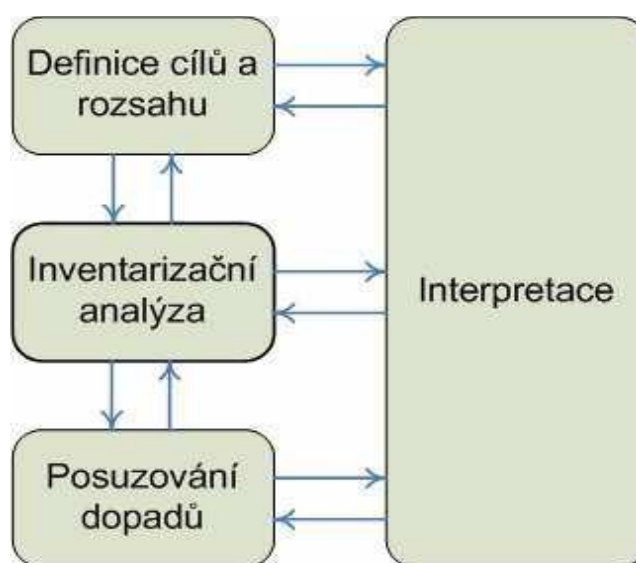
### **2.6.3 Standardizace LCA studií**

První LCA standardy (ČSN EN ISO 14041-3– Zásady a osnova, stanovení cíle a rozsahu a inventarizační analýza, hodnocení dopadů a interpretace) jsou od roku 2006 nahrazeny novými standardy CSN EN ISO 14040:2006 (01 0940), která řeší environmentální management – posuzování životního cyklu - zásady a osnovu a CSN EN ISO 14044:2006 (01 0944), která se zabývá environmentálním managementem – posuzováním životního cyklu - požadavky a směrnicemi (ČSN, 2006).

## 2.6.4 Fáze LCA

Kočí (2010) tvrdí, že studie LCA obsahuje čtyři základní fáze: definice cílů a rozsahu, inventarizace, hodnocení dopadů a interpretace. Vzájemný vztah těchto fází je znázorněn na obrázku 2. Obousměrné šipky mají znázornit iterační podstatu přístupu sestavování LCA. Horne (2009) zdůrazňuje, že poznatky z kterékoli fáze mohou ovlivnit východiska fáze předcházející, kterou je třeba následně přehodnotit a pokračovat k fázi následující. V případě použití dnešní výkonné IT techniky není uskutečnění těchto iterací obtížné (Kočí, 2010).

**Obrázek 2:** Fáze LCA (Zdroj: ČSN, 2006)



### 2.6.4.1 Fáze 1: Definice cílů a rozsahu

Curran (1996) tvrdí, že definice cílů a rozsahu je počáteční fází každé studie LCA. Účel studie je uváděn v definici cílů, proč a k čemu má být použita a pro koho může poznatky zúročit. Veškeré tyto činitele ovlivňují další postupy. LCA je iterativní metoda a jako taková nejen že povoluje, ale často i vyžaduje, aby se řešitel opětovně vracel k na počátku definovaným parametrům a tyto parametry pozměnil, pakliže se to ukáže jako vhodné či nutné řešení ve snaze dosáhnout stanoveného cíle studie (ČSN, 2006). Při stanovení rozsahu studie je nutné určit jasně, pochopitelně a viditelně všechny hranice metodologie, kategorie dat a přijaté předpoklady. Je tedy nutné určit položky jako: funkce systému, funkční jednotku, kvalitu dat a alokační postupy (Remtová, 2001).

## **Hranice systému**

Hranice systému definuje, jaké jednotkové procesy budou v posuzovaném systému zahrnuty (ČSN, 2006) Definováním hranic systému se prakticky rozhoduje, jaké fáze životního cyklu budou analyzovány (v případě nezahrnutí celého životního cyklu). Někdy je žádoucí hranice systému pozměnit či zmenšit. Tento krok se používá v případě, že je systém již natolik rozsáhlý, že by úprava všech elementárních toků byla neúnosně časově i finančně náročná (nebo i nemožná). Musí se ale posoudit, nakolik by to mohlo ovlivnit výsledky studie a její kvalitu (Kočí, 2009).

### **2.6.4.2 Fáze 2: Inventarizace**

Fava (1997) považuje za princip inventarizační fázi sběr dat, která slouží k vyčíslení hodnot elementárních toků. Tato fáze nejvíce náročná především na čas, dostupnost dat a zkušenost zpracovatele, studie s modelováním produktových systémů představuje hlavní praktickou část studie LCA.

Hendrickson (2006) tvrdí, že v podstatě jde o kvalitativní a kvantitativní soupis všech vstupů a výstupů spojujících sledovaný systém se životním prostředím, čili o sběr potřebných přímých dat a posouzení jejich kvality, tzn. věrohodnosti, reprodukovatelnosti, transparentnosti a důvěrnosti. Kotovicová (2003) zdůrazňuje, že prvním krokem v inventarizační analýze je vyznačení všech energetických a materiálových toků, jež překračují hranice systému, definovaného v předcházející fázi. Je-li sledovaný systém příliš složitý anebo rozměrný, je vhodné rozdělit jej do menších systémů, systematicky postupovat od jednoho subsystému k druhému a shromažďovat potřebná data o vlivech systému na životní prostředí. Z hlediska vstupů jde o spotřebu přírodních zdrojů, surovin, materiálů a energie. Z pohledu výstupů jde o vnášení látek a energií do ovzduší, vody a půdy, včetně ukládání tuhých odpadů.

### **2.6.4.3 Fáze 3: Hodnocení dopadů**

Cílem fáze LCA s názvem hodnocení dopadu životního cyklu LCIA (angl. Live cycle impact assessment) je převést ekovektory produktových systémů, tedy

jednotlivá množství elementárních toků, na hodnoty jiných veličin vystihujících míru zasazení jednotlivých problémů životního prostředí. Cílem posuzování dopadu životního cyklu je měřitelně porovnat environmentální dopady produktových systémů a srovnat vzájemně jejich závažnost pomocí nových kvantifikovatelných veličin označených jako kategorie dopadu (Kočí, 2010).

#### **2.6.4.4 Fáze 4: Interpretace**

V této fázi je předloženo zpracování výsledků studie, ocenění její kvality, objasnění možných nejasností a hlavně zdůraznění významných sporných výsledků v životním cyklu produktu, aby byl podán jasný výsledek studie LCA, který je dále použitelný – například pro vývoj a zlepšení produktu, marketing a jiné aplikace (Weinzettel, 2008).

### **2.7 Globální oteplování**

Při hodnocení environmentálních dopadů na životní prostředí není dostatečné zaměřit se pouze na emise CO<sub>2</sub>. Je třeba hodnotit emise všech skleníkových plynů, neboť se ukazuje, že ostatní skleníkové plyny se sumárně podílejí na celkovém skleníkovém jevu téměř stejným dílem jako CO<sub>2</sub>. Vedle uhlíkového cyklu (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) se na problematice globálního cyklu podílí rovněž cyklus dusíku. N<sub>2</sub>O je významný skleníkový plyn, jenž se do atmosféry dostává z obhospodařované půdy. Změny způsobu hospodaření s půdou povedou k zvýšenému uvolňování N<sub>2</sub>O (Kočí, 2011).

#### **2.7.1 Skleníkový efekt**

Podle Moldan (2010) spočívá skleníkový efekt v tom, že sluneční záření prochází jenom s malými změnami atmosférou k povrchu Země, kde se pohlcuje. Energií záření se zemský povrch ohřívá a přebytečné tepelné energie se zbavuje převážně opět zářením: vyzařuje infračervené záření. Infračervené paprsky však již atmosférou nepronikají tak snadno jako viditelné záření sluneční a z větší části se v ovzduší absorbují. Atmosféra se jimi ohřívá a přebytečnou energii podobně jako

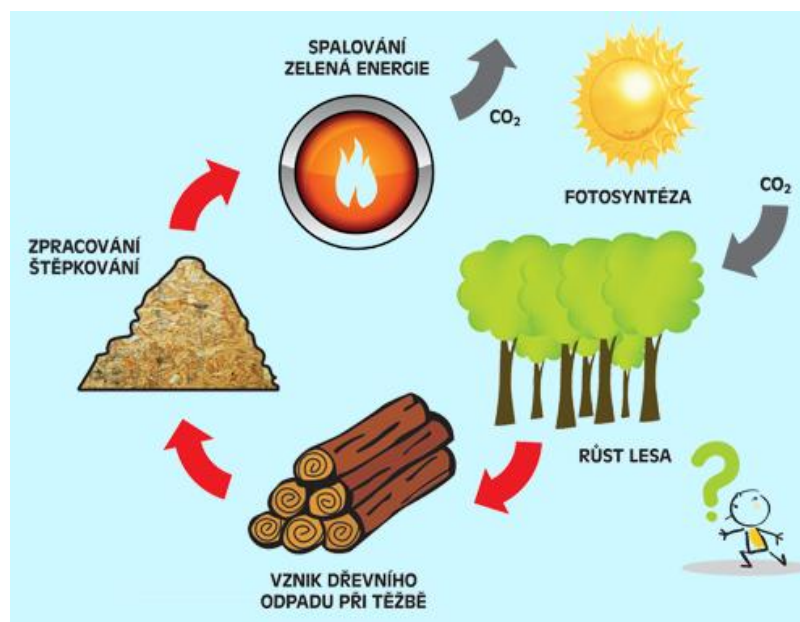
zemský povrch vyzařuje ve formě infračerveného záření. Jeho část směřuje k zemskému povrchu, který se dále ohřívá. Při absenci skleníkového efektu na Zemi, by podle Jeníka (1992) teplota povrchu byla oproti současnému stavu o 33 °C nižší.

## 2.7.2 Skleníkové plyny

### 2.7.2.1 CO<sub>2</sub>

Ochodek (2006) dokazuje, že spálením 1 kg černého uhlí vzniká 2,56 kg CO<sub>2</sub>, spálením 1 kg motorové nafty se uvolní 3,12 kg CO<sub>2</sub> a spálením 1 m<sup>3</sup> zemního plynu 2,75 kg CO<sub>2</sub>. Při spalování rostlinné biomasy (také fytomasy) rovněž vzniká oxid uhličitý, který však skleníkový efekt nenavyšuje, protože rostliny za svého růstu odebírají z ovzduší CO<sub>2</sub>, a při spalování ho do ovzduší opět vracejí. To je možné vidět na obrázku 3. Vzhledem k tomu, že průměrná délka života rostlinné biomasy je asi deset let a podzemní části rostlin obvykle zadržují přeměněný CO<sub>2</sub> mnohem déle (jako kořeny nebo jako půdní organická hmota), představuje pěstování energetické fytomasy významné vázání (sekvestraci) oxidu uhličitého z atmosféry. Na celkovém oteplování se ze všech člověkem emitovaných plynů podílí CO<sub>2</sub> asi 55 % (Žalud, 2009).

**Obrázek 3:** Uzavřený cyklus CO<sub>2</sub> při spalování biomasy (Ekostrážce.cz)





## **Ekvivalent CO<sub>2</sub>**

Je společným parametrem, který vyjadřuje globální tepelný potenciál kteréhokoli skleníkového plynu množstvím či koncentrací CO<sub>2</sub>, které by po stejný časový úsek vykazovalo stejné radiační působení (Nátr, 2006).

### **2.7.2.2 Vodní para**

Vodní pára je dominantním skleníkovým plynem. V našem klimatickém systému má také největší pozitivní zpětnou vazbu a zesiluje oteplování způsobené změnami obsahu atmosférického CO<sub>2</sub>. Tato zpětná vazba je důvodem, proč je oteplování klimatu tak závislé na CO<sub>2</sub>. Skleníkový efekt neboli radiační tok vody je 75 W/m<sup>2</sup>, zatímco u oxidu uhličitého je to 32 W/m<sup>2</sup>. (Kiehl 1997) Tyto údaje potvrzují měření infračerveného záření, které se vrací na zemský povrch (Evans 2006).

Barros (2006) udává, že teplota je jedním z největších činitelů pro vyrovnaní vodních par v atmosféře. Teplota působí na přeměny atmosféry v procesech srážení a zmrazování v mracích. Člověk má celkem malou schopnost ovlivnit množství vodní páry v atmosféře (Nemešová, 1998).

### **2.7.2.3 Metan**

Zdrojem emisí jsou obecně především biologické pochody probíhající bez přístupu kyslíku (vyhívání), kdy je methan konečným produktem redukce organických látek. V přírodě se CH<sub>4</sub> vyskytuje rovněž při zahňvacích procesech, například v rašeliništích, kde se někdy označuje jako bahenní plyn, nebo je produktem biologické činnosti živočichů. Ukazuje se, že zhruba 80 % současných emisí methanu je biologického původu. Mezi přírodní zdroje emisí CH<sub>4</sub> patří: všechny druhy mokřadů (50% přírodních emisí), výměna plynů mezi atmosférou a oceány (10-20 mil. tun methanu ročně) (Vanloon, 2000).

#### 2.7.2.4 Oxidy dusíku

Jsou často označovány jako  $\text{NO}_x$ , protože zahrnují několik sloučenin: oxid dusný  $\text{N}_2\text{O}$ , který je za normálních podmínek bezbarvý nehořlavý plyn (teplota varu -  $88^\circ\text{C}$ ), oxid dusnatý  $\text{NO}$  a dusičný  $\text{NO}_2$ . Průměrné hodnoty koncentrace  $\text{NO}_x$  byly v průběhu uplynulých 450 milionů let nižší, než odpovídá údajům současnosti, kdy se uplatňuje vliv člověka. Koncentrace  $\text{NO}_x$  dnes dosahuje 1 ppm ve srovnání s dřívějšími 0,010 - 0,035 ppm. Vzhledem ke kratší době setrvání těchto plynů dusíku existují velké lokální rozdíly v jejich koncentraci. Jednoznačným skleníkovým plynem je pouze oxid dusný, jeho koncentrace se dnes odhaduje na 0,330 ppm (Nátr, 2006).

### 3 Cíl práce

Cílem této diplomové práce bylo rešeršní zpracování problematiky energetických zdrojů, pěstování energetických rostlin a LCA analýzy. Jako vybrané rostliny pro porovnání životního cyklu byly vybrány kukuřice setá (*Zea mays L.*), chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea L.*) a Szarvasi I (*Agropyron elongatum L.*).

Cílem diplomové práce bylo porovnat a posoudit vhodnost vybraných energetických rostlin z hlediska emisního zatížení prostředí (produkce skleníkových plynů) v rámci jejich životního cyklu.

#### **Hypotézy:**

1. Z hlediska tvorby emisí skleníkových plynů při pěstování (CO<sub>2</sub>eqv) bude Szarvasi I nejméně produkční.
2. Největší množství emisí skleníkových (CO<sub>2</sub>eqv) vzniká při využívání dusíkatých hnojiv.

## 4 Metodika

Diplomová práce se zabývá porovnáním environmentálních dopadů při pěstování vybraných energetických rostlin. Jako vybrané rostliny pro porovnání životního cyklu byly vybrány kukuřice setá (*Zea mays L.*), chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea L.*) a Szarvasi I (*Agropyron elongatum L.*).

Výsledky byly získány metodou LCA (Life Cycle Assessment) v rámci softwaru SIMA Pro, který slouží k modelování životního cyklu daného výrobku v souladu s ČSN EN ISO 14040 a ČSN EN ISO 14044. Posuzování životního cyklu (Life Cycle Assessment) je metoda porovnávání environmentálních dopadů produktů, hmatatelných výrobků a služeb s ohledem na celý jejich životní cyklus.

### 4.1 Výběr rostlin

Pro porovnání byly zvoleny dvě vytrvalé rostliny (chrastice rákosovitá a Szarvasi I) a jedna jednoletá (Kukuřice setá). Chrastice rákosovitá a Szarvasi I jsou díky svému výnosovému potenciálu schopny zastoupit kukuřici setou, pěstovanou za účelem využití v bioplynových stanicích. Nejen výnosový potenciál těchto vybraných rostlin, ale i jejich dlouholetá produkční schopnost, staví tyto rostliny do pozice silného zdroje fytomasy využitelného pro energetické účely.

Výhodou pěstování těchto trav je i jejich environmentální vliv. Díky tomu, že se jedná o vytrvalé rostliny, se nemusí jejich porost každoročně zakládat (jak je tomu u kukuřice), a tak se snižují i náklady spojené s nutnými vstupy. S tím také souvisí i snížená emisní zátěž skleníkovými plyny vyjádřená kg CO<sub>2</sub>eqv, která je úměrná vynaloženým vstupům. Mezi ně patří především spotřeba PHM a hnojiv. Porosty těchto vytrvalých trav navíc dlouhodobě chrání povrch půdy před vodní a větrnou erozí, napomáhají tím k tvorbě vhodné půdní struktury. Dále jsou často charakterizovány jako místa s vyšší biodiverzitou oproti jednoletým kulturám kukuřice seté.

## 4.2 Životní cyklus výrobku (LCA)

Tato práce není souhrnnou studií LCA, zabývá se pouze kategorií climate change vstupující do ovzduší. Kvantum skleníkových plynů, které se přepočítávají na kilogram ekvivalentu oxidu uhličitého ((kg CO<sub>2</sub>eqv).

## 4.3 První fáze LCA: Definice cílů a rozsahu

Cílem této studie bylo posoudit intenzitu emisního zatížení skleníkových plynů převedených na kg CO<sub>2</sub>eqv v průběhu deseti let pěstování u vybraných rostlin, které jsou vhodné pro využití v energetice. Pro porovnání byly zvoleny dvě vytrvalé rostliny (chrastice rákosovitá a Szarvasi I) a jedna jednoletá (kukuřice setá).

### Rozsah studie

#### Hranice systému

V této práci byly porovnány emise skleníkových plynů (kg CO<sub>2</sub>eqv) vzniklé během desetiletého pěstebního cyklu. Do tohoto systému byly zařazeny operace od předseťové přípravy až po sklizeň, dále pak výroba hnojiv, pesticidů, osiva a polní emise.

Systémové procesy jsou procesy, pro které čerpáme přímá data, pokud nejsou k dispozici, využíváme literaturu či databáze. Mezi tyto procesy patří agrotechnické operace, spotřeba hnojiv, spotřeba osiva, množství ochranné chemie.

Mezi předprocesy zařazujeme produkci minerálních hnojiv, osiva, pesticidů a nosičů energie. Pro tyto data nezískáváme přímá data, ale data z databází.

Mimo hranice systému byly zařazeny procesy odpadového hospodářství a infrastruktury. Vyloučení mimo systém znamená, že žádné vstupy, výstupy ani toky mezi těmito procesy a procesy v systémových hranicích nejsou počítány.

### **Funkční jednotka**

Jako funkční jednotka byl zvolen 1 kg sušiny.

### **Kvalita dat**

Byla použita data vztahující se geograficky ke střední Evropě. Rozpětí časového horizontu dat bylo 2012 – 2014 pro přímá data a roky 2000 – 2014 pro nepřímá data. Jako technologický rozsah byla zvolena takové data, která se svým charakterem shodují s běžně používaným průměrem.

### **Alokační postupy**

V této práci nebyly využity žádné alokační postupy.

## **4.4 Druhá fáze: Inventarizační analýza**

### **Inventarizační analýza**

V inventarizační analýze byla získávána data týkající se všech vstupů a výstupů z životního cyklu rostlin. Zjišťovaná data mají dvojitý charakter - přímý a nepřímý.

### **Přímá data**

Primární data byla získána od konkrétních pěstitelů na základě přímé konzultace v podnicích, kde se rostliny pěstují.

### **Nepřímá data**

Pro sekundární data byly použity zemědělské normativy výrobních technologií, literatura, metodiky agrotechnických technologií, konzultace s odborníky a pěstiteli a data z databáze ekoinvent.

## **Popis vstupů a výstupů**

### **1. Předprocesy**

Do předprocesů byla započítána data na vyprodukování osiv, výrobu minerálních hnojiv, výrobu pesticidů a energie.

### **2. Systémové procesy - procesy pěstování rostlin**

Procesy byly definovány pomocí spotřeby pohonných hmot při agrotechnických operacích (např. válení, orba, podmítka atd...). Spotřeba nafty na 1 ha pro jednotlivé agrotechnické operace byla převzata od Kavky (2006).

Vedle spotřeby nafty bylo nutné do procesu započítat množství a druh hnojiv, chemické ochrany rostlin a osiva.

Do systémových procesů byly započítány přímé a nepřímé emise  $N_2O$  uvolňované při aplikaci minerálních a organických dusíkatých hnojiv. Tyto emise byly spočítány dle metodiky IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (De Klein, 2006). Tato metodika je popsána v Tabulce 2. U kukuřice seté bylo pro výpočet použito 90 kg/ha čistého syntetického dusíku a 21 kg/ha organického N. U energetických trav bylo počítáno pouze se syntetickým dusíkem a to v dávce 100kg/ha.

**Tabulka 2:** Metodika IPPC pro výpočty emisí oxidu dusného (De Klein, 2006)

<b>Celkové emise oxidu dusného</b>	
$N_2O = N_2O \text{ DIRECT} + N_2O \text{ INDIRECT}$ $N_2O$ PŘÍMÉ roční přímé emise z obdělávané půdy (kg N/ha) $N_2O$ NEPŘÍMÉ roční nepřímé emise z obdělávané půdy (kg N/ha)	
<b>Přímé emise oxidu dusného</b>	
$N_2O - N \text{ DIRECT} = (FSN + FON) * EF1$ $N_2O \text{ DIRECT} = N_2O - N \text{ DIRECT} * (44/28)$ FSN roční dávka syntetických hnojiv (kg N/ha) FON roční dávka organických hnojiv (kg N/ha) EF1 emisní faktor pro emise oxidu dusného (kg N <sub>2</sub> O - N)	
<b>Minerální hnojiva</b>	<b>Organická hnojiva</b>
$FSN = NFERT * (1 - \text{FracGASF})$ NFERT: roční množství aplikovaného hnojiva (kg N/ha) FracGASF: frakce duskatých ztrát přes NH <sub>3</sub> a NO <sub>x</sub>	$FON = FAM + FSEW + FCOMP + FOOA$ FAM : roční množství aplikovaného (kg N/ha) FSEW: roční množství aplikovaného živočišného odpadu (kg N/ha) FCOMP : roční množství aplikovaného kompostu (kg N/ha) FOOA: roční množství jiného aplikovaného organického hnojiva (kg N/ha)
<b>Nepřímé emise oxidu dusného</b>	
$N_2O - N \text{ INDIRECT} = N_2O (G) + N_2O (L)$ $N_2O \text{ INDIRECT} = N_2O - N \text{ INDIRECT} * (44/28)$ N <sub>2</sub> O(G) emise z atmosférické depozice NH <sub>3</sub> a NO <sub>x</sub> (kg N/rok) N <sub>2</sub> O (L) emise způsobené průsakem a splachem N (kg N/rok)	
<b>Atmosférická depozice</b>	<b>Průsak a splach</b>
$N_2O (G) = [(FSN * \text{FracGASF}) + (FON) * \text{FracGASM}] * EF4$ FracGASF: Frakce syntetického N, který volatilizuje jako NH <sub>3</sub> and NO <sub>x</sub> , kg NH <sub>3</sub> -N a NO <sub>x</sub> FracGASM: frakce organického N, který volatilizuje jako NH <sub>3</sub> a NO <sub>x</sub> , EF4 : emisní faktor pro N-volatilizaci	$N_2O (L) = (FSN + FON) * \text{FracLEACH} * EF5$ FracLEACH: Frakce dusíkových ztrát skrz průsak a splach EF5 : emisní faktor pro průsak a splach

Aplikace pesticidů na pole produkuje tak zanedbatelné množství emisí, které naše výsledky ovlivní minimálně, a proto se do výpočtů nezařadily.



#### 4.4.1 Vstupy a výstupy do procesu

##### Výnos

Pro výpočet byly použity průměrné výnosy z dat uvedených v tabulkách 3, 4, a 5. Jedná se o data získaná z odborné literatury a z konzultací přímo s producenty komodity. U kukuřice seté se výnosy pohybují od 6 do 14,1 t/ha. V práci byl výnos stanoven na 9,9 t/ha při 32% sušině. U chřastice rákosovité se výnos pohybuje od 4,5 až k 11,7 t/ha. V práci je počítáno s průměrnou hodnotou 8,6 t/ha, jedná se o průměrnou hodnotu produkce fytomasy na 1ha v průběhu desetiletého pěstitelského cyklu. Szarvasi I byl použit pouze výnos z literatury, jelikož v našich podmínkách není pěstována na větší srovnatelné ploše s ostatními rostlinami. Proto byl pro výpočet vybrán výnos 14,25 t/ha.

**Tabulka 3:** Výnosy kukuřice (Ústní sdělení, literatura)

Výnos kukuřice t/ha Sušina	Zdroj	Ověření
32%		
6	ZOD (2013)	Ústní sdělení
10-12	Vrzal (1995)	Literatura
10	Zimola (2008)	Literatura
10	Skládanka (2006)	Literatura
14,1	Diviš (2010)	Literatura
7,6	Kavka (2006)	Literatura

**Tabulka 4:** Výnos chrastice rákosovitá (Literatura)

Výnos sušiny t/ha	Zdroj	Ověření
9,28	Stražil (2011)	Literatura
11,76	Frydrych (2009)	Literatura
4,5 – 9	Petříková (2006)	Literatura
4,5-9	Malaťák (2008)	Literatura
10	Římovský (1989)	Literatura
7-11	Kavka (2006)	Literatura
4,5 – 9	Havlíčková (2007)	Literatura
8,3	Eurofarms s.r.o. (2013)	Ústní sdělení

**Tabulka 5:** Výnos Szarvasi I (Literatura)

Výnos sušina	Zdroj	Ověření
12	Mezogazdasagi (2008)	Literatura
12,5	Sándor (2011)	Literatura
15	BSV SAATEN (2014)	Literatura
17,5	Holub (2011)	Literatura

### Agrotechnické operace

Pro dosažení objektivnosti výsledků byly vytvořeny modelové linky, které jsou uvedeny v tabulkách – tabulka 6 a tabulka 7. Ty obsahují počet opakování a spotřebu paliva během desetiletého cyklu. Spotřeba paliv na 1 ha byla převzata od Kavky (2006). Pro rostlinu Szarvasi I byla použita stejná agrotechnická linka jako pro chrastici rákosovitou, a to z důvodu objektivního srovnání výnosového potenciálu těchto energetických trav. Pro náš výpočet byla sečtena spotřeba nafty pro celý desetiletý cyklus.

**Tabulka 6:** Agrotechnické operace kukuřice setá (Kavka, 2006)

Název operace	Spotřeba nafty l/ha	Počet opakování na ha
Hnojení	21	10
Orba – 20cm	26	10
Kypření 1x (jaro)	6,3	10
Přihnojení N, P, K	3,9	10
Setí	4,3	10
Válení	3,6	10
Chemické ošetření	3,5	10
Sklizeň	20	10
Odvoz	7	10

**Tabulka 7:** Agrotechnické operace chřastice rákosovitá, Szarvasi I (Kavka, 2006)

Název operace	Spotřeba nafty (l/ha)	Počet opakování na ha
Podmítka	5,7	1
Orba 20 – 25 cm	21	1
Postřik proti plevelům	2	1
Vláčení s válením	7	1
Setí	3,5	1
Válení	3,5	1
Likvidace dvouděložných plevelů	2	1
Jarní seč	5,5	10
Podzimní seč	5,5	10
Odvoz	7	20

## Hnojiva

### Statková hnojiva

Tabulka 8 zobrazuje statková hnojiva použita pouze u kukuřice seté. Důvodem tohoto rozhodnutí byla snaha co nejvíce využít praktické zkušenosti s pěstováním. V osloveném podniku používají k dávkce organických hnojiv i minerální hnojiva. Dávka použitá pro výpočet byla stanovena na 5 t/ha.

**Tabulka 8:** Statková hnojiva kukuřice seté (ústní sdělení, literatura)

<b>Aplikace hnojiv - organická</b>	<b>Počet opakování na ha</b>	<b>Množství hnojiva (kg/ha)</b>	<b>Zdroj</b>	<b>Ověření</b>
Hnůj skot	10	5	ZOD (2013)	Ústní sdělení
Hnůj skot	10	40	Kavka (2006)	Literatura

### Minerální hnojiva

#### Minerální dusíkatá hnojiva

Minerální hnojiva dusíkatá se zadávají v čisté formě. Pro kukuřici setou jsou uvedené hodnoty v tabulce 9 a pro chřastici rákosovitou a Szarvasi I v tabulce 10. Hodnoty použité pro kukuřici jsou počty z praxe. Vzhledem k použití i organických hnojiv aplikují v ZOD Kestřany 90 kg/ha minerálních hnojiv. Pro chřastici rákosovitou a Szarvasi I jsme rovněž použili dávku používanou v praxi a to 100 kg/ha (Eurofarms s.r.o.).

**Tabulka 9:** Minerální hnojiva dusíkatá kukuřice setá (ústní sdělení, literatura)

<b>Aplikace hnojiv - dusíkatá</b>	<b>Počet opakování na ha</b>	<b>Množství hnojiva (kg/ha, l/ha)</b>	<b>Zdroj</b>	<b>Ověření</b>
Dam390 30%	10	250	ZOD (2013)	Ústní sdělení
Amofos 12%	10	120	ZOD (2013)	Ústní sdělení
DAP 18%	10	180	Zimola (2008)	Literatura
N nespecifikováno	10	170	Prokop (2008)	Literatura

**Tabulka 10:** Minerální hnojiva dusíkatá chrastice rákosovitá, Szarvasi I (ústní sdělení, literatura)

<b>Aplikace hnojiv - dusíkatá</b>	<b>Počet opakování na ha</b>	<b>Množství hnojiva (kg/ha)</b>	<b>Zdroj</b>	<b>Ověření</b>
N nespecifikovaný	1	200	Geber (2007)	Literatura
N nespecifikovaný	9	60	Hutla (2004)	Literatura
N (300 kg/ha SA; 150 kg/ha LAD)	10	100	Eurofarms s.r.o. (2013)	Ústní sdělení

### **Minerální fosforečná hnojiva**

Minerální hnojiva fosforečná se zadávají v čisté formě. Pro kukuřici setou jsou uvedené hodnoty v tabulce 11 a pro chrastici rákosovitou a Szarvasi I v tabulce 12. U kukuřice seté byla dávka stanovena na 60 kg/ha, aplikovali ji v podniku ZOD Kestřany. Energetickým travám stačí dávka 10 kg/ha, jak uvádějí odborníci z Eurofarms s.r.o.

**Tabulka 11:** Minerální hnojiva fosforečná kukuřice setá (ústní sdělení, literatura)

Aplikace hnojiv - fosforečná	Počet opakování na ha	Množství hnojiva (kg/ha)	Zdroj	Ověření
P nespecifikovaný	1	30	Geber (2002)	Literatura
P nespecifikovaný	9	60	Hutla (2004)	Literatura
P nespecifikovaný	10	130	Eurofarms s.r.o. (2013)	Ústní sdělení

**Tabulka 12:** Minerální hnojiva fosforečná chrastice rákosovitá, Szarvasi I (ústní sdělení, literatura)

Aplikace hnojiv - fosforečná	Počet opakování na ha	Množství hnojiva (kg/ha)	Zdroj	Ověření
Amitos 52% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	10	120	Eurofarms s.r.o. (2013)	Ústní sdělení
DAP 46% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	10	40	Zimola (2008)	Literatura
P nespecifikováno	10	60	Prokop (2008)	Literatura

### Minerální draselná hnojiva

Minerální hnojiva draselná se zadávají v čisté formě. Pro kukuřici setou jsou uvedené hodnoty v tabulce 13 a pro chrastici rákosovitou a Szarvasi I v tabulce 14. Pro kukuřici setou byla použita hodnota z praxe, a to 55 kg/ha. Pro energické trávy hodnota 30 kg/ha.

**Tabulka 13:** Minerální hnojiva draselná kukuřice setá (ústní sdělení, literatura)

Aplikace hnojiv - draselná	Počet opakování na ha	Množství hnojiva (kg/ha)	Zdroj	Ověření
Draselná sůl 60% K <sub>2</sub> O	10	80	Zimola (2008)	Literatura
K nespecifikované	10	55	ZOD (2013)	Ústní sdělení

**Tabulka 14:** Minerální hnojiva draselná chrastice rákosovitá, Szarvasi I (ústní sdělení, literatura)

Aplikace hnojiv - Draselná	Počet opakování na ha	Množství hnojiva (kg/ha)	Zdroj	Ověření
K nespecifikovaný	1	100	Geber (2002)	Literatura
K nespecifikovaný	9	30	Hutla (2004)	Literatura
K nespecifikovaný	10	130	ZOD (2013)	Ústní sdělení

### Prostředky na ochranu rostlin

Ochranné prostředky se používají podle výskytu jednotlivých škodlivých činitelů. Z tohoto důvodu byly použité přípravky pro jednotlivé plodiny především z praxe. Hodnoty pro kukuřici setou jsou uvedeny v tabulce 15 a hodnoty pro energetické trávy jsou v tabulce 16.

**Tabulka 15:** Ochrana rostlin kukuřice setá (ústní sdělení)

Název	Kg/ha	Úč.l.	Zdroj	Ověření
Koban-te	3,5	terbuthylazine - 250 g/pethoxamid	ZOD (2013)	Ústní sdělení
Starane 250EC	1	fluroxypyr 250 g/l	ZOD (2013)	Ústní sdělení

**Tabulka 16:** Ochrana rostlin chrastice rákosovitá, Szarvasi I (literatura, ústní sdělení)

Název	l/ha	Úč.l.	Zdroj	Ověření
Starane EC 250	3	fluroxypyr 250 g/l	Eurofarms s.r.o. (2013)	Ústní sdělení
Roundup	3	Glyfosát 250 g/l	Eurofarms s.r.o. (2013)	Ústní sdělení

## Výsevek

Výsevek byl stanoven opět co nejpřesněji vzhledem k reálným podmínkám, a to je u kukuřice seté zobrazeno v tabulce 17, u chřastice rákosovité v tabulce 18 a Szarvasi I je zobrazeno v tabulce 19. U kukuřice seté byl použit výsevek 25 kg/ha, u chřastice rákosovité a Szarvasi I byl použit výsevek od pěstitelů s Eurofarms s.r.o., a to 20 kg/ha a 35 kg/ha.

**Tabulka 17:** Výsevky kukuřice setá (ústní sdělení, literatura)

Výsevek	Množství osiva (kg/ha)	Zdroj	Ověření
	25	ZOD (2013)	Ústní sdělení
	20	Agrokop (2011)	Literatura
	900 tisíc semen	Zimola (2008)	Literatura
	800 tisíc semen	Vrzal (1995)	Literatura

**Tabulka 18:** Výsevky chřastice rákosovitá (ústní sdělení, literatura)

Výsevek	Množství osiva (kg/ha)	Zdroj	Ověření
	15- 20	Frydrych 2009)	Literatura
	10-15	Hutla (2004)	Literatura
	25	Eurofarms s.r.o. (2013)	Ústní sdělení

**Tabulka 19:** Výsevky Szarvasi I (Literatura, ústní sdělení)

Výsevek	Množství osiva (kg/ha)	Zdroj	Ověření
	13-19	Scheinost (2008)	Literatura
	40	Sándor (2011)	Literatura
	20	Holub (2011)	Literatura
	35	Eurofarms s.r.o (2013)	Ústní sdělení



#### **4.5 Třetí fáze: Posuzování dopadů**

Pro výpočet emisí skleníkových plynů byla zvolena metoda ReCiPe midpont (H) 2008, integrovaná do softwaru SimaPro. Naposledy byla aktualizována v červenci 2013 [SimaPro 7, 2013], momentálně má k dispozici nejnovější zveřejněné údaje o potenciálech skleníkových plynů. Midpoints jsou indikátory účinnosti, které rozlišují mezi emisemi škodlivin a vlastním poškozením. Při výpočtu pomocí metody ReCiPe 2008 byla použita perspektiva H podle ISO 14044 v časovém horizontu sta let.

#### **4.6 Čtvrtá fáze: Interpretace životního cyklu produktu**

Interpretace výsledků provedené LCA energetických rostliny je popsána v následující kapitole diplomové práce.

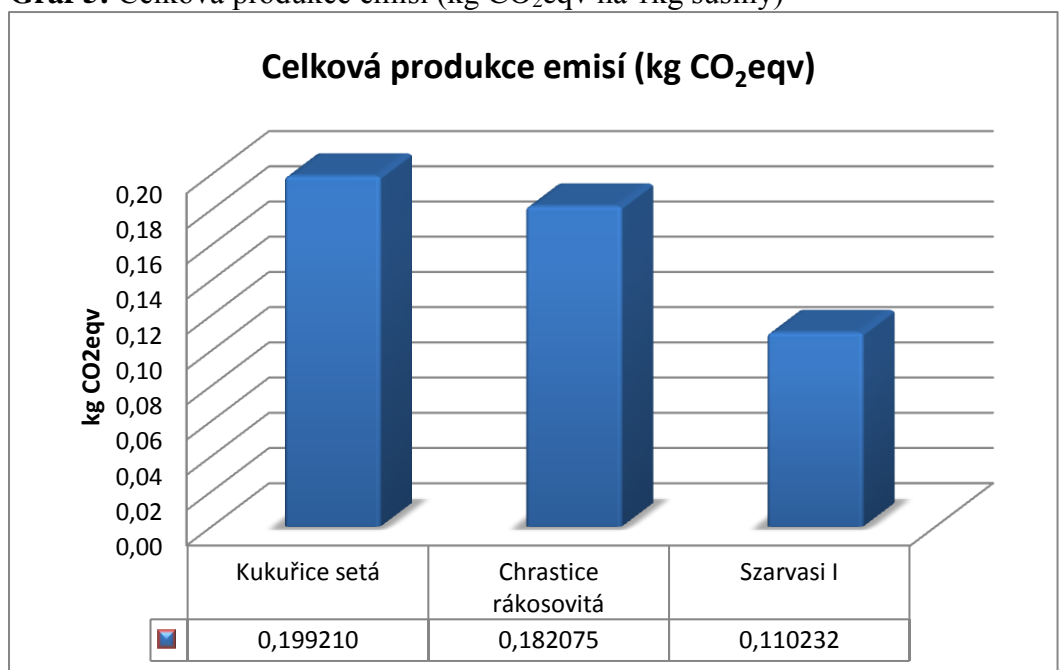
## 5 Výsledky a diskuse

Z výpočtů, které jsou popsány v metodice této diplomové práce, byly sestaveny výsledky, které jsou promítnuty v následujících tabulkách a grafech.

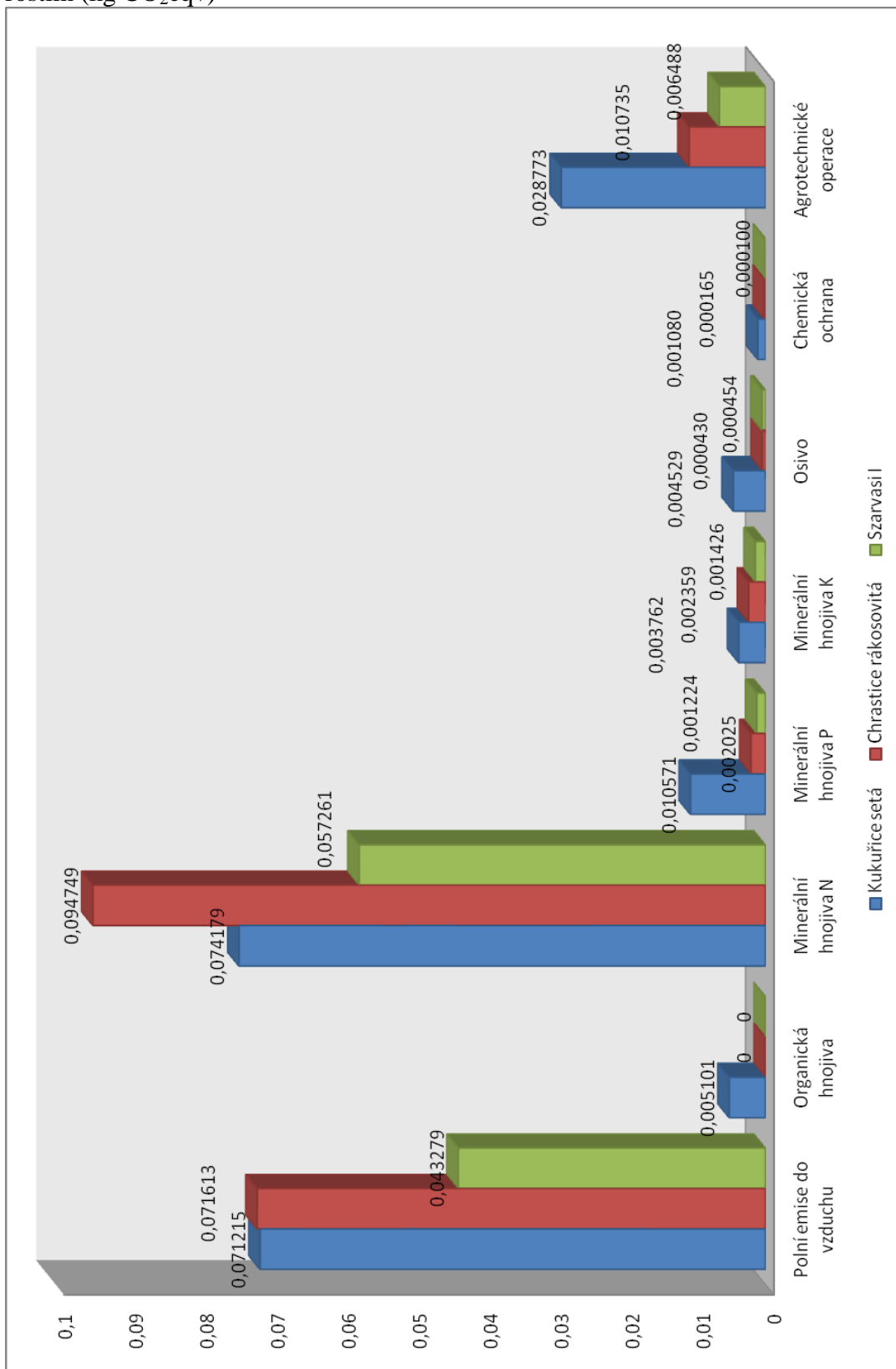
Celková produkce emisí skleníkových plynů vyprodukovaných při pěstování zvolených rostlin je zobrazena v grafu 5. Dle vybrané modelové linky má kukuřice setá nejvyšší emisní produkci v průběhu svého životního cyklu, během něhož vyprodukuje 0,199210 kg CO<sub>2</sub>eqv na 1kg suché hmoty. Oproti tomu sledované energetické druhy trav, které svým potenciálem mohou nahradit kukuřici setou, pěstovanou také pro energetické využití, mají emisní zátěž vniklou v průběhu jejich životního cyklu nižší. Dle výsledků je emisní zátěž při pěstování chrastice rákosovité 0,182075 kg CO<sub>2</sub>eqv na 1kg sušiny a Szarvasi I 0,110232 kg CO<sub>2</sub>eqv na 1kg sušiny.

V grafu 6 je pro názornost vyobrazena produkce emisí u všech tří sledovaných rostlin současně. Jde o emise vzniklé z aplikace organického hnojiva (pouze u kukuřice), minerálních hnojiv (dusíkatých, fosforečných a draselných), osiva, chemické ochrany, agrotechnických operací a polní emise (N<sub>2</sub>O), které jsou uvolňovány z půdy do atmosféry.

**Graf 5:** Celková produkce emisí (kg CO<sub>2</sub>eqv na 1kg sušiny)



**Graf 6:** Porovnání vyprodukovaných emisí na 1 kg sušiny fytomasy energetických rostlin (kg CO<sub>2</sub>eqv)



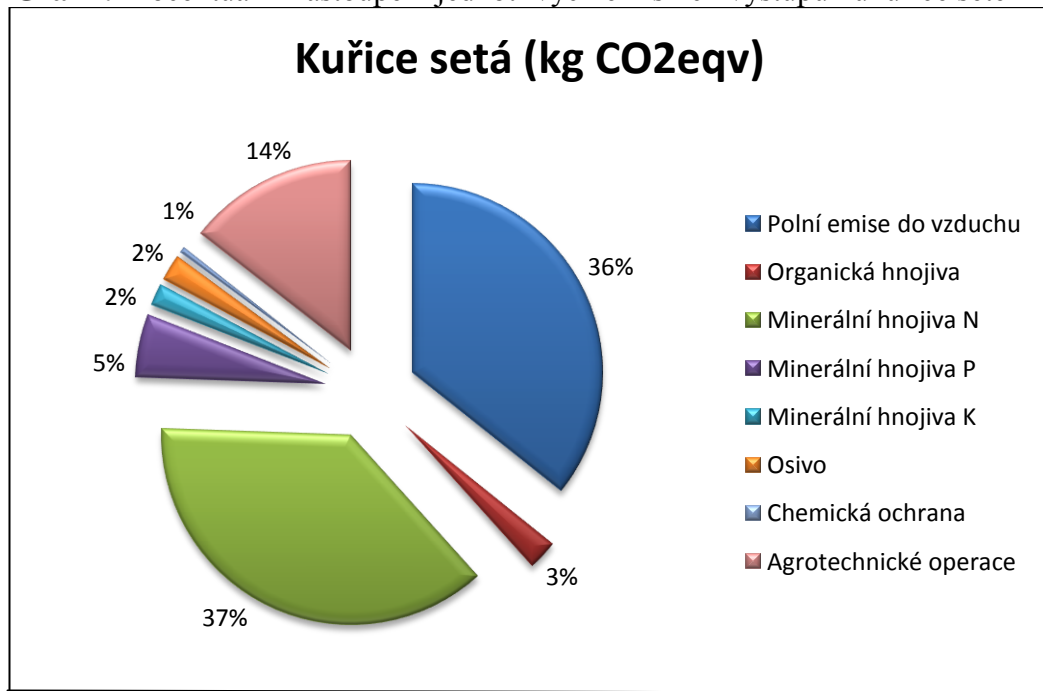
## Kukuřice setá

V tabulce 20 jsou zobrazeny hodnoty emisní zátěže (kg CO<sub>2</sub>eqv v 1 kg sušiny) kukuřice seté. V grafu 7 je vyobrazen procentuální podíl zastoupení jednotlivých operací na celkových emisích. U kukuřice seté mají nejvyšší podíl na produkci emisí minerální hnojiva dusíkatá (0,074179 kg CO<sub>2</sub>eqv na 1kg sušiny), což představuje 37%. Polní emise N<sub>2</sub>O (0,071215 kg CO<sub>2</sub>eqv na 1kg sušiny) se podílely 36% na celkové emisní zátěži. Na obrázku 4 je popsána síť toků energie potřebných k vyprodukování 1 kg sušiny kukuřice seté.

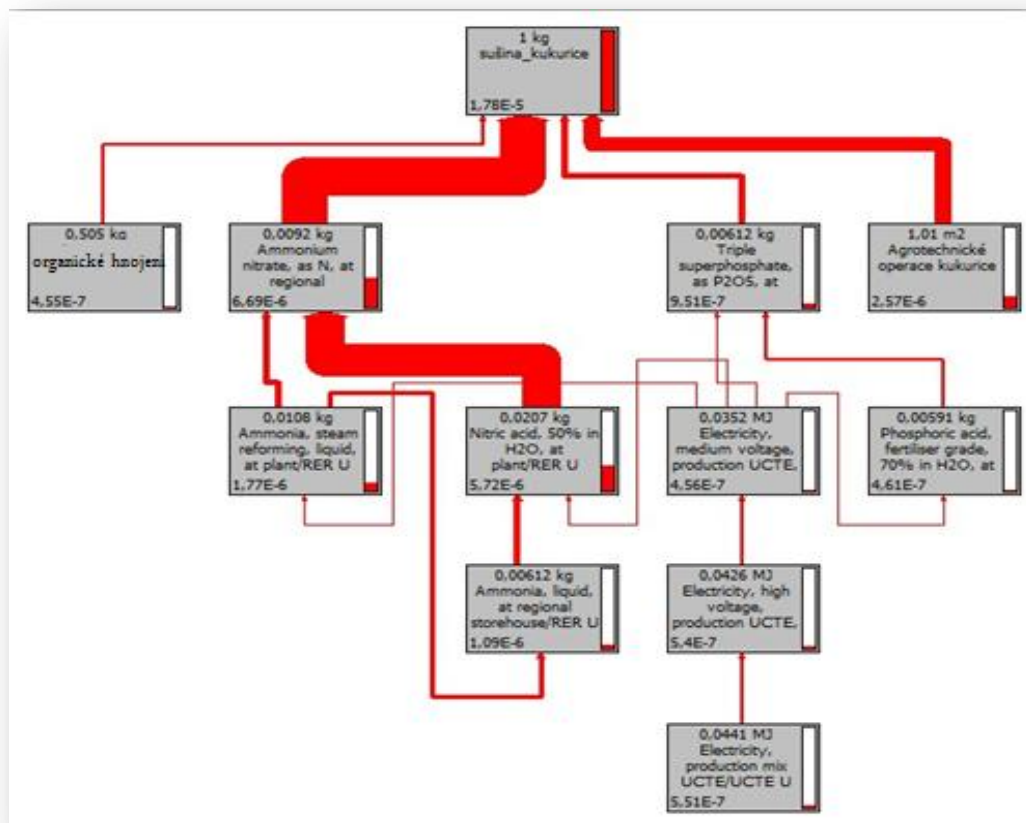
**Tabulka 20:** Emisní zátěž kukuřice seté (kg CO<sub>2</sub>eqv na 1kg sušiny)

<b>Kukuřice setá (<i>Zea mays L.</i>)</b>	
<b>Výstupy</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>eqv na 1kg sušiny</b>
<b>Polní emise do vzduchu</b>	<b>0,071215</b>
<b>Organická hnojiva</b>	<b>0,005101</b>
<b>Minerální hnojiva N</b>	<b>0,074179</b>
<b>Minerální hnojiva P</b>	<b>0,010571</b>
<b>Minerální hnojiva K</b>	<b>0,003762</b>
<b>Osivo</b>	<b>0,004529</b>
<b>Chemická ochrana</b>	<b>0,001080</b>
<b>Agrotechnické operace</b>	<b>0,028773</b>

**Graf 7:** Procentuální zastoupení jednotlivých emisních výstupů kukuřice seté



**Obrázek 4:** Síť energetických toků kukuřice seté



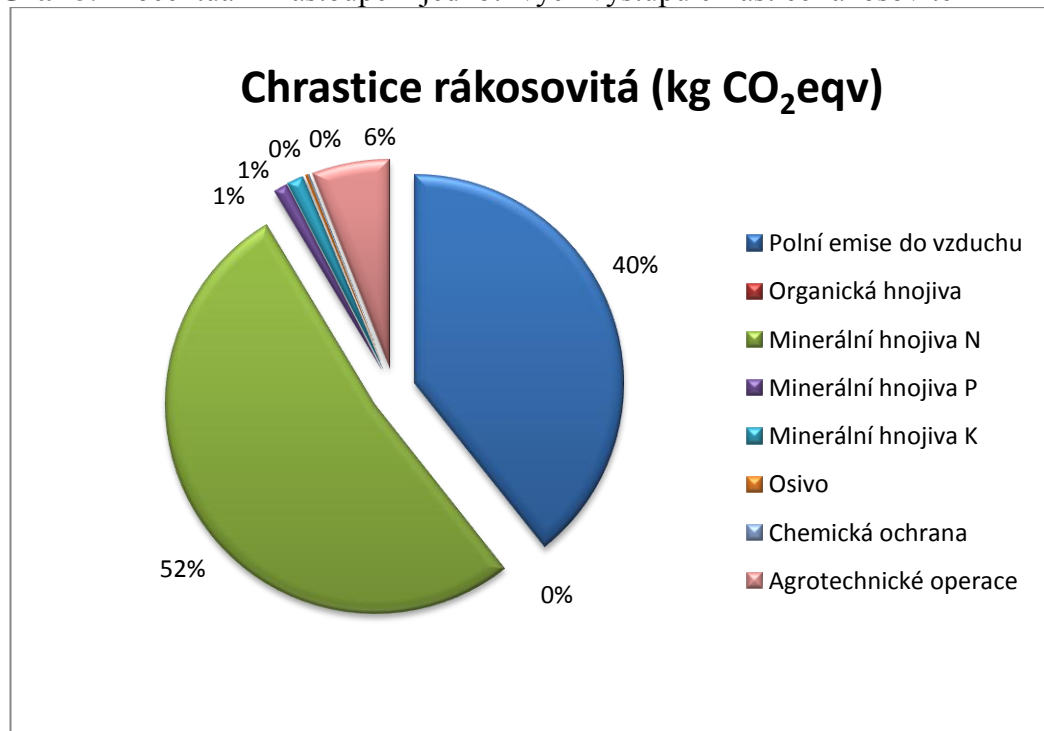
### **Chrastice rákosovitá**

Tabulka 21 zobrazuje výsledné hodnoty emisní zátěže (kg CO<sub>2</sub>eqv na 1 kg sušiny) chrastice rákosovité. V grafu 8 je procentuální podíl zastoupení jednotlivých operací na celkových emisích. Největší vliv na produkci emisí vyprodukovaných při pěstování chrastice rákosovité mají minerální hnojiva dusíkatá (0,094749 kg CO<sub>2</sub>eqv na 1kg sušiny), tvoří tak 52% emisní zátěže. Polní emise N<sub>2</sub>O (0,071613 kg CO<sub>2</sub>eqv na 1kg sušiny) se podílejí na 40% celkové emisní zátěže. Na obrázku 5 je popsána síť toků energie potřebných k vyprodukování 1 kg chrastice rákosovité.

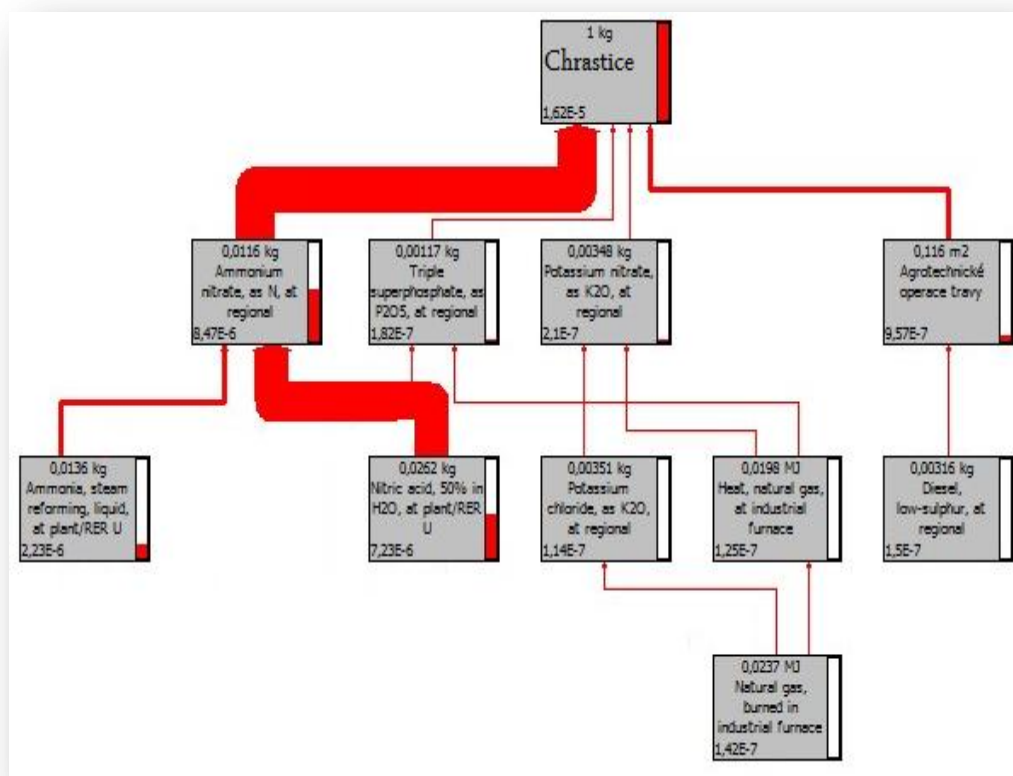
**Tabulka 21:** Emisní zátěž chrastice rákosovité (kg CO<sub>2</sub>eqv na 1kg sušiny)

<b>Chrastice rákosovitá (<i>Phalaris arundinacea L.</i>)</b>	
<b>Výstupy</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>eqv na 1kg sušiny</b>
<b>Polní emise do vzduchu</b>	<b>0,071613</b>
<b>Organická hnojiva</b>	<b>0</b>
<b>Minerální hnojiva N</b>	<b>0,094749</b>
<b>Minerální hnojiva P</b>	<b>0,002025</b>
<b>Minerální hnojiva K</b>	<b>0,002359</b>
<b>Osivo</b>	<b>0,000430</b>
<b>Chemická ochrana</b>	<b>0,000165</b>
<b>Agrotechnické operace</b>	<b>0,010735</b>

**Graf 8:** Procentuální zastoupení jednotlivých výstupů chrastice rákosovitě



**Obrázek 5:** Síť energetických toků chrastice rákosovitě



## Szarvasi I

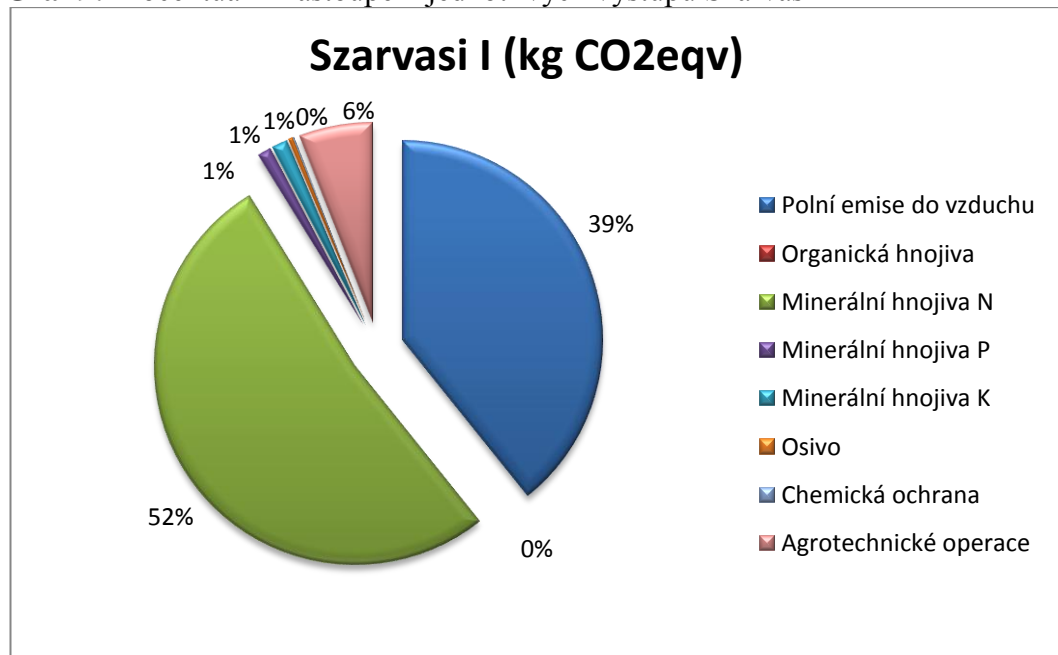
Tabulka 22 obsahuje výsledné hodnoty emisní zátěže (kg CO<sub>2</sub>eqv na 1 kg sušiny). V grafu 9 je zobrazen procentuální podíl zastoupení jednotlivých operací na celkových emisích. Největší vliv na produkci emisí mají minerální hnojiva dusíkatá (0,057261 kg CO<sub>2</sub>eqv na 1kg sušiny), což představuje nejvyšší emisní zátěž 52 %. Polní emise N<sub>2</sub>O (0,043279 kg CO<sub>2</sub>eqv na 1kg sušiny) se podílely 39 % na celkové emisní zátěži. Na obrázku 6 je popsána síť toků energie potřebných k vyprodukování 1 kg sušiny.

**Tabulka 22:** Emisní zátěž Szarvasi I (kg CO<sub>2</sub>eqv na 1kg sušiny)

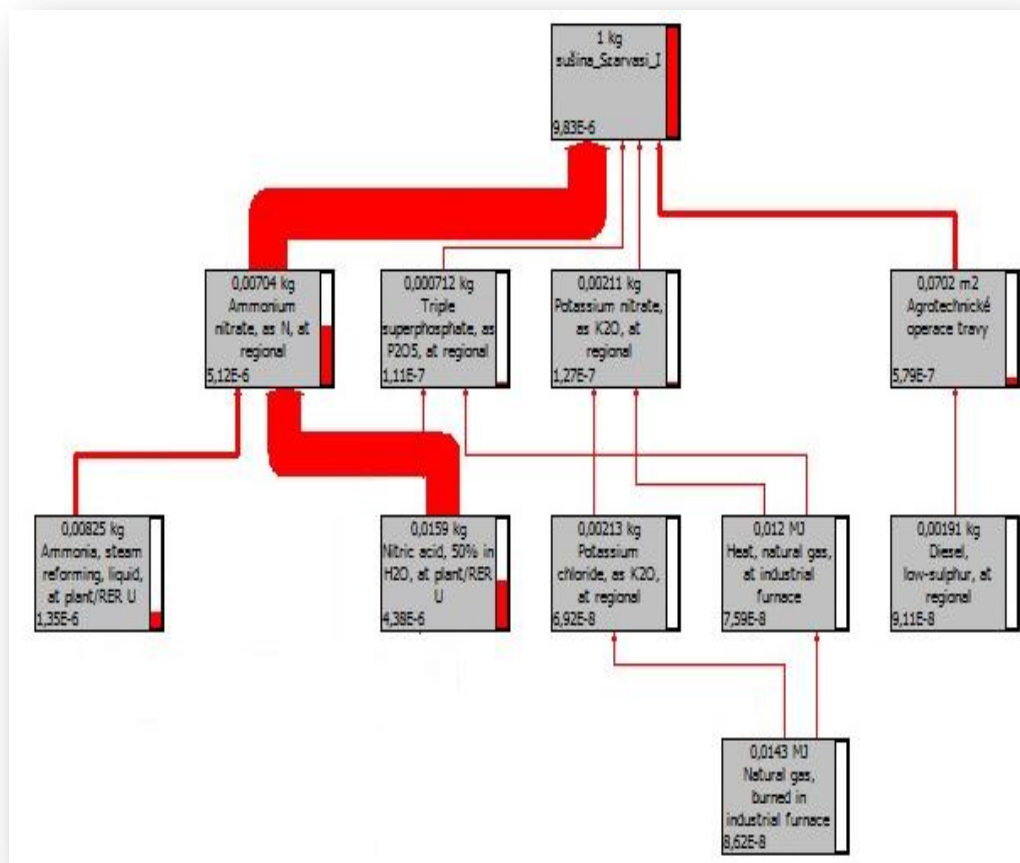
<b>Szarvasi I (<i>Agropyron elongatum L</i>)</b>	
<b>Výstupy</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>eqv na 1kg sušiny</b>
<b>Polní emise do vzduchu</b>	<b>0,043279</b>
<b>Organická hnojiva</b>	<b>0</b>
<b>Minerální hnojiva N</b>	<b>0,057261</b>
<b>Minerální hnojiva P</b>	<b>0,001224</b>
<b>Minerální hnojiva K</b>	<b>0,001426</b>
<b>Osivo</b>	<b>0,000454</b>
<b>Chemická ochrana</b>	<b>0,000100</b>
<b>Agrotechnické operace</b>	<b>0,006488</b>



**Graf 9:** Procentuální zastoupení jednotlivých výstupů Szarvasi I



**Obrázek 6:** Síť energetických toků Szarvasi I

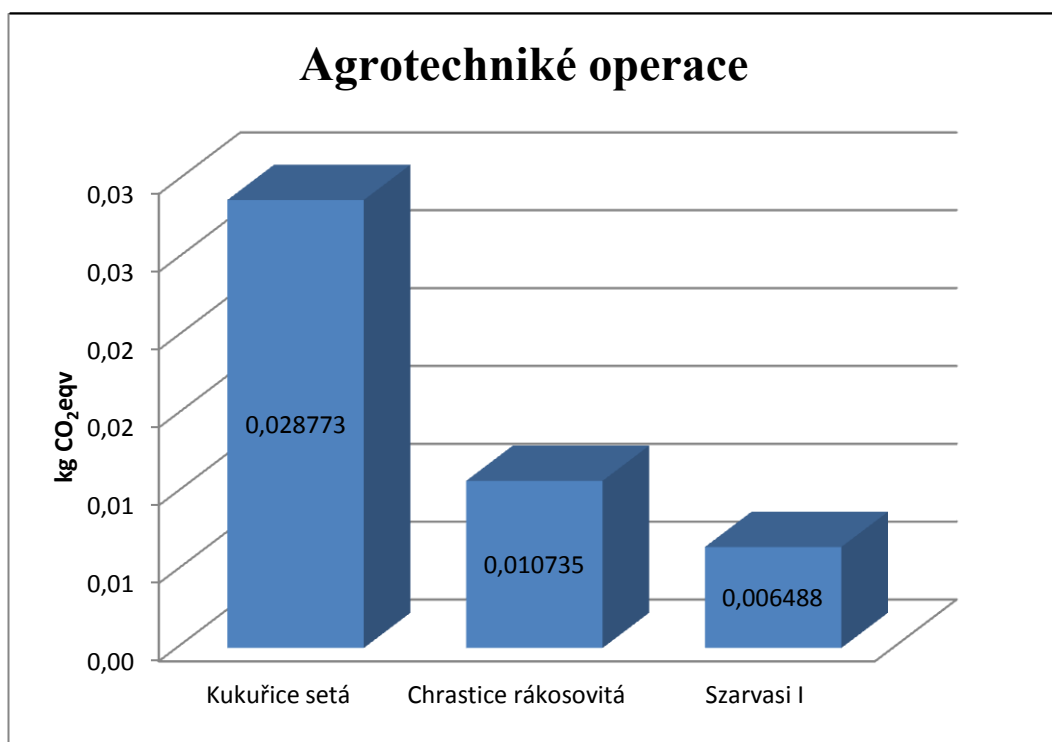


## Agrotechnické operace

Niggli (2011) tvrdí, že emise způsobené zemědělstvím představují ročně 10 - 12 % veškerých emisí skleníkových plynů na Zemi, tedy 5,1 až 6,1 miliard tun CO<sub>2</sub>eqv ročně. Bellarby (2008) navrhuje možnosti zmírňování, tedy mitigace emisí skleníkových plynů například pěstováním emisně méně zatěžujících rostlin. Další možností je použití nových či vylepšených technik pěstování. Tou může být například bezorebný způsob zpracování či pěstování víceletých rostlin.

Ve srovnávacím grafu 10 jsou zobrazeny emise vznikající při agrotechnických operacích. Z výsledků diplomové práce je zřejmé, že životní prostředí nejvíce zatěžují emise při pěstování kukuřice seté, což je způsobeno hlavně nutností každoročního zakládání porostu. Oproti kukuřici seté se energetické trávy zakládají pouze jednou, tím odpadají každoroční agrotechnické operace jako je orba, předseťová příprava půdy, válení, při kterých narůstá energetická náročnost a s tím i spojená emisní zátěž.

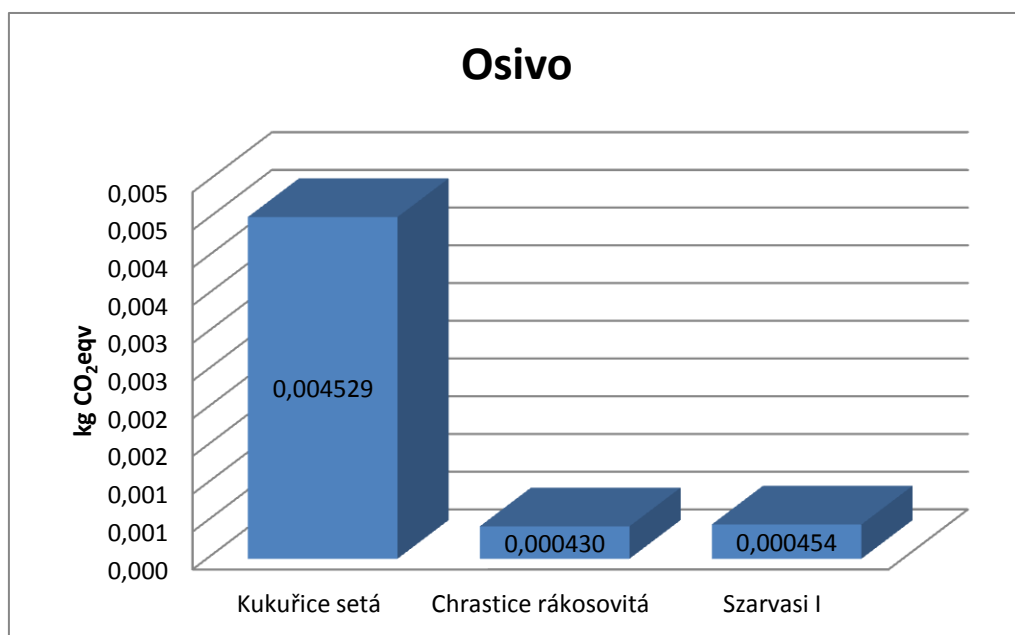
**Graf 10:** Porovnání emisní zátěže agrotechnických operací kukuřice seté, chrostice rákosovité a Szarvasi I (kg CO<sub>2</sub>eqv na 1kg sušiny)



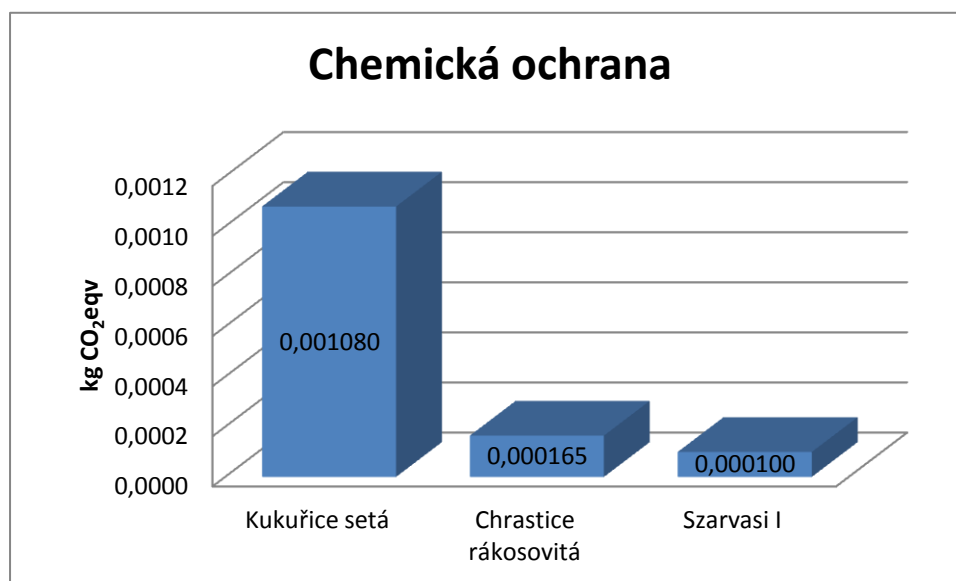
## Osivo a chemická ochrana

V grafu 11 a 12 jsou zobrazeny emise vznikající z produkce osiv a chemické ochrany. Jak je z grafů patrné u osiva i chemické ochrany rostlin má kukuřice setá největší emisní produkci. U osiva je tento výsledek způsoben především zakládáním porostu 10 krát během pěstitelského cyklu na rozdíl od pouze jednoho založení u energetických trav. Mezi energetickými travami je rozdíl zanedbatelný. Chemická ochrana rostlin je na tom období jako u osiva. Produkce emisí z ochranných prostředků s ostatními emisemi zanedbatelná. To odporuje tvrzení Fotta (2003), který uvádí, že velká emisní zátěž vzniká právě z ochranných prostředků.

**Graf 11:** Porovnání emisní zátěže při produkci osiva kukuřice seté, chřastice rákosovité a Szarvasi I (kg CO<sub>2</sub>eqv na 1kg sušiny)



**Graf 12:** Porovnání emisní zátěže při produkci chemické ochrany kukuřice seté, chrastice rákosovité a Szarvasi I (kg CO<sub>2</sub>eqv na 1kg sušiny)



### Minerální, organická hnojiva a polní emise

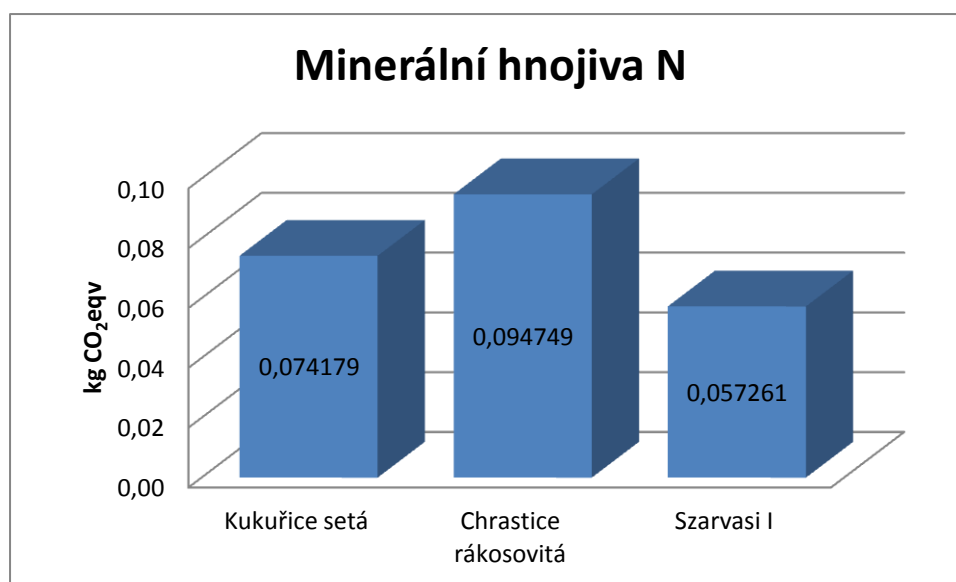
V grafu 13 jsou vyčísleny vypočtené hodnoty emisní zátěže vyprodukované v procesu výroby a aplikace minerálních dusíkatých hnojiv. Nejvyšší zátěž pro životní prostředí z pohledu dusíku představuje chrastice rákosovitá. To je pravděpodobně ovlivněno výhradním využitím minerálních hnojiv N v modelové lince na rozdíl od kukuřice seté, kde bylo použito i organické hnojení. Při pohledu na vyprodukované emise zobrazené v grafu 6 je patrné, že emise N hnojiv tvoří největší environmentální zátěž v sledovaném rámci. Podle Fotta (2003) jsou emise vyprodukované v zemědělství uvolňovány především aplikací dusíkatých hnojiv.

V grafu 14 jsou zobrazeny emise skleníkových plynů do ovzduší, které jsou vyprodukovány především využíváním minerálních a dusíkatých hnojiv. Tyto hnojiva uvolňují oxid dusný do atmosféry (Barros, 2006). Např. v roce 2005 bylo plodinami spotřebováno pouhých 17 % z vyrobených 100 milionů tun dusíku. Zbytek se nějakým způsobem „vytratil“ do životního prostředí. V období 1960 až 2000 poklesla účinnost využití dusíku z 80 na 30 % (Erisman, 2008).

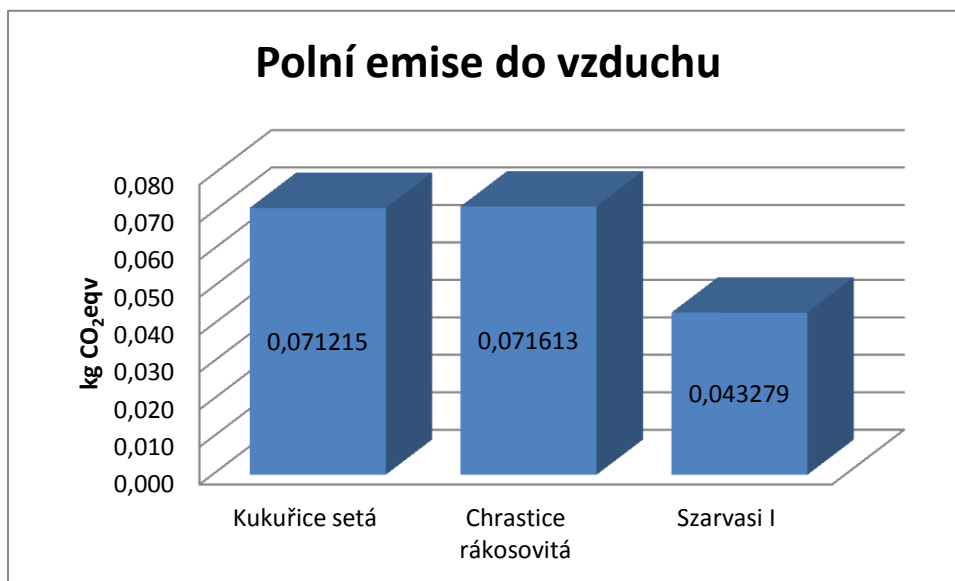
Nátr (2006) tvrdí, že stejná koncentrace různých skleníkových plynů má velmi rozdílné důsledky pro zvýšení absorpce dlouhovlnného záření, a tedy že jsou určité skleníkové plyny účinnější než jiné. Menichetta (2009) udává, že skleníkové plyny CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O a CH<sub>4</sub> jsou označovány jako přímé, a to díky jejich přímému dopadu na klima. Kalvová (1996) upozorňuje na to, že oxid dusný je 298 krát silnější skleníkový plyn než oxid uhličitý. To samé potvrzuje i Solomon (2007), že jeden kg N<sub>2</sub>O má stejný skleníkový účinek jako 298 kg CO<sub>2</sub> a dodává, že toto platí pro časový horizont 100let. Proto i malá koncentrace tohoto plynu je velmi významná z hlediska skleníkového efektu. Nicméně v metodice IPCC je uveden seznam více jak 60 plynů, které přispívají ke globálnímu oteplování, některé mají potenciál přispívat ke globálnímu oteplování 10 000 krát více než CO<sub>2</sub>.

Graf 15 zobrazuje hnojiva organická, fosforečná a draselná, jejichž emisní zátěž není v porovnání s dusíkatými hnojivy tak zásadní.

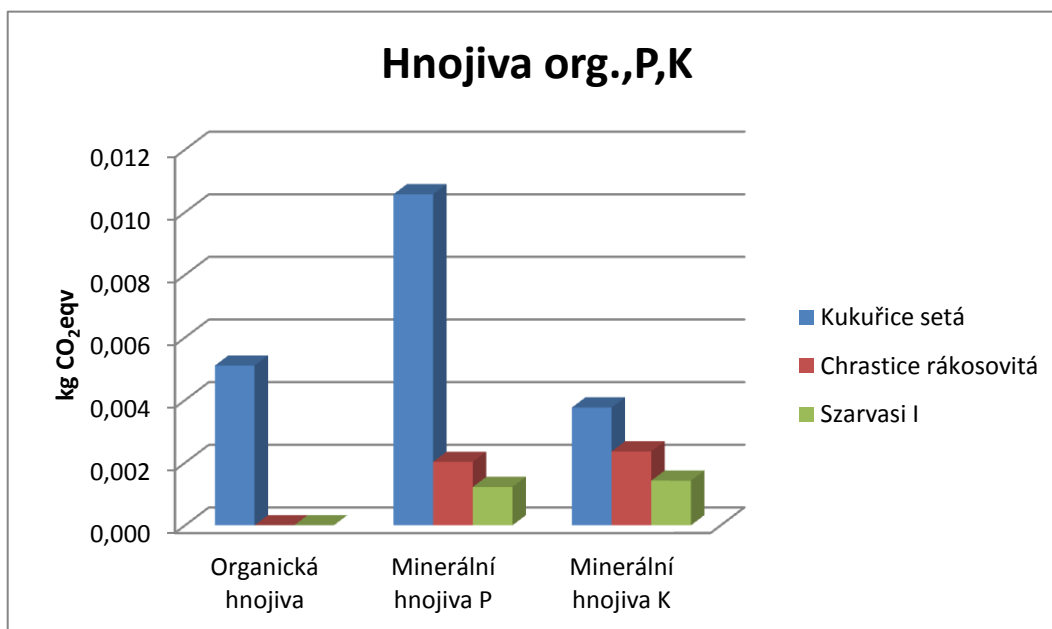
**Graf 13:** Porovnání emisní zátěže při produkci minerálních hnojiv dusíkatých u kukuřice seté, chrastice rákosovité a Szarvasi I (kg CO<sub>2</sub>eqv na 1kg sušiny)



**Graf 14:** Porovnání emisí vyprodukovaných do ovzduší u kukuřice seté, chrastice rákosovité a Szarvasi I (kg CO<sub>2</sub>eqv na 1kg sušiny)



**Graf 15:** Porovnání emisní zátěže při produkci hnojiv (bez minerálních hnojiv dusíkatých) u kukuřice seté, chrastice rákosovité a Szarvasi I (kg CO<sub>2</sub>eqv na 1kg sušiny)



## 6 Závěr

V diplomové práci bylo posuzováno množství emisí skleníkových plynů (kg CO<sub>2</sub>eqv), které se uvolní do atmosféry při pěstování vybraných energetických rostlin. Energetickými rostlinami vybranými pro sledování byly kukuřice setá, chrastice rákosovitá a Szarvasi I. Výstupní data byla porovnána a vyhodnocena z hlediska množství vyprodukovaných emisí (kg CO<sub>2</sub>eqv) při získání 1 kg sušiny vybraných rostlin. V diplomové práci bylo počítáno s modelovými linkami, které byly sestaveny na základě údajů z literatury, kvalifikovaných odhadů a na základě praktických zkušeností s pěstováním těchto rostlin.

Stanovené hypotézy byly potvrzeny. První hypotéza: Z hlediska tvorby emisí skleníkových plynů při pěstování (kg CO<sub>2</sub>eqv) bude Szarvasi I nejméně produkční, byla potvrzena. Množství emisí skleníkových plynů vyprodukovaných při získání 1 kg sušiny bylo 0,110232 kg CO<sub>2</sub>eqv. Množství emisí skleníkových plynů vyprodukovaných při získání 1 kg sušiny chrastice rákosovité bylo 0,182075 kg CO<sub>2</sub>eqv. Kukuřice setá je z hlediska tvorby emisí skleníkových plynů v rámci svého životního cyklu nejproduktivnější. Při získání 1 kg sušiny se vyprodukuje 0,1992101 kg CO<sub>2</sub>eqv.

Odlišnosti ve výsledných hodnotách vyprodukovaných emisí skleníkových plynů při získání 1 kg sušiny u vybraných trav jsou rozdílné díky jejich rozdílným výnosovým parametrům.

Bylo zjištěno, že využíváním dusíkatých hnojiv v průběhu pěstování všech vybraných rostlin vzniká největší množství emisí skleníkových plynů. Tím se rovněž potvrdila hypotéza druhá, kde se předpokládalo, že největší množství emisí skleníkových plynů (kg CO<sub>2</sub>eqv) vzniká právě při využívání dusíkatých hnojiv. U kukuřice seté dosáhly emise z využívání dusíkatých minerálních hnojiv hodnoty 0,074179 kg CO<sub>2</sub>eqv, což je 58% emisí vzniklých při celém procesu pěstování. Energetické trávy vyprodukují 0,094749 kg CO<sub>2</sub>eqv u chrastice rákosovité a 0,057261 kg CO<sub>2</sub>eqv u Szarvasi I. Při pěstování zvolených energetických trav se zastoupení emisí skleníkových plynů vzniklých při využití dusíkatých hnojiv podílí na celkové emisní zátěži dokonce z 52 %.

V našich oblastech je Szarvasi I pokládána za nově zaváděnou rostlinu vhodnou pro energetické využívání. Svým výnosovým potenciálem má předpoklad k tomu, aby mohla částečně nahrazovat kukuřici setou, rovněž cíleně pěstovanou k energetickým účelům. Z hlediska produkce emisí skleníkových plynů (kg CO<sub>2</sub>eqv) se dá navíc jednoznačně považovat za environmentálně nepřijatelnější.



## 7 Seznam použité literatury

1. ANONYM 1. *Možnosti energetického využití biomasy* [online]. Ministerstvo zemědělství. Praha, 2013 [cit. 2014-02-10]. ISBN 978-80-7434-122-9. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/file/283371/Moznosti\\_energetickeho\\_vyuziti\\_biomasy.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/283371/Moznosti_energetickeho_vyuziti_biomasy.pdf)
2. ARCHALOUS, Martin. *Výroba elektřiny v ČR* [online]. 2010 [cit. 2014-02-07]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/energetika/vyroba-elektriny-v-cr-era-uhli-konci-nahradi-jej-jadro.aspx>
3. BANAJ D.,- KOVACEVIC V, SIMIC D, STOJIC B. (2004): *Fertilization impacts on the yield and nutritional status of maize (Zea mays L.)*. Cereal Research Communications, 32, 3, ISSN 0133-3720, 403 –410 s.
4. BARROS, Vicente. *Globální změna klimatu*. 1. vyd. Překlad Petr Pšenička. Praha: Mladá fronta, 2006, 165 s., [24] s. obr. příl. Kolumbus, sv. 181. ISBN 80-204-1356-1.
5. BAUMANN, Henrikke a Anne-Marie TILLMAN. *The hitch hiker's guide to LCA: an orientation in life cycle assessment methodology and application*. Lund, Sweden: Studentlitteratur, c2004, 543 s. ISBN 9144023642.
6. BELLARBY, J., FOEREID, B., HASTINGS, A., SMITH, P. (2008), *Cool Farming: Climate impacts of agriculture and mitigation potential*, Greenpeace International [online]. Amsterdam [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: [http://aura.abdn.ac.uk/bitstream/2164/2205/1/cool\\_farming\\_full\\_report\\_copy.pdf](http://aura.abdn.ac.uk/bitstream/2164/2205/1/cool_farming_full_report_copy.pdf)
7. BERANOVSKÝ, Jiří, KAŠPAROVÁ, Monika, MACHOLDA, František. *Energie vody* [online]. 2007 [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-vody>

8. BIEMANS, M., WAARTS, Y., NIETO, A., GOBA, V., JONE-WALTERS, L. ZÖCKLER, CH. *Impacts of biofuel production on biodiversity in Europe*. Tilburg: European Centre for Nature Conservation, 2008. ISBN 978-90-76762-7-2.
9. BLUNK, S. L., B. M. JENKINS, R. E. ALDAS, R. ZHANG, P. ZHONGLI, C. W. YU, N. R. SKAR, Y. ZHENG (2005): Fuel properties and characteristics of saline biomass. In: American Society of Agricultural Engineers (ASAE)
10. BSV SAATEN. *Szarvasi 1 - ungarisches Energiegras* [online]. 2014 [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: [http://bsv-saaten.de/no\\_cache/landwirtschaft/biogas/szarvasi/?sword\\_list%5B0%5D=szarvasi](http://bsv-saaten.de/no_cache/landwirtschaft/biogas/szarvasi/?sword_list%5B0%5D=szarvasi)
11. BUTLER, T. J., J. P. MUIR (2006): *Dairy manure compost improves soil and increases tallwheatgrass yield*. In: Agronomy Journal 98, 1090-1096.
12. CELJAK, Ivo, BOHAC Jaroslav. *Využití biomasy rychle rostoucích dřevin v energetice sídel* [online]. 2008 [cit. 2014-02-03]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-biomasy-rychle-rostoucich-drevin-v-energetice-sidel>
13. CURRAN, MARY Ann. *Environmental life-cycle assessment*. The International Journal of Life Cycle Assessment. 1996, vol. 1, issue 3, s. 179-179. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/BF02978949>
14. ČSN EN ISO 14040. *Environmentální management-Posuzování životního cyklu- Požadavky a směrnice*. Praha: Český normalizační institut, 2006. 68 s.
15. ČSN EN ISO 14044. *Environmentální management-Posuzování životního cyklu- Požadavky a směrnice*. Praha: Český normalizační institut, 2006. 68 s.
16. DAUBER, J. *The impact of biomass crop cultivation on temperate biodiversity*. GCB Bioenergy, 2010, vol. 2, p. 289 - 309.
17. DE KLEIN, C, et al. 2006. *N<sub>2</sub>O emissions from managed soils, and CO<sub>2</sub> emissions from lime and urea application : IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. [s.l.] : [s.n.], 54 s.

18. DIVIŠ, Jiří. *Kukuřice – zdroj energie. In Kukuřice v praxi 2010*, Mendlova univerzita v Brně, 2010, KWS Osiva, s. r. o., s. 24–27.
19. DIVIŠ, Jiří. *Pěstování rostlin.: 2., dopl. vyd.* České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2010, 260 s. ISBN 978-80-7394-216-8.
20. EKOSTRÁŽCE.CZ. *Cyklus CO<sub>2</sub> při spalování biomasy* [online]. 2012 [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <http://www.ekostrazce.cz/texty/obnovitelne-zdroje>
21. ERISMAN W., SUTTON M., GALLOWAY J. AND WINIWARTE W. *How a century of ammonia synthesis changed the world* [online]. 2008 [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: [http://www.qsinano.com/pdf/how\\_ ammonia\\_synthesis\\_change\\_world.pdf](http://www.qsinano.com/pdf/how_ ammonia_synthesis_change_world.pdf)
22. ERU., *Roční zpráva o provozu ES ČR 2012* [online]. 2013 [cit. 2014-02-07]. Dostupné z: [http://www.eru.cz/user\\_data/files/statistika\\_elektro/rocní\\_zprava/2012/RZ\\_elektro\\_2012\\_v1.pdf](http://www.eru.cz/user_data/files/statistika_elektro/rocní_zprava/2012/RZ_elektro_2012_v1.pdf)
23. EurObsert'ER,. *Etát des énergies renouvelables en Europe 2012* [online]. [cit. 2014-02-10]. Dostupné z: [http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat\\_baro/barobilan/barobilan12.pdf](http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat_baro/barobilan/barobilan12.pdf)
24. EUROFARMS s.r.o. *Ústní sdělení* (2013)
25. EVANS J. *Measurements of the Radiative Surface Forcing of Climate*. North West Research Associates, Bellevue. 2006, č. 18.
26. FAVA, J; POMPER, S. (1997): *Life-Cycle Critical Review! Does It Work?*, *Int. J. LCA*, 145-153 s.
27. FOTT, P., PRETEL, J., (2003): *Národní zpráva České republiky o inventarizaci emisí skleníkových plynů*. ČHMÚ, 97 s.
28. FRYDRYCH, J; ANDERT D; JUCHELKOVÁ, D. *Výnosový potenciál trav vhodných k energetickému využití* [online]. 2009 [cit. 2013-02-26]. Dostupné z: <http://svt.pi.gin.cz/vuzt/publ/P2009/008.PDF>.

29. FUKSA, Pavel, HAKL, Josef: *Využití pícních plodin pro výrobu bioplynu*. Biom.cz [online]. 2009-11-25 [cit. 2014-02-11]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-picnich-plodin-pro-vyrobu-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655.
30. GEBER, U. *Cutting frequency and stubble height of reed canary grass (Phalaris arundinacea L.): influence of quality and quantity of biomass for biogas production*. Grass and Forage (2002), Science, vol. 57, no. 4, s. 389-394.
31. GLOBAL ENERGY STATISTICAL YEARBOOK 2013 [online]., 2013 [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <http://yearbook.enerdata.net/energy-consumption-data.html>
32. GUINÉE, J. B., HEIJNGS, R., (2005). *Life Cycle Assessment*. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology.
33. HÁJEK M. *Obnovitelné zdroje energie pro venkov i teplárenství*,. 2004, ALDIS - Hradec Králové. [Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR], 2004. ISBN 80-239-2824-4.
34. HAVLÍČKOVÁ, Kamila. *Rostlinná biomasa jako zdroj energie*. Průhonice: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví s Novou tiskárnou Pelhřimov, 2008, 83 s. ISBN 978-80-85116-65-6.
35. HAVLÍČKOVÁ, Kamila. *Zhodnocení ekonomických aspektů pěstování a využití energetických rostlin: vědecká monografie*. 1. vyd. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2007, 92 s. ISBN 978-80-7040-948-0.
36. HENDRICKSON, Chris T, Lester B LAVE a H MATTHEWS. *Environmental life cycle assessment of goods and services: an input-output approach*. Washington, DC: Resources for the Future, c2006, viii, 262 p. ISBN 978-193-3115-245.
37. HOLUB, C. *Szarvasi I* [online]. 2011 [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.holub-consulting.de/Pflanzensorten.html?Szarvasy>

38. HORNE, Ralph, Tim GRANT a Karli VERGHESE. *Life cycle assessment: principles, practice, and prospects*. Collingwood, Vic.: CSIRO Pub, c2009, xi, 175 p. ISBN 06-430-9452-0.
39. HUTLA, Petr: *Chrastice rákosovitá - pěstování a možnosti využití*. Biom.cz [online]. 2004-03-10 [cit. 2014-02-10]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/chrastice-rakosovita-pestovani-a-moznosti-vyuziti>>. ISSN: 1801-2655.
40. ISO (2006a) ISO 14040:2006 'Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework.' International Organization for Standardization, Ženeva
41. JANALÍK, Radim. *Zdroje energie* [online]. Ostrava, 2012 [cit. 2014-01-28]. Dostupné z: [http://kke.zcu.cz/\\_files/projekty/enazp/17/IUT/098\\_Zdroje\\_energie\\_-\\_Janalik\\_-\\_P3.pdf](http://kke.zcu.cz/_files/projekty/enazp/17/IUT/098_Zdroje_energie_-_Janalik_-_P3.pdf). Vysoká škola báňská.
42. JENÍK, Jan. *Nebezpečí oteplování Země: zpráva Greenpeace*. Vyd. 1. Editor Jeremy K Leggett. Praha: Academia, 1992, 358 s. ISBN 80-200-0452-1.
43. KADRNOŽKA, Jaroslav. *Energie a globální oteplování: Země v proměnách při opatřování energie*. Vyd. 1. Brno: VUTIUM, 2006, 189 s. ISBN 80-214-2919-4.
44. KALVOVÁ, Jaroslava. *Klima a jeho změna v důsledku emisí skleníkových plynů*. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova, 1996c1995, 161 s. ISBN 80-718-4315-6.
45. KÁRA, Jaroslav. *Energetické rostliny: technologie pro pěstování a využití*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2005, 81 s. ISBN 80-868-8406-6.
46. KAVKA, M, et al. *Normativy zemědělských výrobních technologií*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2006. 376 s.
47. KIEHL, J. T. a E. TRENBERTH. *Earth's Annual Global Mean. Energy Budget*. 1997, č. 1.

48. KOČ, Břetislav. *Šance pro vítr*. 1. vyd. Brno: EkoCentrum, 1996. ISBN 80-901-6688-1.
49. KOČÍ, Vladimír. *Posuzování životního cyklu Life Cycle Assessment - LCA*. Vyd. 1. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, 2009, 263 s. ISBN 978-80-86832-42-5.
50. KOČÍ, Vladimír: *Problematika posuzování životního cyklu biopaliv*. Biom.cz [online]. 2011-11-14 [cit. 2014-03-18]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/problematika-posuzovani-zivotniho-cyklu-biopaliv>>. ISSN: 1801-2655.
51. KOHOUT, P., et al. *Rychle rostoucí dřeviny v energetice (topoly a vrby)*. ZFJČU. České Budějovice: 2010. 101 s. ISBN 978-80-7394-247-2
52. KOLONIČNÝ J., HASE V. *Využití rostlinné biomasy v energetice*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2011. ISBN 80-248-2541-4.
53. KOTOVICOVÁ, Jana. *Čistší produkce*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003, 129 s. ISBN 978-80-7157-675-4.
54. LARSSON, Sylvia. *Fuel pellet production from reed canary grass*. Umeå: Swedish University of Agricultural Sciences, 2008. ISBN 978-918-5913-985.
55. LEWANDOWSKI, I., SCURLOCK, J.M.O., LINDVALL, E., CHRISTOU, M. *The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe*. Biomass and Bioenergy, 2003, vol. 25, p. 335-361. <http://www.upbiofuel.com/wp-content/uploads/2012/06/dev-statu-of-perennial-energy-crops.pdf>
56. LIBRA, Martin, POULEK, Vlastimil. *Zdroje a využití energie*. 1. vyd. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007, 141 s. ISBN 978-80-213-1647-8.
57. LIU W. & R.-C. WANG. *Tall wheatgrass* [online]. 2008 [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: [https://plants.usda.gov/plantguide/pdf/pg\\_thpo7.pdf](https://plants.usda.gov/plantguide/pdf/pg_thpo7.pdf)

58. MALAŤÁK, Jan a Petr VACULÍK. *Biomasa pro výrobu energie: vědecká monografie*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008, 206 s. ISBN 978-80-21-31810-6.
59. MASTNÝ, Petr, DRÁPELA Jiří, MIŠÁK Stanislav, MACHÁČEK Jan, PTÁČEK Michal a PAVELKA Tomáš. *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, 254 s. ISBN 978-80-01-04937-2
60. MENICHETTIA E., OTTOB M. *Energy Balance & Greenhouse Gas Emissions of Biofuels from a Life Cycle Perspective* [online]. France, 2009 [cit. 2014-04-22]. Dostupné z: [http://np-net.pbworks.com/f/SCOPE%20\(2009\)%20Energy%20Balance%20%26%20GHG%20Emissions%20of%20Biofuels%20from%20a%20Life%20Cycle%20Perspective.pdf](http://np-net.pbworks.com/f/SCOPE%20(2009)%20Energy%20Balance%20%26%20GHG%20Emissions%20of%20Biofuels%20from%20a%20Life%20Cycle%20Perspective.pdf)
61. MEZŐGAZDASÁGI KUTATÓ-FEJLESZTŐ KÖZHASZNÚ TÁRSASÁG: "Szarvasi-1" energiafű. [online]. 2008 [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: <http://www.energiafu.hu/nemesit.html>
62. MOLDAN, B. (2010). *Konference OSN o životním prostředí a rozvoji Rio de Janeiro: 3. 14 června 1992, Dokumenty a komentáře*. Praha: Management Press, 260 s.
63. MOTLÍK, J. *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v ČR*. Praha. ČEZ 2007
64. MOUDRÝ, Jan, STRAŠIL Zdeněk. *Energetické plodiny v ekologickém zemědělství*. Hradec Králové: Spolek poradců v ekologickém zemědělství, 1998, 56 s.
65. MURTINGER, Karel. *Energie z biomasy*. 1. vyd. Brno: ERA, 2006, vi, 94 s. ISBN 80-736-6071-7.
66. NÁTR, Lubomír. *Země jako skleník: proč se bát CO<sub>2</sub>?*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2006, 142 s. Průhledy (Academia), sv. 2. ISBN 80-200-1362-8.
67. NEMEŠOVÁ, I., PRETEL, J.: *Skleníkový efekt a životní prostředí*, MŽP ve spolupráci s ČHMÚ a Ústavem fyziky atmosféry AV ČR, Praha, 1998,

68. NIGGLI, Urs. *Zemědělství s nízkými emisemi skleníkových plynů: mitigační a adaptační potenciál trvale udržitelných zemědělských systémů*. Olomouc: Bioinstitut, c2011, iii, 22 s. ISBN 978-80-87371-11-4.
69. OCHODEK, Tadeáš, Jan KOLONIČNÝ a Pavel JANÁSEK. *Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy: studie v rámci projektu Možnosti lokálního vytápění a výroby elektřiny z biomasy*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2006, 185 s. ISBN 80-248-1207-X.))
70. PASTOREK, Zdeněk, KÁRA Jaroslav, JEVIČ Petr. *Biomasa: obnovitelný zdroj energie*. Praha: FCC Public, 2004, 286 s. ISBN 80-865-3406-5
71. PETR, Jiří a Jozef HÚSKA. *Speciální produkce rostlinná*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita, Agronomická fakulta, 1997, 193 s. ISBN 80-213-0152-X.
72. PETRÁNEK, Jan. *Encyklopedie geologie*. České Budějovice: JIH, 1993, 246 s. ISBN 80-900-3512-4.
73. PETŘÍKOVÁ, et al. *Energetické plodiny*. 2006. 127 s.
74. PETŘÍKOVÁ, Vlasta. *Pěstování rostlin pro energetické účely*. [Česko: s.n.], 2005, 32 s. ISBN 80-239-5497-0
75. PETŘÍKOVÁ, Vlasta. *Rostliny pro energetické účely* [online]. Praha: Česká energetická agentura, 2011 [cit. 2014-02-03]. Dostupné z: [http://www.mpo-efekt.cz/dokument/99\\_8089.pdf](http://www.mpo-efekt.cz/dokument/99_8089.pdf)
76. PROKOP, M. (2008): *Sklizeň kukuřice na siláž v roce 2008*, Agromanuál 9, ISSN 1801-4895, 44 – 45 s. Doporučené výsevky polních plodin. 2011, 10/2011. Dostupné z: <http://www.agrokop.com/produkty-2/produkty/doporucene-vysevky-polnich-plodin>
77. QUASCHNING, Volker. *Obnovitelné zdroje energie*. Vydání první. Praha: Grada, 2010. 295 s. ISBN 978-80-247-3250-3.
78. REMTOVÁ, K; PRIBYLOVÁ, M. *Využití metody LCA v České republice: Porovnání životního cyklu výroby*. Praha: VŠE Praha, 2001. 79 s.



79. REMTOVÁ, Květa. *Posuzování životního cyklu - metoda LCA*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2003, 15 s. ISBN 80-721-2232-0.
80. RETANA, J., D. R. PARKER, C. AMRHEIN, A. L. PAGE, 1993: *Growth and trace element concentrations of five plant species grown in a highly saline soil*. In: *Journal of Environmental Quality* 22, 805-811.
81. ŘÍMOVSKÝ, Karel, HRABĚ, František, VÍTEK, Lubor. *Pícninářství : polní pícniny*. Brno : Vysoká škola zemědělská v Brně, 1989. 165 s.
82. SAHRAMAA, M., IHAMAKI, H., JAUHAINEN, L., 2008: *Variation in biomass related variables of reed canary grass*. *Agricultural and Food*. Vol. 12 (2003) p. 213-225.
83. SÁNDOR CSETE ET AL., *Tall Wheatgrass Cultivar Szarvasi-1 (Elymus elongatus subsp. ponticus cv. Szarvasi-1) as a Potential Energy Crop for Semi-Arid Lands of Eastern Europe*. 2011. University of Pécs, Hungary.
84. SATISH, Joshi. *Product Environmental Life-Cycle Assessment Using Input-Output Techniques*. Institute of Technology and Yale University, 2000, Volume 3, Number 2 & 3.
85. SCHEER, Hermann. *Sluneční strategie: politika bez alternativy*. Praha: Nová Země, c1999, 284 s. ISBN 80-902-5350-4.
86. SCHEINOST, P, TILLEY, D. G a M. STANNARD. *Tall Wheatgrass Thinopyrum ponticum* [online]. 2008 [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: [http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_PLANTMATERIALS/publications/wapmcp8366.pdf](http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_PLANTMATERIALS/publications/wapmcp8366.pdf)
87. SCHRABAUER, Josef. *Trockentolerante, Perennierende graserarten für eine futternutzung bzw. energetische verwertung im semihumiden und semiariden productionsgebiet*. Wien, 2010. Masterarbeit. Universität für Bodenkultur Wien.
88. SINGH, S.; BAKSHI, BR, *Eco-LCA: A tool for quantifying the role of ecological resources in LCA*, 2009. ISSST '09. IEEE International Symposium on , vol., no, pp.1,6, 18 - 20 května 2009.. doi: 10.1109/ISSST.2009.5156770

89. SKLÁDANKA JIŘÍ 2006. *Kukuřice setá* [online]. 2006 [cit. 2013-11-21]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_222\\_multitext/picniny/sklady.php?odkaz=kukurice.html](http://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/picniny/sklady.php?odkaz=kukurice.html)
90. SLADKÝ, Václav. *Příprava paliva z biomasy: studijní zpráva = Fuelprocessing from biomass : review*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1996, 50 s. Studijní informace. ISBN 80-861-5340-1.
91. SMOLIAK, S., R. L. DITTERLINE, J. D. SCHEETZ, L. K. HOLZWORTH, J. R. SIMS, L. E. WIESNER, D. E. BALDRIDGE, G. L. TIBKE (1990): *Montana Interagency Plant Materials Handbook EB 69. Field Offices USDA-SCS and Montana State University Extension Service*, Bozeman.
92. SOLOMON, S., D. QIN, M. MANNING, R.B. ALLEY, *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, 2007, N.Y., USA
93. SRDEČNÝ, Karel, TRUXA Jan. *Obnovitelné zdroje energie v jižních Čechách a Horním Rakousku*. Praha: EkoWATT, 2000, 77 s. ISBN 80-238-6584-6.
94. STRAŠIL, Zdeněk et al. *Trávy jako energetická surovina: certifikovaná metodika pro praxi*. Vyd. 1. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, 2011, 36 s. ISBN 978-80-7427-078-9.
95. ŠANTRŮČEK, Jaromír. *Encyklopedie pícninářství*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2007, 157 s. ISBN 9788021316058.
96. ŠANTRŮČEK, Jaromír. *Základy pícninářství*. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Agronomická fakulta, 2001, 139 s. ISBN 80-213-0764-1.

97. ŠKORPÍK, Jiří. *Fosilní paliva, jejich využití v energetice a ekologické dopady, Transformační technologie*, 2011-04, [date of last update 2011-06]. Brno: Jiří Škorpík, [online] pokračující zdroj, ISSN 1804-8293. Dostupné z <http://www.transformacni-technologie.cz/fosilni-paliva-jejich-vyuziti-v-energetice-a-ekologicke-dopady.html>.
98. ŠNOBL, Josef. *Rostlinná výroba IV.: (chmel, len, konopí, využití biomasy k energetickým účelům)*. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Agronomická fakulta, Katedra rostlinné výroby, 2004, 119 s. ISBN 80-213-1153-3.
99. THOMAS, Larry. *Coal geology*. Chichester, West Sussex, England: Wiley, 2002, ix, 384 p. ISBN 04-714-8531-4.
100. USDA NRCS, *United states department of agriculture, natural resources conservation sevice*. [online]. 2008 [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: [http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/mt/plantsanimals/?cid=nrcs144p2\\_057761](http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/mt/plantsanimals/?cid=nrcs144p2_057761)
101. UŠŤÁK, Sergej. *Pěstování chrastice rákosovité Phalaris arundinacea L. pro výrobu bioplynu: metodika pro praxi*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2012, 24 s. ISBN 978-80-7427-101-4.
102. VANLOON. *Environmental Chemistry a Global Perspective: A Global Perspective*. New York: Oxford University Press, 2000, 492 s. ISBN 01-985-6440-6.
103. VOŠTA, M.; BIČ, J.; STUHLÍK, J. *Energetická náročnost: determinanta změn toků fosilních paliv a implikace pro EU a ČR*. Příbram: Professional Publishing, 2008. 173 s. ISBN 978-80-86946-93-2.
104. VRÁBLÍKOVÁ, J.. *Úvod do agroenergetiky*. FŽP UJEP. Ústí nad Labem : FŽP UJEP, 2000. 142 s. ISBN 80-7044-231-X
105. VRZAL a kol. (1995), *Základy pěstování kukuřice a jednoletých pícnin*. Praha: institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství České republiky, 1995. ISBN 80-7105-097-0.

106. VÚKOZ. *Seznam rostlin vhodných k pěstování za účelem využití biomasy pro energetické účely* [online]. 2013 [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: [http://www.vukoz.cz/dokumenty/057/seznamy/Seznam\\_2013.html](http://www.vukoz.cz/dokumenty/057/seznamy/Seznam_2013.html)
107. WEGER, Jan. *Biomasa jako zdroj energie*. [online]. 2009 [cit. 2014-02-06]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-jako-zdroj-energie>
108. WEGER, Jan. *Energetické plodiny v České republice a v EU* [online]. 2011 [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://mail.vukoz.cz/vuoz/biomass.nsf/pages/eplodiny.html>
109. 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.
110. WELSH, S. L., N. D. ATWOOD a S. GOODRICH. *A Utah Flora*. Utah: Brigham Young University Press., 2003. Third edition.
111. World Energy Scenarios: Composing energy futures to 2050 [online]. 2013 [cit. 2014-02-06]. Dostupné z: [http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/10/World-Energy-Scenarios\\_Composing-energy-futures-to-2050\\_Executive-summary.pdf](http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/10/World-Energy-Scenarios_Composing-energy-futures-to-2050_Executive-summary.pdf)
112. ZIMOLKA, J. a kol. (2008): *Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry*. 1. vyd. Praha: Profi Press s.r.o., ISBN 978-80-86726-31-1, 300 s.
113. ZIMOVÁ, Dana. *Energetické plodiny: (studie VTR)*. [1. vyd.]. Praha: UVTIZ, 1991, 43 s.
114. ZOD, *Výroční správa rostlinné výroby ZOD Kestřany*, 2013
115. ŽALUD, Z., 2009: *Climate change and Czech agriculture - impacts and adaptations : monografie*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 154 s. ISBN 978-80-7375-369-6.