

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: M4101 Zemědělství

Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině

Katedra: Agroekosystémů

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

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
Způsoby energetického využívání fytomasy

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jaroslav Bernas

Autor: Bohumil Janák

České Budějovice, 28. duben 2015

## Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářské 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 práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 28. 4. 2015

---

Bohumil Janák

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu práce Ing. Jaroslavu Bernasovi za cenné rady a připomínky, které mi poskytoval při tvorbě bakalářské práce.

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce v první části pojednává o obnovitelných a neobnovitelných zdrojích, využívání energetických zdrojů celosvětově i v České republice, o možnostech využití biomasy a fytomasy rostlin. Další část se zabývá pěstováním vybraných energetických rostlin, jimiž jsou víceletá tráva chrastice rákosovitá a jednoletý druh kukuřice setá. Praktická část bakalářské práce popisuje maloparcelkové pokusy s chrasticí rákosovitou a kukuřicí setou. Zaznamenány jsou výsledky z pokusů a jsou porovnány s odbornou literaturou.

**Klíčová slova:** Biomasa, kukuřice, chrastice, pěstování

## **ABSTRACT**

Bachelor thesis in the first part deals with renewable resources, use of energy resources worldwide and in the Czech Republic, the possibilities of using biomass and phytomass plants. Another part deals with the cultivation of selected energy plants, which are multi-reed canary grass and annuals kind of Maize. The practical part describes the small-plot experiments with reed canary grass and corn rucola. Reported the results of experiments and compared with literature.

**Keywords:** Biomass, corn, reed, growing

## Obsah

1	Úvod.....	7
2	Literární přehled .....	8
2.1	Obnovitelné a neobnovitelné zdroje energie.....	8
2.2	Využívání energetických zdrojů celosvětově i v České republice.....	9
2.3	Obnovitelné a neobnovitelné zdroje v České republice.....	10
2.4	Biomasa.....	11
2.4.1	Energetické využití biomasy v ČR .....	14
2.5	Fytomasa .....	15
2.5.1	Typy fytomasy a jejich využití .....	15
2.5.2	Způsoby energetického využívání fytomasy .....	16
2.6	Energetické byliny .....	18
2.6.1	Jednoleté energetické rostliny.....	18
2.6.2	Víceleté energetické rostliny .....	18
2.7	Chrastice rákosovitá a její energetické využití.....	19
2.7.1	Nároky na pěstitelské stanoviště.....	19
2.7.2	Nároky na hnojení a výživu .....	20
2.7.3	Sklizeň chrastice rákosovité.....	21
2.7.4	Potřeba živin při pěstování na bioplyn .....	21
2.7.5	Současné způsoby využití chrastice rákosovité v energetice.....	22
2.8	Kukuřice setá a její energetické využití .....	25
2.8.1	Nároky na pěstitelské stanoviště.....	25
2.8.2	Nároky na hnojení a výživu .....	27
2.8.3	Sklizeň kukuřice seté .....	28
2.8.4	Kukuřice na bioplyn.....	28
3	Cíl bakalářské práce.....	31
4	Materiál a metodika .....	32

4.1	Lokalita .....	32
4.2	Metodika založení porostů .....	32
4.3	Sklizení.....	33
4.4	Konzervace vzorků.....	33
5	Výsledky a diskuze .....	35
6	Závěr .....	42
7	Přehled použitých literárních zdrojů.....	43

# 1 Úvod

V současnosti je zcela zřejmě zaznamenáván nárůst spotřeby energie v mnoha průmyslových i rozvojových zemích světa. Zdrojů energie, které lidstvo může efektivně využívat, však není příliš mnoho.

Stále nejvýznamnější zdroj energie představují fosilní paliva (ropa, uhlí, zemní plyn), která jsou velmi intenzivně používána s rozvojem průmyslu během posledního století. Rostoucí spotřeba fosilních paliv však dále vede ke zvýšení koncentrace oxidu uhličitého v zemské atmosféře. Dle některých studií oxid uhličitý ruku v ruce s dalšími skleníkovými plyny (oxid dusný, metan) zabraňuje dalšímu úniku tepla do vesmíru, což se stává příčinou negativního globálního oteplování. Je možné, že také v tomto století dojde k podstatnému či téměř úplnému vyčerpání některých fosilních zásob používaných v energetice a chemickém průmyslu.

Alternativním zdrojem se mohou stát obnovitelné zdroje energie. Tyto zdroje odpovídají v zásadě udržitelnému rozvoji, což se stává uspokojení současných potřeb bez dalšího ohrožení schopnosti uspokojit potřeby následných generací. Požadavek na maximální využívání obnovitelných zdrojů se stalo jedním z klíčových bodů energetické politiky Evropské unie.

## 2 Literární přehled

### 2.1 Obnovitelné a neobnovitelné zdroje energie

Obnovitelného zdroje energie (OZE) jsou podle zákona (ČR) o životním prostředí definovány jako „Přírodní obnovitelné zdroje mají schopnost se při postupném spotřebovávání úplně nebo částečně obnovovat a to samy či za přispění člověka“ (Štysová, 2009).

Mluví-li se o obnovitelných zdrojích energie, přichází především na mysl efektivní využívání energetických přírodních zdrojů k výrobě elektrické a tepelné energie. Týká se to zdrojů, které bývají v podstatě nevyčerpatelné a stále se dokola obnovují, jako je slunce, vítr, voda a biomasa (Váňa, 2003).

Dle Petříkové (2004) se obnovitelnými zdroji energie rozumí nefosilní obnovitelné zdroje energie (vítr, geotermální energie, sluneční energie, energie vln a přílivu, biomasa, energie vody, plyn ze skládek, z čistíren odpadních vod a bioplyny) v souladu s § 31 zák. č.458. „Elektrickou energii vyrobenou z obnovitelných zdrojů energie“ se ukazuje elektrická energie vyrobená v zařízeních, která využívají jen obnovitelné zdroje energie a část elektrické energie vyrobené z určených obnovitelných zdrojů energie v hybridních zařízeních, která využívají také konvenční zdroje energie, a to včetně elektrické obnovitelné energie používané k doplnění akumulčních systémů, ale s určitou výjimkou elektrické energie vyrobené jako výsledek těchto akumulčních systémů (Mackey, 2008). „Spotřebou elektrické energie“ je uváděna vnitrostátní výroba elektrické energie včetně vlastní výroby, s odečtením vývozu a připočtením dovozu (národní hrubá spotřeba elektrické energie)“ (Murtinger, 2006).

Za neobnovitelné zdroje energie jsou obvykle považovány takové zdroje energie, jejíž vyčerpání je očekáváno v horizontu maximálně následujících stovek let, ale případné obnovení těchto zdrojů by trvalo mnohonásobně déle (Koloničný, 2011). Typickými příklady neobnovitelných zdrojů energie jsou především fosilní paliva - ropa, uhlí, zemní plyn, rašelina. Dále sem také patří jaderná energie, neboť přirozené přírodní zásoby štěpných materiálů jsou také vyčerpatelné (Štysová, 2009).



## 2.2 Využívání energetických zdrojů celosvětově i v České republice

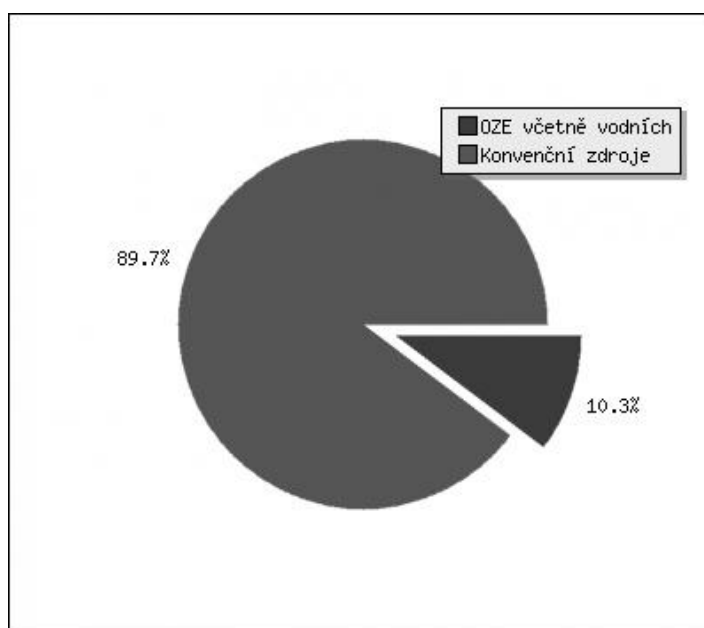
Za pomoci vnějších dodávek energie těžba fosilních paliv (ropa, uhlí, zemní plyn) lze zajišťovat energetické zdroje (Koloničný, 2011). Energetické zdroje, které vznikají dlouholetou transformací sluneční energie bylin dávné minulosti, popřípadě rozkladem materiálů rostlinného či živočišného původu (Vráblíková, 2000). Hlavním cílem státu je nahrazovat energetickou potřebu fosilních paliv a tím dále snižovat také nebezpečí ohrožení životního prostředí škodlivinami (SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) (Vráblíková, 2000).

Celjak et al, (2007) uvádí, že sklady fosilního paliva bývají většinou velmi obtížně doboyté sklady, které byly naplňovány a budovány velmi dlouho a důkladně. Tyto sklady po jejich eventuálním vyprázdnění už nikdo dále nedoplňuje, resp. jak se mnohdy povídá, tyto zdroje se již neobnovují.

Význam OZE v energetice České Republiky roste. Každoročně stoupá jimi vyrobené množství energie i podíl na celkové vyrobené energii v ČR. V roce 2013 bylo z těchto zdrojů vyrobeno 9 244 GWh, což je o 14,6 % více než v předchozím roce (MPO, 2014). Toto množství odpovídá 10,6% podílu na celkové výrobě elektřiny. V roce 2012 činil tento podíl 9,2 % (Havlíčková, 2010). Do roku 2010 byly hlavním a největším zdrojem elektřiny z OZE v ČR vodní elektrárny. Díky podpoře obnovitelných zdrojů však význam dalších druhů obnovitelných zdrojů nabýval na významu a nyní je struktura výroby elektřiny z OZE relativně pestrá a poměr jednotlivých zdrojů poměrně vyrovnaný (MPO, 2014).

V roce 2013 zaujímaly největší podíl ve výrobě elektřiny z OZE vodní elektrárny (29,6 %), následovány bioplynem (24,2 %) a fotovoltaikou (22,0 %). Dalším významným zdrojem v pořadí byla biomasa (18,1 %). V mnohem menším měřítku pak vyrobily elektřinu větrné elektrárny (5,2 %), jejichž potenciál je v ČR omezený přírodními podmínkami, a spalování tuhého komunálního odpadu (0,9 %) (MPO, 2014). Největší meziroční skok ve výrobě nastal u výroby elektřiny z bioplynu, zde byl zaznamenán nárůst o 52,7 %. Tento vývoj odráží výhodné podmínky a poskytování podpory pro bioplynové stanice. Dalšími zdroji s významnou kladnou změnou výroby elektřiny jsou vodní a větrné elektrárny, ve kterých se meziročně zvýšila výroba o 28,4 %, resp. o 15,6 %. U těchto zdrojů jsou výrazné meziroční změny způsobeny příhodnými meteorologickými podmínkami, neboť instalovaný výkon se u obou typů zdrojů změnil jen minimálně (MPO, 2014).

Obr. 1 – Podíly jednotlivých zdrojů energie



Zdroj: ERÚ, MPO

### 2.3 Obnovitelné a neobnovitelné zdroje v České republice

V České republice bývají poměrně dobré podmínky pro využití energie Slunce, přestože energie záření v průběhu roku značně kolísá a nejvíce v období, kdy je slunečního záření nejvíce potřeba. Využívá sluneční energii dvěma způsoby (Vráblíková, 2000) a to pasivní cestou tzn. vhodným stavebním a architektonickým řešením objektu a aktivní cestou – bývá to mnohem efektivnější způsob využití sluneční energie. Tyto systémy lze členit na fotovoltaické (slouží pro výrobu elektřiny) a fototermické (pro výrobu tepla) (Kováč, 2009).

Sluneční záření je v bylinách přeměňováno formou fotosyntézy na chemickou energii uloženou v daných bylinách a podílí se tak na vzniku fytomasy (Celjak et al, 2007). Energie větru bývá využívána k čerpání vody v závlahových systémech, k výrobě elektrické energie a v minulosti hlavně také ke konání mechanické práce (hamr a větrný mlýn) (Libra, 2007).

Mezi další obnovitelné zdroje energie patří hydroenergie (energie vody) je obnovitelný nejvýznamnější zdroj energie, a též jediný, který se stává ekonomicky konkurenční fosilním palivům i nukleární energii (Stupavský, 2010). Principem vodní elektrárny se stává soustředění měrné energie vodního toku vybudováním jezu či přehrady, kde voda záměrně roztáčí turbínu, ta bývá na společné hřídeli s elektrickým generátorem.

Mechanická energie proudící vody se tady mění na elektrickou energii (Pastorek, 2005). Geotermální energie je projevem energie tepla zemského jádra, která vzniká přirozeným rozpadem radioaktivních prvků v hlubokých vrstvách zemského jádra a také působením slapových sil (sekundární efekt gravitace, způsobující často pokrivení těles) (Kováč, 2009). Používá se ve formě energie tepla (pro vytápění) nebo pro výrobu elektrické energie v geotermálních elektrárnách (Celjak et al, 2007). Geotermální energie se dále využívá také k individuálnímu vytápění nebo chlazení domků pomocí tepelných čerpadel. V tomto případě se jedná o využití zemního tepla, které se nachází v hloubce 2 až 3 metrů a dále zůstává stabilní během roku (Vráblíková, 2000).

Dalším zdrojem energie, jak píše Celjak et al, (2007) se stávají plynové elektrárny především vhodné z důvodu, že dále neemitují do ovzduší tak obrovské množství emisí jako např. uhelné elektrárny. Ovšem skýtají velkou nevýhodu závislosti na zahraničním plynu.

Česká republika v současné době disponuje dvěma jadernými neobnovitelnými zdroji energie. Jedná se o Temelín a Dukovany. Oba zdroje dohromady pokrývají asi čtvrtinovou spotřebu státu elektrické energie (Pastorek, 2005). V České republice se v současné době nachází 14 uhelných elektráren. Většina elektráren bývá dotována hnědým uhlím z oblasti severočeské hnědouhelné pánve a v menší míře spalující černé uhlí z oblasti Ostravska. Uhelná elektrárna je nyní největším znečišťovatelem ovzduší, co se týká produkce CO<sub>2</sub>. Česká republika patří s přídělem 15 tun na obyvatele za rok mezi evropskou špičku v produkci oxidu uhličitého. Tuto hodnotu určují právě uhelné elektrárny (MPO, 2014).

## **2.4 Biomasa**

Biomasa se rozumí biologicky rozložitelné části výrobků, odpadů a zbytků ze zemědělské produkce (včetně živočišných a rostlinných látek), lesnictví a dalších souvisejících průmyslových odvětví, a také biologicky rozložitelná část průmyslového a komunálního odpadu (Murtinger, 2006).

Za biomasu bývá v užším pojetí považována organická hmota rostlinného původu vznikající na bázi fotosyntetické konverze energie Slunce (Masonry, 2013). Pod pojmem biomasa si také lze představit substanci biologického původu, která zahrnuje fytomasu (rostlinnou biomasu) pěstovanou na půdě, hydroponicky či ve vodě, živočišnou biomasu, další vedlejší organické produkty a také organické odpady (Sladký, 1998).

Dle Moudrého a Strašila (1998) se pod pojem biomasa se celkově zahrnují veškeré přírodní produkty, které bývají výsledkem procesu fotosyntézy, schopného zachycovat 1 až 3 % dopadající sluneční energie. Podobně zní definice biomasy od Sladkého (1998) – definuje jí jako organickou hmotu ve větší míře rostlinného původu vznikající neustále na planetě Zemi v důsledku fenoménu fotosyntézy z vody, oxidu uhličitého z ovzduší a minerálních látek vázáním části dopadající energie ze Slunce. Petříková (2004) zmiňuje, že biomasou je veškerá organická hmota rostlinného, ale i živočišného původu, přičemž biomasa, která je jen rostlinného původu, se dále nazývá fytomasa, a jejím zpracováním vzniká „fytopalivo“. Biomasu také definuje Pastorek (2005) jako substanci biologického původu, tj. rostlinného a živočišného, může se dále konstatovat, že takováto hmota vždy podléhá za příznivých podmínek rozkladu (biodegradabilnímu procesu). Podle Havlíčkové (2005) biomasou v nejširším slova smyslu lze rozumět hmotu všech organismů na planetě Zemi. Zahrnuje dále, jak jejich tělesné schránky, tak i živé nebo neživé produkty jejich činnosti (obaly, semena, exkrementy, dřevo).

Havlíčková a Knápek (2005), Havlíčková (2007) uvádí, že biomasu vhodnou pro výrobu energie je možné dle způsobu jejího vzniku dělit na skupiny zabývající se zbytkovou biomasou (např. odpad z pilařské výroby, nehroubí z lesního hospodaření např. z probírek, sklizňové zbytky zemědělské prvovýroby, štěpka z údržby břehových porostů), také recyklovanou biomasou (recyklovatelné dřevo ze stavebního průmyslu, rostlinné či organické zbytky ze zpracovatelského potravinářského průmyslu) z výrobků po ukončení jejich životnosti a záměrně produkovanou biomasou (štěpka z rychle rostoucích dřevin, palivové dříví).

Vhodné rostliny pro pěstování k průmyslovému a energetickému využití v našich podmínkách lze dělit dle Kovářové, Abrahama (2002) na jednoleté (např. obiloviny, konopí, řepka, len, lnička a další alternativní olejniny), víceleté a vytrvalé (např. chřastice rákosovitá, ozdobnice čínská, rákos obecný, křídlatka japonská) a rychle rostoucí dřeviny (např. vrby, topoly, olše aj.).

Z hlediska způsobu využití dělí Murtinger (2007) biomasu do dvou následujících skupin:

- a) Suchá biomasa, s vlhkostí až 40%, kterou je možno po eventuálním vysušení spalovat (obilní sláma, dřevo, biomasa jiných energetických rostlin);

- b) Vlhká biomasa, s vlhkostí nad 40%, která se používá zpravidla k výrobě bioplynu (hnůj, kejda či kaly z čističek vod).

Jak také píše Noskievič (1996), energii z rostlin je možné získat buď přímým spalováním celých rostlin, či jejich částí, nebo popřípadě výrobou paliv z produktů z nich získaných (estery, oleje, alkoholy). Způsob získávání energie se potédále podřizuje výběru tzv. technických plodin. Perspektivně se jeví také tendence získávání biomasy z ekologicky zatížených oblastí, popřípadě určených míst určených k rekultivaci (Součková, 2005).

Dle Ustřaka (2000) bývají výsledným produktem energetických plodin biopaliva (fytopaliva), která mohou být buď: tuhá (řezanka, brikety, balíky, pelety atd.), tekutá (bionafta, rostlinné oleje, bioetanol) nebo také plynná (bioplyn). Z hlediska energetické bilance představuje tuhé fytopalivo nejvyšší energetickou účinnost využití biomasy (včetně započtení energie nutné k výrobě zařízení a strojů) a jsou o mnohé nižší, než je obsah disponibilní energie ve výsledné uvedené produkci. Biomasa bývá ze všech obnovitelných zdrojů, podle Petříkové (2004), nejpodstatnější, protože má oproti ostatním zdrojům (vítr, voda, sluneční energie) řadu výhod. Lze ji dále konzervovat až v době, kdy je zrovna potřeba. Sušenou nebo jinak konzervovanou fytomasu lze skladovat libovolně dlouho a používat ji podle konkrétních podmínek v různé kombinaci: samostatně, podle jednotlivých druhů, či společně s uhlím (Součková, 2005).

Důvodem, proč dále využívat biomasu je dle Váni (2003) to, že intenzivní používání fosilních paliv se stává pro trvale udržitelný rozvoj lidské společnosti neúnosným a řada států se dále snaží co největší podíl fosilních energií nahrazovat obnovitelnými energiemi.

Petříková (2004) uvádí, že využití biomasy pro energii při její postupné náhradě fosilními palivy má neocenitelný význam při snižování emisí všeho druhu. Nejdůležitější význam energetické biomasy bývá v tom, že značně redukuje koncentraci skleníkových plynů (především  $\text{CO}_2$ ) v ovzduší. Při spalování biomasy sice též dochází k uvolnění  $\text{CO}_2$  stejně jako při spalování daných fosilních paliv, ale v případě biomasy dochází k nulové bilanci, tzn.: kolik se  $\text{CO}_2$  uvolní při spalování, tolik jej byliny odčerpají fotosyntézou. Moudrý a Stražil (1998) souhlasí s tímto tvrzením. Při používání biomasy prodané energetické účely se uzavírá cyklus  $\text{CO}_2$ . Při spalování rostlinného materiálu se uvolňuje pouze tolik  $\text{CO}_2$ , kolik předtím bylo ze vzduchu využito fotosyntézou.

### 2.4.1 Energetické využití biomasy v ČR

V současné době leží v České republice ladem asi 0,5 mil. hektarů půdy a dále očekává se, že z hlediska potravinové produkce nebude možné dlouhodobě využívat více než 1 mil. hektarů (z celkové rozlohy to dělá více než 3 mil. hektarů orné půdy) (Petříková et al., 2006). Dále se zmiňuje, že z hlediska udržitelného rozvoje je ovšem nezbytné s touto půdou i nadále dobře hospodařit.

Biomasa se dle Havlíčkové (2007) využívá pro výrobu a také dodávku tepla v centralizovaných a lokálních systémech zásobování teplem velmi omezeně. Jenasi 20 výtopen je postaveno na výlučném použití biomasy. Použitým palivem je většinou odpadní a zbytková biomasa z místních zdrojů – dřevní odpad, piliny a štěpka (Součková, 2005). Biomasa hraje dominantní roli v budoucím předpokládaném nárůstu užití obnovitelných energetických zdrojů. Státní energetická koncepce dále předpokládá, že podíl biomasy bude dosahovat cílovému roku 2030 asi 85 % celkového podílu jak energetických primárních zdrojů, tak i v případě výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie.

Energie z biomasy by se měla používat především k vytápění obcí a to zejména tam, kde není zaveden zemní plyn (Stupavský, 2010). Rozhodování o využití biomasy musí dále zahrnovat také logistiku i ekonomické propočty a musí mu předcházet také dobře uvážená volba mezi lokálním a centrálním vytápěním biomasou, zejména u menších měst a obcí s rozptýlenou zástavbou (Pastorek, 2005).

V rámci České republiky je potřeba pečlivě vyhodnotit provoz stávajících energetických zdrojů využívajících biomasu pro výrobu elektřiny a tepla a dále zhodnotit současný trh s biomasou. Po hledání nejvhodnějších bylin, výzkumu a praktickém ověřování se na základě získaných zkušeností pro fytoenergetiku nejvíce osvědčily energetické byliny a rychle rostoucí dřeviny, jak uvádí Zelený (2004).

Energetickou biomasu je možné dle Moudrého a Strašila (1998) pěstovat nejenom na hospodářsky méně významné půdě, ale i na půdě v oblastech s vysokou imisní zátěží. Na, různým způsobem, zdevastované půdě s ohledem na nebezpečí kontaminace produkce škodlivými látkami je možné též pěstovat energetickou biomasu, také všude tam, kde je ekonomika tržních plodin neefektivní a také v dalších oblastech, kde je nutné velmi výrazné snížení vstupů chemie (Motlík, 2002). Pastorek (2004) se zmiňuje o dalších perspektivách biomasy v regionální energetice. Kromě tepláren a centrálních výtopen je

možné využít biomasu i pro výrobu briket a pelet. Význam dalšího rozvoje obnovitelných zdrojů energie výrazně roste, připomíná Mužík a Hutla (2003), a tím se stává jednou ze základních podmínek trvale udržitelného rozvoje zemědělství a také společnosti.

## 2.5 Fytomasa

Fytomasa je celkový objem rostlinné hmoty, zejména jejích organických látek, vytvářený díky působení fotosyntézy na určité územní oblasti. Je tedy dílčí součástí biomasy (Motlík, 2002). Hmotnost (množství) fytomasy se stanovuje nejvíce v suchém stavu a to bez vody (Pastorek, 2005). Název fytomasa zahrnuje veškeré organické látky rostlinného původu vznikající v přírodě v průběhu celé fotosyntézy (Havličková et al., 2008).

Zájem o využití fytomasy pro energetické účely zapříčinil rozvoj technologického oboru zvaného fytoenergetika. (Součková, Moudrý, 2005; Havličková et al., 2008). Jedná se o souhrn technologií umožňující energetické využívání biomasy. Jedná se především o přímé spalování v domovních kotlích nebo kotlích centrálního zásobování teplem (Sladký, 1996).

Do pojmu fytomasa se zahrnují veškeré organické látky rostlinného původu vznikající v přírodě v průběhu fotosyntézy, to znamená při zachycování části na Zemi dopadající energie Slunce (Zelený, 2004) – části krátkovlnného slunečního záření ve vlnových délkách 400 až 700 nm procesem tvorby organických sloučenin představovaných zejména glukózou z vody ( $H_2O$ ) a oxidu uhličitého ( $CO_2$ ) a určitého množství anorganických živin jako jsou draslík (K), fosfor (P), vápník (Ca), dusík (N) a dalších stopových prvků. (Sladký, et al., 2002)

Mezi velmi známé případy energetických rostlin lze řadit rychle rostoucí dřeviny (topoly, platany, vrby, apod.), víceleté rostliny (sloní tráva, křídlatka sachalinská, konopí seté, energetický šťovík, atd.) a jednoleté rostliny a jejich části (různé druhy slám - řepková, obilní), atd. (Neuwirtová et al., 2010).

### 2.5.1 Typy fytomasy a jejich využití

Pro fytoenergetické účely lze využít rychle rostoucí dřeviny. Mezi tyto rostliny patří topoly, pajasany, vrby, jilmy, lípy, olše, lísky, jeřáby (Staf, Skoblja, 2012). Vrby a topoly jsou z hlediska fytoenergetiky ověřené. Jilmy a pajasany jsou v současné době ověřovány. Ve fytoenergetice se tedy využívají i jednoleté, víceleté a vytrvalé rostliny. Mezi jednoleté fytoenergetické rostliny lze zařadit z obilnin tritikale a ozimé žito, konopí

seté, sudanská tráva, sléz krmný, laskavec, světlice barvířská a lnička setá (Havlíčková et al., 2008).

Mezi víceleté a vytrvalé fytoenergetické rostliny lze řadit pupalka dvouletá, slunečnice topinambur, komonice bílá, šťovík krmný a čičorka pestrá, a dále fytoenergetické trávy. Mezi fytoenergetické trávy lze řadit chrastici rákosovitou (Součková, Moudrý, 2005; Havlíčková et al., 2008).

### **2.5.2 Způsoby energetického využívání fytomasy**

Energii z biomasy lze vyzískat různými způsoby, a to buď přímo – spalováním, či nepřímo – výrobou paliv a také zpracováním na plynné nebo kapalné produkty. energii lze poté užívat pro výrobu tepla či elektřiny, nebo právě jako biopaliva (bioplyn, bionafta) (Stupavský, 2010). Pro vytápění lze využít zejména přímého spalování fytomasy. Je též možno využívat energii odpadní biomasy (zbytky potravin, krmiv, hnůj atd.). V tomto případě bývá nejběžnější technologií výroba a další použití bioplynu (Kára et al., 2001).

Současné byliny mohou být po různých úpravách, z nichž hlavní bývá sušení, využívány jako kapalné, pevné a plynné palivo (Sladký et al., 2002).

Jedním ze způsobů využití fytomasy je spalování. Ve velkých provozech elektráren nebo tepláren se pro přímé spalování fytomasy lze využít nejčastěji dřevní štěpka či sláma (Motlík, 2002). Pro vytápění menších objektů, jako např. rodinných domů bývá nutné biomasu upravit do vhodnější formy, schopné účelové manipulace při přikládání do kamen nebo krbů. (Sladký, 1996) K takovým formám patří pelety nebo brikety. Brikety mívají válcovitý tvar, jsou dlouhé asi 30 cm a lze je s úspěchem využít obvyklým způsobem, jako při přikládání dřevěných polen (Sladký, 2001). Výchřevnost bývá velmi dobrá, v podstatě se moc neliší od běžného dřeva. Brikety se vyrábějí lisováním z řezanky přímo sklizené z pole, bez dalšího přídavku jiných materiálů (Murtinger, 2006). Vedle dlouhých briket lze také vyrábět najiném typu lisu také brikety kratšího rozměru (Škvařil, 2012). Přikládají se poté do kamen stejně jako kusové uhlí. Na rozdíl od uhlí bývají právě brikety z biomasy mnohem čistší, nezatěžují další okolí škodlivými emisemi a mívají oproti uhlí nízký obsah popela. Tento popel lze poté využít jako hnojivo na zahradu či na pole (Adamovský, Svoboda, 1996). Podobné vlastnosti mívají také tzv. pelety. Bývají to drobné granule, tvarované na daných lisech, kde se vyráběly běžně krmné granule pro hospodářská



zvířata (Sobolíková, 2012). Dále jsou také i v ČR vyvinuty speciální lisy, výhradně určené k výrobě topných pelet z biomasy. Pelety mívají zpravidla průměr 0,8 - 1 cm, dlouhé jsou 1 - 4 cm. Výhodou pelet bývá možnost jejich průběžného automatického přikládání do speciálně konstruovaných kotlů. (Sladký, 2001).

Dalším ze způsobů využití fytomasy je nepřímé spalování a tímto procesem vzniká výroba bioplynu (Škvařil, 2012). Z literárních údajů dále vyplývá, že jakákoliv fytomasa může být po vhodnější mechanické úpravě, optimalizaci chemických jakostních určitých znaků a při vhodnější volbě technologie anaerobní digesce efektivně využita pro výrobu bioplynu (Fuksa, 2009).

Bioplyn je plyn produkovaný právě během anaerobní digesce organických materiálů, který se skládá zejména z oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ) a metanu ( $\text{CH}_4$ ). Energeticky hodnotný je v bioplynu vodík a metan (Stupavský, Holý, 2010). Problematickými bývají čpavek a sirovodík, které je velmi často nutné odstranit před energetickým využitím bioplynu, aby dále nepůsobili agresivně na strojní zařízení (Kára et al., 2001).

Fytopaliva lze dělit na pevná, kapalná a plynná. Při využívání dřevní hmoty převažují zatím pevná fytopaliva ve formě polen, dřevní štěpky, polínek, kůry, pilin briket a peletek. Další metody použití představují například hydrolýza či zplynování (Neuwirtová et al., 2010).

V České republice jsou hlavními představiteli kapalných fytopaliv vylisované oleje z olejnin, jako je hořčice, řepka, slunečnice, amarantus, sezam a další. Rozhodující podíl pro energetiku mívá ovšem jen olej řepkový pro výrobu bionafty, zatímco ostatní oleje mají jiné využití v lékařském průmyslu, potravinářství, farmacii. Výhledově se stane velmi významným i etanol (Sladký et al., 2002).

Bioplyn má v současné době nejvíce perspektivní význam ze všech různých plynných biopaliv. Předností všech možných metod na výrobu bioplynu je, že plní dvě téměř nezastupitelné funkce (Stupavský, Holý, 2010) a to zpracování organické odpady s vysokým obsahem vody a tvorba velmi hodnotného plynného paliva – bioplyn s obsahem do 65 % vodíku ( $\text{H}_2$ ) a metanu ( $\text{CH}_4$ ) a s malým množstvím relativně snadno odstranitelného oxidu siřičitého ( $\text{SO}_2$ ), také určitého množství oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ) a vody (Škvařil, 2012). Technologicky je možné bioplyn upravit až na zcela čistý metan

(zemní plyn), ale toto není v ČR v praxi zatím využíváno, protože původní výhřevnost téměř postačuje i pro pohon stacionárních motorů (Sladký et al., 2002).

## **2.6 Energetické byliny**

Jde o různé druhy jednoletých, víceletých i vytrvalých rostlin. Zakládání rostlinných porostů většiny těchto polních plodin spočívá v jednoduchém zasévání na volnou půdu za využití běžného secího stroje (Váňa, 2003). Energetické plodiny se velmi snadno pěstují a mohou poskytovat biomasu mnohem rychleji, než rychle rostoucí dřeviny. V případě jednoletých plodin se biomasa získává v roce zasévání, víceleté a vytrvalé druhy energetických rostlin poskytují biomasu zpravidla od druhého vegetačního roku (Petříková, 2011). Jejich hlavní předností se stává, že dosahují velmi vysokých výnosů a dají se sklízet zemědělskými sklizňovými běžnými stroji. Od potravinářských plodin se odlišují tím, že jsou pěstěny právě pro výnos hmoty a ne pro další výnos živin (Havličková, 2007).

### **2.6.1 Jednoleté energetické rostliny**

Jako energetický zdroj lze využít některé jednoleté plodiny. V úvahu v současné době připadá sláma obilnin (ječmen, pšenice, triticales, žito) a řepková sláma či celé rostliny čiroku, obilnin, konopí a dalších plodin (Moudrý, Stražil, 1999). Jednoleté rostliny mívají tu přednost, že bývají určeny pro rychlou produkci, jejich setí a právě sklizeň se provádí pomocí zemědělské běžné techniky, což není tedy vždy možné u vytrvalých rostlin. U jednoletých rostlin bývá poměr získané a vložené energie obvykle 2 : 1 (Weger et al., 2012).

### **2.6.2 Víceleté energetické rostliny**

U víceletých energetických rostlin se musí často vynaložit značné náklady při zakládání porostu. Plné využití připadá v úvahu až tedy druhým či třetím rokem. U víceletých rostlin se předpokládá, že po fázi delšího rozrůstání poskytnou mnohem vyšší výnosy než jednoleté rostliny (Moudrý, Stražil, 1999). Celková energetická rentabilita bývá u víceletých plodin lepší, poměr získané a vložené energie může být podle výnosu až 10 : 1 (Weger et al., 2012).

Obecně je platné, že energeticky a ekonomicky efektivnější bývá pěstování rostlin víceletých a vytrvalých než jednoletých tradičních, pokud se nejedná o vedlejší produkt (sláma olejin či obilovin). Pěstováním vytrvalých netradičních plodin lze efektivně

snižovat celkové náklady na produkci jednotky biomasy a zásadně tím zvyšovat poměr výstupu energie ke vstupu. Je to dáno právě tím, že při pěstování vytrvalých bylin bývají nejvyšší náklady v prvním roce při založení plantáže (Pastorek, 2005). Tyto náklady mohou být také mnohem vyšší než právě u tradičních plodin. V následujících letech klesají celkové náklady na pěstování vytrvalých rostlin, protože odpadají náklady na zpracování půdy a také setí, snižují se další náklady na hnojení, chemickou ochranu atd. (Havlíčková, 2007)

## **2.7 Chrastice rákosovitá a její energetické využití**

Chrastice rákosovitá se stává v současných podmínkách České republiky cizosprašným původním (autochtonním) druhem. Je přirozeně rozšířena na celém území České republiky, hlavně všude tam, kde bývá dostatek půdní vláhy (Stražil, 2006). Je to velmi vlhkomilná rostlina rostoucí ve vlhkém prostředí, tj. na mokřích loukách, v říčních rákosinách, na březích vodních ploch, v lužních lesích na mokřích, humózních, neutrálních, písčitohlinitých půdách (Souček, 2011).

Dle současných poznatků má chrastice rákosovitá velmi rozsáhlý potenciál víceúčelového využití, a to jako rostlina energetická, technická a půdoochranná (Kuncová, 2004).

### **2.7.1 Nároky na pěstitelské stanoviště**

Chrastice rákosovitá je velmi energetická perspektivní rostlina pro podmínky našeho mírného klimatického pásma s řadou jedinečných vlastností. Předností chrastice se stává ekologická široká amplituda. Z hlediska nižších teplot jí nevadí holomrazy, ale ani pozdní mrazíky. Chrastici se nejlépe daří na těžších půdách s bohatou zásobou určitých živin. Na půdní reakci chrastice není zvláště citlivá (Hutla, 2004). Chrastice je velmi dobře přizpůsobivá půdní reakci v rozmezí pH 4,0 - 7,5 s optimem okolo pH 5,0. Po zakořenění jí nevadí ani delší přísušek. Uplatňuje se ve většině případů na všech půdách a to i při přebytku či nedostatku vláhy. Dobře snáší také zaplavení, tak i krátkodobé zastínění. Je to vytrvalá rostlina a dále vydrží při vhodné agrotechnice na stejném územním stanovišti více než 10 let (Kuncová, 2004). Nejvyšších výnosů z pěstování chrastice bylo dosahováno v letech s vyšším srážkovým úhrnem a právě na půdách, kde se hranice spodní vody pohybuje okolo 30 – 40 cm. V přirozených travních porostech se chrastice rákosovitá ve většině případů vyskytuje v okolí větších i menších vodních toků. Její rozšiřování

vysoko do hor poukazuje na její obrovskou odolnost vůči klimatickým drsným podmínkám (Weger et al., 2012). Obzvláště bývá vhodná pro efektivní další zužitkování zamokřených půd. V takových to případech lze založení a pěstování víceletých porostů chrastice považovat za určitý fyto-meliorační postup, který dále zajišťuje přijatelné vysušení a hospodářské zužitkování dobře zamokřených pozemků (Ust'ák et al., 2012, Souček, 2011). Po zakořenění chrastici rákosovité neškodí ani delší přísušek. Holomrazy ani jarní pozdní mrazíky jí neškodí (Malat'ák a Vaculík, 2008).

### 2.7.2 Nároky na hnojení a výživu

Uvádí se, že chrastice rákosovitá je poměrně náročná na živiny. S přihlédnutím na fakt, že doporučená dávka dusíku obvykle nepřesahuje 100 kg/ha za rok, lze tuto rostlinu považovat za méně náročnou na živiny. Existuje řada výsledků, při kterých bylo dosaženo vysokých výnosů chrastice při pěstování bez hnojení dusíkem (5 až 7 t sena z 1 hektaru) (Souček, 2011). Obecně jsou v České republice na úrodnějších půdách dostačující každoroční dávky N 50 až 80 kg.ha<sup>1</sup> (Stražil et al., 2006).

Při hnojení je nutné také uvažovat, jaká bývá zásoba živin v půdě, kde se rostlina pěstuje a jakých výnosů lze dosáhnout na daném stanovišti. Tedy jaké množství živin odchází z pole se sklizenou fyto-masou (Kabrhel, 2002). Při pěstování chrastice rákosovité k energetickým účelům lze porost zakládaný na více let přihnojovat průmyslovými P, N, K hnojivy každoročně a to hned po sklizni (Kuncová, 2004, Stražil a kol., 2006)

Porosty chrastice určené pro energetické využití se zakládají velmi podobně jako na píci. Chrastice se vysévá do užších řádků 12,5-30 cm. Výsevek většinou činí v čisté kultuře 20-25 kg/ha semene. Dobře založené porosty drží i několik let. Rostliny se často doporučují se sklízet po zimě velmi brzy na jaře, kdy mívají nízký obsah vody (12 - 20 %) (Petříková et al., 2006).

Škůdci ani choroby obvykle u chrastice nečiní velké problémy. Za určitých podmínek se vyskytují listové choroby (*Helminthosporium* sp., *Stagnospora* sp.). Proti plevelům bývá možné aplikovat herbicidy, které se využívají do jarních obilnin, a to nejlépe ve fázi 2 - 5 listů chrastice rákosovité (Weger et al., 2012).

### **2.7.3 Sklizeň chrastice rákosovité**

Chrastice rákosovitá určená pro přímé spalování se v daném roce výsevu sklízí většinou případů na jaře, kdy se seká na řádek a dále se lisuje do balíků. Samotné sklízecí mechanismy se někdy upravují tak, že se snižují otáčky bubny a zvětšuje se průchodnost sklízecího ústrojí. Při těchto opatřeních bývá snižován odrol listů. Při energetickém využití se dále dají též lisovat brikety či pelety. Při sklizni je možné využít existující zemědělskou mechanizaci, která bývá běžně dostupná v určitých zemědělských provozech. Dodržování správného termínu sklizně a také včasná transformace suroviny do skladovatelného stavu bývá základním předpokladem mnohé úspěšné produkce (Weger et al., 2012).

Sklízecí rezačkou v ranějších termínech při jednofázové sklizni (léto až podzim) bývá rezanka odvezena na místo, kde je obvykle třeba jí ještě dosušit (Stražil et al. 2011).

Při vícefázové sklizni bývá porost v první fázi sklizen pomocí sklízecí mlátičky či žacího stroje. Sklízecí mlátička je využita v případě, že je v dané první fázi sklízeno semeno. To je odděleno v pracovním ústrojí. Zbylý materiál bývá uložen na pozemku v řádcích a sklízí se podobně jako seno (shrnování, obrácení, lisování). Při sklizni na semeno se stává stěžejním výnos fytomasy z první seče. Druhou seč - otavu je možné využít podle stávajícího počasí a potřeby (fytomasa na energii, případně také senáž). V případech, kdy se právě v první fázi semeno neskylí, lze využít žacího stroje (Weger et al., 2012).

Při vícefázové sklizni s použitím sklízecích lisů bývá porost v první fázi pokosen žacím strojem. Následně je možné materiál, který se nechává doschnout na řádcích, sklídit do balíků hranolovitých nebo kulatých. Balíky je velmi nutné následně skladovat v zakrytých prostorech s ochranou proti dešti (Stražil et al., 2011).

### **2.7.4 Potřeba živin při pěstování na bioplyn**

Pěstování zemědělských plodin na krmivo či bioplyn je obvykle spojováno s větším odběrem základních živin. Potřeba živin jednotlivých plodin lze určit především odběrem základních živin z pole spolus výnosem rostlinné produkce. Roční odběr živin z pole odvezenou fytomasou spolu se zásobou živin v půdě je základem pro stanovení tzv. kompenzačních dávek hnojení (Havlíčková, 2010).

Při pěstování chrastice rákosovité za účelem produkce bioplynu je velmi vhodný pro hnojení dusíkem a dalšími živinami využití hnojivého odpadu z bioplynových stanic

neboli tzv. digestátu, jehož nespornou výhodou se stává zpětný návrat živin do půdy (Frydrych et al., 2008).

Hnojení digestátem bývá z agronomického hlediska vhodné rozdělovat na dvě specifické dávky – regenerační hnojení v jarních měsících a podpurné hnojení po první seči. V případě minerálního přihnojování K a P, případně S toto lze provést buď na jaře, či po sklizni. V případech, že se z důvodů ošklivého počasí nezdařilo regenerační hnojení v jarních měsících, je možné v létě využít plné dávky hnojení – je nutné ovšem dávat pozor na respektování tzv. nitrátové směrnice, účelem které se stává ochrana vod před znečištěním dusičnany ze zemědělství. Je to jeden z přísných zákonných požadavků nahospodaření, které bývají kontrolovány v dotačním systému. Od počátku července do počátku období nevhodného ke hnojení (obvykle 10. až 11. měsíc dle typu hnojiva) je podle nitrátové směrnice na orné půdě omezováno využívání tekutých statkových hnojiv (až do 80 kg N.ha<sup>-1</sup>) a také minerálních dusíkatých hnojiv (do 40 kg N.ha<sup>-1</sup>). Celková roční dávka čistého dusíku ve všech formách hnojiv nesmí překračovat 170 kg.ha<sup>-1</sup>. U porostů chřastice rákosovité nelze provést obvykle hnojení dusíkem na podzim či po poslední seči (Hutla, 2004).

### **2.7.5 Současné způsoby využití chřastice rákosovité v energetice**

Porost chřastice, který je určený k energetickým účelům, se zakládá obdobně jako porost, který je určený k produkci píce. Aby nově založený porost v klidu přezimoval, měl by být dále vyset mezi 20. až 25. srpnem. Při jarním výsevu je možné využít krycí plodinu. Výsevek u porostu určeného k další produkci energetické biomasy činí většinou 20 až 25 kg/ha. Seje se dále do řádků 12,5 až 30 cm širokých. První seč energetického porostu může probíhat až v předjaří dalšího druhého užitkového roku (Hutla, 2004). Sklizeň v jarních měsících bývá pro přímé spalování mnohem vhodnější z hlediska obsahu sušiny v dané sklizené hmotě (80 až 88 % sušiny). V podzimních měsících sklizená chřastice obsahuje 30 až 70 % vody, tedy tato biomasa není bez dalšího dosušení vhodná ke spalování, to je však vysoce ekonomicky a také energeticky náročné. Biomasa z podzimní sklizně bývá mnohem vhodnější na výrobu bioplynu. Ztráty na výnosu přes zimní měsíce se uvádějí kolem 25 % (Kuncová, 2004).

Naproti tomu velkou výhodou časně jarní sklizně bývá snížení obsahu živin v rostlinné hmotě vyluhováním určitých prvků a to především chloru, draslíku, dusíku a síry. To se dále také projevuje při spalování biomasy chřastice rákosovité v nižších emisích. Jarní sklizeň dále usnadňuje také velmi malá náchylnost k poléhání porostu

chrastice. Výnosy rostlinné biomasy u chrastice rákosovité jsou závislé na intenzitě hnojení a půdně-klimatických podmínkách daných stanoviště. Výnosy sušiny, které jsou zaznamenané v okolních státech, se pohybují od 4,5 do 9 t/ha sušiny. Při využití hnojivé závlahy je možné dosáhnout až 15 t/ha sušiny (Stražil et al., 2006).

Pokusy v naší zemi tyto čísla zcela potvrzují a také mírně překračují (Frydrych a kol., 2008). V tabulce č. 1 uvedeno výnosové hodnocení chrastice rákosovité, které prováděl Frydrych v roce 2008.

**Tab. č. 1. Výnos sušiny u odlišných odrůd chrastice rákosovité (Frydrych a kol., 2008)**

<b>Chrastice rákosovitá</b>	Nehnojeno	7,99	11,67	7,37	8,71	7,53	8,75
<b>Palaton</b>	50 kgN/ha	10,44	12,28	10,32	12,1	10,76	11,89
<b>Chrastice rákosovitá</b>	Nehnojeno	6,03	8,69	6,8	8,44	6,78	8,47
<b>Chrifton</b>	50 kgN/ha	7,98	9,17	9,58	11,36	9,88	11,2
<b>Chrastice rákosovitá</b>	Nehnojeno	6,93	11,31	7,03	8,58	7,15	8,66
<b>Chrastava</b>	50 kgN/ha	9,56	13,34	9,95	11,85	9,93	11,76

Stražil a kol., (2006) potvrzují tezi, že výnos sušiny chrastice bývá značně závislý na klimatických podmínkách daného stanoviště a hlavně také na rozdělení srážek v období vegetace. Toto se ztvdilo na stanovišti v Lukavci, kde výnosy značně kolísaly mezi hodnotami od 3,6 t/ha do 15,6 t/ha sušiny. Na dalších mnoha polních pokusech bylo dosahováno nejvyšších výnosů sušiny v rozmezí 14 až 15 t/ha, tyto výnosy byly dosahovány při hnojení 60 kg N/ha ve dvou určitých dávkách (Frydrych et al., 2008). Chrastice se využívá na přímé spalování (výhřevnost ať 17 MJ/kg), výrobu briket a její zelené části se používají pro produkci bioplynu (Stražil, 1999).

Ve Švédsku byl v roce 1980 prováděn průzkum trav vhodných pro průmyslové použití. Jako jedna z nejvíce zajímavých rostlin v tomto ohledu, byla vybrána právě chrastice rákosovitá (Lewandowski et al. 2003). Během dalších deseti let se ve Švédsku a také Finsku začala pěstovat pro průmyslové využití (Lewandowski et al. 2003).

Ve Finsku bývá chrastice od roku 1990 spalována spolu se dřevem či rašelinou na výrobu elektřiny. Mezi roky 2001 - 2006 vzrostla plocha, na které bývá chrastice pěstována z 500 hektarů až na 17 000 hektarů. Celkově poskytuje 10 % surovin na spalování ve čtyřech finských elektrárnách (Casler et al. 2009b).

Chrastice rákosovitá má velmi vysoký obsah ligninu (14 %) a také celulosy (30 – 36 %) (Hutla 2004), což je o moc více než u jednoletých rostlin (Andersson a Lindvall, 1997). Lignin obsahuje až 64 % uhlíku a díky tomuto prvku má chrastice velkou výhřevnost. Ve Švédsku se chrastice využívá na výrobu buničiny (Hutla, 2004). Tato buničina bývá v tahu pevnější než jakákoliv buničina z břízy. Může se dále využívat na výrobu papíru a kartonu (Andersson a Lindvall, 1997).

Kvůli vyššímu obsahu křemíku a draslíku chrastice hoří při nižších teplotách než dřevo a proto také produkuje velké množství popela (Andersson a Lindvall, 1997). Na obsah popela má obrovský vliv typ půdy, na němž se pěstuje chrastice. Z tohoto hlediska bývají velmi nevhodné jílovité půdy, organické a humusové jsou naopak vhodné (Lewandowski et al. 2003). Chrastice dále obsahuje chlór, který způsobuje určitou korozi spalovacích zařízení (Andersson a Lindvall, 1997). Obsah draslíku, hořčíku, vápníku, fosforu a chlóru přes zimu částečně klesá, naopak obsah křemíku spíše stoupá (Lewandowski et al. 2003). Při rozvláknování buničiny křemík reaguje s určitými chemikáliemi, což samostatně způsobuje problémy (Andersson a Lindvall, 1997). Obsah látek vysoce ovlivňuje doba sklizně. Nejlepší je pozdní sklizeň (Andersson a Lindvall, 1997, Lewandowski et al. 2003).

Průmyslově pěstovaná plodina se sklízí z obrovských ploch a bývá uskladňována k celoročnímu využití. Z ekonomických důvodů není však možno chrastici uměle sušit, je třeba jí sklízet suchou (Andersson a Lindvall, 1997). Ve Švédsku byla proto vyvinuta metoda pozdní sklizně (Lewandowski et al. 2003). Úroda se sklízí jednou za celý rok, v jarních měsících, před začátkem dalšího růstu. Přes zimu dochází k přemístění živin, o které by se právě posekáním v létě či na podzim přišlo, zpět do kořenů. Díky tomu se omezuje nutnost hnojení a živiny - sacharidy jsou dále recyklovány (Andersson a Lindvall, 1997). Jarní sklizeň má ještě jednu výhodu v tom, že chrastice rákosovitá obsahuje méně minerálních látek způsobujících problémy (Sahramaa et al., 2003).

Podle Sahramaa et al. (2003) bývá průměrná sklizeň sušiny chrastice 10 t/ha. Hutla (2004) však uvádí průměrný výnos chrastice rákosovité ve Švédsku 7,5 t/ha. Lewandowski et al. (2003) uvedl sklizeň ve výši 12 t/ha, což je v porovnání s určitými trávami pěstovanými na biomasu nejméně, ale jako jediná z nich je chrastice rákosovitá schopná



růstu v oblastech s velmi tuhými zimami a kratším obdobím růstu (Lewandowski et al., 2003).

Chrastice rákosovitá je díky velké genetické variabilitě velmi vhodná ke šlechtění (Casler et al. 2009b). V ČR byla z odrůdy: Motterwizer vyšlechtěna odrůda: Chrastava. Chrastava se stala první českou odrůdou trávy určené na energetické účely, hlavně právě pro přímé spalování (Cagaš, 2008).

## **2.8 Kukuřice setá a její energetické využití**

Kukuřice je rostlina jednodomá, jednoletá, cizosprašná, různopohlavní. Patří do třídy jednoděložných (*Monocotyledonae*), řádu lipnicotvaré (*Poales*), čeledi lunicovitých (*Poaceae*) (Novák, 2008). V krátkém vegetačním období tvoří velké množství ústrojně hmoty vysoké energetické hodnoty. Její nadzemní asimilační orgány a i kořenový systém mají vysokou schopnost přijímat energii a také živiny z prostředí a dále je přeměňovat v organickou hmotu (Velich, 1994).

Kořenovou primární soustavu vytváří kořeny, které se zakládají právě již v zárodku, kořenovou sekundární soustavu vytváří soubor stonkových adventivních kořenů. Stéblo kukuřice bývá plné a bývá současně zásobním orgánem. Stéblo kukuřice je dále rozdělené kolénky. Výška stébla se v podmínkách České republiky v závislosti na hybridu pohybuje od 1,2 až do 3 m. Listy kukuřice bývají protistojné. Listová čepel je dosti široká se středním nápadným žebrem (Diviš et al., 2010). Květy jsou jednodomé, různopohlavní. Samčí květy bývají uspořádány ve volnou terminální latu složenou z velmi hustých lichoklasů. Samičí květenství, které nazýváme palice, vyrůstá z úžlabí listu a je velmi těsně obaleno mnoha listeny (Andert et al., 2006). Obilky kukuřice obsahují 12 % bílkovin a 72 % škrobu a 8-9 % tuku (Diviš et al., 2010).

### **2.8.1 Nároky na pěstitelské stanoviště**

Pro vysoké výnosy a dobrý vývoj vyžaduje kukuřice harmonické souměrné působení všech vegetačních faktorů. Potřebuje velmi mnoho světla, dále se rozvíjí v podmínkách vysokých teplot, za vegetaci spotřebuje značné množství vody i minerálních živin avytváří velkou plochu asimilačních orgánů (Adamovský, 1996).

Kukuřice je velmi teplomilná rostlina. Hybridy klíčí, když teplota pudy dosahuje 7-8°C. Optimální teplota pro klíčení bývá 25-28°C (Ochodek, 2007). Rychlost růstu při klíčení bývá závislá na příjmu vody (Koloničný et al., 2011). Nároky na celkovou sumu

teplot bývají dané raností hybridu a pohybují se v rozmezí 1700 až 3200°C (Vrzal, Novák, 1995).

Kukuřice používá velmi dobře světlo. Na jeden hektar půdy vytváří 20 000 až 60 000 m<sup>2</sup> asimilační plochy. Kukuřice má vysoké nároky nejen na intenzitu osvětlení, ale také na délku osvětlení ve vývojové dané fázi. Kratší světelný den sice urychlí kvetení, ale zároveň zmenší počet listů a také výšku rostlin. Pro využití dopadajícího světla bývá důležité rozmístění rostlin v porostu (Šantrůček, 2001).

Transpirační koeficient se stává poměrně nízkým, pohybuje se v možném rozpětí 240 až 370. Avšak k velké produkci celkové hmoty spotřebovává kukuřice dostatek vody, zejména období jejího intenzivního růstu tj. v období mezi metáním a následující mléčnou zralostí. (Vrzal, Novák, 1995).

Podle půdních podmínek bývá kukuřice schopná čerpat vláhu až z hloubky 2,5 m. Díky kořenovému bohatě rozvinutému systému a dobrému hospodaření vláhou velmi dobře překonává krátké přísušky. (Pulkrábek et al., 2003).

Kukuřice nemívá zvláštní nároky na půdu. Příznivě reaguje na půdy lehčí, hlinité, záhřevné s dostatkem humusu, hluboké. Snáší půdy slabě zásadité a slabě kyselé (Velich, 1994).

Výběr odrůdy kukuřice patří mezi nejdůležitější pěstitelská opatření. V České republice bývá k dispozici velké množství hybridů v závislosti na účelu pěstování a klimatických podmínkách (Weger et al., 2012). Podle stupně ranosti bývají hybridy označovány číslem FAO (Vrzal, Novák, 1995).

Kukuřice se stává zlepšující plodinou nejvíce pro obiloviny. Pro ozimé obiloviny jen v případě, je-li čas na přípravu dané půdy a dodržení agrotechnického přísného termínu setí (Diviš, 2010). Kukuřice však není plodinou, která by zvlášť vyžadovala speciální předplodinu. Nejvhodnější předplodinou se stávají jeteloviny, okopaniny hnojené statkovými hnojivy a víceleté pícniny (Vrzal, Novák, 1995). Nejčastěji se ovšem zařazuje po obilninách, nejlépe po pšenici (Šantrůček, 2007).

Kukuřice bývá velmi náročná na přípravu půdy, žádá si hluboké zpracování půdy. U kukuřice je velmi vhodné provést na podzim specifické podrývání. Podrývání se provede hloubku 45 až 50 cm a je možno ho spojit se základním hnojením. Bez podrývání je velmi vhodné provést podmítku, která mívá jednak plevelohubný účinek a jednak ušetří vláhu.

Další operací je hluboká či střední orba minimálně 14 dní po podmítce. Před setím se půda musí kypřit do hloubky 50 až 60 mm těžkými či rotačními branami. V současnosti

se využívají mechanizační prostředky, které umožňují minimalizaci zásahů pomocí kombinátorů (Vrzal, Novák, 1995). Ochranu porostů proti plevelům je možné provést před setím chemicky či mechanicky.

Na hektar se vyseje přesný počet klíčivých zrn, který se v závislosti způsobu pěstování (siláž, na zrno) a na ranosti hybridu pohybuje od 60 do 110 tisíc jedinců na 1 hektar. Vzdálenost řádků se zvolí od 0,70 do 0,75 m, při pěstování na siláž se dále volí i 0,50 m (Diviš, 2010).

## **2.8.2 Nároky na hnojení a výživu**

Kukuřice velmi příznivě reaguje na živiny v tzv. „staré půdní síle“, proto bývá velmi výhodné intenzivnější hnojení předplodiny. Živiny bývá pak kukuřice schopna čerpat také i z hlubších půdních horizontů. Na přímé hnojení naopak nereaguje porost příliš výrazně (Vrzal, Novák, 1995).

Na 1 t zrna průměrně odčerpává 25-30 kg N, 4,5-7 kg P a 23-29 kg K. Fosforečná a draselná hnojiva se nejlépe zapravují na podzim při zpracování půdy. Dusíkatá hnojiva se nejvíce aplikují na jaře jednorázově před samotným setím nebo lze zvolit dělení dávky na dávku před setím a poté v době vegetace do fáze 5-7. listu. Uplatňuje se také hnojení „pod patu“ NPK hnojivy či Amofos, případně také foliární hnojení. Vhodné bývá organické hnojení chlévským hnojem v dávkách 30 až 50 t/ha, zelené hnojení či rozdrčená sláma s dávkou 30 až 40 kg N/ha při zaorání (Diviš, 2010). Často se využívá kejda, kterou lze aplikovat být na jaře po zasetí také při meziřádkové kultivaci (Pulkrábek et al., 2003).

Kukuřice vyrůstá v počátečním vývoji velmi pomalu, a proto kukuřice nekonkuruje v tomto období rychle rostoucím plevelům. V počátečních fázích růstu jsou prováděny opatření k potlačení plevelů (Pulkrábek et al., 2003). Zásah mechanický či chemický musí vytvořit takové podmínky, aby byl daný stav porostu kukuřice prvních 40 až 50 dní od vzejití bezplevelný (Diviš, 2010).

Ochrana proti nejčastějším a nejzákeřnějším škůdcům, jako bývá zavíječ kukuřičný, spočívá v ošetřování insekticidy. Pokud kukuřičný porost není při velmi významném napadení škůdci ošetřen, hrozí snižování výnosu až o 30 % a houbové následné infekce (Svoboda, 2005).

### 2.8.3 Sklizeň kukuřice seté

Kukuřice na zrno se stává fyziologicky zralou ke sklizni (žlutá zralost), když obsahušiny v kukuřičném zrne dosahuje hodnoty 60 až 62 %. Sklizeň se provede sklízecími mlátičkami malými úpravami, např. adaptér pro odlamování palic. Optimální vlhkost bývádo 30 %. Při vyšší vlhkosti se začne zvyšovat procento ztrát a také poškození zrna asníží se výkonnost mlátičky (Vrzal, Novák, 1995).

Zrno po sklizni by se mělo buď vysušit na standardní vlhkost (14 %) či sekonzervovat při sklizňové vlhkosti. Sušení se provede buď ohřivaným vzduchem, čineupravovaným. Sušení celých palic se dále provádí zejména u osivové kukuřice a také při využití na potravinářské účely (Šroller et al., 1997).

Na fytomasu se sklízí kuřice setá v mléčně voskové zralosti (obsah sušiny bývá 27 %) sklízecí řezačkou při dané délce řezanky 25 až 25 mm. Sklizeň by měla být ukončována před příchodem prvních podzimních mrazíků. V příznivých podmínkách je možno sklízet kukuřici speciálními zemědělskými stroji dělenou sklizní a to specifickou technologií LKS - zpracování palic listeny (50 % sušiny) či CCM zpracování palic bez listenů (60 % sušiny) (Moudrý, 2006).

Energetické využití kukuřice je zaměřované hlavně na produkci bioplynu právě z kukuřičné siláže. Kukuřičná siláž, která je určená k výrobě bioplynu, by měla být zásadnějen ze zelených, zdravých a nepřemrzlých rostlin, s celkovým množstvím sušiny mezi 28 až 32 %. Pro co nejvyšší produkci metanu by neměla hmota obsahovat většímnožství toxinů a plísní. Pokud je siláž velmi dobře zakonzervovaná, vznikne také mnohem víceenergie, a tedy i právě více metanu (Weger et al., 2012).

### 2.8.4 Kukuřice na bioplyn

Při plných stavech dobytka v roce 1990 se v České republice pěstovala kukuřice asi na 420 tisících hektarů. Poté plocha kukuřice seté poklesla. V roce 2012 jí čeští pěstitelé vyseli 324 tisíc hektarů, což se stávalo asi z třinácti procent z výměry orné půdy v České republice. Z celkové plochy připadalo asi 110 tisíc hektarů kukuřici seté na zrno a asi 40 tisíc hektarů byla kukuřicepráve na výrobu bioplynu (Honsová, 2013).

Jako vstupů do bioplynové stanice lze využívat několik zdrojů, které se nacházejí v určitém zemědělském podniku. Žádoucí bývají zejména rostliny bohatší na lehce rozpustné cukry. Tyto typy rostlin bývají stále častěji používány jako substrát pro výrobu

bioplynu. Produktivitu bioplynu podstatně zvýší případné přimíchání do kejdy (Diviš, 2010).

Jednou z plodin splňující tyto energetické parametry je kukuřice setá, která díky velmi vysoké fotosyntetické činnosti generuje do stonku a listu vysoké množství rozpustných cukrů jako základní zdroj potřebné energie mikroorganismů pro fermentační proces a získání metanu: základní suroviny pro výrobu elektřiny v bioplynové stanici. Pokud by byly hodnoceny polní plodiny podle směru využití, nejlepší předpoklady mívá pro tyto účely silážní kukuřice, která je velmi stabilní plodinou v prvovýrobě, přinášející pravidelný a trvalý příjem do podnikové pokladny. Většina provozovaných zařízení pro výrobu bioplynu používá v současné době právě kukuřici setou. Kejda bývá využívána také, ale zejména jako očkovací a transportní materiál základního substrátu. Bioplyn je ve své podstatě plyn produkovaný v anaerobním prostředí daným rozkladem organické hmoty. Celý proces se uvádí ve čtyřech fázích rozkladu organické hmoty. Výsledkem se stává plyn obsahující 1/3 CO<sub>2</sub>, 2/3 metanu, popřípadě ještě další plyny, které jsou v celém procesu spíše zanedbatelné (Havlíčková, 2010).

Pro středně velkou stanici o výkonu 1 MW bývá potřeba 300 - 400 ha výměry kukuřice seté, která může poté pokrýt spotřebu elektřiny až u dvou tisícovek menších bytů a dále může poskytovat odpadní teplo zhruba pro tisícovku bytů. Aby byla zabezpečována dostatečná a kvalitní surovina, je třeba správně volit kukuřičný hybrid. Ne každý silážní hybrid je příliš vhodný do bioplynové stanice. Základním předpokladem se stává vysoký výnos hmoty, pevné a také vůči lámavosti odolné stéblo, hluboký a silný kořen zamezující vyvracení rostliny. Každý pěstitel by měl dostatečně respektovat místní podmínky a vybírat hybrid, který je schopen dozrát do velmi dobré silážní kvality do příchodu mrazíků, jež mohou výrazně snižovat kvalitu sklizené hmoty (Abraham, 2004).

Při pěstování je možno držet se stejných zásad jako v případě silážní intenzivní kukuřice. Je možno velmi mírně navyšovat hustotu porostu a získat tímto co nejvíce zelené hmoty jako zdroje lehce rozpustných cukrů. Vysoký obsah škrobu nebývá příliš vhodným zdrojem energie při fermentačním procesu. Při krmení dobytka je důležitý škrob. Silážní hmota je v tomto případě zpracovávána přibližně za den - za 24 hodin. U bioplynové stanice ovšem proces trvá o něco déle, asi 40 až 100 dnů, a proto je velmi důležité dostatečné množství cukrů ze stonků a listů (Sladký et al., 2002).

Kukuřici setou je možno sklízet o něco dříve než v uvedené optimální silážní zralosti, v sušině hmoty asi 26 a- 32 %. Ve velké míře záleží na typu hybridu v určité

oblasti. Mělo by být vysoce dbáno na to, aby byla schopnost zabezpečovat co nejhomogennější hmotu. Pro výrobu bioplynu je možno použít i hybridy s vyšším FAO vranější oblasti. To potvrzují také zkušenosti z Německa, která se stává největším výrobcem elektřiny z bioplynu (Frydrych et al., 2006).

Hlavním substrátem pro dané zásobování zařízení na výrobu bioplynu v Německé republice se stala kukuřičná siláž. Má to své odůvodnění Pro provozovatele bývají rozhodující výrobní náklady  $m^3$  získaného metanu, tedy výnos metanu z jednotky plochy půdy (Havlíčková, 2010).

Kukuřice setá zhodnocuje vzhledem ke svému značně vysokému výnosu, kterého je možné novými pěstitelskými postupy dosáhnout, výrobní faktor půdy o něco lépe než jiné plodiny. Následně pokračuje proces velmi podobně, jako při samotné výrobě siláže pro krmení. Základním předpokladem bývá právě nezávadnost hmoty – bez plísní, popřípadě poškození strojovým zavíječem, kde by následovné fermentační procesy měly tendenci snižovat produkci metanu a profitovost výroby elektřiny (Frydrych, 2010).

### 3 Cíl bakalářské práce

Cílem bakalářské práce bylo formou literárního přehledu popsat význam a hlavní způsoby energetického využívání fytomasy. Shrnout problematiku pěstování lesknice rákosovité (*Phalaris arundinacea* L.) a kukuřice seté (*Zeamays* L.) a zaměřit se na jejich možné využití jako suroviny pro bioplynovou stanici. Součástí bakalářské práce představovala praktická část zabývající se metodikou jejich pěstování.

#### *Dílčí cíle:*

- 1) Porovnat výnosy fytomasy
- 2) Porovnat data získaná v praktické části práce s literárními údaji
- 3) V rámci diskuse posoudit vhodnost vybraných rostlin z hlediska využití v bioplynové stanici

#### *Hypotézy:*

- 1) Lesknici rákosovitou lze z hlediska tvorby fytomasy řadit mezi rostliny potenciálně vhodné pro využití v bioplynových stanicích.
- 2) Ve druhém roce od založení porostu lesknice rákosovité lze očekávat výnosy sušiny přesahující hranici 5 t/ha
- 3) Výnosy sušiny u kukuřice seté nepřesáhnou hranici 20 t/ha
- 4) Optimální termín seče lesknice rákosovité je závislý na obsahu sušiny ve fytomase

## 4 Materiál a metodika

### 4.1 Lokalita

Pokusy z praktické části bakalářské práce byly provedeny na pozemku Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, které leží v obilnářské výrobní oblasti s nadmořskou výškou okolo 380 metrů. Charakteristika klimatických podmínek oblasti a průměrné měsíční teploty a srážky jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. č.2 – Charakteristika klimatických podmínek oblasti

České Budějovice	
<b>Nadmořská výška (m. n. m.)</b>	cca 380m
<b>Zemědělská výrobní oblast</b>	Obilnářská
<b>Půdní druh</b>	Písčitohlinitý
<b>Půdní typ</b>	Kambizempsedoglejová
<b>pH půdy (KCl)</b>	6,4

### 4.2 Metodika založení porostů

Pro účely této práce byly založeny maloparcelkové pokusy s porosty lesknice rákosovité a kukuřice seté. Ty sloužily jako zdroj dat pro následné porovnání vybraných energetických rostlin především z hlediska jejich produkčního (výnosového) potenciálu.

Referenční porost **lesknice rákosovité** byl založen na podzim roku 2013. Založení porostu předcházela chemická likvidace kultury předchozí a to již na podzim v roce 2012. Tu tvořily porosty dříve pěstovaných trav určených rovněž k energetickému využití. Jednalo se o sveřep horský, ovsík vyvýšený a srhu říznačku. K tomuto chemickému ošetření byl využit totální herbicid (Roundup). Po ošetření byl na pozemek aplikován chlévský hnůj v dávce 40 t/ha. Následně byl zapraven středně hlubokou orbou.

V průběhu měsíce srpna roku 2013 byl pozemek určený pro výsev lesknice rákosovité mulčován (z důvodu zaplevelení) a chemicky ošetřen totálním herbicidem



(Roundup). V rámci předseťové přípravy (srpen 2013) bylo provedeno kypření a následné urovnání povrchu půdy kombinátorem. Před setím lesknice rákosovité byla provedena výměra 8 parcel o rozměrech 125 x 800 cm (1 parcela = 10m<sup>2</sup>) a hnojení. Dávka minerálních hnojiv na 1 parcelu představovala 300g Superfosfátu trojitého (SF trojitý) a 200g Síranu amonného (SA) a 100g Ledku amonného (LAD). Dne 30. 8. 2013 proběhlo setí lesknice rákosovité secím strojem pro přesný výsev. Výsevek na jednu parcelu činil 50g osiva (30% klíčivost). Takto oseté plochy byly následně uváleny.

Referenční porost **kukuřice seté** byl založen na jaře roku 2014. Tomu předcházela příprava pozemku, částečně provedená již na podzim 2013. Na vybraný pozemek byla aplikována dávka chlévského hnoje (40 t/ha) a ten byl následně zapraven středně hlubokou orbou.

V rámci jarní předseťové přípravy byla vyměřena plocha 200m<sup>2</sup>. Následně byl pozemek upraven kombinátorem. Samotné setí (Hybrid Simao) přesným secím strojem proběhlo 15. 5. 2014. Výsev se pohyboval okolo 30 kg/ha osiva. Při setí se aplikovalo minerální hnojivo Superfosfát trojitý (SF trojitý) v dávce 200 kg/ha. Porost kukuřice byl založen v hustotě 75 x 13 cm. 19. 5. 2014 proběhlo chemické ošetření pozemku herbicidem proti dvouděložným plevelům.

### **4.3 Sklizeň**

Sklizeň lesknice rákosovité za účelem zisku fytomasy pro bioplynovou stanici proběhla dvousečně. První seč byla provedena **3. 6. 2014**. Porost byl následně přihnojen Ledkem amonným (LAD) v dávce 150g na parcelu. Druhá seč se uskutečnila dne **30. 9. 2014**. Po této seči bylo provedeno přihnojení v dávce 300g Síranu amonného (SA), 62,5g Superfosfátu trojitého (SF) a 62,5g Draselné soli na každou parcelu.

Sklizeň kukuřice proběhla v termínu **30. 9. 2014**. Termín byl stanoven na základě aktuálního procentuálního obsahu sušiny.

### **4.4 Konzervace vzorků**

Součástí bakalářské práce bylo stanovení teoretické výtěžnosti metanu. K tomuto účelu bylo zapotřebí zakonzervovat vzorky ze sklizní vybraných rostlin. Ke konzervaci

byly použity skleněné lahve o objemu 3,7l a doplňkové látky pro silážování (konzervaci). Jednalo se o SILA-BAC – doplňková látka pro siláž.

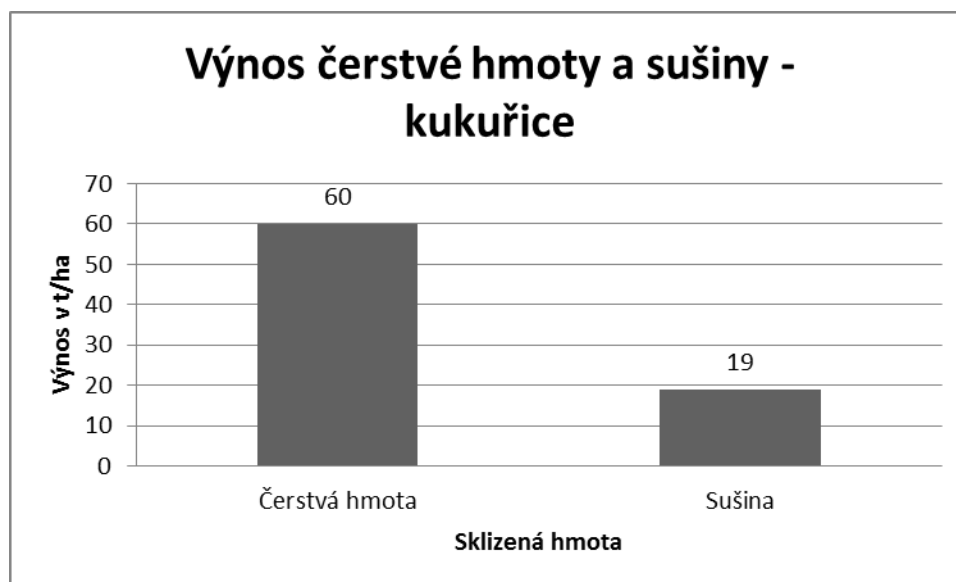
**Obr.2 – Silážování kukuřice**



Zdroj: <https://www.google.cz/search?q=obr%C3%A1zek+SILA-BAC> ze dne 20. 4. 2015

## 5 Výsledky a diskuze

Graf 1 – Výnos čerstvé hmoty a sušiny u kukuřice

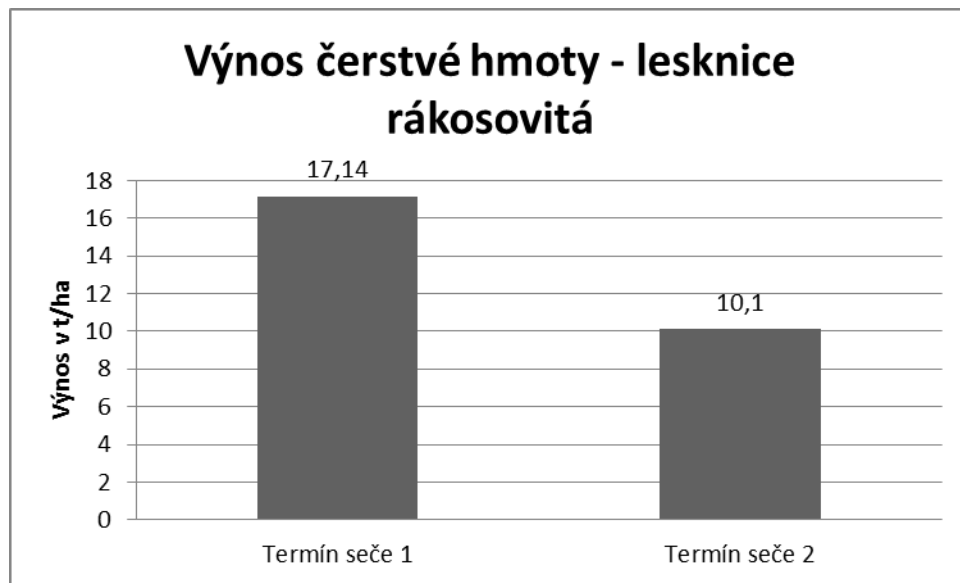


Na grafu 1 je zřejmý výnos čerstvé hmoty kukuřice seté v 60 tunách na 1 hektar a sušiny 19 tun na 1 hektar.

Čandová (2011) ve svých vlastních pokusech zjistila produkční ukazatele u hybridů kukuřice. Při standardním výsevu dosahoval průměrný výnos čerstvé hmoty 56,1 t/ha při průměrné sušině 30,9 % a průměrný výnos sušiny dále činil 16,2 t/ha. Průměrná výtěžnost bioplynu poté tvořila 3244 m<sup>3</sup>/ha a také průměrná výtěžnost metanu 1797 m<sup>3</sup>/ha. Výtěžnost metanu nebo bioplynu z plochy je velmi často ovlivněna výší výnosu, a proto se též výsledky v literatuře značně odlišují.

Výnosy sušiny u kukuřice seté nepřesáhly hranici 20 t/ha a tím se potvrzuje hypotéza bakalářské práce.

Graf 2 – Výnos čerstvé hmoty u lesknice rákosovité

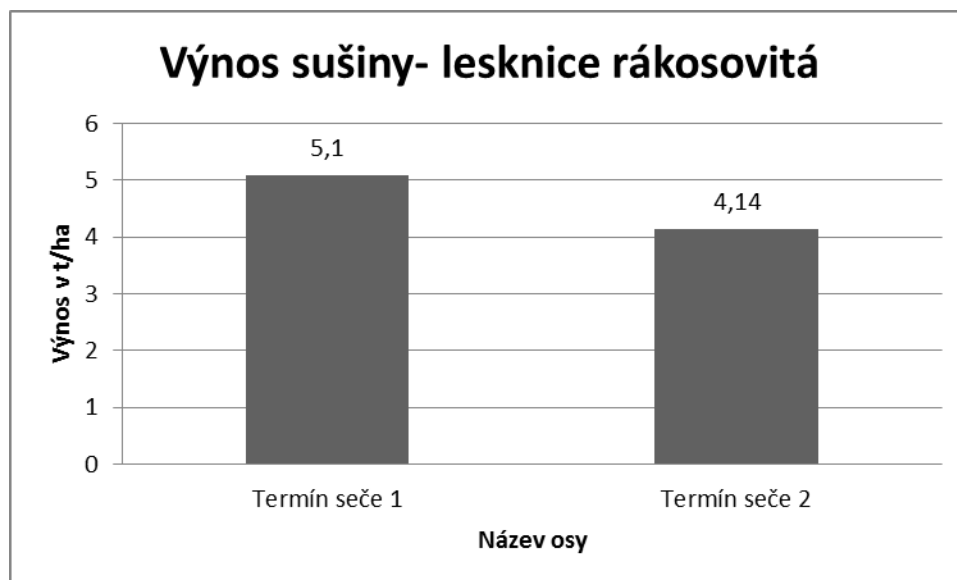


Na grafu 2 je viděn rozdíl výnosu čerstvé hmoty lesknice rákosovité mezi 1. termínem seče, provedené dne 3. 6. 2014, a druhým termínem seče – provedená dne 30. 9. 2014. 1. termín seče čerstvé hmoty byl výnos 17,14 tun na 1 hektar a v 2. termínu seče čerstvé hmoty lesknice rákosovité byl výnos 10,1 tun na hektar. Ušák a kol. (2012) uvádí, že pro výrobu bioplynu se jeví jako optimální sklizeň při obsahu vody v rozmezí 65-75 %. V našem případě byla sklizeň provedena při obsahu vody kolem 71 % (3. 6. 2014) a 63% (30. 9. 2014). Koloničný, Hase (2011) tvrdí, že sklizeň při sušíně nad 32 % má pro produkci metanu méně příznivé vlastnosti, neboť při dozrávání se zvyšuje podíl obtížně fermentovatelného ligninu a klesá i degradovatelnost vlákniny. Termín seče je tedy závislý na aktuálním obsahu vody (resp. sušiny) ve fytomase. Možno tedy potvrdit hypotézu č. 4, tedy že vhodný termín sklizně lesknice rákosovité je závislý na obsahu sušiny ve fytomase.

Pro vhodnost pěstování lesknice, mluví názor Petříkové (2010), která tvrdí, že pro pěstování kukuřice lze využít i půda méně úrodná, která velmi často neskýtá žádoucí výnosy dalších tradičních rostlin. Tak, i když výnosy tu rovněž nebudou dostatečně vysoké, lze je i tak považovat za přínosné jak pro získávání biomasy, tak pro další řádné obdělání půdy. Týká se to tedy v mnoha případech oblastí méně úrodných. Stejně tak Stražil a Šimon (2007) utvrzují, že na spíše méně produkčních stanovištích, by neměla být v blízké budoucnosti většinou možno zajistit konkurenceschopnost pěstovaných rostlin.

Lesknici rákosovitou lze tedy z hlediska tvorby fytomasy řadit mezi rostliny potenciálně vhodné pro využití v bioplynových stanicích a tím se potvrzuje hypotéza bakalářské práce.

Graf 3 – Výnos sušiny u lesknice rákosovité



Na grafu 3 je zřejmý rozdíl výnosu sušiny lesknice rákosovité mezi 1. termínem seče a druhým termínem seče. 1. termín seče sušiny byl výnos 5,1 tun na 1 hektar a v 2.termínu seče sušiny lesknice rákosovité byl výnos 4,14 tun na hektar.

Dle Hofbauera (2008) by roční výnos suché hmoty energetických rostlin měl odpovídat asi 12 t/ha, aby pěstování se stalo ekonomickým. Z hlediska ekonomické efektivity je velmi nutné, aby produkce suché hmoty uvedených rostlin 1 ha tvořila alespoň 15 t. sušiny (Stražil a Šimon, 2007).

Ve druhém roce od založení porostu lesknice rákosovité je možné očekávat výnosy sušiny přesahující hranici 5 t/ha a tím se potvrzuje hypotéza bakalářské práce.

Souček (2011) uvádí nižší hodnoty výsledků, kde výnos chrastice při 2. seči 2. 11. 2007 v roce založení porostu dosahoval 5 t/ha čerstvé hmoty při obsahu sušiny 41,6 %, což odpovídá výnosu sušiny 2,08 t/ha.

Graf 4 – Výnos čerstvá hmota – porovnání kukuřice seté a lesknice rákosovité

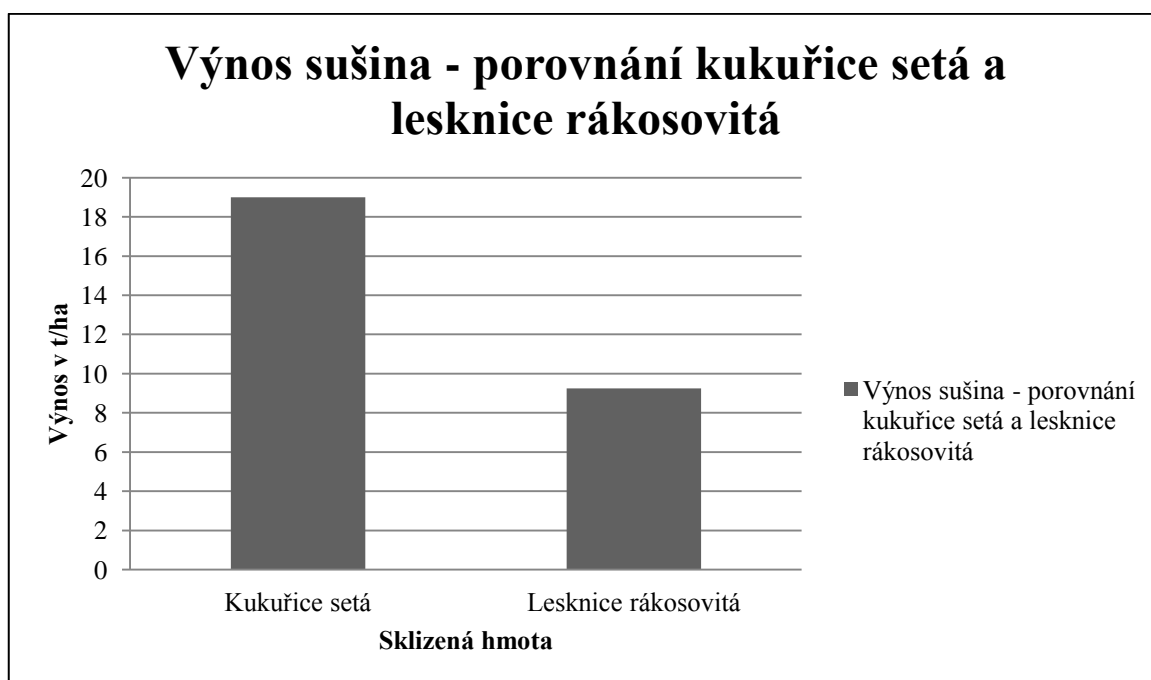


Na grafu 4 je viděn rozdíl výnosu čerstvé hmoty lesknice rákosovité a kukuřice seté. U lesknice jsou sečteny oba termíny seče. Výnos čerstvé hmoty u kukuřice seté byl 60 tun na 1 hektar a výnos čerstvé hmoty lesknice rákosovité byl 27 tun na 1 hektar.

Kovářová et al. (2002) uvádí, že ekonomicky velmi výhodné se ukazuje využití zbytkové biomasy po sklizni a tržním využívání kukuřice, kde náklady na jednotku energetického produktu se mohou pohybovat cca od 470 do 790 Korun za tunu. Vavřich (2008) dále uvádí, že kromě slámy obilnin se neustálými vzrůstajícími plochami kukuřice seté na zrno je dalších zhruba 300 až 400 tis. tun biomasy, které je možno také použít jako fytopalivo. Posklizňové zbytky kukuřice seté lze tedy využít k přímému spalování.

Dotace hrají na pěstování energetických rostlin významnou roli při koncové ekonomické bilanci, s tímto tvrzením souhlasí Abrahám, Kovář, Kuncová (2004), kteří uvádějí, že záměrně pěstované energetické rostliny je možné z hlediska výsledkové ekonomiky na trhu paliv bez dotací jen velmi obtížně prosazovat.

Graf 5 - Výnos sušina – porovnání kukuřice seté a lesknice rákosovité



Na grafu 5 je zřejmý rozdíl výnosu sušiny lesknice rákosovité a kukuřice seté. U lesknice jsou sečteny oba termíny seče. Výnos sušiny u kukuřice seté byl 19 tun na 1 hektar a výnos sušiny lesknice rákosovité byl 9,24 tun na 1 hektar.

Tabulka 2 – Výtěžnost metanu

Ukazatel	Sledovaná rostlina			
	Kukuřice setá		Lesknice rákosovitá	
	Vzorek I	Vzorek II	Vzorek I	Vzorek II
výsledek v litrech metanu na kg vzorku	109,8	119,8	91,8	91,5
výsledek v litrech metanu na kg sušiny	387,5	422,8	318,6	317,7
výsledek v litrech metanu na kg organické sušiny	404,9	441,8	356,1	355,1

U sledovaných vybraných druhů (viz tab. 2) je viděn rozdíl mezi výsledkem u kukuřice seté a lesknice rákosovité, kde výsledek v litrech metanu na kg vzorku vyšší hodnoty u kukuřice seté, stejně tak u výsledku v litrech metanu na kg sušiny a výsledku

v litrech metanu na kg organické sušiny. Lesknice rákosovitá se stává k těmto účelům nevhodným energetickým druhem.

Testovaný substrát byl inkubován v digestátu fermentoru bioplynové stanice, u kterého byla jistota, že funguje tzv. normálně. To znamená, že nevykazuje abnormální hodnoty kyselin, snížené pH apod. Byl použit směsný digestátfermentorů různých bioplynových stanic, kde se využívá různá „výživa“ bakterií, tedy kukuřice, trávy, hovězí kejda apod. Byly vyloučeny BPS, které využívají různé zbytkové substráty, prasečí kejdy, ptačí trus atp. Před použitím byl digestát scezen sítem s oky průměru 2 mm a minimálně týden inkubován v lázni při teplotě 40 °C.

Do takto připraveného inokula (INO) se přidalo určité množství zhomogenizovaného substrátu a v anaerobním prostředí se inkubuje při teplotě 40°C. Plyn se jímá do speciální baňky se stupnicí, kde se odečítají výsledky. Cestou do této baňky bylo možné využít probublávání plynu přes roztok NaOH, kdy se zachytil oxid uhličitý a výsledkem byla produkce metanu, s malou chybou vzniklou vlivem minoritních plynů nezachycených v hydroxidu. Množství těchto plynů se pohybovalo souhrnně do 2 %. Inkubovalo se do úplného vyčerpání potenciálu substrátu. Jako slepý vzorek byl použit samotné INO. Množství plynu vyprodukovaného tímto slepým testem se od výsledků substrátu odečetl. Výstupem testu je tabulkač.2, kde jsou zaznamenány a vyhodnoceny různé hodnoty.

Čandová (2011) vzhledem ke svým pokusům uvádí produkční ukazatele u hybridů kukuřice. Při standardním výsevku dosahoval průměrný výnos čerstvé hmoty kukuřice 56,1 t/ha při průměrné sušině kukuřice 30,9 % a průměrný výnos sušiny kukuřice dosahoval 16,2 t/ha. Průměrnou výtěžnost bioplynu uvedla 3244 m<sup>3</sup>/ha a také průměrná výtěžnost metanu 1797 m<sup>3</sup>/ha. Výtěžnost metanu nebo bioplynu z plochy bývá často ovlivněna vyšší výnosu, a proto se také výsledky v literatuře mohou značně odlišovat.

Kára et al. (2005) udává průměrné výnosy čerstvé hmoty, sušiny a vlhkost čerstvé hmoty vybraného energetického druhu (chrastice) v různých termínech seče fyto-masy v letech 1996 až 2001. Také Diviš (2011) zaznamenává průměrné výnosové parametry u kukuřice z pokusu v letech 2008 až 2010 – tab. 3.



Tabulka 3 – Výnos čerstvé hmoty a sušiny u vybraných druhů

Ukazatel	Sledovaná rostlina VÝNOS			
	Kukuřice setá		Lesknice rákosovitá	
	Čerstvá hmota	Sušina	Čerstvá hmota	Sušina
<b>1. odběr*</b>	<b>54,9</b>	<b>16,2</b>	<b>24,5</b>	<b>8,1</b>
<b>2. odběr**</b>	<b>37,4</b>	<b>13,3</b>	<b>15</b>	<b>8</b>
<b>3. odběr***</b>	<b>14,7</b>	<b>11,6</b>	<b>7,61</b>	<b>6,2</b>

\*odběr-doba největšího nárůstu fytomasy, \*\*odběr na podzim, \*\*\* odběr brzy na jaře

Upraveno dle: Diviš (2011), Kára et al. (2005)

Z tabulky č.3 lze vyčíst, že u dvou sledovaných druhů bylo dosaženo nejvyššího výnosu sušiny v době největšího nárůstu fytomasy oproti odběru vybraných druhů na podzim, kdy již výnos sušiny u obou druhů dosahuje nižších hodnot. Nejnižší výnos sušiny u obou vybraných druhů byl sledován u termínu odběru brzy na jaře oproti předchozím odběrům.

Dle Havlíčkové et al. (2008) je z energetického hlediska podstatný termín sklizně lesknice rákosovité. Nejlepší termíny bývají tedy v okamžiku největšího nárůstu fytomasy, tedy velmi pozdě na podzim či velmi brzy na jaře. Obsah vody v chraстici při sklizni bývá v prvním termínu sklizně 60-80 %, ve druhém termínu sklizně poté 30-70 %. Takováto fytomasa se dá velmi dobře z energetického hlediska přímo využít jen k výrobě bioplynu.

## 6 Závěr

Ze zjištěných výsledků lze vyčíst, že výše výnosu vybraných rostlin je ovlivňována mnoha faktory. Faktory mohou být následující: přírodní podmínky (teplota, srážky, sluneční svit), také agrotechnika, samotná intenzita hnojení, správný termín sklizně a další faktory jako lokalita (nadmořská výška, půdní druh a typ),

Vzhledem ke zmíněným faktorům lze však uvést, že z hlediska výnosu zjištěné u odborné veřejnosti a též z hlediska vypočtených hodnot energetické teoretické výtěžnosti, spočívá vyšší energetický a produkční potenciál na jednotku plochy v pěstování u kukuřice a nižší u chrastice rákosovité. Tuto domněnku je možné potvrdit pouze dlouholetým pěstováním těchto rostlin v konkrétních podmínkách.

S poohlédnutím na výsledky bakalářské práce je výhodnější z hlediska výnosů čerstvé hmoty sledovaný druh kukuřice seté, kde dosahoval výnos čerstvé hmoty 60 tun na 1 hektar a výnos čerstvé hmoty lesknice rákosovité byl 27 tun na 1 hektar. Také výhodnějším z hlediska výnosu sušiny se stává sledovaný druh kukuřice seté a to z 19 tuny na 1 hektar oproti výnosu sušiny lesknice rákosovité, který činil 9,24 tun na 1 hektar.

## 7 Přehled použitých literárních zdrojů

1. ABRHAM, Z.: Ekonomika pěstování a využití biomasy z energetických plodin a trvalých travních porostů, In: Sborník přednášek z mezinárodního odborného semináře Produkcia a možnosti využitia polnohospodárskej biomasy, Nitra, 23 júna 2004
2. ADAMOVSKEÝ, R.; SVOBODA, A.: Ekologické aspekty využití a výroby energie v zemědělství. Sborník vědeckého semináře. ČZU. Praha: 1996. 120s. ISBN 80-213-0272-0
3. ANDERSSON, B., LINDVALL, E.: Use of biomass from Reed Canary Grass (*Phalaris arundinacea*) as raw material for production of paper pulp and fuel. [http://www.internationalgrasslands.org/publications/pdfs/1997/1\\_03\\_003.PDF](http://www.internationalgrasslands.org/publications/pdfs/1997/1_03_003.PDF), 1997.
4. ANDERT, D., FRYDRYCH, J., JUCHELKOVÁ, D.: Energetické využití trav. In Zemědělská technika a biomasa 2005. Praha: VÚZT, 2005. s. 11-13. ISBN 80-86884-07-4.
5. ANDERT, D., GERNDTOVÁ, I., HANZLÍKOVÁ, I., ANDERTOVÁ, J., FRYDRYCH, J.: Využití trav při produkci bioplynu. In: Energetické průmyslové rostliny XI. - Sborník referátů CZ Biom, Chomutov 2006: 85-90.
6. BUFKA A.. Současný stav ve využívání biomasy v Jihočeském kraji a v ČR. III. Krajské fórum na podporu Akčního plánu EU Biomasa, ECČB. České Budějovice: 2009. 22 s.
7. CAGAŠ, B.: Nové odrůdy: Chrastice rákosovitá Chrastava, Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, 2008, str. 41–42.

8. CASLER, M. D., CHERNEY, J. H. & BRUMMER, E. CH.: Biomass Yield of Naturalized Populations and Cultivars of Reed Canary Grass. *Bioenergy Resources*, 2009, 165-173.
9. CELJAK, I.; BOHÁČ, J.; KOHOUT, P.. Rádce pro začínající pěstitele plantáží rychle rostoucích topolů. ZFJČU. České Budějovice: 2007. 101 s. ISBN 978-80-7394-247-2
10. ČANDOVIČ, Dana. Využití kukuřice při výrobě bioplynu. Praha, 2011. Dostupné z: <http://www.agrobiologie.cz/pds/dp/candova.pdf>. Disertační práce. ČZU v Praze. Vedoucí práce Josef Pulkrábek.
11. DIVIŠ, J., KAJAN, M.: Energie využitelná z kukuřice. *Úroda*, roč. LVII., 8, s. 26–284)
12. DIVIŠ, J., a kol. Pěstování rostlin (učební texty pro obor provozní podnikatel a pozemkové úpravy a převod nemovitostí). 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2000. 258 s. ISBN 80-7040-456-6.
13. DYKYJOVÁ, D., et al.. *Metody studia ekosystémů*. Academia. Praha: 1989
14. FRYDRYCH, J., CAGAŠ, J., MACHÁČ, J.: Energetické využití některých travních druhů. Praha, ÚZPI, *Zemědělské informace* č. 23, s 35. 2008.
15. FRYDRYCH, J., ANDERT, D., KÁRA, J., JUCHELKOVÁ, D.: Trávy jako obnovitelný zdroj energie. *Úroda*, 11: 37-39. 2008.
16. FRYDRYCH, J., ANDERT, D., KÁRA, J., JUCHELKOVÁ, D.: Výzkum a využití trav pro energetické účely. In: *Energetické a průmyslové rostliny XI. - Sborník referátů CZ Biom*, Chomutov 2006: 39-45.
17. GADUŠ, J., ŠÁGROVÁ, S.: Possibilities of biomass co-fermentation. In: SOUČKOVÁ, H., MOUDRÝ, J. (ed.). *Využití fytomasy pro energetické účely*. In:

Sborník vědeckých publikací z mezinárodního semináře „Nepotravinářské využití fytomasy“. ZFJČU. České Budějovice: 2005. 123s. ISBN 80-7040-833-2

18. GEMERLOVÁ, M., BRANT, V., ZÁBRANSKÝ, P., PIVEC, J., KROULÍK, M., ŠKEŘÍKOVÁ, M.: Eliminace kapkové eroze v porostech kukuřice seté. Aktuální témata v pícninářství a trávníkářství 2012, 5. prosince 2012, Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze, 11-16.
19. HAVLÍČKOVÁ, K. a kol.: Analýza potenciálu biomasy v České republice. Průhonice: 2010 ISBN 9778-80-85116-72-4, 31.
20. HAVLÍČKOVÁ, K., et al. Zhodnocení ekonomických aspektů pěstování a využití energetických rostlin. ZFJČU. České Budějovice: 2007. 92 s. ISBN978-80-7040-948-0
21. HAVLÍČKOVÁ, K., a kol. Biomasa jako obnovitelný zdroj energie: ekonomické a energetické aspekty. Průhonice: VÚKOZ, 2005. 86 s. ISBN 80-85116-38-3.
22. HAVLÍČKOVÁ, K., et al. Rostlinná biomasa jako zdroj energie. VÚKOZ. Průhonice: 2008. ISSN 0374-5651
23. HOFBAUER, J.. Možnosti energetického využití netradičních plodin. Energie 21. 1. 1. 2008, roč. 1, č. 1, s. 12-13.
24. HONSOVÁ, Hana: Pěstování kukuřice na výrobu bioplynu. Biom.cz [online]. 2013-09-16 [cit. 2015-02-12]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pestovani-kukurice-na-vyrobu-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655.
25. HRON, F.; ZEJBRLÍK, O.. Rostliny luk, pastvin, vod a bažin. SPN. Praha:1979. 424 s.
26. HONZÍK, R., UŠŤAK, S.: Energetické využití biomasy. Sborník VUSTE-APIS, Praha: 1997, 4-5.

27. HUTLA, P.: Chrastice rákosovitá - pěstování a možnosti využití. Biom.cz [online]. 2004-03-10 [cit. 2015-01-29]. <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/chrastice-rakosovita-pestovani-a-moznosti-vyuziti>>. ISSN: 1801-2655.
28. Chrastice rákosová. Biom.cz [online]. 2011-07-31 [cit. 2015-02-03]. Dostupné z:<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/chrastice-rakosovita>
29. KADRNOŽKA, J., Biomasa – velká energetická a ekologická očekávání se zřejmě nenaplní, Energetika, č. 2/2008, s. 54-60, ISSN 0375-8842
30. KÁRA, et al. (2001) : Anaerobní fermentace vlhkých materiálů – výroba bioplynu. In: EKOTREND 2001 – trvale udržitelný rozvoj – Sborník z mezinárodní konference.ZFJČU. České Budějovice: 2001
31. KOLONIČNÝ, J., HASE, V.: Využití rostlinné biomasy v energetice, Vysoká škola báňská – Technická univerzita, Výzkumné energetické centrum Ostrava: 2011, ISBN 978-80-248-2541-0, 150.
32. KOHOUT, P., et al. Rychle rostoucí dřeviny v energetice (topoly a vrby).ZFJČU. České Budějovice: 2010. 101 s. ISBN 978-80-7394-247-2
33. KOVÁČ, L.: Zborník z medzinárodnej vedeckej konferenci , Inovatívne technológie pre efektívne využitie biomasy v energetike“©Podnikovo hospodárska fakulta v Košiciach, Ekonomická univerzita v Bratislave,2009 ISBN 978-80-225-2962-4, 226s
34. KOVÁŘOVÁ, M., a kol. Ekonomika pěstování a využití nepotravinářských plodin. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2002. 26 s. ISBN 80-238-9955-4.
35. LIBRA, M., POULEK, V.: Zdroje a využití energie. ČZU v Praze(Kamýcká 129, 165 21 Praha 6), Praha: 2007.

36. 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, str. 335 – 361.
37. MACKAY, David J. C. Sustainable Energie - without the hot air. Cambridge:  
UIT Cambridge, 2008. ISBN 978-0-9544529-3-3.
38. MALAŤÁK, J., VACULÍK, P.: Biomasa pro výrobu energie. Vyd. 1. Praha: Česká  
zemědělská univerzita v Praze, 2008, 206 s. ISBN 978-80-213-1810-6.
39. MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. Aktualizace Státní  
energetické koncepce České republiky. Praha, listopad -2012. Dostupné  
z: <http://download.mpo.cz/get/47607/53721/595041/priloha001.pdf>
40. MOUDRÝ, J.; STRAŠIL, Z.: Pěstování alternativních plodin. ZFJČU.  
České Budějovice: 1999. 165 s. ISBN 80-7040-383-7
41. MOUDRÝ, J., SOUČKOVÁ, H.: Nepotravinářské využití fytomasy. VÚZE v  
Praze a ZF JU v Č. Budějovicích: 2006.
42. MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z.: Alternativní plodiny. ZF JU Č. Budějovice: 1996.
43. MOUDRY, J., STRAŠIL, Z.: Energetické plodiny v ekologickém zemědělství.  
Spolek poradců v ekologickém zemědělství, vhpres Hradec Králové ve spolupráci  
s nadací Partnerství: 1998.
44. MURTINGER, K., BERANOVSKÝ, J.: Energie z biomasy. Brno: ERA, 2006.
45. MUŽÍK, O., HUTLA, P.: Biomasa - bilance a podmínky využití v ČR.  
Biom.cz[online]. 2005-01-17 [cit. 2015-03-12]. Dostupné z  
WWW:<<http://biom.cz/index.shtml?x=217755>>. ISSN: 1801-2655.

46. NOVÁK, J., SKALICKÝ, M.: Botanika: cytologie, histologie, organologie asystematika. Vyd. 1. Praha: Powerprint, 2008, 327 s., xi s. barev. obr.příl. ISBN 978-809-0401-112.
47. NOSKIEVIČ, P., a kol.: Biomasa a její energetické využití. Praha : MŽP, 1996. 70 s. ISBN 80-7078-367-2.
48. OCHODEK, T., KOLONIČNÝ, J., BRANC M.: Ekologické aspekty záměny fosilních paliv za biomasu“, Ostrava 2007, ISBN 978-80-248-1595-4, I. Vydání.
49. PASTOREK, Z., KÁRA, J., JEVIČ, P.: Biomasa – obnovitelný zdroj energie, FCC Public, Praha: 2004.
50. PASTOREK, Zdeněk. Legislativní podpora využití biomasy. In Zemědělská technika abiomasa 2005. Praha : VÚZT, 2005. s. 7-10. ISBN 80-86884-07-4.
51. PASTOREK, Z., KÁRA, J., HUTLA, P., ANDERT, D., SLADKÝ, V., JELÍNEK, A., PLÍVA, P.: Využití odpadní biomasy rostlinného původu. VÚZT Praha: 1999.
52. PETŘÍKOVÁ, V.: Nové zkušenosti s pěstováním energetických plodin apodmínky pro rozvoj fytoenergetiky v ČR. In: Energetické průmyslové rostliny XI. - Sborník referátů CZ Biom, Chomutov: 2006, 17-28.
53. PETŘÍKOVÁ, V., et al. Energetické plodiny. ProfiPress, s. r. o.. Praha: 2006.126 s. ISBN 80-86726-13-4
54. SAHRAMAA, M., IHAMAKI, H. & JAUHAINEN, L.: Variation in biomass related variables of reed canarygrass. Agricultural and food science in Finland, 2003, str. 2123-225.
55. SLADKÝ, V.: Spalování biomasy – ekonomika a ekologie. In:ADAMOVSKEÝ, R.; SVOBODA, A.. Ekologické aspekty využití a výrobyenergie v zemědělství. Sborník vědeckého semináře. Brno: 1996



56. SLADKÝ, V.: Dřevní peletky – standardní fytopalivo budoucnosti. In: EKOTREND 2001 – trvale udržitelný rozvoj. Sborník z mezinárodní konference. ZFJČU. České Budějovice: 2001
57. SLADKÝ, V.; DVOŘÁK, J; ANDERT, D. Obnovitelné zdroje energie – fytopaliva– VÚZT. Praha: 2002. 25 s. ISBN 80-238-9952-X
58. SOBOLÍKOVÁ, K.: Osvědčená výroba pyrolýzního oleje a jeho praktické využití nejen v energetice. 2012. In: [online]. [cit. 2015-02-18]. Dostupné z: [www.biomasa.info.cz/cs/doc/S2\\_09.pdf](http://www.biomasa.info.cz/cs/doc/S2_09.pdf)
59. SOUČKOVÁ, H; MOUDRÝ, J.. Využití fytohmoty pro energetické účely. In: Sborník vědeckých publikací z mezinárodního semináře „Nepotravinářské využití fytohmoty“. ZFJČU. České Budějovice: 2005. 123 s. ISBN 80-7040-833-2
60. SOUČKOVÁ, H; MOUDRÝ, J.. Nepotravinářské využití fytohmoty. ZFJČU. České Budějovice: 2006. 95 s. ISBN 80-7040-857-X
61. SRDEČNÝ, K. a kol. Obnovitelné zdroje energie – Přehled druhů a technologií 1. Vydání. Ministerstvo životního prostředí, 2009. ISBN: 978-807212-518-0, 32s
62. STUPAVSKÝ, V., HOLÝ, T.: Dřevní štěpka - zelená, hnědá, bílá. Biom.cz [online]. 1. 1. 2010, 19. 5. 2010 [cit. 2015-02-21]. ISSN: 1801-2655. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/drevni-stepka-zelena-hneda-bila>
63. ŠIMON, J.; STRAŠIL, Z.. Perspektivy pěstování plodin pro nepotravinářské účely. ÚZPI. Praha: ÚZPI, 2000. 50 s. ISBN 80-7271-047-8
64. ŠTYSOVÁ, N. (ed.). Energie pro jihočeský venkov. ÚFBJU. Nové Hrady: 2009. 71 s. ISBN 978-80-7394-122-2
65. USŤÁK, S.: Netradiční rostliny perspektivní pro bioenergetické účely. In: Energetické a průmyslové rostliny – VI., Chomutov: VÚRV, CZ-Biom, 2000, 41-50 s.

66. UŠŤAK, S.: Rozvoj pěstování a využití biomasy pro energetické a průmyslové účely v ČR: technické a ekonomické aspekty a základní překážky. In: Energetické a průmyslové rostliny XI. - Sborník referátů CZ Biom, Chomutov: 2006, str.118-133.
67. UŠŤAK, 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.
68. VÁŇA, J.: Biomasa pro energii a technické využití. Biom.cz [online]. 2003-03-25 [cit. 2015-02-20]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/index.shtml?x=129197>>. ISSN: 1801-2655.
69. VELICH, Jiří. Pícninářství. Vyd. 1. V Praze: Vysoká škola zemědělská, 1994, 204 s. ISBN 80-213-0156-2.
70. VRÁBLÍKOVÁ, J.. Úvod do agroenergetiky. FŽP UJEP. Ústí nad Labem:FŽP UJEP, 2000. 142 s. ISBN 80-7044-231-X
71. WEGER, J., STRAŠIL Z., HONZÍK R., BUBENÍK, J.:Možnosti pěstování biomasy jako energetického zdroje v Ústeckém kraji. Průhonice:Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, 2012, 78 s. ISBN978-80-85116-66-3. Dostupné z: <http://www.obv.cz/files/publikace01.pdf>
72. ZELENÝ, V.: Fytoenergetika ve Státní energetické koncepci ČR. Biom.cz [online]. 2004-06-28 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z WWW:<<http://biom.cz/index.shtml?x=187811>>. ISSN: 1801-2655.