

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMEDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství
Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině
Katedra: Katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií

Energetické využití fytomasy k vytápění objektů

bakalářská práce

autor

Jaroslav Jiřík

vedoucí práce

Ing. Jan Moudrý, Ph.D.

2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jaroslav JIŘÍK**
Osobní číslo: **Z09280**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině**
Název tématu: **Energetické využití fytomasy k vytápění objektů**
Zadávací katedra: **Katedra rostlinné výroby a agroekologie**

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

Hlavním cílem bakalářské práce je porovnání vybraných druhů energetických plodin (bylin) z hlediska tvorby výnosu biomasy, výnosu sušiny a spalného tepla. Druhá část práce se zabývá možnostmi tvorby pelet a srovnáním peletovacích zařízení z hlediska rychlosti výroby pelet a spotřeby energie při výrobě. Práce bude vypracována na základě literární rešerše a dílčích vlastních dat.

- 1) Úvod shrne rámcově problematiku energetického využití fytomasy z hlediska využitelnosti jednotlivých rostlin a metod zpracování.
- 2) Rešerše na téma pěstování energetických plodin a jejich využití.
- 3) Výběr energetických plodin (trávy, obilniny, šťovík, Miscanthus, doplňkové plodiny) a seznámení se základy pěstování a tvorby výnosu, výběr sledovaných peletovacích zařízení.
- 4) Vyhledání údajů o výnosech a spalném teple u vybraných plodin, vyhodnocení získaných dat, porovnání s vlastními daty a stanovení efektivnosti pěstování vybraných plodin. Stanovení vhodnosti a efektivnosti zpracování s pomocí vybraných peletovacích zařízení z hlediska spotřeby energie a rychlosti tvorby pelet.
- 5) Shrnutí nejvýznamnějších zjištění vyplývajících z provedených srovnání.
- 6) Vytvoření seznamu literatury v abecedním pořadí dle ČSN

Rozsah grafických prací: 10 stran
Rozsah pracovní zprávy: 30 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

Macpherson, G.: Home-grown energy from short rotation coppice. Farming Press Books, Ipswich, 1995, 214s.

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.

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

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 bakalářské práce: **Ing. Jan Moudrý, Ph.D.**
Katedra rostlinné výroby a agroekologie
Konzultant bakalářské práce: **prof. Ing. Jan, st. Moudrý, CSc.**
Katedra rostlinné výroby a agroekologie
Datum zadání bakalářské práce: **18. února 2011**
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2012**



prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13 ①
370 05 České Budějovice



prof. Ing. Vladislav Čurn, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 18. února 2011

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci na téma „Energetické využití fytomasy k vytápění objektů“ 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 Rozsedlích, 4. dubna 2012

.....
Jaroslav Jiřík

Poděkování:

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Janu Moudrému, Ph.D. za cenné rady, poskytnuté materiály a odborné vedení mé práce.

SOUHRN

Bakalářská práce se zabývá energetickým využitím fytomasy k vytápění objektů. Dle dostupných literárních zdrojů byla sestavena rešerše týkající se biomasy, jejího dělení a zpracování, a také energetických plodin.

Hlavním cílem práce bylo porovnání ozdobnice (*Miscanthus* sp.), lesknice rákosovité (*Phalaris arundinacea*) a kostřavy rákosovité (*Festuca arundinacea*) z hlediska tvorby výnosu biomasy, výnosu sušiny a spalného tepla. Dále byla posouzena efektivnost zpracování pelet pomocí čtyř vybraných peletovacích zařízení z hlediska spotřeby energie a rychlosti tvorby pelet.

Na základě dalších dílčích výpočtů bylo zjištěno, že náklady na výrobu ročního potřebného množství pelet (včetně nákladů na pěstování plodiny) pro modelový patrový rodinný dům postavený současnou technologií se u jednotlivých rostlin lišily. Náklady na vytápění peletami druhu *Miscanthus* činily 13 519 Kč/rok, pro druh *Phalaris arundinacea* 16 349 Kč/rok a pro druh *Festuca arundinacea* 9 749 Kč/rok. Bylo konstatováno, že nejvýhodněji se pro vlastní potřebu jeví pěstování kostřavy rákosovité (*Festuca arundinacea*).

Klíčová slova: energetické plodiny, výnos sušiny, peletovací lisy, náklady na vytápění

SUMMARY

The bachelor thesis deals with energetical usage of phytomass for heating of buildings. The issue of biomass and energy crops were described based on available literature. The main objective was to compare *Miscanthus*, *Phalaris arundinacea* and *Festuca arundinacea* in terms of biomass yield, dry matter yield and the heat of combustion.

Four wood pellet machines were studied in terms of energy consumption and the rate of pellet production.

It was found that the annual costs of production of the required quantity of pellets (including costs of planting) for a model house built by current technologies were different by individual plants. The costs of heating using pellets of *Phalaris arundinacea* were 16 349 CZK per year, using *Miscanthus* 13 519 CZK per year and using *Festuca arundinacea* 9 749 CZK per year. It was concluded that to use the pellets made of *Festuca arundinacea* is the most advantageous possibility of heating.

Key words: energy crops, dry matter yield, wood pellet machines, heating costs

OBSAH

1.	ÚVOD	9
2.	LITERÁRNÍ PŘEHLED	10
2.1.	Biomasa	10
2.2.	Dělení biomasy	13
2.3.	Způsoby zpracování biomasy	17
2.3.1.	Spalování	19
2.3.2.	Pyrolýza	19
2.3.3.	Zplyňování	20
2.3.4.	Anaerobní vyhnívání (anaerobní digesce)	20
2.3.5.	Aerobní fermentace	21
2.3.6.	Alkoholová fermentace (alkoholové kvašení, výroba ethanolu)	21
2.3.7.	Esterifikace surových bio-olejů	22
2.3.8.	Výroba pevných paliv	22
2.4.	Peletovací stroje pro použití v rodinných domech	27
2.4.1.	Peletovací lisy Green ECONOMY	28
2.4.2.	Lisy na výrobu pelet s plochou kruhovou maticí	28
2.4.3.	Firma Cronimo s.r.o.	29
2.4.4.	Firma VŠEproDŘEVO.cz, s.r.o.	29
2.5.	Kotle vhodné ke spalování agropelet	30
2.5.1.	Kotel VERNER A251	30
2.5.2.	Kotel VARIMATIC VK 25	30
2.5.3.	Kotel EKOEFEKT BIO 23	31
2.6.	Vybrané rostliny a přehled jejich vlastností	32
2.6.1.	Ozdobnice (<i>Miscanthus sp.</i>)	32
2.6.2.	Lesknice rákosovitá (<i>Phalaris arundinacea</i>)	33
2.6.3.	Kostřava rákosovitá (<i>Festuca arundinacea</i>)	34
3.	CÍLE PRÁCE	36
4.	MATERIÁL A METODY	37
5.	VÝSLEDKY A DISKUSE	40
6.	ZÁVĚR	48
7.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	50
	PŘÍLOHY	56

1. ÚVOD

Stoupající ceny uhlí a zemního plynu a zároveň možnost vyčerpání jejich zásob vedou lidstvo k zamyšlení se nad jinými zdroji energie. Využívání obnovitelných zdrojů je vynucováno i mezinárodními závazky států. Vzhledem k přírodním podmínkám České republiky se jako jeden z nejvýhodnějších obnovitelných energetických zdrojů jeví biomasa. Stejně jako rozeznáváme několik druhů obnovitelných zdrojů, existuje i velké množství biomasy a možností jejího využití.

Práce se zaměřuje pouze na jednu část, konkrétně na víceleté energetické byliny. Mezi jejich hlavní přednosti patří možnost obhospodařování běžnými zemědělskými stroji a v řadě případů i využití běžných agrotechnických postupů. Poskytují relativně stabilní výnosy, pěstování víceletých bylin je ekonomicky výhodné z hlediska nižších vstupních nákladů spojených s každoročním zakládáním porostu. Stálý pokryv zemědělské půdy snižuje riziko eroze, podle některých studií plochy vytrvalých energetických plodin i zvyšují biodiverzitu.

Pěstováním víceletých energetických bylin můžeme využít přebytečnou zemědělskou půdu, která neslouží k produkci potravin, dále můžeme využít i méně úrodné plochy, nebo plochy kontaminované, které je třeba asanovat.

Dále pěstování víceleté fytomasy rovněž dává prostor pro rozvoj venkova, pro uplatnění pracovních sil na venkově a pro zlepšení efektivnosti hospodaření zemědělských podniků.

Hlavním cílem bakalářské práce bylo porovnat vybrané druhy energetických plodin (bylin) z hlediska tvorby výnosu biomasy, výnosu sušiny a spalného tepla. Dalším úkolem práce bylo popsat možnosti tvorby pelet a porovnat peletovací zařízení z hlediska rychlosti výroby pelet a spotřeby energie při jejich výrobě.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1. Biomasa

Biomasa se v posledních letech stává atraktivním zdrojem energie pro všechny typy uživatelů. Rozvoj energetiky, nejen v ČR, ale i v ostatních vyspělých zemích, se začíná potýkat s problémy vysoké spotřeby primární energie, kterou se nedaří snižovat. Rozhodující podíl na celkové spotřebě v současnosti tvoří fosilní paliva. Zdroje fosilních paliv, zejména pak ropy a zemního plynu – v případě ČR pak uhlí, se ale rychle vyčerpávají, případně je jejich těžba ekonomicky a energeticky náročná. Důsledkem toho je neustále rostoucí dovozní závislost na importu těchto strategických komodit často z politicky a ekonomicky nestabilních regionů (HAVLÍČKOVÁ a kol., 2007). Tato situace vede k hledání dalších energetických zdrojů, aby i nadále bylo možné zajišťovat strmě narůstající trend spotřeby energie. Mezi těmito zdroji patří k nejvýznamnějším biomasa (NOSKIEVIČ a kol., 1996).

Pojem biomasa je vysvětlen celou škálou definic. ZIMOLKA (2004) uvádí, že pro účely bioenergetiky je biomasa definována jako substance ekologického původu, zahrnující rostlinnou biomasu pěstovanou na půdě, hydroponicky nebo na vodních plochách, živočišnou biomasu, vedlejší organické produkty a organické odpady. S touto definicí souhlasí i STUPAVSKÝ (2008) a upřesňuje, že pro biomasu z bylin, včetně zemědělských plodin se používá pojem fytomasa a pro dřevní biomasu pojem dendromasa.

Biomasa je buď záměrně získávána jako výsledek výrobní činnosti, nebo se jedná o využití odpadu ze zemědělské, potravinářské a lesní výroby, komunálního hospodářství, z údržby krajiny a péče o ni (PASTOREK a kol., 2004).

Energetickému využití biomasy je věnována mimořádná pozornost ve všech vyspělých zemích světa. Výrazně je podporován výzkum zaměřený na zvýšení efektivnosti využití biomasy a rozšíření možností jejího uplatnění (NOSKIEVIČ a kol., 1996). Dalším důvodem zájmu o využití rostlinné biomasy jako obnovitelného energetického zdroje je příspěvek ke snížení antropogenních emisí CO₂ v ovzduší (LEWANDOWSKI a kol., 2003). Velkou výhodou je i to, že energie z biomasy se ze všech méně tradičních zdrojů energie nejnadhěji získává i skladuje. Zároveň je její

potenciál ze všech obnovitelných zdrojů energie v podmínkách České republiky nejvyšší. Podle tvaru, objemové hmotnosti a výhřevnosti lze fytopaliva standardizovat a přizpůsobovat je potřebám trhu. Příznivou vlastností fytopaliv je jejich dobrá biologická odbouratelnost a nízký obsah síry ve spalinách. Popel z fytopaliv, podobně jako digestát z bioplynových stanic, je možné použít jako hnojivo (FUKSA, 2009).

V České republice je k dispozici velký potenciál orné půdy, pro rozvoj nepotravinářské produkce, který není zdaleka využit. Rozvoj nepotravinářského využití fytomasy přitom dává nový prostor pro rozvoj zemědělství a rozvoj venkova, pro uplatnění pracovních sil a zlepšení efektivity hospodaření zemědělských podniků i zpracovatelských kapacit (SOUČKOVÁ & MOUDRÝ, 2006).

Ekologickou a energetickou efektivnost využívání obnovitelných zdrojů energie je ale třeba hodnotit komplexně, včetně energie spotřebované na pořízení zařízení pro jejich využívání a na konečnou likvidaci, s respektováním externích vlivů na životní prostředí z toho vyplývajících a také z hlediska ovlivňování jiných energetických systémů (KADRNOŽKA, 2008).

VÁŇA (2003) uvádí výčet sporných bodů, které je při pěstování biomasy pro energetické účely zvážit.

- Biomasa má ve srovnání s fosilními palivy nižší energetickou hustotu, což se projevuje nepříznivě v logistice, která se může stát omezujícím a náklady zvyšujícím faktorem u větších fytoenergetických zařízeních.
- Specifické vlastnosti biomasy si žádají speciální konstrukce kotlů, zejména co se týče velikosti, uspořádání a prostorového dimenzování topenišť, přívodů spalných vzduchů a řešení teplosměnných ploch.
- Vyšší obsah vody, který se řeší volbou optimálního období při sklizni energetických rostlin, sušením při skladování a při výběru vhodné spalovací technologie.
- Nedostatečná ekonomická konkurenční schopnost k fosilním palivům.

- Pěstování, sklizeň a příprava fytopaliva představuje provozně a investičně náročný řetězec operací.
- Jednotkové náklady jsou ovlivněny výnosem, který v jednotlivých letech může kolísat.

Podle KADRNOŽKY (2008) je třeba zvážit fakt, že pěstování fyto-masy vede ke zmenšování ploch vhodných pro potravinářskou zemědělskou výrobu. ZIMOLKA (2004) došel k závěru, že pěstování rostlin pro výhradně energetické účely smysl pouze v těch zemích, kde je dostatek půdy pro pěstování rostlin k zajištění potravinové bezpečnosti a navíc je k dispozici zemědělská půda, na níž není efektivní rozvíjet intenzivní zemědělskou výrobu.

Další autoři (BIEMANS a kol., 2008; DAUBER a kol., 2010) zdůrazňují, že před masivním zavedením pěstování energetických rostlin je zapotřebí prozkoumat jejich vliv na životní prostředí, diverzitu, ekosystémové služby a udržitelnost přírodních a zemědělských stanovišť.

2. 2. Dělení biomasy

V literatuře lze najít různá dělení biomasy od různých autorů. Pro nastínění uvádím dělení dle WEGERA (2009), dle VÚKOZ Průhonice (2006) a dle BIEMANSE a kol. (2008). Pro zajímavost v příloze uvádím vyčerpávající tabulku rozdělení biomasy dle JAKUBES a kol. (2006), která obsahuje přehled zdrojů biomasy včetně obsahu vody a popele a technologií pro přeměnu.

WEGER (2009) rozlišuje **zbytkovou biomasu ze zemědělství** (rostlinné posklizňové zbytky zemědělské prvovýroby, zejména sláma obilná a řepková; organické zbytky zemědělské výroby, zejména chlévská mrva; organické nebo rostlinné zbytky ze zpracovatelského průmyslu, zejména mlékárenského a potravinářského), **zbytkovou biomasu z lesnictví** (těžební odpad z lesního hospodaření např. z prořezávek, probírek a nehroubí z mýtní těžby; spalitelný odpad z pilařské výroby, dřevozpracujícího a papírenského průmyslu), **biomasu energetických plodin 1. generace** (řepka a palma olejná na FAME a PPO; pšenice a kukuřice na bioetanol; žitovec na pelety) a **biomasu energetických plodin 2. generace** (dřeviny, např. topoly, vrby nebo v teplejších oblastech eukalyptus; nedřevnaté rostliny jako energetický šťovík, ozdobnice, proso dvojřadé aj.).

Pracovní seznam používaných a potencionálních energetických plodin od kolektivu autorů z VÚKOZ Průhonice (ANONYMUS, 2006) je mnohem podrobnější a vzhledem k povaze práce jej uveřejním celý. Autoři vymezili 7 skupin plodin a u všech uvedli vyčerpávající příklady.

Rychle rostoucí dřeviny:

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

Jednoleté byliny:

lebeda rozkladitá (*Atriplex patula*), merlík bílý (*Chenopodium album*)

Dvouleté byliny:

topolovka růžová (*Alcea rosea*), divizna velkokvětá (*Verbascum densiflorum*), sléz meljuka (*Malva meluca*), sléz kadeřavý (*Malva crispa*)

Víceleté a vytrvalé byliny:

mužák prorostlý (*Silphium perfoliatum*), křídlatka japonská (*Reynoutria japonica*), křídlatka sachalinská (*Reynoutria sachalinensis*), vratič obecný (*Tanacetum vulgare*), bělotrn modrý (*Echinops ritro*), zlatobýl kanadský (*Solidago canadensis*), vrbka úzkolistá (*Chameiron angustifolium*), tužebník jilmový (*Filipendula ulmaria*), konopí seté (*Cannabis sativa*), pelyněk černobýl (*Arthemisia vulgaris*), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), oman pravý (*Inula helenium*), šťovík krmný „Uteuša“ (*Rumex tianshanicus x R. patientia*), ozdobnice čínská (*Miscanthus sinensis*), ozdobnice cukrolistá (*Miscanthus sachariflorus*), rákos obecný (*Phragmites australis*), orobinec úzkolistý (*Typha angustifolia*), lesknice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*), třtina křovištní (*Calamagrostis epigeios*), třtina rákosovitá (*Calamagrostis arundinacea*), kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea*), psárka luční (*Alopecurus pratensis*), srha laločnatá (*Dactylis glomerata*), psineček veliký (*Agrostis gigantea*), ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*), bojínek luční (*Phleum pratense*)

Obiloviny:

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

Pícniny:

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

Olejniny:

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

Na biopaliva první, druhé a třetí generace dělí biopaliva BIEMANS a kol. (2008), poslední zmiňovaný autor. Mezi biopaliva první generace řadí bioethanol a bionaftu, které jsou vyráběny z rostlin obsahujících olej (slunečnice, řepka), cukr (řepa cukrovka, cukrová třtina) a škrob (brambory). Biopaliva druhé generace prochází složitým procesem a jsou získávána z lignocelulozního materiálu rostlin. V procesu je získávám bioethanol. Biopaliva druhé generace se vyrábí z rychlerostoucích bylin nebo dřevin, případně z odpadu ze zemědělské a lesnické výroby. Jako biopaliva třetí generace uvádí řasy (tab. 1). Biopaliva první generace mohou zároveň sloužit k výrobě potravin a krmiv, produkce biopaliv třetí generace naproti tomu nekonkuruje výrobě potravin a dají se pěstovat skoro ve všech podmínkách.

Pro ujasnění je třeba uvést, že jako biopaliva označujeme veškeré energeticky využitelné produkty z biomasy (FRYDRYCH a kol., 2006).

Tab. 1. Biomasa k výrobě bioenergie, převzato z Biemans a kol. (2008), upraveno.

Biomasa k výrobě bioenergie				
Biopaliva 1. generace		Biopaliva 2. generace	Výroba elektřiny a tepla	Biopaliva 3. generace
Bionafta (vyráběna přímo z rostlin)	Bioethanol (fermentace cukru a škrobu)	Bioethanol (fermentace lignocelulozních částí rostlin)	Spalování rostlinné biomasy	Bioethanol, bionafta, atd.
palmový olej řepka slunečnice sója	kukuřice cukrová třtina řepa cukrovka brambory pšenice	vrba topol byliny odpad ze zemědělství odpad z lesnictví		řasy

Biomasu je také možné dělit na dvě jednoduše oddělitelné skupiny, dle způsobu jejího vzniku, na biomasu zbytkovou a na biomasu záměrně produkovanou (HAVLÍČKOVÁ a kol., 2007). Autoři v této publikaci zmiňují jako příklad zbytkové biomasy organické odpady z průmyslových výroby, odpady ze živočišné výroby a komunální organické odpady, všechny řazené mezi zbytkovou biomasu. Jako nejčastější zdroj organických odpadů z průmyslových výroby autoři uvádějí pilařské a dřevozpracující provozy a lihovary. Ze zemědělských odpadů se v největší míře využívá kejda, slámnatý hnůj a zbytky krmiv.

Ne všechny energetické plodiny jsou vhodné pro masivnější produkci, vývoj technologií pěstování a spalování je však neustálý. SOUČKOVÁ & MOUDRÝ (2005) zmiňují, že v současné době je u nás pěstování energetických rostlin v počátcích. Bylo by vhodné zavést podporu zemědělské nepotravinářské produkce pro její využití jako obnovitelného zdroje energie, jelikož tato podpora je považována nejen z ekologických hledisek za perspektivní. Bez této podpory nejsou paliva schopná soutěžit s klasickými zdroji energie.

2.3. Způsoby zpracování biomasy

Existují různé způsoby transformace chemické energie biopaliv. Obdobně jako u dělení energetických plodin je i v problematice dělení způsobů transformací biomasy do skupin procesů několik možných způsobů dělení. Nejčastějším způsobem transformace biopaliv na energii je transformace prostřednictvím spalování (FRYDRYCH a kol., 2006). Stručný přehled o tranformacích biomasy na energeticky využitelné produkty je uveden v následující tabulce (tab. 2).

Tab. 2. Možnosti transformace biomasy na energeticky využitelné produkty dle Frydrych a kol. (2006).

Skupina procesů, procesy a typické produkty	Využití
Spalování	
- spalování biomasy	teplo, elektřina
Chemická přeměna	
-zplyňování a pyrolýza (olej, plyn, dehet, metan, čpavek, metanol) - zkapalňování (olej) - esterifikace (metylester řepkovéjo oleje – bonafta)	teplo, elektřina, pohon vozidel
Biologická přeměna	
- anaerobní digesce (bioplyn, metan) - - alkoholové kvašení (etanol)	teplo, elektřina, pohon vozidel
Mechanicko – chemická přeměna	
- lisování (oleje pro biopaliva)	pohon vozidel, maziva

Dle jiných autorů (ANONYMUS, 2009) lze energii z biomasy získávat těmito způsoby:

1. Termochemická přeměna (tj. suché procesy)

spalování

pyrolýza (produkce plynu, oleje)

zplyňování (produkce plynu),

2. **Biochemická přeměna** (tj. mokré procesy)

anaerobní vyhnívání (produkce bioplynu)

aerobní fermentace (produkce tepla vázaného na nosič)

alkoholová fermentace (produkce etanolu),

3. **Mechanicko-chemická přeměna**

lisování olejů (produkce kapalných paliv, oleje)

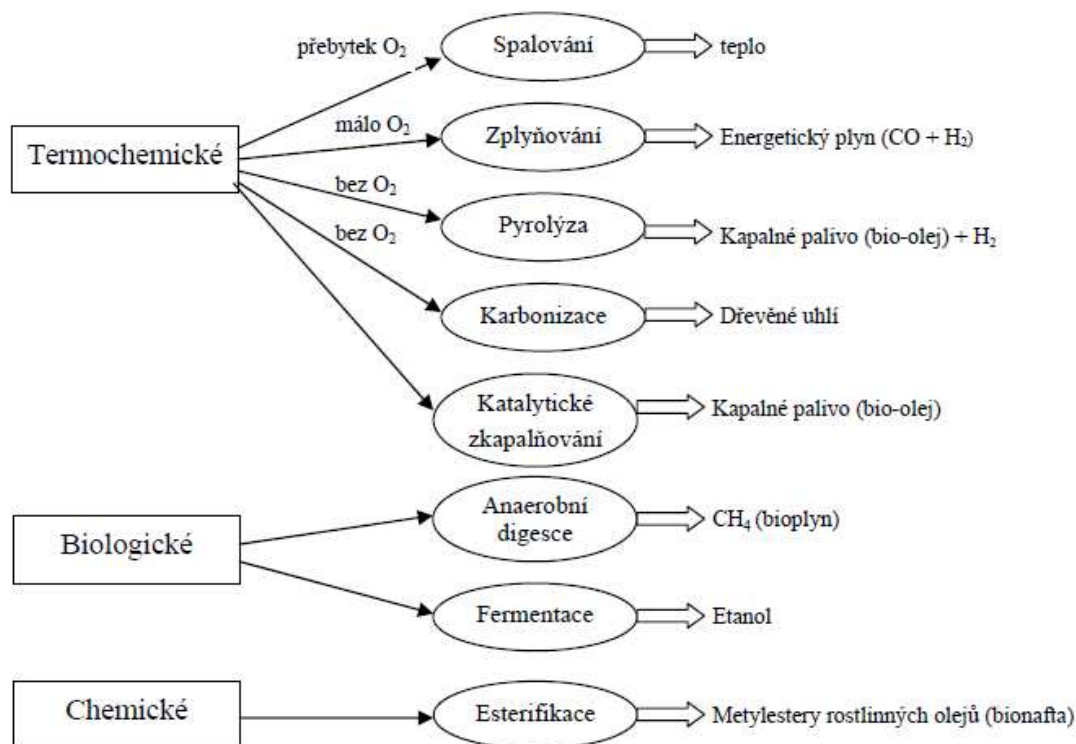
esterifikace surových bio-olejů (výroba bionafty a přírodních maziv)

výroba pevných paliv (štipání, drcení, lisování, peletace, mletí).

Hodnota 50 % sušiny je přibližná hranice mezi mokřými a suchými procesy zpracování biomasy (SOUČKOVÁ a kol., cit. 2011).

Pro lepší přehlednost lze uvést schéma JAKUBESE a kol. (2006) (obr. 1).

Obr. 1. Způsoby zpracování biomasy. Zdroj: Jakubes a kol. (2006).



Dále budou v práci uvedeny bližší informace o jednotlivých procesech, následující části práce budou věnovány pouze spalování.

2.3.1. Spalování

V Z energetického hlediska je i dnes základním a nejčastějším konečným využitím biomasy její spalování, tedy termická přeměna (oxidace) biomasy za dostatečného přístupu kyslíku. Produktem spalování je tepelná energie, která se následně využije pro vytápění, technologické procesy nebo pro výrobu elektrické energie. Je nutno kontrolovat emise oxidu uhelnatého a tuhých látek, v některých případech i emise oxidů dusíku a organických látek (JAKUBES a kol., 2006).

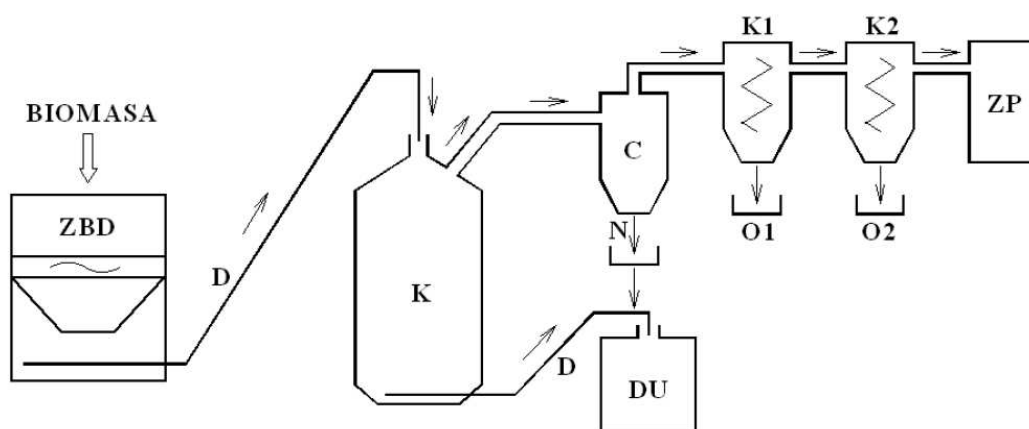
Pro spalování biomasy se používají kamna nebo kotle nejrůznějších velikostí, výkonů a systémů, nelze však použít kotelní zařízení konstruovaná na uhlí. Také topeniště kotlů musí být uzpůsobeno druhu a stavu paliva, které bude použito. Na rozdíl od fosilních paliv, které po vytěžení nevyžadují velkých úprav, aby je bylo možno spalovat, je třeba paliva z biomasy většinou upravit (krácení, štípání, sekání, lisování, mletí, sušení apod.). Množství uvolněné energie závisí také na výhřevnosti spalované látky (MOUDRÝ & STRAŠIL, 1999).

Zařízení pro přímé spalování biomasy se výkonově mohou pohybovat od několika kW do desítek MW a v České republice představují nejméně problémový zdroj s velkou perspektivou (JAKUBES a kol., 2006).

2.3.2. Pyrolýza

Dle NAJSERA (2005) je pyrolýza definována jako proces rozkladu při zvýšených teplotách (300-700 °C) bez přítomnosti kyslíku. Biomasa uložená v zásobníku s drtičem postupuje do konvertoru, kde se ohřívá na teplotu cca 400 °C. Při této teplotě dochází k uvolňování směsi plynů a vodních par, které postupují do cyklónu. Prvním produktem pyrolýzy je dřevěné uhlí. V cyklónu dochází k separaci tuhých nečistot ze směsi plynů a vodních par. Tato směs dále proudí do kondenzátorů. V prvním kondenzátoru kondenzuje olej s vysokým bodem varu. Ve druhém kondenzuje olej s nízkým bodem varu společně s vodou. Zbylý nekondenzující plyn proudí do zásobníku plynu. Část tohoto plynu přitom může být použita pro atmosférický hořák za účelem předsoušení vstupní biomasy (ANONYMUS, 2009) (obr. 2.).

Obr. 2. Znárodnění pyrolýzy dle Anonymus (2009). ZBD – zásobník biomasy s drtičem, D – dopravník, K – konvertor, C – cyklón, K1, K2 – kondenzátory, ZP – zásobník plynu, N – nečistoty, DU – dřevěné uhlí, O1 – olej s vysokým bodem varu, O2 – směs vody a oleje s nízkým bodem varu.



2.3.3. Zplyňování

Technologie zplyňování probíhá ve dvou fázích. V té první vzniká bez přístupu vzduchu dřevěné uhlí. Teplota v této fázi je okolo 800 °C. Ve druhé fázi reagují vzniklé produkty s omezeným množstvím vzduchu přičemž vzniká dřevní plyn, který je tvořen směsí plynů CO, CO₂, H₂, H₂O, CH₄ a N₂ (JUCHELKOVÁ & RACLAVSKÁ, 2009).

Při pečlivé kontrole teploty (800 °C až 900 °C), obsahu kyslíku a doby setrvání částic biomasy v reaktoru (sekundy až desítky sekund), je možno prakticky všechny organický materiál přeměnit na plyn (JAKUBES a kol., 2006). Dřevoplyn je následně odváděn do spalovacího prostoru, kde se spaluje podobným způsobem jako běžná plynná paliva (ANONYMUS, 2009).

2.3.4. Anaerobní vyhnívání (anaerobní digesce)

Anaerobní digesce spočívá dle JAKUBESE a kol. (2006) v mikrobiologické transformaci organických látek (např. biologicky rozložitelné složky komunálního odpadu, složek zvířecích exkrementů, organických kalů v čistírnách odpadních vod a jiné vhodné biomasy) v podmínkách bez přístupu vzduchu při mírně zvýšené teplotě (35-45 °C), za vzniku bioplynu a digestátu, který splňuje kvalitativní požadavky vyhlášky o biologických metodách zpracování biologicky rozložitelných odpadů.

Bioplyn je tvořen metanem (od 55 % do 70 %), oxidem uhličitým (od 27 % do 44 %) a minoritními plyny (H_2S , H_2 , N_2) o obsahu do 1 %. Výhřevnost bioplynu je $H = (22 \div 23) \text{ kJ/m}^3$. Z 1 m^3 bioplynu lze vyrobit přibližně 1,6 kWh elektrické energie. V bioplynové stanici se biomasa zahřívá na provozní teplotu (od $15 \text{ }^\circ\text{C}$ do $55 \text{ }^\circ\text{C}$) ve vzduchotěsném reaktoru, kde zůstává po dostatečně dlouhou dobu. Biomasa se průběžně promíchává. Vyrobený bioplyn se následně odvádí do zásobníku pro jeho další využití (např. pro výrobu tepla, elektřiny nebo plnění do ocelových lahví) (Anonymus, 2009).

2.3.5. Aerobní fermentace

Aerobní fermentace je známa z výroby kompostu, kdy za přítomnosti vzduchu a působení vhodných kultur mikroorganismů dochází k rozkladu organických látek. Toto klasické kompostování trvá řádově měsíce. Průmyslová aerobní fermentace je kratší, cca 2 až 3 týdny. U této fermentace brzy po startu dojde k samovolnému růstu teploty (až na $70 \text{ }^\circ\text{C}$) a k rychlé degradaci organické hmoty. Výsledným produktem je hnojivý substrát (výroba kompostu a hnojiv), oxid uhličitý a vodní pára. Kromě toho na počátku procesu a při převrstvování odpadů vznikají emise pachových látek a dalších nežádoucích plynů (CH_4 , NH_4 aj.). Proces aerobní fermentace lze řídit obracením, převrstvováním a provzdušňováním odpadu (ANONYMUS, 2009).

2.3.6. Alkoholová fermentace (alkoholové kvašení, výroba ethanolu)

Ethanol vzniká alkoholovým kvašením cukrů. Výchozími surovinami jsou produkty obsahující cukr, škrob příp. celulózu. Suroviny obsahující cukr (cukrovka, cukrová třtina) se pro výrobu ethanolu rozmělnují, párou se extrahuje cukerný roztok a ten se fermentuje. K fermentaci cukrů se používá kvasnic (1 až 2,5 kg na 100 l) a kvašení probíhá 50-70 hodin. Destilací při $78 \text{ }^\circ\text{C}$ získáme vodu a 95% ethanol. U surovin obsahujících škrob (obilí, brambory) je třeba tento škrob nejdříve rozložit na zkvasitelné cukry. K tomuto účelu slouží kyselá hydrolýza. Ve výpalcích zůstává obsah bílkovin zachován. To znamená že vedlejší produkt výroby je vysoce hodnotné krmivo (MOUDRÝ & KALINOVÁ, cit. 2012).

2.3.7. Esterifikace surových bio-olejů

Bionafta, neboli metylester rostlinných olejů vzniká chemickou úpravou (metylesterifikací), při které vzniká hořlavé palivo o podobných vlastnostech a výhřevnosti jako má běžná motorová nafta. Chemickou podstatou esterifikace rostlinného oleje je záměna glycerinu za metanol v molekule mastné kyseliny, vedlejším produktem je pak glycerin. Základní surovinou pro výrobu bionafty je dnes v ČR řepka olejná, bionaftu lze vyrábět i ze lněného či slunečnicového oleje nebo i z použitých rostlinných olejů (např. z restaurací, zařízení hromadného stravování či potravinářského průmyslu). Kromě tradiční technologie výroby je možno využití i etylesterifikaci. Výhodou bionafty je její rychlá biologická odbouratelnost a samomazací schopnost (JAKUBES a kol., 2006).

2.3.8. Výroba pevných paliv

Fytopaliva je možné standardizovat co do tvaru, objemové hmotnosti, výhřevnosti a přizpůsobovat je potřebám trhu (FUKSA, 2009).

Dle FRYDRYCH a kol. (2006) lze pevná paliva dělit na

- kusové dřevo
- dřevní štěpku (obr. 3)
- brikety (obr. 3)
- pelety (ze dřeva)
- biopelety (z bylin a jiné biomasy) (obr. 3)
- jiné formy

Obr. 3. Typy pevných paliv: A) pelety B) brikety C) dřevní štěpka. Zdroj: www.slovanka.eu, www.louny.olx.cz, www.biom.cz, upraveno.



Dřevní štěpka

Dřevní (lesní) štěpka je an částice strojně nakráčená a nadrcená dřevní hmota. Velikost částic se pohybuje v rozmezí od 3 do 250 mm. Štěpka se buď získává z odpadů lesní těžby a průmyslového zpracování dřeva, nebo se vyrábí z cíleně pěstovaných rychle rostoucích dřevin. Dřevní štěpku dále dělíme do kategorií zelená štěpka, hnědá štěpka a bílá štěpka podle její kvality a dalších obsažených příměsí.

Zelená štěpka je získána ze zbytků po lesní těžbě, obsahuje tedy nejen části drobných větví, ale také listí nebo jehličí. Vlhkost štěpky je vzhledem ke zpracování čerstvé hmoty poměrně vysoká.

Hnědá štěpka se vyrábí ze zbytkových částí kmenů, pilařských odřezků apod. Vždy obsahuje kůru, kterou lze rozpoznat na jednotlivých štěpkách.

Bílá štěpka pochází z odkorněného dříví, ani na jednotlivých štěpkách se již nenachází kůra, používá se spíše kvýrobě dřevotřískových desek.

Spalování štěpky je možné v celé řadě kotlů a kamen, štěpka se v kotlích nemusí nijak stlačovat (STUPAVSKÝ & HOLÝ, 2010a).

Brikety

Při výrobě briket dochází k lisování výchozích surovin (např. suchého dřevního prachu, drtě, pilin, kůry, jemných hoblin nebo rostlinných zbytků) do tvaru válečků, hranolů nebo šestistěnů, o průměru 40 až 100 mm a délce do 300 mm. Na trhu jsou k dostání brikety ze dřeva, kůry, slámy, energetických plodin nebo a briketami vyrobených ze směsí těchto materiálů – tzv. směsné brikety. Kvalita briket se odvíjí od použité suroviny. Obecně lze říci, brikety mají díky své vysoké objemové hmotnosti, která se pohybuje okolo 1000 až 1200 kg/m³, stabilní a nízkou vlhkost (obsah vody obvykle kolem 8 %) a nízký obsah popele (kolem 1 až 3 %) (STUPAVSKÝ & HOLÝ, 2010b).

Pelety

Jako pelety označujeme vysoce stlačené výlisky válcovitého tvaru o průměru 6 mm a různorodé délce 5 – 40 mm. Pelety jsou vyráběny z dřevních zbytků, obvykle z pilin a hoblin (STUPAVSKÝ, 2010a). Existují ale o rostlinné pelety, tedy pelety

vyrobené z nedřevní rostlinné biomasy (např. různého zemědělského odpadu nebo cíleně pěstovaných energetických plodin) (LYČKA, 2011).

Že jsou pelety považovány za významné palivo potvrzuje ve svém článku i VINTERBÄCK (2004), který popisuje výsledky první světové konference o peletách konané v roce 2002. Podle něj se s výrobou dřevních pelet začalo již v druhé polovině sedmdesátých let v USA a odtud se výroba rozšířila do celé Evropy. Mezi první dostupnou literaturu v českém jazyce, která se zabývá peletováním patřila kniha KLOBUŠNÍKA (2003).

V práci VERNERA (2007) můžeme nalézt dělení pelet:

dřevní - vyrábí se lisováním suché dřevní hmoty – pilin, kůry a dřevní štěpky,

bílé - vyrábí se z čisté dřevní hmoty, především z pilin

tmavé - vyrábí se z pilin smíchaných s kůrou

alternativní- vyrábí se lisováním rostlin nebo jejich částí a dále se dělí na:

agropelety - vyrábí se lisováním zemědělských komodit - energetických rostlin, řepkové slámy, obilnéslámy, odpadů po čištění obilnin a olejnin, sena apod. - mezi agropelety řadíme i pokrutiny, které vznikají při lisování řepkového a slunečnicového oleje

ostatní - vyrábí se lisováním různých, jinak obtížně využitelných, materiálů (např. drceného starého papíru, uhelného prachu), případně se tyto materiály míchají se zmíněnými zemědělskými komoditami

Různé druhy pelet se liší svými vlastnostmi (tab. 3).

Tab. 3. Porovnání vlastností alternativních a dřevěných pelet, upraveno dle Verner (2007).

vlastnost	alternativní pelety	dřevěné pelety
výhřevnost	15,0 až 18,0 mj/kg	17,5 až 19,5 mj/kg
měrná hmotnost	0,9 až 1,2 t/m ³	1,0 až 1,4 t/m ³
sypaná hmotnost	0,55 až 0,75 t/m ³	0,6 až 0,8 t/m ³
popelnatost	1,0 až 9,0 %	0,5 až 2,5 %

Pelety lze používat v široké výkonové škále kotlů a kamen v rodinných domech i ve větších budovách. Vzhledem k povaze paliva jde o zcela čistý a obnovitelný zdroj energie. Na rozdíl od topenišť spalujících dřevo se při hoření pelet nevytváří kouř. Při dokonalém spalování vzniká bezbarvý CO₂ (oxid uhličitý) a H₂O (vodní pára) a jen nepatrné množství škodlivin. Při hoření dále vzniká jen nepatrné množství popele, odpovídající přibližně 0,5 % spáleného paliva, což představuje cca 5 kg popele na 1 tunu pelet. Tento popel lze výhodně využít jako zahradní hnojivo (STUPAVSKÝ, 2010a).

Výroba pelet z biomasy je poměrně složitý a energeticky náročný proces. Materiál na vstupu do granulačního procesu by měl mít stabilizovanou vlhkost 10 - 12 %, vlhčí materiál (do 18 %) snižuje dlouhodobou kvalitu finálního produktu (KOTT 2010).

Pelety by se měly jako jakýkoliv jiný produkt vyrábět v předem stanovené, neměnné a specifikované kvalitě, která by měla být popsána technickými normami (STUPAVSKÝ, 2010b).

Před samotnou granulací je zapotřebí provést zvlhčení nebo napaření produktu. Jedná se o povrchové navlhčení, za použití páry, které slouží pro nabobtnání a uvolnění lepivých látek a různých silic na povrchu materiálu. Dřevo, zrniny a mlýnské produkty se přijímají přes příjmové stoly s přihrnovacím roštem, složitější je celý proces u příjmu balíků sena a slámy, které je zapotřebí před zpracováním rozebrat. Před granulací dochází k šrotování materiálu a vytřídění nežádoucích příměsí (kamení, kovy, atp.) Vlastní granulace se provádí na jemném lisu, ke granulátoru je materiál obvykle přiváděn šnekovým podavačem. Součástí dodávky lisu je i míchač s možností napařování nebo přidávání kapalin (vody) (KOTT, 2010).

V praxi si můžeme na domácím trhu setkat s těmito normami pro výrobu pelet. Dle STUPAVSKÉHO (2010b) každá jednotlivá norma tedy řeší pelety z jiných druhů biomasy.

- německá norma DIN 51731 – dřevěné a kůrové pelety
- německá norma DIN plus - dřevěné a kůrové pelety
- rakouská norma ÖNORM M7135 - dřevěné a kůrové pelety

- česká norma ČSN P CEN/TS 14961 – dřevní, rostlinné i směsné pelety z biomasy
- česká technická směrnice č. 55 – 2008 (Ministerstvo životního prostředí ČR) – rostlinné pelety a bylinná biomasa.

Pelety z dřevní i rostlinné biomasy mají mnoho odpůrců i příznivců. Argumentem proti je často fakt, že výroba je příliš energeticky náročná. Tento fakt LYČKA (2011) vyvrací svým výpočtem jednak pro dřevní pelety, jednak pro pelety nedřevní. I přes fakt, že při zpracování cíleně pěstovaných energetických plodin je zapotřebí započítat náklady vynaložené na vypěstování samotné vstupní suroviny, jsou výsledky příznivé.

Na závěr kapitoly pevná paliva byla sestavena tabulka porovnání vlastností jednotlivých druhů pevných fytopaliv (tab. 4).

Tab. Porovnání jednotlivých druhů pevných fytopaliv a jejich vlastností. Upraveno dle Stupavský (2010a), Stupavský & Holý (2010a) a Stupavský & Holý (2010b).

druh paliva	výhřevnost [MJ/kg]	váha/objem [kg/m ³]	vlhkost [%]
štěpka	8-15	250	15-50
brikety	12-18	do 1200	do 10
pelety	16-18	cca 850	do 10

2.4. Peletovací stroje pro použití v rodinných domech

SLADKÝ a kol. (2002) ve své publikaci rozebírá peletovací granulační lisy dvojího typu:

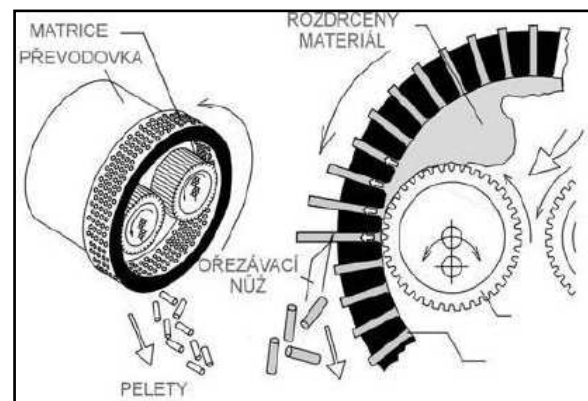
- s vodorovnou, talířovou rotační maticí a systém otáčivých rolen, které se odvalují po kruhové, talířové matici a protlačují surovinu dolů otvory v matici (obr. 4)
- s prstencovou maticí otáčející se na horizontální ose a s volně na pevných čepch se otáčejícími lisovacími rolnami (obr. 5)

První systém dosahuje zpravidla výkonosti 0,5- 1,5 t/ha, druhý až 5 t.

Obr. 4. Horizontální talířová rotační matice
(Zdroj: www.ceeindustrial.com).



Obr. 5. Lis s prstencovou maticí
(Zdroj: Andert a kol., 2006).



Příkon peletovacích, granulačních lisů se pohybuje v hodnotách od cca 40 do 100 i více kW, spotřeba energie činí asi 3-5% energetického obsahu pelet (vyjádřeno v Kč je to 20 % nákladů) a specifická spotřeba se pohybuje od 50 do 80 kWh/t. Předpokládá se snížení potřebného příkonu (SLADKÝ a kol, 2002).

ANDERT a kol. (2006) uvádí, že technologie výroby pelet ze stébelnin se liší od technologie výroby pelet ze dřeva. Stébelninám chybí dostatečné množství základní pojivové látky – ligninu, proto se přidávají aditiva pro zvýšení soudržnosti, ale také i výhřevnosti. Očekává se, že pelety ze stébelnin se budou vyrábět s většími průměry (20mm) než pelety dřevní (6-8 mm) a budou spalovány i ve výkonějších topeništích (přes 200 kW). Výrobní proces peletování vychází z krmivářského průmyslu.

2.4.1. Peletovací lisy Green ECONOMY (Zdroj: <http://www.briketovacilis.eu>)

Řada ECONOMY je určena k peletování v domácnosti a drobných firmách. Lis je určen pro peletování agro materiálů, krmných směsí a měkkých druhů dřeva (obr. 6; tab. 5).

Obr. 6. Peletovací lis JGE 200
(Zdroj: www.e-wood.biz/).



Tab. 5. Přehled vyráběných lisů a jejich technická specifikace
(Zdroj: www.briketovacilis.eu).

Model	Výkon motoru (kW)	Výkon cca (kg/hod)	Cena bez DPH (Kč)
JGE 120	3	75	20 990
JGE 150	4	120	28 990
JGE 200	7,5	200	39 990

2.4.2. Lisy na výrobu pelet s plochou kruhovou maticí

(Zdroj: <http://www.ballbrno.cz>)

Společnost Ball Brno dodává na trh lisy na pelety ve dvou provedeních. První provedení nese označení LPBBxxxV1, kde xxx udává průměr lisovací matrice (obr. 7). Lisy LPBBxxxV1 jsou primárně určeny ke granulování měkkých materiálů. Lisy této řady jsou vhodné ke granulování krmných směsí, respektive ke granulování agromateriálů použitelných jako krmivo, hnojivo či stelivo (obr. 8). Na stránce nejsou dostupné údaje o výkonech.

Obr. 7. Lis LPBB200V1 (Zdroj: www.ballbrno.cz). Obr. 8. Předváděcí centrum lisů na pelety
(Zdroj: www.ballbrno.cz).



2.4.3. Firma Cronimo s.r.o. (Zdroj: <http://www.malotraktorysilesia.cz/peletovaci-lisy>)

Firma Cronimo s.r.o. nabízí na své webové prezentaci tři typy peletovacích lisů: model M150, model M200 a model M230 (obr. 9; tab. 6).

Obr. 9. Peletovací lis model M150 (Zdroj: www.malotraktorysilesia.cz).



Tab. 6. Přehled vyráběných lisů a jejich technická specifikace (Zdroj: www.malotraktorysilesia.cz).

Model	Výkon (kg/h)	Výkon motoru (kW)	Průměr pelet (mm)	Hmotnost (kg)	Cena bez DPH (Kč)
M150	70-150	4	3-6	105	21667
M200	150-200	7,5	3-10	220	35833
M230	180-300	11	3-10	290	44167

2.4.4. Firma VŠEprodŘEVO.cz, s.r.o. (Zdroj: <http://www.peletovaci-lisy.cz/>)

Peletovací lisy firmy VŠEprodŘEVO se dle obchodního zástupce firmy dovážejí z Jihovýchodní Asie, firmu, která je vyrábí nebyl ochoten sdělit. Tyto lisy zpracují všechny typy AGRO materiálů a při použití speciální matrice i měkké dřevo. Vyrábějí se ve třech provedeních KV-120, KV-150 a KV-200 (tab. 7).

Tab. 7. Přehled vyráběných lisů a jejich technická specifikace (Zdroj: www.peletovaci-lisy.cz).

Model	Výkon (kg/hod)	Výkon motoru (kW)	Rozměry (cm)	Cena s DPH (Kč)
KV-120	75-100	3	75x35x70	26 000
KV-150	90-120	4	75x40x90	35 000
KV-200	200-300	7,5	100x40x100	50 000

2.5. Kotle vhodné ke spalování agropelet

2.5.1. Kotel VERNER A251 (Zdroj: <http://ww.kotle-verner.cz>)

Firma Verner nabízí druhou generaci automatických kotlů na alternativní pelety, dřevní pelety a obilí. Jsou určeny pro spalování zemědělských produktů - pšenice, ovsa, žita, tritikále, ječmene, kukuřice, hořčice, řepky olejky, alternativních pelet z obilných plev, energetických rostlin a obilné nebo řepkové slámy a také dřevních pelet. Pro vytápění rodinných domů přichází v úvahu kotel Verner A251 (obr.10).

Jmenovitý výkon: 25 kW

Účinnost: 91 %

Spotřeba pelet: 6,8 kg/h

Celková hmotnost: 575 kg



Obr. 10. Řez kotlem Verner A251 (Zdroj: www.kotle-verner.cz).

2.5.2. Kotel VARIMATIC VK 25 (Zdroj: <http://www.varimaik.cz>)

Kotel vhodný ke spalování alternativních pelet vyrábí i firma Varimatik. Kotel VK 25 (obr. 11) s jmenovitým výkonem 25 kW je určen pro spalování sypkých tuhých paliv o zrnitosti 5 až 40 mm např. pelety vyrobené z dřevní nebo rostlinné hmoty. Je určen pro vytápění rodinných domků a ohřev teplé upravené vody.

Jmenovitý výkon: 25 kW

Účinnost: není uvedena

Spotřeba pelet: 7,75 kg/hod

Celková hmotnost: 640 kg



Obr. 11. Kotel Varimatik VK 25 (Zdroj: www.varimatik.cz).

2.5.3. Kotel EKOEFEKT BIO 23 (Zdroj: <http://www.kotle.cz>)

Posledním zde uvedeným kotlem je kotel firmy Ekoefekt. Jedná se o kotel typ Ekoefekt BIO 23 (obr.12), který je vhodný pro spalování rostlinných pelet a je určen pro vytápění rodinných domů.

Jmenovitý výkon: 24,5 kW

Účinnost: >90 %

Spotřeba pelet: 7 kg/h

Celková hmotnost: 535 kg



Obr. 12. Kotel na biomasu typ EKOEFEKT BIO 23 (Zdroj: www.kotle.cz).

2.6. Vybrané rostliny a přehled jejich vlastností

2.6.1. Ozdobnice (*Miscanthus sp.*)

Ozdobnice je vysoká vytrvalá tráva (HAVLÍČKOVÁ a kol., 2007). Pochází z východní Asie a jelikož patří mezi tzv. C₄ rostliny, je schopná dobře využívat sluneční energii a vodu (LEWANDOVSKI a kol., 2003). Donedávna byla pěstována jen jako ozdobná rostlina, ale za příznivých podmínek může poskytovat přes 30 tun sušiny nadzemní fytomasy z hektaru, jeví se tedy jako vhodná energetická rostlina (PETŘÍKOVÁ a kol., 2006).

Ozdobnice se botanicky řadí do třídy jednoděložné (*Monoxyledonae*), čeledi lipnicovité (*Poaceae*), tribus vousatkovité (*Andropogoneae*) (STRAŠIL, 2009). Ozdobnice potřebuje 3 až 4 roky na to, aby dosáhla plné zralosti.

Ozdobnici se nejlépe daří na lehčích strukturních půdách, spíše v teplejších oblastech s vyšším množstvím srážek. Doporučují se humózní písčité půdy s vysokou hladinou podzemní vody (ne více než 60 cm) s malým nebo žádným zaplevelením vytrvalými plevely (např. pýr, šťovíky) (PETŘÍKOVÁ a kol., 2006). Dle STRAŠILA (2009) jsou u ozdobnice kladeny vyšší nároky na klimatické podmínky než na půdu. Předpokladem vysokých výnosů fytomasy jsou, kromě vysokého množství srážek, vyšší teploty vzduchu v průběhu vegetační doby, tj. od konce května do konce září.

Sazenice nebo rhizomy je nejlépe sázet po dobrých předplodinách. Ozdobnici je možno pěstovat po okopaninách (cukrovka, brambory), dále po luskovinách a obilninách (HAVLÍČKOVÁ a kol., 2007). Na dobře zásobených půdách nemusíme prvním rokem hnojit, na půdách s menší zásobou živin se doporučuje hnojit prvním rokem kvůli vymrzání. Vysazují se sazenice z odkopků, nejlépe takové, které již přečkaly jednu zimu. Podnebí ve střední a severní Evropě nedovoluje získat životaschopná semena.

Sklizeň se většinou provádí v době, kdy mají rostliny nízkou vlhkost. Pokud mají vysokou vlhkost, musí se dosušovat. Sklizeň musí být provedena do doby výskytu prvních výhonů, aby nedošlo k jejich poškození (vzcházení začíná na jaře v době, kdy teplota půdy je větší než 10 °C) (STRAŠIL, 2009).

Sklizeň je možno provádět pojízdnými samohodnými řezačkami na kukuřici od listopadu do března. Ze sklizené slámy je možno lisovat pelety o hmotnosti cca 500 kg/m³. Převažuje sklizeň po zimě, při které odpadají problémy s dosoušením (HAVLÍČKOVÁ a kol., 2007).

Teoretická hodnota celkové fotosynteticky aktivního záření (FAR) kolísá z hlediska celoročního příjmu v EU od 1 500 do 3 200 MJ/m² a dává tak rozmezí potenciálního výnosu od 27 t/ha v Irsku, Skotsku a Skandinávii do 59 t/ha ve Středomoří (Clifton-BROWN a kol., 2001 in STRAŠIL, 2009). Praktické výnosy jsou však nižší. V pozdějších letech, kdy výnosy rostou, je zapotřebí dodávat doplňkový dusík. Ozdobnice se v prvním roce (rok výsadby) nesklízí, v druhém roce činí produkce fytomasy do 10 t/ha sušiny, ve třetím roce a dalších letech 15-25 t/ha sušiny. Při intenzivním hospodaření dosahuje výnosu i více než 30 t/ha sušiny. LEWANDOVSKI a kol. (2003) uvádí pro oblast střední a severní evropy průměrné výnosy 10-25 t/ha sušiny.

V polních pokusech ve VÚRV Praha-Ruzyně bylo dosaženo roce výsadby průměru 0,54 t/ha, ve druhém roce 5,04 t/ha a třetím roce 10,59 t/ha výnosu sušiny fytomasy (PETŘÍKOVÁ a kol, 2006), byly však použity méně kvalitní sazenice. V Troubsku u Brna bylo třetí rok po výsadbě dosaženo 16,7 t/ha výnosu sušiny a v Ruzyni bylo v letech 1997-2001 dosaženo průměrných výnosů sušiny sklizené nadzemní fytomasy 20,4 t/ha

Spalné teplo sušiny celých rostlin je kolem 19 MJ/kg, což je více než u hnědého uhlí, jehož výhřevnost se pohybuje od 12 do 14 MJ/kg (STRAŠIL, 2009). Kromě toho je možné fytomasu použít k výrobě buničiny, stavebních materiálů (dřevovláknité desky, rohože apod.), geotextilií nebo snadno likvidovatelných obalových materiálů (ŠIMON & STRAŠIL, 2000).

2.6.2. Lesknice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*)

Lesknice rákosovitá je vytrvalá výběžkatá tráva, která v našich podmínkách patří mezi nejvyšší trávy. Výška jejích stébel často přesahuje 2 m. Jedná se o cizosprašný autochtonní druh, který je rozšířen po celém území ČR s dostatkem půdní vláhy (KOLONIČNÝ & HASE, 2011). Pěstuje se jako pícnina na čerstvou píci, seno nebo siláž (HAVLÍČKOVÁ a kol., 2007).

V současné době je zvažována jako slibná energetická rostlina, spalné teplo sušiny nadzemních částí dosahuje v průměru 17,52 GJ/t (PETŘÍKOVÁ a kol., 2006).

Chrastice má mocný a do hloubky pronikající kořenový systém, který rostlinu zásobuje vodou. Je rozšířena na stanovištích s přebytkem vody. Snáší přechodné záplavy, ale i přísušky ŠANTRŮČEK a kol. (2007). Dle HUTLY (2004) jsou výnosy chrastice značně ovlivňovány půdně-klimatickými podmínkami. Chrastice na stanovištích s chudšími půdami reaguje velmi dobře na zvyšování dávek N, při dosažení relativně dobrých výnosů ji lze pěstovat ve všech půdně-klimatických podmínkách.

LEWANDOVSKI a kol. (2003) uvádí průměrné výnosy 5-12 t/ha sušiny ve Finsku a Švédsku a 6-12 t/ha sušiny v Velké Británii. Dle STRAŠIL a kol. (2011) se průměrné roční výnosy sušiny v okolních státech pohybují v rozmezí 4,5 až 9,0 t/ha sušiny.

Chrastici je v osevním postupu dobré zařadit na nezaplevelený pozemek. Na předpolodinu je nenáročná (PETŘÍKOVÁ a kol., 2006). Při pěstování pro energetické účely se porosty, podobně jako na píce, zasévají do užších řádků. Dobře založené porosty vydrží několik let. HAVLÍČKOVÁ a kol. (2007) doporučuje sklizeň brzy na jaře, kdy mají rostliny nízký obsah vody a zároveň jsou důležité živiny translokovány v podzemní části.

Chrastici lze použít jako palivo přímo dodávané do vhodného kotle, nebo ji lze dále zpracovat lisováním do formy pelet či briket. Přímé spalování je vhodné ve velkých topeništích, kdy je palivo dodáváno ve formě balíků. Vhodným rozdušovadlem jsou pak tyto balíky převedeny do formy, kdy je možno materiál mechanicky a pneumaticky dodávat do kotle (HUTLA, 2004).

2.6.3. Kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea*)

Kostřava rákosovitá je vysoká, hustě trsnatá tráva s krátkými podzemními výběžky. Kořenový systém rostlin je bohatý, silně rozvinutý, sahající až do hloubky 150 cm, s dobrou sorpcí živin a vláhy. Kostřava rákosovitá vyniká časným jarním a pozdním podzimním růstem. Je to vytrvalá rostlina dorůstající do výšky až 2 metry (VESELÁ a kol., 2007). PETŘÍKOVÁ a kol. (2006) uvádí, že se vyznačuje vysokou

tolerancí k půdním a klimatickým podmínkám, snáší sucho i krátkodobé zamokření. Vyhovují jí stanoviště s vyšší hladinou podzemní vody. V našich podmínkách se jí daří dobře, protože je vytrvala a mrazuvzdorná.

Vzhledem k mohutné tvorbě biomasy je na živiny náročnější. Na vyšší dávky živin však reaguje pozitivně, zvýšenou konkurenční i produkční schopností. Lépe jí vyhovují těžší půdy, ale uplatní se i na lehčích (ŠANTRŮČEK a kol., 2007).

Pro založení porostu kostřavy je zapotřebí nezaplevelený pozemek. Vysevá se na jaře nejčastěji do krycí plodiny (pšenice jarní, oves), přihnojuje se tradičním způsobem, zpravidla dusíkem. Kostřava pro energetické účely se sklízí zpravidla v červenci při plné zralosti (PETŘÍKOVÁ a kol., 2006). Balíky i řezanka z porostů záměrně pěstovaných pro energetické účely se dále zpracovávají na pelety nebo brikety a slouží k vytápění v kotlích i kamnech s automatickým příkládáním.

V našich podmínkách se výnosy sušiny fytomasy pohybují od 5 do 13 t/ha. V publikaci Trávy jako energetická surovina (STRAŠIL a kol., 2011) jsou uvedeny následující hodnoty výnosů zjištěné jinými autory:

- Fiala a Tichý (1994) v podmínkách ČR – výnosy sušiny fytomasy 8,42 t/ha
- Frydrych a kol. (2001) v podmínkách ČR – v prvním užitkovém 5,29 t/ha
- ve druhém užitkovém roce 10,11 t/ha
- Wellie-Stephan (1998) pro podmínky SRN - 11,4 až 13,1 t/ha
- Kryzeviciene (2005) v Litvě - od 6,4 do 9,2 t/ha

3. CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem bakalářské práce je porovnání vybraných druhů energetických plodin (bylin) z hlediska tvorby výnosu biomasy, výnosu sušiny a spalného tepla. Druhá část práce se zabývá možnostmi tvorby pelet a srovnáním peletovacích zařízení z hlediska rychlosti výroby pelet a spotřeby energie při výrobě.

Dílčí cíle:

- 1) Posoudit vhodnost a efektivnost zpracování pelet s pomocí vybraných peletovacích zařízení z hlediska spotřeby energie a rychlosti tvorby pelet.
- 2) Stanovit množství pelet potřebných k vytopení vybraných modelových typů domů
- 3) Zhodnotit energetickou využitelnost vybraných druhů energetických plodin

Hypotézy:

1. Cena výroby jedné tuny pelet se liší u lisů typu 120 a 230 o více než 100 Kč/tuna
2. Hodnoty výnosu sušiny jsou u Miscanthu více než dvojnásobné oproti zbývajícím druhům sledovaných energetických plodin
3. Miscanthus je z hlediska hodnot spalného tepla nejefektivnější ze sledovaných energetických plodin

4. MATERIÁL A METODY

Na základě dostupných literárních zdrojů byla sestavena rešerše problematiky biomasy, jejího dělení a zpracování a energetických plodin. Pro další hodnocení byly vybrány tři druhy energetických trav - ozdobnice (*Miscanthus sp.*), lesknice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*) a kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea*).

U trav byly sledovány následující parametry:

- výnos sušiny (t/ha)
- spalné teplo sušiny (MJ/kg)
- výhřevnost biomasy (MJ/kg)

Údaje o výnosech, spalném teple a výhřevnosti byly získány z databází ZF JU a z dostupných literárních zdrojů. Výsledky byly shrnuty v tabulkách a z dostupných zdrojů byly stanoveny průměrné hodnoty.

Dále bylo popsáno několik druhů peletovacích lisů včetně jejich technické specifikace a rovněž kotle vhodné ke spalování nedřevních pelet. Vypočtena byla roční cena provozu různých peletovacích lisů při použití ve třech modelových typech domů.

Pro výpočet byly zvoleny modelové typy rodinných domů podle měrné spotřeby tepla. Údaje potřebné pro výpočty byly stanoveny z průměru hodnot dat získaných z webových stránek (<http://hestia.energetika.cz/> (software pro modelování energetické bilance rodinného domu); www.energetika.cz; www.pasivnidomy.cz; <http://www.etm.cz/rubriky/alternativni-zdroje/543-jak-postavit-nizkoenergeticky-dum-2>).

Výpočty byly provedeny pro následující typy domů:

TYP 1 – dům z 70. až 80. let, původní výstavba bez zateplení

TYP 2 – patrový rodinný dům postavený současnou technologií

TYP 3 – nízkoenergetické rodinné domy

Pro jednotlivé typy domů byla na základě literární rešerše stanovena průměrná roční potřeba pelet pro vytopení.

Tab. 8. Typy rodinných domů a jejich roční potřeba pelet.

Typ domu	Průměrná měrná spotřeba tepla (kW/h/m ²)	Průměrná roční potřeba pelet (kg)
Typ 1	200	20 000
Typ 2	110	10 000
Typ 3	50	5 000

Výpočet se odvíjí od ceny elektřiny za kWh. V současné době udává firma ČEZ,as (<http://www.cez.cz>, cit. 6.3.2012) cenu pro domácnosti u produktu Standard ve vysokém tarifu 5595 Kč za MWh, t.j. 5,6 Kč za kWh.

Jedna hodinu provozu stroje o příkonu 1 kW tedy stojí konečného spotřebitele 5,6 Kč. Výpočet byl proveden pro čtyři různé peletovací lisy o příkonu 3 kW; 4 kW; 7,5 kW a 11 kW.

Z tabulek technických specifikací byl vypočten průměrný výkon jednotlivých typů peletovacích lisů.

Tab. 9. Průměrný výkon různých typů peletovacích lisů dle údajů z www.briketovacilis.eu, www.malotraktorysilesia.cz, www.peletovaci-lisy.cz, upraveno).

Typ	Příkon motoru (kW)	Hodina provozu stroje (Kč)	Průměrný výkon lisu (kg/h)	Cena výroby jedné tuny pelet
120	3	16,8	81	207
150	4	22,4	111	202
200	7,5	42	208	202
230	11	61,6	240	257

Vydělením hodnoty „průměrná roční potřeba pelet“ hodnotou „výkon lisu“ byla vypočtena suma hodin nutných pro výrobu potřebného množství pelet.

Vynásobením počtu hodin nutných k výrobě potřebného množství pelet hodnotou „hodina provozu peletovacího lisu“ byly získány výsledné **ceny výroby ročního potřebného množství pelet (Kč/rok)**.

Hodina provozu peletovacího lisu byla vypočtena na základě příkonu motoru lisu násobeného cenou za jednu kWh.

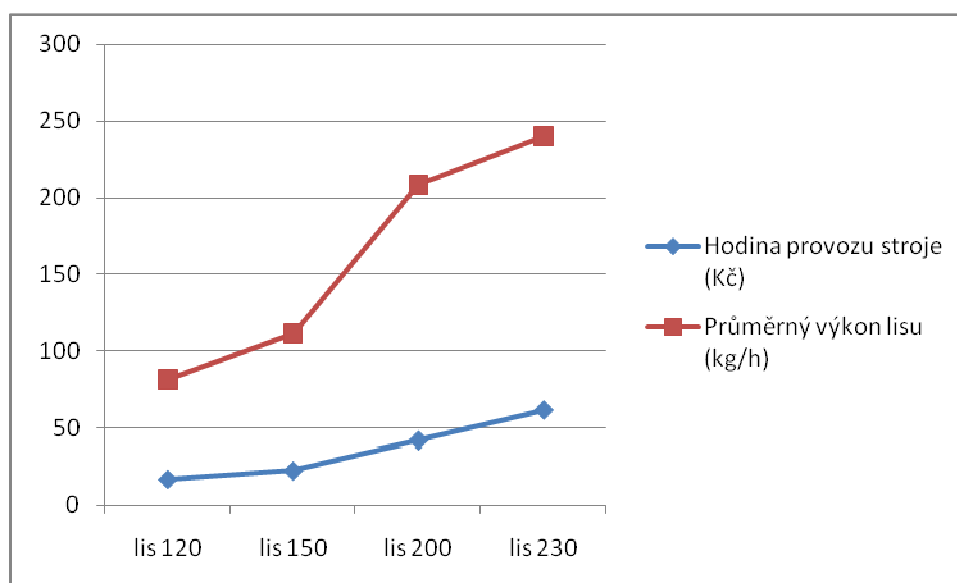
Dále byly shrnuty dostupné údaje o výnos sušiny, spalném teple a výhřevnosti tří modelových plodin *Miscanthus* sp., *Phalaris arundinacea* a *Festuca arundinacea*. Ze všech hodnot byl vypočten průměr zjištěných údajů.

V další části práce byly vypočteny náklady na výrobu ročního potřebného množství pelet pro modelový dům typu 2 při použití jednotlivých plodin (včetně nákladů na pěstování). Platí, že v případě modelového domu typu 1 jsou zjištěné hodnoty dvojnásobné, v případě modelového domu typu 3 jsou naopak hodnoty poloviční (viz tab. 8). V tomto výpočtu byly zahrnuty průměrné náklady na hektar zjištěné z literatury, průměrný výnos biomasy vypočtený z dostupné literatury, a také vypočtená průměrná cena výroby jedné tuny pelet.

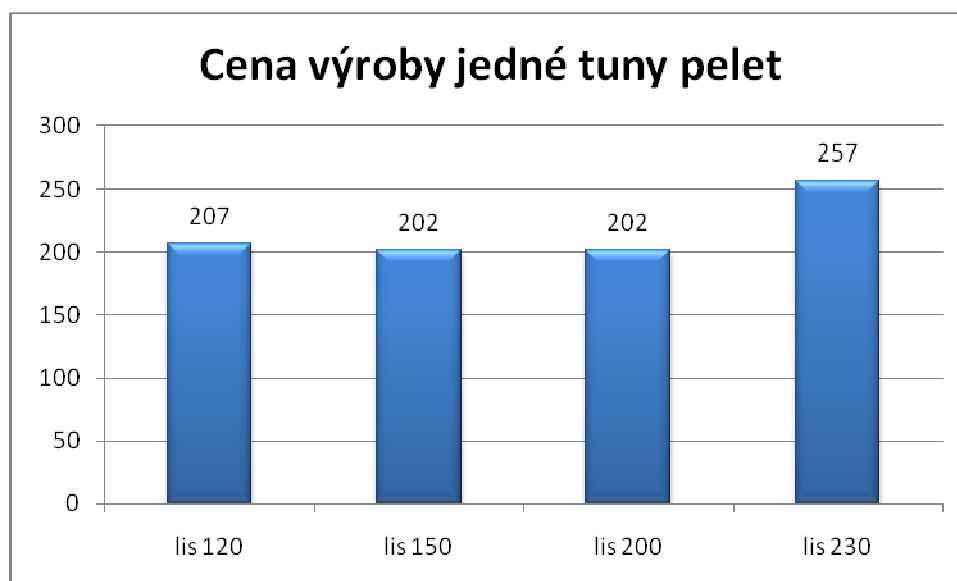
5. VÝSLEDKY A DISKUSE

Na základě výpočtu ceny výroby jedné tuny pelet pomocí peletovacího lisu (obr. 13, obr. 14) bylo zjištěno, že stroje s větším výkonem lisu jsou v provozu dražší a nezajistí nám úsporu finančních prostředků. Stroje nám ale ušetří podstatné množství našeho času a jsou vhodné pokud uvažujeme o prodeji pelet. Ve výpočtu byly použity hodnoty popsané v metodice. Zjištěné skutečnosti jsou shodné s tvrzením ABRHAMA & KOVÁŘOVÉ (2006), kteří píší, že náklady na peletování jsou závislé především na výkonnosti peletovací linky.

Obr. 13. Cena hodinového provozu stroje v porovnání s průměrným výkonem lisu.



Obr. 14. Cena výroby jedné tuny pelet za použití různých typů peletovacích lisů [Kč].



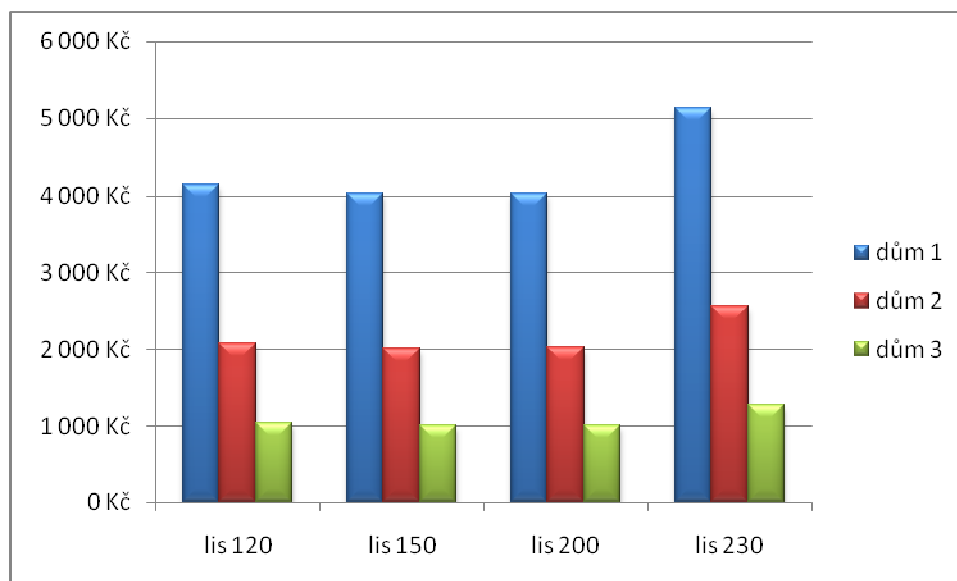
ABRHAM & KOVÁŘOVÁ (2006) uvádí průměrné náklady na peletování ve výši 700 Kč/t. Z výpočtů provedených v rámci bakalářské práce vyplývá, že průměrná cena jedné tuny pelet se pohybuje od 207 Kč/t do 257 Kč/t (obr. 14). To vyvrací pracovní hypotézu jedna, podle které bylo předpokládáno, že cena výroby jedné tuny pelet se u lisu typu 120, lis s nejnižším výkonem, a lisu typu 230, lis s nejvyšším výkonem, bude lišit o více než 100 Kč/tunu. Tato částka však zahrnuje pouze samotnou výrobu pelet. ABRHAM & KOVÁŘOVÁ (2006) neuvádí, jestli jsou v jejich údajích započteny náklady např. na dosoušení, drcení a přepravu.

V tabulce 10 je dán přehled o nákladech na vylisování pelet pro roční potřebu v různých typech rodinných domů za použití různých lisovacích strojů. Lis 230, tedy lis s nejvyšším výkonem je pro domácí použití nejdražší. Z obrázku 15 je patrné, že u typů 120, 150 a 200 jsou ceny srovnatelné, liší se typ 230. Tento rozdíl je dán vyšším příkonem motoru u stroje 230. Také zde platí, že stroj s vyšším výkonem neuspoří náklady, ale v případě domácností se stanoveným cenovým tarifem elektřiny je jeho provoz dražší, i když efektivnější.

Tab. 10. Náklady na vylisování pelet pro roční potřebu v různých typech rodinných domů a za použití různých lisovacích strojů.

Kč/rok	dům 1	dům 2	dům 3
Lis 120	4148	2074	1037
Lis 150	4036	2018	1009
Lis 200	4038	2019	1009
Lis 230	5132	2566	1283
průměr	4339	2169	860

Obr. 15. Porovnání nákladů na vylisování ročního množství pelet (Kč).



Porovnání parametrů trav

Je patrné (tab. 11), že výnos sušiny u trávy *Miscanthus* kolísá od hodnoty 10 t/ha až k hodnotě 25 t/ha. Veškeré udávané hodnoty jsou pro podmínky České republiky. V teplejším podnebí může výnos dosáhnout až 59 t/ha (CLIFTON-BROWN a kol., 2001 in STRAŠIL, 2009). Průměrný výnos vypočtený ze všech dostupných údajů v literatuře činil 17,09 t/ha.

Pokud bude ozdobnice plně využívána jako palivo v energetickém průmyslu, bude ekonomicky rentabilní (bez dotací) pokud budou výnosy vyšší než 18 t/ha sušiny, čehož lze dosáhnout při velkovýrobních technologiích (na velkých farmách). Při nižších výnosech kolem 15 t/ha bude ekonomicky rentabilní, pokud bude výroba dotována jako výroba obnovitelného zdroje paliva majícího při spalování pozitivní vliv na životní prostředí (STRAŠIL, 2009).

Hodnoty spalného tepla nekolísají v takovém rozsahu, nejsou příliš ovlivněny přírodními podmínkami, ani agrotechnikou.

Spalné teplo udává množství tepla, uvolněné úplným spálením paliva v kalorimetrické tlakové nádobě v prostředí stlačeného kyslíku při teplotě 25 °C,

vztažené na jednotku jeho hmotnosti. Zbýlými produkty jsou nejčastěji plynný kyslík, oxid uhličitý a kapalná voda, případně také popel, kyselina siřičitá nebo dusičná. Hodnota výhřevnosti se stanoví jako spalné teplo, zmenšené o výparné teplo vody, vzniklé z paliva během hoření (ANONYMUS, 2011).

Dle této definice (ANONYMUS, 2011) musí být hodnota výhřevnosti vždy menší, než hodnota spalného tepla, což zde platí.

Náklady na 1 ha ozdobnice dle ABRHAM & KOVÁŘOVÁ (2006) činí 19 400 Kč. Obdobné ceny udává i STRAŠIL (2009). Při průměrném výnosu 17,09 t/ha (tab. 11) bylo konstatováno, že náklad na vypěstování jedné tuny ozdobnice je 1 135 Kč. Při roční potřebě 10 tun (rodinný dům typ 2) stojí palivo 11 350 Kč. Po přičtení průměrných nákladů na peletování pro dům typu 2 získaných z tabulky 10 (2 169 Kč) byla výsledná cena 13 519 Kč/rok.

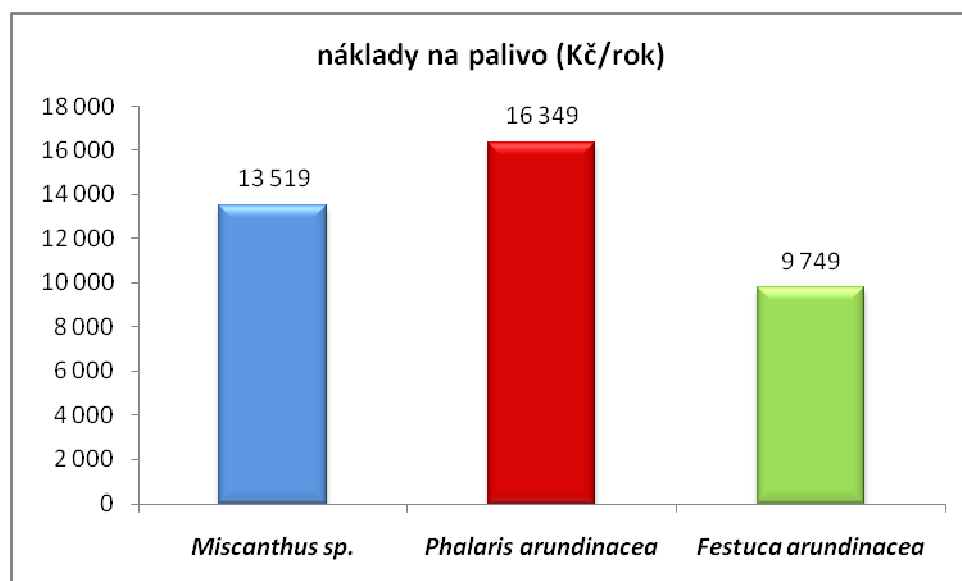
Náklady na 1 ha lesknice činí dle ABRHAM & KOVÁŘOVÁ (2006) 9500 Kč. Při průměrném výnosu 6, 7 t/ha (tab. 12) dojdeme k závěru, že náklad na vypěstování jedné tuny ozdobnice je 1 418 Kč. Při roční potřebě 10 tun (rodinný dům typ 2) stojí palivo 14 180 Kč. Přičtením průměrných nákladů na peletování pro dům typu 2 získaných z tabulky 10 (2 169 Kč) byla zjištěna výsledná cena 16 349 Kč/rok.

Dle údajů SOUČKOVÉ a kol. (2011) činí náklady na pěstování kostřavy rákosovité 7 436 Kč/ha. Bylo vypočteno, že při průměrném výnosu 9,8 t/ha (tab. 13) je náklad na vypěstování jedné tuny kostřavy 758 Kč. Při roční potřebě 10 tun (rodinný dům typ 2) stojí palivo 7 580 Kč. S náklady na peletování (dům typu 2 průměrně 2 169 Kč) dosahuje výsledná cena hodnoty 9 749 Kč/rok.

Náklady na výrobu ročního potřebného množství pelet, včetně nákladů na vypěstování, pro rodinný dům typ 2 a jednotlivé rostliny jsou graficky porovnány na obrázku 16.

Webová prezentace firmy Cronimo, s r.o. (<http://www.malotraktorysilesia.cz>, cit. 2012) uvádí, že v roce 2010 byly náklady na vytápění rostlinnými peletkami 16 467 Kč/rok. KÁRA (2005) uvádí, že cena peletování i se vstupní surovinou se pohybuje od 1447 Kč/t do 1852 Kč/t. Při roční potřebě 10 000 kg to činí od 14 470 do 18 520 Kč/rok. Mnou zjištěné údaje se pohybovaly od 9 749 Kč po 16 349 Kč (obr. 16).

Obr. 16. Náklady na výrobu roční potřeby pelet u jednotlivých plodin. Výpočet je proveden pro rodinný dům typ 2, zahrnuje průměrnou cenu nákladů na peletování 2 169 Kč/rok a průměrné výnosy plodin.



Tab. 11. Sledované parametry pro druh *Miscanthus sp.* (Ozdobnice).

Miscanthus sp.			
Literární pramen	Výnos sušiny (t/ha)	Spalné teplo (Mj/kg)	Výhřevnost (Mj/kg)
Stražil & Šimon (2009)	14	18,1	16,8
Lewandowski a kol. (2003)	10-25	*	*
Stražil (2009)	15-25	19	*
Petříková a kol. (2006)	20,4	19	*
Stražil a kol. (2003)	15	*	*
Holub (2007)	15	19	*
Havlíčková a kol. (2008)	16	17,9	*
Kára a kol. (2005)	15,5	*	*
průměr	17,09	18,6	16,8

*údaje nebyly dostupné

Tab. 12. Sledované parametry pro druh *Phalaris arundinacea* (lesknice rákosovitá).

Phalaris arundinacea			
Literární pramen	Výnos sušiny (t/ha)	Spalené teplo (Mj/kg)	Výhřevnost biomasy (Mj/kg)
Frydrych (2000) in Součková a kol. (cit. 2011)	3,82- 5,25	*	*
Stražil & Šimon (2009)	6,4	17,5	15,5
Kuncová (2004)	6,4	*	15,03
Petříková a kol. (2006)	4,5 - 9	17,52	*
Lewandowski a kol. (2003)	5-12	*	*
Stražil a kol. (2011)	4,5-9	*	*
Stražil a kol. (2003)	8	*	*
Havlíčková a kol. (2008)	5,3-12,6	17,52	*
Havlíčková a kol. (2007)	3,82-5,25	*	*
průměr	6,7	17,5	15,3

*údaje nebyly dostupné

Tab. 13. Parametry pro druh *Festuca arundinacea* (kostřava rákosovitá). *údaje nebyly dostupné

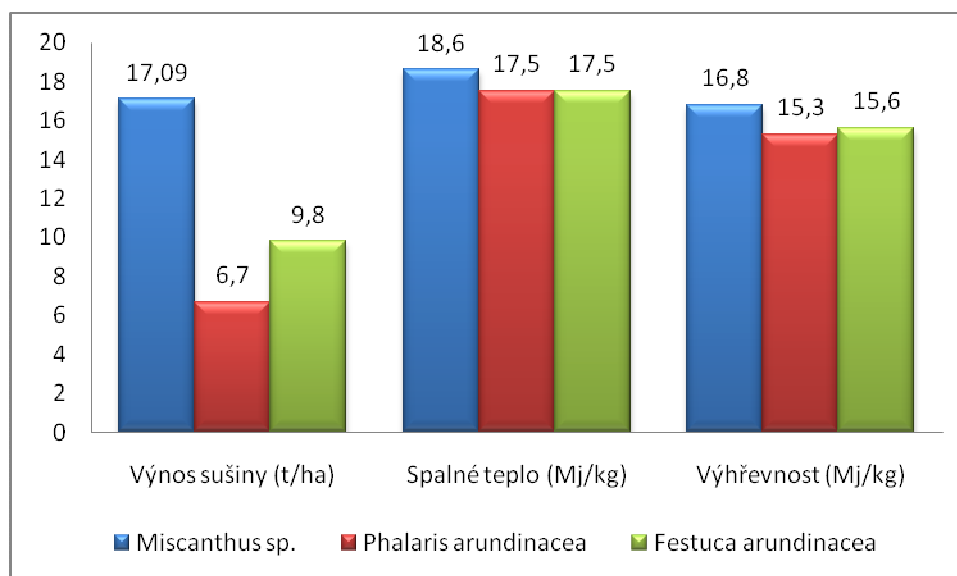
Festuca arundinacea			
Literární pramen	Výnos sušiny (t/ha)	Spalené teplo (Mj/kg)	Výhřevnost biomasy (Mj/kg)
Frydrych (2000) in Součková (cit. 2011)	3,98-5,29	*	*
Stražil & Šimon (2009)	7,6	17,5	15,6
Fiala & Tichý (1994) in Stražil a kol. (2011)	8,42	*	*
Frydrych a kol. (2001) in Stražil a kol. (2011)	5,29	*	*
Frydrych a kol. (2001) in Stražil a kol. (2011)	10,11	*	*
Wellie-Stephan (1998) in Stražil a kol. (2011)	11,4-13,1	*	*
Fadrný (2009)	15,7	*	*
Fadrný (2010)	17,5	*	*
Průměr	9,8	17,5	15,6

Nejvyšších průměrných výnosů sušiny ze sledovaných druhů dosahuje ozdobnice, nejmenších lesknice rákosovitá (obr. 17). Ozdobnice dosahuje rovněž nejvyšších hodnot spalného tepla a výhřevnosti. U těchto hodnot je literatura slabší na údaje. Rozdíly mezi jednotlivými sledovanými rostlinami nejsou výrazné. Zájemce o pěstování se tedy nejspíše bude rozhodovat podle výnosů plodin a podle nákladů na jejich pěstování. Bylo konstatováno, že pěstování lesknice je finančně nejnáročnější, ABRHAM & KOVÁŘOVÁ (2006) tvrdí, že nejnáročnější z pohledu financí je ozdobnice. Nízké výnosy lesknice a kostřavy jsou kompenzovány menší náročností a nižšími vstupními údaji. Nejvýhodněji se pro vlastní potřebu jeví pěstování kostřavy rákosovité (obr. 16).

Dle pracovní hypotézy dvě bylo předpokládáno, že hodnota výnosu sušiny se u *Miscanthus* liší více než dvojnásobně oproti zbývajícím druhům sledovaných energetických plodin. V porovnání s druhem *Phalaris aundinacea* dosahuje *Miscanthus* 2,5 krát většího výnosu sušiny. V případě druhu *Festuca arundinacea* je výnos sušiny pouze 1,7 krát větší.

Pracovní hypotéza tři – *Miscanthus* je z hlediska hodnot spalného tepla nejefektivnější ze sledovaných energetických plodin, platí (obr. 17).

Obr. 17. Průměrné hodnoty výnosu sušiny, spalného tepla a výhřevnosti u sledovaných trav.



PETŘÍKOVÁ (2005) uvádí, že velmi zajímavé a efektivní je využívání vypěstované biomasy přímo ve vlastním zemědělském podniku. Je řada případů, kdy dožívá stávající starý uhelný kotel na zemědělském středisku či obdobném provozu a je třeba jej nahradit. Nejlepší rozhodnutí je jeho náhrada za kotel na biomasu a palivo si pěstovat na poli. S tímto tvrzením souhlasím. Peletování agromateriálů přichází v úvahu pro drobné zemědělce, kteří mají přístup k technice, a vypěstování plodin pro vlastní potřebu pro ně není finančně zatěžující. Zároveň se zemědělci stanou i energeticky soběstačnými.

6. ZÁVĚR

Hlavním cílem bakalářské práce bylo porovnání vybraných druhů energetických plodin (bylin) z hlediska tvorby výnosu biomasy, výnosu sušiny a spalného tepla. Na základě dostupných literárních zdrojů byla sestavena rešerše týkající se biomasy, jejího dělení a zpracování, a také energetických plodin. Pro další hodnocení byly vybrány tři druhy energetických trav - ozdobnice (*Miscanthus* sp.), lesknice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*) a kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea*).

Údaje o výnosech, spalném teple a výhřevnosti byly získány z databází ZF JU a z dostupných literárních zdrojů. Výsledky byly shrnuty v tabulkách a z uvedených zdrojů byly stanoveny průměrné hodnoty. Nejvyšších průměrných výnosů ze sledovaných druhů dosahovala ozdobnice (17,09 t/ha), nejmenších lesknice rákosovitá (6,7 t/ha). Ozdobnice dosahuje rovněž nejvyšších hodnot spalného tepla (18,6 MJ/kg) a výhřevnosti (16,8 MJ/kg).

Druhá část práce se zabývala možnostmi tvorby pelet a srovnáním peletovacích zařízení. Byla posouzena vhodnost a efektivnost zpracování pelet s pomocí vybraných peletovacích zařízení z hlediska spotřeby energie a rychlosti tvorby pelet. Výpočty byly prováděny pro čtyři typy peletovacích lisů. Průměrná cena jedné tuny pelet se pohybovala od 207 Kč/t do 257 Kč/t. To vyvrací pracovní hypotézu jedna, podle které bylo předpokládáno, že cena výroby jedné tuny pelet se u lisu typu 120, s nejmenším výkonem, a lisu typu 230, s nejvyšším výkonem, bude lišit o více než 100 Kč/tunu.

Dále bylo stanoveno množství pelet potřebné k vytopení vybraných modelových typů domů a průměrné náklady na vypeletování tohoto množství pelet.

Na závěr byla zhodnocena energetická využitelnost vybraných druhů energetických plodin. Dle pracovní hypotézy dvě bylo předpokládáno, že hodnota výnosu sušiny se u *Miscanthus* sp. liší více než dvojnásobně oproti zbývajícím druhům sledovaných energetických plodin. V porovnání s druhem *Phalaris arundinacea* (průměrný výnos 6,7 t/ha) dosahuje *Miscanthus* sp. (průměrný výnos 17,09 t/ha) 2,5 krát většího výnosu sušiny. V případě druhu *Festuca arundinacea* (průměrný výnos 9,8 t/ha) je výnos sušiny pouze 1,7 krát větší.

Pracovní hypotéza tři, *Miscanthus* sp. je z hlediska hodnot spalného tepla nejefektivnější ze sledovaných energetických plodin, platí. Hodnoty spalného tepla této plodiny dosahovaly 18,6 MJ/kg.

Na základě dalších dílčích výpočtů bylo zjištěno, že náklady na výrobu ročního potřebného množství pelet, včetně nákladů na pěstování, pro rodinný dům typu 2 (patrový rodinný dům postavený současnou technologií) u jednotlivých plodin dosahovaly pro druh *Miscanthus* 13 519 Kč/rok, pro druh *Phalaris arundinacea* 16 349 Kč/rok a pro druh *Festuca arundinacea* 9 749 Kč/rok. S přihlédnutím k náročnosti pěstování druhů a k dílčím výpočtům bylo konstatováno, že nejvýhodněji se pro vlastní potřebu ze sledovaných plodin jeví pěstování kostřavy rákosovité (*Festuca arundinacea*).

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. ABRHAM, Z., KOVÁŘOVÁ, M. Tuhá paliva – ekonomika a konkurenceschopnost. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky Praha, 2006.
2. ANONYMUS. *Pracovní seznam používaných a potencionálních energetických plodin* [online]. c 2006 [cit. 2012-03-14]. Průhonice: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví. Dostupné z WWW: <http://www.vukoz.cz/index.php?p=seznam_plodin&site=default>.
3. ANONYMUS. *Energie biomasy* [online]. c 2009 [cit. 2012-03-14]. Zlín: Ústav fyziky a materiálového řízení. Dostupné z WWW: <http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_14.pdf>
4. ANONYMUS. *Stanovení spalného tepla a výpočet výhřevnosti materiálů podle ČSN 44 1352, CSN EN ISO 1716* [online]. c 2011 [cit. 2012-03-14]. . Nauka o materiálu. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Dostupné z WWW: <http://prometheus.vsb.cz/materialy/NM/pdf/spalene_teplo.pdf>.
5. ANDERT, D., SLADKÝ, V., ABRHAM. Z. *Energetické využití pevné fytomasy*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky v Praze, 2006.
6. 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.
7. DAUBER, J., JONES, M.B., STOUT, J.C. *The impact of biomass crop cultivation on temperate biodiversity*. GCB Bioenergy, 2010, vol. 2, p. 289 - 309.
8. FADRŇÝ, M. *Výsledky zkoušek užitné hodnoty ze sklizně 2009 - kostřava rákosovitá*. Hradec nad Svitavou: ÚKZÚZ, 2009.
9. FADRŇÝ, M. *Výsledky zkoušek užitné hodnoty ze sklizně 2010 - kostřava rákosovitá*. Hradec nad Svitavou: ÚKZÚZ, 2010.

10. FRYDRYCH, J. LENŽA, L., LENŽOVÁ, N., PEŠAT, J. *Možnosti energetického využívání biomasy*. Valašské Meziříčí: Regionální energetické centrum, o.p.s., 2006. Dostupné z WWW: <http://www.regec.cz/_data/attachments/4d55123da38521c2d2ea68861f3797e8_Brozura_biomasa_komplet.pdf>.
11. FUKSA, P. *Netradiční využití biomasy v praxi* [online]. c2009 [cit. 2010-12-12]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/netradicni-vyuziti-biomasy-v-praxi>>. ISSN: 1801-2655
12. HAVLÍČKOVÁ, K., WEGER, J., KONVALINA, P., MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z. *Zhodnocení ekonomických aspektů pěstování a využití energetických rostlin*. Průhonice: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, 2007.
13. HAVLÍČKOVÁ, K., *et al.* *Rostlinná biomasa jako zdroj energie*. Průhonice: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, 2008.
14. HOLUB, P. *Miscanthus – energetická rostlina budoucnosti*. Alternativní energie, 2007, vol. 10, no. 1, pp 10-11.
15. HUTLA, P. *Chrastice rákosovitá - pěstování a možnosti využití* [online]. c 2004 [cit. 2012-02-28]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/chrastice-rakosovita-pestovani-a-moznosti-vyuziti>>.
16. JAKUBES, J., BELLINGOVÁ, H., ŠVÁB, M. *Moderní využití biomasy - technologické a logistické možnosti*. Praha: Česká energetická agentura, 2006.
17. JUCHELKOVÁ, D., RACLAVSKÁ, H. *Energetické využití biomasy* [online]. c 2009 [cit. 2012-02-28]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Dostupné z WWW: <http://www1.vsb.cz/ke/vyuka/FRVS/CD_Biomasa_nove/Index.html>.
18. KADRNOŽKA, J. *Biomasa - velká energetická a ekologická očekávání se zřejmě nenaplní*. In *Aktuální problémy v teplotnictví* : Soubor příspěvků kurzu celoživotního vzdělávání v energetice. 27. a 28. května 2008. Dostupný z WWW: <<http://oei.fme.vutbr.cz/teplarenstvi/>>.
19. KÁRA, J. a kol. *Energetické rostliny, technologie pro pěstování a využití*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky Praha Ruzyně, 2005.

20. KLOBUŠNÍK, L. *Pelety - palivo budoucnosti*. České Budějovice: Sdružení Harmonie, 2003.
21. KOLONIČNÝ, J., HASE, V. *Využití rostlinné biomasy v energetice*. Ostrava: Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava, 2011.
22. KOTT, J. *Výroba pelet z biomasy - technické a ekonomické aspekty* [online] c 2010 [cit. 2011-10-23]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/czt/odborne-clanky/vyroba-pelet-z-biomasy-technicke-a-ekonomicke-aspekty>>.
23. KUNCOVÁ, T. *Ekonomika pěstování chrastice rákosovité* [online]. c 2004 [cit. 2012-02-28]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/ekonomika-pestovani-chrastice-rakosovite>>.
24. 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.
25. LYČKA, Z. *Energetická náročnost výroby pelet z biomasy* [online]. c 2011 [cit. 2011-10-23]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/czt/odborne-clanky/energeticka-narocnost-vyroby-pelet-z-biomasy>>.
26. MOUDRÝ, J., KALINOVÁ, J. *Pěstování speciálních plodin* [online] [cit. 2012-02-01]. Dostupné z WWW: <<http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/>>.
27. MOUDRÝ, J.; STRAŠIL, Z.. *Pěstování alternativních plodin*. České Budějovice : Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 1999.
28. NAJSER, J. *Přehled technologií na energetické využití biomasy*. In Ochodek, T. *Možnosti energetického využití biomasy*. Ostrava: Vysoká škola báňská Technická univerzita Ostrava, 2005.
29. NOSKIEVIČ, P., JUCHELKOVÁ, D., ČECH, B. *Biomasa a její energetické využití*. Frýdek Místek: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 1996.
30. PASTOREK, Z., KÁRA, J., JEVIČ, P. *Biomasa : obnovitelný zdroj energie*. Praha : FCC PUBLIC, 2004.

31. PETŘÍKOVÁ, V. Energetická biomasa z polních kultur [online]. c 2005 [cit. 2012-03-15]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/energeticka-biomasa-z-polnich-kultur>>.
32. PETŘÍKOVÁ, V., SLADKÝ, V., STRAŠIL, Z., ŠAFAŘÍK, M., UŠTAK, S., VÁŇA, J. *Energetické plodiny*. Praha: Profi Press, 2006.
33. SLADKÝ, V., DVOŘÁK, J., ANDERT, D. *Obnovitelné zdroje energie-fytopaliva*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky v Praze, 2002.
34. SOUČKOVÁ, H., MOUDRÝ, J. (eds.). *Nepotravinářské využití fytohmoty*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2006.
35. SOUČKOVÁ, H., MOUDRÝ, J., KALINOVÁ, J., HAVLÍČKOVÁ, K. *Databáze využití nepotravinářské zemědělské produkce* [online] [cit. 2011-12-12]. Dostupné z WWW: <<http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/database/index.php?n1=7&n2=0&n3=0&n4=0&poloha=1>>
36. STRAŠIL, Z. *Základy pěstování a možnosti využití ozdobnice (Miscanthus). Metodika pro praxi*. Praha: VÚRV, 2009.
37. STRAŠIL, Z., ŠIMON, J. Stav a možnosti využití rostlinné biomasy v energetice ČR [online]. c 2009 [cit. 2012-02-28]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/stav-a-moznosti-vyuziti-rostlinne-biomasy-v-energetice-cr>>.
38. STRAŠIL, Z., MOUDRÝ, J., KALINOVÁ, J. *Produkce a ekonomika vybraných energetických rostlin*. In *Zborník prací z vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou Udržitelné poľnohospodárstvo a rozvoj vidieka, 25-26. septembra 2003*. Nitra: SPU NITRA, 2003, p. 333-335.
39. STRAŠIL, Z., KOHOUTEK, A., DIVIŠ, J., MOUDRÝ, J., MOUDRÝ, J., KAJAN, M. *Trávy jako energetická surovina*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby Ruzyně, 2011.
40. STUPAVSKÝ, V. *Víme, co se pod pojmem biopaliva ve skutečnosti skrývá? Mají biopaliva negativní vliv na rostoucí ceny potravin?* [online]. c 2008 [cit. 2010-12-21]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vime-co-se-pod-pojmem-biopaliva-ve-skutecnosti-skryva-maji-biopaliva-negativni-vliv-na-rostouci-ceny-potravin>>.

41. STUPAVSKÝ, V. *Pelety z biomasy - dřevěné, rostlinné, kůrové pelety* [online]. c 2010a [cit. 2011-10-23]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/czt/odborne-clanky/pelety-z-biomasy-drevene-rostlinne-kurove-pelety>>.
42. STUPAVSKÝ, V. *Kvalita pelet - certifikace a normy pro pelety* [online]. c 2010b [cit. 2012-02-27]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/czp/odborne-clanky/kvalita-pelet-certifikace-a-normy-pro-pelety>>.
43. STUPAVSKÝ, V., HOLÝ, T. *Dřevní štěpka - zelená, hnědá, bílá* [online]. c 2010a [cit. 2011-10-23]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/czt/odborne-clanky/drevni-stepka-zelena-hneda-bila>>.
44. STUPAVSKÝ, V., HOLÝ, T. *Brikety z biomasy - dřevěné, rostlinné, směsné brikety* [online]. c2010b [cit. 2011-10-23]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/czt/odborne-clanky/brikety-z-biomasy-drevene-rostlinne-smesne-brikety>>.
45. ŠANTRŮČEK, J. *et al. Encyklopedie píceinářství*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2007.
46. ŠIMON, J., STRAŠIL, Z. *Perspektivy pěstování plodin pro nepotravinářské účely*. Praha: ÚZPI, 2000.
47. VÁŇA, J. *Energetické využívání biomasy*. In *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice : Studie analyzující současný stav, předpoklady rozvoje do r. 2010 a výhled vzdálenějšího horizontu*. Praha: ČEZ, 2003.
48. VERNER, V. *Alternativní pelety* [online]. c 2007 [cit. 2012-02-29]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/alternativnipelety?apc=/cz/odborneclanky/alternativnipelety&nocache=invalidate&sh_itm=ed675c739749ec8265632886b07df6c1&add_disc=1>.
49. VESELÁ, M., MRKVIČKA, J., ŠANTRŮČEK, J., ŠTRÁFELDA, J., VELICH J., VRZAL, J. *Návody ke cvičení z píceinářství*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2007.
50. VINTERBÄCK, J. *Pellets 2002: The first world conference on pellets*. Biomass and bioenergy, 2004, vol. 27, pp. 513-520.

51. WEGER, J. *Biomasa jako zdroj energie* [online]. c 2009 [cit. 2010-12-21].
Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-jako-zdroj-energie>>. ISSN: 1801-2655.
52. ZIMOLKA, J. *Využití biomasy k energetickým účelům*. In ŠNOBL, J., *et al.*
Rostlinná výroba IV. Praha: Česká zemědělská univerzita Praha, 2004.

PŘÍLOHY

Příloha 1. Přehled hlavních zdrojů biomasy v ČR dle Jakubes a kol. (2006).

Sektor	Zdroj	Typ zdroje	Obsah vody (% hm.)	Obsah popelce (% sušiny)	Technologie pro přeměnu	
Zemědělství	Zbytky a odpady z rostlinné výroby	Suchá lignocelulózová biomasa (sláma, zbytky po lisování olejí, odpadní zrna, ekonomicky neproduktivní produkty apod.)	10 - 50	2 - 20	Spalování, zplyňování, pyrolýza	
		Mokrá celulózová biomasa (lunij, kejda, podestýlka, apod.)	70 - 95	25 - 35	Anaerobní digestce	
	Odpady ze živočišné výroby	Suchá lignocelulózová biomasa (dřebeží trus, zbytky krmiv apod.)	75	17 - 30	Spalování, zplyňování, pyrolýza	
		Energetické plodiny	Plodiny/semena olejnin (řepka, slunečnice, len apod.)	-	< 0,02	Lisování + výroba metylesteru
	Energetické byliny a dřeviny	Cukernaté a škrobnaté plodiny (cukrová řepa, obilniny, brambory apod.)	-	< 0,02	Fermentace (výroba bioetanolu)	
		Suchá lignocelulózová biomasa (topol, olše, akát, šřovík, konopi, komonice bílá, amarantus apod.)	12,5 - 50	0,2 - 8	Spalování, zplyňování, pyrolýza	
	Odpadní travní hmota	Mokrá celulózová biomasa (tráva z údržby trvale zatravněných ploch apod.)	75 - 80	7-10	Anaerobní digestce	
		Odpadní dřevní hmota	Suchá lignocelulózová biomasa (zbytky po likvidaci křovin a náletů, odpady ze sadů a vinic)	25 - 50	1 - 10	Spalování, zplyňování, pyrolýza
	Lesnictví	Palivové dřevo	Suchá lignocelulózová biomasa	25 - 50	0,4 - 5	Spalování, zplyňování, pyrolýza
			Suchá lignocelulózová biomasa (větvce, kůra, paterzy, probírkové dřevo, manipuláční odězky apod.)	25 - 50	0,4 - 5	Spalování, zplyňování, pyrolýza
Průmysl	Zbytky a odpady z průmyslu	Suchá lignocelulózová biomasa (zbytky z dřevařského průmyslu - piliny, hobliny, odězky apod.)	10 - 30	0,2 - 20	Spalování, zplyňování, pyrolýza	
		Mokrá celulózová biomasa (organický odpad z potravinářství - jatka, mlékárny, lihovary, pivovary apod.)	70 - 95	3 - 6	Anaerobní digestce	
		Sulfátové výluhy (odpad z papírnictví)	90	35-40	Spalování	
		Dřevo z demolicí a sběrných dvorů	10 - 40	0,5 - 3	Spalování, zplyňování	
Odpadové hospodářství	Tuhy komunální odpad	Smetišný komunální odpad	20 - 30	20 - 50	Spalování, zplyňování	
		Odpad na skládkách	20 - 30	20 - 50	Anaerobní digestce (na skládce)	
		Separovaný BRKO	30 - 50	5-30	Anaerobní digestce	
		Čistírenský kal (Komunální a průmyslové ČOV)	70 - 95	20 - 30	Anaerobní digestce	
		Suchá lignocelulózová biomasa (dřevo z údržby parků, zahrad, ochranných pásem, břehových porostů apod.)	25 - 50	1 - 10	Spalování, zplyňování, pyrolýza	
Údržba veřejné a soukromé zeleně	Odpadní travní hmota	Mokrá celulózová biomasa (tráva z údržby parků, zahrad, zatravněných ploch)	75 - 80	7-10	Anaerobní digestce	