

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině

Katedra: Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Energetická náročnost lisování granulí pro vytápění
z obnovitelných zdrojů

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Antonín Dolan

Autor bakalářské práce: Jiří Sternberg

Rok vydání: 2013

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta zemědělská
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Jiří STERNBERG
Osobní číslo: Z10407
Studijní program: B4131 Zemědělství
Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině
Název tématu: Energetická náročnost lisování granulí pro vytápění z obnovitelných zdrojů.
Zadávající katedra: Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

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

Cílem práce je vyhodnocení energetické náročnosti výroby granulí z obnovitelných zdrojů pro přímé spalování pro vytápění budov.

V práci se zaměřte:

1. Přehled využití obnovitelných zdrojů pro přímé vytápění a technologie jejich úprav.
2. Změření energetické náročnosti tvarování této hmoty.
3. Výsledky pomocí statistických metod porovnat s dostupnými srovnatelnými údaji.
4. Výsledky zhodnotit a uvést závěry pro praxi z hlediska úspor energie.

Rozsah grafických prací: **obrázky, fotografie dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **40 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Pastorek, Z., et al.: Biomasa: Obnovitelný zdroj energie. Praha, FCC Public, 2004, 288s;

Plíštil, D.: Briketování biomasy. In. Sborník VÚZT, 2003;

Sladký, V., et.al.: Obnovitelné zdroje energie - fytopaliva. Praha, VÚZT, 2002;

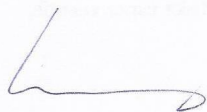
Dostupné [www. stránky.](#)

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Antonín Dolan**

Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **14. ledna 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2013**



Ing. Karel Suchý, Ph.D.

proděkan pověřený vedením ZF

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

doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.

vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 9. března 2012

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou 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 bakalářské 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 13.3.2013

podpis

Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat vedoucímu své bakalářské práce panu Ing. Antonínu Dolanovi za cenné rady a připomínky, které mi během vypracování práce poskytoval a také za jeho strávený čas, který věnoval čtení mé bakalářské práce. Dík patří také Ing. Václavu Vávrovi, Ph.D., za laskavou pomoc při měření energetické náročnosti.

Abstrakt

V této bakalářské práci je řešena energetická náročnost lisování granulí pro vytápění z obnovitelných zdrojů. V první části práce jsou shrnuty obecné informace o biomase a jejím využití. Zvýšená pozornost je věnována výrobě briket z řezanky šťovíku, z makoviny a dřevních pilin. Druhá část práce je věnována porovnání spotřeby palivového dřeva a briket z biomasy, měření hodinových výkonů lisu a drtiče a samotným výsledkům měření energetické náročnosti výroby briket. V závěru práce je konstatováno, že výroba 100 kg briket (v popsaném konkrétním případě) je oceněna nákladovou položkou za spotřebovanou energii ve výši 42,69 Kč.

Klíčová slova:

Biomasa, briketování, lisování, energie, obnovitelný zdroj

Abstract

In this bachelor thesis is solved energy consumption of granular pressing for heating from renewable sources. The first part summarizes general information about biomass and its use. Special attention is devoted to the production of briquettes from chopped sorrel, from poppy and sawdust. The second part is devoted to the consumption comparison of firewood and briquettes from biomass, measurements of hour press and crusher performance and actual results of measuring energy difficulty of briquette production. In conclusion, it is stated that the production of 100 kg briquettes (as described in the specific case) is evaluated by the item for consumed energy of 42.69 CZK.

Keywords:

Biomass, briquetting, pressing, energy, renewable resource

Obsah

1. Úvod	9
2. Biomasa.....	10
2.1 Základní rozdělení biomasy.....	10
2.2 Využití biomasy.....	11
2.3 Brikety.....	11
2.4 Energetické plodiny.....	12
2.4.1 Šťovík.....	14
2.4.2 Mák setý a makovina.....	15
2.5 Dřevní odpad – piliny.....	16
3. Zpracování biomasy.....	17
3.1 Desintegrace rostlinných surovin.....	17
3.2 Zařízení na briketování a peletování.....	18
3.2.1 Briketování.....	19
3.3 Spalování	20
3.3.1 Porovnání výhřevnosti.....	22
4. Metodika - charakteristika použitých strojů a podmínek výroby.....	23
4.1 Popis drtiče.....	23
4.1.1 Technická data.....	23
4.2 Popis lisu.....	23
4.2.1 Technická data.....	25
4.2.2 Standardní vybavení.....	25
4.2.3 Nadstandardní vybavení.....	26
4.3 Měřicí zařízení.....	26
4.3.1 Technické údaje.....	26
4.3.2 Rozsahy a přesnosti měření.....	27
4.3.3 Popis měření a zapojení.....	27
4.4 Podmínky pro získávání biomasy.....	28
4.4.1 Smluvní podmínky.....	28
4.4.2 Půdní blok 1401 Nad Parkem.....	29
4.4.3 Půdní blok 4705/4 U Lísence.....	30
4.5 Měření výkonu.....	31

4.5.1	Drtič.....	31
4.5.2	Lis.....	31
4.5.3	Sazba elektrické energie.....	32
5.	Výsledky měření a porovnání spotřeby paliva.....	33
5.1	Porovnání spotřeby.....	33
5.2	Hektarový výnos.....	35
5.3	Měření elektrického výkonu.....	35
6.	Diskuze.....	39
7.	Závěr.....	42
8.	Použitá literatura.....	44
9.	Přílohy.....	47

1. Úvod

Každý moderně žijící člověk potřebuje ke svému životu a k naplnění každodenních činností mnoho energie v různých formách. Stále častěji si však uvědomujeme, že zdroje fosilních paliv nejsou nevyčerpatelné a že jejich těžba, zpracování a spalování má vliv na životní prostředí. Využití biomasy pak nabízí jednu z ekologických alternativ paliva, které méně zatěžuje životní prostředí.

Zpracování biomasy a výroba obnovitelných zdrojů energie je velmi dynamicky se rozvíjející obor. Nevýhodou zpracování všech rostlinných materiálů je jejich značná nehomogenita a nízká objemová hmotnost. Tyto vlastnosti způsobují, že jsou rostlinné materiály v surovém stavu zpracovatelné většinou velmi obtížně. Jejich doprava, manipulace a skladování je značně neefektivní. Z těchto důvodů je problematika zpracování a využívání rostlinné biomasy nutně spojena s prováděním rozměrových úprav. Špatné rozměrové vlastnosti surovin se v praxi částečně eliminují rozdužením materiálu na menší částice. Rozdužování je nejčastěji prováděnou operací při rozměrových úpravách rostlinné biomasy (Souček, 2008).

Zvýšení energetického využití biomasy a zavádění efektivních technologií její konverze je ústřední cíl mnoha nástrojů politiky a programů na národní a evropské úrovni. Uvedení nových a inovovaných technologií na trh je ale jen tehdy trvale úspěšné, když je také ekologicky účelné a ekonomicky atraktivní v rámci požadovaného harmonizovaného trhu s energiemi (Jevič, 2008).

2. Biomasa

Nejdůležitější zdroje energetické biomasy pocházejí ze zemědělské činnosti. Využívají se především tzv. vedlejší produkty, což je sláma obilovin a zejména řepková sláma. Další velmi významný způsob získávání energetické biomasy je přímé pěstování vybraných energetických plodin. Z předběžných údajů při bilancování energetické biomasy bylo zjištěno, že téměř celá polovina se musí získat záměrným pěstováním energetických rostlin, neboť biomasy odpadní není dostatek a začíná být stále dražší. Česká republika má přitom v současné době téměř 1 milion hektarů půdy, která není nezbytná pro produkci potravin. Přebytek potravin na světovém trhu i u nás nutí zemědělce uvádět půdu do klidu. Velká část těchto ploch by proto mohla být efektivně využita právě pro cílené pěstování energetických plodin (Petříková, 2005)

2.1 Základní rozdělení biomasy

Biomasu z hlediska obsahu vody rozdělujeme na:

- suchou - zejména dřevo a dřevní odpady, ale také sláma a další odpady. Lze ji spalovat přímo, případně po mírném vysušení
- mokrou- zejména tekuté odpady - kejda a další odpady. Nelze ji spalovat přímo, využívá se zejména v bioplynových technologiích;
- speciální biomasu - olejniny, škrobové a cukernaté plodiny. Využívají se ve speciálních technologiích k získání energetických látek - zejména bionafty nebo lihu. (<http://www.i-ekis.cz/?page=biomasa>)

Dle původu dělíme na:

- Rostlinou biomasu, tu ještě lze rozdělit na:
 - a) Dendromasu – dřevěná biomasa
 - b) Fytomasu – jednoleté rostliny
- živočišnou biomasu – Zoomasu
- komunální a průmyslové odpady

Podle vzniku lze rozdělit na:

- Lesní biomasu – palivové dřevo, větve, kůra, piliny atd.

- Polnohospodářskou biomasu:
 - a) Fytomasa – sláma, seno, obilí atd.
 - b) Zoomasa – např. výkaly
 - Průmyslové a komunální odpady
- (Láník, 2009)

2.2 Využití biomasy

Jako příklady konkrétního využívání biomasy v ČR je možno uvést následující:

- 1) využívání biomasy ve vlastním energetickém zařízení
- 2) drobní pěstitelé pěstují biomasu především pro úspory při vytápění rodinných domů. Biomasa se sklízí řezačkou a vzniklá řezanka se pak mísí s dřevní štěpkou nebo s další odpadní biomasou, popřípadě s uhlím
- 3) zemědělský podnik přímo a dlouhodobě spolupracuje s obecními aktivitami: například obecní biokotelna přímo vykupuje vypěstovanou biomasu
- 4) další možností je výkup biomasy velkými teplotenskými provozy dle sjednané ceny. Biomasa se vykupuje ve formě balíku, řezanky nebo lisovaných biopaliv
- 5) pěstitelé produkují biomasu pro potřeby bioplynové stanice
- 6) lisování biopelet z vypěstované biomasy
- 7) výroba biobriket z pěstovaných energetických rostlin. Brikety mohou být vhodnou náhradou za polena do krbu a kamen. (Petříková, 2006)

2.3 Brikety

Brikety jsou vyráběny lisováním, např. ze suchého dřevního prachu, drtě, pilin, kůry, jemných hoblin nebo rostlinných zbytků do tvaru válečků, hranolů nebo šestistěnů, o průměru 40 až 100 mm a délky do 300 mm. Podle zvoleného typu materiálu, se na trhu můžeme setkat s briketami ze dřeva, kůry, slámy, energetických plodin, nebo briketami vyrobených ze směsí těchto materiálů – tzv. směsnými briketami.

Z pohledu spotřebitele je třeba rozlišit, k jakému účelu budou brikety využívány. K rychlému vytopení víkendové chaty lze doporučit brikety z měkkého dřeva s otvorem uprostřed, které umožňují snadnější zátop a rychlejší prohořívání. Na druhé

straně, pro stabilní vytápění rodinného domu, lze doporučit plné brikety nebo tzv. RUF brikety, které navíc při použití tvrdého dřeva či kůry jako vstupní suroviny, dávají pomalý rovnoměrný žár s až 6 hodinovou dobou žhnutí.

Brikety mohou být různého zbarvení v závislosti na použitém druhu biomasy, na kvalitě suroviny ovlivněné vlhkostí nebo příměsí kůry a použitým technologickým procesem výroby. 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, 2010)



Obr. č. 1: Rozdíl ve zbarvení a struktuře brikety ze šťovíku (dole) a brikety ze směsi šťovík + makovina (nahore), foto autor, 2013

2.4 Energetické plodiny

Přímo pro účely spalování se ve světě ověřuje několik desítek vybraných jednoletých nebo vytrvalých druhů rostlin. Uvažuje se hlavně s využíváním druhů

jako jsou ozdobnice čínská (*Miscanthus sinensis*), *Spartina pectinata*, *Arundo donax*, rákos (*Phragmites australis*), rdesno (*Polygonum*), vousatice (*Andropogon gerardii*), vousatec (*Pennisetum alopecuroides*), milička (*Eragrostis trichodes*), třtinovec (*Erianthus ravene*), proso (*Panicum virgatum*), konopí seté (*Canabis sativa*), artyčok (*Cynara cardunculus*) apod.

V podmínkách ČR se dále v polních pokusech ověřují další jednoleté nebo víceleté rostliny jako např. šťovík krmný (*Rumex tianshanicus* x *Rumex patientia*), topolovka růžová (*Altea rosea*), mužák prorostlý (*Silphium perfoliatum*), bělotrn modrý (*Echinops ritro*), pelyněk černobýl (*Artemisia vulgaris*), lebeda rozkladitá (*Artiplex patula*), chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*), mračňák (*Abutilon*) a další.

Výše uvedené rostliny jsou převážně víceleté a u některých se prvním rokem musí vynaložit značné náklady při zakládání porostu. Plné využití připadá v úvahu až druhým nebo třetím rokem. Doba sklizně je obvykle v zimě, kdy mají uschlé rostliny nejmenší vlhkost (kolem 15 až 22 %). U víceletých rostlin se předpokládá, že po fázi rozrůstání poskytnou vyšší výnosy než rostliny jednoleté. Jednoleté rostliny mají tu přednost, že jsou určeny pro rychlou produkci, jejich setí a sklizeň se provádí pomocí běžné zemědělské techniky.

Kromě víceletých plodin se uvažuje i o některých jednoletých plodinách jako energetickém zdroji. Zde připadá do úvahy sláma obilnin (pšenice, ječmen, žito, triticales), nebo celé rostliny obilnin, řepková sláma, čiroky, konopná sláma apod. Z čiroků se podle hlavních směrů využití (obecný, technický, cukrový, sudánský) na spalování nejméně hodí čirok cukrový, který si při porovnání s ostatními druhy čiroků i při sklizni po zimě (únor, březen) uchovává značné množství vody v rostlinách (30 až 40 %). (Moudrý, Multimediální texty)

Pro účely této práce se budu detailněji zabírat pouze šťovíkem, makovinou a dřevním odpadem. Důvodem pro výběr makoviny a dřevních pilin byla snadná dostupnost biomasy z těchto komodit v regionu. Šťovík Uteuša byl vybrán záměrně a to proto, že jeho pěstování se jevílo jako nejméně problematické, bez nutnosti nákupu, nebo zapůjčení speciální techniky a také z důvodu nízkých nákladů při zakládání porostu.

2.4.1 Šťovík

Pěstování krmného šťovíku bylo u nás provozně zahájeno před sedmi lety, za účelem jeho využívání pro energetické účely. Motivací byla jeho vysoká vzrůstnost a předpoklad vysokých výnosů suché hmoty. Krmný šťovík byl ale šlechtiteli na Ukrajině vyšlechtěn původně pro účely krmné. Vzhledem k dostatečným zdrojům zelené píče a drasticky omezeným stavům skotu, nebylo proto u nás jeho využívání ke krmným účelům dosud doporučováno, ani systematicky zkoušeno. (Petříková, 2006)

Energetický šťovík Uteuša se prosazuje na úseku pěstování energetických rostlin jako jedna z nedůležitějších plodin. Jeho výhody jsou jednoznačné:

- je vytrvalý, vydrží na stanovišti 10 i více let,
- dozrává již koncem července, kdy se sklízí, takže jde z pole přede žněmi a neblokuje tak síly a mechanizaci na další polní práce,
- sklizeň v suchém stavu nevyžaduje nákladné dosoušení,
- ke sklizni lze využít veškerou zemědělskou mechanizaci, která je běžně k dispozici v každém zemědělském podniku,
- poskytuje vysoké výnosy suché hmoty, kolem 10 t/ha,
- má vysokou výhřevnost, obdobnou výhřevnosti dřeva,
- má vysokou teplotu tavitelnosti popele, takže se při spalování v kotli nespéká, což se stává při spalování slámy,
- vytrvalý porost plodiny Uteuša působí protierozně, obdobně jako trvalé travní porosty,
- polní kultura zajistí celoročně pozemek pod vegetací, protože po červencové sklizni začne rychle obrůstat a pole je opět zelené, takže působí přímo ekologicky,
- podzimní nárůst zelené hmoty lze úspěšně využít ke krmení hospodářských zvířat, neboť má vysokou krmnou hodnotu, nebo dále pro energii a to přidavkem do fermentoru, při výrobě bioplynu,

- má hluboký kořenový systém, který může čerpat vláhu z větších hloubek a proto trpí méně přisušky, než ostatní mělce kořenící plodiny,
- při zakládání porostů plodiny Uteuša není třeba vyjímat půdu z kategorie zemědělské půdy, jako je tomu v případě zakládání plantáží rychle rostoucích dřevin,
- po zrušení porostů energetického šťovíku lze porost jednoduše zaorat a je možné hned začít pěstovat kteroukoliv zemědělskou plodinu.



Obr. č. 2: Porost šťovíku Uteuša ve druhém roce, Půdní blok 1401 Nad parkem, foto autor, 2009

2.4.2. Mák setý (*Papaver Somniferum*) a makovina

V Čechách je mák tradičně pěstovanou plodinou. V posledních letech vzrostly jeho plochy na nebývalou výši a je pěstován na ploše 30 000 – 70 000 ha. Tím se dostal rozsahem pěstování na druhé místo mezi olejninami, ihned za řepku. Uplatňuje se v potravinářství, ale i jako léčivá rostlina ve farmacii. Valná část

produkce je určena na export. Důvodem je to, že mnoho zemí pěstování máku na svém území zakazuje. (Diviš a kol., 2010)

Semeno máku má, zvláště pro vynikající dietetické vlastnosti, významnou úlohu v lidské výživě (pekařství a cukrářství). Vedlejší surovinou je makovina, tj. vyprázdněné tobolky máku celistvé se stonkem dlouhým max. 15cm. Pro obsah některých významných alkaloidů (morfin, kodein, papaverin aj.) je makovina významnou surovinou pro farmaceutický průmysl. Mák je pro zemědělce a exportéry jednou z mála ziskových komodit. Významným odbytištěm našeho máku jsou slovanské země Polsko, Rusko, středoevropské státy ovlivněné slovanskou kuchyní (Rakousko, Maďarsko, Německo) a Holandsko.

Mák je v ČR (ale i v jiných zemích) označován jako „výchozí surovina – zdroj“ návykových (omamných) látek, proto při pěstování máku setého je nutné dodržovat ustanovení vyplývající ze zákona č. 167/1998 Sb.. Součástí tohoto zákona jsou i ustanovení týkající se ohlašovací povinnosti osob pěstujících mák na ploše větší než 100m² a ohlašovací povinnost při vývozu a dovozu makoviny. (http://etext.czu.cz/php/skripta/kapitola.php?titul_key=4&idkapitola=168)

2.5 Dřevní odpad – Piliny

Piliny dřevěné jsou malé částičky dřeva, vznikající při řezání dřeva pilou. Rozměry pilin jsou dány tloušťkou pilového listu a úpravou ozubení. (Lesnický naučný slovník, 1995). Dále mohou vznikat při pilování nebo při jiném obrábění (např. broušení). Při hoblování dřeva vznikají hobliny, odpad vznikající při obrábění kovů nazýváme třísky. Hospodářský význam mají především dřevěné piliny, které vznikají ve velkém množství jako odpad na pilách a využívají se mnoha různými způsoby. Používají se na zahradě jako mulč, podestýlka pro zvířata, jako palivo (buď přímo v pilinových kamnech nebo slisované v dřevěných briketách) či jako surovina pro výrobu dřevotřískových desek. Dřevěné piliny mohou tvořit se vzduchem výbušnou směs. Může dojít k samovznícení nebo k prachovému výbuchu. (<http://cs.wikipedia.org/wiki/Piliny>)

3. Zpracování biomasy

3.1 Desintegrace rostlinných surovin

Desintegrace je energeticky poměrně náročná operace. Z toho důvodu je vhodné spojit ji s jinými operacemi. Typickým příkladem takového spojení je sklizeň rostlin sklízecí řezačkou. Při přejezdu konvenční sklízecí řezačky sklizeným porostem je oddělena sklizená část rostliny a dopravena do řezacího ústrojí. Zde proběhne její desintegrace a vzniklá řezanka je dopravena do dopravního prostředku. Sklízecí řezačka tedy integruje operaci sklizně desintegrace a manipulace. Takový postup je vhodný z hlediska energetického, logistického i technologického. Podobným způsobem je výhodné desintegraci provádět ve spojení s jinými operacemi (údržba a likvidace porostů, doprava, skladování, homogenizace směsi atd.).

Technické řešení desintegrace rostlinné biomasy není zpravidla nijak obtížné, ale jeho správnost je velmi důležitá z hlediska efektivity vložených finančních prostředků. Správné řešení může ušetřit výrazné množství finančních prostředků, které by bylo nutné vložit do dopravy, manipulace nebo do likvidace nevyužitelné hmoty. Oproti tomu nevhodné řešení může vést ku vložení investičních prostředků do zařízení, které je nevhodné. V daném případě zpracování surovin lze použít pouze omezeně a návratnost investičních prostředků je pak neúměrně dlouhá.

V praxi jsou pro desintegraci rostlinné biomasy na bázi dřevin nejčastěji používány štěpkovače a drtiče. Při desintegraci rostlinných surovin na bázi bylin jsou nejčastěji používaným zařízením řezačky. Při desintegraci na malé částice (tzv. jemné desintegraci; například při přípravě směsí před lisováním tuhých biopaliv) jsou nejčastěji používány drtiče, nebo speciální štěpkovače. Tato zařízení jsou někdy označována jako dodrcovače. (Sládek, 2011)

Mlecí proces v kladívkovém šrotovníku probíhá ve dvou fázích: ve fázi desintegrační a fázi separační. Desintegrační fáze je složena z mělnění následkem úderu a z opracování částic a jejich fragmentů následkem intenzivní abraze. Separační fáze nastává samovolně v mlecí komoře pod účinkem normálového zrychlení a vzdušného proudu vyplývajícího z ventilačního účinku rotoru. Oba jevy jsou důsledkem rotace kladívkového rotoru. Se separační fází je spojena prosévací

úloha sítového pláště. Výhodou kladívkového šrotovníku je jednoduchost konstrukčního řešení a nízké nároky na údržbu. (Maloun, 2001).



Obr.č. 3: Štěpka z biomasy, foto autor, 2009

3.2 Zařízení na briketování a peletování

Úpravou biomasy na briketovacích nebo peletovacích lisech dochází ke snížení objemu, a tím zvýšení energetické hustoty paliv.

Hlavní výhody zušlechťování fytomasy:

- Vyšší objemová hustota s sebou přináší snížení transportních nákladů, nižší požadavky na velikost skladovacích prostor a jednodušší manipulaci s palivem.
- Zhutněné palivo vykazuje lepší parametry při spalování, a tudíž i vyšší účinnost spalovacího procesu. (Ochodek, Kolonočný, Janásek, 2006)

Mezi nevýhody zušlechťování biomasy patří relativně vysoká cena vstupní energie nutná pro výrobu pelet či briket. Je vyžadována vyšší úroveň dezintegrace vstupního

materiálu při současném snížení jeho vlhkostí, čímž se zvyšuje konečná cena produktu.

3.2.1 Briketování

Briketování je tvarová úprava využívající mechanických a chemických vlastností materiálu. Užitím vysokotlakého lisu dochází ke zhutňování hořlavého materiálu do kompaktních tvarů. Při briketování dochází k objemové redukci cca 12:1.

Nejkvalitnější brikety jsou vyráběny lisy na principu tlačného šneku (zhutnění až 100:1). Pro lisování je nejčastěji používáno jemné nadrcené frakce z dřevních pilin, hoblin nebo oprané kůry. Omezující podmínkou pro zpracování materiálu je vlhkost (max. do 15 % hm.) a zrnitost (nesmí přesáhnout rozměr 15 mm v jednom směru). Lisování probíhá za zvýšené teploty a tlaku. Jako pojivo slouží pryskyřice (lignin) obsažená ve vlastním materiálu, případně je dodávána povolená přísada (např. škrob, melasa). (Janiček, 2009)

Výstupem procesu briketování jsou válcové nebo hranaté výlisky (průměr 40 až 100 mm, délka do 300 mm) o vysoké hustotě (1 až 1,4 kg/dm³), vysoké výhřevnosti (16,5 až 19 MJ/kg) a nízkém obsahu popela v sušině (dřevní brikety 0,5 až 1,1 %, brikety ze stébelnin 5 až 6 %). Brikety válcového tvaru mohou být připravovány s odlehčovací dírou uprostřed umožňující lepší odhořívání. Výjimečně se lisují brikety speciálních tvarů. (Janiček, 2009)

Základní dělení briketovacích lisů:

- *Mechanické pístové lisy* pracují na principu klikového mechanismu s mohutnými setrvačníky. Dosahují nejvyšších lisovacích tlaků. Lisovací komoru opouští „nekonečně“ dlouhá briketa, která je přesně krácena za výstupem odřezávací pilou. Výkonnost těchto lisů bývá kolem 1 t/h.

- *Hydraulické pístové lisy* jsou levnější než mechanické, zároveň však dosahují nižších výkonů (od 0,05 do 0,5 t/h). Použití je vhodné pro briketování stébelnin nebo směsi stébelnin a pilin. V důsledku nižších lisovacích tlaků mají brikety poněkud

menší soudržnost než od mechanických lisů. Jsou proto určeny pro užití v blízkosti výroby.

- *Šnekové lisy jednovřetenové nebo dvouřetenové* dosahují výkonnosti kolem 0,5 t/h. Příkon lisu je kolem 50 kW, ale také více, jestliže je v lince zařazeno i sušení suroviny. Brikety z těchto lisů se vyznačují vysokým stupněm stlačení a velkou trvanlivostí. Tyto lisy jsou vhodné na lisování pilin, není je však vhodné využívat pro lisování stébelnin. Výhodou je možnost výroby jak pelet, tak briket v závislosti na druhu výměnné výstupní matrice. Nevýhodou je značné opotřebení lisovacího šneku a komor, jestliže surovina obsahuje písek (Sladký, Dvořák, Andert, 2002).



Obr. č. 4: Šťovíkové brikety, foto autor, 2009

3.3 Spalování

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, štípaní, sekání, lisování, mletí, sušení apod.). Množství uvolněné energie závisí také na výhřevnosti spalované látky (Moudrý, Stražil, 1999).

Druh	Výhřevnost [MJ/kg]	Při vlhkosti [%hm]
Dřevo kusové	15,30	14,40
Dřevo – brikety	17,54	7,42
Dřevo – pelety	17,54	7,42
Dřevo – štěpka	9,84	41,74
Dřevěná kůra, mix	15,92	4,82
Papír, brikety	11,98	4,61
Sláma obilní	15,46	10,00
Sláma řepková	15,90	5,56
Sláma pšeničná	14,58	13,01
Sláma lisovaná, role, kvádry	15,46	10,00
Pelety	15,46	10,00
Sláma řepková, brikety	15,42	11,16
Řepkové šroty granulované	16,70	9,21
Slunečnicové slupky	24,05	5,22
Městské odpadky	8,14	33,00

Tab.1 Výhřevnost biomasy v závislosti na obsahu vody, OCHODEK, T.; KOLONIČNÝ, J.; JANÁSEK, P.: *Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy*

Z energetického hlediska jsou nejdůležitějšími vlastnostmi biomasy výhřevnost a spalné teplo.

Spalné teplo Q_s [MJ/kg] je teplo uvolněné dokonalým spálením jednotkového množství paliva při ochlazení spalin na 20 °C, přičemž voda ve spalinách je v kapalně fázi. Rozlišujeme spalné teplo původního vzorku bezvodého (v hmotnosti je zahrnut i popel) a spalné teplo hořlaviny (vztaženo na hmotnost pouze hořlaviny bez popela)

Výhřevnost Q_i [MJ/kg] je teplo uvolněné dokonalým spálením jednotkového množství paliva při ochlazení spalin na 20 °C, přičemž voda ve spalinách je v plynné fázi. (Sladký, Dvořák, Andert, 2002)

3.3.1 Porovnání výhřevnosti

Suchá fytomasa šťovíku krmného má značný energetický obsah. Měřením spalného tepla byly stanoveny hodnoty kolem 17,5 až 18 MJ/kg suché hmoty, výhřevnost byla stanovena na 16,5 MJ/kg. Krmný šťovík je tedy z hlediska energetického obsahu perspektivní rostlinou. Další jeho výhodou je i poměrně vysoká teplota tavitelnosti popela. Podle oficiální zkušebny (Ústav pro výzkum využití paliv Běchovice) byly zjištěny tyto hodnoty ve °C: teplota spékání (sintrace) - 1191, počátku deformace - 1306, tání - nad 1500, tečení - nad 1500 °C. Uvedené hodnoty jsou velmi příznivé, neboť se blíží parametrům, které vykazuje při spalování dřevo. Kvalita šťovíku jako paliva byla odzkoušena též v několika provozních kotelnách po celé ČR : Žlutice, Rokytnice v Orlických horách, Bouzov. Konkrétní výsledky z nové kotelny z Bouzova a Žlutic - kotel Verner-Golem 1800, jsou následující:

palivo	teplota v kotelbě	výkon kotle
Dřevo	230 °C	1800 kW
Šťovík	225 °C	1900 kW
sláma	180 °C	1400 kW

Tab. 2 Porovnání veličin při spalování různých komodit (Petříková, 2002)

4. Metodika - charakteristiky použitých strojů a podmínek výroby

4.1 Popis drtiče

Vzhledm k jednoduché manipulaci a dostačujícimu výkonu jsem zakoupil Drtič DS 300, jehož výrobcem a prodejcem je firma AgroBrick, Areál ZD Rudíkov, Vlčatín. Drtič je osazen italským motorem typu AIS132S4, výrobní číslo 1, rok výroby 2006.

4.1.1 Technická data

Výkon	cca 300 kg/hod (v závislosti na druhu a měrné hmotnosti materiálu a také na jeho vlhkosti a na velikosti síta
Rozměry (d x š x v)	1,5 x 1,0 x 1,3 m
Instalovaný příkon	5,5 kW
Napájení	3 x 400V / 50 Hz
Hmotnost	250 kg
Provozní teplota okolí	+ 5 až +30°
Mobilnost	na kolečkách
Obsluha	ruční – jeden pracovník

4.2 Popis lisu

Briketovací lis Dinamic 140N je výrobkem firmy CO.MA.FER. Tato firma má dvacetileté zkušenosti ve výrobě brusek a briketovacích strojů. Nová řada strojů Dinamic je výsledkem nejmodernější technologie podporované bohatými zkušenostmi a mnohaletým vývojem. Stroje jsou vyráběny ve shodě s evropskou směrnici platnou do roku 1997 a s následnými úpravami, které dohlíží na bezpečnostní aspekty stroje, kvalitu materiálů a použitých komponent.

Briketovací lis Dinamic 140N je určen k profesionálnímu použití, ke sběru a stlačení dřevního odpadu (bez dalších přísad) a dalších průmyslových odpadů, u nichž se vyžaduje snížení objemu za účelem lepší skladovatelnosti. Výsledné produkty – brikety – lze dále používat jako palivo.



Obr. č.5: Lis Dinamic 140N s drtičem, foto autor, 2009

Pracovní cyklus stroje je založen na manuálním přívodu materiálu, nebo může být stroj vybaven automatickým podavačem materiálu. Briketovací lisy řady Dinamic jsou sestaveny ve jménu jednoduchosti a robustnosti a jsou výsledkem několikaletých zkušeností.

Všechny části podléhající běžnému opotřebení jsou konstruovány a sestaveny tak, aby umožňovaly snadnou výměnu. Navíc došlo k jejich standardizaci, což znamená, že je třeba minimum náhradních dílů.

Lis je konstruován pro lisování materiálu, který má vlhkost v rozmezí 8 – 17 %.

Hladina hluku stroje byla naměřena v souladu s normou EN 3746. Hluk vydávaný v nejhorsích podmínkách byl prokázán pod 75 dB.

Výrobce lisu je italská firma CO.MA.FER. MACHINE SPA, Via de Gasperi, Collebeato, Brescia, Výrobní číslo: 63, rok výroby: 2008, model: Bricchetatrice, prodejce: PANAS, spol. s r.o., Jordánská 978, Praha 14 – Kyje.

4.2.1 Technická data

Výkon lisu	70-140 kg/h
Výkon motoru	9,3 kW
Průměr brikety	70 mm
Maximální délka brikety	70 mm
objem násypky	0,7 m ³
výška násypky	930 mm
průměr násypky	1000 mm
lisovací tlak	1000 kg/cm ²
průměr lisovací pístnice	180 mm
rozměry (v x š x d)	1480 x 1200 x 1800 mm
hmotnost	1180 kg
napětí	380 V – 50 Hz
počet cyklů	11 cyklus/min
počet lisovacích válců	3
maximální tlak briket	100 Kg/cm ²
maximální tlak hydraulického systému	200 kg/cm ²

4.2.2 Standardní vybavení

Speciální kónická násypka materiálu
Elektronický ovládací panel s PLC řídicí jednotkou
3 lisovací válce
patentované kruhové čelisti
přídavný tlakoměr kruhových čelistí
zařízení s automatickým pozvolným rozběhem lisu
digitální snímač teploty oleje
uzavřený chladicí systém (vzduch/olej)

4.2.3 Nadstandardní vybavení

Automatické zapnutí či vypnutí stroje v případě potřeby
přístupová kontrolní dvířka
speciální hvězdice pro výrobu dlouhých briket
zařízení pro odlamování briket

4.3 Měřicí zařízení

Zařízení bylo pro účely měření zapůjčeno z Katedry ,Zemědělské, dopravní a manipulační techniky, Zemědělské fakulty JU v Českých Budějovicích.

Monitor MDS5 – Sledovač HDO měří, předzpracovává a zaznamenává hodnoty napětí, proudů a účinníků. Monitor MDS5 – Sledovač HDO je automaticky pracující provozní měřicí přístroj určený pro nepřetržité měření veličin a sledování vysílání HDO. Změřené hodnoty jsou zaznamenávány do kruhově organizované, nedestruktivní FEPRAM paměti.

4.3.1 Technické údaje

Všeobecná specifikace – měřené veličiny

- tři střídavá napětí
- tři střídavé proudy
- tři účinníky
- 1 teplota
- Výpadky napájení
- 3 složky napětí o frekvenci HDO

Vypočítané veličiny

- Činné výkony, výkony jalové induktivní i kapacitní
- Činné energie, jalové induktivní a jalové kapacitní energie

4.3.2 Rozsahy a přesnosti měření

Napětí: $U_{jm} = 230 \text{ V}$

Rozsah měření – v 1. Fázi 175 V až 280 V

Přesnost měření – 1 %

Proud: I_{jm} podle měřicího klešťového transformátoru 30A, 100A, 300A, 600A a 1000A

Rozsah měření – 0 až $1,3 I_{jm}$

Přesnost měření – 1 %

Účinník: $\cos\varphi$ rozsah měření 0° až 359°

Přesnost měření – 1%

Záznam výpadků napájení:

Při poklesu napájecího napětí pod 172 V po dobu nejméně jedné sekundy

Signál HDO: jeden pevný kmitočet (216 2/3 Hz, 283 Hz, 425 Hz, 760 Hz, 1060 Hz)

4.3.3 Popis měření a zapojení

Přenos dat z monitoru MDS5 – Sledovače HDO do PC se děje sériovou komunikací – RS 232c rychlostí 9,6 kBd. Při přenosu dat, který trvá až deset minut, monitor průběžně měří. Trvale připojeným PC k Monitoru MDS5 – Sledovači HDO lze průběžně, aniž by bylo ovlivněno měření, sledovat vysílání HDO a měření vybraných veličin.

Přívodní konektory a zdířky jsou soustředěny na dvou stranách monitoru, takže monitor lze provozovat v libovolné poloze. Přívod trojfázového napětí do monitoru umožňují izolační zdířky rozlišené černou barvou – nulový vodič N a červenou barvou – fáze, přičemž fázové zdířky jsou opatřeny popisem U1, U2 a U3.

Měřená napětí jsou do monitoru přiváděna sadou měřicích kabelů s bezpečnými krokosvorkami. Červený kabel první fáze je označen bílou barvou a písmenem U1, červený kabel druhé fáze je označen modrou barvou a písmenem U2 a červený kabel

třetí fáze je označen žlutou barvou a písmenem U3. Černý nulový kabel je označen písmenem N. Napětí první fáze současně napájí monitor. Měřicí a napájecí obvody monitoru jsou chráněny vláknovými pojistkami Po1, Po2 a Po3 typu 5200 mA/250V s vysokou vypínací schopností, které jsou umístěny uvnitř monitoru.

Měření střídavých proudů se děje prostřednictvím klešťových transformátorů s aretací, přičemž pro klešťové transformátory se jmenovitou hodnotou 100 A, 300 A, 500 A a 1000 A jsou třeba redukční kabely. Klešťové transformátory 30 A jsou přímo vybaveny připojovacími kabely. Při instalaci klešťových transformátorů do měřených obvodů je nutné dbát na jejich správnou orientaci. Čelní strana transformátorů s popisem se umístí ve směru toku proudu směrem ke spotřebiči. Klešťové transformátory uvnitř obsahují odpory, takže je možné je připojovat i odpojené od monitoru. Přívodní kabely klešťových transformátorů i redukční kabely jsou barevně označeny, čímž se snižuje možnost chyby při zapojování.

4.4 Podmínky pro získávání biomasy

Biomasa byla prioritně získávána ze záměrně pěstovaného energetického šťovíku, který byl v druhé polovině sledovaného období (2008 – 2012) míchán v poměru 1:1 s odpadem vzniklým při čištění maku. Makovinu jsem bezúplatně získal od sousedního zemědělského družstva, které nebylo schopno, vzhledem k ustanovením vyplývajícím ze zákona č. 167/1998 Sb., tento odpad jinak zlikvidovat, než spálením. Experimentálně a v malém množství jsem zkoušel lisovat i dřevní odpad, zvláště piliny, které jsem odebral od okolních truhlářských provozoven.

4.4.1 Smluvní podmínky

Jelikož právo na množení osiva šťovíku krmného (schavnat) Rumex OK 2 (Rumex patientia x Rumex tianschanicus A.Los.), obchodní název šťovík Uteuša (schavnat) má Ing. Vlasta Petříková, DrSc., a to na základě smlouvy se šlechtiteli, kteří jsou zastoupení Dr.Rachmetovem a Ing. Ust'akem, CSc., bylo nutné uzavřít smlouvu o poskytnutí práva na pěstování krmného – energetického šťovíku. Tato

smlouva byla podepsána v září 2007 a osivo bylo neprodleně zapraveno do půdy. Na jaře roku 2008 byl oset druhý půdní blok, takže celková výměra porostu byla 4,83 ha.

Oba půdní bloky jsou v mém vlastnictví, nebylo tedy nutné přistoupit ke zvláštním ujednáním ve vztahu k nájemní smlouvě s vlastníky pozemků, vzhledem k předpokládanému delšímu časovému horizontu pěstování šťovíku.

4.4.2 Půdní blok 1401 NAD PARKEM

Výměra 2,63 ha

Geografické informace:

Průměrná nadmořská výška 445,94 m

Průměrný sklon 5,2°

Vzdálenost od vody 26,18 m

Překryv se svažitými pozemky 1,15 ha

Expozice jižní až jihovýchodní

Erozní ohrožení

Neohrožené půdy – A1 Na půdním bloku se nevyskytuje žádná plocha silně ani mírně erozně ohrožené půdy a v rámci GAEC není uplatňováno z hlediska eroze žádné opatření.

AZZP

Výsledky agrochemického zkoušení půd z roku 2003

pH 5,3 kyselá půda

Ca 1577 mg/kg - vyhovující

Mg 119mg/kg - vyhovující

P 132 mg/kg - vysoký

K 204 mg/kg - dobrý

4.4.3 Půdní blok 4705/4 U LÍSENCE

Výměra 5,27 ha

Geografické informace:

Průměrná nadmořská výška 444,88 m

Průměrný sklon 5,7°

Vzdálenost od vody 10,31 m

Překryv se svažitými pozemky 2,54 ha

Expozice severní

Erozní ohrožení

Mírně ohrožené půdy (rozloha 2,52 ha) – B2 Na části půdního bloku se vyskytuje plocha mírně erozně ohrožené půdy, a proto musí být na takto označené ploše pěstovány plodiny tak, aby splňovaly následující podmínky: širokořádkové plodiny kukuřice, brambory, řepa, bob setý, sója, čirok a slunečnice budou zakládány pouze s využitím půdoochranných technologií.

AZZP

Výsledky agrochemického zkoušení půd z roku 2003

pH 5,7 - slabě kyselá půda

Ca 1890 mg/kg - vyhovující

Mg 146 mg/kg - vyhovující

P 91 mg/kg - dobrý

K 193 mg/kg - dobrý

Na tomto půdním bloku byl vyšetřován šťovík pouze na části o výměře 2,2 ha, která koresponduje s pozemky, které jsou erozně ohroženy.

4.5 Měření výkonu

4.5.1 Drtič

Vzhledem k udávanému hodinovému výkonu, který je dvakrát vyšší, než výkon lisu, není při běžném provozu drtič zapnut kontinuálně, ale používá se na doplnění hmoty zhruba třikrát během hodiny. Hladina hmoty je udržována v rozmezí jedné třetiny až dvou třetin zásobníku. Při naplnění celého zásobníku dochází k samovolnému odsávání nadrcené hmoty do ventilačního potrubí, kterým jsou za normálních okolností odsávány pouze prachové částice.

Během provozu je nutné věnovat zvýšenou pozornost výskytu hrud hlíny a kamení, které jsou přítomny zvláště ve hmotě, která je po vyschnutí na poli zpracována pomocí sklízecí rezačky. Tyto nežádoucí příměsy způsobují nadměrné opotřebení pohyblivých částí drtiče. Při kontaktu kamení s jednotlivými kladivky dochází k jiskření, které by mohlo v extrémním případě v prašném prostředí způsobit požár. Pokud se rozmělněná hlína dostane do lisovacího zařízení, dochází k nežádoucímu opotřebení lisovacích kleštín a následně k omezení funkčnosti lisu.

4.5.2 Lis

Základním vstupním parametrem je vlhkost, která je důležitá pro lisování fytomasy. Pokud vlhkost přesáhne hranici 20 %, tak se fytomasa v lisovací komoře nezhutní do požadovaného rozměru a briketa se rozpadne. Maximálně se doporučuje vlhkost do 15 % (Plíštil, 2004). Vlhkosti biomasy při měření byly: Šťovík = 10,2 %, šťovík a makovina (1:1) = 9,8 % a piliny = 8%.

Pro optimální výkon lisu bylo zajištěno průběžné doplňování lisované hmoty, která byla do zásobníku lisu vháněna drtičem. Množství hmoty v zásobníku bylo udržováno na jedné třetině až jedné polovině kapacity, čímž se vyloučilo lisování s nedostatkem hmoty a tím způsobené částečné lisování „na prázdno“.

Slisované brikety byly po vytlačení ze stroje a po samovolném odlomení shromažďovány v manipulační přepravce SUPRO, která má nosnost 30 kg a rozměry 600 x 400 x 420 mm. V těchto přepravkách je celá produkce briket skladována a odvážena ke spalování.



Obr. č. 6: Slisované brikety v přepravkách, foto autor, 2012

4.5.3 Sazba elektrické energie

Proces lisování briket probíhá v zemědělském dvoře v Postupicích, číslo popisné 1, na okrese Benešov. Tento dvůr historicky patřil k jemnišřskému zámku a od roku 2007 jej opět využíváme jako základnu pro zemědělské, lesnické a rybolovné činnosti. Jsou zde umístěny sklady, garáže, kancelář a v prostoru bývalého chléva i briketovací lis.

Ve vztahu k dodavateli elektrické energie je celý dvůr veden jako jedno odběrné místo. Vzhledem ke skutečnosti, že prostor s lisem nemá ani odečtový elektroměr, nelze zcela jednoznačně určit spotřebu energie nutnou k lisování briket z fytomasy. Nicméně spotřebovaná energie za poslední tři roky koresponduje s množstvím vyrobených briket.

Jelikož měření energetické náročnosti lisování briket proběhla v roce 2012, budu nadále uvažovat pouze s cenou elektrické energie, která byla v tomto období a to bylo 5,15 Kč/kWh.

5. Výsledky měření a porovnání spotřeby paliva

Prvotní porovnání, které jsem provedl, se týkalo zjištění závislosti spotřebované energie na množství vyrobených briket. Z tabulky uvedené níže, ve které jsou zaznamenané skutečné spotřeby elektrické energie za celý zemědělský dvůr plyne, že pokles spotřebované energie koresponduje s poklesem množství vyrobených briket. Při porovnání průměrných spotřeb energie dojdeme k závěru, že v roce 2010 bylo na jeden metrický cent potřeba 11,86 kW. V letech následujících to již bylo 14,32 kW, resp. 14,74 kW. Zvýšení spotřeby energie po roce 2010 je způsobeno zvýšenou pracovní činností v prostorách, které slouží pro jiné účely, než je lisování briket.

Rok	Spotřeba energie [MWh]	Množství vyrobených briket [q]	
		Vlastní spotřeba	Prodej
2010	5,219	374	66
2011	4,197	293	0
2012	4,026	256	17

Tab.3 Spotřebovaná energie a množství vyrobených briket

5.1 Porovnání spotřeby

Vzhledem k výše uvedeným závěrům, které uvádějí srovnatelné výsledky při spalování dřeva a šťovíku, provedl jsem během topné sezóny 2010/2011 porovnání spotřeby paliva. Měření bylo prováděno v bytových a nebytových prostorách zámku Jemniště, s tím, že celková kubatura vytápěných prostor činila 1993 m³. Z toho 1404 m³ jsou bytové prostory, které byly vytápěny na pokojovou teplotu, zbylých 589 m³ pouze na teplotu kolem 17°C. Pokojová teplota nebyla soustavně měřena, jediným ukazatelem byla pocitová teplota.

Pro měření spotřeby paliva jsem vybral dva týdny v lednu roku 2011, následující po sobě, kdy předpověď počasí udávala podobný průběh teplot. Naměřené denní teploty a jejich průměr je uvedený v následujících tabulkách.

Datum	6,00 hod.	12,00 hod.	18,00 hod.	24,00 hod.	Průměr denní	Průměr týdenní
11.1.	-7	-4	-6	-8	-6,25	-3,20 °C
12.1.	-9	-7	-5	-5	-6,50	
13.1.	-4	0	-1	-2	-1,75	
14.1.	-2	-1	-1	-1	-1,25	
15.1.	-1	1	0	-1	-0,25	

Tab. 4 Venkovní teploty při topení š'ovíkovými briketami [°C]

Během sledovaného období bylo spotřebováno 54 kusů přepravek SUPRO, každá o průměrné hmotnosti 30 kg. Spáleno bylo celkem 1620 kg š'ovíkových briket. Při výhřevnosti 16,5 MJ/kg jsem vyrobil a na vytápění prostor spotřeboval energii v množství 26,73 GJ. Při ceně 335 Kč/q, lze konstatovat, že topení v pěti sledovaných dnech stálo 5427 Kč.

Datum	6,00 hod.	12,00 hod.	18,00 hod.	24,00 hod.	Průměr denní	Průměr týdenní
18.1.	2	4	4	0	2,50	-0,55 °C
19.1.	1	5	3	2	2,75	
20.1.	2	3	1	-2	1,00	
21.1.	-3	-3	-5	-6	-4,25	
22.1.	-6	-2	-4	-7	-4,75	

Tab. 5 Venkovní teploty při topení štípaným smrkovým dřívím [°C]

Během tohoto období, kdy byly venkovní teploty oproti předchozímu sledovanému období nepatrně vyšší, spotřeboval jsem 4,6 prostorových metrů palivového dříví. Při použití koeficientu 0,75 pro přepočet na plnometry je výsledné množství spáleného palivového dříví 3,45 plnometru. Udávaná váha jednoho plnometru smrkového dřeva je 445 kg/m³ (Doporučená pravidla pro měření a vážení

dříví v České republice 2008). Hmotnost paliva je 1535 kg a množství vyrobené energie 23,49 GJ. Při ceně palivového dřeva 1180 Kč/prm, lze konstatovat, že topení v pěti sledovaných dnech stálo 5428 Kč.

Spalování obou produktů probíhalo v kotli na pevná paliva firmy ATMOS – J.Cankař a syn. Konkrétně se jednalo o typ ATMOS DC 75 SE, o výkonu 75 kW při výhřevné ploše 5,2 m².

5.2 Hektarový výnos

Jelikož jsem v době začátku lisování ještě neměl vlastní vyprodukovanou biomasu, zakoupil jsme produkci z pokusného porostu, který se nachází poblíž. Tento porost byl založen v roce 2000 Ing. Vlastou Petříkovou, jako pokusná plocha. V letech 2009 a 2010 jsem využíval pro lisování vlastní vypěstovanou hmotu. Výnosy na jednotlivých lokalitách jsou uvedeny v následující tabulce.

Rok sklizně	Nad parkem	U Lísence
2009	2,56 t/ha	1,77 t/ha
2010	1,42 t/ha	1,02 t/ha

Tab. 6 Výnos šťovíku Uteuša dle lokalit

V obou sledovaných letech byly porosty hnojeny dusíkem v dávce 40, resp. 50 kg/ha.

5.3 Měření elektrického výkonu

Výkon lisu byl měřen samostatně pro každou lisovanou komoditu. Hmota šťovíku a směs šťovíku s makovinou byla lisována v dvouhodinovém bloku, piliny z důvodů nedostatku hmoty byly lisovány ve dvou dnech, přičemž každý den stroj pracoval jednu hodinu. Termíny lisování: 8.8.2012 (piliny), 20.8.2012 (šťovík), 31.8.2012 (piliny) a 10.9.2012 (šťovík + makovina). Ve všech pracovních dnech byly srovnatelné podmínky co do venkovní vlhkosti a teploty, takže tyto veličiny nebylo nutné dále sledovat.

Šťovík			Šťovík + makovina 1:1			Piliny		
Začátek měření	Konec měření	Množství [kg]	Začátek měření	Konec měření	Množství [kg]	Začátek měření	Konec měření	Množství [kg]
9,53	10,07	34,10	10,01	10,15	32,80	10,00	10,13	34,50
10,07	10,19	34,20	10,15	10,31	34,00	10,13	10,28	35,90
10,19	10,36	39,50	10,31	10,43	31,50	10,28	10,46	34,20
10,36	10,54	43,20	10,43	10,57	35,80	10,46	11,00	35,00
10,54	11,06	37,60	10,57	11,14	33,70	13,00	13,15	34,8
11,06	11,20	32,90	11,14	11,29	30,60	13,15	13,31	35,2
11,20	11,34	42,50	11,29	11,45	32,10	13,31	13,47	41,1
11,34	11,53	38,00	11,45	12,01	37,90	13,47	14,00	32,1

Tab. 7: Měření výkonu lisu

Z výše uvedené tabulky plyne, že na lisu bylo dosaženo následujících hodinových výkonů při lisování jednotlivých komodit:

- Šťovík 151,0 kg/hod
- Šťovík a makovina (1:1) 134,2 kg/hod
- Piliny 141,4 kg/hod

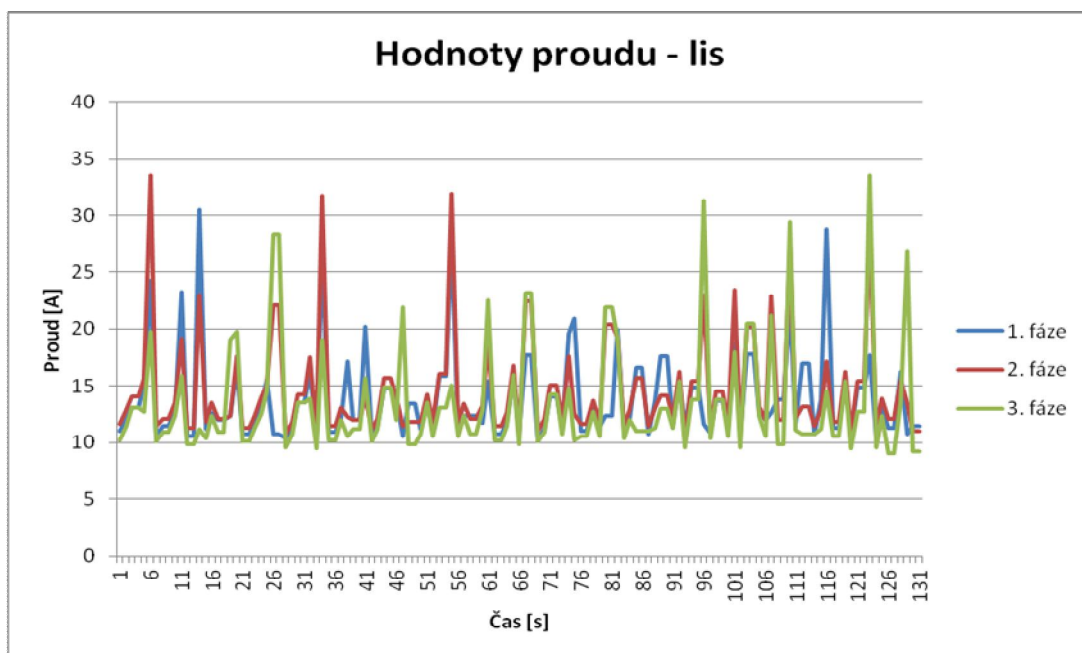
Pokud zprůměruji jednotlivé hodinové výkony, dostávám se k průměrnému výkonu 142,2 kg/hodinu.

Při pokusných měřeních bylo stanoveno, že průměrná nutná doba běhu drtiče pro zajištění dodávky hmoty do lisu je pro hodinu lisování 24 minut. Tato doba je závislá zvláště na hrubosti vstupního materiálu (při pokusech se šťovíkovou hmotou, která byla na poli zpracovaná do balíků v celých délkách a před drtičem postupně rozbalována a drcena, se doba naplnění zásobníku lisu zvýšila průměrně o 35%) a na lidském faktoru při zajištění kontinuální dodávky materiálu. Při zahlcení stroje dochází ke snížení otáček kladívkového drtiče a v krajních případech k přetížení

elektrické sítě s následným odpojením dodávky elektrické energie. Naproti tomu při dodávce malého množství materiálu běží drtič na prázdko a jeho výkon je neefektivní.

Vlastní měření elektrického výkonu drtiče a lisu proběhlo v jeden den v prosinci 2012. Monitor MDS5 – Sledovač HDO byl napojen v rozvodné síti na vodiče vedoucí ke stroji.

Měření lisu proběhlo ve dvou blocích, měření drtiče v jednom. Výsledkem byl odečet jednotlivých hodnot tří sledovaných veličin, proudu, napětí a účinníku. Zápis hodnot byl prováděn pro všechny tři veličiny po sekundách. Vzhledem k množství dat a neúměrnému rozsahu, není tento výstup obsažen v mé práci, ani není uveden v příloze. Jako vzorek uvádím graf, který zaznamenává hodnoty proudu během dvou minut práce lisu.



Obr. č. 7: Grafické znázornění měření jednotlivých veličin na třech fázích ve vybraném časovém úseku. Hodnoty proudu při měření lisu.

V přílohách jsou uvedeny zbylé dvě veličiny, které byly naměřeny na lisu ve stejnou dobu. Dále jsou v příloze grafy týkající se těchto veličin, které byly odečteny při práci drtiče, a to opět po dobu dvou minut.

Hodnoty z celého průběhu měření byly zprůměrovány a jsou uvedeny v tabulkách:

Měření	Fáze	U [V]	I [A]	cos φ
Měření LIS I. (10,16 – 10,25)	1. Fáze	222,6	13,67	0,643
	2. Fáze	225,5	14,17	0,584
	3. Fáze	221,8	12,62	0,613
Měření LIS II. (10,32 – 11,12)	1. Fáze	222,2	11,94	0,671
	2. Fáze	225,5	12,18	0,657
	3. Fáze	223,4	11,26	0,668

Tab. 8: Naměřené průměrné hodnoty U, I a cos φ – LIS

Měření	Fáze	U [V]	I [A]	cos φ
Měření Drtič (11,32 – 11,40)	1. Fáze	223,3	6,86	0,749
	2. Fáze	224,4	7,43	0,700
	3. Fáze	228,0	7,31	0,721

Tab. 9: Naměřené průměrné hodnoty U, I a cos φ – DRTIČ

Výpočet elektrického příkonu P [W] jsem provedl podle vzorce

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

Příčemž P1 až P3 jsou příkony na jednotlivých fázích. Tyto jsou vypočteny dle vzorce:

$$P_y = \sqrt{3} * U_y * I_y * \cos\varphi_y$$

Po dosažení průměrných hodnot do vzorců jsem mohl konstatovat, že elektrický příkon lisu je 9,35 kW a elektrický příkon drtiče je 6,09 kW.

Pro výpočet energetické náročnosti výroby lisovaných granulí znásobím jednotlivé elektrické příkony výše uvedenou sazbou elektrické energie a zohledním skutečnost, že drtič pracuje pouze 24 minut během každé hodiny. Spotřeba elektrické energie lisu je tedy 48,15 Kč/hod a drtiče 31,36 Kč/hodinu. Při přepočtu na kratší dobu práce drtiče je nákladová položka 12,55 Kč.

Pro výrobu 142,2 kg briket, což odpovídá průměrné hodinové produkci je náklad na elektrickou energii ve výši 60,70 Kč. Při přepočtu na prodejní měrnou jednotku, kterou je metrický cent [q], je náklad na elektrickou energii ve výši 42,69 Kč.

6. Diskuze

Výše uvedeným měřením byl ověřen příkon použitých strojů, respektive energetická náročnost výroby briket z biomasy. Bylo konstatováno, že výkon lisu se oproti hodnotám uváděným v technické specifikaci neliší. Uváděný příkon kladívkového drtiče byl ve skutečnosti o 10% vyšší, což může být způsobeno například rozměry vstupní hmoty, nebo manipulací při podávání hmoty do drtiče.

Cena elektrické energie nutná k výrobě 100 kg briket byla spočtena na částku 42,69 Kč. Jelikož finální cena produktu, pokud by byl určen pro přímý prodej zájemcům, je limitována cenou ostatních paliv, byl metrický cent briket prodáván za částku 335 Kč (cena roku 2012). Nutno ovšem podotknout, že téměř celá produkce byla spotřebována pro vlastní potřebu.

Pokud bychom od prodejní ceny odečetly náklad na elektrickou energii, mzdové náklady na jednu pracovní sílu přepočtenou na dobu výroby briket a náklady spojené s hnojením a ošetřováním porostu, je zcela zřejmé, že při výnosech, kterých jsem po dva roky dosahoval (viz. Tab. 6), je výroba briket ztrátová.

Odborná literatura uvádí výnosy šťovíku Uteuša v závislosti na hnojení následovně:

Hnojení	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Průměr 1993-2001
Kontrola	0,6	6,7	13,4	15,1	14,2	12,4	11,9	14,6	8,6	10,6	12,1
NPK-60	1,8	11,6	15,2	16,7	15,8	15,9	17,3	16,6	14,9	14,2	15,5
NPK-120	2,6	10,9	16,4	17,2	16,4	14,9	15,5	20,0	15,2	15,3	15,8
Průměr variant	1,7	9,7	15,0	16,3	15,5	14,4	14,9	17,1	12,9	13,4	14,4

Tab. 10: Výnosy sušiny celkové nadzemní biomasy šťovíku Uteuša (t/ha)

Tabulka uvádí víceletou řadu průměrných výnosů šťovíku Uteuša od doby založení porostů (rok 1992) v závislosti na různých dávkách minerálního hnojení. Bylo stanoveno, že šťovík je náročný na hnojení pouze v prvních dvou letech, kdy rozdíly mezi nehnojenými a hnojenými variantami jsou nejvyšší. V dalších letech se tyto rozdíly nivelují a činí v dlouhodobém průměru cca 3 tuny sušiny nadzemní hmoty z 1 ha. Navíc prakticky nejsou rozdíly ve výnosech mezi dávkou 60 a 120 kg účinných látek NPK (v průměru pouze cca 0,3 tuny/ha), což znamená, že tato plodina je málo náročná na hnojení. Tento závěr navíc posiluje ten fakt, že pokusy probíhaly na méně úrodné půdě. (Ust'ak, 2002)

I na pokusných plochách, které vznikly u energetického parku v Grimstad v Norsku byly lepší výsledky. Byla sice zvolena plocha pouze o velikosti 90 m², ale výnos ve druhém roce pěstování byl 5,2 t/ha. V následujícím roce nebyl porost hnojen, ani nebylo prováděno diskování za účelem zvýšení počtu jedinců na ploše. Z důvodů nárůstu plevelů a zvýšené konkurence klesl výnos na 2,37 t/ha. (Nielsen, 2008)

Vzhledem nízkým výnosům, kterých jsem dosáhl a jelikož se mi naskytla možnost, zajistit si hmotu jinou - odpad při čištění maku, rozhodl jsem se oba porosty šťovíku zlikvidovat.

Zjištěnou energetickou náročnost lisování granulí pro vytápění nemohu porovnat s podobnými výsledky, jelikož se mi nepodařilo zjistit, zda podobný výzkum probíhal. Pokusy, které byly v literatuře popsány, se odehrávaly za jiných podmínek, převážně za použití lisů s větším výkonem a při spalování ve spalovnách.

V současné době v mém zanedbatelném hospodářství (Panství Jemniště - hospodařím na 140 hektarech zemědělské půdy 60 hektarech vodní plochy a 1100 hektarech lesních pozemků) probíhá diskuze o zachování možnosti briketování či o prodeji lisu. Důvodem jsou opakující se závady v lisovací komoře, kde dochází vlivem prachových částic k nadměrnému opotřebení. Za pět let provozu se opravy lisu dostaly na částku téměř 150 000 Kč. Pro srovnání, za tuto dobu bylo slisováno 137 tun materiálu v nominální hodnotě 380 000 Kč. Situaci by vyřešilo lisování materiálu, který bude prost kamenů a hlíny, např. sušených pilin. Tuto surovinu bych ovšem musel nakupovat a pravděpodobně i dovážet z větších vzdáleností, nebo případně sušit vlastní piliny, které vznikají jako odpad v provozu pily. Zde by bylo nutné počítat se zvýšením energetické náročnosti z důvodů sušení materiálu.

Nicméně při porovnání topení dřevem a briketami je nutné zmínit výhody a nevýhody, které jednotlivé topné medium přináší.

Topení dřevem – výhody

- Jednodušší manipulace s jednotlivými poleny
- Nutnost přikládání v intervalu cca 4 hodiny
- Malé množství popela a z toho plynoucí delší interval mezi čištěním kotle (zpravidla jednou za týden provozu)

Topení dřevem – nevýhody

- Velké skladovací prostory – pro otop je ideální dřevo, které prosychalo dva roky
- Každé ráno je nutné znovu kotel roztápat

Topení briketami – výhody

- Delší dobu žhnou, není nutné přikládat během noci
- Ráno není nutné zatápet, stačí pouze rozhrnout žhavý popel
- Přikládání briket není fyzicky tak náročné jako přikládání dřevěných polen

Topení briketami – nevýhody

- Zhoršená manipulace s přepravkami s briketami (váha cca 30 kg, při skládání na sebe je nutná přítomnost dvou pracovníků)
- Velký objem popela a z toho plynoucí nutnost čistit kotel každý den
- Z toho plynoucí zvýšená prašnost v kotelně
- Nutnost přikládání v intervalu cca 2 hodiny

7. Závěr

Cílem této práce bylo změřit energetickou náročnost lisování granulí pro přímé spalování. Téma jsem si vybral proto, abych zjistil konkrétní údaje o spotřebě fytohmasy a o cenových nákladech lisování.

Prvotním záměrem byla snaha o změnu vytápění zámku Jemniště, který je vzhledem k neexistenci centrální kotelny, vytápěn kombinovaně. Největší část zámku je vytápěna pomocí tří samostatných kotlů na palivové dřevo. Zbylé místnosti jsou vytápěny, případně temperovány elektrickým proudem, a to buď přímotopy, nebo akumulacími kamny.

Při porovnání spotřeby palivového dříví a spotřeby briket jsem se dobral výsledků, které se liší jen nepatrně. Rozdíl ve spotřebě energie je dle mého názoru způsoben teplejším počasím v druhém sledovaném období. Lze tedy potvrdit, že výhřevnost vyschlého palivového dřeva a šťovíkových briket je podobná. Cena palivového dřeva při dodávce energie ve stejném množství je ovšem o 14% vyšší.

Jelikož spotřeba palivového dřeva je průměrně 250 plnometrů za rok (nutno podotknout, že díky nedostatečným tepelně izolačním vlastnostem, které dům z 18.

století má, je topná sezóna oproti moderním domům delší; zpravidla začíná již v září a končí koncem května), zkoumal jsem možnosti, jak palivové dřevo alespoň částečně nahradit. Jako nejvýhodnější se mi jevila možnost spalování biomasy, konkrétně šťovíku Uteuša. Po mnoha konzultacích s pěstiteli a zpracovateli šťovíku jsem zakoupil lis a začal šťovík pěstovat.

Bohužel se mi nepodařilo přiblížit se k uváděným hospodářským výnosům. Produkce šťovíku byla zlikvidována a momentálně jsou lisovány poslední zásoby biomasy.

Z mého pohledu je tedy produkce šťovíku pro lisování briket možná pouze při intenzivnějším pěstování, i když literatura uvádí, že při hnojení dusíkem v množství 60 kg/ha a 120 kg/ha, není dosahováno podstatnějších rozdílů. Důraz je třeba klást i na výběr stanoviště a provádění všech nutných úkonů v agrotechnických lhůtách. Jelikož jsem v době pěstování šťovíku neměl vlastní mechanizaci a byl jsem odkázán pouze na dodávku služeb, je třeba konstatovat, že mnoho agrotechnických lhůt bylo porušeno.

Dle mého názoru, můj největší problém byl ve výběru nevhodného lisu v závislosti na způsobu sklizení biomasy.

I přes tyto potíže si dovolím konstatovat, že výroba 100 kg briket při spotřebování elektrické energie v hodnotě 42,69 Kč je náklad, který při velkých objemech lisovaného materiálu je dobrou výchozí hodnotou pro výrobu konkurence schopného paliva.

V případě úspěšného završení bakalářského studia a složení přijímacích zkoušek pro navazující magisterské studium bych rád v této práci pokračoval a řešil komplexní ekonomickou problematiku náročnosti spalování biomasy i s ohledem na energetickou náročnost celého procesu její výroby.

8. Použitá literatura

DIVIŠ, J. a kol.: Pěstování rostlin. České Budějovice, 2010. 175 s. ISBN 9778-80-7394-216-8

JAKUBES, J., BELLINGOVÁ, H., ŠVÁB, M.: Moderní využití biomasy technologické a logistické možnosti. Praha: Česká energetická agentura, 2006. 41 s. [online]. ČEA – Česká energetická agentura, 2006: [cit. 2013-03-15]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.mpo-efekt.cz/dokument/02.pdf>>

JANÍČEK, J.: Výroba alternativních pelet. Bakalářská práce VUR Brno, 2009. 26 s.

JEVIČ, P.: Udržitelná výroba a řízení jakosti tuhých paliv na bázi agrárních bioodpadů. VÚZT Praha, 2008. 75 s. ISBN 978-80-86884-42-4

LÁNÍK, L.: Využití biomasy v malých provozech a domácnostech. Bakalářská práce VUT Brno, 2009. 17 s.

MALOUN, J.: Technologická zařízení a hlavní procesy při výrobě krmiv, ČZU Praha, 2001. 58 s. ISBN 80-213-0783-8.

MOUDRÝ, J.: Pěstování speciálních plodin, Multimediální texty. Dostupné z WWW: <http://www2zf.jcu.cz/~moudry/skripta/4/energeticke_byliny.html>

MOUDRÝ, J.; STRAŠIL, Z.: Pěstování alternativních plodin. České Budějovice : Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 1999. 128 s. ISBN 80-7040-383-7

NIELSEN, H. K.: Sorrel and reed canary grass in southern Norway, Grimstad, 2008. [cit. 2013-03-02]. Dostupné z WWW: <http://scholar.google.cz/scholar?q=rumex+OK2&hl=cs&as_sdt=0>

OCHODEK, T.; KOLONIČNÝ, J.; JANÁSEK, P.: Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy. 1. Vyd. Ostrava : VŠB Technická univerzita Ostrava, 2006. 186 s. ISBN 80-248-1207-X

PETŘÍKOVÁ, V.: Krmný šťovík - Rumex OK 2. Biom.cz [online]. 2006-08-21 [cit. 2013-03-02]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/krmny-stovik-rumex-ok-2>>. ISSN: 1801-2655

PETŘÍKOVÁ, V.: Pěstování rostlin pro energetické účely. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR, 2005. 6 s. ISBN 80-239-5497-0

PETŘÍKOVÁ, V.: Využití biomasy pro energii. Biom.cz [online]. 2002-10-03 [cit. 2013-02-14]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-biomasy-pro-energii>>. ISSN: 1801-2655.

PETŘÍKOVÁ, V.: Nové zkušenosti s pěstováním energetických plodin a podmínky pro rozvoj fytoenergetiky v ČR . In Energetické a průmyslové rostliny XI., Chomutov 15.6.2006. Praha: CZ-Biom, VÚRV, 2006, s. 17 – 28. ISBN 80-86555-88-7

PLÍŠTIL, D.: Brikety z energetických bylin. Biom.cz [online]. 2004-09-20 [cit. 2013-03-18]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/brikety-z-energetickych-bylin>>. ISSN: 1801-2655.

SLÁDEK, K.: Navrňte a proveďte možnosti výroby slaměných briket pro energetické využití. Bakalářská práce JCU České Budějovice, 2011. 23 s.

SLADKÝ, V.; DVOŘÁK, J.; ANDERT, D.: Obnovitelné zdroje energie: fytopaliva. Praha : Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2002. 56 s. ISBN 80-238-9952-X

SOUČEK, J.: Drtiče, štěpkovače a řezačky pro úpravu rostlinné biomasy. VÚZT Praha, 2008. 46 s. ISBN 978-80-86884-31-8.

STUPAVSKÝ, V., HOLÝ, T.: Brikety z biomasy - dřevěné, rostlinné, směsné brikety. Biom.cz [online]. 2010-01-01 [cit. 2013-03-06]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/brikety-z-biomasy-drevne-rostlinne-smesne-brikety>>. ISSN: 1801-2655.

UŠŤAK, S.: Šťovík Uteuša - plodina perspektivní pro fytoenergetiku. Biom.cz [online]. 2002-07-01 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/stovik-uteusa-plodina-perspektivni-pro-fytoenergetiku>>. ISSN: 1801-2655.

Doporučená pravidla pro měření a vážení dříví v České republice 2008, Praha, 2008, ISBN 978-80-87154-01-4

Lesnický naučný slovník, Ministerstvo zemědělství 1995, Praha, Díl II., 35 s., ISBN 80-7084-131-1

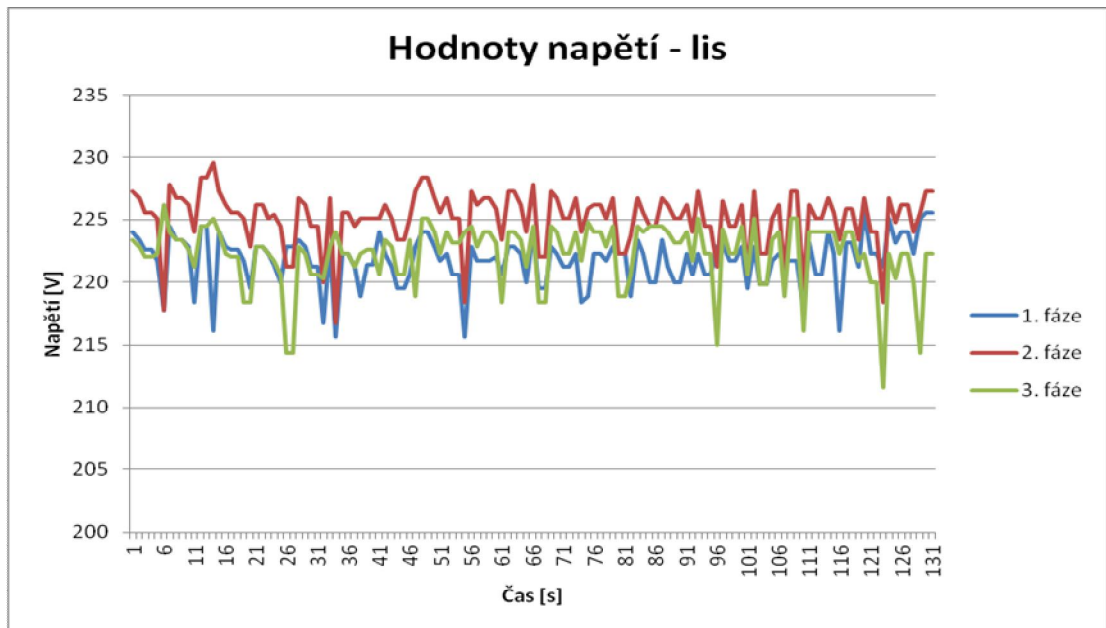
Internetové zdroje:

<http://www.i-ekis.cz/?page=biomasa>

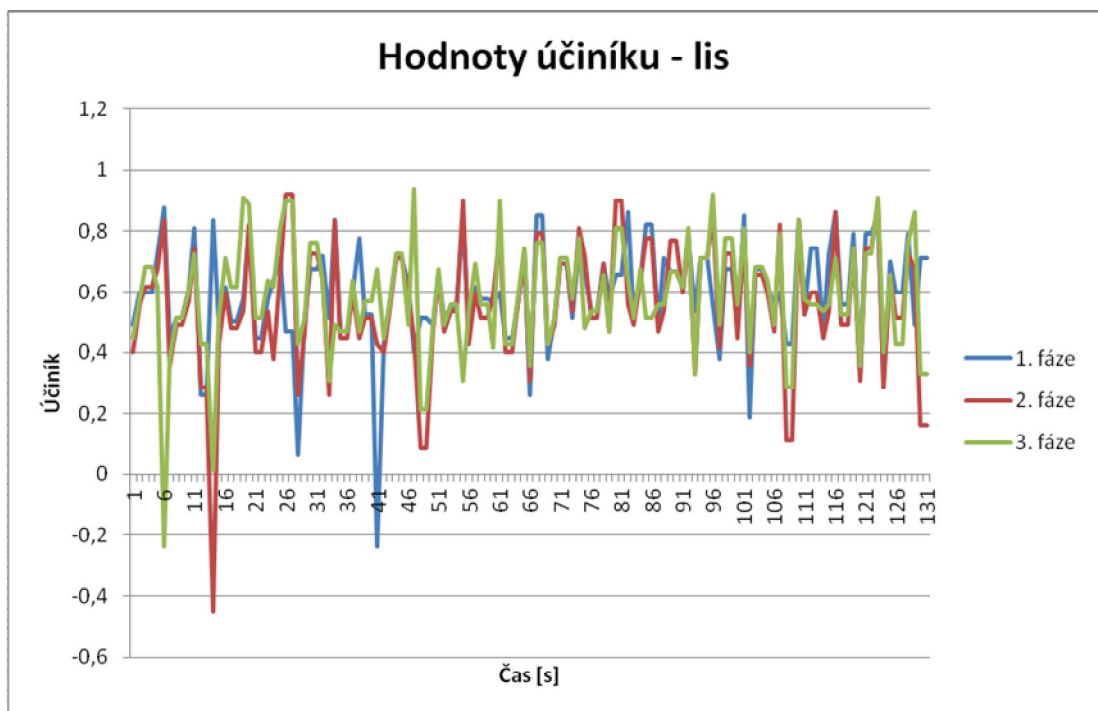
http://etext.czu.cz/php/skripta/kapitola.php?titul_key=4&idkapitola=168

<http://cs.wikipedia.org/wiki/Piliny>

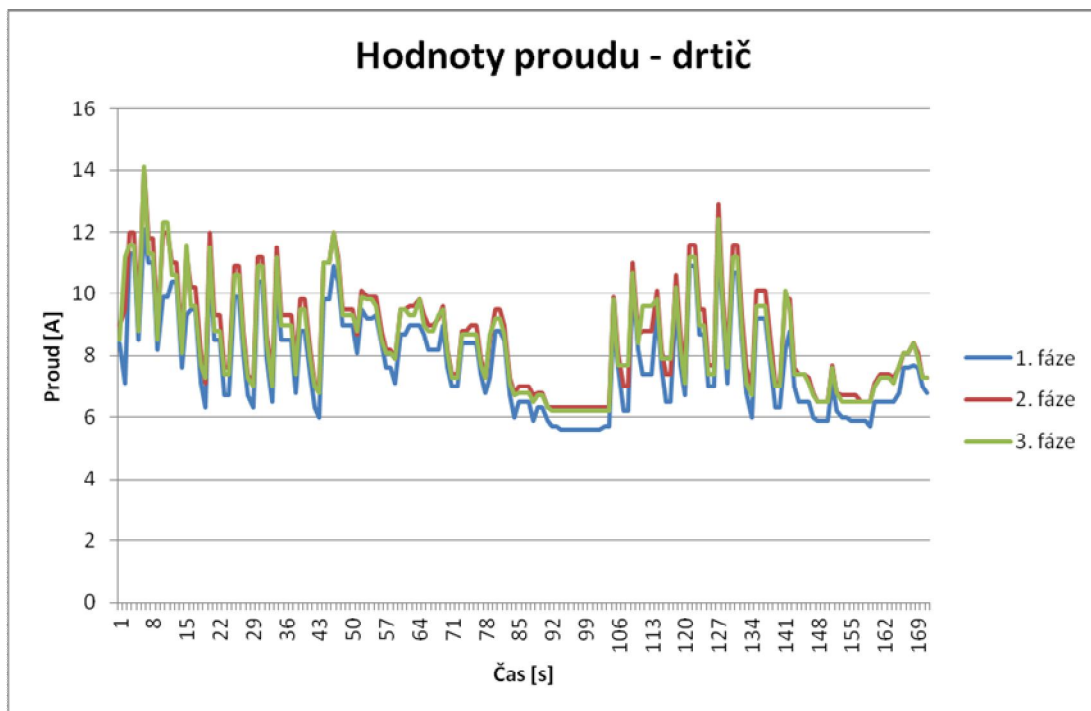
9. Přílohy:



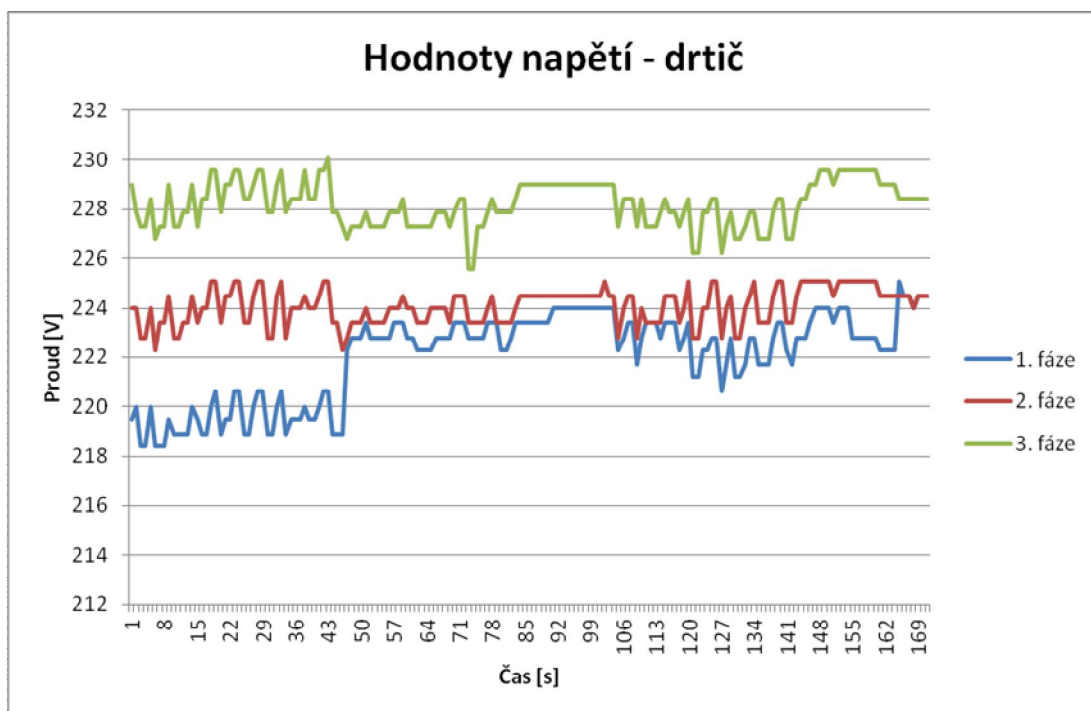
Příloha č. 2: Grafické znázornění měření jednotlivých veličin na třech fázích ve vybraném časovém úseku. Hodnoty napětí při měření lisu.



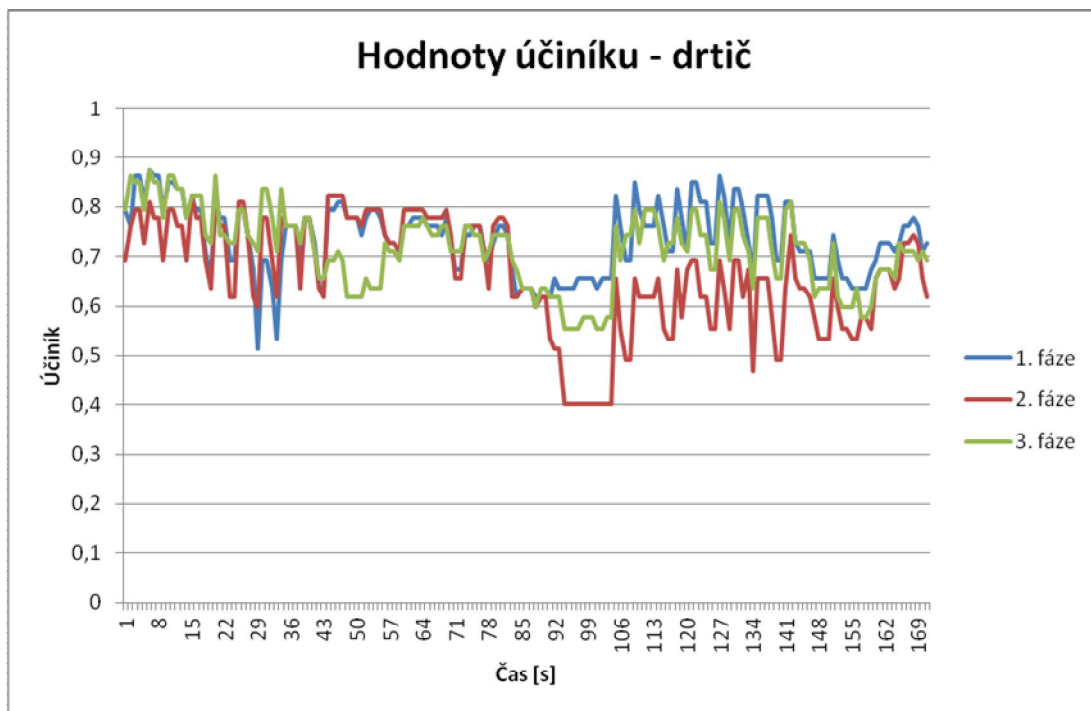
Příloha č. 3: Grafické znázornění měření jednotlivých veličin na třech fázích ve vybraném časovém úseku. Hodnoty účinníku při měření lisu.



Příloha č. 4: Grafické znázornění měření jednotlivých veličin na třech fázích ve vybraném časovém úseku. Hodnoty proudu při měření drtiče.



Příloha č. 5: Grafické znázornění měření jednotlivých veličin na třech fázích ve vybraném časovém úseku. Hodnoty napětí při měření drtiče.



Příloha č. 6: Grafické znázornění měření jednotlivých veličin na třech fázích ve vybraném časovém úseku. Hodnoty účinníku při měření drtiče.