

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**  
**Zemědělská fakulta**

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**2015**

**Bc. JIŘÍ STERNBERG**

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agroekologie

Katedra: Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

Komplexní posouzení energetické náročnosti výroby granulí  
pro vytápění z obnovitelných zdrojů

Vedoucí diplomové práce: Ing. Antonín Dolan

Autor diplomové práce: Bc. Jiří Sternberg

České Budějovice, duben 2015

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta zemědělská

Akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jiří STERNBERG**  
Osobní číslo: **Z13452**  
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**  
Studijní obor: **Agroekologie**  
Název tématu: **Komplexní posouzení energetické náročnosti výroby granulí pro vytápění z obnovitelných zdrojů**  
Zadávací 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 :

#### Cíl práce:

Cílem práce je vyhodnocení energetické náročnosti výroby granulí z obnovitelných zdrojů pro přímé spalování při vytápění budov a zjistit rentabilitu této technologie pro konkrétní případ zámku Jemniště.

#### V práci se zaměřte na:

1. Přehled využití obnovitelných zdrojů pro přímé vytápění a technologie jejich úpravy.
2. Zjištění celkové energetické náročnosti pěstování energetické plodiny v daných podmínkách.
3. Změření energetické náročnosti tvarování této hmoty.
4. Výsledky pomocí statistických metod zpracovat a porovnat s dostupnými srovnatelnými údaji.
5. Výsledky zhodnoňte a uveďte závěry pro praxi z hlediska úspor energie.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **50 - 60 stran**

Forma zpracování diplomové 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;

Elektronické zdroje:

[www.google scholar](http://www.google scholar),

[www.web of science](http://www.web of science),

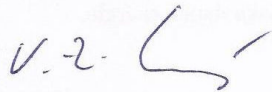
<http://svt.pi.gin.cz/vuztweb/>.

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

Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání diplomové práce: **14. ledna 2014**

Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2015**



prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13  
270 05 České Budějovice



doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 20. března 2014

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 -elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 11/1998 b. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Jemništi dne 1. dubna 2015

.....  
Jiří Sternberg

### **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, Ing. Zdeňkovi Abrahámovi, CSc., za cenné rady při výpočtu energetické náročnosti pěstování plodiny a doc. Ing. Josefu Pecenovi, CSc. a Ing. Bc. Tatianě Ivanové, Ph.D., za pomoc při laboratorních měřeních.

## Abstrakt

Diplomová práce v první části pojednává o obnovitelných zdrojích, možnostech využití biomasy a fytomasy rostlin. Jsou zmíněny nejběžnější zdroje, z nichž se fytomasa získává a zvýšená pozornost je věnována vybraným energetickým plodinám, které byly součástí pokusu. Jedná se o Šťovík Rumex OK-2 (*Rumex tianschanicus* x *Rumex patientia*) a Mák setý (*Papaver Somniferum*). Jsou zde také shrnuty procesy nutné k rozdružení a slisování fytomasy do granulí k přímému spalování.

V rámci výzkumu byly popsány dvouleté zkušenosti s pěstováním šťovíkového porostu a na základě provedených technologických operací v porostu byla spočtena energetická náročnost pěstování. Dále byla změřena skutečná spotřeba energie při výrobě jedné tuny granulí. S přihlédnutím ke mzdovým nákladům bylo konstatováno, že v daném případě byl náklad na výrobu jedné tuny briket z biomasy ve výši 4592 Kč, což je částka, která není konkurenceschopná.

**Klíčová slova:** Biomasa; obnovitelný zdroj; briketování; lisování; energetická náročnost.

## Abstract

The first part of the graduation thesis deals with renewable resources, utilization possibilities of biomass and plant phytomass. The most common sources from which phytomass is obtained, are also mentioned here. A great deal of attention is paid to selected energetic plants included into the experiment. It is Sorrel Rumex OK-2 (*Rumex tianschanicus* x *Rumex patientia*) and Poppy seed (*Papaver Somniferum*). Further there are summarized the processes necessary for separating and pressing of biomass into granules for direct combustion.

Within the research, two-year experience of growing sorrel stand is described. On the basis of performed technological operations in the stand, energy demands of growing are calculated. The real usage of energy at the production of one tonne of granules is measured. When labour costs are taken into account I can say that the expenses for the production of one tonne of briquettes from biomass would be 4 592 CZK, which is a non-competitive sum.

**Key Words:** Biomass; renewable resource; briquetting; pressing; energy demand.

## Obsah

1 Úvod .....	9
2 Literární přehled .....	10
2.2 Dělení biomasy .....	10
2.1.1 Význam energetického využití biomasy .....	12
2.2 Typy a druhy energetických rostlin .....	14
Rychle rostoucí dřeviny .....	14
Byliny .....	16
2.3 Sklizeň .....	24
2.3.1 Rezačky .....	25
2.3.2 Štěpkovače .....	25
2.3.3 Drtiče .....	27
2.4 Výroba granulí .....	28
2.4.1 Rozdružení .....	28
2.4.2 Zařízení na briketování a peletování .....	28
2.5 Ekonomika pěstování .....	30
3 Cíl práce .....	32
4 Metodika .....	32
4.1 Pěstování šťovíku Uteuša .....	32
4.2 Technologický postup pěstování krmného šťovíku .....	34
4.3 Náklady technologických operací .....	36
4.4 Výroba briket .....	38
4.4.1 Kladívkový šrotovník .....	38
4.4.2 Briketovací lis .....	39
Popis lisu .....	39
Technická data: .....	39
4.4.3 Měřicí zařízení .....	41
Technické údaje: .....	41
Rozsahy a přesnosti měření .....	41
Popis měření a zapojení .....	42
4.4.4 Měření elektrického výkonu .....	43
4.4.5 Statistické vyhodnocení .....	43
4.5 Mzdové náklady .....	46
4.6 Teplotní a srážkové podmínky .....	46
4.6.1 Územní srážky .....	46
4.6.2 Územní teploty .....	47
4.7 Spalné teplo a výhřevnost .....	47
5 Výsledky .....	49
5.1 Hektarový výnos .....	50
5.2 Výpočet nákladů technologických operací .....	51
5.3 Náklady na výrobu briket .....	52
5.4 Spalné teplo a výhřevnost briket .....	55
6 Diskuze .....	57
7 Závěr .....	63
8 Použitá literatura: .....	64
9 Přílohy: .....	71



# 1 Úvod

Nedílnou součástí všech našich životů je energie. Energie, kterou každý z nás využívá při každodenním životě k práci či zábavě, v nejrůznějších podobách nebo formách výskytu. Zdroje pro získávání energie jsou různorodé, ať už jsou například získány ze slunečního záření, fosilních paliv či biomasy, hraje stále větší roli jejich způsob získávání a zpracování, přičemž je kladen důraz na šetrnost k životnímu prostředí, ale především i ekonomickou výhodnost.

Fosilní paliva, jejichž představiteli jsou hnědé uhlí, zemní plyn a ropa, významně přispívají k zvyšujícímu se skleníkovému efektu, způsobeném skleníkovými plyny a jeho následném vlivu na životní prostředí. Důležitým zastupitelem skleníkových plynů je oxid uhličitý, uvolňující se při spalování fosilních paliv. Omezenost, finanční náročnost na získávání, zpracování a distribuci a nepříznivý vliv fosilních paliv na životní prostředí, nás nutí k hledání jiných východisek, jakými jsou obnovitelné zdroje energie, tzv. OZE.

Jako obnovitelné zdroje rozumíme nefosilní zdroje, které jsou volně dostupné a především obnovitelné, do jejichž kategorie můžeme zařadit energii ze slunečního záření, energii větru, energii vody, energii skládkového plynu, geotermální energii a další. V neposlední řadě i energie z biomasy je zařazována do skupiny obnovitelných zdrojů energie.

Biomasa je nejstarším zdrojem obnovitelné energie, který byl využíván již od objevení ohně jako zdroj tepelné energie. V současné době se dostává čím dál více do popředí její využití a představuje zajímavou možnost jako alternativa k tradičním fosilním palivům. Výhodou při využití biomasy jako zdroje energie je snižování emisí skleníkových plynů, kde při spalování je uvolněno stejné množství oxidu uhličitého, kolik bylo využito při fotosyntéze při jejím růstu. Analýzami bylo zjištěno, že při spalování biomasy je uvolňováno méně emisí než při spalování uhlí. Je nutno brát v potaz její finanční náročnost při výrobě biopaliv, skladování a nutnost úpravy například sušením a tvarováním.

## 2 Literární přehled

V období průmyslového rozvoje v posledních dvou stoletích došlo k intenzivnímu využívání fosilních paliv, což vede k navyšování koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře. Spálením 1 kg černého uhlí vzniká 2,56 kg CO<sub>2</sub>, spálením 1 kg motorové nafty se uvolní 3,12 kg CO<sub>2</sub> a spálením 1 m<sup>3</sup> zemního plynu 2,75 kg CO<sub>2</sub>. Při spalování rostlinné biomasy (také fytomasy) rovněž vzniká oxid uhličitý, který však skleníkový efekt nenavyšuje, protože rostliny za svého růstu odebírají z ovzduší CO<sub>2</sub> a při spalování ho do ovzduší opět vracejí. Vzhledem k tomu, že průměrná délka života rostlinné biomasy je asi deset let a podzemní části rostlin obvykle zadržují přeměněný CO<sub>2</sub> mnohem déle (jako kořeny, nebo jako půdní organická hmota), představuje pěstování energetické fytomasy významné vázání (sekvestraci) oxidu uhličitého z atmosféry (OCHODEK et al., 2006).

Biomasa je definována jako hmota organického původu, takže se pod tímto pojmem zahrnuje veškerá živá příroda. V souvislosti s využíváním energetické biomasy se rozumí rostlinnou biomasou především dřevo a různorodý dřevní odpad, resp. jiné energetické rostliny vhodné pro spalování v různých topeništích, jako jsou zemědělské produkty a jejich zbytky nebo cíleně pěstované energetické rostliny. Energetické využívání biomasy znamená využití pro ohřev vzduchu k vytvoření tepelné pohody člověka, pro ohřev teplé užitkové vody, využití pro výrobu jiných druhů energie – přeměny energií, například jako palivo pro pohon motorů mobilních energetických prostředků, pro pohon domácích elektrických spotřebičů (CELJAK, 2008).

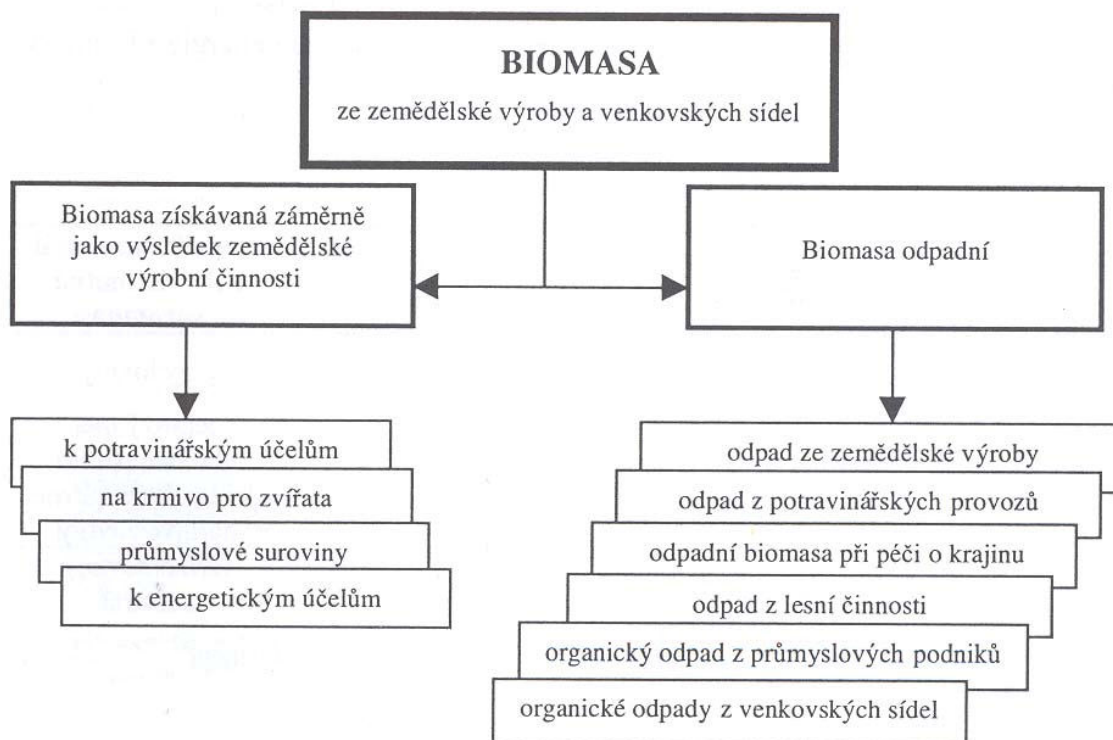
### 2.2 Dělení biomasy

Biomasu z hlediska obsahu vody rozdělujeme na:

- a) suchou - zejména dřevo a dřevní odpady, ale také sláma a další odpady. Lze ji spalovat přímo, případně po mírném vysušení,
- b) mokrou - zejména tekuté odpady - kejda a další odpady. Nelze ji spalovat přímo, využívá se zejména v bioplynových technologiích,
- c) 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>, „staženo dne 12. 2. 2015“)

Jak uvádí ŠKVAŘIL (2008), základní pohled na obecné rozdělení biomasy obvykle spočívá v tom, jakým způsobem biomasa vzniká. Můžeme ji dělit na biomasu získávanou záměrně zemědělskou činností a biomasu odpadní.



Obrázek č. 1 Základní rozdělení biomasy.

Zdroj: [http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/4/energie\\_biomasy.html](http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/4/energie_biomasy.html)  
 „staženo dne 25. 3. 2015“

Z energetického pohledu lze říci, že v našich podmínkách jsou nejvyužívanější formy biomasy následující:

- dřevní odpady – štěpky, piliny, hobliny, kůra, větve a pařezy,
- nedřevní biomasa – zelená biomasa, obilná a řepková sláma, energetické plodiny,
- průmyslové a komunální odpady rostlinného původu – např. papírenské odpady,
- produkty živočišné výroby – kejda, chlévská mrva, odpady z jatek
- čistírenské kaly, skládky odpadů, tříděný komunální odpad,
- kapalná biopaliva.

Největší podíl z biomasy tvoří dřevní odpady. Konkrétně při těžbě je to asi 30 % a u dalšího zpracování 25 %.

Z pohledu energetického využití biomasy je možno rozdělit toto využití na:

- Výrobu tepla přímým spalováním v topeništích (dřevo, dřevní odpad, sláma atd.).
- Zpracování/zušlechťení na kvalitnější paliva, tzv. fytopaliva (pelety, brikety, bioplyn, etanol, bionafta).
- Výrobu elektřiny (kombinovaná výroba elektrické energie a tepla).

### **2.1.1 Význam energetického využití biomasy**

Biomasa je ze všech obnovitelných zdrojů dle PETŘÍKOVÉ (2005) nejpodstatnější, neboť má oproti ostatním zdrojům (voda, vítr, sluneční svit) řadu výhod. Lze ji konzervovat a použít v době, kdy je potřeba. Sušenou či jinak konzervovanou fytoomasu lze skladovat libovolně dlouhou dobu a využívat ji podle konkrétních podmínek v různé kombinaci: samostatně, podle jednotlivých druhů, nebo společně s uhlím. Podle CITYPLAN (1999) jsou hlavní výhody využití biomasy v energetice:

- a) obnovitelnost (nevyčerpatelnost) zdroje energie, na rozdíl od fosilních paliv,
- b) z hlediska produkce tzv. skleníkových plynů, především CO<sub>2</sub>, se považuje biomasa za neutrální palivo (CO<sub>2</sub> se sice při spalování uvolňuje, ale přibližně stejné množství CO<sub>2</sub> je fotosyntézou při růstu biomasy z atmosféry spotřebováno),
- c) většinou zanedbatelný nebo malý obsah síry,
- d) zvyšuje nezávislost na dovozu primárních energetických zdrojů,
- e) často je biomasa odpadní látkou, což je výhodou z hlediska ekonomického (cena) a odpadového hospodářství,
- f) pěstování biomasy zlepšuje sociální poměry (zaměstnanost) venkova při transformaci zemědělství (převod potravinářské produkce na průmyslovou) a přispívá k ochraně životního prostředí, zemědělské půdy, převážně k odstranění devastace půdy průmyslovou a důlní činností.

Důvodem, proč využívat biomasu, je podle VÁNI (2003) to, že intenzivní využívání fosilních paliv se stává pro trvale udržitelný rozvoj lidské společnosti neúnosné a řada států se snaží co největší podíl fosilních energií nahradit obnovitelnými energiemi, tj. energií solární, větrnou, geotermální, vodní a energií z biomasy, která má obvykle nejvyšší potenciál.

PETŘÍKOVÁ (2005) uvádí, že využívání biomasy pro energii při jejím postupném nahrazování fosilních paliv má neocenitelný význam při snižování emisí všeho druhu. Nejdůležitější význam energetické biomasy je v tom, že redukuje koncentraci skleníkových plynů (především oxid uhličitý) v ovzduší. Při spalování biomasy sice také dochází

k uvolnění CO<sub>2</sub> stejně jako při spalování fosilních paliv, ale v případě biomasy nastává nulová bilance, tzn.: kolik se ho uvolní při spalování, tolik jej rostliny odčerpají fotosyntézou.

S tímto tvrzením souhlasí MOUDRÝ a STRAŠIL (1998). Při využívání biomasy pro energetické účely se uzavírá cyklus CO<sub>2</sub>. Při spalování rostlinného materiálu se uvolní pouze tolik CO<sub>2</sub>, kolik bylo předtím ze vzduchu využito fotosyntézou. Souhrnně lze význam využívání biomasy pro energetické účely podle PETŘÍKOVÉ (2005) vyjádřit takto:

- a) zajištění obnovitelných zdrojů energie,
- b) příspěvek k redukci skleníkových plynů,
- c) údržba kulturní krajiny (nezaplevelená pravidelně obdělávaná pole),
- d) efektivní využívání přebytečné půdy,
- e) vytváření nových pracovních příležitostí,
- f) stabilizace venkovského prostoru,
- g) posílení energetické soběstačnosti v regionech.

Způsob získávání energie je podmínován fyzikálními a chemickými vlastnostmi biomasy (např. vlhkost). Množství vody a sušiny má vliv na zpracování biomasy, tedy i na způsob získávání energie. Hodnota 50% sušiny je přibližná hranice mezi mokrymi procesy.

Suché procesy – termochemické přeměny biomasy:

Spalování.

Pyrolýza.

Zplyňování.

Mokrý procesy – biochemické přeměny biomasy.

Alkoholové kvašení.

Metanové kvašení.

Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 482/2005 Sb. o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy rozděluje biomasu pro termické procesy do tří kategorií:

kategorie 1 - zahrnuje především byliny nebo dřeviny cíleně pěstované pro energetické využití a biopaliva z nich vyrobená,

kategorie 2 - zahrnuje biomasu včetně zbytkové biomasy, kterou nelze materiálově využít, především z těžby dřeva, z procesů zpracování dřeva, ze zemědělství a z průmyslových výrob a biopaliva z ní vyrobená, a biopaliva vyrobená z jinak nevyužitelných kalů z čistíren odpadních vod,

kategorie 3 - zahrnuje zejména byliny nebo dřeviny cíleně pěstované pro energetické využití a biopaliva z nich vyrobená.

## **2.2 Typy a druhy energetických rostlin**

V následujícím výčtu rostlin jsou uvedeny druhy poskytující vysoký výnos suché hmoty a tudíž dostatek zdrojů pro fytopaliva. Jsou zde uvedeny druhy pěstované výhradně pro energii, ale rovněž takové, které jsou vysocevzrůstné, avšak pěstují se i pro jiné účely, např. jako léčivky apod. Pro fytoenergetiku lze pak využívat slámu či podobný vedlejší produkt, po oddělení hlavního produktu, zpravidla zrna. Cíleně pěstované energetické rostliny lze rozdělit na 2 hlavní skupiny:

### **Rychle rostoucí dřeviny**

Pro energetické účely se pěstují rychle rostoucí dřeviny zpravidla na speciálních, k tomu účelu zakládáných plantážích. Do celulózoligninových paliv patří paliva s vyšším obsahem celulózy, tedy dřevních částí. V současné době se k energetickým účelům nejvíce využívá dřevní štěpka z vytěženého lesního dřeva a štěpka z rychle rostoucích dřevin, jako jsou zejména topoly a vrby. STUPAVSKÝ a HOLÝ (2010) rozdělují tržní štěpku na tři druhy: zelená štěpka, hnědá štěpka a bílá štěpka.

#### **Zelená štěpka**

Štěpka získaná ze zbytků po lesní těžbě. Lze v ní nalézt nejen části drobných větví, ale také listů, případně jehličí. Tím, že se zpracovává čerstvá hmota, je vlhkost této štěpky vysoká.

#### **Hnědá štěpka**

Štěpka získaná ze zbytkových částí kmenů, pilařských odřezků apod. Sjednocujícím prvkem je obsah kůry. Dříví totiž nebylo před zpracováním odkorněno a lze tedy na jednotlivých štěpkách rozpoznat části kůry.

#### **Bílá štěpka**

Štěpka získaná z odkorněného dříví, obvykle z odřezků při pilařské výrobě. Ani na jednotlivých štěpkách se již nenachází kůra. Využívá se především pro výrobu dřevotřískových desek. K tomuto rozdělení přidává ještě BURG a SOUČEK (2012) štěpku z vinné révy, CELJAK (2010) dřevní štěpku z rychle rostoucích topolů (*Populus* sp.) a vrb (*Salix* sp.).

Dnes se v Evropě pěstuje přes 30 000 ha vrbových a topolových plantáží. Vrbové plantáže jsou pěstovány na 25 000 ha a to zejména ve Švédsku, Polsku, Velké Británii, ale také v Dánsku, Slovensku a v baltských zemích. Topolové plantáže se pěstují přibližně na 7 000 ha, a to v jižní a střední Evropě, nejvíce pak v Itálii, kde je přibližně 3 500 ha, Rakousku přibližně 1 500 ha a Maďarsku přibližně 1 200 ha. Pěstovaná plocha energetických plantáží výrazně narůstá i v jiných zemích Evropy. V České republice je v současné době (2010) vysazeno kolem 250 ha převážně topolových energetických plantáží a přibližně 25 ha matečnicových porostů, jak dodává KOHOUT et al. (2010).

Rychle rostoucí dřeviny (RRD) jsou schopné dosahovat vysokého výnosu nadzemní biomasy v krátkém obmýtí za 3 až 6 let a životnosti 20 až 35 let. Jejich růst a zejména objemová produkce (t/ha/rok) v prvních letech nebo po opakovaném seříznutí výrazně převyšuje průměrné hodnoty ostatních dřevin (HAVLÍČKOVÁ et al., 2007).

Dřevní pelety jsou bezpochyby nejdynamičtěji se rozšiřujícím tuhým palivem. Ačkoliv ještě na počátku 21. století byla tuzemská produkce i spotřeba prakticky nulová, v roce 2013 již bylo v České republice vyrobeno okolo 163 tisíc tun a spotřebováno bylo 68 tisíc tun dřevních pelet. Podle informací Klastru Česká peleta byly v roce 2014 uvedeny do provozu čtyři nové peletárny a v roce následujícím k nim přibudou další čtyři. Celková odhadovaná produkce tak může stoupnout až na 300 tisíc tun dřevních pelet ročně.

	Produkce	Dovoz	Vývoz	Dodávka na tuzemský trh
2003	4	0	3	1
2004	11	0	9	2
2005	16	0	12	4
2006	27	0	20	7
2007	60	0	46	14
2008	135	0	112	23
2009	158	4	134	28
2010	145	13	111	50
2011	148	19	111	56
2012	157	18	128	47
2013	163	36	131	68

Tabulka č. 1. Základní bilance dřevních pelet (tis. tun). Zdroj: <http://oze.tzb-info.cz/peletky>  
„staženo dne 17. 3. 2015“

Podobná situace je i s dřevními briketami. V České republice existuje velký počet tuzemských výrobců, od velkých briketáren s mezinárodní působností, až po ty nejmenší, s působností lokální. Především menší výrobci jsou omezeni kapacitou, disponibilním množstvím a cenou vstupní suroviny. Celková produkce dřevních briket se již deset let pohybuje okolo 100 tisíce tun. Značná část této výroby (40 až 80 tisíc tun) však již tradičně směřuje na export. V roce 2013 bylo celkem vyvezeno 59 tisíc tun briket, z toho 30 tisíc tun do Rakouska a 23 tisíc tun do Německa. V roce následujícím znatelně poklesly vývozy na celkových 41 tisíc tun, a to především do Rakouska (vyvezeno pouze 17 tisíc tun). Oproti tomu vývoz do Německa byl obdobný jako v roce předchozím, a to 20 tisíc tun (BUFKA, 2015).

	Produkce	Dovoz	Vývoz	Dodávka na tuzemský trh
2003	90	0	65	25
2004	110	1	82	29
2005	103	1	80	24
2006	111	3	82	32
2007	113	6	67	52
2008	96	8	69	35
2009	106	22	65	63
2010	120	27	62	85
2011	116	46	74	88
2012	120	38	60	98
2013	120	37	59	98

Tabulka č. 2 Základní bilance dřevních briket (tis. tun). Zdroj: <http://oze.tzb-info.cz/peletky>, „staženo dne 17. 3. 2015“

## Byliny

Rostliny bylinného charakteru, pěstované pro získávání energie, lze rozdělit na několik skupin. Z praktického hlediska se tyto rostliny dělí na jednoleté a víceleté či vytrvalé. Dále lze tyto rostliny členit podle botanického zařazení, např. na „energetické“ obiloviny, „energetické“ trávy a celou další velkou skupinu rostlin dvouděložných. Do této skupiny se pak řadí vzrůstné statné rostliny, zpravidla netradiční, z nichž některé byly dříve pěstovány



jako plodiny zemědělské, nebo se jedná o rostliny okrasné, nebo i planě rostoucí. Hlavním kritériem jsou vysoké výnosy nadzemní hmoty.

KOVÁŘOVÁ et al. (2002) konstatují, že pěstování energetických a průmyslových bylin (stébelnin) je technologicky jednodušší v porovnání s dřevinami používanými pro stejný účel. Při jejich pěstování je totiž možné využít obdobné pracovní postupy a technické vybavení jako u zemědělských plodin. Jednoleté plodiny, pěstované k energetickým a průmyslovým účelům, obvykle neznamenaají pro zemědělský podnik větší investiční zatížení, protože podnik potřebnou techniku vlastní. Významné je rovněž to, že půda zůstává stále v dobrém stavu pro možný návrat k pěstování plodin pro potravinářské účely. Volba druhu kultury a způsob pěstování náleží k nejdůležitějším veličinám určujícím kvalitu. Týká se to jak jednoletých, tak i víceletých plodin.

Mezi významné energetické plodiny lze zařadit následující druhy:

Laskavec (*Amaranthus sp.*)

Rostlina využitelná i pro potravinářskou výrobu či krmivo. Výnos dosahuje 8–10 t.ha<sup>-1</sup> za rok. Pro efektivní využití pěstování laskavce je vhodné využít program produkce semene a energeticky zhodnotit nevyužitou slámu. Hojně zatím pěstován v Maďarsku, jeho další rozšíření podporuje Evropská unie (PETŘÍKOVÁ, 2005).

Konopí seté (*Canabis sativa L.*)

Konopí je jednoletá dvoudomá rostlina známá spíše pro svůj obsah psychotropních látek. Stonek dorůstá 2–4 m. Dle zákona č. 167/1998 Sb. O návykových látkách nesmí být pěstováno konopí obsahující více než 0,3 % látek THC (tetrahydrokanabinoly) a platí zde ohlašovací povinnost pro pěstitele nad 100 m<sup>2</sup> oseté plochy. Konopí nevyhovují kyselé půdy, pro pěstování jsou nutné půdy neutrální až mírně zásadité. Technické konopí z půdy odčerpává těžké kovy a jedovaté látky, pro pěstování není třeba použít pesticidy ani herbicidy, je však náročné na vodu (ŠIROKÁ, 2009).

Ze slámy se produkují pelety a brikety, které se dají spálit s výhřevností 18 MJ.kg<sup>-1</sup>, nebo přeměnit na alkoholová paliva (MOUDRÝ et al. 2011).

### Ozdobnice čínská (*Miscanthus giganteus*)

Ozdobnice patří mezi C4 rostliny do čeledi *Poaceae*. Její vysoký výnos, který může dosahovat až 30 t sušiny.ha<sup>-1</sup> za rok, z ní činí ekonomicky zajímavou rostlinu. Sklízí se po 2-3 letech. Výhřevnost dosahuje 14 MJ.kg<sup>-1</sup> (SOVÁK a STUPAVSKÝ, 2009). Ozdobnici je možné pěstovat na méně kvalitních půdách. Rozmnožuje se pomocí oddenků – rhizomů. Ozdobnici lze vysadit do nadmořské výšky 700 m n. m. a vyžaduje srážkový úhrn 500–600 mm.rok<sup>-1</sup>. První rok je doporučováno aplikovat postřik proti plevelu (1 kg.ha<sup>-1</sup> herbicidu Lanacil), pro maximální výnos pak hnojení. Nutná je také příprava půdy. Ozdobnici je možné použít jak na přímé spalování, výrobu lisovaných briket či pelet, tak i na výrobu bioethanolu. Z jednoho hektaru je možno vyrobit 6 000 l paliva (HOLUB, 2007).

Ozdobnice je velmi dobře zhutnitelná a tak se hodí k výrobě lisovaných topných briket (PLÍŠTIL, 2004).

### Kukuřice (*Zea spp.*)

Kukuřice představuje jednu z nejvýznamnějších plodin, která se využívá pro potravinářství, energetiku i krmné účely. Technologie výroby bioplynu z kukuřice je velmi propracovaná a proto s nárůstem výstavby bioplynových stanic kukuřice stále nabývá na významu. Kukuřice je jednoletá rostlina a tak její pěstování znamená větší množství vložené energie. Velkým problémem se také jeví eroze půdy, kterou pěstování kukuřice způsobuje. Aby nedocházelo k příliš velkému odnosu ornice, je dovoleno její pěstování jen do sklonu 7°.

### Sléz kadeřavý (*Malva crispa*)

Tak jako čičorka pestrá je sléz vhodný pro produkci bioplynu. Jeho hektarový roční výnos činí 8-12 tun sušiny. Sléz lze pěstovat v nížinách, ale i na horách, nejvhodnější jsou hlinité a hlinitopísčité půdy (PETŘÍKOVÁ, 2005).

### Čičorka pestrá (*Coronilla varia*)

Jedná se o víceletou rostlinu z čeledi *Fabaceae* s dlouhými kořeny a lodyhou 30–100 cm. Této rostlině se daří na vápenité půdě a je vhodná pro produkci bioplynu. Výnos se pohybuje okolo 9 tun sušiny na hektar za rok. Čičorka pestrá se dříve používala v lidovém léčitelství (RAK, 2007).

Předností odrůdy je možnost jejího využití proti erozi, nenáročnost na klimatické podmínky, vysoký výnos semen a velká odnožovací schopnost (VÚPT, 2010).

#### Dávivec černý (*Jatropha curcas*)

Tato rostlina z čeledi *Euphorbiaceae* se nejvíce pěstuje v Indii. Velkou výhodou je její nenáročnost na stanoviště. Lze ji pěstovat na zasolené degradované půdě s nedostatkem srážek. Není tedy konkurencí pro potravinářské rostliny a nemusí se kvůli jejímu pěstování kácet lesy. Do *Jatrophy* je zejména v rozvojovém světě vkládáno mnoho nadějí, zkušenosti s pěstováním však zatím nejsou velké (ABBASI, 2009).

Původně bylo v Indii naplánováno využít 13 milionů hektarů půdy, z toho 3 miliony půdy degradované. Později se však zjistilo, že ne všechna degradovaná půda se z důvodu příliš nízkého obsahu živin pro pěstování *Jatrophy* hodí. Celkový dopad masivního pěstování *Jatrophy* nebyl dosud studován (GHOSH, 2007 a ABBASI, 2009).

#### Čirok obecný (*Sorghum bicolor* L.)

Teplomilná rostlina z čeledi *Poaceae* dorůstá výšky 100–300 cm. Vyžaduje vyšší teploty a tak je pěstována v Africe, Indii, Arabském poloostrově či jižní Evropě. Rostlina je poměrně odolná vůči suchu a nenáročná na složení půd. Výnosy čiroku dosahují až 20 t.ha<sup>-1</sup> (KOUBOVÁ, 2009). Čirok je stejně jako ozdobnice velmi vhodný pro lisování topných briket (PLÍŠTIL, 2004).

#### Lesknice (chrastice) rákosovitá (*Phalaris arundinacea* L.)

Tato tráva je náročná na živiny a vláhu. Její výška přesahuje 2 m a je rozšířena po celé Evropě, Severní Americe a ve větší části Asie. Lesknice vytváří mohutný kořenový systém, který roste do velké hloubky. Rostlina je odolná mrazům, suchu či naopak krátkému zaplavení. Zároveň odolává škůdcům a různým chorobám. Pro krmné účely bylo vyšlechtěno ve světě mnoho odrůd, v poslední době se však pěstitelské úsilí zaměřuje na zlepšení vlastností pro energetické využití, zejména pak vyšší poměr stonků vůči listům, co nejnížší obsah draslíku, křemíku, chlóru. Nízký obsah těchto prvků je důležitý pro omezení koroze ve spalovacím zařízení a proti spékání a tavení popele. V případě chrastice lze dosáhnout výnosu 15 t.ha<sup>-1</sup> (v našich podmínkách spíše 6 t.ha<sup>-1</sup>). Její nevýhodou z hlediska ochrany životního prostředí je náročnost na živiny. Chrastice se používá pro přímé spalování (výhřevnost 17 MJ.kg<sup>-1</sup>) či výrobu briket, její zelené části se využívají pro produkci bioplynu (STRAŠIL a HUTLA, 2006).

Světlice barvířská – saflor (*Carthamus tinctorius L.*)

Teplomilná rostlina saflor se pěstuje podobně jako slunečnice. Výnos slámy se pohybuje okolo 5 t.ha<sup>-1</sup>, její výhřevnost dosahuje 17 MJ.kg<sup>-1</sup>. Saflor má tvrdou lodyhu a tak ji lze použít na výrobu štěpky (PETŘÍKOVÁ, 2005).

Semena světlice jsou zdrojem oleje s vysokým podílem mastných kyselin. Pro rostlinu nejsou vhodné kyselé a zamokřené půdy (MOUDRÝ et al. 2011).

Sveřep bezbranný (*Bromus inermis*)

Sveřep vytváří mnoho podzemních výběžků a je proto předurčován na místa ohrožená erozí. Rostlině nevadí nižší pH půdy, občasné období sucha ani tuhé zimy. Výnos sveřepu se pohybuje mezi 12–15 t.ha<sup>-1</sup>. Výhodou sveřepu je rychlé stárnutí, a tedy rychlé vysychání (PETŘÍKOVÁ, 2005).

Křídlatka česká (*Reynoutria x bohemica*)

O křídlatce jako energetické plodině se uvažuje z důvodu jejích vysokých výnosů (až 30 t.ha<sup>-1</sup>). Proti záměrnému pěstování však hovoří fakt, že se jedná o velmi expanzivní druh a také vysoká cena na založení plantáže (SLADKÝ, 1999).

Lze však uvažovat o využití stávajících ploch s výskytem křídlatky, které umožňují přístup k její sklizni (PETŘÍKOVÁ, 2005).

Pro sklizeň lze použít mechanizaci používanou pro kukuřici. Křídlatka disponuje schopností vstřebávat velké množství těžkých kovů, které pak lze zachytit v elektrostatických a látkových filtrech. Rostlinu je tedy možno použít na asanaci zamořených půd (SLADKÝ, 1999).

*Macrocystis pyrifera*

I mořské rostliny mohou být pěstovány za účelem výroby biopaliv. Chaluhy jsou nejvíce pěstovány v USA. Anaerobní digescí se z nich vyrábí methan (ABBASI, 2009).

Jako velkou výhodou uvádí zastánci rozvoje mořských farem fakt, že nezabírají půdu, nespotřebovávají energii obděláváním polí a hnojením (RADULOVICH, 2007).

I v tomto případě je ale třeba dbát na maximální omezení nepříznivých zásahů do mořských ekosystémů.

Následujícím dvěma plodinám věnuji více prostoru, jelikož jsou pro tuto práci stěžejní.

### Šťovík Rumex OK-2

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. Šťovík Rumex OK-2 byl ale šlechtiteli na Ukrajině vyšlechtěn původně pro účely krmné. Vzhledem k dostatečným zdrojům zelené píce a drasticky omezeným stavům skotu, nebylo proto u nás jeho využívání ke krmným účelům dosud doporučováno, ani systematicky zkoušeno (PETŘÍKOVÁ et al., 2006).

Jedná se o křížence šťovíku zahradního *Rumex patientia* L. (mateřská linie) a šťovíku tjanšanského *Rumex tianschanicus* A.Los. (otcovská linie), označeného jako Rumex OK-2, který byl vyšlechtěn metodou víceletého výběru (USŤAK, 2002).

### Nároky na stanoviště:

PETŘÍKOVÁ et al. (2006) uvádí, že se jedná o jednu z nejperspektivnějších energetických plodin v klimatických podmínkách mírného pásma. Dále potvrzuje, že se jedná o vytrvalou plodinu a vydrží na stejném stanovišti 15-20 let. Tato plodina je rovněž málo náročná na půdně-ekologické podmínky, proto se dá úspěšně pěstovat na většině typů zemědělských půd s výjimkou půd silně kyselých s pH pod 5,0, dále půd zamokřených nebo silně kamenitých a písčitých. Je to velmi raná plodina, která obvykle zachytí a využije jarní vláhu. Z toho vyplývá, že se hodí především do oblastí, kde se zimní období projevuje sněžným pokryvem a minusovými teplotami, tj. do oblastí, kde se vytváří zimní zásoba vody. Navíc je plodina velmi odolná vůči vymrzání.

USŤAK (2002) tvrdí, že šťovík Uteuša je vysokoprodukční vytrvalou plodinou, která je charakterizována vysokou plasticitou co do termínů setí, agrotechniky a podmínek pěstování. Jako krmná plodina vyniká především extrémně ranou zralostí (první seč koncem dubna) a vysokým obsahem surového proteinu v raných stádiích růstu.

Energetický šťovík není vhodné vysévat na pozemcích, kde byly v předchozích letech aplikovány přípravky s účinnou látkou *atrazine*, *trifluralin* a *chlorsulfuron*. Vhodnými předplodinami jsou veškeré pícniny, okopaniny a obilniny. Víceleté trávy jako předplodina jsou méně vhodné z důvodů možného sekundárního zaplevelení, čímž vznikají větší nároky na chemickou ochranu herbicidy.

UŠŤAK (2002) dále stanovuje jako optimální: výsevek 6 kg.ha<sup>-1</sup>, šířka řádků 60 cm, vzdálenost v řádku mezi jednotlivými rostlinami 8 cm. Při 20-30 % vybočení od optimálních parametrů jsou rozdíly ve stavu porostů a výnosech patrné pouze první dva až tři roky, v dalších letech se tyto rozdíly nivelují, což svědčí o vynikajících autoregulačních schopnostech šťovíku Uteuša spojených se samoregulací hustoty porostu.

Na ochranu porostů proti zaplevelení je šťovík vysoce náročný pouze v prvním roce pěstování, v dalších letech tato raná plodina potlačí prakticky veškeré plevele a proto nepotřebuje žádnou ochranu. Výskyt škůdců (především zlatohlávek a dřepčik) byl pozorován poměrně často, ale většinou v pozdějších stadiích růstu, kdy už nemohl zásadně ovlivnit výnosy, a proto nevyžadoval aplikaci chemických postřiků. Nicméně v případě výskytu škůdců v raných stadiích růstu je nutno počítat i s chemickou ochranou porostu šťovíku.

Lze jej sklízet již v červenci v suchém stavu s vlhkostí do 25 %. Sklizená biomasa má vynikající vlastnosti jako biopalivo a svou kvalitou se přibližuje dřevní štěpce. Jako všechny ostatní energetické plodiny se pro spalování sklízí jednou za rok. Pro sklizeň se dají použít běžné zemědělské stroje používané při obhospodařování luk, ukončuje výklad PETŘÍKOVÁ et al. (2006). Při dodržení správných pěstitelských postupů zajistí tato plodina dostatek fytomasy jako vhodného paliva po několik po sobě následujících let a to hned od 2. roku po zasetí, aniž by musel být porost znovu zakládán. Využívání tohoto „energetického“ šťovíku se u nás již začíná zdárně rozvíjet. Nový obrost při pěstování na energetické účely (koncem srpna nebo září) lze efektivně využít stejně jako podzimní porost v prvním roce, do siláže či na zelené krmění.

Možné je i využití zelené hmoty na výrobu bioplynu, jak dodává HAVLÍČKOVÁ et al. (2007).

#### Mák setý (*Papaver Somniferum*)

V Čechách je mák tradičně pěstovanou plodinou. V posledních letech vzrostly jeho plochy na nebyvalou 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 et al., 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. 15 cm. 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 100 m<sup>2</sup> a ohlašovací povinnost při vývozu a dovozu makoviny.

([http://etext.czu.cz/php/skripta/kapitola.php?titul\\_key=4&idkapitola=168](http://etext.czu.cz/php/skripta/kapitola.php?titul_key=4&idkapitola=168) „staženo dne 5. 2. 2015“.

	Produkce	Dovoz	Vývoz	Dodávka na tuzemský trh
2003	---	---	---	---
2004	1	0	0	1
2005	7	0	0	7
2006	26	0	0	26
2007	40	2	0	42
2008	60	2	0	62
2009	110	10	0	120
2010	169	7	3	173
2011	148	25	7	166
2012	192	17	0	209
2013	131	18	0	149

Tabulka č. 3 Základní bilance rostlinných pelet (tis. tun).

Zdroj: <http://oze.tzb-info.cz/peletky/12372-brikety-a-pelety-statistika-domaci-vyroby-a-spotreby-do-roku-2013> „staženo dne 17. 3. 2015“.

V roce 2013 bylo vyrobeno 131 tisíc tun rostlinných pelet. Prakticky veškerá spotřeba je realizována v sektoru velké energetiky, tedy v teplárnách a elektrárnách. Pouze menší část je spotřebována výrobními závody, především v sektoru zemědělství a pouze minimální množství domácnostmi. Oproti předchozímu roku nastal výrazný pokles ve spotřebě

ve velkých teplárnách, o 50 tisíc tun, z důvodu změny dotačních pravidel. Pro rok 2014 je odhadována spotřeba rostlinných pelet ve stejné výši, tedy zhruba 150 tisíc tun.

O produkci rostlinných briket se již několik let snaží řada výrobců, mnohdy malých soukromníků. Jako vstupní surovina se dříve využíval šťovík, konopí, dnes spíše sláma klasických obilnin a olejnin. Ve větší míře jsou rostlinné brikety nabízeny v maloobchodě až od roku 2009. V té době se na trhu objevují též první dovozové (slunečnicové) brikety z Ukrajiny. Celkově je však tuzemská spotřeba, vzhledem ke konkurenčním dřevním briketám, v současné době nevýznamná a pravděpodobně nepřesáhla hodnotu 1 až 2 tisíce tun. O vývoji do budoucna rozhodne cena, mechanické (rozpadavost) a energetické vlastnosti (popelnatost, průběh spalování). Několik producentů ukončilo výrobu, další uvádějí potíže s odbytem (malý zájem odběratelů) i vysokou cenu vstupní suroviny. Z hodnot statistiky vyplývá, že se očekávaný boom této výroby nekoná (TZB-INFO, 2013).

### **2.3 Sklizeň**

Dezintegrace 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 sklízeným porostem je oddělena sklizená část rostliny a dopravena do řezacího ústrojí. Zde proběhne její dezintegrace 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 dezintegrace 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 ke 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 dezintegraci rostlinné biomasy na bázi dřevin nejčastěji používány štěpkovače a drtiče. Při dezintegraci rostlinných surovin na bázi bylin jsou nejčastěji



používaným zařízením řezačky. Při dezintegraci na malé částice (tzv. jemné dezintegraci; například při přípravě směsí před lisováním tuhých biopaliv) jsou nejčastěji používány drtiče, nebo speciální štěpkovače (SOUČEK, 2008).

Tato zařízení jsou někdy označována jako dodrcovače.

### **2.3.1 Řezačky**

Řezačky jsou v podmínkách ČR využívány ve formě stacionárních o mobilních zařízení. Konstruktivní provedení řezacího ústrojí má několik alternativ, nejčastěji jsou používané způsoby:

- bubnové řezací ústrojí,
- kolové řezací ústrojí,
- cepové sklízeče.

Stacionární formy řezaček jsou používány méně často. Nejčastěji jsou koncipovány jako součást linky, kde je nutné rozdužit volně loženou nebo balíkovanou slámu. Nejběžnější forma je využívání řezaček v mobilní formě jako sklízecích řezaček.

Sklizeň rostlinného materiálu pomocí sklízecí řezačky probíhá jednofázově, nebo ve druhé fázi po předchozí sklizni semen sklízecí mlátičkou. Při jednofázové sklizni je porost posečen pomocí žacího válu nebo adaptéru, který je při dvoufázové sklizni zpravidla nahrazen sběracím mechanismem. Následně je materiál dopraven pomocí vkládacího mechanismu do řezacího ústrojí (SOUČEK, 2008).

Spotřeba energie je závislá na délce nařezaných částic, mechanických vlastnostech řezaného materiálu a opotřebením řezacích segmentů.

NEUBAUER et al. (1989) uvádí, že podle délky řezanky a množství řezaného materiálu se spotřeba energie vyjádřena v měrné spotřebě motorové nafty pohybuje v rozmezí 15 – 25 l.ha<sup>-1</sup>. Délka výstupní řezanky je 20–120 mm. Spotřebu energie při sklizni bylin samojízdou sklízecí řezačkou udává SLADKÝ (1995) v hodnotě 68,9 MJ.t<sup>-1</sup>.

Naproti tomu HARTMANN (1994) tvrdí, že může dosahovat hodnoty až 164,2 MJ.t<sup>-1</sup>.

### **2.3.2 Štěpkovače**

Jsou to zařízení k beztržskému dělení dřeva řezným účinkem sekacích nožů napříč vlákny a zároveň dělením na potřebnou tloušťku podél vláken díky klínovému tvaru nože (PASTOREK et al., 2004).

**Stacionární štěpkovače** jsou využívány při štěpkování většího množství surovin. Mají vlastní pohon a jejich výkon se pohybuje od 10 do 100 kW (JIRÍČEK a ZEMÁNEK, 2003).

Sekací agregát, skládající se ze statoru a rotoru, je trvale zabudován do technologické linky na pevných základech. Před sekacím agregátem je v lince přísunové a podávací zařízení. Za sekacím agregátem je zařízení na odvod štěrky (potrubí, nebo dopravník). Upravený sekací agregát stacionárních štěpkovačů se obvykle používá jako sekací agregát mobilních štěpkovačů (PASTOREK et al., 2004).

### **Rozdělení mobilních štěpkovačů**

Podle provedení rozlišujeme štěpkovače na:

- štěpkovače přívěsné za traktory,
- štěpkovače zavěšené na tříbodový závěs univerzálního traktoru,
- štěpkovače umístěné na podvozcích lesních traktorů,
- štěpkovače na samostatném podvozku s vlastním motorem,
- štěpkovače umístěné na podvozcích nákladních automobilů a návěsů,
- štěpkovače umístěné na podvozcích vyvážecích souprav.

### **Přívěsné štěpkovače za traktor**

Řešení i použitelnost jsou jako u štěpkovačů na tříbodový závěs univerzálních traktorů. Některé štěpkovače agregované s traktory vyšších výkonových tříd jsou vybavené hydraulickými rukama s podávacím zařízením (KOLONIČNÝ a HASE, 2011).

### **Štěpkovače umístěné na podvozcích lesních traktorů**

Jsou určeny k sekání dřeva přímo na těžebním místě nebo na přibližovací lince. Mohou také pracovat na odvozních místech. Hlavní pracovní uzly (sekací agregát a podávání dřeva) jsou konstruovány tak, aby byly vhodné hlavně k sekání větví, vršků i ostatních zbytků po těžbě. Jsou vybaveny hydraulickou rukou a většinou separátním motorem k pohonu technologické nástavby. Většina z nich má kontejner, do kterého je štěrka pneumaticky dopravována při práci na těžebním místě nebo přibližovací lince. Po naplnění kontejneru vyveze stroj štěrku na odvozní místo a přesype ji na korbu nákladního automobilu nebo do velkokapacitního kontejneru, popř. uloží na meziskládku (PASTOREK, et al. 2004).

## **Štěpkovače na samostatném podvozku s vlastním motorem**

Pracují bez nutnosti připojení k vozidlu. Stroje se samostatným pohonem, vybavené dálkovým ovládáním základních prvků a často s vkládáním vstupního materiálu externím strojem (VYSLYŠEL et al., 2007).

## **Štěpkovače umístěné na podvozcích nákladních automobilů a návěsů**

Jedná se o skupinu nejvýkonnějších štěpkovačů. Mají obvykle vlastní pohon technologické nastavby. Nasazení těchto strojů vyžaduje důkladné vyřešení návaznosti těžby a přibližování dříví ke štěpkovači a plynulého odvozu nasekané štěpky, aby byl štěpkovač plně využit (PŘÍHODA, 2008).

## **Štěpkovače umístěné na podvozcích vyvážecích souprav**

Jsou určeny ke štěpkování dřeva mimo zpevněné cesty. Mohou pracovat přímo na pasece bez předešlého shrnutí klestu nebo na odvozních místech a kontinuálně zpracovávat velké skládky po těžebních zbytcích. Jsou vybaveny hydraulickou rukou ovládanou z kabiny operátora. Většinou je štěpkovač poháněn samostatným motorem (PŘÍHODA, 2008).

Velikost naštěpovaných částic, v závislosti na dalším využívání, je od 8 mm do 20 cm. Energie spotřebovaná na štěpkování závisí výrazně na stupni dezintegrace, fyzikálních vlastnostech suroviny (obsah vody, hustota atd.) a typu štěpkovače. Pohybuje se obvykle na úrovni 20-75 kWh.t<sup>-1</sup>. Výhodou většiny štěpkovačů je možnost nastavit velikost výstupních částic. Ta je stejnoměrná, obvykle s převažujícím podílem delších částic. Nevýhodou štěpkovačů je vysoká citlivost vůči cizorodým předmětům (SOUČEK, 2007).

### **2.3.3 Drtiče**

Drtiče jsou při sklizni dřevnaté biomasy používány v případech, kdy nejsou kladeny přísné požadavky na velikost výstupních částic. Při činnosti drtičů dochází ke kombinaci několika druhů namáhání. Podle druhu drtícího zařízení převládají při drcení nárazy, lom

a roztírání. Při sklizni se používají mobilní nesamojízdné formy drtičů, které jsou osazeny vlastním motorem. Mají návěsnou nebo přívěsnou formu.

Drtiče jsou v porovnání se štěpkovači méně náchylné na poškození pracovního ústrojí vlivem cizorodých předmětů, ale mají větší spotřebu energie a nerovnoměrnost velikosti výstupních částic (SOUČEK, 2007).

## **2.4 Výroba granulí**

### **2.4.1 Rozdružení**

Hlavní složkou lisovaných biopaliv jsou lignocelulózové materiály rostlinného původu. Vlastnosti vstupního materiálu se řídí požadavky vlastního zařízení, zpravidla lisu. Lisy na výrobu briket a pelet kladou vysoké nároky na velikost vstupních částic. Maximální přípustná velikost částic se pohybuje u briketovacích lisů v desítkách  $\text{mm}^3$  u peletovacích v jednotkách  $\text{mm}^3$ . Požadované velikosti částic lze v praxi dosáhnout dalšími mechanickými úpravami. Rozměrové úpravy jsou většinou nutným krokem. Výhoda těchto operací tkví především ve zjednodušení manipulace a snazším určení a popsání vlastností takto upravované suroviny. Mechanické úpravy jsou však energeticky náročné (SOUČEK, 2000).

Mlecí proces v kladívkovém šrotovníku probíhá ve dvou fázích: ve fázi dezintegrační a fázi separační. Dezintegrační 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 síťového pláště. Výhodou kladívkového šrotovníku je jednoduchost konstrukčního řešení a nízké nároky na údržbu (MALOUN, 2001).

### **2.4.2 Zařízení na briketování a peletování**

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

### **Hlavní výhody zušlechtování fytohmasy:**

- 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 et al., 2006).

Mezi nevýhody zušlechtování biomasy patří relativně vysoká cena vstupní energie nutná pro výrobu pelet či briket. Je vyžadována vyšší úroveň dezintegrace vstupního materiálu při současném snížení jeho vlhkosti, čímž se zvyšuje konečná cena produktu.

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. Nejvyšší brikety jsou vyráběny lisem 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).

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.dm<sup>-3</sup>), vysoké výhřevnosti (16,5 až 19 MJ.kg<sup>-1</sup>) 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 (JANÍČEK, 2011).

### **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<sup>-1</sup>.
- **Hydraulické pístové lisy** jsou levnější než mechanické, zároveň však dosahují nižších výkonů (od 0,05 do 0,5 t.h<sup>-1</sup>). 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<sup>-1</sup>. 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 et al., 2002).

Brikety mohou být různého zbarvení v závislosti na použitém druhu biomasy, na kvalitě suroviny ovlivněné vlhkostí nebo příměsí kůry a použitém technologickém procesu výroby. Brikety mají díky své vysoké objemové hmotnosti, která se pohybuje okolo 1000 až 1200 kg.m<sup>-3</sup>, stabilní a nízkou vlhkost (obsah vody obvykle kolem 8 %) a nízký obsah popele (kolem 1 až 3 %), (STUPAVSKÝ et al., 2010).

## 2.5 Ekonomika pěstování

Plodina	Přímé náklady (ha.rok <sup>-1</sup> )	Celkové náklady (ha.rok <sup>-1</sup> )	Výnosy sušiny – podzim (t.ha <sup>-1</sup> )	Celkové náklady (Kč.t <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> )	Výnos sušina – jaro (t.ha <sup>-1</sup> )	Celkové náklady (Kč.t <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> )
Saflor	7740	10890	6,0	1815	-	-
Konopí	12357	15452	10,0	1545	7,0	2207
Čirok	10030	13310	15,0	887	9,0	1479
Lesknice (5)	4674	7824	8,0	978	5,8	1349
Šťovík (10)	6601	9751	10,0	975	-	-
Křídlatka (10)	13430	17030	16,0	1064	10,0	1410
Ozdobnice (10)	19430	23180	15,0	1545	11,7	1981
Topinambur	65000	68550	30,0	2285	25,0	2242

Tabulka č. 4 Modelové náklady na pěstování vybraných plodin. Zdroj: (PETŘÍKOVÁ et al., 2006).

Ekonomická efektivnost pěstování energetických plodin závisí na několika zásadních parametrech:

- náklady na pěstování (přímé a nepřímé náklady),
- náklady na skladování a zpracování,
- výkupní cena biomasy (nepřímé výkupní ceny elektřiny, resp. cena tepla).

(PETŘÍKOVÁ et al., 2006)

Operace	Jednotka	Šťovík krmný	Konopí seté	Ozdobnice čínská	Chrastice rákosovitá	Kukuřice na siláž	Pšenice ozimá	Řepka ozimá
Náklady variabilní	Kč.ha <sup>-1</sup>	8086	21253	23532	6390	25622	19187	24503
Náklady fixní	Kč.ha <sup>-1</sup>	3500	3500	3500	3500	4000	3500	4000
Výnos hlavního produktu	t.ha <sup>-1</sup>	9,0	12,0	12,0	9,0	45,0	6,0	3,2
Výnos vedlejšího produktu	t.ha <sup>-1</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	6,0
Cena (CZV)	Kč.t <sup>-1</sup>	1287	2063	2253	1099	658	-	-
Vstupy energie – stroje (pěstování + sklizeň)	l.ha <sup>-1</sup>	29,3	71,6	21,2	21,8	86,8	69,5	76,8
Vstupy energie – stroje (pěstování + sklizeň)	MJ.ha <sup>-1</sup>	1034	2526	748	769	3062	2452	2710
Vstupy energie – skladování + manipulace	MJ.ha <sup>-1</sup>	90	120	120	90	1427	432	293
Vstupy energie – zpracování	MJ.ha <sup>-1</sup>	2916	3888	3888	2916	22350	22000	2300
Vstupy energie celkem	MJ.ha <sup>-1</sup>	4040	6534	4756	3775	26839	24884	5303
Druh biopaliva (energetického produktu)		Brikety	Brikety	Brikety	Brikety	Bioplyn	Bioetanol	MEŘO
Měrná jedn. biopaliva	mjbp	t				m <sup>3</sup>	l	
Množství biopaliva	Mjbp.ha <sup>-1</sup>	8,7	11,6	11,6	8,7	7200	2362	1257
Celkový obsah energie – hlavní výrobek	GJ.ha <sup>-1</sup>	134,4	175,8	192,1	125,7	154,7	48,4	43,1
Celkový obsah energie – vedlejší výrobek	G.ha <sup>-1</sup>	-	-	-	-	-	72,0	87,0
Celkový obsah energie	GJ.ha <sup>-1</sup>	134,4	175,8	192,1	125,7	154,7	120,4	130,1
Náklad na zpracování	Kč.mjb <sup>-1</sup>	850	850	850	850	3,3	7,0	4,9
Cena paliva na trhu	Kč.mjbp <sup>-1</sup>	3500	3500	3500	3500	-	19,6	20,2
Vstupy energie celkem	MJ.mjbp <sup>-1</sup>	462,7	561,3	408,6	432,4	3,7	10,5	4,2
Obsah energie na výstupu	MJ.mjbp <sup>-1</sup>	15400	15100	16500	14400	21,5	20,5	34,3
Energetická efektivnost		33,3	26,9	40,4	33,3	5,8	4,8	24,5

Tabulka č. 5. Ekonomika a energetická efektivita vybraných energetických plodin. Zdroj: (MUŽÍK a ABRHÁM, 2011).

Hlavní výhodou biomasy v porovnání s ostatními druhy OZE je snadná akumulace a regulovatelnost výkonu podle skutečné potřeby. Rovněž technologie pěstování a sklizně energetických plodin jsou dobře zvládnuty. Nevýhodou biomasy pro energetické účely jsou naopak v současnosti často vyšší náklady než na fosilní paliva. Nabízí se tedy otázka, nakolik je biomasa výhodná z energetického hlediska – tedy z poměru vložené a získané energie a jak si stojí jednotlivé typy biopaliv ve vzájemném porovnání.

Tab. č. 5. udává ekonomiku biopaliv a energetickou efektivnost tří nejobvyklejších způsobů výroby biopaliv z biomasy. Jedná se o produkci pevných tvarovaných biopaliv (pelet, briket), bioplynu a kapalných biopaliv (MEŘO, bioetanol). U vybraných druhů cíleně

pěstované biomasy byly stanoveny výrobní náklady na měrnou jednotku paliva a energetická efektivnost těchto paliv – tedy poměr získané energie (obsažené v palivu) ku vložené energii, tj. energii spotřebované při výrobě paliva (MUŽÍK a ABRHÁM, 2011).

### **3 Cíl práce**

Cílem práce je vyhodnocení energetické náročnosti výroby granulí z obnovitelných zdrojů pro přímé spalování při vytápění budov a zjistit rentabilitu této technologie pro konkrétní případ zámku Jemniště.

V práci bude uveden přehled využití obnovitelných zdrojů pro přímé vytápění a technologie jejich úprav. Výsledkem bude zjištění celkové energetické náročnosti pěstování energetické plodiny v daných podmínkách a změření energetické náročnosti tvarování této hmoty. Výsledky budou zpracovány pomocí statistických metod a porovnány s dostupnými srovnatelnými údaji.

## **4 Metodika**

### **4.1 Pěstování šťovíku Uteuša**

Pěstování šťovíku a s tím spojený výzkum bude probíhat na dvou půdních blocích.

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<sup>-1</sup>      vyhovující.

Mg 119mg.kg<sup>-1</sup>      vyhovující.

P 132 mg.kg<sup>-1</sup>      vysoký.

K 204 mg.kg<sup>-1</sup>      dobrý.

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<sup>-1</sup>      vyhovující.

Mg 146 mg.kg<sup>-1</sup>      vyhovující.

P 91 mg.kg<sup>-1</sup>      dobrý.

K 193 mg.kg<sup>-1</sup>      dobrý.

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

### **Nákup osiva**

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.

Na každý půdní blok bylo zakoupeno certifikované osivo v množství 24 kg (výsevek cca 8 kg.ha<sup>-1</sup>).

### **4.2 Technologický postup pěstování krmného šťovíku**

ABRHAM et al. (2008) zpracoval software na zjištění technologických postupů pro většinu rostlin, které se u nás pěstují. V tabulkách pro každou plodinu je uveden doporučený modelový technologický postup pěstování. Obsahuje chronologicky seřazený doporučený sled výrobních operací (hnojení a příprava půdy, setí, ošetřování během vegetace, ochrana rostlin proti chorobám a škůdcům, sklizeň, odvoz produkce a úprava pole po sklizni). Při jejich zpracování se vychází z průměrných podmínek a intenzity výroby.

Pro každou operaci je uvedeno:

- název operace,
- ATL – začátek agrotechnické lhůty,
- opakovatelnost operace (nejčastěji = 1).

Může být vyšší než 1 – např. při dopravě produktu je opakovatelnost rovna dopravovanému množství (t), protože náklady na dopravu jsou stanoveny na měrnou jednotku množství produkce (t).

Může být nižší než 1 – např. při hnojení jednou za 4 roky je opakovatelnost 0,25.

- materiálové vstupy, resp. produkce,
- název materiálu,
- měrná jednotka,
- množství na 1 ha.

Pro krmný šťovík je navržen technologický postup, který je podrobně popsán v Tab. č. 6

	Operace			Materiál	Množství materiálu (MJ.ha <sup>-1</sup> )			
	Název	ATL	Opakování		Název	MJ	K+Ř oblast	B oblast
Založení porostu	Vápnění do 2t.ha <sup>-1</sup> vč.dopravy a nakládání	05.09.	0,10	Vápenec jemně mletý	t	2,00	2,00	
	Podmítka talířová	10.09.	0,10					
	Hnojení TMH 0,21-0,3 t.ha <sup>-1</sup> vč.dopravy a nakládání	14.10.	0,10	Amofos + Draselná sůl	t	0,29	0,25	
	Střední orba s úpravou brázdy	15.10.	0,10					
	Příprava půdy-kombinátory	25.04.	0,10					
	Setí do zpracované půdy	26.04.	0,10	Osivo šťovík Rumex OK-2	kg	5,50	5,50	
	Válení po setí	27.04.	0,10					
	Plošný postřik do 300 l.ha <sup>-1</sup> vč.dopravy vody	20.05.	0,10	Agil 100 EC	l	1,00	1,00	
Produkční rok	Hnojení TMH 0,2 t.ha <sup>-1</sup> vč.dopravy a nakládání	15.04.	1,00	LAV 27.5% N	t	0,20	0,19	
	Plošný postřik do 300l.ha <sup>-1</sup> vč.dopravy vody	25.05.	1,00	Cyper 10 EM	l	0,20	0,20	
	Sečení šťovíku	05.07.	1,00	Stonky krmného šťovíku	t	9,00	8,00	
	Obracení šťovíku	07.08.	2,00					
	Sběr a lisování šťovíku	10.07.	1,00					
	Doprava středněobjemových hmot	10.07.	1,00					
	Kypření	20.07.	0,50					
	Hnojení TMH 0,2 t.ha <sup>-1</sup> vč.dopravy a nakládání	21.07.	1,00	Amofos + Draselná sůl	t	0,15	0,10	

Tabulka č. 6 : Technologický postup pěstování krmného šťovíku (ABRHAM et al., 2008).

Na vybraných půdních blocích bude provedena orba do hloubky 22 cm a porost bude vyset secí kombinací (rotační brány+secí stroj) na podzim, resp. na jaře následujícího roku. V roce založení porostu bude provedeno přihnojení ledkem amonným v množství 200 kg.ha<sup>-1</sup> a porost bude dvakrát zmulčován, aby došlo k zahuštění porostu.

V následných produkčních letech bude vždy na jaře provedeno přihnojení LAV a dle potřeby postřiky herbicidy, či insekticidy. Sečení šťovíku bude zajištěno diskovým žacím strojem s prstovým lamačem. Po proschnutí bude hmota dvourotorovým stranovým shrnovačem nahrnuta do řádků a poté slisována lisem na kulaté balíky a odvezena k uskladnění a dalšímu zpracování. Následně bude porost zdiskován a případně zmulčován.

### **4.3 Náklady technologických operací**

Bude použit software na výpočet nákladů technologických operací, který zpracoval ABRHAM et al. (2008), a to na základě výsledků, které byly získány při řešení výzkumného záměru MZE 0002703102 „Výzkum efektivního využití technologických systémů pro setrvalé hospodaření a využívání přírodních zdrojů ve specifických podmínkách českého zemědělství“.

Variabilní náklady u výrobních postupů v rostlinné výrobě zahrnují dle NOVÁKA (1996):

- Osiva – při použití nakoupeného osiva a sadby se dosazuje tržní cena, pro osivo vyrobené v podniku se přidává k prodejní ceně přírážka ve výši cca 20 % na skladování, ztráty, náklady na úpravu, mořidla.
- Hnojiva – u hnojení se rozlišuje potřeba živin skutečně aplikovaných k plodině a celková kalkulační potřeba živin dle odběru živin plodinou z půdy. Hodnoty odběru živin mohou být převzaty z normovaných tabulkových údajů.
- Chemická ochrana rostlin – náklady na ochranu rostlin se odvozují od použitého množství chemických prostředků a jejich cen. Náklady na aplikaci se zohledňují při výpočtu variabilních nákladů na stroje (popřípadě cenou provedené služby). Náklady na ošetření osiv a sadby se uvádějí pouze tehdy, pokud nejsou zahrnuty do nákladů na osiva.
- Služby od cizích – zahrnují náklady na služby cizích mechanizačních prostředků, na odbornou činnost podniků služeb, poradenskou službu apod.
- Mzdy pomocné činnosti – zahrnují náklady na ruční práce zaměstnanců, včetně sociálního a zdravotního pojištění, kterou jsou přiřaditelné k výrobnímu postupu a jsou součástí technologie (sazení, sběr, okopávka).

- Variabilní náklady na techniku – u vlastní mechanizace se kalkulují jen variabilní náklady, potřeba času na obsluhu vlastních strojů vyjádřená v naturálních jednotkách (počet pracovních hodin).
- Přímé mzdy obsluhy mechanizace zahrnují náklady na mzdy obsluhy mechanizačních prostředků včetně sociálního a zdravotního pojištění. Zahrnují pouze mzdy přímo přiřaditelné k výrobním postupům bezprostředně se týkající práce obsluhy mechanizačních prostředků.
- Ostatní variabilní náklady – pojištění proti živelným pohromám, sušení, skladování, posklizňová úprava atd.

Fixní náklady charakterizuje SYNEK (2006) jako náklady, které zůstávají na stejné úrovni bez ohledu na měnící se objem výroby a jako příklad uvádí odpisy strojů prováděné podle času, úroky z úvěrů nebo nájemné. Tyto náklady se změní tzv. skokem v momentě, kdy se změní výrobní kapacita. Z tohoto faktu odvozuje, že členění nákladů na fixní a variabilní lze uplatnit pouze v krátkodobém pohledu, neboť v dlouhodobém horizontu, kdy dochází ke změně výrobní kapacity, jsou všechny náklady variabilní. Fixnost a proměnnost nákladů je tedy relativní.

Jelikož veškeré práce na porostech byly objednávány u dodavatelů služeb a pozemky jsou v mém vlastnictví, budu mezi fixní náklady počítat pouze daň z nemovitosti.



Obrázek č. 2: Porost šťovíku Uteuša ve druhém roce, Půdní blok 1401 Nad parkem.  
Foto: Autor 2009.

## 4.4 Výroba briket

### 4.4.1 Kladívkový šrotovník

Vzhledem k jednoduché manipulaci a dostačujícímu výkonu bude zakoupen 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.

Technická data:

Výkon	cca 300 kg.hod <sup>-1</sup> (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.

Vzhledem k udávanému hodinovému výkonu, který je dvakrát vyšší, než výkon lisu, není při běžném provozu drtič zapnut kontinuálně, ale bude se používat na doplnění hmoty zhruba třikrát během hodiny. Hladina hmoty bude 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 bude nutné věnovat zvýšenou pozornost výskytu hrud hlíny a kamení, které jsou přítomny zvláště ve hmotě, která bude po vyschnutí na poli zpracována pomocí sklízecí řezačky. Tyto nežádoucí příměsi způsobují nadměrné opotřebení pohyblivých částí drtiče. Při kontaktu kamení s jednotlivými kladívky 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 kleštin a následně k omezení funkčnosti lisu.

## 4.4.2 Briketovací lis

### Popis lisu

Briketovací lis Dinamic 140 N (viz obr. č. 2) 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 směrnicí platnou do roku 1997 a s následnými úpravami, které dohlíží na bezpečnostní aspekty stroje, kvalitu materiálů a použitých komponent.

Tento lis 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.

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 opotřebením 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 nejhorsších podmínkách byl prokázán pod 75 dB.

Výrobcem 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.

### Technická data:

Výkon lisu	70 - 140 kg.h <sup>-1</sup> .
Výkon motoru	9,3 kW.
Průměr brikety	70 mm.
Maximální délka brikety	70 mm.
Objem násypky	0,7 m <sup>3</sup> .
Výška násypky	930 mm.
Průměr násypky	1000 mm.
Lisovací tlak	100 MPa..

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 cyklů.min <sup>-1</sup> .
Počet lisovacích válců	3.
Maximální tlak briket	10 MPa .
Maximální tlak hydraulického systému	20 MPa.



Obrázek č. 3. Briketovací lis Dinamic 140 N. Foto: Autor 2009

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



### 4.4.3 Měřicí zařízení

Zařízení bude 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.

#### 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

#### 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 30 A, 100 A, 300 A, 600 A a 1000 A,
- rozsah měření – 0 až  $1,3 I_{jm}$ ,
- přesnost měření – 1 %,
- účinník:  $\cos\varphi$  rozsah měření  $0^\circ$  až  $359^\circ$ ,

- 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).

### **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.

#### 4.4.4 Měření elektrického výkonu

Výkon lisu bude měřen samostatně pro každou lisovanou komoditu. Hmota šťovíku a směs šťovíku s makovinou bude lisována v dvouhodinovém bloku. Ve všech pracovních dnech budou srovnatelné podmínky co do venkovní vlhkosti a teploty, takže tyto veličiny nebylo nutné dále sledovat.

Monitor MDS5 – Sledovač HDO bude napojen v rozvodné síti na vodiče vedoucí ke stroji.

Měření lisu proběhne ve dvou blocích, měření drtiče v jednom. Z naměřených hodnot budou vypočteny průměrné hodnoty, a ty budou uvedeny v tabulkách v kapitole výsledky.

Výpočet elektrického příkonu  $P$  [ W ] bude proveden podle vzorce:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \quad (1)$$

Příčemž  $P_1$  až  $P_3$  jsou příkony na jednotlivých fázích. Tyto jsou vypočteny dle vzorce:

$$P_y = \sqrt{3} \cdot U_y \cdot I_y \cdot \cos\varphi_y \quad (2)$$

Pro výpočet energetické náročnosti výroby lisovaných granulí budou vynásobeny jednotlivé elektrické příkony výše uvedenou sazbou elektrické energie a zohledním skutečnost, že drtič pracuje pouze 24 minut během každé hodiny.

#### 4.4.5 Statistické vyhodnocení

Statistické vyhodnocení bude provedeno pro získané hodnoty proudu při lisování. Očekává se, že maximálních hodnot bude lis dosahovat při stlačování fytomasy, kdy působí na materiál tlakem 100 MPa. Jelikož bude proud měřen na každé fázi samostatně, bude nutné nejprve pomocí statistické funkce aritmetický průměr vypočítat průměrnou hodnotu proudu na jedné fázi. Poté budou stanoveny dvě základní proměnné, důležité pro sledování vývoje proudu v průběhu času. Následně bude provedena analýza těchto hodnot statistickými metodami rozptylem, směrodatnou odchylkou a korelačním koeficientem.

### Rozptyl $S^2_x$ :

$$S_x^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n} \quad (3)$$

$\sum (x_i - \bar{x})^2$  rozdíl hodnoty proměnné a aritmetického průměru proměnné  
n doba měření

Je to součet odchylek od průměru, umocněn druhou mocninou a podělen délkou času měření n. V programu MS Excel byly hodnoty rozptylů zpracovány pomocí funkce **VAR**.

### Směrodatná odchylka $S_x$ :

$$S_x = \sqrt{S_x^2} \quad (4)$$

Je definována jako velikost rozptýlení hodnot od průměrné (střední) hodnoty. Hodnoty směrodatných odchylek byly vypočteny pomocí funkce **STDEVPA** v programu MS Excel.

### Koeficient korelace $r_{yx}$ :

$$r_{x,y} = \frac{\overline{x \cdot y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{S_x \cdot S_y} \quad (5)$$

$\overline{x \cdot y}$  aritmetický průměr součinů proměnných  
 $\bar{x} \cdot \bar{y}$  součin aritmetických průměrů proměnných  
 $S_x, S_y$  směrodatné odchylky proměnných.

Korelační koeficient slouží pro hodnocení stupně statistické závislosti mezi dvěma proměnnými. Pokud je mezi proměnnými lineární korelační nezávislost, hodnota korelačního koeficientu je rovna 0. Pokud je mezi proměnnými úplná lineární korelační závislost, absolutní hodnota korelačního koeficientu bude rovna 1.

Hodnota koeficientu korelace	Stupeň statistické závislosti
$0,3 \leq  r_{yx} $	Nízký stupeň korelační závislosti
$0,3 \leq  r_{yx}  \leq 0,5$	Mírný stupeň korelační závislosti
$0,5 \leq  r_{yx}  \leq 0,7$	Střední stupeň statistické závislosti
$0,7 \leq  r_{yx}  \leq 0,9$	Vysoký stupeň korelační závislosti
$0,9 \leq  r_{yx}  \leq 1,0$	Velmi vysoký stupeň korelační závislosti
$ r_{yx}  = 1,0$	Matematická (funkční) závislost

Tabulka č. 7: Klasifikace stupně závislosti podle koeficientu korelace. Zdroj: (ČERMÁKOVÁ a STŘELEČEK, 1995)

Pro výpočet bude použita funkce CORREL v programu MS Excel.



Obrázek č. 4. Šťovíkové brikety. Foto: Autor, 2009

## 4.5 Mzdové náklady

Dále bude nutné zohlednit mzdové náklady pracovníka, který lisování briket zajišťuje. Průměrná hrubá mzda na obdobné pozici je ve Středočeském kraji ve výši 22 000,- Kč. Toto odpovídá měsíční superhrubé mzdě 29 480,- Kč. Při průměrném měsíčním fondu pracovní doby je hodinový náklad na pracovníka 176,- Kč.

## 4.6 Teplotní a srážkové podmínky

Vzhledem k tomu, že první porost byl založen koncem roku 2007 a druhý v roce 2008, uvádím zde průměrné srážky a teploty pro roky založení porostů a produkční roky. Data jsou čerpána z Českého hydrometeorologického ústavu, a to konkrétně pro oblast Praha a Středočeský kraj.

### 4.6.1 Územní srážky

#### Vysvětlivky:

S = úhrn srážek [mm].

N = dlouhodobý srážkový normál 1961-1990 [mm].

% = úhrn srážek v % normálu 1961–1990.

N	2007		2008		2009		2010		měs.
	S	%	S	%	S	%	S	%	
32	55	171	30	93	18	56	59	184	I.
30	33	109	19	64	42	140	16	54	II.
36	32	90	40	113	53	148	27	75	III.
43	3	7	49	113	20	47	33	76	IV.
70	66	94	55	79	87	124	96	137	V.
75	72	96	55	74	83	110	57	76	VI.
72	78	108	73	101	95	132	98	136	VII.
73	73	99	65	88	44	60	153	209	VIII.
46	87	189	22	47	16	34	86	187	IX.
36	20	56	51	143	51	141	8	22	X.
40	64	159	35	87	30	75	60	150	XI.
35	21	60	33	93	57	163	61	174	XII.
590	604	102	527	89	596	101	752	127	

Tabulka č. 8: Územní srážky pro Prahu a Středočeský kraj, rok 2007-2010. Zdroj:

[http://portal.chmi.cz/portal/dt?menu=JSPTabContainer/P4\\_Historicka\\_data/P4\\_1\\_Pocasi/P4\\_1\\_5\\_Uzemni\\_srazky](http://portal.chmi.cz/portal/dt?menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi/P4_1_5_Uzemni_srazky)), „staženo dne 10. 4. 2015”.

## 4.6.2 Územní teploty

### Vysvětlivky:

T = teplota vzduchu [°C].

N = dlouhodobý normál teploty vzduchu 1961-1990 [°C].

O = odchylka od normálu [°C].

N	2007		2008		2009		2010		měs.
	T	O	T	O	T	O	T	O	
-2,0	4,1	6,1	2,0	4,0	-3,9	-1,9	-4,4	-2,4	I.
-0,4	3,6	4,0	3,1	3,5	-0,3	0,1	-1,3	-0,9	II.
3,4	5,8	2,4	3,7	0,3	4,1	0,7	3,5	0,1	III.
8,1	11,0	2,9	8,3	0,2	12,8	4,7	8,9	0,8	IV.
13,0	15,0	2,0	14,2	1,2	14,0	1,0	12,1	-0,9	V.
16,3	18,7	2,4	17,9	1,6	15,4	-0,9	17,3	1,0	VI.
17,8	18,9	1,1	18,5	0,7	18,5	0,7	20,9	3,1	VII.
17,2	18,2	1,0	18,2	1,0	19,2	2,0	17,7	0,5	VIII.
13,6	12,0	-1,6	12,6	-1,0	15,4	1,8	11,9	-1,7	IX.
8,6	7,8	-0,8	8,6	0,0	7,9	-0,7	6,8	-1,8	X.
3,3	2,0	-1,3	4,6	1,3	6,3	3,0	5,2	1,9	XI.
-0,2	0,0	0,2	1,1	1,3	-0,6	-0,4	-4,7	-4,5	XII.
8,2	9,8	1,6	9,4	1,2	9,1	0,9	7,8	-0,4	

Tabulka č. 9: Územní teploty pro Prahu a Středočeský kraj, rok 2007-2010. Zdroj:

[http://portal.chmi.cz/portal/dt?action=content&provider=JSPTabContainer&menu=JSPTabContainer/P4\\_Historicka\\_data/P4\\_1\\_Pocasi/P4\\_1\\_4\\_Uzemni\\_teploty&nc=1&portal\\_lang=cs#PP\\_Uzemni\\_teploty](http://portal.chmi.cz/portal/dt?action=content&provider=JSPTabContainer&menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi/P4_1_4_Uzemni_teploty&nc=1&portal_lang=cs#PP_Uzemni_teploty)), „staženo dne 10. 4. 2015”.

## 4.7 Spalné teplo a výhřevnost

Jako výhřevnost paliva je uváděno celkové množství tepla (v kJ) na jednotku daného vzorku paliva (1 g) s daným obsahem vody po úplném spálení při tlaku 0,1 MPa, jestliže ze vzorku při spálení odpařená voda a voda ze spáleného vodíku ze vzorku zůstanou ve formě vodní páry a odchází se spalinami. Běžně se udává m MJ.kg<sup>-1</sup> nebo GJ.t<sup>-1</sup> nebo v kWh.kg<sup>-1</sup>. Stanoví se také výpočtem ze spalného tepla určeného v kalorimetru odečtením tepla, které odchází ve známém množství vody ve formě páry (PETŘÍKOVÁ et al, 2006).

Spalné teplo je definováno jako množství tepla uvolněné úplným spálením paliva v kalorimetrické tlakové nádobě v prostředí stlačeného kyslíku při teplotě 25°C, vztažené na jednotku jeho hmotnosti. Zbylými produkty jsou nejčastěji plynný kyslík, oxid uhličitý a kapalná voda, případně také popel, kyselina siřičitá nebo dusičná. Spalné teplo bude určeno

podle platné normy **ČSN EN 14918**: Tuhá biopaliva – Stanovení spalného tepla a výhřevnosti (2010).

Pro stanovení spalného tepla bude odebrán vzorek ze šťovíkové brikety a budou provedena minimálně dvě měření, aby došlo k vyloučení chyby. Pokud odchylka měření bude menší než  $120 \text{ J.g}^{-1}$ , není nutné provádět doplňující měření. Měření se poté zopakuje pro vysušený vzorek.

Spalné teplo bude vypočtené podle vzorce:

$$Q_{gr} = \frac{dT_k \cdot T_k - (c_1 + c_2)}{m} \text{ [J.g}^{-1}\text{]} \quad (6)$$

kde:

$dT_k$  – teplotní skok [ $^{\circ}\text{C}$ ];

$T_k$  – teplotní kapacita kalorimetru (konstanta) [ $\text{J.}^{\circ}\text{C}^{-1}$ ] =  $9107 \text{ J.}^{\circ}\text{C}^{-1}$ ;

$c_1$  – oprava na zapalovací drátek [ $\text{J}$ ] =  $70 \text{ J}$ ;

$c_2$  – oprava na spalovací papírek [ $\text{J}$ ] =  $20 \text{ J}$ ;

$m$  – hmotnost vzorku [ $\text{g}$ ].

Vypočet výhřevnosti ( $Q_{net}$ ):

$$Q_{net} = Q_{gr} - 24,42 \cdot (w + 8,94 \cdot H) \text{ [J.g}^{-1}\text{]} \quad (7)$$

kde:

$Q_{gr}$  – spalné teplo [ $\text{J.g}^{-1}$ ]

24.42 – výparné teplo vody

$w$  – vlhkost materiálu [%]

8,94 – koeficient k přepočtu vodíku na vodu

$H$  – obsah vodíku [%] - pro výpočet bude užita hodnota vodíku 5,5 % (IVANOVA, 2015)



## 5 Výsledky

Založení porostu bylo provedeno v září 2007, respektive v březnu 2008. Vzhledem k přibližně stejné ploše obou půdních bloků, bylo vždy zakoupeno osivo v množství 24 kg za cenu 12 000 Kč + DPH 1 080 Kč. Celková cena osiva tedy činila 24 000 Kč (bez DPH).

Na porostech byly provedeny následující zásahy:

Půdní blok 1401 NAD PARKEM 2,63 ha

Termín	Operace	Poznámky
Září 2007	Orba	Hloubka orby 22 cm
Září 2007	Příprava půdy	Smyk
Září 2007	Setí	Secí kombinace (rotační brány+sečka)
Duben 2008	Přihnojování	200 kg.ha <sup>-1</sup> Ledek amonný
Květen 2008	Mulčování	
Září 2008	Mulčování	
Duben 2009	Přihnojování	200 kg.ha <sup>-1</sup> Ledek amonný
Květen 2009	Postřik	Nurelle D 0,6 l.ha <sup>-1</sup> – insekticid
Červen 2009	Desikace	Clinic 2 l.ha <sup>-1</sup> – urychlení prosychání
Červen 2009	Sekání	Diskový žací stroj+ prstový lamač
Červen 2009	Nahrnování	Dvourotorový stranový shrnovač
Červen 2009	Lisování	Lis na kulaté balíky s variabilní komorou
Červen 2009	Diskování	Podmítka 10 cm
Duben 2010	Přihnojování	200 kg.ha <sup>-1</sup> Ledek amonný
Květen 2010	Postřik	Nurelle D 0,6 l.ha <sup>-1</sup> – insekticid
Červen 2010	Desikace	Clinic 2 l.ha <sup>-1</sup>
Červen 2010	Sekání	Diskový žací stroj+ prstový lamač
Červen 2010	Nahrnování	Dvourotorový stranový shrnovač
Červen 2010	Lisování	Lis na kulaté balíky s variabilní komorou
Červen 2010	Diskování	Podmítka 10 cm
Březen 2011	Desikace	Clinic 3,5 l.ha <sup>-1</sup>

Tabulka č. 10: Provedené operace na půdním bloku Nad parkem

Při porovnání doporučeného a skutečného technologického postupu je zřejmé, že v rámci založení porostu bylo vynecháno vápnění, podmítka a hnojení. Naopak byla navíc přidána desikace porostu těsně před sklizní, a to z důvodu urychlení zasychání. Dále jsou ve výčtu operací zahrnuty činnosti spojené s likvidací porostu, a to konkrétně dvakrát

provedená desikace a podmítka. Tyto práce záměrně nejsou zahrnuty do výpočtu nákladů technologických operací.

Půdní blok 4705/4 U LÍSENCE 2,2 ha

Termín	Operace	Poznámky
Říjen 2007	Orba	Hloubka orby 22 cm
Březen 2008	Příprava půdy	Smyk
Březen 2008	Setí	Secí kombinace (rotační brány+sečka)
Duben 2008	Přihnojování	200 kg.ha <sup>-1</sup> Ledek amonný
Květen 2008	Mulčování	
Září 2008	Mulčování	
Duben 2009	Přihnojování	200 kg.ha <sup>-1</sup> Ledek amonný
Květen 2009	Postřik	Nurelle D 0,6 l.ha <sup>-1</sup> – insekticid
Červen 2009	Desikace	Clinic 2 l.ha <sup>-1</sup> – urychlení prosychání
Červen 2009	Sekání	Diskový žací stroj+ prstový lamač
Červen 2009	Nahrnování	Dvourotorový stranový shrnovač
Červen 2009	Lisování	Lis na kulaté balíky s variabilní komorou
Červen 2009	Diskování	Podmítka 10 cm
Duben 2010	Přihnojování	200 kg.ha <sup>-1</sup> Ledek amonný
Květen 2010	Postřik	Nurelle D 0,6 l.ha <sup>-1</sup> – insekticid
Červen 2010	Desikace	Clinic 2 l.ha <sup>-1</sup>
Červen 2010	Sekání	Diskový žací stroj+ prstový lamač
Červen 2010	Nahrnování	Dvourotorový stranový shrnovač
Červen 2010	Lisování	Lis na kulaté balíky s variabilní komorou
Červen 2010	Diskování	Podmítka 10 cm
Červenec 2010	Desikace	Clinic 3,5 l.ha <sup>-1</sup>

Tabulka č. 11: Provedené operace na půdním bloku U Lísence.

## 5.1 Hektarový výnos

V produkčních letech 2009 a 2010 jsem dosáhl následujících výnosů:

Rok sklizně	Nad parkem	U Lísence
2009	2,56 t.ha <sup>-1</sup>	1,77 t.ha <sup>-1</sup>
2010	1,42 t.ha <sup>-1</sup>	1,02 t.ha <sup>-1</sup>

Tabulka č. 12: Výnos šťovíku Uteuša dle lokalit.

Což činí průměrný hektarový výnos 1,7 t.ha<sup>-1</sup>.

## 5.2 Výpočet nákladů technologických operací

Náklady technologických operací na 1 ha pro plodinu Krmný šťovík, konvenční technologie

Číslo-Název operace	Materiálové vstupy					Technické zajištění operace					Variabilní náklady celkem Kč.ha <sup>-1</sup>
	Opakovat	Název	Množství MJ.ha <sup>-1</sup>	Cena Kč.MJ <sup>-1</sup>	Náklady Kč.ha <sup>-1</sup>	Souprava	Pracnost h.ha <sup>-1</sup>	Spotřeba l.ha <sup>-1</sup>	Cena Kč	Náklady Kč.ha <sup>-1</sup>	
40-Střední orba s úpravou brázdy	0,1x		0	0	0	Kolové traktory 4x4 80-99 kW, Pluhy 4 radličné oboustranné, Válce rýhované +člákové do 5 m	1,25	21	1640	164	164
55-Příprava půdy-smyk	0,1x		0	0	0	Kolové traktory 80-99 kW, Smyk	0,29	4	320	32	32
60-Setí do zpracované půdy	0,1x	Osivo šťovík Rumex OK-2	8 kg	500	400	Kolové traktory 4x4 80-99 kW, Univerzální secí stroje nad 6m	0,29	3,5	1200	120	520
75-Hnoj.TMH do 0.2t.ha <sup>-1</sup> vč.d.a nak	1x	LAV	0,2 t	7233	1446,6	Kolové traktory 4x4 100-119 kW Rozm.prům.hnojiv přívěs.+návěs	0,25	1,5	245	245	1691,6
85-Mulčování	0,2x		0	0	0	Kolové traktory 4x4 80-99 kW, Mulčovač	0,42	5	500	100	100
90-Hnoj.TMH do 0.2t.ha <sup>-1</sup> vč.d.a nak	1x	LAV	0,2 t	7233	1446,6	Kolové traktory 4x4 100-119 kW Rozm.prům.hnojiv přívěs.+návěs	0,25	1,5	245	245	1691,6
100-Ploš.postř.do300 l.ha <sup>-1</sup> vč.d.vody	1x	Nurelle D	0,6 l	735	441	Kolové traktory 4x4 60-69 kW, Postřikovače přívěsné+návěsné	0,25	1,8	245	245	686
105-Desikace	1x	Clinic	2 l	410	820	Kolové traktory 4x4 60-69 kW, Postřikovače přívěsné+návěsné	0,25	1,8	245	245	1065
115-Sečení šťovíku	1x	Stonky šťovíku u krmného	1,7 t	0	0	Kolové traktory 4x4 80-99 kW, Diskový žací str. nad 2m-příp. prstový lamač	0,71	8	900	900	900
118-Nahrmování	1x		0	0	0	Kolové traktory 4x4 80-99 kW Rotorový shrnovač	0,71	4	250	250	250
120-Sběr a lisování šťovíku	1x		0	0	0	Kolové traktory 4x4 80-99 kW Vysokotlaké lisy - obří balíky	1	8	1500	1500	1500
130-Doprava středněobjemových hmot	1,7x		0	0	0	Kolové traktory 4x4 100-119 kW Trakt. návěsy sklápěcí nad 10 t	0,05	0,5	45	76,5	76,5
140-Kypření šťovíku	1x		0	0	0	Kolové traktory 4x4 70-79 kW Kypřiče diskové do 3 m	0,42	6,5	580	580	580
<b>Plodina celkem</b>					4554		4,2	37,9		4703	9257

Tabulka č. 13: Náklady technologických operací na jeden hektar. Zdroj: (ABRHÁM et al., 2008a).

Ekonomika plodiny: Šťovík krmný

Varianta: B, konvenční technologie

Ukazatel	Měrná jednotka	Výnos MJ.ha <sup>-1</sup>	Hodnota produkce Kč.MJ <sup>-1</sup>	Celkem Kč.ha <sup>-1</sup>
Stonky šťovíku krmného	t	1.7	0	0
Hodnota produkce celkem				0
Variabilní náklady celkem	Kč.ha <sup>-1</sup>			9257
Fixní náklady	Kč.ha <sup>-1</sup>			300
Náklady celkem	Kč.ha <sup>-1</sup>			9557
Náklady na MJ produktu	Kč.t <sup>-1</sup>			5622
Dotace SAPS	Kč.ha <sup>-1</sup>			4060
Dotace TOP -UP	Kč.ha <sup>-1</sup>			514
Ostatní dotace	Kč.ha <sup>-1</sup>			0
Dotace celkem	Kč.ha <sup>-1</sup>			4574
Po odpočtu dotací - náklady celkem	Kč.ha <sup>-1</sup>			4983
- náklady celkem na MJ produkce	Kč.t <sup>-1</sup>			2931
- zisk(+) resp. ztráta (-)	Kč.ha <sup>-1</sup>			-4983
- zisk(+) resp. ztráta (-)	Kč.t <sup>-1</sup>			-2931

Tabulka č. 14: Ekonomika plodiny – krmný šťovík. Zdroj: (ABRHAM et al., 2008b).

Z výše uvedeného je zřejmé, že jedna tuna [t] šťovíkové biomasy při dosahovaných výnosech tvoří nákladovou položku ve výši 2931,- Kč. Jelikož produkce nesloužila k prodeji, ale pouze jako vstup do další fáze zpracování, je výsledkem této sestavy ekonomická náročnost výroby jedné měrné jednotky krmného šťovíku.

### 5.3 Náklady na výrobu briket

Lisování briket proběhlo ve dnech 20. 8. 2012 (šťovík) a 10. 9. 2012 (šťovík + makovina) s výsledky, které jsou uvedené v Tab. č. 15. Z toho vyplývá, že na lisu bylo dosaženo následujících hodinových výkonů při lisování jednotlivých komodit:

- Šťovík 151,0 kg.h<sup>-1</sup>
- Šťovík a makovina ( 1:1 ) 134,2 kg.h<sup>-1</sup>

Pokud zprůměruji jednotlivé hodinové výkony, dostávám se k průměrnému výkonu 142,6 kg za hodinu.

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

Tabulka č. 15.: Výsledky měření výkonu lisu.

Vlastní měření elektrického výkonu drtiče a lisu proběhlo 18. 12. 2012.

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

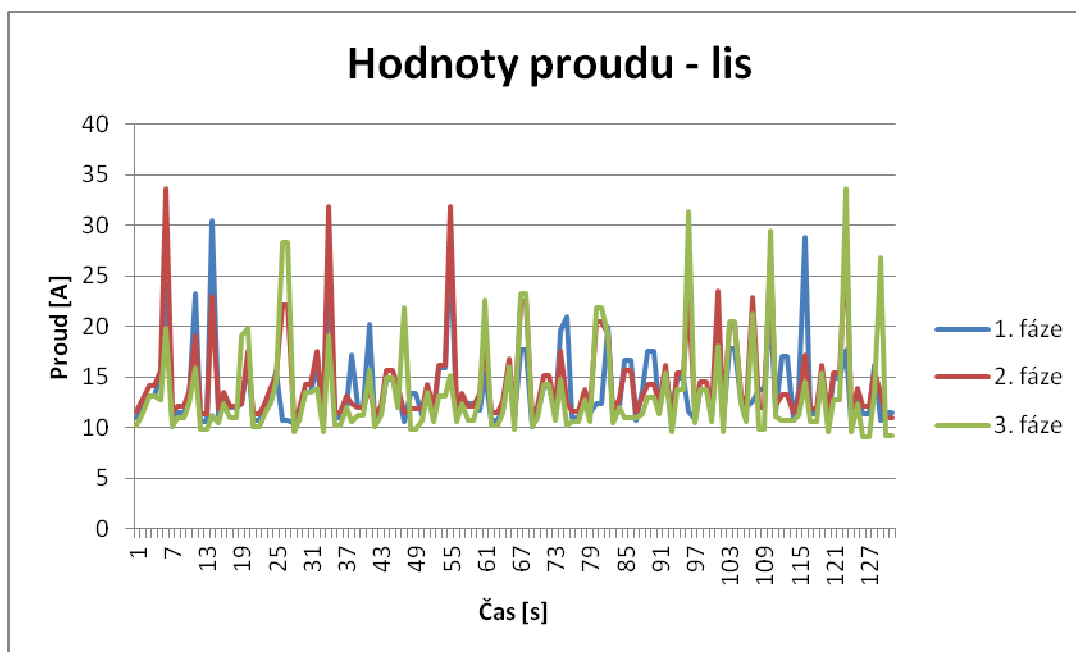
Tabulka č. 16: Naměřené průměrné hodnoty U, I a cos φ – LIS.

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

Tabulka č. 17: Naměřené průměrné hodnoty U, I a cos φ – DRTIČ.

Detailní výpis hodnot proudu, odečítaný po dobu dvou minut v rozmezí jedné sekundy, je uveden jako Příloha č. 7. Je zde patrné a zvláště pak v grafu č.1, který z této přílohy vychází, že se potvrdil předpoklad, že hodnoty proudu dosáhly značných výkyvů.

Aritmetickým průměrem byla vypočtena hodnota proudu na fázi. A následně aritmetický průměr proměnné.



Graf č. 1: Grafické znázornění měření jednotlivých veličin na třech fázích ve vybraném časovém úseku. Hodnoty proudu při měření lisu.

Po dosažení do vzorců jsem dospěl k následujícím statistickým údajům:

	Hodnota
Aritmetický průměr proudu	14,01
Rozptyl	14,39896
Směrodatná odchylka	3,794596
Koeficient korelace	0,040758

Tabulka č. 18: Statistické hodnoty

Z výše uvedené tabulky plyne, že mezi hodnotami naměřeného elektrického proudu a časem je velmi nízká lineární korelační závislost.

### Spotřeba elektrické energie

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.

Spotřeba elektrické energie lisu je tedy 48,15 Kč.h<sup>-1</sup> a drtiče 31,36 Kč.h<sup>-1</sup>. Při přepočtu na kratší dobu práce drtiče je nákladová položka 12,55 Kč.

Pro výrobu 142,6 kg briket, což odpovídá průměrné hodinové produkci, je náklad na elektrickou energii ve výši 60,70 Kč. Při přepočtu na měrnou jednotku, kterou je tuna [t], je náklad na elektrickou energii ve výši 427 Kč. Ze zjištěného koeficientu korelace lze konstatovat, že spotřeba elektrické energie není v závislosti na čase.

Mzdové náklady v přepočtu na výrobu jedné tuny činní 1234 Kč.

Celkový náklad na výrobu jedné tuny briket z biomasy z cíleně pěstovaného šťovíku Uteuša, smíchaného s makovinou je v mém případě 4592 Kč (viz tab. č. 19 ).

Nákladová položka	Kč
Náklady technologických operací	2931,-
Náklady na tvarování	427,-
Mzdový náklad pracovníka	1234,-
celkem	4592,-

Tabulka č. 19: Přehled nákladů na výrobu granulí.

## 5.4 Spalné teplo a výhřevnost briket

Měření spalného tepla proběhlo ve dnech 16. – 17. dubna 2015 v laboratořích České zemědělské univerzity v Praze, Fakulty tropického zemědělství. Byly změřeny čtyři vzorky přímo odebrané z brikety a po zadání naměřených hodnot (viz Tab.č.20) a dosažení do vzorců, byla stanoven průměrná hodnota:

Spalné teplo:  $Q_{gr} - 14\,307,19 \text{ J.g}^{-1}$ ;

Výhřevnost:  $Q_{net} - 12\,898,4 \text{ J.g}^{-1}$ ;

Vlhkost materiálu  $w - 8,52 \%$

Váha kádinky [g]		Váha vzorku [g]	Tepelný skok dT [°C]	Vypočtené teplo $Q_{gr}$ [J.g <sup>-1</sup> ]	Poznámka
prázdná	Se vzorkem				
5,4505	6,4703	1,0198	1,61867	14366,77	w = 8,36 %
5,1526	6,1892	1,0366	1,63432	14271,42	
14319,1					
5,1519	6,1958	1,0439	1,65473	14349,68	w = 8,67 %
5,4493	6,4661	1,0168	1,59988	14240,86	
14295,27					

Tabulka č. 20: Naměřené hodnoty pro výpočet spalného tepla v původním vzorku

Stejnou metodikou proběhlo i měření pro vysušený vzorek s následujícími výsledky (viz Tab. č. 21):

Spalné teplo:  $Q_{gr} - 15\,585,99 \text{ J.g}^{-1}$ ;

Výhřevnost:  $Q_{net} - 14\,385,26 \text{ J.g}^{-1}$ ;

Váha kádinky [g]		Váha vzorku [g]	Tepelný skok dT [°C]	Vypočtené teplo $Q_{gr}$ [J.g <sup>-1</sup> ]	Poznámka
prázdná	Se vzorkem				
11,2031	12,1921	0,9890	1,69526	15519,45	w = 0 %
11,2030	12,2930	1,0900	1,87288	15565,43	
15542,44					
11,5171	12,6385	1,1214	1,93919	15668,10	w = 0 %
11,2032	12,3095	1,1063	1,90384	15590,95	
15629,53					

Tabulka č.21: Naměřené hodnoty pro výpočet spalného tepla v sušině



## 6 Diskuze

Tato práce mohla vzniknout díky snaze 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.

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 sezona 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 založil na dvou půdních blocích porost šťovíku.

Během tříletého období se mi podařilo shromáždit informace, ze kterých je možné sestavit celkovou energetickou náročnost založení a údržby porostu a výroby granulí pro přímé spalování.

### Porovnání výnosů

MUŽÍK a ABRHÁM (2011) uvádějí, že výnos vybraných energetických plodin, které se využívají pro výrobu briket, se pohybuje v rozmezí 9 t.ha<sup>-1</sup> až 12 t.ha<sup>-1</sup>. (viz Tabulka č. 5). To potvrzuje i PETŘÍKOVÁ (2006).

Ovšem výsledky výzkumu, který provedli HRDLIČKA a SANTLEROVÁ (2009) naznačují, že ne vždy se dosahuje dostatečných výnosů. V průběhu roku 2007 byly provedeny experimentální práce, které měly mimo jiné jako hlavní cíl zmapovat skutečné praktické výsledky pěstování této energetické rostliny v reálném komerčním prostředí. Pro účely experimentů byli vybráni čtyři producenti, kteří pěstují šťovík pro energetické účely ze čtyř míst v ČR, konkrétně z lokalit Nahořany, Líšnice (Pardubický kraj), Dubicko a Bouzov (Olomoucký kraj). V tabulce č. 22 jsou uvedena zjištěná data o oseté ploše, aplikovaném ošetření a výnosech, tak jak byly od jednotlivých producentů zjištěny.

Data shrnuté v tabulce č. 22 jednoznačně ukazují, že hodnoty obvyklých průměrných hektarových výnosů uváděných v literatuře - okolo 10 t.ha<sup>-1</sup> suché hmoty - jsou oproti realitě silně nadhodnoceny, navíc jsou výnosy vztaženy na původní stav sklizené rostliny, tj. s příslušným obsahem vody, který je u každé položky uveden. Výnos suché hmoty je tedy ještě

nižší. Důvody rozdílů mezi realitou a publikovanými údaji mohou pravděpodobně být ve skutečnosti, že se jednalo o experimentální porosty s intenzivní péčí. V realitě jsou hektarové výnosy v nejlepším případě poloviční. I pro dosažení těchto výnosů je nutné porosty šťovíku intenzivně ošetřovat, a to především aplikací totálních herbicidů (likvidace plevelných rostlin), postřiků proti škůdcům, a rovněž je nezbytné hnojení dusíkatými a draselnými hnojivy. Pokud je porost šťovíku ponechán bez ošetřování, výnosy rychle klesají, viz příklad lokality Dubicko v roce 2007.

Lokalita	Osetá plocha (ha)	Prům. výnos [t.ha <sup>-1</sup> ]; vlhkost	Ošetřování
Nahořany	44	4 ; 20% (2006) 3,7 ; 40% (2007)	Aplikace totálních herbicidů a prasečí kejdy
Líšnice	34	5,2 ; 30% (2003) 3,5 ; 30% (2007)	Aplikace prasečí kejdy, postřik proti mandelince
Dubicko	14	4,4 ; 20% (2006) 1* ; 17% (2007)	Aplikace draselných hnojiv a pesticidů
Bouzov	41	5 ; 15% (2006) 6,6 ; 19% (2007)	Aplikace totálních herbicidů, ledku amonného

Tabulka č. 22: Výsledky porovnávaných experimentů

\*) Bez použití herbicidů a hnojiv, porost šťovíku byl ponechán bez zásahů.

Toto tvrzení podporuje i NIELSEN (2008), který uvádí výsledky pěstování šťovíku na pokusných plochách, které vznikly u energetického parku v Grimstadu v Norsku. Byla sice zvolena plocha pouze o velikosti 90 m<sup>2</sup>, ale výnos ve druhém roce pěstování byl 5,2 t.ha<sup>-1</sup>. V následujícím roce nebyl porost hnojen, ani nebylo prováděno diskování za účelem zvýšení počtu jedinců na ploše. Z důvodu nárůstu plevelů a zvýšené konkurence klesl výnos na 2,4 t.ha<sup>-1</sup>.

Vzhledem k průměrným ročním teplotám a srážkám, je možné vyloučit, že by nízký výnos byl způsobem nevhodnou teplotou či srážkovým deficitem, protože PETŘÍKOVÁ (2001) uvádí, že lze dosáhnout výnosu 12–15 t.ha<sup>-1</sup> při dlouhodobé průměrné teplotě vzduchu 7,6°C za rok a při průměrném ročním úhrnu srážek cca 520 mm.

Abnormálně nízký průměrný výnos 1,7 t.ha<sup>-1</sup> (viz Tab. č. 11) kterého jsem dosáhl v produkčních letech 2009 a 2010 na dvou lokalitách mohl být způsoben několika důvody:

- 1) Vzhledem k postupnému přebírání zemědělské půdy od zemědělského družstva nebyly podmínky pro provedení řádné předseťové přípravy, jak je uvedeno v technologickém postupu pěstování krmného šťovíku - bylo vynecháno vápnění, podmítka a hnojení.
- 2) Jak uvádí UŠŤAK v recenzi k HRDLIČKOVI a SANTLEROVÉ, většina pěstitelů zakládá porosty na půdě s nízkou úrodností pod dojmem, že šťovík poroste všude bez větších agrotechnických zásahů obdobně jako plevel. Praxe však ukázala, že tato plodina zdaleka není plevelem a že bez patřičných agrotechnických zákroků není schopná konkurovat běžnému spektru plevelů. Dalším velmi důležitým a ještě neúplně vysvětleným faktem, který ovlivňuje provozní výnosy biomasy šťovíku, je vysoká závislost jeho výnosů na termínu sklizně, a to čím později je porost sklizen, tím nižší jsou výnosy. Například, přesné polní pokusy v Dánsku prokázaly, že stejný porost sklizený o měsíc později měl neuvěřitelný rozdíl 10 tun standardní sušiny z 1 ha (14 proti 4 t.ha<sup>-1</sup>). Toto zjištění je velmi závažné pro produkci šťovíku, neboť při pěstování na energetickou biomasu se pěstitelé snaží získat rostlinnou hmotu s co největší sušinou, a proto běžně nechávají rostliny na poli tzv. „vyschnout na kořenu“ a tím přezrát, což má za následek na jednu stranu zvýšení energetické kvality fytomasy (vyšší sušina a výhřevnost, nižší obsah živin a zejména dusíku) a snížení požadovaných nákladů na úpravu sklizené hmoty, ale na druhou stranu vede k markantnímu snížení celkových výnosů. Dalším závažným faktorem nízkých výnosů v praxi ve srovnání s polními pokusy je fakt, že šťovík je velmi závislý na vodním režimu půd a zejména na jarní zásobě vody. Příčinou je to, že šťovík je velmi ranou plodinou a čerpá konkurenční výhody své vegetace z využití zimních zásob půdní vlhkosti. Pro přežití porostů po sklizni je dostatečná zásoba půdní vlhkosti rovněž důležitou podmínkou.
- 3) Na základě mnoha rozhovorů s pěstiteli krmného šťovíku a po ověření u odborného konzultanta bylo oproti technologickému postupu do sledu prací zařazeno desikování porostu přípravkem Clinic několik dnů před posekáním, a to z důvodu urychlení zasychání. Tato operace mohla mít dopad na odumření části kořenové soustavy šťovíku a tím mohlo dojít k nedostatečnému zahušťování porostu v následujících letech.
- 4) Nelze zcela vyloučit možnost, že předchozí nájemce půdy použil postřik obsahující *Chlorsulfuron*, jmenovitě Glean 75PX, resp. Glean 75WG (výrobce DuPont).

Při nedostatku srážek a při vyšším pH mohou zůstat rezidua v půdě déle. Srážkové podmínky byly ve sledovaných letech průměrné (viz Tab. č. 8), kyselost půdy 5,3, resp. 5,7 tuto domněnku také nepodporuje, nicméně záporný vliv *Chlorsulfuronu* nelze zcela vyloučit.

### Porovnání nákladů na pěstování

Pro srovnání nákladů vycházím ze závěrů MUŽÍKA a ABRHAMA (2011) a PETŘÍKOVÉ (2006), z nichž vybírám údaje týkající se krmného šťovíku a porovnávám je s vlastními zjištěními (viz Tab. č. 23).

	Variabilní náklady [Kč.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	Fixní náklady [Kč.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	Celkové náklady [Kč.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	Celkové náklady [Kč.t <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]
PETŘÍKOVÁ ( 2006)	6601	3150	9751	975
MUŽÍK, ABRHÁM (2012)	8086	3500	11586	1287
STERNBERG	9257	300	9557	2931

Tabulka č. 23: Porovnání nákladů.

Náklady, které jsem vynaložil na získání jedné tuny šťovíkové hmoty, se spíše blíží ke zjištěním, které publikovali MUŽÍK a ABRHÁM (2011). Rozdíl ve variabilních nákladech je způsoben již výše zmíněnou desikací porostu, se kterou není v technologickém postupu počítáno a jejíž náklad odpovídá navýšení variabilních nákladů. Ovšem oproti PETŘÍKOVÉ (2006) a MUŽÍKOVÍ a ABRHÁMOVI (2011) jsem dosáhl nižších fixních nákladů. Snížení bylo způsobeno skutečností, že do fixních nákladů jsem nezapočítával nájem pozemku, ale pouze daň z nemovitosti. Je možné konstatovat, že náklady na jednotku plochy jsou v uváděných relacích, ale vzhledem k nízkému dosaženému výnosu jsou náklady na jednu tunu vypěstované hmoty příliš vysoké na to, aby výroba mohla být rentabilní. A zde je ještě nutné podotknout, že v mém případě jsou do ekonomiky rostliny na plusové straně započteny obdržené dotace SAPS a TOP-UP.

### Porovnání výhřevnosti

Ze zkoumaných vzorků vyplývá, že vlhkost brikety 8,5% je dostatečně nízká, aby nedocházelo k samovolnému rozpadávání briket a zároveň je vhodná ke spalování v kotlích na pevná paliva. Nicméně výhřevnost původního vzorku s obsahem vody je pouze 12,90 MJ.kg<sup>-1</sup>, což je méně než uvádí MUŽÍK a ABRHÁM (2011). Výhřevnost sušiny je také oproti PETŘÍKOVÉ (2011) nižší, při pokusu bylo dosaženo pouze hodnoty 14,39 MJ.kg<sup>-1</sup>.

Druh	Výhřevnost [MJ.kg <sup>-1</sup> ]	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

Tabulka č. 24: Výhřevnost biomasy v závislosti na obsahu vody. Zdroj: (OCHODEK et al. 2006).

Kvalita šťovíkové biomasy jako paliva pro vytápění byla testována již cca před 10 lety v Ústavu pro výzkum a využití paliv v Běchovicích. Získané základní hodnoty (v sušině) jsou uvedeny v následujícím přehledu: popel – 1,85 %, spalné teplo – 19,17 MJ.kg<sup>-1</sup>, výhřevnost – 17,89 MJ.kg<sup>-1</sup>, vodík – 5,85 %, uhlík – 48,62 %, síra – 0,05 %, dusík – 0,49 %, kyslík – 42,88 %. Ze zjištěných stopových prvků je např. obsah Cl jen 248 mg.kg<sup>-1</sup> (ostatní prvky jsou také podlimitní). Pro spalování fytohmoty z rostlin, kde se vžil nepřesný výraz – „stébelniny“, je rovněž důležité zjistit teplotu tavitelnosti popelů.

**Krmný šťovík – Rumex OK 2** není ale sláma a tudíž ani „stébelnina“, a proto je nutné jej od ostatních druhů slamnatých paliv odlišovat. Liší se od nich totiž výrazně, neboť se začíná tavit až při vyšších teplotách, než je tomu např. u slámy. Svědčí o tom také konkrétní výsledky testů z Běchovic (stanoveno dle ČSN 44 1359): teplota spékání (sintrace)  $t_s$  - 1191°C, teplota počátku deformace  $t_A$  – 1306°C, teplota tání  $t_B$  – nad 1500°C. Tato vlastnost šťovíkové biomasy je významná proto, že se při jeho spalování nevytváří na stěnách kotle sklovité nánosy, jak tomu bývá při spalování slámy, které je pak nutné z prostoru kotle dost náročně odstraňovat (PETŘÍKOVÁ, 2011).

MUŽÍK a ABRHÁM (2011) uvádějí, že vstup energie celkem u krmného šťovíku je 462,7 MJ.mjbp<sup>-1</sup> a obsah energie na výstupu 15400 MJ.mjbp<sup>-1</sup>, což představuje energetickou efektivnost ve výši 33,3.

Pokud použiji stejnou metodu a dosadím výsledky, kterých jsem dosáhl, doberu se výsledku energie na vstupu ve výši 2376,5 MJ.mjbp<sup>-1</sup> a obsahu energie na výstupu 12898 MJ.mjbp<sup>-1</sup>, což představuje energetickou efektivnost 5,4.

Dosažená energetická efektivnost je tedy průměrně šestkrát menší než u plodin, sledovaných MUŽÍKEM a ABRHÁMEM (2011), které slouží k výrobě granulí pro přímé spalování. Zde je jasným důvodem nízký výnos, neboť celkové vstupy energie jsou na stejné výši.



Obrázek č. 5: Zbytky „popela“ po spálení vzorku v kalorimetru

Zde bych ještě zmínil problémy, které se projevily u lisu. Vlivem písku a prachových částic, které se dostávají do lisovací komory společně s fytomasou dochází k nadměrnému opotřebení a častým závadám. Za pět let provozu opravy lisu dosáhly na částku téměř 150 000,- Kč. Pro srovnání, za tuto dobu bylo slisováno 137 tun materiálu v nominální hodnotě 480 000,- Kč. Na přítomnost kovových částic v briketách ukazuje obr. č. 5, na kterém jsou zbytky popela z kalorimetru. Oproti očekávání bylo zbytků podstatně více a tvořily kuličky s kovovým nádechem. Tento vzorek nebyl zatím podroben chemické analýze.

## **7 Závěr**

Závěrem lze konstatovat, že v této práci popsany pokus s pěstováním energetického šťovíku Uteuša, nebyl úspěšný. Základním problémem se jeví nedostatečný výnos fytomasy, který má vliv na celkovou ekonomiku výroby granulí pro přímé spalování.

Nízký výnos ovlivnil především ekonomiku pěstování plodiny, jelikož dodané vstupy byly při přepočtu na jeden hektar ve výši, kterou uvádí literatura, ale při přepočtu na jednu tunu získané produkce byly mnohonásobně vyšší. Výnosem byla ovlivněna i energetická efektivnost, která se plodin, které jsou využívány pro výrobu granulí, pohybuje přes 33. V popsáném pokusu byla dosažena efektivnost pouze 5,4.

Vzhledem k neuspokojivým výsledkům byly oba porosty po druhém produkčním roce zlikvidovány a půdní bloky zařazeny do standardního režimu dle osevního plánu. Pro úplnost je nutné konstatovat, že v blízkosti pokusných porostů, existoval šťovíkový porost patřící Ing. V. Petříkové, která dosahovala v první polovině životnosti porostu výnosy vyšší.

Z práce je patrné, že je důležité věnovat pozornost výběru stanoviště pro založení porostu a v průběhu let mu věnovat maximální péči. Není možné ke šťovíku Rumex OK-2 přistupovat jako k plodině, která roste na každém stanovišti a jejíž výnos bude stabilní i bez dodání patřičných vstupů. Zvýšenou péči je nutné věnovat i prořídlym porostům a zamezit zaplevelování, což bylo v letech 2009-2010 komplikované, jelikož nebyl registrovaný herbicid pro použití v této plodině.

## 8 Použitá literatura:

ABBASI T., ABBASI S. A., (2009): Biomass energy and the environmental impacts associated with its production and utilization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 920- 934.

ABRHAM, Z., et al. (2008a): *Technologie a ekonomika plodin*. Program je umístěn na internetových stránkách VÚZT v. v. i., v části Expertní systémy, dostupné z: (<http://svt.pi.gin.cz/vuztcode.htm?menuid=589>) a na poradenském portálu (<http://www.agroporadenstvi.cz>) „staženo dne 24. 3.2015“

ABRHAM, Z., et al. (2008b): *Technologické postupy pěstování plodin*. Program je umístěn na internetových stránkách VÚZT v.v.i., v části Poradenství, dostupné z: (<http://www.vuzt.cz?menuid=324>) a na poradenském portálu (<http://www.agroporadenstvi.cz>), „staženo dne 24. 3.2015“

BUFKA, A. (2015): *Brikety a pelety – statistika domácí výroby a spotřeby do roku 2013*. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/peletky/12372-brikety-a-pelety-statistika-domaci-vyroby-a-spotreby-do-roku-2013>, „staženo dne 17. 3.2015“

BURG, P., SOUČEK, J. (2012): Porovnání produkce a výhřevnosti u réví z vinic. *Biom.cz*. Dostupné také z: WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/porovnani-produkce-a-vyhrevnosti-u-revi-z-vinic>>. ISSN: 1801-2655. „staženo dne 15. 2.2015“

CELJAK, I. (2008): Biomasa je nezbytná součást lidského života. *Biom.cz*. Dostupné také z: WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-je-nezbytna-soucast-lidskeho-zivota>>. ISSN: 1801-2655. „staženo dne 1. 3. 2015“

CELJAK, I. (2010): Pěstování topolů pro energetické účely – 3. *Biom.cz*. [Dostupné také z: WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pestovani-topolu-pro-energeticke-ucely-3>>. ISSN: 1801-2655. „staženo dne 1. 3. 2015“

CITYPLAN s.r.o. (1999): *Příručka pro regionální využití biomasy*. Praha: Česká energetická agentura. 37 s.



DIVIŠ, J. et al. (2010): *Pěstování rostlin*. Skriptum JU v Český Budějovicích. Zemědělská fakulta, 175 s. ISBN 978-80-7394-216-8.

GHOSH D. R., CHAUDHARY M. P., REDDY S. N., RAO J, CHIKARA J. B., PANDYA J. S., et al.(2007): Prospects for jatropha methyl ester (biodiesel) in India. *International Journal of Environmental Studies*, roč. 64:659–74.

HARTMANN, H. (1994): *Systems for Harvesting and Companion of solid biofuels*. REUR Technical Series 38, Environmental Aspects of production and Conversion of Biomass for Energy, FAO a Landtechnik Weihenstephan, p. 86–97.

HAVLÍČKOVÁ, K. et al. (2007): *Zhodnocení ekonomických aspektů pěstování a využití energetických rostlin*. Vědecká monografie. 1. vyd.: JU v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 92 s. ISBN 978-80-7040-948-0.

HOLUB P., (2007): *Miscanthus - energetická rostlina budoucnosti?*. Alternativní energie, roč. 10: 10-11.

HRDLÍČKA, J., SANTLEROVÁ, E. (2009): *Šťovík - energetická rostlina jako alternativní biopalivo*. Dostupné také z: WWW:<<http://oze.tzb-info.cz/biomasa/6033-stovik-energeticka-rostlina-jako-alternativni-biopalivo>>. „staženo dne 7. 4. 2015“ Recenzent: UŠŤAK, S.

JIRÍČEK, J. a ZEMÁNEK, P. (2003): Hodnocení kvality práce štěpkovačů. *Biom.cz*. [Dostupné také z: WWW: <<http://biom.cz/cz-obnovitelne-zdroje-energie/odborne-clanky/hodnoceni-kvality-prace-stepkovacu>>. ISSN: 1801-2655. „staženo dne 12. 12. 2014“

JANÍČEK, J. (2011): *Výroba pelet*. [Diplomová práce]. Brno, 85 s. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav

KOHOUT, P. et al., (2010): *Rychle rostoucí dřeviny v energetice*, České Budějovice, JU v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 101 s., ISBN 978-80-7394-247-2.

KOLONIČNÝ, J., HASE, V. (2011): *Využití rostlinné biomasy v energetice*. Ostrava. ISBN 978-80-248-2541-0

KOUBOVÁ D., (2009): *Při pěstování čiroku je největším problémem chladno*. Agronavigátor  
Dostupné také z: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=1&typ=1&val=87875&ids=110>  
„staženo dne 15. 2. 2015”

KOVÁŘOVÁ, M. et al., (2002): *Pěstování a využití energetických a průmyslových plodin*.  
*Biom.cz*. Dostupné také z: WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pestovani-a-vyuziti-energetickych-a-prumyslovych-plodin>>. ISSN: 1801-2655. „staženo dne 18. 12. 2014“

MALOUN, J. (2001): *Technologická zařízení a hlavní procesy při výrobě krmiv*, ČZU Praha, 201 s. ISBN 80-213-0783-8

MOUDRÝ J. et al. (2011): *Alternativní plodiny*. Profi Press, Praha. 142 s. ISBN 978-80-86726-40-3

MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z. (1998): *Energetické plodiny v ekologickém zemědělství*. Hradec Králové: Vh press. 56 s.

MUŽÍK, O., ABRHÁM, Z. (2011): Ekonomická a energetická efektivnost výroby biopaliv. *AgritechScience*. 2011, roč. 5, č. 3, s. 1-4 .ISSN 1802-8942. Dostupné z: <http://www.agritech.cz/clanky/2011-3-11.pdf> „staženo dne 15. 3. 2015“

NEUBAUER, K. et al. (1989): *Stroje pro rostlinnou výrobu*, SZN, Praha. 716 s. ISBN 80-209-0075-6.

NIELSEN, H. K. (2008): *Sorrel and reed canary grass in southern Norway, Grimstad*.  
Dostupné z WWW: <[http://scholar.google.cz/scholar?q=rumex+OK2&hl=cs&as\\_sdt=0](http://scholar.google.cz/scholar?q=rumex+OK2&hl=cs&as_sdt=0)> „staženo dne 18. 1. 2015“

NOVÁK, J. (1996): *Metodika kalkulací nákladů v zemědělství*. Praha: Výzkumný stav zemědělské ekonomiky. 60 s. ISBN 80-85898-30-6.

OCHODEK, T. et al. (2006): *Potenciál biomasy, ruhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy*. Studie vypracována v rámci projektu „Možnosti lokálního vytápění výroby elektřiny z biomasy“. Výzkumné energetické centrum, Ostrava. ISBN 80-248-1207-X.

PASTOREK, Z. et al. (2004): *Biomasa obnovitelný zdroj energie*. FCC PUBLIC, Praha, 288 s., ISBN 80-86534-06-5

PETŘÍKOVÁ, V. (2001): Uplatnění krmného šťovíku - Rumexu OK 2. *Biom.cz*. Dostupné také z: WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/uplatneni-krmneho-stoviku-rumexu-ok-2>>. ISSN: 1801-2655. „staženo dne 17. 3. 2015“

PETŘÍKOVÁ, V. (2005): *Pěstování rostlin pro energetické účely*. Praha, Neoset. 32 s. ISBN 80-239-5497-0.

PETŘÍKOVÁ, V., a kol. (2006): *Energetické plodiny*. 1. vyd. Praha: Profi Press. 127 s. ISBN 80-86726-13-4.

PETŘÍKOVÁ, V. (2011): Uplatnění krmného šťovíku - Rumexu OK 2. *Biom.cz* Dostupné také z: WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/uplatneni-krmneho-stoviku-rumexu-ok-2>>. ISSN: 1801-2655. „staženo dne 17. 3. 2015“

PLÍŠTIL, D. (2004): Brikety z energetických bylin. *Biom.cz* Dostupné také z: WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/brikety-z-energetickych-bylin>>. ISSN: 1801-2655. „staženo dne 17. 3. 2015“

PŘÍHODA, J. (2008): Technologie pro zpracování dendromasy - těžebních zbytků. *Biom.cz* . Dostupné také z: WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/technologie-pro-zpracovani-dendromasy-tezebnich-zbytku>>. ISSN: 1801-2655. „staženo dne 2. 2. 2015“

RAK, L., (2007): *SECURIGERA VARIA (L.) Lassen – čičorka pestrá / ranostaj pestrý*. Botany.cz. Dostupné na: <http://botany.cz/cs/securigera-varia/>. „staženo dne 5.2.2015“

RADULOVICH R., (2008): *Seaweeds, the coming revolution. Ignored yet potentially top players in the bioenergy vs. food game*. Sea Gardens Project. Universidad de Costa Rica.

SLADKÝ, V. (1995): *Příprava paliva z biomasy*. Praha: UZPI, ISSS 0862-3562

SLADKÝ V., (1999): Křídlatka - perspektivní energetická plodina. *Biom.cz*. Dostupné také z: <http://stary.biom.cz/biom/6/sladky.html>. „staženo dne 12. 2. 2015”

SLADKÝ, V., et al., (2002): *Obnovitelné zdroje energie – fytopaliva*. s. 25, ISBN 80-238-9952-X.

SOUČEK, J.: Méně tradiční způsoby získávání dřeva jako náhrady běžně používaných surovin. *Nový venkov*, 2000, č. 11, s. 52-53. ISSN

SOUČEK, J., (2007): Uplatnění štěpkovačů a drtičů při zpracování rostlinného materiálu v komunální sféře. *Komunální technika*, roč. 1, č. 9, s. 44-47.

SOUČEK, J., (2008): *Drtiče, štěpkovače a řezačky pro úpravu rostlinné biomasy*. Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i. Praha, ISBN 978-80-86884-31-8

SOVÁK L., STUPAVSKÝ V., (2009): Využití energetické plodiny *Miscanthus Giganteus* je rentabilní. *Biom.cz* Dostupné také z: WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-energeticke-plodiny-miscanthus-giganteus-je-rentabilni>>. ISSN: 1801-2655. „staženo dne 9. 3. 2015“

STRAŠIL J., HUTLA P., (2006): *Pěstování a možnosti energetického a dalšího využití lesknice rákosovité (Phalaris arundinacea L.)*, In: Sborník přednášek „Zemědělská technika a biomasa", VÚZT Praha-Ruzyně, pp. 132-140.

STUPAVSKÝ, V., HOLÝ, T. (2010): Brikety z biomasy - dřevěné, rostlinné, směsné brikety. *Biom.cz*. Dostupné také z: WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/brikety-z-biomasy-drevene-rostlinne-smesne-Brikety>>. ISSN: 1801-2655. „staženo dne 19. 2. 2015“

STUPAVSKÝ, V., HOLÝ, T. (2010): Dřevní štěpka - zelená, hnědá, bílá. *Biom.cz*. [Dostupné také z: WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/drevni-stepka-zelena-hneda-bila>>. ISSN: 1801-2655. „staženo dne 19. 2. 2015“

SYNEK, M. a kolektiv (2006) *Podniková ekonomika*. Praha: C. H. Beck. 475 s. ISBN 80-7179-892-4.

ŠIROKÁ, M. (2009): Konopí seté – energetická a průmyslová plodina třetího tisíciletí. *Biom.cz*. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/konopi-sete-energiticka-a-prumyslova-plodina-tretiho-tisicileti>>. ISSN: 1801-2655. „staženo dne 17. 2. 2015“

ŠKVAŘIL, J. (2008): *Obnovitelné zdroje v České republice* [diplomová práce], Brno, 96 s. Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav.

USŤAK, S. (2002): Šťovík Uteuša - plodina perspektivní pro fytoenergetiku. *Biom.cz*. Dostupné také z: WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/stovik-uteusa-plodina-perspektivni-pro-fytoenergetiku>>. ISSN: 1801-2655. „staženo dne 17. 2. 2015“

VÁŇA, J. (2003): Biomasa pro energii a technické využití. *Biom.cz*. [Dostupné také z: WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-pro-energii-a-technicke-vyuziti>>. ISSN: 1801-2655. „staženo dne 9. 2. 2015“

VYSLYŠEL, K., et al. (2007): *Pracovní metodika pro privátní poradce v lesnictví: Užívání k přírodě šetrných technologií při hospodaření v lesích*. Těžebně-dopravní technologie „šetrné k přírodě“, Dostupné z: WWW: <http://www.uhul.cz/poradenstvi/metodiky/UKPSTPHVL.pdf> „staženo dne 20. 1. 2015“

Výzkumný ústav pícninářský, spol. s r.o., 2010: Čičorka pestrá. Dostupné z: <http://www.vupt.cz/cicorka-pestra>. „staženo dne 25. 2. 2015“

**ČSN EN 14918:** Tuhá biopaliva – Stanovení spalného tepla a výhřevnosti (2010).

Vyhláška Ministerstva životního prostředí 482/2005

Internetové zdroje:

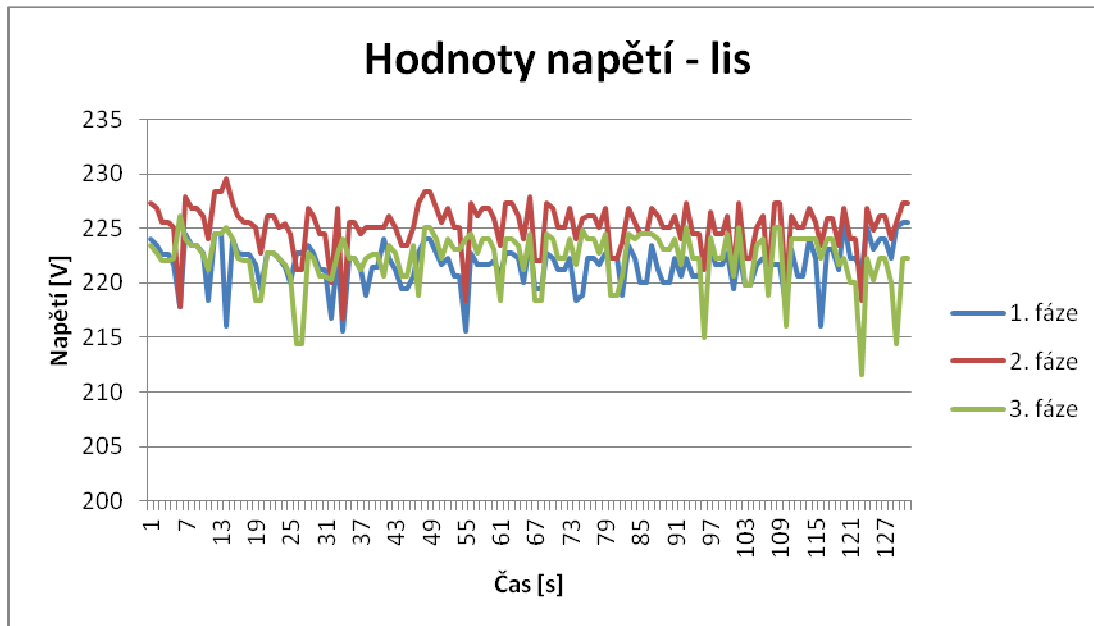
<http://portal.chmi.cz/> „staženo dne 20. 3. 2015“

<http://www.i-ekis.cz/> „staženo dne 15. 2. 2015“

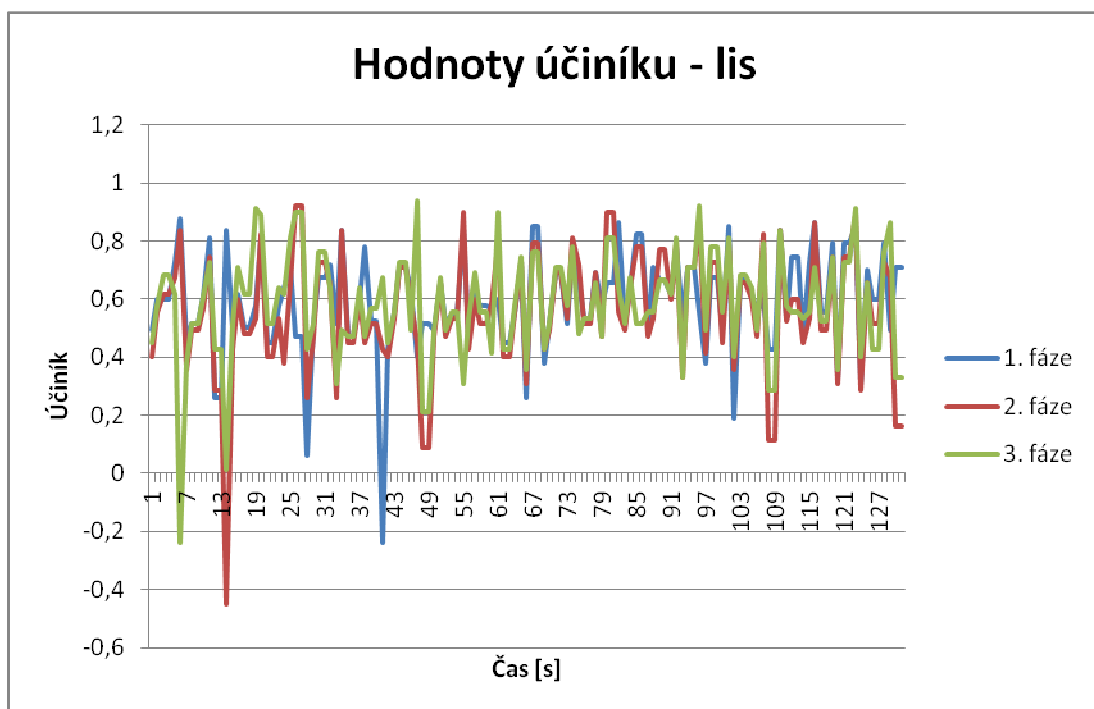
<http://oze.tzb-info.cz/> „staženo dne 12. 2. 2015“

<http://etext.czu.cz/> „staženo dne 6. 2. 2015“

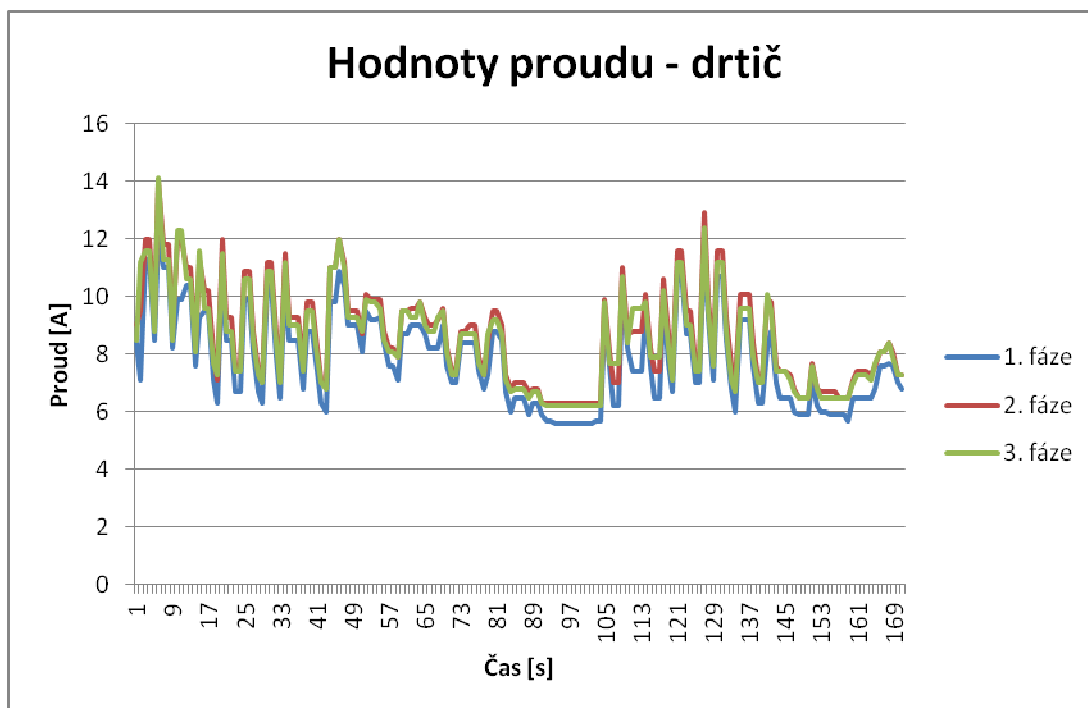
## 9 Přílohy:



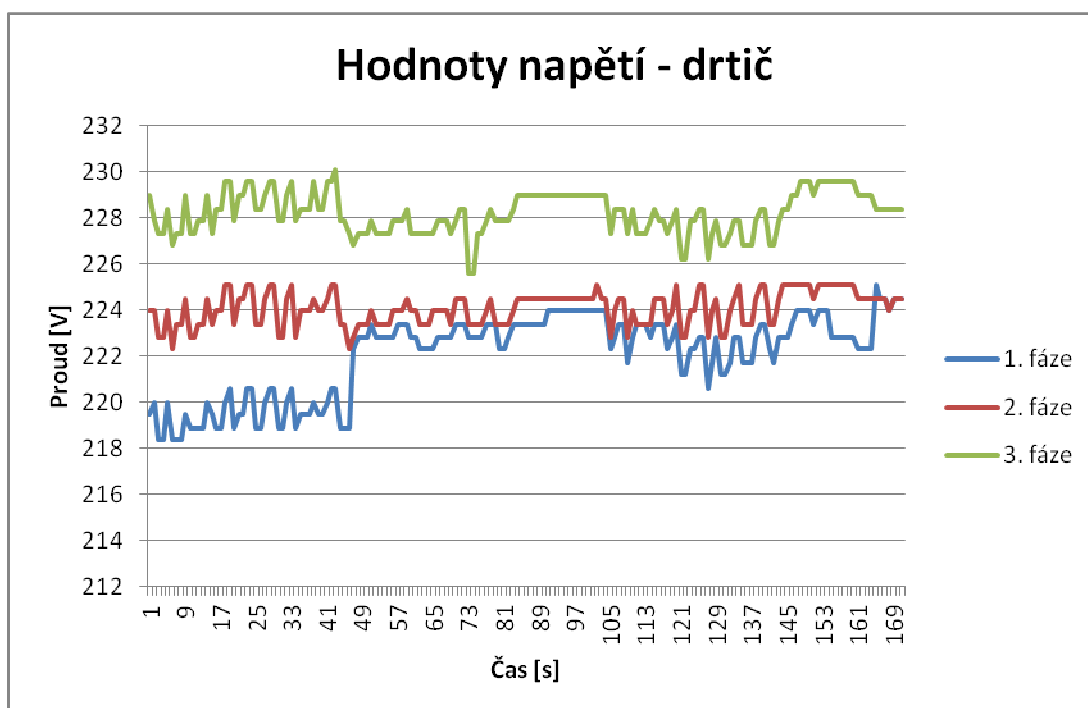
Příloha č. 1: Grafické znázornění měření jednotlivých veličin na třech fázích ve vybraném časovém úseku. Hodnoty napětí při měření lisu.



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

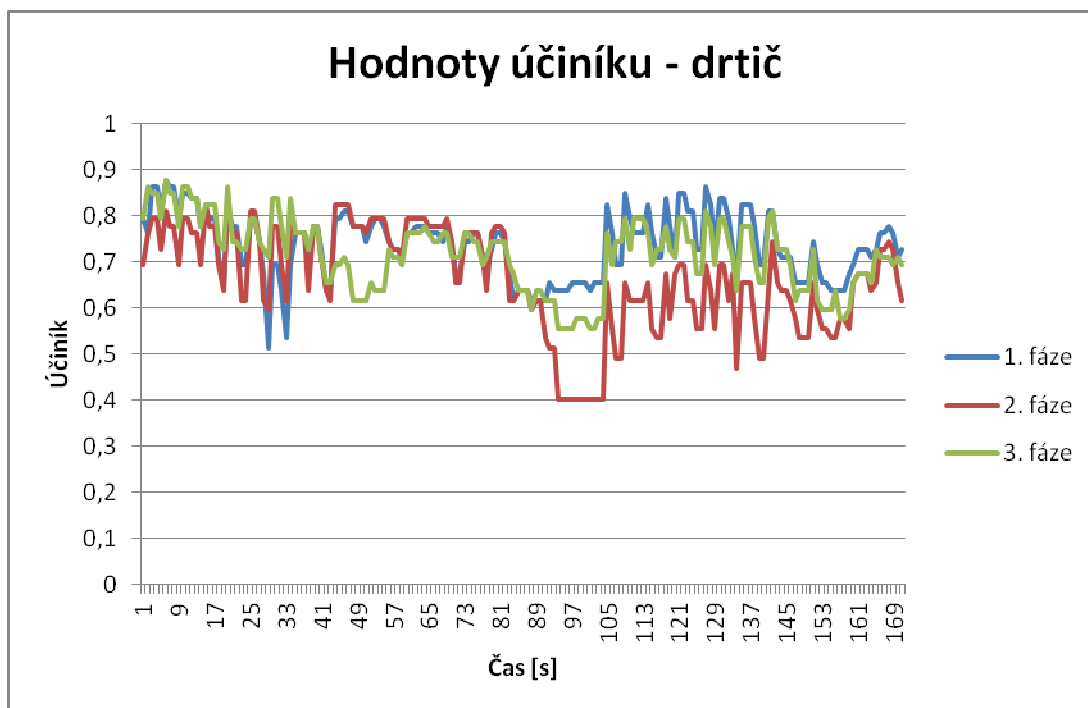


Příloha č. 3: Grafické znázornění měření jednotlivých veličin na třech fázích ve vybraném časovém úseku. Hodnoty proudu při měření drtiče.



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





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

Příloha č. 6: Protokol o zkoušce

PROTOKOL O ZKOUŠCE  
Laboratoř Biopaliv  
Katedra udržitelných technologií



Materiál: šřovík (Jiří Sternberg, Jihočeská univerzita)  
Datum měření: 16. – 17. dubna 2015

Tabulka 1: Naměřené hodnoty pro výpočet spalného tepla v původním vzorku

Váha kádinky (g)		Váha vzorku (g)	Tepelný skok dT (°C)	Vypočtené teplo Q <sub>gr</sub> (J/g)	Poznámka
prázdná	Se vzorkem				
5,4505	6,4703	1,0198	1,61867	14366,77	w = 8,36 %
5,1526	6,1892	1,0366	1,63432	14271,42	
<b>14319,1</b>					
5,1519	6,1958	1,0439	1,65473	14349,68	w = 8,67 %
5,4493	6,4661	1,0168	1,59988	14240,86	
<b>14295,27</b>					

Průměr Q<sub>gr</sub> – 14 307,19 J/g; Q<sub>net</sub> - 12 898,4 J/g; w - 8,52 %

Tabulka 2: Naměřené hodnoty pro výpočet spalného tepla v sušině

Váha kádinky (g)		Váha vzorku (g)	Tepelný skok dT (°C)	Vypočtené teplo Q <sub>gr</sub> (J/g)	Poznámka
prázdná	Se vzorkem				
11,2031	12,1921	0,9890	1,69526	15519,45	w = 0 %
11,2030	12,2930	1,0900	1,87288	15565,43	
<b>15542,44</b>					
11,5171	12,6385	1,1214	1,93919	15668,10	w = 0 %
11,2032	12,3095	1,1063	1,90384	15590,95	
<b>15629,53</b>					

Průměr Q<sub>gr</sub> – 15 585,99 J/g; Q<sub>net</sub> – 14 385,26 J/g

Vypočet spalného tepla ( $Q_{gr}$ ):

$$Q_{gr} = \frac{dT_k \cdot T_k - (c_1 + c_2)}{m} \text{ [J/g]}$$

kde:

$dT_k$  – teplotní skok [°C];

$T_k$  – teplotní kapacita kalorimetru (konstanta) [J/°C] = 9107 J/°C;

$c_1$  – oprava na zapalovací drátek [J] = 70 J;

$c_2$  – oprava na spalovací papírek [J] = 20 J;

$m$  – hmotnost vzorku [g].

Vypočet výhřevnosti ( $Q_{net}$ ):

$$Q_{net} = Q_{gr} - 24,42 \cdot (w + 8,94 \cdot H) \text{ [J/g]}$$

kde:

$Q_{gr}$  – spalné teplo [J/g];

24,42 – výparné teplo vody;

$w$  – vlhkosť materiálu [%];

8,94 – koeficient k přepočtu vodíku na vodu;

$H$  – obsah vodíku [%].

\*Pro výpočet byla užitá hodnota obsahu vodíku 5,5 %

Spalné teplo bylo určeno podle platné normy **ČSN EN 14918**: Tuhá biopaliva – Stanovení spalného tepla a výhřevnosti (2010).

Vypočet vlhkosti materiálu ( $w$ ):

$$w = \frac{(m_2 - m_3)}{(m_2 - m_1)} \times 100 \text{ [%]}$$

kde:

$m_1$  - hmotnost prázdné nádoby na sušení [g];

$m_2$  - hmotnost nádoby na sušení se zkušební vzorkem před sušením [g];

$m_3$  - hmotnost nádoby na sušení se zkušební vzorkem po sušení [g].

Stanovení obsahu vody materiálu proběhlo v souladu s platnou normou **ČSN EN 14774-3**: Tuhá biopaliva – Stanovení obsahu vody – Metoda sušení v sušárně – Část 3: Voda v analytickém vzorku pro obecný rozbor (2010).

Ing. Bc. Tatiana IVANOVA, Ph.D.

Příloha č. 7: Naměřené hodnoty proudu [A] na lisu

	LIS			průměr
	proud			
	1. fáze	2. fáze	3. fáze	
10:18:00	11	11,6	10,2	10,93
10:18:01	12,1	12,9	11,5	12,17
10:18:02	13,1	14,1	13,1	13,43
10:18:03	13,1	14,1	13,1	13,43
10:18:04	15,2	15,7	12,7	14,53
10:18:05	24,3	33,6	19,8	25,90
10:18:06	10,6	11,5	10,1	10,73
10:18:06	11,5	12,1	10,9	11,50
10:18:07	11,5	12,1	10,9	11,50
10:18:08	12,7	13,5	12,4	12,87
10:18:09	23,3	19,1	15,9	19,43
10:18:10	10,6	11,3	9,8	10,57
10:18:11	10,6	11,3	9,8	10,57
10:18:12	30,5	23	11,2	21,57
10:18:13	11,2	11,8	10,4	11,13
10:18:14	12,6	13,5	12,4	12,83
10:18:15	12	12,1	10,9	11,67
10:18:16	12	12,1	10,9	11,67
10:18:17	12,4	12,4	19	14,60
10:18:17	16,6	17,6	19,8	18,00
10:18:18	10,7	11,3	10,1	10,70
10:18:19	10,7	11,3	10,1	10,70
10:18:20	11,8	12,4	11,3	11,83
10:18:21	13,4	14	12,5	13,30
10:18:22	15,5	15,1	14,5	15,03
10:18:23	10,7	22,1	28,3	20,37
10:18:24	10,7	22,1	28,3	20,37
10:18:25	10,4	10,7	9,6	10,23
10:18:26	11,2	11,8	10,7	11,23
10:18:27	13,5	14,3	13,5	13,77
10:18:28	13,5	14,3	13,5	13,77
10:18:29	16,3	17,5	13,9	15,90
10:18:29	10,7	11	9,5	10,40
10:18:30	27,1	31,8	19	25,97
10:18:31	10,9	11,5	10,2	10,87
10:18:32	10,9	11,5	10,2	10,87
10:18:33	12,1	13,1	12	12,40
10:18:34	17,1	12,3	10,6	13,33
10:18:35	12	12	11,2	11,73
10:18:36	12	12	11,2	11,73
10:18:37	20,2	14,1	15,7	16,67
10:18:38	10,6	11,2	10,1	10,63

10:18:39	11,5	12,1	11,2	11,60
10:18:40	14,8	15,7	14,9	15,13
10:18:40	14,8	15,7	14,9	15,13
10:18:41	13,9	14	12	13,30
10:18:42	10,6	11,5	21,9	14,67
10:18:43	13,4	11,8	9,8	11,67
10:18:44	13,4	11,8	9,8	11,67
10:18:45	11,2	11,8	10,7	11,23
10:18:46	13,4	14,3	13,5	13,73
10:18:47	11,3	11,8	10,6	11,23
10:18:48	15,9	16,1	13,1	15,03
10:18:49	15,9	16,1	13,1	15,03
10:18:50	28	31,9	15,1	25,00
10:18:51	10,9	11,6	10,6	11,03
10:18:51	12,4	13,4	12,4	12,73
10:18:52	12,4	12,1	10,7	11,73
10:18:53	12,4	12,1	10,7	11,73
10:18:54	11,7	13,3	12,9	12,63
10:18:55	15,4	18,8	22,6	18,93
10:18:56	10,7	11,5	10,2	10,80
10:18:57	10,7	11,5	10,2	10,80
10:18:58	11,8	12,6	11,5	11,97
10:18:59	15,7	16,8	16	16,17
10:19:00	10,9	10,7	9,8	10,47
10:19:01	17,7	22,5	23,2	21,13
10:19:02	17,7	22,5	23,2	21,13
10:19:03	10,1	11	10,1	10,40
10:19:03	11,3	12,1	10,9	11,43
10:19:04	14,1	15,1	14,3	14,50
10:19:05	14,1	15,1	14,3	14,50
10:19:06	11,3	12	10,7	11,33
10:19:07	19,6	17,6	14,8	17,33
10:19:08	20,9	12,5	10,2	14,53
10:19:09	11	11,6	10,6	11,07
10:19:10	11	11,6	10,6	11,07
10:19:11	12,9	13,7	12,7	13,10
10:19:12	11,5	11,8	10,6	11,30
10:19:13	12,4	20,4	21,9	18,23
10:19:14	12,4	20,4	21,9	18,23
10:19:14	19,9	19,3	19,2	19,47
10:19:15	11	11,5	10,4	10,97
10:19:16	12,1	12,9	12	12,33
10:19:17	16,6	15,7	11	14,43
10:19:18	16,6	15,7	11	14,43
10:19:19	10,7	11,5	11	11,07
10:19:20	13,7	13,1	11,3	12,70

10:19:21	17,6	14,2	13	14,93
10:19:22	17,6	14,2	13	14,93
10:19:23	11,6	12,3	11,3	11,73
10:19:24	15,2	16,2	15,4	15,60
10:19:25	11,5	10,4	9,6	10,50
10:19:25	14,9	15,4	13,8	14,70
10:19:26	14,9	15,4	13,8	14,70
10:19:27	11,6	23	31,3	21,97
10:19:28	10,8	11,4	10,4	10,87
10:19:29	13,7	14,5	13,8	14,00
10:19:30	13,7	14,5	13,8	14,00
10:19:31	11,3	11,6	10,6	11,17
10:19:32	18,7	23,5	18	20,07
10:19:33	10,7	11	9,6	10,43
10:19:34	17,8	20,2	20,5	19,50
10:19:35	17,8	20,2	20,5	19,50
10:19:36	12,6	13,2	12,4	12,73
10:19:37	12	12	10,6	11,53
10:19:37	12,6	22,9	21,2	18,90
10:19:38	13,8	12	9,8	11,87
10:19:39	13,8	12	9,8	11,87
10:19:40	21,8	27,1	29,4	26,10
10:19:41	11,6	12,2	11,1	11,63
10:19:42	17	13,2	10,7	13,63
10:19:43	17	13,2	10,7	13,63
10:19:44	10,7	11,5	10,7	10,97
10:19:45	13,8	12,9	11,2	12,63
10:19:46	28,8	17,1	14,5	20,13
10:19:47	11,3	11,8	10,6	11,23
10:19:48	11,3	11,8	10,6	11,23
10:19:48	15,4	16,2	15,4	15,67
10:19:49	10,7	11	9,5	10,40
10:19:50	14,9	15,4	12,7	14,33
10:19:51	14,9	15,4	12,7	14,33
10:19:52	17,7	28,8	33,6	26,70
10:19:53	10,4	11,3	9,6	10,43
10:19:54	13,1	13,9	12,4	13,13
10:19:55	11,3	12,1	9	10,80
10:19:56	11,3	12,1	9	10,80
10:19:57	16,2	15,5	13,5	15,07
10:19:58	10,7	13,4	26,8	16,97
10:19:59	11,5	11	9,2	10,57
10:19:59	11,5	11	9,2	10,57

střední  
hodnota

14,01

**Seznam tabulek**

- Tabulka č. 1: Základní bilance dřevních pelet (tis. tun).
- Tabulka č. 2: Základní bilance dřevních briket (tis. tun).
- Tabulka č. 3: Základní bilance rostlinných pelet (tis. tun).
- Tabulka č. 4: Modelové náklady na pěstování vybraných plodin.
- Tabulka č. 5: Ekonomika a energetická efektivita vybraných energetických plodin.
- Tabulka č. 6: Technologický postup pěstování krmného šťovíku
- Tabulka č. 7: Klasifikace stupně závislosti podle koeficientu korelace
- Tabulka č. 8: Územní srážky pro Prahu a Středočeský kraj, rok 2007-2010.
- Tabulka č. 9: Územní teploty pro Prahu a Středočeský kraj, rok 2007-2010.
- Tabulka č. 10: Provedené operace na půdním bloku Nad parkem
- Tabulka č. 11: Provedené operace na půdním bloku U Lísence.
- Tabulka č. 12: Výnos šťovíku Uteuša dle lokalit.
- Tabulka č. 13: Náklady technologických operací na jeden hektar.
- Tabulka č. 14: Ekonomika plodiny – krmný šťovík.
- Tabulka č. 15.: Výsledky měření výkonu lisu.
- Tabulka č. 16: Naměřené průměrné hodnoty  $U$ ,  $I$  a  $\cos \varphi$  – LIS.
- Tabulka č. 17: Naměřené průměrné hodnoty  $U$ ,  $I$  a  $\cos \varphi$  – DRTIČ.
- Tabulka č. 18: Statistické hodnoty
- Tabulka č. 19: Přehled nákladů na výrobu granulí.
- Tabulka č. 20: Naměřené hodnoty pro výpočet spalného tepla v původním vzorku
- Tabulka č. 21: Naměřené hodnoty pro výpočet spalného tepla v sušině
- Tabulka č. 22: Výsledky porovnávaných experimentů
- Tabulka č. 23: Porovnání nákladů.
- Tabulka č. 24: Výhřevnost biomasy v závislosti na obsahu vody.

### **Seznam obrázků**

Obrázek č. 1: Základní rozdělení biomasy

Obrázek č. 2: Porost šťovíku Uteuša ve druhém roce, Půdní blok 1401 Nad parkem.

Obrázek č. 3: Briketovací lis Dinamic 140 N.

Obrázek č. 4: Šťovíkové brikety

Obrázek č. 5: Zbytky „popela“ po spálení vzorku v kalorimetru

### **Seznam vzorců**

Vzorec č. 1: Výpočet elektrického příkonu  $P$  [ W ]

Vzorec č. 2: Příkon na jednotlivých fázích  $P_y$  [ W ]

Vzorec č. 3: Rozptyl  $S^2_x$

Vzorec č. 4: Směrodatná odchylka  $S_x$

Vzorec č. 5: Koeficient korelace  $r_{yx}$

Vzorec č. 6: Spalné teplo [J.g<sup>-1</sup>]

Vzorec č. 7: Vypočet výhřevnosti [J.g<sup>-1</sup>]

### **Seznam grafů**

Graf č. 1: Grafické znázornění měření jednotlivých veličin na třech fázích ve vybraném časovém úseku. Hodnoty proudu při měření lisu.