

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: Zemědělství

Studijní obor: Agropodnikání

Katedra: Agroekosystémů

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

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
**Výnosový potenciál vybraných energetických rostlin**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jaroslav Bernas

Autor bakalářské práce: Jakub Samec

ČESKÉ BUDĚJOVICE 2015

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

Jméno a příjmení: **Jakub SAMEC**  
Osobní číslo: **Z12325**  
Studijní program: **B4131 Zemědělství**  
Studijní obor: **Agropodnikání**  
Název tématu: **Výnosový potenciál vybraných energetických rostlin**  
Zadávací katedra: **Katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií**

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

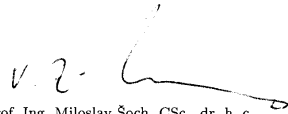
1. Vypracovat literární přehled shrnující problematiku pěstování vybraných jednoletých a víceletých energetických rostlin.
2. Seznámení se s metodikou pěstování chrastice rákosovité (*Phalaris arundinacea L.*) a Szarvasi I (*Elymus elongatus*).
3. Účast při zakládání a ošetřování pokusných porostů energetických rostlin ve sledovaných lokalitách (ZF JU v Českých Budějovicích).
4. Porovnat produkční potenciál u vybraných energetických rostlin (výnos sušiny i čerstvé hmoty). Vyhodnotit výsledky z terénu s literárními údaji.
5. Výsledky a závěr.

Rozsah grafických prací: do 5 stran (tabulky, grafy, fotografická příloha)  
Rozsah pracovní zprávy: 40-50 stran textu vč. příloh  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:

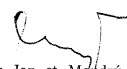
CSETE, S., STRANCZINGER, S., SZALONTAI, B., et al.: Tall Wheatgrass Cultivar Szarvasi-1 (*Elymus elongatus* subsp. *ponticus* cv. Szarvasi-1) as a Potential Energy Crop for Semi-Arid Lands of Eastern Europe. IN NAGERIPOUR, M.: Sustainable Growth and Applications in Renewable Energy Sources. InTech Europe, Rijeka, 2011. ISBN 978-953-307-408-5.  
HAVLÍČKOVÁ, K. et al. Rostlinná biomasa jako zdroj energie. Průhonice: VÚKOZ, 2008. ISBN 978-807-4150-043.  
PETERKA, J., KUŽEL, S. Komplexní využití biomasy: (návody pro cvičení). České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2011. ISBN 978-807-3942-649.  
PASTOREK, Z., KÁRA, J., JEVIČ, P. Biomasa: obnovitelný zdroj energie. Praha: FCC Public, 2004, 286 s. ISBN 80-865-3406-5.  
PETŘÍKOVÁ, V. Energetické plodiny. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2006. ISBN 80-867-2613-4.  
SOUČKOVÁ, H., MOUDRÝ, J. et al. Nepotravinářské využití fytomasy. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2006. ISBN 978-807-0408-575.  
STRAŠIL, Z., et al. Trávy jako energetická surovina: Certifikovaná metodika pro praxi. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 2011. ISBN 978-807-4270-789.  
UŠŤÁK, S., STRAŠIL, Z., VÁŇA, V., HONZÍK, R. Pěstování chřastice rákosovité *Phalaris arundinacea* L. pro výrobu bioplynu: metodika pro praxi. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2012, 24 s. ISBN 978-80-7427-101-4.  
VANĚK, V. Výživa polních a zahradních plodin. Praha: Profi Press, 2007. ISBN 978-808-6726-250.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jaroslav Bernas  
Katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií

Datum zadání bakalářské práce: 5. února 2015  
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2015

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

L.S.

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

V Českých Budějovicích dne 5. února 2015

**Citát:** Stromy vznikly převážně ze vzduchu. Když je spálíme, vrátí se zpátky do vzduchu, přičemž se uvolní sálavé teplo, což je sálavé teplo Slunce, kterého bylo třeba, aby se vzduch proměnil ve dřevo stromů. Trochu popela je zůstatek té části stromů, která neměla původ ve vzduchu ale v zemi. (RICHARD P. FEYNMAN, nositel Nobelovy ceny za fyziku, Kniha: Radost z poznání)

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské – diplomové práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 14. 4. 2015

.....  
Jakub Samec, autor

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu práce Ing. Jaroslavu Bernasovi za jeho cenné rady, vstřícnost a trpělivost při častých konzultacích. Děkuji Ing. Markovi Kopeckému za vedení a spolupráci při pokusech. A naposled bych chtěl poděkovat rodině, že mě dočasně zbavila povinnosti a poskytla čas na psaní této práce.

**Abstrakt:**

Cílem bakalářské práce je porovnat výnos a vhodnost vybraných energetických trav (*Elymus Elonganus*, *Phalaris arundinacea* L.) k přímému spalování. Součástí práce je literární přehled zabývající se charakteristikou, agrotechnickými požadavky energetických trav a obecnou problematikou jejich pěstování. Pozornost byla kladena především na výše zmíněné trávy. Praktická část pojednává o založení polních pokusů a sledování výnosů z jednotlivých sklizní. Porosty *Elymus Elonganus*, *Phalaris arundinacea* L. byly založené ve variantě hnojené intenzivně, extenzivně a digestátem.

**Klíčová slova: biomasa, výnos sušiny, Szarvasi-1, Lesknice rákosovitá, intenzita hnojení**

**Abstract:**

The aim of this thesis is to compare the yield and suitability of selected energy grass (*Elymus Elonganus* , *Phalaris arundinacea* L.) for direct combustion . The work includes a review of literature dealing with characteristic energy grasses agrotechnical requirements and general issues of growing. Attention was paid mainly to the aforementioned grass. The practical part deals with the establishment of field trials and monitoring of the proceeds from each harvest. Vegetation *Elymus Elonganus*, *Phalaris arundinacea* L. were based variant fertilized intensively, extensively and digestate .

**Key words: biomass, yield of dry matter, Szarvasi-1, Red canary grass, intensity of fertilization**

## Obsah

1. ÚVOD .....	7
2. Literární přehled.....	9
2.1 Obnovitelné zdroje energie .....	9
2.2 Fytomasa .....	11
2.3 Energetické rostliny .....	11
2.3.1 Jednoleté energetické rostliny .....	12
2.3.2 Víceleté energetické rostliny.....	13
2.4 Lesknice rákosovitá ( <i>Phalaris arundinacea</i> L.) .....	16
2.4.1 Charakteristika .....	16
2.4.2 Botanické zařazení, nároky a popis traviny .....	16
2.4.3 Agrotechnika, hnojení a výnosy.....	17
2.5. Szarvasi-1 ( <i>Elymus elongatus</i> ).....	21
2.5.1 Charakteristika .....	21
2.5.2 Botanická charakteristika.....	21
2.5.3 Agrotechnika, sklizeň.....	22
2.5.4 Výnosy .....	23
3. Cíle práce .....	24
4. Materiál a metodika.....	25
4.1 Příprava pozemku na založení porostu .....	26
4.2 Varianta jaro 2013 – spalování .....	27
4.3 Varianta podzim 2013 – spalování.....	29
6. Výsledky a diskuse.....	30
7. Závěr .....	38
8. Seznam odborné literatury .....	40
9. Přílohy.....	44

## 1. ÚVOD

Je zcela zřejmé, že zásoby světových fosilních paliv se tenčí. Právě neobnovitelné zdroje energie, které jsou ruku v ruce spjaty s rozvojem intenzivního průmyslu a technickým pokrokem lidí po dvě století, v řádu desítek let nebudou stačit. Se zvyšujícím počtem obyvatel Země a jejich exponenciálně rostoucí náročností na spotřebu energií, se současně zesilují snahy vědců o nalezení nových (obnovitelných) zdrojů pro výrobu elektřiny, tepla.

Nedávný rozmach těžby břidlicového plynu se zprvu jevil jako nadějná zelená alternativa k fosilním palivům. Ale zkušenosti z USA ukazují, že samotná technologie sebou nese podstatná rizika pro životní prostředí a lidské zdraví. Zároveň ekonomická náročnost provozování vrtů se dnes ukazuje jako vysoká a nerentabilní.

Pozornost je v současné době velmi zaměřená na získávání energie z obnovitelných a pro životní prostředí nezatěžujících zdrojů, které budou postupem času nahrazovat ty neobnovitelné. A to zejména na možnosti poskytující vítr, voda a slunce. Tyto zdroje byly známy a využívány už dříve, ale nyní je jejich využití na zcela jiné úrovni.

Dalším alternativním zdrojem mající slibnou budoucnost je energie z rostlinné biomasy. Ta je nejperspektivnější a nejracionálnější možností v místních přírodních podmínkách. Díky intenzifikaci zemědělství se na území České republiky zvyšuje plocha, která nemá využití pro produkci potravin. Tu je ale i tak nutné pro zajištění trvalého rozvoje obdělávat. Jednou z možností je cílené pěstování biomasy pro energetické účely. Diversifikaci výstupních produktů v zemědělství již došlo v některých evropských státech. Kdy kromě klasických plodin pro potravinářské využití, se začínají pěstovat na zemědělské půdě také alternativní rostliny pro energetické a nepotravinové účely. Dochází, tak k zakládáním plantáží rychle rostoucím dřevin (RRD), pro které je ale nezbytné vlastnit speciální sklízecí stroj, pokud jsou vysázeny na rozsáhlejších plochách.

Výhodnější je pěstování takzvaných energetických trav. Ty jsou pěstovány především na zemědělských půdách nacházejících se v horských a podhorských oblastech či na ploše nevhodných pro intenzivní zemědělskou výrobu. Například na kontaminovaných půdách, které je potřeba asanovat.

Travní porosty obecně, energetické trávy nevyjímaje plní oproti ostatním porostům nezastupitelné mimoprodukční funkce v krajině. Mezi ty významné patří



vysoká schopnost zadržovat dešťovou vodu. Díky tomu jsou vodní toky pasivně chráněny před rychlým zvyšováním hladiny a obce na nich ležících od výstavby trvalých, nákladných, často nevzhledných protipovodňových opatření. Protierozní funkce trav před odnosem úrodné svrchní půdy vodou nebo větrem je neméně důležitá. Agrární analytik Petr Havel poukazuje na to, že i mírný odnos a úbytek povrchové vrstvy půdy se projeví na poklesu hektarových výnosů o desítky procent. Předseda české pedologické společnosti Bořivoj Šarapatka dokonce vyčísluje škodu způsobenou odnosem a snížením zemědělské produkce na deset miliard ročně. Další mimoprodukční předností trav je ochrana podzemních vod před znečištěním. Nakonec bych uvedl, že nově založené porosty energetických trav mohou sloužit jako krajinný prvek, udržující vzhled krajiny, biodiverzitu a vytvářející pracovní příležitosti pro obyvatele v marginálních oblastech.

Nárůstem travních ploch v oblastech méně vhodných či nevhodných pro intenzivní potravinářskou výrobu by došlo k podpoření výše zmíněných mimoprodukčních, ale i produkčních funkcí. Význam obnovitelných zdrojů v České republice se zvyšuje, neboť mohou přispívat k zabezpečení celkové energetické potřeby společnosti. Což se více než jindy ukazuje právě v těchto dnech. Proto se ve světě ale i u nás ověřuje několik desítek jednoletých nebo vytrvalých druhů rostlin včetně dřevin, vhodných pro energetické účely.

## 2. Literární přehled

### 2.1 Obnovitelné zdroje energie

Zdroje energie, jak uvádějí (MATOUŠEK, 2007 a MASTNÝ, 2011), se dělí na neobnovitelné a obnovitelné (OZE). Mezi obnovitelné zdroje KRBEK (1996) řadí sluneční, vodní, větrnou a geotermální energii a také energii z biomasy. Právě z biomasy vznikla i takzvaná neobnovitelná paliva – fosilní paliva (LIBRA, POULEK, 2007). Zásoby fosilních paliv jsou však omezené a proto je nutné hledat jiné zdroje. V případě hospodárneho využívání půdy bude neustále k dispozici energie z biomasy, tedy obnovitelný zdroj energie (MASTNÝ a kol., 2011).

MOUDRÝ, STRAŠIL (1998) definují OZE jako přírodní zdroje energie neustále se obnovující. FRIDRICH a kol. (2002) označují OZE taktéž jako přírodní zdroje energie, které jsou okamžitě nebo pravidelně k dispozici a neustále se obnovují.

Podle Energetického regulačního úřadu (ERÚ) stoupl například podíl OZE na hrubé domácí spotřebě elektřiny v ČR od roku 2008 do roku 2013 z 5,70 % na 14,53 % (viz tabulka č. 1). Evropská unie si vytyčila plán, do roku 2020 pokrýt 20 % své energetické spotřeby z OZE. Každému členovi je vyměřený individuální cíl, podle výchozích možností a geografických podmínek. Například Švédsko už překročilo svoji metu 49% podílu obnovitelných zdrojů na spotřebě a také Česká republika již překonala svůj závazek 13 % (ERÚ, 2015).

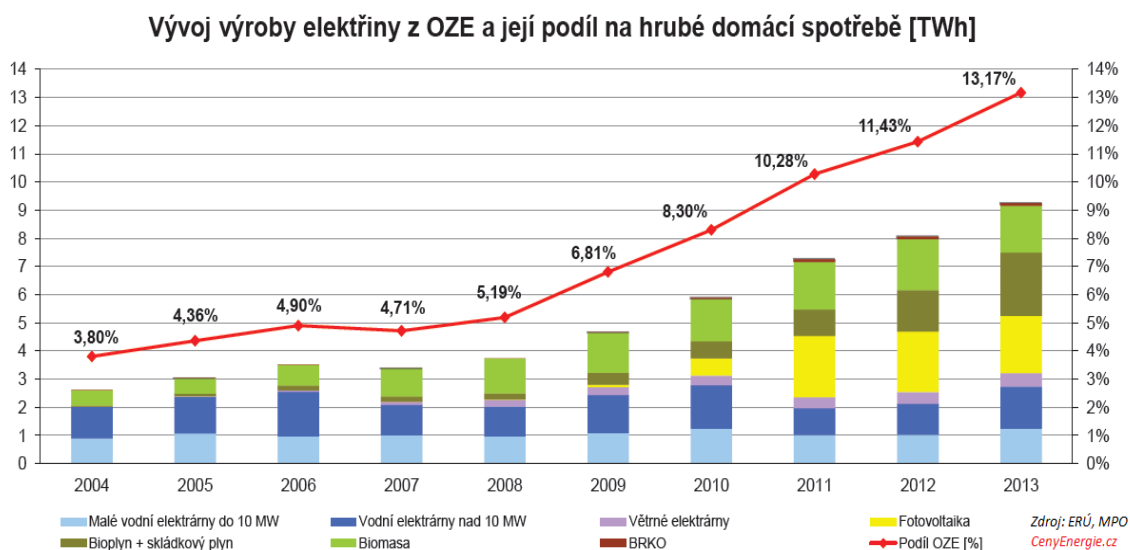
Tabulka č. 1 Podíl OZE na hrubé domácí spotřebě elektřiny v ČR

Roky	2013	2012	2011	2010	2009	2008
Podíl na celkové spotřebě	14,53 %	12,48 %	10,21 %	8,24 %	6,80 %	5,70 %

Zdroj: ERÚ

Největší podíl výroby elektřiny z OZE v ČR (i EU) mají vodní elektrárny s výkonem nad a pod 10MW s necelými 3 %. Elektrárny nad 10MW, tedy zejména přehrady Vltavské kaskády, však svůj potenciál již naplnily. Je to dáno zejména nedostatečným spádem řek a vody v nich. Určité možnosti navýšení výkonů vodní energie je možný výstavbou malých vodních elektráren a rekonstrukcí stávajících (MASTNÝ a kol., 2011).

Graf č. 1 Vývoj výroby elektřiny z OZE a její podíl na hrubé domácí spotřebě



Zdroj ERÚ, MPO

Z OZE má největší energetický potenciál biomasa (PETŘÍKOVÁ, 2001). S tím souhlasí (PASTOREK a kol. 2004), který považuje biomasu za zdroj s obrovským energetickým potenciálem. A dále ji definuje jako substanci biologického původu, která může být buď záměrně získaná jako výsledek výrobní činnosti, nebo se jedná o využití odpadů ze zemědělské, potravinářské, lesní výroby, z komunálního hospodářství, z údržby krajiny a péče o ni. MASTNÝ a kol. (2011) popisují biomasu jako přeměněnou sluneční energii, zachycenou rostlinami a uloženou ve formě chemické energie.

Již zmíněnou výhodou biomasy je to, že v případě hospodárného využívání půdy bude biomasa k dispozici neustále. Navíc spalováním biomasy se nepřispívá ke zvyšování koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře (MASTNÝ a kol., 2011). Což podporuje celosvětový trend snižovat emise skleníkových plynů (SVĚTLÍK, 2013). S tím souhlasí (PETŘÍKOVÁ, 2001) a dodává, že takto přispívá biomasa k omezení skleníkového efektu. Pokládá si otázku, proč v době, kdy je v ČR obrovský přebytek obilí, které je čím dál obtížnější prodat a uplatnit na evropském trhu, nezačít pěstovat energetické rostliny. Čímž by došlo k ozelenění a k zlepšení ekologie krajiny. Minimálně lze pro pěstování energetických rostlin využít půdu, která není potřebná pro produkci potravin nebo krmiv a která se v ČR rozlohou blíží téměř 1.mil. hektarů (465 tis. ha orné půdy a 523 tis. ha luk a pastvin).

## **2. 2 Fytomasa**

Fytomasa je charakterizována jako veškerá organická hmota rostlinného původu vznikající v přírodě v průběhu fotosyntézy (FUKSA, 2009). Vlastnosti fytomasy se proto mohou značně různit, podle jednotlivých rostlinných druhů. Hlavní rozdíly jsou mezi fytomasou dřevní (dřevo) a fytomasou nedřevní (sláma) (PETŘÍKOVÁ, PUNČOCHÁŘ 2007). Rozvoj technologického oboru zvaného fytoenergetika podnítl zájem o využití fytomasy pro energetické účely (Havlíčková, 2008). Podstatná část zemědělské půdy se nachází v horských a podhorských oblastech s nepříznivými půdními a klimatickými podmínkami. Z toho je zřejmá nízká ekonomická efektivnost intenzivní zemědělské výroby, zaměřené na tradiční potravinářské využití. Potenciál orné půdy v těchto oblastech není zdaleka využit a otvírá se tak prostor pro nepotravinářské využití fytomasy (SOUČKOVÁ A MOUDRÝ, 2006).

## **2. 3 Energetické rostliny**

Energetické rostliny jsou cíleně pěstované rostliny a využívány pro energetické účely. energii z energetických rostlin získáváme chemickými či biochemickými procesy. Základní technologií je spalování biomasy, kterou doplňují další technologie jako je lisování oleje ze semen (řepka), fermentace cukrů (alkoholové kvašení cukrové řepy, obilí, kukuřice apod.), pyrolýza suché biomasy (PASTOREK a kol. 2004). FRYDRYCH a kol. (2006) tvrdí, že spalování je nejpoužívanějším způsobem transformace biomasy na energii a připojuje přehlednou tabulku (č. 3) transformací biopaliv na energeticky využitelné produkty.

Tab. č. 2 Možnosti transformace biomasy na energeticky využitelné produkty

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

Zdroj: FRYDRYCH a kol. (2006)

Kolektiv autorů z VÚKZ Průhonice vymezil seznam používaných, potencionálních energetických rostlin na 7 skupin. A to na jednoleté byliny, obilniny, olejninny, rychle rostoucí dřeviny, píceiny, dvouleté byliny, vytrvalé a víceleté byliny. Zároveň ke všem uvedli vyčerpávající příklady (ANONYMUS, 2006).

### 2.3.1 Jednoleté energetické rostliny

Přednost jednoletých energetických rostlin oproti vytrvalým je v tom, že jsou určeny pro rychlou produkci, jejich setí a sklizeň se provádí pomocí běžné zemědělské techniky, což u vytrvalých není možné. U jednoletých rostlin je poměr vložené a získané energie obvykle 1 : 2 (WEGER a kol., 2012).

#### 2.3.1.1 Jednoleté byliny

Lebeda rozkladitá (*Atriplex patula*), merlík bílý (*Chenopodium album*) (ANONYMUS, 2006).

#### 2.3.1.1 Obilniny, Olejninny

Mezi jednoleté fytoenergetické rostliny lze z obilnin zařadit pšenici setou (*Triticum aestivum*), žito seté (*Secala cereale*), žitovec (*Triticale*), kukuřice setou

(*Zea mays*), čirok cukrový (*Sorghum sacharatum*), proso prutnaté (*Panicum virgatum*), laskavec (*Amaranthus sp.*) (ANONYMUS, 2006).

Olejniny jsou zastoupené zejména co do plochy řepkou olejkou (*Brassica napus ssp. oleifera*), slunečnicí rolní (*Helianthus annuus*) používaných do biopaliv, kde tvoří povinně přimíchanou 5% složku (PASTOREK a kol. 2004). Výčet minoritně pěstovaných olejin uzavírá ředkev olejná (*Raphanus sativus*), řepice ozimá (*Brassica rapa*), hořčice bílá (*Sinapis alba*), katrán habešský (*Crambe abyssinica*), lnička setá (*Camelina sativa*), světlice barvířská (*Carthamnus tinctorius*), slunečnice rolní (*Helianthus annuus*), topinambur hlíznatý (*Helianthus tuberosus*), pupalka dvouletá (*Oenothera biennis*) (ANONYMUS, 2006).

Sláma zemědělských kulturních plodin, zejména obilnin a řepky, tvoří významný a nadějný zdroj biomasy pro energetické účely, zejména proto, že technologie pěstování a sklizeň obilnin, včetně skladování slámy, je známá a propracovaná do relativní dokonalosti (PASTOREK a kol. 2004).

Světlice barvířská – Saflor je ve světě pěstována na ploše asi 1,3 mil. ha s průměrným výtěžkem semene kolem 0,8 t/ha. Největším producentem na světě je Indie s 710 tis. ha, USA 87 tis. s výnosem semene 1,79 t/ha, Čína s 34 tis. ha (podle FAO). Největšími producenty v Evropě jsou Španělsko a Portugalsko. V naší republice se Saflor pěstoval na relativně velkých plochách, než bylo od něj ustoupeno. V současné době dochází k poměrně vysokému nárůstu ploch této plodiny se širokými možnostmi použití, mezi něž patří i spalování (KÁRA a kol., 2005).

## **2. 3. 2 Víceleté energetické rostliny**

U víceletých energetických rostlin se často musí vynaložit značné náklady při zakládání porostu. Plné využití připadá v úvahu až druhým nebo třetím rokem. U víceletých bylin se předpokládá, že po fázi rozrůstání poskytnou vyšší výnosy než rostliny jednoleté (MOUDRÝ A STRAŠIL, 1999). Celková energetická rentabilita je u víceletých plodin mnohem lepší. Poměr vložené a získané energie může být podle výnosu až 1 : 10 (WEGER a kol., 2012).

### **2. 3. 2. 1 Rychle rostoucí dřeviny**

Mezi rychle rostoucí dřeviny patří topoly, pajasan, vrby, jilmy, lípy, olše, lísky, jeřáby. Vrby a topoly jsou z hlediska fytoenergetiky ověřené. Jilmy a pajasan jsou v současné době ověřovány (HAVLÍČKOVÁ, 2008). Seznam autorů z VÚKZ

Průhonice je podrobnější. Topol černý (*Populus nigra*), topol osika (*Populus tremula*), topol bavlníkový (*Populus trichocarpa*), kříženci topolu, vrba bílá (*Salix alba*), vrba lýkocová (*Salix daphnoides*), vrba košíkářská (*Salix viminalis*), vrba křehká (*Salix fragilis*), křížencivrby, růže (*Rosa sp.*), olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), pajasan žláznatý (*Ailantus altissima*), líska (*Corylus sp.*), jilm horský (*Ulmus montana*), trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*), blahovičník (*Eucalyptus sp.*) (ANONYMUS, 2006).

Japonský topol u nás nazýván též japan, je kříženec, přesněji skupina kříženců, topolu černého a topolu Maximovičova (*Populus nigra* × *Populus maximowiczii*) pocházejících ze šlechtění pro papírenský průmysl v Japonsku. V pojmenování japanů vládne nejednotnost, protože nejsou právně chráněny a nemají žádné právně registrované označení. Pěstování japanů případně jiných vhodných topolů a vrb se stává populární mezi drobnými vlastníky půdy, jejichž záměrem je produkce palivového dřeva (méně oštěpky) pro vlastní využití (WEGER, 2011). JATOP s.r.o., (2010) uvádí, že japonský topol je nejpěstovanější rychle rostoucí dřevinou v ČR. Výhodou této plodiny oproti konkurenčním druhům dřeviny je to, že v našich podmínkách nemá přirozeného škůdce. Sklízí se jednou za 3 roky. Nové výhony vyrůstají z původní kořenové soustavy, proto není nutná nová výsadba. Životnost dobře obdělávané plantáže může dosáhnout na cca 25 let, což znamená, že může být sklizená až 7 během svého života.

Výnosy hmoty z plantáží s různou dobou obmýtní ovlivňuje mnoho činitelů, z nichž nejvýznamnější jsou stanoviště, druh rostliny, délka obmýtní, půdní podmínky, kvalita ošetřování, vodní režim. Na nejvhodnějších stanovištích s příslušnými odrůdami můžeme být dosaženo průměrného ročního přírůstku 10 až 15 t.ha<sup>-1</sup> sušiny. Reálně je však uvažovat v podmínkách ČR s výnosem 5 až 10 t.ha<sup>-1</sup> sušiny ročně (PASTOREK a kol. 2004).

### 2.3.2.2 Pícniny

Komonice lékařská (*Melilotus officinalis*), komonice bílá (*Melilotus albus*), vojtěška setá (*Medicago sativa*), jestřabina východní (*Galega orientalis*), vičenc setý (*Onobrychis viciifolia*), vlčí bob mnoholistý (*Lupinus polyphylus*), jehlice rolní (*Ononis arvensis*), sveřep bezbranný (*Bromus inermis*), janovec metlatý (*Sarothammus scoparius*), sveřep samužníkovitý (*Bromus catharticus*) (ANONYMUS, 2006).

Sveřep bezbranný je statná, vysoce vytrvalá vzrůstná výběžkatá tráva. Má růstové schopnosti obdobné žitu, což je zárukou vysoké tvorby výnosu celkové nadzemní hmoty. Tyto vlastnosti jsou nespornou výhodou pro jeho použití ve fytoenergetice. Většina jednoletých sveřepů je považována za plevele, ale právě sveřep bezbranný byl již v 19. století pěstován jako kultura. Výnosy osiva se pohybují podle podmínek pěstování od 0,3 do asi 0,7 t/ha semene. Po sklizni je nutné osivo nutné dosušit, aby nedošlo ke ztrátě klíčivosti. Sláma se musí co nejdříve po výmlatu odstranit z pole a může se použít jako palivo v biokotelně. Výnos celkové nadzemní hmoty (včetně semene) se pohybuje od 10 až do 15 t/ha, což je pro fytoenergetiku příznivé (PETŘÍKOVÁ, 2006).

### 2.3.2.3 Dvouleté byliny

Topolovka růžová (*Alcea rosea*), divizna velkokvětá (*Verbascum densiflorum*), sléz meljuka (*Malva meluca*), sléz kadeřavý (*Malva crispa*) (ANONYMUS, 2006).

### 2.3.2.4 Víceleté a vytrvalé byliny

Mužák prorostlý (*Silphium perfoliatum*), křídlatka japonská (*Reynoutria japonica*), křídlatka sachalinská (*Reynoutria sachalinensis*), vratič obecný (*Tanacetum vulgare*), bělotrn modrý (*Echinops ritro*), zlatobýl kanadský (*Solidago canadensis*), vrbka úzkolistá (*Chameiron angustifolium*), tužebník jilmový (*Filipendula ulmaria*), konopí seté (*Cannabis sativa*), pelyněk černobýl (*Arthemisia vulgaris*), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), oman pravý (*Inula helenium*), šťovík krmný „Uteuša“ (*Rumex tianshanicus x R. patientia*), ozdobnice čínská (*Miscanthus sinensis*), ozdobnice cukrolistá (*Miscanthus sachariflorus*), rákos obecný (*Phragmites australis*), orobinec úzkolistý (*Typha angustifolia*), lesknice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*), třtina křovištní (*Calamagrostis epigeios*), třtina rákosovitá (*Calamagrostis arundinacea*), kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea*), psárka luční (*Alopecurus pratensis*), srha laločnatá (*Dactylis glomerata*), psineček veliký (*Agrostis gigantea*), ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*), bojínek luční (*Phleumpratense*) (ANONYMUS, 2006).



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

### 2.4.1 Charakteristika

Chrastice rákosovitá, nazývaná také Lesknice rákosovitá, je vytrvalá tráva relativně náročná na vodu a živiny, nenáročná na agrotechniku, dávající ve vhodných podmínkách vysoké výnosy nadzemní fytomasy (PETŘÍKOVÁ, 2006). Je rozšířená téměř po celé Evropě, Asii (kromě jižní části) a Severní Americe (HAVLÍČKOVÁ a kol. 2007). Například ve Švédsku jí mají osetou více než 1000 ha a v pobaltských státech ji dávají přednost před rychle rostoucími dřevinami (PETŘÍKOVÁ, 2006).

V ČR je Chrastice rákosovitá autochtonní druh (původní druh), který se vyskytuje v přírodě všude tam, kde je dostatečná půdní vláha (MOUDRÝ, STRAŠÍL, 1999). Chrastice je vlhkomilná rostlina. Spolu s rákosem, ostřicemi a zblochany vytváří typická pobřežní společenstva. Obzvláště je vhodná pro efektivní využití zamokřených půd, kde se také běžně vyskytuje. V tomto případě lze založení a pěstování víceletých porostů Chrastice rákosovité považovat za fytomeliorační postup, který zajišťuje přijatelné vysušení a hospodářské využití zamokřených pozemků (UŠŤAK a kol., 2012). Uplatňuje se na všech půdách i při přebytku nebo nedostatku vláhy (ŠATRŮČEK a kol., 2007).

### 2.4.2 Botanické zařazení, nároky a popis traviny

Chrastice rákosovitá je vytrvalá, cizosprašná, výběžkatá tráva z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) (HUTLA, 2004). Patří mezi naše nejvyšší trávy. Výška stébel často přesahuje 2m. Mohutná přímá stébla jsou zakončena dlouhou jednostrannou latou (PETŘÍKOVÁ, 2006). Tmavozelené listy jsou 10–35 cm dlouhé a 0,6–2 cm široké, ploché a dlouze zašpičatělé do čepele. Pochvy listů hladké, úzké, dolní někdy drsné, bíle blanitě lemované. Jazyček měří 0,6–1 cm, tříbený a dlouze čárkovitě dělený (UŠŤAK a kol., 2012). Sterilní výhony jsou stébelné, hustě olistěné. Chrastice rákosovitá vytváří dlouhé podzemní oddenky, které jsou rozprostřeny těsně pod povrchem půdy (HUTLA, 2004). Má mocný do hloubky pronikající kořenový systém, který rostlinu zásobuje vodou (ŠATRŮČEK a kol., 2007). Klásky jsou 5–6,5 mm velké, kratičce stopkaté, zploštělé s jedním květem. Plodem Chrastice je obilka. Obilka měří 1,7 mm. Hmotnost tisíce semen se pohybuje kolem 0,8g. V ČR kvete chrastice červnu, červenci (UŠŤAK a kol., 2012). Na půdní reakci není zvláště citlivá. Je dobře přizpůsobivá půdní reakci v rozmezí pH od 4 do 7,5 s optimem kolem pH 5 (PETŘÍKOVÁ, 2006).

Vyznačuje se velkou odolností vůči drsným klimatickým podmínkám. Holomrazy ani pozdní jarní mrazíky jí neškodí. Také zastínění nebo krátké zaplavení snáší dobře (MALAŤÁK A VACULÍK, 2008).

Chrastice je nenáročná na předplodinu. Může se sít prakticky po všech předplodinách. Je vhodné zařadit ji na nezaplevelený pozemek. Vhodnou předplodinou jsou okopaniny hnojené chlěvským hnojem, luskovinoobilní směsky a obilniny, které následují buď po pícnině, nebo po ozimé řepce (STRAŠIL, 2011).

### 2.4.3 Agrotechnika, hnojení a výnosy

Agrotechnika záleží na tom, za jakým účelem se Chrastice pěstuje. Chrastici je možno pěstovat na semeno, píci nebo průmyslové využití. Na semeno se seje na přiměřeně vlhký pozemek s těžší půdou a s dostatkem živin do širších řádků 25 - 30 cm (PETŘÍKOVÁ a kol. 2006). Půda by měla být před setím dokonale připravena a uválena. Pozemek musí být nezaplevelený. Z plevelů jsou nejnebezpečnější plevele trávy jako je pýr plazivý (*Elytrigia repens*), lipnice obecná (*Poa trivialis* L.) a apod. Výsevek při pěstování na semeno činí 10 - 15 kg.ha<sup>-1</sup> (STRAŠIL, 2011). PETŘÍKOVÁ (2006) uvádí, že při setí na semeno činí výsek 8 - 10 kg.ha<sup>-1</sup>. Setí se provádí buď bez krycí plodiny časně z jara do 20. – 25. srpna, z důvodu jejího časného zakořenění do zimy. Anebo s krycí plodinou na podzim či na jaře. USŤAK a kol. (2012) jako krycí plodinu je vhodné použít například jarní pšenici, oves a snížit výsevní množství o 20 – 40 %. Dále tvrdí, že pokud má mít chrastice dobré podmínky pro vzcházení a dát již v prvním užitkovém roce plný výnos semene je nevhodnější termín výsevu brzy

na jaře. Chrastice dozrává ke konci července. Na semeno je ji třeba sklízet opatrně, neboť obilky dozrávají značně nestejně a snadno vypadávají. Výnosy semene se udávají 0,2 - 0,4 t.ha<sup>-1</sup> (HUTLA, 2004). Při pěstování Chrastice na píci (hmotu) se seje do užších řádků než při pěstování na semeno, přibližně 12,5 – 15 až 30 cm podle využití. Výsevek v čisté kultuře činí 20 - 25 kg.ha<sup>-1</sup> semene (USŤAK a kol., 2012). Pro zachování dobré kvality píce, je třeba její porosty sklízet ještě před metáním, kdy seno má vysoký obsah bílkovin. Po vymetání se rychle snižuje její stravitelnost. Obecně se uvádí, že Chrastice rákosovitá má průměrný obsah živin a horší stravitelnost než ostatní pícní trávy. Při pozdější sklizni se doporučuje zesilážovat. Obvyklé jsou dvě až tři seče za rok. (PETŘÍKOVÁ, 2006).

Porosty Chrastice určené pro energetické využití se zakládají obdobně jako na píci. Dobře založené porosty vydrží několik let. Z energetického a ekonomického hlediska je důležité, ve kterém termínu plodiny sklízet. Obecně největší nárůst fytohmoty je u většiny plodin v době po odkvetení nebo těsně po odkvětu. Po té dochází postupně k její ztrátě. V prvním termínu sklizně má fytohmota obsah vody v rozmezí 60-80 % a je tedy použitelná pouze na výrobu bioplynu. Pokud by se měla využít pro účely spalování, je třeba ji dosušovat, za příznivého počasí přímo na poli nebo uměle v sušárnách. Což vyžaduje vícenáklady. Při pozdně pozdním termínu je obsah vlhkosti chrastice i nadále většinou relativně vysoký (30-70 %), přesto výnos není o mnoho menší v porovnání s prvním termínem. (STRAŠIL, 2011).

Lesknici je doporučováno sklízet po zimě brzy na jaře, kdy mají rostliny nízký obsah vody 12 – 20 %. Takováto vlhkost je vhodná k přímému lisování do briket nebo pelet, skladování nebo okamžitému spalování (PETŘÍKOVÁ, 2006). Další výhodou sklizně po zimě je, že množství živin obsažených v rostlinách je na jaře poloviční v porovnání s rostlinami sklizenými například v srpnu. Jako důvod se uvádí translokace živin do kořenové části a jejich vyluhování během zimy (HUTLA, 2004).

Ani koncem listopadu není chrastice vhodná bez dosušování k okamžitému spalování. Obsah vody je v průměru kolem 50 % a jsou tedy 2 možnosti jak se zbavit do zimy přebytečné vody. Buď porost na podzim desikovat, nebo jej sklídit a uměle dosušit (KÁRA a kol., 2005).

Porost Chrastice je možné každý rok přihnojovat, nejlépe na jaře počátkem vegetačního období. Většina plodin pěstovaných pro spalování, stejně tak Chrastice, se sklízí pouze jedenkrát do roka. Z tohoto důvodu je dosahováno nižších výnosů, v porovnání s pěstováním na píci, kdy se seče obvykle dvakrát, výjimečně třikrát do roka. (USŤAK a kol., 2012).

Nejlépe se Chrastici rákosovité daří na těžších půdách s bohatou zásobou živin (PETŘÍKOVÁ, 2006). Ale s ohledem na fakt, že doporučená dávka dusíku obvykle nepřesahuje 100 kg na 1 ha a rok, lze tuto plodinu spíše považovat za méně náročnou na živiny. Existuje řada výsledků, které potvrzují, že se dá při pěstování Lesknice rákosovité dosahovat poměrně vysokých výnosů i bez hnojení dusíkem (5-7 t sena) (KUNCOVÁ, 2004). Obecně u nás na úrodnějších půdách postačují každoroční dávky N 50 až 80 kg.ha-1. Při hnojení musíme také uvažovat, jaká je zásoba živin v půdě, kde se plodina pěstuje a jakých výnosů se dosahuje na daném

stanovišti, tedy jak mnoho živin odchází z pole se sklizenou fytomasou. Při pěstování Chrastice k energetickým účelům lze porost založený na více let přihnojovat průmyslovými N, P, K hnojivy každoročně ihned po sklizni (USŤAK a kol., 2012).

Průměrné roční výnosy sušiny chrastice u nás a v okolních státech se pohybují v rozmezí 6 až 12 t.ha<sup>-1</sup>. Na uměle založených loukách se uvádí, že při hnojivé závlaze lze dosáhnout výnosu více než 15 tun na ha (STRAŠIL, 2011).

Pokusy VÚZT a OSEVY PRO s.r.o. Výzkumné stanice travinářské Rožnov Zubří ukazují výnosy tří odrůd Chrastice rákosovité (Palaton, Chrastava – dříve Lera, Chrifton) v několika termínech sklizně biomasy (rok 2006 a 2007), kde nejvyšší výnos zelené hmoty a sušiny ve všech termínech sklizně dosáhla Lesknice rákosovitá odrůda Palaton. Nejvyšší výnosy byly zaznamenány při srpnové sklizni na hnojených variantách (50 kg N.ha<sup>-1</sup>), kde v roce 2007 dosáhla odrůda Palaton výnosu sušiny 11,89 t.ha<sup>-1</sup>, odrůda Chrastava 11,76 t.ha<sup>-1</sup> a odrůda Chrifton pak 11,20 t.ha<sup>-1</sup>. Odrůda Palaton rovněž výnosově dominovala v obou letech při říjnové sklizni v druhé seči (porost po první seči v červnu), kde byl zaznamenán výnos 2,21 t.ha<sup>-1</sup> (2006) resp. 2,18 t.ha<sup>-1</sup> (2007).

Pokusy VÚRV na různých stanovištích (Ruzyně, Lukavec, Chomutov) a při různých dávkách hnojení (0 - 120kg N.ha<sup>-1</sup>) byly zjištěny následující průměrné hodnoty výnosů Chrastice rákosovité v letech 2009 - 2011 (viz tab. č. 2) . Jsou to výsledky jednorázové sklizně. Při dělené sklizni se celkové výnosy sušiny statisticky průkazně nelišily od jednorázové a jsou obvykle v přepočtu na sušinu pouze mírně vyšší, a to o cca 10 % (PETŘÍKOVÁ, 2006).

Tab. č. 3 Vliv hnojení na výnosy fytomasy chrastice (t.ha<sup>-1</sup>) přepočtené na sušinu na daných stanovištích za sledované období (pokusy VÚRV)

Stanoviště/rok	N0	N1	N2	N3	Průměr
<b>Ruzyně</b>					
2009	5,93	7,28	8,53	9,71	7,86
2010	5,0	6,94	11,11	12,5	8,89
2011	5,24	6,53	12,16	14,66	9,65
<b>Průměr 2009 – 11</b>	5,39	6,92	10,60	12,29	8,80
<b>Lukavec</b>					
2009	5,9	6,45	7,11	5,4	7,11
2010	7,37	7,12	9,12	9	8,15
2011	6,34	6,06	6,93	7,25	6,65

Stanoviště/rok	N0	N1	N2	N3	Průměr
<b>Průměr 2009 – 11</b>	6,54	6,54	7,22	7,80	7,15
<b>Chomutov</b>					
2009	-	5,45	7,26	7,71	6,81
2010	-	7,54	7,45	7,98	7,66
2011	-	8,01	9,35	10,84	9,40

Poznámky: hnojení N ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ): N0=0, N1=40, N2=80, N3=120 (Tabulka č. 2, zdroj: USŤAK a kol., 2012).

Na tabulce je vidět, že jako optimální z hlediska kompenzace odběru živin, je hnojení dusíkem v dávkách rozmezí 80 - 120 kg čistých živin na 1 ha. Víceleté průměrné výnosy nadzemní biomasy chrastice na různých stanovištích se pohybují v rozmezí 8 - 12 tun sušiny z 1 ha. Rovněž je vidět významný vliv jednotlivých ročníků, kdy obvykle jsou větší výnosy zaznamenány v letech s vyššími srážkami ve vegetačním období (USŤAK a kol., 2012). Dále je zřejmé, že Chrastice na stanovištích s chudšími půdami reaguje velmi dobře na zvyšování dávek N. K dosažení vysokých výnosů fytomasy, vyžaduje dostatek vláhy a také živin, hlavně N. Je patrné, že Chrastice, pokud je její porost dobře založen a ošetřován, vydrží na jednom stanovišti bez snížení výnosů fytomasy řadu let.

Pro zavádění chrastice hovoří nízká cena při zakládání porostů, žádné nebo minimální používání herbicidů nebo pesticidů, i další nízké přímé náklady. Nepřehlédnutelnou výhodou je také to, že se u nás dá pěstovat téměř ve všech klimatických podmínkách od nížin až po hory a dále, že lze používat při pěstování a sklizni běžnou zemědělskou techniku (HUTLA, 2004).

Chrastice rákosovitá obsahuje určité (i když velmi nízké) množství halucinogenních látek, byla tato plodina nařízením vlády č. 455/2009 Sb. zařazená od 1. 1. 2010 v Trestním zákoníku ČR do skupiny rostlin, jejichž pěstování je trestné (obdobně jako konopí seté). S ohledem na rozsáhlou rozšířenost přírodních porostů chrastice po celé ČR a prakticky po celé severní polokouli se tento čin jeví jako velmi nesmyslný a aplikace této legislativy byla v praxi prakticky nemožná. Navíc, doposud není znám ani jeden fakt zneužití této plodiny pro výrobu a prodej drog. Proto bylo původní ustanovení nařízení vlády č. 455/2009 Sb. účinností od 5. 1. 2012 novelizováno nařízením vlády č. 3/2012 Sb. a pěstování chrastice rákosovité není dále omezeno (USŤAK a kol., 2012).

## **2. 5. Szarvasi-1 (*Elymus elongatus*)**

### **2. 5. 1 Charakteristika**

Travina Szarvasi-1 pochází z města Szarvas ve východním Maďarsku, kde byla vyvinuta, jako specifická plodina určená k nahrazení kukuřičné siláže pro využití v bioplynových stanicích (CSETE a kol., 2011). SCHRABAUER (2010) uvádí také, že je Szarvasi-1 vhodná k spalování z důvodů nižší hladiny síry a dusíku než například obsahuje ozdobnice.

Její původ vychází ze zimní pšenice proto je tato plodina odolná proti jarním mrazíkům (JONÁK, 2012). Její odolnost proti vymrzání potvrzuje i HEISE (2011) a dodává, že tato tráva neklade velké nároky na půdu, klima, ani na množství srážek. CSETE a kol., (2011) poukazuje na výsledky šetření z Maďarska, Číny a Turecka, které potvrzují její výbornou snášenlivost na rozsah srážek v rozmezí 200 – 2100 mm ročně. Odrůda Szarvasi-1 zvládá letní teploty přesahující 30-35°C, v zimě pak klesající k minus 35°C.

JONÁK (2012) Szarvasi-1 je suchomilná trvalka vytvářející trsy s životností min. 5 let. CSETE a kol., 2011 udává životnost 10 – 15 let. Tato energetická rostlina je určena výhradně k použití do bioplynových stanic, nikoliv jako krmivo pro hospodářská zvířata. Použití této traviny má mnoho výhod. Szarvasi-1 je z pohledu krajiny neinvazivní, protierozní, a pro životní prostředí přijatelnější než kukuřice. Jedná se o energeticky výhodnou travinu, která v sobě obsahuje vyšší procento cukrů (JONÁK, 2012).

### **2.5.2 Botanická charakteristika**

Szarvasi-1 vytváří vláknité nitkové kořeny pronikající do půdní hloubky až 3,5m a to ve velkém množství (CSETE a kol., 2011). JONÁK (2012) tvrdí, že kořenový systém proniká až do hloubky 3m. Po jeho vytvoření je nenáročná na vodu a vytváří jí kvalitní půdu.

Stonek je šedo zelený řídce olistěn, robustný a lichý. Počet nodu je jen 2-4. Taktéž listy jsou šedo zelené, tuhé, 30cm dlouhé a 10cm široké s drsným povrchem na vrchní části intenzivně žebrované (Bikazugi mezőgazdasági nonprofit KFT, 2004). Stonky i listy jsou pokryty silnou pokožkou, což vysvětluje toleranci odrůdy vůči suchu. Výška stébla může být v optimálních růstových podmínkách 180-220 cm (CSETE a kol., 2011). Květenství se skládá z rovných, 20-30 cm dlouhých lichoklasů, složených z kláskových shluků. Klásek má 7-15 kvítků. Plodem je obilka

0,8 až 1,2cm velká ve tvaru kopí a HTS 2,8-3,5g (Bikazugi mezőgazdasági nonprofit KFT, 2004).

### 2.5.3 Agrotechnika, sklizeň

Szarvasi-1 se doporučuje sít na přelomu března až dubna (první sklizeň v září). Během jara a léta se u rostliny vyvine kořenový systém, který ji umožňuje získat dostatek vlhkosti a živin z půdy (JONÁK, 2012). CSETE a kol., 2011 udávají doporučený termín pro vysetí Szarvasi-1 od 1. do 20. září.

JONÁK (2012) pokud se výsev provádí na přelomu září, říjen je první sklizeň v tomto případě v červnu následujícího roku. Příprava pole před setím je obdobná, jako u kukuřice či jiné vytrvalé trávy. Pole je potřeba zorat, vyrovnat, vyhnojit.

Semena se vysévají do hloubku 2–2,5 cm a vzdálenosti mezi řádky 12-15 cm, přičemž výsevek činí 30 – 40 kg/ha (CSETE a kol., 2011). Spotřebu osiva 30 kg/ha udává i JONÁK (2012) a zároveň klade důraz na dodržování setí do hloubky 1cm s následným uvalením půdy. To z důvodu lepšího vzniku kontaktu semen s půdou. První markantní zviditelnění rostliny na poli může pozorovat v 14 – 21 dnech. Výrazný nárůst traviny nastává vždy měsíc před sklizní.

Půdní požadavky na obsah živin, vody v půdě a její texturu jsou obdobné jako u obilnin. Vzhledem k biotopu výskytu lze soudit, že Szarvasi-1 preferuje raději alkalické půdy s pH 6,5 až 10. Může ovšem také vykazovat výraznější produkci biomasy i při neutrálních hodnotách pH, obdobně jako nejběžnější obilniny. Dobré produkci biomasy nebrání ani mírně kyselé půdy do 5,5 pH. Pod touto hranicí dochází k negativnímu ovlivnění výnosu. Nejrychleji se vyvíjí na lehkých půdách ve srovnání s půdami středními a těžkými (CSETE a kol., 2011).

Sklizeň Szarvasi-1 se provádí klasickou řezačkou na kukuřici. Před první sklizní po zasetí výška rostliny dosahuje 1,2 m v sušině 33 %. U takového porostu je prokázána výtěžnost cca 20 t/ha. Před založením porostu a po sklizni je doporučeno hnojení digestátem z bioplynových stanic (15 m<sup>3</sup>/ha), případně se dá využít i organické hnojení (JONÁK, 2012).

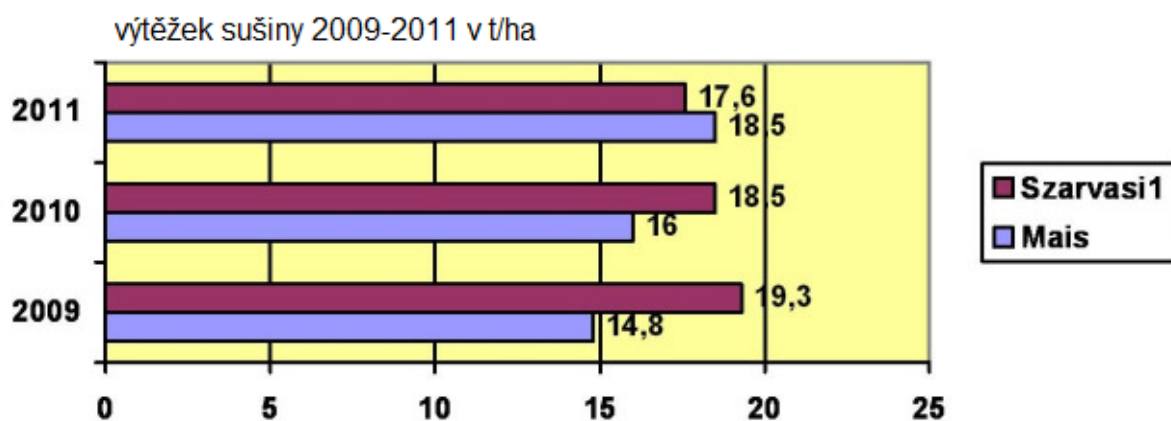
V následujícím roce po první sklizni a dalších letech se nejčastěji provádí sečení dvakrát ročně, první od poloviny do konce června a druhá od poloviny do konce září. Vždy ve stádiu plně vyvinuté laty se zhruba 28-32% sušinou s výškou strniště 10 - 15 cm (HEISE, 2011). Szarvasi-1 sklizena v červnu dosahuje výšky

1,7 m, sušiny 33 % a výtěžnosti 40 t/ha. V září pak dorůstá 1,2 m s prokazatelným výnosem 20 t/ha. Takto sklizená biomasa se využívá pro následnou výrobu bioplynu (JONÁK, 2012)

#### 2.5.4 Výnosy

V Zemědělském vzdělávacím středisku v Triesdorfu byl proveden pokus s energetickými rostlinami (graf č. 3). Konkrétně mezi Szarvasi-1 a kukuřicí byl porovnáván výtěžek sušiny těchto rostlin vhodných jako surovina do BPS. Na základě zkušeností z BPS z Německa, lze jasně říct, že Szarvasi-1 plně nahrazuje kukuřičnou siláž. Indikativní úspora nákladu na 1t při 5 letém cyklu v porovnání s kukuřicí je 45 % (JONÁK, 2012).

Graf č. 2 Porovnání výtěžku sušiny Szarvasi-1 a Kukuřice



Zdroj: JONÁK, 2012



### 3. Cíle práce

Cílem práce bylo porovnat produkční potenciál energetických rostlin Lesknice rákosovité a Szarvasi-1 (výnos sušiny i čerstvé hmoty). Porovnat výsledky z terénu s literárními údaji.

Dílčí cíle:

1. Porovnat výnosy fytomasy *Elymus elongatus* a *Phalaris arundinacea* L. na základě rozdílných intenzit hnojení
2. Posoudit ekonomickou rentabilitu sklizně pro přímé spalování z hlediska výnosu sušiny
3. Porovnat rozdíly v termínech sklizně z hlediska obsahu vody a ztrát na sušině
4. Stanovit optimální termín seče při zamýšleném využití k přímému spalování
5. Porovnat získané výsledky s literárními údaji

Hypotézy:

1. Výnosy sušiny *Elymus elongatus* jsou v porovnání s *Phalaris arundinacea* L. vyšší
2. Rozdílné intenzity hnojení se na výši výnosů sušiny projeví

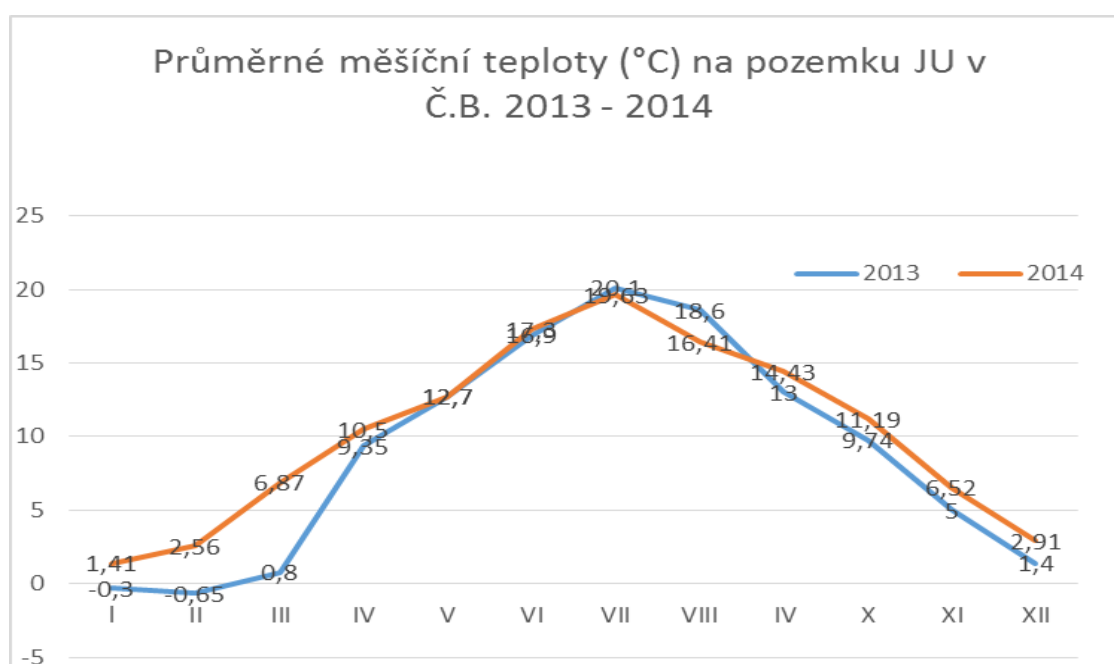
## 4. Materiál a metodika

Pokusy probíhaly na pozemku Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích nacházející v obilnářské výrobní oblasti s nadmořskou výškou cca 380 metrů. Bližší charakteristika místních klimatických podmínek oblasti a průměrné měsíční srážky, teploty jsou uvedeny v následující tabulce (č. 4) a grafech (č. 3, 4). Data byla získána z meteorologické stanice nacházející se na témže pozemku JU.

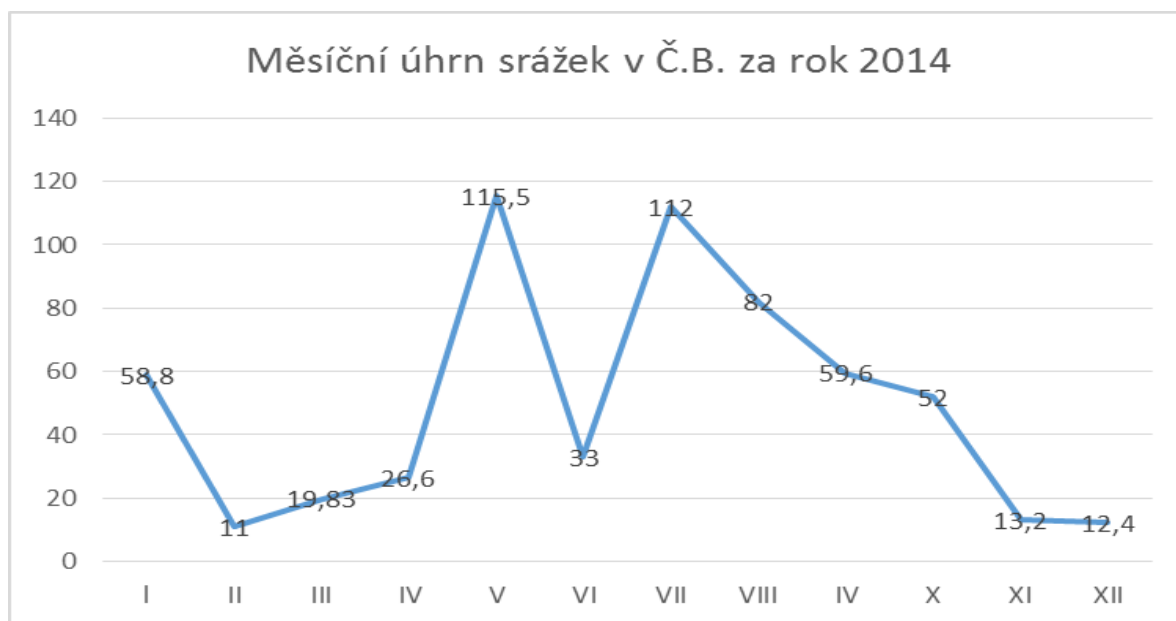
Tabulka č. 4

	České Budějovice
Nadmořská výška (m. n. m.)	cca 380m
Zemědělská výrobní oblast	Obilnářská
Půdní druh	Písčitohlinitý
Půdní typ	Kambizem psedoglejová
pH půdy (KCl)	6,4
Průměrná teplota vzduchu 2014	10,2°C
Celkový úhrn srážek 2014	596 mm

Graf č 3. Průměrné měsíční teploty (°C) na pozemku JU v Č.B. 2013 - 2014



**Graf č.4 Měsíční úhrn srážek (mm) v Č.B. za rok 2014**



(zdroj: data z meteorologické stanice ZF v JU)

#### **4.1 Příprava pozemku na založení porostu**

Na pozemku bylo založeno 72 maloparcelkových pokusů pro účely sledování porostů Lesknice rákosovité a Szarvasi-1. Část políček o rozměrech 8m x 1,25m (10m<sup>2</sup>) byla založena na podzim a část na jaře. Třetina parcel byla obhospodařována dvousečně za účelem zisku fytohmoty, sloužící jako surovina pro BPS (v tabulce č. 5 jsou parcely označeny jako Bioplyn – podzim). Zbylé dvě třetiny parcel představovaly porosty, které byly pěstovány s cílem zisku fytohmoty vhodné pro přímé spalování. A právě tyto posledně jmenované trávy, byly předmětem mých pokusů a bakalářské práce.

Parcely byly rozděleny do třech variant dle intenzity hnojení. První varianta byla přihnojována dávkami minerálních hnojiv dle předem stanovené metodiky a označena jako varianta intenzivní. Ve druhé variantě byly parcely přihnojovány digestátem. Poslední třetí varianta byla ošetřována extenzivně (bez dodávek hnojiv a bez použití herbicidů).

Před založením políček Lesknice rákosovité a Szarvasi-1 byla nejdříve provedena likvidace staré kultury, kterou byla monokultura ovsíku a sveřepu. Na tyto

trávy byl aplikován neselektivní herbicid Roundup. Po chemickém ošetření porostu následovala středně hluboká orba, jako první část předset'ové přípravy pozemku. Po té byla ornice opakovaně vláčená, čímž bylo dosaženo její urovnání a rozmělnění. Podle přiloženého plánu byla jednotlivá políčka vyměřena, tak že mezi sebou jednotlivé soustavy trav měly mezeru na šířku a délku 1m.

**Tabulka č. 5 Plán parcelk**

Spalování (podzim)			Bioplyn (podzim)			Spalování (jaro)			
Diges tát	Inten zivní	Exten zivní	Diges tát	Intenzi vní	Exten zivní	Diges tát	Inten zivní	Exten zivní	
L	L	L	L	L	L	L	L	L	8
S	S	S	S	S	S	S	S	S	7
L	L	L	L	L	L	L	L	L	6
S	S	S)	S	S	S	S	S	S	5
L	L	L	L	L	L	L	L	L	4
S	S	S	S	S	S	S	S	S	3
L	L	L	L	L	L	L	L	L	2
S	S	S	S	S	S	S	S	S	1

#### 4.2 Varianta jaro 2013 – spalování

Těsně před samotným setím **17. 4. 2013** byla aplikována hnojiva superfosfát trojitý (300kg/ha) a síran amonný (200kg/ha) a to u všech třech variant hnojení. Následně byla vysetá Lesknice rákosovitá v množství 50 g na políčko. Doporučený výsevek je zhruba 20 – 25 kg/ha osiva. Vzhledem k nízké klíčivosti (zjištěných dle orientačních zkoušek klíčivosti) byl výsevek navýšen na 50 kg/ha osiva. Výsevek Szarvasi-1 činil 35g na políčko a byl proveden společně s krycí plodinou ječmene jarního s výsevkiem 250 g na parcelku. Poté byla zasetá políčka pečlivě uvalena.

Při průběžné inventarizaci pozemku bylo pozorováno značné zaplevelení ((především peníze rolní (*Thlapsi arvensis* L.) a kokoška pastuší tobolka (*Capsella*

*bursa-pastoris* L.)). Z tohoto důvodu byl **7. 6. 2013** postříkán porost proti dvouděložním plevelům herbicidem Starane 250 EC dávkou dle návodu. O týden později byla provedena odplevelovací seč, kterou byl pokosen i porost ječmene jarního (*Hordeum vulgare* L.).

Dne **5. 9. 2013** byly trávy přihnojené LAD (ledkem amonným) v dávce 100kg/ha, v našem případě tedy připadlo 100g na parcelku.

Po roce od založení **17. 4. 2014** byl aplikován herbicid proti dvouděložním plevelům (Starane 250 EC).

Hnojení políček bylo realizováno **24. 4. 2014** a to dle stanovených variant hnojení.

- 1) V intenzivní variantě bylo dodáno 0,3kg síranu amonného/10 m<sup>2</sup> a 0,0625kg superfosfát trojitý/10 m<sup>2</sup>, 0,0625kg draselná sůl/10 m<sup>2</sup>, LAD (ledek amonný) v množství 100 g/parcelku.
- 2) V extenzivní variantě jsme neaplikovali žádné hnojivo.
- 3) U varianty hnojené digestátem jsme ředili tento odpadní produkt z bioplynové stanice v objemu 7 litrů a 7 litrů vody. Celkem bylo aplikováno na jednotlivá políčka 28 litrů digestátu.

Na základě agrobiologické kontroly **19. 5. 2014** a zjištění zaplevelení pozemku, byl opětovně porost mimo extenzivní varianty ošetřen herbicidem Starane 250 EC.

Dne **17. 3. 2015** proběhla seč varianty na spalování. Z každé parcelky byl vždy odebrán vzorek fytomasy pomocí dřevěného čtverce o velikosti 1 m<sup>2</sup>. Následně byli trávy zváženy, sušeny a znovu zváženy. Na základě hmotnostních údajů byla přepočtem stanovena váha čerstvé hmoty a sušiny.

Na jaře po seči **24. 4. 2015** byla aplikována hnojiva dle hnojené varianty.

- 1) V intenzivní variantě jsme dodali 0,3kg síran amonný/10 m<sup>2</sup> a 0,0625kg superfosfát trojitý/10 m<sup>2</sup>, 0,0625kg draselná sůl/10 m<sup>2</sup>, LAD (ledek amonný) v dávce 0,15kg/parcelku
- 2) V extenzivní variantě jsme neaplikovali žádné hnojivo
- 3) U varianty digestát jsme smíchali tento odpadní produkt z bioplynové stanice v objemu 7 litrů a 7 litrů vody. Celkem bylo aplikováno na jednotlivá políčka vždy 28 litrů digestátu.

### 4.3 Varianta podzim 2013 – spalování

Samotný postup založení této podzimní od jarní varianty se nepříliš liší, ale pro přehlednost a úplnost je zde také uveden.

Na zoraný a zvláčený pozemek byla **30. 8. 2013** aplikována hnojiva superfosfát trojitý (300kg/ha) a síran amonný (300kg/ha) a to u všech tří variant hnojení. Následně byla vysetá Lesknice rákosovitá v množství 50 g na políčko (klíčivost 30%) a Szarvasi-1 v množství 35g na políčko. Po té byla zasetá políčka uválena. Oproti jarní variantě byly založeny 2 soustavy parcel. Jedna na bioplyn a jedna na spalování.

Dne **5. 9. 2013** byly trávy přihnojené LAD (ledkem amonným) v dávce 100kg/ha a SA (síranem amonným) v množství 200kg/ha v našem případě tedy připadlo 100g a 200g na parcelku.

Dne **1. 4. 2014** provedená seč pro výnos a **8. 4. 2014** byly trávy kompletně pokoseny prstovou žací sekačkou a odklizeny z pozemku.

Po roce od založení porostu **17. 4. 2014** byl aplikován herbicid proti dvouděložním plevelům Starane EC

Hnojení políček bylo provedeno **24. 4. 2014** a to dle hnojené variaty.

- 1) V intenzivní variantě jsme dodali 0,3kg síran amonný/10 m<sup>2</sup> a 0,0625kg superfosfát trojitý/10 m<sup>2</sup>, 0,0625kg draselná sůl /10 m<sup>2</sup>, LAD (ledkem amonným) v dávce 0,1 kg/parcelku
- 2) V extenzivní variantě jsme neaplikovali žádné hnojivo
- 3) U variaty digestát jsme smíchali tento odpadní produkt z bioplynové stanice v objemu 7 litrů a 7 litrů vody. Celkem bylo aplikováno na jednotlivá políčka vždy 28 litrů digestátu.

Na základě agrobiologické kontroly **19. 5. 2014** a zjištění zaplevelení pozemku zejména pak například Penízkiem rolním, byl opětovně porost mimo extenzivní varianty postříkán herbicidem Starane.

Dne **17. 3. 2015** byla vykonaná seč varianty na spalování.

Na jaře po seči **24. 4. 2015** byla aplikována hnojiva dle hnojené varianty.

## 6. Výsledky a diskuse

Na pozemku JU v Českých Budějovicích byly průběžně odebírány vzorky energetických trav Lesknice rákosovité (*Phalaris arundinacea* L.) a Szarvasi-1 (*Elymus elongatus*) od doby jejich vysetí do 17. 3. 2015. U jarní variaty (založené 17. 4. 2013) byly provedeny 4 kontrolní seče pro stanovení výnosu fytomasy. V případě podzimní varianty (založené 30. 8. 2013) pak 2. Z odebraných vzorků jsme vážením zjistili hmotnost čerstvé biomasy. Jejím sušením pak bylo získáno množství sušiny a vypočten její procentuální podíl. Výnosy jak čerstvé hmoty, tak sušiny byly přepočítány a jsou uváděny t/ha.

Naše trávy jsou pěstovány s cílem zisku fytomasy a jejím následným využitím pro výrobu energie metodou přímého spalování. Proto byl určen z následujících důvodů hlavní termín sklizně v předjaří (17. 3.2015), ostatně jak mnozí autoři doporučují. Tedy v době, kdy porost obsahuje nejméně vody, která snižuje výhřevnost. Zde platí, že čím méně vody ve fytomase, tím větší výhřevnost. Vysoký obsah sušiny je totiž velmi příznivý pro přímé spalování. Fytomasa se nemusí dosoušet a nedochází potom k nárůstu nákladů s tím spojených. Dle HUTLI (2004) lze trávy jako surovinu pro spalování sklízet již na podzim, pak je však nutné je desikovat a dosoušet. V případě, že to půdně-klimatické podmínky a sněhové poměry umožní, lze porosty sklízet i v průběhu zimního období. Z čehož zároveň vyplývá i odpověď na 4. dílčí cíl, že nejvhodnější termín sklizně k přímému spalování je těsně po zimě, začátkem jara. Do doby než začnou trávy znovu růst (obrážet).

Další přednost jarní sklizně u energetických trav spočívá v tom, že přes zimu dojde k přemístění živin zpět do kořene, o které by se jinak v létě či na podzim při seči přišlo (ANDERSSON a LINDVALL, 1997). S tím souhlasí i STRAŠIL a kol. (2011) a dodává, že pozdějším termínem sklizně se snižuje obsah draslíku, chloru a síry ve fytomase chřastice, ale i u dalších plodin určených pro spalování, oproti raným termínům sklizně. SCHRABAUER (2010) uvádí, že je Szarvasi-1 vhodná k spalování právě z důvodů nižší hladiny síry a dusíku než například obsahuje Chřastice rákosovitá. Dále STRAŠIL a kol. (2011) píše, že množství živin sklizených na jaře je téměř poloviční v porovnání s rostlinami sklizenými v srpnu. U pozdních termínů (březen) jsou zaznamenány nižší emise SO<sub>x</sub> a NO<sub>x</sub> neboť se při spalování

fytomasy zvyšuje spékání popela. (Popel z fytopaliv lze stejně jako digestát použít na hnojení).

**Tabulka č. 6 Obsah sušiny v % Lesknice rákosovité a Szarvasi-1**

Sušina (%)				
	Lesknice rákosovitá		Szarvasi-1	
<b>Extenzivní</b>	42	<b>82</b>	42	<b>75</b>
<b>Intenzivní</b>	44	<b>85</b>	43	<b>82</b>
<b>Digestát</b>	42	<b>85</b>	42	<b>77</b>
Sklizeň:	6. 10. 2014	<b>17. 3. 2015</b>	6. 10. 2014	<b>17. 3. 2015</b>

Z tabulky č. 6 je patrné, že v tomto případě nemá rozdílná intenzita hnojení vliv na procentuální zastoupení sušiny, která odpovídá přibližným očekáváním v daných termínech. Nými zjištěné údaje jsou v souladu s tvrzením HAVLÍČKOVÉ (2008) o tom, že na jaře má Lesknice minimálně 80% sušiny. Obdobné výsledky vlhkosti okolo 18% má i KÁRA a kol. (2005).

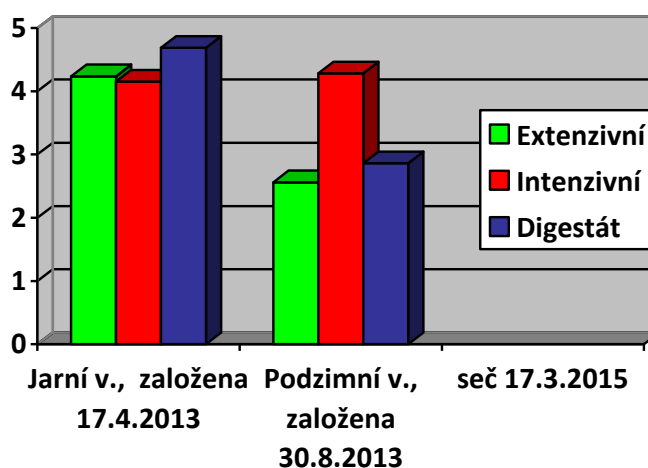
Szarvasi-1 je energetická tráva od které se očekává, že by mohla být alternativou k erozně nebezpečné kukuřici používané dnes jako hlavní surovina do bioplynových stanic (JONÁK, 2012). FUKSA (2009) udává jako maximální přijatelnou vlhkost ve fytohmotě určenou pro spalování 20%. Ve zkušebních porostech by měl být obsah vody ještě nižší (max. 8%). V námi zjištěných výsledcích Szarvasi-1 přesáhla 80% hranici sušiny na jaře (17. 3.) jen v jednom případě. Naopak Lesknice rákosovitá přesáhla hranici 80% sušiny pokaždé (viz tab. č. 6). Dle PETŘÍKOVÉ (2006) je Chrastice rákosovitá vhodná ke spalování, totéž píše SCHRABUER (2010) o Szarvasi-1.

Stejně důležitým ukazatelem vhodnosti energetických trav pro spalování po obsahu sušiny/vody je její hektarový výnos. Hranice ekonomické rentability při



pěstování trav pro přímé spalování představuje výnos vyšší jak 12 t/ha sušiny (BERNAS 2010, KOPECKÝ 2010).

**Graf č. 5 Výnosu sušiny Lesknice rákosovité založené na jaře a podzim (t/ha)**

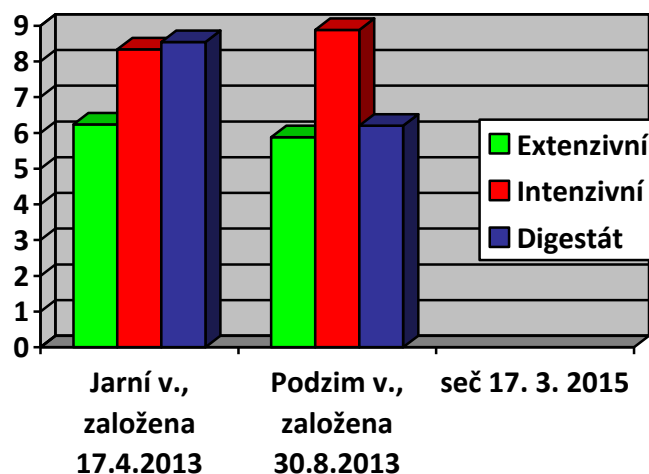


Z důvodů možnosti objektivnějšího porovnání výsledků (a rozdílného termínu založení trav) byly porosty Lesknice rákosovité i Szarvasi-1 vysety dvakrát. Poprvé na jaře (označeno: jarní varianta – 17. 4. 2013) a po druhé na podzim (označeno: podzimní varianta – 30. 8. 2014).

U jarní varianty Lesknice rákosovité byl po 2 letech od založení dosažen takřka stejný výnos (cca 4,5 t/ha sušiny) bez ohledu na intenzitu hnojení. Jak vyplývá z grafu č. 4, co se týká podzimní varianty, tak srovnatelnou sklizeň (cca 4,5 t/ha sušiny) s dříve založeným porostem má jen intenzivně hnojená Lesknice. Což je dáno pravděpodobně kratší dobou od založení (1,5roku). PETŘÍKOVÁ (2006) uvádí, že v okolních státech je dosahováno výnosů sušiny Lesknice od 4 do 9 t/ha a při hnojivé závlaze je možno dosáhnout i dvojnásobných výnosů. HUTLA (2004) dodává, že ve Švédsku, kde je osetá na více než 1 000 ha, dosahuje Chrastice rákosovitá výnosů sušiny kolem 7,5t/ha. LEWANDOWSKI a kol. (2003) udávají sklizeň 12t/ha sušiny. Zároveň porovnávají *Phalaris arundinacea* L. s dalšími travami pěstovanými za účelem zisku fytohmoty jako *Panicum virgatum*, *Miscanthus*

ssp., *Arundo donax*. A přesto, že má z těchto rostlin nejmenší výnos, jako jediná je schopná růstu v oblastech s tuhými zimami a krátkým obdobím růstu.

**Graf č. 6 Výnos sušiny Szarvasi-1 v založené na jaře a podzim (t/ha),**



U Szarvasi-1 můžeme pozorovat stejný trend, jako tomu bylo u podzimní varianty Lesknice rákosovité. Pouze intenzivní varianta se může svým výnosem rovnat dříve založenému porostu (na jaře 2013). Průměrná sklizeň hnojených variant (extenzivní, digestát) se pohybuje kolem 8,5 t/ha sušiny a u nehnojených kolem 6 t/ha sušiny. Za jiným účelem než k přímému spalování byla Szarvasi-1 založená i v jiných lokalitách. Například v Triesdorfu, Wesheimu (obě SRN). GEIßENDÖRFER (2013) udává výnos sušiny Szarvasi-1 v „Triesdorfském pokusu s energetickými plodinami“ od 17,6 t/ha do 19,58 t/ha. VÖLKLEIN (2013) pak udává průměrný výnos sušiny při dvousečné sklizni 10,5 t/ha z oblasti Westheim.

Z parcelek v extenzivní variantě bylo v průměru získáno 6 t/ha sušiny. Obdobný údaj srovnatelný co do staří a výnosu s naším, udává NĚMEC (2014). Dle NĚMCE (2014) činila sklizeň sušiny Szarvasi-1 v prvním užitkovém roce v lokalitě Střílky 4,96 t/ha. Domnívá se, že takto nízký výnos byl především z důvodu dlouho trvající zimy, která trávu oslabila.

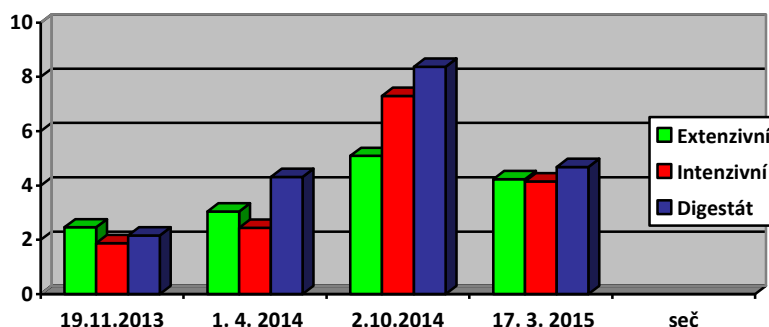
**Tabulka č. 7 Výnos sušiny (t) trav**

	Lesknice rákosovitá	Szarvasi-1
Extenzivní	4,24	6,24
Intenzivní	4,15	8,34
Digestát	4,68	8,54
Sklizeň:	17. 3. 2015	17. 3. 2015

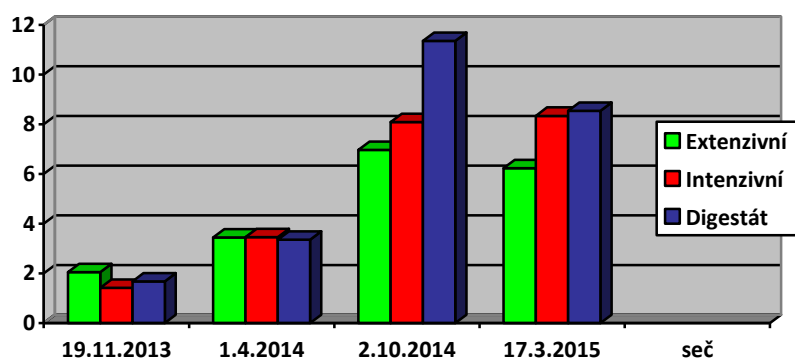
Ekonomika pěstování je z pohledu potenciálních pěstitelů klíčovou otázkou a v konečné fázi ovlivňuje jejich rozhodnutí o tom, zda budou rostliny za určitým účelem pěstovat či nikoliv (STRAŠIL a kol., 2011). Na základě tabulky č. 7 je možné konstatovat, že nebylo dosaženo obecně udávané hranice ekonomické rentability 12 t/ha, jak uvádějí (BERNAS 2010, KOPECKÝ 2010). Je ovšem nutné přihlídnout k stáří porotu (v tomto případě 2 letý), případně k vlivu stanoviště a ročníku. Dle STRAŠILA a kol. (2011) je u energetických trav finanční návratnost možná až 3. rok od založení. SCHRABAUER (2010) tvrdí, že Szarvasi-1 přináší plný výnos již v druhém roce od založení. V tomto případě se nám však podobného výsledku dosáhnout nepodařilo. Tato sklizeň (pro přímé spalování) tedy není z hlediska výnosu sušiny ekonomicky rentabilní. Mimo to bychom museli Szarvasi-1 dosoušet. A to z důvodu vysoké vlhkosti fytomasy (viz tab. č. 6), což je energeticky náročné a došlo by tak ke snížení poměru energie vložené ku získané.

Z dat v tabulce č. 7 vyplývá, že průměrné výnosy Szarvasi-1 dosáhly (mimo extenzivní variantu) téměř dvojnásobného výnosu sušiny (v průměru 7,7 t/ha) oproti Lesknici (v průměru 4,35 t/ha). Čímž se potvrzuje hypotéza č. 1, tedy že hektarový výnos sušiny *Elymus elongatus* je v porovnání s *Phalaris arundinacea* L. vyšší. Zároveň je možné konstatovat, že rozdílná intenzita hnojení se na výši výnosu sušiny zásadně neprojevila. Proto lze vyvrátit hypotézu číslo 2.

**Graf č. 7 Průměrné výnosy sušiny (t/ha) Lesknice po průběžných odběrech**



**Graf č. 8 Průměrné výnosy sušiny (t/ha) Szarvasi-1 po průběžných odběrech**



Na grafech číslo 5 a 6 je možné pozorovat průběžné výnosy sušiny trav od založení (17. 4. 2013). Jak vidno, charakter tvorby sušiny je jak u Lesknice tak Szarvasi-1 obdobný. Po první zimě od založení došlo k nárůstu množství sušiny (1. 4. 2014). Předpokládá se, že je to z důvodu teplé zimy. Teplotní průměr činil v měsíci prosinci i lednu 1,41°C a únoru dokonce 2,56°C (viz graf. č. 3). Množství sklizené sušiny (v termínu 1. 4. 2014) bylo ovlivněno i nárůstem plevelných rostlin. Ty často v prvním roce po založení významně přispívají k vyššímu výnosu sušiny. Nejvyšších výnosů sušiny u Lesknice i Szarvasi-1 bylo dosaženo u variant hnojených digestátem.

Tabulka č. 8

Lesknice rákosovitá							
	2. 10. 2014			17. 3. 2015			
	Čerstvá hmota	Sušina	Sušina (%)	Čerstvá hmota	Sušina	Sušina (%)	Ztráta sušiny (%)
<b>Extenzivní</b>	12,76	<u>5,09</u>	41	5,24	<u>4,235</u>	81	17
<b>Intenzivní</b>	18,94	<u>7,3</u>	40	4,87	<u>4,152</u>	82	43
<b>Digestát</b>	21,22	<u>8,37</u>	41	5,51	<u>4,65</u>	85	44

Tabulka č. 9

Szarvasi-1							
	2. 10. 2014			17. 3. 2015			
	Čerstvá hmota	Sušina	Sušina (%)	Čerstvá hmota	Sušina	Sušina (%)	Ztráta sušiny (%)
<b>Extenzivní</b>	17,4	<u>6,97</u>	42	8,26	<u>6,235</u>	75,5	11
<b>Intenzivní</b>	20,3	<u>8,09</u>	41	10,17	<u>8,34</u>	82	+3
<b>Digestát</b>	25,2	<u>11,35</u>	45	11,09	<u>8,54</u>	77	25

Významnou roli z hlediska výnosů sušiny a konečné ekonomické rentability hrají ztráty sušiny v průběhu zimního období. Při jarní sklizni je třeba počítat se ztrátami 25-40% sušiny. Velikost ztrát závisí především na charakteru sněhové pokrývky a nadmořské výšce (HAVLÍČKOVÁ a kol., 2008). Obecně lze konstatovat, že ztráty sušiny jsou závislé na charakteru počasí v průběhu zimy. K největším ztrátám na sušině došlo u variaty hnojené digestátem a to zejména u Lesknice (44%). Z tabulek č. 8, 9 je patrný procentuální nárůst obsahu sušiny přes zimu, z přibližně 41 % na 80 %.

Dle literatury (PETŘÍKOVÁ a kol., 2006 a HAVLÍČKOVÁ, 2008) má Chrastice spalné teplo 17,5 MJ/kg a výhřevnost 15 MJ/kg. Server Bikazugi mezögazdasági nonprofit KFT, 2004 uvádí o Szarvasi-1, že dosahuje výhřevnosti 14-17 MJ z kg sušiny, což se blíží hodnotám RRD nebo hnědého uhlí.

## 7. Závěr

Na závěr bych chtěl stručně shrnout výsledky mé práce, ve které jsme ověřovali výnosy potenciál a vhodnost vybraných energetických trav k přímému spalování.

Z průběžných kontrolních sečí bylo zjištěno, že nejvhodnější termín sklizně pro přímé spalování je koncem zimy až v předjaří. A to na základě procentuálního zastoupení sušiny ovlivňující ekonomiku spalování trav a na základě obsahu prvků v rostlinách mající vliv na zastoupení živin v půdě. Navíc je žádoucí nízký obsah popele a prvků jako jsou křemík, draslík a chlór ve sklizené fytomase. Chlór při spalování způsobuje korozi spalovacích zařízení a popel se při vysokém obsahu uvedených prvků i při poměrně nízkých teplotách taví a spéká. U Lesknice rákosovité bylo dosaženo průměrného obsahu sušiny 84% a u Szarvasi-1 78% (sklizeň 17. 3. 2015). Nižší vlhkost Lesknice je dána tím, že je odolná proti polehání, její listy vyrůstají ze stébel a nevytváří trsy jako většina trav. Tudíž rychleji vysychá především v průběhu zimy.

Nejvyšších výnosů sušiny u Lesknice i Szarvasi-1 bylo dosaženo u variant hnojených digestátem. U Szarvasi-1 8,54 t/ha a Lesknice 4,65 t/ha sušiny. Intenzivní varianta měla výnos sušiny jen nepatrně menší (Szarvasi-1 8,34 t/ha, Lesknice 4,15t/ha). Nejnižší výnos sušiny byl získán u extenzivní varianty trav, a to 6,23 t/ha Szarvasi-1 a 4,23 t/ha Lesknice rákosovité.

Na základě výnosů sušiny Szarvasi-1 (8,54 t/ha, 8,34 t/ha, 6,23 t/ha) a Lesknice (4,65 t/ha, 4,15t/ha, 4,23 t/ha), lze konstatovat, že rozdílná intenzita hnojení se na výši výnosu zásadně neprojevila. Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší sklizní činil u Szarvasi-1 27% a u Lesknice rákosovité 11%. Výše uvedené výsledky byly dosaženy u porostu založeného na jaře (17. 4. 2013).

Porosty založené na podzim (30. 8. 2013) dosahovaly v porovnání s porosty založenými na jaře (17. 4. 2013) téhož roku zhruba o 1/3 menší výnos (viz. Graf č. 5,6). Pro srovnání, intenzivně hnojená varianta Szarvasi-1 založená na podzim, měla výnos sušiny 5,88 t/ha a stejná varianta založená na jaře 8,54 t/ha sušiny. U stejně hnojené varianty Lesknice rákosovité tomu bylo 2,56 t/ha sušiny v podzimní variantě a 4,65 ve variantě jarní. Obdobný výsledek byl dosažen extenzivní variatou. Porost

Lesknice rákosovité založený na podzim, měl průměrný výnos sušiny 2,56 t/ha a porost založený na podzim 4,23 t/ha sušiny. Stejný nebo dokonce vyšší výnos sušiny dosáhla varianta hnojená digestátem. U Szarvasi-1 založené na podzim bylo dosaženo sklizně sušiny ve výši 8,8 t/ha (na jaře 8,34 t/ha) a u Lesknice rákosovité 4,28 t/ha (na jaře 4,15 t/ha).

Průměrný výnos sušiny Lesknice rákosovité byl 4,35 t/ha a Szarvasi-1 7,7 t/ha. Načež bylo konstatováno, že tato sklizeň energetických rostlin není ekonomicky rentabilní. A to hlavně vzhledem ke stáří porostu (2 a 1,5 roku).

K největším ztrátám sušiny přes zimu došlo u trav hnojených digestátem. U Lesknice rákosovité ztráta sušiny činila 44 % (v. digestát), 43 % (intenzivní v.), 17 % (extenzivní v.). U Szarvasi-1 došlo ke ztrátě sušiny 25 % (v. digestát), 11% (v. extenzivní).



## 8. Seznam odborné literatury

- 1) ANDERSSON, B., LINDVALL, E. (1997) Use of biomass from Reed Canary Grass (*Phalaris arundinacea*) as raw material for production of paper pulp and fuel. [http://www.internationalgrasslands.org/publications/pdfs/1997/1\\_03\\_003.PDF](http://www.internationalgrasslands.org/publications/pdfs/1997/1_03_003.PDF)
- 2) ANONYMUS. Pracovní seznam používaných a potencionálních energetických plodin [online]. c 2006 [cit. 2012-03-14]. Průhonice: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví. Dostupné z WWW: <[http://www.vukoz.cz/index.php?p=seznam\\_plodin&site=default](http://www.vukoz.cz/index.php?p=seznam_plodin&site=default)>.
- 3) BERNAS, J. Energetické využití trav. České Budějovice, 2010. Bakalářská práce. JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH. Vedoucí práce Ing. Jan Moudrý, Ph.D.
- 4) CSETE, Sándor et al. Tall Wheatgrass Cultivar Szarvasi-1 (*Elymus elongatus* subsp. *ponticus* cv. Szarvasi-1) as a Potential Energy Crop for Semi-Arid Lands of Eastern Europe. Sustainable Growth and Applications in Renewable Energy Sources, Dr. Majid Nayeripour (Ed.) Rijeka, Croatia: InTech, 2011. ISBN 978-953-307-408-5. Dostupné z: [http://cdn.intechopen.com/pdfs/24435/InTechTall\\_wheatgrass\\_cultivar\\_szarvasi\\_1\\_elymus\\_elongatus\\_subsp\\_ponticus\\_cv\\_szarvasi\\_1\\_as\\_a\\_potential\\_energy\\_crop\\_for\\_semi\\_arid\\_lands\\_of\\_eastern\\_europe.pdf](http://cdn.intechopen.com/pdfs/24435/InTechTall_wheatgrass_cultivar_szarvasi_1_elymus_elongatus_subsp_ponticus_cv_szarvasi_1_as_a_potential_energy_crop_for_semi_arid_lands_of_eastern_europe.pdf)
- 5) FRYDRYCH, J; CAGAŠ, B; MACHÁČ, J. Energetické využití některých travních druhů. 2002
- 6) FUKSA, P: Netradiční využití biomasy v praxi [online]. 2009 [cit. 2009-10-19]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/netradicni-vyuziti-biomasy-v-praxi>>.
- 7) HAVLÍČKOVÁ, K. a kol. (2007): Zhodnocení ekonomických aspektů pěstování a využití energetických rostlin. České Budějovice: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví Průhonice a Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2007. ISBN 978-80-85116-00-7.
- 8) HAVLÍČKOVÁ, K. Rostlinná biomasa jako zdroj energie. Průhonice: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví s Novou tiskárnou Pelhřimov, 2008, 83 s. ISBN 9788074150043.

- 9) HUTLA, P. Chrastice rákosovitá - pěstování a možnosti využití. Biom.cz [online]. 2004-03-10 [cit. 2014-11-30]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/chrastice-rakosovita-pestovani-a-moznosti-vyuziti>>. ISSN: 1801-2655.
- 10) JONÁK, K.: Důležitost rostlin pro energetické využití bioplynových stanic, [online], PDF.[cit. 2012-09-18], In : <http://www.asz.cz/cs/odborne-clanky/rostlinnavyroba/dulezitestrostlinproenergetickevvyuziti-bioplynovychstanic.html>, > ,
- 11) KÁRA, J., STRAŠIL, Z., HUTLA, P., a USŤAK, S., Energetické rostliny: Technologie pro pěstování a využití. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2005, 81 s. ISBN 80-86884-06-6.
- 12) KOPECKÝ, M. Energetické využití trav. České Budějovice, 2010. Bakalářská práce. JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH. Vedoucí práce Ing. Jan Moudrý, Ph.D.
- 13) KRBEK, J; OCHRANA, Ladislav; POLESNÝ, Bohumil. Průmyslová energetika. Brno: PC-DIR spol. s r.o., 1996. 2.1 Rozdělení energetických zdrojů
- 14) KUNCOVA, T., Ekonomika pěstování chrastice rákosovité. Biom.cz [online]. 2004-08-09
- 15) LEWANDOWSKI, I., SCURLOCK, J. M. O., LINDVALL, E. & CHRISTOU, M. (2003) The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe, Biomass and Bioenergy, 25, 335 – 361.
- 16) LIBRA, M., POULEK, V. Zdroje a využití energie. 2007
- 17) MALAŤÁK, J. a VACULÍK, P., Biomasa pro výrobu energie. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008, 206 s. ISBN 978-80-213-1810-6.
- 18) MASTNÝ a kol., Obnovitelné zdroje elektrické energie
- 19) MASTNÝ, P., et al. (2011). Obnovitelné zdroje elektrické energie. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 254 p. ISBN 978-80-01-04937-2.
- 20) MASTNÝ, P., Studijní podklady předmětu Malé zdroje elektrické energie, 2011, Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně
- 21) MATOUŠEK, A., Výroba elektrické energie, skriptum, UEEN FEKT VUT v Brně, Vutium 2007, Brno, ISBN: 978-80-214-3317-5
- 22) MOUDRÝ, J, STRAŠIL, Z. Energetické plodiny v ekologickém zemědělství. 1998.

- 23) MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z. Pěstování alternativních plodin. České Budějovice, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zemědělská fakulta, 1999, 165 s., ISBN 80-7040-383-7.
- 24) NĚMEC, V., Pěstování vybraných energetických plodin: výnosové parametry. České Budějovice, 2014. Bakalářská práce. JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH. Vedoucí práce Ing. Jan Moudrý, Ph.D.
- 25) PASTOREK, Z., KÁRA, J., a JEVIČ, P., Biomasa: obnovitelný zdroj energie. Praha: FCC Public, 2004, 286 s. ISBN 80-865-3406-5.
- 26) PETŘÍKOVÁ, V., PUNČOCHÁŘ, M., Biomasa – alternativní palivo z hlediska chemického složení. Biom.cz [online]. 2007-07-16 [cit. 2014-11-23]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-alternativni-palivo-z-hlediska-chemickeho-slozeni>>. ISSN: 1801-2655.
- 27) PETŘÍKOVÁ, V. Energetické plodiny. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2006, 127 s. ISBN 80-867-2613-4
- 28) PETŘÍKOVÁ, V. Energetické využití biomasy a rekultivace. Biom.cz [online]. 2001-11-19 [cit. 2014-11-22]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/energeticke-vyuziti-biomasy-a-rekultivace>>. ISSN: 1801-2655.
- 29) SCHRABAUER, J. Trockentolerante, perennierende Gräserarten für eine Futternutzung bzw. energetische Verwertung im semihumiden und semiariden Produktionsgebiet. Wien, 2010.
- 30) SOUČKOVÁ, H a MOUDRÝ J. Nepotravinářské využití fytomasy. 1. vyd.
- 31) STRAŠIL, Z. Trávy jako energetická surovina: certifikovaná metodika pro praxi. Vyd. 1. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, 2011, 36 s. ISBN 978-80-7427-078-9
- 32) SVĚTLÍK, M. Biomasa je součástí energetického mixu. Biom.cz [online]. 2013-07-08 [cit. 2014-11-22]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-je-soucasti-energetickeho-mixu>>. ISSN: 1801-2655.
- 33) ŠANTRŮČEK, J. a kol. Encyklopedie pícninářství. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 987-80-213-1605-8.
- 34) UŠŤAK, S., STRAŠIL, Z., VÁŇA, V., HONZÍK, R.: Pěstování chrastice rákosovité *Phalaris arundinacea* L. pro výrobu bioplynu. Praha, Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2012, 24 s., ISBN 978-80-7427-101-4. a)
- 35) WEGER, J., STRAŠIL, Z., HONZÍK, R. a BUBENÍK, J. Možnosti pěstování biomasy jako energetického zdroje v Ústeckém kraji. Průhonice: Výzkumný

ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, 2012, 78 s. ISBN 978-80-85116-66-3. Dostupné z: <http://www.obv.cz/files/publikace01.pdf>

**Internetové zdroje:**

- 36) BIKAZUGI MEZŐGAZDASÁGI NONPROFIT KFT. *"Szarvasi-1" energiafű* [online]2004[cit.2013-12-04]. Dostupné z: <http://www.energiafu.hu/nemesit.html>
- 37) ERÚ, [www.eru.cz](http://www.eru.cz)
- 38) Japonský topol. JATOP S.R.O. *Japonský topol - řízky a sazenice* [online]. 2010 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.jatop-topoly.cz>
- 39) [www.Energieberater-Heise.de](http://www.Energieberater-Heise.de)

## 9. Přílohy

Tabulka č. 10 Porovnání variant založených na podzim (30. 8. 2013) a na jaře (17. 4. 2013) sečených 17. 3. 2015

Lesknice rákosovitá									
	17. 3. 2015 (V. podzim)			17. 3. 2015 (V. jaro)			průměr		
	Čerstvá hmota	Sušina	Sušina (%)	Čerstvá hmota	Sušina	Sušina (%)	Čh.	S.	S%
<b>Extenzivní</b>	3,15	<u>2,56</u>	82	5,24	<u>4,235</u>	81	4,2	3,4	82
<b>Intenzivní</b>	5	<u>4,28</u>	85	4,87	<u>4,152</u>	85,25	5	4,2	85
<b>Digestát</b>	3,4	<u>2,86</u>	84	<u>5,51</u>	4,685	85	4,5	3,8	85

Tabulka č. 10 Porovnání variant založených na podzim (30. 8. 2013) a na jaře (17. 4. 2013) sečených 17. 3. 2015

Szarvasi-1									
	17. 3. 2015 V. podzim			17. 3. 2015 V. jaro			Průměr		
	Čerstvá hmota	Sušina	Sušina (%)	Čerstvá hmota	Sušina	Sušina (%)	Čh.	S.	S%
<b>Extenzivní</b>	7,7	<u>5,88</u>	75	8,26	<u>6,235</u>	75,5	8	6	75
<b>Intenzivní</b>	10,8	<u>8,88</u>	81	10,17	<u>8,34</u>	82	10,5	8,6	82
<b>Digestát</b>	8,25	<u>6,2</u>	76	11,09	<u>8,54</u>	77	9,7	7,4	77



Obrázek č. 1 – Parcely trav na pozemku ZF JU

autor Samec Jakub



Obrázek č. 2 – Průběžný odběr vzorků

autor Samec Jakub