

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agroekologie – péče o krajinu

Katedra: Katedra genetiky a speciální produkce rostlinné

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Možnosti uplatnění chrastice rákosovité pro energetické využití

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Milan Kobes, Ph.D.

Autor:

Bc. Martin Vacek

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta zemědělská
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin VACEK**
Osobní číslo: **Z14379**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Agroekologie - Péče o krajinu**
Název tématu: **Možnosti uplatnění chrastice rákosovité pro energetické využití**
Zadávající katedra: **Katedra speciální produkce rostlinné**

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

Abstrakt: Stručný popis řešeného tématu, jeho hospodářský, ekologický a ekonomický význam. Cíl práce. Stručný popis hlavních poznatků vyplývajících ze studované problematiky a vlastního sledování.

Úvod a cíl práce: Vymezení významu tématu, možnosti uplatnění chrastice rákosovité pro energetické účely. Cíl práce - posouzení produkční schopnosti a možností uplatnění chrastice rákosovité pro využívání v energetice.

Literární přehled: Význam obnovitelných zdrojů energie pro ekologii a ekonomii. Porovnání produkčních schopností různých kultur a druhů využívaných v energetice, porovnání produkčních schopností trav. Vhodné oblasti a ekologické podmínky pro uplatnění chrastice rákosovité. Biologie a ekologie chrastice. Vliv hnojení na produkci biomasy a vhodná úroveň výživy. Termíny sklizně biomasy, rizika při různých termínech sklizně. Různé způsoby využití biomasy chrastice a způsoby jejího zpracování. Kvalita biomasy.

Materiál a metody: Ve zvoleném zemědělském podniku budou hodnoceny porosty s chrasticí rákosovitou využívané pro energetické účely. Bude sledována fenologie chrastice, čistota (zaplevelení) porostů, produkce nadzemní biomasy. Budou hodnoceny nehnojené, případně i hnojené porosty. Budou hodnoceny různé termíny sklizně biomasy (podzimní, jarní). Všechna hodnocení budou provedena ve 3-4 opakováních, získaná data budou statisticky vyhodnocena. Dle možností budou sledovány vybrané ukazatele kvality biomasy. Výsledky a diskuze: Tabulkové a grafické zpracování experimentálních údajů a zjištěných hodnot a jejich statistické vyhodnocení. Porovnání výsledků s literárními údaji.

Závěr: Přehledné shrnutí nejdůležitějších poznatků a doporučení, možnosti využívání chrastice rákosovité pro energetické účely, vhodné termíny sklizně a způsoby zpracování biomasy, ekonomické zhodnocení.

Seznam použité literatury: V abecedním řazení podle ČSN 01 01 97 Bibliografická citace.

Obsah: Uvedení stran jednotlivých kapitol práce.

Rozsah grafických prací: 10 - 15 stran

Rozsah pracovní zprávy: 40 - 50 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

Frydrych, J., Volková, P., Andert, D., Gerndtová, I., Juchelková, D., Raclavská, H., Zajonc, O.: Výsledky výzkumu a nové směry využití biomasy trav pro energetické účely. Results of research and new directions for the use of biomass grasses for energy purposes. In: Nové poznatky v lukařství a pastvinářství. ZF JU v Č. Budějovicích, 30.8.2012, s. 61 - 66. ISBN 978-80-7394-345-5

Hrabě, F., Buchgraber, K.: Pícninářství. Travní porosty. Brno, MZLU, 2004, 151 s.

Nawrath, A., Skládanka, J., Hrabě, F.: Vliv hnojení a intenzity využívání na produkci, druhovou diverzitu a kvalitu travního porostu. In: Nové poznatky v lukařství a pastvinářství. ZF JU v Č. Budějovicích, 30.8.2012, s. 22 - 26.

Poufík, Z.: Výživa a hnojení pícních kultur. Praha, IVV MZe ČR, 1996, 36 s.

Stibůrek, J., Fuksa, P., Tomšová, Z.: Produkce bioplynu z trvalých travních porostů. Biogas production from permanent grassland. In: Aktuální témata v pícninářství a trávníkářství 2013. FAPPZ ČZU Praha, 5.12.2013, s. 124 - 131. ISBN 978-80-213-2431-2.

Časopisy: Plant, Soil and Environment, Journal of Agrobiology, Úroda, Agromagazín


Internetové databáze: ISI Web of Knowledge, Scopus, Agris, Agricola, Agroweb

Vedoucí diplomové práce: Ing. Milan Kobes, Ph.D.


Katedra speciální produkce rostlinné

Datum zadání diplomové práce: 9. března 2015

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2016


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

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


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

V Českých Budějovicích dne 9. března 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracoval samostatně a že jsem čerpal pouze z literatury, která je uvedena v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47 b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG pozorované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách.

V Droužeticích dne 11.4. 2018

.....

Martin Vacek

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce panu Ing. Milanu Kobesovi, Ph.D. za cenné rady a podněty, které mi velice pomohli při zpracování.

Abstrakt

Cílem mé diplomové práce bylo porovnání vybraných pozemků, na nich byla sledována botanická skladba pozemku, stanovení střední indikační hodnoty vody v půdě. Pro spalovací parametry bylo zjišťováno počet plodných a sterilních výhonků.

V literární rešerši jsou shrnuty obecné údaje o biomase a jednotlivých travinách, využívaných pro energetické účely. Dále je zde podrobný popis Chrastice rákosovité, její popis, agrotechnika a sklizeň. Důležité je také zmínit, zpracování biomasy do podoby briket a pelet. V poslední části rešerše je popis spalovacích zařízení biomasy.

Praktická část popisuje získávání vzorků u jednotlivých lokalit a porovnává je navzájem.

Klíčová slova: Chrastice rákosovitá, fytomasa, pokryvnost, stéblo

Abstrakt

The aim of my thesis was to compare selected allotment, Botanical composition of allotment and proportion were monitored. Assessment of medium water content in soil. For parameters of burning was to find number of fertile and sterile culm.

In literature research are summarized common data about biomass and particular grass used for energetic purposes. Detailed description of reed canary grass and its description, agrotechnology and harvest. It is also important to mention processing of biomass into the shape briquet and pellets. In the last part of research is description of burning device for used biomass.

The practice part description to obtain sample particular localities and these results and compares them.

Keywords: Reed canary grass, phytomass, overlay, culm,

Úvod	10
2. Literární rešerše	11
2.1 Biomasa	11
2.2 Výkonné druhy trav	13
2.2.1 Jednoleté energetické rostliny	14
2.2.2 Víceleté energetické rostliny	14
2.2.3 Chrastice rákosovitá (<i>Phalaris arundinacea</i> L.)	14
2.2.4 Sveřep bezbranný (<i>Bromus inermis</i> L.)	16
2.2.5 Srha laločnatá (<i>Dactylis glomerata</i> L.)	18
2.2.6 Ovsík vyvýšený (<i>Arrhenatherum elatius</i> L.)	19
2.2.7 Kostřava rákosovitá (<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.)	20
2.3 Chrastice rákosovitá (<i>Phalaris arundinacea</i> L.)	21
2.3.1 Nároky na stanoviště	22
2.3.2 Odrůdy Chrastice rákosovité	22
2.3.3 Osevní postup	23
2.3.4 Agrotechnika	23
2.3.5 Hnojení	23
2.3.6 Ochrana rostlin	24
2.3.7 Sklizeň	24
2.4 Úpravy biomasy	25
2.4.1 Briketování	25
2.4.2 Peletování	26
2.5 Spalování biomasy	26
2.5.1 Spalování energetických trav	26
2.5.2 Topeniště s příkládáním standardních balíků	27
2.5.3 Topeniště se spodním odhoříváním balíků	28
2.5.4 Spalování obřích balíků s vertikálním odhoříváním	29
2.5.5 Spalování obřích balíků s horizontálním odhoříváním	30
2.5.6 Zařízení na příkládání volně ložené suché biomasy	30
2.5.7 Technologické parametry trav určených pro spalování	31
3. Metodika	34
3.1 Vzorkování lokality	34
3.2 Sklizeň a zjišťování výnosu travní hmoty	36

3.3 Založení porostu.....	37
3.3.1 Lokalita „U rybníčku“.....	37
3.3.2 Lokalita „Loučky“.....	37
3.3.3 Lokalita „Větrolam“.....	38
3.4 Popis jednotlivých travních porostů.....	39
3.4.1 Popis měření lokality – „U rybníčku“.....	39
3.4.2 Popis měření lokality – „Loučky“.....	41
3.4.3 Popis měření lokality – „Větrolam“.....	43
3.5 Meteorologické údaje.....	47
4. Výsledky a diskuze.....	52
4.1. Botanický snímek pozemku U rybníčku. Jaro 23.4. 2017.....	52
4.2. Botanický snímek pozemku U rybníčku: Léto 2.7. 2017.....	53
4.3. Botanický snímek pozemku Loučky: Jaro 23.4. 2017.....	54
4.4. Botanický snímek pozemku Loučky: Léto 2.7. 2017.....	55
4.5. Botanický snímek pozemku Větrolam: Jaro 23.4. 2017.....	56
4.6. Botanický snímek pozemku Větrolam: Léto 2.7. 2017.....	57
4.7. Střední indikační hodnota pro obsah vody v půdě (SIH _H).....	58
4.5. Grafické vyjádření plošné pokrývnosti u jednotlivých travních porostů.....	60
4.6. Grafické vyjádření počtu výhonků Chrastice rákosovité na jednotlivých stanovištích.....	66
4.7. Výnosy na jednotlivých pozemcích v průběhu let.....	69
4.8. Statistické vyhodnocení zjištěných dat.....	69
5. Závěr.....	80
8. Seznam použitých zdrojů literatury.....	82
9. Internetové zdroje.....	86
10. Zdroje obrázky.....	86

Úvod

Omezené zásoby fosilních paliv vedou současnou společnost k hledání dalších možností zdrojů energie k pokrytí narůstající potřeby, které zároveň musí být ekonomicky zajímavé. V současné době se zvyšuje zájem o spalování energetických rostlin, hlavně spalování slámy a sena sklizeného z trvalých luk a pastvin.

Využití a následné zpracování travní fytomasy, určené pro energetické účely, zažívá v posledních několika letech zájem nejen odborné veřejnosti, ale i samotných zemědělců, kteří při racionálním využívání získávají nejen zdroj energie, ale i plodinu využitelnou na pozemcích, které jsou nevhodné pro pěstování z různých důvodů. Travní porosty mohou být pěstované pro výrobu bioplynu a nebo pro přímé spalování, kdy je travní fytomasa zpracována formou sklizně přímo, samochodnou sklízecí řezačkou a nebo sklizní fázovou, kdy je hmota slisována do balíků na přímé spalování anebo se technologicky upravují pro menší spalovny, a to do formy pelet a briket. Jednou z využitelných trav pro energetické využití je chrastice rákosovitá, která může při vhodném pěstování poskytovat vysoké výnosy biomasy po dobu několika let. Je však třeba věnovat pozornost ekologickým podmínkám pro její pěstování, na méně vhodných stanovištích ztrácí vytrvalost a porosty výrazně řídnu.

Cíl práce

Cílem práce je posouzení stavu porostů chrastice rákosovité pro energetické využívání v závislosti na ekologických podmínkách, posouzení vlivu hnojení na porosty chrastice, výnosů vybraných porostů a návrh vhodného pěstování, sklizně a využití biomasy chrastice rákosovité.

2. Literární rešerše

2.1 Biomasa

Biomasa se v posledních letech stává atraktivním zdrojem energie pro všechny typy uživatelů. Rozvoj energetiky, nejen v ČR, ale i v ostatních vyspělých zemích, se začíná potýkat s problémy vysoké spotřeby primární energie, kterou se nedaří snižovat. Rozhodující podíl na celkové spotřebě v současnosti tvoří fosilní paliva. Zdroje fosilních paliv, zejména pak ropy a zemního plynu – v případě ČR pak uhlí, se ale rychle vyčerpávají, případně je jejich těžba ekonomicky a energeticky náročná. Důsledkem toho je neustále rostoucí dovozní závislost na importu těchto strategických komodit často z politicky a ekonomicky nestabilních regionů (Havlíčková a kol., 2007).

Tato situace vede k hledání dalších energetických zdrojů, aby i nadále bylo možné zajišťovat strmě narůstající trend spotřeby energie. Mezi těmito zdroji patří k nejvýznamnějším biomasa (Noskievič a kol., 1996).

Pojem biomasa je vysvětlen celou škálou definic. (Zimolka 2004) uvádí, že pro účely bioenergetiky je biomasa definována jako substance ekologického původu, zahrnující rostlinnou biomasu pěstovanou na půdě, hydroponicky nebo na vodních plochách, živočišnou biomasu, vedlejší organické produkty a organické odpady. S touto definicí souhlasí i (Stupavský, 2008) a upřesňuje, že pro biomasu z bylin, včetně zemědělských plodin se používá pojem fytomasa a pro dřevní biomasu pojem dendromasa. Biomasa je buď záměrně získávána jako výsledek výrobní činnosti, nebo se jedná o využití odpadu ze zemědělské, potravinářské a lesní výroby, komunálního hospodářství, z údržby krajiny a péče o ni (Pastorek a kol., 2004).

Energetickému využití biomasy je věnována mimořádná pozornost ve všech vyspělých zemích světa. Výrazně je podporován výzkum zaměřený na zvýšení efektivity využití biomasy a rozšíření možností jejího uplatnění (Noskievič a kol., 1996).

Dalším důvodem zájmu o využití rostlinné biomasy jako obnovitelného energetického zdroje je příspěvek ke snížení antropogenních emisí CO₂ v ovzduší (Lewandowski a kol., 2003). Velkou výhodou je i to, že energie z biomasy se ze všech méně tradičních zdrojů energie nejnadhěji získává i skladuje. Zároveň je její potenciál ze všech obnovitelných zdrojů energie v podmínkách České republiky nejvyšší. Podle tvaru, objemové hmotnosti a výhřevnosti lze fytopaliva standardizovat a přizpůsobovat je

potřebám trhu. Příznivou vlastností fytopaliv je jejich dobrá biologická odbouratelnost a nízký obsah síry ve spalinách. Popel z fytopaliv, podobně jako digestát z bioplynových stanic, je možné použít jako hnojivo (Fuksa, 2009).

V České republice je k dispozici velký potenciál orné půdy, pro rozvoj nepotravinářské produkce, který není zdaleka využit. Rozvoj ne potravinářského využití fytomasy přitom dává nový prostor pro rozvoj zemědělství a rozvoj venkova, pro uplatnění pracovních sil a zlepšení efektivity hospodaření zemědělských podniků i zpracovatelských kapacit (Součková a Moudrý, 2006). Ekologickou a energetickou efektivnost využívání obnovitelných zdrojů energie je ale třeba hodnotit komplexně, včetně energie spotřebované na pořízení zařízení pro jejich využívání a na konečnou likvidaci, s respektováním externích vlivů na životní prostředí z toho vyplývajících a také z hlediska ovlivňování jiných energetických systémů (Kadrnožka, 2008). (Váňa, 2003) uvádí výčet sporných bodů, které je nutné při pěstování biomasy pro energetické účely zvážit. Biomasa má ve srovnání s fosilními palivy nižší energetickou hustotu, což se projevuje nepříznivě v logistice, která se může stát omezujícím a náklady zvyšujícím faktorem u větších fyto-energetických zařízeních.

Specifické vlastnosti biomasy si žádají speciální konstrukce kotlů, zejména o se týče velikosti, uspořádání a prostorového dimenzování topenišť, přívodů spalných vzduchů a řešení teplosměnných ploch. Biomasa má vyšší obsah vody, který se řeší volbou optimálního období při sklizni energetických rostlin, sušením při skladování a při výběru vhodné spalovací technologie.

Nedostatečná ekonomická konkurenční schopnost k fosilním palivům. Pěstování, sklizeň a příprava fytopaliva představuje provozně a investičně náročný řetězec operací. Jednotkové náklady jsou ovlivněny výnosem, který v jednotlivých letech může kolísat. Podle (Kadrnožka, 2008) je třeba zvážit fakt, že pěstování fytomasy vede ke zmenšování ploch vhodných pro potravinářskou zemědělskou výrobu. (Zimolka, 2004) došel k závěru, že pěstování rostlin pro výhradně energetické účely má smysl pouze v těch zemích, kde je dostatek půdy pro pěstování rostlin k zajištění potravinové bezpečnosti a navíc je k dispozici zemědělská půda, na níž není efektivní rozvíjet intenzivní zemědělskou výrobu.

Další autoři (Biemans a kol., 2008; Dauber a kol., 2010) zdůrazňují, že před masivním zavedením pěstování energetických rostlin je zapotřebí prozkoumat jejich vliv

na životní prostředí, diverzitu, ekosystémové služby a udržitelnost přírodních a zemědělských stanovišť.

2.2 Výkonné druhy trav

Jako energetického zdroje lze využít také fytomasu některých druhů trav zejména na stanovištích s vyšší nadmořskou výškou (nad 400 m n.m.) a vyšší svažítostí terénu (erozní ohrožení). Trávy jsou jednoleté nebo vytrvalé rostliny patřící do čeledi lipnicovité. Při dobrém založení porostu a vhodné péči během vegetace dávají stabilní výnosy po více let. Většina trav má širokou ekologickou amplitudu a lze je pěstovat v různých půdně – klimatických podmínkách. Přesto mezi jednotlivými druhy trav jsou z agroekologického hlediska zřejmé určité rozdíly. Z řady důvodů jsou doporučovány vytrvalé druhy. Z energetického hlediska lze travní fytomasu využívat pro přímé spalování nebo na kogeneraci (výrobu elektřiny a tepla) – (Frydrych a kol., 2001; Kára a kol., 2004; Stražil, 2008) nebo pro výrobu bioplynu (Geber, 2002).

Uvažuje se také o jejím využití v papírenském průmyslu (Saijonkari-Pahkala, 2001). Tradičně je fytomasa trav využívána pro krmení polygastrů a to v zeleném stavu (čerstvá píče) nebo jako konzervovaná objemová píče (seno, senáž, siláž) (Houdek, 2010; Kohoutek a kol. 2010; Niemelainen a kol. 2001).

Pro energetické využití lze použít odpadní fytomasu z úhorů, luk a pastvin nebo z porostů cíleně pěstovaných trav, které lze pěstovat jako travní směsi nebo jako monokultury. Pro energetické využití na spalování se doporučují travní monokultury. Výnosový potenciál vhodných trav pěstovaných jako monokultura je 8-9 krát vyšší než ze spontánních úhorů (Frydrych a kol., 2001).

Na pěstování a energetické využití trav byla u nás zaměřena řada výzkumných aktivit. Z výnosového a dalších hledisek byly sledovány např. kostřava rákosovitá, ovsík vyvýšený, psineček velký, kostřavice bezbranná, chrastice rákosovitá, chrastice kanárská, proso seté, třtina křovištní, rákos obecný, sveřep vzpřímený, bezkoleneček rákosovitý případně další druhy trav. Výsledky výzkumu byly částečně zapracovány do této metodiky. Z výsledků výzkumu vyplývá, že za vhodné druhy trav pro energetické využití lze zejména považovat chrastici rákosovitou, sveřep bezbranný, ovsík vyvýšený, srhu laločnatou, psineček velký a kostřavu rákosovitou. Stručné shrnutí agroekologických nároků vybraných trav s ohledem na jejich rozdílnosti je uvedeno níže.

2.2.1 Jednoleté energetické rostliny

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

2.2.2 Víceleté energetické rostliny

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

Obecně je platné, že energeticky a ekonomicky efektivnější bývá pěstování rostlin víceletých a vytrvalých než jednoletých tradičních, pokud se nejedná o vedlejší produkt (sláma olejnin či obilovin). Pěstováním vytrvalých netradičních plodin lze efektivně snižovat celkové náklady na produkci jednotky biomasy a zásadně tím zvyšovat poměr výstupu energie ke vstupu. Je to dáno právě tím, že při pěstování vytrvalých bylin bývají nejvyšší náklady v prvním roce při založení plantáže (Pastorek, 2005). Tyto náklady mohou být také mnohem vyšší než právě u tradičních plodin. V následujících letech klesají celkové náklady na pěstování vytrvalých rostlin, protože odpadají náklady na zpracování půdy a také setí, snižují se další náklady na hnojení, chemickou ochranu atd. (Havlíčková, 2007).

2.2.3 Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea* L.)

Chrastice rákosovitá na obrázku č 1, je rozšířená téměř po celé Evropě, Asii (kromě jižní části) a v Severní Americe. U nás je cizosprašným autochtonním (původním) druhem, rozšířeným na celém území našeho státu, značně náročným na vláhu a živiny. (Havlíčková a kol. 2007).

Patří mezi vytrvalé výběžkaté trávy. Je to mohutný (výška přes 2 metry), pozdní, vytrvalý druh (Velich a kol.,1994). Stébla jsou ukončena jednostrannou latou, sterilní výhony jsou hustěolistěné. Listy jsou dlouhé a široké. Tvoří silné a dlouhé podzemní rhizomy, které se rozprostírají těsně pod povrchem půdy (Šantrůček a kol., 2001).

Má mocný a do hloubky pronikající kořenový systém, který rostlinu zásobuje vodou. Je rozšířena na stanovištích s přebytkem vody. Snáší přechodné záplavy, ale i přísušky (Šantrůček a kol. 2007).

Hmotnost tisíce semen se pohybuje okolo 0,8 g. Má perspektivu jako surovina pro výrobu buničiny (obsah celulózy 30 - 36 %, ligninu okolo 14 %). V seznamu odrůd zapsaných ve Státní odrůdové knize České republiky v současné době není zaregistrována žádná odrůda. V přirozených travních porostech se chrástice nejvíce vyskytuje v okolí vodních toků. Je odolná vůči drsným klimatickým podmínkám. Nejlépe se jí daří na těžších půdách s bohatou zásobou živin. Na půdní reakci není citlivá. Je přizpůsobivá půdní reakci v rozmezí pH od 4 do 7,5 s optimem okolo pH 5. Po zakořenění ji nevádí ani delší přísušek. Holomrazy ani pozdní mrazíky jí nevádí. Dobře snáší i zaplavení nebo krátkodobé zastínění. Její předností je široká ekologická amplituda. Uplatňuje se na všech půdách i při přebytku nebo nedostatku vláhy. Vysokých výnosů je dosahováno v letech s vyšším srážkovým úhrnem a na půdách, kde se hranice spodní vody pohybuje mezi 30 – 40 cm. Chrástice je velmi vytrvalá, ale po zasetí má pomalejší vývoj než ostatní trávy (Šantrůček a kol. 2007).

Průměrné roční výnosy sušiny v okolních státech se pohybují v rozmezí 4,5 až 9,0 t.ha⁻¹. Uvádí se, že na uměle založených loukách při hnojivé závlaze lze dosáhnout výnosů více než 15 tun sena z 1 ha.



Obrázek 1- Porost Chrastice rákosovité

2.2.4 Sveřep bezbranný (*Bromus inermis* L.)

Tento druh zobrazený na obrázku 2 je jednou z nejrozšířenějších vysokých trav vhodných do kontinentálního klimatu. Pěstuje se ve stepních oblastech. Je pozoruhodně odolný vůči drsnému podnebí, zvláště vůči mrazům, zrovna tak vůči horku. Utváří mohutnou kořenovou soustavu (dlouhé podzemní výběžky) a vyznačuje se značnou suchovzdorností. Dává přednost kyprým provzdušněným půdám s dostatkem přístupných živin. Na mezofilních loukách se nevyskytuje. Je převážně ozimého charakteru. Má vysoce vyvinutou schopnost vegetativního rozmnožování. Po sečích dobře obrůstá a vytváří početné sterilní výhonky. Je citlivý na zastínění a sešlapávání. Je vhodný pro produkci fytomasy pro energetické účely (Šantrůček a kol, 2007).

V setých porostech na vhodných stanovištích při odpovídajícím hnojení a obhospodařování porostů vytrvává 5 a více let, resp. 10-12 let. Velice přijatelné výnosy a dobře zapojený porost měl sveřep bezbranný i po 22 letech na jednom stanovišti, byl-li řádně hnojen a udržován. Snáší celkem dobře mírně až středně zasolené půdy. Má vyšší nároky na obsah přijatelného Ca v půdě. V širokém spektru ekologických podmínek skýtá výnosy sušiny vyšší než 10 t.ha-1srovnatelné s našimi nejvýkonnějšími travami (*Arhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata*) – (Míka a Řehořek, 2003).

U nás jsou nebo byly v seznamu odrůd zapsaných ve Státní odrůdové knize České republiky odrůdy sveřepu Tribun a Tabrom. Návrh registrace je pro odrůdu Radmil. Odrůda Tribun metá pouze v první seči. Vysévá se převážně v monokultuře, neboť ostatní

druhy snadno potlačuje. Pastvu nesnáší. Požadavky na stanoviště má jako odrůda Tacit příbuzného druhu sveřep americký (*Bromus catharticus* Vahl).

Odrůda Tacit efektivně využívá dodaný dusík. Výnosy sušiny ve třech až 4 sečích dosahují 10-15 t.ha⁻¹. Největší výnosy byly zaznamenány ve druhém až pátém roce. Daří se mu od nížin do podhůří, na půdách nezamokřených, strukturních, dostatečně provzdušněných, spíše lehčích, neslávavých. Snáší nižší pH, přísušky i tuhé zimy. Delší záplavy ho likvidují. Je třeba ho sekat výše (nad prvním kolénkem), pak dobře obrůstá (Míka a kol. 1999).



Obrázek 2 - Sveřep bezbranný

2.2.5 Srha laločnatá (*Dactylis glomerata* L.)

Srha laločnatá (říznačka) zobrazená na obrázku 3 patří do skupiny volně trsnatých trav. Do Čech byla introdukována již v 18. století. Řadí se mezi nejvýnosnější trávy se širokým uplatněním v nejrůznějších podmínkách (Velich a kol. 1994). Plného výnosu dosahuje již ve 2 - 3 roce vegetace. V příznivých podmínkách (dostatek živin a vláhy) vydrží v porostu 6 - 10 let, ale po pátém roce vegetace její výnosnost klesá. Vysoký výnosový potenciál je podmíněn vysokým vzrůstem, rychlým obrůstáním, ale i délkou vegetační doby. Na jaře obrůstá jako jedna z nejranějších trav. Při své ranosti bývá často poškozena jarními mrazíky, velmi rychle však regeneruje. Metat začíná již v polovině května. Je nevyhraněně ozimá, proto v prvním roce setby většinou nemetá. Pokud se však první seč sklídí ještě před metáním, je tvorba fertilních výhonků v druhé seči četná (Vrzal a Novák, 1995).

Srha obrůstá i dlouho do podzimu, kdy není poškozena mrazíky kolem -5°C . Nejlépe jí vyhovuje mezofytní stanoviště s dostatkem vláhy. Déletrvající záplavy luk i v mimovegetační dobu srha snáší špatně. Disperzní složení půdy i půdní reakce nejsou pro uplatnění srhy rozhodující. Nejlepší půdy jsou vlhké, písčitohlinité až hlinité, humózní s pH 6, i když srha snáší i slabě kyselé půdy. Nevhodné jsou půdy těžké. Na půdách lehkých a vysychavých poskytuje nízké výnosy s horší kvalitou (Vrzal a Novák, 1995) i když evapotranspirační koeficient (250-400) je podstatně nižší než pro ostatní trávy (Petřík a kol. 1987).

Hlavním výnosovým faktorem je dusík, který dokáže srha výborně zhodnotit. Ve třetím užitkovém roce byly dosaženy při aplikaci vysoké dávky kejdy výnosy přes $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Petřík a kol. (1987) stejně jako Šantrůček a kol. (2007) dosáhli ve víceletých odrůdových pokusech při hnojení N $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a trojsečném využití výnosy $13,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Na oligotrofních stanovištích srha neroste a při ročních dávkách dusíku pod $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ má sníženou vitalitu, konkurenční i produkční schopnost (Petr a kol., 1989).

V seznamu odrůd zapsaných ve Státní odrůdové knize České republiky jsou registrovány následující odrůdy: Ambassador (rok zápisu 2003), Barexcel (2005), Dana (syn.: Baridana) 1992), Horizont (2008), Intensiv (2000), Lada (1995), Niva (1982), Toscali (1998), Vega (syn.: Lyra) (1995), Velana (1996).



Obrázek 3 - Srha laločnatá

2.2.6 Ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius* L.)

Ovsík vyvýšený na obrázku.4 je víceletá, vysoce vzrůstná tráva. Dorůstá až do výšky 150 cm. Jedná se o travu domácího původu. Plodonosná stébla dosahují výšky 120 - 150 cm. Trs je vzpřímený, mohutný, vystoupavý, středně hustý, vysoký 80 - 130 cm. Stéblo je hrubší, středněpoléhavé se středním olistěním. Listy jsou široké, dlouhé, typicky převislé a řídce ochmýřené (Ochodek a kol., 2006). Mohutným kořenovým systémem čerpá vodu i z hlubších půdních vrstev. Stejně jako srha říznačka je ovsík volně trsnatou travou. Trpí holomrazy a plísní sněžnou, proto není vhodný do horších klimatických podmínek (Šantrůček a kol., 2001).

Uplatní se na lehčích, sušších půdách s neutrální nebo slabě kyselou půdní reakcí a s dobrou zásobou živin. Je náročný na vápník. Nesnáší sešlapávání a spásání. Předností ovsíku je vynikající produkční schopnost a odolnost proti přísušku (Velich a kol., 1994).

Je vhodný k protieroznímu zatravnění svažitéch pozemků a náspů (Vrzal a Novák, 1995). Má obtížné semenářství i setí (zahnutá osinka), užší ekologickou amplitudu a je méně vytrvalý (Velich a kol., 1994). Vyšlechtěním bezosinné odrůdy Medián tyto důvody pominuly. Vývin po zasetí probíhá rychle, vytváří mohutné vystoupavé trsy. Plných výnosů dosahuje již od druhého roku vegetace. Je převážně jarního charakteru. Z jara obrůstá jako jedna z prvních trav. Dobře snáší zastínění. Je podporován k pěstování na energetické účely (Šantrůček a kol., 2007).

Vzhledem k vysokému hrubšímu, středně poléhavému stéblu má předpoklady využití ve fytoenergetice pro přímé spalování nebo jako přídavek do fermentoru při výrobě bioplynu. V seznamu odrůd zapsaných ve Státní odrůdové knize České republiky jsou registrovány odrůdy Rožnovský a Median. Běžně dosahuje výnosy 8-12 t.ha⁻¹ (Petřík a kol. 1987) stejně jako (Frydrych a kol. 2001) uvádějí výnos sušiny biomasy v prvním užitkovém roce (1. seč) 4,31 t.ha⁻¹, ve 2. užitkovém roce (1. seč) 8,77 t.ha⁻¹.



Obrázek 4 - Ovsík vyvýšený

2.2.7 Kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea* Schreb.)

Kostřava rákosovitá na obrázku 5 je vysoká, hustě trsnatá tráva s krátkými podzemními výběžky. Kořenový systém rostlin je bohatý, silně rozvinutý, sahající až do hloubky 150 cm, s dobrou sorpcí živin a vláhy. Kostřava rákosovitá vyniká časným jarním a pozdním podzimním růstem. Je to vytrvalá rostlina dorůstající do výšky až 2 metry (Veselá a kol., 2007).

Vyskytuje se od nížin až do podhůří. Vyznačuje se vysokou tolerancí k půdním a klimatickým podmínkám, snáší dobře sucho i krátkodobé zamokření. Daří se jí dobře na stanovištích s vyšší hladinou podzemní vody. Na jaře brzy obrůstá a zůstává zelená dlouho do podzimu. Kostřava je naší domácí rostlinou. V našich přirozených porostech není příliš rozšířena, vyhovují jí zejména vlhké louky a je jedním z druhů vyskytujících se na slaných půdách s vyšší hodnotou pH. V našich podmínkách se výnosy sušiny fytomasy pohybují od

5 do 13 t.ha⁻¹. Fiala a Tichý (1994) uvádějí průměrný výnos monokultury kostřavy rákosovité při třech sečích 8,42 t.ha⁻¹ Frydrych a kol. (2001) udávají průměrný hektarový výnos sušiny kostřavy rákosovité ve vhodných podmínkách ČR v prvním užitkovém roce při sklizni v plné zralosti 5,29 t.ha⁻¹, ve druhém užitkovém roce 10,11 t.ha⁻¹ (Kavka a kol. 2006) uvažují při ekonomických kalkulacích podle intenzity vstupů s výnosem kostřavy od 5 do 9 tun sušiny na hektar. Pokud jde o výnosy kostřavy rákosovité v zahraničí, potom např. (Wellie-Stephan 1998) uvádí pro podmínky SRN výnosy sušiny fytomasy v rozmezí 11,4 až 13,1 t.ha⁻¹. Na chudších lokalitách v Litvě uvádí (Kryzeviciene 2005) výnosy sušiny fytomasy trav určených pro energetické využití při jedné sklizni za rok od 6,4 do 9,2 t.ha⁻¹ (Niemelainen a kol. 2001) zjistili, že v podmínkách Finska má kostřava rákosovitá v průměru o 12 % vyšší výnosy sušiny fytomasy než kostřava luční. V seznamu odrůd zapsaných ve Státní odrůdové knize České republiky je v současné době registrováno 21 odrůd a je podáno dalších 16 žádostí o registraci nových odrůd.



Obrázek 5 - Kostřava rákosovitá

2.3 Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea* L.)

Chrastice rákosovitá se stává v současných podmínkách České republiky cizosprašným původním (autochtonním) druhem. Je přirozeně rozšířena na celém území České republiky, hlavně všude tam, kde bývá dostatek půdní vláhy (Stražil, 2006). Je to velmi vlhkomilná rostlina rostoucí ve vlhkém prostředí, tj. na mokřích loukách, v říčních

rákosinách, na březích vodních ploch, v lužních lesích na mokřích, humózních, neutrálních, písčitohlinitých půdách (Souček, 2011).

2.3.1 Nároky na stanoviště

V přirozených travních porostech se chrastice rákosovitá nejvíce vyskytuje v okolí vodních toků. Její rozšíření vysoko do hor upozorňuje na její velkou odolnost vůči drsným klimatickým podmínkám. Nejlépe se jí daří na těžších půdách s bohatou zásobou živin. Na půdní reakci není zvláště citlivá. Je dobře přizpůsobivá půdní reakci v rozmezí pH od 4,0 do 7,5 s optimem kolem pH 5,0. Po zakořenění ji neškodí ani delší přísušek. Holomrazy ani pozdní jarní mrazíky jí neškodí. Dobře snáší také zaplavení, tak i krátkodobé zastínění. Je to vytrvalá rostlina a dále vydrží při vhodné agrotechnice na stejném územním stanovišti více než 10 let (Kuncová, 2004). Po zakořenění chrastici rákosovité neškodí ani delší přísušek. Holomrazy ani jarní pozdní mrazíky jí neškodí (Malat'ák a Vaculík, 2008).

2.3.2 Odrůdy Chrastice rákosovité

Zatímco v sousedních státech mají v listině povolených odrůd chrastice uváděnou, v našem seznamu odrůdzapsaných ve Státní odrůdové knize České republiky k 1.8. 2003 není registrována žádná odrůda. Případné osivove větším množstvím je třeba shánět v zahraničí. V zemích EU se považuje za standart odrůda Palaton (USA). Některé další zahraniční odrůdy: Luba syn. Motycka (POL), Motterwizer (D), Pervenec (SUN), Peti, Szarvasi 50, Szarvasi 60, Keszthelyi 52 (H), Lara (NOR), Vantage, Venture (USA), Belevue, Rival (Canada).

Pro energetické a průmyslové využití se v zahraničí šlechtí nové odrůdy chrastice, které by se měly lišit od krmných tím, že mají vysoký poměr stonků oproti listům, nízký obsah popele a prvků jako jsou křemík, draslík a chlór. Chlór při spalování způsobuje korozi spalovacích zařízení a popel se při vysokém obsahu uvedených prvků a při nízkých teplotách taví a spéká. Pokud je v materiálu vysoký obsah křemíku projeví se toto nízkou teplotou tavení popela, což může při nevhodné konstrukci spalovacího zařízení způsobovat provozní potíže. (Hutla, 2004).

2.3.3 Osevní postup

Je dobré zařadit chrastici na nezaplevelený pozemek. Vhodnou předplodinou jsou luskovinoobilní směsky a obilniny, které následují po pícnině nebo ozimé řepce. (Petříková a kol, 2006).

2.3.4 Agrotechnika

Porosty chrastice určené pro energetické využití se zakládají podobně jako na píci. Chrastice se seje do užších řádků 12,5-30 cm. Výsevek v čisté kultuře činí 20-25 kg/ha semene. Dobře založené porosty vydrží několik let. Rostliny se doporučují se sklízet po zimě brzy na jaře, kdy mají nízký obsah vody (12-20 %), (Petříková a kol., 2006). Obecně se uvádí, že chrastice rákosovitá má průměrný obsah živin a horší stravitelnost než ostatní pícní trávy. Při pozdější sklizni (na píci) se doporučuje zesilážovat. Obvyklé jsou dvě až tři seče za rok.

Odborná literatura doporučuje, že Chrastice rákosovitá je značně náročná na živiny. Na základě praktických zkušeností bylo zjištěno, že postačují na úrodnějších půdách každoroční dávky dusíku 50-80 kg/ha. Při hnojení musí být zvažována také zásobenost živin v půdě a výnosy jichž je dosahováno na daném stanovišti. Při pěstování víceletého porostu lesknice pro energetické účely lze přihnojovat průmyslovými hnojivy každoročně ihned po sklizni plodiny (Koloničný a Hase, 2011).

2.3.5 Hnojení

Literatura uvádí, že lesknice je značně náročná na živiny. Na základě praktických zkušeností bylo zjištěno, že postačují na úrodnějších půdách každoroční dávky dusíku 50-80 kg/ha. Při hnojení musí být zvažována také zásobenost živin v půdě a výnosy jichž je dosahováno na daném stanovišti. Při pěstování víceletého porostu lesknice pro energetické účely lze přihnojovat průmyslovými hnojivy každoročně ihned po sklizni plodiny (Koloničný a Hase, 2011). Při hnojení musíme také uvažovat, jakých výnosů se dosahuje na daném stanovišti, tedy jak mnoho živin odchází z pole se sklizenou fytomasou. Odběr živin při produkci 1 tuny sušiny je uveden v připojené tabulce 1. (Hutla, 2004).

Tabulka 1 - Odběr živin sklizní při produkci 1 tuny sušiny (kg)

	N	P	K	Ca	Mg
Nadzemní fytomasa	8,3	2,1	3,9	1,8	1

2.3.6 Ochrana rostlin

Choroby ani škůdci obvykle u chrastice nečiní problémy. Za určitých podmínek se mohou vyskytnout listové choroby (*Stagonospora*, *Helminthosporium*). Proti plevelům je možno aplikovat herbicidy, které se používají do jarních obilnin a to nejlépe ve fázi 2-5 listů chrastice. Doporučuje se STARANE EC 250 v dávce 2-3 l.ha⁻¹ nebo LONTREL 300 v dávce 0,8-1 l.ha⁻¹ nebo HARMONY. (Hutla, 2004).

2.3.7 Sklizeň

Chrastice určená pro spalování se v roce výsevu sklízí v drtivé většině na jaře, kdy se poseká na řádek a potom se lisuje do balíků. Sklízecí mechanismy se někdy upravují tak, že se sníží otáčky bubny a zvětší se průchodnost sklízecího ústrojí. Při těchto opatřeních je snižování odrol listů. Při energetickém využití se dají též lisovat brikety nebo pelety. Při sklizni lze využít existující zemědělskou mechanizaci, která je běžně dostupná v zemědělských provozech. Dodržení správného termínu sklizně a včasná transformace suroviny do skladovatelného stavu je základním předpokladem úspěšné produkce (Weger a kol., 2012). Při jednofázové sklizni sklízecí řezačkou v ranějších termínech (léto až podzim) je řezanka odvezena na místo, kde je obvykle třeba jí dosušit (Stražil a kol. 2011).

Při vícefázové sklizni je porost v první fázi sklizen pomocí sklízecí mlátičky nebo žacího stroje. Sklízecí mlátička je použita v případě, že je v první fázi sklíženo semeno. To je v pracovním ústrojí odděleno. Zbylý materiál je uložen na pozemku v rádcích a sklízí se jako seno (obracení, shrnování, lisování). Při sklizni na semeno je stěžejní výnos fytomasy z první seče. Druhou seč (otavu) je možno použít podle stávajícího počasí a potřeby (fytomasa na energii, případně senáž). V případech, kdy se v první fázi semeno neskylí, lze použít žacího stroje (Weger a kol., 2012). Při vícefázové sklizni s využitím sklízecích lisů je porost v první fázi pokosen žacím strojem. Následně je možno materiál, který se

nechá doschnout na řádcích sklídit do balíků hranolovitých či kulatých. Balíky je nutné následně skladovat v zakrytých prostorech s ochranou proti dešti (Stražil a kol., 2011).

2.4 Úpravy biomasy

2.4.1 Briketování

Briketováním se rozumí mechanická úprava materiálu, vysokotlakým lisem. Dochází k při něm ke zhutňování zpravidla hořlavého materiálu, při těchto procesech dochází 30 k redukci objemu materiálu až 12:1, přičemž nejlepší lisy na šnekovém principu můžou vyprodukovat i brikety se redukcí materiálu až v poměru 100:1. jako materiál k lisování jsou nejčastěji používány piliny, hobliny, opraná kůra nebo nadrcená sláma či seno. Limitujícím faktorem pro tento druh zpracování materiálu je vlhkost, která by neměla přesáhnout úroveň patnácti procent, a dále také zrnitost, která by zpravidla neměla přesáhnout 15 mm v jednom směru. Lisování probíhá buď za přítomnosti povoleného pojiva, jako jsou například škrob nebo melasa, nebo se za výrazně zvýšené teploty a tlaku pojí vlastní pryskyřicí, popřípadě ligninem. Výsledným produktem briketování jsou brikety o hustotě dosahující na hodnoty 1 až 1,4 kg/dm³ a vysoké výhřevnosti, dosahující až 19 MJ/kg, při současném relativně nízkém obsahu popelovin v sušině. Brikety bývají kompaktní, někdy je však přidáván doprostřed otvor, za účelem lepšího vyhořívání. Briketami lze topit ve zcela běžných kotlích na tuhá paliva.

V praxi je používáno několik druhů lisů pro výrobu pelet a jejich kombinací. Mechanické pístové lisy dosahují nejvyšších tlaků, fungují na princip lisu s mohutnými setrvačníky. Výsledkem lisovacího procesu je „nekonečně“ dlouhá briketa, která je potom dělicím zařízením, zkracována na žádané segmenty. Hydraulické pístové lisy jsou zpravidla výrazně levnější než mechanické, dosahují ale nižších výkonů, proto se hodí spíše na lisování slámy a sena a jsou vhodné zejména pro výrobu briket, určených k okamžité spotřebě na místě, při převozu by se totiž mohly méně soudržné brikety rozpadnout. Třetím běžným typem lisů jsou lisy šnekové, které se dělí na jednu a dvou vřetenové. Výhodou těchto lisů je zejména stálost produkovaných pelet, které jsou lisované vysokým tlakem. Jsou vhodné spíše pro lisování pilin, na zpracování stébelnin se příliš nehodí. Jejich zřejmě největší nevýhodou je rychlé opotřebení pracovního šneku, v případě přítomnosti písku nebo jiných hrubých nečistot v lisovaném materiálu (Pastorek a kol., 2004).

2.4.2 Peletování

Princip je podobný jako u briketování – dochází k mechanické úpravě materiálu zhutňováním, za použití vysokého tlaku. Peletovaný materiál je vhodné před zpracováním nějak homogenizovat, například rozdrtit. Principem lisování je protlačování suroviny matricí, opatřenou soustavou otvorů, pomocí tlačných kladek otáčejících se v těsné blízkosti nad otvory matrice. Vznikající teplo uvolňuje a změkčuje v surovině obsažený lignin, který zaručuje pevnost pelet. Lignin na povrchu tvoří ochranou krustu bránící vniknutí vlhkosti. Pelety jsou výlisky ve tvaru válečků, o průměru nejčastěji 6 – 25 mm. Výhřevnost a objemová hmotnost je srovnatelná s briketami. Protlačovací granulační lisy jsou odvozené od granulačních lisů na výrobu tvarovaných krmiv na bázi píce. Příkon granulačních lisů se pohybuje cca od 40 do 100 i více kW. Rozlišují se dva základní typy: Lis s talířovou vertikální 31 matricí, ten je tvořen systémem otáčivých kladek, které se odvalují po kruhové matrici a protlačují surovinu dolů otvory v matrici. Výkon těchto lisů dosahuje hodnot 0,5 až 1,5 t/h. A lis s prstencovou horizontální deskovou matricí, který funguje na principu perforovaného disku, v jehož vnitřní části jsou umístěny 2 nebo více kladek, které protlačují materiál skrze otvory. Výkon těchto lisů se pohybuje v rozmezí 3-5 t/h. Životnost lisu je odhadována na cca 1000- 1500 hod (odpovídá přibližně 10 000 vyrobených tun). Pelety lze dělit na dřevní, které se dále dělí na bílé (vyráběné z čisté dřevní hmoty) a tmavé (vyráběné ze dřeva a kůry) a na pelety alternativní, dále rozdělené na agropelety (vyrábějí se ze zemědělsky pěstovaných komodit) a ostatní (vyrábějí se z jinak špatně zpracovatelného materiálu s přídavkem zemědělských komodit) (Lobušník, 2003).

2.5 Spalování biomasy

2.5.1 Spalování energetických trav

Z důvodu rozdílných délek plamene při hoření nemohou být použity současné kotle na uhlí a koks na spalování biomasy bez náležitých úprav nebo bez podstatně sníženého tepelného výkonu.

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

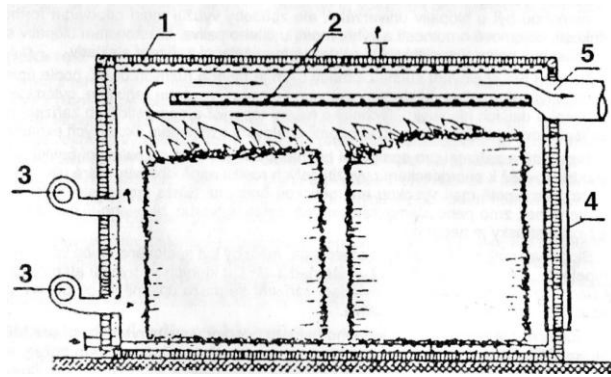
látek (Jakubes a kol., 2006). Pro spalování biomasy se používají kamna nebo kotle nejrůznějších velikostí, výkonů a systémů, nelze však použít kotelní zařízení konstruovaná na uhlí. Také topeniště kotlů musí být uzpůsobeno druhu a stavu paliva, které bude použito. Na rozdíl od fosilních paliv, která po vytěžení nevyžadují velkých úprav, aby je bylo možno spalovat, je třeba paliva z biomasy většinou upravit (krácení, štípání, sekání, lisování, mletí, sušení apod.). Množství uvolněné energie závisí také na výhřevnosti spalované látky (Moudrý a Stražil, 1999). Zařízení pro přímé spalování biomasy se výkonově mohou pohybovat od několika kW do desítek MW a v České republice představují nejméně problémový zdroj s velkou perspektivou (Jakubes a kol., 2006).

2.5.2 Topeniště s příkládáním standardních balíků

Tato topeniště jsou velmi rozšířená v Dánsku a Rakousku pro vytápění zemědělských usedlostí. Jejich tepelná výkonnost je 22 až 50 kW a spalovací prostor pojme asi 3 balíky najednou.

Topeniště musí být upraveno tak, aby byl zajištěn přívod sekundárního předehřátého vzduchu, prodloužený cesty hořících spalin vložím přídavného vnitřního pláště ke kotli přidány přídavné výměníky tepla. Protože ekologické hoření u těchto topenišť s "ohříváním" vložených balíků je možné jen při optimálním výkonu, doplňují se tyto kotle akumulátorem horké vody o objemu 4 000 litrů. To umožňuje zkrácení doby provozu kotle i obsluhy a odstranění nutnosti nočního příkládání. Rošty těchto kotlů jsou z trubek, ve kterých cirkuluje voda, která zajišťuje rychlé ochlazení popele, aby se nespékal. Obrázek 6 (Moudrý a Stražil, 1999).

Dánská firma PASSAT dodává tento systém do výkonu 150 kW. Zařízení se používají nejen k technologickým účelům v zemědělství, ale také pro společné vytápění několika zemědělských usedlostí z jedné kotelny. (Moudrý a Stražil, 1999).

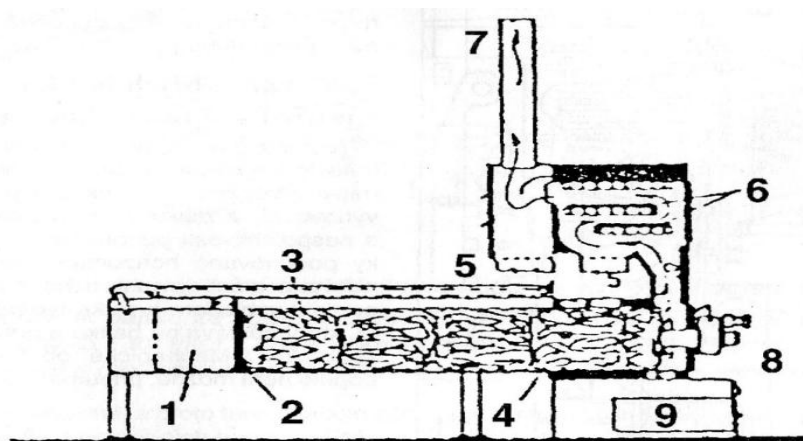


Obrázek 6 - Kotel pro spalování velkých balíků:

1- tepelně izolační opláštění, 2-teplosměnné plochy vodní náplně, 3-ventilátory spalného vzduchu, 4-uzávěrka pro přikládání (ruční), 5-odtah komína

2.5.3 Topeniště se spodním odhoříváním balíků

Zatímco u jednoduchých horizontálních topenišť s dávkovaným přikládáním standardních balíků slámy dochází k hoření všech balíků současně, u systémů s vertikální zásobou především vložených balíků zplynuje a odhořívá vždy nejspodnější balík, který navazuje na dohořívající předchozí v rozpáleném spalovacím prostoru. K tomu je z bodu přiváděn primární vzduch podporující spalování. Plyn, který částečně hoří, prochází do dohořivací komory, kam je přiváděn z vnitřního mezipláště horký sekundární vzduch. Vyhořelé spaliny jsou odváděny k teplosměnným plochám vodního kotle nebo horkovzdušného výměníku. Sloupec předem připravených balíků vystačí na celý den a je možné jej doplňovat přes bezpečnou uzávěru. Ve stejném topeniště lze spalovat i dřevní palivo nebo paliva kombinovat. obrázek 7 (Moudrý a Stražil, 1999).



Obrázek 7 - Spalovací zařízení s dolním odhoříváním :

1 - přísun, 2 - posun balíků, kanál pro balíky, 4 - těsnící klapka, 5 - usazovací zásobník na létavý popélek, 6 - výměník, 7 - komín, 8 - resolver, 9 - zásobník popele

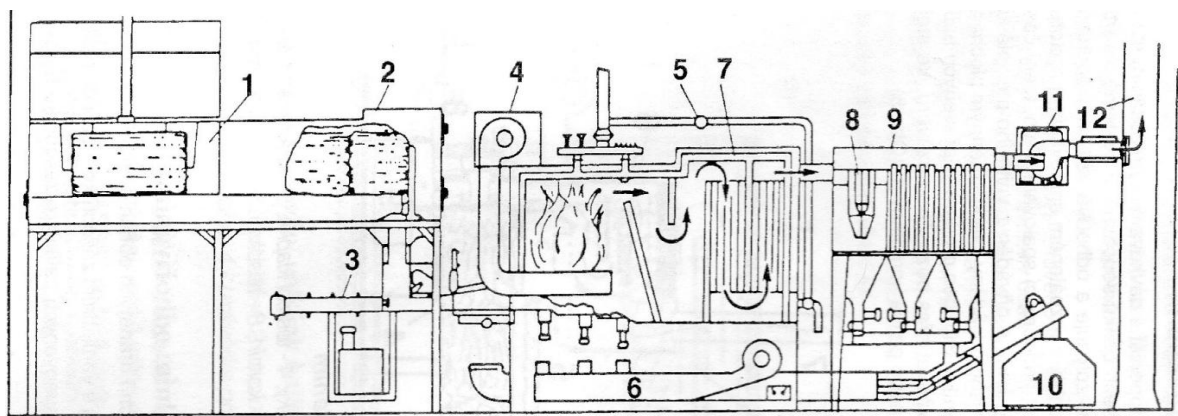
2.5.4 Spalování obřích balíků s vertikálním odhoříváním

Existují dva způsoby odhořívání válcových i hranatých obřích balíků:

- 1) spodní odhořívání na pohyblivém roštu s vertikálním zásobníkem dalších balíků
- 2) postupné prohořívání horizontálně nasouvaných balíků ze zásobníku horizontálního

(Moudrý a Strašil, 1999).

Tato zařízení mají větší výkony, minimálně 500 kW a doba hoření jednoho balíku je 1-2 hodiny. Provoz může být řízen ručně nebo automaticky, přičemž důležitou roli má oddělovací uzávěra, která se zasunuje do zásobníku při přidávání nového balíku. Důležitým prvkem tohoto systému je rotační rošt, který je nezbytný pro odstraňování popele z ohřívajícího balíku. Primární vzduch je přiváděn velkým množstvím trysek přímo do odhřívajícího balíku, přívod sekundárního vzduchu je až do prostoru pod roštem, do míst dohořívání spalných plynů. obrázek 8 (Moudrý a Strašil, 1999).

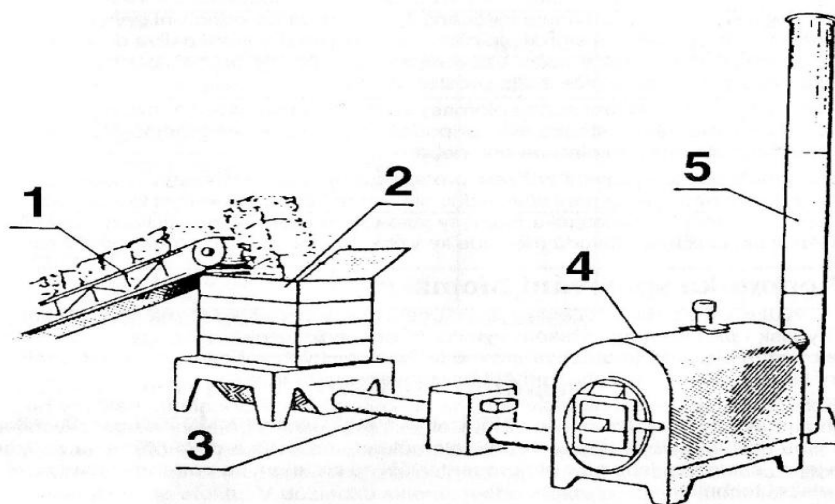


Obrázek 8 - Kotelna dálkového vytápění na spalování obřích balíků:

1 - drapákový podavač balíků, 2 - rozpojovací zařízení, 3 - hydraulické vkládací ústrojí slámy do topeniště, 4 - ventilátor sekundárního vzduchu, 5 - topeniště, 6 - ventilátor primárního vzduchu, 7 - horkovodní kotel, 8 - cyklon, 9 - textilní koncové filtry, 10 - kontejner na popel, 11 - odtahový ventilátor, 12 - komín.

2.5.5 Spalování obřích balíků s horizontálním odhoříváním

Přestože první topeniště na obří balíky měla systém horizontálního odhořívání, nebyl vývoj dokončen tak, aby pro praxi vyhovoval, z důvodů nerovnoměrnosti a nespolehlivosti odhořívání. Obří balíky posunované horizontálně do topeniště na celém povrchu odhořívají velmi pomalu vzhledem k velké tvorbě popele, který zůstává na balíku a odhořívání zpomaluje. Mechanické odstraňování popele není možné, pneumatické by bylo velmi nákladné, a proto tento systém zůstal pouze u velkých tepláren, kde problém řeší desítky keramických trysek v ostání spalovací komory. Obrázek 9. Z těchto důvodů bylo vyvinuto zařízení na rozpojování obřích balíků, které zajišťuje, že do topeniště se dopravuje volně ložená, rozřezaná sláma v potřebném množství dle požadovaného výkonu (Moudrý a Stražil, 1999).



Obrázek 9 - Sestava adaptéru k plnění standardního kotle na spalování polen slámou:

1 - dopravník balíků ze sběracího lisu, 2 - zásobníkový rozpojovač balíků - drtič slámy, 3 - turniket - bezpečnostní, 4 - horkovodní kotel s možností mechanického i ručního přikládání, 5 - komín

2.5.6 Zařízení na přikládání volně ložené suché biomasy

V podstatě jde o dva systémy, které mohou pracovat samostatně nebo ve vzájemné kombinaci. V prvním případě předchází topeništi velkoobjemový zásobník pořezané nebo drcené biomasy s mechanickým, zpravidla šnekovým nebo pístovým vyprazdňovacím a plnicím systémem, který navazuje na topeniště. V druhém případě je to zařízení na rozpojování, rozřezávání malých nebo obřích balíků. Hmota má potom délku 10-20 cm. Dopravní cestu do topeniště musí být bezpodmínečně vybavena nejméně jednou protipožární uzávěrou. Většinou se jedná o mechanický turniket, vložený mezi dva

šnekové dopravníky, případně je v topeništi u vstupu paliva ještě klapka, kterou nadzdvihuje vkládaná hmota která po odhoření paliva otvor automaticky uzavře, čímž dá signál plnicímu zařízení pro doplnění paliva do kotle. U řady zařízení je použita ještě vodní uzávěra, která v případě průniku ohně do plnicího šneku nebo-pístového plniče zalije prostor vodou (Moudrý a Stražil, 1999).

Zařízení pro rozpojování suché biomasy se dodává jako adaptér pro různá paliva, to je malé i velké balíky, štěpku atd., případně i s představným topeništěm, pokud se rekonstruuje stávající kotelna na uhlí nebo olej (Moudrý a Stražil, 1999).

Další možností je vybavení zařízení pro spalování suché biomasy pomocným olejo-
vým hořákem nebo ponechání stávajícího olejového hořáku na kotli, a to z důvodu překonání přechodného nedostatku biomasy jako paliva a pro automatické roztápění topeniště z ekologických důvodů (nedojde ke vzniku kouře při zatápní přímo biomasou) (Moudrý a Stražil, 1999).

2.5.7 Technologické parametry trav určených pro spalování

U energetických trav se doporučuje jarní sklizeň (po přezimování biomasy narostlé v předchozím roce), také proto, že při pozdějších termínech sklizně se snižuje obsah draslíku, chloru a síry ve fytomase chrastice i dalších plodin oproti raným termínům sklizně. Množství živin obsažených v rostlinách je na jaře téměř poloviční v porovnání s rostlinami sklizenými např. v srpnu. Jako důvod se uvádí translokace živin do kořenové části a jejich vyluhování během zimy. Porovnání obsahu prvků v nadzemní fytomase Chrastice rákosovité při podzimním a jarní sklizni podle našich sledování je uvedeno v tabulce 1. U pozdních termínů sklizně (březen) se např. při spalování fytomasy chrastice zvyšuje teplota spékání popele a jsou zaznamenány nižší emise SO_x a NO_x oproti ranějším termínům sklizně (Červenec - Září). Obsah popele v rostlinách je ovlivněn také typem půdy. Bylo zjištěno, že při pěstování chrastice na těžkých jílovitých půdách byl obsah popele 10,1% v porovnání s rostlinami pěstovanými na půdách humózních, kde byl obsah popele pouze 2,2 % (Stražil a kol.2011)

Tabulka 2 - Obsah prvků v rostlinách chrastice rákosovité v různých termínech

Termín sklizně	Obsah prvků v % sušiny				
	N	P	K	Ca	Mg
V době květenství	1,36	0,3	1,05	0,7	0,19
Podzim	0,96	0,17	0,57	0,4	0,12
Jaro	0,92	0,14	0,14	0,25	0,06
Průměr	1,09	0,18	0,59	0,45	0,12

zdroj: Stražil a kol.2011

Pro spalování je důležitým faktorem energetický obsah spalovaného materiálu. Energetický obsah fytomasy chrastice rákosovité v různých termínech sklizně za období let 2006-2009. Průměrná energetická hodnota sušiny fytomasy chrastice 17,77 GJ.t⁻¹ je podobná hodnotám hnědého uhlí používaného při vytápění v domácnostech. Obdobné hodnoty výhřevnosti byly zjištěny i u jiných plodin, jako např. ozdobnice, kostřavy rákosovité, Šťovíku apod. (Kára a kol., 2004). (Wellie-Stephan 1998) uvádí pro kostřavy rákosovité energetickou hodnotu kolem 17,00 MJ.kg⁻¹ (Stražil a kol.2011)

Spalné teplo je silně závislé na vlhkosti fytomasy. Při vlhkosti 50 % je pouze 9,5 GJ.t⁻¹. Při vlhkosti do 20 % vhodné pro přímé spalování ve většině kotlů s nižším výkonem je spalné teplo chrastice 14,7 GJ.t⁻¹ (tabulka.2), což odpovídá hnědému uhlí horší kvality používanému v našich tepelných elektrárnách. Z tabulky 2 je dále patrné, že různé termíny sklizně ani hnojení N průkazně neovlivňují energetický obsah sklizené fytomasy chrastice. (Stražil a kol.2011)

Tabulka 3 - Energetické hodnoty nadzemní fytomasy chrastice rákosovité (GJ.t⁻¹) při různých termínech sklizně, hnojení N a různém obsahu vody

Ukazatel	Termín sklizně	energetická hodnota GJ.t ⁻¹
Spalné teplo suché hmoty	1 termín *	17,658
Spalné teplo suché hmoty	2 termín **	17,814
Spalné teplo suché hmoty	3 termín ***	17,832
Průměr termínů sklizně suché hmoty		17,768
Spalné teplo suché hmoty při hnojení N0	2 termín **	17,564
Spalné teplo suché hmoty při hnojení N3	2 termín **	17,369
Spalné teplo při obsahu vody 50%	2 termín **	9,472
Spalné teplo při obsahu vody 20%	3 termín ***	14,73

poznámky: * - odběr v době největšího nárůstu fytomasy

** - odběr na podzim

*** - odběr brzy na jaře

Hnojení dusíkem v průmyslových hnojivech (kg.ha-1) N0 = 0, N3 = 120

Chrastici i další trávy lze použít jako palivo přímo dodávané do vhodného kotle, nebo ji lze dále zpracovat lisováním do formy pelet či briket. Přímé spalování je vhodné ve velkých topeništích, kdy je palivo dodáváno ve formě balíků. Vhodným rozdrůžovadlem jsou pak tyto balíky převedeny do formy, kdy je možno materiál mechanicky a pneumaticky dodávat do kotle. Při spalovacích zkouškách byla v kotli určeném pro spalování slámy použita jako palivo chrastice ve formě balíků. Emise CO_2 byly zjištěny na hladině $1\,000\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ přičemž limitní hodnota pro toto spalovací zařízení je $650\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Koncentrace NO_x ve spalinách byly pod dovolenou hranicí. Výhodou chrastice jako paliva je zvýšená teplota tání popela ($1\,190^\circ\text{C}$) oproti obilní slámě (860°C). Tím se dá v mnoha případech zabránit spékání popela v topeništi (Hutla a kol., 2004).

Při porovnání spalování fytomasy trav z různých termínů sklizně byly zjištěny výrazně nižší emise NO_x při spalování fytomasy z pozdějších termínů sklizně. Např. (Hutla a Jevič 2009), kteří při spalování pelet ozdobnice použili kotle nižších výkonů do 25 kW (spalovací zařízení SK-2 a V 25), zjistili emisní parametry NO_x pro kotel SK-2 resp. Ve (Spalovací zařízení) V 25 při podzimní sklizni 128 resp. $168\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ a 83 resp. $102\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ při jarní sklizni. Toto snížení emisí NO_x , představovalo pro kotel SK-2 35 %, pro kotel V - 25 39 %. Obdobné výsledky jsou i u dalších druhů trav. (Stražil a kol.2011)

Pro specifikaci, klasifikaci i zkoušení biomasy byly v roce 2010 vydány nové normy (Kotlánová, 2010). V tomto sdělení jsou také citovány další normy vydané v roce 2010 pro stanovení vody, prchavé hořlaviny, obsahu popela, spalného tepla a výhřevnosti, sypné hmotnosti a mechanické odolnosti pelet. (Stražil a kol.2011).

3. Metodika

3.1 Vzorkování lokality

Byly hodnoceny vybrané lokality s pěstováním chrastice rákosovité pro energetické účely (přímé spalování). Lokalitu jsem měřil ve dvou obdobích, na jaře 24.4.2017 a v létě 2.7.2017. V těchto termínech jsem zjišťoval pokryvnost všech rostlin a chrastice rákosovité. Byla hodnocena pokryvnost jednotlivých zástupců všech druhů trav, jetelovin, bylin, sítinovitých a šáchorovitých. Samotné měření jsem prováděl následovně: připravené čtverce o velikosti 1m² (viz obrázek 10), jsem rozmístil po pozemku do třech sledovaných míst. Měřená místa na každém pozemku jsem vybral náhodně, tak, aby byla rovnoměrně rozloženy po pozemku a tím bylo dosaženo průměrného vzorku. Při jarním měření jsem sledoval celkovou botanickou skladbu a při letním botanickou skladbu a počet sterilních a fertlních stébel chrastice rákosovité. Při letním měření, jsem postupoval stejně, jen s rozdílem, že pro lepší orientaci při počítání sterilních a fertlních rostlin jsem prostor o velikosti 1m² vyžnul nůžkami. Současně při tomto počítání jsem mohl stanovit i botanický snímek pro letní termín (obrázek 11 a 12). Celkové množství všech agrobotanických snímků, bylo 6 (18 včetně opakování), protože hodnocení se u každé lokality provedlo třikrát. Pro každou lokalitu byla následně dle autora (Veselá a kol, 1994, Kobes, 2017) spočítána Střední indikační hodnota pro vodu (SIH_H).

Rovnice pro vypočet Střední indikační hodnoty pro obsah vody v půdě (SIH_H)

$$SIH_H = \sum Di \cdot \frac{Hi}{Di}$$



Obrázek 10, vzorkovací rámeček



Obrázek 11, rozříděný vzorek



Obrázek 12, rozřídění pro určení druhů

3.2 Sklizeň a zjišťování výnosu travní hmoty

Sklizeň chrastice rákosovité byla rozdělena do několika operací. Jelikož se nejedná o přímou sklizeň, ale o fázovou, tak jsou operace odstupňované.

Sečení

Sečení bylo prováděno bubnovým žacíím strojem Claas WM 185 v agregaci s traktorem Zetor 7745. K sečení byla určena bubnová nesená sekačka bez kondicionéru. Celá výměra byla posečena v jeden den. Hmota se ponechala v řádcích dva dny.

Obracení a nahrabování

Po posečení pozemků byla hmota obrácena v několika termínech, tak, aby byl dostatečně snížený obsah živin ve stéblu a tím i snížený obsah popelovin. Obracení prováděla souprava Zetor 6011 a obraceč píče Fahr KHZ 500 DN v době 7 dnů.

Nahrabování do řádků bylo provedeno 2 hodiny před lisováním traktorovou soupravou Zetor 6011 a Kühn GA 300.

Lisování a odvoz

Lisování provedla souprava traktoru Zetor 7745 a lis John Deere 580. Jednalo se o lis s pásovým pohonem a variabilní komorou, z důvodu větší slisovatelnosti. Pozemky byli sklizeny v jeden den a balíky se ponechaly na pozemku.

Odvoz byl realizován sedm dní po sklizni soupravou Zetor 7745 a samonakládacím vozem MV 7 – 022. Balíky byly svezeny na svozové místo a autodopravou odvezeny do firmy vyrábějící pelety.

Zjišťování výnosu

Výnos byl zjišťován následujícím způsobem, z celkového množství balíků 32 ks byl vybrán náhodný vzorek balíků v množství 10 ks a ty byly zváženy. Celkový výnos byl určen podle průměrné váhy a počtu balíků. Velikost balíku je 160 cm a váha průměrného balíku je 420 kg.

3.3 Založení porostu

3.3.1 Lokalita „U rybníčku“

Založení porostu bylo provedeno v roce 2009, tak, že byl v podzimním měsíci po sklizni porostu aplikován totální herbicid RoundUp. Po aplikaci účinné látky, zhruba za 1. měsíc od aplikace, byla na pozemku provedena orba do hloubky 25 cm. Po přezimování a možnosti opět vjet na pozemek, byla provedeno smykování křížem a urovnání pozemku. Setí Chrastice rákosovité bylo provedeno v hloubce 1,5 – 2 cm v šíři 12,5 cm a výsevek semene v množství $20 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, pro výsev byla vybrána odrůda Palaton, která je v Evropě nejrozšířenější. Poslední půdozpracující operace bylo válení pozemku, pro rozbití hrud a zatlačení drobného skeletu. Větší skelet byl z pozemku vysbírán.

Po vzejití porostu nebyl aplikován žádný herbicidní přípravek. Pozemek byl přihnojen NPK, v dávce $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. První seč byla provedena v září stejného roku založení a byla zmulčována. Porost se druhý rok od založení v jarních měsících válcuje a provzdušňuje.

3.3.2 Lokalita „Loučky“

Porost byl založen v roce 2011. Po třetí seči byl porost dedikován totálním herbicidem RoundUp. Po aplikaci, zhruba tři týdny byl porost podmnut do hloubky 10 - 12 cm, z důvodu narušení drnu. Následně byl pozemek pohnojen slepičím hnojem v dávce $35 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a ten den byl pozemek i zorán do hloubky 25 cm. Na jaře byly použity smykobrány a křížovým přejezdem byl pozemek urovnán a zaset do hloubky 1,5 - 2 cm a v šíři 12,5 cm při výsevni dávce $20 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Použita byla odrůda Palaton. Poté byl pozemek uválen válcem.

Po vzejití porostu nebyl použit žádný herbicidní přípravek. Na pozemek nebyly aplikována ani minerální hnojiva. První seč byla v srpnu, téhož roku, kdy byl založen. Travní hmota byla odvezena bez použití k energetickým účelům. Na jaře byl pozemek provzdušněn prutovými branami.

3.3.3 Lokalita „Větrolam“

Pozemek v lokalitě Větrolam byl založen v roce 2009, pozemek byl po třetí seči zdesikován pomocí totálního herbicidu RoundUp a jeden měsíc se nechala účinná látka účinkovat. Poté byl pozemek podmítnut diskovým podmiťáčem do hloubky 10 – 12 cm. Před zimou byl pozemek křížovým přejezdem podmítnut znovu a takto připravený pozemek byl ponechán do jara. Na jaře byl pozemek znovu podmítnut do hloubky 10 – 12 cm a zaset odrůdou Palaton do hloubky 1,5 - 2 cm v šíři 12,5 cm. Jako poslední operace na pozemku bylo uválení pozemku válcem. Pozemek nebyl při založení zorán z důvodu vysoké skeletovitosti.

Na jaře po vzejetí porostu nebyl použit žádný herbicidní přípravek a pozemek byl přihnojen NPK, v dávce $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. První seč byla provedena v roce zasetí a to v září, pozemek byl zmulčován a hmota ponechána na místě. Na jaře následujícího roku byl pozemek provzdušněn a uválen.

3.4 Popis jednotlivých travních porostů

3.4.1 Popis měření lokality – „U rybníčku“



Obrázek 13 – ortomapa lokality „U rybníčku“ – (zdroj: eagri/lpis.cz)

Lokalizace

Pozemek chrastice rákosovité se nachází v obci Mnichov (okres Strakonice, kraj Jihočeský). Jedná se o bývalé TTP, které se nachází v těsné blízkosti rybníku. Louka byla v roce 2009 přeseťa Chrasticí rákosovitou. Pozemek je v nadmořské výšce 434 m.n.m., sklonitost pozemku je 2,55°, výměra pozemku 0,52 ha, skeletovitost – slabá, půdní typ – hnědozem (glejová).

Agrotechnické zásahy během vegetace

Válení – Ano (jaro)

Vláčení – 1x ročně prutovými branami

Termín vláčení – druhá polovina března (dle počasí)

Smykování – NE

Hnojení – NE

Termín aplikace – druhá polovina října

Aplikace herbicidů/fungicidů – NE

Počet sečí – 1x za vegetaci

Termín seče – první polovina července

Výška seče – 8 – 10 mm

Typ sekačky – diskový žací stroj bez kondicioneru

Mulčování – NE

3.4.2 Popis měření lokality – „Loučky“



Obrázek 14 – ortomapa lokality „Loučky“ – (zdroj: eagri/lpis.cz)

Lokalizace

Pozemek chrastice rákosovité se nachází v obci Mnichov (okres Strakonice, kraj Jihočeský). Jedná se o bývalé TTP, které je v těsné blízkosti pastviny a louky. Louka byla v roce 2011 přeseťa Chrasticí rákosovitou. Pozemek je v nadmořské výšce 437 m.n.m., sklonitost pozemku je 1,59°, výměra pozemku 1,12 ha, skeletovitost – střední, půdní typ – hnědozem.

Agrotechnické zásahy během vegetace

Válení – Ano (jaro)

Vláčení – 1x ročně prutovými branami

Termín vláčení – druhá polovina března (dle počasí)

Smykování – NE

Hnojení – ANO

Termín aplikace – druhá polovina října

Druh hnojiva – slepičí trus (1 x za 3 roky)

Dávka hnoje na danou plochu – 5,0 t

Aplikace herbicidů/fungicidů – NE

Počet sečí – 1x za vegetaci

Termín seče – první polovina července

Výška seče – 8 – 10 mm

Typ sekačky – diskový žací stroj bez kondicioneru

Mulčování – NE

3.4.3 Popis měření lokality – „Větrolam“



Obrázek 15 – ortomapa lokality „Větrolam“ – (zdroj: eagri/lpis.cz)

Lokalizace

Pozemek chrastice rákosovité se nachází v obci Mnichov (okres Strakonice, kraj Jihočeský). Jedná se o bývalé TTP, které je v těsné blízkosti pole a louky. Louka byla v roce 2009 přeseťa Chrasticí rákosovitou. Pozemek je v nadmořské výšce 463 m.n.m., sklonitost pozemku je 2,99°, výměra pozemku 0,86 ha, skeletovitost – střední, půdní typ – hnědozem

Agrotechnické zásahy během vegetace

Válení – Ano (jaro)

Vláčení – 1x ročně prutovými branami

Termín vláčení – druhá polovina března (dle počasí)

Smykování – NE

Hnojení – NE

Aplikace herbicidů/fungicidů – NE

Počet sečí – 1x za vegetaci

Termín seče – první polovina července

Výška seče – 8 – 10 mm

Typ sekačky – diskový žací stroj bez kondicioneru

Mulčování – NE

Tabulka 4 - Souhrnná charakteristika klimatických podmínek

Parametr	Hodnota nebo popis
Kód klimatického regionu	5
Symbol regionu	MT2
Charakteristika regionů	Mírně teplý Mírně vlhký
Suma teplot pod 10°C	2200 - 2500
Průměrná roční teplota	7 – 8
Průměrný roční úhrn srážek v mm	450 – 550 (700)
Pravděpodobnost suchých vegetačních období v %	15 - 30
Vláhová jistota	4.10
Rozloha zemědělských půd této kategorie v tis ha	860
Rozloha zeměd. Půd této kategorie v % od celk.	20,1

Tabulka 5 - Seznam lokali s uvedenými půdními bloky včetně BPEJ a HPJ

č.	Lokalita	Půdní bloky	BPEJ	HPJ	Parcela m²
1	U rybníčků	č. 6303/4 Mnichov	56701	32	5720
2	Loučky	č. 7207/1 Mnichov	55001	50	12149
3	Větrolam	č. 8102/17 Mnichov	53211	32	8614

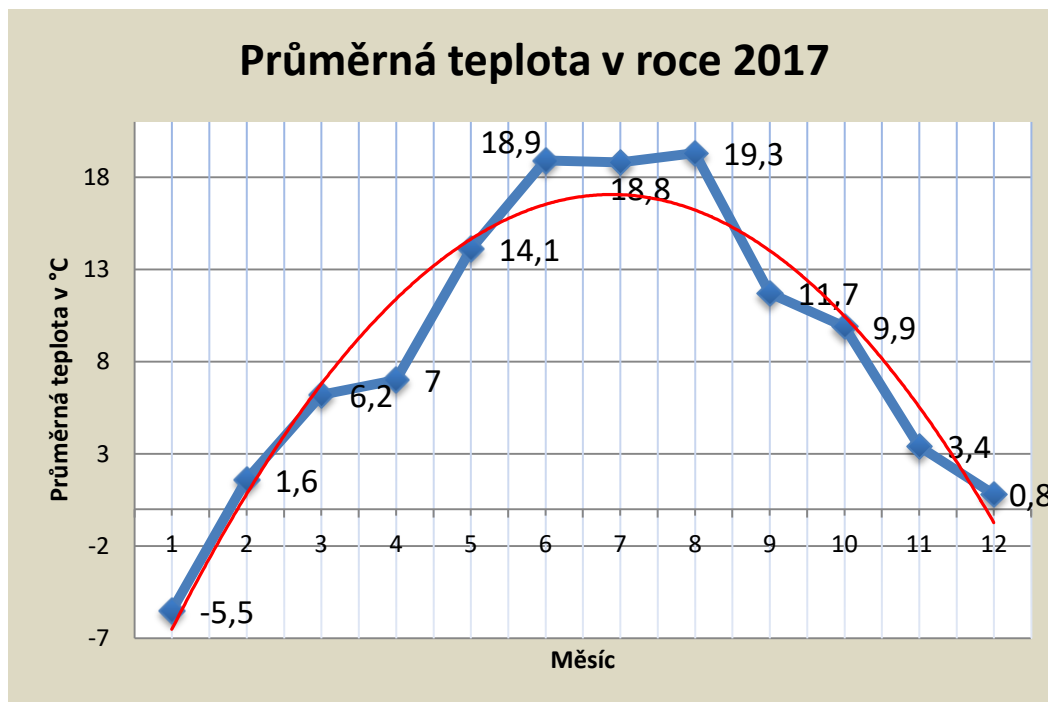
Tabulka 6 - Popis charakteristik půdních jednotek a jejich zastoupení

Kód HPJ	Zastoupení HPJ v %	Popis HPJ
32	42,8	Kambizemě modální eubazické až mezobazické na hrubých zvětralinách, propustných, minerálně chudých substrátech, žulách, syenitech, granodioritech, méně ortorulách, středně těžké lehčí s vyšším obsahem grusu, vláhově příznivější ve vlhčím klimatu.
50	23,0	Kambizemě oglejené a pseudogleje modální na žulách, rulách a jiných pevných horninách (které nejsou v HPJ 48,49), středně těžké lehčí až středně těžké, slabě až středně skeletovité, se sklonem k dočasnému zamokření

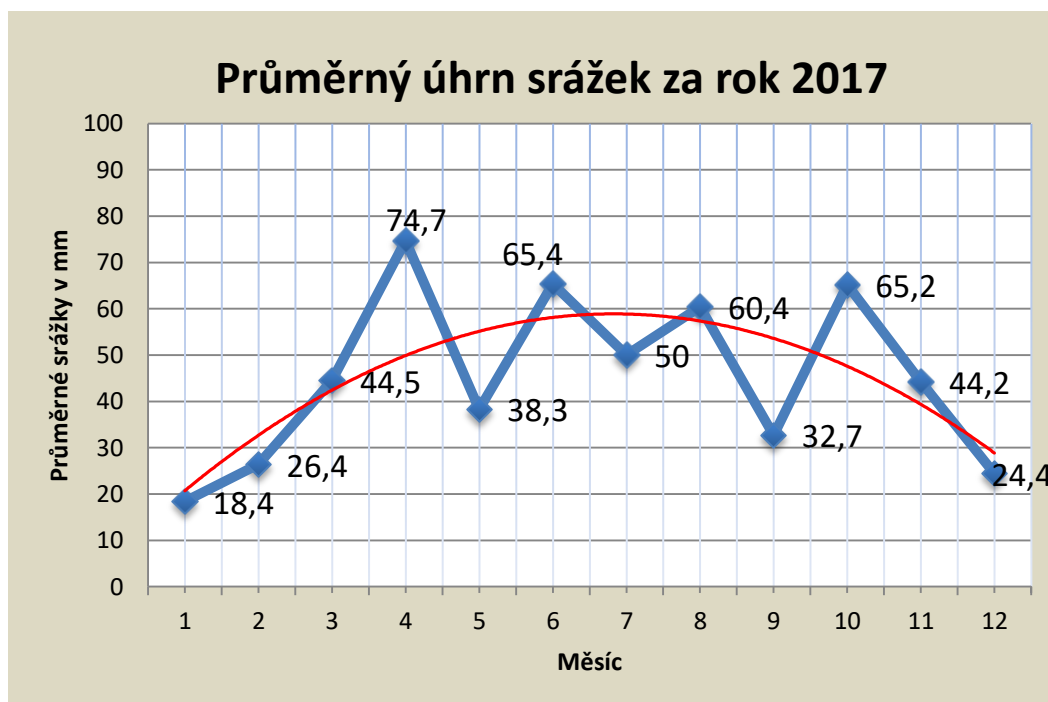
3.5 Meteorologické údaje

Pro porovnání výnosu hmoty, v jednotlivých letech, zde přikládám meteorologické snímky, souhrn ročních srážek a teplot, které ovlivnili výnos Chrastice rákosovité.

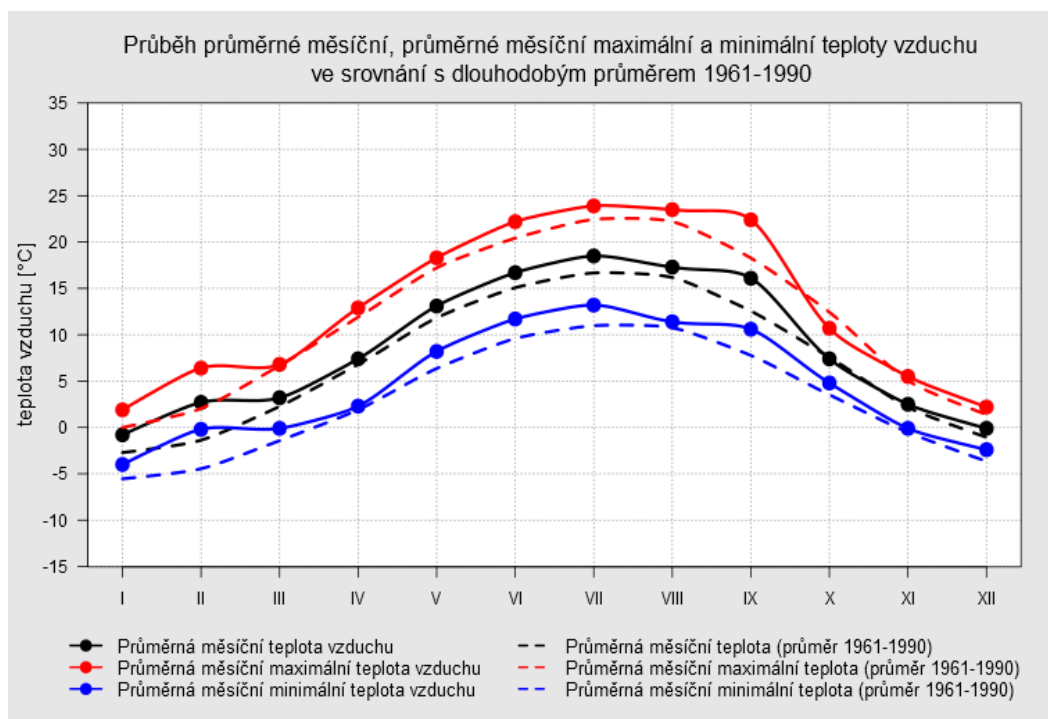
Graf 1 – Graf průměrné teploty v roce 2017



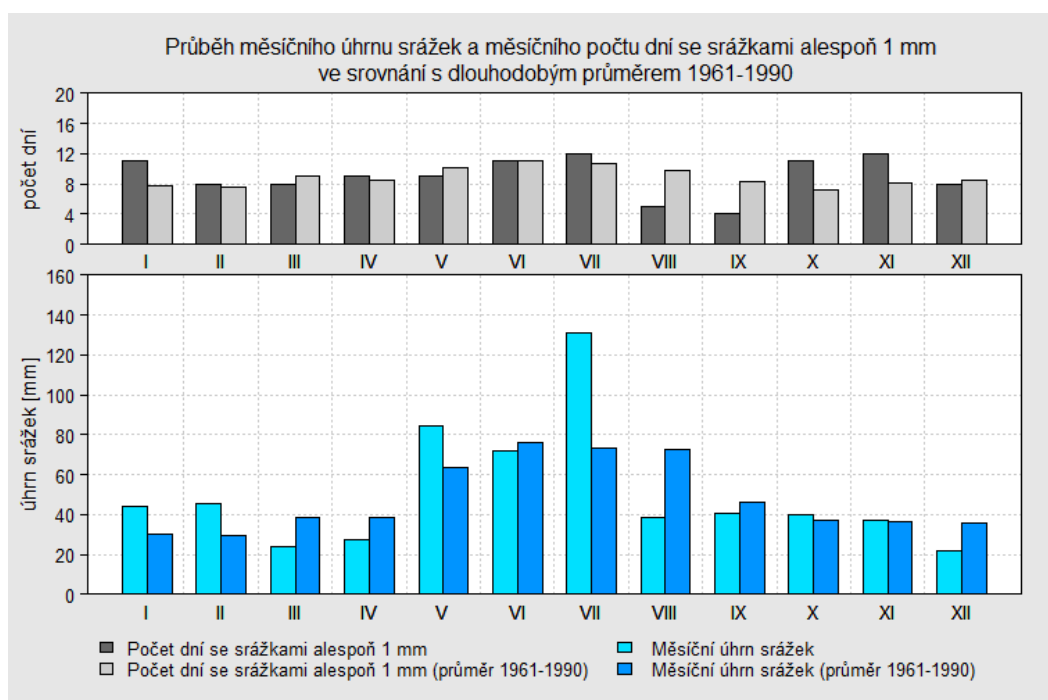
Graf 2 – Graf průměrného srážkového úhrnu v roce 2017



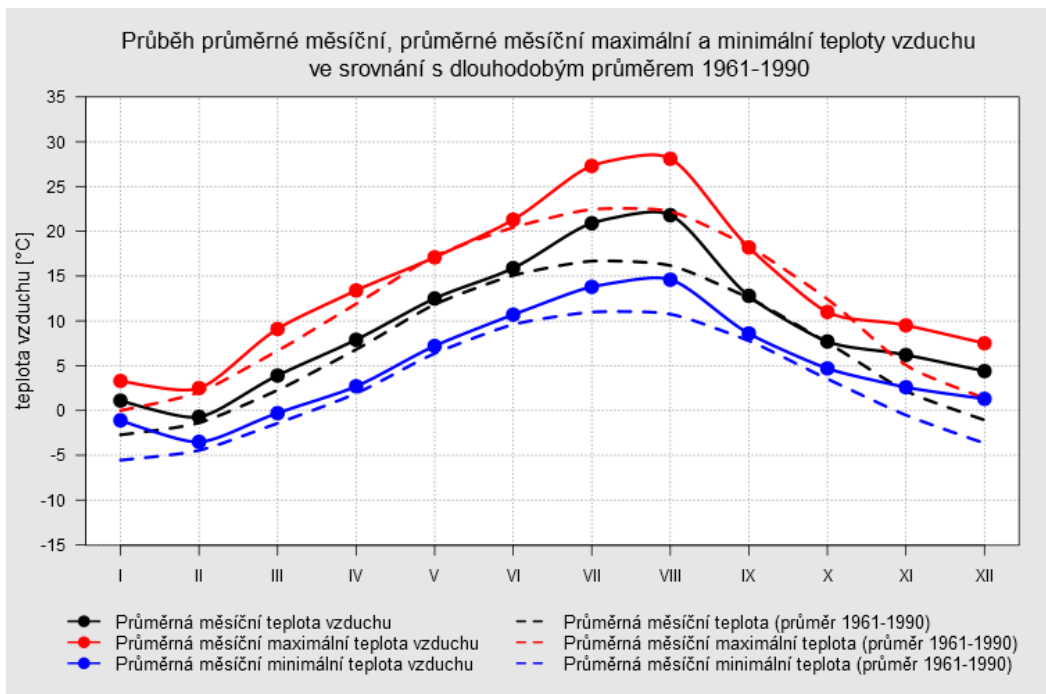
Graf 3 – Graf průměrné teploty úhrnu v roce 2016 (zdroj: ČHMÚ)



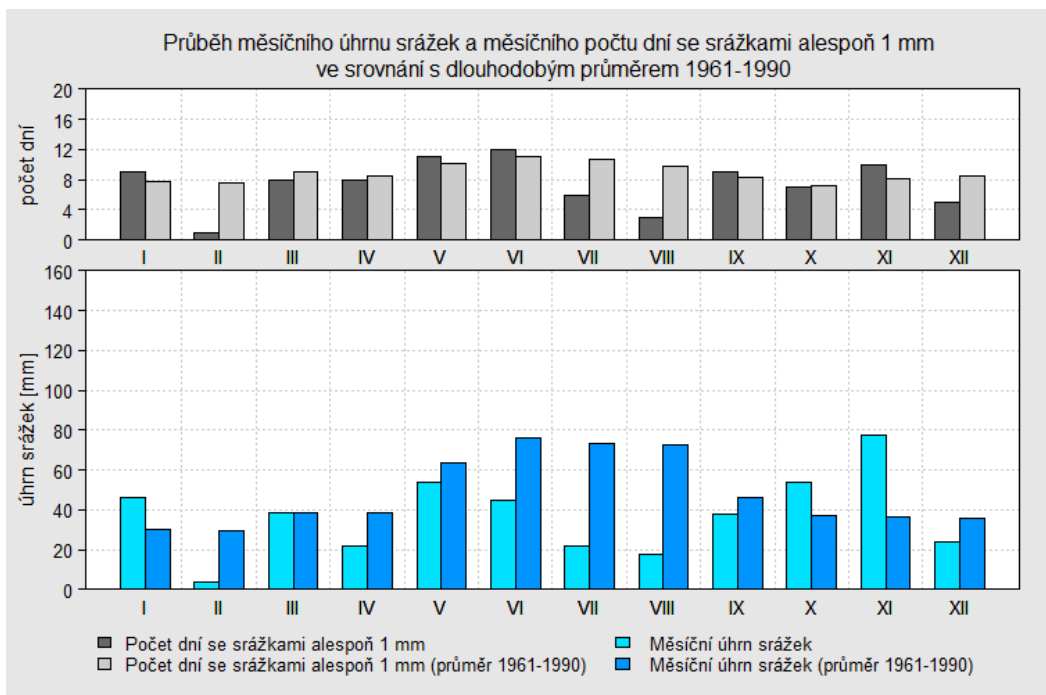
Graf 5 – Graf průměrného srážkového úhrnu v roce 2016 (zdroj: ČHMÚ)



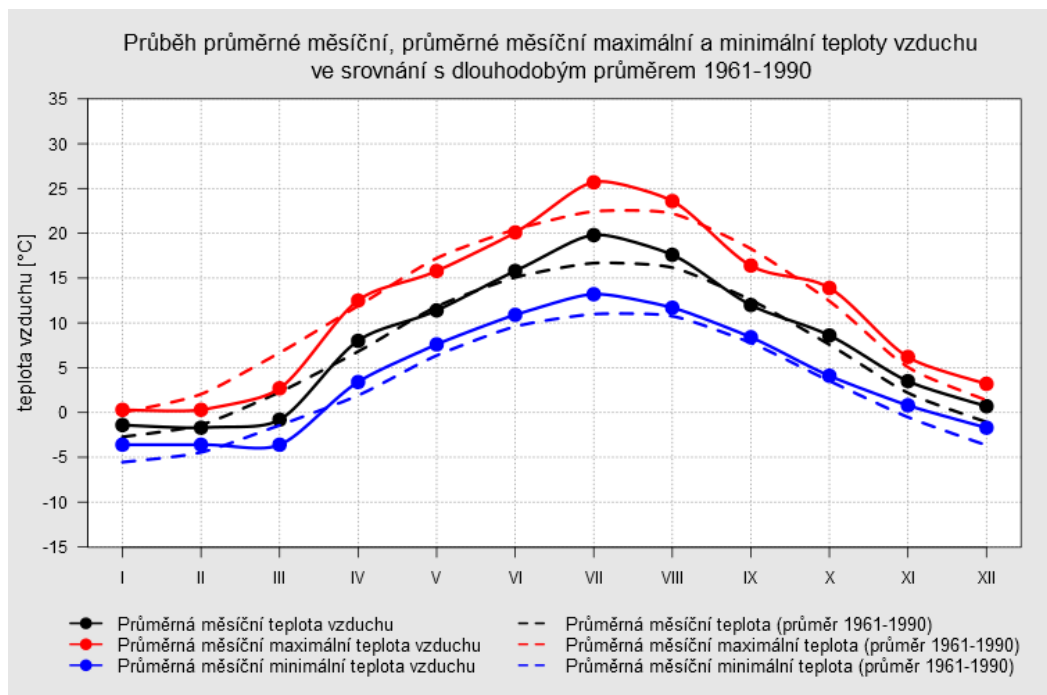
Graf 4 – Graf průměrné teploty v roce 2015 (zdroj: ČHMÚ)



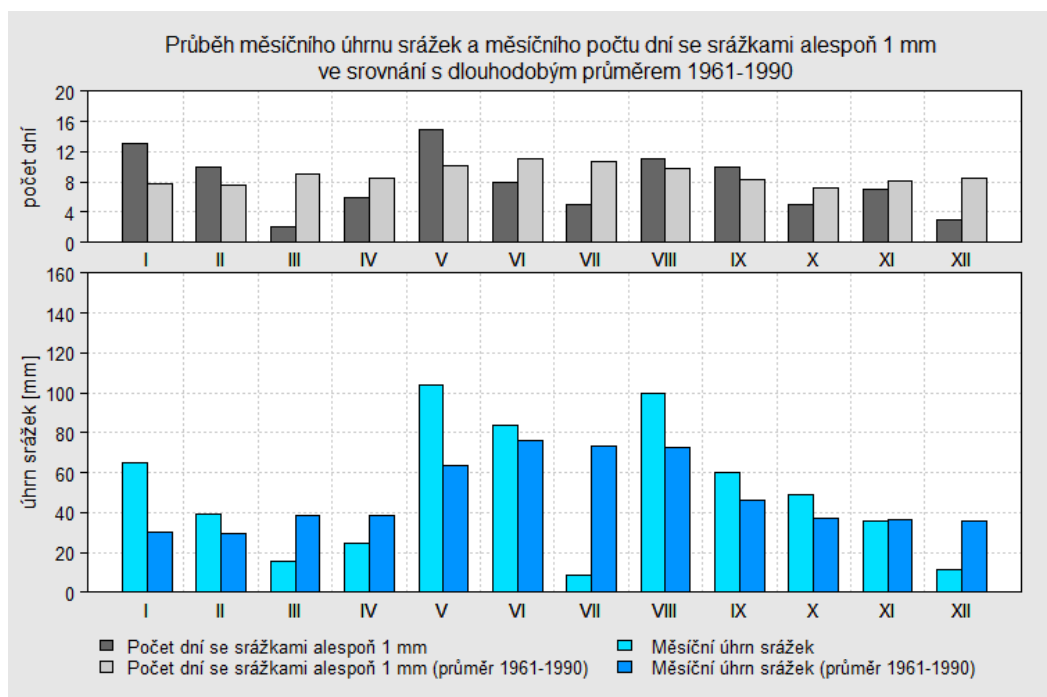
Graf 6 – Graf průměrného srážkového úhrnu v roce 2015 (zdroj: ČHMÚ)



Graf 7 – Graf průměrné teploty v roce 2013 (zdroj: ČHMÚ)



Graf 8 – Graf průměrného srážkového úhrnu v roce 2013 (zdroj: ČHMÚ)



V grafu pro rok 2017 jsou použita dostupná data z portálu ČHMÚ, měřicí stanice Kocelovice za rok 2017, která jsem použil a graficky znázornil. Grafy pro rok 2013 -2016 jsou použité z datového archivu ČHMÚ – stanice Kocelovice.

Z meteorologických údajů vyplývá, že roky 2015 – 2016 byly srážkově podprůměrné a teplotně nadprůměrné. Tyto dva roky měli za následek nižší výnos v roce 2015 a poškození porostu na sušších lokalitách i v roce 2016.

4. Výsledky a diskuze

4.1. Botanický snímek pozemku U rybníčku. Jaro 23.4. 2017

Tabulka 7- Lokalita: Obec Mnichov, Pozemek – „U rybníčku“

Druh	Rok, % D					
	Opakování					
Agrobotanická skupina	1	2	3			
Chrastice rákosovitá <i>Phalaris arundinacea L.</i>	65	49	74			
Psárka luční <i>Alopecurus pratensis L.</i>	8	4	0			
Lipnice luční <i>Poa pratensis L.</i>	10	12	5			
Psineček bílý <i>Agrostis stolonifera L.</i>	0	2	1			
Kostřava luční <i>Festuca pratensis L.</i>	0	3	1			
Bojínek luční <i>Phleum pratense L.</i>	2	1	0			
Pýr plazivý <i>Elytrigia repens L.</i>	3	5	3			
Trávy celkem	88	76	84			
Sítina klubkatá <i>Juncus conglomeratus L.</i>	0	0	0			
Ostřice r.d. <i>Carex spec. L.</i>	8	19	7			
Sítinovité a šachorovité .	8	19	7			
Jeteloviny celkem						
Řeřišnice luční <i>Cardamine pratensis L.</i>	1	0	0			
Přiskyňník prudký <i>Ranunculus acris L.</i>	2	1	0			
Smetánka lékařská <i>Taraxacum officinale L.</i>	0	1	2			
Šťovík tupolistý <i>Rumex obtusifolius L.</i>	0	1	5			
Svízel přítula <i>Galium aparine L.</i>	1	2	2			
Ostatní byliny celkem	4	5	9			
Prázdňá místa	-	-	-			

4.2. Botanický snímek pozemku U rybníčku: Léto 2.7. 2017

Tabulka 8 - Lokalita: Obec Mnichov, Pozemek – „U rybníčku“

Druh	Rok, % D					
	Opakování					
Agrobotanická skupina	1	2	3	SIH _H	D _i * H _i	
Chrastice rákosovitá <i>Phalaris arundinacea L.</i>	71	53	76	4	284	
Psárka luční <i>Alopecurus pratensis L.</i>	6	5	4	4	24	
Lipnice luční <i>Poa pratensis L.</i>	5	8	1	3	15	
Psineček bílý <i>Agrostis stolonifera L.</i>	3	2	2	4	12	
Kostřava luční <i>Festuca pratensis L.</i>	1	5	1	3	3	
Bojínek luční <i>Phleum pratense L.</i>	3	1	2	3	9	
Pýr plazivý <i>Elytrigia repens L.</i>	2	10	3	0	0	
Trávy celkem	91	84	89			
Sítina klubkatá <i>Juncus conglomeratus L.</i>	0	0	0		0	
Ostřice r.d. <i>Carex spec. L.</i>	4	5	2	4	16	
Sítinovitě a šachorovitě .	4	5	2			
Jeteloviny celkem						
Řeřišnice luční <i>Cardamine pratensis L.</i>	0	0	0	3	0	
Pryskyřník prudký <i>Ranunculus acris L.</i>	0	0	0	0	0	
Smetánka lékařská <i>Taraxacum officinale L.</i>	0	0	0	0	0	
Šťovík tupolistý <i>Rumex obtusifolius L.</i>	2	1	6	3	6	
Svízel přítula <i>Galium aparine L.</i>	3	10	3	3	9	
Ostatní byliny celkem	5	11	9			
Prázdná místa	-	-	-		Součet	
Σ		90			378	

4.3. Botanický snímek pozemku Loučky: Jaro 23.4. 2017

Tabulka 9 - Lokalita: Obec Mnichov, Pozemek – „Loučky“

Druh	Rok, % D					
Agrobotanická skupina	Opakování					
	1	2	3			
Chrastice rákosovitá <i>Phalaris arundinacea L.</i>	80	70	76			
Psárka luční <i>Alopecurus pratensis L.</i>	2	3	5			
Lipnice luční <i>Poa pratensis L.</i>	2	4	2			
Psineček bílý <i>Agrostis stolonifera L.</i>	0	2	1			
Kostřava luční <i>Festuca pratensis L.</i>	7	5	1			
Bojínek luční <i>Phleum pratense L.</i>	1	1	0			
Pýr plazivý <i>Elytrigia repens L.</i>	0	4	3			
Trávy celkem	92	89	88			
Sítina klubkatá <i>Juncus conglomeratus L.</i>	0	1	0			
Ostřice r.d. <i>Carex spec. L.</i>	6	3	4			
Sítinovité a šachorovité .	6	4	4			
Jeteloviny celkem						
Řeřišnice luční <i>Cardamine pratensis L.</i>	0	0	0			
Pryskyřník prudký <i>Ranunculus acris L.</i>	0	2	3			
Smetánka lékařská <i>Taraxacum officinale L.</i>	0	0	1			
Šťovík tupolistý <i>Rumex obtusifolius L.</i>	1	3	4			
Svízel přítula <i>Galium aparine L.</i>	1	2	0			
Ostatní byliny celkem	2	7	8			
Prázdná místa	-	-	-			

4.4. Botanický snímek pozemku Loučky: Léto 2.7. 2017

Tabulka 10 - Lokalita: Obec Mnichov, Pozemek – „Loučky“

Druh	Rok, % D					
	Opakování					
Agrobotanická skupina	1	2	3	SIH _H	D _i * H _i	
Chrastice rákosovitá <i>Phalaris arundinacea L.</i>	79	76	77	4	316	
Psárka luční <i>Alopecurus pratensis L.</i>	4	4	2	4	16	
Lipnice luční <i>Poa pratensis L.</i>	1	2	1	3	3	
Psineček bílý <i>Agrostis stolonifera L.</i>	2	2	3	4	8	
Kostřava luční <i>Festuca pratensis L.</i>	1	5	2	3	3	
Bojínek luční <i>Phleum pratense L.</i>	2	1	2	3	6	
Pýr plazivý <i>Elytrigia repens L.</i>	1	4	3	0	0	
Trávy celkem	90	94	90			
Sítina klubkatá <i>Juncus conglomeratus L.</i>	0	0	0			
Ostřice r.d. <i>Carex spec. L.</i>	3	2	2	4	12	
Sítinovitě a šachorovitě .	3	2	2			
Jeteloviny celkem						
Řeřišnice luční <i>Cardamine pratensis L.</i>	0	0	0	3	0	
Pryskyřník prudký <i>Ranunculus acris L.</i>	2	0	1	0	0	
Smetánka lékařská <i>Taraxacum officinale L.</i>	0	0	0	0	0	
Šťovík tupolistý <i>Rumex obtusifolius L.</i>	1	1	4	3	3	
Svízel přítula <i>Galium aparine L.</i>	4	3	3	3	12	
Ostatní byliny celkem	7	4	8			
Prázdna místa	-	-	-		Součet	
Σ		96			379	

4.5. Botanický snímek pozemku Větrolam: Jaro 23.4. 2017

Tabulka 11- Lokalita: Obec Mnichov, Pozemek – „Větrolam“

Druh	Rok, % D					
	Opakování					
Agrobotanická skupina	1	2	3			
Chrastice rákosovitá <i>Phalaris arundinacea L.</i>	52	40	11			
Psárka luční <i>Alopecurus pratensis L.</i>	8	5	45			
Lipnice luční <i>Poa pratensis L.</i>	10	8	6			
Psineček bílý <i>Agrostis stolonifera L.</i>	0	2	4			
Kostřava luční <i>Festuca pratensis L.</i>	6	5	1			
Bojínek luční <i>Phleum pratense L.</i>	1	1	2			
Pýr plazivý <i>Elytrigia repens L.</i>	1	4	5			
Trávy celkem	78	65	74			
Sítina klubkatá <i>Juncus conglomeratus L.</i>	0	0	0			
Ostřice r.d. <i>Carex spec. L.</i>	8	5	0			
Sítinovitě a šachorovitě .	8	5	0			
Jeteloviny celkem						
Řeřišnice luční <i>Cardamine pratensis L.</i>	0	0	0			
Pryskyřník prudký <i>Ranunculus acris L.</i>	0	0	0			
Smetánka lékařská <i>Taraxacum officinale L.</i>	9	10	8			
Šťovík tupolistý <i>Rumex obtusifolius L.</i>	5	1	10			
Svízel přítula <i>Galium aparine L.</i>	0	19	8			
Ostatní byliny celkem	14	30	26			
Prázdna místa	-	-	-			

4.6. Botanický snímek pozemku Větrolam: Léto 2.7. 2017

Tabulka 12 - Lokalita: Obec Mnichov, Pozemek – „Větrolam“

Druh	Rok, % D					
	Opakování					
Agrobotanická skupina	1	2	3	SIH _H	D _i * H _i	
Chrastice rákosovitá <i>Phalaris arundinacea L.</i>	52	45	15	4	208	
Psárka luční <i>Alopecurus pratensis L.</i>	12	8	45	4	40	
Lipnice luční <i>Poa pratensis L.</i>	7	3	8	3	24	
Psineček bílý <i>Agrostis stolonifera L.</i>	8	6	8	4	32	
Kostřava luční <i>Festuca pratensis L.</i>	5	5	2	3	15	
Bojínek luční <i>Phleum pratense L.</i>	4	8	2	3	6	
Pýr plazivý <i>Elytrigia repens L.</i>	1	4	5	0	0	
Trávy celkem	89	79	85			
Sítina klubkatá <i>Juncus conglomeratus L.</i>	0	0	0			
Ostřice r.d. <i>Carex spec. L.</i>	1	2	0	4	4	
Sítinovité a šachorovité .	1	2	0			
Jeteloviny celkem						
Řeřišnice luční <i>Cardamine pratensis L.</i>	0	0	0	3		
Pryskyřník prudký <i>Ranunculus acris L.</i>	1	0	0	0		
Smetánka lékařská <i>Taraxacum officinale L.</i>	0	0	0	0		
Šťovík tupolistý <i>Rumex obtusifolius L.</i>	1	1	4	3	3	
Svízel přítula <i>Galium aparine L.</i>	8	18	11	3	24	
Ostatní byliny celkem	10	19	15			
Prázdná místa	-	-	-		Součet	
Σ		96			364	

4.7. Střední indikační hodnota pro obsah vody v půdě (SIH_H)

Výpočet je stanovený z měřené lokality na kontrolních místech č.2
(opakování č 2. 2.7. 2017)

Lokalita č. 1 „U rybníčku“

$$SIH_H = 378 \cdot \frac{378}{90}$$

$$SIH_H = 4,25$$

Lokalita č. 1 „Větrolam“

$$SIH_H = 364 \cdot \frac{364}{96}$$

$$SIH_H = 3,77$$

Lokalita č. 1 „Loučky“

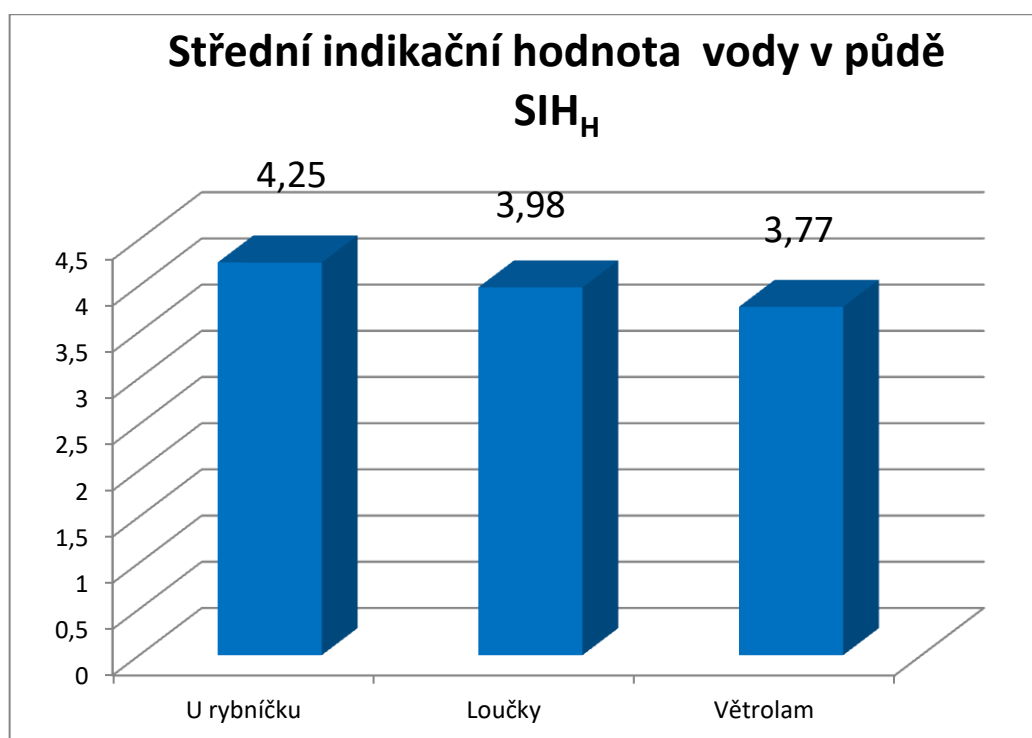
$$SIH_H = 379 \cdot \frac{379}{97}$$

$$SIH_H = 3,98$$

Tabulka 13 - Grafické vyjádření střední indikační hodnoty pro vodu (SIH_H) u jednotlivých lokalit

	SIH_H
č.1 U rybníčku	4,25
č.2 Loučky	3,98
č.3 Větrolam	3,77

Graf 1 - Střední indikační hodnota vody v půdě u jednotlivých lokalit



Z výše uvedeného grafu je názorně vidět, že nejvyšší hodnota je u lokality č.1 „U rybníčku“. Jedná se o lokalitu, která je v těsné blízkosti rybníku, který pozemek ovlivňuje. Naopak nejnižší hodnota byla naměřena u lokality č.3 „Větrolam“, která se nachází v mírně svažitém pozemku.

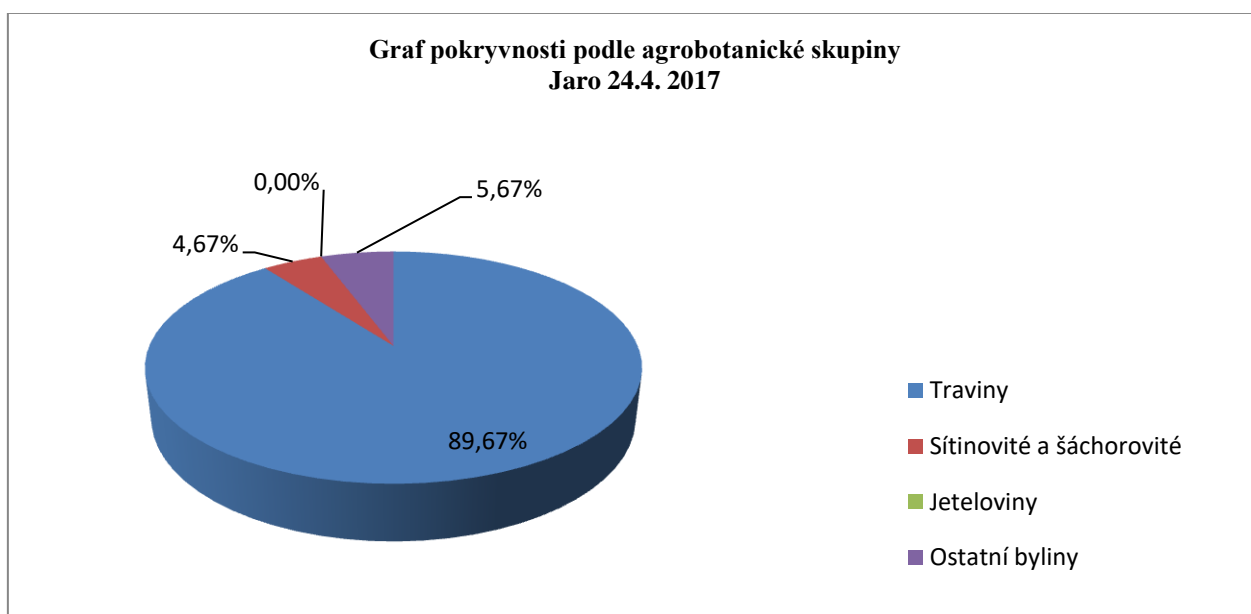
Podle (Malaťák a Vaculík, 2008) je Chrastice rákosovitá velice náročná plodina, co se týká vodního režimu, druhý autor (Weger et al., 2012) uvádí, že v přirozených travních porostech se chrastice rákosovitá nejvíce vyskytuje v okolí vodních toků. Tomu odpovídá i mé měření, kde vodní režim vyšel nejlépe v lokalitě „U rybníčku“, která odpovídá mezofytní oblasti. Tato lokalita je nejvhodnější pro pěstování Chrastice rákosovité.

4.5. Grafické vyjádření plošné pokrývnosti u jednotlivých travních porostů

Tabulka 14 - Botanický snímek jarního 24.4. 2017 měření lokality č. 1 „U rybníčku“

Agrobotanická skupina	Měření č. 1	Měření č. 2	Měření č. 3	Průměr
Traviny	88	76	84	82,67
Sítinovitě a šáchorovitě	8	19	7	11,33
Jeteloviny	0	0	0	0,00
Ostatní byliny	4	5	9	6,00

Graf 2 - Grafické znázornění plošné pokrývnosti na pozemku č.1 „U rybníčku“

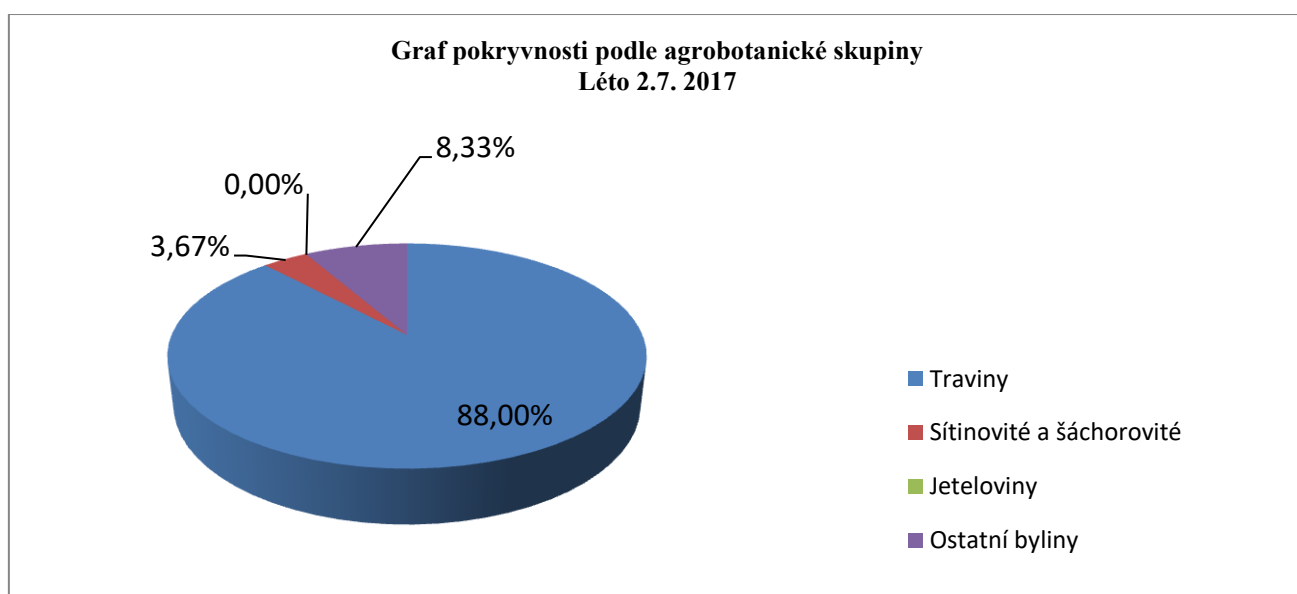


Z tohoto grafu vyplývá, že pokrývnost travin (spadá sem i Chrastice rákosovitá), je zde v procentuálním zastoupení 89,67% a jedná se o poměrně čistý porost, s minimální příměsí bylin a to 5,76%. Dále pak sítinovitě a šáchorovitě rostliny zde mají zastoupení 4,67%.

Tabulka 15 - Botanický snímek letní 2.7. 2017 měření lokality č. 1 „U rybníčku“

Agrobotanická skupina	Měření č. 1	Měření č. 2	Měření č. 3	Průměr
Traviny	91	84	89	88,00
Sítinovitě a šáchorovitě	4	5	2	3,67
Jeteloviny	0	0	0	0,00
Ostatní byliny	5	11	9	8,33

Graf 3 - Grafické znázornění plošné pokrývnosti na pozemku č.1 „U rybníčku

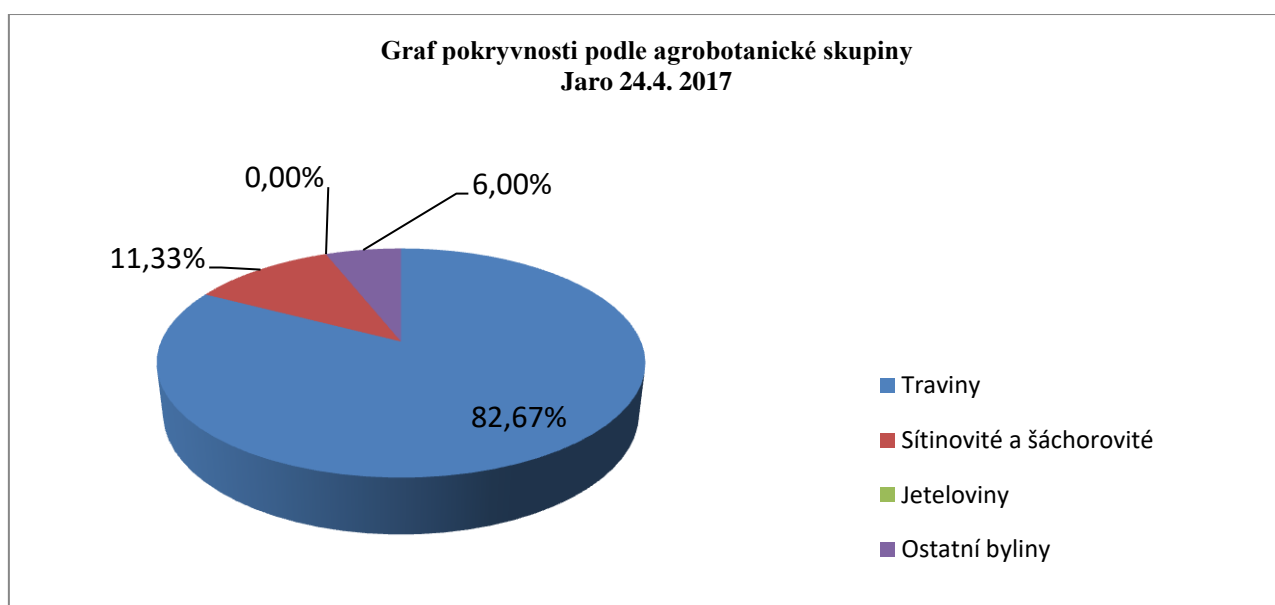


Při letním sledování pozemku došlo k mírnému poklesu obsazení travin, a to na 88% ,a mírnému nárůstu bylin na 8,33%. Mírný pokles byl zaznamenán i u sítinovitých a šáchorovitých 3,67%.

Tabulka 16 - Botanický snímek jarní 24.4. 2017 měření lokality č. 1 „Loučky“

Agrobotanická skupina	Měření č. 1	Měření č. 2	Měření č. 3	Průměr
Traviny	88	76	84	82,67
Sítinovitě a šáchorovitě	8	19	7	11,33
Jeteloviny	0	0	0	0,00
Ostatní byliny	4	5	9	6,00

Graf 4 - Grafické znázornění plošné pokrývnosti na pozemku č.2 „Loučky“

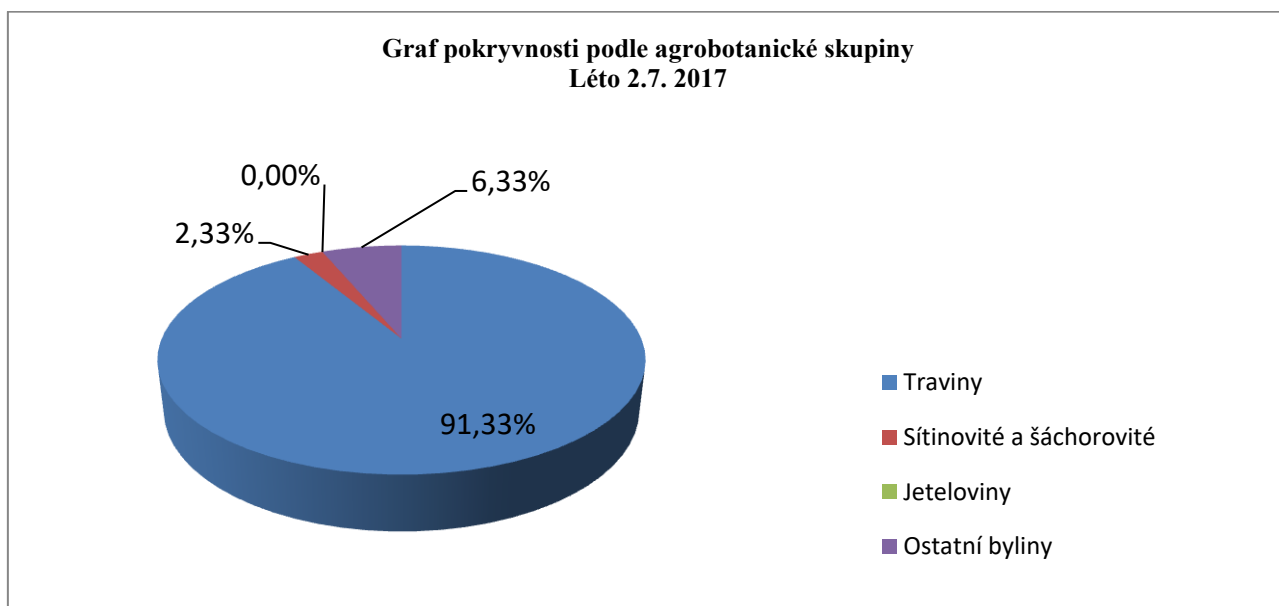


U této lokality je pokrývnost travinami v jarním měření 82,67%, byliny se zde vyskytují v 6% a sítinovitě a šáchorovitě rostliny v 11,33%.

Tabulka 17 - Botanický snímek letní 2.7. 2017 měření lokality č. 1 „Loučky“

Agrobotanická skupina	Měření č. 1	Měření č. 2	Měření č. 3	Průměr
Traviny	90	94	90	91,33
Sítinovitě a šáchorovitě	3	2	2	2,33
Jeteloviny	0	0	0	0,00
Ostatní byliny	7	4	8	6,33

Graf 5 - Grafické znázornění plošné pokrývnosti na pozemku č.2 „Loučky“

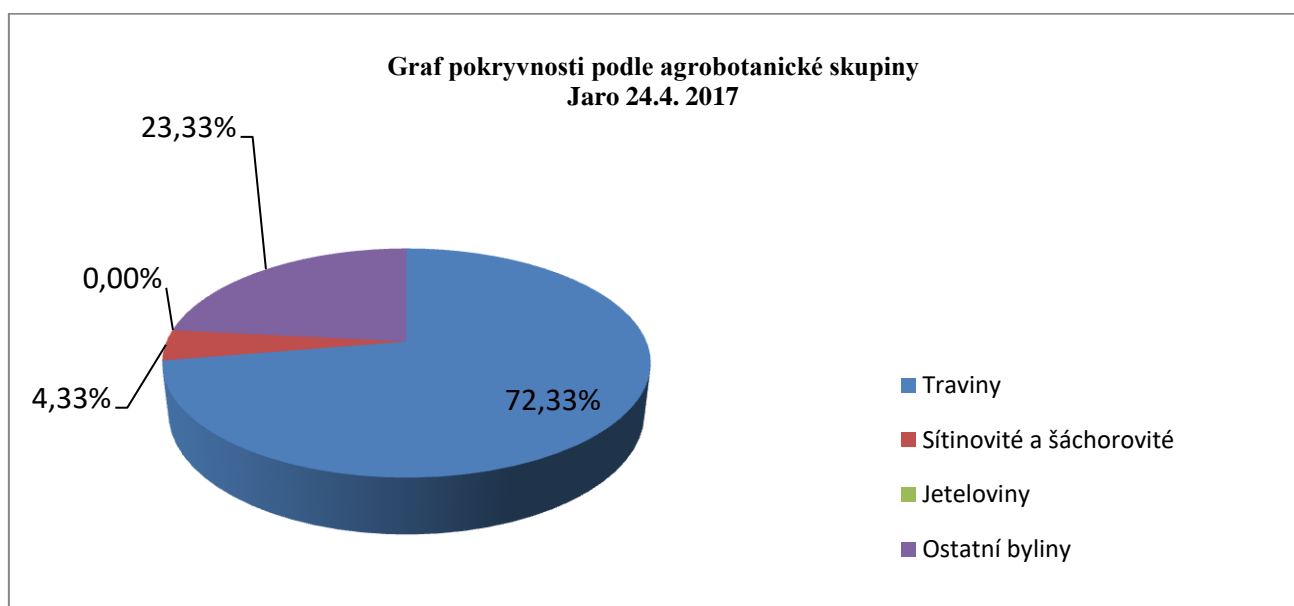


U letního sledování byl zjištěn nárůst travin na 91,33%, mírný nárůst bylin na 6,33% a značný pokles sítinovitých a šáchorovitých na 2,33%.

Tabulka 18 - Botanický snímek jarní 24.4. 2017 měření lokality č. 1 „Větrolam“

Agrobotanická skupina	Měření č. 1	Měření č. 2	Měření č. 3	Průměr
Traviny	78	65	74	72,33
Sítinovitě a šáchorovitě	8	5	0	4,33
Jeteloviny	0	0	0	0,00
Ostatní byliny	14	30	26	23,33

Graf 6 - Grafické znázornění plošné pokrývnosti na pozemku č.2 „Větrolam“

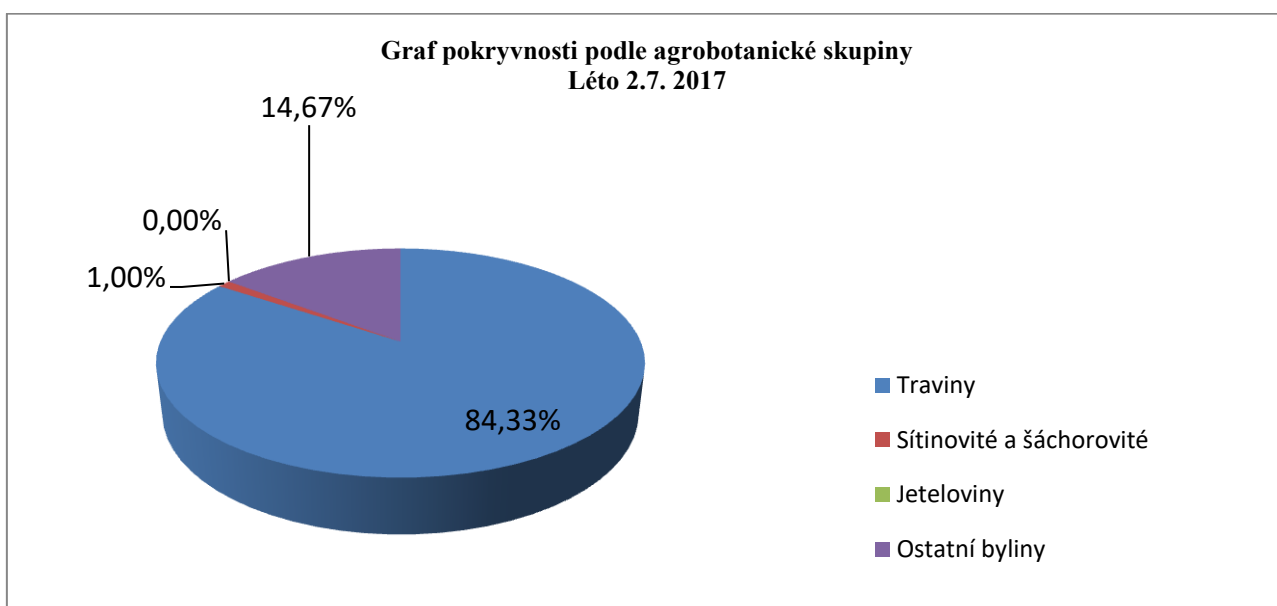


Pozemek „Větrolam“ měl při jarním měření pokrývnost agrobotanickou skupinou traviny 72,33%, což bylo nejméně, naopak skupina byliny měla pokrývnost 23,33%, jednalo se o nejvyšší hodnotu. Sítinovitě a šáchorovitě měly zastoupení 4,33%.

Tabulka 19 - Botanický snímek letní 2.7. 2017 měření lokality č. 1 „Větrolam“

Agrobotanická skupina	Měření č. 1	Měření č. 2	Měření č. 3	Průměr
Traviny	89	79	85	84,33
Sítinovité a šachorovité	1	2	0	1,00
Jeteloviny	0	0	0	0,00
Ostatní byliny	10	19	15	14,67

Graf 7 - Grafické znázornění plošné pokrývnosti na pozemku č.2 „Větrolam“



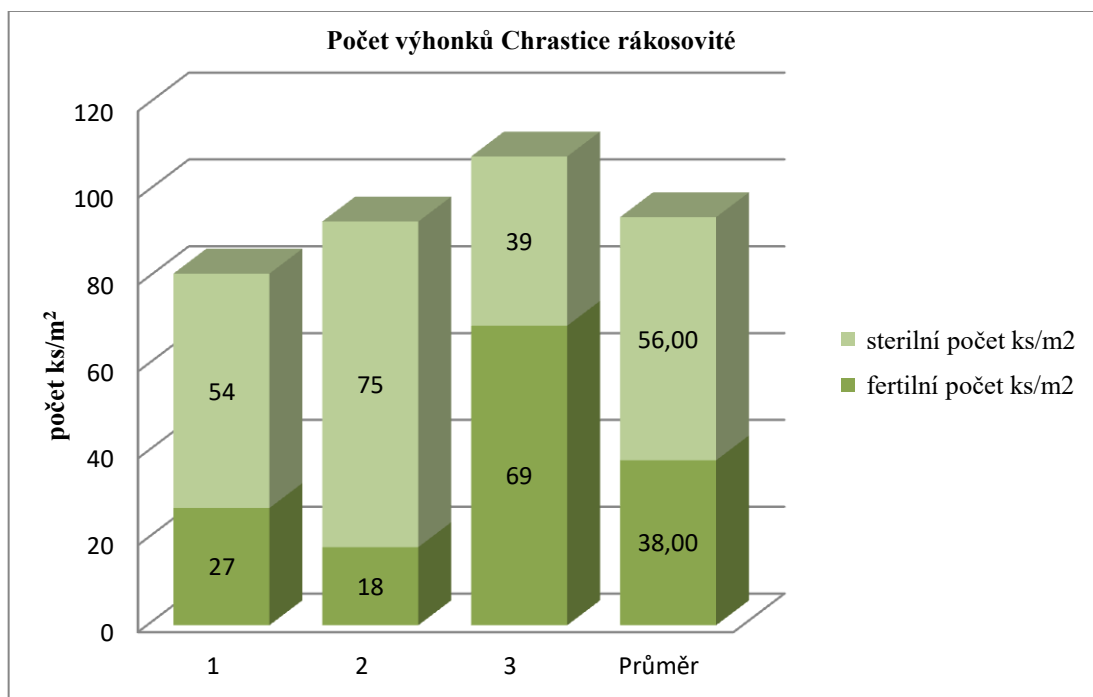
Při letní měření pokrývnosti byl malý nárůst u skupiny traviny a to 84,33%, skupina sítinovité a šachorovité mají pokles na 1% a u skupiny byliny byla snížena pokrývnost na 14,67%.

4.6. Grafické vyjádření počtu výhonků Chrastice rákosovité na jednotlivých stanovištích

Tabulka 20 - Počet výhonků Chrastice rákosovité na 1 m² na lokalitě „U rybníčku“.

Lata	1	2	3	Průměr
Fertilní počet ks/m ²	27	18	69	38,00
Sterilní počet ks/m ²	54	75	39	56,00

Graf 8 - Grafické znázornění plošné pokrývnosti na pozemku č.1 „U rybníčku“

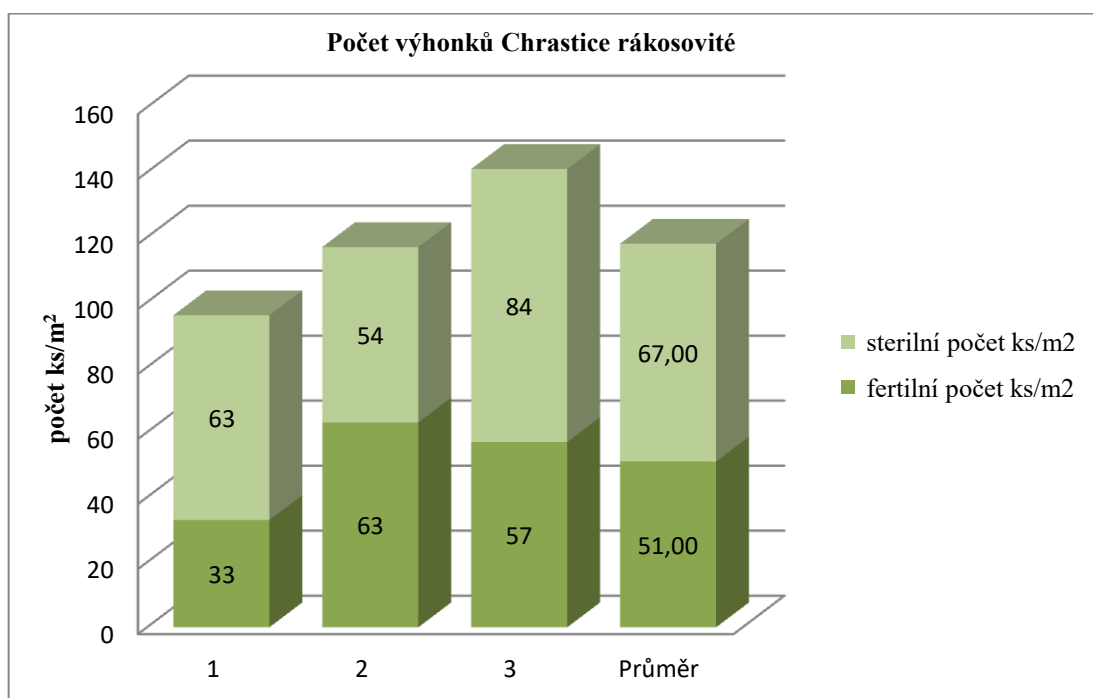


Počet plodných výhonů byl na tomto pozemku nižší v průměrném počtu 38 jedinců na 1 m². Počet sterilních výhonů byl v průměrném počtu 56 jedinců na 1 m². Průměrně bylo v 1 m² 94 jedinců Chrastice rákosovité.

Tabulka 21 – Počet výhonků Chrastice rákosovité na 1m² na lokalitě „Loučky“

Lata	1	2	3	Průměr
Fertilní počet ks/m ²	33	63	57	51,00
Sterilní počet ks/m ²	63	54	84	67,00

Graf 9 - Grafické znázornění plošné pokrývnosti na pozemku č.2 „Loučky“

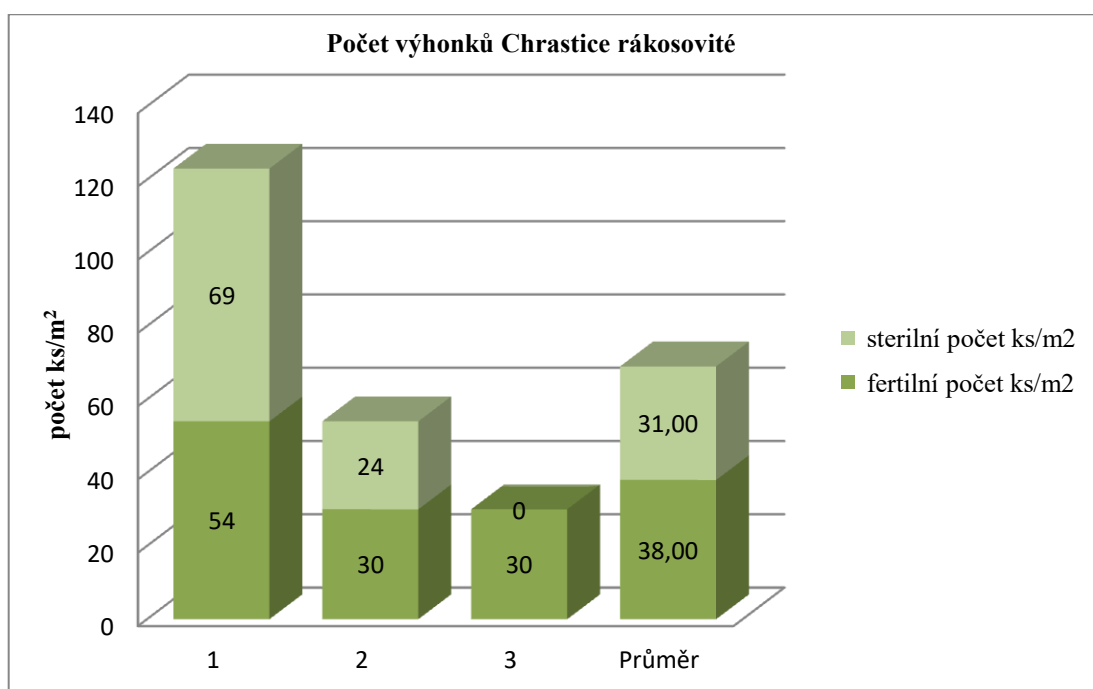


Počet plodných výhonů byl na tomto pozemku nižší v průměrném počtu 51 jedinců na 1m². Počet sterilních výhonů byl v průměrném počtu 67 jedinců na 1m². Průměrně bylo v 1m², 118 jedinců Chrastice rákosovité.

Tabulka 22 - Počet výhonků Chrastice rákosovité na 1m² na lokalitě „Větrolam“

Lata	1	2	3	Průměr
Fertilní počet ks/m ²	54	30	30	38,00
Sterilní počet ks/m ²	69	24	0	31,00

Graf 10 - Grafické znázornění plošné pokrývnosti na pozemku č.3 „Větrolam“



Počet plodných výhonů, byl na tomto pozemku srovnatelný v průměrném počtu 38 jedinců na 1m². Počet sterilních výhonů byl v průměrném počtu 31 jedinců na 1m². Průměrně bylo v 1m² 69 jedinců Chrastice rákosovité.

Plodná stébla mají při spalování podobnou výhřevnost jako sláma z obilovin a proto je důležité, aby při sklizni bylo co nejvyšší zastoupení plodných stébel. Podle (D. Andert, I. Gerndtová, J. Frydrych. 2010) Pro účely spalování je vhodné provádět sklizeň co nejpozději po technické zralosti na semeno, a ne před. Jak uvádí (Kára a kol., 2004). Spalné teplo Chrastice rákosovité je 15,7 GJ.t⁻¹ což odpovídá hnědému uhlí, a sláma má spalné teplo 14,4 GJ.t⁻¹. Dle (Strašil, 2007) množství popela v palivech z biomasy se průměrně pohybuje v rozmezí Chrastice 7% a u slámy je to 5%.

4.7. Výnosy na jednotlivých pozemcích v průběhu let

Jedná se o lokality, které jsou na bývalých pozemcích TTP, nehnojená varianta

Lokalita	Pole / TTP	Rok, Výnos sušiny v t/ha			
		2013	2015	2016	2017
U rybníku	TTP	7,65	7,18	6,85	7,01
Loučky	TTP	8,08	7,21	6,45	8,20
Větrolam	TTP	6,85	5,64	6,01	6,91

Porovnání výnosů alternativních energetických rostlin a obilovin s výnosovým potenciálem Chrastice rákosovité podle (Moudrý a Stražil, 1999). Pšeničná sláma $4,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, Ovesná sláma $2,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, Triticale $11 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Energetické trávy mají výnos Kostřava rákosovitá $3,98\text{-}5,29 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, Ovsík vyvýšený $3,37 - 4,31 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Dle porovnaných hodnot má nejvyšší výnos z ha triticales. Ovšem sláma jako palivo

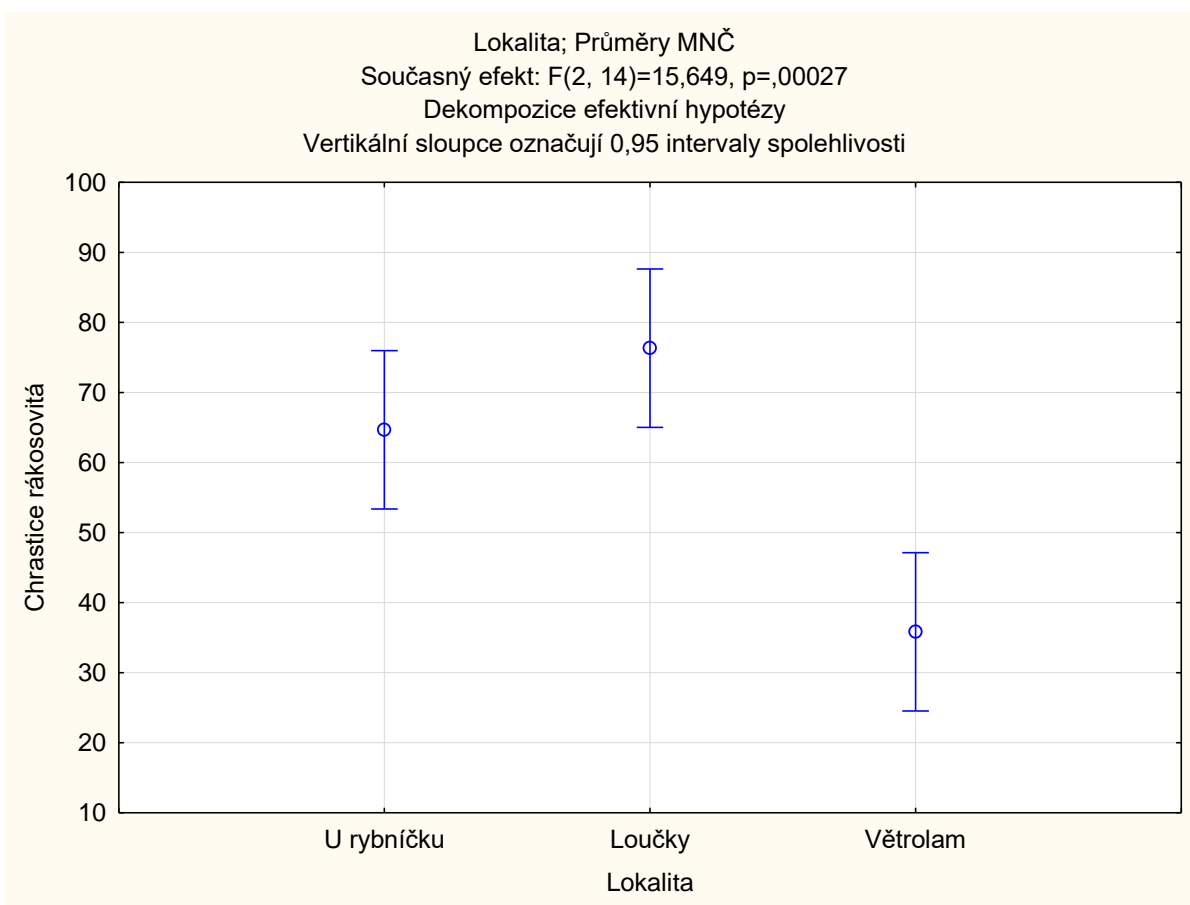
4.8. Statistické vyhodnocení zjištěných dat

Tabulka 23 - Analýza variancí pokryvnosti chrastice rákosovité na jednotlivých lokalitách

Zdroj variability	Součet čtverců	Stupně volnosti	Průměrný čtverec	F - test	p-hodnota
Lokalita	5215,44	2	2607,72	15,6486***	0,000269
Období	40,50	1	40,50	0,2430	0,629665
Opakování	515,11	2	257,56	0,5461	0,590270
Chyba	2333,00	14	166,64	-	-

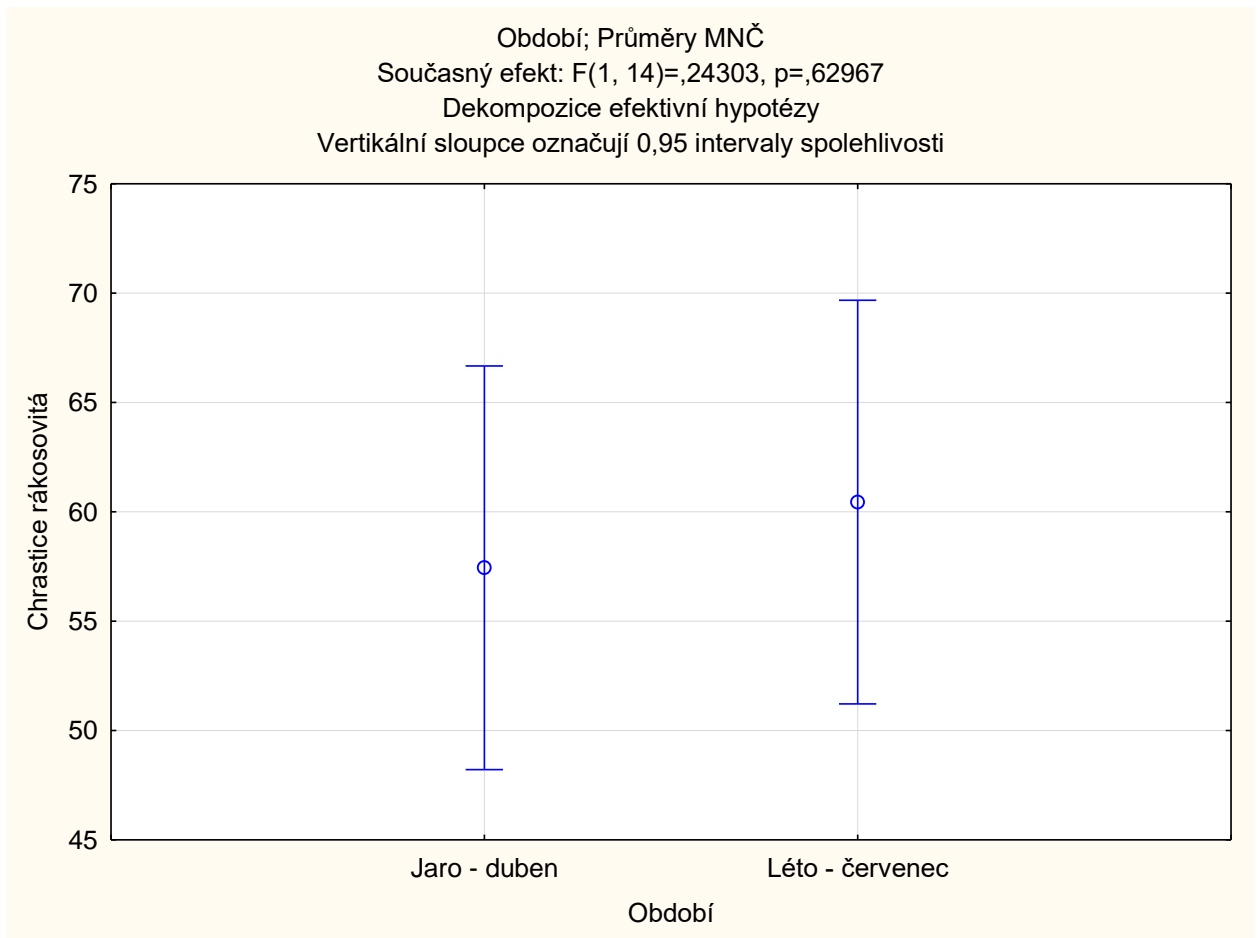
Statisticky významný (*) popř. velmi významný rozdíl (**), nebo velmi vysoce významný rozdíl (***)

Graf 11 - Pokryvnost chrastice rákosovité (v % D) na jednotlivých lokalitách s vyznačením průměrů a 95 % intervalů spolehlivosti průměru



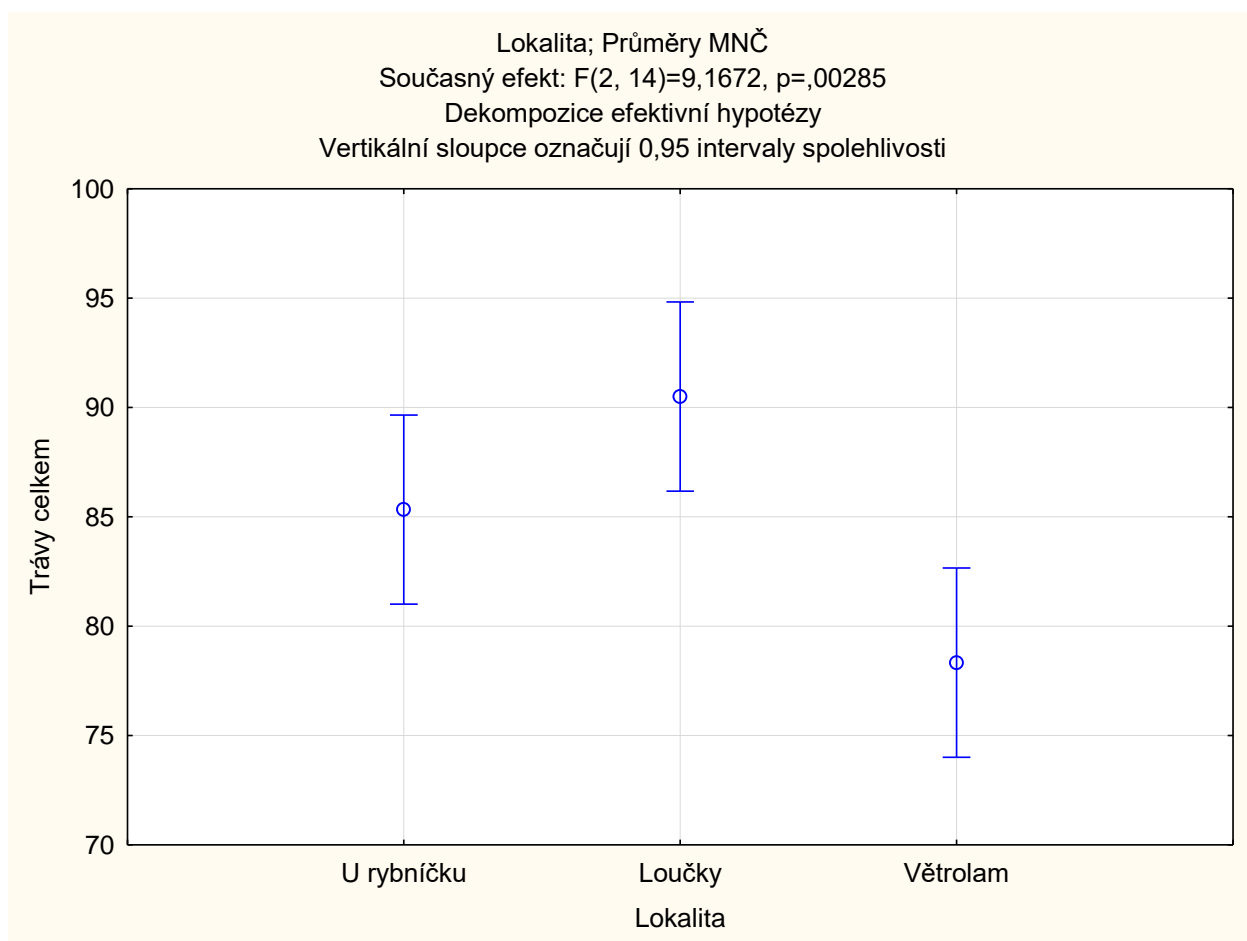
Byl zjištěn statisticky velmi významný rozdíl ($p < 0,01$) v pokryvnosti chrastice rákosovité mezi lokalitami, kdy na lokalitě Větrolam je pokryvnost průkazně nižší. To je dáno méně vhodnými podmínkami – vodním režimem (SIH_H) na této lokalitě. Vodní režim se zde přibližuje mezofytnímu stupni a v porostu se objevují suchomilnější druhy trav a bylin (např. Ovsík vyvýšená, Kostřava luční)

Graf 12 - Pokryvnost chrastice rákosovité (v % D) na jaře a v létě (lokality společně) s vyznačením průměrů a 95% intervalů spolehlivosti průměru



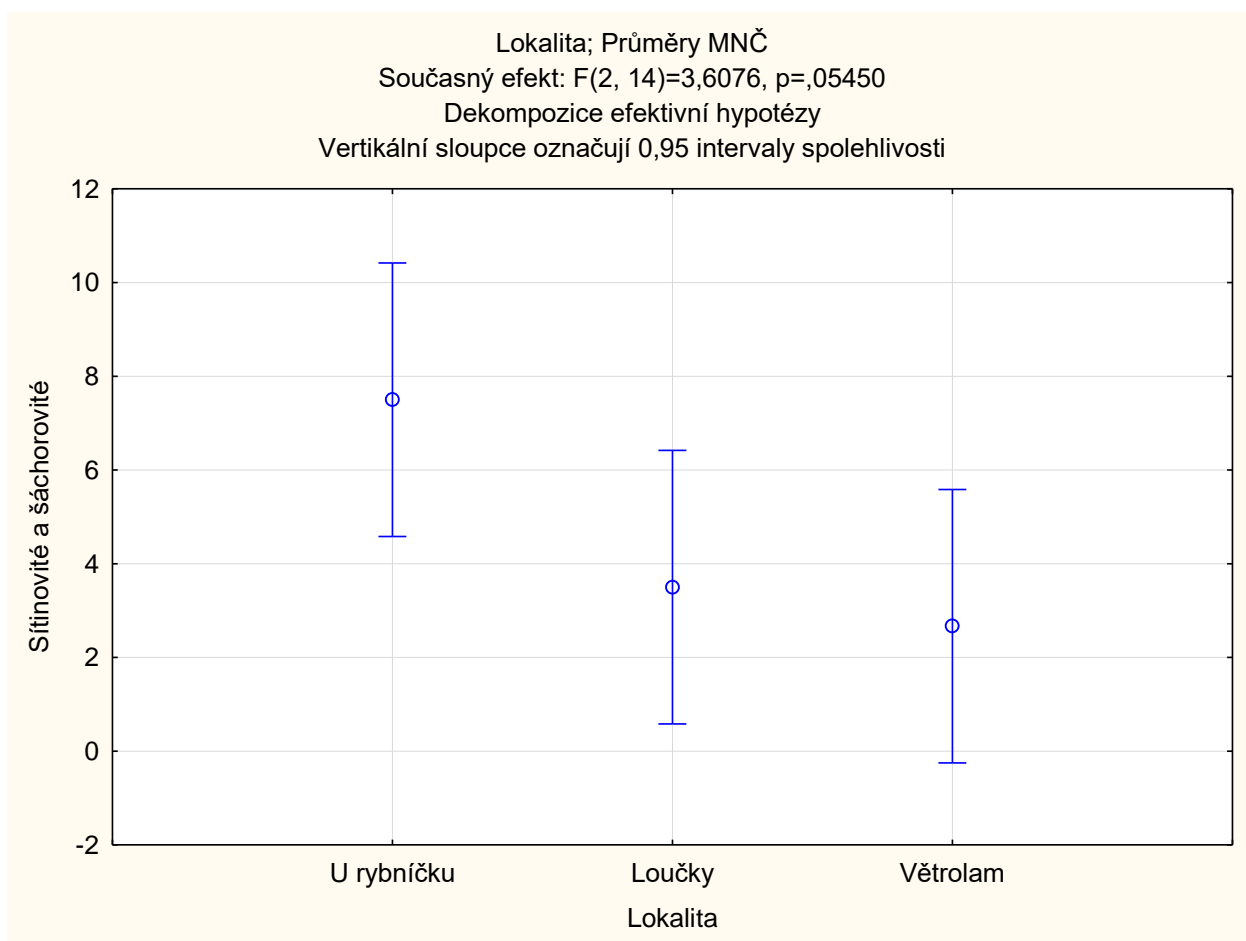
Nebyl zjištěn prokazatelně vyšší rozdíl v pokryvnosti Chrastice rákosovité v jarním a letním období. Nárůst Chrastice rákosovité byl nízký.

Graf 13 - Pokryvnost trav (v % D) na jednotlivých lokalitách s vyznačením průměrů a 95% intervalů spolehlivosti průměru.



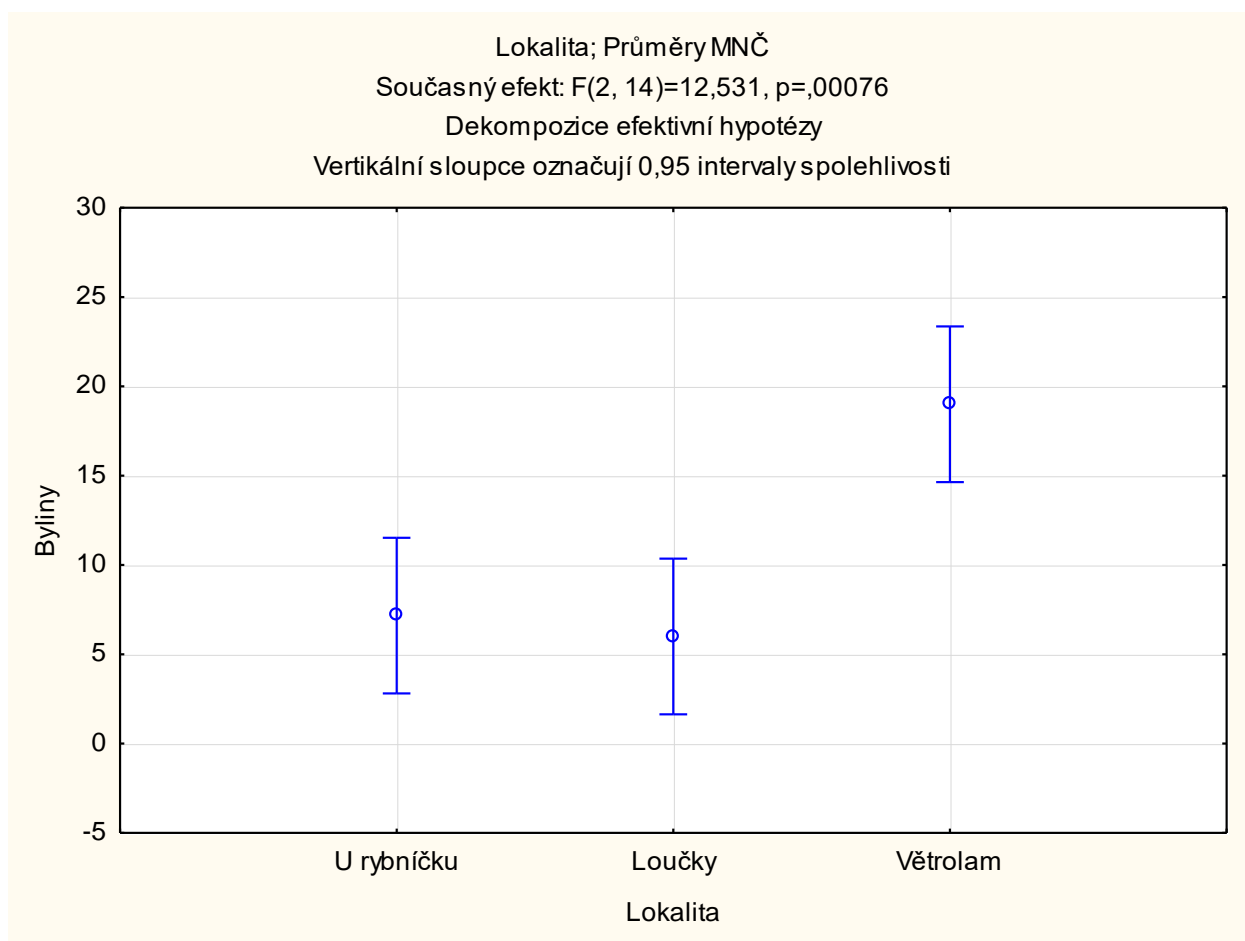
Z grafu lze vyčíst, že celková pokryvnost botanickou skupinou tráv je prokazatelně nejnižší u lokality „Větrolam“, a to v průměru 77%, kdy se jedná o sušší lokalitu. Nejvyšší hodnota vyšla u lokality „Loučky“, která se nachází v blízkosti vodního zdroje a to v průměru 91%.

Graf 14 - Pokryvnost sítinovitých a šáchorovitých (v % D) na jednotlivých lokalitách s vyznačením průměrů a 95 % intervalů spolehlivosti průměru.



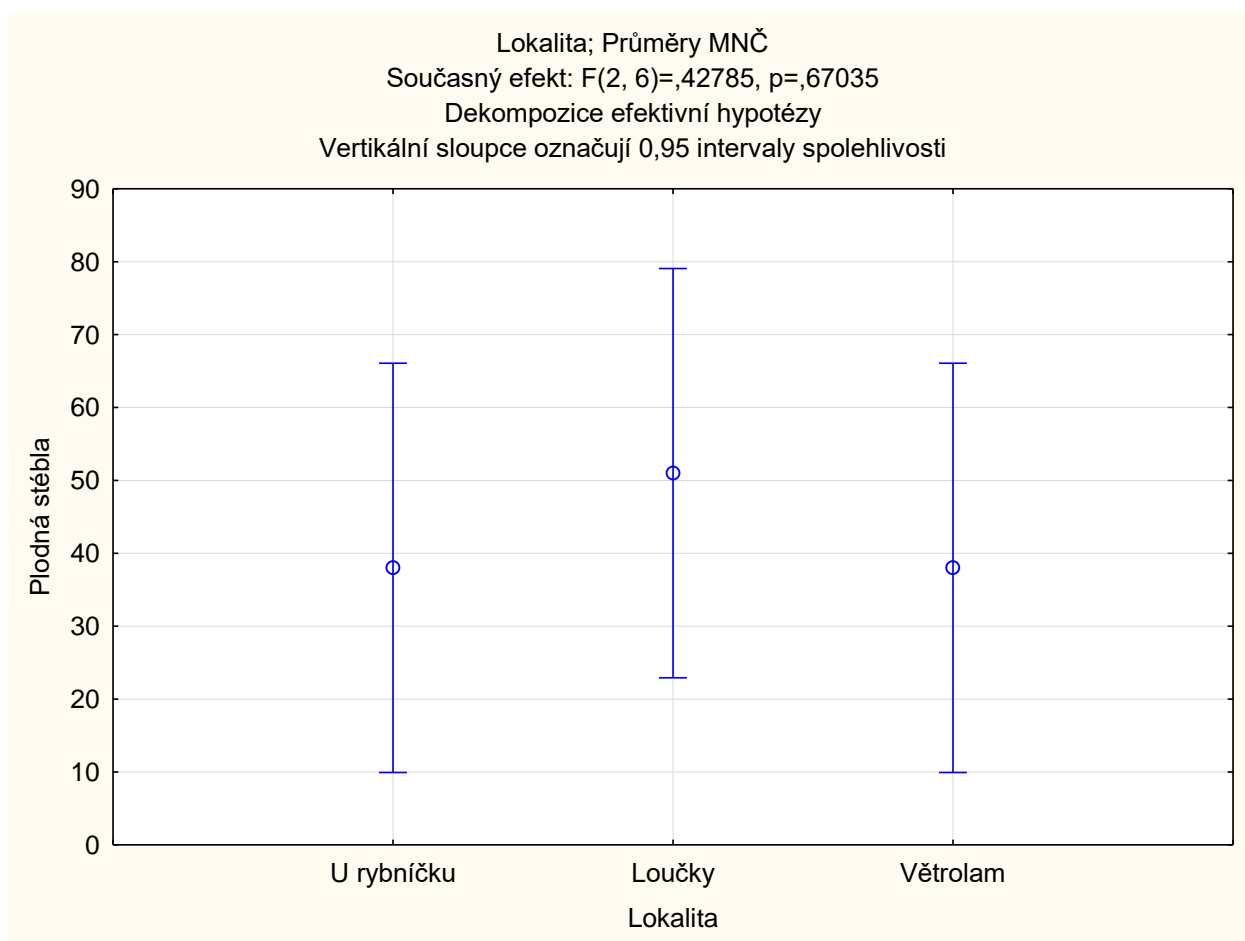
Tento graf nám ukazuje vyšší pokryvnost sítinovitých a šáchorovitých v oblasti lokality „U rybníčku“, kde je průměrná pokryvnost kolem 8% jedná se o lokalitu která má vhodný vodní režim, ostatní lokality mají pokryvnost kolem 3%.

Graf 15 - Pokryvnost bylin (v % D) na jednotlivých lokalitách s vyznačením průměrů a 95% intervalů spolehlivosti průměru.



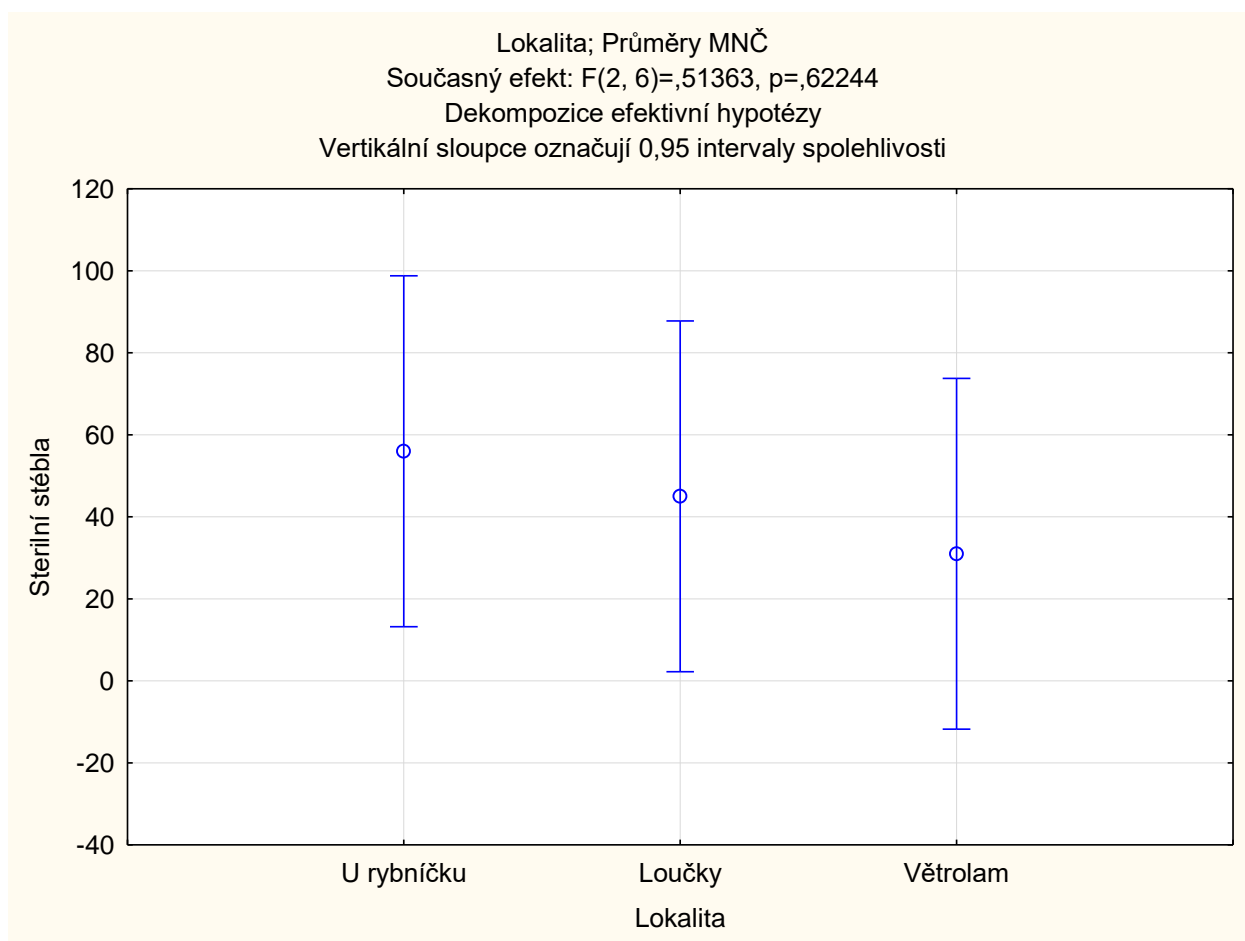
V tomto grafu je patrný rozdíl v pokryvnosti bylin, kde lokalita „Větrolam“ má kolem 20%, a zbylé lokality se pohybují v hodnotách kolem 6%.

Graf 16 - Počet plodných výhonů na ověřovaných lokalitách na ploše 1 m² s vyznačením průměrů a 95% intervalů spolehlivosti průměru.



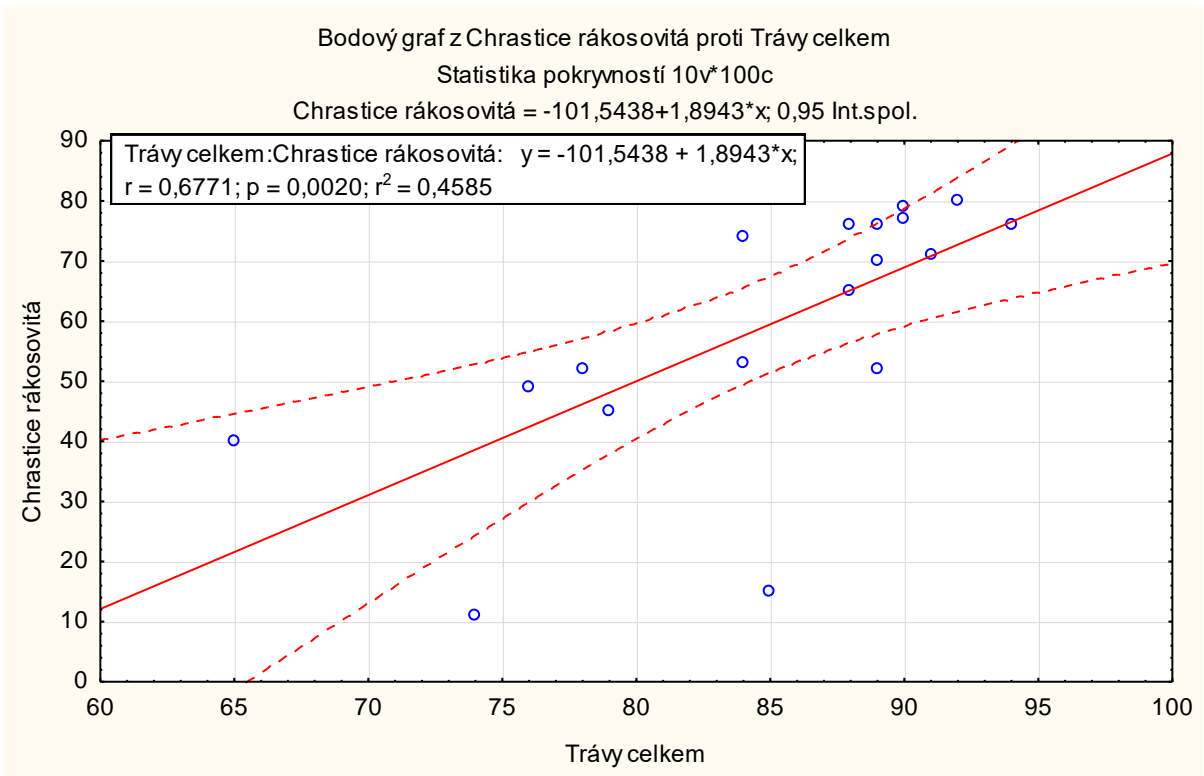
Počet plodných výhonů je u měřených lokalit téměř podobný a pohybující se kolem 38 jedinců na 1 m², pouze lokalita „Loučky“ mírně převyšuje s počtem kolem 50 jedinců na 1 m².

Graf 17 - Počet sterilních výhonů na ověřovaných lokalitách na ploše 1 m² s vyznačením průměrů a 95% intervalů spolehlivosti průměru.

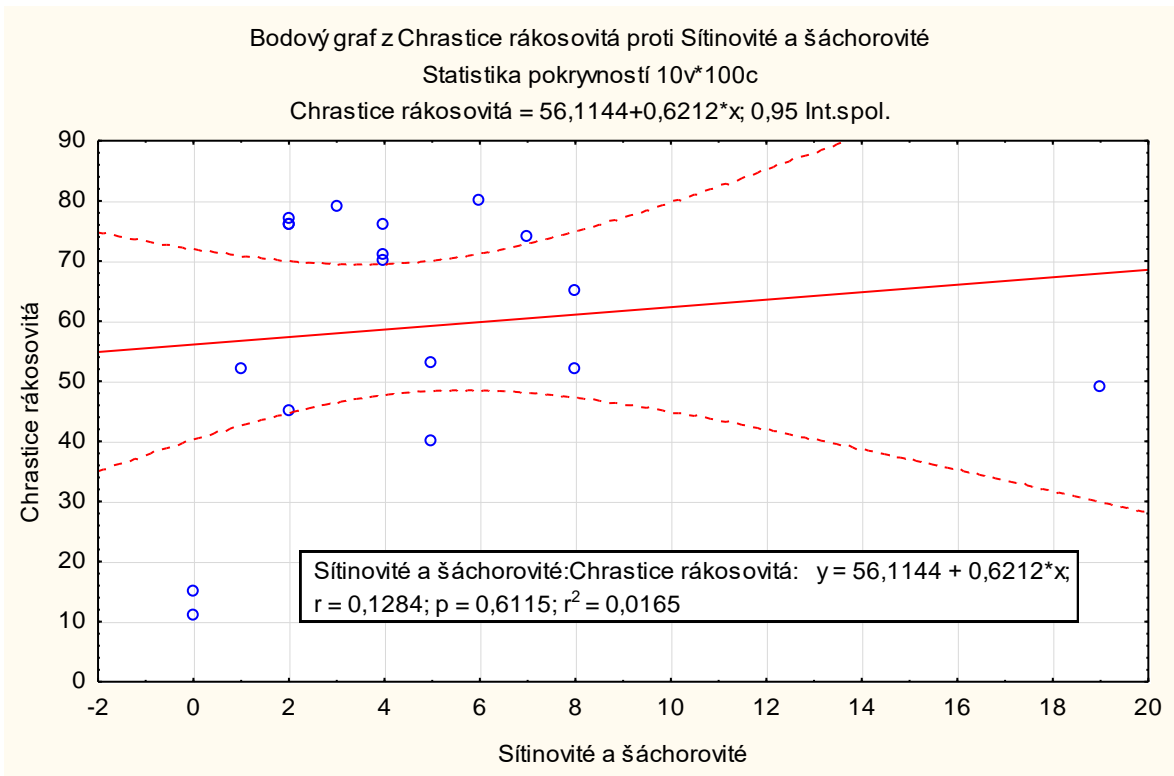


Tento graf nám zobrazuje počet sterilních výhonů na 1 m², U jednotlivých lokalit se neprokázal výrazný rozdíl. Pouze mírná klesající tendence, která má spojitost s celkovou pokryvností pozemků.

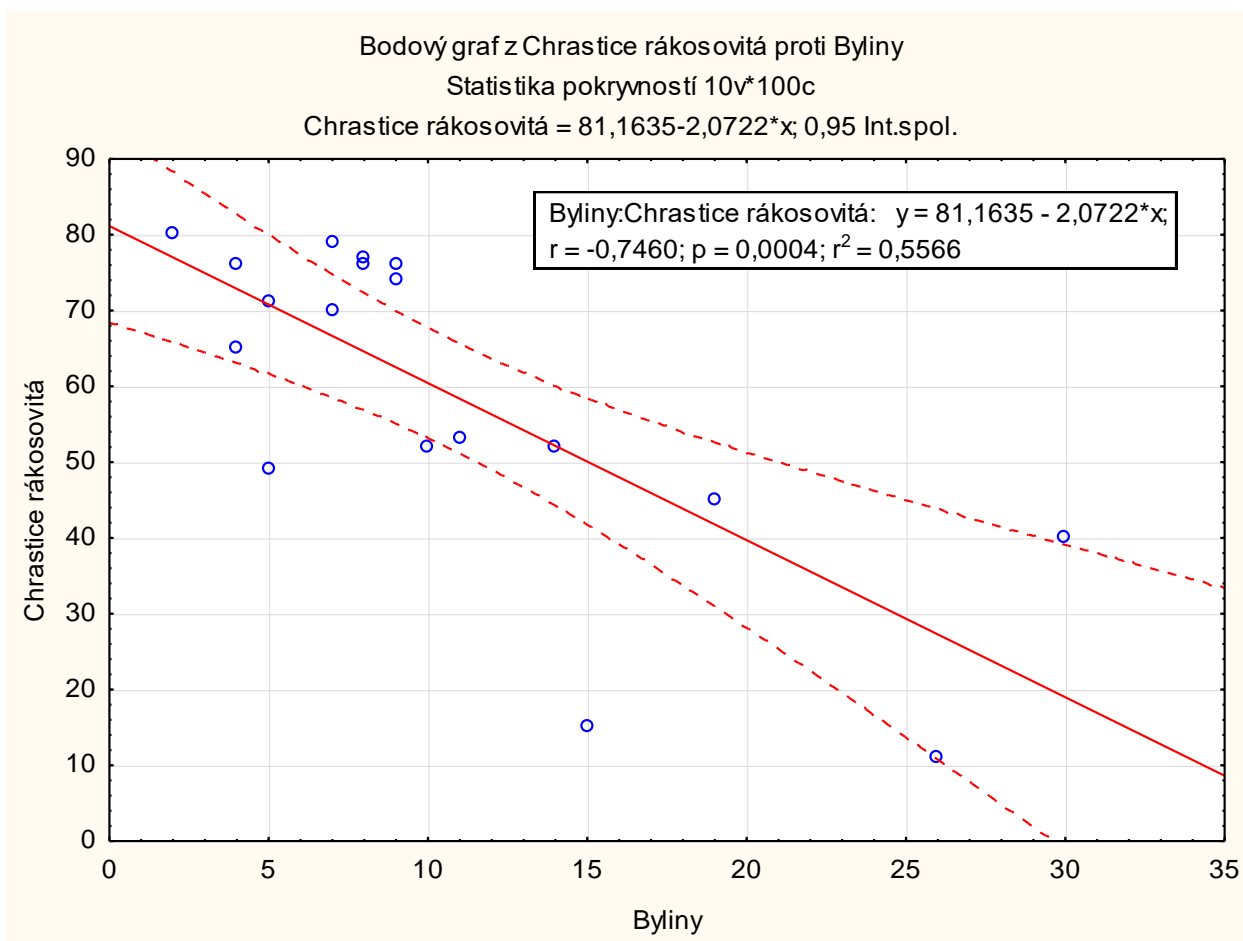
Graf 18 - Korelace mezi pokryvností trav celkem a chrastice rákosovitě (lokality společně)



Graf 19 - Korelace mezi pokryvností síťinovitých a šáchorovitých a chrastice rákosovité (lokality společně)



Graf 20 - Korelace mezi pokryvností bylin a chrastice rákosovité (lokality společně)



Je patrná statisticky vysoce významná ($p < 0,01$) negativní korelace ($r = - 0,75$) mezi pokryvností bylin a pokryvností chrastice rákosovité. Jedná se převážně o mezofilní až mezoxerofilní byliny, jejichž pokryvnost vzrůstá s klesajícím vodním režimem (SIH_H) a pro chrastici jsou horší vlhkostní podmínky. V porostu měly větší pokryvnost také bojínky luční, košťava luční, na lokalitě „Větrolam“ i smetánka lékařská, což potvrzuje středně vlhké stanoviště.

5. Závěr

Lokality, u kterých byly sledovány všechny zjištěné údaje (viz. kapitola výsledky jednotlivých lokalit), se nacházely v obci Mnichov, kde se nadmořská výška pohybovala od 434 do 463 m.n.m. Dva porosty chrastice rákosovité byly založeny v roce 2009 (U rybníčku a Loučky) a jeden v roce 2011 (Větrolam). Všechny lokality slouží pro sklizeň pro energetické účely.

Lokalita „U rybníčku“ - jedná se o pozemek, který byl založený v roce 2009. V těsné blízkosti pozemku se nachází rybník, který jej pozitivně ovlivňuje. Botanický snímek z léta 2017 ukazuje, že zde má chrastice rákosovitá průměrnou pokryvnost 66,6% a celkově traviny mají pokryvnost 84%. Dle výpočtu Střední indikační hodnoty vody v půdě SIH_H , je zde hodnota 4,25 a to odpovídá vlhčí lokalitě. Celkový výnos travní hmoty zde byl v roce 2017 7,01 t/ha. Tato lokalita je po provedeném vyhodnocení vhodná pro pěstování chrastice rákosovité.

Lokalita „Loučky“ – Porost chrastice rákosovité byl založen v roce 2011, jedná se o lokalitu, která se nachází v těsné blízkosti potoka, který teče vedle pozemku. Průměrná pokryvnost pozemku chrastice rákosovité v roce 2017 zde byla 78,2 % a traviny celkově 91,33%. Výpočet střední indikační hodnoty vody v půdě SIH_H je zde 3,98 a jedná se o vlhčí lokalitu. Celkový výnos travní hmoty v roce 2017 se zde byl 8,20 t/ha. Jedná se dlouhodobě o lokalitu s nejvyšším výnosem chrastice rákosovité, ale i ostatních trav.

Lokalita „Větrolam“ – Porost chrastice rákosovité byl založen v roce 2009, tato lokalita byla dle výsledků vyhodnocena jako méně vhodná pro pěstování chrastice rákosovité. Chrastice zde měla menší plošnou pokryvnost oproti předchozím pozemkům, a to 35%. Při stanovení střední indikační hodnoty vody v půdě SIH_H zde vyšla hodnota 3,77, která se přibližuje mezofytnímu stupni a vyskytují se zde suchomilnější druhy trav a byliny. Celková pokryvnost trav je zde také menší, a to v průměru 77% a pokryvnost bylin zde byla nejvyšší, a to v průměrné hodnotě 18%. Vyšší výskyt bylin na pozemku byl zapříčiněn dlouhotrvajícím suchem v roce 2015 a pokračujícím v roce 2016. U této lokality bych navrhl pěstování suchomilnějších druhů trav, jako je ovsík vyvýšený a maďarská tráva Szarvasi-1 (ječmenice prodloužená – *Elytrigia elongata L.*), které mají stejný výnosový potenciál jako je chrastice rákosovitá, ale s menší potřebou vody.

Z vyhodnocení výsledků pro všechny lokality bylo zjištěno, že pokryvnost chrastice rákosovité v jarním a letním termínu měření byl rozdíl minimální, a tedy nehraje roli. Druhé měření, které jsem zjišťoval, byl počet sterilních a plodných stébel, a to jsou hodnoty pro určování spalitelnosti a výhřevnosti. Zde byly zjištěny minimální rozdíly mezi lokalitami (viz. graf 16 a 17, odkazy na tabulky a grafy se píší do výsledků, v závěru již ne). Rozdíl byl v počtu výhonků se odvíjel od plošného pokryvu chrastice rákosovité. Na pozemcích „U rybníčku“ a „Loučky“ byla pokryvnost vyšší, vzhledem k ideálním podmínkám pro pěstování.

Sklizen Chrastice rákosovité je často doporučována na jarní měsíce a to z důvodu sušiny, kde po vymrznutí je chrastice připravena na přímou sklizen a odpadá sušení a tím i vícenáklady. Mezi další výhody patří, že během zimy se ze stonku uvolní živiny a tím nevzniká při spalování více popelovin. Tato jarní sklizen má ovšem i zápory a to v podobě polehnutí trávy od sněhu a zamokření pozemku, tím hrozí i možné poškození trávy. Při jarním sklizni je i menší výnos a to díky ztrátě polehnutím a zahnutí, ale i odpadnutí listové části trávy. Při mém dlouhodobém měření a zkušenosti ze sklizně, doporučuji sklizeň v období podzimu, a to od září do října, kdy je možné vjet do pozemku bez velkého poškození mechanizací. Narůstají s tím náklady na obracení, kdy materiál musí dostatečně proschnout, aby mohl být použit pro spalování. Důležité je, aby sklizeň byla provedena diskovou nebo bubnovou žací sekačkou, z důvodu nepoškození stébla a listů, a ponechání biomasy 1 – 2 týdny na pokosu, aby se z rostliny uvolnily nežádoucí živiny. V době mého měření byl pozemkem sklizen v červenci a to z důvodu nedostatku času v podzimních měsících. Pokosená biomasa může i zmoknout, čímž se vyplaví živiny (příznivý efekt), musí se pak ale obrátit a dosušit.

Ukazuje se, že při pěstování chrastice rákosovité na energetické využití je třeba důkladně posoudit vlhkostní režim a vyhnout se sušším pozemkům. Zde jsou vhodnější k pěstování suchu-vzdornější trávy (např. ovsík vyvýšený, ječmenice prodloužená, ozdobnice čínská, kostřava rákosovitá aj.). Naopak na vlhkých pozemcích má chrastice dobrou vytrvalost a porosty vydrží 6 – 10 let. Vhodné je také přihnojení porostů chrastice dusíkem v dávce 50 - 70 kg N/ha ročně formou animálních či minerálních hnojiv.

8. Seznam použitých zdrojů literatury

ANDERT D., GERNDTOVÁ I., FRYDRYCH J.: Využití trav pro energetické účely. In sborník z konference Alternativní zdroje energie 2010, 13-15. července 2010, Kroměříž. Vydavatel Společnost pro techniku prostředí Praha, s. 311-315, 2010. ISBN 978-80-02-02241-1.

BIEMANS, M., WAARTS, Y., NIETO, A., GOBA, V., JONE-WALTERS, L. ZÖCKLER, CH. Impacts of biofuel production on biodiversity in Europe. Tilburg: European Centre for Nature Conservation, 2008

DAUBER, J., JONES, M.B., STOUT, J.C. The impact of biomass crop cultivation on temperate biodiversity. GCB Bioenergy, 2010, vol. 2, p. 289 - 309.

FIALA, J., TICHÝ, V. Produkční schopnost a vytrvalost pícních odrůd trav v monokulturách. (Production ability and persistence of herbage varieties of grasses in monocultures). 1994 Rostl. Výr., vol. 40, no. 11, s. 1005-1014.

FRYDRYCH, J., CAGAŠ, B., MACHAČ, J.: Energetické využití některých travních druhů. (Energetic use of some grass species). Zemědělské informace ÚZPI, 23/2001, 34 s.

FUKSA, P.: Netradiční využití biomasy v praxi [online]. c2009 [cit. 2010-12- 12]. Dostupné z WWW: . ISSN: 1801-2655

GEBER, U.: Cutting frequency and stubble height of reed canary grass (*Phalaris arundinacea* L.): influence of quality and quantity of biomass for biogas production. Grass and Forage Science, 2002 vol. 57, no. 4, s .389-394.

HAVLÍČKOVÁ, K. a kol.: 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.

HUTLA, P., JEVIČ, P.:Solid biofuels from miscanthus. In: Proceedings of the International Scientific Conference, ČZU Praha, Technická fakulta, 5. – 7. května, 2009, s. 116-121. ISBN 978-80-213-1897-7

JAKUBES, J., BELLINGOVÁ, H., ŠVÁB, M.: Moderní využití biomasy - technologické a logistické možnosti. Praha: Česká energetická agentura, 2006.

KADRNOŽKA, J.: Biomasa - velká energetická a ekologická očekávání se zřejmě nenaplní. In Aktuální problémy v teplárenství : Soubor příspěvků kurzu celoživotního vzdělávání v energetice. 27. a 28. května 2008.

KAVKA, M. a kol.: Normativy zemědělských výrobních technologií. (Pěstební a chovatelské technologie a normativní kalkulace). ÚZPI, Praha, 376 s. 2006

KÁRA, J., STRAŠIL, Z., HUTLA, P., ANDERT, D., JEVIČ, P., ŠEDIVÁ, Z., ADAMOVSKÝ, R., POLÁK, M.: Technologické systémy pro využití biopaliv z energetických plodin. (Technology systems for the use of biofuels from energy crops). Závěrečná zpráva VÚZT Praha 2004, projektu QD 1209, 121 s.

KOLONIČNÝ, Jan a Veronika HASE. Využití rostlinné biomasy v energetice. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2011, 150 s. ISBN 978-80-248-2541-0. Dostupné z: <http://www.biomasa-info.cz/cs/doc/bioen.pdf>

KOTLÁROVÁ, A. Nové normy pro specifikace, klasifikaci i zkoušení biomasy. Energie 21, 2010, 5, 44-46. ISSN 1803-0394

KRYZEVICIENE, A.: Perennial grasses a novel energy crops. Rural development 2005, vol. 2, Book 2, Proceedings – Globalisation and integration challenges to rural development in eastern and central Europ, s. 62-64.

LOBUŠNÍK, L. (2003) : Pelety: palivo budoucnosti. 1. vyd. Sdružení Harmonie, České Budějovice . ISBN 80-239-1956-3, 112s.

LEWANDOWSKI, I., SCURLOCK, J.M.O., LINDVALL, E., CHRISTOU, M.: The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. Biomass and Bioenergy, 2003, vol. 25, p. 335-361.

MALAŤÁK, Jan a Petr VACULÍK. Biomasa pro výrobu energie. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008, 206 s. ISBN 978-80-213-1810-6.

MÍKA, V., KOHOUTEK A., BUMERL, J., SMRŽ, J., POZDÍŠEK, J. (1999): Pícninářsky zajímavé sveřepy. In: Sborník referátů z mezinárodní vědecké konference a odborného semináře katedry pícninářství. ČZU Praha, 1999, s. 177-190

MÍKA, V., ŘEHOŘEK V.: Sveřepy ve střední Evropě. VÚRV Praha, 2003. 151 s.

MOUDRÝ, J. - STRAŠIL, Z. Energetické plodiny v ekologickém zemědělství. Spolek poradců v ekologickém zemědělství, Hradec Králové, 1998

MOUDRÝ, J.; STRAŠIL, Z.: Pěstování alternativních plodin. České Budějovice : Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 1999.

NIEMELAINEN, O., JAUHUAUNEN, L., NIETTINEN, E.: Yield profile of tall fescue (*Festuca pratensis*) in Finland. Grass and Forage Science, SEP 2001, vol. 56, no. 3, s. 249-258.

NOSKIEVIČ, P. a kol.: Biomasa a její energetické použití. Ostrava, Vysoká škola báňská - Technická univerzita. 1996 ISBN 80-7078-367-2: 100.

OCHODEK, T. a kol. : Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastností paliv z biomasy. Vysoká škola báňská - technická univerzita Ostrava, 2006, ISBN 80-248-1207-X.

PASTOREK, Z., KÁRA, J., JEVIČ, P.: Biomasa : obnovitelný zdroj energie. Praha : FCC PUBLIC, 2004.

PETR, J. a kol. : Rukověť agronoma. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1989. ISBN 80-209-0062-4.

PETŘÍK, M. a kol.: Intenzivní pícninářství. SZN Praha, 1987, 473 s.

SOUČKOVÁ, H., MOUDRÝ J.: (eds.). Nepotravinářské využití fytomasy. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2006.

STRAŠIL, Z. Trávy jako energetická surovina: certifikovaná metodika pro praxi. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2011, 36 s. ISBN 9788073943134.

STRAŠIL, Z. Study of reed canary grass – possible source for energy utilization. Italian Journal of Agronomy (Rivista di Agronomia), 2008 vol. 3, no3 supplement, s. 55-55

STUPAVSKÝ, V.: Víme, co se pod pojmem biopaliva ve skutečnosti skrývá? Mají biopaliva negativní vliv na rostoucí ceny potravin?[online]. c 2008 [cit. 2010-12-21].

ŠANTRŮČEK, J. a kol.: Encyklopedie pícninářství. Praha:Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 987-80-213-1605-8.

ŠANTRŮČEK, J. a kol.: Základy pícninářství. Praha:Česká zemědělská univerzita, 2001. ISBN 80-213-0764-1.

VÁŇA, J.: Energetické využívání biomasy. In Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice : Studie analyzující současný stav, předpoklady rozvoje do r. 2010 a výhled vzdálenějšího horizontu. Praha: ČEZ, 2003.

VELICH, J. a kol.: Pícninářství. Praha:Vysoká škola zemědělská, 1994. ISBN 80 - 213 - 0156 - 2.

VESELÁ, M., MRKVIČKA, J., ŠANTRŮČEK, J., ŠTRÁFELDA, J., VELICH J., VRZAL, J.: Návody ke cvičení z pícninářství. Ed.: ČZU v Praze, 203 s. 2007 ISBN 987-80-213-1605-8

VRZAL J.,NOVÁK. D.: Základy pěstování kukuřice a jednoletých pícnin. Praha:Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR, 1995. ISBN:80-7105- 097-0

WEGER, Jan, Zdeněk STRAŠIL, Roman HONZÍK a Jaroslav BUBENÍK. Možnostipěstování biomasy jako energetického zdroje v Ústeckém kraji. Průhonice: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, 2012, 78 s. ISBN978-80-85116-66-3. Dostupné z: <http://www.obv.cz/files/publikace01.pdf>

WELLIE-STEPHAN, O.: Development of grasses adapted for production of bioenergy. Proceedings paper, In 10th European Conference - Biomass for Energy and Industry, 8-11 June 1998, Wurzburg, Germany, p. 1050-1051.

ZIMOLKA, J.: Využití biomasy k energetickým účelům. In ŠNOBL, J., et al. Rostlinná výroba IV. Praha: Česká zemědělská univerzita Praha, 2004.

9. Internetové zdroje

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. Měsíční přehledy pozorování [online]. 2014 [cit. 2014-01-10]. Dostupné z:

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/mesicni_data/c1koce01_cs.html#PORTAL

HUTLA, Petr: Chrastice rákosovitá - pěstování a možnosti využití. Biom.cz [online]. 2004-03-10 [cit. 2018-03-22]. Dostupné z WWW: <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/chrastice-rakosovita-pestovani-a-moznosti-vyuziti>>.

ISSN: 1801-2655.

10. Zdroje obrázky

Obrázek 1 - Porost Chrastice rákosovitá

Fotografie – Vacek Martin

Obrázek 2 - Porost Sveřep bezbranný

<http://flora.upol.cz/fotogalerie/info/5743-Bromus-inermis/0-42.html>

Obrázek 3 - Srha laločnatá

<https://www.biolib.cz/cz/image/id311463/>

Obrázek 4 - Ovsík vyvýšený _____

<https://www.biolib.cz/cz/image/id64109/>

Obrázek 5 - Kostřava rákosovitá

<https://www.biolib.cz/cz/image/id123773/>

Obrázek 6 - Kotel pro spalování velkých balíků

MOUDRÝ, J. - STRAŠIL, Z. Energetické plodiny v ekologickém zemědělství. Spolek poradců v ekologickém zemědělství, Hradec Králové, 1998

Obrázek 7 - Spalovací zařízení dolním odhoříváním

MOUDRÝ, J. - STRAŠIL, Z. Energetické plodiny v ekologickém zemědělství. Spolek poradců v ekologickém zemědělství, Hradec Králové, 1998

Obrázek 8 - Kotelna dálkového vytápění na spalování obřích balíků

MOUDRÝ, J. - STRAŠIL, Z. Energetické plodiny v ekologickém zemědělství. Spolek poradců v ekologickém zemědělství, Hradec Králové, 1998

Obrázek 9 - Sestava adaptéru k plnění standardního kotle na spalování polen slámou

MOUDRÝ, J. - STRAŠIL, Z. Energetické plodiny v ekologickém zemědělství. Spolek poradců v ekologickém zemědělství, Hradec Králové, 1998

Obrázek 10 – Vzorkovací rámeček

Vlastní zdroj

Obrázek 11 – Roztříděný vzorek

Vlastní zdroj

Obrázek 12 – Roztřídění pro určení druhů

Vlastní zdroj

Obrázek 13 – Ortomapa lokality „U rybníčku“

eagri/lpis.cz

Obrázek 14 - Ortomapa lokality „Loučky“

eagri/lpis.cz

Obrázek 15 - Ortomapa lokality „Větrolam“

eagri/lpis.cz