

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH
BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Katedra agroekologie

Obor: všeobecné zemědělství

TÉMA DIPLOMOVÉ PRÁCE

**HODNOCENÍ PRODUKČNÍ SCHOPNOSTI VYBRANÝCH
DRUHŮ ENERGETICKÝCH TRAV**

Autor diplomové práce:
Josef Kutil

Vedoucí diplomové práce:
Ing. Jan Moudrý, Ph.D.

2009

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „Hodnocení produkční schopnosti vybraných druhů energetických trav“ vypracoval samostatně, a veškerá použitá literatura, kterou cituji, je zařazena do seznamu v závěru práce. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě, elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích 28. 4. 2009

.....
Josef Kutil, autor

Poděkování:

Tímto si dovoluji poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Janu Moudrému, Ph.D. a konzultantovi prof. Ing. Janu Moudrému, CSc. za cenné rady, odborné připomínky a všestrannou pomoc při vypracování diplomové práce. Diplomová práce byla podpořena výzkumným záměrem MŠMT 2B06131.

V Českých Budějovicích dne 28.4. 2009

.....

OBSAH

1. Úvod	2
2. Literární přehled	3
2.1. Obnovitelné zdroje energie.....	3
2.2. Způsoby získávání energie z fytomasy.....	10
2.3. Energetické využití trav	11
2.3.1 Spalování	11
2.3.2. Anaerobní fermentace	13
2.4. Doba sklizně	15
2.5. Botanická charakteristika vybraných druhů trav	16
2.5.1. Lesknice rákosovitá	16
2.5.2. Ovsík vyvýšený	17
2.5.3. Srha říznačka	18
2.6. Požadavky na stanoviště a agrotechnika	18
2.7. Produkční schopnost	21
2.8. Využití trav při rekultivacích	23
3. Cíl práce	27
4. Materiál a metodika	28
5. Výsledky a diskuse	34
6. Závěr	46
7. Seznam použité literatury	51
8. Přílohy	55

1. Úvod

Zvýšení energetického využití biomasy a zavádění efektivních technologií její konverze je ústřední cíl mnoha nástrojů politiky a programů na národní a evropské úrovni. Uvedení nových a inovovaných technologií na trh je ale jen tehdy trvale úspěšné, když je také ekologicky účelné a ekonomicky atraktivní v rámci požadovaného harmonizovaného trhu s energiemi. V souladu s návrhem směrnice evropského parlamentu a rady o podpoře užívání energie z obnovitelných zdrojů jejich zvýšené užívání tvoří významnou část balíčku opatření, která jsou zapotřebí ke snižování emisí skleníkových plynů a ke splnění Kjótského protokolu. Biomasa jako nosič energie je neodmyslitelně spojena s půdou a její environmentální vlivy jsou významné.

V současnosti leží v ČR ladem asi 0,5 mil. ha půdy a očekává se, že z hlediska produkce potravin nebude možné dlouhodobě využívat více než 1 mil. ha (z celkové rozlohy více než 3 mil. ha orné půdy). Z hlediska udržitelného rozvoje je však nezbytné s touto půdou nadále dobře hospodařit. Jednou z významných možností je pěstování energetických plodin, přičemž pro naplnění energetického cíle roku 2010 by stačilo využít asi polovinu uvedené výměry, tj. asi 250 tis. ha. V horizontu 30 let lze využít až 1,5 mil. ha, tj. asi 35% výměry zemědělské půdy v ČR, v souladu s osevními postupy. Vzhledem k očekávané nadprodukcí obilnin a dalších komodit nejen u nás, ale ve většině evropských států i jinde, k vývoji světových cen zemědělských produktů a k možnostem exportu domácí produkce bude třeba se v podhorských a horských oblastech velmi vážně zabývat rozvojem nepotravinářské produkce. To znamená, že v méně produkčních oblastech bude nevyhnutelné přikročit k přestavbě rostlinné výroby s převahou nepotravinářské produkce, tj. výroby rostlinných surovin a bioenergie.

2. Literární přehled

2. 1. Obnovitelné zdroje energie

Obnovitelnými zdroji energie (OZE) označuje LENŽA a kol. (2006) technologie využívající k produkci tepla nebo elektřiny energii Slunce, vody, větru, biomasy, nitra naší Země (geotermální energii) a energii (teplo) okolního prostředí. V zahraničí jsou tyto technologie velmi rozšířené a obecně podporované. Důvody jejich rozšíření jsou ekologické, ale v neposlední řadě i ekonomické. Ve výčtu obnovitelných zdrojů se nesmí opominout možnosti využití energie přílivu vln, mořských proudů a tepla (CENEK, 1994). Komplex elektrárny využívající energii přílivu byl realizován kupříkladu v St. Malo v roce 1966 a má výkon 240 MW. Rozvoj energetiky se začíná potýkat s problémy vysoké spotřeby primární energie, kterou se nedaří snižovat. Rozhodující podíl na celkové spotřebě v současnosti tvoří fosilní paliva, zejména ropa a zemní plyn, v případě ČR je to uhlí. Tyto zdroje se rychle vyčerpávají, jejich těžba je ekonomicky a energeticky náročná. Evropa má omezené energetické fosilní zdroje, proto jsou obnovitelné zdroje energie, především biomasa, do budoucnosti významnou alternativou. V současné době je hledání alternativních zdrojů, neboli obnovitelné energie celosvětovou záležitostí. Obnovitelné zdroje energie jsou přírodní zdroje, které jsou pro využití buď okamžitě nebo pravidelně k dispozici a více či méně rychle se obnovují. S využíváním těchto zdrojů energie souvisí i snaha některých vyspělejších zemí snižovat rizika změny klimatu následkem antropogenních činností. Toto se na první pohled netýká států, které jsou největšími konzumenty energie a států, které se staly největšími znečišťovateli. PETŘÍKOVÁ (2007) shrnuje, že původcem většiny spotřebovávané energie na Zemi je sluneční záření, které v dávné minulosti vytvořilo fosilní energetické zdroje uhlí, ropu, zemní plyn a dnes je původcem velké většiny obnovitelných energií. Spalováním fosilních zdrojů energie využíváme podle JIRKA (1999) vlastně sluneční energii akumulovanou fotosyntézou v minulých geologických dobách. Fotosyntéza celoročně váže nejvýše 1% dopadající sluneční energie. Takový podíl sluneční energie je vázán v uhlí, ropě, zemním plynu, protože se tyto zdroje tvořily miliony let, jejich zásoby jsou relativně vysoké, optimisté hovoří až o několika stovkách let.

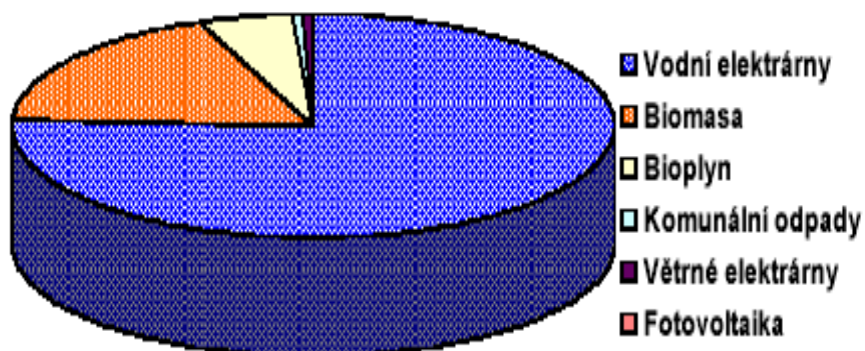
Tab. 1 – Využití zdrojů ve světě



Pro spotřebu energie je charakteristická nerovnoměrnost. LIBRA, POULÍK (2007) udávají, že 20 % lidí v tzv. vyspělých státech spotřebovává 80 % světové výroby energie, kdežto polovina lidí nemá elektřinu, jen dřevo na topení.

Obnovitelné zdroje dnes tvoří 18 % světové výroby energie, jaderné 17%. Ze zprávy WEC (2007) o českém energetickém průmyslu za rok 2007 vyplývá, že v ČR je celková výroba elektřiny kryta z 64 % uhlím, 30 % jádrem, 1,3 % zemním plynem, 3,7 % vodou a 0,7 % biomasou. Pozice OZE (4,5 %) v rámci energetické bilance v ČR tak není příliš významná. V rámci OZE pak výroba elektřiny má následující strukturu, dominantní je produkce vodních elektráren a elektřina z biomasy (převážně společné spalování s uhlím).

Graf č. 1 – Struktura výroby elektřiny z OZE

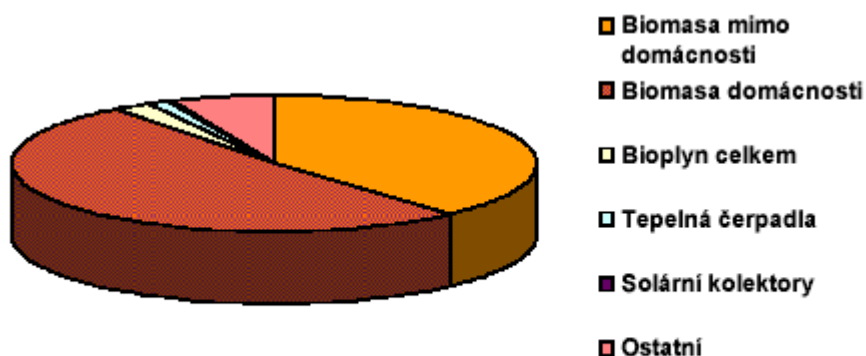


Aktuální energetická politika ČR si klade za cíl zvýšení podílu obnovitelných zdrojů na celkové spotřebě primárních energetických zdrojů na 8,9 % k roku 2010 a zhruba 15,7 % k roku 2030. Biomasa by měla pokrývat přibližně $\frac{3}{4}$ tohoto podílu. V roce 2006 však činil podíl energie z OZE zhruba jen 4,3 %, z čehož biomasa pokrývala $\frac{1}{4}$ (WEGER, 2008). Podle predikce WEC z roku 2008 by celková výroba energie z OZE v ČR v roce 2010 měla činit 6,46 TWh, na čemž by se biomasa měla podílet z asi 45 %. Na tom se z významné části podílí teplárenství. To je v EU považováno za základ udržitelné energetiky. Využití biomasy v teplárnách je tudíž žádoucí, neboť představuje alternativu k uhlí a současně snižuje náklady a závislost oproti zemnímu plynu. V každém případě se jedná o efektivnější využití biomasy, než její spoluspalování v elektrárnách. Biomasa by však měla nalézat uplatnění zejména v malých a středních výtopnách a teplárnách. V případě diverzifikace palivové základny se uplatní samozřejmě i ve velkých teplárnách, vždy by však měla být zajištěna dlouhodobá dodávka paliva nejlépe z blízkých zdrojů. V závislosti na ceně biomasy a dopravních nákladech je v současnosti tato vzdálenost asi 60 km, ale toto je faktor velmi proměnlivý, jak říká ŠAFARÍK (2009).

V tomto duchu mluví i zpráva SCHEIER (2009), že v loňském roce vyrobila skupina ČEZ v domácích elektrárnách téměř 327 tisíc MWh elektřiny z biomasy, což znamená 31,2% meziroční nárůst. Zmíněná produkce by pokryla roční spotřebu více než 93 tisíc domácností. Za dvanáct měsíců roku 2008 se v elektrárnách Skupiny ČEZ v ČR spálilo více než 347 tisíc tun biomasy (vše formou spoluspalování s hnědým uhlím). V meziročním srovnání to znamená růst spáleného objemu o 43,8 %. Nejvýznamnější položkou v celkově spálené biomase v ČR byly loni rostlinné materiály (dřevní hmota) s více než 336 tisíci tunami, což je meziročně o 44,8 % více. Tento nárůst potvrzuje i fakt, že totiž biomasu lze využít ve všech moderních tepelných elektrárnách. Podíl biomasy v palivu může činit až 25 procent.

Struktura výroby tepla z OZE je z 90 % tvořena biomasou, z čehož polovina připadá na spalování dřeva v domácnostech.

Graf č. 2 – Struktura výroby tepla z OZE



I když se, jak píše WEGER (2008), na pomalejším rozvoji produkce a využití biomasy podílelo více příčin, nejvíce byl vývoj v uplynulých 7 – 10 letech ovlivňován v důsledku nejednoznačných státních a resortních politik, jež neumožnily dostatečný rozvoj. I přes to se lze domnívat, že využití biomasy jako energetického zdroje bude v příštích letech vzrůstat, a že přispěje k rozvoji našeho zemědělství a venkova. A hlavně, jak předpokládá i ŠAFARÍK (2009), spuštěný program Zelená úsporám na podporu záměny vytápění uhlím na biomasu povzbudí poptávku nejen po nových kotlích, ale zejména po palivu tak, aby se stabilizoval zejména tuzemský trh s peletami. Zde je trochu začarovaný kruh, kde ještě vládne nedůvěra k vytápění peletami právě z důvodu nejistoty, zda bude zajištěna dlouhodobá dodávka paliva za příznivou cenu. To by měly upravit komplexní služby: s dodávkou kotle by měl zákazník dostat i smluvní jistotu dlouhodobého zajištění paliva, servisu kotle aj.

Biomasa je podle KAMEŠE (2005) jediný zdroj spalitelného uhlíku, který je z hlediska emisí oxidu uhličitého neutrální. Konverze biomasy na bioenergií probíhá jako součást přírodního koloběhu uhlíku, a proto konverze nepřispívá ke změně klimatu a k problému oteplování v důsledku skleníkových plynů. Vůbec neekologičtější energií pro ŠUBRTA (2002) je ta energie, kterou jsme ušetřili, a tudíž jsme ji nemuseli vyrobit. Energií můžeme šetřit celkově šetrným chováním i používáním úsporných spotřebičů. Jako významný spotřebič lze pochopitelně uvažovat i dům, neboť na jeho stavbu a provoz je potřeba velké množství energie. KAMINSKÝ, VRTEK (1999) uvádějí, že

v celosvětovém měřítku představují obnovitelné zdroje energie obrovský, ekologicky čistý potenciál, kterým by bylo teoreticky možné pokrýt současnou celosvětovou spotřebu 12,5 TW_r. Využívání obnovitelných zdrojů k výrobě, lépe řečeno k přeměně na elektrickou energii je však omezováno jejich: malou plošnou koncentrací, nestejným územním rozložením, proměnlivou intenzitou během dne i roku a velkými investičními náklady. Předností biomasy je skutečnost, že k jejímu růstu spotřebované množství oxidu uhličitého je zhruba stejné jako množství CO₂ vyprodukované při spalování. Jedná se tudíž o přirozený cyklus, který nezhoršuje skleníkový efekt na Zemi. Toto samozřejmě neplatí krátkodobě, takže se při spalování biomasy uplatňují mnohdy přísné emisní limity.

Kromě osvědčených druhů biomasy (dřevo, štěpka, odpady lesního hospodářství) lze za předpokladu naplňování cílů energetické politiky států nalézt volný prostor pro využití poměrně nového zdroje biomasy, který tvoří porosty tzv. energetických rostlin, kam řadíme různé druhy dřevin, trvalek a bylin, jejich kultivary a sorty, dále přírodní a záměrně křížence. Obecně se tedy záměrně pěstovaná biomasa dělí na energetické plodiny dřevnaté a nedřevnaté. Hlavní předností energetických rostlin nedřevnatých, které tvoří poměrně rozsáhlou skupinu (přes 100 druhů jednoletých, dvouletých, víceletých a vytrvalých, které byly testovány v ČR a okolních zemích), jsou vysoké výnosy a skutečnost, že se dají sklízet běžnými zemědělskými sklizňovými stroji. Při pěstování víceletých rostlin můžeme počítat s nižšími výrobními náklady. Rozvoj energetického využití fytohmoty dává nový prostor pro rozvoj zemědělství a rozvoj venkova, pro uplatnění pracovních sil a zlepšení efektivity hospodaření zemědělských podniků i zpracovatelských kapacit. Způsoby pěstování zejména stébelnatých rostlin, využitelných k výrobě některého druhu energie, jako je teplo nebo elektřina jsou v podstatě shodné s technologiemi pěstování a sklizně běžných zemědělských plodin (PETŘÍKOVÁ, 2007). Co je odlišné je doba sklizně. U běžných, užitkových rostlin určených k výživě rostlin nebo zvířat dochází ke sklizni při nejvyšším obsahu živin, u energetických při největším obsahu energie, tzn. většinou u stébelnin pro spalování až v přestárlém stavu s nízkým obsahem vody a dusíkatých látek. U rostlin určených pro zpracování v bioplynové stanici v zeleném stavu dochází však ke sklizni dříve, přibližně ve stejné době jako u rostlin užitkových, např. zelených nebo konzervovaných krmiv. Další výhodou energetických plodin ověřenou MOUDRÝ, STRAŠIL (1998) je možnost pěstovat je nejenom na přebytečné půdě, ale také na různým způsobem zdevastované půdě, na půdě v oblastech s vysokou imisní zátěží,

s ohledem na nebezpečí kontaminace produkce škodlivými látkami, všude tam, kde je ekonomika tržních plodin neefektivní a také v oblastech, kde je nutné výrazné snížení vstupů chemie. Nevýhodou biomasy, jak říká PETŘÍKOVÁ (2007), je její nižší energetická hustota, což se ve srovnání s fosilními palivy projevuje hlavně v dopravě a skladování, což se stává náklady zvyšujícím faktorem. Proto je biomasa většinou vázána na místo výroby. Problémem při spalování je obsah vody a hlavně vysoký podíl prchavé hořlaviny, což si žádá speciální konstrukci kotlů.

Obnovitelné zdroje energie umožňují lidem žít na vysoké technické úrovni 21. století a přitom podstatně méně devastovat přírodu spalováním fosilních paliv. Navíc se jedná obvykle o zdroje energie s poměrně vysokými investičními, ale nízkými provozními náklady. OZE umožňují trvale udržitelný rozvoj. Proto ŠUBRT (2002) nabádá k neustálému hledání cesty většího využívání obnovitelných zdrojů energií tak, aby pokud možno pokryly podstatnou část nároků civilizace na energetické zdroje. Důležitou podmínkou rozvoje OZE a úspor je seznamování obyvatelstva s důvody a možnostmi jejich využívání. Energie získaná z biomasy různými úpravami se vyskytuje ve formě pevné, kapalné nebo plynné a může být dále přeměněna např. na teplo, elektrický proud nebo pohonné hmoty. Při využívání biomasy k energetickým účelům vyzdvihuje MOUDRÝ, STRAŠIL (1998) některé výhody oproti konvenčním palivům. Zdroj energie má obnovitelný charakter. Jsou menší negativní dopady na životní prostředí. Jelikož jde o místní zdroj energie, snižuje se potřeba dovozu energetických zdrojů. Zdroj biomasy není lokálně omezen a jeho řízená produkce přispívá k vytváření krajiny a péči o ní. Jde mnohdy o odpady, které se tímto účelně využívají. V České republice se význam obnovitelných zdrojů stále zvyšuje, neboť mohou přispívat k zabezpečení celkové energetické potřeby společnosti. Bylo rozhodnuto, že do roku 2010 se podíl obnovitelných zdrojů energie zvýší ze současných 3 % na 8 % z hrubé spotřeby elektřiny. Kromě tepelné energie, slunečního záření, kinetické energie větru a vodních toků je především biomasa alternativním zdrojem energie pro všechny typy uživatelů, protože zdroje fosilních paliv se rychle vyčerpávají a jejich těžba je ekonomicky a energeticky náročná.

Predikce MOUDRÝ (2007) říká, že v nižších polohách podhorských oblastí (450-650m.n.m.) dojde ke snížení stávající intenzity hospodaření především v environmentálně citlivých územích. Významný podíl v rostlinné výrobě v těchto oblastech bude mít pěstování speciálních plodin, potravinářsky i nepotravinářsky (průmyslově a energeticky) využitelných, což na jedné straně přispěje k rozšíření

agrobiodiverzity, na druhé straně to umožní v maximální možné míře využívat přírodní potenciál. V tom se shoduje se ŠROLLER (2001), pro nějž jsou tyto záměry v souladu s nosnými principy evropského systému zemědělství, které preferuje výrobní metody šetrné k životnímu prostředí, udržování krajiny a rozvoj aktivit venkova s udržením pracovních příležitostí. Předcházet další migraci z venkova do měst či jejich bezprostředně blízkého okolí z důvodu nedostačující nabídky pracovních míst je bezpochyby taktéž klíčovou otázkou komunálních politik. A to zejména v odlehlejších regionech, ve kterých se bude intenzita zemědělské výroby snižovat nejdříve.

Pro STŘELEČKA (2003) spočívá úspěšný rozvoj konkurenceschopné, avšak environmentálně šetrné výroby v účasti nezbytné aktivní státní podpory zemědělství zaměřeného na zemědělskou produkci a na zajišťování údržby krajiny a dalších environmentálních služeb. Ne zcela ideální vývoj v typické horské oblasti s převahou luk a pastvin potvrzuje i TRUNEČEK (2000). Totiž, že již jsou a ještě budou značné plochy orné půdy zatravněny. Podniky tam jsou v podstatě zaměřeny na chov skotu (postupně BTM), přičemž intenzita chovu bude záviset na produkci píce jak z luk a pastvin, tak i z porostů na orné půdě, dále na kvótách stavů krav BTM. V krajních případech (při 100% zatravnění) budou porosty udržovány pastvou, sečí a hnojením – běžnou pratotechnikou včetně omezování plevelů. Kam se posune role zemědělství v poměrně blízké budoucnosti naznačuje ŠIMON (1997), podle něhož se s poklesem produkční funkce krajiny v podhorských a horských i dalších marginálních oblastech bude zemědělství ještě více plnit mimoprodukční funkce – ochranu a tvorbu krajiny, ochranu vodních zdrojů, udržení biodiverzity rostlinných a živočišných druhů atd.

Právě v uvolňujících se plochách, zejména v marginálních oblastech, je třeba vidět příhodný prostor pro výrobu biomasy. Pokud chce ČR naplnit své cíle v rámci EU a své energetické politiky (v roce 2010 krýt primární spotřebu energetických zdrojů ze 6% obnovitelnými zdroji), musí učinit další legislativní kroky pro podporu, pro nastartování dalšího podnikání v oblasti obnovitelných energií jak pro zpracovatele tak pro prvovýrobu. Biomasa by se podle HAVLÍČKOVÉ (2008) měla podílet na celkovém příspěvku OZE k primárním zdrojům v cílovém roce 2030 cca 80-85%. To dle scénáře Státní energetické politiky znamená čtyřnásobné navýšení příspěvku biomasy. Biomasa je vázána výrobou i spotřebou na poměrně malé území což je výhodné už proto, že energie není z lokality exportována pryč. Dalším kladem je vznik nových pracovních míst v sídlech, kde je toto velkým problémem.

2.2. Způsoby získávání a využívání energie z fytomasy

Rozdělit možnosti energetického využití fytomasy můžeme podle SOUČKOVÁ, MOUDRÝ (2006) na suchou cestu: zahrnuje spalování a zplyňování rostlinné hmoty o sušině 50 – 80 % a mokrou cestu: zahrnuje především anaerobní fermentaci mokré hmoty o sušině 4 – 12 %, eventuálně 25 – 35 %. Anaerobní fermentace je rozklad biomasy pomocí speciálních bakterií bez přístupu vzduchu, přičemž je uvolňován metan jako zplodina metabolismu, který je využíván pro výrobu elektrické energie či tepla nebo jejich sdruženou výrobu (kogenerace) s následným zpracováním a využitím vyhnílého kalu (ŠANTRŮČEK, 2001). Podrobnější rozdělení však nabízejí MOUDRÝ, STRAŠIL (1996), kteří uvádí, že způsob využití rostlinné hmoty závisí na množství látek, na jejich skladovatelnosti, obsahu vody, struktuře a látkovém složení. Hodnota 50% sušiny je taktéž přibližná hranice mezi mokrymi a suchými procesy. Látky s vysokým obsahem vody je nejlépe zpracovat kvašením, látky s nízkým obsahem vody se hodí pro spalování nebo suchou destilaci. Obecně lze rozlišit několik způsobů získávání energie z biomasy :

- a) termochemická přeměna biomasy (suché procesy)
 - pyrolýza (teplo)
 - zplyňování (metan, čpavek, dehet)
 - spalování (teplo)
- b) biochemické přeměna biomasy (mokrý procesy)
 - metanové kvašení (metan)
 - alkoholové kvašení (etanol)
- c) chemické přeměna biomasy
 - esterifikace (metylester řepkového oleje)
- d) získávání odpadního tepla při zpracování biomasy (při kompostování, čištění odpadních vod apod.)

Z energetického hlediska lze energii z biomasy získávat různými způsoby, a to hlavně přímo – spalováním, nebo nepřímo – výrobou paliv a zpracováním na plynné či kapalné produkty. energii lze pak využívat pro výrobu tepla nebo elektřiny, nebo jako biopaliva (bionafta, bioplyn apod.). Pro výrobu elektřiny

z biomasy se používá stejný princip, na kterém funguje většina klasických elektráren, tzv. parní R-C cyklus. Dalším způsobem je přímé spalování produktů z biomasy ve spalovacích motorech (ANONYM 1). O způsobu energetického využití rozhodují vlastnosti biomasy rostlin: skladovatelnost, obsah vody a látkové složení. Přibližnou hranici mezi suchými a mokřými procesy (tab.15.3-1) představuje 50% obsahu sušiny v biomase (ANONYM 2)

2.3. Energetické využití trav

Termínem energetické plodiny označuje WEGER (2008) taxony dřevin, trvalek a bylin – tedy botanické druhy, kultivary, klony, přírodní i záměrní kříženci – které jsou využívány nebo testovány pro záměrnou produkci biomasy k energetickému využití. V Evropě bylo testováno přes 150 taxonů rostlin pro výběr energetických plodin. V praxi se pěstuje 8 taxonů výhradně na zemědělské půdě (ZPF) jako alternativní zemědělské plodiny. Největší pěstební plochy zauímají vrby a topoly (18tis., resp. 5 tis. Ha hlavně ve Švédsku a v Itálii) a proso dvouřadé. V ČR se nejvíce pěstuje tzv. energetický šťovík na 1 200 ha a rychle rostoucí dřeviny (topoly a vrby) na 150 ha. Mezi vytrvalé energetické byliny patří lesknice rákosovitá, ovsík vyvýšený, srha říznačka.

2.3.1. Spalování

Jedná se o termochemickou reakci, při které dochází za teplot nad 660°C k rozkladu organického materiálu na hořlavé plyny (+další látky) a jejich následnou oxidací se uvolňuje energie voda a oxid uhličitý. Biomasa obsahuje na rozdíl od fosilních paliv minimální množství síry (0-0,1 % u dřeva – slámy, ale hnědé uhlí nad 2%). Tvorbu oxidu dusíku je možno kontrolovat teplotou spalování.(WEGER, HAVLÍČKOVÁ, 2003). Pro vytápění se používá zejména přímého spalování fytomasy. Pokud chceme využívat i energii z odpadní biomasy (zbytky krmiv, potravin, hnůj), musíme mít speciální kotle k tomu určené.

Na výhřevnost spalované biomasy má velký vliv vlhkost. Měla by být co nejnižší, aby bylo zajištěno ekologické a efektivní spalování. Vlhkost biomasy by neměla přesáhnout 20% hmotnosti, optimální je 15% hmotnosti (KOVÁŘOVÁ a kol., 2002).

Přesněji u stébelnin je to asi 15 – 20%, u dřevin 20 – 30%. Uplatnění tohoto požadavku předpokládá skladovat biomasu v jednoduchých skladech lehké konstrukce, které ji chrání proti nepříznivému počasí s možností provzdušňování. Popel ze spálené fytomasy obsahuje množství minerálních látek a stopových prvků, proto jej lze, na rozdíl od popele z uhlí, použít jako hnojivo (ANONYM 3).

Jak konstatuje PETŘÍKOVÁ (2001), pro energetické využití biomasy k přímému spalování by měly být vybírány výnosné plodiny. Vhodné jsou rostliny vysoce vzrůstné, které vytváří velké množství nadzemní hmoty. Pro přímé spalování jsou efektivní rostliny, které dosahují výnosu kolem 10 t suché hmoty z 1 ha.

Mechanická úprava fytomasy

Jedním z nejčastějších způsobů využití je spalování, kterému však musí předcházet mechanická úprava. Nejvíce se takto zpracovávají energetické stébelniny. PASTOREK, KÁRA, JEVIČ (2004) rozlišují 6 základních způsobů :

- a) sběrací vozy – oblast využití sběracích vozů je vzhledem k ekonomice dopravy (malé stlačení materiálu) limitována přepravní vzdálenost 2 km. Pro větší vzdálenosti jsou vhodnější stlačené stébelniny, tzn. využití sběracích lisů, popř. briketovacích a peletovacích lisů
- b) sběrací lisy – pro sklizeň energetických stébelnin v suchém stavu, tj. slámy, rákosovitých travin, ale i lnu a konopí, popř. miscanthu, se stále více používají sběrací lisy na obří hranaté nebo válcové balíky. Teplárny a výtopy dávají přednost velkým hranatým balíkům, na farmách se pro menší kotle používají i levnější svinovací lisy na válcové balíky a lisy na klasické malé balíky
- c) lisy na válcové balíky – měnitelné rozměry lisovací komory umožňují vytvářet balíky slámy o průměru 1,8 m s obsahem až 3m³ slisované slámy o hmotnosti do 500 kg
- d) lisy na hranaté balíky
- e) svinovací lisy při sklizni slámy
- f) briketování a peletování suchých stébelnin – spotřeba přídatné energie na výrobu briket nebo pelet nepřesahuje 5 % tepelného obsahu briket. Překážkou jsou jen vysoké investiční náklady a potřebné stroje ve zpracovatelské lince. Stacionární výroba tvarovaných paliv ze slámy je v rozporu s jinak výhodnou sklizní sběracími lisy, protože jednou slisovaný materiál se znovu rozpojuje, nebo dokonce šrotuje a opět lisuje.

Kromě dřeva jsou tu ještě brikety, štěrka, pelety, sláma a rychlerostoucí rostliny a dřeviny. Brikety jsou válcová tělesa o délce asi 15 – 25 cm. Vyrábějí se z odpadní biomasy drcením, sušením a lisováním bez jakýchkoli chemických přísad. Mají vysokou výhřevnost (19 MJ/kg). Relativně novou formou paliva jsou pelety. V podstatě to jsou granule kruhového průřezu o průměru přibližně 6 až 8 mm a délkou 10 až 30 mm. Jsou rovněž vyrobeny bez jakýchkoli chemických přísad. Granule mají relativně vysokou hustotu nalisování (min. 650 kg/m³), což garantuje vysokou výhřevnost – téměř 20 MJ/kg. Těmito parametry se pelety vyrovnají uhlí (JANÍČEK 2009).

2.3.2. Anaerobní fermentace

Bioplyn má mnohostranné využití, přesto je však z celosvětového hlediska jeho využití poměrně nízké. Pouze v Indii a Číně nachází širší uplatnění. V Evropě, včetně ČR, nemá aktuálně produkce bioplynu z organických odpadních látek větší význam, kromě Dánska (ANONYM 4).

Zemědělství produkuje velké množství organických odpadů, které anaerobní fermentace umožňuje likvidovat a přitom energeticky využívat. Ze zemědělských odpadů jsou nejčastěji využívány: kejda, sláma a zbytky travin. Ze záměrně pěstované fytomasy se k výrobě bioplynu hodí především rostliny s nižším obsahem C:N (<33) (biomasa víceletých píceň – jeteloviny z rekultivací, trvale zatravněných ploch apod.). Bioplyn se tvoří všude, kde bez přístupu vzduchu nebo po vyčerpání kyslíku ve hmotě, dochází k rozkladu organické hmoty činností mikroorganismů (městské kaly, kejda, hnojiště, hlubší vrstvy půdy, vodní toky, skládky, rašeliniště apod.). Plyn obsahuje především metan, který je po vodíku a acetyleny nejvýhřevnějším palivem, ale také významným skleníkovým plynem (cca 40krát vyšší účinnost než CO₂). Proto je nařízeno jeho jímání z velkých skládek odpadků a lze očekávat, že i ostatní organické odpady budou povinně zpracovávány v bioplynových stanicích.

Současné technologie se od původních liší především homogenizací vstupního materiálu, umožňující příjem a využití jakékoliv biomasy, včetně zpětné cirkulace fermentační kapaliny, která se vrací ve velkém podílu zpět do nově jímané suroviny. Vyžilý substrát s vysokým obsahem sušiny (50%) se po odlisování a dozrání v kompostech zpracovává na tržní hnojivo či aplikuje na vhodné pozemky. Na rozdíl od ostatních organických hnojiv neobsahuje patogenní látky a klíčivá semena plevelů (ANONYM 5). Bioplyn lze vyrobit také z travní fytomasy lučních porostů a podobné

fytomasy jako je šťovík Uteuša, trávy z údržby veřejných trávníků, sportovních hřišť apod. Produkce bioplynu z fytomasy je efektivnější než ze zvířecích exkrementů (mrva, kejda, trus drůbeží apod.) o cca 50–70 %. Spolu s výrobou bioplynu vzniká jako odpad stabilizované organické hnojivo, které se vrací do zemědělského procesu. Zvláště důležité je, že významný podíl uhlíku zůstává v tuhém zbytku a neprochází atmosférou při jeho spalování. Tím snižuje množství CO₂ v plynné biosféře. (SOUČKOVÁ, MOUDRÝ 2006)

Průběh procesu

Anaerobní fermentace je biologický proces rozkladu organické hmoty, probíhající za nepřístupu vzduchu. Tento proces probíhá přirozeně v přírodě např. v bažiništích, na dně jezer nebo např. na skládkách komunálního odpadu. Při tomto procesu směsná kultura mikroorganismů postupně v několika stupních rozkládá organickou hmotu. Produkt jedné skupiny mikroorganismů se stává substrátem pro další skupinu. Proces můžeme rozdělit do 4 hlavních fází: Hydrolýza, acidogeneze, acetogeneze, metanogeneze. Z hlediska reakčních teplot rozdělujeme anaerobní procesy, podle optimální teploty pro mikroorganismy na psychrofilní (5-30°C), mezofilní (30-40°C), termofilní (45-60°C) a extrémně termofilní (nad 60°C). Výhodou procesů prováděných za vyšších teplot je hlavně vyšší účinnost hygienizace materiálu. Nejběžnější aplikací jsou zatím procesy mezofilní při teplotě cca 38°C. Fermentace je obvykle prováděna ve velkých vyhřívaných a míchaných nádržích – fermentorech. Jedná se o kontinuální nebo semikontinuální proces. Pracovní sušina suspenze se dle materiálu a použitého míchacího systému pohybuje mezi 4 – 12%. Ve fermentorech dochází k odbourání cca 50 – 70% organické sušiny materiálu. Velikost nádrží je dána množstvím a kvalitou materiálu, množstvím aktivní biomasy v reaktoru a požadovanou dobou zdržení. Tyto parametry významně ovlivňují produkci bioplynu i kvalitu výstupního materiálu (ANONYM 6).

Typické složení bioplynu

Složení bioplynu závisí na původu anaerobního procesu. Typický bioplyn má metanový obsah minimálně 50 %. Pokročilé odpadní technologie mohou produkovat bioplyn s 55-75 % metanu. Kromě metanu obsahuje bioplyn ještě variabilní množství CO₂ (25 – 50 %), oxidy dusíku 0 – 10 %, vodík 0 – 1 %, sirovodík 0 – 3 % a kyslík 0-2%. Hlavním produktem anaerobní fermentace organické hmoty je bioplyn. Bioplyn je

bezbarvý plyn skládající se hlavně z methanu (cca 60%) a oxidu uhličitého (cca 40%). Bioplyn může ovšem obsahovat ještě malá množství N_2 , H_2S , NH_3 , H_2O , ethanu a nižších uhlovodíků. Hodnoty je potřeba brát jako informativní, skutečné vlastnosti BP vždy závisí na mnoha faktorech, zejména na fermentovaném materiálu (ANONYM 6). Nejčastěji udávaný obsah je 55 – 80% metanu, 20 – 45% oxidu uhličitého, síru ve formě sirovodíku, dusík, vodu aj. Jde o nízkovýhřevný plyn (při 60% metanu 20 – 25 MJ.m³). Zbytky po vyhnití jsou využitelné jako hnojivo, po vysušení případně i ke krmení hospodářských zvířat. Kombinovaná výroba elektřiny a tepla vs. prostá výroba tepla. Za současných podmínek na trhu s energiemi v ČR lze reálně uvažovat s využitím BP pro výrobu tepla (spalování v kotli) nebo pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla (kogenerační jednotka).

Bioplyn z energetických rostlin

V dohledné budoucnosti bude velmi důležité začít postupně nahrazovat ubývající a zdražující se zemní plyn bioplymem. Produkovat velká kvanta bioplynu bude možné zejména využíváním rostlin, a to těch, které se nehodí pro přímé spalování. To jsou rostliny s vlhkostí nad 45% a s C/N pod 30/1. Teplota procesu - termofilní proces zajišťuje dokonalejší hygienizaci, ale je náročnější na spotřebu tepla než proces mezofilní. Výťažnost metanu je pro oba procesy přibližně stejná. Jelikož u rostlinného materiálu není hygienizace tak důležitá jako u biodegradabilních odpadů, jeví se mezofilní proces výhodněji. Počet fází - hydrolytické a acidogenní mikroorganismy vyžadují jiné podmínky prostředí než mikroorganismy acetogenní a metanogenní. Proto jsou výhodnější dvoufázové procesy, které jsou zároveň mnohem stabilnější než procesy jednofázové. Recirkulace kapalné fáze - při její aplikaci se výrazně šetří teplo, prodlužuje se doba zdržení mikroorganismů v systému a fermentační proces se celkově stabilizuje. Vlhkost procesu - suché procesy (sušina nad 25%) potřebují menší prostor a spotřebovávají méně tepla než mokré procesy (sušina kolem 10%). Nejvyšší produkce bioplynu byla sledována při sušině org. hmoty 30-35%. (SLEJŠKA 1998)

2.4. Doba sklizně

Z energetického a ekonomického hlediska je také důležité, v kterém termínu plodiny sklízet. Zda v době největšího nárůstu fytomasy, pozdě na podzim nebo brzy na jaře. Obecně největší nárůst fytomasy je podle STRAŠILA, HUTLA (2004) u většiny

plodin v době kvetení nebo těsně po odkvětu. Potom dochází k postupné ztrátě fytomasy. V prvním termínu sklizně má obsah vody ve fytomase rozmezí 60- 80 %. Takto vlhká fytomasa se dá přímo využít pouze na výrobu bioplynu. Pokud by se měla používat pro účely spalování přímo v kotlích nebo na výrobu pelet nebo briket, je třeba ji dosušet za příznivého počasí přímo na poli nebo uměle v sušárnách. Zde v těchto případech je třeba dodávat vícenáklady na tyto operace, které nejsou hlavně v případě dosoušení teplým vzduchem nejlevnější.

Při pozdně podzimním termínu je u většiny energetických vytrvalých rostlin obsah vlhkosti většinou i nadále relativně vysoký a dosahuje hodnot 30 až 70 %. Výnos není o mnoho menší v porovnání s prvním termínem. Proto je u většiny vytrvalých plodin určených pro energetické využití z hlediska obsahu vody i z hlediska dalších faktorů nejvhodnější zimní nebo jarní termín sklizně, kdy přes zimu mráz rostliny vysuší. Všechny plodiny při tomto termínu sklizně mají obsah vody pod 30 %. Obsah vody v lesknici po zimě byl shodně vyhodnocen. ŠNOBL (2004) jako 12 – 20 % v čemž se naprosto shoduje s PETŘÍKOVOU (2006), HAVLÍČKOVOU (2007) i MOUDRÝM, STRAŠILEM (1998). Obsah vody u ovsíku a srhy by měl být podobný, udává se okolo 20 % vlhkosti.

2.5. Botanická charakteristika vybraných druhů trav

2.5.1. Lesknice rákosovitá (Phalaroides arundinacea)

Lesknice patří do čeledě lipnicovitých. Je to vytrvalá, pozdní výběžkatá, nejvzrostnější kulturní tráva s průměrnou kvalitou. Tvoří silné a dlouhé podzemní rhizomy, které se rozprostírají těsně pod povrchem půdy (nejvýše do 100mm). Vyznačuje se mocným a do hloubky pronikajícím kořenovým systémem (až do 2,5 - 3m), který může dobře zásobit rostlinu vodou. Stejně rychlý je i celkový vývin lesknice. V přirozených porostech je rozšířena na stanovištích s přebytkem vody, kde hladina podzemní vody se pohybuje mezi 0,3 – 0,4m pod povrchem. Snáší i přechodné záplavy, ale i přísušky. Při dostatečné výživě poskytuje rekordní výnosy píce, která má nižší stravitelnost (ŠANTRŮČEK a kol., 2001). Mohutná přímá stébla jsou, jak píše SOUČKOVÁ, MOUDRÝ a kol. (2006) zakončena jednostrannou latou. Sterilní výhony jsou hustě olistěné. Listy jsou dlouhé a široké. Plodem je vejčitá nahá obilka asi 1,5 až 4 mm dlouhá a 1 mm široká s HTS kolem 0,8g. Lesknice je cizosprašný autochtonní druh,

který je přirozeně rozšířen na celém území našeho státu, kde je dostatek půdní vláhy. Dozrává koncem července. Výnos semene bývá mezi 200 – 400 kg/ha. Na semeno ji je třeba sklízet opatrně, neboť obilky dozrávají nestejně a snadno vypadávají. Běžně se pěstuje jako pícnina (čerstvá píce, seno, siláž).

V ČR není ve Státní odrůdové knize registrována žádná odrůda, za standart se však v zemích EU považuje odrůda Palaton původem z USA. HAVLÍČKOVÁ (2008) ví o šlechtění nových odrůd pro průmyslové využití, které by se měly lišit od krmných tím, že mají vysoký poměr stonků vůči 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 spalování taví a spéká. Vývin po zasetí probíhá rychle a plných výnosů dosahuje již ve 2. roce vegetace. Pro pěstování lesknice je argumentem nízká cena založení porostu, žádné nebo jen minimální používání herbicidů a pesticidů, i další nízké přímé náklady. Největší výhodou je její nenáročnost na klimatické podmínky.

2.5.2. Ovsík vyvýšený

Ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*) z čeledi lipnicovitých je jak udává MÍKA (1997) víceletá, volně trsnatá tráva. V lučních porostech vytváří mohutné, vysoké trsy se vzpřímenými, v horní části obloukovými listy. Ovsík vytváří hluboký kořenový systém svazčitých kořenů s maximálním množstvím kořenové hmoty v hloubce 5 -30 cm, který mu umožňuje čerpat vláhu i z hlubších vrstev. V nadzemní části tvoří listové výhonky, stébelné sterilní výhonky a stébelné fertlní výhonky. Listy jsou středně dlouhé s širším jazýčkem. Stébla jsou vzpřímená a nesou charakteristickou latu s velkými obilkami. Délka obilky je 8 - 9 mm, šířka pak 2mm. HTS udává HAVLÍČKOVÁ (2008) asi 2,8 – 3,6 g. Patří mezi jarní trávy, v populaci se však vyskytují i rostliny ozimého charakteru. I ŠANTRŮČEK a kol. (2001) považuje ovsík za trávu převážně jarního charakteru. Zjara obrůstá jako jedna z prvních trav a brzy metá. Ve druhé seči se uplatňuje plodnými stébly. Kvalitu píce snižuje relativně vysoký podíl stébel. Drsné klimatické podmínky snáší poměrně špatně, neboť trpí holomrazy a plísní sněžnou. V našich podmínkách je nejvíce rozšířen v přirozených travních porostech teplejších oblastí, kde má nejvyšší dominanci (50%) a při sečném využívání se zde zvyšuje jeho vytrvalost. Uplatnění ovsíku je omezené. Je vhodným komponentem pro sečně využívané luční porosty nebo jetelovino travní směsky. Dobře

se uplatní na lehčích půdách, sušších stanovištích s neutrální nebo jen slabě kyselou reakcí. Je vhodný k protieroznímu zatravnění svažitých pozemků a náspů. V poslední době byla u ovsíku povolena bezosinatá odrůda Median, která je doporučována do lučních porostů v sušších podmínkách. Její předností je vysoký výnos kvalitní hmoty, vhodnost do sušších podmínek a snadnost manipulace s osivem vzhledem k jeho bezosinatosti. Druhou odrůdou zapsanou ve Státní odrůdové knize je Rožnovský. Odrůdy jsou vesměs šlechtěny na vysoká výnos biomasy. Ovsík je VELICHEM a kol., (1994) považován za travu jejíž význam klesá. Má obtížné semenářství i setbu, užší ekologickou amplitudu a je méně vytrvalý. Dále nesnáší pastvu a má horší kvalitu píče pro vysoký podíl stébelných výhonků. Předností ovsíku je jeho vynikající produkční schopnost a vzdornost vůči přísušku. Je vhodným komponentem pro sečně využívané, 2 – 4 leté porosty.

2.5.3. Srha říznačka

Srha říznačka (*Dactylis glomerata*) z čeledi lipnicovitých patří s jílkem mnohokvětým a bojínkem lučním k nejvýnosnějším travám. Podle ŠANTRŮČKA a kol. (2001) se uplatňuje v nejrůznorodějších podmínkách. Vyniká velmi příznivou reakcí na hnojení a výborně zhodnotí vyšší dávky N. Pro tyto vlastnosti je to druh nepostradatelný pro intenzivní pícninářství. Plného výnosu dosahuje již ve 2 – 3. roce vegetace. Při dostatečné výživě, vláze a v příznivých podmínkách vydrží v porostu 6 – 10 let, avšak po 5. roce její vitalita a výnosnost klesá. Je to tráva převážně až vyhraněně ozimého charakteru a proto v roce setby a v otavě nemetá. Po sečích obrůstá jako jedna z nejranějších trav, vyznačuje se krátkým světelným stádiem a začíná metat již v polovině května. Pro ranost, rychlost vývinu, mohutnost trsu, vzrůstnost a dlouhé široké listy patří mezi trávy s nejvyšší konkurenční schopností. Vytváří středně hluboký až hluboký kořenový systém svazčitých kořenů v hloubce 5 – 25 cm. V nadzemní části tvoří listové výhonky, stébelné sterilní výhonky a méně zkrácené stébelné výhonky. Stébla jsou vzpřímená a nesou charakteristickou staženou latu. Metá jen do 1. seče. Plodem je obilka 4 – 7 mm dlouhá a 1,5 mm široká, HTS mezi 0,70 – 1,30 g. Ve Státní odrůdové knize je zapsáno 10 odrůd vesměs šlechtěných na vysoký výnos biomasy.

2.6. Požadavky na stanoviště a agrotechnika

Lesknice

V přirozených travních porostech se chrostice rákosovitá nejvíce vyskytuje v okolí vodních toků. Nejlépe se jí daří na těžších půdách s bohatou zásobou živin. Snáší půdní reakci v rozmezí pH od 4,0 do 7,5 s optimem kolem pH 5,0. Holomrazy ani pozdní jarní mrazíky ji neškodí. Také zastínění nebo krátkodobé zavodnění snáší dobře. Podobně charakterizuje lesknici i VELICH a kol., (1994), který přidává, že lesknice rákosovitá je nejvyšší kulturní tráva (až přes 2m), která se však pro nedostatek osiva u nás dosud moc nevyžívala. Je to mohutný, pozdní, vytrvalý druh, který roste na loukách s přebytkem vody. Po zakořenění však snáší dobře přisušky. Mohla by se využít jako monokultura v inundačních polohách. PROCHÁZKA (1995) udává jako půdu vhodnou pro lesknici Půdu těžší, bohatou na živiny o pH 4,0 -7,0 s dostatkem vody. Lesknice je značně mrazuvzdorná. I STEINBACH (2002) vidí polohy s dostatkem vody jako prvořadé pro úspěch lesknice na stanovišti. V tom se shoduje MOUDRÝ, STRAŠIL (1998), kteří vidí jako příhodnou půdu těžkou se zásobou živin, kdežto OPATRná, SOUČKOVÁ (2003) směřují lesknici spíše na humózní hlinitojílovité půdy a slunné teplé stanoviště.

Agrotechnika a hnojení lesknice

Volba agrotechnických postupů je dána účelem, pro který se lesknice pěstuje. Je možno ji kromě energetického využití pěstovat i na semeno a píci. Je nenáročná na předplodinu, ale je třeba porost založit na nezapleveleném pozemku. Výsev je možno provádět časně zjara (např. s krycí plodinou) nebo na podzim. Pro podzimní termín setí doporučuje HAVLÍČKOVÁ (2008) datum do 20. – 25. srpna, aby do zimy dobře zakořenila. Při pěstování na hmotu se seje obvykle do užších řádků, tj. 12,5 cm při hloubce setí 2 – 3 cm. Výsevek v čisté kultuře činí 20 – 25 kg/ha. Pro pícninářské využití jsou obvyklé dvě až tři seče za rok. Dobře založené porosty vydrží několik let. Doporučují se však sklízet po zimě brzy na jaře, kdy mají rostliny nízký obsah vody (12 -20%). Dalším důvodem je translokace živin do kořenové části a jejich vyluhování během zimy. Porosty je možné každoročně přihnojovat nejlépe na jaře pře vegetační sezónou. PETŘÍKOVÁ a kol. (2006) zjistila, že na průměrných půdách postačí dávky N 50 – 80 kg/ha. Ve Švédsku bylo s úspěchem použito hnojení čistírenským kalem. Rovněž se tam osvědčilo přihnojování draslíkem v dávce 30 kg/ha a fosforem 10 kg/ha.

Při hnojení je dobré vycházet z aktuální zásoby živin v půdě a kolik živin odchází se sklizní z daného stanoviště (podle velikosti výnosů).

Ovsík

Ovsíku se daří zejména na sušším stanovišti s neutrální nebo jen slabě kyselou reakcí půdy. Ovsík doporučuje PROCHÁZKA (1995) na lehčí až střední půdy s neutrálním až alkalickým pH a spíše sušší a teplejší polohy. To tvrdí i OPATRŇÁ, SOUČKOVÁ (2003) a připojují, že ovsík je nenáročný na živiny, ale že nesnáší příliš suché polohy a má radši písčitohlinité půdy na kterých uplatní svou odolnost proti mrazu. I DEMELA (1976) doporučuje spíše střední až lehčí půdy. Naproti tomu PETŘÍKOVÁ (2006) požaduje pro ovsík půdy kypré, bohaté na živiny a s dostatkem vápníku.

Agrotechnika a hnojení ovsíku

Optimální dobu využívání monokultur na biomasu udává HAVLÍČKOVÁ (2008) jako 4 – 6 let. Pro energetické využití je vhodné kosení 1 – 2x ročně. Ovsík je nenáročný na předplodinu, může se sít po všech plodinách. Vysévá se do řádků 12,5 cm většinou brzy na jaře, nejdéle do konce dubna. Druhou možností je léto, do poloviny července. V čisté kultuře činí výsevek 35 kg/ha, ale může klesnout i na 22 kg/ha. Optimální hloubka setí je 3 – 4cm. Ovsík je náročný na živiny. Optimální dávka dusíku je 100 – 160 kg/ha., přičemž PETŘÍKOVÁ a kol. (2006) doporučuje tuto dávku rozdělit a polovinu aplikovat již v roce založení, maximálně však 50 kg/ha. Zpravidla se doporučuje hnojit též fosforem 40 kg/ha a draslíkem 50 kg/ha. Porosty pro využití formou bioplynu je třeba sklízet dříve, když je 1/3 laty vymetaná. Porosty ovsíku na sklizeň biomasy pro přímé spalování je vhodné séct jednou ročně, nejlépe v srpnu až září (po odkvětu a během zrání). Lze sklízet i po zimě brzy na jaře, ale může dojít k výraznému snížení výnosů vlivem poléhání.

Srha

V našich klimatických podmínkách je srha plastickým druhem. Nejlépe jí vyhovují dostatečně vlhké, písčitohlinité až hlinité humózní půdy s pH 6, i když dobře snáší i slabě kyselé půdy. Jako nevyhovující naopak VELICH a kol. (1994) vidí extrémně těžké půdy. Na extrémně lehkých a vysychavých půdách dává nižší výnosy

horší kvality, neboť se zvyšuje obsah ligninu a křemíku v píce. Se srhou uvažuje PROCHÁZKA (1995) na střední až lehčí, hlinité, středně vlhké půdy s dostatkem dusíku, pH 5,0 – 7,0, raději vlhčí, na kterých může být zimovzdorná. Přestože STEINBACH (2002) varuje před náchylností srhy na sucho, doporučuje raději sušší stanoviště na vlhkých, výživných půdách. V tom si protiřečí s DEMELOU (1976), který se domnívá, že srha snáší sucho dobře, ale varuje před plísní sněžnou. ŠANTRŮČEK (2001) vymezuje pro srhu stanoviště o pH okolo 6 i slabě kyselé, ale půdy humózní, vlhké, písčitohlinité.

Agrotechnika a hnojení srhy

Srha je nenáročná na předplodinu. Pro pěstování na biomasu doporučuje HAVLÍČKOVÁ (2008) její pěstování v monokultuře na 4 - 6 let. Vysévá se do řádků 12,5 cm vzdálených a hloubky 2 – 3 cm. Výsevek činí 20 – 24 kg/ha. Porosty srhy podle POULÍKA (1996) krátkodobě snáší animální hnojení i vyššími dávkami. Minimální dávka dusíku na kterou srha reaguje zvýšením výnosu je 45 kg/ha. Optimální dávky se pohybují v rozmezí 100 - 140 kg/ha. Poskytuje však stabilní výnosy i při absenci hnojení. Vyšší dávky je vhodné dělit v poměru 2/3 dávky na jaře a 1/3 po 1.seči. Porosty pro energetické využití formou bioplynu je třeba sklízet na počátku metání (1/3 laty vymetaná). Pro spalování biomasy pak později, nejlépe až po odkvětu a během zrání. Porosty lze sklízet 2 – 3 sečemi pro sklizeň na bioplyn, pro přímé spalování pak pouze jedna seč. Na spalování lze sklízet i brzy na jaře, kdy je biomasa sušší a s nízkým obsahem živin, může však dojít k výraznému snížení výnosu vlivem poléhání pod sněhem.

2.7. Produkční schopnost

Vyhodnocení produkčních a energetických schopností trav

Lesknice

Lesknice je pro SOUČKOVOU, MOUDRÝ a kol. (2006) jednou z alternativních plodin, o jejímž rozšířeném pěstování pro průmyslové využití se uvažuje, a to hlavně v SRN, Dánsku ale i severských evropských státech jako je Finsko, Švédsko. Má sloužit jako potencionální energetický zdroj (spalné teplo sušiny celé plodiny je v průměru 17,52 MJ/kg). V pokusech VÚRV dosáhli výnosů sušiny nadzemní fytomasy v rozmezí

od 5,3 do 12,6 t/ha. Průměrné výnosy sušiny v okolních státech se pohybují v rozmezí 4,5 až 9,0 t/ha. Šlechtí se nové odrůdy pro průmyslové využití, 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 ostatních uvedených prvků a při nízkých teplotách taví a spéká. O něco menší hodnoty spalného tepla uvádí STRAŠIL, ŠIMON (2009), kteří píšou o spalném teple sušiny biomasy 17,5 MJ/kg, průměrný výnos suché hmoty je však podle něj vyšší, a to asi 6,4 t / ha a z toho pramení i vyšší energetická výtěžnost z 1 ha (99,4 GJ). Výhřevnost biomasy při vlhkosti 5 % je 15,5 MJ / kg. U lesknice pak UŠŤAK (2002) udává výnosy suché hmoty 3,82-5,25 t / ha a energetickou výtěžnost 60,9-83,7 GJ / ha.

Výnosy lesknice jsou velmi různé a pohybují mezi 4,5 – 12,6 t/ha. Nejnižší výnos 5 - 7 t/ha udává PROCHÁZKA (1995), který ale dodává, že při závlaze může porost lesknice dát až 20 tun sušiny. ŠNOBL (2004) se zmiňuje o 4,5 – 9 t/ha. Mezi HAVLÍČKOVÁ (2007) s 5,3 – 12,6 MOUDRÝ, STRAŠIL (1998) tytéž hodnoty a PETŘÍKOVÁ (2006) se 7,1 – 9,4 t /ha již panuje v podstatě shoda ohledně průměrných výnosů suché hmoty.

Ovsík

U ovsíku UŠŤAK (2002) udává výnosy suché hmoty 3,37 - 4,31 t / ha a energetickou výtěžnost pak 52 - 66,5 GJ / ha.

Tab.2: Výnosy suché hmoty ovsíku v t / ha (STRAŠIL, ŠIMON, 2009)

Ovsík vyvýšený	Bez hnojení N	Hnojení N 50 kg/ha
1. užitkový rok	3,37	4,31
2. užitkový rok	6,38	8,77

Výnosy ovsíku se ve skutečnosti pohybují v rozmezí 3,3 – 9,0 t/ha. PROCHÁZKA (1995) udává 5 t/ha, podobné množství se jeví jako reálné DEMELA (1976) 4 – 6 t/ha, zato HAVLÍČKOVÁ (2007) dosáhla v pokuse v 1. užitkovém roce pouze 3,37 – 4,31 t / ha , kdežto PETŘÍKOVÁ (2006) naopak dokonce 7 – 9 t/ha. Při hnojení N 50 kg/ha by však dosažení 6 t/ha nemělo být problémem (od 2. užitkového roku). Spalné teplo je kolem 15,4 GJ/t. O něco vyšší spalné teplo udává KOBES (2009) při přímém spalování listů nebo celých rostlin je spalné teplo sušiny nadzemní části rostlin kolem 17,25 MJ/kg).

Srha

Výnosy srhy uvádí nejnižší DEMELA (1976) a to 5 – 6 t/ha, PROCHÁZKA uvádí 8 t/ha a ŠANTRŮČEK (2001) dává při třísečném využití až 13,2 t/ha, při pětisečném pak 10,2 t/ha. Při využití napřímé spalování listů nebo i celých rostlin je spalné teplo sušiny nadzemní části rostlin kolem 17,21 MJ/kg. Zhodnocení využití pro energetické účely

Čerstvá biomasa srhy laločnaté obsahuje 83 – 76 % vody a 17 – 24 % sušiny, během zrání a v sušším létě může obsah sušiny v nadzemní biomase dosáhnout až 35 %. Biomasa je, jak uvádí FRYDRYCH (2008) značně bohatá na dusíkaté látky i popeloviny a je vhodná k výrobě bioplynu. Pokud by se měla používat srha pro účely spalování přímo v kotlích nebo na výrobu pelet nebo briket je třeba ji dosušet, za příznivého počasí přímo na poli nebo dosušet uměle v sušárnách. Zde v těchto případech je třeba dodávat více náklady na tyto operace. Vlhkost pod 25 % při jarním termínu sklizně je vhodná přímo k lisování do briket nebo pelet, skladování nebo okamžitému spalování. Ztráta fytomasy kolem 25 - 40 % přes zimní období je v porovnání s některými ostatními plodinami na střední až nižší úrovni. Ztráta je kompenzována úbytkem vlhkosti, neboť v létě bychom museli sklizenou fytomasu dosušet.

2.8. Využití trav při rekultivacích

Rekultivací půdy rozumí POKORNÝ (2001) soubor různých opatření a úprav, kterými zúrodňujeme půdy znehodnocené a zpustošené přírodní nebo lidskou činností. Jsou to zejména neplodné písčiny, svážná území, půdy zdevastované dolováním uhlí, těžbou rud, výsypky průmyslových odpadů apod. V uvedené definici nabývají na významu půdy poškozené nevhodnými způsoby hospodaření. Stále větší antropogenní zátěž na půdu vyvolává řadu nežádoucích změn fyzikálního, chemického a biologického rázu, což vede ke snížení půdní úrodnosti nebo snížení kvality pěstovaných plodin. Pro zemědělské rekultivace vidí KRYL (2002) dva základní technologické postupy, které byly navrženy výzkumem a ověřeny dlouholetou praxí :

A) rekultivace s překryvem (nepřímá rekultivace)

přímé převrstvení orníci o mocnosti 0,5m – nejpoužívanější a nejefektivnější

- přímé převrstvení povrchů zúrodnění schopnými zeminami v mocnosti 0,3 - 0,4m převážně sprašovými hlínami a posléze překrytí umělým humusovým horizontem, který představuje ornice v mocnosti 0,3 m. Šetří se ornice a zužitkovávají zúrodnitelné zeminy
- dočasné zatravnění – na dobu 2 – 4 let, dosáhne se biologického oživení a následuje vrstvení 0,3 – 0,4 m ornice. Předtím ŠTÝS (1999) doporučuje před záborem pro těžbu z půdy celou mocnost humózní vrstvy separátně skrývat a navážet na upravené výsypky(zpravidla v 50cm vrstvě).

B) rekultivace bez překryvu (přímá rekultivace)

Tu považuje KRYL (2002) za přímou biologickou rekultivaci zemin uložených přímo na povrchu výsypky či odvalu. Tyto povětšinou jílovitohlinité až jílové substráty vytvářejí předpoklady jen pro vznik těžkých až velmi těžkých půd a obdělávání takovýchto půd je velmi náročné. Trvá 12 i více let a neposkytuje záruku pro realizaci intenzivní zemědělské výroby. Tento způsob převažuje na plochách kde je nedostatek půdotvorných substrátů a na výsypkách převládají extenzivní způsoby hospodaření zakládáním TTP s pomocí jetelotravních směsí (s osmiletým osevním postupem). Ani pro ČERMÁKA (2006) nemá již přímá rekultivace valný význam pro zemědělské účely, či jen v současné době již velmi omezený. Takto vytvořené antropozemě jsou totiž většinou texturálně těžké, mají méně příznivé fyzikální i protierozní vlastnosti a jsou obtížně zpracovatelné. Přímá rekultivace bude proto aktuální pouze v případě, kdy je uvažováno s trvalým zatravněním území, nebo vytváření další účelové země. Samozřejmostí je podle ŠTÝS (1999) fakt, že jsou všechny větší rekultivační plochy zpřístupňovány novými komunikacemi. V rámci rekultivací je korigován terénními úpravami reliéf, na upravený povrch výsypek jsou naváženy již dříve zachráněné úrodné, dobře zúrodnitelné či melioračně vhodné zeminy, území je někdy upravováno melioračně(odvodněním či závlahami) a hydrotechnicky – výstavbou nových toků či nádrží.

Hnojení výsypek

System hnojení důlní výsypky se pro PETŘÍKOVOU (1990) obecně neliší od hnojení zemědělské půdy. Je třeba jej přizpůsobit optimálně volenému osevnímu postupu a to tak, aby se v co nejkratší době propojila navezená vrstva ornice s výsypkovou zeminou. Z tohoto hlediska je lepší překrývat výsypku nižší vrstvou

ornice, aby mohla být částečně promísena s podlovní výsypkou, není-li tato extrémně těžká. V tom případě je třeba zvýšit dávku organických hnojiv, zvláště v prvních letech rekultivace (hluboko zaorat) za účelem biologického oživení výsypkového „podloží“. Důležité je též pěstování hlubokokořenících rostlin. Zvláštní pozornost věnuje POKORNÝ (2001) melioračnímu hnojení organickou hmotou. Ta je zdrojem výživy pro mikroorganismy, zdrojem živin pro rostliny, zdrojem látek pro tvorbu humusu, který výrazně přispívá jako stabilizační prvek. Pro dosažení předpokládaného stabilizačního efektu je potřeba aplikovat dávky alespoň 50t hnoje na ha, v čemž se principiálně shoduje s PETŘÍKOVOU (1990), která vidí velmi velkou potřebu biologického oživení výsypkových zemin – bylo prokázáno, že po aplikaci kejdy se počet půdních mikroorganismů zvýšil téměř desetinásobně oproti výsypce bez organického hnojení. Nejhodnější je kejda drůbeže, protože kromě vhodného poměru N,P,K obsahuje i významné množství Ca a Mg. Hnojení výsypky do značné míry saturuje chybějící úrodnou ornici, a proto je zvláště důležité Agronomická účinnost kejdy na výsypce je přibližně stejná jako účinnost kompostů. Důležitým opatřením je co největší doplňování organických látek do vytvářející se půdy. K tomu se běžně doporučuje zelené hnojení nebo zaorávka slámy. Tu lze výhodně kombinovat s hnojením kejdou čímž se upraví poměr C : N.

Rekultivační osevní postupy

Snížení zájmu o využívání zemědělsky rekultivovaných ploch na výsypkách k běžné zemědělské produkci je příčinou hledání nejen náhradních programů jejich dalšího produkčního využívání, ale i ekonomicky úspornějších postupů provádění rekultivačních osevních postupů, neboť pokud není vytvořena nová půda na těchto objektech dále intenzivně produkčně využívána (zpracování půdy, dotace organických hnojiv), dochází již během velmi krátkého období ke zhoršení zejména fyzikálních půdních vlastností (zhutnění) a dalším negativním faktorem devastace těchto půd se stává zaplevelení některými agresivními plevelnými společenstvími. Z tohoto důvodu ČERMÁK (2006) dále doporučuje pouze rekultivační postupy 2 – 3 leté, kdy jsou pěstovány zejména jeteloviny a traviny. Z jetelovin je pro ŠTÝSE (1999) základní a nejúspěšnější vojtěška setá (*Medicago sativa*), která obohacuje bohatou kořenovou soustavou hluboký profil ornice i podorničí. Dobré zkušenosti jsou však i s komonicí bílou (*Melilotus albus*), jetelem červeným (*Trifolium pratense*), jetelem zvrhlým

(*Trifolium hybridum*) a štírovníkem růžkatým (*Lotus comiculatus*). Lze-li počítat s dlouhodobější variantou, pak je na upraveném území výsypky doporučováno realizovat během 8 let meliorační osevní cyklus s převahou hluboko a bohatě kořenících jetelovin a travin. Nejlepších výsledků je dosahováno s pomocí jetelotravních směsí, ve kterých se uplatňují jeteloviny ku travám v poměru 70 : 30.

Trávy při rekultivacích

Podmínkou zemědělských rekultivací ve kterých budou s ohledem na ekologickou diverzitu převažovat louky a pastviny je podlimitní obsah nežádoucích, především toxických látek, což bývá zřídka splněno, a proto se obvykle zemědělská rekultivace nenavrhuje. U energetických rostlin nejsou limity tak přísné. Zvláštním případem lesnické rekultivace je výsadba dřevin využitelných k energetickým účelům, kterými jsou rychlerostoucí dřeviny, např. topoly, vrby, akáty, olše, aj. V těchto případech jsou požadavky na nezávadnost sedimentů ještě nižší (POKORNÝ, 2001). Ze své padesátileté praxe ŠTÝS (1999) uvádí, že z travin se v rekultivačních kulturách nejlépe osvědčují ovsík vyvýšený (*Avena elatior*), srha laločnatá (*Dactylis glomerata*), kostřava ovčí (*Festuca ovina*) a bojínek luční (*Phleum pratensis*) v čemž se shoduje s KRYL (2002), který ještě přidává jílek mnohokvětý (*Lolium multiflorum*), jílek vytrvalý (*Lolium perenne*), sveřep bezbranný (*Bromus inermis*), kostřavu luční (*Festuca pratensis*) a kostřavu červenou (*Festuca rubra*). Naproti tomu USŤAK (1998) získal negativní zkušenosti s miscanthem (čínský rákos). Tato rostlina je pro účely fytoenergetiky a výrobu papíru běžně doporučována v západní Evropě jako stěžejní plodina. Miscanthus vyžaduje mírné zimní období a dostatek vláhy a tepla v době plné vegetace. Na antropozemních půdách Chomutovska bylo jeho obrůstání málo intenzivní a docházelo k častému úhynu a vymrzání vysazených rostlin.

Pěstování trav má velice pozitivní půdotvorný efekt. Vítaným půdotvorným pomocníkem je navíc podle ŠTÝSE (1999) aplikace organického hnojení (komposty) s doplňkem minerální výživy, která je dávkována tak, aby bylo co nejdříve dosaženo trvalé úpravy živin na úroveň rostlých zemědělských půd. (500 – 800kg čistých živin na 1 ha). Travní komponent považuje KRYL (2002) za dodavatele jemné organické hmoty, která se rozprostírá poblíž povrchu a uplatňuje se rovněž na obohacení vznikající půdy organickou hmotou, což ovlivňuje významně vznik půdní struktury. Zlepšování fyzikálních vlastností spolu s biologickým oživením probíhá po dobu 2-3 roků. Kromě

využití těchto ploch pro pěstování trav pak prováděný výzkum a výsledky ČERMÁKA (2006) na antropozemních výsypkách prokázal možnost pěstování i některých ovocných, technických a energetických plodin, zejména na překryvech výsypek orníc. Způsob tohoto využití výsypek představuje v současnosti (bez státních dotací) extenzivní formu hospodaření, zapříčiněnou objektivními faktory (méně příznivé klimatické podmínky, vyšší náklady na obhospodařování, odbyt produkce apod.)

3. Cíle práce

Cílem této diplomové práce je ověřit vhodnost vybraných druhů trav pro produkci fytomasy k energetickému účelům, zaměřit se na jejich produkční schopnost.

Dílčí cíle:

- 1) Stanovit výnosy suché hmoty biomasy a posoudit tak produkční schopnost a vhodnost jednotlivých trav k energetickému využití podle získaných údajů
- 2) Vyhodnotit obsahy sušiny jednotlivých plodin ve vztahu k termínům sklizně
- 3) Posoudit biologické a technologické aspekty produkce vybraných druhů trav .

Hypotézy:

1. Pro energetické využití se z hodnocených druhů trav nejlépe hodí lesknice rákosovitá vzhledem k nejvyšší produkci fytomasy.
2. Humidnější stanoviště Lukavec u Pacova je vhodnější pro produkci energetických trav než Č. Budějovice.
3. Sklizeň po prvním přemrznutí je nejvyšší z hlediska produkce fytomasy, ale technologicky nevhodná pro výrobu bioplynu nebo pro spalování.
4. Obsah sušiny by měl být nejvyšší, vhodný pro spalování u sklizně po zimě.

4. MATERIÁL A METODIKA

V rámci projektu MŠMT č. 2B06131 "Nepotravinářské využití biomasy v energetice" je řešena část zabývající se travními druhy jakožto potencionálním zdrojem biomasy pro energetické využití. Vybranými druhy pro sledování jsou srha říznačka, ovsík vyvýšený a lesknice rákosovitá, pěstované ve třech lokalitách. Údaje pro práci jsou získávány z maloparcelkových pokusů. Trávy byly vysety a následně ošetřovány tak, aby se zamezilo jejich zaplevelení a byly tak připraveny na plné produkční využití v roce následujícím a dalších letech.

Sledovány byly následující parametry: výnos sušiny (t / ha), procentický obsah sušiny (%)

Plodiny jsou založeny na třech stanovištích, a to Lukavec u Pacova, České Budějovice a na Sokolovsku.

Počet opakování je v souladu se zadáním projektu 4 (A,B,C,D). Po reorganizaci na pozemku školního zemědělského podniku JU byla velikost parcel vypočítána na 1,5 x 20 metrů (metoda dlouhých parcel). Na každou plodinu připadá 12 těchto parcel, takže celková výměra každé jednotlivé plodiny je 360m². V Lukavci mají prostoru více, takže na každou plodinu připadá 480m².

Sklizeň plodin probíhala ve třech termínech: před metáním (L) - fytomasa z tohoto termínu bude ze stanoviště Č. Budějovice použita jako surovina pro výrobu bioplynu, začátkem zimy po prvních mrazech (P), na jaře – naplánována na jaro 2009 (J) - fytomasa z tohoto termínu bude použita jako surovina pro spalování.

Jednotlivé parcelky byly rozděleny na třetiny (20 x 1,25m), které se každá sklízely v jednotlivých termínech. Sklizená fytomasa jednotlivých třetin parcelky (4 opakování) byla zvlášť zvážena, stanovila se sušina vzorku.

Pro zkoušení vhodnosti využití pro výrobu bioplynu byl využit první termín sklizně z důvodu optimálního obsahu vody, pro spalování bude využit třetí termín sklizně z důvodu nízkého obsahu vody při sklizni a vhodnosti dalších parametrů.

Fytomasa z třetího termínu sklizně se pouze na stanovišti v Lukavci sloučí dohromady tak, aby součet všech spojených třetin parcelky dal dohromady nejméně 50 kg sušiny materiálu, který bude odvezen VÚZT (nejlépe usušený na požadovanou

sušinu nejméně nad 80 % a slisovaný do balíku) na zpracování na tvorbu pelet a spalování. V roce založení porostu se nebude fytomasa sklízet.

Plán rozložení parcelek

2c	1c	3d	2d	2c	1c	3d	2d	2c	1c	3d	2d
3b	2b	1b	3c	3b	2b	1b	3c	3b	2b	1b	3c
1d	3a	2a	1a	1d	3a	2a	1a	1d	3a	2a	1a
Lesknice rákosovitá (<i>Phalaris arundinacea</i>)				Ovsík vyvýšený (<i>Arrhenatherum elatius</i>)				Srha říznačka (<i>Dactylis glomerata</i>)			

- 1) Sklizeň před metáním
- 2) Sklizeň začátkem zimy po prvních mrazech
- 3) Sklizeň na jaře (do konce března)

Stanovištní podmínky jednotlivých lokalit jsou charakterizovány následující tabulkou

Tab 1. Stanovištní podmínky

	Lukavec	Budějovice	Sokolov
Nadmořská výška (m.n.m.)	620	380	570
Půdní druh	písčito-hlinitý	písčito-hlinitý	jílovité (skrývka)
Půdní typ	kambizem	kambizem pseudo- glejová	antropogenní
Roční prům. teplota vzduchu (°C)	6,8	7,8	7,1
Roční průměrný úhrn srážek (mm)	686	620	650
pH půdy (KCl)	6,11	6,4	6,0

Lesknice rákosovitá

Pro pokus byla zvolena odrůda Palaton. Agrotechnika lesknice doporučuje zařadit ji na nezaplevelený pozemek. Lesknice je nenáročná na předplodinu. Vhodnou předplodinou jsou luskoobilní směsky a obilniny, které následují buď po píceň nebo po ozimé řepce. Příprava půdy a předset'ová příprava stejná jako pro běžné trávy. Porost byl založen 5.4.2007 v Lukavci a 17.4.2007 v Českých Budějovicích. Šířka řádků je 12,5 cm při optimální hloubce setí 2-3 cm. Výsevek v čisté kultuře činí 20-25 kg.ha⁻¹ semene. Hnojení P, K nebylo během celého období sledování použito. Hnojení dusíkem bylo použito od druhého roku každoročně v době po jarní seči před obrážením nových listů, každoročně v dávce 60 kg/ha v LAV. Jednotlivé úkony jsou zaznamenány v tab.2

Tab. 2 - lesknice

Lokalita	Termín setí	Osetá plocha	Ošetření porostu
České Budějovice	17.4. 2007	360 m ²	První odplevelovací seč: 1.6.2007, Postřik proti plevelům (Mustang): 1.6. 2007 Druhá odplevelovací seč: 2.8. 2007 Třetí odplevelovací seč: 16.6. 2007
Lukavec u Pacova	5.4.2007	480 m ²	22.5.2007 Granstar 75 WG 75 25 gr,+Dicopur 750 M 1 l/ha. 19.6.odplevelovací seč

Ovsík vyvýšený

Vybrána byla odrůda Rožnovský. Založení pokusu je stejné jako u lesknice. Agrotechnika radí zařadit ovsík na nezaplevelený pozemek. Je nenáročný na předplodinu. Vhodnou předplodinou jsou luskobilní směsky a obilniny, které následují buď po pícnině nebo po ozimé řepce. Příprava půdy a předseťová příprava stejná jako pro běžné trávy. Založení porostu proběhlo 29.3.2007 na šířce řádků 12,5 cm a optimální hloubce setí 3-4 cm.

Výsevek v čisté kultuře činí 27-30 kg.ha⁻¹ semene. Hnojení, sledování porostů a termíny sklizně jsou stejné jako u lesknice.

Tab. 3 - ovsík

Lokalita	Termín setí	Osetá plocha	Ošetření porostu
České Budějovice	29.3. 2007	360 m ²	První odplevelovací seč: 23.5.2007 Postřik proti plevelům (Mustang): 1.6. 2007 Druhá odplevelovací seč: 2.8. 2007 Třetí odplevelovací seč: 16.10. 2007
Lukavec u Pacova	5.4.2007	480 m ²	22.5.2007 Granstar 75 WG 75 25 gr,+Dicopur 750 M 1 l/ha 19.6.odplevelovací seč

Srha říznačka

Vybrána odrůda Niva. Agrotechnika neodlišuje sledování porostů ani sklizeň od u výše uvedených trav. Založení porostu proběhlo 29.3.2007 (ČB) při šířce řádků: 12,5 cm a optimální hloubce setí 2-3 cm. Výsevek v čisté kultuře činí 18-20 kg.ha⁻¹ semene

Tab. 4 - Srha

Lokalita	Termín setí	Osetá plocha	Ošetření porostu
České Budějovice	29.3. 2007	360 m ²	První odplevelovací seč: 23.5.2007 Postřik proti plevelům (Mustang): 1.6. 2007 Druhá odplevelovací seč: 2.8. 2007 Třetí odplevelovací seč: 16.10. 2007
Lukavec u Pacova	5.4.2007	480 m ²	22.5.2007 Granstar 75 WG 75 25 gr,+Dicopur 750 M 1 l/ha 19.6.odplevelovací seč

tab. 5: Údaje o založení porostu v Českých Budějovicích.

Plodina	Výsevek (kg)	Plocha	Klíčivost	Hloubka setí (cm)
Lesknice	1,25	360 m ²	75 %	2 - 3
Ovsík	1,30	360 m ²	81 %	3 - 4
Srha	1,15	360 m ²	66 %	2 - 3

Velikost parcel je 20*6 m, po čtyřech opakováních (metoda dlouhých parcel). Porost musel být ošetřen proti plevelům, které v počátečních fázích vegetace ohrožovaly vzcházení a řádný vývin rostlin. Největší zastoupení měl penízek rolní. K ochraně postřikem byl použit přípravek Mustang dne 1.6. 2007, a to na všech parcelkách. Dále byly v rámci 3 odplevelovacích seče (23.5. 2007, 2.8. 2007, 16.10. 2007). Na stanovišti v Lukavci byla realizována pouze jedna odplevelovací seč (19.6. 2007).

Porosty byly sklizeny rotační sekačkou. Zejména při jarní sklizni byly problémy u ovsíku a srhy kvůli polehlosti. Zde také vznikly sklizňové ztráty. Pro zjištění

procentického obsahu sušiny byl odebrán reprezentativní vzorek (cca 1,5 kg v čerstvém stavu). Ten byl sušen do konstantní hmotnosti a byl spočten procentický obsah sušiny a vody. Pro zjišťování velikosti výnosů byla vždy veškerá posečená biomasa z parcelky ihned zvážena a posléze po získání hodnoty procentického obsahu sušiny přepočtena na výnos suché hmoty.

Na stanovišti v Sokolově, kde byly plodiny založeny na výsypce, z důvodu velkého sucha na začátku vegetace i v dalším období velmi špatně vzešly porosty trav. Porosty jsou velmi nevyrovnané a řídké, což se následně projevuje do výnosů

5. Výsledky a diskuse

Na výrazně odlišném stanovišti v Sokolově, kde byly plodiny založeny na výsypce, z důvodu velkého sucha na začátku vegetace a i v dalším období velmi špatně vzešly porosty trav. Porosty jsou velmi nevyrovnané a řídké, což se následně projevuje do výnosů. Proto jsme tato čísla nezahrnuli do výsledků.

Výnos suché hmoty

Výnos suché hmoty byl zjišťován ze sklizených maloparcelkových pokusných ploch. Byla sklizena a zvážena zelená hmota, odebrán vzorek na sušení a poté přes hodnotu suchého vzorku přepočítán zpět na pokusnou plochu a následně na 1 hektar.

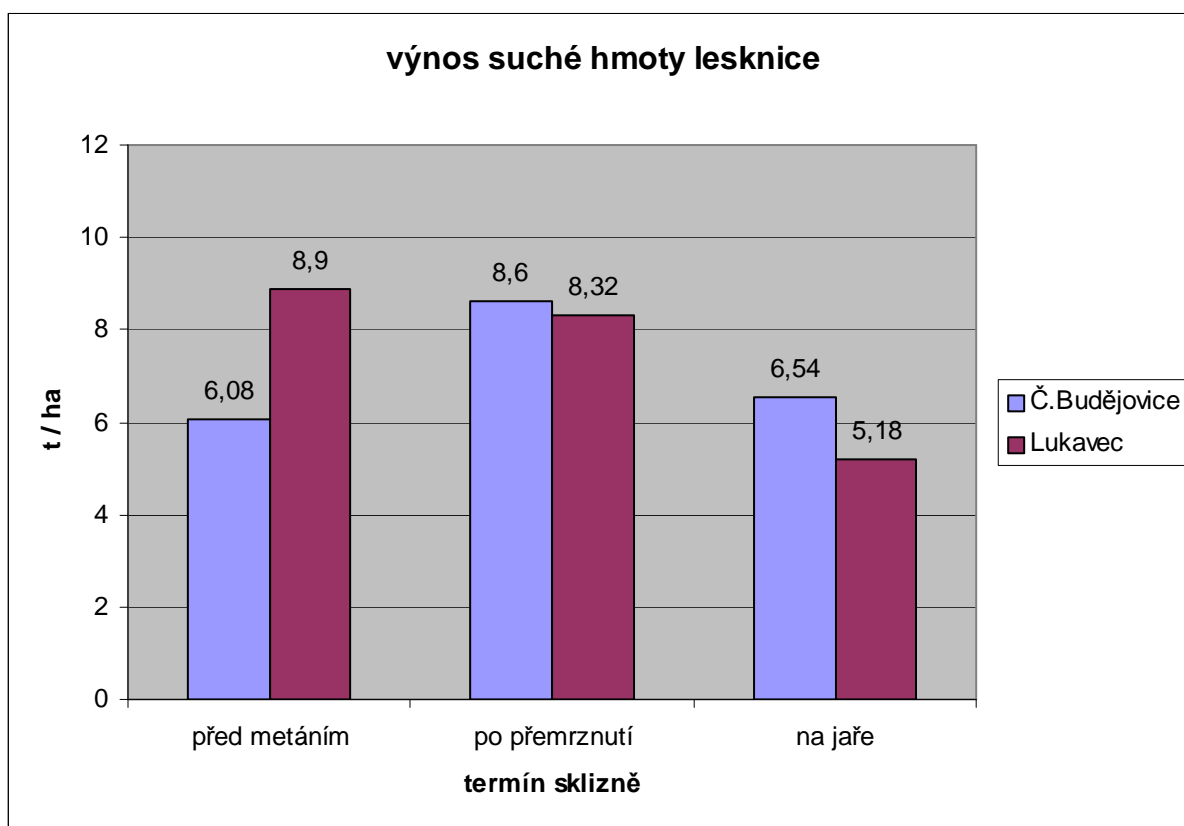
Ovlivnění výnosu plodinou

V celkovém součtu výnosů jednotlivých plodin ze všech parcel na obou stanovištích nebyly zjištěny rozdíly, které by napovídaly o výrazně větším výnosu jedné plodiny v porovnání s ostatními

Tab č. 1 – Celkový výnos plodin přepočtený na tuny ze stanovišť Lukavec + Č.Budějovice

lesknice	ovsík	srha
43,62	43,6	44,59

Graf č. 1 - Výnos suché hmoty lesknice

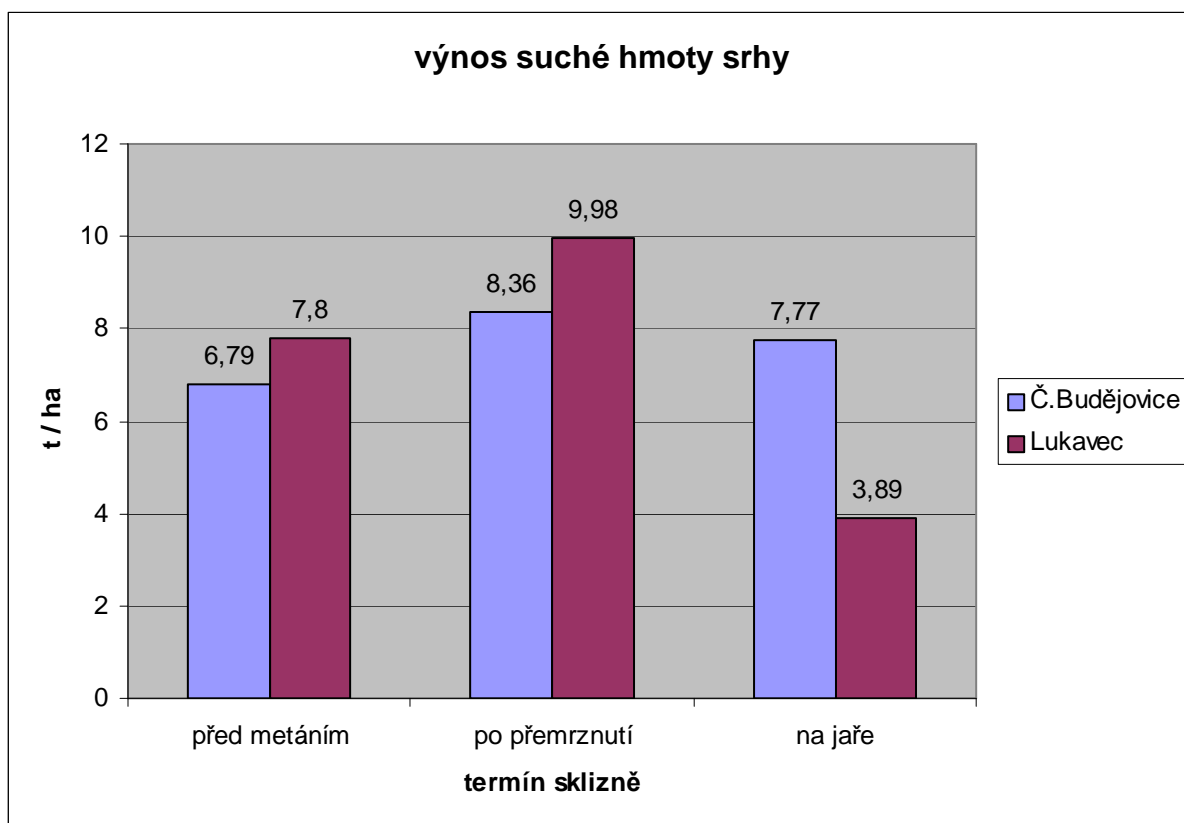


Výnosy suché hmoty lesknice na obou stanovištích a ve všech dobách sklizně splnily a někde překonaly očekávání PROCHÁZKA (1995), o výnosu 5 – 7 t/ha. Rovněž výnosy udávané biomem (<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nedrevnate-technicke-plodiny-perspektivni-pro-bioenergeticke-ucely-v-podminkach->) 3,82-5,25 t/ha byly bohatě překročeny. ŠNOBL (2004) se zmiňuje o 4,5 – 9,0 t/ha. S těmito hodnotami se náš pokus plně ztotožňuje. HAVLÍČKOVÁ (2007) udává horní hranici výnosu až 12,6 t, čehož na druhou stranu nebylo dosaženo ani v jednom případě. Po odpočtení ztráty fytomasy přes zimu se náš pokus nejvíce shoduje s výnosy PETŘÍKOVÁ (2006), jež hovoří o průměrném výnosu 7,1 – 9,4 t/ha. Průměrné výnosy sušiny v okolních státech se pohybují v rozmezí 4,5 až 9,0 t/ha.

Výnos sušiny v termínu sklizně před metáním hovoří ve prospěch stanoviště Lukavec o 30%, což bylo zřejmě způsobeno horším založením a následným vzcházením porostu. Výnos při sklizni po přemrznutí v Lukavci se dokonce snížil oproti prvnímu termínu, což bylo patrně způsobené nevyrovnaným průběhem srážek, na který je lesknice citlivější. Měsíc červenec byl silně podprůměrný(50%), naopak v březnu

spadlo 145% průměrného březnového úhrnu. PETŘÍKOVÁ(2007) provedla rovněž v Lukavci 5-letý pokus, kde o stejném hnojení dosáhla celkového průměru 8,8 t, což je téměř totožný výsledek. V zahraničí se MOUDRÝ, STRAŠIL (1998) setkali s průměrnými výnosy okolo 9 t/ha na podzimní seči, ovšem s vyššími dávkami živin.

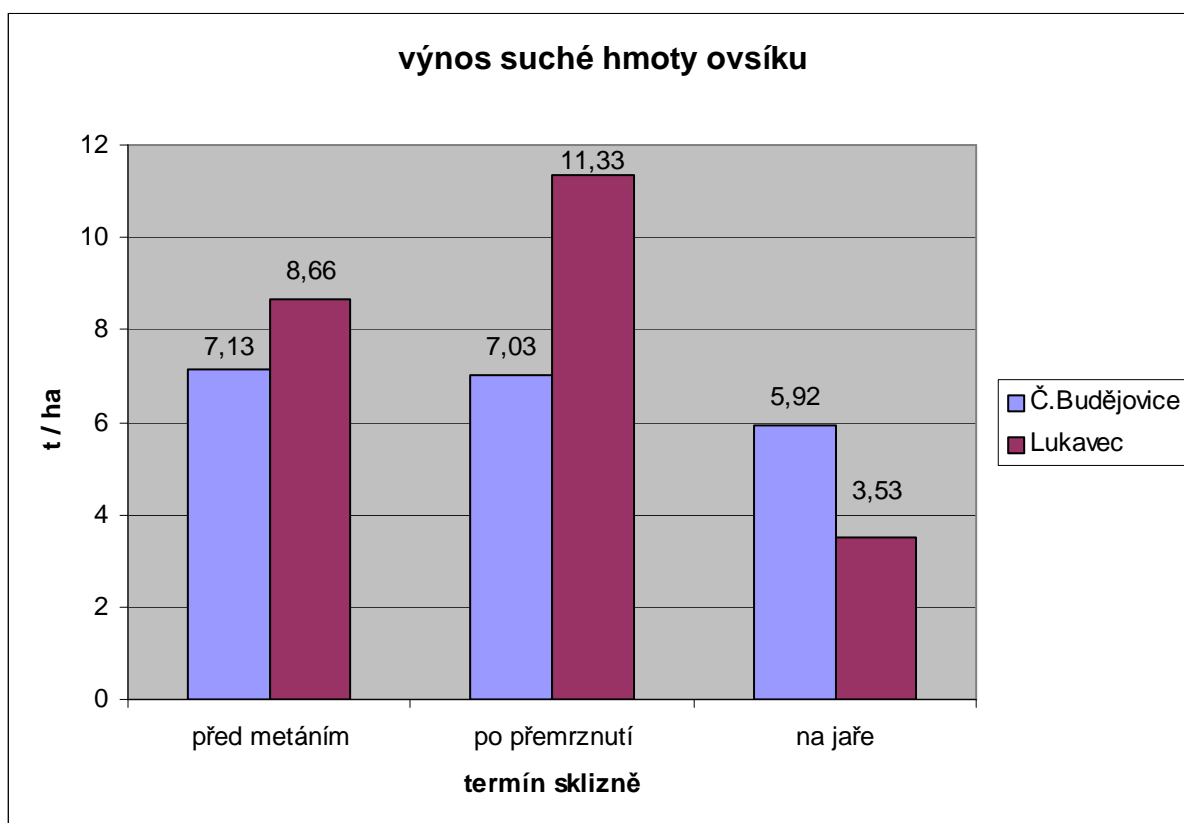
Graf č. 2 – Výnos suché hmoty srhy



Pěstování srhy ve výsledku ukázalo lepší výnosy než uvádí DEMELA (1976). Hodnoty 5 – 6 t/ha byly v průměru překročeny o 23 % i se započítáním menší jarní sklizně. Naopak se můžeme přiklonit k tvrzení PROCHÁZKA (1995), který hovoří o výnosu okolo 8 t/ha. Této hodnoty je za předpokladu hnojení možno reálně dosáhnout. ŠANTRŮČEK 2001 udává při třísečném využití až 13, 2 t/ha, při pětisečném pak 10,2 t/ha. Těchto hodnot dosaženo nebylo hlavně kvůli menší míře vstupů (menší dávky N o 50%; při třísečném využití rostou náklady více než může pokrýt narůst fytohmoty, a proto se s ním nepočítá). HAVLÍČKOVÁ (2008) dosáhla v pokuse v Kaplici 11,64 t při 15% vlhkosti. Tento rozdíl spočívá v poloviční dávce hnojení oproti Kaplici a počtu sečí - výnos byl měřen pouze na jedné seči.

Z tabulky je patrné že porosty srhy dávaly větší výnosy v Lukavci jak v červnu, tak v listopadu a to o 13 % v červnu a 7% v listopadu.

Graf č. 3 – Výnos suché hmoty ovsíku

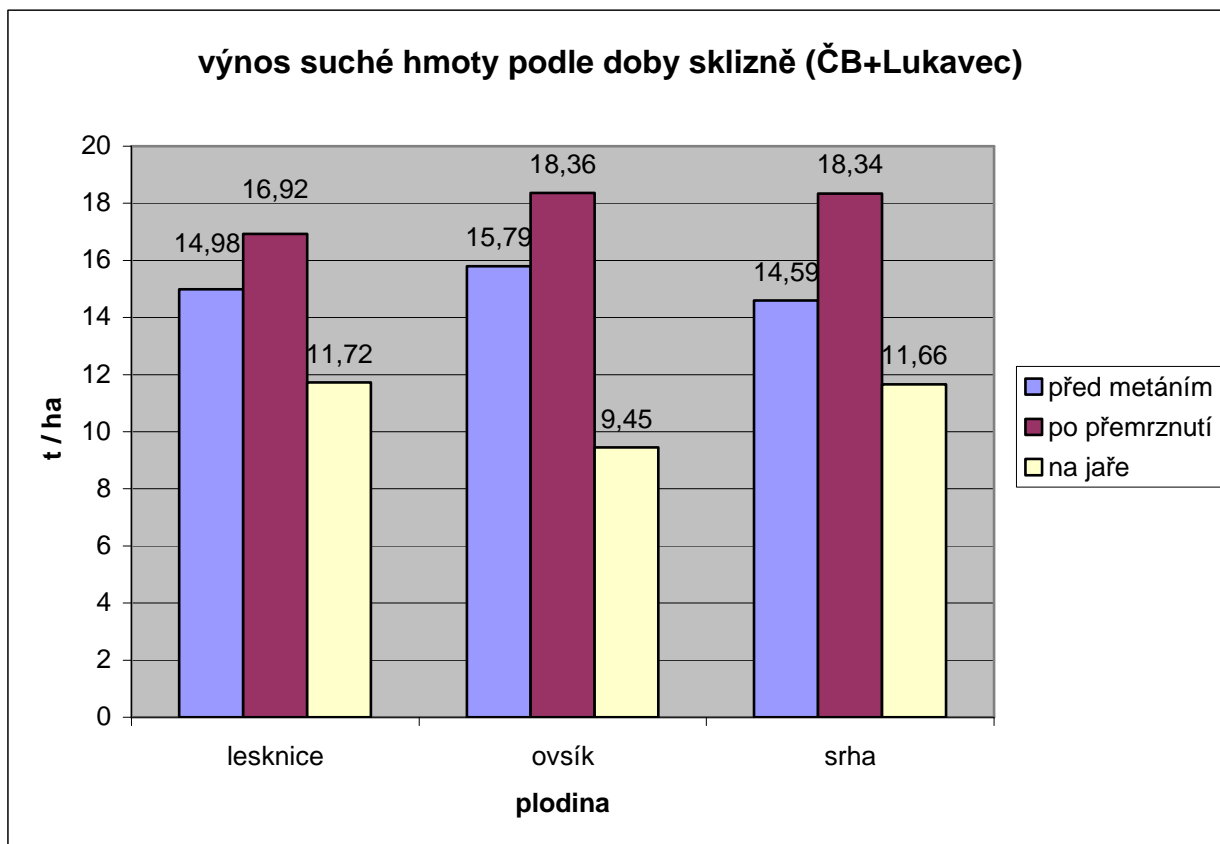


Z porovnání výnosů udávaných PROCHÁZKA (1995) kolem hodnoty 5 t/ha a námi dosažených hodnot je vidět, že tato hranice je reálná, dokonce i 6 t/ha, které uvádí DEMELA (1976) bylo kromě jedné výjimky dosaženo. Můžeme tak souhlasit s tvrzením HAVLÍČKOVÁ (2007), která v pokuse dosáhla 6,38 t/ha bez hnojení dusíkem, a 8,77 t/ha při 50 kg N. Nejvíce ale lze podporovat výrok PETŘÍKOVÁ (2006) o průměrném výnosu 7 – 9 t/ha. Těchto hodnot bylo vyjma jarního termínu sklizně vždy dosaženo.

Výnos sušiny ovsíku je ve dvou termínech sklizně vyšší na stanovišti v Lukavci, přičemž výraznější rozdíl je patrný u podzimní sklizně, kdy na stanovišti v Českých Budějovicích byl výnos sušiny 7,03 t/ha oproti 11,33 t/ha v Lukavci. Kromě stanovištních podmínek mohou být tyto rozdíly zapříčiněny i vyšším srážkovým úhrnem, který Lukavec oproti Č.Budějovicím vykazuje. Z porovnání stanovišť Č.Budějovice vs. Lukavec vyplývá že výnosy z Lukavce byly všeobecně vyšší. Toto je pravděpodobně zapříčiněno vyšším srážkovým úhrnem, který Lukavec oproti Č.Budějovicím vykazuje.

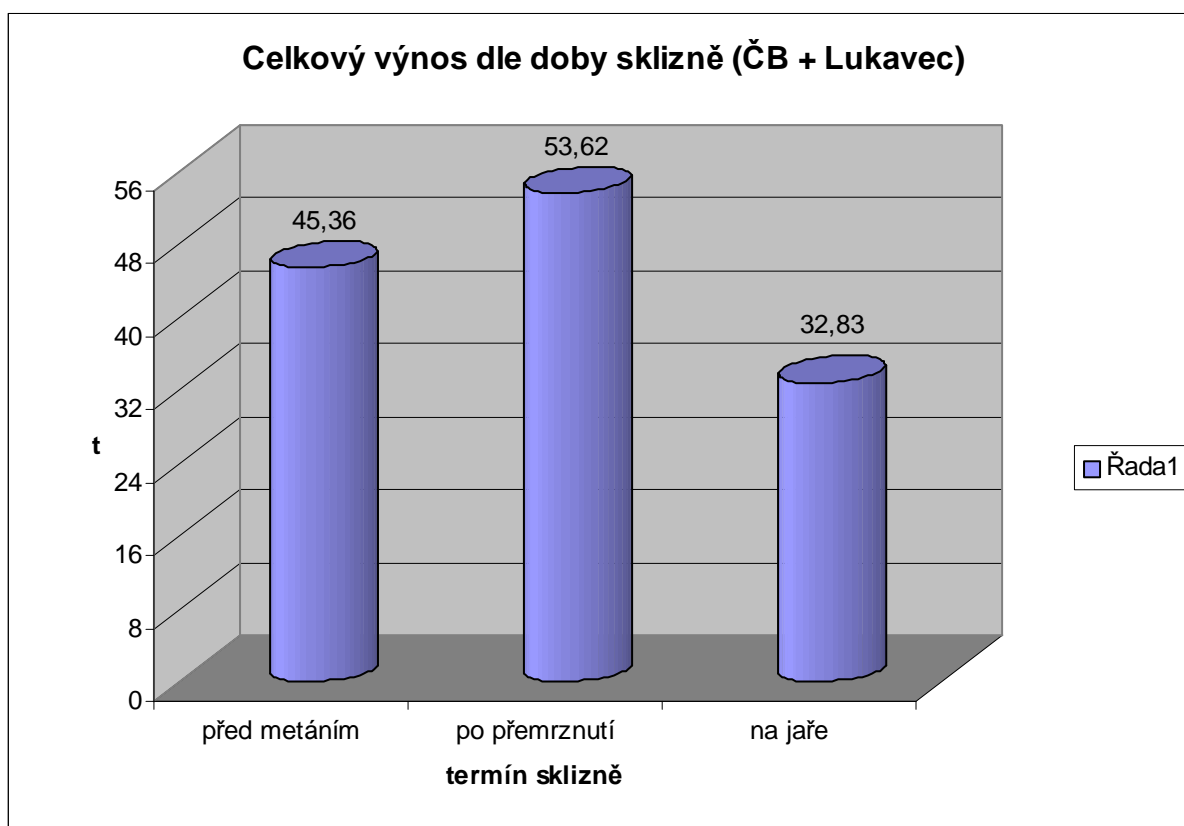
Ovlivnění dobou sklizně

Graf č.4 – Výnos suché hmoty podle doby sklizně



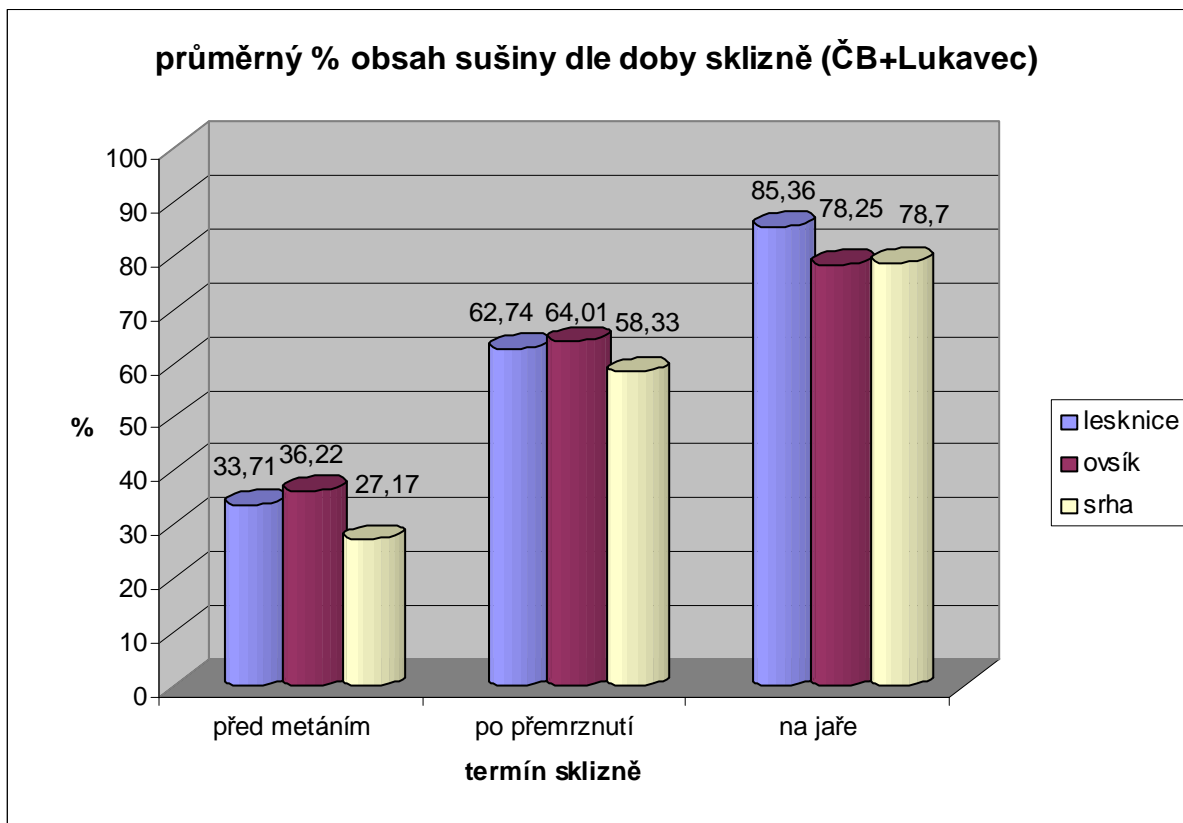
Způsob využití rozhoduje o době sklizně. V jednotlivých dobách sklizně je v rostlinách přítomná voda v množství přímo úměrném stáří rostliny. Platí, že čím mladší porost, tím vyšší obsah vody a tím menší procentický obsah sušiny V grafu č.4 je proveden součet stanovišť Č.Budějovice a Lukavec. Je patrné, že nejvyšších výnosů je dosaženo při sklizni po přemrznutí, a to asi o 1,38 t/ha než při sklizni před metáním. Tento vyšší zisk fyto-masy je sice doprovázen vzrůstem procentického obsahu sušiny, nicméně při pozdně podzimním termínu sklizně je u většiny energetických vytrvalých rostlin obsah vlhkosti většinou i nadále relativně vysoký a dosahuje hodnot 30 až 70 %.(biom.cz), což znemožňuje využití na výrobu bioplynu na jedné straně, na druhé je pak v takové roční době nereálné dosoušet posečený porost bez dalších vstupů.

Graf č. 5 – Celkový výnos dle doby sklizně (ČB + Lukavec)



Tento graf vychází ze sečtení výnosů všech plodin podle doby sklizně. Největšího rozdílu bylo dosaženo mezi sklizní po přemrznutí a na jaře. Rozdíl byl plných 40 %, nicméně byl degradován procentickým obsahem sušiny. Právě ztížená možnost uplatnění sklizně v pozdně podzimním termínu po přemrznutí upřednostňuje termín sklizně před metáním nebo brzy zjara. Rozdíl mezi sklizní před metáním a po přemrznutí už byl jen 8,5 % což je v praxi množství které osciluje okolo hodnoty 0,7 t/ha suché hmoty. Nicméně jarní sklizeň nelze doporučit o ovsíku a hlavně u srhy, neboť u těchto plodin došlo k poměrně velké ztrátě fytomasy přes zimní období, hlavně je však značně ztížená sklizeň, protože porosty srhy a ovsíku na rozdíl od lesknice na jaře nestojí, ale vlivem polehnutí dochází ke sklizňovým ztrátám (20 – 25 %).

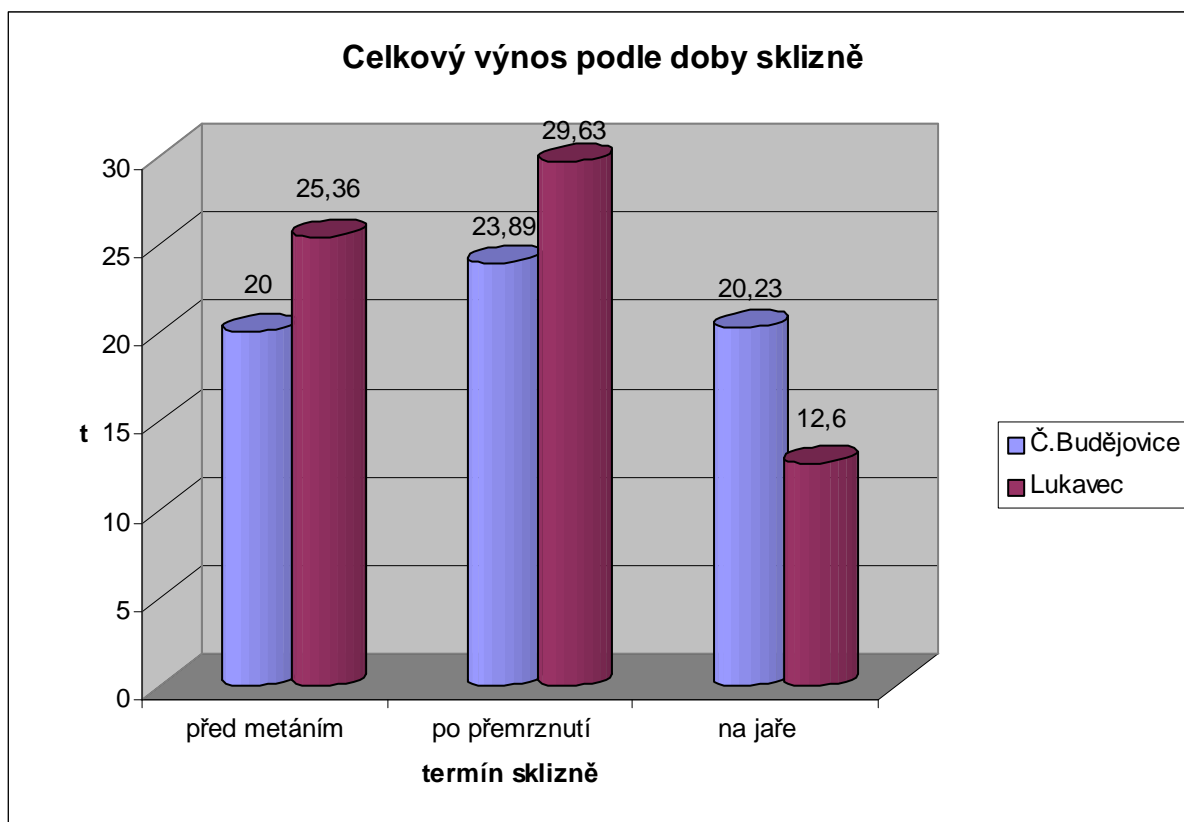
Graf č. 6 – Průměrný procentický obsah sušiny dle doby sklizně (ČB + Lukavec)



Průměrný procentický obsah sušiny determinuje využití plodin. Jako nejlepší uvádí SLEJŠKA (1998) sušinu organické hmoty rostlin 30-35% při které sledovali nejvyšší produkci bioplynu. Pro využití na bioplyn z tohoto rozmezí tedy vychází nejlépe porost lesknice rákosovité sklizené před metáním. Ovsík by bylo třeba sklízet o něco dříve, neboť procentický obsah sušiny zde již o trochu (1,6%) překročil potřebnou hodnotu. Naopak porost srhy pro tento proces ještě nedozrál a pro využití na výrobu bioplynu by bylo třeba jej ponechat ještě na pozemku. Průměrný obsah sušiny se sklizně po přemrznutí byl za všechny rostliny 61, 6 %. Tato hodnota není vhodná pro výrobu bioplynu ani pro přímé spalování. Pro spalování by muselo následovat umělé dosoušení, které je drahé a neúměrně by produkci prodražilo. Z jarního termínu sklizně nejlépe vychází lesknice, protože má největší obsah sušiny. Obsah vody snižuje výhřevnost fytomasy přičemž platí přímá úměra – čím více vody obsažené ve fytomase, tím menší výhřevnost. Jako limitující udává HAVLÍČKOVÁ obsah 80 % sušiny. Této hodnoty bylo dosaženo pouze u lesknice. Ani hodnoty nad 78 % u ovsíku a srhy nejsou špatné, ale výhřevnost by byla o něco nižší než u lesknice. Celkově však t

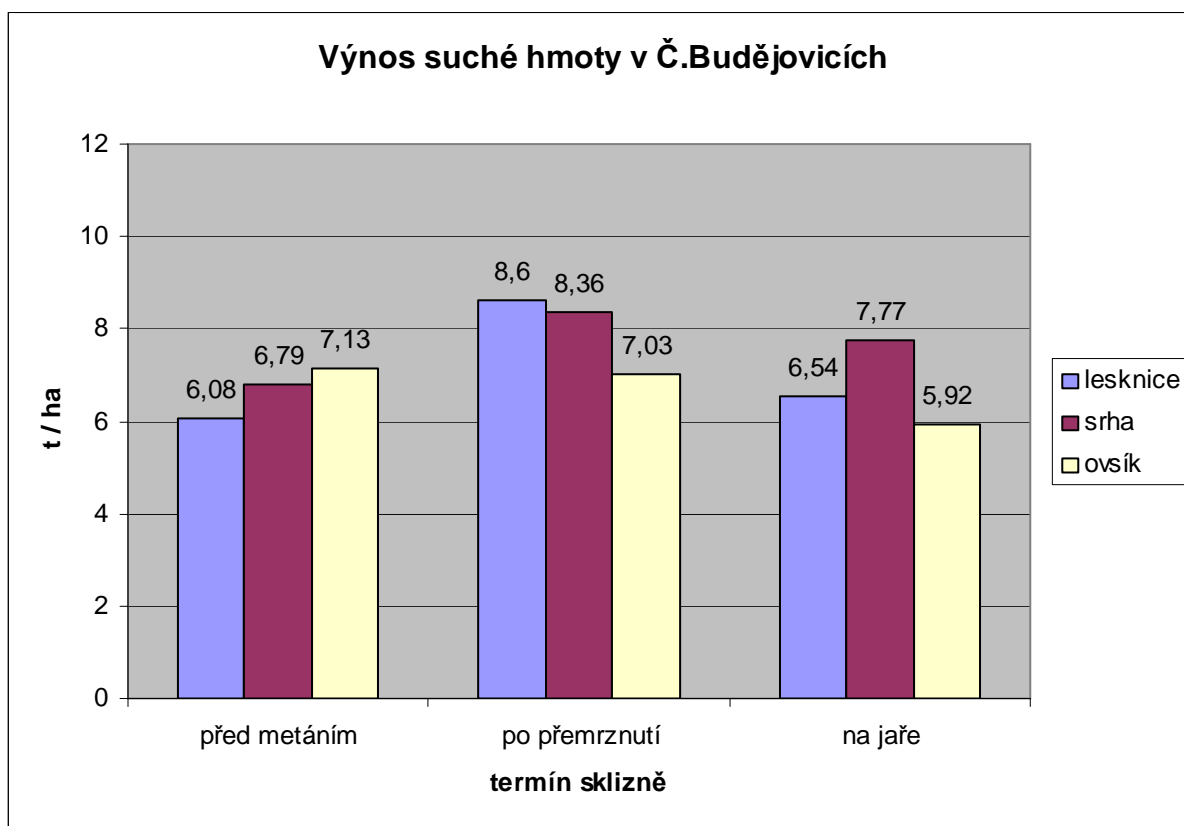
Ovlivnění výnosu stanovištěm

Graf č. 7 – Celkový výnos podle doby sklizně



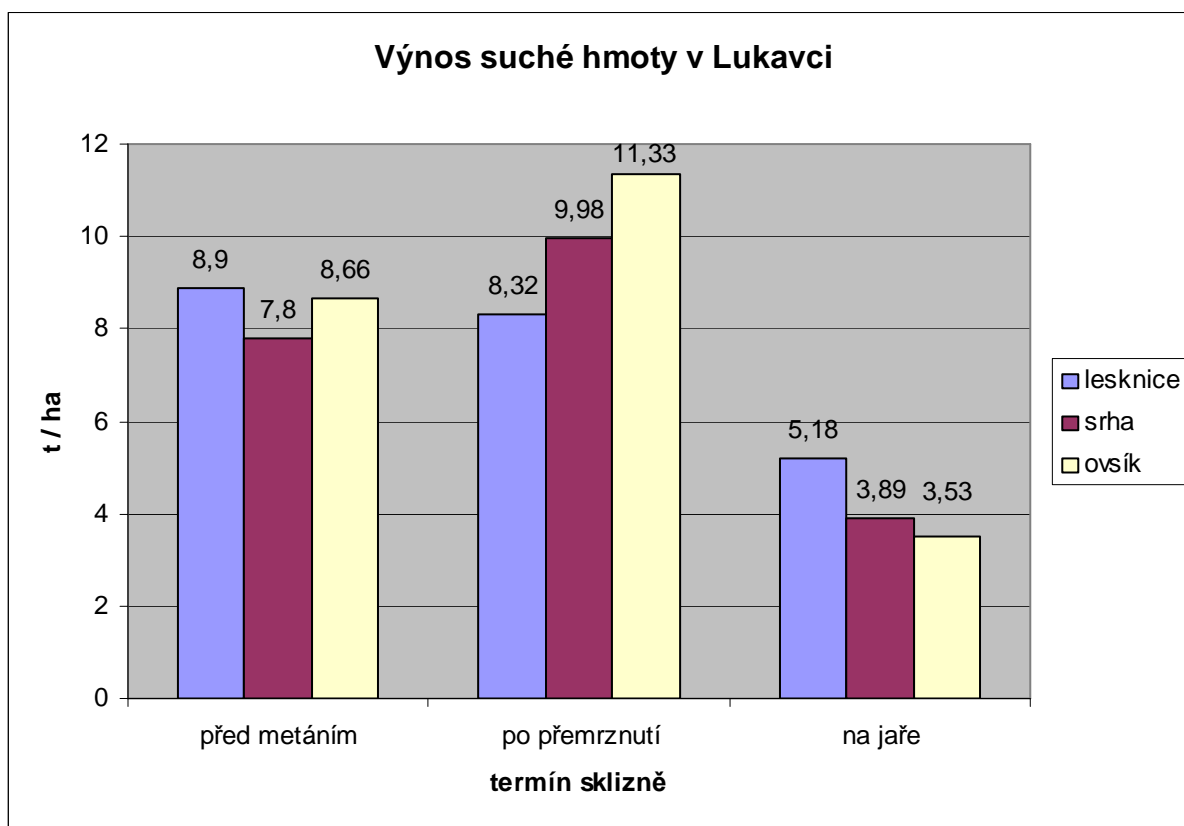
Vliv stanoviště na výnosy byl patrný zejména u sklizní před metáním a po přemrznutí. Travám obecně vyhovují spíše výše položená místa, což je Lukavec oproti Č. Budějovicím o 240 metrů. Také vyšší srážkový úhrn hovoří ve prospěch Lukavce o 70 mm za rok. Vyšší roční průměrná teplota je sice vyšší v Č. Budějovicích (7,8°C) než v Lukavci (6,8°C), to ale u trav nejhraje tak velkou roli jako srážkový úhrn, který je významnější pro tvorbu fytomasy. Obě stanoviště se vyznačují písčitohlinitým druhem půdy kambizemního typu ale v Č. Budějovicích je tato půda pseudoglejová, což není pro trávy moc příhodné. Reakce půdy není v porovnání stanovišť dramaticky rozdílná, stejně jako obsahy jednotlivých prvků z AZP.

Graf č. 8 – Výnos suché hmoty v Č.Budějovicích



Největší výnos byl zaznamenán u sklizně po přemrznutí. U lesknice rákosovité se na velikosti sklizně před metáním projevilo špatné založení porostu, kdy tento byl následně přeséván. Do další sklizně však lesknice ztrátu dohnala. Porost ovsíku zaznamenal stagnaci růstu výnosu fytohmoty oproti ostatním plodinám, při sklizni po přemrznutí ho bylo sklizeno v podstatě totožné množství jako před metáním. Zajímavým zjištěním je jenom 16 % ztráta fytohmoty přes zimní období a to v relacích 24 % u lesknice, 16 % u ovsíku a pouze 8 % u srhy, což je méně než cca 25 % udávaných PETŘÍKOVÁ (2006). Tento fakt mohl být ovlivněn pečlivou sklizní, kterou nelze očekávat na velkých plochách, zvláště pak u polehlých porostů ovsíku a hlavně srhy se sklizňové ztráty můžou stát velkým problémem. Porost lesknice naopak i na jaře pěkně stál, a proto by sklizňové ztráty neměly u něj být vysoké.

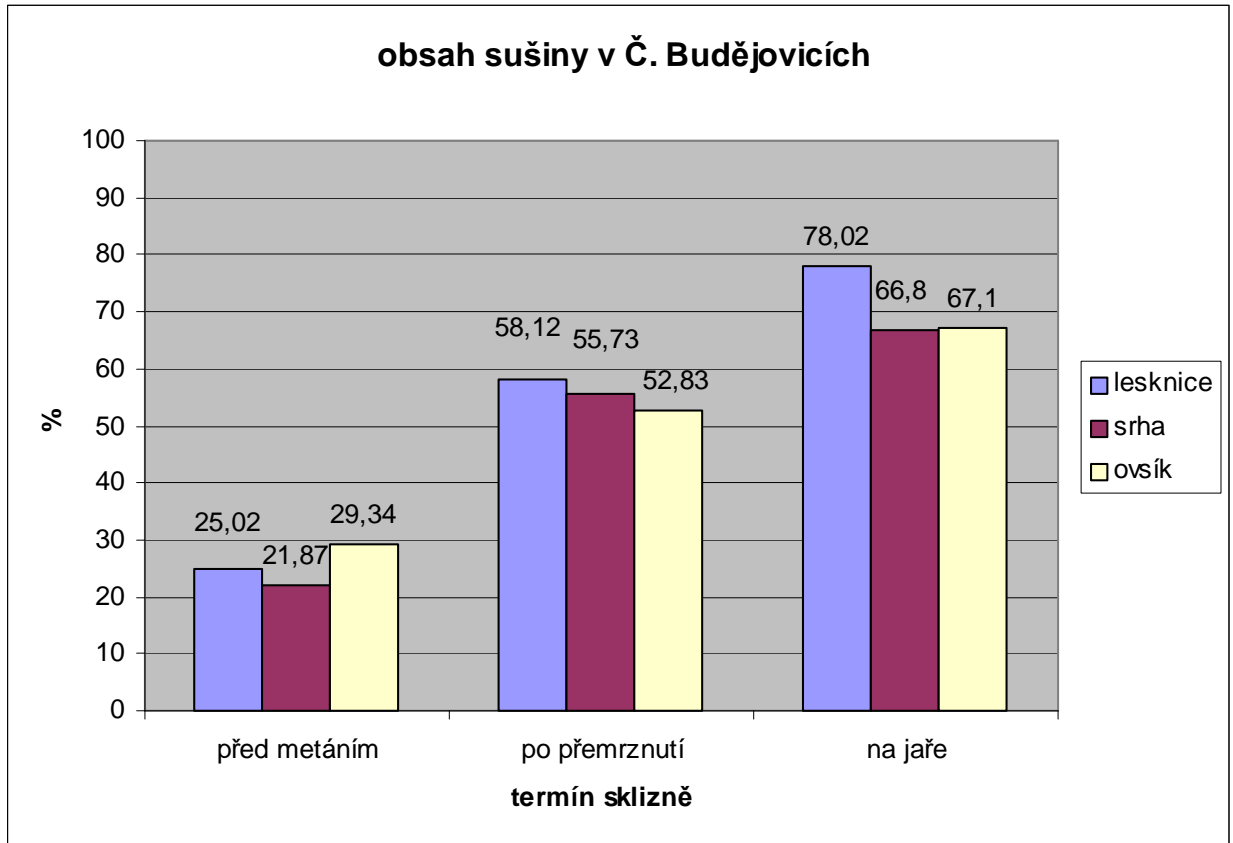
Graf č. 9 – Výnos suché hmoty v Lukavci



Trávy sklizené po přemrznutí daly vyšší výnos suché hmoty než před metáním. Toto se nepotvrdilo u lesknice, která může být značně citlivá na klimatické změny v průběhu vegetace. Za vegetační období byly teploty v Lukavci o 0,2 °C vyšší, srážky však o 17,2 % (71,2 mm) nižší v porovnání s dlouhodobým průměrem, což zřejmě zapříčinilo mírný pokles výnosu suché hmoty o 6,5 %. Zvláště v červenci dosáhly srážky pouze 50 % normálního úhrnu, na což lesknice zareagovala. Tento faktor nijak nelimitoval ovsík, kterému jak PROCHÁZKA (1995) udává nikterak nevadí buď sušší stanoviště nebo i přisušek. Patrná je značná ztráty fytomasy přes zimní období. Lesknice ztratila 38 %, srha 62 % a ovsík dokonce 69 % fytomasy. Tento fakt má své příčiny. Porosty na stanovišti v Lukavci byly sklizeny ke konci první dubnové dekády (6.4.2009), což znamenalo další stárnutí porostů (např. v porovnání s Č.Budějovicemi o 1 měsíc). Navíc byly porosty vystaveny větrům, které dále rostliny vysušovaly. Naposled to byly potíže při sklizni, takže sklizňové ztráty jsou již započítány. Výnosy u lesknice byly v porovnání s HAVLÍČKOVÁ (2008) na stejném stanovišti mírně vyšší při sklizni před metáním a po přemrznutí (asi o 0,5 t/ha), při sklizni na jaře pak o 1 t/ha

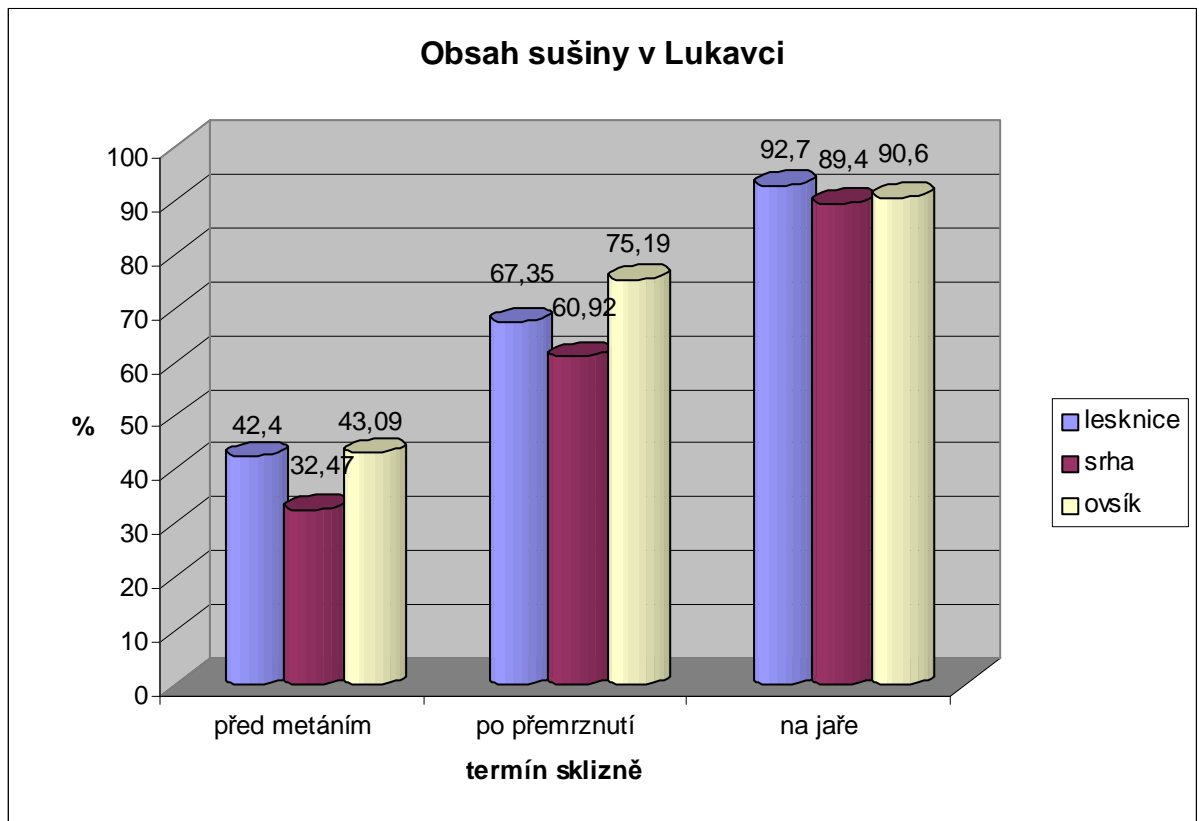
nižší. Celkově však lze stanoviště v Lukavci hodnotit jako vhodnější pro pěstování travních druhů než Č. Budějovice.

Graf č. 10 – Obsah sušiny v Č. Budějovicích



Obsah sušiny zjištěný v Č. Budějovicích na sklizni před metáním ani u jedné plodiny nesplňuje kritéria SLEJŠKA (1998), který požaduje 30 – 35 % obsah sušiny. Bylo by proto vhodné se sklizni počkat. U sklizně na jaře byl obsah sušiny příhodný pro spalování pouze u lesknice, na srze a ovsíku se projevilo zimní období, kdy rostliny polehly a vlhkostní podíl se zvýšil

Graf č. 11 – Obsah sušiny v Lukavci



Obsah sušiny v Lukavci byl vždy vyšší v porovnání s Č.Budějovicemi. Při prvním termínu sklizně nebylo kromě srhy (32,47%) dosaženo obsahu sušiny požadovaného SLEJŠKA (1998) na úroveň 30 – 35 % pro využití na výrobu bioplynu. Proto je třeba porosty sklízet dříve. Při sklizni na jaře byl obsah sušiny okolo 90%. Porosty stály na pozemku poměrně dlouho (do 6.4 2009) a byly vystaveny stálým větrům, které je vysoušely, nehledě na fakt, že porosty samy o sobě mají v této době vysoký obsah sušiny.

6. Závěr

Trávy, které byly předmětem naší práce nejsou nejvhodnější pro energetické využití. Hlavním důvodem je nedostatečná produkční schopnost tvořit fytomasu. Lesknice, ovsík ani srha nedosáhly svými výnosy na uváděnou hraniční mez 12 t suché hmoty. Tato hranice je udávána jako minimální pro zajištění rentability pěstování. V současné době můžou výnosový „deficit“ převedený na ekonomický schodek krýt dotace, jejich výše ale bývá každý rok jiná.

Nejlepší plodinou z těchto navržených se jeví ovsík s prům.výnosem 7,08 t/ha ze sklizně před metáním a 10 t/ha ze sklizně po přemrznutí a 5,92 t/ha z jarní sklizně.

Z porovnání stanovišť vyšel nakonec lépe Lukavec u Pacova než České Budějovice. V Lukavci bylo dosaženo jednoznačně vyšších výnosů v termínech před metáním a po přemrznutí u srhy i ovsíku, u lesknice byl v součtu z prvních dvou termínů sklizní výnos o 14 % vyšší rovněž v Lukavci. Ovsík v Lukavci dal dokonce na prvních dvou sklizních výnos o téměř 30 % vyšší než v Č.Budějovicích. Na prvních dvou termínech sklizní byly výnosy v Lukavci zhruba o 20 % vyšší než v Č. Budějovicích.

Z hlediska procentického obsahu sušiny je nejlepším termínem sklizně brzké jaro, pokud je produkt uvažován na spalování. Na stanovišti Č.Budějovice: ovsík i srha dosáhly zhruba 68 % sušiny, což však nedosahuje kritické hranice pro spalování 80 %. Pouze lesknice se této hranici se svými 78 % přiblížila. Obsah vody vyšší než 20 % přímo úměrně snižuje efektivitu spalovacího procesu. V Lukavci: ovsík, srha i lesknice měly sušinu okolo 90%, což je pro přímé spalování více než dostačující. Tento vysoký procentický obsah sušiny však doprovází značný úbytek fytomasy, i více než 50 %

Při srovnání vhodnosti termínů sklizní je potřeba zohlednit zamýšlené následné využití. Pro proces výroby bioplynu lze vyhodnotit termín sklizně před metáním jako nejvhodnější – v Č.Budějovicích bylo dosaženo prům. obsahu sušiny 25 %, v Lukavci pak 39 %. Podzimní termín sklizně (po přemrznutí) není vhodný ani pro využití k výrobě bioplynu kvůli příliš vysokému procentickému obsahu sušiny (56 % v ČB a 68 % v Lukavci), ani na přímé spalování, pro které je tento obsah sušiny zase příliš malý (a

vlhkost příliš vysoká). Pro přímé spalování bez dosoušení či výrobu briket a pelet je nejvhodnější brzká jarní sklizeň, zejména pak lze doporučit u lesknice.

Z porovnání ztrát při sklizni byly zjištěny poměrně velké ztráty u ovsíku a srhy při jarním termínu sklizně. Porosty byly po zimě polehlé a tyto ztráty lze odhadnout při pěstování na větších výměřích na min. 25 %. Lesknice vydržela stát i přes zimu i díky většímu poměru stébel k listům.

7. Seznam použité literatury

- [1] ANONYM1: <http://www.uspora-energie.info/obnovitelne-zdroje/energie-biomasy.html>
- [2] ANONYM2: http://etext.czu.cz/php/skripta/kapitola.php?titul_key=4&idkapitola=240
- [3] ANONYM3: http://etext.czu.cz/php/skripta/kapitola.php?titul_key=4&idkapitola=240
- [4] ANONYM4: http://etext.czu.cz/php/skripta/kapitola.php?titul_key=4&idkapitola=244
- [5] ANONYM5: http://etext.czu.cz/php/skripta/kapitola.php?titul_key=4&idkapitola=244
- [6] ANONYM 6: http://www.bioplyn.cz/at_popis.htm
- [7] CENEK, M., a kol.: Obnovitelné zdroje energie, Praha: FCC Public, 1994. 174 s. ISBN 80-901985-8-9
- [8] ČERMÁK, P.: Rekultivace zemí antropozemních výsypek severočeské hnědouhelné pánve. Praha: Výzkumný ústav meliorace a ochrany půdy, Praha, 2006, 54s. ISBN 80-239-8078-5.
- [9] DEMELA, J.: Travní semenářství. Praha : MZV SZN, 1976, 186 s.
- [10] FRYDRYCH, J.: Nové poznatky ve výzkumu energetických trav. Úroda. č. 12 / 2006, s. 31 - 33
- [11] FRYDRYCH, J., ANDERT, D., JUCHELKOVÁ, D.: Výzkum energetického využití trav. *Úroda*. 2008, č. 4, s. 80-81.
- [12] HAVLÍČKOVÁ, K.: Zhodnocení ekonomických aspektů pěstování a využití energetických rostlin. Průhonice [Praha] : Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví ; V Českých Budějovicích : Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2007, 92 s. ISBN 978-80-7040-948-0
- [13] HAVLÍČKOVÁ, K.: Zhodnocení ekonomických aspektů pěstování a využití energetických rostlin. 1.vyd. České Budějovice: JU,ZF, 2007. 92 s. ISBN 978-80-85116-00-7.
- [14] HAVLÍČKOVÁ, K.: Biomasa jako obnovitelný zdroj energie : ekonomické a energetické aspekty. Průhonice : VÚKOZ, 2005. 86 s. ISBN 80-85116-38-3.

- [15] HAVLÍČKOVÁ, K., WEGER, J., KONVALINA, P., MOUDRÝ J., STRAŠIL, Z.: Zhodnocení ekonomických aspektů pěstování a využití energetických rostlin. Vědecká monografie. Ed.: VÚKOZ Průhonice, JČU České Budějovice, 2007, 92 s.
- [16] JANÍČEK, F.: Biomasa ako palivo. Biom.cz [online]. 2009-01-30 [cit. 2009-04-03]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz-spalovani-biomasy/odborne-clanky/biomasa-ako-palivo>>. ISSN: 1801-2655.
- [17] JIRKA, V.: Sluneční energie: využití ve skleníku s optickými rastry, Biologický ústav Třeboň 1999, 85 s.
- [18] KAMEŠ, J.: Prognóza spotřeby primární energie, Agro magazín. 2005 / č.12. s. 20 – 22.
- [19] KAMINSKÝ, J., VRTEK, M., Ostrava : Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 1998, 96s. ISBN 80-7078-445-8
- [20] KOBES, M.: Ústní sdělení, 15.4.2009
- [21] KOVÁŘOVÁ, Marie, ABRHAM, Zdeněk, JEVIČ, Petr, ŠEDIVÁ, Zdeňka, KOCÁNOVÁ, Vlasta: Pěstování a využití energetických a průmyslových plodin. Biom.cz [online]. 2002-07-10 [cit. 2009-02-05]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pestovani-a-vyuziti-energetickyh-a-prumyslovych-plodin>>. ISSN: 1801-2655.
- [22] KRYL, V., FROHLICH, E., SIXTA, J.: Zahlazení hornické činnosti a rekultivace, Ostrava, VŠB TU, 2002, 80s. ISBN 80-248-0111-6
- [23] LENŽA, L.: Průvodce energetickými úsporami a obnovitelnými zdroji energie, Valašské Meziříčí, 2006, 88s. ISBN 80-903680-1-8
- [24] LIBRA, M., POULEK V.: Zdroje a využití energie, Praha: Česká zemědělská univerzita, 2007, 141 s. ISBN 978-80-213-1647-8
- [25] MÍKA, V.: Kvalita píce, Praha: ÚZPI, 1997, 227s. ISBN 80-96153-59-2
- [26] MOUDRÝ, J.jr., MOUDRÝ, J.,sr., ROZSYPAL, R.: Analýza ekologického hospodaření na orné půdě, ZF JU, Č.Budějovice, 2007, 30 s. ISBN 978-80-7394-053-9
- [27] MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z.: Energetické plodiny v ekologickém zemědělství. Hradec Králové : VH press, 1998. 56 s.
- [28] OPATRNÁ, M., SOUČKOVÁ, M.: Pěstujeme okrasné trávy, Praha: Brázda, 2003, 175 s. + 32 s. obr. příloha, ISBN 80-209-0318-6
- [29] PASTOREK, Z., KÁRA, J., JEVIČ, P.: Biomasa obnovitelný zdroj energie. Praha : FCC PUBLIC, 2004. 288 s. ISBN 80-86534-06-5.

- [30] PETŘÍKOVÁ, V.: Systém hnojení při rekultivaci důlních výsypek a složišť popelů, Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha, 1990, 44s.
- [31] PETŘÍKOVÁ, V. Pěstování rostlin pro energetické účely. Praha : Neoset, 2005. 32 s. ISBN 80-239-5497-0.
- [32] PETŘÍKOVÁ, V., a kol.: Energetické plodiny. 1. vyd. Praha : Profi Press, 2006. 127 s. ISBN 80-86726-13-4.
- [33] PETŘÍKOVÁ, V.: Tuhá paliva z místních zdrojů. Energie 21, č. 1 / 2009 s. 12 - 15
- [34] POKORNÝ, E., FILIP, J., LÁZNIČKA, V.: Rekultivace, Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001, Brno 2001, 128s. ISBN 80-7157-489-9
- [35] POULÍK, Z.: Výživa a hnojení pícních kultur, Praha : Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR, 1996, 36 s., ISBN 80-7105-109-8
- [36] PROCHÁZKA, I.: Kapesní atlas jetelovin a trav. 2. vyd. Brno: Oseva, 1995. 44 s. ISBN 80-901789-2-8.
- [37] SCHEIER, M.: ČEZ loni vyrobil 327 tisíc MWH z biomasy. Zelená energie, č. 3 / 2009
- [38] SLEJŠKA, A.: Bioplyn z rostlinné biomasy, Praha: ÚZPI, 1998, 41 s
- [39] SOUČKOVÁ, H., MOUDRÝ, J.: Nepotravinářské využití fytomasy. 1. vyd. České Budějovice : Jihočeská univerzita, 2006. 95 s. ISBN 80-7040-857-X.
- [40] STEINBACH, G.. Trávy. Přeložil Jiří Váňa. 2. vyd. Praha : Euromedia Group-Ikar, 2002. 287 s. ISBN 80-249-0039-4.
- [41] STRAŠIL, Jan, HUTLA, Petr: Chrastice rákosovitá - pěstování a možnosti využití. Biom.cz [online]. 2004-03-10 [cit. 2009-03-03]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/chrastice-rakosovita-pestovani-a-moznosti-vyuziti>>. ISSN: 1801-2655.
- [42] STRAŠIL, Zdeněk, ŠIMON, Josef: Stav a možnosti využití rostlinné biomasy v energetice ČR. Biom.cz [online]. 2009-04-20 [cit. 2009-04-25]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/spalovani-biomasy/odborne-clanky/stav-a-moznosti-vyuziti-rostlinne-biomasy-v-energetice-cr>>. ISSN: 1801-2655.
- [43] STŘELEČEK, F., KOLLÁR, J., LOSOSOVÁ, J.: Economic results of agricultural companies in production and marginal areas in the year 2000. Agricultural economics: zemědělská ekonomika. 48(10), 2002, s 433-436
- [44] ŠANTRŮČEK, J.. Základy pícninářství. Praha : ČZU v Praze, 2001. 139 s. ISBN 80-213-0764-1.

- [45] ŠAFAŘÍK, M.: Pevná a kapalná biopaliva v souvislostech. Energie 21. č. 1 / 2009, s.6 - 7
- [46] ŠIMON, J., VRKOČ, F., VACH, M., TESLÍK, V., FLOHROVÁ, A., VIGNER, J.: Zemědělství v marginálních oblastech, studijní informace ÚZPI, řada rostlinná výroba, 1997, č.3, 40s.
- [47] ŠNOBL, J., a kol.: Rostlinná výroba IV. : Chmel, len, konopí, využití biomasy k energetickým účelům. 1. vyd. Praha : ČZU v Praze, 2004. 119 s. ISBN 80-213-1153-3.
- [48] ŠROLLER, J.: Pěstitelské soustavy v marginálních oblastech, zemědělské informace ÚZPI Praha, 6/2001, 45s.
- [49] ŠTÝS, S.: Rekultivace, Most, MUS, 1999, 63 s.
- [50] ŠUBRT, R.: Alternativní zdroje energie, Energy centre Č.Budějovice, 2002, 31s.
- [51] TRUNEČEK J.: Uvádění orné půdy do klidu prostřednictvím pícnin, nové technologie pěstování a ztráty živin. Sborník referátů mezinárodní konference Agroregion, ZF JU, Č.Budějovice, 2000, s 21-23
- [52] USŤAK, Sergej: Nedřevnaté technické plodiny perspektivní pro bioenergetické účely v podmínkách ČR. Biom.cz [online]. 2002-06-03 [cit. 2009-03-30]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nedrevnate-technicke-plodiny-perspektivni-pro-bioenergeticke-ucely-v-podminkach-cr>>. ISSN: 1801-2655.
- [53] USŤAK, S., HONZÍK, R.: Průmyslové a energetické rostliny a základní způsoby jejich využití , In: Energetické a průmyslové rostliny IV. Sborník referátů z odborného semináře v Chomutově (5.8.1998), 1998, s. 47-63
- [54] USŤAK, S.: Netradiční energetické rostliny perspektivní pro pěstování v podmínkách České republiky , In: Energetické a průmyslové rostliny IV. Sborník referátů z odborného semináře v Chomutově (5.8.1998), 1998, s. 72-84
- [55] VELICH, J.: Pícninářství, Praha : Vysoká škola zemědělská, 1994 (ZF), 204 s., ISBN 80-213-0156-2
- [56] WEC : Situation: dostupné z <http://wec.cz/cz/dokumenty/20wec2007/WEC%20-%20Ceska%20energetika%20na%20pocátku%20tretiho%20tisicileti.pdf>
- [57] WEGER, J.. Přírodní, legislativní a ekonomické podmínky pěstování rychle rostoucích rostlin. In Energetické a průmyslové rostliny VI. – Sborník referátů z odborné konference, Chomutov – 2000. ISBN 80-238-5287-6
- [58] WEGER, J., HAVLÍČKOVÁ, K., a kol.: Potenciál biomasy v Pardubickém kraji. Vědecká monografie. Ed.: VÚKOZ Průhonice, 2007, 58 s.

8. PŘÍLOHY

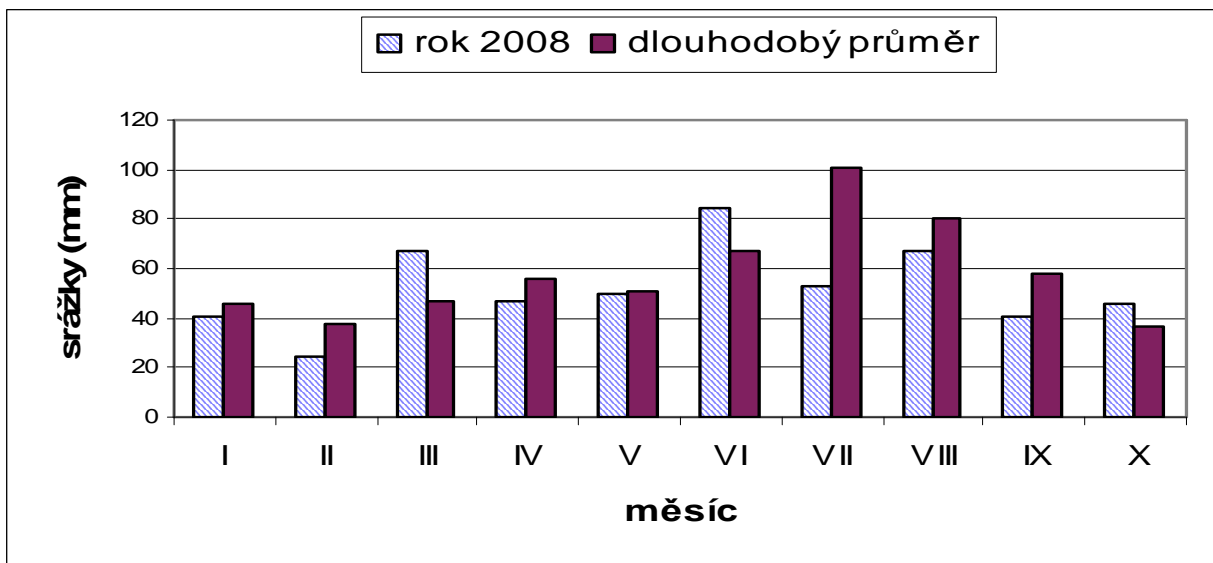
Tab. č. 1: Průměrná měsíční teplota během vegetace v Č. Budějovicích

	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	Průměrné hodnoty za vegetaci [°C]
Průměrná měsíční teplota [°C]							
Rok 2007	11,8	15,2	19,6	19,7	18,4	12,3	16,2
Rok 2008	9,2	15	18,7	18,8	18,6	12	15,4
Dlouhodobý normál 1961-1990	8,1	13	16,2	17,7	17,1	13,5	14,3

Tab. č. 2: Průměrný úhrn srážek během vegetace v Č. Budějovicích

	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	Suma srážek [mm]
Průměrný úhrn srážek [mm]							
Rok 2007	1,9	85,3	66,6	80,5	116,2	155,4	505,9
Rok 2008	55,7	108,8	78,4	66,2	60	46,7	415,8
Dlouhodobý normál 1961-1990	46,5	78,1	93	77,8	78,8	47,5	413,7

Tab. č. 3 – Průběh srážek v Lukavci



Tab. č. 4 – Průběh teplot v Lukavci

