

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: **B4131 Zemědělství**

Studijní obor: **Agroekologie**

Téma bakalářská práce:

ENERGETICKÉ VYUŽITÍ
TRAV

Autor bakalářské práce:

Markéta Prokešová

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Moudrý, Ph.D.

2010

Prohlášení o autorství:

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci na téma „Energetické využití trav“ vypracovala samostatně, na základě vlastních zjištění a s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 18.3.2010

.....
Markéta Prokešová

Poděkování:

Tímto bych velmi ráda poděkovala zejména vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Janu Moudrému, Ph.D., a to za konzultaci a všestrannou pomoc předcházející vzniku této bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala kolegům Jaroslavu Bernasovi a Marku Kopeckému za spolupráci při odběru vzorků trav za účelem jejich energetického využití. A děkuji i Grantové agentuře ČR, která umožnila vznik grantového projektu MŠMT 2B06131 „Nepotravinářské využití biomasy v energetice“, o jehož výstupy se tato bakalářská práce opírá.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá efektivností cíleného pěstování vybraných druhů trav pro energetické účely (*Dactylis glomerata*, *Arrhenatherum elatius*, *Phalaris arundinacea*). Porovnává výnosy a vhodnost vybraných druhů trav pro pěstování za účelem energetického využití. Dále u jednotlivých druhů trav vyhodnocuje nejvýhodnější termín sklizně pro energetické využití přímým spalováním a biozplynováním na základě procentuálního obsahu sušiny a ročního výnosu sušiny. Použité vstupní údaje pocházejí z experimentálně zjištěných dat na výzkumných polních plochách těchto víceletých rostlin. Součástí bakalářské práce je shrnout literární údaje o dalších druzích energetických plodin (*Miscanthus sinensis* Anderss, *Rumex patientia*, *Populus L.*, *Zea mays*) a porovnat s nimi vhodnost trav pro pěstování za účelem energetického využití na základě vybraných produkčních schopností a energetických parametrů (výnos sušiny, výška rostliny, energetická výtěžnost, spalné teplo a vlhkost).

Klíčová slova:

energetické plodiny, výnos, sušina, termín sklizně, zpracování biomasy, spalování, biozplynování, spalné teplo, energetická výtěžnost

ABSTRACT

Bachelor thesis is focused on effectiveness of targeted cultivation of selected species of grasses for energy purposes (*Dactylis glomerata*, *Arrhenatherum elatius*, *Phalaris arundinacea*). Work compares yields and suitability of selected species of grass growing for energy recovery. Furthermore, for each species of grass evaluate the best date for harvesting energy use and direct combustion biogasification based on the percentage of dry matter and the annual yield of dry matter. Input data used derived from experimentally observed data in the research field plots of perennial plants. Part of the thesis is to summarize the literature on other types of energy crops (*Miscanthus sinensis* Anderss, *Rumex patientia*, *Populus L.*, *Zea mays*) and compare them with the suitability for growing grass for energy recovery on the basis of selected production capacity and energy parameters (dry matter yield, height of plants, energy recovery, heat of combustion and humidity).

Key words:

energy crops, yield, dry matter, harvest date, biomass, combustion, biogasification, heat of combustion, energy yield

OBSAH

1. ÚVOD	7
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED	9
2.1. Energetické zdroje	9
2.2. Obnovitelné zdroje energie	10
2.2.1. Podíl obnovitelných zdrojů energie v EU a ČR	12
2.3. Biomasa	14
2.3.1. Využívání energie z biomasy v EU a ČR	17
2.4. Energetické rostliny	21
2.4.1. Energetické rostliny v ČR	24
2.4.2. Zemědělská půda – potenciální plocha pro pěstování energetických plodin	26
2.5. Charakteristika vybraných druhů trav	28
2.5.1. Obecná charakteristika trav	28
2.5.2. Lesknice (chrastice) rákosovitá	29
2.5.3. Ovsík vyvýšený	35
2.5.4. Srha říznačka (laločnatá)	42
2.6. Způsoby získávání energie z biomasy	48
2.6.1. Způsoby tepelné přeměny biomasy (suché procesy)	52
2.6.1.1. Spalování	52
2.6.1.2. Zplyňování	54
2.6.1.3. Pyrolýza	57
2.6.2. Způsoby biochemické přeměny biomasy (mokrý procesy)	57
2.6.2.1. Anaerobní fermentace (metanové kvašení)	57
2.6.2.2. Alkoholová fermentace	63
2.6.2.3. Aerobní fermentace	63
2.6.3. Způsoby fyzikálně – chemické konverze biomasy	64
2.6.3.1. Esterifikace bioolejů	64
2.7. Energetické využití trav	66
2.7.1. Spalování fytomasy trav	69
2.7.2. Anaerobní fermentace travní fytomasy	70

2.8. Marginální oblasti – perspektivní místo energetického využití trav.....	76
3. CÍL PRÁCE.....	81
4. MATERIÁL A METODIKA	82
5. VÝSLEDKY A DISKUZE	85
5.1. Výnosy čerstvé biomasy trav.....	85
5.2. Výnosy sušiny trav	87
5.3. Procentuální podíl sušiny a vody v biomase trav	90
5.4. Termín sklizně	93
5.5. Porovnání vhodnosti zkoumaných druhů trav pro energetické využití s vybranými druhy energetických plodin	98
5.5.1. Porovnání výnosu sušiny.....	98
5.5.2. Porovnání spalného tepla.....	100
5.5.3. Porovnání energetické výtěžnosti.....	102
6. ZÁVĚR.....	110
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	113
8. PŘÍLOHY.....	121

1. ÚVOD

Energetika je neodmyslitelnou součástí dnešního světa. Ale doposud jsou k její výrobě využívány zejména neobnovitelné zdroje energie, kterým postupem času hrozí vyčerpání. Z tohoto důvodu se před námi objevuje další z globálních problémů současné doby, a to: „Čím tyto zdroje nahradit?“ I proto je hledání alternativních – obnovitelných zdrojů energie v současné době velice aktuálním tématem.

Kromě obnovitelnosti je významnou požadovanou vlastností těchto zdrojů i ekologická nezávadnost tzn., aby příliš nezatěžovaly životní prostředí. Jedním z takovýchto zdrojů energie je např. i energie získávaná z biomasy. Biomasa je velice perspektivním zdrojem energie, neboť je obnovitelná, neznečišťuje životní prostředí tak jako dosud nejvíce využívaná fosilní paliva, a to ani při těžbě a ani při jejím zpracovávání.

Energie biomasy byla využívána již tisíce let před naším letopočtem. Zejména v podobě spalování dřeva, které i dnes v rámci tohoto obnovitelného zdroje převládá nad jinými druhy biomasy. Současný výzkum biomasy jako zdroje energie se zaměřuje především na hledání nových perspektivních zdrojů biomasy a na způsoby získávání energie z nich.

V úvahu tedy připadá i energetické využití trav, které je jednou z možností využití biomasy pro energetické účely. Pěstování trav navíc velmi prospívá životnímu prostředí: trávy zlepšují fyzikální a chemické vlastnosti půdy, chrání podzemní vody před znečištěním a vyplavováním škodlivých látek např. NO_3^- , zvyšují retenční a akumulaci schopnost půdy a chrání ji proti erozi, jsou místem pro život živočichů i rostlin, zdrojem potravy pro divoké býložravce, zvyšují ekologickou stabilitu krajiny apod. Další významnou vlastností většiny travních druhů je, že nejsou příliš náročné na půdní a klimatické podmínky, a tak se jejich pěstování dá využít i v méně příznivých – marginálních oblastech (LFA), kde zemědělství již není příliš efektivní a narůstá zde počet úhorů, které jsou ohroženy erozí a jsou zdrojem plevelů, chorob a škůdců. Energetické využití trav je tedy z ekologického hlediska velice perspektivním zdrojem energie. Je výhodné ale i z hlediska socioekonomického, neboť díky využívání tohoto obnovitelného zdroje energie by mohlo dojít k navýšení počtu pracovních míst v energetice

a v zemědělství, čímž by se snížila nezaměstnanost nejen v již zmíněných marginálních oblastech.

Energie z trav je v současné době získávána zejména spalováním balíků sena spolu s jinými druhy biomasy, ale jako více perspektivní se jeví využití trav pro výrobu bioplynu. Brzdou v rozvoji energetického využití trav je však ekonomická efektivnost.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Energetické zdroje

Energetika je podle LIBRY, POULKA (2007) významnou součástí hospodářství všech států. Spotřeba energie ve světě neustále roste. Lidstvo na Zemi prošlo dlouhodobým vývojem od využívání energie vlastního metabolismu a síly svalů přes využití energie zvířat, vody, větru až k nejmodernějším a technicky nejdokonalejším zařízením v jaderných elektrárnách. Avšak zdroje energie, které dnes využíváme nejvíce jsou neobnovitelné (viz. graf č. 1) a postupem času budou vyčerpány. Např. prognóza firmy Shell říká, že spotřeba ropy již dosáhla svého maxima a od r. 2010 by se měla výrazně snižovat. Za padesát let může klesnout až na polovinu současné spotřeby. Kolem roku 2040 by měla začít klesat i spotřeba uhlí. Zkrátka dříve či později bude lidstvo stát před problémem, čím je nahradí. Proto ANDERT A KOL. (2006) uvádí, že se hledání alternativních zdrojů energie stává celosvětovou záležitostí.

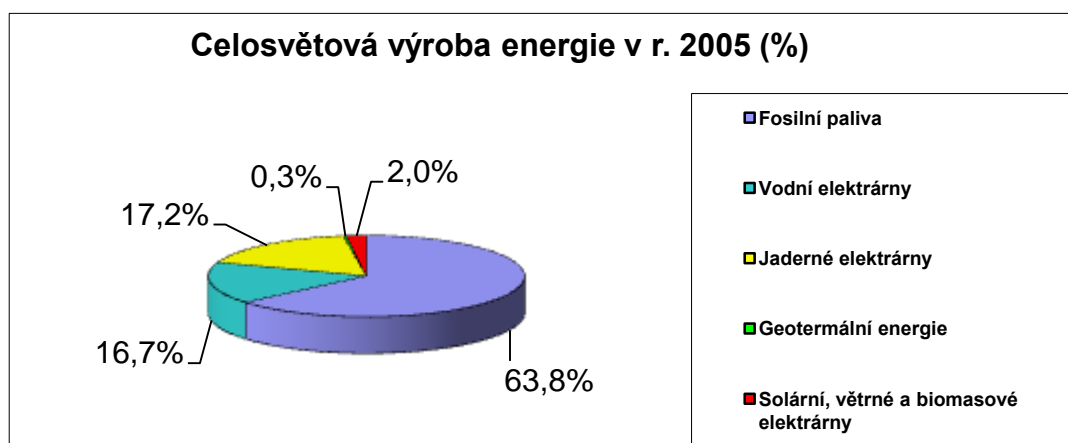
PASTOREK A KOL. (2004) tvrdí, že na neustále se zvyšující spotřebě energie se nejvíce podílí růst počtu obyvatel na Zemi. Od 17. století se zvýšil počet obyvatel více než 12krát (z 0,5 mld. na 6,1 mld.) a podle údajů WEC (World Energy Council) se zvyšuje o 80 mil. za rok. V závislosti na těchto údajích byl zjištěn i prudší nárůst světové spotřeby energie (ze 100 mil. t CE na 14 mld. t CE za rok). Do roku 2020 se očekává další roční přírůstek spotřeby energií, a to o 5,5 mld. t CE.

Druhý významný podíl na rostoucí spotřebě energie má podle LIBRY, POULKA (2007) technický pokrok v posledním století. Tyto dva faktory (růst počtu obyvatel a technický pokrok) jsou globálními problémy a evokují otázky, zda tzv. trvale udržitelný rozvoj bude nadále možný.

Spotřeba energie roste rychleji, než přibývá počtu obyvatel. Má-li být trvale udržitelný rozvoj zachován, nemůže již k dalšímu technickému pokroku docházet na úkor zvyšování výroby a spotřeby energie z neobnovitelných zdrojů (ropa, uhlí, zemní plyn), které jsou využívány jak pro získávání energie ve formě tepla, tak i energie elektrické (SLAVÍK, 2006).

Fosilní paliva, jak uvádí LIBRA, POULEK (2007), se nejen postupně vyčerpávají, ale navíc i neúměrně zatěžují životní prostředí exhalacemi. energii akumulovanou do fosilních paliv dnes spotřebováváme mnohem rychleji, než se tato paliva tvoří. Snad již celý svět chápe, že využití obnovitelných zdrojů energie (OZE) je z dlouhodobého hlediska jedinou možnou cestou vývoje civilizace.

Graf č. 1: Celosvětová výroba energie v r. 2005 (LIBRA, POULEK, 2007)



2.2 Obnovitelné zdroje energie

Podle SRDEČNÉHO, TRUXY (2000) lidstvo až do počátků průmyslové revoluce prakticky nepoužívalo jiné než obnovitelné zdroje energie. Starověké civilizace využívaly kromě práce dobytka i větrnou a vodní energii tisíce let před naším letopočtem. Dřevo spalovali už jeskynní lidé, i když tomu jistě neříkali „energetické využití biomasy“ jako my. Jestliže se tedy dnes používá pro spalování fosilních paliv termín „klasická energetika“, přičemž jeho protiváhu tvoří „netradiční energetika“ jako výraz pro obnovitelné zdroje, je to poněkud absurdní.

Mýcení lesů pro získávání dřeva, orné půdy a pastvin pro dobytek vedlo v minulosti k odlesnění Evropy i jiných území. S postupným odklonem lidstva od obnovitelných zdrojů se začíná prudce zvyšovat ekologická zátěž emisemi vzniklými spalováním fosilních paliv. Emise škodlivin z elektráren a dalších zdrojů se daří odstraňovat stále lépe, proto se čím dál větší pozornost věnuje snižování emisí CO₂, který způsobuje skleníkový efekt. Naproti tomu obnovitelné zdroje energie

nezatěžují životní prostředí žádnými emisemi, jsou nevyčerpatelné a mají i další pozitivní vlastnosti.

LIBRA, POULEK (2007) říkají, že pro snížení produkce skleníkových plynů a omezení hoření fosilních paliv je v současné době důležité zvýšit účinnost jaderných elektráren (JE) a obnovitelných zdrojů energie (OZE). Energie z OZE je zatím dražší, ale šetří životní prostředí. Má-li být zachována alespoň naděje pro trvale udržitelný rozvoj, je nezbytné přejít na alternativní paliva (např. H₂), k výrobě elektrické energie z obnovitelných zdrojů, používat veřejnou dopravu a omezit dopravu individuální, náklady transportovat více po železnici a po vodě, zateplovat domy apod. Hlavně je třeba šetřit, ale málokdo bude ochoten snížit svou životní úroveň a navíc země třetího světa si ji budou chtít výrazně zvýšit (př. Indie, Čína).

MOUDRÝ, STRAŠIL (1998) označují jako obnovitelné zdroje energie: přímou energii slunečního záření, energii vodních toků, energii větru, energii vnějšího prostředí, energii biomasy, v malé míře energii termálních vod a odpadovou rekuperovanou energii včetně části energie získávané tepelnými čerpadly.

Rozvoj a využívání OZE s sebou nese řešení širokého spektra otázek a problémů souvisejících např. s technologiemi jejich užití, omezeními danými podstatou obnovitelných zdrojů (např. závislost na vnějších přírodních podmínkách, specifické otázky připojení do energetické sítě a ebeny, zálohování dodávky elektřiny atd.), postupy pěstování biomasy, potenciály, kterými mohou jednotlivé obnovitelné zdroje v daném území přispět k bilanci primárních energetických zdrojů atd. A v neposlední řadě je velmi důležitou i otázka ekonomiky užití jednotlivých zdrojů OZE, nalezení efektivních způsobů podpory OZE zajišťujících jejich rozvoj při efektivním vynakládání prostředků použitých na přímé či nepřímé podpory (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008).

OZE představují, podle SRDEČNÉHO, TRUXY (2000), přínos pro ekonomiku, zaměstnanost a rozvoj regionů. V Rakousku je ceněno to, že zejména přináší práci zemědělcům, a kompenzuje jim tak problematický odbyt potravinářské produkce. Jde nejen o využití palivového dřeva a štěpky z lesů, ale i pěstování rychlerostoucích topolů a jiných dřevin, i pěstování řepky, konopí a dalších energetických plodin. Zemědělci jsou také zvýhodňováni vyššími dotacemi v oblasti OZE.

Rozvoj OZE je vůbec velmi perspektivní cestou k rozvoji regionů, o čemž svědčí i to, že do této oblasti je také směřována podpora fondů EU (zejména fond PHARE, SAPARD, THERMIE aj.).

2.2.1 Podíl obnovitelné energie v EU a ČR

Současný podíl obnovitelné energie v Evropské unii je dle FRYDRYCHA A KOL. (2002) 6 % celkového objemu produkce energie. V mnoha evropských zemích byl již koncem 80. let nebo v průběhu let 90. přijat závazný vládní program, který má napomoci dalšímu zvýšení podílu OZE na celkově vyráběné energii. Tyto závazky vycházejí mimo jiné i z doporučení Evropské komise, která v listopadu 1997 přijala dokument s názvem White Paper (u nás se o něm hovoří jako o Bílé knize), který je prvním krokem souborné strategie a plánu, jak do roku 2010 dosáhnout dvojnásobného podílu energie z OZE na celkové produkci energie v Evropě a to ze současných 6 % na 12 %.

LIBRA, POULEK (2007) říkají, že dnes by se mohlo zdát, že situace v ČR je dobrá, vyrábí se zde více energie, než se spotřebuje a přebytek energie se vyváží. Ale spotřeba energie i zde, stejně jako v jiných státech světa, poroste. V ČR byl podíl obnovitelných zdrojů energie v roce 2002 asi 2 % z celkového potenciálu (FRYDRYCH A KOL., 2002). A podle předběžných údajů Ministerstva průmyslu a obchodu se v roce 2007 hrubá výroba elektřiny z OZE podílela na celkové hrubé tuzemské spotřebě elektřiny cca 4,7 %. U všech druhů OZE kromě vodních elektráren došlo k meziročnímu nárůstu výroby elektřiny. Výroba elektřiny z biomasy vzrostla o třetinu především vzhledem k rozsáhlejšímu spalování dřevní štěpky, odpadu, pilin, celulózových výluhů apod. Vzhledem k novým instalacím výrazně vzrostla výroba elektřiny ve větrných elektrárnách o 153 % a fotovoltaických systémech dokonce o 307 %. Výroba elektřiny z bioplynu má stabilně rostoucí trend a to u všech kategorií výrobců. Výrazně vzrostla výroba elektřiny v „zemědělských bioplynových stanicích (více jak 30 GWh). V roce 2007 bylo z bioplynu vyrobeno zhruba 210 GWh elektřiny viz. tabulka č. 1. (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008).

V roce 2010 by ČR měla docílit podílu OZE na bilanci 4-6 % (SOUČKOVÁ, MOUDRÝ, 2005). Toto zvyšování podílu obnovitelných a druhotných zdrojů energie

je ovlivněno vstupem ČR do EU a s tím souvisejícím čerpáním finančních podpor na obnovitelné zdroje energie (HUTLA, SLADKÝ, 2001).

Dalším impulzem pro zvýšení spotřeby obnovitelných zdrojů energie, a to ve formě kapalných biopaliv – obnovitelných pohonných hmot, je dle VÁNI, USŤAKA (2006) intenzivní využívání fosilních energií v dopravě, které vyvolává navyšování skleníkového efektu a tvorbu přízemního ozónu působícího škodu na vegetaci a zdraví lidí. Toto bylo podnětem pro vznik směrnice Evropské Unie 2003/30EC „o podpoře využití biopaliv nebo dalších obnovitelných hmot v dopravě“. Ta nařizuje všem členským státům EU zajistit pomocí národních opatření na svých trzích s pohonnými hmotami alespoň minimální množství biopaliv. Důvodem pro toto opatření je snížení závislosti členských států EU na dovozech fosilních paliv, dále požadavek na snížení emisí z dopravy a vytvoření dalších příležitostí pro udržitelný rozvoj venkova v tržně orientované společné zemědělské politice EU. V návaznosti na uvedenou směrnici vznikl České republice závazek zajistit minimální povinný podíl biopaliv na prodaných pohonných hmotách v roce 2005 ve výši pouhých 2% (dle ŠARAŘÍK 1998 je zde tento malý podíl způsoben patrným vlivem naftových koncernů). Nicméně i toto množství umožňuje rozvinout příznivou daňovou politiku a v budoucnu dosáhnout až 7,5 % podílu.

Dále je Komisí doporučena výroba skládkového plynu a bioplynu na bázi odpadů ze zemědělství a potravinářského průmyslu. V této oblasti máme v ČR již také několik realizovaných projektů, zdaleka však nelze hovořit o systémovém přístupu. Zodpovědná místa, čímž má ŠAFAŘÍK (1998) na mysli především příslušná ministerstva MZe, MPO a MF se prozatím zdráhají učinit v tomto směru zásadní kroky.

Tabulka č. 1: Hrubá výroba elektřiny z OZE v ČR v roce 2007 (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008)

Druh OZE	Hrubá výroba elektřiny	Hrubá výroba elektřiny	Meziroční Změna	Podíl na hrubé výrobě elektřiny	Podíl na hrubé tuzemské spotřebě elektřiny
	2007	2007	2006/2007	2007	2007
	GWh	GWh	%	%	%
Vodní elektrárny	2 550,70	2 092,20	-18 %	2,40 %	2,90 %
Biomasa celkem	731,1	970	33 %	1,10 %	1,30 %
Bioplyn	175,8	210	19 %	0,20 %	0,30 %
Větrné elektrárny	49,4	125,1	153 %	0,10 %	0,20 %
Tuhé komunální odpady	11,3	12	6 %	0,00 %	0,00 %
Fotovoltaické systémy	0,5	2,2	307 %	0,00 %	0,00 %
Celkem OZE	3 518,80	3 411,50	-3 %	3,90 %	4,70 %

2.3 Biomasa

Pro pojem biomasa je podle MOUDRÉHO, STRAŠILA (1996) možno uvést několik definic. Obecně je biomasa jakýkoliv obnovující se materiál organického původu, tedy živočichové, rostliny a jejich odpady.

UŠŤAK (2006) uvádí tuto základní charakteristiku biomasy jako zdroje energie: za biomasu považujeme veškerou hmotu biologického původu a organického složení včetně odpadů a exkrementů. Jsou to rostliny, živočichové, mikroorganismy a vedlejší produkty jejich činnosti.

Nejdůležitější vlastností biomasy z hlediska obnovitelnosti je její schopnost v relativně krátkém časovém období narůstat. Energetické fosilní zdroje mají většinou rovněž biologický původ (např. uhlí, rašelina, ropa, zemní plyn), ale zde se jedná o tisíce (rašelina) až miliony (ostatní fosílie) let geochemické transformace, proto fosilní zdroje řadíme k neobnovitelným.

Z principálního hlediska lze biomasu jako obnovitelný zdroj surovin a energie rozdělit dle způsobu získání do dvou základních kategorií:

- 1) odpadní – využití odpadů z rozličných odvětví hospodářské činnosti, především ze zemědělské, potravinářské a lesní výroby, z komunálního hospodářství, z údržby krajiny a péče o ni (PASTOREK, KÁRA, JEVIČ, 2004).
- 2) záměrně získávaná (vyprodukovaná) – cílená produkce a využití biomasy jako výsledek výrobní činnosti.

U kategorie „odpadní biomasa“ se jedná především o exkrementy hospodářských zvířat a o vedlejší produkty produkce a využití rostlin. U kategorie „vyprodukovaná biomasa“ se především jedná o pěstování a využití rostlin. V současné době je bioenergetika založena především na využití odpadní biomasy, a to hlavně z ekonomických důvodů. Úspěšný rozvoj bioenergetiky však není možný bez rozšíření produkce a využití cíleně produkované biomasy, a to především rostlin.

Základními společnými vlastnostmi různých druhů biomasy jsou vysoký obsah organických látek, tj. sloučenin na osnově uhlovodíků a v čerstvém stavu i vody – nosném médiu života. Největším producentem vyprodukované a odpadní biomasy je zemědělství spolu s lesnictvím (UŠŤAK, 2006).

Každoročně narůstající biomasa podle SLADKÉHO (1995) může pokrýt 15 až 25 % potřeby energie a nahradit tak část zdrojů fosilních paliv, jejichž vyčerpávání se očekává v příštím století. Celosvětová roční produkce biomasy, jak uvádí MOUDRÝ, STRAŠIL (1996), se odhaduje na $20 \cdot 10^{11}$ t.

Biomasa je obrovský zdroj surovin a energie, kterého lze využít k mnoha účelům ve speciálních průmyslových, technických a energetických odvětvích (UŠŤAK, 2006). Pokud se vhodně pěstuje a posléze se s ní vhodně nakládá je obnovitelným a udržitelným zdrojem. Šetří fosilní paliva. Navíc ať zůstává nedotčena na stanovištích nebo racionálně využita člověkem, pravděpodobně nemá negativní dopad na životní prostředí. Zemědělské plodiny, obilí a sláma jsou hmoty s energetickým obsahem podobným hnědému uhlí (LEŠTINA, MOUDRÝ, 2001).

Biomasa je tedy do budoucna jeden z nejvíce perspektivních obnovitelných zdrojů tepla v ČR. Největší podíl v současné době má spalování dřeva a drobného dřevního odpadu. Již naši předkové využívali energii biomasy jejím spalováním.

Topilo se především dřevem, ale i rašelinou a sušeným trusem. Ohniště se postupně vyvíjela od jednoduchých krbů ke stále účinnějším topidlům, maximálně využívajícím vlastností hoření dřeva (SRDEČNÝ, TRUXA, 2000). Výroba tepla spalováním biomasy, jak uvádí MURTINGER, BERANOVSKÝ (2006), je vedle jejího využití jako potravy a krmiva nejstarším a nejběžnějším využitím.

Podle VÁNI, USŤAKA (2006) se zájem o energetické využití biomasy neustále zvyšuje i z důvodu nutnosti omezování produkce skleníkových plynů. Využití biomasy k energetickým účelům, jak uvádí PASTOREK, KÁRA, JEVÍČ (2004), totiž výrazně přispívá k omezení emisí oxidu uhličitého do atmosféry. Po zavedení obchodu „s úsporami emisí CO₂“ v mezinárodním měřítku se uvedené úspory dají i finančně zhodnotit. Výhodou biomasy je podle SRDEČNÉHO, TRUXY (2000) uzavřený uhlíkový cyklus. Při spalování biomasy sice rovněž vzniká oxid uhličitý, ten však skleníkový efekt nenavýšuje, protože rostliny za svého růstu odebírají z ovzduší CO₂ a při spalování ho do ovzduší opět vracejí. Vzhledem k tomu, že průměrná délka života rostlinné biomasy je asi deset let a podzemní části rostlin obvykle zadržují přeměněný CO₂ mnohem déle, představuje pěstování energetické fytomasy významné vázání oxidu uhličitého z atmosféry (PETŘÍKOVÁ A KOL., 2006). Pálením odpadní biomasy se navíc předejde i vzniku dalšího nebezpečného skleníkového plynu - metanu, který vzniká při samovolném organickém rozkladu (SRDEČNÝ, TRUXA, 2000).

Nejen z těchto důvodů je energetické využívání fytomasy jako obnovitelného zdroje energie optimální. Jak říká SLADKÝ, PRICE, McBURNEY, KÁRA (1995,1998, 2001, 1999), má i celou řadu dalších pozitivních aspektů a napomáhá řešit problémy nejen ekologické, ale i zemědělsko – lesnické. Palivo na bázi fytomasy totiž neobsahuje téměř žádnou síru a emise oxidu siřičitého. I ostatní škodliviny v emisích z biopaliv jsou ve srovnání s emisemi z fosilních paliv příznivější, dle SRDEČNÉHO, TRUXY (2000) je to pouhý zlomek v porovnání například s hnědým uhlím (viz. tabulka č. 2). Podroštný popel z biopaliv je možno z větší části použít jako hnojivo s příznivým obsahem vápníku, hořčíku, draslíku a fosforu. Další výhodou uplatnění biomasy jako obnovitelného zdroje surovin a energie je i řešení velice důležitého problému moderní společnosti nejen z hlediska ekologického a zemědělsko-lesnického, ale i sociálního a ekonomického hlediska. Úspěšný rozvoj tohoto nového směru hospodářské činnosti, která existuje mezi

zemědělstvím a průmyslem, je jednou z podmínek našeho úspěšného zapojení do řad vyspělých států v rámci Evropského společenství (EU). Současný stav zemědělství České republiky a útlum potravinářské produkce doprovázený obrovským nárůstem rozlohy nevyužitých zemědělských půd do značné míry ztěžuje podmínky pro obnovu venkova. Nejhorší situace je v severozápadní oblasti Čech, kde se nachází největší množství ladem ležících ploch a venkov je nejvíce postižen degradačními jevy. Situaci zhoršuje rovněž vysoká úroveň nezaměstnanosti v daném regionu (KOLEKTIV AUTORŮ, 2006).

Tabulka č. 2: Pokles emisní zátěže přechodem ze spalování hnědého uhlí na dřevní odpad (dle SRDEČNÉHO, TRUXY, 2000)

Emise	Tuhé látky (%)	SO ₂ (%)	NO ₂ (%)	CO (%)	CO ₂ (%)
Pokles emisní zátěže	7,4	0,1	71,4	2,9	0,0

2.3.1 Využívání energie z biomasy v EU a ČR

Biomasa je ve středně a dlouhodobém měřítku rozhodujícím OZE v České Republice. Podle Státní energetické koncepce z roku 2004 by se biomasa měla podílet na celkovém příspěvku OZE k primárním zdrojům v cílovém roce 2030 cca 80-85 %. To by dle scénáře Státní energetické politiky znamenalo cca čtyřnásobné navýšení příspěvku biomasy (z cca 65 PJ v roce 2006 na cca 240 PJ v roce 2030). Takovéto razantní navýšení užití biomasy se neobejde bez hledání nových postupů pro získávání, zpracování a užití biomasy, ale současně i bez nalezení ekonomicky efektivních řešení (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008). Je v zájmu společnosti vložit do energetické politiky ČR prvky ve prospěch podpory šetření energiemi na straně jedné. Na straně druhé přiměřeně zakomponovat celý systém fytoenergetiky do dotační politiky (LEŠTINA, MOUDRÝ, 2001).

Biomasa představuje relativně nejlevnější a největší část z celkového potenciálu využití obnovitelných zdrojů energie v ČR (viz. tabulka č. 4), a proto její podíl dosahuje 75 % na celkové produkci energie z obnovitelných zdrojů. Biomasa spolu s bioplynem, kapalnými biopalivy a biologicky rozložitelnou složkou komunálních odpadů (tj. biopaliva celkem) dokonce dosahuje 85,9 % podíl

na energii z obnovitelných zdrojů. I když se v současné době biomasa podílí jen cca 2,2 % na celkové spotřebě primárních energetických zdrojů (PEZ), využitelný potenciál biomasy však představuje zhruba desetinásobek této hodnoty neboli více než 80 % v současnosti dostupného potenciálu všech obnovitelných energií (UŠŤAK, 2006). V ČR bylo v roce 2002 pro energetické využití spotřebováno přes 1,8 mil. t sušiny biomasy (MOUDRÝ, SOUČKOVÁ, 2005). Největší podíl představuje spalování dřevního odpadu a využití dříví pro energetické účely (SLAVÍK, 2006). Vyššímu rozvoji OZE v zemědělství je soustavně směřována podpora tekutým alternativním palivům na bázi MEŘO a biolihu. Do briket a pelet bylo v roce 2002 zpracováno přibližně 160 tis. tun fytomasy, což zdaleka neodpovídá možnostem reálně využitelného potenciálu. Ověřovací plochy v rámci výzkumu prokazují dobré předpoklady i pro cílenou produkci biomasy k energetickému využití. Zpracovaná biomasa ve formě pelet a briket je však z více než z 80 % exportována. Centralizované vytápění na biomasu je uskutečněno ve 24 obcích (MOUDRÝ, SOUČKOVÁ, 2005).

Biomasa má dle SLAVÍKA (2006) největší podíl na obnovitelných zdrojích energie nejen v ČR, ale i v ostatních státech EU. Zvyšování podílu biomasy je opodstatněno závazkem, který byl přijat v mnoha evropských zemích již koncem 80. let nebo v průběhu let 90. Z cílů navržených tímto závazným dokumentem (White Paper) vyplývá do r. 2010 uskutečnění 80 % podílu biomasy na celkové výrobě obnovitelné energie, tzn. zdvojnásobení celkového podílu OZE na celkové produkci energie v Evropě a to ze současných 6 % na 12 % (ŠAFAŘÍK, 1998). LIBRA, POULEK (2007) uvádí, že v zemích EU se počítá, že by se měla během několika let energetická biomasa pěstovat na 20 % zemědělské půdy. Tak by se snížila závislost na fosilních palivech, která musí být dovážena většinou z nestabilních oblastí světa. V r. 2005 na nich byla EU závislá z 60 % a prognózy říkají, že v příštích letech i přes všechna opatření závislost na dovozu ještě trochu stoupne. Jiné prognózy rovněž říkají, že každoročně narůstající biomasa může do r. 2030 pokrýt 15 až 25 % potřeby energie a nahradit tak část zdrojů fosilních paliv, jejichž vyčerpávání se očekává již v tomto století (SLADKÝ, 1995). Uvádí se, že jen v zemích EU-15, je k dispozici 43 mil. t zbytkové zemědělské biomasy, což je 20 % z celkového objemu OZE a rovněž 30 % z celkového množství biomasy (VASEN, 2005).

V některých státech Evropy, jak uvádí ŠAFAŘÍK (1998), zaujímá již dnes fytoenergetika (využití biomasy rostlin pro energetické účely) význačné postavení, jak je možno porovnat v tabulce č. 3. Je to především Švédsko, kde rozmach tohoto energetického odvětví souvisí s ukončením jaderného programu a odstavením všech jaderných elektráren do roku 2020. Další pozice zaujaly Rakousko a Irsko, kde těžiště využití biomasy leží především ve vytápění domácností, průmyslové využití pak představuje především průmysl papírenský a dřevařský. Mezi země, kde biomasa pro energetické účely není systematicky využívána vůbec patří spolu s Belgií a Slovenskem i ČR (podíl 0,63 %). Nejrozšířenější takto využívanou surovinou podle SLAVÍKA (2006) je obdobně jako v ČR dřevo. Pro jeho spalování jsou k dispozici nejrůznější spalovací zařízení, jejichž výkony jsou od jednotek kW do několika MW. V kotlích velkých a středních výkonů je dřevo spalováno většinou ve formě štěpky. Kotle pro malé výkony, v jednotkách až desítkách kW, jsou konstruovány pro spalování kusového dřeva, nebo výlisků ve formě topných pelet či briket. Jinou klasickou surovinou využívanou pro energetické účely je obilní sláma, především sláma pšeničná. Pro její využití jako paliva byly zkonstruovány kotle a postaveny výtopy, jejichž největšího rozšíření je v současné době dosaženo v některých zemích Evropy, např. v Dánsku.

PETŘÍKOVÁ A KOL. (2006) uvádí, že rozvoj využívání biomasy jako zdroje energie brzdí v současné době nedostatek poznatků, zkušeností a kapitálu. Proto se ve všech vyspělých zemích věnuje značná pozornost využití pevných paliv z biomasy, které v původním stavu představují komplex značně rozmanitých forem, výhřevnosti, doby sklizně a zpracování (SLADKÝ, 1995).

Tabulka č. 3: Podíl bioenergie na primární výrobě energie v některých evropských zemích (ŠAFARÍK, 1998)

Země	Potřeba energie (TWh)		% bioenergie
	Primární energie	Z toho bioenergie	
Rakousko	314,3	39,5	12,6
Belgie	614,0	3,9	0,63
ČR	481,0	0,6	0,60
Dánsko	230,0	16,0	7,0
Francie	2608,0	119,0	4,6
Irsko	116,7	14,0	12,0
Itálie	2000,8	41,0	2,1
Holandsko	818,0	9,2	1,1
Norsko	285,0	12,5	4,4
Slovensko	209,0	3,1	1,5
Švédsko	468,0	84,0	18,0

Poznámky: 1 TWh = 10⁹ kWh

Tabulka č. 4: Celková energie z biopaliv v ČR v roce 2004 (dle statistik MPO ČR, 2005), uvedeno v UŠTAK (2006)

Druh obnovitelného zdroje energie (OZE)	Energie v palivu na výrobu		Energie z OZE celkem (TJ)	Podíl na PEZ ² (%)	Podíl na energii z OZE (%)
	Tepla (TJ ¹)	Elektřiny (TJ)			
Biomasa (mimo domácnosti)	18 440	4 155	22 595	1,17	40,42
Biomasa (domácnosti)	19 500	--	19 500	1,01	34,88
Biomasa celkem	37 940	4 155	42 095	2,18	75,3
Tuhé komunální odpady	2 452	53	2 505	0,13	4,48
Bioplyn	1 288	814	2 102	0,11	3,76
Kapalná biopaliva	--	--	1 313	0,07	2,35
Biopaliva celkem	41 680	5 022	48 015	2,49	85,89

Poznámky: ¹ 1 TJ = 10¹² J; ² PEZ – primární energetické zdroje, v ČR přibližně 1 700 PJ za rok (1PJ = 10¹⁵ J)

2.4 Energetické rostliny

V současnosti je podle ANDERTA A KOL. (2006) pro výrobu energie využívána celá řada záměrně pěstovaných energetických rostlin. K energetickým účelům se dá ovšem využívat i rostlinných zbytků, které se mnohdy tímto účelně využívají (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1999).

Dle UŠŤAKA (2006) je rozpětí rostlinných druhů použitelných pro produkci biopaliv velmi široké. Jsou to tzv. energetické plantáže jednoletých či víceletých bylin nebo dřevin (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1999). Udává se okolo jednoho sta druhů rostlin, které rostou po celém světě a byly vytipovány jako možné zdroje pro energetické účely.

Pro energetické plantáže je důležitá volba rostlin, která je závislá na konečném účelu zpracování biomasy (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008). Podle MOUDRÉHO, STRAŠILA (1999) je zvolení druhu energetické rostliny závislé na mnoha faktorech např. na: druhu půdy, způsobu energetického využití, sklizni, dopravě atd. Proto je třeba využít zejména biomasu v rámci regionu tzn. biomasu zejména pěstovaných zemědělských plodin a dřevařského průmyslu. Je třeba vycházet z druhů rostlin, které mají v daném regionu tradici a jsou zde zavedeny běžné pěstitelské technologie (ANDERT A KOL., 2006). Pro produkci energetické fytohmoty se mohou uplatnit i dosud tradičně pěstované druhy zemědělských plodin, přičemž v úvahu přichází především výkonné odrůdy zemědělských plodin. Např. kukuřice, pšenice ozimá, pšenice špalda, tritikale, ječmen ozimý, žito, proso, různé druhy čiroků, dále některé druhy vysokovzrůstných lučních trav a též různé olejniny. Jsou to vesměs jednoleté plodiny s výjimkou některých polních pícnin a lučních trav (UŠŤAK, 2006). Z dovezených nových rostlinných druhů, pokud je budeme chtít pěstovat, je třeba vybírat takové, které nejsou agresivní vůči svému okolí a mají omezenou možnost se šířit dále do krajiny (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008).

Je tedy třeba ověřit půdní podmínky pro vhodnost pěstování i jiných energetických rostlin. Tato orientace je základem pro celkovou produkci biomasy pro energetické využití, která je pro využívání obnovitelných zdrojů nejdůležitější. Dostatek biomasy je základem celého systému tvorby těchto energií z obnovitelných

zdrojů a vzniku tzv. uzavřeného systému, který je nezávislý na nákupu jakýchkoliv fosilních zdrojů z venku.

Poté je potřeba porovnat výnosy s náklady vynaloženými na pěstování a výrobu energie (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1999). Podle HAVLÍČKOVÉ A KOL. (2008) obecně platí, že ekonomicky a energeticky efektivnější je pěstování rostlin víceletých a vytrvalých než tradičních jednoletých (pokud to není vedlejší produkt jako sláma obilovin či olejnin).

Víceleté plodiny jsou perspektivnější z důvodů nižších provozních nákladů na jejich pěstování (UŠŤAK, 2006), na každoroční zakládání porostů, včetně úspor za nákup osiv (PETŘÍKOVÁ, 2006). Pěstováním netradičních vytrvalých plodin lze efektivně snížit celkové náklady na produkci jednotky biomasy a zásadně zvýšit poměr výstupu energie ke vstupu neboli „output : input“ (podle zahraničních zdrojů 4 až 10 x). Jak tvrdí MOUDRÝ, SOUČKOVÁ (2006), je to dáno tím, že při pěstování vytrvalých rostlin jsou nejvyšší náklady v prvním roce – tj. při založení plantáže (tyto náklady mohou být dokonce mnohem vyšší než u tradičních plodin). V následujících letech celkové náklady na pěstování vytrvalých rostlin prudce klesají, neboť odpadají náklady na zpracování půdy a setí, snižují se náklady na hnojení a chemickou ochranu apod. Další výhodou pěstování vytrvalých rostlin je, že poskytují během vegetace nebo přes zimní období, pokud jsou sklizeny až na jaře, životní prostor a úkryt mnoha druhům ptáků, ale i dalším druhům větších či menších obratlovců i bezobratlých. Také krajina přes zimní období nevypadá tak pustá a vyklizená (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008). Díky celoročnímu pokryvu půdy působí víceleté porosty proti erozi půdy, která se může při každoroční orbě velmi negativně projevit (PETŘÍKOVÁ, 2006). Ovšem nemohou se každoročně zařadit do rotace osevních postupů jako plodiny jednoleté (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008).

V současnosti, jak uvádí FRYDRYCH A KOL. (2006), zejména obce, které se sdružují v mikroregionech realizují projekty, které mapují potenciál biomasy vhodný pro energetické využití v dané oblasti či regionu (mikroregionu). Pro zjištění tohoto potenciálu je nutné provést tzv. monitoring daného regionu. Údaje monitoringu vytvářejí předpoklad pro vlastní zjištění potenciálu biomasy využitelného pro energetické účely. Z hlediska tohoto potenciálu je nutné provést monitoring ladem ležící půdy vhodné pro pěstování energetických rostlin a upřesnit

údaje z hlediska výměry této půdy a pěstovaných plodin na orné půdě i potenciálu trvalých travních porostů a jejich výnosového potenciálu zejména sušiny pro energetické využití. Po bližší inventarizaci a specifikaci ploch nevyužitých a ladem ležících půdy je možné navrhnout na tuto půdu vhodné energetické plodiny. Taková ideální energetická plodina (neotyp) by podle UŠŤÁKA (2006) a MOUDRÉHO, STRAŠILA (1999) měla splňovat následující požadavky:

- a) Rychlý růst a vysoké výnosy nadzemní biomasy za přijatelnou cenu.
- b) Rostliny s nadzemní biomasou (běžné jsou i rostliny s hlízkami). Sklizní nadzemních částí je snížena cena a zároveň i chráněna půda.
- c) Co nejnižší obsah prvků (především N) zvláště ve sklizených částech, neboť se zvyšujícím se množstvím popelovin se snižuje kvalita paliva.
- d) Vytrvalé plodiny vyrůstající z rhizomů a pařezů mají přednost před jednoletými, neboť nemusí být financována opětovná setba ani ostatní technologie pěstování.
- e) Dobré přežívání zimního období.
- f) Poskytnutí rostlinou vhodných technologických podmínek pro sklizeň a zpracování biomasy.
- g) Bezpečnost plodiny z hlediska ochrany životního prostředí.
- h) Možnost uplatnění jednoduchých nízkonákladových zemědělských technologií (běžné zemědělské techniky má přednost před použitím úzce specializovaných strojů.
- i) Vycházení brzy na jaře a odumírání pozdě na podzim, kdy se vrací část živin zpět do přeživší části rostliny (recyklace živin), čímž umožní nižší vstupy živin. Rostlina vykazuje poměrně rychlý růst i při nízkých teplotách.
- j) Vyšší odolnost vůči chorobám. Přítomnost jedovatých alkaloidů, která tvoří rezistenci plodin, není problém, neboť plodiny jsou určeny pro potravu.
- k) Nízká náročnost na hnojení a ochranu tzn. vysoká konkurenceschopnost proti plevelům. Jestliže budou rychle vyrůstat brzy na jaře nebude velký problém s plevelem.
- l) Nízká spotřeba vody a odolnost proti suchu.

2.4.1 Energetické rostliny v ČR

Rostliny, které se pěstují za účelem získání surovin a energie, UŠŤAK (2006) souhrnně nazývá průmyslovými a energetickými plodinami. PLÍŠTIL, MALAŤÁK (2004) tvrdí, že pěstování energetických rostlin v ČR je v současné době v počátku. Využívá se zde především odpadní biomasa, ale dosažení ambiciózních cílů zhruba trojnásobného zvýšení podílu obnovitelných zdrojů energie se bez cíleně pěstované biomasy neobejde. Bohužel se v tomto směru, bez ohledu na rozsáhlou proklamaci podpory biomasy, doposud mnoho neudělalo: celková rozloha rychle rostoucích dřevin je v ČR cca 100 ha a energetických zemědělských plodin – cca 1000 ha, což je zanedbatelná hodnota z hlediska realizace plánu národního programu využití obnovitelných zdrojů, který vyžaduje desítky až stovky tisíc hektarů energetických plodin. Přitom podle PETŘÍKOVÉ (2006) jsou v ČR pro cílené pěstování energetických rostlin vhodné podmínky z hlediska využití půdy, která již není potřebná pro zajištění potravin (téměř půl milionu ha).

V první fázi využívání rostlinných energetických zdrojů bude v ČR nejjednodušší, jak uvádí HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008), využívat stávající a v současné době málo využívané zdroje, jako jsou odpady z lesů nebo sláma některých zemědělských komodit. V druhé fázi bude potřebné nastartovat program cíleného pěstování biomasy na zemědělské půdě. Pro tento účel jsou vybrány plodiny, jež jsou vhodné a výnosově výkonné v různých klimatických podmínkách ČR. Hodí se do většiny oblastí, kde se využívá orná půda. V nárocích na stanoviště jsou pro jednotlivé plodiny stručně jmenovány oblasti, které jsou vhodné pro jejich pěstování. Dají se pěstovat s využitím běžné zemědělské mechanizace. Pro pěstování všech zemědělských plodin, tedy i vybraných pro energetické využití, je třeba přihlížet k důležitým faktorům ovlivňujícím pěstování a následné výnosy. Jsou to hlavně půdně-klimatické podmínky, výběr pozemku, zařazení do osevního postupu, agrotechnická opatření včetně zpracování půdy a výživy rostlin.

PETŘÍKOVÁ (2006) uvádí, že v současné době jsou v ČR největší zkušenosti s pěstování krmného šťovíku a některých dalších druhů, včetně trav. Osevní plochy energetických plodin nejsou v současné době dostatečné, k čemuž přispívá také nechť většiny zemědělců začít s pěstováním nových, často ne příliš

známých plodin, zvláště, když při pěstování tradičních plodin mívají stejnou i vyšší podporu a často i vyšší finanční efekt z 1 ha orné půdy. Pro zásadní rozšíření ploch těchto nepotravinářských plodin je proto nezbytné přehodnotit dotační politiku tak, aby byla vytvořena motivace pro dostatek produkce biomasy. Neboť pro zemědělskou praxi jsou významné především ekonomické dopady (HŮLA, PROCHÁZKOVÁ, 2002). I proto jsou od roku 2004 poskytovány dotace v rámci MZe v částce 2200 Kč/ha. Jedná se o dotační program označený U.1 (Zásady, kterými se stanovují podmínky pro poskytování dotací pro rok 2006 na základě § 2 a §2d, zákona č.252/1997 Sb. O zemědělství). Seznam dotovaných rostlin v ČR zahrnuje jednoleté až dvouleté rostliny, víceleté až vytrvalé a energetické trávy (viz. Příloha č. 1). Rovněž je nezbytné zajistit kvalitní systematické poradenství.

Poměrně pomalý rozvoj programu pěstování energetických rostlin v ČR je způsoben i tím, že dosud nebyl nalezen vzájemně vstřícný vztah mezi pěstiteli a spotřebiteli, tedy mezi resortem zemědělství a průmyslu. Pro úspěšné pěstování biomasy je přitom zajištění odbytu biomasy naprosto zásadní podmínkou (PETŘÍKOVÁ, 2006). Nové plodiny resp. nové produkty je nutno uvést na trh, prolomit bariéru konzervatismu, což je mnohdy značně náročné na čas i finanční prostředky. Bez odbytových studií a připravené produkční vertikály není vhodné zavádět plodinu do pěstování (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1996, 1999). Pěstitel musí bezprostředně navazovat na spotřebitele. Není to samozřejmě tak jednoduché, jako při pěstování běžných zemědělských plodin, které se jednoduše prodají do výkupu, ale pěstitel si musí najít netradičního zpracovatele biomasy a s ním uzavřít dlouhodobé dohody (nebo biomasu využívat přímo ve vlastním podniku). Je to sice program komplikovanější, ale je reálný, jak o tom svědčí řada případů, které se u nás v provozních podmínkách již úspěšně uplatňují. Musí se ale vycházet vždy z konkrétních podmínek, přičemž biomasu lze využívat v nejrůznějších alternativách (PETŘÍKOVÁ, 2006).

Další významnou brzdou v rozvoji produkce a energetického využití biomasy je náročnost zpracování na specializovanou techniku (pro efektivní a ekonomicky přijatelné „zahuštění“ energie z biomasy a tím optimalizace logistiky biopaliv některých alternativních plodin není možné použít stávající techniku a je třeba vyvíjet nové prostředky pro pěstování, sklizeň, zpracování i nové postupy, což prodražuje konečný produkt (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1996,

1999). Navíc produkce biomasy může být rentabilní pouze ve větším měřítku, a to pro rozlohu stovek ha a produkci tisíců tun biomasy.

Za zbývající důležité faktory, které brání úspěšnému rozvoji bioenergetiky v ČR a ostatních státech EU, lze dále považovat: vyčerpatelnost levných odpadních zdrojů biomasy dosavadním rozvojem bioenergetiky, ekonomický tlak sousedních vyspělých států (především Rakouska a Německa) na ceny a dostupnost biopaliv v ČR. Svůj podíl na rozvoji biomasy musí splnit i vědecké instituce, neboť dosud je nedostatečný sortiment druhů a odrůd energetických plodin vhodných pro fytoenergetiku, nedostatečný produkční potenciál existujících druhů energetických plodin, je třeba snížit nákladovost pěstování zavedením nových druhů nenáročných na agrotechniku, hnojení a ochranu, zdokonalení existujících technologií v oblasti pěstování, sklizně, skladování a zpracování energetických plodin (PETŘÍKOVÁ, 2006).

Pokud nebude sjednána náprava této situace ze strany státu, průmyslu, zemědělství a v neposlední řadě i vědy a výzkumu, tak ambiciózní plány národního programu rozvoje do roku 2010 využití obnovitelných zdrojů energie v ČR splněny nebudou (UŠŤAK, 2006).

2.4.2 Zemědělská půda – potenciální plocha pro pěstování energetických plodin

Odhaduje se, že 10 - 20 miliónů ha zemědělsky obdělávané půdy v Evropě by nemuselo být již zapotřebí k produkci potravin či krmiv v důsledku nadvýroby. Také u nás, obdobně jako i u dalších států EU, významně přibýlo rozlohy zemědělských půd, a to především z důvodu nadprodukce obhospodařování (VÁŇA, HAVLÍČKOVÁ, 2006).

VÁŇA (2002) uvádí, že celková výměra zemědělské půdy (orné půdy) v ČR činí 4,3 mil. ha. Z čehož produkci, kterou může ČR spotřebovat jako potraviny, dokážeme podle MURTINGERA, BERANOVSKÉHO (2006) vyprodukovat na ploše 2 700 tis. ha. Po odečtení plochy cca jedné poloviny zemědělské půdy, která se nachází v oblastech s méně příznivými podmínkami, jak uvádí VÁŇA (2002), tj. 1 mil. ha půdy nacházející se v podmínkách nevhodných k intenzivní zemědělské produkci „marginální oblasti“ a plochy 1 mil. ha marginální

oblasti s navrženým řešením podpory chovu masného skotu a uvedením půdy do klidu (předpoklad státní dotace asi 4 mld. Kč ročně), 80 tis. ha půdy, které budou postupně převedeny do jiných kategorií půdy - stavební pozemky, komunikace (MURTINGER, BERANOVSKÝ, 2006) a přibližně jedné osminy zemědělské půdy, jenž je alokována v chráněných oblastech - ochrana vod, krajiny a přírody (VÁŇA, 2002), zůstává 500 tis. ha půdy, která se nachází v produkční oblasti a je využitelná pro intenzivní zemědělskou výrobu (MURTINGER, BERANOVSKÝ, 2006). V současné době, tedy nepotřebná půda v ČR představuje 500 000 ha a podle PETŘÍKOVÉ A KOL. (2006) bude její rozloha stoupat až na 1 mil. ha.

Nárůst přebytku zemědělské půdy vlivem zvyšování intenzity zemědělské produkce je dle PASTORKA A KOL. (2004) celoevropským problémem. Zvyšování intenzity je nezbytné z hlediska vstupu ČR do EU a zvýšení konkurenceschopnosti odvětví zemědělství. Právě útlum zemědělské produkce po roce 1989, který s sebou přinesl zmíněný negativní vliv v podobě značných rozloh půd zemědělsky nevyužívaných skýtajících četná nebezpečí jak z hlediska zemědělského (potenciální zaplevelení sousedních a blízkých hospodářsky využívaných ploch nebezpečnými plevelely – v důsledku toho snížení výnosů zemědělských plodin spojené i s negativními jevy ekonomického charakteru, snižováním úrodnosti půdy v důsledku odčerpání živin atd.), tak i z pohledu krajinářského nás nabádá tyto plochy určitým vhodným, šetrným způsobem zachovat pro jejich případnou zemědělskou produkční obnovu nebo je využít pro účely nepotravinářského charakteru (VÁŇA, HAVLÍČKOVÁ, 2006). Současná zemědělská politika řeší postupně projevy tohoto problému vývozem zemědělských komodit, systémem údržby luk a pastvin, nákladným zatravněním a zalesněním. Tyto plochy jsou pak udržovány prostřednictvím zemědělských dotací (PETŘÍKOVÁ A KOL. 2006). Tento přístup je z velké části jednosměrný. Nemůže ve své podstatě plně podpořit udržení potřebné ekonomické a sociální úrovně venkova. Má svá omezení ve vztahu k zajištění potravinové bezpečnosti, udržení osídlení a kvality života na venkově.

Podle ANDERTA A KOL. (2006) se právě tato půda stává potencionální plochou pro pěstování energetických plodin, a to z důvodu hledání alternativních zdrojů energie, které se stává celosvětovou záležitostí. Orientace na pěstování energetických plodin na této půdě je jednou z nejperspektivnějších možností řešení

využití nadbytečné zemědělské půdy (PASTOREK A KOL., 2004). Tyto plodiny je možno pěstovat, jak uvádí MOUDRÝ, STRAŠIL (1998), nejen na přebytečné půdě, ale i na půdách zdevastovaných, v oblastech s vysokou imisní zátěží, kde hrozí kontaminace produkce škodlivými látkami a také v oblastech s regulovanými podmínkami hospodaření.

Pěstováním energetických rostlin na nadbytečné půdě je možno zajistit údržbu krajiny, omezit zaplevelování, snížit eroze a úniky nitrátů do vod. Zároveň pěstování energetických rostlin, výroba fytopaliv a budování fytoenergetických zařízení vytváří nové pracovní příležitosti a podílí se na hospodářské prosperitě venkovských obcí. Zazelenění krajiny pěstováním energetických rostlin nejen podstatně zlepšuje životní prostředí, ale zároveň má zeleň vliv na filtrování a odprášení vzduchu. Využití biomasy navíc zajišťuje energetickou bezpečnost státu při omezení dovážené ropy a zemního plynu a představuje významnou finanční úsporu a nezávislost na těchto dovážených surovinách (PETŘÍKOVÁ A KOL., 2006) a v neposlední řadě významně přispívá k řešení očekávaného přebytku orné půdy do roku 2010 (PASTOREK A KOL., 2004).

2.5 Charakteristika vybraných druhů trav

2.5.1 Obecná charakteristika trav

Trávy patří do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*), která je nesmírně bohatá. Celosvětově je určeno přes 3 500 druhů. Na území ČR v přirozených i kulturních porostech se vyskytuje asi 240 druhů, z nichž mnohé nemají praktický význam. Na utváření travních společenstev se významně podílí pouze 30 – 40 druhů. Současný český sortiment povolených odrůd k pěstování a množení dosahuje 26 druhů a hybridů s odlišnými vlastnostmi.

Trávy mají celou řadu předností, pro které se ve vlhčích oblastech na mělkých půdách staly hlavním zdrojem objemné píce. Významná je schopnost intenzivního vegetativního rozmnožování, s čímž je spojena u mnoha druhů značná vytrvalost. Trávy vytváří pevný, hustý drn, který nejlépe odolává pastvě hospodářských zvířat i těžké sklizňové technice. Pozitivně ovlivňují úrodnost půdy, díky hustému

kořenovému systému chrání půdu před erozí, zabraňují vyplavování živin (zejména nitrátů) do spodiny a obohacují ornici o humus. Trávy mají rozdílné ekologické vlastnosti a požadavky. Vyznačují se značnou přizpůsobivostí, využívají se nejen k výrobě objemné píce, ale i nezemědělským účelům pro zakládání technických trávníků (ŠANTRŮČEK A KOL., 2001).

2.5.2 Lesknice (chrastice) rákosovitá

Lesknice rákosovitá (*Phalaris arundinacea* L.), syn. *Phalaroides arundinacea* (L.) Rauschert, nebo *Baldingera arundinacea* (L.)

Původ

MOUDRÝ, STRAŠIL (1998, 1999) tvrdí, že chrastice rákosovitá je autochtonní druh, který je přirozeně rozšířen na celém území našeho státu, všude tam, kde je dostatek půdní vláhy. GRÄU ET AL. (2002) uvádí, že lesknice rákosovitá je rozšířena téměř v celé Evropě, mírné zóně Asie a v Severní Americe.

Botanická charakteristika

Lesknice (chrastice) rákosovitá, jak je napsáno v literatuře od GRÄU ET AL. (2002), je vytrvalá, mohutná tráva s dlouhým plazivým oddenkem. Stébla má velmi statná, přímá nebo nejvýše na bázi zahnutá, hladká, s 4-6 kolénky a až 2 m vysoká, čímž se řadí mezi nejvyšší trávy.

Mohutná přímá stébla jsou zakončena dlouhou jednostrannou latou (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2007), kterou GRÄU ET AL. (2002) popisují jako v obrysu kopinatou, vzpřímenou, poměrně hustou, 5 – 25 cm dlouhou a až 4 cm širokou. V době květu bývá poněkud prořídlá. Sterilní výhony jsou stébelné, hustě olistěné. Listy jsou dlouhé a široké. (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1998). GRÄU ET AL. (2002) dodávají, že listové pochvy jsou hladké na hřbetní straně oblé. Čepele má lesknice rákosovitá lysé, zelené, až 18 mm široké a 10 až 35 cm dlouhé, dlouze zašpičatělé, ploché, pevné, v přední části poměrně drsné.

Lesknice rákosovitá tvoří silné a dlouhé podzemní rizomy, které se rozprostírají těsně pod povrchem půdy (nejvýše do 100 mm). Vyznačuje

se mocným a do hloubky pronikajícím kořenovým systémem (až do 2,5 – 3 m), který může dobře zásobovat rostlinu vodou (ŠANTRŮČEKA KOL., 2001). MOUDRÝ, STRAŠIL (1998) dodávají, že bohatě založený systém podzemních oddenků vytváří hustý, zapojený porost s pevným drnem. Kořenový systém je mohutný, jdoucí do značné hloubky. Trsy lesknice nevytváří.

Podle HAVLÍČKOVÉ A KOL. (2008), dosahuje lesknice rákosovitá plného vývinu již od druhého roku. Rovněž z jara začíná obrůstat velmi časně a také rychle roste. MOUDRÝ, STRAŠIL (1998, 1999) uvádí, že lesknice je cizosprašný alotetraploidní druh ($2n = 28$), jehož plodem je vejčitá nahá obilka asi 1,5 - 4 mm dlouhá a 1 mm široká s HTS kolem 0,8 g.

Nároky na stanoviště

V přirozených travních porostech se lesknice rákosovitá, jak uvádí HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2007), nejvíce vyskytuje v okolí tekoucích vod i jezer, kde vytváří charakteristické porosty v pobřežních rákosinách (GRÄU ET AL., 2002). MOUDRÝ, STRAŠIL (1998, 1999) tvrdí, že její rozšíření vysoko do hor upozorňuje na 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 přisušek. Holomrazy ani pozdní jarní mrazíky jí neškodí. Také zastínění nebo krátkodobé zavodnění snáší dobře.

Povolené odrůdy

Dle PETŘÍKOVÉ A KOL. (2006) není v seznamu odrůd zapsaných ve Státní odrůdové knize České republiky k 1. 10. 2004 registrována žádná odrůda. 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) (HAVLÍČKOVÁ A KOL. 2007).

MOUDRÝ, STRAŠIL (1998) uvádí, že jsou šlechtěny 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 uvedených prvků a při nízkých teplotách spalování taví a spéká.

Osevní postup

Lesknici, jak říká HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2007), je dobré zařadit na nezaplevelený pozemek. Může se sít prakticky po všech předplodinách, neboť je nenáročná na předplodinu (PETŘÍKOVÁ A KOL., 2006).

HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2007) zmiňují, že vhodnými předplodinami jsou luskoobilní směsky a obilniny, které následují buď po pícnině nebo po ozimé řepce.

Agrotechnika

Volba agrotechnických postupů, jak uvádí HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008), je dána účelem, pro který se lesknice pěstuje. Lesknici je možno pěstovat na semeno, píci nebo průmyslové využití. Na semeno se seje na přiměřeně vlhký pozemek s těžší půdou s dostatkem živin do širších řádků (25-30 cm), množství osiva je 8-10 kg/ha. Výsev je možno provádět na podzim nebo časně z jara zároveň s krycí plodinou, nebo bez krycí plodiny časně na jaře. Na podzim by měla být lesknice zaseta do 20.-25. srpna, aby do zimy dobře zakořenila. Lesknice dozrává ke konci července. Lesknici na semeno je třeba sklízet opatrně, neboť obilky dozrávají značně nestejně a snadno vypadávají. Výnosy semene se udávají 2-4 q/ha (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1999).

Při pěstování lesknice na píci (hmotu) se seje do užších řádků na vzdálenost 12,5-30 cm podle využití. Výsevek v čisté kultuře činí 20-25 kg/ha semene. Pro zajištění dobré kvality píce je třeba porosty lesknice sklízet ještě před metáním, kdy seno má vysoký obsah bílkovin. Po vymetání se rychle snižuje její stravitelnost. Obecně se uvádí, že lesknice rákosovitá má průměrný obsah živin a horší stravitelnost než ostatní pícní trávy. Při pozdější sklizni se doporučuje zesilážovat. Obvyklé jsou dvě až tři seče za rok (PETŘÍKOVÁ A KOL., 2006; MOUDRÝ, STRAŠIL, 1998, 1999).

HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2007), PETŘÍKOVÁ A KOL., (2006) a MOUDRÝ, STRAŠIL (1998, 1999) se shodují v tom, že porosty lesknice určené

pro energetické využití se zakládají obdobně jako na píce. Dobře založené porosty vydrží několik let. Doporučují se však sklízet po zimě brzy na jaře, kdy mají rostliny nízký obsah vody (12-20%). Jako druhý důvod výhody sklizně po zimě se uvádí, že množství živin obsažených v rostlinách je na jaře poloviční v porovnání s rostlinami sklizenými např. v srpnu. Jako důvod se uvádí translokace živin do kořenové části a jejich vyluhování během zimy. Také na podzim některá stébla u některých populací mají tendenci tvořit zelené větve z paždí na listových pochvách. Porosty je možné každoročně přihnojovat nejlépe na jaře před vegetační sezónou.

Hnojení

V literatuře MOUDRÝ, STRAŠIL (1998, 1999) se uvádí, že je lesknice značně náročná na živiny. Ve Švédsku se udávají průměrné dávky živin při pěstování lesknice sklizené na jaře 80 kg/ha N, 30 kg/ha K a 10 kg/ha P. Ve Švédsku bylo použito s úspěchem také přihnojování čistírenským kalem. Ve Finsku používali v polních pokusech prvním rokem 40-70 kg/ha N a později 70-100 kg/ha N. Z pokusů provedených autory vyplývá, že lze doporučit od druhého roku stáří porostu dávku 50-80 kg/ha N, v závislosti na půdních podmínkách (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2007).

Ochrana rostlin

Choroby ani škůdci, dle MOUDRÉHO, STRAŠILA (1998, 1999), obvykle u lesknice 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. Doporučuje se Starane EC 250 v dávce 2-3 l/ha nebo Lontrel 300 v dávce 0,8-1,0 l/ha nebo Harmony Extra v dávce 0,5 kg/ha (PETŘÍKOVÁ A KOL., 2006).

Sklizeň a posklizňové ošetření

Podle PETŘÍKOVÉ A KOL. (2006) se lesknice určená pro průmyslové využití v roce výsevu při využití na buničinu většinou nesklízí. Sklízí se 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 bubnu a zvětší se průchodnost sklízecího ústrojí. Při těchto opatřeních je snižován odrol listů.

Při energetickém využití se dají též lisovat brikety nebo pelety. Ve Švédsku se uvádějí průměrné výnosy sušiny za 5 let pěstování (od druhého roku) ve výši 9 t/ha na konci vegetační sezóny a 7,5 t/ha na jaře, a to při dávce 100 kg/ha N (PEDERSEN, 1997). Ztráty sušiny přes zimní období se uvádějí kolem 25 % (HADDERS, OLSON, 1997). Průměrné výnosy sušiny v okolních státech se pohybují v rozmezí 4,5 až 9,0 t.ha⁻¹ (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1998,1999).

Jak říká HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008), lesknici lze sklízet také pro výrobu bioplynu. Obdobně jako při sklizni na píci je i sklizeň pro použití v bioplynových stanicích v době, kdy obsah sušiny je pod 35 % (tj. před tvorbou reprodukčních orgánů). Během roku se může na bioplyn sklízet 2-3x. Lesknice je však pro výrobu bioplynu méně vhodná než např. kostřava, psineček apod.

V uvedených polních pokusech MOUDRÝ, STRAŠIL (1998, 1999) dosáhli v závislosti na agrotechnických opatřeních a půdně-klimatických podmínkách u tříletých porostů výnosů sušiny nadzemní fytomasy v rozmezí od 5,3 do 12,6 t/ha. Uvádí se, že na uměle založených loukách při hnojivé závlaze lze dosáhnout výnosů více než 15 t (sušiny) . ha⁻¹.

Využití produktu

- semena (osivo),
- celé rostliny - krmivo (čerstvá píce, seno, siláž),
- výroba buničiny (hlavně stonky – PAHKALA, MELA, 1997, KOZLOWSKI A KOL., 1996),
- přímé spalování (listy nebo celé rostliny, spalné teplo sušiny nadzemní části rostlin je kolem 17,52 MJ/kg),
- výroba elektřiny,
- výroba bioplynu (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1998).

Zhodnocení využití pro energetické účely

Lesknice je, jak zjistili MOUDRÝ, SOUČKOVÁ (2006), jednou z alternativních plodin, o jejímž rozšířeném pěstování pro průmyslové využití se uvažuje, a to hlavně v SRN, Dánsku ale i v severských evropských státech jako je Finsko, Švédsko. Lesknice má sloužit jako potenciální energetický zdroj (spalné

teplo sušiny celé plodiny je v průměru 17,52 MJ/kg viz. tabulka č. 5). Např. ve Švédsku mají oseto více než 1000 ha. Zcela nově se začíná zavádět i v pobaltských zemích, kde jí dávají přednost před rychlerostoucími dřevinami (PETŘÍKOVÁ A KOL., 2006).

Podle HAVLÍČKOVÉ A KOL. (2008) je z energetického a ekonomického hlediska také důležitý termín sklizně. Možné termíny jsou v okamžiku největšího nárůstu fytomasy, pozdě na podzim nebo brzy na jaře. Obsah vody ve sklizených rostlinách je v prvním termínu sklizně 60-80 %, ve druhém termínu sklizně pak 30-70 %. Takto vlhká fytomasa se dá z energetického hlediska přímo využít pouze na výrobu bioplynu. Pokud by se měla používat lesknice pro účely spalování přímo v kotlích nebo na výrobu pelet a briket, je třeba ji dosušet, za příznivého počasí přímo na poli nebo uměle v sušárnách. Dosoušení vyvolává dodatečné náklady, které jsou zejména při umělém dosoušení velmi významné v celkové ekonomice pěstování plodiny.

Fytomasa při vlhkosti pod 20 %, které se dosahuje při jarním termínu sklizně, je vhodná přímo k výrobě briket a pelet, ke skladování nebo k okamžitému spalování (LANDSTROM A KOL., 1996). Ztráta fytomasy kolem 25 % přes zimní období není v porovnání s některými ostatními plodinami vysoká (viz. tabulka č. 6). Ztráta je kompenzována úbytkem vlhkosti, neboť při podzimní sklizni by bylo třeba fytomasu dosušet. Porost lesknice přes zimní období většinou nepoléhá, což umožňuje bezproblémovou sklizeň bez větších ztrát fytomasy (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008). Jarní sklizeň je doporučována také proto, že při pozdějších termínech sklizně se snižuje obsah draslíku, chlóru, dusíku, síry a dalších prvků ve fytomase lesknice, ale i dalších plodin oproti raným termínům sklizně. Množství živin obsažených v rostlinách je na jaře významně nižší v porovnání s rostlinami sklizenými např. v srpnu (viz. tabulka č. 7). U pozdních termínů sklizně (březen) se při spalování fytomasy lesknice zvyšuje teplota spékání popele a jsou zaznamenány nižší emise SO_x a NO_x oproti ranějším termínům sklizně (červenec – září) (STRAŠIL A KOL., 2005).

HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008) tvrdí, že pokud je porost lesknice dobře založen, vydrží na jednom stanovišti bez snížení výnosů fytomasy řadu let. Navíc hustá soustava oddenků a kořenů zpevňuje půdu a prakticky celoroční pokryv půdy zabraňuje erozi. Zavedením lesknice se zlepší fyzikální, chemické a biologické

vlastnosti půdy, včetně zvýšení její organické složky. Půda navíc může být vrácena bez větších potíží původnímu využití pro výrobu plodin pro potravinářské účely.

Pro zavádění lesknice hovoří nízká cena při zakládání porostů, žádné nebo minimální používání herbicidů nebo pesticidů i další nízké přímé náklady. Nepřehlédnutelnou výhodou je, jak již bylo zmíněno, že se u nás dá pěstovat téměř ve všech klimatických podmínkách od nížin až po hory.

Tabulka č. 5: Orientační výnosy suché hmoty a energetická výtěžnost z 1 ha (dle MOUDRÉHO, SOUČKOVÉ, 2006)

Rostlina	Výnosy suché hmoty (t/ha)	Energetická výtěžnost (GJ/ha)
Lesknice rákosovitá	4,09 – 4,86	75,1 – 89,3

Tabulka č. 6: Výnosy čerstvé hmoty (č.h.), sušiny fytohmoty (t/ha) a vlhkost při sklizni (%) lesknice rákosovité v různých termínech sklizně - průměr let 1996-2001 (dle HAVLÍČKOVÉ A KOL., 2008)

I. odběr			II. odběr			III. odběr		
Výnos		Obsah vody	Výnos		Obsah vody	Výnos		Obsah vody
č. h.	Sušina		č. h.	Sušina		č. h.	Sušina	
24,55	8,10	67,00	15,04	8,00	46,80	7,61	6,20	18,50

Tabulka č. 7: Obsah prvků v rostlinách lesknice rákosovité v různých termínech sklizně (dle HAVLÍČKOVÉ A KOL. 2008)

Termín sklizně	Obsah prvků v rostlinách lesknice rákosovité v různých termínech sklizně				
	N	P	K	Ca	Mg
V době kvetení	1,355	0,233	1,054	0,702	0,189
Podzim	0,995	0,170	0,569	0,401	0,119
Jaro	0,923	0,143	0,143	0,245	0,055
Průměr	1,091	0,182	0,589	0,449	0,121

2.5.3 Ovsík vyvýšený

Ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius* M. K. = *Avena elatior* L.)

Původ

Ovsík vyvýšený je tráva domácího původu, tudíž se jí v našich podmínkách dobře daří (PETŘÍKOVÁ A KOL., 2006). Tento autochtonní druh, jak uvádí HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008), je přirozeně rozšířen na celém území našeho státu,

zejména na sušších půdách s průměrnou až vyšší zásobou přijatelných živin. GRÄU ET AL. (2002) tvrdí, že je hojně rozšířený až hojný druh luk, křovin, náspů, svahů a okrajů cest. Ovsík vyvýšený je rozšířen v celé Evropě od nížin až do nižších horských poloh (v Alpách asi do 1400 m).

Botanické zařazení

GRÄU ET AL. (2002) uvádí, že ovsík vyvýšený je vytrvalá, víceletá tráva rostoucí v řídkých trsech (volně trsnatá). Stébla jsou přímá nebo poněkud rozložená, poměrně mohutná, s 3 až 5 tlustými kolénky, zcela hladká nebo pouze na kolénkách slabě chlupatá. V lučních porostech vytváří mohutné, vysoké trsy se vzpřímenými, v horní části obloukovitými listy. Ovsík vyvýšený vytváří hluboký kořenový systém svazčitých kořenů s maximálním množstvím kořenové hmoty v hloubce 5-30 cm, který mu umožňuje čerpat vláhu a živiny i z hlubších vrstev. V nadzemní části tvoří listové výhonky, stébelné sterilní výhonky a stébelné fertillní výhonky (MÍKA, 2002). REGAL (1953) popsal listy ovsíku jako středně dlouhé, v mládí stočené, se středně velkým, širším jazýčkem, bez oušek, matné, s řídkým ochlupením (trichomy) na lícni straně čepele. Stébla jsou vzpřímená a nesou charakteristické květenství – latu s velkými obilkami. Ovsík vyvýšený patří mezi jarní trávy, v populaci se však vyskytují i rostliny ozimého charakteru. Plodná stébla tvoří v 1. i 2. seči, ve 2. a v dalších sečích je však vyšší podíl sterilních stébelných výhonků.

Podle ŘÍMOVSKÉHO A KOL. (1989) je obilka dlouhá 8 – 10 mm, je opatřena hnědou, kolénkatě zahnutou, spirálovitě stočenou osinou. Hmotnost tisíce semen činí 2,5 – 4 g. Osivo je téměř nesyypatelné, takže pro výsev je nutné použít sečích strojů s kartáčovým výsevním ústrojím. S ohledem na obtížnější vysévání osinatých obilek však byly u nás i ve světě, jak se zmiňují ve své literatuře HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008), vyšlechtěny bezosinné odrůdy. Délka obilky je 8-9 mm, šířka 2 mm, HTS 2,8-3,6 g.

Po zasetí se ovsík vyvýšený středně rychle vyvíjí a plného vývinu dosahuje již ve druhém roce, s maximálním rozvojem ve 2.- 4. roce vegetace. Maximálních výnosů dosahuje v 1.- 3. užitkovém roce, v 5. užitkovém roce výnosy výrazněji klesají. Výnosově vyniká nejen v monokulturách, ale výborně se uplatňuje i ve směsích s jetelovinami. Z jara brzy obrůstá, v metání a kvetení je středně raný. V rámci skupiny druhů kulturních píceňích trav vytváří vysoké, zapojené porosty

s dobrou konkurenční silou vůči plevelům. Ovsík vyvýšený také v porostech potlačuje pýr plazivý. Ovsík vyvýšený je cizosprašný alotetraploidní druh, který ač dobře obrůstá, nesnáší sešlapávání (PETŘÍKOVÁ A KOL., 2006).

Nároky na stanoviště

Podle VELICHA (1994) má ovsík vyvýšený užší ekologickou amplitudu. V přirozených a polopřirozených travních porostech se ovsík vyvýšený vyskytuje na sušších (mezoxerofytních) lokalitách, vlhčí stanoviště ani dočasné zamokření nesnáší. Na živiny je náročný až středně náročný a vyskytuje se na půdách středně až bohatě zásobených živinami (stupeň mezotrofní až eutrofní). Na půdní reakci není zvláště citlivý, je dobře přizpůsoben půdní reakci v rozmezí pH od 4,5 do 7,5 s optimem pH kolem 6. Ovsík si dokáže dobře osvojovat vláhu i živiny (KLIMEŠ, 2004), díky svému bohatě rozvinutému kořenovému systému (PETŘÍKOVÁ A KOL., 2006). Proto vyniká vysokými výnosy i v sušších letech.

Vyhovují mu půdy středně těžké a lehčí, s dobrou zásobou přijatelných živin. Výhodná jsou slunná teplá stanoviště. Ovsík vyvýšený se vyskytuje převážně v teplejších nížinných a pahorkatinných oblastech, v poslední době však proniká na teplejších stráních i do nadmořských výšek 650-850 m. n. m. (KLIMEŠ, 2004). Drsnější klimatické podmínky snáší poměrně špatně, neboť trpí holomrazy a plísní sněžnou. Navíc špatně snáší sešlapávání a spásání (ŠANTRŮČEK A KOL., 2001).

Povolené odrůdy

HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008) uvádí, že v seznamu odrůd zapsaných ve Státní odrůdové knize České republiky k 1. 10. 2007 jsou zapsány jen 2 odrůdy 'Rožnovský' a 'Medián'. Odrůda 'Medián' je pozoruhodná bezosinatou obilkou a snadným vyséváním. Ve světě existuje více odrůd ovsíku vyvýšeného, žádná však u nás není registrovaná. Bezosinná je také např. Polská odrůda 'Wiwena'. Odrůdy jsou vesměs šlechtěny na vysoký výnos biomasy. Naše šlechtěné odrůdy ovsíku vyvýšeného jsou vhodné především do pahorkatinných oblastí při jejich dobré přizpůsobivosti středoevropským klimatickým podmínkám.

Osevní postup

Podle HAVLÍČKOVÉ A KOL. (2008) je vhodné ovsík vyvýšený vysévat jako monokulturu na teplejší, sušší pozemky s dobrou zásobou živin. Ovsík

je nenáročný na předplodinu. Může se sít prakticky po všech plodinách. Nejvhodnější předplodinou pro založení porostu ovsíku vyvýšeného jsou brambory (případně i další plodiny, ke kterým byla aplikována organická hnojiva). V případě založení semenářské kultury je nutné, aby na pozemku nebyly minimálně po tři roky pěstovány žádné druhy trav na semeno. Dále musí být zachována minimální vzdálenost 100 m od jiných odrůd ovsíku vyvýšeného (PETŘÍKOVÁ A KOL., 2006).

Agrotechnika

HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008) uvádí, že ovsík vyvýšený je vhodné využívat pro zakládání monokultur a dočasných jetelotravních směsí. Optimální doba využívání monokultur i směsí je 2-5 užitkových let. Ovsík vyvýšený je tráva vhodná ke kosení 1-4x ročně. Pro energetické využívání je vhodné jeho využívání kosením 1-2x ročně. Velmi dobře snáší také mulčování, zejména na vyšší výšku, a to krátkodobě i dlouhodobě. Pastvu a sešlapávání ovsík vyvýšený nesnáší. Při semenářském využití lze zakládat porosty do krycí plodiny (nejlépe senážní oves, dále luskovinoobilní směsky, bob, eventuálně jarní ječmen, jarní pšenice) v období od konce března do poloviny května. Při přímém výsevu bez krycí plodiny lze porosty ovsíku zakládat na jaře a ve vlhčím období i v létě (do 25. srpna). Semenářské porosty se nejčastěji vysévají do širších řádků (25 cm), ve kterých dávají vyšší výnosy semene. Optimální hloubka setí je 2,5-4 cm. Výsevek u porostů na semeno činí 25 kg. Ovsík vyvýšený je poloraný až raný a semenářské porosty dozrávají většinou od počátku července. V době zralosti začínají vypadávat obilky z vrcholu laty (ŘÍMOVSKÝ A KOL., 1989). Sklízí se kombajny (600-700 otáček za minutu s povoleným košem) při vyšším strništi. Výnosy semene se pohybují v rozpětí 3-8 q/ha.

Při pěstování ovsíku vyvýšeného na biomasu lze doporučit jeho pěstování v monokultuře na 4-6 užitkových let. Vysévá se do řádků o šířce 12,5-24 cm podle využití. Výsevek v čisté kultuře činí 35-40 kg semene/ha. Ovsík patří mezi rané až polorané trávy, na jaře brzy obrůstá a metá. Porosty pro pícní a energetické využití formou výroby bioplynu je třeba sklízet dříve, na počátku metání (1/3 laty vymetaná). Porosty určené pro spalování biomasy je nutné sklízet později, nejlépe až po odkvětu a během zrání. Biomasa ovsíku vyvýšeného

je vzhledem k dobrému olistění vhodnější k výrobě bioplynu a ovsík patří mezi trávy s jeho vyšší produkcí. Porosty ovsíku lze využívat 2-3 sečemi, pro sklizeň biomasy pro přímé spalování je vhodnější využití jedné seče. Nejvhodnější termín sklizně biomasy ovsíku pro spalování je srpen až počátek září. Porosty ovsíku určené pro spalování lze sklízet i po zimě brzy na jaře, kdy je biomasa sušší a s nízkým obsahem živin. Při jarní sklizni však může dojít k výraznému snížení výnosů vlivem poléhání pod sněhovou pokrývkou (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008).

Hnojení

Ovsík vyvýšený, jak uvádí HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008), je náročný na živiny. Vyhovují mu střední až vyšší dávky minerálních živin a krátkodobě porosty ovsíku snášejí i animální hnojení včetně vyšších dávek. Minimální dávka N, na kterou začíná ovsík reagovat zvyšováním výnosu je 50 kg N/ha/rok. Optimální dávky dusíku pro ovsík vyvýšený se pohybují v rozmezí 100-160 kg N/ha/rok. Ovsík dobře reaguje i na dávky přes 200 kg N. Vyšší dávky živin (nad 100 kg N/ha/rok) je vhodné dělit v poměru 2/3 dávky na jaře a 1/3 po 1. seči. Podzimní hnojení fosforem v dávce 30-50 kg/ha a draslíkem v dávce 60 kg/ha, případně i dusíkem v dávce 50 kg/ha podporuje tvorbu fertálních odnoží a stébel.

Ochrana rostlin

Choroby ani škůdci, dle HAVLÍČKOVÉ A KOL. (2008), obvykle nečiní u ovsíku problémy. V letních a podzimních měsících se mohou vyskytnout listové a stébelné choroby (*Puccinia*, *Fusarium*, *Helminthosporium*). Proti plevelům lze aplikovat selektivní herbicidy, které se používají do jarních obilnin a to nejlépe ve fázi 3-6 listů ovsíku. Doporučuje se Starane EC 250 (0,4-1 l/ha), Aminex Pur (3 l/ha), Duplosan KV (1,5-1,8 l/ha), Sluprop (3-3,5 l/ha), Aniten, Loxytril, Faneron 50 WP, Lontrel 300 (0,3-0,5 l/ha), Mustang (0,6 l/ha) nebo Harmony Extra.

Sklizeň a posklizňové ošetření

PEŘÍKOVÁ A KOL. (2006) tvrdí, že ovsík vyvýšený lze sklízet pro pícní využití, pro energetické využití, výrobou bioplynu a pro přímé spalování. Biomasu lze využít i jako mulč. Vzhledem k vyššímu obsahu živin (dusíkatých látek, minerálních látek) je biomasa ovsíku vhodná k výrobě bioplynu (vysoká produkce) a méně vhodná k přímému spalování (energetická výtěžnost - viz. tabulka č. 8).

Při využití biomasy na výrobu bioplynu sklízíme porosty ve fenofázi počátku až plného metání, tj. od poloviny do konce května. Biomasa se poseče na řádek a po zavadnutí se sklízí obdobně jako při výrobě senáže na píci. Pro výrobu bioplynu je vhodné sklízet porosty ovsíku 2-3x ročně, druhá seč od konce července do poloviny září (resp. 2. seč kolem 20. 7. a 3. seč 15-20. 9.). Při sklizni biomasy pro přímé spalování je vhodné sklízet porosty ovsíku až po přezimování časně na jaře, avšak při vyšších ztrátách 25-40 % biomasy v závislosti na sněhové pokrývce a nadmořské výšce. Sečená biomasa se nechá sušit na řádku na vyšší obsah sušiny a lisuje se do větších, většinou kulatých balíků.

V uváděných pokusech bylo u monokultur ovsíku vyvýšeného (viz. tabulka č. 9) dosaženo v nadmořských výškách 500-650 m. n. m. výnosů biomasy (sena při 15 % vlhkosti) v rozpětí 10,9-13,08 t/ha. Polopřirozené trvalé travní porosty s převahou ovsíku vyvýšeného dosahují výnosů 5-10,5 t/ha sušiny v závislosti na půdní úrodnosti stanoviště a hnojení (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008).

Využití produktu

- semena – osivo,
- celé rostliny – krmivo (čerstvá píce, seno, siláž),
- výroba buničiny (stébla),
- přímé spalování (listy nebo celé rostliny, spalné teplo sušiny nadzemní části rostlin je kolem 17,25 MJ/kg),
- výroba bioplynu (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008).

Zhodnocení využití pro energetické účely

FRYDRYCH A KOL. (2001) uvádí, že čerstvá biomasa ovsíku vyvýšeného obsahuje 83-75 % vody a 17-25 % sušiny, během zrání a v sušším létě může obsah sušiny v nadzemní biomase dosáhnout až 35 %. Biomasa je značně bohatá na dusíkaté látky i popeloviny a je vhodná k výrobě bioplynu. Při využití ovsíku pro přímé spalování v kotlích nebo pro výrobu pelet a briket je třeba biomasu dosoušet, za příznivého počasí přímo na poli nebo uměle v sušárnách. Dosoušení vyvolává dodatečné náklady, které jsou zejména při umělém dosoušení velmi významné v celkové ekonomice pěstování plodiny.

Vlhkost pod 25 % při jarním termínu sklizně je vhodná přímo k lisování briket a pelet, skladování nebo k 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 dosoušet (FRYDRYCH A KOL., 2001, 2005, 2006).

Porost ovsíku vyvýšeného, pokud je dobře založen, vydrží na jednom stanovišti bez snížení výnosů po dobu 4-5 let. Hustá soustava kořenů zpevňuje půdu a prakticky celoroční pokryv půdy zabraňuje erozi. Ovsík zlepšuje fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy, včetně zvýšení její organické složky. Půda navíc může být vrácena bez větších potíží původnímu využití pro výrobu plodin pro potravinářské účely.

Pro použití ovsíku hovoří nízká cena při zakládání porostů, žádné nebo minimální používání herbicidů nebo pesticidů, i další nízké přímé náklady. Nepřehlédnutelnou výhodou je, jak již bylo zmíněno, že se u nás dá pěstovat na sušších lokalitách v nížinném až podhorském pásmu nadmořských výšek (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008).

Tabulka č. 8: Orientační výnosy suché hmoty a energetická výtěžnost z 1 ha (dle MOUDRÉHO, SOUČKOVÉ, 2006)

Rostlina	Výnosy suché hmoty (t/ha)	Energetická výtěžnost (GJ/ha)
Ovsík vyvýšený	3,37 – 4,31	52 – 66,5

Tabulka č. 9: Průměrné výnosy sena (primární produkce bez provozních ztrát) monokultur vybraných druhů trav u dvou lokalit v bramborářském (S₁) a řepařském (S₂) výrobním typu (dle HAVLÍČKOVÉ A KOL., 2008)

Pokus	Stanoviště, užitkový rok, výnos sena v t/ha											
	S ₁ – Kaplice, 650 m.n.m.				S ₂ – H. Životice, 275 m.n.m.				S ₁₂ – průměr obou lokalit			
Odrůda	1.	2.	3.	x _{1..3.}	1.	2.	3.	x _{1..3.}	1.	2.	3.	x _{1..3.}
OV Medián	10,9	13,0	11,7	11,9	12,8	15,6	16,2	14,9	11,9	14,3	14,0	13,4

OV – ovsík vyvýšený

2.5.4 Srha říznačka (laločnatá)

Srha laločnatá (*Dactylis glomerata* L.), syn. srha říznačka

Původ

Tento druh, podle GRÄU ET AL. (2002), patří k našim nejrozšířenějším travám. Najdeme ji v Evropě, ale zavlečená a zdomácnělá je téměř ve všech oblastech s mírným klimatem. Její rozšíření sahá od nížin až do hor, v Alpách vystupuje až do 1950 m. n. m. Nejhojněji je zastoupena na mírně suchém až vlhkém stanovišti, kde je výživná půda. Tedy na lukách, okrajích cest či rumišťích.

Botanické zařazení

ŘÍMOVSKÝ A KOL. (1989) uvádí, že srha laločnatá je volně trsnatá tráva vyššího vzrůstu. Stébla dorůstají přes 1 m výšky. Je ozimého charakteru. Nemetá v roce výsevu ani po prvé seči v dalších letech. Odnožuje intravaginálně. Jarní růst je velmi rychlý. Rovněž obrůstání po seči je intenzivní a rychlejší než u ostatních druhů. Kvete na přelomu května a června. Patří k travám s velmi rychlým vývinem. Plnou produkci dosahuje, zvláště je-li porost bohatě hnojen dusíkatými hnojivy, už v prvé, nejpozději ve druhém užitkovém roce. Na stanovišti setrvává více let, její vytrvalost může být delší než 10 roků, avšak hospodářsky významnou produkci v intenzivně hnojených a využívaných porostech udržuje zpravidla 4 – 5 let.

Konkurenční schopnost srhy laločnaté je značně vysoká. V porostu se její trsy široce rozkládají a potlačují ostatní druhy. Trsy jsou mohutné, široké s obloukovitými šedozelenými listy. Listové pochvy jsou zprvu uzavřené, drsné nebo hladké, ploše smáčknuté, zřetelně vlnaté a ostře dvouřízně zploštělé. Čepele jsou zašpičatělé, na spodní straně kýlnaté dlouhé až 45 cm a 2-14 mm široké. Ouška u ovsíku vyvýšeného nejsou vytvořena. Na bázi čepele se nachází 3-5 mm dlouhý, zoubkovaný a většinou rozdřípený jazýček (GRÄU ET AL., 2002). Srha laločnatá vytváří středně hluboký až hluboký kořenový systém svazčitých kořenů s maximálním množstvím kořenové hmoty v hloubce 5-25 cm. V nadzemní části tvoří listové výhonky, stébelné fertlilní výhonky a méně zkrácené stébelné výhonky. Listy jsou dlouhé, v mládí složené, s velkým jazýčkem a zploštělými listovými pochvami, které jsou matné a lysé (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008).

Mohutná, vzpřímená stébla jsou bez výběžků a nesou květenství jednostrannou, trojúhelníkovitou velkou latu s hustě nahloučenými, klubkovitými klásky (GRÄU ET AL., 2002). ŘÍMOVSKÝ A KOL. (1989) potvrzují, že klásky na konci větví laty jsou nahloučeny k sobě a vytvářejí jakási květní klubka. Srha laločnatá patří mezi převážně ozimé trávy, plodná stébla tvoří ve 2. roce vegetace a metá jen do 1. seče, po posečení tvoří jen dlouhé listové výhonky, případně zkrácené stébelné výhonky (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008).

Plodem je středně velká kýlnatá, mírně prohnutá obilka s krátkou osinou, 4-7 mm dlouhá a 1,5 mm široká, s HTS 0,70-1,30 g. Po zasetí se srha laločnatá dosti rychle vyvíjí a plného vývinu dosahuje již druhého roku, s maximálním rozvojem ve 2.-5. roce vegetace. Maximálních výnosů dosahuje v 1.-4. užitkovém roce (PETŘÍK A KOL., 1987).

Jak uvádí VELICH (1994), z jara obrůstá srha říznačka jako jedna z nejranějších trav a vzhledem ke krátkému světelnému stadiu začíná metat již v polovině května. Je nevyhraněně ozimá a proto v roce setby a v otavě většinou nemetá. Při své ranosti bývá často poškozena jarními mrazíky, ovšem velmi rychle regeneruje. Podle HAVLÍČKOVÉ A KOL. (2008) v rámci skupiny druhů kulturních pícních trav vytváří srha zapojené porosty s vyšší vytrvalostí a dobrou konkurenční silou vůči plevelům. Srha laločnatá je cizosprašný alotetraploidní druh ($2n = 28$).

Nároky na stanoviště

V našich klimatických podmínkách je srha plastickým druhem, ale v subalpínském pásmu již neroste (VELICH, 1994). V přirozených a polopřirozených travních porostech se srha laločnatá vyskytuje na středně vlhkých (mezofytních) stanovištích. Šíří se stanovištní amplitudou od stupně suššího (mezoxerofytního) až po stupeň vlhčí (mezohygrofytní), je tedy značně přizpůsobivá (KLIMEŠ, 1997, 1999).

ŘÍMOVSKÝ A KOL. (1989) tvrdí, že se srha laločnatá vyskytuje i v horských podmínkách, ale nikoliv nad hranicí lesa. Vůči drsnému klimatu je poměrně odolná, zvláště dobře přezimuje pod sněhovou pokrývkou. Je značně citlivá na pozdní mrazíky, přicházející v podhorské oblasti v polovině května, kdy už srha laločnatá obrůstá po prvním pastevním cyklu.

Na živiny je, jak uvádí HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008) náročná až středně náročná a vyskytuje se na půdách středně až bohatě zásobených živinami (stupeň mezotrofní až eutrofní), a to zejména dusíkem (ŘÍMOVSKÝ A KOL., 1989). GRÄU ET AL. (2002) označují srhu jako ukazatele přítomnosti dusíku. Na půdní reakci není zvláště citlivá, je dobře přizpůsobivá půdní reakci v rozmezí pH od 4,0 do 7,5 s optimem pH kolem 5,5. Srha si dokáže dobře osvojovat vláhu i živiny a vyniká stabilními výnosy i v sušších letech (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008). Snáší i polostín (ŘÍMOVSKÝ, 1989).

Na extrémně lehkých půdách však dává nižší výnosy horší kvality, neboť se zvyšuje obsah ligninu a křemíku v píce. Velmi dobře snáší ušlapávání, častější sečení a ke komprimaci drnu při pastvě je tolerantní a při bohatém listovém aparátu se dobře uplatňuje i na zastíněných místech (ŠANTRŮČEK, 2001).

Povolené odrůdy

KLIMEŠ A KOL. (1999, 2000) tvrdí, že odrůdovému šlechtění srhy laločnaté je u nás i ve světě věnována pozornost již dlouhou řadu let s ohledem na její široké pícninářské uplatnění na loukách i na pastvinách, včetně použití v travních směsích určených pro dlouhodobější zatravňování orné půdy. V seznamu odrůd zapsaných ve Státní odrůdové knize České republiky k 1. 10. 2007 je zapsáno celkem 10 odrůd ('Ambassador', 'Barexcel', 'Niva', 'Toscali', 'Vega' a 'Zora'), vesměs šlechtěných na vysoký výnos pícní biomasy. Jako ověřené pro podmínky podhorských oblastí Jižních Čech lze doporučit odrůdy 'Lada', 'Niva', 'Vega' a 'Zora' (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008).

V ČR se šlechtí srha laločnatá již řadu let, zejména na šlechtitelských stanicích Větrov, Hladké Životice a Tagro Červený Dvůr. Naše šlechtěné odrůdy srhy laločnaté jsou při jejich dobré přizpůsobivosti střeoevropským klimatickým podmínkám vhodné především do pahorkatinných až podhorských oblastí (MÍKA, 1997, 1998). Byly šlechtěny především na výnos a kvalitu píce.

Osevní postup

Srhu laločnatou můžeme vysévat jako monokulturu na širší škálu pozemků, včetně pozemků mírně zaplevelených jako odplevelující plodinu. Srha je nenáročná na předplodinu. Může se sít prakticky po všech plodinách. Nejvhodnějšími

předplodinami jsou hnojené okopaniny, luskoviny, jeteloviny a ozimá řepka (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008).

Hnojení

Jak uvádí POULÍK (1996), srha laločnatá je středně náročná až náročná na živiny. Vyhovují jí střední až vyšší dávky minerálních živin. Porosty srhy krátkodobě snáší i animální hnojení včetně vyšších dávek. Minimální dávka N, na kterou začíná srha reagovat zvyšováním výnosu, je 40-50 kg N/ha/rok. Optimální dávky dusíku pro srhu laločnatou se pohybují v rozmezí 100-140 kg N/ha/rok. Srha dobře reaguje i na dávky přes 200 kg N, avšak v porovnání s ostatními travami poskytuje stabilní výnosy i při absenci hnojení. Vyšší dávky živin (nad 100 kg N/ha/rok) je vhodné dělit v poměru 2/3 dávky na jaře a 1/3 po 1. seči (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008).

Agrotechnika

Podle VELICHA (1994) je využití srhy všestranné, ale vyžaduje dobré organizační schopnosti, aby se zajistila včasná sklizeň, případně konzervace píce. Rozhodně není vhodným komponentem do vícesložkových směsek nebo spolu s konkurenčně slabými druhy.

Srha laločnatá má téměř univerzální využití a je součástí širokého spektra travních směsí s výjimkou směsí pro okrasné a hřišťové trávníky. Při semenářském využití lze zakládat porosty do krycí plodiny (nejlépe senážní oves, dále luskovinoobilní směsky, bob, eventuálně jarní ječmen, jarní pšenice) v období od konce března do poloviny května. Při přímém výsevu bez krycí plodiny lze porosty srhy zakládat na jaře a ve vlhčím období i v létě (do 25. srpna). Semenářské porosty se nejčastěji vysévají do širších řádků (25-50 cm), porosty v širších řádcích (30-45 cm) dávají vyšší výnosy semene. Výsevek porostů na semeno činí 10-20 kg, u užších řádků je výsevek vyšší (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008). Nejvhodnější jsou střední až lehčí půdy v řepařské výrobní oblasti. Zraje koncem června až začátkem července, kdy vypadávají obilky z horní části laty. Výnosy se pohybují v rozmezí 200-300 kg/ha, mohou však značně přesáhnout i množství 500 kg/ha (ŘÍMOVSKÝ A KOL., 1989). Sklízí se kombajny při vyšším strništi.

Při pěstování srhy laločnaté na biomasu lze doporučit její pěstování v monokultuře na 4-6 užitkových let. Vysévá se do řádků o šířce 12,5-24 cm podle využití a do hloubky 1-2,5 cm. Výsevek v čisté kultuře činí 20-24 kg semene/ha. Srha laločnatá patří mezi rané trávy, na jaře brzy obrůstá a metá. Porosty pro pícní a energetické využití formou výroby bioplynu je třeba sklízet dříve, na počátku metání (1/3 laty vymetaná). Porosty určené pro spalování biomasy je nutné sklízet později, nejlépe až po odkvětu a během zrání. Obecně je však pro biomasu srhy laločnaté vhodnější využití pouze jedné seče. V biomase 2. a 3. seči je malý podíl stébel. Porosty srhy určené pro spalování lze sklízet i po zimě brzy na jaře, kdy je biomasa sušší a s nízkým obsahem živin, avšak může dojít k výraznému snížení výnosů vlivem poléhání pod sněhovou pokrývkou (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008).

Ochrana rostlin

Choroby ani škůdci, jak vyzdvihují HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008), obvykle nečiní u srhy problémy. V letních a podzimních měsících se mohou vyskytnout listové a stébelné choroby (*Puccinia*, *Fusarium*, *Helminthosporium*). Proti plevelům lze aplikovat selektivní herbicidy, které se používají do jarních obilnin a to nejlépe ve fázi 3-6 listů srhy. Doporučuje se Starane EC 250 (0,4-1 l/ha), Aminex Pur (3 l/ha), Agritox 50 SL (1,5 l/ha), Astrix 60 SL (1,5-1,75 l/ha), Duplosan KV (1,5-1,8 l/ha), Sluprop (3-3,5 l/ha), Aniten, Loxytril, Faneron 50 WP, Lontrel 300 (0,3-0,5 l/ha), Mustang (0,6 l/ha) nebo Harmony Extra.

Sklizeň a posklizňové ošetření

Dle BURVALLA (1997) lze sklízet srhu laločnatou pro pícní využití, pro energetické využití výrobou bioplynu a pro přímé spalování. Biomasa je někdy využívána i jako mulč. Vzhledem k vyššímu obsahu živin (vodorozpustných cukrů, dusíkatých látek, minerálních látek) je biomasa srhy vhodná k výrobě bioplynu a méně vhodná k přímému spalování. Při využití biomasy na výrobu bioplynu sklízíme porosty ve fenofázi počátku až plného metání, tj. od poloviny do konce května. Biomasa se poseče na řádek a po zavadnutí se sklízí obdobně jako při výrobě senáže na píci. Pro výrobu bioplynu je vhodné sklízet porosty srhy 2x ročně, s tím, že druhá seč je od konce července do poloviny září.

Při sklizni biomasy pro přímé spalování je vhodné sklízet porosty srhy jen 1x ročně v pozdních fázích vývoje, nejlépe během zrání, tj. v červenci a v srpnu. Možné je také sklízet porosty srhy až po přezimování časně na jaře, obdobně jako např. porosty chrastice rákosovité. V literatuře HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008) je napsáno, že při jarní sklizni je třeba počítat s vyššími ztrátami 25-40 % biomasy v závislosti na sněhové pokrývce a nadmořské výšce. Sečená biomasa se nechá sušit na řádku na vyšší obsah sušiny a lisuje se do větších, většinou kulatých balíků.

U monokultur srhy laločnaté bylo v pokusech v nadmořských výškách 500-650 m. n. m. dosaženo výnosů biomasy (sena při 15 % vlhkosti) v rozpětí 10,45-12,36 t/ha. Polopřirozené trvalé travní porosty s převahou srhy laločnaté dosahují výnosů 4-10,5 t/ha sušiny v závislosti na půdní úrodnosti stanoviště a hnojení (viz. tabulka č. 10).

Využití produktu

- semena – osivo,
- celé rostliny – krmivo (čerstvá píce, seno, siláž),
- výroba buničiny (stébla),
- přímé spalování (listy nebo celé rostliny, spalné teplo sušiny nadzemní části rostlin je kolem 17,21 MJ/kg),
- výroba bioplynu (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008).

Zhodnocení využití pro energetické účely

FRYDRYCH A KOL. (2001, 2005, 2006) uvádí, že 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 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 uměle v sušárnách. Dosoušení vyvolává dodatečné náklady, které jsou zejména při umělém dosoušení velmi významné v celkové ekonomice pěstování plodiny.

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 by bylo třeba sklizenou fytomasu dosušet.

Porost srhy laločnaté, pokud je dobře založen, vydrží na jednom stanovišti bez snížení výnosů po dobu 4-7 let. Hustá soustava kořenů zpevňuje půdu a prakticky celoroční pokryv půdy zabraňuje erozi. Zavedením srhy se zlepšují fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy, včetně zvýšení její organické složky. Půda navíc může být vrácena bez větších potíží původnímu využití pro výrobu plodin pro potravinářské účely.

Pro zavádění srhy hovoří nízká cena při zakládání porostů, žádné nebo minimální používání herbicidů nebo pesticidů, i další nízké přímé náklady. Nepřehlédnutelnou výhodou je, jak již bylo zmíněno, že se u nás dá pěstovat na sušších až středně vlhkých lokalitách v pahorkatinném až horském výrobním typu (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008).

Tabulka č. 10: Průměrné výnosy sena (primární produkce bez provozních ztrát) monokultur vybraných druhů trav u dvou lokalit v bramborářském (S₁) a řepařském (S₂) výrobním typu (dle HAVLÍČKOVÉ A KOL., 2008)

Pokus	Stanoviště, užitkový rok, výnos sena v t/ha											
	S ₁ – Kaplice, 650 m.n.m.				S ₂ – H. Životice, 275 m.n.m.				S ₁₂ – průměr obou lokalit			
Odrůda	1.	2.	3.	x ₁₋₃	1.	2.	3.	x ₁₋₃	1.	2.	3.	x ₁₋₃
SŘ Niva	12,1	12,4	10,5	11,6	12,5	14,6	17,3	14,8	12,3	13,5	13,9	13,2
SŘ Lada	12,2	12,1	11,1	11,8	12,7	13,7	16,8	14,4	12,4	12,9	14,0	13,1

SŘ – Srha říznačka

2.6 Způsoby získávání energie z biomasy

Nejvhodnější způsob využití biomasy k energetickým účelům je, jak tvrdí DAŇKOVÁ (2002), do značné míry předurčen jejími fyzikálně-chemickými a technicko-energetickými vlastnostmi. Způsob využití rostlinné hmoty tedy závisí na její skladovatelnosti, obsahu vody, struktuře a látkovém složení

(MOUDRÝ, STRAŠIL, 1999). Mezi rozhodující vlastnosti energetického využití biomasy řadíme (dle UŠŤAK, 2006):

1. Fyzikální charakteristiky: rozměry a forma, zrnitost, hustota, sypaná hmotnost, soudržnost, sypanost, sklon ke klenbovitosti, ošetrivost, tvorba prachu atd.
2. Chemické charakteristiky: obsah vody, elementární složení, obsah popele, mikrobiální odbourávání.
3. Energetické charakteristiky: spalné teplo, výhřevnost, hustota energie.
4. Technické a spalovací charakteristiky: obsah hořlaviny, podíl prchavé a neprchavé hořlaviny, teploty měknutí, tavení a tečení popelovin, korozní poměry, tvorba aerosolu, emisí.
5. Hygienické charakteristiky: obsah škodlivých mikroorganismů, především tvorba hub a spór při skladování, obsah patogenních mikroorganismů, ohrožujících personál při manipulaci s biomasou.

UŠŤAK (2006) uvádí, že existuje mnoho rozličných způsobů získání energie z biomasy, které lze na základě společných charakteristik rozdělit do 3 základních kategorií (viz. tabulka č. 11). Způsoby využívání biomasy lze dále zdokonalovat anebo je kombinovat, vždy podle místních podmínek (PETŘÍKOVÁ, 2006).

Tabulka č. 11: Základní způsoby využití biomasy k energetickým účelům (dle KÁRY, 2005)

Typ konverze biomasy	Způsob konverze	Energetický výstup	Odpadní materiál nebo
Termochemická konverze (suché procesy)	spalování	teplo vázané na nosič	popeloviny
	zplyňování	generátorový plyn	dehtový olej, uhlíkaté palivo
	pyrolýza	generátorový plyn	dehtový olej, pevné hořlavé zbytky
Biochemická konverze (mokrý procesy)	anaerobní fermentace	bioplyn	fermentovaný substrát
	aerobní fermentace	teplo vázané na nosič	fermentovaný substrát
	alkoholová fermentace	etanol, metanol	vykvašený substrát
Fyzikálně-chemická konverze	esterifikace bioolejů	metylester nebo etylester biooleje	glycerin

Možnostmi energetického využití fytohmoty, jak shrnují MOUDRÝ, SOUČKOVÁ (2006), jsou tedy suchá a mokrá cesta. Dle UŠŤAKA (2006) suché

„technologie“ vyžadují biomasu s co největší sušinou. Naopak je tomu u mokrých „technologií“, které jsou schopné zpracovávat biomasu s větším obsahem vlhkosti (nad 50 %). HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008) se s ním shodují a tvrdí, že přibližná hranice mezi mokrymi a suchými procesy je hodnota 50 % sušiny. MOUDRÝ, SOUČKOVÁ (2006) jejich výrok upřesňují: suché technologie zahrnují spalování a zplyňování rostlinných hmot o podílu sušiny 50-80 %, naproti tomu mokré technologie zahrnují zejména anaerobní fermentace mokrých hmot o sušině 4-12 %, popř. 25-35 %.

Hodnota sušiny tedy udává přibližnou hranici mezi mokrymi a suchými procesy (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1999), a proto je vedle výnosu dalším důležitým parametrem sklizené biomasy. Z tohoto důvodu je ideální co nejvyšší podíl sušiny v rostlinách v době sklizně, aby nebylo nutné sklizenou biomasu dosušet, případně aby dosoušení proběhlo co nejrychleji a bez nutnosti dalšího vstupu energie. Pro využití v bioplynových stanicích je naopak vhodné sklízet ještě zelenou travní hmotu s optimálním obsahem sušiny 25-40 %. Při jedné seči na konci vegetace byl u sledovaných druhů obsah sušiny 66-71 %, při první seči u dvousečných variant to bylo 39-48 % a při druhé seči průměrně 45 %.

Z energetického a ekonomického hlediska je také důležité, ve kterém termínu plodiny sklízet. Zda v době největšího nárůstu fytomasy, pozdě na podzim nebo brzy na jaře. Obecně největší nárůst fytomasy je 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 % (sušina 40-20 %). Takto vlhká fytomasa se dá přímo využít pouze na výrobu bioplynu (MOUDRÝ, SOUČKOVÁ, 2006).

Následující tabulka č. 12 uvádí důležité pozitivní a negativní vlastnosti produkce a využití biomasy v technologiích preferujících její suchý stav. Jedná se především o technologie využívající přímé spalování biomasy a suchou pyrolýzu. Naopak tabulka č. 13 uvádí důležité pozitivní a negativní vlastnosti produkce a využití biomasy v technologiích preferujících její mokrý stav. Jedná se především o technologie využívající biozplyňování a mokrou pyrolýzu. (UŠŤAK, 2006).

Tabulka č. 12: Srovnání důležitých pozitivních a negativních vlastností technologií preferujících suchý stav biomasy (dle UŠŤAKA, 2006)

Pozitiva	Negativa
Možnost použití jednoduchých technologických postupů a zařízení.	Docela úzký sortiment vhodných energetických plodin a druhů.
Nižší investiční nároky na technologické zařízení pro sklizeň biomasy, přípravu biopaliv a získání energie z biomasy.	Pozdní dozrávání většiny vysoko-produkčních plodin a tím problémovost vhodných termínů a podmínek sklizně.
Nižší náklady na hnojení rostlin při sklizni v suchém stavu po ukončení vegetačního cyklu rostlin.	Špatná dostupnost porostů energetických plodin pro zemědělskou techniku při sklizni v pozdních termínech.
Vyšší zisk energie na hmotnou jednotku biomasy (vyšší podíl energie ve výstupu:vstupu).	
Dobrá skladovatelnost suché biomasy s minimální ztrátou původních užitkových vlastností.	

Tabulka č. 13: Srovnání důležitých pozitivních a negativních vlastností technologií preferujících mokrý stav biomasy (dle UŠŤAKA, 2006)

Negativa	Pozitiva
Možnost použití poměrně složitých technologických postupů a zařízení.	Velmi rozsáhlý sortiment vhodných energetických plodin a druhů.
Vyšší investiční nároky na technologické zařízení pro sklizeň biomasy, přípravu biopaliv a získání energie z biomasy.	Rané dosažení stupně sklizňové zralosti plodin a tím vhodné termíny a podmínky sklizně.
Vyšší náklady na hnojení rostlin při sklizni v mokrém stavu, obvykle v době plné vegetace.	Dobrá dostupnost porostů energetických plodin pro zemědělskou techniku při sklizni v raných termínech.
Nižší zisk energie na hmotnou jednotku biomasy (nižší podíl energie ve výstupu:vstupu).	Možnost vícenásobné sklizně (2-3 seče ročně) při sekání v zeleném (mokrém) stavu.
Špatná skladovatelnost mokré biomasy s potenciálně vysokou ztrátou původních užitkových vlastností.	

Při srovnání obsahu obou tabulek je především zřejmé, že to, co je pro jednu skupinu pozitivem, je pro druhou skupinu spíše negativem a naopak.

Pro zemědělce jsou, jak je uvedeno v literatuře UŠŤAK (2006), více perspektivní mokré technologie, neboť umožňují uplatnění rozsáhlého sortimentu rostlin včetně plodin dobře známých a běžně pěstovaných pro jiné účely. Z tohoto hlediska jsou perspektivní především plodiny ze skupiny objemových krmiv.

Na druhou stranu, z praktického hlediska díky jednoduchosti technologií a nižším investičním požadavkům jsou v současné době více rozšířené suché technologie, především přímé spalování. Daleko větší poptávka po suché biomase ve srovnání s mokrou dělá její produkci důležitým úkolem pro zemědělce bez ohledu na podstatně užší sortiment vhodných rostlin včetně méně známých netradičních plodin.

Pokud jde o ekonomiku, potom nejméně investičně náročná jsou dle MOUDRÉHO, STRAŠILA (1996) zařízení na spalování (dřevo, sláma, domovní odpady apod.), rekuperační výměníky tepla a bionafta. Vyšší investiční náklady mají tepelná čerpadla, bioplynové stanice.

2.6.1 Způsoby tepelné přeměny biomasy (suché procesy)

Termické procesy jsou zatím nejrozšířenějším energetickým využitím biomasy. Tyto termické reakce jsou pro laika, těžko rozlišitelné. Jsou skutečně velmi podobné, neboť vesměs jde o suchou destilaci biomasy bez přístupu vzduchu či s minimálním přívodem vzduchu. Mají ovšem jiný výsledek (PASTOREK A KOL., 2004).

2.6.1.1 Spalování

Spalování je nejstarší známou termochemickou přeměnou biomasy (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1996). Podle DAŇKOVÉ (2002) je nejjednodušší a zároveň nejrozšířenější metodou využití biomasy pro energetické účely.

Proces spalování probíhá při vysokých teplotách nad 660 °C, kdy dochází k rozkladu organického materiálu na hořlavé plyny, destilační produkty, uhlí a dále oxidaci na oxid uhličitý a vodu. Spalování biomasy slouží k výrobě tepla, páry (ohřev vody), nebo elektrické energie (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1996). Přímé spalování biomasy probíhá ve speciálně upravených topeništích, neboť biomasa se na rozdíl od uhlí vyznačuje snadnou těkavostí a vysokou spékavostí. Je to nejvíce rozšířený způsob energetického využití biomasy ve světě, Českou republiku nevyjímaje, zejména v sektoru malé energetiky (do 200 kW). Například v roce 2004 bylo v ČR v provozu přes 50 tisíc kotlů na biomasu s výkonem do 50 kW,

což nasvědčuje růstu popularity biomasy jako obnovitelného zdroje energie u maloobdobatelů. K růstu popularity biomasy jako energetického zdroje přispívá v posledních letech zdražování ropných produktů, plynu a elektřiny (UŠŤAK, 2006).

Spalování biomasy má podle MOUDRÉHO, STRAŠILA (1996) své kladné a záporné stránky. Při spalování biomasy nevzniká více CO₂, než bylo předtím rostlinami přijato. Biomasa neobsahuje téměř žádnou síru (ve slámě je asi 0,1 %, ve dřevě téměř není, nejvíce je v seně 0,5 %, hnědé uhlí má min. 2 %). Tvorbu NO_x je možno kontrolovat udržováním optimální teploty plamene. Obsah těžkých kovů v biomase je velmi nízký a se spalinami se do ovzduší nedostane. Určité množství může zůstat v popeli (obsah popelovin slámy 5 %, dřeva 0,5 %), kterého je jako produktu spalování mnohonásobně méně než u uhlí a navíc může být tento popel využíván jako minerální hnojivo. Nemusí být tedy vyvážen na skládky (CEJLAK, VÁVRA, 2000). Z negativních jevů je to nebezpečí úletu jemného popílku (jsou používány odlučovače a filtry). Při spalování vlhké biomasy existuje nebezpečí vzniku kouře (aromatické uhlovodíky). Proto musí být palivo suché, nebo musí mít čas, aby proschlo, než přijde k místu zapálení (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1996). Pro minimalizaci množství škodlivin, jak uvádí MOUDRÝ, SOUČKOVÁ (2006), je optimální teplota 600-800°C.

Ke spalování se podle MOUDRÉHO, STRAŠILA (1996) v největší míře používá dřevo, sláma, odpadové dřevo nebo různé posklizňové zbytky, které se spalují buď samostatně nebo se mísí s uhlím. Samotné dřevo se spaluje ve formě polen, štěpky, pilin, briket nebo pelet. UŠŤAK (2006) ale uvádí, že pro výrobu biopaliv k přímému spalování je možné mimo tradičních plodin rovněž využít speciálně pěstované víceleté plodiny s roční produkcí jako jsou rákos, sloní tráva, křídlatka, slézy, šťovíky, atd. Lze využít rovněž rychle rostoucí dřeviny jako jsou topoly, vrby a osiky s několikaletým obmětním obdobím, případně dlouhověké stromy. Zavedení těchto plodin řeší celou řadu ekologických, hospodářských, ekonomických a sociálních problémů současného českého zemědělství a je jednou z hlavních podmínek jeho setrvalého rozvoje.

UŠŤAK (2006) uvádí, že jako u každého paliva jsou úspěšnost a technologická specifika spalování biomasy závislé na 3 základních vlastnostech – výhřevnosti, obsahu těkavých látek a obsahu a kvalitě popelovin. Kvalita popelovin

se vyjadřuje především teplotami měknutí, tavení a tečení a je nejvyšší (tj. příznivá) u dřeva a nejnižší (nepříznivá) u travin a slámy.

Výhřevnost fytomasy (dřevní a bylinné hmoty) je běžně uváděna v KJ/kg nebo MJ/kg. Prosazuje se i jednotka kWh/kg paliva, protože se urychlí výpočet hodinové spotřeby paliva pro daný výkon kotle uvedeného v Kw (MJ/kg se na kWh/kg přepočte tak, že se vydělí hodnotou 3,6). Je nutné znát vždy obsah vody, protože výhřevnost s rostoucím obsahem vody výrazně klesá viz. tabulka č. 14 (MOUDRÝ, SOUČKOVÁ, 2006). Vlhkost v palivech by měla být co možná nejnižší, aby bylo zajištěno ekologické a efektivní spalování. Za optimální se považuje vlhkost biomasy v rozmezí 15-20 % (tzv. standardní sušina). Moderní kotle dokážou spálit biomasu i při 50% vlhkosti, výtěžnost energie však při zvyšování vlhkosti nad 20 % prudce klesá. Nižší vlhkost než 10 % je těžko dosažitelná bez energeticky náročného dosoušení a navíc je nebezpečná, neboť při stopové vlhkosti a jemném rozdrčení nabírá biomasa charakter výbušniny, což komplikuje zacházení s takovou hmotou. Proto i přes vyšší výtěžnost je nežádoucí snažit se maximálně snížit vlhkost biopaliva, zejména pod hodnotu hygrokopické vlhkosti, tj. vlhkosti docílené sušením biomasy na vzduchu (UŠŤAK, 2006).

Tabulka č. 14: Porovnání výhřevnosti některých paliv (podle SLADKÉHO, 1995)

Druh paliva	Výhřevnost (MJ.kg-1)
Motorová nafta	42,5
LTO	42,5
TTO	41,45
Uhlí černé (nejlepší světové kvality)	29,3
Uhlí hnědé (české)	10 – 16
Dřevo palivové při obsahu vody 20 %	14,23
Dřevo palivové při obsahu vody 50 %	8,1
Sláma obilovin (obsah vody 10 %)	15,5

2.6.1.2 Zplyňování

Podle KOLEKTIVU AUTORŮ (1986) je zplyňování biomasy proces termochemické přeměny pevného materiálu na plyn, který se používá jako palivo nebo dále pro chemickou syntézu na výrobu metanolu. V porovnání s biochemickými reakcemi, je zplyňování rychlou reakcí, která nevyžaduje velká,

investičně nákladná zařízení. Rozložit biomasu na plynné palivo je možné různými způsoby (PASTOREK A KOL., 2004) viz. obrázek č. 1. Výsledkem je směs složená z hořlavých i nehořlavých plynů (KOLEKTIV AUTORŮ, 1986).

- Pyrolýza (zplyňování teplem) je rozklad, kdy se biomasa při nízkých teplotách rozkládá na dehet, olejová paliva a plyny (H_2 , CO) při současném vzniku kyslíku.
- Zplyňování vzduchem je rozklad biomasy za přítomnosti vzduchu přidávaného v limitovaném množství do reaktoru. Při tomto způsobu se uvolňuje plyn s nízkou výhřevností (pod $8\ 000\ KJ.m^3$).
- Zplyňování kyslíkem je rozklad biomasy, kdy se do reaktoru vhání kyslík. Tím jsou odstraněny nespalitelné složky. Získaný plyn má střední výhřevnost ($8\ 000 - 14\ 000\ KJ.m^3$).
- Při zplyňování vodíkem dochází k přeměně biomasy pod tlakem ve vodíkovém prostředí. Vzniklý plyn má vysokou výhřevnost (nad $20\ 000\ KJ.m^3$).
- Zplyňování vodní parou probíhá spolu s vhaněným vzduchem. Vodní pára je vedena přes rozžhavené uhlí. Získaný plyn je středně výhřevný (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1996).

Toto rozdělení způsobů získávání oxidačních nebo redukčních plynů není jediné. Další členění je podle druhu katalyzátoru nebo kontaktu mezi pevnou látkou a vznikajícím plynem (KOLEKTIV AUTORŮ, 1986). Základními technologiemi zplyňování tedy jsou: protiproudá, souproudá a fluidní.

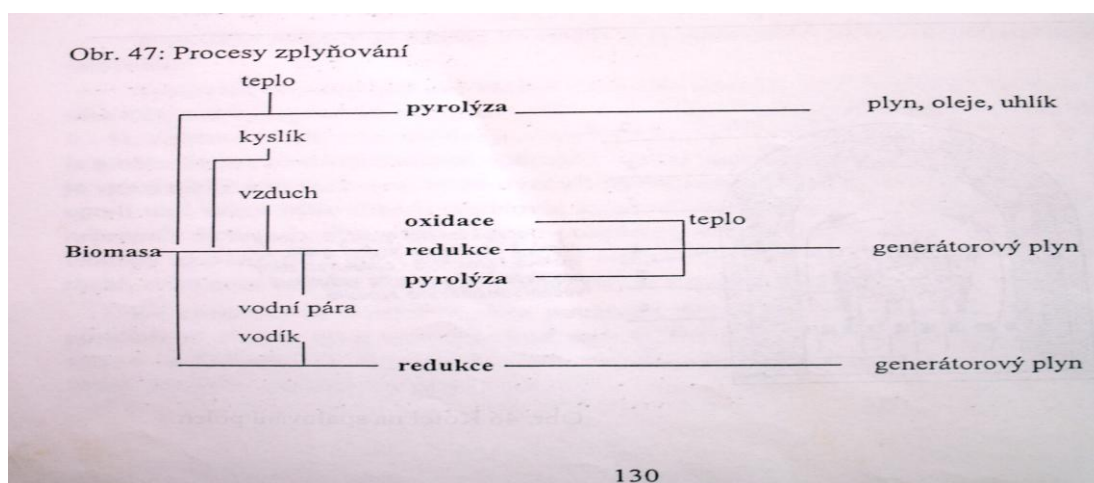
Protiproudý zplyňovač je levný, protože jeho konstrukce i funkce jsou jednoduché a navíc je schopen zplyňovat i materiál s vysokou relativní vlhkostí. Jeho nedostatkem je, že takto vyrobený plyn obsahuje více dehtu; to zabraňuje přímému využití v motorech. Plyn je nutné čistit.

Souproudý (paralelní) zplyňovač má výpusť plynu na dně reakční nádoby a redukční zóna je pod spalovací (oxidační) zónou. Tyto dvě modifikace vedou k tomu, že dehet tvořící se v pyrolytické zóně musí projít horkou spalovací zónou dříve, než opustí zplyňovač. Tak se dehet zúčastní spalování nebo se rozkládá na lehčí uhlovodíky, a proto je vycházející plyn v ideálním případě bez dehtu.

Fluidní zplyňovač má velmi široký rozsah rychlostí pro danou granulometrii, který je úměrný rozsahu výkonů. Výhodou je, že lze zpracovávat odpad od typu pilin až do typu štěrky a že pro každou granulometrii lze volit optimální hydrodynamický režim. Při zplyňování ve fluidním loži víří látka přiměřené granulometrie (2 až 20 mm) ve spodní části izotermního reaktoru účinkem přehřátého vzduchu, postupně účinkem vznikajícího plynu. Vhodným poměrem paliva ke vzduchu lze regulovat poměr exotermických (spalovacích) reakcí a endotermických (zplyňovacích) reakcí tak, aby proces probíhal bez přívodu energie zvenčí, tj. autotermicky.

Vzniklý plyn je podle KOLEKTIVU AUTORŮ (1986) směsí hořlavých plynů (především CO - 25 %, H₂ - 20 %, N₂ - 40 % a z části CH₄ - 3 %), malého množství vysokomolekulárních sloučenin uhlovodíků a nespalitelných plynů jako CO₂ - 10 %, těkavých látek a vodní páry. Aby bylo možné získat plyn s výhřevností vyšší než 5 MJ.m⁻³, je třeba, aby vlhkost suroviny vstupující do reaktoru byla 15 až 20 % (PASTOREK A KOL., 2004).

Obrázek č. 1: Procesy zplyňování (dle MOUDRÉHO, STRAŠILA, 1996)



Podle PASTORKA A KOL. (2004) je pro zplyňování nejvhodnější palivové či odpadní dřevo získané při těžbě nebo v dřevozpracujících závodech, popř. sláma. Dřevo se většinou zplyňuje za přítomnosti vzduchu. Zplyňování dřeva má následující průběh: sušení (sušící zóna), pyrolýza (zóna pyrolýzy), oxidace (oxidační zóna), redukce (redukční zóna).

2.6.1.3 Pyrolýza

Pyrolýza, stejně jako zplyňování, je „suchý“ chemický proces, kdy se biomasa při nízkých teplotách rozkládá na dehet, olejová paliva a plyny (H_2 a CO). V porovnání s biochemickými reakcemi je pyrolýza stejně jako zplyňování rychlou reakcí, nevyžadující velká, investičně nákladná zařízení (KOLEKTIV AUTORŮ, 1986). Pyrolýza je termický rozklad organických látek na nízkomolekulární sloučeniny, které se mohou využívat k syntézám výrobám nebo jako topný olej, popř. topný plyn. Podle druhu zpracovávaného materiálu a požadovaných produktů se pyrolýza provádí při atmosférickém, zvýšeném nebo sníženém tlaku za vysokých nebo nízkých teplot.

Při použití katalytické pyrolýzy je možné rozšířit sortiment zpracovávaných surovin o komunální odpad, odpadní a upotřebené plasty (PVC, polystyren, polyetylen), papír, pneumatiky atd. Kombinace zpracování pěstované biomasy a odpadů v jednom zařízení při výrobě užitečných produktů je považována za perspektivní. Zatím se však zkouší několik pilotních jednotek, jejichž provoz je velmi drahý (PASTOREK A KOL., 2004).

2.6.2 Způsoby biochemické přeměny biomasy (mokrý procesy)

Tyto přeměny podle KOLEKTIVU AUTORŮ (1986) se také někdy nazývají přeměny vlhkou cestou. Jde o přeměny biomasy ve vlhkém prostředí procesy fermentace, které vedou ke vzniku metanu a etanolu. Právě tyto technologické postupy výroby metanu (bioplynu) a etanolu z biomasy nabyly v posledních letech na významu a jsou technicky nejvíce propracovány.

2.6.2.1 Anaerobní fermentace (metanové kvašení)

Podle MOUDRÉHO, SOUČKOVÉ (2006) je anaerobní fermentace rozkladem biomasy bez přístupu vzduchu za pomoci speciálních bakterií, jež uvolňují zplodinu metabolismu - metan, který se využívá ke sdružené výrobě elektrické energie a tepla (kogenerace). Tento proces, jak uvádí KÁRA A KOL. (2001), probíhá odpradávná za určitých podmínek i samovolně v přírodě

(např. dle SCHULZ, EDER (2001): v usazeninách moří, řek a jezer stejně jako v močálech a rašelinistích, v neprovětrávaných vrstvách půdy, skládkách, hnojištích, jímkách kejdy a odpadních vod, jakož i v bahnitých plochách rýžových polí).

Výhodou zpracování organických materiálů anaerobní fermentací s následným energetickým využitím bioplynu podle ANDERTA A KOL. (2006) je, že pro výrobu bioplynu může být využit v podstatě každý organický materiál s vysokým obsahem těkavých látek. To se týká tzv. mokré biomasy, především kejdy, hnoje a zemědělských odpadů (SRDEČNÝ, TRUXA, 2000).

Podle MOUDRÉHO, SOUČKOVÉ (2006), jsou pro výrobu bioplynu vhodné i rostliny zejména s vyšším obsahem dusíku a s nižším poměrem C:N (pod 33). Jedná se především o sklizeň biomasy dorůstajících zemědělských plodin. SCHULZ, EDER (2001) uvádí, že tyto substráty vykazují zpravidla dobrou schopnost tvorby bioplynu. Kromě toho je možno některé z nich, například silážní kukuřici, směsi jetele a trávy, polní luštěniny atd., pěstovat na ladem ležících plochách. V tomto případě je však při sklizni nutno učinit plodinu nepoživatelnou („denaturovat“ ji). Pro tyto účely jsou zvláště vhodné plodiny, které lze sekat na zelenou hmotu vícekrát do roka, tj. objemová krmiva. Zelené rostliny se hodí pro výrobu bioplynu jak v čerstvém tak i v silážovaném (senážovaném) stavu, a proto je možno pro metanogenezi použít výrazně širší spektrum rostlin, než pro výrobu tuhých biopaliv. Metanogenezi rostlin je vhodné kombinovat se zpracováním kejdy a organických odpadů (MOUDRÝ, SOUČKOVÁ, 2006).

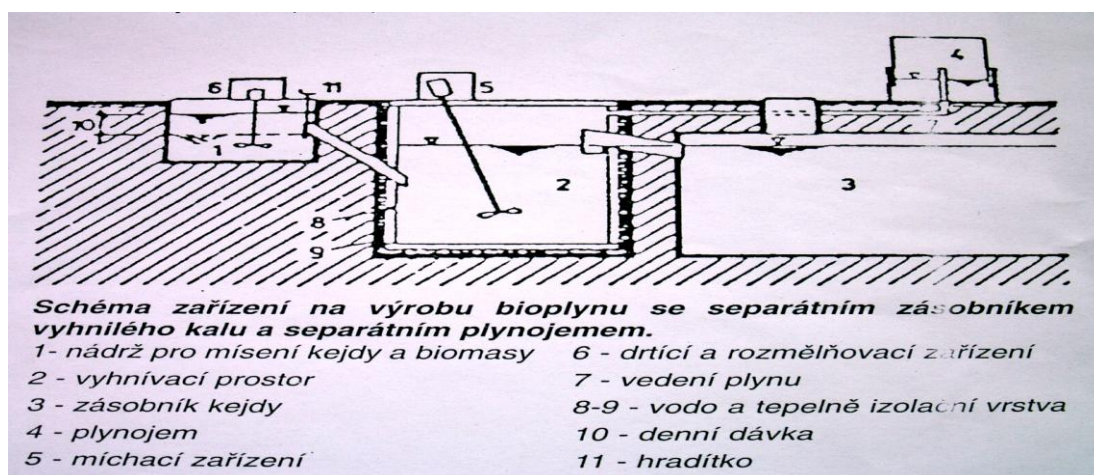
V ČR zatím v oblasti zemědělství ve zplyňování jednoznačně převažuje zpracovávání zvířecích fekálií spolu s nadbytečnou fytomasou ze zemědělských ploch (VÁŇA, UŠŤAK, 2006). Z důvodu mísení odlišných druhů biomasy je potřeba znát vlastnosti technologického procesu anaerobního zpracování každého surového materiálu a jejich vzájemné kombinace, neboť vzájemné promíchání může mít synergický, nebo naopak inhibiční účinek. Proto je nutné experimentálně ověřit chování jednotlivých vzorků materiálu při anaerobním vyhnívání (ANDERT A KOL., 2006)

Pro výrobu bioplynu se používají, podle MOUDRÉHO, STRAŠILA (1996), jednoduché nebo složité systémy. Složité systémy se sestávají prakticky ze stejných částí jako jednoduché. Mají však při provozu vyšší energetickou náročnost a jsou tedy méně hospodárné než jednoduchá zařízení. Základními

stavebními prvky těchto zařízení jsou: čerpací jímka, vyhnívací nádrž (fermentor), zásobník plynu, kotelna a příslušné řídicí a monitorovací přístroje.

V počáteční fázi se nahromaděné odpady předzpracovávají (míchání a rozmělnění). Následuje plnění vyhnívacích nádrží. Zde probíhá zahřívání, míchání a nakonec vyprazdňování. Plyn se odvádí a skladuje v plynojemech, vyhnílý kal se skladuje a využívá k různým účelům. Vyhnílý kal obsahuje po fermentaci nerozložené složky výchozí biomasy a mikroorganismy. Obsahuje dusíkaté látky, je tedy využitelný jako hnojivo a po usušení i jako krmivo. Fermentory jsou stavěny z různých materiálů jako je ocel, beton a plasty a to podle konkrétních specifických podmínek. Existuje několik systémů výroby bioplynu. Dnes je standardní průtokový (kontinuální) systém. K dalším základním typům patří zásobníkový (diskontinuální) systém a systém střídavých zásobníků (viz. obrázek č. 2).

Obrázek. č. 2: Schéma zařízení na výrobu bioplynu se separátním zásobníkem vyhnílého kalu a separátním plynojemem (dle SLADKÉHO, 1995)



Biochemický proces tvorby bioplynu je složitý proces probíhající bez přítomnosti kyslíku (KÁRA A KOL., 2001). K tomuto anaerobnímu rozkladu se používají dvě skupiny bakterií – kyselinotvorné a metanotvorné. Metanové bakterie vyžadují ke své činnosti specifické prostředí, které je dáno hodnotou pH, teplotou obsahem živin, dobou zdržení, koncentrací pevných látek, mícháním apod. (KOLEKTIV AUTORŮ, 1986).

Anaerobní fermentace zjednodušeně probíhá ve čtyřech základních fázích (dle KÁRY A KOL., 2001; SCHULZ, EDER, 2001):

- 1) HYDROLÝZA – první fáze, kde přeměňují přítomné anaerobní bakterie, tedy ještě nikoli metanové bakterie, makromolekulární organické látky - polymery (bílkoviny, uhlovodíky, tuk, celulózu) pomocí enzymů na nízkomolekulární sloučeniny - monomery, jako jsou jednoduché cukry, aminokyseliny, mastné kyseliny a voda.
- 2) ACIDOGENEZE – poté mohou acidofilní bakterie provést další rozklad na organické (mastné) kyseliny, oxid uhličitý a vodík.
- 3) ACETOGENEZE – z toho nyní octotvorné bakterie vytvoří acetáty, oxid uhličitý a vodík (hlavním produktem je kyselina octová).
- 4) METANOGENEZE – nakonec se působením metanogenních bakterií v alkalickém prostředí vytvoří metan, oxid uhličitý a voda.

Bioplyn (nazývaný též kalový plyn) je směs plynů, která obsahuje zpravidla 55 - 75 % metanu (jde o složku, která určuje jeho výhřevnost), 25 - 40 % oxidu uhličitého (CO_2) a 1 - 3 % minoritních plynů např. dusík (N_2), vodík (H_2), sulfan (H_2S). Proměnlivou složkou bioplynu je vodní pára (H_2O). Složení a vlastnosti suchého bioplynu jsou uvedeny v tabulce č. 15. Pro porovnání jsou v tabulce č. 16 uvedeny výhřevnosti různých plynných paliv.

Bioplyn je nízko výhřevný plyn jehož energetická hodnota je 20 000 – 25 000 KJ.m^3 (při 60 % metanu). Jeho kvalitu lze zvýšit čištěním. Obtížný je obsah sirovodíku v bioplynu. Tento plyn je toxický a má korozivní účinky. Proto se obvykle provádí odsiřování bioplynu. Nejjednodušším řešením je aplikace 3 až 5 % vzduchu do bioplynu v nádrži, jehož působením dojde k rozložení sirovodíku na vodu a elementární síru. Po zapravení fermentovaného materiálu na pole je síra zpětně využita rostlinami (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1996).

Bioplyn má mnohostranné využití. V plynových motorech na pohon tlakových ventilátorů, čerpadel, generátorů. Po malých úpravách v plynových spotřebičích. V plynových motorech se dá měnit na elektrický proud. Z 1 m^3 se vyrobí 1,6 – 1,9 kWh. V poslední době se konají pokusy s využitím bioplynu na pohon traktorů a automobilů (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1996).

VÁŇA, UŠŤAK (2006) uvádí, že při získávání energie z biomasy stále převažují termické procesy, ale anaerobní digesce biomasy spojená s produkcí bioplynu a organického hnojiva se ve světě uplatňuje stále více. I proto byla výroba

bioplynu z biomasy, v roce 2007 třetím nejvýznamnějším obnovitelným zdrojem energie. V nejbližších letech se očekává výstavba dalších několika bioplynových stanic (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008).

Produkce a využití bioplynu podle UŠŤAKA (2006) nabírá stále více na významu zejména v posledním období v důsledku schválení zákona č. 180/2005 Sb. na podporu produkce obnovitelné elektřiny, což má za následek velký zájem o výstavbu a projekci nových bioplynových stanic. V projekci a zkušebním provozu jsou rovněž různé typy pyrolýzních bioelektráren. Dále se v důsledku realizace usnesení vlády ČR v č. 1307 a 1308 z roku 2005 v návaznosti na požadavky Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/30/ES nasměřovaných na podporu produkce a využití kapalných biopaliv očekává prudký rozvoj produkce biolihu a metylesterů řepkového oleje (MEŘO). VÁŇA, UŠŤAK (2006) uvádí, že v současné době je ve světě provozováno cca 7 milionů bioplynových stanic, a to převážně v asijských státech (Indii a Číně). Rozvoj uplatňování anaerobní digesce biomasy nastal i ve státech EU. V SRN je provozováno cca 2500 bioplynových stanic a dalších 1000 zařízení je budováno a připravováno.

Výrazně stoupající zájem o technologii bioplynu, jak tvrdí SCHULZ, EDER (2001), se projevuje nejen stoupajícím počtem projektovaných a budovaných bioplynových stanic, nýbrž i velkým zájmem mnoha zemědělců, obcí, firem, politiků a soukromých osob o vývoj v této oblasti. Také lidé odpovědní za hospodaření s energií dnes již na decentralizovanou výrobu proudu z bioplynu nepohlížejí tak skepticky jako dříve.

Pro potravinářský průmysl a gastronomii, velkokapacitní kuchyně, kantýny a odpadové hospodářství nabízí bioplynová technologie možnost zlikvidovat organické zbytky a odpady, jichž stále přibývá, nenákladnou cestou v zemědělských zařízeních. A jelikož tato technologie je ekologicky výhodná také pro zpracování kejdy a hnoje (sníží se např. zatížení pachem), oceňují ji stále více i lidé mimo zemědělství.

Základní pozitivní ekologickou výhodou výroby bioplynu neboli anaerobní digesce, je podle VÁŇI, UŠŤAKA (2006), omezování produkce skleníkových plynů z fosilních paliv, čímž bioplynová technologie získává celosvětově na významu především v rámci diskusí o ochraně klimatu a nutnosti snižovat obsah

oxidu uhličitého a metanu v ovzduší (SCHULZ, EDER, 2001). Při tvorbě rostlinné fyto­masy se totiž fixuje podstatně více CO₂ než se emituje spalováním bioplynu. Tato technologie omezuje nárůst antropogenního skleníkového efektu a nastupujících nevratných změn klimatu. Emise vznikající při spalování bioplynu (cca 60 kg CO₂.GJ⁻¹) jsou podstatně nižší než např. u hnědé­ho energetického uhlí (100 kg CO₂.GJ⁻¹) a nezhoršují skleníkový efekt, jelikož vyprodukovaný CO₂ byl předtím rostlinami navázán a velká část uhlíku zůstane ve stabilizovaném kompostu, kořenovém systému rostlin a následovně v zemědělské půdě.

Spalováním bioplynu navíc na rozdíl od přímého spalování biomasy a fosilních paliv nevznikají škodlivé emise SO₂ ani těžkých kovů (VÁŇA, UŠŤAK, 2006).

Tabulka č. 15: Chemické složení a vlastnosti bioplynu (dle KÁRY A KOL., 2001)

Charakteristika	Metan - CH ₄	CO ₂	H ₂	H ₂ S	Bioplyn
Objemový díl (%)	55 – 70	27 – 47	1	3	100
Výhřevnost (MJ. m ⁻³)	35,8	-	10,8	22,8	21,5
Hranice zápalnosti (obj. %)	5 – 15	-	4 – 80	4 – 45	6 – 12
Zápalná teplota (°C)	650 – 750	-	585	-	650 – 750
Hustota (kg.m ⁻³)	0,72	1,98	0,09	1,54	1,2

Tabulka č. 16: Výhřevnost plyných paliv (dle LIBRY, POULKA, 2007)

Palivo	Výhřevnost	Výhřevnost	Hustota
Vodík	8,60	95,50	0,09
Zemní plyn	34,00	47,60	0,72
Svítiplyn CO ₂ +H ₂	12,60	18,80	0,67
Metan CH ₄	35,80	49,60	0,71
Bioplyn 60% CH ₄ + 40% CO ₂	21,50	17,90	1,20

2.6.2.2 Alkoholová fermentace

ŠNOBL A KOL. (2004) uvádí, že etanol vzniká alkoholovým kvašením cukrů. Výchozími surovinami jsou produkty obsahující cukr nebo škrob, tj. většinou látky vysoké krmné nebo výživné hodnoty. Teoreticky je možné z 1 kg cukru získat 0,65 l čistého etanolu. V praxi je však výtěžnost 90-95 % (tvoří se také vedlejší produkty např. glycerin). Vlastní fermentace cukrů probíhá v mokřém prostředí, vzniklý alkohol je pak izolován destilací.

Suroviny obsahující cukr (cukrovka, cukrová třtina), jak tvrdí KOLEKTIV AUTORŮ (1986), se pro výrobu etanolu rozmělnují, párou se extrahuje cukerný roztok a ten se fermentuje. K fermentaci cukrů se používá kvasnic (1 až 2,5 kg na 100 l) a kvašení probíhá 50-70 hodin. Destilací při 78 °C získáme vodu a 95 % etanol. U surovin obsahujících škrob (obilí, brambory) je třeba tento škrob nejdříve rozložit na zkvasitelné cukry. K tomuto účelu slouží kyselá hydrolyza. Ve výpalcích zůstává obsah bílkovin zachován. To znamená, že vedlejší produkt výroby je vysoce hodnotné krmivo.

Etanol je podle MOUDRÉHO, STRAŠILA (1996, 1999) vysoce hodnotné palivo pro spalovací motory. Jeho předností je ekologická čistota a antidetonační schopnosti. Nedostatkem etanolu jako paliva pro motory je jeho schopnost vázat vodu a působit tím korozi motoru, což je možné eliminovat přidáním antikoročních přípravků. V mnoha zemích (Brazílie, USA) se prodává motorové palivo jako směs benzínu a etanolu. Ve směsi s benzínem při 5 % etanolu je možné pohonnou směs spalovat bez zvláštních úprav motoru.

K výrobě etanolu se dá používat široký sortiment plodin.

2.6.2.3 Aerobní fermentace

Jak uvádí MOUDRÝ, STRAŠIL (1996), v zemědělství lze získat odpadní teplo z odpadních jímek, při větrání stájových prostorů apod. a to pomocí tepelných čerpadel a rekuperačních výměníků.

2.6.3 Způsoby fyzikálně – chemické konverze biomasy

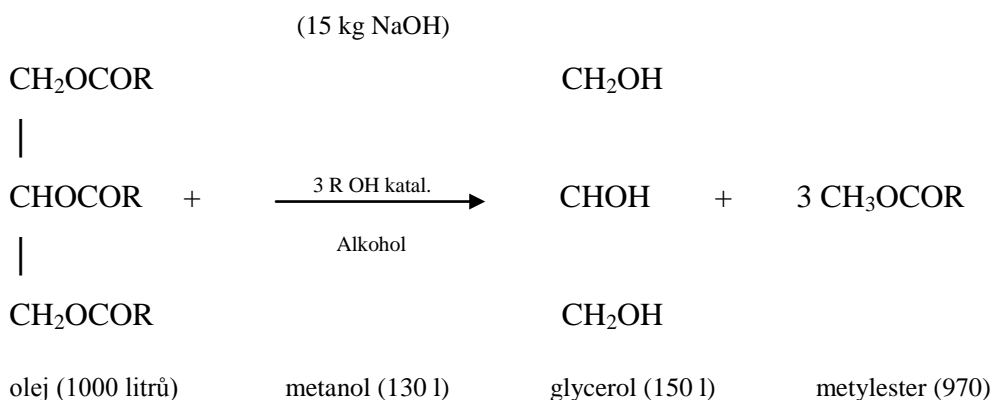
2.6.3.1 Esterifikace bioolejů

Názvosloví pro tento energetický zdroj podle ŠNOBLA A KOL. (2004) není dosud jednotné. Bionafta či biodiesel, je pojem, pod kterým se zpravidla rozumí metylestery mastných kyselin (MEMK). Podle druhu suroviny se používá označení např. MEŘO – metylester řepkového oleje, MESO – slunečnicového, MEUO – upotřebeného apod. Pro výrobu MEMK se ve světě nejčastěji využívají: řepka, slunečnice, sója, palmový olej, živočišné tuky a použité tuky.

MOUDRÝ, STRAŠIL (1996, 1998) uvádí, že metylester řepkového oleje (bionafta) se liší chemicky od ropných produktů, avšak má podobnou hustotu, viskozitu, výhřevnost a průběh spalování jako motorová nafta. To znamená, že při použití bionafty ve vznětových motorech není třeba žádných konstrukčních změn. Navíc se dá bionafta neomezeně mísit s motorovou naftou. Bionafta ve srovnání s motorovou naftou nezatěžuje životní prostředí. Má lepší parametry v emisích CO (2x nižší), SO₂ (o 70 % nižší) a kouřivosti. Pouze mírně vyšší emise NO_x. Také výfukové plyny z bionafty mají výraznější charakteristický zápach oproti motorové naftě, ale za to obsahují méně škodlivin (2,5x nižší obsah polycyklických aromátů). Bionafta navíc oproti motorové naftě vyniká ve vyšší odbouratelnosti (za 21 dnů 98 %, motorová pouze 10 %) a je obnovitelným zdrojem energie (ŠNOBL A KOL., 2004).

Dalším určitým problémem podle MOUDRÉHO, STRAŠILA (1996, 1998) je zředění motorového oleje při použití bionafty, který lze řešit volbou nižších intervalů výměny motorového oleje. Bionafta má nižší bod tuhnutí v porovnání s motorovou naftou. To má za následek, že dochází k určitým problémům při startování při teplotách pod + 5°C. Při teplotách pod bodem mrazu špatně startují studené motory a navíc vyvstávají problémy s dopravou paliva z nádrže do motoru. Tyto problémy lze odstranit přidáním vhodných aditiv.

Bionafta se vyrábí reesterifikací přírodních olejů a tuků metanolem za přítomnosti alkalických katalyzátorů (NaOH, KOH). Při reesterifikaci se z triglyceridu (u nás výhradně řepkový olej) postupně uvolňují acylové zbytky, které se váží na metanol. Obecně se dá reakce znázornit následovně:



Vedle metylesteru mastné kyseliny se uvolňuje glycerol, který se uvolní z reakční směsi jako spodní, těžší fáze. Nejdříve se ze semen olejnin lisuje olej, který jde dále do strojní linky, která je tvořena míchačkou provozovanou za normálního tlaku a teploty (ev. s přihřevem na 60-80 °C) pro triglycerid, míchačkou pro směs alkohol – katalyzátor s rekuperátorem procesního tepla, přes usazovací nádrž pro těžkou glycerinovou fázi, odpařovač alkoholu pro jeho regeneraci z lehké esterové fáze tvořící se při reesterifikaci, propírací a sedimentační nádrž pro bionaftu zbavenou zbytků alkoholu, vysoušeč promyté esterové fáze a kondiční stupeň před uskladněním, eventuálně expedicí bionafty.

Při reesterifikaci za studena zůstává v produktu 8-17 % tuků, což omezuje dobu skladovatelnosti v létě až na 4 týdny. Reesterifikace za tepla umožňuje zvýšit kvalitu bionafty, výtěžnost, ale i technologickou spotřebu energie. Spotřeba energie na výrobu bionafty činí 10,3 % energie obsažené v konečném výrobku. Je to méně, než při jiných způsobech přeměny biomasy na alternativní palivo (např. při výrobě etanolu z cukrovky to představuje 28,9 %, z pšenice 26,1 %). Při výnosu 3 t.ha⁻¹ semene lze získat minimálně 1 t bionafty (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1996, 1998).

Přestože má uvedený energetický zdroj nesporné ekologické výhody, je ekonomika výroby bariérou limitující její rozšíření. Rozhodující vliv na výši nákladů na výrobu bionafty má cena základní suroviny – řepkového semene, která představuje při současné nákupní ceně 75 – 80 % (ŠNOBL A KOL, 2004). Pokud jde tedy o ekonomickou stránku lze konstatovat, že bionafta zatím nemůže v čistě hospodářsky pojímaném smyslu konkurovat ropným produktům. Opodstatněnou se výroba bionafty ukazuje při tendencích omezování zemědělské nadvýroby a při řešení ekologických otázek (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1996, 1998).

2.7 Energetické využití trav

V současné době, jak uvádí FRYDRYCH A KOL. (2006), nabývá na významu využívání energie z biomasy rostlin. Biomasa trav je součástí tohoto potenciálu rostlinné biomasy. Trávy a jejich využití v energetice lze doporučit zejména jako náhradu ladem ležících zemědělských půd dříve intenzivně využívaných, jejichž plocha se díky zvyšující se úrovni a produktivitě zemědělské výroby zvyšuje, neboť již nemá využití pro produkci potravin (GERNDTOVÁ., 2006). Využití tyto plochy lze podle ANDERTA A KOL. (2006) k pěstování energetických plodin, mezi které se řadí i trávy, a to i z důvodu snižujících se stavů skotu, čímž narůstá množství trávy, kterou lze energeticky využít. Analogické problémy s travní fytomasou vznikají i v komunální oblasti při údržbě veřejné zeleně, kde v ČR narůstá ročně cca 200 000 tun trávy (VÁŇA, UŠŤAK, 2006).

V ČR je podle MOUDRÉHO, SOUČKOVÉ (2006) v současné době roční produkce fytomasy travin a rákosů 800 000 tun/rok (viz. tabulka č. 17). Plocha trvalých travních porostů (TTP) od roku 1989 v ČR stále narůstá a předpokládá se, že po roce 2010 dosáhne původní úrovně před kolektivizací, tj. cca 1,1 mil. ha. Kromě toho roste i plocha dočasných luk, kterých je asi 60 000 ha. Se zalesněním těchto ploch se počítá až při svahovitosti přes 14°, takže problém případného energetického využití se týká asi 400 000 ha s výnosem kolem 3 t suché hmoty z 1 ha při extenzivním hospodaření. Výnosy mohou při troše péče dosáhnout až 8 t/ha i více, což se může příznivě projevit v ekonomice, např. u čistých porostů srhy říznačky (SLADKÝ, 1995).

Využití travní biomasy pro energetické účely, jak tvrdí FRYDRYCH A KOL. (2006), je perspektivou tedy jak pro biomasu ze zemědělských půd, ladem ležících půd, cílených zatravněných technických ploch i trvalých travních porostů. Všechny tyto plochy jsou zdrojem biomasy a její cílené využití a zhodnocení bude významným ekonomickým přínosem. Průmyslové využívání trav vytváří i nové možnosti pro výzkum a jeho praktickou realizaci. Trávy vytváří často obrovské množství sušiny organické hmoty, je jim věnována značná výzkumná pozornost (HONZÍK, UŠŤAK, 1997). Jejich využití jako zdrojů obnovitelné energie

je perspektivní alternativou pro ekonomické zhodnocení nepotravinářského využívání zemědělské půdy.

Systém strojů pro sklizeň tradičních energetických travin, jak uvádí SLADKÝ (1995), se příliš neliší od strojů pro sklizeň krmiv. Jsou to prstové a rotační žací stroje, kondicionéry, mačkače a stroje pro „matracování“ rostlin, tj. stroje urychlující proces sušení. Pro vlastní sklizeň při dopravě na kratší vzdálenosti dobře poslouží sběrací vozy v návaznosti na mechanizované seníky, pro větší vzdálenosti různé typy sběracích lisů. Zatím zcela neúspěšné bylo ověřování jakýchkoliv systémů briketování a peletování (pro špatnou soudržnost a prohořívání materiálu), nehledě na zvýšený obsah NO_x ve spalinách.

Sklizeň energetických travin se od krmných podstatně liší v agrotechnických lhůtách a požadavcích na biologicko-chemický obsah, daný mimo jiné také složením druhovým. Běžný travní porost obsahuje několik desítek druhů travin a bylin s rozdílným „fázovým posunem“ vegetace. Pokud by se daly TTP převést na monokultury vysokostébelných trav, v zimě nepoléhavých, bylo by možné postupovat obdobně jako u obilnin s tím, že by sklizeň byla uskutečňována v pozdním létě nebo na jaře příštího roku. Toho však v nejbližší době dosaženo nebude, a proto zůstávají jenom tyto možnosti energetického využití TTP:

- Sklizeň přezrálých porostů v pozdním létě z předem posečených řádků, přičemž se nevyklučuje vyplavení živin, zejména dusíkatých látek, případným deštěm. Spalování celých balíků nebo „polobriket“ (s vnitřním otvorem) v kombinaci se slámou obilnin a dřevem s tím, že jak tvar topeniště, způsob odhořování i poměr paliv musí být výzkumně a vývojově řešen.
- Sklizeň porostů v jakémkoliv (z časových a pracovních kapacitních důvodů) vhodné agrotechnické lhůtě v širokém rozmezí vlhkosti pro využití v bioplynových stanicích. I tento způsob musí být výzkumně řešen s ohledem na řadu nejasností.
- Neopomenutelná, i když krátkodobá možnost je export kvalitního sena do Rakouska nebo Německa, kterým tamější zemědělci pro ně výhodně obcházejí pěstební limity u nich platné.

- Neopomenutelné je také kompostování, které je ovšem energeticky a ekonomicky ztrátové, a mulčování, které je však nutné zamítnout pro řadu agrotechnických nedostatků (SLADKÝ, 1995).

Při pěstování trav je z fyto-sanitárního hlediska třeba, aby se trávy určené pro energetické využití nepěstovaly ve větší míře v oblastech, kde se v současné době vyskytují virózy z důvodu možného zvýšení šíření těchto chorob. Naopak výhodou trav je jejich nenáročnost, vytrvalost a možnost pěstování i na místech, kde běžně dochází k půdní a větrné erozi. Při pracovních operacích by se ovšem nemělo používat pasivní nářadí, které místy utlačí půdu a zhorší tak její propustnost pro vodu. Je vhodná, v rámci možností, redukce a zjednodušení počtu vstupů na půdu, aby se zabránilo utužení půdy (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008).

Energetické využití TTP se stávající skladbou travin a bylin představuje zatím největší, dosud nikde uspokojivě nevyřešený problém jednak z hlediska velkého rozsahu ploch, kterých se týká, jednak z nevyřešení a zejména z neověření možných variant technologií a použitých strojů. Měla by se proto část prostředků poskytovaných nyní jako dotace na prosté posekání těchto ploch (asi 1 700 mil. Kč ročně) poskytnout na výzkum a ověření v úvahu připadajících technologií, které by mohly zajistit alespoň určitý efekt (SLADKÝ, 1995).

Na základě dosavadního výzkumu trav pro energetické využití se jeví jako nejvhodnější pro energetické účely psineček veliký, kostřava rákosovitá a ovsík vyvýšený. Účelově pěstované monokultury rákosovitých travin evropského i asijského původu však mají daleko příznivější šanci pro pěstování a sklizeň pro energetické účely než stávající TTP. Trávy byly již zkoumány z hlediska výnosu sušiny, spalného tepla a výhřevnosti. V současné době probíhá výzkum vlivu termínu sklizně trav před technickou zralostí a po technické zralosti na výnos zelené hmoty, suché hmoty a sušiny. Za účelem vlastní realizace a koncovky celého pěstitelského procesu využití energetických trav probíhají zkoušky spalování energetických trav v technických zařízeních (FRYDRYCH A KOL., 2006).

Tabulka. č. 17: Průměrná roční produkce slámy z TTP v ČR (dle MOUDRÉHO, SOUČKOVÉ, 2006)

Plodina	Průměrná sklizňová plocha (ha)	Průměrný výnos (t/ha)	Průměrná produkce slámy (t)
TTP celkem	455 807	3,1	1 413 002

2.7.1 Spalování fytomasy trav

Travní biomasu by bylo možno přímo spalovat (LEDVINA, KOLÁŘ, 2000). Energetické využití trav spalováním v současných technických zařízeních (kotlích) na spalování uhlí, jak tvrdí FRYDRYCH A KOL. (2006), využít nelze. Pro spalování travní fytomasy (sena), je ale možno použít kotlů původně určených pro spalování slámy, které jsou vybaveny rozdrůzovačem balíků, nebo v kotlích určených pro spalování dřevních peletek či dřevní štěpky. Zde lze využít i sena ve směsných palivech (př. seno-uhlí, seno-dřevní štěpka, seno-chrastice apod.) SLADKÝ (1995) uvádí, že při rozhodnutí se pro spalování travní hmoty se tedy většinou jedná o výměnu kotlů za kotle na spalování celých balíků, nebo doplnění stávajících kotlů vhodnými předtopeništi.

Četní autoři tvrdí, že výhřevnost slámy a celých rostlin obilí je jen o něco nižší, než výhřevnost hnědého uhlí (HONZÍK, UŠŤAK 1997, VÁŇA 1997). Tyto výsledky ale experimenty KOLÁŘE (1997) nepotvrdily, naopak zjistil, že travní biomasa ze Šumavy má výhřevnost extrémně nízkou, zhruba 80 % výhřevnosti dřeva. Kromě toho dehtovitost hořlaviny travní hmoty je podle analýz LEDVINY, KOLÁŘE (2000) 34 %, zatímco nejmizernější hnědá uhlí mají dehtovitost 20 – 25 %. Travní hmota má jen 9,7 % hořlaviny, tedy 90,3 % balastu. To je tristní skutečnost, zchlazující nezřízený optimismus propagátorů přímého spalování travní biomasy. Za další nevýhodu spalování travní fytomasy se podle SLADKÉHO (1995) považuje nutnost značných úprav v kotelnách.

U jednotlivých odlišných travních druhů a lučních směsí se podle FRYDRYCHA A KOL. (2006) projevuje kromě rozdílného výnosu (viz. tabulka č. 18) i rozdílný obsah sušiny v zelené hmotě, který se zvyšuje zejména stárnutím porostu a oddalováním doby první sklizně. Přitom co nejvyšší obsah sušiny v travní hmotě je velmi důležitým kritériem pro spalování (vyšší výhřevnost - viz. tabulka č. 19). Porosty v experimentu byly sklizeny: první seč měsíc před technickou zralostí v první dekádě června a poslední seč byla provedena dva měsíce po technické zralosti v první dekádě září. Obsah sušiny byl nejvyšší u porostů sklizených v září. Jednotlivé luční směsi i travní druhy reagují rozdílně i z hlediska výnosu sušiny a optimálního termínu sklizně pro biomasu a její využití pro energetické účely v průběhu sklizňového roku s cílem dosažení maximálního

výnosu sušiny. Snížení výnosu sušiny u travních porostů sklizených v pozdním letním a podzimním období v první seči je způsobeno zejména opadem listů a u některých trav i polehnutím (např. luční směsi nebo ovsík vyvýšený).

Tabulka č. 18: Orientační výnosy suché hmoty a energetická výtěžnost z 1 ha (MOUDRÝ, SOUČKOVÁ, 2006)

Rostlina	Výnosy suché hmoty (t/ha)	Energetická výtěžnost (GJ/ha)
Lesknice rákosovitá	4,09 – 4,86	75,1 – 89,3
Ovsík vyvýšený	3,37 – 4,31	52 – 66,5

Tabulka č. 19: Výhřevnost některých spalovaného materiálů v závislosti na vlhkosti (obdobně je tomu u trav – s vyšší vlhkostí klesá výhřevnost paliva) (SLADKÝ, 1995)

Druh paliva	Výhřevnost (MJ.kg-1)
Dřevo palivové při obsahu vody 20 %	14,23
Dřevo palivové při obsahu vody 50 %	8,1
Sláma obilovin (obsah vody 10 %)	15,5

2.7.2 Anaerobní fermentace travní fytomasy

VÁŇA, UŠŤAK (2006) uvádí, že travní fytomasa, která počínaje r. 2001 musí být z dotačně udržované zatravněné půdy odstraňována, může být též senážována a skladována pro biozplynování v zimním období. Problémy s travní fytomasou vznikají také v komunální oblasti při údržbě veřejné zeleně. Podle SLADKÉHO (1995) pokud se dnes vůbec nadprodukce travin po sečení z pozemků odváží, přichází v nejlepších případech do kompostů. Často ale přichází do nekvalitních nebo divokých skládek, k tlejícím stohům slámy, či do hnojišť. Tyto skládky, však ve většině případů, jak tvrdí ANDERT A KOL. (2006), nesplňují parametry ekologického nakládání s odpady. Ve všech případech tohoto skládkování dochází k rozkladu travin k tvorbě CO₂, H₂ a CH₄ (metanu) a tyto plyny unikají do ovzduší. Přitom metan patří k nejnebezpečnějším „skleníkovým“ plynům.

V zahraničí ve Švédsku, Německu a Rakousku, ale i v Dánsku a zejména v Nizozemsku věnují značnou pozornost výzkumně vývojové práci v oblasti energetického využití TTP - převážně otázkám výroby bioplynu, a to jak v malých „selských“ bioplynových reaktorech, tak ve velkoka - pacitních bioplynárnách.

Běžná tráva poskytuje z 1 kg sušiny 500 až 700 litrů bioplynu, což je podstatně více než kterákoliv jiná hmota (SLADKÝ, 1995), což znamená, že produkce bioplynu z fytomasy trav je efektivnější než ze zvířecích exkrementů (mrva, kejda, trus drůbeží apod.) o cca 50-70 % (MOUDRÝ, SOUČKOVÁ, 2006). Např. hovězí nebo prasečí hnůj, dává totiž pouze 200 až 300 l/kg (SLADKÝ, 1995). I proto samostatná fermentace trav, jak uvádí SCHULZ, EDER (2001), vykazuje nejlepší hospodárnost pro výrobu bioplynu (oproti samostatnému využití kejdy skotu, drůbeže, prasat a směsí těchto exkrementů s fytomasou). Travniny v jakékoliv sušině jsou totiž podle SLADKÉHO (1995) v podstatě nejvhodnějším materiálem pro tvorbu bioplynu, zejména pro svou vysokou biologickou aktivitu, vysoký obsah živin a snadnou odbouratelnost buněk ve všech stupních vlhkosti. VÁŇA (1997) doporučuje 50 % travní biomasy v organické hmotě substrátu. V Rakousku se běžně přidává do kejdy i slamnatého hnoje přebytek trávy ve všech vegetačních stádiích a konzervačních formách, neboť zejména kejda trpí nedostatkem sušiny. SLADKÝ (1995) uvádí, že ve Švýcarsku úspěšně ověřili tvorbu bioplynu i ze senáže a siláže. Tím se podstatně prodlužuje sezona využívání travin k tvorbě bioplynu (ovšem za cenu vyšších investičních nákladů). Podle LEDVINY A KOL. (2001) samotná travní hmota není příliš vhodný materiál pro vyhnívání, protože má malou pufrační kapacitu. Substrát se v jednoduchých technologiích prudce okyseluje a celý vyhnívací proces se zastavuje. Aby se tato nevýhoda odstranila, je nutno použít složité technologie, s náročnou provozní kontrolou a obsluhou a také tzv. „suché technologie“ se sušinou substrátu 30-35 %. Kofermentací s výkaly skotu (které samotné nejsou dobrým materiálem, protože při vyhnívání brzdí proces vyšší koncentrace uvolněného NH_3) se zlepšuje pufrační kapacita substrátu i omezuje záporný efekt NH_3 .

Podle HORÁČKA, KOLÁŘE (2001) při hodnocení produkce bioplynu z travin nelze opomenout, že bioplyn je směs CH_4 a CO_2 a že CO_2 vlastně bioplyn znehodnocuje. Bioplyn z travin je energeticky vydatný plyn, má kolem 64 % metanu (velmi výhřevného plynu) a do 30 % kyslíčnicku uhličitého. Na rozdíl od bioplynu z prasečí kejdy má mnohem méně sirovodíku, který poškozují součástky spalovacích motorů. Ve větších bioplynových reaktorech napojených na veřejnou síť plynovodů se CO_2 odstraňuje propírkou nebo hašeným vápnem a bioplyn se tak mění na skoro čistý metan, shodný se zemním plynem. Stopy sirovodíku se odstraňují podobně jako

ze svítiplynu. Čistý metan má pak výhřevnost přes 8 500 kcal/m³, tj. přes 35 MJ/m³, což je více než litr benzínu nebo nafty a mnohem více než 1 kg uhlí. Teoreticky mohou 3 kg sušiny trávy (asi 15 kg zelené trávy) poskytnout 1 m³ metanu o alikvotní výhřevnosti 1,2 litru LTO. Množství 3,5 kg sena při spálení poskytne: 3,5 x 14,5 = 49,7 MJ + 0,18 kg popelovin; avšak metanogeneze poskytne z 15 kg trávy jen 8,535 MJ, ale i cca 6 kg organického, kvalitního hnojiva (SLADKÝ, 1995).

Produkce bioplynu v zařízeních anaerobní digesce je podle SCHULZ, EDER (2001) poměrně velmi rozdílná (0,176 – 0,637 m³/kg organické sušiny, průměrně 0,327 m³/kg org. sušiny). Literatura HORÁČEK, KOLÁŘ (2001) uvádí, že produkce plynu je tím vyšší, čím je vyhnívací teplota nižší, čím je kratší vyhnívací doba a zejména čím je travní hmota bohatší na tuky, lehce rozložitelné cukry a bílkoviny. Produkce bioplynu z travní hmoty závisí i na snížení obsahu ligninu, na výši celkového obsahu dusíku, který je kladně ovlivněn velikostí dávky dusíku, jíž byl travní porost hnojen. Např. travní biomasa z extenzivních (nehnojených) porostů je schopna uvolnit při anaerobní digesti až 700 l bioplynu na 1 kg organické sušiny substrátu. Naproti tomu travní hmota z intenzivně obhospodařovaných a dobře hnojených pozemků dává plynu podstatně méně, asi 500-550 l/kg organické sušiny substrátu. Je to dáno tím, že hnojený travní porost má vyšší obsah živin (hlavně dusíku) a nižší obsah ligninu a inkrustujících látek tudíž není vhodnějším materiálem pro anaerobní digesti z hlediska výtěžku plynu než porost nehnojený. Dosud již bylo dokázáno, že vysoký obsah dusíkatých látek a lehce rozložitelných sacharidů sice může podstatně zvýšit průměrnou produkci plynu z vyhnívací jednotky, ale vždy s určitým rizikem zhroucení procesu a s vysokými nároky na řízení procesu. Cukry totiž substrát silně a rychle okyselují, porušují jeho vlastní pufrací kapacitu a není-li substrát dodatečně upraven, produkce plynu prudce klesá. Dusíkaté látky navíc produkují amoniak, kterému se zvláště mesofilní procesy nedokáží ubránit. Mnohem větší vliv na produkci plynu při anaerobní digesti fytomasy má však vlastní technologie, tj. míchání, ohřev, homogenizace substrátu, počet stupňů procesu, recyklace procesní tekutiny, optimální pH pro acidogenní i metanogenní bakterie, pórovitost substrátu, doba zdržení ve fermentoru a další faktory ve srovnání s faktem, je-li travní hmota hnojena či nikoliv. Tyto faktory lze shrnout tak, že zcela nehnojené travní porosty

dávají fytomasu, která je vhodnější pro ekonomicky vyhovující anaerobní digesci (KOLÁŘ A KOL., 2001).

Dále např. ANDERT A KOL. (2006) uvádějí, že u zpracovávané trávy dezintegrování lisováním a pořezáním se tato úprava materiálu projevila ve zvýšené produkci bioplynu. Také optimální podíl sušiny trávy od 35 do 50 %, v celkové sušině směsi, vykazoval zvýšení kumulativní produkce bioplynu. Výsledky pokusů prokazují vhodnost používání travní fytomasy jako materiálu pro výrobu bioplynu. Ovšem KÁRA A KOL. (2001) jim oponují a tvrdí, že úprava travní fytomasy (senážování, sušení) před kofermentací s kejdou má pouze vliv na vlastní metanogenezi. Měření na velkých fermentorech bylo zjištěno, že senážování trávy před kofermentací má tento vliv spíše záporný. Ale u malých fermentorů byl efekt senážování opačný. Rozdíl v tvorbě bioplynu při fermentaci sena nebo trávy nebyl už téměř žádný. Závěrem lze tedy říci, že zmíněná úprava trávy před fermentací průběh metanogeneze nijak významně neovlivní. Toto tvrzení dokládá tabulka č. 20. Pokud jde o senáž, tak HORÁČEK, KOLÁŘ (2001) dodávají, že produkce bioplynu je u čerstvě otevřených balíků travní senáže 0,5 m³/kg org. sušiny, 5 dnů po otevření 0,37 m³/kg a 30 dnů po otevření jen 0,225 m³/kg org. sušiny. Rozdíl v produkci plynu z čerstvé trávy a z čerstvě otevřeného balíku travní senáže tedy není prakticky žádný. Seno dává horší výsledky, než čerstvá senáž.

Jak uvádí SLADKÝ (1995), přes dlouholetý vývoj metanogeneze z chlévské mrvy a kejdy nelze dosavadní zkušenosti bezesbytku aplikovat na traviny a další vývoj v tomto směru se neobejde bez výzkumu. Kromě otázek biologických bude nutné rozhodnout o optimálních variantách pro menší (viz. obrázek. č. 3) a větší bioplynové provozy na bázi trávy, přičemž vývoj půjde pravděpodobně směrem k větším centrálním zařízením napojeným na obecné síť zemního plynu. V nejbližší době však mohou být z důvodu investiční náročnosti uváděny do provozu spíše menší provozy místního, omezeného významu. Zajímavé řešení přichází z Rakouska, kde se kombinuje využívání solární energie a bioplynu (MATHOY, 1994).

Problémy při metanogenezi z travin jsou značné. Rozvoj metanogenní mikroflóry je náročný na teplo, které musí v substrátu vzniknout „spálením“ části

sušiny pomocí jiných bakterií nebo musí být dodáno zvenčí, což v teplých krajích není problémem, na rozdíl od našich podmínek.

Zpracování samotné trávy, ať čerstvé nebo lépe zavadlé, začíná pořežáním na krátkou řezanku sběracími vozy nebo sklízecí řezačkou. To umožňuje mechanizaci plynulého výrobního procesu, ale obtížně se zastavuje aerobní mineralizace a převádí se na anaerobní. Proto v Rakousku vyvinuli třístupňové fermentové technologie: v prvním stupni se materiál samovolně zahřívá, v druhé nastává hlavní etapa metanogeneze a ve třetím její doznívání a formování organického hnojiva. Tato technologie vyžaduje vlastně tři reaktory. Švýcarský výzkumný ústav v Tänikonu pod vedením dr. Wellingera tento postup uskutečňuje v soustavě zařízení s jedním reaktorem s jasně oddělenými fázemi – první náhřev materiálu je už v tlačném dopravním potrubí pístového typu. Tlakové pístové plnění reaktoru připomíná známé dopravníky chlévské mrvy a zajišťuje pouze nezbytné množství vzduchu potřebné k nahřátí materiálu (SLADKÝ, 1995). Přesto se v tlačné fázi nahřívá surovina ještě uměle (WELLINGER, 1996).

HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008) uvádí, že bioplyn z bioplynových stanic je možno využít k výrobě tepla, elektrické energie a případně po úpravě dodávat do sítě zemního plynu.

Podle MOUDRÉHO, SOUČKOVÉ (2006) spolu s výrobou bioplynu vzniká (digestát), což je zbytek po fermentaci, který obsahuje prakticky nezměněné množství minerálních látek obsažených v původní biomase, to umožňuje recyklaci živin spojenou se zvyšováním produkce biomasy a následné snížení měrných provozních nákladů na sklizeň (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008). Zvláště důležité je, že významný podíl uhlíku zůstává v tuhém zbytku a neprochází atmosférou jako při spalování. Tím snižuje množství CO₂ v plynné biosféře (MOUDRÝ, SOUČKOVÁ, 2006). Z vyhnílych kalů (digestátu) by tedy bylo možno velmi snadno vyrobit mimořádně levná organominerální hnojiva. Znamená to, že vyhívání travní hmoty je bezodpadová, ekologicky čistá technologie a navíc levná hnojiva by významně snížila vlastní náklady a tím ekonomickou rentabilitu a konkurenceschopnost zemědělské soustavy horských a podhorských oblastí (LEDVINA, KOLÁŘ, 2000).

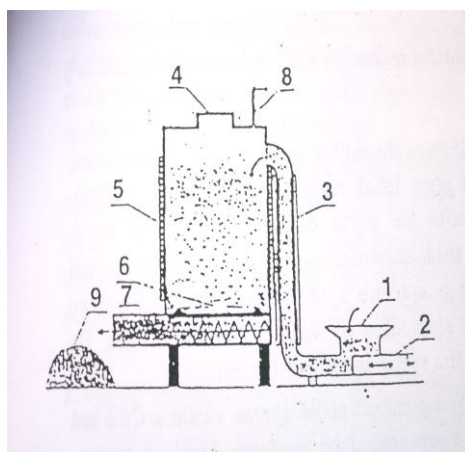
Orientace na vyhívání travní hmoty vzbuzuje velký zájem, bohužel spíše v zahraničí, než u nás (VÁŇA, 1997). I když anaerobní digesce travní hmoty

z nehojených ploch dává naději na udržení zemědělství v marginálních oblastech, v nichž klimatické a půdní podmínky omezují konkurenceschopnost místní zemědělské výroby v měřítku evropském i světovém (HORÁČEK, KOLÁŘ, 2001).

Oponenti anaerobní digesce travní hmoty však operují s tvrzením, že investiční náklady jsou u těchto technologií příliš vysoké a vyrobená cena 1 kWh v nákladech leží mezi produkcí kWh z tepelné a atomové elektrárny (VÁŇA 1997). Nelze ale opomenout, že vývoj jde prudce dopředu a směřuje k levným plastovým vyvíječům a dokonce k použití pouhých těsnících folií (SCHULZ, EDER, 2001). Samozřejmě, že rentabilitu anaerobní digesce silně ovlivňuje množství vyrobeného plynu na 1 kg sušiny organické hmoty, ale také stupeň konverze výchozího materiálu a doba vývoje plynu. A pochopitelně i vlastní spotřeba energie ve výrobní technologii (HORÁČEK, KOLÁŘ, 2001).

Obrázek č. 3: Zařízení pro zpracování travin na bioplyn (dle MOUDRÉHO, STRAŠILA, 1996)

- 1) přijímací násypka řezané trávy
- 2) tlačná pístová dopravní soustava
- 3) výtlačné – ohříváné potrubí hmoty
- 4) reaktor tvorby bioplynu
- 5) tepelná izolace pláště reaktoru
- 6) spodní vybírač zpracované hmoty
- 7) vynášecí šnekový dopravník
- 8) výstup a odvod vzniklého bioplynu
- 9) výstup zpracované, kompostované hmoty



Tabulka č. 20: Vliv úpravy travní fytomasy před kofermentací na produkci bioplynu (dle KÁRY A KOL., 2001)

Zařízení	Velké fermentory (50 l)		Malé fermentory (3 l)		
	tráva kejda	senáž kejda	tráva kejda	senáž kejda	seno kejda
Složky fermentované směsi	tráva kejda	senáž kejda	tráva kejda	senáž kejda	seno kejda
Doba zdržení ve fermentoru (dny)	51	51	52	52	52
Množství vyprodukovaného bioplynu (1.kg _{sušiny} ⁻¹)	164	151	72	83	74

2.8 Marginální oblasti – perspektivní místo energetického využití trav

Nejobecněji je marginální situace podle STŘELEČKA, MAŠTĚROVÉ (1999) vymezena tak, že kombinace výrobních, sociálních, ekonomických, environmentálních a politických faktorů je natolik nepříznivá, že určité oblasti se stávají neživotaschopné z důvodů neefektivního využití půdy či sociálně ekonomické struktury. Dané oblasti jsou na okraji hospodářské, ekonomické a sociální životaschopnosti (economic viability).

KALINOVÁ (2005) uvádí, že Evropská unie vymezuje podle topografických, půdně-klimatických i sociálních a ekonomických podmínek oblasti příznivé a méně příznivé LFA (Less Favoured Areas) pro zemědělské hospodaření. Méně příznivé oblasti (marginální) tvoří v ČR 59 % území. V ČR jsou marginální oblasti charakteristické zejména vyšší nadmořskou výškou, nízkou úrodností půdy, vyšší svahovitostí, a tím i erozivní ohrožeností a vyšším podílem trvalých travních porostů (STACH, 2000). Jedná se tedy o většinu ploch našich horských a podhorských oblastí s méně úrodnými, často kamenitými a svahovitými půdami a navíc se značným podílem ploch, spadajících do pásem hygienické ochrany vodních zdrojů, chráněných oblastí apod. (VRKOČ, VACH, 1995).

Horské a podhorské oblasti, jak uvádí LEITMANOVÁ (2001), plní specifickou úlohu v oblasti životního prostředí, ale i funkce hospodářské, sociální a kulturní. Tyto horské a podhorské oblasti s nepříznivými půdními a klimatickými podmínkami jsou charakteristické nízkou ekonomickou efektivností intenzivní zemědělské výroby, která je dosud zaměřená na tradiční potravinářské komodity, jejichž uplatnění na trhu i konkurenceschopnost trvale klesají (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008). Důvodem poklesu je, že ačkoliv tyto oblasti mají většinou dostatek srážek, výběr plodin a výnosy jsou zde limitovány zvláště nižšími průměrnými teplotami (VRKOČ, VACH, 1995). Z této situace podle KUČERY (1995) nutně vyplývá nevhodná alokace a struktura zemědělské výroby. Přitom právě v těchto regionech stoupá význam zemědělství jako faktoru formujícího krajinu či stabilizujícího prvku venkova.

Přechod ekonomiky ČR z centrálně direktivního systému řízení na tržní hospodářství vytvořil výrazný tlak na zemědělské odvětví z hlediska jeho výkonnosti a odbytových možností (KRUTINA, KUČERA, 1995). Politické a ekonomické změny minulých let, jak uvádí ROSOCHATECKÁ, ŠROLLER (1998), se nejvíce promítají do postavení zemědělců právě v marginálních podmínkách, ať již soukromých nebo družstev. Podniky, hospodařící v úrodnější, řepařské oblasti, se spíše a rychleji přizpůsobují tržnímu hospodářství, neboť při stejných nákladech na hektar dosahují vyšších výnosů a lepší kvality produktů rostlinné výroby. V produkčních oblastech se stala rostlinná produkce (obiloviny, řepka) základem rentability podniku.

Ovšem zemědělské podniky v podhůří, které byly více zaměřeny na chov skotu a produkci mléka, se poklesem stavu skotu (během posledních deseti let dle ŠANTRŮČKA A KOL. (2001) pokles téměř na polovinu) dostaly do ekonomických problémů, což je nutí ke změnám struktury, jak v rostlinné tak i v živočišné produkci. Vzhledem k biologickým a klimatickým faktorům představuje zemědělství dlouhodobý výrobní cyklus, při samotné regulaci trhem totiž nemá prvovýroba v krátkém cyklu jistou náhradu vynaložených nákladů (ROSOCHATECKÁ, ŠROLLER, 1998).

Tato ztráta rentability malých podniků, neúrodná krajina, tvrdé životní podmínky, vyliďňování, tlak na investice do infrastruktury a na základní služby pro naplňování poslání zemědělství vedou k ukládání půdy do klidu. V horských a podhorských oblastech dochází ke ztrátě kulturní krajiny zjevně dříve, a to s ohledem na rostoucí ztrátu významu v současnosti využívaných zemědělských ploch. Z těchto důvodů by zde zemědělství mělo být orientováno na udržení a modernizaci hospodářských činností, ochranu zemědělského půdního fondu a plánování využití půdy, silnější diverzifikaci, podporu finalizace a marketingu kvalitní produkce, zakládání farem mladými farmáři, agroturistiku, odškodnění ekologické zátěže, zvýhodnění aktivit chránících životní prostředí (LEITMANOVÁ, 2001). V současné době je ale problematika podhorských oblastí dle ROSOCHATECKÉ, ŠROLLER (1998) částečně řešena extenzifikací, tedy rozšířením ploch trvalých i dočasných porostů s chovem skotu bez mléčné produkce. Z výsledků polních pokusů i poznatků praxe VRKOČE, VACHA (1995) se ukazuje, že tzv. základní výnos (na nehnojené a neošetřené pokusné parcele)

je v těchto marginálních podmínkách podle druhu plodin o 30-50 % nižší, v porovnání s nehnojeným výnosem na úrodných černozemních a hnědozemních půdách v nížinných oblastech. Proto se ztráty v těchto oblastech, jak uvádí ROSOCHATECKÁ, ŠROLLER (1998), pohybují v rozmezí 816 až 1 374 Kč na hektar zemědělské půdy. Zadluženost podniků v těchto oblastech je od 158 do 201 %, dlouhodobé závazky jsou vyšší než vlastní jmění podniků. Ovšem praxe i přesná sledování v dlouhodobých polních pokusech VRKOČE, VACHA (1995) prokázala, že i na těchto méně úrodných půdách lze při intenzivním hnojení docílit u řady plodin, zvláště obilovin, stejné, někdy dokonce i vyšší výnosy jako v nížinách, ale při zvýšených finančních nákladech na aplikaci agrochemikálií. Vzhledem k převážně promytému režimu těchto méně úrodných půd, zde musíme na stejný výnos použít vyšší dávky dusíkatých hnojiv a vzhledem k většímu tlaku chorob a plevelů i dražší, často opakovanou chemickou ochranu porostů v porovnání s nížinami. Podle různých ekonomických propočtů je např. stejný výnos obilovin a dalších plodin v těchto marginálních podmínkách o 1 000 – 2 000 Kč i více na 1 ha dražší než v nížinách.

LEDVINA A KOL. (2001) shrnují, že z výsledků výzkumu je zřejmé, že při současné ceně hnojiv, techniky hnojení a zemědělských produktů a při existujícím stupni využití živin nebude možno v horských a podhorských oblastech ani hnojit. Protože tyto oblasti jsou vždy potenciální zásobárnou čistých vod, je to na druhé straně i z ekologického hlediska velmi výhodné.

Co ale tedy budeme v podhorských a horských oblastech dělat, aby se zde udrželo ekonomicky soběstačné zemědělství, které by zde plnilo svoji krajinářskou funkci a udrželo zde obyvatelstvo? Jako jedno z možných řešení po vzoru EU, jak uvádí VRKOČ, VACH (1995), připadá v úvahu využití části plochy půdy v těchto oblastech pro nepotravinářskou produkci, tj. pro pěstování energetických a průmyslových rostlin. I z toho důvodu, že alternativní plodiny jsou méně náročné na vstupy, což je „předurčuje“ pro uplatnění právě v méně příznivých oblastech (KALINOVÁ, 2005). Toto opatření je třeba podle VRKOČE, VACHA (1995) pokládat za výhodnější než úhory, uvádění půdy do klidu, nucené zatrávňování apod. Všechny dosavadní propočty připravované zemědělské politiky naznačují, že bez ingerencí státu se marginální a zvláště submarginální oblasti jen samotnou zemědělskou výrobou neuživí.

Zemědělství v těchto oblastech by i podle LEDVINY A KOL. (2001) mělo alespoň na přechodnou dobu přestat produkovat potraviny a začít produkovat alternativní energii. A to nejlépe energii uvolněnou z travní hmoty, tedy naakumulovanou energii sluneční, z nehnoujených, ale sklizených ploch, čímž by byly splněny i náročné ekologické představy o využití těchto oblastí. Toto je výhodné i z hlediska předpokladu, že podobně jako v Německu či Rakousku, bude i v ČR vzrůstat společenský tlak na majitele pozemků zvláště v turistických oblastech, aby prováděli pravidelnou údržbu veškerých travních ploch (ANDERT AKOL., 2006).

Navíc u luk a pastvin je vzhledem k rentabilitě pěstování možné podstatně snížit náklady, pochopitelně s úměrným snížením produkce. Údaje MZ ČR (1998) uvádí jako rentabilní výnosy z luk – v závislosti na pratotechnice 1,8 – 5,6 t sušiny z hektaru při celkových nákladech 5 200 Kč (nízká intenzita) až 15 000 Kč vysoká intenzita. Podobně u pastvin výnosy sušiny z 1 ha 1,3 až 3,6 s náklady 3 300 Kč – 6 900 Kč. Tyto údaje je možno stručně doložit i údaji (rozborem ze zemědělského podniku) – náklady na luční porosty (ošetřování a sklizeň) v sumě 5 150 Kč na hektar při výnosu sušiny 2,65 t z hektaru. Nižší, nicméně rentabilní výnosy z luk a pastvin vytváří potenciální možnosti stabilizace produkce v rostlinné výrobě marginálních oblastí (ŠROLLER, ROSOCHATECKÁ, 1999).

I podle HORÁČKA, KOLÁŘE (2001) je zcela zřejmé, že transformace zemědělství z výroby pro potravinářské účely na výrobu pro energetiku je perspektivní. Už proto, že lze vypustit drahé hnojení, že trh s energií přece jen není tak napjatý jako trh s potravinami a také proto, že zemědělství v LFA oblastech zcela ideálně vyhovuje požadavkům ekologickým, zvláště proto, že náš stát s malými vodními zdroji musí svoji vodu chránit snad ještě pečlivěji, než naši evropští sousedé.

LEDVINA A KOL. (2000) uvádí, že zejména anaerobní digesce travní hmoty z nehnoujených ploch dává naději na udržení zemědělství v marginálních oblastech, v nichž klimatické a půdní podmínky omezují konkurenceschopnost místní zemědělské výroby v měřítku evropském i světovém. Problematika digesce travní hmoty získává v poslední době v marginálních oblastech zcela mimořádný význam i proto, že právě zde se dynamické prvky půdní úrodnosti při omezení hnojení a vápnění zhoršují 2 – 3 x rychleji, než je průměr pro půdy ČR (KOLÁŘ A KOL.,

2001). LEDVINA A KOL. (2000) upřesňují, že půdy tzv. LFA (Less favoured areas) se rychleji okyselují a rychleji ztrácí mobilní živiny, protože mají méně humusu, ale více organických látek – bohužel prosycených solemi hliníku a železa, a proto obtížněji rozložitelných – a tím mají také nižší pufrovitost a nižší sorpční kapacitu. Podle HORÁČKA, KOLÁŘE (2001) se při současné a v budoucnosti pravděpodobně stále vyšší ceně hnojiv (protože také kvalita hnojiv bude vyšší) bude v LFA výživa rostlin velmi problematická z hlediska rentability hnojení. Bez hnojení rychle klesne kvantita, ale i kvalita produkce, ale náklady na pracovní operace a technologie zůstanou stejné.

Světová literatura se shoduje v názoru, že pro anaerobní digesci travní hmoty v transformovaném zemědělství LFA oblastí by byl nejvhodnější max. dvoustupňový systém vyhnívání (první stupeň kyselá hydrolyza za míchání, druhý stupeň anaerobní alkalické vyhnívání) s foliovým plynojemem spojeným s vyhnívací komorou (tlak plynu 0,5 – 5 mm H₂O sloupce umožňuje stavět plynojemy objemu až 2000 m³ a plynovému motoru stačí sání z tlaku 0,5 – 1 mm H₂O sloupce – SCHULZ, EDER (1996)). U nás navrhli výbornou technologii pro biozplynování fytomasy VÁŇA a SLEJŠKA (1998). Je to dvoustupňový kontinuální systém s aerobním kompostováním vyhnívaných kalů. Samozřejmě rozhodujícím kritériem pro rozšíření vyhnívání travní hmoty jsou aspekty ekonomické.

Rozšíření žádoucí anaerobní digesce travní hmoty z nehnojených ploch v horských a podhorských oblastech, obecně ve všech LFA oblastech, je významnou perspektivou zdejší trvalé udržitelnosti (HORÁČEK, KOLÁŘ, 2001).

3. CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je ověřit vhodnost vybraných druhů trav pro různé varianty energetického využití a zhodnotit jejich využitelnost v relaci k dalším energetickým plodinám.

Dílčí cíle:

- 1) Zhodnotit energetickou využitelnost vybraných druhů trav a porovnat hlavní rozdíly mezi nimi
- 2) Porovnat energetickou využitelnost trav v různých termínech sklizně a definovat nejvhodnější způsob využití v těchto termínech
- 3) Posoudit energetickou využitelnost trav ve srovnání s dalšími energetickými rostlinami

Hypotézy:

1. Energetické trávy jsou v porovnání s dalšími energetickými plodinami méně efektivní z hlediska tvorby výnosu sušiny.
2. Výnos sušiny sledovaných trav nedosahuje hranice rentability 12 t/ha v žádném termínu sklizně.
3. Pro energetické využití se z hodnocených druhů trav nejlépe hodí lesknice rákosovitá vzhledem k nejvyšší produkci fytomasy.
4. Pro spalování se jako nejvhodnější doba sklizně jeví termín po zimě.

4. MATERIÁL A METODIKA

V rámci grantového projektu MŠMT 2B06131 „Nepotravinářské využití biomasy v energetice“ je řešena část zabývající se travními druhy jako potenciálním zdrojem biomasy pro energetické využití. Vybranými travními druhy, u nichž byla sledována vhodnost pro energetického využití, byly: *Dactylis glomerata*, *Arrhenatherum elatius* a *Phalaris arundinacea*.

U trav byly sledovány následující parametry:

- výnos čerstvé hmoty (t/ha)
- výnos sušiny (t/ha)
- procentuální obsah sušiny (%)
- procentuální obsah vody (%)

Trávy byly pěstovány na pozemku Školního zemědělského podniku JU v Českých Budějovicích. Údaje pro práci byly získávány z maloparcelkových pokusů. Trávy byly vysety roku 2007 a následně ošetřovány tak, aby se zamezilo jejich zaplevelení a byly tak připraveny na plné produkční využití v dalších letech.

Od každého travního druhu byly založeny 4 parcely (A, B, C, D). Počet opakování pokusů byl v souladu se zadáním projektu. Velikost parcel byla vyměřena na 1,2 x 18 metrů (tzv. metoda dlouhých parcel). Na každý druh tak připadalo 12 těchto parcel (viz. tabulka č. 21) dohromady o výměře 259 m².

Z těchto parcel pak byly odebírány reprezentativní vzorky pomocí srpu z plochy 1 m², a to každý měsíc od jara do podzimu roku 2009 (18.5., 11.6., 30.7., 17.8., 9.9., 21.10., 4.11., 9.11., 6.12.) a 25.3.2010. Tyto vzorky byly ihned po odběru zváženy (výnos čerstvé hmoty na 1 m²). Poté byly vzorky vloženy do sušícího zařízení, kde byly sušeny po dobu 1 týdne do konstantní hmotnosti a následně byly opět zváženy (výnos sušiny na 1 m²). Dále byly na základě získaných údajů vypočítány procentuální obsahy sušiny a vody ve vzorcích a průměrné teoretické výnosy na 1 hektar.

Pro zjištění velikosti skutečných výnosů (t/ha) byly provedeny tři hlavní sklizně v podobě posečení veškeré nadzemní biomasy ze všech parcel, a to v těchto termínech:

- 1) Sklizeň před metáním (11.6.2009)
- 2) Sklizeň pozdě na podzim po prvních mrazech (9.11.2009)
- 3) Sklizeň brzy na jaře (25.3.2010)

Pro tento pokus byly jednotlivé parcelky sklizeny prstovým žací strojem, kdy byla veškerá sklizená fytomasa z jednotlivých parcel zvážena. Současně byly odebrány i již dříve zmíněné vzorky pro stanovení procentuálního obsahu sušiny a vody ve vzorku, na jehož základě byl vypočítán výnos suché hmoty na 1 hektar.

Tabulka č. 21: Plán rozložení parcel

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
(*Phalaris arundinacea*)
odrůda Palaton

Ovsík vyvýšený
(*Arrhenatherum elatius*)
odrůda Rožnovský

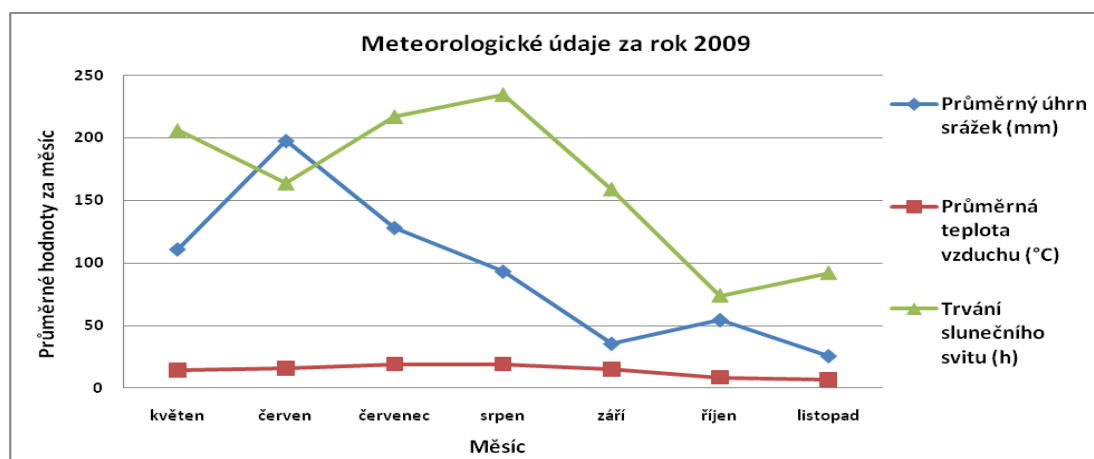
Srha říznačka
(*Dactylis glomerata*)
odrůda Niva

Stanovištní podmínky, které ovlivňovaly výnosy rostlin v roce 2009 na pozemku Školního zemědělského podniku JU v Českých Budějovicích, jsou charakterizovány v následující tabulce č. 22. V grafu č. 2 a tabulce č. 23 jsou uvedeny průměrné meteorologické údaje naměřené meteorologickou stanicí v Českých Budějovicích za rok 2009.

Tabulka č. 22: Stanovištní a klimatické podmínky v pokusné oblasti v ČB v roce 2009

Stanoviště	Budějovice
Nadmořská výška (m. n. m.)	380
Půdní druh	Písčito-hlinitý
Půdní typ	Kambizem pseudo-glejová
Roční průměrná teplota vzduchu (°C)	10,2
Roční průměrný úhrn srážek (mm)	829,5
pH půdy (KCl)	6,4

Graf č. 2: Meteorologické údaje v Českých Budějovicích za rok 2009 (zdroj: www.chmi.cz)



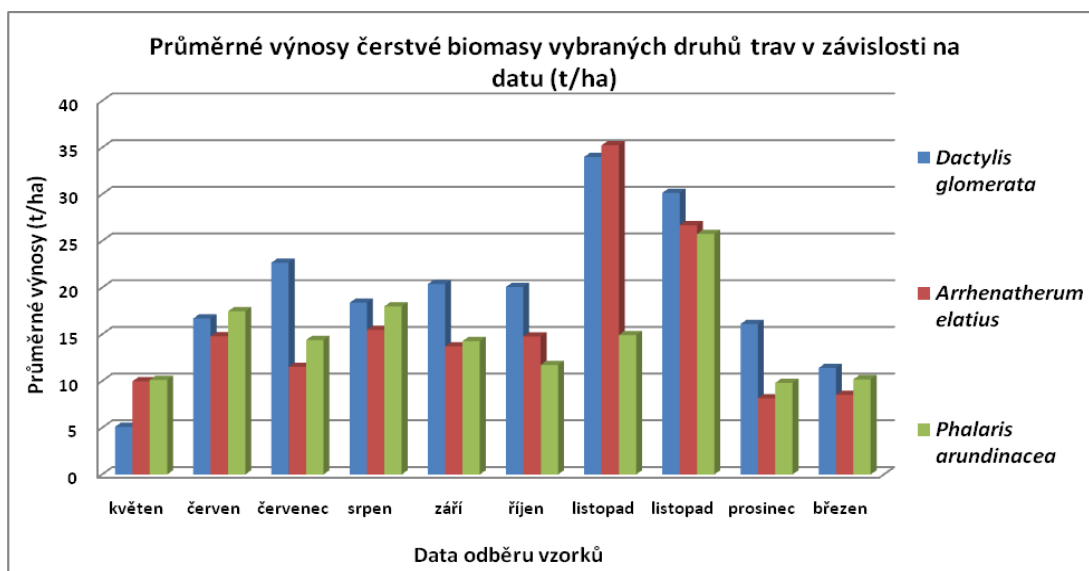
Tabulka č. 23: Údaje z meteorologické stanice České Budějovice za rok 2009 (zdroj: www.chmi.cz)

Meteorologická stanice České Budějovice													
Průměrná teplota vzduchu (°C)	Měsíc												Průměr 2009
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	- 3	-0,2	4,4	12,7	14,3	15,8	19,2	19,2	15,2	8,7	6,9	0,3	9,5
Průměrný úhrn srážek (mm)	10,2	52,1	56,0	24,3	111	197,8	128,2	93,2	35,4	54,3	25,5	41,5	829,5
Trvání slunečního svitu (h)	56,0	26,5	61,1	261,0	206,1	163,9	217,1	234,8	159,0	74,0	92,2	38,3	1590,0

5. VÝSLEDKY A DISKUSE

5.1 Výnosy čerstvé biomasy trav

Graf č. 3: Průměrné výnosy čerstvé biomasy trav v závislosti na datu (t/ha)



Tabulka č. 24: Průměrné výnosy čerstvé hmoty u jednotlivých druhů trav v závislosti na datu

Průměrné výnosy čerstvé hmoty (t/ha)	Rok 2009										Rok 2010	Průměrný výnos za rok (t/ha)
	18.5.	11.6.	30.7.	17.8.	9.9.	21.10	4.11.	9.11.	6.12.	25.3.		
<i>Dactylis glomerata</i>	5,1	16,7	22,68	18,38	20,38	20,08	34	30,15	16,1	11,4	19,50	
<i>Arrhenatherum elatius</i>	9,97	14,79	11,52	15,48	13,72	14,78	35,24	26,68	8,16	8,51	15,89	
<i>Phalaris arundinacea</i>	10,12	17,47	14,4	18	14,28	11,72	14,92	25,75	9,8	10,19	14,67	
Průměrný výnos za daný měsíc (t/ha)	8,4	16,32	16,2	17,29	16,13	15,53	28,05	27,53	11,35	10,03	16,68	

Průměrné výnosy čerstvé biomasy trav, jak je patrné z grafu č. 3 (tabulka č. 24), jsou nejnižší na jaře (květen), kdy průměrně dosahují hodnot 8,4 t/ha. Na jaře je tento jev způsoben tím, že po zimě dochází k pomalému obrůstání trav, což se nejvýrazněji projevuje u *Dactylis glomerata* (pouhých 5,1 t/ha), která je podle VELICHA (1994) z vybraných druhů trav nejranější, a proto bývá často poškozena jarními mrazíky, ovšem velmi rychle regeneruje.

Toto pomalé obrůstání u všech druhů trav ale od května velmi zrychluje. U *Arrhenatherum elatius* (z 9,97 na 14,79 t/ha) a u *Phalaris arundinacea* (z 10,12 na 17,47 t/ha) dochází k největšímu nárůstu fytomasy až do poloviny následujícího měsíce června. Výjimkou je *Dactylis glomerata*, u níž nárůst výnosu biomasy probíhá až do konce července, kdy i u tohoto druhu dochází k největšímu nárůstu nadzemní biomasy (z 5,1 na 22,68 t/ha).

V pozdějších měsících však výnosy trav takřka stagnují až do listopadu. Odchytky ve výnosech jsou v těchto měsících u jednotlivých druhů trav způsobeny zejména jejich odlišnými ekologickými nároky a tedy i rozdílnými odezvami na průběh meteorologických vlivů během těchto měsíců (viz. tabulka č. 23 – teplota, srážkový úhrn, délka slunečního svitu).

Ovšem počátkem listopadu se výnos čerstvé biomasy trav výrazně zvýší v průměru o 81% (z 15,53 na 28,05 t/ha). Tento výrazný vzestup výnosu hmotnosti čerstvé biomasy trav je způsoben procentuálním nárůstem podílu vody v rostlinách (z 64 na 73 % - viz. graf č. 6, tabulka č. 27). Nárůst podílu vody je podmíněn chladným deštivým počasím, tedy: zvýšeným úhrnem srážek (z 35 na 54,3 mm), výrazným poklesem teploty (z 15,2 na 8,7 °C) a zkrácenou délkou slunečního svitu (ze 153 pokles na 74 h) viz. tabulka č. 23.

V prosinci a dalších zimních měsících pak dochází díky působení mrazu ke ztrátám fytomasy o 36 % (poklesu výnosu z 27,53 na 11,35 t/ha – viz. tabulka č. 24). Tuto ztrátu potvrzují i HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008), podle nich ztráty fytomasy přes zimní období dosahují 25 – 40 %. Poklesy výnosů způsobuje mráz, který podmiňuje výpar vody z rostlin (ze 73 na 48 % - viz. graf č. 6, tabulka č. 27), kdy se ztrátou vody klesá i hmotnost výnosu. Později na jaře dochází k poklesu výnosu až na 10,03 t/ha, neboť obsah vody v rostlinách již činí pouhých 6 % (tzn. že v travách je obsažena téměř jen sušina 94 % - viz. graf č. 5, tabulka č. 26).

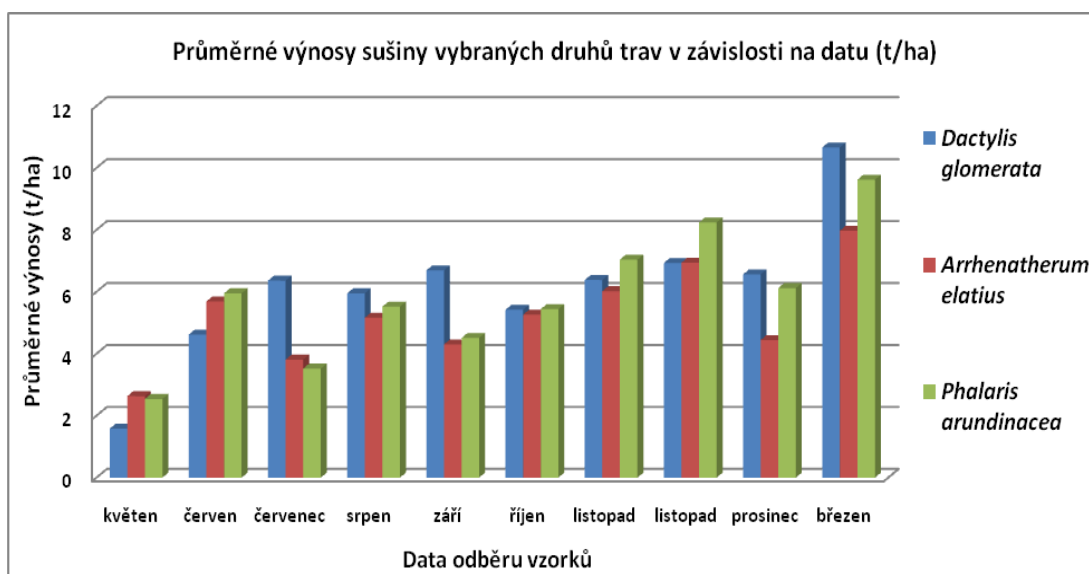
Nejvyšších průměrných celkových výnosů čerstvé biomasy za rok ze tří prověřovaných druhů trav dosahuje *Dactylis glomerata* (19,50 t/ha/rok). Druhého nejvyššího výnosu dosahuje *Arrhenatherum elatius* (15,89 t/ha/rok). Podobné avšak nejnižší výnosy vykazuje *Phalaris arundinacea* (14,67 t/ha/rok).

K nejmenším ztrátám fytomasy po zimním období dochází u *Arrhenatherum elatius* (32 %), k o trochu vyšším u *Dactylis glomerata* (38 %) a k nejvyšší ztrátě

fytomasy přes zimní období dochází podle zjištěných výsledků u *Phalaris arundinacea* (40 %), přičemž HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008) uvádí, že *Phalaris arundinacea* dosahuje ztrát nižších (kolem 25 %), než *Dactylis glomerata* a *Arrhenatherum elatius* (25 – 40 %).

5.2 Výnosy sušiny trav

Graf č. 4: Průměrné výnosy sušiny trav v závislosti na datu (t/ha)



Tabulka č. 25: Průměrné výnosy sušiny (t/ha) u jednotlivých druhů trav v závislosti na datu

Průměrný výnos sušiny (t/ha)	Rok 2009									Rok 2010	Průměrný výnos za rok (t/ha)
	18.5	11.6	30.7	17.8	9.9	21.10	4.11	9.11	6.12	25.3.	
<i>Dactylis glomerata</i>	1,58	4,62	6,36	5,95	6,69	5,42	6,38	6,93	6,56	10,66	6,12
<i>Arrhenatherum elatius</i>	2,63	5,69	3,81	5,16	4,3	5,26	6,02	6,94	4,44	7,97	5,22
<i>Phalaris arundinacea</i>	2,54	5,95	3,52	5,52	4,51	5,44	7,04	8,24	6,12	9,62	5,85
Průměrný výnos za daný měsíc (t/ha)	2,25	5,42	4,56	5,54	5,17	5,37	6,48	7,37	5,71	9,42	5,73

Průměrné výnosy sušiny trav (viz. graf č. 4, tabulka č. 25) dosahují mnohem nižších hodnot (zhruba o 66 %) než je tomu u předchozích výnosů zelené nadzemní biomasy trav (viz. graf č. 3, tabulka č. 24), je to dáno tím, že předchozí výnosy

čerstvé hmoty zahrnují hmotnost celé rostliny (podíl vody + podíl sušiny), kdežto u výnosu sušiny je brán v úvahu pouze hmotnostní podíl sušiny zastoupené v rostlině bez ohledu na obsah vody.

Nejnižších výnosů sušiny u trav (průměrně 2,25 t/ha) je dosaženo v jarních měsících (květen), neboť v tomto období začínají rostliny po zimě obrůstat a jak je známo mladé rostliny obsahují vyšší procentuální obsah vody (72 %) a méně sušiny (28 %) než porosty starší, což potvrzuje i graf č. 5 a graf č. 6.

V červnu výnos sušiny u všech třech druhů trav výrazně vzrůstá (z 2,25 na 5,42 t/ha). Tyto hodnoty se shodují s literaturou FRYDRYCHA A KOL. (2000), kde dosahují výnosů sušiny 3,82 – 5,25 t/ha. Tento výrazný nárůst výnosu sušiny u trav je způsoben jednak stárnutím rostlin, s nímž se zvyšuje obsah sušiny v rostlinách (z 28 % na 34 % - viz. graf č. 5, tabulka č. 26), a zároveň i zrychlením růstu rostlin do tohoto období (tzn. vyšší výnos nadzemní hmoty). Výjimkou je *Dactylis glomerata*, u níž nárůst výnosu sušiny probíhá až do konce července (z 1,58 na 6,36 t/ha). Tyto hodnoty potvrzuje i DEMELA (1976) uvádějící 5 – 6 t/ha a PROCHÁZKA (1995), který uvádí až 8 t/ha.

Po tomto období nejvyššího nárůstu fytomasy (*Arrhenatherum elatius*, *Phalaris arundinacea* – červenec, *Dactylis glomerata* – srpen) dochází podle KUTILA (2009) k postupné ztrátě fytomasy. Což potvrzuje i pokles výnosu sušiny trav (z 5,42 na 4,56 t/ha). Tento jev je doprovázen zvýšeným obsahem vody v travách (z 66 na 69 % - viz. graf č. 6, tabulka č. 27) vlivem dvou nejvyšších srážkových úhrnů v tomto a předchozím měsíci (červen 197,8 a červenec 128,2 mm - viz. tabulka č. 23).

V pozdějších měsících výnosy sušiny trav v souvislosti se stárnutím porostu nerovnoměrně stoupají. Tato nerovnoměrnost je podmíněna zejména odlišnými meteorologickými vlivy během těchto měsíců (viz. tabulka č. 23). Nárůst výnosu sušiny u trav probíhá dle zjištěných výsledků až do jara roku 2010. Ovšem dle literatury HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008) a ŠNOBL A KOL. (2004) by měl nárůst výnosu sušiny probíhat pouze do konce listopadu, neboť přes zimní období dochází ke ztrátě fytomasy trav, jejíž výše je závislá na sněhové pokrývce a nadmořské výšce (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008). Tato ztráta je kompenzována úbytkem vlhkosti a tím, že množství živin obsažených v rostlinách (draslík, chlór, dusík, síra a další prvky) je během zimy translokováno do kořenové části a dochází

k jejich vyluhování, proto je výnos sušiny na jaře nižší v porovnání s rostlinami sklizenými např. v srpnu (STRAŠIL A KOL., 2005).

To, že zjištěná průměrná hodnota výnosu sušiny trav při sklizni brzy na jaře je dle zjištěných výsledků vyšší než při sklizni na podzim, je v rozporu s údaji uváděnými v literatuře. Např. HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008) dosahují na podzim u *Phalaris arundinacea* výnosu 8 t/ha a na jaře zaznamenávají pokles výnosu sušiny na 6,2 t/ha. Tento rozpor se zjištěnými výsledky je způsoben zejména změnou sklízecí technologie v podobě použití novějšího typu prstového žacího stroje, který kosí porost trav níže u země než zařízení předchozí.

Vyšší zisky výnosu sušiny trav při podzimním a jarním termínu sklizně jsou sice doprovázeny vzrůstem procentuálního obsahu sušiny (viz. graf č. 5 a tabulka č. 26) v rostlinách, nicméně při pozdně podzimním termínu sklizně (říjen - listopad) je u většiny energetických vytrvalých rostlin obsah vlhkosti většinou i nadále relativně vysoký a dosahuje hodnot 30 až 70 % (KUTIL, 2009), což potvrzuje i zjištěná hodnota 64 - 70 % (viz. graf č. 6 a tabulka č. 27).

Nejvyšších průměrných výnosů sušiny za rok ze tří vybraných druhů trav dosahuje *Dactylis glomerata* (6,12 t/ha). Tento údaj se shoduje s tvrzením DEMELY (1976) a PROCHÁZKY (1995), kteří uvádějí 5 – 8 t/ha. Tyto výnosy ale zdaleka nedosahují hodnot zjištěných HAVLÍČKOVOU A KOL. (2008), kteří uvádí 10,45 až 12,36 t/ha a ŠANTRŮČKEM A KOL. (2001), jež dosáhli při pětisečném využití (10,2 t/ha) a při třísečném dokonce 13,2 t/ha (viz. tabulka č. 34).

Druhé nejvyšší výnosy sušiny za rok vykazuje *Phalaris arundinacea* (5,85 t/ha), tento výnos potvrzují i tvrzení PROCHÁZKY (1995), PETŘÍKOVÉ A KOL. (2006). Mírně přesahují hodnot (3,82-5,25 t/ha) uváděných v literatuře MOUDRÝ, SOUČKOVÁ (2006), HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2007) a FRYDRYCH A KOL. (2000) i spodní hranici rozmezí uváděného ŠNOBLEM A KOL. (2004). Vyšších hodnot výnosů sušiny bylo dosaženo pouze na jaře, kdy výnos činil 9,62 t/ha. Tato hodnota dosahuje horních hranic rozmezí výnosů uváděných literaturou (nejčastěji 9 či 12,6 t/ha – viz. tabulka č. 35) a významně přesahuje literární údaje pocházející ze sklizní provedených brzy na jaře: KAVKA (2006) – 7 t/ha, HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008) – 6,2 t/ha a ŠNOBL A KOL. (2004) – 7,5 t/ha.

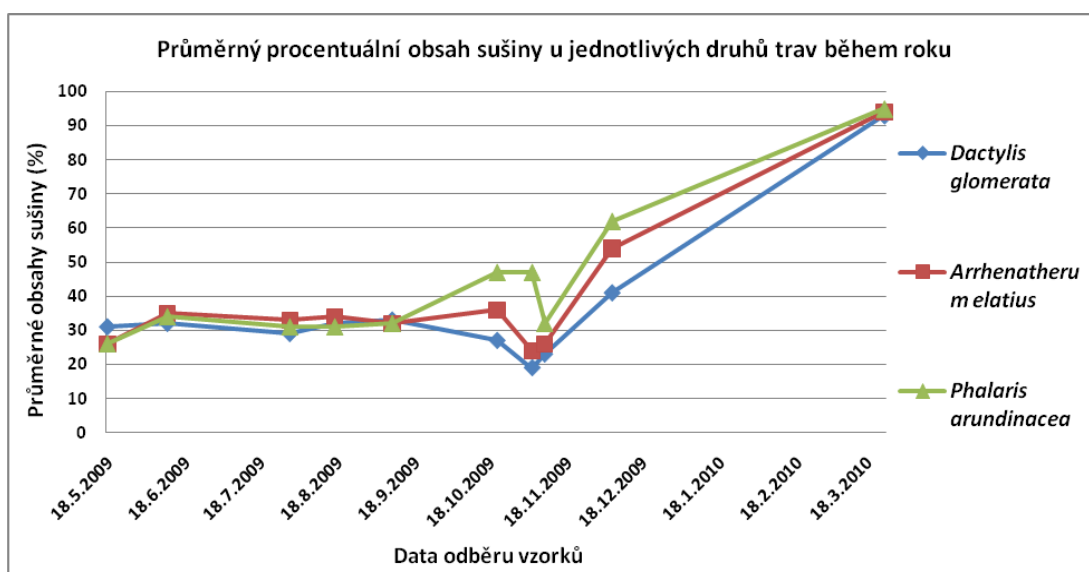
Nejnižší výnosy sušiny jsou zjištěny u *Arrhenatherum elatius* (5,22 t/ha – viz. tabulka č. 25). Obdobné jsou i hodnoty, které uvádí DEMELA (1976), PROCHÁZKA (1995) a dolní hranice rozmezí výnosu sušiny *Arrhenatherum elatius* uváděná v literatuře HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008). Tato hodnota však přesahuje tvrzení MOUDRÉHO, SOUČKOVÉ (2006), HAVLÍČKOVÉ A KOL. (2007) a FRYDRYCHA A KOL. (2000). Nejvyšší hodnoty výnosu (7-9 t/ha) uvádí PETŘÍKOVÁ A KOL. (2006) a HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008), jejíž horní hranice rozmezí výnosu sušiny je 10,5 t/ha (viz. tabulka č. 36).

Pro sklizeň za účelem co nejvyššího výnosu sušiny v travách se na základě zjištěných výsledků jeví jako nejvýhodnější termín sklizně jednoznačně na jaře. Přičemž u *Dactylis glomerata* je sklizeň horší než u zbývajících dvou druhů, neboť tento porost je po zimě značně polehlý (viz. obrázek č. 17 v Příloze).

5.3 Procentuální podíl sušiny a vody v biomase trav

Pro využití trav za účelem výroby energie ovšem není důležitý jen především doposud zmiňovaný výnos, ale i procentuální obsah sušiny (popř. vody) ve sklizené fytomase trav, kterému podléhá i způsob energetického využití dané fytomasy. Na základě těchto parametrů se pak stanovuje nejvhodnější termín sklizně jednotlivých druhů trav za účelem jejich energetického využití.

Graf. č. 5: Průměrný procentuální obsah sušiny u jednotlivých druhů trav v závislosti na datu



Tabulka č. 26: Průměrný obsah sušiny u jednotlivých druhů trav v závislosti na datu (v %)

Průměrný obsah sušiny (%)	Rok 2009									Rok 2010	Průměr. obsah sušiny za rok (%)
	18.5	11.6.	30.7.	17.8	9.9.	21.10.	4.11.	9.11.	6.12.	25.3.	
<i>Dactylis glomerata</i>	31	32	29	32	33	27	19	23	41	93	36
<i>Arrhenatherum elatius</i>	26	35	33	34	32	36	24	26	54	94	39
<i>Phalaris arundinacea</i>	26	34	31	31	32	47	47	32	62	95	44
Průměr. obsah sušiny za daný měsíc (%)	28	34	31	32	32	37	30	27	52	94	40

Z grafu č. 5 (tabulka č. 26) je patrné, že obsah sušiny u trav dosahuje nejnižších hodnot na jaře (v průměru 28 %), což vypovídá o tom, že mladé rostliny obsahují vyšší procentuální podíl vody (průměrně 72 % - viz. graf č. 6, tabulka č. 27) než sušiny. Tvrzení FRYDRYCHA A KOL. (2001), který uvádí procentuální obsah sušiny během zrání 17-25 % je nepatrně nižší než zjištěné hodnoty.

Podíl sušiny v travách se výrazně zvyšuje v červnu (v průměru o 22 %), kdy je obsaženo v rostlinách 34 % sušiny. Toto výrazné zvýšení podílu sušiny je způsobeno zejména rychlým růstem biomasy rostlin a zároveň i vlivem stárnutí porostu, kdy v rostlinách dochází k poklesu obsahu vody (ze 72 na 66 % - viz. tabulka č. 27). Tyto hodnoty potvrzují i HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008) zjištěním, že obsah sušiny v rostlinách sklizených brzy na jaře je 20 – 40 %. FRYDRYCH A KOL. (2001, 2005, 2006) dodávají, že během zrání a v sušším létě může obsah sušiny v nadzemní biomase dosáhnout až 35 %.

V červenci je procentuální podíl sušiny v travách nižší (cca o 9 %), což je způsobeno zejména vyššími úhrny srážek v tomto a předchozím měsíci (viz. tabulka č. 23), i proto dochází k nárůstu podílu vody v rostlinách (z 66 na 69 % - viz. graf č. 6, tabulka č 27).

Ale v následujících měsících (srpen – březen) dochází v souvislosti se stárnutím porostu k procentuálnímu nárůstu sušiny, a to až do března, kdy je podíl sušiny v travách nejvyšší (94 %) za celé období výzkumu. Výjimkou je však listopad, kdy dochází k poklesu procentuálního podílu sušiny (z 37 na 27 %). Tento výrazný pokles podílu sušiny trav je způsoben zvýšeným úhrnem srážek (z 35 na 54,3 mm), výrazným poklesem teploty (z 15,2 na 8,7 °C) a zkrácenou

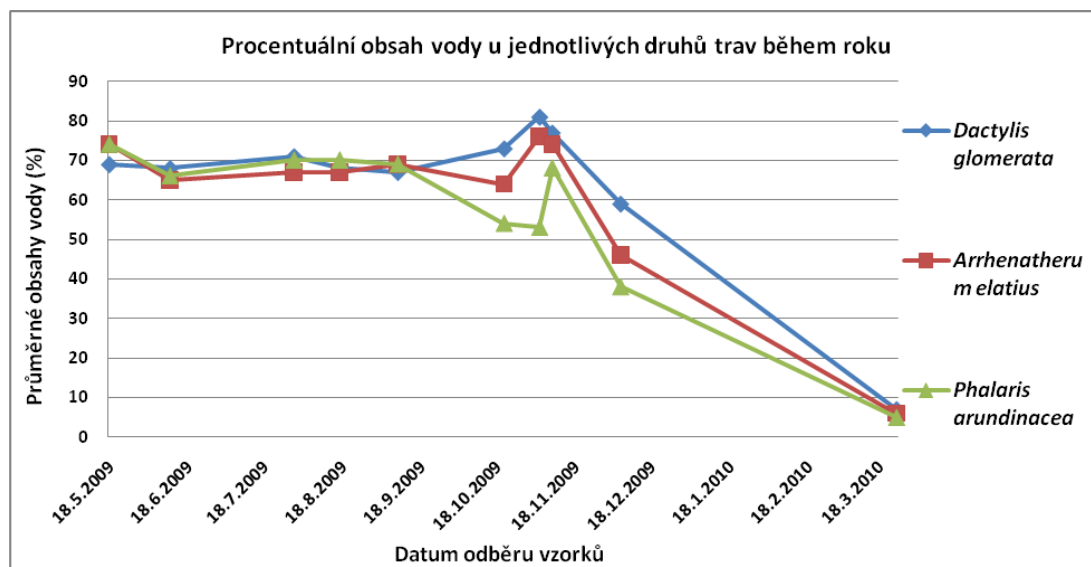
délkou slunečního svitu (ze 153 pokles na 74 h) viz. tabulka č. 23. Díky kombinaci těchto jevů dochází v rostlinách v tomto období k nárůstu podílu vody (z 64 na 73 % - viz. graf č. 6, tabulka č. 27). Tyto hodnoty potvrzují HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008) tvrzením, že obsah vody je v rostlinách sklízených pozdě na podzim 30 – 70 %.

Nejvyšších průměrných podílů sušiny za rok je dosaženo u všech třech druhů trav v březnu. FRYDRYCH A KOL. (2001) a HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008) tento údaj potvrzují, podle nich dosahuje fytomasy trav nejnižší vlhkosti brzy na jaře, a to pod 25 % (tedy více než 75 % sušiny).

Z vybraných druhů trav dosahuje nejvyšších průměrných obsahů sušiny za rok *Phalaris arundinacea* 44 % (v březnu 95 %), druhé nejvyšší průměrné podíly sušiny za rok jsou dosaženy u *Arrhenatherum elatius* 39 % (v březnu 94 %) a nejnižší podíl sušiny vykazuje *Dactylis glomerata* 36 % (v březnu 93 %). Hodnoty podílu sušiny v travách jsou od května do září u zkoumaných druhů trav vyrovnané. Největší rozdíly procentuálních podílů sušiny se objevují zejména v říjnu a na začátku listopadu, kdy se projevují i odlišné požadavky a odezvy těchto druhů trav na změnu meteorologických jevů během tohoto období (viz. tabulka č. 23). I z tohoto důvodu dosahuje v tomto období nejvyšších hodnot sušiny (47 %) v říjnu i v listopadu *Phalaris arundinacea*, která z vybraných druhů trav nejlépe reaguje (růstem) na vyšší úhrn srážek. Avšak v polovině listopadu i u tohoto druhu dochází k poklesu podílu sušiny (ze 47 na 32 %). Nejhůře se však s chladným deštivým počasím vyrovnává *Dactylis glomerata*, u níž podíl sušiny dosahuje v listopadu pouhých 19 %, neboť, jak uvádí HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008), *Dactylis glomerata* se dá pěstovat zejména na sušších až středně vlhkých lokalitách.

V prosinci ale dochází u všech třech druhů trav k výraznému vzestupu podílu sušiny, který je způsoben výparem vody z fytomasy trav vlivem působení mrazu. U *Arrhenatherum elatius* z 26 na 54 %, u *Dactylis glomerata* z 23 na 41 % a u *Phalaris arundinacea* z 32 na 62 %. Jelikož mráz působí v roce 2010 až do března, dochází k nárůstu procentuálního podílu sušiny v biomase trav až do tohoto měsíce. U *Arrhenatherum elatius* dochází od prosince k nárůstu sušiny z 54 na 94 %, u *Dactylis glomerata* z 41 na 93 % a u *Phalaris arundinacea* z 62 na 95 %, což je zároveň i nejvyšší podíl sušiny ze všech třech vybraných druhů trav.

Graf č. 6: Procentuální obsah vody v rostlinné tkáni v závislosti na datu (%)



Tabulka č. 27: Průměrný obsah vody u jednotlivých druhů trav v závislosti na datu

Obsah sušiny (%)	Rok 2009										Rok 2010	Průměr. obsah sušiny za rok (%)
	18.5	11.6.	30.7	17.8	9.9.	21.10.	4.11.	9.11.	6.12	25.3		
<i>Dactylis glomerata</i>	69	68	71	68	67	73	81	77	59	7	64	
<i>Arrhenatherum elatius</i>	74	65	67	67	69	64	76	74	46	6	61	
<i>Phalaris arundinacea</i>	74	66	70	70	69	54	53	68	38	5	57	
Průměr. obsah sušiny za daný měsíc (%)	72	66	69	68	68	64	70	73	48	6	61	

5.4 Termín sklizně

Termín sklizně je po volbě druhu energetické plodiny z energetického a ekonomického hlediska velmi významný (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008). Nejvhodnější doba sklizně je určena zejména způsobem energetického využití.

Pro využití trav za účelem výroby bioplynu je podle SLEJŠKY (1998) nejvhodnější podíl sušiny organické hmoty rostlin 30 – 35 %, při němž je produkce bioplynu nejvyšší. Tento podíl je přímoúměrný stáří rostliny – čím je porost starší, tím více sušiny obsahuje (KUTIL, 2009).

Pro získávání energie z trav spalováním platí, že s vyšším obsahem vody se snižuje výhřevnost. Jako nejideálnější procentuální obsah sušiny HAVLÍČKOVÁ

A KOL. (2008) označují hodnotu 80 %, kdy je fytomasa vhodná přímo k výrobě briket a pelet, ke skladování nebo k okamžitému spalování (LANDSTROM A KOL., 1996). Při tomto podílu sušiny totiž není třeba fytomasu dosoušet, čímž se značně snižují náklady na výrobu energie (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2008). Doba sklizně je dále určena i výší výnosu sušiny, který se odvíjí od druhu energetické rostliny. I proto je třeba zvolit druh o co nejvyšším výnosu a provést sklizně ve správný čas, neboť čím vyšší výnos, tím vyšší je i ekonomická efektivnost. Obecně platí, že největší nárůst fytomasy je u většiny plodin v době kvetení nebo těsně po odkvětu. Později dochází k postupné ztrátě fytomasy (KUTIL, 2009).

Podle zjištěných výsledků byly určeny následující termíny sklizně, ale pro jejich potvrzení by bylo potřeba víceletého výzkumu:

Pro přímé spalování je podle zjištěných výsledků možno sklízet fytomasu trav pouze v jednom termínu, a to brzy na jaře, kdy trávy dosahují v průměru 94 % podílu sušiny (viz. tabulka č. 26), který dokonce přesahuje hodnotu 80 % sušiny doporučovanou pro přímé spalování. HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008) tento údaj potvrzují tím, že brzy na jaře dosahuje fytomasa vlhkosti pod 20 % (tedy více než 80 % sušiny). Např. porosty *Phalaris arundinacea* se podle STRAŠILA (2010) sklízí v drtivé většině na jaře, kdy se poseká na řádek a potom je lisována do balíků. HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008) také doporučují sklizeň porostů pro přímé spalování *Phalaris arundinacea* brzy na jaře, kdy mají rostliny nízký obsah vody (12 – 20 %). Proto FRYDRYCH A KOL. (2001, 2005, 2006) dodávají, že v létě se musí sklízená fytomasa trav dosoušet, čímž se výroba energie z jejich biomasy značně prodražuje.

Vzhledem k tomu, že energetická výtěžnost závisí i na velikosti výnosu sušiny, jeví se dle tabulky č. 25 jako nejefektivnější ze zkoumaných druhů trav pro pěstování za účelem spalování *Dactylis glomerata* (10,66 t/ha) a na druhém místě *Phalaris arundinacea* (9,62 t/ha). Třetí zkoumaný druh *Arrhenatherum elatius* dosahoval brzy na jaře podstatně nižších výnosů sušiny (7,97 t/ha) než předchozí dva druhy. Vzhledem k obtížnější jarní sklizni u *Dactylis glomerata*, která bývá po zimě značně polehlá, se jeví jako vhodnější pěstovat pro přímé spalování spíše *Phalaris arundinacea*. Což potvrzují i MOUDRÝ, SOUČKOVÁ (2006): „*Phalaris arundinacea* je jednou z alternativních plodin pro spalování.“ I proto je již pěstována

ve Švédsku a zcela nově se začíná zavádět i v pobaltských zemích, kde jí dávají přednost před rychlerostoucími dřevinami (PETŘÍKOVÁ A KOL., 2006). HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008) navíc říkají, že pokud je porost *Phalaris arundinacea* dobře založen vydrží na jednom stanovišti bez snížení výnosů fytomasy řadu let. Přes zimní období většinou nepoléhá. Pro zavádění této rostliny hovoří i nízká cena při zakládání porostů, žádné nebo minimální používání pesticidů nebo herbicidů a další nízké přímé náklady. Navíc hustá soustava oddenků a kořenů zpevňuje půdu a prakticky celoroční pokryv půdy zabraňuje erozi, čímž se zlepšují i fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy.

Pro výrobu bioplynu z trav je dle výsledků výzkumu možno sklízet biomasu trav při vhodném podílu sušiny 30 – 35 % od června až do října (viz. tabulka č. 26), resp. do nástupu chladného a deštivého podzimního počasí. Sklizeň by tedy mohla být provedena i vícekrát za rok než při energetickém využití trav přímým spalováním. Podle HAVLÍČKOVÉ A KOL. (2008) jsou možné termíny sklizně trav pro výrobu bioplynu v okamžiku největšího nárůstu fytomasy (20 – 40 % sušiny) či pozdě na podzim (30 – 70 % sušiny), kdy takto vlhká fytomasa se dá z energetického hlediska využít pouze na výrobu bioplynu.

Doba sklizně za účelem co nejvyšší energetické výtěžnosti je samozřejmě závislá i na výši výnosu sušiny (viz. tabulka č. 25 a tabulka č. 29). Pro výrobu bioplynu se tedy z hlediska výnosu sušiny jeví jako nejvýhodnější pěstování *Dactylis glomerata*, kterou by bylo vhodné dle zjištěných údajů poprvé sklízet v červenci, kdy dosahuje nejvyššího nárůstu biomasy (6,36 t/ha – 29 % sušiny). Druhou sklizeň by pak bylo vhodné provést v září, kdy po této sklizni dosahuje svých druhých nejvyšších výnosů za rok (cca 1 t/ha – cca 30 % sušiny). PETŘÍKOVÁ A KOL. (2006) tvrdí, že porosty *Arrhenatherum elatius* je pro výrobu bioplynu vhodné sklízet 2 – 3x ročně, první seč by měla být provedena od poloviny do konce května a druhá seč od konce července do poloviny září (resp. 2. seč kolem 20.7. a 3. seč 15 – 20.9.). Podle zjištěných údajů je ale nejvhodnější *Arrhenatherum elatius* při dvousečném využití sklízet o trochu později, a to v červnu, tedy v období nejvyššího nárůstu biomasy (5,69 t/ha – 35 % sušiny) a poté v září, kdy po první sklizni dosahuje svých druhých nejvyšších výnosů za vegetační období (1,84 t/ha – 32 % sušiny). *Phalaris arundinacea* je nejvhodnější sklízet také v červnu

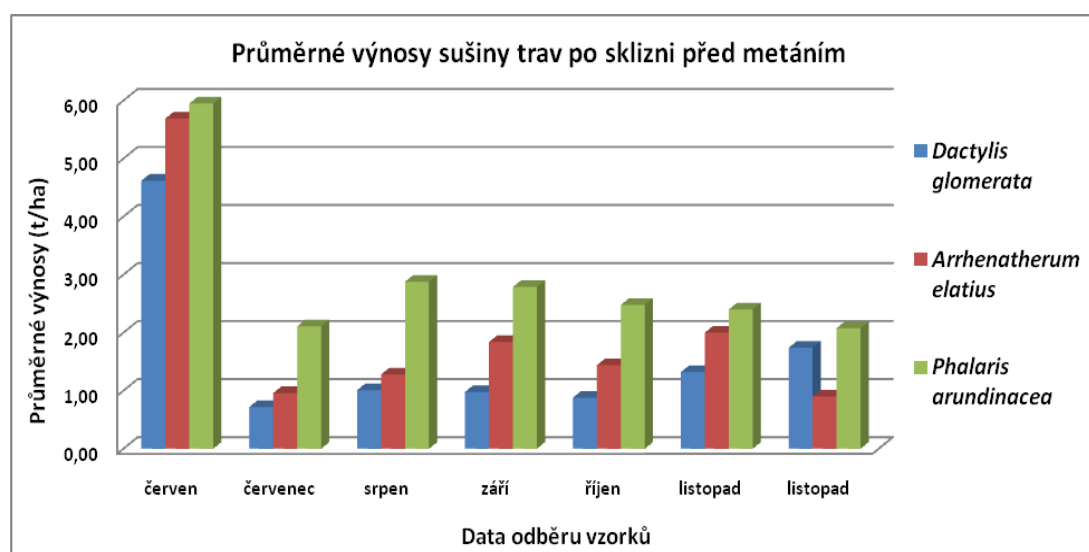
(5,95 t/ha – 34 % sušiny) a jako druhý termín zvolit 2. polovinu srpna či září, kdy dosahuje obdobných výnosů sušiny (2,88 a 2,9 t/ha – 32 % sušiny).

Tabulka č. 28: Celkové výnosy sušiny u vybraných druhů trav při dvousečném využití (t/ha)

Druh	Výnos sušiny při 1. sklizni (t/ha)	Výnos sušiny při 2. sklizni (t/ha)	Celkový výnos sušiny za vegetační období (t/ha)
<i>Dactylis glomerata</i>	6,36	okolo 1	7,36
<i>Arrhenatherum elatius</i>	5,69	1,84	7,53
<i>Phalaris arundinacea</i>	5,95	2,88	8,85

Z hlediska celkových výnosů sušiny (viz. tabulka č. 28) při vhodném procentuálním obsahu sušiny se jeví jako nejvýhodnější pro pěstování za účelem výroby bioplynu při dvousečném využití *Phalaris arundinacea*, která dosahuje nejvyšších výnosů (8,85 t/ha) ze tří zkoumaných druhů trav. Zbývající druhy trav *Dactylis glomerata* a *Arrhenatherum elatius* dosahují při dvousečném využití obdobných výnosů (7,36 a 7,53 t/ha), které jsou ovšem nižší než u *Phalaris arundinacea* (8,85 t/ha). Biomasa *Dactylis glomerata* a *Arrhenatherum elatius* je podle FRYDRYCHA A KOL. (2001) vhodná pro výrobu bioplynu. Pro jejich použití, jak uvádí MOUDRÝ, SOUČKOVÁ (2006), hovoří nízká cena při zakládání porostů, žádné nebo minimální používání herbicidů nebo pesticidů, i další přímé náklady. Nepřehlédnutelnou výhodou *Arrhenatherum elatius* je, že se u nás dá pěstovat na sušších lokalitách v nížinném až podhorském pásmu nadmořských výšek. A u *Dactylis glomerata* je významnou výhodou, že se dá u nás pěstovat na sušších až středně vlhkých lokalitách v pahorkatinném až horském pásmu.

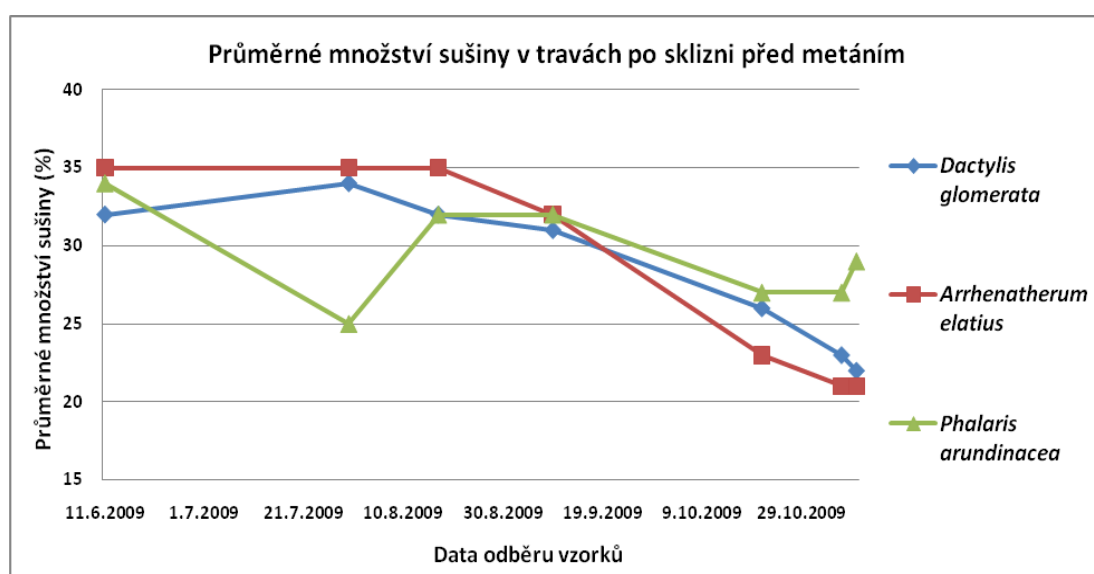
Graf č. 7: Průměrné výnosy sušiny (t/ha) vybraných druhů trav po sklizni před metáním (11.6.2009)



Tabulka č. 29: Průměrné výnosy sušiny (t/ha) vybraných druhů trav po sklizni před metáním

Průměrný výnos sušiny po sklizni (t/ha)	Rok 2009							Průměrný výnos za rok (t/ha)
	11.6.	30.7.	17.8.	9.9.	21.10.	4.11.	9.11.	
<i>Dactylis glomerata</i>	4,62	0,72	1,01	0,98	0,88	1,32	1,74	1,61
<i>Arrhenatherum elatius</i>	5,69	0,96	1,28	1,84	1,44	2	0,9	2,02
<i>Phalaris arundinacea</i>	5,95	2,11	2,88	2,79	2,48	2,4	2,08	2,96
Průměrný výnos za daný měsíc (t/ha)	5,42	1,26	1,72	1,87	1,6	1,91	1,57	2,19

Graf č. 8: Průměrné množství sušiny (%) u vybraných trav po sklizni před metáním (11.6.09)



Tabulka č 30: Průměrný podíl sušiny (%) u jednotlivých druhů trav po sklizni před metáním

Průměrný podíl sušiny po sklizni (%)	Rok 2009							Průměrný podíl sušiny za rok (%)
	11.6.	30.7.	17.8.	9.9.	21.10.	4.11.	9.11.	
<i>Dactylis glomerata</i>	32	34	32	31	26	23	22	28,57
<i>Arrhenatherum elatius</i>	35	35	35	32	23	21	21	28,86
<i>Phalaris arundinacea</i>	34	25	32	32	27	27	29	29,43
Průměrný podíl sušiny za daný měsíc (%)	33,67	31,33	33	31,67	25,33	23,67	24	28,95

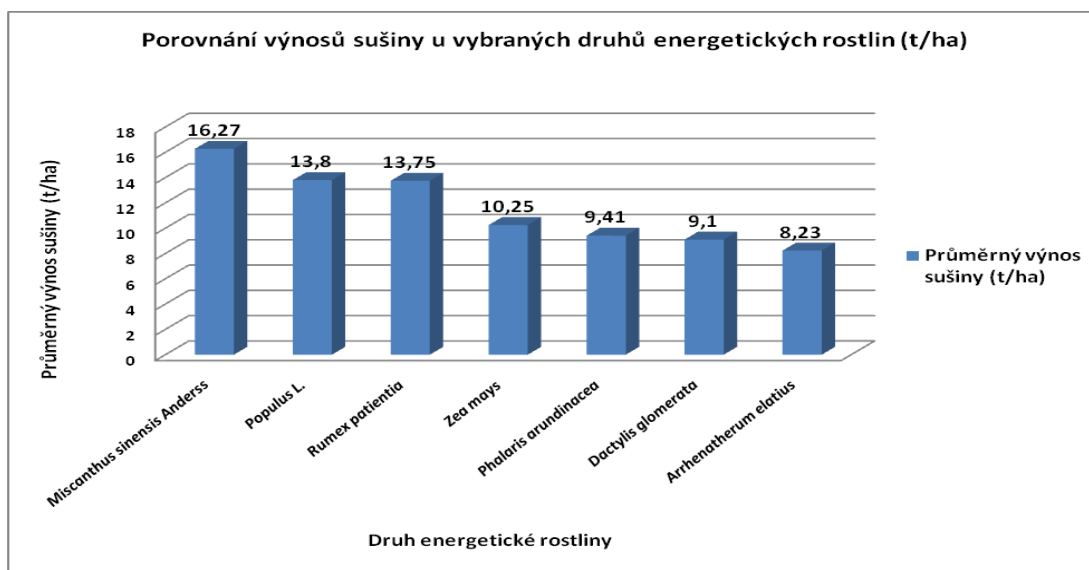
5.5 Porovnání vhodnosti zkoumaných druhů trav pro energetické využití s vybranými druhy energetických plodin

Pro porovnání vhodnosti energetického využití zkoumaných druhů trav (*Dactylis glomerata*, *Arrhenatherum elatius*, *Phalaris arundinacea*) s vybranými plodinami (*Miscanthus*, *Rumex patens*, *Populus L.*, *Zea mays*) jsou zjištěny u jednotlivých druhů rostlin údaje o výnosu sušiny, energetické výtěžnosti a spalném teple uváděné literaturou (viz. tabulka č. 34 – 40).

Poté jsou na základě nejnižších a nejvyšších zjištěných hodnot u vybraných druhů rostlin vypočítány průměrné hodnoty již zmíněných parametrů (průměrný výnos sušiny, průměrná energetická výtěžnost a průměrné spalné teplo), které jsou zpracovány do grafů (viz. graf č. 9 - 11).

5.5.1 Porovnání výnosů sušiny

Graf č. 9: Průměrné výnosy sušiny u vybraných druhů energetických rostlin (t/ha)



Tabulka č. 31: Průměrné hodnoty výnosů sušiny (t/ha) u vybraných druhů rostlin vypočtené z nejnižších a nejvyšších hodnot uváděných literaturou (viz. tabulka č. 34 – 40)

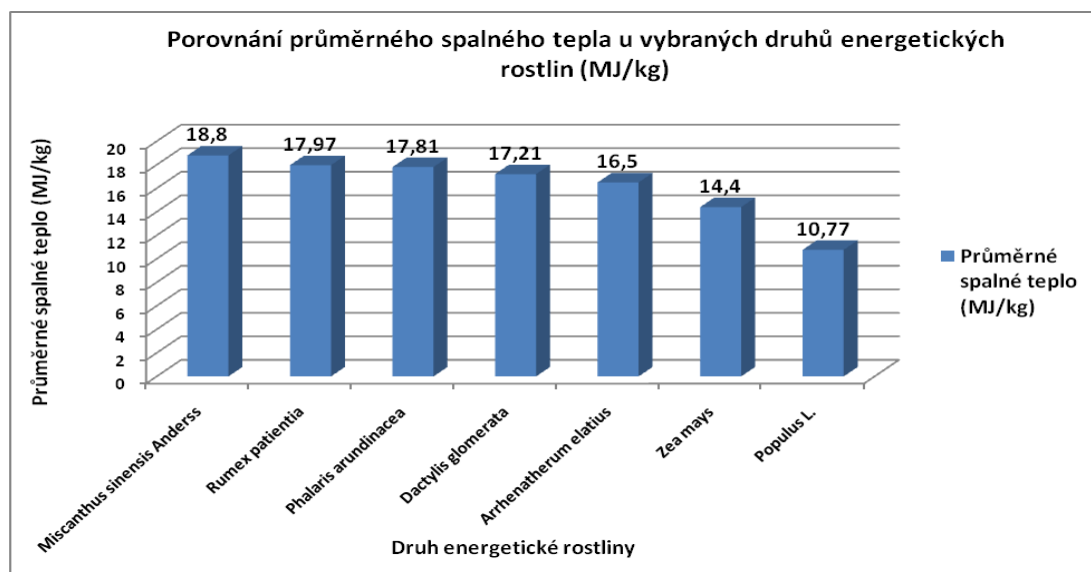
Druh	Nejnižší výnos sušiny (t/ha)	Nejvyšší výnos sušiny (t/ha)	Průměrný výnos sušiny (t/ha)
<i>Miscanthus sinensis Anderss</i>	2,53	30	16,27
<i>Populus L.</i>	7,6	20	13,8
<i>Rumex patientia</i>	7,5	20	13,75
<i>Zea mays</i>	5,5	15	10,25
<i>Phalaris arundinacea</i>	3,82	15	9,41
<i>Dactylis glomerata</i>	5	13,2	9,1
<i>Arrhenatherum elatius</i>	3,37	13,08	8,23

Z vybraných druhů plodin se dle grafu č. 9, vytvořeného na základě průměrných výnosů sušiny, jeví jako nejeftivnější pro energetické účely využití *Miscanthus sinensis Anderss* (16,27 t/ha), která patří obdobně jako zkoumané trávy do čeledi *Poaceae*. Druhými nejvíce vhodnými plodinami pro energetiku jsou dle zjištěných výsledků *Populus L.* a *Rumex patientia*, jež dosahují podobných hodnot (13,8 a 13,75 t/ha), avšak výnosy jejich sušiny jsou o 3 t/ha nižší než je tomu u předešlé plodiny *Miscanthus sinensis Anderss*. Jako čtvrtá nejvhodnější rostlina se pro energetické využití z hlediska výnosu sušiny jeví *Zea mays* dosahující průměrných výnosů sušiny 10,25 t/ha.

Z grafu č. 9 je patrné, že zkoumané trávy se v závislosti na výnosu sušiny umístily až na posledním místě ve vhodnosti pro energetické využití za vybranými druhy rostlin, s nimiž byly porovnávány. Nejlépe se ze zkoumaných druhů trav pro energetické využití na základě výnosu sušiny jeví *Phalaris arundinacea*, která dosahuje průměrných výnosů sušiny (9,41 t/ha). Tento výnos se však příliš neliší od dříve zmíněné *Zea mays*, jež dosahovala vyššího výnosu než *Phalaris arundinacea* o 8,2 %. Podobných hodnot výnosů sušiny jako u *Phalaris arundinacea* je dosaženo i u *Arrhenatherum elatius*, jehož průměrný výnos sušiny činí 9,1 t/ha. Nejnižší výnosy nejen ze zkoumaných trav, ale i ze všech porovnávaných druhů rostlin, vykazuje *Dactylis glomerata*, a to 8,23 t/ha.

5.5.2 Porovnání spalného tepla

Graf č. 10: Průměrné spalné teplo u vybraných druhů energetických rostlin (MJ/kg)



Tabulka č. 32: Průměrné hodnoty spalného tepla (MJ/kg) vybraných energetických rostlin vypočtené z nejnižších a nejvyšších hodnot uváděných literaturou (viz. tabulka č. 34 – 40)

Druh	Nejnižší spalné teplo (MJ/kg)	Nejvyšší spalné teplo (MJ/kg)	Průměrné spalné teplo (MJ/kg)
<i>Miscanthus sinensis Anderss</i>	17,9	19,7	18,8
<i>Rumex patientia</i>	16,77	19,17	17,97
<i>Phalaris arundinacea</i>	17,52	18,1	17,81
<i>Dactylis glomerata</i>	17,21	17,21	17,21
<i>Arrhenatherum elatius</i>	15,4	17,6	16,5
<i>Zea mays</i>	14,4	14,4	14,4
<i>Populus L.</i>	6,34	15,2	10,77

Na grafu č. 10 je porovnáváno průměrné spalné teplo u vybraných druhů rostlin. Spalné teplo je dle ANONYM 1 (2010) takové množství tepla, které se uvolní dokonalým spálením jednotkového množství paliva. Předpokládá se, že voda volněná spalováním zkondenzuje a energii chemické reakce není třeba redukovat o její skupenské teplo. Tím se spalné teplo liší od níže uvedené výhřevnosti, kde se předpokládá na konci reakce voda v plynném skupenství. Proto je hodnota spalného tepla vždy větší nebo alespoň rovna hodnotě výhřevnosti. Tyto údaje jsou potvrzeny i níže uvedeným výpočtem na příkladu *Arrhenatherum elatius*:

průměrné spalné teplo *Arrhenatherum elatius* – 16,5 MJ/kg – 0,0165 GJ/kg

průměrný výnos sušiny *Arrhenatherum elatius* – 8,23 t/ha – 8230 kg/ha

průměrná energetická výtěžnost *Arrhenatherum elatius* – 100,5 GJ/ha

výpočet průměrného spalného tepla (GJ/ha): $0,0165 \times 8230 = \underline{135,795 \text{ GJ/ha}}$

135,795 GJ/ha (spalné teplo) > 100,5 GJ/ha (energetická výhřevnost)

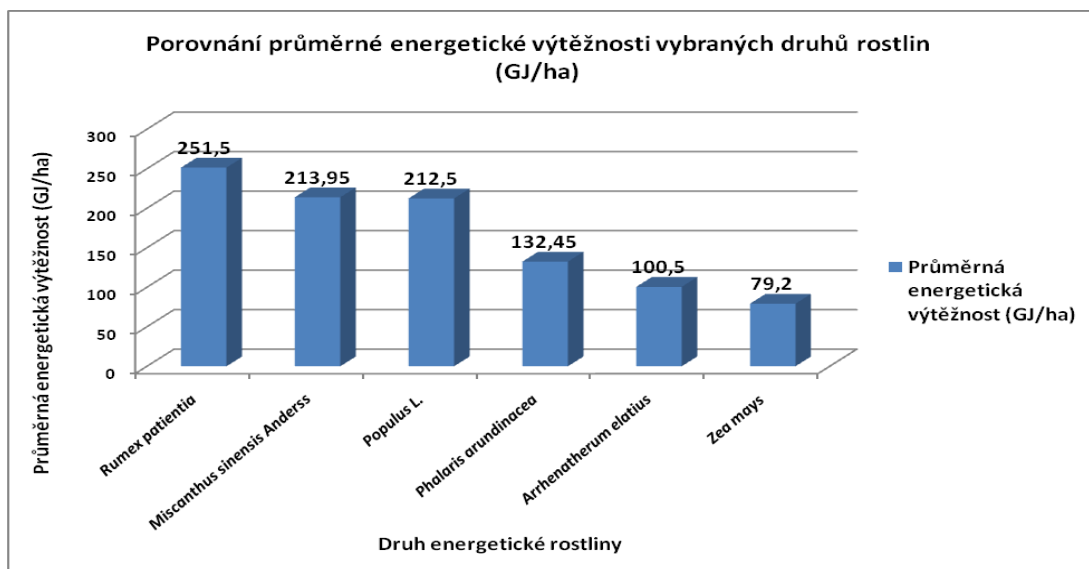
Výpočet potvrzuje, že spalné teplo je vyšší o 26 % než energetická výhřevnost.

Z grafu č. 10 je patrné, že pro energetické využití spalováním je z vybraných druhů rostlin nejvýhodnější *Miscanthus sinensis Anderss*, jejíž spalné teplo dosahuje hodnot 18,8 MJ/kg. Druhými nejefektivnějšími rostlinami pro spalování jsou dle grafu č. 10 *Rumex patientia* (17,97 MJ/kg) a *Phalaris arundinacea*, jejíž spalné teplo dosahuje obdobných hodnot (17,81 MJ/kg). Jako třetí nejvýhodnější druh pro spalování se jeví z vybraných druhů rostlin další ze zkoumaných druhů trav, a to *Dactylis glomerata* (17,2 MJ/kg), jejíž spalné teplo je o pouhých 3,43 % nižší než u předchozího travního druhu *Phalaris arundinacea*. Čtvrtým nejvhodnějším druhem pro spalování je zbývající ze tří zkoumaných druhů trav – *Arrhenatherum elatius* (16,5 MJ/kg), jehož spalné teplo je o 4,13 % nižší než u předchozího travního druhu *Dactylis glomerata*. Pátým nejvýhodnějším druhem se z hlediska spalného tepla pro energetické využití jeví *Zea mays* dosahující průměrných hodnot spalného tepla 14,4 MJ/kg. Nejnižších hodnot spalného tepla (10,77 MJ/kg) ze sedmi vybraných druhů rostlin dosahuje jediný zástupce dřevin, kterým je *Populus L.*

Z tohoto porovnávání vyplývá, že vybraní zástupci čeledi *Poaceae* (*Miscanthus sinensis Anderss*, *Phalaris arundinacea*, *Dactylis glomerata* a *Arrhenatherum elatius*) jsou spolu s *Rumex patientia* vhodnějšími rostlinami pro energetické využití spalováním než *Populus L.* a *Zea mays*

5.5.3 Porovnání energetické výtěžnosti

Graf č. 11: Průměrná energetická výtěžnost vybraných druhů rostlin (GJ/ha)



Tabulka č. 33: Průměrné hodnoty energetické výtěžnosti (GJ/ha) vybraných druhů rostlin vypočtené z nejnižších a nejvyšších hodnot uváděných literaturou (viz. tabulka č. 34 – 40)

Druh	Nejnižší energetická výtěžnost (GJ/ha)	Nejvyšší energetická výtěžnost (GJ/ha)	Průměrná energetická výtěžnost (GJ/ha)
<i>Rumex patientia</i>	168	335	251,5
<i>Miscanthus sinensis Anderss</i>	47,9	380	213,95
<i>Populus L.</i>	155	270	212,5
<i>Phalaris arundinacea</i>	60,9	204	132,45
<i>Arrhenatherum elatius</i>	51,9	149,1	100,5
<i>Zea mays</i>	79,2	79,2	79,2
<i>Dactylis glomerata</i>	-	-	-

V grafu č. 11 je porovnána průměrná energetická výtěžnost/výhřevnost vybraných druhů rostlin. Energetická výhřevnost je podle ANONYM 2 (2010) vlastnost paliva, která udává, kolik energie se uvolní úplným spálením jedné jednotky (obvykle 1 kg – v tomto případě 1 ha). Proti výše uvedenému spalnému teplu není v hodnotě zahrnuto měrné skupenské teplo páry, obsažené ve spalinách. Energetická výhřevnost je tedy významným parametrem pro způsob energetického využití bioplynováním.

Z tohoto grafu tedy vyplývá, že nejvíce vhodnou rostlinou pro energetické využití (bioplynováním) je *Rumex patientia*, který dosahuje průměrných hodnot

výchřevnosti 251,1 GJ/ha. Druhých nejvyšších hodnot energetické výtěžnosti dosahuje *Miscanthus sinensis Anderss.* Třetí nejvhodnější rostlina pro energetické využití je *Populus L.*, jenž dosahuje podobných hodnot (212,5 GJ/ha) jako předchozí *Miscanthus sinensis Anderss* (213,95 GJ/ha). Čtvrté nejvyšší hodnoty jsou zjištěny u *Phalaris arundinacea*, která je jednou ze tří zkoumaných druhů trav (132,45 GJ/ha), její energetická výtěžnost je však o 80 GJ/ha nižší než u předchozího druhu *Populus L.*, tedy o 37,7 %. Pátým nejvhodnějším druhem pro energetické využití na základě průměrné energetické výtěžnosti uváděné literaturou je další ze zkoumaných druhů trav, a to *Arrhenatherum elatius*, který dosahuje průměrných hodnot energetické výtěžnosti 100,5 GJ/ha. Nejnižších hodnot průměrné energetické výtěžnosti z šesti porovnávaných druhů rostlin dosahuje *Zea mays* (79,2 GJ/ha), což je o 21,2 % méně než u předešlého druhu *Arrhenatherum elatius* (100,5 GJ/ha).

V tomto grafu nebyla porovnávána energetická výtěžnost *Dactylis glomerata*, neboť v literatuře nebyly nalezeny žádné informace o energetické výtěžnosti tohoto druhu. Jelikož se ostatní dva druhy zkoumaných trav umístily při porovnávání vhodnosti pro energetické využití na základě energetické výtěžnosti před *Zea mays*, je zřejmě i tento druh energeticky výtěžnější než *Zea mays*. Toto tvrzení je doloženo výpočtem, kdy přibližná hodnota o energetické výtěžnosti *Dactylis glomerata* byla vypočítána na základě získaných údajů o průměrném spalném teple a výnosu sušiny pomocí výpočtu odvozeného z výše uvedeného výpočtu, který potvrzuje pravidlo vždy vyšších hodnot (rovných) spalného tepla než energetické výtěžnosti:

průměrný výnos sušiny *Dactylis glomerata* – 9,1 t/ha – 9100 kg/ha

průměrné spalné teplo *Dactylis glomerata* (GJ/kg) – 17,21 MJ/kg – 0,01721 GJ/kg

průměrné spalné teplo *Dactylis glomerata* (GJ/ha) = 9100 * ,01721 = 156,61 GJ/ha

průměrná energetická výchřevnost *Dactylis glomerata*: 156,611 –26 % = 115,89 GJ/ha

Průměrná energetická výtěžnost *Dactylis glomerata* je 115,89 GJ/ha.

Podle tohoto výpočtu *Dactylis glomerata* nejen, že dosahuje vyšších hodnot energetické výtěžnosti než *Zea mays*, ale dokonce i vyšších než *Arrhenatherum elatius*.

Na základě tohoto porovnání vyplývá, že zkoumané trávy nejsou příliš efektivními rostlinami pro energetické využití biozplynováním, neboť jejich

energetická výtěžnost dosahuje v průměru o 48,5 % nižších hodnot než u pro spalování efektivnějších druhů (*Rumex patientia*, *Miscanthus sinensis* Anderss, *Populus L.*). Ze zkoumaných druhů trav je pro biozplynování nejefektivnější využití *Phalaris arundinacea* (132,45 GJ/ha), poté na základě vypočtených hodnot *Dactylis glomerata* (115,89 GJ/ha) a jako nejméně efektivní se ze zkoumaných druhů trav jeví *Arrhenatherum elatius* (100,5 GJ/ha).

Tabulka č. 34: Vybrané produkční a energetické vlastnosti *Dactylis glomerata*

Literární zdroj	Výnos sušiny (t/ha)	Výška rostlin (cm)	Energetická výtěžnost - výhřevnost (GJ/ha)	Spalné teplo (MJ/kg)	Vlhkost (%)	Ztráty přes zimní období (%)	Termín sklizně pro energetické využití + zajímavosti
Srha říznačka (<i>Dactylis glomerata</i>)							
FRYDRYCH A KOL. (2001,2005,2006)					Během zrání: 83-76 (tzn. 17-24% suš.) V sušším létě až 35 % suš.) Brzy na jaře: pod 25% vody		Vhodná k výrobě bioplynu: sklizeň během zrání a v létě
HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008)	10,45 – 12,36 (při 15 % vody) *Polopřirozené porosty s převahou srhy: 4 - 10,5			17,21		25 - 40	Bioplyn: sklizeň 2x ročně (od poloviny do konce května a od konce července do poloviny září) Spalování: Sklizeň 1x ročně (sklizeň brzy na jaře) *dobře se vyrovnává se suchém
PROCHÁZKA (1995)	Až 8	80-120					
DEMELA (1976)	5 – 6	70 -110					
ŠANTRŮČEK A KOL. (2001)	Třisečné: 13,2 Pětisečné: 10,2						

Tabulka č. 35: Vybrané produkční a energetické vlastnosti *Phalaris arundinacea*

Literární zdroj	Výnos sušiny (t/ha)	Výška rostlin (cm)	Energetická výtěžnost - výhřevnost (GJ/ha)	Spalné teplo (MJ/kg)	Vlhkost (%)	Ztráty přes zimní období (%)	Termín sklizně pro energetické využití + zajímavosti
Chrastice rákosovitá (<i>Phalaris arundinacea</i>)							
FRYDRYCH (2000)	1. seč, 1. užitkový rok 3,82-5,25 1. seč, 2. užitkový rok 4,97-6,01		1. seč, 1. užitkový rok: 60,9-83,7 1. seč, 2. užitkový rok: 81,8-98,9	18,1 (prům. za 3 užitkové roky)			
KAVKA (2006)	Letní sklizeň: 9-11 (obsah suš. 78- 82%) Jarní sklizeň: 7 (84% suš.)		Letní sklizeň: 170-204 Jarní: 136				
MOUDRÝ, SOUČKOVÁ (2006)	3,82-5,25 V okolních státech: 4,5-9,0	Často přes 200	60,9-83,7	17,52			
HAVLÍČKO VÁ A KOL. (2008)	V době největšího nárůstu fytomasy: 8,10 Na podzim: 8 Brzy na jaře:6,2 Rozmezí u 3letých porostů: 5,3-12,6 (při hnojení lze dosáhnout až 15)	Přes 200		17,52	V době největšího nárůstu fytomasy: 67 Na podzim: 46,8 Brzy na jaře: 18,5	25	Bioplyn: - sklizeň 2-3x - v okamžiku největšího nárůstu fytomasy - pozdě na podzim Spalování: - brzy na jaře *nenáročná na stanovištní podmínky, vyžaduje pro růst dostatečné zásobení vodou (na 1kg suš. spotřebuje 700-800 l vody)
STRAŠIL (1999)	Průměrné výnosy: 4,5 - 9,0 Při hnojivové závlaze: více než 15		Extenziv. varianta: 92,4 Intenzivní: 121,5			25	
PROCHÁZKA (1995)	5 - 7 Při závlaze: 20	1 přes 200					
MOUDRÝ, STRAŠIL (1998)	5,3 - 12,6	Přes 200			12 - 20 (brzy na jaře)	25	Doporučují brzy na jaře
HAVLÍČKO VÁ A KOL. (2007)	3,82 - 5,25	Přes 200	60,9 - 83,7	17,52	12 - 20 (jaro)		Doporučují brzy na jaře
PETŘÍKOVÁ KOL. (2006)	Suš.: 4,5 až 9	Přes 200	125 - 165	17,52	12 - 20 (po zimě)	25	Doporučují brzy na jaře
ŠNOBL A KOL. (2004)	Rozmezí: 5,3-12,6 Na podzim: 8 Na jaře: 7,5	I 200			12 - 20 (po zimě)	25	Doporučují velmi brzy po zimě (nízký obsah vody 12-20 %)

Tabulka č. 36: Vybrané produkční a energetické vlastnosti *Arrhenatherum elatius*

Literární zdroj	Výnos sušiny (t/ha)	Výška rostlin (cm)	Energetická výtěžnost - výhřevnost (GJ/ha)	Spalné teplo (MJ/kg)	Vlhkost (%)	Ztráty přes zimní období (%)	Termín sklizně pro energetické využití + zajímavosti
Ovsík vyvýšený (<i>Arrhenatherum elatius</i>)							
FRYDRYCH A KOL. (2001)	1. seč, 1. užitkový rok: 3,37-4,31 1. seč, 2. užitkový rok: 6,39-8,77		1. seč, 1. užitkový rok: 51,9-66,5 1. seč, 2. užitkový rok: 108,6 – 149,1	17,596 Průměr za 3 užitkové roky	Během zrání: 83 – 75 (sušina 17-25%) V sušším létě: až 35% Na jaře: méně než 25 %	25 – 40	Spalování: sklizeň brzy na jaře
HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008)	10,9-13,08 (při vlhkosti 15 %) *Polopřiroz. porosty s převahou ovsíku 5-10,5			17,25	Čerstvá biomasa: 83-75 V sušším létě: kolem 75 %	25-40	Vhodný ke kosení: 1-4x ročně Pro energetické využívání: 1-2 x ročně Bioplyn: 2-3 x ročně (od poloviny do konce května a od konce července do poloviny září, resp. 20.7. a 3. seč 15-20.9.)
MOUDRÝ, SOUČKOVÁ (2006)	3,37-4,31		52 - 66,5				
PETŘÍKOVÁ A KOL. (2006)						25 – 40	Bioplyn: 2 – 3 x ročně <u>1. seč</u> při metání (od poloviny do konce května) <u>2. seč</u> od konce července do poloviny září (kolem 20.7.) <u>3. seč</u> (15 – 20.9) Spalování: brzy na jaře
PROCHÁZKA (1995)	5	50 – 150					
DEMELA (1976)	4 – 6	150 a více					
HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2007)	3,37 – 4,31		52 – 66,5	15,4			
PETŘÍKOVÁ A KOL. (2006)	7 – 9 (začátek července)	150					

Tabulka č. 37: Vybrané produkční a energetické vlastnosti *Miscanthus sinensis Anderss*

Literární zdroj	Výnos sušiny (t/ha)	Výška rostlin (cm)	Energetická výtěžnost - výhřevnost (GJ/ha)	Spalné teplo (MJ/kg)	Vlhkost (%)	Ztráty přes zimní období (%)	Termín sklizně pro energetické využití + zajímavosti
Ozdobnice čínská (<i>Miscanthus sinensis Anderss</i>)							
HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008)	V době největšího nárůstu fytomasy: 16 Na podzim: 15,5 Brzy na jaře: 11,7			17,97	V době největšího nárůstu fytomasy: 64 Na podzim: 50 Brzy na Jaře: 24		*Jeví se jako perspektivní rostlina pro energetické využití zvláště v teplejších oblastech
FRYDRYCH A KOL. (2001)	1. seč, 1. užitkový rok: 2,53 - 3,91 1. seč, 2. užitkový rok: 5,22 - 6,8		1. seč, 1. užitkový rok: 47,9 - 74,1 1. seč, 2. užitkový rok: 98,4 - 128,2	19,669 (průměr za 3 roky)			
KAVKA (2006)	12-16 (suš. 80%)		204 - 272				
STRAŠIL (1999)	2. rok: 10 3. rok: 20 - 25 Při intenzivním hospodaření: více než 30		230,1			30 - 40	
SOVÁK, STRUPAVSKÝ (2010)	Průměrný výnos: 18 - 20 Může být až 30	300 - 400	261 za vegetační období				
SCHOLZ, ANDERT (2010)			154 - 158				
ŠNOBL A KOL. (2004)	2.rok: do 10 3.a další roky: 20-25		285 - 380	19,06		30 - 40	Od listopadu do března od druhého roku založení
MOUDRÝ, STRAŠIL (1996, 1998)	1.rok: nesklízí 2.rok: 10 3. a další: 20 - 25 (za příznivých podmínek 30)		268,3	19,08		Až 30	
HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2007)	1. rok: nesklízí 2. rok: 10 3. a další roky: 20 - 25	Kolem 200				30 - 40	Od listopadu do března
PETŘÍKOVÁ A KOL. (2006)	Průměr 15		190 - 380	Kolem 19	24 (únor)	Až 30	
ŠNOBL, PULKRÁBEK (2005)	15	100 - 300	208,3	17,9			
HOLUB (2007)	15 - 18	400	285 - 342	19,0			

Tabulka č. 38: Vybrané produkční a energetické vlastnosti *Rumex patientia*

Literární zdroj	Výnos sušiny (t/ha)	Výška rostlin (cm)	Energetická výtěžnost – výhřevnost (GJ/ha)	Spalné teplo (MJ/kg)	Vlhkost (%)	Ztráty přes zimní období (%)	Termín sklizně pro energetické využití + zajímavosti
Šťovík Krmný (<i>Rumex patientia</i> L. x <i>Rumex tianschanicus</i>)							
USŤAK (2000)	18,8		275	18,3			
KAVKA (2006)	7,5-10 (při obsahu 80% suš.)		252-288				
MOUDRÝ, SOUČKOVÁ (2006)	14,2-16,2	150-200	258-295				
USŤAK (2010)	14-16	200 -260		16,77 Bez vody: 19,17	12,51	25 – 40	
PETŘÍKOVÁ (2010)	Kolem 10						
PETŘÍKOVÁ (2010)	13,4		235,58	17,581			
HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2007)	14,2–16,2	150 – 200	258 - 295	18,1			
PETŘÍKOVÁ A KOL. (2006)	8 – 12	220 – 280			Do 25 července		*Jedna z mála v červenci v suchém stavu (25 % vody)
ŠNOBLA KOL. (2004)	10 – 20	150 – 200	168 – 335	16,77	12,5		Sklizeň před žněmi obilnin před plným dozráním semen (konec srpna až září)
USŤAK (2002)	14 – 16	200-260				25–40	

Tabulka č. 39: Vybrané produkční a energetické vlastnosti *Populus L.*

Literární zdroj	Výnos sušiny (t/ha)	Výška rostlin (cm)	Energetická výtěžnost - výhřevnost (GJ/ha)	Spalné teplo (MJ/kg)	Vlhkost (%)	Ztráty přes zimní období (%)	Termín sklizně pro energetické využití + zajímavosti
Topoly (<i>Populus L.</i>)							
HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2008)	Topol černý: 7,6-7,9/rok U hybridních klonů:9,4/rok						
KAVKA (2006)	12-15 (50% sušiny při sklizni)		216 - 270				
MOUDRÝ, STRAŠIL (1998)	20	200 - 400					Sklizeň v zimních měsících (bez listů – méně vody, sušina nejvyšší kolem 50 %)
SOUČKOVÁ, MOUDRÝ (2006)	10-20 (za 5-6 let)			Vlhkost 0%:15,2 Vlhkost 10%:13,36 Vlhkost 20%:11,61 Vlhkost 30 %: 9,85 Vlhkost 40%: 8,10 Vlhkost 50%: 6,34		50	
SCHOLZ, ANDERT (2010)			155 – 167				
ŠINKORA, M. (2010)	Prům.roční přírůstek: 13 – 18 3-letý cyklus: 187 6 letý: 254						
ŠOUTA (2009)				14,5 (při 20 %)			
SCHOLZ,ANDERT (2010)			155 – 167				

Tabulka č. 40: Vybrané produkční a energetické vlastnosti *Zea mays*

Literární zdroj	Výnos sušiny (t/ha)	Výška rostlin (cm)	Energetická výtěžnost - výhřevnost (GJ/ha)	Spalné teplo (MJ/kg)	Vlhkost (%)	Ztráty přes zimní období (%)	Termín sklizně pro energetické využití + zajímavosti
Kukuřice (<i>Zea mays</i>)							
ŠANTRŮČEK A KOL. (2001)	10-12	200-250			Stěbla: 50-70 Listy: 85-90		*dokáže čerpat vláhu až z hloubky 2,5 m, nejvhodnější je jižní expozice
MOUDRÝ, STRAŠIL (1998)	15 t						
DLOUHÝ (2010)						54	
STEINBACH (2002)		150–250					
OPATRná, SOUČKOVÁ (2003)	Okolo 13	Až 300					
ŠAŠKOVÁ (1993)	6 – 11	100 – 300 hybridy i 500					
ŠNOBL,PULKRÁBEK (2005)	5,5		79,2	14,4			
VELICH (1994)	Sušina: 12 – 15						

č.h – výnos čerstvé hmoty (t/ha), suš. – procentuální obsah sušiny v rostlinách při sklizni (%)

6. ZÁVĚR

Na základě zjištěných výsledků lze konstatovat, že zkoumané druhy trav jsou v porovnání s dalšími energetickými plodinami méně efektivní z hlediska tvorby výnosu sušiny, neboť jejich výnosy nedosahují hranice rentability 12 t/ha v žádném termínu sklizně. Tímto jsou potvrzeny dvě hypotézy.

Hranici rentability se vybrané druhy trav nejvíce přibližují na jaře, kdy zároveň dosahují i svých nejvyšších výnosů sušiny za rok. Nejvyšších výnosů sušiny z vybraných druhů trav při sklizni brzy na jaře dosahuje *Dactylis glomerata* (10,66 t/ha), obdobných avšak o trochu nižších výnosů *Phalaris arundinacea* (9,62 t/ha) a podstatně nižších výnosů sušiny je dosaženo u *Arrhenatherum elatius* (7,97 t/ha).

Trávy nejsou dle zjištěných výsledků příliš vhodné pro bioplynování, neboť při porovnávání energetické výtěžnosti se projevily mnohem nižšími hodnotami (v průměru o 48,5 %) než ostatní vybrané druhy rostlin (*Rumex patientia*, *Miscanthus sinensis Anderss*, *Populus L.*). Zkoumané trávy ovšem dosáhly v průměru o 32 % vyšších hodnot než *Zea mays*. Nejlépe využitelnou se ze zkoumaných druhů trav, dle zjištěných údajů a zároveň v souladu s částí třetí hypotézy, jeví pro bioplynování *Phalaris arundinacea*, jejíž spalné teplo dosahuje hodnot 132,5 GJ/ha a poté *Arrhenatherum elatius* 100,5 GJ/ha. U *Dactylis glomerata* bohužel nebyly nalezeny žádné literární informace o hodnotách její energetické výtěžnosti, ale dle výpočtu z údajů o spalném teple dosahuje vyšších hodnot energetické výtěžnosti (115,9 GJ/ha) než *Arrhenatherum elatius*.

Využití vybraných druhů trav pro spalování se dle zjištěných údajů jeví jako mnohem efektivnější než bioplynování, neboť při porovnávání s jinými rostlinami dosahují velmi podobných hodnot jako rostliny, jejichž energetická výtěžnost je nejvyšší (*Miscanthus sinensis Anderss*, *Rumex patientia*). Druh *Miscanthus sinensis Anderss*, který dosahuje nejvyšších hodnot spalného tepla (18,8 KJ/kg), patří obdobně jako zkoumané druhy trav do čeledi *Poaceae*, což vypovídá o vyšších hodnotách spalného tepla a tedy i o vhodnosti víceletých rostlin z této čeledi pro spalování. Z porovnávání je patrné, že nejméně vhodnými druhy pro spalování ze sedmi vybraných rostlin jsou: jednoletá plodina z čeledi *Poaceae* - *Zea mays* (14,4 GJ/kg) a jediná porovnávaná dřevina

Populus L. (10,77 GJ/kg). Ze zkoumaných trav se jeví jako nejvýhodnější druh pro přímé spalování *Dactylis glomerata*, čímž byla vyvrácena druhá část třetí hypotézy. Ovšem *Dactylis glomerata* sice dosahuje 2. nejvyšších hodnot spalného tepla (17,21 KJ/kg) a při sklizni brzy na jaře, která je jedinou vhodnou dobou pro sklizeň trav za účelem přímého spalování, vykazuje nejvyšší výnosy ze tří vybraných druhů trav (10,66 t/ha), ovšem její porosty bývají po zimě značně polehlé, čímž se ztěžuje sklizeň tohoto porostu. Druhým nejvýhodnějším druhem pro spalování je *Phalaris arundinacea*, jejíž spalné teplo je 17,81 KJ/kg a výnosy sušiny brzy na jaře dosahují 9,62 t/ha. Porosty *Phalaris arundinacea* nejsou po zimě tak polehlé jako u *Dactylis glomerata*, i proto je jejich sklizeň snažší. Nejméně efektivním druhem pro spalování je *Arrhenatherum elatius*, který dosahuje jak nejnižších hodnot spalného tepla (16,5 GJ/kg), tak i výnosů sušiny při termínu sklizně brzy na jaře (7,97 t/ha).

Termín sklizně rostlin za účelem energetického využití je závislý na druhu rostliny, způsobu energetického využití a z toho vyplývajícího potřebného procentuálního obsahu sušiny v rostlinách při sklizni. Pro bioplynování se udává jako neoptimálnější podíl sušiny v travách 30 – 35 % a pro přímé spalování bez dosoušení, výrobu pelet či briket 80 % sušiny.

Pro sklizeň trav za účelem přímého spalování bez dosoušení je vhodný v souladu se čtvrtou hypotézou pouze jediný termín, a to brzy na jaře, kdy rostliny dosahují nejvyšších podílů sušiny za celý rok - v průměru 94 %, což je mnohem více než je udávaná optimální hodnota 80 %.

Pro sklizeň trav za účelem energetického využití bioplynováním se jeví jako vhodných více termínů, neboť požadovaný podíl sušiny 30-35 % je dosažen u všech třech zkoumaných druhů trav od června do října resp. do nástupu deštivého podzimního počasí. Sklizeň tedy může být provedena i vícekrát za rok než při energetickém využití přímým spalováním. Pro dvousečné využití je možné na základě získaných údajů doporučit sklizeň u *Dactylis glomerata* na konci července, kdy dosahuje nejvyššího nárůstu biomasy (6,36 t/ha – 29 % sušiny) a druhou sklizeň je pak vhodné provést v září (resp. do nástupu deštivého podzimního počasí), kdy po první sklizni dosahuje svých druhých nejvyšších výnosů za rok (cca 1 t/ha – cca 30 % sušiny). *Arrhenatherum elatius* je nejvhodnější sklízet při dvousečném využití o trochu dříve, a to v polovině června, tedy v období

nejvyššího nárůstu biomasy (5,69 t/ha – 35 % sušiny) a poté v září, kdy po první sklizni dosahuje svých druhých nejvyšších výnosů za vegetační období (1,84 t/ha – 32 % sušiny). *Phalaris arundinacea* je dle zjištěných údajů nejvhodnější sklízet také v červnu (5,95 t/ha – 34 % sušiny) a jako druhý termín zvolit 2. polovinu srpna či září, kdy dosahuje obdobných výnosů (2,88 a 2,9 t/ha – 32 % sušiny). U všech třech porostů je nutno provést 2. sklizeň ještě před nástupem deštivého podzimního počasí, jež by snížilo procentuální podíl sušiny v rostlinách. Z hlediska celkových výnosů sušiny při optimálním podílu sušiny v rostlinách se jeví jako nejvýhodnější pro pěstování za účelem výroby bioplynu při dvousečném využití *Phalaris arundinacea*, která dosahuje nejvyšších výnosů (8,85 t/ha) ze třech zkoumaných druhů trav. Zbývající druhy trav *Dactylis glomerata* a *Arrhenatherum elatius* dosahují při dvousečném využití obdobných výnosů (7,36 a 7,53 t/ha).

Ačkoliv existují výhodnější druhy rostlin pro energetické využití (např. *Miscanthus sinensis* Anderss, *Rumex patientia*) než zkoumané druhy trav, jsou i tak trávy předurčeny k energetickému využití, a to zejména v marginálních oblastech. Hlavní předností trav oproti rostlinám energeticky efektivnějším jsou totiž jejich pozitivní ekologické vlastnosti. Zkoumané druhy trav jsou v ČR autochtonními neinvazivními druhy a jejich porosty zároveň plní i řadu pozitivních mimoprodukčních funkcí např.: protierozní, půdoochrannou, vodoochrannou, přírodoochrannou, klimatickou a krajinnou. O využití trav pro energetické účely ovšem rozhoduje vzhledem k nerentabilním výnosům výše podpory ze strany státu. Doposud však nejsou do ekonomického hodnocení zahrnuty dotace na podporu energetického využití trvalých travních porostů. Pokud ale trvalé travní porosty budou takto podpořeny, začnou plnit i další dvě funkce, a to hospodářskou a sociální.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- 1) ANDERT, D., GERNDTOVÁ, I., HANZLÍKOVÁ, I., ANDERTO VÁ, J., FRYDRYCH, J.(2006): Využití trav při produkci bioplynu. In: Energetické a průmyslové rostliny XI. - Sborník referátů CZ Biom, Chomutov 2006: 85-90 s.
- 2) BURVALL, J. (1997): Influence of harvest time and soil type on fuel quality in reed canary grass (*Phalaris arundinacea* L.). Biomass and Bioenergy, 12: 3, 149-154 s.
- 3) CELJAK, I., VÁVRA, V. (2000): Energetické dřeviny – topolové plantáže po prvním roce pěstování. In: EKOTREND 2000 – trvale udržitelný rozvoj. – Sborník z mezinárodní konference 23.3.-24.3. 2000, JU ZF, České Budějovice
- 4) DAŇKOVÁ, L. (2002): Využití spalování biomasy v mlékárenském provozu. In: EKOTREND 2002 – Trvale udržitelný rozvoj. – Sborník z mezinárodní konference 28. – 29.3.2001, JU ZF, České Budějovice, D17-D20.
- 5) DEMELA, J. (1976): Travní semenářství. Praha : MZV SZN, 186 s.
- 6) FRYDRYCH, J. (2000): Využití některých trav jako náhrady spontánních úhorů v marginálních oblastech a negativní jevy na ladem ležící půdě z hlediska zemědělského. Energetické a průmyslové rostliny - VI., Chomutov, VÚRV, CZ-Biom, 158-168 s.
- 7) FRYDRYCH, J., A KOL. (2001): Energetické využití některých travních druhů. ÚZPI, Praha, 34-35 s.
- 8) FRYDRYCH, J., ANDERT, D., KÁRA, J., JUCHELKOVÁ, D. (2005): Trávy jako obnovitelný zdroj energie. Úroda, 11: 37-39 s.
- 9) FRYDRYCH, J., ANDERT, D., KÁRA, J., JUCHELKOVÁ, D. (2006): Nové poznatky ve výzkumu energetických trav. Úroda, 54, 12: 31-33 s.
- 10) FRYDRYCH, J., ANDERT, D., KÁRA, J., JUCHELKOVÁ, D. (2006): Výzkum a využití trav pro energetické účely. In: Energetické a průmyslové rostliny XI. - Sborník referátů CZ Biom, Chomutov 2006: 39-45 s.

- 11) GERNDTOVÁ, I. (2006): Využití trav k energetickým účelům se zaměřením na produkci bioplynu. Bakalářská práce. ČZU Praha, 60 s.
- 12) GRÄU, J. et al. (2002): Trávy. Euromedia Group – Ikar, Praha, 287 s.
- 13) HADDERS, G., OLSSON, R. (1997): Harvest of grass for combustion in late summer and in spring. *Biomass and Bioenergy*. 12, 3, 171-175 s.
- 14) HAVLÍČKOVÁ, K., A KOL. (2007): Zhodnocení ekonomických aspektů pěstování a využití energetických rostlin. Vědecký ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví Průhonice a JU ZF v ČB, 92 s.
- 15) HAVLÍČKOVÁ, K., WEGER, J., BOHÁČ, J., ŠTĚRBA, Z., HUTLA, P., KNÁPEK, J., VAŠÍČEK, J., STRAŠIL, Z., KAJAN, M., LHOTSKÝ, M. (2008): Rostlinná biomasa jako zdroj energie. VÚKOZ, Průhonice, 82 s.
- 16) HOLUB, P. (2007): *Miscanthus* – energetická rostlina budoucnosti. In: *Alternativní energie*. 41.1.2007, roč. 10, č. 1, 10-11 s.
- 17) HONZÍK, R., UŠŤAK, S. (1997): Energetické využití biomasy. Sborník VUSTE-APIS, Praha, 4-5 s.
- 18) HORÁČEK, J., KOLÁŘ, L. (2001): Jak zvýšit produkci plynu při vyhnívání travní biomasy. In: *EKOTREND 2001 – trvale udržitelný rozvoj*. – Sborník z mezinárodní konference 28.-29.3. 2001, JU ZF, České Budějovice, 211-212 s.
- 19) HŮLA, J., PROCHÁZKOVÁ, B. (2002): Vliv minimalizačních půdoochranných technologií na plodiny, půdní prostředí a ekonomiku. *ÚZPI*, Praha, č. 3, 103 s.
- 20) HUTLA, P. SLADKÝ, V. (2001): Optima drtiny of energetical wooden chips. *Res. Agr. Eng.* 47 (3): 104-109 s.
- 21) KALINOVÁ, J. (2005): Kvalita alternativních plodin. In: *KVALITA BIOPRODUKCE – Sborník ze semináře 29.11.2005*, ZF JU v Č.Budějovicích, 13-16 s.
- 22) KÁRA, J. (2005): Způsoby využití biomasy k energetickým účelům. Internetová publikace na adrese www.vuzt.cz

- 23) KÁRA, J., HUTLA, P., PASTOREK, Z. (2001): Anaerobní fermentace vlhkých organických materiálů – výroba bioplynu. In: EKOTREND 2001 – trvale udržitelný rozvoj. – Sborník z mezinárodní konference 28.-29.3. 2001, JU ZF, České Budějovice, 207-210 s.
- 24) KAVKA, M., A KOL. (2006): Normativy zemědělských výrobních technologií. Praha : ÚZPI, 376 s.
- 25) KLIMEŠ, F. (1997): Lukařství a pastvinářství. Ekologie travních porostů. ZF JU, Č. Budějovice, 140 s.
- 26) KLIMEŠ, F. (2004): Lukařství a pastvinářství. Biodiagnostika a speciální pratotechnika. ZF JU, Č. Budějovice, 157 s.
- 27) KLIMEŠ, F., GRAMAN, J., KOBES, M. (2000): Pícninářské charakteristiky nových odrůd víceletých pícnin a možnosti jejich uplatnění v podhorských oblastech. In: Collection of Scientific Papers, ZF JU, řada fytotechnická, Č. Budějovice, 17 (1), 31-40 s.
- 28) KLIMEŠ, F., HOUDEK, I., GRAMAN, J., KOBES, M. (1999): Pícninářské charakteristiky nových odrůd víceletých pícnin a jejich uplatnění ve šlechtění a v polním pícninářství. Sborník ZF JU v Č. Budějovicích, 16, řada fytotechnická, XVI., č., 1, 27-34 s.
- 29) KOLÁŘ, L. (1997): Energetické využití biomasy. Sborník VUSTE-APIS, Praha, 47-49 s.
- 30) KOLÁŘ, L., GERGEL, J., LEDVINA, R., KUŽEL, S. (2001): Farmář. 1, 30-31 s.
- 31) KOLÁŘ, L., LEDVINA, R., KUŽEL, S. (2001): Anaerobní vyhnívání travní biomasy z hnojených a nehnojených půd. In: EKOTREND 2001 – trvale udržitelný rozvoj. – Sborník z mezinárodní konference 28.-29.3. 2001, JU ZF, České Budějovice, 217-218 s.
- 32) KOLEKTIV AUTORŮ (1986): Využití biomasy k energetickým účelům. Studie VTR. ÚVTIZ, Praha, 67 s.
- 33) KOLEKTIV AUTORŮ (2006): Energetické a průmyslové rostliny XI. - Sborník referátů z odborné konference. CZ Biom a VÚRV a Envi Bio, Chomutov – Praha, 133 s.

- 34) KOZLOWSKI, S., GOLINSKA, B., SWEDRZYNSKI, A., GOLINSKI, P. (1996): Rate of grass lignification. *Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych*. 442: 257-268 s.
- 35) KRUTINA, V., KUČERA, Z. (1995): Vývoj a změny struktury zemědělské produkce v marginálních podmínkách. In: *Sborník referátů VI., JU ZF České Budějovice*, 120-121 s.
- 36) KUČERA, Z. (1995): Význam mimoprodukčních funkcí zemědělství v marginálních oblastech. In: *Sborník referátů VI., JU ZF České Budějovice*, 131-139 s.
- 37) KUTIL, J. (2009): Hodnocení produkční schopnosti vybraných druhů energetických trav. Diplomová práce. *JU ZF, České Budějovice*, 57 s.
- 38) LANDSTROM, S., LOMAKKA, L., ANDERSON, S. (1996): Harvest in spring improves yield and quality of reed canary grass as a bioenergy crop. *Biomass and Bioenergy*. 11: 4, 333-341 s.
- 39) LEDVINA, R., KOLÁŘ, L. (2000): Travní porosty jako surovina při výrobě plynu k zvýšení stability zemědělské soustavy v horských a podhorských oblastech. In: *Sborník referátů z III. Mezinárodní konference AGROREGION 2000, JU ZF, České Budějovice*, 197-198 s.
- 40) LEDVINA, R., KOLÁŘ, L., KUŽEL, S., ŠINDELÁŘOVÁ, M. (2000): Collection of Scientific papers. *JU ZF v Českých Budějovicích*, 17, 1, 65-69 s.
- 41) LEDVINA, R., KOLÁŘ, L., HORÁČEK, J. (2001): Filosofie vyhívání travní hmoty na Šumavě. In: *EKOTREND 2001 – trvale udržitelný rozvoj. – Sborník z mezinárodní konference 28.-29.3. 2001, JU ZF, České Budějovice*, 215-216 s.
- 42) LEITMANOVÁ, I. (2001): Zemědělství v horských a podhorských oblastech. *Sborník příspěvků z mezinárodní konference, Masarykova univerzita v Brně, Brno*, 531-539 s.
- 43) LEŠTINA, J., MOUDRÝ, J. (2001): Fytoenergetika a otázky rostlinné výroby. In: *EKOTREND 2001 – trvale udržitelný rozvoj. Sborník z mezinárodní konference 28.-29.3.2001, JU ZF, České Budějovice*, 223-224 s.

- 44) LIBRA, M., POULEK, V. (2007): Zdroje a využití energie. ČZU v Praze (Kamýcká 129, 165 21 Praha 6), 140 s.
- 45) MATHOY, K. (1994): Alternative Energie-nutzung am Bauernhof. Agrarische Rundschau. 6/1994, 32 s.
- 46) McBURNEY, B. (1995): A Case Study of a Large Scale Wood Waste Power Generating Plant. Biologue - Regional Biomass Energy Program Report. The Official Publication of the National BioEnergy Industries Association. Vol.13. No.1, 1st Quarter 1995, 5–11 s.
- 47) MÍKA, V. (1998): Šlechtění pícnin na kvalitu. ÚZPI Praha, 34 s.
- 48) MÍKA, V. ET AL. (1997): Kvalita píce. ÚZPI Praha, 227 s.
- 49) MÍKA, V. ET AL. (2002): Morfogeneze trav. VÚRV Praha, 200 s.
- 50) MOUDRÝ, J., SOUČKOVÁ, H. (2006): Nepotravinářské využití fytomasy. VÚZE v Praze a ZF JU v Č. Budějovicích, 95 s.
- 51) MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z. (1996): Alternativní plodiny. ZF JU Č. Budějovice, 90 s.
- 52) MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z. (1998): Energetické plodiny v ekologickém zemědělství. Spolek poradců v ekologickém zemědělství, vH press Hradec Králové ve spolupráci s nadací Partnerství, 56 s.
- 53) MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z. (1999): Pěstování alternativních plodin. JU ZF v Českých Budějovicích, 165 s.
- 54) MURTINGER, K., BERANOVSKÝ, J. (2006): Energie z biomasy. Brno: ERA, 94 s.
- 55) OPATRNÁ, M., SOUČKOVÁ, M. (2003): Pěstujeme okrasné trávy. Praha : Brázda, 176 s.
- 56) PAHKALA, K., MELA, T. (1997): Farming methods and quality of reed canary grass grown for paper raw material. In International conference-Sustainable agriculture for food, energy and industry. Book of abstracts. Ed.: CARMEN, Rimpar, s. 997-1000 s.

- 57) PASTOREK, Z., KÁRA, J., JEVIČ, P. (2004): Biomasa – obnovitelný zdroj energie. FCC Public, Praha, 286 s.
- 58) PASTOREK, Z., KÁRA, J., HUTLA, P., ANDERT, D., SLADKÝ, V., JELÍNEK, A., PLÍVA, P. (1999): Využití odpadní biomasy rostlinného původu. VÚZT Praha, 49 s.
- 59) PEDERSEN, S. (1997): Reed canary grass on marginal land – Industrial applications, economics and enviromental impacts. In Proceedings of the NJF seminar on alternative use of agricultural land, Research Centre Foulum, Denmark, 9-10 June 1997. SP Raport Statenes Planteavlsforsog. No. 18, s. 102-111 s.
- 60) PETŘÍK, M. A KOL. (1987): Intenzivní pícninářství. SZN Praha, 473 s.
- 61) PETŘÍKOVÁ, V. (2006): Nové zkušenosti s pěstováním energetických plodin a podmínky pro rozvoj fytoenergetiky v ČR. In: Energetické a průmyslové rostliny XI. - Sborník referátů CZ Biom, Chomutov, 17-28 s.
- 62) PETŘÍKOVÁ, V., A KOL. (2006): Energetické plodiny. Profi Press, s.r.o., Praha, 127 s.
- 63) PLÍŠTIL, D., MALAŤÁK, J. (2004): Utilize Residual Biomass from Agricultural Produce. In: International Conference – Conference Proceedings, Science and Research – Tools of Global Development Strategy, Czech University of Agriculture Prague, Technical Faculty, 177-180 s.
- 64) POULÍK, Z. (1996): Výživa a hnojení pícních kultur. IVV Mze ČR, 36.
- 65) PRICE, B. (1998): Elektriciry from Biomass. Financial Times Energy, G. Britain, 130 s.
- 66) PROCHÁZKA, I. (1995): Kapesní atlas jetelovin a trav. Brno: Oseva, 44 s.
- 67) REGAL, V. (1953): Pícní a plevelné trávy. SZN, Praha, 290 s.
- 68) ROŠOCHATECKÁ, E., ŠROLLER, J. (1998): Restrukturalizace podniků v marginálních oblastech. In: Sborník odborných prací z mezinárodní vědecké konference AGRÁRNÍ PERSPEKTIVY VII. Díl I., ČZU v Praze, 597-600 s.

- 69) ŘÍMOVSKÝ, K., HRABĚ, F., VÍTEK, L. (1989): Polní pícniny. VŠZ Brno, 165 s.
- 70) SCHULZ, H., EDER, B. (2001): Biogas – praxis. Freiburg, Ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg, 187 s.
- 71) SLADKÝ, V. (1995): Příprava paliva z biomasy. Studijní informace, Ř. Zeměd. Techn. a Stavby, ÚZPI Praha, 50 s.
- 72) SLAVÍK, J. (2006): Vliv uhelných aditiv na mechanické vlastnosti lisovaných paliv z obilné slámy. In: „Energetické a průmyslové rostliny XI.“ 15.6.2006 Chomutov, Envi Bio, 75-84 s.
- 73) SLEJŠKA, A. (1998): Bioplyn z rostlinné biomasy. Praha : ÚZPI, 41 s.
- 74) SOUČKOVÁ, H., MOUDRÝ, J. (2005): Využití fytomasy pro energetické účely. Sborník vědeckých publikací z mezinárodního semináře „Nepotravinářské využití fytomasy“ ZF JČU v ČB, VÚZE Praha, České Budějovice, 123 s.
- 75) SRDEČNÝ, K., TRUXA, J. (2000): Obnovitelné zdroje energie v Jižních Čechách a Horním Rakousku. Praha: EkoWATT, 77 s.
- 76) STACH, J. (2000): Rostlinná výroba na orné půdě v marginálních oblastech. In: EKOTREND 2000 – trvale udržitelný rozvoj. – Sborník z mezinárodní konference 23.3. -24.3. 2000, JU ZF, České Budějovice
- 77) STEINBACH, G. (2002): Trávy. Praha : Euromedia Group-Ikar, 287 s.
- 78) STRAŠIL, Z. (1999): Energetické bilance v rostlinné výrobě u vybraných alternativních plodin. In.: Kalorimetrický seminář 1999, Hotel Skalka, Železná Ruda, Šumava, 28-28 s., 24. - 27. května 1999. Dostupné z www.: <http://stary.biom.cz/clen/zs/bilance.html> (8.1.2010)
- 79) STRAŠIL, Z., VÁŇA, V., KÁŠ, M. (2005): Effect of soil and weather conditions, nitrogen fertilization and different times of harvest on yields of phytomass and other characters of the reed canary grass (*Phalaris arundinacea* L.) cultivated for energy utilization. (Vliv půdně-klimatických podmínek, hnojení dusíkem a různých termínů sklizně na výnosy fytomasy a další sledované ukazatele

chrastice rákosovité (*Phalaris arundinacea* L.) pěstované pro energetické využití.).
Res. Agr. Eng., 51,(1), 7-12 s.

80) STŘELEČEK, F., MAŠTĚROVÁ, J. (1999): Vymezení pojmu marginální podmínky a marginální oblasti. Collection of Scientific Papers, Faculty of Agriculture in Č. Budějovice. Sevice for Economics, Management and Trade, 55-58 s.

81) ŠAFAŘÍK, M. (1998): Energetické využití biomasy. In: Sborník odborných prací z mezinárodní vědecké konference AGRÁRNÍ PERSPEKTIVY VII. Díl I., ČZU v Praze, 607-611 s.

82) ŠANTRŮČEK, J. A KOL. (2001): Základy pícninářství. ČZU v Praze, Fakulta agronomická, 139 s.

83) ŠAŠKOVÁ, D. (1993): Trávy a obilí. Praha : Artia a.s. a Granit s.r.o., 64 s.

84) ŠNOBL, J. A KOL (2004): Rostlinná výroba IV., ČZU v Praze Agronomická fakulta, 172 s.

85) ŠNOBL, J., A KOL. (2004): Rostlinná výroba IV.: Chmel, len, konopí, využití biomasy k energetickým účelům. Praha : ČZU, 119 s.

86) ŠNOBL, J., PULKRÁBEK, J. (2005): Základy rostlinné produkce. Praha: ČZU, 172 s.

87) ŠROLLER, J., ROPOCHATECKÁ, E. (1999): Hospodaření podniků v marginálních podmínkách. In: Sborník referátů z mezinárodní vědecké konference AGROREGION 99, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zemědělská fakulta, 179-182 s.

88) UŠŤAK, S. (2000): Netradiční rostliny perspektivní pro bioenergetické účely. In: Energetické a průmyslové rostliny – VI., Chomutov : VÚRV, CZ-Biom, 41-50 s.

89) UŠŤAK, S. (2000): Šťovík Uteuša – perspektivní energetická bylina. In: Energetické a průmyslové rostliny – VI., Chomutov : VÚRV, CZ-Biom, 59-64 s.

90) UŠŤAK, S. (2002): Šťovík Uteuša – plodina perspektivní pro fytoenergetiku. Dostupné z [www: Biom.cz](http://www.Biom.cz) (17.4.2008)

- 91) USŤAK, S. (2006): Rozvoj pěstování a využití biomasy pro energetické a průmyslové účely v ČR: technické a ekonomické aspekty a základní překážky. In: Energetické a průmyslové rostliny XI. - Sborník referátů. CZ Biom, Chomutov: 118-133.
- 92) VÁŇA, J. (1997): Energetické využití biomasy. Sborník VUSTE-APIS, Praha, 1-3 s.
- 93) VÁŇA, J. (1997): Zpracování biomasy travních porostů. – Výroční zpráva VÚRV Praha – Ruzyně
- 94) VÁŇA, J. (2002): Problémy brzdící rozvoj energetického využívání fytomasy, 7 s.
- 95) VÁŇA, J., USŤAK, S. (2006): Studie proveditelnosti kompostárny se suchou bioplynovou stanicí. In: Energetické a průmyslové rostliny XI. - Sborník referátů CZ Biom, Chomutov: 98 – 107 s.
- 96) VÁŇA, J., USŤAK, S. (2006): Možnosti zajištění trvale udržitelné výroby bioetanolu. In: Sborník referátů z odborné konference „Energetické a průmyslové rostliny IX.“ CZ Biom a VÚRV, 15.6.2006, Chomutov, 7-16 s.
- 97) VÁŇA, V., HAVLÍČKOVÁ, K. (2006): Možnosti využití rychle rostoucích dřevin v podmínkách ČR. In: Sborník referátů z odborné konference „Energetické a průmyslové rostliny XI.“, CZ Biom a VÚRV, 15.6.2006, Chomutov, 108-117 s.
- 98) VÁŇA, J., SLEJŠKA, A. (1998): Bioplyn z rostlinné biomasy. – Studijní informace ÚZPI Praha, rostlinná výroba, 40 s.
- 99) VASEN N. (2005): Agri-pellets – perspectives of pellets from agricultural residuum. In.: European Pellets Conference. 2005. In: SLAVÍK, J.: Vliv uhelných aditiv na mechanické vlastnosti lisovaných paliv z obilné slámy. In.: „Energetické a průmyslové rostliny XI.“ 15.6.2006 _Chomutov, EnviBio, 75-84 s.
- 100) VELICH, J. (1994): Pícninářství. VŠZ v Praze, Fakulta agronomická, 204 s.
- 101) VRKOČ, F., VACH, M. (1995): K rostlinné výrobě v marginálních oblastech. In: Sborník referátů VI., JU ZF České Budějovice, 39-47 s.

102) WELLINGER, A. (1996): Wärme und Strom aus Energiegras und Feldholz. Přednáška na konferenci ÖBV, Tulln, 1/1996.

103) ŠOUTA, P. (2009): Japonský topol. Dostupné z www.: http://www.rrd-japonskytopol.cz/img/plantazprvnim_rokem.jpg (4.1.2009)

104) ČÍŽ, K. (2010): Dostupné z www.: <http://biom.cz/cz/obrazek/kukurice> (8.1.2010)

105) DLOUHÝ, P. (2010): Dostupné z www.: <http://biom.cz/cz/obrazek/silazni-kukurice-ktera-je-mimochodem-velmi-vhodnou-plodinou-pro-vyrobu-bioplynu-ma-v-sobe-energii-ktera-dokaze-v-prepocet> (8.1.2010)

106) HOFBAUER, J. (2010): Dostupné z www.: <http://biom.cz/cz/obrazek/stovik-krmny-uteusa-vzhledem-k-ziskanemu-vynosu-12-az-13-tha-lze-stovik-uteusa-doporucit> (8.1.2010)

107) PETŘÍKOVÁ, V. (2010): Nejnovější zkušenosti s pěstováním energetického šťovíku – Uteuša. Dostupné z www.: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nejnovejsi-zkusenosti-s-pestovanim-energetickeho-stoviku-uteusa> (8.1.2010)

108) PETŘÍKOVÁ, V. (2010): VÚRV Praha-Ruzyně, CZ-Biom, Dostupné z www.: <http://stary.biom.cz/sborniky/sb96petrikova/petrikova.html> (8.1.2010)

109) SCHOLZ, V., ANDERT, D. (2010): Dostupné z www.: <http://stary.biom.cz/sborniky/99kara/08.html> (8.1.2010)

110) SOVÁK, I., STRUPAVSKÝ, V. (2010): Využití energetické plodiny *Miscanthus Gigantheus* je rentabilní. Dostupné z www.: <http://biom.cz/cz/odborneclanky/vyuziti-energeticke-plodiny-miscanthus-gigantheus-je-rentabilni> (8.1.2010)

111) STRAŠIL, Z. (2010): Dostupné z www.: <http://biom.cz/cz/obrazek/ozdobnice-miscanthus-x-gigantheus-sedmiletu-porost-v-zari> (8.1.2010)

112) STRAŠIL, Z. (2010): Dostupné z www.: <http://stary.biom.cz/foto/fr/fr0007.jpg> (8.1.2010)

113) STRAŠIL, Z. (2010): Ozdobnice čínská (*Miscanthus sinensis Anderss.*), Chrastice rákosovitá (*Phalaroides arundinacea (L.) Rauschert*). Dostupné z www.: <http://stary.biom.cz/sborniky/99kara/03.html> (8.1.2010)

114) ŠINKORA, M. (2010): Topoly a vrby pro energetiku. Dostupné z www.: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/topoly-a-vrby-pro-energetiku> (8.1.2010)

115) UŠŤAK, S. (2010): Dostupné z www.: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/stovik-uteusa-plodina-perspektivni-pro-fytoenergetiku> (8.1.2010)

116) ANONYM 1 (2010): Dostupné z www.: http://cs.wikipedia.org/wiki/Spaln%C3%A9_teplo (28.2.2010)

117) ANONYM 2 (2010): Dostupné z www.: <http://cs.wikipedia.org/wiki/V%C3%BDh%C5%99evnost> (28.2.2010)

118) ANONYM 3 (2010): Klimatické údaje za rok 2009. Dostupné z www.: <http://www.chmi.cz/meteo/ok/okdat091.html> (8.3.2010)

8. PŘÍLOHY

Příloha č. 1: Seznam energetických rostlin v ČR (PETŘÍKOVÁ, 2006)

1. Jednoleté až dvouleté:

- a. laskavec (*Amaranthus L.*)
- b. konopí seté (*Cannabis sativa L.*)
- c. světlice barvířská (*Carthamus tinctorius*)
- d. sléz přeslenitý (krmný) (*Malva verticillata*)
- e. komonice bílá (jednoletá a dvouletá) (*Melilotus alba*)
- f. pupalka dvouletá (*Oenothera biennis*)
- g. hořčice sarepská (*Barsica juncea*)

2. Víceleté a vytrvalé (dvouděložné):

- h. mužák prorostlý (*Silphium perfoliatum L.*)
- i. jestřabina východní (*Galega orientalis*)
- j. topinambur (*Helianthus tuberosus L.*)
- k. čičorka pestrá (*Coronilla varia L.*)
- l. šťovík krmný (*Rumex tianshanicus x Rumex patientia*)
- m. sléz vytrvalý (*Kitaibelia*)
- n. oman pravý (*Inula helenium L.*)
- o. bělotrn kulatohlavý (*Echinops sphaerocephalus*)

3. Energetické trávy:

- q. sveřep bezbranný (*Bromus inermis Leyss.* - odrůda Tabrom)
- r. sveřep horský (*Bromus carharticus Vahl.* - odrůda Tacit)
- s. psineček veliký (*Agrostis gigantea L.*)
- t. lesknice-chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea L.*)
- u. kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea*)
- v. ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*)
- w. ozdobnice čínská (sloní tráva) (*Miscanthus sinensis*)

Obrázek č. 4: *Rumex patientia* (foto: HOFBAUER, 2010)



Obrázek č. 5: *Miscanthus* – sedmiletý porost v září (foto: STRAŠIL, 2010)



Obrázek č. 6: *Zea mays* (foto: ČÍŽ, 2010)



Obrázek č. 7: *Populus L.* (foto: ŠOUTA, 2009)



Obrázek č. 8: *Phalaris arundinacea* (foto: STRAŠIL, 2010)



Obrázek č. 9: *Phalaris arundinacea* – v době největšího nárůstu fytomasy
(foto: PROKEŠOVÁ – 11.6.2009)



Obrázek č. 10: *Arrhenatherum elatius* – v době největšího nárůstu biomasy
(foto: PROKEŠOVÁ - 11.6.2009)



Obrázek č. 11: *Dactylis glomerata* – v době největšího nárůstu biomasy
(foto: PROKEŠOVÁ – 11.6.2009)



Obrázek č. 12: *Phalaris arundinacea* – porost na podzim

(foto: PROKEŠOVÁ – 9.11.2009)



Obrázek č. 13: *Arrhenatherum elatius* – porost na podzim

(foto: PROKEŠOVÁ – 9.11.2009)



Obrázek č. 14: *Dactylis glomerata* – porost na podzim (foto: PROKEŠOVÁ – 9.11.2009)



Obrázek č. 15: *Phalaris arundinacea* – polehnutí po zimě
(foto: PROKEŠOVÁ – 25.3.2010)



Obrázek č. 16: *Arrhenatherum elatius* – polehnutí po zimě

(foto: PROKEŠOVÁ – 25.3.2010)



Obrázek č. 17: *Dactylis glomerata* – polehnutí po zimě (foto: PROKEŠOVÁ – 25.3.2010)



Obrázek č. 18: Pokusné pole s vybranými druhy trav (foto: PROKEŠOVÁ – 25.3.2010)



Obrázek č. 19: Odběr vzorku na sušinu (foto: PROKEŠOVÁ – 9.11.2009)



Obrázek č. 20: Odběr vzorku na sušinu
(foto: PROKEŠOVÁ - 18.5.2009)



Obrázek č. 21: Sušící zařízení
(foto: KOPECKÝ – 25.3.2010)



Obrázek č. 22: Prstový žací stroj (foto: PROKEŠOVÁ – 25.3.2010)



Obrázek č. 23: 2. hlavní sklizeň – v období nejvyššího nárůstu biomasy
(foto: PROKEŠOVÁ – 18.6.2009)



Obrázek č. 24: Vážení čerstvé hmoty
Phalaris arundinacea při 1. hlavní sklizni
(foto: PROKEŠOVÁ – 9.11.2009)



Obrázek č. 25: Vážení čerstvé hmoty
Dactylis glomerata při 1. hlavní sklizni
(foto: PROKEŠOVÁ – 18.6.2009)

