

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA AGROBIOLOGIE, POTRAVINOVÝCH A PŘÍRODNÍCH ZDROJŮ

Katedra rostlinné výroby



Možnosti energetického využití fytomasy

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Perla Kuchtová, Ph.D.

Autor práce: Jan Chroust

2010

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Možnosti energetického využití fytomasy“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v přiložené bibliografii.

V Praze dne 9. 4. 2010

.....

Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucí bakalářské práce Ing. Perle Kuchtové, Ph.D. za trpělivost, odborné vedení a cenné připomínky při psaní bakalářské práce.

Souhrn

Cílem této práce je zpracování studie na konkrétní oblast, ve které hospodaří Obchodní družstvo Soběšice. Hlavním cílem studie je popis současného osevního postupu v daném zemědělském podniku a vytvoření možné potenciální varianty osevních postupů se zaměřením na rentabilitu produkce. V osevních postupech je snaha o diverzifikaci rostlinné výroby a částečné odklonění od hlavního zdroje pro bioplynovou stanici, kterým je na orné půdě kukuřice. Osevní postupy vychází z přírodních a klimatických podmínek dané lokality. Ve studii je dále věnována část popisu současného stavu bioplynové stanice.

Literární rešerše se zabývá možnostmi pěstování fyto-masy na území České republiky a možnými negativními dopady na životní prostředí. Dále částečně nastiňuje možné zdroje obnovitelných zdrojů do budoucna. Hlavní část literární rešerše je věnována popisu energetických plodin. Dalším bodem, kterým se zabývá literární rešerše, je podrobný popis vzniku bioplynu v bioplynové stanici. Samozřejmě nechybí ani možné typy bioplynových stanic. Posledním podstatným bodem je problematika oxidu uhličitého a metanu, jež jsou součástí skleníkových plynů. Jsou zde popsány možné dopady na globální oteplování a klimatické změny.

Z výsledků studie vyplývá, že v dané lokalitě je vhodné pěstovat pro výrobu bioplynu topinambur hlíznatý (*Helianthus tuberosus*), žito seté (*Secale L.*) a kukuřice (*Zea mays*). Dalším řešením je změna skladby TTP.

Summary

The aim of the work is to analyse the particular area where the cooperative society runs farms. The main objective of the work is to describe the current cropping pattern in the society mentioned above and a suggestion of a possible variant of rotation of crops which is focused on profitability. There is a will of the diversification of the plant production. Another suggestion is to change the chief source for the biogas station which is maize grown in the arable land. The cropping patterns depend on nature and climatic conditions of the locality in question. The work also describes the current situation of the biogas station.

The research deals with possibilities of phytomass growing in the Czech Republic and the eventual negative impact upon the environment. There is an outline of possible renewable resources for the future, too. The main part of the work describes energy crops. The other part gives a detailed description of the biogas origin. Many types of biogas stations are noticed. The last essential part outlines the questions of carbon dioxide and methane, which are components of a greenhouse gas. The possible effects on global warming and climatic changes are presented.

The study results show that the site is suitable for growing biogas topinambur celeriac (*Helianthus tuberosus*), sown rye (*Secale L.*) and maize (*Zea mays*). Another solution is changing swards TTP. (Grassland)

Zusammenfassung

Das Ziel dieser Arbeit ist Studiebearbeitung des konkreten Gebietes, in dem die Vetriebsgenossenschaft Soběšice wirtschaftet. Das Hauptziel ist Beschreibung der heutigen Fruchtfolge im gegebenen landwirtschaftlichen Betrieb und eine potentielle Fruchtfolge zu vorschlagen, um Rentabilität des Betriebes zu halten. Es gibt eine offensichtliche Bemühung um Diversifikation der Fruchtfolge und teilweise auch Abweichung vom Hauptreservoir für Biogas-Station – und zwar vom Mais. Die Fruchtfolge gehen von klimatischen Bedingungen der Lokalität aus. Man verlegt sich auch auf die Beschreibung des Biogas-Station-Zustandes.

Die Nachforschung beschäftigt sich mit Möglichkeiten der Phytomasse-Pflanzung in der Tschechischen Republik und mit den möglichen nachteiligen Auswirkungen auf Umwelt. Weiter entfernt man das Thema der erneubaren Ressource in die Zukunft. Der grosse Teil der Nachforschung ist den energetischen Pflanzen bestimmt. Man beschreibt auch Biogaserzeugung in der Biogas-Station. Natürlich kann die Klassifizierung der Stationen nicht fehlen. Der letzte wichtige Punkt ist die Problematik des Kohlendioxides und Methans, die einen Bestandteil der Treibhausgase bilden. Damit ist auch ein Beeinfluss auf Global Warming oder auf klimatische Änderungen verbunden.

Aus den Studienergebnissen ergibt sich Folgendes: in dem gegebenen Gebiet ist sinnvoll für Biogasproduktion folgende Pflanze zu bauen - Topinambur (*Helianthus tuberosus*), Roggen (*Secale L.*) oder Mais (*Zea mays*). Eine andere Lösung stellt eine Strukturänderung des Dauergrünlandes dar.

Seznam zkratek

| | |
|-----------------|---|
| BPS | bioplynová stanice |
| CO ₂ | oxid uhličitý |
| DJ | dobytčí jednotka |
| ETBE | etylbutyléter (vysokooktanová přísada benzínu) |
| EU | Evropská unie |
| FAO | číslo ranosti (v souvislosti s kukuřicí) |
| G | giga = 10 ⁶ |
| GWP | global warming potential |
| H ₂ | vodík |
| ha | hektar |
| HTS | hmotnost tisíce semen |
| CH ₄ | metan |
| IGT | Institute of Gas Technology |
| J | joule, jednotka energie |
| JZD | jednotné zemědělské družstvo |
| KW | kilowatt, jednotka výkonu (~ 1 000 W) |
| KWh | kilowatthodina, jednotka energie (3 600 000 J) |
| MTBE | metylbutyléter (vysokooktanová přísada benzínu) |
| NO _x | oxidy dusíku |
| OD | Obchodní družstvo (Soběšice) |
| RV | rostlinná výroba |
| SAPS | zjednodušená přímá platba na plochu |
| SRN | Spolková republika německá |
| THC | tetrahydrokanabinol |
| TTP | trvalý travní porost |
| USA | Spojené státy americké |

Obsah

| | |
|--|----|
| 1. Úvod | 1 |
| 2. Cílem práce | 2 |
| 3. Energie z biomasy | 3 |
| 3.1 Možnosti energie z biomasy do budoucna | 4 |
| 4. Intenzivní pěstování biomasy a její dopady na životní prostředí | 5 |
| 5. Pěstování biomasy v podmínkách ČR | 6 |
| 5.1 Hlavní zásady pro pěstování energetické biomasy z hlediska ochrany krajiny | 8 |
| 6. Záměrně pěstovaná biomasa | 9 |
| 6.1 Topinambur hlíznatý (<i>Helianthus tuberosus</i>) | 9 |
| 6.2 Konopí seté (<i>Cannabis sativa</i>) | 12 |
| 6.3 Čirok (<i>Sorghum adams</i>) | 13 |
| 6.4 Ozdobnice čínská (<i>Miscanthus sinensis</i>) | 16 |
| 6.5 Bob polní | 19 |
| 6.6 Žito (<i>Secale L.</i>) | 19 |
| 6.7 Šťovík uteaša (<i>Rumex patientia L. x Rumex tianschanicus A. LOS</i>) | 20 |
| 6.8 Cukrovka | 24 |
| 6.9 Kukuřice (<i>Zea mays</i>) | 24 |
| 6.10 Rychle rostoucí dřeviny – topoly a vrby (rody <i>Populus</i> a <i>Salix</i>) | 28 |
| 6.10.1 Vrbovité (<i>Salicaceae Mirbel</i>) | 28 |
| 6.11 Výběr nejvhodnějších travin pro anaerobní digesci | 30 |
| 6.11.1 Ovsík vyvýšený (<i>Arrhena Elatius</i>) | 30 |
| 6.11.2 Psineček veliký (<i>Agrostis gigantea Roth.</i>) | 31 |
| 6.11.3 Svěřep bezbranný (<i>Bromus inermis Leyss.</i>) | 31 |
| 7. Bioplyn | 31 |
| 8. Biometanizace dřeva | 34 |
| 9. Bioplyn a „skleníkový efekt“ | 36 |
| 10. Bioplynové stanice | 38 |

| | |
|---|----|
| 11. Studie Soběšice | 40 |
| 11.1 Charakteristika území | 40 |
| 11.2 Geologické a hydrogeologické poměry území | 41 |
| 11.3 Bioplynová stanice | 42 |
| 11.4 Osevní postup | 43 |
| 11.5 Rentabilita pěstování kukuřice na siláž | 46 |
| 11.6 Rentabilita pěstování topinamburu na bioplyn | 48 |
| 12. Shrnutí a závěr | 50 |
| 13. Použitá literatura | 52 |
| 14. Přílohy | 55 |

Seznam příloh

- Obr. 1 Pohled na bioplynovou stanici OD Soběšice
- Obr. 2 Vstupní substrát do BPS v OD Soběšice
- Obr. 3 Pohled na fermentory
- Obr. 4 Substrát při výstupu z reaktoru
- Obr. 5 Pohled na míchadlo
- Obr. 6 Koncový sklad digestátu
- Obr. 7 Velín bioplynové stanice ve strojovně
- Obr. 8 Pohled na motor poháněný bioplynem ve strojovně
- Obr. 9 Pohled na generátor ve strojovně

1. Úvod

S ohledem na vyčerpatelnost fosilních energetických zdrojů roste význam obnovitelných zdrojů energie a do budoucna se stává jednou z hlavních podmínek trvale udržitelného rozvoje nejen v zemědělství, ale i v celé společnosti. Největší hrozbou používání fosilních paliv je produkce skleníkový plynů, např. oxidu uhličitého. Zvětšující se obsah skleníkový plynů v ovzduší následkem antropogenní lidské činnosti může být příčinou řady nepříznivých klimatických změn. Při tom na každý čtvereční metr území České republiky dopadá v průměru za rok 1100 až 1350 kWh sluneční energie. Příčinou tohoto dopadu je koloběh vody v přírodě a cirkulace vzduchu ve spodních vrstvách atmosféry. Sluneční záření vytváří podmínky pro fotosyntézu zelených rostlin, při které se chlorofylem váže sluneční energie a její pomocí dochází složitými procesy k tvorbě organických látek z oxidu uhličitého přítomného ve vzduchu.

Se vstupem do Evropského společenství se v České republice začalo více hovořit o potřebách využití energie z obnovitelných zdrojů. Jednou z možností je pěstování biomasy pro energetické využití. Zatím nejvíce biomasy se v současnosti stále využívá pro přímé spalování, které je, co se týče nákladů na pořízení technologie levnější než jiné zdroje, ale je zde menší využití potenciálu biomasy. Daleko dokonalejší využití biomasy je transformace hořlaviny do plynné formy a následné využití jako bioplyn v kogeneračních případně trigeneračních jednotkách. Při této technologii není třeba biomasy (fytomasu) upravovat na vyšší obsah sušiny. Ovšem nemělo by se zapomínat, že záměrně pěstovaná fytomasa je přímým konkurentem pro potraviny. Proto by se měla pozornost, krom přímého pěstování fytomasy na orné půdě, zaměřovat i na další potencionálně možné zdroje v naší krajině. Výroba bioplynu a následná výroba elektřiny je v současné době pro zemědělce jedním z mála stabilních a výhodných zdrojů příjmů. Bohužel zatím není všeobecně tato technologie známá a obyvatelstvo se brání výstavbám těchto zdrojů, při tom jsou podstatně méně dotované oproti jiným obnovitelným zdrojům energie (menší poplatky v podobě zelených bonusů) než třeba přímá výroba elektrické energie ze slunečního záření, která v současnosti zažívá velký rozmach.

2. Cílem práce

Cílem práce je zpracování studie možností pěstování polních plodin určených k výrobě bioplynu, zhodnocení jejich významu a rentability produkce pro podmínky konkrétního zemědělského podniku.

3. Energie z biomasy

Abbasi (2009) uvádí, že biomasa je obecný pojem, který zahrnuje fytomasu nebo zoomasu. Sluneční energie je při zachycení rostlinami převedena do procesu fotosyntézy na chemickou energii, která je nazývána „pevnou“ nebo se ukládá ve formě pozemní a vodní vegetace. Vegetace je spásána zvířaty, přemění se na zoomasu a výkaly. Výkaly od suchozemských zvířat, především od mléčného skotu, slouží jakou kvalitní zdroje energie. Zatímco od vodních živočichů není možné s nimi počítat jako s potenciálním zdrojem energie, jsou ve vodním prostředí rozptýlené a není je možné vyzvednout a zpracovávat pro výrobu energie. V některých zemích jako je např. Indie, kde je spotřeba energie na obyvatele nízká a počet skotu vysoký, mají zde možnost poskytnout značnou část potenciální energie z toho zdroje. Spotřeba energie ze zvířecí biomasy velmi málo přispívá k celkovému světovému potenciálu. Proto se této problematice nebudeme věnovat. Dnes je populární pojem biomasa ve spojitosti s označováním fytomasy. Celková solární energie dopadající na zemský povrch je 173 000 TW (terawatt), což je 17 000krát více než dnešní lidé konzumují ve fosilních palivech. Horní hranice účinnosti zachycování emisí ze slunečního záření v biomase může být až 15 %, ale u většiny rostlinných druhů je o 1 % i více procent nižší. Energie zachycená fotosyntézou je asi 140 TW, což je velmi malá část z celkové dopadající sluneční energie na naši planetu. Celkový objem fytomasy který je transformován je stále velmi velký, 10krát převyšuje současnou poptávku po energii. Každým rokem při fotosyntéze je přeměněno asi 100 miliard tun uhlíku na biomasu. Jedná se o atraktivní postavení, ale v praxi se vyskytují vážné omezení, do jaké míry biomasa může být použita jako zdroj energie. Lidé nemohou jednoduše přesměrovat nadměrné množství sluneční energie a využívat ho jako zdroj paliva, mělo by to za následek vážné narušení globálního prostředí. Nicméně až v 19. století se začalo ve velkém měřítku využívat fosilních paliv. Předchozí stovky tisíce let bylo lidstvo úzce vázáno na schopnost využívat biomasu jako paliva a jako potravu. Velkým objevem pro lidstvo bylo zemědělství. V zemědělství je skutečností naše cesta k přímé sluneční energii. Rostou zde pouze ty rostliny, které považujeme za „užitečné“. Tím, že usnadníme pěstování a růst druhům našeho výběru, současně bráníme jiným rostlinám v růstu na zemědělských pozemcích. Osvojili jsme si pozemní životní prostředí a vytvořili situaci, kde je možné využívat sluneční energii prostřednictvím zemědělství pro v náš prospěch.

Biomasu můžeme použít pro konverzi dalších typů pevných, kapalných a plyných paliv, abychom uvolnili pouze uhlík do atmosféry jako CO_2 , který byl nedávno biomasou poután z atmosféry při fotosyntéze. Nedochozí k žádnému přidávání CO_2 do atmosféry. Země je prostředím, které nemůže izolovat uhlík, výsledkem je větší koncentrace v atmosféře, která vede ke globálnímu oteplování. Oceány třetinu absorbují jako CO_2 nebo CaCO_3 , což znamená snížení pH v oceánech. To uvádí do pohybu kaskádově negativní dopady v některých směrech. Pokud nadále bude pokračovat acidifikace oceánů, povede to ještě k negativnějším důsledkům než může způsobit globální oteplování, uvádí Abbasi (2009).

3.1 Možnosti energie z biomasy do budoucna (podle Abbasi, 2009):

- potraviny na ethanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) - nízká čistá energie, dochází ke zdražování potravin, znečištění ovzduší a vody, nízký výnos na jednotku plochy, veřejnosti předkládán jako „zelená“ a „čistá“ volba, ve skutečnosti pravý opak
- potravinářské plodiny na butanol ($\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$) – čistá energie, výnos stále nízký, lepší než pro výrobu na ethanol, hospodářská soutěž s potravinářskými plodinami, znečištění ovzduší a vody, nízký výnos na jednotku plochy
- lignocelulózová biomasa pro ethanol nebo butanol – zatím neprověřeno ve velkém měřítku, nízká čistá energie, výnos je dobrý, což je atribut, který může vést k nadměrnému vykořisťování a následnému poškození prostředí, zdroj snižující plochu pro potravinářské plodiny
- zoomasa na methan (CH_4) – účinnost výroby není dosud dostatečně vysoká, v současnosti vyšší jednotkové náklady vůči zemnímu plynu, osvědčená technika, využití zbytků a odpadů, výroba v místě vzniku vstupní hmoty
- zoomasa pro výrobu vodíku (H_2) – účinnost výroby velmi nízká, daleko od možnosti použití v reálu
- zoomasa na elektřinu přes mikrobiální palivový článek – technologie je teprve u zrodu, účinnost konverze není dosud stanovena, využití jako obnovitelné ekologické palivo
- fototrofní mikroorganismy (řasy, sinice) – technologie v rané fázi, vyžaduje velké investice.

4. Intenzivní pěstování biomasy a její dopady na životní prostředí

Stone (2010) uvádí, že sladká voda je jedinečná od ostatních komodit v tom, že ji nelze ničím nahradit. Kromě toho pouze 2,5 % všech vod na Zemi lze používat jako pitnou vodu. Většinu sladké vody 70 % není možné používat pro lidskou potřebu, uložena je v polárních ledovcích. Zbývajících 30 % je zachyceno ve zvodnatělých vrstvách půdy, jezerech, řekách a v atmosféře. V roce 1996 bylo odhadnuto, že lidstvo využívá 54 % dostupné vody geograficky a časově dostupné a 26 % z celkového počtu pozemní evapotranspirace. Tento odhad předpokládá, že lidstvo využívá pitné vody v mnoha odvětvích, včetně dopravy, navigace, průmyslové spotřeby, přímé lidské spotřeby a produkci potravin. Mezi tato globální odvětví musíme zařadit i energetické plodiny. Tím se snižuje dostupnost zdrojů vody.

Nedostatek sladké vody již byl popsán v mnoha zemích světa. Přes tyto nedostatky sladké vody se do roku 2030 předpokládá zvýšení světové populace o další dvě miliardy lidí. Historicky nedostatek vody byl a je předmětem konfliktů a válek. Organizace spojených národů vyzvala světové vůdce, aby přijali opatření, která by zabránila konfliktům při omezených zásobách vody. Organizace dále uvedla, že současný konflikt v oblasti Dárfúru v Súdánu je důsledkem i nedostatku vody, uvádí Stone (2010).

Tvrzení, že energie z biomasy je „uhlíkově neutrální“ a uvolňuje pouze zpět do atmosféry uhlík, který dříve z atmosféry přijala prostřednictvím fotosyntézy, je pravdivé. Ale biomasa není pouze kus uhlíku, obsahuje dusík a několik dalších nepostradatelných živin. Každá snaha intenzivně pěstovat biomasu nevede pouze k zachycení uhlíku z atmosféry, ale jsou zde i mnohé škodlivé činitele jako je třeba dusíkatý cyklus který vede ke globálnímu oteplování. V současnosti zemědělská činnost emituje 75 % dusíkatých reaktivních sloučenin. Od roku 1750 se koncentrace zvýšila přibližně o jednu třetinu. Za stejné období je zaznamenán 15 % nárůst N_2O v atmosféře, uvádí Abbasi (2009).

Pokud si uvědomíme, že molekula N_2O má 300krát větší potenciál ke globálnímu oteplování než molekula CO_2 , tak toto zvýšení dostává děsivé rozměry. Kromě toho antropogenní narušení dusíkatého cyklu vede podle odhadů k 1100 % nárůstu toků nereaktivních

atmosférických dusíků na reaktivní sloučeniny dusíku. Pro převedení zpět na nereaktivní stav je zapotřebí, aby dusík prošel přes formy NH_3 , N_2O , NO_x a NO_3 , což má dopady na acidifikaci, eutrofizaci, hypoxii a na stratosférické ozónové vrstvy. Není proto možné udržet intenzivní a opakovaně produkce biomasy na jednotku plochy, která předpokládá program výroby energie na základě nativní dusíkové zásoby v půdě. Půda bez hnojení není dostatečně zásobována dostatkem živin, který vyžaduje např. kukuřice. Přirozený obsah dusíku musí být doplněn dalšími živinami, zpravidla v podobě průmyslových hnojiv. Syntetická hnojiva jsou vyráběna prostřednictvím energeticky náročných procesů. Hnojiva jsou podle odhadů odpovědná za 1 % z celkové primární spotřeby energie, uvádí Abbasi (2009).

5. Pěstování biomasy v podmínkách ČR

Mana (2007) uvádí, že Česká republika představuje 78 tisíc km^2 přírodně nesmírně pestrého území. V první řadě se jedná o centrální evropské rozvodí. Tři největší české a moravské řeky, Labe, Morava a Odra, odvádějí vodu do tří různých moří. Na území zasahují dvě biogeografické oblasti - kontinentální a panonská a čtyři biogeografické podprovincie - karpatská, hercynská, polonská a panonská. Podrobnější členění jednotlivých biogeografických podprovincií na tzv. biochory nám ukazuje, jak velice pestrá je škála nižších biogeografických jednotek. Přehledně je tato situace uvedena na následujícím obrázku č. 1.

Obr. 1 - Pestrost území České republiky z hlediska biogeografického členění



Zdroj: Mana (2007)

Geologická i geomorfologická pestrost území je hlavním předpokladem vysoké biologické rozmanitosti. Tato zásada platí pochopitelně nejenom pro území České republiky. Tisícileté kulturní využívání krajiny změnilo oblast souvislých a převážně listnatých lesů na zemědělskou krajinu. Les se v současné době rozkládá na 33,7 % území České republiky. Největší plochy tvoří zemědělská půda, převážně pak půda orná. V menší míře jsou zastoupeny louky, pastviny a další zemědělské kultury. Stručná charakteristika půd je uvedena v tabulce č. 1, uvádí Mana (2007).

Tab. 1 – Typy půd v České republice

| Typy land use | plošné zastoupení v ČR [%] |
|--|----------------------------|
| Člověkem silně ovlivněné a umělé plochy | 6,01 |
| Orná půda | 40,93 |
| Trvalé kultury | 0,56 |
| Pastviny | 6,78 |
| Heterogenní (smíšené) zemědělské plochy | 9,08 |
| Lesy | 32,87 |
| Keře a bylinná společenstva | 2,97 |
| Otevřené plochy bez vegetace nebo s malým množstvím vegetace | less as 0,00 |
| Vnitrozemské mokřady a vodní plochy | 0,11 |
| Vodní toky | 0,69 |

Zdroj: Mana (2007)

5.1 Hlavní zásady pro pěstování energetické biomasy z hlediska ochrany krajiny

Mana (2007) uvádí, že ochrana krajiny v České republice by měla mít pro rozhodování o vhodnosti pěstování plodin pro energetickou biomasu k dispozici přehled o vhodných oblastech a územích. Vymezení takových oblastí a území by mělo vycházet z dostupných poznatků o zranitelnosti půd, o výskytu přírodních biotopů, o vymezení a funkčnosti částí územních systémů ekologické stability a o hodnotě krajinného rázu konkrétní oblasti. Vzhledem ke geologické a geomorfologické pestrosti území České republiky je důležité:

- omezit a v nejlepším případě zcela vyloučit při pěstování energetické biomasy velkoplošné technologie
- respektovat existenci krajinných prvků, zajistit jejich ochranu a podle možností také obnovu
- upřednostňovat regionální využití energetické biomasy a podporovat tak snižování závislosti obyvatel a obcí na centrálních energetických zdrojích
- odborně posuzovat všechny záměry plošného pěstování energetické biomasy na krajinné struktury, krajinné prvky a krajinně-ekologické vazby.

6. Záměrně pěstovaná biomasa

6.1 Topinambur hlíznatý (*Helianthus tuberosus*)

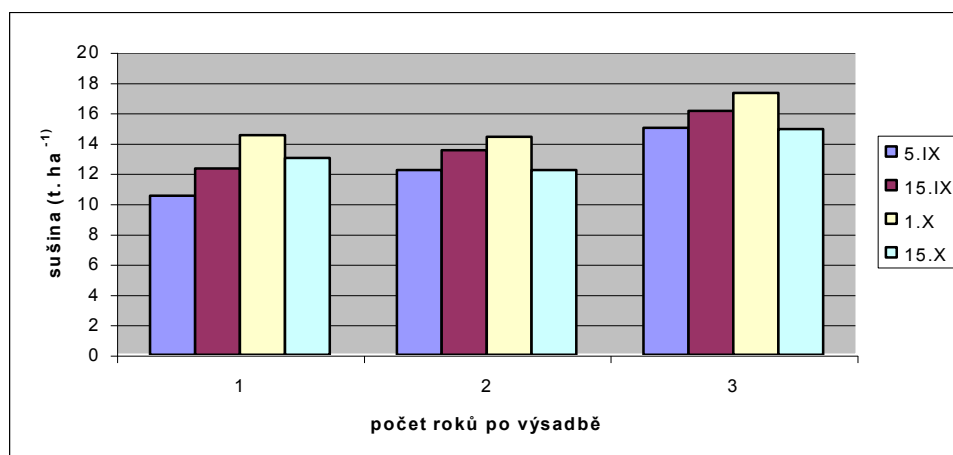
Pastorek a Wolf (1992) uvádí, že myšlenka využít topinambur jako energetickou plodinu není nová. Již dříve byly testovány pro produkci etanolu a také pro produkci alternativních sladidel.

V budoucnu může topinambur najít důležité místo jako alternativní zdroj použitelný buď v pícninářství (zelené krmení, siláž), nebo v potravinářském průmyslu jako vhodná doplňková potravina pro diabetiky a surovina pro racionální výživu. Topinambur může sloužit dále jako alternativní zdroj pro výrobu bioetanolu, bioplynu nebo jako energetický zdroj (palivo), Stražil (2006)

Škoda a kol. (2009) zjistili měřením, že na základě provedených testů je možné výhodně použít jako vstupní substrát topinambur pro výrobu obnovitelné energie ve formě bioplynu. Průměrná produkce bioplynu činila 186,5 Nm³/t sušiny daného vzorku celé suché rostliny.

Pastorek a Wolf (1992) zjistili, že se konaly pokusy s využitím nadzemní hmoty pro produkci bioplynu. Testovaly se tři odrůdy, z nichž jedna byla hybrid topinamburu a slunečnice. V květnu byla provedena výsadba a v prvním týdnu v září byla sklizena nadzemní hmota. Srovnávaly se čtyři termíny sklizně v intervalech 14 dní.

Graf 1 - Výnosy sušiny nadzemní části topinamburu při čtyřech termínech sklizní. První, druhý a třetí rok po výsadbě



Zdroj: Pastorek a Wolf (1992), *Výroba a využití bioplynu v zemědělství*

Dále uvádí Pastorek a Wolf (1992), že předností pro energetické využití je schopnost být pěstována jako vytrvalá plodina. Hlízy mohou být ponechány v půdě přes zimu za účelem další sklizně v následujícím roce. Pokusy s anaerobní digescí naznačily možnost produkce bioplynu jak z čerstvé, tak i ze silážované nadzemní hmoty.

Škoda a kol. (2009) uvádí, že topinambur hlíznatý je jedna z potenciálních plodin, která jistě v budoucnu najde důležité místo mezi energetickými rostlinami.

Strašil (2006) tvrdí, že topinambur je řazen do čeledi hvězdnicovité (*Asteraceae*). Je to vytrvalá rostlina s hlízovitým oddenkem, lodyhou lysou přímou nebo drsně chlupatou, nahoře větvenou. Listy většinou vejčité, vstřícné, zúžené v křídlatý řapík, hrubě pilovité, přímě 4–8 cm v průměru. Zákrovní listy kopinaté, brvitě tmavozelené, zašpičatělé, tak dlouhé, jako průměr terče, odstálé. Lůžko terčovité, vypuklé, jazykovitých květů je 12–15, žloutkově žlutých velikosti 3–4 cm kvetoucích v září až říjnu, nažky 5–6 mm dlouhé, lysé nebo chlupaté s 1–4 brvitými štětinkami. Výška rostliny se pohybuje v rozmezí 50–250 cm. Hlízy jsou většinou nepravidelné s červenou nebo bílou slupkou. Hlízy obsahují 13–20 % inulinu, glukózy a fruktózy, 7 % NL a 1 % vlákniny.

Ten samý autor tvrdí, že topinambur často zplaňuje. Roste prakticky na všech půdách, i horších nebo lesních. Délka doby vegetace je 4 až 8 měsíců. Snáší chladnější, sušší i vlhčí klima. Hlízy se vyznačují u topinamburu vysokou odolností vůči mrazu do $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Koubová (2009) uvádí, že topinambur je mrazuvzdorná, víceletá rostlina (slunečnice topinambur, *Helianthus tuberosus*) pocházející ze Střední a Severní Ameriky. V Evropě byla dříve pěstována k potravinářskému využití. Jako energetická plodina je zejména zajímavá vzhledem k delší vegetační době a vysokým výnosům biomasy. Rostliny dosahují až 5 m a na dobrých stanovištích poskytují výnosy sušiny nadzemní biomasy až 20 tun nebo výnosy hlíz až 13 tun sušiny na ha.

Navzdory mrazuvzdornosti jsou pro dosažení vysokých výnosů výhodnější teplé pěstitelské oblasti. V období sucha reagují rostliny výnosovými ztrátami. Sklizený produkt je možné fermentovat na bioplyn nebo bioetanol nebo zpracovat na biopalivo. Největšího výnosu sušiny v nadzemní biomase (přibližně 20 t sušiny $\cdot\text{ ha}^{-1}$ při zhruba 35 % obsahu sušiny) bylo dosaženo koncem září. V zařízeních určených pro výrobu bioplynu poskytují hlízy při dobré a rychlé fermentaci 393 l metanu $\cdot\text{ kg}^{-1}$ organické sušiny, uvádí (Koubová, 2009).

Topinambur se pěstuje jako jednoletka, tak i po dobu více let. Na jeden nebo dva roky se zařazuje osevního postupu jako jednoletá nebo dvouletá kultura. Topinambur lze zařadit do osevních sledů s vysokým podílem obilnin. U jednoletého pěstování je nevýhoda v tom, že sklizeň hlíz musí být zpravidla provedena po ukončení vegetace ještě na podzim, aby mohl být pozemek připraven pro pěstování následných plodin. Podzimní sklizeň hlíz je obtížnější a pracnější než na jaře, protože hlízy a kořeny většinou vytvářejí s půdou kompaktní bal, který sklizňová mechanizace (bramborové kombajny) špatně sklízí. Další nevýhoda je zaplevelení následných plodin. Proto se doporučuje po topinamburu pěstovat brzy sklizené jarní směsky nebo krmné okopaniny, aby bylo možné likvidovat rostliny a hlízy, které obyčejně obrůstají. Další možností je nechat hlízy zbylé po sklizni vyklíčit v půdě a poté aplikovat totální herbicid, uvádí Stražil (2006).

Stražil (2006) uvedl, že sklizeň nadzemní zelené hmoty pro krmení nebo silážování se provádí jednou až dvakrát do roka, a to první počátkem července a druhá v říjnu. Hlízy se sklízí pomocí strojů obdobně jako brambory, nejlépe dvouřádkovým vyorávačem TEJ s převážně ručním sběrem hlíz, neboť jsou křehké a snadno se poškozují. Podzimní termíny se však z hlediska jistoty sklizně a možnosti využití mechanizace příliš nedoporučují. Nejvýhodnější technologický termín sklizně je jarní sklizeň. Sklízet lze i v jiných ročních obdobích v závislosti na užitkovém směru pěstování. Největší obsah inulinu, který má velmi příznivý poměr fruktózy a glukózy je při sklizni koncem listopadu. V případě pěstování hlíz na obsah inulinu se kombinovaná sklizeň natě a hlíz nedoporučuje, neboť z nadzemní hmoty se do hlíz redislokuje až 30 % cukru. V jarních měsících je práce bramborových sklízeců mnohem spolehlivější a není nutné vynakládat další ruční práci.

Stražil (2006) se domnívá, že pro větší rozmach a využití je třeba finanční podpora pěstitelů, ale i zpracovatelů hlíz na sirob, dia-výrobky a výrobky racionální výživu. V roce 1992 při uskutečněném výnosu 25 t/ha byla výkupní cena 4 Kč/kg a tržba z jednoho hektaru 100 000 Kč. Odhadované náklady se vyšplhaly na 60 000 Kč, zisk tedy činil 40 000 Kč. V současné době se náklady na pěstování odhadují na 68 550 Kč za rok.

Ten samý autor uvádí, že velká výhoda topinamburu je, že je to plodina, která je vhodná pro pěstování téměř ve všech výrobních oblastech u nás. Topinambur je plodinou, jak bylo výše naznačeno, která se dá využívat ve více odvětvích. Po dořešení problematiky využívání bioetanolu (lihobenzínu), který lze bez větších potíží přimíchávat do benzínu nebo v lepším případě se může zpracovávat na ETBE, jež by ve složení benzínů nahradil MTBE (MTBE se

vyrábí z dováženého metanolu), by mohl být topinambur jednou z plodin využívaných pro jeho výrobu. Ani v tomto případě se však zatím neobejde bez počátečních finančních dotací.

6.2 Konopí seté (*Cannabis sativa*)

Stražil (2006) uvádí, že konopí není v našich podmínkách novou plodinou. Z archeologického výzkumu vyplývá, že konopí bylo na našem území používáno již Kelty v době laténské, která je počítána od 4 století př. n. l. do přelomu letopočtu. Z archeologických vykopávek Bedřicha Dubského z roku 1940 v blízkosti Rakovníka je zřejmé, že keltský zlatokop používal celé otýpky konopných lodyh i se semeny (konopné víchy) k utěsnění dřevěných koryt sloužících k zachycování jemného zlatonosného písku. Konopí se v našich podmínkách dříve pěstovalo pro pevná vlákna a semena bez jakýchkoli omezení. V současné době se konopí, co se týče jeho pěstování, stalo spornou plodinou, a to pro svůj obsah omamných látek a možnosti jejich zneužití pro výrobu drog. Pozapomíná se však často na to, že se pro průmyslové využití používá konopí seté, které má velmi nízký obsah omamných látek. Ve světě se konopí bez omezení využívalo až do třicátých let. Zákaz konopí pěstovat poprvé prosadila průmyslové lobby v USA, kdy byl v roce 1937 prosazen zákon, který změnil status konopí na plodinu zakázanou. V současnosti se začíná s novým pohledem na konopí měnit legislativa ve prospěch konopí v zemích, kde jeho pěstování bylo zakázané. S určitými omezeními je možno teď konopí pěstovat pro technické účely ve většině zemí EU. Jsou povoleny určité odrůdy, které splňují danou podmínku, a sice obsah THC v jakékoliv části rostliny pod 0,3 %.

Fialová (2007) zjistila, že konopí dosahuje průměrného výnosu kolem deseti tun z hektaru, přičemž každou část lze zpeněžit. Konopným rostlinám se daří v oblastech, kde se pěstuje kukuřice. U nás to je do nadmořské výšky 400 metrů.

Bouma (2002) uvádí, že pěstitelé konopí musejí krajským úřadům zaslat hlášení o velikosti ploch těchto plodin a sklizeném množství. Limitní plocha pro hlášení je stanovena 100 m². Hlášení musí být odeslané do konce května. Ukládá to zákon o návykových látkách z roku 1998. Se vznikem krajů přešla tato povinnost evidence na krajské úřady, které údaje poskytují ministerstvu zdravotnictví.

6.3 Čirok (*Sorghum adams*)

Strašil (2006) uvádí, že čirok vytváří velmi mnoho forem, se kterými se můžeme setkat ve všech světadílech. V České republice se v současné době prakticky nepěstují. Osivo se neprodukuje ani u nás, ani na Slovensku. Dováží se ze zahraničí. Čirok lze zařadit k potenciálním energetickým zdrojům získávání fytohmoty. Rostliny čiroku vytvářejí za vhodných podmínek dostatek fytohmoty, která může být použita vedle jiných možností také k energetickému využití, jakým je i např. bioplyn.

Vondrášková (2009) uvádí, že pěstování čiroku obecného (*Sorghum bicolor*) je zejména vhodné v oblastech s nedostatkem srážek. Cílem pokusů, které probíhaly v Nebrasce a Kansasu v letech 1992 – 2005, bylo zjistit, zda pěstování čiroku je výhodnější v porovnání s pěstováním hybridů kukuřice odolných k suchu. Porosty čiroku i kukuřice pozitivně reagovaly na srážky v červnu až srpnu a negativně na maximální teploty během července a srpna. Rozdíl sledovaných plodin ve výnosech se zvýšil, když se zvýšily teploty v červenci a srpnu. Měsíční minimální teplota ovlivnila méně výnos kukuřice než výnos čiroku. Na základě výsledků pokusů je možné říci, že v oblastech, kde je výnos kukuřice nižší než $6,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, je výhodnější pěstovat čirok.

Koubová (2009) zjistila, že zkušenosti s čirokem obecným (*Sorghum bicolor*), pěstovaným pro energetické účely, byly získány teprve nedávno. Stejně jako kukuřice je čirok obecný jednoletá, teplomilná C4 rostlina. Průměrné teploty vyžaduje okolo $16 \text{ }^\circ\text{C}$. Půdní teplota při výsevu by měla dosahovat minimálně $12 \text{ }^\circ\text{C}$. Chlad ji může poškodit již při teplotě kolem $4 \text{ }^\circ\text{C}$. Čirok vykazuje vůči suchu vyšší toleranci než kukuřice. V období sucha může svůj růst přerušit a později v něm opět pokračovat. Vhodnost čiroku je tedy k obohacení osevního postupu na stanovištích s malou zásobou vody a je s ohledem na klimatické změny zajímavou alternativou.

Nároky na kvalitu půdy nemá čirok žádné zvláštní. Je třeba se vyvarovat vlhkých a chladných stanovišť. Výnos může dosáhnout 8 až téměř 20 tun sušiny z hektaru. Sušina má obsah v čerstvé hmotě okolo 22 %, obsah metanu v bioplynu okolo 54 %. Sklizeň se provádí jednou do roka (Koubová 2009).

Vondrášková (2008) zveřejnila, že v mnoha spolkových zemích Německa od roku 2004 zkoušejí čirok súdánský a čirok cukrový v polních pokusech s cílem stanovit jejich vhodnost pro výrobu bioplynu jako doplňku kukuřice, celých rostlin obilnin a píce. Oba druhy se vyznačují náročností na teplo, doporučuje se provádět výsev při teplotě půdy $> 16 \text{ }^\circ\text{C}$.

Před ukončením odnožování roste jejich nadzemní hmota relativně pomaleji (intenzivně roste kořenová hmota), doporučená vzdálenost mezi řádky je v rozmezí 0,15 až 0,5 m u čiroku súdánského. Určení konkrétní vzdálenosti podmiňuje mimo jiné disponibilní sklizňová technika a potencionální zaplevelenost. U čiroku cukrového se osvědčila vzdálenost mezi řádky 0,5 m. Plodiny jsou vhodné pro výrobu bioplynu pro podniky bez živočišné výroby, které jsou orientované na pěstování tržních plodin. Sklizňový termín je určován obsahem a výnosem sušiny, silážovatelností, výtěžností bioplynu a termínem výsevu následující plodiny. Čirok súdánský, sklizený při nižším obsahu sušiny než 20 %, je spojen se značným poklesem výnosu a se zhoršením silážovatelnosti. Podobně dvojsečné využívání neprokázalo výhody oproti pozdější jedné seči. O výnosu do značné míry rozhodovala odrůda a ročník. Všechny odrůdy u čiroku súdánského poskytovaly výnosy nad 10 a většina nad 12 t/ha⁻¹ sušiny. Čirok cukrový měl podstatně větší rozptyl výnosů v závislosti od odrůdy nepoměrně vyšší – od 3,22 do 20,89 t/ha⁻¹.

Stražil (2006) uvádí, že Čirok súdánský, neboli Súdánská tráva (*Sorghum vulgare var. sudanense*), je jednoletá bylina s bohatě rozvětveným, hluboko kořenícím kořenovým systémem, četně tvořící stébla, vysoká až 3 metry i více, která jsou bohatě olistěná a vytváří mnoho zelené hmoty. Květenstvím je lata s klásky, které jsou jednokvěté. Postupně probíhá dozrávání a k plnému dozrání je třeba poměrně dlouhá doba. HTS je různá. Podle odrůd kolísá od 10 až nad 30 g. Súdánskou travu můžeme zařadit do osevního sledu podobně jako ostatní čiroky. Súdánská tráva odčerpává při vysokých výnosech mnoho živin (nejvíce potřebuje živiny v červenci a srpnu). Jedná se o dosti výnosnou pícninu bohatou na bílkoviny (obsahuje jich více než kukuřice).

Stražil (2006) zveřejnil, že čirok cukrový (*Sorghum vulgare var. saccharatum*) obsahuje ve stonku směs mono a disacharidů a je zkoumán jako možná nová cukrodárná rostlina, připadající v úvahu pro pěstování v teplejších oblastech střední Evropy. Je podobný čiroku obecnému, je však mohutnější a latu má mnohem kratší, víceméně kompaktní. Šťavnatou dřevň má i v době biologické zralosti zrna. Používá se především jako krmná, zejména silážní rostlina. Ze stébel se dá lisovat šťáva, a z té se vyrábí sirup, líh apod. V České republice byla dříve registrována jediná odrůda (hybrid), a to So 29-F1. Nyní není na seznamu odrůd zapsaných ve Státní odrůdové knize k 1. 10. 2004 uvedena žádná odrůda čiroku cukrového. Pro produkci čiroku cukrového ve střední Evropě má přednost šlechtění za účelem získání nových mrazuvzdorných a raných odrůd. Podrobná metodika sledování chorob a škůdců včetně ochrany není dostatečně propracována. Vedle využití zrna se dá získávat z čiroku cukrového také etanol

z celé rostliny. Z výnosu 22,7 t/ha⁻¹ fytomasy přepočtených na sušinu lze získat 6,5 t/ha⁻¹ volně zkvasitelného cukru.

Tab. 2 – Průměrné výnosy sušiny fytomasy sledovaných genotypů čiroku v průběhu období 1993 až 2004 (t/ha⁻¹)

| Stanoviště/odrůda | Súdanská tráva | Hyso | Čirok zrnový | Čirok cukrový |
|-------------------|----------------|--------|--------------|---------------|
| Ruzyně | 9,388 | 11,928 | 12,360 | 8,731 |
| Troubsko | 26,660 | 27,173 | 31,240 | 9,327 |
| Lukavec | - | - | 21,875 | 3,293 |
| Chomutov | - | 12,776 | 5,347 | 7,444 |
| Průměr | 18,024 | 17,292 | 17,705 | 7,199 |

Zdroj: Stražil (2006), Pěstování energetických plodin

Jak uvádí Stražil (2006), prováděly se modelové ekonomické bilance pěstování čiroku. Do nákladů se započítávaly variabilní náklady zahrnující založení porostu až po sklizeň, odvoz a uskladnění sklizeného materiálu. Vlastní zkušenosti z pěstování plodiny jsme použili při výpočtech. Pro zjištění cenových kalkulací jsme vycházeli z cenových relací aktuálních pro rok 2002. Pro ocenění celkové hodnoty nákladů byly započteny také stálé fixní náklady, do kterých bylo zahrnuto nájemné půdy, daně, odpisy a opravy staveb, odpisy strojů, úroky, výrobní a správní režie.

Stražil (2006) zjistil, že fixní náklady byly stanoveny na 3 280 Kč/ha⁻¹ a přímé náklady na 10 030 Kč/ha⁻¹. Celkové náklady na 1 ha představují 13 310 Kč. Náklady na pěstování a následné zpracování se musí kalkulovat na jednotlivé konkrétní případy, neboť cena suroviny bude záviset na mnoha okolnostech jako jsou způsob zakládání a sklizně čiroku, přepravní vzdálenost, způsob naskladnění, skladování a vyskladnění apod. Náklady a zisky závisí také na dosahované velikosti výnosů.

6.4 Ozdobnice čínská (*Miscanthus sinensis*)

Porvaz a kol. (2008) uvádí, že v současné době na Slovensku hledají nové rostlinné druhy, které by byly vhodné na pěstování pro energetické účely, či na spalování, případně jiné průmyslové využití. Aktuálně se šlechtí nové druhy energetických rostlin pocházejících ze subtropických a tropických krajín pro mírné klimatické pásmo. Mezi rostliny vhodné na tyto účely patří ozdobnice čínská (*Miscanthus sinensis* Anderss.; angl. Japanese silvergrass, Chinese silvergrass; německy Chinanschilf Zwerg – Chinanschilf).

Pastorek (2008) uvádí, že ozdobnici lze charakterizovat obecně jako vytrvalou travu vysokého vzrůstu, která dosahuje za příznivých podmínek vysokých výnosů sušiny, která velmi dobře využívá sluneční energii, vodu, živiny a je značně odolná proti škůdcům a chorobám.

Pochází z jihovýchodní Asie (Jižní Koreji, jihovýchodního Ruska, Čína –Mondžusko, Korea a Tchajwan). Je to vytrvalá tráva vysokého vzrůstu. Původní botanický druh je 1,0 – 1,5 m vysoký, svěže zelený. Kořen je dřevnatý, šupinatý, listy jsou čárkované jemně zoubkované, dlouhé 70 – 85 cm a široké 2 cm se silným středním žebrem. Některé šlechtěné ozdobnice jsou podstatně vyšší, mohou dorůstat až do výšky 4 m. Botanicky se řadí do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*), Ozdobnice je rostlina C₄ typu. Počet chromozómů: 2n = 38. Produkční potenciál za příznivých podmínek se pohybuje nad 30 t.ha⁻¹ sušiny, v podmínkách se závlahou až ke 40 t.ha⁻¹ sušiny. Jako rostlina C₄ typu efektivně využívá potenciál sluneční energie, vody a živin. V našich agroklimatických podmínkách je značně odolná vůči škůdcům a chorobám. V prvním roce pěstování je však poměrně náchylná na vymrzání a v počátečních fázích růstu na zaplevelení. Zvýšení zimovzdornosti se ve světě řeší šlechtěním s divoce rostoucími formami *Miscanthus sinensis* A. x *giganteus*, *M. sachariflorus*. Její transpirační koeficient se pohybuje okolo 250 l.kg⁻¹. V současné době se pěstuje na hospodářské, ale i na okrasné účely. Mezi nejznámější pěstované okrasné kultivary tohoto botanického druhu patří: 'Adagio', 'Cabaret', 'Gracillimus', 'Purpurescens', 'Silberfeder', 'Strictus'. Odlišují se vzhledem i barevností listů uvádí, Porvaz a kol. (2008).

Ozdobnice se nejlépe ujímá na lehčích, strukturních půdách spíše v teplejších oblastech s vyšším množstvím srážek. Spíše se doporučují humózní písčité půdy s vysokou hladinou podzemní vody (ne více než 60 cm), s malým či žádným zaplevelením vytrvalými plevely jako je např. pýr, šťovík. Půdní nároky nejsou tak vyhraněné. U ozdobnice čínské, „sloní trávy“, jsou kladeny vyšší nároky na klimatické podmínky. Předpokladem vysokých výnosů biomasy

jsou, kromě vysokého množství srážek, vyšší teploty v průběhu vegetační doby, tj. od konce května do konce září. Ozdobnice je přesto považována, podle literatury, za méně náročnou plodinu na teplotu než je např. čirok. Optimální kyselost půdy je v rozmezí 5,5 až 6,5 pH. Nad 7 pH byly pozorovány výnosové deprese. Plodina je hospodárná na vodu, neboť její koeficient transpirace je kolem 250 litrů na kg sušiny. Pro dosažení 40 tun sušiny ozdobnice z hektaru je teoreticky potřeba 1000 mm srážek, uvádí Pastorek (2008).

Ten samý autor (2008) zjistil, že rhizomy nebo sazenice je nejlépe sázet po dobrých předplodinách. Ozdobnici je možno vysazovat po okopaninách – brambory, cukrovka, dále luskovinách, obilninách. V SRN doporučují pěstovat po tritikale, řepce, čiroku, kukuřici. Porost ozdobnice se zakládá minimálně na dobu 10 až 20 let.

Nehasilová (2009) uvádí, že dánští vědci z aarhuské univerzity se v rámci jednoho pokusného experimentu snažili vyzkoušet volný chov prasat na plantáži plodiny (*Miscanthus*) pro energetické účely. Vědci chtěli zjistit, zda prasata rostliny nepoškodí a zda by mohla ozdobnice prasatům nahradit přístřešky umístěvané ve volných chovech k ochraně prasat před nepřízní počasí. Oddělení agroekologie a životního prostředí aarhuské univerzity hodnotí výsledky experimentu jako zdařilé. Díky rytí a hrabání prasat v porostu mezi jednotlivými rostlinami zůstává volná půda bez trávy a plevelů. Podmínkou však bylo, aby rostliny ozdobnice byly na pozemku minimálně ve stáří jednoho roku, jen tak je prasata neponičila. Energetické rostliny byly díky prasatům neustále hnojeny a naopak poskytovaly prasatům dostatek stínu při odpočinku.

Pastorek (2008) uvádí, že na dobře zásobených půdách se ozdobnice čínská obejde prvním rokem bez hnojení. Na půdách s menšími zásobami živin se doporučuje hnojit prvním rokem do poloviny června jednorázově do 50 kg/ha⁻¹ N kvůli vymrzání. V následujících letech se má velikost dávky přizpůsobovat zásobám živin v půdě a dosahovaným výnosům. V přibližném průměru se stanovilo hnojit na další léta 70 kg/ha K, 40 kg/ha⁻¹ P a 50 – 100 kg/ha⁻¹ N, nejlépe na jaře a dusík od jara do poloviny července. Podle zásobenosti půd se doporučuje hnojit mikroelementy Cu, Zn, B, Mn. U našich jižních sousedů v Rakousku bylo s úspěchem použito i hnojení kejdou skotu v dávce 30 m³/ha.

Dosažení úrody nadzemní fytomasy ozdobnice čínské (v absolutní sušině) v letech 2003 – 2007 ve Vysokej nad Uhom je uvedeno v tabulce 3, Porvaz a kol. (2008).

Tab. 3 – Výnosové parametry ozdobnice čínské (t.ha⁻¹)

| Rok | Varianta výživy | | | Průměr za varianty |
|----------------------------|-----------------|-------|-------|--------------------|
| | V1 | V2 | V3 | |
| 2003 | 7,93 | 8,65 | 6,60 | 7,73 |
| 2004 | 37,65 | 41,03 | 32,88 | 37,18 |
| 2005 | 40,70 | 40,83 | 34,00 | 38,51 |
| 2006 | 34,63 | 45,90 | 27,60 | 36,04 |
| 2007 | 33,43 | 43,78 | 26,08 | 34,43 |
| Průměr za roky 2004 - 2007 | 36,60 | 42,88 | 30,14 | 36,54 |

Zdroj: Pestovanie ozdobnice čínskej (Mischanthus sinensis Anderss.) na energetické účely (Kol. autorů, 2008)

V roce založení porostu (1. rok pěstování – 2003) se ozdobnice čínská na produkci nesklízí. Rozdrcená hmota se využívá jako mulč, aby se předešlo poškození mrazem. V prvním roce pěstování ve Vysoké nad Uhom byla dosažena úroda v průměru za zkoumané varianty 7,73 t.ha⁻¹. Dále jsou hodnocené další produkční roky 2004 –2007, v kterých byla dosažena průměrná hodnota 36,54 t.ha⁻¹.

Statisticky průkazné jsou všechny diferenciované varianty výživy za roky 2004 –2007. Největší roční průměrná úroda byla dosažena na variantě V2, která je více hnojená dusíkem v dávce 60 kg N.ha⁻¹, a to 42,88 t.ha⁻¹ oproti variantě V1 (40 kg N.ha⁻¹) s úrodou 36,60 t.ha⁻¹. Na variantě bez hnojení byla průměrná úroda za čtyři roky dosažena 30,14 t.ha⁻¹, zjistil Porvaz a kol. (2008).

Pastorek (2008) zjistil, že z modelových výpočtů vycházejí přímé náklady za desetileté období pěstování zhruba na 19 430 Kč/ha⁻¹. Při zanechání porostu na dobu dvaceti let jsou náklady 13 590 Kč/ha⁻¹. Při průměrném ročním výnosu za rok 15 t/ha⁻¹ sušiny a započtení fixních nákladů ve výši 3500 Kč/ha⁻¹ představují celkové náklady v přepočtu pro podzimní termín sklizně 1545, resp. 1147 Kč/t⁻¹ sušiny. Ozdobnice čínská patří také mezi plodiny, které jsou vybrané k pěstování na energetické využití, na něž je možné získat státní příspěvek

na podporu pěstování energetických bylin, která byla pro rok 2005 stanovena ve výši 2000 Kč/ha⁻¹ orné půdy.

6.5 Bob polní

Koubová (2010) uvádí, že bob je krmnou plodinou, pěstovanou k produkci kvalitní píce, tak i na zrno. Kromě klasického využití lze lodyhy využít i v zařízeních na výrobu bioplynu. U bobu polního bývají často, jako např. v roce 2009, lusky a semena zralá, zatímco lodyhy jsou ještě zelené.

Tento fakt vedl k úvaze prozkoumat silážovatelnost lodyh bobu, aby mohly být využity v zařízeních na výrobu bioplynu. První výsledky pokusů Zemědělské komory Šlesvicka-Holštýnka byly pozitivní: lodyhy lze dobře silážovat. Podle těchto dosavadních výsledků by bylo možné nechat lodyhy při sklizni žací mlátičkou na poli, následně rozřezat a silážovat. Díky této možnosti se otvírají nové možnosti hospodářského využití bobu polního. Silážování lodyh je zajímavé především tehdy, když zrno není suché, ale silážováním nebo konzervací se uskladní jako krmivo pro vnitropodnikové využití. Potom se může sklizeň uskutečnit při vyšší vlhkosti zrna, což je pozitivní z hlediska silážovatelnosti lodyh uvádí, Koubová (2010).

6.6 Žito (*Secale L.*)

Malat'ák a Vaculík (2008) uvádí, že žito (*Secale L.*) je rod jednoděložných rostlin z podčeledi lipnicovitě (*Pooideae*) a čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) do které patří přibližně 12 druhů. Kulturní druh, žito seté (*Secale cereale*), je obilnina pěstovaná pro zisk semen, ze kterých se vyrábí krmiva či potraviny. Pěstuje se též jako pícnina nebo meziplodina. Společně s pšenicí, ječmenem a kukuřicí je to jedna z nejrozšířenějších obilnin nejenom v mírném klimatickém pásmu. Zrno se zpracovává na výrobu mouky, dále jako krmivo či se z něho vyrábí alkohol.

Vrzalová (2010) uvádí, že žito se v Německu pěstuje přibližně na 60 tis. hektarech. U žita nebudou nikdy tak vysoké výnosy jako u kukuřice. Důvodem pěstovat žito pro BPS je, že se vysévá do kvalitativně horších než kukuřice. Z jedné tuny siláže energetického žita se získá 200 m³ bioplynu, který v průměru obsahuje 52 – 53 % metanu. To představuje 105 m³ metanu, což odpovídá 343 kWh elektrické energie (z 1 t sušiny se získá 1045 kWh el. energie). Což je sice méně, ale nedochází k ohrožení výnosů kvůli přísušku jako je tomu u kukuřice.

S prodlužujícím se naléváním zrna nastupuje nárůst hmotnosti, zrno nabývá, rostlina má větší listovou plochu. Žito pro GPS má nejvyšší výnosový potenciál právě v mléčné zralosti, proto by se mělo sklidit tři týdny po květu systémem GPS a pak je možné pěstovat ještě následnou plodinu.

6.7 Šťovík uteaša (*Rumex patientia* L. x *Rumex tianschanicus* A. LOS)

Straka (2003) uvádí, že mezi nejnověji prosazovanými „energetickými“ plodinami začíná v posledních letech nabývat významné pozice šťovík, který byl jako vysokoprodukční rostlina vyšlechtěn na Ukrajině. Šťovík známý pod názvem Uteaša OK 2 je křížencem *Rumex tianschanicus* x *Rumex patientia*. Přesto, že tato rostlina je propagována jako materiál pro spalovací procesy, není zatím žádného důvodu domnívat se, že by nemohla být lépe životnímu prostředí využita v procesech biometanizačních.

Ust'ak (2006) uvádí, že v klimatických podmínkách našeho mírného pásma je jednou z nejperspektivnějších energetických plodin tzv. energetický šťovík. V současnosti probíhají ověřovací provozní zkoušky pěstování a využití této plodiny v řadě států Evropského společenství. V České republice se dosahuje osetá plocha energetického šťovíku rozlohy 1 000 hektarů.

Ust'ak (2007) zjistil, že výsledky výzkumu ověřené v praxi dokazují, že šťovík krmný je velmi konkurence schopná energetická plodina s řadou jedinečných vlastností. Je to vytrvalá plodina, která na stejném pozemku vydrží 15 – 20 let. Je to velmi ranná plodina, která obvykle stačí zachytit a využít jarní vláhu. Z toho však vyplývá, že se hodí především do oblastí, kde přes zimní období bývá pokryv sněhu a minusové teploty, tj. do oblastí, kde se vytváří zimní zásoba vody. Navíc plodina je odolná vůči vymrzání. Z těchto důvodů jsou pro pěstování šťovíku vhodné především podmínky severní a střední Evropy.

Energetický šťovík není vhodné vysévat na těch pozemcích, kde byly v předchozích letech aplikovány přípravky s účinnou látkou atrazine, trifluran a chlorsulfuron. Vhodnými předplodinami jsou veškeré pícniny, okopaniny či obilniny (poslední výjimkou těch pozemků, kde se v předchozím roce aplikoval herbicid Glean nebo jeden z výše uváděných látek). Víceleté trávy jako předplodina jsou méně vhodné z důvodu možného druhotného zaplevelení, čímž vznikají větší nároky na chemickou ochranu herbicidy, uvádí Ust'ak (2006).

Sklizeň šťovíku na suchou biomasu znamená nejčastěji sklizeň po dozrání plodů 1x do roka. Sklizeň šťovíku na zelenou hmotu znamená sklizeň obvykle 2 – 3x do roka. V průběhu vegetace v různých stádiích růstu se nemění jenom výnosy a obsah sušiny, ale i biochemické a kvalitativní složení, proto optimální termín a fyziologické stádium pro sklizeň určíme v závislosti na požadavku té či oné technologie zpracování biomasy. Nejvyšší krmivářskou kvalitu má tato rostlina v ranných stádiích růstu (formování listů až východ stonků), ale s ohledem na nízké výnosy a obsah sušiny jsou optimálnější pro sklizeň na krmivo, bioplyn nebo silážování pozdější stadia růstu jako kvetení a dozrávání. Tabulka 4 obsahuje základní výnosové a biochemické parametry biomasy šťovíku v závislosti na fyziologickém stádiu růstu, uvádí Ust'ak (2006).

Tab. 4 – Základní výnosové a biochemické parametry biomasy šťovíku v závislosti na fyziologickém stádiu růstu

| Parametr | Růst listů | Růst stonků | Nasazení pupenů | Kvetení | Dozrávání |
|--|------------|-------------|-----------------|---------|-----------|
| Výnos zelené hmoty, t.ha ⁻¹ | 20,5 | 33,7 | 40,1 | 41,4 | 46,3 |
| Obsah sušiny v % | 7,95 | 10,6 | 14,6 | 18,3 | 24,2 |
| Výnos sušiny, t.ha ⁻¹ | 1,63 | 3,57 | 5,86 | 7,58 | 11,2 |
| Surový protein, NL % sušiny | 38,3 | 36,2 | 30,6 | 26,4 | 18,2 |
| BNVL – bezdusíkaté Látky výtažkové, % sušiny | 35,4 | 34,6 | 36,7 | 38,6 | 40,1 |
| Tuk, % sušiny | 5,19 | 4,78 | 3,56 | 2,28 | 2,19 |
| Surová vláknina, v % | 10,3 | 15,5 | 20,6 | 24,6 | 31,8 |
| Surový popel, % sušiny | 10,8 | 8,92 | 8,44 | 8,07 | 7,79 |
| Kyselina askorbová, mg.kg ⁻¹ | 490 | 340 | 175 | 82 | 45 |
| Karotin mg.kg ⁻¹ sušiny | 53,6 | 55,2 | 51,6 | 34,7 | 24,5 |

Zdroj: Pěstování a využití šťovíku krmného v podmínkách České republiky (Ust'ak, 2007)

Ust'ak (2007) zjistil, že rozhodujícím faktorem pěstování a využití energetických plodina je cena vypěstované biomasy jako biopaliva nebo suroviny pro výrobu biopaliv, a tudíž náklady na pěstování. V současnosti ještě pořád neexistuje dostatek praktických zkušeností a ekonomických znalostí cíleného pěstování energetických plodin. Proto se autor rozhodl provést modelové výpočty použitelné jako standardy zemědělské výroby podle obdobného vzoru modelů pěstování hlavních zemědělských plodin. Editační řada neboli „Standardy zemědělských výrobních technologií“ je dobře známa a úspěšně využívána českými zemědělci, poradci a úředníky. Pro modelování byla zvolena jednotná realizační cena biomasy od výrobce 1100 Kč.t⁻¹ standardní 85 % sušiny, což je současná průměrná cena energetické biomasy na českém trhu. Distribuce energetické fytomasy se předpokládá ve formě obřích balíků. Zvolená zemědělská plodina je vytrvalá a modelová kalkulace je provedena na období 10 let. Jako proměnlivé parametry byly zvoleny především celkové výnosy biomasy dle technologií 3 úrovní. Následná tabulka 5 souhrnně znázorňuje výsledky ekonomického hodnocení pěstování krmného šťovíku.

Tab. 5 – Sumární ekonomické ukazatele pěstování šťovíku krmného

| | Ukazatel | Intenzita pěstební technologie | | |
|-----------|--|--------------------------------|--------------|--------------|
| | | extenzivní | standardní | intenzivní |
| 1 | Předpokládaný průměrný roční výnos t.ha ⁻¹ ve standardní 85 % sušině | 5 | 7,5 | 10 |
| 2 | Spotřeba práce (h.ha ⁻¹) | 3,43 | 3,95 | 4,56 |
| 3 | Spotřeba nafty (l.ha ⁻¹) | 32,3 | 36,9 | 43,1 |
| 4 | Mzdové náklady obsluhy (Kč.ha ⁻¹) | 343 | 395 | 456 |
| 5 | Náklady na základní materiál bez nafty (Kč.ha ⁻¹) | 1 056 | 1 516 | 1 854 |
| 6 | z toho na: osivo | 250 | 250 | 250 |
| 7 | průmyslová hnojiva | 325 | 619 | 792 |
| 8 | pesticidy | 25 | 77 | 129 |
| 9 | Variabilní náklady na stroje včetně nafty a pomocného materiálu (Kč.ha ⁻¹) | 2 043 | 2 274 | 2 586 |
| 10 | Celkem variabilní náklady (Kč.ha⁻¹) | 3 442 | 4 185 | 4 896 |
| 11 | Fixní náklady na stroje (Kč.ha ⁻¹) | 1 683 | 1 883 | 2 115 |
| 12 | Normativní náklady na stroje | 2 700 | 2 700 | 2 700 |

| | bez strojů (Kč.ha ⁻¹) | | | |
|-----------|---|---------------|------------|--------------|
| 13 | Technologické náklady (Kč.ha ⁻¹) | 5 125 | 6 068 | 7 011 |
| 14 | Cena produktu bez dotace (Kč.ha ⁻¹) | 6 000 | 9 000 | 12 000 |
| 15 | Technologický příspěvek na úhradu bez dotace (Kč.ha ⁻¹) | 875 | 2 932 | 4 989 |
| 16 | Hrubý zisk bez dotace (Kč.ha⁻¹) | -1 825 | 232 | 2 289 |
| 17 | Hrubý zisk včetně dotace SAPS (Kč.ha ⁻¹) | 967 | 3 024 | 5 081 |

* - jako dotace SAPS byla vzata částka 2 791,50 Kč, což je dotace EC na půdu v roce 2007 – v příštích letech tato částka bude jako každý rok stoupat o cca 10 %.

Zdroj: Pěstování a využití šťovíku krmného v podmínkách České republiky (Ust'ak, 2007)

Krátké vysvětlení některých použitých termínů: tržní produkce je počítána jako součin zemědělské ceny a výnosu hlavního produktu. Variabilní náklady jsou takové složky nákladů, které přímo souvisí s realizací výroby. Patří sem náklady na pohonné hmoty, opravy strojů, mzdy při realizaci prací, náklady na spotřebovaný základní a pomocný materiál a služby výrobní povahy. Technologické náklady jsou proměnlivé náklady zvětšené o stálé náklady na použité stroje. Tyto náklady jsou vhodným kritériem odlišnosti použitých pěstebních technologií. Fixní náklady jsou takové náklady, které bezprostředně nesouvisí s výrobou daného výrobku, ale zatěžují výrobu jako celek. Jedná se především o odpisy hmotného a nehmotného investičního majetku a režijní náklady zemědělských podniků. Fixní náklady jsou v tabulce rozděleny na dvě položky – fixní náklady na stroje (poměrně přesná kalkulace dle strojů) a ostatní fixní náklady. Jelikož každý podnik bude mít tuto položku odlišnou, používáme průměrný odhad, což je v České republice cca 2 500 – 3 000 Kč na 1 ha (použijeme částku 2 700 Kč.ha⁻¹). Celkové normativní náklady jsou komponovány součtem variabilních a fixních nákladů. Technologický příspěvek na úhradu je u produkčních plodin definován jako rozdíl mezi zpeněžitelnou produkcí (tržbami) a technologickými náklady. Pohybuje se vždy výše než hrubý zisk. Tento parametr je odvozen ze zahraničí, zejména ze sousedního Německa, dobře známého ukazatele „příspěvku na úhradu fixních nákladů“, od kterého odečteme fixní náklady na použité stroje, což umožňuje lépe porovnávat jednotlivé technologie rostlinné výroby. Hrubý zisk je počítán jako rozdíl mezi tržní produkcí a celkovými náklady a ve srovnání s předchozí položkou obsahuje navíc odečet celkových fixních nákladů zemědělského podniku bez fixních nákladů na použité stroje.

Jinými slovy hrubý zisk je rozdíl mezi tržní produkcí, celkovými pohyblivými a celkovými fixními náklady, uvádí Ust'ak (2006).

6.8 Cukrovka

Vrzalová (2010) uvádí, že cukrovka je důležitá z hlediska zachování osevních postupů, tak pro účely BPS. V Německu se nachází oblasti, kde se nejsou zpracovatelské kapacity, a proto se cukrovka dováží ke zpracování až ze vzdálenosti 300 km. V severním Německu se kvůli této vzdálenosti začínají stavět bioplynové stanice, které ve svém výrobním procesu využívají právě cukrovku. V této plodině je totiž obsaženo vysoké procento cukrů, což je důležité pro proces fermentace v reaktoru. Do siláží se pak komponuje z třetiny bulev cukrovky a dvě třetiny kukuřice. Bulva se buď siláží celá, nebo se rozřezává či jinak rozmělní společně s hmotou kukuřice. Po kvalitativní i výnosové stránce je cukrovka na vysoké úrovni, technickým problémem je však zbavení bulev kamenů a její očistění od nánosů zeminy před vlastním silážováním. Pro tyto účely vytvořila jedna německá společnost speciální mobilní pračku cukrovky s výkonem 70 t/hod¹. Pokud se naskladňují celé bulvy v kombinaci se silážovanou hmotou kukuřice, musí se hotová siláž odfrézovat, čímž se bulva nakrájí. Při využití celých bulev cukrovky s LKS šrotem (což je vřeten, zrno a listeny, ze kterých se udělá šrot) je poměr dvě třetiny cukrovky a jedna třetina šrotu. Bulvy se čistí na 2,5 % popelovin. Z jedné tuny cukrovky se získá přibližně 160 – 180 m³ bioplynu, tedy 85 – 95 m³ metanu.

6.9 Kukuřice (*Zea mays*)

Kukuřice se řadí mezi jednoleté rostliny. Výnosový potenciál pro produkci biomasy je založen na vysoké náročnosti kukuřice, na výživu a agrotechniku. Pěstování a využití produkční schopnosti kukuřice v příznivých a nepříznivých podmínkách dána širokou nabídkou vhodných hybridů, uvádí Havlíčková a kol. (2008).

Zimolka (2008) uvádí, že vznik a původ kulturní kukuřice ještě není zdaleka vysvětlen. Archeologické nálezy částí rostlin kukuřice, vymezení oblasti původu a jejího postupného rozšiřování, pokud jde o čas a místo, naznačují na dvě zeměpisné oblasti – jihoamerickou a střeadoamerickou. I když první zmínky a písemné dokumenty o existenci kukuřice datují až po objevení Ameriky, její pěstování bylo dokázáno již v nejstarších mexických a peruánských kulturách. Kukuřice patří k rostlinám, u kterých dosud není známa původní divoká forma.

Patří do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) a skupiny kukuřicovitě (*Maydeae*). Z hospodářského pohledu má největší význam kukuřice obecná (tvrdá). Kořenový systém, počet kořenů a jejich rozložení v půdě, je závislé na podmínkách prostředí a konkrétním hybridu. Stéblo je rozděleno kolénky (nody) na články (internodia) a v závislosti na délce vegetační doby dosahuje výšky 1,3 až do 3 m výjimečně i více. Stéblo je ukončené samčím květenstvím, uvádí Havlíčková a kol. (2008).

Silážovaná kukuřice je nejvýznamnější energetické objemné krmivo, které sehrává důležitou stabilizační úlohu v krmné dávce skotu, neboť se zkrmuje celoročně a často tvoří i polovinu podílu sušiny v krmné dávce. Silážní kukuřice patří ke snadno silážovatelným krmivům, neboť obsahuje dostatek vodorozpustných sacharidů, má nízkou pufrační kapacitu. Vzhledem k významu silážní kukuřice je třeba věnovat patřičnou pozornost mnoha důležitým aspektům, zejména výběru vhodných odrůd s ohledem na způsob využití a agrotechnickým podmínkám, faktoru silážní zralosti a způsobu jeho určení, stravitelnosti organické hmoty nejen celé rostliny, ale i jejího zbytku, podílu palice na sušině celé rostliny, složení epifytní mikroflóry silážní kukuřice, způsobu sklizně a konzervace hmoty, otázce výběru aplikace silážních aditiv pro zlepšení průběhu fermentace a aerobní stability siláží, možnosti zlepšení využití škrobu a snížení celkových skladovacích ztrát. K dosažení dobré kvality kukuřičné siláže je nutné respektovat základní technologické požadavky na sklizeň, skladování a konzervaci: optimální růstové fáze sklizené kukuřice určené k silážování, optimální obsah sušiny silážní kukuřice, optimální délka řezanky, dodržování zásad technologického postupu, aplikace účinných konzervačních prostředků, uvádí Zimolka (2008).

Ten samý autor (2008) uvádí, že na rozdíl od ostatních jednoletých píceňin dochází u silážní kukuřice během vegetace ke snižování obsahu vlákniny a zvyšování obsahu energie. Nejvhodnější termín sklizně kukuřice z krmivářského hlediska je konec těstovité zralosti zrna (sušina rostliny je 28 až 34 %), kdy končí syntéza škrobu v zrnech a je dosaženo nejvyšší koncentrace energie v celé rostlině. Z tohoto důvodu je vhodné na zlomených palicích sledovat tzv. mléčnou čáru, která velmi přesně koreluje se stupněm asimilace živin, zejména škrobu, a tím i se stupněm celé rostliny kukuřice. Pokud mléčná čára dosáhne dvou třetin zrna, je vhodné začít se sklízí kukuřice na siláž.

Havlíčková a kol. (2008) uvádí, že kukuřičné šlechtění je založeno na tvorbě hybridů a využití heterózního efektu. Šlechtění probíhá v následujících krocích: tvorba linie, zkoušení kombinační schopnosti linie, tvorba a zkoušení hybridů. Výroba osiva kukuřice probíhá

v následujících etapách: výroba linie osiva, výroba osiva finálních dvouliniových, tříliniových a čtyřliniových hybridů. Při produkci kukuřice na výrobu bioplynu se využívají hybridy doporučené k silážním účelům a mají maximální potenciál pro výrobu bioplynu. V současné době jsou vytvářeny hybridy takzvané „energetické kukuřice“, které mají vysokého výnosu biomasy především dosahují prostřednictvím listové a stonkové hmoty. Dosahování vysokého a stabilního výnosu biomasy na výrobu bioplynu je založeno na volbě vhodných hybridů. Příklady možných voleb hybridů v závislosti na čísle FAO: Vhodné hybridy kukuřice pro vyšší polohy a pro pozdní výsev: CINGARO – FAO 230, SAMPAIO – FAO 240.

Tab. 6 – Teplotní požadavky hybridů s rozdílným č. FAO

| rozpětí (FAO) | celkový teplotní úhrn (°C) |
|---------------|----------------------------|
| 200 – 230 | 1 350 – 1 410 |
| 230 – 250 | 1 400 – 1 460 |
| 250 – 280 | 1 440 – 1 500 |
| 280 – 300 | 1 470 – 1 530 |
| 300 - 350 | 1 500 – 1 600 |

Zdroj: Zimolka (2008) Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry

Kukuřice má jako rostlina C4 ze všech u nás pěstovaných, kulturních rostlin nejvyšší výnosový potenciál. Pro tuto plodinu se zároveň diferencovaně vyvinuly a technologicky optimalizovaly systémy pěstování, sklizně, přepravy a konzervace. Zemědělské podniky často disponují patřičným vybavením i veškerou mechanizací, potřebnou pro produkci kukuřice jak na zrno, tak i k silážování (bioplyn), uvádí Zimolka (2008).

Pěstování kukuřice v členitém terénu s sebou přináší větší nebezpečí zařazení na pozemky, které mohou být ohroženy vodní erozí. Nelze-li se vyhnout zařazení kukuřice na svažité plochy, je vhodné a potřebné uplatnit protierozní opatření a tak respektovat nařízení vlády č. 103/2003 Sb. o stanovení zranitelných oblastí a o používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv, stříkání plodin a provádění protierozních opatření v těchto oblastech, uvádí Havlíčková a kol. (2008).

Při produkci kukuřice na výrobu bioplynu vzniká konkurence při výrobě potravin či krmiv pro hospodářská zvířata. Využívání kukuřice pro produkci bioplynu se stává konkurencí objemným krmivům pro skot. Bioplynové stanice se často označují jako „betonové krávy“, protože mohou být jednak „krmeny“ podobnými surovinami a jednak jsou anaerobní procesy v BPS velmi podobné činnosti bacherové mikroflóry velkých přežvýkavců. Tato srovnání má nejen lingvistický význam. V praxi to znamená, že pro dosažení vysoké produktivity je nutno se ke stanici chovat podobně jako ke skotu. U jednou zahájeného fermentačního procesu je nutné dodržovat zvolenou recepturu, popř. přecházet na jiné složení vstupního substrátu pozvolna. Kukuřice je pro anaerobní fermentaci ideální plodinou ve formě kukuřičné siláže, která je právě schopna zajistit po celý rok kvalitní vstupní hmotu s vhodným chemickým složením. Pro zlepšení podmínek fermentoru bývá často do substrátu přidáváno i zrno kukuřice a vysoké vlhkosti, uvádí Zimolka (2008).

Podobně jako u produkce bioetanolu, je i při produkci na bioplyn nutné zajistit homogenní, vyrovnaný porost. Pro výrobu kukuřice na bioplyn lze uvažovat o následujících pěstebních technologiích: energetická kukuřice se ve vegetačním roce pěstuje a využívá jako jediná hlavní kultura. Energetická kukuřice se pěstuje jako hlavní kultura po předplodině, jako je třeba ozimé žito. Energetická kukuřice se pěstuje v kombinaci s jinými druhy kulturních rostlin, jako je slunečnice. U speciálních hybridů kukuřice pro efektivní produkci bioplynu je požadován vysoký výnos silážovatelné hmoty a to od 50 do 70 t/ha⁻¹. Při tak vysokém odběru hmoty z pole je nutno doplnit řádově 250 Kg/ha⁻¹ N, k čemuž je možné použít i vznikající digestát od BPS, uvádí Zimolka (2008).

Ten samý autor (2008) uvádí, že z výsledků plynou i doporučení o volbě příslušných hybridů. Jedná se zejména o odrůdy kukuřice s delší vegetační dobou, které tvoří velké množství sušiny. V dané oblasti je doporučeno pěstovat odrůdy s vyššími čísly ranosti (podle FAO o 30 – 40 jednotek) oproti běžné silážní kukuřici pěstované na daném území. Např. v Rakousku v podhůří Alp se osvědčily odrůdy Barter, KWS 1393, PR37W05 a Pixxia, pro podmínky s nedostatkem vláhy Saxxoo.

Kukuřice a cukrová třtina je fermentována na ethanol, které se přidává do benzínu nebo se dá využít jako čisté palivo pro speciálně upravené automobily. V USA se v roce 2006 vyrobilo 22,09 miliard litrů etanolu z kukuřice a v Brazílii 18 miliard litrů z cukrové křtiny v roce 2005. Do procesu se vkládá velké množství energie, vzniká odpadní voda, oxid uhličitý.

Odpadní voda má hodnotu BSK řádově mezi 18,000 – 37,000 mg/l⁻¹, pro vyčištění je potřeba asi 4 kcal energie na kg BSK. Pro vytvoření páry, která pohání destilaci je potřeba spalovat zemní plyn, nebo stále používané uhlí. Další emise CO₂ jsou emitované u kvasinek. Pěstování plodin také vyžaduje palivo a dusíkatá hnojiva, která se vyrábějí za pomoci zemního plynu. Několik studií energetické bilance se věnoalo množství fosilních paliv k výrobě ethanolu versus získaná energie, kterou produkuje. Dokázaly, že proces vytváří více skleníkových plynů než při použití fosilních paliv. Jediné pozitivum je v tom, že energetická bilance je kladná, ale není velká, uvádí Abbasi (2009).

6.10 Rychle rostoucí dřeviny – topoly a vrby (rody *Populus* a *Salix*)

Havlíčková a kol. (2008) uvádí, že výmladkové plantáže na zemědělské půdě jsou jednou z perspektivních a již i komerčně pěstovaných energetických plodin v Evropě. V jižní části Evropy se testují ještě další dřeviny jako např. akáty, eukalypty a některé další dřeviny, ale jejich využití v našich podmínkách je málo pravděpodobné. Celkem v Evropě se pěstuje přibližně 30 tisíc hektarů vrbových a topolových plantáží. Z celkové rozlohy vrbových plantáží (25 000 ha) se ročně sklízí asi 5 000 ha převážně v jižním Švédsku, Polsku a Velké Británii. Rozloha vrbových plantáží narůstá významně např. v Polsku, Dánsku, Slovensku a Baltských zemích. Topolové výmladkové plantáže se přibližně na 7 000 ha hlavně ve střední a jižní Evropě, nejvíce pak severní Itálii. V České republice je založeno zhruba přes 225 ha převážně topolových výmladkových plantáží a okolo 25 ha matečnic.

6.10.1 Vrbovité (*Salicaceae* Mirbel)

Malat'ák a Vaculík (2008) uvádí, že vrbovité jsou dvoudomé, vzácně polygamní, pýřité nebo lysé, obvykle opadavé stromy nebo keře. Zimní pupeny vrbových mají šupiny často lepkavé, střídavé listy, vzácně téměř vstřícné, jednoduché, obvykle zubaté, řapíkaté, občas s palisty. Květenství úžlabní klasovité, husté, květy jsou redukované a každý podepřen šupinovitým listenem. Samčí květy mají 1 až mnoho tyčinek, nitky volné či dole srostlé, květy samičí mají 2 – 4 plodolisty. Plody jsou 2 – 4 chlopnové tobolky, semena a chlupy opadávají současně s jejich dozráváním, semena po 4 až mnoha, lysá, malá. Tato čeleď zahrnuje 3 až 4 rody a až 620 druhů, jsou široce rozšířeny většinou na severní polokouli v temperátních až

subarktických oblastech, velký počet druhů se pěstuje jako rostliny pro dřevo anebo jako okrasné, některé se také dají využívat v košíkářství a pro výrobu kriketových pálek.

Weger (2010) uvádí, že při pěstování výmladkových plantáží je prokazatelný nárůst biodiverzity zejména v intenzivních oblastech zemědělské výroby. Na základě tříletých výsledků je možné říci, že porosty rychle rostoucích dřevin můžou, za určitých podmínek vytvořit tzv. přechodové společenství, charakterizované vysokou diversitou. Porosty rychlerostoucích dřevin poskytují různorodá stanoviště pro hnízdění ptactva (bažanti a pěvci). Rostlinný pokryv vznikající uvnitř narostlé plantáže (třetí až čtvrtý rok) má také příznivý vliv např. na společenstvo bezobratlých. Výskyt různých kvetoucích druhů rostlin je příznivý pro květy navštěvované hmyzem. Další výhodou je výrazné snížení vodní eroze oproti jednoletým plodinám. Výmladkové plantáže jakou jiné porosty dřevin také stabilizují odtokové poměry zejména při vyšších srážkách a snižují erozi půdy při extrémních srážkách. Výmladkové plantáže velmi dobře odolávají povodňovým vodám a jsou schopné růst i na takto poškozených půdách (štěrkové nánosy).

Weger (2010) zjistil, že ekonomika energetických plantáží a celého procesu produkce a využití biomasy pro výrobu energie je značně komplikovaná, protože v sobě zahrnuje nejen vlastní „malou“ ekonomiku výrobních nákladů, která závisí na lokálních podmínkách, ale i problematiku poptávky a cen na současném trhu s energiemi, které jsou dotovány státem a nezahrnují všechny tzv. externality (využívání složek životního prostředí a jejich poškozování). Tato situace vysvětluje, proč různým autorům u nás vyhází, a i podle místních podmínek i nadále budou vycházet, značně rozdílné výsledky při hodnocení ekonomiky – od velkých ztrát a potřeby trvalých státních dotací, po relativně výnosné s omezenou potřebou dotací. Ve všech výpočtech je vhodné používat přepočtené tuny sušiny nebo používat jednoty GJ. Podle aktuálních analýz se cena štěpky – zatím nejčastějšího paliva z plantáží u nás může pohybovat od 120 do 180 Kč/GJ v závislosti na použité agrotechnice a samozřejmě dosaženém výnosu. Ceny hnědého uhlí jsou v současnosti přes 2 900 Kč za tunu (asi 160 Kč/GJ). Pokud tedy budeme předpokládat, že výhřevnost severočeského uhlí je přibližně stejná jakou u štěpky (12 až 16 megajoulů na kilogram), je tedy možno říci, že cena tohoto biopaliva, může být při současném trendu růstu cen za energii v několika příštích letech konkurenceschopná. Snížení ceny štěpky by bylo možno dosáhnout zvětšením rozlohy plantáží a vyřešením způsobu sklizně.

6.11 Výběr nejvhodnějších travin pro anaerobní digesce

Kuchařová (2007) měřením zjistila, že výběr vhodných travin je velmi složitý a musí respektovat následující požadavky: minimální obsah ligninu, maximální obsah biodegradovatelného uhlíku, dostatek lipidů, mastných kyselin a bílkovin. Nejvhodnějším obdobím, z hlediska obsahu ligninu, jsou měsíce červen a červenec. Vyšší výnosy poskytují hnojené druhy travin, které mají řádově o cca 7 t/ha^{-1} vyšší výnos ve srovnání s nehnojenými travinami. Celulosa, hemicelulosa, fruktany, a sacharidy jsou důležitým zdrojem „živin“ pro bakterie ve fermentační fázi výroby bioplynu. Vysoce komplikující sloučeninou v procesu anaerobní digesce je lignin. Lignin je, díky svým chemickým vlastnostem, je téměř nerozložitelný pro bakterie. Navíc lignin je fyzikálně a chemicky propojen s ostatními složkami rostlinného těla vzniká tzv. ligninosacharidový komplex. Tento komplex brání volnému průběhu uvolňování sacharidického podílu do fermentačního media.

Tatáž autorka (2007) uvádí, že nejlepší výtěžnost bioplynu vykazoval ovsík vyvýšený rožnovský, psineček velký, sveřep horský. Lesknice mají výnos bioplynu cca o jednu třetinu nižší.

6.11.1 Ovsík vyvýšený (*Arrhena Elatius*)

Petříková (2006) uvádí, že ovsík vyvýšený je víceletá vysoce bujná tráva, využívána tradičně jako pícnina. Dorůstá do výšky až 150 cm, proto má dobré předpoklady i pro využití k energetickým účelům. Trávina pochází z našich podmínek, proto se jí zde dobře daří.

Kuchařová (2007) uvádí, že vyšlechtěn byl výběrem z přirozených porostů na Valašsku v tehdejší Zemské výzkumné stanici pícninářské v Rožnově pod Radhoštěm. Povoleno v roce 1940. Jedná se o volně trsnatou travu jarního charakteru. Ovsík vyvýšený je středně pozdní odrůda. Drsné podmínky nesnáší dobře, vhodný pro sušší stanoviště.

Pěstování ovsíku vyvýšeného je jednou z možností, jak přispět k zabezpečení požadovaného množství energetické biomasy. Výhodou víceletých vzrůstných trav je možnost jejich pěstování i v marginálních oblastech, kde se plošně, nijak nevyhraněné zatravňování může nahradit cíleným pěstováním těchto vybraných druhů, které mají jinak stejné ekologické výhody zatravňování.

6.11.2 Psineček veliký (*Agrostis gigantea* Roth.)

Petříková (2006) uvádí, že psineček je víceletá tráva ozimého charakteru. Tráva spíše pozdního typu. Na jaře se vyznačuje střední rychlostí růstu, i obrůstání po sečích je střední. V tradičním pícninářství se vyznačuje jako doplňkový druh.

Kuchařová (2007) uvádí, že psineček veliký (*Agrostis gigantea*) je také označován jako psineček bílý, byl vyšlechtěn v bývalé Zemské výzkumné stanici pícninářské v Rožnově pod Radhoštěm z ekotypů z přirozených lučních porostů. Povoleno bylo v roce 1940. Jedná se o víceletou trávu ozimého charakteru s krátkými podzemními výběžky. Uplatňuje se jako doplňkový druh v extenzivních trvalých lučních a pastevních porostech na těžších půdách a vlhčích stanovištích.

Psineček veliký se tradičně využívá jako součást objemné píce ke krmení hospodářských zvířat. Zelená hmota i senáže se mohou dobře uplatnit i jako přídavek do fermentoru při výrobě bioplynu, pokud je takovéto zařízení v ekonomické vzdálenosti od pěstitelské plochy.

6.11.3 Sveřep bezbranný (*Bromus inermis* Leyss.)

Petříková (2006) uvádí, že v České republice je známá jediná odrůda Tabrom, česká registrace v r. 2002. Sveřep bezbranný, odrůda Tabrom, byl vyšlechtěn z vybraných ekotypů získaných sběrem z okolí Tábora a Veselí nad Lužnicí. Odrůda byla vyšlechtěna záměrným křížením a následným výběrem zaměřeným na výnos a na odolnost proti chorobám. Jiná odrůda není mimo Česko známa, neboť sveřep bezbranný nebyl nikde jinde šlechtěn.

Sveřep bezbranný, odrůda Tabrom, je svými vlastnostmi velice vhodná pro využití ve fytoenergetice, jak o tom svědčí některé dosud získané výsledky, uvádí Petříková (2006).

7. Bioplyn

Pastorek a kol. (2004) uvádí, že biologický rozklad organických látek je velmi složitý vícestupňový proces, na jehož konci za pomoci působení metanogenních, acetotrofních a hydrogenotrofních mikroorganismů vzniká bioplyn, který se v ideálním případě skládá ze dvou plynných složek, metanu a oxidu uhličitého. Průběh tohoto procesu ovlivňuje řada dalších procesních a materiálových zdrojů, například složení substrátu, podíl vlhkosti, teplota prostředí,

číslo pH neboli kyselost materiálu, anaerobní prostředí, absence inhibičních biochemických látek atd.

Straka (2003) uvádí, že metanová fermentace musí být pojata vždy jako soubor na sebe navazujících procesů, v nichž vlastní metanogeny představují pouze poslední článek v řetězci biochemické konzervace.

Pastorek a kol. (2004) uvádí, biologický rozklad organických látek v anaerobních podmínkách. Jsou to procesy, které se nazývají metanová fermentace, metanové kvašení, anaerobní fermentace, anaerobní digesce, biogasifikace, biometanizace, biochemická konverze organické látky atd. Tyto procesy probíhají za určitých podmínek i v přírodě samovolně, nebo jsou vyváženy záměrně v zařízeních na fermentaci. Výsledkem metanové fermentace je vždy směs plynů a fermentovaný zbytek organické látky, který se je nazývá digestátem. Pro tuto, v praxi početnou, směs plynů, obsahující vždy dva převládající plyny (metan a oxid uhličitý) a v případech v praxi početnou, avšak objemově zanedbatelnou řadu minoritních plynů, se ustálily různé názvy podle jejich původu, nebo místa vzniku. Tak rozeznáváme: zemní plyn, důlní plyn, kalový plyn, skládkový plyn a bioplyn.

Ten samý autor (2004) uvádí, že anaerobní fermentace je velmi složitý biochemický proces, který se skládá z mnoha dílčích, na sebe navazujících fyzikálních, fyzikálně-chemických a biologických procesů. Metanogeneze je pouze dokončující poslední fáze biochemické konverze biomasy v anaerobních podmínkách na bioplyn a zbytkový fermentovaný materiál.

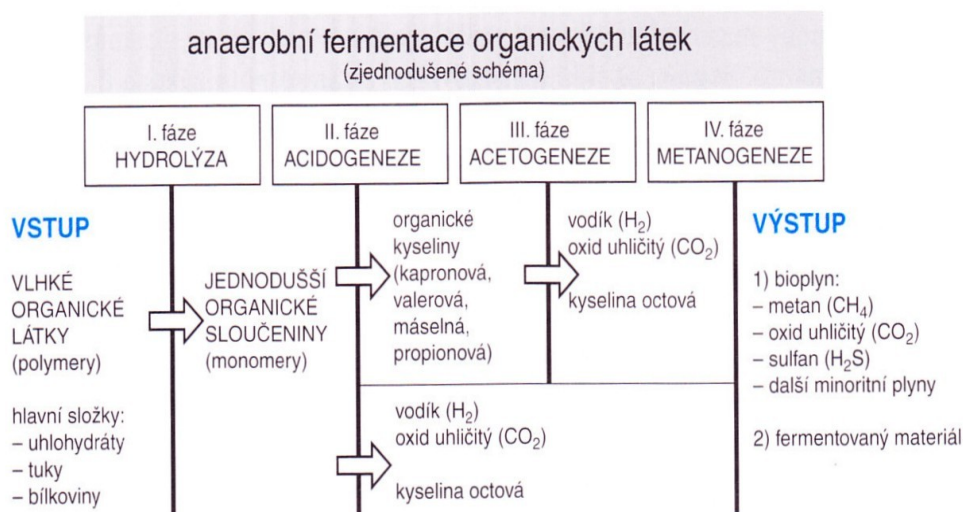
Straka (2003) uvádí, že první fáze rozkladu organické hmoty není uskutečňována za pomoci vlastních metanogenů a začínají často ještě v aerobním prostředí. Hydrolytické rozklady makromolekulárních látek, především typu lipidů, polysacharidů a proteinů, mohou probíhat jak v přítomnosti, tak i v nepřítomnosti vzduchu, činností fakultativních anaerobů a později i ryze anaerobů v tzv. kyselinové či kyselinotvorné (acidogenní) fázi. Prvotní štěpení polysacharidů, hydrolýza triglyceridů i hydrolýza a deaminace peptidů poskytují hlavně jednoduché cukry a alifatické karbonové kyseliny. Jednoduché cukry, nižší alifatické kyseliny a alkoholy jsou pak společenstvy dalších acidogenních mikroorganismů dále zpracovávány na kyselinu s kratšími řetězci, alkoholy a plyny zastoupené hlavně oxidem uhličitým a vodíkem. Někdy bývá tato fáze, též souhrnně nazývána jako „kyselá“, je uskutečňována mikrobiálními společenstvy, která již jsou schopna činností i ve zcela bezkyslíkatém prostředí, vytvářejí se v jejím průběhu podmínky pro současný rovnovážný rozvoj symbiotických metanogenů, přičemž i primární hydrolytické procesy se pak realizují v plně anaerobních podmínkách.

Pastorek a kol. (2004) uvádí, že druhá fáze se nazývá acidogeneze. Na začátku této fáze zpracováváný materiál může obsahovat ještě zbytky vzdušného kyslíku, ale ke konci fáze zde dojde definitivně k vytvoření anaerobního prostředí. Zajistí to početné kmeny fakultativních anaerobních mikroorganismů, které se aktivují v obou prostředích. Vznik CO_2 , H_2 a CH_3COOH umožňuje metanogenním bakteriím tvorbu metanu. Kromě toho vznikají jednodušší organické látky, jako jsou vyšší organické kyseliny a alkoholy.

Třetí fáze acetogeneze je někdy mezifáze. Acidogenní specializované kmeny bakterií transformují vyšší organické kyseliny na kyselinu octovou (CH_3COOH), vodík (H_2) a oxid uhličitý (CO_2), uvádí Pastorek a kol. (2004).

Poslední čtvrtá fáze se nazývá metanogeneze, kde metanogenní, acetotrofní bakterie rozkládají především kyselinu octovou (CH_3COOH) na metan (CH_4) a oxid uhličitý (CO_2), hydrogenotrofní bakterie produkují metan (CH_4) z vodíku (H_2) a oxidu uhličitého (CO_2). Kmeny určitých metanogenních bakterií se chovají jako obojetné. Pro zachování stability procesu anaerobní fermentace organických materiálů je velmi důležitá optimální rovnováha v kinetice jednotlivých fází, probíhajících s odlišnou kinetickou rychlostí. Poslední čtvrtá fáze metanogeneze probíhá přibližně 5krát pomaleji než zbylé tři fáze. Tomu je třeba uzpůsobit konstrukci bioplynových technologických systémů a dávkování vstupního substrátu, jinak hrozí přetížení fermentoru se všemi nepříznivými dopady, uvádí Pastorek a kol. (2004).

Obr. 2 – Schéma anaerobní fermentace



Zdroj: Biomasa obnovitelný zdroj energie, (Pastorek a kol. 2004)

Tab. 7 – Výtěžky methanu z různých substrátů na 1 kg sušiny

| | | výtěžek methanu (m ³ CH ₄) |
|---|------------------------------|--|
| Rostlinné odpady | kukuřičná nať | 0,18 |
| | kukuřice řezaná celá | 0,40 |
| | kukuřice siláž | 0,37 |
| | pšeničná sláma | 0,20 |
| | ječná sláma | 0,15 |
| | ovesná sláma | 0,17 |
| | jetel sečený | 0,26 |
| | tráva čerstvě sečená | 0,31 |
| | travní senáž | 0,28 |
| | stébla trávy a staré seno | 0,19 |
| | nať z cukrové řepy | 0,24 |
| | nať z brambor | 0,31 |
| | Biomasa | vodní hyacint |
| směs zel. kukuřice, brambor, kapusta, oves | | 0,30 |
| prutová biomasa | | 0,16 |
| dřevní biomasa | | 0,18 – 0,28 |

Zdroj: Bioplyn, (Straka, 2003)

8. Biometanizace dřeva

Straka (2003) uvádí, že dřevo je nejvíce používanou biomasou dostupnou jako energetická surovina v přijatelných cenových relacích. Výzkum zpracování dřeva jako vstupního substrátu do BPS byl dlouho omezen jen na možnosti výroby ethanolu a souvisejících technologií, jako jsou izolace celulózy a hemicelulózy a zcukřování těchto polysacharidů. Aplikacím přímé výroby metanu anaerobní digescí byl věnován minimální zájem. Institute of Gas Technology (IGT) používá obohacovací techniky k vývoji prvního mikrobiologického inokula, které by mohlo měnit dřevní biomasu na metan bez předzpracování. U několika zkoumaných dřev byly docíleny výtěžky metanu 0,3 – 0,37 m³/kg⁻¹, což odpovídá konverzi 80 – 90 % strukturních cukrů ve dřevě stanovených. Ligninová složka dřeva není degradována a může být získána jako hodnotný vedlejší produkt. Chemické výsledky ukazují, že 90 % i více dřevní

biomasy tvoří lignocelulózové složky: celulóza, hemicelulóza a lignin. Tyto tři složky se liší v obsazích podle rostlinných druhů i podle stáří a růstových podmínek daného jedince, avšak jejich poměrné zastoupení lze přibližně kvantifikovat takto: celulóza 40 – 45 %, hemicelulóza 20 – 30 %, lignin 20 – 30 %.

Obecné úvahy tvrdí, že hemicelulóza je snadněji rozložitelná než celulóza, obě látky se stávají mnohem odolnější vůči mikrobiologickému ataku, pokud jsou spolu s ligninem ukryty v lignocelulózové matici. Lignin je rezistentní vůči anaerobní digesci, může být metabolizován aerobně. Až dosud nejsou důkazy pro to, že by byl polymer ligninu hydrolyzován za anaerobních podmínek, bylo však dokumentováno, že některé strukturní subjednotky ligninu podléhají individuálně anaerobnímu rozkladu. Výše uvedené poznatky vnucují názor, že organická hmota dřeva by měla být špatně rozložitelná za anaerobních podmínek metanové fermentace, protože lignin tomuto procesu odolává a brzdí i rozklad celulózy a hemicelulózy. Konvenční polykontinuální vsádková fermentace prováděná v laboratořích v USA potvrdila, že dřevo je zpočátku velmi rezistentní vůči anaerobnímu rozkladu. Ovšem dlouhodobé pozdržení vsázky v reaktoru bez přístupu suroviny přineslo významné zvýšení konverze doprovázené tvorbou metanu. Výsledky jsou připisovány obohacení a adaptaci inokula při zdržení ve vsádce uvádí, Straka (2003).

Tab. 8 – Výtěžky CH₄ z různých dřev

| dřevní biomasa | limitní výtěžky methanu m ³ /kg | % pokles obsahu ztrát žiháním |
|----------------|--|-------------------------------|
| olše černá | 0,24 | 32,5 |
| americký topol | 0,22 | 32,3 |
| hybridní topol | 0,32 | 53,8 |
| olše červená | 0,28 | 48,4 |
| javor klen | 0,32 | 56,7 |

Zdroj: Bioplyn (Straka, 2003)

Ačkoliv současné výsledky ukazují, že konverze dřeva vyžaduje delší retenční časy než dužnaté rostlinné materiály, je toto ale potřeba chápat i v souvislosti s obsahem ztrát žiháním, resp. se zatížením reaktoru zpracovávanou biomasou, uvádí Straka (2003).

Tab. 9 – Retenční časy pro různé biomasy

| vsádka | obsah ztrát žiháním | doba zdržení |
|----------------|---------------------|--------------|
| vodní hyacint | 3,5 % | 7 dní |
| chaluha | 7,0 % | 16 dní |
| hybridní topol | 30 % | 70 dní |

Zdroj: Bioplyn (Straka, 2003)

Straka (2003) uvádí, že jako materiál pro výzkumnou činnost byl použit vzorek dřevní biomasy z tříleté populace hybridního topolu upravený v drtiči na frakci pod 0,76 mm. Získané výsledky potvrdily to, že dřevní biomasa z hybridního topolu může být technicky dostupným zdrojem na výrobu bioplynu.

Tab. 10 – Parametry biometanizace dřevní hmoty hybridního topolu

| | |
|----------------------|----------------------------|
| zátěž reaktoru | 1,6 kg/m ³ .den |
| doba zdržení | 35 dní |
| teplota | 35 °C |
| obsah metanu v plynu | 54,9 % |

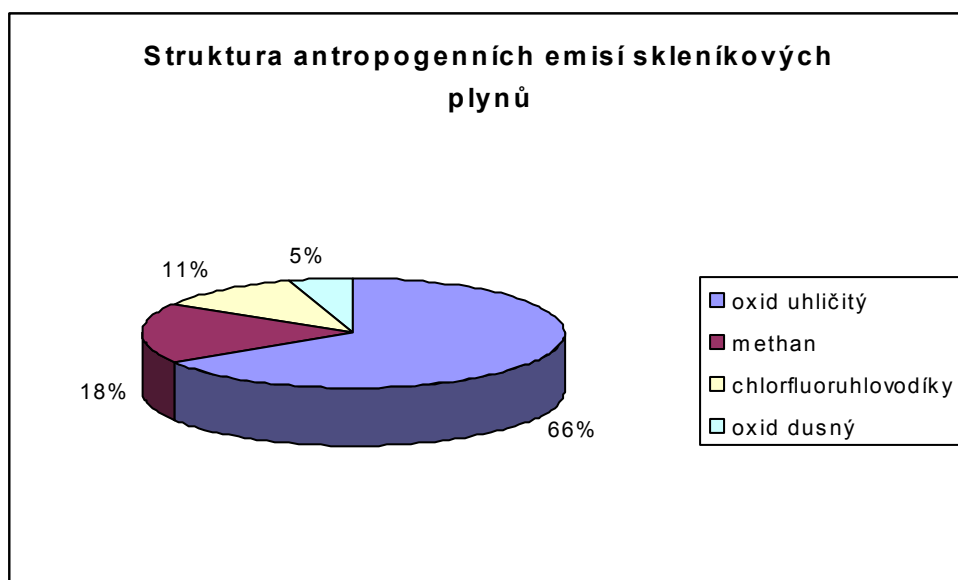
Zdroj: Bioplyn, (Straka, 2003)

9. Bioplyn a „skleníkový efekt“

Oteplování zemské atmosféry, známé pod pojmem „skleníkový efekt“, je v širším povědomí spojováno pouze s emisemi oxidu uhličitého, a to speciálně z procesů spalování fosilních paliv. Celkový efekt oteplování atmosféry, charakterizovaný jako globální potenciál, je však vytvářen přítomností širšího spektra sloučenin. Zvláštní pozornosti je věnováno při hodnocení těchto vlivů věnována emisím antropogenního původu. Zcela nesporná je absolutní

převaha emisí CO₂ nad všemi ostatními složkami přispívajícími k nárůstu GWP. Ovšem podíl na globálním oteplování připadající na oxid uhličitý je zřetelně nižší a pohybuje se jenom okolo 66 %. Je to tím, že další antropogenní emise jsou v působení na atmosféru reprezentovány plyny s řádově vyšší tepelnou pohltivostí, než vykazuje oxid uhličitý. Mezi plyny produkovanými lidskou činností jsou pro tvorbu skleníkového efektu významné ještě metan, chlorfluorované uhlovodíky (CFC) a oxid dusný. Přírodními zdroji methanu jsou především anaerobní procesy probíhající v mokřadech, v žaludcích přežvýkavců a též úniky z oceánů a termišť. Nejnovější poznatky o zásobách hydrátů metanu v zemské kůře ale naznačují, že úniky methanu z oceánu by mohly být i nárazové a krátkodobě by se mohly stát až zcela dominantními zdroji metanu v atmosféře, uvádí Straka (2003).

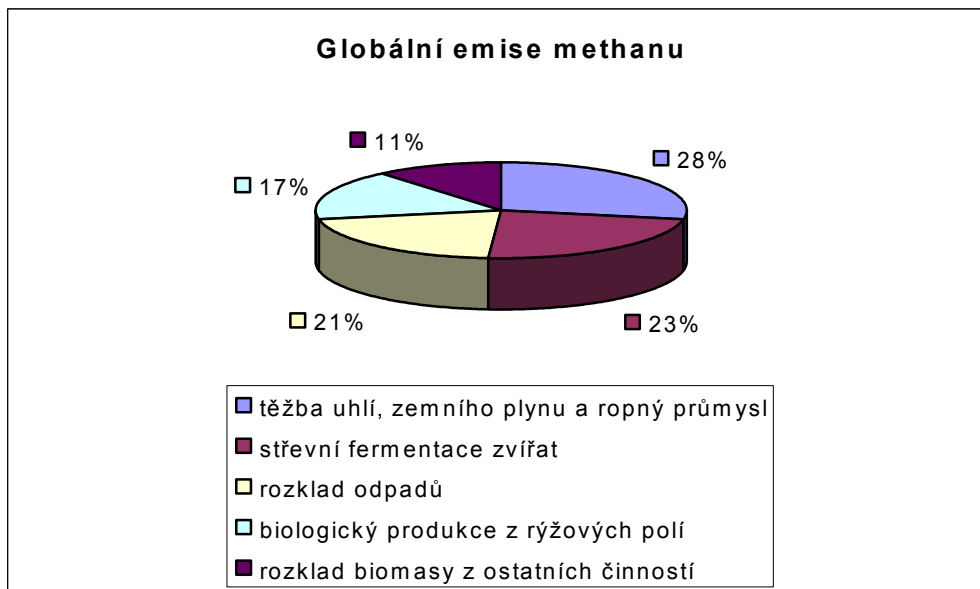
Graf 2 – Struktura antropogenních emisí skleníkových plynů



Zdroj: Bioplyn, (Straka, 2003)

Týž autor (2003) tvrdí, že z hlediska ochrany životního prostředí jsou klíčové dvě složky, a to oxid uhličitý a metan. Antropogenní emise methanu přitom zdaleka nevznikají pouze z těžby fosilních paliv.

Graf 3 – Globální emise methanu



Zdroj: Bioplyn, (Straka, 2003)

10. Bioplynové stanice

Straka (2003) uvádí, že metanogeny patří mezi nejstarší živé organismy. Technologie na anaerobní fermentace (biometanizace) vznikly až teprve na počátku 20. století. Je to poněkud zarážející při srovnání se skutečností, že kanalizace vznikla už v dobách říší římské, neboť čištění odpadních vod bylo odvětvím, které vlastně technologie výroby bioplynu dalo vzniknout. Teprve v roce 1907 patentoval v německý vědec Imhoff nádrž se dvěma oddělenými sedimentačními prostory. Tato „šterbinová nádrž“ odděluje aerobní a anaerobní prostory a umožňuje tak odebrat i vzniklý bioplyn.

V následujících dvaceti letech jsou podle Straky (2003) anaerobní procesy rozvíjeny téměř výlučně jen pro potřeby čištění odpadních vod. Účelem zařízení nebylo vyrábět energii, nýbrž čistit vodu a účinně z ní odbourávat biologické znečištění, tak že bioplyn byl stále chápán jen jako užitečný vedlejší produkt a nebyl původně využíván k ničemu jinému, než k technologickým otopům a později i k otopům budov čistírny. Od konce 20. let se již objevují i automobily poháněné „čistírenským“ plynem. Bioplyn produkovaný z anaerobních procesů čištění odpadních vod byl běžně nazýván plynem kalovým.

Jak tvrdí Straka (2003), v poslední čtvrtině 20. století začíná i rozvoj anaerobních biometanizačních aplikací pro čistě energetické účely. Začínají se testovat podmínky pro pěstování nejrůznějších druhů energetických biomas a stále více se kombinují vsázky různých typů odpadů. Současný stav poznání těchto procesů dokládá, že jako vstupní surovinu lze pro anaerobní fermentaci použít téměř libovolnou směs odpadů a biomasy. Technologických omezení pro výběr komponent směsi je velmi málo, pokud jsou tyto složky biologicky rozložitelné. Potíže v procesu mohou působit buď materiály s baktericidními anebo antibiotickými účinky.

Pastorek a kol. (2004) uvádí, že bioplynové stanice se dělí na několik technologií podle dávkování surového materiálu. První z nich se nazývá diskontinuální – tato technologie je s přerušovaným provozem, cyklické, dávkované atd. Doba jednoho pracovního cyklu odpovídá době zdržení materiálu ve fermentoru; používá se zvláště při suché fermentaci tuhých organických materiálů. Způsob manipulace s materiálem je náročný na obsluhu. Jako další v pořadí je technologie semikontinuální, kde doba mezi jednotlivými dávkami je kratší než doba zdržení materiálu ve fermentoru. Tento způsob je nejpoužívanější pro plnění fermentorů při zpracování tekutých organických materiálů; materiál se dávkuje 1krát až 4krát, možno i vícekrát za den. materiál vstupující semikontinuálně do reaktoru (fermentoru) má malý vliv na změnu pracovních parametrů fermentoru (teplota, homogenita). Technologický proces lze snadno zautomatizovat. Tento způsob není náročný na obsluhu. Poslední technologický postup, jak plnit fermentory, je kontinuální. Používá se při plnění reaktorů, které jsou určeny pro zpracování tekutých organických odpadů s velmi malým obsahem sušiny. Podle podílu vlhkosti zpracovávaného materiálu rozlišujeme: bioplynové technologie na zpracování tuhých materiálů (vysokosušinnové s podílem sušiny 18 až 30 %, výjimečně až 50 %). Dále bioplynové technologie na zpracování tekutých materiálů s nízkým podílem sušiny 0,5 až 3 % a negativní energetickou bilancí, popř. s vyšším podílem sušiny 3 až 14 % a pozitivní energetickou bilancí, nebo bioplynové stanice, které mají technologie kombinované.

11. Studie Soběšice

Studie je zaměřena na pěstování polních plodin určených k výrobě bioplynu v Obchodním družstvu Soběšice. Základním východiskem je analýza přírodních podmínek oblasti.

Studie se zabývá možnostmi pěstování energetických plodin na zdejším území, jejich sklizní a samozřejmě bioplynovou stanicí. Biomasa využívaná v bioplynové stanici je především z vlastních zdrojů.

11.1 Charakteristika území

(Anon., 2010) uvádí, že Soběšice leží v předhůří Šumavy v nadmořské výšce 652 m. n. m. Nachází se v Plzeňském kraji v okrese Klatovy. Největší nadmořská výška v okolí (Na Pláních) dosahuje výšky 736 m. n. m. Obec má spíše zemědělský charakter a trvale v ní žije necelých 400 obyvatel. Jejich počet se však dlouhodobě snižuje.

Tamtéž je uvedeno, že v Soběšicích činnost vyvíjí zejména Obchodní družstvo, které se transformovalo z bývalého JZD a rozšířilo svoji činnost i na pozemky některých okolních zaniklých družstev (Rabí, Strašín). V obci působí kromě družstva také několik soukromě hospodařících zemědělců a několik individuálně podnikajících řemeslníků. Obchodní družstvo provozuje mimo zemědělské výroby také penzion. V obci se nachází pošta, dvě hospody a dva obchody.

11.2 Geologické a hydrogeologické poměry území

Geologie

| | |
|-------------------------------------|---|
| Oblast: | moldanubická oblast |
| Region: | metamorfní jednotky v moldanubiku |
| Předkvartérní podloží: | Předkvartérní podloží je na lokalitě budováno metamofrovanými horninami moldanubika paleozoického až proterozoického stáří. Jedná se o středně zrnité biotitické a sillimanit-biotitické pararuly a migmatity. V okolí se vyskytují ortoruly, mramory, biotitické, sillimanit-biotitické pararuly a žilné vyvěřeliny (minety, porfyry). |
| Kvartér: | Kvartérní pokryv na lokalitě tvoří hlinito-písčité sedimenty a zvětraliny podložních hornin. |
| Předpokládaný petrografický profil: | kvartér: 0 – cca 2 m písčito-hlinité sedimenty proterozoikum/paleozoikum: od 2 m silně zvětralé a navětralé migmatity, pararuly |

Hydrogeologické poměry

| | |
|--------------------------|--|
| Hydrogeologický rajon: | 6310 Krystalinikum v povodí Horní Vltavy a Úhlavy |
| Stručný popis: | Podloží moldanubické horniny jsou regionálně pojímány jako izolátor a mají pouze omezenou puklinovou propustnost. Obvykle neobsahují větší pukliny než kapilární a jsou v neporušeném a nezvětralém stavu pro vodu prakticky nepropustné. Kvartérní sedimenty mají propustnost průlinovou. Tyto sedimenty jsou z větší části své mocnosti zvodnělé. Hladina podzemní vody je na lokalitě zhruba v úrovni terénu, je volná a konformní se sklonem terénu. Převládající směr proudění podzemní vody na lokalitě je k východu do Růžďského potoka. Na lokalitě se nachází mělký průlinový horizont v kvartérních uloženinách a zóně přìpovrchového nevětrání. |
| Chemismus podzemní vody: | Chemické složení podzemních vod na lokalitě je převážně Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄ typu. |

11.3 Bioplynová stanice

Výstavba bioplynové stanice byla započata 1. května 2008. Do zkušebního provozu byla spuštěna 26. září 2008, a to napouštěním a natápěním. V polovině listopadu 2008 se poprvé rozběhly kogenerační jednotky o výkonu 2 x 249 KW, které začaly dodávat elektrickou energii do sítě. Jako hnací agregát je zde použit upravený diesellový motor na bioplyn od výrobce MAN. Slavnostního uvedení do provozu se bioplynová stanice dočkala ve dnech 4. - 5. června 2009. Fermentory, které dodala firma GBM s.r.o. ve spolupráci s německými kolegy, mají objem 1 856 m³ a jsou agregovány do paralelního zapojení. V těchto rektorech tedy dochází ke dvoustupňové biometanizaci. Koncový sklad má kapacitu 4 000 m³. Všechny tyto výše zmiňované nádrže jsou sestaveny z ušlechtilé oceli. Tím je mimo jiné zajištěna jejich dlouhá životnost. Dalším důvodem pro použití tohoto materiálu je fakt, že reaktor má menší tepelné ztráty a tím možnost jiného využití odpadního tepla z kogenerační jednotky. Teplotní režim fermentačního procesu se pohybuje v rozmezí 34 až 37 °C. Bioplynová stanice je konstruována na mokrou fermentaci. Využívá technologii s vertikální osou a materiál v rektoru je v suspenzi o 12 % sušiny. Vstupní materiály s vyšším obsahem sušiny se před vstupem do procesu fermentace ředí na odpovídající obsah sušiny kejdou. Anaerobně fermentujícím materiálem je plněn druhý fermentor pomocí blubb efektu (hmota se přemísťuje za pomoci uvolněného velkého množství vzduchu na jednu, který před sebou tlačí materiál). Tento způsob se ve zdejší bioplynové stanici osvědčil i přes počáteční potíže. Tím samým způsobem je plněn i sklad. Digestát je možno před uložením ve skladu separovat na pevnou část o větší sušině a zbylý fugát odvést do skladu. Separovaný digestát se velmi osvědčil jako podestýlka pro dojnice. Zbytkové teplo z této bioplynové stanice nepřichází na zmar. Stanice, pokud pracuje na plný výkon, tak vyprodukuje 588 KW tepla za hodinu. Zhruba 1/3 celkové tepelné energie je využívána pro ohřev fermentorů. Zbývající teplo je v současné době z 67 % využíváno. Např. pro ohřev teplé vody v přílehlém kravínu a v zimě jsou s tímto zdrojem vytápěny budovy v okolí včetně nedalekého penzionu. Možnosti upotřebení tepla vidí vedení bioplynové stanice v plánované výstavbě bazénu, který by byl součástí penzionu. Zároveň se objevil neméně zajímavý návrh související s trigenerací, tzn. s procesem, při kterém by se vznikající chlad využíval pro chlazení tanků na mléko. Další uplatnění odpadního tepla je i v sušení dřeva. Jedná se boxovou sušárnu. Tento způsob má

výhodu v období léta, kdy je nejmenší upotřebení odpadního tepla. V regionu je nedostatek vysušeného řeziva a o případný odbyt by nouze nebyla.

Pro potřebu bioplynové stanice nebylo nutné stavět nové silážní žlaby či podobné zařízení na skladování siláže či senáže. V tomto ohledu bylo využito současné infrastruktury. V podniku mají poměrně málo vídané zastřešené silážní jámy. Tím dochází k eliminaci vyluhování a nedochází k následným ztrátám na živinách. Místo pro bioplynovou stanici bylo situováno vedle jímky na kejdu. Tato poloha nebyla vybrána náhodně, do jímky je svedena kejda z přilehlého kravína od 350 DJ.

Tab. 11 - Denní dávka vstupní hmoty do BPS v OD Soběšice

| Vstupní hmota | Denní dávka |
|-------------------|-------------------|
| Senáž - 40% TTP | 10 t |
| Kukuřice siláž | 10 t |
| Kejda | 25 m ³ |
| Bramborové zdrtky | 4 t |

Vzniklý digestát je aplikován v podniku pomocí moderního systému, a to zapravováním do travního drnu nebo do půdy. Nádrž kejdovače má objem 12 m³ a aplikátor má kotoučová krojidla. Digestát aplikují jak na holou půdu, tak i do porostu. Hnojivo je využíváno pouze pro vlastní potřebu, tudíž není uváděno do oběhu, podnik tedy nemusí žádat o registraci hnojiva u Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského.

11.4 Osevní postup

Místní podnik má plochy o výměře 2 280 ha zemědělské půdy z toho je 1550 ha trvalých travních porostů. Zbývající plocha 730 ha je využívána pro různé zemědělské komodity. Největší zastoupení v osevním sledu má kukuřice, za kterou následuje pšenice. V tabulce 12 je znázorněn osevní postup pro rok 2010.

Tab. 12 – Osevní postup v Obchodním družstvu Soběšice pro rok 2010

| plodina | výměra v ha | poznámka |
|-----------------------------------|-------------|---------------------------|
| kukuřice siláž – skot, (bioplyn) | 220 | *, digestát |
| kukuřice siláž - bioplyn | 150 | digestát |
| brambory –konzumní, průmyslové | 40 | konzumní *, průmyslové ** |
| brambory – sadba | 20 | digestát |
| řepka olejná | 78 | |
| tritikále ozimé | 60 | |
| ječmen jarní | 16 | |
| pšenice ozimá | 146 | |

Výše uvedený osevní postup plně zabezpečuje potřeby pro bioplynovou stanici ve zdejší podniku. Při nepříznivých podmínkách během roku a malé úrodě je množství vstupní hmoty možno upravit více ve prospěch senáže z trvalých travních porostů. Z osevního postupu je zřejmé, že zdejší podnik pro letošek vsadil na pšenici ozimou a řepku olejnou. Pšenice se minulý rok vykupovala za menší cenu, než byly vložené náklady. Řepka olejná si na našich polích vytvořila nepostradatelné místo. Výkupní cena je stabilní a o odbyt není nouze. Průmyslové brambory se využívají v nedalekém podniku, který zpracovává brambory na škrob. V podniku odebírají osivo kukuřice od více dodavatelů, chtějí tím eliminovat možnost případné neúrody, jako další důvod je členitost orné půdy. Každé pole vyžaduje jiný přístup a tím pádem i jiný druh osiva. Posledním důvodem pro volbu více druhů osiva od různých dodavatelů je ten, že chtějí otestovat nové druhy.

Reálné náklady na tunu kukuřičné siláže jsou ve zdejších podmínkách v průměru 630 Kč. Prodejní cena kukuřičné siláže se pohybuje 700 Kč za tunu. Pokud je to možné snaží se aplikovat statková hnojiva pod kukuřici, v případě absence těchto hnojiv aplikují průmyslová hnojiva jako je močovina. Po zasetí aplikují preemergentní herbicid spolu s DAMem – 390.

V tabulce 13 je znázorněn návrh osevního postupu, který nepočítá s pěstováním kukuřice na siláž jako vstupní surovinu pro BPS.

Tab. 13 – Možný návrh osevního postupu se zaměřením na topinambur hlíznatý

| hon | plodina | výměra v ha | poznámka |
|-----|---------------------|-------------|-------------|
| 1 | kukuřice siláž | 146 | *, digestát |
| 2 | ječmen jarní | 30 | |
| | pšenice ozimá | 116 | |
| 3 | kukuřice siláž | 74 | digestát |
| | brambory pozdní | 30 | ** |
| | brambory sadba | 20 | digestát |
| | brambory polopozdní | 22 | ** |
| 4 | bob polní | 20 | digestát |
| | tritikále ozimé | 60 | |
| | topinambur hlíznatý | 66 | digestát |
| 5 | topinambur hlíznatý | 66 | |
| | žito seté | 80 | |

Osevní postup je rozdělen do 5 honů, kde každý hon má výměru 146 ha. Kukuřice na siláž je ponechána výhradně pro krmné účely a pouze přebytky je možno použít jako vhodný vstupní materiál pro výrobu bioplynu. Průmyslové brambory se sklízí poměrně dlouho, proto se po nich na jaře vysévá ječmen jarní. Na základě půdního rozboru by se mohlo uvažovat o vápnění.

Bob polní je dnes na ústraní zájmu, ačkoliv se jedná o poměrně zlepšující plodinu z rodu *Fabaceae*. Nať bobu polního se nechá dobře konzervovat a využít jako plnohodnotný substrát do bioplynové stanice. Topinambur hlíznatý je možno pěstovat jako jedno – i víceletou plodinu. V tomto případě je navrženo pěstovat po dobu 2 let. Hlízy topinamburu je možno využít pro nejrůznější dia-výrobky (prodej hlíz), a nebo je silážovat. Nať je sklízena na siláž s využitím na výrobu bioplynu. Po topinamburu na pozemku následuje kukuřice. Důvod je ten, že nelze 100 % sklídit všechny hlízy topinamburu. Těžko se zbavujeme hlíz topinamburu pro jejich křehkost, proto je zapotřebí použít vhodný herbicid pro zničení hlíz, které by mohly v dalších letech škodit na pozemku. Vzhledem k možnosti eroze na svažitéch pozemcích, není vhodné na všech plochách pěstovat kukuřici, proto je v návrhu zakomponováno i pěstování žita. Jedná se o vhodný materiál na výrobu bioplynu, který zatím není moc pro tento účel pěstován.

S největší pravděpodobností nebude vypěstovaná fytomasa stačit na pokrytí potřeb bioplynové stanice. Tento nedostatek je vhodné nahradit lepší skladbou travnatých porostů. Cílem nového trendu v zemědělství je bezpochyby ochrana životního prostředí. Proto je vhodné se soustředit na plodiny, které nemusíme každý rok znovu vysévat případně vysazovat, nejspíše na ty, které mohou být na pozemcích řadu let při současném zachování optimálního výnosu. Jak bylo uvedeno výše, možnou alternativou za kukuřice je pěstování topinamburu.

Další možný osevní postup částečně vrací na pole, v dřívějších dobách často pěstovanou, krmnou řepu. Obsahuje potřebné množství cukerného minima, a proto jí můžeme bez problému silážovat. Silážuje se celá a přidává se do kukuřičné siláže. Rozdrťí se až při odběru ze silážního žlabu pomocí frézy, která je součástí krmného vozu. Jedinou nevýhodou je v současné době minimum mechanizačních prostředků na pěstování krmné řepy a její sklizeň. V tabulce 14 je znázorněn osevní postup, který je opět rozdělen do pěti honů. Všechny výše uvedené návrhy osevních postupů je možno upravovat a doplňovat.

Tab. 14 – Osevní postup kde je navržena krmná řepa pro BPS

| hon | plodina | výměra v ha | poznámka |
|-----|---------------------|-------------|------------|
| 1 | kukuřice siláž | 146 | *,digestát |
| 2 | kukuřice siláž | 66 | digestát |
| | pšenice ozimá | 80 | |
| 3 | ječmen ozimý | 50 | |
| | brambory ranné | 30 | digestát |
| | tritikale ozimé | 50 | |
| | řepa krmná | 16 | * |
| 4 | řepka olejná | 80 | |
| | bob polní | 16 | digestát |
| | brambory polopozdní | 50 | ** |
| 5 | pšenice ozimá | 72 | |
| | kukuřice siláž | 80 | digestát |

11.5 Rentabilita pěstování kukuřice na siláž

Ekonomické hodnocení kukuřice na siláž je zaměřeno především na posouzení nákladovosti. Ziskovost, a tím i výnosnost plodiny pro výrobu bioplynu, je závislá na dalších aspektech jakými jsou například ztráty při silážování doba, po kterou je hmota nechána ve fermentoru a vnitřní teplota. V neposlední řadě je nutno přihlídnout k dopravní vzdálenosti pěstované plodiny od místa silážování a BPS. Náklady jsou kalkulovány podle obecně uplatňovaného vzorce viz Tabulka 15.

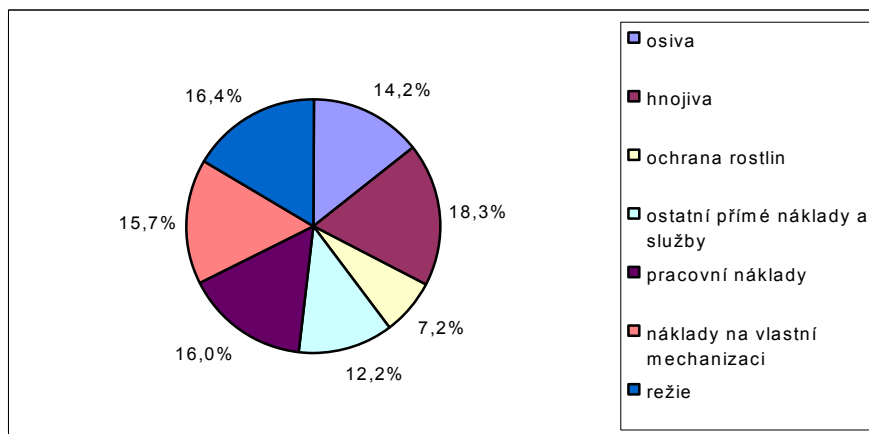
Tab. 15 – Obecný kalkulační vzorec pro náklady

| | Položka kalkulačního vzorce |
|---|--|
| 1 | nakoupený materiál (osiva, sadba, hnojiva, prostředky ochrany rostlin a ostatní přímý materiál) |
| 2 | vstupy vlastní výroby (osiva, sadba, hnojiva a ostatní vlastní výrobky) |
| 3 | ostatní přímé náklady a služby (externí služby, energie, PHM, pojistné, nájemné a pachtovné, daň z pozemků aj.) |
| 4 | pracovní náklady celkem (mzdové a ostatní osobní náklady, vč. Příspěvků na zdravotní a sociální pojištění) |
| 5 | odpisy dlouhodobého nehmotného a hmotného majetku |
| 6 | náklady pomocných činností (náklady vlastních mechanizačních prostředků, opravy a udržování) |
| 7 | výrobní režie (např. odpisy DNHM, nájemné, náhradní díly a materiál na opravy a další položky společné pro RV) |
| 8 | správní režie (např. elektrická energie, výkony spojů, odpisy DNHM, nájemné, úroky a další položky společné pro celý podnik) |

Zdroj: Zimolka (2008) Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry

V grafu 4 je znázorněna struktura nákladů na kukuřici za rok 2009 v Obchodním družstvu Soběšice.

Graf 4 – Struktura nákladů na kukuřici pro siláž



Údaje v grafu vychází z výsledků hospodaření Obchodního družstva Soběšice

Dle sdělení Trnky (2010), průměrné hektarové náklady na silážní kukuřici jsou 18 750 Kč. V tabulce 16 jsou znázorněny náklady za rok 2009.

Tab. 16 – Náklady na silážní kukuřici v roce 2009

| ukazatel | měrná jednotka |
|----------------------------|----------------|
| Náklady celkem (Kč/ha) | 18 750 |
| Průměrný výnos (t/ha) | 33 |
| Náklady na jednotku (Kč/t) | 568,2 |

Údaje v tabulce vychází z výsledků hospodaření Obchodního družstva Soběšice

Tržní hodnota tuny kukuřičné siláže se v regionu pohybuje okolo 650 až 700 Kč, z tohoto údaje je možnost vypočítat reálnou rentabilitu produkce. Pro rok 2009 byla míra rentability z tuny při průměrné cenové relaci 675 Kč za tunu 106,8 Kč.

11.6 Rentabilita pěstování topinamburu na bioplyn

Pro výpočet nákladů na pěstování topinamburu se vychází z pěstování brambor. Agrotechnika založení porostu je shodná s bramborami. Odlišnosti jsou pouze v nákladech na pořízení sadby a v absenci chemických postřiků. Náklady na výsadbu a plečkování se pohybují

v rozmezí od 43 000 Kč až do 55 000 Kč za hektar. V současnosti není mnoho zdrojů, kde lze pořídit sadbu topinamburu. Pro stanovení ceny sadby je použita výkupní cena hlíz topinamburů, která se pohybuje okolo 4 až 6 Kč/kg⁻¹. Předpokládané celkové náklady na hektar se odhadují na 68 000 Kč/ha⁻¹. Výnos nadzemních částí rostlin se pohybuje okolo 22 t/ha⁻¹ při 71 % sušiny. Sklizeň nadzemní části rostlin se provádí 2x do roka. Náklady na sklizeň nadzemní hmoty z hektaru za rok jsou 5 250 Kč. V návrhu je ponechán topinambur na pozemku 2 roky. Výnos hlíz je v průměru 25 t/ha⁻¹ a za předpokladu výkupní ceny 4 Kč/kg⁻¹ je zisk z hlíz 100 000 Kč. V tabulce 17 jsou znázorněny náklady a výnosy topinamburu hlíznatého.

Tab. 17 – Náklady a výnosy topinamburu hlíznatého

| ukazatel | měrná jednotka | hodnota za 2 roky | hodnota za rok |
|---------------------------------------|---------------------------|-------------------|----------------|
| výsadba + sadba | Kč/ha ⁻¹ | 68 000 | 34 000 |
| sklizeň nadzemní části (4x za 2 roky) | Kč/ha ⁻¹ | 10 500 | 5 250 |
| sklizeň hlíz | Kč/ha ⁻¹ | 23 500 | 11 750 |
| výnos nadzemní části při 71 % sušiny | t/ha ⁻¹ | 45 | 22,5 |
| výnos z hlíz | Kč/ha ⁻¹ | 100 000 | 50 000 |
| cena nadzemní hmoty | Kč/ha ⁻¹ | 16 087,8 | 8 043,9 |
| rentabilita výroby | Kč/ha⁻¹ | 14 087,8 | 7 043,9 |

Cena nadzemní hmoty se stanovila podle přepočtu výtěžku metanu z jedné tuny nadzemní hmoty topinamburu a kukuřice. Při výpočtech se brala sušina kukuřice 35 % a sušina topinamburu 71 %. Výtěžek metanu z jedné tuny hmoty topinamburu (při obsahu sušiny 71 %) je 132,41 m³. Pro výpočet byla stanovena hodnota výtěžku metanu z tuny kukuřice 250 m³. Po přepočtu poměru cena za tunu kukuřice a množství uvolněného metanu ku množství uvolněného metanu z tuny topinamburu se dostáváme k hodnotě 357,5 Kč za tunu.

12. Shrnutí a závěr

Možností pěstovat fyto masu se v České republice zabývá stále více subjektů. Je to zapříčiněno především hledáním nového stabilního zdroje příjmů. V současnosti kdy výkupní ceny zemědělských komodit jsou mnohdy pod výrobními náklady je přijatelné a vhodné diverzifikovat výrobu právě na energetické využití. Pěstováním fyto masy by se neměla zvyšovat cena potravin, neměla by konkurovat. Dále je vhodné snížit energetické vstupy na pěstování energetických plodin. S tím se bohužel snižuje konkurenční schopnost s fosilními palivy. Snažit se pěstovat víceleté plodiny, které by tak méně zatěžovaly životní prostředí. Pěstovat pouze ty plodiny u kterých je předpokládána rentabilita produkce. Hledat a případně vyšlechtit nové plodiny pro energetické využití, které by mohly být pěstovány po dobu více let na pozemku. Nesnažit se degradovat půdu pěstováním erozivních plodin v nevhodných podmínkách. Přihlížet k možnému zavlečení invazivních plodin do našich přirozených ekosystémů. Nesmíme zapomenout, že v případě oteplení zemského povrchu důsledkem globálních klimatických změn se sice zvýší fotosyntéza, ale i v ČR se budeme více potýkat s nedostatkem vody. V tom okamžiku nastává otázka zda je vhodné pěstovat energetické plodiny.

V bakalářské práci je navrženo možné pěstování netradičních plodin pro které není dostatek vhodné mechanizace. V případě vyřešení mechanizačních prostředků se u těchto plodin otvírá možnost pro jejich mnohem větší rozšíření. Dále jsou zde popsány plodiny jako je kukuřice, která se stala již neodmyslitelnou plodinou na našich polích. V současnosti neexistuje patrně rentabilnější energetická plodina pro výrobu bioplynu než právě kukuřice. Kukuřice se může na pozemcích pěstovat i více let po sobě, ale nesmíme zapomenout, že v současné době při tak častých povodních nese tato plodina také svůj podíl viny.

Výroba bioplynu a následná výroba elektrické energie dává možnost zemědělcům přejít z primárního sektoru i do sektoru sekundárního. Další příčinou výstavby BPS je stále se zvyšující tlak, ať už se jedná o inovaci zákona o odpadech, nebo zákona o integrované prevenci před znečištěním ovzduší a registraci znečišťovatelů. Energetické využití fyto masy (včetně výroby z ní) má příznivý vliv na omezení kumulace oxidu uhličitého v atmosféře. Při produkci fyto masy je oxid uhličitý spotřebován při fotosyntéze a následně uvolněn při energetickém využití zpět do atmosféry. Tímto se uzavírá časově krátký koloběh oxidu uhličitého.

Na základě studie je vhodné zařadit do osevních postupů pro další roky plodiny jako je např. topinambur hlíznatý (*Helianthus tuberosus*), žito seté (*Secale L.*). Tyto plodiny neodebírají

takové množství živin jako kukuřice, je to dáno menším výnosem fytomasy. Potřebnou hmotu je třeba hledat na TTP, kde je vhodné změnit skladbu porostu s ohledem na výrobu bioplynu. Na TTP je vhodné aplikovat příslušný herbicid a posléze rozrušit povrch a zasít semeno nových travin. Nedoporučuje se orba, která je sice k životnímu prostředí šetrnější, ale pozemky jsou velmi kamenité a po případné orbě by se musel provést sběr kamene.

13. Použitá literatura

Abbasi T., Abbasi S.A. 2010. Biomass energy and the environmental impacts associated with its production and utilization. *Renewable & Sustainable Energy Reviews* (1364-0321)4/1/2010. Vol.14, Iss.3; p.919-937

Anon., [online] [citace 2010-03-11], dostupné z WWW: <<http://www.sobesice.cz>>

Bouma, David. Je čas hlásit plochy. *Agronavigator.cz*, 2002, [online], [citace 2010-03-25], dostupné z WWW: <<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=103&ch=1&typ=1> Čirok (*Sorghum adams*)>

Fialová, Zuzana. Konopí má perspektivu. *Agroweb.cz*, 2007, [online], [citace 2010-04-02], dostupné z WWW: <http://www.agroweb.cz/Konopi-ma-perspektivu__s43x26643.html>

Havlíčková. K. a kol.: Rostlinná biomasa jako zdroj energie. Průhonice Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, 2008. 83 s.

Kolektiv autorů. Pestovanie ozdobnice čínskej (*Mischanthus sinensis* Anderss.) na energetické účely. Michalovce: SCPV –Ústav agroekológie. 2008. 31 s., ISBN 978-80-88872-93-1

Kolektiv autorů: Petříková, V.; Sladký, V.; Stražil, Z.; Šafařík, M.; Ust'ák, S.; Váňa J. Energetické plodiny. Praha: ProfiPress, s.r.o., 2006. 128 s., ISBN 80-86726-13-4

Kolektiv autorů: Škoda, A.; Zábranská, J.; Pokorná, D.; Dohányoš, M. Topinambur hlíznatý jako substrát pro bioplynové stanice. *Energie* 21, 6/2009, s. 54

Koubová, D. Bob polní k výrobě bioplynu?. *Top Agrar*, 2010, č. 3, s. 48-50

Koubová, D. Energetické rostliny – existuje mnohem více alternativ než jen kukuřice. *Agronavigátor ÚZEI*, 2010, [online], [citace 2010-03-30], dostupné z WWW: <<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=103&ch=1&typ=1&val=88068>>

Kuchařová, J.: Význam vlastností fytoenergetických travin využitelných pro anaerobní digesce. Autoreferát disertační práce. Ostrava VŠB – TUO, 2007. 24 s. ISBN 978-80-248-1531-2

Malatřák, J; Vaculík Petr. Biomasa pro výrobu energie. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008. 206 s., ISBN 978-80-213-1810-6

Mana, V. Pěstování biomasy v podmínkách ČR se zřetelem na ochranu krajiny. Belbo.cz, 2007, [online], [citace 2009-12-10], dostupné z WWW:
<www.belbo.cz/wp-content/.../Pestovani_energeticke_biomasy_v_CR.pdf>

Nehasilová, D. Ve stínu miscanthů. Agronavigátor ÚZEI, 2009, [online], [citace 2010-04-02], dostupné z WWW:
< <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=119&ch=1&typ=1&val=94601>>

Pastorek, Z; Wolf, J. Výroba a využití bioplynu v zemědělství. Praha: Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 1992. 45 s.

Pastorek. Z., Kára. J., Jevič. P.: Biomasa obnovitelný zdroj energie. Praha FFC PUBLIC s.r.o., 2004. 288 s., ISBN 80-865334-06-5

Stone K.C., Hunt P.G., Cantrell K.B., Ro K.S., Stone K.C. 2010 The potential impacts of biomass feedstock production on water resource availability. Bioresource Technology (0960-8524)3/15/2010. Vol.101,Iss.6;p.2014-2025

Straka. F.: Bioplyn. 1. vydání, Říčany GAS s.r.o., 2003. 517 s. ISBN 80-7328-029-9

Trnka. F.: Obchodní družstvo Soběšice. 2009, osobní sdělení

Vondrášková, Š. Čirok súdánský a čirok cukrový – potenciální suroviny pro výrobu bioplynu v Brandenbursku. Agronavigátor ÚZEI, 2010, [online], [citace 2010-04-08], dostupné z WWW:

<<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=103&ch=1&typ=1&val=82041>>

Vondrášková, Š. Kdy je výhodnější pěstovat čirok než kukuřici?. Agronavigátor ÚZEI, 2009, [online], [citace 2010-03-16], dostupné z WWW:

<<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=103&ch=1&typ=1&val=88248>>

Vrzalová, J. Bioplynové stanice a nové substráty. 2009, [online], [citace 2010-01-24], Dostupné z WWW:

<http://www.agroweb.cz/Bioplynove-stanice-a-nove-substraty__s44x35354.html>

WEGER, Jan. Topoly a vrby k energetickému užití. Agroweb.cz, 2009, [online], [citace 2009-12-02], dostupné z WWW:

< http://www.agroweb.cz/Topoly-a-vrby-k-energetickemu-uziti__s396x33875.html>

Zimolka, J. a kol.: Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry. 1. vydání, Praha 2008. 200 s. ISBN 978-80-86726-31-1

Přílohy



Obr. 1 - Pohled na bioplynovou stanici OD Soběšice



Obr. 2 - Vstupní substrát do BPS v OD Soběšice



Obr. 3 - Pohled na fermentory



Obr. 4 - Substrát při výstupu z reaktoru



Obr. 5 – Pohled na míchadlo



Obr. 6 – Koncový sklad digestátu



Obr. 7 - Velin bioplynové stanice ve strojovně



Obr. 8 – Pohled na motor poháněný bioplynem ve strojovně



Obr. 9 – Pohled na generátor ve strojovně