

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: Zemědělství

Studijní obor: B4131 Zemědělství

Katedra: Agroekosystémů

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

Bakalářská práce

Návrh opatření ke zvýšení efektivity bioplynové stanice (BPS)
Měčín

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Ing. Stanislav Kužel, CSc.

Autor bakalářské práce:

Stanislav Mach

České Budějovice 2015

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta zemědělská
Akademický rok: 2013/2014

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

Jméno a příjmení: **Stanislav MACH**
Osobní číslo: **Z12837**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Zemědělství**
Název tématu: **Návrh opatření ke zvýšení efektivity konkrétní bioplynové stanice "Měčín" v okrese Klatovy**
Zadávací katedra: **Katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií**

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

Cílem práce je plné využití kapacitních možností a dosažení co nejvyšší efektivity BPS "Měčín" v okrese Klatovy optimálním využitím stávající technologie. To je např. možné zlepšeným využitím daných či jiných substrátů při zvýšení výtěžnosti bioplynu, optimalizací biologické rozložitelnosti zpracovávaného substrátu s cílem dosažení zvýšené transformace organického C do bioplynu. Zlepšení výkonnosti BPS lze dosáhnout především optimalizací provozu pro využití stávajících technologických komponent a optimalizací podmínek procesu vhodným dávkováním substrátu, dostatečným mícháním reaktorů, dodržováním technologických parametrů, správného zatížení a doby zdržení, zabezpečení konstantní teploty atd. Možností zvýšení výkonnosti je volba skladby substrátu ve prospěch rozložitelnějších substrátů s vyšší výtěžností bioplynu nebo s nižším obsahem organického dusíku. Zvýšení biologické rozložitelnosti a vyšší výtěžnosti metanu lze dosáhnout i různou předúpravou suroviny. Metody předúpravy jsou založeny na zpřístupnění složek materiálu enzymovému rozkladu zmenšením velikosti částic mechanickou nebo jinou dezintegrací s významným zvětšením povrchu nebo hydrolýzou makromolekulárních látek vedoucí k úplnějšímu enzymovému rozkladu. Při použití doporučené i další literatury vypracujte literární rešerši na téma: " Faktory ovlivňující efektivitu bioplynové stanice". Poznatky získané při zpracování literární rešerše uplatněte v návrhu opatření vedoucích ke zvýšení efektivity konkrétní bioplynové stanice. Bakalářskou práci vypracujte dle Opatření děkana č. 13 ze dne 18. 12. 2009.

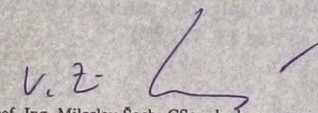
Rozsah grafických prací: tabulky, grafy, obrázky dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 40-60 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

Straka F. a kol. (2006): Bioplyn - příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových stanic. Gas Praha, 706 s.; Schulz, H., Eder, B. (2004): Bioplyn v Praxi. Hel Ostrava, 167; Elliott A., Mahmood T.: Pretreatment technologies for advancing anaerobic digestion of pulp and paper biotreatment residues. Water Research, 41, 2007, 4273-4286; Lantz M.: The economic performance of combined heat and power from biogas produced from manure in Sweden - A comparison of different CHP technologies. Applied Energy, 98, 2012, 502-511; Stürmer B. et al.: Impacts of biogas plant performance factors on total substrate costs. Biomass and Bioenergy, 35, 2011, 1552-1560; Xufeng Yuan et al.: Effect of pretreatment by a microbial consortium on methane production of waste paper and cardboard. Bioresource Technology, 18, 2012, 281-288; Lianhua Li et al.: Biogas Production Potential and Kinetics of Microwave and Conventional Thermal Pretreatment of Grass. Appl. Biochem. Biotechnol., 2012, 166: 1183-1191; Kim M. et al.: Comparative process stability and efficiency of anaerobic digestion; mesophilic vs. Thermophilic. Water Research, 36, 2002, 4369-4385; Zhong W. et al.: Biogas productivity by co-digesting Taihu blue algae with corn straw as an external carbon source. Bioresource Technology, 114, 2012, 281-286; Madlener R. et al.: Assessing the performance of biogas plants with multi-criteria and data envelopment analysis. European Journal of Operational Research, 197, 2009, 1084-1094. Další materiály poskytnuté vedoucím práce.

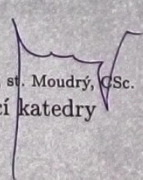
Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Stanislav Kužel, CSc.
Katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií

Datum zadání bakalářské práce: 10. února 2014

Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2015


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

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


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

V Českých Budějovicích dne 26. března 2014

Prohlášení autora BP

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

Datum

.....

Podpis studenta

.....

Poděkování

Touto cestou bych chtěl poděkovat prof. Ing. Stanislavu Kuželovi, CSc. za cenné rady a připomínky k mé bakalářské práci. Neměl bych zapomenout poděkovat také ZD Měčín, zejména pak vedoucímu rostlinné výroby Ing. Vladimíru Steinerovi za poskytnutí informací o bioplynové stanici Měčín.

Abstrakt

V bakalářské práci byla nastíněna problematika zemědělských bioplynových stanic. Teoretická část je zaměřena především na zemědělské bioplynové stanice zabývající se jejich provozem až po využití vzniklých odpadů, které z nich vznikají.

V praktické části je popsána ekonomika, technologie a provoz zemědělské bioplynové stanice Měčín. Dále je v bakalářské práci navrženo opatření na zvýšení její efektivity volbou vhodných substrátů a hlavně pro využití odpadního tepla, které podnik nijak významně nevyužívá.

The abstract

The thesis is mainly aimed at agricultural biogas stations. The theoretical part is focused on agricultural biogas stations operation and the use of generated waste that is produced there.

The practical part describes the economy, technology and the operation of the agricultural biogas stations Měčín. Further, the thesis suggests some measures to increase the efficiency by selecting appropriate substrates and especially the utilization of waste heat, which is not significantly used by the company.

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Zemědělské bioplynové stanice	10
3. Bioplyn.....	11
3.1. Chemické složení bioplynu	11
3.2. Technologie výroby bioplynu	12
4. Substráty vhodné pro bioplynové stanice	12
4.1. Kukuřice	12
4.2. Čirok.....	12
4.3. Žito na GPS	13
4.4. Chlévská mrva	14
4.5. Kejda	15
5. Využívání bioplynu ze ZBPS.....	15
5.1. Kombinovaná výroba elektřiny a tepla, prostá výroba tepla.....	15
5.2. Využití bioplynu v dopravě.....	16
5.3. Dodávky bioplynu do plynárenské sítě nebo výrobcům tepla.....	16
5.4. Výroba biovodíku.....	17
6. Digestát	17
6.1. Využití digestátu.....	18
6.2. Využití digestátu jako hnojiva.....	19
6.2.1. Digestáty ze zfermentování rostlinné biomasy.....	19
6.2.2. Digestáty ze zfermentovaných zvířecích fekálií.....	20
7. Odpadní teplo a jeho možnosti využití.....	20
7.1. Efektivní využití odpadního tepla	21
7.1.1. Vytápění.....	21
7.1.2. Sušení.....	23
7.1.3. Dodatečná výroba elektřiny	23
8. Metody předúpravy substrátu.....	24
8.1. Mechanické metody	24
8.2. Chemické metody	24
8.3. Fyzikální metody	25
8.3.1. Tepelná úprava.....	25
8.3.2. Ultrazvuková úprava.....	26

8.4. Biologické metody	26
9. Charakteristika Zemědělského družstva Měčín	27
9.1. Rostlinná výroba.....	28
9.2. Živočišná výroba	28
9.3. Technické služby	28
9.4. Výroba smažených bramborových lupínků.....	28
9.5. Bioplynová stanice	29
10. Charakteristika bioplynové stanice	29
10.1. Technologie	29
10.2. Provozní podmínky	30
10.2.1. Silážní žlab.....	31
10.2.2. Příjmová jímka.....	32
10.2.3. Dávkovač substrátu.....	32
10.2.4. Fermentor a dofermentor	33
10.2.5. Koncová jímka.....	34
10.2.6. Plynovod	35
10.2.7. Plynojem	35
10.2.8. Fléra	36
10.2.9. Řídicí centrum a kogenerační jednotka	37
10.2.10. Odpadní teplo.....	37
10.2.11. Trafostanice	38
10.3. Ekonomika bps	40
11. Návrh opatření na zvýšení efektivity	42
11.1. Výběr substrátu.....	42
11.2. Optimalizace provozu.....	43
11.3. Předúprava surovin.....	44
11.4. Využití odpadního tepla	44
11.5. Využití digestátu.....	45
12. Závěr	47
13. Seznam použité literatury.....	48

1. Úvod

Během posledních 2 let došlo k zprovoznění velkého množství bioplynových stanic. Lidé v jejich okolí nemají většinou ponětí, jaká pro ně mohou tyto stanice mít pozitiva a negativa. Podniky, které tyto stanice provozují, mnohdy nemají ani dostatečnou výrobní kapacitu, aby byly schopny pokrýt potřeby bioplynové stanice a živočišné výroby. Důsledkem je poté omezení živočišné výroby na úkor bioplynové stanice, čímž dochází ke ztrátě návaznosti a lidé přitom ztrácí práci.

Svojí prací bych Vám chtěl nastínit problematiku bioplynových stanic a ukázat na konkrétním příkladu, jak by měla fungovat bioplynová stanice, která slouží v podniku jako tzv. popelnice a je svojí velikostí optimální pro podnik a jeho výrobní kapacity. I tato stanice má však své nedostatky, a proto jsem ve své práci navrhl její vylepšení tak, aby to mělo co nejlepší efekt ziskovosti pro podnik, ale i lidi, kteří žijí v okolí.

2. Zemědělské bioplynové stanice

Zemědělské bioplynové stanice jsou v tuzemsku nejhojněji zastoupeny. Výstavba většinou probíhá přímo v areálech zemědělského provozu, jelikož koncepčně jsou daleko jednodušší, než je tomu u ostatních bioplynových stanic (Anonymus 1).

Bioplynové stanice poskytují, oproti větrným a fotovoltaickým elektrárnám, stabilní výkon a přitom nezáleží na roční nebo denní době. Jelikož jsou předvídatelné ve výrobě elektrické energie, mohou být bez větších problémů zapojeny do energetické koncepce státu a navíc je možné je využít flexibilně v energetických špičkách (Trnavský, 2014). V zemědělských bioplynových stanicích není možné zpracovávat odpady podle zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech, ani jiné materiály spadající pod Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1774/2002, o vedlejších živočišných produktech.

V zemědělských bioplynových stanicích je možno zpracovávat zejména následující materiály:

- Živočišné suroviny: kejda prasat, hnůj prasat se stelivem, kejda skotu, hnůj skotu se stelivem, hnůj a stelivo z chovu koní, koz, králíků, drůbeží exkrementy včetně steliva atd.
- Rostlinné suroviny: sláma všech typů obilovin i olejnin, plevy a odpad z čištění obilovin, bramborová nať i slupky z brambor, řepná nať z krmné i cukrové řepy, kukuřičná sláma i jádro kukuřice, travní biomasa, nezkrmitelné rostlinné materiály atd.
- Pěstovaná biomasa: obiloviny v mléčné zralosti čerstvé i silážované, kukuřice ve voskové zralosti čerstvá i silážovaná, krmná kapusta čerstvá i silážovaná atd.

Hlavní důvody využití anaerobní fermentace organických materiálů, jejichž původ je v zemědělství, jsou: produkce kvalitních organických hnojiv, získání vedlejšího zdroje energie, odstranění negativního vlivu na pracovní a životní prostředí (Kazda, 2009).

3. Bioplyn

Bioplyn představuje energetický zdroj s vysoce pozitivním přínosem pro ochranu a tvorbu životního prostředí. Přestože ještě nedokázal bioplyn vytlačit úplně fosilní paliva z jejich dominantního postavení na trhu s energiemi, má na rozdíl od nich zcela neomezené perspektivy pro budoucí využití (Anonymus 2).

Patří mezi obnovitelné zdroje. Vzniká ve fermentačních nádobách, kam se uloží organický materiál za nepřístupu vzduchu. Při fermentaci organického materiálu vzniká bioplyn (s vysokým obsahem metanu). Takto vzniklý plyn se využívá jako palivo při výrobě elektřiny. Kromě elektřiny vzniká jako odpadní produkt horká voda, která se dá nadále využít k vytápění objektů. Mezi paliva, která se využívají, patří například kukuřičná siláž, řepné řízky a kejda (Anonymus 3).

3.1. Chemické složení bioplynu

Bioplyn je směs plynů, která obsahuje většinou 55 až 75% metanu (jedná se složku, která určuje kalorickou hodnotu), 25 až 45% oxidu uhličitého a 1 až 3% minoritních plynů, například vodík, dusík a sulfan. Proměnlivou složkou bioplynu je vodní pára (Cenek a kol., 2001).

Hlavními zdroji poskytujícími v biologicky rozložitelných podílech odpadů či biomasy metan jsou polysacharidy, proteiny a lipidy. Jen v několika málo případech nejsou hlavním zdrojem polysacharidy, ale lipidy nebo proteiny. Tato situace nastává například při zpracování průmyslových odpadů, jinak jsou hlavním zdrojem polysacharidy. Nejvýznamnější polysacharidy jsou celulóza a hemicelulóza, které jsou obsaženy v rostlinných buňkách (Straka, 2003).

V bioplynové stanici se biomasa zahřívá na provozní teplotu ve vzduchotěsné nádobě nazývané reaktor, kde zůstává pevně stanovenou dobu. Optimální pásma jsou vázaná na různé kmeny bakterií. Zbytky z procesu, tzv. digestát, lze většinou použít jako hnojivo, které obsahuje velké množství dusíku a skoro žádný uhlík (Anonymus 1).

3.2. Technologie výroby bioplynu

Současná verze tzv. zemědělských bioplynových stanic (BPS) je založena převážně na využívání kukuřice, která se úspěšně šlechtí na výkonné odrůdy s vysokými výnosy nadzemní biomasy přímo pro účely BPS. Proto je zařazování kukuřičné siláže do „krmné dávky“ vedle hnoje či kejdy pro výrobu bioplynu spolehlivé a velmi oblíbené. V poslední době se ale začínají projevovat určité problémy, protože je pěstování kukuřice stále dražší a také prostor pro její pěstování je omezen. Po novelizaci zemědělského zákona nelze širokořádkové plodiny, včetně kukuřice, pěstovat na větších svazích (jen do 7°), oproti dřívější možnosti (do 13°), (Petříková, 2014).

4. Substráty vhodné pro bioplynové stanice

Aby bioplynová stanice dosahovala co nejvyšších výkonů je důležité pro ni zajistit kvalitní substráty. Mezi substráty hraje primární roli kukuřičná siláž a doplňkově se využívají také siláže travní, ozimého žita a čiroku.

4.1. Kukuřice

Požadavky na kukuřičnou siláž pro bioplynové stanice jsou diametrálně odlišné od požadavků na siláž pro dojnice, anebo pro výkrm skotu. Proto šlechtitelské firmy dospěly k závěru, že je nezbytné vyšlechtit hybrid vhodný pro bioplynové stanice. Šlechtění má za následek zvyšování sušiny z 1 ha. U energetických hybridů bývá vyšší o 2-5 tun a dosahuje 22-25 tun z 1ha v porovnání s typickými silážními hybridy, jejichž výnosový potenciál je 17-20 t sušiny z 1ha. Kvalitní bioplynové hybridy mají v současnosti výtěžnost metanu 350-380 m³ z 1 tuny sušiny (Trnavský, 2014).

4.2. Čirok

Čirok je v České republice pěstován velmi krátkou dobu. V minulosti byla tato rostlina testována v různých pokusech, které byly zaměřené na produkci cukru v době, kdy se cukrová řepa potýkala s rizoktonií. Toto šlechtění bylo pozastaveno v osmdesátých letech, kdy se tolerance u cukrové řepy vůči rizoktonii zlepšila, a tím se obnovil výnosový potenciál cukrové řepy. V době, kdy se začaly hojně rozšiřovat bioplynové stanice, se začala hledat další plodina, která bude dosahovat vysokých

výnosů a bude odolná. Vysoká tolerance čiroku k extrémním podmínkám činí tuto rostlinu atraktivní pro regiony trpící na nedostatek srážek nebo pro regiony s obdobím sucha ve vegetačním období rostlin. To zajistí výnosovou jistotu v regionech, kde kukuřice není schopna zajistit svůj výnos. Čirok v porovnání s kukuřicí reaguje pomaleji na stres vyvolaný suchem. Čirok zajišťuje zpestření osevních postupů a také má další výhodu oproti kukuřici. V mladém stadiu obsahuje vyšší hodnoty kyanovodíku a to má za následek, že odpuzuje škůdce jako je prase divoké a bázlivec kukuřičný. Tito škůdci běžně škodí v kukuřičných porostech a snižují výnosovou kvalitu a výnos. Čirok se siláže stejně jako kukuřice.

Čirok se využívá hlavně jako substrát pro bioplynové stanice. Výnosový potenciál zelené hmoty je u čiroku velice vysoký (přibližně 17 až 23 tun výnosu sušiny na hektar). Z tohoto množství se dá vyrobit 4800 m³ metanu, což činí 18 500 kWh proudu (to je přibližně spotřeba čtyř domácností), (Chobotová, 2013).

4.3. Žito na GPS

Žito nabízí vysokou stabilitu výnosu oproti jiným obilninám, má jednoduché nároky a nízké náklady na pěstování. Žito je nenáročné na podmínky, ve kterých je pěstováno, tudíž vynikající tvorbě kořenové soustavy a dobré schopnosti využívat vodu a živiny z půdy. Ve stádiu metání, což je druhá polovina května, je schopno produkovat 8-10 t/ha biomasy (přepočteno na 100%) sušinu, při pozdějším termínu sklizně, ve stádiu mléčné zralosti v polovině června, může být výnos až dvojnásobný. Kromě pěstitelských výhod nabízí žito také výhody při výrobě bioplynu. Při sklizni celých rostlin na zeleno (GPS) produkuje relativně vysoký výnos sušiny z hektaru. Žitná siláž má velký obsah tuků, a proto se může reálně dosáhnout vysokého výnosu metanu. Žito se sklízí daleko dříve, proto může snadno vykrýt období do další sklizně kukuřice, když dojde kukuřičná siláž pro bioplynovou stanici.

Proč pěstovat žito na GPS

- Nízké náklady na pěstování oproti kukuřici.
- Jistý a vysoký výnos hmoty.
- Rozložení sezónních prací.
- Po sklizni žita na GPS se dá na pozemku pěstovat třeba oves na zeleno.
- Včasná sklizeň napomáhá odplevelení pozemků.
- Svažitost pozemku není limitujícím faktorem pro pěstování.

Nejvhodnější termín pro sklizeň je v období mezi mléčnou a voskovou zralostí při sušině 30-35%. V této době je stále fotosynteticky aktivní praporcový list. Při pozdějším termínu sklizně se rychle vytváří lignin, který je pro výrobu bioplynu velmi málo využitelný a výtěžnost bioplynu tak klesá. Pro využití co největšího výnosového potenciálu je důležité oddálit stárnutí rostlin respektive lignifikaci, a proto je vhodné využívat hybridní odrůdy žita například odrůdu HELLTOP, která vyniká zvýšeným obsahem chlorofylu ve stéble (Anonymus 4).

Tab. č. 1 - Výnos bioplynu podle zralosti žita na GPS (Anonymus 4)

Zralost	Doba sklizně	Obsah sušiny	Výnos bioplynu v m ³ /t vlhké hmoty
sloupkování	začátek května	< 16 %	< 100
kvetení	začátek června	20 – 25 %	130 – 160
mléčná zralost	polovina června	30 – 35 %	170 – 250
vosková zralost	konec června	35 – 40 %	do 250

4.4. Chlévská mrva

V zemědělských podnicích s rozvinutou živočišnou výrobou nastává problém s legislativními předpisy, které nutí podniky vážně se zamyslet jak hospodařit s chlévskou mrvou. Většina podniků nemá dostatečné skladovací kapacity kam uložit chlévskou mrvu než uzraje a dá se vyvést na pole. Skladovací prostory by měly být odizolované a zpevněné. Dnešní stájové technologie produkují velmi často chlévskou mrvu polotekuté konzistence, což má za následek problémy se skladováním. Tato chlévská mrva je nejlepší pro bioplynové stanice. U bioplynových stanic se technologie na zpracování neupravené slamnaté chlévské mrvy běžně nedodává. Zpracování chlévské mrvy v bioplynových stanicích má velmi často svá úskalí. V první řadě je to možnost nežádoucích příměsí (beton, kámen atd.), které nesmějí poškodit dávkovací a vkládací mechanismus. Dále může činit problémy dlouhá sláma, kvůli které se kladou specifické požadavky na míchací a čerpací techniku. Při ukončení živočišné výroby v podniku se nemusí měnit technologie bioplynové stanice a může se přejít klidně na dávkování kukuřičnou siláží (Stober, 2009).

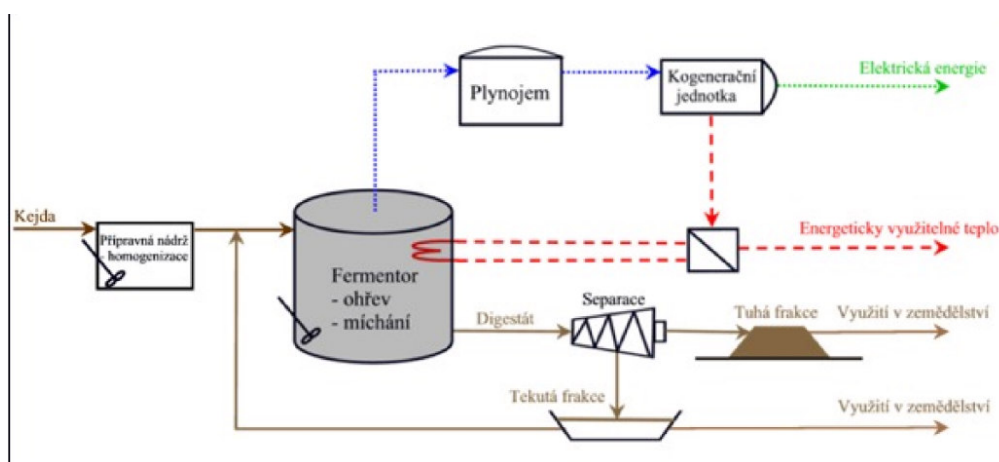
Tab. č. 2 – Výnos bioplynu z jednotlivých druhů hnoje (Anonymus 5)

substrát	výnos plynu		obsah metanu
	m ³ /t substrátu	m ³ /t org. sušiny	%
hnůj skotu	40-50	210-300	60
hnůj prasat	55-65	270-450	60
hnůj kuřat a slepic	70-90	250-450	60

4.5. Kejda

V poslední době stavy hospodářských zvířat v České republice klesají, ale i přesto tvoří hovězí i prasečí kejda významný potenciál substrátů pro výrobu bioplynu. Díky relativně malé sušině se dá dobře kombinovat s ostatními substráty na rozdíl od hnoje (Anonymus 5).

Schéma č. 1 - Bioplynové stanice na zpracování tekutých materiálů (Mužík, 2006)



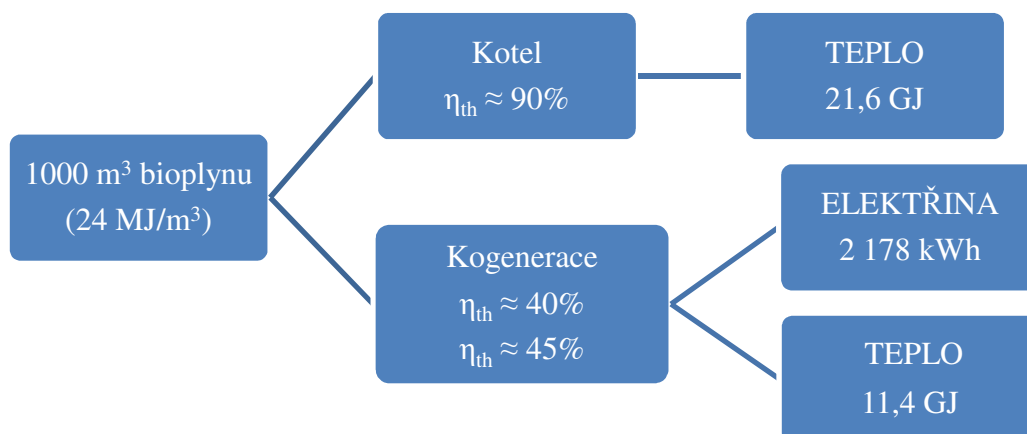
5. Využívání bioplynu ze ZBPS

V této kapitole budeme řešit možnosti energetického využití bioplynu.

5.1. Kombinovaná výroba elektřiny a tepla, prostá výroba tepla

Za současných podmínek na trhu s energiemi v České republice lze uvažovat s dvěma možnostmi využití bioplynu, a to je pro výrobu tepla (spalování v kotli) nebo pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla (v kogenerační jednotce). V níže uvedeném schématu je velmi dobře vidět, že ekonomičtější zhodnocení bioplynu vychází z kombinované výroby elektřiny a tepla než z prosté výroby tepla (Anonymus 6).

Schéma č. 2 – Co získáme spálením 1000 m³ plynu (Anonymus 6)



5.2. Využití bioplynu v dopravě

V zahraničí poukazují zkušenosti na hojně rostoucí využití bioplynu v dopravě jako alternativního a obnovitelného paliva. Klasickým případem využití bioplynu v dopravě jsou skandinávské země. Je to dáno cenou, situací na jejich energetickém trhu, tradicí a v některých případech i daňovou politikou.

V České republice brání rychlejšímu rozvoji využití bioplynu v dopravě chybějící síť čerpacích stanic a cenově náročné obstarávání vhodných automobilů a nevyjasněná daňová politika (Anonymus 6).

5.3. Dodávky bioplynu do plynárenské sítě nebo výrobci tepla

Opět je možné vidět ve skandinávských zemích časté využití bioplynu ve formě dodávky do veřejné plynárenské sítě (po vyčištění na téměř 100% obsah CH₄) nebo jeho prodej teplárnám. Tato možnost vývoje využití bioplynu je jen otázkou vývoje cen na trhu s energiemi (Anonymus 6).

Tab. č. 3 - Srovnání výhřevnosti bioplynu a zemního plynu (Anonymus 6)

palivo	m ³	výhřevnost
zemní plyn	1	34 GJ
bioplyn	1	24 GJ

5.4. Výroba biovodíku

Výroba biovodíku je technologicky velmi náročná a mohla by se uplatnit pouze u velkých bioplynových stanic a z tohoto důvodu není ještě technologie výroby biovodíku tak rozvinutá. V konečném stavu však tyto reakce vždy produkují zbytkový CO₂, který je nutno z vodíku odstranit. Teoreticky lze tímto způsobem z jednoho molu metanu získat až čtyři moly vodíku, ale dochází k deficitu energie, kterou je nutno doplnit z externích zdrojů. Požadavek na bezemisní postup výroby vodíku bez CO₂ se nedá zatím splnit a z tohoto hlediska je měrná emise CO₂ shodná se spalováním bioplynu (Straka, 2011).

6. Digestát

Tuhý zbytek po vyhnití se sníženým obsahem biologicky rozložitelných látek se nazývá digestát. Tento materiál, pokud vyhovuje všem parametrům stanoveným vyhláškou Ministerstva životního prostředí, lze využít jako hnojivo, přídavek do kompostů nebo k úpravě povrchu terénu (Anonymus 7).

Tab. č. 4 – Obsah organických látek a rostlinných živin v tuhé a tekuté části digestátů (Váňa, 2007)

Parametr	Jednotka	Kejda prasat		Slepičí trus		Siláž kukuřice	
		tuhý	tekutý	tuhý	tekutý	tuhý	tekutý
sušina	%	27,2	5,2	13,7	5,5	26,1	4,9
spalitelné látky	% suš.	51,8	47,3	76,6	63,1	82,3	64,6
dušík N	% suš.	3,9	11,0	5,4	10,3	2,7	9,9
fosfor P ₂ O ₅	% suš.	5,6	5,4	5,9	4,1	3,9	4,8
draslík K ₂ O	% suš.	1,6	5,8	2,5	6,3	1,7	9,1
vápník CaO	% suš.	4,9	3,0	3,9	3,1	2,2	2,6
horčík MgO	% suš.	6,1	1,7	1,9	1,9	2,0	1,0
uhlík C	% suš.	25,9	23,6	38,3	31,55	4,15	32,3
C:N	x	8,93	2,15	7,09	3,06	15,2	3,26

6.1. Využití digestátu

V současné době převládá názor, že digestát z bioplynových stanic je výborné organické hnojivo. Toto tvrzení je ale přinejmenším velmi nepřesné. Proto je s podivem, že je ve své marketingové komunikaci používají výrobci technologií pro bioplynové stanice. Digestát je jen slabé minerální hnojivo a ne především organické. Sporné jsou údaje o vysokém obsahu dusíku v sušině digestáty. Přesto se může digestát efektivně využít v zemědělství. Má-li být digestát označován za organické hnojivo, musí splňovat základní požadavek. Organická hmota obsažená v digestátu musí být snadno mikrobiálně rozložitelná, aby byla schopna uvolnit potřebnou energii pro půdní organismy. Část této energie z exothermního procesu mineralizace pak může být převedena do endothermního procesu humifikace. Dalším kladem jsou minerální živiny, uvolněné při rozkladu organické hmoty. Ale když se organická látka oxidačně nerozkládá, nemůže uvolnit minerální živiny. A to je největší problém. Organická hmota krmiva byla využita zvířaty, mírně labilní frakce výkalů spotřebovala anaerobní digesce a do půdy přichází při hnojení už jen stabilní a špatně rozložitelná organická hmota. A její stabilita je tím vyšší, čím dokonaleji pracuje bioplynová stanice. Moderní bioplynové stanice s mesofilním vyhníváním dávají z hlediska kvality organického hnojiva digestátu mnohem horší produkt, než zastaralé bioplynové stanice zpracovávající městské kanalizační kaly v minulém století.

Stabilní organická hmota pevné fáze digestátu je zejména výborným, pomalu se rozkládajícím prostředkem pro zlehčení těžkých půd a úpravu jejich vlastností. Zvýšení provzdušnění půd může mít za následek větší výnosový efekt, než intenzivní hnojení půdy se špatnými fyzikálními vlastnostmi. S rozvojem bioplynových stanic se musí v budoucnu počítat se zvýšením produkce digestátu. Ve světě se obrací pozornost k využití odpadů, které vznikají při výrobě bioplynu na výrobu pelet, což je pevné palivo z fytomasy.

Má to však své velké problémy:

1. Spalování fytomasy vůbec není ekologické, jak tvrdí někteří ortodoxní ekologové zcela bez důkazů. Obsahuje-li fytomasa chlór, a to i ve formě iontové, mohou při spalování v oblasti teplot 350-700 °C vznikat jedovaté a rakovinotvorné

polychlorové dioxiny a dibenzofurany. Z tohoto důvodu je nutno odstranit z fytomasy chlór.

2. Obsahuje-li fytomasa draslík, síru a sodík, vytváří se při spalování silně korozivní spaliny a teplota tání popela se rychle snižuje. Dusík fytomasy zvyšuje kontaminaci atmosféry oxidy dusíku. Tyto látky je rovněž třeba z fytomasy odstranit (Kužel, 2014).

6.2. Využití digestátu jako hnojiva

Minerální dusíkatá hnojiva lze používat pouze tehdy, jestliže lze očekávat využití dusíku rostlinou. Hnojení tekutými statkovými a minerálními dusíkatými hnojivy od začátku července do začátku období nevhodného ke hnojení je možné pouze v dávce do 40 kg N.ha⁻¹ v minerálních hnojivech nebo do 80kg N.ha⁻¹ v tekutých hnojivech

- k ozimým plodinám, s výjimkou půd s promyvným vodním režimem a deficitních půd,
- k mezipločinám, v jejich kapalné nebo tekuté formě k podpoře rozkladu slámy, s výjimkou půd s promyvným vodním režimem a deficitních půd, kde lze použít jen tekutá statková hnojiva, kdežto aplikace vyrovnávací dávky v minerálních dusíkatých hnojivech se přesouvá na jarní vegetační období,
- v případě pozdního hnojení tekutých statkových hnojiv bez přítomnosti porostu nebo slámy k následným jarním plodinám, s výjimkou půd s promyvným vodním režimem a deficitních půd, v termínu od 15.10. do začátku období nevhodného ke hnojení s podmínkou, že tekuté statkové hnojivo bude nejpozději do 24 hodin od aplikace zapraveno do půdy (Kára a kol., 2007).

6.2.1. Digestáty ze zfermentování rostlinné biomasy

V současné době se v zahraničí nejčastěji provádí anaerobní digesce kukuřičné siláže, dalších píceňin nebo energetických rostlin. Dále je často zfermentována čerstvá nebo senážovaná travní fytomasa, jejímž zdrojem jsou trvalé travní porosty nebo píceňiny na orné půdě. Sušina digestátu by měla obsahovat 25% spalitelných látek a 0,6% celkového dusíku. Při využití digestátů na zemědělské půdě je nezbytné tekuté digestáty zapravit do půdy do 24 hodin a tuhé digestáty do 48 hodin po aplikaci. Aplikace musí být rovnoměrná po celém pozemku, je zakázáno

aplikovat na půdu promokřelou, zasněženou nebo zmrzlou. Při aplikaci je třeba dávat pozor, aby digestát nevniknul do povrchových vod a na sousední pozemek. Pro tuhý i tekutý digestát ze statkových hnojiv musí být dostatečné skladovací prostory (Váňa, 2007).

6.2.2. Digestáty ze zfermentovaných zvířecích fekálií

Pro digestát z anaerobní digesce hnoje nebo z drůbeží kejdy platí obdobné legislativní požadavky jako na digestát z rostlinné biomasy. Navíc musí plnit hygienické požadavky pro vedlejší živočišné produkty 2. kategorie podle Evropské legislativy ABP. Pro digestát ze zvířecích fekálií je požadován podle nařízení komise č. 208/2006 nový způsob hodnocení hygienizace reprezentativních vzorků digestátu při vyskladňování a to pro indikátorový organismus *Escherichia coli* (Váňa, 2007).

7. Odpadní teplo a jeho možnosti využití

Teplo je definováno jako energie, která je přenášena z jednoho systému do druhého tepelnou interakcí. K přenosu tepla dochází vedením, sáláním, prouděním hmoty a chemickými reakcemi. Je potřeba rozlišovat rozdíl mezi teplem zjevným a teplem latentním. Zjevné teplo je takové, které má za příčinu změnu teploty objektu. Latentní teplo je teplo vyzařené nebo absorbované tělesem nebo termodynamickými systémy bez změny teploty. Typickým příkladem je změna skupenství (fázový přechod ledu do vody).

Při spalování bioplynu v kogenerační jednotce dochází ke vzniku dalšího produktu a to odpadního tepla. Množství tepla, které se uvolní v průběhu spalování, je závislé na chemickém složení bioplynu. Kromě množství je pro koncept dalšího využití tepla důležitá jeho kvalita. Teplo je charakterizováno úrovní a množstvím. Spotřebitel vyžaduje vždy určité minimální úrovně obou parametrů. Teplota odpadního tepla u zdroje musí být vždy vyšší než teplotní pokles za spotřebičem tepla. Obecně platí, že čím máme vyšší teplotu a množství energie, tím je vyšší kvalita tepla. Při vyšší teplotě odpadního tepla se nám nabízí více možností, jak ho efektivně využít.

Příklady minimálních teplot tepla pro různé využití:

- dodávka teplé vody: 50-80°C
- vytápění budov: 50-80°C
- Rankinův cyklus (ORC, CRC): 60-565°C
- sušárna zemědělských produktů: 60-150°C

Výše uvedené příklady představují možnosti, které by se měli využít z důvodu, aby se odpadní teplo využilo efektivně. Vzhledem k tomu, že teplota spalin v kogeneračních jednotkách se běžně pohybuje v rozmezí 450-520°C, je využití tepla z bioplynových stanic limitováno. Pro odvětví, která pro svůj provoz vyžadují vysoké teploty a velké množství tepla, bývá toto odpadní teplo nedostatečné (Rutz a kol., 2012).

7.1. Efektivní využití odpadního tepla

1. vytápění
2. sušení
3. dodatečná výroba energie

7.1.1. Vytápění

Přímé využití tepla v různých aplikacích patří mezi nejefektivnější způsoby využívání odpadního tepla z bioplynové stanice. Tímto způsobem můžeme nahradit fosilní paliva a tím napomůžeme snižování skleníkových plynů. Nejjednodušší cestou pro využití tepla je například vyhřívání budov a ohřev vody.

Stáje

Pokud zemědělský podnik vlastní vepříny nebo drůbežárny, tak může využívat odpadní teplo v těchto stájích. Stáje jsou v provozu po celý rok, zimní měsíce nevyjímaje. Aby byla celoroční produkce chovů zachována, tak jsou stáje v zimním období vytápěné. Propojení bioplynové stanice a těchto provozů umožňuje efektivní využití produkovaných odpadů pro výrobu bioplynu a následné využití odpadního tepla.

Skleník

Další možností pro podnik je využít odpadní teplo ve sklenících. Skleník často potřebuje velké množství tepla pro vytvoření těch nejlepších podmínek pro pěstování rostlin. Náklady na vytápění skleníku patří mezi nejdražší položky, jelikož musíme udržet teplotu okolo 20-25°C i v zimních měsících. Proto představuje v tomto provozu využití odpadního tepla z bioplynové stanice velmi dobrou a levnou volbu. Předpokladem je, že se skleník nachází v blízkosti bioplynové stanice.

Akvakultury

Skvělou možností jak využít digestát, odpadní teplo, staré zemědělské haly a vytvořit nová pracovní místa je propojit bioplynovou stanicí s akvakulturou. Digestát se dá využít jako hnojivo pro akvakulturu a odpadní teplo se využije na ohřev vody a klimatizaci hal. Teploty nádrží, kde se ryby a korýši chovají, se pohybují v rozmezí 20-32°C. Kromě tepla na ohřev vody v nádržích se dá teplo využít při následném zpracování, kde je teplá voda nutná pro čištění zařízení a zajištění hygienických podmínek.

Přenos tepla v kontejnerech

V některých případech není možné instalovat systémy dálkového vytápění, ať už kvůli vzdálenostem nebo kvůli právním či jiným rámcovým podmínkám. V takové situaci je možné právě uvažovat o konceptu přenosu tepla v kontejnerech. Je potřeba vzít v úvahu, že v současné době není tato možnost široce uplatňována. Jen několik málo výrobců aktuálně nabízí takovéto systémy skladování tepla (Rutz a kol., 2012).

Při akumulaci latentního tepla se využívá přechod mezi tuhou látkou a kapalinou. Výhodou akumulace latentního tepla je konstantní teplota a malý objem. Ale tato metoda využití tepla je vcelku drahá, a proto se moc nevyužívá (Bechník, 2003).

7.1.2. Sušení

Kromě přímého využití odpadního tepla pro různé přímé účely ho lze využít pro sušení materiálů. Mezi sušené materiály u zemědělských bioplynových stanic patří nejběžněji digestát, tuhá dřevní biomasa a zemědělské produkty.

Faktory ovlivňující sušení:

- Teplota
- Množství tepla
- Vlhkost materiálu a obsah vody
- Doba zpracování
- Typ materiálu

Pro zemědělský podnik je nejdůležitější sušení digestátu a obilovin. Tuhá část digestátu se suší na pásové sušičce. Sušený digestát lze využít v zahradnictví či ve školkách speciálních pěstebních systémů.

Sušení obilovin v období sklizně se využívá tehdy, pokud nastanou špatné klimatické podmínky při sklizni. V této době je největší přebytek odpadního tepla z bioplynové stanice. A proto je dobré efektivně teplo využít k sušení obilovin, aby sklízecí linka nemusela čekat na ideální vlhkost. Maximální vlhkost pro kvalitní skladování obilovin je 14,5% (Rutz a kol., 2012).

7.1.3. Dodatečná výroba elektřiny

Odpadní teplo z bioplynových stanic s teplotami v rozmezí od 80-550°C je mnohem méně hodnotné, jelikož je složité převést ho do jiných energetických forem. Existují technologická řešení pro převod odpadního tepla na doplňkovou elektrickou energii v termodynamických cyklech neboli tepelný oběh a tedy zisk vyšších příjmů z cen vyrobené elektřiny. Teplo můžeme převést na mechanickou energii a následně na energii elektrickou prostřednictvím Rankinova cyklu (Rutz a kol., 2012).

8. Metody předúpravy substrátu

Ke zvýšení biologické rozložitelnosti různých druhů surovin pro anaerobní fermentaci se začínají stále více uplatňovat různé metody předúpravy zpracovávaného materiálu.

Cílem předúpravy je:

- prohloubení biologického rozkladu a tím zvýšení výtěžnosti metanu
- hygienizace fermentovaného materiálu, kde to požaduje legislativa
- minimalizace množství výstupního stabilizovaného materiálu

Vzhledem k tomu, že většina zpracovávaných organických látek je v partikulární formě, nejdůležitějším procesem rozkladu jejich převedení do roztoku je hydrolýza. Ta probíhá v důsledku přítomnosti bakterií produkujících hydrolytické enzymy a její rychlost může být podstatně zvýšena různými způsoby dezintegrace a fyzikální nebo chemické předúpravy zpracovávaného materiálu (Dohányos, 2009).

8.1. Mechanické metody

Patří sem různé způsoby úpravy tuhých složek substrátu, jako je například mletí, drcení apod. (Dohányos, 2009).

Cílem je zmenšení velikosti částic a homogenizace suroviny. Účinnost dezintegrace závisí na použitém zařízení a vložené energii (Dohányos, 2013).

Zmenšením velikosti částic dochází ke zvětšení celkového povrchu, a tím i ke zlepšení přístupnosti organických látek v substrátu enzymatickému rozkladu (Tvrzník, 2013).

8.2. Chemické metody

Chemická předúprava zahrnuje alkalickou nebo kyselou hydrolýzu a použití oxidačních činidel a to samostatně nebo ve vzájemné kombinaci anebo v kombinaci s vyšší teplotou. Rozklad kyselinami a louhy-hydrolýzu lze realizovat v podstatě v celém rozsahu pH. V kyselém prostředí kyseliny chlorovodíkové při pH 6 proběhne hydrolýza během 6 až 12 hodin. V zásaditém prostředí při pH 11,5 až 12,5 dochází k hydrolýze během 30 minut. Tuto metodu lze aplikovat zejména na substráty obsahující celulózu. Metoda ale byla aplikována i na čistírenské kaly.

Mezi další chemické metody se řadí oxidace. Jako oxidační činidlo se nejčastěji využívá ozón. Ozón vyvolá spolu s částečnou oxidací i hydrolýzu organické hmoty (Dohányos, 2013).

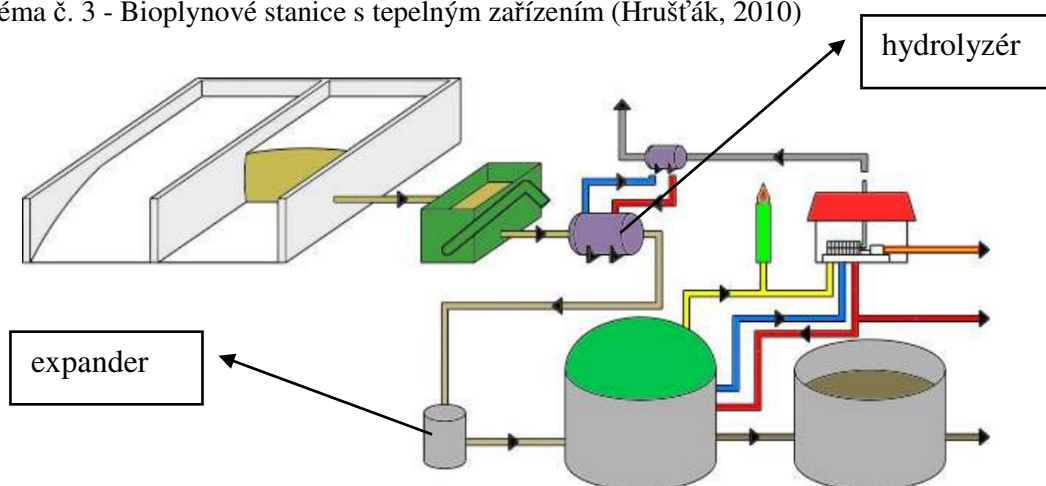
8.3. Fyzikální metody

Mezi fyzikální metody se řadí termická hydrolýza, ionizující záření, působení ultrazvuku. Při těchto metodách dochází k destrukci složitých organických látek. Termická předúprava požadovaná legislativou může být pasterizace při 70°C nebo hygienizace při 130°C podle druhu suroviny, obě metody vedle sanačního efektu fungují jako termická hydrolýza a zvyšují výtěžnost bioplynu (Dohányos, 2009).

8.3.1. Tepelná úprava

Surová organická hmota je transportovaná z drtiče do hydrolyzéry, ve kterém dochází k hydrolýze. Hydrolyzér je tlaková nádoba vyhřívána vodní párou. Pro výrobu vodní páry je využíváno odpadní teplo z kogenerační jednotky prostřednictvím utilizačního výměníku. Podmínky provozu hydrolyzéry jsou teplota vyšší než 133°C, tlak 3 bary a doba zdržení materiálu alespoň 20 minut. Hydrolyzér je propojen potrubím s expandérem. Po tepelné hydrolýze je hydrolyzovaná organická hmota dopravena do expanderu. Během expanze dochází vlivem působení sil k destrukci organických látek až na buněčné struktury. Z expanderu takhle rozložený materiál putuje do fermentoru.

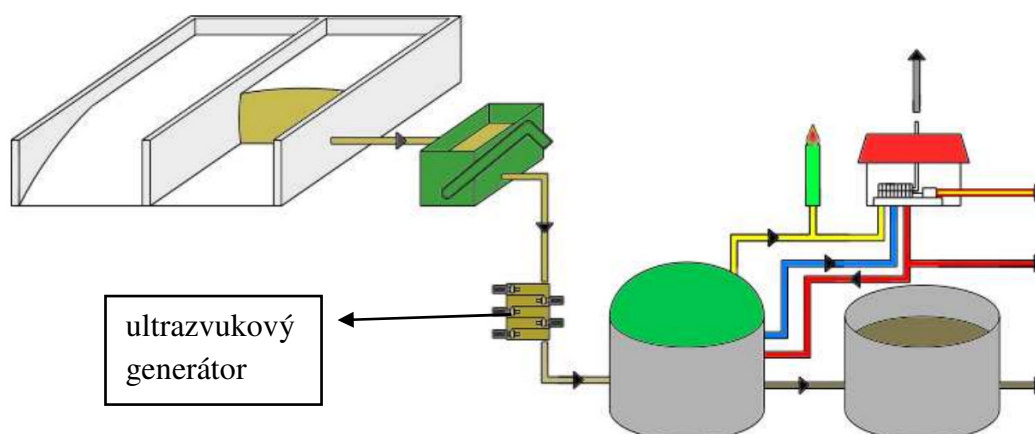
Schéma č. 3 - Bioplynové stanice s tepelným zařízením (Hrušťák, 2010)



8.3.2. Ultrazvuková úprava

Surová organická hmota je transportována přes drtič do ultrazvukového generátoru, kde dojde k následné úpravě. Průchodem přes ultrazvukový generátor dojde ke kavitaci substrátu. Při kavitaci dochází vlivem působení k destrukci organických látek až na buněčné struktury. Energie pro provoz ultrazvukového generátoru je přibližně 1% z vyrobené elektrické energie v kogenerační jednotce. Po tomto ošetření je hydrolyzovaná organická hmota dopravena potrubím do fermentoru.

Schéma č. 4 - Bioplynové stanice s ultrazvukovým generátorem (Hrušťák, 2010)



8.4. Biologické metody

Využití enzymů ke zlepšení anaerobní stabilizace je často diskutováno. Využití enzymů pro úpravu substrátů s vysokým obsahem lignocelulózních materiálů se zdá být neúspěšnější. Využívají se hlavně komerčně vyráběné enzymy například celulóza, které se aplikují přímo do fermentační směsi. Tato biologická metoda je velmi jednoduchá a vcelku levná z toho důvodu, že se snadno aplikuje, nemusí se zasahovat do technologie provozu a nemusí se vynakládat žádné další náklady na proud (Tvrzník, 2013).

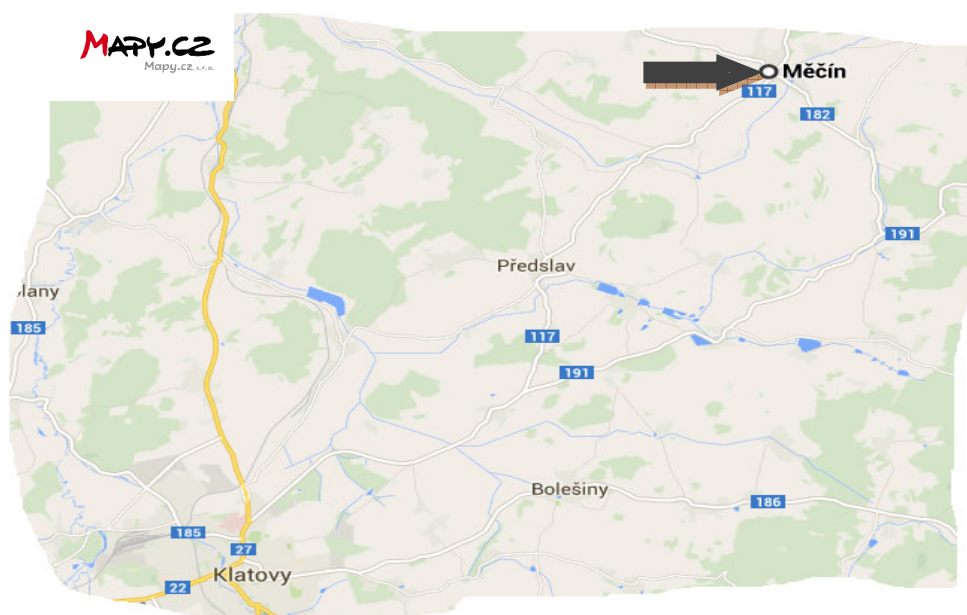
Za další biologickou metodu lze považovat i silážování rostlinné biomasy. Například v průběhu silážování travní hmoty dochází k výrazným ztrátám organických látek (30% za 6 měsíců) a výtěžnost metanu tím klesá. Když se do stejného materiálu přidala kyselina mravenčí tak produkce metanu vzrostla až o 50% (Dohányos, 2013).

Významný vliv na výtěžnost metanu má i způsob manipulace a skladování materiálu. Vzhledem k tomu, že zpracovávaný materiál je většinou nesterilní směsí různých snadno i hůře rozložitelných organických látek, jsou přítomny i různé mikroorganismy a tudíž mohou probíhat samovolné biologické procesy rozkladu podle podmínek prostředí. Obvykle při tom dochází k úniku vznikajících plynných nebo těkavých látek a tudíž dochází k poklesu organických látek (Dohányos, 2009).

9. Charakteristika Zemědělského družstva Měčín

Družstvo vzniklo 3. 5. 1951 a postupně bylo rozšiřováno slučováním s okolními družstvy až do současné podoby. Během 80. let bylo vybudováno nové sídlo družstva na okraji města Měčín. Družstvo hospodaří na území obcí Petrovice, kde se nachází převážně živočišná výroba, dále v okolí obcí Radkovice, Osobovy, Partoltice, Bíluky, Nedanice, Třebýcina a Hráz. Organizačně je výroba v dnešní době členěna na úseky rostlinná, živočišná výroba, technické služby, výroba smažených bramborových lupínků a bioplynová stanice. Družstvo hospodaří v nadmořské výšce okolo 480 m. n. m. v bramborářské výrobní oblasti. V současné době hospodaří na 2200 ha, z toho je 1800 ha orné půdy.

Obrázek č. 1 – Místo, kde se nachází bioplynová stanice (Anonymus 8)



9.1. Rostlinná výroba

Podnik pěstuje na orné půdě širokou škálu rostlin. Z 1800 ha orné půdy se pěstuje 920 ha obilovin, 320 ha řepky, 380 ha kukuřice na siláž (plocha kukuřice na siláž pro bioplynovou stanici tvoří 250 ha, zbytek plochy zajišťuje výživu pro živočišnou výrobu), 120 ha žita na GPS s podsevem jetele, 35 ha jetele na semeno s výnosem okolo 130 kg/ha a 5 ha brambor.

Tab. č. 5 – Plocha a výnos plodin, které podnik pěstuje

obilovina	oseť plocha	průměrný výnos
pšenice ozimá	580 ha	6,5 t
ječmen ozimý	150 ha	5,8 t
ječmen na slad	170 ha	5 t

9.2. Živočišná výroba

Družstvo se výhradně zaměřuje na chov skotu plemen charolais, masný simentál a české strakaté. Celkem chová 1050 ks všech kategorií. Krávy bez tržní produkce mléka čítají 320 ks a jsou paseny v pastevních areálech Bíluky a Nedanice. Dojných krav podnik vlastní 190 ks. Do výkrmu jsou zařazováni nejen býci, ale i jalovice a celkem je ve výkrmu okolo 240 ks. Hněj od výkrmu je použit pro potřeby bioplynové stanice.

9.3. Technické služby

Technické služby zajišťují kromě oprav strojů a zařízení i investiční výstavbu a opravy nemovitostí. Společnost je v dnešní době vybavena převážně traktory značky New Holland a Zetor. Dále společnost vlastní dvě sklízecí mlátičky značek Claas a New Holland, manipulátory JCB a další techniku k obhospodařování orné půdy a trvalých travních porostů.

9.4. Výroba smažených bramborových lupínků

Od roku 2006 družstvo pronajalo výrobu smažených bramborových lupínků soukromému subjektu firmě Neli a.s., která několik let odebírala brambory od družstva, ale potom je začala dovážet z Polska. Kvůli této skutečnosti družstvo

omezilo výrobu brambor na 5 ha. Bohužel k 30. 11. 2014 se rozhodl soukromý subjekt zastavit výrobu.

9.5. Bioplynová stanice

Družstvo se rozhodlo v letech 2010 až 2011 postavit bioplynovou stanicí o výkonu 600 kW/hod, i když na ni nedostalo dotaci. Provoz byl zahájen v září roku 2012. Třebaže byla zprovozněna bioplynová stanice, nijak se neomezily stavy zvířat. Naopak hnůj od skotu patří mezi jeden ze substrátů pro bioplynovou stanicí.

Podnik využívá bioplynovou stanicí také jako tzv. popelnici, což znamená, že se do bioplynové stanice dávají všechny zbytky, které se nedají jinak využít. Například do bioplynové stanice dováží ohnilé vrstvy skladované siláže či senáže. Podnik při pěstování substrátů využívá ve velké míře hybridy, například u kukuřice je to hybrid cebír s FAO 240.

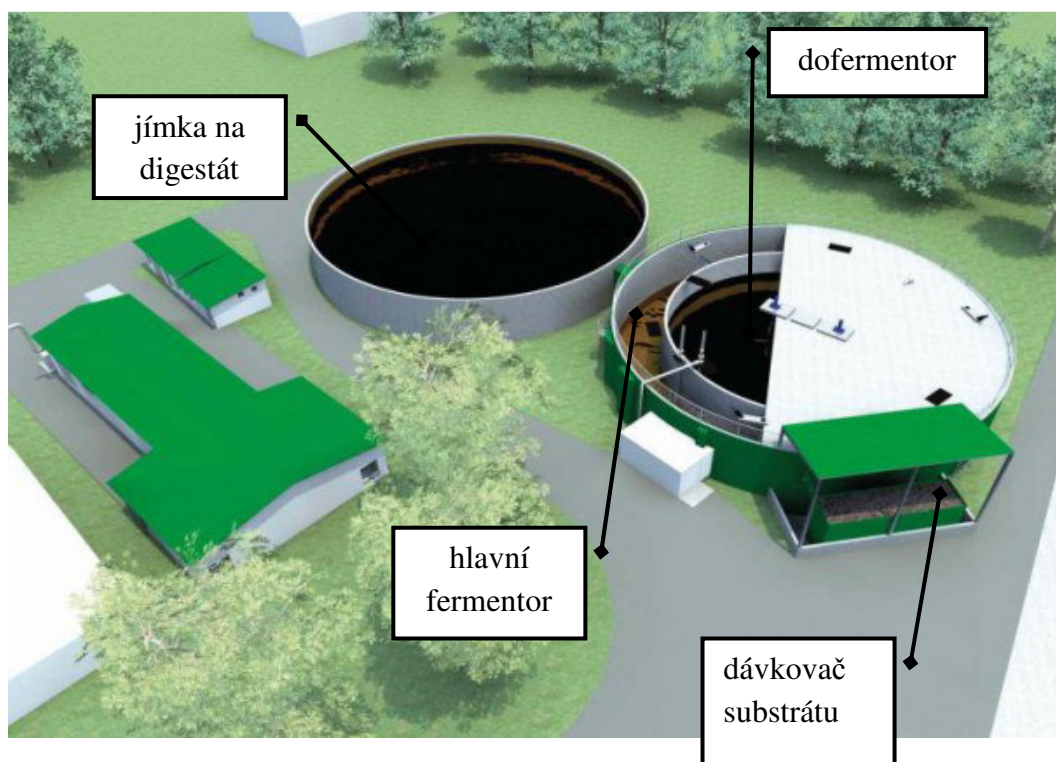
Digestát je využíván především před orbou u kukuřice a řepky. Dále jej podnik využívá k hnojení TTP. Při tomto hnojení podnik spotřebuje veškerý digestát.

10. Charakteristika bioplynové stanice

10.1. Technologie

Technologii bioplynové stanice zajišťovala firma Farmtec. Bioplynová stanice má instalovaný elektrický výkon 600 kW/hod a tepelný výkon je 576 Kw/hod. Fermentor je postaven o průměru 36 m. U této bioplynové stanice byl použit systém fermentoru a dofermentoru kruh v kruhu s externím plynojemem. Výhodou této technologie je menší zastavěná plocha, tím se snižují tepelné ztráty a jsou i nižší náklady na izolaci. Nainstalovaná kogenerační jednotka je od firmy MWM. Použitá kogenerační jednotka má zvýšený výkon z 500 kW/hod na 600kW/hod pomocí turba. Bioplynová stanice využívá řídicí systém, ke kterému je on-line vzdálený přístup. Dále bioplynová stanice vyniká nízkou spotřebou vlastní elektrické energie a velmi nízkou spotřebou odpadního tepla, které se dá nadále využít. Doba fermentace je kolem 6 týdnů. Součástí bioplynové stanice je silážní žlab s kapacitou 12 000 t, který byl přepůlen z toho důvodu, že se nestačil naplnit dostatečně rychle. Vedle fermentoru je vystavena jímka na digestát se zásobou na 6 měsíců a zásobní jímka na prasečí kejdu a silážní šťávy ze silážní jámy.

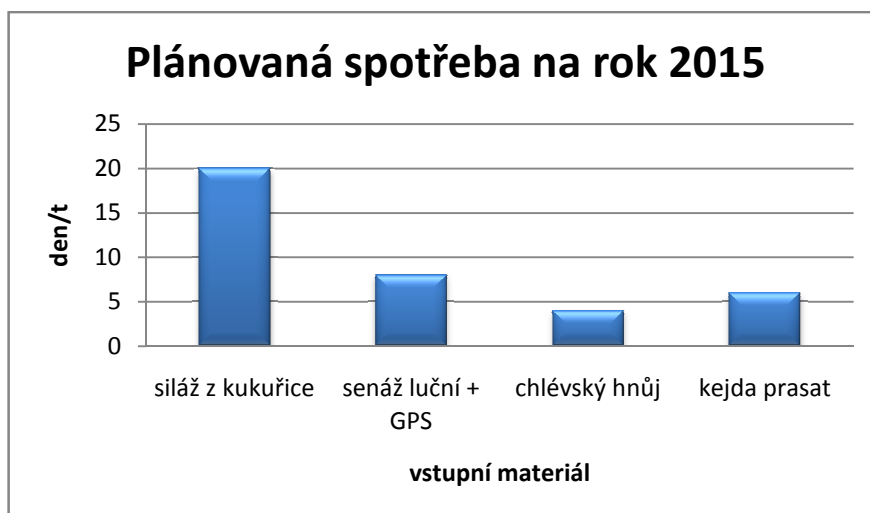
Schéma č. 5 - Použité technologie bioplynové stanice Měčín (Kroupa, 2012)



10.2. Provozní podmínky

Bioplynová stanice je v provozu po celý rok až na výjimky, kdy se provádí pravidelná údržba. Bioplynová stanice spotřebuje za rok přibližně 12 000 t vstupního materiálu a 3000 m³ prasečí kejdy, která se využívá k ředění fermentovaného materiálu. Roční produkce digestátu se pohybuje okolo 15 000 m³. Průměrná roční výroba bioplynu je 2 138 861 m³. Spotřeba bioplynu při spalování je maximálně 270 m³/hodinu při obsahu metanu 50-54%. Průměrná teplota v hlavním fermentoru se pohybuje okolo 40,2 °C a v dofermentoru okolo 39,7°C.

Graf č. 1 – Plánovaná spotřeba krmiva pro bioplynovou stanici na rok 2015



10.2.1. Silážní žlab

Pár metrů od dávkovače substrátu se nachází nově vystavěný silážní žlab. Silážní žlab slouží jako zásoba krmiva pro bioplynovou stanici a také pro zvířata v areálu. Podnik při skladování siláže a senáže v této jámě nevyužívá technologii zaplachtování, jak se provádí v ostatních podnicích. Ptal jsem se vedoucího rostlinné výroby, proč využívají tuto technologii skladování, že při této technologii jsou ztráty srovnatelné s běžným skladováním, což je patrné z fotek.

Obrázek č. 2 a 3 – Uskladněná senáž a siláž v novém silážním žlabu (Zdroj: autor)



10.2.2. Příjmová jímka

Mezi silážními žlaby a fermentorem se nachází příjmová jímka, která je zapuštěná v zemi. Do této jímky jsou svedeny silážní šťávy ze silážního žlabu. Jímka slouží rovněž jako zásobárna kejdy prasat, která je sem dovážena z nedalekých Petrovic. Jímka má čidlo proti přeplnění. Pokud dojde k přeplnění, je obsah okamžitě přečerpán do koncové jímky, kde je uskladněn digestát.

Obrázek č. 4 – Příjmová jímka (Zdroj: autor)



10.2.3. Dávkovač substrátu

Než se dostaneme k fermentoru, tak ho musíme vložit substrát do dávkovače substrátu. Technologii krmení fermentoru zajišťovala firma Huning. K tomu slouží kontejner s posuvnou stěnou. Kontejner je zapuštěn ze $\frac{3}{4}$ v zemi, což usnadňuje jeho naplnění obsluze, která krmí. Obsah kontejneru vystačí na 24 hod a jeho naplnění trvá podle slov vedoucího rostlinné výroby asi 45 min. Kontejner je vybaven vlastní váhou, takže obsluha vidí při plnění kolik jakého substrátu tam dává. Krmení fermentoru probíhá pravidelně každou hodinu o krmné dávce 1,2 t. Krmná dávka se může libovolně měnit podle toho, jak situaci vyhodnotí počítač na základě dostatečné zásoby bioplynu v plynojemu. Z kontejneru odchází materiál do fermentoru pomocí šnekových dopravníků. Materiál může procházet přes kladívkový šrotovník, ve kterém dochází k rozmělnění materiálu nebo může jít rovnou do fermentoru.

Obrázek č. 5 a 6 – Dávkovač substrátu a kladívkový šrotovník na šnekovém dopravníku
(Zdroj: autor)



10.2.4. Fermentor a dofermentor

Fermentor tvoří vnější kruh, který je vytápěn po obvodu odpadním teplem z kogenerační jednotky. Teplo je k fermentoru přiváděno podzemním teplovodem. Ve fermentoru probíhá mokrá fermentace, kterou lze kontrolovat přes kontrolní okénka. Fermentor je plněn horem šnekovými dopravníky. Na povrchu fermentoru jsou 3 čerpadla rozmístěná po určité vzdálenosti v kruhu. Čerpadla mají za úkol promíchávat fermentovaný materiál a tlačit ho směrem dolů. Při této konstrukci bioplynové stanice s externím plynojemem je velmi usnadněná výměna čerpadel, pokud se porouchají. Z fermentoru se přelévá fermentovaný materiál skrz okénko, které se nachází ve stěně dofermentoru, což velmi snižuje náklady na přečerpávání mezi jednotlivými objekty. Uvnitř fermentoru se nachází menší kruh, což představuje dofermentor jak znázorňuje schéma. Na stropě dofermentoru se nachází dvě míchadla, která fermentovaný materiál promíchávají odspoda nahoru. Z dofermentoru putuje „vypálené palivo“ do koncové jímky na digestát.

Obrázek č. 7 – Fermentor a dofermentor (Zdroj: autor)



10.2.5. Koncová jímka

Koncová jímka je sklad na digestát, která je schopna pojmout a uskladnit digestát minimálně na 6 měsíců. Do jímky neustále přichází digestát potrubím přímo z dofermentorů, opět k tomu nejsou využívána žádná čerpadla. V koncové jímnici se nachází jedno míchadlo, které promíchává digestát, aby se na něm nevytvořila kůra.

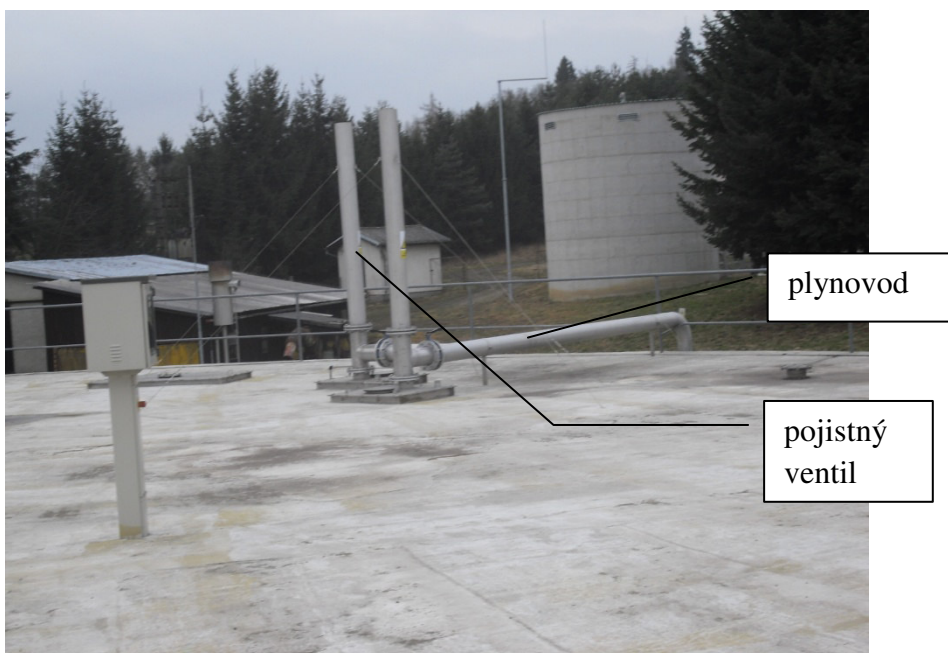
Obrázek č. 8 – Koncová jímka (Zdroj: autor)



10.2.6. Plynovod

Plynovod vychází ze stropu dofermentorů a fermentorů a vede podzemí přímo do plynojemu. Při vycházení plynovodu na stropu jsou k vidění pojistné ventily, které jsou naplněny vodou. Při ucpání plynovodu dojde k vytlačení vody z pojistného ventilu a to zabrání vybuchnutí stropu u fermentorů a dofermentorů.

Obrázek č. 9 – Plynovod (Zdroj: autor)



10.2.7. Plynojem

Plynojem je externí a tvoří jej železobetonová konstrukce. Uvnitř konstrukce se nachází gumový pytel, který slouží jako zásobník bioplynu. Plyn je do plynojemu přiváděn potrubím přímo z fermentorů a dofermentorů. Pokud je zásobník naplněn minimálně na 80%, tak se krmná dávka nemění, ale jakmile poklesne naplnění zásobníku, tak se zvyšuje krmná dávka a pokud je bioplynu nadbytek, tak se sníží. Plyn z plynojemu je dodáván pomocí vývěvy do kogenerační jednotky. Pokud dojde k zastavení kogenerační jednotky, je bioplyn odváděn bezpečnostní smyčkou zpět do plynojemu. Plynojem má bezpečnostní pojistku, která spočívá ve fléře.

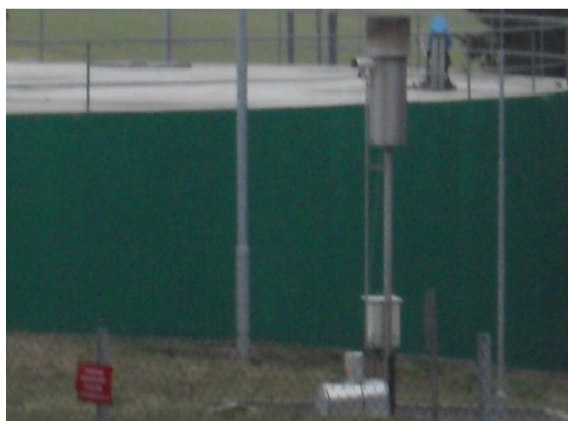
Obrázek č. 10 – Plynojem (Zdroj: autor)



10.2.8. Fléra

Fléra je hořák, ve kterém se spaluje bioplyn, když dojde k přeplnění plynojemem.

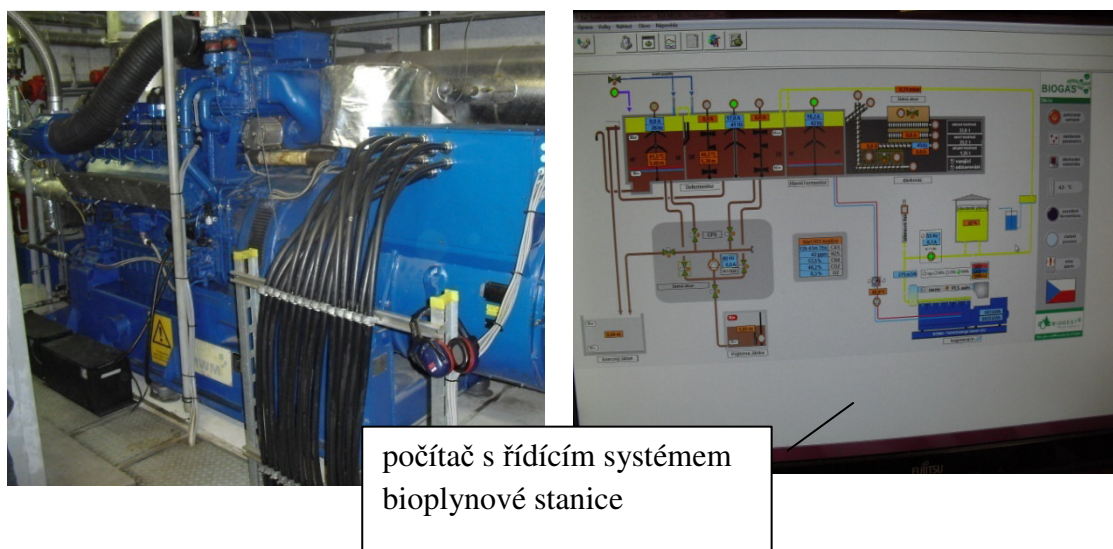
Obrázek č. 11 – Fléra (Zdroj: autor)



10.2.9. Řídicí centrum a kogenerační jednotka

Celé řídicí centrum bioplynové stanice je umístěno v budově bývalé kotelny, kde se nachází strojovna spolu s kogenerační jednotkou a počítač s řídicím systémem. Systém je plně automatický, ale dá se přepnout i do manuálního režimu podle potřeby. Vše, co potřebujeme vědět o kogenerační jednotce, najdeme ve strojovně, kde se nachází počítač, který nám ukazuje vše, co se děje s kogenerační jednotkou. Momentálně kogenerační jednotka běží na 97%, což činí výkon 580 kW z důvodu rychlého opotřebení svíček v motoru.

Obrázek č. 12 a 13 – Kogenerační jednotka a počítač s programem pro řízení BPS (Zdroj: autor)



10.2.10. Odpadní teplo

Odpadní teplo z bioplynové stanice je využíváno prozatím v administrativní budově a dále bylo využíváno ve výrobně smažených bramborových lupínků, kde se využívalo k ohřevu vody, v které se praly brambory. Její provoz byl však ukončen k 30. 11. 2014. Zbytek odpadního tepla, který se nevyužije, putuje do chladičů, které se nacházejí vedle budovy, ve které je umístěna kogenerační jednotka.

Obrázek č. 14 – Chladič na odpadní teplo (Zdroj: autor)



10.2.11. Trafostanice

Součástí komplexu je trafostanice, která se nachází v kontejneru. Trafostanice dodává proud do sítě, ale zároveň i pro budovy v areálu.

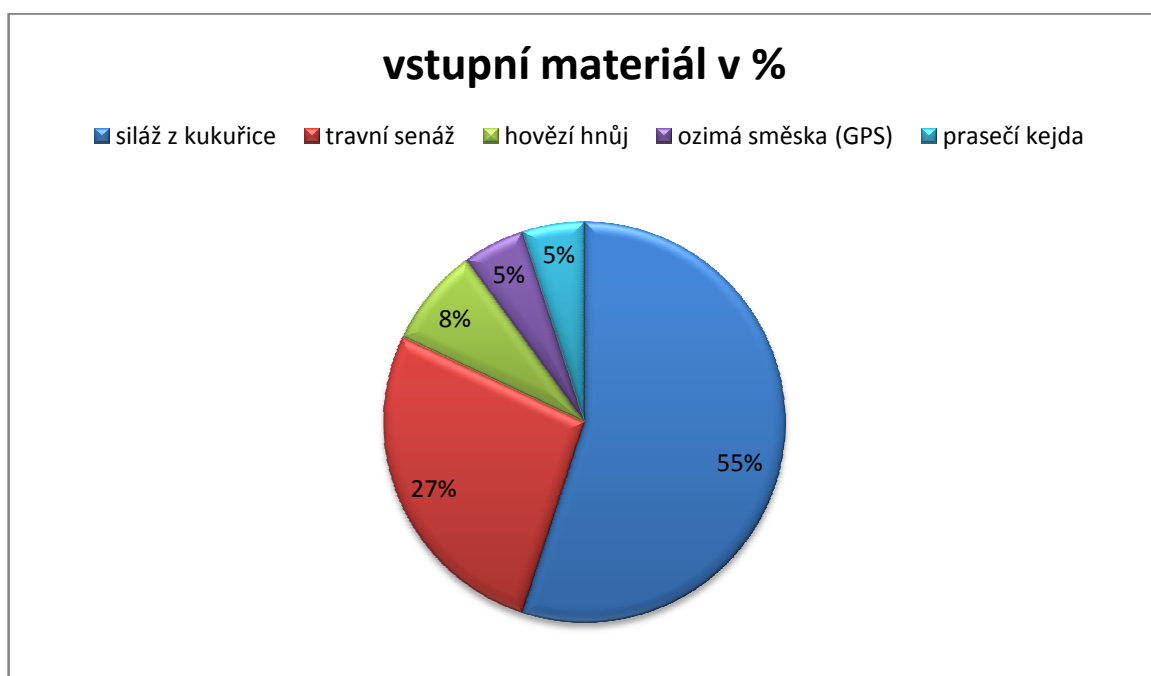
Obrázek č. 15 – Trafostanice (Zdroj: autor)



Tab. č. 6 – Průměrná spotřeba krmiva v bioplynové stanici a cena vstupního materiálu (Anonymus 4)

vstupní materiál	zastoupení v %	spotřeba v t	cena jednotlivých komodit Kč/t	výnos plynu v m ³ /t organické suché hmoty	obsah metanu v %
travní senáž	27%	3 240 t	500-700 Kč/t	550-620 m ³ /t	54-55%
siláž z kukuřice	55%	6 600 t	500 Kč/t	450-700 m ³ /t	50-55%
hovězí hnůj	8%	960 t	150 Kč/t	200-500 m ³ /t	55%
ozimá směska (GPS)	5%	600 t	700 Kč/t	550-680 m ³ /t	55%
prasečí kejda	5%	600 t	2 Kč/t	300-700 m ³ /t	60%

Graf č. 2 – Průměrná spotřeba vstupního materiálu od začátku provozu



10.3. Ekonomika bps

Tab. č. 7 – Náklady na výstavbu a technologii

celková cena výstavby bioplynové stanice	82 mil.
cena silážního žlabu z celkové ceny	25 mil.
cena kogenerační jednotky z celkové ceny	7,5 mil.
výkupní cena za 1 kWh	4,37 Kč

Komplex byl vybudován v areálu Zemědělského družstva Měčín. Družstvo postavilo bioplynovou stanici, aby zlepšilo svoji ekonomiku. Předpokládaná životnost bioplynové stanice je 25 let a návratnost 15 let. Na obsluhu stačí jeden člověk, který ji má na starost. Celá bioplynová stanice je řízena počítačem. Ekonomika celého provozu závisí na tom, jak se urodí na poli. Čím je lepší úroda, tím se snižují finanční vstupy. Dále rozhoduje o ekonomické stránce, z jaké vzdálenosti se dováží materiál, který se okamžitě dává do bioplynové stanice nebo je naskladňován do silážního žlabu. Obsluha musí krmit jednou za 24 hodin, což velmi snižuje náklady na provoz. Všechny vstupní materiály pochází přímo z družstva, až na jeden, a tím je kejda od prasat, která se dováží z nedalekých Petrovic u Měčina (vzdálených 4 km). V Petrovicích u Měčina vlastní výkrmnu prasat Lubská Zemědělská a.s. Tato společnost pronajímá družstvu také pozemky. Pokud družstvo nespotřebuje minimálně 12% odpadního tepla, dochází ke snížení výkupní ceny elektrické energie.

Tab. č. 8 - Náklady na provoz BPS za období 1. 1. 2014 do 30. 9. 2014 (Anonymus 12)

Náklady na BPS	výše nákladů v Kč
náklady na vstupy	4 661 276
náklady na údržbu a servis	1 479 752
náklady na manipulaci	230 000
pojištění v Kč	78 994
mzdy	270 611
náklady na dopravu	559 720
spotřeba elektřiny	902 263
odpisy	3 852 076
ostatní výdaje	3 558 157
náklady celkem	15 592 849

Tab. č. 9 - Výnosy a tržby BPS od 1. 1. 2014 do 30. 9. 2014 (Anonymus 12)

Výnosy BPS	Výše výnosů v Kč
tržby za elektřinu	3 485 329
zelený bonus-elektřina	10 792 165
tržby za teplo	37 681
produkce (digestát)	22 464
produkce elektřiny	463 959
kejda (zdarma získaná)	10 182
tržby mechanizací	0
náhrady od pojišťovny	33 210
celkem	14 844 990
Hospodářský výsledek k 30.9.2014	
zisk (+), ztráta (-) celkem	- 747 859 Kč

11. Návrh opatření na zvýšení efektivity

11.1. Výběr substrátu

Mezi nejdůležitější suroviny pro bioplynovou stanici patří kukuřičná siláž. Je důležité sít energetické hybridy kukuřice, které nám zajistí vysoké výnosy suché hmoty, až 22 tun suché hmoty z hektaru. Mezi vhodné hybridy, které doporučit pro tuto bioplynovou stanici je kupříkladu Figorinio (FAO 250), který vyniká svou výškou, rostliny rovnoměrně dozrávají a jsou vhodné i do vyšších poloh s chladnějším klimatem (Anonymus 10). Nevýhodou tohoto substrátu je, že plochy oseté kukuřicí podléhají snadno erozi. Z tohoto důvodu bych doporučil pěstování čiroku súdánského, který sice nemá tak vysokou výtěžnost bioplynu jako kukuřice, ale pěstuje se v užších řádcích a tím se snižuje eroze půdy.

Během konzultace s vedoucím rostlinné výroby Vladimírem Steinerem jsem se dozvěděl, že se čirok súdánský neosvědčil ve výrobních podmínkách Zemědělského družstva Měčín. Čirok měl velmi nestabilní výnosy, kdy jeden rok dosahoval vysokých výnosů zelené hmoty z ha, až 50 t, ale další rok se výnos pohyboval okolo 20 t zelené hmoty z ha. Další jeho nevýhodou byla nižší výtěžnost metanu. Na druhé straně jednou z výhod bylo, že s kombinací žita na GPS udržoval pozemek po celý rok zelený a tím se snižovala eroze. Tato plodina má do budoucna velký potenciál z hlediska ochrany půdy před erozí, pokud se bude šlechtit pro stabilnější výnosy v podmínkách České republiky. Dále podnik využívá žito na GPS, které se používá hlavně jako krycí plodina pro víceleté pícniny. Družstvo pěstuje žito také z důvodu rovnoměrného vytížení sklizňové linky během celého roku a kvůli poměru krmné dávky pro bioplynovou stanici. Krmná dávka kukuřičné siláže a žita na GPS zaručuje velmi dobrou efektivitu tvorby bioplynu.

Další ze substrátů, které podnik využívá, je kejda prasat, což je velmi dobrá volba pro ředění substrátů. V tomto ohledu by se podnik měl zamyslet nad výstavbou odchovny prasat, kde by vytvořil nová pracovní místa, využil by kejdu z vlastních zdrojů a při tom ušetřil náklady na přepravu a nakonec by zužitkoval odpadní teplo při odchovu selat.

Mezi vhodné substráty patří hlavně travní a jetelotravní senáže. Navíc u travních porostů se nemusíme obávat eroze jako u kukuřice. Výtěžnost bioplynu u travních a jetelotravních senáží je o něco menší, než u kukuřičné siláže při srovnatelném obsahu metanu.

11.2. Optimalizace provozu

Důležité je zajistit pro bioplynovou stanici dostatek kvalitních surovin. Pro podnik je vyrobit v co nejbližší svozové vzdálenosti dostatek kvalitních surovin pro bioplynovou stanici. U různých druhů vstupních surovin je důležité, aby doprava těchto vstupů byla ekonomicky atraktivní. Je třeba zohlednit při svozu surovin také výtěžnost bioplynu, jako například u kejdy, kde je výtěžnost velmi malá, a proto se jí nevyplatí dovážet z delších vzdáleností. V tomto případě, jak jsem uvedl výše, by se podnik měl zamyslet nad výstavbou odchovny prasat s kejdovým hospodářstvím, jelikož v areálu podniku se nenachází žádná stáj s kejdovým hospodářstvím. U ostatních vstupních surovin jako jsou siláže a senáže, by podnik neměl překročit svozovou vzdálenost vyšší jak 20 km. Důležité je zajistit kvalitní skladování vstupních surovin, aby nedocházelo ke ztrátám na kvalitě. Tuto podmínku podnik vyřešil hned při výstavbě bioplynové stanice výstavbou nového silážního žlabu s dostatečnou kapacitou.

Při výrobě bioplynu se musí zohlednit výtěžnost bioplynu z jednotlivých vstupních surovin. Ve fermentoru se musí zajistit velmi stabilní prostředí a to hlavně pH a teplota. Fermentor můžeme přirovnat k bachoru. Chybná krmná dávka a nevhodné podmínky mohou vést k redukci výnosu bioplynu nebo k zastavení celého fermentačního procesu. Ke zvýšení výtěžnosti bioplynu by mohlo dojít při zastřešení koncové jímky s digestátem, kde uniká plyn do ovzduší.

Podnik chtěl navázat spolupráci s obcí tím, že měl v plánu společně vybudovat teplovod, kterým by byla vytápěna škola a obecní úřad. Obec to prozatím zamítla s tím, že se nechtěla pouštět do tak vysokých finančních investic. Plánovaný rozpočet na teplovod byl přibližně 80 milionů.

Podnik má do budoucna vizi vyrábět dodatečně elektrickou energii.

11.3. Předúprava surovin

Podnik momentálně využívá pouze mechanickou předúpravu surovin, a to kladívkový šrotovník, viz obrázek. Já osobně bych podniku doporučil při úpravě surovin dokonalé promíchání vstupních surovin v dávkovači krmné dávky, což podnik nedělá. Tím by se vytvořila směs, která by byla neustále stejná a ve fermentoru by nezpůsobovala žádné velké výkyvy.

11.4. Využití odpadního tepla

Podnik nijak významně nevyužívá odpadní teplo. Část odpadního tepla je využito k ohřívání fermentoru a dofermentoru, což činí přibližně 10%. Přes zimu se vyprodukované teplo využije k vytápění administrativní budovy v podniku, což činí asi 12 – 15%. Pokud podnik nevyužije minimálně 12% odpadního tepla, tak se snižuje výkupní cena elektrické energie, která je momentálně 4,37 Kč. Podnik při výstavbě bioplynové stanice uvažoval nad vybudováním teplovodu za spolufinancování obce, který by vytápěl školu, obecní úřad v Měčíně. Obec tento projekt zamítla z důvodu příliš vysokých nákladů a při realizování tohoto projektu by se zadlužila. Odpadní teplo bylo využíváno ve výrobně smažených bramborových lupínků, která svůj provoz ukončila k 30. 11. 2014.

Po ukončené výrobě smažených bramborových lupínků se v podniku nachází volné prostory pro skladování brambor. Volné prostory lze využít po částečné úpravě pro výkrm brojlerových kuřat, kterých je v České republice nedostatek. Brojlerová kuřata jsou velmi náročná na stálou teplotu okolo 33°C, čímž by se vytvořila spolupráce mezi bioplynovou stanicí, která by dodávala teplo pro haly s kuřaty a z vyskladněných hal by se dodávala podestýlka do bioplynové stanice.

Další možností pro podnik by mohla být výstavba stáje pro prasnice, odchov selat a výkrm prasat v areálu podniku. Při realizaci tohoto projektu by si podnik vytvořil vlastní kejdomé hospodářství je to další příležitost pro lidi získat zaměstnání. Díky této výstavbě by podnik ušetřil na dovozu a nákupu kejdy z nedalekých Petrovic u Měčina. Odchov prasat by díky bioplynové stanici mohl být ziskovější než u jiných provozů, jelikož by se využilo teplo z vlastních zdrojů a mělo by to výhody i pro bioplynovou stanici, které už jsem zmínil. Selata mají během období do odstavu špatnou termoregulaci, čímž by se při jejich odchovu dalo zužitkovat odpadní teplo

na vyhřívání stáje. Výhoda spolupráce bioplynové stanice a odchovu prasat je ta, že oba provozy využijí odpad od druhého a zároveň družstvo získá finanční prostředky z prodeje prasat a elektrické energie.

11.5. Využití digestátu

Digestát není organické hnojivo, jak se uvádí v některých publikacích, ale minerální. Minerální z toho důvodu, že se uhlík, který představuje organickou část, přeměňuje na metan. Využívat digestát přímo jako hnojivo je zahazení šance jak si vylepšit ekonomiku. Pokud budeme hnojit samotným digestátem, tak si budeme snižovat půdní úrodnost a tím i výnosy. Při hnojení digestátem bychom měli využívat i organická hnojiva, jako je například hnůj. Digestát jde rozložit na dvě složky, a to fugát a separát. Oddělení těchto složek od sebe zajišťuje poměrně malý a jednoduchý přístroj separátor. Separátor je zařízení složené z podávacího kompenzačního zásobníku, tubusu separátoru se šnekovým dopravníkem a válcovým filtrem. Zařízení ještě obsahuje jeden výstup pro tuhý materiál (separát) a jeden nebo dva výstupy pro oddělenou kapalinu (fugát), záleží na výkonnosti.

Obrázek č. 17 – Separátor (Anonymus 9)



Fugát představuje kapalnou složku, která se dá následně využít jako minerální kapalné hnojivo. Separát je tuhá složka digestátu, kterou bychom mohli využít jako podestýlku nebo hnojení.

Další možností využití separátu je míchání s rašelinou do substrátů vhodných do truhlíků nebo využitelných v zahradnictví. Touto možností by se využily volné prostory po výrobě smažených bramborových lupínků a vznikly by další pracovní místa. Poměr míchání separátu při sušině 15-25% a rašeliny je 10% separátu a zbytek rašeliny (Tlustoš, 2013).

V dnešní době je řada podniků nebo soukromých zemědělců, kteří jsou orientovaní převážně na živočišnou výrobu a luční porosty, a proto nejsou schopni plně zajistit dostatek slámy na stlaní. Tímto momentem se nám naskýtá šance jak využít separát a odpadní teplo. Při tomto řešení, když budeme mít usušený separát, ho můžeme výhodně prodat subjektům, kterým schází sláma. Při této příležitosti se separát, který představuje stabilní složku, obohatí o labilní složku, kterou tvoří výkaly. Tato kombinace už není vhodná k použití zpět do bioplynové stanice, ale nejlepší je ji vyvézt na pole jako hnojivo.

12. Závěr

Ve své bakalářské práci jsem popsal provoz a technologii bioplynové stanice Měčín. Bioplynovou stanicí jsem zdokumentoval vlastními fotografiemi při její návštěvě. Na základě zjištěných poznatků má bioplynová stanice velmi optimální provoz, který zajišťuje použitá technologie. Jedním z hlavních nedostatků bioplynové stanice je neefektivní využití vyprodukovaného odpadního tepla. Ve své práci jsem popsal možnosti využití odpadního tepla.

Při zpracování bakalářské práce jsem dospěl k závěru, že bioplynové stanice by měly být řazeny na druhé místo v zemědělských podnicích, jako je tomu například v ZD Měčín. V bioplynových stanicích by se měly zpracovávat veškeré odpady ze zemědělské činnosti. Zemědělská prvovýroba by měla zůstat do budoucna hlavní činností podniků. Důvodem je zajištění co největší soběstačnosti v zásobování potravinami České republiky.

13. Seznam použité literatury

Anonymus 1: Bioplynová stanice. *Nazeleno.cz* [online]. © 2008- [cit. 2014-10-13]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/bioplynova-stanice.dic>

Anonymus 2: Co je bioplyn?. *CZBA: Česká bioplynová asociace* [online]. © 2013- [cit. 2014-10-09]. Dostupné z: <http://www.czba.cz/bioplyn/>

Anonymus 3: Bioplyn: Bioplynové stanice. *Skupina ČEZ: Výroba elektřiny* [online]. © 2015- [cit. 2015-01-09]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/bioplyn.html>

Anonymus 4: Bioplyn: Systém výroby. In: *VP Agro* [online]. 2010 [cit. 2014-11-10]. Dostupné z: <http://www.vpagro.cz/userfiles/file/bioplyn2010.pdf>

Anonymus 5: *Průvodce výrobou a využitím bioplynu* [online]. Praha: CZ Biom - České sdružení pro biomasu, 2009 [cit. 2014-11-19]. Dostupné z: http://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/pruvodce_vyrobu_v_yuzitim_bioplynu.pdf

Anonymus 6: Jak využít bioplyn?. *Bioprofit* [online]. © 2007 [cit. 2014-12-04]. Dostupné z: http://www.bioplyn.cz/at_bioplyn.htm

Anonymus 7: Co je to bioplynová stanice?. *EnviWeb* [online]. © 2003-2012 [cit. 2014-11-19]. Dostupné z: http://www.enviweb.cz/page/co_je_to_bioplynka

Anonymus 8: [online]. [cit. 2015-04-09]. Dostupné z: <http://mapy.cz/zakladni?x=13.3332825&y=49.4087394&z=11>

Anonymus 9: Separátor digestátu Sepcom 65 m³/h pro BIOPLYN. STANICE. *Čerpadla a míchadla kejdy: Separátory kejdy a digestátu* [online]. © 2012 [cit. 2015-03-04]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-michadla.cz/cerpadla-michadla/eshop/6-1-Separatory-kejdy-a-digestatu/0/5/15-Separator-digestatu-Sepcom-65-m3-h-pro-BIOPLYN-STANICE>

Anonymus 10: Figorinio. *Zea Sedmihorky* [online]. © 2007 - 2011 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: <http://www.zea.cz/produkty/kukurice/hybridy/figorinio/>

Anonymus 11: [online]. [cit. 2015-04-09]. Dostupné z: <http://mapy.cz/zakladni?x=13.4111164&y=49.4834400&z=17&base=ophoto>

Anonymus 12: *Rozbor hospodaření za I. - III. čtvrtletí 2014, Zemědělského družstva Měčín*. Měčín, 2014.

BECHNÍK, B. Akumulace tepelné energie - fyzikální principy. *TZB-info* [online]. 2003-05-14 [cit. 2014-11-26]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1482-akumulace-tepelne-energie-fyzikalni-principy>

Cenek, M. *Obnovitelné zdroje energie*. 2., uprav. a dopl. vyd. Praha: FCC PUBLIC, 2001, 208 s. ISBN 8090198589

DOHÁNYOS, M. Zvyšování efektivity fermentace - nejnovější poznatky ve výzkumu a praxi. *Biom.cz* [online]. 2009-02-25 [cit. 2014-12-02]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zvysovani-efektivita-fermentace-nejnovejsi-poznatky-ve-vyzkumu-a-praxi>. ISSN: 1801-2655.

DOHÁNYOS, M. Závislost výtěžku metanu na složení a předúpravě suroviny. *CZBA: Česká bioplynová asociace* [online]. © 2013 [cit. 2014-12-02]. Dostupné z: <http://www.czba.cz/zavislost-vytezku-metanu-na-slozeni-a-preduprave-suroviny.html>

HRUŠŤÁK, D. Energeticko ekonomické srovnání metod intenzifikace bioplynu. In: *Fakulta strojní ČVUT Praha* [online]. 2010 [cit. 2015-03-03]. Dostupné z: <http://chps.fsid.cvut.cz/pt2010/pdf/HrustakDavid.pdf>

CHOBOTOVÁ, M. a K. PROKEŠ. Čírok, plodina s budoucností. *Farmář* [online]. 2013, č. 2, s. 24-26 [cit. 2014-11-10]. Dostupné z: <http://profipress.cz/archiv/farmar-22013/#page/24>

KAZDA, R. Projekt bioplynové stanice. In: *Energie z biomasy X: [Brno, 25. a 26. listopadu 2010]: sborník příspěvků ze semináře*. 1. vyd. Brno: VUT FSI, 2009. ISBN 978-80-214-4027-2. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/projekt-bioplynovy-stanice>

KÁRA, J. a kol. *Výroba a využití bioplynu v zemědělství*. Vyd. 1. Praha: VÚZT, 2007, 120 s. ISBN 978-80-86884-28-8.

KROUPA, J. Bioplyn stabilizuje ekonomiku. *Energie 21* [online]. 2012-08-18 [cit. 2015-02-23]. Dostupné z: <http://energie21.cz/bioplyn-stabilizuje-ekonomiku/>

KUŽEL, S. Jak efektivně využít digestát?. *Energie 21* [online]. 2010-06-25 [cit. 2014-11-19]. Dostupné z: <http://energie21.cz/jak-efektivne-vyuzit-digestat/>

MUŽÍK, O. a Z. ABRHAM. Využití a ekonomika bioplynových stanic v zemědělském podniku. In: *Výzkumný ústav zemědělské techniky* [online]. 2006 [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: http://svt.pi.gin.cz/vuztweb/doc/ekonomika/BP_kejda_PDF.pdf?menuid=482

PETŘÍKOVÁ, V. Plodiny pro zemědělské bioplynové stanice. *Biom.cz* [online]. 2012-02-27 [cit. 2014-10-13]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/plodiny-pro-zemedelske-bioplynove-stanice>>. ISSN: 1801-2655.

RUTZ, D. a kol. *Udržitelné využívání tepla z bioplynových stanic: příručka* [online]. Mnichov, Německo: WIP Renewable Energies, 2012 [cit. 2014-11-25]. Dostupné z: <http://www.biogasheat.org/wp-content/uploads/2013/03/BiogasHeat-Handbook-CZ.pdf>

STRAKA, F. *Bioplyn: příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů*. 1. vyd. Říčany: GAS, 2003, 517 s. ISBN 80-7328-029-9.

STRAKA, F., DOUCHA, J. Nové možnosti energetického využití bioplynu. *Biom.cz* [online]. 2011-07-11 [cit. 2014-12-04]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nove-moznosti-energetickeho-vyuziti-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655.

STOBER, K. Bioplynové stanice a chlévská mrva. *Zemědělec* [online]. 2009, č. 22, s. 32 [cit. 2014-11-11]. Dostupné z: <http://www.bgs-biogas.cz/wordpress/wp-content/uploads/2012/02/BPS-a-chlevska-mrva.pdf>

TLUSTOŠ, Pavel. *Využití pevné složky digestátu pro přípravu pěstebních substrátů: certifikovaná metodika*. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2013, 20 s. ISBN 978-80-213-2430-5.

TRNAVSKÝ, J. O efektivním provozu BPS rozhoduje i použitý substrát. *Energie 21* [online]. 2014-02-28 [cit. 2014-11-03]. Dostupné z: <http://energie21.cz/o-efektivnim-provozu-bps-rozhoduje-i-pouzity-substrat/>

TVRZNÍK, P., L. ZEMAN a M. HAITL. Bioplynové stanice z pohledu výživy zvířat. In: *Výzkumný ústav živočišné výroby*[online]. Praha, 2013 [cit. 2014-12-02]. Dostupné z: http://www.vuzv.cz/sites/File/vybor/Studie_Zeman_bioplynky_na_web.pdf

VÁŇA, J. Využití digestátů jako organického hnojiva. *Biom.cz* [online]. 2007-04-25 [cit. 2014-04-01]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-digestatu-jako-organickeho-hnojiva>>. ISSN: 1801-2655.

VÁŇA, J. Využití digestátů jako organického hnojiva. *Biom.cz* [online]. 2007-04-25 [cit. 2015-03-03]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-digestatu-jako-organickeho-hnojiva>>. ISSN: 1801-2655.

Přílohy

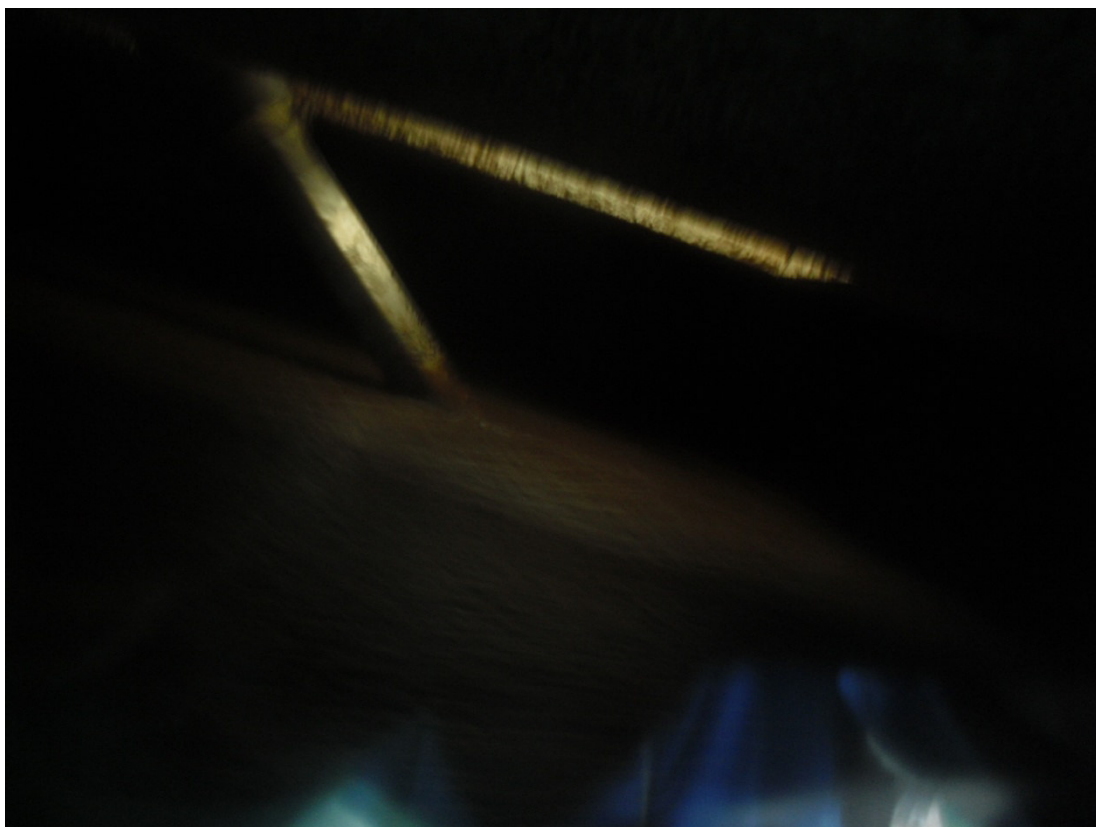
Obrázek č. 1 – Kukuřičná siláž (Zdroj: autor)



Obrázek č. 2 – Váha na dávkovači substrátu (Zdroj: autor)



Obrázek č. 3 – Fermentovaný materiál ve fermentoru (Zdroj: autor)



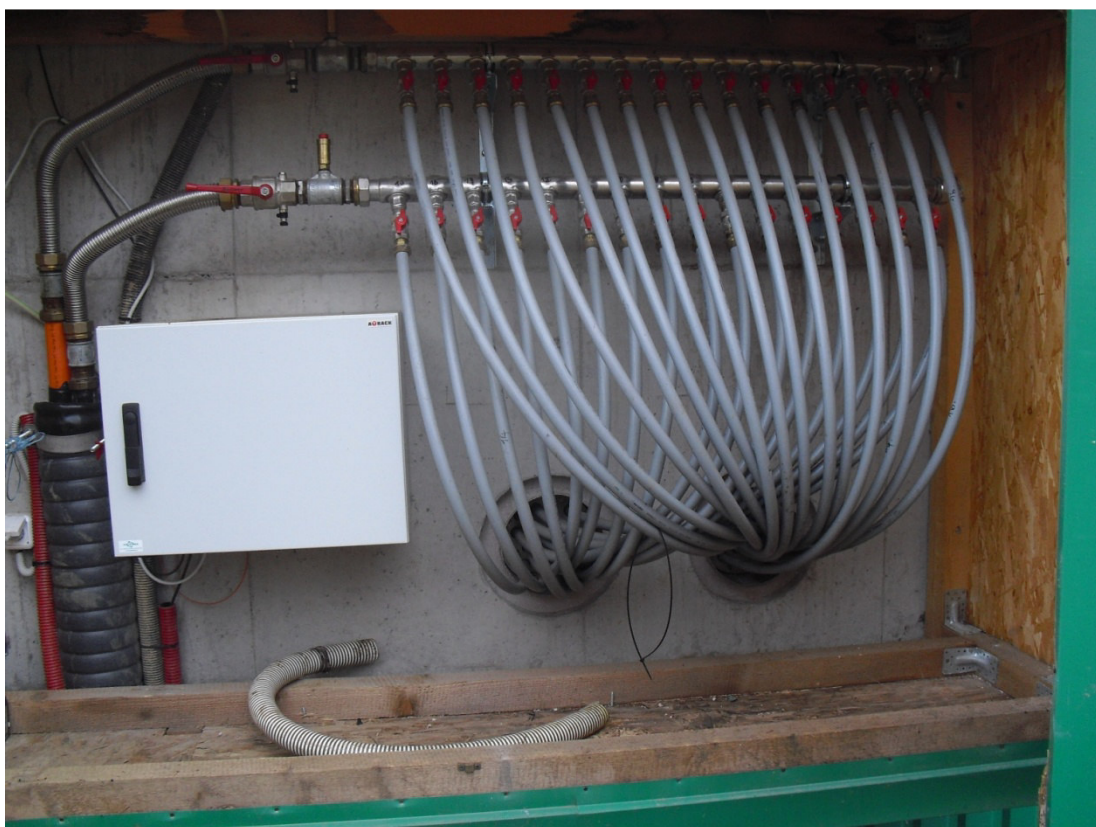
Obrázek č. 4 – Míchadla (Zdroj: autor)



Obrázek č. 5 – Odtok vyhořelého paliva do koncové jímky (Zdroj: autor)



Obrázek č. 6 – Rozvod tepla ve fermentoru (Zdroj: autor)



Obrázek č. 7 – Vývěva, která přivádí plyn z plynojemu ke kogenerační jednotce (Zdroj: autor)



Obrázek č. 8 – Kogenerační jednotka (Zdroj: autor)



Obrázek č. 9 – Svíčka do kogenerační jednotky (Zdroj: autor)



Obrázek č. 10 – Strojovna s počítačem, který ovládá kogenerační jednotku (Zdroj: autor)



Obrázek č. 11 – Budova, kde se nachází řídicí centrum BPS a kogenerační jednotka (Zdroj: autor)



Obrázek č. 12 – Letecký pohled na prostor před vybudováním bioplynové stanice (Anonymus 11)

