

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Návrh opatření ke zvýšení efektivity bioplynové stanice "Koloměřice"

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: 4101R018 Zemědělství

Katedra: Aplikovaných rostlinných biotechnologií

Autor:

Pavel Červenka

Vedoucí bakalářské práce:

Prof. Ing. Stanislav Kužel, CSc.

České Budějovice

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení: Pavel Červenka

Studijní program: **B4131 Zemědělství**

Studijní obor: **4101R018 Zemědělství**

Název tématu: Návrh opatření ke zvýšení efektivity bioplynové stanice „Koloměřice“

Zásady pro vypracování:

(v zásadách pro vypracování uveďte cíl práce a metodický postup)

Cílem práce je plné využití kapacitních možností a maximální efektivity (BPS) „Koloměřice“ optimálním využitím stávající technologie, 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. 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 efektivita bioplynové stanice „Koloměřice“. Bakalářskou práci dle Opatření děkana č. 13 ze dne 18.12. 2009.

Rozsah grafických prací: tabulky, grafy, obrázky dle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: 40-60 stran

Forma zpracování diplomové 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 s.; Kára a kol. (2007): Výroba a využití bioplynu v zemědělství. MZE, 119 s.; Dohányos M. (2009): Zvyšování efektivita fermentace. Nejnovější poznatky ve výzkumu a praxi. Biom.cz [online]. 2009-02-25 [cit. 2012-10-23]. Dostupné y WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zvysovani-efektivita-fermentace-nejnovejsi-poznatky-ve-vyzkumu-a-praxi>> ISSN: 1801-2655.; Hrůza R., Stober K. (2009): Co ovlivňuje efektivita provozu bioplynové stanice. Biom.cz [online]. 2009-04-01 [cit. 2012-10-23]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/co-ovlivnuje-efektivita-provozu-bioplynovy-stanice>>. ISSN: 1801-2655.; Maroušek J. (2012): 23]. Dezintegrace lignocelulózy pro bioplynové stanice. *Biom.cz* [online]. 2012-08-20 [cit. 2012-10-23]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/produkcii-bioplynu-lze-zvysit-dezintegraci-vstupni-fytomasy>>. ISSN: 1801-2655.; Hrdinová J.:Vliv biologické předúpravy lignocelulosových substrátů na produkci bioplynu. *Biom.cz* [online]. 2011-11-16 [cit. 2012-10-23]. Dost. z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vliv-biologicke-predupravy-lignocelulosovych-substratu-na-produkcii-bioplynu>>.; 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, 200, 1084–1094.

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že je 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:

Chtěl bych upřímně poděkovat panu Prof. Ing. Stanislavu Kuželovi, CSc., za cenné rady, odbornou pomoc, a vedení při zpracování mé bakalářské práce. A dále své kamarádce za její pomoc s gramatikou.

ABSTRAKT:

V mé bakalářské práci se pokusím přiblížit téma významu a provozu bioplynových stanic. Teoretická část je zaměřena na veškerý provoz bioplynových stanic, od jejich rozdělení, přes možné vstupy, výstupy a jejich procesy,

Cílem praktické části této práce bylo popsat BPS Koloměřice vyhotovit zpracování vedlejších produktů a vybrat návrhy pro zvýšení efektivity bioplynové stanice Koloměřice.

Klíčová slova:

digestát, bioplyn, bioplynová stanice, anaerobní fermentace, digesce.

Abstract

In my bachelor thesis I will try to introduce the topic of importance and operation of biogas plants. The theoretical part focuses on the entire operation of biogas plants, types of biogas plants, the inputs and outputs and processes.

The goal of the practical part was to describe the biogas plant in Koloměřice, make out the processing of by-products and select suggestions for increasing the efficiency of biogas plant in Koloměřice.

Keywords:

digestate, biogas, biogas plant, anaerobic fermentation, digestion.

Obsah

ÚVOD:.....	11
Bioplynová stanice.....	12
Provoz bioplynové stanice	13
HISTORIE BPS V ČR:	13
ROZDĚLENÍ BPS:	14
Bioplynové stanice zemědělské:	15
Průmyslová bioplynová stanice	16
Bioplynové stanice odpadové (komunální).....	16
Bioplyn:	18
Možnost získání bioplynu dle sušiny:	18
„Suchá“ anaerobní fermentace:.....	18
Možné druhy zpracovávaných odpadů:	19
Nedostatky suché fermentace.....	20
„Mokrú“ anaerobní fermentace.....	20
Výhody mokré technologie:.....	21
Nevýhody mokré technologie	21
Vznik bioplynu:	22
Hydrolyza.....	22
Acidogeneze (Okyselení).....	22
Acetogeneze (Vznik kyseliny octové)	22
Methanogeneze (Vznik metanu)	22
Členění z hlediska reakčních teplot	23
Mezofilní vs termofilní	23
Digestát:	23
Jak efektivně využít digestát:	24

Využití digestátu jako organického hnojiva:	25
Digestáty ze z bioplynování rostlinné biomasy	25
Digestáty ze z bioplynování zvířecích fekálií	26
Vlivy na efektivitu BPS:	26
Hlavní vlivy:	27
Výkupní cena elektrické energie:.....	27
Cena vstupní suroviny:	28
Kvalita technologie:	29
Průběh fermentačního procesu:.....	29
Vedlejší přínosy:	30
Popis BPS Koloměřice.....	31
Konstrukční vlastnosti:	31
Dávkovací zařízení:	32
Fermentor:.....	32
Dofermentor:.....	33
Sklad kvasných zbytků:	33
Míchací technologie:.....	33
Rychloběžné ponorné míchadlo s elektromotorem:.....	33
Vytápěcí technologie:	33
Odsiřovací technologie:	34
Přeměna bioplynu:	35
Kogenerační jednotka:	35
Životnost, generální opravy a údržba motoru	35
Využití tepla:.....	36
Vstupní suroviny:	37
Kukuřičná siláž	37
Trvale travní porost:.....	38

Kejda skotu:	39
Využití digestátu:	39
Možnosti zvýšení efektivity BPS:.....	40
Vliv chemického složení substrátu na výtěžnost metanu.....	41
Úprava a uskladnění suroviny	42
Mechanické metody	43
Chemické metody	43
Fyzikální metody	43
Biotechnologické metody	43
Využití tepla k sušení:.....	44
Sušení produktů rostlinné výroby	44
Vytápění skleníků a využití produkovaného CO ₂	45
Sušení digestátu za účelem výroby biopaliv	45
Závěr zkoušky:.....	47
Bioplyn pro pohon motorových vozidel	47
Prodej biometanu v Irsku	48
Dezintegrace lignocelulózy pro bioplynové stanice	48
Vliv biologické předúpravy lignocelulosových substrátů na produkci bioplynu.....	50
Testované substráty.....	50
Aerobní předúprava	51
Anaerobní fáze	51
Výsledky	51
Diskuze:	52
Závěr:	54
Použitá literatura:	56

ÚVOD:

V posledních letech je zaznamenáván značný rozvoj bioplynových stanic. Každý, kdo se rozhoduje zda postavit bioplynovou stanici na své farmě by si měl položit několik otázek, které jsou rozhodujícím faktorem pro provoz BPS. Rozhodující faktor je velikost živočišné a rostlinné výroby, zda provozovatel bude mít možnost provozovat BPS z hlediska vstupů.

Prakticky všechny organické odpady mohou být zpracovány v BPS. Ať už jde o kejdu a hnůj z chovu skotu či prasat, kukuřičnou siláž nebo jiné rostlinné produkty s vyšší vlhkostí. Používá se princip kofermentace. Jde o zpracování různých vstupních materiálů v jednom zařízení. Díky správné kombinaci substrátů můžeme docílit lepší proces výroby bioplynu a to jak kvalitou, tak množstvím.

Provoz stanice je zajišťován bez přístupu vzduchu v uzavřeném prostoru. Bioplyn ve většině bioplynových stanicích je využíván k výrobě elektrické energie a tepla. Samotná stanice spotřebuje pro vlastní provoz přibližně jednu třetinu své vyprodukované elektrické energie, a proto může být prospěšná pro okolní obyvatele, pro svou možnost vytápění školního objektu nebo dodávání elektrické energie do místní sítě.

TEORETICKÁ ČÁST

Bioplynová stanice

Bioplynová stanice je technologické zařízení, které zpracovává biomasu (organické materiály) v reaktorech prostřednictvím řízeného procesu anaerobní digesce (proces, při kterém mikroorganismy rozkládají organický materiál bez přístupu vzduchu). Řízená anaerobní digesce je z ekologického hlediska výhodný způsob využití biomasy, resp. organického odpadu a energetických plodin.

Bioplyn je produktem anaerobní digesce, dále také tzv. digestát (tuhý zbytek po vyhnutí). Bioplyn má výhřevnost v intervalu 18 – 26 MJ/m³, jeho výhřevnost je závislá na obsahu metanu (55 – 70 %). Digestát může sloužit jako kvalitní hnojivo. Bioplyn vyrobený v bioplynové stanici se spaluje v tzv. kogenerační jednotce pro výrobu elektřiny a tepla. Aktuálně k 31. 7. 2013 je v České republice v provozu celkem 487 bioplynových stanic, z čehož je 317 zemědělských, 7 komunálních, 11 průmyslových, 55 na skládkách a 97 bioplynových stanic je provozováno v rámci čistíček odpadních vod. (pro srov. 2008 – cca 20 stanic).

BPS a výroba bioplynu obecně má řadu pozitivních a celospolečenských přínosů. Bioplyn je podle zákona č. 180/2005 Sb. hodnocen jako obnovitelný zdroj energie a elektrická a tepelná energie z něj vyrobená je tedy ekologicky šetrná. Hlavní přínosy lze shrnout následovně:

- z hlediska obnovitelných zdrojů má ČR právě v bioplynu jeden z největších a navíc rychle mobilizovatelných potenciálů
- jeho uplatnění může nejen významně pomoci při plnění závazku ČR vůči EU v oblasti obnovitelných zdrojů, ale také může přispět ke snížení závislosti ČR na fosilních palivech a na jejich dovozu z nestabilních zemí
- pro obce a města jsou BPS ve vhodných lokalitách efektivním způsobem řešení zpracování bioodpadů a jejich aktivního odklonu ze skládek v souladu s požadavky legislativy

- pro venkov jsou BPS jednou z možností, jak zajistit jeho rozvoj a podporu zaměstnanosti. Zemědělcům nabízejí reálnou alternativu pro smysluplné využití zemědělské půdy a novou podnikatelskou příležitost.

BPS umožňují realizaci přirozeného koloběhu živin v půdě a náhradu umělých hnojiv. Výsledkem řádného fermentačního procesu je stabilizovat digestát, který může mít široké uplatnění, zejména jako organické hnojivo. (BAČÍK, 2008)

Provoz bioplynové stanice

V bioplynové stanici se biomasa zahřívá na provozní teplotu ve vzduchotěsném reaktoru - fermentoru, kde zůstává pevně stanovenou dobu. Optimální teplota pro anaerobní digesci je vázána na různé kmeny bakterií. Bioplyn vznikající ve fermentoru je odváděn do zásobníku a upravován pro další využití – spalování, při kterém je výslednou energií v případě kogeneračního zařízení teplo i elektřina.

Proces anaerobní digescce vyžaduje zajištění vhodných životních podmínek pro mikroorganismy. Základním předpokladem je anaerobní prostředí (bez přístupu vzduchu) s dostatečnou vlhkostí (minimálně 50 %), optimální hodnota pH (6,5 – 7,5) a výše zmíněná stálá teplota. Spolehlivá a ověřená technologie zajistí bezproblémový provoz bioplynové stanice. (ANONYMUS 1, 2008)

Historie BPS v ČR:

Důležitým mezníkem v historii výroby bioplynu v České republice bylo vydání zákona č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů). Podpora výroby bioplynu jak na zemědělských bioplynových stanicích, tak čistírnách odpadních vod a skládkách je tedy zakotvena v legislativě České republiky. Vzhledem k tomu, že kalový bioplyn je vázán na čistírny odpadních vod, k největšímu rozvoji došlo v oblasti zemědělských bioplynových stanic a využití skládkového plynu.

Na počátku roku 2007 začaly vznikat první „klasické“ zemědělské bioplynové stanice. Přívlastkem „klasické“ jsou myšleny takové, na kterých jsou spolu s

vedlejšími produkty živočišné výroby zpracovávány ještě cílené pěstované energetické plodiny. Od té doby dochází k rychlému rozvoji zemědělských bioplynových stanic. V letech 2008 a 2009 jich každým rokem přibylo asi 40. V lednu 2010 bylo v České republice 91 zemědělských bioplynových stanic, které využívaly bioplyn v kombinované výrobě elektřiny a tepla s celkovým výkonem 54 MW. Na konci roku 2009 začínaly převažovat bioplynové stanice zpracovávající pouze energetické plodiny. Tento nový trend byl primárně založen na nízkých ekonomických výstupech živočišné výroby, které se již řadu let odráží v poklesu množství chovaných užitkových zvířat v České republice. Výroba kalového plynu je technicky vázána k čistírnám odpadních vod. Zákon č. 180/2005 Sb. měl vliv na využívání kalového plynu a podpořil využívání anaerobní stabilizace na ČOV. Poté, co nabyl účinnosti, došlo především k optimalizaci procesu využívání kalového plynu. Kombinovaná výroba energie a tepla dostala přednost před pouze tepelným využitím. Na konci ledna 2010 bylo v České republice 57 ČOV s KVET z kalového plynu a celkový instalovaný výkon dosahoval 18 MW. (ŠTAMBASKÝ, 2012)

V České republice je většina komunálního odpadu ukládána na skládkách, protože téměř nedochází k separaci biologicky rozložitelné frakce. Na skládkách se hromadí velké množství organického materiálu, který podléhá samovolnému rozkladu. Hlavním důvodem odplynění skládek je snížení emisí metanu do ovzduší. Jímání a využívání skládkového plynu rychle dosáhlo hranice svých možností. Většina velkých skládek je touto technologií vybavena, ty menší také pomalu naplňují limity trhu. Veškerý skládkový plyn je využíván v KVET. V současnosti je v České republice tato technologie využívána na 63 skládkách komunálního odpadu a celkový instalovaný výkon dosahuje 23 MW. (ŠTAMBASKÝ, 2012)

ROZDĚLENÍ BPS:

Podle toho, jakou biomasu bioplynová stanice zpracovává, rozlišujeme tři typy stanic: zemědělské, průmyslové a komunální. Zemědělská BPS zpracovává vstupy ze zemědělské prvovýroby (statková hnojiva a energetické plodiny). Kofermentační bioplynová stanice v jednom zařízení zužitkovává různé materiály (často rizikové vstupy – kaly z čistíček odpadních vod, krev z jatek atd.). Vhodná kombinace

materiálů má pak vliv na kvalitu bioplynu. Komunální bioplynová stanice zpracovává komunální bioodpady, včetně odpadů z domácností.

Na našem území převažují bioplynové stanice zemědělské, ostatní typy jsou zatím zastoupeny sporadicky. Velké zkušenosti s komunálními bioplynovými stanicemi má např. sousední Německo. Rozvoji komunálních stanic v ČR brání nedostatky ve zpracování komunálního odpadu. (ANONYMUS 1, 2008)

Bioplynové stanice zemědělské:

Zemědělské bioplynové stanice jsou nejpočetnější u nás. Vstupy tvoří statková hnojiva (keřda, hnůj) a energetické plodiny (např. kukuřice). Jejich výstavba nejčastěji probíhá přímo v areálech zemědělských provozů, a protože jde o koncepčně jednodušší zařízení, než je tomu u ostatních bioplynových stanic, uvedení do činnosti není problematické. Mezi technologicky komplikovanější kroky zemědělských stanic patří míchání ve fermentorech, kdy může dojít k vytvoření vrstvy (krusty), která brání prostorově funkci fermentoru, může ucpávat potrubí a narušovat proces vyhnívání. Její odstraňování je složité.

Pro výstavbu kvalitní zemědělské stanice bylo na žádost Ministerstva zemědělství ČR zpracováno Českým sdružením pro biomasu (CZ Biom) Desatero přípravy bioplynových stanic, které obsahuje zásady pro zprovoznění kvalitního zařízení:

1. precizní příprava projektů
2. dostatek kvalitních surovin
3. výtěžnost bioplynu
4. spolupráce s místní samosprávou
5. spolehlivá a ověřená technologie
6. optimalizace investičních nákladů
7. volba kogenerační jednotky
8. využití odpadního tepla

9. nakládání s digestátem

10. další možnosti využití

(ANONIMUS 1, 2008)

Výhody:

- relativně levné technologie
- více dodavatelů = konkurenční prostředí na trhu technologií i surovin
- relativně jednoduchý povoloovací proces
- v Evropě funguje tisíce instalací – vyzkoušený provoz
- uplatnění pro dosud nevyužitou biomasu – luční tráva, zbytky z údržby zeleně
- možnost využít digestát na vlastních pozemcích či poskytnout spolupracujícím zemědělcům

Nevýhody:

- zvýšená doprava v obci vlivem návozu surovin a odvozu digestátu (neplatí vždy, záleží na současném využití zemědělských produktů a s tím souvisejících dopravních trasách)
- kolísající ceny vstupu (siláž)
- nutno nakupovat vsázku
- závislost na dodávkách od zemědělců – nutná úzká kooperace
- často není odbyt pro vyrobené teplo

Průmyslová bioplynová stanice

Průmyslové bioplynové stanice zpracovávají ve fermentoru výlučně rizikové vstupy. Mezi rizikové vstupy patří zejména jateční odpady, kaly z různých provozů (např. čističek odpadních vod) a podobně. Důraz je kladen na větší nároky technologii a na splnění všech provozních podmínek. Zejména dodržování hygienických pravidel minimalizuje riziko vyplývající ze vstupů.

(ANONYM 1, 2008)

Bioplynové stanice odpadové (komunální)

Komunální bioplynové stanice zpracovávají komunální bioodpady. Komunální odpad zahrnuje odpad z údržby zeleně, vytríděné bioodpady z domácností

a stravovacích provozů. Komunální stanice mají technologicky náročnější průběh zpracování vstupů. Problematická je především příjmová část technologie. Odpad zapáchá, a tak je nutné, aby byla pachová zátěž okolí minimalizována. K tomu mohou přispět uzavíratelné haly s odtahem a čištěním vzduchu.

Ve snaze ušetřit investiční náklady často dochází k nedodržení technologických postupů a okolí bioplynové stanice je zatíženo nepřiměřeným zápachem z odpadů. Přestože náklady na komunální stanici jsou oproti zemědělské stanici přibližně dvojnásobné, šetření se nevyplatí a nápravná opatření náklady dodatečně ještě zvýší.

Výhody:

- stanice má příjem nejen z prodeje energií, ale i za zpracování bioodpadu
- cena za zpracování bioodpadu nadále poroste s tím, jak se bude zdražovat skládkovné
- moderní odpadové bioplynové stanice mají vyspělé automatizované technologie, které eliminují negativní vlivy na své okolí
- s dotacemi má investice zajímavou ziskovost s dobou návratnosti okolo 5 až 7 let
- Odpadají náklady na cíleně pěstovanou biomasu (kukuřičnou siláž)

Nevýhody:

- složitější povolovací proces - lidé často nejsou takovým projektům nakloněni, což povolovací proces komplikuje. Politická reprezentace toho využívá a často na boji proti bioplynovým stanicím sbírají politické body
- investiční náklady jsou vysoké
- získání vstupních surovin – neexistuje trh s bioodpadem

(ANONIMUS 2, 2008)

Bioplyn:

Je plyn, který vzniká mikrobiálním rozkladem organické hmoty bez přístupu vzduchu. Hlavní složkou je metan CH₄ (cca 55-70%) a oxid uhličitý CO₂ (cca 30-40%). V závislosti na obsahu metanu může mít bioplyn výhřevnost v rozmezí 19,6 až 25,1 MJ*m⁻³. Záleží na volbě základního substrátu. Nejnižší výhřevnost má zpracování kejdy skotu, kde se hodnoty pohybují mezi 19,6 až 22 MJ*m⁻³, následuje bioplyn z fermentace kejdy prasat 22 až 23 MJ*m⁻³. Abychom získali optimalizovaný poměr C:N a tím i zvýšili výtěžnost CH₄, můžeme například přidat travní fytomasu k prasečí kejdě (s vysokým obsahem dusíkatých látek a nízkou sušinou). Bioplyn je řazen do obnovitelných zdrojů energie. Hlavní složkou, která nás u substrátů zajímá, je sušina. Sušina obsahuje organické látky, které jsou bakteriemi rozložitelné a popeloviny, což jsou anorganické a biologicky nerozložitelné látky, které nazýváme digestátem. Digestát má vždy různé složení a to v závislosti na vstupním substrátu. Základem pro výpočet je obsah dusíku, podle kterého stanovíme dávku digestátu na hektar. Jelikož se dusík z digestátu uvolňuje velice rychle, je nutné jej zapravit do půdy do 24 hodin. Je to dáno především díky poměru C:N, který je u digestátu do 10:1, zatímco například u hnoje je to už 25:1 a u slámy dokonce 100:1. Organické látky v něm obsažené jsou v půdě pouze těžko rozložitelné.

Možnost získání bioplynu dle sušiny:

- Mokrý fermentace (obsah sušiny max. 12 %)
- Suchá fermentace (obsah sušiny 20 % až 60 %)

„Suchá“ anaerobní fermentace:

Začínají se objevovat projekty bioplynových stanic pracující na principu „suché“ fermentace, tzn. Garážové fermentory, kde je zpracovávána biomasa s vysokým obsahem sušiny, která se do fermentoru naváží v sypkém stavu nakladačem. Základní principem „suché“ je anaerobní rozklad biologicky rozložitelných materiálů biomasa – cíleně pěstované zemědělské plodiny a produkty jejich zpracování, hnůž z živočišné výroby, travní zeleň, BRO) na bioplyn a jeho přeměna na elektrickou

energii a teplo. Na konci procesu zůstává pevný zbytek (fermentát) a tekutý zbytek (perkolát), přičemž oba je možné aplikovat na zemědělské pozemky.

Možné druhy zpracovávaných odpadů:

- tráva z veřejných prostranství
- odpad ze zahrad
- listí a štěpka (v omezené míře)
- biologicky rozložitelný odpad z tříděného sběru
- prošlé ovoce a zelenina
- vedlejší produkty ze zpracování ovoce nebo zeleniny
- odpad ze supermarketů – prošlé potraviny
- prošlé pečivo
- odpady ze zemědělské výroby
- další odpady z potravinářské výroby
- kuchyňské odpady, tuky (v omezené míře) (POSPÍŠIL, 2010)

Výhody suché fermentace

- biomasu není nutné před vložením do fermentoru ničím ředit, rozmělnovat, třídít nebo jinak upravovat, též je možné bez problému zpracovávat materiál s delší řezankou, jako je tráva, travní senáže, slamnatý hnůj
- technologie je vhodná pro biomasu s vyšším obsahem sušiny (25% a více)
- biomasa se ve fermentoru nemíchá ani do něj nečerpá, což znamená nižší požadavky na technologii a elektrickou energii
- Jednodušší modernizace a rozšíření kapacity stanice. Po ukončení kvasného procesu není nutné fugát nijak odstřeďovat, zůstává na jedné straně kapalná složka (perkolát) a na straně druhé pevná složka (fermentát)
- V případě navedení nevhodného kontaminovaného materiálu, jako například biomasa s pozůstatky antibiotik, které se mohou objevit v některé ze složek biologicky rozložitelném odpadu, není ohrožena produkce celé stanice. Vyveze se pouze jeden kontaminovaný fermentor a následně se naplní čerstvou biomasou a biomasou částečně fermentovanou (s přídatkem kejdy) z jiného fermentoru. Chod fermentoru se opět nastartuje a sníží se tím případné provozní ztráty

- nižší poruchovost stanice – nemá míchací zařízení, biomasa se naváží dovnitř kolovým nakladačem, nikoliv čerpadly
- plnění fermentoru probíhá pouze jednou až dvakrát do týdne - nižší požadavky na obsluhu

Nedostatky suché fermentace

Malé množství suchých fermentorů v ČR a relativně malý počet těchto stanic v zahraničí. Tím je i malé množství referencí k osvětě

- investiční náklady spojené s využitím této technologie na výstavbu bioplynové stanice jsou cca o 10 - 15% vyšší
 - nelze zpracovávat větší množství tekutých materiálů (kejda, kaly z ČOV)
 - technologie nevhodná pro materiály z potravinářského zpracovatelského průmyslu (odpady z jatek, mlékárenské výroby atd.)
 - nutno osadit minimálně 4 fermentory - nerovnoměrná produkce bioplynu
 - nároky na řízení procesu jsou vyšší
 - proces lze efektivně řídit pouze vhodným stanovením struktury obsahu biomasy na počátku každého cyklu (struktura, předpokládaná délka zdržení). Možnosti zasahování do procesu v průběhu cyklu jsou pak již velmi
- (POKORNÁ a kol., 2009)

„Mokrý“ anaerobní fermentace

Anaerobní digesce (fermentace) je biodegradační proces. Při něm je organická hmota rozkládána mikroorganismy za nepřístupu vzduchu v reaktorech, za optimálně řízených podmínek (např. obsah sušiny, reakční teplota, pH). Hlavním produktem této přeměny je energeticky využitelný bioplyn (obsahující okolo 55 – 70 % metanu) na straně jedné a na straně druhé kvalitní hnojivo – kompost. Proces anaerobní digesce je nejčastěji využíván v bioplynových stanicích.

Anaerobní digescí je výrazně redukována přirozená pachová zátěž z rozkladu organické hmoty obsažené ve zpracovávaných odpadech. Proces totiž probíhá v plynotěsném reaktoru a není doprovázen žádnými dalšími emisemi nežádoucích chemických komponentů.

Výsledným produktem anaerobní fermentace je digestát a energeticky využitelný bioplyn.

Jistou nevýhodou ve srovnání s aerobní fermentací je vyšší investiční náročnost technologie a vyšší provozní náklady. Tato zdánlivá nevýhoda je však více než kompenzována energetickým přínosem bioplynu (výroba a prodej elektřiny, tepla a pohon dopravních prostředků).

(HŘEBÍČEK a kol., 2006)

Výhody mokré technologie:

- mokré technologie mají širší širokospektrální uplatnění z hlediska využívání substrátu
- technologie jsou rozšířenější
- technicky propracovanější s různorodou nabídkou zařízení
- jsou dobře provozně prověřené
- bohatší technologická výbava a příslušenství (např. míchadla, čerpadla, drtiče, separace)

Nevýhody mokré technologie

- zvyšují provozní náklady (spotřeba elektřiny, servis a údržba)
- zvýšená četnost poruch
- zvýšené investiční nároky na technologii (míchače, drtiče, čerpadla)
- v případě závozu kontaminovaného substrátu je znehodnocena celá výroba stanice
- v případě zvyšování kapacity produkce stanice jsou nároky na investice skoro jako u výstavby nové stanice
- nelze zpracovávat hodně suché substráty na bázi pilinové podestýlky - tvoří krusty a ucpávají čerpadla

(POKORNÁ a kol., 2009)

Vznik bioplynu:

Hydrolyza

Substrát, který se vkládá do zařízení na výrobu bioplynu, je ve formě vysokomolekulárních nerozpuštěných sloučenin, jež se v procesu hydrolyzy rozloží na jednotlivé elementy, které jsou pak rozloženy bakteriemi, uhlohydráty, proteiny a tuky na nízkomolekulární sloučeniny – uhlohydráty na jednoduché cukry, proteiny na aminokyseliny a tuky na mastné kyseliny působením hydrolytických bakterií. Hydrolyza je krokem určujícím rychlost výroby bioplynu. Pomalý rozklad je příčinou dalšího pomalého procesu, proto je nutno používat substráty dobře hydrolyzovatelné.

Acidogeneze (Okyselení)

Produkty hydrolyzy se dále v tomto procesu rozkládají v této další fázi. Bakterie přijímají do vnitřku buněk vzniklé nízkomolekulární sloučeniny, dochází tak k dalšímu rozkladu, hlavně na kyseliny propionovou, máselnou, valerovou a mléčnou. Dále pak vznikají alkoholy, aldehydy, kyselina octová a mravenčí, vodík a oxid uhličitý. Při této přeměně spotřebovávají bakterie zbývající kyslík a vytváří tak anaerobní prostředí pro vznik metanu. V této fázi se může odehrát i přeměna kyseliny octové přímo na metan metanotvornými bakteriemi (WARD, 2008)

Acetogeneze (Vznik kyseliny octové)

Látky, které vznikly při acidogenezi se dále přeměňují na kyselinu octovou, vodík a oxid uhličitý. Vstupními látkami pro tento proces jsou kyselina propionová, valerová, mléčná a mravenčí, které vznikly v předchozím procesu.

Metanogeneze (Vznik metanu)

Tento proces je posledním krokem k výrobě bioplynu. Metan se tvoří pomocí příslušných bakterií, bez přístupu vzduchu – anaerobně, jeho přítomnost by inhibovala nebo zničila metanogenní bakterie, které jsou schopny měnit oxid uhličitý, některé umí přeměnit vodík, ale jen málokteré přeměňují kyselinu octovou. Až 70 % vytvořeného metanu vzniká využitím kyseliny octové, vyvinuté v acetogenní fázi a 30 % vzniká metanizací oxidu uhličitého a vodíku. Tvorba metanu z ostatních látek např. z alkoholů hraje pouze druhotnou roli.

(WARD, 2008)

Členění z hlediska reakčních teplot

anaerobní procesy, podle optimální teploty pro mikroorganismy dělíme na:

- psychrofilní (5-30°C)
- mezofilní (30-40°C)
- termofilní (45-60°C)
- extrémně termofilní (nad 60°C)

Procesy probíhající za vyšších teplot jsou vhodné pro tzv. hygienizaci zpracovávaných materiálů. Tohoto jevu lze využít při zpracování odpadů ze zpracovatelského průmyslu, které jsou náchylné na pachovou stopu (např. mléko). Dnes je nejběžnější aplikací proces mezofilní, s teplotou cca 39°C. Obsah metanu je přímo závislý na teplotě procesu, při kterém vzniká. Je-li teplota při procesu vyšší, klesá přímo úměrně výtěžnost složky metanu CH₄.

Druhým faktorem, který výrazně ovlivňuje výtěžnost, je u zvířecích exkrementů živočišný zdroj a čas. (MUŽÍK, KÁRA, 2009)

Mezofilní vs termofilní

Studiemi bylo prokázáno, že termofilní mikroorganismy se vyznačují vyšším využitím substrátu a vyšším růstem, jako i vyšší rychlostí rozpadu ve srovnání s mezofilními bakteriemi. Studie prováděné několika výzkumníky (Wiegant, et al., 1989) a (Zinder, et al., 1984) ukázal, že termofilní systémy jsou schopny využít vyšší organické zatížení a měly vyšší specifickou růstovou rychlost ve srovnání s mezofilními. Výtěžek z těchto mikroorganismů na jednotku množství substrátu je nižší. Nižší využitelnost termofilních bakterií, může být vzhledem k jejich útlumu, který je dvakrát větší než mezofilní kultury, buňky mají tendenci rychle zpracovávat hmotu za termofilních podmínek (R.E Speece, 1996) a vzhledem k tomu mají vyšší energetické nároky na udržení nebo specifické molekulární vlastnosti enzymatických reakcí v termofilních teplotách (Zeikus 1979)

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 kompostu nebo k úpravě povrchu terénu.

(ANONIM 3, 2010)

Jak efektivně využít digestát:

Digestát především není hnojivo organické, ale jen slabé hnojivo minerální. Sporné jsou také údaje o vysokém obsahu dusíku v sušině digestátu. Přesto může být v zemědělství efektivně využit.

Má-li být organická hmota označena jako organické hnojivo, musí splňovat základní požadavek – musí být snadno mikrobiálně rozložitelná, aby byla schopna uvolnit pro půdní mikroorganismy potřebnou energii. 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.

To je právě největší problém: nejlabilnější frakce organické hmoty krmiv využila zvířata, mírně labilní frakce výkalů spotřebovala anaerobní digesce a do půdy k hnojení přináší digestát už jen stabilní, špatně rozložitelnou organickou hmotu. A její stabilita je tím větší, čím dokonaleji BPS pracuje, čím vyšší je výtěžek bioplynu a hlubší degradace organické hmoty. Moderní BPS s mezofilním vyhíváním dávají z hlediska kvality organického hnojiva digestát mnohem horší, než zastaralé psychrofilní BPS 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 provzdušenosti takových půd může mít větší výnosový efekt než intenzivní hnojení půdy se špatnými fyzikálními vlastnostmi. Ve světě se obrací pozornost k přebytku využití odpadů při výrobě bioplynu - k výrobě pelet pevných paliv 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 polychlorované dioxiny a dibenzofurany. Je tedy nutno z fytomasy odstranit 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. Tyto látky je rovněž třeba z fytomasy odstranit.

(KUZEL, KOLÁŘ, 2010-2011)

Minerální dusíkatá hnojiva používat pouze tehdy, jestliže lze očekávat využití dusíku rostlinou. Hnojení tekutými statkovými hnojivy a minerálními dusíkatými hnojivy od začátku července do začátku období nevhodného ke hnojení je možné pouze v dávce do $40\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ v minerálních hnojivech nebo do $80\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ v tekutých statkových hnojivech:

- k ozimým plodinám, s výjimkou půd s promyvným vodním režimem a deficitních půd
 - k meziplodinám, v jejich kapalné nebo tekuté formě k podpoře rozkladu slámy, s výjimkou půd s promyvným vodním režimem a deficitních půd, kde lze používat jen tekutá statková hnojiva, kdežto aplikace vyrovnávací dávky v minerálních dusíkatých hnojivech se přesouvá na jarní vegetační období
 - v případě podzimního 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)

Využití digestátu jako organického hnojiva:

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 nejen louky, ale též veřejná zeleň, golfové hřiště apod. Sušina digestátu by měla minimálně obsahovat 25% spalitelných látek a 0,6% celkového dusíku. Takový digestát je považován za typové organické hnojivo vyrobené anaerobní fermentací ze statkových hnojiv (číslo typu 18. 1. e.). Ostatní digestáty určené pro zemědělskou půdu jsou považovány za

netyповé organické hnojivo. Vyhláška č.209/2005 Sb. zrušila zvláštní ustanovení, že digestát tohoto typu je možné aplikovat na půdu maximální dávkou 30 t/ha nejvýše jednou za 3 roky. Při využití digestátů na zemědělské půdě je nezbytné tuhé digestáty zapravit do půdy do 48 hodin, tekuté digestáty do 24 hodin. Aplikace musí být rovnoměrná po celém pozemku, je zakázáno aplikovat na půdu přemokřelou, zasněženou nebo promrzlou. Ve zranitelných oblastech je třeba respektovat Nařízení vlády č. 103/2003 Sb., zejména omezení hnojení dusíkem a respektování období zákazu hnojení. Digestát je třeba aplikovat na pozemku rovnoměrně a je nutno zamezit vniknutí digestátu do povrchových vod nebo na sousední pozemek. Aplikace digestátu je předmětem evidence použitých hnojiv podle vyhlášky č. 274/1988 Sb., příloha č.1. Pro tuhý i tekutý digestát ze statkových hnojiv musí být dostatečné skladovací prostory.

Digestáty ze zfermentování zvířecích fekálií

Digestát z anaerobní digesce hnoje, kejdry drůbežího trusu platí obdobné legislativní požadavky jako na digestát z rostlinné biomasy. Navíc musí splnit 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)

Vlivy na efektivitu BPS:

V zemědělských podnicích se nyní diskutuje výhodnost či nevýhodnost provozování bioplynových stanic. To souvisí i s řešením poměrně odmítavého postoje obyvatel obcí ke stavbě nových bioplynových stanic. Hlavním impulsem pro stavbu BPS je produkce elektrické energie a její prodej za zajímavé výkupní ceny. Producent má dopředu zajištěný odbyt a pravidelné cash flow. Ještě před rokem byla výroba elektrické energie jednou z možností, jak vyzrát na nízké výkupní ceny zemědělských produktů.

Od té doby se však situace změnila a zemědělci jsou překvapeni vysokými výkupními cenami obilí a relativně výhodnými cenami mléka. Mnoho podniků tak odsouvá již hotové projekty bioplynových stanic s tím, že bude výhodnější se

věnovat převážně rostlinné výrobě. Toto je ovšem krátkozraký přístup, který, mimo jiné, vyplývá z nedostatku informací o technologii BPS.

Hlavní vlivy:

- výkupní cena elektrické energie
- cena vstupní suroviny
- kvalita technologie
- průběh fermentačního procesu
- vedlejší přínosy

(HRŮZA, STOBER, 2009)

Výkupní cena elektrické energie:

Výrobce elektřiny je povinen registrovat formu provozní podpory elektřiny podle jiného právního předpisu u operátora trhu.

Způsob předávání a evidence naměřených hodnot elektřiny z podporovaných zdrojů u podpory formou výkupních cen a způsob předávání a evidence naměřených nebo vypočtených hodnot elektřiny z podporovaných zdrojů a ověření vypočtených hodnot u podpory formou zelených bonusů stanoví jiný právní předpis.

Pro elektřinu vyrobenou z obnovitelných zdrojů energie platí následující podmínky:

Výkupní ceny jsou stanoveny jako minimální ceny podle jiného právního předpisu. Roční a hodinové zelené bonusy na elektřinu jsou stanoveny pro dané časové období jako pevné hodnoty podle jiného právního předpisu. V rámci jedné výroby elektřiny nelze kombinovat podporu formou výkupních cen a zelených bonusů na elektřinu. Roční a hodinové zelené bonusy na elektřinu se uplatňují za elektřinu naměřenou podle jiného právního předpisu a dodanou v předávacím místě výroby elektřiny a síti provozovatele distribuční soustavy nebo přenosové soustavy a dodanou výrobcem

(VĚŠTNÍK, 2013)

Oproti situaci před rokem vzrostla výkupní cena vyrobené elektrické energie z bioplynu téměř o 30 %, a to na 3,90 Kč/kWh. Podmínkou dosažení této výkupní ceny ale je, aby nadpoloviční množství hmotnosti sušiny veškerých vstupů pocházelo z pěstovaných rostlin. Ostatní vstupy může tvořit slamnatý hnůj, kejda nejlépe hovězí, případně lihovarské výpalky a další (nesmějí se ale požívat jatečné odpady). Pokud tato podmínka není splněna, výkupní cena klesá na 3,30 Kč/kWh.

Cena vstupní suroviny:

Jako vstupní suroviny do BPS musí zemědělský podnik v první řadě využívat ty, které jsou „zadarmo“, neboli na jejich získání není třeba vynaložit dodatečné finanční prostředky (kromě manipulace). Touto surovinou je slamnatý hnůj, kejda, odpady z posklizňového zpracování obilovin, odpadní brambory, zbytky krmiva, skrývky siláží a podobně.

Následují suroviny s jen minimálními náklady na jejich získání – biomasa z neudržovaných ploch a veřejných prostranství, poslední seče trav, které by se jinak třeba ani nesklízely, sklizeň přerostlého zeleného hnojení před zaorávkou, biomasa po výmlatu trav pěstovaných na semeno, hroznové výlisky apod.

Nejméně výhodné jsou plodiny pěstovány pouze za účelem zplynování (siláž, senáž, GPS). Proto by mělo být jejich používání dobře zkalkulováno a neměly by tvořit hlavní podíl surovin pro BSP. Na straně druhé k jejich produkci v podstatě nejsou potřeba průmyslová hnojiva.

Z ekonomického hlediska se profilují tři vhodné typy bioplynových stanic:

- stanice využívající 51 % sušiny vstupů rostliny (ostatní tvoří hnůj, kejda, výpalky apod.) – výkupní cena elektřiny je 3,90 Kč/kWh
- stanice, které téměř nevyužívají rostlinné vstupy – vzhledem k levným vstupům může být i výkupní cena 3,30 Kč/kWh zajímavá
- stanice využívající téměř 100 % rostlinných vstupů, ale převážně senáží z finančně dotovaných ploch

Kvalita technologie:

Prvním krokem při projektování BPS by mělo být stanovení velikosti zařízení v závislosti na dostupných surovinách. Pro některý podnik tak bude vhodná stanice o výkonu 250 kW, pro jiný 360 kW či 500 kW. Mállokdy je vhodné uvažovat o větších výkonech.

Chybou je obrácený přístup, tedy nejprve výběr velikosti stanice a k tomu naplánování plochy, například kukuřice.

Velmi důležitá je kvalita, životnost a bezpečnost technologie.

Investor musí předem sledovat zejména tato kritéria:

- jak kvalitní jsou exponované části bioplynové stanice (potrubí, míchadla, motor, folie)
- co se stane v případě poruchy
- zda technologie umožní bezproblémové zpracování delšího slamnatého hnoje
- co se stane, pokud s hnojem vnikne do zařízení pevný předmět
- jaká je energetická náročnost jednotlivých prvků (dávkovací zařízení, doprava surovin, míchání)
- jak je zajištěna bezpečnost ve výbušném prostoru plynojemu

(HRŮZA, STOBER, 2009)

Průběh fermentačního procesu:

Proces fermentace je analogický s procesy v batoru přežvýkavců: Bakterie jsou živé organismy, požadují určité prostředí, stopové prvky a nemají rády velké změny vstupní suroviny či přítomnost plísní. Zde je důležitá nejen technologická kázeň obsluhy, ale také odborná a pravidelná péče servisní organizace, která by měla zajišťovat rozboru vstupních surovin a složení obsahu fermentoru, sledovat online průběh procesů a dávat potřebná doporučení k optimalizaci.

Proto nemůže v žádném případě skončit spolupráce dodavatele technologie a zemědělského podniku kolaudací bioplynové stanice, ale následuje náročné najetí fermentoru na požadovaný výkon a jeho udržení po celou dobu životnosti stanice.

Pokud je celý proces dobře zvládnut, z bioplynové stanice vystupuje kvalitní hnojivo bez zápachu a vyrábí se dostatek plynu. V opačném případě vzniká zápach z nedostatečně zfermentovaných surovin a ekonomika celého provozu je špatná. (HRŮZA, STOBER, 2009)

Vedlejší přínosy:

Odpadní teplo z bioplynové stanice je částečně využíváno pro provoz stanice, zbytek je k dalšímu využití. A zde se zemědělskému podniku nabízí více možností: posklizňové sušení obilovin nebo sena, vytápění provozů, sušení řeziva či palivového dřeva a jeho prodej. V mnoha případech teplo nejde takto využít, ale i tak mají projekty dobrou návratnost.

Jsou zde totiž i další vedlejší přínosy:

- lepší hospodaření s živinami ze statkových hnojiv
- možnost úspory průmyslových hnojiv (při porovnání s hnojištěm či kejdovou jímkou nedochází ke ztrátám živin)
- vyřešení hnojných koncovek a úspory za budování nových hnojišť či možnost využití stávajících izolovaných hnojišť na uskladnění např. siláží (mnoho podniků investuje do nových hnojišť či kejdových jímek a přitom by se tyto prostředky daly výhodněji použít na vybudování bioplynové stanice)
- zlepšení krmivové základny, protože méně kvalitní siláže a senáže se zužitkují na výrobu bioplynu
- zisk z dosud nevyužívaných surovin (výpalky a jiné odpady, zelená hmota z údržby veřejných ploch)

2. Část

Popis BPS Koloměřice

BPS Koloměřice je stanice zpracovávající pouze rostlinné materiály a živočišným odpadem s technologií fermentoru a dofermentoru. Stanice byla stavěna jako novostavba. Tato stanice byla uvedena do provozu v roce 2011. Nachází se v areálu firmy Farma Hemera pod vedením pana Červenky.

Bioplynová stanice zpracovává kravskou kejdu, kukuřičnou siláž a travní senáž ze zemědělské produkce firmy. Předpokládaná roční kapacita BPS je okolo 90 000 t zpracovaného materiálu.

Bioplynová stanice se skládá z pojízdné váhy, homogenizační jímky, fermentorů, fermentoru s integrovaným plynojemem, uskladňovacích jímek digestátu, objektu technologii a údržby a trafostanice.

Na pojízdnou váhu se dopraví suroviny zemědělské výroby (mimo kejdy). Na váze se automaticky odváží potřebné množství, které pokračuje dále do šnekového dopravníku. Tímto dopravníkem je surovina dopravena do fermentoru.

Druhým vstupem do fermentoru a dofermentoru je homogenizační jímka, která slouží ke skladování kejdy.

Fermentor obsahuje různé technologie pro míchání, vytápění, dávkování surovin a čerpání. Technologie výroby bioplynu společnosti MT-Energie je založena na dvoustupňovém kontinuálním procesu. K tomu jsou za běžných okolností nezbytné tři nádrže: fermentor, dofermentor a sklad kvasných zbytků.

Konstrukční vlastnosti:

1. Dávkovací zařízení
2. Vertikální fermentor
3. Dofermentor
4. Sklad kvasných zbytků
5. Technologie
 - a. Míchací

- b. Vytápěcí
- c. Odsiřovací

Dávkovací zařízení:

Pro přípravu a následné dávkování vstupní suroviny slouží dávkovací zařízení.

Dávkovací zařízení tvoří dávkovací zásobník s posuvnou podlahou, doplněný systém dopravních šneků. Zařízení musí být umístěno v těsné blízkosti fermentoru. Dávkovací zásobník je umístěn na tenzometrech, které slouží ke snímání hmotnosti a k přesnému nastavení množství dávkované vstupní suroviny. Celé zařízení je automaticky řízeno a ovládáno přes centrální počítač. Vstupní suroviny musí mít takové parametry, aby je šnekový dopravník dokázal dopravit do fermentoru. Vstupní suroviny se musí do dávkovacího zařízení plynule rozvrstvit, aby bylo dosaženo co nejlepší účinnosti. Plnění dávkovacího zařízení se provádí podle velikosti zásobníku.

(www.mt-energie.cz, 5.4.2014)

Fermentor:

O velikosti 3 185 m³.

Fermentor je stavební kámen celé bioplynové stanice. Ve fermentoru probíhá anaerobní proces a dochází k rozmnožování mikrobiální kultury. Fermentor musí být vybaven dávkovacím zařízením, míchacím zařízením, ohřevem a homogenizačním zařízením. Součásti uvnitř fermentoru musí být zhotoveny z velmi odolných materiálů, neboť zde dochází k uvolňování velmi agresivních sloučenin plynů, které způsobují rychlou korozi. Používají se dva základní konstrukční typy fermentorů a to buď vertikální (stojící) nebo horizontální (ležící). Vertikální konstrukce fermentoru dosahují lepšího poměru mezi povrchem a objemem, čímž se snižují materiálové náklady a tepelné ztráty. Mohou být umístěny jak nadzemí tak podzemí. Nadzemní umístění je voleno pro oblasti s vysokým obsahem spodní vody. Výhoda je, že na tepelnou izolaci nádrže lze použít levnější materiály, naopak nevýhoda je, že nádrž je vystavena okolním povětrnostním vlivům a dochází ke značným tepelným ztrátám. Podzemní umístění má výhodu v tom, že nádrže nezabírají místo a jsou chráněny před povětrnostními vlivy, což se projeví snížením tepelných ztrát. Je však nutné plášť nádrže izolovat drahými izolačními materiály.

Dofermentor:

O velikosti 2 714m³.

Zde probíhají hlavní procesy fermentace a je zde produkován bioplyn. Je opatřený integrovaným plynojemem. Suroviny z fermentoru jsou dopraveny do dofermentoru. Jedná se o železobetonovou kruhovou beztlakou jímku, která je zastřešena kopulí integrovaného plynojemu. Ten tvoří současně plynotěsné zastřešení jímky.

(KAJAN, 2005)

Sklad kvasných zbytků:

O velikosti 4 825 m³.

Zde se skladují zbytky z kvasných procesů ve fermentoru a kofermentoru. A zůstávají zde do doby vyvážení na hnojené zemědělské pozemky.

Míchací technologie:

Míchadla slouží k promíchávání substrátu ve fermentoru, aby bylo dosaženo následujících efektů:

- čerstvý substrát se musí smíchat s již vyhnívajícím substrátem
- teplota ve fermentoru musí být co nejrovnoměrnější
- míchání zabraňuje vzniku plovoucího příkrovu a usazenin
- míchání zlepšuje látkové výměny bakterií

Rychloběžné ponorné míchadlo s elektromotorem:

Používá se ve vertikálních fermentorech. Vrtule je poháněná vodotěsně zapouzdřeným elektromotorem. Výhodou je výškové nastavení míchadla, které napomáhá k odstranění usazenin a plovoucího příkrovu. Nevýhodou je, že ponorné motory musí být používány do teploty cca 40°C jinak se dostatečně nechladí. (Schulz, Eder, 2004.)

Vytápěcí technologie:

Hlavní podmínkou pro dobrou činnost bakterií ve fermentoru je udržení optimální teploty. Teplotní pásma pro fermentační proces s mezofilními bakteriemi (35 – 40 °C). Nejčastěji používaná pásma jsou mezofilní (vhodné pro

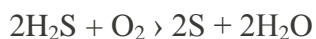
zpracování prasečí a hovězí kejdy). Teplota musí být konstantní, s jemným kolísáním se mění intenzita bioplynu. Velké rozdíly teplot jsou pro bioplynový proces velmi nebezpečné, mikroorganismy se nepřizpůsobí novým podmínkám, zahynou a zkolabuje celý bioplynový proces. Požadovaná teplota je zajištěna ohřevem substrátu přímo ve fermentoru nebo externě mimo fermentor. V prvním případě je fermentor osazen soustavou trubek. Jako topné medium je použita voda. Horká voda je přiváděna dovnitř fermentoru, kde dochází k výměně tepla. Tento systém se používá u menších a středních fermentorů. Pro větší fermentory se používá systém externí cirkulace reaktorové směsi přes tepelné výměníky, do nichž se přivádí voda. Tento systém umožňuje zároveň kvalitní promíchávání reaktorové směsi. K ohřevu vody se používají různé druhy kogeneračních jednotek.

(<http://kogenerace.tedom.com/kogeneracni-jednotky-download.html>, [5.4.2014])

Odsiřovací technologie:

Síra je nejproblematictější škodlivinou obsaženou v bioplynu. Sulfan (sirovodík) je příčinou vzniku kyseliny sírové při spalování bioplynu, která pak způsobuje korozi, kdykoli dojde ke kondenzaci spalin. Sulfan v bioplynu snižuje životnost potrubí a všech zařízení se kterými přichází do styku a může při vysokém tlaku způsobit křehnutí oceli. Sulfan je jedovatý a velmi nebezpečný pro zdraví lidí i zvířat. Aby se zabránilo poškození spalovacího motoru kogenerační jednotky, výměníků tepla, katalyzátorů, kompresorů a dalších zařízení, musí být z bioplynu odstraněn sulfan na parametry o velmi nízké koncentraci. Pro bezporuchový provoz kogenerační jednotky by neměla být překročena mezní hodnota od 100 do 500 mg.Nm⁻³ (což se rovná 0,05 v objemových %). V závislosti na doporučení výrobce motoru je limit při tlaku 250 bar pro koncentraci sulfanu 10 ppm, což platí pro běžně používané uhlíkové oceli, proto je to mezní koncentrace požadovaná pro odsiřovací zařízení. Biologické odsiřování je nejběžnější metoda pro snížení koncentrace sulfanu. Sulfan se nejdříve rozpustí ve vodě a pak biologicky odstraní. Tuto činnost obstarávají mikroorganismy druhu Thiobacillus a Sulfolobus, které jsou v prostředí všudypřítomné a proto nemusí být speciálně očkovány, mají tu zvláštnost, že jsou schopny využívat pro svůj růst síru ze sulfanu. Tyto mikroorganismy spotřebovávající síru jsou aerobní a pro svůj vývoj potřebují kyslík. Vzduch s kyslíkem je dávkován přímo do fermentoru v koncentraci cca 4–6 %. Biologickým odsiřováním lze snížit obsah sulfanu na 200–500 mg.Nm⁻³,

což jsou hodnoty obvykle dostačující pro využití bioplynu pro kogeneraci, ale nedostatečné pro vysokotlakou kompresi. Při vysokých tlacích přitom dochází k rozkladu sulfanu podle rovnice (Deublein, 2008):



Přeměna bioplynu:

Bioplyn se používá k výrobě elektrické energie a tepla v kogenerační jednotce. Teplo je v tomto případě vedlejší produkt. Účinnost kogenerační jednotky je 38,0 % elektrická a 40,8% tepelná (celková 78,7 %)

Kogenerační jednotka:

V KJ dochází ke spalování bioplynu a výrobě elektrické energie. Odpadní teplo vzniklé při spálení bioplynu je využíváno dále k výhřevu různých objektů BPS a dalších objektů. Nejběžnější kogenerační jednotka se skládá ze spalovacího motoru a elektrického (synchronního nebo asynchronního) generátoru. Obě zařízení, jsou propojeny (Wolner, 2011).

Životnost, generální opravy a údržba motoru

Technicko-ekonomickou životnost motoru je úzce spojena s výší nákladů na nový motor. Zážehové motory jsou dražší, proto jsou běžné. Generální opravy 30 000-60 000 h (Handreichung 2006) a (Heinemann 2007), jejímž výsledkem je životnost motoru cca. 80 000 h (Handreichung 2006). Náklady na generální opravy zážehových motorů lze vypočítat pomocí rovnice. (1)

(BHKW-Kenndaten, 2005) .

Rovnice(1)

$$P = 7977 * p_{el} + 16 534$$

kde P je cena (€) a p_{el} je instalovaný výkon (kW).

Kromě generální opravy, je také potřeba pravidelné údržby, u nichž se cena liší pro různé instalace v závislosti na rozsahu, kvalita bioplynu a počet zapnutí a vypnutí, atd.. V případě smluv o kompletním servisu, cena se pohybuje 13 - 25 € / MWh elektřiny v závislosti na měřítku (Handreichung 2006) a (Eder B, Schulz H 2009)

V rovnici. (2), náklady na plných smluv o poskytování služeb pro zážehové motory se vypočítá ve vztahu k instalovaného výkonu.

(BHKW-Kenndaten, 2005)

Rovnice(2)

$$C = 49406 \times \rho_{el}^{-0,2219}$$

kde C jsou náklady na údržbu (ct / kWh_{el}) a ρ_{el} je instalovaný výkon (kW).

Jako alternativa k plné servisní smlouvě, majitel může vykonávat nějakou údržbu sám. Bez nákladů na pracovní sílu, což jsou náklady na údržbu cca 4 € / MWh (Handreichung 2006) a (Eder B, Schulz H 2009). Čas potřebný pro údržbu, je v průměru 1-1,2 h / týden (Eder B, Schulz H 2009). Nicméně, je velmi důležité, aby motor byl řádně udržován, protože nesprávně provedená údržba může mít za následek nákladné prostoje. V době údržby vyžaduje účast vlastníka nebo jeho zaměstnance. Zde se předpokládá, že in-house údržby snižuje náklady o 1/3 v porovnání s náklady vypočítané podle rovnice. (2). Jako alternativu k rovnici. (2), (Hermansson 2009) odhaduje, že nákladům na údržbu odpovídají 4% z původní investice, s výjimkou vlastní práce zemědělce.

(LANTZ M., 2001)

Využití tepla:

Pro provoz bioplynové stanice je třeba promyslet využití tepla jednak pro zvýšení efektivity, ale i pro udanou cenu při výkupu elektrické energie. Kde je zákonem stanoveno, že z odpadního tepla je třeba využívat minimálně 10% . Při výstavbě jsme se setkali s nedůvěrou občanů, tak záměr zavést teplovod do blízké vesnice nebyl možný.

Cenové rozhodnutí ERÚ stanoví podmínku využití tepla následovně: „u bioplynových stanic kategorie AF 1 uvedených do provozu po 1. lednu 2012 včetně je podmínkou pro poskytnutí podpory výroba a efektivní využití vyrobené tepelné energie minimálně v úrovni 10 % vůči vyrobené elektřině v daném roce, s výjimkou elektřiny pro technologickou vlastní spotřebu elektřiny a tepla.“

(ŠAFARÍK, 2012)

1. Chov ryb

Připravuje se projekt na přestavbu seníku a pronájem zahraniční firmě, pro výrobu a chovu ryb, který potřebuje teplou vodu ve svém prostředí. Teplota vody pro chov činí 22°C - 27°C.

2. Technické zázemí zaměstnanců

Toto zázemí leží nedaleko BPS a tím se minimalizují ztráty tepla v potrubí.

Spotřebuje se zde 10GJ/ měsíc vyrobené tepelné energie z kogenerační jednotky.

3. Dosoušení komodit

Zde je spotřebováno 215 GJ/měsíc, zde se za principu teplého vzduchu dosouší komodity jako pšenice ozimá, oves jarní a řepka olejka.

4. Stáje pro koně

Tento projekt je stále ve fázi stavební.

Vstupní suroviny:

Kukuřičná siláž

Výtěžnost kukuřičné siláže:

Celoroční provoz bioplynových stanic vyžaduje kontinuální zásobování fermentoru organickou hmotou. Z tohoto důvodu je nutné vstupní rostlinnou surovinu konzervovat. Nejrozšířenějším způsobem konzervace je silážování a nejvhodnější plodinou pro tento způsob uchování biomasy je kukuřice. Tato plodina se vyznačuje i dalšími přednostmi, pro které je v současnosti k výrobě bioplynu nejvíce využívána. Jedná se zejména o vysoký výnos biomasy z jednotky plochy, velmi velký výtěžek bioplynu z 1 kg sušiny, propracovanou pěstební a konzervační technologii a výbornou silážovatelností. V nedávné době byl zahájen speciální šlechtitelský program pro tvorbu hybridů k energetickým účelům. Hlavním cílem je vyšlechtění hybridů s velmi vysokým výnosem suché hmoty z hektaru a výnosovou jistotou z hlediska odolnosti vůči suchu a chladu. Důraz je kladen na adaptaci pozdních hybridů, vyznačujících se vysokým výnosem, na naše klimatické podmínky a posílení efektu krátkého dne. Z celého technologického procesu výroby bioplynu vyplývají specifické požadavky na konkrétní hybridy kukuřice.

Vysoká výnosová výkonnost umožňuje maximalizovat produkci metanu a přispět k vyšší rentabilitě provozu bioplynové stanice. Pro optimální proces tvorby bioplynu je vhodnější nižší obsah sušiny v biomase, než je obvyklé pro krmné účely. Z tohoto důvodu je možné vybírat hybridy s vyšším číslem FAO, které jsou výnosnější. Přesto je nutné, z důvodu úspěšné konzervace, dosáhnout při sklizni minimální sušiny 28 %. Horní hranice sušiny by měla být maximálně na úrovni 32 %. Dalším důležitým parametrem je stabilita výnosů, tj. nízká reakce na vliv ročníku, rychlý počáteční vývin, dobrý zdravotní stav rostliny, tolerance vůči přísušku.

(KWS, 2008).

Farma Hemera pěstuje kukuřici na siláž na 526 ha zemědělské půdy k roku 2014. A kukuřice je hlavní produkční plodinou pro výrobu bioplynu.

Trvale travní porost:

Travní fytomasa je materiál, který lze pro anaerobní fermentaci velmi dobře využít, neboť splňuje základní předpoklady, které jsou na vstupní substrát pro výrobu bioplynu kladeny. Obsahuje vysoké procento organické hmoty, blíží se optimálnímu poměru C:N a obsahuje málo popelovin. Podle výzkumu, ve kterém se kofermentovala travní fytomasa s kejdou a digestátem, by měl být optimální podíl travní fytomasy ve zpracovávaném substrátu 35 – 50 %, aby bylo dosaženo co nejvyšší produkce bioplynu. Při vyšším podílu trávy produkce bioplynu klesá. Proces je ovlivněn i stářím fytomasy, přičemž nejvhodnější je fytomasa z ranějších sklizní (vegetativní fáze). Při přechodu do fáze generativní se produkce bioplynu snižuje a rovněž kvalita bioplynu klesá (nižší podíl metanu). Pozitivně lze proces ovlivnit dezintegrací fytomasy, při které dochází k nárůstu produkce bioplynu o 3 – 24 %, přičemž účinnost tohoto zásahu klesá se stářím fytomasy

(Kocourková, Fuksa, 2006).

Pro výrobu bioplynu lze využít biomasu jak lučních porostů, které je však nutné sklízet v ranější fázi, tak přebytečnou hmotu z pastevních areálů (posečené nedopasky, sklizená nadbytečná hmota z nerovnoměrného nárůstu píce v jarním období). Kvalita biomasy je ovlivněna botanickým složením porostů. Floristické složení trvalých travních porostů je výslednicí interakce všech ekologických faktorů a podmínek obhospodařování. Za příznivých podmínek v

těchto porostech převažují trávy nad jetelovinami a ostatními dvouděložnými bylinami. Přirozený luční porost se skládá zpravidla z 50 – 70 druhů vyšších rostlin.

(Mrkvička, Veselá, 2001).

Prokázalo se, že botanické složení travních porostů není v průběhu let stabilní a mění se v závislosti na ekologických faktorech. Botanická skladba porostů zásadně ovlivňuje jak produkční (výnos, kvalitu píce), tak i mimoprodukční funkce (protierozní, vodohospodářskou, půdotvornou, krajinotvornou, estetickou aj.). (Hejduk, Hrabě, 1999)

Farma Hemera pěstuje TTP na 326 ha k roku 2014. A travní senáž je druhotnou surovinou pro výrobu bioplynu.

Kejda skotu:

V poslední době stavy hospodářských zvířat v České republice klesají, ale i přesto tvoří statková hnojiva významný potenciál substrátů pro bioplyn. Hovězí i prasečí kejda se dají díky relativně nízkému obsahu sušiny dobře kombinovat s ostatními substráty. Kejda a slamnatý hnůj obsahují 70 – 85 % organických látek v sušině. V provozních podmínkách lze metanizací rozložit největší podíl organických látek u trusu drůbeže (asi 65 %) a u exkrementů prasat (asi 50 %). U kejdy skotu je to kolem 25 - 40 %. U slamnatého hnoje rozložitelnost vlivem pomalé hydrolýzy slámy klesá na 20 – 25 %.

(KAJAN, 2005)

Využití digestátu:

Z anaerobní digesce kukuřičné siláže a TTP. Dále je často zbioplynována čerstvá nebo senážovaná travní fytomasa, jejímž zdrojem jsou louky. Sušina digestátu by měla minimálně obsahovat 25% spalitelných látek a 0,6% celkového dusíku. Takový digestát je považován za typové organické hnojivo vyrobené anaerobní fermentací ze statkových hnojiv. Ostatní digestáty určené pro zemědělskou půdu jsou považovány za netypové organické hnojivo. Vyhláška č.209/2005 Sb. zrušila zvláštní ustanovení, že digestát tohoto typu je možné aplikovat na půdu maximální dávkou 30 t/ha nejvýše jednou za 3 roky. Při využití digestátů na zemědělské půdě je nezbytné tuhé digestáty zapravit do půdy do

48 hodin, tekuté digestáty do 24 hodin. Aplikace musí být rovnoměrná po celém pozemku, je zakázáno aplikovat na půdu přemokřelou, zasněženou nebo promrzlou. Ve zranitelných oblastech je třeba respektovat Nařízení vlády č. 103/2003 Sb., zejména omezení hnojení dusíkem a respektování období zákazu hnojení. Digestát je třeba aplikovat na pozemku rovnoměrně a je nutno zamezit vniknutí digestátu do povrchových vod nebo na sousední pozemek. Aplikace digestátu je předmětem evidence použitých hnojiv podle vyhlášky č. 274/1988 Sb., příloha č.1. Pro tuhý i tekutý digestát ze statkových hnojiv musí být dostatečné skladovací prostory. (VÁŇA, 2005)

Možnosti zvýšení efektivity BPS:

Zlepšení výkonnosti bioplynové stanice lze dosáhnout především optimalizací provozu stanice. To jest zabezpečení optimálních podmínek pro využití stávajících technologických komponent BPS a optimalizací podmínek procesu vhodným dávkováním substrátu, dostatečným mícháním reaktorů, dodržováním technologických parametrů - správného zatížení a doby zdržení, zabezpečení konstantní teploty a pod. (WARD, 2008)

Rychlost rozkladu organických látek závisí na množství a kvalitě aktivní kultury mikroorganismů, proto je snahou udržovat jejich koncentraci v reaktoru co nejvyšší. Koncentrace biomasy mikroorganismů v reaktoru závisí přímo úměrně na koeficientu produkce biomasy, množství odstraněného substrátu a době zdržení biomasy mikroorganismů a nepřímo závisí na hydraulické době zdržení.

Reaktory na bioplynových stanicích pracují z hydraulického hlediska jako chemostaty, kde je doba zdržení biomasy mikroorganismů stejná jako hydraulická doba zdržení. To znamená, že koncentrace biomasy mikroorganismů bude záviset pouze na produkční konstantě biomasy a množství odstraněného substrátu. Zvýšení koncentrace biomasy mikroorganismů můžeme tedy za dané hydraulické doby zdržení dosáhnout buď zvýšením produkce biomasy mikroorganismů stimulací jejich činnosti nebo zvýšením množství rozloženého substrátu například výběrem lépe rozložitelného substrátu nebo zvýšením jeho rozložitelnosti.

Vliv chemického složení substrátu na výtěžnost metanu

Biologická rozložitelnost a tím i výtěžnost bioplynu závisí na chemickém složení substrátu, na obsahu sacharidů, tuků, proteinů na podílu celulózy, hemicelulózy a ligninu eventuelně dalších inertních složek materiálu a na poměru jednotlivých komponent. Vzhledem k tomu, že poměr těchto komponent v různých druzích suroviny je různý, odlišná je i jejich rozložitelnost a výtěžnost metanu.

Polysacharidy jsou součástí veškeré rostlinné biomasy, patří sem škrob, celulóza a hemicelulózy. Teoretická výtěžnost metanu je daná jejich POXČ, které je pro všechny polysacharidy 0,00. Z toho plyne, že z molekuly sacharidů vzniknou tři molekuly metanu a tři molekuly CO₂, tedy teoretický obsah metanu v bioplynu je

50 %. Z polysacharidů je nejlépe rozložitelný škrob, který se poměrně snadno hydrolyzuje amylolytickými enzymy.

Celulóza je polymerem glukózy, v biotechnologickém procesu je relativně málo rozložitelná. Pro její hydrolyzu je nutná přítomnost celulolytických enzymů, které jsou produkovány hydrolytickými mikroorganismy a v přírodě jsou přítomny v zažívacím traktu přežvýkavců. Další skupinou polysacharidů jsou heteropolysacharidy - hemicelulózy, které tvoří rozvětvené řetězce s prostorovou strukturou. Hemicelulózy podléhají snáze a rychleji enzymatické hydrolyze než celulóza.

Lignin. Vedle biologicky rozložitelných sacharidů a polysacharidů obsahuje rostlinná biomasa i látky jejichž biologická rozložitelnost je velmi nízká až nulová. Mezi tyto látky patří především lignin a též lignany a terpeny. Lignin je organickou součástí nejenom každé rostlinné biomasy, ale materiálů z ní pocházejících, jakou jsou například různé druhy kejdů nebo hnoje a je hlavní součástí biologicky nerozložitelné frakce organických látek v stabilizovaném zbytku po anaerobní fermentaci.

Lipidy. Společnou charakteristikou lipidů je přítomnost mastných kyselin s dlouhým alifatickým řetězcem a malým počtem atomů kyslíku v jejich molekulách, což odpovídá nízkému POXČ v rozmezí od -1,63 do -1,70. To je důvod, že tuky mají nejvyšší výtěžnost metanu ze všech skupin substrátů. Podléhají relativně snadno

enzymové hydrolýze. Problémem může být technické zvládnutí rozkladu tuků, které díky své hydrofobicitě mohou mít tendenci vyplouvat k hladině, oddělovat se z vodní fáze nebo zvyšovat tvorbu pěny.

Proteiny. Proteiny patří mezi dobře biologicky rozložitelné látky, jejich POXČ se pohybuje v rozmezí od $-1,2$ až -2 . To znamená, že vykazují vysokou výtěžnost metanu. Proteiny jako jediné s výše uvedených substrátových skupin obsahují ve svých molekulách heteroatomy. Kromě uhlíku, vodíku a kyslíku obsahují také síru a hlavně dusík. Dusík při anaerobní fermentaci přechází amoniak, který při vyšších koncentracích může způsobovat inhibici tvorby metanu.

Poměr C:N je důležitý pro dobrý průběh anaerobního procesu. Jestli je tento poměr vysoký, dochází k deficitu dusíku. Při nízkém poměru dochází k vysoké produkci amoniaku, který je při vyšších koncentracích toxický pro anaerobní bakterie, zejména metanogeny. Toxicky působí nedisociovaná forma amoniaku, jejíž koncentrace závisí především na pH, s vyšším pH silně vzrůstá. Optimální poměr C:N pro anaerobní fermentaci organické frakce tuhého odpadu se pohybuje okolo 25 až 30, vztaženo na biologicky rozložitelný uhlík, pro anaerobní fermentaci exkrementů hospodářských zvířat nebo jatečních a kafilerních odpadů se za optimální poměr C:N považuje 16 až 19. Za kritický se považuje poměr C:N 12.

V technologické praxi se většinou setkáváme s komplexním složením suroviny pro anaerobní fermentaci, v níž jsou zastoupeny v různém poměru (podle původu a zpracování suroviny) všechny výše uvedené skupiny substrátů. Jak již bylo uvedeno, ne všechny organické látky přítomné v surovině se v průběhu procesu rozloží, část jich zůstává jako tzv. nerozložitelný zbytek ve zfermentovaném materiálu. Jaký podíl organických látek zůstane nerozložený závisí i na technologických podmínkách procesu (teplota, doba zdržení, předúprava). (DOHÁNYOS, 2009)

Úprava a uskladnění suroviny

Ke zvýšení biologické rozložitelnosti různých surovin pro anaerobní fermentaci se uplatňují různé metody předúpravy materiálu.

Cílem předúpravy je:

- prohloubení biologického rozkladu a tím zvýšení produkce metanu (bioplynu)
- hygienizace fermentovaného materiálu, kde to požaduje legislativa
- minimalizace množství výstupního stabilizovaného materiálu (u čistírenských kalů). Vzhledem k tomu, že většina zpracovávaných organických látek je v partikulární formě, nejdůležitějším procesem rozkladu je jejich převedení do roztoku - 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.

Mechanické metody – sem patří různé způsoby dezintegrace tuhých složek substrátu – mletí, drcení a pod. Zmenšením velikosti částic dochází ke zvětšení celkového povrchu a ke zlepšení přístupnosti organických látek v substrátu enzymatickému rozkladu.

Chemické metody – sem patří například působení alkálií, kyselin, nebo oxidačních činidel (např. ozon), které vede k destrukci složitých organických látek – hydrolýze. Přídavkem chemikálií (např. H_2SO_4) se do systému mohou vnášet nežádoucí složky (síra).

Fyzikální metody – je to například termická hydrolýza, ionizující záření, působení ultrazvuku. 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 sanitačního efektu fungují jako termická hydrolýza a zvyšují výtěžnost bioplynu.

Biotechnologické metody - enzymová nebo mikrobiální předúprava – použití čistých komerčně vyráběných enzymů – např. celuláz, přímé použití mikroorganismů s vysokou celulázovou aktivitou - bacherové kultury, anaerobní houby. Dotování fermentační směsi mikronutrienty jako například

Co, Ni, Mo může v případě průmyslových jednodruhových substrátů podstatně vylepšit proces.

Významný vliv na výtěžnost metanu má i způsob zacházení a skladování suroviny. Zpracovávaná surovina 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. Při delším skladování např. prasečí kejdy může dojít k úbytku až 40 % celkové CHSK a v tomto poměru se sníží i výtěžnost metanu. (TRNAVSKÝ, 2013)

Využití tepla k sušení:

Teplo z kogenerační jednotky je možné využít pro přímý ohřev sušícího média či pro jeho přehřev a následný dohřev jiným zdrojem tepla. Teplo z bioplynové stanice je využitelné ve většině používaných typů sušiček. Vždy je však potřeba dbát na dodržení technologické kázně a pro každou komoditu je potřeba volit vhodný režim sušení. Ne vždy je tak možné využít veškeré disponibilní teplo z kogenerační jednotky.

Sušení produktů rostlinné výroby

Sušení jednotlivých surovin závisí na jejich druhu a době sklizně, obvykle probíhá od července do listopadu. V případě zajištění dostatečných skladovacích kapacit je teoreticky možné zajistit i kontinuální celoroční provoz sušárny. Nejčastěji jsou sušeny: ječmen, řepka, pšenice, kukuřice, senáž, mláto a další. Z hlediska návrhu velikosti sušárny je důležité správně stanovit disponibilní výkon kogenerační jednotky v jednotlivých měsících provozu. Na základě disponibilního výkonu kogenerační jednotky a ročního odběrového diagramu tepla (je-li využíváno pro vytápění) je možné dimenzovat potřebný výkon sušárny. Uskladněním zemědělských komodit určených k sušení je možné optimalizovat a prodloužit provoz sušárny a ovlivnit tak i návrh jejího výkonu. Doba sušení a množství usušených komodit jsou též závislé na počáteční a konečné požadované vlhkosti (resp. obsahu sušiny). Někteří dodavatelé uvádí požadavek na maximální vstupní vlhkost sypkých surovin okolo 50 %. Výstupní vlhkost bývá požadována mezi 10 - 25 % dle druhu sušené komodity a požadavků odběratele.

Vytápění skleníků a využití produkovaného CO₂

Pro vytápění skleníků s využitím tepla z kogenerační jednotky se principiálně nabízejí dva způsoby. Prvním je instalace teplovzdušných jednotek s výměníkem voda-vzduch. Výhodou tohoto typu distribuce je rovnoměrné rozložení teploty v celém objemu a použitelnost ve všech druzích skleníků. Druhým způsobem je instalace teplovodního otopného systému (stropní, stěnové, podlahové, radiátorové). Použitelnost tohoto systému závisí na konkrétních podmínkách. Výhodou je nižší spotřeba elektrické energie oproti teplovzdušnému systému.

Zajímavou aplikací, prozatím využívanou zejména v Holandsku, je využití emisí CO₂ vznikajících při spalování plynu v kogeneračních jednotkách. Rostliny je využívají jako zdroj uhlíku. (ŠAFARŤÍK, 2013)

Sušení digestátu za účelem výroby biopaliv

Další možností využití odpadního tepla je sušení digestátu z BPS. Na upravené pásové sušárně lze po separaci fugátu sušit pevný odpad z BPS (digestát) na další použití pro následnou granulaci buď samotného digestátu nebo v kombinaci se slámou nebo senem pro topné účely. Regulace sušárny umožňuje sušit digestát o různé vstupní vlhkosti. Podmínkou je však separátor, který umožní snížení vlhkosti na cca 45-50%.

Následnou operací po sušení může být granulace samotného digestátu nebo společně s dalšími surovinami – seno, sláma, kde digestát zvyšuje výkon celé linky a snižuje opotřebení lisovacího ústrojí granulárního lisu. Výkon granulární linky je vhodné zvýšit 2. stupněm šrotování pomocí přísávacího šrotovníku. Tyto granulární linky umožňují i výrobu granulí z biohumusu (fermentovaná chlévská mrva, apod.). Výsledný produkt je využíván pro různé účely (topivo, hnojivo, podestýlka do stájí, atd.) a je vyráběn v granulích o průměru 8 - 22 mm. (PROCHÁZKA, 2011)

Digestát vzniklý ve fermentoru při anaerobní digesci, se musí nejprve upravit: Tekutý digestát s podílem 6 – 10 % sušiny je nutné odseparovat na síťových nebo bubnových separátorech. Po odseparování tuhé části vznikne separát, který obsahuje přibližně 29,3 % sušiny (s₁) a fugát. Fugát má obsah sušiny 2 – 4 % a lze jej aplikovat jako tekuté hnojivo, nebo skladovat.

Separát pro výrobu pelet či briket je třeba dále sušit. Pro zpracování úsušků se obvykle požaduje konečná vlhkost v rozmezí 10 – 15 %, tj. konečná sušina (s_2) v rozmezí 90 – 85 %. Z energetického hlediska je výhodné držet se co nejbližší podílu sušiny 88 %, aby se materiál zbytečně nepřesoušel a byl stabilizován na skladování. V případě jeho využití pro lisování pelet nebo briket je ideální podíl sušiny 85 %. Při této hodnotě však již dosti záleží i na podmínkách uskladnění a vzrůstá nebezpečí rychlejšího rozkladu nebo množení plísní. (PAWLICA, 2010)

Bioplynová stanice o výkonu 500 kW vydává více než 10.000 tun digestátu ročně ze sušiny cca 10% (Lootsma, Raussen, 2008). Až do teď, byl digestát používán jako hnojivo. V posledních letech se zaznamenává zvýšením spotřeby elektrické energie z bioplynových stanic, a tím k drastickému zvýšení množství digestátu, který může být použit. Studie Döhler a Schliebner (Döhler H, Schliebner, 2006) ukázaly, že náklady na dopravu a výstup digestátu je vyšší než náklady na její hnojivové hodnoty, při dopravě překračující vzdálenosti 5-10 km.

Použití sušené digestátu jako pevné palivo se zdá být slibnou alternativou. Za účelem snížení nákladů na dopravu a skladování, digestát lze sušit v blízkosti zařízení bioplynové stanice. Z odpadního tepla elektrárny lze využít k sušení digestátu až do obsahu sušiny kolem 80-90%. Objemný materiál může být „peletizován“, produkovat skladovatelný a přenosný produkt s téměř konzistentními vlastnostmi. Po spalování digestátových palivových pelet, hnojivové živiny, jako je fosfor, draslík a vápník zůstávají v popelu. Ash s definovaným složením a vysokou koncentrací živin je cenné hnojivo. Nicméně, po spálení se těžké kovy z digestátu usazují v cykloně a popílek ve filtrech. Zvláště kadmium, olovo, zinek a rtuť jsou obvykle zachytávány při kondenzaci popílku z filtrů. (Härdtlein M, Eltrop L, Thran, 2004)

V současné době se digestát nebere v úvahu dle předpisů a norem pro biopaliva. Jako alternativní paliva, nebyl dosud zkoumán. Proto jsou cíle této práce ověřit, zda digestát z bioplynových stanic je vhodný jako palivo pevné biomasy, a zařadit digestát v souladu s platnými předpisy pro biopaliva. Kromě toho byl analyzován hrubý popel pro hodnocení vhodnosti jako hnojivo.

Experimenty byly prováděny spalováním biomasy, topného systému OEKO-THERM, typu C0 (AP Bioenergietechnik GmbH, Ort, Germany) s jmenovitým

výkonem 49 kW , běžně používaná pro travní pelety, obilí zrna, ozdobnice, dřevěné pelety, dřevní štěrky a jiné granulované pevné biomasy.

Závěr zkoušky:

Chemické složení a fyzikální vlastnosti digestátu palivových pelet závisí na směsi substrátů používaných jako vstupní surovina pro výrobu bioplynu. Chování spalování, je dáno vlastnostmi paliva. Po vysušení se digestát předmětem zkoušky by mohlo být lisováno do pelet bez příměsí. Vzhledem k vysokému obsahu popela 15-20% s charakteristickou vůní. Využití tohoto paliva je vhodné pro spalování v blízkosti místa původu. Závěrem lze říci, že digestát zkoumaný v této studii lze doporučit jako palivo pro spalování. Výhřevnost digestátu palivových briket byla srovnatelná s výhřevností dřeva. Proto digestát jako palivové pelety představují vynikající alternativní palivo jako dřevo. Emise spalin nebyly v rámci stanovených limitů pro biopaliva překročeny. Digestátové pelety mohou být spáleny se současnou tržně dostupnou spalovací technologií. Výrobní náklady palivových pelet z digestátu jsou nízké, protože více než 90% produkční energie byla dodávána odpadního tepla.

Bioplyn pro pohon motorových vozidel

Ještě vyššího čistého energetického zisku a tedy obecně environmentálních přínosů lze dosáhnout z organických materiálů, které jsou odpadem (např. bioodpady ze stravovacích provozů, z chovů zvířat, apod.), protože zde nemusí být započítávány energetické vstupy na jejich výrobu resp. vznik s výjimkou přepravních nákladů pro jejich dopravu do bioplynové stanice. Z jedné tuny organického bioodpadu tak může být vyrobeno tolik biometanu, že s ním například svozový vůz v denním provozu může ujet vzdálenost 200 i více kilometrů. Využití bioodpadů pro výrobu biopaliva je atraktivní zejména pro hustěji osídlené oblasti – místní odpady tak mohou „pohánět“ autobusy, městské hromadné dopravy a další dopravní prostředky a přitom s mnohem menšími emisemi, než jaké dosahují vozy s dieselovým pohonem starší výroby.

Kladná energetická bilance celého výrobního řetězce biometanu pak nakonec může významně přispět i ve snaze snižovat produkci emisí oxidu uhličitého: automobily mohou jezdit na biopalivo, jehož spalování má oproti naftě získávané z ropy třeba jen čtvrtinové emise CO₂ (po zápočtu jejich úspory díky kladné energetické bilanci

jeho výroby). Odborníci vědí, jak obtížné je tak velkého poklesu za současné nadvlády fosilních zdrojů energie dosáhnout.

Prodej biometanu v Irsku

Pro příklad udaná situace v jiné zemi.

Roční příjmy, které mohou být vytvořeny v zemědělské bioplynové stanici se zařízením k prodeji biometanu. Toto zařízení bude prodávat svůj vyrobený biometan za € 1.258 / m³ včetně DPH 21%. Tato prodejní cena se projeví na příjmech při prodeji za € 1.04 / m³ biometanu.

(M. Howley, B. Ó'Gallachóir, E. Dennehy, 2009)

Dezintegrace lignocelulózy pro bioplynové stanice

Aby mohly bioplynové stanice za pomoci enzymatického působení mikroorganismů využít maximum energie, kterou rostliny fotosyntézou akumulovaly do své hmoty, může být výhodné fytoomasu odpovídajícím způsobem upravit. Je obecně známo, že dezintegrací se zvyšují reakční plochy a většina procesů následně probíhá rychleji, potažmo hlouběji. Avšak lignocelulóza je kompozit biopolymerů (převážně lignin, celulóza a hemicelulóza) vyvinutý evolučním bojem s mikroorganismy, býložravci, či klimatem natolik, že mnohé způsoby jeho úpravy ekonomicky selhaly z důvodu vysoké energetické náročnosti.

Hydrofobní lignin, zodpovědný především za pevnost buněčných stěn, je syntetizován z prekurzorů vznikajících v Golgiho aparátu. Nalezení způsobu jeho hydrolýzy se podařilo jen několika málo formám života, čímž zřejmě zamezily dalšímu obnovování fosilních paliv. Velké množství energie je ukládáno i do energetických vazeb mezi molekulami glukózy, jejichž řetězením v rosetách vznikají v rostlinách krystaly celulózy s polymeračním stupněm až v řádech statisíců. V hydrolýze celulózy je různě úspěšná řada mikroorganismů a hub, avšak živočichové k jejímu trávení využívají převážně symbiotických vztahů.

Protože bez odpovídajícího způsobu úpravy relativně velké množství organického uhlíku prochází procesem anaerobní fermentace, aniž by existovala reálná šance na jeho využití, jsou již po několik desetiletí vyvíjeny různé způsoby

dezintegrace lignocelulózy. Vzhledem k tomu, že efektivita běžných technologií anaerobní fermentace dosahuje na fytohmase třetiny, maximálně poloviny teoretické produkce metanu, má před sebou dezintegrace lignocelulózy zajímavý potenciál.

Za nejstarší lze považovat rutinně užívané mechanické metody dezintegrace, když i samotné sklízecí mechanizace lze přiznat prokazatelné dopady na biologickou rozložitelnost. K mechanické dezintegraci jsou využívány různé druhy mixů, mlýnů a drtičů, které pracují převážně na principech úderu, stříhu a tření. Později byly tyto způsoby rozšířeny o drcení mezi částicemi, teplotní šok, či trhání. Krom mechanických extrudérů představují zajímavou alternativu i kladivové mlýny, ať již s pevně uchycenými kladivy (vyšší kinetická energie, náročnější na údržbu), či s volným uchycením (lze přizpůsobit širokému spektru biomasy). Účinnost mechanické dezintegrace je nejčastěji poměřována dle měrné rozpojovací energie ($\text{kWh}\cdot\text{t}^{-1}$, či $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$) k dosažení požadované velikosti fragmentu fytohmasy.

Pro anaerobní fermentaci fytohmasy s vyšším podílem lignocelulózy, jako je například sláma, je však další snižování průměrné velikosti částic výše uvedenými metodami neúměrně energeticky náročné a bez odpovídajícího efektu. Bylo ověřeno, že je výhodnější základní mechanickou úpravu doprovodit prudkými tlakovými změnami natolik intenzivními, že jsou schopny narušit samotné vnitřní struktury lignocelulózy. Odkrytím ligninu a hemicelulóz tak lze vystavit krystaly celulózy intenzivnějšímu enzymatickému působení, čímž mohou být lépe hydrolyzovány na fragmenty snadněji podléhající anaerobní fermentaci. Je známo několik vynálezů, kdy bylo prudkého tlakového výkyvu dosahováno průletem fytohmasy tryskami a obdobnými překážkami, avšak tyto technologie nebyly zavedeny do praxe.

Aby byly tlakové změny co nejvyšší, jsou konstruovány reaktory dosahující za pomoci páry (obohacování o silné kyseliny, či zásady se ukázalo jako nerentabilní) tlaků v jednotkách, až desítkách MPa. Různí vynálezci se již několik dekád předhánějí nejen v konstrukčním řešení, ale především ve složitém hledání optimálních parametrů (tlak, teplota, doba zdržení, hydromodul a další). Jejich optimalizace musí respektovat specifika zpracovávané fytohmasy, technická omezení

zařízení, předcházet vzniku inhibitorů a především respektovat ekonomické ukazatele.

Nejlepší aktuálně známá technologie pro zpracování posklizňových zbytků se skládá z maceračního mlýnu, který pod hladinou horké kapaliny (40 až 85 °C, je využito odpadního tepla) dezintegruje fytomasu na částice o průměrné velikosti 3 mm. Tímto způsobem dojde nejen k vytlačení vzduchu a dalších mezibuněčných plynů, ale i k přechodu jednoduše hydrolyzovatelných organických látek a některých minerálů do kapalné fáze. Naředění na odpovídající hydromodul umožňuje čerpání a ohřátí zlepšuje stabilitu tlaku v navazujícím tlakovém reaktoru. Tlakový reaktor je opatřen horizontální šroubovicí, jejíž otáčky řídí dobu zdržení. Za optimální tlak pro většinu druhů slámy je považováno okolí 1,5 MPa. Nejen, že je blízké biotechnologickému optimu, ale i z toho důvodu, že pro dosažení tohoto tlaku vystačí odpadní energie ze žhavých spalin z kogenerační jednotky. Potvrzuje se, že jedním z klíčových parametrů je i rychlost, s jakou je tlakový pád prováděn v expanzním turniketku, kterým je technologie zakončena. (MAROUŠEK, 2012)

Vliv biologické předúpravy lignocelulosových substrátů na produkci bioplynu

Nejčastěji se vyskytující lignocelulosovou biomasou jsou např. zbytky ze zemědělství (sláma, slupky, stonky atd.) nebo případně energetické rostliny (např. americké proso). Rigidní struktura lignocelulos hraje ovšem důležitou roli při biologickém zpracování těchto odpadů. Aby byla zvýšena biologická dostupnost lignocelulos pro mikroorganismy přítomné v anaerobním kalu bioplynové stanice, byla použita aerobní předúprava lignocelulosových odpadů celulolytickými mikroorganismy.

Testované substráty

Sláma (10-30 mm)

Průměrné složení použitých lignocelulosových materiálů dle literatury (Howard et al., 2003; Straka, 2003) - sláma – celulóza 55-60 % hm., lignin 14-17 % hm.

Aerobní předúprava

Aerobní fáze probíhala v Erlenmayerových baňkách na třepačce při teplotě 30 °C po dobu 2-12 týdnů. Výše uvedený substrát byly kultivovány v submersním systému v přítomnosti jednotlivých celulolytických kmenů: *Trichoderma reesei* kmen s pracovním označením Tur3. Po skončení této fáze byl obsah baněk analyzován (CHSK_{Cr}, sušina, organická sušina a kontrola přítomnosti celulolytické mikroflóry) a převeden do lahví určených pro anaerobní digesce.

Anaerobní fáze

Anaerobní proces probíhal v termofilním režimu při 55 °C po dobu 40 dnů. Počáteční zatížení biomasy v jednorázových anaerobních testech bylo 0,3 g/kg. Tyto testy poskytují informace o anaerobní rozložitelnosti sledovaného organického materiálu při optimálních podmínkách procesu a dostatečné době rozkladu. Je nutno věnovat náležitou pozornost volbě podmínek experimentu. Jde především o koncentraci biomasy, její fyziologický stav, stáří, druh a koncentraci substrátu, přítomnost živin, stimulujících nebo inhibujících látek, pH, teplotu, homogenitu prostředí, a také vhodné ředění a zatížení anaerobního kalu (inokula). V průběhu testů byl monitorován objem vyprodukovaného bioplynu a složení bioplynu (GC/TCD). Na závěr byla stanovena sušina, organická sušina, CHSK_{Cr}, pH a nižší mastné kyseliny (GC/FID), které jsou indikátorem dobrého/špatného průběhu anaerobní digesce.

Výsledky

Tvorba bioplynu (metanu) byla sledována v závislosti na délce aerobní hydrolýzy 2-12 týdnů. Jelikož všechny experimenty neprobíhaly souběžně, bylo nutné ke každé sadě připravit kontrolu bez biologické předúpravy, aby mohly být jednotlivé experimenty srovnávány. Následně ukazuje kumulativní produkci bioplynu ze slámy, která byla 12 týdnů kontaktovaná s celulolytickým mikroorganismem *T. reesei*. Je zde vidět, že produkce bioplynu u předupraveného vzorku byla rychlejší a také vyšší ve srovnání s kontrolním experimentem. V grafu je také znázorněna endogenní produkce bioplynu, tj. produkce samotným digestátem z bioplynové stanice bez substrátu. Nejvyšší substrátová produkce byla zaznamenána po cca 30 dnech od počátku anaerobní fáze a u předupravené slámy byla produkce methanu o 26,4 % vyšší než u slámy bez předúpravy. (HRDINOVÁ a kol., 2011)

Diskuze:

Vypsané návrhy nejsou uskutečněny, ale možná v budoucnu se o nich začne přemýšlet.

Návrhy pro BPS:

Sušení pelet:

Předem upozorňuji že následující údaje jsou převzaty z BPS Novosedly z důvodů, že BPS Koloměřice tuto výrobu nepoužívá.

Sušení separátu v pásové sušičce se podařilo využít převážnou část vyprodukovaného odpadního tepla. Pomocí 1 895,6 MWh tepla by se usušilo 2 047,9 t separátu, který byl vyprodukován fermentorem za sledované období a získat 674,6 t separátu s požadovaným obsahem sušiny. Hodnota nevyužitého tepla je 342,3 MWh což je 15,3 % z celkové produkce odpadního tepla z BPS.

Výroba pelet ze separátu. Usušený separát musíme před vstupem do peletizační linky sešrotovat na požadovanou velikost zrn. Náklady na šrotování jsou cca. 75 893 Kč. Poté následuje peletizační proces při kterém vyrobíme cca. 640,9 t pelet. Náklady na provoz peletizační linky jsou 222 615 Kč. Roční odpisy sušičky (99 000 Kč) a peletizační linky (27 000 Kč) činí 1 012 508 Kč. Prodejní cena pelet je 5000 Kč za 1t. Předpokládaný zisk z prodeje pelet je 3 204 500 Kč. Při finančním vyhodnocení celého projektu byl vypočítán čistý zisk na 2 191 992 Kč. Velkou roli v ekonomice projektu hraje spousta faktorů jako jsou výkupní cena pelet, cena elektrické energie, poruchovost strojů, náklady na opravy strojů. Tato varianta by byla možná uskutečnit, ale zatím se o ní neuvažuje.

Výroba biometanu:

Před spalování produkovaného bioplynu v kogenerační jednotce musí být plyn čištěn (odstraněny různé příměsi, zejména H₂S, zbaven vody a nakonec i oxidu uhličitého) tak, aby výsledný produkt obsahoval min. 96 - 97 % metanu. Ten je již plnou

náhradou zemního plynu a může využívat již existující infrastrukturu k tomu, aby byl rovnocennou náhradou zemního plynu ve vozech jezdících na stlačený (zemní) plyn. Například při využití kukuřice lze z jednoho hektaru osevní plochy získat v našich podmínkách okolo 30 tun zelené hmoty, která má po konzervaci do podoby kukuřičné siláže konverzní potenciál do podobybioplynu ve výši asi 1 MWh na tunu, neboli okolo 110 GJ/ha dle tuzemských výnosů. Následně se musí čistý bioplyn (biometan) stlačit na 200 kPa a umístit do nádoby, která tento tlak vydrží. Tento projekt byl projednáván, ale z finančních důvodů se zamítl.

Dosoušení komodit:

Tento projek je uskutečněný, kdy se na seník přistavil výměník tepla a teplý vzduch je vháněn do podrožtových prostor a tím suší seno. Spotřeba tepelné energie je kolem 270GJ/rok. Tento projek nevyšel na velký peněžní vklad z důvodů již stojícího objektu na skladování sena, který byl na principu vhánění ventilátorem venkovní vzduch do podrožtových prostor. Otvory po ventilátorech se zastavěly a začal se pouštět teplý vzduch.

Závěr:

V této práci jsem zpracoval i hodnoty vstupních surovin (biomasa) a vyrobených produktů (elektrická energie, tepelná energie, bioplyn, digestát) ve vybrané BPS. Popsal její hlavní části a použité technologie. Bioplynové stanice jsou energetické zdroje, které mají velký přínos pro životní prostředí. Přestože bioplyn zatím není schopen vytlačit fosilní paliva z jejich převyšujícího postavení na trhu s energiemi, má na rozdíl od nich zcela neomezené perspektivy pro budoucí využití.

Ale hlavním cílem mojí bakalářské práce bylo navrhnout a vyhodnotit využití nebo zvýšení efektivity bioplynové stanice. Kde jsem se snažil využít bioplyn, přebytečné teplo produkované kogenerační jednotkou nebo digestát v závislosti na odpadním teple. Bioplynová stanice Koloměřice byla uvedena do provozu firmou MT-Energie během roku 2011. Náklady na její výstavbu se vyšplhaly k bezmála 70 milionů korun. Návratnost investice byla stanovena do 9 let. Vhodným využitím vyprodukovaného odpadního tepla, digestátu nebo bioplynu by se tato doba mohla výrazně zkrátit. Do BPS byla instalována kogenerační jednotka od firmy GE Jenbacher (JMC 212 GS-B.L) s elektrickým výkonem 703kW a tepelným výkonem 725 kW a celkovou účinností 78,7 % kde tepelná účinnost je 40,8% a elektrická účinnost je 38,0%. Zatížení KGJ je 98%. Jako hlavní vstupní suroviny byly použity kukuřičná siláž, travní senáž a kravská kejda. BPS pro svůj provoz spotřebovala nejvíce kukuřičné siláže a to 9 393 t. Další nejpoužívanější surovina byla travní senáž (3 500 t), hovězí kejda (1 000t) nebo prasečí kejda (1 000 t). Celkem těchto surovin je 14 893 t. Kukuřičná a travní senáž je skladována v silážních žlabech. Hovězí kejdu přečerpává z výkrmny skotu vzdálené 500 m pomocí podzemního potrubí a prasečí kejda se dováží z odchovny prasat ze vzdálenosti 8 km od BPS. Celková produkce bioplynu byla 2 738 595 m³ / rok (7 503 m³ / den). Vyrobená elektrická energie je prodávána společnosti EON. Tržba z prodeje je hlavní finanční příjem, který má vliv na návratnost investice.

Celkové investiční náklady:

Technologická část: 35 434 600 Kč

Stavební část: 23 549 400 Kč

Trafostanice: 4 025 000 Kč
Celkem: 63 009 000 Kč

Náklady na vstupy:

Kukuřičná siláž: 5 425 000 Kč při ceně 620 Kč/t
Travní senáž: 1 925 000 Kč při ceně 550 Kč/t
Kejda: 110 000 Kč při ceně 55 Kč/t
Celkem: 7 460 000 Kč

Provozní náklady byly vypočítány na 15 971 000 Kč.

Použitá literatura:

ANONYMUS 1 (Bioplynová stanice: Bioplynová stanice. In: [online]. 2008. vyd., 2008 [cit. 2014-04-01]. ISSN 1803-4160. DOI: <http://www.nazeleno.cz/bioplynova-stanice.dic>.)

ANONIMUS 2 (Členění bioplynových stanic: Členění bioplynových stanic. In: [online]. 2008. vyd. [cit. 2014-04-01]. DOI: <http://www.bioplynovestanice.cz/cleneni-bps/>.)

ANONYMUS 3 Co je to bioplynová stanice?. In: [online]. 2011. vyd. [cit. 2014-04-01]. ISSN 1803-6686. Dostupné z: http://www.enviweb.cz/page/co_je_to_bioplynka

BAČÍK, Ondřej: Bioplynové stanice: technologie celonárodního významu. Biom.cz [online]. 2008-01-14 [cit. 2013-12-10]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynove-stanice-technologie-celonarodniho-vyznamu>>. ISSN: 1801-2655.

BHKW-Kenndaten 2005. Arbeitsgemeinschaft für Sparsamen und Umweltfreundlichen Energieverbrauch ev, Rationeller Erdgaseinsatz, Kaiserslautern; 2005.

DEUBLEIN, D., STEINHAUSER, 2008 A.: Biogas from Waste and Renewable Resources.

DOHÁNYOS, Michal: Zvyšování efektivity fermentace - nejnovější poznatky ve výzkumu a praxi. Biom.cz [online]. 2009-02-25 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zvysovani-efektivita-fermentace-nejnovejsi-poznatky-ve-vyzkumu-a-praxi>>. ISSN: 1801-2655.

Döhler H, Schliebner P. Verfahren und der Wirtschaftlichkeit Gärrestaufbereitung. Darmstadt: KTBL; 2006.

Eder B, Schulz H. Biogas Praxis – Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele, Wirtschaftlichkeit, Ökobuch Verlag, Staufen, 2009

Handreichung Biogasgewinnung und-nutzung, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe eV, Gülzow; 2006

Härdtlein M, Eltrop L, Thran D. Voraussetzungen zur Standardisierung biogener Festbrennstoffe. Münster: Landwirtschaftsverlag; 2004

Heinemann A. Schnell Zündstrahlmotoren, personal communication; 2007

Hejduk, S., Hrabě, F., 1999: Vývoj botanické skladby pastevních porostů vlivem hnojení a způsobu využívání. In: Sborník referátů z mezinárodní vědecké konference Agroregion 99, ZF JČU České Budějovice, 2. – 3. 9. 1999, s. 199-201.<http://www.calla.cz/data/energetika/seminare/bioplyn/KlirBPS.pdf>

Hermansson H. Project leader, Swedish Biogas AB, personal, communication; 2009

Howley M., B. Ó'Gallachóir, E. Dennehy, Energy in transport, Energetická politika statistické podpory Unit, udržitelný úřad pro energii z Irska, Glasnevin, Dublin 9, Irsku (2009) k dispozici from:http://www.seai.ie/Publications/Statistics_Publications/EPSSU_Publications/Energy_in_Transport/Energy_In_Transport_2009_Report.pdf

Howard R. L., Abotsi E., Jansen van Rensburg E. L., Howard S. (2003): Lignocellulose biotechnology: issues of bioconversion and enzymeproduction. African Journal of Biotechnology 2 (12), s. 602-619.

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

HRDINOVÁ, Jitka, KOZUMPLÍKOVÁ, Milena, JAGOŠOVÁ, Vanda, MINAŘÍK, Miroslav, PÍŠTĚK, Vlastimil: Vliv biologické předúpravy lignocelulosoových substrátů na produkci bioplynu. *Biom.cz* [online]. 2011-11-16 [cit. 2014-04-08]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vliv-biologicke-predupravy-lignocelulosoovych-substratu-na-produkci-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655.

Hřebíček Jiří, Hejč Michal, Piliar František a Zhyltsová Julie: Identifikace a posouzení efektivity systémů nakládání s BRO v ČR a v zemích EU, DEKONT INTERNATIONAL, s.r.o., 2006, 151 s. [cit. 2013-02-12].

HRŮZA, Radim, STOBER, Karel: Co ovlivňuje efektivitu provozu bioplynové stanice. *Biom.cz* [online]. 2009-04-01 [cit. 2014-04-01]. Dostupné z WWW:

<<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/co-ovlivnuje-efektivitu-provozu-bioplynovestanice>>. ISSN: 1801-2655.

KAJAN, Miroslav: Bioplyn z odpadů živočišné výroby. *Biom.cz* [online]. 2005-08-23 [cit. 2014-04-05]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplyn-z-odpadu-zivocisne-vyroby?add_disc=1>. ISSN: 1801-2655.

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

Kim M. et al.: Comparative process stability and efficiency of anaerobic digestion; mesophilic vs. Thermophilic. *Water Research*, 36, 2002, 4369–4385

Kocourková, D., Fuksa P., 2006: Využití travní fytomasy pro výrobu bioplynu. In: *Nové poznatky v pícninářství a trávnickářství*. Sborník příspěvků z odborného semináře „Univerzitní pícninářské dny“, ČZU Praha, 12. – 13. 10. 2006, s. 49-51

KUŽEL, Prof. Ing. Stanislav, CSc., prof. Ing. Ladislav KOLÁŘ, DrSc., Ing. Jiří PETERKA a Ph. D., Jiřina HŘEBEČKOVÁ. Jak efektivně využít digestát?. In: [online]. 25. 6. 2010, 2011 [cit. 2014-04-01]. Dostupné z: <http://energie21.cz/jak-efektivne-vyuzit-digestat/>

KWS, 2008: *Bioplyn – základy kvasné technologie*. KWS *osiva* s.r.o., Velké Meziříčí, 86 s.

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*, 2001, 98, 2012, 502–511

Lootsma, Raussen T. Aktuelle Verfahren zur Aufbereitung und Verarbeitung von Gärresten. In: 20.. Kasseler Abfall-und Bioenergieforum 2008, 2008p

MAROUŠEK, Josef: Dezintegrace lignocelulózy pro bioplynové stanice. *Biom.cz* [online]. 2012-08-20 [cit. 2014-04-08]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/produkcii-bioplynu-lze-zvysit-dezintegracivstupni-fytomasy>>. ISSN: 1801-2655.

MUŽÍK, Oldřich, KÁRA, Jaroslav: Možnosti výroby a využití bioplynu v ČR. *Biom.cz* [online]. 2009-03-04 [cit. 2014-04-01]. Dostupné z WWW:

<<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznost-vyroby-a-vyuziti-bioplynu-v-cr>>. ISSN: 1801-2655.

PAWLICA, Petr: Sušení odpadním teplem z bioplynové stanice. Biom.cz [online]. 2010-05-24 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/suseni-odpadnim-teplem-z-bioplynove-stanice>>. ISSN: 1801-2655.

POKORNÁ Marcela, KŠICA Martin, ŠMARDA Pavel, 2009 Konkurenceschopnost a kvalita - cesta k úspěchu zemědělského podniku. Irs-eu[online]. [cit. 2013-02-12]. Dostupné z http://www.irs-eu.com/files/prezentace_pOlt_final.pdf

Ing. Pospíšil Lukáš, Zemědělec 39/2010, Výroba bioplynu „suchou“ fermentací, str. 14, citováno 1.4. 2014 dostupné na: http://www.fortexbioplyn.cz/uploaded/zemedelec_2010.pdf

PROCHÁZKA, Ing. Zdeněk. Využití odpadního tepla z BPS a granulace biomasy. In: Agroing [online]. 2011 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.agroing.cz/vyuziti-odpadniho-tepla-z-bps-a-granulace-biomasy>

Schulz, H., Eder, B.: Bioplyn v praxi. HEL, Ostrava, 2004. <http://kogenerace.tedom.com/kogeneracni-jednotky-download.html> [5.4.2014]

Speece R.E Anaerobic biotechnology for industrial wastewaters Archae Press, Nashville, TN (1996)

ŠAFAŘÍK, Miroslav: Bioplynové stanice – podmínky a možnosti využití tepla. Biom.cz [online]. 2012-03-13 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynove-stanice-podminky-a-moznosti-vyuziti-tepla>>. ISSN: 1801-2655.

Štambaský Jan, Energie 21, odborný časopis o obnovitelných zdrojích energie, vydání 6/2012, čl. Dynamická výstavba se v příštích letech zbrzdí, Praha 2012, str. 18-19, ISSN 1803-0394.

TRNAVSKÝ, Jiří: Možnosti intenzifikace produkce bioplynu. Biom.cz [online]. 2013-11-11 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-intenzifikace-produkce-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655.

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

VĚTSTNÍK, ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. Výkupní ceny a zelené bonusy na elektřinu: Pro elektřinu vyrobenou z obnovitelných zdrojů energie platí následující podmínky. In: 28. 11. 2013. Jihlava.

WARD, A.J. , HOBBS, P.J., HOLLIMAN, P.J., JONES, D.L., (2008): Optimisation of the anaerobidigestion of agricultural resources, Bioresource Technology, [cit. 2013-02-12].
doi:10.1016/j.biortech.2008.02.044 in press, pp. 7928-7940.

Wiegant W.M, M Hennink, G Lettinga Separation of the propionate degradation to improve the efficiency of thermophilic anaerobic treatment of acidified wastewater Water Res, 20 (4) (1986), pp. 517–524

WL HARRIS, RR DAGUE: Comparative performance of anaerobic filters at mesophilic and thermophilic temperatures

WOLLNER, A.: Využití kukuřice k energetickým účelům, Diplomová práce, Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita, 2011.

www.mt-energie.cz [5.4.2014])

Zeikus J.G Thermophilic bacteria: ecology, physiology, and technology Enzyme Microb Technol, 1 (1979), pp. 243–251

Zinder S.H, T Anguish, S.C Cardwell Effects of temperature on methanogenesis in a thermophilic (58°C) anaerobic digester Appl Environ Microbiol, 47 (4) (1984), pp. 808–813

