

BIOGAS PRODUCTION AND UTILIZATION FOR ENERGY REQUIREMENTS OF AGRICULTURAL BUILDINGS

Michal Gallo

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xgallo00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Tomáš Bartošík

E-mail: xbarto36@stud.feec.vutbr.cz

Abstract: The paper describes issues of designing complex producing biogas from agricultural sewage material and effectivity for covering energy requirements of agricultural object. The beginning of the work contains composition and basic physical parameters of biogas. In following text is described the structure of anaerobic digestion process, ideal substrate and requirements for final product. In the next part are explained technologies for biogas production and utilization methods for electricity and heat generation. The end of the work contains simple calculation and suggestion for biogas plant.

Keywords: biogas, anaerobic digestion, biogas plant, cogeneration

1. ÚVOD

Energetické nároky spoločnosti, ktoré neustále rastú, nabádajú k hľadaniu nových spôsobov získavania energie a jednou z najčastejšie rozoberaných tém sú obnoviteľné zdroje. Medzi ne patrí aj biomasa a energetický potenciál v nej obsiahnutý. Možnosti získavania energie z biomasy je niekoľko a nemalú časť tvorí jej vyhnívanie pri ktorom sa uvoľňuje bioplyn. Tento proces zhodnotenia biomasy prináša niekoľko výhod, medzi ktoré sa radí získavanie ekologickej energie, stabilizovanie odpadového materiálu, získanie kvalitného hnojiva a v neposlednom rade zníženie zaťaženia životného prostredia.

2. BIOPLYN

Termínom bioplyn je v súčasnej technickej praxi označovaný plynný produkt vznikajúci pri anaeróbnej metánovej fermentácii. Tento proces môžeme nazvať aj ako vyhnívanie, anaeróbná digestia, biometánizácia, biogasifikácia alebo anaeróbná stabilizácia kalov.

2.1. ZLOŽENIE A VLASTNOSTI

Chemické zloženie bioplynu definujeme dvomi skupinami. Jednoduchšia je časť majoritných zložiek predstavujúca binárny charakter bioplynu tvorený metánom a oxidom uhličitým a zložitejšia je časť minoritných stopových látok avšak v oveľa menšej miere a väčšej rôznorodosti. Bioplyn nie je homogénny, ale skladá sa so zmesi viacerých plynov, ktorých vlastnosti ho definujú a sú uvedené v Tabuľke 1 [1] [2].

Názov plynu	Chemická značka	Objemové percento	Spalné teplo	Výhrevnosť	Medza výbušnosti	Zápalná teplota	Kritický tlak	Kritická teplota	Hustota
		[%]	[MJ/m ³]	[MJ/m ³]	[%]	[°C]	[MPa]	[°C]	[kg.m ⁻³]
metán	CH ₄	55 - 70	39,888	10,752	4,0 - 17	650 - 750	4,7	-82,5	0,714
oxid uhličitý	CO ₂	27 - 42	-	-	-	-	7,5	31	1,977
vodík	H ₂	0 - 3	12,791	35,847	4,0 - 80	588	1,3	-	0,09
sulfán	H ₂ S	0,1 - 1	25,707	23,697	4,0 - 45	-	8,9	100,4	1,536
dusík	N ₂	1,0 - 3	-	-	-	-	3,3	-1472	0,771

Tabuľka 1: Základné vlastnosti látok bioplynu

2.2. ANAERÓBNA DIGESCIA

Jedná sa o proces výroby bioplynu, ktorý predstavuje súbor štyroch na seba nadväzujúcich zložitých fáz postupne premieňajúcich vstupný materiál na výsledný produkt metanizácie:

Hydrolyza – pôsobením fermentačných mikroorganizmov rozkladá makromolekulárne látky organických polymerov na mikromolekulárne látky monomérov ako sú jednoduché cukry, peptidy, glycerin, vyššie mastné kyseliny a aminokyseliny pomocou extracelulárnych hydrolytických enzýmov – hydroláz. [1] [3]

Acidogenéza – acidogenná fáza prebieha v úplne anaeróbných podmienkach. Acidogenné baktérie rozkladajú produkty hydrolyzy na jednoduché organické látky ako sú nižšie mastné kyseliny, kyselina octová, kyselina propionová, oxid uhličitý a vodík, ktorého prítomnosť spôsobí vznik vyšších kyselín a alkoholov. [1] [3]

Acetogenéza – fáza, v ktorej syntrofné acetogenné mikroorganizmy rozkladajú vyššie organické kyseliny na kyselinu octovú, vodík a oxid uhličitý. Súčasne so syntrofnými acetogenmi pracujú homoacetogeny spotrebúvajúce vodík pri ďalšej tvorbe kyseliny octovej. Minoritné zastúpenie majú aj síran redukujúce baktérie a nitrát redukujúce baktérie. [1] [3]

Metanogenéza – vo finálnej fáze digescie spolupracujú dva druhy metanogenných baktérií. Acetotrofné metanogeny rozkladajú kyselinu octovú na oxid uhličitý a takmer dve tretiny metánu z celkového objemu. Zvyšnú časť vznikajúceho metánu vytvoria omnoho rýchlejšie pracujúce hydrogenotrofné metanogeny z oxidu uhličitého a vodíku. [1] [3]

2.3. VSTUPNÝ A VÝSTUPNÝ MATERIÁL

Dôležitým faktorom ovplyvňujúcim kvalitu, množstvo, zloženie a vlastnosti vzniknutého bioplynu je vstupný materiál obsahujúci proteiny, lipidy a polysacharidy. Podľa pôvodu substrátov radíme vstupný materiál do skupín organických látok pochádzajúcich z priemyselného, poľnohospodárskeho a komunálneho odvetvia. Cieľom celého procesu anaeróbného vyhnívania je produkcia kvalitného bioplynu. Pri tvorbe bioplynu vzniká z biomasy stabilizovaný digestát, ktorý je zložený z tuhého separátu a tekutého fugátu.

3. TECHNOLÓGIE PRE VÝROBU BIOPLYNU

Zariadenie určené predovšetkým na ciele výrobu bioplynu ako prvotného produktu sa nazýva bioplynová stanica s hlavnými časťami reaktorom a plynojemom, ktorých prevádzka vyžaduje podružné a pomocné systémy.

4. SPÔSOBY ELEKTROENERGETICKÉHO VYUŽITIA BIOPLYNU

Plynný produkt riadenej anaeróbnej digescie je možné využiť rozličnými spôsobmi. Medzi najčastejšie využívané metódy spracovania bioplynu v praxi patrí najmä priame spaľovanie za účelom využitia tepelnej energie, spaľovanie v spaľovacích strojoch pre využitie točivej sily alebo využitie bioplynu v kogenerácií, poprípade v trigenerácií. Kogenerácia predstavuje technológiu kombinujúcu spoločnú premenu energetického potenciálu vstupnej látky na elektrickú a tepelnú energiu a to buď nepriamym spôsobom, ktorého hlavnými predstaviteľmi sú kogeneračné jednotky so spaľovacími motormi prípadne turbínami, alebo priamym spôsobom premeny, ktorý je využívaný v palivových článkoch

5. NÁVRH BIOPLYNOVEJ STANICE

Kompletný návrh takéhoto komplexu je obsiahly a náročný na množstvo podružných a pomocných výpočtov, a preto táto práca načrtne len jednoduchý výpočet pre prvotnú predstavu problematiky návrhu bioplynovej stanice.

Zo zadaných vstupných informácií sa vypočíta objem anaeróbného reaktora V_{AR} podľa rovnice (1), denná produkcia plynu p_p podľa vzťahu (2), objem plynojemu V_p vzorcom (3), objem nádrže na stabilizovaný digestát V_{SD} vzťahom (4), energia vyrobená za deň $E_{deň}$ podľa vzorca (5) a elektrický výkon P_{el} rovnicou (6) zariadenia premieňajúceho bioplyn na elektrickú energiu a teplo. V návrhu je počítané s počtom dojníc $n = 50$. Odpovedajúce hodnoty charakterizujúce kvalitu hnoja podľa druhu zvierat sú uvedené v tabuľkách z literatúry [4]. Pre výpočet je potrebné poznať tabuľkové hodnoty produkcie hnoja $p_{hl} = 0,055 \text{ m}^3/\text{deň}$ a výnosu plynu v_{os} pohybujúceho sa od $0,176 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ do $0,520 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ organickej sušiny (priemer $0,348 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$). Sušina hnoja hovädzieho dobytky nadobúda hodnotu $V_{s\%} 7\% - 17\%$ a organická sušina v sušine $V_{os\%} 44\% - 86\%$. Tabuľkové hodnoty a rovnice výpočtu sú odvodené z literatúry [4]. Vo výpočte bude rátané s hodnotou sušiny $V_{s\%} = 8\%$ a hodnotou organickej sušiny v sušine $V_{os\%} = 75\%$ pri uvažovanej hustote hnoja $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Stredná doba styku $t_s = 35$ dní. Stabilizovaný digestát bude skladovaný po dobu uskladnenia $t_u = 200$ dní, kogeneračné zariadenie pracuje nepretržite, čiže doba prevádzky $t_{pr} = 24$ hodín a energetické využitie bioplynu v tomto zariadení je charakterizované jeho činiteľom $\kappa = 2 \text{ kWh}_{el} \cdot \text{m}^{-3}$.

$$\text{Objem anaeróbného reaktora} \quad V_{AR} = n \cdot p_{hl} \cdot t_s = 50 \cdot 0,055 \cdot 35 = 96,25 \text{ m}^3 \quad (1)$$

$$\text{Denná produkcia plynu} \quad p_p = V_{s\%} \cdot V_{os\%} \cdot \rho \cdot n \cdot p_{hl} \cdot v_{os} \quad (2)$$

$$p_p = 0,08 \cdot 0,75 \cdot 1000 \cdot 50 \cdot 0,055 \cdot 0,348 = 57,42 \text{ m}^3 \cdot \text{deň}^{-1}$$

$$\text{Objem plynojemu} \quad V_p = \frac{p_p}{t_{pr}} + \text{rezerva} = 70 \text{ m}^3 \quad (3)$$

$$\text{Objem nádrže na digestát} \quad V_{SD} = n \cdot p_{hl} \cdot t_u = 50 \cdot 0,055 \cdot 200 = 550 \text{ m}^3 \quad (4)$$

$$\text{Elektrická energia vyrobená za deň} \quad E_{deň} = p_p \cdot \kappa = 57,42 \cdot 2 = 114,84 \text{ kWh}_{el} \quad (5)$$

$$\text{Elektrický výkon zariadenia} \quad P_{el} = \frac{E_{deň}}{t_{pr}} = \frac{114,84}{2} = 4,875 \text{ kW}_{el} \quad (6)$$

6. ZÁVĚR

Vo výpočte sú zadávané tabuľkové hodnoty, ktoré sa v praxi môžu líšiť od skutočných a preto je potrebné pri návrhu reálneho komplexu počítať s rezervami, s možným kolísaním kvality, kvantity a charakteru vstupného materiálu. Pre vypočítaný elektrický výkon kogeneračného zariadenia $4,875 \text{ kW}_{el}$ existuje na trhu adekvátna kogeneračná mini-jednotka o elektrickom výkone $5,5 \text{ kW}_{el}$. Rozdiel, ktorý vznikne pri väčšej spotrebe energie ako je energia vyrobená jednotkou, sa vykryje z distribučnej siete. Zvýšenie produkcie bioplynu je možné vykonať rozšírením chovu dobytky alebo kofermentáciou s fytomasou v prípade, že hospodárstvo má aj rastlinnú výrobu.

REFERENCE

- [1] NOVÁ, D.: Bioplyn - zdroje a možnosti praktického využití. Praha: ÚVTEI, 1982, 72 s.
- [2] JELÍNEK, A.: Hospodaření a manipulace s odpady ze zemědělství a venkovských sídel. Praha: Agrospoj, 2001, 236 s. ISBN 80-239-4234-4.
- [3] STRAKA, F., CIAHOTNÝ, K.: Bioplyn: [příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů]. Praha: GAS, 2010, 305 s. ISBN 978-80-7328-235-6.
- [4] SCHULZ, H., EDER, B.: *Bioplyn v praxi: teorie - projektování - stavba zařízení - příklady*. Ostrava: HEL, 2004, 167 s. ISBN 80-86167-21-6.