

*Jarosław Gniazdowski
Katedra Ochrony Przyrody
Uniwersytet Zielonogórski*

OCENA WYDAJNOŚCI BIOGAZU DLA PLANOWANEJ BIOGAZOWNI PRZY FERMIE KRÓW MLECZNYCH

Streszczenie

Biogazownie rolnicze zyskują coraz więcej zwolenników wśród producentów rolnych. Wobec rosnących kosztów produkcji i spadającej opłacalności produkcji zwierzęcej i roślinnej, stanowią one doskonałe miejsce dla dywersyfikacji źródeł dochodów. Podejmując się planowania budowy biogazowni do wyliczenia produktywności instalacji i określenia parametrów ekonomicznych przyjmują się standardowe założenia wydajności posiadanych substratów fermentacyjnych. Nie zawsze jednak wartości te odpowiadają rzeczywistym uzyskom biogazu i jego składowi, stąd w ocenie autora w każdym przypadku do prawidłowego określenia wartości produkcji biogazu należy przeprowadzić badania szczegółowe. Celem badań było określenie rzeczywistych wartości charakteryzujących potencjał energetyczny oraz zawartość amoniaku, dwutlenku węgla i azotu dla pochodzących z fermy krów, dwóch surowców fermentacyjnych w postaci obornika i gnojowicy oraz kukurydzy i sorgo. Zebrane wyniki pokazują, że rozbieżności w uzyskanych wartościach w stosunku do danych literaturowych mogą być znaczne i wynikają przede wszystkim ze stosowanych praktyk w postępowaniu z materiałem fermentacyjnym w gospodarstwie.

Słowa kluczowe: biogaz, biogazownie rolnicze, fermentacja metanowa, uzysk biogazu

WSTĘP

Biogazownie rolnicze zyskują coraz więcej zwolenników wśród producentów rolnych. Przyczyn wzrostu takiego zainteresowania należy upatrywać w coraz szerszej, dostępnej informacji na temat rolniczych zastosowań biogazowni, presji pojawiających się firm dostawczych, zmianach w prawie energetycznym i konieczności, wynikającej z dyrektyw niniejszych, prawidłowego zagospodarowania obornika i gnojowicy. Biogazownia, wobec rosnących kosztów produkcji i spadającej opłacalności produkcji zwierzęcej i roślinnej, stanowi też doskonałe miejsce dla dywersyfikacji źródeł dochodów.

Podjmując się projektowania instalacji fermentacji metanowej z surowców pochodzenia rolniczego przyjmuje się wartości uzysku biogazu dla poszczególnych komponentów na podstawie wartości uzyskanych w wyniku badań laboratoryjnych, w niektórych przypadkach skorelowanych z cytowanymi w literaturze przedmiotu wynikami badań modelowych [Moller i in. 2004].

Przykładowe wyniki badań laboratoryjnych wykonane przez Institut für Energetik Und Umwelt przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Biogaz. Produkcja. Wykorzystanie [Institut für Energetik und Umwelt 2006]
Table 1. Biogas. Production. Utilization

Podłoże	sm %	smo % sm	N	NH ₄	P	uzysk biogazu		zawartość CH ₄ % obj.
			% ss			m ³ ·t ⁻¹ podłoża	m ³ ·t ⁻¹ smo	
Gnojowica bydła	8-11	75-82	2,6-6,7	1-4	0,5-3,3	20-30	200-500	60
Obornik bydła	ok. 25	68-76	1,1-3,4	0,22-2	1-1,5	40-50	210-300	60
Kiszonka kukurydzy	20-35	85-95	1,1-2	0,15-0,3	0,2-0,3	170-200	450-700	50-55

Na podstawie przeprowadzonych licznych badań laboratoryjnych przez wymieniony wyżej Instytut określone zostały ogólne, wzorcowe parametry biogazu, których wartości przedstawia tabela 2.

Tabela 2. Średni skład biogazu [Institut für Energetik und Umwelt 2006]
Table 2. Average biogas composition

Element składowy	Stężenie
Metan (CH ₄)	50 – 75 % obj.
Dwutlenek węgla (CO ₂)	25 – 45 % obj.
Woda (H ₂ O)	2 – 7 % obj.
Siarkowodór (H ₂ S)	20 – 20000 ppm
Azot (N)	<2 % obj.
Tlen (O ₂)	< 2 % obj.
Wodór (H ₂)	< 1 % obj.

Również polscy autorzy na podstawie badań laboratoryjnych i literaturowych przedstawiają modelowe wartości dla poszczególnych substratów, z których w procesie fermentacji beztlenowej uzyskuje się biogaz. Tabela 3 przedstawia dane publikowane przez Jędrzejczaka [2007].

Tabela 3. Skład biogazu [Jędrzejczak 2007]

Table 3. Biogas composition

Rodzaj surowca	Zawartość wody (%)	Zawartość substancji organicznej % s.m.	Zawartość azotu % s.m.	Produkcja biogazu m ³ /kg s.m.o.	Zawartość metanu w gazie (%)
Kiszonka kukurydzy	65-80	85-95	1,1-2,0	0,45-0,70 (0,56)	50-55
Gnojowica (bydło)	88-95	75-85	2,6-6,7	0,20-0,50	55-75
Obornik (bydło)	67-87	68-76	1,5-42	0,21-0,30	60

Nie zawsze jednak wartości tabelaryczne odpowiadają rzeczywistym uzyskom biogazu i jego składowi, stąd w ocenie autora w każdym przypadku do prawidłowego określenia wartości produkcji biogazu należy przeprowadzić badania szczegółowe. Na parametry substratów fermentacyjnych duży wpływ mogą mieć warunki utrzymania i żywienia zwierząt, nawożenie roślin, procesy technologiczne, jak i np. stosowanie środków zakiszających w przypadku kiszonek z kukurydzy czy sorgo [Reheman 2002; Ploch i in. 2001].

W projektowanej biogazowni rolniczej przy fermie krów mlecznych, gdzie znajduje się 1100 krów dojnych i ponad 800 szt. młodzieży uzyskuje się rocznie ponad 35 tys. ton gnojowicy i obornika. Obliczenia teoretyczne pozwoliły na zaprojektowanie biogazowni o mocy 1 MW.

Celem badań było określenie rzeczywistych wartości charakteryzujących potencjał energetyczny, a także zawartość amoniaku, dwutlenku węgla i azotu dla pochodzących z fermy krów, dwóch surowców fermentacyjnych w postaci obornika i gnojowicy oraz kukurydzy i sorgo.

Metodyka badań

Badania przeprowadzono jesienią 2008 r. na fermie krów mlecznych Kalsk, gm. Sulechów woj. lubuskie. Do badań pobrano cztery próbki, na które składały się: gnojowica pochodząca z fermy krów, obornik pobrany z płyt obornikowych, kiszonka z kukurydzy przygotowana do skarmiania bydłem i kiszonka z sorgo. Dostarczone próby, po uśrednieniu i homogenizacji bez zmiany pH i proporcji składników nieorganicznych, poddano fermentacji zgodnie z normą DIN 38 414-S8 w celu określenia wydajności biogazu. Badania wykonano dla 4 powtórzeń z próbą kontrolną, przy temperaturze

fermentacji 32°C. Objętość osadu zaszczepiającego stanowiła 10% objętości próbki. Pomiar stężenia gazów wykonano za pomocą spektrometru fotoakustycznego Multi Gas Monitor model 1312 firmy Innova. Analizy chemiczne przeprowadzono zgodnie z normami PN-EN 12880, PN-EN 12879, PN-EN 1899-1/12.2002, PN-En 13342, PN-EN 14672 plus metoda 0-55 Macherey-Nagel. Próba standardowa fermentacji wykonana została wg niemieckiej normy DIN 38 414-S8.

Wyniki badań zestawiono w tabelach, które przedstawiają uśrednione z 4 powtórzeń wartości znormalizowane dla temperatury 0°C i ciśnienia 1013 hPa. Uzysk biogazu przedstawiony w tabeli stanowi wyniki dla czystej próbki po odjęciu uzysku z osadu zaszczepiającego.

Wyniki badań

Badane próbki poddano podstawowej analizie fizykochemicznej. Wyniki badań, przedstawiające wartości uśrednione z czterech powtórzeń zestawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Wartości analizy podstawowej
Table 4. Results of basic analyses

	Sorgo	Kukurydza	Obornik	Gnojowica
pH	4,8	3,85	8,86	6,93
Sucha masa (%)	20,8	28,91	23,61	3,45
Popiół (% sm)	7,86	10,48	20,92	23,19
Materia organiczna(m/m)	19,16	25,88	18,67	2,65
Strata prażenia (% sm)	92,14	89,52	79,08	76,8

Parametry obornika, kiszonki z kukurydzy czy sorgo nie odbiegały od wartości literaturowych. Natomiast gnojowica charakteryzowała się znacznie niższą, niż podawana w literaturze, zawartością suchej masy i kształtowała się w granicach 2-5%. Takie wartości wynikają z zastosowanej technologii na fermie krów mlecznych. W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono, że codziennie podczas czyszczeni obory zużywa się około 90 ton wody, która dostaje się do zbiornika z gnojowicą

Wyniki analizy uzysku biogazu w stosunku do suchej masy wskazały na zdecydowanie największą wydajność sorgo (257,77 NI · kg⁻¹ s.m.), przy bardzo niskiej wydajności kukurydzy, tylko 89,93 NI · kg⁻¹ s.m. (tab. 5).

Ocena wydajności biogazu...

Tak niskie, w stosunku do wartości literaturowych wydajności kukurydzy wynikać mogą z zastosowanych substancji zakiszających, które w sposób zdecydowany wpływają na wzrost zawartości kwasu mlekowego kosztem kwasu octowego i na nierozkładalność cukrów. To ważna uwaga, gdyż powszechnie stosowane w gospodarstwach rolnych procedury przygotowania kiszonki z kukurydzy, w przypadku planowania zastosowania jej w produkcji biogazu muszą zostać zweryfikowane.

Tabela 5. Średnia uzysku biogazu w czterech powtórzeniach
Table 5. Average biogas output (in four replicatiopns)

		Pomiar I 07.10.2008	Pomiar II 20.10.2008	Pomiar III 30.10.2008	Suma
sorgo	objętość biogazu (ml)	123,66	247,29	119,60	490,62
	uzysk netto czystego metanu w biogazie (g m^{-3})	2,12	1,15	0,59	3,86
	uzysk netto biogazu (NI/kg^{-1} s.m.)	257,77			
kukurydza	objętość biogazu (ml)	123,66	88,32	76,93	288,90
	uzysk netto czystego metanu w biogazie (g m^{-3})	0,24	0,35	0,32	0,91
	uzysk netto biogazu (NI/kg^{-1} s.m.)	89,93			
obornik	objętość biogazu (ml)	247,32	88,32	59,83	395,47
	uzysk netto czystego metanu w biogazie (g m^{-3})	57,24	47,57	34,28	139,09
	uzysk netto biogazu (NI/kg^{-1} s.m.)	180,89			
gnojowica	objętość biogazu (ml)	370,98	229,63	119,66	720,27
	uzysk netto czystego metanu w biogazie (g m^{-3})	18,71	47,03	36,41	102,15
	uzysk netto biogazu (NI/kg^{-1} s.m.)	208,14			

Również wyniki analizy innych gazów, przedstawione w tabeli 6, w postaci amoniaku, dwutlenku węgla i podtlenku azotu, stanowiących w biogazie zanieczyszczenia wskazywały na zdecydowanie wyższy udział w próbkach w porównaniu z sorgo.

Tabela 6. Wyniki analizy innych gazów
Table 6. Biogas output from different raw materials

		Pomiar I 07.10.2008	Pomiar II 20.10.2008	Pomiar III 30.10.2008	Suma
sorgo	NH ₃ (mg/m ³)	0,27	0,24	0,43	0,94
	CO ₂ (g/m ³)	44,12	32,74	33,67	110,53
	N ₂ O (mg/m ³)	0,25	0,27	2,75	3,27
kukurydza	NH ₃ (mg/m ³)	4,36	6,12	3,83	14,31
	CO ₂ (g/m ³)	191,6	53,56	31,53	276,69
	N ₂ O (mg/m ³)	74,74	3,55	3,13	81,42
obornik	NH ₃ (mg/m ³)	0	0	0	0
	CO ₂ (g/m ³)	201,43	94,15	75,59	371,17
	N ₂ O (mg/m ³)	0	0	0	0
gnojo-wica	NH ₃ (mg/m ³)	0	0	0	0
	CO ₂ (g/m ³)	85,00	81,86	47,68	214,54
	N ₂ O (mg/m ³)	0	0	0	0

Pokazane w tabeli wyniki zerowe oznaczają, że stężenie badanego gazu było poniżej progu wykrywalności analizatora, który dla NH₃ wynosi 0,2 ppm, a dla N₂O wynosi 0,03 ppm.

Wnioski

1. Największą efektywnością energetyczną charakteryzowało się sorgo, a najniższą kukurydza.
2. Poziom zawartości amoniaku, dwutlenku węgla i podtlenku azotu był najwyższy dla kukurydzy, a najniższy dla sorgo.
3. Uzyskane wartości charakteryzujące potencjał energetyczny gnojowicy, oprócz kukurydzy mieściły się w wartościach cytowanych w literaturze przedmiotu.

Bibliografia

Institut für Energetik und Umwelt. 2006. Handreichung Biogasgewinnung und –nutzung. Gluzgow

Jędrzak A. 2007. Biologiczne przetwarzanie odpadów. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa

Moller H.B., Sommer S.G., Ahring B.K. 2004. Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure. *Biomass i Bioenergy*, Nr 5, vol. 26, s. 485-495

Reheman H. 2002. A mathematical model for fixe dome type biogas plant. *Energy*, Nr 1, vol. 27, s. 25-34

Plochl M., Heiermann M., Linke B., Schelle H. 2001. Wieviel Strom bringen Pflanzen? *Neue Landwirtschaft*, Nr 3, s. 42-45