

ANALIZA MOŻLIWOŚCI PRODUKCJI BIOGAZU NA BAZIE GNOJOWICY ORAZ KISZONKI Z KUKURYDZY

Józef Szlachta

*Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Zakład Chemii i Technologii Paliw, Politechnika Wroclawska*

Małgorzata Fugol

*Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Zakład Chemii i Technologii Paliw, Politechnika Wroclawska*

Streszczenie: Analizowano opłacalność produkcji biogazu dla wybranej gminy w kogeneracji, przy użyciu kiszonki z kukurydzy w mieszaninie z gnojowicą w proporcji gnojowica/kiszonka odpowiednio 30/70% oraz 70/30%. Pomijając wpływy tytułem sprzedaży certyfikatów, co może stanowić zysk przedsięwzięć inwestycji biogazowych - wykazano, że przy 70% udziale kiszonki z kukurydzy i cenie jednostkowej tony kiszonki z kukurydzy 60 zł. i więcej opłacalność produkcji biogazu wykazuje wynik ujemny.

Słowa kluczowe: biogazownia rolnicza, kiszonka z kukurydzy, biogaz, opłacalność produkcji

Wstęp

Procesy fermentacji biomasy w biogazowniach mają przed sobą ogromną przyszłość, bowiem pozwalają na ograniczenie emisji metanu podczas niekontrolowanych procesów biochemicznych towarzyszących składowaniu produktów i odpadów rolniczych jak gnojowica, obornik czy inne odpady produkcji rolniczej [Szlachta 2008]. Biogazownie rolnicze oparte na procesie fermentacji metanowej, wdrażane na szeroką skalę na całym świecie, znalazły zastosowanie jako instalacje do biologicznej utylizacji odpadów organicznych, z wykorzystaniem biomasy pochodzącej z celowych plantacji roślin energetycznych [Fischer & Krieg 2002]. System produkcji biogazu „NaWaRo” (Nachwachsende Rohstoffe) stosowany w Niemczech, wykorzystuje głównie gnojowice, kiszonki z roślin (kukurydzy, traw, buraków i innych odpadów przemysłowych), natomiast inne substraty (np. ziarno zbóż czy odpady) wykorzystywane są rzadziej w zależności od konkretnych uwarunkowań gospodarstwa [Fischer 2005]. Tego typu biogazownia posiada rozbudowaną komorę fermentacyjną, składającą się z komory fermentacyjnej i pofermentacyjnej oraz moduł kogeneracyjny. Osad po przefermentowaniu w komorze fermentacyjnej trafia do komory pofermentacyjnej, której głównym zadaniem jest zatrzymanie procesu fermentacji. Następnie osad trafia do zbiornika osadu pofermentacyjnego, gdzie po przetworzeniu staje się naturalnym nawozem rolniczym (Institut für Energetik und Umwelt GmbH). Kiszonka z kukurydzy jako kosubstrat zwiększa kilkukrotnie wydajność energetyczną instalacji biogazowej (Institut für Energetik und Umwelt GmbH). W świetle doświadczeń niemieckich w

technologiach NaWaRo dominują substraty stałe pochodzenia roślinnego, zwłaszcza kiszonka z kukurydzy, żyta, traw. W technologiach mieszanych stosuje się mieszaninę o składzie: gnojowica – ok.30% oraz kiszonka z kukurydzy (o zaw. 30% s.m) ok. 70%. Przewidywany czas rozkładu w fermentatorze ok. 56 dni. Technologie NaWaRo cechuje wysoka efektywność ekonomiczna i energetyczna pozyskiwania biogazu. Wynika to przede wszystkim z taniej technologii produkcji, niskich nakładów energetycznych oraz z faktu wykorzystania naturalnego procesu wytwarzania metanu z dużym udziałem odpadów. W ostatnich latach także w Polsce zauważa się duże zainteresowanie produkcją biogazu z pozostałości, odpadów i produktów pochodzenia rolniczego, jednak brak bliższych informacji odnośnie przydatności i opłacalności pozyskiwania biogazu z wykorzystaniem kiszonki z kukurydzy.

Cel pracy

Celem pracy była analiza możliwości pozyskiwania biogazu przy zastosowaniu gnojowicy w mieszaninie z kiszonką z kukurydzy dla zadanych potrzeb energetycznych regionalnego odbiorcy energii. Realizacja celu pracy wymagała dokonania obliczeń symulacyjnych z uwzględnieniem efektywności i sprawności energetycznej procesu.

Metodyka badań

Praca została wykonana na podstawie danych literaturowych opisujących przydatność wybranych produktów odpadowych roślinnych i pochodzenia zwierzęcego. Zadaniem obliczeń było określenie, jaką część energetycznego zapotrzebowania pokryje dana ilość substratu przy stosowaniu mieszaniny gnojowicy trzody chlewnej i kiszonki z kukurydzy odpowiednio w proporcji: 70/30% i 30/70%. Obliczenia wykonano dla hipotetycznej gminy w regionie Dolnego Śląska. Ustalono, że zapotrzebowanie gminy na energię cieplną wynosi 20899 GJ, a na energię elektryczną 2135 MWh. Obliczenia zapotrzebowania na substraty w celu wyprodukowania wymaganej ilości energii cieplnej i elektrycznej w układzie kogeneracji, wykonano dla biogazowni typu NaWaRo [Oniszk –Popławska i in. 2003]. Obliczenia wydajności energetycznej oraz efektów ekonomicznych wykonano z uwzględnieniem wymagań energetycznych gminy, efektywność procesu w biogazowni oraz sprawność agregatu kogeneracyjnego (tabela 1). W obliczeniach nie uwzględniono dodatkowych wpływów tytułem sprzedaży certyfikatów.

Wyniki badań

W świetle doświadczeń niemieckich w technologiach NaWaRo dominują substraty stałe pochodzenia roślinnego, zwłaszcza kiszonka z kukurydzy, żyta, traw. W technologiach mieszanych stosuje się zazwyczaj mieszaninę o składzie: gnojowica – ok.30%, kiszonka z kukurydzy (o zaw. 30% s.m) ok. 70%. Przewidywany czas rozkładu w fermentatorze ok. 56 dni, co zapewnia wysoką efektywność procesu fermentacji metanowej (tabela 2).

Wyniki obliczeń (tabela 3) wykazują dużą zmienność wymaganej ilości kiszonki z kukurydzy i gnojowicy w zależności od udziału procentowego w mieszaninie. W obliczeniach

Analiza możliwości produkcji...

symulacyjnych przyjęto, że dla biogazowni tylko kiszonka z kukurydzy stanowiła koszt surowca, natomiast w przypadku gnojowicy pochodzącej z własnych ferm uznano, że jej koszt gnojowicy był niewielki i został włączony w koszty eksploatacji biogazowi.

Tabela 1. Dane wejściowe do obliczeń symulacja produkcji biogazu

Table 1. Input data for biogas production simulation computations

Parametr	Wartość	Jednostka	Symbol
Zapotrzebowanie gminy na energię:			
Ciepłą	20899	[GJ]	Z ₁
Elektryczną	2135	[MWh]	Z ₂
Średnia opałowa wartość biogazu	23	[MJ·m ⁻³]	W _B
Sprawność agregatu kogeneracyjnego:			
Ciepła	0,55	[%]	η(th)
Elektryczna	0,35	[%]	η(el)
Udział wyprodukowanego biogazu w zależności od przyjętego substratu w danym wariancie	D ₁	[%]	U _B
Zmniejszenie sprzedaży z tytułu zużycia energii instalację oraz strat wskutek przerw konserwacyjnych i remontowych:			
Z wyprodukowanej energii cieplnej	10	[%]	K _{kc}
Z wyprodukowanej energii elektrycznej	10	[%]	K _{ke}
Koszty eksploatacyjne biogazowni-całkowitego kosztu nakładów inwestycyjnych	3	[%]	KE
Średni koszt eksploatacyjny agregatu	0,01	[EUR·kWh ⁻¹]	K _{ea}
Jednostkowa cena sprzedaży energii:			
cieplnej	20	[zł·GJ ⁻¹]	J _c
elektrycznej	374	[zł·MWh ⁻¹]	J _E
Kurs waluty (przy przeliczeniu z euro na złote)	1 EUR =4,85 zł.	[zł]	K _w

Źródło: obliczenia własne autora

Tabela 2. Właściwości wybranych substratów do produkcji biogazu

Table 2. Properties of selected substrates for biogas production

Substrat	Zawartość suchej masy		Składniki			Uzysk biogazu		Zawartość CH ₄
	s.m. [%]	s.m.o [%]	N	NH ₄	P	[m ³ ·t ⁻¹ s.m.]	[m ³ ·t ⁻¹ s.m.o.]	
			[%]					[% obj.]
Kiszonka z kukurydzy	20-35	85-95	1,1-2	0,15-0,3	0,2-0,3	170-200	450-700	50-55
Kiszonka trawy	25-50	70-95	3,5-6,9	6,9-19,8	0,4-0,8	170-200	550-620	54-55
Kiszonka z żyta	30-35	92-98	4,0	0,57	0,71	170-220	550-680	ok. 55
Gnojowica świń	ok. 7	75-86	6-18	3-17	0,2-1,0	20-35	300-700	60-70

Gnojowica bydła	8-11	75-82	2,6-6,7	1-4	0,5-3,3	20-30	200-500	60
--------------------	------	-------	---------	-----	---------	-------	---------	----

Źródło: Institut für Energetik und Umwelt GmbH

Tabela 3. Zapotrzebowanie substratów oraz wskaźniki ekonomiczne opłacalności produkcji biogazu
Table 3. Demand for substrates and economic indicators for biogas production cost-effectiveness

Układ kogeneracyjny		Zapotrzebowanie na energię	
		cieplną [GJ]	Elektryczną [MWh]
		20899	2135
Zapotrzebowanie na biogaz [m ³]		1652095	954783
Wymagana ilość substratu [t]			
Wariant I	udział kiszonki z kukurydzy 30%	4287	2477
	udział gnojowicy 70%	22442	12970
Wariant II	udział kiszonki z kukurydzy 70%	10002	5781
	udział gnojowicy 30%	9618	5558
Możliwość produkcji energii po uwzględnieniu zużycia wewnętrznego i przerw (-10%)		18809 GJ	1921 MWh
Przychód ze sprzedaży energii [zł]		376182	718641
Razem przychody ze sprzedaży energii cieplnej i elektrycznej		1094823	
Nakłady inwestycyjne		Koszt w Euro	Koszt w zł
Budowa zbiornika wstępnego		80000	388000
Budowa komór fermentacyjnych		600000	2910000
Budowa zbiornika magazynującego		100000	485000
Instalacja agregatu kogeneracyjnego		350000	1697500
Instalacje elektryczne i inne		40000	194000
Inne koszty (projekt, rozruch, szkolenie itp.)		120000	582000
RAZEM		1290000	6256500
Koszt eksploatacji biogazowni (3% kosztów inwestycji)		187695	
Całkowity koszt eksploatacji agregatu jako iloraz produkcji energii elektrycznej Kea [zł]		82198	
Wariant I: Ilość (t) i koszt kiszonki z kukurydzy [zł] (dla wariantu I - 30/70%) [zł] przy cenie jednostkowej 70 zł·t ⁻¹		6764	473486
Razem koszty [zł]		743378	
Wynik finansowy [zł]		351445	
Wynik finansowy przy kosztach 1 tony kiszonki z kukurydzy: [zł·t ⁻¹]		60	457786
		50	525426
		40	593067
Wariant II: Ilość (t) i koszt kiszonki z kukurydzy [zł] (dla wariantu II - 70/30%) (zł) przy cenie jednostkowej 70 zł·t ⁻¹		15783	1104800
Razem koszty [zł]		1374693	
Wynik finansowy [zł]		-279870	
Wynik finansowy przy kosztach 1 tony kiszonki z kukurydzy: [zł·t ⁻¹]		60	-122041
		50	35788
		40	193616

Wysoki koszt inwestycji 6 256 500 zł. wynikający z wysokiego kursu Euro – 4,85 zł. znacząco ją podraża oraz ma wpływ na efekty ekonomiczne biogazowni. Nie mniej jednak koszt substratu – kiszonki z kukurydzy zwłaszcza dla wariantu II, kiedy udział kiszonki stanowi 70% – stanowi duże obciążenie dla biogazowni. Na rynku polskim brak dotychczas przekonujących danych odnośnie zasad kalkulowania ceny 1 tony kiszonki z kukurydzy na cele energetyczne, więc w obliczeniach wyjściowych przyjęto najczęściej przyjmowaną cenę kiszonki na rynku kalkulowania kosztów produkcji mleka równą $70 \text{ zł} \cdot \text{t}^{-1}$. Wynik finansowy produkcji biogazu dla wariantu II – przy 70% udziale kiszonki z kukurydzy zarówno przy cenie $70 \text{ zł} \cdot \text{t}^{-1}$ a także $60 \text{ zł} \cdot \text{t}^{-1}$ jest ujemny, co wskazuje na duże znaczenie kosztów substratu. Uzyskane wyniki obliczeń symulacyjnych wskazują na dużą wrażliwość opłacalności produkcji biogazu w biogazowniach rolniczych od kosztów substratu. Uzyskane wyniki potwierdzają pogląd wyrażany w wielu pracach [Keymer 2007] o wątpliwej opłacalności pozyskiwania biogazu z substratów rolniczych, głównie ze względu na wysoki koszt.

Podsumowanie i wnioski

Zasoby oraz rynek odnawialnych źródeł energii w Polsce, a zwłaszcza biomasy są mocno rozproszone i mogą zadawalająco funkcjonować w odniesieniu do małych, gminnych biogazowni. W literaturze wyrażane są często poglądy o dużej przydatności kiszonki z kukurydzy do pozyskiwania biogazu w biogazowniach typu NaWaRo. Przeprowadzone obliczenia symulacyjne wykazują jednak, że koszt kiszonki z kukurydzy szacowany często na poziomie 70 zł/tonę stanowi istotny składnik kosztów pozyskiwania biogazu. Do poprawy opłacalności pozyskiwania biogazu w biogazowniach rolniczych może przyczynić się dodatkowy dochód ze sprzedaży certyfikatów energetycznych. Podsumowując przeprowadzone obliczenia symulacyjne, można sprecyzować następujące wnioski.

1. Obliczenia wykazały, że stosowanie kosubstratów roślinnych w postaci kiszonki z kukurydzy przy dużej jej udziale (70%) w mieszaninie z gnojowicą (30%) może znacząco pogarszać opłacalność produkcji biogazu. Pomijając przychody ze sprzedaży certyfikatów, graniczną ceną jednostkową 1 tony kiszonki z kukurydzy zapewniającą dodatni wynik finansowy jest kwota 50 zł.
2. Przytoczone rozważania analityczne wykazują, że dla licznej grupy gospodarstw zajmujących się chowem zwierząt gospodarskich (bydło, trzoda, drób) i posiadających możliwość uprawy np. kukurydzy na biogaz, istnieją realne przesłanki zabezpieczenia odpowiedniej ilości odpadów rolniczych (gnojowica- odchody drobiu) i substratów stałych, pozwalające na wyprodukowanie znacznej ilości energii cieplnej i elektrycznej.
3. W Polsce istnieje ok. 1200 gospodarstw zajmujących się hodowlą bydła, 3000 gospodarstw zajmujących się hodowlą trzody, 3500 gospodarstw zajmujących się hodowlą drobiu – razem 7800 gospodarstw o obsadzie zwierząt powyżej 100 SD, w których produkcja biogazu jest możliwa i uzasadniona pod względem technicznym jak i ekonomicznym.

Bibliografia

- Fischer T., Krieg A.** 2007. Projektowanie i budowa biogazowi. Krieg & Fischer Ingenieure GmbH, <http://www.kriegfischer.de/texte/projektowanie%20i%20budowa.pdf>
- Fischer T.** 2005. Biogas aus Gras Monofermentation von Energiepflanzen. Krieg & Fischer Ingenieure GmbH. http://www.kriegfischer.de/texte/Bremen_050414.pdf
- Keymer U.** 2007. Milchviehhaltung kontra Biogas, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising-Weihenstephan, maszynopis.
- Oniszk-Popławska A., Zowski M., Wiśniewski G.** 2003. Produkcja i Wykorzystanie biogazu rolniczego. Gdańsk-Warszawa. s. 35.
- Scholwin F i in.** 2006. Förderung der Biogaseinspeisung in Luxembourg. Institut für Energetik und Umwelt GmbH, Leipzig. http://www.eco.public.lu/documentation/etudes/2007/01/14_biogaz.pdf
- Szlachta J.** 2008. Możliwości produkcji biogazu z produktów pochodzenia rolniczego. Referat na Międzynarodowej Konferencji w IBMER Warszawa. s. 223-229.

Pracę wykonano w ramach projektu POIG.01.01.02-00-016/08

ANALYSIS OF POTENTIAL FOR PRODUCTION OF BIOGAS BASED ON LIQUID MANURE AND CORN ENSILAGE

Abstract. The scope of the analysis covered biogas production cost-effectiveness for a selected borough in cogeneration, using corn ensilage mixed with liquid manure in the following liquid manure/ensilage ratios: 30/70% and 70/30%, respectively. Apart from income due to certificate sales, which may constitute profit of biogas investment undertakings - it has been shown that at 70% share of corn ensilage and unit price PLN 60 and more for one metric ton of corn ensilage, biogas production cost-effectiveness gives negative result.

Key words: agricultural biogas production plant, corn ensilage, biogas, production cost-effectiveness

Adres do korespondencji:

Józef Szlachta; e-mail: jozef.szlachta@up.wroc.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
ul. Chełmońskiego 37/41
51-630 Wrocław