

## ANALIZA WYDAJNOŚCI ORAZ SKŁADU BIOGAZU W BIOGAZOWI O MOCY 1MW

Kazimierz Rutkowski

*Instytut Inżynierii Rolniczej i Informatyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie*

**Streszczenie.** W pracy przeprowadzono w jednej ze słowackich biogazowni analizę wydajności oraz składu biogazu przy określonych ilościach i składzie surowca w okresie jednego miesiąca eksploatacji. Z prezentowanych badań wynika, że ilość pozyskiwanego biogazu oraz jego skład w dużej mierze zależy od jakości zadawanego surowca oraz równomierności zadawania składników do fermentatora.

**Słowa kluczowe:** biogaz, proces produkcji, podawanie surowca, jakość biogazu

### Wstęp

Proces fermentacji metanowej uzależniony jest od wielu czynników, które można podzielić na: fizyczne, chemiczne oraz biologiczne. Do najważniejszych czynników mających wpływ na proces należy zaliczyć: rodzaj biomasy, zawartość suchej masy, ładunek lotnych substancji organicznych, sposób homogenizacji oraz temperaturę. W prawidłowo przebiegającym procesie należy mieć na uwadze poziom pH, zasadowość lotnych kwasów organicznych, zawartość pierwiastków śladowych oraz zawartość związków toksycznych. Z wypowiedzi wielu naukowców [Romaniuk i in. 2010] i praktyków wynika, że projekt techniczny biogazowni winien uwzględniać dostępność surowców w danym rejonie. Biogazownie rolnicze pracują w oparciu o surowiec pochodzenia roślinnego i zwierzęcego. Tylko w niewielkim zakresie bywa on uzupełniany surowcami pochodzącymi z gospodarki komunalnej czy też odpadami przetwórstwa spożywczego.

Najczęściej obecnie wykorzystywane surowce w biogazowniach rolniczych to produkty uboczne z rolnictwa (gnojowica, obornik, odchody drobiu), a także rośliny uprawiane z przeznaczeniem jako zaplecze surowcowe do produkcji biogazu (kukurydza, żyto, pszenżyto, rośliny motylkowe). Dla zapewnienia ciągłości procesu produkcji biogazu najczęściej rośliny te poddawane są konserwacji i przetrzymywane w postaci kiszonek. Biogazownie wykorzystują również odpady dostępne w otoczeniu rolnictwa między innymi z zakładów przetwarzających surowce rolnicze, takich jak: gorzelnie, browary, chłodnie, mleczarnie. Dobór kosubstratów uzależniony jest od lokalizacji jednostki produkującej biogaz, dostępności odpadów organicznych, a w dużej mierze także od cen tych surowców. Dostępne surowce mają istotny wpływ na wydajność i skład produkowanego biogazu [Buraczewski, Bartoszek 1990]. Od warunków przebiegu procesu zależą ilości powstałego biogazu, jego skład, kaloryczność, zanieczyszczenie jak również jakość masy pofermentacyjnej.

Niezwykle ważny jest skład i charakterystyka surowców pod kątem doboru odpowiednich kosubstratów, które pozwolą na uzyskanie wysokiej wydajności, przy zachowaniu warunków równowagi procesu. Dlatego bardzo ważne jest poznanie składu i charakterystyki surowców pod tym kątem. Substraty są zróżnicowane pod względem czasu fermentacji, objętości, wilgotności itp. Najszybciej utylizowane są polisacharydy a najwolniej tłuszcze, jednak najwyższą wydajność metanu uzyskuje się z surowców tłuszczowych. Prawidłowy dobór kosubstratów pozwala wykorzystać możliwości konstrukcyjne biogazowni (objętość komór, czas retencji, możliwość gromadzenia i przechowywania substratów). Przyjęta technologia, rozwiązania konstrukcyjne winny być poprzedzone analizą ekonomiczną, która winna także uwzględniać prognozę cenową surowców używanych w procesie produkcyjnym.

Głównym dostawcą substratów dla biogazowni powinny być gospodarstwa charakteryzujące się dużą osadą zwierząt oraz posiadający znaczny areal na uprawę roślin z przeznaczeniem jako surowce do przetwarzania na biogaz. Przedstawione powyżej fakty w odniesieniu do polskiego rolnictwa skłaniają do budowy dużej ilości biogazowni o małej mocy. Jak podaje Romaniuk [Romaniuk i in. 2010] najefektywniejszym wariantem biogazowni są instalacje o mocy 500 kW i więcej. Przy analizie surowcowej należy rozważyć jaka winna być moc biogazowni, aby zapewnić zabezpieczenie surowcowe w ciągu całego roku. Śledząc gospodarkę naszych sąsiadów (Czechy, Słowacja, Niemcy) zauważamy, że w Czechach oraz Słowacji dominują biogazownie duże, natomiast w Niemczech występuje ich większe zróżnicowanie. Obecnie w Niemczech buduje się biogazownie w ilości kilkuset rocznie, ich stan na rok 2010 wynosił ok. 6 000 [Płatek, Ozdoba 2011]. Wielkość biogazowni określa się najczęściej mocą układu kogeneracyjnego (ciepło + energia elektryczna), którego typowa moc mieści się w zakresie 100-1400 kW. Ostatnio coraz częściej jest to ok. 500 kW [Jóźwiak 2009].

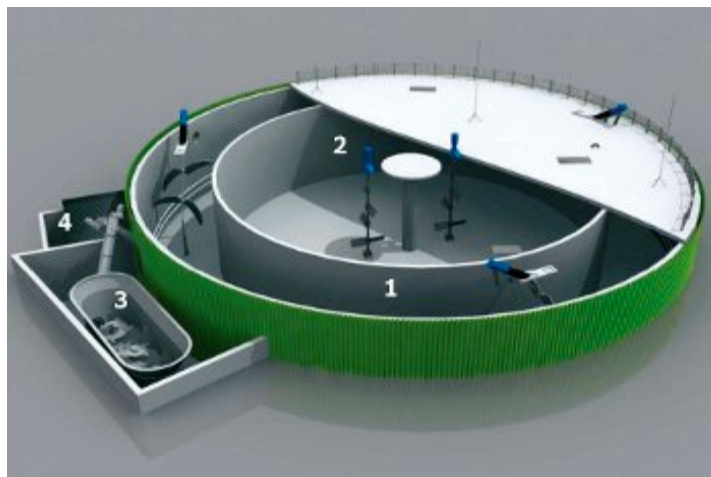
Zanim przystąpimy do realizacji inwestycji warto także prześledzić proces technologiczny a w szczególności oddziaływanie ilości i jakości surowca na ilość i jakość uzyskiwanego biogazu. Stąd też celowym wydaje się prześledzenie procesu produkcji w jednym z zakładów na terenie Słowacji, gdzie znajduje się 227 biogazowni.

## Przedmiot i wyniki badań

Przedmiotem badań jest biogazownia znajdująca się na terenie Słowacji, która została uruchomiona w lutym 2010, jej generalnym wykonawcą była firma Farmtec. Projekt biogazowni opiera się na dwóch zbiornikach umieszczonych jeden w drugim, często nazywanym „koło w kole”. W zamkniętym reaktorze typu „koło w kole” (rys.1) fermentacja bez-tlenowa przebiega w dwóch etapach – pierwszy etap odbywa się w zewnętrznej pierścieniowej komorze natomiast drugi etap – starzenie odbywa się w kręgu wewnętrznym. Według oceny projektanta to rozwiązanie pozwala na zmniejszenie zapotrzebowania ciepła niezbędnego do procesu fermentacji.

Tygodniowy pobyt na terenie biogazowni umożliwił prześledzenie procesu produkcyjnego oraz przegląd dokumentacji eksploatacyjnej obejmującej jeden rok. Udostępnione materiały pozwoliły na przeprowadzenie wstępnej analizy procesu w okresie rozruchu biogazowni. Szczegółową analizę obejmującą ilość zadawanego surowca oraz ilość i skład

biogazu przedstawiono dla okresu jednego miesiąca w którym proces produkcyjny uznano jako względnie stabilny.



Rys. 1. Reaktor typu „koło w kole”: 1 – komora fermentacyjna; 2 – zbiornik pofermentacyjny; 3 – system dozujący; 4 – centralny system pompowania mieszaniny

Fig. 1. Reactor of the “wheel within wheel” 2 – post fermenter; 3 – dispensing system; 4 – central system of mixture pumping

Według założeń projektowych podstawowymi surowcami zasilającymi biogazownię miały być: kiszonka z kukurydzy oraz sianokiszonka, gnojowica pochodząca od bydła i trzody chlewnej oraz odpady przemysłu cukrowniczego. Surowce pochodzenia roślinnego dostarczane są zarówno z własnego gospodarstwa jak również zakupywane z gospodarstw sąsiednich. Zabezpieczeniem procesu produkcji biogazu w surowce pochodzenia zwierzęcego jest gnojowica pochodząca od 850 sztuk bydła oraz 660 sztuk świń. Ilość pozyskiwanej gnojowicy przeznaczonej do fermentacji w omawianym okresie wynosiła około 25 m<sup>3</sup> dziennie. System dozujący biogazowi zasilał zbiornik fermentacyjny w cyklu godzinowym. Średnio w ciągu godziny system mieszająco-dozujący podawał średnio około 2 ton surowca. W ciągu doby mieszankę zasilającą stanowiły średnio: 15 ton kiszonki z kukurydzy, 5 ton sianokiszonki, 25 ton gnojowicy oraz w zależności od pory roku 1 do 6 ton odpadów z przemysłu cukrowniczego.

Łączna ilość energii (energii elektrycznej i ciepła) wyprodukowanej w miesiącu kwietniu wyniosła 726 900 kWh (tab.1). Uzyskany wynik mimo pięciokrotnego zachwiania procesu (oznaczono kolorem szarym) produkcyjnego jest zadawalający, albowiem uzyskana ilość energii pozwala stwierdzić, że średnia moc biogazowi wynosi 1009 kW. Wynik ten wskazuje, że biogazownia pracowała z optymalną wydajnością. Analizując wydajność biogazowi w innych miesiącach stwierdzono, że wahania nie przekraczały +/- 6% założonej mocy. Śledząc ilość zadawanego surowca należy stwierdzić, że w czterech przypadkach w wyniku awarii podawano do fermentatora znacznie mniejsze ilości surowca.

Tabela 1. Zestawienie średnich wartości charakteryzujących proces produkcji biogazu w miesiącu kwietniu w biogazowni o mocy 1MW

Table 1. A list of average values, which characterize the biogas production process in April in the biogas works with power of 1MW

Data	Ilość zadanego surowca	Ilość energii			Skład uzyskanego biogazu (wartości średnie)			
		elektrycznej dostarczonej do sieci	wyprodukowanej razem (elektrycznej + cieplnej)	pobranej z sieci	CH <sub>4</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S
m.dz.	[t]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[%]	[%]	[%]	[ppm]
04.01	51,6	24 676	27 000	-	50,8	0,7	46,0	28,0
04.02	57,8	24 524	26 800	-	50,7	0,7	46,0	45,0
04.03	64,2	24 585	26 800	-	50,6	0,8	45,9	71,0
04.04	44,1	23 597	25 800	-	50,8	0,8	45,7	69,0
04.05	65,0	20 297	22 300	-	50,5	0,8	45,8	45,0
04.06	60,7	23 823	25 900	-	50,5	0,8	45,8	60,0
04.07	56,8	24 053	26 200	-	50,4	0,8	46,0	84,0
04.08	32,3	14 406	15 700	371	51,7	1,0	43,8	46,0
04.09	40,1	20 954	22 900	23	51,4	1,0	43,8	17,0
04.10	51,0	19 032	21 000	-	51,0	0,9	45,0	27,0
04.11	41,9	21 114	23 200	-	51,1	0,9	45,0	37,0
04.12	61,8	24 160	26 600	-	51,0	0,8	45,6	46,0
04.13	50,2	22 676	24 800	-	51,4	0,8	45,4	47,0
04.14	52,6	24 567	26 900	-	51,2	0,8	45,5	45,0
04.15	27,1	16 284	18 100	16	51,8	0,8	44,6	36,0
04.16	19,5	14 516	16 300	-	51,2	0,9	44,6	61,0
04.17	33,2	13 740	15 300	-	50,9	1,0	44,4	70,0
04.18	51,4	18 020	19 900	-	49,8	1,0	45,7	34,0
04.19	67,0	23 483	25 600	-	50,0	0,8	46,4	48,0
04.20	51,0	23 551	25 600	-	50,8	0,7	46,0	41,0
04.21	59,7	23 616	25 700	-	50,7	0,7	46,4	37,0
04.22	58,7	24 997	27 100	-	51,1	0,6	46,3	46,0
04.23	53,7	24 928	27 000	-	51,2	0,6	46,0	39,0
04.24	49,6	24 958	27 100	-	50,8	0,7	46,0	45,0
04.25	53,0	24 809	27 000	-	50,6	0,7	46,3	59,0
04.26	43,7	24 314	26 700	-	50,5	0,6	46,6	64,0
04.27	61,4	24 805	27 000	-	50,5	0,6	47,0	96,0
04.28	55,6	24 808	27 000	-	50,8	0,5	46,8	28,0
04.29	51,9	24 728	27 100	-	50,7	0,5	46,9	23,0
04.30	53,5	20 455	22 500	120	50,8	0,5	46,9	41,0
RAZEM:	1520,1	664 476	726 900	530				
Wartość średnia:					50,84	0,76	45,72	47,833

Źródło: opracowanie własne

Ilość podawanego surowca sięgała nawet 40% średniej dziennej dawki. Brak surowca automatycznie powodował zmniejszenie wydajności i jakości biogazu, co widoczne jest w prezentowanej tabeli. Występujące awarie zmusiły zakład produkcyjny do sięgnięcia po energię elektryczną pochodzącą z sieci. Uzyskiwany biogaz w przeważającej ilości przeznaczony był na wytwarzanie energii elektrycznej. Tylko niewielka jego część (9%) wykorzystywana była w formie energii cieplnej, przeznaczonej do celów technologicznych i socjalnych. Przyczyną tego stanu był brak zapotrzebowania na ciepło w objętym analizą okresie. Śledząc skład chemiczny gazu w okresie kiedy wystąpiły zakłócenia w dostawie surowca zauważa się, że diametralnie pogarsza się jakość wytwarzanego paliwa, którym jest biogaz. Wyraźnie wzrasta zawartość tlenu oraz związków siarki w uzyskiwanym biogazie. Przy długotrwałym okresie występowania zakłóceń w systemie zasilania biogazowi widoczny jest spadek zawartości metanu. Podsumowując prezentowane wyniki oraz analizując dostępne wyniki z innych okresów eksploatacji biogazowi należy podkreślić, że istotnym czynnikiem mającym wpływ na jakość i ilość pozyskiwanego biogazu jest zapewnienie równomierności dostaw surowca. Należy podkreślić, że w objętym badaniami obiekcie zwracano szczególną uwagę na jakość dostarczanego surowca. Partie surowca, które wizualnie i zapachowo budziły zastrzeżenia przeznaczano na kompost. W ten sposób podejmowana decyzja pozwoliła na uproszczenie oceny w zakresie oddziaływania czynników na proces produkcji energii w biogazowi.

## Wnioski

1. Istotny wpływ na jakość i ilość pozyskiwanego biogazu w biogazowi ma równomierność zadawania surowca.
2. W celu zapewnienia ciągłości dostaw surowca do sytemu fermentacji należy szczególną uwagę zwrócić na niezawodność pracy systemu podająco-mieszającego.

## Bibliografia

- Józwiak M.** 2009. [online]. Biogazownia rolnicza-koncepcja. [dostęp 20.06.2011]. Dostępny w Internecie: <http://www.biogaz.com.pl/>
- Platek W., Ozdoba A.** 2011. Biogazownie rolnicze w Polsce i w Europie [online]. [dostęp 01.08.2011]. Dostępny w Internecie <http://www.energiaidom.pl/biogazownie-rolnicze-w-polsce-i-w-europie>
- Romaniuk W., Łukaszuk M., Leśniewicz N.** 2010. Potencjał i możliwości produkcji energii w wyniku fermentacji metanowej substratów rolniczych. Materiały konferencyjne. Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem poprawy struktury obszarowej gospodarstw rodzinnych, ochrony środowiska i standardów UE. Część I. Warszawa. ISBN 978-83-62416-03-5
- Wójcicki Z.** 2001. Metody badań i ocena przemian w rozwojowych gospodarstwach rodzinnych. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej i Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa. Kraków. s. 136.

## **ANALYSIS OF EFFICIENCY AND BIOGAS COMPOSITION IN BIOGAS WORKS WITH POWER OF 1MW**

**Abstract.** The study presents the analysis of efficiency and biogas composition at the determined quantities and material composition during one month of operation. The analysis was carried out in one of Slovakian biogas works. The results of the research prove that the amount of the obtained biogas and its composition depends considerably on the quality of the applied material and on uniformity of applying the material to a fermentation device.

**Key words:** biogas, production process, applying material, biogas quality

**Adres do korespondencji:**

Kazimierz Rutkowski; e-mail: [kazimierz.rutkowski@ur.krakow.pl](mailto:kazimierz.rutkowski@ur.krakow.pl)  
Instytut Inżynierii Rolniczej i Informatyki  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
ul. Balicka 116B  
30-149 Kraków