

mgr Piotr Chrobak, inż. Jacek Dziwisz, dr inż. Maciej Sygit

### Wprowadzenie

Biogazownia jest instalacją, w której uzyskuje się biogaz do celów energetycznych. Energia wytworzona z biogazu zalicza się do odnawialnych źródeł energii bez względu na moc źródła. Biogazownia rolnicza jest typem biogazowni, której celem jest przede wszystkim zbilansowanie lokalnej działalności rolniczej poprzez utylizację gnojowicy i produkcję czystych nawozów naturalnych. Wymóg utylizacji gnojowicy wynika z coraz szerzej forsowanej przez Komisję Europejską polityki ochrony środowiska naturalnego i dążenia do dywersyfikacji źródeł energii. Gnojowica, wylewana i fermentująca na polach uprawnych, jest bowiem źródłem niekontrolowanej emisji metanu do atmosfery<sup>1</sup>. Natomiast w biogazowni rolniczej zachodzą procesy kontrolowanej fermentacji i emisji biogazu, który jest następnie wykorzystywany na cele energetyczne.

Jednym z najpopularniejszych sposobów wykorzystania biogazu jest jego spalanie w silniku kogeneracyjnym<sup>2</sup> i wytworzenie energii elektrycznej oraz ciepłownictwa/klimatyzacji. Biogaz można również oczyszczać do jakości gazu ziemnego i wykorzystywać jako jego alternatywę.

Konstrukcja oraz budowa biogazowni rolniczej jest opanowana. Choć w Polsce nie istnieje żaden bezpośredni dostawca takich technologii to w krajach Europy Zachodniej jest wielu przedsiębiorców posiadających doświadczenie w realizacji inwestycji. Najwięcej biogazowni rolniczych wybudowano w Niemczech. Do tej pory powstało tam kilka tysięcy takich obiektów. Moc zainstalowana energii elektrycznej w biogazowniach rolniczych waha się od kilkudziesięciu [kW<sub>el</sub>] do kilku [MW<sub>el</sub>], dlatego też w dalszej części opracowania rozważony zostanie wariant budowy przeciętnej biogazowni rolniczej o mocy ok. 500 [kW<sub>el</sub>].

Biogazownie rolnicze służą przede wszystkim utylizacji gnojowicy zwierzęcej, ale w celu wykorzystania potencjału instalacji i osiągnięcia korzystniejszych efektów ekonomicznych stosuje się różne mieszanki wsadu. Przyjmuje się, iż wsad stały powinien zawierać co najmniej 15% suchej masy. Kiszonki z kukurydzy i traw<sup>3</sup> są najczęściej stosowanymi roślinnymi surowcami odnawialnymi, zaś gnojowica bydlęca stosowana jest na pierwszym miejscu daleko przed obornikiem bydlęcym i gnojowicą świńską. Pozostałe rodzaje wsadów mają raczej podrzędne znaczenie.

### Konstrukcja i proces inwestycyjny

Przeciętna biogazownia rolnicza o mocy ok. 500 [kW<sub>el</sub>] jest instalacją składającą się z kilkunastu komponentów wśród, których najważniejsze to:

1. Wstępny zbiornik magazynowy gnojowicy:
  - a) zbiornik żelbetowy o pojemności brutto 79 [m<sup>3</sup>], netto 69 [m<sup>3</sup>], przekryty płytą żelbetową,
  - b) wymiary 5 [m] x 4 [m] (średnica x wysokość);

<sup>1</sup> Uważa się, iż emisja metanu 23-krotnie bardziej wpływa na zmianę klimatu niż dwutlenek węgla.

<sup>2</sup> Układ CHP - Combined Heat and Power; układ wytwarzający jednocześnie energię elektryczną i ciepłą.

<sup>3</sup> Zgodnie z wynikami ankiety przeprowadzonej przez Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) w maju 2007 roku.

2. Instalacja pompująca - pompy ślimakowe mimośrodowe z rozdzielaczami ciśnieniowymi i ssącymi;
3. Dozownik wsadu stałego (kiszonki) - objętość zapasu 50 [m<sup>3</sup>];
4. Magazyn kiszonki - 3 silosy przejazdowe o pojemności łącznej 19 200 [m<sup>3</sup>] każdy o wymiarach 80 [m] x 20 [m] x 4 [m] (długość x szerokość x wysokość);
5. Fermentator - 25 [m] x 6 [m] (średnica x wysokość):
  - a) pojemność brutto 2 945 [m<sup>3</sup>], netto 2 700 [m<sup>3</sup>],
  - b) grubość ścian 25 [cm], beton C 35/45, izolacja termiczna 100 [mm],
  - c) płyta fundamentowa 25 [cm], beton c 25/35, izolacja 50 [mm];
6. Zbiornik pofermentacyjny - 25 [m] x 6 [m] (średnica x wysokość) o pojemności brutto 2 945 [m<sup>3</sup>] i netto 2 700 [m<sup>3</sup>];
7. Zbiornik pozostałości pofermentacyjnych - 25 [m] x 6 [m] (średnica x wysokość) o pojemności brutto 2 945 [m<sup>3</sup>] i netto 2 700 [m<sup>3</sup>];
8. Układ CHP z generatorem w kontenerze z izolacją dźwiękową, chłodzeniem i „pochodnią”;
9. Budynek techniczny - sterownia dla całej instalacji.

Biogazownia rolnicza o mocy rzędu kilkuset kW wraz z trzema silosami przejazdowymi zajmuje powierzchnię ok. 1 [ha]. Poszczególne elementy biogazowni tworzą konstrukcję modułową, dzięki czemu czas realizacji inwestycji jest istotnie skracany w przeciwieństwie do indywidualnych projektów budowlanych.

Lp.	Miesiąc realizacji inwestycji																					Czas realizacji zadania
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
1.	■																					1
2.	■	■																				2
3.			■	■	■																	3
4.							■	■	■													3
5.							■	■	■													3
6.							■	■	■													3
7.										■	■											2
8.												■										1
9.													■	■	■	■	■	■				6
10.																			■	■	■	3
11.																			■	■	■	3
<b>Czas realizacji inwestycji (miesiące)</b>												<b>21</b>										

Rysunek 1. Harmonogram realizacji inwestycji wg scenariusza pesymisty.  
Źródło: opracowanie własne

Na rysunku nr 1 przedstawiono uproszczony wykres Gantt'a dla zadania inwestycyjnego polegającego na budowie biogazowni rolniczej. Liczba porządkowa określa poszczególne etapy inwestycji, przy czym:

- A. Etap nr 1 trwający przez 1. miesiąc jest to etap przygotowania założeń inwestycji, określenie źródeł finansowania, szacunek kosztów i efektywności inwestycyjnej;
- B. Etap nr 2 trwający w 2. i 3. miesiącu jest etapem projektowania i koordynowania rozwiązań techniczno-architektonicznych;
- C. Etapy nr 3, 4 i 5 trwające w miesiącach od 4. do 6. to:
  - a) etap nr 4 - procedura uzyskania pozwolenia na budowę,
  - b) etap nr 5 - wycena inwestycji oraz przygotowanie specyfikacji technicznej,
  - c) etap nr 6 - przygotowanie dokumentacji przetargowej;
- D. Etap nr 7 trwający przez dwa miesiące jest etapem, w którym dochodzi do ogłoszenia i rozstrzygnięcia przetargu wraz z podpisaniem umowy;
- E. Etap nr 8 polega na organizacji zaplecza technicznego i placu budowy;
- F. Etap nr 9 jest zasadniczą realizacją inwestycji (roboty budowlano-montażowe);
- G. Etap nr 10 trwający 6 miesięcy jest etapem rozruchu biogazowni i weryfikacją założeń;
- H. równoległe do etapu nr 10 trwa procedura uzyskania pozwolenia na eksploatację (etap nr 11);
- I. inwestycja kończy się na etapie nr 12 kiedy instalacja przekazywana jest do eksploatacji (rozruch biogazowni).

W przedstawionym harmonogramie szacuje się, iż czas realizacji inwestycji, wyniesie 21 miesięcy.

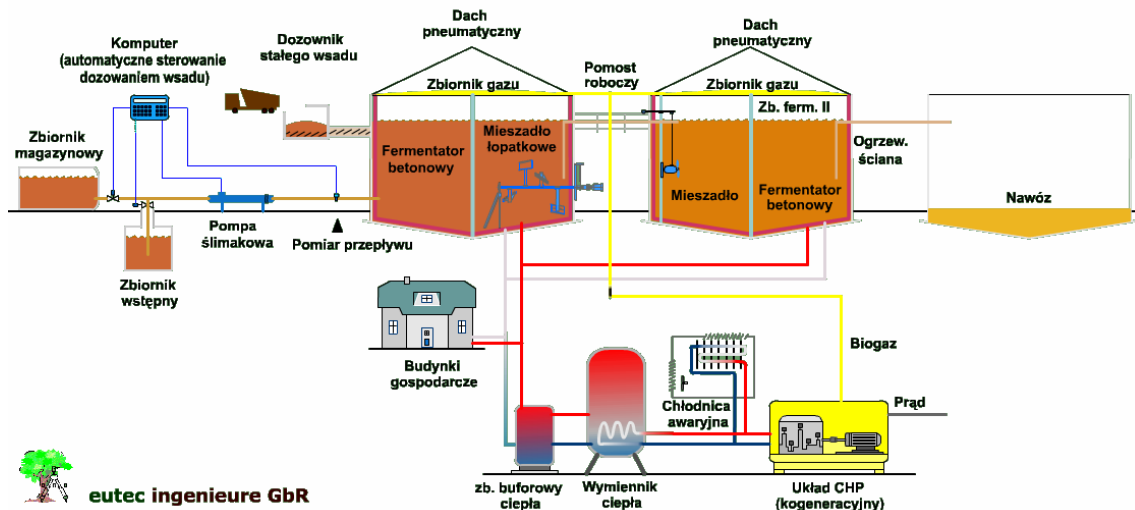
#### Eksploatacja biogazowni rolniczej

Ostatni etap budowy biogazowni jest etapem poprzedzającym rozruch biogazowni. Rozruch biogazowni jest procesem, którego prawidłowy przebieg przyczynia się do właściwej eksploatacji biogazowni. Podczas rozruchu można wyróżnić następujące fazy:

1. opracowanie planu rozruchu,
2. napełnienie fermentatora gnojowicą do ok. 50% pojemności,
3. podgrzanie fermentatora do temperatury pracy,
4. zaszczepienie fermentatora aktywnym biologicznie wsadem fermentacyjnym (ok. 20% podanej wyżej zawartości fermentatora),
5. rozpoczęcie podawania wsadu przy zawartości metanu >50%,
6. podawanie wsadu zgodnie z planem rozruchu.

W trakcie rozruchu jak i eksploatacji należy regularnie analizować substrat i w zależności od przeprowadzanych analiz i wyników uzysku biogazu dokonywać stosownych korekt. Po napełnieniu fermentatora i osiągnięciu zadanych parametrów procesowych fazę rozruchu uznaje się za zakończoną.

Na poniższym rysunku przedstawiono schemat funkcjonowania biogazowni rolniczej.



Rysunek 2. Schemat funkcjonowania biogazowni rolniczej.  
 Źródło: eutec ingenieure Gbr, Drezno, <http://www.eutec.biz>

W fazie eksploatacji podmiot uzyskuje przychody z tytułu sprzedaży energii elektrycznej (oraz praw majątkowych do świadectw pochodzenia) względnie ze sprzedaży energii cieplnej, czy też sprzedaży gazu. Nie licząc amortyzacji, koszty działalności operacyjnej biogazowni opierają się głównie na koszcie surowca. Zapotrzebowanie biogazowni na energię elektryczną wynosi ok. 6% własnej produkcji. W większej części (ok. 20%) wykorzystywane jest natomiast ciepło, które służy do utrzymywania temperatury w fermentatorze. Instalacja sama w sobie nie wymaga stałej obsługi człowieka, jednak min. półetatowe zatrudnienie jest konieczne. Oprócz podatku od nieruchomości płaconego na rzecz gminy, wśród kosztów działalności operacyjnej należy wyróżnić koszty serwisowania i napraw. Zmienne koszty serwisowania, tj. konserwację, utrzymanie i ubezpieczenie szacuje się w Niemczech na poziomie 10-15 [€/MWh]<sup>4</sup> (od wyprodukowanej energii). Koszty remontów i konserwacji zbiorników szacuje się na poziomie 2% ich wartości nabycia.

Najistotniejszą kwestią związaną z eksploatacją biogazowni rolniczej jest stabilność procesu produkcji i sprzedaży energii, co jest uwarunkowane m.in.:

- a) dostępem do surowca,
- b) utrzymaniem parametrów procesowych,
- c) zagwarantowaniem zbytu energii.

Dostęp do surowca powinien być rozpatrzony podczas planowania inwestycji na podstawie szacunku lokalnego potencjału energetycznego. Koszt transportu biomasy jest kosztem nieliniowo związanym z odległością transportu, dlatego odpowiednia podaż powinna być zagwarantowana w relatywnie bliskich odległościach. W celu utrzymania stabilności parametrów procesowych (np. hydrauliczny czas aktywności, ilość wytwarzanego biogazu) niezbędny jest ich pomiar i dokumentacja. Natomiast zagwarantowanie zbytu energii zależy m.in. od tego w jakiej postaci energia będzie sprzedawana. Aby sprzedać energię elektryczną należy ponieść koszt przyłączenia do sieci energetycznej, a energia ta

<sup>4</sup> Dane handlowe niemieckiego producenta biogazowni

będzie sprzedana<sup>5</sup>. Jednakże w przypadku energii cieplnej wymagany jest lokalny popyt na ciepło po konkurencyjnych cenach. Natomiast wykorzystanie oczyszczonego biogazu o zawartości >99% metanu jest obecnie w Polsce dopiero w fazie koncepcyjnej.

Przyjmując w założeniu wartości podstawowych parametrów technicznych surowców<sup>6</sup> oraz odpowiednią strukturę wsadu<sup>7</sup> biogazownia rolnicza o zainstalowanej mocy ok. 500 [kW<sub>el</sub>], która pracując średnio 8000 godzin w roku wyprodukuje ok. 4 [GWh] energii elektrycznej potrzebować będzie ok. 8700 ton kiszonki kukurydzy oraz ok. 3700 ton gnojowicy, Oznacza to, że maksymalna wydajność biogazowni o tej mocy może być uzyskana pod warunkiem istnienia bazy podaźowej na poziomie ok. 180 [ha] pól uprawnych kukurydzy oraz hodowli zwierząt na poziomie ok. 1500 DJP<sup>8</sup>.

Obecnie w Europie zaznaczają się nowe trendy w budowie i eksploatacji biogazowni. Podstawowym zagadnieniem międzynarodowych projektów badawczych jest obecnie oczyszczanie biogazu do jakości gazu ziemnego i wtłaczanie go do sieci przesyłowych. Szacuje się, iż ten sposób gospodarki biogazem może istotnie wpłynąć na redukcję importu gazu ziemnego spoza Unii Europejskiej. Najważniejszymi napotykanymi problemami w temacie „biogaz w sieci” są:

- a) koszty oczyszczania biogazu,
- b) przyszłe uwarunkowania prawno-podatkowe związane z dystrybucją i sprzedażą paliwa,
- c) lokalizacja biogazowni względem rurociągów.

Gospodarki krajów wysoko rozwiniętych, w szczególności Niemiec i Danii są prawdziwym dowodem na skuteczną dywersyfikację źródeł energii z wykorzystaniem źródeł opartych na mokrych odpadach organicznych. Mimo wysokiego poziomu zaawansowania technologii biogazowych w tych krajach, nowe warunki i problemy w sektorze energetycznym pozwalają na znalezienie nowych sposobów wykorzystania instalacji biogazowych.

#### Źródła informacji:

1. Dane handlowe polskich i niemieckich firm projektowych, doradczych i produkcyjnych;
2. Wyniki badań ankiety przeprowadzonej przez Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) w maju 2007 roku;
3. Prawo energetyczne z dnia 10 kwietnia 1997r. (Dz. U. 1997, Nr 54, poz. 348);
4. Współczynniki przeliczeniowe sztuk zwierząt na duże jednostki przeliczeniowe inwentarza (DJP), Załącznik do rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 24 września 2002r. (Dz. U. 2002, Nr 179, poz. 1490);

<sup>5</sup> Przedsiębiorstwo energetyczne ma obowiązek odkupić energię zieloną.

<sup>6</sup> Np. uzysk biogazu [m<sup>3</sup>] z 1 tony kiszonki kukurydzy, udział metanu w produkowanym biogazie.

<sup>7</sup> 70% kiszonka kukurydzy i 30% gnojowica.

<sup>8</sup> Duża jednostka przeliczeniowa inwentarza wg polskich norm odpowiada krowie o masie 500 [kg].