

ANALIZA OPLACALNOŚCI EKONOMICZNEJ MIKROBIOGAZOWNI ROLNICZEJ

Autor: Stanisław Szwaja

("Rynek Energii" - grudzień 2016)

Słowa kluczowe: mikrobiogazownia rolnicza, kontener, kogeneracja ciepła i energii elektrycznej, analiza ekonomiczna

Streszczenie. W artykule omówiono rozwój mikrobiogazowni rolniczych w Polsce. Przedstawiono argumenty sprzyjające i niesprzyjające tego typu instalacjom do wytwarzania ciepła i energii elektrycznej na potrzeby gospodarstwa rolnego. Następnie przedstawiono charakterystykę zbudowanej mikrobiogazowni o mocy 7 kW opartej konstrukcyjnie o kontener morski typu 40HC. Dla tej instalacji przeprowadzono analizę opłacalności ekonomicznej jej długoterminowego eksploataowania. Z analizy tej wynika, że mikrobiogazownia rolnicza ze względu na swoje relatywnie wysokie jednostkowe koszty inwestycyjne jest przedsięwzięciem nieopłacalnym, jeśli uwzględni się w niej wyłącznie produkcję energii elektrycznej. Produkcja ciepła na potrzeby gospodarstwa poprawia nieznacznie kondycję ekonomiczną instalacji. Znaczącą korzyść może przynieść taka mikrobiogazownia, gdy wykorzystana z niej produkt uboczny, jakim jest woda pofermentacyjna, jako wartościowy nawóz bogaty w związki azotu.

1. WSTĘP

Ciepło i energię elektryczną można efektywnie produkować z paliw odnawialnych przy wykorzystaniu technologii tzw. energetyki prosumenckiej. Energetyka odnawialna, która jest silnie stymulowana przez UE, w Polsce ma potencjał do rozwoju przy wykorzystaniu następujących technologii:

- technologie produkcji energii elektrycznej: małe elektrownie wiatrowe zintegrowane z akumulatorem energii, ogniwa fotowoltaiczne (PV), biogazownie rolnicze,
- technologie produkcji ciepła: pompy ciepła geotermalne, kolektory solarne, kotły na biomasę.

Ze względu na uwarunkowania klimatyczne i potrzeby energetyczne najbardziej celowy jest rozwój technologii produkcji energii elektrycznej ukierunkowany na ogniwa fotowoltaiczne i biogazownie rolnicze. Obecnie sprawą dyskusyjną jest celowość budowy farm wiatrowych. Ogniwa fotowoltaiczne stanowią duży potencjał rozwojowy i nie ulega wątpliwości, że to właśnie one rozwiążą problem deficytu energii i będą jej głównym źródłem w przyszłości. Jednakże obecnie jest jeszcze relatywnie trudno określić czas, w którym ogniwa te wejdą do powszechnego użytku. Zatem, celowe wydaje się być stymulowanie rozwoju zweryfikowanej pozytywnie technologii biogazowni rolniczych, w tym mikrobiogazowni o mocy elektrycznej wyjściowej do 40 kW. Rozwój mikrobiogazowni jest szczególnie istotny, ponieważ stanowią one ważne źródła energii w rozproszonym systemie tzw. energetyki prosumenckiej. W nowym uwarunkowaniu prawnym szczególnie atrakcyjnie wygląda produkcja energii elektrycz-

nej przez instalacje o mocy do 10 kW ze względu na nieco lepsze warunki eksploatacyjne stawiane ze strony sieci elektroenergetycznych. Aczkolwiek nie da się nie zauważyć, że jednostkowe koszty inwestycyjne (PLN/kW) tych najmniejszych instalacji są najwyższe.

Koszty inwestycyjne zaczerpnięte ze źródła [1] przedstawiono w tabelicy 1.

Tabela 1. Koszty inwestycyjne mikroźródeł energii elektrycznej [1]

Koszty inwestycji w tys. zł/kW	Poniżej 10 kW	10-40 kW	Powyżej 40 kW
Mała elektrownia wiatrowa	13	9	6,8
Ogniwa PV	7,5	6,1	5,6
Biogazownia rolnicza	26,9	25,1	20,6

Pomimo, że duże biogazownie rolnicze powyżej 1 MW charakteryzują się wskaźnikiem na poziomie około 16-18 tys. zł/kW to można zauważyć, że koszty inwestycyjne dla biogazowni stanowią podstawową barierę do ich szybkiego rozwoju. Należy jednak podkreślić, że biogazownie spośród ww. źródeł charakteryzują się najwyższą stabilnością dostaw energii elektrycznej, jak również najdłuższym czasem rocznej eksploatacji przekraczającym 8000 godzin.

Badania w zakresie eksploatacji i efektywnego wdrożenia mikrobiogazowni prowadzone są już od kilkunastu lat i można wnioskować, że badania te będą nadal prowadzone, ponieważ istnieją realne szanse na obniżanie kosztów inwestycyjnych, co prowadzić będzie do większej atrakcyjności biogazowni postrzeganych jako dobry instrument biznesowy.

Spośród licznych instalacji mikrobiogazowni można wymienić przykładowo:

- mikrobiogazownia w Studzionce (p. L.Latocha) – działająca od 2009r. (rys.1),
- kontenerowa mikrobiogazownia rolnicza KMR 7 (rys.2),
- mikrobiogazownia w Lubaniu, powstała pod nadzorem IMP PAN z Gdańska (rys.3),
- mikrobiogazownia w Bałdach przy Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie [4].



Rys. 1. Mikrobiogazownia w Studzionce [2]



Rys. 2. Komercyjna mikrobiogazownia KMR 7 [2]



Rys. 3. Mikrobiogazownia w Lubaniu [3]

Dwie z przedstawionych mikrobiogazowni charakteryzują się zabudową kontenerową o wymiarach nie odbiegających znacząco od kontenerów morskich 40 (45) HC. Celowość budowy takiej biogazowni jest zasadna dla producentów żywności rolnej posiadających gospodarstwa o areale co najmniej 25 ha, ponieważ uprawy na potrzeby biogazowni zależnie od klasy gleby obejmować mogą obszar do około 6-7 ha.

2. OPIS INSTALACJI MIKROBIOGAZOWNI

W artykule przedstawiono opis konstrukcji i charakterystykę eksploatacyjną rzeczywistej mikrobiogazowni rolniczej o zabudowie kontenerowej opatrzonej roboczą nazwą POSA 1 (rys.4). Biogazownię tę zbudowano na potrzeby projektu realizowanego w ramach Programu Badań Stosowanych. W tabelicy 2 podano podstawowe dane techniczne mikrobiogazowni.

Zaprezentowana mikrobiogazownia jest kompaktową biogazownią kontenerową, w skład której wchodzi zbiornik-fermentor o pojemności wodnej 51 m³, zbiornik na biogaz o pojemności 14 m³ oraz wydzielone pomieszczenie siłowni z silnikiem spalinowym i prądnicą asynchroniczną o mocy maksymalnej 15 kW. Obiekt zawiera w sobie wszystkie niezbędne instalacje: instalację przygotowania i załadunku biomasy, instalację grzewczą, instalację dozowania biogazu i instalację zabezpieczenia obiektu w przypadkach awarii.

Tabela 2. Podstawowe dane techniczne mikrobiogazowni POSA 1

Parametr	Wartość/Opis
Wymiary: L x W x H	12,2 x 2,4 x 2,9 m
Kubatura pojemności wodnej fermentora	51 m ³
Kubatura zbiornika gazowego podstawowego	14 m ³
Kubatura zbiornika gazowego rezerwowego	25 m ³
Rodzaj fermentacji	F. mezofilna
System grzewczy fermentora	Ogrz. podłogowe
Źródło energii elektrycznej	Silnik typ: S320, 1-cylindrowy silnik spalinowy o zapłonie iskrowym + prądnica asynchroniczna 3 x 400 kV, moc maks. 15 kWe, moc nominalna: 7 kWe
Źródło ciepła	Odzysk ciepła z płaszczu wodnego silnika i z układu wydechowego spalin, maks. moc cieplna: 28 kW
System mieszania fermentu	Mieszadło wielopatkowe, poziome wspomagane układem hydraulicznego przepompowywania fermentu
Układ załadowczy biomasy	Cykliczny układ załadunku za pomocą pompy recyrkulującej ze zbiornika-hydrolizera
Układy zabezpieczenia	Automatycznie załączana pochodnia, sygnalizacja świetlna i dźwiękowa, system powiadamiania SMS, system automatycznego wyłączania silnika, zabezpieczenie pasywne: klapy przeciw-wybuchowe

3. ANALIZA EKONOMICZNA MIKROBIOGAZOWNI

Do analizy przyjęto następujące dane:

- ilość niezbędnej biomasy: dla docelowej ilości generowanego biogazu na poziomie 4 Nm³/h (w skali roku 32 000 Nm³/h) przyjęto, że około 192 t zielonki rocznie, zatem, że uprawą będzie objęte 7 ha z czego na kukurydzę 4 ha a na łubin 3 ha,
- przyjęto też, że do prawidłowego przebiegu procesów fermentacyjnych niezbędna będzie gnojowica w ilości około 70 m³ w skali roku.

Ocenę atrakcyjności biznesowej przedsięwzięcia można wstępnie oprzeć w prosty sposób na dwóch powszechnie stosowanych wskaźnikach LCOE i LACE.

Wskaźnik LCOE (Levelized Cost Of Electricity) – jest to jednostkowy koszt wyrażony w zł/kWh wyprodukowania energii elektrycznej przez planowaną instalację energetyczną. Wskaźnik jest zdefiniowany wg zależności

$$LCOE = (K_i + K_e + K_p) / W \quad (1)$$

gdzie: K_i – koszty inwestycyjne, K_e – koszty eksploatacji instalacji, K_p – koszty zakupu paliwa/wsadu/substratów, W – wyprodukowana energia elektryczna w kWh.

Wskaźnik LACE (Levelized Avoided Cost of Electricity) – jest to jednostkowy koszt (zł/kWh), jaki należałoby ponieść aby dostarczyć energię elektryczną do obiektu/obszaru w przypadku nie wybudowania na tym obszarze planowanej instalacji energetycznej. W obszarze zelektryfikowanym koszt ten można uznać, że jest głównie kosztem sprzedaży energii elektrycznej przez zakład energetyczny.

Różnica pomiędzy LACE i LCOE stanowi wskaźnik opłacalności inwestowania w planowaną instalację energetyczną.

W ramach analizy można wyodrębnić dwa warianty biznesowe, zależne od poniesionych kosztów.

I wariant – wariant standardowy – wariant ten obejmuje koszty inwestycyjne oszacowane w oparciu o oferty firm sprzedających mikrobiogazownie, koszty zakupu substratów z rynku, koszty eksploatacyjne obejmujące robociznę i serwisowanie urządzeń biogazowni.

II wariant – wariant oszczędny oparty o prace własne inwestora, tzw. wariant gospodarczy – obejmuje koszty inwestycyjne pomniejszone o udział przyszłego właściciela biogazowni, marginalizuje koszt nabycia substratów, praktycznie pomija koszt robocizny, redukuje do niezbędnego minimum koszty serwisu i przeglądów. Wariant II jest wbrew pozorom nietrudny do realizacji ze względu na niewielkie gabaryty mikrobiogazowni i występowanie mało skomplikowanych technologicznie prac. Zakłada się w nim, że część prac, które nie wymagają wykwalifikowanej siły roboczej właściciel może zrealizować we własnym zakresie obniżając tym samym znacząco koszty robocizny. Do takich prac można zaliczyć przykładowo: przygotowanie terenu pod biogazownię, malowanie wybranych elementów, przygotowanie biomasy-substratu (przy założeniu posiadania własnej uprawy) załadunek substratu do biogazowni, odbiór pofermentu, czynności porządkowe, utrzymywanie czystości w obrębie biogazowni itp.

W tabelicy 3 przedstawiono zestawienie kosztów w skali roku dla tych dwóch wariantów dla mikrobiogazowni rolniczej. Przyjęto, że całkowity okres eksploatacji biogazowni wynosi 15 lat.

Tabela 3. Zestawienie kosztów dla mikrobiogazowni rolniczej dla rocznego okresu eksploatacji.

L.p.	Rodzaj kosztu (netto) i jego wartość (zł)	I Wariant (bez odpisu amort.)	II Wariant	II Wariant (bez odpisu amort.)
1	Koszt inwestycji dla mocy wyjściowej 7 kW (rozłożony na 15 lat eksploatacji)	210 000/15 = 14 000 zł	140 000/15 = 9 333 zł	140 000/15 = 9 333 zł
2	Koszt nabycia biomasy w ilości 200 t	200 x 120 zł = 24 000 zł	1 200 zł (koszt paliwa podczas zbioru, koszt oprysków na 7 ha)	1 200 zł (koszt paliwa podczas zbioru, koszt oprysków na 7 ha)
3	Roczny koszt serwisu agregatu kogeneracyjnego (przyjęto ryczałt 14 gr/kWh)	7 800 zł	7 800 zł	7 800 zł
4	Roczny koszt eksploatacji	12 x 4 000 zł = 48 000 zł (materiały i wynagrodzenie pracownika brutto)	1 200 zł (materiały: świece, filtry, olej)	1 200 zł (materiały: świece, filtry, olej)
5	Odpis amortyzacyjny	0 zł	9 333 zł	0 zł
6	LCOE (dla energii wyprodukowanej 56 000 kWh)	1,67 zł/kWh	0,51 zł/kWh	0,35 zł/kWh
7	LACE (dla energii zakupionej)	0,65 zł/kWh	0,65 zł/kWh	0,65 zł/kWh
8	Potencjalny zysk/strata brutto na produkcji energii elektrycznej	- 1,02 zł/kWh - 57 120 zł/rok	0,14 zł/kWh 7 840 zł/rok	0,30 zł/kWh 16 800 zł/rok
9	Zysk z produkcji ciepła o mocy 18 kW (okres zimowy: 5 miesięcy)	230 GJ x 60 zł = 13 800 zł	230 GJ x 60 zł = 13 800 zł	230 GJ x 60 zł = 13 800 zł
10	Zysk/korzyść z pofermentu jako organicznego nawozu (około 29 t s.m.)	29 x 2 000 zł = 58 000 zł	29 x 2 000 zł = 58 000 zł	29 x 2 000 zł = 58 000 zł
10	Całkowity zysk	14 700 zł	79 600 zł	88 600 zł
11	Całkowity zysk (bez uwzgl. nawozu)	-43 300 zł	21 600 zł	30 600 zł

4. WNIOSKI

Mikrobiogazownia rolnicza o mocy elektrycznej poniżej 10 kW może znaleźć swoje zastosowanie w gospodarstwach rolnych mogących produkować biomasę na potrzeby tej mikrobiogazowni. Oszacowano, że gospodarstwo rolne dysponujące arealem pod uprawę biomasy na poziomie około 6-7ha może obsłużyć mikrobiogazownię o mocy elektrycznej min. 7 kW.

Koszt inwestycyjny budowy takiej mikrobiogazowni wbrew potocznym opiniom można istotnie obniżyć. Obecnie oferowane na rynku mikrobiogazownie w zabudowie kontenerowej w cenie około 210-250 tys. zł są atrakcyjnym przedsięwzięciem biznesowym, ale koszty wykonawstwa takiej mikrobiogazowni przy aktywnym udziale inwestora można znacząco obniżyć, nawet do 30-35%.

Korzyść z eksploatacji mikrobiogazowni nie może sprowadzać się wyłącznie do produkcji energii elektrycznej. Mikrobiogazownia dostarczająca wyłącznie prąd nie będzie przedsięwzięciem rentownym. Przy niewielkiej mocy wyjściowej i wysokich kosztach inwestycyjnych taka mikrobiogazownia będzie przynosić straty. Zysk z produkcji energii elektrycznej wynikać będzie jako oszczędność przy zakupie zmniejszonej ilości energii od zakładu energetycznego.

Zysk mikrobiogazowni można podnieść poprzez odbiór ciepła na potrzeby ogrzewania np. domu jednorodzinnego. Zysk z wyprodukowanego ciepła jest relatywnie tej samej wielkości lub wyższy w porównaniu do zysku wynikającego z oszczędności w zakupie energii elektrycznej.

Produktem ubocznym biogazowni jest woda pofermentacyjna. Stanowić ona może cenne źródło głównie łatwo przyswajalnego azotu. Zatem, znacząca poprawa zysku wynikać będzie ze stosowania pofermentu jako naturalnego nawozu na własne potrzeby danego gospodarstwa. Zainteresowanie tym nawozem wynika również z faktu, że względem nawozów sztucznych jest on dostępny za darmo (w niektórych biogazowniach rolniczych). Wadą nawozu jest jego forma – nawóz jest mocno uwodniony. Zawartość wody dochodzić może do 95%. Stąd wynikają trudności w zakresie jego długoterminowego przechowywania, relatywnie wysokich kosztów transportu na dalsze odległości co pociąga za sobą trudności w komercyjnej dystrybucji. Jak wskazano w tab.3 nawóz ten bardzo znacząco może poprawić rentowność mikrobiogazowni jak również większych biogazowni rolniczych. Ze względu na przedstawione trudności w dystrybucji nawóz ten efektywnie może być zagospodarowywany w niewielkiej odległości od miejsca jego powstawania. Zatem, jest to kolejny argument uzasadniający celowość budowy mikrobiogazowni tylko na terenie gospodarstwa rolnego.

Artykuł powstał w ramach realizacji projektu nr 210698 pt. Utylizacja osadu pofermentacyjnego z biogazowni na potrzeby produkcji energii elektrycznej” współfinansowany przez Narodowe Centrum badań i Rozwoju, nr umowy PBS2/A4/9/2013.

LITERATURA

- [1]Wiśniewski G., Oniszk-Popławska A.: Raport: *Krajowy Plan Rozwoju Mikroinstalacji Odnawialnych Źródeł Energii do roku 2030*
- [2]Latocha L., Wereszczyński D.: *Przegląd biogazowni rolniczych*, www.egie.pl
- [3]Cenian A.: *Typoszereg mikroinstalacji OZE*, Program Strategiczny, Zadanie nr 4, www.imp.gda.pl
- [4]<http://www.uwm.edu.pl/cbeo>

ECONOMIC ANALYSIS OF MICRO-SIZE BIOMASS POWER PLANT

Key words: micro-size biomass power plant, container, heat and power cogeneration, economic analysis

Summary. Development in micro-size biomass power plants in Poland has been discussed in the paper. Several pros and cons have been presented due to their practical implementations in agricultural farms. Next, a micro biomass power plant of 7 kW based on a ship container HQ40 has been described. The power set applied to the power plant is a cogeneration set with two heat recovery units installed on the exhaust gas pipeline and the engine cooling system. The cogeneration unit finally is built in the container, in which 5 sqm for this purpose were reserved. Economic analysis for this power plant in long-term operation was conducted on the basis of LACE and LCOE indicators. The LCOE was determined at level of 1.65 PLN/kWh. The LACE was taken directly as cost of power price of 0.65 PLN/kWh from the electric state grid. As found, this micro power plant with respect to its relatively high costs of both investment and operation cannot be considered as profitable venture, unless not only production of electrical power would be taken into account. Heat generation can slightly increase profits, but the most crucial improvement in economical condition of this power plant is to utilize additionally post-fermented water, which from one side is treated as a by-product, but from another side, this water is valuable organic fertilizer rich in nitrogen derivatives.

Stanisław Szwaja, dr hab. inż., prof. PCz, zatrudniony na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Informatyki Politechniki Częstochowskiej, e-mail: szwaja@imc.pcz.czyst.pl