

Wpłynęło 20.08.2017 r.
Zrecenzowano 01.09.2017 r.
Zaakceptowano 05.09.2017 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

Analiza porównawcza opłacalności budowy i użytkowania mikrobiogazowni rolniczej w odniesieniu do gospodarstwa o obsadzie 100 DJP

Józef SZLACHTA^{ADEF}, Kamil DWORACZYK^{BC}

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Inżynierii Rolniczej

Do cytowania For citation: Szlachta J., Dworaczyk K. 2017. Analiza porównawcza opłacalności budowy i użytkowania mikrobiogazowni rolniczej w odniesieniu do gospodarstwa o obsadzie 100 DJP. Problemy Inżynierii Rolniczej. Z. 3 (97) s. 83–99.

Streszczenie

Analizowano zasadność budowy i użytkowania dwóch wariantów mikrobiogazowni rolniczych w odniesieniu do gospodarstwa rolniczego specjalizującego się w chowie krów mlecznych o obsadzie 100 DJP. W wariantcie I w mikrobiogazowni stosowano gnojowicę z gospodarstwa, a w wariantcie II dodatkowo kiszonkę z kukurydzy, zakładając że sucha masa gnojowicy w komorze fermentacyjnej stanowi 40%, a sucha masa kiszonki z kukurydzy 60%. W wariantcie I mikrobiogazowni można uzyskać 51 981,840 m³ biogazu i wyprodukować 82 890 kWh energii elektrycznej przeznaczonej do sprzedaży, podczas gdy w wariantcie II produkcja biogazu może być czterokrotnie większa – 211 757,407 m³, produkcja i sprzedaż energii elektrycznej może wynosić 337 667 kWh. Analiza finansowa w warunkach założonych wskaźników ekonomicznych funkcjonowania mikrobiogazowni (koszty substratów, cena giełdowa sprzedaży świadectw pochodzenia itd.) wykazała, że wzrost produkcji biogazu nie przekłada się na osiągnięcie przez biogazownię zysku operacyjnego. Biogazownia w wariantcie I osiąga roczny zysk operacyjny po opodatkowaniu w kwocie 47 925,14 zł, natomiast w wariantcie II biogazowni obliczono stratę w wysokości 93 201,18 zł. Prosty okres zwrotu wariantu I bazującego na fermentacji gnojowicy wynosi 6 lat i 290 dni, co jest wynikiem akceptowalnym. Dodatek kiszonki z kukurydzy do substratu, poza zwiększeniem uzysku biogazu, powoduje także negatywne skutki w postaci dodatkowych kosztów wynoszących 64 491 zł rocznie, co stanowi 20% całości rocznych kosztów funkcjonowania biogazowni.

Słowa kluczowe: mikrobiogazownia, substrat rolniczy, analiza ekonomiczna, opłacalność inwestycji

Wstęp

Produkcja biogazu z surowców rolniczych ma wiele pozytywnych skutków w dziedzinie ochrony środowiska i ekonomicznego rozwoju regionu w pobliżu biogazowni. Przede wszystkim należy zwrócić uwagę na ograniczoną emisję do atmosfery metanu, którego szkodliwość przewyższa szkodliwość dwutlenku węgla dwudziestokrotnie. Zaletą produkcji biogazu jest także kontrolowane ograniczenie emisji metanu z odchodów pochodzących z hodowli i chowu zwierząt, utylizacja uciążliwej dla środowiska surowej gnojowicy oraz zmniejszenie uciążliwości odorowych. Według definicji w polskim prawie biogaz to „gaz uzyskany z biomasy, w szczególności z instalacji przeróbki odpadów zwierzęcych lub roślinnych, oczyszczalni ścieków oraz składowisk odpadów” [Ustawa... 2015].

Równoczesne wytwarzanie energii elektrycznej i odzysk ciepła z gorących spalin nazywany jest układem kogeneracyjnym (ang. combined heat and power – CHP). Sprawność układów kogeneracyjnych może dochodzić nawet do 90% [OLAJOSSY 2008]. Stosowanie układu skojarzonego umożliwia efektywniejsze wykorzystanie substratów w procesie fermentacji, obniżając tym samym koszty eksploatacji biogazowni, wpływa także na zmniejszenie emisji zanieczyszczeń do atmosfery. Z punktu widzenia inwestora najważniejsze są jednak dodatkowe korzyści finansowe. Zastosowanie kogeneracji pozwala zwiększyć dochód z tytułu sprzedaży ciepła oraz tzw. świadectw pochodzenia, innych niż zielone.

Wyróżnia się wiele źródeł surowców rolniczych służących do produkcji biogazu. Podstawowym surowcem w biogazowniach rolniczych jest gnojowica jako substrat upłynniający. Dodając do niej biomasę stałą, tworzy się kosubstraty, które mają za zadanie zoptymalizować przebieg fermentacji oraz zwiększyć produkcję biogazu [CURKOWSKI i in. 2011]. Pozostałości poprodukcyjne do produkcji biogazu dzieli się na [SZLACHTA 2009]:

- odchody zwierząt,
- uprawy roślin energetycznych,
- pozostałości z uprawy roślin,
- ścinki trawy i odpady ogrodnicze,
- resztki jedzenia.

Charakterystykę substratów biogazowych zamieszczono w tabeli 1.

Najbardziej popularnym surowcem do zakiszania na cele biogazowe jest kukurydza, ponieważ jest ona rośliną, która podczas swojego cyklu wegetacyjnego charakteryzuje się dużym przyrostem łatwo zakiszającej się zielonej masy. Ponadto jest to roślina, która stosunkowo dobrze znosi niedobory wody i znaczne wahania temperatury, co sprawia że w polskim klimacie jej uprawa z przeznaczeniem do produkcji biogazu jest bardzo popularna. Do prawidłowego i efektywnego przebiegu procesu fermentacji w biogazowni wymaga się takiego doboru substratów lub kosubstratów, aby zapewnić bazę żywieniową dla bakterii metanogennych. Zazwyczaj wymaga się zapewnienia korzystnego stosunku C:N, mieszczącego się w przedziale od 10:1 do 30:1 (stosunek ważny dla rozwoju archeonów w fazie metanogenezy, relacji N:P:S jak 7:1:1, a także stosunku C:N:P:S wynoszącego 600:15:5:1 [FUGOL 2013; PRASK 2014; SZLACHTA i in. 2014; SZYMAŃSKA 2012].

Tabela 1. Charakterystyka substratów biogazowych
Table 1. Characteristics of substrates for biogas

Substrat Substrate	Uzysk biogazu [Nm ³ ·t ⁻¹ s.m.o.] Biogas yield [Nm ³ ·t ⁻¹ ODM]	Uzysk metanu Methane yield		Uzysk biogazu dla 90% wygazowania [Nm ³ ·t ⁻¹ s.m.o.] The yield of biogas to 90% substrate utilization [Nm ³ ·t ⁻¹ ODM]	Liczba dni do uzyskania 90% wygazowania [dni] Number of days to obtain a 90% utilization of the substrate [days]
		[%]	[Nm ³ ·t ⁻¹ s.m.o.] [Nm ³ ·t ⁻¹ ODM]		
1	2	3	4	5	6
Kiszonka z kukurydzy nierozdrobniona Corn silage unfragmented	531	69,3	368	477	16
Kiszonka z kukurydzy rozdrobniona Corn silage fragmented	642	70,9	441	560	18
Kiszonka z lucerny nierozdrobniona Alfalfa silage unfragmented	633	58,2	369	570	21
Kiszonka z lucerny rozdrobniona Alfalfa silage fragmented	557	65,9	367	501	24
Kiszonka z traw nierozdrobniona Grass silage unfragmented	527	70,7	373	474	21
Kiszonka z traw rozdrobniona Grass silage fragmented	584	69,0	403	525	21
Kiszonka z mozgi trzcinowatej Canary grass silage	214	63,6	136	192	27
Kiszonka z mozgi trzcinowatej z dodatkiem silage F14 Canary grass silage plus silage F14	294	62,4	183	264	30
Kiszonka ze spartiny preriowej Silage with spartina prairie	327	62,4	204	294	32
Kiszonka ze spartiny preriowej z dodatkiem silage F14 Silage with spartina prairie plus silage F14	317	62,0	196	284	33
Kiszonka z prosa różgowatego Silage from millet	323	63,8	206	290	34
Kiszonka z prosa różgowatego z dodatkiem silage F14 Silage from millet plus silage F14	359	64,6	232	323	31
Gnojowica bydłęca Cattle slurry	512	55,4	248	460	11

1	2	3	4	5	6
Gnojowica bydłęca homogenizowana Cattle slurry homogenized	558	58,2	325	502	13
Gnojowica świńska Swine slurry	578	61,6	356	520	10
Gnojowica świńska homogenizowana Swine slurry homogenized	648	60,7	393	583	10
Obornik bydłocy Cattle manure	220	64,1	141	197	18
Obornik świński Pig manure	269	68,1	183	241	26
Pomiot kurzy Chicken manure	281	69,3	195	252	19

Źródło: SZLACHTA i in. [2014], zmodyfikowane. Source: SZLACHTA et al. [2014], modified.

Kiszonka z surowców roślinnych pełni istotną rolę substratu zagęszczającego i energetycznego, dodawanego do odchodów zwierzęcych płynnych, jak gnojowica czy gnojówka. Tak więc rola surowca roślinnego w zapewnieniu bazy substratowej dla biogazowni rolniczej jest ogromna, mając zaś na uwadze konkurencyjność z żywnością i rosnące ceny kiszonki z kukurydzy poszukiwanie roślin alternatywnych jest niezmiernie ważne dla zapewnienia efektywności instalacji biogazowych. Uprawa takich roślin musi być opłacalna dla rolników, zapewniać możliwie duże plony oraz gwarantować niski koszt surowca do produkcji biogazu (tab. 2). Na terenach wiejskich możliwa jest budowa scentralizowanej biogazowni w regionie o dużej mocy, ale wzrastające koszty transportu substratów i pofermentu na znaczne odległości nie zawsze uzasadniają sens budowy biogazowni centralnej [PUKŠEC, DUIČ 2012].

Tabela 2. Koszty uprawy roślinnych surowców biogazowych

Table 2. Summary of cost of cultivation of vegetable raw materials for biogas

Roślina Plant	Koszt uprawy [zł·ha ⁻¹] The cost of cultivation [PLN·ha ⁻¹]	Przychód [zł·ha ⁻¹] The revenue [PLN·ha ⁻¹]	Zysk [zł·ha ⁻¹] The profit [PLN·ha ⁻¹]	Plon [t s.m·ha ⁻¹] The yield [t DM·ha ⁻¹]	Koszt surowca [zł·t ⁻¹ s.m.] The cost of raw materials [PLN·t ⁻¹ DM]
Burak Beetroot	4 844,65	8 000,57	3 155,92	18,0	269,15
Kukurydza Maize	3 472,70	4 598,57	1 125,87	12,0	289,39
Sorgo Sorghum	3 232,40	6 974,57	3 742,17	16,0	202,00
Mozga trzcinowa Canary grass	3 056,40	4 085,57	1 029,17	10,0	305,64
Proso różgowate Millet	2 506,00	4 254,32	1 748,32	10,5	238,66
Żyto mieszańcowe Rey hybrid	2 561,50	2 229,32	-332,18	4,5	569,22
Spartina preriowa Spartina prairie	1 979,70	555,78	-1 423,9	15	105,66

Źródło: SZLACHTA i in. [2014], zmodyfikowane. Source: SZLACHTA et al. [2014], modified.

Celem pracy było przeprowadzenie analizy opłacalności budowy mikrobiogazowni rolniczej w odniesieniu do gospodarstwa o obsadzie 100 DJP. W celach porównawczych założono dwa warianty bazy substratowej biogazowni. W wariantcie I założono, że jedynym substratem będzie gnojowica wytwarzana w gospodarstwie, natomiast w wariantcie II przewidziano stosowanie wsadu w postaci gnojowicy w połączeniu z kiszonką z kukurydzy. W analizie opłacalności budowy i użytkowania mikrobiogazowni wykorzystano standardowe wskaźniki ekonomiczne uzasadniające opłacalność przedsięwzięcia.

Metody badań

Przedmiotem analizy było hipotetyczne gospodarstwo zajmujące się produkcją mleka. Obsada zwierząt wynosiła 100 DJP. Bydło utrzymywane było w budynku inwentarskim wolnostanowiskowym, boksowym, w systemie bezściółkowym. Gnojowicę usuwano mechanicznie za pomocą przenośników zgarniakowych. Gospodarstwo pod uprawę kukurydzy przeznaczało ok. 50 ha gruntów, z czego na cele energetyczne – ok. 20 ha. W zależności od wariantu gnojowicę pompowano bezpośrednio ze zbiornika wstępnego do komory fermentacyjnej lub mieszano w zbiorniku przed podajnikiem z rozdrobnioną kiszonką z kukurydzy. Kiszonkę do podajnika dostarczano za pomocą ładowarki kołowej. Przefermentowane substraty w postaci pulpy pofermentacyjnej przez przelew trafiały do zbiornika pofermentacyjnego. Następnie poferment przepompowywano do laguny znajdującej się w pobliżu biogazowni. Poferment okresowy stosowany był jako nawóz na polach należących do gospodarstwa.

Ze względu na stosowanie gnojowicy w biogazowni zastosowano fermentację mokrą, jednostopniową, z mieszaniem wsadu. W wariantcie I biogazowni zawartość suchej masy substratu wynosiła ok. 8%, w wariantcie II – ok. 14%. Zawartość suchej masy w komorze fermentacyjnej poniżej 15% umożliwiała stosowanie układu pomp do przetłaczania masy pofermentacyjnej do zbiornika pofermentu. W procesie fermentacji obciążenie objętościowe komory fermentacyjnej substancją organiczną wynosiło: w wariantcie I – $3 \text{ kg s.m.o.} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{dzień}^{-1}$, a w wariantcie II – $3,41 \text{ kg s.m.o.} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{dzień}^{-1}$ [SZULC 2012]. Temperatura procesu wynosiła 35°C . Hydrauliczny czas retencji (HRT) w wariantcie I wyniósł 15 dni, a w wariantcie II, gdzie dodatkowo do gnojowicy była kiszonka z kukurydzy – 25 dni [PODKÓWKA 2012; STEPPA 1988].

Analizę ekonomiczną dla analizowanych wariantów mikrobiogazowni wykonano w 10-letnim okresie projekcji finansowej. Obliczony zysk operacyjny (EBIT) został pomniejszony o podatek dochodowy wynoszący 19%, w wyniku czego otrzymano wskaźnik NOPAT. Następnie obliczono wolne przepływy pieniężne FCFF z zastosowaniem formuły $\text{FCFF} = \text{NOPAT} + \text{amortyzacja} - \text{CAPEX}$ (wydatki inwestycyjne). O opłacalności inwestycji decydował wskaźnik NPV, czyli wartość bieżąca netto oraz prosty okres zwrotu [KRZEMIŃSKA 2000].

Wyniki badań

Rodzaj komory fermentacyjnej i materiał, z którego ją wykonano, dostosowano do wariantu pracy biogazowni, poszukując rozwiązania niskokosztowego procesu pozyskiwania biogazu, a także dostosowując możliwości finansowe do skali przedsięwzięcia.

W wariancie I komorę fermentacyjną o pojemności użytkowej 122,6 m³ stanowił poziomy zbiornik stalowy o objętości całkowitej 150 m³, wyposażony w układ ogrzewania i mieszania za pomocą pionowych łopat mieszających przymocowanych do poziomego wału, leżącego w osi zbiornika. Substrat do komory fermentacyjnej doprowadzano 3 razy na dobę w jednakowej dawce, jednocześnie opróżniając tę samą ilość wsadu. Mieszanie zawartości zbiornika trwało 20 minut i odbywało się 3 razy na dobę [GŁASZCZKA i in. 2010].

W wariancie II dobrano komorę fermentacyjną o pojemności roboczej 301,3 m³ i objętości całkowitej 350 m³ wykonaną ze stali, posadowaną na powierzchni gruntu, z przykryciem w postaci membrany gazowej. Mieszanie zapewniało mieszadło prętowe w układzie skośnym z dwoma elementami mieszającymi. Podobnie, jak w wariancie I, dozowanie substratu odbywało się 3 razy na dobę, mieszanie 3 razy na dobę po 20 minut.

Do obliczeń potencjalnej produkcji biogazu z założonych substratów wykorzystano metodę uproszczoną obliczania z wykorzystaniem danych empirycznych dotyczących właściwości oraz potencjału produkcji biogazu z wybranych substratów [CURIKOWSKI, ONISZK-POPLAWSKA 2010].

Dokonując stosownych obliczeń, ustalono, że: dobową produkcję gnojowicy wynosiła 60 dm³·doba⁻¹·DJP⁻¹, a roczna produkcja gnojowicy w przypadku 100 DJP wynosiła 2190 m³·rok⁻¹. W odniesieniu do wariantu II przyjęto, że sucha masa gnojowicy stanowiła 40% całkowitej suchej masy w bioreaktorze, a pozostałe 60% s.m. stanowiła kiszonka z kukurydzy. Tak ustalona zawartość suchej masy w gnojowicy w wariancie I wyniosła 175 200 kg·rok⁻¹. W wariancie II zawartość s.m. kiszonki z kukurydzy wynosiła 262 800 kg·rok⁻¹. Gdy zawartość suchej masy w gnojowicy wyniesie 8%, a w kiszonce z kukurydzy 32,6%, to roczne zapotrzebowanie na kiszonkę z kukurydzy wyniesie 806 135 kg·rok⁻¹, co daje 806,135 Mg·rok⁻¹. Przyjmując, że zawartość suchej substancji organicznej (s.m.o.) w suchej masie (s.m.) w gnojowicy wynosiło 86%, a w kiszonce z kukurydzy 94,7%, obliczono zawartość suchej masy i suchej substancji organicznej w odniesieniu do analizowanych wariantów (tab. 3).

Bazując na danych zamieszczonych w tabeli 3. można stwierdzić, że dla wariantu I dzienna masa s.m.o. dodawana do komory fermentacyjnej wynosi $m_d = 450$ kg s.m.o.·d⁻¹, a obciążenie komory fermentacyjnej suchą masą organiczną wynosi $B_r = 3,67$ kg s.m.o.·m⁻³·d⁻¹. Dla wariantu II wartości te wynoszą odpowiednio $m_d = 1193$ kg s.m.o.·d⁻¹ oraz $B_r = 3,96$ kg s.m.o.·m⁻³·d⁻¹.

Mając na uwadze duże zróżnicowanie danych literaturowych odnośnie do uzysku biogazu z gnojowicy bydłowej i kiszonki z kukurydzy [PODKÓWKA 2012; SZLACHTA i in. 2014], do obliczeń przyjęto: uzysk biogazu dla gnojowicy 345 Ndm³·kg s.m.o.⁻¹, a dla kiszonki z kukurydzy 642 Ndm³·kg s.m.o.⁻¹. Wykonując odpowiednie przeliczenia, ostatecznie wyznaczono wymagane roczne ilości biogazu i metanu (tab. 4).

Przyjmując kaloryczność biogazu o zawartości metanu 55% na poziomie 5,31 kWh·m⁻³, sprawność elektryczną $\eta_{el} = 33\%$ oraz sprawność cieplną $\eta_{th} = 43\%$, czas pracy układu kogeneracyjnego 8040 h·rok⁻¹, 9% zużycia energii na potrzeby własne

Tabela 3. Roczne zapotrzebowanie na suchą masę i suchą masę organiczną w substratach
Table 3. The annual demand for the dry matter and organic dry matter of substrates

Substrat Substrate	Wariant I Variant I		Wariant II Variant II	
	sucha masa dry matter	sucha masa organiczna organic dry matter	sucha masa dry matter	sucha masa organiczna organic dry matter
	[kg·rok ⁻¹] [kg·year ⁻¹]			
Gnojowica bydłęca Cow slurry	175 200	150 672	150 627	150 672
Kiszonka z kukurydzy Maize silage	–	–	262 800	248 872
Razem Total	175 200	150 672	438 000	399 544

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Tabela 4. Roczna i godzinowa produkcja biogazu i metanu w analizowanych wariantach mikrobiogazowni

Table 4. The annual and hourly biogas production and methane, for the analyzed variants installation of a biogas plant

Uzysk biogazu Yield of biogas	Uzysk metanu Yield of methane	Udział metanu w biogazie Share of methane in the biogas [%]	Godzinowa produkcja biogazu Hourly production of biogas [Nm ³ ·h ⁻¹]
[Nm ³ ·rok ⁻¹]	[Nm ³ ·year ⁻¹]		
Wariant I Variant I			
51 981,840	30 149,467	58	6,5
Wariant II Variant II			
21 1757,407	116 428,273	55	26,3

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

biogazowni, 30% zużycia ciepła na potrzeby własne biogazowni, stosując standardowe procedury obliczeniowe oraz kalkulacje [ROMANIUK i in. 2012], obliczono wielkość produkcji energii elektrycznej i ciepła dla obu wariantów (tab. 5).

Tabela 5. Produkcja energii elektrycznej i ciepła w dwóch wariantach biogazowni
Table 5. Production of electricity and heat in two variants of biogas plants

Wariant Variant	Teoretyczna moc Theoretical power [kW]	Produkcja brutto ¹⁾ [kWh·rok ⁻¹] [GJ·rok ⁻¹] Gross production ¹⁾ [kWh·year ⁻¹] [GJ·year ⁻¹]	Zużycie na cele technologiczne Consumption for technological purposes [%]	Zużycie na cele technologiczne ¹⁾ Consumption for technological purposes ¹⁾	Produkcja netto ¹⁾ Production net ¹⁾
				[kWh·rok ⁻¹] [GJ·rok ⁻¹]	[kWh year ⁻¹] [GJ·year ⁻¹]
Energia elektryczna Electricity					
Wariant I Variant I	11,33	91 088	9	8 198	82 890
Wariant II Variant II	46,15	371 063		33 396	337 667
Ciepło Heat					
Wariant I Variant I	14,76	427,28	30	128,19	299,10
Wariant II Variant II	60,14	1 740,62		522,19	1 218,43

¹⁾ Wartości w odniesieniu do energii elektrycznej w kWh·rok⁻¹, w odniesieniu do ciepła w GJ·rok⁻¹.

¹⁾ Values with respect to electricity in kWh·year⁻¹, in relation to heat in GJ·year⁻¹.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Szacowanie kosztów budowy mikrobiogazowni było utrudnione ze względu na małą ilość danych literaturowych w odniesieniu do tej wielkości biogazowni. Bazując na informacji British Biogen [niedatowane] dla zbliżonych parametrów: 10 kW_{el} mocy, obsady 100 DJP oraz pojemności komory fermentacyjnej 150 m³, koszt budowy biogazowni wynosi między 60 000 a 70 000 £, co daje koszt ok. 400 000 zł. Podobne kwoty kosztów jednostkowych na poziomie 40 000 zł·kW_{el}⁻¹ podają również CURKOWSKI [2014] oraz HJORT-GREGERSEN [2015], szacując koszt budowy mikrobiogazowni o mocy poniżej 40 kW_{el} na kwotę od 80 000 do 100 000 €.

Przyjmując jednostkowy koszt budowy biogazowni w wysokości 40 000 zł·kW_{el}⁻¹, całkowite nakłady inwestycyjne w zł obliczono na podstawie wzoru:

$$K_i = k_j \cdot P_{el} \quad (1)$$

Całkowity koszt inwestycyjny mikrobiogazowni wyniósł: dla wariantu I – K_i' = 453 200 zł, a dla wariantu II – K_i = 1 300 000 zł.

Koszty biogazowni oszacowano na podstawie kosztów operacyjnych, które składają się z: kosztów stałych, kosztów zmiennych oraz amortyzacji (tab. 6). Koszty stałe to: koszty eksploatacyjne, koszty napraw, podatki, ubezpieczenia. Koszty zmienne to koszty zakupu substratów [NIEDZIÓŁKA 2015]. W obliczeniach kosztów operacyjnych założono, że koszty stałe stanowią 10% całkowitych nakładów inwestycyjnych, co w przypadku wariantu I wyniosło 45 320 zł·rok⁻¹, a wariantu II – 130 000 zł·rok⁻¹.

Tabela 6. Roczne koszty i przychody mikrobiogazowni rolniczej w gospodarstwie o obsadzie 100 DJP

Table 6. Annual costs and revenues of agricultural micro-scale greenhouse on a farm with 100 LU

Wyszczególnienie Specification	Wartość Value	
	wariant I variant I	wariant II variant II
Koszty Costs		
Koszty stałe [zł·rok ⁻¹] Fixed costs [PLN·year ⁻¹]	45 320	130 000
Koszty zmienne [zł·rok ⁻¹] Variable costs [PLN·year ⁻¹]	0	64 491
Amortyzacja [zł·rok ⁻¹] Depreciation [PLN·year ⁻¹]	45 320	130 000
Suma [zł·rok ⁻¹] Sum [PLN·year ⁻¹]	90 640	324 491
Przychody Revenues		
Sprzedaż energii [zł·rok ⁻¹] Energy sales [PLN·year ⁻¹]	13 559,13	55 235,55
Zielone certyfikaty [zł·rok ⁻¹] Green certificates [PLN·year ⁻¹]	12 950,71	52 757,07
Oszczędności na utylizacji [zł·rok ⁻¹] Savings on disposal [PLN·year ⁻¹]	123 297,00	123 297,00
Suma [zł·rok ⁻¹] Sum [PLN·year ⁻¹]	149 806,84	231 289,62

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Wpływy biogazowni stanowią przychody z tytułu sprzedaży energii elektrycznej oraz ciepła, a także środki zaoszczędzone w wyniku braku konieczności utylizacji gnojowicy. W analizowanych wariantach mikrobiogazowni przychody stanowiły:

- sprzedaż energii elektrycznej,
- sprzedaż zielonych certyfikatów pochodzenia,
- oszczędności z tytułu braku konieczności utylizacji gnojowicy.

W założeniach przyjęto sprzedaż energii elektrycznej po średniej cenie sprzedaży energii elektrycznej za 2014 r. podanej przez Urząd Regulacji Energetyki wynoszącej 163,58 zł za 1 MWh. Przychód ze świadectw pochodzenia energii, czyli tzw. „zielonych certyfikatów”, wyniósł 156,24 zł za 1 MWh, co stanowi średnią cenę w 2015 r. (stan na 01.12.2015) [URE 2016]. Ważnym źródłem ukrytych dochodów, czyli oszczędności, jest darmowa utylizacja gnojowicy. Przychód z tego tytułu obliczono na podstawie ceny za przyjęcie odpadów w postaci odchodów zwierzęcych w kwocie 56,30 zł za 1 t oraz uwzględnienia kosztu wyprodukowania 1 t kiszonki z kukurydzy [CURKOWSKI i in. 2011].

Analiza ekonomiczna przedsięwzięcia została przeprowadzona w projekcji 10-letniej i roku zerowego (0), w którym wykonano budowę i instalacje przyłączeniowe. O opłacalności inwestycji w obu wariantach decydowała wartość bieżąca netto (NPV) i prosty okres zwrotu [KRZEMIŃSKA 2000].

Przykładowe obliczenia dla pierwszego roku działania inwestycji (wariant I)

Zysk operacyjny [zł·rok⁻¹] przed opodatkowaniem obliczono następująco:

$$EBIT = P_s - K_s - K_z - A = 149\,806,84 - 45\,320 = 59\,166,84 \text{ zł·rok}^{-1}$$

gdzie:

- $EBIT$ = zysk operacyjny [zł·rok⁻¹];
 P_s = suma rocznych przychodów [zł·rok⁻¹];
 K_s = koszty stałe [zł·rok⁻¹];
 K_z = koszty zmienne [zł·rok⁻¹];
 A = roczny koszt amortyzacji [zł·rok⁻¹].

W wariantcie I biogazowni nie zachodzi konieczność zakupu substratów, dlatego nie uwzględniono kosztów zmiennych. Zysk operacyjny obciążono 19% podatkiem dochodowym [zł·rok⁻¹] zgodnie z równaniem:

$$p_d = EBIT \cdot p = 59\,166,84 \cdot 19\% = 11\,241,70 \text{ zł·rok}^{-1}$$

gdzie:

- p_d = kwota podatku dochodowego od osób prawnych [zł·rok⁻¹];
 p = stopa podatku = 19%.

Uzyskany dochód [zł·rok⁻¹] wyniósł:

$$NOPAD = EBIT - p_d = 59\,166,84 - 11\,241,70 = 47\,925,14 \text{ zł·rok}^{-1}$$

gdzie:

- $NOPAD$ = uzyskany dochód [zł·rok⁻¹];
 p_d = kwota podatku dochodowego od osób prawnych [zł·rok⁻¹].

Wolne przepływy pieniężne $FCFF$ [zł·rok⁻¹] obliczono na podstawie wzoru:

$$FCFF = NOPAD + A - CAPEX = 47\,925,14 - 45\,320 = 93\,245,14 \text{ zł·rok}^{-1}$$

gdzie:

$FCFF$ = wolne przepływy pieniężne [$\text{zł}\cdot\text{rok}^{-1}$];

$NOPAT$ = uzyskany dochód [$\text{zł}\cdot\text{rok}^{-1}$];

A = roczny koszt amortyzacji [$\text{zł}\cdot\text{rok}^{-1}$];

$CAPEX$ = środki przeznaczone na inwestycje [$\text{zł}\cdot\text{rok}^{-1}$].

We wzorze nie uwzględniono składnika $CAPEX$, gdyż w rozpatrywanym 1. roku działania inwestycji nie wystąpiły wydatki na środki trwałe, czyli dodatkowe inwestycje. $CAPEX$ uwzględniono w przepływach pieniężnych w roku 0 jako wydatki związane z całą inwestycją. We wzorze uwzględniono amortyzację, która jest kosztem, ale nie jest wydatkiem – nie następuje wypływ środków pieniężnych.

W celu określenia wskaźnika NPV wolne przepływy pieniężne należy zdyskontować przez czynnik dyskontujący. Stopę dyskontową we wzorze, jako czynnik dyskontujący, stanowi średni ważony koszt kapitału $WACC$. W nakładach inwestycyjnych założono udział kapitału własnego w wysokości 70% oraz udział kapitału obcego (kredyt bankowy) wynoszący 30% nakładów inwestycyjnych.

Średni ważony koszt kapitału $WACC$ [%] obliczono następująco:

$$WACC = u_w \cdot k_w + u_o \cdot k_o \cdot (1 - p_p) = 0,7 \cdot 0,12 + 0,3 \cdot 0,04 \cdot (1 - 0,19) = 0,0937$$

gdzie:

u_w = udział kapitału własnego = 70% = 0,7;

k_w = koszt kapitału własnego = 12% = 0,12;

u_o = udział kapitału obcego = 30% = 0,3;

k_o = koszt kapitału obcego = 4% = 0,04;

p_p = stawka podatku od przedsiębiorstw = 19% = 0,19.

Czynnik dyskontujący obliczono jako:

$$d_n = \frac{1}{(1 + WACC)^n} = \frac{1}{(1 + 0,0937)^1} = 0,9143$$

gdzie:

d_n = czynnik dyskontujący n -tego okresu działania inwestycji;

$WACC$ = średni ważony koszt kapitału własnego;

n = numer okresu (roku działania inwestycji) = 1.

Zdyskontowane wolne przepływy pieniężne $DFCFF$ [$\text{zł}\cdot\text{rok}^{-1}$] obliczono, mnożąc przepływy przez czynnik dyskontujący:

$$DFCFF = FCFF \cdot d_n = 93\,245,14 \cdot 0,9143 = 85\,255,05 \text{ zł}\cdot\text{rok}^{-1}$$

gdzie:

$DFCFF$ = zdyskontowane wolne przepływy pieniężne [$\text{zł}\cdot\text{rok}^{-1}$];

$FCFF$ = wolne przepływy pieniężne [$\text{zł}\cdot\text{rok}^{-1}$];

d_n = czynnik dyskontujący n -tego okresu działania inwestycji.

Stosowne obliczenia dla wszystkich okresów inwestycji w wariantie I przedstawiono w tabeli 7. W tabeli tej zawarto także skumulowane przepływy pieniężne oraz skumulowane zdyskontowane przepływy pieniężne.

Tabela 7. Przepływy pieniężne [zł·rok⁻¹] biogazowni (wariant I) w latach od 0 do 10
Table 7. Cash flow [PLN·year⁻¹] the biogas installation (variant I) in the years from 0 to 10

Wyszczególnienie Specification	Rok Year					
	0	1.	2.	3.	4.	5.
1	2	3	4	5	6	7
Przychody Revenues	0	149 806,84	149 806,84	149 806,84	149 806,84	149 806,84
Koszty zmienne Variable costs	0	0	0	0	0	0
Koszty stałe Fixed costs	0	45 320,00	45 320,00	45 320,00	45 320,00	45 320,00
Amortyzacja Depreciation		45 320,00	45 320,00	45 320,00	45 320,00	45 320,00
Zysk operacyjny EBIT Operational profit EBIT	0	59 166,84	59 166,84	59 166,84	59 166,84	59 166,84
Podatek dochodowy Income tax	0	11 241,70	11 241,70	11 241,70	11 241,70	11 241,70
Uzyskany dochód NOPAT Income derived NOPAT	0	47 925,14	47 925,14	47 925,14	47 925,14	47 925,14
Środki na inwestycje CAPEX Investments funds CAPEX	453 200,00	0	0	0	0	0
Wolne przepływy pieniężne FCFF Free cash flow FCFF	-453 200,00	93 245,14	93 245,14	93 245,14	93 245,14	93 245,14
Wolne przepływy pieniężne skumulowane FCFF The free cash flow accumulated FCFF	-453 200,00	-359954,86	-266709,72	-173464,58	-80219,44	13 025,71
Czynnik dyskontujący Discount factor	1	0,9143	0,8360	0,7643	0,6988	0,6390
Zdyskontowane wolne przepływy pieniężne DFCFF Discounted free cash flow DFCFF	-453 200,00	85 255,04	77 949,60	71 270,16	65 163,08	59 579,31
Zdyskontowane wolne przepływy pieniężne skumulowane DFCFF Discounted free cash flow accumulated DFCFF	-453 200,00	-367 944,96	-289 995,36	-218 725,20	-153 562,12	-93 982,81
Rok Year	6.	7.	8.	9.	10.	-
Przychód Revenues	149 806,84	149 806,84	149 806,84	149 806,84	149 806,84	-
Koszty zmienne Variable costs	0	0	0	0	0	-
Koszty stałe Fixed costs	45 320,00	45 320,00	45 320,00	45 320,00	45 320,00	-
Amortyzacja Depreciation	45 320,00	45 320,00	45 320,00	45 320,00	45 320,00	-
Zysk operacyjny EBIT Operational profit EBIT	59 166,84	59 166,84	59 166,84	59 166,84	59 166,84	-
Podatek dochodowy Income tax	11 241,70	11 241,70	11 241,70	11 241,70	11 241,70	-
Uzyskany dochód NOPAT Income derived NOPAT	47 925,14	47 925,14	47 925,14	47 925,14	47 925,14	-
Środki na inwestycje CAPEX Investments funds CAPEX	0	0	0	0	0	-
Wolne przepływy pieniężne FCFF Free cash flow FCFF	93 245,14	93 245,14	93 245,14	93 245,14	93 245,14	-

1	2	3	4	5	6	7
Wolne przepływy pieniężne skumulowane <i>FCFF</i> Free cash flow accumulated <i>FCFF</i>	106 270,85	199 515,99	292 761,13	386 006,27	479 251,41	–
Czynnik dyskontujący Discount factor	0,5842	0,5341	0,4884	0,4465	0,4083	–
Zdyskontowane wolne przepływy pieniężne <i>DFCF</i> Discounted free cash flow <i>DFCF</i>	54 474,00	49 806,17	45 538,32	41 636,18	38 068,40	–
Zdyskontowane wolne przepływy pieniężne skumulowane <i>DCFF</i> Discounted free cash flow accumulated <i>DCFF</i>	–39 508,81	10 297,36	55 835,68	97 471,85	135 540,26	–

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Prosty okres zwrotu inwestycji [lata] obliczono następująco:

$$T = t + \frac{n_n}{DCFF} = 6 + \frac{39\,508,81}{49\,806,17} = 6,79$$

gdzie:

T = czas zwrotu inwestycji [lata];

t = ostatni rok z niezwróconym nakładem [rok];

n_n = niezwrócony nakład w roku t [zł];

$DCFF$ = zdyskontowane wolne przepływy pieniężne z następnego roku [zł].

Przeprowadzone obliczenia wykazały, że okres zwrotu inwestycji wynosi 6 lat i 290 dni, natomiast wartość zaktualizowana netto *NPV* – 135 540,26 zł.

Podobne obliczenia wykonano w odniesieniu do wariantu II biogazowni (gnojowica + kiszonka z kukurydzy) – tabela 8. Obliczenia te wykazały brak zysku operacyjnego we wszystkich latach w analizowanym okresie, a działalność operacyjna przedsiębiorstwa w każdym roku przynosiła stratę w wysokości 93 201,18 zł.

Tabela 8. Przepływy pieniężne [zł·rok⁻¹] biogazowni (wariant II) w latach od 0 do 10
Table 8. Cash flow [PLN·year⁻¹] the biogas installation (variant II) in the years from 0 to 10

Wyszczególnienie Specification	Rok Year					
	0	1.	2.	3.	4.	5.
1	2	3	4	5	6	7
Przychody Revenues	0	231 289,62	231 289,62	231 289,62	231 289,62	231 289,62
Koszty zmienne Variable costs	0	64 490,80	64 490,80	64 490,80	64 490,80	64 490,80
Koszty stałe Fixed costs	0	130 000,00	130 000,00	130 000,00	130 000,00	130 000,00
Amortyzacja Depreciation		130 000,00	130 000,00	130 000,00	130 000,00	130 000,00
Zysk operacyjny <i>EBIT</i> Operational profit <i>EBIT</i>	0	–93 201,18	–93 201,18	–93 201,18	–93 201,18	–93 201,18

1	2	3	4	5	6	7
Podatek dochodowy Income tax	0	-17 708,22	-17 708,22	-17 708,22	-17 708,22	-17 708,22
Uzyskany dochód NOPAT Income derived NOPAT	0	-75 492,95	-75 492,95	-75 492,95	-75 492,95	-75 492,95
Środki na inwestycje CAPEX Investments funds CAPEX	1 300 000	0	0	0	0	0
Wolne przepływy pieniężne FCFE Free cash flow FCFE	-1 300 000	54 507,05	54 507,05	54 507,05	54 507,05	54 507,05
Wolne przepływy pieniężne skumulowane FCFE The free cash flow accumulated FCFE	-1 300 000	-1 245 492,95	-1 190 985,91	-1 136 478,86	-1 081 971,81	-1 027 464,76
Czynnik dyskontujący Discount factor	1	0,9143	0,8360	0,7643	0,6988	0,6390
Zdyskontowane wolne przepływy pieniężne DCFE Discounted free cash flow DCFE	-1 300 000	49 836,38	45 565,94	41 661,43	38 091,50	34 827,47
Zdyskontowane wolne przepływy pieniężne DCFE skumulowane Discounted free cash flow accumulated DCFE	-1 300 000	-1 250 163,62	-1 204 597,68	-1 162 936,24	-1 124 844,75	-1 090 017,28
Rok Year	6.	7.	8.	9.	10.	-
Przychód Revenues	231 289,62	231 289,62	231 289,62	231 289,62	231 289,62	-
Koszty zmienne Variable costs	64 490,80	64 490,80	64 490,80	64 490,80	64 490,80	-
Koszty stałe Fixed costs	130 000,00	130 000,00	130 000,00	130 000,00	130 000,00	-
Amortyzacja Depreciation	130 000,00	130 000,00	130 000,00	130 000,00	130 000,00	-
Zysk operacyjny EBIT Operational profit EBIT	-93 201,18	-93 201,18	-93 201,18	-93 201,18	-93 201,18	-
Podatek dochodowy Income tax	-17 708,22	-17 708,22	-17 708,22	-17 708,22	-17 708,22	-
Uzyskany dochód NOPAT Income derived NOPAT	-75 492,95	-75 492,95	-75 492,95	-75 492,95	-75 492,95	-
Środki na inwestycje CAPEX Investments funds CAPEX	0	0	0	0	0	-
Wolne przepływy pieniężne FCFE Free cash flow FCFE	54 507,05	54 507,05	54 507,05	54 507,05	54 507,05	-

1	2	3	4	5	6	7
Wolne przepływy pieniężne <i>FCFF</i> skumulowane Free cash flow accumulated <i>FCFF</i>	-972 957,72	-918 450,67	-863 943,62	-809 436,57	-754 929,53	-
Czynnik dyskontujący Discount factor	0,5842	0,5341	0,4884	0,4465	0,4083	-
Zdyskontowane wolne przepływy pieniężne <i>DFCFF</i> Discounted free cash flow <i>DFCFF</i>	31 843,13	29 114,52	26 619,72	24 338,69	22 253,13	-
Zdyskontowane wolne przepływy pieniężne skumulowane <i>DCFF</i> Discounted free cash flow accumulated <i>DCFF</i>	-1 058 174,15	-1 029 059,64	-1 002 439,92	-978 101,23	-955 848,09	-

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzone obliczenia były ukierunkowane na wykazanie zasadności budowy mikrobiogazowni w Polsce w gospodarstwie o obsadzie 100 DJP. W założonych warunkach ekonomicznych funkcjonowania biogazowni, szczególnie w wariantcie I starano się wykazać, czy mikrobiogazownia bazująca tylko na gnojowicy znajduje ekonomiczne uzasadnienie. W wariantcie II analizowano zasadność wykorzystania dodatkowo kiszonki z kukurydzy celem wykazania (w porównywalnych warunkach ekonomicznych), czy poprawi to efekty ekonomiczne instalacji. Ostatecznie wysnuto niżej podane wnioski. Biogazownia bez stosowania kiszonki z kukurydzy (wariant I) umożliwia uzyskanie 51 981,840 m³ biogazu i produkcję 82 890 kWh energii elektrycznej przeznaczonej do sprzedaży. W wariantcie II ze stosowaniem gnojowicy i kiszonki z kukurydzy produkcja biogazu była 4-krotnie większa niż w wariantcie I i wynosiła 211 757,407 m³, a produkcja i sprzedaż energii elektrycznej – 337 667 kWh. Przychody z tytułu sprzedaży energii elektrycznej oraz zielonych świadectw pochodzenia w wariantcie I obliczono na 26 509,84 zł, natomiast w wariantcie II – na 107 992,62 zł. W obydwu wariantach największą korzyścią jest uniknięcie kosztu utylizacji gnojowicy. Każdego roku z tego powodu gospodarstwo unika kosztu wynoszącego 123 297,00 zł. Analiza finansowa w warunkach założonych wskaźników ekonomicznych funkcjonowania mikrobiogazowni (koszty substratów, cena giełdowa sprzedaży świadectw pochodzenia itd.) wykazała, że wzrost produkcji biogazu nie przekłada się na osiągnięcie przez biogazownię zysku operacyjnego. Biogazownia w wariantcie I osiąga roczny zysk operacyjny po opodatkowaniu w kwocie 47 925,14 zł, natomiast w odniesieniu do wariantu II biogazowni obliczono stratę w wysokości 93 201,18 zł. Prosty okres zwrotu mikrobiogazowni w wariantcie I bazującym na fermentacji gnojowicy wynosi 6 lat i 290 dni, co jest wynikiem akceptowalnym i uważanym za opłacalny. Dodatek kiszonki z kukurydzy do substratu – poza zwiększeniem uzysku biogazu – generuje także dodatkowe koszty wynoszące 64 491 zł rocznie, co stanowi 20% całości rocznych kosztów funkcjonowania biogazowni.

Decydujący wpływ na opłacalność przedsięwzięcia ma przychód w postaci uniknięcia opłaty za utylizację. W wariantcie I to ponad 82% całkowitych przychodów, co ukazuje silne uzależnienie opłacalności całego przedsięwzięcia od możliwości utylizacji gnojowicy we własnej instalacji. Analizując wydatki operacyjne, należy zwrócić uwagę na koszt amortyzacji. W wariantcie II miał on decydujący udział w strukturze wydatków, powodując stratę operacyjną i czyniąc inwestycję nieopłacalną.

Zgodnie z przyjętymi założeniami oraz analizą finansową opłacalnym wariantem budowy biogazowni rolniczej dla gospodarstwa o obsadzie 100 DJP jest wariant wykozystujący jako substrat gnojowicę, bez dodatku kiszonki z kukurydzy.

Pracę wykonano w ramach projektu NCBR PBS3/B8/23/2015 – ID:247127 pt. "Bezodpadowa produkcja biogazu z substratów roślinnych polegająca na przetworzeniu pofermentu w pełnowartościowy organiczno-mineralny granulat nawozowy".

Bibliografia

British Biogen [niedatowane]. Anaerobic digestion of farm and food processing residues. Good practice guidelines [online] ss. 52. [Dostęp 4.08.2017]. Dostępne w Internecie: <http://agrienvarchive.ca/bioenergy/download/adgpg.pdf>

CURKOWSKI A., ONISZK-POPLAWSKA A. 2010. Surowce do produkcji biogazu – uproszczona metoda obliczenia wydajności biogazowni rolniczej [Raw materials for biogas production – a simplified method for calculating the efficiency of agricultural biogas plants]. *Czysta Energia*. Nr 1 s. 25–27.

CURKOWSKI A., ONISZK-POPLAWSKA A., MROCZKOWSKI P., ZOWSIK M., WIŚNIEWSKI G. 2011. Przewodnik dla inwestorów zainteresowanych budową biogazowni rolniczych [A guide for investor interested in construction of biogas agricultural plants]. Pracę wykonano na zamówienie Ministerstwa Gospodarki w Instytucie Energetyki Odnawialnej. Warszawa ss. 126.

FUGOL M. 2013. Ocena przydatności wybranych substratów pochodzenia rolniczego i przemysłowego do pozyskiwania biogazu na przykładzie wybranego powiatu rolniczego [Evaluation of the usefulness of selected substrates of agricultural and industrial origin for biogas acquisition on the example of a selected agricultural district]. Rozprawa doktorska. Maszynopis. Wrocław. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu ss.184.

ĞŁASZCZKA A., WARDAL W., ROMANIUK W., DOMASIEWICZ T., 2010. Biogazownie rolnicze Agricultural biogas plants]. Warszawa. MULTICO Oficyna Wydawnicza. ISBN 978-83-7073-432-9 ss. 75.

KRZEMIŃSKA D. 2000. Finanse przedsiębiorstwa [Finance company]. Poznań. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bankowej. ISBN 83-88048-37-6 ss.247.

NIEDZIÓŁKA D. 2015. Biogazownie. Rynek, konkurencyjność analiza efektywności [Biogas plants. Market, competitiveness, effectiveness analysis]. Warszawa. Wydaw. CeDeWu. ISBN 978-83-7556-771-7 ss.134.

OLAJOSSY A. 2008. Możliwości kogeneracji trzech rodzajów energii w oparciu o zużożony w metan gaz ziemny [The possibilities of cogeneration of three types of energy based on natural gas depleted in methane]. *Polityka Energetyczna*. T. 11. Z. 1 s. 63–71.

PODKÓWKA W. 2012. Biogaz rolniczy odnawialne źródło energii. Teoria i praktyczne zastosowanie [Agricultural biogas renewable energy source. Theory and practical application]. Warszawa. Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. ISBN 978-83-09-01089 ss. 256.

PRASK H. 2014. Wpływ stopnia rozdrobnienia wybranych substratów oraz sposobu prowadzenia fermentacji beztlenowej na efektywność uzysku biogazu [The effect of the degree of fineness of selected substrates and the method of conducting anaerobic digestion on the efficiency of biogas yield]. Rozprawa doktorska. Wrocław. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu ss. 117.

PUKŠEC T., DUIČ N. 2012. Economic viability and geographic distribution of centralized biogas plants: case study Croatia. *Clean Technologies and Environmental Policy*. DOI 10.1007/s10098-012-0460-y. Vol. 14. Iss. 3 s. 427–433.

ROMANIUK W., FIEDOROWICZ G., BISKUPSKA K. 2012. Analiza standardów technologicznych obór dla krów mlecznych w gospodarstwach rodzinnych i farmerskich [Analysis of technological standards for cowshed for dairy cows]. Monografia. Falenty. ITP. ISBN 978-83-62416-21-9 ss. 66.

STEPPIA M. 1988. Biogazownie rolnicze [Agricultural biogas plants]. Warszawa. IBMER ss. 112.

SZLACHTA J. 2009. Możliwości pozyskiwania biogazu rolniczego jako odnawialnego źródła energii. Ekspertyza [Possibilities of acquiring agricultural biogas as a renewable energy source. Expertise] [online]. [Dostęp 12.12.2015]. Dostępne w Internecie: <http://www.agengpol.pl/LinkClick.aspx?fileticket=O67VGkyovAE%3D&tabid=144>

SZLACHTA J., FUGOL M., PRASK H., KORDAS L., LUBERAŃSKI A., KUŁAŻYŃSKI M. 2014. Analiza i przygotowanie wsadu zawierającego organiczne odpady rolnicze, hodowlane i przemysłowe oraz odchody. Monografia [Analysis and preparation of the batch containing organic agricultural, farming and industrial wastes and manure]. Wrocław. Wydaw. PWroc. ISBN 978-83-63503-28-4 ss. 183.

SZULC R. 2012. Biogazownie rolnicze – technologia i eksploatacja [Agriculture biogas plants – Technology and maintenance]. Inżynieria w Rolnictwie. Monografie. Nr 10. Falenty. ITP. ISBN 978-83-62416-54-7 ss. 102.

SZYMAŃSKA M. 2012. Dobór substratów do produkcji biogazu oraz wartość nawozowa pozostałości pofermentacyjnych [Selection of substrates for biogas production and fertilising value of digestate residues] [online]. [Kielce, 16.03.2012 r.]. [Dostęp 1.08.2016]. Dostępne w Internecie: http://www.cdr.gov.pl/pol/projekty/AZE/prezentacje/SGGW_Kielce.pdf

URE 2016. Informacja Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki (nr 13/2016) w sprawie średniej ceny sprzedaży energii elektrycznej na rynku konkurencyjnym za rok 2015 [Information of the President of the Energy Regulatory Office (No. 13/2016) regarding the average price of electricity sales on the competitive market for 2015] [online]. [Dostęp 12.12.2017]. Dostępne w Internecie: <https://www.ure.gov.pl/pl/stanowiska/6469,Informacja-nr-132016.html>

Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii [The Act of 20 February 2015 on renewable energy sources]. Dz.U. 2015 poz. 478.

Józef Szlachta, Kamil Dworaczyk

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PROFITABILITY OF CONSTRUCTION AND USE MIKROBIOGAS PLANTS FOR THE AGRICULTURAL FARM OF THE HOLDER 100 LU

Summary

Was analyzed the legitimacy of the construction and operation of two variants of biogas plant for a farm specializing in the breeding of dairy cows with a cast of 100 LU. In the variant I used only the slurry holding, in the variant II using additional silage maize, assuming that the dry weight of the slurry in the digester is 40% of the dry weight of

corn silage 60%. The biogas plant (variant I) allows you to get 51 981.840 m³ of biogas and produce 82 890 kWh of electricity to be sold, while in the variant II achieved a four-fold increase in the production of biogas to 211 757.407 m³, production and sale of electricity in the amount of 337 667 kWh. Financial analysis for the assumed economic indicators functioning the biogas plant (cost substrates, the trading price of sale of certificates of origin etc.) showed that the increase in biogas production does not translate to reach the biogas operating profit. The biogas plant in the variant and has an annual operating profit after tax in the amount of 47 925.14 PLN, while the variant II biogas recorded a loss of 93 201.18 PLN. Simple payback option and based on the fermentation of manure is 6 years and 290 days which is the result acceptable. The addition of maize silage substrate in addition to increasing the yield of biogas also causes negative effects in the form of additional costs amounting to 64 491 PLN per year, which represents 20% of the total annual operating costs of the plant.

Key words: biogas plant, substrates, economic analysis, return on investment

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. Józef Szlachta
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Instytut Inżynierii Produkcji
ul. Chelmońskiego 37, 51-0630 Wrocław
tel. 71 320 57 31; e-mail: jozef.szlachta@upwr.edu.pl