

**Michał Jasiulewicz**

*Politechnika Koszalińska*

## **WDROŻENIE INNOWACYJNEJ INWESTYCJI PILOTAŻOWEJ W PRZEMYSŁE PRZETWÓRSTWA SPOŻYWCZEGO ORAZ W BIOGAZOWNI W ZAKRESIE BIOENERGETYKI**

### *IMPLEMENTATION OF THE INNOVATIVE INVESTMENT IN FOOD INDUSTRY AND ANAEROBIC DIGESTION IN THE FIELD OF BIOENERGY*

**Słowa kluczowe:** gorzelnia, biogazownia fermentacyjna, energia elektryczna i ciepła, zamknięty obieg ciepła i wody

*Key words:* distillery, anaerobic digestion, heat and electricity power, closed circulation of heat and water

*JEL codes:* Q2, Q4

**Abstrakt.** Celem badań była ocena wdrażania nowych inwestycji innowacyjnych technologicznie, w zakresie bioenergetyki, tj. w gorzelnii i biogazowni w układzie zespolonym. Produkt odpadowy z gorzelnii (wywar) stanowi główny składnik substratu w biogazowni, zlokalizowanej w sąsiedztwie. Uzyskany biogaz po oczyszczeniu wykorzystywany jest do produkcji energii elektrycznej (2 MWe). Ciepło z systemu chłodzenia silników oraz z procesu rekuperacji wykorzystywane jest do procesu technologicznego gorzelnii, a w przyszłości wykorzystane będzie także suszenie biomasy pofermentacyjnej. Planowane jest również wykorzystanie ciepła do uprawy w sąsiednich silosach roślinności wodnej, jako kosubstratu w biogazowni. W takim zamkniętym cyklu produkcji ciepło i woda są w pełni wykorzystywane w obiegu zamkniętym. Energia elektryczna poza wykorzystaniem do celów własnych, dostarczana jest do krajowej sieci energetycznej. Inwestycja wykorzystuje nowoczesne rozwiązania technologiczne. Jest zeroemisyjna, nieszkodliwa dla środowiska, wytwarza produkty, takie jak: spirytus, energia elektryczna, dwutlenek węgla w formie uwodnionej sprzedawany na rynku, poferment w formie nawozu – przeznaczony dla rolnictwa.

### **Wstęp**

Istotny rozwój obszarów wiejskich i rolnictwa powinien być bardzo mocno związany z rozwojem agrobiznesu, w dużym stopniu wykorzystującym innowacyjne technologie, lokalne surowce oraz odpady przemysłowe m.in. do produkcji energii elektrycznej i ciepłej. Rolnicze czynniki produkcji jeszcze niedawno wykorzystywane były głównie do produkcji surowców i produktów żywnościowych. Propagowana od wielu lat idea rozwoju wielofunkcyjnego w odniesieniu do rolnictwa i obszarów wiejskich, zmierza do poszukiwania dodatkowych dochodów poza rolnictwem oraz stwarza możliwość alternatywnego wykorzystania produktów rolnych, zwłaszcza zagospodarowania nadwyżek płodów rolnych, a także wykorzystania odpadów rolniczych z przemysłu przetwórstwa rolniczego, zwłaszcza do celów energetycznych [Gostomczyk 2009, Jasiulewicz 2009, 2010, Dach, Kozłowski 2017]. Potencjał biomasy rolniczej możliwy do wykorzystania do celów energetycznych w Polsce jest wysoki [Jasiulewicz 2010, Majewski i in. 2016, Wąs 2016]. Biomasa wykorzystywana do celów energetycznych cechuje się znaczną różnorodnością i sposobem wykorzystania energii z biomasy, m.in. przez:

- spalanie biomasy roślinnej (zrębki drzewne, słoma, siano, drewno, biomasa z plantacji upraw energetycznych),
- wytwarzanie oleju napędowego (z rzepaku, rzepiku),
- fermentację alkoholową do produkcji alkoholu (ze zbóż, ziemniaków, buraków cukrowych),

- beztlenową fermentację metanową prowadzoną w biogazowniach (wykorzystywane odpady biologiczne zwierzęce – gnojownica, obornik oraz odpady pochodzenia roślinnego z przemysłu przetwórczego, a także upraw, głównie kukurydzy),
- gazyfikację biomasy stałej o dużej zawartości lignocelulozy (proces termicznej konwersji).

Wśród wielu możliwości wykorzystania biomasy do celów energetycznych na szczególną uwagę zasługuje produkcja biogazu rolniczego (ze względu na znaczny potencjał w Polsce) w fermentacyjnych biogazowniach.

Samowystarczalność energetyczną lokalnie w układzie rozproszonym należy rozpatrywać w kontekście możliwości zastąpienia przywożenia węgla kamiennego z odległego Śląska na obszary północnej i środkowej Polski. Koszt transportu węgla na większe odległości jest wysoki, istnieją także duże straty w przesyłaniu energii elektrycznej w przypadku jej wytwarzania w sąsiedztwie kopalń. Do tego spalanie węgla w małych kotłowniach ciepłowniczych małych miast oraz w ogrzewaniu mieszkań stanowi poważny problem tzw. niskiej emisji gazów cieplarnianych [Jasiulewicz 2009]. Bardzo ważnym aspektem jest także stosowanie nowych technologii w wykorzystywaniu biomasy do celów energetycznych – o wysokiej sprawności energetycznej oraz efektywności ekonomicznej, w tym także w mniejszych jednostkach w tzw. energetyce rozproszonej.

### Material i metodyka badań

Wykorzystano dane dotyczące instalacji zintegrowanej gorzelnii i biogazowni fermentacyjnej, tj. nowych inwestycji zlokalizowanych w Piaszynie koło Miastka [Roik 2016]. Inwestycja jest na etapie wdrażania poszczególnych jej elementów inwestycyjnych. Przedstawione dane statystyczne będą dotyczyły przyjętej pełnej, docelowej produkcji. Istotne są wewnętrzne powiązania logistyczne.

Podjęto próbę oceny wdrażania nowoczesnych technologii z uwzględnieniem poprawy efektów ekonomicznych i ochrony środowiska. Inwestycja tego typu jest pilotażową jednostką w Polsce, dlatego trudno dokonać porównania z innymi tego typu inwestycjami. Do analizy i prezentacji otrzymanych wyników wykorzystano głównie metody opisowe i tabelaryczne, zwracając w szczególności uwagę na nowatorskie rozwiązania technologiczne.

### Innowacyjność technologiczna i wyniki badań.

Cała zrealizowana inwestycja zlokalizowana jest na obszarze wiejskim, na skraju niewielkiej wsi w powiecie miasteczkim i zajmuje powierzchnię 6,5 ha. Wszystkie jednostki inwestycji znajdują się w pobliżu siebie. Taka lokalizacja umożliwiła stworzenie systemu logistycznego

Tabela 1. Wielkość produkcji maksymalnej w zespolonej instalacji gorzelnii i biogazowni w ciągu roku w Piaszynie  
Table 1. The maximum production volume in the complex distillery and biogas plant in Piaszno during the year

Ilość produkowanego spirytusu [l/rok]/ <i>Quantity of spirits in [l/year]</i>	Ilość odpadów z gorzelnii wywaru [t/rok]/ <i>Quantity of waste from distillery [t/year]</i>	Biogazownia kosubstraty [t/rok]/ <i>Anaerobic digestion Cosubstrates [t/year]</i>		Biogaz/ <i>Bogas</i>	Produkcja energii elektrycznej 2 MWe [MWh/rok]/ <i>Electric power 2 MWe [MWh/year]</i>	Nawozy + CaO wysuszone [t/rok]/ <i>Fertilizers + CaO dried [t/year]</i>	Produkcja alg [t/rok]/ <i>Production of algae [t/year]</i>
		kiszonka z kukurydzy – ziarno/ <i>silage of corn – grain</i>	wywar z gorzelnii/ <i>waste from distillery</i>				
12 000 000	120 000	1200	120 000	1125 m <sup>3</sup> /godz./hour 6 880 000 m <sup>3</sup> /rok/year	160 000	10 800	21 000

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EXPERT SITR Sp. z o.o.  
Source: own study based on EXPERT SITR Sp. z o.o. data

Tabela 2. Stan produkcji zespolonej instalacji gorzelnii i biogazowni w Piasecznie w 2017 roku (kwiecień)  
 Table 2. State of production of complex distillery and biogas plants in Piaseczynie in 2017 (April)

Wielkość produkcji spirytusu [l/mies.]/ Production of spirits [l/month]	Zatrudnienie ogółem, w tym w gorzelnii/ Total employment, in this in distillery	Wydajność spirytusu z surowca (ziarno zbóż, kukurydzy) [l/t surowca]/ Efficiency the spirits from raw material (grain of cereal, grain of corn) [l/t of raw material]	Koszt produkcji 1 l spirytusu [zł]/Cost of the production 1 l of spirits [PLN]	Zużycie wywaru jako substratu w biogazowni [t mies.]/Used as waste as substrate in biogasification plant [t/month]	Produkcja biogazu [m <sup>3</sup> /mies.]/ Production of biogas [m <sup>3</sup> /month]	Wykorzystanie pofermentu/ Utilisation of posferment biomass	Cena obecna sprzedaży energii elektrycznej [zł/MWh]/ Actual price of the electric power [PLN/MWh]	Koszt budowy całej inwestycji [mln zł]/ Total cost of the investment [mln PLN]
300 000	24 osoby łącznie/ total employed, 7 osób na gorzelnię/workers per distillery	250	2,10	10 000	280 000	w całości wylewany na pola rolne/ entirely poured into agricultural fields	173,50	62 (20 mln PLN dofinansowania/funding)

Źródło: jak w tab. 1  
 Source: see tab. 1

opartego na przesyłaniu biomasy i pofermentu za pomocą taśmociągów i rurociągów. Gotowe produkty – alkohol, biogaz, dwutlenek węgla i ciepło z systemu chłodzenia silników sprzężonych z generatorami prądu oraz z rekuperacji również przesyłane są rurociągami. Całość przeszły jest zsynchronizowana z zapotrzebowaniem oraz produkcją i jest sterowana za pomocą komputera.

Na szczególną uwagę zasługuje wykorzystywanie odpadowej energii ciepła z zespolonego układu chłodzenia silnika gazowego i generatora prądu. Energia cieplna przesyłana jest w dużej części do produkcji alkoholu (gorzelnia), obniżając w ten sposób koszty produkcji, co umożliwia skuteczną konkurencję na rynku (cena 2,10 zł/l). Część energii cieplnej kierowana jest do procesów technologicznych w biogazowni fermentacyjnej, a część służy do procesu suszenia pofermentu do postaci zgranulowanej i wysuszonej. Część ciepła przesyłana będzie także do lagun z hodowlą wodorostów. Istotne jest wykorzystanie spalin z silników gazowych do tych procesów. W procesie produkcji alkoholu w gorzelnii zastosowano system wyodrębnienia dwutlenku węgla, który jest gromadzony w specjalnym zbiorniku i przeznaczony jest do celów handlowych.

Nowatorskim rozwiązaniem jest system odsączania pofermentowej biomasy, w którym odciek stanowi możliwość uprawy roślinności wodnej, gdzie wykorzystuje się w specjalnych lagunach energię cieplną oraz dwutlenek węgla. W ciągu dnia światła dostarcza energia słoneczna, a w nocy stosowane jest sztuczne naświetlenie.

W pełnym toku produkcji gorzelnii powinny być zaspokojone potrzeby surowcowe dla biogazowni. Do produkcji spirytusu wykorzystywane jest ziarno zbóż oraz kukurydza. Urządzenia i instalacje gorzelnii zostały zaprojektowane w Polsce (przez pracowników EXPERT-SITR). Biogazownia została zbudowana według czeskiej technologii. Silniki gazowe wraz z generatorami stanowią wyrób austriacki i niemiecki. Tak skomplikowana instalacja, w której wykorzystano wiele nowych patentów, rozwiązań technicznych i technologicznych stanowi pilotażową jednostkę inwestycyjną.

Tabela 3. Potencjał biogazowy oszacowany na podstawie odpadów z przemysłu spożywczego i odpadów komunalnych w Polsce

Talle 3. Biogas potential estimated for waste from food industry, waste from food industry and municipal waste

Rodzaj działalności stanowiący źródło substratów/ <i>Type of activity constitute of sources of substraces</i>	Założona jednostka na wydajność biogazową [m <sup>3</sup> /t ś.m.]/ <i>Quantity of sources [m<sup>3</sup>/t of fresh mass]</i>	Potencjał biogazowy według odpadów/ <i>Biogas potential by waste</i>			
		wytworzonych (całkowity)/ <i>generated (total)</i>		przekazywanych innym odbiorcom/ <i>sent to other recipients</i>	
		mln m <sup>3</sup>	% (biogaz z odpadów z przemysłu spożywczego i komunalnych = 100%)/ <i>biogas from food industry wastes and comunal =100%</i>	mln m <sup>3</sup>	% (biogaz z odpadów z przemysłu spożywczego i komunalnych = 100%)/ <i>biogas from food industry wastes and comunal =100%</i>
Przetwórstwo mięsa/ <i>Meat converting</i>	40	17,5	4,6	16,3	5,1
Przetwarzanie i konserwowanie ziemniaków, produkcja i przetwarzanie soków z owoców i warzyw/ <i>Converting potatoes, juices vegetables and fruits</i>	70	30,3	8	29,3	9,1
Produkcja cukru i wyrobów cukierniczych. gotowych posiłków i dań/ <i>Production sugar products, ready made food</i>	80	95,2	25,1	57,6	17,9
Produkcja napojów/ <i>Drinks production</i>	150	116,3	30,7	112	34,8
Pozostałe odpady z produkcji spożywczej/ <i>Others waste from food production</i>	90	16,2	4,3	2,4	0,8
Razem odpady przemysłu spożywczego/ <i>Total waste from food production</i>		275,4	72,6	217,6	67,7
Odpady komunalne przeznaczone do kompostowania lub fermentacji/ <i>Social waste to kompost or tofermentation</i>	90	103,9	27,4	103,5	32,3
Razem odpady z przemysłu spożywczego i odpady komunalne/ <i>Total waste from food industry and social waste</i>	-	379,3	100	321,5	100

Źródło/Source: [Majewski i in 2016, s. 121]

Na obecnym etapie eksploatacji, produkcja biogazu i energii elektrycznej jeszcze odbiega od docelowej (tab. 1 i 2). Z informacji z kwietnia 2017 roku wynika, że alkohol (spirytus) produkowany jest na poziomie około 70% produkcji docelowej, produkcja biogazu wynosi około 60-70%, a energii elektrycznej 60% docelowej wielkości. Zaprezentowane w tabeli 2 dane dotyczące produkcji na etapie rozruchu zespolonego układu bioenergetycznego, wskazują na konkurencyjnie niskie koszty produkcji alkoholu i ciągły wzrost produkcji biogazu oraz energii elektrycznej. W fazie pełnej produkcji docelowej można będzie ocenić efektywność ekonomiczną, zarówno poszczególnych produktów, jak i całości. Obecnie można stwierdzić, że wdrażanie nowoczesnych innowacyjnych instalacji na obszarach wiejskich jest bardzo utrudnione (np. na własny koszt należało dokonać przyłącza energetycznego – 14 km). Wiele trudności wiązało się z przesyłem rurowym i taśmociągami, co powodowało też liczne problemy z pompami (istotny jest stopień gęstości). Wiele kłopotów sprawiały też nowo zakupione urządzenia, które nie wytrzymały dużych obciążeń. Niewątpliwie, takie nowoczesne, pilotażowe rozwiązanie będzie stanowiło istotną wskazówkę dla kolejnych inwestycji.

Produkcja energii elektrycznej uruchomiona została dopiero na początku 2017 roku. Wcześniej wyprodukowany biogaz spalano w specjalnym kotle i ciepło przekazywane było do produkcji spirytusu w gorzelnii. Obecnie wyprodukowany biogaz w całości wykorzystywany jest w silniku gazowym i generatorze prądu. Energia elektryczna wykorzystywana jest do celów produkcyjnych (około 20%), a pozostała część sprzedawana jest do sieci.

W dalszych etapach inwestycyjnych planowane jest uruchomienie suszarni do odsączonej biomasy pofermentacyjnej w celu uzyskania suchego, granulowanego nawozu ekologicznego. Odsączona woda z częścią pozostałości biomasy pofermentacyjnej będzie gromadzona w lagunach, w których prowadzona będzie hodowla glonów, które zostaną wykorzystane jako kosubstrat w fermentatorze, mieszany razem z wywarem gorzelnicznym.

Należy zadać pytania, czy warto tak wiele inwestować w ten segment bioenergetyki, tj. produkcji bioetanolu oraz biogazu i czy Polska dysponuje wystarczająco dużym potencjałem biomasy. Trudno jest dokładnie określić potencjał biogazu w Polsce (teoretyczny, techniczno-organizacyjny) ze względu na brak precyzyjnych danych statystycznych dotyczących surowców możliwych do wykorzystania w produkcji biogazu. Szczególnie trudno określić ilość odpadów biomasy wytworzonej z przemysłu spożywczego i komunalnego. Wielu autorów dokonywało szacunku biomasy odpadowej możliwej do wykorzystania w produkcji biogazu [Jasiulewicz 2010, Pudełko 2013, Kowalczyk-Juško 2010, Majewski i in. 2016]. W przyjętym oszacowaniu potencjału surowców z odpadów przemysłu spożywczego do produkcji biogazu (tab. 3), wynika, że jest to duży potencjał, którego wykorzystanie w zależności od stosowanych technologii, może nawet przewyższać potencjał produkcji biogazu z nawozów naturalnych. Dlatego istnieje znaczna rozbieżność dokonanych szacunkowych obliczeń przez poszczególnych autorów.

Istotnym zagadnieniem jest także rozwój nowych inwestycji przemysłu spożywczego, tak aby uwzględnić na etapie projektu możliwość wykorzystania odpadów do produkcji biogazu. Zagospodarowanie istniejących odpadów w funkcjonujących już zakładach przemysłu spożywczego stwarza obecnie wyzwanie w sensie logistycznym, gdyż nie zawsze istnieje możliwość ich lokalizacji w pobliżu biogazowni, która wykorzysta całość odpadów [Majewski i in. 2016]. Nowy system technologii produkcji oraz zmierzanie do uzyskania cyklu zamkniętego obiegu biomasy, wody i ciepła, poprawi nie tylko efekty ekonomiczne produkcji, lecz także efekty ekologiczne.

Na obecnym etapie funkcjonowania całej inwestycji trudno ocenić precyzyjnie konkurencyjność produkcji, a także wskaźniki ekonomiczne, takie jak wewnętrzna stopa zwrotu, efektywność ekonomiczna produkcji i inne. Obecna wielkość produkcji na etapie jej uruchamiania ulega dużym zmianom ze względu na liczne usterki związane z rozruchem produkcji.

## Wnioski

1. Wdrażanie nowoczesnych, efektywnych technologii w agrobiznesie jest szansą na przyspieszony rozwój obszarów wiejskich.
2. Wykorzystanie surowców roślinnych, zwłaszcza odpadowych do produkcji energii elektrycznej i ciepłej, stwarza nowe możliwości rozwoju obszarów wiejskich i służy poprawie środowiska przyrodniczego.
3. Zespolone działania inwestycyjne stwarzają możliwość uzyskania niskich kosztów logistycznych i stwarzają układ zamknięty obiegu wody, ciepła, prowadzi to do zerowej emisji gazów cieplarnianych.
4. Potencjał biomasy odpadowej z zakładów przemysłu spożywczego w Polsce należy uznać jako duży, natomiast jego wykorzystane jest niewielkie.

## Literatura

- Dach Jacek, Kamil Kozłowski. 2017. „Potencjał rozwoju sektora biogazu w Polsce”. *Magazyn Biomasa. Rynek biogazu* luty: 14-17.
- Gostomczyk Waldemar. 2009. Wykorzystanie biomasy do celów energetycznych w kreowaniu rozwoju obszarów wiejskich i miejsc pracy. [W] *Energetyczne wykorzystanie biomasy w działalności gospodarczej*, red. M. Jasiulewicz, 179-197. Koszalin: Wydawnictwo Politechnika Koszalińska.
- Jasiulewicz Michał. 2009. „Znaczenie rolnictwa w rozwoju energetyki rozproszonej, jako formy rozwoju zrównoważonego obszarów wiejskich”. [W] *Miejsce obszarów wiejskich w zagospodarowaniu przestrzennym*, red. T. Komornicki, R. Kulikowski, 157-159. Warszawa: JG i PZ PAN.
- Jasiulewicz Michał. 2010. *Potencjał biomasy w Polsce*. Koszalin: Wydawnictwo Politechnika Koszalińska.
- Kowalczyk-Juško Alina. 2010. „Metodyka szacowania regionalnych zasobów biomasy na cele energetyczne”. *Zeszyty Naukowe SGGW w Warszawie. Ekonomika i Organizacja Gospodarki Żywnościowej* 85:103-116.
- Majewski Edward, Piotr Sulewski, Adam Wąs. 2016: *Potencjał i uwarunkowania produkcji biogazu rolniczego w Polsce*. Warszawa: Wydawnictwo SGGW.
- Pudelko Rafał. 2013. *Ocena Potencjałów biomasy ubocznej i odpadowej w UE-27 i Szwajcarii oraz ich regionalizacja*. Puławy: Wydawnictwo IUNG-PIB.
- Roik Maciej. 2016. „Rewolucja energetyczna w Piaszczyńcu. Biogaz w praktyce”. *Magazyn Biomasa* lipiec-sierpień: 41-43.

## Summary

*It's very important to develop agriculture and rural areas by utilization local, particularly food industry waste and Agro-waste to produce power and heat local use is economically and ecologically industry production, as well "zero" emission of greenhouse gases. Innovation industry make possible to solution these terrible problem and produce and to develop utilization of local and regional areas. Poland is rich in waste form food industry and agriculture, it's a big chance for Poland.*

Adres do korespondencji  
prof. dr hab. Michał Jasiulewicz  
Politechnika Koszalińska  
Wydział Nauk Ekonomicznych, Katedra Polityki Ekonomicznej i Regionalnej  
ul. Kwiatkowskiego 6E, 75-343 Koszalin  
tel. (94) 34 39 161  
e-mail: [michal.jasiulewicz@tu.koszalin.pl](mailto:michal.jasiulewicz@tu.koszalin.pl)