

KONCEPCJA SUBSTYTUCJI ENERGII PIERWOTNEJ ENERGIĄ ODNAWIALNĄ Z ODPADOWEJ BIOMASY W WYBRANYM GOSPODARSTWIE ROLNYM

Jacek Bieranowski, Tomasz Olkowski

Katedra Elektrotechniki i Energetyki, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Streszczenie. Celem artykułu jest przedstawienie bilansu energetycznego w wybranym gospodarstwie rolnym w aspekcie wykorzystania biomasy odpadowej. Wybrano gospodarstwo o powierzchni 39 ha, którego głównym profilem działalności jest produkcja zwierzęca – hodowla bydła mlecznego. W artykule dokonano identyfikacji zużywanych nośników energii oraz oszacowano potencjał energetyczny powstającej w gospodarstwie odpadowej biomasy. Na podstawie uzyskanych wyników zaproponowano substytucję energii pierwotnej energią odnawialną oraz wskazano suboptymalną technologię przetwarzania odpadów organicznych w nośniki energii.

Słowa kluczowe: energia odnawialna, energia pierwotna, rolnictwo, bilans energetyczny, gospodarstwo rolne

Wprowadzenie

Intensyfikacja rolniczej produkcji zwierzęcej oraz roślinnej generuje powstawanie dużej ilości odpadowej biomasy. Biomasa odpadowa jako odpad organiczny dominuje wśród innych rodzajów odpadów z gospodarstw rolnych [Olkowski 2005].

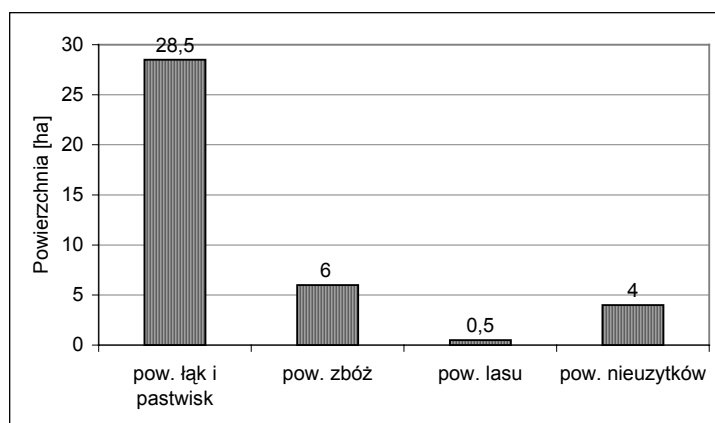
Odpady organiczne z rolnictwa mogą być sezonowo wykorzystywane do nawożenia gleb, ale w pozostałych terminach stanowią one realne zagrożenie dla środowiska naturalnego. Alternatywą dla rolniczego wykorzystywania odpadów organicznych jest ich wykorzystanie do produkcji energii [Wojciechowski 1998; Kubski, Lewandowski 2000; Eymontt 2005]. Takie wykorzystanie odpadów z produkcji rolniczej umożliwia poprawę bilansu energetycznego kraju, województwa, powiatu czy gminy [Bieranowski, Piechocki 2005]. Równocześnie brak jest opracowań szczegółowo omawiających udział biomasy odpadowej w bilansie energetycznym pojedynczego gospodarstwa rolnego.

Cel pracy

Celem pracy jest wyznaczenie bilansu energetycznego ze szczególnym uwzględnieniem biomasy odpadowej jako nośnika energii odnawialnej oraz określenie suboptymalnej technologii produkcji energii na przykładzie wybranego gospodarstwa rolniczego.

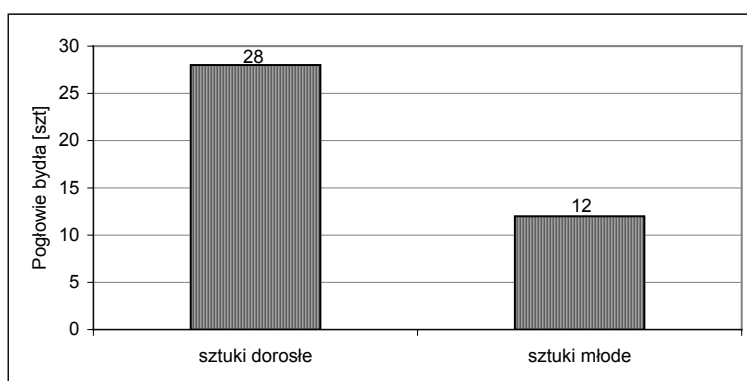
Przedmiot pracy

Przedmiotem pracy jest gospodarstwo położone we wsi Wielbark w powiecie szczycieńskim, w południowej części woj. warmińsko-mazurskiego. Całkowita powierzchnia gospodarstwa wynosi 39 ha. Głównym profilem działalności jest produkcja zwierzęca – hodowla bydła mlecznego i w mniejszym stopniu produkcja roślinna. Strukturę produkcji roślinnej i zwierzęcej w gospodarstwie przedstawiono na rysunkach 1 i 2.



Źródło: obliczenia własne

Rys. 1. Struktura arealów w badanym gospodarstwie rolniczym [ha]
 Fig. 1. Structure of cultivated land in selected farm [ha]



Źródło: obliczenia własne

Rys. 2. Pogłowie bydła w badanym gospodarstwie
 Fig. 2. Headage of cattle in tested farm

Jak wynika z przedstawionych danych (rys. 1) największą część powierzchni badanego gospodarstwa zajmują łąki i pastwiska, na których nie powstają odpady.

Struktura zużycia nośników energii w badanym gospodarstwie

Zużycie nośników energii w badanym gospodarstwie w ujęciu ilościowym, jaki i pod kątem zawartej w nich energii zestawiono w tabeli 1. Wartości zużycia energii w postaci poszczególnych nośników, z wyłączeniem zużycia energii elektrycznej wyznaczono w oparciu o masę (M) i wartość opałową (Wu) używanego nośnika:

$$Q_{ol.napęd} = M_{ol.napęd} \cdot Wu_{ol.napęd} = 130,9 \text{ GJ} \quad (1)$$

$$Q_{ol.opał} = M_{ol.opał} \cdot Wu_{ol.opał} = 56,1 \text{ GJ} \quad (2)$$

$$Q_{węgl} = M_{węgl} \cdot Wu_{węgl} = 25,0 \text{ GJ} \quad (3)$$

$$Q_{drew} = M_{drew} \cdot Wu_{drew} = 195,7 \text{ GJ} \quad (4)$$

gdzie:

$Q_{ol.napęd}$ – zużycie energii w postaci oleju napędowego [GJ],

$Q_{ol.opał}$ – zużycie energii w postaci oleju opałowego [GJ],

$Q_{węgl}$ – zużycie energii w postaci węgla kamiennego [GJ],

Q_{drew} – zużycie energii w postaci drewna opałowego [GJ].

Wartość zużycia energii elektrycznej odczytano z licznika energii:

$$Q_{elektr} = 8726 \text{ kWh} = 31,4 \text{ GJ} \quad (5)$$

Na podstawie uzyskanych wyżej wyników zużycia nośników energii, obliczono całkowite zużycie energii w badanym gospodarstwie:

$$Q_c = Q_{elektr} + Q_{ol.napęd} + Q_{ol.opał} + Q_{węgl} + Q_{drew} = 439,1 \text{ GJ} \quad (6)$$

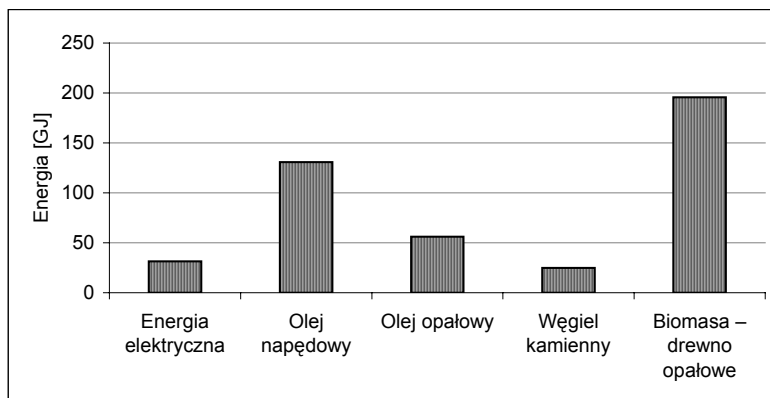
Tabela 1. Roczne zużycie nośników energii w gospodarstwie

Table. 1. Annual consumption of energy carriers in farm

Rodzaj nośnika	Wielkość zużycia nośnika	Wielkość zużytej energii [GJ]
Energia elektryczna	8726 kWh	31,4
Olej napędowy	3500 dm ³	130,9
Olej opałowy	1500 dm ³	56,1
Węgiel kamienny	1000 kg	25,0
Biomasa – drewno opałowe	50 m ³ ≈ 15050 kg	195,7

Źródło: obliczenia własne

Strukturę zużycia poszczególnych nośników energii przedstawia wykres na rysunku 3. Wynika z niego, że w badanym gospodarstwie największa ilość energii używana jest w postaci energii odnawialnej z drewna opałowego, najmniejsza w postaci ciepła z węgla kamiennego.



Źródło: obliczenia własne

Rys. 3. Struktura zużycia nośników energii w badanym gospodarstwie

Fig. 3. Annual consumption of energy carriers in the farm

Dla gospodarstwa będącego przedmiotem pracy zidentyfikowano strukturę powstającej biomasy odpadowej. Zawarty w niej potencjał energetyczny określono na podstawie danych z publikacji Wiśniewskiego [2003], w której napisano, że z 1 m³ płynnych odchodów można uzyskać średnio 20 m³ biogazu, a z 1 m³ obornika – 30 m³ biogazu o wartości opałowej około 23 MJ·m⁻³. Uzyskane wartości potencjału energetycznego wyznaczono następująco:

$$Q_{gnojow} = 20 \cdot V_{gnojow} \cdot Wu_{biog} = 23GJ \quad (7)$$

$$Q_{oborn} = 30 \cdot V_{oborn} \cdot Wu_{biog} = 207GJ \quad (8)$$

gdzie:

- Q_{gnojow} – potencjał energetyczny biogazu z gnojowicy [GJ];
- Q_{oborn} – potencjał energetyczny biogazu z obornika [GJ]
- V_{gnojow} – objętość gnojowicy [m³];
- V_{oborn} – objętość obornika [m³];
- Wu_{biog} – wartość opałowa biogazu [MJ·m⁻³].

Tabela 2. Struktura biomasy odpadowej generowanej w gospodarstwie

Table 2. Structure of waste biomass generated in the farm

Rodzaj odpadowej biomasy	Ilość [m ³]	Potencjał energetyczny [GJ]
Obornik bydlęcy	300	207,0
Gnojowica bydlęca	50	23,0

Źródło: obliczenia własne

Koncepcja substytucji energii...

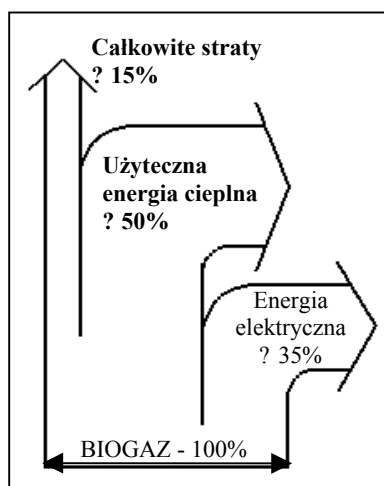
Jak wynika z danych przedstawionych w tabeli 2, w badanym gospodarstwie największy potencjał energetyczny ma obornik bydlęcy, który stanowi 90% łącznego potencjału energetycznego odpadowej biomasy.

Łączny potencjał energetyczny biogazu z biomasy odpadowej (Q_{biog}) w badanym gospodarstwie wynosi:

$$Q_{biog} = Q_{gnojow} + Q_{oborn} = 230 \text{ [GJ]}. \quad (9)$$

Odpowiada to nieco ponad 50% Q_c całkowitej energii zużywanej w gospodarstwie.

Do produkcji energii z biogazu najbardziej racjonalną metodą jest wytwarzanie energii elektrycznej i ciepłej w jednostkach skojarzonych, tzw. kogeneracja. Przeciętna sprawność agregatów kogeneracyjnych oferowanych na polskim rynku wynosi około 85%, co ilustruje rysunek 4.



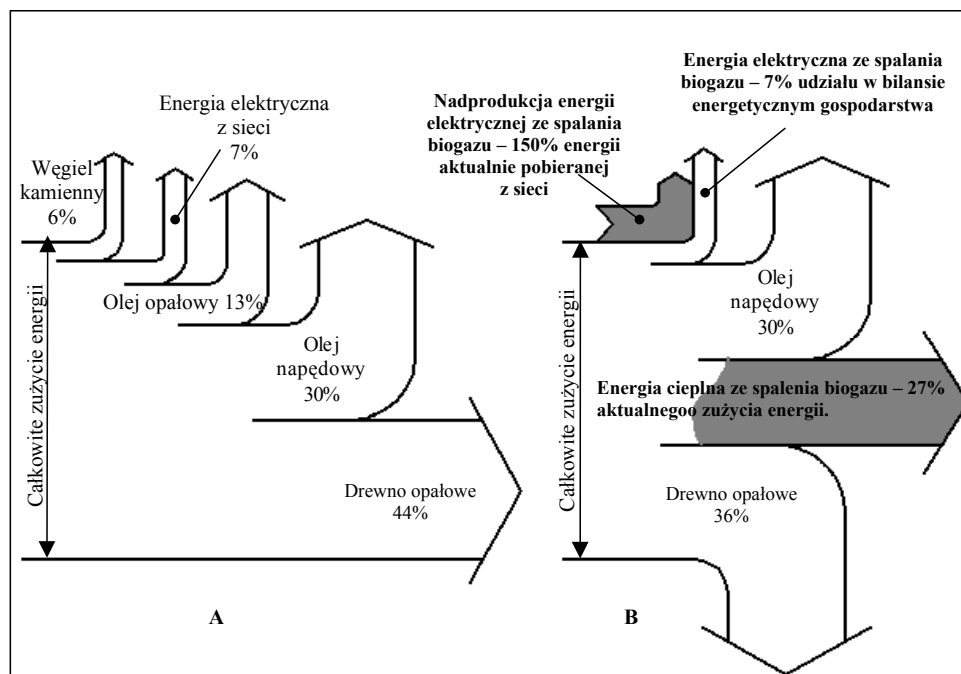
Źródło: Materiały reklamowe firmy Motorgas [2007]

Rys. 4. Bilans energetyczny agregatu kogeneracyjnego

Fig. 4. Energy balance of cogeneration unit

Z rysunku 4 wynika, że przy produkcji energii w skojarzeniu, z obliczonego wcześniej potencjału energetycznego biogazu z odpadowej biomasy (Q_{biog}), około 115 GJ, co stanowi 50% Q_{biog} zostanie zamienione w użyteczną energię ciepłą, a nieco ponad 80 GJ (35% Q_{biog}) – w energię elektryczną.

W oparciu o przedstawione wyżej wyniki badań sporządzono bilans energetyczny z uwzględnieniem substytucji energii pierwotnej energią odnawialną, co przedstawiono na rys. 5.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 5. Bilans energetyczny badanego gospodarstwa: A – przed substytucją; B – po substytucji energii pierwotnej energią z odpadowej biomasy

Fig. 5. Energy balance in the tested farm: A – before substitution; B – after substitution of primary energy by waste biomass energy

Jak wynika z bilansu energetycznego przedstawionego na rysunku 5-B, energia uzyskana ze spalania biogazu w agregacie kogeneracyjnym może zastąpić aktualnie zużywaną energię pierwotną następująco:

- uzyskaną energią cieplną odnawialną w badanym gospodarstwie można pokryć 27% aktualnego zużycia energii cieplnej pierwotnej. Daje to możliwość całkowitej substytucji energii oleju opałowego oraz węgla kamiennego, a także częściowej substytucji innego odnawialnego nośnika energii, jakim jest drewno opałowe;
- otrzymaną z kogeneracji energią elektryczną można całkowicie pokryć zapotrzebowanie na ten rodzaj energii w badanym gospodarstwie.

Nadprodukcja energii elektrycznej ze spalania biogazu może osiągnąć 150% energii aktualnie pobieranej z sieci i może stanowić dodatkowe źródło dochodów w badanym gospodarstwie.

Wnioski

1. Zaproponowana technika produkcji energii cieplnej i energii elektrycznej w kogeneracji pozwala na substytucję energii pierwotnej energią odnawialną.
2. W badanym gospodarstwie energią odnawialną z kogeneracji można całkowicie pokryć zapotrzebowanie pierwotnych nośników energii cieplnej, a także – częściowo – nośników odnawialnych (drewna opałowego).
3. Energia elektryczna może być w całości zastąpiona energią odnawialną z odpadów biomasy.
4. Przewidywana nadprodukcja energii elektrycznej z kogeneracji może stanowić dodatkowe źródło dochodów w badanym gospodarstwie

Bibliografia

- Bieranowski J., Piechocki J.** 2005. Program ekoenergetyczny województwa warmińsko-mazurskiego na lata 2005–2010. Wyd. Urząd Marszałkowski Woj. Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn, s. 15-20.
- Eymontt A.** 2005. Technologia dynamicznego kompostowania jako ekonomicznie uzasadnione rozwiązanie gospodarki odpadami organicznymi. Rozdział 2.3. w Monografii „Rola infrastruktury i techniki w zrównoważonym rozwoju rolnictwa”. Wydawnictwo IBMER, Warszawa, s. 61-68.
- Kubski P., Lewandowski W. M.** 2000. Wybrane przykłady energetycznego zagospodarowania odpadów organicznych. Materiały konferencyjne II Symposium „Energia z Odpadów”, Sopot, s. 165-171.
- Kuczyński T.** 2002. Emisja amoniaku z budynków inwentarskich a środowisko. Redakcja Wydawnictw Naukowo-Technicznych. Zielona Góra. ISBN 83-89044-15-3.
- Olkowski T.** 2005. Porównanie struktur odpadów z terenów wiejskich i miejskich na wybranych przykładach. Inżynieria Systemów Bioagrotechnicznych, Nr 5(14), s. 91-96, Płock.
- Wiśniewski G. [red.]** 2003. Odnawialne źródła energii jako element rozwoju lokalnego. Przewodnik. Wyd. EC BREC/IBMER. Warszawa. ISBN 83-8624-82-9.
- Wojciechowski A.** 1998. Zintegrowane systemy gospodarki odpadami komunalnymi. Wyd. Fundusz Współpracy. Warszawa. ISBN 83-87116-46-7.
- Materiały reklamowe firmy „Motorgas”** [online]. Sopot. MOTORGAS. 2007 [dostęp 20.04.2007]. Dostępny w Internecie: www.motorgas.pl/kogeneracja.php.

CONCEPT FOR SUBSTITUTION OF PRIMARY ENERGY BY RENEWABLE ENERGY OBTAINED FROM WASTE BIOMASS IN A SELECTED AGRICULTURAL FARM

Summary. Purpose of this article is to present an energy balance in a selected agricultural farm based on utilization of waste biomass. The selected 39 hectare farm is specialized in animal production, namely dairy cattle breeding. The paper identifies utilized energy carriers as well as evaluates energy potential of the waste biomass produced by the farm. A substitution of primary energy by renewable energy was proposed and suboptimal process technology for conversion of organic waste into energy carriers determined, based on the obtained results.

Key words: renewable energy, primary energy, agriculture, energy balance, agricultural farm

Adres do korespondencji:

Jacek Bieranowski; e-mail: jacbier@uwm.edu.pl
Katedra Elektrotechniki i Energetyki
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
ul. Oczapowskiego 11
10-736 Olsztyn