

## Analysis of the bio-methane potential in the selected countries of the Baltic Sea Region

*The article presents analysis of the bio-methane production system in the selected Baltic Sea Region counties and possibilities of the distribution of this fuel based on the existing natural gas transfer systems. Each of the countries discussed has had its preliminary provisions developed for an intensification of the biogas utilisation processes, as an energy source, for the transport means. Legal and economic mechanisms have been characterised also, which may stimulate production increase and spur interest of the potential recipients of bio-methane as an engine fuel.*

Key words: biomethane, gas system in Poland

### Analiza potencjału surowcowego wybranych krajów Baltic Sea Region w zakresie wytwarzania biogazu jako paliwa silnikowego

*W artykule przedstawiono analizę systemu produkcji biogazu w wybranych krajach basenu Morza Bałtyckiego oraz możliwości dystrybucji tego paliwa, opierając się na istniejących systemach przesyłu gazu ziemnego. Dla każdego z omawianych krajów opracowano wstępne założenia w zakresie intensyfikacji procesów wykorzystywania biogazu jako nośnika energii w środkach transportu. Scharakteryzowano także mechanizmy prawne i ekonomiczne, które mogą stymulować zwiększenie produkcji oraz zainteresowanie potencjalnych odbiorców biometanu jako paliwa silnikowego.*

Słowa kluczowe: biometan, system gazowniczy w Polsce

#### 1. Introduction

In the Baltic Sea countries, sees a growing increase in the production of biogas, which is actually an energy carrier for generating electricity and heat. In some countries, biogas, purified to natural gas quality is also used as fuel in internal combustion engines means of transport. The increased biogas production is the result of not only energy needs, but above all the creation of incentive systems of state administrative nature, and even economic, to promote the use of renewable energy sources (RES) and care for the environment.

There is a view that the quantity of raw material for biogas production is practically unlimited. This way of reasoning, especially in identifying the potential of biomass as raw material, leads to an overestimation of the value of the potential resulting the same potential for biogas production and simultaneously to the production of second generation biofuels.

Biogas production in raw material nature is the production characterised by high level of dispersion. However rationalisation of the manufacturing process and increasing the types and quantities of substrate requires solutions of a few basic problems that may contribute to a significant increase in the level of production and use.

#### 2. Biogas potential in Finland

At the beginning of last century in Finland began anaerobic techniques in wastewater treatment plants. The first biogas plant was established in 1998 in the village Kalmari, here also in 2002 built the first biomethane refueling station.

#### 1. Wprowadzenie

W krajach Basenu Morza Bałtyckiego dostrzega się rosnący wzrost produkcji biogazu, stanowiącego aktualnie nośnik energii dla wytwarzania energii elektrycznej i ciepła. W niektórych krajach biogaz, oczyszczony do jakości gazu ziemnego znajduje także zastosowanie jako paliwo w silnikach spalinowych środków transportu. Wzrastająca produkcja biogazu jest wynikiem nie tylko potrzeb energetycznych, lecz przede wszystkim powstaniem państwowych systemów zachęt natury administracyjnej, a nawet ekonomicznej, w zakresie promowania wykorzystywania odnawialnych źródeł energii (OZE) i dbałością o środowisko.

Panuje pogląd, że ilość surowca do produkcji biogazu jest praktycznie nieograniczona. Taki sposób rozumowania, szczególnie w zakresie określania potencjału biomasy jako surowca, prowadzi do przeszacowania wartości tego potencjału wynikającego z zaliczania tego samego potencjału do produkcji biogazu oraz jednocześnie do produkcji biopaliw II generacji.

Produkcja biogazu, z natury surowcowej jest produkcją charakteryzującą się dużym stopniem rozproszenia. Racjonalizacja procesu produkcji i zwiększanie rodzajów i ilości substratów wymaga jednak rozwiązania kilku podstawowych problemów, których rozwiązanie przyczynić się może do znacznego zwiększenia poziomu produkcji i wykorzystania.

#### 2. Potencjał surowcowy biogazu w Finlandii

Na początku ubiegłego wieku w Finlandii rozpoczęto stosowanie technik beztlenowych w oczyszczalniach ście-

Figure 1 shows the number of agricultural biogas plants, biogas from sewage treatment plants, biogas from municipal waste landfills, as well as the co-fermentation installation in Finland in 2008.

In 2005 he produced a total of about 145 mln m<sup>3</sup> of biogas, from which used about 95 mln m<sup>3</sup> [2].

In 2008, the amount of biogas produced per plant was 29,9 mln m<sup>3</sup>. The production of heat, electricity and mechanical energy was 141.0 GWh [1].

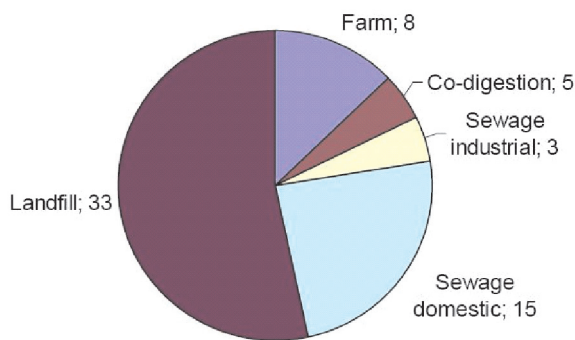


Fig. 1. Number of biogas plants in Finland (2008) [1]

Rys. 1. Liczba biogazowni w Finlandii w 2008 r. [1]

Figure 2 shows the biogas production in agricultural biogas, biogas from sewage treatment plants, biogas from municipal waste landfills, as well as the co-fermentation installation in Finland in 2008 r.

The total biogas production in 2008 in Finland was 142 mln m<sup>3</sup>, which enabled the production of 635 GWh. European indicative target for Finland for the production of energy from renewable sources by 2020 was set at 38%. In 2005, the share of renewables was 28.5% of primary energy consumption, corresponding to 380 TWh. At that time, the technical and economic potential of biogas production was estimated at 7–18 TWh of energy [1].

In 2008, the heat production from biogas in Finland stood at 405.5 GWh and electricity production of 56.6 GWh (Figure 5.3). Biogas to transport fuel processed equivalently was 410 MWh. The amount of energy produced in the process of biogas in the total amount of energy produced 462.1 GWh represents less than 1% of energy produced from renewable energy sources in Finland. In 2008, the use of biogas produced stood at 72%, which was improvement on 2007 when it was used 69% of total biogas produced. In 2008, the amount of biogas combusted in a flare or a loss is 173 GWh [1].

Agricultural biogas production potential is high in animal manure and plant residues and, above all in relation to energy crops. Yields of grass crops in the northern part of the country's conditions are similar to those collections in central Europe, while it is being stored as "silage" energy crops can be used as a feedstock for biogas production throughout the year. The potential of biomethane from energy crops without affecting food production was estimated at 6 TWh [1].

ków. Pierwsza biogazownia powstała w 1998 roku w miejscowości Kalmari, tu też w 2002 roku powstała pierwsza stacja tankowania biometanu.

Na rysunku 1 przedstawiono liczbę biogazowni rolniczych, biogazowni przy oczyszczalniach ścieków, biogazowni przy wysypiskach odpadów komunalnych, a także z instalacji kofermentacji w Finlandii w 2008 r.

W 2005 roku wyprodukowano w sumie około 145 mln m<sup>3</sup> biogazu [2], z czego wykorzystano około 95 mln m<sup>3</sup>, a

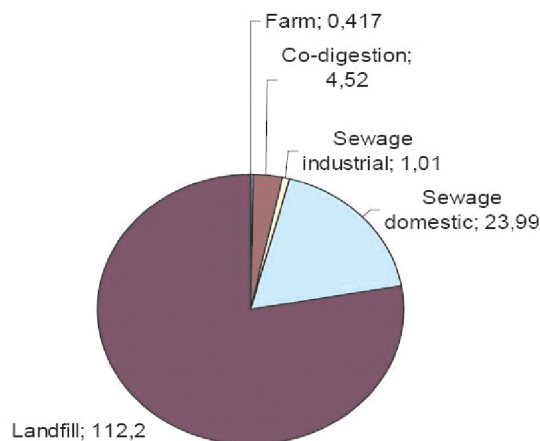


Fig. 2. Production of biogas from different resources in Finland in 2008 (mln m<sup>3</sup>) [1]

Rys. 2. Produkcja biogazu z różnych źródeł w Finlandii w roku 2008 (mln m<sup>3</sup>) [1]

w 2008 r. ilość biogazu wytworzonego w przeliczeniu na instalację wynosiła 29,9 mln m<sup>3</sup>. Produkcja energii cieplnej, energii elektrycznej i mechanicznej z biogazu wynosiła 141,0 GWh [1].

Na rysunku 2 przedstawiono produkcję biogazu w fińskich instalacjach biogazowych w 2008 r.

Całkowita produkcja biogazu w 2008 roku w Finlandii wynosiła 142 mln m<sup>3</sup>, co umożliwiłoby wyprodukowanie 635 GWh energii elektrycznej i cieplnej w kogeneracji. W 2005 roku udział odnawialnych źródeł energii plasował się na poziomie 28,5% zużycia energii pierwotnej, co odpowiadało 380 TWh energii. W tym czasie techniczny i ekonomiczny potencjał produkcji biogazu został oceniony na 7–18 TWh energii [1].

W 2008 roku produkcja ciepła z biogazu w Finlandii była na poziomie 405,5 GWh, produkcja energii elektrycznej na poziomie 56,6 GWh, natomiast ilość biogazu przetworzonego na paliwo transportowe wynosiła 410 MWh. Ilość energii wyprodukowanej w procesach biogazowych w całkowitej ilości wyprodukowanej energii 462,1 GWh stanowi mniej niż 1% energii produkowanej ze źródeł odnawialnych w Finlandii. W 2008 roku wykorzystanie biogazu wyprodukowanego kształtowało się na poziomie 72%. W 2008 roku ilość biogazu spalonego w pochodniach, bądź też utraconego to 173 GWh [1].

Potencjał produkcji biogazu rolniczego jest wysoki w zakresie odchodów zwierzęcych i pozostałości roślinnych

In January this year there was only one installation of the production of biomethane – Kalmari the farm in central Finland. Kalmari Farm is a pioneer in the field of biogas production in Finland and is an exceptional example of a varied use of biogas technology. The farm is self-sufficient in supplying the electricity, heat and motor fuel. Excess electricity is supplied to the grid for consideration, and the purified biogas to the quality of motor fuel is sold to customers. This installation was built in 1998, when it began production of energy in cogeneration. Since 2002, started cleaning biogas for use as motor fuel. Production of biogas has increased significantly in early 2009, when he started his business a new biogas reactor. At the moment, this farm could produce enough biomethane to power about 200 vehicles. In this installation are processed cattle manure, industrial organic wastes and energy crops. At the time of this study in Finland does not build any new installation of biogas purification [1].

Over the years 1992 – 2005 annual production of biogas at landfills has increased from around 4 mln m<sup>3</sup> to 120 mln m<sup>3</sup>. In 2005, out of 120 mln m<sup>3</sup> of landfill biogas produced was used approximately 70 mln m<sup>3</sup> [2].

In 2008, worked a total of 33 biogas recovery systems. Biogas is produced from 100% only with the active landfill. The amount of recovered biogas was 112.2 mln m<sup>3</sup>/year. There was a 4% increase in the amount of biogas recovered from the previous year, and in addition also increased the rate of utilization of biogas. The amount of recovered biogas used to produce electricity and heat production was 75.8 mln m<sup>3</sup>, of which 321.2 GWh of electricity produced. Progress in the use of landfill gas is related to the increase of its use especially in the case Ämmässuo landfill in Espoo.

Technical and economic potential for the production of biogas from municipal waste landfill sites, so called. Landfill gas is estimated at 0.7 TWh [1].

### 3. Biogas potential in Sweden

Sweden is a developed country in the production of energy from renewable resources. Approximately 29% of primary energy supply in the country is from renewable sources.

Biogas industry started to flourish in the years 1950 – 1970 in Sweden, initially to reduce the amount of sewage sludge. In 2006 in Sweden, there were 223 biogas plants: 138 municipal wastewater treatment plants, 60 plant at the landfill of municipal waste, industrial wastewater treatment 3, 14 and 8 co-fermentation install biogas plants. At present, in Sweden there are about 233 biogas plants with a total biogas production of 1.3 TWh/year. Most of these installations, as many as 139 is located at municipal waste water treatment plants (WWTP). In these plants produce almost 43% of the Swedish biogas [3].

Total biogas production in Sweden was 1.2 TWh in 2006. This year the highest biogas yield was in waste water treatment plants – 582 GWh, and also installations near landfills – 342 GWh. Co-fermentation instalations produced 184 GWh of energy, infrastructure instalations – 91 GWh energii, and agricultural biogas plants – only 14 GWh of energy.

oraz przede wszystkim w odniesieniu do roślin energetycznych. Plony upraw traw w warunkach północnej części kraju są zbliżone do warunków zbiorów w Europie Środkowej, zaś podczas przechowywania ich jako „kiszonki”, rośliny energetyczne mogą być wykorzystane jako surowiec do produkcji biogazu przez cały rok. Potencjał biometanu z roślin energetycznych bez szkody dla produkcji żywności oszacowano na 6 TWh [1].

W styczniu 2010 roku istniała tylko jedna instalacja produkcji biometanu – w gospodarstwie Kalmari w środkowej Finlandii. Farma Kalmari jest pionierem w zakresie produkcji biogazu w Finlandii i stanowi wyjątkowy przykład urozmaiconego wykorzystania technologii biogazowych. Farma jest samowystarczalna w zakresie zaopatrywania się w energię elektryczną, ciepło i paliwa silnikowe. Nadmiar energii elektrycznej dostarczany jest odpłatnie do sieci energetycznej, a biogaz oczyszczony do jakości paliwa silnikowego jest sprzedawany klientom. Już w 1998 roku rozpoczęła się produkcja energii w kogeneracji, a od roku 2002 rozpoczęto oczyszczanie biogazu do celów zastosowania go jako paliwa silnikowego. Produkcja biogazu wzrosła znacznie na początku 2009 roku, kiedy rozpoczął swoją działalność nowy reaktor biogazowy. W chwili obecnej farma ta może produkować biometan wystarczający do zasilania około 200 pojazdów. W instalacji tej przetwarzane są odchody bydłce, przemysłowe odpady organiczne oraz rośliny energetyczne [1].

Na przestrzeni lat 1992 – 2005 produkcja roczna biogazu na wysypiskach odpadów wzrosła od poziomu około 4 mln m<sup>3</sup> do 120 mln m<sup>3</sup>. W 2005 roku spośród 120 mln m<sup>3</sup> wyprodukowanego biogazu wysypiskowego wykorzystano około 70 mln m<sup>3</sup> [2].

W 2008 roku działały w sumie 33 instalacje odzysku biogazu. Biogaz uzyskiwany jest w 100% jedynie z czynnych składowisk. Ilość odzyskanego biogazu wynosiła 112,2 mln m<sup>3</sup>/rok. Ilość odzyskanego biogazu, wykorzystywanego do produkcji energii elektrycznej i cieplnej wynosiła 75,8 mln m<sup>3</sup>, z czego wyprodukowano 321,2 GWh energii cieplnej i elektrycznej w kogeneracji.

Techniczny i ekonomiczny potencjał produkcyjny energii w kogeneracji z biogazu otrzymanego z odpadów komunalnych na wysypiskach odpadów, tzw. gazu wysypiskowego, szacuje się na poziomie 0,7 TWh [1].

### 3. Potencjał surowcowy biogazu w Szwecji

Szwecja jest krajem wysoko rozwiniętym w zakresie produkcji energii z zasobów odnawialnych. Około 29% dostaw energii pierwotnej w kraju jest ze źródeł odnawialnych.

Przemysł biogazowy zaczął rozwijać się już w latach pięćdziesiątych XX wieku. W 2006 roku w Szwecji istniały 223 instalacje produkcji biogazu: 138 oczyszczalni ścieków komunalnych, 60 instalacji przy wysypiskach odpadów komunalnych, 3 przemysłowe oczyszczalnie ścieków, 14 instalacji kofermentacyjnych oraz 8 biogazowni rolniczych [9]. W 2010 roku w Szwecji istniało około 233 instalacji biogazowych z całkowitą produkcją biogazu w wysokości 1,3 TWh/rok. Większość z tych instalacji, bo aż 139 jest zlokalizowanych przy oczyszczalniach ścieków komunalnych

Biogas consumption in Sweden in 2006 is presented on Figure no 3.

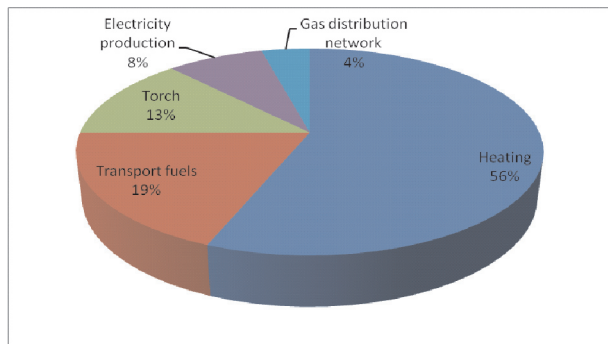


Fig. 3. The use of biogas in Sweden [4]  
Rys. 3. Wykorzystywanie biogazu w Szwecji [4]

As shown in Figure 3, the largest share of biogas – 56% is consumed for heating, followed by biogas is used as a transport fuel – 19%. Another 13% is incinerated in a flare, 8% of the biogas energy is used to produce electricity, while only 4% of the biogas is supplied to the gas distribution network.

Biogas production in the distinction between raw materials is shown in Figure 4.

The potential resources from the agricultural sector in Sweden is the crops, agricultural residues and animal wastes. In Sweden, biogas production potential from livestock manure is 25 to 27 TWh/year [3].

In Sweden, in the manufacture of heat and electricity burned about 50% of municipal waste, which are always sorted at source, in more or less efficient manner. Over 45% of the waste is recovered and recycled (paper, cardboard, metal, glass, plastic packaging, the fraction of biological, etc.). Only 4% is stored, primarily as fly ash from waste incineration plants. Revenues from the sale of energy from waste incineration economic conditions provide for the collection, sorting and recovery of waste and materials for reuse.

Every year in Sweden is burned about 4.5 mln Mg of municipal waste, which means that it receives every year

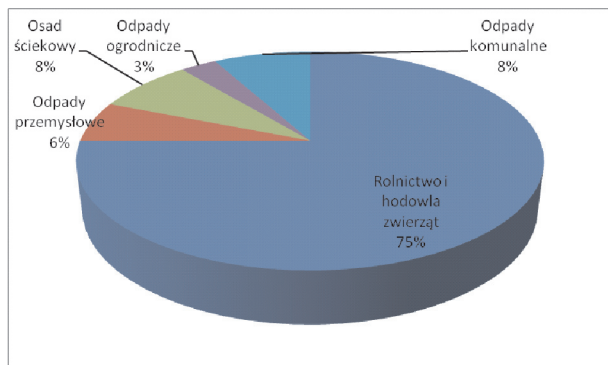


Fig. 4. Biogas production in Sweden in the distinction between raw materials [4]

Rys. 4. Potencjał produkcyjny biogazu w Szwecji z poszczególnych substratów [4]

(Waste Water Treatment Plant – WWTP). W tych właśnie instalacjach produkuje się niemalże 43% szwedzkiego biogazu [3].

Całkowita produkcja biogazu w Szwecji wynosiła 1,2 TWh w roku 2006. W tym też roku najwyższym uzyskiem biogazu charakteryzowały się instalacje oczyszczalni ścieków – 582 GWh, a także instalacje przy wysypiskach odpadów – 342 GWh. Instalacje kofermentacyjne produkowały 184 GWh energii, instalacje przemysłowe – 91 GWh energii, natomiast biogazownie rolnicze – tylko 14 GWh energii.

Konsumpcja biogazu w Szwecji w roku 2006 jest przedstawiona na rysunku 3.

Jak wynika z rysunku 3, największa część biogazu – 56% zużywana jest na ogrzewanie, a w następnej kolejności biogaz wykorzystywany jest jako paliwo transportowe – 19%. Kolejnych 13% spalanych jest w pochodni, 8% biogazu zużywane jest na produkcję energii elektrycznej, zaś tylko 4% biogazu dostarczane jest do sieci dystrybucyjnej gazu.

Potencjał produkcyjny biogazu z różnych źródeł rozkłada się tak, jak to przedstawiono na rysunku 4.

Potencjalne surowce z sektora rolniczego w Szwecji to rośliny uprawne, pozostałości rolnicze oraz odchody zwierzęce. W Szwecji potencjał produkcyjny biogazu z odchodów zwierzęcych wynosi 25–27 TWh/rok [3].

W Szwecji na cele produkcji energii cieplnej i elektrycznej spalano ok. 50% odpadów komunalnych, które zawsze są sortowane u źródła, w bardziej lub mniej efektywny sposób. Ponad 45% odpadów jest odzyskane i poddane recyklingowi (papier, karton, metal, szkło, opakowania plastikowe, frakcja biologiczna itd.). Zaledwie 4% jest składowane, przede wszystkim jako popioły lotne ze spalarni odpadów. Przychody ze sprzedaży energii ze spalania odpadów dają przesłanki ekonomiczne do zbierania, sortowania i odzyskiwania odpadów i materiałów do ponownego użycia.

Co roku w Szwecji spalanych jest ok. 4,5 miliona Mg odpadów komunalnych, co oznacza, że uzyskuje się co roku ok. 13,6 TWh energii z odpadów (około 2,3 mld m<sup>3</sup> biogazu), co z kolei odpowiada rocznemu zużyciu ciepła w 810 000 gospodarstwach domowych i energii elektrycznej w 250 000 domach jednorodzinnych. W praktyce oznacza to, że około 15% energii cieplnej przesyłanej w sieci ciepłowniczej pochodzi ze spalania odpadów komunalnych. 60% miasta Malmo (250 000 osób), 30% Göteborg (500 000 osób) oraz cały południowy Sztokholm (130 000 osób) ogrzewane są energią cieplną produkowaną w spalarniach odpadów komunalnych.

W Szwecji ze względu na brak sieci gazowej rozwiązaniem jest używanie biometanu do napędu pojazdów komunalnych. W miastach Linköping i Helsingborg (oba po około 100 000 mieszkańców), wszystkie autobusy i pojazdy służące do wywozu odpadów napędzane są biometanem. W Linköping biometan wykorzystuje się również do napędu pociągu regionalnego.

W roku 2006 w Szwecji wytworzono 210 000 ton osadu ściekowego. Z tego wynika, że potencjał wytworzenia biogazu z osadów ściekowych w Szwecji w roku 2006 wynosił około 529 200 m<sup>3</sup>.

about 13.6 TWh of electricity from waste (about 2.3 bln m<sup>3</sup> of biogas), which corresponds to the annual consumption of heat in 810 000 households and electricity 250 000 houses. In practice this means that about 15% of heat transmitted to district heating comes from waste incineration. 60% of the city of Malmo (250 000 persons), 30% of Goteborg (500 000 persons) and the entire southern Stockholm (130 000) are heated with heat produced in municipal waste incinerators.

In Sweden, due to lack of gas network solution is the use of biomethane to power municipal vehicles. In the cities of Linköping and Helsingborg (both at about 100 000 inhabitants), all buses and vehicles used for waste exports are driven by biogas. In Linköping biogas is also fueling a regional train.

In 2006, Sweden produced 210 000 tons of sewage sludge. From this it follows that the potential production of biogas from sewage sludge in Sweden in 2006 was about 529 200 m<sup>3</sup>. In Sweden, there is no problem with the management of the digested sludge. This sediment after dewatering is returned to the soil due to the high content of phosphorus and no heavy metals. This considerably reduced the scope of application of fertilizers. Technology blending them in the garbage and the burning seems to be the most effective technology, where the level of heavy metals does not allow for recycling the sludge into the soil.

#### 4. Biogas production in Poland

According to Energy Regulatory Office at the beginning of 2011 there were 149 biogas plants in Poland: 10 agricultural biogas plants, 57 biogas plants near waste water treatment plants, 81 biogas plants near landfills and 1 biogas plant used mixed waste [5].

It is assumed that in 2020 Poland will produce 2 billion. m<sup>3</sup> of biogas [5]. With produced in 2008 in Poland Biogas received 251.8 GWh of electricity and 925 TJ of heat, and in 2010 total power of biogas plants was 7.245 MW [5].

According to data from the Energy Market Agency in Poland, covering about 50% of the Polish market as of 1 January 2010, agricultural biogas production potential estimated at

W Szwecji nie istnieje problem z zagospodarowaniem prefermentowanego osadu z oczyszczalni ścieków. Osad ten po odwodnieniu zwracany jest do gleby z uwagi na dużą zawartość fosforu i brak metali ciężkich. Dzięki temu znacznie obniżono zakres stosowania nawozów sztucznych. Technologia mieszania ich z odpadami komunalnymi i spalania wydaje się być najbardziej efektywną technologią w przypadku, gdy poziom metali ciężkich nie pozwala na zwrócenie osadu do gleby.

#### 4. Potencjał produkcji biogazu w Polsce

Według danych Urzędu Regulacji Energetyki, na początku roku 2011 w Polsce istniało 149 biogazowni, w tym: 10 biogazowni rolniczych, 57 biogazowni wytwarzających biogaz z oczyszczalni ścieków, 81 biogazowni wytwarzających biogaz z wysypisk odpadów, 1 biogazownia wytwarzająca biogaz z surowca mieszanego [5].

Zakłada się, że w 2020 r. Polska wytwarzać będzie 2 mld m<sup>3</sup> biogazu [5]. Z wytworzonego w 2008 roku w Polsce biogazu otrzymano 251,8 GWh energii elektrycznej i 925 TJ ciepła, natomiast w 2010 roku łączna moc pochodząca z instalacji biogazowych wynosiła 7,245 MW [5].

Według danych Agencji Rynku Energii w Polsce, obejmujących około 50% rynku polskiego, na dzień 1 stycznia 2010 r., potencjał produkcyjny biogazu rolniczego szacuje się na 3 629 000 m<sup>3</sup>, co odpowiada 78 438,4 GJ energii, przy wartości opałowej biogazu równej 21 614 kJ/m<sup>3</sup> [7].

Zamierzeniem rządu polskiego jest stworzenie takich mechanizmów, aby do 2020 roku powstało w Polsce około 2500 biogazowni rolniczych o łącznej mocy 2000–3000 MW [6].

Uwzględniając wszystkie surowce rolne do wytwarzania biogazu, jego potencjał szacowany jest przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi na 5 500 mln m<sup>3</sup> ogółem, z czego z upraw specjalnych i pozostałości 1 962 mln m<sup>3</sup>, z pozostałości z łąk i pastwisk 1 700 mln m<sup>3</sup>, z fermentacji produktów ubocznych z produkcji rolnej 1 540 mln m<sup>3</sup>.

Potencjał produkcji biogazu w rozróżnieniu na typy surowców jest przedstawiony na rys. 5.

Z rys. 5 wynika, że uprawy specjalne i pozostałości, a także łąki i pastwiska oraz produkty uboczne produkcji rolnej charakteryzują się najwyższym potencjałem produkcji biogazu rolniczego.

W Polsce wytwarzane jest ok. 10–12 mln ton niesegregowanych odpadów komunalnych rocznie, przy czym w grupie odpadów mieszanych dominuje frakcja biodegradowalna (ponad 50%). Ponadto znacząca ilość odpadów zielonych z ogrodów i parków (liście, trawa), a także odpady z targowisk również deponowane są na składowiskach [9].

W Polsce zarejestrowanych jest obecnie ok. 700 czynnych składowisk odpadów. Możliwe do pozyskania zasoby metanu tylko z wysypisk odpadów komunalnych są szacowane na 135–145 mln m<sup>3</sup> metanu rocznie,

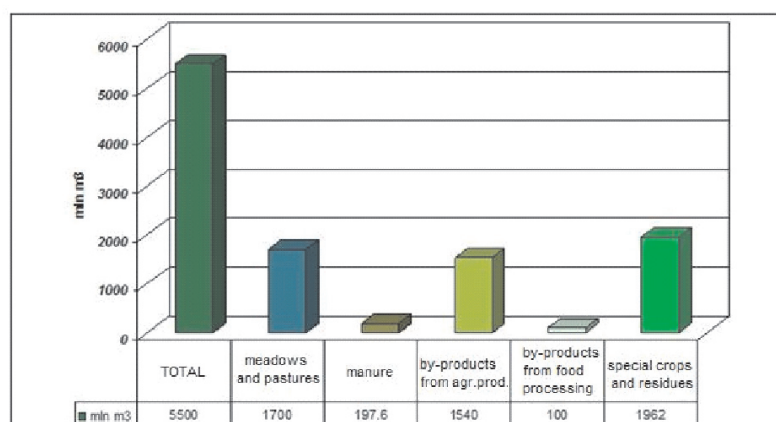


Fig. 5. Biogas production potential of agricultural production (million Mg) [8]

Rys. 5. Potencjał produkcyjny biogazu rolniczego (w mln ton) [8]

3 629 000 m<sup>3</sup>, which corresponds to 78 438.4 GJ of energy, with a calorific value equivalent to 21 614 kJ/m<sup>3</sup> [7].

The government plans to 2020, was founded in Poland about 2500 biogas plants with total capacity of 2000–3000 MW [6].

Potential of available resources for agriculture biogas obtaining is estimated by the Ministry of Agriculture on 5 500 mln m<sup>3</sup> in general, are mostly special crops and residues 1 962 mln m<sup>3</sup>, meadows and pastures 1 700 mln m<sup>3</sup> and agricultural by-products of 1 540 mln m<sup>3</sup>.

The potential for biogas production in distinguishing between types of raw materials is shown in Figure 5.

Figure 5 shows that special crops and residues, and meadows and pastures and by-products from food processing have the highest production potential of agriculture biogas.

Every year this is produced on average about 10–12 mln Mg of mixed municipal waste, while a group of mixed waste with biodegradable fraction dominates (50%). In addition, a significant amount of green waste from gardens and parks (leaves, grass) and waste from markets also are deposited in landfills [9].

In Poland, in 2000 there were approximately 700 active landfills. Methane resources reasonably possible to obtain the same municipal waste landfills are estimated at 135–145 mln m<sup>3</sup> of biomethane per year, which is equivalent to 5 235 TJ.

Energy Regulatory Office data (31.03.2011) suggests that there are 81 landfill biogas plants with total power 48,073 MW [5].

With produced in 2008 in Poland, biogas from landfills received 14.4 GWh of electricity and 142 TJ heat [7].

Poland has a total of more than 4,000 sewage treatment plants and industrial applications [10]. The technical potential for the use of biogas from wastewater treatment plants for energy purposes is very high. In 2003, there were 1759 industrial and municipal wastewater treatment plants in 1471 and this number is increasing [11]. In 2008 there were 3090 municipal sewage treatment plants [12]. At present only at 72 sewage treatment plants, there biogas plants. Standard of 1 m<sup>3</sup> of sediment (4–5% dry weight) can be obtained from 10 to 20 m<sup>3</sup> of biogas containing 60% methane [11].

With produced in 2008 in Poland, biogas from sewage treatment plants received 94.9 GWh of electricity and 733 TJ [7].

## 5. Conclusions

Due to the growing interest in biogas production, marketing rights led to the prospective manufacturers offer a wide range of technical and technological solutions, which should not be applied without consideration of resource potential, climatic conditions and agricultural practices, logistics supply of raw materials and energy collection, etc. The above-mentioned lack of knowledge could cause low efficiency of biogas production processes, while high-investment at the same time. This may lead to the closure of unprofitable plant.

Biogas is used as an energy carrier, primarily for electricity generation and as to generate heat. Process heat is usually used to supply installation and maintenance facilities.

co odpowiada 5 235 TJ energii. Potencjał ten jest obecnie wykorzystywany tylko w nieznacznym stopniu.

Z danych Urzędu Regulacji Energetyki na dzień 31 marca 2011 r. wynika, iż obecnie istnieje 81 instalacji służących do wytwarzania biogazu pochodzącego z wysypisk odpadów o łącznej mocy 48,073 MW [5]. Instalacje te są wybudowane na terenie wysypisk.

Z wytworzonego w 2008 roku w Polsce biogazu pochodzącego z wysypisk odpadów otrzymano 14,4 GWh energii elektrycznej i 142 TJ ciepła [7].

W Polsce funkcjonuje ponad 4 tysiące oczyszczalni ścieków komunalnych i przemysłowych [10]. Potencjał techniczny dla wykorzystania biogazu z oczyszczalni ścieków do celów energetycznych jest więc bardzo wysoki. W Polsce jest 1759 przemysłowych i 1471 komunalnych oczyszczalni ścieków i liczba ta wzrasta (dane za rok 2003) [11]. W chwili obecnej jedynie przy 72 oczyszczalniach ścieków istnieją biogazownie. Standardowo z 1 m<sup>3</sup> osadu (4–5% suchej masy) można uzyskać 10–20 m<sup>3</sup> biogazu o zawartości ok. 60% metanu [11].

Z wytworzonego w 2008 roku w Polsce biogazu pochodzącego z wysypisk odpadów otrzymano 94,9 GWh energii elektrycznej i 733 TJ [7].

## 5. Wnioski

Produkcja biogazu, z natury surowcowej jest produkcją charakteryzującą się dużym stopniem rozproszenia. Racjonalizacja procesu produkcji i zwiększanie rodzajów i ilości substratów wymaga jednak rozwiązania szeregu podstawowych problemów i jak podano na wstępie, rozwiązanie których przyczynić się może do znacznego zwiększenia poziomu produkcji i wykorzystania biogazu. Ze względu na rosnące zainteresowanie produkcją biogazu, prawa rynkowe doprowadziły do powstania i oferowania przyszłym producentom bardzo wielu rozwiązań technicznych i technologicznych, które nie powinny być aplikowane bez rozpoznania potencjału surowcowego, warunków klimatycznych i agrotechnicznych, logistyki zaopatrzenia w surowce, odbioru energii itp. Wspomniany wyżej niedostatek wiedzy powodować więc może małą efektywność procesów wytwarzania biogazu, przy jednocześnie wysokich nakładach inwestycyjnych. Prowadzić to może również do zamykania nierentownych instalacji.

Biogaz wykorzystywany jest jako nośnik energii, głównie do wytwarzania energii elektrycznej i jak gdyby przy okazji tego procesu, do generowania ciepła. Ciepło procesowe najczęściej jest wykorzystywane do zasilania instalacji i pomieszczeń obsługowych. W wielu składowiskach odpadów zauważono tylko częściowe wykorzystywanie energii biogazu do własnych potrzeb przy jednoczesnym, bezużytecznym spalaniu tego biogazu w pochodniach. Niezależnie od trudności natury technicznej wynikającej ze złożoności podłączenia do sieci elektroenergetycznych lokalnych źródeł energii wiadomo, że każdy proces przetwarzania energii jest procesem stratnym, także poprzez sumujący się na każdym etapie przetwarzania, składnik entropowy. Zasilanie biogazem silnika spalinowego, napędzającego generator, przepływ prądu i ponowne zasilanie

In many landfills noted only partial use of biogas energy for their energy needs while useless burning of the biogas flares. Regardless of the technical difficulties arising from the complexity of connecting to the electricity networks of local energy sources, we know that every energy conversion process is a lossy process, also by summing at each stage of processing, entropy component. Supplying biogas combustion engine driving a generator, current flow and re-power the electric motor, or another receiver makes a much higher losses than the direct engine supply by biogas as fuel. Regardless, the connection the source of biogas purified to the purity of natural gas, so biomethane, to the gas network does not pose any technical problems. Hence, the use of biomethane as a direct energy source is much better and should be preferred and also promoted.

Another so, beyond the use of biogas to produce electricity and heat can be and should be the following applications:

- as a fuel for combustion engines with internal circuit, traction,
- as a fuel for combustion engines with Stirling external circuit,
- to supply gas microturbines,
- for application in fuel cells,
- as fuel in poly-generation systems,
- as a carrier of energy in industrial and municipal gas network.

tym prądem silnika elektrycznego lub innego odbiornika wnosi znacznie wyższe straty, niż zasilanie bezpośrednie silników biogazem jako paliwem. Niezależnie od tego, przyłączenie źródła biogazu doprowadzonego do czystości gazu ziemnego, czyli biometanu, do sieci gazowej nie stwarza żadnych problemów natury technicznej. Stąd też wykorzystywanie biometanu jako bezpośredniego nośnika energii jest znacznie korzystniejsze i powinno być preferowane, jak i też promowane.

Innymi więc, poza wykorzystywaniem biogazu do wytwarzania energii elektrycznej i ciepła mogą być i powinny następujące aplikacje:

- jako paliwo do silników spalinowych z obiegiem wewnętrznym, trakcyjnych,
- jako paliwo do silników spalinowych o obiegu zewnętrznym Stirlinga,
- do zasilania mikroturbin gazowych,
- do aplikacji w ogniach paliwowych,
- jako paliwo w układach poligeneracyjnych,
- jako nośnik energii w zastosowaniach przemysłowych i komunalnych poprzez sieć gazową.

## Bibliography/Literatura

- [1] Jyväskylä Innovation, National Report on current status of biogas production – Finland, Co-financed by Intelligent Energy Europe programme within implementation of „GasHighWay“ project (IEE/08/545/SI2.528537).
- [2] Lampinen A.: Biogas development in Finland, Baltic States Seminar on Bioenergy, Laulasmaa, Estonia, June 28th, 2007.
- [3] Yohannes M.T.: Biogas potential from cow manure – Influence of diet, Uppsala BioCenter, Swedish University of Agricultural Sciences, Master thesis 2010:3.
- [4] Mathiasson A.: The Swedish Gas Association, Vehicle gas utilization in Sweden – today and tomorrow.
- [5] Mapa Odnawialnych Źródeł Energii, opracowana przez Urząd Regulacji Energetyki, dane aktualne na dzień 31 marca 2011 r.: <http://www.ure.gov.pl/uremapoze/mapa.html>.
- [6] Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Założenia Programu rozwoju biogazowni rolniczych, stanowiące propozycję Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi przekazaną Ministrowi Gospodarki do programu „Innowacyjna Energetyka, Rolnictwo Energetyczne”, Warszawa, maj 2009.
- [7] Informacja z Agencji Rynku Energii – Iwona Gogacz, wiadomość elektroniczna z dnia 15 stycznia 2010.
- [8] Żmuda K.: Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Energetyka odnawialna w polityce Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Bydgoszcz, 24 czerwca 2009.
- [9] Pozyskiwanie biogazu z odpadów komunalnych, Redakcja agroenergetyka.pl: <http://agroenergetyka.pl/?a=article&id=149>;
- [10] Produkcja biogazu w oczyszczalni ścieków, Redakcja agroenergetyka.pl: <http://agroenergetyka.pl/?a=article&id=529>.
- [11] EC BREC, 2003. Odnawialne źródła energii jako element rozwoju lokalnego.
- [12] Ochrona Środowiska 2009, Główny Urząd Statystyczny, Informacje i Opracowania Statystyczne, Warszawa.
- [13] Biernat K., Dziołak P., Gis W., Żółtowski A.: Biogas in Poland – actual condition and perspective of development. 4. Rostocker Bioenergieforum – Zukunftstechnologien für Bioenergie”, Zeszyty Naukowe: Institut für Umweltingenieurwesen, Band 27, Rostock, 2010.
- [14] Uusi-Penttilä P.: Biogas in Finland – production and utilization, Nordic Bioenergy Conference “Bioenergy 2005”, Trondheim, Norway, 25-27 October 2005.
- [15] European Biomass Association AEBIOM, A Biogas Road Map for Europe.

*Dr inż. Krzysztof Biernat – Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego*

*Dr inż. Wojciech Gis – Instytut Transportu Samochodowego, Warszawa.*

*Mgr Paulina Luiza Dziołak – Instytut Transportu Samochodowego, Warszawa.*

*Dr inż. Andrzej Żółtowski – Instytut Transportu Samochodowego, Warszawa.*