

Review of technology for cleaning biogas to natural gas quality

The article presents review of available biogas upgrading technologies to natural gas quality, as well as Polish achievements in this field. Article also took into account the national requirements relating to quality of biogas delivered to the natural gas network, as well as quality requirements for biogas in other European countries on the example of Germany. The paper discusses two new and perspective methods of upgrading biogas.

Key words: biogas, biomethane, upgrading, removal of water, adsorption, absorption, scrubbers, membrane, standards

Przegląd wybranych technologii oczyszczania biogazu do jakości gazu ziemnego

W artykule przedstawiono przegląd dostępnych technologii oczyszczania biogazu do jakości gazu ziemnego oraz polskich osiągnięć w tej dziedzinie. Opisano również krajowe wymogi dotyczące jakości biogazu wprowadzanego do sieci gazu ziemnego, a także wymagania jakościowe dla biogazu w innych krajach europejskich na przykładzie Niemiec. Omówiono dwie nowe perspektywiczne metody oczyszczania biogazu.

Słowa kluczowe: biogaz, biometan, oczyszczanie, osuszanie, adsorpcja, absorpcja, membrany, płuczki, normy

1. Introduction

Biogas formed in the methane fermentation process contains about 50 – 60% of methane. Other ingredients such as carbon dioxide, hydrogen sulfide, water, water vapor and small amounts of nitrogen and oxygen are the ballast lowers heating value of biogas. The calorific value of raw biogas is much lower than natural gas or compressed natural gas used as motor fuel CNG.

Biogas most of fen is used for processing into electricity and/or heat. Purification of biogas for these applications is reduced mainly to remove hydrogen sulfide and water, which negatively affecting the functioning and viability of power equipment, causing them to corrode.

Due to the efficiency of energy conversion processes, preferred are processes involving the purification of biogas to natural gas quality and use it directly as an energy source – the fuel for combustion engines. Due to the expanded distribution gas grid in Poland, it becomes possible to transport the purified biogas and biomethane to be more localized service stations or to the industry. Currently in Poland we have 31 compressed natural gas station, and there are technical possibility to build many more of these stations, depending on the potential market of customers. Processes use of biomethane as a direct energy source in combustion engines and industrial processes is becoming increasingly important.

2. Technical standards for biogas injected to the natural gas grid

Biogas injected into the gas grid must fulfill the relevant quality requirements. Adaptation of biogas takes place through the installation procedure for standardizing treatment. The quality parameters that must be fulfill by natural gas in Poland have been defined in two standards:

1. Wprowadzenie

Biogaz powstający w procesie fermentacji metanowej zawiera średnio 50 – 60 % metanu. Pozostałe składniki, takie jak ditlenek węgla, siarkowodór, woda w postaci pary wodnej, oraz niewielkie ilości azotu i tlenu stanowią balast obniżający wartość opałową biogazu. Wartość opałowa biogazu surowego jest znacznie niższa, niż gazu ziemnego, czy też sprężonego gazu ziemnego stosowanego jako paliwo silnikowe CNG.

Biogaz najczęściej wykorzystywany jest do przetwarzania na energię elektryczną i/lub ciepło. Oczyszczanie biogazu dla tego typu zastosowań sprowadza się głównie do usunięcia siarkowodoru oraz wody, negatywnie wpływających na funkcjonowanie i żywotność urządzeń energetycznych, powodując ich korozję.

Ze względu na efektywność procesów przetwarzania energii, korzystniejsze są procesy polegające na oczyszczaniu biogazu do jakości gazu ziemnego i wykorzystywanie go bezpośrednio jako nośnika energii – paliwa do silników spalinowych. Ze względu na rozbudowaną w Polsce sieć gazu ziemnego, możliwym wówczas się staje transportowanie oczyszczonego biogazu, a dokładniej biometanu do odpowiednio zlokalizowanych stacji tankowania lub też do zakładów przemysłowych. Aktualnie w Polsce znajduje się 31 stacji tankowania sprężonego gazu ziemnego, a jednocześnie istnieją możliwości techniczne budowy znacznie większej liczby tych stacji, w zależności od potencjalnego rynku odbiorców. Procesy wykorzystywania biometanu jako bezpośredniego nośnika energii w silnikach spalinowych i procesach technologicznych nabierają coraz to większego znaczenia.

2. Standardy techniczne dla biogazu wtlaczanego do sieci gazowej

Biogaz wtlaczany do sieci gazowej musi spełnić odpowiednie wymagania jakościowe. Dostosowanie biogazu ma

- PN-C-04752:2002 – Natural Gas. Gas quality in transmission grid,
- PN-C-04753:2002 – Natural Gas. The quality of gas delivered to customers from the distribution network.

Currently there are no unified, European technical standards, which regulate the conditions for injections biogas into the gas grid. The European Commission is currently working on developing standards determining the quality parameters for biomethane. Similar regulations are already in other European Union countries. Thus, in Germany the quality parameters for the biogas (biomethane) are based on those defined for natural gas (Table 1). The legislator allows for injection into gas grid two types of biogas: Type "H" (High), a gas having a high calorific value and type "L" (Low) – having a low heating value.

miejsce na drodze procedury uzdatniania w instalacji standaryzującej. Parametry jakościowe, jakie musi spełniać gaz ziemny w Polsce zostały określone w dwóch normach:

- PN-C-04752:2002 – Gaz ziemny. Jakość gazu w sieci przesyłowej,
- PN-C-04753:2002 – Gaz ziemny. Jakość gazu dostarczonego odbiorcom z sieci rozdzielczej.

Obecnie nie ma ujednoczonych, europejskich standardów technicznych, które regulowałyby warunki wprowadzania biogazu do sieci gazowej. W Komisji Europejskiej trwają obecnie prace nad opracowaniem normy określającej parametry jakościowe dla biometanu. W niektórych krajach członkowskich funkcjonują jednak już takie normy. I tak w Niemczech parametry jakościowe dla biogazu (biometanu) opierają się na wymaganiach określonych dla gazu

Table 1. German quality requirements for biogas injected to the gas grid
Tabela 1. Niemieckie wymagania jakościowe dla biogazu wtlaczanego do sieci gazowej

Parameter/parametr	Unit/jednostka	Value/wartość
Wobbe index/liczba Wobbego	MJ/nm ³	46.1–56.5 dla gazu ¹) H 37.8–46.8 dla gazu ²) L
Relative density/względna gęstość	–	0.55–0.75
Dust/pył	–	Technically free
Water dew point/punkt rosy	°C	< t ³
CO ₂	Vol-%	< 6
O ₂	Vol-%	< 3 (in dry distribution grids)/(w suchej sieci dystrybucyjnej)
S	mg/nm ³	< 30

¹ concern > 97.5% methane/odnosi się do > 97,5% metanu

² concern > 87–98.5% methane/odnosi się do 87–98,5% metanu

³ t – earth temperature/temperatura ziemi

3. Pressure Swing Adsorption – PSA

Pressure swing adsorption is one of the most frequent techniques of biomethane production. In this technology, carbon dioxide is removed from the biogas by adsorption onto activated carbon surface or on a zeolite molecular sieve at increased pressure. On activated carbon can also occur for the adsorption of hydrogen sulfide and water vapor, which could result deactivation of the bed, however, it is advisable to pre-treatment of the biogas from these compounds before giving it to the adsorption column. In order to maintain continuity of the process, the upgrading plant is usually equipped with four, six or nine columns working in parallel.

Adsorbent material, after exploited its adsorption capacity, can be regenerated and using another again. Regeneration is conducted by heating the adsorbent, or by passing it through a stream of inert gas. However, the most frequently used method is heating gas to the boiling point of the adsorbent. In case when there is a probability of decomposition of substance, this method may also be accompanied by lowering the pressure in the system. During the regeneration pressure is reduced gradually. The gas that is desorbed can be returned to the tank, where is the raw biogas, because it contains yet certain recoverable quantities of methane, which was adsorbed together with carbon dioxide. Gas for

ziemnego (tab. 1). Ustawodawca pozwala na wtlaczanie do sieci dwóch rodzajów biogazu: typu „H” (High), czyli gazu posiadającego wysoką wartość opałową i typu „L” (Low) – posiadającego niską wartość opałową.

3. Adsorpcja zmiennociśnieniowa – PSA (*Pressure Swing Adsorption*)

Adsorpcja zmiennociśnieniowa jest jedną z najbardziej rozpowszechnionych technik produkcji biometanu. W tej technologii ditlenek węgla jest usuwany z biogazu poprzez adsorpcję na powierzchni węgla aktywnego, bądź na sitach molekularnych z zeolitu pod zwiększonym ciśnieniem. Na węglu aktywnym może również dochodzić do adsorpcji siarkowodoru i pary wodnej, co mogłoby jednak skutkować dezaktywacją złoża, dlatego też zaleca się wstępne oczyszczenie biogazu z tych związków przed podaniem go do kolumny adsorpcyjnej. W celu zachowania ciągłości procesu, instalacja uzdatniania wyposażona jest zazwyczaj w cztery, sześć lub dziewięć kolumn pracujących równolegle.

Materiał adsorpcyjny, po wykorzystaniu jego pojemności adsorpcyjnej, może podlegać regeneracji i być ponownie wykorzystany. Regeneracja prowadzona jest poprzez ogrzewanie adsorbentu lub przez przepuszczanie go przez strumień gazu obojętnego. Najczęściej jednak stosowaną

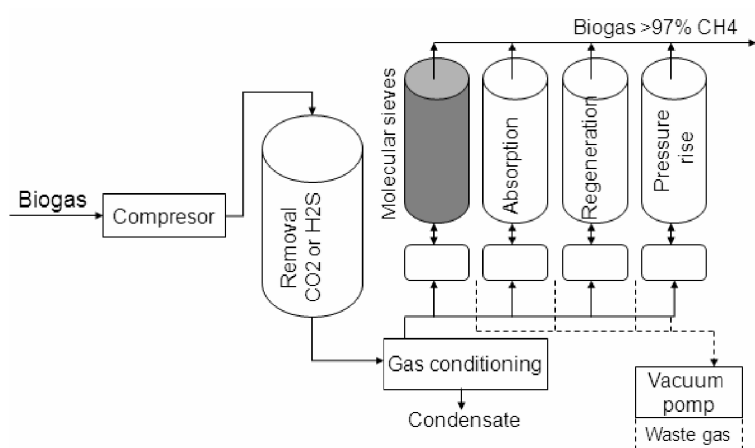


Fig. 1. Schematic operation of the PSA system

Rys. 1. Schemat funkcjonowania instalacji PSA

the desorption process, if it no longer contains methane, is released to the atmosphere.

In case of desorption with using of inert gas impurities pass from the adsorbent to gas and then they are burn. Schematic operation of the PSA system is shown in Fig. 1.

4. Water scrubbers

Carbon dioxide as already mentioned, has a higher solubility in water than methane. This gas will be dissolved to a higher extent than methane, especially at lower temperatures. In the scrubber column carbon dioxide is dissolved in water, while methane concentration in the gas phase increases. Gas leaving the scrubber has a much higher concentration of methane. The water leaving the absorption column goes to the storage tank. The gas, which contains certain recoverable amount of methane is recycled back to the inlet of the raw gas. If the water should be recycled it is transferred to a desorption column filled with plastic material. Water is cooled to a temperature in which will be possible to achieve a significant difference between the solubility of carbon dioxide and methane before it is recycled and returned to the absorption column.

Water scrubber is a technique which is the most popular for upgrading biogas, and installations using this method are widely available on the market. Therefore, there is also many suppliers of this technology and the necessary equipment. For example, the company "Biorega AB" developed a water scrubber, which is designed for small installations with a small flow of raw gas. In the system proposed by Biorega, carbon dioxide is desorbed using a vacuum pump connected to the desorption column. In 2004, established a pilot plant with a capacity 12 Nm³/h of raw biogas. The second demonstration plant with a capacity of 15 to 18 Nm³/h is currently under construction.

5. Organic scrubbers

Organic scrubbers work in a similar manner as the water scrubber with the difference that carbon dioxide is absorbed in an organic solvent such as polyethylene glycol which have greater than the water solubility of CO₂. A solution

metodą jest ogrzewanie do temperatury wrzenia adsorbenta. W przypadku, gdy istnieje prawdopodobieństwo rozkładu substancji, metodzie tej może towarzyszyć również obniżanie ciśnienia w układzie. Podczas regeneracji ciśnienie jest obniżane stopniowo. Gaz, który jest zdesorbowany może zostać zawrócony ponownie do zbiornika, w którym znajduje się surowy biogaz, ponieważ zawiera jeszcze pewne, możliwe do odzyskania, ilości metanu, który został zaadsorbowany wraz z ditlenkiem węgla. Gaz po procesie desorpcji, jeżeli nie zawiera już metanu, jest uwalniany do atmosfery.

W przypadku desorpcji z wykorzystaniem gazu obojętnego zanieczyszczenia przechodzą z adsorbentu do gazu i są następnie spalane.

Schemat funkcjonowania instalacji PSA przedstawiono na rys 1.

4. Wykorzystanie płuczek wodnych

Dwutlenek węgla jak już wspomniano ma większą rozpuszczalność w wodzie niż metan. Gaz ten rozpuszcza się będzie zatem w większym stopniu niż metan, szczególnie w niższych temperaturach. W kolumnie płuczki ditlenek węgla jest rozpuszczany w wodzie, stężenie metanu zaś w fazie gazowej wzrasta. Gaz opuszczający płuczkę posiada znacznie wyższe stężenie metanu. Woda opuszczająca kolumnę absorpcyjną trafia do zbiornika magazynującego. Gaz, który zawiera jeszcze pewne, możliwe do odzyskania, ilości metanu jest zawracany ponownie do wlotu gazu surowego. Jeśli woda ma być poddana procesowi recyklingu, to jest ona przenoszona do kolumny desorpcyjnej wypełnionej uszczelnieniem wykonanym z tworzywa sztucznego. Woda schładzana jest do temperatury, w której możliwe będzie osiągnięcie znacznej różnicy rozpuszczalności pomiędzy ditlenkiem węgla, a metanem zanim zostanie ona poddana procesowi recyklingu i zwrócona do kolumny absorpcyjnej.

Płuczka wodna jest najczęściej stosowaną techniką oczyszczania biogazu, zaś instalacje wykorzystujące tą metodę są powszechnie dostępne na rynku. W związku z tym istnieje również wielu dostawców tej technologii i niezbędnego wyposażenia. I tak np. firma „Biorega AB” opracowała płuczkę wodną, która jest przeznaczona dla małych instalacji z niewielkim przepływem gazu surowego. W systemie zaproponowanym przez Biorega, ditlenek węgla jest desorbowany za pośrednictwem pompy próżniowej podłączonej do kolumny desorpcyjnej.

5. Wykorzystanie płuczek organicznych

Płuczki organiczne działają na podobnej zasadzie, jak płuczki wodne z tym, że ditlenek węgla jest absorbowany w rozpuszczalniku organicznym takim, jak glikol polietylenowy o większej niż woda rozpuszczalności CO₂. Roztwór glikolu polietylenowego jest regenerowany poprzez ogrzewanie i/lub stopniowe zmniejszanie ciśnienia. Wraz z ditlenkiem węgla mogą zostać usunięte również takie substancje, jak siarkowódór, woda, tlen i azot. Jednakże zazwyczaj są one usuwane przed rozpoczęciem procesu oczyszczania.

of polyethylene glycol is regenerated by heating and/or a gradual reduction of pressure. Together with carbon dioxide can be removed also hydrogen sulfide, water, oxygen and nitrogen.

6. Chemical scrubber

Chemical scrubbers, in other words amine work on the principle of chemical reaction of carbon dioxide with monoethanolamine (MEA) and dimethylethanolamine (DMEA). Reaction is very selective, so that methane losses are insignificant ($< 0.1\%$). Some liquid is lost during the process due to evaporation and must be supplemented. The liquid in which carbon dioxide is chemically bound is regenerated by heating. If hydrogen sulfide is present in raw biogas, it will be absorbed in the solution contained in an amine scrubber, which means that you will need higher temperatures to regenerate this solution. Therefore, it is advisable to remove hydrogen sulfide before the absorption process in the scrubber amine. Examples of plants containing chemical scrubbers are located among others in Sweden (Goteborg), Germany (Jameln) or in Switzerland (Obermeilen).

Using a chemical scrubber is also possible to remove H_2S (Fig. 2). The process of chemical absorption of hydrogen sulfide using iron compounds is a process which has a high removal efficiency of H_2S , while low consumption of chemicals, inter alia thanks to the possibility of regeneration of the absorption factor.

7. Membrane techniques

Membrane techniques allow the separation of pollutants mainly carbon dioxide and hydrogen sulfide. These processes are still relatively new but growing up very rapidly. The advancement of research in the field of membrane technology and their results indicate the technical and economic justification for their use as one of the best methods for cleaning biogas from pollutants.

Membrane is a filter through which can pass without any obstacle, at least one of the components of the separated mixture, while others are stopped by it because of their size or affinity. It is associated with different permeability of the membrane. Transport through the membrane occurs thanks to an appropriate driving force, i.e. the chemical potential difference in both sites of the membrane. This potential may be caused, inter alia, by difference in pressure, concentration, temperature or electrical potential occurring on both sides of the membrane. It depends closely on the type of membrane (a porous or diffusion membrane). In membrane techniques transport of molecules is caused by chemical potential difference in both sites of membrane, and separation occurs due to the difference in the rate of transport of various substances, components and solutions or mixtures.

Dry membrane used for upgrading biogas is made of materials that are permeable to carbon dioxide, water and ammonia (Azan). Compounds such as hydrogen sulfide and oxygen

6. Wykorzystanie płuczek chemicznych

Płuczki chemiczne, inaczej aminowe działają na zasadzie reakcji chemicznej ditlenku węgla z monoetanolaminą (MEA) lub dimetyloetanolaminą (DMEA). Reakcja jest bardzo selektywna, dzięki czemu straty metanu są nieznaczne ($< 0,1\%$). Część cieczy jest tracona podczas przebiegu procesu w wyniku parowania i musi zostać uzupełniona. Ciecz, w której jest wiązany w sposób chemiczny ditlenek węgla jest regenerowana poprzez ogrzewanie. Jeśli w surowym gazie obecny jest siarkowodor, zostanie on zaabsorbowany w roztworze znajdującym się w płuczce aminowej, co powoduje, iż potrzebne będą wyższe temperatury do regeneracji roztworu. Wskazane zatem jest usunięcie siarkowodoru przed rozpoczęciem procesu absorpcji w płuczce aminowej. Przykładowe instalacje zawierające płuczki chemiczne znajdują się między innymi w Szwecji (Goteborg), Niemczech (Jameln) czy w Szwajcarii (Obermeilen).

Za pomocą płuczki chemicznej możliwe jest również usuwanie H_2S (rys. 2). Proces chemicznej absorpcji siarkowodoru przy użyciu związków żelaza jest procesem posiadającym wysoką efektywność usuwania H_2S , przy jednoczesnym niskim zużyciu środków chemicznych, między innymi dzięki możliwości regeneracji czynnika absorpcyjnego.

7. Techniki membranowe

Techniki membranowe pozwalają na separację zanieczyszczeń głównie ditlenku węgla oraz siarkowodoru. Są to procesy wciąż dosyć nowe, jednak rozwijające się bardzo

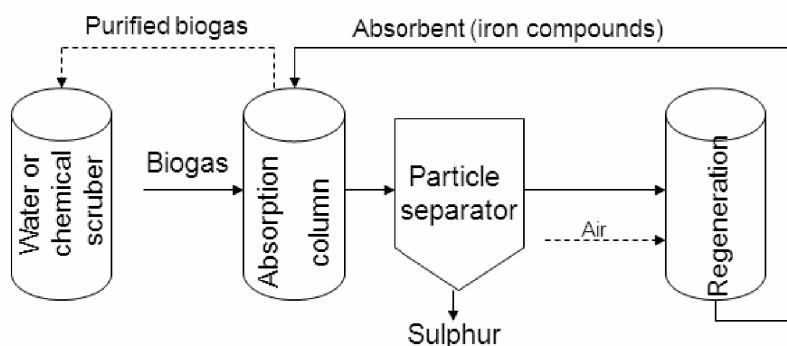


Fig. 2. Schematic of chemical absorption of hydrogen sulfide

Rys. 2. Schemat absorpcji chemicznej siarkowodoru

dynamicznie. Zaawansowanie prac badawczych w dziedzinie technologii membranowych oraz ich wyniki wskazują na techniczne oraz ekonomiczne uzasadnienie ich zastosowania jako jednej z najlepszych metod oczyszczania biogazu z zanieczyszczeń.

Membrana stanowi filtr, przez który może przechodzić bez przeszkód przynajmniej jeden ze składników rozdzielanej mieszaniny, podczas gdy inne są przez nią zatrzymywane ze względu na ich wielkość lub powinowactwo. Jest to związane z różną przepuszczalnością membrany. Transport przez membranę zachodzi dzięki zastosowaniu odpowiedniej siły napędowej, czyli różnicy potencjałów chemicznych po obu stronach membrany. Ten potencjał może być wywoła-

permeate through the membrane only in a certain extent, while the permeability of nitrogen and methane is slight. The purification process runs with membranes often occurs in two stages. Before the gas pass through the membrane it passes first through a filter that retains water and oil droplets and aerosols, which would otherwise negatively affect the membrane performance. Membrane separation is one of the main methods of treatment of landfill gas. The first plant was built in the late 1970s in the U.S., and then in the Netherlands.

8. Cryogenic separation

In addition to the continuous improvement of already existing biogas purification technology are developed also

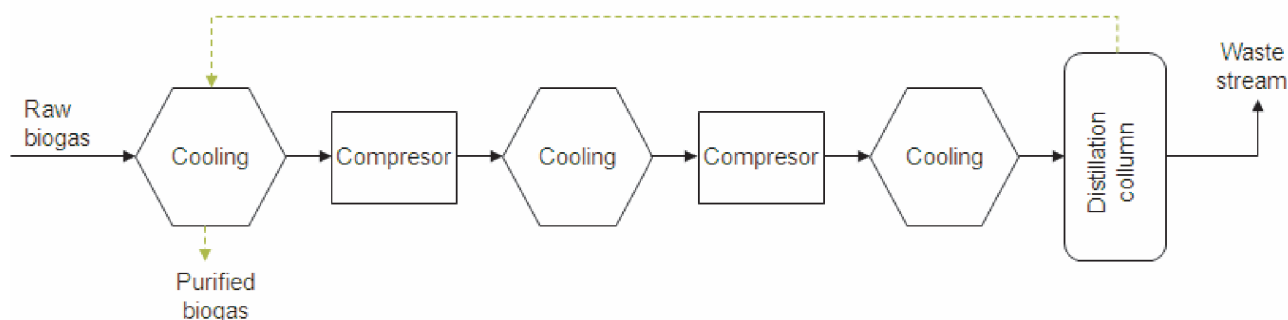


Fig. 3. Schematic of cryogenic separation process

Rys. 3. Schemat procesu separacji kriogenicznej

new technologies. One of them is a cryogenic purification of biogas. This process takes place under very low temperatures (about $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$) and high pressure (40 bar). The raw biogas is cooled down to a temperature at which the carbon dioxide is condensed or sublimation, and can be separated from the biogas in liquid or solid fraction, while the methane accumulates in the gas phase.

The principle of operation of cryogenic separation process is shown in Figure 3.

Cooling is usually takes place in several steps in order to removal of various undesirable substances contained in the biogas, inter alia, water vapor, siloxanes, and in order to optimize energy recovery. Raw biogas stream passes through the first heat exchanger that cools the gas to a temperature of $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$. The next stage of the process is passing cooled biogas by a series of compressors and heat exchangers, which additionally cool the gas and cause the compression it to about 40 bar before entering the gas to the distillation column. The last step of cryogenic separation process is the separation of CH_4 from the other impurities, mainly H_2S and CO_2 .

The main advantage of cryogenic separation is possible to obtain biogas with high methane content of up to 99%. The main disadvantage is that to the upgrading process is necessary to use many of technological equipment, especially compressors, turbines and heat exchangers. This significant demand for equipment makes cryogenic separation extremely expensive.

ny między innymi różnicą ciśnienia, stężenia, temperatury lub potencjału elektrycznego występującą po obu stronach membrany. Zależy również ściśle od rodzaju membrany (membrany porowate lub dyfuzyjne). W technikach membranowych transport cząsteczek zostaje więc wywołany różnicą potencjałów chemicznych po obu stronach membrany, a separacja zachodzi dzięki różnicy w szybkości transportu różnych substancji, składników roztworów lub mieszanin.

Membrana mokra służąca do oczyszczania biogazu jest zbudowana z materiałów, które przepuszczają tylko ditlenek węgla, wodę i amoniak (azan). Związki takie jak siarkowodor czy tlen przenikają przez membranę tylko w pewnym stop-

niu, natomiast przenikalność azotu i metanu jest nieznaczna. Proces oczyszczania przebiegający z udziałem membran często zachodzi dwuetapowo. Przed przeniknięciem gazu przez membranę, przechodzi on najpierw przez filtr, który zatrzymuje wodę, kropelki oleju i aerozoli, które wywierają negatywny wpływ na funkcjonowanie membrany i mogą spowodować jej uszkodzenie.

Separacja membranowa jest jedną z podstawowych metod oczyszczania gazu wysypiskowego. Pierwsze instalacje powstały pod koniec 1970 roku w USA, a następnie w Holandii.

8. Separacja kriogeniczna

Oprócz ciągłego doskonalenia funkcjonujących już technologii oczyszczania biogazu, opracowywane są również nowe technologie. Jedną z takich technologii jest kriogeniczne oczyszczanie biogazu.

Proces przebiega w warunkach bardzo niskich temperatur (do $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$) oraz wysokich ciśnień (ok. 40 bar). Surowy biogaz jest schładzany do temperatury, w której zawarty w nim ditlenek węgla ulega skropleniu lub sublimacji i może być wydzielony z biogazu w postaci cieczy lub ciała stałego, podczas gdy metan pozostaje nadal w fazie gazowej.

Zasada działania procesu kriogenicznej separacji została przedstawiona na rys. 3.

Chłodzenie przebiega zwykle kilkietapowo w celu dokładnego usunięcia różnych, niepożądanych substancji zawartych w biogazie, między innymi pary wodnej i siloksanów, oraz w celu optymalizacji odzysku energii. Strumień suro-

In the GPP system from Gastreatment Services B.V. company biogas is first compressed to 17–26 bar and then cooled to -25°C . In this step water, hydrogen sulphide, sulphur dioxide, halogens and siloxanes are removed from the gas. The gas is then passed through a coalescing filter, and the catalyst, which removes any remaining impurities.

Carbon dioxide is removed in two subsequent stages. In the first stage the gas is cooled to a temperature of $-50 \div -59^{\circ}\text{C}$. In these conditions, is removed approximately 30–40% carbon dioxide. During the second stage the remaining amount of carbon dioxide is removed in solid form. Because gas at this stage is solid for the proper conduct of the process is needs a additional column, which is used during unfreezing and removing carbon dioxide from the first column.

Gastreatment Services B.V. company is developing the GPP plus system which in addition to upgrading biogas will produce liquid methane as an end-product. This system is in the research phase and a pilot plant has been in operations in the Netherlands since the beginning of 2009. By decreasing the temperature enough to produce liquid methane, it is also possible to separate nitrogen, which is an advantage when upgrading landfill gas.

9. Conclusions

Biogas is currently used as an energy carrier, primarily for electricity generation, and on the occasion of this process to generate heat. Process heat is usually used to supply installation and maintenance facilities. In many landfills only partial of biogas is use as a energy sources; rest is burning in flares. Regardless of technical difficulties resulting from the complexity of connecting local energy sources to the electricity networks, we know that every process of energy conversion is a process which cause losses, also by summing up for each stage of processing, entropy component.

Combustion engine supplied by biogas power and driving a generator, electric current flow and re-power the electric motor by the current, or another receiver contents much higher losses than the direct supplying of engines by the biogas purified into biomethane as a fuel. Regardless of the source connection of biogas supplied to the purity of natural gas, or biomethane, the gas network doesn't pose any technical problems. Hence, the use of biomethane as a direct energy source is much better and should be preferred as it promoted.

Biomethane as a second-generation biofuel is taken into account in the current strategy for the future development of biofuels. Therefore, scientific research to develop the most effective technology for cleaning biogas to the quality of natural gas are leading. Poland in 2008 at the WIREC 2008 conference in Washington indicated its intention of building up to 2020 about 2,500 biogas plants. Therefore, regarding to the establishment of the European Research Strategy on biofuels, and the Biofuels Road Map for Transport, it is necessary to work on the development of optimal technology for cleaning biogas to biomethane and implement these technologies in construction plant or planned to build.

wego biogazu przechodzi przez pierwszy wymiennik ciepła, który chłodzi gaz do temperatury -70°C . Kolejnym etapem procesu jest przepuszczenia schłodzonego już biogazu przez ciąg sprężarek i wymienników ciepła, które dodatkowo chłodzą gaz oraz powodują jego sprężenie do ok. 40 barów przed wejściem gazu do kolumny destylacyjnej. Ostatnim etapem procesu separacji kriogenicznej jest oddzielenie CH_4 od innych zanieczyszczeń, głównie H_2S i CO_2 .

Główną zaletą kriogenicznej separacji, jest możliwość uzyskania biogazu o dużej zawartości metanu wynoszącej nawet 99%. Główną wadą natomiast jest to, że przeprowadzenia procesu oczyszczania niezbędne jest użycie wielu urządzeń technologicznych, głównie sprężarek, turbin i wymienników ciepła. Tak znaczne zapotrzebowanie na sprzęt czyni separację kriogeniczną niezwykle kosztowną.

9. Wnioski

Biogaz aktualnie jest 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 stwierdza się tylko częściowe wykorzystywania energii biogazu do własnych potrzeb przy jednoczesnym, beżużytecznym 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 tym prądem silnika elektrycznego lub innego odbiornika wnosi znacznie wyższe straty, niż zasilanie bezpośrednie silników oczyszczonym do biometanu 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.

Biometan jako biopaliwo II generacji jest uwzględniany w aktualnej strategii rozwoju biopaliw przyszłościowych. Stąd też prowadzone są prace badawcze zmierzające do opracowania najbardziej skutecznych technologii oczyszczania biogazu do jakości odpowiadającej jakości gazu ziemnego. Polska już w 2008 roku na konferencji WIREC 2008 w Waszyngtonie zgłosiła zamiar wybudowania do 2020 roku około 2500 biogazowni rolniczych. Stąd też, uwzględniając założenia Europejskiej Strategii Badawczej w Zakresie Biopaliw oraz Mapy Drogowej Biopaliw dla Transportu, koniecznym wydaje się podjęcie prac nad opracowaniem optymalnych technologii oczyszczania biogazu do biometanu i wdrażanie tych technologii w budowanych lub planowanych do budowy biogazowni.

Bibliography/Literatura

- [1] Ceynowa J.: Membrany selektywne i procesy membranowe. Wykłady Monograficzne i Specjalistyczne – Membrany Teoria i Praktyka, zeszyt I, Wydział Chemii, Uniwersytet M. Kopernika, Toruń 2003.
- [2] Petersson A., Wellinger A., Joonson O.: Biogas upgrading to vehicle fuels standard and grid injection. IEA Bioenergy, Szwecja, 2006.
- [3] Petersson A., Wellinger A.: Biogas upgrading technologies – developments and innovations. IEA Bioenergy, Szwecja, 2009.
- [4] Biernat K.: Współczesne uwarunkowania i technologie wytwarzania biogazu. Miesięcznik Naukowo-Techniczny „Chemik, Nauka, Technika, Rynek” nr 7–8, lipiec/sierpień 2008 str. 349–355.
- [5] Biernat K., Dziolak 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.
- [6] Biernat K.: Rozwój technologii wytwarzania biopaliw. „Czysta Energia” nr 11, listopad 2010 (s. 33–36).
- [7] Biernat K.: Nowe technologie z wykorzystaniem biomasy do produkcji biogazu. Konferencja energetyczna, Sejm RP, Warszawa 14.05.2008 r.
- [8] Biernat K.: Innowacyjne źródła gazu w rolnictwie energetycznym. Konferencja „Gaz dla Polski”, 10 marca 2009, Warszawa.
- [9] Biernat K.: Bilans energetyczny biogazu w Polsce – metody wykorzystania nagromadzonej w surowcach energii, sporządzenie bilansu energetycznego, planowanie inwestycji pod kątem odbiorców energii, efektywne wykorzystanie zgromadzonego potencjału. Konferencja: „Projektowanie i finansowanie biogazowni na bazie polskiego rolnictwa i przetwórstwa rolno-spożywczego”, Warszawa, 22 czerwca 2009.
- [10] Samson-Bręk, Biernat K.: Możliwości wykorzystania biogazu rolniczego do produkcji paliwa silnikowego. Studia Ecologiae et Bioethicae” nr 7/2009, Wyd. UKSW, Warszawa.
- [11] <http://www.gasforeningen.se>
- [12] <http://www.biogas.org.nz>
- [13] <http://methane-digester.net>

Dr inż. Krzysztof Biernat – Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego

Mgr Izabela Samson-Bręk – Przemysłowy Instytut Motoryzacji, Warszawa.

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