



Біогазові установки у польській екологічній політиці органів місцевого самоврядування

Якуб Голось
poczta@wssm.pl

*Вища школа міжнародних відносин і суспільної комунікації у Хелмі
ul. Wojslawicka, 8A, 22–100 Chelm*

У статті розглядається загальне використання відновлюваних джерел енергії серед європейських лідерів і місце Польщі серед них. Також показано потенціал у використанні так званої «зеленої енергії» і її позитивний вплив на місцеву та глобальну екосистему. Стверджується, як важливо відмовитися від використання викопних джерел енергії, що створюють негативну екосистему при видобутку і їх використанні. На думку автора, виробництво і використання біогазу палива є серйозною альтернативою. Виробництво біогазу не тільки пов'язане з виробництвом енергії, але воно також покращує ситуацію управління матеріальними потоками зелених відходів, відходи сільського господарства і очистних споруд, які широким чином недооцінені. Використання цих відходів у виробництві біогазу дозволяє не тільки нейтралізацію їх впливу на навколишнє середовище, але також створює великі можливості у сфері виробництва електроенергії та теплової енергії.

У статті наведено численні таблиці і графіки, які показують великий потенціал у сфері виробництва і використання біогазу в якості альтернативного палива в Польщі та інших країнах з аналогічними ресурсним потенціалом енергії. Також мета цієї статті полягає в тому, щоб спростувати теорію про те, що процес бродіння метану в сільськогосподарських біогазових установках виробляє запах, який насправді пов'язано з використанням застарілої технології. Висновки чітко вказують на зручність і простоту використання цього виду інвестицій і одночасно підсилюють переконання, що належна екологічна політика держави і місцевих органів влади задля екологічної регуляції дає шанс на чисте довкілля і потенціалу економічного зростання.

Ключові слова: політика, екологія, екосистема, альтернативні джерела енергії, нейтралізація біогазових установок.

Биогазовые установки в польской экологической политике органов местного самоуправления

Якуб Голос
poczta@wssm.pl

*Высшая школа международных отношений и общественной коммуникации в Хелме
ul. Wojslawicka, 8A, 22–100 Chelm*

В статье рассматривается использование возобновляемых источников энергии среди европейских лидеров и место Польши среди этих стран. Также показано потенциал использования так называемой «зеленой энергии» и ее положительное влияние на местную и глобальную экосистему. Обосновано, как важно отказаться от использования ископаемых источников энергии; важно избежать негативной экосистемы при добыче ископаемых и их использования. По мнению автора, производство и использование биогаза топлива является альтернативой. Производство биогаза не только связанное с производством энергии, но оно также улучшает ситуацию управления материальными потоками «зеленых» отходов. Отходы сельского хозяйства и очистных сооружений остаются широко недооцененным. Использование этих отходов в производстве биогаза позволяет не только нейтрализацию их воздействия на окружающую среду, а также создает больше возможности в области производства электроэнергии и тепла.

Представлены многочисленные таблицы и графики, которые показывают большой потенциал в области производства и использования биогаза в качестве альтернативного топлива в Польше и других странах с аналогичными ресурсным по-

Citation:

Goloś, Jakub (2016). Biogazownie w polskiej polityce ekologicznej jednostek samorządu terytorialnego. *Scientific Messenger LNUVMBT named after S.Z. Gzhytskyj*, 18, 2(69), 22–32.

тенциалом энергии. Другая цель этой статьи состоит в том, чтобы развенчать теорию о том, что процесс брожения метана в сельскохозяйственных биогазовых установках производит запах, который на самом деле связан с использованием устаревшей технологии. Выводы указывают на удобство и простоту использования этого вида инвестиций и одновременно усиливают убеждение, что надлежащая экологическая политика государства и местных органов власти дает шанс на чистую окружающую среду и потенциал экономического роста.

Ключевые слова: политика, экология, экосистема, альтернативные источники энергии, нейтрализация биогазовых установок.

Biogazownie w polskiej polityce ekologicznej jednostek samorządu terytorialnego

Jakub Gołoś
poczta@wssm.pl

Wyższa Szkoła Stosunków Międzynarodowych i Komunikacji Społecznej w Chełmie
ul. Wojsławicka, 8A, 22-100 Chełm

The present article examines the overall use of renewable energy among the European leaders and Poland's place in such statistics. It also shows the potential in use of the so-called: "green energy" and its positive influence on the local and global ecosystem. The article shows how important it is to abandon the use of fossil energy sources are creating a negative ecosystem during the extraction and their use. According to the author, the production and use of biogas fuel is an alternative. The production of biogas is not only related to energy production, but it also improves the situation of materials management of green waste, waste from agriculture and plants treatment waste which are widely underrated. The use of these wastes in biogas production allows not only the neutralization of their impact on the environment but it also creates great opportunities in the heat and electricity production.

Further, the article features numerous tables and graphs that show the great potential in the production and utilization of biogas as an alternative fuel in Poland and other countries with similar resource-energy potential. Another goal of this article is to debunk the theory that the process of methane fermentation in agricultural biogas plants produces odour which in fact is due to using outdated technology. The conclusions clearly indicate the usability of this type of investment and simultaneously reinforce the belief that the proper environmental policy of the state and local governments –understood as an eco-friendly regulation– gives a chance for a clean environment and economic growth potential.

Key words: politics, ecology, ecosystem, alternative energy sources, neutralization, biogas plants.

Wstęp

Wzrost gospodarczy spowodowany poprawą jakości życia zindustrialonego wymaga większego a jednocześnie oszczędniejszego zapotrzebowania na energię oraz zapewnić bezpiecznej jej dostawy. Wraz ze wzrostem zapotrzebowania zwiększa się oddziaływań tego sektora na środowisko naturalne a w konsekwencji na globalny klimat. Wykorzystywanie tradycyjnych paliw kopalnych na cele energetyczne sprzyja powstawaniu ładunku zanieczyszczeń uwalnianych do atmosfery, w szczególności tlenków węgla, siarki, azotu oraz pyłu zawieszoności. W związku z tym największym wyzwaniem ekonomiczno-ekologicznym w obszarze energetycznym jest dla całego współczesnego świata, minimalizacja negatywnych skutków dla środowiska naturalnego. U progu XXI wieku główny cel stojący przed ludzkością to poprawa kondycji środowiska po przez zredukowanie, a nawet rezygnacja z wykorzystywania paliw kopalnych jako głównego surowca energetycznego. Alternatywą są odnawialne źródła energii i one są priorytetem dla nauki, gospodarki i całej ludzkości. O tym fakcie przekonani są perspektywicznie myślący decydenci oraz wykształcone społeczeństwo, ale dla wielu polityków alternatywna energetyka to „paliwo” do walki politycznej. Czym jest zatem energia odnawialna i w czym tak naprawdę jest problem?

Energia odnawialna najczęściej określana jako odnawialne źródło energii (w skrócie definiowana jako

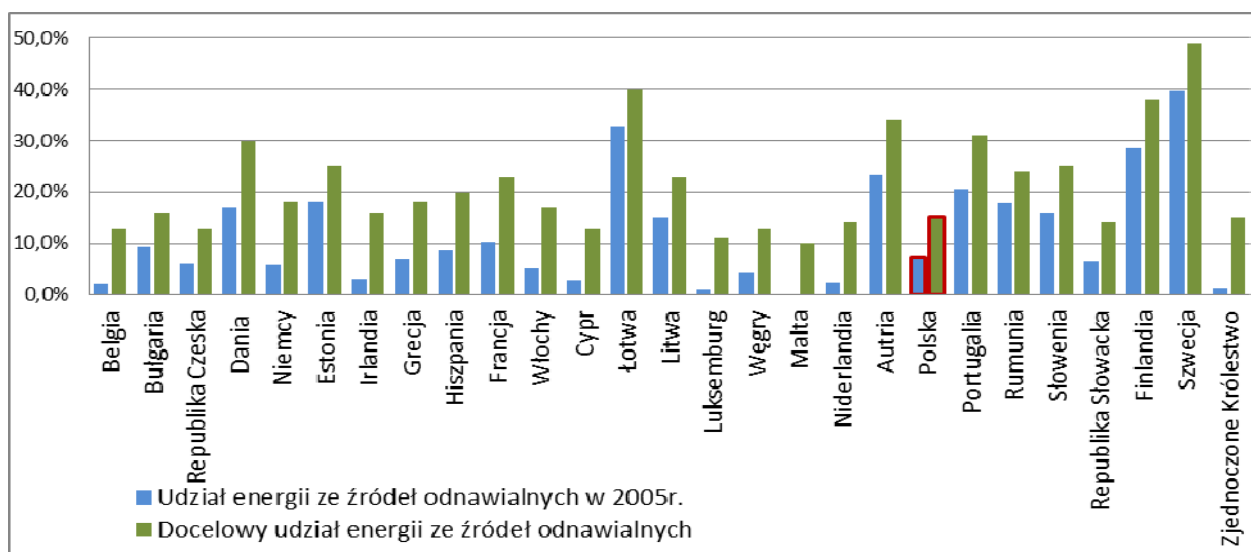
OZE) jest pozyskiwana z naturalnych, niewyczerpywanych źródeł w procesach przetwarzania energii wiatru, promieniowania słonecznego, ciepła ziemi (energia geotermalna), prądów i pływów morskich, spadku rzek oraz energii pozyskiwanej z biomasy i gazu wysypiskowego, a także z biogazu powstałego w procesach odprowadzania lub rozkładu składowanych części roślinnych i zwierzęcych [1]. To zasadniczy komponent odnawialnych źródeł energii. W przeciwieństwie do paliw konwencjonalnych, tj. węgiel, ropa naftowa, gaz ziemny, energia pozyskana z odnawialnych źródeł energii nie ulega w praktyce wyczerpaniu. Potęgi gospodarcze świata bardzo aktywnie uczestniczą w tym inowacyjnym procesie już od wielu lat. Polska również w ostatnich latach poczyniła postęp we wprowadzaniu alternatywnych źródeł energii. Wynika to przede wszystkim z faktu przynależności do Wspólnoty Europejskiej, która wywiera nacisk na stosowanie tego czynnika energetycznego. Dodatkowym aspektem są wymuszane poniekąd międzynarodowe regulacje prawne czego klasycznym przykładem jest podpisanie przez Polskę protokołu z Kioto oraz przynależność do Pakietu klimatyczno-energetycznego UE 3x20 z 2007 roku.

Jednym z pierwszych międzynarodowych dokumentów poruszających problemy klimatyczne była ramowa konwencja Narodów Zjednoczonych sporządzona 9 maja 1992 roku [2]. Na konwencji uznano, że przez zwiększenie ilości gazów cieplarnianych uwalnianych do atmosfery następują zmiany klimatu. Działalność człowieka negatywnie wpływa na środowisko

a jego skutki są wspólnym problemem ludzkości. Największy udział emisji gazów przypada na kraje wysoko rozwinięte. Ciągła globalizacja oraz rozwój sektora społeczno-gospodarczego sprzyja zwiększeniu się emisji gazów. Koniecznością będzie zwiększenie wydajności energetycznej i kontrolowanie ogólnego poziomu emisji zanieczyszczeń również przez wdrażanie nowych technologii. Konwencję Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu z 1992 roku zastąpił protokół z Kioto sporządzony 11 grudnia 1997 roku [3]. Obecnie jest jednym z najważniejszych międzynarodowych instrumentów prawnych mających na celu walkę ze zmianami klimatu. Zawiera zobowiązania państw uprzemysłowionych do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych, które są odpowiedzialne za globalne ocieplenie. W ogólnym założeniu państwa wymienione w załączniku I (kraje uprzemysłowione), zobowiązane były do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych w latach 2008–2012, czego następstwem jest obniżenie całkowitej emisji o minimum 5% w stosunku do poziomu z roku 1990. W artykule 2 protokołu wymienione są zobowiązanie dotyczące zmniejszenia ilości emisji gazów cieplarnianych w tym m.in. «*Badania, promowanie i rozwój oraz zwiększenie wykorzystania nowych i odnawialnych form energii, technologii pochłaniania dwutlenku węgla oraz zaawansowanych i innowacyjnych technologii przyjaznych dla środowiska*» [4]. Już

wówczas zauważono, że tradycyjne metody ograniczenia emisji zanieczyszczeń muszą być wspierane nowymi technologiami przyjaznymi środowisku naturalnemu. Wprowadzenie bez emisyjnych lub niskoemisyjnych form pozyskiwania energii w politykach energetycznych państw sprzyja poprawie atmosfery a co za tym idzie poprawę ogólnej kondycji środowiska.

Przystąpienie Polski do Unii Europejskiej od 2004 roku wymusza wprowadzenie zmian prawnych, które dotyczą również stanu i poprawy środowiska naturalnego co jest powiązane bezpośrednio z polską polityką energetyczną. Unia Europejska wprowadziła wytyczne mające na celu ograniczenia zużycia paliw kopalnych oraz promowanie alternatywnych źródeł energii w celu poprawy kondycji środowiska naturalnego. Zgodnie z dyrektywą Unijną 2009/28/WE [5]. w sprawie promowania energii odnawialnych, przewidywany jest 20% udział tej energii w całkowitym zapotrzebowaniu na energię w krajach członkowskich do 2020 roku. Dla każdego z krajów członkowskich jest ustalony indywidualny przedział w wytworzeniu i wykorzystaniu energii z OZE. Polska zobligowała się do uzyskania 15% udziału tej energii do 2020r. W poniższym wykresie przedstawiono krajowe cele w zakresie udziału energii ze źródeł odnawialnych wg ustawy 2009/28/WE.

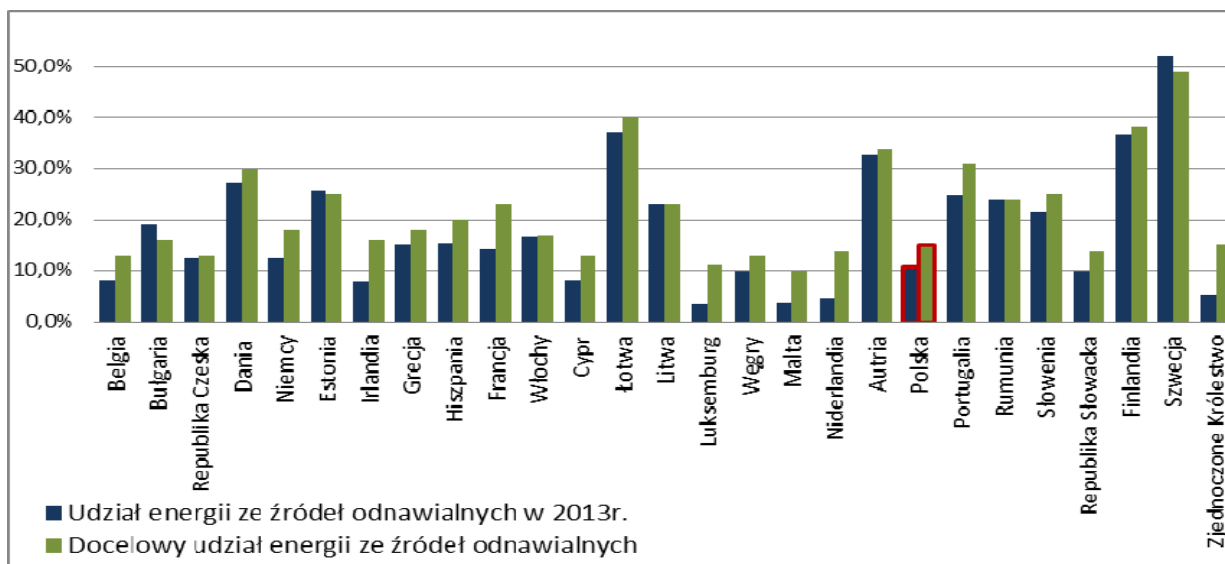


Wykres 1. Krajowe cele ogólne w zakresie udziału energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto w 2020 r.

Źródło: Dyrektywa 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009r, Parlament Europejski i Rada, 2009, załącznik I

Wszystkie kraje członkowskie zostały zobligowane do uzyskania odpowiedniego wykorzystania OZE do celów energetycznych. Polska w 2005 roku wytwarzała tylko 7,2% energii z alternatywnych źródeł i odbiega od europejskich liderów. Prekursorem w wykorzystywaniu alternatywnych źródeł energii jest Szwecją, która pozyskuje energię aż w 39,8% z OZE. Niektóre państwa członkowskie jak Malta czy Luxemburg zostały zobligowane do znacznej poprawy wykorzystywania OZE jako źródła energetycznego, a w przypadku Malty do wprowadzania OZE do swojej polityki energetycznej (w marcowym wydaniu Eurostatu z 2015 roku przedstawione

są dane z 2013 roku o wykorzystaniu OZE w Państwach Unii Europejskiej). Szwecja jako liderzy podjęli się ambitnego celu uzyskania 49% wykorzystania OZE do 2020 roku. Jednak z danych przedstawionych w Eurostatie na rok 2013 Szwecja osiągnęła nieco powyżej 52,1% w wykorzystaniu alternatywnych źródeł energii. Niektóre kraje europejskie takie jak : Bułgaria, Litwa i Estonia również osiągnęła swój cel z nadwyżką, natomiast Rumunia i Włochy są już bliskie osiągnięcia swojego celu [6].



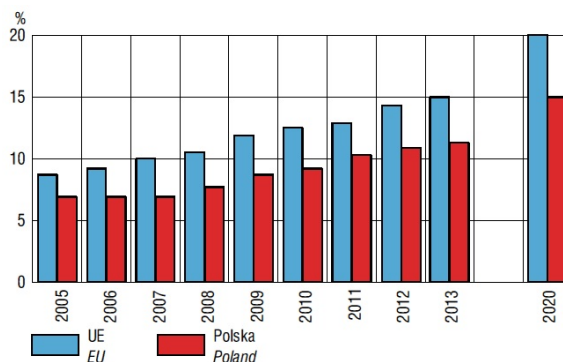
Wykres 2. Udziału energii ze źródeł odnawialnych w roku 2013 (analiza porównawcza danych z Eurostatu i Dyrektywy 2009/28/WE)

Źródło: Renewable energy in the EU, Eurostat newsrelease No. 43/2015, 2015

W roku 2013 Polska uzyskała 11,3% energii z OZE. Przy utrzymaniu tempa wprowadzania alternatywnych źródeł energii, wynoszące średnio 0,5% w skali roku, Polska powinna wywiązać się ze swojego 15% założonego celu.

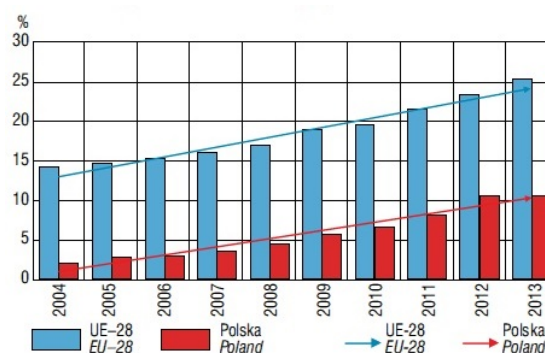
Międzynarodowe uwarunkowanie formalno-prawne odnoszące się do poprawy stanu środowiska wymuszają wprowadzaniu OZE w krajach europejskich. Proponowane alternatywne źródła zasilania poprawiają stan środowiska ze względu na swoją bez emisyjność i wpływają pozytywnie na atmosferę ziemskiego globu. Nowe dostępne technologie sprzyjają produkowaniu zdrowej energii. Szeroki wachlarz jej pozyskiwania sprawia, że uwarunkowania geograficzne oraz klimatyczne mają coraz mniejsze znaczenie natomiast nowe technologie dają szansę na dostęp do nowej jakości odnawialnych źródeł energii. W globalizującym się świecie rośnie zapotrzebowanie na energię. Jednocześnie ograniczenia związane z poprawą stanu środowiska naturalnego wymagają stosowania mniej inwazyjnych metod pozyskiwania energii. Unia Europejska wymaga wprowadzania alternatywnych źródeł, które w przyszłości mają wyprzeć stosowanie kopalnianych surowców niezbędnych do uzyskania energii. Udział energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto do roku 2020 powinien wynosić 20% ogólnego zużycia. Polska zobligowała się do uzyskaniu 15% udziału OZE w zużyciu energii brutto [7].

Z przedstawionych danych wynika, że rośnie wykorzystanie OZE w państwach Unii Europejskiej jak również i w Polsce. Energia pozyskana z OZE poza celami energetycznymi jest również wykorzystywana coraz częściej w ciepłownictwie i chłodnictwie ograniczając przez to wykorzystywanie paliw kopalnych w sektorach społeczno-gospodarczych. W poniższym wykresie wyraźnie dostrzega się tę dynamikę zarówno w całej Unii Europejskiej jak też i w Polsce.



Wykres 3. Udział energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto

Źródło: *Energia*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 2015

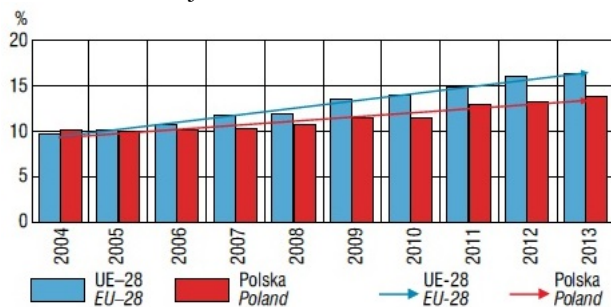


Wykres 4. Udział energii OZE w elektroenergetyce w latach 2004–2013

Źródło: *Energia*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 2015

Z powyższego wykresu wynika, że OZE od czasu przystąpienia w 2004 roku Polski do UE wzrosła pięciokrotnie. Niepokojący jest fakt, że w latach 2012–2013 nie odnotowano znacznego wzrostu wykorzystywania energii OZE w elektroenergetyce.

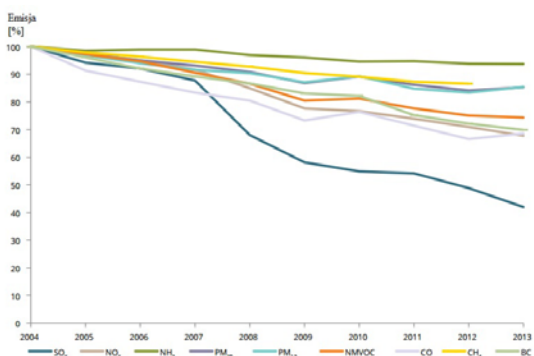
Pozytywnym aspektem jest jednak tendencja wzrostowa zarówno w Polsce jak i UE.



Wykres 5. Udział energii OZE w ciepłownictwie i chłodnictwie w latach 2004–2013

Źródło: *Energia, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 2015*

Odnawialne źródła energii są wykorzystywane nie tylko w energetyce ale także w ciepłownictwie oraz w chłodnictwie. W Polsce odnotowano również wzrost wykorzystywania tego rodzaju energii do celów ciepłowniczych jak i chłodniczych. Stosowanie paliw alternatywnych w tych dwóch sektorach ma kluczowy wpływ na zanieczyszczenia atmosfery. Propagowanie stosowania paliw niekonwencjonalnych sprzyja wprowadzaniu ich w politykach energetycznych krajów Unii Europejskiej, w konsekwencji czego coraz bardziej zmniejsza się zużycie paliw kopalnych, których zarówno wydobycie jak i spalanie oddziałuje negatywnie na środowisko naturalne.

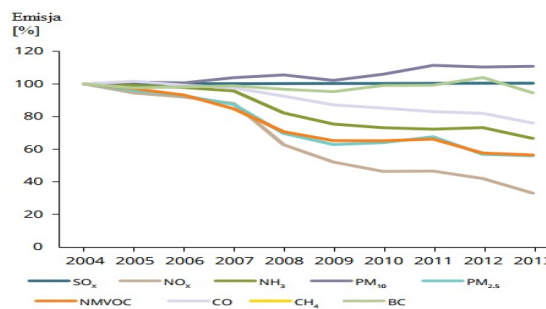


Wykres 6. Emisja zanieczyszczeń w krajach UE-28 w latach 2004–2013

Źródło: *Air quality in Europe — 2015 report, European Environment Agency, Luxembourg, 2015, s. 16*

Jak podaje Europejska Agencja Środowiska odnotowany znaczny spadek zanieczyszczeń powietrza od 2004 roku, w którym państwa UE zobowiązały się do wprowadzania niskoemisyjnych źródeł energii. W ogólnym rozliczeniu odnotowano znaczny spadek emisji zanieczyszczeń tj.: tlenków siarki (SO_x), tlenków azotu (NO_x), amoniaku (NH₃), cząstek stałych o średnicy 10µm i 2,5µm (PM₁₀ i PM_{2.5}), nie-metanowych lotnych związków organicznych (NMVOC), tlenków węgla (CO) i sadzy (BC). Najmniejszą redukcję zanieczyszczeń odnotowano dla amoniaku (6%) a największą redukcję odnotowano dla tlenków siarki (58%), którego emisja z sektora przemysłu, produkcji i dystrybucji energii, stanowi 56% całkowitej emisji w UE-28 [8]. Sektor energetyki zredukował wszystkie rodzaje emisji

zanieczyszczeń z wyjątkiem PM₁₀. Tlenki azotu (NO_x) emitowane są głównie z sektora energetycznego i stanowi on 37% całkowitej emisji krajów UE [9].

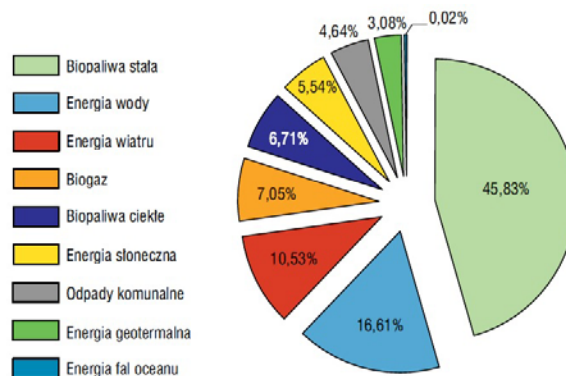


Wykres 7. Zanieczyszczenie z sektora energetycznego w krajach UE-28 w latach 2004–2013

Źródło: *Air quality in Europe — 2015 report, European Environment Agency, Luxembourg, 2015, s. 17*

Jak można zaobserwować państwowa energetyka stanowi kluczowy sektor do poprawy stanu środowiska naturalnego. Głównym aspektem jest poprawa atmosfery, która ma kluczowy wpływ na pozostałe walory środowiska, ale przede wszystkim na komfort i zdrowie ludzi. Jednak wraz ze wzrostem populacji zwiększa się zapotrzebowanie na produkcję i dystrybucję energii [10]. Wykorzystywanie OZE pokrywa zapotrzebowania na energię nie wpływając negatywnie na atmosferę, z racji swojej niskoemisyjności, a co za tym idzie na poprawę komfortu i zdrowia ludzi.

Uwarunkowania geograficzne mają kluczowy wpływ na wykorzystywanie OZE. W zależności od ilości i występowania danego czynnika wykorzystywane są odpowiednie technologie. Na wykresie poniżej przedstawiono udział poszczególnych nośników energii w Unii Europejskiej.

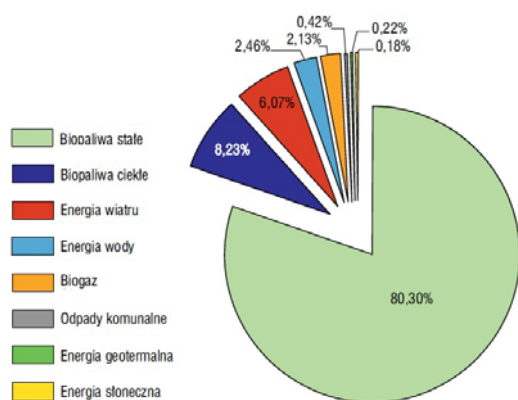


Wykres 8. Udział nośników energii odnawialnej w łącznym pozyskiwaniu energii pierwotnej w UE ze źródeł odnawialnych w 2013 r.

Źródło: *Energia, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 2015*

Z powyższego wykresu jednoznacznie wynika, iż w krajach Unii Europejskiej najwięcej energii pozyskuje się z biopaliw stałych. Pozyskiwanie energii z tego nośnika nie posiada większych ograniczeń zważywszy na uwarunkowania geograficzne. Biopaliwa stałe mogą być pozyskiwane z biomasy leśnej (np. słoma-bałoty, zrębki,

okrągłaki), z biomasy rolniczej, pozostałości organicznych oraz z węgla drzewnego. Szerokie zainteresowanie tego rodzaju energią wynika z możliwości wykorzystania pozyskanej energii, po za celami elektrycznymi i ciepłowniczymi, w kogeneracji (*wytwarzaniu energii elektrycznej i ciepłej w trakcie tego samego procesu technologicznego*) [11]. Najmniejsze zainteresowanie dotyczy energii pozyskiwanej z fal oceanów. Wynika to z faktu odpowiedniego uwarunkowania geograficznego, przez które nie wszystkie państwa UE mogą pozyskiwać energię z tego źródła. O wiele większym zainteresowaniem jest pozyskiwanie energii z wody, a raczej z przepływu wody w hydroelektrowniach. Jednak podobnie jak w przypadku innych źródeł odnawialnych potrzebne są określone warunki hydrogeologiczne. Biogaz w krajach UE klasyfikuje się na 4 miejscu z czego głównie dotyczy biogazu pozyskanego z surowców rolniczych. W Polsce wykorzystuje się głównie biopaliwa stałe i na rok 2013 wykorzystanie tego surowca wynosiło 80,30% ogólnie wykorzystywanych nośników energii odnawialnej (Myczko et al., 2011).

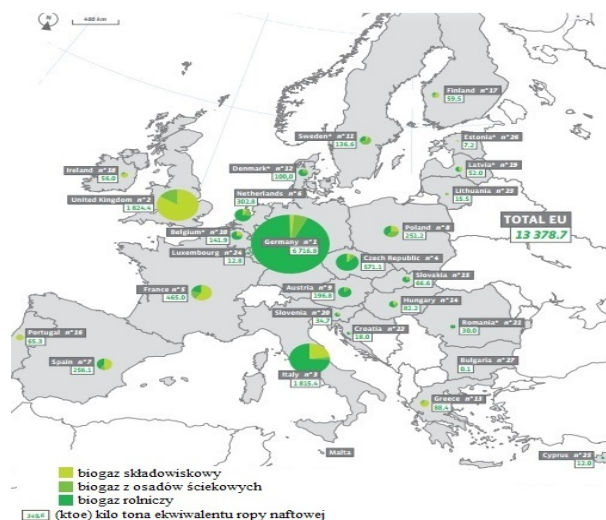


Wykres 9. Udział nośników energii odnawialnej w łącznym pozyskiwaniu energii pierwotnej w Polsce ze źródeł odnawialnych w 2013 r.

Źródło: *Energia*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 2015

Jak widać na powyższym wykresie procentowy udział pozyskiwania energii z OZE różnie się od procentowego udziału OZE w UE. Wynika to z uwarunkowań geograficznych ale również z braku wykorzystywania potencjału jaki posiada Polska. Wysokie wykorzystywanie biopaliwa stałego świadczy o dostępności tego surowca ale również nie wiąże się z modernizacją systemów elektrociepłowniczych. Kotły na paliwo stałe są przystosowane do stosowania tego rodzaju paliwa. Zmniejsza to nakłady finansowe na wprowadzanie OZE w Polsce. Stosowanie innych typów OZE wiąże się z budowaniem nowych inwestycji, dlatego lepiej jest zaadoptować obecne instalacje do stosowania biopaliw stałych. Polska oparta jest głównie na wykorzystywaniu paliw stałych do celów energetycznych i ciepłowniczych. Węgiel kamienny i brunatny stanowiły dominujące źródła wytwarzania energii elektrycznej, a ich udział w produkcji energii wyniósł 88,6% w roku 2012 [13]. Zauważalna jest tendencja wprowadzania nowych

technologii energooszczędnych zmniejsza zapotrzebowanie na energię pierwotną co potwierdzają niniejsze dane: w 1997 roku wykorzystywano ponad 4000 PJ (petadžul– bilion kilodżuli) a w 2014 niecałe 3000 PJ. Zaskakujący jest fakt, że pomimo wysokiego potencjału wykorzystywania energii słonecznej stanowi ona zaledwie 0,18% w całkowitym udziale OZE. Podobnie jest z wykorzystaniem biogazu. Polska posiada znakomite warunki do pozyskiwania tego surowca. Biogaz jest pozyskiwany głównie z odpadów z terenów rolniczych. W 2014 roku gospodarstwa rolne zajmowały 16,3 mln ha gruntów z 31,3 mln ha ogólnej powierzchni Polski, co stanowi 52% powierzchni kraju [14] i jest to ogromna ilość substratów do produkcji biogazu. W Europie niepodważalnym liderem w pozyskiwaniu i wykorzystywaniu biogazu są Niemcy, które wytworzyły aż 6,72 Mtoe [15] biogazu– w tym 0,11 Mtoe z gazu wysypiskowego, 0,39 Mtoe z osadów ściekowych i 6,22 Mtoe z biogazu rolniczego i innych form. Wielka Brytania klasyfikuje się na drugim miejscu z 1,82 Mtoe, następnie Włochy produkujące 1,82 Mtoe, w Czechach i we Francji 0,57 Mtoe. Polska klasyfikuje się na 8 miejscu z 0,25 Mtoe wytworzonego biogazu [16].



Rysunek 1. Produkcja energii pierwotnej i produkcji energii elektrycznej brutto w Unii Europejskiej z odpadów komunalnych w 2013r.

Źródło: <http://biomassmagazine.com/articles/11491/reports-illustrate-european-biogas-energy-from-waste-industries> (na dzień 01.03.2016)

Jak można zaobserwować Polska wyraźnie odstaje lidera w pozyskiwaniu energii z biogazu, ale są też kraje, które dopiero zaczynają stosować biogazownie jako źródło wykorzystywania biogazu.

Według niedawno opublikowanego raportu EBA (European Biogas Association) istnieje już ponad 14500 biogazowni w Europie. W centrum uwagi w 2013 roku były kraje Środkowej Europy jak Węgry, Czechy, Słowacja i Polska, w których odnotowano 18% wzrost biogazowni natomiast Wielka Brytania i Niemcy w dalszym ciągu poszukują nowych rozwiązań w tym obszarze stając się wzorem do naśladowania. Jak podaje raport, łączna energia elektryczna i ciepła z biogazowni wytworzonej w biogazowniach w Europie odpowiada

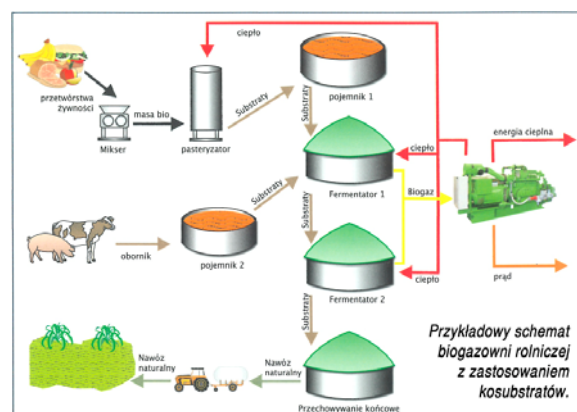
rocznej konsumpcji w Belgii i Słowenii (*mogła by zastąpić 15 elektrociepłowni o średniej mocy 500 MWel*) (Mitterleitner, 2009). W samych Niemczech w roku 2013 wyprodukowano 29 000 GWh energii elektrycznej, gdzie w Polsce w tym samym roku wyprodukowano tylko 882,5 GWh energii [18]. Pokazuje to jak wielką potęgą w pozyskiwaniu biogazu są Niemcy. W przyszłości powinniśmy czerpać wiedzę od naszych sąsiadów w dziedzinie produkcji i dystrybucji tego alternatywnego paliwa, które ma zastosowanie nie tylko w energetyce i ciepłownictwie ale również w transporcie.

Biogaz i biogazownie. Dokumenty Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi oraz Ministerstwa Gospodarki przedstawiają rozwój i stosowanie Odnawialnych Źródeł Energii (OZE) jako cel strategiczny (Rejman–Burzyńska, and Maksymiak–Lach, 2013). Kluczową rolę przy jego realizacji przypisuje się sektorom rolnictwa oraz energetyki. Sektor rolnictwa nie tylko ma za zadanie inwestowanie i eksploatacja instalacji agroenergetycznych, ale również stymulowanie gospodarstw rolniczych do uruchomienia dodatkowych źródeł przychodów, które powinny wpłynąć na rozwój obszarów wiejskich, przyspieszyć rozwój infrastruktury oraz spowodować wzrost zatrudnienia w przedsiębiorstwach pracujących w otoczeniu rolnictwa (Kozak, 2015). Promowanie odnawialnych źródeł energii wpływa dodatkowo na zmniejszenie energochłonności sektora rolnictwa, a co za tym idzie poprawy środowiska naturalnego. Jest to narzucone na władze samorządowe poniekąd przez «Politykę Energetyczną Polski do roku 2030» [21], która zakłada powstanie co najmniej jednej instalacji pozyskiwania biogazu w każdej gminie zakłada do 2020 roku. Szczegółowe cele programu wdrażania oraz program wdrażania inwestycji biogazowni rolniczych został opisany w dokumencie «Kierunki rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce w latach 2010–2020» [22]. Biogazownia – w przeciwieństwie do głośzonych przez laików niesłusznych tez o ich szkodliwości i uciążliwości, są to ekologiczne, hermetyczne i bezdolorowe instalacje składająca się z zespołu urządzeń produkujących biogaz oraz energię cieplną generowaną podczas zachodzących przemian fizykochemicznych. W skutek beztlenowej fermentacji metanowej wsadów surowcowych i odpadów biologicznych powstaje obok, energii cieplnej i biogazu, nawóz organiczny, który jest powtórnie wykorzystywany do nawożenia pól. Właściwie zaprojektowane instalacje do pozyskiwania biogazu są samowystarczalne, rozumienie się przez to, że ilość wytworzonej energii cieplnej i biogazu zawróconej do instalacji zapewni jej poprawne działanie.

Z powyższego schematu wynika, że wytworzone ciepło jest zwracane do instalacji, które służy podgrzewaniu komór fermentacyjnych do wymaganej temperatury.

Taki zabieg pozwala na ograniczenie dostaw ciepła z zewnętrznych źródeł. Wytwarzany prąd z biogazu może być również wykorzystywany do napędzania maszyn w biogazowni tj. miksery, mieszalniki, pompy. Nadwyżka energii cieplnej i elektrycznej może być przekazywana do sieci ciepłowniczych i elektrycznych. Końcowy produkt pofermentacyjny stanowi nawóz naturalny, który jest

wykorzystywany do nawożenia pól. Samowystarczalność bioelektrowni oraz przekazywanie nadwyżki energii do sieci miejskiej bądź wiejskiej stanowi idealny przykład zasady zrównoważonego rozwoju którą zakłada «Strategia Rozwoju Kraju 2007–2015» [23].



Rysunek 2. Schemat działania biogazowni

Źródło: http://biogaz-tech.pl/new/?page_id=2197 (na dzień: 23.03.2016)

Dokument mówi, że zrównoważony rozwój jest możliwy do osiągnięcia przez wprowadzanie ekoinnowacyjności oraz działań służących zmniejszeniu zużycia zasobów naturalnych. Jest to możliwe przez promowanie i wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii, które wywierają mniejszą presję na środowisko naturalne. W dużym uproszczeniu biogaz powstaje w procesie biologicznym z masy organicznej w warunkach beztlenowych. Sam proces, mimo swojej złożoności, jest naturalny i rozpowszechniony w środowisku naturalnym. Występuje on np. na torfowiskach, na dnie mórz czy nawet w żwaczach przeżuwaczy. Aby powstał biogaz muszą nastąpić odpowiednie warunki procesowe, a głównym z nich jest brak dostępu tlenu podczas zachodzenia reakcji. Już w tym momencie nadchodzi sugestia, która jest kojarzona wśród społeczeństwa z biogazownią. Jeżeli sama reakcja zachodzi bez dostępu tlenu to w żaden sposób nie może ona generować odorów, które stanowią najczęstsze dyskusje wśród obywateli i nie raz przyczyniła się do zaprzestania budowy tego rodzaju obiektu. Zgodnie z powyższą sugestią proces powstawania biogazu jest procesem złożonym, w który wchodzi 4 reakcje chemiczne a najważniejszą z nich jest ostatni proces – metanogeneza, w trakcie której zachodzi przemiana kwasu octowego i dwutlenku węgla na metan. Około 70% metanu powstaje z octanów natomiast 30% z dwutlenku węgla i wodoru. Produkowanie biogazu przyczynia się do zmniejszenia ilości masy organicznej wykorzystywanej w samym procesie, z którego pozyskiwany jest biogaz. Pozyskany biogaz różni się składem w zależności od substratów, z których jest on pozyskiwany. W poniższej tabeli przedstawiono skład procentowy substancji w zależności od metody sposobu jego pozyskiwania.

Tabela 1

Skład procentowy biogazu

Składnik	Biogaz składowiskowy	Biogaz z osadów ściekowych	Biogaz rolniczy
Metan (CH ₄)	30 – 65	55 – 70	50 – 75
Dwutlenek węgla (CO ₂)	20 – 40	27 – 44	25 – 45
Azot (N ₂)	5 – 25	0 – 10	< 2
Wodór (H)	1 – 3	0,2 – 1	< 1
Tlen (O ₂)	0 – 5	0 – 2	< 2
Siarkowodór (H ₂ S)	0 – 0,1	0,2 – 3	< 1

Opracowanie własne na podstawie: Odnawialne i niekonwencjonalne źródła energii. Poradnik, TARBonus, Kraków–Tarnobrzeg, 2008; Biogaz rolniczy– produkcja i wykorzystanie, Mazowiecka Agencja Energetyczna, Warszawa, 2009; Energetyczne wykorzystanie biogazu wysypiskowego w Lubinie, Projekt pn. Odnawialne Źródła Energii Opolszczyzny–promocja, technologie wsparcia wdrożenia, nr POKL.08.02.01–16–028/09.

Skład biogazu jest zróżnicowany ze względu na surowce oraz ich proporcje w procesie produkcyjnym. Przeciętnie przyjmuje się, że około jednej trzeciej to dwutlenek węgla a dwie trzecie to metan. Resztę stanowią substancje śladowe takie jak para wodna i inne gazy. Sama idea pozyskiwanie biogazu wiąże się z wykorzystaniem metanu, który jest stosowany jako gaz opałowy. Sam uzysk metanu jest zależny od zawartości tłuszczów, białek i węglowodanów. W odniesieniu do masy substratów, z tłuszczów można uzyskać większe ilości metanu niż z węglowodanów [24], co za tym idzie biogaz posiada większe wartości energetyczne. Powstały biogaz dodatkowo można uszlachetnić w kogeneratorach. W skutek czego powstaje biometan o wartości opałowej zbliżonej do gazu ziemnego.

Tabela 2

Porównanie składu biogazu, biometanu i gazu ziemnego

Składnik	Biogaz	Biometan	Gaz ziemny
Metan	30 – 70%	94 – 99,9%	93 – 98%
Dwutlenek węgla	25 – 40%	0,1 – 4%	1%
Azot	< 3%	< 3%	–
Tlen	< 2%	< 1%	–
Siarkowodór	< 10 pm	< 10 ppm	–
Wodór	ślady	ślady	–

Opracowanie własne na podstawie: *Biogaz rolniczy– produkcja i wykorzystanie*, Mazowiecka Agencja Energetyczna, Warszawa, 2009; <http://e-czytelnia.abrys.pl/czysta-energia/2009-12-447/technologie-4546/technologie-uszlachetniania-biogazu-do-jakosci-gazu-ziemnego-10645> (na dzień 21.03.2016)

Jak można zauważyć biogaz po uszlachetnieniu posiada zbliżony skład do gazu ziemnego. Daje to możliwość wtłaczania uszlachetnionego biogazu do gazociągów, które następnie mogą zasilać pobliskie aglomeracje miejskie. W znacznym stopniu przyczynia się to do zmniejszenia zużycia konwencjonalnych źródeł energii jakim jest gaz ziemny. Dodatkowo przy zastosowaniu odpowiednich systemów kogeneracyjnych

możliwe jest przekazywanie energii cieplnej do sieci ciepłowniczej. Zmniejszyło by to zapotrzebowanie surowców konwencjonalnych do celów energetycznych. Należałoby tutaj zaznaczyć, że Polska energetyka opiera się w większości na węglu kamiennym. Zastępowanie tego surowca w znacznym stopniu przyczyni się do poprawy środowiska naturalnego przez zmniejszenie emisji zanieczyszczeń do atmosfery.

Substraty do biogazu. Do produkcji biogazu można wykorzystywać biomasę różnego pochodzenia, a w szczególności produkty uboczne i odpady powstające przy wytwarzaniu żywności z surowców roślinnych i zwierzęcych, które są uciążliwe dla środowiska i wymagają właściwej technologii składowania i utylizacji.

Tabela 3

Uzysk biogazu z przykładowych surowców

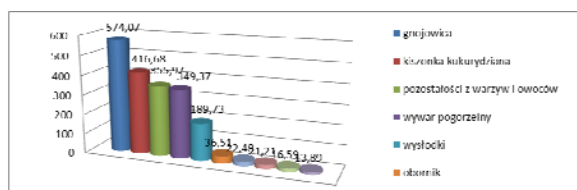
Podłoże	Uzysk biogazu [m ³ / t s.m.o.]	Zawartość metanu [% obj.]
Naturalne nawozy		
gnojowica bydła	200 – 500	60
gnojowica świń	300 – 700	60 – 70
obornik bydła	210 – 300	60
obornik świń	270 – 450	60
obornik kurzy	250 – 450	60
Rośliny		
kiszonka kukurydzy	450 – 700	50–55
żyto	550 – 680	55
kiszonka traw	550 – 620	54 – 55
Produkty uboczne pochodzące z przemysłu rolniczego		
wysłodziny browarniane	580 – 750	59 – 60
wywar zbożowy	430 – 700	58 – 65
wywar ziemniaczany	400 – 700	58 – 65
wytłoki owocowe	590 – 660	65 – 70
Inne substraty do biogazowni		
odpady sklepowe	400 – 600	60 – 65
treść zołądkowa	250 – 450	60 – 70
Trawy		
skoszona trawa	550 – 680	55 – 65

Źródło: H.Mitterleitner; Land Technik Weiher Stephen; La-tocha; 2009

Przetwarzanie produktów ubocznych i odpadów na biogaz ma istotne znaczenie i wpływa na poprawę kondycji środowiska. Zamiast ponosić koszty utylizacji, czy w ostateczność składowanie produktów ubocznych powstałych w przemyśle można je przerabiać na biogaz, z którego następnie możliwe jest wytwarzanie energii i ciepła. Podobno sytuacja jest z wykorzystaniem produktów ubocznych pochodzących z chowu zwierząt czy odpadów rolniczych. Na podstawie tych danych można stwierdzić, że kluczowe jest usytuowanie przyszłych biogazowni, które powinny znajdować się blisko gospodarstw rolnych. Władze samorządowe powinny również brać pod uwagę możliwość sprzedawania energii elektrycznej i cieplnej oraz możliwość wtłoczenia uszlachetnionego biogazu do sieci gazowych. Według rejestru Agencji Rynku Rolnego z dnia 20.02.2015 w Polsce jest zarejestrowanych ponad 87

instalacji do pozyskiwania biogazu o łącznej mocy zainstalowanej 94,4 Mwe [25].

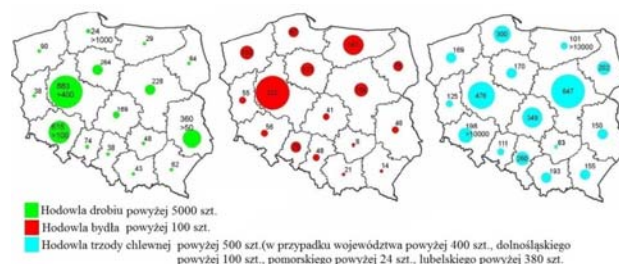
Z podanego raportu wynika, że od początku roku 2016 powstało i zostało zarejestrowanych aż 11 nowych biogazowni. Najwięcej instalacji do produkcji biogazu znajduje się w województwie zachodniopomorskim i warmińsko-mazurskim. Województwo lubelskie posiada tylko 7 takich instalacji ale według danych z Agencji Rynku Rolnego dwie instalacje zostały zarejestrowane w tym roku. Oszacowanie dokładnej liczby biogazowni jest jednak trudne do zweryfikowania ponieważ często takie obiekty nie są zgłaszane – dotyczy to głównie mikrobiogazowni oraz niektórych małych obiektów. Dodatkowym aspektem jest złożoność procedur rejestracyjnych, które stanowią problem dla obecnych i przyszłych inwestorów. Ilość dokumentów, które należy przedłożyć przed rozpoczęciem działalności oraz dokumentacja, którą należy prowadzić w trakcie działania instalacji odstrasza potencjalnych przedsiębiorców. Takie działania nie tylko zniechęcają inwestorów ale również ograniczają możliwość techniczne takich obiektów (generowane ciepło i energia elektryczna nie podłączona do sieci miejskich jest marnowana i zazwyczaj zastępowana energią powstałą z paliw kopalnych). Najbardziej rozpowszechnionym a zarazem najlepszym substratem jest gnojowica, która jest mieszaniną kału i moczu zwierząt wraz z wodą. Sama gnojowica stanowi uciążliwy produkt uboczny w hodowli zwierząt, jednak jest on najlepszym surowcem wsadowym do produkcji biogazu i ten czynnik stanowić powinien ważny argument dla decydentów o tworzeniu biogazowni. W 2014 roku, według Agencji Rynku Rolnego, przetworzono ponad 574,07 kT tego surowca. W porównaniu do odpadów organicznych, odchody zwierzęce charakteryzują się mniejszym potencjałem produkcyjnym biogazu. Obecnie rośnie tendencja do wykorzystywania roślin energetycznych, które stanowią celowe uprawy, takich jak: trawa, koniczyna, ziemniaki, kukurydza, żyto, i inne [26]. Polska jest jeszcze daleko od wprowadzania takich specjalistycznych upraw pod zabudowę biogazowni. Takie rozwiązanie może stanowić problem w dalszych działaniach. Biogazownie rolnicze mają pomóc w przetwarzaniu niepotrzebnych, ubocznych produktów związanych z rolnictwem i przemysłem spożywczym, a nie stanowić główny cel upraw rolniczych. Kolejnym bardzo rozpowszechnionym surowcem do produkcji biogazu jest kiszonka kukurydziana, której w 2014 roku przetworzono aż 416,68 kt. Na wykresie poniżej przedstawiono dziesięć najpopularniejszych wsadów surowcowych do produkcji biogazu.



Wykres 11. Najpopularniejsze surowce do produkcji biogazu w 2014 roku w kilotonach.

Opracowanie własne na podstawie www.arr.gov.pl/data/02004/surowce_2014.pdf (na dzień 14.05.2016)

Jak można zauważyć biogazownie nie tylko wykorzystują uboczne produkty rolne i hodowlane ale również stanowią alternatywę w utylizacji ubocznych produktów w przemyśle rolno-spożywczym. Zgodnie z tymi danymi może stwierdzić, że Polska ma ogromny potencjał w produkcji biogazu rolniczego. Na całym terenie Polski znajduje się ok 1300 gospodarstw zajmujących się hodowlą bydła, 3000 gospodarstw zajmujących się hodowlą trzody chlewnej i ok 3500 gospodarstw zajmujących się hodowlą drobiu. Daje to zatem ponad 7800 gospodarstw o obsadzie powyżej 100 sztuk dużych. Stanowi to doskonały potencjał w pozyskiwaniu biogazu z ubocznych surowców hodowli zwierząt.



Rysunek 3. Liczba dużych farm w poszczególnych województwach

Opracowanie własne na <http://agroenergetyka.pl/?a=article&id=512> (na dzień 20.03.2016)

Jak można zauważyć największy potencjał posiada województwo wielkopolskie. W tym rejonie występuje najwięcej hodowli drobiu i bydła oraz znaczne hodowle trzody chlewnej. Porównując te dane z wykresem 11 można dojść do wniosku, potencjał tego regionu nie jest w pełni wykorzystywany. Najwięcej biogazowni zarejestrowanych jest w województwie zachodniopomorskim i warmińsko-mazurskim, w których występuje znacznie mniej większych hodowli zwierząt niż w wielkopolsce. Polska nie tylko posiada potencjał z pozyskiwania biogazu z hodowli zwierząt ale również z pól uprawnych. Jak podaje Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji rolnictwa średnia wielkość powierzchni gruntów rolnych w gospodarstwie rolnym w kraju w 2015 roku wynosi 10,49 ha [27]. Największy udział terenów rolnych posiadają województwa zachodniopomorskie i warmińsko-mazurskie, które posiadają najwięcej biogazowni. Wnioskować można, że głównym wyznacznikiem lokalizacji biogazowni w Polsce nie są farmy hodowli zwierząt a potencjał w terenach rolnych. Lubelszczyzna pomimo małej wielkości hodowli zwierząt oraz znikomych terenów rolnych posiada ogromny potencjał w pozyskiwaniu surowców do produkcji biogazu. Wynika to z faktu energetycznych upraw kukurydzy, która jest najlepszym surowcem do produkcji biogazu ze względu na ilość wytworzonego biogazu do kosztów wytworzenia biomasy.



Rysunek. 4. Potencjał energetycznych upraw kukurydzy

Źródło: <http://www.ecbartos.pl/biogaz.html> (na dzień 25.03.2016)

Z powyższego rysunku wynika, że Lubelszczyzna posiada wysoki potencjał w energetycznych uprawach kukurydzy. Takie same wnioski figurują w miesięczniku *Chemik*, w którym również dostrzegają duży potencjał energetycznych upraw kukurydzy. Na Lubelszczyźnie łączny potencjał ekonomicznej bazy surowcowej określono na poziomie 210 mln m³ biometanu. Najwięcej surowców dla dużych biogazowni jest w powiecie hrubieszowskim, bialskim, radzyńskim, lubartowskim i lubelskim. Oszacowano, że w województwie zużywa się ok 430 mln m³ gazu ziemnego [28]. W przypadku uzyskania szacowanych przychodów biogazu stanowił by on prawie 50% ogólnego zużycia gazu ziemnego.

Wnioski

Pozyskiwanie energii z odnawialnych źródeł energii jest niezbędne do poprawy stanu środowiska naturalnego. Nie dotyczy to tylko regionów, państwa czy grupy państw ale całego globu. Takim sektorem jest przede wszystkim sektor energetyki i ciepłownictwa. Z przedstawionych materiałów w niniejszym artykule można stwierdzić iż:

Po pierwsze – Polsce brakuje odważnych decyzji politycznych aby stać się liderem w pozyskiwaniu tzw. zielonej energii ale posiada ogromny potencjał w tym sektorze

Po drugie – niewystarczająca jest wiedza wśród środowisk rolniczych o zaletach OZE

Po trzecie – decydenci polityczni zwłaszcza w obszarze działalności samorządowej w obawie przed utratą swojej pozycji unikają kontrowersyjnych decyzji w sprawie budowy instalacji OZE

Po czwarte brak jest promocyjnych działań w sektorze energetycznym lub wręcz utrudnień w zbywaniu nadwyżek energetycznych

Reasumując – Budowanie nowych biogazowni nie tylko sprzyja utylizacji ubocznych produktów powiązanych z rolnictwem ale pozwala na zmniejszenie ilości odpadów z sektorów spożywczych, w których występują ogromne problemy z zagospodarowaniem odpadów (np. przemysł mleczarski). Zmniejszenie kosztów utylizacji na pewno wpłynie pozytywnie na rozwój takich przedsiębiorstw.

Lubelszczyznę jako bardzo rolniczy region, który posiada ogromny potencjał należy ukierunkować na budowanie nowych, bardziej wydajnych biogazowni, w których procesom fermentacji mogą być poddawane odpady z sektora przetwórstwa warzyw i owoców oraz z sektora gorzelnianego. Nowo planowane instalacje powinny mieć możliwość odsprzedawania zarówno ciepła jak i energii elektrycznej, co w przyszłości może pozytywnie wpłynąć na zmniejszenie wykorzystywania paliw kopalnych w tym sektorze, co następnie będzie miało wpływ na poprawę środowiska naturalnego. Za ideą biogazowni kryje się jednak niepokojący trend, produkcji surowców tylko i wyłącznie na cele biogazowni. Na Lubelszczyźnie są ku temu duże obawy ze względu na energetyczne uprawy kukurydzy. Zmniejszenie produkcji żywności kosztem energii pozyskanej z biogazowni może i niezależni nas od importu tego czynnika ale może zastąpić to importem żywności.

Przyszłość wskazuje, iż alternatywne źródła energii (OZE) stanowiąc będą o przyszłości ludzkości, a te społeczeństwa, które wykorzystają swoje potencjały społeczne, ekonomiczne, geograficzne i agrarne mogą stać się liderami w niezależności.

Bibliografia

1. Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz. U. poz. 478), Sejm, 2015.
2. Ramowa konwencja Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, Nowy Jork, 1992.
3. Protokół z Kioto do ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, Kioto, 1997.
4. Dyrektywa 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE, Parlament Europejski i Rada, 2009.
5. Renewable energy in the EU, Eurostat news-release No. 43/2015, 2015.
6. Energia, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 2015.
7. Air quality in Europe — 2015 report, European Environment Agency, Luxembourg, 2015, s. 16
8. Kogeneracja – przemysłana decyzja!, publikacja w ramach projektu CODE2, Belgia, 2014
9. The President of the Energy Regulatory Office in Poland 2013, National Report, 2013, s. 12
10. Użytkowania gruntów i powierzchnia zasiewów w 2014 r., Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 2015, s.36
11. Biogas Barometer, Euroserv'er, 2014, s.3
12. Myczko, A. Myczko, R. i inni (2011). Budowa i eksploatacja biogazowni rolniczych. Poradnik dla inwestorów zainteresowanych budową biogazowni rolniczych, Instytut technologiczno-przyrodniczy w Falentach Oddział w Poznaniu, Warszawa–Poznań, 7–9.
13. Polityka Energetyczna Polski do 2030 roku, Ministerstwo Gospodarki, Załącznik do Uchwały nr 202/2009 Rady Ministrów, Warszawa, 2009.

14. Kierunki rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce w latach 2010–2020, Rada Ministrów, Warszawa, 2010.
15. Strategia rozwoju kraju 2007–2015, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Warszawa, 2006.
16. Biogaz produkcja wykorzystanie, Agencje do Spraw Źródeł Odnawialnych, 2005, s. 15
17. Mitterleitner, H. (2009). Land Technik Weiher Stephen; Latocha
18. Biogaz rolniczy– produkcja i wykorzystanie, Mazowiecka Agencja Energetyczna, Warszawa, 2009, s. 21–24
19. Rejman–Burzyńska, H., Maksymiak–Lach, E. (2013). Jędrysik, Potencjał energetyczny biogazu ocena zasobów surowcowych do produkcji biogazu w Polsce, Chemik. 67(5), 446–453.
20. Kozak, J. (2015). Dla kogo biogazownie?, Panorama Lubelska kwiecień
21. Odnawialne i niekonwencjonalne źródła energii. Poradnik, TARBonus, Kraków–Tarnobrzeg, 2008
22. Biogaz rolniczy– produkcja i wykorzystanie, Mazowiecka Agencja Energetyczna, Warszawa, 2009
23. Energetyczne wykorzystanie biogazu wysypiskowego w Lubinie, Projekt pn. Odnawialne Źródła Energii Opolszczyzny– promocja, technologie wsparcia wdrożenia, nr POKL.08.02.01–16–028/09
24. Dziennik Urzędowy Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi poz. 77, Warszawa, 2015
Strony internetowe
25. <http://biomassmagazine.com/articles/11491/reports-illustrate-european-biogas-energy-from-waste-industries>
26. <http://european-biogas.eu/2014/12/16/4331> (na dzień 24.02.2016)
27. <https://bip.minrol.gov.pl/Informacje-Branzowe/Odnawialne-zrodla-energii> (na dzień 20.03.2016 r.)
28. http://biogaz-tech.pl/new/?page_id=2197 (na dzień: 23.03.2016)
29. <http://e-czytelnia.abrys.pl/czysta-energia/2009-12-447/technologie-4546/technologie-uszlachetniania-biogazu-do-jakosci-gazu-ziemnego-10645> (na dzień 21.03.2016)
30. <http://www.arr.gov.pl/wytworcy-biogazu-rolniczego/rejestr-przedsiębiorstw-energetycznych-zajmujących-się-wytwarzaniem-biogazu-rolniczego>(na dzień 14.05.2016)
31. <http://agroenergetyka.pl/?a=article&id=512> (na dzień 20.03.2016)
32. www.arimr.gov.pl/fileadmin/pliki/PB_2015/Akt_y_prawne/Ogloszenie_.pdf (na dzień: 25.03.2016)
<http://www.ecbartos.pl/biogaz.html> (na dzień 25.03.2016)

Стаття надійшла до редакції 1.10.2016