

TOMASZ ORDZA, ELIZA RYBSKA

*Wydziałowa Pracownia Dydaktyki Biologii i Przyrody
Wydział Biologii
Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu
Umultowska 89, 61-614 Poznań
E-mail: elizary@amu.edu.pl
ordzus@wp.pl*

ENERGIA Z BIOODPADÓW

WPROWADZENIE

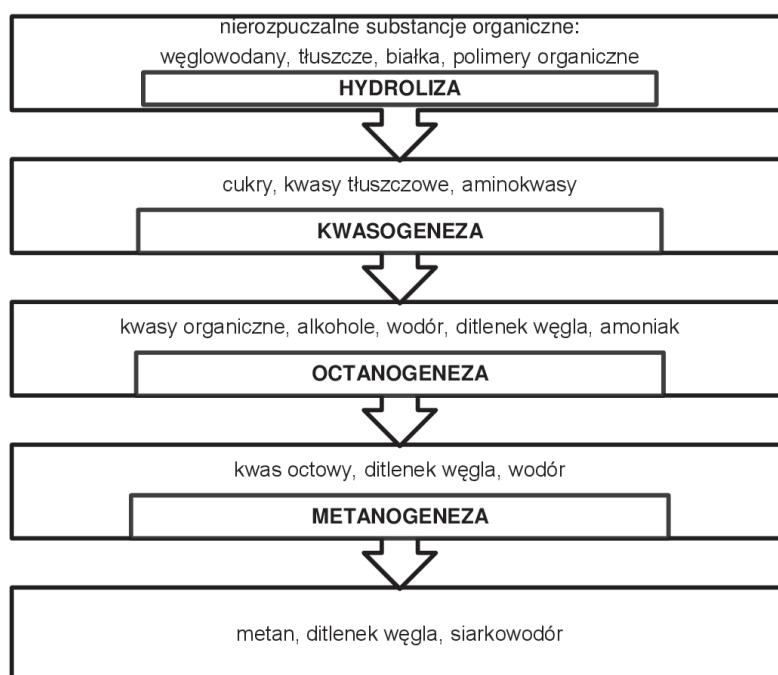
Metody biologicznego przetwarzania odpadów znane są już od starożytności (JĘDRCAK 2008, BOND i TEMPLETON 2011). Pierwsze, udokumentowane doniesienia o produkcji i praktycznym wykorzystaniu biogazu pochodzą z Asyrii z X w. p.n.e., gdzie uzyskana w ten sposób energia służyła do ogrzewania łaźni wodnych (KACPRZAK i współaut. 2012b, KOCHAŃSKA 2012). Jednak wraz z rozwojem cywilizacyjnym technologie tego typu były stale ulepszane i stawały się coraz bardziej efektywne. Biogaz, jako paliwo, zaliczany jest do bezpiecznych i przyjaznych dla środowiska alternatywnych źródeł energii (JĘDRCAK 2008). Współcześnie, na liście światowych źródeł energii, biogaz zajmuje czwarte miejsce i zaspokaja ok. 14% światowych potrzeb energetycznych (DUMANLI i współaut. 2007). Energia wytwarzana z biomasy w 64% pochodzi z drewna i odpadów, w 24% ze stałych odpadów komunalnych, w 5% z odpadów rolniczych, a pozostałe 7% pozyskiwane jest ze składowisk odpadów (DEMIRBAS i DEMIRBAS 2007). Największymi producentami energii elektrycznej z biogazu, w przeliczeniu na 1000 mieszkańców, na terenie Unii Europej-

skiej, są Niemcy, następnie Wielka Brytania i kolejno, Luksemburg, Austria, Dania oraz Szwecja. Polska zajmuje na tej liście dopiero 22 miejsce z produkcją energii ponad 6-krotnie mniejszą niż średnia w Unii Europejskiej (Euroserv'er 2009, za KOCHAŃSKA 2012). Zgodnie z polityką energetyczną Unii Europejskiej, od 1997r. biomasa traktowana jest jako tzw. odnawialne źródło energii (SIEMONS 2002). W 2007 r. natomiast, Komisja Europejska wydała komunikat zatytułowany „Strategia 3x20”, w którym założono zwiększenie udziału energii ze źródeł odnawialnych do 20%, głównie poprzez wykorzystanie biomasy (KACPRZAK i współaut. 2012a). Również w Polsce podejmowane są kroki mające na celu wykorzystanie i zachęcanie do wykorzystywania energii z pochodzącej z biomasy. Niniejszy artykuł omawia różne sposoby produkcji oraz możliwości gospodarczego wykorzystania biogazu w Polsce. Ponadto w niniejszym opracowaniu przedstawiono porównanie problematyki związanej z produkcją i wykorzystaniem bioenergii w Pakistanie, Polsce, Szwecji oraz na Litwie.

BIOGAZ

Według Rozporządzenia Ministra Gospodarki (USTAWA O ODPADACH 2008) „...biogaz jest to gaz pozyskany z biomasy, w szczególności z instalacji przeróbki odpadów zwierzę-

cych i roślinnych, oczyszczalni ścieków oraz składowisk odpadów...” (Dz.U. 2008 nr 156 poz. 969). Jednak przytoczona tu definicja prawna powinna zostać w przyszłości uzu-



Ryc. 1. Uproszczony schemat rozkładu substancji organicznej, w procesie fermentacji beztlenowej, w biogazowi (wg WOJTCZAK i BAJDA 2010, zmieniona).

pełniona o aspekt biologiczny, który będzie precyzował, że biogaz powstaje w przyrodzie samoistnie, w procesie beztlenowej fermentacji substancji organicznych (tzw. fermentacja metanowa), która zachodzi m.in. na torfowiskach (WOJTCZAK i BAJDA 2010, KACPRZAK i współaut. 2012b). Fermentacja metanowa jest to proces całkowicie mikrobiologiczny, w którym substancje organiczne zostają przekształcone w metan i ditlenek węgla. Przebiega ona w warunkach beztlenowych, zarówno w ekosystemach naturalnych, jak i sztucznie stworzonych przez człowieka (CURKOWSKI i współaut. 2009). Podczas fermentacji wyróżnić można cztery etapy (Ryc. 1) zachodzące przy udziale trzech grup bakterii, które do swojego rozwoju wymagają specyficznych warunków środowiskowych (JĘDRZAK 2008, KACPRZAK i współaut. 2012a). Uzyskiwany w wyniku fermentacji beztlenowej produkt, czyli biogaz, odznacza się doskonałymi właściwościami energetycznymi. Produkcja biogazu zaliczana jest do tzw. „czystych technologii” i ma wiele zalet, z których KACPRZAK i współaut. (2012a, patrz także LEDAKOWICZ i KRZYSTEK 2005) wymieniają jeszcze recykling odpadów organicznych i otrzymanie cennego nawozu oraz obniżenie niekorzystnego oddziaływania na środowisko i inne.

Wśród właściwości fizycznych biogazu wymienia się, że jest lżejszy od powietrza o

20%, temperatura jego zapłonu wynosi 650–750°C i pali się jasnoniebieskim płomieniem. Ciepło spalania biogazu waha się od 22 do 27 MJ·m⁻³. Wartość opałowa tego gazu (czyli ilość ciepła wydzielana podczas całkowitego i zupełnego spalania określonej jednostki masy lub objętości) wynosi od 20 do 24 MJ·m⁻³ (wartość zbliżona do wartości opałowej gazu średniokalorycznego, lecz odbiegająca znacznie od wartości charakterystycznej dla gazu zimnego, 32 MJ·m⁻³) (MISZCZAK i WASZKIEWICZ 1988, KOŁTYŚ i współaut. 2009).

Jak podaje KOCHAŃSKA (2012), wykorzystywane są trzy główne źródła pozyskiwania surowców do produkcji biogazu:

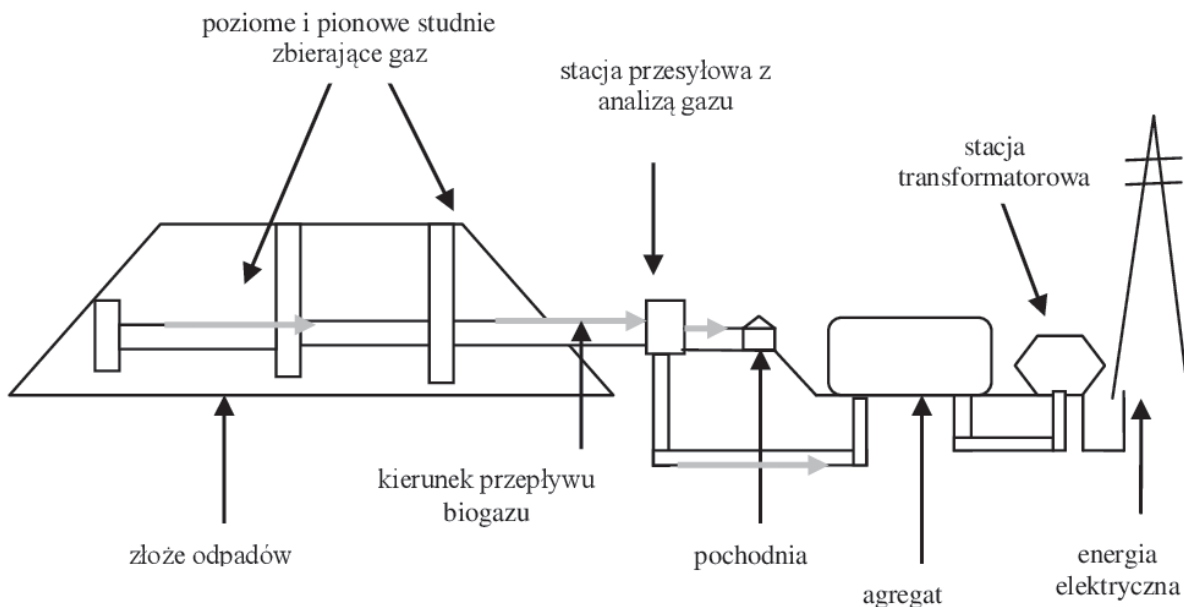
- 1) biogaz wysypiskowy;
- 2) organiczne odpady komunalne i przemysłowe;
- 3) plantacje roślin energetycznych, z udziałem odpadów z gospodarstw rolnych i domowych.

Jednak szczególną uwagę i znaczenie przypisuje się odpadom organicznym. To właśnie odpady z produkcji rolnej, w postaci pozostałości po zniwach, zbiorach owoców czy warzyw, a także odpady z ubojni są w przeważającej części źródłem biomasy do produkcji biogazu, chociaż warto też zauważyć, że coraz większą uwagę poświęca się tzw. roślinom energetycznym (KACPRZAK i współaut. 2012a).

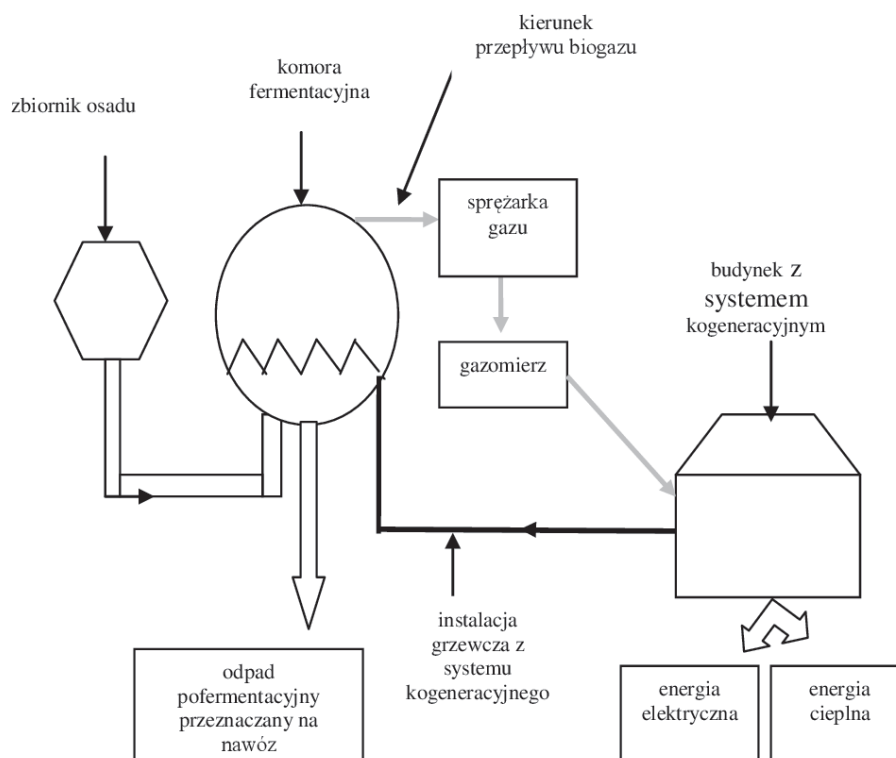
SKŁADOWISKA ODPADÓW I OCZYSZCZALNIE ŚCIEKÓW VS. BIOGAZ

Możliwości produkcyjne biogazu na składowiskach odpadów zależą przede wszystkim od morfologii i składu deponowanych na nim odpadów. Na terenach wiejskich charakteryzują się one mniejszą ilością substancji organicznych niż te, które pochodzą z miast (KOŁODZIEJCZAK i NIEMCZEWSKA 2009), co potwierdzają również dane „Krajowego Programu Gospodarki Odpadami 2010” (http://www.mos.gov.pl/g2/big/2009_07/be7d5c2b-6398292867bf78dc8ca2cae5.pdf). Szczegółowe dane pokazują, że odpady pochodzące z terenów wiejskich zawierają ok. 36% substancji organicznych, natomiast te z obszarów miejskich zawierają aż 57% substancji organicznych. Bioodpady deponowane na składowiskach powodują, że w ich złożu samorzutnie powstaje niebezpieczny dla środowiska oraz człowieka metan. Biologiczna degradacja odpadów na składowiskach powoduje powstawanie mobilnych produktów przemian. Mogą to być zarówno gazy, jak i substancje ciekłe (CURKOWSKI i współaut. 2009). Główne zagrożenia dla organizmów przebywających w pobliżu takich składowisk powodowane przez powstający gaz to m.in.

zakłócenia w oddychaniu, uszkodzenia układu nerwowego oraz krwionośnego, podrażnienie dróg oddechowych oraz narządów wzroku. Ponadto, pojawiające się często informacje o wybuchach czy samozapłonach na składowiskach odpadów oraz na terenach do nich przyległych wskazują na konieczność stałego monitorowania i zagospodarowania powstających tam gazów (DUDEK 2009). Nie bez znaczenia jest również fakt, że biometan uwalniany się do atmosfery jest bezpowrotnie tracony, a ponadto przyczynia się do pogłębiania zjawiska efektu cieplarnianego. Jak się szacuje, metan jako gaz wpływający na pogłębianie się efektu cieplarnianego jest 21-krotnie bardziej szkodliwy niż ditlenek węgla (GANTAR 2009). Zdziwienie budzi zatem ciągle jeszcze niskie zainteresowanie wykorzystaniem biogazu z oczyszczalni ścieków czy wysypisk śmieci oraz metanu towarzyszącego pokładom węgla, gdyż wciąż w niewielkim stopniu znajdują gospodarcze wykorzystanie do produkcji energii i wzbogacają atmosferę w metan (STASIŃSKA 2009). Pozyskiwanie biogazu daje możliwość jego gospodarczego wykorzystania i jednocześnie



Ryc. 2. Uproszczony schemat instalacji do odzysku gazu składowiskowego (wg *Skojarzone wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła z biogazu* materiał promocyjny firmy CES).



Ryc. 3. Uproszczony schemat instalacji do odzysku biogazu z osadów oczyszczalniowych (wg *Skójarzone wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła z biogazu* materiał promocyjny firmy CES).

przyczynia się do zmniejszenia pogłębiania efektu cieplarnianego (KACPRZAK i współaut. 2012b).

Znając zagrożenia wynikające z niezagospodarowania biogazu, należy dokonać oceny, które odpady deponowane na składowiskach odznaczają się wysokim potencjałem jego wytwarzania (DUDEK 2009). Pośród odpadów komunalnych największe znaczenie mają:

a) odpady kuchenne i przeterminowana żywność – $530 \text{ m}^3 \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{s.m.o.}$ (sucha masa organiczna);

b) odpady z terenów zieleni miejskiej (np. ścinki traw) – $430 \text{ m}^3 \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{s.m.o.}$;

c) organiczne odpady komunalne – $396,8 \text{ m}^3 \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{s.m.o.}$ (CURKOWSKI i współaut. 2009).

W związku z powyższymi warunkami prawne nakładają na zarządców składowisk odpadów obowiązek zagospodarowania powstającego tam gazu (DUDEK 2009). Odgazowywanie składowisk ma ogromne znaczenie w walce z emisją gazów cieplarnianych do atmosfery, dlatego też Dyrektywa 2008/98/WE narzuca zmniejszenie ilości odpadów organicznych deponowanych na składowiskach.

Przeprowadzenie dokładnej analizy wysypiska, w której pod uwagę bierze się np.

wiek, lokalizację, wielkość, sposób izolacji od środowiska oraz morfologię odpadów pozwala określić prawidłową metodę odgazowywania obszaru. Zastosować można dwa rodzaje działań. Pierwszy z nich polega na aktywnym systemie odgazowywania (Ryc. 2), który polega na odsysaniu gazu i gromadzeniu go w stacji gazowej. Następnie gaz ten wykorzystywany jest jako nośnik do produkcji energii elektrycznej i ciepłej.

Drugą możliwością odgazowywania składowisk jest tzw. metoda bierna, która polega na spalaniu biogazu w pochodni, a stosowana jest zazwyczaj na składowiskach o średniej wielkości.

W Tabeli 1 przedstawiono podział składowisk odpadów ze względu na ich wielkość oraz praktykowane postępowanie z powstającym biogazem.

Odgazowywanie z równoczesnym zagospodarowaniem powstającego biogazu pozwala nie tylko chronić środowisko, ale także zapobiega niekontrolowanym wybuchom, co z kolei ogranicza zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi (DUDEK 2009).

Koncepcja odgazowywania składowisk oparta jest na określeniu zagrożeń jakie stwarza biogaz dla każdego komponentu środowiska. Natomiast dopiero stworzenie listy ce-

Tabela 1. Typy składowisk odpadów a postępowanie z biogazem.

Rodzaj składowiska	Powierzchnia	Postępowanie z biogazem
małe	≤5 ha	– odprowadzanie do atmosfery
średnie	5–10 ha	– instalacja do ujmowania oraz unieszkodliwiania (spalenie w pochodni)
duże	≥10 ha	– instalacja do ujmowania gazu połączona z jednostkami kogeneracyjnymi

(wg DUDEK 2009)

łów odgazowywania oraz przygotowanie cenny oddziaływania gazu składowiskowego na otoczenie, ułatwia wybór metody (aktywnej lub biernej) eliminacji biogazu z określonego składowiska (DUDEK 2009).

Jak już wspomniano, możliwość gospodarczego pozyskiwania i wykorzystywania biogazu dotyczy nie tylko składowisk odpadów, ale także oczyszczalni ścieków, gdzie coraz częściej stosowaną praktyką jest stabilizacja osadu ściekowego poprzez fermentację metanową (KUMIDER i ZIELNICA 2006, STASIŃSKA 2009). Zgodnie z polskim prawem, osad powstający w oczyszczalni ścieków nie może być składowany w miejscu jego powstania, ani być wywożony poza oczyszczalnię bez

wcześniejszego zneutralizowania (Dz.U. 2001 Nr 62 poz. 628). Dla zarządców oczyszczalni anaerobowa biodegradacja stała się więc skutecznym i praktycznym rozwiązaniem problemu z powstającymi w niej osadami. Proces ten zapewnia ograniczenie nieprzyjemnego odoru oraz stanowi barierę dla rozwoju różnego rodzaju patogenów i pasożytów w osadzie ściekowym. Kolejnym pozytywnym aspektem tego rodzaju praktyk jest pozyskiwanie energii, która w pewnej części zaspakaja energetyczne zapotrzebowanie samej oczyszczalni (KUMIDER i ZIELNICA 2006). Uproszczony schemat instalacji do odzysku biogazu z osadów ściekowych przedstawiono na Ryc. 3.

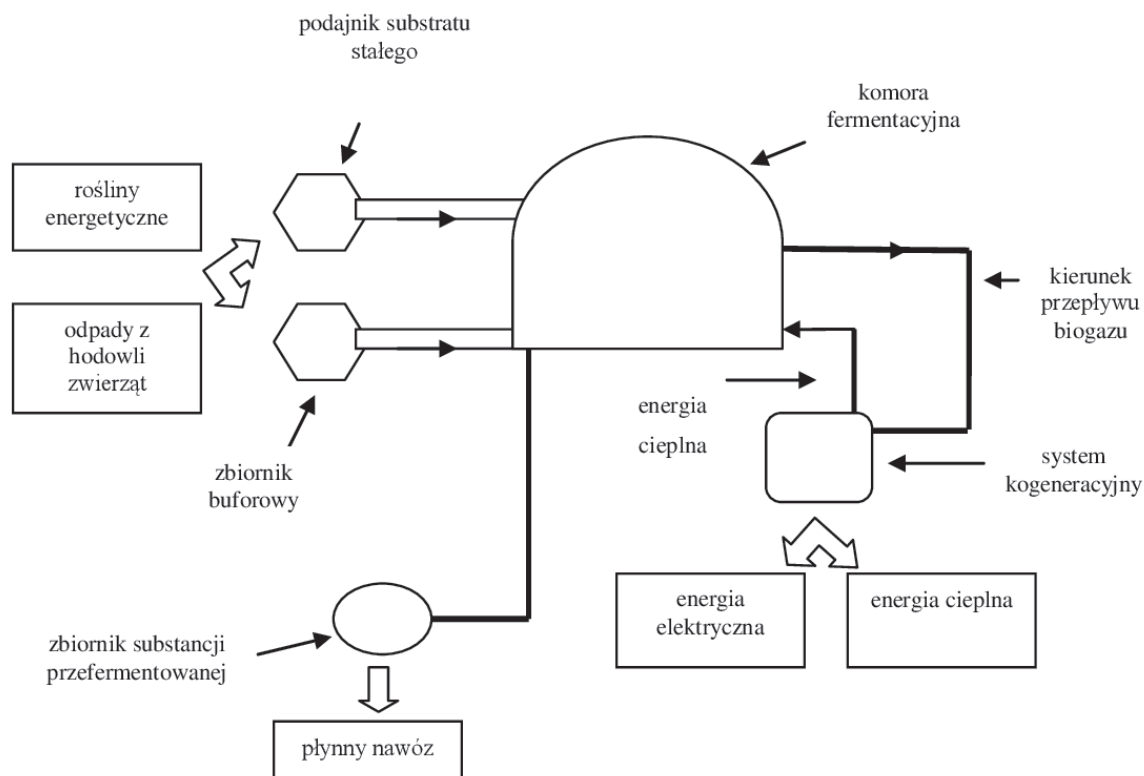
ENERGIA Z ROLNICTWA

Kolejnym, coraz powszechniej wykorzystywanym w Polsce źródłem energii z odpadów organicznych są tzw. biogazownie rolnicze. Do produkcji gazu wykorzystują one różnorodne materiały organiczne, które pochodzą zarówno z rolnictwa, jak i przemysłu (DUDEK i ZALESKA-BARTOSZ 2009). Substratami pochodzenia rolniczego, możliwymi do zastosowania w instalacji do odzysku biogazu, są przede wszystkim odpady z hodowli roślin i zwierząt, nawóz w niej powstały np. (np.: gnojowica czy skrawki roślin) oraz celowe uprawy roślin energetycznych np. kukurydzy (DUDEK i ZALESKA-BARTOSZ 2009, KACPRZAK i współaut. 2012a). Odpady poprzemysłowe, mogące znaleźć zastosowanie do produkcji biogazu rolniczego, pochodzą przede wszystkim z przemysłu: spożywczego (mleczarskiego, cukrowniczego, mięsnego etc.), farmaceutycznego, kosmetycznego, biochemicznego i papierniczego (CURKOWSKI i współaut. 2009). Schemat takiej przykładowej instalacji do otrzymywania rolniczego biogazu przedstawiono na Ryc. 4.

lacji do otrzymywania rolniczego biogazu przedstawiono na Ryc. 4.

Jak już wspomniano jednym z głównych substratów wykorzystywanych w biogazowniach rolniczych jest gnojowica (mieszanina kału i moczu zwierząt z wodą). Natomiast najbardziej produktywnym surowcem tego typu jest gnojowica kurza ($320\text{m}^3\cdot\text{t}^{-1}\text{s.m.o.}$) i świńska ($301\text{ m}^3\cdot\text{t}^{-1}\text{s.m.o.}$) (CURKOWSKI i współaut. 2009).

W krajach Europy Zachodniej coraz częściej praktykuje się zakładanie celowych upraw roślin energetycznych. Zalicza się do nich takie rośliny jak: trawy (różne gatunki), burak cukrowy i pastewny, koniczyna, ziemniaki, kukurydza, bób, cebula, gorczyca, groch, kalarepa, kapusta, kalafior, pszenica, owies, jęczmień, sorgo, rzepak, dynia i słonecznik. Jednak roślinny wkład do komory fermentacyjnej może mieć bardzo różnorodną formę (np. całe rośliny, owoce, liście, nasiona, kiszonka czy słoma). Pośród roślin energetycznych (oraz ich odpadków pozo-



Ryc. 4. Uproszczony schemat przykładowej instalacji do odzysku biogazu z roślin energetycznych i odpadów z hodowli zwierząt (wg *Skojarzone wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła z biogazu* materiał promocyjny firmy CES).

stających po produkcji rolniczej) największą produktywnością metanu charakteryzują się liście ziemniaków oraz trawa, z których uzyskuje się ok. 587,5 m³·t⁻¹·s.m.o. biogazu (CURKOWSKI i współaut. 2009, KACPRZAK i współaut. 2012a). Istotną i bardzo pożądaną cechą niektórych roślin energetycznych jest ich zdolność do akumulacji w korzeniach różnego typu zanieczyszczeń, w tym metali ciężkich, a przy tym, co ważne, metale te nie przenikają do produktów spalania. Rośliny o takich właściwościach są szczególnie pożądane, ponieważ poza produkcją biomasy doskonale nadają się do tzw. fitoremediacji obszarów o dużym stopniu uprzemysłowienia (ROMANOWSKA-DUDA i GRZESIK 2008). Fitoremediacja (gre. *phyton* – roślina i łac. *remediare* – naprawiać), to technologia polegająca na zastosowaniu roślin zdolnych do wzrostu w skażonym środowisku i wykorzystaniu takich oddziaływań na biologiczne, chemiczne i fizyczne procesy, które umożliwiają usunięcie ksenobiotyków z układu biologicznego (MARECIK i współaut. 2006).

Oprócz odpadów rolniczych, duży potencjał energetyczny mają także odpady pocho-

dzące z przemysłu spożywczego. Przykładem może być tu gliceryna, z której uzyskuje się aż 1196 m³·t⁻¹·s.m.o. oraz pozyskana z ubojni tkanka tłuszczowa, z której można wyprodukować ok. 700 m³·t⁻¹·s.m.o. (CURKOWSKI i współaut. 2009,).

Pomimo że w Polsce istnieją instalacje rolnicze produkujące biogaz, to potencjał kraju nie jest jeszcze w pełni wykorzystany (MINISTERSTWO GOSPODARKI 2010a). Udział tego typu instalacji w bilansie energetycznym kraju jest niewielki (MINISTERSTWO GOSPODARKI 2010b). Obecnie na terenie Polski działa zaledwie 25 biogazowni rolniczych (stan na dzień 7.09.2012), a kolejnych 14 jest w budowie (PORTAL BIOGAZOWY 2012). Warto w tym miejscu zaznaczyć, że np. niemieckie instalacje do odzysku biogazu cechuje bardzo wysokie zagospodarowanie odpadów z upraw i hodowli zwierząt (na poziomie aż 95%) (BUDZIANOWSKI i CHASIAK 2011). Świadczy to o wytworzeniu się u naszych zachodnich sąsiadów typowego rolnictwa energetycznego. Z kolei w Polsce, ekspansja upraw energetycznych dopiero się rozpoczyna, a biogaz powstaje głównie z organicznej

frakcji odpadów organicznych. Szacuje się, że polskie rolnictwo w 2030 r., przy stworzeniu dobrego klimatu do inwestycji i rozwoju w sektorze bioenergetycznego, zaspokoi zapo-

trzebowanie kraju na poziomie ok. 10–25% całkowitych potrzeb energetycznych (SIMON i WIEGMANN 2009).

PORÓWNAJMY SIĘ DO INNYCH

W 2008 r. udział biogazu rolniczego w wykorzystaniu energii ze źródeł odnawialnych w naszym kraju wyniósł zaledwie 0,05%. Łącznie, wszystkie rodzaje biogazu (rolniczy, składowiskowy oraz ściekowy) stanowiły zaledwie 2,3% „zielonej energii” wytworzonej w Polsce. Rządowy dokument zatytułowany „Polityka energetyczna Polski do 2030r.” określa kierunki oraz zamierzenia polskiego rządu względem rozwoju odnawialnych źródeł energii. Jednym z działań mających służyć realizacji tego celu jest opracowanie i realizacja programu „Kierunki rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce”. Rada Ministrów w dokumencie tym zakłada (przy posiadaniu przez gminę odpowiednich warunków), że do końca 2020 r. w każdej gminie powstanie przynajmniej jedna biogazownia typu rolniczego. Dane te zostały opracowane na podstawie szacunków, według których potencjał energetyczny rolnictwa umożliwi pozyskanie substratów, zapewniających wytworzenie około 5 mld m³ biogazu rocznie. Surowce te mają stanowić zabezpieczenie energetyczne dla około 2 000 biogazowni rolniczych. W pierwszej kolejności, jako wkład do fermentatorów, zostaną wykorzystane tzw. produkty uboczne rolnictwa zarówno płynne, jak i stałe odchody zwierzęce oraz pozostałości z przemysłu rolno-spożywczego. Ponadto, rząd planuje także wprowadzenie upraw roślin energetycznych. Na podstawie danych szacunkowych, które posłużyły do opracowania „Kierunków rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce” (MINISTERSTWO GOSPODARKI 2010a), produkty uboczne rolnictwa i pozostałości z przemysłu rolno-spożywczego posiadają wartość energetyczną wynoszącą około 1,7 mld m³ biogazu rocznie. W Polsce zużywa się obecnie około 14 mld m³ gazu ziemnego na roku, z czego 500 mln m³ wykorzystują odbiorcy na terenach wiejskich. Prognozowana ilość wytwarzanego biogazu zabezpieczyłaby więc około 10% rocznego zapotrzebowania kraju na gaz ziemny, dostarczając jednocześnie energię elektryczną (MINISTERSTWO GOSPODARKI 2010b).

Popularyzacja tzw. „zielonej energii” z biogazu dopiero się rozpoczyna, a polskie

działania na tym polu są bardzo opóźnione w stosunku do innych krajów Unii Europejskiej, takich jak Niemcy, Dania, Austria czy Szwecja (BUDZIANOWSKI 2012). Z doświadczeń krajów powszechnie wykorzystujących energię z bioodpadów wynika, że głównymi stymulatorami rozwoju tej technologii jest wsparcie ekonomiczne dla inwestorów, dostęp do surowców oraz nowoczesnych technologii (LANTZ i współaut. 2007).

Niezależnie od stopnia rozwoju gospodarczego danego państwa problemy związane z wykorzystaniem biogazu są zasadniczo podobne. Jako studium przypadku porównano sytuację polskiej bioenergetyki do pakistańskiej, litewskiej i tureckiej. Pakistan to kraj, w którym rolnictwo ma znaczący udział w gospodarce krajowej (AMJID i współaut. 2011). Ponadto, dla krajów rozwijających się, deficyty energii są głównym czynnikiem ograniczającym tempo wzrostu gospodarczego (CHAUDHRY i współaut. 2008). Warty odnotowania jest fakt, że Pakistan wyprzedził Polskę w planowaniu i rozbudowie sieci biogazowej, ponieważ już w 2000 r. władze tego kraju stworzyły system wsparcia dla rozwoju energetyki tego typu. Realizując ten program wybudowano 1 200 biogazowni przydomowych oraz zaprojektowano kolejnych 10 000 tego typu instalacji. Należy również wspomnieć, że w kolejnych latach rozbudowa sieci biogazowni postępowała dalej (ILYAS 2006). Tak zdecydowane kroki podyktowane były głównie ekonomią, ponieważ dane dotyczące Pakistanu pokazują, że kraj ten w latach 2009–2010 wydał ok. 7 mld USD na import energii ze źródeł konwencjonalnych, co stanowiło aż 20% rynku walutowego tego kraju (AMJID i współaut. 2011). W związku z wybitnie rolniczym charakterem Pakistanu oraz potrzebą szukania alternatywnych źródeł energii obecnie na obszarze tym propaguje się intensywne wykorzystanie biogazu. Władze, tym samym, podążają tropem innych państw regionu, takich jak Indie czy Chiny (JINGJING i współaut. 2001, SAHIR i QURESHI 2008).

Kolejnym krajem, który importuje energię aż w 50% jest Turcja (ERDOGDU 2008). Podobnie jak Pakistan i Polska, Turcja ma duży

udział rolnictwa w gospodarce krajowej. Z kolei energetyka Turcji charakteryzuje się znaczącą przewagą źródeł nieodnawialnych. W 2005 r. wykorzystanie źródeł energii w tym kraju wyglądało następująco: gaz ziemny 44,74%, energia wodna 25,11%, węgiel 25,05%, olej 4,92%, biomasa 0,09%, energia geotermalna 0,06% i energia wiatrowa 0,04% (KONE i BUAKE 2007). W Turcji, podobnie jak w Pakistanie i Polsce, wyraźnie zaznacza się rozwój technologii związanych z pozyskiwaniem energii z biomasy, dzięki czemu następuje rozwój i umacnianie się rolnictwa na rynku wewnętrznym. Dla dalszej realizacji tego celu władze państwa planują wykorzystanie części porzuconych i niezagospodarowanych terenów pod uprawy roślin energetycznych (DUMANLI i współaut. 2007). Jednakże, analogicznie jak w Polsce, także w Turcji istnieje szereg barier utrudniających rozwój tzw. bioenergetyki. Wśród najważniejszych wymienia się: a) problemy instytucjonalno-prawne (polityka państwa i instrumenty rynkowe) oraz b) problemy społeczne (brak akceptacji ludności dla wytwarzania energii tego typu) (KAYA 2006, NILSSON i współaut. 2006, ERDOGU 2008, CURKOWSKI i współaut. 2009). W Turcji i Pakistanie inwestycje w rozwój bioenergetyki związane są przede wszystkim z zagrożeniami niedoboru energii oraz próbami dywersyfikacji dostaw energii w celu zapewnienia wewnętrznego bezpieczeństwa energetycznego (BILEN i współaut. 2008).

Podobna sytuacja występuje na Litwie, gdzie aż 50% energii pochodzi z importu (JUSKA i BARTKUS 2002). Warto też odnotować, że na Litwie aż 40% energii pochodzi z energetyki atomowej (energii tego typu nie

produkuje się w Pakistanie, Turcji czy Polsce). Pomimo to, sytuacja na Litwie jest o wiele bardziej skomplikowana niż w wymienionych krajach. Wynika to z faktu, że głównym źródłem importowanego gazu ziemnego dla Litwy jest tylko i wyłącznie Federacja Rosyjska. Wzrastające ceny paliw oraz zmiany w gospodarce spowodowały, że rząd zaczął się na poważnie interesować wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii, m.in. biogazem, którego potencjał na Litwie szacowany jest na ok. 48 mln m³ (KATINAS i MARKEVICIUS 2006).

Najlepszym, bo perspektywicznym przykładem jest tu model szwedzki. Mimo że kraj ten słynie z wysokiej kultury ekologicznej oraz powszechnego wykorzystania biogazu, to cały system wspierania energetyki biogazowej (doradztwo, dofinansowywanie, szkolenia, konsultacje społeczne) jest nadal rozwijany i ulepszany (LANTZ 2004, SVENSSON i współaut. 2005). Współpraca władz, naukowców oraz przemysłu z lokalnymi społecznościami w Szwecji stanowi najlepszą z dotychczas opisanych praktyk dla propagowania bioenergetyki (LANTZ i współaut. 2007) i powinna stanowić przykład dla krajów takich jak Polska, Pakistan, Turcja czy Litwa. Każdy sposób wytwarzania energii, także biogaz, ma swoich przeciwników i zwolenników. Fakt, iż współczesne społeczeństwo jest wysoce energochłonne, powinien motywować do rozwijania i ulepszania nowoczesnych technologii uzyskiwania energii, bezpiecznych zarówno dla człowieka, jak i środowiska. Takim przykładem jest właśnie gospodarcze zastosowanie bioodpadów do wytwarzania zielonej energii z biogazu.

OBAWY SPOŁECZNE, CZYLI REAKCJE LOKALNYCH SPOŁECZNOŚCI NA POWSTAJĄCE W ICH OTOCZENIU BIOGAZOWNIE

Inwestycje związane z budową biogazowni wywołują liczne kontrowersje, a czasami nawet konflikty społeczne (ORDZA 2012b). Potwierdzeniem tego mogą być liczne artykuły prasowe w lokalnych gazetach informujące o protestach mieszkańców przeciwko budowom biogazowni w różnych częściach Polski. Za przykład posłużyć tu może fragment artykułu prasowego, pochodzącego z *Tygodnika Tucholskiego* potwierdzający niechęć i nieprzychylnie nastawienie mieszkańców do budowy biogazowni we wsi Słupy: „Jesteśmy za rozwojem Słupów, ale nie

naszym kosztem. Mamy dzieci i chcemy tu spokojnie żyć. Tego rodzaju budowle na papierze wyglądają OK, ale w praktyce już niekoniecznie. Przecieki do gruntu, fetor z przyzmy, które przykryte będą tylko foliami i transport przed naszymi oknami. Nie chcemy czegoś takiego w naszym sąsiedztwie. Pomóżcie nam!” (ZDANOWSKA 2011).

Wiele badań wskazuje na konieczność i wagę „political support” w powodzeniu przedsięwzięć takich jak rozwój bioenergetyki lokalnej. Wsparcie burmistrzów czy władz lokalnych bardzo często pomaga w uzyskaniu

niezbędnych dotacji z różnych źródeł. Gorzej jednak, gdy władze lokalne tracą autorytet w oczach mieszkańców (MUSSAL i KUIK 2011, SCHMUCK i WÜSTE 2012). W omawianym przypadku w gminie Tuchola, przedstawiciel inwestora próbował przekonać mieszkańców do projektowanego przedsięwzięcia, natomiast społeczność lokalna skutecznie odpychała argumenty, przedstawiając różne wady biogazowni. Mieszkańcy nie chcą rozwoju nowoczesnych technologii ich kosztem. Ponadto mieli oni także żal do władz gminy o to, że nie zostali poinformowani o planach budowy tego rodzaju zakładu w miejscu ich zamieszkania. Omówiony przypadek i inne znane z prasy, np. z miejscowości Parchowo (SZYMANOWSKI 2011), dowodzą, że problematyka biogazowni rolniczych rozpała emocje i w wielu przypadkach powoduje silny sprzeciw miejscowej ludności. Jednakże na mapie naszego kraju są miejsca, gdzie władze miast i gmin oraz ich mieszkańcy czekają na kolejne inwestycje w zieloną energię. Przykładem może być chociażby powiat człuchowski, w którym to znajdują się aż cztery biogazownie: w Koczale, Kujankach, Płaszczycy i Pawłówku, a planowana jest budowa piątej w Uniechówku (PIEPIORKA 2010).

W badaniach prowadzonych w latach 2002-2009 w Macedonii zanotowano spadek poziomu wiedzy i świadomości ekologicznej wśród uczniów szkół średnich, pomimo, jak się wydaje, wyraźnego wpływu Dekady na Rzecz Zrównoważonego Rozwoju (ABAZI i współaut. 2011). Autorzy publikacji wskazują na duże braki w edukacji ekologicznej. W innym artykule jeden z autorów przywołuje badania, w których 2/3 respondentów wskazuje na potrzebę wprowadzenia przedmiotu „Ekologia” do szkół (SRBINOVSKI 2005, ABAZI i współaut. 2011).

Warto również zauważyć, że tak istotne społecznie zagadnienie jakim jest produkcja biogazu, nie znajduje odzwierciedlenia w podstawie programowej *również w Polsce, a wprowadzenie* ekologii do naszych szkół również nie byłoby bezzasadne.

W badaniach przeprowadzonych w ramach pracy magisterskiej na temat akceptacji

społecznej dla budowy biogazowni w okolicach miejsca zamieszkania, odpowiedzi respondentów skategoryzowano, wyróżniając w nich cztery główne aspekty: społeczno-gospodarczy, energetyczny, środowiskowy oraz „warunkowo za” (osoby będące za budową biogazowni w okolicy miejsca ich zamieszkania, ale po spełnieniu przez inwestora i władze konkretnych warunków) (ORDZA 2012a). Należy wyraźnie zaznaczyć, że argumenty wymieniane przez ankietowanych, przemawiające za lub przeciw budowie biogazowni nie były tylko *stricte* ekologicznej natury. Jednak zjawisko takie nie jest niczym nowym. W badaniach społecznych przeprowadzonych w 50 różnych, małych wioskach w Niemczech, dotyczących m.in. wprowadzania bioenergii, autorzy stwierdzili, że dominującymi powodami są te natury ekologicznej, ale często towarzyszą im powody natury antropocentrycznej (powód społeczny) lub nawet egocentrycznej (SCHMUCK i WÜSTE 2012). Podobne wyniki uzyskano także w Wielkiej Brytanii (DEVINE-WRIGHT i współaut. 2007, WALKER 2008). Wyniki takie wskazują jednoznacznie na konieczność łączenia edukacji z problemami społecznymi. Ponadto zauważalna jest swoista luka, jaka powstaje, kiedy zagadnienia poruszane w szkole nie znajdują odzwierciedlenia w życiu codziennym, gdyż motywami jakimi kierują się ludzie są nie tylko ideologiczne, ale także osadzone społecznie. Na zbyt encyklopedyczne podejście do nauczania o odnawialnych źródłach energii zwraca również uwagę BOJIC (2004). Autor dokonał analizy programów i sposobów nauczania o odnawialnych źródłach energii na ośmiu różnych wydziałach czterech uniwersytetów Serbii i Czarnogóry. BOJIC (2004) opisał nie tylko encyklopedyczne podejście do przedmiotu, ale także wykorzystywanie głównie programów komputerowych, czy komputerowych baz danych w procesie edukacyjnym oraz skupianie się głównie wokół energii słonecznej i biomasy. Wydaje się więc, że byłoby wskazane bardziej interdyscyplinarne podejście do tego zagadnienia, niż ma to miejsce dotychczas.

WNIOSKI

Dane literaturowe potwierdzają, że gospodarcze wykorzystanie biogazu rolniczego, składowiskowego oraz oczyszczalnianego ma pozytywny wpływ na środowisko przyrod-

nicze. Ponadto, gaz ten stanowi atrakcyjną alternatywę energetyczną, społeczną i ekonomiczną, co potwierdza „boom” na inwestycje w bioenergię w wielu krajach Europy i

świata. Jednakże w Polsce (i nie tylko) istnieje duży opór społeczny przeciwko budowom biogazowni, co potwierdzają liczne artykuły z lokalnej prasy. Zjawisko to może być spowodowane niewiedzą lub brakiem współpracy i przepływu informacji pomiędzy samorządem lokalnym, potencjalnym inwestorem a mieszkańcami. W Polsce realizacja inwestycji w zakresie budowy biogazowni napotyka szereg przeszkód, a za najważniejsze uważa się a) utrudniony dostęp do informacji, b) wysokie koszty budowy, c) brak stabilnej

perspektywy wsparcia, d) ograniczenia prawne, e) protesty społeczne i inne (KACPRZAK i współaut. 2012b).

Uważamy, że edukacja ekologiczna to skuteczne narzędzie nauczania i informowania społeczeństwa nie tylko o ważnych problemach środowiskowych, ale także społecznych i gospodarczych. Edukacja tego typu, poprzez swoją wieloaspektowość, wpisuje się w kanon działań Dekady na rzecz Zrównoważonego Rozwoju.

ENERGIA Z BIOODPADÓW

Streszczenie

W niniejszym artykule zwrócono uwagę na fakt, że biogaz należy do alternatywnych źródeł energii, która uważana jest za bezpieczną i przyjazną dla środowiska. Ponadto zauważa się, że największymi producentami energii elektrycznej z biogazu w przeliczeniu na 1000 mieszkańców na terenie Unii Europejskiej są Niemcy, następnie Wielka Brytania i kolejno Luksemburg, Austria, Dania, Szwecja, natomiast Polska zajmuje 22 miejsce mając produkcję tej energii ponad 6-krotnie mniejszą niż średnia europejska.

W artykule omówiono wytwarzanie biogazu wysypiskowego, rolniczego oraz oczyszczalnianego. Stwierdza się także, że w Polsce istnieją instalacje rolnicze produkujące biogaz, lecz potencjał kraju nie jest w pełni wykorzystany.

Zauważalne jest, że popularyzacja zielonej energii biogazu dopiero się rozpoczyna, a polskie działania są spowolnione w stosunku do innych krajów Unii Europejskiej np. Niemiec, Danii, Austrii czy Szwecji. W artykule wymienia się główne stimulatory rozwoju tego typu bioenergii, którymi są: wsparcie ekonomiczne dla inwestorów, dostęp do surowców oraz nowoczesnych technologii. Porównano także dane dotyczące rozwoju zielonej energii pochodzącej z biogazu w Pakistanie, Turcji na Litwie i w Polsce. Uwagę poświęcono również obawom społecznym dotyczącym budowy biogazowni w Polsce oraz potrzebie edukacji ekologicznej na ten temat. Przytoczone zostały artykuły prasowe z lokalnych gazet informujące o protestach mieszkańców przeciwko budowie biogazowni w różnych częściach Polski.

ENERGY FROM BIO-WASTE

Summary

This article focuses on the biogas as an alternative energy source considered to be safe and environmental friendly. The largest producers of biogas electricity per 1000 inhabitants in the EU are countries such as: Germany, followed by the United Kingdom, Luxembourg, Austria, Denmark and Sweden; Poland is ranked on the 22nd place and produces 6 times less than the European average.

Production of land fill, agricultural and sewage biogas is shortly described. Some agricultural biogas plant installations in Poland do exist, but their potential is not fully exploited. According to the document "Polish Energy Policy until 2030" there are still places for new biogas plants that should be installed.

It is noticeable that the popularization of green energy, and biogas in particular, is just getting started, and Polish operations are slowed down in comparison to the other European Union countries such as: Germany, Denmark, Austria and Sweden. The article lists some main stimuli of this type bio-energy development: economic support for investors, access to raw materials and modern technologies. Comparative data on the development of green energy from biogas in Pakistan, Turkey, Lithuania and Poland are also presented. Particular attention is given to the social concerns against construction of biogas plants in Poland, and to the need for better environmental education.

LITERATURA

- ABAZI A., ISMAILI M., SRBINOVSKI M., 2011. *The trend of the high school students' level of the environmental knowledge in the Republic of Macedonia*. Proc. Social Behav. Sci. 15, 1395-1400.
- AMJID S. S., BILAL M. Q., NAZIR M. S., HUSSAIN A., 2011. *Biogas, renewable energy resource for Pakistan*. Renew. Sustain. Energy Rev. 15, 2833-2837.
- BILEN K., OZYURT O., BAKIRCI K., KARSLI S., ERDOGAN S., YILMAZ M., COMAKLI O., 2008. *Energy production, consumption, and environmental pollution*

- for sustainable development: a case study in Turkey. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 12, 1529–1561.
- BOJIC M., 2004. *Education and training in renewable energy sources in Serbia and Montenegro.* *Renew. Energy* 29, 1631–1642.
- BOND T., TEMPLETON M. R., 2011. *History and future of domestic biogas plants in the developing world.* *Energy Sustain. Develop.* 15, 347–354.
- BUDZIANOWSKI W. M., 2012. *Sustainable biogas energy in Poland: prospects and challenges.* *Renew. Sustain. Energy Rev.* 16, 342–349.
- BUDZIANOWSKI W. M., CHASIAK I., 2011. *The development of biogas fuelled power plants in Germany during the 2001–2010 decade: main sustainable conclusions for Poland.* *J. Power Technol.* 91, 102–113.
- CHAUDHRY A. M., RAZA R., HAYAT S., 2008. *Renewable energy technologies in Pakistan: prospects and challenges.* *Renew. Sustain. Energy Rev.* 13, 1657–1662, doi:10.1016/j.rser.2008.09.025.
- CURKOWSKI A., MROCZKOWSKI P., ONISZK-POPLAWSKA A., WIŚNIEWSKI G., 2009. *Biogaz rolniczy – produkcja i wykorzystanie.* Mazowiecka Agencja Energetyczna, Warszawa.
- DEMIRBAS A. H., DEMIRBAS I., 2007. *Importance of rural bioenergy for developing countries.* *Energy Convers. Manage.* 48, 2386–2398.
- DEVINE-WRIGHT P., EVANS B., FAY H., HUNTER S., WALKER G. P., 2007. *Harnessing community energies: explaining and evaluating community-based localism in renewable energy policy in the UK.* *Hinshelwood. Global Environ. Politics* 7, 64–82.
- DUDEK J., 2009. *Rola pomiarów przy opracowywaniu koncepcji odgazywania składowisk odpadów komunalnych. Odpady XXI wieku.* Materiały z Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej, Zakład Technologii Energii Odnawialnych Instytutu Nafty i Gazu w Krakowie.
- DUDEK J., ZALESKA-BARTOSZ J., 2009. *Biogaz źródłem energii z odpadów. Odpady w XXI wieku.* Materiały z Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej, Zakład Technologii Energii Odnawialnych Instytutu Nafty i Gazu w Krakowie.
- DUMANLI A. G., GÜLYURTLU I., YURUM Y., 2007. *Fuel supply chain analysis of Turkey.* *Renew. Sustain. Energy Rev.* 11, 2058–2082.
- ERDOĞDU E., 2008. *An expose of bioenergy and its potential and utilization in Turkey.* *Energy Policy* 36, 2182–2190.
- GANTAR K., 2009. *Gospodarcze wykorzystanie metanu z pokładów węgla na przykładzie rozwiązań Jastrzębskiej Spółki Węglowej SA.* Materiały z XXIII Konferencji z cyklu zagadnienia surowców energetycznych i energii w gospodarce krajowej, 33–48.
- ILYAS S. Z., 2006. *Biogas program is a reason for its success.* *Am. Euras. J. Scient. Res.* 1, 42–45.
- JĘDRCZAK A., 2008. *Biologiczne przetwarzanie odpadów.* PWN, Warszawa.
- JINGJING L., XING Z., DELAQUIL P., LARSON E. D., 2001. *Biomass energy in China and its potential.* *Energy Sustain. Develop.* 5, 66–80, doi:10.1016/S0973-0826(08)60286-0.
- JUSKA A., BARTKUS S., 2002. *Energy in Lithuania.* Ministry of Economy Lithuania, Lithuanian Energy Institute http://www.erec.org/fileadmin/erec_docs/Projcet_Documents/RES_in_EU_and_CC/Lithuania.pdf
- KACPRZAK A., MICHALSKA K., ROMANOWSKA-DUDA Z., GRZESIK M., 2012a. *Rośliny energetyczne jako cenny surowiec do produkcji biogazu.* *Kosmos* 61, 281–293.
- KACPRZAK A., MICHALSKA K., FELCZAK J., 2012 b. *Technologie biogazowe.* [W:] *Mikrotechnologie biogazowe jako innowacyjne narzędzie stymulowania rozwoju lokalnego.* KOCHAŃSKA E. (red.). Centrum Badań i Innowacji Pro-Akademia, Oddział Polskiej Akademii Nauk w Łodzi, 42–90.
- KATINAS V., MARKEVICIUS A., 2006. *Promotional policy and perspectives of usage renewable energy in Lithuania.* *Energy Policy* 34, 771–780.
- KAYA D., 2006. *Renewable energy policies in Turkey.* *Renew. Sustain. Energy Rev.* 10, 152–163.
- KOCHAŃSKA E., 2012. *Technologia produkcji biogazu na bazie odpadów organicznych jako narzędzie tworzenia przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstw rolno-spożywczych.* [W:] *Mikrotechnologie biogazowe jako innowacyjne narzędzie stymulowania rozwoju lokalnego.* KOCHAŃSKA E. (red.). Centrum Badań i Innowacji Pro-Akademia, Oddział Polskiej Akademii Nauk w Łodzi, 10–20.
- KOŁODZIEJCZAK G., NIEMCZEWSKA J., 2009. *Wpływ zmniejszenia ilości gromadzonych odpadów organicznych na produktywność gazową składowisk odpadów komunalnych. Odpady XXI wieku.* Materiały z Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej, Zakład Technologii Energii Odnawialnych Instytutu Nafty i Gazu w Krakowie.
- KOŁTYŚ S., SZYMANEK M., DRESZER K. A., 2009. *Ocena technologii produkcji biogazu ze ścieków miejskich na przykładzie oczyszczalni ścieków „HAJDÓW”.* *Inżynieria Rolnicza* 6, 155–161.
- KONE A. C., BUKE, T., 2007. *An Analytical Network Process (ANP) evaluation of alternative fuels for electricity generation in Turkey.* *Energy Policy* 35, 5220–5228.
- KUMIDER J., ZIELNICA J., 2006. *Bioenergetyka szansą dla środowiska naturalnego.* Wybrane zagadnienia. Poznań. Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu.
- LANTZ M., SVENSSON M., BJORNSSON L., BORJESSON P., 2007. *The prospects for an expansion of biogas systems in Sweden – Incentives, barriers and potentials.* *Energy Policy* 35, 1830–1843.
- LANTZ M., 2004. *Farm based biogas production for combined heat and power production: economy and technology.* *Environmental and Energy Systems Studies.* Praca magisterska, Lund University, Lund.
- LEDAKOWICZ S., KRZYSTEK L., 2005. *Wykorzystanie fermentacji metanowej w utylizacji odpadów przemysłu rolno-spożywczego.* *Biotechnologia* 3, 165–183.
- MARECIK R., KRÓLICZAK P., CYPLIK P., 2006. *Fitoremediacja - alternatywa dla tradycyjnych metod oczyszczania środowiska.* *Biotechnologia* 3, 88–97.
- MINISTERSTWO GOSPODARKI, 2010. *Kierunki rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce.* Dokument przygotowany we współpracy z Ministerstwem Rolnictwa i Rozwoju Wsi, przyjęty przez Radę Ministrów 13 lipca 2010. http://www.pigeo.org.pl/pliki/tresci_pl/137/Kierunki%20Rozwoju%20Biogazowni%20Rolniczych%20w%20Polsce%20na%20lata%202010-2020.pdf.
- MINISTERSTWO GOSPODARKI, 2010. *Krajowy plan działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych.* <http://bip.mg.gov.pl/files/upload/11992/Krajowy%20plan%20dzialania%20projekt%20z%20dnia%2029.10.2010%20r.pdf>.
- MISZCZAK M., WASZKIEWICZ C., 1988. *Energia* Słońca, wiatru i inne. Wydawnictwo „Nasza Księgarnia”, Kraków.
- MUSSAL F.D., KUIK O., 2011. *Local acceptance of renewable energy – A case study from southeast.* *Energy Policy* 39, 3252–3260.
- NILSSON L. J., PIŚAREK M., BURIĄK J., ONISZK-POPLAWSKA A., BUĆKO P., ERICSSON K., JAWORSKI Ł.,

2006. *Energy policy and the role of bioenergy in Poland*. Energy Policy 34, 2263–2278.
- ORDZA T., 2012a. *Edukacja ekologiczna jako narzędzie służące do zwiększania świadomości społecznej na temat produkcji biogazu, zielonej energii oraz biogazowi*. Praca magisterska, Pracownia Dydaktyki Biologii i Przyrody, Wydział Biologii Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu.
- ORDZA T., 2012b. *Energetyczne odpady*. Wszechświat 113, 45–47.
- PIEPIORKA W., 2010. *W powiecie człuchowskim powstanie piąta biogazownia rolnicza*. Dziennik Bałtycki, <http://www.dziennikbaltycki.pl/artykul/205664,powiat-czlurowski-piata-biogazownia-staje-w-uniechowku,id,t.html>.
- PORTAL BIOGAZOWY, 2012. *Mapa biogazowni funkcjonujących w Polsce*. <http://maps.google.com/maps/ms?ie=UTF&msa=0&msid=109466379541783546908.000492e79d0a31e4fac77> oraz http://portalbiogazowy.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=68&Itemid=84.
- ROMANOWSKA-DUDA Z. B., GRZESIK M., 2008. *Zastosowanie pomiarów biometrycznych roślin w monitorowaniu środowiska i produkcji biomasy do celów energetycznych*. [W:] *Ekotoksykologia w ochronie środowiska*. KOŁWZAN B., GRABASA K. (red.). Wydawnictwo PZITS, 327–334.
- SAHIR M. H., QURESHI A. H., 2008. *Assessment of new and renewable energy resources potential and identification of barriers to their significant utilization in Pakistan*. Renew. Sustain. Energy Rev. 12, 290–298.
- SCHMUCK P., WÜSTE A., 2012. *Bioenergy villages and regions in Germany: an interview study with initiators of Communal Bioenergy Projects on the success factors for restructuring the energy supply of the community*. Sustainability 4, 244–256.
- SIEMONS R. V., 2002. *How European waste will contribute to renewable energy*. Energy Policy 30, 471–475.
- SIMON S., WIEGMANN K., 2009. *Modelling sustainable bioenergy potentials from agriculture for Germany and Eastern European countries*. Biomass Bioenerg. 33, 603–609.
- SRBINOVSKI M., 2005. *The relationships between some cognitive and affective environmental educational areas*. Prosvetnodelo. Environ. Educ. SEEU Rev. 2, 223–239.
- STASIŃSKA B., 2009. *Ograniczenie emisji metanu z kopalń węglowych poprzez katalityczne oczyszczanie powietrza wentylacyjnego*. Polityka Energetyczna 12, 123–132.
- SVENSSON M., CHRISTENSSON K., BJORNSSON L., 2005. *Biogas production from crop residues on a farm-scale level: is it economically feasible under conditions in Sweden?* Bioproc. Biosyst. Engin. 28, 139–148.
- SZYMANOWSKI K., 2011. *Parchowo budowa biogazowni najprawdopodobniej nie dojdzie do skutku*. Dziennik Bałtycki, <http://www.dziennikbaltycki.pl/artykul/411060,nie-bedzie-biogazowni-w-parchowie-mieszkanicy-zablokowali,id,t.html?cookie=1>.
- USTAWA O ODPADACH, 2008. *Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 14 sierpnia 2008 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej, zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii oraz obowiązku potwierdzania danych dotyczących ilości energii elektrycznej wytworzonej w odnawialnym źródle energii*. <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20081560969>.
- WALKER G., 2008. *What are the barriers and incentives for community-owned means of energy production and use?* Energy Policy 36, 4401–4405.
- WOJTCZAK J., BAJDA L., 2010. *BioGaz, Jarocin*. Wydawnictwo Biogaz-Tech Sp. z o.o.
- ZDANOWSKA L., 2011. *Pomóżcie nam! Wielki sprzeciw mieszkańców*. Tygodnik Tucholski, <http://www.archiwum.tygodnik.pl/?o=art&n=6195>.