

KONCEPCJA BIOGAZOWNI WYKORZYSTUJĄCEJ ODPADY KOMUNALNE

**Małgorzata Jacyno, Jolanta Korkosz-Gębska, Ewa Krasuska, Jarosław Milewski,
Anna Oniszk-Popławska, Dominika Trębacz, Grażyna Wójcik**

Słowa kluczowe: odnawialne źródła energii, biogazownia komunalna, energia z odpadów komunalnych

Streszczenie. Artykuł przedstawia wstępną koncepcję oraz główne ogniwa łańcucha powiązań wokół instalacji opartej na innowacyjnej technologii przekształcania biologicznego frakcji BIO odpadów komunalnych w celu produkcji biogazu. Zaprezentowano możliwość zastosowania innowacyjnego rozwiązania technologicznego w Polsce, integrującego politykę odpadową, energetyczną, przestrzenną i społeczną jako ofertę dla małych i średnich przedsiębiorstw.

1. WPROWADZENIE

Artykuł ma na celu przedstawienie możliwości realizacji w Polsce innowacyjnego rozwiązania technologicznego w zakresie gospodarki odpadami komunalnymi, polegającego na selektywnym zbieraniu frakcji BIO „u źródła” oraz odzysku organicznym w celu produkcji energii (biogazownia komunalna). Rozwiązanie ma docelowo stanowić ofertę dla małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP) poszukujących nowych obszarów dla swojej działalności.

Biogazownia bazująca na frakcji BIO jest instalacją zasadniczo podobną do biogazowni rolniczej, rozbudowaną o dodatkowe moduły technologiczne (wstępne przetwarzanie odpadów). Kluczowym elementem biogazowni komunalnej jest jej lokalizacja na terenach zurbanizowanych lub w ich sąsiedztwie, gdzie występuje lepsza infrastruktura dla pozyskania wysokoenergetycznych odpadów, jak również lepszej jakości energetyczna infrastruktura techniczna.

W Polsce nie wykształciło się jeszcze zaplecze organizacyjne do masowych wdrożeń biogazowni komunalnych, natomiast są one z powodzeniem stosowane w 17 krajach w Europie (np. w Niemczech, we Francji, w Hiszpanii, w Danii, w Szwecji). W Europie funkcjonuje obecnie ok. 200 komunalnych takich obiektów. W 2010 r. instalacje te przerabiały ponad 5 mln ton odpadów rocznie, około 100 z nich było zainstalowanych w Niemczech, ze średnią wydajnością instalacji 23 kton/r. Na drugim miejscu pod względem przetworzonych odpadów w biogazowniach jest Hiszpania i Francja [6]. W związku z coraz bardziej restrykcyjnymi przepisami ochrony środowiska, zainteresowanie biogazowniami komunalnymi ze strony gmin oraz przedsiębiorstw zajmujących się gospodarką odpadami może wzrastać w najbliższych latach również w Polsce. Wynika to także z obowiązków zapisanych w znowelizowanej Ustawie o odpadach [28] oraz z Ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach [29].

Na forum europejskim obowiązuje zasada, że odpady komunalne nie są problemem, którego trzeba się pozbyć, ale zasobem, który należy jak najefektywniej wykorzystać. Istotne jest zapobieganie ich powstawaniu i dalsze wykorzystanie (m.in. do produkcji energii). Szczególną ideą prawodawstwa UE, które realizuje powyższe założenia, jest tworzenie środków prawnych promujących ideę „społeczeństwa recyklingu”. Głównymi dokumentami prawnymi UE kształtującymi gospodarkę odpadami są: (i) Dyrektywa 2008/98/WE w sprawie odpadów (tzw. dyrektywa ramowa o odpadach) [9]; (ii) Dyrektywa 1999/31/WE w sprawie składowania odpadów (tzw. dyrektywa składowiskowa) [10].

Dla Polski prognozowana ilość frakcji BIO, jaka będzie mogła trafić na składowiska w 2013 roku, to 2,19 mln ton (50% całkowitej ilości odpadów BIO w 1995 r., będącego rokiem odniesienia), a w 2020 roku to 1,53 mln ton (odpowiednio 35%). Oznacza to, że przy utrzymującej się na stałym poziomie produkcji odpadów komunalnych (około 12,1 mln ton/rok), w 2013 roku trzeba będzie zagospodarować dodatkowo ok. 2,1 mln ton w inny sposób niż przez składowanie, a w 2020 roku aż 2,8 mln ton [11].

W zakresie rynku energii projektowana Ustawa o odnawialnych źródłach energii (w przygotowaniu) [27], która jest efektem transpozycji do prawa polskiego do Dyrektywy 2009/28/WE [8], nie uwzględnia gratyfikacji za energię wyprodukowaną w biogazowniach komunalnych. W innych krajach UE takie instalacje otrzymują specjalne wsparcie dla energii elektrycznej wyprodukowanej w odnawialnym źródle energii. Podobnych rozwiązań prawnych należy oczekiwać w najbliższej przyszłości również w Polsce.

2. KONCEPCJA REGIONALNEJ BIOGAZOWNI KOMUNALNEJ

Delimitacja obszaru biogazowni komunalnej następuje dla regionu gospodarki odpadami komunalnymi, zgodnie z definicją Ustawy o utrzymaniu czystości i porządku

ku w gminach [29], która odsyła do Wojewódzkiego Planu Gospodarki Odpadami (WPGO) dla obszaru liczącego co najmniej 150 tys. mieszkańców. WPGO określa również konieczność budowy regionalnej instalacji do przetwarzania odpadów komunalnych (RIPOK) w danym regionie gospodarki odpadami. Na koncepcję biogazowni komunalnej składa się szereg aspektów, z których do najważniejszych należy zaliczyć: (i) technologiczne, (ii) przestrzenne, (iii) ekonomiczne, (iv) socjologiczne.

2.1. Wybrane aspekty technologiczne

W celu zapewnienia recyklingu bądź odzysku frakcji BIO odpadów komunalnych, można stosować trzy różne metody: (i) przekształcanie termiczne (spalarnie); (ii) przekształcanie biologiczne tlenowe (kompostowanie); (iii) przekształcanie biologiczne beztlenowe, (tj. fermentacja metanowa w celu produkcji biogazu).

W dużych miastach w Polsce podstawową metodą zagospodarowania odpadów komunalnych najprawdopodobniej będzie termiczny odzysk frakcji zmieszanej (spalarnie), natomiast fermentacja metanowa ma szansę stać się konkurencyjną w mniejszych gminach o przeważającej zabudowie jednorodzinnej. Ze środowiskowego punktu widzenia beztlenowe przekształcanie biologiczne, które w konsekwencji prowadzi do produkcji energii odnawialnej (biogazu) i nawozu organicznego, jest uznawane za najbardziej korzystną metodę przeróbki frakcji BIO, dlatego technologia ta została wybrana w celu stworzenia innowacyjnej oferty łańcucha technologicznego dla MŚP.

2.1.1. Zbiórka surowca

Źródłami powstawania odpadów komunalnych są [16]: (i) gospodarstwa domowe, (ii) obiekty infrastruktury (handel, usługi, rzemiosło, szkolnictwo, przemysł w części „socjalnej” i inne).

Charakterystyka odpadów BIO dostarczonych jako wsad do biogazowni, jest ściśle uzależniona od systemu zbiórki odpadów oraz ich wstępnego przetwarzania. W krajach UE daje się wyodrębnić dwa podstawowe systemy zbiórki: (i) system zbierania odpadów zmieszanych; (ii) system selektywnego zbierania różnych frakcji BIO „u źródła”.

Średnia produkcja odpadów komunalnych na mieszkańca w Polsce (316 kg/M/r) jest istotnie niższa niż w całej UE (512 kg/M/r), przy czym w Polsce wytwarza się aż 29% wszystkich odpadów generowanych w nowych krajach członkowskich UE (12,1 mln t) [11]. Ilość powstających odpadów zależna jest od pory roku, zasobności mieszkańców oraz od charakterystyki terenów, z których są zbierane [15]. Udział frakcji BIO jest specyficzny dla danej lokalizacji, ale w dużym stopniu zależy również od rodzaju zabudowy. W Europie przyjmuje się, że wartość ta waha się w granicach 30–45%

[13]. Jednocześnie należy podkreślić, że charakterystyka odpadów komunalnych jest ściśle powiązana z systemem ich zbiórki. Selektywna zbiórka „u źródła” zwykle pozwala na dostarczenie do biogazowni odpadów organicznych o wyższej jakości. W krajach nowo przyjętych do UE, w tym w Polsce, skuteczność selektywnej zbiórki, tam gdzie ją zastosowano, jest minimalna. Nawet przy zwiększeniu stopnia selektywnego zbierania „u źródła” nie wyeliminuje się całkowicie strumienia zmieszanych odpadów [11].

W niektórych krajach system selektywnej zbiórki jest z powodzeniem stosowany od ponad 20-u lat. Przykładowo w Västerås [32] w Szwecji, w miejscowości liczącej 144 tys. mieszkańców, ok. 90% z nich segreguje organiczne odpady na potrzeby biogazowni komunalnej. Gospodarstwa domowe otrzymują papierowe torby z nadrukowaną instrukcją - dopuszczalne są resztki żywności, odpady z ogrodów, zwiędłe kwiaty, rośliny doniczkowe i odpady papier z gospodarstw domowych. Napełnione torby przechowywane są w wentylowanych plastikowych pojemnikach. W blokach znajdują się pojemniki na odpady organiczne w specjalnych pomieszczeniach, do których odpady są przynoszone przez mieszkańców. Odpady z restauracji i punktów zbiorowego żywienia są zbierane w postaci ciekłej do zbiorników i cysternami przewożone do biogazowni. Natomiast w biogazowni w Lille (1.1 mln mieszkańców) we Francji [13], lokalne centrum odzysku odpadów organicznych przerabia około 108 kton odpadów organicznych rocznie. Docierają tam selektywnie zbierane odpady organiczne z gospodarstw domowych, odpady zielone oraz odpady z punktów zbiorowego żywienia.

2.1.2. Przygotowanie surowca

Pierwszym elementem ciągu technologicznego, mającego na celu przygotowanie wsadu do komory fermentacyjnej (najczęściej zmieszanych odpadów komunalnych), to mechaniczno-biologiczne przekształcanie (MBP). MBP obejmuje procesy: rozdrabniania, przesiewania, sortowania i separacji frakcji, w celu mechanicznego rozdzielenia strumienia odpadów, tj. m.in. frakcji BIO [21]. W przeszłości głównym celem MBP było zredukowanie ilości odpadów kierowanych na składowiska. Była to metoda odpowiednia w okresie, gdy były wyłącznie ustanowione cele w zakresie redukcji składowania odpadów komunalnych ulegających biodegradacji. MBP nie jest wystarczająca, gdy są dodatkowo ustanowione cele w zakresie odzysku i recyklingu (jedynie wydzielenie frakcji nie zapewnia odpowiedniej jakości recyklingu m.in. frakcji BIO). Z powyższych względów MBP jako jedyna metoda przeróbki (bez kolejnych etapów) może być stosowana w okresie przejściowym, tj. gdy na rynku występuje niski poziom selektywnego zbierania „u źródła” i praktycznie brak jest instalacji do dalszego przekształcania odpa-

dów. Oczekuje się, że w najbliższych latach ta sytuacja powinna zmienić się, co stworzy rynek dla nowych usług i wdrażania nowych technologii przez MŚP.

MBP stanowi jeden z ogniw łańcucha technologicznego biogazowni komunalnej i ma na celu zmniejszenie rozmiarów części składowych wsadu do komory fermentacji oraz ich homogenizację. Jest to etap szczególnie istotny w przypadku zmieszanych odpadów komunalnych, dla których należy wyodrębnić frakcję BIO na potrzeby fermentacji metanowej. Przesiewanie na kratach o grubych oczkach, jak również wstępna maceracja, znacznie poprawiają efektywność produkcji biogazu. Obecnie obok MBP stosuje się inne, dodatkowe procesy, mające na celu pozyskanie lepszego wsadu do biogazowni, takie jak obróbka ciśnieniowa, termiczna, czy obróbka chemiczna.

Na przykład w biogazowni Västeres w Szwecji [13] zastosowano technologię dostarczoną przez firmę Ros Roca. Selektownie zbierane odpady BIO są rozładowywane z pojazdów w hali dostaw, gdzie są poddane tzw. mokrej obróbce wstępnej. Dostarczony materiał jest rozcieńczany wodą procesową i mieszany w turbomikserach do postaci pulpy. Na tym etapie usuwane są zanieczyszczenia, takie jak szkło, kamienie, czy kości. Następnie pulpa hydraulicznie przechodzi przez układ grabi drążkowych, zgarniających pływające na powierzchni kawałki plastiku, drewna i inne nie ulegające biodegradacji materiały oraz przez separatory piasku, gdzie oddzielone zostają zanieczyszczenia, takie jak piasek, szkło czy kamienie. Kolejnym etapem jest przejście zawiesiny przez układ maceracji (mielenia). Po przejściu przez zbiornik buforujący pulpa poddawana jest higienizacji (w celu pozbycia się patogenów) w jednym z trzech zbiorników higienizacyjnych, gdzie przetrzymywana jest w temperaturze 70°C przez 1 h.

2.1.3. Biologiczne przetwarzanie odpadów – fermentacja metanowa

Wielkość instalacji zależy od tego, czy jest ona oparta na wyselekcjonowanej frakcji BIO „u źródła”, czy też fermentacji poddawane są odpady zmieszane. Instalacje oparte o selektywne zbieranie frakcji BIO jeszcze 20-30 lat temu miały przepustowość na poziomie 12 kton odpadów/rok, podczas gdy w roku 2010 było to już 30 kton/rok. Natomiast instalacje wykorzystujące odpady zmieszane są znacznie większe: 100- 200 kton/rok, z czego 30-70% poddawanych jest przekształcaniu biologicznemu. Wielkość planowanych instalacji różni się w zależności od systemu zbiórki odpadów dominującego w danym kraju. Tam, gdzie selektywne zbieranie nie jest powszechnie stosowane (Francja, Hiszpania, Wielka Brytania), przepustowość instalacji to ponad 100 kton/rok. Inne kraje, takie jak Szwajcaria, Austria, Szwecja, Norwegia, realizują budowę mniejszych bio-

gazowni o mocy przerobowej 8- 15 kton/rok. Niemcy, Belgia i Włochy z kolei to instalacje średniej wielkości 30-50 kton/rok [17].

Technologie produkcji biogazu oparte na odpadach BIO dzielimy:

(i) w zależności od uwodnienia, a tym samym zawartości suchej masy (s.m.): proces fermentacji określany jest jako mokry (s.m. <15%), suchy (s.m. 20–40%) lub półsuchy (s.m. około 20%). Pierwsze instalacje były budowane zazwyczaj w systemie mokrym, w ciągu ostatnich 5 lat ponad 70% nowobudowanych biogazowni komunalnych realizowanych jest w systemie suchym [17];

(ii) w zależności od temperatury procesu: proces mezofilowy w temperaturze około 35°C (przedział to 20-45°C) lub termofilowy 55°C (50-65°C). Tradycyjnie fermentacja metanowa w większości przypadków prowadzona jest w warunkach mezofilowych. Zaletą fermentacji termofilowej jest większe tempo rozkładu, co powoduje, że proces jest bardziej wydajny, ale mniej stabilny. Około 70% instalacji pracuje w warunkach mezofilowych [17];

(iii) w zależności od systemu załadunku wsadu: w sposób ciągły lub wsadowy. Stosunkowo prosta konstrukcja systemów wsadowych (garażowych) sprawia, że są one ok. 40% tańsze niż systemy o załadunku ciągłym. Wadą jest o wiele wyższe zapotrzebowanie na teren pod inwestycję, jako że komory te są ok. 5-krotnie niższe;

(iv) fermentacja jednostopniowa lub z rozdziałem faz (z wydzieloną fazą hydrolizy). Ze względu na stopień skomplikowania technologicznego około 90% przemysłowych instalacji opartych jest na procesie jednostopniowym [17].

Różni dostawcy technologii stosują kombinację ww. parametrów technologicznych. Systemy DRANCO, Kompogas (termofilowe), Valorga (mezofilowe) są popularne przede wszystkim w Europie. W innych częściach świata znajdują zastosowanie technologia Linde (fermentacja sucha, dwustopniowa), Biocel (fermentacja sucha, wsadowa) [17].

W biogazowni Västeres w Szwecji [32] zastosowano fermentację mokrą, gdzie substraty rozcieńczone i rozdrobione do postaci pulpy przepompowywane są do komory o obj. 4.000 m³, w której zachodzi fermentacja mezofilowa (temp. 37°C). Natomiast w przypadku biogazowni w Lille, zastosowano suchą fermentację (bez rozcieńczania).

2.1.4. Energetyczne wykorzystanie biogazu

Przewiduje się, iż w najbliższej przyszłości energetykę czekają zmiany w obszarze wytwarzania energii. Coraz częściej zastosowanie znajdują źródła rozproszone, do których należy zaliczyć odnawialne źródła energii,

w tym biogazownie komunalne. Skojarzone, czyli jednoczesne wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła w agregatach kogeneracyjnych, jest obecnie najbardziej rozpowszechnioną metodą energetycznego wykorzystania biogazu (rolniczego, wysypiskowego, z oczyszczalni ścieków). Energia elektryczna przekazywana jest do sieci elektroenergetycznej, a ok. 10% wyprodukowanej energii elektrycznej biogazownia zużywa na potrzeby własne (mieszadła, pompy, układ sterowania, oświetlenie). W zakresie ciepła potrzeby procesowe biogazowni (ogrzewanie komory fermentacyjnej) pokrywane są przez 25-40% wyprodukowanego ciepła, a nadwyżka może być sprzedana lokalnym odbiorcom. Dzięki zastosowaniu agregatu kogeneracyjnego do skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła (kogeneracji), całkowita sprawność produkcji energii w biogazowni dochodzi do 80–85%. Współczynniki sprawności elektrycznej zwiększają się wraz ze wzrostem elektrycznej mocy instalacji.

Ilość energii, jaką można wyprodukować z frakcji BIO zależy będzie od tego, czy pochodzić ona będzie z selektywnego zbierania, czy z odpadów zmieszanych. Ważna wydaje się wstępna ocena dla systemu selektywnej zbiórki od 150 tys. mieszkańców, co odpowiada wielkości regionu gospodarki odpadami w Polsce. Przykładowo, w Boras w Szwecji, instalacja przyjmuje odpady BIO o porównywalnej ilości mieszkańców i przetwarza 30 kton/r frakcji BIO, umożliwiając produkcję 3,5 mln Nm³ biogazu i 25 GWh [22], co odpowiada ok. 3 MW_e elektrycznej mocy zainstalowanej układu kogeneracyjnego.

Alternatywnym sposobem wykorzystania biogazu jest jego wtłaczanie do sieci gazu ziemnego, po uprzednim oczyszczeniu do parametrów biometanu (93–98% metanu) lub produkcja paliwa dla transportu. Przykładowo, w biogazowni Västerås w Szwecji [32], wyprodukowany biogaz po oczyszczeniu i uzdatnieniu wykorzystywany jest głównie jako paliwo dla flot samochodowych.

Biogazownie powinny spełniać szereg wymagań, między innymi powinny być jak najprostsze w obsłudze i eksploatacji. Obecnie do produkcji energii elektrycznej z biogazu najczęściej stosowane są układy kogeneracyjne oparte o silniki tłokowe, wymagające ciągłej konserwacji (wymiany świec, oleju, przeglądy okresowe, itp.). Dodatkowo urządzenia te charakteryzują się uciążliwością dla swojego bezpośredniego otoczenia (hałas, wibracje). Wszystkich tych wad pozbawione są rozwiązania oparte o ogniwa paliwowe, dające teoretycznie sprawności na poziomie 70% (w układzie z turbiną gazową). Ogniwo paliwowe to urządzenie elektrochemiczne, które konwertuje energię chemiczną paliwa na energię elektryczną w sposób bezpośredni. Wszystkie ogniwa paliwowe składają się z dwóch elektrod (anody i katody) oraz elektrolitu. Działają podobnie do ogniw

woltaicznych (baterii), z tym że reagenty są dostarczane na bieżąco, a nie magazynowane miejscowo. Występuje szereg różnych rodzajów ogniw paliwowych, które ze względu na ich temperaturę pracy ogólnie można podzielić na niskotemperaturowe i wysokotemperaturowe. Do drugiej kategorii ogniw zalicza się ogniwa tlenkowe i węglanowe. Tlenkowe ogniwa paliwowe pracują w temperaturach 800–1.000°C, natomiast węglanowe w 650°C. Po wstępnej analizie wydaje się, iż bardziej predysponowane do zasilania biogazem będą węglanowe ogniwa [25] ze względu na niższą temperaturę pracy, tańsze i bardziej dostępne materiały do ich produkcji [3]. Obecnie jedyną barierą do powszechnego stosowania ogniw paliwowych w biogazowniach komunalnych jest ich wysoka cena.

2.1.5. Zagospodarowanie masy pofermentacyjnej

Istotnym zagadnieniem w przypadku biogazowni komunalnej jest sposób dalszego zagospodarowania powstającej po procesie biologicznego przetwarzania masy pofermentacyjnej. Ważna jest odpowiedź na pytanie, czy powstanie odpad czy też nawóz organiczny, który następnie będzie można wykorzystać, a nawet sprzedać, generując dodatkowe przychody dla biogazowni.

Właściwości fizyko-chemiczne masy pofermentacyjnej, jak również możliwości jej dalszego wykorzystania, uzależnione są od rodzaju użytych odpadów. Zgodnie z Ustawą o odpadach [27], procesy biologicznego przekształcania odpadów komunalnych mogą być klasyfikowane jako procesy odzysku (np. R3, R10) lub unieszkodliwiania (D1, D2, D8).

Zgodnie z wytycznymi dotyczącymi wymagań dla procesów kompostowania, fermentacji i mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów [21], bardzo trudne lub wręcz niemożliwe jest uzyskanie nawozów organicznych ze zmieszanych odpadów komunalnych. Powstałe produkty niespełniające kryteriów jakościowych, stawianych nawozom organicznym lub środkom wspomagającym uprawę roślin, są klasyfikowane jako odpady i określane mianem stabilizatów. Oczyszczony stabilizat o kodzie 19 05 03 może być użyty do rekultywacji zamkniętego składowiska jako dolna warstwa pokrywy rekultywacyjnej. Po spełnieniu określonych wymagań może być on również gromadzony na składowisku odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne.

Jeśli produkt procesu fermentacji nie spełnia wymagań dla produktu, jakim jest nawóz organiczny lub środek wspomagający uprawę roślin, wówczas jest klasyfikowany jako odpad, oznaczony w katalogu odpadów kodem 19 06 04 (przefermentowane odpady z beztlenowego rozkładu odpadów komunalnych). Wykorzystanie masy pofermentacyjnej jako nawozu możliwe jest jedynie z odpadów pochodzących z selektywnego zbierania. Takie wykorzystanie wymaga jednak spełnienia okre-

ślonych wymogów jakościowych. Stosowanie, warunki i tryb wprowadzania do obrotu nawozów i środków wspomagających uprawę roślin normuje ustawa o nawozach i nawożeniu [30]. Kryteria dla nawozów organicznych oraz środków wspomagających uprawę roślin zostały ustalone m.in. w rozporządzeniu w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu [23].

Zastosowanie masy pofermentacyjnej jako nawozu organicznego możliwe jest z wyłączeniem 3 miesięcy (od początku grudnia do końca lutego). Wiąże się to z kolei z koniecznością magazynowania masy pofermentacyjnej. Rozwiązaniem zmniejszającym objętość stosowanych do tego zbiorników, jest rozdział masy pofermentacyjnej na frakcję stałą i ciekłą. Frakcja ciekła może być wykorzystana do nawadniania pól oraz nawadniania wsadu do komory fermentacyjnej, podczas gdy frakcja stała, oprócz nawożenia pól w okresie wiosenno-letnim oraz kompostowania w okresie zimowym, może być również wykorzystana do produkcji nawozu w postaci granulatu (pelet). Dodatkowym atutem takiej formy nawozu jest możliwość transportowania na duże odległości. Koncepcja zagospodarowania masy pofermentacyjnej to także szansa dla wielu małych i średnich przedsiębiorstw, które mogłyby być zaangażowane na tym etapie w realizację biogazowni komunalnej.

2.2. Uwarunkowania przestrzenne

Do wykonania analizy ilościowej możliwości pozyskania frakcji BIO, niezbędne jest przeprowadzenie analiz przestrzennych dla zbiórki odpadów przeznaczonych do biogazowni komunalnej poprzez:

- określenie źródeł powstawania odpadów,
- określenie rodzajów zabudowy reprezentatywnych dla danej gminy,
- określenie masowego i objętościowego wskaźnika nagromadzenia odpadów, czyli ilość odpadów wytwarzanych w ciągu roku przez statystycznego mieszkańca,
- przemnożenie wskaźnika nagromadzenia odpadów dla danej zabudowy przez ilość mieszkańców.

Ilość generowanej frakcji BIO zależy również od rodzaju zabudowy (odpady kuchenne i ogrodowe), przykładowo dla woj. mazowieckiego wskaźnik nagromadzenia odpadów BIO wynosi [33]:

- na tenarach miejskich 112,5 kg/M/r,
- na terenach podmiejskich 127,96 kg/M/r,
- na terenach wiejskich 78,06 kg/M/r.

Analizy lokalizacyjne dla samej biogazowni komunalnej przeprowadzane są dla różnych rozwiązań technologicznych poprzez:

- ocenę stref wykluczeń: odległości w jakiej nie należy budować biogazowni (np. od zabudowy mieszkaniowej, ujęcia wód) oraz terenów podlegających wykluczeniom (strefy zagrożenia powodzią, tereny zagrożone obsunięciem mas ziemi),
- ocenę kryteriów selektywnego wyboru, która obejmuje obszary preferowane pod budowę biogazowni, gdzie głównym kryterium będą odległości do wozu substratów, jak również odległość od infrastruktury technicznej, do której można będzie przyłączyć biogazownię (elektroenergetyczna, ciepłownicza, gazu ziemnego, transportowa, np. stacje floty samochodowej).

Budowa biogazowni powinna być realizowana przy uwzględnieniu dostępności i jakości infrastruktury, szczególnie w zakresie energii elektrycznej (ale również infrastruktury ciepłowniczej i gazu ziemnego), tak aby w optymalny sposób można było wykorzystać energetyczne produkty końcowe.

2.4. Uwarunkowania ekonomiczne

Analiza ekonomiczna jest kluczowym elementem wstępnej oceny możliwości realizacji projektu, szczególnie istotnym dla MŚP planujących wdrażanie technologii innowacyjnych. Ocena rentowności danej inwestycji oparta jest o szacunkowy rachunek przepływów finansowych, na podstawie których określa się szereg wskaźników ekonomicznych, takich jak np. okres zwrotu kapitału. Analiza może być poszerzona o porównanie z innymi technologiami produkcji energii (np. biogazu rolniczego) lub do obecnego modelu zagospodarowania odpadów komunalnych.

Analiza ekonomiczna przeprowadzona jest przy zastosowaniu metody zdyskontowanych przepływów pieniężnych, w której przedstawia się wpływy oraz wydatki związane z wdrożeniem i eksploatacją omawianego projektu innowacyjnego.

Analiza pozwoli określić warunki brzegowe, dla których realizacja biogazowni komunalnych w Polsce będzie możliwa (np. ewentualny wymagany poziom dotacji, koszt produkcji energii, poziom opłaty odpadowej w gminie, pozwalający na zagospodarowanie frakcji BIO w biogazowni komunalnej).

3. STUDIUM PRZYPADKU

Biogazownia komunalna w Bassano del Grappa we Włoszech została uruchomiona w 2003 r. i powstała jako jeden z elementów zintegrowanego systemu odzysku surowców i energii z odpadów komunalnych w gminach w regionie Bassano. Początkowo instalacja bazowała na zmieszanych odpadach komunalnych. Jednak wprowadzenie w kolejnych latach systemu regularnej zbiórki odpadów z posesji, z uwzględnieniem su-

chych odpadów podlegających recyklingowi oraz resztek żywności z gospodarstw domowych, umożliwiło zmianę w systemie działania biogazowni w kierunku przejścia wyłącznie na segregowane u źródła resztki żywności. W gminie Bassano del Grappa zamieszkuje 44 tys. mieszkańców, którzy w ciągu roku dostarczają do biogazowni 4 kton selektywnie zebranych odpadów organicznych. Cała instalacja przetwarza około 35 kton odpadów kuchennych oraz ok. 30 kton zielonych odpadów z pielęgnacji ogrodów (obszar obejmujący kilkanaście gmin).

Odpady kuchenne zbierane są przez mieszkańców w specjalne ulegające biodegradacji torebki. Przywożone do zakładu odpady kierowane są do rozdrabniania. Przechodzą przez separator optyczny i separator magnetyczny. Wydzielone zanieczyszczenia kierowane są do spalarni odpadów lub bezpośrednio na składowisko. Następnie masa organiczna, przed zadaniem do komór fermentacyjnych, podlega homogenizacji w mikserze i jest wstępnie podgrzewana do temperatury 40°C przy użyciu pary. Zawartość suchej masy wsadu wynosi 29-33%. W skład biogazowni wchodzi trzy betonowe, cylindryczne komory fermentacyjne o objętości 4.200 m³ każda. Instalacja oparta jest na procesie VALORGA z zastosowaniem fermentacji suchej w mezofilowym zakresie temperatur.

Każda komora posiada płaski dach i płaskie dno oraz pionową przegrodę, umieszczoną w 2/3 średnicy komory. Pionowe mieszanie w komorze jest wymuszane dzięki włączaniu biogazu pod wysokim ciśnieniem co 15 minut poprzez sieć dysz ulokowanych u podstawy komory. Przeciętnie po 35 dniach materiał jest usuwany grawitacyjnie z komory fermentacyjnej. Ma wówczas konsystencję pulpy, która przechodzi przez prasę, by wydzielić frakcje rzadką stałą. Frakcja stała przechodzi przez układ kompostowania, gdzie mieszana jest z odpadami zielonymi z pielęgnacji ogrodów. Kompostowanie przebiega dwuetapowo. Pierwszy etap ma miejsce w zamkniętej hali i przebiega w 18 pryzmach z wymuszonym natlenianiem i mieszaniem przez okres 18-30 dni. Potem następuje usuwanie pozostałych w kompoście zanieczyszczeń. W drugim etapie kompost dojrzewa w okresie do trzech miesięcy, tak że całkowity okres przetwarzania odpadów trwa do pięciu miesięcy (łącznie z fermentacją). Powstaje wysokiej jakości kompost (po rozdrobnieniu do 10 mm) stosowany jako nawóz organiczny w rolnictwie. Zasysane powietrze ze wszystkich części zakładu przechodzi przez biofiltry, co przeciwdziała rozprzestrzenianiu się odorów.

Uzysk biogazu kształtuje się na poziomie 131 Nm³/tonę wsadu. Biogaz zasila trzy silniki kogeneracyjne o mocy 1,3 MWe.

4. ASPEKTY SPOŁECZNE

Podczas realizacji biogazowni rolniczych w Polsce zaobserwowano bardzo dużą chęć uczestnictwa lokalnych społeczności w procesie inwestycyjnym [19]. Można spodziewać się, że analogicznie instalacje do przekształcania odpadów komunalnych będą wzbudzały podobne emocje. Warto zatem skorzystać z całości wiedzy o współczesnych społeczeństwach, aby uniknąć błędów, jakie wiążą się z wyrywkowością interpretacji mierzenia „temperatury” nastrojów w danym momencie [31]. W przypadku biogazowni komunalnej opartej na frakcji BIO, oprócz zwiększenia akceptacji społecznej dla samej inwestycji, kluczowe jest również aktywne zaangażowanie mieszkańców w system selektywnej zbiórki odpadów „u źródła”, co wymaga stałych form współpracy mieszkańców oraz trwałej zmiany pewnych elementów stylu życia. Pozbywanie się śmieci jest w doświadczeniu ludzi działaniem „po prostu”, czyli jest częścią ich codziennej rutyny. Inwestycja może budzić opór z wielu powodów, warto jednak pamiętać o tym, że niechęć wobec „czystych technologii” bierze się także z poczucia inwazji na dotychczasowy sposób życia, a zwłaszcza na to, co w przekonaniu mieszkańców jest „oczywiste”, „normalne”, „rutynowe”. Postawy „za” lub „przeciw” realizacji biogazowni są wynikiem i konsekwencją wyborów mieszkańców i w jakiś sposób wpisują się w całość ich postaw życiowych.

Jednym z głównych aspektów socjologicznych, jakie należy brać pod uwagę, jest odpowiednia analiza społeczna regionu, w którym ma powstać innowacyjna technologia. Analiza taka powinna być oparta o odpowiednie wykorzystanie instrumentów socjologicznych z elementami pracy w terenie, jak na przykład przeprowadzenie wywiadów pogłębionych z przedstawicielami środowiska lokalnego (decydentami, przedsiębiorcami, mieszkańcami). Prawidłowa analiza socjologiczna powinna pozwolić na uzyskanie wiedzy dotyczącej poglądów mieszkańców w odniesieniu do przedmiotu inwestycji (idei biogazowni komunalnej), jak i szerzej, kwestii związanych z ogólnymi postawami proekologicznymi (praktyki, postawy, bariery). Założeniem jest wypracowanie humanistycznego *background*'u, który posłuży do formułowania dalszych wniosków i hipotez.

„Czyste technologie” w powszechnej percepcji stanowią treść etosu czy stylu życia części uprzywilejowanej klasy średniej, do której zalicza się beneficjentów większości procesów identyfikowanych dziś z globalizacją; mogą być postrzegane zatem jako projekt tych, którzy mogą sobie pozwolić na luksus myślenia o środowisku naturalnym. Być może też jest to jeden z powodów, dla których akceptacja dla biogazowni nie jest zazwyczaj czymś pewnym i stałym, a normą w takich projektach są raczej stałe wahania nastrojów i kryzysy zaufania. Dobrze rozpoznanie różnicowania społecznego może mieć

kluczowe znaczenie, jeśli chodzi o sposób przedstawiania mieszkańcom projektu, zwłaszcza jeśli mamy na uwadze fakt, że nie chodzi o zwykłą akceptację, ale o zgodę na zmianę codziennej rutyny. Należy pamiętać, że to, co dzisiaj nazywa się „analfabetyzmem ekologicznym”, z czym między innymi wiąże się niechęć do „czystych technologii”, nie jest właściwością Polski i krajów postkomunistycznych.

Zastosowanie różnorodnych technik badawczych pozwoli stworzyć „przestrzenny” obraz społeczności i umożliwi nie tylko diagnozę, ale także prognozę w zakresie postaw wobec projektu, a tym samym może pomóc unikać lub przynajmniej zmniejszyć kryzysy zaufania. Końcowym produktem badania będzie przewodnik dla MŚP, wskazujący na elementy współpracy z mieszkańcami regionu podczas wdrażania innowacyjnych technologii z zakresu gospodarki odpadami i produkcji energii odnawialnej.

5. BIOGAZOWNIA JAKO SZANSA DLA MAŁYCH I ŚREDNICH PRZEDSIĘBIORSTW

Przedsiębiorca, który podejmuje się wdrażania nowej inwestycji musi zdawać sobie sprawę z czynników społecznych, warunków, z którymi przyjdzie mu się zmierzyć, zwłaszcza jeśli wkracza w nieznaną sobie obszar. Badacze kultury podkreślają wręcz, że rozwój lokalizmu jest drugim biegunem zjawiska „globalnej wioski” [1].

Z badań przeprowadzonych przez CBOS w latach 2002-2008 wynika, że 75% młodych Polaków [5] (zwłaszcza osób dobrze wykształconych) wierzy w efektywność działań na rzecz lokalnej społeczności. Proponując ideę nowoczesnego rozwiązania, jakim jest biogazownia komunalna, przedsiębiorca powinien odwołać się do wartości cenionych w danej lokalizacji, jak najlepiej poznać środowisko i ludzi, którzy je wyznają. Będą oni bowiem adresatami, a odwołując się do terminologii społecznej komunikacji i *public relations*, publicznością, która odbiera komunikaty, obserwuje poczynania, formułuje sądy i co najważniejsze, podejmuje decyzje. Istotne jest także, by na etapie wkraczania w społeczność, przedsiębiorca dysponował wypracowanym wizerunkiem, który chciałby zaprezentować. To, co jest bowiem cechą procesu kształtowania wizerunku, to świadomość obecności odbiorcy. Badacze wizerunku podkreślają, że nie można analizować wizerunku danej osoby, organizacji bez kontekstu, bez uwzględnienia adresatów. Inny wizerunek może posiadać firma w oczach jednej grupy, a zgoła odmienny, w umyśle drugiej. „Wizerunek jest swego rodzaju obrazem firmy w świadomości osób, które się z nią spotykają w sposób bezpośredni (jako klienci), czy pośredni (ogólnie jako uczestnicy rynku)” [6].

W przypadku wychodzenia z nową inicjatywą, np. stworzenia na danym terenie biogazowni komunalnej, należy liczyć się z opinią samorządu lokalnego. U władz samorządowych przedsiębiorca powinien szukać decyzyjnego sojusznika. Wszelkie inicjatywy o charakterze innowacyjnym (w dyskusji z samorządem jest to aspekt wart podkreślenia), w dobie realizowanej przez UE polityki spójności, której cechami charakterystycznymi są: promowanie przedsiębiorczości, działań podejmowanych przez MŚP, stanowią cenny atut. To sektor MŚP bowiem jest dziś uważany za ważnego gracza, który prowadząc oddolne działania, przyczynia się do rozwoju mającego skutki o charakterze ogólnokrajowym, a nawet światowym. Z tego punktu widzenia istotna może być także współpraca pomiędzy samymi przedsiębiorstwami. Na etapie planowania inwestycji warto więc zastanowić się, jaki pozytywny skutek dla innych branż może przynieść jej wdrożenie.

Wprawdzie władze lokalne z zasady powinny prezentować głos ludu, jednak w procesie realizacji inwestycji przedsiębiorcy nie mogą pominąć samej społeczności. Zbadanie nastrojów społecznych powinno być istotnym elementem w procesie wdrażania inwestycji. Prócz wysłuchanych opinii, rozmów z mieszkańcami, warto skorzystać z informacji, które dostarczyć mogą środki przekazu.

To informacja jest nadrzędną funkcją mediów [1], a informacje zawarte w prasie lokalnej są często głównym źródłem wiedzy na temat wydarzeń w regionie. Warto więc przyjrzeć się ukazującym się na danym obszarze gazetom, lokalnym portalom internetowym, przejrzeć ich archiwa pod kątem informacji z zakresu biotechnologii, nowych inwestycji, czy ekologii. Analiza treści przekazów medialnych może przybliżyć obraz zależności społeczno-politycznych, a to z kolei pomoże w zbudowaniu kanonu wartości, które są ważne dla danego środowiska oraz wskaże lokalnych graczy, którzy mają wpływ na kształtowanie opinii mieszkańców.

Dziś społeczna dyskusja toczy się w cyberprzeestrzeni. Bardzo często na tematy elektryzujące daną społeczność rozmawia się także na forach internetowych. Warto prześledzić również popularne blogi poświęcone tematyce lokalnej, czy strony internetowe z możliwością komentarzy internautów. Globalizacja spowodowała, że pierwszym odruchem człowieka współczesnego jest wyszukiwanie wiedzy na dany temat w Internecie. Należy przyjrzeć się także temu, co w ogólnopolskich mediach pisze się o danym przedsięwzięciu, w tym wypadku o biogazowni. Po wstępnej analizie przekazów internetowych można dostrzec, że idea biogazowni rolniczej nie jest zbyt pozytywnie prezentowana. Dominują informacje dotyczące nieudanego przedsięwzięcia w Liszkowie (wiadomym jest, że media kierują się zasadą „brak wiadomości to dobra wia-

domość, dobra wiadomość to nudna wiadomość, zła wiadomość to wiadomość na pierwszej stronie”) oraz negatywnie nacechowane wypowiedzi na forach. Anonimowość, którą zapewnia Internet, powoduje, że stajemy się odważniejsi. Język agresywny, naszpikowany sądami wartościującymi, dosadnymi opiniami, towarzyszy tematowi biogazowni. Oficjalne przekazy medialne mogą tę dyskusję ostudzić, informując, tłumacząc, wyjaśniając.

Środki przekazu mogą być nie tylko źródłem wiedzy, ale i pośrednikiem w komunikowaniu się przedsiębiorcy ze społecznością. Stosownie sformułowane komunikaty prasowe oraz wszelkie działania promocyjne,

takie jak przygotowanie ulotek informacyjnych czy szersza kampania informacyjna lub społeczna, która będzie dla mieszkańców atrakcyjną szansą na spędzenie wolnego czasu, dla przedsiębiorcy mogą być okazją do prezentacji stosownego wizerunku firmy i przekonania mieszkańców do zaproponowanej idei.

Podziękowania

Publikacja powstała w ramach projektu „Naukowcy dla gospodarki Mazowsza” współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego:

<http://www.bioenergiadlaregionu.eu/pl/naukowcy-dla-gospodarki-mazowsza/>

LITERATURA

- [1] Bauman Z.: Globalizacja i co z tego dla ludzi wynika. Państwowy Instytut Wydawniczy: Warszawa 2000.
- [2] Beck U.: Społeczeństwo ryzyka. W drodze do innej nowoczesności. Wydawnictwo Naukowe Scholar: Warszawa 2002.
- [3] Bischoff M., Huppmann G.: Operating experience with a 250 kWel molten carbonate fuel cell (MCFC) power plant. *Journal of Power Sources* 105 (2002) 216-221.
- [4] Bourdieu P.: Dystynkcja, społeczna krytyka władzy sądenia. Wydawnictwo Naukowe Scholar: Warszawa 2005.
- [5] CBOS Komunikat. Czy Polacy mają predyspozycje do pracy społecznej na rzecz swojej społeczności?, BS/14/2008, s.3.
- [6] Cenker E.M.: Public relations. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bankowej w Poznaniu: Poznań 2007.
- [7] De Baere L., Mattheeuws B.: Anaerobic Digestion of MSW in Europe. *Biocycle*, February 2010. Vol 51 No 2 URL: <http://www.biocycle.net/2010/02/anaerobic-digestion-of-msw-in-europe/>.
- [8] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniającej i w następstwie uchylającej dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE.
- [9] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy.
- [10] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 1999/31/WE z dnia 26 kwietnia 1999 r. w sprawie składowania odpadów.
- [11] Ernst&Young. 2010. Kluczowe wyzwania w gospodarce odpadami komunalnymi w krajach UE-11. URL: [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Kluczowe_wyzwania_w_gospodarce_odpadami_komunalnymi_w_krajach_UE-11/\\$FILE/Raport_final.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Kluczowe_wyzwania_w_gospodarce_odpadami_komunalnymi_w_krajach_UE-11/$FILE/Raport_final.pdf).
- [12] Giddens A.: Nowoczesność i tożsamość. „Ja” i społeczeństwo w epoce późnej nowoczesności. Wydawnictwo Naukowe PWN: Warszawa 2001.
- [13] Hahn H., Hoffstede U.: Assessment report on operational experience. Technical report 2010. Projekt Biogasmax URL: http://www.biogasmax.eu/media/d2_11_biogasmax_iwes_vfinal_nov2010__095398400_1109_10022011.pdf.
- [14] Institute for European Environmental Policy (IEEP). Sustainable Consumption and Production – Bio-waste Directive: the journey so far URL: http://www.ieep.eu/assets/695/30_July_2010_-_Sustainable_Consumption_and_Production_-_Biowaste_Directive.pdf.
- [15] Jędrzak A., Szpadt R.: Określenie metodyki badań składu sitowego, morfologicznego i chemicznego odpadów komunalnych. 2006. URL: http://www.pigo.org.pl/sites/komunikaty/2006_08_11/raport_metody_badan_skladu022006.pdf.
- [16] Jędrzak A.: Analiza dotycząca ilości wytwarzanych oraz zagospodarowanych odpadów ulegających biodegradacji. 2010. URL: <http://ste-silesia.org/dokumenty/KPGO2014/bio.pdf>.
- [17] Karagiannidis A., Perkoulidis G.: A multi-criteria ranking of different technologies for the anaerobic digestion for energy recovery of the organic fraction of municipal solid wastes. *Bioresource Technology*, Volume 100, Issue 8, April 2009, ss. 2355-2360. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852408009887>

- [18] Karthikeyan O.P., Visvanathan C.: Bio-energy recovery from high-solid organic substrates by dry anaerobic bio-conversion processes: a review. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. Wydawca: Springer Science+Business Media Dordrecht 2012.
- [19] Łucki Z., Misiak W.: Energetyka a społeczeństwo. Aspekty socjologiczne. Wydawnictwo Naukowe PWN: Warszawa 2011.
- [20] McQuail D.: *Mass communication theory an introduction*. Sage: London 1994.
- [21] Ministerstwo Środowiska. 2008. Wytyczne dotyczące wymagań dla procesów kompostowania, fermentacji i mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów.
URL: http://www.mos.gov.pl/g2/big/2009_07/ffc492d741b261340b1e263cd1c05c85.pdf.
- [22] Purac. 2012. Strona internetowa firmy Purac.
http://www.purac.dk/referencer/Biogasanlag%20Sobacken_eng.pdf.
- [23] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu. Dz.U. 2008 nr 119 poz. 765.
- [24] Staniforth J., Kendall K.: Biogas powering a small tubular solid oxide fuel cell, *Journal of Power Sources* 71 (1998) 275—277.
- [25] Trogisch S., Hoffmann J., Bertrand L.D.: Operation of molten carbonate fuel cells with different biogas sources: A challenging approach for field trials, *Journal of Power Sources* 145 (2005) 632--638
- [26] Urry J.: *Socjologia mobilności*. Wydawnictwo Naukowe PWN: Warszawa 2009.
- [27] Ustawa o odnawialnych źródłach energii. Projekt z dn. 4 października 2012 r. Ministerstwo Gospodarki.
- [28] Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach Dz.U. 2013 nr 0 poz. 21.
- [29] Ustawa z dnia 1 lipca 2011 r. o zmianie ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach oraz niektórych innych ustaw. Dz. U z 2011 r., Nr 152 poz. 897.
- [30] Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu. Dz. U. Nr 147, poz. 1033.
- [31] Wawer M. Dlaczego inwestycje w budowę biogazowni rolniczych napotykały na opór społeczny? URL: http://www.cdr.gov.pl/pol/projekty/AZE/prezentacje/ERSCG_Kielce.pdf, 2012.
- [32] Waste Management World, strona internetowa. URL: <http://www.waste-management-world.com/biological-treatment.html>.
- [33] Zarząd Województwa Mazowieckiego. Wojewódzki Plan Gospodarki Odpadami dla Mazowsza na lata 2012-2017. URL: http://www.mazovia.pl/downloadStat/gfx/mazovia/pl/defaultaktualnosci/548/1497/1/1._projekt_planu_zal_2_wpgo_2012-2023.pdf.

THE CONCEPT OF MUNICIPAL ORGANIC WASTE BIOGAS PLANT

Key words: renewable energy, biogas plant community, energy from municipal waste

Summary. The paper presents the preliminary concept and the main chain links around the plant based on innovative technology of biological fraction (BIO) of municipal waste to produce biogas. The possibility to use innovative technological solutions in Poland, which integrates waste policy, energy, space and society as an offer to small and medium-sized enterprises.

Małgorzata Jacyno, dr hab. nauk społecznych, pracuje w Instytucie Socjologii Uniwersytetu Warszawskiego. E-mail: jacynoma@is.uw.edu.pl.

Jolanta Korkosz-Gębska, doktor nauk technicznych, zatrudniona w Instytucie Organizacji Systemów Produkcyjnych Politechniki Warszawskiej. E-mail: j.korkosz@wip.pw.edu.pl.

Ewa Krasuska, dr nauk rolniczych o specjalności agroenergetyka. E-mail: e.krasuska@pimot.org.pl.

Jarosław Milewski, doktor nauk technicznych, wykładowca na Wydziale Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej. E-mail: milewski@itc.pw.edu.pl.

Anna Oniszk-Popławska, magister inż. ochrony środowiska, doktorantka PW. E-mail: aoniszk@ieo.pl.

Dominika Trębacz, magister dziennikarstwa i komunikacji społecznej oraz podyplomowo - praktycznej psychologii społecznej; pracownik naukowy w Przemysłowym Instytucie Motoryzacji. E-mail: d.trebacz@pimot.org.pl.

Grażyna Paulina Wójcik, doktor nauk technicznych, wykładowca na Wydziale Inżynierii Produkcji Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. E-mail: grazyna_wojcik@sggw.pl.