

**UWARUNKOWANIA ROZWOJU SEKTORA  
BIOGAZU ROLNICZEGO W POLSCE  
W KONTEKŚCIE DOŚWIADCZEŃ HISTORYCZNYCH  
I WYZWAŃ EUROPEJSKIEGO ZIELONEGO ŁADU**

WIKTOR IGNACIUK  
PIOTR SULEWSKI

**Abstrakt**

*Celem opracowania była ocena dotychczasowego rozwoju branży biogazu rolniczego w Polsce oraz wskazanie kluczowych czynników determinujących możliwości upowszechniania tej kategorii energii odnawialnej w najbliższych latach. Artykuł bazuje na danych wtórnych. W opracowaniu wykorzystano dane statystyczne dotyczące produkcji biogazu rolniczego pochodzące ze statystyk Eurostatu, Urzędu Regulacji Energetyki oraz Krajowego Ośrodka Wsparcia Rolnictwa. Do syntetycznego przedstawienia zebranego materiału i oceny sytuacji polskiej branży biogazu rolniczego zastosowano analizę S-C-P (Structure – Conduct – Performance). Funkcjonujące w Polsce biogazownie rolnicze wytworzyły w 2020 roku jedynie około 325 mln<sup>3</sup> biogazu, z którego wyprodukowano 689 GWh energii elektrycznej. Stanowi to niewielką część potencjału biogazowego polskiego rolnictwa (różne opracowania wskazują na potencjał w zakresie 1,6-4,2 mld m<sup>3</sup> biogazu rolniczego z nawozów organicznych powstających w gospodarstwach rolnych). Energia elektryczna uzyskana z biogazu rolniczego pokrywa niespełna 0,4% krajowego zapotrzebowania. Pomimo ambitnych planów sprzed kilkunastu lat rozwój branży biogazu rolniczego zastał praktycznie zahamowany. Główną tego przyczyną jest silne uzależnienie od systemu wsparcia środkami publicznymi. Dalszy rozwój branży biogazu wymaga stabilnego wsparcia finansowego. Pomimo negatywnych doświadczeń historycznych można oczekiwać, że w najbliższych latach rozwój branży przyspieszy. Wynika to*

---

Mgr Wiktor Ignaciuk, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Nauk Ekonomicznych, Katedra Ekonomiki i Organizacji Przedsiębiorstw; ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa (wiktor.ignaciuk@gmail.com). ORCID iD: 0000-0001-6084-4457.

Dr hab. Piotr Sulewski, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Nauk Ekonomicznych, Katedra Ekonomiki i Organizacji Przedsiębiorstw; ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa (piotr\_sulewski@sggw.pl). ORCID iD: 0000-0002-7983-4651.

*z faktu, że biogaz rolniczy posiada wiele zalet istotnych z punktu widzenia wyzwań Europejskiego Zielonego Ładu. Potrzebne jest jednak podnoszenie świadomości decydentów politycznych w zakresie środowiskowych i ekonomicznych korzyści wynikających z upowszechniania produkcji biogazu rolniczego.*

**Słowa kluczowe:** trwały rozwój, Europejski Zielony Ład, biogaz rolniczy, odnawialne źródła energii.

**Kody JEL:** Q42, Q20, Q28, Q40, Q56.

---

## Wstęp

Rosnąca świadomość wpływu działalności człowieka na ekosystem ziemi (Rockström i in., 2009) i postępująca degradacja środowiska naturalnego (World Bank, 2018) stymulują poszukiwania nowych modeli działalności gospodarczej, mocniej ukierunkowanych na oddzielenie wzrostu gospodarczego od zużycia nieodnawialnych zasobów przyrody (UNEP, 2011; Pyka i Prettnner, 2018). Postulat ten wyraża idea trwałego rozwoju (*Sustainable Development*), której upowszechnianie rozpoczęło intensywną debatę o potrzebie zmian funkcjonującego dotychczas modelu społeczno-gospodarczego (Satterthwaite, 2006). Przejawem tej debaty były m.in. takie wydarzenia jak utworzenie Międzynarodowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (IPCC) (1988 r.), zorganizowanie w 1992 roku Szczytu Ziemi w Rio de Janeiro, przyjęcie w 1997 r. Protokołu z Kioto, opracowanie Deklaracji Milenijnych Celów Rozwoju w 2000 r., czy też zorganizowanie w 2012 roku konferencji „Rio+20” (tzw. drugi Szczyt Ziemi, którego efektem było wskazanie 17 celów trwałego rozwoju) (Parlament Europejski, 2012; UN, 2015). Wśród kierunków poszukiwań modeli gospodarowania zgodnych z ideą trwałego rozwoju podkreśla się w ostatnim czasie szczególnie koncepcję o obiegu zamkniętym (*circular economy*) (Birner, 2018; Ellen MacArthur Foundation, 2013; Saavedra, Iritani, Pavan i Ometto, 2018, Savini, 2019; Gołębiewski, 2019) i biogospodarki (Dabbert, Lewandowski, Weiss i Pyka, 2017; Maciejczak, 2015), co łącznie przekłada się na postulat rozwoju „biogospodarki o obiegu zamkniętym” (Wąs, Sulewski i Szymańska, 2019). Początek rozważań nad gospodarką o obiegu zamkniętym („circular economy”) wiąże się z esejem amerykańskiego ekonomisty Kennetha E. Bouldinga opublikowanym w 1966 r. pt. *The Economics of the Coming Spaceship Earth*, w którym autor przedstawił wizję gospodarki jako systemu obiegu surowców ograniczonego warunkami środowiska, dostępnymi zasobami i możliwościami asymilacji odpadów (Boulding, 1966). Jak wskazują Saavedra i współautorzy (2018), współcześnie koncepcję gospodarki o obiegu zamkniętym można postrzegać jako „realną opcję transformacji liniowych i semi-liniowych przepływów materiałów i energii do formy przepływów okrężnych” w celu zwiększania trwałości (sustainability) systemu. Gospodarka o obiegu zamkniętym to system produkcyjny, w którym zakłada się zwiększenie wykorzystania energii odnawialnej, eliminację użycia toksycznych chemikaliów, utrudniających ponowne wykorzystanie i powrót do biosfery wielu produktów, a także dążenie do eliminacji odpadów dzięki lepszemu projektowaniu wyrobów, systemów

i modeli biznesowych (Ellen MacArthur Foundation, 2013). Savini (2019) podkreśla, że gospodarka o obiegu zamkniętym to taki model funkcjonowania, w którym jeden problem staje się rozwiązaniem innego, czego przykładem jest wykorzystanie odpadów z biomasy do produkcji biogazu – niepotrzebna biomasa (stanowiąca problematyczny odpad np. w przetwórstwie żywności) może być wykorzystana do produkcji odnawialnej energii (wpisując się tym samym w rozwiązywanie problemu zmniejszających się zasobów surowców energetycznych oraz nadmiernych emisji gazów cieplarnianych).

Z kolei pojęcie biogospodarki odnosi się do tych części gospodarki, które wykorzystują odnawialne zasoby biologiczne pochodzące z ziemi i morza do produkcji żywności oraz różnego rodzaju materiałów i energii (Komisja Europejska, 2012; Fritsche i in., 2020; Birner, 2018; Maciejczak, 2017). Według OECD (2009) biogospodarkę postrzegać można jako system ekonomiczny bazujący na zaawansowanej wiedzy o biotechnologii oraz wykorzystaniu biomasy jako bazy surowcowej. W definiowaniu pojęcia biogospodarki wyróżnić można dwa podejścia – pierwsze ma charakter ujęcia zasobowego i koncentruje się na motywie wykorzystania zasobów biomasy w procesach produkcji, natomiast drugie akcentuje wykorzystanie biotechnologii jako sposobu przetwarzania biomasy (BÖR, 2010; Birner, 2018; Ratajczak, 2013). Akcentowanie znaczenia biomasy i biotechnologii w kontekście wyzwań trwałego rozwoju prowadzi do pojęcia „trwałej biogospodarki” (*sustainable bioeconomy, sustainable biobased economy*) (Sillanpaa i Ncibi, 2017; Filho, Pociovălișteanu, Brito i Lima, 2018; Besi i McCormick, 2015). W założeniach koncepcja ta oddziela możliwości rozwoju gospodarczego od konieczności korzystania z nieodnawialnych zasobów przyrody. W polskiej literaturze przedmiotu można się spotkać natomiast z określeniem „zrównoważona biogospodarka” (Gołębiewski, 2013). Biogospodarka postrzegana z takiej perspektywy staje się współcześnie praktycznym wymiarem realizacji założeń paradygmatu trwałego rozwoju (Sillanpaa i Ncibi, 2017; Besi i McCormick, 2015; Komisja Europejska, 2012; O’Brien, 1999).

Koncepcje gospodarki o obiegu zamkniętym i biogospodarki stanowią współcześnie ważny element promowanej w Unii Europejskiej strategii rozwoju Europejski Zielony Ład, która ma stanowić odpowiedź na narastający kryzys klimatyczny (Komisja Europejska, 2019a). Kluczowym założeniem tej strategii jest osiągnięcie w perspektywie 2050 roku neutralności klimatycznej oraz oddzielenie wzrostu gospodarczego od zużycia nieodnawialnych zasobów środowiska. Realizacja tych założeń ma stać się możliwa dzięki bardziej efektywnemu wykorzystaniu zasobów w wyniku przejścia na czystą gospodarkę o obiegu zamkniętym, przeciwdziałaniu utracie różnorodności biologicznej i zmniejszeniu poziomu zanieczyszczeń. Osiągnięcie celów Europejskiego Zielonego Ładu będzie wymagać m.in. inwestycji w technologie przyjazne dla środowiska, wprowadzenia czystszych i tańszych form transportu oraz obniżenia emisyjności sektora energetycznego (Komisja Europejska, 2019a). Na poziomie operacyjnym działania takie będą wspierane przez szereg inicjatyw, takich jak „Czysta energia”, „Rolnictwo zrównoważone”, „Eliminowanie zanieczyszczeń” oraz „Działania w dziedzinie klimatu”. Realizacja tych strategii ma uczynić z UE nowoczesną, zasobooszczędną i konkurencyjną gospodarkę zdolną do trwałego rozwoju.

Biorąc pod uwagę, że ponad 75% emisji gazów cieplarnianych w UE pochodzi z produkcji i wykorzystania energii (Komisja Europejska, 2019b), można przyjąć, iż kluczowym wyzwaniem związanym z realizacją Europejskiego Zielonego Ładu jest transformacja energetyki. Według danych z 2019 roku przeciętnie jedynie 18,8% zużywanej w UE-28 energii pochodziło ze źródeł odnawialnych, a w Polsce wskaźnik ten kształtował się na poziomie 12,2% (Eurostat, 2021). We wrześniu 2020 roku Komisja Europejska zaproponowała obniżenie poziomu emisji GHG o 55% względem roku 1990, co oznacza konieczność intensywnego poszukiwania i wdrażania rozwiązań sprzyjających realizacji tego założenia.

W tym kontekście można postawić pytanie o rolę sektora rolnego w transformacji energetycznej UE, o czym dyskutowano jeszcze przed formalnym opracowaniem „Europejskiego Zielonego Ładu” (Pedroli i Langeveld, 2011; Sulewski, Majewski i Wąs, 2017). Rolnictwo, dzięki produkcji bazującej na biomasie, ma szczególnie duży potencjał w zakresie wytwarzania energii odnawialnej (Pedroli i Langeveld, 2011). Wykorzystanie wytwarzanej w rolnictwie biomasy do produkcji energii, paliw płynnych i gazowych uznać można za jeden z najbardziej przyszłościowych kierunków rozwoju odnawialnych źródeł energii (OZE) (Gradziuk, 2015; Kisiel, 2006).

Potrzeba zwiększenia roli rolnictwa w produkcji energii wynika także z udziału tego sektora w emisjach gazów cieplarnianych, który w skali UE szacuje się na 10,3% (EEA, 2020), a w Polsce na około 8% (Ministerstwo Klimatu, 2020). Spośród całej emisji gazów cieplarnianych z rolnictwa blisko połowa jest bezpośrednim skutkiem chowu zwierząt. Główne gazy cieplarniane emitowane przez rolnictwo to metan i podtlenek azotu, których wpływ na efekt cieplarniany jest odpowiednio 21 i 310 razy silniejszy niż oddziaływanie dwutlenku węgla (IPCC, 2006).

Szczególnie ważne miejsce w procesie zwiększania znaczenia rolnictwa w produkcji energii odnawialnej przypisuje się dla biogazu rolniczego (Majewski, Sulewski i Wąs, 2016; Mirosz, Amrozy, Trzaski i Wiszniewska, 2015). Pomimo że Polska ma jeden z największych w Europie potencjałów w zakresie produkcji biogazu i biometanu, to dotychczas możliwości produkcyjne wynikające z dostępności substratów są wykorzystywane w niewielkim stopniu (Dach i in., 2020; Gołębiewski i in., 2020; Majewski i in., 2016). W tym kontekście warto zwrócić uwagę na opracowany w UE „mechanizm sprawiedliwej transformacji” (mający ułatwić realizację założeń Europejskiego Zielonego Ładu), który zakłada wsparcie Polski kwotą 3,5 mld euro w celu wdrażania działań przyspieszających dekarbonizację gospodarki. Działania takie mają obejmować m.in. inwestycje w rozwój gospodarki o obiegu zamkniętym oraz inwestycje we wdrażanie technologii i infrastruktury w zakresie czystszej energii, redukcji emisji gazów cieplarnianych, efektywności energetycznej i energii odnawialnej (Woźniakowski, 2020). Dodatkowo proces ten ma być wzmocniony poprzez strategię ograniczania emisji metanu oraz plan działania na rzecz gospodarki o obiegu zamkniętym (Woźniakowski, 2020). We wspomnianych inicjatywach można upatrywać zatem też szansy na zwiększenie wykorzystania biogazu rolniczego w produkcji energii. Osiągnięcie takiego celu wymaga jednak m.in. rozpoznania przyczyn powolnego rozwoju branży biogazu rolniczego w Polsce w kilkunastu ostatnich latach.

W tym kontekście celem opracowania była ocena dotychczasowego rozwoju branży biogazu rolniczego w Polsce oraz wskazanie kluczowych czynników determinujących możliwości upowszechniania tej kategorii OZE w najbliższych latach.

### **Materialy i metody**

Artykuł ma charakter przeglądowny i bazuje na danych wtórnych. W opracowaniu wykorzystano dane statystyczne dotyczące produkcji biogazu rolniczego pochodzące ze statystyk Eurostatu, Urzędu Regulacji Energetyki oraz Krajowego Ośrodka Wsparcia Rolnictwa. Do syntetycznego przedstawienia zebranego materiału i oceny sytuacji polskiej branży biogazu rolniczego zastosowano analizę S-C-P (*Structure – Conduct – Performance*).

### **Biogaz rolniczy jako źródło energii odnawialnej**

Biogaz rolniczy wytwarzany z nawozów organicznych (obornik, gnojowica) umożliwia nie tylko zastąpienie pewnej ilości energii z paliw kopalnych energią odnawialną, ale także redukuje emisję metanu, które mają miejsce w trakcie tradycyjnego przechowywania obornika i gnojowicy (Shih, Burtraw, Palmer i Sii-kamäki, 2012; IPCC, 2006). Przyjmuje się, że redukcja emisji CO<sub>2</sub> o 1 kg w wyniku zastąpienia paliw kopalnych biogazem rolniczym wyprodukowanym z nawozów organicznych przekłada się na dodatkową redukcję emisji o 1 kg CO<sub>2</sub> w efekcie zmiany systemu gospodarowania nawozami (Mirosz i in., 2016). Warto też podkreślić, że pozyskiwany w procesie powstawania biogazu rolniczego poferment jest wartościowym nawozem o mniej szkodliwym oddziaływaniu na środowisko niż gnojowica czy obornik. Azot w pofermencie występuje w formie amonowej, która jest lepiej przyswajalna przez rośliny i nie doprowadza do zanieczyszczania wód powierzchniowych (Kowalczyk-Juško i Szymańska, 2015). Stosowanie pulpy pofermentacyjnej jako nawozu ogranicza zagrożenie procesami eutrofizacji oraz pomaga zachować odpowiedni poziom materii organicznej w glebie (Obrycka, 2014).

W analizie przydatności biogazu rolniczego warto zwrócić uwagę, że efektywność wytwarzania energii w biogazowniach różni się w zależności od sposobu zagospodarowania biogazu. Przykładowo dla wytwarzania energii w kogeneracji (CHP) typowa efektywność elektryczna i cieplna wynosi odpowiednio 40 i 50%. Z kolei dla wytwarzania energii cieplnej poprzez spalanie biogazu w kotle gazowym wartość ta wynosi 82,5% (Hakawati, Smyth, McCullough, Rosa i Rooney, 2017). W porównaniu z innymi OZE biogazownie cechują się większą stabilnością produkcji (Stejskal, 2008), a sam biogaz może być wykorzystywany jako alternatywa dla gazu ziemnego w formie biometanu, m.in. do zasilania pojazdów mechanicznych (Majewski i in., 2016; Pomykała i Łyko, 2013). Mimo faktu, że obowiązujące w Polsce prawo uwzględnia możliwość włączania biometanu do sieci gazowej (Dz.U. 2015, poz. 478), to w praktyce wytwórcy biogazu zainteresowani takim kierunkiem działalności napotykać na szereg barier natury formalno-prawnej (Tarka i Trupkiewicz, 2017). Dokładniejsze omówienie korzyści wynikających ze stosowania biogazu rolniczego można znaleźć m.in. w opracowaniu Pawlaka (2013).

W dyskusji nad zaletami biogazu rolniczego warto zwrócić też uwagę, że produkcja tego paliwa wspiera model energetyki rozproszonej, która polega na wy-

tworzeniu energii elektrycznej, ciepła i paliw płynnych w małej skali, w sposób zdecentralizowany i ukierunkowany na lokalne wykorzystanie (Wiśniewski i in., 2012). Z tego punktu widzenia szczególnie interesujące są mikrobiogazownie (formalnie o mocy do 40 kW), które mogą być tworzone nawet w stosunkowo niewielkich gospodarstwach rolnych i wykorzystywane przez rolników na własne potrzeby (samowystarczalność energetyczna). Tego typu obiekty zasilane są zazwyczaj jedynie przez biomasę pochodzącą z danego gospodarstwa (grupy gospodarstw), co eliminuje konieczność transportu substratów i uniezależnia od wahań cen substratów (Dobbelaere i in., 2015; Petersen i in., 2016). Według kalkulacji Sulewskiego i współautorów (2016) wymagana liczba inwentarza żywego dla mikrobiogazowni o mocy 40 kW wynosi 116 DJP, przy czym zakładane jest zużycie 450 ton kiszonki kukurydzy rocznie jako kosubstratu. W wielu krajach tworzenie mikrobiogazowni rolniczych wiąże się z mniejszymi wymogami formalnymi niż w przypadku większych instalacji (Mirosz i in., 2016; Patersen i in., 2016). Jedną z kluczowych wad małych biogazowni jest jednak brak korzyści ekonomii skali, które są możliwe do osiągnięcia w przypadku większych instalacji (Bruins i Sanders, 2012).

### **Dotychczasowy rozwój rynku biogazu w Polsce**

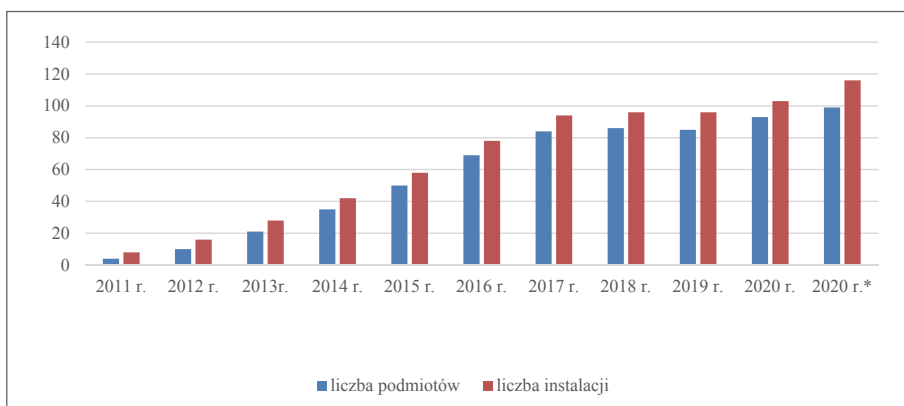
#### ***Poziom produkcji***

Początek rozwoju branży biogazu rolniczego w Polsce sięga 2005 roku i przeprowadzonej wówczas nowelizacji ustaw Prawo energetyczne oraz Prawo ochrony środowiska. Nowelizacja ta wprowadziła do porządku prawnego systemu wsparcia publicznego dedykowane dla odnawialnych źródeł energii będące implementacją prawa unijnego (dyrektywa 2001/77/WE). W 2005 r. powstała również pierwsza biogazownia rolnicza w Polsce – instalacja o mocy 0,94 MW firmy Poldanor (dzisiaj Goodvalley S.A.) położona w miejscowości Pawłówko, nieopodal fermy trzody chlewnej, będącej własnością spółki (Igliński, Piechota, Iwański, Skarżatek i Pilarski, 2020). W 2020 roku funkcjonowało w Polsce 99 podmiotów, które dysponowały łącznie 116 instalacjami biogazowymi (rys. 1) (KOWR, 2020). W ostatnich 10 latach zarówno liczba instalacji, jak i liczba wytwórców znacząco wzrosła, jednak od 2017 roku wzrostowy trend został wyraźnie zahamowany. Podobny wzorzec zmian wskazać można również w odniesieniu do tempa przyrostu produkcji biogazu – w latach 2012-2016 wynosiło ono średniorocznie 42 mln m<sup>3</sup>, podczas gdy w okresie 2017-2020 wartość ta zmalała do 18,8 mln m<sup>3</sup> (rys. 2).

Istniejące biogazownie w 2020 roku wytworzyły zaledwie około 325 mln m<sup>3</sup> biogazu rolniczego, z którego wyprodukowano 689 GWh energii elektrycznej (rys. 2). Oznacza to wykorzystanie jedynie niewielkiej części krajowego potencjału produkcyjnego. Z analiz Majewskiego i współautorów (2016) wynika, że w zależności od przyjętych parametrów technologicznych potencjał teoretyczny produkcji biogazu rolniczego z samych odchodów zwierzęcych można szacować na poziomie od 1,6 do 4,2 mld m<sup>3</sup>. Natomiast według Dacha, Janczaka i Czekały (2018) teoretyczny roczny uzysk biogazu z odchodów zwierzęcych z dodatkiem innych substratów odpadowych (słomy zbóż, rzepaku, słomy kukurydzianej, odpadowej biomasy roślinnej z obszarów chronionych, odpadów z przetwórstwa żywności oraz przeter-

minowanej i zepsutej żywności) może wynieść nawet 13,5 mld m<sup>3</sup>, co pozwalałoby na wyprodukowanie 30 TWh energii elektrycznej rocznie. Tymczasem energia elektryczna wytworzona z biogazu rolniczego umożliwiła w 2019 roku pokrycie zaledwie 0,37% krajowego zużycia energii elektrycznej.

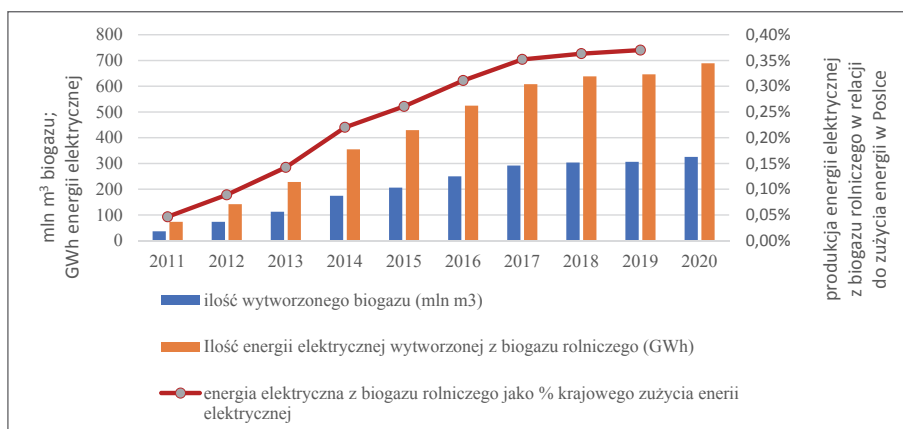
W kontekście obserwowanego tempa rozwoju warto zauważyć, że w przyjętym w 2010 roku planie „Kierunki rozwoju biogazowni rolniczych na lata 2010-2020” do roku 2020 powstać miało w Polsce około 2000 biogazowni rolniczych (o mocy do ok. 250 kWe) (Curkowski, Oniszk-Popławska, Mroczkowski, Zowski i Wiśniewski, 2011). Aktualnie w strukturze biogazowni dominują dość duże podmioty o zainstalowanej mocy elektrycznej powyżej 0,5 MW (rys. 3), co wskazuje, że dotychczas nie upowszechniła się koncepcja biogazowni rolniczych.



\* dane aktualne na 31 grudnia 2020 r.

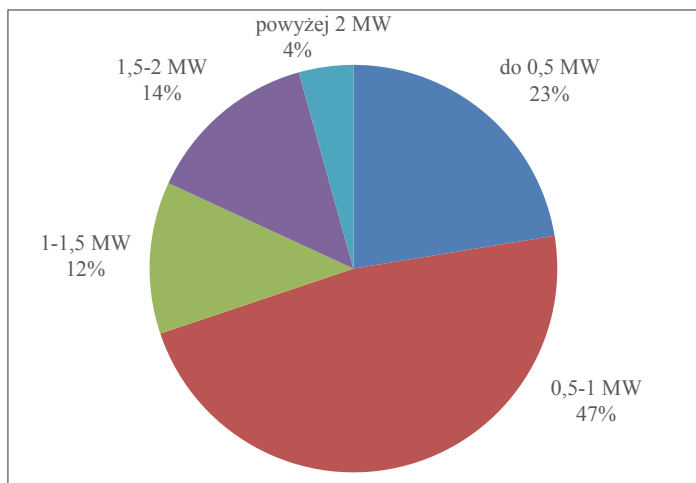
Rys. 1. Liczba podmiotów i instalacji wpisanych do rejestru wytwórców biogazu rolniczego w latach 2011-2020.

Źródło: Krajowy Ośrodek..., 2020.

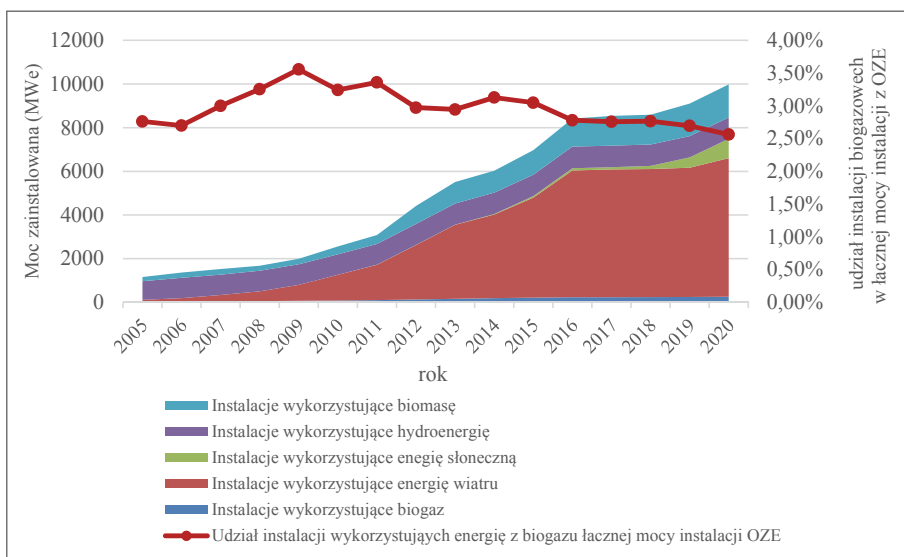


Rys. 2. Produkcja biogazu rolniczego i energii elektrycznej z biogazu rolniczego w latach 2011-2020.

Źródło: obliczenia na podstawie danych Krajowego Ośrodka Wsparcia Rolnictwa oraz GUS (2021).



Rys. 3. Struktura zainstalowanej mocy elektrycznej biogazowni rolniczych w Polsce w 2020 r.  
Źródło: opracowanie własne na podstawie Krajowy Ośrodek..., 2020.



Rys. 4. Moc zainstalowana OZE w Polsce w latach 2005-2020 (MWe).

Źródło: Urząd Regulacji Energetyki.

Na niewielkie znaczenie i powolne tempo rozwoju sektora biogazu (rolniczego i nierolniczego) w Polsce wskazuje również porównanie z innymi rodzajami OZE. Z danych URE zaprezentowanych na rysunku 4 wynika, że łączna moc elektryczna zainstalowana w biogazowniach stanowi jedynie nieco ponad 2,5% całkowitej mocy urządzeń wytwarzających energię ze źródeł odnawialnych. Od ponad 10 lat



obserwować można także wyraźny trend spadkowy w zakresie udziału instalacji wykorzystujących biogaz. W strukturze zainstalowanych mocy OZE dominują instalacje wykorzystujące energię wiatru, chociaż od 2015 roku również w tej kategorii OZE można obserwować stagnację. Generalnie najszybsze tempo przyrostu mocy w OZE miało miejsce w latach 2010-2015, po czym nastąpiło wyraźne wyhamowanie rozwoju większości źródeł z wyjątkiem instalacji fotowoltaicznych.

### **Aspekty technologiczne**

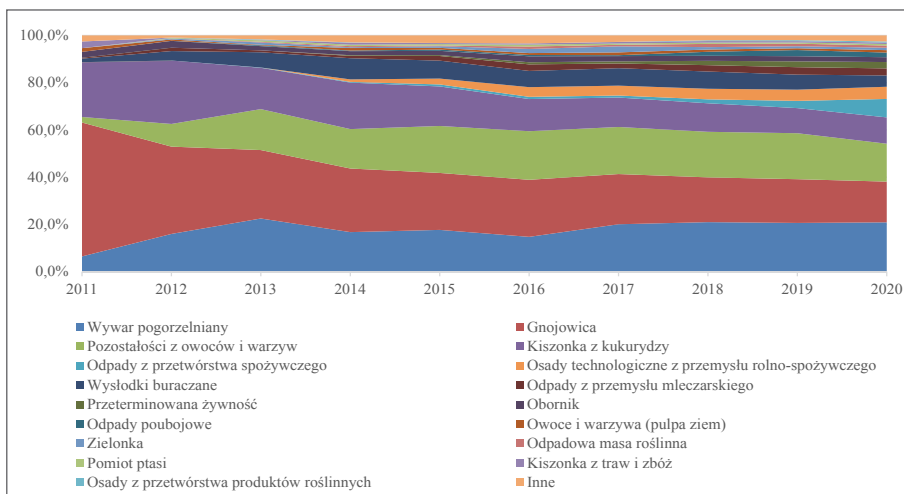
Ze względu na fakt, iż w Polsce biogazownie rolnicze zaczęły powstawać dopiero po 2005 r. dominującymi technologiami produkcji biogazu w polskich instalacjach są rozwiązania zagraniczne – najczęściej niemieckie oraz austriackie (Curkowski i in., 2011). Obecnie większość biogazowni w Polsce i Europie bazuje na technologii NaWaRo<sup>1</sup> lub rozwiązaniach pokrewnych (Pochwatka i Pulka, 2020), w których wszystkie fazy fermentacji metanowej zachodzą w jednej komorze fermentacyjnej (Marks i in., 2020).

W pierwszych latach rozwoju rynku biogazownie rolnicze powstawały najczęściej w bezpośrednim otoczeniu dużych ferm trzody chlewnej czy wielkoobszarowych gospodarstw rolnych (Curkowski i in., 2011), co było determinowane możliwością pozyskania dużej ilości surowców takich jak gnojowica oraz kiszonka z kukurydzy, które stanowią podstawę wsadu przy technologii NaWaRo (Marszałek, Banach i Kowalski, 2011). W ostatnich latach następuje zmiana modelu produkcji biogazu z typowego dla Niemiec (gdzie zużywa się dużą ilość surowców pochodzenia rolniczego uprawianych celowo) na tzw. model duński, w którym biogazownia pełni głównie rolę utylizatora bioodpadów (Gostomczyk, 2017). Można obserwować, że wzrasta udział substratów odpadowych, m.in.: pozostałości z owoców i warzyw, przeterminowanej żywności, odpadów z przemysłu rolno-spożywczego i mleczarskiego czy odpadów poubojowych, a jednocześnie maleje udział kukurydzy i gnojowicy (rys. 5). Proces ten należy ocenić pozytywnie, gdyż zasilanie biogazowni roślinami celowo uprawianymi na substraty biogazowe (pierwszej generacji)<sup>2</sup> budzi kontrowersje ze względu na konkurencję dla upraw roślin żywnościowych i pastewnych (Majewski i in., 2016) oraz zwiększanie ryzyka powstawania monokultur (Marks i in., 2020). Jednocześnie zastępowanie drogiej kiszonki z kukurydzy tańszymi substratami odpadowymi sprzyja poprawie wyników ekonomicznych biogazowni (Gostomczyk, 2017).

---

<sup>1</sup> W literaturze przedmiotu dość powszechnie używa się stwierdzenia „biogazownia typu NaWaRo”, co odnosi się do specyficznej dla rynku niemieckiego technologii produkcji biogazu, której pierwowzorem jest rozwiązanie opracowane przez BioEnergie AG będące przedmiotem patentu NAWARO®.

<sup>2</sup> Przykładowo do zasilenia biogazowni rolniczej o mocy 1 MW kiszonką z kukurydzy konieczne jest przeznaczenie pod jej uprawę nawet 400 ha użytków rolnych (Ginalski, 2011).



Rys. 5. Struktura substratów stosowanych w biogazowniach rolniczych w Polsce w latach 2011-2020. Źródło: opracowanie własne na podstawie Krajowy Ośrodek..., 2020

Warto zauważyć, że oprócz zmian w strukturze substratów w ostatnich kilku latach nastąpiła również poprawa wydajności produkcji energii elektrycznej z biogazu rolniczego. W 2014 roku z 1 MW zainstalowanej mocy biogazowni rolniczych wytwarzano średnio 5230 MWh rocznie (co stanowi ok. 59% poziomu teoretycznego wynoszącego 8760 MWh), podczas gdy w 2020 roku było to 5825 MWh (co stanowiło około 66% poziomu teoretycznego i oznaczało wzrost o 11%). Obserwowaną w ostatnim czasie poprawę efektywności działania biogazowni rolniczych w Polsce można wiązać m.in. z tzw. efektem uczenia się (Wiesenthal i in., 2012) oraz lepszym opanowaniem złożonej technologii produkcji przez producentów i rozwojem krajowego zaplecza technologicznego (Igliński i in., 2020).

### **Ewolucja form wsparcia finansowego i ich znaczenie dla ekonomiki branży**

Wytwarzanie energii odnawialnej z biogazu, ze względu na wysokie koszty inwestycyjne i operacyjne instalacji produkcyjnych, stanowi opcję najdroższą spośród wszystkich OZE – w zależności od przyjętych założeń produkcyjnych i finansowych koszt 1 kWh obliczony metodą LCOE mieści się w przedziale od 10,14 do 14,74 eurocentów (Fraunhofer Institute, 2018). Tym samym główną determinantą rozwoju sektora biogazu jest obowiązujący w kraju system wsparcia odnawialnych źródeł energii przez państwo (Majewski i in., 2016, Sulewski in., 2016, Wąs i in., 2019).

Pierwszym modelem wsparcia publicznego obowiązującym w Polsce był system świadectw pochodzenia („kolorowe certyfikaty”) wprowadzony poprzez zmiany ustaw Prawo energetyczne i Prawo ochrony środowiska w 2004 r., co było konsekwencją wejścia Polski do Unii Europejskiej (Dyrektywa 2001/77/WE). System ten bazuje na zasadzie zakupu i umorzenia certyfikatów przez przedsiębiorstwa energetyczne sprzedające energię odbiorcom końcowym. Potrzeba zakupu

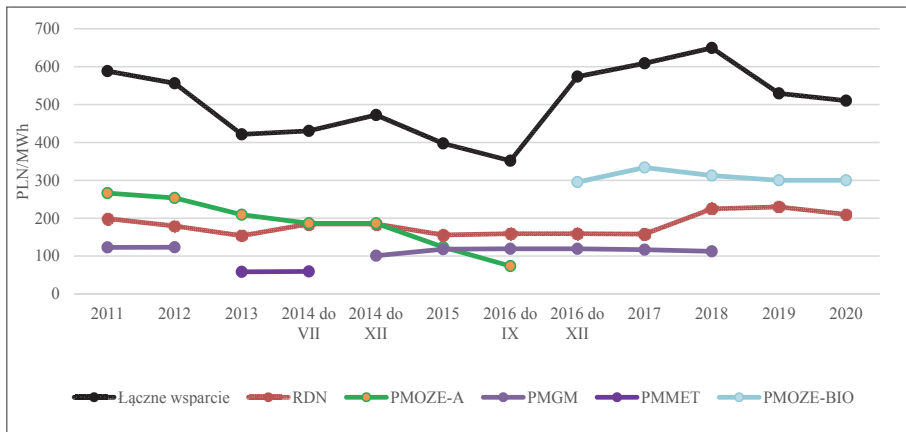
przez przedsiębiorstwa energetyczne certyfikatów pochodzenia energii wynika z nałożonego na nie obowiązku wykazania w strukturze produkcji określonego udziału energii z OZE. Przedsiębiorstwa te, aby spełnić ten wymóg, zakupują określoną liczbę świadectw pochodzenia, które odpowiadają wolumenowi energii elektrycznej wytworzonej w instalacjach OZE. Alternatywnie przedsiębiorstwa te mogą uiszczać tzw. opłatę zastępczą. Dzięki takiemu rozwiązaniu przedsiębiorstwa energetyczne nie muszą uruchamiać własnych instalacji, by wykazać osiągnięcie określonego udziału OZE w swojej produkcji.

Od wprowadzenia systemu certyfikatów w 2005 r. biogazowniom przysługiwało prawo do ubiegania się o certyfikat „zielony” (podstawowy) oraz w większości przypadków certyfikaty z tytułu wysokosprawnej kogeneracji („żółte” lub „fioletowe”). W latach 2005-2010 ceny „zielonych certyfikatów” kształtowały się na poziomie opłaty zastępczej (ok. 250 zł), co było efektem niewystarczającej ilości instalacji OZE w odniesieniu do poziomu obowiązku umorzenia świadectw. Według raportu Polskiej Izby Gospodarczej Energii Odnawialnej i Rozproszonej z 2018 r. (PIGEOR, 2018) w latach 2005-2010 niedobór certyfikatów na rynku wyniósł ok. 5,4 TWh, przy czym obowiązek OZE wykonany został z nadwyżką poprzez opłaty zastępcze (w tym okresie opłaty te odpowiadały aż 7,3 TWh). Takie zachowanie podmiotów zobowiązanych do realizacji celu OZE doprowadziło do powstania realnej nadwyżki certyfikatów na rynku, mimo że roczna produkcja energii odnawialnej w tym okresie była niższa niż roczny wymagany wolumen świadectw do umorzenia. Istotny wzrost wolumenu wytwarzanej energii odnawialnej, w połączeniu z powstałą w latach 2005-2010 realną nadwyżką certyfikatów w wys. ok 2 TWh, miał decydujący wpływ na spadek ich cen.

W latach 2005-2016 na rynku zielonych certyfikatów obserwować można było praktycznie ciągłe niedopasowanie popytu i podaży. Po początkowym niedoborze zielonych świadectw w latach 2005-2010 od 2011 roku obserwowano ich nadmiar będący rezultatem nadmiaru produkcji energii z OZE względem wymagań legislacyjnych (rozporządzenia ministra właściwego do spraw energii w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia z 2005, 2006, 2008, 2012, 2016). Ten fakt w połączeniu z nieuzasadnionym uiszczaniem opłaty zastępczej przez przedsiębiorstwa energetyczne w poprzednich latach i nadmiernym wzrostem współspalania biomasy<sup>3</sup> (PIGEOR, 2018) przyczynił się do powstania znaczącej skumulowanej nadwyżki nieumorzonych certyfikatów (23 TWh na koniec 2017 roku), czego efektem był radykalny spadek ich cen (rys. 6), skutkujący znacznym zmniejszeniem przychodów z każdej MWh wyprodukowanej energii. O ile jednostkowy przychód w 2011 roku można szacować na 588,36 zł/MWh, o tyle w pierwszej połowie 2016 roku było to tylko 351,90 zł (spadek o 40%). Wynikało to z załamania się cen „zielonych certyfikatów”, jak też wycofania (od początku 2013 do lipca 2014) wsparcia z tytułu sprzedaży „żółtych” certyfikatów kogeneracyjnych (instrument PMGM na TGE) o wartości około 120 zł za MWh. W tym okre-

<sup>3</sup> Autorzy opracowania wskazują, że gwałtowny wzrost cen biomasy spowodowany znacznym zapotrzebowaniem na surowiec zahamował rozwój rynku instalacji przystosowanych wyłącznie do spalania biomasy.

sie producenci biogazu mogli dodatkowo otrzymywać jedynie przychody z tytułu sprzedaży tzw. „fioletowych certyfikatów”, których cena oscylowała wokół opłaty zastępczej w wys. ok. 60 zł za 1MWh.



Rys. 6. Średnioważone roczne ceny energii elektrycznej i świadectw pochodzenia w latach 2011-2020\*.

\* RDN – Rynek Dnia Następnego TGE, PMOZE-A – certyfikat zielony, PMGM – certyfikat żółty, PMMET – certyfikat fioletowy, PMOZE-BIO – certyfikat błękitny.

Źródło: komunikaty giełdowe Towarowej Giełdy Energii (TGE) w latach 2011-2020 (tge.pl); roczne raporty RWE (późn. Innogy) „Rynek Energii Elektrycznej i Gazu w Polsce” (innogy.pl); roczne raporty Towarzystwa Obrotu Energią (TOE) (toe.pl); roczne raporty Grupy Kapitałowej TAURON Polska Energia S.A. (tauron.pl).

Sytuacja finansowa poprawiła się dopiero po wejściu w życie ustawy o odnawialnych źródłach energii w 2016 roku (Dz.U. 2015, poz. 478 z późn. zm.) i wprowadzeniu świadectw pochodzenia dedykowanych wyłącznie dla energii z biogazu rolniczego (tzw. błękitny certyfikat). Notowania cenowe „błękitnych” certyfikatów pozostały względnie stabilne przez cały okres ich funkcjonowania (na poziomie opłaty zastępczej w wys. 300,03 zł).

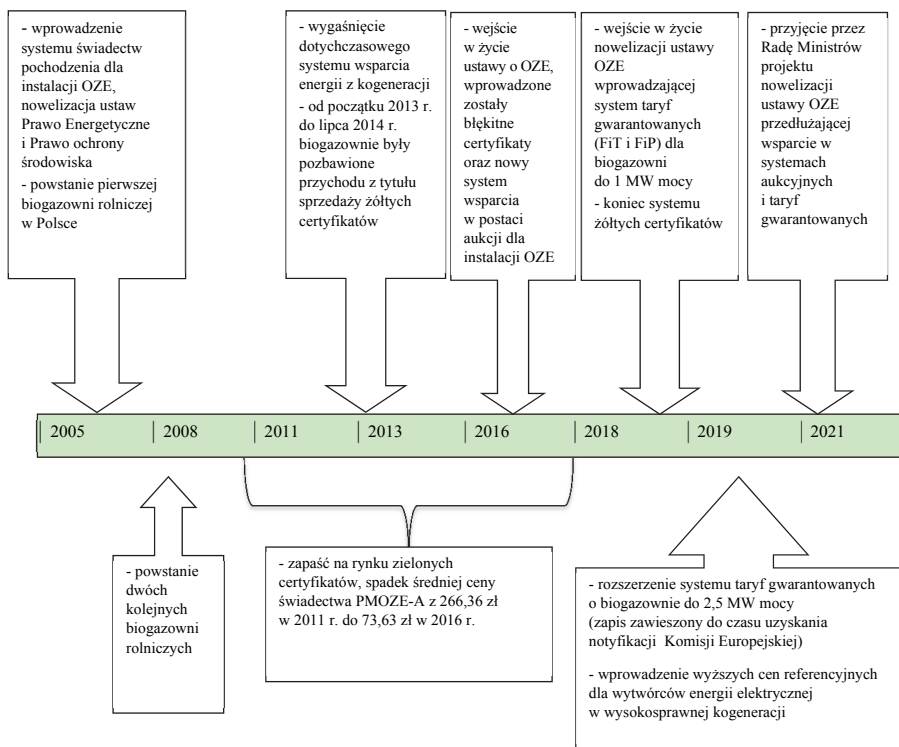
Nowelizacja ustawy o OZE z 2016 roku wprowadziła również nowy system wsparcia – aukcje energii odnawialnej organizowane przez Urząd Regulacji Energetyki. Przystąpić do nich mogły zarówno instalacje istniejące, jak i uruchomione po 1 lipca 2016 r., przy czym nowe instalacje nie mogły już skorzystać ze wsparcia w postaci certyfikatów. W celu zapewnienia odpowiednich warunków do uczciwej konkurencji wprowadzony został podział na „koszyki”, w których rywalizują przedsiębiorcy prowadzący instalacje o zbliżonych rozwiązaniach technologicznych (ogranicza to problem konkurencji między rozwiązaniami technologicznymi o różnej praco- i kosztocłonności). Wprowadzono też podział aukcji ze względu na wielkość instalacji (o mocy większej i mniejszej od 1 MW). System aukcyjny zakłada także tzw. cenę referencyjną, czyli maksymalną, za którą może zostać sprzedana energia elektryczna (w 2016 było to 550 zł/MWh). Dodatkowo cena wygranej aukcji podlega corocznej waloryzacji o wskaźnik cen towarów i usług konsumpcyjnych, a okres wsparcia przewidziany jest maksymalnie na 15 lat.

Pierwsza aukcja OZE z 30 grudnia 2016 roku nie wzbudziła większego zainteresowaniem wśród wytwórców energii elektrycznej z biogazu rolniczego (łącznie wsparcie otrzymało 7 instalacji). Z kolei w 2017 roku żadna instalacja biogazowa nie weszła do systemu aukcyjnego. Do głównych czynników wpływających na niskie zainteresowanie aukcjami wśród właścicieli biogazowni rolniczych można zaliczyć przewidywane kary umowne, np. za wyprodukowanie mniej niż 85% zadeklarowanej energii, oraz konieczność rozliczenia pomocy publicznej otrzymanej na etapie inwestycji.

Kolejna znacząca nowelizacja ustawy OZE z 2018 roku (Dz.U. 2018, poz. 1276) przyniosła kolejne zmiany istotne z perspektywy biogazowni rolniczych. Najważniejszą z nich było wprowadzenie systemu taryf gwarantowanych, do którego mogły przystąpić biogazownie rolnicze o zainstalowanej mocy nie większej niż 1 MW. System taryf jest co do zasady zbliżony do systemu aukcyjnego, jednak w niektórych aspektach wydaje się być bardziej korzystny dla producentów. Przede wszystkim niewyprodukowanie w ciągu roku zadeklarowanej ilości energii nie stanowi podstawy do ukarania wytwórcy.

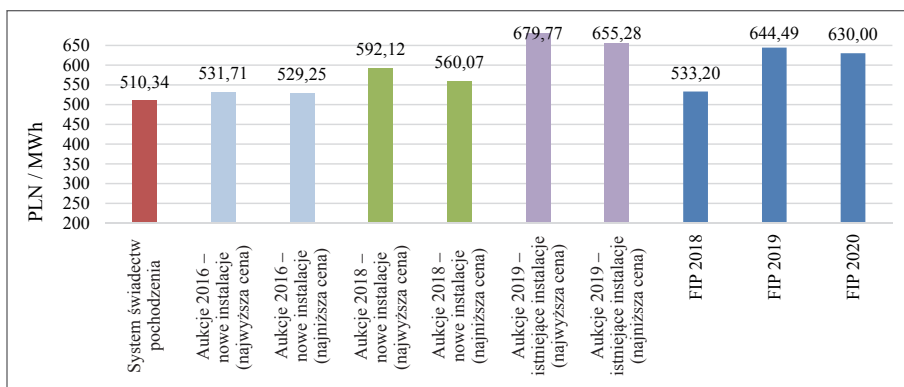
Kolejnym ważnym wydarzeniem w kontekście systemów wsparcia biogazowni rolniczych w Polsce było wygaśnięcie obowiązku umarzania certyfikatów kogeneracyjnych wraz z końcem 2018 roku, a nowy system wsparcia wytwarzania energii elektrycznej w kogeneracji obowiązuje od 25 stycznia 2019 roku. Z końcem sierpnia 2019 roku weszła w życie kolejna nowelizacja ustawy OZE, która wprowadziła kilka zmian korygujących niektóre wcześniejsze zapisy. 13 kwietnia 2021 roku Rada Ministrów przyjęła projekt zmiany ustawy OZE przedstawiony przez Ministerstwo Klimatu i Środowiska (UDT-107), w ramach którego zakłada się m.in. przedłużenie możliwości wejścia do systemu aukcyjnego do 31 grudnia 2021 r., a w przypadku systemów taryf gwarantowanych do 30 czerwca 2024 r. Wprowadzono też również szereg ułatwień natury administracyjnej (np. podwyższenie limitu mocy instalacji, dla której nie zachodzi konieczność uwzględnienia obiektu w studium zagospodarowania przestrzennego gminy – z 0,1 do 0,5 MW). Zestawienie kluczowych zdarzeń w ewolucji form wsparcia biogazu rolniczego przedstawiono na rysunku 7.

Omówione zmiany legislacyjne w zakresie systemu wsparcia wyraźnie różnicują poziom przychodów uzyskiwanych przez aktualnie funkcjonujące w Polsce biogazownie. Na rysunku 8 przedstawiono poziom przychodów z 1 MWh wyprodukowanej w 2020 roku energii elektrycznej w zależności od formy i metody wsparcia, z której korzysta biogazownia. Biogazownia pracująca w systemie certyfikatów otrzymuje wsparcie za każdą wyprodukowaną megawatogodzinę energii elektrycznej, wliczając w to ilość energii zużytej na potrzeby własne biogazowni (energia brutto). Z kolei w systemach aukcyjnych i taryf gwarantowanych wsparcie rozliczane jest na podstawie energii netto, czyli ilości energii wprowadzonej do sieci elektroenergetycznej. Ponadto przychód biogazowni funkcjonującej w systemie świadectw pochodzenia, w przeciwieństwie do aukcji i taryf, jest w dużej mierze zależny od notowań cenowych na rynku (ryzyko cenowe).



Rys. 7. Ewolucja form wsparcia producentów biogazu rolniczego w Polsce i kluczowe zdarzenia w rozwoju branży.

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 8. Poziom jednostkowego przychodu (PLN / 1MWh energii elektrycznej) z produkcji biogazu rolniczego w instalacji o mocy 1 MW w zależności od wariantu systemu wsparcia, z którego korzystał przedsiębiorca w 2020 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych URE, TGE i rozporządzeń ministra właściwego do spraw energii.

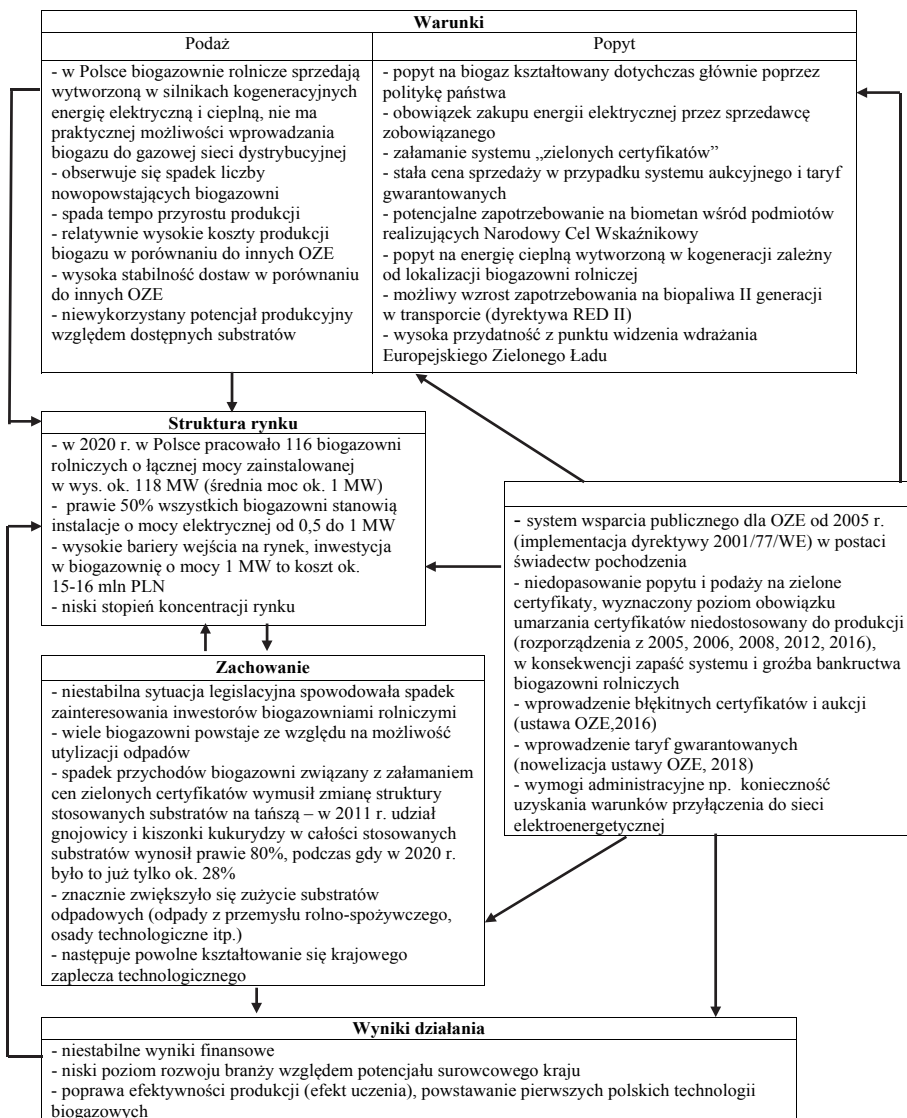
Jak wynika z rysunku 8, w 2020 roku najniższy przychód jednostkowy uzyskała biogazownia pracująca w systemie świadectw pochodzenia – wynosił on średnio ok. 510 zł/MWh. Nieco wyższy przychód odnotowano w instalacjach, które weszły do systemu aukcyjnego w 2016 roku (ok. 530 zł). Biogazownia, która dołączyła do systemu taryf gwarantowanych wyprowadzonych w 2018 roku, w 2020 roku mogła uzyskać stały przychód w wysokości ok. 533 zł/MWh. Wytwórcy biogazu, którzy wygrali aukcję w 2018 roku, mogli uzyskać w 2020 roku przychód o ponad 10% wyższy. W dużo lepszej sytuacji finansowej znalazły się instalacje, które weszły do w.w. systemu w 2019 roku, gdy wprowadzono nowe ceny referencyjne dla energii elektrycznej wytworzonej z biogazu rolniczego w kogeneracji (wraz z wejściem w życie ustawy o promowaniu energii elektrycznej z wysokosprawnej kogeneracji). Przykładowo w przypadku taryf gwarantowanych biogazownia uczestnicząca w tym systemie od 2019 roku mogła uzyskać rok później cenę jednostkową o prawie 25% wyższą niż wytwórca, który dołączył do systemu rok wcześniej.

### **Uwarunkowania dalszego rozwoju branży biogazu rolniczego w Polsce – próba syntezy z wykorzystaniem modelu S-C-P**

Na rysunku 9 przedstawiono syntetyczne zestawienie czynników charakteryzujących branżę biogazu rolniczego w Polsce w formie modelu S-C-P (Structure–Conduct–Performance – „struktura–taktyka–wynik”), który stanowi jedną z metod analizy strategicznej sektora (branży) (Matyjas, 2014).

Zastosowanie podejścia S-C-P umożliwia uporządkowanie czynników determinujących wyniki przedsiębiorstw, co stanowić może punkt wyjścia do określenia atrakcyjności branży, a w konsekwencji oceny możliwości jej rozwoju. Kluczowym elementem determinującym warunki działalności w branży biogazu rolniczego jest polityka państwa, która odgrywa zasadniczą rolę zarówno w stymulacji popytu na biogaz rolniczy, jak też w kształtowaniu podaży. Ze względu na wysokie bariery wejścia związane z poziomem wydatków inwestycyjnych i niską opłacalność produkcji przyjęty przez państwo system wsparcia producentów biogazu w bezpośredni sposób przekłada się na decyzje inwestycyjne potencjalnych producentów oraz strukturę branży (dotychczasowe systemy wsparcia różnicowały poziom pomocy w zależności od mocy instalacji). Oczekiwana transformacja energetyczna stanowi czynnik, który będzie prawdopodobnie coraz silniej stymulował wzrost popytu na energię z OZE (w tym z biogazu), jednak siła tego oddziaływania będzie kształtowana przez szczegółowe rozwiązania prawne (co wynika z doświadczeń historycznych). Za element stymulujący atrakcyjność produkcji energii z OZE, w tym z biogazu rolniczego należy uznać rosnące w Polsce dynamicznie ceny energii, co będzie sprawiać, że różnice w opłacalności produkcji ze źródeł konwencjonalnych i odnawialnych będą maleć, podnosząc względną atrakcyjność energii OZE. Czynnikiem stymulującym rozwój branży może stać się też przyjęta w 2018 roku Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady UE w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych (tzw. RED II). Jednym z jej założeń jest zwiększenie udziału OZE w transporcie (do 14% w 2030 r., w tym 3,5% z biopaliw drugiej generacji). Przepisy te dają możliwość podwójnego zaliczenia biogazu i biopaliw wykorzysta-

nych do celów transportu, w przypadku wyprodukowania ich z surowców takich jak obornik i odpady z przemysłu rolno-spożywczego. Wyrazem wzmożonego zainteresowania biogazem w sektorze transportu jest m.in. podpisanie listu intencyjnego o ustanowieniu partnerstwa na rzecz rozwoju sektora biogazu i biometanu oraz zawarcie porozumienia sektorowego między Ministerstwem Klimatu i Środowiska a przedstawicielami branży biogazu i transportu (październik 2020 r.).



Rys. 9. Model S-C-P (Structure-Conduct-Performance) dla rynku biogazu rolniczego w latach 2005-2020.

Źródło: opracowanie własne.



## **Wnioski**

Wysokie nakłady inwestycyjne i koszty produkcji sprawiają, iż tempo rozwoju branży biogazu rolniczego jest uzależnione od decyzji decydentów politycznych. Niestabilny poziom i zmienne formy wsparcia publicznego oraz skomplikowane uwarunkowania formalno-prawne sprawiły, iż rozwój branży biogazu rolniczego w Polsce został w ostatnich latach praktycznie zahamowany (po krótkim okresie dość szybszego wzrostu w latach 2010-2015). Biorąc pod uwagę zmiany zachodzące w otoczeniu polityczno-prawnym, w szczególności politykę UE w zakresie przeciwdziałania zmianom klimatu (którego odzwierciedleniem jest Europejski Zielony Ład), można jednak oczekiwać zmiany niekorzystnych uwarunkowań. Biogaz rolniczy posiada wiele cech uzasadniających wzrost jego znaczenia w produkcji energii, które w sumarycznym zestawieniu przeważają nad słabymi stronami tego źródła rozwiązania. Jest to źródło bardziej stabilne niż inne kategorie OZE, a poprzez zagospodarowanie odpadów pochodzenia rolniczego dodatkowo ogranicza emisje gazów cieplarnianych z rolnictwa. Dotychczas wytwarzany w Polsce biogaz rolniczy przekształcany był w energię elektryczną i ciepłą, jednak w ostatnim czasie obserwuje się wzmożone zainteresowanie alternatywnymi sposobami zagospodarowania tego surowca jako paliwa gazowego, tj. jako bioCNG, bioLNG lub jako biokomponent do produkcji biowodoru, co może rozszerzyć możliwości zbytu i poprawić efektywność funkcjonowania biogazowni rolniczych (dotychczas problemem było zagospodarowanie energii ciepłej, co obniżało efektywność obiektu). W połączeniu z planowanym uproszczeniem wymagań formalnych oraz przedłużeniem okresu funkcjonowania systemów wsparcia stwarza to szanse na zwiększenie dynamiki tworzenia nowych instalacji. Należy podkreślić, że utrzymanie wsparcia finansowego dla biogazowni rolniczych jest kluczowe również ze względów technologicznych – zahamowanie rozwoju rynku na obecnym etapie (wynikające z niedofinansowania) przełożyłoby się na spowolnienie postępu technologicznego instalacji biogazowych. Można też oczekiwać, że na wzrost atrakcyjności biogazu rolniczego (podobnie jak innych OZE) będą w najbliższych latach wpływać rosnące ceny energii pozyskiwanej ze źródeł kopalnych (co determinowane jest m.in. rosnącymi kosztami uprawnień do emisji CO<sub>2</sub>). Aktualnie jednak potencjał produkcji biogazu wynikający z dostępności substratów wykorzystany jest w niewielkim stopniu. W tym kontekście należy również zasygnalizować potrzebę wprowadzenia rozwiązań systemowych mających na celu ograniczenie problemu skali inwestycji, np. poprzez dotowanie inwestycji grupowych (zwłaszcza ze względu na duże rozdrobnienie struktury obszarowej gospodarstw rolnych w Polsce). Dotychczasowa (stosunkowo krótka, bo rozpoczęta w 2005 roku) historia branży biogazu rolniczego w Polsce wskazuje, że prawdopodobnie świadomość korzyści wynikających z produkcji biogazu rolniczego wśród decydentów politycznych była stosunkowo niewielka, co przełożyło się na bariery administracyjne i zmienność warunków ekonomicznych. W tym kontekście zasadnym wydaje się upowszechnianie wiedzy o środowiskowych i ekonomicznych korzyściach, jakie może przynieść rozwój branży biogazu rolniczego, co jest szczególnie istotne w kontekście założeń Europejskiego Zielonego Ładu.

## Literatura

- Besi, de M., McCormick, K. (2015). Towards a Bioeconomy in Europe: National, Regional and Industrial Strategies. *Sustainability*, 7(8), s. 10461-10478.
- Birner R. (2018). Bioeconomy Concepts. W: I. Lewandowski (red.), *Bioeconomy: Shaping the Transition to a Sustainable, Biobased Economy*. Springer OPEN, University of Hohenheim.
- Boulding, K.E. (1966). The Economics of the Coming Spaceship Earth. W: *Environmental Quality in a Growing Economy*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- BÖR (BioÖkonomieRat) (2010). Bio-Economy Council Report 2010. Bio-Economy Innovation.
- Bruins, E.M., Sanders, J.P.M. (2012). Small-Scale Processing of Biomass for Biorefinery. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 6(2), s. 115-232.
- Curkowski, A., Oniszk-Popławska, A., Mroczkowski, P., Zowski, M., Wiśniewski, G. (2011). *Przewodnik dla inwestorów zainteresowanych budową biogazowni rolniczych*. Warszawa: Ministerstwo Gospodarki, Instytut Energetyki Odnawialnej.
- Dabbert, S., Lewandowski, I., Weiss, J., Pyka, A. (2017). *Knowledge – Driven Developments in the Bioeconomy. Technological and Economic Perspectives*. Springer International Publishing.
- Dach, J., Janczak, W., Czekala, W. (2018). Potencjał biogazowy w Polsce – aktualne dane. *Magazyn Biomasa*, 9(49), s. 40-43.
- Dach, J., Matyka, M., Białowiec, A., Kowalczyk-Juśko, A., Pitula, M., Sługocki, Z. (2020). *Raport Biogaz w Polsce*. Biomass Media Group Sp. z o.o.
- Dobbelaere De, A., Keulenaere De, B., Mey De, J., Lebuf, V., Meers, E., Ryckaert, B., Schollier, C., Driessche, van D. (2015). *Small-Scale Anaerobic Digestion. Case Studies in Western Europe*.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych.
- Ellen MacArthur Foundation (2013). *Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition*. Cowes, UK: Ellen MacArthur Foundation – Rethink the Future.
- European Environment Agency (2020). Annual European Union Greenhouse Gas Inventory 1990-2018 and Inventory Report 2020. Submission to the UNFCCC Secretariat. Bruksela: European Commission, DG Climate Action.
- Eurostat (2021). *Share of Energy From Renewable Sources*. Pobrane z: [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg\\_ind\\_ren/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_ind_ren/default/table?lang=en) (data dostępu: 10.05.2021).
- Filho, W.L., Pociovălișteanu, D.M., Brito de, P.R.B., Lima de I.B. (2018). *Towards a Sustainable Bioeconomy: Principles, Challenges and Perspectives*. Springer International Publishing AG. Nowy Jork: Springer International Publishing AG.
- Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (2018). *Levelized Cost of Electricity – Renewable Energy Technologies*. Freiburg: Fraunhofer ISE.
- Fritsche, U., Brunori, G., Chiaramonti, D., Galanakis, C., Hellweg, S., Matthews, R. Panoutsou, C. (2020). *Future Transitions for the Bioeconomy towards Sustainable Development and a Climate-Neutral Economy – Knowledge Synthesis Final Report*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Ginalski, Z. (2011). *Substraty dla biogazowni rolniczych*. Radom: Centrum Doradztwa Rolniczego.
- Gołębiewski, J. (2019). *Systemy żywnościowe w warunkach gospodarki cyrkularnej studium porównawcze krajów Unii Europejskiej*. Warszawa: Wydawnictwo SGGW.
- Gołębiewski J. (2013). *Zrównoważona biogospodarka – potencjał i czynniki rozwoju*. Materiały konferencyjne, IX Kongres Ekonomistów Polskich 2013.

- Gołębiowski, K., Holewa-Rataj, J., Koch-Kopyszko, S., Kukulska-Zajęc, E., Krysiuk, I., Rogowska, D., Rogulska, M., Samson-Bręc, I., Siuda, A., Stępień, A., Zawisza, A. (2021). *Biała Księga Biometanu. Bariery rozwoju sektora biometanu w Polsce oraz proponowane rozwiązania*. Warszawa: Koalicja na Rzecz Biometanu.
- Gostomczyk, W. (2017). Stan i perspektywy rozwoju rynku biogazu w UE i Polsce – ujęcie ekonomiczne. *Zeszyty Naukowe SGGW w Warszawie – Problemy Rolnictwa Światowego*, 17(32), s. 48-64.
- Gradziuk, P. (2015). *Gospodarze znaczenie i możliwości wykorzystania słomy na cele energetyczne w Polsce*. Monografie i Rozprawy Naukowe, nr 45. Puławy: IUNG-PIB.
- Główny Urząd Statystyczny. System Wspomagania Analiz i Decyzji. Bilanse nośników energii. Pobrane z: [http://swaid.stat.gov.pl/GospodarkaPaliwowoEnergetyczna\\_dashboards/Raporty\\_predefiniowane/RAP\\_DBD\\_GPE\\_1.aspx](http://swaid.stat.gov.pl/GospodarkaPaliwowoEnergetyczna_dashboards/Raporty_predefiniowane/RAP_DBD_GPE_1.aspx) (data dostępu: 11.05.2021).
- Hakawati, R., Smyth, B., McCullough, G., Rosa, F., Rooney, D. (2017). What is the Most Energy Efficient Route for Biogas Utilization: Heat, Electricity or Transport? *Applied Energy*, 206, 1076-1087.
- Igliński, B., Piechota, G., Iwański, P., Skarżatek, M., Pilarski, G. (2020). 15 Years of the Polish Agricultural Biogas Plants: Their History, Current Status, Biogas Potential and Perspectives. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 22(2), s. 281-307.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2006). *Guidelines For National Greenhouse Gas Inventories*. Vol. 4 Agriculture, Forestrand Other Land Use.
- Kisiel, R. (2006). Biomasa pozyskiwana z gruntów rolniczych źródłem energii. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej*, nr 4(309), s. 90-101.
- Komisja Europejska (2012). *Innovating for Sustainable Growth. a Bioeconomy For Europe*. Bruksela: Komisja Europejska.
- Komisja Europejska (2019a). Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Europejski Zielony Ład. COM/2019/640.
- Komisja Europejska (2019b). *Czysta energia dla wszystkich Europejczyków*. Luksemburg: Urząd Publikacji Unii Europejskiej.
- Kowalczyk-Juško, A., Szymańska, M. (2015). *Poferment nawozem dla rolnictwa*. Warszawa: Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa.
- Krajowy Ośrodek Wsparcia Rolnictwa (2020). *Dane dotyczące działalności wytwórców biogazu rolniczego w latach 2011-2020*. Pobrane z: <https://bip.kowr.gov.pl/informacje-publiczne/odnawialne-zrodla-energii/biogaz-rolniczy/dane-dotyczace-dzialalnosci-wytworcow-biogazu-rolniczego-w-latach-2011-2020> (data dostępu: 12.05.2021).
- Maciejczak, M. (2017). Bioeconomy as a Complex Adaptive System of Sustainable Development. *Journal of International Business Research and Marketing*, 2(2), s. 7-10.
- Majewski E., Sulewski P., Wąs,, A. (2016). *Potencjał produkcji biogazu rolniczego w Polsce*. Warszawa: Wydawnictwo SGGW.
- Marks, S., Dach, J., Fernandez Morales, F. J., Mazurkiewicz, J., Pochwatka, P., Gierz, Ł. (2020). New Trends in Substrates and Biogas Systems in Poland. *Journal of Ecological Engineering*, 21(4), s. 19-25. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/119528>.
- Marszałek, M., Banach, M., Kowalski, Z. (2011). Utylizacja gnojowicy na drodze fermentacji metanowej i tlenowej – produkcja biogazu i kompostu. *Czasopismo Techniczne. Chemia*, 108(2-Ch), s. 143-158.

- Matyjas, Z. (2014). The Role of the Structure-Conduct – Performance Paradigm for the Development of Industrial Organization Economics and Strategic Management. *Journal of Positive Management*, 5, s. 53-63.
- Ministerstwo Klimatu (2020). Poland's National Inventory Report 2020. Greenhouse Gas Inventory For 1988-2018. Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Warszawa: KOBiZE, IOŚ-PIB.
- Mirosz, L., Amrozy, M., Trzaski, A., Wiszniewska A. (2015). *What Policymakers Should Know About Micro-Scale Digestion. BioEnergy Farm II – Manure, the Sustainable Fuel For the Farm*. Intelligent Energy Europe Programme of the European Union. Warszawa: National Energy Conservation Agency (NAPE).
- O'Brien, C. (1999). Sustainable Production – A New Paradigm for a New Millennium. *International Journal of Production Economics*, 60(1), s. 1-7.
- Obrycka, E. (2014). Korzyści społeczne i ekonomiczne budowy biogazowni rolniczych. *Zeszyty Naukowe SGGW w Warszawie – Ekonomika i Organizacja Gospodarki Żywnościowej* (107), s. 163-176.
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) (2009). *The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda. Main Findings*. Paryż: OECD.
- Parlament Europejski (2012). Institutional framework for sustainable development in the context of the forthcoming Rio+20 Summit. Directorate-General for Internal Policies. Policy Department Economic and Scientific Policy – Brussels, European Parliament.
- Paterson, M., Amrozy, M., Berruto, R., Bijnagte, J.W., Bonhomme, S., Gysen, M., Kayser, K., Majewski, E., Parola, F. (2016). *Implementation Guide For Small-Scale Biogas Plants*. BioEnergy Farm II Publication, Vol. 1.2, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL). Darmstadt: KTBL.
- Pawlak, J. (2013). Biogaz z rolnictwa korzyści i bariery. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 21(3), s. 99-108.
- Pedroli, B., Langeveld, H. (2011). *Impacts of Renewable Energy on European Farmers. Final Report for the European Commission Directorate-General Agriculture and Rural Development*. Alterra Wageningen UR, Ecologic Institute, EC BREC IEO, SORIALACTIVA, ECN, Wageningen University.
- Pochwatka, P., Pulka, J. (2020). Biogaz rolniczy – nowe otwarcie. *Trzoda Chlewna*, 9, s. 72-74.
- Polska Izba Gospodarcza Energetyki Odnawialnej i Rozproszonej (2018). *Obiektywne i subiektywne przyczyny destrukcji systemu zielonych certyfikatów w latach 2005-2016*. Warszawa: PIGEOR.
- Pomykała, R., Łyko, P. (2013). Biogaz z odpadów (bio)paliwem dla transportu – bariery i perspektywy. *Chemik*, 67(5), s. 454-161.
- Pyka, A., Prettnner, K. (2018). Economic Growth, Development and Innovation: The Transformation Towards a Knowledge-Based Bioeconomy. W: I. Lewandowski (red.): *Bioeconomy. Shaping the Transition to a Sustainable Biobased Economy* (s. 329-340). Springer Open. University of Hohenheim. DOI:10.1007/978-3-319-68152-8\_11.
- Ratajczak E. (2013). *Rolnictwo i leśnictwo w świetle koncepcji biogospodarki*. Warszawa: Materiały konferencyjne – IX Kongres Ekonomistów Polskich. Pobrane z: <http://www.pte.pl/kongres/referaty/> (data dostępu: 01.05.2021).
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K. (2009). A Safe Operating Space for Humanity. *Nature*, 461, s. 472-475.

- Saavedra, Y.M.B., Iritani, D.R., Pavan, A.L.R., Ometto, A.R. (2018). Theoretical Contribution of Industrial Ecology to Circular Economy. *Journal of Cleaner Production*, 170, s. 1514-1522.
- Satterthwaite, D. (2006). *Barbara Ward and the Origins of Sustainable Development*. London: International Institute for Environment and Development.
- Savini, F. (2019). The Economy that Runs on Waste: Accumulation in the Circular City. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 21(6), s. 675-691.
- Shih, J.S., Burtraw, D., Palmer, K., Siikamäki, J. (2012). Air Emissions of Ammonia and Methane from Livestock Operations: Valuation and Policy Options. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 58, s. 1117-1129.
- Sillanpää, M., Ncibi, C. (2017). *A Sustainable Bioeconomy. The Green Industrial Revolution*. Springer International Publishing AG. Nowy Jork: Springer International Publishing AG.
- Stejskal, B. (2008). Praktyczne doświadczenia z prowadzenia biogazowni. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 9, s. 125-135.
- Sulewski, P., Majewski, E., Wąs, A. (2017). Miejsce i rola rolnictwa w produkcji energii odnawialnej w Polsce i UE. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej/Problems of Agriculture Economics*, nr 1(350), s. 50-74. DOI:10.5604/00441600.1234428.
- Sulewski, P., Majewski, E., Wąs, A., Szymańska, M., Malak-Rawlikowska, A., Fraj, A., Trząski, A., Wiszniewski, A., Amrozy, M. (2016). Uwarunkowania ekonomiczno-prawne i opłacalność inwestycji w biogazownie rolnicze w Polsce. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej*, nr 1(346), s. 119-143. DOI: 10.5604/00441600.1196369.
- System Wspomagania Analiz i Decyzji. Bilanse nośników energii. Pobrane z: [http://swaid.stat.gov.pl/GospodarkaPaliwowoEnergetyczna\\_dashboards/Raporty\\_predefiniowane/RAP\\_DB\\_DBD\\_GPE\\_1.aspx](http://swaid.stat.gov.pl/GospodarkaPaliwowoEnergetyczna_dashboards/Raporty_predefiniowane/RAP_DB_DBD_GPE_1.aspx). (data dostępu: 11.05.2021).
- Tarka, M., Trupkiewicz, M. (2017). Obowiązek dostępu do gazowej sieci dystrybucyjnej jako podstawowy warunek sprzedaży biometanu z polskich biogazowni rolniczych. *Rynek Energii*, 5, s. 49-53.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2011). Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts From Economic Growth. A Report of the Working Group on Decoupling To the International Resource Panel. United Nations Environment Programme. Pobrane z: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/9816> (data dostępu: 10.05.2021).
- Urząd Regulacji Energetyki. Potencjał krajowy OZE w liczbach. Pobrane z: <https://www.ure.gov.pl/pl/oze/potencjal-krajowy-oze> (data dostępu: 11.05.2021).
- Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne. Dz.U. 1997, nr 54, poz. 348, z późn. zm.
- Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii. Dz.U. 2015, poz. 478 z późn. zm.
- Ustawa z dnia 7 czerwca 2018 r. o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw. Dz.U. 2018 poz. 1276.
- Ustawa z dnia 14 grudnia 2018 r. o promowaniu energii elektrycznej z wysokosprawnej kogeneracji. Dz.U. 2019, poz. 42, z późn. zm.
- Wąs, A., Sulewski, P., Szymańska, M. (2019). *Biorafinerie rolnicze jako element trwałej biogospodarki*. Warszawa: Wydawnictwo SGGW.
- Wiesenthal, T., Dowling, P., Morbee, J., Thiel, C., Schade, B., Russ, P., Simões, S., Peteves, E., Schoots, K., Londo, M. (2012). *Technology Learning Curves for Energy Policy Support*. European Commission Joint Research Centre Institute for Prospective Technological Studies Institute for Energy and Transport. Luksemburg: Publications Office of the European Union. European Union.

- Wiśniewski, G., Więcka, A., Dziamski, P., Kamińska, M., Rosołek, K., Santorska, A. (2012). *Małoskalowe odnawialne źródła energii i mikroinstalacje*. Warszawa: Biuro Regionalne Europa Centralna.
- World Bank. (2018). *What a Waste 2.0 : A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Washington D.C.: World Bank Group.
- Woźniakowski, P. (2020). *Biogaz w polityce Europejskiego Zielonego Ładu. Raport Biogaz w Polsce*. Biomass Media Group Sp. z o.o. Poznań: Biomass Media Group Sp. z o.o.

Strony internetowe:

[innogy.pl](http://innogy.pl).

[tauron.pl](http://tauron.pl).

[tge.pl](http://tge.pl).

[toe.pl](http://toe.pl).

## CONDITIONS OF DEVELOPMENT OF THE AGRICULTURAL BIOGAS INDUSTRY IN POLAND IN THE CONTEXT OF HISTORICAL EXPERIENCES AND CHALLENGES OF THE EUROPEAN GREEN DEAL

### Abstract

*The aim of the study was to assess the current development of the agricultural biogas industry in Poland and to indicate the key factors determining the possibility of popularizing this category of renewable energy in the coming years. The article is based on secondary data. The study uses statistical data on agricultural biogas production from the statistics of Eurostat, the Energy Regulatory Office, and the National Center for Agricultural Support. The S-C-P (Structure-Conduct-Performance) analysis was used to synthetically present the collected material and assess the situation of the Polish agricultural biogas industry. The agricultural biogas plants operating in Poland produced only about 325 million<sup>3</sup> biogas in 2020, from which 689 GWh of electricity was generated. This constitutes a small part of the biogas potential of Polish agriculture (various studies indicate the potential in the range of 1.6-4.2 billion m<sup>3</sup> of agricultural biogas from organic fertilizers produced on farms). Electricity obtained from agricultural biogas covers less than 0.4% of the domestic demand. Despite the ambitious plans created several years ago, the development of the agricultural biogas industry has been practically halted. The main reason for this is great dependence on the system of support with public funds. Further development of the biogas industry requires stable financial support. Despite negative historical experiences, it can be expected that the development of the industry will accelerate in the coming years. This is because agricultural biogas has many advantages relevant to the challenges of the European Green Deal. However, there is a need for raising the awareness among policymakers of the environmental and economic benefits resulting from the dissemination of agricultural biogas production.*

**Keywords:** sustainable development, European Green Deal, agricultural biogas, renewable energy sources.

Data nadesłania: 27.05.2021.

Data ostatniej recenzji: 16.06.2021.

Data akceptacji do druku: 21.07.2021.

O ile nie jest to stwierdzone inaczej, wszystkie materiały na stronie są dostępne na licencji Creative Commons Uznanie Autorstwa 4.0 Międzynarodowe.

Pewne prawa zastrzeżone na rzecz Instytutu Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – PIB.

