



Łukasiewicz

ITECH Instytut Innowacji i Technologii



Biogazownie jako integratory społecznych ekosystemów energetycznych

**Publikacja została opracowana w ramach środków subwencyjnych na 2025 r.
w ramach projektu
„Transformacja energetyczna (TE) - innowacje technologiczne oraz społeczna
ocena technologii”**

Warszawa, maj 2025 r.

Autorzy:

Sebastian Michalik
Joanna Grudowska

Redakcja merytoryczna:

Sebastian Michalik

Redakcja językowa:

Joanna Grudowska

Numer ISBN: 978-83-60561-28-7

<https://doi.org/10.36735/IACD3094>

Łukasiewicz – ITECH Instytut Innowacji i Technologii jest interdyscyplinarną jednostką badawczą specjalizującą się w obszarze STI (Science, Technology, Innovation). Wspieramy proces tworzenia technologii poprzez maksymalizowanie ich potencjału przy jednoczesnej minimalizacji ryzyk z nimi związanych – technology assessment. Tak rozumiany cel realizujemy poprzez prowadzenie badań, tworzenie materiałów analitycznych i rekomendacji istotnych na przecięciu sfer: polityki gospodarczej, biznesu, nauki i społeczeństwa. Nasze kluczowe programy badawcze to: transformacja energetyczna, zarządzanie ryzykiem w obszarze technologii medycznych i suwerenność technologiczna.

Sieć Badawcza Łukasiewicz – ITECH Instytut Innowacji i Technologii
ul. Żelazna
00-879 Warszawa
tel. (22) 100 14 63; www.itech.lukasiewicz.gov.pl

SPIS TREŚCI

Wstęp	0
Executive Summary	2
Metodologia	3
Energetyka rozproszona w świetle KPEIK	4
Energetyka rozproszona w Polsce	4
Energetyka Rozproszona w kontekście UWARUNKOWAŃ Zewnętrznych.....	6
Energetyka Rozproszona w świetle Aktualizacji Krajowego Planu w Dziedzinie Energii i Klimatu do 2030 Roku.	8
Biogaz i biogazownie w świetle aktualizacji Krajowego Planu w dziedzinie Energii i Klimatu.	9
Biogazownie (rolnicze) w Polsce	11
Analiza rozwoju sektora biogazu w latach 2014-2023	17
Łańcuch wartości technologii biogazowych	20
Współpraca biogazowni z lokalnym otoczeniem – przypadki michałowa i grzmiącej.....	24
Biogazownie w Michałowie	24
Geneza i charakterystyka infrastruktury	24
Współpraca biogazowni z lokalnym otoczeniem	25
Biogazownia w Grzmiącej.....	28
Geneza i charakterystyka infrastruktury	28
Współpraca Biogazowni Z Lokalnym Otoczeniem	29
Społeczne aspekty funkcjonowania biogazowni – analiza ekosystemu	31
Przegląd literatury z badań nad społecznymi aspektami funkcjonowania biogazowni..	31
Model ekosystemu biogazowni – zarys teoretyczno-metodologiczny	33
Ekosystem biogazowni – analiza współzależności i funkcji z perspektywy kluczowych beneficjentów	34
Inwestor	35
Dostawcy substratów i odbiorcy pofermentu	35
Odbiorcy energii (cieplnej i elektrycznej).....	36
Samorząd lokalny	37
Społeczność lokalna	38
Inwestorzy biznesowi	39
Bariery rozwoju biogazowni	39
Rekomendacje dla polityk publicznych dotyczące wsparcia rozwoju biogazowi rolniczych w modelu energetyki rozproszonej	48
Rekomendacje w obszarze barier technicznych i infrastrukturalnych.....	49
Poziom krajowy	49

Poziom lokalny	51
Rekomendacje w obszarze barier SUROWCOWYCH.....	52
Poziom krajowy	52
Poziom lokalny	52
Rekomendacje w obszarze barier ekonomicznych.....	53
Poziom krajowy	53
Rekomendacje w obszarze barier prawno-instytucjonalnych	54
Poziom krajowy	54
Poziom lokalny	56
Rekomendacje w obszarze barier społeczno-kulturowych	56
Poziom Krajowy	56
Poziom lokalny	57
Podsumowanie	58
Spis Wykresów	61
Spis Rysunków	61
Spis Tabel.....	61
Bibliografia	62
Materiały do analizy biogazowni w Grzmiącej:	68
Materiały do analizy biogazowni w Michałowie	69

Zgodnie z aktualizacją Krajowego Planu w dziedzinie Energii i Klimatu (aKPEiK)¹, energetyka rozproszona ma odgrywać coraz większą rolę w transformacji energetycznej w Polsce. Elementem tego trendu mają być ułatwienia w rozwoju społeczności energetycznych, które mogą stać się nośnikiem rozwoju energetyki obywatelskiej. Ich wartość nie polega jedynie na wkładzie w upowszechnianie odnawialnych źródeł energii (OZE) i włączaniu społeczności lokalnych w procesy dekarbonizacji na terenach wiejskich i małomiasteczkowych. Mogą one w znacznym stopniu przysłużyć się wzmocnieniu społeczeństwa obywatelskiego i samorządności społecznej wokół procesów wytwarzania i dystrybucji energii. Biogazownie rolnicze stanowią szczególnie istotny element energetyki rozproszonej. Nie tylko przyczyniają się one do dekarbonizacji rolnictwa i zagospodarowania odpadów, ale mogą także pełnić funkcję integratora lokalnych wspólnot energetycznych. Ich rozwój sprzyja budowie samowystarczalnych, odpornych na kryzysy systemów energetycznych, szczególnie na obszarach wiejskich. Biogaz zwiększa dywersyfikację źródeł energii, ogranicza zależność od paliw kopalnych i wzmacnia bezpieczeństwo energetyczne kraju, jednocześnie generując lokalne korzyści społeczne i gospodarcze. Działając najczęściej w kogeneracji, biogazownie wytwarzają równocześnie energię elektryczną i ciepłą, co znacząco podnosi ich efektywność energetyczną i pozwala na zaspokajanie różnorodnych potrzeb energetycznych społeczności lokalnych. Choć obecnie ich liczba i znaczenie w transformacji energetycznej są niskie w stosunku do potencjału rozwojowego sektora biogazowego w Polsce, to stanowią one ciekawy przykład wieloaspektowej koegzystencji technologii OZE z otoczeniem społecznym. Innymi słowy są one silnie powiązane z lokalną społecznością, w której ramach funkcjonują. Zgodnie z aKPEiK ich rola w transformacji energetycznej, mierzona wartością planowanych mocy wytwórczych, ma znacząco wzrosnąć od w perspektywie do 2030 r. Według danych Urzędu Regulacji Energetyki na koniec 2024r., łączna moc zainstalowana wszystkich biogazowni (w tym jednej biometanowni) w Polsce wyniosła około 313 MW. Natomiast według aKPEiK w scenariuszu WEM zakładane jest osiągnięcie 1600 MW mocy biogazowych do 2030 r., zaś w scenariuszu WAM - 2400 MW. Taka skala wzrostu w niedługim czasie będzie ogromnym wyzwaniem dla inwestorów oraz decydentów.

Zakładany w planach rządowych rozwój sektora biogazu w ramach modelu energetyki rozproszonej stanowi kontekst powstania tego raportu. Jego celem diagnostycznym jest ukazanie społecznych aspektów funkcjonowania biogazowni rolniczych w jej relacjach z otoczeniem społecznym. Jednostką analizy jest zatem nie tyle sama biogazownia, ale społeczno-energetyczny ekosystem biogazowni ukazany z perspektywy obiegu korzyści między jego kluczowymi aktorami. Celem aplikacyjnym raportu jest natomiast wsparcie rozwoju biogazowni rolniczych w modelu energetyki rozproszonej, w szczególności realizowania potrzeb społeczności lokalnych w zakresie ich samowystarczalności i niezależności energetycznej. W tym sensie przedmiotem analiz jest rozwój lokalnych ekosystemów biogazowni, zakładających udział inwestora w tworzeniu lokalnego rynku energetycznego opartego na wymianie ekonomicznej między podmiotami

¹ Aktualizacja Krajowego Planu w dziedzinie Energii i Klimatu do 2030 r., 2024, https://bip.mos.gov.pl/fileadmin/user_upload/bip/dostep_do_informacji/2024-10-11_Projekt_aKPEiK.pdf, dostęp: 25.03.2025.

współdziałającymi (rolnikami, mieszkańcami, samorządem, firmami) w obrębie fizycznie bliskich lokalizacji.

Struktura raportu obejmuje sześć rozdziałów. W pierwszym omówiono problematykę energetyki rozproszonej i sektora biogazu w kontekście ich roli w transformacji energetycznej Polski, na podstawie planów zawartych w akPEK z 2024 r. Drugi rozdział obejmuje analizę obecnego stanu sektora biogazowego wraz z prognozami jego rozwoju oraz opis łańcucha wartości technologii biogazowych. W rozdziale trzecim scharakteryzowano przypadki biogazowni z Michałowa (województwo podlaskie) oraz Grzmiącej (województwo zachodniopomorskie), omawiając je jako przykłady dobrych praktyk w zakresie efektywnej współpracy operatora instalacji biogazowych z lokalnym otoczeniem społecznym. W kolejnym rozdziale zaprezentowano model ekosystemu biogazowni, opracowany na podstawie przypadków z Michałowa i Grzmiącej. Obrazuje on sieć współzależności między głównymi aktorami ekosystemu oraz skalę możliwych obszarów ich współpracy wraz z obustronnymi korzyściami. W rozdziale piątym przedstawiono analizę barier rozwojowych sektora biogazu, ze szczególnym uwzględnieniem biogazowni rolniczych w Polsce. Bariery omówiono z podziałem na kluczowe obszary: techniczno-infrastrukturalny, ekonomiczny, prawno-instytucjonalny oraz społeczno-kulturowy. Analiza barier stanowi konieczne uzupełnienie modelu ekosystemu biogazowni, identyfikując newralgiczne ryzyka i przeszkody w implementacji projektów biogazowych.

Szósty rozdział dotyczy rekomendacji dla polityk publicznych z podziałem na poziom krajowy i lokalny. Zróżnicowanie poziomu krajowego i lokalnego odnosi się do podziału na polityki krajowej w dziedzinie energii i klimatu, których podmiotem są organy władzy centralnej oraz polityki lokalne realizowane przez samorządy z udziałem kluczowych interesariuszy biogazowni rolniczych. Podział ten uzasadniony jest potrzebą równoległego wzmacniania ram instytucjonalno-prawnych na poziomie krajowym oraz budową lokalnych ekosystemów energetycznych opartych na biogazowniach. Analiza rekomendacji ujawnia z jednej strony konieczność synergii między stabilnymi mechanizmami wsparcia makroekonomicznego, a partycypacyjnym modelem wdrażania rozwiązań w skali gminnej. Z drugiej zaś, wskazuje na potrzebę powiązanie interwencji systemowych na szczeblu centralnym z działaniami dostosowanymi do specyfiki regionalnej.

EXECUTIVE SUMMARY

- Mimo rosnących w ostatnim czasie mocy wytwórczych instalacji biogazowych obecny stan sektora biogazowego w Polsce pozostaje znacznie poniżej jego potencjału oraz wartości docelowych zakładanych w aKPEiK.
- Plany rządowe, zawarte w aKPEiK z 2024 r., zakładają znaczny wzrost mocy biogazowych do 2030 r., a więc i liczby biogazowni, w szczególności prowadzanych w ramach społeczności energetycznych, w celu zwiększania samowystarczalności energetycznej obszarów wiejskich.
- Analiza historycznych trendów z lat 2014-2023 w zestawieniu z planowanymi mocami zainstalowanymi do 2030 r. wskazuje, że realizacja nawet bardziej zachowawczego scenariusza aKPEiK będzie wymagać minimalnie kilkunastokrotnego przyspieszenia tempa rozwoju sektora biogazowego.
- Mimo, że biogazownie rolnicze działają w Polsce od ponad 17 lat, świadomość korzyści, jakie mogą one przynieść lokalnym społecznościom jest nadal niska.
- Zidentyfikowane i opisane przypadki z miejscowości Michałów i Grzmiąca pokazują przykłady dobrych praktyk w zakresie tworzenia efektywnych form współpracy i partnerstwa między inwestorem biogazowni a kluczowymi lokalnymi aktorami.
- Model ekosystemu, opracowany na podstawie przypadków z Michałowa i Grzmiącej, obrazuje potencjał instalacji biogazowych w zakresie integracji lokalnych wspólnot energetycznych, opartych na współzależnościach i kooperacji między ich kluczowymi aktorami.
- Model identyfikuje w szczególności mechanizmy działania ekosystemu, oparte na wymianie korzyści między jego beneficjentami, które stanowią mogą podstawę dla opracowania wytycznych wspierających rozwój lokalnych wspólnot energetycznych wokół instalacji biogazowych.
- Szczególną rolę w ekosystemie biogazowni odgrywają władze samorządowe, od aktywności których zależy pozyskanie akceptacji społecznej dla inwestycji, koordynacja współpracy między aktorami systemu oraz długofalowe zarządzanie jego rozwojem.
- Szczególne znaczenie biogazowni rolniczych dla transformacji energetycznej polega nie tylko na ich wkładzie w redukcję emisji gazów cieplarnianych, ale również potencjale w zakresie rozwoju obszarów wiejskich w kierunku samowystarczalności i samorządności energetycznej oraz zwiększania świadomości środowiskowej i zaangażowania w transformację ich mieszkańców.
- Wyzwaniem dla rozwoju biogazowni są bariery techniczne, regulacyjne, finansowo-inwestycyjne, administracyjne, rynkowe i społeczne, które ograniczają możliwości rozwoju efektywnych ekosystemów biogazowych w Polsce.
- Skala zidentyfikowanych barier jest na tyle znacząca, że ich neutralizacja wymaga opracowania przemyślanej strategii na rzecz rozwoju energetyki biogazowej na obszarach wiejskich, ze szczególnym uwzględnieniem kwestii społeczności energetycznych.
- Opracowaniem takiej krajowej strategii uzasadniają liczne korzyści środowiskowe jakie generują biogazownie w skali ponadlokalnej, wpisując się tym samym w zakres polityk energetyczno-klimatycznych państwa.

METODOLOGIA

Celem raportu jest wypełnienie luki w dotychczasowych analizach poświęconych tematyce biogazowni rolniczych. Analiza ma na celu rozszerzenie i pogłębienie wiedzy na temat społecznych aspektów funkcjonowania biogazowni poprzez zaproponowanie modelu ekosystemu społeczno-energetycznego na poziomie lokalnym.

Główne cele analizy są następujące:

- (i) określenia roli biogazowni w tym biogazowni rolniczych w horyzoncie strategicznym w odniesieniu do aKPEIK²,
- (ii) opisanie funkcjonowania biogazowni w kontekście energetyki rozproszonej zgodnie z planami strategicznymi,
- (iii) określenia czynników oddziałujących na rozwój i funkcjonowanie sektora biogazow-ego w Polsce,
- (iv) określenie stanu i perspektyw rozwój sektora biogazu w Polsce,
- (v) określenie barier rozwoju sektora biogazu w Polsce,
- (vi) określenia aktorów i istotnych elementów wymiany między nimi w ramach lokalnego ekosystemu społeczno-energetycznego stworzonego wokół biogazowni.

Jako główną metodę analizy zastosowano analizę danych zastanych (desk research), która pozwala na pozyskanie informacji z istniejących źródeł wtórnych. Poszczególne etapy procesu badawczego były następujące: identyfikacja źródeł, wyszukiwanie i selekcja, analiza danych oraz synteza wyników. Główne ograniczenia wybranej metody polegają na zależności od kompletności danych, braku kontroli nad metodologią źródeł czy selektywności dostępnych materiałów.

Do analizy ilościowej wykorzystano dane Krajowego Ośrodka Wsparcia Rolnictwa, Urzędu Regulacji Energetyki i Głównego Urzędu Statystycznego z lat 2014-2024. Kryterium wyboru tych danych była wiarygodność źródła, aktualność oraz koherencja, umożliwiająca zestawianie danych zgodnie z wybranymi zmiennymi jak np. region kraju czy temporalność.

Do analizy jakościowej wykorzystano artykuły naukowe, raporty branżowe, treści internetowych serwisów informacyjnych oraz treści stron internetowych wybranych aktorów, którzy byli określani jako istotne podmioty analizy. Raporty branżowe oraz artykuły naukowe koncentrowały się wokół tematyki biogazu i/lub biometanu, a w przypadku analizowania wybranych aspektów szczegółowych (np. społecznych, barier) publikacje odnosiły się bezpośrednio do tych zagadnień i były wyszukiwane według adekwatnych słów kluczy. Publikacje wybrane do analizy są: wydawane przez opiniotwórcze organizacje i/lub tworzone przez ekspertów, aktualne lub uzupełniające bieżący stan wiedzy w kontekście historycznym. Ponadto użyto do analizy następujących dokumentów strategicznych: Aktualizacja Krajowego Planu w dziedzinie Energii i Klimatu do 2030 r. z 2024 r., Ustawa z dnia 13 lipca 2023 r. o ułatwieniach w przygotowaniu i realizacji inwestycji w zakresie biogazowni rolniczych, a także ich funkcjonowaniu (Dz.U. 2023 poz. 1597), Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz.U. 2015 poz. 478) oraz jej nowelizacje, Dyrektywie RED III z 2023 r., Dyrektywa w sprawie wspólnych zasad rynków wewnętrznych gazu odnawialnego, gazu ziemnego i wodoru z 2024 r.

² Aktualizacja Krajowego Planu w dziedzinie Energii i Klimatu do 2030 r., 2024.

Do stworzenia modelu analitycznego wykorzystano przypadki dwóch biogazowni: w Michałowie i Grzmiącej. Wybór tych lokalizacji podyktowany był dostępnością danych zastanych oraz określeniem ich potencjału analitycznego dotyczącego dobrych praktyk w zakresie kooperacji biogazowni z otoczeniem lokalnym. W raporcie za zasadnicze kryterium dobrej praktyki w omawianym przypadku przyjęto założenie o powiązaniu biogazowni z lokalnym łańcuchem wartości biogazu (lokalni dostawcy substratu, odbiorcy pofermentu oraz odbiorcy końcowi energii) oraz jej wkładzie w zaspakajanie potrzeb lokalnej społeczności w zakresie samowystarczalności i bezpieczeństwa energetycznego. Innymi słowy za modelowy przykład kooperacji i partnerstwa biogazowni z jej społecznym otoczeniem uznano działanie inwestora w modelu biznesowym zorientowanym za rozwój lokalnego rynku energetycznego (obejmującego dostawę biomasy, sprzedaż pofermentu oraz dostawę energii) opartego na wymianie ekonomicznej między podmiotami współdziałającymi (rolnikami, mieszkańcami, samorządem, firmami) w obrębie fizycznie bliskich lokalizacji. Elementem doboru lokalizacji wykorzystanych w analizie, była konsultacja z ekspertami branżowymi, co zapewniło merytoryczne wsparcie w wyborze lokalizacji do analizy oraz uwzględnienie czynników istotnych z perspektywy przedstawienia dobrych praktyk funkcjonowania biogazowni w społeczności lokalnej.

Dobre praktyki są tu rozumiane jako takie sposoby działania, które przynoszą konkretne, pozytywne wyniki, zawierają w sobie pewien potencjał innowacji, są trwałe i powtarzalne, możliwe do zastosowania w podobnych warunkach w innym miejscu lub przez inne podmioty. Do analizy tych dwóch przykładów wykorzystano materiały informacyjne z lokalnych serwisów informacyjnych, materiały promocyjne biogazowni oraz Krajowego Ośrodka Wsparcia Rolnictwa. W przypadku niepewności w określeniu prawdziwości zgromadzonych danych w zakresie realizowanego opisu, weryfikowano te informacje bezpośrednio z lokalnymi interesariuszami z podanych lokalizacji.

ENERGETYKA ROZPROSZONA W ŚWIEŹLE KPEIK

ENERGETYKA ROZPROSZONA W POLSCE

Energetyka rozproszona wyłoniła się jako odpowiedź na wyzwania związane z ograniczeniami tradycyjnych, scentralizowanych systemów energetycznych opartych na dużych elektrowniach węglowych. Na przełomie XX i XXI wieku dynamiczny postęp technologii OZE spowodował powstanie i rozwój instalacji energetycznych o mocy znacząco niższej niż jednostki zawodowe, działających lokalnie i w dużym rozproszeniu przestrzennym. Cechą charakterystyczną energetyki rozproszonej jest fizyczne umiejscowienie instalacji w wielu lokalizacjach oraz ich lokalność rozumiana jako bliskość źródeł wytwórczych i odbiorców końcowych energii, pozwalająca na bardziej efektywne wykorzystanie energii i redukcję strat przesyłowych³

Integralnym elementem generacji rozproszonej jest prosumeryzm. Polega na jednoczesnym produkowaniu i konsumowaniu energii, z możliwością sprzedaży jej nadwyżek do sieci. Zjawisko to wprowadza zasadniczą zmianę w stosunku do zasad działania modelu scentralizowanego. Podczas, gdy energetyka konwencjonalna opiera się

³ Strategia rozwoju energetyki rozproszonej w Polsce do 2040 roku (SER2040), 2023, <https://www.gov.pl/web/klimat/strategia-rozwoju-energetyki-rozproszonej2>, s. 9 dostęp: 25.03.2025.

na jednokierunkowym strumieniu przesyłu energii od dużych wytwórców do odbiorców, model rozproszony wprowadza dwukierunkowy przepływ, gdzie konsumenci stają się aktywnymi uczestnikami rynku (prosumentami). W energetyce rozproszonej prosumenci nie tylko konsumują, ale również produkują i magazynują energię⁴.

W dokumentach strategicznych (np. „Polityce Energetycznej Polski do 2040 roku”) i prawodawstwie krajowym, dotyczących systemu energetycznego, pojęcie generacji rozproszonej przywoływane jest w kontekście instalacji OZE i klastrów energii, jednak bez ścisłych parametrów technicznych. W nowelizacji Ustawy z dnia 22 czerwca 2016 r. o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw⁵, wprowadzono pojęcie klastra energii jako cywilnoprawnego porozumienia podmiotów lokalnych. Klastery mogą obejmować do pięciu gmin lub jeden powiat, a jego głównym celem jest osiągnięcie samowystarczalności energetycznej poprzez łączenie produkcji, magazynowania i konsumpcji energii. W ustawie z 2016 r. pojawia się po raz pierwszy w polskim systemie prawnym definicja prosumenta. W dalszej kolejności wprowadzony został prosument zbiorowy i lokatorski, co umożliwiło włączenie do systemu mieszkańców budynków wielorodzinnych. Natomiast wraz z „Ustawą z dnia 29 października 2021 r. o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw” wprowadzony został termin prosumenta wirtualnego, co umożliwiło posiadanie własnej mikroinstalacji osobom, które nie mają na nią miejsca w swoim gospodarstwie⁶.

Na koniec 2023 r. w Polsce energię na własne potrzeby wytwarzało blisko 1,4 mln prosumentów energii odnawialnej, niemal wyłącznie w mikroinstalacjach fotowoltaicznych, co stanowiło łącznie ok. 10,7 GW mocy zainstalowanych. Szczególnie dynamiczny rozwój miał miejsce w latach 2019–2022, kiedy na krajowym rynku energii działalność rozpoczęło ponad 1 mln nowych prosumentów⁷.

Mimo ustawowego uregulowania takich terminów jak klastery energii i prosumenci, krajowe prawo nie doczekało się precyzyjnej, ustawowej definicji generacji rozproszonej. W praktyce stosuje się jej definicje operacyjne opracowane przez instytuty badawcze, ośrodki akademickie i agendy rządowe. Zwraca się w nich najczęściej uwagę na lokalność produkcji i konsumpcji energii, niską moc jednostek wytwórczych czy integrację z sieciami dystrybucyjnymi niskiego i średniego napięcia⁸. W najważniejszym dokumencie strategicznym dedykowanym generacji rozproszonej, to jest „Strategii rozwoju energetyki rozproszonej w Polsce do 2040 roku” przyjęto następującą definicję: „Energetyka rozproszona to energetyczne źródła wytwórcze i magazyny energii przeznaczone do użytku lokalnego, przyłączone bezpośrednio lub pośrednio (przy wykorzystaniu instalacji gospodarstw domowych, sieci przemysłowych itp.) do systemu dystrybucyjnego.”⁹.

⁴ Ruszel, M., 2024, Co oznacza energetyka rozproszona i dlaczego jest kluczem do bezpieczeństwa energetycznego, <https://www.energetyka-rozproszona.pl/artykuly/co-oznacza-energetyka-rozproszona-i-dlaczego-jest-kluczem-do-bezpieczenstwa-energetycznego/>, dostęp: 25.03.2025.

⁵ Ustawa z Dnia 22 Czerwca 2016 R.O Zmianie Ustawy O Odnawialnych Źródłach Energii Oraz Niektórych Innych Ustaw (Dz.U. 2016 poz. 925).

⁶ Ustawa z dnia 29 października 2021 r. o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. 2021 poz. 2376)

⁷ Aktualizacja Krajowego Planu w dziedzinie Energii i Klimatu do 2030 r., 2024, s. 113.

⁸ Ruszel, M., 2024, Co oznacza energetyka rozproszona i dlaczego jest kluczem do bezpieczeństwa energetycznego, <https://www.energetyka-rozproszona.pl/artykuly/co-oznacza-energetyka-rozproszona-i-dlaczego-jest-kluczem-do-bezpieczenstwa-energetycznego/>, dostęp: 25.03.2025.

⁹ Strategia rozwoju energetyki rozproszonej w Polsce do 2040 roku (SER2040), 2023, <https://www.gov.pl/web/klimat/strategia-rozwoju-energetyki-rozproszonej2>, s. 9 dostęp: 25.03.2025.

W dokumencie przyjęto, że definicja stosuje się źródeł o mocy do 10 MW, jednak wartość ta nie ma umocowania prawnego.

W polskich warunkach dominują następujące technologie rozproszonej generacji¹⁰:

- **Mikroinstalacje fotowoltaiczne** o mocy do 50kW.
- **Biogazownie rolnicze** o mocy od 0,1 MW do ponad 5 MW.
- **Małe elektrownie wiatrowe** o mocy nie większej niż 100 kW.
- **Mikrokogeneracja gazowa** z maksymalną mocą poniżej 50 kW.

Ważnym elementem są również magazyny energii, które pozwalają bilansować niestabilną generację z OZE. Jak wskazuje "Polityka Energetyczna Polski do 2040 roku" Polska planuje do 2030 roku osiągnąć 2 GW mocy w magazynach energii, głównie w skali lokalnej. Jest wciąż mało w porównaniu do łącznej mocy zainstalowanej źródeł energii w Polsce wynoszącej ok. 72 GW¹¹ na koniec 2024r.

ENERGETYKA ROZPROSZONA W KONTEKŚCIE UWARUNKOWAŃ ZEWNĘTRZNYCH

Rozwój energetyki rozproszonej i biogazowni rolniczych w Polsce pozostaje w ścisłym związku ze światowymi i europejskim trendami w zakresie zrównoważonego rozwoju oraz transformacji energetycznej. W pierwszym przypadku wpisuje się on w Cele Zrównoważonego Rozwoju (ang. Sustainable Development Goals – SDGs) wyrażone w dokumencie "Przekształcamy nasz świat: Agenda na Rzecz Zrównoważonego Rozwoju – 2030", który jest rezolucją przyjętą przez Zgromadzenie Ogólne ONZ w dniu 25 września 2015 r.¹². W drugim przypadku jest on zasadniczo zgodny z Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r. (Dyrektywa RED II)¹³ oraz Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1788 z dnia 13 czerwca 2024 r. (Dyrektywa RED III)¹⁴.

Agenda na Rzecz Zrównoważonego Rozwoju – 2030 to plan działania na rzecz przemian i przeobrażeń świata, w którym potrzeby obecnego pokolenia mogą być zaspokojone w sposób zrównoważony, z szacunkiem dla środowiska oraz z uwzględnieniem potrzeb przyszłych pokoleń. Energetyka rozproszona i biogazownie rolnicze wpisują się w podstawę Agendy przynajmniej w zakresie kilku jej celów. Wśród nich wymienić należy:

- **Cel 2: Zero głodu.** Biogazownie przyczyniają się do wzrostu wydajności rolnictwa i dochodów drobnych producentów żywności.
- **Cel 7: Czysta i dostępna energia.** Biogaz jest źródłem energii odnawialnej, które może zastąpić paliwa kopalne, redukując emisje CO₂ i zwiększając udział OZE w miksie energetycznym. Biogazownie przyczyniają się do zapewnienia powszechnego dostępu do przystępnych cenowo, niezawodnych i nowoczesnych usług

¹⁰ Ruszel, M., 2024, Co oznacza energetyka rozproszona i dlaczego jest kluczem do bezpieczeństwa energetycznego, <https://www.energetyka-rozproszona.pl/artykuly/co-oznacza-energetyka-rozproszona-i-dlaczego-jest-kluczem-do-bezpieczenstwa-energetycznego/>, dostęp: 25.03.2025.

¹¹ <https://www.rynekelektryczny.pl/moc-zainstalowana-oze-w-polsce/>

¹² Przekształcamy nasz świat: Agenda na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030, Rezolucja przyjęta przez Zgromadzenie Ogólne w dniu 25 września 2015 r. https://www.un.org/files/164/Agenda%202030_pl_2016_ostateczna.pdf

¹³ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2023/2413 z dnia 18 października 2023 r., <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:32023L2413>, dostęp: 30.05.2025.

¹⁴ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1788 z dnia 13 czerwca 2024 r., <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:32024L1788>, dostęp: 30.05.2025

energetycznych oraz zwiększają wskaźnik wzrostu globalnej efektywności zużycia energii.

- **Cel 11: Zrównoważone miasta i społeczności.** Biogazownie wspierają gospodarkę obiegu zamkniętego (GOZ) poprzez utylizację odpadów komunalnych i rolniczych.
- **Cel 12: Odpowiedzialna konsumpcja i produkcja.** Wytwarzanie energii z biogazu przyczynia się do zmniejszenia ilości marnowanej żywności oraz ograniczenia strat żywnościowych na każdym etapie łańcucha dostaw – od produkcji i zbiorów, przez dystrybucję, aż po sprzedaż detaliczną i konsumpcję. Dzięki temu minimalizowany jest negatywny wpływ odpadów na środowisko, a także wspierane są zrównoważone praktyki produkcyjne i konsumpcyjne.
- **Cel 13: Działania w dziedzinie klimatu.** Biogazownie redukują emisje metanu z rozkładu odpadów organicznych i zastępują węgiel w produkcji energii.

Energetyka rozproszona stała się zasadniczym elementem europejskiej transformacji energetycznej, odzwierciedlając fundamentalną zmianę w podejściu do wytwarzania, dystrybucji i konsumpcji energii.

Dyrektywa RED II wprowadza definicję „prosumenta energii odnawialnej” jako odbiorcy końcowego działającego w ramach swoich obiektów, który wytwarza odnawialną energię elektryczną na własne potrzeby oraz może magazynować lub sprzedawać samodzielnie wytworzoną energię elektryczną. Dyrektywa wyróżnia również „działających grupowo prosumentów energii odnawialnej” rozumianych jako grupa co najmniej dwóch działających wspólnie prosumentów energii odnawialnej, zlokalizowanych w tym samym budynku lub budynku wielomieszkaniowym. W dokumencie zostało również wyrażone prawo konsumentów do produkowania własnej energii odnawialnej bez nieuzasadnionych ograniczeń, umożliwiając aktywne uczestnictwo w transformacji energetycznej.

Energetyka rozproszona nabrała dla UE strategicznego znaczenia od czasu inwazji Rosji na Ukrainę w 2022 roku, która wzbudziła potrzebę redefinicji bezpieczeństwa energetycznego i suwerenności energetycznej zarówno Unii Europejskiej jako wspólnoty, jak i poszczególnych jej członków. W tym kontekście energetyka rozproszona zyskuje na znaczeniu jako element zwiększający odporność systemu energetycznego. System rozproszony jest bezpieczniejszy zarówno w kontekście ochrony samej infrastruktury przed potencjalnymi zniszczeniami, co przybiera na znaczeniu w kontekście wojny toczącej się za wschodnią granicą Polski, a także z punktu widzenia skali potencjalnych awarii.

Wojna na Ukrainie miała kluczowy wpływ na kształtowanie unijnej polityki energetycznej, w tym na ostateczny kształt dyrektywy RED III. Jeszcze przed inwazją, Komisja Europejska zaproponowała podniesienie celu udziału OZE w miksie energetycznym do 40%. Jednak w obliczu wojny i konieczności szybkiego uniezależnienia się od rosyjskich paliw, cel ten został podniesiony do 42,5% (z możliwością zwiększenia do 45%). Według RED III elementem rozwoju OZE mają być społeczności energetyczne. W dokumencie podkreśla się, system rozproszony buduje samowystarczalność energetyczną odbiorców i stanowi jeden z filarów transformacji energetycznej, umożliwiając odbiorcom aktywne uczestnictwo na rynku energii. Dyrektywa zachęca do tworzenia społeczności energetycznych, które mogą inwestować, zarządzać i korzystać z rozproszonych źródeł energii oraz magazynów, a także uczestniczyć w rynkach energii. Wśród korzyści ze społeczności energetycznych wymienia się: demokrację energetyczną, redukcję kosztów inwestycji w odnawialne źródła energii, walkę z ubóstwem energetycznym, bezpieczeństwo energetyczne oraz tworzenie zielonych miejsc pracy. RED III kładzie nacisk na rozwój elastycznej,

inteligentnej infrastruktury sieciowej, umożliwiającej przyłączanie i zarządzanie rozproszonymi źródłami energii, magazynami oraz pojazdami elektrycznymi. Podkreśla on również rolę magazynów energii (zarówno dużych, jak i rozproszonych) jako narzędzia do bilansowania systemu, zwiększania elastyczności i efektywnego wykorzystania OZE. Dyrektywa obliguje państwa członkowskie do wyznaczania tzw. „obszarów przyspieszonego rozwoju OZE” (Renewables Acceleration Areas), w celu przyspieszenia inwestycji w odnawialne źródła energii. Na terenie takich obszarów instalacje OZE mają zostać objęte krótszymi procedurami wydawania pozwoleń i decyzji administracyjnych. Jest to szczególnie istotne dla rozwoju mniejszych, lokalnych instalacji OZE, takich jak biogazownie rolnicze oraz magazyny energii.

ENERGETYKA ROZPROSZONA W ŚWIETLE AKTUALIZACJI KRAJOWEGO PLANU W DZIEDZINIE ENERGII I KLIMATU DO 2030 ROKU.

Obecnie najważniejszym krajowym dokumentem strategicznym podejmującym zagadnienie energetyki rozproszonej w kontekście planów dotyczących transformacji energetycznej jest projekt Aktualizacji Krajowego Planu w Dziedzinie Energii i Klimatu do 2030 Roku (aKPEiK). Zgodnie z nim, rozwój rozproszonych źródeł energii stanowi jeden z filarów modernizacji systemu energetycznego. W dokumencie podkreśla się potrzebę zapewnienia stabilnego tempa rozwoju energetyki prosumenckiej, przewidując, że w 2030 r. w Polsce może funkcjonować ok. 2 mln prosumentów. Jako warunek dalszego rozwoju energetyki prosumenckiej wskazuje się uczynienie z prosumentów świadomych uczestników rynku. Mają ich w tym wspierać technologie magazynowania energii, które ułatwią im odpowiednie zarządzanie swoim popytem, aby w jak największym stopniu konsumować energię z własnej instalacji – co w efekcie będzie odciążało sieci dystrybucyjne¹⁵.

Drugim elementem wspierającym rozwój energetyki rozproszonej mają być społeczności energetyczne, których liczba na rok 2030 r. szacowana jest na około 300. Wśród nich obok omawianych wcześniej klastrów energii, wymienia się spółdzielnie energetyczne. Są to formy kooperacji skierowane głównie do obszarów wiejskich i miejsko-wiejskich, których członkowie wspólnie inwestują w instalacje OZE (np. biogazownie) i korzystają z wyprodukowanej energii. W dokumencie podkreśla się potrzebę zapewnienia samowystarczalności społeczności energetycznych, tak aby dostarczanie dla nich mocy spoza ich „systemu” było ograniczone do minimum. Powinny być one wsparciem, a nie dodatkowym obciążeniem dla operatorów systemów dystrybucyjnych. Według aKPEiK rozwój energetyki rozproszonej opartej o wspólnoty lokalne jest jednym z głównych kierunków transformacji energetycznej.

Aktualizacja KPEiK wprowadza dwa scenariusze rozwoju systemu energetycznego w Polsce: Scenariusz Aktywnej Transformacji (WAM) oraz Scenariusz Rynkowo-Techniczny (WEM). Energetyka rozproszona, obejmująca m.in. mikroinstalacje OZE, spółdzielnie energetyczne i systemy prosumenckie, odgrywa kluczową rolę w obu scenariuszach, choć jej skala i dynamika rozwoju nieco się różnią.

¹⁵¹⁵ Krajowy Plan w dziedzinie Energii i Klimatu na lata 2021-2030, 2019, <https://www.gov.pl/web/klimat/krajowy-plan-na-rzecz-energii-i-klimatu-na-lata-2021-2030---wersja-2019-r>, dostęp: 25.03.2025.

Scenariusz WEM zakłada transformację w oparciu o obowiązujące ramy prawne i inwestycje bez wprowadzania dodatkowych instrumentów politycznych i na poziomie dotychczasowego tempa rozwoju technologiczno-ekonomicznego. Zakłada on osiągnięcie udziału OZE w zużyciu końcowym energii brutto na poziomie 29,8%, zaś w elektroenergetyce na poziomie 50%¹⁶. Głównymi barierami w scenariuszu WEM są: niedostateczna pojemność magazynów energii oraz ograniczenia przyłączeniowe – sieci dystrybucyjne nie nadążają za tempem przyrostu mocy w OZE.

Scenariusz WAM przewiduje wprowadzenie szeregu interwencji mających na celu zwiększenie tempa transformacji energetycznej w tym również, przyspieszenie rozwoju energetyki rozproszonej. Zakłada on osiągnięcie udziału OZE w zużyciu końcowym energii brutto na poziomie 32,6%, zaś w elektroenergetyce na poziomie 56,1%.¹⁷ W scenariuszu WAM planowane jest wprowadzenie systemowych rozwiązań, takich jak ulgi podatkowe dla spółdzielni energetycznych i uproszczone procedury przyłączania mikroinstalacji do sieci. Jak wskazuje załącznik nr. 1 do aKPEiK, do 2030 r. moc zainstalowana w źródłach rozproszonych ma wzrosnąć do 15 GW, co stanowiłoby 25% całkowitej mocy OZE w kraju. Kluczowe znaczenie mają tu farmy fotowoltaiczne na terenach wiejskich oraz biogazownie wykorzystujące odpady rolnicze¹⁸.

Scenariusz WAM przewiduje znaczne, w porównaniu do scenariusza WEM, zwiększenie udziału energetyki rozproszonej, w szczególności energetyki obywatelskiej, w krajowym systemie energetycznym. Tym samym w większym stopniu realizuje on wytyczne i regulacje zawarte w Dyrektywie RED III, przewidującej wzmocnienie roli społeczności energetycznych w transformacji energetycznej. Realizacja najważniejszych elementów scenariusza WAM będzie zależała od wprowadzenia w kraju Obszarów Przyspieszonego Rozwoju OZE (OPRO), których wyznaczenie w państwach członkowskich najpóźniej do lutego 2026 r. zakłada ta dyrektywa. Na terenach OPRO procedury wydawania zezwoleń na budowę instalacji OZE mają trwać nie dłużej niż 12 miesięcy. Skrócenie tego okresu ma być możliwe głównie dzięki uproszczeniu i poprawie efektywności procedur środowiskowych na takich terenach. Wprowadzenie OPRO, oprócz wsparcia dotacyjnego i administracyjnego dla społeczności energetycznych, będzie rozstrzygające dla dalszego upowszechniania i przyspieszenia inwestycji w instalacje OZE, działające w modelu energetyki rozproszonej.

BIOGAZ I BIOGAZOWNIE W ŚWIETLE AKTUALIZACJI KRAJOWEGO PLANU W DZIEDZINIE ENERGII I KLIMATU.

¹⁶ Aktualizacja Krajowego Planu w dziedzinie Energii i Klimatu do 2030 r., 2024, https://bip.mos.gov.pl/fileadmin/user_upload/bip/dostep_do_informacji/2024-10-11_Projekt_aKPEiK.pdf, dostęp: 25.03.2025.

¹⁷ Aktualizacja Krajowego Planu w dziedzinie Energii i Klimatu do 2030 r., 2024, https://bip.mos.gov.pl/fileadmin/user_upload/bip/dostep_do_informacji/2024-10-11_Projekt_aKPEiK.pdf, dostęp: 25.03.2025.

¹⁸ Warto zauważyć, że scenariusze WEM i WAM opisują różne trajektorie transformacji energetycznej z uwzględnieniem różnych parametrów OZE, osiąganych w ramach każdego z nich. Nie wspomina się w nich o przewidywanej liczbie prosumentów i społeczności energetycznych w 2030 r. Zostały one wyszczególnione w części wspólnej aKPEiK. Jednak biorąc pod uwagę, że pojawiły się już one w wersji wstępnej z 29.02.2024, zawierającej tylko scenariusz WEM, można się domyśleć, że odnoszą się one właśnie do tego scenariusza. W przypadku rozwoju transformacji energetycznej, zgodnego ze scenariuszem WAM, te liczby mogą okazać się wyższe, ze względu na planowane ułatwienia w powstawaniu społeczności energetycznych oraz zakładaniu i przyłączaniu do sieci mikroinstalacji OZE.

Aktualizacja Krajowego Planu w Dziedzinie Energii i Klimatu na lata 2021–2030 wprowadza znaczące zmiany w podejściu do biogazu i biometanu, uznając je za znaczące elementy transformacji energetycznej Polski. W scenariuszu bazowym (WEM) zakłada się umiarkowany wzrost mocy biogazowych do około 1,6 GW, oparty na istniejących regulacjach i programach wsparcia¹⁹. Natomiast w scenariuszu WAM rola biogazu i biometanu w transformacji energetycznej znacząco wzrasta zarówno w elektroenergetyce, ciepłownictwie i transporcie, a także (w ograniczonym zakresie) w przemyśle. Przewiduje on przyspieszenie inwestycji dzięki dodatkowym instrumentom politycznym, takim jak ulgi podatkowe dla spółdzielni energetycznych czy preferencyjne kredyty, co może zwiększyć moce do 2,4 GW.²⁰ Dla przykładu, Niemcy, dysponując podobnym areałem użytków rolnych (180 tys. km² vs. 186 tys. km² w Polsce), osiągnęły w 2023 r. 6 GW mocy w biogazie²¹.

Zgodnie ze scenariuszem WAM, przewidywana produkcja biogazu w 2030 r. ma wynieść prawie 9950 GWh, a w 2040 r. – prawie 10 900 GWh. Wytwarzanie biometanu natomiast ma osiągnąć poziom 15 500 GWh w 2030 r. i 40 500 GWh w 2040 r.²². Oznacza to znaczący wzrost generacji energii z biogazowni, które wykorzystując odpady rolnicze, mogą pokryć znaczną część zapotrzebowania na energię w regionach rolniczych. Jak czytamy w załączniku nr 1 do aKPEiK scenariusza WAM: „W sektorze elektroenergetycznym, w okresie 2020-2030, udział OZE rośnie z poziomu 16,2% do 56,1% w 2030 r. Głównym motorem tego wzrostu są technologie wiatrowe i słoneczne. Zauważalna jest również znaczna dynamika wzrostu generacji z elektrowni biogazowych tj. ponad 2,5-krotna do 2030 r. i ok. 4-krotna do 2040 r. (w porównaniu z 2020 r.)”²³.

W aKPEiK przewiduje się promocję małych biogazowni rolniczych oraz większych biometanowni, co ma się przyczynić do rozwiązania m.in. problemu gospodarki odpadami. Małe biogazownie mogą pomóc rolnikom w efektywnym zagospodarowaniu odpadów przy jednoczesnej produkcji energii na własny użytek. Z kolei większe biometanownie mogą w znacznym stopniu przyczynić się do rozwoju sieci energetycznej. Według scenariusza WAM biogaz i biometan mają pokryć 2,91% zapotrzebowania na energię elektryczną z OZE do 2030 r.²⁴ Zakłada się, że moce zainstalowane w sektorze biogazowym wzrosną z 300 MW do 420 MW w elektroenergetyce, z perspektywą dalszego wzrostu w przypadku

¹⁹ Aktualizacja Krajowego Planu w dziedzinie Energii i Klimatu do 2030 r., 2024, https://bip.mos.gov.pl/fileadmin/user_upload/bip/dostep_do_informacji/2024-10-11_Projekt_aKPEiK.pdf, dostęp: 25.03.2025.

²⁰ Biogaz i biometan w projekcie Krajowego Planu na rzecz Energii i Klimatu, 2024, <https://www.gramwzielone.pl/bioenergia/20292322/biogaz-i-biometan-w-projekcie-krajowego-planu-na-rzecz-energii-i-klimatu>, dostęp: 25.03.2025.

²¹ Lisiecka, D., 2024, Polski rynek biogazu z punktu widzenia Ministerstwa Klimatu i Środowiska, <https://magazynbiomasa.pl/polski-rynek-biogazu-z-punktu-widzenia-ministerstwa-klimatu-i-srodowiska/>, dostęp: 25.03.2025.

²² Aktualizacja Krajowego Planu w dziedzinie Energii i Klimatu do 2030 r., 2024, https://bip.mos.gov.pl/fileadmin/user_upload/bip/dostep_do_informacji/2024-10-11_Projekt_aKPEiK.pdf, dostęp: 25.03.2025.

²³ Załącznik 1. Do aKPEiK. Scenariusz aktywnej transformacji, 2024, https://bip.mos.gov.pl/fileadmin/user_upload/bip/dostep_do_informacji/2024-10-11_Zal_1_do_proj_aKPEiK_scen_WAM.pdf, dostęp: 25.03.2025.

²⁴ Biogaz i biometan w projekcie Krajowego Planu na rzecz Energii i Klimatu, 2024, <https://www.gramwzielone.pl/bioenergia/20292322/biogaz-i-biometan-w-projekcie-krajowego-planu-na-rzecz-energii-i-klimatu>, dostęp: 25.03.2025.

wdrożenia dodatkowych.²⁵ W aKPEiK podkreśla się również potrzebę wzrostu rynków biogazu i biometanu jako nieodzownego elementu wdrażania GOZ w Polsce. „Rozwój biogazu i biometanu również stanowi istotne elementy strategii GOZ. Wykorzystanie biogazu i biometanu w systemach energetycznych oraz przemysłowych przyczyni się do zamknięcia cyklu materiałów, zmniejszenia zależności od paliw kopalnych oraz redukcji emisji gazów cieplarnianych.”²⁶

Oba scenariusze aKPEiK przewidują znaczący wzrost mocy wytwórczych z biogazu i biometanu do 2030r. w stosunku do stanu obecnego, przy czym w scenariuszu WAM ten wzrost ma być szczególnie wysoki (2,4 GW przy obecnych 313 MW.) Przy ogólnym wzroście udziału OZE w miksie energetycznym do 56.1 % w scenariuszu MAW, planowany jest wzrost udziału biogazu w pozyskaniu energii ze źródeł odnawialnych z 2,7% w 2023²⁷ r. do 2,9% do 2030 r. Jak widać nawet w scenariuszu ambitnej transformacji udział energii z biogazu w produkcji OZE nadal nie będzie wysoki i znaczący z punktu widzenia krajowego systemu energetycznego, bazującego na wielkoskalowych źródłach. Niemniej plany dotyczące promocji małych biogazowni potwierdzają, że produkcja energii z biogazu będzie mieć rosnące znaczenie w kontekście rozwoju energetyki rozproszonej i zwiększania samowystarczalności oraz bezpieczeństwa energetycznego obszarów wiejskich. Stanie się również istotnym elementem GOZ w regionach rolniczych. Otwiera to nowe możliwości rozwojowe dla krajowego rolnictwa i społeczności lokalnych.

BIOGAZOWNIE (ROLNICZE) W POLSCE

Biogazownia to instalacja, w której materia organiczna, taka jak biomasa roślinna, odpady zwierzęce, odpady organiczne z przemysłu spożywczego, osady ściekowe czy odpady poubojowe, jest poddawana procesowi fermentacji beztlenowej. W wyniku tego procesu powstaje biogaz, którego głównym składnikiem jest metan. Biogaz może być wykorzystywany do produkcji energii elektrycznej i ciepłej lub oczyszczany i wtłaczany do sieci gazowej jako biometan.

Biogazownia rolnicza to specyficzny typ biogazowni skoncentrowany na wykorzystaniu substratów pochodzących z rolnictwa i przemysłu rolno-spożywczego. Substraty te obejmują m.in. gnojowicę, obornik, słomę, pozostałości roślinne czy wysłodki. W procesie fermentacji metanowej bakterie rozkładają materię organiczną, wytwarzając biogaz rolniczy, który może być używany do produkcji energii elektrycznej, ciepła lub biometanu. Biogazownie rolnicze są istotnym elementem odnawialnych źródeł energii, pozwalając na ekologiczne zagospodarowanie odpadów oraz redukcję emisji gazów cieplarnianych.

Biogazownie rolnicze w Polsce podlegają obowiązkowi wpisu do rejestru prowadzonego przez Krajowy Ośrodek Wsparcia Rolnictwa (KOWR). Zgodnie z danymi KOWR w 2025 r. funkcjonuje 180 instalacji wytwarzania energii elektrycznej z biogazu rolniczego,

²⁵ Aktualizacja Krajowego Planu w dziedzinie Energii i Klimatu do 2030 r., 2024, https://bip.mos.gov.pl/fileadmin/user_upload/bip/dostep_do_informacji/2024-10-11_Projekt_aKPEiK.pdf, dostęp: 25.03.2025.

²⁶ Aktualizacja Krajowego Planu w dziedzinie Energii i Klimatu do 2030 r., 2024, https://bip.mos.gov.pl/fileadmin/user_upload/bip/dostep_do_informacji/2024-10-11_Projekt_aKPEiK.pdf, s. 60, dostęp: 25.03.2025.

²⁷ Główny Urząd Statystyczny. (2024). Energia ze źródeł odnawialnych w 2023 roku. Warszawa: GUS. Dostępne na: <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/energia/energia-ze-zrodel-odnawialnych-w-2023-roku,10,7.htm>

obsługiwanych przez 150 wytwórców²⁸. Łączna moc tych instalacji wynosi 166,761 MW. W większości są to instalacje wytwarzania energii elektrycznej z biogazu rolniczego w układzie kogeneracyjnym. W 2023 roku funkcjonowało 157 biogazowni rolniczych oraz 46 mikrobiogazowni rolniczych²⁹.

Według Europejskiego Stowarzyszenia Biogazu (European Biogas Association, EBA) w 2023 r. wyprodukowano w Europie³⁰ 22 mld m³ biogazu i biometanu³¹. Jest to o 1 mld m³ więcej niż w 2022 r. W 2023 r. głównymi źródłami bioenergii produkowanymi w UE były biopaliwa stałe (np. słoma) – 70,3%, płynne biopaliwa – 12,9%, biogaz i biometan – 10,1%³². Europejskimi liderami według liczby biogazowni w 2021 r. są kolejno: Niemcy (11 269), Włochy (1 710), Francja (890), Czechy (578), Austria (423)³³. Różnice między realnym potencjałem biogazowni w przedstawionych krajach a w Polsce, wynikają m.in. z wdrożonych taryf gwarantowanych dla energii elektrycznej z biogazu, co widoczne jest szczególnie na przykładzie Niemiec, gdzie taryfy wprowadzone zostały już w 2004 r., co zapewniło opłacalność inwestycji i dynamiczny rozwój rynku^{34 35 36}.

Zgodnie z danymi Urzędu Regulacji Energetyki, na koniec 2024 r. w Polsce funkcjonowało łącznie 412 elektrowni biogazowych o łącznej mocy ponad 313 MW. Niemal połowę z nich stanowią te o mocy do 0,5 MW (197). Drugimi najczęściej występującymi są te o mocy 0,5-1 MW (115). Biogazowni o mocy 1-2 MW jest 57, następnie tych o mocy 2-3 MW jest 19, a o mocy 3-4 MW są zaledwie 3. Na terenie Polski występuje tylko jedna elektrownia biogazowa o mocy 5-6 MW i nie ma żadnej o mocy 4-5 MW. Polski rynek biogazu opiera się głównie na małych i średnich instalacjach, co wskazuje na rozproszony charakter sektora oraz ograniczoną obecność dużych, przemysłowych biogazowni. Taka struktura może ograniczać efektywność skali oraz potencjał do produkcji większych ilości energii odnawialnej w jednym miejscu. Jednocześnie, istotny udział małych instalacji sprzyja rozwojowi lokalnej energetyki i wykorzystaniu lokalnych substratów, jednak brak dużych projektów może utrudniać osiągnięcie wyższych celów krajowych w zakresie energii odnawialnej.

²⁸ KOWR, 2025, Rejestr wytwórców biogazu rolniczego, <https://www.gov.pl/web/kowr/rejestr-wytworcow-biogazu-rolniczego>, dostęp: 25.03.2025.

²⁹ Szambelańczyk, M. i in., 2023, Biogazownie rolnicze. Wprowadzenie do tematu. Podstawy prawne, <https://www.energiazrolnictwa.pl/wp-content/uploads/2023/12/Prezentacje-warsztaty-z-zakresu-biogazowni-rolniczych-dla-inwestorow.pdf>, dostęp: 25.03.2025 r.

³⁰ Poza krajami członkowskimi Unii Europejskiej, raport wziął pod uwagę także Islandię, Norwegię, Serbię, Szwajcarię, Ukrainę i Wielką Brytanię.

³¹ EBA, 2024, 22 bcm of biogases were produced in Europe in 2023, according to a new report released today, <https://www.europeanbiogas.eu/22-bcm-of-biogases-were-produced-in-europe-in-2023according-to-a-new-report-released-today/?s=03>, dostęp: 25.03.2025.

³² Komisja Europejska, 2023, State of the Energy Union Report 2023 COM(2023) 650, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52023DC0650#document2>, dostęp: 25.03.2025.

³³ TerazŚrodowisko.pl, 2023, Biogaz w Polsce 2023. Nowe otwarcie, <https://www.teraz-srodowisko.pl/publikacje/biogaz-w-polsce-2023/teraz-srodowisko-publikacja-biogaz-w-polsce-2023.pdf>, dostęp: 25.03.2025.

³⁴ Kornatz, P. i in., 2021, IEA Bioenergy Task 37: Country report Germany 2021, https://task37.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/32/2022/12/Germany_Country_Report_05_2022.pdf, dostęp: 19.05.2025.

³⁵ FABbiogas, Biogas production and biogas potentials from residues of the european food and beverage industry, https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2021/02/FAB_resultsoriented_publishable_report.pdf, dostęp: 19.05.2025.

³⁶ Biomethane Industrial Partnership, 2024, Biomethane Incentives and their effectiveness, https://bip-europe.eu/wp-content/uploads/2024/04/BIP-TF1_Biomethane-incentives-and-their-effectiveness-Final.pdf, dostęp: 19.05.2025.

Krajowe prawo i systemy wsparcia są korzystniejsze dla mniejszych instalacji, szczególnie tych do 0,5 MW i 1 MW. Budowa małych biogazowni (do 0,5 MW) wiąże się z prostszymi wymogami środowiskowymi i administracyjnymi, co obniża koszty inwestycji i skraca czas realizacji, natomiast instalacje do 1 MW objęte są gwarantowanymi cenami energii bez konieczności udziału w aukcjach³⁷. Ponadto w przypadku mniejszych instalacji występuje mniejszy problem z przyłączaniem ich do lokalnej sieci energetycznej, które mają ograniczoną przepustowość³⁸.

W kontekście zróżnicowanej geografii polskiego sektora biogazowego, na mapie kraju wyraźnie wyłaniają się regiony, które – dzięki skumulowanej liczbie instalacji – odgrywają kluczową rolę w transformacji energetycznej, podczas gdy inne obszary pozostają na marginesie tego dynamicznego procesu. Województwo mazowieckie wyróżnia się największą liczbą biogazowni (83), co stanowi około 20% wszystkich instalacji w kraju. Kolejne województwa z dużą liczbą biogazowni to: wielkopolskie (48), śląskie (42), dolnośląskie i zachodniopomorskie (po 30). Najmniej biogazowni znajduje się w województwie świętokrzyskim (5) - Rysunek 1.

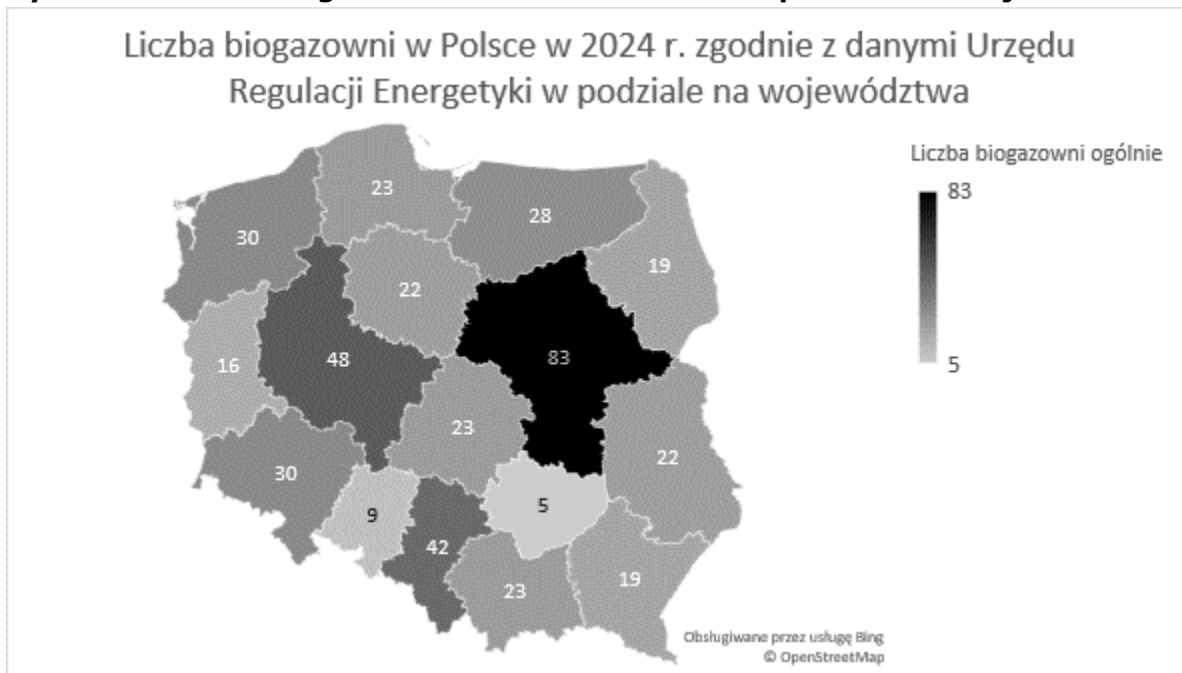
Mazowieckie i wielkopolskie to regiony o rozwiniętym rolnictwie i przemyśle rolno-spożywczym, generujące duże ilości odpadów biodegradowalnych, które są podstawą dla biogazowni. W Wielkopolsce dominują biogazownie rolnicze i mikrobigazownie, natomiast na Mazowszu przeważają instalacje komunalne, zlokalizowane przy oczyszczalniach ścieków i składowiskach odpadów. Mazowsze, z Warszawą jako największym miastem kraju, ma rozbudowaną infrastrukturę komunalną, co sprzyja powstawaniu biogazowni przy oczyszczalniach ścieków i składowiskach odpadów. To tłumaczy, dlaczego właśnie tu jest najwięcej tego typu instalacji. Regiony takie jak śląskie, dolnośląskie czy zachodniopomorskie mają aktywne samorządy i przedsiębiorstwa komunalne, które inwestują w biogazownie, często korzystając z funduszy unijnych i krajowych programów wsparcia³⁹. Podsumowując, największa liczba biogazowni występuje w regionach o wysokim potencjale substratowym (odpady rolnicze, komunalne), rozbudowanej infrastrukturze, dużej liczbie ludności oraz aktywnych samorządach.

³⁷ Bednarek, A. i in., 2023, Development Barriers of Agricultural Biogas Plants in Poland, *Economics and Environment* 84(1), 229-258, <https://doi.org/10.34659/eis.2023.84.1.528>.

³⁸ Chodkowska-Miszczyk, J. i in., 2013, Agricultural biogas plants – a chance for diversification of agriculture in Poland, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 20, Elsevier Ltd, pp. 514–518, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.013>.

³⁹ TerazŚrodowisko.pl, 2023, Biogaz w Polsce 2023. Nowe otwarcie, <https://www.teraz-srodowisko.pl/publikacje/biogaz-w-polsce-2023/teraz-srodowisko-publikacja-biogaz-w-polsce-2023.pdf>, dostęp: 25.03.2025.

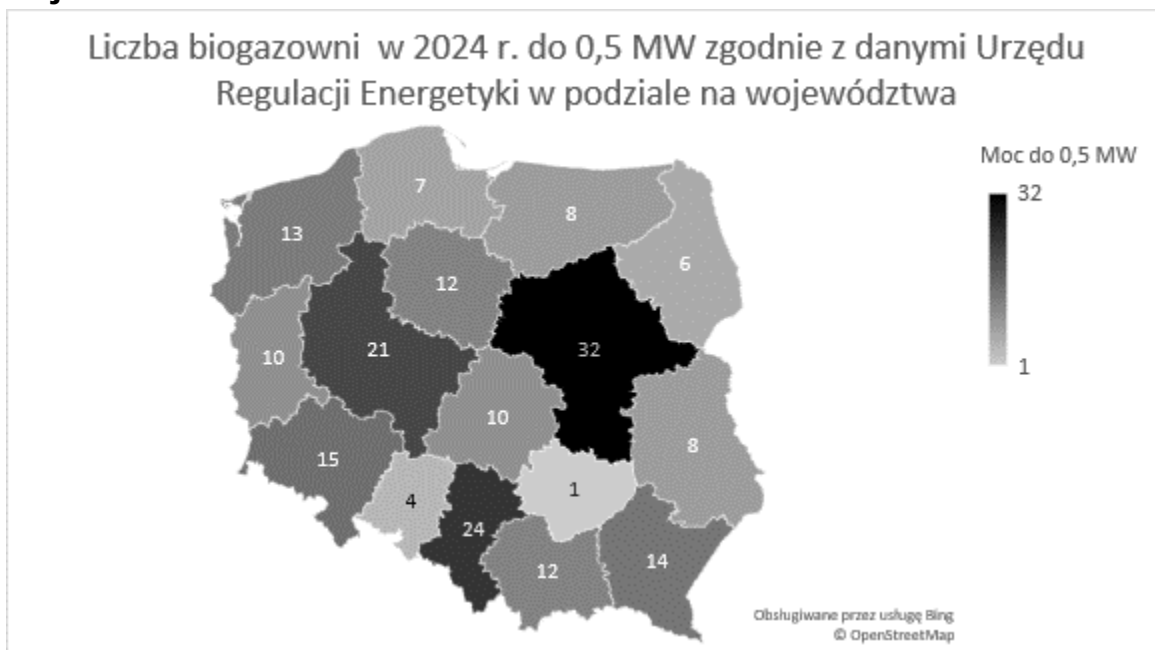
Rysunek 1 Liczba biogazowni w Polsce w 2024 r. w podziale na województwa



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Regulacji Energetyki.

Mazowieckie posiada również najwięcej biogazowni o mocy do 0,5 MW – 32 instalacje. Drugim w kolejności województwem z największą liczbą instalacji biogazowych jest śląskie (24) (Rysunek 2).

Rysunek 2 Liczba biogazowni w Polsce w 2024 r. do 0,5 MW w podziale na województwa

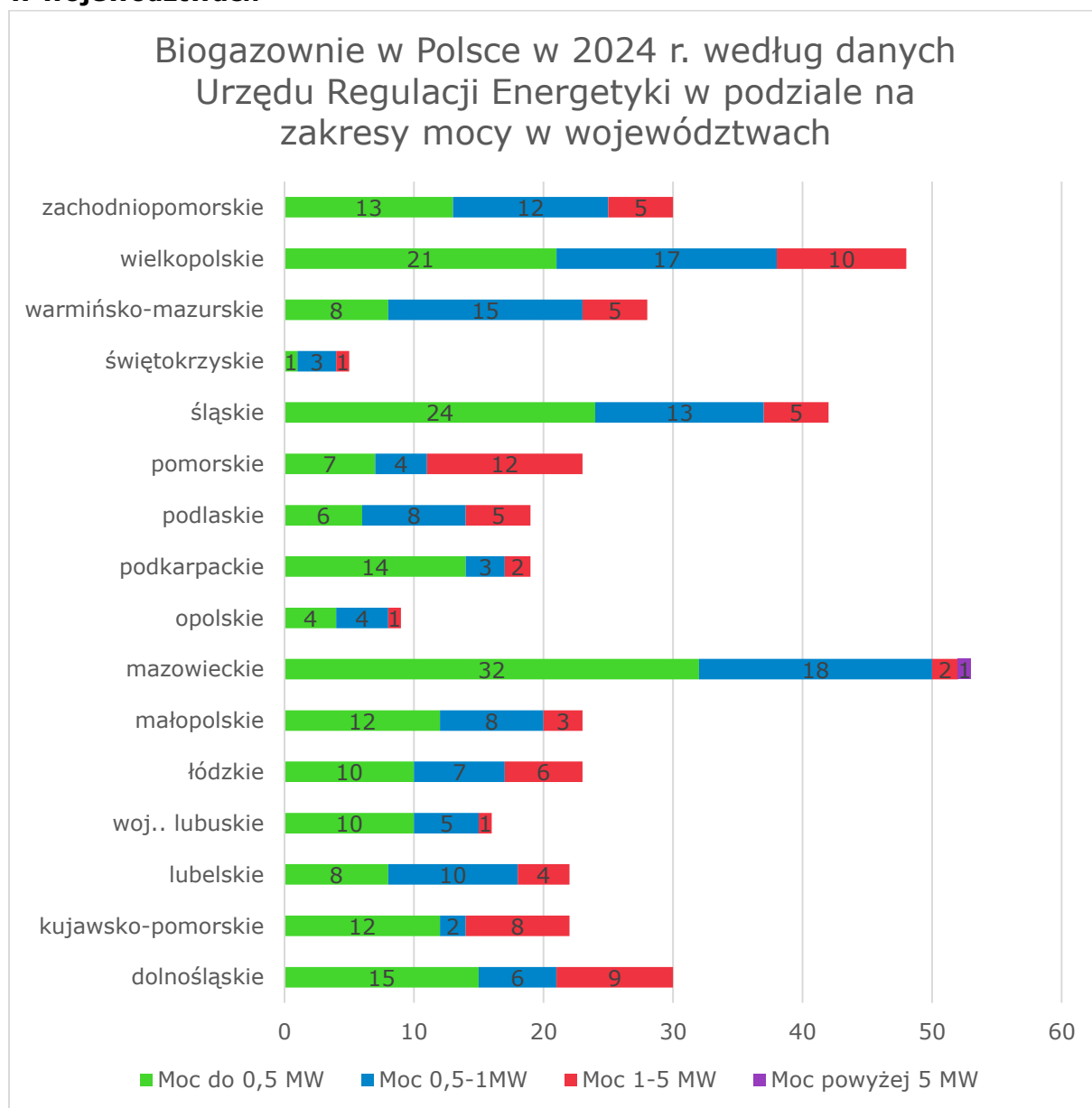


Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Regulacji Energetyki.

Najwięcej biogazowni o mocy 0,5-1 MW znajduje się w województwie mazowieckim (18) oraz wielkopolskim (17) (Rysunek 3). Instalacje o tych mocach są drugą najliczniejszą grupą. Te o mocy 1-5 MW są najmniej liczną grupą instalacji (79). W województwie wielkopolskim jest najwięcej instalacji tego typu (12). Zaledwie jedna instalacja o mocy powyżej 5 MW znajduje się na terenie województwa mazowieckiego. Województwo mazowieckie dominuje też pod względem liczby instalacji we wszystkich kategoriach mocy poniżej 5 MW. Województwa wielkopolskie, śląskie i zachodniopomorskie również mają znaczną liczbę instalacji, a ich rozkład pomiędzy kategorie mocy jest bardziej równomierny niż w mazowieckim.

Rozkład biogazowni wskazuje na koncentrację instalacji w kilku województwach, szczególnie mazowieckim. Biogazownie o małej mocy (do 0,5 MW) są najpopularniejsze i stanowią podstawę sektora biogazu w Polsce.

Wykres 1 Biogazownie w Polsce w 2024 r. w podziale na zakresy mocy w województwach



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Regulacji Energetyki.

Jeżeli chodzi o moc elektryczną zainstalowanych instalacji biogazowych, województwo wielkopolskie dominuje pod względem całkowitej mocy biogazowni, osiągając 44,41 MW. Stanowi to około 14% całkowitej mocy analizowanych biogazowni. Na drugim miejscu znajduje się województwo mazowieckie z mocą 33,86 MW, a trzecie miejsce zajmuje pomorskie z 27 MW. Analogicznie, jak w przypadku liczby instalacji, również w województwie świętokrzyskim odnotowujemy najmniejszą moc biogazowni (4,83 MW). W województwie opolskim moc wynosi niewiele więcej, bo 5,65 MW. Województwa o średniej mocy instalacji to: śląskie (24,18 MW), warmińsko-mazurskie (22,59 MW), dolnośląskie (22,33 MW), zachodniopomorskie (21,78 MW).

Moc instalacji biogazowych jest nierównomiernie rozłożona między województwami. Największe województwa pod względem liczby instalacji (np. mazowieckie i wielkopolskie) mają również wysoką całkowitą moc. Województwo wielkopolskie znacząco wyróżnia się na tle innych pod względem mocy elektrycznej. Województwa o dużej liczbie biogazowni (np. śląskie i dolnośląskie) charakteryzują się relatywnie wysoką mocą. Województwa o niskiej mocy (świętokrzyskie, opolskie) mogą wymagać wsparcia inwestycyjnego i instytucjonalnego w celu zwiększenia efektywności energetycznej sektora biogazu.

Dane wskazują na znaczną koncentrację mocy elektrycznej biogazowni w kilku województwach, przy jednoczesnej efektywności średnich i dużych instalacji oraz niewykorzystanym potencjale rozwoju w regionach o niższej efektywności energetycznej. Aby zrównoważyć rozwój regionalny, niezbędne jest wdrożenie celowych działań ukierunkowanych na wyrównanie dysproporcji. Odpowiedzią na to może być promowanie biogazowni o większych mocach w regionach o niskiej liczbie instalacji, takich jak świętokrzyskie czy opolskie. Wymaga to wprowadzenia kryteriów geograficznych w konkursach dotacyjnych, które premiowałyby projekty realizowane na obszarach peryferyjnych. Jednocześnie konieczna jest optymalizacja systemu wsparcia dla większych instalacji – zwiększenie intensywności pomocy publicznej dla obiektów o mocy powyżej 1 MW w regionach peryferyjnych (np. podniesienie poziomu dofinansowania) oraz wdrożenie stabilnych mechanizmów, takich jak gwarantowane taryfy (FiT).

Polityki publiczne powinny również łączyć cele energetyczne z zasadą sprawiedliwej transformacji. Wsparcie dla regionów słabiej rozwiniętych powinno obejmować nie tylko środki finansowe, ale także doradztwo techniczne i współpracę z lokalnymi społecznościami. Działania te pozwolą nie tylko na redukcję dysproporcji, ale także na pełniejsze wykorzystanie potencjału biogazu w krajowym miksie energetycznym.

Wykres 2 Moc elektryczna instalacji biogazowych w 2024 r. w podziale na województwa



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Regulacji Energetyki.

ANALIZA ROZWOJU SEKTORA BIOGAZU W LATACH 2014-2023

Poniżej umówione będą tendencje rozwojowe sektora biogazowego w Polsce na przestrzeni ostatniej dekady, bazując na trzech wskaźnikach: produkcji energii elektrycznej, produkcji ciepła oraz mocy zainstalowanej.

Moce zainstalowane w biogazowniach wzrosły z 187 MW w 2014 roku do 276 MW w 2023 roku, co daje wzrost o 47,6%. Średnioroczne tempo wzrostu wyniosło około 4,4%. Charakterystyczną cechą rozwoju mocy osiągalnych są skokowe przyrosty w wybranych latach: 2014-2015 (+30 MW), 2019-2020 (+28 MW), 2021-2022 (+27 MW) oraz lata ze spadkiem mocy: 2017-2018 (-4 MW), 2020-2021 (-10 MW), 2022-2023 (-2 MW). Spadki

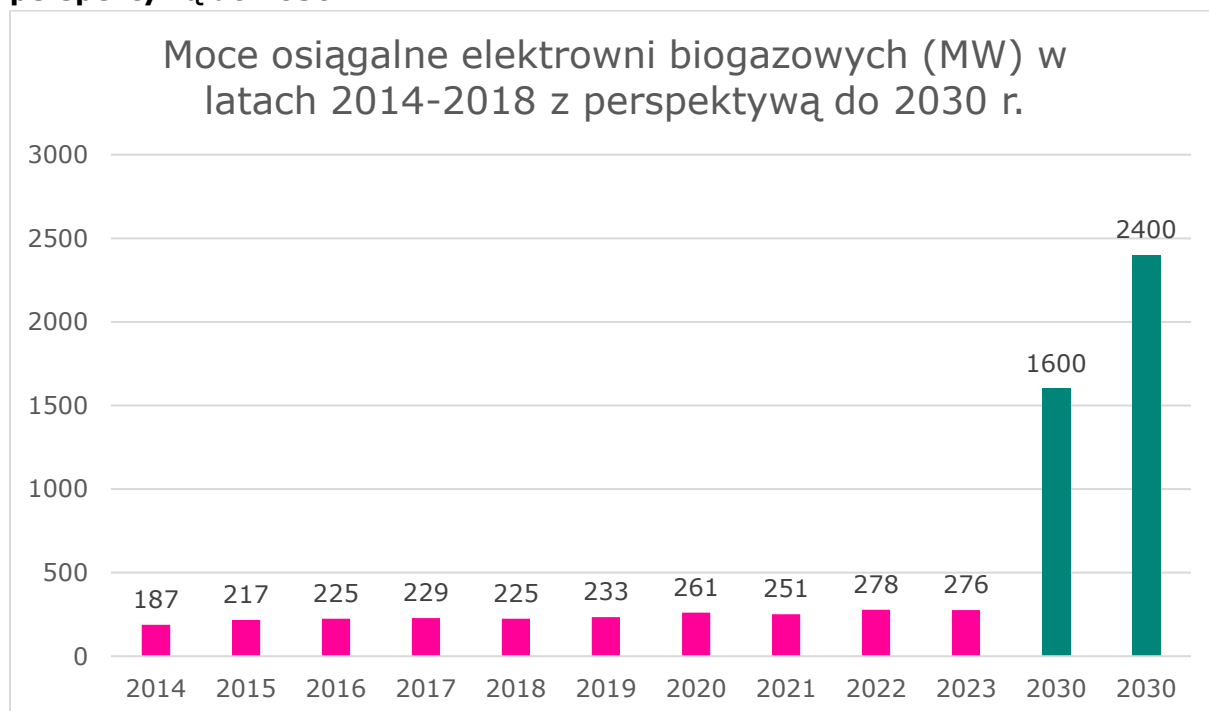
mocy mogą wynikać z wyłączania starszych, mniej efektywnych instalacji lub ich modernizacji, co może czasowo zmniejszać dostępną moc.

Plan WEM (With Existing Measures) w aKPEIK zakłada osiągnięcie 1600 MW mocy biogazowych do 2030 roku. Oznacza to przyrost o 1324 MW względem stanu z 2023 roku, konieczność dodawania średnio 189 MW rocznie przez kolejne 7 lat oraz około 19-krotne przyspieszenie dotychczasowego tempa rozwoju.

Ambitniejszy scenariusz WAM (With Additional Measures) w aKPEIK zakłada osiągnięcie 2400 MW mocy biogazowych do 2030 roku, co przekłada się na przyrost o 2124 MW względem stanu z 2023 roku, konieczność dodawania średnio 303 MW rocznie przez kolejne 7 lat oraz około 31-krotne przyspieszenie dotychczasowego tempa rozwoju.

Analiza historycznych trendów w zestawieniu z planowanymi mocami na rok 2030 wskazuje na znaczącą lukę między dotychczasowym tempem rozwoju a aspiracjami zawartymi w dokumentach strategicznych. Realizacja nawet bardziej zachowawczego scenariusza WEM (1600 MW) będzie wymagać przyspieszenia rozwoju sektora biogazowego w znacznym stopniu. Do zrealizowania scenariusza WEM konieczne byłoby wdrożenie systemu wsparcia na wzór niemiecki, przyspieszenie inwestycji w infrastrukturę (sieć gazowa i przyłączenia), zwiększenie udziału biogazu w mikście energetycznym do 3-4%.

Wykres 3 Moce osiągalne elektrowni biogazowych (MW) w latach 2014-2018 z perspektywą do 2030 r.

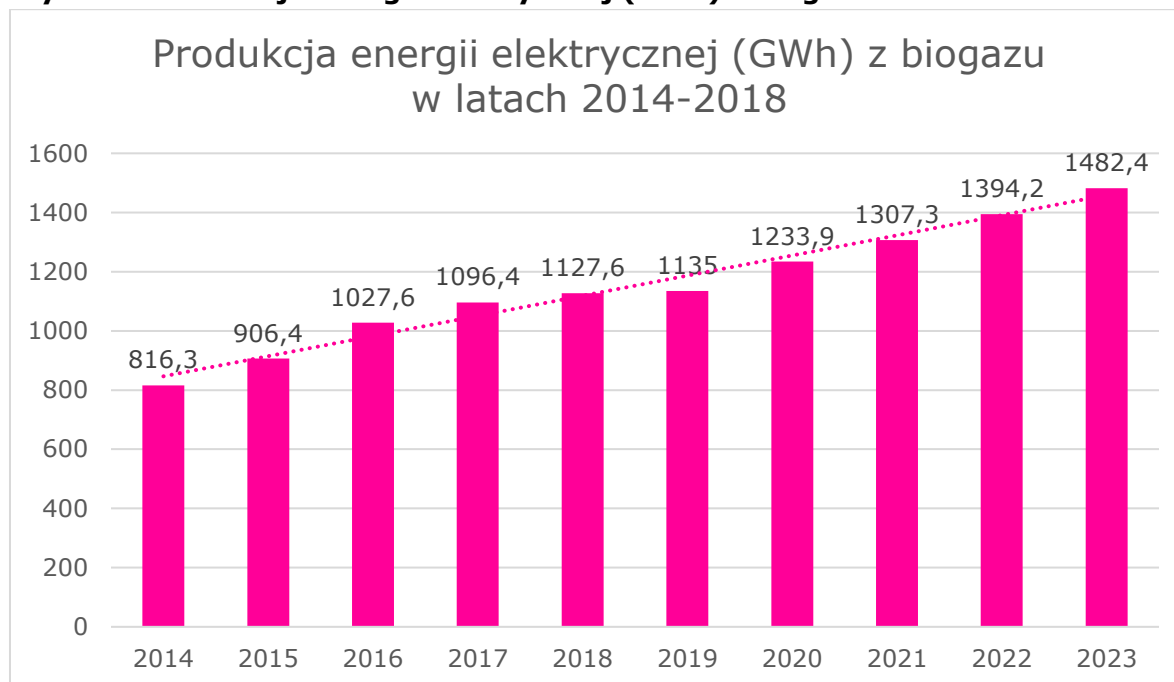


Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Głównego Urzędu Statystycznego.

W analizowanym okresie produkcja energii elektrycznej z biogazu wzrosła znacząco z 816,3 GWh w 2014 roku do 1482,4 GWh w 2023 roku, co stanowi wzrost o 81,6%. Oznacza to średnioroczne tempo wzrostu na poziomie około 6,9%. Warto zauważyć, że produkcja energii elektrycznej z biogazu rosła nieprzerwanie, bez żadnego roku spadkowego, co świadczy o stabilności tego sektora. Analizując roczne przyrosty

produkcji energii elektrycznej, można zaobserwować ich zmienność. Najwyższy roczny przyrost zanotowano w latach 2015-2016: 121,2 GWh (wzrost o 13,4%). Najniższy przyrost wystąpił w latach 2018-2019: zaledwie 7,4 GWh (wzrost o 0,7%). Po 2020 roku przyrosty ustabilizowały się na poziomie około 80-90 GWh rocznie (wzrost o około 6%). Ta zmienność może odzwierciedlać ewolucję polityki wsparcia dla biogazowni w Polsce oraz cykl inwestycyjny w tym sektorze. Przyrost mocy zainstalowanej nie nadąża za wzrostem produkcji energii, co sugeruje lepsze wykorzystanie istniejącej infrastruktury (np. przez optymalizację procesów).

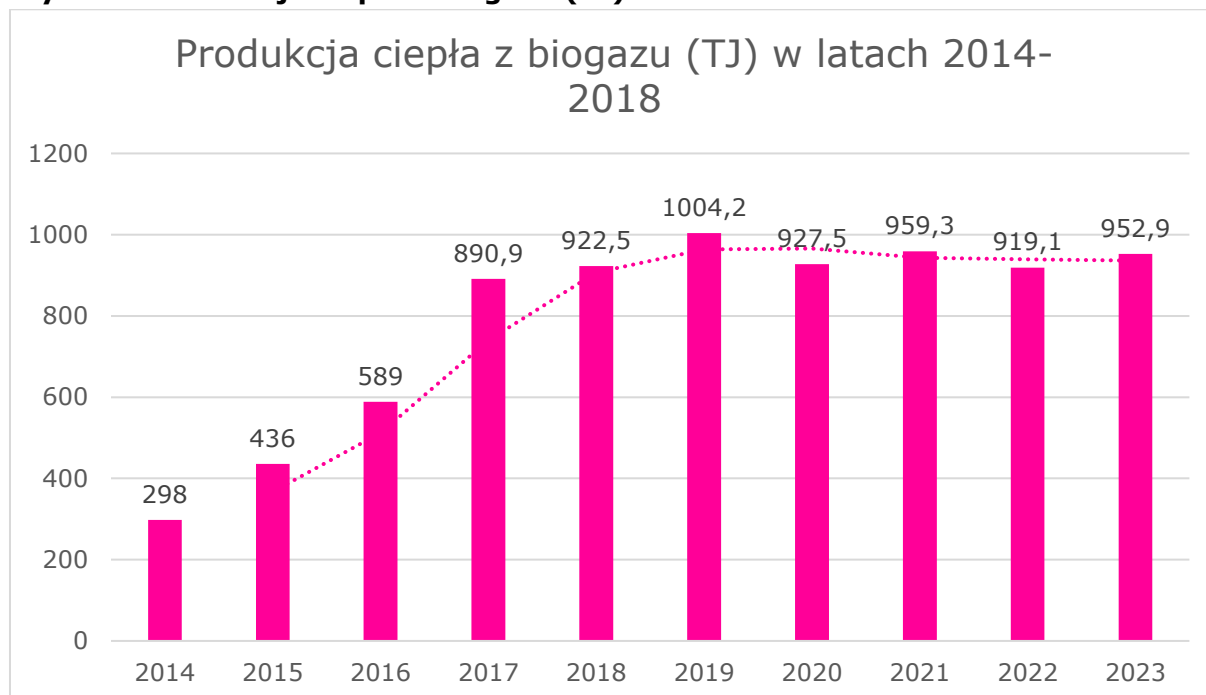
Wykres 4 Produkcja energii elektrycznej (GWh) z biogazu w latach 2014-2018



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Głównego Urzędu Statystycznego.

Produkcja ciepła z biogazu wzrosła z 298 TJ w 2014 roku do 952,9 TJ w 2023 roku, co przekłada się na wzrost o 219,8% - znacznie wyższy niż w przypadku energii elektrycznej. Średnioroczne tempo wzrostu wyniosło około 13,8%. W przeciwieństwie do stabilnego wzrostu produkcji energii elektrycznej, produkcja ciepła charakteryzowała się różnymi fazami. W fazie intensywnego wzrostu (2014-2017), coroczne przyrosty wynosiły 35-51%. Szczyt osiągnięto w 2019 roku (1004,2 TJ). W fazie wahań (2019-2023) występowały lata ze spadkami produkcji (-7,6% w 2020 roku i -4,2% w 2022 roku).

Wykres 5 Produkcja ciepła z biogazu (TJ) w latach 2014-2018



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Głównego Urzędu Statystycznego.

Sektor biogazowy w Polsce w latach 2014-2023 przechodził transformację - od dynamicznego wzrostu do fazy optymalizacji i zwiększania efektywności. Produkcja energii elektrycznej wykazywała stabilny wzrost, podczas gdy produkcja ciepła i rozwój mocy charakteryzowały się większą zmiennością.

ŁAŃCUCH WARTOŚCI TECHNOLOGII BIOGAZOWYCH

Łańcuch wartości technologii biogazowych obejmuje szereg procesów, począwszy od produkcji biomasy, aż po wykorzystanie produktu końcowego:

1. Pozyskanie i przygotowanie substratu:
 - a. Produkcja biomasy rolniczej.
 - b. Zbieranie odpadów organicznych.
 - c. Hodowla zwierząt.
2. Produkcja biogazu – fermentacja metanowa:
 - a. Hydroliza.
 - b. Acidogeneza.
 - c. Acetonogeneza.
 - d. Metanogeneza.
3. Oczyszczanie i uzdatnianie biogazu:
 - a. Oczyszczanie: odsiarczanie, osuszanie, usuwanie CO₂.
 - b. Uzdatnianie: płuczka aminowa, mycie ciśnieniowe, adsorpcja zmiennościśnieniowa.
4. Wykorzystanie biogazu:
 - a. Produkcja energii elektrycznej.
 - b. Produkcja ciepła.
 - c. Oczyszczenie do biometanu (sieć gazowa).
 - d. bioCNG i bioLNG.

5. Zagospodarowanie produktów ubocznych:
- a. Wykorzystanie masy pofermentacyjnej w rolnictwie.

POZYSKIWANIE I PRZYGOTOWANIE SUBSTRATÓW

Pierwszym ogniwem łańcucha wartości jest pozyskanie odpowiednich substratów do produkcji biogazu. W tym etapie możemy wyróżnić procesy związane z podażą biomasy, która może pochodzić z różnych źródeł:

- Produkcja biomasy rolniczej - obejmuje uprawę roślin energetycznych, takich jak kukurydza na kiszonkę, która stanowi jeden z głównych substratów wykorzystywanych w biogazowniach. Uzysk biogazu z kiszonki kukurydzy jest stosunkowo wysoki, co czyni ją atrakcyjnym surowcem⁴⁰.
- Zbieranie odpadów organicznych - proces gromadzenia odpadów organicznych pochodzenia rolniczego, przemysłowego oraz komunalnego, które mogą zostać wykorzystane jako wsad do biogazowni:
 - Gliceryna jako odpad z procesów produkcji biodiesla.
 - Czyste oleje roślinne produkowane dla celów przemysłowych.
 - Pokonsumpcyjne oleje spożywcze itp.
- Inne odpady uzyskiwane w procesie segregacji odpadów komunalnych, oczyszczania ścieków i przetwórstwa żywności.
- Hodowla zwierząt - dostarczająca nawozy naturalne (gnojowica, obornik), które stanowią wartościowy substrat w procesie fermentacji metanowej⁴¹.

PRODUKCJA BIOGAZU - PROCESY TECHNOLOGICZNE

Centralnym elementem łańcucha wartości jest proces produkcji biogazu w instalacjach biogazowych. Fermentacja metanowa to złożony proces biochemiczny, który można podzielić na cztery główne fazy:

- Hydroliza - w pierwszym etapie bakterie tlenowe rozkładają makromolekuły organiczne (białka, węglowodany, tłuszcze) na prostsze związki (aminokwasy, cukry proste, kwasy tłuszczowe) przy udziale enzymów.
- Acidogeneza (faza zakwaszania) - powstałe produkty są dalej rozkładane przez bakterie kwasotwórcze do kwasów tłuszczowych oraz dwutlenek węgla i wodór. W tej fazie powstają również niewielkie ilości kwasu mlekowego i alkoholu.
- Acetogeneza - produkty z poprzedniej fazy są przekształcane przez bakterie octowe w substancje poprzedzające powstanie biogazu: kwas octowy, wodór i dwutlenek węgla.

⁴⁰ Institut für Energetik und Umwelt GmbH, Institut für Technologie und Biosystemtechnik, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Biogaz. Produkcja i wykorzystywanie, https://ieo.pl/dokumenty/obszary_badan/Biogaz%20-%20Produkcja%20Wykorzystywanie.pdf, dostęp: 25.03.2025.

⁴¹ TerazŚrodowisko.pl, 2023, Biogaz w Polsce 2023. Nowe otwarcie, <https://www.teraz-srodowisko.pl/publikacje/biogaz-w-polsce-2023/teraz-srodowisko-publikacja-biogaz-w-polsce-2023.pdf>, dostęp: 25.03.2025.

- Metanogeneza - ostatni etap, w którym z kwasu octowego, CO₂ i H₂ przy pomocy archeonów metanogennych powstaje metan, dwutlenek węgla i woda^{42 43}.

W biogazowniach proces ten zachodzi w kontrolowanych warunkach beztlenowych, w specjalnie zaprojektowanych komorach fermentacyjnych. Biogaz powstający w wyniku fermentacji jest mieszaniną gazów składającą się głównie z metanu (CH₄) i dwutlenku węgla (CO₂), zawierającą także inne składniki, takie jak siarkowodór, wodór, amoniak czy para wodna⁴⁴.

OCZYSZCZANIE I UZDATNIANIE BIOGAZU

Po wyprodukowaniu, biogaz wymaga oczyszczenia w celu zwiększenia jego wartości opałowej oraz usunięcia zanieczyszczeń. W zależności od planowanego wykorzystania, proces oczyszczania może obejmować:

- Odsiarczanie - usunięcie siarkowodoru, który jest korozyjny i szkodliwy dla urządzeń.
- Osuszanie - redukcja zawartości pary wodnej.
- Usuwanie CO₂ - w przypadku produkcji biometanu konieczne jest usunięcie większości dwutlenku węgla, aby zwiększyć zawartość metanu⁴⁵.

Do uszlachetniania biogazu do postaci biometanu stosuje się różne technologie, wśród których najpopularniejsze to:

- Płuczka aminowa - proces absorpcji chemicznej, w którym biogaz przepływa przez roztwór aminy i wody w przeciwnym kierunku pod nieznacznie zwiększonym ciśnieniem, dzięki czemu CO₂ reaguje z roztworem myjącym.
- Mycie ciśnieniowe - proces wykorzystujący różną rozpuszczalność metanu i dwutlenku węgla w wodzie pod różnym ciśnieniem.
- Adsorpcja zmiennociśnieniowa - mieszaniny gazów są rozdzielane poprzez adsorpcję na węglu aktywnym, sitach molekularnych lub węglowych sitach molekularnych⁴⁶.

WYKORZYSTANIE BIOGAZU

Oczyszczony biogaz może być wykorzystywany na kilka sposobów. Po pierwsze do produkcji energii elektrycznej i ciepłej - w jednostkach kogeneracyjnych (CHP), gdzie biogaz jest spalany w silnikach lub turbinach gazowych, wytwarzając jednocześnie energię elektryczną i ciepło. Jest to obecnie najbardziej rozpowszechniona forma wykorzystania

⁴² Institut für Energetik und Umwelt GmbH, Institut für Technologie und Biosystemtechnik, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Biogaz. Produkcja i wykorzystywanie, https://ieo.pl/dokumenty/obszary_badan/Biogaz%20-%20Produkcja%20Wykorzystywanie.pdf, dostęp: 25.03.2025.

⁴³ Wprowadzenie do łańcucha wartości produkcji biometanu, <https://agriportance.com/pl/blog/wprowadzenie-do-lancucha-wartosci-produkcji-biometanu/>, dostęp: 25.03.2025.

⁴⁴ Wprowadzenie do łańcucha wartości produkcji biometanu, <https://agriportance.com/pl/blog/wprowadzenie-do-lancucha-wartosci-produkcji-biometanu/>, dostęp: 25.03.2025

⁴⁵ Institut für Energetik und Umwelt GmbH, Institut für Technologie und Biosystemtechnik, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Biogaz. Produkcja i wykorzystywanie, https://ieo.pl/dokumenty/obszary_badan/Biogaz%20-%20Produkcja%20Wykorzystywanie.pdf, dostęp: 25.03.2025.

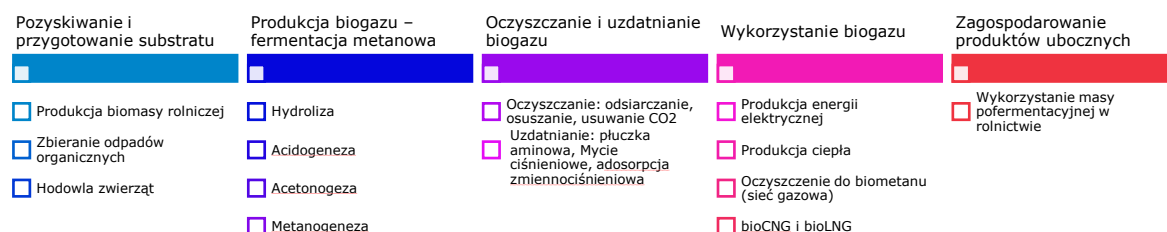
⁴⁶ Wprowadzenie do łańcucha wartości produkcji biometanu, <https://agriportance.com/pl/blog/wprowadzenie-do-lancucha-wartosci-produkcji-biometanu/>, dostęp: 25.03.2025.

biogazu w Polsce^{47 48}. Po drugie, biogaz może być oczyszczony do postaci biometanu, który spełnia wymagania jakościowe gazu ziemnego i może być włączany do sieci gazowej⁴⁹. Po trzecie, biometan może być stosowany jako paliwo w pojazdach w formie sprężonej (bioCNG) lub skroplonej (bioLNG). Jest to ekologiczna alternatywa dla benzyny i oleju napędowego, natomiast w Polsce bardzo słabo dostępna⁵⁰.

ZAGOSPODAROWANIE PRODUKTÓW UBOCZNYCH

Ważnym elementem łańcucha wartości technologii biogazowych jest zagospodarowanie produktów ubocznych powstających w procesie fermentacji. Poferment – masa pofermentacyjna pozostająca po produkcji biogazu, jest bogatym w składniki odżywcze nawozem organicznym, który może być wykorzystany w rolnictwie, zamykając obieg materii organicznej.

Rysunek 3 Łańcuch wartości biogazu



Źródło: opracowanie własne.

Analiza łańcucha wartości technologii biogazowych prowadzi do wniosku, że skuteczny rozwój sektora wymaga podejścia zintegrowanego i kompleksowego – obejmującego wszystkie etapy: od pozyskania substratów, przez produkcję, oczyszczanie i wykorzystanie biogazu, aż po zagospodarowanie produktów ubocznych – oraz ścisłej współpracy między różnymi podmiotami i regionami.

Rozwój biogazowni opiera się na współdziałaniu rolników, przedsiębiorstw komunalnych, firm technologicznych i energetycznych, co nadaje sektorowi charakter zintegrowany i kooperacyjny. Biogazownie pełnią nie tylko funkcję producentów energii, ale także utylizują odpady organiczne, ograniczają emisje gazów cieplarnianych oraz dostarczają wartościowy nawóz, przyczyniając się tym samym do korzyści środowiskowych i gospodarczych oraz wspierając rozwój gospodarki obiegu zamkniętego.

Skuteczność i efektywność łańcucha wartości zależy od dostępności substratów, poziomu rozwoju infrastruktury technicznej oraz wsparcia instytucjonalnego. Regiony o wysokiej liczbie biogazowni, takie jak Mazowsze i Wielkopolska, wyróżniają się lepiej rozwiniętą infrastrukturą i większym dostępem do substratów, co pozwala na efektywne

⁴⁷ Sienkiewicz, M. i in., 2024, Raport 2024. Od gazu ziemnego do biometanu. Dekarbonizacja polskiego gazownictwa, <https://dise.org.pl/Raport-Od-gazu-ziemnego-do-biometanu.pdf>, dostęp: 25.03.2025.

⁴⁸ Popczyk, J., 2014, Mikrobiogazownia jako innowacja przełomowa, Czysta Energia 2/2024, https://www.cire.pl/pliki/2/edukacja_popczyk_.pdf, dostęp: 25.03.2025.

⁴⁹ Wprowadzenie do łańcucha wartości produkcji biometanu, <https://agriportance.com/pl/blog/wprowadzenie-do-lancucha-wartosci-produkcji-biometanu/>, dostęp: 25.03.2025.

⁵⁰ Wprowadzenie do łańcucha wartości produkcji biometanu, <https://agriportance.com/pl/blog/wprowadzenie-do-lancucha-wartosci-produkcji-biometanu/>, dostęp: 25.03.2025.

funkcjonowanie wszystkich ogniw łańcucha wartości i prowadzi do wyraźnego zróżnicowania regionalnego rozwoju tego sektora.

W regionach o niskiej liczbie biogazowni konieczne jest ukierunkowane wsparcie inwestycyjne i instytucjonalne, aby rozwinąć wszystkie etapy łańcucha wartości – od pozyskania substratów po zagospodarowanie produktów ubocznych. Łańcuch wartości biogazu wyraźnie wskazuje na duży potencjał rozwojowy tego sektora w Polsce, zwłaszcza w kontekście zwiększenia udziału biogazu i biometanu w krajowym miksie energetycznym oraz rozwoju gospodarki obiegu zamkniętego.

WSPÓŁPRACA BIOGAZOWNI Z LOKALNYM OTOCZENIEM – PRZYPADKI MICHAŁOWA I GRZMIĄCEJ

Poniżej zostaną omówione dwa przypadki dobrych praktyk w zakresie efektywnej współpracy biogazowni z lokalnym otoczeniem społecznym z gminy Michałowo w województwie podlaskim oraz gminy Grzmiąca w województwie zachodniopomorskim. Obie te miejscowości stanowią przykłady udanych inwestycji biogazowych działających z powodzeniem od wielu lat. Ich znaczenie polega również na wypracowaniu i wdrożeniu rozwiązań integrujących partnerów i społeczność tych gmin w ramach efektywnego lokalnego systemu społeczno-energetycznego, opartego na zasadach kooperacji, partycypacji społecznej i obustronnych korzyści. Za modelowy w tych dwu przypadkach uznano szeroki udział biogazowni w lokalnym rynku energetycznym obejmującym dostawców substratu, odbiorców pofermentu oraz odbiorców końcowych energii w ramach jej najbliższego otoczenia społecznego. Działanie inwestora w ramach takiego modelu biznesowego decyduje o wysokim wkładzie instalacji w zaspakajanie potrzeb lokalnej społeczności w zakresie samowystarczalności i bezpieczeństwa energetycznego.

BIOGAZOWNIE W MICHAŁOWIE

Biogazownie w Michałowie są przykładem transformacji energetycznej opartej na zasadach GOZ oraz przykładem synergii między sektorem prywatnym, samorządem lokalnym, rolnikami i mieszkańcami. Przedsięwzięcie to oparte jest na współpracy z interesariuszami oraz wdrożeniu modelu partycypacyjnego, obejmującego konsultacje społeczne, dni otwarte dla mieszkańców i długofalowe kontrakty z dostawcami substratów⁵¹.

GENEZA I CHARAKTERYSTYKA INFRASTRUKTURY

Inwestorem i operatorem instalacji jest Spółka Zielona Energia Michałowo, która odpowiada za technologiczne aspekty produkcji biogazu, dystrybucję energii oraz strategiczne decyzje inwestycyjne, dotyczące np. rozbudowy mocy czy rozwoju infrastruktury ciepłowniczej⁵². Pierwszy moduł o mocy 600 kW, uruchomiony w 2015 r., od początku pełnił podwójną funkcję: dostarczał energię elektryczną do sieci oraz ciepło do szkoły i pływalni⁵³. Dalsza rozbudowa infrastruktury wynikała ze współpracy między samorządem a inwestorem prywatnym. W 2021 r. inwestor rozbudował instalację o drugi moduł 600 kW. Z kolei gmina, pozyskując fundusze unijne, rozbudowała sieć ciepłowniczą

⁵¹ Biogazownia rolnicza – korzyści dla gminy i jej mieszkańców, 2023, <https://kobietawsadzie.pl/biogazownia-rolnicza-korzysci-dla-gminy-i-jej-mieszkanow/>, dostęp: 25.03.2025.

⁵² Rynek biogazu. Magazyn branżowy dla przedstawicieli przemysłu biogazowego, 2017, <https://magazynbiomasa.pl/wp-content/uploads/2017/12/RB-05-wybrane.pdf>, dostęp: 25.03.2025.

⁵³ Kamińska, J., 2024, Biogazownia Michałowo działa jak w zegarku. 98,5% sprawności, <https://magazynbiomasa.pl/biogazownia-michalowo-dziala-jak-w-zegarku-985-sprawnosci/>, dostęp: 25.03.2025.

do 5 km, podłączając kolejne obiekty komunalne, m. in.: ratusz, ośrodek zdrowia czy gminne przedszkole⁵⁴. W 2022 r. do użytkowania została oddana druga instalacja biogazowa w Michałowie i w tym samym roku przyłączono do niej osiedle budynków wielorodzinnych⁵⁵. W następnej kolejności do sieci dołączyli odbiorcy komercyjni: usytuowany w pobliżu biogazowni sklep rolniczo-techniczny oraz lokalny zakład produkcyjny⁵⁶. Biogazownia sprzedaje całą wyprodukowaną energię elektryczną operatorowi sieci, którym na tym obszarze jest Grupa PGE. Około 25% energii elektrycznej generowanej przez jeden blok biogazowy jest zużywane na potrzeby wewnętrzne.

WSPÓŁPRACA BIOGAZOWNI Z LOKALNYM OTOCZENIEM

Współpraca biogazowni w Michałowie z lokalnym otoczeniem stanowi przykład synergii między różnymi podmiotami, których współzależność przekłada się na korzyści ekologiczne, ekonomiczne i społeczne. Poniżej scharakteryzowane zostaną obszary tej współpracy wraz podmiotami, które są jej beneficjentami.

ROLNICY I LOKALNI DOSTAWCY SUBSTRATU

Biogazownie w Michałowie pozyskują substrat głównie w postaci kiszonki kukurydzianej z dzierzawionych przez inwestora pól oraz od miejscowych rolników. Okresowe dostawy zapewnia również Stacja Terenowa „Polskiego Towarzystwa Ochrony Ptaków” w Kalitniku, w postaci trawy z łąk. Lokalni rolnicy zawierają wieloletnie umowy na dostawy kiszonki z kukurydzy i traw, zagospodarowując przy tym 1 880 ha nieużytków rolnych IV i V klasy bonitacyjnej, które wcześniej nie były wykorzystywane. Umowy długoterminowe gwarantują stabilność dostaw, podczas gdy system płatności powiązany z jakością biomasy motywuje do stosowania zrównoważonych praktyk rolniczych. Kontrakty gwarantujące ceny zakupu substratów powyżej rynkowych stały się kołem zamachowym dla rozwoju gospodarstw, których dochody wzrosły średnio o 23% w latach 2015-2025⁵⁷.

W zamian rolnikom dostarczany jest poferment z biogazowni – uboczny produkt fermentacji substratu – stosowany jako nawóz organiczny. Jest on znacznie tańszy od nawozów sztucznych i jego stosowanie redukuje koszty nawożenia o 30-40%. Cechuje go dobra wartość nawozowa, zbliżona do nawozów naturalnych. Stosowanie pofermentu przez okolicznych rolników przełożyło się na wzrost plonów zbóż, czyniąc region konkurencyjnym w produkcji ekologicznej żywności⁵⁸.

SAMORZĄD GMINY W MICHAŁOWIE

Samorząd gminy Michałowo pełni podwójną funkcję: odbiorcy usług i koordynatora rozwoju infrastruktury. Władze sfinansowały budowę sieci ciepłowniczej łączącej jedną z Biogazowni z obiektami komunalnymi, wykorzystując środki z Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Podlaskiego. Pięciokilometrowa sieć zaopatruje kluczowe obiekty komunalne

⁵⁴ Zielona energia w IT. Przyszłość zaczyna się w Michałowie, 2021, <https://michalowo.eu/zielona-energia-w-it-przyszlosc-zaczyna-sie-w-michalowie/>, dostęp: 25.03.2025.

⁵⁵ Biogazownia rolnicza – korzyści dla gminy i jej mieszkańców, 2023, <https://kobietawsadzie.pl/biogazownia-rolnicza-korzysci-dla-gminy-i-jej-mieszkanow/>, dostęp: 25.03.2025.

⁵⁶ Rynek biogazu. Magazyn branżowy dla przedstawicieli przemysłu biogazowego, 2017, <https://magazynbiomasa.pl/wp-content/uploads/2017/12/RB-05-wybrane.pdf>, dostęp: 25.03.2025.

⁵⁷ Fajerski, M., 2019, EnergyREGION Michałowo, <https://magazynbiomasa.pl/energyregion-michalowo/>, dostęp: 25.03.2025.

⁵⁸ Czekala W. Zagospodarowanie pofermentu przez biogazownie, Rynek biogazu. Magazyn branżowy dla przedstawicieli przemysłu biogazowego, 2017, <https://magazynbiomasa.pl/wp-content/uploads/2017/12/RB-05-wybrane.pdf>, dostęp: 25.03.2025.

w gminie: szkołę podstawową, Miejski Ośrodek Sportu i Rekreacji (MOSiR), w tym pływalnię "Na fali", Urząd Miasta Michałowo, Gminny Ośrodek Kultury, Gminny Ośrodek Zdrowia, Gminne Przedszkole, Liceum Ogólnokształcące, Szkołę Podstawową i Gminny Zespół Szkół oraz Ratusz. System opustów za ciepło pozwala gminie obniżyć koszty ogrzewania obiektów publicznych o około 40%, podczas gdy Zielona Energia zyskuje stabilny rynek zbytu⁵⁹. Wymierną korzyść dla samorządu stanowi również pozyskanie inwestora – zakładu produkującego sztukaterię gipsową, przyciągniętego dostępem do taniej, zielonej energii⁶⁰.

MIESZKAŃCY I SPÓŁDZIELNIA MIESZKANIOWA

Istotną grupą odbiorców energii cieplnej z Biogazowni jest 120 gospodarstw domowych zamieszkujących w ośmiu budynkach wielorodzinnych, należących do Spółdzielni Mieszkaniowej "Osiedle". Mieszkańcy odbierają ciepło z instalacji, osiągając oszczędności szacowane na 30-50% w porównaniu z kotłownią olejową⁶¹. Rodzinom o dochodach poniżej średniej wojewódzkiej, daje to oszczędności rzędu 800-1200 zł rocznie⁵. Oznacza to, że dostawy ciepła z biogazowni wpływają na redukcję ubóstwa energetycznego na terenie gminy⁶².

Funkcjonowanie Biogazowni w Michałowie przyczynia się również do tworzenia nowych miejsc pracy. Na stałe w Biogazowniach zatrudnione są cztery osoby, czyli prezes, automatyk oraz dwie osoby do obsługi biogazowni. Działanie biogazowni wpływa pośrednio na wzrost zatrudnienia w firmach, które lokalizują swoją działalność gospodarczą w jej bliskim otoczeniu. Przykładowo, lokalna firma produkcyjna utworzyła ok. 10 stanowisk produkcji sztukaterii, wykorzystując tańszą energię do procesów suszenia pofabrykatów⁶³. Jeżeli chodzi o serwis czy naprawy wykonują je firmy zewnętrzne.

INWESTORZY PRYWATNI

Biogazownia przynosi oszczędności dzięki tańszej energii cieplnej i elektrycznej, co przyciąga nowych inwestorów. W miejscowości powstał prywatny zakład produkujący sztukaterię gipsową wraz suszarnią półfabrykatów oraz ciepłociąg łączący suszarnię z biogazownią. Roczne oszczędności jakie osiąga przedsiębiorstwo na skutek wykorzystania energii cieplnej z biogazowni wynoszą ok. 30 tys. zł.⁶⁴

KLASTER ENERGII „ZIELONE WROTA PODLASIA”

Biogazownie w Michałowie funkcjonują w szerszym kontekście niż sama gmina, stanowią podstawę lokalnego systemu energetycznego zbudowanego w ramach klastra energetycznego. Powstał on w 2017 r., z inicjatywy inwestora Biogazowni oraz przedsiębiorstwa energetycznego IEN Energy. Obecnie Klaster działa na terenie trzech

⁵⁹ Kamińska, J., 2024, Biogazownia Michałowo działa jak w zegarku. 98,5% sprawności, <https://magazynbiomasa.pl/biogazownia-michalowo-dziala-jak-w-zegarku-985-sprawnosci/>, dostęp: 25.03.2025.

⁶⁰ Biogazownia rolnicza – korzyści dla gminy i jej mieszkańców, 2023, <https://kobietawsadzie.pl/biogazownia-rolnicza-korzysti-dla-gminy-i-jej-mieszkanow/>, dostęp: 25.03.2025.

⁶¹ KOWR, 2023, Biogazownia rolnicza - korzyści dla gminy i jej mieszkańców, https://www.youtube.com/watch?v=2o3nxh_wNi0, dostęp: 25.03.2025.

⁶² Fajerski, M., 2019a, Klaster energii Michałowo – lokalna energia w pigułce, <https://magazynbiomasa.pl/klaster-energii-michalowo/>, dostęp: 25.03.2025.

⁶³ Zielona energia w IT. Przyszłość zaczyna się w Michałowie, 2021, <https://michalowo.eu/zielona-energia-w-it-przyszlosc-zaczyna-sie-w-michalowie/>, dostęp: 25.03.2025.

⁶⁴ KOWR, 2023, Biogazownia rolnicza - korzyści dla gminy i jej mieszkańców, https://www.youtube.com/watch?v=2o3nxh_wNi0, dostęp: 25.03.2025.

gmin: Michałowo, Zabłudów oraz miasta Białystok. W 2022 r. klastery otrzymały nazwę „Zielone Wrota Podlasia” i uzyskały certyfikat Ministerstwa Klimatu, potwierdzający jego zgodność z krajowymi strategiami energetycznym⁶⁵.

Klastery stanowią przykład lokalnego rynku energii w Polsce, tworząc kompleksowy system energetyczny, łączący produkcję energii z biogazu, fotowoltaikę oraz inteligentne sieci ciepłownicze. Decyzje strategiczne podejmowane są przez Radę Klastra, składającą się z przedstawicieli samorządów, przedsiębiorstw i organizacji społecznych. Co kwartał organizowane są fora mieszkańców, które umożliwiają bezpośredni wpływ społeczności na kierunki rozwoju projektu⁶⁶. Kluczowym narzędziem współpracy jest umowa klastrowa, regulująca podział zysków, obowiązki inwestycyjne i zasady dystrybucji energii⁶⁷.

Oprócz dwóch biogazowni w ramach klastra działają trzy farmy fotowoltaiczne o mocy 3,5 MW, które pokrywają 40% zapotrzebowania na energię elektryczną w ciągu dnia. W 2024 roku wprowadzono pilotażowy projekt agrofotowoltaiki, łączący uprawy roślin pastewnych z panelami słonecznymi, zwiększając ekonomiczną wydajność terenu o 30%⁶⁸. Integralnym elementem systemu jest inteligentna sieć ciepłownicza o długości 4,2 km, która dostarcza ciepło do 12 budynków publicznych, 300 gospodarstw domowych oraz spółdzielczego osiedla mieszkaniowego.

Ceny energii dla odbiorców w klastrze są o około 30% niższe niż średnia krajowa. Program „Energia dla Najuboższych” zapewnia darmowe dostawy ciepła 50 gospodarstwom domowym, eliminując zjawisko ubóstwa energetycznego na terenie klastra⁶⁹. W wyniku rozwoju klastra doszło do wymiany 1200 pieców węglowych na przyłączenia do sieci ciepłowniczej, co pozwoliło zmniejszyć emisję CO₂ i poprawić jakość powietrza⁷⁰.

⁶⁵ Fajerski, M., 2019, EnergyREGION Michałowo, <https://magazynbiomasa.pl/energyregion-michalowo/>, dostęp: 25.03.2025.

⁶⁶ Klastery Energii Michałowo na ogólnopolskim panelu jako modelowy przykład, 2019, <https://michalowo.eu/czy-miklastery-energii-michalowo-na-ogolnopolskim-panelu-jako-modelowy-przyklad/>, dostęp: 25.03.2025.

⁶⁷ Fajerski, M., 2019, EnergyREGION Michałowo, <https://magazynbiomasa.pl/energyregion-michalowo/>, dostęp: 25.03.2025.

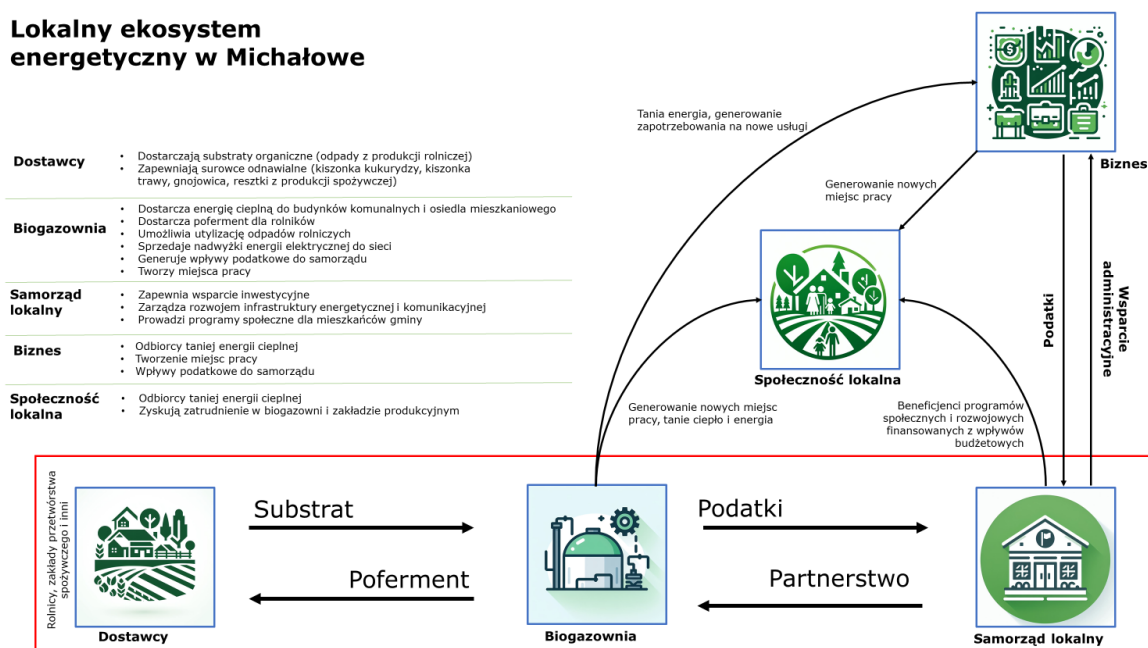
⁶⁸ Fajerski, M., 2019a, Klastery energii Michałowo – lokalna energia w pigułce, <https://magazynbiomasa.pl/klastery-energii-michalowo/>, dostęp: 25.03.2025.

⁶⁹ Fajerski, M., 2019a, Klastery energii Michałowo – lokalna energia w pigułce, <https://magazynbiomasa.pl/klastery-energii-michalowo/>, dostęp: 25.03.2025.

⁷⁰ Podlaska gmina daje klimatyczny przykład innym, 2021, <https://ecoreporters.pl/2021/neutralnosc-klimatyczna-michalowo-klastery-energii-biogaz/>, dostęp: 25.03.2025.

Rysunek 4 Lokalny ekosystem energetyczny w Michałowie

Lokalny ekosystem energetyczny w Michałowie



Źródło: opracowanie własne.

BIOGAZOWNIA W GRZMIĄCEJ

W krajobrazie Pomorza Zachodniego, pośród typowo rolniczych terenów województwa zachodniopomorskiego, zlokalizowana jest miejscowość Grzmiąca. Ta niewielka, licząca niespełna 1600 mieszkańców osada w powiecie szczecińskim, stała się punktem na mapie polskich innowacji energetycznych za sprawą funkcjonującej tam od 2011 roku biogazowni rolniczej.

GENEZA I CHARAKTERYSTYKA INFRASTRUKTURY

Biogazownia w Grzmiącej, której właścicielem i operatorem jest przedsiębiorstwo Eko-Energia Grzmiąca Sp. z o.o., stanowi przykład implementacji technologii wytwarzania OZE w warunkach polskich terenów wiejskich. Instalacja ta, charakteryzująca się mocą elektryczną na poziomie 1,6 MW, funkcjonuje w systemie kogeneracyjnym, co umożliwia jednocześnie wytwarzanie energii elektrycznej i ciepłej, maksymalizując tym samym efektywność wykorzystania surowców energetycznych. Roczna produktywność biogazowni kształtuje się na poziomie 7 milionów metrów sześciennych biogazu rolniczego.

Proces inwestycyjny związany z powstaniem biogazowni w Grzmiącej stanowił znaczące przedsięwzięcie finansowe, którego całkowity budżet oscylował wokół kwoty 19,2 miliona złotych. Struktura finansowania odzwierciedlała typowy dla projektów z zakresu OZE model, w którym znaczący udział miały środki unijne - ponad 10 milionów złotych pozyskano z Europejskiego Funduszu Spójności w ramach Programu Infrastruktura i Środowisko „Wytwarzanie energii ze źródeł odnawialnych”. Pozostała część inwestycji została sfinansowana z kapitału własnego (20%) oraz kredytu komercyjnego. Warto podkreślić, że proces administracyjny związany z uzyskaniem niezbędnych pozwoleń oraz zabezpieczeniem finansowania trwał półtora roku, natomiast sama budowa instalacji została zrealizowana w krótkim czasie siedmiu miesięcy.

W przypadku instalacji w Grzmiącej, paleta wykorzystywanych surowców jest zróżnicowana, co zapewnia stabilność produkcji oraz efektywne wykorzystanie lokalnie dostępnych zasobów. Proces fermentacji metanowej bazuje na trzech głównych kategoriach substratów, które dzięki biogazowni zyskują drugie życie zamiast stanowić potencjalny odpad:

1. Nawozy naturalne, obejmujące gnojowicę bydlęcą i świńską oraz obornik kurzy, stanowiące bogate źródło mikroorganizmów inicjujących proces fermentacji.
2. Surowce odnawialne pochodzenia rolniczego, w szczególności kiszonka kukurydziana oraz trawiasta, dostarczające znacznych ilości łatwo fermentującej materii organicznej.
3. Produkty uboczne przemysłu przetwórczego, takie jak wysłodziny browarniane, wywar ziemniaczany, wysłodki buraczane, wyłoki owocowe oraz zużyte oleje spożywcze.

WSPÓŁPRACA BIOGAZOWNI Z LOKALNYM OTOCZENIEM

Biogazownia w Grzmiącej współpracuje ze społecznością lokalną, opierając się na komunikacji z lokalnymi interesariuszami oraz wymiernych, obustronnych korzyściach. Dzięki temu inwestycja funkcjonuje od dekady bez poważniejszych konfliktów społecznych.

Obiekt prowadzi także działania edukacyjne, m.in. organizując wizyty studyjne, które pomagają zwiększać poziom wiedzy oraz przełamywać stereotypy związane z instalacjami biogazowymi.

WSPÓŁPRACA Z SAMORZĄDEM I INSTYTUCJAMI PUBLICZNYMI

Relacje Biogazowni z lokalnym samorządem oraz instytucjami użyteczności publicznej stanowią dobry przykład symbiozy energetycznej. Energia cieplna wytwarzana w procesie kogeneracji jest efektywnie wykorzystywana do ogrzewania obiektów publicznych na terenie Grzmiącej, w tym szkoły, hali sportowej, ośrodka zdrowia oraz budynku komunalnego mieszczącego bibliotekę gminną i aptekę. Szczególnie korzystna lokalizacja szkoły, znajdującej się w bezpośrednim sąsiedztwie Biogazowni, minimalizuje straty ciepła podczas jego przesyłu, podnosząc ogólną efektywność energetyczną systemu.

Korzyści ekonomiczne dla gminy wynikające z funkcjonowania Biogazowni mają dwójaki charakter. Z jednej strony, spółka Eko-Energia Grzmiąca zasila budżet gminy kwotą około 200 tysięcy złotych rocznie z tytułu podatków lokalnych. Z drugiej strony, znacząca redukcja kosztów ogrzewania budynków komunalnych, sięgająca około jednej trzeciej dotychczasowych wydatków, generuje dodatkowe oszczędności na poziomie 100 tysięcy złotych w skali roku⁷¹. Wynika to z faktu, że koszt wytworzenia 1 GJ energii z biogazu jest o około 30% niższy niż analogiczny koszt uzyskania tej samej ilości energii z miazgi węglowej, dotychczas najpowszechniej stosowanego nośnika energii w lokalnych kotłowniach. W ujęciu całościowym, obecność Biogazowni w gminie przekłada się na roczny

⁷¹ KOWR, 2022, Biogazownie rolnicze. Korzyści dla gminy i jej mieszkańców – część 3, <https://www.youtube.com/watch?v=pJ4zZ0hGImU>, dostęp: 25.03.2025.

zastrzyk finansowy do budżetu samorządowego w wysokości około 300 tysięcy złotych, co dla niewielkiej gminy wiejskiej stanowi znaczące wsparcie⁷².

KORZYŚCI DLA MIESZKAŃCÓW

Beneficjentami funkcjonowania Biogazowni są w znacznym stopniu mieszkańcy Grzmiącej, szczególnie ci zamieszkujący osiedla przy ulicy Spółdzielczej i XXX-lecia oraz właściciele domów jednorodzinnych zlokalizowanych w zasięgu sieci ciepłowniczej. Dzięki strategicznej lokalizacji instalacji oraz rozbudowanej infrastrukturze przesyłowej, około 40% populacji miejscowości ma dostęp do tańszej energii cieplnej, co przekłada się na ponad 100 gospodarstw domowych korzystających z taniego i czystego źródła ciepła.

Mieszkańcy dostrzegają korzyści ekonomiczne w postaci obniżonych rachunków za ogrzewanie, a także doświadczają podniesienia komfortu życia dzięki stabilności dostaw ciepła o parametrach dostosowanych do ich potrzeb. Warta podkreślenia jest również infrastrukturalna inicjatywa spółki, która zainwestowała w budowę blisko 4 kilometrów sieci ciepłowniczej, umożliwiającą dystrybucję energii cieplnej do odbiorców końcowych. Ta rozbudowana „pajęczyna ciepłościągów” przyczyniła się do znaczącej redukcji liczby lokalnych kotłowni węglowych, co ma bezpośrednie przełożenie na poprawę jakości powietrza oraz zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych w gminie.

Biogazownia zapewnia stałe zatrudnienie sześciu mieszkańcom Grzmiącej oraz tworzy regularną współpracę z kilkunastoma okolicznymi rolnikami. Niewątpliwą uciążliwością związaną z funkcjonowaniem instalacji jest okresowy wzrost natężenia ruchu drogowego, związany z transportem surowców do fermentacji, jednak zjawisko to ma charakter epizodyczny, ograniczający się do kilkunastu dni w roku i jak wskazują doświadczenia funkcjonowania obiektu, nie stanowi znaczącego problemu dla społeczności lokalnej.

IMPLIKACJE DLA LOKALNEGO ROLNICTWA

Funkcjonowanie biogazowni w Grzmiącej generuje korzyści dla lokalnej społeczności rolniczej. Przede wszystkim, instalacja stanowi stabilny rynek zbytu dla ubocznych produktów działalności rolniczej oraz zapewnia możliwość ekologicznej utylizacji odpadów organicznych powstających w gospodarstwach. Ta relacja przekłada się na dodatkowe strumienie przychodów dla rolników dostarczających substraty do procesu fermentacji metanowej.

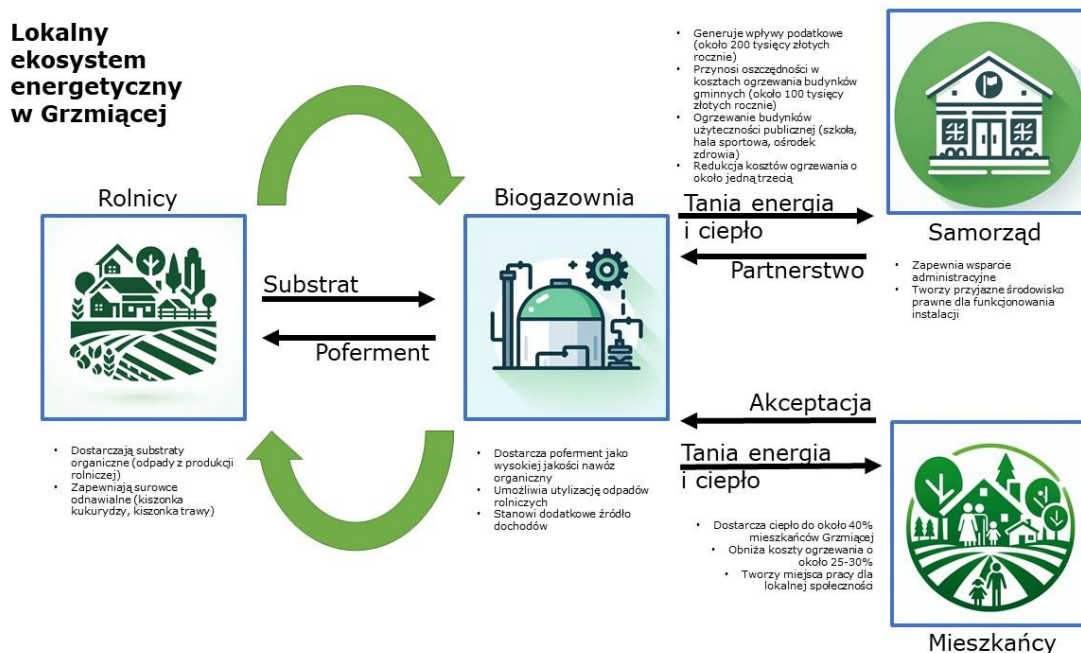
Szczególnie istotnym aspektem współpracy Biogazowni z sektorem rolniczym jest możliwość pozyskiwania przez gospodarstwa wysokiej jakości nawozu organicznego w postaci masy pofermentacyjnej po konkurencyjnych cenach. Wykorzystanie pofermentu w nawożeniu upraw przyczynia się do redukcji wydatków na konwencjonalne środki ochrony roślin i nawozy mineralne. Doświadczenia rolników współpracujących z Biogazownią wskazują na wzrost plonów na polach nawożonych masą pofermentacyjną w porównaniu do tradycyjnych metod nawożenia.

Przedstawiony graf (Rysunek 5) ukazuje sieć powiązań między głównymi podmiotami zaangażowanymi w funkcjonowanie biogazowni w Grzmiącej. W centrum znajduje się biogazownia, wokół której skupiają się pozostali interesariusze powiązani różnorodnymi

⁷² KOWR, 2022, Biogazownie rolnicze. Korzyści dla gminy i jej mieszkańców – część 3, <https://www.youtube.com/watch?v=pJ4zZ0hGImU>, dostęp: 25.03.2025.

relacjami. Ta sieć wzajemnych powiązań tworzy lokalny ekosystem energetyczny, który przynosi korzyści wszystkim zaangażowanym podmiotom, jednocześnie realizując cele zrównoważonego rozwoju oraz transformacji energetycznej w mikroskali lokalnej społeczności.

Rysunek 5 Lokalny ekosystem energetyczny w Grzmiącej



Źródło: opracowanie własne.

SPÓŁECZNE ASPEKTY FUNKCJONOWANIA BIOGAZOWNI – ANALIZA EKOSYSTEMU

PRZEGLĄD LITERATURY Z BADAŃ NAD SPÓŁECZNYMI ASPEKTAMI FUNKCJONOWANIA BIOGAZOWNI

Problematyka społecznych aspektów funkcjonowania biogazowni cieszy się umiarkowanym zainteresowaniem badawczym. W obszarze raportów badawczych biogazownie omawiane są najczęściej w kontekście analiz dotyczących uwarunkowań rozwoju rynków gazów odnawialnych w skali wybranych krajów czy organizacji międzynarodowych, takich jak Unia Europejska. Uwarunkowania te obejmują aspekty technologiczne, ekonomiczne czy formalno-prawne. Najczęściej omawiane są one w perspektywie analiz dotyczących strategii, planów czy regulacji w dziedzinie polityk energetyczno-klimatycznych. Aspekty społeczne biogazowni w tego typu raportach badane są w kategoriach czynników wpływających na powodzenie i trwałość inwestycji i projektów

biogazowych^{73 74 75 76}. Wśród najważniejszych tego typu opracowań analitycznych opublikowanych w latach 2021-2024 należy wskazać przede wszystkim na raporty poświęcone biogazowi i biometanowi^{77 78}.

W obszarze publikacji naukowych z dziedziny nauk społecznych problematyka postrzegania oraz akceptacji społecznej jest najszerzej badanym aspektem społecznym funkcjonowania biogazowni, przy czym zwraca się tu uwagę na kilka zasadniczych wymiarów i czynników tego zjawiska. Przede wszystkim podkreśla się, że na akceptację biogazowni duży wpływ ma kontekst lokalny związany z fizyczną bliskością lokalizacji instalacji względem zabudowań mieszkalnych. Badania analizują zjawisko NIMBY (ang. *Not In My Back Yard*) ukazując, że pozyskanie zaufania społeczności lokalnej jest podstawowym czynnikiem w zrozumieniu społecznej akceptacji projektów biogazowych^{79 80}. Szereg publikacji wskazuje na silną zależność między akceptacją społeczną instalacji biogazowych a świadomością społeczną na temat technologii biogazu, w szczególności na wiedzę na temat procesów i korzyści związanych z biogazem. W artykułach tego typu podkreśla się, że inicjatywy edukacyjne, rozpowszechnianie wiedzy oraz kampanie informacyjnych podejmowane przez decydentów i stowarzyszenia środowiskowe są kluczowymi elementami strategii wdrażania projektów biogazowych^{81 82}. W kilku badaniach przeanalizowano psychologiczne i percepcyjne bariery dla akceptacji biogazu, z uwzględnieniem obaw związanych z przekształcaniem bioodpadów w energię, czy dotyczących tak zwanego „mitu odorowego”. Badania te analizują, w jaki sposób reakcje obrzydzenia wpływają na publiczne postrzeganie technologii biogazu, szczególnie w projektach wykorzystujących odpady zwierzęce. W innych tego typu publikacjach badania koncentrują się na postrzeganiu biogazowni rolniczych kontekście wizualnej oceny ich wpływu na krajobraz obszarów wiejskich^{83 84}. I w końcu wiele opracowań koncentruje się na kwestiach sprawiedliwości w kontekście dystrybucji korzyści i obciążeń między interesariuszami oraz procedur decyzyjnych związanych udziałem społeczności lokalnych

⁷³ Czekala, W. i in., 2022, Raport Biogaz w Polsce, <https://magazynbiomasa.pl/raport-biogaz-w-polsce-2022-pobierz-i-czytaj-za-darmo/>, dostęp: 25.03.2025.

⁷⁴ Dach, J. i in., 2023, Raport: Biogaz i biometan w Polsce, <https://magazynbiomasa.pl/biogaz-i-biometan-w-polsce-2023-raport-do-pobrania-za-darmo/>, dostęp: 25.03.2025.

⁷⁵ Bednarek, A. i in., 2024, Raport: Biogaz i biometan w Polsce, <https://magazynbiomasa.pl/pobierz-raport-biogaz-i-biometan-w-polsce-2024/>, dostęp: 25.03.2025.

⁷⁶ TerazŚrodowisko.pl, 2023, Biogaz w Polsce 2023. Nowe otwarcie, <https://www.teraz-srodowisko.pl/publikacje/biogaz-w-polsce-2023/teraz-srodowisko-publikacja-biogaz-w-polsce-2023.pdf>, dostęp: 25.03.2025.

⁷⁷ Sienkiewicz, M. i in., 2024, Raport 2024. Od gazu ziemnego do biometanu. Dekarbonizacja polskiego gazownictwa, <https://dise.org.pl/Raport-Od-gazu-ziemnego-do-biometanu.pdf>, dostęp: 25.03.2025.

⁷⁸ Słowiński, W. i in., 2024, Biometan w Polsce. Rosnąca rola biometanu w transformacji energetycznej, <https://www.strategyand.pwc.com/pl/pl/publikacje/2024/biometan-w-polsce-perspektywa-strategiczna-i-inwestycyjna.html>, dostęp: 25.03.2025.

⁷⁹ Mancini, E., & Raggi, A., 2022, Out of sight, out of mind? The importance of local context and trust in understanding the social acceptance of biogas projects: A global scale review, *Energy Research & Social Science*, DOI:10.1016/j.erss.2022.102697.

⁸⁰ Kim, J., Kim, H., & Yoo, S., 2022, Social acceptance toward constructing a combined heat and power plant near people's dwellings in South Korea, *Energy*, DOI:10.1016/j.energy.2022.123175.

⁸¹ Mazzanti, M. i in., 2021, The biogas dilemma: An analysis on the social approval of large new plants, *Waste Management*, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.07.026>.

⁸² Ani, O., I. i in., 2024, Assessing Potential of Biogas: Harnessing Sustainable Energy from Biomass for Renewable Solutions (Review). *AI Rafidain Journal of Engineering Sciences*, DOI: HYPERLINK "https://doi.org/10.61268/q0b72g38" <https://doi.org/10.61268/q0b72g38>.

⁸³ Lisiak-Zielińska, M. i in., 2023, Perception of biogas plants: A public awareness and preference - A case study for the agricultural landscape, *Renewable Energy*, DOI: 10.1016/j.renene.2023.119212.

⁸⁴ Gadirli, G., Pilarska, A.A., Dach, J., Pilarski, K., Kolasa-Więcek, A., & Borowiak, K., 2024, Fundamentals, Operation and Global Prospects for the Development of Biogas Plants—A Review, *Energies*, DOI:10.3390/en17030568.

w konsultacjach społecznych. W pierwszym przypadku badane są kwestie sprawiedliwości dystrybtywnej z uwzględnieniem tego, że lokalne społeczności ponoszą głównie koszty środowiskowe lub społeczne, podczas gdy inwestorzy zyskują nieproporcjonalne korzyści ekonomiczne. Studium przypadku z włoskiej doliny alpejskiej pokazuje, w jaki sposób postrzegany niesprawiedliwy podział obciążeń przyczynił się do sprzeciwu społeczności i ostatecznego porzucenia projektu scentralizowanej biogazowni⁸⁵. W drugim przypadku podejmowane są kwestie sprawiedliwości proceduralnej związanej z włączaniem społeczności lokalnych w planowanie projektów inwestycyjnych oraz prowadzenie procesów konsultacyjnych w ramach transparentnych i inkluzywnych ram informacyjnych. Badania wskazują, że zniekształcenia proceduralne i pomijanie głosu mieszkańców często wywołują opór społeczności, nawet jeśli projekty oferują korzyści dla nich i środowiska⁸⁶
⁸⁷.

MODEL EKOSYSTEMU BIOGAZOWNI – ZARYS TEORETYCZNO-METODOLOGICZNY

Niniejszy raport skupia się na opisie ekosystemu biogazowni rolniczych w perspektywie analizy synergii, roli i korzyści jego kluczowych aktorów. Biogazownie rolnicze są szczególnym przypadkiem lokalnych instalacji OZE, działających w modelu energetyki rozproszonej, ze względu na potencjalnie szeroki zakres obszarów współdziałania i wymiany korzyści między różnymi podmiotami. Tworzą one lokalny system społeczno-energetyczny o wysokim potencjale samowystarczalności energetycznej.

System ten wpisuje się w ramy GOZ, wykorzystując produkty rolne wytwarzane na glebach o niskiej jakości, odpady z produkcji rolnej i spożywczej oraz hodowli bydła jako substrat do produkcji energii. Biogazownie rolnicze korzystają zatem z wkładu będącego pozostałością procesów produkcyjnych, dostarczanego głównie (ale nie tylko) przez rolników. Z kolei oni mogą zakupić konkurencyjny cenowo poferment – wysokowartościowy nawóz organiczny. Do tego biogazownie pracują najczęściej w kogeneracji wytwarzając równocześnie energię elektryczną i ciepłą, które mogą dostarczać do różnych odbiorców (bp. energię elektryczną do sieci, a ciepłą do zabudowań lokalnych). Ten spłot powiązań, wynikający wyłącznie z technologicznej charakterystyki biogazowni, tworzy podstawowy układ społeczny – instytucję społeczną zbudowaną na technicznej infrastrukturze przetwarzania materii organicznej oraz produkcji i dystrybucji energii. Dlatego jak mówi prof. Jacek Dach z Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu: "Biogazownia to nie tylko zbiorniki i rury, ale przede wszystkim sieć relacji z otoczeniem, które wymagają stałego monitoringu i pielęgnacji"⁸⁸.

Ekosystem, który zostanie poniżej omówiony, jest modelem prezentującym możliwie szerokie spektrum potencjalnych obszarów współpracy między aktorami lokalnego rynku energetycznego opartego na biogazowni. Termin ekosystem społeczno-energetyczny należy w tym kontekście rozumieć jako sieć współzależności opartą na współuczestnictwie

⁸⁵ Magnani, N., 2012, Exploring the Local Sustainability of a Green Economy in Alpine Communities: A Case Study of a Conflict Over a Biogas Plant, Mountain Research and Development, DOI:10.1659/MRD-JOURNAL-D-11-00105.1.

⁸⁶ Yamaji, D. M., Amâncio-Vieira, S. F., Fidelis, R., & Do R. Contani, E. A. (2024). Decision-making in biogas production projects: Paradigms and prospection. Journal of the Air & Waste Management Association, 74(6), 416–438. <https://doi.org/10.1080/10962247.2024.2338747>.

⁸⁷ Swami, S., Suthar, S., Singh, R., Thakur, A.K., Gupta, L.R., & Sikarwar, V.S. (2023). Integration of anaerobic digestion with artificial intelligence to optimise biogas plant operation. Environment, Development and Sustainability, 1-31, DOI:10.1007/s10668-023-04326-2.

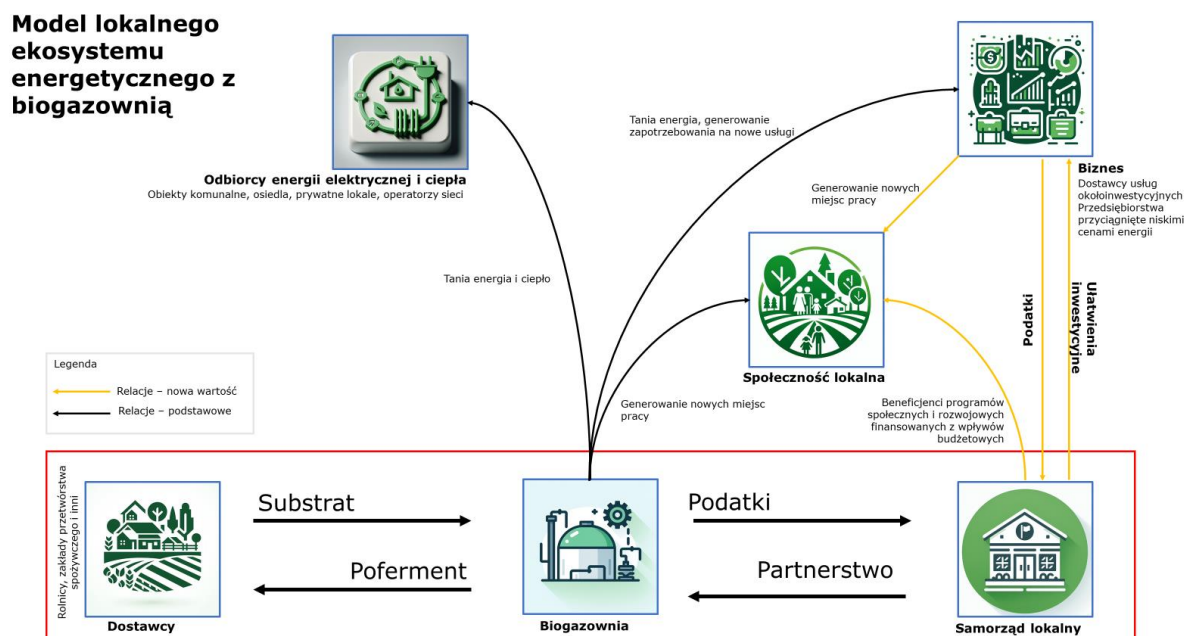
⁸⁸ NCBR i Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu wspólnie pracują nad ważnym projektem dla polskiej zielonej energii, <https://puls.edu.pl/aktualno-ci/ncbr-i-universytet-przyrodniczy-w-poznaniu-wsp-lnie-pracuj-nad-wa-nym-projektem-dla>, dostęp: 25.03.2025.

w produkcji, dystrybucji i wykorzystaniu energii oraz wymianie ekonomicznej, generującej lokalne korzyści społeczne oraz ponadlokalne korzyści środowiskowe. Jego oś stanowi układ relacji między dostawcami substratów, biogazownią, odbiorcami energii i samorządem. Z perspektywy efektywnej kooperacji systemu jako całości zasadnicze znaczenie ma samorząd gminny - stanowi on węzeł w sieci wiążącej interesariuszy, skupiając w sobie funkcje koordynujące i regulujące.

Scharakteryzowany tu model jest konstrukcją pojęciową opracowaną na podstawie analizy przypadków z gminy Michałowo i Grzmiącej. Są one materiałem empirycznym podlegającym uogólnieniu na drodze indukcji, czego efektem jest hipotetyczna konstrukcja odwzorowująca dany zakres rzeczywistości w sposób uproszczony, sprowadzający jej cechy do związków najistotniejszych, budowana w celach heurystycznych. Jako model opracowany na podstawie określonych przypadków, podlega on rewizji i modyfikacji w kontekście dalszych badań i analiz.

Model ekosystemu ma dwojakie zastosowanie. Jako narzędzie analityczne pozwala na zmapowanie beneficjentów ekosystemu, identyfikację ich funkcji oraz wzajemnych zależności i korzyści, jakimi się wymieniają. Z drugiej strony model ma znaczący potencjał aplikacyjny, a mianowicie może dostarczać cennych wytycznych umożliwiających implementację czy replikację zastosowanych i sprawdzonych rozwiązań w odpowiednio dobranych lokalizacjach na obszarach wiejskich. Tym samym może wspierać rozwój energetyki rozproszonej w oparciu o źródła biogazowe. Uzupełnieniem modelu ekosystemu będzie analiza barier w rozwoju biogazowni, identyfikująca kluczowe ryzyka w replikacji modelu.

Rysunek 6 Model lokalnego ekosystemu energetycznego z biogazownią



Źródło: opracowanie własne.

EKOSYSTEM BIOGAZOWNI – ANALIZA WSPÓŁZALEŻNOŚCI I FUNKCJI Z PERSPEKTYWY KLUCZOWYCH BENEFICJENTÓW

INWESTOR

CHARAKTERYSTYKA PODMIOTU

Inwestor biogazowni jest podmiotem (najczęściej komercyjnym), odpowiedzialnym za inwestycję kapitałową, którego zadaniem jako operatora jest budowa, utrzymanie i rozwój instalacji biogazowej oraz zarządzanie całym procesem produkcji energii. W związku z wysokim kapitałem początkowym koniecznym do uruchomienia inwestycji, w interesie inwestora jest długofalowe zaangażowanie w działalność w ramach społeczności lokalnej. Często praktykowanym w tym zakresie rozwiązaniem jest podpisanie długoterminowych kontraktów na dostawy substratu z lokalnymi dostawcami, głównie okolicznymi rolnikami. Umowy takie gwarantują przewidywalność dostaw dla biogazowni, a w przypadku dostawców – trwały rynek zbytu na biomasę będącą pozostałością po produkcji rolnej, spożywczej bądź pochodzącą z upraw energetycznych. Inwestorem i operatorem biogazowni może być również podmiot społeczny działający jako spółdzielnia energetyczna w sensie prawnym. Jednak jak dotąd nie powstała w Polsce tego typu biogazownia.

FUNKCJE

Zasadniczą funkcją ekonomiczną inwestora jest dostarczanie wkładu kapitałowego na inwestycję oraz zarządzaniem procesami finansowymi związanymi z ekonomicznymi aspektami funkcjonowania biogazowni. Biogazownia jako podmiot działający na zasadach rynkowych musi przynosić zysk z tytułu działalności gospodarczej, którą w tym przypadku jest produkcja i sprzedaż energii. Funkcją ekonomiczną biogazowni w ramach ekosystemu jest dostarczenie energii od odbiorców oraz pofermentu do rolników. W związku z tym, że biogazownie pracują najczęściej w kogeneracji, często praktykowanym rozwiązaniem jest sprzedaż energii elektrycznej do operatora lokalnej sieci elektroenergetycznej oraz energii cieplnej do okolicznych zabudowań gospodarczych i/lub mieszkalnych po cenach konkurencyjnych względem źródeł kopalnych. Dzięki takiemu rozwiązaniu inwestor może dywersyfikować swoje dochody. Z kolei sprzedaż pofermentu jako nawozu organicznego po konkurencyjnych cenach względem nawozów sztucznych, wzmacnia związki z lokalnymi rolnikami.

KORZYŚCI

Osiągane przez inwestora korzyści to przede wszystkim przychody z tytułu sprzedaży energii cieplnej i elektrycznej do lokalnych odbiorców. Korzyścią jest również wykorzystanie produkowanej energii na potrzeby własne związane z funkcjonowaniem instalacji. Ten walor staje się szczególnie znaczący, gdy biogazownia jest źródłem energii dla gospodarstwa rolniczego bądź zakładu produkcyjnego, należącego do tego samego inwestora. Korzyścią są również przychody z tytułu sprzedaży pofermentu, który jako korzystny cenowo wobec nawozów sztucznych cieszy się dużym zainteresowaniem wśród rolników. Ponadto do korzyści długofalowych należy zaliczyć pozyskanie stabilnego, lokalnego rynku zbytu energii i pofermentu dzięki partnerskim relacjom ze społecznością lokalną.

DOSTAWCY SUBSTRATÓW I ODBIORCY POFERMENTU

CHARAKTERYSTYKA PODMIOTU

Głównymi dostawcami substratu do biogazowni rolniczych są najczęściej okoliczne gospodarstwa rolne, ale nie tylko. Są nimi również hodowcy zwierząt, producenci biomasy roślinnej, zakłady przetwórstwa rolno-spożywczego oraz dostawcy instytucjonalni, jak

jednostki gospodarki leśnej czy terenowe stacje ochrony przyrody. Substrat może pochodzić zarówno z odpadów produkcji rolnej, hodowlanej, leśnej czy spożywczej oraz z celowej produkcji upraw energetycznych, lokalizowanych najczęściej na nieużytkach rolnych. Dostawcy są często powiązani z biogazownią długoterminowymi kontraktami zapewniającymi biogazowni stabilne dostawy, a dostawcom trwały rynek zbytu i możliwość utylizacji odpadów. Rolnicy są również odbiorcami pofermentu, stąd ich współzależność z biogazownią i wymieniane korzyści są szczególnie ważne z perspektywy ekosystemu jako całości.

FUNKCJE

Zasadniczą funkcją dostawców jest dostarczanie substratu do biogazowni jako niezbędnego surowca organicznego dla procesu produkcji energii. W przypadku pofermentu zaś rolnicy pełnią funkcję jego odbiorców. Należy zauważyć, że dostarczenie biomasy i odbiór pofermentu wpisują funkcjonowanie biogazowni w ramy GOZ, włączając ją w łańcuch społecznych procesów produkcyjnych związanych z przetwarzaniem i wykorzystaniem materii organicznej.

KORZYŚCI

Wśród korzyści osiąganych przez dostawców substratu należy wymienić przede wszystkim przychody z tytułu sprzedaży odpadów poprodukcyjnych bądź upraw energetycznych. W przypadku rolników pozawala to na dywersyfikację i wzrost dochodów z tytułu produkcji rolnej. Rolnicy, którzy dostarczają wsad w postaci upraw energetycznych, osiągają dodatkową korzyść w formie zagospodarowania gruntów gorszej jakości, a więc rewitalizacji nieużytków (areałów o gorszych klasach). Przykład Michałowa pokazuje, że może to skutkować wzrostem wartości gruntów rolnych w okolicy biogazowni. Kolejną ważną korzyścią dla dostawców jest utylizacja uciążliwych odpadów, prowadząca do redukcji kosztów utylizacji w przypadku nadwyżek odpadowych, które nie mogą być wykorzystane w celu nawożenia gruntów rolnych. W związku z tą funkcją, coraz częściej spotkać można instalacje wykorzystujące do produkcji biogazu szeroką gamę odpadów ulegających biodegradacji. Po uzyskaniu niezbędnych decyzji biogazownia może przyjąć miano miejsca zagospodarowania odpadów, często odpadów uciążliwych. W przypadku odbiorców pofermentu niewątpliwą korzyścią jest pozyskanie wartościowego nawozu organicznego po konkurencyjnych cenach, co, jak pokazują przykłady Michałowa i Grzmiącej, może prowadzić do redukcji kosztów nawożenia do 30%. Z kolei wysoka wartość nawozowa pofermentu prowadzi do wyższej efektywności upraw, a więc wyższych dochodów z produkcji rolnej.

ODBIORCY ENERGII (CIEPLNEJ I ELEKTRYCZNEJ)

CHARAKTERYSTYKA PODMIOTU

Trzecią w kolejności grupą interesariuszy, tworzącą podstawę ekosystemu biogazowni, są odbiorcy energii, którzy stanowią konieczny element łańcucha wartości zapoczątkowanego dostawą surowca do produkcji energii. W związku z tym, że większość biogazowni rolniczych w Polsce wytwarza energię w kogeneracji, grupa odbiorców obejmuje zazwyczaj podmioty pobierające energię ciepłą i/lub elektryczną. Odbiorcy energii mogą tworzyć szerokie spektrum podmiotów: komercyjnych (sieciowy odbiorca energii elektrycznej lub ciepłej, zakłady produkcyjne, sklepy, chłodnie itp.), prywatne gospodarstwa domowe, spółdzielnie mieszkaniowe czy budynki komunalne. Jak wspomniano wyżej, praktyką często stosowaną przez operatora biogazowni, jest

równoległa dostawa energii elektrycznej do operatora lokalnej sieci elektroenergetycznej oraz energii cieplnej do okolicznych zabudowań gospodarczych i/lub mieszkalnych.

FUNKCJE

Funkcją odbiorców w ramach ekosystemu jest pobór energii od biogazowni.

KORZYŚCI

Osiąganą przed odbiorców korzyścią jest zakup energii cieplnej i/lub elektrycznej po konkurencyjnych cenach, a związku z tym redukcja kosztów użytkowania energii. W związku z tym, że w przypadku energii cieplnej z biogazowni jej koszt jest zazwyczaj niższy od tej ze źródeł kopalnych, pozwala to odbiorcom na znaczne oszczędności z tytułu niższych wydatków na ogrzewanie. Korzyści w postaci oszczędności mogą w szczególności dotyczyć zabudowań mieszkalnych i użytkowych należących do gminy lub klastra energetycznego, z którymi biogazownia ma podpisaną umowę o opustach cenowych. Korzyścią dla operatora sieci elektroenergetycznej jest pozyskanie dodatkowego dostawcy energii oraz w szerszej skali – odciążenie systemu energetycznego.

SAMORZĄD LOKALNY

CHARAKTERYSTYKA PODMIOTU

Samorząd lokalny mimo, że nie jest elementem podstawowym ekosystemu biogazowni jest w gruncie rzeczy jego kluczowym interesariuszem, animatorem jego rozwoju i współpracy między interesariuszami. Jego aktywność, inicjatywa, efektywność zarządzania relacjami z innymi interesariuszami ma kluczowe znaczenie dla sprawności funkcjonowania ekosystemu jako całości i pomnażania korzyści generowanych w jego obrębie. Już na początkowym etapie planowania inwestycji jego rola polega na zarządzaniu procesem decyzyjnym oraz moderowaniu komunikacji między inwestorem a społecznością lokalną. Przypadek Michałowa pokazuje, że zasadnicze znaczenie dla powodzenia projektu biogazowego ma wypracowanie i wdrożenie przez organy samorządu lokalnego modelu partycypacji obywatelskiej, włączającego mieszkańców gminy w procesy decyzyjne i kontrolne dotyczące funkcjonowania biogazowni. W ten sposób samorząd aktywnie pozyskuje akceptację społeczności lokalnej dla biogazowni.

FUNKCJE

Samorząd lokalny skupia wiele niewrażliwych funkcji zarządczych. Przede wszystkim jest regulatorem i koordynatorem ekosystemu. W roli regulatora tworzy on ramy prawne i podejmuje decyzje np. w zakresie planów zagospodarowania przestrzennego. Może mieć to znaczenie z perspektywy lokalizacji biogazowni, jak i np. wydzielenia strefy przemysłowo-biznesowej z myślą o inwestorach zainteresowanych lokalizacją swoich procesów produkcyjnych czy usługowych w jej pobliżu. Tym samym samorząd może odgrywać aktywną rolę w pozyskiwaniu inwestorów biznesowych w związku z dostępem do taniej energii dostarczanej przez instalacje biogazowe. Jako koordynator może realizować projekty rozwoju infrastruktury energetycznej czy komunikacyjnej, usprawniające procesy dystrybucji energii czy transportu substratu, poprawiając tym samym jakość życia społeczności lokalnej. Temu celowi mogą również służyć programy społeczne i rozwojowe dedykowane mieszkańcom, finansowane z przychodów podatkowych od biogazowni czy biznesu. Samorząd może też zabiegać o współudział finansowy inwestora biogazowni w realizacji pewnych tego typu programów zwiększając tym samym więź mieszkańców z inwestorem i poziom akceptacji społecznej dla biogazowni. Analogicznie, może zapewniać wsparcie inwestycyjne na rzecz rozwoju lokalnej infrastruktury

energetycznej (w szczególności związanej z OZE), pozyskując środki zewnętrzne ze źródeł krajowych i europejskich. I w końcu, o ile energia dostarczana przez biogazownie zasila budynki komunalne, jest on odbiorcą taniej energii.

KORZYŚCI

Bezpośrednie korzyści samorządu lokalnego to głównie wpływy podatkowe od biogazowni, które jak wspomniano wyżej mogą służyć do finansowania programów społecznych i rozwojowych dla okolicznych mieszkańców. Takie rozwiązanie stanowiło mechanizm redystrybucji finansowej od inwestora biogazowni do społeczności lokalnej. W przypadku gmin, które korzystają z energii dostarczanej przez biogazownie do budynków komunalnych, dalszą korzyścią finansową, byłaby oszczędności w budżecie gminnym z tytułu niższych wydatków na energię. Dalsze korzyści dotyczą ułatwień w pozyskiwaniu inwestorów biznesowych zainteresowanych tańszą i, co nie jest bez znaczenia, zieloną energią z biogazowni. Z kolei lokalizowanie przez nich działalności gospodarczej na terenie gminy, to dodatkowe wpływy podatkowe do budżetu samorządowego. Z kolei znaczącą korzyścią długofalową jest niezależność energetyczna ekosystemu jako całości. Lokalna produkcja energii zwiększa samowystarczalność energetyczną gminy i jej odporność na niestabilność cen na krajowych i globalnych rynkach energii. Dodatkowo, stworzenie lokalnego rynku energetycznego na bazie biogazowni nadaje samorządowi wizerunek „zielonej gminy”, co w czasach transformacji energetycznej jest cennym atutem, który można zmonetaryzować przez pozyskiwanie środków inwestycyjnych z krajowych i europejskich programów energetyczno-środowiskowych.

SPOŁECZNOŚĆ LOKALNA

CHARAKTERYSTYKA PODMIOTU

Mówiąc o społeczności lokalnej w kontekście analizy interesariuszy ekosystemu, należy mieć na myśli grupy mieszkańców gminy będących beneficjentami korzyści wynikających pośrednio i bezpośrednio z tytułu działalności biogazowni. W pierwszej kolejności są to osoby zyskujące zatrudnienie w efekcie powstania biogazowni. Prace realizowane w ramach działalności instalacji obejmują zarówno obsługę techniczną i formalno-administracyjną transportów dostarczających substrat do zakładu, monitorowanie procesu zachodzącego w komorach fermentacyjnych, jak i zarządzanie gromadzoną dokumentacją. Ponadto kontrolowany musi być stan techniczny maszyn i instalacji odpowiedzialnych za prawidłowe funkcjonowanie całej instalacji, co często zapewniają przedstawiciele firm zewnętrznych. Następną grupą beneficjentów to osoby, które korzystają z programów społecznych i rozwoju infrastruktury realizowanych przez gminę z wpływów podatkowych z biogazowni. Ponadto są to potencjalnie wszyscy mieszkańcy gminy i okolic objęci korzyściami z tytułu redukcji zanieczyszczeń powietrza, w skutek zamiany kopalnych źródeł ciepła na przyłączenie do sieci ciepłowniczej zasilanej przez biogazownię.

FUNKCJA

Funkcja poszczególnych grup mieszkańców gminy w ramach ekosystemu wiąże się z korzyściami w jakich uczestniczą i jakich są odbiorcą. Do tych ostatnich należy zaliczyć zatrudnienie w biogazowni i zakładach pracy oraz usługach, które powstają w związku z jej funkcjonowaniem. Funkcja odbiorcy dotyczy również tych, którzy korzystają z programów społecznych, rozwoju infrastruktury i poprawy jakości powietrza. Jest to o tyle ważne, że wpływa na poziom akceptacji społecznej dla biogazowni.

KORZYŚCI

Do korzyści dla mieszkańców należy zaliczyć: tworzenie miejsc pracy, a więc również wzrost dochodów gospodarstw domowych, wyższa jakość i szerszy zakres usług komunalnych, poprawę jakości infrastruktury publicznej i jakości powietrza.

INWESTORZY BIZNESOWI

CHARAKTERYSTYKA PODMIOTU

Wśród tej grupy należy wskazać podmioty komercyjne lokalizujące swoje inwestycje na terenie gminy w związku niższymi kosztami energii zapewnianej przez biogazownię. Warto również zaznaczyć, że rozwój biogazowni stymuluje powstawanie wyspecjalizowanych usług okołoinwestycyjnych, takich jak logistyka substratów czy serwis techniczny biogazowi. Zatem w grupie inwestorów biznesowych należy uwzględnić również firmy świadczące tego typu usługi.

FUNKCJE

Funkcjami inwestorów prywatnych są inwestycje i rozwój działalności gospodarczej na terenie gminy, co stymuluje pomnażanie korzyści w ramach ekosystemu.

KORZYŚCI

Korzyści jakie osiągają inwestorzy, to przede wszystkim niższe koszty prowadzenia działalności gospodarczej dzięki konkurencyjnym cenom energii oferowanej przez biogazownię. Dla firm świadczących usługi okołoinwestycyjne, jest to też możliwość rozwoju działalności usługowej dla biogazowni. Również i w tym przypadku nie należy

zapominać o korzyściach wizerunkowych firm, które prowadzą swoje biznesy, korzystając z zielonej energii, obniżając w ten sposób ślad węglowy swojej działalności.

BARIERY ROZWOJU BIOGAZOWNI

Rozwój sektora biogazu w Polsce stanowi element krajowej transformacji energetycznej, wpisując się zarówno w krajowe i unijne cele zwiększenia udziału odnawialnych źródeł energii oraz budowy niskoemisyjnej gospodarki. Biogazownie, szczególnie na poziomie lokalnym, mogą przyczynić się do poprawy bezpieczeństwa energetycznego, zagospodarowania odpadów oraz stymulowania rozwoju społeczności i gospodarki obszarów wiejskich. W praktyce jednak, mimo znacznego potencjału surowcowego i rosnącego zainteresowania inwestorów, sektor biogazu w Polsce napotyka liczne przeszkody, przez co rozwija się wolniej niż w wielu innych krajach europejskich.

Bariery rozwoju biogazowni rolniczych można klasyfikować według różnych kryteriów. W opracowaniu Anity Bednarek, Anny Klepackiej i Aleksandry Siudek⁸⁹ wykorzystano typologię uwzględniającą następujące wymiary barier: wewnętrzne (występujące na poziomie lokalnym) oraz zewnętrzne (wynikające z uwarunkowań regionalnych, krajowych lub nawet globalnych). Badanie zrealizowane przez wymienione Autorki wykazało, że największe znaczenie mają przeszkody zewnętrzne, na które pojedynczy inwestorzy mają ograniczony wpływ.

⁸⁹ Bednarek, A. i in., 2023, Development Barriers of Agricultural Biogas Plants in Poland, Economics and Environment 84(1), 229-258, <https://doi.org/10.34659/eis.2023.84.1.528>.

Najważniejsze bariery w opinii respondentów to:

1. Brak stabilnych regulacji prawnych w zakresie OZE, w tym biogazowni (89% respondentów uznało za bardzo ważną barierę).
2. Wysokie nakłady inwestycyjne (75%).
3. Wysokie koszty operacyjne (71%).
4. Problemy z określeniem statusu pofermentu (50-61%).
5. Problemy z przyłączeniem do sieci energetycznej (39-46%).

Badanie analizuje wyszczególnione bariery: niestabilność regulacji prawnych, ekonomiczne (wysokie nakłady inwestycyjne, ograniczone programy finansowania, wysokie koszty operacyjne), bariery techniczne i operacyjne (przyłączenie do sieci elektroenergetycznej, oczyszczanie biogazu), bariery administracyjne i społeczne (ograniczenia planistyczne, obciążenia publiczno-prawne, społeczna akceptacja).

Brak stabilnych regulacji prawnych został uznany za najpoważniejszą barierę rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce. Aż 89% respondentów oceniło tę barierę jako bardzo ważną. Ustawa o Odnawialnych Źródłach Energii z 2015 roku była nowelizowana 32 razy, w tym 20 razy w latach 2019-2021, co generuje niepewność wśród inwestorów i utrudnia długoterminowe planowanie.

Historia zmian prawnych dotyczących biogazowni pokazuje brak konsekwencji w podejściu państwa do tego sektora: częste zmiany w systemie wsparcia (zielone certyfikaty, niebieskie certyfikaty, żółte certyfikaty), wprowadzanie i wycofywanie różnych mechanizmów wspierających (system FIT, FIP, aukcje), niekonsekwentna implementacja dyrektyw unijnych.

Biogazownie rolnicze wymagają znaczących inwestycji początkowych. Obecnie szacuje się, że budowa instalacji o mocy 1 MW wymaga nakładu ponad 20 milionów złotych. Badanie pokazało, że 75% respondentów uznaje wysokie nakłady inwestycyjne za krytyczną barierę rozwoju. Badanie wykazało, że 50% respondentów wskazuje brak programów finansujących budowę biogazowni rolniczych jako istotną przeszkodę zewnętrzną. Budowa biogazowni wymaga zaangażowania dużego kapitału, a inwestorzy najczęściej nie dysponują środkami, które pozwoliłyby na realizację projektu bez zewnętrznego wsparcia. Oprócz wysokich nakładów inwestycyjnych, biogazownie charakteryzują się również znaczącymi kosztami operacyjnymi. Średnia biogazownia o mocy 1 MW wymaga stałej obsługi, zatrudniając minimum 5 osób. Dużą część kosztów operacyjnych stanowi również koszt surowca w postaci kiszonki czy słomy, którego cena wzrasta z roku na rok.

Według danych publikowanych przez URE, liczba odmów przyłączenia do sieci w 2021 roku wzrosła o 70% w porównaniu do 2020 roku i wyniosła 3751 przypadków. W latach 2015-2021 odrzucono ponad 6000 wniosków o przyłączenie do sieci instalacji o łącznej mocy około 30 GW. Odmowy przyłączenia największej mocy OZE miały miejsce w 2021 roku i było to aż 15 GW. Ograniczenia infrastruktury elektroenergetycznej stanowią poważną przeszkodę dla rozwoju biogazowni rolniczych, a rozwiązanie tego problemu wymaga systemowych zmian i inwestycji w modernizację sieci. Barierą absolutną wskazaną przez respondentów jest konieczność oczyszczania biogazu, szczególnie w przypadku jego wprowadzania do sieci gazowej lub wykorzystania jako bio-LNG. Wysokie nakłady na instalacje do oczyszczania biogazu do parametrów sieciowych i/lub kondensacji stanowią istotną przeszkodę.

W Polsce najważniejsze decyzje dotyczące przeznaczenia i zagospodarowania terenu podejmują gminy, a niejednoznaczna interpretacja przepisów określających proces inwestycyjny stanowi istotną przeszkodę dla rozwoju biogazowni. Kolejną barierą funkcjonowania biogazowni jest kwestia ich opodatkowania. Według organów podatkowych, obiekty wchodzące w skład biogazowni (budynki i budowle) są związane z działalnością gospodarczą, a w konsekwencji grunty rolne, na których znajdują się obiekty biogazowni, są zajęte pod działalność gospodarczą, co skutkuje naliczaniem podatku od nieruchomości, który dla właściciela biogazowni rolniczej stanowi znacznie większe obciążenie w porównaniu z podatkiem rolnym (od 100 000 do 200 000 złotych rocznie). Inwestycje w budowę biogazowni rolniczych napotykają również na opór społeczny, najczęściej spowodowany obawą przed emisją uciążliwych zapachów wśród lokalnych społeczności. Lokalne społeczności wskazują również na niekorzystne czynniki związane z funkcjonowaniem biogazowni, takie jak zanieczyszczenie wody i gleby na potrzeby upraw monokulturowych, negatywny wpływ na zdrowie mieszkańców, znaczny spadek cen gruntów w okolicy, ograniczenie szans rozwoju agroturystyki, zwiększenie uciążliwości ruchu drogowego, a także ich zniszczenie przez pojazdy dostarczające surowiec.

Analiza Jana Pawlaka z 2013 roku⁹⁰ identyfikuje trzy główne kategorie barier rozwoju biogazu w polskim rolnictwie: ekonomiczne, strukturalne, prawno-instytucjonalne. W zakresie barier ekonomicznych wyróżnia: niską opłacalność produkcji biogazu bez odpowiednich subsydiów, wysokie nakłady inwestycyjne na infrastrukturę (reaktory, zbiorniki, instalacje), niską rentowność kapitału inwestowanego w produkcję biogazu oraz niedostatek środków finansowych w gospodarstwach rolnych. Jeżeli chodzi o bariery strukturalne wymienia dwie. Po pierwsze, jest to silne rozdrobnienie gospodarstw rolnych w Polsce. Po drugie, wskazuje na małą obsadę zwierząt w większości gospodarstw. Niestabilne prawo i polityka podatkowa, skomplikowane procedury i brak jasnych przepisów dla małych inwestorów-rolników oraz długie oczekiwania na decyzje administracyjne są sklasyfikowane jako bariery prawno-instytucjonalne.

Analiza rynek biogazu rolniczego w Polsce w kontekście historycznym i Europejskiego Zielonego Ładu z 2021 roku⁹¹ klasyfikuje bariery rozwoju przemysłu biogazowego w Polsce według czterech kategorii: rynkowych (1), ekonomicznych (2), technologicznych (3), rozwojowych (4). W ramach barier ekonomicznych (1) skupiono się na: wahaniach cen certyfikatów pochodzenia (tzw. zielone certyfikaty), silnym uzależnieniu od systemu wsparcia środkami publicznymi, niestabilności systemu wsparcia finansowego. Autorzy wskazali również wysokie koszty produkcji biogazu w porównaniu z innymi OZE (odnawialnymi źródłami energii) oraz wyższy uśredniony koszt energii dla technologii biogazowych (10,14-14,74 €cent/kWh) (2). Autorzy wskazują również na zmiany w technologii produkcji (3). Polegają one na przejściu z modelu typowego dla Niemiec opartego na roślinach energetycznych do tzw. modelu duńskiego, wykorzystującego odpady. Dodają również problem polegający na dominacji dużych instalacji (powyżej 0,5 MW) zamiast planowanych małych biogazowni rolniczych (4).

⁹⁰ Pawlak, J., 2013, Biogaz z rolnictwa – korzyści i bariery. Problemy Inżynierii Rolniczej VII-IX, 3(81), 99-108, https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-8cc2e5e3-b4fd-444c-bb9a-2c85ed549912/c/Pawlak_Biogaz.pdf

⁹¹ Ignaciuk, W., & Sulewski, P., 2021, Conditions of development of the agricultural biogas industry in Poland in the context of historical experiences and challenges of the European Green Deal, Zagadnienia Ekonomiki Rolnej / Problems of Agricultural Economics, 368(3), 55-77. <https://doi.org/10.30858/zer/140413>.

Raport "Opportunities for producing biogas in the MOFTMO area of Poland" prezentuje kompleksową analizę możliwości produkcji biogazu w regionie MOFTMO (Miejski Obszar Funkcjonalny Tomaszów Mazowiecki-Opoczno), jednocześnie identyfikując szereg barier ograniczających rozwój rynku biogazu w Polsce. Niniejsze opracowanie systematyzuje te bariery w podziale na: technologiczne; ekonomiczne; instytucjonalne, organizacyjne i prawne; społeczne⁹².

Jednym z podstawowych ograniczeń jest ograniczona dostępność technologii do produkcji biogazu na polskim rynku. Problem ten pogłębia brak odpowiednio przeszkolonego personelu technicznego, co skutkuje trudnościami w serwisowaniu instalacji biogazowych lub wymianie ich części. Często niezbędne jest importowanie technologii z zagranicy, co zwiększa koszty i wydłuża czas realizacji inwestycji. Mimo, że biogaz po odpowiednim przetworzeniu mógłby być wprowadzany do krajowej sieci gazowej, dostęp do tej sieci jest ograniczony ze względu na jej niedostateczne rozpowszechnienie na terenie kraju. Dodatkowo, wysoki koszt przyłączenia do sieci oraz konieczność dostosowania parametrów biogazu do wymagań sieci stanowią poważne wyzwanie technologiczne i finansowe. Innym istotnym problemem jest niedostatecznie rozwinięty rynek pojazdów napędzanych gazem ziemnym oraz odpowiedniej infrastruktury. Mimo, że biogaz ma podobne właściwości do gazu ziemnego i mógłby być z powodzeniem wykorzystywany jako paliwo napędowe, rynek jest niedojrzały zarówno pod względem infrastruktury instalacji biometanowych, jak i dostaw biogazu dla sektora transportowego.

Skala jest istotną barierą, co potwierdzają dane przedstawione w raporcie. Mniejsze instalacje wiążą się z wyższymi kosztami jednostkowymi, co ogranicza ich rentowność. Dla biogazowni rolniczych optymalny rozmiar to 250-499 kW, a dolna granica opłacalności to około 200 kW. Problem niestabilności rynku dotyczy zarówno warunków jego rozwoju w odniesieniu do otoczenia formalno-prawnego, jak i samego procesu operacyjnego. Niepewność w ciągłości łańcuchów dostaw i stabilnych substratów dla biogazowni ogranicza zdolność kapitałową rynku biogazu i zaangażowanie potencjalnych inwestorów. Stosunkowo mało rozpoznanym zagadnieniem ograniczającym rozwój rynku biogazu jest lobbowanie na rzecz rozwoju spalarni odpadów, które przy zwiększeniu skali tych inwestycji mogą potencjalnie wywierać presję ekonomiczną ograniczającą strumień odpadów do biogazowni.

Jedną z głównych barier organizacyjnych i prawnych jest długotrwały proces przygotowania projektu i uzyskiwania decyzji oraz pozwoleń na realizację inwestycji. Budowa biogazowni jest skomplikowana, a instalacja ze względu na swój charakter może potencjalnie oddziaływać na środowisko. Istotnym problemem jest nierówne traktowanie biogazowni rolniczych (zazwyczaj małoskalowych) i innych biogazowni (np. komunalnych) w systemie prawnym. Ułatwienia prawne wprowadzone dla biogazowni rolniczych nie przekładają się na wystarczający wzrost produkcji biogazu. Związany z powyższym jest brak jednolitych przepisów dotyczących wykorzystania określonych substratów w biogazowniach. Nie każdy substrat jest uznawany za odpad w różnych sytuacjach. Trudności w interpretacji przepisów stanowią poważną barierę dla rozwoju biogazowni innych niż rolnicze.

⁹² Bojanowicz-Bablok, A. i in., 2024, Opportunities for producing biogas in the MOFTMO area of Poland. A pre-feasibility study of biogas in Municipal Functional Area Tomaszów Mazowiecki-Opoczno, https://www.vista-analyse.no/site/assets/files/8233/va-rapport_2024-23_opportunities_for_producing_biogas_in_the_moftmo_region_of_poland.pdf, dostęp: 25.03.2025.

Dokumenty planistyczne gmin, w których biogazownie nie są uwzględnione lub ich lokalizacja jest zabroniona, stanowią czasem barierę dla lokalizacji biogazowni. Zmiana dokumentu planistycznego jest czasochłonna i kosztowna. Istnieją formalne i prawne ograniczenia związane z tworzeniem partnerstw, szczególnie struktur klastrowych lub spółdzielni energetycznych. Są to inicjatywy ograniczone terytorialnie, a cele ich działalności powinny być określone wokół lokalnych potrzeb i możliwości.

Najtrudniejszą barierą do pokonania bywa niechęć lokalnych społeczności do budowy inwestycji w ich otoczeniu. Mimo potencjalnych korzyści z biogazowni, ludzie nie zgadzają się na budowę inwestycji w ich okolicy z powodu potencjalnych uciążliwości, zwłaszcza zapachowych (zjawisko NIMBY - Not In My Back Yard). W wyniku zwiększonego zainteresowania inwestorów budową biogazowni, odnotowano zauważalny wzrost negatywnego postrzegania społecznego. Bardzo ważnym środkiem do przezwyciężenia tej bariery jest wiarygodność i przejrzystość procesu decyzyjnego i zatwierdzania biogazowni, który musi obejmować udział społeczeństwa.

Raport „Biogaz w Polsce 2020”⁹³ identyfikuje barierę regulacyjną jako główne wyzwanie dla rozwoju sektora biogazu w Polsce. W tym czasie funkcjonowało w kraju zaledwie 321 biogazowni o łącznej mocy 246 MW, co wyraźnie wskazywało na niewykorzystany potencjał rynku. Problematiczny był szczególnie skomplikowany proces uzyskiwania pozwoleń, który wydłużał czas realizacji projektów i zwiększał koszty inwestycyjne. Raport wskazywał również na nieadekwatne mechanizmy wsparcia, które nie zapewniały wystarczającej stabilności ekonomicznej dla inwestorów. Biogazownie borykały się z ograniczonym dostępem do sieci gazowej, co stanowiło istotną barierę infrastrukturalną. Dodatkowym wyzwaniem był brak dostatecznych zachęt finansowych, które mogłyby uczynić projekty biogazowe ekonomicznie opłacalnymi w dłuższej perspektywie czasowej. W 2020 roku szczególnie widoczny był problem z przyłączeniem biogazowni do sieci gazowej, co wynikało zarówno z barier technicznych, jak i braku jasno określonych procedur dla operatorów sieci.

Raport „Biogaz w Polsce 2021” wskazuje na utrzymywanie się wielu barier z poprzedniego roku, pomimo zapowiadanych zmian regulacyjnych. Szczególnie istotne pozostawały wyzwania związane z przyłączeniem biogazowni do sieci gazowej. Rozwój sektora hamowała również niestabilność systemu wsparcia, która zniechęcała potencjalnych inwestorów do długoterminowego angażowania się w projekty biogazowe. W 2021 roku raport zwraca uwagę na bariery administracyjne w procesie uzyskiwania pozwoleń, które mimo zapowiedzi uproszczenia nadal stanowiły znaczące obciążenie dla inwestorów. Problemem pozostawały również ograniczone możliwości finansowania projektów biogazowych, zwłaszcza tych o mniejszej skali, które często nie były w stanie przebić się przez gąszcz wymogów stawianych przez instytucje finansowe. Raport z 2021 roku po raz pierwszy wyraźnie akcentuje społeczny wymiar barier rozwoju biogazowni, wskazując na opór lokalnych społeczności obawiających się uciążliwości zapachowych oraz zwiększonego ruchu pojazdów w okolicy instalacji.

⁹³ Banasik, P. i in., 2020, Raport Biogaz w Polsce, <https://cdr112.e-kei.pl/cdr/images/2021/05/Raport-Biogaz-w-Polsce-2020-magazynbiomasa.pdf>, dostęp: 25.03.2025.

W raporcie „Biogaz w Polsce 2022”⁹⁴ na pierwszy plan wysuwa się problem niewystarczających systemów wsparcia dla biogazu w porównaniu z innymi odnawialnymi źródłami energii. Złożoność regulacyjna i częste zmiany przepisów tworzyły atmosferę niepewności inwestycyjnej, która skutecznie hamowała napływ kapitału do sektora. Problemy z przyłączeniem do sieci gazowej pozostawały aktualne, choć raport sugeruje pewne postępy w tym zakresie. Nowym wyzwaniem, które zyskało na znaczeniu w 2022 roku, były rosnące koszty surowców do produkcji biogazu, co bezpośrednio wpływało na ekonomikę projektów. Raport identyfikuje również narastającą konkurencję o surowce z innymi sektorami gospodarki jako istotną barierę rozwoju. W 2022 roku podkreślono również znaczenie biogazu w kontekście bezpieczeństwa energetycznego Polski, zwłaszcza w świetle napiętej sytuacji geopolitycznej i kryzysu energetycznego w Europie.

Raport „Biogaz i biometan w Polsce 2023”⁹⁵ kładzie nacisk na wyzwania ekonomiczne związane z inflacją i rosnącymi kosztami materiałów budowlanych, co znacząco podniosło próg opłacalności inwestycji biogazowych. Niespójności polityki energetycznej i związana z nimi niepewność rynkowa nadal stanowiły poważną barierę dla inwestorów. Problemy z dostępnością surowców do produkcji biogazu i konkurencja o te surowce z innymi sektorami gospodarki zyskały na znaczeniu. Raport identyfikuje również bariery techniczne związane z integracją biogazowni z siecią gazową jako istotne wyzwanie. Szczególnie uciążliwe w 2023 roku pozostawały opóźnienia w wydawaniu pozwoleń i przeszkody administracyjne, które wydłużały czas realizacji projektów i zwiększały koszty inwestycyjne. Raport zwraca uwagę na potrzebę uproszczenia procedur administracyjnych jako kluczowy czynnik umożliwiający przyspieszenie rozwoju sektora.

Najnowszy raport „Biogaz i biometan w Polsce 2024”⁹⁶ wskazuje na utrzymywanie się barier regulacyjnych, mimo pewnych usprawnień w porównaniu z wcześniejszymi latami. Zakłócenia rynkowe wpływające na konkurencyjność biogazu w porównaniu z innymi źródłami energii pozostają istotnym wyzwaniem. Raport zwraca uwagę na problemy w łańcuchu dostaw sprzętu i komponentów niezbędnych do budowy biogazowni, co może być związane z globalnymi zakłóceniami gospodarczymi. Bariery kadrowe w postaci niedoborów wykwalifikowanych specjalistów w sektorze biogazu zyskały na znaczeniu wraz z rozwojem rynku. W 2024 roku szczególnie dotkliwe stały się ograniczenia finansowe wynikające z wysokich stóp procentowych i trudnych warunków ekonomicznych, które dodatkowo podnosiły próg opłacalności inwestycji biogazowych.

Bariery regulacyjne stanowią najbardziej uporczywą przeszkodę w rozwoju biogazu w Polsce. Mimo zapowiedzi uproszczeń i zmian, skomplikowane procedury uzyskiwania pozwoleń i nieprzewidywalność ram regulacyjnych pozostają głównym wyzwaniem dla inwestorów. Widoczna jest jednak pewna ewolucja w charakterze tych barier. O ile w latach 2020-2021 główny nacisk kładziono na podstawowe problemy związane z brakiem spójnych regulacji, o tyle w latach 2023-2024 dyskusja przesunęła się w kierunku jakości i stabilności istniejących już ram prawnych. Najnowszy raport z 2024 roku sugeruje nieznaczną poprawę w niektórych aspektach regulacyjnych, choć problem nadal utrzymuje się na poziomie hamującym dynamiczny rozwój sektora.

⁹⁴ Czekala, W. i in., 2022, Raport Biogaz w Polsce, <https://magazynbiomasa.pl/raport-biogaz-w-polsce-2022-pobierz-i-czytaj-za-darmo/>, dostęp: 25.03.2025.

⁹⁵ Dach, J. i in., 2023, Raport: Biogaz i biometan w Polsce, <https://magazynbiomasa.pl/biogaz-i-biometan-w-polsce-2023-raport-do-pobrania-za-darmo/>, dostęp: 25.03.2025.

⁹⁶ Sienkiewicz, M. i in., 2024, Raport 2024. Od gazu ziemnego do biometanu. Dekarbonizacja polskiego gazownictwa, <https://dise.org.pl/Raport-Od-gazu-ziemnego-do-biometanu.pdf>, dostęp: 25.03.2025.

Problemy z przyłączeniem biogazowni do sieci gazowej były szczególnie akcentowane w raportach z 2020 i 2021 roku. W późniejszych latach kwestia ta nadal występuje, lecz z nieco mniejszym naciskiem, co może sugerować pewne postępy w tej dziedzinie. Jednocześnie w miarę dojrzewania rynku biogazowego w Polsce, raporty z lat 2023-2024 zaczynają identyfikować bardziej zaawansowane bariery techniczne, takie jak wyzwania związane z integracją biogazowni z siecią czy problemy z dostępnością specjalistycznych komponentów. Bariery infrastrukturalne ewoluowały więc od podstawowych problemów z dostępem do sieci w kierunku bardziej złożonych wyzwań technicznych związanych z optymalizacją pracy biogazowni i ich efektywną integracją z krajowym systemem energetycznym.

Analiza porównawcza wykazuje wyraźny wzrost znaczenia barier ekonomicznych w ostatnich latach. O ile raporty z lat 2020-2021 wspominały o problemach finansowych głównie w kontekście niewystarczających mechanizmów wsparcia, o tyle dokumenty z lat 2022-2024 podkreślają narastające trudności ekonomiczne wynikające z inflacji, rosnących kosztów materiałów oraz wysokich stóp procentowych. Warto zauważyć, że w latach 2020-2021 ekonomika projektów biogazowych była analizowana głównie przez pryzmat stabilności systemu wsparcia, natomiast od 2022 roku dyskusja znacznie się poszerzyła, obejmując takie aspekty jak rosnące koszty surowców, inflacja, problemy z finansowaniem w warunkach wysokich stóp procentowych czy konkurencja o surowce z innymi sektorami gospodarki.

Interesującym aspektem analizy porównawczej jest zauważalne pojawianie się nowych typów barier w miarę upływu czasu. Raporty z lat 2020-2021 koncentrują się głównie na barierach regulacyjnych i infrastrukturalnych, natomiast w latach 2022-2024 coraz większe znaczenie zyskują bariery związane z dostępnością surowców, kompetencjami kadrowymi czy zakłóceniami w łańcuchach dostaw. Szczególnie zauważalne jest pojawienie się w raporcie z 2021 roku społecznego wymiaru barier rozwoju biogazowni, związanego z oporem lokalnych społeczności, a następnie w raporcie z 2024 roku wyraźne zaakcentowanie niedoborów wykwalifikowanych specjalistów w sektorze biogazu jako istotnej bariery rozwojowej.

Analiza raportu "Biogaz w Polsce 2023"⁹⁷ opublikowanego przez portal Teraz Środowisko identyfikuje następujące bariery dla rozwoju biogazu w Polsce: regulacyjne i legislacyjne, finansowe, techniczne, społeczne, surowcowe i rynkowe. W zakresie regulacyjnych i legislacyjnych publikacja wskazuje na brak definicji i regulacji dla biometanu. Raport podkreśla, że brak jasnych regulacji prawnych dotyczących biometanu hamuje rozwój tego sektora. Inwestorzy czekają na stabilne ramy prawne, które określą zasady wsparcia i funkcjonowania biometanowni. Po drugie, podnosi kwestię złożonych procedur administracyjnych. Proces uzyskiwania pozwoleń na budowę i eksploatację biogazowni jest nadal skomplikowany i czasochłonny, co zniechęca potencjalnych inwestorów. Po trzecie, częste zmiany w systemie wsparcia dla OZE powodują niepewność inwestycyjną i utrudniają planowanie długoterminowe, co stanowi o niestabilności systemu wsparcia.

⁹⁷ TerazŚrodowisko.pl, 2023, Biogaz w Polsce 2023. Nowe otwarcie, <https://www.teraz-srodowisko.pl/publikacje/biogaz-w-polsce-2023/teraz-srodowisko-publikacja-biogaz-w-polsce-2023.pdf>, dostęp: 25.03.2025.

Bariery finansowe dzielą się na dwie zasadnicze kategorie: niewystarczające wsparcie finansowe i wysokie koszty inwestycyjne. Pomimo dostępnych programów wsparcia, takich jak "Energia dla Wsi" i "Rozwój kogeneracji w oparciu o biogaz komunalny", wsparcie finansowe dla biogazowni jest nadal niewystarczające w porównaniu z innymi krajami europejskimi. Dodatkowo, budowa biogazowni wiąże się z wysokimi kosztami inwestycyjnymi, co stanowi barierę dla mniejszych przedsiębiorstw i rolników.

Problemy z przyłączeniem do sieci i ograniczona dostępność technologii składają się na bariery techniczne. Biogazownie często napotykają na trudności z przyłączeniem do sieci gazowej, co ogranicza możliwości sprzedaży biogazu. Brak dostępu do nowoczesnych i efektywnych technologii produkcji biogazu może ograniczać wydajność i opłacalność instalacji.

Bariery społeczne, czyli brak społecznej akceptacji i niedostateczna wiedza i świadomość są elementami barier społecznych. Według raportu, lokalne społeczności często wyrażają sprzeciw wobec budowy biogazowni ze względu na obawy związane z uciążliwościami zapachowymi, hałasem i zwiększonym ruchem pojazdów. Natomiast brak wiedzy na temat korzyści płynących z biogazu i biometanu utrudnia budowanie poparcia społecznego dla tego typu inwestycji.

Kolejnym hamulcem dla rozwoju rynku biogazowego jest ograniczona dostępność substratów, czyli bariera surowcowa. Konkurencja o substraty do produkcji biogazu z innymi sektorami gospodarki (np. produkcja pasz, nawozów) może ograniczać dostępność surowców i zwiększać ich koszt.

Ostatnią grupą barier wskazywaną w raporcie są rynkowe: niska cena gazu ziemnego i brak rynku dla biometanu. Niska cena gazu ziemnego sprawia, że biogaz i biometan są mniej konkurencyjne na rynku energii. Brak rozwiniętego rynku dla biometanu, w tym odpowiednich regulacji dotyczących jego zatłaczania do sieci gazowej i wykorzystania w transporcie, utrudnia komercjalizację tego paliwa.

Tabela 1 Podsumowanie barier rozwoju biogazu

Kategoria	Podkategoria	Opis	Przykłady
1. Bariery techniczne	1.1. Infrastrukturalne	Problemy z infrastrukturą do produkcji, dystrybucji i użytkowania biogazu	Ograniczony dostęp do stacji tankowania, brak przyłączy do sieci gazowej, problemy z transportem surowców
	1.2. Surowcowe	Problemy z dostępnością i jakością surowców	Niewystarczająca ilość odpadów organicznych lub zwierząt gospodarskich, problemy z segregacją odpadów, sezonowość dostaw
	1.3. Technologiczne	Problemy z dostępnością technologii	Zależność od importowanych technologii, brak lokalnych rozwiązań, wysokie koszty technologii
	1.4. Kadrowe	Problemy z dostępnością wykwalifikowanej kadry	Brak specjalistów, operatorów, firm konstrukcyjnych, niedostateczne wykształcenie rolników
	1.5. Eksploatacyjne	Problemy z utrzymaniem instalacji	Częste naprawy, brak odpowiedniej konserwacji, awarie techniczne

	1.6. Charakterystyczne dla biogazu	Specyficzne cechy biogazu utrudniające jego wykorzystanie	Zmienność składu i wartości kalorycznej, zanieczyszczenia (H_2S , NH_3), sezonowe zmiany wydajności
2. Bariery ekonomiczne	2.1. Inwestycyjne	Wysokie koszty początkowe	Koszty budowy biogazowni, zakupu sprzętu, zatrudnienia personelu
	2.2. Finansowe	Problemy z dostępem do kapitału	Brak dotacji, programów wsparcia, preferencyjnych kredytów, niedostateczna rentowność
	2.3. Konkurencyjne	Nierówne warunki konkurencji	Subsydiowanie paliw kopalnych, niska konkurencyjność ekonomiczna biogazu, wyższy LCOE w porównaniu do innych OZE
	2.4. Strukturalne	Problemy strukturalne rolnictwa	Rozdrobnienie gospodarstw rolnych, mała skala produkcji, rosnące ceny gruntów
	2.5. B+R	Problemy z finansowaniem badań	Niedostateczne środki na R&D, brak krajowej bazy technologicznej
3. Bariery prawno-instytucjonalne	3.1. Regulacyjne	Problemy z przepisami prawnymi	Niestabilne prawo, skomplikowane przepisy, brak jednoznacznych regulacji
	3.2. Administracyjne	Bariery biurokratyczne	Długie procesy decyzyjne, czasochłonne procedury, skomplikowane wymogi formalne
	3.3. Koordynacyjne	Problemy z koordynacją działań	Brak współpracy między instytucjami, rozproszone działania różnych podmiotów
	3.4. Polityczne	Problemy polityczne	Zmiany polityki energetycznej, brak długoterminowej wizji, sprzeczne interesy
4. Bariery rynkowe	4.1. Strukturalne	Problemy z organizacją rynku	Niedojrzałość rynku biogazu, brak komercjalizacji produktów ubocznych
	4.2. Cenowe	Problemy z cenami i przychodami	Wahania cen certyfikatów pochodzenia, niepewność przychodów, niestabilność systemu wsparcia
	4.3. Dystrybucyjne	Problemy z dostępem do rynku	Trudności w dostępie do sieci dystrybucyjnych, problemy z magazynowaniem biogazu
5. Bariery społeczno-kulturowe	5.1. Świadomościowe	Brak wiedzy o korzyściach	Niski poziom świadomości możliwości wykorzystania biogazu, brak zrozumienia korzyści środowiskowych
	5.2. Wizerunkowe	Negatywne postrzeganie	Negatywny wizerunek po wcześniejszych niepowodzeniach, syndrom NIMBY
	5.3. Edukacyjne	Brak edukacji w zakresie biogazowni	Niedostateczna wiedza techniczna, brak szkoleń, niewystarczające kompetencje
6. Bariery środowiskowe	6.1. Emisyjne	Obawy o zanieczyszczenia	Obawy o emisje zanieczyszczeń, problemy z odorami
	6.2. Konkurencyjne	Konkurencja z produkcją żywności	Kontrowersje związane z wykorzystaniem upraw energetycznych, konkurencja o grunty

	6.3. Klimatyczne	Wpływ klimatu na produkcję	Problemy z produkcją w niskich temperaturach, sezonowość
--	---------------------	----------------------------	--

Źródło: opracowanie własne na podstawie^{98 99 100 101}

REKOMENDACJE DLA POLITYK PUBLICZNYCH DOTYCZĄCE WSPARCIA ROZWOJU BIOGAZOWNI ROLNICZYCH W MODELU ENERGETYKI ROZPROSZONEJ

Poniżej dokonano zestawiania barier rozwojowych biogazowni, zgrupowanych w ramach pięciu obszarów: techniczno-infrastrukturalnego, surowcowego, ekonomicznego, prawno-instytucjonalnego oraz społeczno-kulturowego. Obszarom tym odpowiadają poszczególne grupy rekomendacji (łącznie pięć grup), wskazujące kierunki działań wspierających rozwój biogazu z podziałem na poziom krajowy i lokalny. Poziomy te wyczerpująco określają zakresy i wymiary rekomendowanych rozwiązań podejmowanych z jednej strony przez organy władzy centralnej, z drugiej przez samorządy gminne wraz z interesariuszami biogazowni. Ponadto dla każdej z grup rekomendacji, oddzielnie dla każdego poziomu, scharakteryzowane zostały spodziewane rezultaty implementacji rekomendowanych działań.

Obszary barier wraz z odpowiadającymi im zakresami przedmiotowymi:

BARIERY TECHNICZNE I INFRASTRUKTURALNE

- Technologiczne: Uzależnienie od importowanych technologii, wysokie koszty inwestycyjne, brak lokalnych rozwiązań technologicznych.
- Infrastrukturalne: Problemy z przyłączeniem do sieci, niedostosowanie infrastruktury, duża liczba odmów przyłączeń.
- Kadrowe: Brak wykwalifikowanej kadry, niewystarczające szkolenie rolników, trudności w obsłudze i serwisowaniu instalacji.
- Charakterystyczne dla biogazu: Zmienność składu i wartości kalorycznej, obecność zanieczyszczeń, wysokie koszty oczyszczania.

BARIERY SUROWCOWE

- Niewystarczająca ilość i dostępność substratów, nieregularne dostawy, niewystarczająca infrastruktura magazynowa.
- Sezonowość substratów, trudności z przechowywaniem, rozdrobnienie gospodarstw rolnych, niska obsada zwierząt.

⁹⁸ Nevzorova, T., & Kutcherov, V., 2019, Barriers to the wider implementation of biogas as a energy source: A state-of-the-art review. Energy Strategy Reviews, 26, 100414.; <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100414>.

⁹⁹ Pawlak, J., 2013, Biogaz z rolnictwa – korzyści i bariery. Problemy Inżynierii Rolniczej VII–IX, 3(81), 99–108, https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-8cc2e5e3-b4fd-444c-bb9a-2c85ed549912/c/Pawlak_Biogaz.pdf

¹⁰⁰ Ignaciuk, W., & Sulewski, P., 2021, Conditions of development of the agricultural biogas industry in Poland in the context of historical experiences and challenges of the European Green Deal, Zagadnienia Ekonomiki Rolnej / Problems of Agricultural Economics, 368(3), 55-77. <https://doi.org/10.30858/zer/140413>

¹⁰¹ Bednarek, A. i in., 2023, Development Barriers of Agricultural Biogas Plants in Poland, Economics and Environment 84(1), 229-258, <https://doi.org/10.34659/eis.2023.84.1.528>.

- Konkurencja o substraty z innymi gałęziami gospodarki, lobbing na rzecz spalarni odpadów, brak jasnych przepisów dotyczących substratów.

BARIERY EKONOMICZNE

- Inwestycyjne i finansowe: Wysokie koszty początkowe, ograniczony dostęp do kapitału, niewystarczające wsparcie finansowe, niestabilność mechanizmów wsparcia.
- Konkurencyjne: Nierówne warunki konkurencji, subsydiowanie paliw kopalnych, niska rentowność, wyższy koszt energii, brak rynku biometanu.
- Rynkowe: Niedojrzały rynek, brak stabilnych mechanizmów handlu, ograniczona komercjalizacja produktów ubocznych, wahania cen certyfikatów.

BARIERY PRAWNO-INSTYTUCJONALNE

- Regulacyjne: Brak jednolitych i przewidywalnych przepisów, częste zmiany prawa, skomplikowane procedury administracyjne, nierówne traktowanie instalacji.
- Administracyjne: Decentralizacja procesów decyzyjnych, nadmierna biurokracja, kontrowersje podatkowe, ograniczenia planistyczne, bariery w partnerstwach publiczno-prywatnych.

BARIERY SPOŁECZNO-KULTUROWE

- Świadomościowe: Brak wiedzy o korzyściach, niedostateczna edukacja.
- Wizerunkowe: Negatywne postrzeganie, syndrom NIMBY, sprzeciw lokalnych społeczności.
- Emisyjne: Obawy o zanieczyszczenia, problemy z odorami, potencjalny wpływ na zdrowie i środowisko.
- Edukacyjne: Brak szkoleń, niedostateczna wiedza techniczna, brak kompetencji u operatorów i rolników.

REKOMENDACJE	W	OBSZARZE	BARIER	TECHNICZNYCH	I
INFRASTRUKTURALNYCH					

POZIOM KRAJOWY

PRZYŚPIESZYĆ ROZBUDOWĘ I MODERNIZACJĘ TECHNOLOGICZNĄ SIECI ELEKTROENERGETYCZNYCH I CIEPŁOWNICZYCH, W CELU ROZWOJU KRAJOWYCH I LOKALNYCH RYNKÓW ENERGII ZAPEWNIAJĄCYCH WYŻSZY UDZIAŁ MOCY OZE.

W szczególności rekomenduje się:

- Zwiększenie inwestycji w modernizację istniejących sieci przesyłowych i dystrybucyjnych oraz budowę nowych połączeń, a także przebudowę infrastruktury energetycznej w kierunku większej decentralizacji produkcji i dystrybucji energii, aby umożliwić przyłączanie rozproszonych źródeł OZE, w tym biogazowni.
- Rozwój rozwiązań typu cable pooling, a więc współdzielenie przyłączy przez kilka instalacji OZE (np. biogazowni z fotowoltaiką), co redukuje koszty i obciążenie sieci.

- Priorytetowe traktowanie rozbudowy sieci w regionach rolniczych, gdzie występują największe problemy z przeciążeniami (np. w województwach wielkopolskim, kujawsko-pomorskim).
- Wdrażanie inteligentnych sieci, np. Niskotemperaturowych Sieci Ciepłowniczych 4. Generacji (SC 4G), co umożliwi efektywne zarządzanie energią i integrację OZE.
- Zwiększenie inwestycji w rozbudowę systemów magazynowania energii elektrycznej i ciepłej, co pozwoli zarządzać zmienną generacją z instalacji OZE.
- Stosowanie takich rozwiązań jak tryb semi-off-grid, przez co biogazownie mogą magazynować biogaz i produkować energię w godzinach szczytu, odciążając sieć.

OPRACOWAĆ I WDROŻYĆ PROGRAMY WSPARCIA TECHNICZNEGO I ROZWOJU TECHNOLOGII BIOGAZOWYCH W POLSCE W CELU ZWIĘKSZENIA DOSTĘPNOŚCI KOMPONENTÓW NA KRAJOWYM RYNKU I ROZWOJU POLSKIEGO KNOW-HOW W SEKTORZE BIOGAZU I BIOMETANU.

W szczególności rekomenduje się:

- Wprowadzenie krajowego programu dotacji na zakup i wdrażanie polskich technologii biogazowych, zmniejszając zależność od importowanych rozwiązań.
- Finansowanie badań nad optymalizacją procesów fermentacji z wykorzystaniem różnorodnych substratów, technologiami oczyszczania biogazu oraz zagospodarowaniem pofermentu.
- Rozwój technologii małoskalowych i zdecentralizowanych, dostosowanych do lokalnych warunków i potrzeb.

OPRACOWAĆ I WDROŻYĆ PROGRAMY ROZWOJU UMIEJĘTNOŚCI I KWALIFIKACJI ZAWODOWYCH W ZAKRESIE OBSŁUGI I ZARZĄDZANIA TECHNOLOGIAMI BIOGAZOWYMI, W CELU ZAPEWNIENIA DOSTĘPU DO WYKWALIFIKOWANEJ KADRY.

W szczególności rekomenduje się:

- Utworzyć centra doskonałości w zakresie technologii biogazowych, wspierające badania nad wydajniejszymi metodami produkcji i oczyszczania biogazu.
- Rozwijać szkolenia i wsparcie techniczne dla operatorów biogazowni oraz kadr administracyjnych odpowiedzialnych za planowanie przestrzenne i gospodarkę energetyczną na poziomie samorządowym i centralnym.
- Wprowadzić programy szkoleniowe dla rolników w zakresie produkcji biogazu i zarządzania biogazowniami rolniczymi.
- Opracować kwalifikacje zawodowe i programy szkoleniowe w zakresie technologii biogazowych.

SPODZIEWANE REZULTATY:

- Zwiększenie udziału OZE w miksie energetycznym, dzięki modernizacji i rozbudowie sieci oraz przyłączeniu rozproszonych źródeł OZE, w tym biogazowni.
- Rozwój energetyki rozproszonej i biogazowni poprzez decentralizację produkcji i dystrybucji energii.
- Zwiększenie wykorzystania potencjału biogazowego i redukcja przeciążenia sieci, dzięki priorytetowej rozbudowie sieci w regionach rolniczych.

- Zwiększenie efektywności zarządzania energią, lokalna integracja różnych źródeł OZE oraz redukcję kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych, dzięki wdrożeniu inteligentnych sieci i rozwiązań typu cable pooling.
- Zwiększenie dostępności krajowych komponentów, rozwój polskiego know-how oraz wdrożenie nowoczesnych krajowych technologii, a przez to zmniejszenie zależności od zagranicznych rozwiązań, dzięki wprowadzeniu i rozszerzeniu narodowych programów dotacji i finansowania badań w zakresie technologii biogazowych.
- Lepsze wykorzystanie potencjału surowcowego oraz wsparcie lokalnych społeczności i rolników, dzięki rozwojowi małoskalowych i zdecentralizowanych technologii dostosowanych do lokalnych warunków.
- Wzrost kompetencji kadry i wsparcia w tym zakresie dla samorządów i rolników, dzięki utworzeniu centrów doskonałości, opracowaniu szkoleń i programów kwalifikacyjnych.
- Zwiększenie świadomości korzyści płynących z biogazowni oraz wzrost akceptacji społecznej dla inwestycji biogazowych, dzięki upowszechnianiu programów szkoleniowych i edukacyjnych dla rolników oraz przedstawicieli społeczności lokalnych.

POZIOM LOKALNY

PODJĄĆ KOMPLEKSOWE DZIAŁANIA MAJĄCE NA CELU ROZWÓJ LOKALNEJ INFRASTRUKTURY I SYSTEMU ENERGETYCZNEGO.

W szczególności rekomenduje się:

- Rozwój lokalnych sieci dystrybucji energii umożliwiających efektywne włączenie biogazowni do systemu energetycznego i ciepłowniczego oraz bezpośrednie zasilanie w elektryczność i ciepło lokalnych odbiorców (gospodarstwa domowe, budynki komunalne, rolnictwo, biznes).
- Integracja biogazowni z innymi źródłami OZE, takimi jak fotowoltaika czy małe elektrownie wiatrowe oraz magazynami energii.
- Wsparcie rozwoju lokalnych mikrosieci, które mogą funkcjonować niezależnie od sieci głównej w przypadku awarii, zapewniając bezpieczeństwo energetyczne obszarom wiejskim.

SPODZIEWANE REZULTATY:

- Integracja biogazowni z krajowym systemem energetycznym, utworzenie lokalnych rynków energetycznych oraz ograniczenie strat przesyłowych związanych z transportem energii na duże odległości, dzięki rozwojowi lokalnej sieci energetycznej.
- Zwiększenie atrakcyjności inwestycyjnej regionu i wsparcie rozwoju lokalnej gospodarki, dzięki postaniu lokalnych rynków energetycznych.
- Obniżenie śladu węglowego gmin, dzięki zastąpieniu paliw kopalnych w sektorze ciepłownictwa mieszkanką OZE i biogazu.
- Podniesienie poziomu bezpieczeństwa energetycznego obszarów wiejskich i zabezpieczenie społeczności przed przerwami w dostawach energii (np. podczas awarii lub ekstremalnych zjawisk pogodowych), dzięki zastosowaniu mikrosieci.

POZIOM KRAJOWY

DALSZE UPRASZCZANIE PRZEPISÓW PRAWNYCH I PROCEDUR ADMINISTRACYJNYCH DOTYCZĄCYCH SUBSTRATÓW ORAZ POFERMENTU, W CELU ICH BARDZIEJ EFEKTYWNEGO I ZWIĘKSZONEGO WYKORZYSTANIA.

W szczególności rekomenduje się:

- Zwiększenie wykorzystania substratów odpadowych, przez rozważenie rozszerzenia listy substratów wyłączonych spod rygorystycznych przepisów o odpadach.
- Zwiększenie wykorzystania pofermentu jako nawozu, przez wprowadzenie jasnych i jednolitych przepisów dotyczących statusu pofermentu.
- Promocja i wdrożenie systemu certyfikacji pofermentu jako pełnowartościowego nawozu organicznego.

SPODZIEWANE REZULTATY:

- Wzrost zasobów surowcowych dla biogazowni i poszerzenie rynku surowcowego, dzięki rozszerzeniu listy substratów wyłączonych spod przepisów o odpadach.
- Redukcja emisji gazów cieplarnianych z produkcji nawozów sztucznych i magazynowania odpadów organicznych, dzięki zwiększeniu stosowania pofermentu w rolnictwie.
- Wzrost bezpieczeństwa surowcowego kraju, dzięki wykorzystaniu dodatkowych wolumenów substratów rocznie.
- Wzrost konkurencyjności polskiego rolnictwa, dzięki zwiększonemu dostępowi do tańszych i wysokojakościowych nawozów organicznych.

POZIOM LOKALNY

OPRACOWANIE I WDROŻENIE ROZWIĄZAŃ NA RZECZ LOKALNEGO OBROTU I DYSTRYBUCJI SUBSTRATU ORAZ POFERMENTU, W CELU STABILIZACJI ŁAŃCUCHA DOSTAW I DYSTRYBUCJI KORZYŚCI EKONOMICZNYCH MIĘDZY MIEJSCOWYMI INTERESARIUSZAMI BIOGAZOWNI.

W szczególności rekomenduje się:

- Zachęcanie do zawierania długoterminowych kontraktów między inwestorami biogazowniami a lokalnymi dostawcami substratów i odbiorcami pofermentu.
- Wdrożenie lokalnego systemu monitorowania dostępności surowców do produkcji biogazu, np. tworzenie map potencjału substratowego w formie gminnych baz danych surowców do produkcji biogazu.
- Wspieranie lokalnych systemów logistyki odpadów organicznych na potrzeby biogazowni, np. przez tworzenie lokalnych punktów zbierania, magazynowania i transportowania odpadów organicznych na potrzeby biogazowni.
- Wprowadzić zachęty dla rolników do zagospodarowania odpadów rolniczych jako substratów do produkcji biogazu.
- Rozważenie zobowiązania inwestora do obligatoryjnego wymogu wykorzystania minimalnego limitu substratów z lokalnych źródeł.

SPODZIEWANE REZULTATY:

- Stabilizacja łańcucha dostaw substratów, zmniejszenie ryzyka w przestojach produkcji biogazu i wzrost opłacalności inwestycji, dzięki zawieraniu długoterminowych kontraktów między biogazowniami a lokalnymi dostawcami.
- Optymalizacja wykorzystania lokalnych zasobów surowcowych, ograniczenie skali ich składowania, obniżenie emisji z transportu i zmniejszenie kosztów operacyjnych, dzięki utworzeniu gminnych bazy danych substratów oraz lokalnych punktów zbierania i magazynowania odpadów.
- Dywersyfikacja i zwiększenie dochodów dostawców substratów, w szczególności rolników, dzięki wprowadzeniu dotacji lub ulg podatkowych za przeznaczanie odpadów rolniczych jako substratu dla biogazowni.
- Budowa lokalnych synergii gospodarczych i powstanie lokalnego rynku energetycznego (rolnicy, biogazownia, odbiorcy ciepła/energii), zwiększającego samowystarczalność energetyczną społeczności lokalnych, dzięki wprowadzeniu dla inwestora obowiązku wykorzystania 30–50% substratów z lokalnych źródeł.

REKOMENDACJE W OBSZARZE BARIER EKONOMICZNYCH

POZIOM KRAJOWY

UTRZYMAĆ I ROZSZERZYĆ SYSTEM DOTACJI, PREFERENCYJNYCH KREDYTÓW I GWARANCJI BANKOWYCH DLA INWESTYCJI W BIOGAZOWNIE ROLNICZE, W CELU ZWIĘKSZENIA LICZBY INWESTYCJI I OGRANICZENIA RYZYKA INWESTYCYJNEGO.

W szczególności rekomenduje się:

- Rozważenie zwiększenia wysokości dotacji w ramach programu "Energia dla Wsi" powyżej obecnego limitu, a więc 65% kosztów inwestycji dla rolników i spółdzielni energetycznych.
- Rozszerzenie programu wsparcia wysokosprawnej kogeneracji z biogazu o instalacje o mocy poniżej 1 MW, aby umożliwić rozwój większych biogazowni.
- Stworzenie dedykowanego funduszu gwarancyjnego dla inwestycji biogazowych, zmniejszając w ten sposób ryzyko inwestycyjne i mobilizując kapitał prywatny.
- Kontynuowanie i rozszerzanie systemów dotacji, subwencji oraz preferencyjnych pożyczek również dla modernizowanych biogazowni rolniczych, które kończą okres pierwotnego wsparcia, aby zapewnić ich dalsze funkcjonowanie i rentowność.
- Opracowanie i wdrożenie dedykowanych instrumentów finansowych wspierających tworzenie spółdzielni biogazowych przez rolników.

WZMOCNIĆ CZYNNIKI RENTOWNOŚCI BIOGAZOWNI W OKRESIE SPŁATY ZOBOWIĄZAŃ FINANSOWYCH, W CELU MINIMALIZACJI RYZYKA FINANSOWEGO, ZAPEWNIENIA STABILNOŚCI PRZYCHODÓW I SKRÓCENIA CZASU ZWROTU INWESTYCJI.

W szczególności rekomenduje się:

- Wprowadzenie taryf gwarantowanych na wyprodukowaną energię.
- Rozwój systemów wsparcia, takich jak np. FiT (feed-in-tariff) i FiP (feed-in-premium), które są dedykowane instalacjom biogazowym o różnych mocach.
- Wprowadzenie preferencyjnych stawek podatku od nieruchomości dla biogazowni rolniczych, klasyfikując je np. jako infrastrukturę rolniczą.

SPODZIEWANE REZULTATY:

- Zwiększenie dostępności finansowej programu "Energia dla Wsi" dla mniejszych gospodarstw, dzięki zwiększeniu dotacji powyżej 65% kosztów inwestycji.
- Wzrost liczby większych biogazowni, dzięki rozszerzeniu wsparcia dla kogeneracji na instalacje <1 MW.
- Zwiększenie poziom mobilizacji inwestycji biogazowych finansowanych przez sektor prywatny, dzięki utworzeniu fundusz gwarancyjnego dla inwestycji biogazowych.
- Uniknięcie wyłączenia części wysłużonych instalacji i zabezpieczenie wolumenu energii, przez nie wytwarzanego, dzięki wsparciu finansowemu dla modernizowanych biogazowni.
- Rozwój modelu klastrowego, w którym mogą powstawać spółdzielnie, angażując tysiące rolników, dzięki rozszerzeniu i zwiększeniu instrumentów finansowych, wspierających tworzenie spółdzielni biogazowych przez rolników.
- Zachęcenie i wspieranie rolników w inwestowaniu w biogazownie, dzięki zapewnieniu przewidywalnego strumienia przychodów w perspektywie długookresowej, niezależnego od wahań rynkowych.

REKOMENDACJE W OBSZARZE BARIER PRAWNO-INSTYTUCJONALNYCH

POZIOM KRAJOWY

OPRACOWANIE I WDROŻENIE DŁUGOFALOWEJ STRATEGII ROZWOJU SEKTORA BIOGAZU I BIOMETANU W CELU ZAPEWNIENIA STABILNYCH RAM I PRZEWIDYWALNEJ PERSPEKTYWY DLA ROZWOJU BIOGAZOWNI.

W szczególności rekomenduje się:

- Określenie w strategii roli biogazowni rolniczych w transformacji energetycznej, gospodarce obiegu zamkniętego oraz zapewnieniu samowystarczalności i bezpieczeństwa energetycznego obszarów wiejskich.
- Uwzględnienie regulacji i celów dotyczących gazów odnawialnych zawartych w Dyrektywie RED III z 2023 r.¹⁰² oraz Dyrektywie w sprawie wspólnych zasad rynków wewnętrznych gazów odnawialnego, gazów ziemnych i wodoru z 2024 r.¹⁰³
- Powiązanie strategii z krajowymi dokumentami strategicznymi, takimi jak Polityka Energetyczna Polski do 2040 r. i Aktualizacja Krajowego Planu w dziedzinie Energii i Klimatu do 2030 r.

¹⁰² Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2023/2413 z dnia 18 października 2023 r., <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:32023L2413>, dostęp: 30.05.2025.

¹⁰³ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1788 z dnia 13 czerwca 2024 r., <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:32024L1788>, dostęp: 30.05.2025.

- Wyznaczenie krajowych wskaźników docelowych w zakresie produkcji i wykorzystania biogazu i biometanu.
- Wskazanie konkretnych celów ilościowych, np. budowa średnio jednej biogazowni rolniczej w każdej gminie o odpowiednich warunkach surowcowych do 2040.

DALSZE UPROSZCZENIE PRZEPISÓW DOTYCZĄCYCH BUDOWY I EKSPLOATACJI BIOGAZOWNI ROLNICZYCH, W CELU PRZYSPIESZENIE PROCESU INWESTYCYJNEGO I ZWIĘKSZANIA DOSTĘPNOŚCI ADMINISTRACYJNEJ DLA INWESTORÓW.

W szczególności rekomenduje się:

- Ograniczenie liczby wymaganych pozwoleń, procedur planistycznych oraz zasad lokalizacyjnych (np. określenie racjonalnych odległości od zabudowań).
- Skrócenie czasu oczekiwania na decyzje wydawane przez uprawnione organy (np. Regionalny Dyrektor Ochrony Środowiska, Państwowy Powiatowy Inspektor Sanitarny, Starosta), przez wprowadzenie maksymalnego limitu dni na wydanie decyzji od momentu złożenia wniosków.
- Rozważenie możliwości objęcia uproszczoną procedurą inwestycyjną (zwolnienie z uzyskiwania decyzji środowiskowych) instalacji biogazowych o mocy od 0,5 MW do 1MW.

DALSZE UPROSZCZENIE PRZEPISÓW PRAWNYCH I PROCEDUR ADMINISTRACYJNYCH DOTYCZĄCYCH PRZYŁĄCZANIA DO SIECI INSTALACJI BIOGAZOWYCH W CELU OGRANICZENIA SKALI ODMÓW ICH PRZYŁĄCZENIA PRZEZ OPERATORÓW SIECI DYSTRYBUCYJNYCH (OSD).

W szczególności rekomenduje się:

- Wprowadzenie jako priorytetowego, traktowania wniosków o przyłączenie biogazowni do sieci elektroenergetycznej i ciepłowniczej.
- Skrócenie terminów rozpatrywania wniosków o przyłączenie dla biogazowni do 2 MW.
- Wprowadzenie jasnych kryteriów oceny mocy przyłączeniowych i obowiązku publikacji danych o wolnych mocach przez OSD.
- Wprowadzenie mechanizmów finansowych usprawniających proces administracyjny przyłączenia do sieci elektroenergetycznej (np. kar dla OSD za nieuzasadnione odmowy).
- Utworzenie publicznego rejestru odmów przyłączeniowych z podaniem konkretnych przyczyn (np. brak mocy, przeciążenia).

SPODZIEWANE REZULTATY:

- Zapewnienie długofalowych i stabilnych perspektyw działania dla krajowych i zagranicznych interesariuszy sektora biogazu i biometanu w Polsce, dzięki opracowaniu i wdrożeniu dokumentu strategicznego.
- Redukcja emisji z rolnictwa i realizację unijnych celów klimatycznych i norm poprzez dostosowanie strategii biogazowej i biometanowej do wymienionych dyrektyw.
- Wzrost bezpieczeństwa energetycznego kraju poprzez przyspieszenie inwestycji w sektor biogazu i biometanu.

- Skrócenie okresu przygotowawczego inwestycji i czasu realizacji inwestycji nawet o 1/3, co pozwoli na przyspieszenie procesów inwestycyjnych i zwiększenie liczby wybudowanych biogazowni do 2030 r.
- Zwiększenie dostępności administracyjnej i przewidywalności dla inwestora oraz mobilizacji kapitału prywatnego poprzez spadek liczby projektów wstrzymanych z powodu opóźnień administracyjnych.
- Wyższa efektywność zarządzania procesami przyłączania oraz planowania przyłączy do sieci.

POZIOM LOKALNY

PRZYGOTOWANIE PRZEZ SAMORZĄDY POLITYKI PLANOWANIA I ZAGOSPODAROWANIA PRZESTRZENNEGO W CELU OPTYMALIZACJI PROCESÓW INWESTYCYJNYCH DLA BIOGAZOWNI.

W szczególności rekomenduje się:

- Wdrażanie Zintegrowanych Planów Inwestycyjnych, umożliwiających inwestorom inicjowanie procedury planistycznej na koszt własny.
- Wyraźne wskazanie w planach, obszarów wyłączonych z możliwości budowy biogazowni, aby uniknąć niejasności dla potencjalnych inwestorów.
- Stosowanie uchwał lokalizacyjnych dla instalacji powyżej 1 MW mocy zainstalowanej, zamiast pełnej procedury planistycznej.

SPODZIEWANE REZULTATY:

- Skrócenie czasu przygotowania i wzrost efektywności planowania inwestycji w skali gmin.

REKOMENDACJE W OBSZARZE BARIER SPOŁECZNO-KULTUROWYCH

POZIOM KRAJOWY

PROWADZENIE DZIAŁAŃ EDUKACYJNYCH I INFORMACYJNYCH NT. BIOGAZOWNI I ROZWOJU BIOGAZU, CO MA PROWADZIĆ DO ZWIĘKSZENIA AKCEPTACJI SPOŁECZNEJ I ZAANGAŻOWANIA LOKALNYCH SPOŁECZNOŚCI.

W szczególności rekomenduje się:

- Stworzenie sieci demonstracyjnych instalacji biogazowych, pokazujących różne technologie i modele biznesowe.
- Wprowadzenie programów edukacyjnych dla rolników, samorządów i społeczności lokalnych, ukazujących korzyści środowiskowe, ekonomiczne i społeczne płynące z rozwoju biogazowni.
- Wspieranie działań informacyjnych, obalających mity i uprzedzenia dotyczące biogazowni, szczególnie w zakresie zapachów i wpływu na środowisko
- Przeprowadzenie ogólnopolskiej kampanii informacyjnej na temat korzyści środowiskowych, ekonomicznych i społecznych płynących z biogazowni dla społeczności lokalnych i środowiska.

SPODZIEWANE REZULTATY:

- Wzrost świadomości społecznej biogazu i akceptacji społecznej dla technologii biogazowych, co wpłynie na spadek sprzeciwów wobec nowych inwestycji.
- Wzrost kompetencji rolników i samorządowców, co może przełożyć się na zwiększenie poziomu gmin w których będą rozwijane i wdrażane plany rozwoju biogazu czy budowa nowych instalacji.
- Obalanie stereotypów i mitów związanych z działaniem biogazowni pozwoli na zwiększenie poziomu akceptacji i poparcia dla tych technologii przez mieszkańców obszarów wiejskich.

POZIOM LOKALNY

OPRACOWANIE I WDROŻENIE PARTYCYPACYJNEGO MODELU KONSULTACYJNO-DECYZYJNEGO, W CELU POZYSKANIA AKCEPTACJI SPOŁECZNOŚCI LOKALNEJ DLA BIOGAZOWNI.

W szczególności rekomenduje się:

- Inicjowanie i moderowanie przez samorząd komunikacji między inwestorem a społecznością lokalną już na wczesnym etapie planowania inwestycyjnego.
- Wprowadzenie mechanizmów partycypacji społecznej w procesach decyzyjnych dotyczących lokalizacji i funkcjonowania biogazowni, takich jak konsultacje obywatelskie, dni otwarte w biogazowniach, inicjatywy edukacyjne.
- Ustanowienie organu konsultacyjnego, zrzeszającego przedstawicieli interesariuszy biogazowni, uczestniczącego w kreowaniu lokalnej polityki energetycznej.

PROMOWANIE MODELU INWESTYCYJNEGO BIOGAZOWNI ZORIENTOWANEGO NA ROZWÓJ LOKALNEGO RYNKU ENERGETYCZNEGO, W CELU ZASPOKAJANIA POTRZEB LOKALNEJ SPOŁECZNOŚCI W ZAKRESIE SAMOWYSTARCZALNOŚCI I BEZPIECZEŃSTWA ENERGETYCZNEGO.

W szczególności rekomenduje się:

- Zaopatrywanie w energię elektryczną i ciepłą z biogazowni miejscowych odbiorców końcowych (zabudowań mieszkalnych, budynków komunalnych, przedsiębiorstw, rolników).
- Bezpośrednie zasilanie odbiorców (gospodarstw domowych, budynków komunalnych, rolnictwa) w energię elektryczną i ciepło z biogazowni zmniejszy zależność od zewnętrznych dostawców, obniży koszty energii i zwiększy stabilność systemu.
- Integracje biogazowni z innymi źródłami OZE, takimi jak fotowoltaika czy małe elektrownie wiatrowe oraz magazynami energii w celu tworzenia lokalnego, odpornego, i wysoko samowystarczalnego systemu energetycznego.
- Wdrażanie prosumenckich modeli produkcji i dystrybucji energii oraz wykorzystywanie inteligentnych sieci ciepłowniczych, w celu integracji i optymalizacji lokalnego systemu energetycznego.

PROMOWANIE I WSPIERANIE ROZWOJU BIOGAZOWNI ROLNICZYCH W OPARCIU O SPOŁECZNOŚCI ENERGETYCZNE W CELU ZWIĘKSZENIA UDZIAŁU SPOŁECZNOŚCI LOKALNYCH W TWORZENIU LOKALNYCH SYSTEMÓW ENERGETYCZNYCH ORAZ KORZYŚCIACH Z NICH WYNIKAJĄCYCH,

W SZCZEGÓLNOŚCI W ZABEZPIECZENIU ICH POTRZEB W ZAKRESIE SAMOWYSTARCZALNOŚCI I BEZPIECZEŃSTWA ENERGETYCZNEGO.

W szczególności rekomenduje się:

- Zachęcanie rolników i samorządy gminne do zakładania spółdzielni energetycznych i produkcji energii z biogazowni na własne potrzeby, co pozwoli obniżyć koszty energii dla jej członków (dzięki ulgom i preferencjom, takim jak zwolnienie z opłat OZE, mocowej, kogeneracyjnej i zmiennej).
- Zachęcanie rolników i samorządy gminne do wspólnego finansowania inwestycji w biogazownie w ramach spółdzielni energetycznych, ze względu na preferencyjne wsparcie kapitałowo-inwestycyjne i ułatwienia prawno-administracyjne.
- Tworzenie klastrów energii, obejmujących szerokie spektrum podmiotów, w celu konsolidacji lokalnych systemów energetycznych, rozwoju lokalnej gospodarki i wzrostu samowystarczalności energetycznej regionów.
- Opracowanie i wdrożenie przez samorząd gminny działań informacyjno-konsultacyjnych zachęcających rolników do zakładania spółdzielni energetycznych i kompleksowo wspierających ich w tym procesie.

SPODZIEWANE REZULTATY:

- Obniżanie poziomu ubóstwa energetycznego poprzez dostęp do tańszej i zielonej energii.
- Wdrożenie modeli prosumenckich (np. spółdzielnie energetyczne) umożliwi rolnikom i mieszkańcom udział w zyskach z biogazowni (bycie współwłaścicielem instalacji i dodatkowy roczny dochód).
- Wzrost zaangażowania społeczności lokalnych w transformację energetyczną.
- Rozwój lokalnej gospodarki przez powstawanie klastrów energii poprzez generowanie nowych bezpośrednich i pośrednich miejsc pracy.
- Zwiększenie poziomu bezpieczeństwa energetycznego gmin, redukcja poziomu emisji i poprawa jakości życia.

PODSUMOWANIE

Pomimo rosnącej liczby instalacji (412 biogazowni o łącznej mocy ponad 313 MW na koniec 2024 roku), rozwój sektora biogazowego w Polsce pozostaje znacznie poniżej jego potencjału oraz wartości docelowych zakładanych w dokumentach strategicznych. W porównaniu do Niemiec, kraju o zbliżonym potencjale w zakresie dostępu do substratu, czy chociażby Republiki Czeskiej – wciąż jesteśmy na wczesnym etapie rozwoju sektora biogazowego.

Zgodnie z aKPEiK ta sytuacja ma się znacznie zmienić. Według planów, zawartych w tym dokumencie, przewiduje się, w ramach scenariusza bazowego, osiągnięcie 1600 MW mocy w biogazowniach do 2030, zaś a w scenariuszu ambitnym nawet do 2400 MW. Oznacza to konieczność 19-krotnego (scenariusz bazowy) lub 31-krotnego (scenariusz ambitny) przyspieszenia tempa rozwoju względem historycznych trendów z lat 2014-2023. Przewidywany wzrost mocy biogazowych koresponduje z planami w zakresie przyspieszenia tempa rozwoju energetyki rozproszonej jako czynnika dynamizacji transformacji energetycznej. Zgodnie ze scenariuszem WAM

biogazownie rolnicze prowadzone w ramach społeczności energetycznych (klastrow energii lub spółdzielni energetycznych) mają stać się kołem zamachowym transformacji energetycznej na obszarach wiejskich, zaspokajając ich potrzeby energetyczne.

Mając na względzie potrzebę dynamizacji rozwoju krajowego sektora biogazu opracowano model ekosystemu biogazowni, kładąc w nim szczególny nacisk na społeczny kontekst i aspekty funkcjonowania instalacji. W opracowaniu tego modelu pomogły analizy przypadków Michałowa i Grzmiącej zidentyfikowane jako przykłady dobrych praktyk w zakresie kooperacji i partnerstwa biogazowni z lokalnym otoczeniem. Model ukazuje biogazownię jako centrum sieci współzależności między różnymi lokalnymi aktorami: inwestorem, dostawcami substratów, odbiorcami energii, samorządem lokalnym, mieszkańcami oraz inwestorami biznesowymi. Każdy z tych podmiotów pełni określoną funkcję w ramach ekosystemu oraz czerpie konkretne korzyści z funkcjonowania biogazowni, co tworzy podstawy dla zrównoważonego i akceptowalnego społecznie rozwoju lokalnych systemów energetycznych opartych na biogazie.

Najważniejszym wnioskiem z analizy barier jest utrzymująca się persistencja barier regulacyjnych, które mimo pewnych usprawnień nadal stanowią główne wyzwanie dla rozwoju biogazu w Polsce. Skomplikowane procedury uzyskiwania pozwoleń, nieprzewidywalność ram prawnych oraz brak długoterminowej stabilności systemu wsparcia tworzą atmosferę niepewności, która skutecznie zniechęca potencjalnych inwestorów. Mimo deklarowanego przez kolejne rządy wsparcia dla biogazu jako istotnego elementu transformacji energetycznej Polski, rzeczywiste działania regulacyjne nie nadążają za potrzebami rynku. Szczególnie problematyczny jest brak spójnej, długoterminowej strategii rozwoju sektora biogazowego, która dawałaby inwestorom poczucie stabilności i przewidywalności.

Drugim kluczowym wnioskiem jest wyraźne nasilanie się barier ekonomicznych w ostatnich latach analizowanego okresu. Rosnące koszty materiałów budowlanych, wysokie stopy procentowe, inflacja oraz konkurencja o surowce z innymi sektorami gospodarki znacząco podwyższyły próg opłacalności inwestycji biogazowych, czyniąc je mniej atrakcyjnymi ekonomicznie.

Trzecim wnioskiem jest uporczywe utrzymywanie się barier społecznych, czyli brak społecznej akceptacji oraz niska wiedza i świadomość dotyczące biogazu i biogazowni. Jest to szczególnie ważne w kontekście przeprowadzonych tu analiz społecznego kontekstu i aspektów funkcjonowania instalacji biogazowych w ich wielowarstwowych powiązaniach z lokalnym otoczeniem. Lokalne społeczności wyrażają sprzeciw wobec budowy biogazowni ze względu na obawy związane z uciążliwościami zapachowymi, hałasem i zwiększonym ruchem pojazdów. Innym problemem jest brak albo niedostateczna współpraca inwestora z samorządem oraz zaniechania władz lokalnych w zakresie wypracowania skutecznego modelu komunikacji i partycypacji, włączającego mieszkańców w procesy decyzyjne i kontrolne. Przede wszystkim jednak dostrzegalny jest brak wiedzy na temat korzyści wynikających z kooperacji biogazowni z lokalnym otoczeniem, co utrudnia budowanie poparcia społecznego dla tego typu inwestycji. Kwestia ta jest o tyle istotna, że

przewidywane w tzw. specustawie biogazowej z 2023 r.¹⁰⁴ ułatwienia planistyczne w lokalizacji biogazowni otwierają pole na potencjalne konflikty i protesty.

Mimo, że biogazownie rolnicze działają w Polsce od ponad 17 lat, świadomość ich pozytywnego wpływu na wielu poziomach, a więc tak w kontekście transformacji energetycznej jak i korzyści dla społeczności lokalnych, nadal pozostaje niewielka. Model ekosystemu biogazowni obrazuje potencjał instalacji biogazowych w zakresie tworzenia zintegrowanych wokół nich układów społecznych działających efektywnie dzięki wymianie korzyści między ich kluczowymi aktorami. Identyfikuje on w szczególności czynniki społeczne, rozwiązania czy praktyki, na których można oprzeć wytyczne ułatwiające budowę i rozwój lokalnych wspólnot energetycznych o wysokim potencjale samowystarczalności. Biogazownie rolnicze mogą pełnić rolę integratora takich wspólnot i przyczyniać się do większej spójności społecznej obszarów wiejskich. Ponadto mogą one wpływać na wzrost świadomości energetycznej i środowiskowej mieszkańców tych obszarów, włączając ich realnie w proces transformacji energetycznej oraz ograniczać zjawisko ubóstwa energetycznego.

Nie należy zapominać o korzyściach środowiskowych, osiąganych dzięki biogazowniom. Najważniejszą z nich jest znaczące ograniczenie emisji gazów cieplarnianych oraz poprawa jakości powietrza, poprzez zastąpienie kopalnych źródeł energii generacją odnawialną z biogazu. W wyniku kogeneracji, wykorzystuje się całe wytworzone ciepło, co redukuje straty energetyczne i zmniejsza ślad węglowy. Biogazownie przekształcają odpady organiczne w biogaz, które w przypadku tradycyjnego składowania emitowałyby metan – gaz o ponad 20-krotnie wyższym potencjale cieplarnianym niż CO₂. Proces fermentacji beztlenowej w kontrolowanych warunkach ogranicza te emisje o 95%, jednocześnie przekształcając metan w energię użytkową. Powoduje to efektywną redukcję emisji z rolnictwa, wspierając wysiłki na rzecz mitygowania zmian klimatycznych. Dodatkowo biogazownie pełnią znaczącą funkcję utylizacyjną. Ryzyko zanieczyszczenia wód gruntowych spowodowanym zakopaniem w glebie uciążliwych odpadów staje się mniejsze, nie wspominając już o wylewaniu lub gromadzeniu odpadów w miejscach mniej uczęszczanych. W tym kontekście, biogazownie rolnicze mogą okazać się efektywnym narzędziem do walki z nieodpowiedzialnym i niebezpiecznym, często bezprawnym zagospodarowaniem odpadów. Poza tym odnotować należy korzyści wynikające z nawożenia gruntów pofermentem. Stosowanie tego organicznego nawozu zwiększa zawartość materii organicznej w glebie, przy jednoczesnym ograniczeniu wymywania azotanów do wód gruntowych. Osiągane dzięki biogazowniom korzyści środowiskowe to niewątpliwie dobro wspólne wykraczające poza wymiar lokalny.

¹⁰⁴ Ustawa z dnia 13 lipca 2023 r. o ułatwieniach w przygotowaniu i realizacji inwestycji w zakresie biogazowni rolniczych, a także ich funkcjonowaniu (Dz.U. 2023 poz. 1597).

SPIS WYKRESÓW

Wykres 1 Biogazownie w Polsce w 2024 r. w podziale na zakresy mocy w województwach	15
Wykres 2 Moc elektryczna instalacji biogazowych w 2024 r. w podziale na województwa	17
Wykres 3 Moce osiągalne elektrowni biogazowych (MW) w latach 2014-2018 z perspektywą do 2030 r.	18
Wykres 4 Produkcja energii elektrycznej (GWh) z biogazu w latach 2014-2018	19
Wykres 5 Produkcja ciepła z biogazu (TJ) w latach 2014-2018	20

SPIS RYSUNKÓW

Rysunek 1 Liczba biogazowni w Polsce w 2024 r. w podziale na województwa	14
Rysunek 2 Liczba biogazowni w Polsce w 2024 r. do 0,5 MW w podziale na województwa	14
Rysunek 3 Łańcuch wartości biogazu.....	23
Rysunek 4 Lokalny ekosystem energetyczny w Michałowie.....	28
Rysunek 5 Lokalny ekosystem energetyczny w Grzmiącej.....	31
Rysunek 6 Model lokalnego ekosystemu energetycznego z biogazownią	34

SPIS TABEL

Tabela 1 Podsumowanie barier rozwoju biogazu	46
--	----

BIBLIOGRAFIA

Aktualizacja Krajowego Planu w dziedzinie Energii i Klimatu do 2030 r., 2024, https://bip.mos.gov.pl/fileadmin/user_upload/bip/dostep_do_informacji/2024-10-11_Projekt_aKPEiK.pdf, dostęp: 25.03.2025.

Orłowska, J., Suchacka, M., Trembaczowski, Ł., & Ulewicz, R. (2024). Social aspects of establishing energy cooperatives. *Energies*, 17(22), 5709. <https://doi.org/10.3390/en17225709>

Banasik, P. i in., 2020, Raport Biogaz w Polsce, <https://cdr112.e-kei.pl/cdr/images/2021/05/Raport-Biogaz-w-Polsce-2020-magazynbiomasa.pdf>, dostęp: 25.03.2025.

Bednarek, A. i in., 2023, Development Barriers of Agricultural Biogas Plants in Poland, *Economics and Environment* 84(1), 229-258, <https://doi.org/10.34659/eis.2023.84.1.528>.

Bednarek, A. i in., 2024, Raport: Biogaz i biometan w Polsce, <https://magazynbiomasa.pl/pobierz-raport-biogaz-i-biometan-w-polsce-2024/>, dostęp: 25.03.2025.

Biogaz i biometan w projekcie Krajowego Planu na rzecz Energii i Klimatu, 2024, <https://www.gramwzielone.pl/bioenergia/20292322/biogaz-i-biometan-w-projekcie-krajowego-planu-na-rzecz-energii-i-klimatu>, dostęp: 25.03.2025.

Biogazownia rolnicza – korzyści dla gminy i jej mieszkańców, 2023, <https://kobietawsadzie.pl/biogazownia-rolnicza-korzysci-dla-gminy-i-jej-mieszkancow/>, dostęp: 25.03.2025.

Biogazownia w Grzmiącej już działa, 2011, <https://www.gramwzielone.pl/bioenergia/1080/biogazownia-w-grzmiacej-juz-dziala>, dostęp: 25.03.2025.

Biogazownia w Grzmiącej w wirtualnej elektrowni e2m, 2016, <https://magazynbiomasa.pl/biogazownia-grzmiacej-wirtualnej-elektrowni-e2m/>, dostęp: 25.03.2025.

Biogazownie, które dostaną dofinansowanie z Unii, <https://www.ogrzewnictwo.pl/nauka-i-biznes/biznes/dofinansowanie-projektow/dyrektywa-epbd-a-polski-rynek-grzewczy-co-zmieni-sie-w-systemach-ogrzewania-do-2030-roku>

Biomethane Industrial Partnership, 2024, Biomethane Incentives and their effectiveness, https://bip-europe.eu/wp-content/uploads/2024/04/BIP-TF1_Biomethane-incentives-and-their-effectiveness-Final.pdf, dostęp: 19.05.2025.

Bojanowicz-Bablok, A. i in., 2024, Opportunities for producing biogas in the MOFTMO area of Poland. A pre-feasibility study of biogas in Municipal Functional Area Tomaszów

Mazowiecki-Opoczno, <https://www.vista-analyse.no/en/news/new-report-opportunities-for-producing-biogas-in-the-moftmo-area-of-poland/>, dostęp: 25.03.2025.

Chodkowska-Miszczyk, J. i in., 2013, Agricultural biogas plants – a chance for diversification of agriculture in Poland, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 20, Elsevier Ltd, pp. 514–518, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.013>.

Czekała, W. i in., 2022, Raport Biogaz w Polsce, <https://magazynbiomasa.pl/raport-biogaz-w-polsce-2022-pobierz-i-czytaj-za-darmo/>, dostęp: 25.03.2025.

Dach, J. i in., 2023, Raport: Biogaz i biometan w Polsce, <https://magazynbiomasa.pl/biogaz-i-biometan-w-polsce-2023-raport-do-pobrania-za-darmo/>, dostęp: 25.03.2025.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r., <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32018L2001>
Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2023/2413 z dnia 18 października 2023 r., <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:32023L2413>, dostęp: 30.05.2025.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1788 z dnia 13 czerwca 2024 r., <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:32024L1788>, dostęp: 30.05.2025.

EBA, 2024, 22 bcm of biogases were produced in Europe in 2023, according to a new report released today, <https://www.europeanbiogas.eu/22-bcm-of-biogases-were-produced-in-europe-in-2023according-to-a-new-report-released-today/?s=03>

FABbiogas, Biogas production and biogas potentials from residues of the European food and beverage industry, https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2021/02/FAB_resultsoriented_publishable_report.pdf, dostęp: 19.05.2025.

Fajerski, M., 2019, EnergyREGION Michałowo, <https://magazynbiomasa.pl/energyregion-michalowo/>, dostęp: 25.03.2025.

Fajerski, M., 2019a, Klaster energii Michałowo – lokalna energia w pigułce, <https://magazynbiomasa.pl/klaster-energii-michalowo/>, dostęp: 25.03.2025.

Gadirli, G., Pilarska, A.A., Dach, J., Pilarski, K., Kolasa-Więcek, A., & Borowiak, K., 2024, Fundamentals, Operation and Global Prospects for the Development of Biogas Plants—A Review, *Energies*, DOI:10.3390/en17030568.

GUS. 2020. Energia ze źródeł odnawialnych w 2018 roku, <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/energia/energia-ze-zrodel-odnawialnych-w-2018-roku,3,13.html>, dostęp: 25.03.2025.

GUS, 2024, Energia ze źródeł odnawialnych w 2023 roku, <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/energia/energia-ze-zrodel-odnawialnych-w-2023-roku,3,18.html>, dostęp: 25.03.2025.

Gruz, P., 2022. Biogazownie rolnicze. To korzyści dla gminy i jej mieszkańców, <https://raportcsr.pl/biogazownie-rolnicze-to-korzysci-dla-gminy-i-jej-mieszkancow/>, dostęp: 25.03.2025.

Główny Urząd Statystyczny. (2024). Energia ze źródeł odnawialnych w 2023 roku. Warszawa: GUS. Dostępne na: <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/energia/energia-ze-zrodel-odnawialnych-w-2023-roku,10,7.htm>

Grzmiąca z nową biogazownią, <https://www.farmer.pl/produkcja-roslinna/lumax-duo-pak-godny-nastepca-lumax,159016.html?mp=promo>, dostęp: 25.03.2025.

Ignaciuk, W., & Sulewski, P., 2021, Conditions of development of the agricultural biogas industry in Poland in the context of historical experiences and challenges of the European Green Deal, *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej / Problems of Agricultural Economics*, 368(3), 55-77. <https://doi.org/10.30858/zer/140413>.

Institut für Energetik und Umwelt GmbH, Institut für Technologie und Biosystemtechnik, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V, Biogaz. Produkcja i wykorzystywanie, https://ieo.pl/dokumenty/obszary_badan/Biogaz%20-%20Produkcja%20Wykorzystywanie.pdf, dostęp: 25.03.2025.

Kamińska, J., 2024, Biogazownia Michałowo działa jak w zegarku. 98,5% sprawności, <https://magazynbiomasa.pl/biogazownia-michalowo-dziala-jak-w-zegarku-985-sprawnosci/>, dostęp: 25.03.2025.

Kim, J., Kim, H., & Yoo, S., 2022, Social acceptance toward constructing a combined heat and power plant near people's dwellings in South Korea, *Energy*, DOI:10.1016/j.energy.2022.123175.

Klaster Energii Michałowo na ogólnopolskim panelu jako modelowy przykład, 2019, <https://michalowo.eu/czy-miklaster-energii-michalowo-na-ogolnopolskim-panelu-jako-modelowy-przyklad/>, dostęp: 25.03.2025.

Klaster energii w Michałowie stawia na rozwój, 2018, <https://strategia.wrotapodlasia.pl/pl/Aktulanosci/klaster-energii-w-michalowie-stawia-na-rozwoj.html>, dostęp: 25.03.2025.

Komisja Europejska, 2023, State of the Energy Union Report 2023 COM(2023) 650, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52023DC0650#document2>, dostęp: 25.03.2025.

Kornatz, P. i in., 2021, IEA Bioenergy Task 37: Country report Germany 2021, https://task37.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/32/2022/12/Germany_Country_Report_05_2022.pdf, dostęp: 19.05.2025.

KOWR, 2022, Biogazownie rolnicze. Korzyści dla gminy i jej mieszkańców – część 3, <https://www.youtube.com/watch?v=pJ4zZ0hGImU>, dostęp: 25.03.2025.

KOWR, 2023, Biogazownia rolnicza - korzyści dla gminy i jej mieszkańców, https://www.youtube.com/watch?v=2o3nxh_wNi0, dostęp: 25.03.2025.

KOWR, 2025, Rejestr wytwórców biogazu rolniczego, <https://www.gov.pl/web/kowr/rejestr-wytworcow-biogazu-rolniczego>, dostęp: 25.03.2025.

Krajowy Plan w dziedzinie Energii i Klimatu na lata 2021-2030, 2019, <https://www.gov.pl/web/klimat/krajowy-plan-na-rzecz-energii-i-klimatu-na-lata-2021-2030---wersja-2019-r>, dostęp: 25.03.2025.

Krzemiński, J., 2013, Biogazownia w Grzmiącej, <http://old.chronmyklimat.pl/projekty/projekty/biogazownia-przemyslany-wybor/dobre-praktyki/biogazownia-w-grzmiacej?ajax=1&print=1>, dostęp: 25.03.2025.

Krzemiński, J., 2014, Przykłady dobrych praktyk w zakresie budowy i wykorzystania biogazu. Biogazownia w Grzmiącej, w: Grzybek, A. (red). Biogazownia rolnicza. Podręcznik dla samorządowca, https://www.fdpa.org.pl/uploads/downloader/Biogazownie_WWW_ost.pdf, dostęp: 25.03.2025.

Lisiak-Zielińska, M. i in., 2023, Perception of biogas plants: A public awareness and preference - A case study for the agricultural landscape, Renewable Energy, DOI: 10.1016/j.renene.2023.119212.

Lisiecka, D., 2024, Polski rynek biogazu z punktu widzenia Ministerstwa Klimatu i Środowiska, <https://magazynbiomasa.pl/polski-rynek-biogazu-z-punktu-widzenia-ministerstwa-klimatu-i-srodowiska/>, dostęp: 25.03.2025.

Magazyn Biomasa, 2024, Biogaz i biometan w Polsce 2024 (4. edycja). Magazyn Biomasa. <https://magazynbiomasa.pl/pobierz-raport-biogaz-i-biometan-w-polsce-2024/>, dostęp: 25.05.2025.

Mancini, E., & Raggi, A., 2022, Out of sight, out of mind? The importance of local context and trust in understanding the social acceptance of biogas projects: A global scale review, Energy Research & Social Science, DOI:10.1016/j.erss.2022.102697.

Magnani, N., 2012, Exploring the Local Sustainability of a Green Economy in Alpine Communities: A Case Study of a Conflict Over a Biogas Plant, Mountain Research and Development, DOI:10.1659/MRD-JOURNAL-D-11-00105.1.

Mazzanti, M. i in., 2021, The biogas dilemma: An analysis on the social approval of large new plants, Waste Management, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.07.026>.

Michalik, S., Zieliński, D., 2024, *Transformacja energetyczna w Polsce w świetle strategicznych dokumentów rządowych i analiz badawczych*. Warszawa: Sieć Badawcza Łukasiewicz – ITECH Instytut Innowacji i Technologii.

Nevzorova, T., & Kutcherov, V., 2019, Barriers to the wider implementation of biogas as a energy source: A state-of-the-art review. *Energy Strategy Reviews*, 26, 100414.; <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100414>.

NCBR i Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu wspólnie pracują nad ważnym projektem dla polskiej zielonej energii, <https://puls.edu.pl/aktualno-ci/ncbr-i-universytet-przyrodniczy-w-poznaniu-wsp-lnie-pracuj-nad-wa-nym-projektem-dla>, dostęp: 25.03.2025.

Słowiński, W. i in., 2024, Biometan w Polsce. Rosnąca rola biometanu w transformacji energetycznej, <https://www.strategyand.pwc.com/pl/pl/publikacje/2024/biometan-w-polsce-perspektywa-strategiczna-i-inwestycyjna.html>, dostęp: 25.03.2025.

Pawlak, J., 2013, Biogaz z rolnictwa – korzyści i bariery. *Problemy Inżynierii Rolniczej VII–IX*, 3(81), 99–108, https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-8cc2e5e3-b4fd-444c-bb9a-2c85ed549912/c/Pawlak_Biogaz.pdf.

Podlaska gmina daje klimatyczny przykład innym, 2021, <https://ecoreporters.pl/2021/neutralnosc-klimatyczna-michalowo-klaster-energii-biogaz/>, dostęp: 25.03.2025.

Popczyk, J., 2014, Mikrobiogazownia jako innowacja przełomowa, *Czysta Energia* 2/2024, https://www.cire.pl/pliki/2/edukacja_popczyk_.pdf, dostęp: 25.03.2025.

Przekształcamy nasz świat: Agenda na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030, Rezolucja przyjęta przez Zgromadzenie Ogólne w dniu 25 września 2015 r. https://www.unic.un.org.pl/files/164/Agenda%202030_pl_2016_ostateczna.pdf

Roszkowski, J., 2013, W biogazowni w Grzmiącej nie śmierdzi. Podobna ma powstać w Białogardzie, <https://gk24.pl/w-biogazowni-w-grzmiacej-nie-smierdzi-podobna-ma-powstac-w-bialogardzie/ar/4548435>, dostęp: 25.03.2025.

Ruszel, M., 2024, Co oznacza energetyka rozproszona i dlaczego jest kluczem do bezpieczeństwa energetycznego, <https://www.energetyka-rozproszona.pl/artykuly/co-oznacza-energetyka-rozproszona-i-dlaczego-jest-kluczem-do-bezpieczenstwa-energetycznego/>, dostęp: 25.03.2025.

Rynek biogazu. Magazyn branżowy dla przedstawicieli przemysłu biogazowego, 2017, <https://magazynbiomasa.pl/wp-content/uploads/2017/12/RB-05-wybrane.pdf>, dostęp: 25.03.2025.

Szambelańczyk, M. i in., 2023, Biogazownie rolnicze. Wprowadzenie do tematu. Podstawy prawne, <https://www.energiazrolnictwa.pl/wp-content/uploads/2023/12/Prezentacje-warsztaty-z-zakresu-biogazowni-rolniczych-dla-inwestorow.pdf>, dostęp: 25.03.2025 r.

Sienkiewicz, M. i in., 2024, Raport 2024. Od gazu ziemnego do biometanu. Dekarbonizacja polskiego gazownictwa, <https://dise.org.pl/Raport-Od-gazu-ziemnego-do-biometanu.pdf>, dostęp: 25.03.2025.

Strategia rozwoju energetyki rozproszonej w Polsce do 2040 roku (SER2040), 2023, <https://www.gov.pl/web/klimat/strategia-rozwoju-energetyki-rozproszonej2>, dostęp: 25.03.2025.

Swami, S., Suthar, S., Singh, R., Thakur, A.K., Gupta, L.R., & Sikarwar, V.S. (2023). Integration of anaerobic digestion with artificial intelligence to optimise biogas plant operation. *Environment, Development and Sustainability*, 1-31, DOI:10.1007/s10668-023-04326-2.

TerazŚrodowisko.pl, 2023, Biogaz w Polsce 2023. Nowe otwarcie, <https://www.teraz-srodowisko.pl/publikacje/biogaz-w-polsce-2023/teraz-srodowisko-publicacja-biogaz-w-polsce-2023.pdf>, dostęp: 25.03.2025.

Urząd Miejski w Choszcznie, 2012, Protokół z rozprawy administracyjnej z dnia 20.03.2012, https://bip.choszczno.pl/pliki/choszczno/zalaczniki/365464/Protokol_z_rozprawy_administracyjnej.pdf, dostęp: 25.03.2025.

URE, 2025, Instalacje odnawialnych źródeł energii – stan na 31 grudnia 2024 r., <https://www.ure.gov.pl/download/9/15225/MapaOZEnastrURE.xlsx>, dostęp: 25.03.2025.

Ustawa z Dnia 22 Czerwca 2016 R.O Zmianie Ustawy O Odnawialnych Źródłach Energii Oraz Niektórych Innych Ustaw (Dz.U. 2016 poz. 925).

Ustawa z Dnia 22 Czerwca 2016 R.O Zmianie Ustawy O Odnawialnych Źródłach Energii Oraz Niektórych Innych Ustaw (Dz.U. 2016 poz. 925).

Ustawa z dnia 29 października 2021 r. o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. 2021 poz. 2376).

Ustawa z dnia 13 lipca 2023 r. o ułatwieniach w przygotowaniu i realizacji inwestycji w zakresie biogazowni rolniczych, a także ich funkcjonowaniu (Dz.U. 2023 poz. 1597).

Wełnic, R., 2013, Biogazownia w Grzmiącej laureatem Agroligi, <https://gp24.pl/biogazownia-w-grzmiacej-laureatem-agroligi/ar/c3-10192138>, dostęp: 25.03.2025.

W Grzmiącej biogazownia nie cuchnie, 2012, <https://www.portalsamorzadowy.pl/gospodarka-komunalna/w-grzmiacej-biogazownia-nie-cuchnie,35664.html?mp=promo>, dostęp: 25.03.2025.

Witkowski, A., Prezentacja instalacji biogazowej Eko Energia Grzmiąca o mocy 1,6 MW, https://wit.wzp.pl/sites/default/files/files/20451/03898400_1412985735_Biogazownie_-_Eko_Energia_Grzmiaca.pdf, dostęp: 25.03.2025.

Wprowadzenie do łańcucha wartości produkcji biometanu,
<https://agriportance.com/pl/blog/wprowadzenie-do-lancucha-wartosci-produkcji-biometanu/>, dostęp: 25.03.2025.

Yamaji, D. M., Amâncio-Vieira, S. F., Fidelis, R., & Do R. Contani, E. A. (2024). Decision-making in biogas production projects: Paradigms and prospection. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 74(6), 416–438. <https://doi.org/10.1080/10962247.2024.2338747>.

Załącznik 1. Do aKPEiK. Scenariusz aktywnej transformacji, 2024,
https://bip.mos.gov.pl/fileadmin/user_upload/bip/dostep_do_informacji/2024-10-11_Zal_1_do_proj_aKPEiK_scen_WAM.pdf, dostęp: 25.03.2025.

Zielona energia w IT. Przyszłość zaczyna się w Michałowie, 2021,
<https://michalowo.eu/zielona-energia-w-it-przyszlosc-zaczyna-sie-w-michalowie/>,
dostęp: 25.03.2025.

MATERIAŁY DO ANALIZY BIOGAZOWNI W GRZMIĄCEJ:

KOWR, 2022, Biogazownie rolnicze. Korzyści dla gminy i jej mieszkańców – część 3,
<https://www.youtube.com/watch?v=pJ4zZ0hGImU>, dostęp: 25.03.2025.

Biogazownia w Grzmiącej w wirtualnej elektrowni e2m, 2016,
<https://magazynbiomasa.pl/biogazownia-grzmiacej-wirtualnej-elektrowni-e2m/>,
dostęp: 25.03.2025.

Witkowski, A., Prezentacja instalacji biogazowej Eko Energia Grzmiąca o mocy 1,6 MW,
https://wit.wzp.pl/sites/default/files/files/20451/03898400_1412985735_Biogazownie_-Eko_Energia_Grzmiaca.pdf, dostęp: 25.03.2025.

Biogazownia w Grzmiącej już działa, 2011,
<https://www.gramwzielone.pl/bioenergia/1080/biogazownia-w-grzmiacej-juz-dziala>,
dostęp: 25.03.2025.

Urząd Miejski w Choszcznie, 2012, Protokół z rozprawy administracyjnej z dnia 20.03.2012,
https://bip.choszczno.pl/pliki/choszczno/zalaczniki/365464/Protokol_z_rozprawy_administracyjnej.pdf,
dostęp: 25.03.2025.

Wełnic, R., 2013, Biogazownia w Grzmiącej laureatem Agroligi,
<https://gp24.pl/biogazownia-w-grzmiacej-laureatem-agroligi/ar/c3-10192138>,
dostęp: 25.03.2025.

Krzemiński, J., 2013, Biogazownia w Grzmiącej,
<http://old.chronmyklimat.pl/projekty/projekty/biogazownia-przemyslany-wybor/dobre-praktyki/biogazownia-w-grzmiacej?ajax=1&print=1>,
dostęp: 25.03.2025.

Roszkowski, J., 2013, W biogazowni w Grzmiącej nie śmierdzi. Podobna ma powstać w Białogardzie,
<https://gk24.pl/w-biogazowni-w-grzmiacej-nie-smierdzi-podobna-ma-powstac-w-bialogardzie/ar/4548435>,
dostęp: 25.03.2025.

W Grzmiącej biogazownia nie cuchnie, 2012, <https://www.portalsamorzadowy.pl/gospodarka-komunalna/w-grzmiacej-biogazownia-nie-cuchnie,35664.html?mp=promo>, dostęp: 25.03.2025.

Grzmiąca z nową biogazownią, <https://www.farmer.pl/produkcja-roslinna/lumax-duo-pak-godny-nastepca-lumax,159016.html?mp=promo>, dostęp: 25.03.2025.

Krzemiński, J., 2014, Przykłady dobrych praktyk w zakresie budowy i wykorzystania biogazu. Biogazownia w Grzmiącej, w: Grzybek, A. (red). Biogazownia rolnicza. Podręcznik dla samorządowca, https://www.fdpa.org.pl/uploads/downloader/Biogazownie_WWW_ost.pdf, dostęp: 25.03.2025.

Gruz, P., 2022. Biogazownie rolnicze. To korzyści dla gminy i jej mieszkańców, <https://raportcsr.pl/biogazownie-rolnicze-to-korzysci-dla-gminy-i-jej-mieszkancow/>, dostęp: 25.03.2025.

Biogazownie, które dostaną dofinansowanie z Unii, <https://www.ogrzewnictwo.pl/nauka-i-biznes/biznes/dofinansowanie-projektow/dyrektywa-epbd-a-polski-rynek-grzewczy-co-zmieni-sie-w-systemach-ogrzewania-do-2030-roku>

MATERIAŁY DO ANALIZY BIOGAZOWNI W MICHAŁOWIE

Biogazownia rolnicza – korzyści dla gminy i jej mieszkańców, 2023, <https://kobietawsadzie.pl/biogazownia-rolnicza-korzysci-dla-gminy-i-jej-mieszkancow/>, dostęp: 25.03.2025.

Rynek biogazu. Magazyn branżowy dla przedstawicieli przemysłu biogazowego, 2017, <https://magazynbiomasa.pl/wp-content/uploads/2017/12/RB-05-wybrane.pdf>, dostęp: 25.03.202

Kamińska, J., 2024, Biogazownia Michałowo działa jak w zegarku. 98,5% sprawności, <https://magazynbiomasa.pl/biogazownia-michalowo-dziala-jak-w-zegarku-985-sprawnosci/>, dostęp: 25.03.2025.

Zielona energia w IT. Przyszłość zaczyna się w Michałowie, 2021, <https://michalowo.eu/zielona-energia-w-it-przyszlosc-zaczyna-sie-w-michalowie/>, dostęp: 25.03.2025.

Fajerski, M., 2019, EnergyREGION Michałowo, <https://magazynbiomasa.pl/energyregion-michalowo/>, dostęp: 25.03.2025.

KOWR, 2023, Biogazownia rolnicza - korzyści dla gminy i jej mieszkańców, https://www.youtube.com/watch?v=2o3nxxh_wNi0, dostęp: 25.03.2025.

Fajerski, M., 2019a, Klaster energii Michałowo – lokalna energia w pigułce, <https://magazynbiomasa.pl/klaster-energii-michalowo/>, dostęp: 25.03.2025.

¹ Zielona energia w IT. Przyszłość zaczyna się w Michałowie, 2021, <https://michalowo.eu/zielona-energia-w-it-przyszlosc-zaczyna-sie-w-michalowie/>, dostęp: 25.03.2025.

Klaster energii w Michałowie stawia na rozwój, 2018,
<https://strategia.wrotapodlasia.pl/pl/Aktulanosci/klaster-energii-w-michalowie-stawia-na-rozwoj.html>, dostęp: 25.03.2025.

Podlaska gmina daje klimatyczny przykład innym, 2021,
<https://ecoreporters.pl/2021/neutralnosc-klimatyczna-michalowo-klaster-energii-biogaz/>,
dostęp: 25.03.2025.

Klaster Energii Michałowo na ogólnopolskim panelu jako modelowy przykład, 2019,
<https://michalowo.eu/czy-miklaster-energii-michalowo-na-ogolnopolskim-panelu-jako-modelowy-przyklad/>,
dostęp: 25.03.2025.



Łukasiewicz
ITECH
Instytut Innowacji
i Technologii



ul. Żelazna 87, 00-879 Warszawa



tel. 22 100 14 63



instytut@itech.lukasiewicz.gov.pl