

Biometan w miksie energetycznym Polski

Opracowanie na potrzeby Symulatora Polskiego Systemu Energetycznego

Wersja 1.0

Autorzy:

Ewa Krasuska

Hanna Waliszewska

Miłosz Krzywiński

Katarzyna Lenart

Marcin Popkiewicz

Wojciech Racięcki

Warszawa, kwiecień 2024 r.

Wstęp

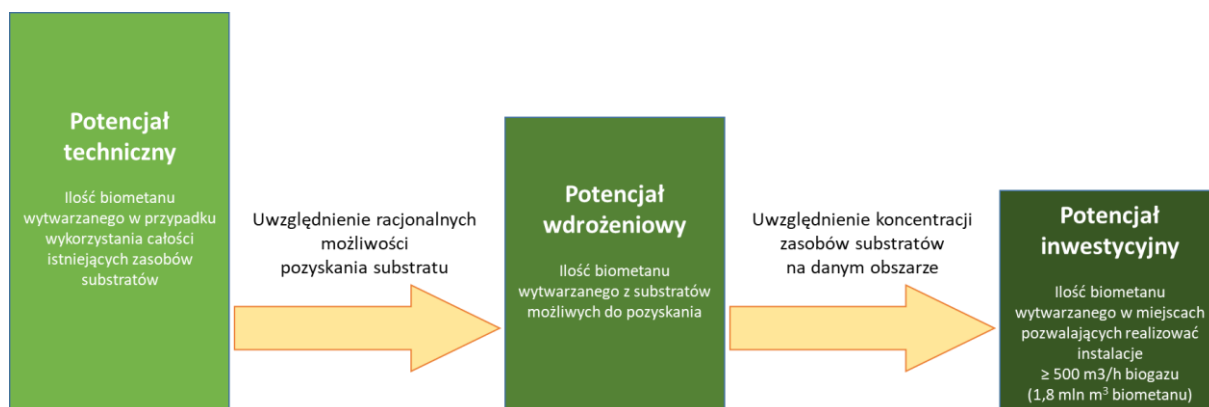
Biometan to paliwo, które będzie odgrywać bardzo ważną rolę w bezemisyjnym miksie energetycznym. Jego rola jest tak kluczowa ze względu na fakt, że biometan (CH₄)¹ to odnawialny i praktycznie bezemisyjny odpowiednik gazu ziemnego, który jako nośnik chemiczny energii jest łatwy w magazynowaniu w istniejącej infrastrukturze gazu ziemnego. Może on doskonale pełnić rolę paliwa dyspozycyjnego wykorzystywanego w źródłach szczytowych, tj. elektrowniach gazowych, do bilansowania i stabilizowania przyszłego systemu energetycznego Polski, w którym dominować będą wiatr i słońce.

Biometan to gaz uzyskiwany z biogazu, który powstaje w procesie fermentacji metanowej materii organicznej. Biogaz jest oczyszczany i kondycjonowany, tak by powstał biometan (CH₄), czyli gaz o parametrach jakościowych ekwiwalentnych do gazu ziemnego.

Jak pokazuje scenariusz 7A **Bezemisyjna gospodarka: 100% OZE** zdefiniowany w Symulatorze Polskiego Systemu Energetycznego, do uzupełnienia miksu energetycznego przez dyspozycyjnie działające elektrownie gazowe potrzebujemy w ciągu roku ok. 1,5-2 mld m³ biometanu.

Jak ma się to do realistycznego potencjału produkcji biometanu?

Na powyższe pytanie odpowiemy poprzez analizę potencjału technicznego, wdrożeniowego oraz inwestycyjnego produkcji biometanu w Polsce, uwzględniając przestrzenny rozkład zasobów do wytwarzania tego paliwa.



Zasoby do produkcji biometanu

Biometan, jako gaz pozyskiwany z biogazu, jest wytwarzany z substancji organicznych. Wyłącznie substraty o charakterze odpadów i pozostałości gwarantują bezemisyjny i zrównoważony charakter tego paliwa, dlatego jako wsad do instalacji należy rozpatrywać przede wszystkim substraty wskazane w Załączniku IX do dyrektywy RED II, takie jak bioodpady, odchody zwierząt czy resztki poźniwne.

¹ Biometan to gaz, którego dominującym składnikiem jest metan (powyżej 90%).

Na potrzeby oszacowania ilości biometanu, którą można wytworzyć w Polsce, wzięto pod uwagę następujące substraty:

- odpady i pozostałości z rolnictwa, takie jak: odchody zwierzęce, nadwyżkowa słoma zbożowa, słoma kukurydziana,
- bioodpady z przetwórstwa rolno-spożywczego,
- bioodpady komunalne miejskie selektywnie zbierane.

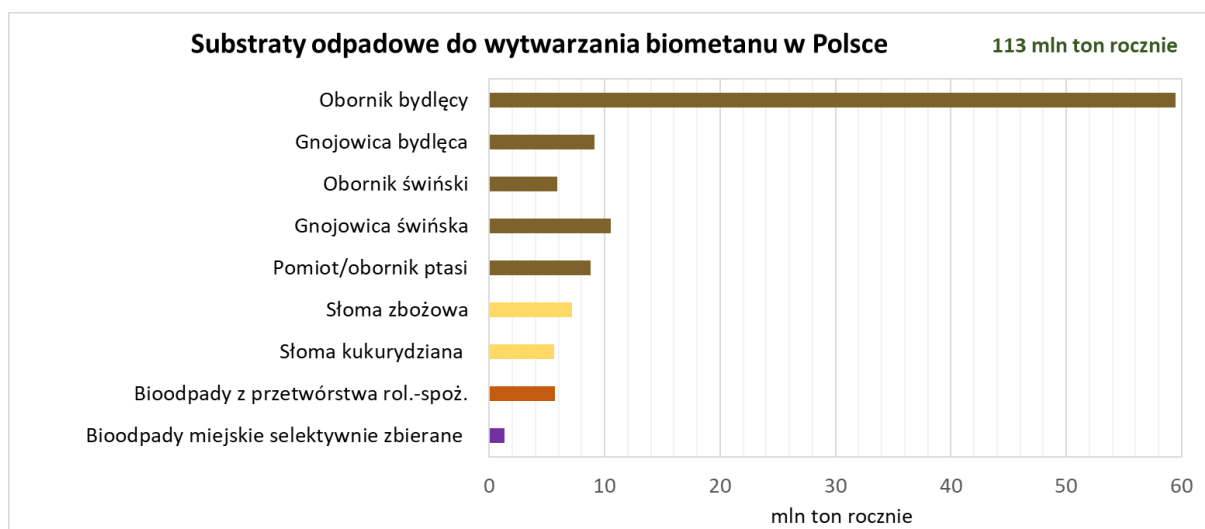
Analiza bazuje na ilości powyższych substratów dostępnych na poziomie gmin. Szczegółowa metodyka określenia zasobów substratów ze wskazaniem źródeł danych jest dostępna [TUTAJ](#) (Załącznik nr 1).

Łączny potencjał techniczny zasobów do produkcji metanu wynosi ok. 113 mln ton (Rysunek 1).

Najważniejszym strumieniem są **odchody zwierzęce** (bydła, świń i drobiu) oszacowane na podstawie danych z bazy danych o zwierzętach prowadzonej przez Agencję Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa (stan na 7.03.2024 r.). Odchody zwierząt stanowią ponad 80% całej masy dostępnych substratów do produkcji biometanu. Największe znaczenie ma tu obornik bydłowy, ponieważ znakomita większość stad bydła w kraju utrzymywana jest na ściółkach. Pogłowie bydła w kraju wyniosło 6,3 mln szt. Jeśli chodzi o trzodę chlewną, w ostatnich latach obserwujemy silny spadek pogłowia świń, które wyniosło 9,3 mln szt. Blisko połowa tych zwierząt utrzymywana jest w systemach bezściółkowych, przy czym proporcja ta różni się w zależności od regionu. Pomiot i obornik kurzy powstaje w chowie 320 mln szt. drobiu (z pominięciem stad przydomowych, których odchody nie będą zbierane i kierowane do biogazowni). Ilość odchodów tych zwierząt jest porównywalna z ilością gnojowicy bydłowej czy obornika świńskiego.

Bioodpady z przemysłu rolno-spożywczego zarejestrowane w Bazie Danych o Odpadach dla wybranych gałęzi przemysłu stanowią zaledwie 5% całości dostępnych zasobów do produkcji biometanu. Warto tutaj zaznaczyć, że branża rolno-spożywcza poza bioodpadami generuje także duży strumień produktów ubocznych, które dziś znajdują zastosowanie w produkcji pasz oraz karm zwierzęcych, czy biopaliw ciekłych. Zmiany na rynku zbóż² skutkują tym, że produkty uboczne z przemysłu, na które nie ma zapotrzebowania stają się odpadem, który powinien być zagospodarowany w biogazowniach i biometanowniach. Największy masowo strumień odpadów pochodzących z przemysłu rolno-spożywczego to **odpady o kodach 02 03**, czyli odpady z przygotowania, przetwórstwa produktów i używek spożywczych oraz odpady pochodzenia roślinnego, w tym odpady z owoców, warzyw, produktów zbożowych, olejów jadalnych, kakao, kawy, herbaty oraz przygotowania i przetwórstwa tytoniu oraz drożdży. Pozostałe znaczące pod względem ilości grupy to **odpady z grupy 02 02**, czyli odpady z przygotowania i przetwórstwa produktów spożywczych pochodzenia zwierzęcego oraz **odpady z grupy 02 06**, czyli odpady z przemysłu piekarniczego i cukierniczego.

² W sytuacji obecnej gdy istnieje nadpodaż zbóż na rynku, wielu hodowców zwierząt chętniej sięga po tanie zboża w celach paszowych, co skutkuje tym, że produkty uboczne z przemysłu pozostają niezagospodarowane i stają się odpadem, który powinien być zagospodarowany w biogazowniach i biometanowniach.



Rysunek 1. Inwentaryzacja substratów o charakterze odpadowym do produkcji biometanu (opracowanie własne NCBR)

Istotnym strumieniem pod względem ilości są **zasoby słomy zbożowej oraz kukurydzianej**, które stanowią 11% całkowitej masy zasobów do wytwarzania biometanu. Uwzględnione w analizie zasoby słomy zbożowej stanowią nadwyżkę, tj. ilość, która pozostaje do dyspozycji po wykorzystaniu słomy jako ściółki dla zwierząt.

Ostatnim analizowanym typem substratu są **biodopady komunalne selektywnie zbierane**³, które są skoncentrowane w miastach. Tam stanowią gotowy do wykorzystania zasób do produkcji biometanu, jednak w skali całego kraju stanowią jedynie 1% masy ogółem dostępnych zasobów.

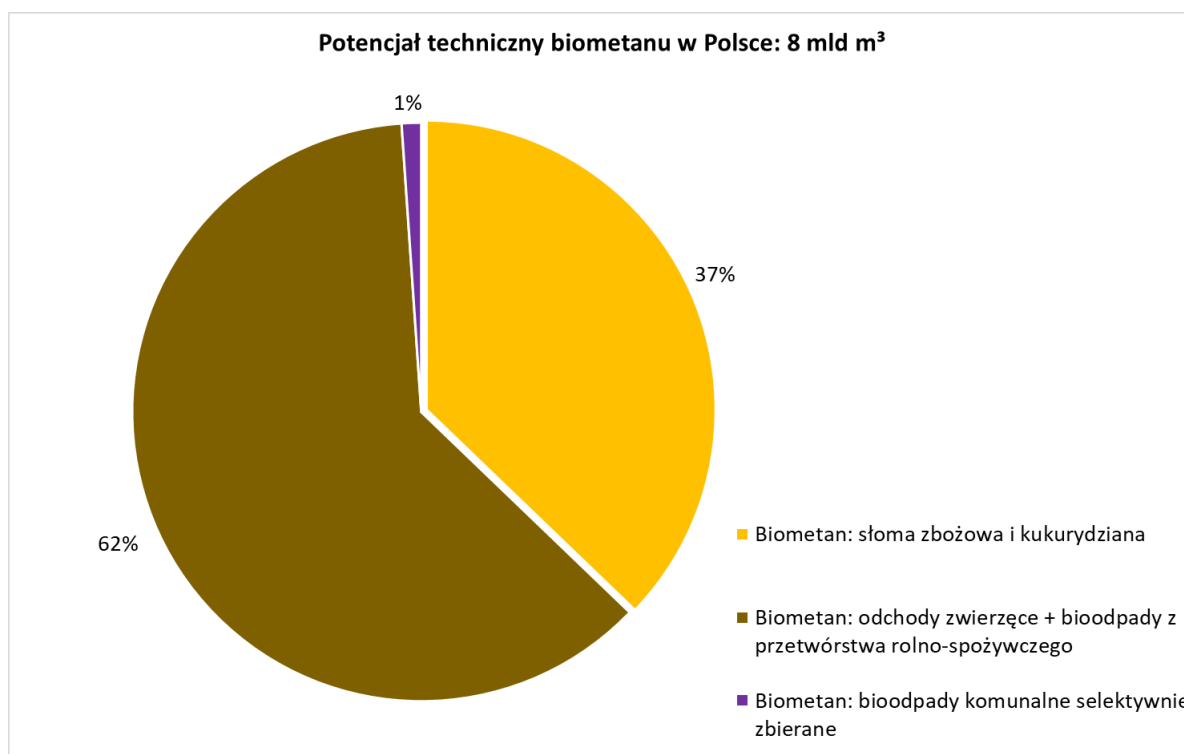
Poza wskazanymi powyżej zasobami, lokalnie mogą pojawić się nadwyżki innych materiałów organicznych, które także mogą być wykorzystane do produkcji biometanu. Należą do nich m.in. liście buraków cukrowych oraz trawy z koszenia łąk ekstensywnych lub pasów zieleni wzdłuż dróg. Zostały one jednak pominięte w zestawieniu ze względu na ich zdecydowanie mniejsze ilości.

Potencjał techniczny biometanu

Bazując na zasobach do produkcji biometanu oraz uwzględniając wydajność biogazową każdego z rodzajów substratów, otrzymujemy potencjał techniczny biometanu. Pojęcie to należy rozumieć jako ilość biometanu wyrażoną w normalnych metrach sześciennych, możliwą do wyprodukowania z fizycznie dostępnych na danym terenie (gminy) zasobów przetworzonych w procesie fermentacji metanowej oraz kondycjonowania biogazu do biometanu⁴. Potencjał techniczny stanowi górną ocenę potencjału produkcji biometanu na danym obszarze.

³ Biodopady dla miast powiatowych

⁴ Dla substratów pochodzenia rolniczego (odchody zwierzęce) oraz biodopadów z przetwórstwa rolno-spożywczego) przyjęto wydajność biogazową jak dla technologii fermentacji metanowej ciągłej mokrej, tj. poniżej 12% s.m. w masie fermentacyjnej. Dla materiałów ligno-celulozowych (słoma zbożowa i kukurydziana) uwzględniono proces dezintegracji włókien ligno-celulozowych poprzedzający fermentację, co znacząco zwiększa uzysk biogazu/biometanu z tego rodzaju wsadu, następnie proces fermentacji mokrej ciągłej. Dla biodopadów komunalnych selektywnie zbieranych przyjęto technologię fermentacji suchej pracującej w trybie ciągłym.



Rysunek 2. Struktura potencjału technicznego biometanu ze względu na rodzaj wsadu do instalacji (opracowanie własne NCBR)

Potencjał techniczny zaprezentowano dla opisanych wcześniej trzech głównych grup zasobów do wytwarzania biometanu (Rysunek 2). Największa ilość biometanu odpowiada odchodom zwierzęcym oraz bioodpadom z przemysłu rolno-spożywczego. Drugą pod względem wielkości grupą jest biometan ze słomy zbożowej i kukurydzianej. Potencjał techniczny biometanu z miejskich bioodpadów komunalnych jest o ponad rząd wielkości mniejszy od biometanu z odchodów zwierząt czy ze słomy.

Słoma zbożowa oraz słoma kukurydziana są trudnymi substratami w produkcji biogazu. Materiał ligno-celulozowy ma formę włókien, które bardzo trudno ulegają rozkładowi w reaktorze fermentacji metanowej, co skutkuje problemami z mieszaniem i tworzeniem się kożucha, a także niskim uzyskiem biogazu. Zastosowanie dodatkowych modułów technologicznych, których celem jest rozkład materiału ligno-celulozowego na struktury prostsze poprzez m.in. procesy termiczne lub hydrolizę, znacząco (nawet o 50%) zwiększa uzysk biogazu i biometanu ze słomy. Potencjał techniczny wykazany w niniejszym opracowaniu uwzględnia uzysk biogazu z zastosowaniem procesów wstępnej obróbki słomy. Dotychczas nie była to powszechnie stosowana technologia, lecz obecnie stopniowo w Europie i innych miejscach na świecie powstają pierwsze tego typu instalacje, np. w oparciu o technologię Verbio. Dlatego **obecnie to przede wszystkim biometan z odchodów zwierząt oraz bioodpadów przemysłu rolno-spożywczego stanowi najistotniejsze źródło energii chemicznej paliwa dostępne do pozyskania praktycznie od zaraz** w konwencjonalnych instalacjach biogazowych i biometanowych.

Potencjał wdrożeniowy biometanu

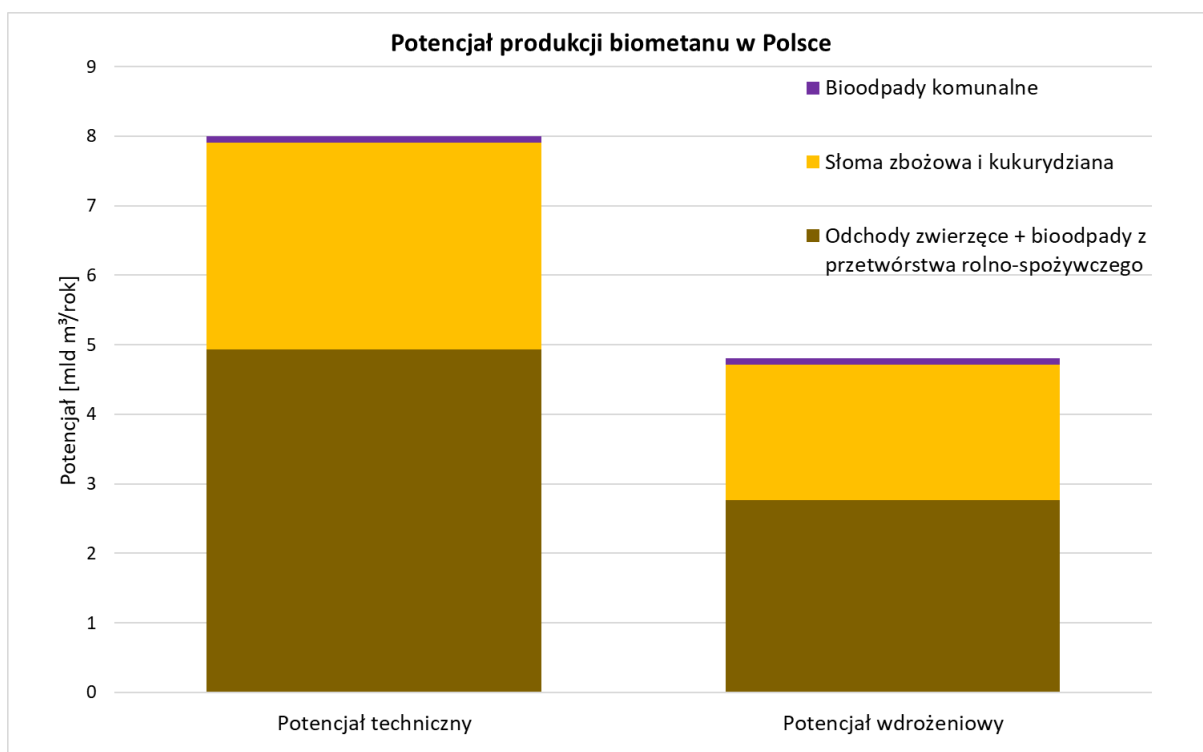
Z praktycznego punktu widzenia nie wszystkie substraty mogą być dostarczone do biogazowni lub biometanowni. W przypadku małych stad liczących kilka bądź kilkanaście sztuk zwierząt oraz małych lub rozproszonych pól, na których pozostają resztki poźniwne, nie ma uzasadnionej względami ekonomicznymi możliwości zbioru i transportu tych zasobów. Tylko w przypadku dużych, skoncentrowanych stad zwierząt oraz dużych powierzchniowo powierzchni zasiewów istnieją

możliwości budowania efektywnych łańcuchów dostaw do instalacji, zwłaszcza do większych instalacji wytwarzania biometanu.

Z tego względu, kolejnym krokiem do określenia ilości biometanu, jaką możemy w Polsce wyprodukować, jest oszacowanie potencjału wdrożeniowego. Pod tym pojęciem należy rozumieć potencjał techniczny pomniejszony o współczynniki odzwierciedlające różną dostępność zasobów do wytwarzania biometanu ze względu na wielkość źródeł substratu, czyli w szczególności wielkość stad zwierząt oraz wielkość gospodarstw rolnych. Zastosowane współczynniki odzwierciedlają możliwość utworzenia łańcuchów dostaw w celu gromadzenia i dostawy materiału do instalacji. Metodyka liczenia potencjału wdrożeniowego została opisana – Załącznik nr 1.

Potencjał wdrożeniowy biometanu wynosi 4,8 mld m³, co stanowi ogółem dla kraju 60% potencjału technicznego (Rysunek 3). Tak duża różnica pomiędzy potencjałem technicznym a wdrożeniowym związana jest z rozproszeniem produkcji rolnej w Polsce: pomimo stopniowo postępującej koncentracji produkcji wciąż dominują małe stada zwierząt oraz niewielkie powierzchniowo gospodarstwa. Przykładem niech będzie średnia wielkość stada bydła w Polsce, która wynosi 23 szt. Tylko w 24 gminach średnia wielkość stada wynosi powyżej 100 szt.

Zastosowane współczynniki redukcyjne powodują urealnienie szacunku ilości biometanu, który może być wytworzony w kraju, poprzez pominięcie gmin, w których występują najmniejsze stada, bądź najmniejsze obszarowo gospodarstwa, przy jednoczesnym uwzględnieniu różnego poziomu pozyskania zasobów do instalacji w zależności od wielkości stad i skali gospodarstw.



Rysunek 3. Potencjał techniczny i wdrożeniowy biometanu. Ze względu na odmienną specyfikę instalacji przetwarzających słomę w procesie fermentacji metanowej przedstawiono oddzielne wartości potencjału wdrożeniowego biometanu wytwarzanego ze słomy oraz biometanu wytwarzanego z bioodpadów z rolnictwa i przetwórstwa rolno-spożywczego. (opracowanie własne NCBR)

Potencjał wdrożeniowy wykazuje bardzo silne zróżnicowanie przestrzenne. Są w kraju gminy, które posiadają minimalny potencjał na poziomie zaledwie 20 tys. m³ biometanu w ciągu roku. Są też jednak

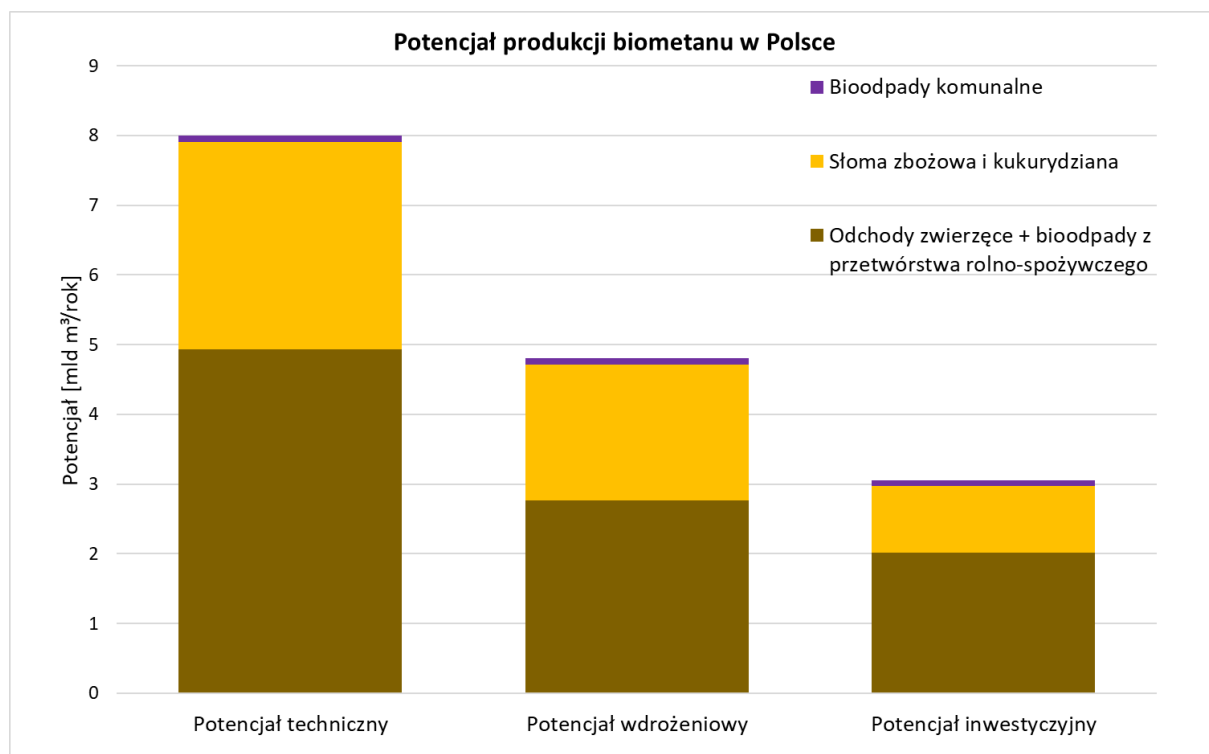
i takie lokalizacje, w których możliwa jest roczna produkcja biometanu przekraczająca kilkadziesiąt mln m³ biometanu rocznie.

Potencjał inwestycyjny biometanu

Zgodnie z aktualnymi uwarunkowaniami rynkowymi realizacja inwestycji do wytwarzania biometanu o wydajności biogazu brutto 500 m³/h, co odpowiada rocznej produkcji biometanu netto na poziomie 1,8-1,9 mln m³, przy zaspokojeniu potrzeb własnych instalacji z biogazu), nie ma dziś uzasadnienia ekonomicznego. Wysokie koszty inwestycyjne, zwłaszcza w układ kondycjonowania biogazu do biometanu, powodują, że efekt skali ma ogromne znaczenie dla redukcji kosztów jednostkowych wytwarzania biometanu.

Z uwagi na powyższe istotne jest określenie potencjału inwestycyjnego biometanu poprzez uwzględnienie wyłącznie tych lokalizacji (gminy bądź grupy sąsiadujących gmin w ramach danego powiatu), w których potencjalnie mogą być zrealizowane instalacje do wytwarzania biometanu o wydajności co najmniej 500 m³/h biogazu, co przekłada się na produkcję 1,8-1,9 mln m³/rok biometanu netto⁵. Potencjał inwestycyjny określa zatem ilość biometanu możliwego do wytworzenia w kraju mając na uwadze wielkość instalacji i ich konkretną lokalizację.

Łączny potencjał inwestycyjny dla kraju wynosi 3 mld m³ biometanu, co stanowi 64% potencjału wdrożeniowego oraz 38% potencjału technicznego biometanu (Rysunek 4).



Rysunek 4. Potencjał techniczny, wdrożeniowy i inwestycyjny biometanu w Polsce (opracowanie własne NCBR)

Co z dostępem do sieci gazowej?

Rola biometanu jako paliwa dyspozycyjnego dla bezemisyjnych elektrowni gazowych wspierających działanie pogodozależnych źródeł energii (wiatru i słońca) oznacza konieczność długoterminowego magazynowania, tak, żeby zapewniać dostawy energii elektrycznej nawet w sytuacji długiego okresu

⁵ Ekwiwalent co najmniej 1 MWel wyrażonej w ilości wytworzonego biogazu brutto

słabych warunków dla pracy farm wiatrowych i instalacji PV. Aktualna pojemność magazynów gazu (metanu) w kawernach solnych (na poziomie 4 mld m³) w zupełności wystarcza do tego celu, oznacza jednak konieczność przekazania wytworzonego metanu do sieci przesyłowych i magazynów (czy to poprzez gazociąg czy też w formie skroplonego bioLNG) – typowe w dotychczasowej praktyce magazynowanie biogazu balony mogące przechowywać kilkugodzinną produkcję mogą pełnić co najwyżej rolę buforową.

Z tego powodu w ramach potencjału inwestycyjnego dla każdej z wytypowanych potencjalnych lokalizacji inwestycji biometanowych przeanalizowano dostęp potencjalnych lokalizacji biometanowni do sieci gazowych. W tym celu skorzystano z ogólnodostępnych map:

- [mapy systemu przesyłowego GAZ-System S.A.](#)
oraz
- [mapy systemu dystrybucji Polskiej Spółki Gazownictwa Sp. z o.o.](#)

Przyjęto założenie, że brak przebiegu gazociągów przesyłowych przez teren danej gminy oraz brak świadczenia usługi dystrybucyjnej przez operatora sieci dystrybucyjnej w danej gminie, w której występuje potencjał inwestycyjny, wymaga dystrybucji biometanu w formie skroplonej, czyli jako bioLNG.

Sieć gazowa jest najbardziej racjonalnym środowiskowo i ekonomicznie sposobem transportu i dystrybucji biometanu. Z tego względu inwestorzy w pierwszej kolejności są zainteresowani takim właśnie rozwiązaniem. Każdorazowo przy planowaniu realizacji inwestycji biometanowej, inwestor musi wystąpić o warunki przyłączenia dla konkretnej instalacji. Wówczas operator sieci gazowej w oparciu o chłonność sieci i parametry gazu w sieci wydaje decyzję, z której wynika możliwość rzeczywistego przyłączenia lub jej brak.

Problemy z chłonnością sieci mogą być rozwiązane poprzez zastosowanie urządzeń technicznych na sieci, takich jak np. stacje rewersyjne bądź połączenia gazociągów. Kluczową kwestią jest fakt, że poprzez wskazanie miejsc, gdzie istnieje inwestycyjny potencjał produkcji biometanu, operatorzy sieci gazowych otrzymują możliwość podjęcia decyzji o dostosowaniu sieci istniejących w konkretnej lokalizacji lub budowie nowych gazociągów w miejscach, gdzie dziś brak dostępu do sieci gazowej. Takie działania staną się nie tylko zasadne i racjonalne, lecz również niezbędne i kluczowe, gdy biometan ma być włączony jako istotny element miksu energetycznego kraju.

łącznie 43 potencjalne lokalizacje inwestycyjne obecnie nie mają dostępu do sieci (przez te wytypowane gminy z największym potencjałem biometanu nie przebiega gazociąg przesyłowy ani dystrybucyjny).

Jest miejsce na małe instalacje biogazowe a w przyszłości małe biometanownie

Różnica pomiędzy potencjałem wdrożeniowym a inwestycyjnym to potencjalna produkcja biometanu w mniejszych instalacjach biogazowych w gminie lub w obrębie kilku sąsiadujących gminach mniej zasobnych w substraty do produkcji biometanu. Budowa instalacji mniejszych, tj. o wydajności poniżej 250 m³/h biogazu brutto (ekwiwalent w biogazie 0,5 MW_{el}) jest znacznie łatwiejsza i szybsza ze względu na uproszczenie procedury formalno-prawnej.

W przyszłości małe biogazownie mogą stać się biometanowniami, pod warunkiem, że koszty technologii kondycjonowania biogazu do biometanu staną się znacząco niższe przy zwiększeniu dojrzałości rynku tych urządzeń.

Bloki gazowe stwarzające z biogazowniami (oraz biometanowniami) niepołączonymi z długoterminowymi magazynami gazu będą pracować w podstawie lub co najwyżej w cyklu dobowym.

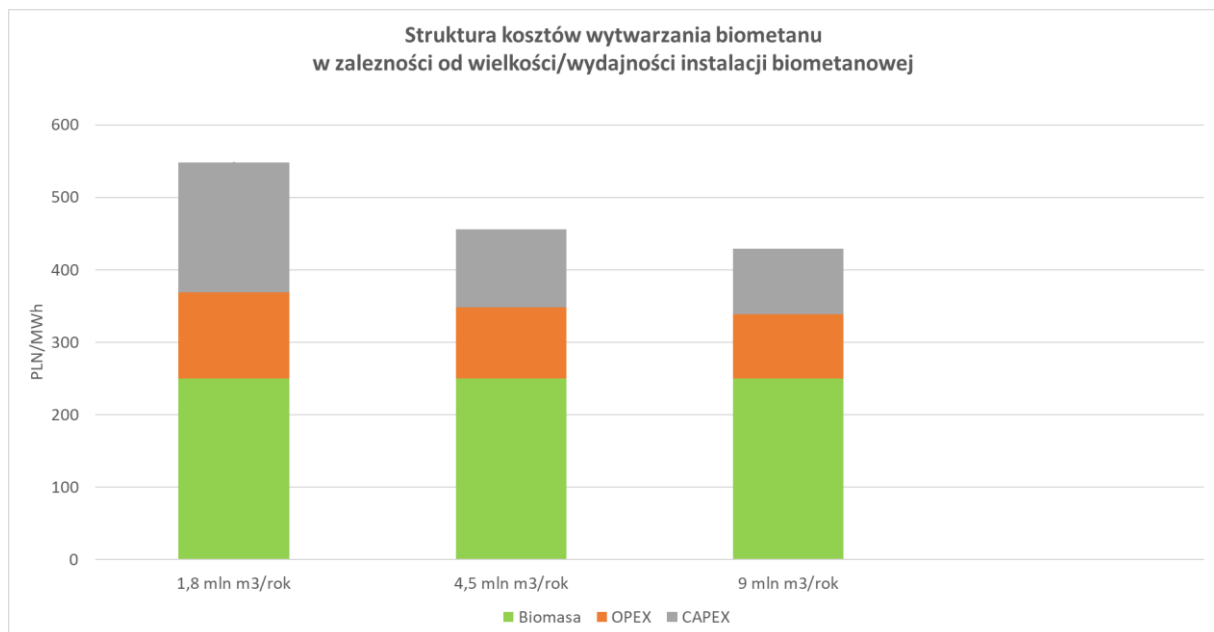
Koszty wytwarzania biometanu

Instalacje biometanowe to instalacje o wysokich nakładach inwestycyjnych. Instalacja do kondycjonowania biogazu do biometanu jest kosztownym elementem, który stanowi obecnie około 20% nakładów inwestycyjnych ogółem. Dodatkowo należy doliczyć koszty przyłączenia do sieci gazowej.

Na potrzeby niniejszej analizy dokonano oszacowania kosztów produkcji biometanu dla trzech wielkości instalacji wyrażonych jako ekwiwalent mocy elektrycznej w biogazie brutto (Rysunek 5).

Należy zaznaczyć, że w koszt wytwarzania biometanu w instalacji o wydajności 9 mln m³/rok (ekwiwalent 5 MW_e w biogazie brutto) wyliczono koszty przyłączenia do sieci przesyłowej, które są znacznie wyższe niż dla mniejszych instalacji przyłączanych do sieci dystrybucyjnej. Warto też zauważyć, że posiadanie własnego wsadu do instalacji lub wsadu pozyskiwanego bezkosztowo lub z ceną ujemną (odpady) znacząco zmniejsza koszty wytwarzania biometanu.

Przy braku dostępu do sieci gazowej lub nieodpowiedniej chłonności sieci część z planowanych instalacji będzie musiała dystrybuować biometan za pośrednictwem transportu kołowego. Aby maksymalnie zwiększyć gęstość transportowanego paliwa należy go skroplić. Ujęcie w rachunku kosztów biometanu modułu do skraplania oraz przewozu biometanu cysterną kriogeniczną (100 km) zwiększa koszty tego paliwa o ok. 20%.



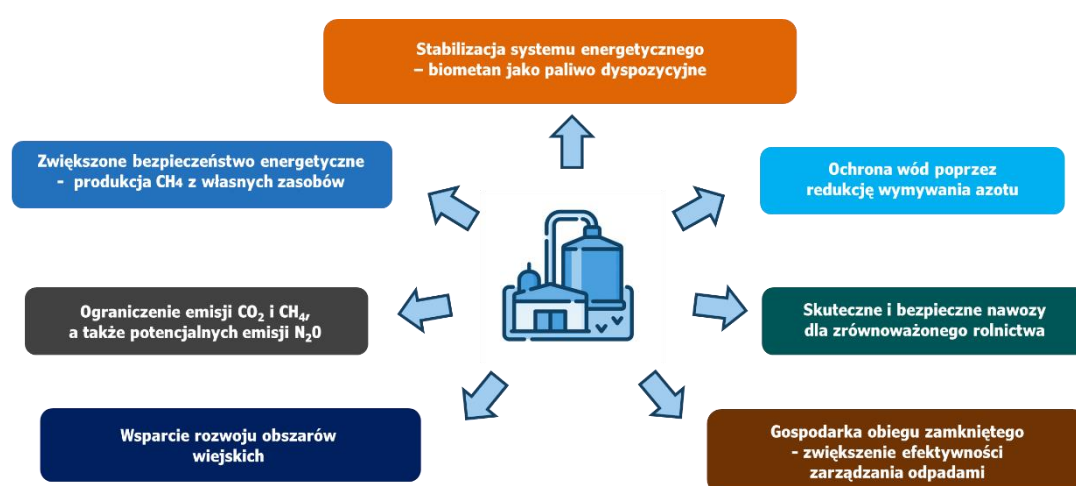
Rysunek 5. Struktura kosztów wytwarzania biometanu w zależności od wielkości instalacji (opracowanie własne NCBR)

Liczne korzyści z instalacji wytwarzania biometanu

Biogazownia lub biometanownia to instalacja obiegu zamkniętego, która realizuje szereg korzyści środowiskowych i społecznych mających dziś wymiar niemonetarny i nieodzwoiercedlony w cenie biometanu oferowanej na rynku. Dyskutując rolę biogazowni i biometanu w gospodarce krajowej należy mieć to zawsze na względzie (Rysunek 6).

Główną kwestią jest tu zagospodarowanie odpadów organicznych, które składowane w niekontrolowanych warunkach są źródłem emisji gazów cieplarnianych, odorów oraz odcieków do wód powierzchniowych i podziemnych. Samo tylko przetwarzanie obornika i gnojowicy w procesie fermentacji metanowej wiąże się z ograniczeniem emisji gazów cieplarnianych o 54 kg CO₂eq/t ś.m. obornika (wartość z załącznika VI Dyrektywy RED II). Chodzi tu o przede wszystkim o emisję metanu i emisję połowę podtlenku azotu.

Zagospodarowanie odchodów zwierzęcych w ilości odpowiadającej potencjałowi inwestycyjnemu biometanu pozwoliłoby ograniczyć emisję gazów cieplarnianych z rolnictwa o 1,8 mln t CO₂eq/rok, co stanowi 5% emisji z rolnictwa⁶. Gdyby możliwe stało się przetworzenie odchodów zwierzęcych w instalacjach odpowiadających potencjałowi wdrożeniowemu biometanu, osiągnięta redukcja gazów cieplarnianych wyniosłaby 3 mln t CO₂eq/rok, co odpowiadałoby 9% emisji z rolnictwa.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie ENERGINET (DK)

Rysunek 6. Wielowymiarowy charakter inwestycji do wytwarzania biometanu.

Nawozy organiczne jako ko-produkt biometanu

Poza biometanem równie ważnym produktem fermentacji metanowej jest przefermentowana masa stanowiąca wartościowy nawóz organiczny. Produkt pofermentacyjny jest uznanym w przepisach europejskich produktem nawozowym ze względu na zawartość materii organicznej i obecność składników pokarmowych NPK. Biorąc pod uwagę typowy skład pofermentu z biogazowni rolniczej, wartość nawozowa w przeliczeniu na NPK (uwzględniając obecne ceny nawozów mineralnych, stan na marzec 2024 r.) dla produktu pofermentacyjnego wynosi 55 PLN/t (poferment świeży, nie poddany separacji). Szczegółowa metodyka obliczeń dostępna jest [TUTAJ](#) (Załącznik nr 1).

Ilość pofermentu odpowiadająca potencjałowi inwestycyjnemu biometanu wynosi około 47 mln ton, co pozwoliłoby na nawożenie na użytkach rolnych o powierzchni 1,3 mln ha przyjmując ograniczenie związane z maksymalną dopuszczalną dawką N na poziomie 170 kg/ha/rok. Produkt pofermentacyjny zastępuje zatem nawożenie mineralne.

⁶ Ogólna emisja z rolnictwa w roku 2021 [wyniosła 34 mln t CO₂eq/rok](#)

Załącznik nr. 1 Metodyka wyznaczania potencjału zasobów do produkcji biogazu

Źródła danych

Analizę oparto o dane źródłowe udostępnione przez wskazane podmioty (Tabela 1).

Tabela 1. Źródła danych do analizy potencjału biometanu

| Źródło danych | Rodzaj danych | Rok |
|---|--|--|
| Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa | Dane zamawiane: pogłowie zwierząt w gminach, ilość stad, systemy utrzymania zwierząt | Dane na dzień 7 marca 2024 r. - komputerowa baza danych o zwierzętach |
| Instytut Upraw Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy | Dane zamawiane: nadwyżkowa słoma zbożowa w gminach | Wartości dla lat 2021, 2022, 2023 |
| Główny Urząd Statystyczny | Dane ogólnodostępne na platformie: https://stat.gov.pl/ Struktura agrarna, struktura pogłowia zwierząt (grupy wiekowe), powierzchnia zasiewów – dane dla gmin bądź dane dla województw | Dane dla roku 2020 (Powszechny Spis Rolny – dane dla gmin), dane dla roku 2022 oraz 2023 (dane dla województw) |
| Ministerstwo Klimatu | Dane zamawiane: Baza Danych o Odpadach – dane dla gmin | Dane z rok 2022* |
| Analizy Stanu Gospodarki Odpadami Komunalnymi za rok 2022 dla miast powiatowych | Dane ogólnodostępne: Bioodpady miejskie - zielone i odpady kuchenne | Dane za rok 2022 |

*dane za rok 2022 były ostatnimi dostępnymi w okresie sporządzania analizy potencjału biometanu (marzec-kwiecień 2024 r.)

Metodyka szacowania potencjałów biometanu

Odchody zwierzęce

Krok 1. Analizę prowadzono dla bydła, świń oraz drobiu z pominięciem stad przydomowych drobiu w gminach, które wykazano w bazie danych o zwierzętach ARiMR (łącznie 2308 gmin).

Krok 2. Pogłowie zwierząt podane w sztukach fizycznych w gminach (dane z komputerowej bazy danych ARiMR) zostało rozbite na umowne grupy technologiczne, co ma znaczenie z punktu widzenia ilości odchodów, które są generowane przez dane zwierzę:

- dla bydła: krowy mleczne oraz bydło pozostałe,
- dla świń: maciory, tuczniki, warchlaki,

- dla drobiu: kury – nioski, indyki, brojlery, gęsi, kaczki.

Krok 3. Ustalono liczbę zwierząt utrzymywaną w poszczególnych systemach utrzymania zwierząt, tj. na ściółce lub bezściółkowo, co ma znaczenie dla rodzaju odchodów, które generują zwierzęta (obornik czy gnojowica):

- w przypadku bydła, baza danych ARiMR nie wskazuje wprost w jakich systemach chowu (ściółkowe oraz bezściółkowe) utrzymywane są zwierzęta w hodowlach, dlatego przyjęto założenia, że większość bydła utrzymywana jest w systemach hodowli ściółkowej płytkiej, w przypadku bydła mięsnego uwzględniano utrzymanie w systemach na głębokiej ściółce (konsultacja merytoryczna p. dr R. Myczko z Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w Poznaniu oraz p. dr hab. A. Węglarz, prof. URK z Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie),
- w przypadku trzody chlewnej, baza danych ARiMR podaje liczbę stad utrzymywanych w systemach ściółkowych oraz bezściółkowych, tj. rusztowych, dlatego dla gmin w których występują stada utrzymywane na rusztach przyjęto, że grupą technologiczną utrzymywaną w tym systemie są tuczniki, pozostałe zwierzęta utrzymywane są na płytkiej ściółce (konsultacja merytoryczna p. dr R. Myczko z Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w Poznaniu oraz dr hab. R. Tuz, prof. URK z Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie), pominięto utrzymanie świń na głębokiej ściółce ze względu na marginalny udział tych systemów w ogólnej produkcji trzody chlewnej oraz ich występowanie w najmniejszych stadach,
- w przypadku drobiu baza danych ARiMR podaje liczbę zakładów drobiu utrzymywanego w klatkach oraz pogłowie w klatkach, uwzględniono to w analizie, pozostałe grupy technologiczne kur oraz pozostałe gatunki drobiu są utrzymywane na ściółce.

Krok 4. Oszacowano zasoby techniczne obornika oraz gnojowicy z produkcji zwierzęcej na poziomie gmin. Zwierzętom przypisano normatywy odchodowe (Tabela 2), tj. średnie roczne wielkości produkcji nawozów naturalnych w zależności od gatunku zwierzęcia gospodarskiego – Załącznik nr 6 Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 31 stycznia 2023 r. w sprawie „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu”.

Tabela 2. Średnie roczne wielkości produkcji nawozów naturalnych w zależności od gatunku zwierzęcia gospodarskiego

| Gatunek/ grupa technologiczna zwierząt | SYSTEM UTRZYMANIA | | |
|--|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | Ściółka głęboka | Ściółka płytka | Bezściółkowo |
| | Obornik | Obornik | Gnojowica |
| | Produkcja obornika [t/rok] | Produkcja obornika [t/rok] | Produkcja gnojowicy [t/rok] |
| Bydło | | | |
| Buhaje | 18,8 | 13,3 | 22 |
| Krowy | 23,3 | 14,8 | 23 |
| Bydło pozostałe* | 13 | 8 | 9 |
| Trzoda chlewna | | | |
| Knury | | 3,2 | 4,6 |
| Maciory | | 3,2 | 4,6 |
| Warchlaki | | 0,9 | 1,4 |

| | | | |
|--------------------|-------|-----|-------|
| Tuczniki | | 1,3 | 1,9 |
| <i>Drób</i> | | | |
| Kury | 0,029 | | 0,014 |
| Brojlery | 0,017 | | |
| Indyki | 0,04 | | |
| Kaczki/gęsi | 0,028 | | |

*wartość uśredniona dla: jałówek powyżej 1 rok, jałówek do 1 roku, cielęta do 1/2 roku

Źródło: opracowanie własne NCBR na podstawie Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 31 stycznia 2023 r. w sprawie „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu” – Załącznik nr 6.

Krok 5. Potencjał techniczny biogazu i biometanu na poziomie gmin obliczono jako iloczyn świeżej masy odchodów zwierzęcych (obornik, pomiot, gnojowica) [t/rok] oraz uzysku biogazu [Nm³/t ś.m]⁷.

W celu przeliczenia masy odpadów na produkcję biogazu i biometanu zastosowano wartości uzysku biogazu ze świeżej masy wsadu (konsultacja merytoryczna pracowników Pracowni Ekotechnologii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu: prof. dr hab. inż. Jacek Dach, dr inż. Marta Cieślik, dr inż. Andrzej Lewicki). Oparto się na wartościach laboratoryjnych uzysku biogazu wyznaczanych metodą fermentacji okresowej prowadzonej w technologii “batch culture”. Badania realizowane wg niemieckich normy DIN 38 414/S8 oraz VDI 4630 (Tabela 3).

Laboratoryjne wartości uzysku biogazu i biometanu zostały następnie obniżone do poziomu 95% jako osiągalne w skali przemysłowej na rzeczywistych instalacjach biometanowych.

⁷ ś.m. – świeża masa

Tabela 3. Parametry substratów odpadowych do produkcji biogazu i biometanu

| Próba | Zawartość metanu [%] | Metan skumulowany [m ³ /Mg ś.m.] | Biogaz skumulowany [m ³ /Mg ś.m.] | Metan skumulowany [m ³ /Mg s.m.] | Biogaz skumulowany [m ³ /Mg s.m.] | Metan skumulowany [m ³ /Mg s.m.o.] | Biogaz skumulowany [m ³ /Mg s.m.o.] | Sucha masa substratu [%] | Sucha masa organiczna substratu [% s.m.o.] |
|-----------------------------|----------------------|---|--|---|--|---|--|--------------------------|--|
| Gnojowica bydlęca | 60,89 | 16,18 | 26,58 | 169,88 | 278,99 | 237,52 | 390,08 | 9,53 | 71,52 |
| Obornik bydlęcy | 56,14 | 60,81 | 108,33 | 229,28 | 408,43 | 258,51 | 460,50 | 26,52 | 88,69 |
| Pomiot kurzy | 56,02 | 55,04 | 98,25 | 191,15 | 341,20 | 259,19 | 462,66 | 28,80 | 73,75 |
| Słoma kukurydziana | 52,00 | 202 | 408,91 | 236,60 | 455,00 | | | 94,60 | 97,90 |
| Kiszonka z traw | 54,16 | 73,39 | 135,51 | 267,21 | 493,37 | 310,26 | 572,85 | 27,47 | 90,66 |
| Wytłoki owocowe 02 01/02 03 | 65,00 | 76,70 | 118,00 | 219,14 | 337,14 | 280,80 | 432,00 | 35,00 | 92,00 |
| 02 01 01 | 52,00 | 0,59 | 1,14 | 118,56 | 228,00 | 296,40 | 570,00 | 0,50 | 40,00 |
| 02 02 01 | 65,00 | 14,00 | 21,54 | 400,00 | 615,38 | 562,25 | 865,00 | 3,50 | 70,00 |
| 02 02 02 | 69,00 | 207,00 | 300,00 | 567,12 | 821,92 | 638,25 | 925,00 | 36,50 | 89,00 |
| 02 02 03 | 55,00 | 73,00 | 132,73 | 347,62 | 632,03 | 379,50 | 690,00 | 21,00 | 80,00 |
| 02 02 04 | 68,00 | 96,00 | 141,18 | 457,14 | 672,27 | 499,80 | 735,00 | 21,00 | 80,00 |
| 02 03 01 | 55,00 | 83,00 | 150,91 | 276,67 | 503,03 | 368,50 | 670,00 | 30,00 | 70,00 |
| Wystódki buraczane 02 04 | 49,20 | 70,05 | 142,39 | 291,96 | 593,40 | 307,69 | 625,38 | 23,99 | 94,89 |
| Serwatka 02 05 | 55,00 | 11,00 | 20,00 | 110,00 | 200,00 | 275,00 | 500,00 | 10,00 | 90,00 |
| 02 05 01 | 50,00 | 71,00 | 142,00 | 330,23 | 660,47 | 402,50 | 805,00 | 21,50 | 89,00 |

| | | | | | | | | | |
|--|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| Odpady cukiernicze 02 06 | 53,88 | 362,38 | 658,36 | 439,52 | 798,50 | | | 82,45 | 97,90 |
| 02 06 01 | 50,00 | 230,00 | 460,00 | 353,85 | 707,69 | 365,00 | 730,00 | 65,00 | 98,00 |
| Wywar gorzelniany 02 07 | 58,00 | 14,79 | 25,50 | 246,50 | 425,00 | 290,00 | 500,00 | 6,00 | 85,00 |
| 02 07 01 | 59,00 | 133,00 | 225,42 | 324,39 | 549,81 | 354,00 | 600,00 | 41,00 | 96,00 |
| 02 07 80 | 52,00 | 44,00 | 84,62 | 314,29 | 604,40 | 364,00 | 700,00 | 14,00 | 90,00 |
| Biodpady kuchenne | 51,53 | 93,09 | 171,48 | 323,00 | 595,00 | 380,00 | 700,00 | 28,82 | 85,00 |
| Odpady zielone biodegradowalne | 50,00 | 60,64 | 105,00 | 128,15 | 221,89 | 111,00 | 222,00 | 47,32 | 81,14 |
| Osad ściekowy z komunalnej oczyszczalni ścieków | 63,00 | 11,00 | 17,46 | 104,76 | 166,29 | 173,25 | 275,00 | 10,50 | 74,00 |
| Gnojowica świńska | 65,00 | 5,10 | 8,37 | 169,88 | 278,99 | 237,52 | 390,08 | 3,00 | 71,52 |
| Obornik świński | 60,00 | 42,84 | 71,40 | 178,50 | 297,50 | 210,00 | 350,00 | 24,00 | 85,00 |

Krok 6. Potencjał wdrożeniowy biogazu i biometanu z odchodów zwierzęcych uwzględnia możliwości pozyskania wsadu do instalacji w zależności od wielkości stad. W związku z tym, wyznaczono średnie wielkości stad zwierząt na poziomie gmin, obliczone jako iloraz pogłowia oraz ilości stad w każdej gminie. Następnie wyznaczono graniczne wielkości stad:

- dla bydła: 100 szt.
- dla świń: 500 szt.
- dla drobiu: 10 000 szt.

Dla gmin, w których wielkość uśrednionego stada jest niższa niż wyznaczona wielkość graniczna, przyjęto **współczynnik możliwości mobilizacji zasobów na poziomie 50%**.

Dla gmin, w których wielkość uśrednionego stada jest równa, bądź przekracza wyznaczoną wielkość graniczną, przyjęto **współczynnik możliwości mobilizacji zasobów na poziomie 85%**.

Powyżej wskazane współczynniki wykorzystano w celu oszacowania wielkości potencjału wdrożeniowego dla każdej gminy.

Krok 7. Mając potencjał wdrożeniowy (Krok 6) dla każdej gminy, przeanalizowano wielkość instalacji, która mogłaby być potencjalnie zasilana dostępnymi w gminie zasobami. Na tej podstawie wyznaczano **potencjał inwestycyjny** w obrębie gmin danego powiatu, biorąc pod uwagę łącznie następujące warunki:

- 1) w ramach każdego powiatu ustalono: (i) czy łączny potencjał wdrożeniowy w gminach pozwala na realizację instalacji biometanowej o produkcji biometanu co najmniej 1,8 mln m³/rok (ekwiwalent 1 MW_{el} w produkcji biogazu brutto)⁸, przy czym (ii) dla ustalenia łącznego potencjału pod uwagę wzięto tylko gminy o najwyższym potencjale wdrożeniowym, tj. gminy o potencjale co najmniej 0,9 mln m³/rok (ekwiwalent 0,5 MW_{el} w produkcji biogazu brutto),
- 2) gminy o potencjale wdrożeniowym biometanu mniejszym niż 0,9 mln m³/rok (ekwiwalent 0,5 MW_{el} w produkcji biogazu brutto), zostały pominięte – jest to zbyt niski oraz rozproszony potencjał substratów by można było tam realizować dziś instalacje biometanowe uzasadnione ekonomicznie⁹,

Otrzymany w ten sposób sumaryczny potencjał biometanu dla każdego powiatu (jeśli dotyczy) stanowi potencjał inwestycyjny biometanu. Przy czym **decyzja o skali realizacji rzeczywistej instalacji biometanowej należy do inwestora po rozpoznaniu specyficznych warunków lokalnych**, w tym: wielkości źródeł substratów, możliwości lokalizacyjnych instalacji, odległości od sieci gazowej. Przykładowo, jeśli oszacowany potencjał inwestycyjny w danej grupie sąsiadujących gmin (w ramach tego samego powiatu) stanowi łączny ekwiwalent instalacji 12 MW_{el}, inwestor/inwestorzy mogą faktycznie wykorzystać dostępny potencjał poprzez instalacje o różnej skali jednostkowej każdej z nich.

Krok 8. Ustalono także teoretyczną lokalizację instalacji biometanowej przypisując ją w ramach danego powiatu do gminy najbardziej zasobnej w substraty, tj. posiadającej największy potencjał wdrożeniowy biometanu w m³/rok w danym powiecie).

⁸ Transport substratu w ramach powiatu uznano za racjonalny ze względów ekonomicznych i środowiskowych (emisja z transportu kołowego)

⁹ Należy oczekiwać, że w przyszłości rozwój rynku biometanu, w tym spadek kosztów instalacji do kondycjonowania biometanu, pozwoli na inwestowanie w biometanowe o ekwiwalencie mniejszym niż 0,5 MW_{el}.

Dla tej lokalizacji badano czy dostępne są tam sieci gazowe, do których potencjalnie mogłaby zostać przyłączona instalacja biometanowa.

Słoma zbożowa oraz słoma kukurydziana

Krok 9. Zasoby słomy zbożowej nadwyżkowej, tj. ilość słomy pozostająca do dyspozycji po uwzględnieniu zapotrzebowania na ściótkę i paszę oraz bilansowania materii organicznej w glebie (przyorania niewielkiej części), wyznaczono na podstawie średniej z trzech lat (2021-2023) dla każdej gminy. Dane udostępnił Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawca – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach.

Krok 10. Zasoby słomy kukurydzianej wyznaczono jako iloraz powierzchni zasiewów kukurydzy na ziarno (dane GUS) oraz plonu słomy kukurydzianej. Plon słomy przyjęto ostrożnie na poziomie 6 t/ha.

Krok 11. Potencjał techniczny biogazu i biometanu ze słomy dla gmin obliczono jako iloczyn świeżej masy słomy [t/rok] oraz uzysku biogazu [$\text{Nm}^3/\text{t s.m.}$]. Zastosowano wartości uzysku biogazu ze świeżej masy wsadu jak tabeli w Kroku 5.

Krok 12. Potencjał wdrożeniowy biogazu i biometanu ze słomy uwzględnia możliwości pozyskania wsadu do instalacji w zależności od wielkości gospodarstw rolnych. Pod uwagę wzięto dane GUS o strukturze wielkości gospodarstw. W każdej gminie wyznaczono procentowy udział gospodarstw o powierzchni 15 ha i więcej w ogólnej licznie gospodarstw większych od 1 ha. Następnie dla gmin:

- w których udział ten jest mniejszy niż 30%, przyjęto współczynnik możliwości mobilizacji zasobów na poziomie 50%,
- w których udział ten jest większy bądź równy 30%, przyjęto współczynnik możliwości mobilizacji zasobów na poziomie 85%,

Powyżej wskazane współczynniki wykorzystano w celu oszacowania wielkości potencjału wdrożeniowego dla każdej gminy.

Krok 13. Potencjał inwestycyjny dla biometanu ze słomy zbożowej i kukurydzianej ustalano analogicznie jak w Kroku 7 oraz Kroku 8.

Biodopady z przemysłu przetwórstwa rolno-spożywczego

Krok 14. Zasoby biodopadów z rolnictwa i przemysłu rolno-spożywczego udostępnione z Bazy Danych o Odpadach, obejmują grupy o kodach wskazanych w Tabeli 4.

Tabela 4. Biodopady z rolnictwa i przemysłu rolno-spożywczego uwzględnione w analizie potencjałów biometanu

| | | | | | | | | | | | |
|-------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| 02 01 | 02 01 01 | 02 01 02 | 02 01 03 | 02 01 04 | 02 01 06 | 02 01 07 | 02 01 80* | 02 01 81 | 02 01 82 | 02 01 83 | 02 01 99 |
| 02 02 | 02 02 01 | 02 02 02 | 02 02 03 | 02 02 04 | 02 02 80* | 02 02 81 | 02 02 82 | 02 02 99 | | | |
| 02 03 | 02 03 01 | 02 03 02 | 02 03 03 | 02 03 04 | 02 03 05 | 02 03 80 | 02 03 81 | 02 03 82 | 02 03 99 | | |
| 02 04 | 02 04 01 | 02 04 02 | 02 04 03 | 02 04 80 | 02 04 99 | | | | | | |
| 02 05 | 02 05 01 | 02 05 02 | 02 05 80 | 02 05 99 | | | | | | | |
| 02 06 | 02 06 01 | 02 06 02 | 02 06 03 | 02 06 80 | 02 06 99 | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|--|--|--|
| 02 07 | 02 07 01 | 02 07 02 | 02 07 03 | 02 07 04 | 02 07 05 | 02 07 80 | 02 07 99 | | | | |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|--|--|--|

Krok 15. Potencjał techniczny biometanu z bioodpadów z bazy BDO został wyznaczony analogicznie jak w Kroku 5.

Krok 16. Potencjał wdrożeniowy jest analogiczny jak potencjał techniczny, ponieważ przyjęto założenie, że każdy strumień bioodpadów musi trafić do instalacji biogazowej lub biometanowej i tam zostać zagospodarowany.

Krok 17. Potencjał inwestycyjny został uwzględniony łącznie z biometanem z odchodów zwierzęcych i opisany w Kroku 7.

Koszty wytwarzania biometanu

Poniżej przedstawiono założenia do analizy kosztów.

- dla instalacji 1 MW_{el} – wydajność produkcji biometanu netto 1,8 mln m³/rok,
 - dla instalacji 2,5 MW_{el} – wydajność produkcji biometanu netto 4,5 mln m³/rok,
 - dla instalacji 5 MW_{el} – wydajność produkcji biometanu netto 9 mln m³/rok,
4. W OPEX wliczono koszt energii biogazu wytworzonej w instalacji i zużytej na potrzeby własne.
5. Czas pracy instalacji z pełną mocą: 8000 godz./rok.
6. Kondycjonowanie biogazu do biometanu:
- dla instalacji 1 MW – membrany,
 - dla instalacji 2,5 MW – membrany,
 - dla instalacji 5 MW – aminy,
7. Przyłączenie do sieci gazowej:
- dla instalacji 1 MW – sieć dystrybucyjna,
 - dla instalacji 2,5 MW – sieć dystrybucyjna z uwzględnieniem instalacji rewersyjnej (koszt rewesu po stronie OSD),
 - dla instalacji 5 – sieć przesyłowa.
8. Średnia odległość instalacji biometanowej do sieci dystrybucyjnej 3 km, koszt budowy nitki gazociągu przyjęty w wysokości 300 tys. PLN/km.
9. W kalkulacji nie uwzględniono kosztów kredytów bankowych, itp.
10. Z uwagi na przyjęty horyzont czasowy analizy 10 lat, nie wliczono nakładów odtworzeniowych typu wymiana pomp, membran, sprzężarek, itp.
11. Nie wliczono kosztów OPEX związanych z zagospodarowaniem pofermentu.
12. Koszt biomasy to uśredniony koszt wsadu z transportem (30 km) do biogazowni rolniczej biorąc pod uwagę zakupy substratów na rynku.