



Wstępne studium wykonalności dla  
biogazowni w Miejskim Obszarze  
Funkcjonalnym Tomaszów Mazowiecki-  
Opoczno

Wnioski



*Dokument powstał w ramach projektu „Zielona transformacja w praktyce: demonstracja i upowszechnianie korzyści płynących z produkcji biogazu z bioodpadów”, realizowanego przez Instytut Ochrony Środowiska-Państwowy Instytut Badawczy oraz Vista Analyse, finansowanego w ramach Funduszu Współpracy Dwustronnej, Mechanizmu Finansowego Europejskiego Obszaru Gospodarczego 2014-2021 i Norweskiego Mechanizmu Finansowego 2014-2021 (Fundusze Norweskie i EOG).*

**Autorzy** (w kolejności alfabetycznej):

**Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy:** Anna Bojanowicz-Bablok, Izabela Potapowicz, Agnieszka Sobol

**Vista Analyse:** Sarah Eidsmo, Andreas Hoel-Holt, Haakon Vennemo

## Wprowadzenie

Wstępne studium wykonalności (ang. *pre-feasibility study*) identyfikuje wyzwania i możliwości w zakresie produkcji biogazu w Miejskim Obszarze Funkcjonalnym Tomaszów Mazowiecki-Opoczno (MOFTMO) w Polsce. MOFTMO zamieszkuje około 160 000 osób (stan na 2021 r.). Największym miastem jest Tomaszów Mazowiecki, w którym mieszka 1/3 ludności obszaru. W omawianym obszarze znajdują się trzy mniejsze miasta oraz liczne miasteczka i wsie.

W studium przeanalizowano możliwości produkcji biogazu z wykorzystaniem różnych rodzajów substratów (surowców). Na podstawie danych statystycznych, literaturowych, informacji uzyskanych z Urzędu Miasta Tomaszowa Mazowieckiego oraz Zakładu Gospodarki Wodno-Kanalizacyjnej w Tomaszowie Mazowieckim przeprowadzono analizy i mapowanie dostępnych zasobów biomasy i bioodpadów w regionie. Wyniki są następujące:

- odpady biodegradowalne z przemysłu: ok. 7 600 Mg/rok;
- osady z komunalnych oczyszczalni ścieków: ok. 2 300 - 2 700 Mg suchej masy/rok;
- bioodpady komunalne (odpady spożywcze i kuchenne): ok. 590 Mg/rok;
- biomasa roślinna: ok. 128 000 Mg/rok, głównie kukurydza i słoma;
- biomasa zwierzęca: ok. 675 000 Mg/rok, z czego ok. 430 000 Mg obornika i ok. 245 000 Mg gnojowicy.

Mapowanie dostępnych surowców do produkcji biogazu i ocena potencjału biogazu wskazują, że obszar MOFTMO ma znaczny potencjał do produkcji biogazu z biomasy i bioodpadów. Ze względu na obowiązujące w Polsce przepisy, które rozróżniają biogaz i biogaz rolniczy, potencjał produkcji biogazu w różnych sektorach (komunalnym, przemysłowym, rolniczym) należy rozpatrywać oddzielnie. Jeśli chodzi o sektor komunalny, miasto Tomaszów Mazowiecki jest optymalną lokalizacją dla inwestycji w biogazownię, ze względu na dostępność substratu. Potencjalnymi substratami są osady z oczyszczalni ścieków w Tomaszowie Mazowieckim oraz bioodpady komunalne (odpady spożywcze i kuchenne, jeśli są zbierane selektywnie). W przypadku odpadów przemysłowych, które można wykorzystać do produkcji biogazu, największy potencjał w MOFTMO ma również miasto Tomaszów Mazowiecki z uwagi na zlokalizowane tu przedsiębiorstwa przemysłu rolno-spożywczego.

Z punktu widzenia wykorzystania odpadów rolniczych do produkcji biogazu, największy potencjał mają gminy Rokiciny, Rzeczyca, Ujazd i wiejska gmina Tomaszów Mazowiecki. Możliwymi substratami są biomasa roślinna i – w szczególności – biomasa zwierzęca.

## Założenia przyjęte do analizy

Na podstawie analizy dostępnych zasobów, a także warunków prawnych i technicznych, opracowano analizę finansową dla inwestycji polegającej na produkcji biogazu z bioodpadów w oczyszczalni ścieków zarządzanej przez Zakład Gospodarki Wodno-Kanalizacyjnej w Tomaszowie Mazowieckim. W analizie wydzielono dwie fazy:

1. Budowa biogazowni na terenie oczyszczalni ścieków w Tomaszowie Mazowieckim z osadem ściekowym jako substratem
2. Rozbudowa biogazowni na terenie oczyszczalni ścieków w Tomaszowie Mazowieckim w celu wykorzystania odpadów biodegradowalnych jako substratu uzupełniającego

W pierwszej fazie inwestycji zakłada się wykorzystanie osadów ściekowych do produkcji biogazu. Zakład Gospodarki Wodno-Kanalizacyjnej w Tomaszowie Mazowieckim przygotowuje się do realizacji inwestycji polegającej na kompleksowej modernizacji gospodarki osadami ściekowymi polegającej na stabilizacji osadów ściekowych w procesie fermentacji beztlenowej, wspomaganej procesem hydrolizy termicznej oraz produkcji energii elektrycznej i ciepła z biogazu. Substratami do produkcji biogazu mają być osady ściekowe powstające w trakcie oczyszczania ścieków w zakładzie, osady tłuszczowe oraz osady ściekowe dostarczane z pobliskich oczyszczalni ścieków.

Budowa biogazowni umożliwi produkcję biogazu i jego wykorzystanie do produkcji energii. Biogazownia umożliwiłaby:

- ograniczenie ilości wytwarzanych osadów i obniżenie kosztów zagospodarowania osadów,
- produkcję energii elektrycznej i ciepła z biogazu, a tym samym obniżenie kosztów energii w Zakładzie,
- wykorzystanie pofermentu do produkcji produktu poprawiającego właściwości gleby,
- redukcję emisji gazów cieplarnianych.

W drugiej fazie inwestycji zakłada się wykorzystanie jako substratów dodatkowo odpadów komunalnych i przemysłowych. Rozbudowa zakładu produkującego biogaz umożliwiłaby wykorzystanie do produkcji biogazu odpadów komunalnych (odpadów spożywczych/kuchennych) i przemysłowych odpadów biodegradowalnych zbieranych w MOFTMO. Rozbudowa umożliwiłaby:

- produkcję większej ilości energii elektrycznej i ciepła oraz dalszą redukcję kosztów energii,
- wsparcie realizacji celów w zakresie odzysku i recyklingu odpadów w gminach w omawianym obszarze,
- dalszą redukcję emisji gazów cieplarnianych.

W obu fazach rozpatrywano także różne opcje, pozwalające na lekkie modyfikacje założonych działań inwestycyjnych.

## Wnioski ze wstępnego studium wykonalności

### Faza 1

#### Koszty

Koszty związane z inwestycją można podzielić na wydatki kapitałowe (CAPEX, ang. *capital expenditure*) i operacyjne (OPEX, ang. *operational expenditure*). Koszty związane z nakładami inwestycyjnymi w Fazie 1 oszacowano na 65,2 mln PLN<sup>1</sup>. W tej kwocie uwzględniono koszty realizacji i projektowania, koszty materiałów i budowy nowych obiektów, przebudowy istniejących obiektów i ich dostosowania do nowych funkcji, koszty instalacji (w tym elektrycznych) oraz koszty generalnego wykonawstwa.

Koszty operacyjne, w zależności od wybranej opcji, są zróżnicowane. Główna różnica między opcjami wynika z wyboru metody i miejsca przetwarzania pofermentu, który jest jednym z produktów procesu fermentacji beztlenowej. W opcji 1A poferment jest przetwarzany przez zewnętrzną firmę za szacowaną kwotę 2,8 mln PLN rocznie. W opcji 1B poferment jest suszony na miejscu z wykorzystaniem części wyprodukowanego w biogazowni biogazu. W opcji 1C poferment również jest suszony na miejscu, ale do suszenia wykorzystany jest gaz z sieci, którego koszt przy cenie 260 PLN za MWh (cena maj 2024 r.) wynosi ok. 1,6 mln PLN rocznie. Powstały w biogazowni cały biogazu wykorzystany jest do produkcji energii elektrycznej i ciepłej. Po uwzględnieniu tych różnic w przetwarzaniu pofermentu całkowite koszty operacyjne dla opcji 1A, 1B i 1C wynoszą odpowiednio około 7,5 mln, 4,7 mln i 6,3 mln PLN.

#### Dochody i obniżone koszty

Produkcja biogazu, a następnie wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła, wymaga zużycia energii na poziomie ok. 0,5 GWh/rok. Przewidywana produkcja energii elektrycznej z biogazu w kogeneracji wynosi ok. 3,1 GWh/rok, co daje produkcję netto ok. 2,6 GWh/rok. W przypadku wykorzystania całości wyprodukowanego biogazu do produkcji energii elektrycznej i ciepła, biogazownia zaspokoi prawie połowę zapotrzebowania zakładu na energię elektryczną i pozwoli zaoszczędzić rocznie ok. 1,8 mln PLN na wydatkach na energię. W przypadku wykorzystania części biogazu do obróbki pofermentu, oszczędności wyniosą około 0,45 mln PLN rocznie.

Wykorzystanie osadów ściekowych jako substratów w fermentacji beztlenowej pozwoli na redukcję ich ilości w trakcie procesu oraz wytworzenie środka poprawiającego jakość gleby. Obecnie proces oczyszczania ścieków generuje około 12 500 Mg osadu, który jest przekazywany zewnętrznej firmie do zagospodarowania, przez co ZGWK ponosi koszty rzędu 5 mln PLN rocznie. Wykorzystanie osadu z oczyszczania ścieków do produkcji biogazu znacznie zmniejsza jego ilość. W Fazie 1 projektu ilość pofermentu wytwarzanego w procesie produkcji biogazu szacowana jest na 7000 Mg (redukcja o 5 5000 Mg, 44%). Poprzez zmniejszenie objętości substratu oczyszczalnia ścieków obniży koszty związane z jego suszeniem, magazynowaniem i transportem. Suszenie pofermentu na miejscu daje oczyszczalni ścieków możliwość sprzedaży rolnikom uzyskanego produktu poprawiającego jakość

---

<sup>1</sup> Przy analizie kosztów wykorzystano opracowaną przez AL-PROJEKT na zlecenie Zakładu Gospodarki Wodno-Kanalizacyjnej w Tomaszowie Mazowieckim „Koncepcję Przebudowy ciągu przetwarzania osadów na oczyszczalni ścieków w Tomaszowie Mazowieckim z odzyskiem energii, surowców mineralnych oraz wody w ramach realizacji projektu gospodarki o obiegu zamkniętym” (2023).

gleby. Zakłada się, że produkt można sprzedać za 25 PLN/Mg, generując roczny dochód w wysokości 57 500 PLN.

W przypadku podjęcia decyzji o przyjmowaniu jako surowca do produkcji biogazu osadów ściekowych z innych, okolicznych oczyszczalni, możliwe będzie zwiększenie produkcji biogazu oraz uzyskanie dodatkowych zysków/przychodów z tytułu ich przetwarzania. Szacuje się, że zakład będzie mógł przyjmować dodatkowo około 2 500 Mg osadów rocznie. Przy założeniu opłaty za przyjęcie osadów do biogazowni w wysokości 200 PLN za Mg dodatkowy dochód mógłby wynieść 0,5 mln PLN rocznie. Okoliczne zakłady przetwarzania odpadów pobierają wyższe opłaty za przyjęcie osadów (od 389 do 626 PLN za Mg), stąd dochód mógłby być odpowiednio wyższy.

Roczny dochód różni się w zależności od opcji. Oszacowany dochód jest najwyższy dla opcji 1C i wynosi 2,4 mln PLN rocznie, z kolei dla opcji 1A wynosi 2,3 mln PLN, a dla opcji 1B – 1 mln PLN.

### Rentowność

W analizie opłacalności inwestycji przyjęto jednakowe koszty inwestycji dla wszystkich opcji w Fazie 1, wynoszące 65,2 mln PLN. Czynnikiem decydującym o zyskowności opcji są koszty operacyjne (zmiennie) oraz dochody. Wyniki porównano do wartości bazowej kosztów operacyjnych, które obecnie ponosi zakład na zakup energii i zagospodarowanie osadów (wartość bazowa).

**Tab. 1.** Suma kosztów, dochodów i rocznych przepływów dla każdej opcji Fazy 1 (w mln PLN)

	Wartość bazowa	Opcja 1A	Opcja 1B	Opcja 1C
Koszt inwestycji	-	65,19	65,19	65,19
Roczne koszty operacyjne	-8,81	-7,53	-4,73	-6,31
Roczny dochód z tytułu przyjmowania osadów ściekowych do przetworzenia oraz sprzedaży produktu poprawiającego jakość gleby	-	2,29	1,00	2,35
Roczny przepływ środków pieniężnych	- 8,81	- 5,24	- 3,73	- 3,97
Roczny przepływ środków pieniężnych w porównaniu do wartości bazowej	-	3,57	5,08	4,84

Źródło: Vista Analize i IOŚ-PIB, na podstawie AL-PROJEKT (2023)

Najbardziej korzystną opcją w ujęciu rocznym jest opcja 1B, chociaż roczny przepływ pieniężny pozostaje ujemny (Tab. 1). Oprócz kosztów inwestycji i rocznego przepływu środków pieniężnych przy ocenie opłacalności należy mieć na uwadze okres eksploatacji projektu i stopę dyskontową, które można przełożyć na stopę zwrotu inwestycji.

We wstępnym studium wykonalności przeanalizowano różne stopy dyskontowe (rzeczywiste) oraz czas trwania projektu wynoszący 20 lat. Przeanalizowano wartość bieżącą netto dla wszystkich opcji w porównaniu do wartości bazowej. Opcja 1B jest najlepszą opcją z wartością bieżącą netto wyższą o 3,89 mln PLN od wartości bazowej. Najmniej korzystna jest opcja 1A z niższą wartością bieżącą netto od wartości bazowej. Najbardziej korzystna wewnętrzna stopa zwrotu inwestycji, wynosząca 4,66%, cechuje opcję 1B.

## Faza 2

W analizowanej Fazie 2 inwestycji zakłada się wykorzystanie odpadów komunalnych i/lub odpadów przemysłowych jako substratów do produkcji biogazu. W tej fazie projektu przeanalizowano dwie opcje: 2A i 2B oraz kilka scenariuszy dla opcji 2A. W opcji 2A odpady komunalne ulegające biodegradacji (odpady kuchenne/spożywcze) są uwzględnione jako substrat do produkcji biogazu, a scenariusze uwzględniają różne poziomy dostępności substratu. Scenariusz 1 zakłada, że gminy MOFTMO wdrażają selektywną zbiórkę odpadów spożywczych/kuchennych i wszystkie odpady spożywcze/kuchenne (przy obecnym poziomie zbiórki) mogą być wykorzystywane w produkcji. Pozostałe scenariusze zakładają stopniowy wzrost selektywnej zbiórki bioodpadów komunalnych do osiągnięcia 25%, 50% i 75% teoretycznego potencjału (Tab. 2). W opcji 2B, oprócz odpadów spożywczych i kuchennych z gmin, jako substrat dodawane są odpady przemysłowe.

**Tab. 2.** Opcje i scenariusze analizowane w Fazie 2

	Opcja 2A	Opcja 2B
<b>Scenariusz 1</b>	Dodanie odpadów spożywczych i kuchennych jako substratu	Dodanie odpadów spożywczych i kuchennych (75% potencjału) i odpadów przemysłowych w procesie fermentacji beztlenowej
<b>Scenariusz 2</b>	Dodanie odpadów spożywczych i kuchennych jako substratu (25% potencjału)	
<b>Scenariusz 3</b>	Dodanie odpadów spożywczych i kuchennych jako substratu (50% potencjału)	
<b>Scenariusz 4</b>	Dodanie odpadów spożywczych i kuchennych jako substratu (75% potencjału)	

Źródło: Vista Analise i IOŚ-PIB, na podstawie AL-PROJEKT (2023)

### Koszty

Koszty związane z nakładami inwestycyjnymi (CAPEX) w Fazie 2 oszacowano na 69 mln PLN w opcji 2A1, 2A2, 2A3 oraz 712 mln PLN w opcji 2A4 i 2B. W tej kwocie uwzględniono koszty inwestycji z Fazy 1 (65,2 mln PLN), koszty budowy stacji wstępnego przetwarzania bioodpadów oraz budowy dodatkowej komory fermentacyjnej. Koszty operacyjne (OPEX) oszacowano jako jednakowe dla wszystkich analizowanych opcji w Fazie 2 i wyniosły 4,7 mln PLN. Obejmują one koszty funkcjonowania biogazowni, bieżących konserwacji oraz energii elektrycznej na potrzeby eksploatacji oczyszczalni.

### Dochody i obniżone koszty

Na potrzeby analizy w Fazie 2 przyjęto, że oczyszczalnia ścieków w Tomaszowie Mazowieckim będzie przyjmować i wykorzystywać do produkcji biogazu, oprócz osadów z sąsiednich oczyszczalni ścieków, także bioodpady komunalne (selektywnie zebrane odpady spożywcze i kuchenne) oraz przemysłowe. Założono, że objętość przyjmowanych osadów będzie taka sama jak w Fazie 1, a dochód z tytułu przyjmowania osadów ściekowych do przetworzenia pozostanie na poziomie 500 000 PLN rocznie, jeśli przyjmujemy opłatę za przyjęcie osadów w wysokości 200 PLN za Mg. Za przyjmowanie bioodpadów komunalnych zakład również może pobierać opłatę – na potrzeby obliczeń założono opłatę na poziomie 300 PLN/Mg. Przychody z opłat przekładają się na różnice w dochodach między opcjami tej fazy (wraz ze wzrostem ilości przyjmowanych z zewnątrz do przetworzenia odpadów wzrasta dochód). W opcji 2B zakład przyjmuje również odpady przemysłowe, za które może również pobierać opłatę, a tym samym opcja ta wiąże się z dodatkowym dochodem w wysokości 435 000 PLN/rok.

Ponieważ w każdej opcji Fazy 2 zakłada się wytwarzanie z pofermentu produktu poprawiającego jakość gleby, we wszystkich opcjach zakłada się dodatkowy dochód ze sprzedaży produktu. Wysokość dochodu zależy od ilości substratu trafiającego do produkcji. We wszystkich opcjach w Fазie 2 część wytworzonego biogazu jest wykorzystywana do suszenia pofermentu. Pozostały biogaz jest wykorzystywany do produkcji energii elektrycznej i ciepła, które są wykorzystywane w oczyszczalni ścieków i biogazowni. Produkcją własną energię elektryczną zakład zmniejszy ilość kupowanej energii z sieci, a tym samym zmniejszy wydatki na energię elektryczną. Produkcja energii elektrycznej netto waha się od ok. 1,35 GWh rocznie dla opcji 2A1 do ok. 4,36 GWh dla opcji 2B. Podobnie szacowana redukcja wydatków na energię elektryczną waha się od około 900 000 do 3 mln PLN rocznie.

Wysokość rocznego dochodu/zmniejszonych wydatków jest różna w zależności od analizowanej opcji. Najwyższą wartość przyjmuje dla opcji 2B, gdzie wynosi 6,3 mln PLN, a najniższą dla opcji 2A1 – 1,7 mln PLN (Tab. 3).

**Tab. 3.** Roczne dochody i zmniejszone koszty dla poszczególnych opcji w Fазie 2 (w mln PLN)

	Opcja 2A Scenariusz 1	Opcja 2A Scenariusz 2	Opcja 2A Scenariusz 3	Opcja 2A Scenariusz 4	Opcja 2B
Dochód z przyjmowania do przetworzenia w biogazowni osadów z sąsiednich oczyszczalni ścieków	500 000	500 000	500 000	500 000	500 000
Dochód z przetwarzania bioodpadów komunalnych	177 428	758 705	1 517 409	2 276 114	2 276 114
Dochód z przetwarzania bioodpadów przemysłowych	-	-	-	-	435 000
Dochód ze sprzedaży produktu poprawiającego jakość gleby	58 699	64 019	70 856	77 692	98 431
Zmniejszenie kosztów energii elektrycznej	932 117	1 298 379	1 841 167	2 454 380	3 020 570
<b>Suma dochodów i zmniejszonych kosztów</b>	<b>1 668 244</b>	<b>2 621 103</b>	<b>3 929 432</b>	<b>5 308 186</b>	<b>6 330 115</b>

Źródło: Vista Analise i IOŚ-PIB, na podstawie AL-PROJEKT (2023)

### Rentowność

Rentowność opcji w Fазie 2 zależy zarówno od kosztu inwestycyjnego, jak i rocznego przepływu środków pieniężnych. Dane, podobnie jak w Fазie 1, porównano do wartości bazowej kosztów zmiennych, które są oszacowanymi kosztami operacyjnymi związanymi z zakupem energii i zagospodarowaniem osadów przy obecnym funkcjonowaniu oczyszczalni.



**Tab. 4.** Suma kosztów, dochodów i rocznych przepływów dla każdej opcji Fazy 2 (w mln PLN)

	Wartość bazowa	Opcja 2A Scenariusz 1	Opcja 2A Scenariusz 2	Opcja 2A Scenariusz 3	Opcja 2A Scenariusz 4	Opcja 2B
Koszt inwestycji	-	68,99	68,99	68,99	71,79	71,79
Roczne koszty operacyjne	-8,81	-4,73	-4,73	-4,73	-4,73	-4,73
Roczne dochody	-	1,23	1,53	1,95	2,41	3,15
Roczny przepływ środków pieniężnych	- 8,81	-3,50	-3,20	-2,78	-2,32	-1,58
Roczny przepływ środków pieniężnych w porównaniu do wartości bazowej	-	5,31	5,61	6,03	6,49	7,23

Źródło: Vista Analyse i IOŚ-PIB, na podstawie AL-PROJEKT (2023)

Najbardziej korzystną opcją w ujęciu rocznym jest opcja 2B, chociaż roczny przepływ pieniężny pozostaje ujemny (Tab. 4). Dodatkowe koszty inwestycyjne, wynikające z potrzeby zapewnienia przetworzenia w procesie większej objętości substratu, są przeważone przez generowany dochód. Wszystkie analizowane opcje mają ujemny roczny przepływ środków pieniężnych, co oznacza, że koszt inwestycji w połączeniu z rocznymi kosztami operacyjnymi jest wyższy niż roczny dochód. Pomimo że wszystkie opcje w Fазie 2 mają ujemny roczny przepływ środków pieniężnych, inwestycja może być uzasadniona, ponieważ każda z analizowanych opcji jest lepsza niż obecna sytuacja.

Oprócz kosztów inwestycji i rocznego przepływu środków pieniężnych przy ocenie opłacalności należy mieć na uwadze okres eksploatacji projektu i stopę dyskontową, które można przełożyć na stopę zwrotu inwestycji. We wstępnym studium wykonalności przeanalizowano różne stopy dyskontowe (rzeczywiste) oraz czas trwania projektu wynoszący 20 lat. Przeanalizowano wartość bieżącą netto dla wszystkich opcji w porównaniu do wartości bazowej. Opcja 2B jest najlepszą opcją z wartością bieżącą netto wynoszącą 11 mln PLN. Najbardziej korzystna wewnętrzna stopa zwrotu inwestycji we wszystkich opcjach obu faz, wynosząca 7,84%, cechuje opcję 2B (Tab. 5).

**Tab. 5.** Wewnętrzna stopa zwrotu dla opcji w Fазie 1 i 2 w porównaniu do wartości bazowej (%)

	Faza 1			Faza 2				
Opcja	1A	1B	1C	2A1	2A2	2A3	2A4	2B
<b>Wewnętrzna stopa zwrotu (%)</b>	0,09	4,66	4,10	4,51	5,15	6,03	6,44	7,84

Źródło: Vista Analyse i IOŚ-PIB, na podstawie AL-PROJEKT (2023). Przyjęte założenia: żywotność projektu wynosi 20 lat, a wszystkie koszty i dochody są stałe.

W porównaniu do obecnego funkcjonowania oczyszczalni ścieków i sposobów zagospodarowania osadów ściekowych można stwierdzić, że realizacja pierwszej fazy inwestycji mogłaby przynieść oczekiwaną wewnętrzną stopę zwrotu (rzeczywistą) na poziomie 4,7%. Realizacja drugiej fazy inwestycji pozwoliłaby na zwiększenie wewnętrznej stopy zwrotu do 7,8%. W celu zwiększenia

rentowności inwestycji ważne jest rozważenie uwzględnienia w planach inwestycyjnych drugiej fazy, pomimo wyższych kosztów i wydłużonego czasu realizacji inwestycji.

### **Korzyści zewnętrzne produkcji biogazu**

Produkcja biogazu w procesie fermentacji beztlenowej oferuje wiele korzyści dla środowiska. Do głównych korzyści zalicza się wychwytywanie metanu, zastąpienie paliw kopalnych (biogaz jest zaliczany do OZE) oraz wytwarzanie pofermentu, który może być stosowany jako bionawóz, którego użycie wspiera zrównoważone praktyki rolnicze.

We wstępnym studium wykonalności oszacowano poziom emisji dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>), metanu (CH<sub>4</sub>), podtlenku azotu (N<sub>2</sub>O) i amoniaku (NH<sub>3</sub>) z procesów i źródeł emisji w Fazie 1 (Tab. 6) oraz Fazie 2 (Tab. 7) oraz porównano je do sytuacji obecnej (wartość bazowa emisji):

- Sytuacja bieżąca (wartość bazowa). Emisje oszacowano na podstawie danych z lat 2021-2022 dotyczących ilości wytwarzanych osadów i ich przetwarzania, z uwzględnieniem okresowych wyłączeń suszarni.
- Faza 1 – budowa biogazowni. Do produkcji biogazu wykorzystuje się osady ściekowe i tłuszcze z oczyszczalni ścieków w Tomaszowie Mazowieckim oraz osady ściekowe z sąsiednich oczyszczalni ścieków. Biogaz jest wykorzystywany do produkcji energii elektrycznej i ciepła; energia elektryczna zastępuje energię elektryczną z sieci; część ciepła jest wykorzystywana na miejscu:
  - Opcja 1A. Poferment pozostający po procesie fermentacji jest wykorzystywany w rolnictwie bez suszenia;
  - Opcja 1B. Poferment jest suszony na miejscu przy użyciu części wytworzonego biogazu, a pozostały biogaz jest wykorzystywany do produkcji energii elektrycznej i ciepła; produkt poprawiający jakość gleby jest wykorzystywany w rolnictwie.
- Faza 2 – rozbudowa biogazowni. W produkcji biogazu, oprócz substratów wykorzystywanych w Fazie 1, wykorzystywane są również osady z pozostałych sąsiednich oczyszczalni ścieków oraz selektywnie zbierane odpady spożywcze/kuchenne ze strumienia odpadów komunalnych. Podobnie jak w Fazie 1 biogaz jest wykorzystywany do produkcji energii elektrycznej i ciepła; wyprodukowana energia elektryczna zastępuje energię elektryczną z sieci; część ciepła jest wykorzystywana na miejscu. Poferment jest suszony na miejscu przy użyciu części wytworzonego biogazu, pozostały biogaz jest wykorzystywany do produkcji energii elektrycznej i ciepła, a produkt poprawiający jakość gleby jest wykorzystywany w rolnictwie:
  - Opcja 2A Scenariusz 1. Gminy oddzielnie zbierają odpady spożywcze/kuchenne, a wszystkie odpady spożywcze/kuchenne (przy obecnym poziomie zbiórki) są wykorzystywane w biogazowni;
  - Opcja 2A Scenariusz 4. Zakłada się, że selektywna zbiórka odpadów spożywczych/kuchennych wzrasta do 75% teoretycznego potencjału i wszystkie zebrane odpady są wykorzystywane w biogazowni.

Do przeliczenia emisji metanu i podtlenku azotu na ekwiwalent dwutlenku węgla przyjęto wartości współczynnika ocieplenia globalnego AR5 opublikowane przez IPCC (2013). Dane dotyczące aktywności i wyniki szacunków emisji zostały porównane z danymi zebranymi w krajowej bazie danych KOBiZE dotyczącej emisji gazów cieplarnianych i innych substancji oraz NIR (2024).

**Tab. 6.** Szacunki emisji gazów cieplarnianych i amoniaku w Fazie 1 i porównanie z sytuacją obecną

Gaz	Wartość bazowa	Faza 1	Redukcja	Faza 1	Redukcja
		Opcja 1A		Opcja 1B	
CO <sub>2</sub> [Mg]	2 588,8	1 713,9	34%	2 730,4	-5%
CH <sub>4</sub> [Mg]	610,3	153,9	75%	255,8	58%
N <sub>2</sub> O [Mg]	184,4	27,0	85%	30,7	83%
<b>łącznie GHG [Mg CO<sub>2</sub> eq]</b>	<b>3 383,5</b>	<b>1 894,8</b>	<b>44%</b>	<b>3 016,9</b>	<b>11%</b>
<b>łącznie NH<sub>3</sub> [Mg]</b>	<b>3,31</b>	<b>0,89</b>	<b>73%</b>	<b>0,89</b>	<b>73%</b>

Źródło: IOŚ-PIB

**Tab. 7.** Szacunki emisji gazów cieplarnianych i amoniaku w Fazie 2 i porównanie z sytuacją obecną

Gaz	Wartość bazowa	Faza 2	Redukcja	Faza 2	Redukcja
		Opcja 2A Scenariusz 1		Opcja 2A Scenariusz 4	
CO <sub>2</sub> [Mg]	2 588,8	2 607,8	-1%	2 507,1	3%
CH <sub>4</sub> [Mg]	610,3	257,2	58%	308,7	49%
N <sub>2</sub> O [Mg]	184,4	29,6	84%	27,3	85%
<b>Total GHG [Mg CO<sub>2</sub> eq]</b>	<b>3 383,5</b>	<b>2 894,5</b>	<b>14%</b>	<b>2843,2</b>	<b>16%</b>
<b>łącznie NH<sub>3</sub> [Mg]</b>	<b>3,31</b>	<b>0,90</b>	<b>73%</b>	<b>1,25</b>	<b>62%</b>

Źródło: IOŚ-PIB

Budowa biogazowni i wykorzystanie osadów jako substratów do produkcji biogazu w każdej z analizowanych faz i opcji prowadzi do redukcji całkowitych emisji gazów cieplarnianych i amoniaku. Największą redukcję można zaobserwować w Fazie 1 w opcji 1A, gdy osad, zamiast być kompostowanym, jest wykorzystywany jako substrat w procesie fermentacji beztlenowej, energia elektryczna wytwarzana z biogazu zastępuje energię elektryczną z sieci, a wytworzony poferment jest wykorzystywany w rolnictwie bez suszenia.

W opcji 1B redukcje gazów cieplarnianych są znacznie mniejsze (11% w porównaniu do wartości bazowej), ze względu na energochłonny proces suszenia pofermentu w celu wytworzenia produktu poprawiającego jakość gleby. W Fazie 2, gdy produkcja biogazu jest wyższa i możliwe jest zastąpienie energią z biogazu większej części energii elektrycznej z sieci, redukcje gazów cieplarnianych są wyższe niż w opcji 1B – odpowiednio 14% i 16% w scenariuszu 1 opcji 2A i scenariuszu 4 opcji 2A.

Oprócz wpływu na emisje CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> i N<sub>2</sub>O, projekt przyczyni się do zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego i silnego systemu energetycznego.

## Podsumowanie

Potencjał biogazowy sektora komunalnego MOFTMO jest znacznie mniejszy niż rolniczego. Ponadto instalacje do produkcji biogazu wykorzystujące substraty z sektora komunalnego (osady ściekowe, frakcja organiczna odpadów komunalnych), ze względu na wymaganą obróbkę wstępną surowca, wymagają ponoszenia wyższych kosztów inwestycyjnych i operacyjnych niż inne instalacje.

Inwestycja w biogazownię na terenie miejskiej oczyszczalni ścieków w Tomaszowie Mazowieckim może być ważnym krokiem na drodze do osiągnięcia samowystarczalności energetycznej przez oczyszczalnię ścieków. Wykorzystanie w biogazowni komunalnych osadów ściekowych wytwarzanych w oczyszczalni ścieków z dodatkiem osadów z separatorów tłuszczu, ścieków z przemysłu przetwórstwa spożywczego i osadów z sąsiednich oczyszczalni ścieków, mogłoby pozwolić na produkcję biogazu pokrywającą ok. 50% zapotrzebowania na energię. Na podstawie przeprowadzonych analiz oraz danych literaturowych można stwierdzić, że bez kofermentacji (dodawania innych substratów do procesu fermentacji osadów ściekowych), biogazownie przy oczyszczalniach ścieków nie umożliwią oczyszczalniom osiągnięcia samowystarczalności energetycznej. Oznacza to, że dostępne dotacje/pożyczki dla sektora komunalnego nie powinny zmniejszać wsparcia przez ograniczanie akceptowanych substratów do jednego strumienia (np. tylko rolniczego, tylko osadów ściekowych, tylko frakcji organicznej odpadów komunalnych), jak to czasami ma miejsce.

Wyniki przeprowadzonej analizy ekonomicznej, choć uproszczone i zależne od przyjętych założeń, wskazują, że również opłacalność produkcji biogazu w planowanej przy oczyszczalni w Tomaszowie Mazowieckim biogazowni może znacząco wzrosnąć, gdy jako substrat będą przyjmowane również odpady komunalne lub przemysłowe. Możliwość pobierania opłat za przetwarzanie odpadów może przynosić biogazowni dodatkowy dochód. Wstępna obróbka odpadów komunalnych lub przemysłowych wymaga poniesienia dodatkowych kosztów inwestycyjnych. W ogólnym rozrachunku, dodatkowy dochód z opłat za przyjęcie odpadów i wyższa produkcja biogazu skutkująca większymi oszczędnościami energii sprawiają, że opcja ta może być opłacalna, co potwierdza również przykład biogazowni przy oczyszczalni ścieków w Regionalnym Centrum Gospodarki Wodno-Ściekowej w Tychach.

Potrzeba współpracy jest szczególnie istotna w sektorze komunalnym. Opcja, w której osady z oczyszczania ścieków są współfermentowane z innymi substratami, wymaga współpracy z potencjalnymi dostawcami współsubstratów. Wykorzystanie nadmiaru ciepła generowanego podczas produkcji energii w kogeneracji wymaga współpracy z potencjalnymi odbiorcami ciepła. Konieczne jest również znalezienie rynków zbytu dla pofermentu, co wymaga współpracy z lokalnymi odbiorcami pofermentu.

Produkcja biogazu w procesie fermentacji beztlenowej oferuje wiele korzyści środowiskowych, łagodząc wpływ gospodarki odpadami na środowisko i zmiany klimatyczne. Kolejną korzyścią jest ograniczenie zużycia paliw kopalnych. Energia elektryczna i ciepło wytwarzane z biogazu mogą zastąpić paliwa kopalne, takie jak węgiel, ropa naftowa i gaz ziemny, prowadząc do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych z produkcji energii. Wykorzystanie pofermentu jako produktu poprawiającego jakość gleby wspiera zrównoważone praktyki rolnicze prowadząc do recyklingu składników odżywczych z powrotem do gleby, zmniejszając zapotrzebowanie na nawozy sztuczne, poprawiając strukturę gleby i zwiększając zawartość w niej materii organicznej.