

SKOLENIE „WYTWARZANIE BIOGAZU: BIOMASA I POFERMENT”

Alina Kowalczyk-Juśko

1. Podstawy fermentacji metanowej i źródła biogazu

1.1. Naturalne i antropogeniczne źródła biogazu

Źródła naturalne:

- bagna,
- dna zbiorników wodnych (stawy, jeziora),
- przewody pokarmowe przeżuwaczy i termitów,
- rozkład odchodów zwierząt itp.

Źródła antropogeniczne:

- hodowla zwierząt domowych,
- pola ryżowe,
- składowiska odpadów,
- oczyszczalnie ścieków,
- biogazownie rolnicze – celowa fermentacja biomasy.

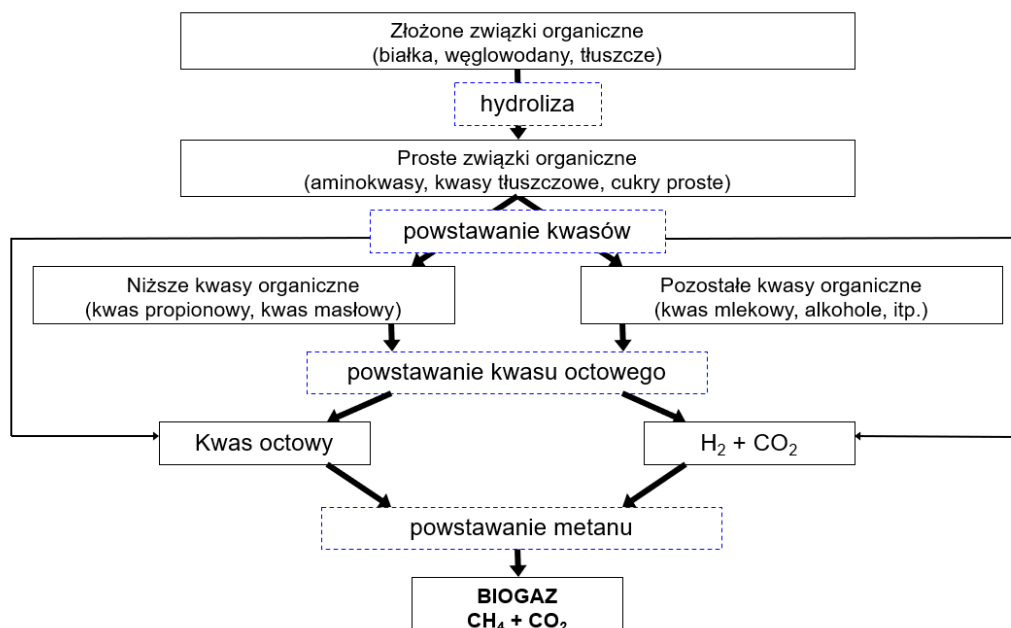
1.2. Podstawy fermentacji metanowej

Fermentacja metanowa:

- zespół beztlenowych procesów biochemicznych, w których wielkocząsteczkowe substancje organiczne (węglowodany, białka, tłuszcze) są rozkładane przez bakterie do alkoholi lub niższych kwasów organicznych, metanu, dwutlenku węgla i wody

Metan:

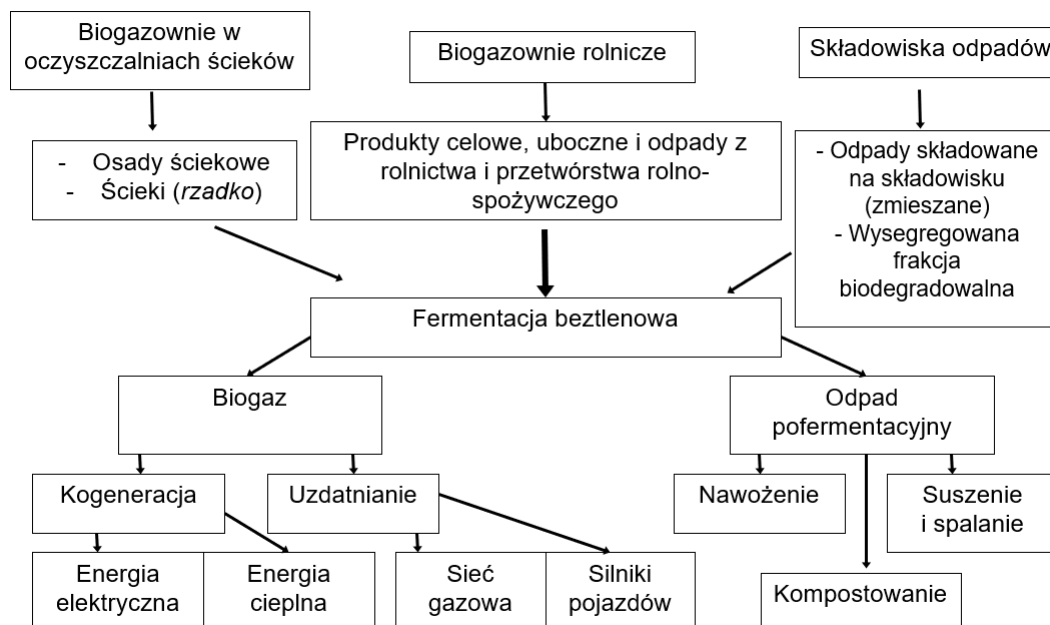
- palny gaz znajdujący się w skorupie ziemskiej (gaz ziemny, gaz naturalny)
- silny gaz cieplarniany (25 razy silniejszy niż CO₂)
- biometan – parametry fizyczne i chemiczne ważne z energetycznego punktu widzenia



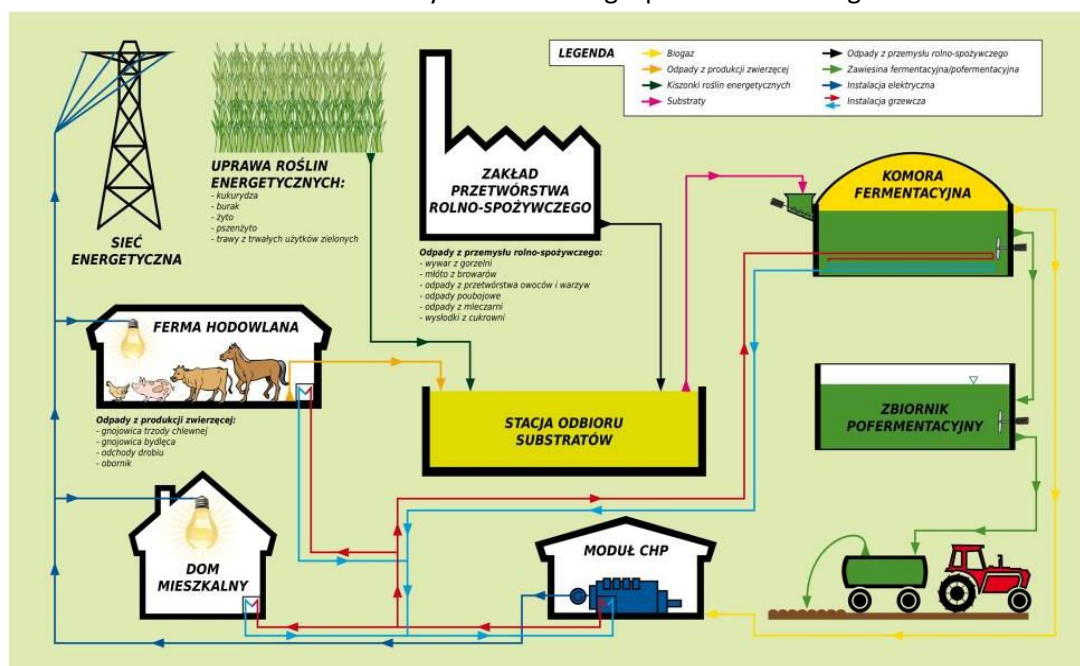
Schemat przebiegu procesów fermentacji metanowej

Czynniki wpływające na proces fermentacji w zależności od kryteriów:

- substraty, inhibitory
- temperatura
- mieszanie, HRT
- liczba etapów procesu technologicznego
- zawartość s.m.o. i obciążenie graniczne
- tryb napełniania fermentora

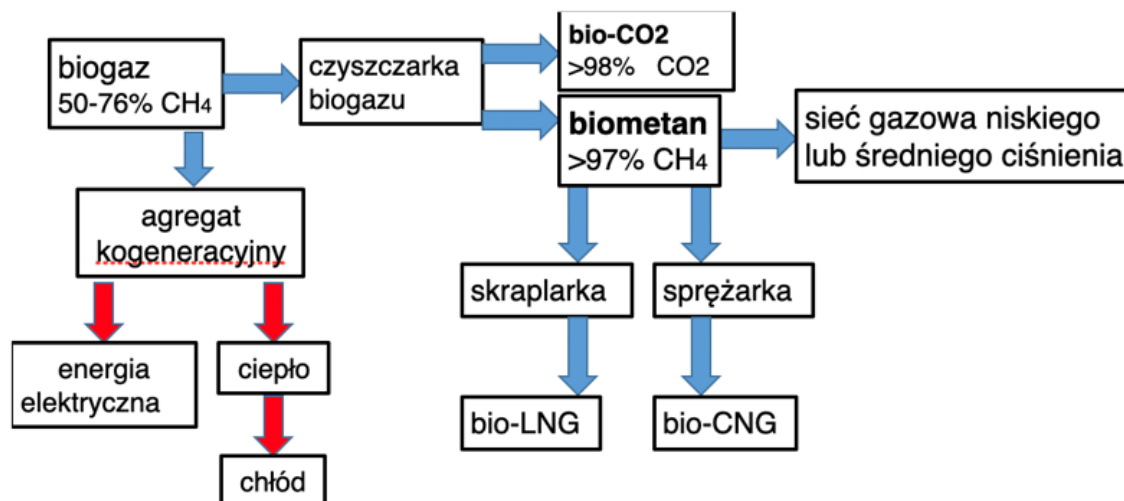


Wytwarzanie i zagospodarowanie biogazu



Schemat biogazowni rolniczej (Kowalczyk-Juśko A. Biogazownie szansą dla rolnictwa i środowiska. FDPA, Warszawa 2013)

2. Zagospodarowanie biogazu - CHP, oczyszczanie do postaci biometanu i jego przeznaczenie



Sposoby zagospodarowania biogazu

2.1. Spalanie biogazu w kotłach i modułach kogeneracyjnych

Spalanie – proces tlenowy prowadzący do konwersji energii chemicznej zawartej w paliwie na energię cieplną. Spalanie w kotłach – ogrzewanie lub procesy technologiczne. Spalanie w układach kogeneracyjnych – konwersja na energię elektryczną i ciepło w proporcji około 1:1,2 (ciepło ze spalin i chłodzenia silnika). W przypadku wysokosprawnej kogeneracji obowiązek wykazania zagospodarowania ciepła, co jest podstawą ceny prądu. Sprawność kogeneracji można obliczyć, dzieląc całkowitą energię włożoną przez wytworzoną moc elektryczną: $\eta_{CHP} = E / E_p$

2.2. Oczyszczanie biogazu

Metody uzdatniania biogazu:

- szorowanie wodą
- absorpcja
- peeling fizyczny
- różna rozpuszczalność H_2S i CO_2
- chemiczne oczyszczanie (aminy)
- adsorpcja
- membrany
- adsorpcja zmienno-temperaturowa - zmiany temperatury na różnych etapach procesu
- separacja kriogeniczna - różne temperatury wrzenia CO_2 i C

2.3. Biometan – zatłaczanie do sieci lub zasilanie silników pojazdów

Biometan o parametrach zgodnych z wymogami operatora sieci (ciepło spalania, wartość opałowa) może być do niej zatłoczony po uzyskaniu decyzji o przyłączeniu do sieci (obecnie w Polsce 1 biogazownia).

Po skropleniu biometanu może być stosowany jako bioLNG w pojazdach przystosowanych do spalania LNG (rozwiązanie powszechne w np. Skandynawii).

3. Substraty pochodzące z upraw – gatunki, odmiany, technologia uprawy i przygotowania

3.1. Kukurydza jako substrat do biogazowni

Kukurydza – ważny jest dobór odmian (wysoka liczba FAO), termin zbioru (dojrzałość mleczno-woskowa do woskowej), jakość siewki (m.in. zgniatacze ziarna) i jej rozdrobnienie (mniejsze niż dla bydła). Technologia uprawy klasyczna i mix-cropping – zmniejszenie ryzyka spadku plonów powodowanego przez suszę i patogeny. Rozwiązania pozwalające na przedłużenie zbioru przy uprawach wielkopowierzchniowych – dobór odmian z uwzględnieniem FAO. W przypadku umów z rolnikami – zapisy dotyczące jakości surowca, zbioru przy użyciu maszyn rolnika lub zbioru po stronie biogazowni, ilość i terminy. Najczęstsze błędy po stronie rolnika i biogazowni w kwestiach dostaw kukurydzy.

Zakiszanie kukurydzy – wady i zalety:

- baloty
- rękawy
- silosy (przejazdowe i wielkoobjętościowe).

Warunki i okres przechowywania kiszonki wpływają na wydajność biogazu i jego skład. Zabezpieczenie silosów przed odciekami, wysychaniem, ptactwem, gryzoniami.

3.2. Inne gatunki roślin celowych

Wszystkie rośliny mogą być poddane procesowi fermentacji. Ważne są: parametry plonu, łatwość zakiszania, wydajność biogazu, koszty uprawy, zawartość substancji niepożądanych (popiół, białko, inhibitory), wymagania glebowe w zależności od możliwości gospodarstwa, logistyka zbiorów i dostaw, międzyplony, „zielona taśma”, rośliny wieloletnie, rośliny nieprzeznaczone do spożycia lub na paszę. Trawy wymagają starannego rozdrobnienia gdyż sianokiszonka i kiszonka może powodować problemy techniczne funkcjonowania urządzeń biogazowni.

Słoma jako produkt uboczny uprawy zbóż może być substratem po wstępnym przygotowaniu (szerzej w p. 6). W przypadku biometanu paliwowego (zwłaszcza podmioty realizujące NCW) warto sięgnąć po rośliny (i inne surowce) wymienione w zał. 9 do RED II.

Przykładowe parametry wydajności biogazu z biomasy roślin z upraw celowych

Gatunek	Plony [t/ha]	Wydajność biogazu [m ³ /t <u>św.m.</u>]	Wydajność biogazu [m ³ /ha]
Kiszonka z kukurydzy	50	200	10 000
	35	215	7 525
Buraki pastewne	80	100	8 000
Trawa łąkowa – 3 pokosy	70	95	6 650
CCM - kukurydza	15	450	6 750
GPS - pszenica	12	500	6 000
Ziemniak	40	110	4 400
Ziarno pszenicy	7	600	4 200

4. Substraty z przetwórstwa rolno-spożywczego

Substraty odpadowe z rolnictwa i przetwórstwa rolno-spożywczego mogą mieć status odpadu lub produktu ubocznego. Substraty o tej samej nazwie mogą zatem wymagać rejestru w BDO (jeśli są odpadami) i być wykazywane dla KOWR ze stosownymi kodami lub być produktami, co pomija BDO i zapisy w formularzach sprawozdawczych (patrz p. 11). Katalog odpadów (Rozporządzenie Ministra Klimatu z dnia 2 stycznia 2020 r. w sprawie katalogu odpadów Dz.U. 2020, poz. 10) dzieli je w zależności od miejsca powstawania (patrz – katalog odpadów). W przypadku wątpliwości – sprawdzenie w dotychczasowych wykazach substratów lub pytanie do KOWR.

4.1. Substraty stałe

Pochodzenia zwierzęcego:

- obornik (w tym odchody drobiu, przy odpowiednim udziale ze względu na amoniak i popiół)
- uppz kategorii I i II
- krew odwodniona
- treści przewodów pokarmowych (mierzwa)

Pochodzenia roślinnego:

- owoce, warzywa, inne całe rośliny nieprzeznaczone do spożycia
- wytloki z zakładów przetwórstwa owoców i warzyw
- wycierka ziemniaczana
- wysłodki i melasa z cukrowni
- młóto z browaru
- ziarno zbóż i innych roślin (strączkowych, oleistych)
- słoma, plewy, łuski – po uprzednim wstępnym przygotowaniu

4.2. Substraty ciekłe

- gnojowica
- krew nieodwodniona
- wywar z gorzelnii
- serwatka

5. Osady z oczyszczalni z przetwórstwa (z wyjątkiem komunalnych)

5.1. Osady z oczyszczalni przydatne dla biogazowni rolniczych w oparciu o katalog odpadów

Warunkiem dopuszczenia osadów z zakładowych oczyszczalni ścieków jest spełnienie zapisu zawartego w definicji biogazu rolniczego (art. 2b ustawy o OZE) - ...a także z zakładowych oczyszczalni ścieków z przetwórstwa rolno-spożywczego, w których jest prowadzony rozdział ścieków przemysłowych od pozostałych rodzajów osadów i ścieków. Odpady o tej samej nazwie mogą mieć różne kody, co należy uwzględnić przy sprawozdawczości. Osady dopuszczone do stosowania w biogazowniach rolniczych:

- 02 02 04 - Osady z zakładowych oczyszczalni ścieków
- 02 03 05 - Osady z zakładowych oczyszczalni ścieków
- 02 04 03 - Osady z zakładowych oczyszczalni ścieków
- 02 05 02 - Osady z zakładowych oczyszczalni ścieków

02 06 03 - Osady z zakładowych oczyszczalni ścieków

02 07 05 - Osady z zakładowych oczyszczalni ścieków

Osady, w zależności od wcześniejszej obróbki, mogą pełnić funkcje substratów zagęszczających lub rozcieńczających. W zależności od potrzeb biogazowni można modyfikować parametr zawartości s.m. na poziomie oczyszczalni, przy czym transport osadu nieodwodnionego wiąże się z wyższym kosztem transportu (warunek odległości – patrz p. 7.2).

6. Pre-treatment substratów

6.1. Wstępne przygotowanie substratów – aspekty techniczne

Niektóre substraty wymagają rozdrobnienia (siekanie, maceracja, mikronizacja, mielenie), zakiszenia, rozcieńczenia, zagęszczenia, magazynowania. Służą do tego odpowiednie instalacje, zbiorniki (naziemne, podziemne), urządzenia rozdrabniające – w zależności od charakteru substratu i potrzeb biogazowni.

6.2. Przygotowanie substratów pochodzenia zwierzęcego – aspekty prawne

- Rozporządzenie (WE) nr 1069/2009 – kategorie uppz i dopuszczenie ich do wykorzystania w biogazowniach rolniczych
- Rola powiatowego lekarza weterynarii w procesie decyzyjnym dotyczącym dopuszczenia wybranych kategorii uppz do przetwarzania w biogazowniach
- Rozporządzenie Komisji (UE) Nr 142/2011 – wymogi dla uppz
- II i III kategoria uppz:

- rozdrobnienie do max 12 mm, higienizacja w min. 70°C przez min. 1 h

7. Dobór kosubstratów – tworzenie receptury, kalkulator biogazowy

7.1. Rola poszczególnych grup substratów

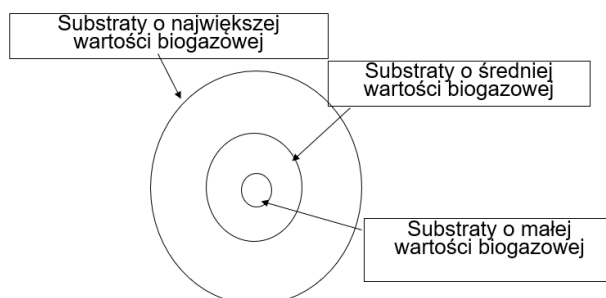
Ze względu na cechy funkcyjne wyróżniamy substraty:

- rozcieńczające
- zagęszczające
- zwiększające wydajność
- dodatki stabilizujące proces.

Pod względem cech technologicznych wyróżniamy substraty:

- inokulujące
- adhezyjne
- łatwo fermentujące
- trudno fermentujące i niebezpieczne.

7.2. Dobór substratów w oparciu o dostępność



Ocena dostępności substratów w aspekcie odległości transportu

7.3. Dobór substratów w oparciu o ich właściwości

Metoda obliczania doboru substratów na podstawie obciążenia komory s.m. i parametrów substratów – przydatna przy małej liczbie substratów. Należy pamiętać o „krzyżowym” przyjmowaniu parametru s.m.

7.4. Kalkulatory biogazowe - ćwiczenie

8. Właściwości nawozowe pofermentu

8.1. Co to jest poferment?

Pozostałość pofermentacyjna, poferment, produkt pofermentacyjny, pulpa, odpad pofermentacyjny zawiera:

- biomasę bakterii metanowych
- nieprzefermentowane związki organiczne
- składniki mineralne

8.2. Czynniki wpływające na skład pofermentu

Poferment z każdej biogazowni ma nieco inny skład, na co wpływ mają następujące czynniki:

- substraty
- HRT
- temperatura procesu
- mieszanie
- sposób przechowywania
- czas przechowywania
- sposób rozdysponowania na polu

8.3. Aspekty techniczne nawozowego wykorzystania pofermentu

Dawka pofermentu określana jest na podstawie zawartości N, zgodnie z przepisami wynikającymi z Ustawy o nawozach i nawożeniu. Przy sporządzaniu planów nawozowych należy uwzględnić ilość składnika działającego, na podstawie obliczeń. Również terminy stosowania pofermentu na polu wynikają z ww. ustawy. Poferment może być separowany na frakcję stałą i ciekłą, które różnią się składem i sposobem stosowania:

- frakcja stała – rozrzutnik
- frakcja ciekła – deszczowanie, rozlewanie przy użyciu wozów asenizacyjnych (płytki rozbryzgowo, węże wleczono, aplikacja dogłębowa – wady i zalety).

9. Uwarunkowania prawne nawozowego wykorzystania pofermentu

9.1. Poferment jako odpad

Opad – „każda substancja lub przedmiot, której posiadacz pozbywa się, zamierza się pozbyć lub do pozbycia której jest obowiązany”.

Poferment z biogazowni rolniczych (zgodnie z katalogiem odpadów):

19 06 05 – Ciecze z beztlenowego rozkładu odpadów zwierzęcych i roślinnych

19 06 06 - Przefermentowane odpady z beztlenowego rozkładu odpadów roślinnych i zwierzęcych

Proces odzysku R10 - obróbka na powierzchni ziemi przynosząca korzyści dla rolnictwa lub poprawę stanu środowiska.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 stycznia 2015 r. w sprawie procesu odzysku R10 (Dz.U. 2015, poz. 132).

9.2. Poferment jako nawóz lub środek poprawiający właściwości gleby

Procedura uzyskania pozwolenia MRiRW na wprowadzanie do obrotu nawozów organicznych lub środków poprawiających właściwości gleby, produkowanych z pofermentu.

9.3. Produkt pofermentacyjny w świetle specustawy biogazowej

Produkty pofermentacyjne – przeznaczone do rolniczego wykorzystania płynne lub stałe substancje organiczne powstające w wyniku procesu produkcji biogazu rolniczego w rozumieniu art. 2 pkt 2 ustawy z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz. U. z 2022 r. poz. 1378, 1383, 2370 i 2687 oraz z 2023 r. poz. ...) wytworzonego z:

- a) biomasy w postaci odchodów zwierzęcych, słomy i innych, niebędących niebezpiecznymi, naturalnych substancji pochodzących z produkcji rolniczej lub leśnej lub
- b) innych substratów służących do produkcji biogazu niezagrażających zdrowiu ludzi, zwierząt lub środowisku określonych w przepisach wydanych na podstawie art. 4 ust. 3 ustawy z dnia 13 lipca 2023 r. o ułatwieniach w przygotowaniu i realizacji inwestycji w zakresie biogazowni rolniczych, a także ich funkcjonowaniu

9.4. Produkt nawozowy UE

Przepisy w tym zakresie zawarte są w: Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE 2019/1009. Produkt nawozowy UE wymaga przeprowadzenia oceny zgodności – proces wykazujący, czy zostały spełnione wymagania Rozporządzenia (UE) 2019/1009 dotyczące produktu nawozowego UE.

Zakres, sposób i podmiot uprawniony do przeprowadzenia oceny zgodności dla produktów nawozowych powstałych z pofermentu zależy od substratów:

- CMC 4 – produkty pofermentacyjne ze świeżych roślin
- CMC 5 – produkty pofermentacyjne inne niż CMC4

Z CMC 5 można wytwarzać:

- PFC1 – nawóz
- PFC 3 – polepszacz gleby

10. Ocena parametrów substratów do produkcji biogazu oraz pofermentu w pracowni i laboratorium

10.1. Parametry substratów i ich wpływ na wydajność biogazu

Najważniejsze oceniane parametry substratów: s.m. (%), s.m.o. (% s.m.), pH, C:N, N-NH₄ (%), wydajność biogazu (w przeliczeniu na św.m., s.m. lub s.m.o.), zawartość CH₄ w biogazie.

Najważniejsze oceniane parametry pofermentu: s.m., s.m.o., pH, N, P, K, mikroelementy

10.2. Ocena substratów i pofermentu w laboratorium biogazowym

11. Sprawozdawczość w stosunku do KOWR (substraty), dokumenty związane z gospodarką pofermentem

11.1. Obowiązki wytwórcy biogazu rolniczego względem KOWR

Wytwórca biogazu rolniczego, chcący zarejestrować się w KOWR składa stosowny wniosek (załącznik 1).

Wytwórca biogazu rolniczego (zgodnie z rejestrem) jest zobowiązany do składania kwartalnych raportów, zgodnie z załącznikiem 2.

11.2. Dokumenty związane z gospodarką pofermentem w zależności od jego kategorii

Wytwórca biogazu rolniczego, spełniający wymogi zawarte w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 12 października 2023 r. w sprawie szczegółowej listy substratów możliwych do wykorzystania w biogazowni rolniczej, ma prawo stosować poferment jako produkt pofermentacyjny i zgłosić jego użycie do właściwej WIORiN, zgodnie z załącznikiem 3.

12. Wizyta studyjna w biogazowniach

Wizyta będzie obejmować zapoznanie się z budynkami, budowlami, wyposażeniem funkcjonującej biogazowni rolniczej, procesami jakie w niej zachodzą, zgodnie z cyklem produkcji: magazyny substratów, waga samochodowa, urządzenia transportowe, zbiorniki wstępne, komory fermentacyjne, instalacje do zagospodarowania biogazu, systemy sterowania, zbiorniki na poferment, urządzenia i maszyny służące do nawozowego wykorzystania pofermentu.