dr inż. Alina Kowalczyk-Juśko, dr inż. Magdalena Szymańska

POFERMENT
nawozem dla rolnictwa

Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich

Krajowa Sieć Obszarów Wiejskich

Program Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007-2013

„Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie". Projekt opracowany przez Fundację na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa.
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Pomocy Technicznej Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007–2013.
Instytucja Zarządzająca Programem Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007–2013 – Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

Spis treści

Wprowadzenie 3

1. Podstawy produkcji biogazu rolniczego 5

2. Możliwości nawozowego zagospodarowania pofermentu 11

3. Skład pofermentu – właściwości nawozowe 16

4. Efekty rolnicze i środowiskowe nawozowego wykorzystania pofermentu 20

5. Zasady ustalania dawek pofermentu – plan nawozowy 27

6. Aplikacja pofermentu na pola – charakterystyka maszyn rolniczych 33

7. Magazynowanie pofermentu w biogazowni 38

8. Zagospodarowanie pofermentu w świetle obowiązujących przepisów 41

9. Certyfikowanie nawozów produkowanych z pofermentu 46

10. Alternatywne możliwości zagospodarowania pofermentu 52

11. Dobre praktyki w zakresie zagospodarowania pofermentu 56

Literatura - Akty Prawne - Strony internetowe 59

Wydawca

Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa
ul. Gombrowicza 19
01-682 Warszawa
e-mail: fdpa@fdpa.org.pl
telefon +48 22 864 03 90
faks +48 22 864 03 61
www.fdpa.org.pl

Autorzy

dr inż. Alina Kowalczyk–Juśko
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
www.up.lublin.pl

dr inż. Magdalena Szymańska
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
www.sggw.pl

Recenzent
prof. dr hab. Jan Łabętowicz
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Publikacja bezpłatna przygotowana w ramach Planu działania Sekretariatu Centralnego Krajowej Sieci Obszarów Wiejskich na lata 2014–2015.

Krajowa Sieć Obszarów Wiejskich

Odwiedź portal KSOW – www.ksow.pl
Zostań Partnerem Krajowej Sieci Obszarów Wiejskich.

2015 © Copyright – Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi
2015 © Copyright – Fundacja Programów Pomocy dla Rolnictwa FAPA

ISBN 978-83-937363-6-2

Wprowadzenie

Drodzy Czytelnicy,

Oddajemy w Państwa ręce publikację przygotowaną w ramach projektu pt. „Poferment nawozem dla rolnictwa" współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Pomocy Technicznej Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007-2013 realizowanego przez Fundację na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa (FDPA). Jego celem jest upowszechnienie innowacyjnych badań z zakresu przygotowania i zagospodarowania pofermentu w środowisku doradców rolnych, rolników i producentów biogazu, jako elementu wsparcia polityki zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich i promocji odnawialnych źródeł energii (OZE) w rolnictwie.

Projekt ten jest pokłosiem kilku wcześniejszych realizowanych przez Fundację kampanii edukacyjno-informacyjnych dotyczących biogazowni rolniczych. Podczas konferencji i spotkań z rolnikami, doradcami rolnymi oraz inwestorami okazało się, że poferment jest dla środowiska rolniczego tematem nowym i wymagającym szerszego spojrzenia. Poferment to pozostałość po procesie beztlenowej fermentacji metanowej, jaka powstaje w biogazowniach rolniczych. Dzięki jego wysokiej wartości nawozowej oraz obecności materii organicznej zastępującej nawozy organiczne okazuje się produktem stosowanym do użyźniania gleby. Większe plony, zmniejszenie zapotrzebowania na nawozy mineralne i ograniczenie procesu wymywania azotanów z gleby, to jedynie niektóre z zalet pofermentu. Jednak niewłaściwie przygotowany lub stosowany może okazać się problemem. Istnieje szereg wymagań, które należy spełnić, aby móc wykorzystywać poferment jako nawóz organiczny.

Podręcznik jest odpowiedzią na potrzeby środowisk rolniczych, szczególnie tych, które są zlokalizowane w rejonach biogazowni rolniczych. Ma za zadanie przybliżyć temat pofermentu, czym jest, jakie przynosi korzyści dla rolnictwa, jak go aplikować na pola. W publikacji poruszono również niezwykle istotny temat zagospodarowania pofermentu w świetle obowiązujących obecnie przepisów prawnych oraz zaprezentowano biogazownie, które czerpią korzyści ze stosowania pofermentu.

Autorki opracowania, Pani dr inż. Alina Kowalczyk–Juśko i Pani dr inż. Magdalena Szymańska, wykorzystały w nim wnioski z prowadzonych badań naukowych, jak również praktyczne doświadczenia i obserwacje, poczynione w biogazowaniach, które jako pierwsze postanowiły wykorzystywać poferment jako nawóz.

Mamy nadzieję, że publikacja ta będzie użytecznym źródłem wiedzy.

Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa

1. Podstawy produkcji biogazu rolniczego

Biogazownia rolnicza jest „bioelektrociepłownią" służącą do produkcji biogazu z organicznych „substratów" takich jak:

- nawozy naturalne (gnojowica, obornik, pomiot, gnojówka),
- biomasa roślinna (np. kiszonka z kukurydzy, buraków cukrowych, traw, żyta),
- produkty uboczne przemysłu rolno-spożywczego (np. wywar gorzelniany, pulpa ziemniaczana, serwatka, wysłodki, pozostałości warzyw i owoców).

Produkcja biogazu z ww. substratów zachodzi podczas tzw. fermentacji metanowej. Wsad do biogazowni to zazwyczaj mieszanina kilku substratów, zwana kosubstratami. Dzięki stosowaniu kosubstratów zwiększa się wydajność produkcji biogazu w stosunku do stosowania tzw. monosubstartów. Poza tym przez odpowiedni dobór proporcji używanych substratów możemy regulować m.in. zawartość suchej masy oraz stosunek podstawowych makroelementów w otrzymanej mieszaninie. Według Weilanda optymalny stosunek C : N : P : S powinien wynosić ok. 600 : 15 : 5 : 1. Gwarantuje on odpowiednie dostarczanie składników pokarmowych bakteriom przeprowadzającym proces fermentacji metanowej [*Jędrczak 2008*].

Fermentacja metanowa jest procesem naturalnym – prowadzona jest w warunkach beztlenowych przy udziale mikroorganizmów: bakterii kwasotwórczych, bakterii octanowych i bakterii metanogennych.

Fermentacja metanowa zachodzi w naturalnym środowisku na obszarach bagiennych, a także podczas np. składowania odpadów organicznych – towarzyszy jej niekontrolowana emisja metanu do atmosfery.

Podczas fermentacji metanowej prowadzonej w kontrolowanych warunkach (w komorze fermentacyjnej) w biogazowni rolniczej następuje rozkład materii organicznej z wytworzeniem biogazu, którego głównym składnikiem jest metan (CH_4). Poza metanem w skład biogazu wchodzą dwutlenek węgla (CO_2) oraz niewielkie ilości wodoru (H_2), siarkowodoru (H_2S), azotu (N_2), pary wodnej (H_2O) i innych gazów. Biogaz po uzdatnieniu wykorzystywany jest do produkcji energii elektrycznej i/lub cieplnej. Podczas fermentacji metanowej rozkładowi najczęściej ulega ok. 30–60% materii organicznej wprowadzonej do komory z używanymi substratami.

Pozostająca po fermentacji masa, zawierająca materię organiczną oraz cenne z punktu widzenia żywienia roślin związki mineralne, to właśnie POFERMENT (nazywany również masą pofermentacyjną czy pulpą pofermentacyjną).

Tabela 1. Właściwości wybranych substratów do produkcji biogazu.

Substrat	% s.m.	% s.m.o.	N [%]	$N\text{-}NH_4$ [%]	P [%]	Uzysk biogazu [m^3/t ś.m.]	Zawartość CH_4 [% obj.]
Kiszonka z kukurydzy	20-35	85-95	1,1-2,0	0,15-0,3	0,2-0,3	170-200	50-55
Kiszonka z trawy	25-50	70-95	3,5-6,9	6,9-19,8	0,4-0,8	170-200	54-55
Kiszonka z żyta	30-35	92-98	4,0	0,57	0,71	170-220	ok. 55
Gnojowica świńska	ok. 7	75-86	6-18	3-17	0,2-1,0	20-35	60-70
Gnojowica bydlęca	8-11	75-82	2,6-6,7	1-4	0,5-3,3	20-30	60

Źródło: *Szlachta J., Fugol M., Analiza możliwości produkcji biogazu na bazie gnojowicy oraz kiszonki z kukurydzy, „Inżynieria Rolnicza" 2009, nr 5 (114).*

W pierwszych latach rozwoju biogazowni w Polsce dominującymi substratami używanymi w tych instalacjach były produkty typowo rolnicze, jak kiszonka z kukurydzy i gnojowica. Z różnych przyczyn w ostatnim czasie obserwuje się zwiększenie zainteresowania fermentacją organicznych pozostałości z przemysłu rolno-spożywczego. Jest to właściwy kierunek rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce. Dzięki temu w biogazowni nie tylko produkujemy energię z odnawialnych źródeł (OZE), lecz także przyczyniamy się do pożytecznego zagospodarowania organicznych pozostałości, których składowanie związane jest z emisją zanieczyszczeń do środowiska. Należy podkreślić, że funkcją biogazowni rolniczych jest:

- produkcja energii ze źródeł odnawialnych,
- zagospodarowanie wszelkiego rodzaju organicznych pozostałości, generowanych przez rolnictwo i przemysł rolno-spożywczy,
- produkcja wartościowego pod względem nawozowym pofermentu.

Według danych literaturowych udział typowo rolniczych substratów używanych w polskich biogazowniach wynosi ok. 67,5%, a produktów ubocznych przemysłu rolno-spożywczego 32,5%.

Wśród typowo rolniczych substratów w dalszym ciągu dominują: gnojowica i kiszonka z kukurydzy, w dalszej kolejności znajdują się obornik, zielonki i kiszonki z traw.

Wśród produktów ubocznych przemysłu dominują: wywar gorzelniany, pozostałości warzyw i owoców, wysłodki, serwatka, pulpa ziemniaczana. Wymienione substraty stanowią ponad 97% wszystkich produktów ubocznych przemysłu rolno-spożywczego, które są stosowane w biogazowniach. Wymienione produkty uboczne od lat stosowane są w rolnictwie jako pasze lub nawozy, a zatem ich użycie w biogazowni nie stwarza zagrożenia, jeśli poferment będzie używany w celach nawozowych [Źródło: *www.biogazownie.fwie.pl*].

Produkty uboczne przemysłu rolno-spożywczego jako wsad do biogazowni

fot. M. Szymańska

Budowa typowej biogazowni rolniczej

Typowa biogazownia rolnicza składa się z: komory fermentacyjnej, zbiornika biogazu (stanowiącego oddzielny zbiornik lub zbiornik znajdujący się bezpośrednio nad fermentującą masą), zbiornika na poferment, układu podawania biomasy, agregatu kogeneracyjnego, pochodni utylizacyjnej.

Rodzaj i ilość stosowanych w danej biogazowni substratów decyduje o: objętości komór fermentacyjnych oraz zbiorników magazynowych na poferment, mocy agregatów do produkcji energii elektrycznej i/lub ciepła. Obecnie na rynku dostępnych jest wiele rozwiązań technologicznych, ale wszystkie działają podobnie.

Zbiorniki fermentacyjne (inaczej: komory, bioreaktory) są to najczęściej konstrukcje żelbetowe lub stalowe chroniące fermentującą wewnątrz masę organiczną przed dostępem światła i tlenu. Spotykane są także komory wykonane z tworzyw sztucznych. Komory buduje się najczęściej w kształcie cylindrycznym. Wyposażone są w izolację cieplną oraz wymienniki ciepła utrzymujące odpowiednią temperaturę dla szczepów bakterii odpowiedzialnych za proces fermentacji metanowej. W celu zapewnienia równomiernego przebiegu procesu fermentacji metanowej wewnątrz komory instalowane są systemy mieszania wsadu. Ich zadaniem jest ułatwianie wypuszczania gazu oraz zapobieganie powstawaniu martwych punktów i kożuchów [*Oniszk-Popławska i in. 2003*]. Przebieg procesu produkcji biogazu jest stale monitorowany. Zespoły mierników kontrolują m.in. takie parametry, jak: pH, temperaturę, ciśnienie, podciśnienie.

Komora fermentacyjna (po lewej), zbiornik na poferment (po prawej)

fot. M. Szymańska

Uzyskany biogaz kierowany jest do zbiorników. Wyróżniamy zbiorniki tzw. mokre oraz suche. Zbiornik mokry to gazoszczelny dach montowany tuż nad komorą fermentacyjną, który umożliwia bieżące magazynowanie biogazu. Specjalna membrana z tworzywa sztucznego jest odporna na zewnętrzne działanie czynników atmosferycznych i wewnętrzne działanie biogazu. Zbiornik suchy stanowi oddzielną zabezpieczoną przed zniszczeniem konstrukcję w kształcie balonu. Każda biogazownia wyposażona jest w zabezpieczenia w postaci pochodni do spalania nadmiaru biogazu (wydajność pochodni powinna pozwalać na bieżące spalenie całej produkcji biogazu) oraz przerywacza płomienia, który eliminuje ryzyko zapłonu wewnątrz instalacji.

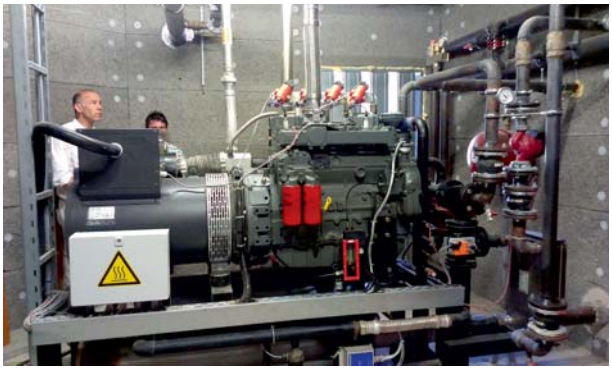
Waga i zbiornik wstępny na substraty stałe w biogazowni rolniczej w Niemczech

fot. M. Szymańska

Energetyczne wykorzystanie biogazu jest możliwe po uprzednim jego oczyszczeniu z pary wodnej i siarkowodoru. Jeśli biogaz ma być wtłaczany do gazociągu jako biometan, musi być jeszcze oczyszczony z dwutlenku węgla. Oczyszczanie biogazu ma na celu ochronę rurociągów

instalacji przed korozją i ewentualną niedrożnością. Otrzymany w biogazowni biogaz można wykorzystać do produkcji energii elektrycznej i/lub cieplnej lub po oczyszczaniu do jakości gazu ziemnego dozwolone jest wtłaczanie go do sieci gazowej. W Polsce najpopularniejszym sposobem jego zagospodarowania jest spalanie w silniku gazowym, który napędza generator prądu [*Tytko 2010*].

Kogenerator w biogazowni niemieckiej



fot. M. Szymańska

Biogazownię rolniczą możemy nazwać „BETONOWĄ KROWĄ". Bydło należy do przeżuwaczy, w ich żołądku naturalnie zachodzi proces fermentacji metanowej przy udziale tych samych mikroorganizmów, co w biogazowni w komorze fermentacyjnej. Bydło żywione jest paszami objętościowymi, do których zalicza się wszelkiego rodzaju kiszonki. Strawność paszy nie jest całkowita, stąd jej część wydalana jest z odchodami (z kałem i moczem, które zależnie od sposobu utrzymania zwierząt wchodzą w skład nawozów naturalnych: obornika, gnojówki, gnojowicy). W biogazowni również „hodowane" są mikroorganizmy fermentacji metanowej. Codziennie do komory fermentacyjnej trafia wsad (pasza objętościowa) i jednocześnie upuszczana jest część pofermentu (odchody).

Z punktu widzenia nawozowego wykorzystania pofermentu to porównanie jest cenne ponieważ pozwala obalić mity, że w biogazowni utylizowane są niebezpieczne, toksyczne odpady.

1. Wydajność mleczna lub mięsna bydła uzależniona jest od rodzaju i JAKOŚCI paszy – tak samo wydajność biogazu w biogazowni uzależniona jest od rodzaju i JAKOŚCI wsadu.

2. Bydło reaguje zmniejszeniem wydajności przy nagłej zmianie paszy – tak samo wydajność biogazu zmienia się przy nagłej zmianie wsadu.

Nie ma zatem niebezpieczeństwa, że w biogazowniach rolniczych będą fermentowane TOKSYCZNE SUBSTANCJE, ponieważ zahamują one proces fermentacji metanowej i produkcję biogazu.
Żaden właściciel biogazowni nie pozwoli sobie na taką stratę!

WNIOSEK:
W biogazowni należy dbać o jakość wsadu, a to jest gwarancją dla rolnika, że także poferment będzie dobrej jakości i będzie bezpieczny do nawozowego wykorzystania.

Przefermentowane odchody zwierząt w postaci obornika, gnojówki czy gnojowicy postrzegane są jako bardzo dobre nawozy, chętnie stosowane w rolnictwie. **Dlaczego zatem poferment traktowany jest jako odpad, a nie cenny produkt? Dlaczego rolnicy obawiają się go i nie chcą go stosować w swoich gospodarstwach do nawożenia?**

Odpowiedź na powyższe pytania jest prosta – nawozy naturalne stosowane są od lat. Ich właściwości znane są rolnikom, natomiast poferment jest nowym produktem na rynku, a właściwości nawozowe pofermentu nie są jeszcze sprawdzone przez polskich rolników. Zapewne ci rolnicy, którzy odważą się na jego stosowanie, przekonają się o jego walorach i obawy społeczne się zmniejszą, co pozwoli na rozwój biogazowni w Polsce.

2. Możliwości nawozowego zagospodarowania pofermentu

Podstawowym kierunkiem zagospodarowania pofermentu po uwzględnieniu jego właściwości fizykochemicznych powinno być wykorzystanie nawozowe. Biogazownia zlokalizowana na terenach rolniczych powinna odbierać od rolników produkty organiczne powstające w ich gospodarstwach, nawozy naturalne, ewentualnie celowo uprawiane rośliny. Natomiast rolnicy, dbając o jakość gleb w swoim gospodarstwie, powinni odbierać z biogazowni powstający tam poferment i wykorzystywać go w celach nawozowych.

Istnieje kilka możliwości nawozowego wykorzystania pofermentu. Zawsze jednak rolnik stosujący różne formy pofermentu musi pamiętać o przestrzeganiu zasad ustalania dawek składników nawozowych. Tylko w ten sposób w pełni wykorzysta potencjał plonotwórczy pofermentu.

Wykorzystanie w rolnictwie w celach nawozowych

- Bezpośrednia aplikacja na grunty orne i użytki zielone
- Separacja na frakcje ciekłą i stałą – aplikacja na pola
- Kompostowanie – aplikacja na pola, ogródki działkowe, przydomowe
- Uszlachetnianie składu – produkcja nawozów organicznych, organiczno-mineralnych, środków poprawiających właściwości gleby

Źródło: *Materiały konferencyjne M. Szymańska, 2014.*

Najprostszym sposobem nawozowego wykorzystania pofermentu jest bezpośrednia aplikacja na użytki rolne płynnego pofermentu, opuszczającego zbiorniki magazynowe w biogazowni. Taki poferment charakteryzuje się niską zawartością suchej masy, ok. 3–5% i stosunkowo niewielką koncentracją składników pokarmowych w 1 t ś.m. (ś.m. – świeża masa), przez co zwiększa się masa towarowa niezbędna do rozlania na 1 ha. Należy jednak w tym miejscu podkreślić, że taki płynny poferment charakteryzuje się wysoką wartością nawozową. Jego postać fizyczna i duży udział składników pokarmowych w formach mineralnych, bezpośrednio dostępnych dla roślin powoduje, że będzie to produkt o szybkim działaniu nawozowym.

Poferment wylewany z komory fermentacyjnej do zbiornika magazynowego (biogazownia ekologiczna we Niemczech)

fot. M. Szymańska

Wóz asenizacyjny przygotowany do pobierania pofermentu ze zbiornika magazynowego

fot. M. Szymańska

W ostatnim czasie popularnym rozwiązaniem stosowanym w biogazowniach jest **separacja płynnego pofermentu**. W efekcie separacji powstają dwie frakcje pofermentu, tj. frakcja ciekła i frakcja stała. Frakcje te różnią się pod względem właściwości fizykochemicznych.

Separator pofermentu

fot. M. Szymańska

Źródło: *www.bauerpolska.pl*

Separator pofermentu, frakcja stała pofermentu (biogazownia w Niemczech)

fot. M. Szymańska

Frakcja stała pofermentu (biogazownia w Polsce)

fot. M. Szymańska

Potrzeba obróbki pofermentu wynika głównie z konieczności ograniczenia powierzchni potrzebnej do jego magazynowania. Biogazownie prowadzące separację pofermentu często wprowadzają frakcję ciekłą ponownie do komory fermentacyjnej celem „rozcieńczenia" wsadu do wymaganego udziału suchej masy na poziomie ok. 12%. Należy jednak podkreślić, że uzyskiwana frakcja ciekła może być stosowana w celach nawozowych.

Najczęściej w biogazowniach wykorzystywane są separatory mechaniczne (np. taśmowe prasy, czy wirówki dekantacyjne). Urządzenia te zazwyczaj pozwalają na uzyskanie frakcji stałej zawierającej maksymalnie ok. 30% s.m. (s.m. – sucha masa).

Oddzielona frakcja ciekła może być dalej oczyszczana ze składników mineralnych przez wykorzystanie odwróconej osmozy lub ultrafiltracji membranowej. W ten sposób otrzymuje się koncentrat mineralny – nawóz oraz czystą wodę. Jak dotąd są to rozwiązania zbyt drogie, aby były wdrażane w biogazowniach.

Frakcja stała po separacji przypomina świeży kompost. Składa się ze strukturalnych części materii organicznej, zawiera kwasy huminowe – budujące próchnicę, a także znaczne ilości związków mineralnych. Aplikacja tej frakcji pofermentu zwiększa zawartość materii organicznej w glebie, przez co pozytywnie wpływa na ich pojemność wodną i sorpcyjną, a jednocześnie stanowi doskonałe źródło składników pokarmowych roślin, zmniejszając tym samym zapotrzebowanie na nawozy mineralne.

Frakcja ciekła zawiera znaczne ilości rozpuszczalnych form azotu, fosforu i potasu bezpo średnio dostępnych dla roślin, dzięki czemu po jej aplikacji na pola obserwujemy szybki efekt w postaci przyrostu plonów.

Frakcja ciekła pofermentu

fot. M. Szymańska

Suszenie frakcji stałej

Uzyskana frakcja stała może być w biogazowni dalej przetwarzana. Biogazownie dysponują nadwyżką energii cieplnej, która może być wykorzystana do suszenia frakcji stałej pofermentu. W ten sposób uzyskujemy jednolity produkt o dobrych parametrach fizycznych, zwiększonej koncentracji składników pokarmowych w 1 t ś.m. (ś.m. – świeża masa). Dzięki odparowaniu wody zmniejszona zostaje masa towarowa, przez co ograniczamy zapotrzebowanie na powierz-

chnię magazynową. Wysuszona frakcja stała przy użyciu np. rozrzutnika do obornika może być aplikowana na użytki rolne.

Granulacja pofermentu

Kolejną metodą przetwarzania pofermentu jest jego granulacja. Wysuszona frakcja stała może być bezpośrednio granulowana lub można przed granulacją zastosować różne dodatki mineralne wzbogacające skład chemiczny finalnego produktu. Stosując dodatki mineralne, można dostosować skład chemiczny granulatu do potrzeb nawozowych roślin dominujących w strukturze zasiewów w okolicy biogazowni. Uzyskane granulaty charakteryzować się będą większą od wcześniej opisanych form pofermentu koncentracją składników pokarmowych w 1 t ś.m. Stanowią bardzo dobry produkt, który może znaleźć nawozowe zastosowanie w produkcji rolniczej i ogrodniczej. Produkcja granulatów może zwiększyć grono odbiorców pofermentu. Gospodarstwa specjalizujące się w produkcji zwierzęcej wyposażone są w sprzęt do aplikacji nawozów naturalnych, który można wykorzystać podczas stosowania pofermentu. Natomiast w gospodarstwach prowadzących wyłącznie produkcję roślinną brak jest takiego sprzętu, co uniemożliwia im odbiór pofermentu z biogazowni. Gleby w tego typu gospodarstwach szczególnie wymagają dostarczania materii organicznej z nawozami. Z tego względu granulat z pofermentu jest dla nich bardzo cenny (będzie źródłem materii organicznej i składników pokarmowych roślin) i jednocześnie możliwy do aplikacji przy użyciu rozsiewaczy do nawozów mineralnych.

Granulat z frakcji stałej pofermentu

fot. M. Szymańska

Kompostowanie pofermentu

Poferment charakteryzuje się wąskim stosunkiem węgla do azotu (C : N). Z tego względu nie wymaga procesu kompostowania. Można go jednak stosować jako źródło azotu podczas kompostowania materiałów o szerokim stosunku C : N, takich jak np. słoma, trociny, kora, liście, itp. Takie rozwiązanie może być realizowane w gospodarstwie rolnym sporządzającym komposty gospo-darskie lub w wyspecjalizowanych kompostowniach, gdzie np. prowadzone jest komposto-wanie organicznych odpadów komunalnych czy pochodzących z przemysłu rolno-spożyw-czego, papierniczego, itp. Dodatek pofermentu może przyspieszyć tlenowy rozkład związków organicznych, do jakiego dochodzi podczas kompostowania.

3. Skład pofermentu – właściwości nawozowe

Skład chemiczny pofermentu jest ściśle związany z używanymi w biogazowni substratami. Ogólnie można stwierdzić, że jeśli w biogazowni stosowane są produkty organiczne pochodzenia rolniczego lub produkty uboczne przemysłu rolno-spożywczego powstający poferment będzie bezpiecznym nawozem.

POFERMENT zawiera:

- biomasę mikroorganizmów przeprowadzających proces fermentacji metanowej,
- nieprzefermentowane związki organiczne,
- składniki mineralne (w ilościach porównywalnych do ich zawartości w użytych w biogazowni substratach).

Ogólne różnice we właściwościach fizykochemicznych SUBSTRAT – POFERMENT:

- wyższe pH (powyżej 7,0),
- mniejsza zawartość suchej masy,
- węższy stosunek C : N (szybszy rozkład w glebie),
- większy udział składników pokarmowych w formach mineralnych (bezpośrednio dostępnych dla roślin – szybszy efekt nawozowy),
- większy udział azotu amonowego ($N\text{-}NH_4$).

Nawozowe zagospodarowanie pofermentu przynosi wymierne korzyści w produkcji rolniczej, ale także jest to produkt, którego stosowanie może ograniczać negatywne skutki nawożenia mineralnego. Jak już wcześniej nadmieniono, poferment ma znaczny udział składników pokarmowych w formach mineralnych bezpośrednio dostępnych dla roślin. Dotyczy to m.in. azotu, gdzie forma amonowa ($N\text{-}NH_4$) stanowi nawet ok. 80% azotu ogólnego – azot ogólny = azot w związkach organicznych + azot amonowy ($N\text{-}NH_4$) + azot azotanowy ($N\text{-}NO_3$). Wysoki udział formy amonowej w pofermencie przynosi wiele korzyści: jest to forma, którą rośliny mogą bezpośrednio pobrać i wbudować w związki organiczne, dzięki czemu szybko pojawi się efekt plonotwórczy.

Po drugie ta forma azotu ulega w glebie tzw. sorpcji wymiennej – przez co jest mniej podatna na wymywanie do wód i inicjację eutrofizacji w stosunku do formy azotanowej $N\text{-}NO_3$ występującej np. w nawozach mineralnych. Należy jednak pamiętać, że forma amonowa ($N\text{-}NH_4$) może w glebie ulegać nitryfikacji, co w efekcie prowadzi do pojawiania się formy azotanowej ($N\text{-}NO_3$). Jeśli nitryfikacja zachodzi podczas okresu wegetacji roślin, można uznać ją za proces korzystny, ponieważ pojawiająca się w roztworze glebowym forma $N\text{-}NO_3$ będzie szybko pobierana przez rośliny. Jeśli proces nitryfikacji zachodzi na polach bez okrywy roślinnej może prowadzić do strat azotu na drodze wymywania azotanów w głąb profilu glebowego..

Wartość nawozowa produktów wynika m.in. z:

- zawartości mineralnych form składników pokarmowych, które są bezpośrednio dostępne dla uprawianych roślin,
- zawartości materii organicznej, która z jednej strony ulegając mineralizacji, jest źródłem składników pokarmowych roślin, z drugiej strony pozytywnie wpływa na właściwości fizykochemiczne gleb, poprawiając ich produktywność.

Uwzględniając te informacje, można uznać wszystkie formy pofermentu za cenne z punktu widzenia nawozowego, ponieważ spełniają one wyżej wymienione warunki.

- Poferment zawiera znaczny udział mineralnych form składników pokarmowych, ponieważ pochodzi z fermentacji metanowej związków organicznych, podczas której dochodzi do ich rozkładu i uwalniania gazów (które są składnikiem biogazu) i związków mineralnych znajdujących się w pofermencie.
- Efektywność rozkładu związków organicznych podczas fermentacji metanowej nie jest całkowita, z tego względu w pozostałości pofermentacyjnej znajduje się jeszcze materia organiczna decydująca o jej wartości nawozowej.

Rodzaj użytych do produkcji biogazu substratów wpływa na właściwości fizykochemiczne pofermentu. Jeśli w biogazowni używane są substraty bogate w azot, fosfor, potas czy inne makro- lub mikroelementy także poferment będzie zawierał większe ich ilości. W tabelach 2 i 3 przedstawiono skład pofermentu uzyskanego z fermentacji metanowej różnych substratów.

Tabela 2. Skład pofermentu w zależności od rodzaju substratów

Substraty	Udział substratów (%)	Zawartość suchej masy (%)	Koncentracja składników w pofermencie (kg/m^3 świeżej masy)			
			N ogólny	$N\text{-}NH_4$	P_2O_5	K_2O
Kiszonka z kukurydzy (35% s.m.)	70	9	5,8	3,8	2,3	9,1
+ gnojowica bydlęca (8% s.m.)	30					
Kiszonka z kukurydzy (35% s.m.)	40	6,3	5,5	3,6	2,6	5,2
+ gnojowica świńska (6% s.m.)	60					
Kiszonka z kukurydzy (35% s.m.)	80	10,9	7	4,6	2,8	11,1
+ kiszonka GPS z żyta (29,4% s.m.)	20					
Kiszonka z kukurydzy (35% s.m.)	85	10,5	7,5	4,9	3,6	10,1
+ gnojowica świńska (6% s.m.)	10					
+ ziarno pszenicy (86,6% s.m.)	5	5,1	5	3,3	1,8	6,5
Gnojowica bydlęca (8% s.m.)	100					

Źródło: *Kowalczyk-Juśko A., Biogazownie szansą dla rolnictwa i środowiska, FDPA, Warszawa 2013.*

Tabela 3. Skład pofermentu w zależności od rodzaju substratów

Substraty użyte do fermentacji metanowej	Właściwości pofermentu					
	pH	s.m. (g/l)	Azot ogólny (g/l)	$N\text{-}NH_4$ (g/l)	P (g/l)	K (g/l)
Gnojowica świńska z dodatkiem pozostałości rzepaku (9,6%)	7,82	43,9	3,6	2,9	1,1	3,1
Gnojowica świńska z dodatkiem pozostałości słonecznika (4,5%)	7,92	38,3	3,5	2,6	1,1	3,1
Gnojowica świńska z dodatkiem pozostałości kukurydzy (5,4%)	7,9	28,3	3,4	2,7	1,2	2,7
Gnojowica bydlęca z dodatkiem gnojówki bydlęcej (4,3%) i kiszonki z owsa i kukurydzy (11,6%)	7,5	31,4	4	2,4	0,8	3,1

Źródło: *Alburquerque J.A., Fuente C., Ferrer-Costa A., Carrasco L., Cegarra J., Abdad M., Bernal M.P., 2012: Assessment of the fertilizer potential of digestates from farm and agroindustrial residues. Biomass and Bioenergy 40: 181–189.*

W praktyce rolniczej często można spotkać się z pytaniem: jaka jest różnica w składzie pofermentu w stosunku do tradycyjnych nawozów naturalnych? Poferment opuszczający komorę fermentacyjną swoimi właściwościami fizycznymi przypomina typową gnojowicę. Ma porównywalną zawartość suchej masy. Może zawierać większą ilość azotu i potasu (co jest uzależnione od rodzaju stosowanych w biogazowni substratów). Zawartość fosforu jest porównywalna do średniej zawartości tego pierwiastka, jaką spotykamy w gnojowicy. To, co odróżnia te dwa produkty, to emisja odorów, która jest mniejsza w przypadku właściwie przefermentowanego pofermentu. Poferment po separacji również można porównać do typowych nawozów naturalnych. Frakcja ciekła ma podobne właściwości do gnojówki, natomiast frakcja stała – do obornika. W oborniku znajduje się słoma, której rozkład w glebie jest dłuższy niż zawartej w pofermencie nierozłożonej np. kiszonki z kukurydzy. Z tego względu frakcja stała będzie się szybciej rozkładać w glebie od obornika. Oczywiście fakt, że obornik rozkłada się wolniej w glebie powoduje, iż pozytywny efekt jego stosowania utrzymuje się przez około trzy lata. Podsumowując, można stwierdzić, że zarówno tradycyjne nawozy naturalne (gnojowica, obornik i gnojówka), jak i różne formy pofermentu są cenne z punktu widzenia nawozowego. Jeśli rolnik podejmuje współpracę z biogazownią i dostarcza do niej produkowane w gospodarstwie nawozy naturalne powinien odbierać poferment i stosować go na polach, jako źródło materii organicznej i składników mineralnych. Jeśli gospodarstwo nie prowadzi produkcji zwierzęcej i nie ma własnych nawozów naturalnych, również powinno być zainteresowane odbiorem z biogazowni pofermentu. W takich gospodarstwach często dochodzi do degradacji materii organicznej. Stosowanie pofermentu może poprawić bilans materii orga-

nicznej w glebie, co w konsekwencji przeniesie się na poprawę żyzności gleby.

Tabela 4. Porównanie składu chemicznego pofermentu z tradycyjnymi nawozami naturalnymi

Produkt	sucha masa [%]	Zawartość [g/kg świeżej masy]		
		N	P_2O_5	K_2O
Obornik	21-24	4,6 - 5,4 średnio 4,8	2,7 - 4,4 średnio 4,8	6,5 - 6,7 średnio 6,6
Gnojówka	3-5	1,2 - 3,5 średnio 2,0	0,1 - 0,2 średnio 0,2	2,8 - 8,0 średnio 4,8
Gnojowica	5-9,5	0,6-8,2 średnio 3,1	0,2 - 9,6 średnio 1,4	0,1 - 5,1 średnio 2,4
Poferment	**ok. 4-7**	**3,0 - 5,0**	**1,0 - 1,5**	**3,5 - 5,5**

Źródło: *Szymańska M., badania własne w ramach projektu finansowanego przez NCN; Baran S., Łabętowicz J., Krzywy E., Przyrodnicze wykorzystanie odpadów – podstawy teoretyczne i praktyczne, PWRiL, Warszawa 2011.*

Jak już wcześniej nadmieniono, podczas separacji pofermentu powstają dwie frakcje: ciekła i stała różniące się właściwościami fizykochemicznymi. Jak wynika z tabeli 5, skład chemiczny obu frakcji waha się w znacznych granicach.

Tabela 5. Uśredniony skład frakcji stałej i ciekłej z polskich biogazowni

Badana cecha	Frakcja stała	Frakcja ciekła
Zawartość suchej masy s.m. (%)	22 - 27	2,7 - 4,3
Zawartość suchej masy organicznej s.m.o. (%)	89 - 94,5	58-62
N ogólny (%)	0,4 - 0,8	0,29 - 0,75
$N\text{-}NH_4$ (%)	0,08 - 0,52	0,28 - 0,38
P (%)	0,1 – 0,28	0,03 – 0,05
K (%)	0,12 – 0,69	0,5 – 0,62
Ca (%)	0,22 – 0,43	0,05 – 0,07
Mg (%)	0,06 – 0,17	0,01 – 0,02
Cd (mg/kg)	0,25 - 0,5	0,55 - 0,71
Cr (mg/kg)	1,15 - 4,55	4,52 - 6,73
Ni (mg/kg)	1,07 - 9,45	11,6 - 18,5
Pb (mg/kg)	0,5 - 2,16	4, 12 – 6,01
Zn (mg/kg)	27,8 - 105,0	9,4 – 11,5
Cu (mg/kg)	7,9 - 27,9	1,5 - 1,74

Źródło: *Kowalczyk-Juśko A. na podstawie badań IUNG PIB; Szymańska M. na podstawie badań w ramach projektu finansowanego przez NCN.*

4. Efekty rolnicze i środowiskowe nawozowego wykorzystania pofermentu

Do najważniejszych **efektów rolniczych**, związanych ze stosowaniem pofermentu, zaliczamy:

- wpływ na zwiększenie plonów roślin nawożonych pofermentem, co poprawi wynik ekonomiczny prowadzonej działalności rolniczej,
- zmniejszenie zapotrzebowania na nawozy mineralne, co zmniejsza koszty produkcji roślinnej i jednocześnie zmniejszy nakłady ponoszone na produkcję roślinną prowadzoną w gospodarstwie,
- poprawę jakości gleb przez:
  - zwiększenie ich zasobności w dostępne formy składników pokarmowych,
  - zwiększenie pojemności sorpcyjnej gleb,
  - poprawę struktury jonowej kompleksu sorpcyjnego polegającej na zmniejszeniu udziału kationów o charakterze kwaśnym (tj. wodoru i glinu) i zwiększeniu udziału kationów o charakterze zasadowym (tj. potasu, magnezu i wapnia),
  - zwiększenie zawartości materii organicznej – efekty te są szczególnie widoczne po regularnym stosowaniu pofermentu.

Do najważniejszych **efektów środowiskowych**, związanych ze stosowaniem pofermentu, zaliczamy:

- ograniczenie emisji metanu związanej ze składowaniem i stosowaniem nawozów naturalnych,
- możliwość ograniczenia emisji odorów związanej ze składowaniem i stosowaniem nawozów naturalnych,
- stosowanie pofermentu można zaliczyć do rodzaju „odzysku" składników pokarmowych, takich jak azot, fosfor czy potas – pierwiastki te zostały wcześniej włączone do obiegu np. z nawozami w produkcji roślinnej i wykorzystywanymi paszami w produkcji zwierzęcej – po procesie fermentacji, dzięki której wytworzono energię; poferment zawierający azot, fosfor czy potas wraca do gleby, zmniejszając zapotrzebowanie na nawozy mineralne,
- zmniejszenie wydobycia fosforytów, soli potasowych, gazu ziemnego – ochrona zasobów kopalnych,
- zmniejszenie zużycia nawozów mineralnych, zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych, która jest związana z ich produkcją, zwłaszcza nawozów azotowych.

Poferment jako źródło materii organicznej

Stosowanie w celach nawozowych różnych form pofermentu zwiększa zawartość materii organicznej w glebach. Ma to szczególne znaczenie w warunkach polskiego rolnictwa, które gospodaruje na glebach lekkich. Przy średniej zawartości suchej masy oraz tzw. suchej masy organicznej z przykładową dawką 10 t/ha: pofermentu wprowadzamy na 1 ha ok. 0,4 t m.o. (t m.o. – tona materii organicznej), frakcji stałej ok. 1,7 t m.o., frakcji ciekłej ok. 0,2 t m.o., kompostu ok. 2,6 t m.o., a granulatu z pofermentu ok. 7,5 t m.o. na 1 ha (tabela 6). Wielkości te pokazują,

że różne formy pofermentu są źródłem materii organicznej, dzięki czemu poprawi się jej bilans w zmianowaniu.

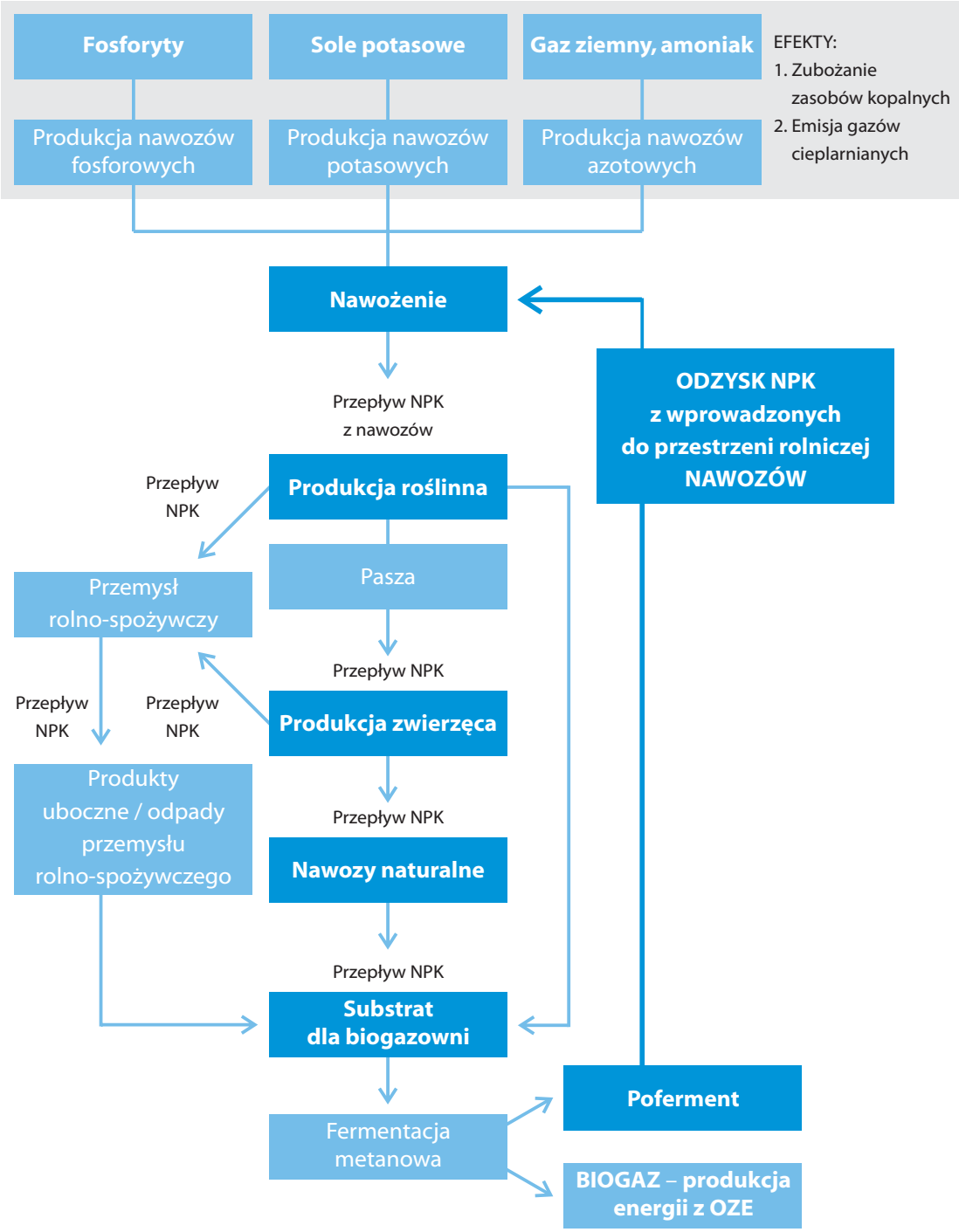


Tabela 6. Ilość materii organicznej w tonach wprowadzana do gleby z teoretyczną dawką 10 t produktu na 1 ha

Produkt	Zawartość suchej masy [%]	Zawartość suchej masy organicznej [%]	Ilość materii organicznej [t] wprowadzanej na 1 ha z dawką 10 t produktu
Poferment	5,0	79,0	0,4
Frakcja stała	20,0	87,0	1,7
Frakcja ciekła	3,0	76,0	0,2
Kompost z pofermentu	33,0	78,0	2,6
Granulat z pofermentu	95,0	79,0	7,5

Źródło: *Szymańska M., badania własne w ramach projektu finansowanego przez NCN.*

ROLA MATERII ORGANICZNEJ W GLEBIE

Materia organiczna kształtuje żyzność i produktywność gleb

- Zwiększa zdolności sorpcyjne gleb.

Dzięki zdolnościom sorpcyjnym możliwe są procesy:

- regulacji odczynu gleb,
- „magazynowania" dostarczanych w nawozach składników pokarmowych roślin,
- neutralizacji szkodliwych dla organizmów żywych substancji.

- Zwiększa udział form dostępnych składników pokarmowych w ich ogólnej zawartości w glebie.
- Zwiększa retencję wodną gleb – niedobór wody w glebach jest czynnikiem limitującym wielkość plonów.
- Poprawia strukturę gleb i warunki wodno-powietrzne – co ma szczególne znaczenie plonotwórcze na glebach lekkich dominujących w Polsce.
- Stanowi źródło energii dla mikroorganizmów, przez co zwiększa aktywność biologiczną gleb.
- Jest źródłem biostymulatorów.
- Zmniejsza aktywność niektórych patogenów glebowych.
- Niweluje negatywne skutki zakwaszenia gleb.
- Poprawia właściwości termiczne gleb.

Stosowanie różnych form pofermentu, który jest źródłem składników pokarmowych roślin, zmniejsza zapotrzebowanie na nawozy mineralne, analogicznie jak stosowanie nawozów naturalnych. Ustalając dawki nawozów mineralnych, jakie należy zastosować na poszczególnych

polach w gospodarstwie, uwzględniamy w pierwszej kolejności zaspokojenie tzw. „potrzeb pokarmowych roślin" z innych źródeł, którymi są m.in.: gleba, nawozy naturalne i organiczne, różne formy pofermentu, czy resztki pożniwne. Gdy uwzględni się ilość składników pokarmowych, jaką roślina pobierze z pofermentu, zawsze dawka nawozów mineralnych będzie mniejsza. Zmniejszenie zapotrzebowania na nawozy mineralne to oczywisty zysk ekonomiczny dla gospodarstwa oraz efekt ekologiczny.

Dodatkowym plusem stosowania pofermentu jest zmniejszenie emisji odorów w stosunku do tradycyjnie stosowanej w rolnictwie gnojowicy.

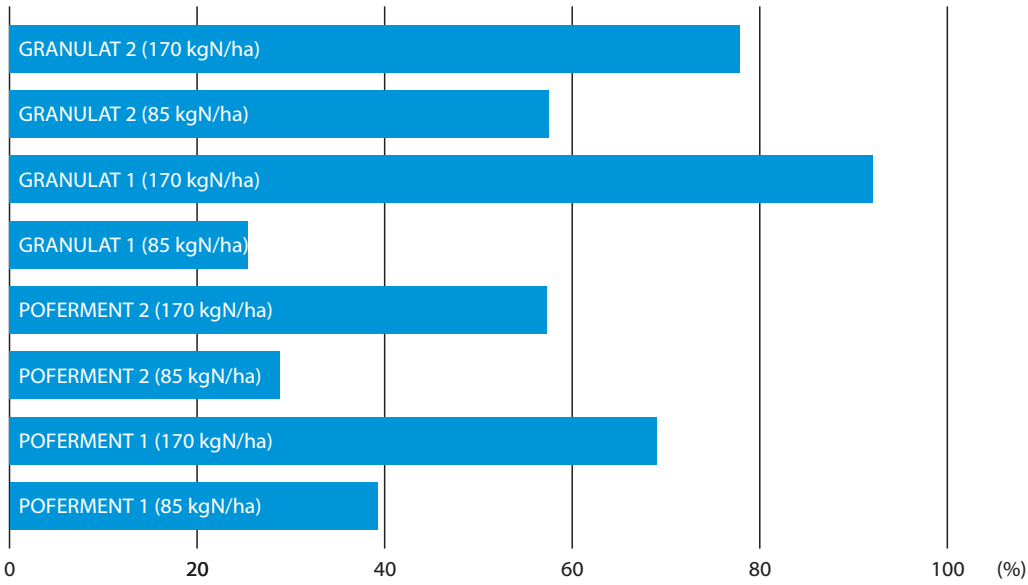
Prowadzone od lat, przez Zakład Chemii Rolniczej SGGW w Warszawie, badania dotyczące możliwości nawozowego wykorzystania pofermentu oraz produktów otrzymanych na jego bazie, tj. frakcji stałej, ciekłej, kompostów oraz granulatów dowodzą, że ww. produkty są bardzo dobrymi nawozami, dzięki którym uzyskujemy większe plony roślin (na wybranych obiektach nawet o 85% w stosunku do kontroli – bez nawożenia) o odpowiednich wartościach jakościowych, a jednocześnie obserwowany jest pozytywny wpływ na właściwości fizykochemiczne nawożonych nimi gleb.

Doświadczenie wazonowe, którego celem było określenie wartości nawozowej różnych form pofermentu (w ramach projektu finansowanego przez NCN)

fot. M. Szymańska

Przeprowadzone w ramach projektu „Opracowanie technologii uzdatniania i zagospodarowania masy pofermentacyjnej pozostającej jako produkt uboczny przy produkcji biogazu rolniczego" badania wazonowe wskazują, że w wyniku nawożenia różnymi formami pofermentu uzyskujemy większe plony roślin. W doświadczeniu użyto dwóch rodzajów pofermentu uzyskanego z fermentacji różnych substratów. Poferment 1 pochodził z fermentacji kiszonki kukurydzy z wywarem gorzelnianym. Poferment ten poddano separacji, suszeniu oraz granulacji i uzyskano granulat 1. Poferment 2 pochodził z fermentacji kiszonki kukurydzy z gnojowicą świńską. Po separacji, suszeniu i granulacji uzyskano z niego granulat 2. Dawki pofermentów i granulatów wyliczono na podstawie ilości zastosowanego azotu. Dawka 1 odpowiadała 85 kgN/ha, a dawka 2 odpowiadała 170 kgN/ha. Efekt plonotwórczy użytych produktów pofermentacyjnych porównywany był z obiektem kontrolnym bez nawożenia. Rośliną testową była kukurydza uprawiana na zielonkę. Na podstawie przeprowadzonego doświadczenia stwierdzono, że wielkość dawki wpływa na uzyskiwane plony, które są większe dla dawki 2. Średnio dla badanych pofermentów plony zielonki kukurydzy nawożonej dawką odpowiadającą 85 kgN/ha były o ok. 34% większe w stosunku do plonów kukurydzy nienawożonej. Natomiast w wyniku zastosowania dawki odpowiadającej 170 kgN/ha plony były o ok. 63% większe. W wyniku zastosowania granulatów efekt nawozowy był jeszcze większy. Po zastosowaniu dawki 85 kgN/ha plony zielonki były o ponad 40% większe, a dawki 170 kgN/ha nawet o ok. 85% większe w porównaniu do kontroli (bez nawożenia).

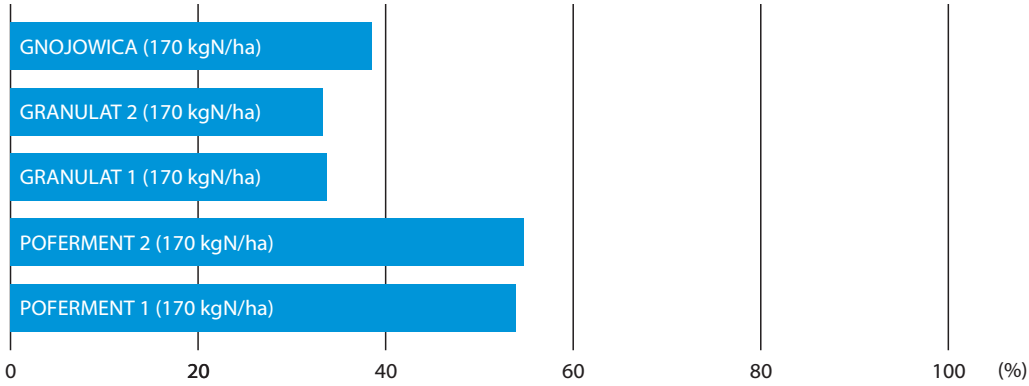
Rysunek 1. Przyrost plonu zielonki kukurydzy [%] w wyniku nawożenia pofermentem i granulatem z pofermentu w stosunku do obiektu kontrolnego (0 – plon na obiekcie bez nawożenia)



Źródło: *Badania własne w ramach projektu finansowanego przez NCN.*

Jak wynika z badań efekt nawozowy różnych form pofermentu zależy od ich rodzaju i dawki, jak również od rodzaju gleby, na którą stosujemy poferment. Poniżej przedstawiono plony zielonki kukurydzy uprawianej na innej glebie. Jak widać, w tym wypadku większe plony uzyskano w wyniku nawożenia pofermentem, a nie granulatem. W tym doświadczeniu wprowadzono także obiekt nawożony gnojowicą, zastosowaną w takiej samej dawce, tj. odpowiadającej 170 kgN/ha, jak badanych rodzajów pofermentu. Uzyskane wyniki wskazują, że plony zielonki kukurydzy nawożonej pofermentem były nawet większe od plonów uzyskanych w wyniku stosowania gnojowicy świńskiej.

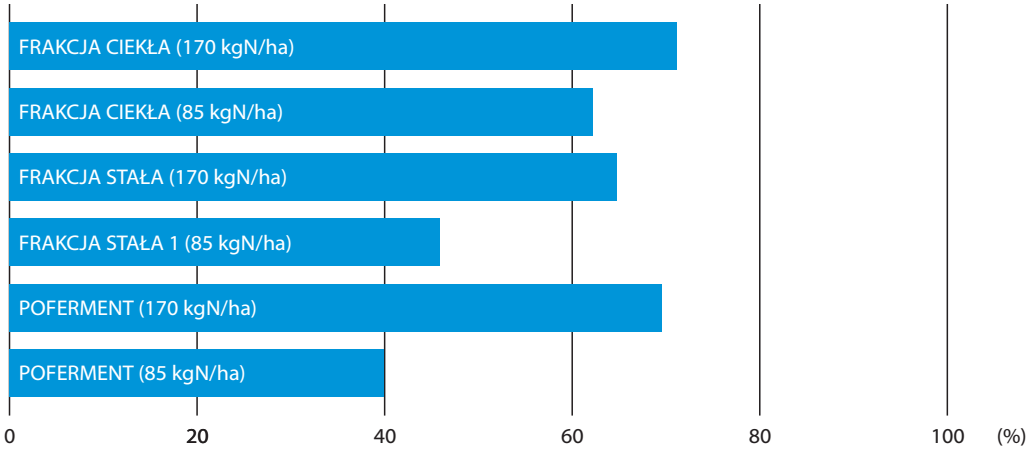
Rysunek 2. Przyrost plonu zielonki kukurydzy [%] w wyniku nawożenia pofermentem, granulatem z pofermentu i gnojowicą świńską w stosunku do obiektu kontrolnego (0 – plon na obiekcie bez nawożenia)



Źródło: *Badania własne w ramach projektu finansowanego przez NCN.*

Przeprowadzone badania wskazują także na wysoką wartość nawozową uzyskanych z pofermentu frakcji (rys. 3). W tym doświadczeniu stwierdzono, że większe przyrosty plonów uzyskujemy w wyniku stosowania większych dawek, tj. odpowiadających 170 kg N/ha. W wyniku zastosowania większej dawki pofermentu oraz uzyskanej z niego frakcji ciekłej plony zielonki kukurydzy były o ok. 70% większe w stosunku do plonów uzyskanych na obiekcie bez nawożenia (kontroli). Należy zwrócić uwagę, że nawożenie frakcją ciekłą w mniejszej dawce też spowodowało znaczny przyrost plonów (ponad 62% w stosunku do kontroli). To potwierdza wcześniej opisany efekt nawozowego wykorzystania frakcji ciekłej, gdzie zwrócono uwagę, że jest to produkt, który ma bardzo duży udział składników pokarmowych w formach mineralnych, bezpośrednio dostępnych dla roślin. Z tego względu jest to „nawóz" szybko działający, ale jego plonotwórcze działanie będzie się ujawniać głównie w pierwszym roku po zastosowaniu. Natomiast stosowanie pofermentu przed separacją lub frakcji stałej powoduje w pierwszym roku przyrost plonów, ale efekt zastosowania tych produktów będzie utrzymywał się jeszcze w kolejnym roku.

Rysunek 3. Przyrost plonu zielonki kukurydzy [%] w wyniku nawożenia pofermentem, frakcją stałą pofermentu i frakcją ciekłą pofermentu w stosunku do obiektu kontrolnego (0 – plon na obiekcie bez nawożenia)



Źródło: *Badania własne w ramach projektu finansowanego przez NCN.*

Efekty plonotwórcze stosowanych produktów pofermentacyjnych uzależnione są od jakości nawożonych gleb. Z obserwacji wynika, że im gleba jest bardziej zakwaszona i uboga w składniki pokarmowe, tym efekt plonotwórczy jest większy. Na glebach o uregulowanym pH i regularnie nawożonych, czy to nawozami mineralnymi, czy naturalnymi, w których zasobność w składniki pokarmowe jest większa, przyrost plonu w wyniku stosowania pofermentu będzie mniejszy. Wynika to z faktu, że na takich glebach dotychczas uzyskiwane są wysokie plony i dodatkowe ich podniesienie jest już trudne, ale także możliwe.

Efekt plonotwórczy pofermentu

- Prowadzone od lat przez Zakład Chemii Rolniczej SGGW w Warszawie badania dotyczące wartości nawozowej pofermentu oraz produktów jego przetwarzania wskazują, że wpływa on istotnie na zwiększenie wielkości plonów uprawianych roślin oraz zwiększa zasobność gleb w składniki pokarmowe.
- Pozytywny wpływ pofermentu utrzymuje się jeszcze w kolejnych latach po jego zastosowaniu.
- Plonotwórcze działanie różnych form pofermentu uwidacznia się już od początku okresu wegetacji roślin i utrzymuje się aż do zbioru roślin.

5. Zasady ustalania dawek pofermentu – plan nawozowy

Jeśli wprowadzany do obrotu poferment uznany został za nawóz organiczny lub środek poprawiający właściwości gleby, ma instrukcję stosowania, której należy przestrzegać. Jeśli brak jest instrukcji stosowania, a poferment wprowadzany jest jako odpad, dla którego prowadzony jest odzysk metodą R10, rolnik ustalając dawki oraz wybierając terminy aplikacji, powinien stosować zasady jak dla nawozów naturalnych. Ważne jest także podkreślenie, że rolnik stosując w celach nawozowych różne formy pofermentu, powinien prowadzić prawidłową gospodarkę składnikami nawozowymi, tzn. dawki pofermentu i ewentualne uzupełniające nawożenie mineralne powinny być dostosowane do wymagań pokarmowych uprawianych roślin oraz do warunków glebowych danego gospodarstwa. Tylko w ten sposób wykorzystamy potencjał plonotwórczy pofermentu i nie spowodujemy negatywnego oddziaływania na środowisko.

OGÓLNE ZASADY STOSOWANIA RÓŻNYCH FORM POFERMENTU – ANALOGICZNIE DO NAWOZÓW NATURALNYCH

Zalecana maksymalna roczna dawka = 170 kgN/ha
Termin stosowania – od 1 marca do 30 listopada

Gnojowica i gnojówka – stosowanie na nieobsianą glebę najlepiej wczesną wiosną. Można je stosować pogłównie, z wyjątkiem roślin przeznaczonych do bezpośredniego spożycia lub na krótko przez skarmianiem przez zwierzęta.

Na użytkach zielonych i trwałych uprawach polowych można stosować pogłównie – zasady te można przyjąć podczas aplikacji pofermentu bez separacji oraz frakcji ciekłej pofermentu.

Obornik, komposty gospodarskie – stosowanie przedsiewne, optymalnym terminem stosowania jest wczesna wiosna, ewentualnie późna jesień.

Można stosować pogłównie tylko na użytkach zielonych i wieloletnich uprawach polowych – zasady te można przyjąć podczas aplikacji frakcji stałej pofermentu lub kompostów uzyskanych z pofermentu.

Po zastosowaniu jakiejkolwiek z form pofermentu natychmiast należy wymieszać go z glebą w celu ograniczenia gazowych strat składników, zwłaszcza amoniaku.

Największy efekt plonotwórczy produktów pofermentacyjnych uzyskany zostanie, jeśli rolnik będzie je stosował w dawkach wyliczonych według zasad sporządzania planu nawozowego. W ten sposób może wyliczyć bardzo precyzyjnie, jakie ilości składników pokarmowych wprowadza z pofermentem i czy poszczególne pola w jego gospodarstwie będą wymagały stosowania uzupełniającego nawożenia mineralnego.

Elementy planu nawozowego [*Łabętowicz J. 2002*]

- Określenie wymagań pokarmowych roślin, które planowane są na poszczególnych polach gospodarstwa.
- Określenie plonów osiąganych w gospodarstwie dla poszczególnych gatunków roślin uprawianych w gospodarstwie.
- Wyznaczenie źródeł pokrycia wymagań pokarmowych poszczególnych gatunków roślin na poszczególnych polach w gospodarstwie:
  - gleba, zależnie od poziomu zasobności w przyswajalne składniki nawozowe,
  - zastosowane nawozy naturalne, organiczne, odpady, środki poprawiające właściwości gleby lub poferment z biogazowni,
  - resztki roślinne pozostawione przez roślinę przedplonową.
- Porównanie zapotrzebowania na składniki pokarmowe na poszczególnych polach ze stopniem ich pokrycia ze źródeł organicznych.
- Wyznaczenie potrzeb w zakresie nawożenia mineralnego w stosunku do poszczególnych roślin, pól i całego gospodarstwa.
- Określenie całkowitego zapotrzebowania gospodarstwa na nawozy mineralne.

Ustalając dawki nawozów mineralnych, naturalnych czy produktów pofermentacyjnych w pierwszej kolejności rolnik musi wykonać analizy gleby w celu określenia odczynu oraz zawartości przyswajalnych form fosforu (P), potasu (K) i magnezu (Mg), ewentualnie azotu mineralnego (N_{min}).

USTALANIE DAWEK PRODUKTÓW POFERMENTACYJNYCH

Przy założeniu, że zalecana maksymalna dawka pofermentu oraz produktów jego przetworzenia powinna być ustalana w oparciu o ilość azotu wprowadzanego do gleby i wynosić 170 kgN/ha rolnik musi znać zawartość azotu w pofermencie.

Przykład

Tabela 7. Zawartość azotu w masie pofermentacyjnej i produktach uzyskanych na jej bazie [gN/kg ś.m.]

Produkt	gN/kg ś.m.
Poferment	4,5
Frakcja stała	6,5
Frakcja ciekła	4,3
Granulat z pofermentu	20,5

Źródło: *Badania własne w ramach projektu finansowanego przez NCN.*

Na podstawie danych dotyczących zawartości azotu w świeżej masie (ś.m.) można ustalić dawkę, jaką należy zastosować na 1 ha, tak by ilość azotu odpowiadała 170 kgN (wzór 1).

$$D_p = \frac{170}{N_p}$$

wzór 1

Gdzie:

D_p – dawka przefermentowanego produktu [t/ha]

170 – dopuszczalna dawka azotu 170 kgN/ha

N_p – zawartość azotu w przefermentowanym produkcie w gN/kg ś.m. (*gN/kg ś.m. = kgN/t ś.m.*)

Korzystając ze wzoru 1, można wyliczyć maksymalne dawki różnych form pofermentu, jakie można zastosować na 1 ha (tabela 8).

Tabela 8. Dawki produktów pofermentacyjnych odpowiadające 170 kgN/ha

Produkt	Dawka [t ś.m./ha]
Poferment	37,8
Frakcja stała	26,2
Frakcja ciekła	39,5
Granulat z pofermentu	8,3

Źródło: *obliczenia własne.*

Kolejnym krokiem przy określaniu stopnia pokrycia potrzeb pokarmowych uprawianych roślin na podstawowe makroelementy jest obliczenie ilości fosforu, potasu wprowadzanych z wyliczoną dawką przefermentowanych produktów. W tym celu niezbędne jest oznaczenie zawartości P, K w ww. produktach (tabela 9).

Tabela 9. Zawartość fosforu (P), potasu (K) w pofermencie i produktach uzyskanych na jego bazie [g/kg ś.m.].

Produkt	gP/kg ś.m.	gK/kg ś.m.
Poferment	0,45	4,50
Frakcja stała	2,20	3,50
Frakcja ciekła	0,27	3,90
Granulat z pofermentu	8,20	19,50

Źródło: *Badania własne w ramach projektu finansowanego przez NCN.*

Stosowanie produktów zawierających materię organiczną, takich jak nawozy naturalne, organiczne czy właśnie różne formy pofermentu związane jest z koniecznością uwzględniania tzw. składników „działających" wprowadzanych do gleby z wyznaczoną dawką. Dzieje się tak ze względu, że część składników pokarmowych zawartych w tych produktach znajduje się w związkach organicznych i ich dostępność dla roślin związana jest z procesem ich mineralizacji.

Tempo mineralizacji uzależnione jest od kilku czynników:

- Rodzaju zastosowanej materii organicznej (nawozu) – istotny jest stosunek C : N.
- Warunków glebowych.
- Warunków meteorologicznych.

Im węższy jest stosunek C : N we wprowadzanym do gleby produkcie, tym tempo mineralizacji jest szybsze. Jak już wcześniej nadmieniono, różne formy pofermentu charakteryzują się wąskim stosunkiem C : N, co w praktyce rolniczej oznacza, że będą szybko ulegać mineralizacji w glebie. Ilość składników „działających" oblicza się przy użyciu tzw. równoważników nawozowych. Równoważniki te wyznaczane są doświadczalnie. Niestety nie ma wyznaczonych równoważników dla różnych form pofermentu. W związku z powyższym można skorzystać z równoważników stosowanych przy wyliczaniu składników „działających" wprowadzanych do gleby z nawozami naturalnymi (tabele 10 i 11). W tabelach 12 i 13 przedstawiono propozycję równoważników, należy je jednak traktować tylko orientacyjnie, ponieważ zostały wyznaczone na podstawie przeprowadzonych doświadczeń wazonowych. Należy jednak podkreślić, że wyznaczenie tych równoważników wymaga przeprowadzenia dalszych badań.

Przykład obliczeń ilości fosforu „działającego" wprowadzonego na 1 ha z pofermentem:

$$S_{rz} = 37{,}8\ (t/ha) \cdot 0{,}45\ (kgP/t) = 17{,}0\ (kgP/ha)$$
$$S_d = 17{,}0\ (kgP/ha) \cdot 0{,}7 = 11{,}9\ (kgP/ha)$$

W przypadku, gdy ilości składników „działających" wprowadzonych z przefermentowanymi produktami (pofermentem, frakcją stałą, frakcją ciekłą, granulatem) jest mniejsza w stosunku do potrzeb nawozowych uprawianych roślin, różnicę należy uzupełnić, stosując nawozy mineralne (*uzupełniające dawki nawozów mineralnych należy obliczyć, stosując ogólne zasady ustalania dawek nawozów wykorzystywane przy tworzeniu planów nawozowych dla gospodarstwa*).

Jeśli potrzeby nawozowe uprawianych roślin pokrywają się z ilością składnika „działającego" można zrezygnować z uzupełniającego nawożenia mineralnego.

W przypadku gdy z dawką ustaloną w oparciu o ilość azotu wprowadzamy bardzo duże ilości innych składników pokarmowych, szczególnie potasu, dawkę należy zmniejszyć, ponieważ może wystąpić antagonizm jonowy K : Mg (sytuacja taka może wystąpić np. w przypadku, gdy produkt pofermentacyjny będzie miał niewielką ilość azotu).

Tabela 10. Wartość równoważnika azotowego

Nawóz naturalny	Wartość równoważnika azotowego dla różnych terminów stosowania nawozów naturalnych	
	Jesienny	Wiosenny
Obornik	0,3	0,3
Gnojowica	0,5	0,6
Gnojówka	0,5	0,8

Źródło: *Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej.*

Tabela 11. Równoważniki nawozowe dla fosforu i potasu w pierwszym i drugim roku stosowania nawozów naturalnych

Nawóz naturalny	Fosfor (P)		Potas (K)	
	I rok	II rok	I rok	II rok
Obornik	0,4	0,2	0,8	0,1
Gnojowica	0,7	0,1	0,8	0,1

Źródło: *Jadczyszyn T., 2002: System doradztwa nawozowego [w:] Chemia rolna. Podstawy teoretyczne i praktyczne, red. Mercik S., SGGW.*

Tabela 12. Ilość rzeczywistego i „działającego" azotu wprowadzanego do gleby z różnymi produktami

Produkt	Rzeczywista ilość wprowadzonego azotu (S_{rz}) kg/ha	Równoważnik dla 1 roku * (r)	Ilość azotu „działającego" (S_{dz}) kg/ha
Poferment	170	0,6	102,0
Frakcja stała	170	0,5	85,0
Frakcja ciekła	170	0,7	119,0
Granulat	170	0,3-0,5	51,0-85,0

Źródło: *Badania własne w ramach projektu finansowanego przez NCN.*

** Wartość orientacyjna*

Tabela 13. Ilość rzeczywistego i „działającego" składnika wprowadzanego do gleby z różnymi produktami

Produkt	Rzeczywista ilość wprowadzonych makroelementów (S_{rz}) kg/ha		Równoważnik dla 1 roku * (r)		Ilość składnika „działającego" (S_{dz}) kg/ha	
	kgP/ha	kgK/ha	P	K	kgP/ha	kgK/ha
Poferment	17,0	170,0	0,7	0,8	111,9	136,0
Frakcja stała	57,5	91,5	0,7	0,8	40,3	73,2
Frakcja ciekła	10,7	154,2	0,7	0,8	7,5	123,3
Granulat	68,0	161,7	0,3	0,5	20,4	80,9

Źródło: *Badania własne w ramach projektu finansowanego przez NCN.*

** Wartość orientacyjna*

W publikacji zamieszczono wybrane wyniki badań prowadzonych w ramach projektu finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki. Tytuł projektu: Opracowanie technologii uzdatniania i zagospodarowania masy pofermentacyjnej pozostającej jako produkt uboczny przy produkcji biogazu rolniczego, numer projektu: N N305 096539.

6. Aplikacja pofermentu na pola – charakterystyka maszyn rolniczych

W zależności od konsystencji pofermentu do jego aplikacji wykorzystywane są różne urządzenia. W biogazowniach możemy mieć do czynienia z trzema postaciami masy pofermentacyjnej:

- poferment niepoddawany separacji (zawartość s.m. 4–7%),
- stała frakcja pofermentu poddanego separacji (zawartość s.m. 22–27%),
- ciekła frakcja pofermentu poddanego separacji (zawartość s.m. 2,5–4,5%).

Stosowanie **frakcji stałej** do użyźniania pól może odbywać się z wykorzystaniem rozrzutników obornika. Maszyny te mają niewielką ładowność, wynoszącą najczęściej kilka ton. Producenci maszyn rolniczych nie wykonują wydajniejszych urządzeń tego rodzaju, gdyż obornik jest stosowany głównie w mniejszych gospodarstwach i wydajność na poziomie 0,5–1,5 ha/h jest zadowalająca. Również ilość stałej frakcji pofermentu nie jest duża, nawet w sporej biogazowni. Ilość frakcji stałej nie jest tożsama z zawartością suchej masy w pofermencie. Jest to tylko ta część suchej masy, która da się odseparować przy użyciu pras (taśmowych, ślimakowych, bębnowych). Drobne cząstki pozostają zawieszone we frakcji ciekłej, co utrudnia aplikację przez systemy nawadniania, o czym będzie mowa w dalszej części opracowania.

Jeżeli poferment był poddany granulacji, po wzbogaceniu makro- lub mikroelementami lub bez wzbogacania, można do jego aplikacji wykorzystać rozsiewacze nawozów, stosowane standardowo do rozsiewania nawozów granulowanych.

Do transportu suchego pofermentu na większe odległości (np. w przypadku wprowadzania do obrotu certyfikowanego nawozu z pofermentu) stosuje się pojazdy wysokotonażowe złożone z ciągnika siodłowego i naczepy o konstrukcji wywrotek lub o poziomym systemie wyładunku. Wykorzystuje się także pojazdy wielkotonażowe typu wywrotka z trzema lub czterema osiami albo naczepy wywrotkowe z pięcioma osiami. Należy pamiętać o ochronie przed wpływem warunków atmosferycznych w postaci plandek.

Poferment niepoddany separacji lub jego odseparowana ciekła frakcja, są najczęściej rozwożone na pola za pomocą **wozów asenizacyjnych** służących do pobierania, transportu i rozprowadzania substancji ciekłych. Są to urządzenia przyłączane do ciągnika rolniczego lub samojezdne, wykorzystywane standardowo do nawożenia gnojowicą. Cysterny, stanowiące główny element wozu asenizacyjnego, mogą być wykonane ze stali lub tworzywa sztucznego. Cysterny z tworzywa charakteryzują się mniejszą masą, jednak, podobnie jak stalowe, muszą być wykonane z materiałów odpornych na korozję i uszkodzenia chemiczne.

Na rynku są dostępne cysterny o różnej pojemności: w przypadku autocystern 5–30 m^3, a naczep-cystern – 28–40 m^3. Autocysterna jest pojazdem transportowo-dystrybucyjnym. Na małych

dystansach stosuje się cysterny 2-, 3-osiowe o pojemności 5–7,5 m^3. W przypadku konieczności dowozu pofermentu na większe odległości stosuje się cysterny oparte o konstrukcje naczep, co zwiększa ilość transportowanego towaru oraz bezpośrednio wpływa na ekonomikę transportu. Duża pojemność cystern wymaga dobrania ciągnika rolniczego o odpowiedniej mocy.

Cysterna o dużej pojemności, służąca do przewożenia pofermentu do miejsca rozlewania

fot. A. Kowalczyk–Juśko

Stacjonarny system do napełniania cysterny pofermentem

fot. A. Kowalczyk–Juśko

Wozy asenizacyjne napełniane są przy użyciu pomp napędzanych przez wał odbioru mocy ciągnika (WOM) lub hydraulicznie. W niektórych biogazowniach do napełniania cystern wykorzystuje się stacjonarne pompy o dużej wydajności, którymi napełnia się beczkę od góry. Pozwala to przyspieszyć napełnianie cysterny nawet do kilku minut. Oszczędność czasu potrzebnego do napełnienia cysterny oraz efektywność wykorzystania maszyn i pracowników to istotne elementy logistyki rozdysponowania pofermentu. Na rynku dostępne są np. automatyczne wysięgniki czy ramiona, dzięki którym można szybko podłączyć cysternę bez wysiadania z ciągnika. Takie ułatwienia pozwalają skrócić czas przeznaczony na aplikację pofermentu. Jest to istotne, jeżeli weźmiemy pod uwagę fakt, że ilość pofermentu jest duża, a optymalny okres jego aplikacji na pola relatywnie krótki (najczęściej wiosną i jesienią, rzadziej w trakcie okresu wegetacyjnego). W dużych biogazowniach może być konieczne wykorzystanie dwóch zestawów do aplikacji pofermentu na pola, aby jego stosowanie odbywało się zgodnie z terminami agrotechnicznymi i określonymi w przepisach.

Ważnym aspektem aplikacji pofermentu w postaci ciekłej jest układ rozlewający. Producenci wozów asenizacyjnych oferują w tym zakresie różne rozwiązania. Najczęściej stosowanym sposobem w Polsce jest rozlewanie przy użyciu płytki rozbryzgowej. Strumień cieczy jest kierowany pod dużym ciśnieniem na specjalnie wyprofilowaną płytkę, która powoduje rozbryzg rozlewanej substancji na powierzchni gleby. Najmniej efektywne są urządzenia wyposażone w jedną płytkę rozbryzgową, dlatego częściej stosuje się rampy z kilkoma dyszami o różnej szerokości roboczej (nawet do ponad 20 m). Zaletą płytek rozbryzgowych są ich niskie koszty, wady zaś to:

- mała precyzja aplikacji,
- ryzyko rozwiewania cieczy przez wiatr,
- emisja odorów,
- straty azotu wskutek styku rozlewanej cieczy z powietrzem,
- ryzyko uszkodzenia roślin w przypadku aplikacji w trakcie wegetacji.

Korzystniejszym rozwiązaniem technicznym jest rampa wyposażona w węże wleczone. System pobiera rozlewaną ciecz rurą ze zbiornika, skąd trafia do rozdzielacza, a następnie pod ciśnieniem jest kierowana do węży wylotowych. Węże są ciągnięte za wozem asenizacyjnym po powierzchni gleby. Szerokość robocza rampy jest różna w zależności od producenta urządzenia i jego typu (od kilkunastu do 30 m). Na czas transportu cysterny rampa z wężami jest składana. Dobór rozstawu węży umożliwia aplikację pofermentu w międzyrzędziach. Węże wleczone są droższe od płytek rozbryzgowych, jednak taki system ma wiele zalet:

- mniejszy kontakt rozlewanej cieczy z powietrzem,
- małe straty amoniaku,
- mała emisja odorów,
- duża precyzja aplikacji,
- brak kontaktu rozlewanej cieczy z roślinami.

Cysterna z systemem węży wleczonych do rozlewania pofermentu na pola

fot. A. Kowalczyk–Juśko

Oprócz powierzchniowej aplikacji pofermentu producenci maszyn rolniczych oferują systemy, które umożliwiają aplikację bezpośrednio do gleby. Urządzenia te wyprowadzają węże rozdzielające strumień cieczy do aplikatorów wyposażonych w elementy robocze: redlice, lemiesze czy talerze, pozwalające na wprowadzenie cieczy pod powierzchnię gruntu. Aplikatory talerzowe i płozowe z powodzeniem wykorzystuje się na użytkach zielonych i ścierniskach, gdzie pozwalają na aplikację cieczy na głębokość kilku centymetrów. Inne rozwiązania umożliwiają wprowadzenie cieczy na większej głębokości. W tym celu aplikatory doglebowe są zintegrowane z kultywatorem o sprężystych lub sztywnych zębach. Dostępnych jest wiele różnych rodzajów zestawów uprawowo-nawozowych umożliwiających jednoczesne wykonanie wielu zabiegów agrotechnicznych. Aplikacja doglebowa pofermentu jest sposobem najkosztowniejszym, a urządzenia charakteryzują się małą szerokością roboczą i wymagają ciągników o dużej mocy, co wiąże się z dużym zużyciem paliwa. Zalety tych systemów to:

- maksymalne wykorzystanie właściwości nawozowych,
- brak kontaktu cieczy z powietrzem,
- brak strat składników pokarmowych,
- nie występuje żadna uciążliwość zapachowa,
- aplikacja następuje równocześnie z wymieszaniem z glebą, co spełnia wymogi ustawowe dotyczące stosowania nawozów naturalnych, dzięki czemu nie ma potrzeby wykonywania kolejnego zabiegu agrotechnicznego.

W kontekście **transportu pofermentu** na pola należy mieć na uwadze, że dopuszczalna masa całkowita pojazdów oraz maksymalna ładowność składu nie może przekraczać wytycznych administracyjnych zawartych w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia [*Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 31 grudnia 2002 r.*]. Łączna masa zestawu złożonego z ciągnika z wozem asenizacyjnym wypełnionym pofermentem może przekraczać 50 ton. Ogranicza to poruszanie się takiego zespołu pojazdów po niektórych drogach lokalnych. Innym aspektem dużej masy zestawu jest duży nacisk na podłoże, co niekorzystnie wpływa na strukturę gleby, przyczynia się do powstawania podeszwy płużnej i tworzenia się kolein. Aplikacja na gruntach w okresie, kiedy nie obeschły one z wód pozimowych stwarza ryzyko ugrzęźnięcia ciągnika.

Ciekłą frakcję pofermentu uzyskaną po separacji można rozdysponować na polach, wykorzystując systemy służące do nawadniania. Warunkiem jest staranne oddzielenie cząstek stałych, których obecność grozi zapychaniem systemów i awariami. Poferment może być rozcieńczany wodą, jeżeli jego ilość nie jest wystarczająca do właściwego nawodnienia uprawy. W rolnictwie polskim nawadnianie stosuje się w niewielu gospodarstwach, co znacząco ogranicza techniczne możliwości dystrybucji pofermentu za pomocą tych systemów. Warunkiem umożliwiającym aplikację pofermentu przez systemy deszczowania jest mała odległość między zbiornikami, w których przechowywany jest poferment, a polami, na których znajduje się system nawadniający. Deszczowanie może się odbywać za pomocą sieci rurociągów połączonych z tzw. armatkami wodnymi, które rozlewają ciecz na pole. Możliwe jest też użycie specjalnego wózka ze zwijanym elastycznym wężem, z napędem dostarczanym z ciągnika rolniczego.

7. Magazynowanie pofermentu w biogazowni

Okres przechowywania masy pofermentacyjnej na terenie biogazowni jest uwarunkowany w głównej mierze przepisami, o których będzie mowa w rozdziale 8. Pofermentu obligatoryjnie nie wolno stosować przez co najmniej 3 miesiące, a często okres ten wydłuża się nawet do 5 miesięcy. W związku z tym już na etapie projektowania biogazowni jest niezbędne obliczenie ilości pofermentu powstającego w ciągu jednego miesiąca i zapewnienie właściwych warunków do przechowywania go przez okres 4–6 miesięcy. Niedowymiarowanie zbiorników na poferment może sprawić, że zabraknie w nich miejsca do jego gromadzenia w czasie, gdy aplikacja na pola nie będzie możliwa ze względów technicznych lub prawnych (czas określony ustawowo, zamarznięta gleba lub zalegająca pokrywa śnieżna).

Sposób magazynowania pofermentu, podobnie jak jego aplikacji na pola, zależy od jego postaci i wilgotności. Poferment, który nie jest poddawany separacji, przechowuje się w tych samych warunkach, co ciekłą frakcję uzyskaną po separacji, gdyż obie postaci mają konsystencję płynną. Jedynie sucha frakcja, uzyskana po separacji, a także poddana dosuszaniu, wymaga odmiennych warunków przechowywania.

Relatywnie prostym sposobem magazynowania pofermentu są **otwarte laguny**. Wykopuje się je w ziemi, dodatkowo otaczając wałem ziemnym, co podwyższa ściany boczne. Dno i ściany uszczelnia się specjalną szczelną membraną. Otwarte laguny wprawdzie nie są tanie w wykonaniu, zwłaszcza jeżeli inwestor zastosuje betonowanie podłoża i ścian laguny, jednak jest to rozwiązanie najtańsze spośród obecnie dostępnych. Wady otwartych lagun to:

- mała odporność na uszkodzenia mechaniczne,
- zwiększanie przechowywanej masy wskutek opadów atmosferycznych,
- sedymentacja, rozwarstwienie pofermentu i osadzanie na dnie zbiornika stałych części,
- konieczność usuwania osadu z dna,
- emisja odorów,
- emisja amoniaku (NH_3), co zmniejsza wartość nawozową pofermentu.

W trakcie eksploatacji biogazowni i napełniania laguny na wierzchniej warstwie przechowywanego pofermentu tworzy się kożuch ograniczający parowanie, uciążliwość odorową i straty amoniaku.

Korzystniejszym rozwiązaniem jest **zamknięcie lagun gazoszczelną membraną**. Dzięki temu zawartość laguny jest odizolowana od powietrza, a stworzenie beztlenowych warunków umożliwia dofermentowanie zawartości i odzysk powstałych resztek biogazu. Zamknięte laguny nie emitują zapachów, nie ma też strat azotu w postaci amonowej ani przedostawania się wód opadowych do pofermentu. Jednak instalacja membrany generuje koszty, a sama membrana jest narażona na uszkodzenia czy pęknięcie, zwłaszcza wskutek intensywnych opadów śniegu lub deszczu, gdy nie jest w pełni podniesiona.

Otwarta laguna wypełniona świeżym pofermentem

fot. A. Kowalczyk–Juśko

Otwarta laguna po dłuższym okresie eksploatacji biogazowni, w której utworzył się naturalny kożuch

fot. A. Kowalczyk–Juśko

Większość biogazowni w Polsce przechowuje poferment w **zbiornikach żelbetowych lub stalowych**. Zbiorniki te są podobne do komór fermentacyjnych, jednak nie wymagają ocieplenia i ogrzewania. Zbiorniki także mogą być otwarte bądź zamknięte. Dach membranowy chroni przed opadami atmosferycznymi, uniemożliwia emisję odorów i straty azotu oraz pozwala na dofermentowanie przechowywanej masy. Zbiorniki mogą być posadowione na powierzchni ziemi lub zagłębione całkowicie bądź częściowo. W zbiornikach mogą być instalowane mieszadła uniemożliwiające osadzanie się pofermentu na dnie i powstawanie kożucha. Mieszanie substancji pofermentacyjnej jest przydatne szczególnie w zbiornikach, w których odzyskuje się biogaz z dofermentowanej biomasy. Najczęściej poferment jest mieszany bezpośrednio przed pobieraniem i rozlewaniem na pola z wykorzystaniem mieszadeł montowanych na stałe lub podłączanych do ciągników rolniczych.

Betonowe, otwarte zbiorniki na poferment

fot. A. Kowalczyk–Juśko

Betonowe zbiorniki na poferment zamknięte membraną

fot. A. Kowalczyk–Juśko

Odseparowana frakcja sucha pofermentu, przechowywana pod zadaszeniem

fot. A. Kowalczyk–Juśko

W przypadku zastosowania separacji pofermentu uzyskana **frakcja stała** także wymaga przechowywania przed przetworzeniem lub aplikacją na pola. Stała część masy pofermentacyjnej zajmuje znacznie mniej miejsca i nie jest tak problematyczna w magazynowaniu i transporcie, jak nieseparowany poferment. Frakcja stała po separacji ma konsystencję zbliżoną do świeżego kompostu. Po poprawnie przeprowadzonym procesie fermentacji (gdy pozostają niewielkie ilości nieprzefermentowanej materii organicznej) substancja ta charakteryzuje się łagodnym ziemistym zapachem. Może być składowana **na płycie lub w silosie o szczelnym podłożu**, zabezpieczającym przed odciekami. W celu zabezpieczenia przed warunkami atmosferycznymi magazynowaną masę powinno się przykryć folią. W przypadku przeznaczenia frakcji stałej do suszenia potrzeby magazynowe są ograniczone, ponieważ odseparowany poferment może być na bieżąco suszony. Suchy poferment można przechowywać w hali, w której znajduje się suszarnia, lub w odrębnym magazynie. Suchy poferment powinien być **zabezpieczony przed gryzoniami**, które mogą żerować w takim surowcu.

8. Zagospodarowanie pofermentu w świetle obowiązujących przepisów

Wykorzystanie pofermentu obwarowane jest wieloma przepisami, z których najważniejsze to:

- Ustawa z dnia z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. z 2013 r. poz. 21).
- Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu (Dz.U. z 2007 r. Nr 147 poz. 1033 z późn. zm.).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz.U. z 2001 r. Nr 112 poz. 1206).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 stycznia 2015 r. w sprawie procesu odzysku R10 (Dz.U. z 2015 r. poz. 132).
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu (Dz.U. Nr 119 poz. 765 z późn. zm.).
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1069/2009 z dnia 21 października 2009 r. określające przepisy sanitarne dotyczące produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego, nieprzeznaczonych do spożycia przez ludzi, i uchylające rozporządzenie (WE) nr 1774/2002.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 16 kwietnia 2008 r. w sprawie szczegółowego sposobu stosowania nawozów oraz prowadzenia szkoleń z zakresu ich stosowania (Dz.U. z 2008 r. Nr 80 poz. 479 z późn. zm., t.j. Dz.U. z 2014 r. poz. 393).

Poferment jako odpad

Zgodnie z katalogiem odpadów poferment zalicza się do pozycji 19 06 06 w wykazie: „przefermentowane odpady z beztlenowego rozkładu odpadów zwierzęcych i roślinnych". W przypadku zastosowania separacji pofermentu na frakcje ciekłą i stałą frakcja ciekła sklasyfikowana jest jako 19 06 05, czyli: „ciecze z beztlenowego rozkładu odpadów zwierzęcych i roślinnych", a frakcja stała – jako 19 06 06.

W związku z ograniczaniem ilości odpadów deponowanych na składowiskach, w odniesieniu do odpadów zawierających znaczną ilość substancji organicznej zaleca się przeprowadzenie procesu odzysku. **Jako odzysk, zgodnie z art. 2. ust. 1 pkt 14 ustawy o odpadach**, rozumie się „jakikolwiek proces, którego głównym wynikiem jest to, aby odpady służyły użytecznemu zastosowaniu przez zastąpienie innych materiałów, które w przeciwnym wypadku zostałyby użyte do spełnienia danej funkcji, lub w wyniku którego odpady są przygotowywane do spełnienia takiej funkcji w danym zakładzie lub ogólnie w gospodarstwie". Możliwości odzysku odpadów wymieniono w załączniku nr 1 do ustawy o odpadach. Metody odzysku racjonalne do zastosowania w przypadku substancji pofermentacyjnej to:

- **proces R3** – „recykling lub odzysk substancji organicznych, które nie są stosowane jako rozpuszczalniki (w tym kompostowanie i inne biologiczne procesy przekształcania)",

- **proces R10** – „obróbka na powierzchni ziemi przynosząca korzyści dla rolnictwa lub poprawę stanu środowiska",
- w przypadku odseparowania i wysuszenia frakcji stałej pofermentu jest możliwe zastosowanie procesu R1, czyli „wykorzystania głównie jako paliwa lub innego środka wytwarzania energii", o czym będzie mowa w rozdz. 10 niniejszego opracowania.

Najczęściej stosowanym sposobem zagospodarowania pofermentu jest odzysk metodą R10, czyli wykorzystanie pofermentu do użyźniania gruntów. Aby zrealizować odzysk pofermentu metodą R10, należy spełnić wiele wymogów zawartych w rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie procesu odzysku R10. Wymagania, różne dla odpadów o różnych kodach, wymieniono w załączniku do rozporządzenia. Duża część wymagań i zaleceń nie dotyczy pofermentu z biogazowni, w którym w procesie fermentacji nie wykorzystywano odpadów. Zróżnicowanie to jest odmienne od stosowanego dotychczas, a pojawiło się w nowelizacji rozporządzenia ze stycznia 2015 r. Wcześniejsze regulacje zwalniały z wielu obostrzeń wszystkie biogazownie rolnicze, dlatego istotne jest określenie, w której grupie biogazowni powinna znaleźć się dana instalacja.

Warunki procesu odzysku R10 z biogazowni, w których w procesie beztlenowego rozkładu **były przetwarzane m.in. odpady**:

1) w odniesieniu do odpadów:
   a) są spełnione wymagania jak dla nawozów określone w przepisach ustawy z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu oraz wymagania dotyczące dopuszczalnych wartości zanieczyszczeń określonych dla nawozów w przepisach wydanych na podstawie art. 10 pkt 5 i art. 11 pkt 5 tej ustawy,
   b) materiał po procesie fermentacji pochodzenia zwierzęcego spełnia wymagania określone w przepisach rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1069/2009 z dnia 21 października 2009 r. określającego przepisy sanitarne dotyczące produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego, nieprzeznaczonych do spożycia przez ludzi i uchylającego rozporządzenie (WE) nr 1774/2002 (rozporządzenie o produktach ubocznych pochodzenia zwierzęcego);
2) w odniesieniu do gleb, na których odpady mają być stosowane:
   a) ilość metali ciężkich w wierzchniej warstwie gruntu (do głębokości 0–25 cm) nie przekracza wartości dopuszczalnych określonych dla stosowania komunalnych osadów ściekowych w przepisach wydanych na podstawie art. 96 ust. 13 ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach,
   b) odpady są stosowane w taki sposób i w takiej ilości, aby nie spowodowało to pogorszenia jakości gleby, ziemi oraz wód powierzchniowych i podziemnych nawet przy długotrwałym stosowaniu, w szczególności nie spowodowało szkody w środowisku w rozumieniu przepisów ustawy z dnia 13 kwietnia 2007 r. o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie,

c) są spełnione wymagania dotyczące szczegółowego sposobu stosowania nawozów określone w przepisach wydanych na podstawie art. 22 pkt 1 ustawy z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu,
d) odpady są stosowane równomiernie na powierzchni gleby do głębokości 30 cm i są przykryte glebą lub są z nią wymieszane
   – przy czym posiadacz odpadów dysponuje wynikami badań potwierdzającymi jakość odpadów i jakość gleb, na których odpady mają być stosowane, wykonanych przez laboratorium, o którym mowa w art. 147a ust. 1 pkt 1 lub ust. 1a ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska.

Ostatni z wymienionych warunków oznacza, że poferment wytworzony w instalacji, w której w procesie fermentacji były wykorzystywane odpady (w tym także odpady z przetwórstwa rolno-spożywczego), musi być poddany badaniom w laboratoriach akredytowanych, co się wiąże z określonymi kosztami i koniecznością transportu pofermentu do tychże laboratoriów.

Warunki procesu odzysku R10 z biogazowni, w których przetwarzana była wyłącznie biomasa, o której mowa w art. 2 pkt 6 ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach, lub produkty uboczne pochodzenia zwierzęcego, o których mowa w art. 2 pkt 9 tej ustawy, bez dodatku odpadów:

1) materiał po procesie fermentacji pochodzenia zwierzęcego spełnia wymagania określone w przepisach rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1069/2009 z dnia 21 października 2009 r. określającego przepisy sanitarne dotyczące produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego, nieprzeznaczonych do spożycia przez ludzi i uchylającego rozporządzenie (WE) nr 1774/2002 (rozporządzenie o produktach ubocznych pochodzenia zwierzęcego);
2) są spełnione wymagania jak dla nawozów naturalnych określone w przepisach ustawy z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu oraz wymagania dotyczące dopuszczalnych wartości zanieczyszczeń określonych dla nawozów w przepisach wydanych na podstawie art. 10 pkt 5 i art. 11 pkt 5 tej ustawy, a także są spełnione wymagania dotyczące szczegółowego sposobu stosowania nawozów określone w przepisach wydanych na podstawie art. 22 pkt 1 tej ustawy;
3) odpady są stosowane równomiernie na powierzchni gleby do głębokości 30 cm.

Przywołany powyżej art. 2 pkt 6 ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach brzmi: „... biomasa w postaci:

a) odchodów podlegających przepisom rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1069/2009 z dnia 21 października 2009 r. określającego przepisy sanitarne dotyczące produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego, nieprzeznaczonych do spożycia przez ludzi, i uchylającego rozporządzenie (WE) nr 1774/2002 (rozporządzenie o produktach ubocznych pochodzenia zwierzęcego) (Dz. Urz. UE L 300 z 14.11.2009, str. 1, z późn. zm.), zwanego dalej „rozporządzeniem (WE) nr 1069/2009",

b) słomy,
c) innych, niebędących niebezpiecznymi, naturalnych substancji pochodzących z produkcji rolniczej lub leśnej".

Z kolei produkty uboczne pochodzenia zwierzęcego, o których mowa w art. 2 pkt 9 tej ustawy, to „produkty uboczne pochodzenia zwierzęcego, w tym produkty przetworzone, objęte rozporządzeniem (WE) nr 1069/2009, z wyjątkiem tych, które są odpadami przewidzianymi do składowania na składowisku odpadów albo do przekształcania termicznego lub do wykorzystania w zakładzie produkującym biogaz lub w kompostowni, zgodnie z tym rozporządzeniem".

Wymagania dotyczące procesu odzysku R10 zawierają wiele odniesień do innych aktów prawnych. Niezbędne jest spełnienie zasad dla stosowania nawozów naturalnych określonych w ustawie o nawozach i nawożeniu. Zgodnie z art. 17 u. 3, zastosowana w okresie roku **dawka nawozu naturalnego nie może zawierać więcej niż 170 kg azotu (N) w czystym składniku na 1 ha użytków rolnych**. Na tej podstawie można obliczyć maksymalną dozwoloną do zastosowania na jednostce powierzchni dawkę pofermentu oraz oszacować areał gruntów, potrzebny do zagospodarowania substancji pofermentacyjnej z konkretnej biogazowni, w której powstaje poferment o określonym składzie.

Ponadto art. 20 ustawy o nawozach i nawożeniu stanowi, że zabrania się stosowania nawozów na glebach zalanych wodą, przykrytych śniegiem, zamarzniętych do głębokości 30 cm oraz podczas opadów deszczu.

Dodatkowe ograniczenia dotyczą nawozów naturalnych, których **nie wolno stosować**:

- w postaci płynnej – na glebach bez okrywy roślinnej położonych na stokach o nachyleniu większym niż 10%,
- w postaci płynnej – podczas wegetacji roślin przeznaczonych do bezpośredniego spożycia przez ludzi.

Przepisy wydane na podstawie art. 22 pkt 1 ustawy z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu, o których mowa w warunkach procesu odzysku R10, to przede wszystkim rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 16 kwietnia 2008 r. w sprawie szczegółowego sposobu stosowania nawozów oraz prowadzenia szkoleń z zakresu ich stosowania (Dz.U. z dnia 12 maja 2008 r. z późn. zm.). Najważniejsze z punktu widzenia zagospodarowania substancji pofermentacyjnej jest zalecenie, iż „nawozy naturalne i organiczne, w postacie stałej lub płynnej, stosuje się w okresie od dnia 1 marca do dnia 30 listopada (...)". Zgodnie z tym wymogiem w biogazowni rolniczej musi być zapewniona odpowiednia przestrzeń magazynowa, wystarczająca na gromadzenie powstającego pofermentu przez minimum 3 miesiące. Okres ten może okazać się dłuższy, jeżeli przed 1 grudnia lub po 1 marca będzie utrzymywać się pokrywa śnieżna lub gleba będzie zamarznięta. Również w trakcie sezonu wegetacyjnego na niektórych uprawach

nie ma możliwości stosowania nawozów naturalnych. Dlatego zaleca się przygotowanie zbiorników na poferment pozwalających na magazynowanie go przez 6 miesięcy.

Rozporządzenie wskazuje też **dozwolone sposoby wprowadzenia na uprawy**: nawozy naturalne i organiczne w postaci płynnej stosuje się przy użyciu rozlewaczy, aplikatorów doglebowych, deszczowni lub wozów asenizacyjnych wyposażonych w płytki rozbryzgowe lub węże rozlewowe. Frakcja stała pofermentu może być stosowana podczas wegetacji roślin (pogłównie) tylko na użytkach zielonych i na wieloletnich uprawach polowych roślin nieprzeznaczonych do bezpośredniego spożycia przez ludzi. Po zastosowaniu pofermentu, podobnie jak w przypadku nawozów naturalnych, należy przykryć je glebą (np. stosując orkę) lub wymieszać z glebą (np. stosując zabieg talerzowania) nie później niż następnego dnia po ich zastosowaniu, z wyłączeniem nawozów stosowanych w lasach oraz na użytkach zielonych. Rozporządzenie określa też dopuszczalne odległości od zbiorników i cieków wodnych, jakie należy zachować podczas stosowania nawozów, oraz warunki hydrogeologiczne warunkujące stosowanie nawozów naturalnych.

Masa pofermentacyjna z biogazowni była do niedawna jednoznacznie klasyfikowana jako odpad, a jej rolnicze wykorzystanie odbywało się na podstawie wytycznych dotyczące zagospodarowania odpadów.

Nowelizacja ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. z 2013 r. poz. 21) w art. 2 pkt 6c określa, co następuje:„Przepisów ustawy nie stosuje się do (...) innych, niebędących niebezpiecznymi, naturalnych substancji pochodzących z produkcji rolniczej lub leśnej wykorzystywanej w rolnictwie, leśnictwie lub do produkcji energii z takiej biomasy za pomocą procesów lub metod, które nie są szkodliwe dla środowiska ani nie stanowią zagrożenia dla życia i zdrowia ludzi". Ważna jest też definicja odpadu: „każda substancja lub przedmiot, których posiadacz pozbywa się, zamierza się pozbyć lub do których pozbycia się jest obowiązany". W świetle tych dwu zapisów możemy uznać, że **w biogazowni, która zamierza sprzedać wyprodukowany poferment, jest on produktem ubocznym, podlegającym obrotowi handlowemu, a w przypadku spełnienia wymogów stosownych przepisów, może uzyskać status nawozu organicznego lub organiczno-mineralnego**.

Aby **masa pofermentacyjna** mogła być **uznana za produkt uboczny i wprowadzona do obrotu**, należy **postąpić zgodnie** ze ścieżką przedstawioną w **art. 11 ustawy o odpadach**, tj.: „wytwórca przedmiotu lub substancji, o których mowa w art. 10, jest obowiązany do przedłożenia marszałkowi województwa (...) zgłoszenia uznania przedmiotu lub substancji za produkt uboczny". Zgłoszenie powinno zawierać miejsce i sposób wytwarzania produktu, dokładny opis procesu produkcyjnego oraz procesu, w którym produkt będzie wykorzystany (w tym przypadku będzie to wykorzystanie do nawożenia, ale może być też np. na cele energetyczne). Uznanie za produkt uboczny zgłoszonej substancji następuje, jeśli marszałek województwa w ciągu 3 miesięcy od zgłoszenia nie wyrazi sprzeciwu w drodze decyzji.

9. Certyfikowanie nawozów i środków poprawiających właściwości gleby produkowanych z pofermentu

W niniejszym opracowaniu pod **pojęciem „certyfikowania" rozumie się procedurę uzyskania pozwolenia MRiRW** na wprowadzenie do obrotu nawozu organicznego/ środka poprawiającego właściwości gleby. Wprowadzenie masy pofermentacyjnej do obrotu jest możliwe po spełnieniu wymogów określonych w Ustawie z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu (Dz.U. Nr 147, poz. 1033 z późn. zm.) i Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów o nawozach i nawożeniu (Dz.U. Nr 119 poz. 765 z późn. zm.). Rozporządzenie to nakłada **obowiązek przeprowadzenia badań nawozów organicznych/ środków wspomagających uprawę roślin** (w tym: podłoży do upraw, stymulatorów wzrostu, środków poprawiających właściwości gleby) **pod kątem ich jakości i przydatności do zastosowania zgodnie z przeznaczeniem**. Aby **poferment** mógł być **uznany za nawóz lub środek poprawiający właściwości gleby**, musi być produkowany w oparciu o stały skład surowcowy, wykazywać się stabilnymi właściwościami jakościowymi i musi być **przebadany pod kątem chemicznym i biologicznym** oraz **pod kątem przydatności do stosowania.** Badania takie są przeprowadzone w uprawnionych do tego jednostkach badawczych, wskazanych w rozporządzeniu.

W procesie oceny nawozu czy środka poprawiającego właściwości gleby są również wymagane:

- deklaracja producenta o spełnieniu przez nawóz lub środek poprawiający właściwości gleby wymagań jakościowych,
- informacja producenta o składzie surowcowym oraz opis technologii produkcji,
- opinia o spełnieniu wymagań jakościowych wydawana przez uprawnione jednostki organizacyjne,
- opinia/ opinie o przydatności ww. produktu do zastosowania w konkretnym zakresie. Dla upraw polowych np. taką opinię wydaje Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa PIB w Puławach,
- instrukcja stosowania produktu zatwierdzona przez właściwe instytuty.

Jeśli **produkt pofermentacyjny** jest wytwarzany **z odpadów lub ubocznych produktów pochodzenia zwierzęcego**, jest również wymagana dokumentacja w postaci:

- opinii o wpływie produktu na zdrowie ludzi wydawanej przez Instytut Medycyny Wsi w Lublinie,
- opinii o wpływie produktu na środowisko wydawanej przez Instytut Ochrony Środowiska w Warszawie,
- opinii o wpływie produktu na zdrowie zwierząt wydawanej przez Państwowy Instytut Weterynaryjny PIB w Puławach,

- opinii dotyczącej spełnienia przez nawóz lub środek poprawiający właściwości gleby wytworzony z ubocznych produktów pochodzenia zwierzęcego wymagań weterynaryjnych określonych w rozporządzeniu WE 1069/2009 wydawanej przez Państwowy Instytut Weterynaryjny PIB w Puławach,
- zatwierdzenie zakładu przetwórczego produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego i produktów ubocznych (biogazowni) i nadaniu weterynaryjnego numeru identyfikacyjnego przez powiatowego lekarza weterynarii.

Odpowiednie opinie mogą wydawać tylko jednostki do tego uprawnione na mocy ww. rozporządzenia. W przywołanym rozporządzeniu znajduje się ich wykaz. Rozporządzenie podaje także maksymalną zawartość zanieczyszczeń, przede wszystkim metali ciężkich, jaką może zawierać poferment, a także minimalne zawartości składników nawozowych, w zależności od tego, czy nawóz ma formę stałą, czy płynną (tabela 14). Dodatkowo określono zakres badań pod kątem obecności pasożytów jelitowych i bakterii chorobotwórczych, których występowanie jest niedopuszczalne.

Tabela 14. Minimalna zawartość składników nawozowych i maksymalna zawartość zanieczyszczeń w nawozach organicznych i organiczno-mineralnych

Składnik	Nawóz organiczny w postaci stałej	Nawóz organiczny w postaci płynnej	Zanieczyszczenie	Maksymalna zawartość (mg/kg)
Substancja organiczna (% s.m.)	30	-	Kadm	5
Azot (%)	0,3	0,08	Chrom	100
Fosfor (jako % P_2O_5)	0,2	0,05	Nikiel	60
Potas (jako % K_2O)	0,2	0,12	Ołów Rtęć	140 2

Źródło: *Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów o nawozach i nawożeniu (Dz.U. Nr 119 poz. 765; z późn. zm.).*

Nawóz organiczny wytworzony z pofermentu można poza uprawami polowymi wykorzystać też w uprawach specjalistycznych. W zależności od przeznaczenia należy wówczas uzyskać opinie odrębnych jednostek:

- jeśli produkt będzie stosowany w uprawach warzywnych, sadowniczych, roślin ozdobnych i trawników specjalistycznych – opinia Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach,
- jeśli produkt będzie stosowany na użytkach zielonych – opinia Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w Falentach,

- jeśli nawóz będzie przewidziany do stosowania w lasach i w uprawach leśnych – opinia Instytutu Badawczego Leśnictwa w Warszawie.

UZYSKANIE POZWOLENIA DLA NAWOZU LUB ŚRODKA POPRAWIAJĄCEGO WŁAŚCIWOŚCI GLEBY, PODŁOŻA DO UPRAW, STYMULATORA WZROSTU

Podmiot, który zgromadzi opisaną powyżej dokumentację, może ubiegać się o wydanie pozwolenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi na wprowadzenie do obrotu nawozu lub środka wspomagającego uprawę roślin. **W uproszczeniu procedura ma następujący przebieg**:

Złożenie wniosku o udzielenie pozwolenia na wprowadzenie do obrotu nawozu albo środka poprawiającego właściwości gleby
Podmiot ubiegający się o udzielenie pozwolenia składa wniosek wraz z załącznikami zgodnie z art. 4 ustawy o nawozach i nawożeniu do Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi oraz uiszcza opłatę skarbową (705 zł).

Sprawdzenie wniosku pod względem wymogów formalnych i merytorycznych
Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi dokonuje weryfikacji formalnej wniosku. W przypadku stwierdzenia braków formalnych organ wzywa do uzupełnienia wniosku w terminie 7 dni od daty otrzymania wezwania zgodnie z art. 64 kpa, pod rygorem pozostawienia wniosku bez rozpatrzenia. Gdy wnioskodawca nie uzupełni dokumentów lub uzupełni dokumenty w niepełny sposób, Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi pozostawia wniosek bez rozpoznania. W przypadku, gdy złożone dokumenty zawierają braki merytoryczne, Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi wzywa wnioskodawcę w trybie art. 50 kpa, wyznaczając indywidualny termin złożenia dodatkowych wyjaśnień w formie pisemnej.

Wydanie pozwolenia na wprowadzenie do obrotu nawozu albo środka poprawiającego właściwości gleby zawiera:

1) nazwę nawozu albo środka poprawiającego właściwości gleby, imię i nazwisko oraz miejsce zamieszkania i adres albo nazwę oraz siedzibę i adres:
   a) producenta – dla nawozu albo środka poprawiającego właściwości gleby, wyprodukowanych na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej,
   b) importera – dla nawozu albo środka poprawiającego właściwości gleby, przywiezionych z terytorium państw trzecich,
   c) producenta lub innego podmiotu wprowadzającego nawóz albo środek poprawiający właściwości gleby na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej – dla nawozu albo środka poprawiającego właściwości gleby, wyprodukowanych lub wprowadzonych do obrotu na terytorium innego państwa członkowskiego Unii Europejskiej;

2) określenie wymagań jakościowych;
3) informację, że nawóz albo środek poprawiający właściwości gleby, został wytworzony z produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego lub produktów pochodnych lub zawiera w swoim składzie produkty uboczne pochodzenia zwierzęcego lub produkty pochodne;
4) instrukcję stosowania i przechowywania nawozu albo środka poprawiającego właściwości gleby, sporządzoną w języku polskim.

Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi wydaje pozwolenie na czas nieokreślony.
Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi odmawia w drodze decyzji wydania pozwolenia, jeżeli z dołączonych do wniosku dokumentów nie wynika, że nawóz albo środek poprawiający właściwości gleby spełniają ustawowe wymagania.

Ponadto, zgodnie z art. 5 ustawy z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu, do obrotu można wprowadzać również nawozy oraz środki wspomagające uprawę roślin dopuszczone do obrotu w innym państwie członkowskim Unii Europejskiej lub w Republice Turcji, które zostały wyprodukowane w innym państwie członkowskim Unii Europejskiej lub w Republice Turcji, lub w innym państwie będącym członkiem Europejskiego Stowarzyszenia Wolnego Handlu (EFTA) – stronie umowy o Europejskim Obszarze Gospodarczym, jeżeli przepisy krajowe, na podstawie których są one produkowane i wprowadzane do obrotu, zapewniają ochronę zdrowia ludzi, zwierząt i ochronę środowiska oraz przydatność do stosowania w zakresie odpowiadającym wymaganiom w art. 4 ust. 6 ustawy o nawozach i nawożeniu. Takie nawozy i środki wspomagające uprawę roślin nie wymagają pozwolenia ministra właściwego do spraw rolnictwa na wprowadzenie ich do obrotu na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej.

Środki odwoławcze
Zgodnie z art. 127 § 3 Kodeksu postępowania administracyjnego strona niezadowolona z decyzji może zwrócić się do Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z wnioskiem o ponowne rozpatrzenie sprawy w terminie 14 dni od dnia doręczenia decyzji.

Wniesienie skargi za pośrednictwem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi do Wojewódzkiego Sądu Administracyjnego w trybie art. 52 § 1 ustawy z dnia 30 sierpnia 2002 r. – Prawo o postępowaniu przed sądami administracyjnymi (Dz.U. z 2012 r. Nr 270, t.j.) może nastąpić po wyczerpaniu wymienionego środka odwoławczego.

Informacje dodatkowe
Na stronie internetowej Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi znajduje się wykaz nawozów i środków wspomagających uprawę roślin (w tym środków poprawiających właściwości gleby, stymulatorów wzrostu i podłoży do upraw), które można wprowadzać do obrotu na podstawie pozwolenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

Po przejściu procedury uzyskania pozwolenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi substancja pofermentacyjna może być stosowana jako nawóz czy środek poprawiający właściwości gleby na gruntach należących do biogazowni, jak też może być udostępniana (sprzedawana) na zewnątrz.

Zasady stosowania nawozów organicznych i środków wspomagających uprawę roślin określono w ustawie o nawozach i nawożeniu w rozdz. 3. Poza tym art. 20 ustawy o nawozach i nawożeniu stanowi, że zabrania się stosowania nawozów na glebach zalanych wodą, przykrytych śniegiem, zamarzniętych do głębokości 30 cm oraz podczas opadów deszczu. Ponadto nawozy naturalne i organiczne, w postacie stałej lub płynnej, stosuje się w okresie od dnia 1 marca do dnia 30 listopada, dlatego w biogazowni rolniczej muszą być zapewnione warunki do magazynowania pofermentu przez okres, w którym jego stosowanie (również po uzyskaniu statusu nawozu) jest zabronione, a więc co najmniej przez 3 miesiące.

Ważne jest zrozumienie, że **nawozy naturalne i organiczne nie są tożsamym pojęciem** w świetle ustawodawstwa. W potocznym rozumieniu te dwie grupy nawozów często są traktowane równoznacznie, co prowadzi do wielu nieporozumień. Jeden z rolników, który stosował dopuszczony do obrotu nawóz organiczny wyprodukowany z pofermentu, spotkał się z zarzutem, że nie przeorał nawozu po zaaplikowaniu na glebę. Tymczasem obowiązek wymieszania z glebą dotyczy nawozów naturalnych, nie zaś organicznych (o ile takiego zapisu nie ma w instrukcji stosowania i przechowywania wydanej dla tego produktu), podobnie jak zakaz stosowania na glebach bez okrywy roślinnej przy nachyleniu pola powyżej 10%. Dla nawozów lub środków poprawiających właściwości gleby wprowadzonych do obrotu na podstawie pozwolenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi należy przestrzegać warunków określonych w instrukcji stosowania i przechowywania, która jest integralną częścią decyzji Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi na wprowadzenie do obrotu.

AKTY PRAWNE REGULUJĄCE WPROWADZANIE NAWOZÓW DO OBROTU

Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu
Art. 3.

1. Do obrotu można wprowadzać nawozy:
   1) powstałe ze zmieszania typów nawozów oznaczonych znakiem „NAWÓZ WE", przy czym nawozy te nie mogą być oznaczane znakiem „NAWÓZ WE";
   2) odpowiadające określonym w przepisach wydanych na podstawie art. 12 pkt 5, typom wapna nawozowego, w których zanieczyszczenia nie przekraczają dopuszczalnych wartości zanieczyszczeń;

3) naturalne, zgodnie z przepisami rozporządzenia nr 1069/2009.

2. Nawozy organiczne, organiczno-mineralne, mineralne nieoznaczone znakiem „NAWÓZ WE" i środki wspomagające uprawę roślin mogą być wprowadzone do obrotu na zasadach określonych w art. 4.

Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu

§ 2. 1. Badania nawozów i środków wspomagających uprawę roślin obejmują:

1) badania fizyczne, fizykochemiczne i chemiczne potwierdzające:
   a) deklarowaną w szczegółowej dokumentacji zawartość składników pokarmowych, parametry fizyczne, fizykochemiczne i chemiczne oraz spełnianie minimalnych wymagań jakościowych i wymagań dotyczących dopuszczalnych wartości zanieczyszczeń – w przypadku nawozów,
   b) deklarowane w szczegółowej dokumentacji parametry fizyczne, fizykochemiczne i chemiczne oraz spełnianie wymagań dotyczących dopuszczalnych wartości zanieczyszczeń;
2) badania biologiczne potwierdzające stan sanitarny nawozu organicznego i organiczno-mineralnego oraz organicznego i organiczno-mineralnego środka wspomagającego uprawę roślin;
3) badania rolnicze przeprowadzone co najmniej przez jeden sezon wegetacyjny potwierdzające przydatność nawozu do nawożenia roślin lub gleb, lub rekultywacji gleb.

10. Alternatywne możliwości zagospodarowania pofermentu

Oprócz podstawowego, nawozowego wykorzystania pofermentu, może on znaleźć także inne zastosowanie. W związku z niepełnym rozkładem materii organicznej i znaczącej zawartości pierwiastka węgla stała frakcja pofermentu może być wykorzystana na cele energetyczne w procesie spalania po uprzednim wysuszeniu. Zgodnie z załącznikiem do ustawy o odpadach spalanie odpadów należy zaliczyć do procesu odzysku R1 – „wykorzystanie głównie jako paliwa lub innego środka wytwarzania energii". Wartość energetyczna pofermentu waha się w granicach od kilku do kilkunastu MJ/kg i jest uzależniona od jego wilgotności, zawartości węgla i wodoru. Najczęściej wartość opałowa pofermentu jest niższa w porównaniu z większością paliw biomasowych ze względu na częściowy rozkład materii organicznej i wyodrębnienie palnych pierwiastków w postaci biometanu. Równocześnie wyższa jest zawartość części mineralnej (popiołu), co pogarsza jakość biopaliwa. [*Podkówka i in. 2012*] podają na podstawie literatury niemieckiej, że pelety z pofermentu powstałego podczas fermentacji kiszonki z kukurydzy, traw i ziemniaków charakteryzowały się wartością opałową 15,8 MJ/kg przy zawartości wody 9,2%. Z kolei poferment z biogazowni przetwarzającej kiszonkę z kukurydzy, sorga, trawy sudańskiej, słomy, pomiotu kurzego i gnojowicy osiągnął wartość opałową 15,0 MJ/kg przy wilgotności 9,9%. Niższe parametry energetyczne prezentuje [*Kuligowski 2011*] na podstawie badań prowadzonych w Danii. Pelety z pofermentu o wilgotności 10%, powstałe po fermentacji gnojowicy i odpadów z przemysłu rolno-spożywczego, cechowały się wartością opałową 11,3 MJ/kg, zawartość popiołu zaś była bardzo wysoka i wyniosła 37,5%. Dla porównania wartość opałowa peletów drzewnych najczęściej wynosi 16–17 MJ/kg, a zawartość popiołu to zaledwie 1–3%. Spalanie czystej biomasy (bez dodatku węgla kamiennego) pozwala na zagospodarowanie popiołu na cele nawozowe. Może on np. stanowić dodatek do płynnej frakcji pofermentu, wzbogacając ją w substancje mineralne.

Przed energetycznym wykorzystaniem wysuszony poferment może być poddany granulacji do postaci peletów, podobnie jak w przypadku granulowania pofermentu przeznaczanego na cele nawozowe. Poferment dla energetyki może też być zagęszczony pod mniejszym ciśnieniem i uzyska postać brykietów. Zagęszczanie biomasy pozwala na ujednolicenie przetwarzanego materiału pod względem granulacji i właściwości mechanicznych oraz składu chemicznego. Ponadto kompaktowanie umożliwia automatyzację procesu spalania, zmniejszenie objętości paliwa, zwiększenie jego gęstości usypowej, ograniczenie zawartości wody, ułatwia transport, przechowywanie i dozowanie. Brykiety lub pelety z suchej frakcji pofermentu, podobnie jak z innych rodzajów biomasy, stanowią łatwy do transportu, wyrównany surowiec o relatywnie wysokiej gęstości energii. Wprawdzie kompaktowanie ułatwia transport i dozowanie biomasy do urządzeń grzewczych, jest jednak związane z nakładami energii, a co za tym idzie – kosztowne. W przypadku biogazowni istnieje możliwość częściowego obniżenia kosztów zagęszczania, dzięki wykorzystaniu nadmiarowego ciepła powstającego w ko generatorze, do suszenia pofermentu, a energia elektryczna potrzebna do peletowania także może pochodzić z własnej produkcji.

Energię chemiczną zawartą w suchej frakcji pofermentu można pozyskać nie tylko przez jej spalanie, lecz także przez zgazowanie lub pirolizę. Są to procesy termochemiczne polegające na rozkładzie materii organicznej pod wpływem wysokich temperatur, a następnie spalaniu gazów powstałych podczas tego rozkładu (gaz drzewny, syngaz, gaz pirolityczny). W procesie pirolizy powstaje jeszcze jeden produkt: biowęgiel, który może być wykorzystany jako paliwo stałe, substancja wzbogacająca glebę lub element sekwestracji węgla. Piroliza prowadzona w temperaturze ok. 200–300°C, nazywana toryfikacją, pozwala na uzyskanie biowęgla (karbonizatu) przydatnego m.in. do nawożenia. Wyniki badań przeprowadzonych w UWM w Olsztynie pozwalają porównać właściwości świeżego i odwodnionego pofermentu z karbonizatem uzyskanym w procesie toryfikacji (tabela 15).

Tabela 15. Parametry różnych form pofermentu

Parametr	Jednostka	Rodzaj pofermentu		
		świeży	odwodniony	karbonizat
Odczyn	pH	8,24	9,03	8,86
Wilgotność	%	94,55	79,53	27,66
Straty przy prażeniu	% s.m.	68,97	86,43	82,05
N	% s.m.	7,16	2,64	2,31
$N\text{-}NH_4$	Mg/kg	1830,0	692,9	345,7
P_2O_5	% s.m.	2,38	1,66	1,78
K_2O	% s.m.	6,61	2,54	3,03
MgO	% s.m.	1,28	0,78	1,02
CaO	% s.m.	3,48	2,30	2,47
Na_2O	% s.m.	1,28	0,73	0,58
Zawartość zanieczyszczeń				
Zasolenie	g/dm^3	11,46	4,33	0,64
Cu	mg/kg s.m.	224	48	83
Zn	mg/kg s.m.	340	138	163
Mn	mg/kg s.m.	569	158	276
Fe	mg/kg s.m.	1206	927	217
S	% s.m.	0,35	0,31	0,35
Cl	mg/dm^3	101	94	184

Źródło: *Wiśniewski D., Pulka J., Białowiec A., 2014: Właściwości karbonizatu uzyskanego z pofermentu biogazowni rolniczej [w:] Ekoenergetyka – biogaz, red. Cenian A., Gołaszewski J., Noch T., Gdańska Szkoła Wyższa, Gdańsk.*

W procesie pirolizy można wykorzystać suchą frakcję pofermentu, podobnie jak inne rodzaje biomasy. Innowacyjnym rozwiązaniem, również zaliczanym do metod termochemicznych, jest

hydrotermiczna karbonizacja (HTC), w której surowcem może być poferment nie poddawany separacji. Proces ten prowadzony jest w temperaturze 180–250°C pod ciśnieniem 10–40 barów przez 1,5–6 godzin. W tych warunkach wielkocząsteczkowe struktury budujące biomasę zostają zniszczone, a powstały produkt nazywany jest biowęglem HTC i stanowi paliwo stałe dla procesu spalania. Separacja lub suszenie pofermentu nie jest konieczne, ponieważ proces przebiega w gorącej wodzie. Odwodnienie biowęgla HTC jest przeprowadzane po zakończeniu karbonizacji i wówczas występuje znaczące zapotrzebowanie na energię. Badania nad procesem hydrotermicznej karbonizacji prowadzone są w Niemczech [*Seiffert, Klemm 2014*].

Termochemiczne metody zagospodarowania pofermentu: spalanie, piroliza lub hydrotermiczna karbonizacja, są zalecane, gdy nie jest możliwe wykorzystanie go do nawożenia z powodu przekroczenia dopuszczalnych zawartości zanieczyszczeń lub obecności patogennych bakterii.

Nawozowe lub alternatywne (np. energetyczne) wykorzystanie pofermentu wiąże się z koniecznością jego przetwarzania, co z kolei wymaga nakładów pracy i wykorzystania odpowiednich urządzeń. Zagospodarowanie pofermentu może stanowić uboczną działalność biogazowni, lub odrębnych podmiotów gospodarczych. Generuje to miejsca pracy, zarówno przy samym procesie przetwarzania, jak i transporcie, dostawach maszyn, ich serwisowaniu itp. Najmniejsze ożywienie gospodarcze wiąże się z wykorzystania pofermentu na cele nawozowe bez jego wcześniejszego uzdatniania, chociaż również w tym przypadku niezbędne jest zaangażowanie pracowników i maszyn (cysterny, ciągniki). Największych nakładów pracy, a co za tym idzie – zatrudnienia ludzi – wymaga produkcja, konfekcjonowanie i wprowadzanie do obrotu nawozów organicznych i organiczno-mineralnych opartych na pofermencie, wzbogacanych różnymi składnikami, dostosowanymi do potrzeb poszczególnych gatunków roślin uprawnych. W tym przypadku możliwa jest nie tylko ich dystrybucja w kraju, ale także eksport.

Stała frakcja pofermentu może, szczególnie po podsuszeniu, stanowić ściółkę dla zwierząt gospodarskich. Właściwości higroskopijne nierozłożonych włókien roślinnych pozostających w pofermencie sprawiają, że chłonność takiego materiału ściołowego jest nie mniejsza niż np. słomy. Obornik powstający przy udziale pofermentu, dzięki jego rozdrobnieniu, daje się równomiernie rozrzucić na polu, a także szybciej ulega rozkładowi w glebie w porównaniu do obornika powstającego przy wykorzystaniu tradycyjnego materiału ściołowego, jakim jest słoma.

Zagraniczne doniesienia wskazują na możliwość wykorzystania stałej frakcji pofermentu jako białkowego dodatku do pasz. Ze względu na wysoką zawartość aminokwasów, powstających podczas rozkładu białek, racjonalny jest dodatek nawet 10% pofermentu w mieszance paszowej. [*Viesturs i in. 1992*] podają przykład fermy Lamare w stanie Kolorado (USA), gdzie frakcja ciekła pofermentu jest wykorzystywana do użyźniania pól, a stała w postaci wilgotnej zastępuje lucernę w mieszance paszowej dla bydła. Nadmiar pofermentu jest dosuszany w suszarni do zboża lub w naturalnych warunkach na słońcu i skarmiany w miarę zapotrzebowania na takowy

dodatek w paszy. Koncepcja ta wydaje się szczególnie przydatna w kontekście niedoboru wysokobiałkowych dodatków do pasz, spowodowanego zakazem stosowania mączek mięsno-kostnych w żywieniu zwierząt. Mimo wsparcia na szczeblu Unii Europejskiej uprawy wysokobiałkowych roślin bobowatych ich produkcja ciągle nie zaspokaja zapotrzebowania przemysłu paszowego. Wykorzystanie pofermentu, szczególnie w przypadku znaczącej obecności w nim aminokwasów, mogłoby w pewnym stopniu uzupełniać zasoby pasz dostępnych dla rolnictwa bez konieczności importu np. śruty sojowej.

W przypadku gdy biogazownia nie ma możliwości racjonalnego zagospodarowania pofermentu, a zastosowanie nawozowe lub energetyczne wiąże się wyłącznie z ponoszeniem kosztów w miejsce dochodów, istnieje zasadność potraktowania masy pofermentacyjnej jako ścieku i jej oczyszczenie. W tym celu mogą być wykorzystane oczyszczalnie biologiczne, szczególnie przystosowane do uzdatniania ścieków przemysłowych, o dużym obciążeniu biologicznym, gdyż BZT_5 świeżego pofermentu wynosi ponad 2000 mg/l O_2, a jego przechowywanie prowadzi do nawet dwukrotnego wzrostu tego parametru wskutek namnażania się mikroorganizmów rozkładających substancję organiczną. Również CHZT pofermentu jest zdecydowanie wyższe w porównaniu do ścieków komunalnych i w zależności od czasu przechowywania może wahać się w granicach 13 000–35 000 mg/l O_2. Parametry te dla ścieków bytowo-gospodarczych wynoszą: BZT_5 150–350 mg/l O_2 i CHZT 320–749 mg/l O_2 [*Henze i in. 2002*].

Poferment, po oczyszczeniu do parametrów określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U. 2014, poz. 1800), może być odprowadzany do środowiska.

Oprócz oczyszczalni biologicznych do oczyszczania pofermentu można rozpatrywać zastosowanie systemów gruntowo-roślinnych, w których wstępnie oczyszczony poferment jest kierowany na złoża obsadzone specjalnie dobranymi gatunkami roślin, a następnie po usunięciu fosforu ścieki mogą być odprowadzane do środowiska. W takich systemach rośliny pełnią wielorakie funkcje: pobierają biogeny zawarte w ściekach, dostarczają tlen przez systemy korzeniowe oraz ruchy pędów powodowane wiatrem, a ich biomasa może być wykorzystana na cele energetyczne w biogazowni lub ciepłowni. Oczyszczalnie gruntowo-roślinne są najczęściej instalowane jako obiekty przydomowe, ale również obsługujące kilka budynków mieszkalnych, a nawet jako oczyszczalnie zbiorowe – dla całej gminy. Zastosowanie systemów hydrofitowych do oczyszczania pofermentu jest na etapie prac badawczych.

Oczyszczanie pofermentu powinno być rozwiązaniem jedynie w sytuacji, gdy biogazownia nie znajduje innych możliwości jego zastosowania. Traktowanie oczyszczania jako podstawowego postępowania z pofermentem może prowadzić do strat wynikających z nieproduktywnego usuwania substancji pokarmowych, ważnych z rolniczego, nawozowego punktu widzenia.

11. Dobre praktyki w zakresie zagospodarowania pofermentu

Część biogazowni funkcjonujących w Polsce zostało wybudowanych na bazie gospodarstw rolnych dysponujących znaczną powierzchnią gruntów. Grunty te z jednej strony stanowią zaplecze surowcowe, z drugiej zaś są miejscem rolniczego zagospodarowania pofermentu. Należy mieć na uwadze, że areał gruntów potrzebny do aplikacji pofermentu jest zawsze większy od powierzchni upraw zasilających biogazownię.

Dobrym przykładem takich powiązań są **biogazownie należące do firmy Poldanor SA**, która jako pierwsza w Polsce zastosowała technologię fermentacji beztlenowej. Główną działalność firmy stanowią produkcja roślinna (ok. 13 200 ha) i zwierzęca (ok. 23 tys. macior w ponad 30 fermach). Przedsiębiorstwo wybudowało przy ośmiu fermach biogazownie, w których głównymi substratami są gnojowica trzody chlewnej i kiszonki z roślin uprawianych na własnych gruntach, a kosubstratami – frakcja glicerynowa z produkcji biopaliw i odpady z przetwórstwa rolno-spożywczego. Również poferment jest zagospodarowywany na polach należących do firmy. Zarówno dawki pofermentu, jak i terminy jego stosowania są zgodne z obowiązującymi przepisami, dzięki czemu nie ma sygnałów dotyczących negatywnego wpływu tych biogazowni na środowisko. Obecna moc zainstalowana w biogazowniach Poldanoru wynosi 7,4 MWe. Dalsze plany firmy przewidują budowę kolejnych instalacji biogazowych. Obecny program zakłada, że fermentacja będzie prowadzona w 14 instalacjach o różnej mocy, dostosowanej do ilości substratów powstających w poszczególnych gospodarstwach należących do spółki. Siostrzana spółka Prime Food sp. z o.o. posiada zakłady mięsne w Przechlewie, z których pochodzą treści żołądkowe, które używane są jako kosubstrat do produkcji biogazu. W tym celu biogazownia w Pawłówku została wyposażona w higienizator, aby spełnić wymogi określone w przepisach rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1069/2009 z dnia 21 października 2009 r. określającego przepisy sanitarne dotyczące produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego, nieprzeznaczonych do spożycia przez ludzi i uchylającego rozporządzenie (WE) nr 1774/2002 (rozporządzenie o produktach ubocznych pochodzenia zwierzęcego).

Szczegółowe rozwiązania techniczne poszczególnych biogazowni są różne, w tym także w zakresie pofermentu. W Pawłówku poferment jest przechowywany w dwóch zamkniętych lagunach o łącznej pojemności 30000 m^3. Z kolei w Uniechówku, oprócz celowego zbiornika na poferment o pojemności 2490 m^3, do przechowywania pofermentu adaptowano dwukomorowy zbiornik na gnojowicę o pojemności 40000 m^3. Największa biogazownia Poldanoru w Koczale, w której są zainstalowane dwa moduły kogeneracyjne o łącznej mocy 2,126 MWe, jest wyposażona w dwa zbiorniki do przechowywania pofermentu o pojemności 72500 m^3.

Poferment z biogazowni należących do Poldanor SA jest poddawany separacji. Frakcja ciekła jest aplikowana na polach, a stała, po certyfikacji (nawozy „certyfikowane" to dopuszczone

decyzją Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi nawozy organiczne do stosowania rolniczego na terenie Rzeczpospolitej Polskiej), może być wprowadzana do obrotu jako nawóz organiczny. Z informacji uzyskanych od firmy wynika, że użyźnianie pól pofermentem przynosi przedsiębiorstwu wiele korzyści, np. zmniejszenie zapotrzebowania na środki ochrony roślin (niszczenie nasion chwastów w czasie fermentacji), redukcja uciążliwości zapachowej, zniszczenie ewentualnych patogenów i inne. Przedsiębiorstwo jest w stanie porównać efekty stosowania pofermentu z surową gnojowicą, którą dysponowało przed wdrożeniem koncepcji produkcji biogazu na bazie gnojowicy. Jak wynika z bezpośrednich informacji, efekty stosowania pofermentu są znacznie lepsze. Potwierdza to fakt, że firma stale rozwija technologię i buduje kolejne biogazownie.

Innym dobrym przykładem jest **biogazownia użytkowana przez DMG Sp. z o.o.**, położona w miejscowości Koczergi w powiecie parczewskim (woj. lubelskie). Głównymi substratami są tu: kiszonka z kukurydzy, odpady z przetwórstwa owoców i warzyw (wytłoki z jabłek, wycierka ziemniaczana) oraz wywar z gorzelni. Biogazownia nie wykorzystuje odpadów pochodzenia zwierzęcego. Moc agregatu kogeneracyjnego wynosi 1,2 MWe. Poferment jest tu separowany na frakcje stałą i płynną, przy czym część frakcji płynnej jest zawracana jako ciecz technologiczna do komory fermentacyjnej. Właściciel biogazowni przeprowadził procedurę dopuszczenia do obrotu, odrębną dla każdej z frakcji pofermentu. Nawóz organiczny w postaci płynnej jest rozlewany na polach, zarówno wchodzących w skład gospodarstwa, dostarczającego też substraty, jak również polach okolicznych rolników. W związku z tym, że gleby w regionie funkcjonowania biogazowni należą do gorszych klas bonitacyjnych, wartościowe jest nie tylko wnoszenie z pofermentem składników pokarmowych bezpośrednio dostępnych dla roślin, lecz także substancji organicznej zawartej w nawozie. Skrupulatne przestrzeganie dawek i terminów stosowania pofermentu sprawia, że plony znacząco wzrosły od czasu, kiedy do nawozów stosowanych w gospodarstwie dołączył poferment. W okresie, kiedy aplikacja na polach jest niemożliwa ze względu na przepisy, jest on przechowywany w betonowych zbiornikach o łącznej pojemności ponad 14 tys. m^3. Zbiorniki na poferment w biogazowni w Koczergach są otwarte, w związku z czym zachodziło ryzyko emisji związków azotu oraz uciążliwości zapachowej. Aby temu zapobiec, zastosowano tu „pływająca pokrywę" w postaci plastikowych sześcianów, które unosząc się na powierzchni pofermentu, układają się na kształt plastra miodu i tworzą dość szczelne, a równocześnie elastyczne przykrycie powierzchni przechowywanej masy.

Jednym z wymienionych w niniejszym opracowaniu sposobów aplikacji pofermentu na pola jest deszczowanie. Rozwiązanie takie jest zastosowane w **biogazowni** położonej w miejscowości Klępsk (woj. lubuskie). Biogazownia o mocy 1,0 MWe, wchodząca w skład **Gospodarstwa Rolnego Kargowa-Klępsk Ryszard Maj**, funkcjonuje od 2012 r. Proces fermentacji prowadzony jest w oparciu o odchody drobiu, kiszonkę z kukurydzy, gnojowicę trzody chlewnej, okresowo wysłodki i ogony z buraków, odpady z czyszczenia ziarna zbóż i kukurydzy. Ciekawym substratem jest tu słoma z kukurydzy, która po rozdrobnieniu jest mieszana z gnojowicą, aby po kilku

dniach powstałą zmacerowaną masę wprowadzić do komory fermentacyjnej. Rozwiązanie to pozwala na zmniejszenie ilości substratów celowych potrzebnych do zaspokojenia zapotrzebowania instalacji. Większość substratów produkowana jest w gospodarstwie rolnym, gdzie również zagospodarowywany jest poferment.

Rocznie powstaje tu około 30 tys. ton pofermentu o zawartości 5-6% suchej masy, który poddawany jest separacji na prasie ślimakowej. Stała frakcja pofermentu o zawartości 20-23% s.m. rozrzucana jest na polach przy użyciu rozrzutnika do obornika. Frakcja płynna, o zawartości 3-4% s.m. gromadzona jest w otwartej lagunie, wyściełanej folią o odpowiednich parametrach. Pojemność laguny to 20 tys. m^3, co w zupełności wystarcza na przechowywanie pofermentu w okresie, kiedy jego dystrybucja na pola nie jest możliwa ze względów prawnych lub agrotechnicznych. Płynny poferment jest aplikowany na pola należące do gospodarstwa, o powierzchni ponad 800 ha, przy pomocy systemu nawadniającego. Urządzenia nawadniające na części tego areału były zainstalowane już przed uruchomieniem biogazowni, zaś w dalszej kolejności uzupełniono system, aby umożliwić aplikację pofermentu na całą powierzchnię gruntów. Maksymalna odległość od zbiornika na poferment do miejsca w którym następuje deszczowanie wynosi ok. 3 km. Użytkownik biogazowni podkreśla, że konieczna jest staranna separacja pofermentu, aby zapobiegać obecności stałych części we frakcji ciekłej, powodujących zapychanie systemu i awarie pomp. Poferment jest rozcieńczany wodą, co także ułatwia deszczowanie i zapobiega przypalaniu roślin. Na ściernisko stosowany jest poferment bez rozcieńczania wodą. W gospodarstwie ściśle przestrzegane są dawki i terminy stosowania pofermentu, zgodne z ustawodawstwem.

Pierwszy sezon uprawowy, w którym stosowano pofermnt do nawożenia gruntów pozwolił na pozytywną ocenę tego rozwiązania. Efekt plonotwórczy był zadowalający, a oszczędności na zakupie nawozów mineralnych okazały się znaczące. Jednak dopiero w dłuższym okresie eksploatacji biogazowni i nawożenia pofermentem można będzie przekonać się jakie skutki przyniesie długotrwałe stosowanie pofermentu do użyźniania gruntów.

W biogazowni w Klępsku zastosowane są też rozwiązania pozwalające na racjonalne wykorzystanie nadmiarowego ciepła: ogrzewanie fermy trzody chlewnej oraz suszarnia ziarna.

Literatura

1. Alburquerque J.A., Fuente C., Ferrer-Costa A., Carrasco L., Cegarra J., Abdad M., Bernal M.P., 2012: *Assessment of the fertilizer potential of digestates from farm and agroindustrial residues.* Biomass and Bioenergy 40: 181–189.
2. Baran S., Łabętowicz J., Krzywy E., 2011: *Przyrodnicze wykorzystanie odpadów – podstawy teoretyczne i prak-tyczne*. PWRiL, Warszawa. ss. 323
3. Henze M., Harremöes P., La Cour Jansen J., Arvin E., 2002: *Oczyszczanie ścieków, procesy biologiczne i chemiczne.* Politechnika Świętokrzyska, Kielce.
4. Jadczyszyn T., 2002: *System doradztwa nawozowego* [w:] *Chemia rolna. Podstawy teoretyczne i praktyczne*, 2002: red. Mercik S., SGGW, Warszawa, 246–255.
5. Jędrczak A., 2008: *Biologiczne przetwarzanie odpadów*. PWN, Warszawa.
6. *Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej.*
7. Kowalczyk-Juśko A., *Biogazownie szansą dla rolnictwa i środowiska,* FDPA, Warszawa 2013.
8. Kuligowski K., 2011: *Termiczna gazyfikacja pelet z pofermentu z biogazowni rolniczej i wykorzystanie popiołu do nawożenia. Seminarium: Biomasa–Odpady–Energia*, IMP PAN, Gdańsk.
9. Łabętowicz J., 2002: *Opracowanie planu nawowego w gospodarstwie rolniczym* [w:] *Chemia rolna. Podstawy teoretyczne i praktyczne*, 2002: red. Mercik S., SGGW, Warszawa, 264–279.
10. Maj G., Piekarski W., *Wykorzystanie naczep z podłogą ruchomą do przewozu biomasy roślinnej*. „Autobusy" 2012, nr 10.
11. Oniszk-Popławska A., Zowsik M., Wiśniewski G., 2003: *Produkcja i wykorzystanie biogazu rolniczego*. EC BREC/IBMER, Gdańsk–Warszawa, ss. 88.
12. Podkówka W., Podkówka Z., Kowalczyk-Juśko A., Pasyniuk P., 2012: *Biogaz rolniczy – odnawialne źródło energii. Teoria, praktyczne zastosowanie*. PWRiL, Warszawa.
13. Prochowski L., Żuchowski A., 2009: *Technika transportu ładunków*. WKiŁ, Warszawa.
14. Seifert M., Klemm M. 2014: *Hydrotermalna karbonizacja odpadów biomasy.* [w:] *Ekoenergetyka – biogaz*, red. A. Cenian, J. Gołaszewski, T. Noch, Gdańska Szkoła Wyższa, Gdańsk.
15. Szlachta J., Fugol M., *Analiza możliwości produkcji biogazu na bazie gnojowicy oraz kiszonki z kukurydzy,* „Inżynieria Rolnicza" 2009, nr 5 (114)
16. Szymańska M., 2014: *Materiały z konferencji: III FORUM BIOGAZU „Opłacalna biogazownia – Jak zarobić na produkcji biogazu?".* Warszawa 25.09.2014 r.
17. Szymańska M., badania własne w ramach projektu finansowanego przez NCN „Opracowanie technologii uzdatniania i zagospodarowania masy pofermentacyjnej pozostającej jako produkt uboczny przy produkcji biogazu rolniczego".
18. Tytko R., 2010: *Odnawialne źródła energii*, OWG, Warszawa, 372–382.
19. Viesturs U.E., Szmite I.A., Żilewicz A.W., 1992: *Biotechnologia, substancje biologicznie czynne, technologia, aparatura*. WNT, Warszawa.
20. Wiśniewski D., Pulka J., Białowiec A., 2014: *Właściwości karbonizatu uzyskanego z pofermentu biogazowni rolniczej* [w:] *Ekoenergetyka – biogaz*, red. Cenian A., Gołaszewski J., Noch T., Gdańska Szkoła Wyższa, Gdańsk.

Akty prawne

1. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 31 grudnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia. Dz.U. 2003 r. Nr 32, poz. 262 z późn. zm., t.j. Dz.U. 2013, poz. 951.
2. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. Dz.U. 2014 r., poz. 1800.
3. Ustawa z dnia 8 stycznia 2010 r. o zmianie ustawy – Prawo energetyczne oraz o zmianie niektórych innych ustaw (Dz.U. z 2010 r. Nr 21, poz. 104)

Strony internetowe

www.biogazownie.fwie.pl
www.bauerpolska.pl
www.gmina.bio-gazownie.edu.pl

Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa (FDPA) jest organizacją mającą ponad dwudziestosiedmioletnią tradycją działania w Polsce. Naszą misją jest wspieranie zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich, a w szczególności przedsiębiorczości i tworzenia pozarolniczych miejsc pracy oraz zapewnienie równych szans kobietom, osobom bezrobotnym i młodzieży. Realizujemy ją poprzez działalność pożyczkową oraz usługi wspierające tworzenie i rozwój małych przedsiębiorstw na terenach wiejskich. Jesteśmy jednym z największych i najbardziej aktywnych funduszy pożyczkowych w Polsce. Angażujemy się w programy rozwoju lokalnego, oraz działania informacyjne i edukacyjne.

Z naszej inicjatywy odbywają się debaty w ramach cyklicznego konwersatorium *„Polska wieś w XXI wieku"*. Zrealizowaliśmy kilkadziesiąt projektów międzynarodowych, krajowych i lokalnych. Ich odbiorcami są mieszkańcy wsi i rolnicy, samorządy lokalne, sektor doradztwa rolniczego, instytucje publiczne oraz sektor małych i średnich przedsiębiorstw.

Jesteśmy wydawcą uznanych opracowań i specjalistycznych raportów, jak np. *„Raport o stanie wsi. Polska wieś"*, oraz licznych publikacji z zakresu odnawialnych źródeł energii. Niniejsze opracowanie jest częścią projektu *„Poferment nawozem dla rolnictwa"* jest częścią projektu pod tą samą nazwą, realizowanego przez Fundację na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa w ramach Planu działania Sekretariatu Centralnego Krajowej Sieci Obszarów Wiejskich na lata 2014-2015. Projekt współfinansowany jest ze środków Unii Europejskiej w ramach Pomocy Technicznej Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007-2013. Jego celem jest upowszechnienie innowacyjnych badań z zakresu przygotowania i zagospodarowania pofermentu w środowisku doradców rolnych, rolników i producentów biogazu, jako elementu wsparcia polityki zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich i promocji odnawialnych źródeł energii (OZE) w rolnictwie.

Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa

www.fdpa.org.pl
www.bio-gazownie.edu.pl
www.gmina.bio-gazownie.edu.pl