



Produkcja biogazu

Wnioski i doświadczenia sektora biogazu w Danii



Food & Bio Cluster
Denmark



Energistyrelsen



State of Green
Connect. Inspire. Share. Think Denmark.

INDUSTRIENS
FOND
PREMIER DANSK
KONKURRENCEVINE
The Danish Industry Foundation

Dania jest światowym liderem w produkcji biogazu.

WYDAWCA

Food & Bio Cluster Denmark,
Niels Pedersens Allé 2, 8830
Tjele, Dania

ZDJĘCIE NA OKŁADCE

Nature Energy

AUTORZY

Michael Stöckler, Food & Bio Cluster Denmark;
Bodil Harder, Daniel Berman and Thomas
Young Hwan Westring Jensen, Danish Energy
Agency

WSPÓŁPRACA

Reza Jan Larsen, Biogasclean;
Niels Østergaard, SEGES; Jørgen Fink,
Nature Energy; Lars Villadsgaard Toft, SEGES;
Anna-Marie Bøgh, Kemira

RECENZJA

Claus Gunge Mortensen i Louise Krogh
Johnson, Food & Bio Cluster Denmark

REALIZACJA

Food & Bio Cluster Denmark

OPRACOWANIE GRAFICZNE

DANSK DESIGNRUM
Trine Elmstrøm
www.danskdesignrum.dk
-
Marie Poulsen
Food & Bio Cluster Denmark

PRZY WSPARCIU

The Danish Industry Foundation

DATA PUBLIKACJI

Czerwiec 2020 r

DATA TŁUMACZENIA

Styczeń 2023



OLE TOFT

Ambasador Królestwa Danii w Polsce



Słowo wstępne

Poprzedni rok radykalnie zmienił kontynent europejski. Rosnące koszty energii i niedobory gazu zmuszają rządy poszczególnych krajów i przedsiębiorstwa do poszukiwania alternatyw dla paliw kopalnych, aby sprostać poważnym wyzwaniom związanym z zabezpieczeniem wystarczającej ilości energii.

Alternatywy zapewniające efektywne dostawy energii obejmują biogaz lub biometan z odpadów organicznych lub osadów z oczyszczalni ścieków w sektorze komunalnym, a także gnojowicę i obornik z sektora rolniczego. Kolejne możliwości oferuje branża przetwórstwa spożywczego, ale też gospodarstwa domowe i restauracje.

Niniejszy raport dotyczący produkcji biogazu zawiera spostrzeżenia i doświadczenia duńskiego sektora biogazu. Mamy nadzieję, że zainspiruje on naszych polskich przyjaciół i kolegów z branży do poszukiwania alternatywnych rozwiązań dla paliw kopalnych w oparciu o duńskie wnioski i doświadczenia.

Mam szczerą nadzieję, że wyzwania, przed którymi stoimy, niosą ze sobą również możliwości, ponieważ nowe źródła energii oznaczają rozwój nowych biogazowni rolniczych. Te zaś służyć mogą nie tylko do zapewnienia wystarczającej ilości energii, ale także stanowić dodatkowe źródło dochodu dla rolników.

Silne tradycje rolnicze w Polsce oferują wiele możliwości dla rozwiązań biogazowych i rozwoju nowych, alternatywnych sposobów pozyskiwania energii ze zrównoważonych źródeł z wykorzystaniem biogazu.

Duński rynek biogazu oferuje wyjątkową platformę do powielania tego typu rozwiązań. Duński sektor publiczny i prywatny wraz z innymi kluczowymi interesariuszami poszukuje możliwości współpracy z partnerami handlowymi, aby dzielić się swoim doświadczeniem i wiedzą w tej dziedzinie.

Polska postawiła sobie za cel, biorąc pod uwagę ilość dostępnych substratów i ich potencjał, wytworzenie w przyszłości wystarczającej ilości zielonego gazu, aby zaspokoić spore zapotrzebowanie kraju na gaz ziemny.

Potrzebujemy silniejszej współpracy dwustronnej pomiędzy Danią i Polską, aby badać i znajdować nowe sposoby wytwarzania większej ilości energii. Wymaga to ściślejszej koordynacji pomiędzy naszymi krajami, a niniejszy raport wraz z realizowanymi inicjatywami dwustronnymi może nas w tym wspierać.

Duńscy partnerzy są gotowi do dalszej wymiany doświadczeń i wiedzy na temat metod przechodzenia przez zieloną transformację. Dlatego cieszę się, że Dania i Polska, wraz z kilkoma innymi krajami Europy Środkowo-Wschodniej, łączą siły, aby istotnie zwiększyć współpracę energetyczną w naszym regionie.

OLE TOFT

Ambasador Królestwa Danii w Polsce



Spis treści

1.0	Wprowadzenie	3
2.0	Duńska polityka dotycząca wykorzystywania nawozów odzwierzęcych	9
2.1	Duński system wsparcia dla biogazu	10
2.2	Duński model rynku handlu odnawialnym gazem ziemnym	11
2.3	Ekologiczne biogazownie	14
3.0	Projektowanie biogazowni	15
4.0	Produkcja biogazu w Danii	17
4.1	Planowanie produkcji biogazu	19
4.2	Biznesplan i komunikacja	19
4.3	Dostępna biomasa	19
4.3.1	Odchody zwierzęce	20
4.3.2	Pozostałości	24
4.3.3	Odpady z gospodarstw domowych	24
4.4	Oczyszczalnie ścieków	27
4.5	Zawartość energii	27
4.6	Bilans masy	28
4.7	Organizacja	28
4.8	Przypadek przedsiębiorstwa Månsson – zielone i ekologiczne partnerstwo w zakresie biogazu	28
5.0	Wykorzystanie biogazu	31
5.1	Straty biogazu	31
5.2	Duńskie standardy jakości gazu	32
5.3	Uzłachetnianie	32
5.3.1	Odsiarczanie	35
5.4	Chemiczne wytrącanie siarki	36
5.4.1	Żelazo jako makroskładnik odżywczy	37
5.4.2	Pierwiastki śladowe to mikroskładniki odżywcze	37
5.4.3	Chemia wspomagająca proces fermentacji beztlenowej	37
5.5	Skojarzona produkcja energii elektrycznej i ciepła (CHP)	37
5.6	Transport i logistyka	38
5.7	Power-2-X	39
6.0	Wykorzystanie pofermentu	41
6.1	Wartość nawozowa i recykling	41
6.2	Zawartość składników odżywczych	42
6.3	Wartość składnika odżywczego	42
6.4	Sposób aplikacji a straty amoniaku	46
7.0	Ograniczenie ryzyka wystąpienia problemów środowiskowych	49
7.1.1	Zapobieganie rozprzestrzenianiu się chorób	49

8.0 Działalność badawczo-rozwojowa 50

8.1	Uczelnie wyższe	50
8.1.1	Uniwersytet w Aarhus	50
8.1.2	Uniwersytet Aalborg	50
8.1.3	Uniwersytet Południowej Danii	50
8.1.4	Uniwersytet Roskilde	51
8.1.5	Duński Uniwersytet Technologiczny	51
8.2	Ośrodki badawcze	51
8.2.1	Duński Instytut Technologiczny	51
8.2.2	Biogas Denmark	52
8.2.3	SEGES	52
8.2.4	Food and Bio Cluster Denmark	52

9.0 Przedsiębiorstwa, dostawcy i doradcy 52

**Wskaźnik zagęszczenia
zwierząt gospodarskich
w Danii należy do
najwyższych na świecie.**



1 Wprowadzenie

Wskaźnik zagęszczenia zwierząt gospodarskich w Danii należy do najwyższych na świecie. W połączeniu z faktem, iż kraj ten otoczony jest podatnymi na zagrożenia obszarami przyrody dało to impuls do podjęcia znacznych wysiłków w celu rozwoju kompetencji i innowacyjnych technologii służących zagospodarowaniu odchodów zwierzęcych w sposób bezpieczny dla środowiska.

Rosnąca świadomość wyczerpywania się zasobów i wyzwań związanych z klimatem jeszcze bardziej uwypakowała ogromny potencjał w zakresie redukcji emisji gazów cieplarnianych z produkcji zwierzęcej dzięki wykorzystaniu energii zawartej w oborniku, a także jego przydatności jako nawozu. Wielu duńskich hodowców trzody chlewnej i bydła mlecznego zajmuje się produkcją biogazu na bazie odchodów zwierzęcych, większość z nich za pośrednictwem należących do rolniczych spółdzielni biogazowni o przemysłowej skali.

Stosowanie gnojowicy i obornika jako nawozu organicznego budzi wiele dyskusji. Wynika to z faktu, że nawóz organiczny jest ważnym źródłem składników odżywczych, ale może również negatywnie wpływać na środowisko, jeśli nie jest prawidłowo stosowany. Aby zapewnić efektywne wykorzystanie składników odżywczych zawartych w nawozach organicznych i jednocześnie ograniczyć ich oddziaływanie na środowisko, duńskie firmy stale pracują nad udoskonalaniem technik stosowania takich nawozów. Duńskie instytucje badawcze i uniwersytety przeprowadziły liczne testy terenowe w celu określenia najlepszych strategii aplikacji. Wysiłki

te całkowicie zmieniły praktykę stosowania gnojowicy i obornika w ciągu ostatnich 20 lat. W tym samym czasie Unia Europejska i jej państwa członkowskie wprowadziły regulacje dotyczące stosowania nawozów organicznych w celu zminimalizowania oddziaływania na środowisko, co także miało wpływ na metody aplikacji nawozów.

Od 2012 roku produkcja biogazu w Danii gwałtownie wzrosła i przewiduje się, że do 2023 roku 30% gazu w sieci gazowej stanowić będzie odnawialny gaz ziemny. Do produkcji biogazu i nawozu wykorzystuje się rocznie ponad 11 milionów ton biomasy.

Niniejsza publikacja adresowana jest do wszystkich tych, którzy interesują się innowacyjnymi sposobami na sprostanie wyzwaniu, jakim jest zmniejszenie oddziaływania chowu zwierząt i odpadów komunalnych na środowisko i klimat, przy jednoczesnym zwiększeniu produkcji energii odnawialnej z biogazu, rosnącej ilości odpadów komunalnych oraz konieczności zaspokojenia zapotrzebowania na produkty zwierzęce dla coraz większej liczby ludności.

Dania jest światowym liderem w pozyskiwaniu energii z wiatru i produkcji turbin wiatrowych, ale kraj ten przoduje również w produkcji biogazu.



2 Duńska polityka dotycząca wykorzystywania nawozów odzwierzęcych

Zdecydowana polityka rządu i przepisy prawa promują rozwój zaawansowanych rozwiązań technologicznych dotyczących postępowania z odchodami zwierząt gospodarskich w Danii.

Odchody zwierząt gospodarskich zawsze były uważane w Danii za ważny surowiec. Rolnictwo odgrywa znaczącą rolę w gospodarce kraju i charakteryzuje się dużą produkcją zwierzęcą, dzięki której Dania jest na przykład pierwszym na świecie eksporterem wieprzowiny. Ilość odchodów zwierzęcych produkowanych w Danii to około 35 milionów ton rocznie, co odpowiada 6 tonom na każdego z 5,8 miliona mieszkańców Danii!

Polityka dotycząca środowiska. Do początku lat 80. nawóz zwierzęcy był uważany za naturalny nawóz do uprawy roślin, który wraz z presją na wysoką wydajność upraw i niskimi cenami energii w latach 60. i 70. stracił na znaczeniu na rzecz nawozów mineralnych. W 1985 r. ze względu na rosnące problemy z wypłukiwaniem składników odżywczych i jakością wody rząd duński rozpoczął realizację tzw. planu NPO. Plan NPO określił wymagania zmierzające do uzyskania równowagi pomiędzy powierzchnią uprawną a liczbą zwierząt gospodarskich, jak również ustalił minimalną pojemność zbiorników na odchody zwierzęce w gospodarstwach rolnych. Jeszcze bardziej restrykcyjne przepisy zarówno UE jak i rządu duńskiego spowodowały rozwój technologiczny, w wyniku którego ogromne ilości azotu (N) i fosforu (P) w oborniku zwierzęcym są dziś wykorzystywane z prawie taką samą efektywnością jak nawozy mineralne, zmniejszając obciążenie środowiska azotem i fosforem, a rolników - kosztami zakupu nawozów.

Dziś względy ekologiczne idą jeszcze dalej: chodzi nie tylko o ratowanie środowiska przed zanieczyszczeniami, ale także o efektywne wykorzystanie surowców i używanie lokalnych zasobów, takich jak organiczne odpady z gospodarstw domowych, a także o obawy związane z wyczerpywaniem się zasobów fosforu i paliw kopalnych na całym świecie.

Polityka klimatyczna. Uznanie globalnego ocieplenia i jego szkodliwych skutków, zarówno w Danii, jak i na świecie, doprowadziło do wdrożenia działań politycznych mających na celu ich ograniczenie. Protokół z Kioto przyjęty przez ONZ zobowiązał Danię do redukcji emisji CO₂ od 2005 r.

Biobezpieczeństwo. Unijny pakiet higieniczny z 2003 roku stanowi, że bezpieczeństwo żywności zależy od wszystkich etapów łańcucha dostaw od pola do stołu, tzn. że każde gospodarstwo rolne jest elementem łańcucha dostaw żywności. Bezpieczeństwo żywności dotyczy zanieczyszczenia żywności mikroorganizmami, tworzywami sztucznymi, substancjami chemicznymi i ciałami obcymi. W przypadku gospodarstw prowadzących chów zwierząt, zapewnienie wysokiej jakości żywności polega przede wszystkim na zapobieganiu zanieczyszczeniu produktów, np. zanieczyszczeniu mleka odchodami zwierząt. W Danii we współpracy organizacji rolników z władzami weterynaryjnymi i innymi opracowano kodeks higienicznego prowadzenia działalności gospodarczej (wytyczne krajowe). Ponadto ustanowiono szereg prywatnych systemów certyfikacji jakości. Skupienie się na bezpieczeństwie i higienie żywności zwiększyło wymagania wobec technologii pracy z obornikiem i jego przetwarzania, tak aby zapobiegać wyciekom i ułatwić czyszczenie.

Czynniki sprzyjające rozwojowi branży biogazu w Danii:

- Specjalne rządowe programy wsparcia
 - Wsparcie inwestycyjne
 - Taryfy gwarantowane
- Ograniczenie stosowania azotu i fosforu na polach
- Zakaz wywożenia odpadów organicznych na wysypiska (1998)
- Krajowy cel poddawania recyklingowi minimum 50% odpadów stałych z gospodarstw domowych do 2023 r.
- Opłaty za oczyszczanie odpadów => współfermentacja
- Programy uzupełniające dotyczące wyzwań technicznych
- Dopuszczenie wprowadzania biogazu do sieci gazowej
- Obowiązek stosowania domieszek biopaliw do paliwa w transporcie (5,75–10%)

Produkcja biogazu w Danii gwałtownie wzrasta.

2.1 Duński system wsparcia dla biogazu

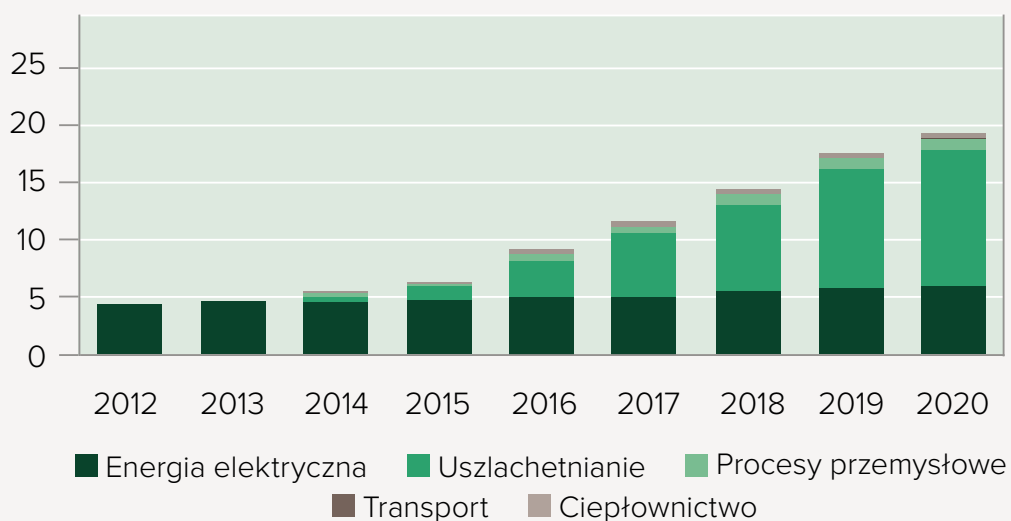
Duńska technologia biogazowa rozwija się od 30 lat wspierana przez różne systemy zachęt i dotacji. Wcześniejszy program dotacji, uruchomiony w 2012 r., przyspieszył rozwój i zwiększył produkcję biogazu oraz ilość odnawialnego gazu ziemnego w sieci gazowej.

Produkcja biogazu łączy produkcję energii z przetwarzaniem odpadów zwierzęcych i odpadów organicznych. W Danii odpady zwierzęce i odpady organiczne pochodzące z przemysłu, sektora usług i gospodarstw domowych są zazwyczaj poddawane fermentacji w biogazowniach rolniczych.

Wykorzystywanie odpadów zwierzęcych do produkcji biogazu prowadzi do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych powstających w wyniku obróbki i przechowywania obornika. Biogaz jest gazem odnawialnym, który po uszlachetnieniu może zastąpić kopalny gaz ziemny. Dodatkowo, w procesie tym jako produkt uboczny powstaje wysokiej jakości naturalny nawóz, zastępujący nawozy mineralne.

Produkcja biogazu w Danii gwałtownie wzrasta, w latach 2012-2020 zwiększyła się czterokrotnie, sięgając łącznie w ciągu roku poziomu około 20 PJ. Do niedawna większość wyprodukowanego biogazu była wykorzystywana do produkcji energii elektrycznej.

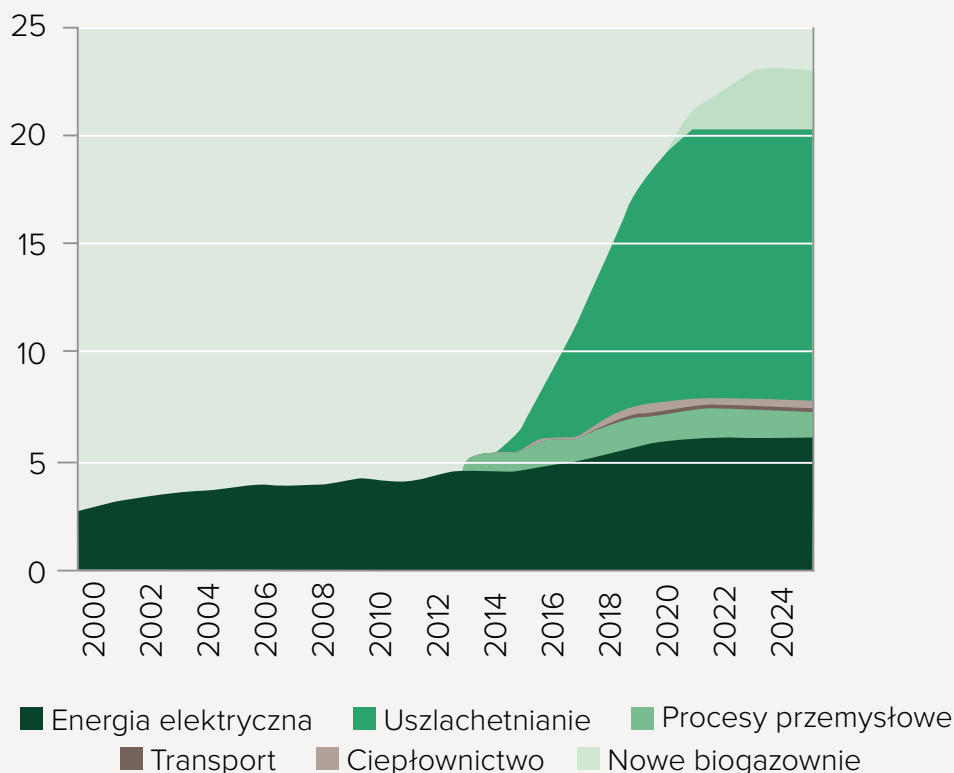
Dotychczasowa i przewidywana produkcja biogazu i jego zużycie w Danii w latach 2012-2020 (PJ).



RYS. 2.1

Dotychczasowa i przewidywana produkcja biogazu i jego zużycie w Danii.

Oczekiwana produkcja biogazu do roku 2025



RYS. 2.2

Oczekiwana produkcja biogazu do roku 2025 obliczona w PJ / rok.

Obecnie biogaz jest coraz częściej uszlachetniany i włączany do sieci gazowej, gdzie zastępuje kopalny gaz ziemny i używany jest w procesach przemysłowych, transporcie, ciepłownictwie i energetyce. W 2018 r. ok. 8% duńskiego zużycia gazu stanowił biogaz uszlachetniony - to rekord w UE. Oczekuje się, że do 2030 r. 30% gazu w sieci gazowej będzie stanowić odnawialny gaz ziemny. Na rysunku 2.1 przedstawiono dotychczasową i prognozowaną produkcję biogazu oraz jego wykorzystanie w Danii w latach 2012-2020.

W roku 2018, w Danii, 32 biogazownie produkowały 7,2 PJ (lub 1993 GWh) biometanu.

Zachęty dla produkcji biometanu. Obecny stan rozwoju produkcji biogazu w Danii został osiągnięty dzięki szeregowi zachęt w sferze ochrony środowiska, rolnictwa i regulacji energetycznych, obejmujących między innymi:

- Specjalne rządowe programy wsparcia
- Podatki od zużycia paliw kopalnych
- Ograniczenie stosowania azotu i fosforu na polach uprawnych
- Zakaz składowania odpadów organicznych na wysypiskach od 1998 r.
- Opłaty za przetwarzanie odpadów
- Dialog i wspólne działania podejmowane wraz z kluczowymi interesariuszami poprzez programy uzupełniające i specjalny zespół ds. biogazu

- Wsparcie badań, rozwoju i demonstracji nowych technologii
- Limity dotyczące wykorzystania roślin energetycznych w produkcji biogazu

Rządowe programy wsparcia. Jak pokazano w poniższej tabeli, wsparcie otrzymują następujące zastosowania biogazu:

- Produkcja energii elektrycznej
- Uszlachetniony biogaz dostarczany do sieci gazowej lub oczyszczony biogaz dostarczany do miejskiej sieci gazowej
- Wykorzystanie biogazu dla celów procesowych w przemyśle
- Wykorzystanie biogazu jako paliwa w transporcie
- Wykorzystanie biogazu do ogrzewania

Aby można było skorzystać z dopłat, udział roślin energetycznych w produkcji biogazu nie może przekraczać 5%. Dopłaty są przyznawane podmiotom wykorzystującym biogaz do różnych celów, w tym również korzystającym z biogazu do produkcji odnawialnego gazu ziemnego (RNG). Poprzednio funkcjonował system wsparcia inwestycyjnego dla biogazowni, ale został on zakończony w 2016 r.

Wzrost produkcji biogazu w połączeniu z bardzo niskimi cenami gazu ziemnego znacznie zwiększył koszty systemu dotacji. Rosnące wydatki na wsparcie przesądziły o podjęciu w porozumieniu energetycznym (z czerwca 2018 r.) decyzji politycznej o wstrzymaniu uzgodnionego w 2012 r. systemu dopłat dla nowych instalacji od 2020 r. W jego miejsce

musi zostać opracowany i wdrożony nowy system dla RNG, w tym biometanu i innych gazów zielonych, takich jak wodór i gaz syntezowy. Pomoże to zapewnić stały rozwój i poprawę wydajności technologii w Danii. Część środków finansowych jest specjalnie przeznaczona na produkcję biogazu ekologicznego.

Skupienie się na odnawialnym gazie ziemnym zamiast na bezpośredniej produkcji energii elektrycznej z biogazu wynika z faktu, że Dania ma wysoki udział odnawialnej energii elektrycznej w systemie energetycznym i zbliża się do sytuacji, w której niezbędne jest zapewnienie rezerwowej odnawialnej energii elektrycznej ze źródeł innych niż wiatr i energia słoneczna.

2.2 Duński model rynku handlu odnawialnym gazem ziemnym

Można w przybliżeniu powiedzieć, że model rynku dla odnawialnego gazu ziemnego składa się z następujących trzech elementów:

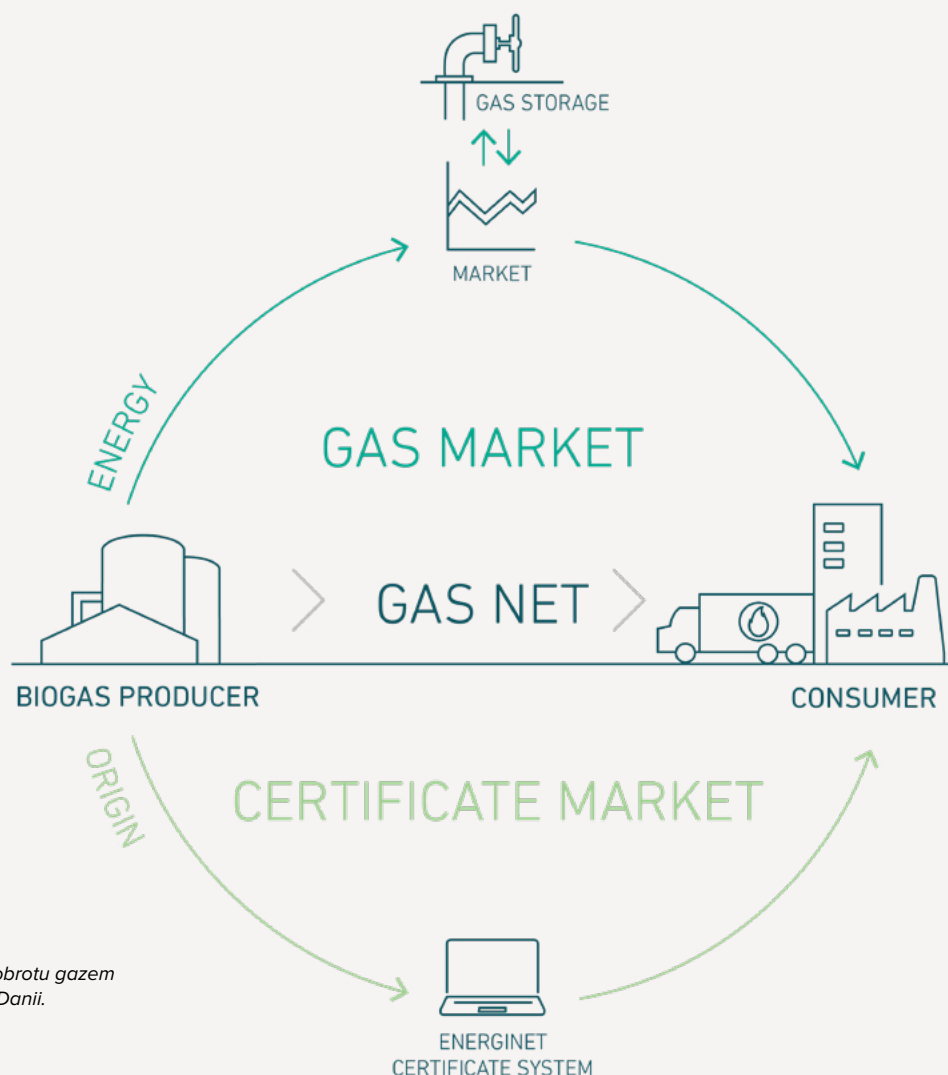
- Rynek: Obrót energią na rynku gazu konwencjonalnego.
- Sieć gazowa: Fizyczny przesył odnawialnego gazu ziemnego w sieci gazowej.
- Zielona wartość: Wirtualny obrót „zieloną” wartością odnawialnego gazu ziemnego.

Obrót biogazem i jego transport na rynku gazu konwencjonalnego

Chcąc handlować biogazem na rynku gazu konwencjonalnego, producent biogazu lub właściciel instalacji do uszlachetniania biogazu musi zawrzeć umowę ze sprzedawcą biogazu - lub podjąć decyzję o zarejestrowaniu się jako sprzedawca biogazu u duńskiego operatora gazowej sieci przesyłowej, Energinet.

Wymagane jest również, aby sprzedawca biogazu zawarł umowę z tzw. podmiotem wysyłającym (shipper) lub zarejestrował się jako taki podmiot. Podmiot wysyłający jest bowiem odpowiedzialny za transport biogazu na rynek gazu i do sieci.

Kiedy biogaz zostanie zatłoczony i zakwalifikowany do przepływu handlowego na rynku gazu, nie jest już możliwe rozróżnienie pomiędzy przepływem konwencjonalnego gazu ziemnego pochodzącego z kopalni i odnawialnego gazu ziemnego. Oznacza to, że jak tylko biogaz zostanie wprowadzony do sieci gazowej, a tym samym do strumienia komercyjnego rynku gazu, jest on traktowany jako gaz ziemny i jest przedmiotem obrotu na tych samych zasadach, co konwencjonalny gaz ziemny, a co za tym idzie, jest też w taki sam sposób wyceniany.



RYS. 2.3
Model rynkowy obrotu gazem odnawialnym w Danii.

Obrót wirtualny

Jak już wspomniano, nie da się odróżnić biogazu od innego gazu, gdy jest on załoczony do sieci gazowej. Aby umożliwić rozróżnienie, stworzono rozmaite wirtualne systemy obrotu oparte na wymogach rynku i na popycie.

Gwarancje pochodzenia

W Danii i niektórych innych krajach europejskich utworzono na zasadzie dobrowolności krajowe rejestry gwarancji pochodzenia (GO), których celem jest udokumentowanie odnawialnego charakteru biogazu dostarczanego do sieci gazowej. Stąd zadaniem systemu GO jest weryfikowanie, czy energia pochodzi ze źródeł odnawialnych, zaś zakupiona jej ilość podlega sprzedaży tylko raz, co zapobiega zjawisku podwójnego liczenia.

Certyfikaty GO - gwarancji pochodzenia, uważane są za instrument rynkowy, który może być wykorzystywany przez gospodarstwa domowe lub przedsiębiorstwa, które dobrowolnie decydują się na pokrycie części lub całości swojego zużycia gazu ze źródeł odnawialnych. Dobrowolne zakupy gazu z gwarancją pochodzenia są realizowane głównie przez przedsiębiorstwa w związku z przyjętymi strategiami społecznej odpowiedzialności biznesu (CSR), a w mniejszym stopniu przez prywatne gospodarstwa domowe. Ostatnio również gminy

zaczęły kupować taki właśnie gaz, co wiąże się z wprowadzaniem do użytku autobusów zasilanych gazem w transporcie publicznym.

Gwarancje pochodzenia są uznawane w ramach unijnego systemu handlu emisjami (EU ETS). Oznacza to, że firmy objęte EU ETS mogą wykazywać GO jako sposób kompensacji emisji CO₂ w swoim bilansie w unijnym systemie handlu emisjami EU ETS.

W UE dostawcy paliw są zobowiązani do zapewnienia określonego udziału paliw odnawialnych w miksie dostarczanych paliw. Certyfikaty potwierdzające odnawialne pochodzenie paliw (biotickets) są wydawane tylko tym dostawcom paliw, którzy przekraczają minimalny wymagany udział, a następnie mogą być sprzedawane tym dostawcom, którzy nie osiągają wymaganego minimum. Zakłada się, że spora część certyfikatów gwarancji pochodzenia wykorzystywana jest jako część dokumentacji składanej w związku z tym obowiązkiem.

Zdecydowana większość krajów UE nie utworzyła jeszcze rejestrów gwarancji pochodzenia, a te, które to zrobiły, działają na podstawie różnych zestawów zasad i korzystają z różnych systemów informatycznych. Jak na razie obrót pomiędzy dwoma rejestrami odbywa się tylko pomiędzy Danią i Niemcami.



RYS. 2.4

Ekologiczna biogazownia w zakładzie Månsson.

ZDJĘCIE Nature Energy

Z myślą o zwiększeniu przejrzystości i wiarygodności transferów transgranicznych wszystkie europejskie rejestry utworzyły ogólnoeuropejskie stowarzyszenie - Europejski Rejestr Gazów Odnawialnych - którego celem jest stworzenie mechanizmu zdolnego do poradzenia sobie z różnicami w przepisach i systemach informatycznych.

Przykład: gwarancje pochodzenia

Producent biogazu uszlachetnia biogaz do poziomu odnawialnego gazu ziemnego w instalacji uszlachetniającej. Właściciel tej instalacji jest podłączony do sieci gazowej i dostarcza do niej odnawialny gaz ziemny. Przedsiębiorstwa sieciowe są odpowiedzialne za fizyczną dystrybucję i transport gazu. Zawartość energii w odnawialnym gazie ziemnym jest przedmiotem obrotu na rynku gazu tak samo jak w przypadku konwencjonalnego gazu ziemnego. Wartość ekologiczna („zielona”), np. „odnawialność” i/lub redukcja CO₂, są przedmiotem obrotu wirtualnego za pośrednictwem różnych systemów, takich jak np. systemy gwarancji pochodzenia.

Certyfikaty gwarancji pochodzenia są wydawane producentowi biogazu i są przedmiotem obrotu pomiędzy posiadaczami kont gwarancji pochodzenia. Kiedy odbiorca końcowy kupuje gwarancje pochodzenia odpowiadające ilości zużytego gazu, ma gwarancję, że dokonał zakupu, który odzwierciedla ilość odnawialnego gazu ziemnego, a tym samym związanej z nim redukcji CO₂.

Nie chodzi tu o produkcję samego biogazu, ale o produkcję nawozów organicznych.

2.3 Ekologiczne biogazownie

Rolnicy ekologiczni są szczególnie zainteresowani biogazowniami. Dla nich główną zachętą nie jest sama produkcja biogazu, ale produkcja nawozów organicznych.

Zakład Månsson należący do Nature Energy to duża ekologiczna biogazownia. Może on produkować do 6 milionów metrów sześciennych uszlachetnionego biogazu (biometanu) rocznie. Gaz przesyłany jest do ogólnokrajowej sieci gazowej, co oznacza, że już teraz ponad 3 600 gospodarstw domowych może otrzymywać produkowany tam gaz neutralny pod względem emisji CO₂.

Zakład odbiera głównie ekologiczny obornik pochodzący od bydła i kurcząt, ale także konwencjonalny obornik pochodzący od świń i zwierząt futerkowych. Dodatkowo dostarczana jest biomasa ekologiczna w postaci odpadów z produkcji warzyw przedsiębiorstwa Axel Månsson, jak również ekologiczna koniczyna.

Proporcje biomasy ekologicznej do konwencjonalnej są ściśle dopasowane, dzięki czemu produkt pozostały z produkcji gazu może być wykorzystany w ramach produkcji ekologicznej w postaci nawozów naturalnych w uprawach rolnych.

Instalacja składa się z szeregu zbiorników utylizacyjnych, zbiorników mieszania i zbiorników magazynowych. Ciężarówki rozładują biomase, a następnie załadują odgazowany nawóz. Cała produkcja odbywa się w systemach zamkniętych. Oznacza to między innymi, że wszystkie zbiorniki są zamknięte, a załadunek i rozładunek odbywa się za zamkniętymi wrotami. Hala technologiczna i zbiorniki mają system wentylacyjny działający w systemie ciągłym, który wymienia powietrze kilka razy na godzinę. Zanim powietrze zostanie wypuszczone na zewnątrz, przechodzi przez filtry, które oczyszczają je przy udziale mikroorganizmów i zapewniają maksymalną redukcję odoru. Ciężarówki są myte po każdej wizycie, a zakład jest otoczony ścianą ziemi.

Zakład Nature Energy Månsson produkuje biogaz z 150 000 ton obornika, ekologicznej koniczyny i pozostałości roślinnych z przedsiębiorstwa Axel Månsson A/S.

Biogaz i rolnictwo ekologiczne to bardzo dobrzy partnerzy. Podczas przetwarzania gnojowicy, odpadów zielonych, ekologicznej koniczyny i innych odpadów organicznych w biogazowni następuje odgazowanie biomasy. Pozostały naturalny nawóz daje wyższe plony na polach, jest łatwiej przyswajalny dla roślin i zmniejsza m.in. wymywanie azotu do środowiska wodnego. Charakteryzuje się również wysokim współczynnikiem higieny.

Nawozy ekologiczne są w Danii towarem deficytowym, co może stanowić wyzwanie przy rosnącym popycie na produkty ekologiczne, ale dzięki produkcji biogazu rolnicy ekologiczni mogą stać się samowystarczalni.

3 Projektowanie biogazowni

Duński sektor biogazu specjalizuje się w projektowaniu biogazowni i produkcji komponentów do biogazowni. Do głównych komponentów, których konstrukcja i działanie mają decydujące znaczenie dla wydajności i opłacalności biogazowni, należą rozwiązania w zakresie obróbki wstępnej biomasy, zbiorniki fermentacyjne, mieszalniki do zbiorników fermentacyjnych oraz urządzenia do uszlachetniania biogazu.

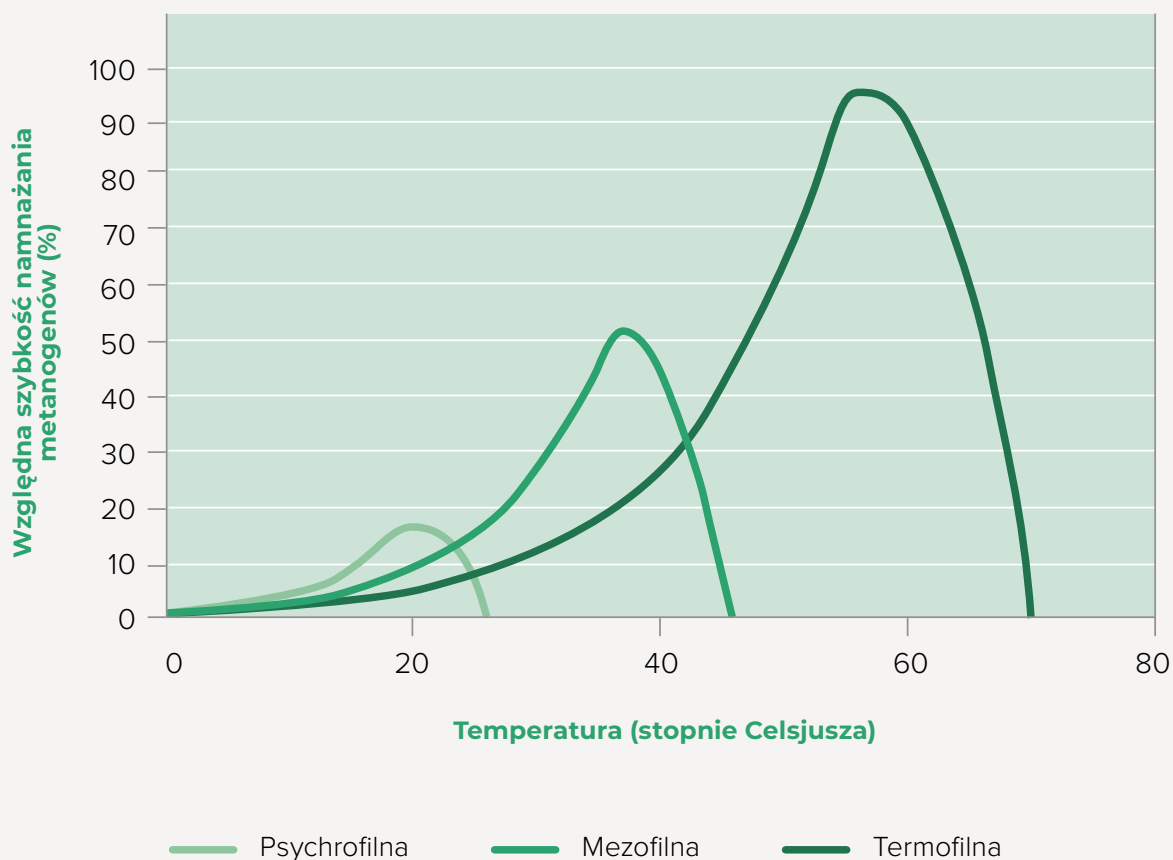
Ważną cechą zbiorników fermentacyjnych jest ich zdolność do utrzymania stabilnej temperatury wewnątrz, niezależnie od temperatury panującej na zewnątrz, oraz do maksymalnego zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło. Materiał izolacyjny jest stosunkowo tani i nigdy nie powinien być zbyt cienki; dla procesów termofilnych zaleca się 20-30 cm izolacji, a dla mezofilnych 15-20 cm. Stabilna temperatura ma kluczowe znaczenie dla przebiegu produkcji biogazu.

Fermentacja termofilna lub mezofilna

- Beztlenowa fermentacja termofilna to technologia najczęściej stosowana w Danii
- Przy krótkim czasie retencji (<20 dni) wydajność termofilnej biogazowni z wolno rozkładającej się biomasy, takiej jak obornik bydlęcy, jest o około 30% wyższa niż w przypadku technologii mezofilnej.
- Beztlenowa fermentacja termofilna może być problematyczna w przypadku wysokiej zawartości amoniaku (>3 g NH₄-N/L) w biomasie

Przedziały temperatur

- Psychrofilna (10°C - 25°C)
- Mezofilna (25°C - 45°C)
- Termofilna (50°C - 60°C)



RYS. 3.1

Współczynniki konwersji w biogazowniach.



ZDJĘCIE Nature Energy

	Mezofilna	Termofilna
Produkcja gazu	Mniej wrażliwa na wysoki poziom amoniaku i inne inhibitory.	Szybszy proces i większa wydajność uzyskiwania gazu przy określonym czasie retencji. Wrażliwa na wysoki poziom amoniaku.
Poferment	Średni stopień dezaktywacji patogenów.	Wysoki stopień dezaktywacji patogenów.
Nakłady energii	Średnie	Wysokie, o ile nie zastosowano wymiennika ciepła - istotne, gdy energia cieplna ma wysoką wartość.

RYS. 3.2

Nature Energy Zakład Karsko.

Elastyczne rozwiązania w zakresie obróbki wstępnej dają właścicielowi możliwość przyjmowania różnych rodzajów biomasy, a jednocześnie poprawiają rentowność zakładu dzięki temu, że pobiera on opłaty za przyjmowanie różnych rodzajów odpadów. Wymienniki ciepła są opłacalne w biogazowniach o wysokich alternatywnych kosztach ciepła, w szczególności dotyczy to instalacji termofilnych.

W wielu przypadkach podejmuje się decyzję o budowie dwóch szeregowo połączonych komór fermentacyjnych, pierwotnej i wtórnej, w celu wytworzenia i wychwycenia dodatkowych 10-15% biogazu.

Mieszanie zawartości zbiorników fermentacyjnych jest ważne dla zapewnienia mikroorganizmom wytwarzającym metan jak najlepszych warunków i umożliwienia uwolnienia biogazu z masy pofermentacyjnej. Mieszanie odbywa się często za pomocą zanurzonych w substracie mieszadeł śmigłowych. Największy udział w zużyciu energii elektrycznej w biogazowni ma mieszanie i ogrzewanie zbiorników fermentacyjnych. Dlatego też energooszczędne mieszanie jest jednym z głównych kryteriów sukcesu w opłacalnej produkcji biogazu. Mieszanie zawartości zbiorników fermentacyjnych z bio-

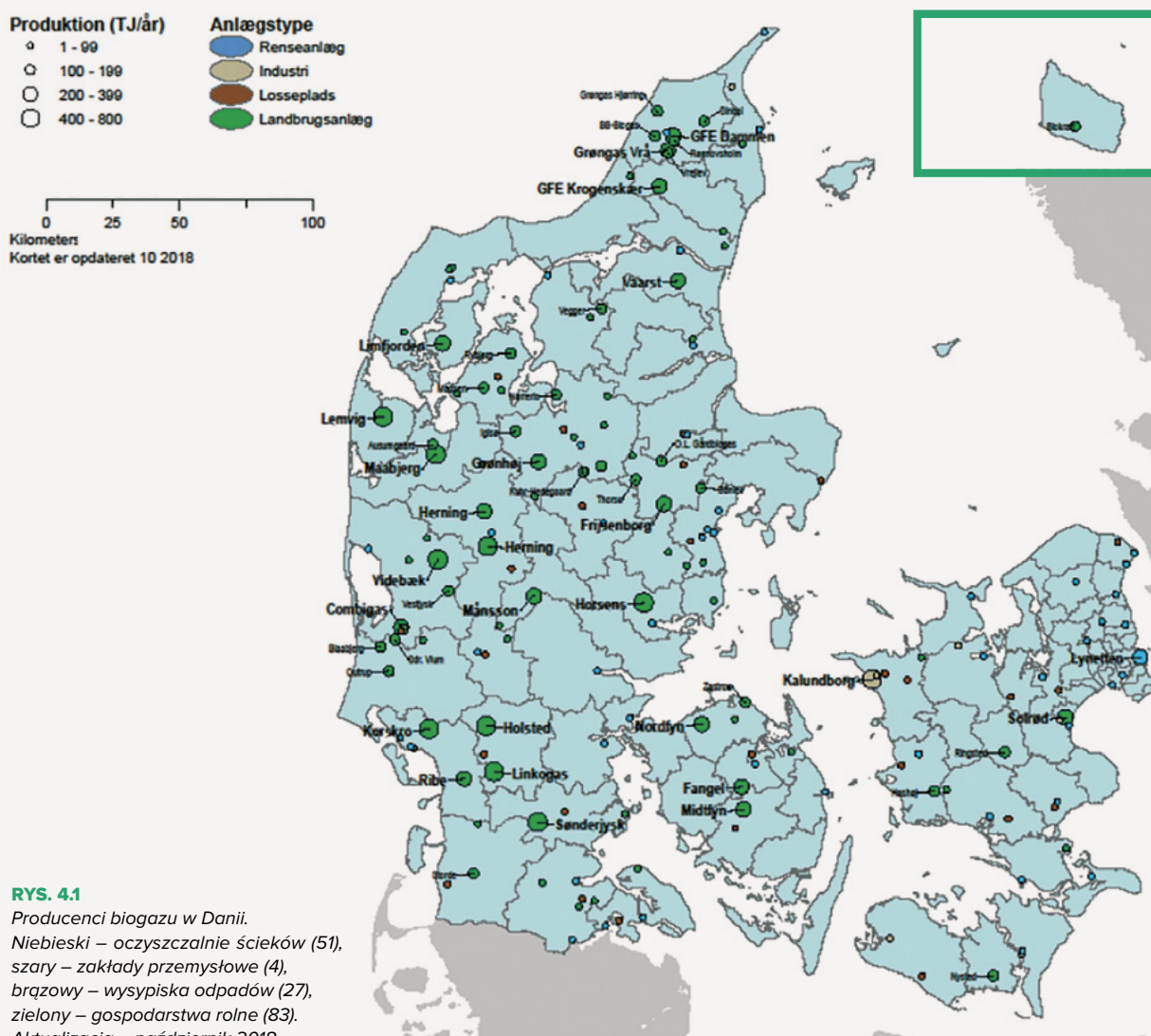
Odpowiedni projekt zapewnia wydajną produkcję.

masą pochodzącą z obornika odbywa się przy minimalnym zużyciu energii, gdy zbiorniki mają kształt cylindryczny, a ich wysokość jest większa od średnicy zbiorników.

Separacja odchodów zwierzęcych na frakcje płynne i stałe stanowi często samodzielną technologię. Jednak wiele separatorów obornika jest instalowanych w związku z produkcją biogazu, przed lub/i za instalacją fermentacyjną.

4 Produkcja biogazu w Danii

Większość produkcji biogazu w Danii odbywa się w dużych scentralizowanych zakładach wykorzystujących reaktory zbiornikowe z mieszaniem ciągłym (CSTR), wyposażonych w instalacje do współfermentacji i uszlachetniania biogazu, umożliwiające bezpośrednie wtłaczanie odnawialnego gazu ziemnego do sieci gazowej.



**Planowanie jest
kluczowe by odnieść
sukces.**



4.1 Planowanie produkcji biogazu

Planowanie biogazowni i organizacja interesariuszy.

Produkcja biogazu, czyli przetwarzanie beztlenowe, to szereg procesów biologicznych, w których mikroorganizmy rozkładają cząsteczki organiczne przy braku tlenu, w wyniku czego powstaje mieszanina gazów, zwana biogazem, składająca się głównie z metanu i dwutlenku węgla.

Planowanie produkcji. Biogazownia jest przedsięwzięciem skomplikowanym pod względem technologicznym i operacyjnym, które wymaga wiedzy z takich dziedzin jak inżynieria, biologia, chemia, handel, rolnictwo i logistyka, by wymienić tylko kilka. Dlatego też zaangażowanie profesjonalnej firmy konsultingowej jest kluczowe dla powodzenia biogazowni. Firmy konsultingowe mogą być zaangażowane na różne sposoby. Do najważniejszych usług, w których mogą pomóc, należą: przygotowanie studium wykonalności, przygotowanie wniosków o wydanie pozwoleń środowiskowych, przygotowanie materiałów przetargowych, nadzór nad budową/installacją oraz uruchomienie zakładu.

W procesie planowania uczestniczy wielu interesariuszy, dlatego w celu optymalizacji procesu dobrze jest określić interesariuszy zaangażowanych w projekt i ich rolę w procesie.

Poniżej przedstawiona jest lista interesariuszy, którzy zazwyczaj zaangażowani są w projekt:

- Inicjator przedsięwzięcia lub inwestor (rolnik, przedsiębiorstwo energetyczne, gmina)
- Partner(-zy) finansowy (-i)
- Dostawcy biomasy (rolnicy, przemysł, itp.)
- Odbiorcy pofermentu (rolnicy, gminy, itp.)
- Nabywcy biogazu (elektrociepłownie, spółki gazowe, przemysł, itp.)
- Władze lokalne
- Lokalni interesariusze (sąsiedzi, politycy, organizacje pozarządowe, lokalne stowarzyszenia, itp.)
- Dostawcy technologii i doradcy
- Wykonawcy

Dobrym pomysłem jest wizualizacja organizacji i prowadzonych czynności, dająca ogólny ogłąd zarówno osób zaangażowanych w sam proces, jak i pozostających poza nim. Struktura organizacyjna musi jasno wskazywać, kto jest odpowiedzialny za każde działanie i kto jest w nie zaangażowany. Poniższa lista zawiera niektóre z najważniejszych działań związanych z procesem planowania:

- Finansowanie biogazowni
- Dialog z władzami i proces uzyskania ich aprobaty dla projektu
- Projektowanie biogazowni (lokalizacja, budynki i technologia)
- Dialog i umowy z dostawcami biomasy
- Dialog i umowy z odbiorcami pofermentu
- Dialog i umowy z nabywcami biogazu
- Dialog z lokalnymi interesariuszami
- Proces budowlany
- Uzyskiwanie pozwoleń

Zaleca się utworzenie grup roboczych dla każdego działania, jak również ogólnego komitetu sterującego, koordynującego główne aspekty procesu i pilnującego harmonogramu podejmowania ważnych decyzji. W Danii zdecydowanie zaleca się włączenie do grupy lokalnych interesariuszy. Wiele z tych działań jest uzależnionych od innych działań. Dlatego ważne jest, aby skupić się na koordynacji działań tak, aby zoptymalizować proces. Procedura uzyskania akceptacji projektu jest długa i czasochłonna, dlatego konieczne jest posiadanie właściwych informacji we właściwym czasie.

4.2 Biznesplan i komunikacja

Zarządzanie projektem planowanej biogazowni w naturalny sposób koncentruje się na jej aspektach technicznych, czego efektem są opisy i rysunki techniczne adresowane do dostawców i wykonawców. Dla uzupełnienia warto też mieć materiały adresowane do pozostałych interesariuszy.

Analiza interesariuszy może ujawnić konieczność dostarczenia różnych informacji dla różnych grup interesariuszy. Partnerzy finansowi są zainteresowani uzasadnieniem biznesowym i stojącymi za nim obliczeniami. Dostawcy biomasy i odbiorcy pofermentu są zainteresowani kwestiami ekonomicznymi, logistycznymi, jakością pofermentu itp. Władze są zainteresowane korzyściami dotyczącymi klimatu i energii odnawialnej, jak również konsekwencjami dla społeczności lokalnej i środowiska w ogóle. Lokalni politycy, sąsiedzi i interesariusze są zainteresowani lokalnymi perspektywami dotyczącymi ewentualnych efektów i konsekwencji projektu; taki materiał może zawierać informacje o miejscach pracy, lokalnie produkowanej energii, niższych cenach energii, konsekwencjach dla ruchu drogowego a także o odorze oraz efektach estetycznych w okolicy.

Poniższa lista przedstawia różne informacje, które mogą pomóc w komunikowaniu się w ramach projektu i przekazywaniu informacji na jego temat:

- Biznesplan skierowany do inwestorów i partnerów finansowych.
- Nieformalna publikacja przedstawiająca biogazownię i skierowana do inwestorów, partnerów finansowych, lokalnych polityków, sąsiadów, lokalnych interesariuszy (np. zakładów referencyjnych).
- Fachowa informacja dotycząca biogazowni opisująca rodzaj substratu, rodzaj pofermentu, wybór technologii, ekonomikę przedsięwzięcia itp. skierowana do dostawców biomasy i odbiorców materiału pofermentacyjnego.
- Fachowa informacja opisująca technologię, produkcję i ilość gazu w biogazowni, skierowana do nabywców biogazu.
- Materiały dotyczące zatwierdzenia zgodnie z procedurami prawnymi, skierowane do władz.
- Opisy i rysunki techniczne skierowane do wykonawców i dostawców technologii.

Przygotowane informacje mogą zawierać opisy, rysunki, wizualizacje itp., które można wykorzystać w różnych publikacjach adresowanych do poszczególnych interesariuszy.

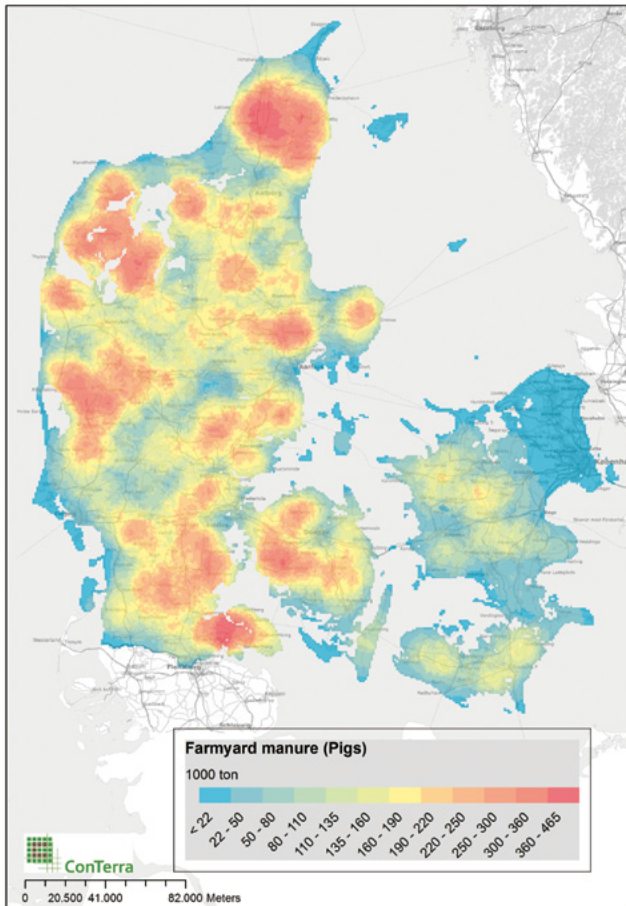
Wszystko to ma na celu dostosowanie konkretnych informacji do potrzeb poszczególnych typów interesariuszy; dzięki temu każdy z nich otrzymuje możliwie najistotniejsze informacje i ma dobry przegląd sytuacji. Taka przejrzystość dowodzi, że organizacja przedsięwzięcia obejmuje wszystkie aspekty biogazowni.

4.3 Dostępna biomasa

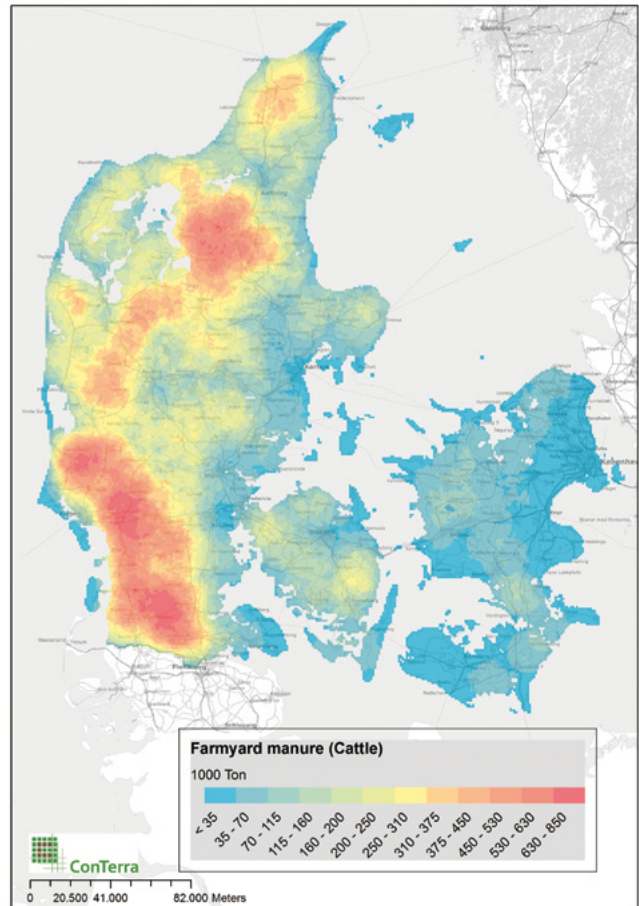
Potencjalny uzysk biogazu z m³ gnojowicy od świń i bydła jest ograniczony, dlatego ekonomicznie uzasadnione jest proponowanie współfermentacji z użyciem biomasy o wyższej zawartości energii.

W praktyce jednak występują duże różnice w rzeczywistej wydajności biogazowni z powodu zróżnicowania:

- konfiguracji technologicznej, w tym technologii obróbki wstępnej;
- jakości poszczególnych substratów i całej mieszanki substratów; oraz
- zarządzania instalacją.



RYS. 4.2
Występowanie obornika z produkcji trzody chlewnej w Danii.
ZDJĘCIE Conterra.



RYS. 4.3
Występowanie obornika z produkcji bydła w Danii.
ZDJĘCIE Conterra.

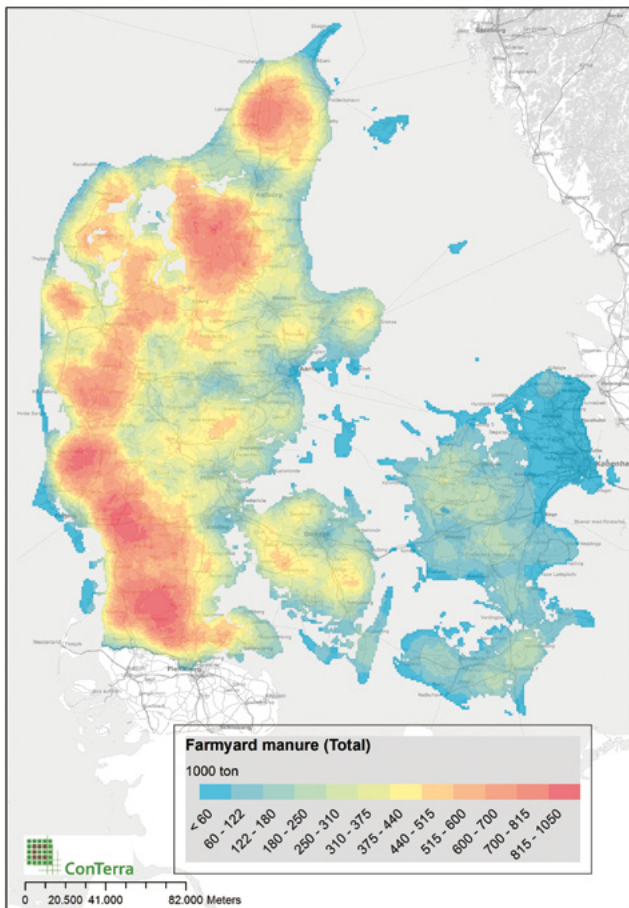
Produkcja zwierzęca w Dani skupiona jest głównie w zachodniej części kraju.

Wśród korzyści wynikających ze współfermentacji gnojowicy i organicznych odpadów przemysłowych można wymienić następujące:

- Zwiększona produkcja gazu. Wyższy uzysk biogazu z m³ substratu, gdy odpady organiczne bogate energetycznie są poddawane fermentacji razem z gnojowicą.
- Stabilny proces fermentacji. Współfermentacja z gnojowicą sprawia, że proces fermentacji odpadów jest stabilny.
- Korzyść skali. Scentralizowane zakłady otrzymują odpady z wielu różnych branż, co ułatwia zarządzanie procesem w porównaniu do szeregu oddzielnych komór fermentacyjnych. Umożliwia to również uzyskanie nowych przychodów z otrzymywanych strumieni odpadów.
- Wykorzystanie i recykling składników odżywczych. Rolnicy biorą odpowiedzialność za końcowe wykorzystanie produktu jako nawozu. Tani i ekologicznie zrównoważony system recyklingu odpadów.

4.3.1 Odchody zwierzęce

Duńska technologia produkcji biogazu jest znana na całym świecie ze swojej przydatności do przetwarzania mieszanek substratów z przewagą odchodów zwierzęcych, zapewnia wysoką wydajność energetyczną netto przy efektywnym wykorzystaniu energii, a także jest skalowalna i nadaje się do stosowania zarówno w instalacjach rolniczych, jak i przemysłowych.



RYS. 4.4
Rozmieszczenie produkcji odchodów zwierzęcych ogółem w Danii.
ZDJĘCIE Conterra.

Odchody zwierząt gospodarskich są materiałem organicznym składającym się głównie z mniej lub bardziej jednorodnej mieszanki odchodów i moczu zwierząt, w tym materiału ściółkowego, a w drugiej kolejności z innych materiałów, które zostałyby odrzucone jako odpady z produkcji zwierzęcej, takich jak pozostałości paszowe, odcieki z kiszonki i woda technologiczna.

Najważniejsze podkategorie nawozów zwierzęcych to:

- gnojowica
- ściółka głęboka / ściółka
- gnojówka
- obornik

Pojęcia związane z odchodami zwierząt gospodarskich mają charakter popularny i nie są określone żadnymi przepisami. Duńskie przepisy wymagają, aby gospodarstwa prowadzące produkcję zwierzęcą posiadały zdolność do przechowywania gnojowicy przez minimum 9 miesięcy, obliczoną według oficjalnych wartości domyślnych dla produkcji nawozów zwierzęcych. Posiadanie bezpiecznej i wystarczającej przestrzeni do przechowywania odchodów zwierzęcych jest warunkiem wstępnym dobrego zarządzania nimi - pozwala zachować ich jakość, a w przypadku gnojowicy umożliwia wykorzystanie jej jako nawozu do upraw w okresie wiosennym, kiedy rośliny potrzebują składników odżywczych.

Produkcja energii z odchodów zwierzęcych. Już dziś około 20% odchodów zwierzęcych w Danii jest wykorzystywanych do produkcji energii. Liczba ta pokazuje, że Dania jest jednym z wiodących

krajów na świecie w tej dziedzinie, ale także, że istnieje ogromny, niewykorzystany jeszcze potencjał.

Wartość odchodów zwierzęcych dla celów energetycznych zależy głównie od zawartości materii organicznej, świeżości, zawartości popiołu surowego i wody.

Ogólnie rzecz biorąc, wszystkie rodzaje nieprzetworzonych odchodów zwierzęcych nadają się do fermentacji beztlenowej, tak samo jak niektóre przetworzone formy surowego obornika, zwłaszcza substancje stałe otrzymane w wyniku separacji.

W związku z produkcją biogazu powszechną praktyką jest obliczanie zawartości lotnych substancji stałych (VS). Z reguły, o ile nie istnieją specjalne analizy, przyjmuje się, że zawartość VS w odchodach zwierzęcych wynosi 75% zawartości suchej masy (DM).

Przetwarzanie odchodów zwierzęcych

Niniejszy rozdział stanowi wprowadzenie do najczęściej spotykanych terminów i praktyk stosowanych w odniesieniu do nawozów organicznych. Zawiera przykłady zastosowania gnojowicy, głębokiej ściółki i odgazowanej biomasy w celu jak najlepszego wykorzystania składników pokarmowych i jak najmniejszego oddziaływania na środowisko. Lepsze zarządzanie odchodami zwierzęcymi pozwoliło na zmniejszenie zużycia azotu w postaci nawozów mineralnych o około 50% w ciągu ostatnich 25 lat w Danii. Kluczem do tej redukcji jest bezpieczne przechowywanie i prawidłowe terminy stosowania nawozów naturalnych pod uprawy w ramach planu nawożenia oparte go na normach nawozowych, a także stosowanie innowacyjnych technologii oczyszczania powietrza i rozrzucania nawozu na polach. Dzięki temu duńscy rolnicy mogą uniknąć wielu wydatków.

Niezależnie od tego, czy odchody zwierząt gospodarskich są wykorzystywane do produkcji energii czy nie, celem jest zawsze to, aby były one możliwie najwyższej jakości osiągalnej w danym systemie produkcji oraz aby dobra jakość była zachowana dzięki temu, jak się z nimi postępuje.

Wysoka jakość odchodów zwierzęcych oznacza z reguły możliwe wysokie stężenie. Dotyczy to zwłaszcza sytuacji, gdy są one wykorzystywane do produkcji energii w postaci biogazu, która bazuje na zawartości substancji organicznej.

Zawartość materii organicznej w odchodach zwierzęcych jest w pewnym stopniu uzależniona od składu mieszanki paszowej, w tym zawartości soli i cukru w paszy, norm fosforu i białka oraz stosowania kwasu benzooesowego i/lub fitazy w żywieniu świń. Jednak o rodzaju i jakości odchodów zwierzęcych, które powstają w danym gospodarstwie, w dużym stopniu decyduje konstrukcja budynku i stosowane technologie postępowania z odchodami.

W Danii obserwuje się zainteresowanie wykorzystaniem technologii, które pomagają zachować dobrą jakość odchodów zwierzęcych od momentu ich wydalenia aż do momentu, gdy trafiają do miejsca składowania. Chodzi tu głównie o powstrzymanie odparowywania amoniaku, przez co nawet połowa azotu zawartego w nawozie może zostać utracona uchodząc wraz z powietrzem w procesie wentylacji, co stanowi dużą stratę ekonomiczną dla rolnika. Amoniak zanieczyszcza powietrze i środowisko, a tym samym zagraża zdrowiu ludzi i zwierząt. Innym ważnym aspektem jest unikanie rozcieńczania obornika wodą przez jej nadmierne stosowanie do czyszczenia; problemem jest także marnowanie wody.

**Biogazownia Madsens
z bioreaktorami,
urządzeniami do
uszlachetniania
biogazu i
magazynowania
biomasy.**



Przechowywanie odchodów zwierzęcych

Obornik i głęboka ściółka przechowywane są na betonowych płytach obornikowych wyposażonych w drenaż oraz ściany nośne lub co najmniej dwumetrową betonową krawędź w celu wyeliminowania przecieków i przesiąkania. Gnojowica jest zwykle przechowywana w zbiornikach.

Do przechowywania gnojowicy w Danii tradycyjnie stosuje się zbiorniki okrągłe wykonane z prefabrykowanych elementów betonowych. Uznaje się, że jest to najtańsze rozwiązanie, biorąc pod uwagę trwałość takich zbiorników, a także bezpieczny sposób przechowywania gnojowicy.

Nowe zbiorniki na gnojowicę na fermach trzody chlewnej i norek, posadowione w odległości mniejszej niż 300 metrów od zabudowań sąsiednich, muszą być wyposażone w przykrycie w postaci pływającej tkaniny, pokrywy namiotowej lub podobnej. Można pominąć instalację stałej pokrywy, jeśli na wierzchu gnojowicy powstanie naturalna skorupa, która będzie regularnie monitorowana.

4.3.2 Pozostałości

Pozostałości z produkcji żywności i przetwarzania biomasy mogą być ważnymi substratami do produkcji biogazu. Praktycznie wszystkie resztki organiczne w Danii są zbierane i wykorzystywane, jeśli nie do innych celów, to do produkcji biogazu.

4.3.3 Odpady z gospodarstw domowych

Dania posiada strategię gospodarowania odpadami, której celem jest 50% recykling odpadów z gospodarstw domowych. Aby to osiągnąć, większość duńskich gmin jest zobowiązana do segregowania odpadów organicznych z gospodarstw domowych i zbierania ich w oddzielnej frakcji, która następnie może zostać poddana recyklingowi.

W celu wykorzystania segregowanych u źródła odpadów z gospodarstw domowych konieczne było opracowanie technologii przetwarzania biomasy na pulpę, która może być wykorzystana w biogazowniach. Jedną z takich technologii jest instalacja ECOGI firmy Gemidan.

Z przetworzonego surowca powstaje czysty substrat, który może zostać przekształcony w biogaz przez lokalne zakłady wykorzystujące fermentację beztlenową. Elastyczność procesu i czystość substratu były kluczowymi celami przy projektowaniu instalacji ECOGI. Technologia obróbki wstępnej została niezależnie przetestowana i okazała się bardzo skuteczna w przetwarzaniu silnie zanieczyszczonych surowców, zawierających plastik, szkło i metale. Czystość substratów została niezależnie zweryfikowana na poziomie 99,96% i jest wolna od nieorganicznych zanieczyszczeń fizycznych. Dzięki temu, iż technologia ta zapobiega zanieczyszczeniu gruntów rolnych plastikiem i pomaga w oszczędzaniu wody, stanowi ona nowoczesny element przyjaznej dla środowiska gospodarki obiegu zamkniętego.

Wytworzona biopulpa jest wykorzystywana do produkcji energii (biogazu) i pofermentu, bogatego w składniki odżywcze nawozu do stosowania na polach uprawnych. Aby uczynić proces bardziej zrównoważonym, wodę wykorzystuje się ponownie na każdym etapie procesu. Zbiera się także wodę deszczową, aby zmniejszyć ilość świeżej wody potrzebnej do przetwarzania odpadów spożywczych o 25 000 m³ rocznie. W przypadku odpadów spożywczych stanowi to domknięcie obiegu w systemie gospodarki cyrkularnej.



RYS. 4.7

Zakład wspiera gospodarkę obiegu zamkniętego poprzez przetwarzanie wszystkich rodzajów (domowych, komercyjnych i przemysłowych) odpadów organicznych segregowanych u źródła - odpadów spożywczych. Ten solidny, wydajny i niezawodny proces zapewnia usunięcie nieorganicznych zanieczyszczeń, takich jak plastikowe torby, metalowe puszki, plastikowe butelki i inne opakowania z odpadów spożywczych, tak aby powstała bardzo czysta biopulpa. **ZDJĘCIE** Gemidan.



RYS. 4.6

Centralny zakład wstępnego przetwarzania odpadów spożywczych ECOGI w Frederikshavn w Danii. Właścicielem i operatorem obiektu jest grupa Gemidan zajmująca się gospodarką odpadami. Zakład ma zdolność przetwarzania ponad 50 000 ton. Surowce obejmują posegregowane u źródła odpady spożywcze z gospodarstw domowych, przemysłu i przedsiębiorstw w okolicy. **ZDJĘCIE** Gemidan.

Odpady spożywcze uważa się w Danii za kluczowy surowiec do produkcji biogazu i nawozów.



RYS. 4.8

Zakład przetwarzania wstępnego w Frederikshavn, w Danii. **ZDJĘCIE** Gemidan.



RYS. 4.9

Gotowa biopulpa do użytku w komorze fermentacyjnej.



4.4

Oczyszczalnie ścieków

Oczyszczalnie ścieków przechodzą obecnie proces zmiany modelu funkcjonowania, w którym wielkość i efektywność wykorzystania zasobów stały się równie ważnymi parametrami jak ochrona środowiska. Oczyszczanie ścieków jest energochłonne. Tymczasem same ścieki zawierają duże ilości energii i substancji odżywczych, które dzięki rozwojowi technologii w ostatnich latach mogą być wykorzystane lepiej niż kiedykolwiek wcześniej.

Szereg oczyszczalni ścieków wykazało, że mogą stać się producentami energii netto. Oznacza to, że zakłady te produkują więcej energii niż zużywają. Starają się one wykorzystać jak najwięcej węgla organicznego (CHZ) do produkcji biogazu/energii elektrycznej/ciepła, jednocześnie zmniejszając zużycie energii poprzez optymalizację operacji.

Wiele duńskich oczyszczalni ścieków poddaje wytworzone osady obróbce beztlenowej (produkcja biogazu), częściowo z osadu pierwotnego, a częściowo z biologicznego osadu nadmiernego.

Zasadnicza różnica pomiędzy produkcją biogazu w oczyszczalniach ścieków a produkcją w biogazowniach rolniczych polega na tym, że w tych pierwszych rozkładająca się biomasa jest mechanicznie odwadniana w oczyszczalniach. Dzięki temu znacznie wzrasta zawartość suchej

masy w biomacie, która ma być później poddana obróbce i zmniejsza się koszt transportu. Odwodnienie odgazowanego osadu przyczynia się do zwiększenia obciążenia wewnętrznego oczyszczalni ścieków.

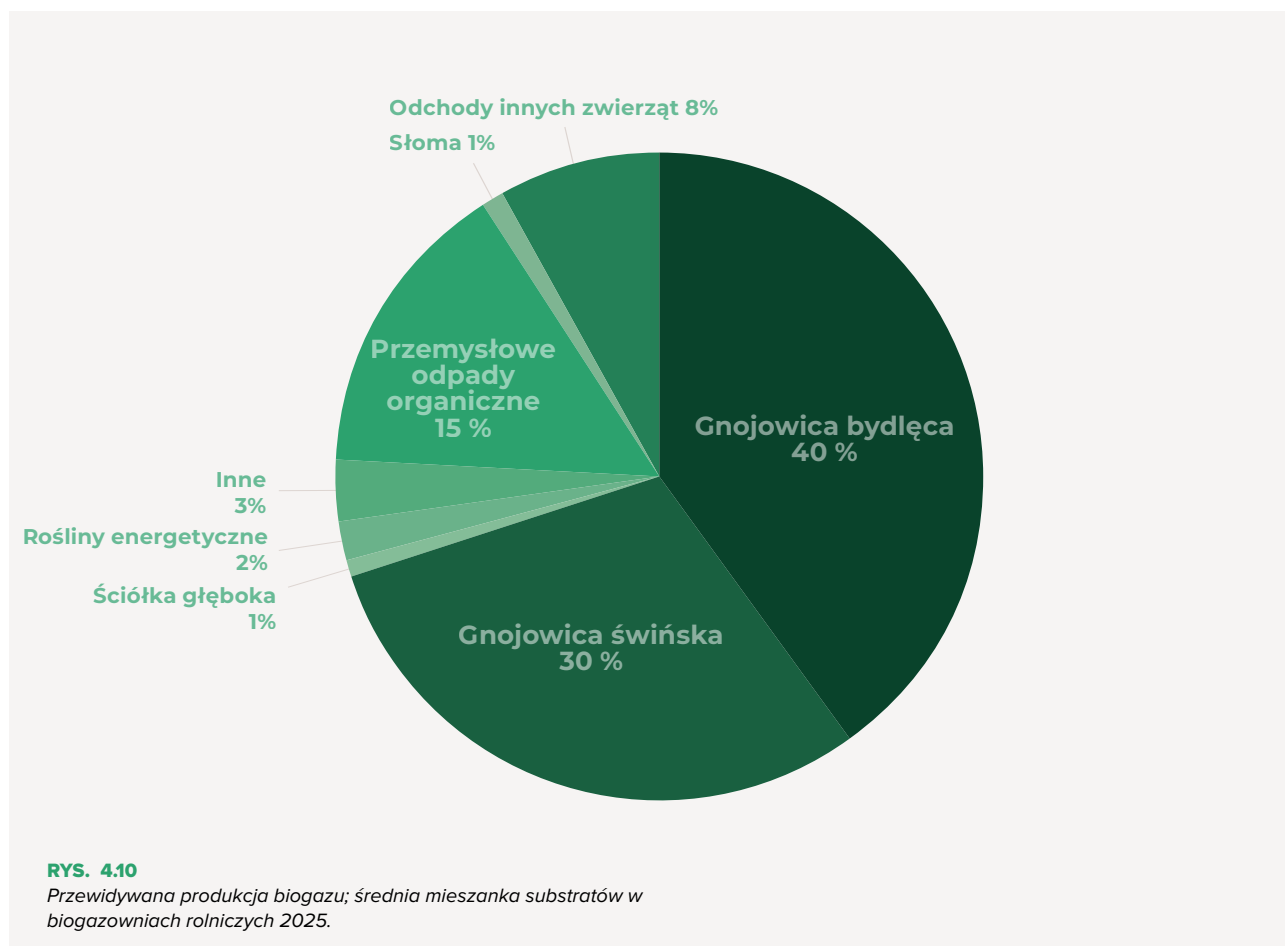
4.5

Zawartość energii

Przy planowaniu nowej biogazowni oraz podczas bieżącej eksploatacji trzeba dokładnie znać potencjał produkcji biogazu dla dostępnych rodzajów biomasy. Najczęściej stosowane biomasy, takie jak odchody zwierzęce i osady ściekowe, mają ograniczoną wartość energetyczną, dlatego aby eksploatacja biogazowni była opłacalna, konieczne może być uzupełnienie substratu o biomase o znacznie wyższej wartości energetycznej.

Ponadto skład biomasy przeznaczonej na wsad do biogazowni musi zapewniać obecność wszystkich niezbędnych składników odżywczych w wystarczających ilościach.

Należy również zapobiegać występowaniu w bioreaktorze stężeń hamujących różnych substancji, takich jak np. amoniak. Typowe potencjały pozyskiwania biogazu z różnych biomas podane są w ramce poniżej.



Materiał organiczny	Proces	Uzysk w ml biogazu/g	ml CH ₄ /g	CH ₄ %
Celuloza	$(C_6H_{10}O_5)_n + n H_2O \rightarrow 3nCH_4 + 3nCO_2$	830	415	50,0
Białko	$2C_5H_7NO_2 + 8H_2O \rightarrow 5CH_4 + 3CO_2 + 2(NH_4)(HCO_3)$	793	504	63,6
Tłuszcz	$C_{57}H_{104}O_6 + 28H_2O \rightarrow 40CH_4 + 17CO_2$	1444	1014	70,2

4.6 Bilans masy

Zawartość składników odżywczych w pofermencie z biogazowni zależy całkowicie od biomasy, która jest doprowadzana do instalacji. Przy planowaniu produkcji biogazu zawsze wykonuje się kalkulację bilansu masy składników odżywczych.

Współfermentacja jest ważna z następujących powodów:

- Konieczność zapewnienia dostępności wystarczającej ilości biomasy
- Zapewnienie odpowiedniego składu substancji odżywczych
- Optymalizacja potencjału uzyskania biogazu
- Stabilizacja procesu wytwarzania biogazu
- Odzyskiwanie i recykling składników odżywczych.

Logistyka. Transport odchodów zwierzęcych i pofermentu tam i z powrotem pomiędzy gospodarstwami rolnymi a biogazownią jest ważną czynnością w biogazowniach o skali przemysłowej. Istotne jest, aby użytkowane samochody ciężarowe miały dużą pojemność, co pozwoli na zminimalizowanie przewozów, oraz aby łatwo było je umyć pomiędzy kolejnymi transportami, aby zmniejszyć uciążliwość ruchu i hałasu oraz ograniczyć ryzyko rozprzestrzeniania się chorób. Wreszcie, podczas transportu lub w trakcie załadunku i rozładunku nie może dochodzić do rozlewania się przewożonych substancji.

4.7 Organizacja

Biogazownie rolnicze są rozumiane jako biogazownie na skalę gospodarstwa lub biogazownie na skalę przemysłową. Biogazownie przemysłowe charakteryzują się dużymi rozmiarami; rocznie w Danii przetwarzają średnio ponad 100 000 ton odchodów zwierzęcych i innych substratów. Mają one często formę organizacyjną spółdzielni należących do rolników lub w niektórych przypadkach do innych podmiotów, takich jak przedsiębiorstwa energetyczne. Zakłady takie przetwarzają zwykle odchody zwierzęce pochodzące z 40-100 gospodarstw, niekiedy większej ich liczby, i zatrudniają kilku pracowników obsługujących zakład. Główną zaletą biogazowni działających na skalę przemysłową jest możliwość wykorzystania efektu skali, co sprawia, że mogą one inwestować w bardziej wydajne technologie. Dla rolników, którzy zlecają przetwarzanie odchodów zwierzęcych ze swoich gospodarstw, ważne jest to, że nie muszą oni wiązać z biogazowniami własnego kapitału poza depozytem, a także to, że zakłady te funkcjonują jako regionalne centra redystrybucji przefermentowanych beztlenowo odchodów zwierzęcych, czyli pofermentu.

Biogazownie o skali gospodarstwa charakteryzują się tym, że przyjmują odchody zwierzęce tylko z kilku gospodarstw prowadzących produkcję zwierzęcą, a pod względem prawnym i ekonomicznym stanowią część gospodarstwa rolnego. Biogazownie rolnicze są szczególnie atrakcyjne dla dużych gospodarstw prowadzących chów zwierząt, które ze względu na swoją wielkość mogą wykorzystać pewien efekt skali i które dzięki biogazowni mogą zapewnić mniejszą uciążliwość swojej produkcji dla otoczenia niż gdyby takiej instalacji nie posiadały.

Zalety biogazowni działających w skali gospodarstwa rolnego są następujące:

- Proces decyzyjny jest łatwiejszy i szybszy, również w kwestii założenia zakładu
- Gospodarstwo może produkować własne ciepło, co jest szczególnie korzystne dla ferm trzody chlewnej
- Transport jest zminimalizowany

4.8 Przypadek przedsiębiorstwa Månsson – zielone i ekologiczne partnerstwo w zakresie biogazu

Nature Energy, jeden z największych na świecie producentów biogazu, w 2017 roku połączył siły z największym ekologicznym producentem rolnym, firmą Axel Månsson. Razem przekształcają odpady w zielony gaz. Biogazownia zostanie rozbudowana i będzie gotowa do produkcji wystarczającej ilości biogazu, aby ogrzać około 12 000 domów zielonym i neutralnym pod względem emisji CO₂ gazem.

W Danii biogaz jest uważany za kluczowy element transformacji w kierunku bardziej zrównoważonego społeczeństwa. W raportach zarówno Duńskiej Rady ds. Zmian Klimatu, jak i Duńskiego Partnerstwa na rzecz Klimatu, biogaz wskazuje się jako kluczową siłę napędową w zielonej transformacji kraju. Partnerstwa reprezentują duńskie środowisko biznesowe, podczas gdy Rada jest niezależnym organem złożonym z ekspertów. Zalecenia obu organów są uważane za kluczowe dla przyszłej polityki klimatycznej Danii.

Wraz z energią wiatrową i słoneczną biogaz jest trzecim podstawowym elementem w dążeniu do bardziej ekologicznej przyszłości. Mając to na uwadze, Nature Energy i Axel Månsson założyli wspólnie w 2017 roku w pełni ekologiczną biogazownię.

W 2019 roku obie firmy postanowiły rozbudować zakład, ponieważ więcej rolników wyraziło chęć zostania dostawcami i udziału w produkcji biogazu. Oprócz rozbudowy dodano oddzielną linię konwencjonalną, aby zwiększyć przetwarzanie konwencjonalnego obornika i odpadów spożywczych z okolicy o 170 000 ton, wytwarzając w ten sposób więcej zielonego gazu i tworząc lokalnie nowe zielone miejsca pracy.

Łącznie 38 rolników dostarcza do zakładu odchody zwierzęce. Całkowita produkcja wyniesie 17 mln Nm³ metanu, gdy część rozbudowywana zostanie w pełni uruchomiona. Oznacza to zaopatrzenie w energię ok. 12 000 gospodarstw domowych w postaci biogazu neutralnego pod względem emisji CO₂.

Aby uniknąć mieszania bionawozów ekologicznych i konwencjonalnych, linie produkcyjne, ekologiczna i konwencjonalna pracują osobno.



RYS. 4.11

Biogazownia Månsson. **ZDJĘCIE** Nature Energy.

Biogaz to doskonały przykład działania gospodarki obiegu zamkniętego

Ekologiczna biogazownia przetwarza głównie surowce ekologiczne, takie jak obornik pochodzący z gospodarstw mlecznych, obornik z ferm niosek, koniczynę i odpady roślinne pochodzące m.in. z produkcji przedsiębiorstwa Axel Månsson.

Po rozbudowie zakład będzie przetwarzał 255 000 ton biomasy rocznie, która będzie przetwarzana na zielony gaz, a następnie bionawóz będzie oferowany rolnikom prowadzącym gospodarstwa ekologiczne.

Nature Energy analizuje zawartość składników odżywczych, aby pomóc rolnikom w planowaniu nawożenia pól i zapewnić zgodność z przepisami dotyczącymi azotu i fosforu.

Ponadto biogazownia dokonuje redystrybucji składników odżywczych w celu optymalnego wykorzystania bionawozu i zmniejszenia konieczności zakupu nawozów organicznych lub mineralnych.

Gnojowica jest odbierana przez Nature Energy własnymi ciężarówkami z odległości średnio 15-20 km. Jeśli ciężarówka odebrała gnojowicę z danego gospodarstwa, firma dostarcza tam jednocześnie płynną masę pofermentacyjną. Tak więc produkcja biogazu jest doskonałym przykładem gospodarki obiegu zamkniętego.

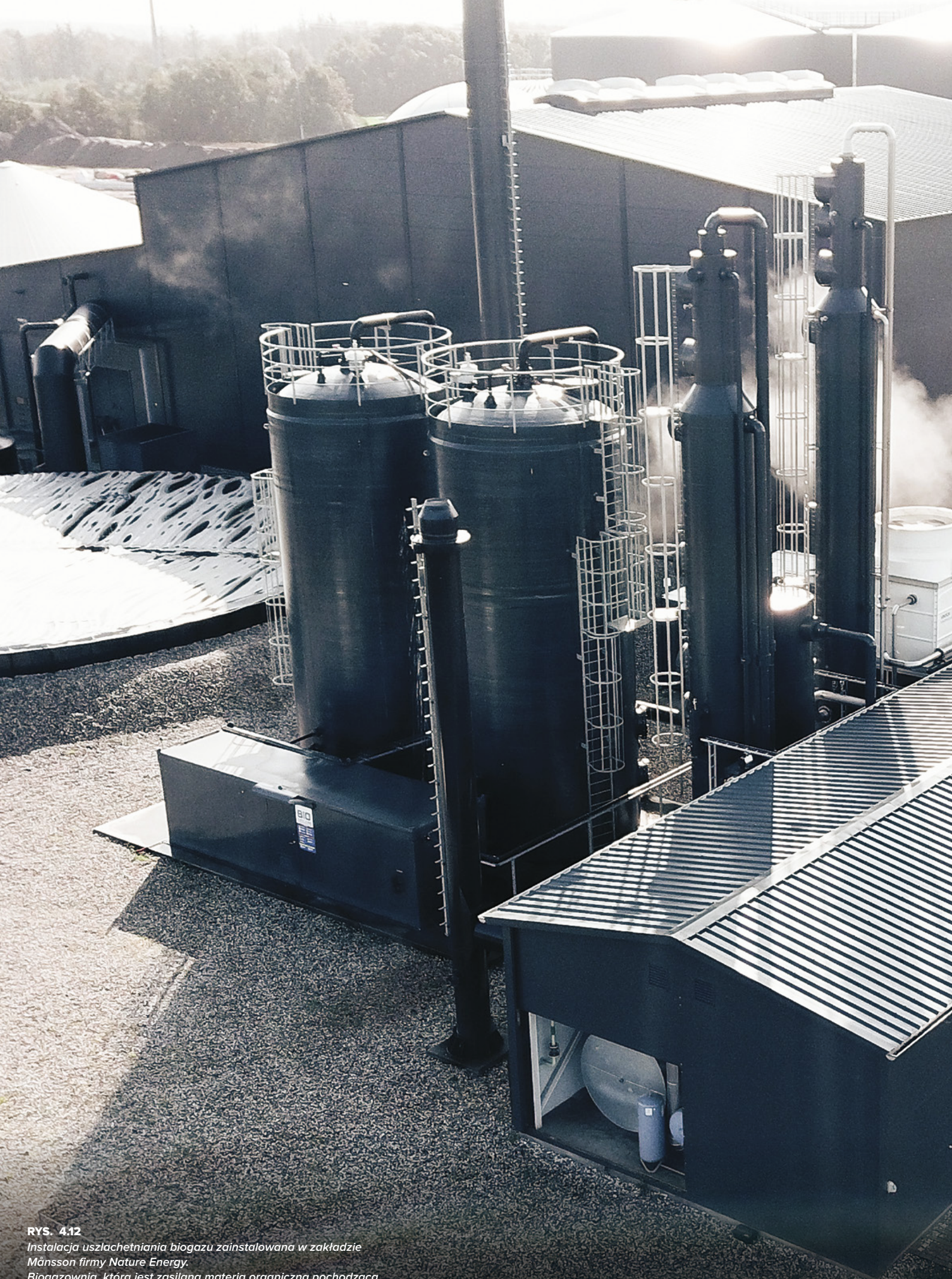


Axel Månsson

- Axel Månsson produkuje warzywa i jaja od ponad 40 lat i jest jednym z największych producentów warzyw w Danii gospodarując na 1 100 hektarach.
- Połowa produkcji to produkcja ekologiczna. Ponadto firma produkuje rocznie 45 milionów ekologicznych jaj od 140 000 kur.

Nature Energy

- Nature Energy jest jednym z największych na świecie producentów biogazu, który między innymi przetwarza odchody zwierzęce i odpady komunalne w bionawóz oraz ekologiczny i przyjazny dla klimatu gaz. Oznacza to zmniejszenie emisji szkodliwych dla klimatu gazów pochodzących z rolnictwa, a jednocześnie zmniejszenie zapotrzebowania na kopalny gaz ziemny.
- Od 2021 roku Nature Energy będzie przetwarzać ponad 4 700 000 ton odchodów zwierzęcych i innej biomasy rocznie na wartościowy bionawóz, a jednocześnie produkować około 170 milionów Nm³ metanu rocznie. Jest to ilość wystarczająca do ogrzania 120 000 gospodarstw domowych energią neutralną pod względem emisji CO₂. Nature Energy posiada obecnie 10 zakładów w Danii i prowadzi dwa zakłady za granicą.



RYS. 4.12
Instalacja uszlachetniania biogazu zainstalowana w zakładzie
Månsson firmy Nature Energy.
Biogazownia, która jest zasilana materią organiczną pochodzącą
od lokalnych rolników. **ZDJĘCIE** Nature Energy.

5 Wykorzystanie biogazu

Biogaz jest produkowany i wykorzystywany w Danii od lat. Tradycyjnie wykorzystuje się go do produkcji energii elektrycznej i ciepła w elektrociepłowniach, a większość starszych zakładów wyposażona jest w urządzenia kogeneracyjne.

Dzięki wdrożonemu w 2012 roku systemowi wsparcia możliwe stało się uszlachetnianie biogazu do biometanu i wtłaczanie go do krajowej sieci gazowej. W związku z tym większość biogazu produkowanego w Danii jest uszlachetniana do biometanu i sprzedawana za pośrednictwem sieci gazowej. System dystrybucji gazu jest szeroko rozgałęziony i dostęp do niego jest możliwy niemal w każdym miejscu w kraju.

W 2019 roku duński parlament zgodził się na ambitny cel klimatyczny, jakim jest 70% redukcja emisji CO₂ do 2030 roku w stosunku do poziomu z 1990 roku. Będzie to wymagało ogromnych inwestycji w oszczędność energii i elektryfikację. Wraz z zieloną transformacją, produkcja energii coraz bardziej nie nadąża za konsumpcją. Zapotrzebowanie na energię elektryczną nie zawsze zbiega się z okresami wysokiej produkcji energii elektrycznej z wiatru i słońca, a od czasu do czasu zdarza się sytuacja odwrotna, gdy produkcja energii elektrycznej jest znacznie wyższa niż jej zużycie.

Dania bardzo potrzebuje zdolności do absorpcji nadwyżek energii elektrycznej, ale także posiadania znacznej rezerwy mocy w sytuacjach, gdy zużycie energii jest wysokie, ale źródła słoneczne i wiatrowe jej nie zapewniają.

Istniejąca sieć gazowa jest zdecydowanie największym duńskim magazynem energii. Sieć gazowa może zmagazynować ilość energii równą jednej trzeciej rocznego zużycia energii elektrycznej w Danii. Liczne systemy ciepłownicze w Danii mogą również absorbować energię elektryczną, ale w przeciwieństwie do sieci gazowej nie mogą funkcjonować jako magazyny, które mogłyby wysyłać energię z powrotem do sieci elektroenergetycznej.

Biogaz to cenny produkt o wielu zastosowaniach.

Produkcja biogazu może ustabilizować sieć elektroenergetyczną w przypadku wahań produkcji z wiatru i słońca.

Biogaz w sieci gazowej pomaga zdjąć z sieci elektroenergetycznej ogromne obciążenie, które wynika z większego udziału energii odnawialnej, zmniejszając jednocześnie koszty dla konsumentów. W zimnych miesiącach kotły gazowe mogą zapewnić dostawę ciepła po rozsądnej cenie i odciążać sieć elektroenergetyczną.

Biogaz może być wykorzystywany w przemyśle i transporcie. Jest potrzebny wszędzie tam, gdzie jeszcze przez wiele lat elektryfikacja nie będzie możliwa. Transport ciężki i ciężki przemysł przetwórczy to tylko niektóre przykłady takich obszarów.

Biogazownie i sieć gazowa pomagają zmniejszyć oddziaływanie produkcji żywności na klimat i mogą jednocześnie dostarczać zieloną energię dla rozwiązań, które nie korzystają z energii elektrycznej (czy też zielonej energii elektrycznej). Sieć gazowa jest największym w Danii magazynem zielonej energii, który może pomóc ustabilizować sieć elektroenergetyczną i spowodować, że produkcja energii elektrycznej będzie przebiegać w takim samym tempie jak jej zużycie.

5.1 Straty biogazu

W 2016 roku Stowarzyszenie Branży Biogazowej uruchomiło we współpracy z Duńską Agencją Energetyczną dobrowolny program pomiaru strat metanu. Program dobrowolnego pomiaru strat metanu przez branżę biogazową wykazuje, że straty z duńskich biogazowni zbliżają się do docelowego poziomu 1%.

Punktem wyjścia były wcześniejsze projekty pilotażowe, które wykazały, że występują potencjalne straty metanu, ale że dostępne są już metody pozwalające znaleźć nieszczelności i zmierzyć straty, a także, że możliwe jest ich zminimalizowanie. Jest to korzystne dla funkcjonowania gospodarki i stanowi ważny instrument optymalizacji oddziaływania biogazowni jako czynników wpływających na zmianę klimatu.

Program dobrowolnych pomiarów składa się z trzech kluczowych elementów: 1. Program samokontroli, 2. Wykrywanie nieszczelności i 3. Kwantyfikacja ubytków metanu.



Władze duńskie kontynuują prace nad tym zagadnieniem i oczekuje się wprowadzenia stałego, obowiązkowego systemu monitorowania emisji metanu z biogazowni.

5.2 Duńskie standardy jakości gazu

Jakość gazu w przypadku biometanu musi być taka sama jak jakość konwencjonalnego gazu ziemnego i musi być w każdym czasie zgodna z duńskim prawem gazowym oraz specyfikacjami dotyczącymi jakości.

Zarówno produkcja, jak i skład chemiczny gazów zielonych różnią się znacząco od tradycyjnego gazu ziemnego. Wprowadzanie gazów zielonych do sieci gazowej w Danii jest wciąż zjawiskiem stosunkowo nowym i do niedawna nie miało znaczenia dla interoperacyjności sieci gazowej. Jednak wraz z rosnącą ilością włączanego gazu pojawia się pytanie, jak określić właściwą równowagę, która zapewni bezpieczną eksploatację, ale nie postawi tak surowych wymagań, że utrudnią one załączanie biometanu z powodu wyższych kosztów oczyszczania.

Ponadto, jako że gaz jest przedmiotem handlu transgranicznego, różnice w specyfikacji jakości gazu mogą stać się wyzwaniem. W Europie specyfikacje dotyczące jakości gazu są regulowane na poziomie krajowym i różnią się w zależności od kraju. W kontekście wprowadzania biometanu do sieci może to mieć wpływ na warunki konkurencji, ponieważ produkcenci biogazu w krajach o mniej rygorystycznych specyfikacjach jakościowych gazu będą mieli niższe koszty oczyszczania. Co ważniejsze, może to utrudnić fizyczną wymianę gazu pomiędzy systemami gazowymi.

5.3 Uszlachetnianie

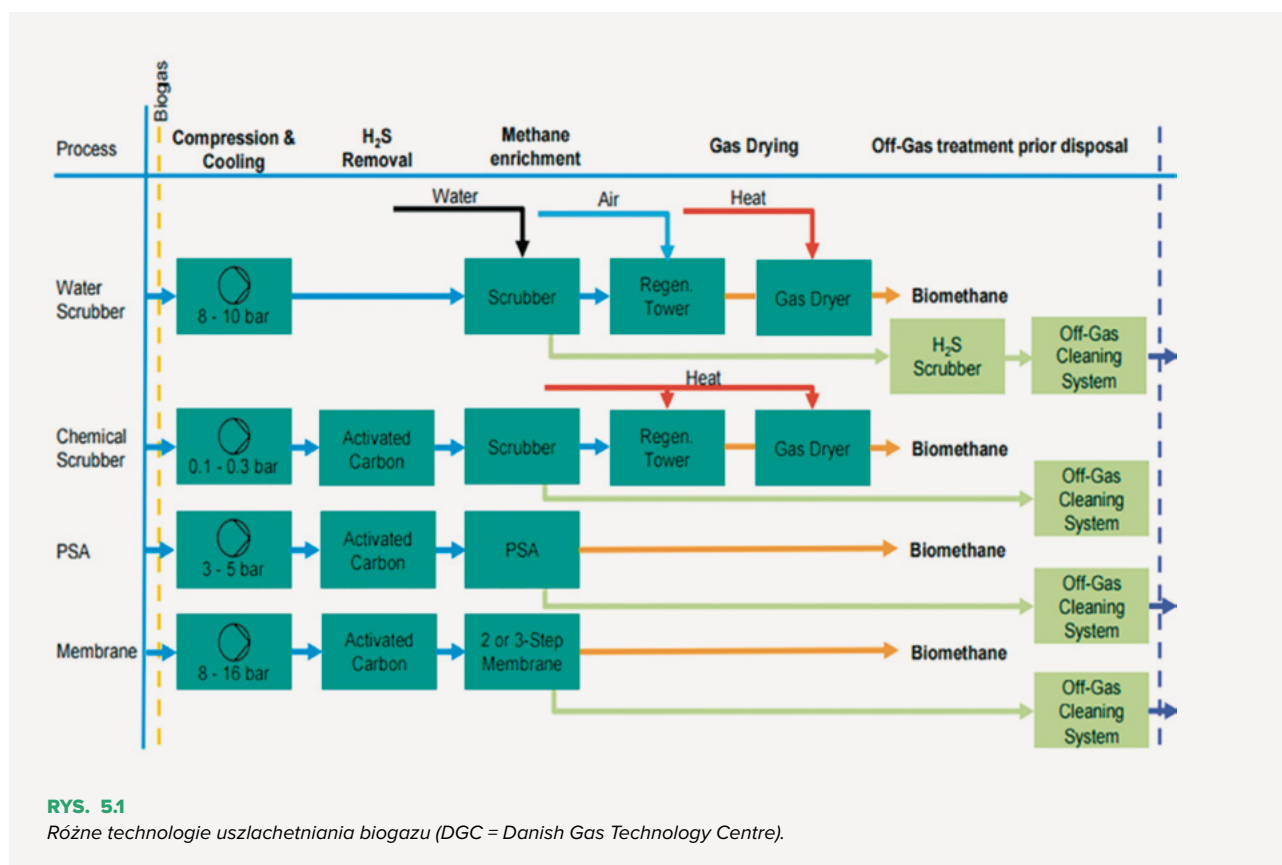
Biogaz wytwarzany w procesie fermentacji beztlenowej jest często wykorzystywany w turbinach gazowych do produkcji energii elektrycznej. Aby zwiększyć wartość gazu i umożliwić jego wykorzystanie w innych zastosowaniach, korzystne może być uszlachetnienie biogazu. Dzięki temu usuwany jest dwutlenek węgla oraz różne zanieczyszczenia i powstaje biometan. Jak wspomniano, biometan jest podobny do gazu ziemnego i może mieć podobne zastosowanie, np. może być wprowadzany do sieci gazowej lub służyć jako paliwo dla pojazdów.

Obecnie istnieją trzy możliwości efektywnego wykorzystania biogazu:

- Przekształcenie go w energię w instalacji kogeneracyjnej (elektrociepłowni)
- Wprowadzenie do sieci gazowej
- Wykorzystanie jako paliwa dla pojazdów

We wszystkich przypadkach surowy biogaz przed zastosowaniem musi przejść etap oczyszczania. W biogazowni w pewnym stopniu usuwany jest siarkowodor (H_2S). W przypadku biogazu wykorzystywanego w sieciach gazowych lub jako paliwo do pojazdów, gaz musi zostać najpierw oczyszczony i uszlachetniony w jednostce uszlachetniania gazu. W tym urządzeniu gaz jest oczyszczany z dwutlenku węgla CO_2 , H_2S , pary wodnej i amoniaku.

Obecnie na rynku istnieje kilka różnych technologii uszlachetniania biogazu. Niektóre z nich wykorzystują fakt, że dwutlenek węgla i metan mają różną rozpuszczalność w różnych rozpuszczalnikach. Wybierając rozpuszczalnik, który ma wysoką rozpuszczalność dla dwutlenku węgla, ale przepuszcza metan w niezmięnionej postaci, można skutecznie oddzielić dwutlenek węgla od metanu w biogazie. Typowe rozpuszczalniki stosowane do uszlachetniania biogazu



RYS. 5.1

Różne technologie uszlachetniania biogazu (DGC = Danish Gas Technology Centre).

to woda, aminy, jak również rozpuszczalniki organiczne, takie jak Genosorb. Różnica w zachowaniu adsorpcyjnym dwutlenku węgla i metanu na powierzchni przy różnych ciśnieniach jest wykorzystywana w adsorpcji zmiennociśnieniowej (PSA), która może być stosowana do efektywnego oddzielenia dwutlenku węgla od metanu. Inna popularna technologia uszlachetniania biogazu wykorzystuje fakt, że dwutlenek węgla łatwiej przechodzi przez półprzepuszczalną barierę, np. membranę, niż metan. Przepuszczając biogaz przez taką membranę, można usunąć z niego dwutlenek węgla, pozostawiając w strumieniu produktu skoncentrowany metan. Wreszcie, różnica w temperaturze wrzenia między metanem a dwutlenkiem węgla może być wykorzystana do rozdzielania gazów w destylacji kriogenicznej.

Biogaz produkowany z różnych substratów, takich jak pozostałości rolnicze, odpady biologiczne lub osady ściekowe, zawiera niskie stężenia niepożądanych substancji, np. zanieczyszczeń, takich jak H_2S , siloksany, amoniak, tlen i lotny węgiel organiczny (VOC). H_2S jest oddzielany od metanu w większości technologii uszlachetniania biogazu. Efektywność tego usuwania, a tym samym to, czy jest ono wystarczające do speł-

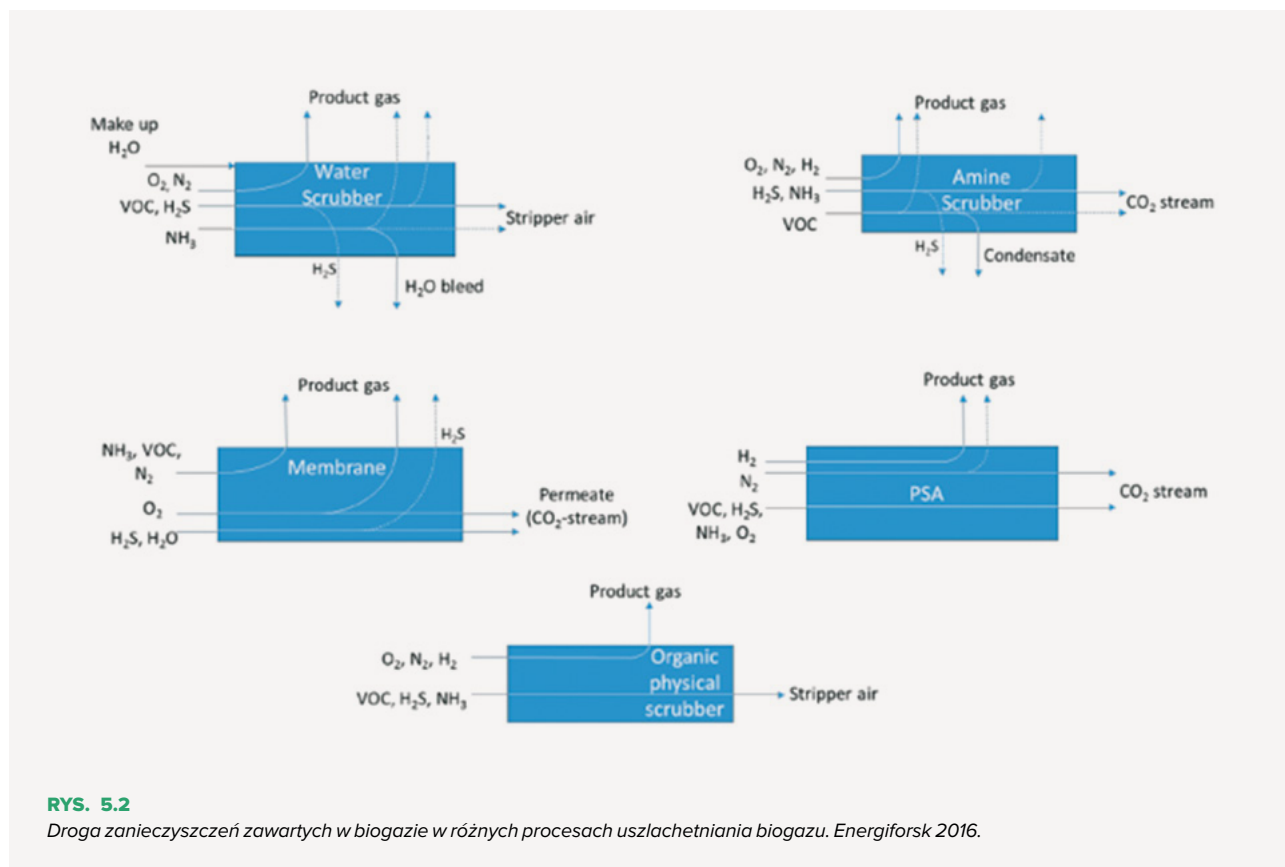
nienia wymagań dotyczących gazu wyjściowego, różni się pomiędzy poszczególnymi technologiami. Płuczki wykorzystujące absorpcję w wodzie, aminach lub rozpuszczalniku organicznym zwykle usuwają większość H_2S , podczas gdy specjalne filtry czyszczące (polishing filters) są potrzebne w przypadku uszlachetniania metodą membranową i PSA. Po oddzieleniu od metanu, H_2S trafia jednak do strumienia bocznego bogatego w CO_2 , takiego jak powietrze w kolumnie wiążącej (stripper), z którego zwykle trzeba go usunąć ze względu na przepisy ochrony środowiska. (Źródło: Energiforsk 2016).

Podstawową koncepcją uszlachetniania biogazu jest koncentracja CH_4 w strumieniu surowego biogazu (~60%) poprzez oddzielenie CO_2 (~40%) i innych gazów ubocznych (H_2S , H_2O , H_2 , N_2 , O_2 i VOC) z gazu wlotowego. Proces ten może być przeprowadzony poprzez zastosowanie różnego rodzaju technologii separacji, które wykorzystują różne chemiczne i fizyczne zachowanie tych gazów. Odpowiednio, technologie te mogą być również pogrupowane w zależności od tego, jaki rodzaj mechanizmów chemiczno-fizycznych przede wszystkim wykorzystują do separacji.

Uszlachetniony biogaz jest gazem o wysokiej jakości.

Dostępne technologie uszlachetniania biogazu:

1. Adsorpcja zmiennociśnieniowa (PSA)
2. Płuczki wodne
3. Płuczki aminowe
4. Płuczki organiczne
5. Separacja membranowa
6. Uszlachetnianie kriogeniczne



RYS. 5.2

Droga zanieczyszczeń zawartych w biogazie w różnych procesach uszlachetniania biogazu. Energiforsk 2016.

Większość nowych biogazowni w Danii wykorzystuje technologię płuczek aminowych do uszlachetniania biogazu do jakości wymaganej w sieci gazowej.

RYS. 5.3

Kolumna płuczkowa firmy Ammongas w zakładzie Madsens. Dostarcza uszlachetniony biometan do duńskiej sieci gazowej ze średnią dostępnością powyżej 99%. Instalacja jest zasilana z kotła na biomasę ze słomy i zrębków drzewnych, a odzyskane ciepło z instalacji służy do zasilania całej biogazowni. **ZDJĘCIE** Ammongas.





RYS. 5.4

Instalacja do oczyszczania biogazu w systemie Biogascleaner QSR, zakład odsiarczania Nature Energy Maansson w Brande, w Danii.

ZDJĘCIE Biogasclean.



RYS. 5.5

Instalacja odsiarczania Biogascleaner QSR w zakładzie NGF Nature Energy Korsko w Danii. **ZDJĘCIE** Biogasclean.

do danych liczbowych wymienionych powyżej. Od stycznia 2017 do stycznia 2020 r. w 16 duńskich projektach uszlachetniania biogazu wytwarzających biometan dla sieci gazowej wybrano technologię Biogasclean A/S. Poza tymi projektami, systemy z Biogasclean A/S dostarczają oczyszczony gaz do silników gazowych o mocy ponad 580 MW na całym świecie.

System odsiarczania Biogascleaner QSR jest instalowany za płuczką aminową i redukuje zawartość skoncentrowanego H_2S w strumieniu CO_2 z ok. 7 500 ppm H_2S do maks. 50 ppm.

Zakład Nature Energy Korsko produkuje rocznie około 22 milionów metrów sześciennych biometanu wprowadzanego do publicznej sieci gazowej.

Oczyszczony CO_2 jest dalej przetwarzany i wykorzystywany w przemyśle spożywczym.

5.3.1 Odsiarczanie

W większości duńskich instalacji uszlachetniania biogazu stosuje się połączenie płuczek aminowych z systemem odsiarczania Biogascleaner QSR duńskiej firmy Biogasclean A/S. System odsiarczania Biogascleaner QSR instaluje się za płuczką aminową w celu oczyszczenia strumienia CO_2 . Takie połączenie technologii ma istotne zalety konkurencyjne przy najniższych możliwych kosztach operacyjnych i najniższych możliwych ubytkach metanu, w odniesieniu



RYS. 5.6
Zbiornik do przechowywania chlorku żelaza. **ZDJĘCIE** Kemira.

5.4 Chemiczne wytrącanie siarki

W biogazowni zazwyczaj zawartość suchej masy stałej (DS) w mokrym substracie wynosi 3-15%. Sucha masa stała ulega w większości przypadków degradacji o około 50%, a produkt końcowy, poferment z komory fermentacyjnej, ma zwykle zawartość suchej masy stałej na poziomie 2-7%. Zawartość substancji organicznych w postaci suchej masy stałej wynosi zazwyczaj 2-5 kg DS na m³ objętości komory fermentacyjnej i na dzień.

Równocześnie z produkcją metanu powstaje siarkowodor. W zależności od rodzaju substratu, wytwarzanie siarkowodoru jest zróżnicowane. Biogaz z zakładów przetwarzających obornik może wykazywać poziom siarkowodoru do 2000-8000 ppm, podczas gdy biogaz z zakładów przetwarzających odpady komunalne ma zwykle 600-800 ppm. Do usuwania toksycznego siarkowodoru stosuje się sole żelaza, które w razie potrzeby dozują się do komory fermentacyjnej lub do zbiorników odbierających substrat. W zależności od substratu zapotrzebowanie na związki żelaza do redukcji poziomu siarkowodoru może być różne.

W zależności od rodzaju substratu mogą być potrzebne dodatki, takie jak pierwiastki śladowe.

W przypadku roślin energetycznych, pozostałości rolniczych i substratów nierolniczych zachodzi potrzeba uzupełnienia ilości pierwiastków śladowych ze względu na ich niską zawartość w substratach. Jeśli pierwiastki śladowe nie zostaną uzupełnione w komorze fermentacyjnej, proces mikrobiologiczny będzie przebiegał w sposób ograniczony. Ograniczenia w procesie będą utrudniać zwiększenie zawartości substancji organicznych, zapewnienie stabilności procesu, będą też powodować problemy z wysokim poziomem lotnych kwasów tłuszczowych (VFA) w komorze fermentacyjnej/reaktorze. To może prowadzić do ogromnych problemów z prawidłowym zrównoważeniem procesu mikrobiologicznego w komorze fermentacyjnej/reaktorze i

Kontrola zawartości siarki jest niezbędna dla funkcjonowania biogazowni i jakości gazu.

spowodować spadek wydajności biogazu z powodu słabej degradacji VFA i dłuższych kwasów tłuszczowych, które nie zostaną rozłożone, w pożądanym stopniu, do metanu i dwutlenku węgla. Zamiast tego zostaną przekształcone w metan, który pozostanie w oczyszczonej masie pofermentacyjnej i będzie uwalniany do atmosfery, tzw. ucieczka metanu. W konsekwencji zmniejszy się ogólny wynik i rentowność zakładu, a także pojawi się problem środowiskowy, ponieważ metan jest bardzo silnym gazem cieplarnianym i dlatego nie powinien być uwalniany do atmosfery. Poziom VFA nie powinien przekraczać 1500 mg/l w komorze fermentacyjnej.

W zależności od zawartości energii w substratach, uzysk biogazu może być bardzo różny. Zazwyczaj w przypadku gnojowicy z hodowli trzody



RYS. 5.7
Instalacja Storaagetank jako rozwiązanie kontenerowe. **ZDJĘCIE** Kemira.

chlewnej uzysk biogazu wynosi 200 m³ metanu na tonę lotnej frakcji stałej (VS), natomiast w przypadku substratu z odpadów spożywczych i restauracyjnych uzysk gazu wynosi 660 m³ metanu na tonę VS.

5.4.1 Żelazo jako makroskładnik odżywczy

Żelazo jest kluczowym składnikiem w fermentacji beztlenowej biorącym udział we wszystkich procesach zachodzących z udziałem bakterii.

Do wytwarzania biogazu stosuje się różne produkty do redukcji zawartości siarkowodoru. Redukcja ilości siarkowodoru chroni również przed korozją wyposażenie zakładu, system transportu gazu oraz instalacje uszlachetniania gazu. Jeśli uszlachetniony biometan ma być wykorzystany jako paliwo do pojazdów, w publicznych sieciach gazowych lub ogólnie jako źródło energii, poziom siarkowodoru musi zostać zredukowany, generalnie poniżej 100 ppm we frakcji gazowej.

Produkty zawierające żelazo są stosowane głównie do kontroli zawartości siarkowodoru w systemach biogazowych. Dodane żelazo Fe reaguje z jonem siarczkowym S₂⁻ i tworzy siarczek żelaza, który opuszcza system w postaci stałej wraz z pofermentem. Preparaty zawierające żelazo są dodawane bezpośrednio w komorze fermentacyjnej lub przed nią. Komercyjne preparaty zawierające żelazo są dostępne w różnych formach, w postaci płynnej lub stałej.

5.4.2 Pierwiastki śladowe to mikroskładniki odżywcze

Mikroorganizmy w środowisku beztlenowych komór fermentacyjnych/reaktorów wykorzystują enzymy i koenzymy do rozkładania celulozy, skrobi, białek, tłuszczu, cukrów, kwasów tłuszczowych na drodze metabolizmu i przekształcają związki pośrednie w główne produkty końcowe metan i dwutlenek węgla.

Zapotrzebowanie na pierwiastki śladowe w procesie rozkładu beztlenowego związane jest z naturalną zawartością pierwiastków śladowych. Substraty pochodzące od istot żywych, jak komunalne osady ściekowe i odchody zwierzęce z produkcji zwierzęcej, generalnie nie wymagają dodawania pierwiastków śladowych, ponieważ ich zawartość w substracie jest już wystarczająca. Jeśli jednak obciążenie organiczne wzrośnie powyżej 4 [kg VS / (m³-d)], konieczne będzie uzupełnienie pierwiastków śladowych, aby utrzymać uzysk metanu CH₄ i nie zmniejszyć wydajności biogazowni.

Substraty pochodzące z upraw energetycznych, pozostałości rolniczych, organicznych pozostałości przemysłowych, odpadów z gospodarstw domowych, bioodpadów i ścieków przemysłowych są zwykle bardzo ubogie w pierwiastki śladowe, dlatego w procesie rozkładu beztlenowego konieczne jest dostarczenie ich dodatkowo. W przeciwnym razie działanie mikroorganizmów w celu przekształcenia węglowodanów, białka i tłuszczu w biogaz będzie zaburzone.

5.4.3 Chemia wspomagająca proces fermentacji beztlenowej

Jak już wspomniano, w dobrze działającej biogazowni niezbędne są procesy chemiczne. W portfolio BDP (Kemira Biogas Digestion Products) znajdują się produkty zawierające czyste żelazo specjalnie dla biogazowni i przemysłowych beztlenowych oczyszczalni ścieków. Portfel produktów obejmuje również specjalne sole żelaza zawierające różnego rodzaju pierwiastki śladowe o różnych stężeniach. Wybór

produktu BDP zależy od substratu, konstrukcji instalacji lub procesu fermentacji beztlenowej i obciążenia procesu.

Produkty zawierające żelazo dodaje się w celu zmniejszenia ilości siarkowodoru w wytwarzanym biogazie, co zapobiega korozji urządzeń a także po to, by biogaz mógł być wykorzystywany w silnikach gazowych, sieciach gazowych lub jako paliwo do pojazdów.

Zawierające pierwiastki śladowe produkty BDP są stosowane w celu zwiększenia produkcji i uzysku biogazu. Stopień obciążenia organicznego można zwiększyć, a poziom VFA w komorze fermentacyjnej/reaktorze ulegnie redukcji wraz z problemami związanymi z powstawaniem piany. Dzięki wyższej redukcji kwasów VFA i dłuższych kwasów tłuszczowych w komorach fermentacyjnych / reaktorach, kwasy te w większym stopniu przekształcane są w metan i dwutlenek węgla.

Ucieczka metanu również ulega redukcji i tym samym ogranicza się negatywne oddziaływanie na środowisko.

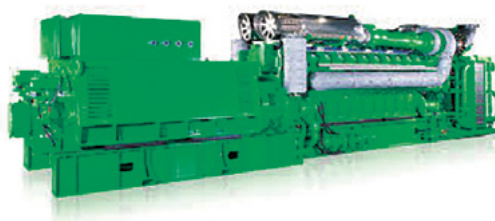
Ogólnie rzecz biorąc, taki dodatek zwiększa moc instalacji bez konieczności ponoszenia nakładów inwestycyjnych. Oznacza to większą wydajność ekonomiczną instalacji w postaci zwiększonego uzysku i produkcji biogazu.

W ścieżkach rozkładu substratu żelazo stanowi makroskładnik oraz kluczowy komponent fermentacji beztlenowej biorący udział we wszystkich procesach bakteryjnych. Wytrąca siarczek S₂⁻ i hamuje toksyczne działanie siarkowodoru H₂S.

Skład materii organicznej ma istotny wpływ na powstawanie biogazu i ilość wytwarzanego metanu.

5.5 Skojarzona produkcja energii elektrycznej i ciepła

Kogeneracja czyli wykorzystanie agregatów prądotwórczych do produkcji energii elektrycznej i ciepła, stosowana jest w duńskich biogazowniach od dziesięcioleci.



RYS. 5.8
Silnik gazowy i generator dla biogazowni firmy Jenbacher.
ZDJĘCIE Jenbacher.

Wykorzystując biogaz w silniku gazowym można uzyskać moc odpowiadającą 35-40% zawartości energii w biogazie, podczas gdy pozostała część energii oddawana jest w postaci ciepła, częściowo jako gorące spaliny, a częściowo jako gorąca woda. Oznacza to, że ok. 60% energii zawartej w biogazie jest oddawane w postaci ciepła i aby działalność ta była opłacalna, należy sprzedać to ciepło po rozsądnej cenie na inne cele. Elektrociepłownie w Danii borykają się z wyzwaniem, jakim jest trudność w sprzedaży ciepła po odpowiedniej cenie w czasie, gdy panują wysokie temperatury.

5.6 Transport i logistyka

W funkcjonowaniu biogazowni transport i logistyka stanowią znaczną część kosztów działalności. Niezwykle ważne dla ekonomiki przedsiębiorstwa jest właściwe zarządzanie tymi elementami.

Produkcja biogazu w oczyszczalniach ścieków i zakładach przemysłowych różni się od produkcji w biogazowniach rolniczych, ponieważ większość biomasy dla tych zakładów może być dostarczana za pomocą pomp. W przypadku biogazowni rolniczych prawie cała biomasa dostarczana jest samochodami ciężarowymi. Specjalnie zaprojektowane ciężarówki transportują płynną biomasę w postaci płynnego obornika do biogazowni i rozwożą poferment po jej rozłożeniu. Planowanie logistyki odbioru biomasy i dostawy pofermentu do gospodarstw rolnych jest niezwykle ważnym zadaniem.

Logistyka dostaw biomasy ma kluczowe znaczenie dla ekonomiki przedsiębiorstwa.



RYS. 5.9
Specjalnie zaprojektowana ciężarówka do transportu gnojowicy.
ZDJĘCIE Food & Bio Cluster Denmark.

Power-2-X

- **Wodór.** Może być wykorzystywany bezpośrednio do produkcji ciepła i energii elektrycznej (np. elektrociepłownie), w sektorze transportu (np. ogniwa paliwowe) oraz jako surowiec chemiczny (np. w rafinerii). Możliwe jest również, na niewielką skalę, wtłaczanie go do sieci gazowej. Wodór jest wytwarzany w procesie elektrolizy wody, która jest powszechnym, pierwszym etapem procesu wytwarzania poniższych produktów P2X.
- **Syntetyczny metan.** Może być wprowadzany bezpośrednio do sieci gazowej i wykorzystywany do tych samych celów co gaz ziemny. Produkcja wymaga źródła CO₂. Proces ten jest często określany jako Power-to-Gas (P2G).
- **Syntetyczne paliwa płynne.** Na przykład metanol, benzyna, nafta (paliwo lotnicze), olej napędowy i gazowy. Mogą być wykorzystywane do tych samych celów, co odpowiadające im produkty z ropy kopalnej. Produkcja wymaga źródła CO₂. Proces ten jest czasami określany jako Power-to-Liquids (PtL).
- **Amoniak.** Podstawowy składnik nawozów sztucznych. Amoniak może być również stosowany jako nośnik energii dla wodoru lub bezpośrednio jako paliwo. Produkcja nie wymaga źródła CO₂, a jedynie azotu / azotu bezpośrednio z powietrza. Od czasu wprowadzenia celów redukcji emisji CO₂ dla międzynarodowej żeglugi w 2018 roku, ze strony głównych graczy pojawił się potężny impuls do rozwoju produkcji amoniaku na bazie elektrolizy jako wolnego od CO₂ materiału pędnego dla żeglugi.

5.7 Power-2-X

Przejdzie w 100% na energię odnawialną w ciągu najbliższych dekad jest w Danii wielkim i złożonym zadaniem. Długoterminowe analizy systemu energetycznego od wielu lat wskazują, że elektroliza może stać się centralnym elementem konwersji całego systemu energetycznego, ale szacuje się, że prawdopodobnie nie będzie miała istotnego znaczenia aż do roku 2030.

Power-2-X (P2X) to przekształcenie produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych poprzez elektrolizę do wodoru i dalszą rafinację np. do paliw gazowych i płynnych. Przewiduje się, że procesy te staną się centralnym i niezbędnym elementem opłacalnego przejścia na czyste i odnawialne źródła energii.

Wiele analiz wskazuje, że masowa elektryfikacja różnych systemów energetycznych poprzez tzw. połączenie sektorowe jest kluczowa dla rozwoju duńskiego systemu energetycznego. Ogrzewanie pomieszczeń może być zapewniane w sposób efektywny energetycznie za pomocą elektrycznych pomp ciepła, zaś dla sektora transportu energia elektryczna jest często najbardziej efektywnym energetycznie i najczystszy źródłem energii. Wytwarzanie energii elektrycznej z wiatru i słońca jest dziś tanim sposobem produkcji energii odnawialnej. Dzięki znacznemu spadkowi cen w ostatnich latach, wytwarzanie energii elektrycznej z wiatru i słońca nabiera tempa na całym świecie, a jej udział w ogólnej produkcji energii elektrycznej jest dziś znaczny.



RYS. 5.10

Konwersja CO₂ i H₂ do metanu w instalacjach badawczych Uniwersytetu Aarhus. ZDJĘCIE Food & Bio Cluster Denmark.

Analizy wskazują, że ok. 40-60% zużycia energii w 2050 r. nie da się zamienić na bezpośrednie zużycie energii elektrycznej. Ta część zużycia energii musi być zaspokojona innymi paliwami. Nadal przewiduje się duże zapotrzebowanie na paliwa płynne i gazowe dla dużej części żeglugi, lotnictwa i transportu ciężkiego, przemysłu, zapasowego wytwarzania energii elektrycznej itp. To czyni produkty Power-2-X interesującymi, również takie, w których punktem wyjścia jest biogaz.



RYS. 5.11
Instalacja pilotażowa Haldor Topsøe na Uniwersytecie
Aarhus służąca do konwersji CO_2 i H do metanu.
ZDJĘCIE Food & Bio Cluster Denmark.

6 Wykorzystanie pofermentu

6.1

Wartość nawozowa i recykling

Większość pasz dla zwierząt gospodarskich składa się z roślin, a rośliny zawierają różne składniki odżywcze. Niektóre z tych składników odżywczych są przetwarzane przez zwierzęta na mleko, mięso lub jaja, ale reszta przechodzi przez zwierzęta i kończy jako gnojowica lub obornik. Gdy odchody te zostaną rozrzucone na pola uprawne, koło się zamyka, a rośliny uprawne otrzymują praktycznie wszystkie potrzebne im składniki odżywcze. Aby jednak częściowo zrekompensować usunięcie składników odżywczych z produktów zwierzęcych, często konieczne jest ich uzupełnienie pewną ilością nawozu nieorganicznego pochodzącego z odpadów domowych lub przemysłowych.

Recykling składników odżywczych, zastępujący przemysłowo wytwarzane nawozy mineralne, nabiera coraz większego znaczenia ze względu na wyczerpywanie się światowych zasobów fosforu. Masa pofermentacyjna z biogazowni jest doskonałym nawozem dla roślin, bogatym w składniki odżywcze i materię organiczną, o większej dostępności składników odżywczych niż surowe odchody zwierzęce. W Danii i w całej Europie zarówno surowy obornik/ gnojowica, jak i poferment z biogazowni są wykorzystywane bezpośrednio jako nawóz dla roślin, bez konieczności dalszego przetwarzania.

Zastąpienie nawozu mineralnego pofermentem wymaga warunków, w których poferment może być transportowany i wykorzystywany w sposób efektywny i bezpieczny.

Przepisy obowiązujące w Danii

W Danii Ministerstwo Środowiska i Żywności odpowiada za kontrolę stosowania obornika jako nawozu oraz za wdrażanie odpowiednich przepisów UE.

Najważniejsze regulacje:

- Rozporządzenie ustawowe regulujące gospodarkę nawozami naturalnymi z produkcji zwierzęcej.
- Rozporządzenie ustawowe regulujące stosowanie nawozów w rolnictwie i w międyzplonach.

- Rozporządzenie ustawowe regulujące wykorzystanie odpadów organicznych jako nawozu na gruntach rolnych.
- Wykorzystanie pozostałości zwierzęcych, np. z rzeźni, jest regulowane przez duński Urząd ds. weterynarii i żywności.

Najważniejsze elementy powyższych przepisów:

- Dopuszcza się stosowanie odchodów zwierząt gospodarskich w postaci nieprzetworzonej na gruntach rolnych. To samo dotyczy zawartości przewodu pokarmowego, mleka i produktów na bazie mleka.
- Obornik i gnojowica muszą być przechowywane w szczelnych i krytych zbiornikach magazynowych.
- Substancje odżywcze zawarte w oborniku i gnojowicy muszą być stosowane jako nawozy na gruntach uprawnych. Jedyną alternatywą jest spalanie w uprawnionych spalarniach.
- Istnieją limity ilości azotu i fosforu na hektar, które mogą być legalnie stosowane na gruntach rolnych.
- Jeśli gospodarstwo posiada więcej nawozu niż może zgodnie z prawem zastosować na swoich gruntach, musi zawrzeć pisemną umowę, na mocy której nadmiar nawozu zostanie przeznaczony dla innego gospodarstwa, biogazowni lub spalarni.
- Stosowanie nawozów płynnych lub odgazowanej biomasy musi odbywać się przy użyciu określonych technologii, aby uniknąć odoru i emisji.
- Stosowanie nawozów płynnych lub odgazowanej biomasy musi mieć miejsce tuż przed i w sezonie wegetacyjnym, aby efektywnie wykorzystać składniki odżywcze i uniknąć ich wymywania.
- Niektóre rodzaje odpadów organicznych, takie jak odpady z gospodarstw domowych, mogą być stosowane na gruntach rolnych bez zezwolenia, podczas gdy inne rodzaje wymagają zezwolenia. W obu przypadkach obowiązują limity zawartości metali ciężkich, substancji szkodliwych dla środowiska i zanieczyszczeń fizycznych, takich jak plastik. Kontrolę nad przestrzeganiem limitów sprawuje niezależny podmiot zewnętrzny.
- Odpady organiczne muszą być poddane określonym, higienicznie uzasadnionym zabiegom przed zastosowaniem na gruncie: stabilizacja, kontrolowane kompostowanie lub kontrolowana sterylizacja w zależności od rodzaju odpadów.
- Produkty uboczne pochodzenia zwierzęcego muszą być

	Sucha masa %	Azot całkowity kg/tonę	Azot amonowy kg/tonę	Fosfor kg/tonę	Potas kg/tonę
Gnojowica od krów	8	4,9	3,0	0,8	4,4
Gnojowica od tuczników	6	5,0	3,5	1,2	2,6
Gnojowica od macior	4	3,8	2,6	0,9	1,9
Obornik (stały)	20	6,0	1,5	1,6	2,5
Mocz	3	5,0	4,5	0,2	8,0
Ściółka głęboka	30	10,0	2,0	1,5	10,0

RYS. 6.1

Typowe stężenia najważniejszych składników odżywczych w nawozach organicznych pochodzenia zwierzęcego.

zgodne z przepisami UE. Przepisy te zabraniają stosowania w paszach ryzykownych produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego. Materiały wysokiego ryzyka, takie jak zwierzęta zmarłe na określone choroby, muszą zostać spalone. Materiały mniejszego ryzyka mogą być wykorzystywane do produkcji biogazu, ale czasami tylko po sterylizacji ciśnieniowej. Aby móc przetwarzać taki materiał, biogazownia musi posiadać zatwierdzone urządzenie do sterylizacji.

6.2 Zawartość składników odżywczych

Nawóz organiczny pochodzenia zwierzęcego składa się w 70-98% z wody i tylko w 2-30% ze składników odżywczych i związków organicznych. Stały nawóz organiczny i ściółka głęboka mają dużą zawartość słomy i stosunkowo dużą zawartość składników odżywczych i substancji stałych. Płynny nawóz organiczny, taki jak gnojowica, ma wysoką zawartość wody i tylko niewielką ilość słomy, więc stężenie substancji stałych i składników odżywczych jest stosunkowo niskie.

Największe stężenie składników odżywczych w nawozie organicznym stanowią tak zwane makroskładniki (na przykład azot, fosfor, potas i magnez). Inne składniki odżywcze występują w niższych stężeniach (na przykład sód, miedź, cynk, bor i molibden). Większość składników odżywczych może być bezpośrednio wchłonięta przez rośliny.

Azot w nawozie organicznym występuje w dwóch formach:

- amonowej, która jest bezpośrednio dostępna dla roślin
- azotu organicznego, który musi zostać przekształcony w glebie, zanim zostanie pobrany przez rośliny. Azotan, który jest ważnym składnikiem nawozu nieorganicznego nie występuje jednak w dużych stężeniach w nawozie organicznym pochodzenia zwierzęcego.

Stężenia podane w tabeli są typowe dla praktyk stosowanych w Danii. Istnieją jednak duże różnice pomiędzy gospodarstwami ze względu na różnice w sposobach karmienia, odprowadzania wody, w konstrukcji budynków, wykorzystaniu słomy itp.

6.3 Wartość składnika odżywczego

Wartość gnojowicy, obornika i odgazowanej biomasy w gospodarstwie jest znaczna. Nawóz organiczny może częściowo lub całkowicie zastąpić nawóz nieorganiczny na polu. Tak więc przy optymalnym wykorzystaniu gnojowicy, obornika i odgazowanej biomasy można zaoszczędzić na nawozie nieorganicznym. Nie ma cennika nawozów organicznych pochodzenia zwierzęcego, ale ich wartość można oszacować na podstawie wartości nawozu nieorganicznego, który zastępują.

W tabeli przedstawiono całkowitą wartość nawozową dla różnych typów i wielkości gospodarstw. Obliczona wartość opiera się na wartości równoważnej ilości fosforu, potasu i zużytego azotu w nawozie nieorganicznym. Aby w pełni tę wartość wykorzystać, należy stosować gnojowicę, obornik i odgazowaną biomasę do odpowiednich upraw, we właściwym czasie i przy użyciu optymalnego sprzętu.

Wielkość produkcji odnosi się do standardowej produkcji rocznej. Przy obliczaniu wartości uwzględniono duńskie normy dotyczące średniej zawartości składników odżywczych w oborniku/ gnojowicy w zależności od rodzaju zwierząt gospodarskich, sposobu karmienia, rodzaju pomieszczeń mieszkalnych itp.

Efektywność wykorzystania w procentach określa, jaka część azotu (azot całkowity) jest wykorzystywana przez roślinę w roku aplikacji (efekt pierwszego roku). W przypadku azotu w nawozach nieorganicznych przyjmuje się, że efektywność wykorzystania wynosi 100%. Efekt pierwszego roku jest głównie wynikiem zawartości azotu amonowego w nawozie organicznym.

Efekt rezydualny pozwala zmierzyć oddziaływanie azotu w kolejnych latach po zastosowaniu gnojowicy, obornika lub odgazowanej biomasy. Efekt rezydualny jest głównie wynikiem zawartości azotu organicznego. Szacuje się, że efekt rezydualny w okresie 10 lat wynosi 7-10% w przypadku gnojowicy świńskiej, 10-15% w przypadku gnojowicy bydłowej i 16-24% w przypadku obornika w postaci stałej.

Wykorzystanie azotu jest bardzo zróżnicowane. To, ile azotu pobierają rośliny uprawne, wynika z różnic w ilości gnojowicy i obornika związanego organicznie z nierozłożonymi resztkami roślinnymi, a więc niedostępnego dla roślin. Najwyższa przyswajalność azotu występuje w gnojowicy i moczu. Dlatego też wykorzystanie azotu jest wyższe w płynnym nawozie organicznym niż w nawozie w postaci stałej.

Stopień wykorzystania jest różny, ponieważ część azotu jest uwalniana do otoczenia zanim zostanie pobrana przez rośliny. Najlepsze wykorzystanie azotu uzyskuje się przy minimalizacji tych strat. Można to osiągnąć na przykład poprzez wybór najodpowiedniejszego sprzętu do aplikacji oraz stosowanie nawozów w optymalnych ilościach i w optymalnym czasie.

Zaleca się stosowanie większości nawozów organicznych w miesiącach wiosennych. Dlatego w miesiącach jesiennych i zimowych potrzebne będą pomieszczenia do przechowywania gnojowicy i obornika. Zaleca się, aby pojemność magazynowa wystarczała na 8-9 miesięcy produkcji.

WYPRODUKOWANY NAWÓZ					
Rodzaj nawozu	Ton/zwierzę	Wielkość produkcji, w tonach	Wartość produkcji na tonę w EUR	Łączna wartość, w EUR	
Gnojowica świńska	9,60	8.160	4	36.680	
Gnojowica z tuczników	0,54	5.400	6	32.227	
Gnojowica bydłęca	38,00	11.460	6	71.408	
Gnojowica bydłęca	38,00	19.100	6	119.013	

RYS. 6.2

Szacowana wartość nawozów w Danii, dane na listopad 2016 r, dla typowych rodzajów nawozów.

Rodzaj nawozu	Rodzaj uprawy i sposób nawożenia	Efektywność wykorzystania w % w 1. roku
Gnojowica świńska	Aplikator wężowy do upraw ozimych (zboża, rzepak)	65
Gnojowica bydłęca	Aplikator wężowy do upraw ozimych (zboża, rzepak)	45
Gnojowica bydłęca	Wtryskiwana doglebowo po wzejściu roślin	50
Gnojowica bydłęca	Aplikator wężowy po wzejściu roślin (zakwaszona)	50
Płynny nawóz organiczny	Aplikator wężowy do upraw ozimych (zboża, rzepak)	85
Stały nawóz organiczny	Rozlewanie rozbryzgowe do upraw ozimych (zboża, rzepak)	25
Ściółka głęboka	Rozlewanie rozbryzgowe do upraw ozimych (zboża, rzepak)	85

RYS. 6.3

Wykorzystanie azotu z nawozu organicznego, w uprawie roślin, wiosną i latem. SEGES P/S.

Rodzaj nawozu	Rodzaj uprawy i sposób nawożenia	Efektywność wykorzystania w % w 1. roku
Gnojowica świńska	Wtryskiwana doglebowo na uprawy jare zbóż lub kukurydzy	75
Gnojowica bydłęca	Wtryskiwana doglebowo na uprawy jare zbóż lub kukurydzy	70
Gnojowica świńska	Wtryskiwana doglebowo na rzepak ozimy	65
Płynny nawóz organiczny	Wtryskiwana doglebowo na uprawy jare zbóż lub kukurydzy	90
Stały nawóz organiczny	Przyorany przed uprawą zbóż jarych	40
Ściółka głęboka	Przyorana przed uprawą zbóż jarych	30
Ściółka głęboka	Przyorana przed uprawą kukurydzy i buraka	35

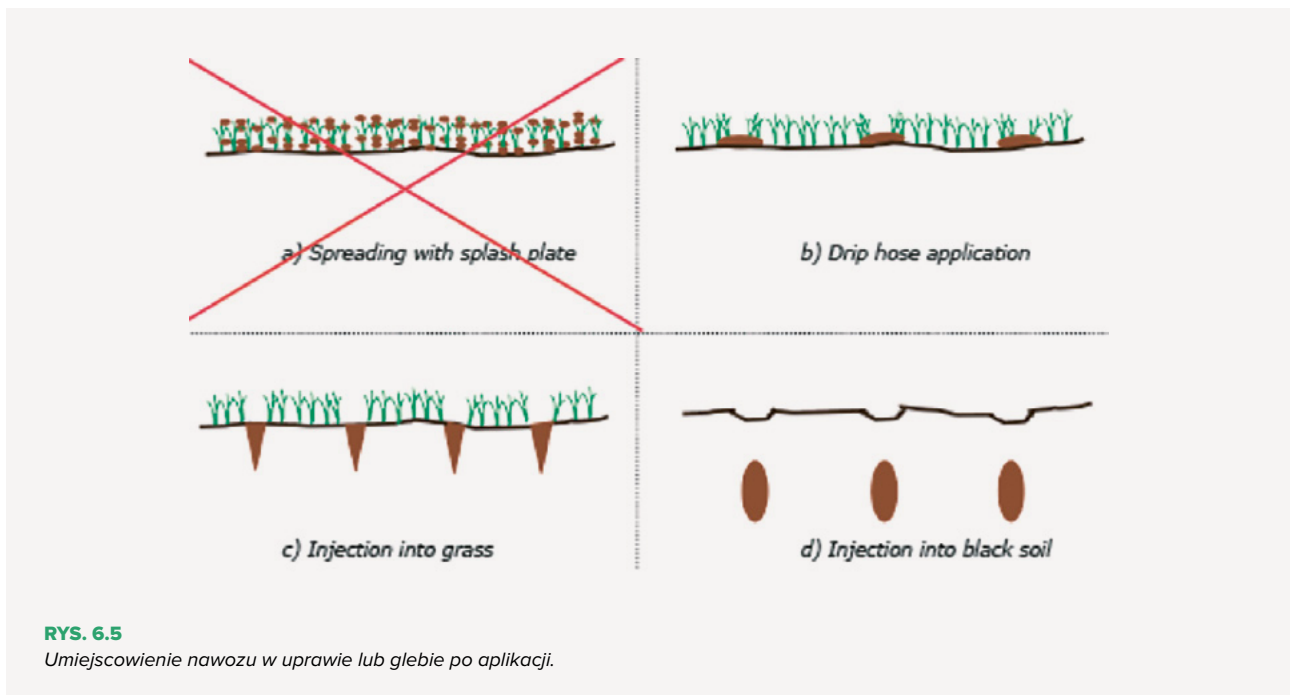
RYS. 6.4

Wykorzystanie azotu w przypadku zastosowania przed siewem.

**Poferment z
biogazowni to
cenny materiał
nawozowy.**







RYS. 6.5

Umieszczenie nawozu w uprawie lub glebie po aplikacji.

6.4 Sposób aplikacji a straty amoniaku

Przed aplikacją nawozu ważne jest jego wymieszanie. Podczas przechowywania gnojowicy w zbiorniku składniki odżywcze ulegają segregacji. Szczególnie sucha masa, fosfor, azot organiczny i niektóre mikroelementy oddzielają się i gromadzą się w wysokim stężeniu przy dnie oraz w warstwie unoszącej się na powierzchni. Nie dotyczy to jednak azotu amonowego i potasu, ponieważ te składniki rozpuszczają się w wodzie.

Dokładne wymieszanie gnojowicy przed aplikacją daje dwie korzyści:

- Gnojowica jest jednorodna i łatwiejsza do pompowania. Zbiornik może być całkowicie opróżniony.
- Koncentracja składników odżywczych (zwłaszcza fosforu) jest stała od pierwszej do ostatniej porcji gnojowicy.

Stałe nawozy organiczne, takie jak głęboka ściółka, mogą być stosowane wyłącznie przy użyciu rozrzutnika. Straty azotu z tego typu nawozów organicznych najlepiej ograniczyć poprzez jak najszybsze przyoranie głębokiej ściółki/obornika po ich aplikacji.

Z kolei płynny nawóz organiczny może być stosowany przy użyciu wielu różnych technik. Wykorzystanie składników odżywczych może być zoptymalizowane poprzez wybór najbardziej odpowiedniej metody aplikacji dla konkretnej uprawy i czasu aplikacji. Na rysunku przedstawiono odpowiednie metody stosowania płynnych nawozów organicznych.

Czarna linia ilustruje powierzchnię gleby, a brązowe plamy - nawóz. Zauważmy, że kontakt nawozu z atmosferą jest bardzo różny w przypadku tych czterech metod. Kontakt ten jest dość znaczny przy zastosowaniu płyty rozbrzygowej, w której ma miejsce najsilniejsze

Aby uzyskać optymalny efekt nawożenia, należy właściwie postępować z pofermentem.

odparowanie amoniaku, a tym samym największe straty azotu. W związku z tym metoda ta jest w Danii zakazana. Im dłuższa ekspozycja na powietrze, tym większa utrata azotu z powodu odparowania/emisji amoniaku. Dlatego lepiej jest stosować wtryskiwacze, aplikatory doglebowe i węże kropelkowe niż rozprowadzanie za pomocą płyt rozbrzygowych.

Od 2001 r. i 2002 r. obowiązuje zakaz rozlewania gnojowicy za pomocą armatek nawadniających oraz rozlewania rozbrzygowego, zarówno ze względów zdrowotnych, jak i środowiskowych.

W przypadku pofermentu biogazowego szczególnie ważne jest stosowanie technologii zapobiegających odparowywaniu amoniaku, tj. magazynowanie go w przykrytych zbiornikach na gnojowicę, a także rozprowadzanie za pomocą wtryskiwania lub ramp rozlewających. Ze względu na to, że poferment ma wyższe pH i zawiera większą część azotu w formie zmineralizowanej, ryzyko parowania amoniaku jest wyższe.

Broad spreading – is no longer allowed



RYS. 6.6

2 Rozlewanie rozbrygowe i spryskiwanie gnojowicą jest niedopuszczalne ze względu na bardzo duże straty azotu. Torkild Birkmose, SEGES.
ZDJĘCIE Seges.



RYS. 6.7

Nawożenie gleby za pomocą węży wleczonych. Redukcja emisji azotu o około 50% w porównaniu z rozlewaniem rozbrygowym.
ZDJĘCIE GØMA.



RYS. 6.8

Wtryskiwanie gnojowicy po wejściu roślin. Redukcja emisji azotu o około 25% w porównaniu do aplikacji rampą z węzami wleczonymi.
ZDJĘCIE Samson Agro.



RYS. 6.9

Wtryskiwanie nawozu do gleby bez roślin. Redukcja emisji azotu o 85% w porównaniu do aplikacji rampą z węzami wleczonymi.
ZDJĘCIE Samson Agro.

**Biogazownia
Uniwersytetu w Aarhus:
Największa na
świecie instalacja
przeznaczona wyłącznie
do celów badawczo-
rozwojowych.**



7 Ograniczenie ryzyka wystąpienia problemów środowiskowych

Wśród możliwych zagrożeń dla środowiska można wymienić:

- Parowanie amoniaku
- Wypłukiwanie azotanów
- Denitryfikacja
- Straty fosforu
- Sptyw powierzchniowy
- Odór

Wszystkie te zagrożenia można zmniejszyć lub wyeliminować stosując odpowiednią technikę w odpowiednim czasie.

Poferment z biogazowni charakteryzuje się słabszym zapachem i wyższą wartością nawozową niż surowe odchody zwierzęce. Pomimo większego ryzyka odparowania amoniaku, masa pofermentacyjna wydziela znacznie słabszy zapach niż nieprzetworzona gnojowica. Dzieje się tak dlatego, że ma ona mniejszą lepkość, jest bardziej zhomogenizowana i ma mniejsze rozmiary cząstek, dzięki czemu m.in. szybko przesiąka do gleby. Ponieważ główne obawy osób sąsiadujących z gospodarstwami zajmującymi się produkcją zwierzęcą dotyczą właśnie nieprzyjemnego zapachu, fakt ten ma często znaczenie przy podejmowaniu przez rolników decyzji o zainwestowaniu w produkcję biogazu.

Gospodarstwo nawożące pofermentem może, dzięki zwiększonej ilości $\text{NH}_4\text{-N}$, uzyskać często ten sam efekt nawozowy przy zastosowaniu 10-20% mniejszej dawki nawozu.

7.1.1

Zapobieganie rozprzestrzenianiu się chorób

Jeden mililitr gnojowicy może zawierać ponad miliard mikroorganizmów. Niektóre z tych mikroorganizmów są zakaźne i powodują choroby u zwierząt i ludzi. Dlatego ważne jest, aby podczas obchodzenia się z gnojowicą podjąć środki ostrożności w celu zminimalizowania rozprzestrzeniania się chorób.

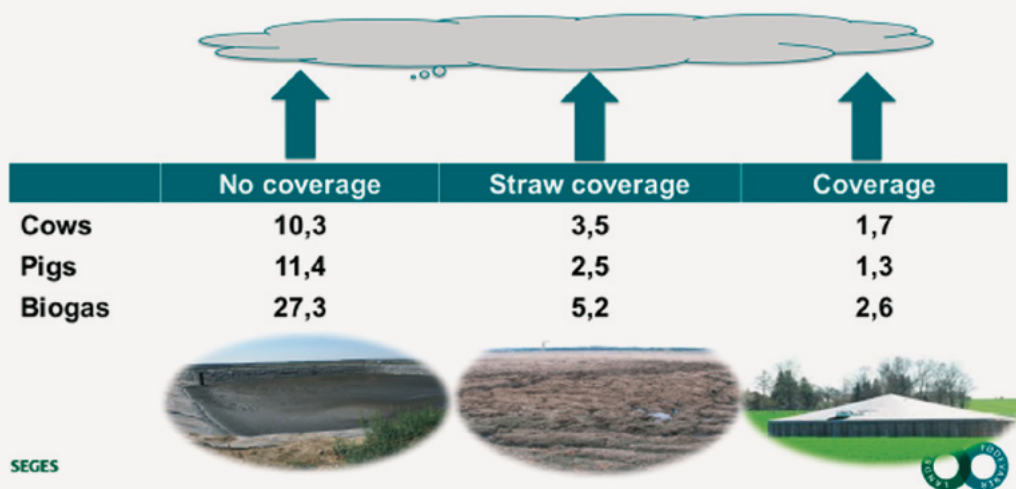
Jednak podczas transportu i aplikacji gnojowicy, odgazowanej biomasy i obornika istnieje ryzyko rozprzestrzeniania się choroby z jednego stada na drugie, ponieważ sprzęt do transportu i aplikacji może być zanieczyszczony patogenami z powodu przepełnienia zbiornika, rozlania płynu i nieodpowiedniego czyszczenia. Zatem ważne jest, aby używać sprzętu, w którym nie dochodzi do przelania lub rozlania substancji podczas napełniania, a także, aby sprzęt był prawidłowo konserwowany i wodoszczelny, aby przelewanie się płynu podczas transportu nie powodowało problemów. Częste czyszczenie sprzętu zminimalizuje również ryzyko rozprzestrzeniania się chorób.

Ogólnie rzecz biorąc, ryzyko przeniesienia choroby na rośliny uprawne, których zbiór nie następuje przed osiągnięciem przez nie dojrzałości, takie jak zboża, jest nieznaczne. Wynika to z długiego okresu pomiędzy zastosowaniem gnojowicy a zbiorem plonów oraz z faktu, że drobnoustroje zakaźne w tym okresie są bardzo skutecznie niszczone przez promieniowanie UV.

Największe ryzyko przeniesienia choroby występuje w przypadku stosowania gnojowicy na rośliny zielone, dlatego należy tu przestrzegać specjalnych wytycznych.

Duńskie przepisy opierają się na doświadczeniu, z którego wynika, że fermentacja beztlenowa skutecznie eliminuje najważniejsze patogeny w tym kraju.

Straty azotu w zależności od sposobu przechowywania gnojowicy, w % $\text{NH}_4\text{-N}$



RYS. 7.1

Straty azotu w zależności od sposobu przechowywania nawozu. Lars Villadsgaard Toft, SEGES.

8 Działalność badawczo-rozwojowa

8.1 Uczelnie wyższe

W Danii działa kilka uczelni i instytutów badawczych, które prowadzą badania w zakresie produkcji biogazu. Głównym celem badań jest znalezienie metod zwiększenia rentowności produkcji biogazu z odchodów zwierzęcych w sposób zrównoważony, na przykład dzięki zastosowaniu zaawansowanych technologii obróbki wstępnej, wykorzystaniu dodatków i enzymów, optymalizacji mieszanki paszowej oraz wykorzystaniu potencjału produkcji biogazu nowych substratów i innych odpadów uzupełniających odchody zwierzęce, na przykład słomy.

8.1.1 Uniwersytet w Aarhus

Uniwersytet Aarhus (AU) jest największym uniwersytetem w Danii - ma około 42 500 studentów i 11 500 pracowników. Uniwersytet przedstawił swoją przyszłą strategię badawczą w 2017 roku, powołując strategiczne ośrodki badawcze, takie jak Watec - Centrum badań nad wodą i CBIO - Centrum biogospodarki obiegu zamkniętego. Wydział Inżynierii dysponuje mocnym portfelem w zakresie technologii biozasobów, prowadzi prace nad społeczeństwem bazującym na procesach biologicznych i biogospodarką obiegu zamkniętego. AU stale inwestuje w wysokiej jakości obiekty eksperymentalne w dziedzinie badań wody, biogazu i biorafinacji, począwszy od laboratoryjnego sprzętu analitycznego po reaktory w skali pilotażowej i komercyjnej. Na przykład, prowadzi kompletną, pełnowymiarową instalację do produkcji biogazu, łącznie z linią przesyłową gazu i silnikiem gazowym. Działa tam również próbna instalacja do produkcji biogazu z małymi i dużymi komorami fermentacyjnymi. Wielkość zbiornika fermentacyjnego: w instalacji pełnoskalowej 1 200 m³, w instalacji testowej 2 x 30 m³ i 2 x 10 m³. Na uczelni prowadzone są liczne eksperymenty mające na celu zwiększenie produkcji gazu poprzez obróbkę wstępną substratu oraz produkcję wysokowartościowych produktów pofermentacyjnych.

W centrum badawczym AU w Foulum działa grupa badawcza zajmująca się biogazem. Badania nad biogazem prowadzone są w przy intensywnej współpracy z przemysłem i obejmują większość obszarów, takich jak obróbka wstępna, kontrola procesu, projektowanie reaktorów, komory fermentacyjne o wysokiej wydajności, wpływ na środowisko, uszlachetnianie gazu, separacja i łańcuchy wartości dla odpadów pofermentacyjnych, itp. Oprócz wieloletnich badań zespół współpracuje z przemysłem przy projektowaniu instalacji biogazowych. Istniejąca infrastruktura biogazowa jest modernizowana tak, by uwzględniać najnowsze zdobycze technologii, w tym projektów metanizacji gazu i power-2-x.

8.1.2 Uniwersytet Aalborg

Uniwersytet Aalborg (AAU) ma wieloletnie doświadczenie w zakresie koncepcji biorafinerii i produkcji biogazu, fermentacji beztlenowej oraz projektów wdrożeniowych systemów bioenergetycznych. Oczekuje się, że biogaz będzie odgrywał ważną rolę w realizacji przyszłych celów polityki energetycznej Unii Europejskiej (UE).



RYS. 8.1

Instalacje do prowadzenia testów i prób w pełnej skali w Foulum. ZDJĘCIE Food & Bio Cluster Denmark.

Zrównoważenie środowiskowe substratów biogazu jest jednak przedmiotem krytycznej dyskusji ze względu na rosnący udział gruntów rolnych wykorzystywanych do produkcji roślin energetycznych. W trakcie badań nad potencjałem energetycznym biomasy i biogazu z wybranych, potencjalnie zrównoważonych pozostałości rolniczych wykazano wzrost uzysku biogazu przy zastosowaniu współfermentacji w procesie produkcji biogazu. Badane rodzaje biomasy rezydualnej to odchody zwierzęce, słoma jako produkt uboczny z produkcji zbóż oraz nadmiar trawy z rotacyjnych i trwałych użytków zielonych i łąk. Wyniki pokazują, że zrównoważone alternatywy dla stosowania kukurydzy, dominującej rośliny energetycznej, są dostępne we wszystkich krajach członkowskich UE w stopniu wystarczającym do zapewnienia ciągłego, stopniowego rozwoju europejskiego sektora biogazu.

Główne prace badawcze dotyczą struktury i funkcji zbiorowisk mikroorganizmów w ekosystemach sztucznych, przede wszystkim w zakresie oczyszczania wody zużytej, biologicznego odzysku surowców (takich jak fosfor) oraz produkcji bioenergii. Mikroorganizmy niehodowlane badane są różnymi metodami omicznymi (metagenomika, metatranskryptomika, metaproteomika i metabolomika) w połączeniu z mikrobiologią pojedynczych komórek, np. przy użyciu mikroskopii i znaczników. Badania skupiają się głównie na organizmach biorących udział w biologicznym usuwaniu fosforu, azotu oraz organizmach powodujących spienianie i spęcznianie.

Uniwersytet Aalborg

Centrum bioenergii i zielonych technologii (Center for Bioenergy and Green Engineering), Kampus Esbjerg, Dania.

Uniwersytet Aalborg

Centrum badań nad zespołami mikroorganizmów (Center for Microbial Communities), Wydział Chemii i Nauk Biologicznych.

8.1.3 Uniwersytet Południowej Danii

Uniwersytet Południowej Danii (SDU) prowadzi szeroki zakres prac badawczych dotyczących produkcji biogazu, w tym w szczególności wykorzystania różnych rodzajów biomasy, potencjału produkcji gazu i optymalizacji procesu. W ostatnim czasie przeprowadzono

badania próbek w celu zagwarantowania wiarygodności wyników dla łącznie dziewięciu systemów wzbogacania biogazu. Dzięki prostemu procesowi projektowania, model pozwala na symulację niezależnie zaprojektowanego systemu uszlachetniania biogazu. W ramach tego modelu, arkusze kalkulacyjne dostarczą wiedzy na temat ekonomiki systemu, kosztów i przepływów energii. Model obejmuje cztery tradycyjne systemy uszlachetniania: płuczkę aminową, system zmiennociśnieniowy PSA, system membranowy i płuczkę wodną oraz trzy metody uszlachetniania biogazu wspomagane wodorem (HABU): katalizator chemiczny, biologiczne uszlachetnianie biogazu in situ i biologiczne uszlachetnianie biogazu ex situ. Ponadto uwzględniono rozwiązanie łączone, w którym zastosowano filtr biologiczny biotricklingowy i płuczkę aminową.

Uczelnia specjalizuje się w dziedzinie przetwarzania biomasy na produkty o wysokiej wartości poprzez obróbkę biochemiczną, bioremediację tlenową i beztlenową dla zdrowia środowiska i produkcji bioenergii.

- Optymalizacja procesu fermentacji beztlenowej i współfermentacji w celu produkcji biogazu
- NIR (spektroskopia w bliskiej podczerwieni), niedestrukcyjna analiza potencjału produkcji metanu i trwałych substancji organicznych
- Wielowariantowa analiza danych (chemometria), modelowanie PLS
- Technologia procesów oczyszczania ścieków i osadów ściekowych
- Technologia obróbki wstępnej i magazynowania wstępnego dla produkcji biogazu
- Analiza łańcucha wartości węgla
- Biorafinacja i biogospodarka

Wydział Chemii

Technologia Biologiczna i Środowiskowa
DU Biotechnology
Campusvej 55, 5230 Odense M, Denmark

8.1.4

Uniwersytet Roskilde

Uniwersytet Roskilde (RUC) prowadzi badania nad biogazem, ponieważ w Danii i za granicą wciąż istnieje znaczny potencjał do rozwijania produkcji biogazu. Ponadto biogaz jest czymś więcej niż tylko energią odnawialną, pomaga również generować wielostronne korzyści dla klimatu, środowiska i społeczności lokalnej:

- Obniżone koszty zakupu nawozów.
- Zwiększona produkcja rolna dzięki zwiększonej dostępności azotu.
- Tworzenie wartości z niewykorzystanych produktów rezydualnych (np. słomy i odpadów przemysłowych).
- Ponowne wprowadzenie do obiegu składników odżywczych.
- Tworzenie lokalnych miejsc pracy.

Roskilde University Centre (RUC)

Universitetsvej 1, DK-4000 Roskilde, Denmark.

8.1.5

Duński Uniwersytet Technologiczny

Duński Uniwersytet Technologiczny (Technical University of Denmark - DTU) przyczynia się do rozwoju bardziej opłacalnego sposobu produkcji biogazu, otwierającego drogę do produkcji biopaliw dla ciężarówek i samolotów.

Program Rozwoju i Prezentacji Technologii Energetycznych (EUDP) przyznał kilka milionów DKK na projekt eFuel, którego celem jest opracowanie nowej i niezawodnej technologii przekształcania CO₂ emitowanego z biogazowni w metan, który może stać się zielonym

surowcem przyszłości w produkcji np. pozbawionego kopalni paliwa lotniczego i tworzyw sztucznych.

Proces ten polega na odzyskiwaniu CO₂ z biogazowni produkujących do 40% CO₂ - dziś uwalnianego do atmosfery. W ten sposób produkcja biogazu staje się wolna od kopalni, a odzyskiwanie CO₂ czyni ją również bardziej opłacalną.

Drugim surowcem w tym procesie jest wodór, który powstaje z wody i energii elektrycznej. Wraz z rosnącą ilością energii wiatrowej w sieci elektroenergetycznej, technologia ta jest również jednym z wysoce pożądanych sposobów magazynowania energii elektrycznej generowanej z wiatru.

Technologia eFuel zwiększy uzysk z biomasy o ponad 60%, czyniąc bardziej opłacalnym przetwarzanie biogazu na zaawansowane biopaliwa dla transportu ciężarowego i lotniczego.

DTU posiada szeroką wiedzę w zakresie produkcji biopaliw (biogaz, biowodór, bioetanol), optymalizacji procesów beztlenowych oraz rozwoju zrównoważonych rozwiązań w zakresie oczyszczania odpadów organicznych i ścieków. Bioenergy Group w DTU Environment pracuje w następujących obszarach: biogaz, biopaliwa, elektrochemia mikrobiologiczna, algi jako biozasoby i biorafinerie.

Grupa Bioenergetyczna DTU pracuje nad różnymi metodami biorafinacji, gdzie odpady i pozostałości są przekształcane oprócz energii i paliw w rozmaite bioprodukty. Jednym z przykładów nowej ścieżki wykorzystania biogazu jest mikrobiologiczna konwersja metanu w procesie tlenowym do białek jednokomórkowych, które mogą być wykorzystane jako pasza dla zwierząt. DTU opracował tę metodę w ramach projektu MUDP (FUBAF) wraz z kilkoma firmami i gminą Kopenhaga. Innym interesującym produktem jest wykorzystanie CO₂ z biogazu wraz z pozostałościami organicznymi do produkcji kwasu bio-bursztynowego, który stanowi interesującą platformę chemiczną wykorzystywaną do wytwarzania wielu różnych produktów końcowych. Koncepcja ta jest obecnie na etapie poszerzania zakresu stosowania w ramach projektu finansowanego przez UE (Neosucces).

8.2

Ośrodki badawcze

W Danii istnieje wiele firm i instytucji, które posiadają kompetencje w zakresie projektowania, planowania, zakładania i eksploatacji biogazowni. Kilka z nich zostało wymienionych w tym rozdziale.

8.2.1

Duński Instytut Technologiczny

Duński Instytut Technologiczny (Danish Technological Institute - DTI) ma ponad 15-letnie doświadczenie w zakresie chemicznych i biotechnologicznych aspektów produkcji biogazu i wykorzystania biomasy. Pomaga duńskim i międzynarodowym firmom w rozwoju, testowaniu i weryfikacji koncepcji, prototypów i rozwiązań komercyjnych, a także w wykorzystaniu składników odżywczych z biogazowni.

W procesie transformacji do społeczeństwa bazującego na zasobach biologicznych biogazownie odgrywają kluczową rolę. W tym samym czasie, gdy odpady organiczne i pozostałości biomasy z rolnictwa są wykorzystywane do produkcji zielonej energii, biogazownie umożliwiają recykling składników odżywczych i węgla z powrotem do gleby. Duński Instytut Technologiczny ma ponad 10-letnie doświadczenie w opracowywaniu i dokumentowaniu rozwiązań służących optymalnemu wykorzystaniu odgazowanej biomasy. Instytut prowadzi badania terenowe w celu określenia



wartości nawozowej odgazowanych odchodów zwierzęcych lub produktów ubocznych powstałych w tym procesie.

DTI oferuje doradztwo w zakresie:

- rozwoju technologii separacji i dalszej obróbki odgazowanej biomasy.
- nowych produktów nawozowych i polepszaczy gleby opartych na odgazowanej biomacie
- zastosowania frakcji włóknistej
- możliwości poprawy efektu nawozowego w odgazowanej biomacie
- rozwiązań przydatnych w przestrzeganiu limitu stosowania fosforu na gruntach rolnych
- oceny finansowej inwestycji w technologii związane z odgazowaną biomasą
- demonstracji, testowania i weryfikacji technologii przetwarzania odgazowanej gnojowicy dla wykazania skuteczności i stabilności operacyjnej różnych rozwiązań.

Technological Institute

Bio- and Environmental technology
Agro Food Park 13, 8200 Aarhus N, Denmark

8.2.2 Biogas Denmark

Stowarzyszenie branży biogazowej pracuje na rzecz transformacji ku społeczeństwu wolnemu od paliw kopalnych dzięki przetwarzaniu odchodów zwierzęcych, pozostałości z przemysłu i gospodarstw domowych oraz innych pozostałości organicznych i biomasy na przyjazną dla klimatu energię odnawialną i nawóz celem zapewnienia w przyszłości zaopatrzenia w energię i żywność.

Stowarzyszenie branży biogazowej reprezentuje wszystkie podmioty zainteresowane biogazem, w tym producentów biogazu, dostawców instalacji i urządzeń, doradców, dostawców biomasy, sektor energetyczny, transportowy, odpadów i rolniczy, placówki naukowe itp.

Stowarzyszenie działa na rzecz promocji produkcji i wykorzystania biogazu w Danii i za granicą.

8.2.3 SEGES

SEGES i Duńska Rada Doradztwa Rolniczego liczą kilka tysięcy osób, które prowadzą doradztwo w zakresie rolnictwa, w tym w dziedzinie nawozów.

SEGES doradza również w sprawach związanych z biogazem i dysponuje bogatą listą referencyjną obejmującą gospodarstwa biogazowe, wspólne instalacje biogazowe, przemysłowe instalacje oczyszczania biogazu oraz zbiorniki fermentacji beztlenowej w oczyszczalniach ścieków.

Usługi doradcze SEGES obejmują:

- Projektowanie systemów, wyposażanie i koncepcje sterowania dla biogazowni
- Obliczenia bilansu masy i energii, w tym benchmarking instalacji
- Optymalizację operacyjną istniejących instalacji, w tym optymalizację procesów biologicznych, maszyn i warunków kontroli
- Audyt związany z certyfikacją biomasy i produkcją biogazu
- Warunki specjalne związane z biomasą ekologiczną i produkcją biogazu
- Wymiarowanie i projektowanie systemów sanitarnych, w tym wymienników ciepła dla gnojowicy i osadów ściekowych w ciepłowniach i biogazowniach
- Projektowanie i optymalizacja instalacji odsiarczania i neutralizacji zapachów.

Pracownicy SEGES posiadają referencje z wielu krajów świata, w tym z Japonii, Chin, Tajwanu, Tajlandii, RPA, oraz Bułgarii i innych krajów europejskich.

Ponadto SEGES wykonuje badania due diligence, oględziny, szacunki itp. związane z wymianą handlową i sporami, także dotyczące biogazowni. W Danii przeprowadzane są zadania z zakresu nadzoru we współpracy z Duńskim Urzędem Doradztwa Rolniczego.

8.2.4 Food and Bio Cluster Denmark

Food & Bio Cluster Denmark to krajowy klastr żywności i biozasobów w Danii. Jesteśmy wspólną platformą dla innowacji i rozwoju w ramach klastra - zarówno dla duńskich, jak i międzynarodowych firm oraz instytucji działających w oparciu o wiedzę. Promujemy intensywną współpracę między sektorem badawczym a biznesem i oferujemy naszym członkom dostęp do sieci, finansowania, rozwoju biznesu, projektów i obiektów w jednym miejscu. Oferujemy różne usługi doradcze, np. pisanie wniosków o dofinansowanie, organizowanie wyjazdów tematycznych i misji biznesowych, pisanie raportów na różne tematy z zakresu naszej specjalizacji i inne usługi.

Zachęcamy do odwiedzenia strony www.foodbiocluster.dk, gdzie znaleźć można więcej informacji.

9 Przedsiębiorstwa, dostawcy i doradcy

Duńskie firmy mają wieloletnie doświadczenie w uruchamianiu i prowadzeniu produkcji biogazu.










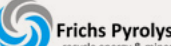

Duńskie firmy są w stanie zapewnić:

- Know how i doradztwo
- Dostawę urządzeń
- Dostawę kompletnych instalacji i obiektów
- Współpracę w zakresie planowania
- Projektowanie i wymiarowanie instalacji
- Współpracę przy realizacji
- Współpracę w zakresie eksploatacji











Duńskie firmy mogą zaoferować:

- Gotowe biogazownie
- Gotowe instalacje do uszlachetniania biogazu
- Gotowe instalacje obróbki wstępnej
- Instalacje silników gazowych - kogeneracja
- Instalacje chłodzenia gazu
- Obiekty magazynowe

LOGO	KONTAKT	OPIS	TRANSPORT I OBRÓBKĄ WSTĘPNA BIOMASY	GOTOWE INSTALACJE, TECHNOLOGIA/ KONSULTING	CZĘŚCI SKŁADOWE ZAKŁADU	KONDYCJONOWANIE I WYKORZYSTANIE GAZU	ZASTOSOWANIE NAWOZÓW	R & D	INNE
	A-Consult Group A/S Indkildevej 6B DK - 9210 Aalborg SØ +45 9687 5800 www.aconsult.dk	A-Consult specjalizuje się w dostarczaniu rozwiązań w zakresie magazynowania i przeładunku cieczy w sektorze rolnictwa, gospodarki wodnej, przemysłu i energetyki odnawialnej. Założona w 1986 roku firma z powodzeniem zainstalowała ponad 8000 zbiorników w całej Europie.	●	●		●	●		
	AEM Engineering Hyrdengen 37 DK - 2625 Vallensbæk +45 2480 9024 www.aem-engineering.dk	Dostawca silników gazowych FRICHS i zespołów generatorów. Elekrownie i zespoły generatorów na biogaz, gaz pochodzący z gazyfikacji i inne gazy palne. Panele zasilania i sterowania SIVACON. Systemy sterowania i systemy alarmowe. Instalacja, serwis i naprawa silników FRICHS i innych wiodących marek.		●	●	●			
	Aikan A/S Vadsbystræde 6 DK - 2640 Hedehusene +45 4399 5020 www.aikan.dk	Firma Aikan A/S od 20 lat dostarcza niezawodne rozwiązania dla prawdziwie zrównoważonej recykulacji odpadów i produkcji energii. Aikan przetwarza odpady stałe z dowolnego źródła i o dowolnej czystości, zapewnia zarówno wstępną obróbkę odpadów, jak i obsługę produktów dla użytkownika końcowego, przy zachowaniu niskich kosztów instalacji i eksploatacji.	●	●			●	●	
	Ammongas A/S Ejby Mosevej 5 DK - 2600 Glostrup +45 4363 6300 www.ammongas.dk	Ammongas A/S produkuje gotowe instalacje ekologiczne do oczyszczania powietrza i gazów, w tym do uszlachetniania biogazu za pomocą amin, separacji i koncentracji amoniaku, systemów płuczkowych i filtrów z węglem aktywnym.		●		●			
	BBK bio airclean A/S Linnerupvej 5 DK - 7160 Tørring +45 7567 6066 www.BBK.dk	Biofiltr BBK do usuwania nieprzyjemnych zapachów. Inwestycja w biofiltr BBK to inwestycja w dobre relacje z sąsiadami i władzami lokalnymi. Działamy na rynku od 1992 roku i dostarczyliśmy biofiltry do wielu obiektów w Danii, Norwegii, Szwecji, Finlandii, Anglii, Szkocji, Hiszpanii i Białorusi.							●
	BioCover A/S Veerst Skovvej 6 DK - 6600 Vejle +45 2963 4936 www.biocover.dk	System SyreN stabilizuje gnojowicę podczas aplikacji. Zatrzymuje emisję amoniaku, co zwiększa stopień wykorzystania azotu do 80 %, często dodając +50 kg azotu na ha. Dzięki niemu rośliny mają do dyspozycji do 40% więcej fosforu, przy czym odpowiednia ilość siarki jest dodawana w postaci nawozu siarczanowego.					●		
	Biogasclean A/S Magnoliavej 10 DK- 5250 Odense SV +45 6617 2177 www.biogasclean.com	Biogasclean A/S dostarcza w pełni zautomatyzowane systemy biologicznego odsiarczania o niskich kosztach operacyjnych, wysokiej dostępności, gwarancji wydajności i bez użycia środków chemicznych. Ponad 270 instalacji referencyjnych dostarczających czysty gaz do silników gazowych o mocy ponad 580 MW.			●	●			
	Birodan A/S KC ProSupply Alsvej 21 DK - 8940 Randers SV +45 8644 8734 www.birodan.dk	BIRODAN A/S jest firmą KC ProSupply należącą do Makeen Energy Group. Oferujemy szeroki zakres urządzeń gazowych, a nasi wykwalifikowani specjaliści pomogą dobrać odpowiedni produkt. Honeywell Krom Schröder to tylko jedna z naszych wysokiej jakości marek.			●	●			
	Byggeri & Teknik I/S Birk Centerpark 24 DK - 7400 Herning +45 4024 3081 www.byggeri-teknik.dk	Projektowanie i planowanie budynków rolniczych dla zwierząt gospodarskich, w tym również związanych z nimi systemów do przechowywania, pompowania gnojowicy itp.		●			●		●
	C.K. Environment A/S Walgerholm 3 DK - 3500 Værløse +45 4498 9906 www.cke.dk	Od ponad 20 lat C.K. Environment A/S oferuje najnowocześniejsze rozwiązania dla przemysłu biogazowego, w tym analizę parametrów takich jak CH ₄ , H ₂ S, CO ₂ , O ₂ , VOC i NH ₄ , jak również pobieranie próbek biomasy, wskaźnik WOBBE, pomiary przepływu i poziomu.	●	●	●	●		●	
	Combigas ApS Ryttervangen 11C DK - 7323 Give +45 2779 1346 www.combigas.dk	Combigas projektuje, opracowuje, wdraża i obsługuje kompletne rozwiązania w zakresie biogazu. Nasza technologia biogazowa przekształca odpady organiczne w czystą, zrównoważoną energię i cenny nawóz.		●					

LOGO	KONTAKT	OPIS	TRANSPORT I OBRÓBKA WSTĘPNA BIOMASY	GOTOWE INSTALACJE, TECHNOLOGIA/ KONSULTING	CZĘŚCI SKŁADOWE ZAKŁADU	KONDYCJONOWANIE I WYKORZYSTANIE GAZU	ZASTOSOWANIE NAWÓZÓW	R & D	INNE
	Copenhagen Capacity Nørregade 7b 3th floor DK - 1165 Copenhagen +45 4022 1436 www.copcap.com	Copenhagen Capacity pomaga zagranicznym firmom i inwestorom w znalezieniu i realizacji możliwości biznesowych w regionie Wielkiej Kopenhagi. Produkcja i wykorzystanie biogazu w Danii są mocno wspierane przez inicjatywy rządowe i ambitne cele polityczne, a duży krajowy sektor rolniczy, z 25 milionami sztuk trzody chlewnej, stanowi silną podstawę dla przemysłu biogazowego.	●	●	●	●	●	●	
	Danish Biogas Consulting Garmestervej 18B DK - 8600 Silkeborg +45 8683 7483 danskbiogasraadgivning.dk	Oferuje usługi doradcze na wszystkich etapach produkcji biogazu: od planowania i opracowania projektu, poprzez projektowanie, realizację, eksploatację i konserwację. Usługi operacyjne obejmują analizy laboratoryjne, monitoring biologiczny i optymalizację oraz certyfikację w zakresie zrównoważonego rozwoju.	●	●	●	●	●	●	●
	Danish Energy Agency Carsten Niebuhrs Gade 43 DK - 1577 Copenhagen +45 3392 6700 www.ens.dk/en	Oddział Bioenergii Duńskiej Agencji Energetycznej opracowuje ramy prawne niezbędne do zapewnienia wdrożenia dyrektyw UE oraz zapewnienia zrównoważonego rozwoju duńskiego sektora biogazu. Agencja jest również odpowiedzialna za opracowanie programów dopłat do biogazu i administrowanie nimi.							●
	Danish Technological Institute Kongsvang Alle 29 DK - 8000 Aarhus C +45 7220 2000 www.teknologisk.dk	DTI ma ponad 15 lat doświadczenia we wszystkich aspektach produkcji i wykorzystania biogazu. Świadczymy usługi dla duńskich i zagranicznych firm w zakresie substratów biomasowych, optymalizacji procesów, studiów wykonalności, jak również testów i weryfikacji w skali laboratoryjnej i pilotażowej.	●	●	●	●	●	●	●
	Danish Technological Institute - AgroTech Agro Food Park 15 DK - 8200 N Skejby +45 72 20 32 95 www.dti.dk	Danish Technological Institute - AgroTech posiada ponad 30-letnie doświadczenie w doradztwie i rozwoju technologii w obszarze szeroko pojętej problematyki fermentacji beztlenowej. Naszymi klientami są firmy, rolnicy i urzędy.	●		●	●	●	●	●
	Dansk Ventil Center A/S Ferrarivej 14 DK - 7100 Vejle +45 7572 3300 www.dvcas.dk	Firma Dansk Ventil Center A/S od wielu lat dostarcza zawory dla branży biogazu. Nasze produkty są projektowane na wysokim poziomie technicznym, ale także w konkurencyjnych cenach dzięki innowacyjnym pomysłom i międzynarodowej produkcji na dużą skalę.			●				
	EnviDan A/S Vejlsovej 23 DK - 8600 Silkeborg +45 8680 6344 www.envidan.dk	Nasi eksperci ds. biogazu posiadają rozległe i bogate doświadczenie w zakresie biogazowni; pełnili rolę doradców ds. produkcji biogazu w wielu duńskich i zagranicznych projektach, uczestnicząc w studiach wykonalności, doradztwie procesowym, procedurach regulacyjnych, przetargach i nadzorze.		●					
	Eurofins Agro Testing Denmark A/S Ladelundvej 85 DK - 6600 Vejen +45 7660 4242 www.eurofins.dk/agro	Eurofins Agro Testing Denmark A/S posiada akredytację i uprawnienia do wykonywania analiz w rolnictwie. Wykonujemy badania analityczne, dostarczamy dokumentację i oferujemy rozwiązania dostosowane do potrzeb biogazowni i wszystkich podmiotów zajmujących się produktami ekologicznymi przeznaczonymi do wytwarzania biogazu, bioenergii, paszy i kompostu.	●		●	●	●	●	●
	Food & Bio Cluster Denmark Agro Food Park 13 DK - 8200 N Skejby +45 8999 2500 www.foodbiocluster.dk	Food & Bio Cluster Denmark jest krajowym klastrem żywności i biozasobów w Danii. Tworzymy wspólną platformę dla innowacji i rozwoju w ramach klastra – zarówno dla duńskich, jak i zagranicznych firm oraz instytucji działających w oparciu o wiedzę.						●	●
	Frichs Pyrolysis ApS Sverigesvej 14 DK - 8700 Horsens +45 4036 7165 www.frichs-pyrolysis.dk	Mineralizacja termiczna – metoda pozwalająca na redukcję CO ₂ . Mineralizując suchą biomasę w wysokiej temperaturze i w warunkach beztlenowych, wyodrębniamy z obiegu węgiel i zapobiegamy jego przemianom w CO ₂ . Powstały gaz ma wysoką wartość opałową i może np. służyć do produkcji energii elektrycznej i ciepła w generatorze gazowym.	●	●		●		●	
	Gemidan Ecogi A/S Drivervej 8 DK - 6670 Holsted +45 7678 2101 www.ecogi.dk	Technologia Ecogi została opracowana w oparciu o wieloletnie doświadczenie w przetwarzaniu odpadów. Technologia ta wyznacza nowe standardy w zakresie czystości masy celulozowej, zwłaszcza jeśli chodzi o minimalną zawartość tworzyw sztucznych. Ecogi jest znane z produkcji unikalnych substratów, które posiadają certyfikat ETV w zakresie czystości i jakości.	●		●				

LOGO	KONTAKT	OPIS	TRANSPORT I OBRÓBKA WSTĘPNA BIOMASY	GOTOWE INSTALACJE, TECHNOLOGIA/KONSULTING	CZĘŚCI SKŁADOWE ZAKŁADU	KONDYCJONOWANIE I WYKORZYSTANIE GAZU	ZASTOSOWANIE NAWOZÓW	R & D	INNE
	Hexa-Cover A/S Vilhelmsborgvej 5 DK - 7700 Thisted 45 9617 7800 www.hexa-cover.dk	Unikalne przykrycia Hexa-Cover® doskonale sprawdzają się na niemal każdej powierzchni cieczy. Przykrycia pływające Hexa-Cover® znajdują zastosowanie na praktycznie każdym rodzaju basenów, lagun, zbiorników, kontenerów i stawów. Od momentu wprowadzenia na rynek w 2004 roku, pokrywy Hexa-Cover® Floating Cover są wybierane dla ogromnej liczby instalacji na całym świecie, co sprawia, że są one wiodącym rozwiązaniem na rynku.	●		●				
	Hybridfilter A/S Industrivej 8 DK - 8740 Brædstrup +45 8657 1700 www.hybridfilter.dk	W firmie Hybridfilter opracowujemy i dostarczamy filtry biologiczne do neutralizacji gazów wodorowych. Od 2012 roku zdobyliśmy duże doświadczenie w branży oczyszczania ścieków i zaopatrujemy około 70% zakładów komunalnych. Natomiast dostawy dla sektora biogazu rozpoczęły się w 2016 r. i nabrały tempa w 2018 r.	●		●				
	Højgaards ApS Fabjergkirkevej 51 DK - 7620 Lemvig +45 9789 3012 www.hojgaards.dk	Højgaards produkuje i opracowuje pompy, mieszalniki i procesy separacji. Każdy komponent jest zintegrowany z procesem dla uzyskania optymalnych warunków codziennego użytkowania. Automatyzacja i „inteligentne” produkty pomogą Ci zwiększyć wydajność. Mamy ponad 50 lat doświadczenia.	●		●				
	Kemira Oyj Amager Strandvej 390 DK - 2770 Kastrup +45 6991 8893 www.kemira.com	Aby osiągnąć wysoki uzysk biogazu i niski koszt jego uszlachetnienia, konieczne jest utrzymanie niskiego poziomu siarkowodoru. Portfolio produktów Kemira BDP jest najbardziej skutecznym sposobem kontroli zawartości związków siarki w komorze fermentacyjnej.	●			●			
	Kinetic Biofuel A/S Solbjergvej 19 DK - 9574 Bælum +45 21640090 or +45 21495940 www.kineticbiofuel.com	Nowa technologia wstępnej obróbki pozostałości rolniczych, takich jak słoma zbożowa, umożliwiającą współfermentację z odchodami zwierzęcymi w biogazowniach. Proces oparty jest na technologii brykietowania mechanicznego, w którym dochodzi do eksplozji pary wodnej, dzięki czemu brykiety ze słomy mogą wchłonąć do 7 razy więcej po zbrykietowaniu. Dostarczamy kompletne linie od 500 kg/h.	●						
	Landbrug & Fødevarer F.m.b.A. - SEGES Agro Food Park 15 DK - 8200 Aarhus N +45 8740 5000 www.seges.dk/en	SEGES zajmuje się wszystkimi aspektami rolnictwa i zarządzania gospodarstwem rolnym oraz posiada szeroką wiedzę w zakresie zarządzania i wykorzystania składników odżywczych. SEGES doradza również w dziedzinie biogazu, zaprojektowaliśmy i zoptymalizowaliśmy działanie wielu gospodarstw biogazowych i wspólnych instalacji biogazowych.	●	●	●	●	●	●	●
	Landia A/S Industrivej 2 DK - 6940 Lem St. +45 9734 1244 www.landia.dk	Landia dostarcza najwyższej jakości rozwiązania w zakresie pompowania i mieszania dla wielu branż, w tym dla rolnictwa i biogazu. Urządzenia firmy Landia są szczególnie znane ze swojej skuteczności w przypadku cieczy trudnych w obsłudze i z łatwości serwisowania. Więcej na www.landiaworld.com	●		●				
	Lind Jensens Maskinfabrik A/S Kroghusvej 7, Højmark DK - 6940 Lem St. +45 9734 3200 www.ljm.dk	Lind Jensen Biogas posiada ponad 30-letnie doświadczenie w produkcji, serwisowaniu i sprzedaży najwyższej jakości urządzeń do obsługi biomasy i innych mediów w biogazowni. Codziennie staramy się dostarczać naszym klientom na całym świecie właściwy produkt, o właściwej jakości, po właściwej cenie.			●				
	LSH-Biotech ApS Katrineholmsalle 62 DK - 8300 Odder +45 2960 3008 www.lsh-biotech.dk	LSH-BIOTECH jest firmą działającą w oparciu o wiedzę, od lat zajmującą się projektowaniem, planowaniem i rozwojem specjalistycznych urządzeń dla przemysłu, głównie w zakresie technologii biogazu. Nasze rozwiązania opierają się zatem na solidnym zrozumieniu branży i wiedzy technicznej.	●	●	●	●			●
	Lundsby Renewables A/S Hjarbækvej 65 DK - 8831 Løgstrup +45 9649 4300 www.lundsbybiogas.dk	Zarządzamy i budujemy biogazownie „pod klucz” przy użyciu trwałej, elastycznej i prostej technologii, dostarczając rozwiązanie dopasowane do potrzeb klienta. Współpracujemy z różnymi dostawcami instalacji uszlachetniania biogazu, dzięki czemu zakład może dostarczać biometan do sieci gazowej. Uczestniczymy w uzgodnieniach z elektrowniami/ciepłowniami, dotyczących ewentualnych dostaw do takich zakładów.	●	●	●	●	●	●	●

LOGO	KONTAKT	OPIS	TRANSPORT I OBRÓBKA WSTĘPNA BIOMASY	GOTOWE INSTALACJE, TECHNOLOGIA/KONSULTING	CZĘŚCI SKŁADOWE ZAKŁADU	KONDYCJONOWANIE I WYKORZYSTANIE GAZU	ZASTOSOWANIE NAWOZÓW	R & D	INNE
	Nature Energy Biogas Ørbækvej 260 DK - 5220 Odense SØ +45 70 22 40 00 www.natureenergy.dk	Nature Energy jest wiodącym dostawcą biometanu w Danii. Posiada 10 zakładów produkujących ponad 170 milionów m ³ biometanu rocznie, co czyni Nature Energy jednym z największych producentów tego gazu na świecie. Substratem są głównie odchody zwierzęce i odpady spożywcze. Kolejne zakłady znajdują się w fazie budowy i prac wykończeniowych.		●		●	●	●	●
	NISSEN energy A/S Godthaabsvej 1 DK - 8660 Skanderborg +45 7575 6500 www.nissenenergy.com	NISSEN dostarcza usługi i produkty zapewniające ekonomiczną, korzystną produkcję zrównoważonej energii: jednostki kogeneracyjne, systemy uzdatniania gazu dla biogazowni, urządzenia do uszlachetniania biogazu dla uzyskania odnawialnego gazu ziemnego oraz palniki i kotły Low NOX.		●	●	●			
ON:OFF MANAGEMENT	ON/OFF Management ApS Toldboden 3, 1 sal D DK - DK-8800 Viborg +45 2943 7648 www.onoffmanagement.dk	Ponad 30 lat doświadczenia w zakresie biogazu, w kraju i za granicą. Kompetencje w następujących obszarach: opracowanie uzasadnienia biznesowego i projektu, zarządzanie projektem, projektowanie biogazowni, wykonanie, uruchomienie, kooperacja i optymalizacja.		●					
	PlanEnergi Jyllandsgade 1 DK - 9520 Skørping +45 9682 0400 www.planenergi.dk	PlanEnergi jest fundacją świadcząca usługi doradcze dla klientów, którzy chcą planować, wdrażać i eksploatować systemy energii odnawialnej. Usługi doradcze PlanEnergi obejmują planowanie, projektowanie, przetargi, nadzór podczas realizacji, uruchomienie i optymalizację działania biogazowni.	●	●	●	●	●	●	
	PurFil ApS Blaabaervej 61 DK - 5260 Odense S +45 4015 8777 www.purfil.com	PurFil® posiada serię nowych „niechemicznych” modułów separacyjnych dla płynnych „odpadów”. PURROT® - PURUF® - PURRO® - PURNIT® - PURDRY® - PURCOMP®. Sprzedawane w systemie modułowym (jak klocki LEGO), w powiązaniu z wymaganym stopniem separacji wstępnej i/lub końcowej w oczyszczalniach ścieków i biogazowniach.	●	●	●		●		
	Ramboll A/S Hannemanns Allé 53 DK - 2300 Copenhagen S +45 5161 1000 www.ramboll.com/energy	Ramboll ma ponad 30-letnie doświadczenie w produkcji biogazu i świadczył usługi doradcze dla większości ostatnio budowanych dużych zakładów w Skandynawii. Doradzamy producentom biogazu, firmom zajmującym się oczyszczaniem ścieków i gospodarką odpadami, władzom lokalnym i centralnym, deweloperom, inwestorom i bankom.		●				●	
	Renew Energy A/S Kullinggade 31 DK - 5700 Svendborg +45 6222 0001 www.renewenergy.dk	Firma świadcząca usługi inżynierskie w zakresie biogazu, specjalizująca się w rozwiązaniach dotyczących fermentacji beztlenowej i zaawansowanej separacji, z ponad 30-letnim doświadczeniem w projektowaniu, inżynierii, zamówieniach, zarządzaniu budową, uruchamianiu i usługach eksploatacyjnych w sektorach rolniczym, spożywczym i gorzelniczym.	●	●	●	●	●	●	
	SAMSON AGRO A/S Vestermarksvej 25 DK - 8800 Viborg +45 8750 9300 www.samson-agro.com	SAMSON AGRO jest międzynarodowym producentem wysokiej jakości maszyn i urządzeń do aplikacji nawozów organicznych z siedzibą w Danii. Naszym celem jest zaspokojenie zapotrzebowania światowego sektora rolniczego na rozwiązania, które optymalizują wykorzystanie składników odżywczych i pozwalają stosować nawóz zwierzęcy w sposób wydajny i przyjazny dla środowiska.					●		
	Stjernholm A/S Birkmosevej 1 DK - 6950 Ringkøbing +45 7020 2505 www.stjernholm.dk	Stjernholm odgrywa główną rolę na rynku uzdatniania wody w publicznych i prywatnych oczyszczalniach, w systemach kanalizacyjnych i w wodociągach w całym kraju. Aktywnie wykorzystujemy aktualną wiedzę i stale pracujemy nad włączaniem jej do naszych rozwiązań.	●		●				
	Technical University of Denmark Bygningstorvet, Building 115 DK - 2800 Lyngby +45 4525 2525 www.dtu.dk	DTU jest uczelnią techniczną z wizją rozwoju i tworzenia wartości przy użyciu nauk przyrodniczych i nauk technicznych dla dobra społeczeństwa. Uznawany jest za najlepszą uczelnię skandynawską, jest na 49. miejscu w Europie i na 119. miejscu na świecie według Leiden Ranking 2019 - impact.						●	
	Unibio Langebjerg 1 4000 Roskilde	Unibio jest czołową duńską firmą zajmującą się biotechnologią przemysłową, której główną specjalnością jest fermentacja z wykorzystaniem metanu lub skoncentrowanego biogazu jako substratu. Unibio opracowało innowacyjną i unikalną technologię fermentacji - U-Loop® - która przekształca metan z dowolnego źródła w wysoko skoncentrowany, organiczny produkt białkowy.	●	●	●			●	

LOGO	KONTAKT	OPIS	TRANSPORT I OBRÓBKA WSTĘPNA BIOMASY	GOTOWE INSTALACJE, TECHNOLOGIA/KONSULTING	CZĘŚCI SKŁADOWE ZAKŁADU	KONDYCJONOWANIE I WYKORZYSTANIE GAZU	ZASTOSOWANIE NAWOZÓW	R & D	INNE
	UNI-LINK ApS Sustainable Fuels Lysabildgade 63 DK - 6470 Sydals +45 5121 0019 www.uni-link.dk	Zrównoważone dostawy paliwa - UNI-LINK ApS dostarcza biomasę z produktów pochodzących z odpadów rolniczych. Pozostałości z oliwek jako wytkoki (makuchy) lub pelety.	●						
	University of Southern Denmark Campusvej 55 DK-5230 Odense M www.sdu.dk/en/	SDU prowadzi szeroki zakres działań w ramach systemu biogazowego poprzez zieloną transformację od surowca do uszlachetniania biogazu. Specjalizujemy się w 1) zaawansowanych technologiach obróbki wstępnej biomasy, 2) niedestrukcyjnej spektroskopowej analizie biomasy w celu szybkiego określenia potencjału produkcji metanu, 3) zaawansowanej konfiguracji bioreaktorów do sekwencyjnej fermentacji i procesu fermentacji beztlenowej, 4) modelowaniu łańcucha wartości węgla w systemie biogazowym, 5) uszlachetnianiu biogazu, łącząc wychwytywanie CO ₂ z bezpośrednim przekształceniem go w wartościowe produkty. W ścisłej współpracy z duńską branżą biogazową analizujemy projekty i opracowujemy nowe reaktory do biometanizacji od skali laboratoryjnej do prób pilotażowych.	●	●				●	
	WH-PlanAction Consulting Engineers ApS Danmarksvej 8 DK - 8660 Skanderborg +45 8745 3900 www.wh-pa.dk	Niezależne doradztwo projektowe dla inwestorów i producentów biogazu. Z 25-letnim doświadczeniem możemy zaoferować naszym klientom planowanie, projektowanie i zakładanie instalacji, jak również uruchomienie rentownej działalności w zakresie nowoczesnej produkcji biogazu i dostawy ulepszonych nawozów dla rolników.	●	●	●	●	●	●	●
	Wing Consult A/S Holtumvej 14 DK - 7400 Herning +45 7669 8384 www.wingconsult.com	Efektywny system zarządzania, który jest dostosowany do sektora energetycznego – w szczególności produkcji i obrotu certyfikowanym biogazem – zapewnia bezpieczne działanie, dokumentację i identyfikowalność. Wing Consult A/S opracował dedykowany Główny System Zarządzania (MMS-Energy), który spełnia wszystkie wymagania dotyczące dokumentacji bilansu biomasy, potencjału produkcyjnego oraz zrównoważonej produkcji i obrotu biogazem zgodnie ze schematami certyfikacji REDCert, ISCC a.o. Dodatkowo MMS-Energy zawiera funkcje bezpiecznej obsługi i konserwacji itp. MMS-Energy jest oparty na przeglądarce internetowej, a platforma IT jest łatwa do zintegrowania z innymi platformami IT, takimi jak informatyczne platformy finansowe.							●
	Aalborg University Niels Bohrs vej 8 DK - 6700 Esbjerg +45 2166 2511 www.et.aau.dk	AAU to cieszący się dobrą renomą duński uniwersytet posiadający wszystkie wydziały. W rankingu programów studiów technicznych zajmujemy 4. miejsce na świecie. Wykonujemy wszelkiego rodzaju badania w zakresie zrównoważonego rozwoju i projekty związane z zieloną transformacją na świecie, w tym duże projekty w zakresie energii odnawialnej i efektywności i oszczędzania energii. Wiatr, słońce i bioenergia, w tym biogaz należą do naszych specjalności w dziedzinie energii odnawialnej. Badania i projekty związane z biogazem – fermentacją beztlenową były jednym z obszarów naszego zainteresowania przez ostatnie 25 lat, w ramach międzynarodowych projektów, warsztatów i programów szkoleniowych.	●				●	●	●

BIBLIOGRAFIA

- LIVESTOCK MANURE TO ENERGY** Status, Technologies and Innovations in Denmark 2012, Agro Business Park.
- PRESENTATION, ENS MARTS 2019** Bodil Harder
- BIOGAS UPGRADING – TECHNICAL REVIEW** Energiforsk 2016
- BIOGAS DANMARK** www.biogasbranchen.dk
- DGC, REVIEW OF BIOGAS UPGRADING** Project Report, September 2017
- ENERGIFORSK 2016**
- BIOGAS DANMARK** Bruno Sander Nielsen 21/04-2020
- SCANDINAVIAN BIOGAS HANDBOOK** Aspects of planning a biogas plant, ABP 2014
- PTX I DANMARK FØR 2030** Energinet, april 2019
- 10. SEGES** Lars Villadsgaard Toft
- 11. BIOGASCLEAN** Note April 2020, Reza Jan Larsen
- 12. NATURE ENERGY** Note April 2020, Jørgen Fink
- 13. NETTOENERGIPRODUKTION I VANDSEKTOREN** Niras, dec. 2017
- 14. BIOGAS RESEARCH AND PRACTICAL** Experiences at Aarhus University Foulum in Denmark, Henrik Bjarne Møller.
- 15. KEMIRA NOTE 13-05-2020** Chemical precipitation
- 16. THE USE OF BIOGAS** Britt Nilsson and Anna-Marie Bogh Public 13-05-2020, Kemira Oyj P.O.Box 330, FI-00101 Helsinki Finland



**Food & Bio Cluster
Denmark**

Niels Pedersens Allé 2
DK - 8830 Tjele
+45 8999 2599
www.foodbiocluster.dk