



KRAJOWY
PLAN
ODBUDOWY



Rzeczpospolita
Polska

Sfinansowane przez
Unię Europejską
NextGenerationEU



POLITECHNIKA
LUBELSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII
ŚRODOWISKA I ENERGETYKI

Dr inż. Marta Bis

Katedra Konwersji Biomasy i Odpadów w Biopaliwa

**Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Politechnika Lubelska**

**Ul. Nadbystrzycka 40B
20-618 Lublin**

**m.bis@pollub.pl
+48 81538 47 82**

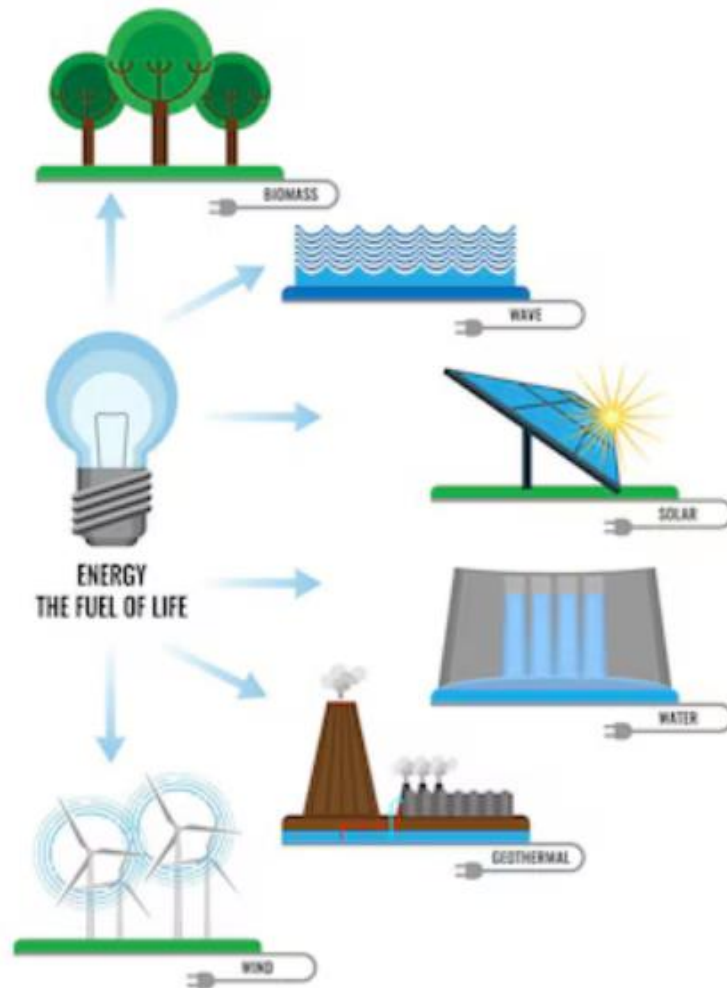
Produkcja biogazu rolniczego

Część 1

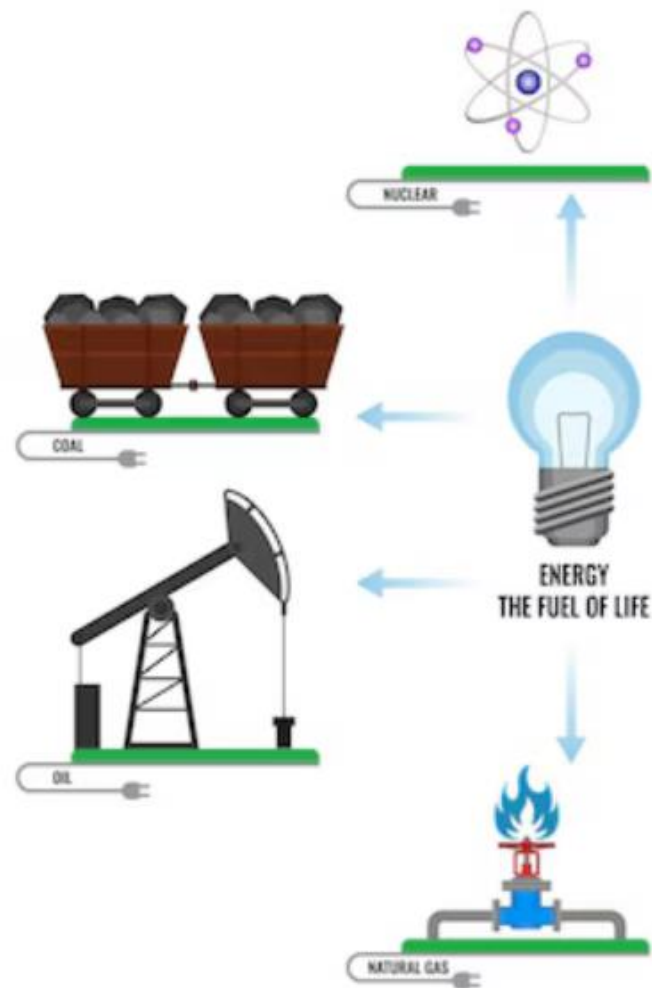
Energia odnawialna
Biomasa

ENERGY SOURCES

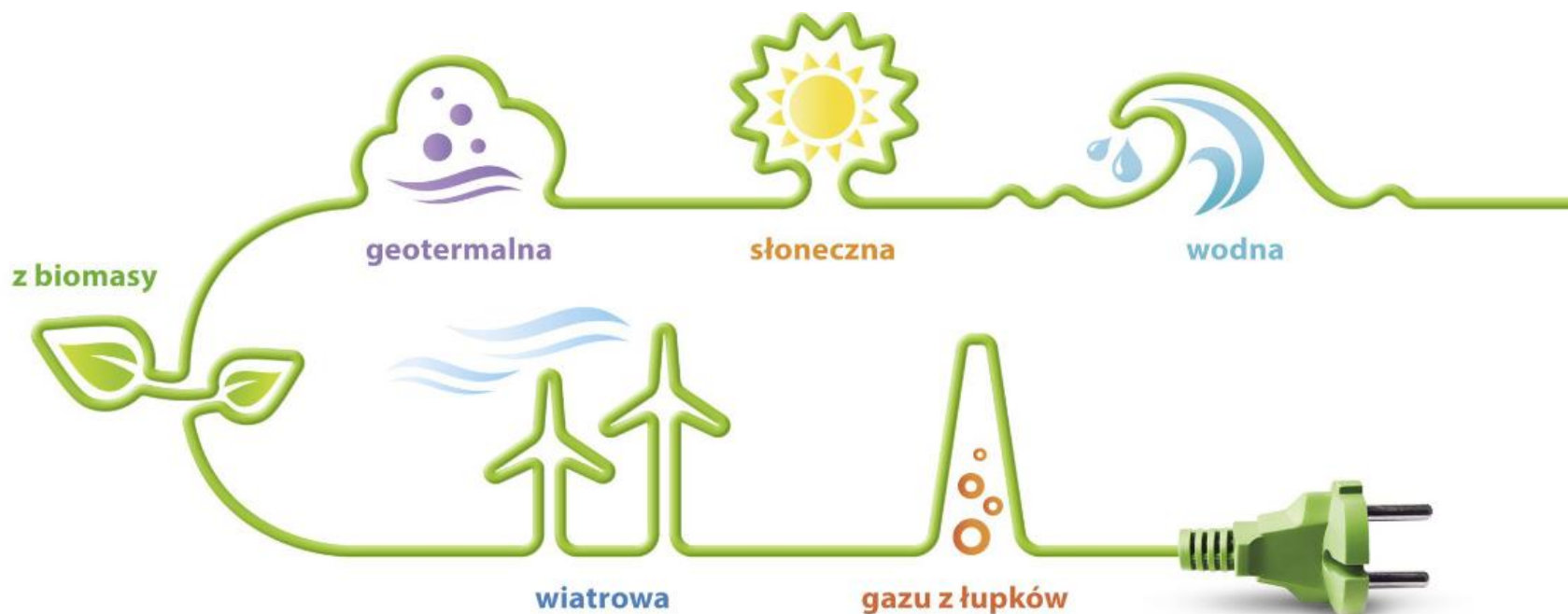
RENEWABLE ENERGY



NON-RENEWABLE ENERGY



Energia odnawialna



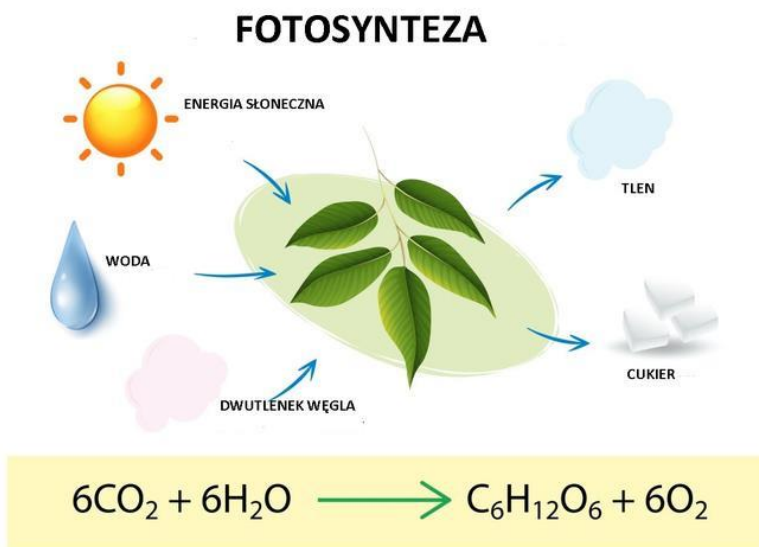
„Pewnego dnia zaprzęgniemy do pracy przyptywy i odpływy, uwięzimy promień słońca”

- Thomas Alva Edison (1847-1931)

Biomasa

Wszelka materia organiczna, tzn. substancje pochodzenia roślinnego i zwierzęcego ulegające biodegradacji (czyli naturalnemu rozkładowi).

Jako surowiec energetyczny wykorzystywana jest głównie biomasa pochodzenia roślinnego, powstała w procesie fotosyntezy.



W procesie fotosyntezy woda i składniki mineralne z gleby oraz ditlenek węgla są zamieniane na biomasę pod wpływem światła słonecznego.

Biomasa

Dlaczego biomasa jest odnawialnym źródłem energii?

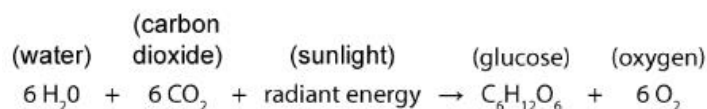
Dlatego, że wszelkie jej **zasoby są całkowicie naturalne, niewyczerpywalne oraz odtworzalne.**

Biomasa stanowi trzecie co do wielkości na świecie naturalne źródło energii.

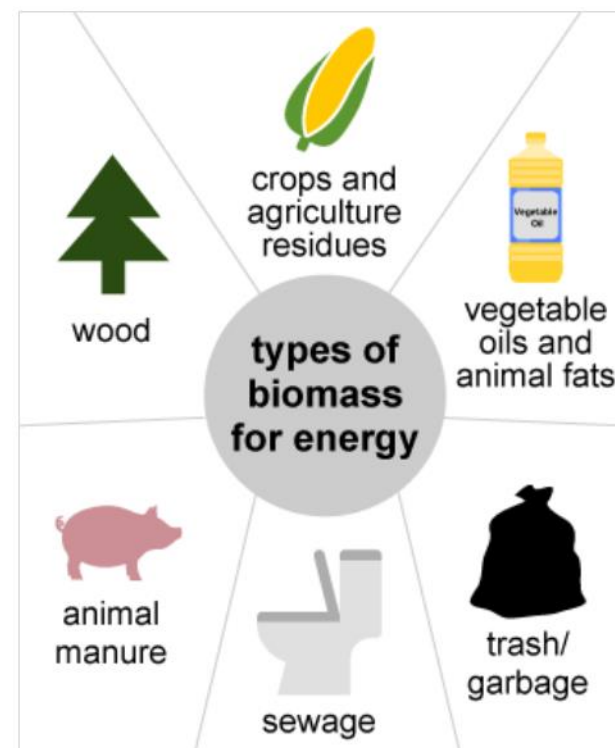
Photosynthesis



In the process of photosynthesis, plants convert radiant energy from the sun into chemical energy in the form of glucose—or sugar.



<https://www.eia.gov/kids/energy-sources/biomass/>



Energia z biomasy

W wyniku **spalania biomasy** uzyskuje się ciepło, które z kolei można przetworzyć na inny rodzaj energii, na przykład energię elektryczną, ciepłą lub mechaniczną.

Biomasa jest przekształcana na energię poprzez takie procesy jak:

- Bezpośrednie **spalanie** w celu wytworzenia ciepła,
- Konwersję **termiczną** do produkcji paliw stałych ciekłych i gazowych (np. piroliza – sucha destylacja lub zgazowanie) – w wysokich temperaturach w zbiornikach ciśnieniowych,
- Konwersję **chemiczną** w celu produkcji paliw płynnych (bioetanolu, biodiesla), fermentacja alkoholowa
- Konwersję **biologiczną** do produkcji paliw gazowych (fermentacja metanowa).

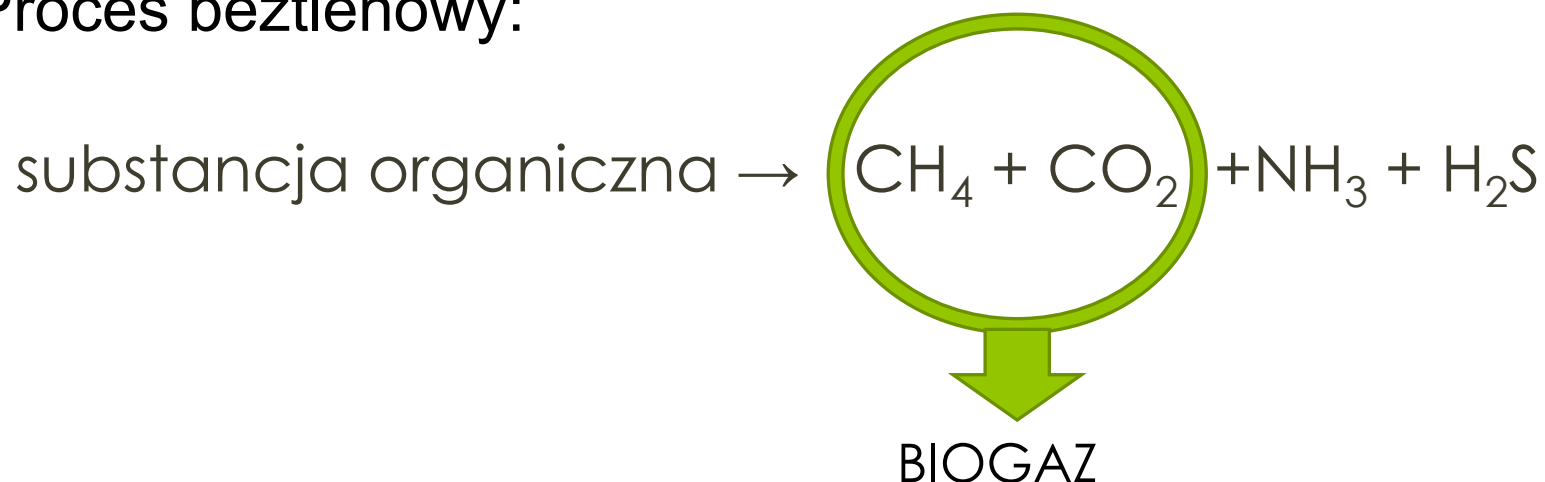
Biodegradacja

Biodegradacja - (z greki bios – życie, z łaciny degradatio – obniżenie) - **biochemiczny rozkład związków organicznych** przez organizmy żywe (pierwotniaki, bakterie, glony, grzyby itp.) na prostsze składniki chemiczne.

Może zachodzić w warunkach:

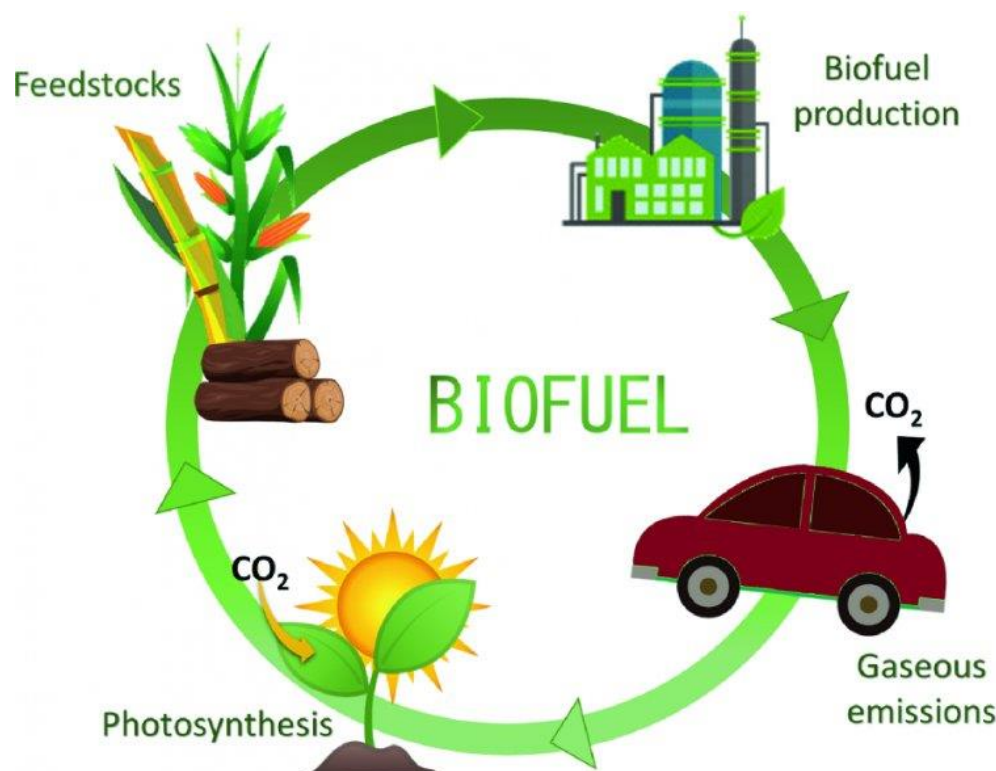
- tlenowych,
- beztlenowych.

Proces beztlenowy:



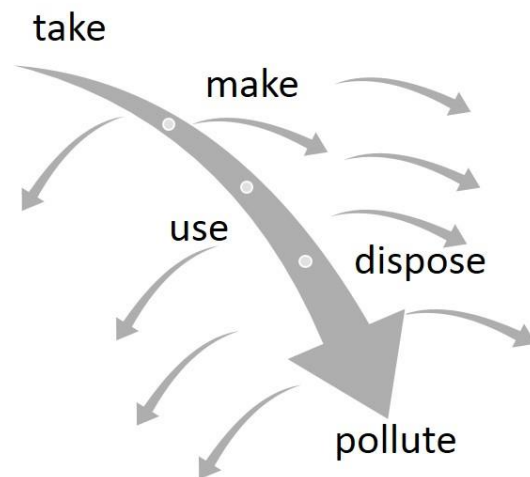
BIOGAZ

Biogaz jest uważany za **odnawialne źródło energii**, ponieważ obieg węgla w cyklu produkcji jego surowców i zużycia jest zamknięty i nie wiąże się z emisją netto dwutlenku węgla.

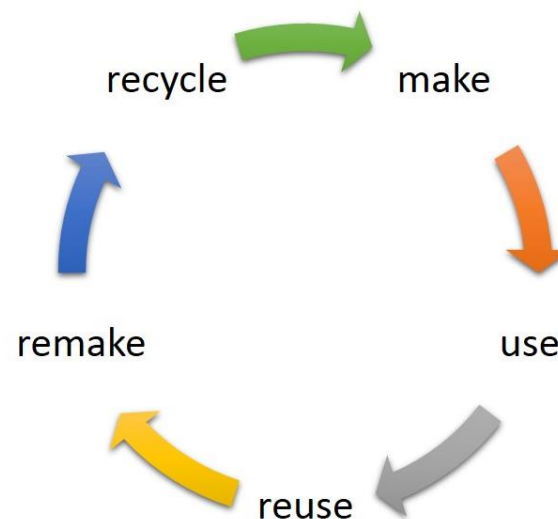


Zerowa emisja
CO₂ netto do
atmosfery -
**alternatywa dla
paliw
kopalnych** –
szansa na
redukcję
zanieczyszczeń
powietrza.

Linearny model
gospodarki „weź,
wytwórz, wyrzuć”.



Gospodarka o obiegu
zamkniętym – odpady są
„wyprojektowane”.



Recyklingowa funkcja biogazowni – bezpieczne i pożyteczne
zagospodarowanie bioodpadów (ograniczenie liczby składowanych
odpadów).

BIOGAZ

Termin „BIOGAZ” informuje, że mamy do czynienia z gazem, który powstał **z biomasy** w procesie fermentacji metanowej, a nie został wytworzony metodami chemicznymi czy termicznymi.

Instalacja do produkcji biogazu jest miejscem produkcji „**zielonej energii**”, ponieważ biogaz powstaje z rozkładu materii organicznej pochodzącej z odnawialnych źródeł energii.

BIOGAZ

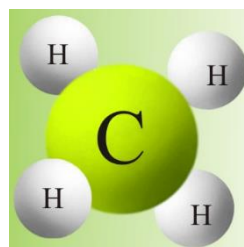
Mieszanina gazów będąca produktem beztlenowego rozkładu materii organicznej.

Skład biogazu:

- Metan CH_4 ,
- Dwutlenek węgla CO_2 ,
- Niewielkie ilości: siarkowodoru, wodoru, wody, tlenku węgla.

Biogaz wytwarzany jest w procesie fermentacji metanowej przez mikroorganizmy anaerobowe,

Biogaz może posłużyć do wytwarzania zarówno **energii elektrycznej** jak i **ciepła**. Po wysokotechnologicznych procesach oczyszczania może zostać wprowadzony do sieci gazu ziemnego jako **biometan** lub stanowić paliwo **CNG** w transporcie pojazdów.



<https://www.shutterstock.com/>

Zawartość składników w biogazie

Składnik	Zawartość
metan (CH_4)	50-75 %
dwutlenek węgla (CO_2)	25-45 %
siarkowodór (H_2S)	20-20 000 ppm
wodór (H_2)	< 1 %
tlenek węgla (CO)	0-2,1 %
azot (N_2)	< 2 %
tlen (O_2)	< 2 %
inne	śladowe ilości

Biogaz wśród innych OZE

- Turbiny wiatrowe osiągają sprawność na poziomie 30–45%, a sprawność paneli fotowoltaicznych (PV) wynosi zazwyczaj ok. 16–22%
- **Biogazownie:** To najbardziej stabilne źródło OZE (praca ciągła), działające niezależnie od warunków atmosferycznych.
- W procesie kogeneracji (CHP) całkowita sprawność wykorzystania energii pierwotnej przekracza 80%.
- Dzięki temu zajmują jedną z najwyższych pozycji wśród odnawialnych źródeł energii w kategorii stabilności i przewidywalności pozyskiwania energii, a także możliwości magazynowania energii.

Porównanie wartości opałowej biogazu z innymi nośnikami energii

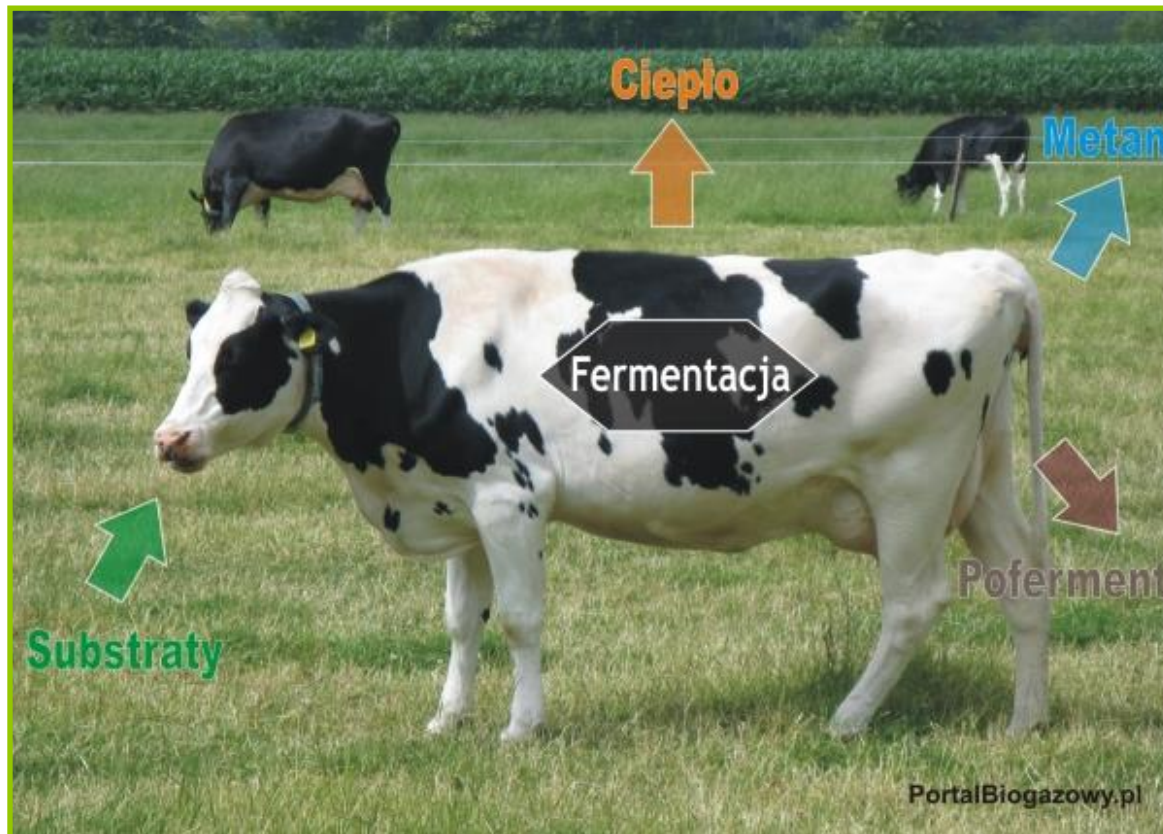
Rodzaj paliwa	Wartość opałowa	Przelicznik stosunku do 1 m ³ biogazu o wartości opałowej 26 MJ /m ³
Biogaz	20 – 26 MJ /m ³	1 m ³
Gaz ziemny	33,5 MJ /m ³	0,77 m ³
Olej napędowy	41,9 MJ /l	0,62 m ³
Węgiel kamienny	32,4 MJ /kg	1,1 kg
Biopaliwo z rzepaku	36,5 MJ /kg	0,70 kg
Etanol	29,6 MJ /kg	0,85 kg
Drewno opałowe	13,38* MJ /kg	2 kg

Część 2

Jak działa biogazownia

Typy biogazowni

Biogazownia

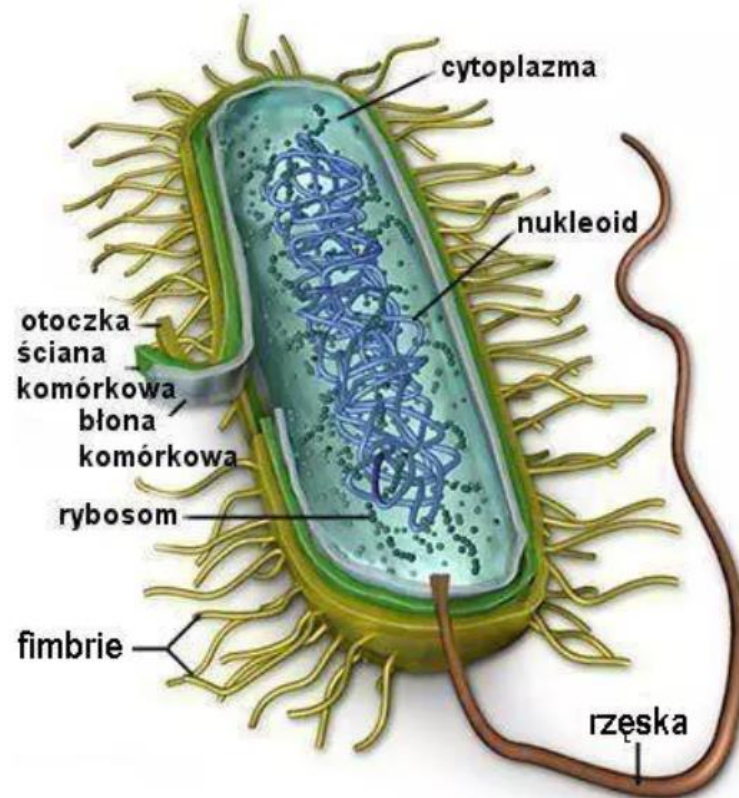


Fermentacja metanowa to naturalny proces, który można porównać do procesów zachodzących na przykład w żołądku krowy. Z tego powodu biogazownie nazywane często „**betonowymi krowami**”.

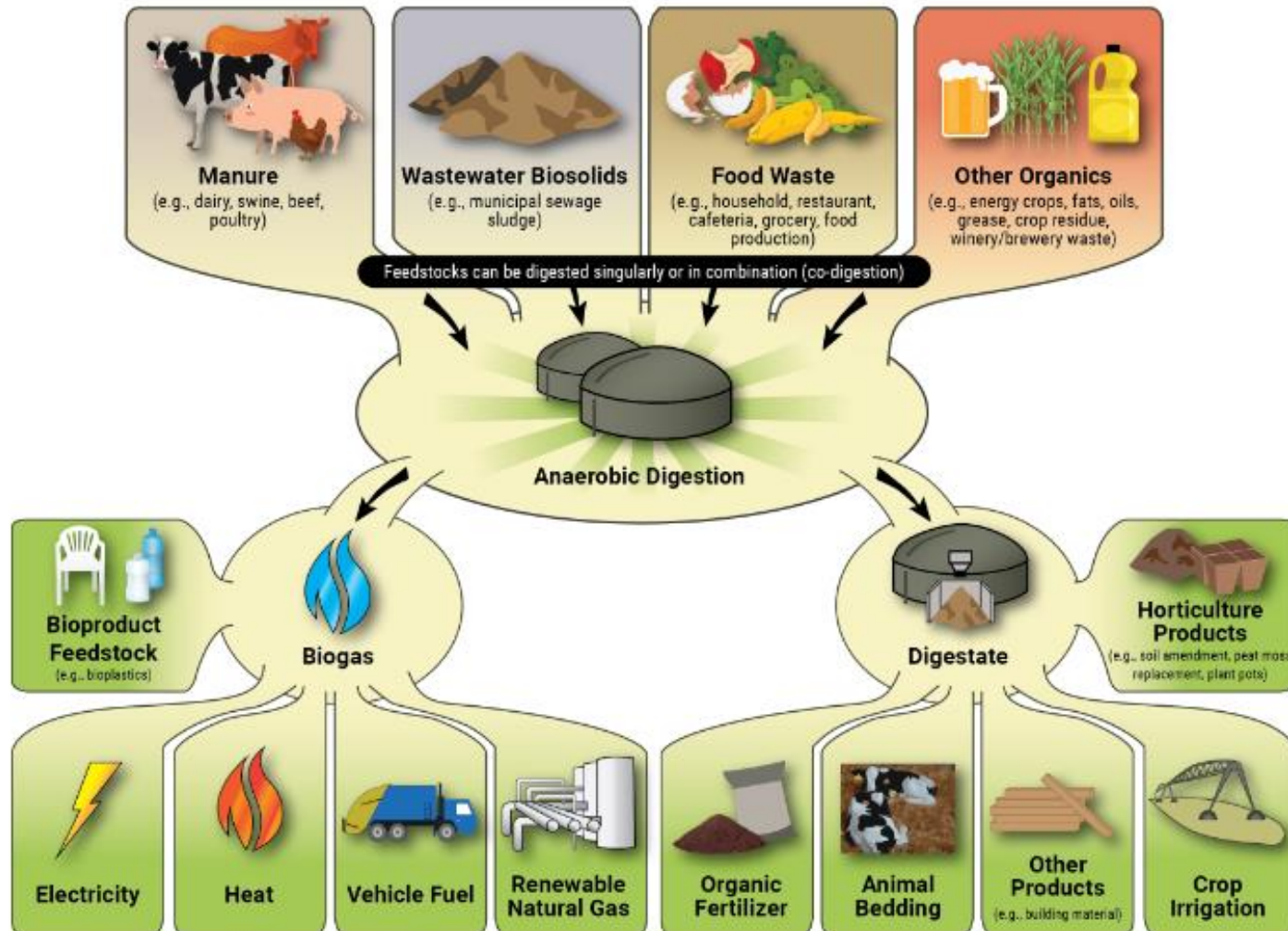
Biogazownia

Biogazownia to „**ferma bakterii**”, dlatego aby uzyskać wysoką wydajność biogazu – należy stworzyć dla nich jak najlepsze warunki do procesu beztlenowej fermentacji.

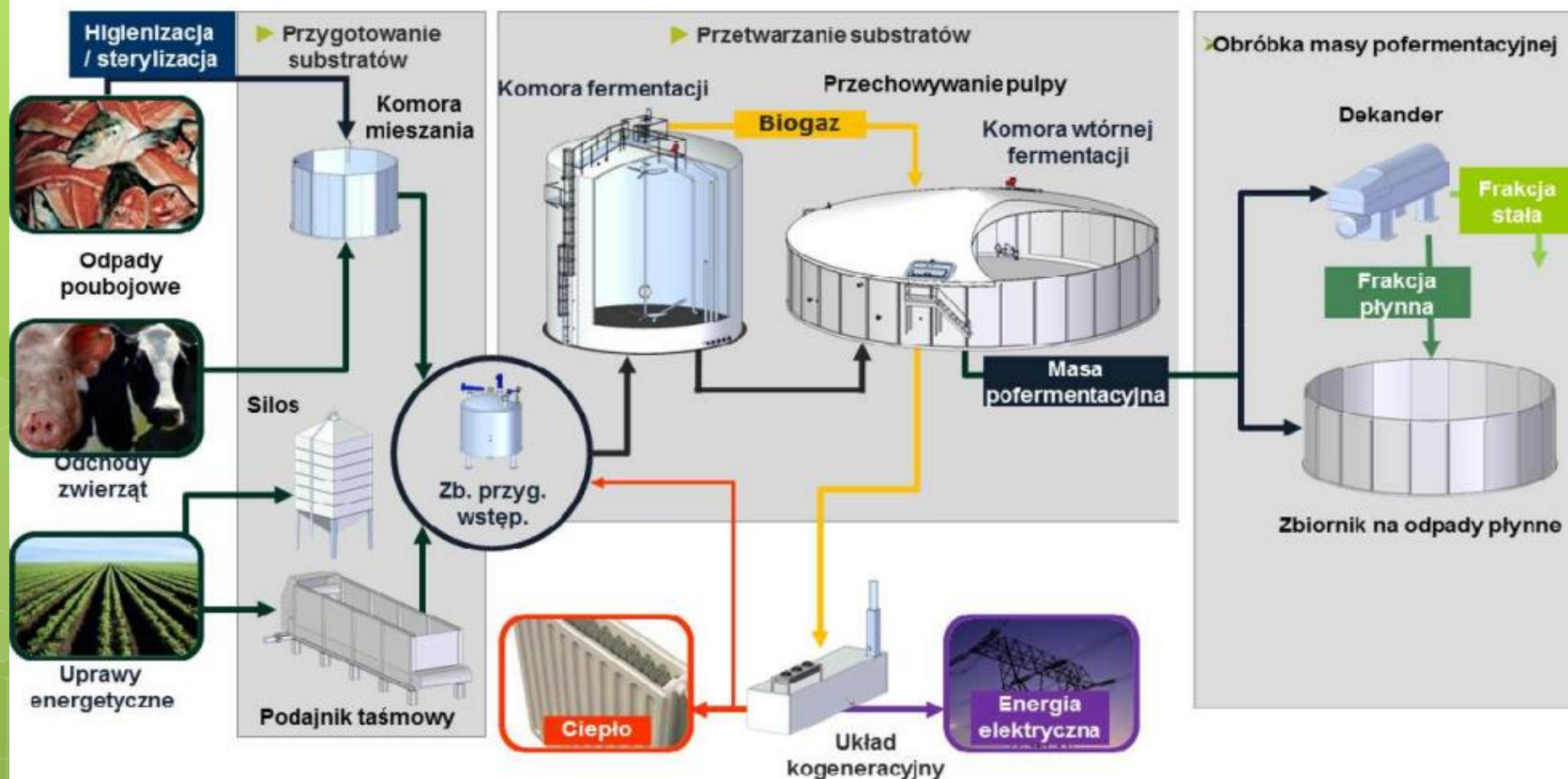
Wiąże się to z zapewnieniem odpowiedniej **temperatury, pH i wilgotności** biomasy oraz sposobu **mieszania** fermentującej biomasy.



Fermentacja metanowa



Schemat biogazowni rolniczej



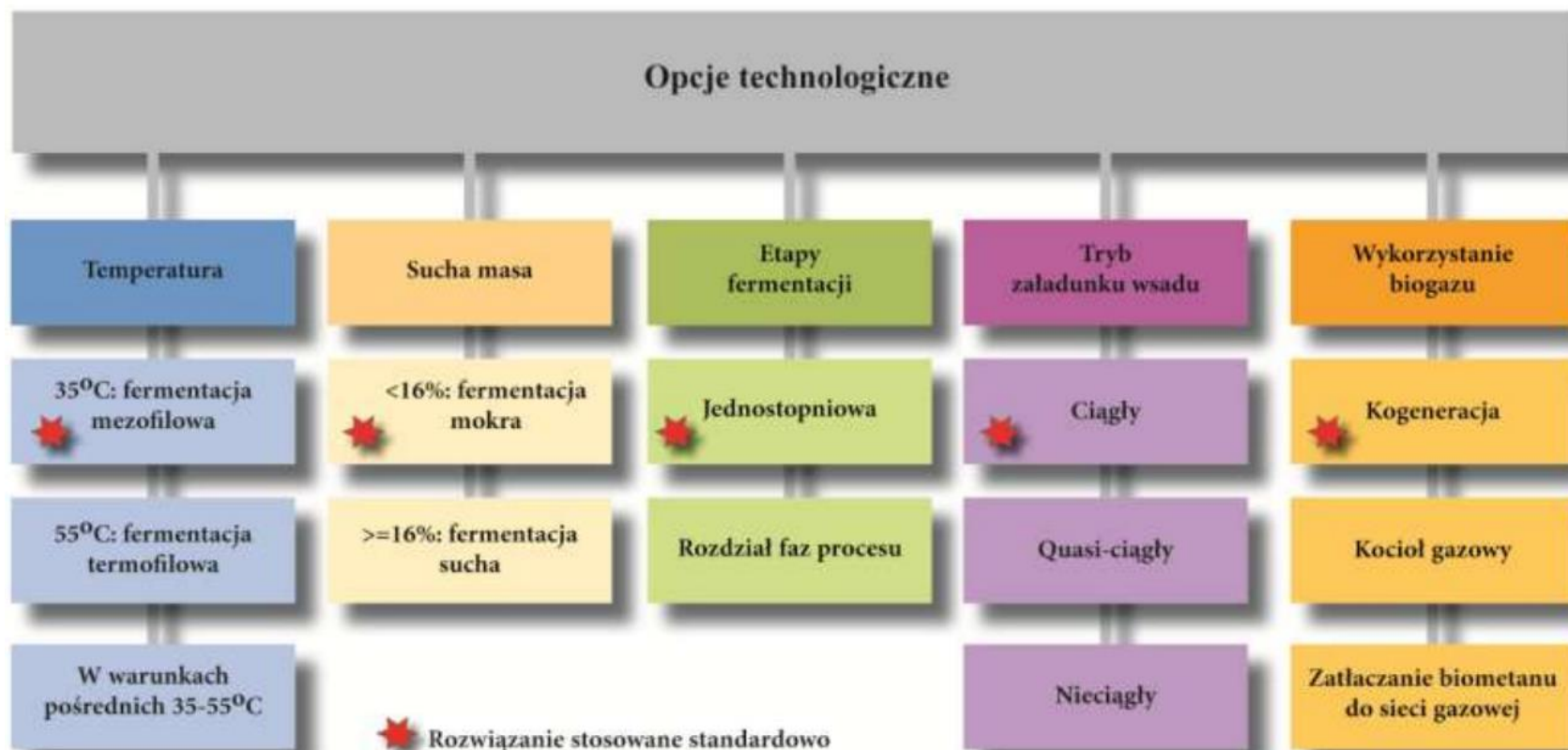
Podział biogazowni ze względu na wielkość instalacji:

- Mikrobiogazownie – małe instalacje, o łącznej mocy do 50kW, używane na potrzeby własne, np. gospodarstwa rolne,
- Małe biogazownie – instalacje o mocy od 50kW do 200kW, w większych gospodarstwach rolnych i przedsiębiorstwach przetwórstwa rolno-spożywczego,
- Biogazownie średniej wielkości – o mocy od 200 do 500 kW, duże gospodarstwa, małe gminy lub przedsiębiorstwa,
- Duże biogazownie przemysłowe – o mocy >500 kW

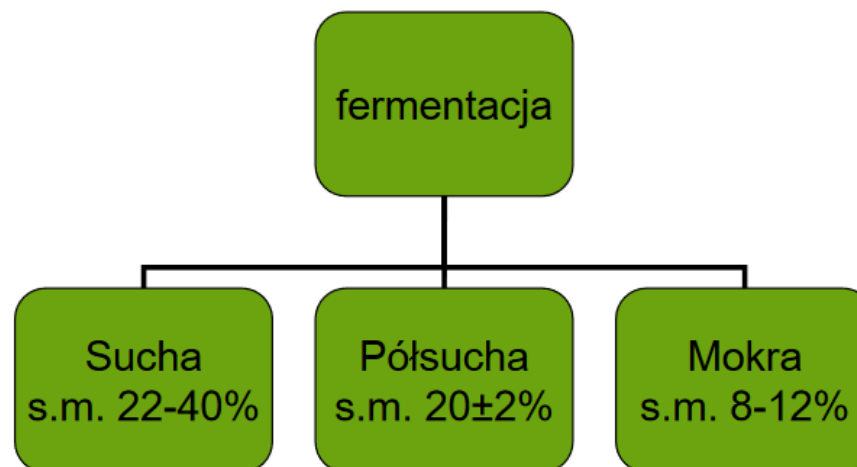
Opcje technologiczne biogazowni

Instalacje do produkcji biogazu rolniczego mogą się różnić pod względem:

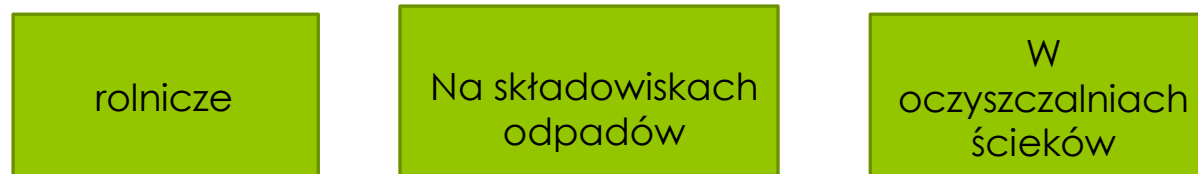
- ❑ rodzaju i właściwości stosowanych substratów,
- ❑ doboru elementów ciągu technologicznego,
- ❑ sposobu wykorzystania biogazu (ciepło, kogeneracja biometanu).



Podział biogazowni ze względu na wilgotność:



Podział biogazowni ze względu na lokalizację i podstawowe substraty:

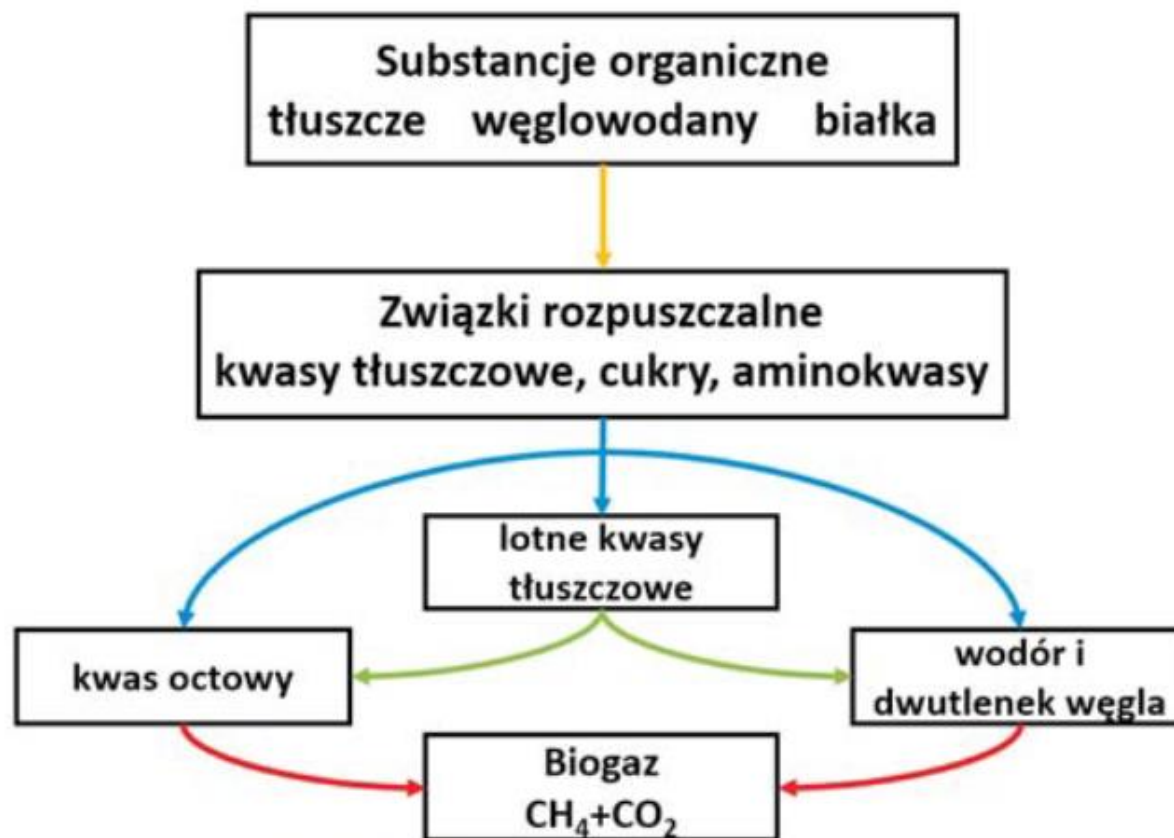


Część 3

Podstawy procesu fermentacji metanowej

Fermentacja metanowa

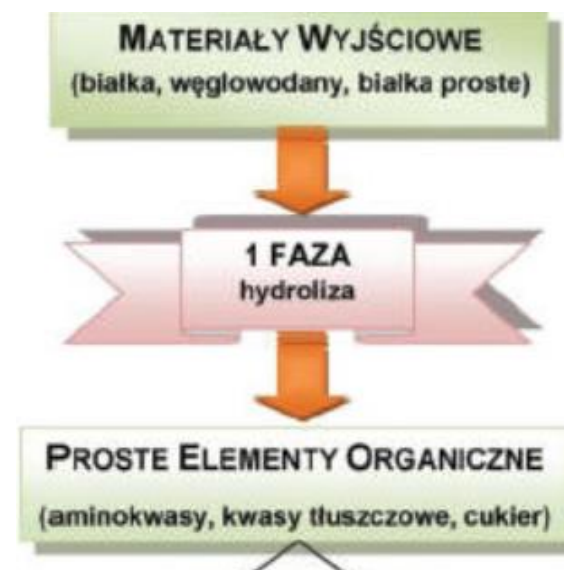
Kilkustopniowy proces biologiczny przebiegający w wyniku działania określonego środowiska bakteryjnego



Fazy procesu: hydroliza, kwasogeneza, octanogeneza, metanogeneza

Pierwsza faza: hydroliza

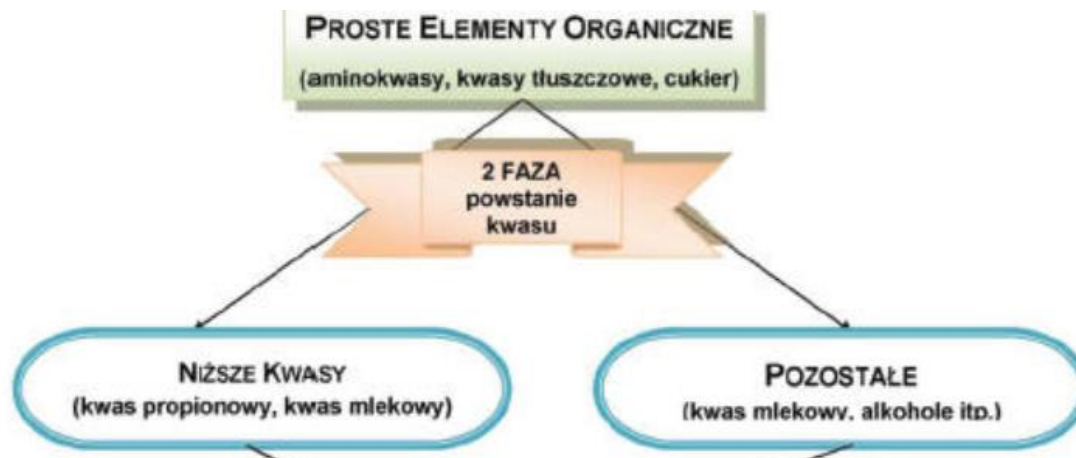
- W pierwszej fazie surowy materiał organiczny w postaci stałej (białka, węglowodany, tłuszcze) jest rozkładany na **rozpuszczalne małe cząsteczki** (aminokwasy, kwasy tłuszczowe, cukry proste),
- Ten pierwszy etap przebiega dzięki **bakteriom hydrolitycznym**, które uwalniają **enzymy** (np. celulazy, lipazy, proteazy),
- Etap zwany upłynnieniem hydrolitycznym – biomasa ulega przekształceniu w pulpową postać,
- Hydroliza trwa najdłużej ze wszystkich etapów,
- Szybkość hydrolizy zależy od składu substratu i stężenia biomasy drobnoustrojów.



<https://oze.gep.com.pl/fermentacja-metanowa/>

Druga faza: kwasogeneza

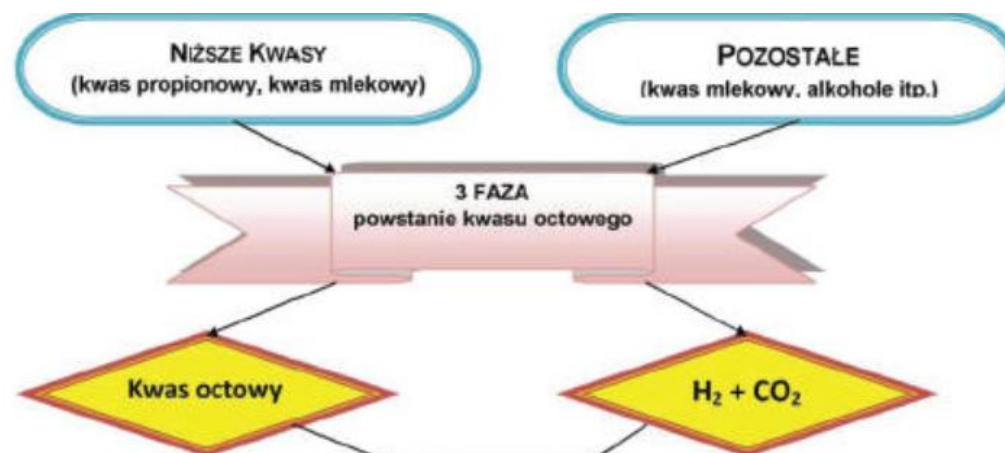
- W drugiej fazie kwasogenezy (acydogenezy) produkty pośrednie są rozkładane na **lotne kwasy tłuszczowe** (LKT kwas octowy, propionowy i masłowy) oraz na **dwutlenek węgla i wodór**, powstają też niewielkie ilości **kwasu mlekowego i alkohole (etanol)**,
- Ten etap przebiega dzięki **bakteriom kwasotwórczym**,
- Proces ten obniża pH (do 5,5-6,5).



<https://oze.gep.com.pl/fermentacja-metanowa/>

Trzecia faza: octanogeneza

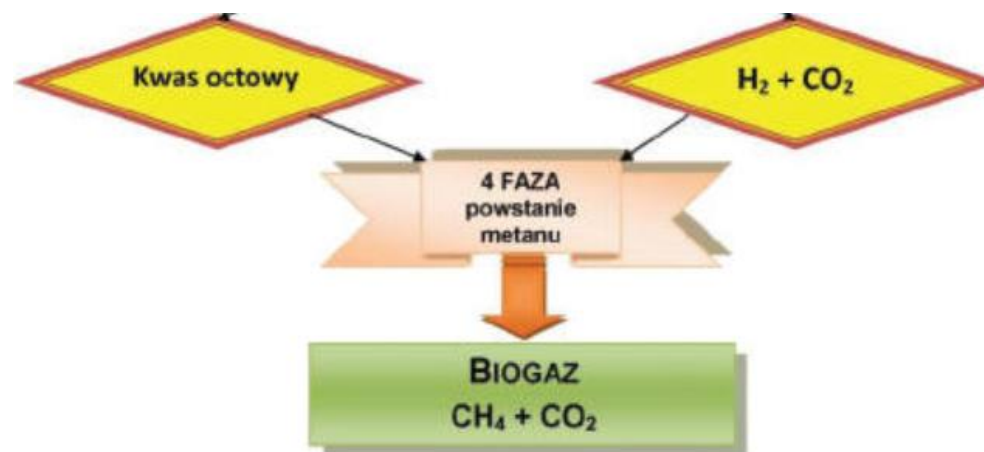
- W trzeciej fazie octanogezy (acetogenezy) następuje przemiana kwasów organicznych i alkoholi w **kwas octowy**, wydziela się przy tym wolny **wodór (H_2)** i **dwutlenek węgla (CO_2)**,
- Ten etap przebiega dzięki **bakteriom acetogennym**.



<https://oze.gep.com.pl/fermentacja-metanowa/>

Czwarta faza: metanogeneza

- W czwartej fazie metanogenezy następuje przekształcenie kwasu octowego, H_2 i CO_2 **w biogaz**,
- Ten etap przebiega dzięki dwóm typom **bakterii metanowych** (uważanych za najstarszy gatunek istniejący na Ziemi),
- Metanogeny są najbardziej wrażliwe na zmiany pH, temperatury i obecność toksyn.



<https://oze.gep.com.pl/fermentacja-metanowa/>

Czynniki wpływające na przebieg fermentacji

- Metanogeny,
- Temperatura,
- Odczyn (pH),
- Potencjał *redox*,
- Hydraulyczny czas retencji (HRT),
- Obciążenie komory fermentacyjnej substancją organiczną,
- Zawartość węgla i azotu wyrażona stosunkiem C:N,
- Wodnistość, rozdrobnienie, wymieszanie masy (jednorodność),
- Stymulatory i inhibitory,
- Preparaty mikrobiologiczne i enzymatyczne,

Optymalne warunki środowiskowe mają ogromny wpływ na przebieg poszczególnych etapów fermentacji metanowej oraz decydują o ilości pozyskiwanego biogazu oraz zawartości w nim metanu.

Czynniki wpływające na przebieg fermentacji

Temperatura

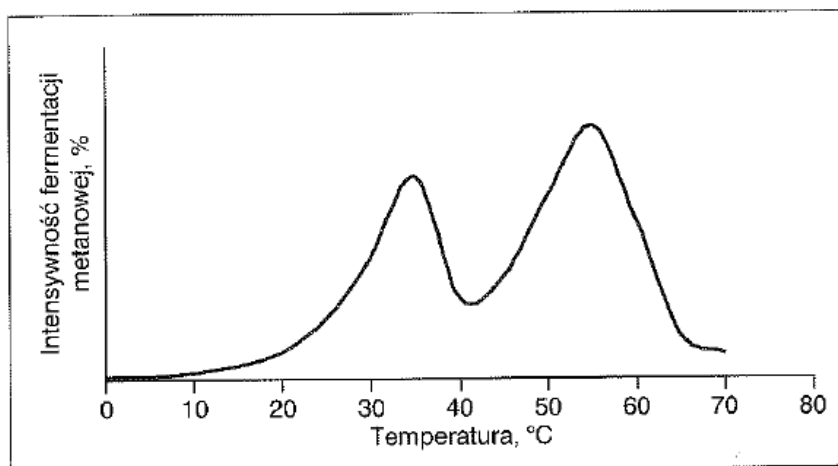
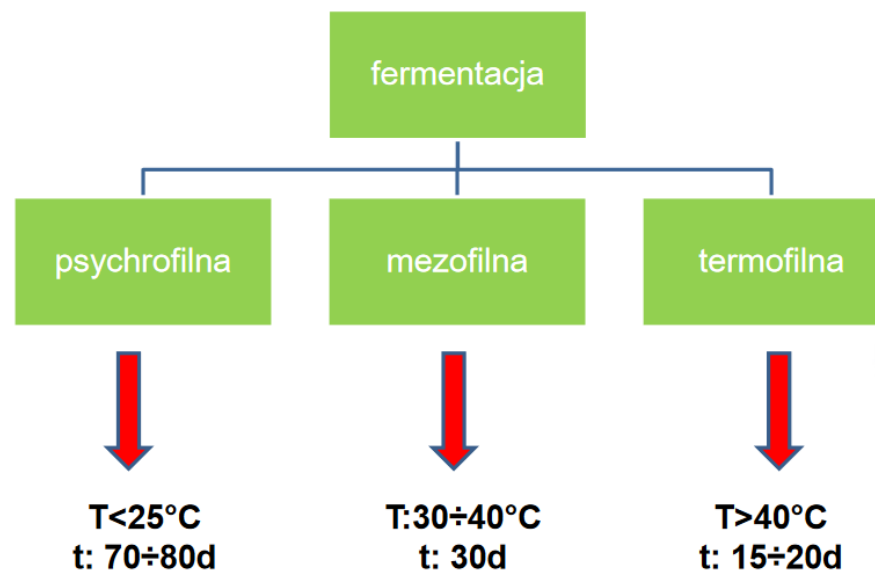
Bakterie fermentacji metanowej w zależności od temperatury ich wzrostu można podzielić na:

- **Psychrofilne** 4-30°C,
- **Mezofilne** 31-40°C,
- **Termofilne** 41-60°C,

Fermentacja może być prowadzona w szerokim zakresie temperatur, jednak wyróżnia się dwa zakresy największej intensywności: 30-37°C (bakterie mezofilne) i 52-55°C (bakterie termofilne),

- Termofilne warunki procesu pozwalają na jego skrócenie, jednak bakterie termofilne są bardzo czułe na zakłócenia,
- Fermentacja termofilna wymaga większych nakładów energii i dokładniejszego izolowania komór,
- Większość instalacji pracuje w warunkach fermentacji mezofilnej.

Podział biogazowni ze względu na temperaturę:



Wpływ temperatury
na wydajność
procesu fermentacji

Czynniki wpływające na przebieg fermentacji

Odczyn

- Bakterie beztlenowe wymagają odczynu o wartości pH 6,8-7,2,
- Na odporność na zmiany pH wpływa tzw. **pojemność buforowa** – koncentracja jonu wodorowęglanowego (HCO_3^-),
- Koncentracja wodorowęglanu w zakresie: 2,5-5,0 g/dm³ zapewnia potencjał buforujący, przy spadku poniżej 1,5 g/dm³ następuje szybkie zakwaszenie środowiska,
- Znajomość czynników wywołujących zmiany wartości pH jest niezbędna żeby kontrolować proces fermentacji,
- Jednym ze wskaźników oceny prawidłowego przebiegu fermentacji **jest stosunek kwasów lotnych do zasadowości**,
- Odchody zwierzęce mają zazwyczaj odczyn zasadowy,
- W przypadku szybkiego rozkładu substancji organicznych do niższych kwasów organicznych następuje obniżenie pH w układzie do 6,2-6,5. Aby temu przeciwdziałać dodaje się wapna, węglanu wapna, sody kaustycznej lub świeżej gnojowicy – wyliczoną ilość wprowadza się stopniowo, w małych dawkach, kontrolując odczyn.

Czynniki wpływające na przebieg fermentacji

Obciążenie komory

- Obciążenie ładunkiem materii organicznej ma zasadniczy wpływ na przebieg procesu fermentacji i ilość biogazu, przy zwiększaniu ładunku, zwiększa się produkcja biogazu, po przekroczeniu maksimum następuje przeciążenie układu.
- Obciążeniem określa się ilość masy substratu wprowadzonego do 1 m³ roboczej objętości komory fermentacyjnej,
- Optymalne obciążenie wynosi **5 kg s.m.o./m³** komory na dobę,
- Każda mieszanina substratów wymaga indywidualnego określenia obciążenia materią organiczną.

Czynniki wpływające na przebieg fermentacji

Czas retencji

- Okres przetrzymania substratów w komorze fermentacyjnej zależy od temperatury oraz składu substratów,
- W warunkach mezofilnych proces trwa od 12 do 36 dni, w termofilnych 12-14 dni,
- Najdłuższy czas retencji jest wymagany w przypadku podwyższonej zawartości celulozy, hemicelulozy, krótszy dla białek i tłuszczu, najkrótszy dla cukrów.

Czynniki wpływające na przebieg fermentacji

Rozdrobnienie

- Substrat wprowadzony do komory fermentacji w pierwszej kolejności podlega działaniu enzymów hydrolitycznych wydzielanych przez bakterie,
- Szybkość reakcji zależy od powierzchni substratu, na którą oddziałują enzymy – substrat rozdrobniony ma zwiększoną powierzchnię kontaktu,
- Nierozdrobnione substraty (np. słoma, siano, trawa) są przyczyną trudności w mieszaniu, owijają mieszadła, zatykają przewody, a także powodują powstawanie tzw. kożucha, utrudniającego wydobywanie się pęcherzyków gazu, zaleca się rozdrobnienie na sieczkę 30-35 mm,
- Ziarno zbóż i inne nasiona wymagają zgniecenia.

Czynniki wpływające na przebieg fermentacji

Mieszanie

Mieszanie zapewnia:

- jednorodny przebieg procesów w całej objętości komory, zwiększa dostęp bakterii do cząstek substancji organicznej,
- utrzymuje jednorodną konsystencję i temperaturę substratu,
- zapobiega tworzeniu się kożucha na górze,
- umożliwia łatwiejsze odgazowanie,

Techniki mieszania:

- mieszanie **mechaniczne**, za pomocą mieszadeł śrubowych lub wirnikowych,
- Mieszanie **przez recyrkulację** – przetłoczenie zawartości komory z dolnej części ku górze lub odwrotnie,
- Mieszanie **hydrauliczne** – polega na zastosowaniu strumienicy, w górnej części pionowej rury, zawartość komory jest pobierana z dolnej części do góry,
- Mieszanie **sprężonym gazem** – wprowadzanie wcześniej uzyskanego biogazu, który przechodząc przez objętość komory miesza jej zawartość.

Czynniki wpływające na przebieg fermentacji

Inhibitory

Inhibitory to związki chemiczne lub substancje, które działają hamująco na fermentację,

Mogą być dostarczane z substratem lub powstawać w procesie fermentacji, te dostarczane to:

- Preparaty bakteriobójcze, herbicydy, insektycydy, środki powierzchniowo-czynne, jony metali ciężkich,
- Tlen – toksyczny dla metanogenów,
- Clostridium (bakterie kwasu masłowego)- występują w kiszonkach złej jakości, tworzą kwas masłowy z węglowodanów, a z białek – aminy i amoniak,
- Grzyby pleśniowe – wytwarzają toksyny, które działają antybakteryjnie, spleśniałą kiszonką przyczynia się również do powstawania piany.

Czynniki wpływające na przebieg fermentacji

Inhibitory c.d.

Inhibitory powstające w procesie fermentacji:

➤ **Lotne kwasy tłuszczowe (LKT)**

- ❑ wyższe stężenia ponad dopuszczalny zakres: 100-150 mg/dm³ powodują obniżenie wartości pH,
- ❑ Formy niezdysocjowane kwasów wykazują działanie toksyczne,
- ❑ długołańcuchowe kwasy tłuszczowe np. oleinowy, stearynowy są toksyczne dla bakterii beztlenowych,

➤ **Amoniak** – w substracie należy zapewnić właściwy iloraz C:N (odpowiednią ilość białka),

- ❑ Amoniak jest 20-krotnie bardziej toksyczny niż jon amonowy,
- ❑ Zachowanie równowagi między zawartością jonów amonowych i amoniakiem zależy od pH,
- ❑ Przy pH 7 dominuje forma jonowa, 1% azotu w postaci amoniaku, przy pH 8 – 5% azotu występuje w postaci amoniaku,
- ❑ Przy stężeniu 80-100 mg/dm³ wolnego amoniaku rozwój metanogenów ulega zahamowaniu, przy przekroczeniu 150 mg/dm³ metanogeny są niszczone.

➤ **Siarkowodór** – wpływ na fermentację zależy od jego zawartości w biogazie, przy 1-2% już zakłócenie procesu.

Czynniki wpływające na przebieg fermentacji

Stymulatory

Preparaty mikrobiologiczne – inokulanty – stosowane liofilizowane bakterie, które wprowadzane do substratu ukierunkowują proces fermentacji, eliminując bakterie niepożądane,

- Mogą być dodawane do produkcji kiszonek lub bezpośrednio do komory fermentacyjnej,
- Zwiększają wydajność biogazu nawet o 20-40%,

Preparaty enzymatyczne – wspierają hydrolizę celulozy i hemicelulozy, zwiększają wydajność metanu.

Część 4

Substraty do biogazowni

Substraty dla biogazowni rolniczych

- Ilość wytworzonego biogazu oraz jego skład zależy od zastosowanego substratu oraz zawartości w nim składników: białka, tłuszczy oraz węglowodanów,
- Bakterie metanowe są bardzo wrażliwe na zmianę substratu, ponieważ każda zmiana zawartości składników wsadu osłabia proces fermentacji,
- Okres adaptacji do nowego substratu trwa około 2 tygodni,
- W procesie fermentacji metanowej tylko około 7% energii zawartej w rozkładanych surowcach wykorzystują bakterie na własne potrzeby, natomiast 90% energii surowca znajdzie się w biogazie.

Substraty dla biogazowni rolniczych

- Monosubstraty – substancje, które mają zdolność samoczynnej fermentacji, tj. zawierają odpowiedni bilans składników pokarmowych oraz bakterii metanogennych, np. gnojowica bydlą, osad ściekowy,
- Kosubstraty – materiały dodawane do fermentacji w celu zwiększenia wydajności procesu i zbilansowania obciążenia substancją organiczną, poprawiają proporcję węgla do azotu we wsadzie, podnosząc efektywność procesu, a przez to opłacalność ekonomiczną.

Substraty dla biogazowni rolniczych

Odpady z chowu zwierząt:

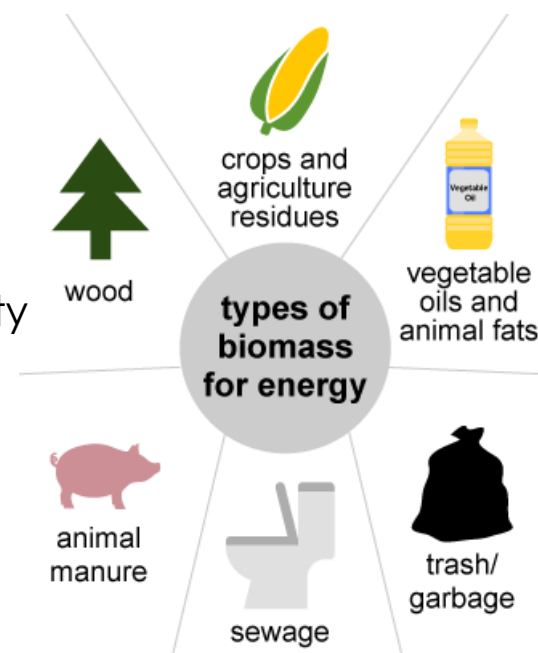
- obornik,
- gnojowica bydłęca,
- gnojowica świńska,

Odpady i produkty uboczne z przetwórstwa rolno-spożywczego:

- wywar zbożowy,
- młóto browarniane,
- produkty uboczne przemysłu olejarskiego i ziemniaczanego,
- serwatka,
- gliceryna surowa (produkcja biodiesla),
- odpady poubojowe z rzeźni.

Biomasa z upraw polowych i użytków zielonych:

- kukurydza,
- trawy, lucerna, koniczyna,
- całe rośliny zbożowe: zboża w czystym siewie, mieszanki zbożowe, mieszanki zbożowo-strączkowe,
- sorgo,
- rośliny okopowe (buraki cukrowe i pastewne),
- słonecznik, słonecznik bulwiasty (topinambur).



Gnojowica/odchody zwierząt

- Jest podstawową substancją wyjściową w technologii produkcji biogazu,
- Gnojowica to płynna, przefermentowana mieszanina odchodów zwierząt gospodarskich i wody, ewentualnie z domieszką niewykorzystanych pasz, pochodząca z obór bezściółkowych,
- Ilość gnojowicy zależy od technologii utrzymania zwierząt, sposobu mycia stanowisk, techniki zgarniania gnojowicy ze stanowisk itp.,
- Produkcja metanu z gnojowicy zależy od rodzaju stosowanej paszy.

Gnojowica/odchody zwierząt

- Gnojowica świńska charakteryzuje się wyższą zawartością azotu, białka i tłuszczu niż bydlęca. Natomiast gnojowica bydlęca ma większy udział nierozkładalnych węglowodanów i ligniny.

Tabela. Wydajność biogazu z odchodów zwierząt

Substrat	Zawartość suchej masy [%]	Zawartość suchej masy organicznej (s.m.o.) [% s.m.]	Teoretyczna wydajność biogazu		
			z 1 kg s.m.o. [dm ³]	z 1 kg świeżej masy [dm ³]	udział metanu [%]
Gnojowica krów	8-11	75-82	200-500	20-30	50-55
Gnojowica cieląt	10-13	80-84	220-560	20-25	50-57
Gnojowica świń	4-7	75-87	300-700	20-35	50-70
Gnojowica owcza	12-16	80-85	180-320	18-30	50-56
Obornik krów	20-26	68-78	210-300	40-55	55-60
Obornik świń	20-25	75-80	270-450	55-65	55-60
Obornik koński	20-40	65-95	280-350	50-60	55-65
Pomiot kurzy świeży	30-32	63-80	250-450	70-90	57-70

Gnojowica/odchody zwierząt

- Obornik – czyli odchody z hodowli bydła, drobiu oraz innych zwierząt wraz ze ściółką z obór ściółkowych, wymaga obróbki wstępnej w postaci rozdrobnienia słomy (przez co uzyskuje się wzrost stężenia biogazu nawet o 20%),
- Odchody zwierzęce stanowią zagrożenie sanitarne – konieczna jest higienizacja,
- Charakteryzują się niskim stosunkiem węgla organicznego do azotu C/N (podczas fermentacji samej gnojowicy/odchodów stężenie amoniaku może osiągnąć poziom toksyczny dla metanogenów).

Gnojowica/odchody zwierząt

W celu zapewnienia odpowiedniej proporcji C/N zaleca się współfermentację z biomasą roślinną (kiszonki, zielonki):

- Zwiększa dostępność różnego rodzaju substancji odżywczych (odchody zawierają wiele składników mineralnych, mikroelementów, enzymów, witamin),
- Zwiększa zdolność buforującą układu (duże stężenie jonów amonowych oraz sodu, potasu, wapnia i magnezu ułatwia utrzymania odczynu w komorze fermentacyjnej na optymalnym, lekko alkalicznym poziomie),
- Gnojowica stanowi źródło wody procesowej, umożliwiając rozcieńczenie bez konieczności używania wody świeżej,
- Udział odchodów płynnych z powodu wzrostu stężenia pierwiastków nawozowych wpływa na jakość odpadów pofermentacyjnych.

Uprawy polowe jako substraty do biogazowni

- ❑ kukurydza, sorgo,
- ❑ całe rośliny zbożowe: zboża w czystym siewie, mieszanki zbożowe, mieszanki zbożowo-strączkowe,
- ❑ słonecznik, topinambur (słonecznik bulwiasty),
- ❑ trawy, lucerna, koniczyna,
- ❑ rośliny okopowe (buraki cukrowe i pastewne),
- ❑ zielonki z trawników miejskich, pól golfowych, stadionów, lotnisk,
- ❑ potencjalnie: rzęsa wodna i glony.

Zielonka i kiszonki

- ❑ Podstawowym kryterium doboru roślin do produkcji biogazu jest:
 - wydajność suchej masy z jednostki powierzchni,
 - zawartość aktywnie fermentujących składników,
 - łatwość magazynowania po zbiorze świeżej masy lub możliwość szybkiego zakonserwowania przez zakiszenie,
 - odległość transportu,
- ❑ Konserwacja przez suszenie, czyli produkcja siana nie jest zalecana,

Zielonka i kiszonki

- ❑ Skład chemiczny zielonki w okresie wegetacyjnym ulega wahaniom, dlatego dostarczana każdego dnia zielonka jest substratem o innych cechach, co wpływa na ilość i skład pozyskiwanego biogazu,
- ❑ W celu uzyskania stabilnych parametrów fermentacji należy zapewnić stabilny wsad surowcowy do komory fermentacyjnej – można to osiągnąć przez zakiszanie zielonki zebranej w optymalnej fazie wegetacji,
- ❑ W procesie zakiszania zielonek, bakterie kwasu mlekowego w warunkach beztlenowych, przy odpowiedniej zawartości cukru, wytwarzają głównie **kwas mlekowy**, który jest czynnikiem konserwującym. Oprócz kwasu mlekowego powstaje **kwas octowy i inne lotne kwasy tłuszczowe oraz alkohole i kwas masłowy**.

Kiszonki

- ❑ Jakość wyprodukowanych kiszzonek ma zasadniczy wpływ na ilość uzyskiwanego metanu,
- ❑ Technologia produkcji jest analogiczna jak w przypadku produkcji pasz dla bydła, zalecana jest tylko krótsza długość siewki: 4-8 mm,
- ❑ Celowe jest dodawanie preparatów stymulujących proces fermentacji mlekowej i poprawiających stabilność tlenową,
- ❑ Technologie sporządzenia kiszzonek:
 - ❑ owijanie folią w baloty i zakiszanie w rękawach (małe straty surowca, wyższe koszty),
 - ❑ w silosach (tańsza metoda, ale występuje ryzyko wysychania i psucia odkrytej kiszzonki oraz największa uciążliwość zapachowa).

Kukurydza

- ❑ Podstawowym kryterium doboru odmian jest plon suchej masy z jednostki powierzchni,
- ❑ Optymalny termin zbioru powinien nastąpić wtedy, gdy zawartość suchej masy wynosi 28-35% w całej roślinie (stadium tworzenia kolb i wypełniania ziarnem),
- ❑ Zależność produkcji biogazu a faza wegetacji roślin kukurydzy zbieranych na kiszonkę – z kukurydzy zebranej w dojrzałości woskowej ziarna uzyskuje się największą wydajność biogazu.

Sorgo

- ❑ Roślina, która dobrze znosi suszę i gorsze warunki glebowe,
- ❑ Wartość odżywcza zbliżona do kukurydzy,
- ❑ Dobrze się zakisza, można je zakiszać razem z kukurydzą,
- ❑ Należy zbierać w dojrzałości mleczno-woskowej ziarna, w tym samym okresie co kukurydzę.



Autorstwa Christian Fischer, CC BY-SA 3.0, <https://pl.wikipedia.org/wiki/Sorgo#>

Całe rośliny zbożowe (GPS)

- ❑ Zboża ozime (pszenica, żyto, pszenżyto) lub jare (jęczmień, owies) uprawiane w czystym siewie lub w mieszance z roślinami strączkowymi,
- ❑ Uzysk biogazu jest największy z zielonki zbieranej przed kłoszeniem (zielonki zawierają około 25% suchej masy, zawartość metanu w biogazie wynosi 56,2%),
- ❑ W następnych fazach wegetacji maleje uzysk biogazu i zawartość w nim biometanu,
- ❑ Zbiór w fazie dojrzałości młeczonej ziarna (początek lipca) – większy uzysk biogazu niż w dojrzałości woskowej ziaren – większa zawartość cukru i skrobi, które są dobrze fermentowane.

Ruń łąkowa i trawy z uprawy polowej

- ❑ Optymalny termin zbioru zielonki łąkowej z przeznaczeniem na kiszonkę przypada w fazie wykształcania wiech lub kłoszenia, przy zawartości suchej masy ok. 20%,
- ❑ Dobre efekty uzyskuje się zakiszając zielonkę wstępnie podsuszoną do zawartości suchej masy 30-40%,
- ❑ Długość sieczki powinna wynosić 4-8 mm,
- ❑ Warto stosować konserwanty ułatwiające proces fermentacji.

Odpady z przemysłu rolno-spożywczego

- ❑ Ich przydatność do wytwarzania biogazu zależy od zawartości w nich suchej masy i substancji organicznej,
- ❑ Odpady mogą mieć różny skład, konsystencję, wartość biogazową, nawet odpad o tej samej nazwie z dwóch różnych zakładów przemysłowych może się znacząco różnić,
- ❑ Mogą mieć istotny wpływ na efektywność ekonomiczną instalacji ze względu na niski koszt, a nawet można uzyskać dodatkowy dochód z ich utylizacji.

Odpady z przemysłu rolno-spożywczego

- ❑ Przetwórstwo mleka, ziemniaków, owoców i warzyw,
- ❑ Przemysł mięsny,
- ❑ Browarnictwo, gorzelnictwo,
- ❑ Produkcja pasz, żelatyny, klejów ze skór i kości zwierzęcych,
- ❑ Słodownie,
- ❑ Przetwórstwo rybne,
- ❑ Produkcja tłuszczów roślinnych i zwierzęcych,
- ❑ Cukrownie.

Młóto browarniane (odpad z produkcji piwa)

- ❑ Powstaje w browarach jako produkt uboczny,
- ❑ Pozostałość ziarna jęczmienia nierozłożonego podczas hydrolizy w procesie produkcji piwa,
- ❑ Zawiera 26-30% białka,
- ❑ Świeże ma postać gęstej pulpy i jest nietrwałe z powodu dużej zawartości wody (70-80%) oraz składników łatwo fermentujących,
- ❑ W postaci nieprzetworzonej może być przechowywane 2-3 dni (wykorzystanie zasadne w obiektach położonych blisko browarów).

Wysłodki buraczane (odpad z produkcji cukru)

- ❑ Produkt uboczny uzyskiwany z krajanki buraczanej po odzyskaniu z niej cukru i innych składników rozpuszczalnych w wodzie,
- ❑ Dobry substrat dla fermentacji ze względu na dużą ilość niewyługowanych węglowodanów i składniki mineralne,
- ❑ Mała trwałość ze względu na dużą zawartość wody (ok. 90%),
- ❑ Poddaje się prasowaniu (zwiększenie zawartości suchej masy do 20-25%), a następnie kiszeniu.

Serwatka

- ❑ Powstaje w procesie produkcji serów,
- ❑ Stanowi 89-90% mleka użytego do produkcji,
- ❑ Wyróżnia się serwatkę słodką (pH 5,9-6,3) – powstającą w produkcji serów twardych, półtwardych i miękkich, kwaśną (pH 4,3-4,6) – z produkcji twarogów, kazeinową (pH 4,6-4,7) – z produkcji kazeiny (składnik odżywek białkowych).
- ❑ Głównym składnikiem jest laktoza (ok. 4,5%) oraz białko, mieszanina soli mineralnych i kwasu mlekowego.

Produkty uboczne przemysłu olejarskiego

- ❑ Podczas przerobu nasion rzepaku, soi, słonecznika, arachidu, lnu, bawełny powstają makuchy, śruty poekstrakcyjne i odpady.
- ❑ Makuchy otrzymuje się przez tłoczenie nasion drobno zmielonych i podgrzanych za pomocą prasy hydraulicznej.
- ❑ Ekspelery powstają w wyniku ciągłego tłoczenia nasion rozdrobnionych i podgrzanych przy użyciu pras ślimakowych i wrzecionowatych.

Część 5

Dobór kosubstratów
Tworzenie efektywnych mieszanek

Kryterium podziału	Grupy substratów	Cechy
Ze względu na cechy funkcyjne	rozcieńczające	zawartość s.m. do 8%; funkcja – rozrzedzanie wsadu; przykłady: gnojowica, serwatka, wywar, woda technologiczna
	zagęszczające	zawartość s.m. powyżej 8%; funkcja – dociążenie substancją organiczną; przykłady: kiszonki, odpady z przemysłu spożywczego, wysłodki, słoma
	zwiększające wydajność	dobierane precyzyjnie ze względu na zawartość węglowodanów, tłuszczu, białka; funkcja – poprawa wydajności biogazu, redukcja inhibitorów
	stabilizujące proces	dodawane w małych ilościach substancje chemiczne; funkcja – stabilizacja parametrów biochemicznych wsadu; przykład - mikroelementy
Ze względu na cechy technologiczne	inokulujące	zawierają odpowiednie szczepy bakterii; funkcja – zaszczepianie wsadu; przykłady: treść żwaczy, gnojowica bydła i trzody, fermentujące osady ściekowe
	adhezyjne	duża zawartość celulozy, średnie rozdrobnienie, łatwość unoszenia się w objętości komory; funkcja: tworzenie aglomeratów
	łatwo fermentujące	wydajne, łatwe do kontrolowania; przykłady: kiszonki, odchody, odpady z przemysłu rolno-spożywczego
	trudno fermentujące i niebezpieczne	odpady z rzeźni, odchody drobiu, gliceryna itp.
Ze względu na źródło pochodzenia	z upraw celowych	tradycyjne rośliny rolnicze, dotychczas uprawiane na paszę lub spożycie, np. kiszonka z kukurydzy, żyta, ziarno zbóż, buraki cukrowe i pastewne itp.;
	pozostałości z rolnictwa	rośliny uprawiane jako biomasa na cele energetyczne, np. miskant, ślazier, topinambur
	odpady z przemysłu rolno-spożywczego	część roślin i materiały organiczne powstające w produkcji rolniczej i przetwórstwie, np. łęty ziemniaków, liście buraków, nawozy naturalne
	odpady utylizacyjne	odpady sklasyfikowane w Katalogu odpadów, powstające w zakładach przetwarzających produkty pochodzące z rolnictwa, np. wywary, wysłodki, wycierki, melasa
	substraty strategiczne	odpady pochodzące z zakładów przetwarzających produkty pochodzenia zwierzęcego i odpady komunalne
Ze względu na znaczenie	kosubstraty	substraty główne, stanowiące ok. 70% przewidzianej masy substratów, pochodzące z różnych źródeł, o najbardziej przewidywalnym i stabilnym charakterze
	substraty utylizacyjne	substraty dodatkowe, o różnych cechach funkcyjnych i różnym pochodzeniu, mogą ulegać zmianie; mogą pełnić rolę zagęszczającą i zwiększającą wydajność
	substraty utylizacyjne	nie są standardowo wykorzystywane w biogazowniach ale ich zastosowanie może przynieść znaczący efekt; wymagają często dodatkowej obróbki, znacznej wiedzy technologicznej i przestrzegania rygorów stosowania i postępowania z pozostałościami pofermentacyjną

Charakterystyka wybranych roślin oraz wybranych produktów ubocznych pod kątem uzysku biogazu

Podłoże	Zawartość suchej masy (%)	Zawartość suchej masy organicznej (%)	Uzysk biogazu (m ³ /t s.m.o.)	Zawartość metanu CH ₄ (% obj.)
Naturalne nawozy				
gnojowica bydła	8-11	75-82	200-500	60
gnojowica świń	ok. 7	75-86	300-700	60-70
obornik bydła	ok. 25	68-76	210-300	60
obornik świń	20-25	75-80	270-450	60
obornik kurzy	ok. 32	63-80	250-450	60
Rośliny				
kiszonka kukurydzy	20-35	85-95	450-700	50-55
żyto	30-35	92-98	550-680	ok. 55
kiszonki traw	25-50	70-95	550-620	54-55
Produkty uboczne pochodzące z przemysłu rolniczego				
wysłodziny browarniane	20-25	70-80	580-750	59-60
wywar zbożowy	6-8	83-88	430-700	58-65
wywar ziemniaczany	6-7	85-95	400-700	58-65
wytłoki owocowe	25-45	90-95	590-660	65-70
Inne substraty do biogazowni				
odpady sklepowe	5-20	80-90	400-600	60-65
treść żołądkowa	12-15	75-86	250-450	60-70
Trawy				
skoszona trawa	ok.12	83-92	550-680	55-65

Kategoria	Substraty	Sucha masa sm % śm	Sucha masa organiczna smo % sm	Wydajność biogazu Ndm ³ ·kg śm ⁻¹	Wydajność biogazu Ndm ³ ·kg smo ⁻¹	Udział metanu %	HRT dni
Nawozy naturalne – pozostałości po produkcji rolniczej							
Inokulujące	gnojowica krów	8–11	75–82	20–30	200–500	50–55	10–15
	gnojowica cieląt	10–13	80–84	20–25	220–560	50–57	15–20
	gnojowica świń	4–7	75–87	20–35	300–700	50–70	10–20
	gnojowica owcza	12–16	80–85	18–30	180–320	50–56	15–20
Adhezyjne	obornik krów	20–26	68–78	40–55	210–300	55–60	25–40
	obornik świń	20–25	75–80	55–65	270–450	55–60	25–40
	słoma	85–92	85–90	180–232	220–280	50–55	40–60
	plewy	86–89	90–93	420–548	500–656	50–54	40–60
Niebez- pieczne	obornik kur	60–80	70–85	80–140	260–400	55–65	30–50
	pomiot suchy i ²	80–86	65–70	200–230	230–385	50–53	20–25
	pomiot świeży i ¹	30–32	63–80	70–90	240–450	57–70	20–25
Nieprzetworzone, pozostałości po produkcji rolniczej							
Zagęszczające	pestki z jabłek i ¹	13–16	90–97	54–74	370–480	48–52	25–40
	łuska z cebuli i ¹	23–65	80–92	50–58,5	420–450	42–50	30–60
	liście buraków cukrowych	19–22	73–80	10–32	55–700	48–50	15–20
	łęty ziemniaków	22–26	70–80	80–120	456–587	52–56	25–60
Nieprzetworzone, uprawy celowe							
Zagęszczające	kiszonka z kukurydzy	20–36	85–96	170–200	450–700	50–57	25–60
	kiszonka z żyta GPS	30–35	92–98	170–220	550–680	50–55	25–50
	kiszonka z buraków cukrowych z	19–22	94–97	145–180	720–780	46–52	20–40
	kiszonka z sorgo	18–22	90–95	108–145	520–590	50–54	25–50

Nieprzetworzone odpady przemysłu spożywczego

Zwiększają- ce wydaj- ność	wytłok rzepakowy	80–85	80–89	600–710	850–920	60–68	25–60
	wycierka ziemniaczana	11–15	96–98	55–57	520–580	60–63	16–35
	sok ziemniaczany	4–6	92–95	6,5–15	180–390	55–60	14–25
	łupiny ziemniaków z	10–15	70–75	35–42	500–550	52–58	25–44

Przetworzone, odpady przemysłu spożywczego

Zagęszczające zwiększające wydajność	tłuszcz posmażalniczy	93–96	80–87	800–830	880–1000	65–68	40–60
	melasa	80–90	85–90	280–340	360–500	70–75	20–40
	wywar zbożowy	6–8	82–95	30–50	430–700	52–65	14–25
	wysłodziny browarne	20–25	70–80	100–130	580–750	58–60	20–40
	gliceryna	50–85	90–92	500–750	1200–2200	55–70	7–14
	serwatka	4–6	86–90	15–22	420–600	48–54	10–20

Odpady komunalne

Zwiększają- ce wydaj- ność trudne	zielen miejska ⁱ	25–30	90–96	40–70	170–290	48–55	20–40
	odpady kuchenne	16–19	85–94	100–140	720–890	52–56	25–45
	osad ściekowy	5–8	65–75	12–30	200–560	50–56	12–20
	przeteterminowana żywność	12–40	80–95	34–65	120–670	50–65	15–50

Odpady utylizacyjne rzeźne kat II i III

Niebezpieczne zwiększające wydajność	treść żołądkowa świni	12–15	72–88	20–60	60–80	55–60	15–25
	treść żwaczy	10–20	80–90	20–60	200–450	58–62	15–25
	flotat	5–24	80–95	35–280	900–1200	60–74	30–50
	tłuszcz z odtłuszczaczy ⁱ	2–70	75–93	11–450	200–700	60–72	30–60
	masa kostna ⁱ	60–75	50–56	100–150	320–530	55–62	30–50
	krew ⁱ	8–10	93–95	50–70	300–450	50–55	15–25

i – potencjalnie inhibicyjne, z – ziemia trudna do usunięcia.

Każda mieszanina fermentacyjna musi spełniać podstawowe warunki:

- zawartość suchej masy w mieszaninie fermentacyjnej 12–15% w przypadku fermentacji ‘mokrej’, 16–40% dla fermentacji ‘suchej’,
- odczyn pH w zakresie 4,5–6,3 dla fazy hydrolizy i acidogenezy oraz 6,8–7,5 dla fazy metanogenezy,
- stabilna pojemność buforowa,
- bilans składników pokarmowych C:N:P:S w proporcji 600:15:5:1,
- obecność cząstek adhezyjnych pozwalających tworzyć się skupiskom i koloniom bakterii,
- skład mieszaniny nie powinien generować i kumulować inhibitorów.

Zapotrzebowanie na kiszonkę i minimalny areal uprawy w zależności od zainstalowanej mocy kogeneratora

Zainstalowana moc	Zapotrzebowanie na biogaz	Kiszona stanowi 100 % substratu				Minimalny areal pod uprawę kiszonki
		Minimalne zapotrzebowanie na kiszonkę				
	m ³	ton/ rok	ton /m-c	ton/ tydzień	ton/ doba	ha
1 MW	3650000	21000	1750	420,00	60,00	440
500 kWe	1825000	10500	875	210,00	30,00	220
300 kWe	1095000	6300	525	126,00	18,00	132
200 kWe	730000	4200	350	84,00	12,00	88
100 kWe	365000	2100	175	42,00	6,00	44
50 kWe	182500	1050	87,5	21,00	3,00	22
30 kWe	110606	636	53,0	12,73	1,82	13,3
20 kWe	73000	420	35,0	8,40	1,20	8,8
10 kWe	36500	210	17,5	4,20	0,60	4,4
5 kWe	18250	105	8,8	2,10	0,30	2,2

Kalkulacja energii z biogazu

- Przyjmuje się, że 1 m³ biogazu o średniej zawartości metanu (ok. 60%) zawiera około **6 kWh** energii chemicznej.
- Z tego, dzięki kogeneracji, można uzyskać około 2–3 kWh energii elektrycznej
- Jeśli biogazownia produkuje np. 10 000 m³ biogazu na dobę, to potencjalnie jest w stanie wygenerować z tego rzędu 20–30 MWh prądu dziennie.
- W skali roku daje to bardzo duże liczby – przykładowo instalacja o mocy elektrycznej 1 MW, pracująca prawie ciągle, wytworzy około 8 milionów kWh (8 GWh) energii elektrycznej rocznie.

Kalkulatory biogazowe

- Kalkulator biogazowy to program komputerowy służący do wstępnego oszacowania, jeszcze na etapie przygotowania inwestycji i opracowywania założeń do projektu instalacji biogazowej, m.in. Takich parametrów jak:
 - Wielkość produkcji biogazu,
 - Wielkość produkcji energii elektrycznej i ciepłej,
 - Wysokość nakładów inwestycyjnych

Zalety korzystania z kalkulatora biogazu

- ◉ **Planowanie:** Kalkulator biogazu umożliwia planowanie produkcji biogazu, co pozwala na optymalizację procesów i efektywne zarządzanie zasobami.
- ◉ **Łatwość użycia:** Intuicyjny interfejs sprawia, że korzystanie z kalkulatora biogazu jest proste i szybkie, nawet dla osób bez specjalistycznej wiedzy.
- ◉ **Wsparcie dla różnorodnych substratów:** Kalkulator biogazu obsługuje szeroki zakres substratów, co pozwala na dostosowanie obliczeń do specyficznych potrzeb użytkownika.
- ◉ **Oszczędność czasu:** Automatyczne obliczenia eliminują potrzebę ręcznego przeliczania danych, co oszczędza czas i redukuje ryzyko błędów.
- ◉ **Planowanie inwestycji:** Kalkulator biogazu dostarcza cennych informacji, które mogą być wykorzystane do planowania inwestycji w infrastrukturę biogazową.

Część 6

Urządzenia biogazowni

Urządzenia biogazowni:

Część 1. Przygotowanie substratów

- Zbiorniki magazynujące,
- Płyty na kiszonkę,
- Zbiorniki na surowce płynne, silosy,
- Stacja załadownicza odpadów, podnośniki taśmowe/ślimakowe, tabor samochodowy do załadunku,
- Waga,
- Dozowniki,
- Zbiornik mieszania,
- Kraty, sito, pompa, macerator, (rozdrabniacz) urządzenie do usuwania piasku z dna komory/wybierak hydrauliczny,
- Układ do higienizacji/sanitacji.

Urządzenia biogazowni:

Część 1. Przygotowanie substratów

- Higienizacja substratu – wygrzewanie w temperaturze 70^o przez przynajmniej godzinę (w celu likwidacji zagrożenia epidemiologicznego),
- Rozdrobnienie – niektóre substraty wymagają rozdrobnienia, np. obornik, słoma, łęciny, typowe kiszonki:
 - opłacalne jest zastosowanie przenośnika rozdrabniającego (połączenie przenoszenia z rozdrabnianiem,
 - Korzystne jest rozdrobnienie substratu przed podaniem do zbiornika wstępnego, aby jego zawartość można było podać do komory fermentacji za pomocą pomp.

Urządzenia biogazowni:

Część 1. Przygotowanie substratów

- Technika wprowadzania substratu zależy od właściwości substratu (głównie od stopnia upłynnienia):
 - Pompy różnej konstrukcji - substraty płynne,
 - Ładowarki kołowe - substraty stałe,
 - Automatyczne podnośniki (ślimakowe, taśmowe) – są wrażliwe na jakość transportowanego wsadu, wymagają dużych zasobników wstępnych,

Urządzenia biogazowni:

Część 2. Proces fermentacji

- Komora fermentacyjna (bioreaktor, fermentor) – „serce biogazowni” – tutaj przebiega właściwy proces fermentacji,
- Może być jedna lub kilka komór w zależności od zastosowanej technologii,
- Komory mogą być betonowe, stalowe lub z tworzyw sztucznych,
- Najczęściej są usytuowane na powierzchni gruntu, rzadziej są częściowo zagłębione, mogą być poziome lub pionowe.

Urządzenia biogazowni:

Część 2. Proces fermentacji

Najważniejsze cechy komory fermentacji:

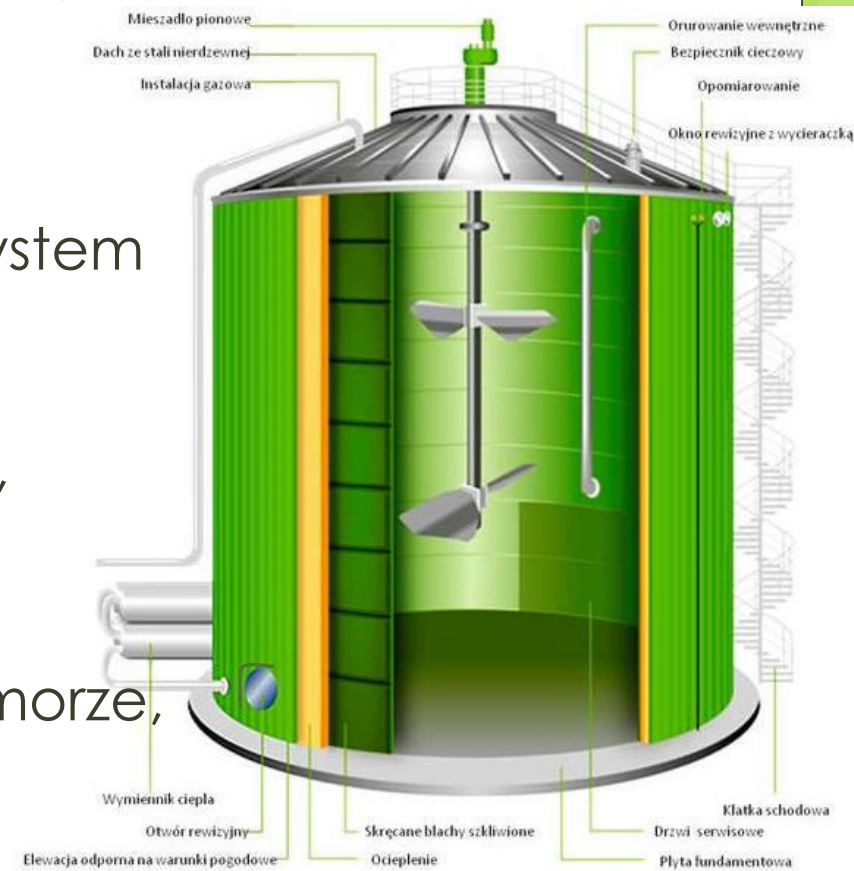
- Szczelność,
- Zabezpieczenie przed korozją,
- Wytrzymałość na siły statyczne: masa własna, obciążenie od parcia zawartości komory, obciążenie od parcia gruntu,
- Najczęściej są budowane w formie walca z różnie ukształtowaną częścią dolną i górną,
- System ogrzewania komory to najczęściej wymienniki rurowe (wężownice), umieszczone w ścianach komory lub na jej dnie lub wymienniki zewnętrzne do ogrzewania substratu w instalacji do jego przepompowywania.

Urządzenia biogazowni:

Część 2. Proces fermentacji

Wypozażenie komory fermentacyjnej:

- Układ mieszania (mieszadło mechaniczne lub pompy hydrauliczne),
- Izolacja termiczna komory i system grzewczy,
- Zadaszenie komory,
- Detektor i wyłapywacz piany,
- Ujęcie gazu,
- Rurociągi przelewowe,
- Miernik poziomu cieczy w komorze,
- Wziernik,
- Zawory bezpieczeństwa.



<https://instsani.pl/technik-urzaden-i-systemow-energetyki-odnawialnej/vademecum-energetyki-odnawialnej/biogaz/biogaz-ze-sciekow/>

Urządzenia biogazowni:

Część 2. Proces fermentacji - mieszanie

Mieszanie zapewnia:

- Równomierny rozkład ciepła i substancji odżywczych w całej masie substratu,
- Właściwe zaszczepienie dzięki wymieszaniu substratu świeżego z przefermentowanym,
- Zapobiega powstawaniu kożuchów na powierzchni i złogów na dnie,
- Ułatwia uwalnianie biogazu z substratu,

Urządzenia biogazowni:

Część 2. Proces fermentacji - mieszanie

Sposoby mieszania:

- Ciągłe dodawanie świeżego wsadu,
- Mieszadła mechaniczne – śmigłowe, prętowe, łopatkowe, płytkowe,
- Mieszanie hydrauliczne – świeży substrat podaje się pompami przez specjalnie ustawione dysze, powodującymi jego stałe mieszanie w trakcie podawania (efektywne jedynie przy dużym upłynnieniu wsadu),

Urządzenia biogazowni:

Część 3. Instalacja gazowa

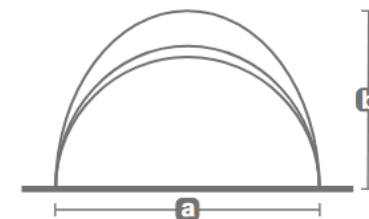
Zbiorniki do magazynowania biogazu (z blachy stalowej lub tworzyw sztucznych):

- Zabezpieczenie przed nagłymi różnicami ciśnienia,
- Dmuchawa (sprężarka) do transportu biogazu ze zbiornika,
- Pochodnia do spalania nadwyżek biogazu,
- Przerywacz płomienia, zapobiegający przedostaniu się ognia do wnętrza instalacji,
- Ciśnieniomierze,
- Licznik do pomiaru ilości wyprodukowanego biogazu,
- Zbiorniki mokre (instalowane bezpośrednio nad komorą fermentacji, gdzie zbierany jest biogaz z bieżącej produkcji),
- Zbiorniki suche (wykonane z tworzyw sztucznych lub gumy i mogą mieć kształt balonu lub poduszki) – biogaz jest do nich przesyłany z komory fermentacji i przechowywany do czasu wystąpienia zapotrzebowania na odbiór paliwa lub energii.

Membranowe zbiorniki biogazu

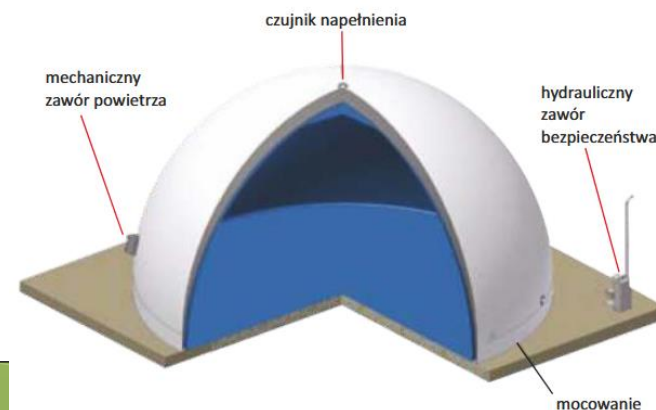
- Wykonane z tkaniny z włókien poliestrowych dwustronnie pokrytej PVC,
- Posadowione na fundamencie betonowym lub nadbudowane na istniejących zbiornikach betonowych lub stalowych, gdzie spełniają również funkcję dachu,
- Dwumembranowe lub trójmembranowe o kształcie półkuli lub $\frac{3}{4}$ sfery.

Przykładowy typoszereg		
m ³	a	b
10	3,40	2,20
50	5,80	3,40
100	7,30	4,20
300	10,50	5,75
500	12,50	6,75
800	14,60	7,80
1000	15,70	8,35
2000	19,70	10,35
3000	22,60	11,80
4000	24,90	12,95
5000	26,80	13,90



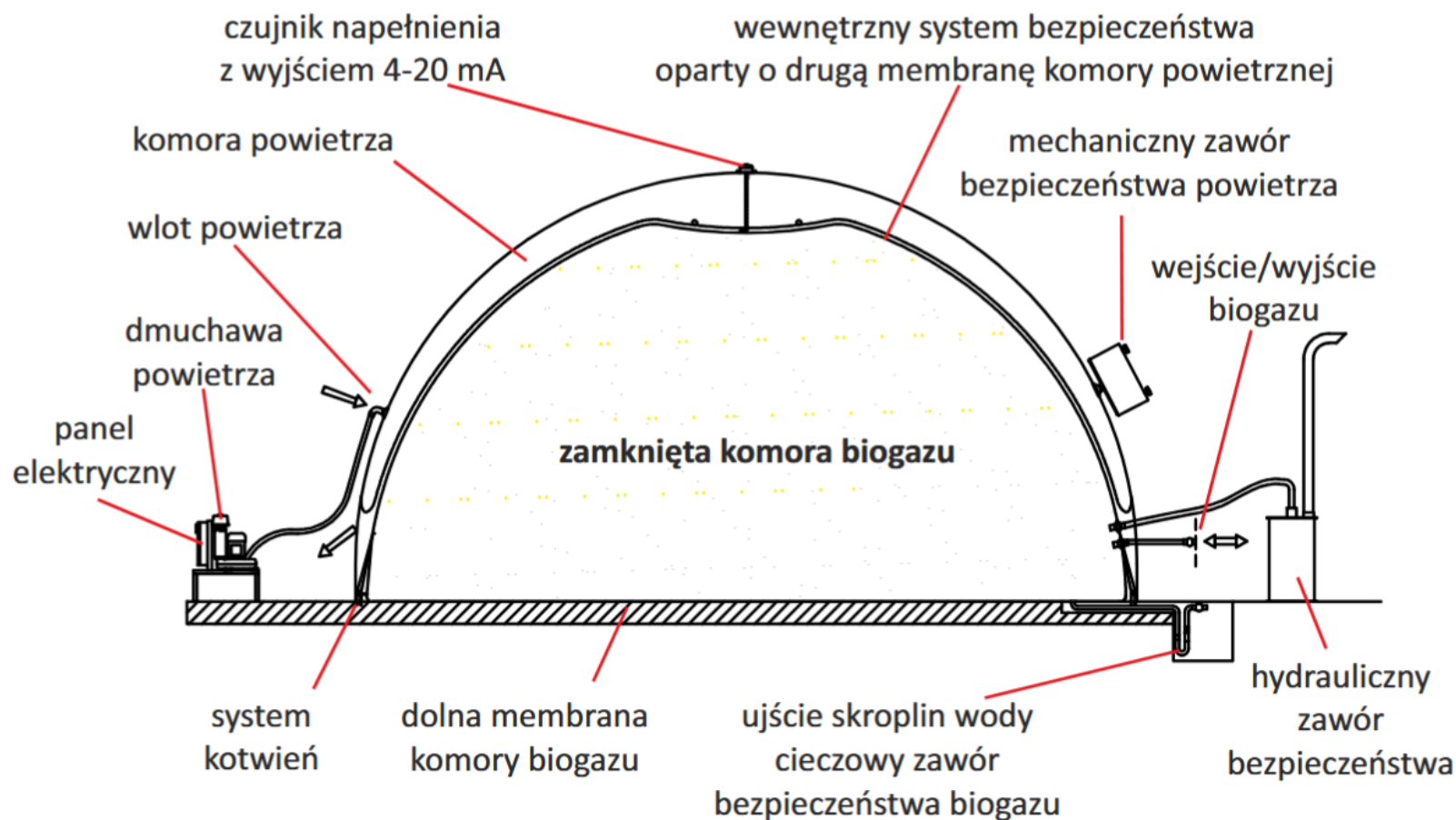
Membranowe zbiorniki biogazu

- System umożliwia utrzymanie stałego ciśnienia w zbiorniku poprzez pneumatyczny nacisk na poduszkę biogazową za pomocą górnej poduszki powietrznej,
- Dwie komory gazowe (poduszki powietrzna i biogazowa) oddzielone od siebie środkową membraną, która skutecznie zabezpiecza przed powstaniem mieszanki gazowo-powietrznej,
- Gdy spada ciśnienie gazu w zbiorniku (zużycie jest większe niż produkcja) załącza się system nawiewu powietrza kompensacyjnego do poduszki powietrznej.



Zbiorniki do magazynowania biogazu

SCHEMAT ZBIORNIKA TRÓJMEMBRANOWEGO



Urządzenia biogazowni:

Część 4. Instalacja uzdatniania gazu

Przed wykorzystaniem biogaz powinien zostać uzdatniony (oczyszczony) ze względu na obecność w biogazie związków obniżających jego wartość energetyczną lub skracających żywotność urządzeń konwertujących biogaz (korozja).

Najważniejsze procesy uzdatniania to:

- Odsiarczanie (usuwanie siarkowodoru),
- Osuszanie (usuwanie pary wodnej),
- Usuwanie CO₂.

Urządzenia biogazowni:

Część 4. Instalacja uzdatniania gazu

Odsiarczanie

- Siarkowódor jest produktem rozkładu białek i innych substancji organicznych wchodzących w skład substratów fermentacji,
- Zawartość siarkowodoru w biogazie zależy od rodzaju wsadu i zawiera się w przedziale 0,1-2%,
- Obecność siarkowodoru w biogazie jest niepożądana:
 - Jest to gaz o właściwościach toksycznych (może powodować zatrucie lub nawet śmierć),
 - Posiada nieprzyjemny zapach (odory z biogazowni),
 - Przyspiesza korozję urządzeń, armatury i aparatury kontrolno-pomiarowej (wysoka reaktywność z większością metali),
 - Zakwasza olej smarny w module kogeneracyjnym, redukuje jego właściwości smarne,
 - Hamuje przebieg procesu fermentacji.

Urządzenia biogazowni:

Część 4. Instalacja uzdatniania gazu

Odsiarczanie

Metody odsiarczania (usuwania **siarkowodoru**):

- **Biologiczna** – dodanie powietrza do biogazu i przepuszczanie mieszaniny przez złożo biologiczne, w gdzie bakterie z rodziny *Thiobacillus* rozkładają H_2S do siarki elementarnej oraz siarczynów, *(niskie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne, brak konieczności wprowadzania dodatkowych substancji chemicznych i bezobsługowe prowadzenie procesu)*,
- **Stosowanie złóż rudy darniowej** – brunatnej porowatej skały osadowej powstałej z rozpuszczalnych związków żelaza, gdzie zachodzi adsorpcja H_2S na zasadowych tlenkach żelaza, produktami reakcji jest siarka elementarna oraz siarczki żelaza (II) i (III),
- **Techniki adsorpcyjne** - Kolumny filtracyjne ze związkami żelaza, węgla aktywnego i innych substancji,
- **Metody mokre** – sorpcja H_2S w roztworach chemicznych wiążących siarkowodor np. w roztworze sody kaustycznej (NaOH).

Urządzenia biogazowni:

Część 4. Instalacja uzdatniania gazu

Odsiarczanie



Fot. 1. Odsiarczalnia biologiczna



Fot. 2. Filtr z węglem aktywnym

Urządzenia biogazowni:

Część 3. Instalacja gazowa c.d.

Osuszanie

- Wilgotność względna biogazu w komorze wynosi 100% - jest on nasycony parą wodną,
- Osuszanie – usuwanie pary wodnej poprzez obniżenie temperatury przepływającego biogazu, co powoduje oddzielenie pary wodnej w postaci kondensatu,
- Osuszanie prowadzone jest w instalacji gazowej, gdzie kondensat zbierany w zbiorniku wbudowanym w najniższym punkcie instalacji,
- W niektórych instalacjach instaluje się zasilane elektrycznie chłodnice przyspieszające proces,
- Wraz z parą wodną usuwane są inne niepożądane składniki rozpuszczalne w wodzie, jak gazy i aerozole.

Urządzenia biogazowni:

Część 3. Instalacja gazowa c.d.

Usunięcie CO₂

- Wzbogacanie biogazu poprzez usunięcie CO₂ przeprowadzane jest, gdy istnieje zapotrzebowanie na metan o odpowiedniej jakości (paliwo do pojazdów lub przy przesyle do sieci gazu ziemnego),
- Stosowane metody to absorpcja, chemisorpcja, adsorpcja, separacja membranowa, wykraplanie,
- Najczęściej następuje też oczyszczanie z innych śladowych zanieczyszczeń,
- Rozwiązanie opłacalne przy dużych instalacjach – wytwarzających przynajmniej 2500 m³ biogazu dziennie.

Urządzenia biogazowni:

Część 5. Instalacja elektroenergetyczna.

Biogaz może być przetworzony na:

- **Energię elektryczną** – w gazowych generatorach prądu,
- **Ciepło** – w kotłach gazowych,
- **Energię elektryczną i ciepło** – w układach do skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła – układ kogeneracji.

Urządzenia biogazowni:

Część 5. Instalacja elektroenergetyczna.

Energia elektryczna powstaje w generatorze (prądnicy) napędzanym silnikiem gazowym wewnętrznego spalania bądź turbiną.

Ciepło odzyskiwane jest z wymienników ciepła schładzających: mieszankę gaz-powietrze, olej smarny, wodę chłodzącą i spaliny wylotowe.

Urządzenia biogazowni:

Część 6. Obróbka i przechowywanie pofermentu

- ✓ Poferment może być usuwany na zasadzie odpływu przez przelew albo odciągany za pomocą pomp,
- ✓ Poferment jest transportowany do zbiornika pofermentu, gdzie jest schładzany i przechowywany - na tym etapie możliwe jest oddzielenie frakcji płynnej od stałej za pomocą pras filtracyjnych, wirówek, separatorów ślimakowych lub śrubowych:
 - ✓ Frakcja płynna - może być rozlewana jako nawóz lub wykorzystywana do przygotowywania zacieru przedfermentacyjnego,
 - ✓ Frakcja stała – można składować i wykorzystywać jako kompost.

Urządzenia biogazowni:

Część 6. Obróbka i przechowywanie pofermentu

- ✓ Przykrycie zbiornika pofermentu gazoszczelnym przykryciem pozwala na uzyskanie dodatkowej ilości biogazu (nawet 20% całkowitej produkcji), oprócz tego zadaszenie ogranicza emisje zapachowe,
- ✓ Opcjonalna linia do przetwarzania pofermentu:
 - ❑ Linia do jego odwadniania, suszenia, kondycjonowania jako nawóz,
 - ❑ Kompostownia, gdzie poferment po dodaniu składników zagęszczających (np. rozdrobnionej słomy) poddany jest stabilizacji tlenowej,
 - ❑ Urządzenia do brykietowania.

Część 7

Zagospodarowanie powstałego biogazu

Zastosowanie biogazu

- Wytworzenie energii elektrycznej (silnik gazowy z generatorem prądu),
- Wytworzenie energii cieplnej (spalanie w urządzeniach ciepłych – kotły, piece przemysłowe),
- Wytworzenie energii chłodniczej,
- Łączne wytworzenie energii elektrycznej i cieplnej w systemach skojarzonych:
 - Układ z silnikiem gazowym,
 - Układ z silnikiem Stirlinga,
 - Układ z silnikiem Rankina,
 - Układ z mikro turbiną,
 - Układ z ogniwem paliwowym (reforming biogazu do H_2 , wymagana wysoka czystość biogazu).

Zastosowanie biogazu c.d.

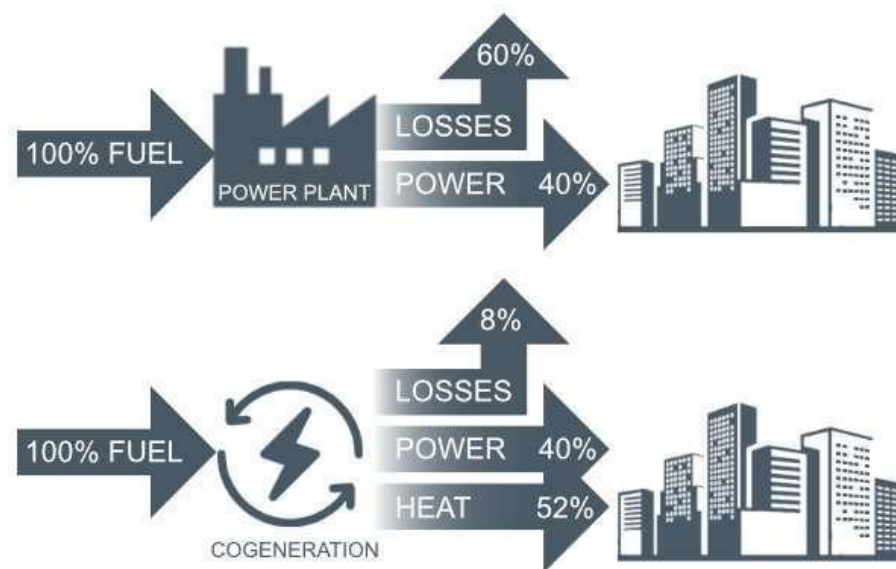
- Zasilanie silników spalinowych (silnik Otto, silnik Diesla – łączne zasilanie biogazem i olejem napędowym),
- Załączanie do sieci gazu ziemnego (dodatek do gazu ziemnego),
- Surowiec do syntez przemysłu chemicznego (np. produkcja metanolu, wodoru, eteru dwumetylowego).

Możliwe zastosowanie biogazu

- Przeznaczenie biogazu narzuca **stopień jego oczyszczenia**, który musi być zakładany już w fazie projektowania instalacji,
- Możliwości wykorzystania biogazu również zależą od wielkości jego produkcji.

KOGENERACJA Układy skojarzone (CHP – ang. combined heat and power)

- Produkcja wyłącznie energii elektrycznej z biogazu może być ekonomicznie nieopłacalna, ze względu na wysokie straty niewykorzystanego ciepła,
- Układy skojarzone są obecnie najczęściej stosowane,
- Całkowita wydajność układów CHP waha się pomiędzy **80-90%**,
- Energia elektryczna uzyskana z biogazu stanowi około 1/3 możliwej do otrzymania, podczas gdy 2/3 to ciepło.



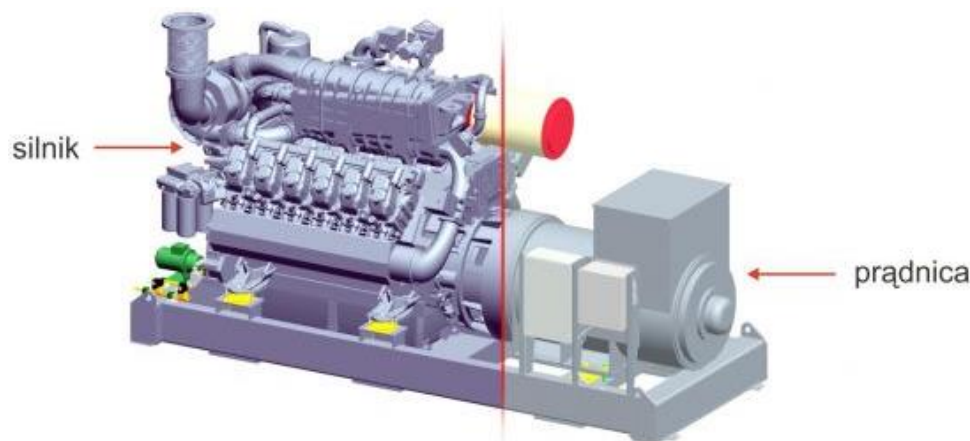
<https://inoplex.com.au/cogeneration-vs-chp-vs-chp-cogeneration/>

Kogeneracja

Kogeneracja (moduł CHP) – układ, w którym energia zawarta w paliwie zamieniana jest na prąd oraz ciepło użytkowe w postaci gorącej wody lub pary technologicznej.

Podstawowe elementy modułu CHP to **silnik** oraz **prądnica** (połączone za pomocą sprzęgła i umieszczone na wspólnej ramie).

Energia mechaniczna z wału silnika przenoszona jest na wał prądnicy gdzie następuje produkcja **energii elektrycznej**.



Kogeneracja

Siłą napędową układu jest silnik spalinowy z zapłonem iskrowym zasilany gazem, o konstrukcji podobnej do benzynowych silników samochodowych.

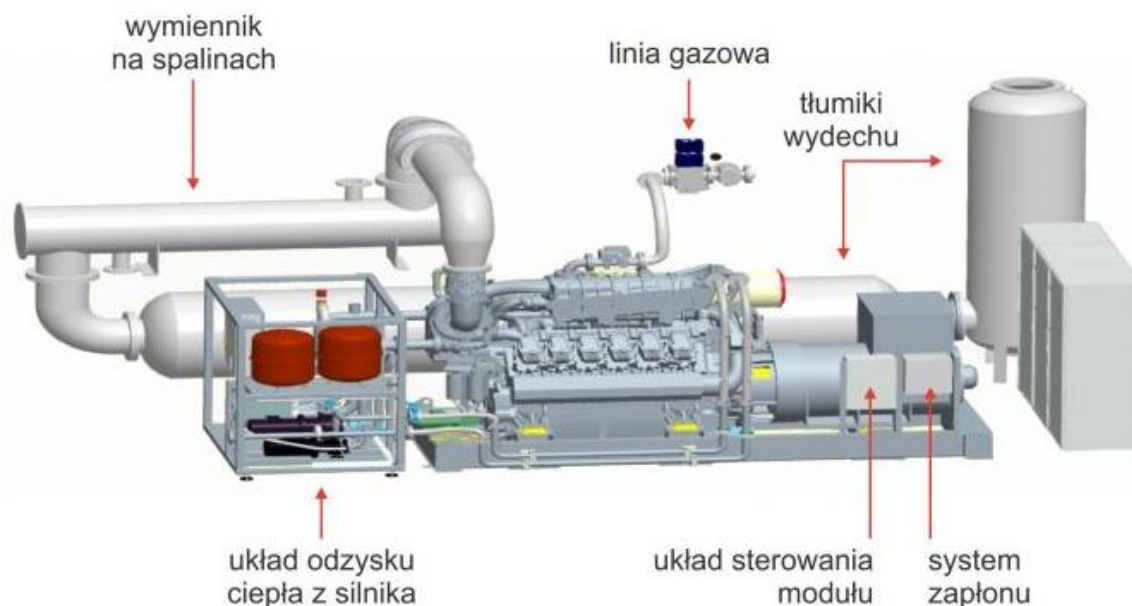
W silniku podczas procesu spalania w cylindrach, **energia zawarta w paliwie (chemiczna: forma energii potencjalnej)** jest przekształcana na:

- o **energię mechaniczną**, która odbierana jest w postaci energii **elektrycznej** na zaciskach prądnicy,
- o **energię cieplną**, która odbierana jest w postaci gorącej wody – przez układ wymienników ciepła.

Kogeneracja

Moduł kogeneracyjny produkuje **energię ciepłą** pozyskiwaną z dwóch głównych źródeł:

- **Płaszcz silnika** (w tym układu olejowego oraz układu chłodzenia mieszanki paliwowo-powietrznej jeśli moduł wyposażony jest w turbosprężarkę),
- **Spalin wylotowych.**



Części kompletnego systemu kogeneracyjnego

- **Układ chłodzenia mieszanki paliwowo-powietrznej** – odbierający i wytrącający ciepło powstające w wyniku sprężania mieszaniny powietrzno-gazowej,
- **Instalacja chłodzenia awaryjnego z chłodnicą wentylatorową** – mająca za zadanie awaryjny odbiór ciepła z chłodzenia agregatu,
- **Układ ciepła technologicznego agregatu** – wymienniki + orurowanie + pompy obiegowe + układ sterowania – odbiera energię cieplną z chłodzenia agregatu (oleju smarującego, chłodzenia mieszanki, bloku silnika) oraz spalin i przekazuje ją do układu wody grzewczej.

Części kompletnego systemu kogeneracyjnego

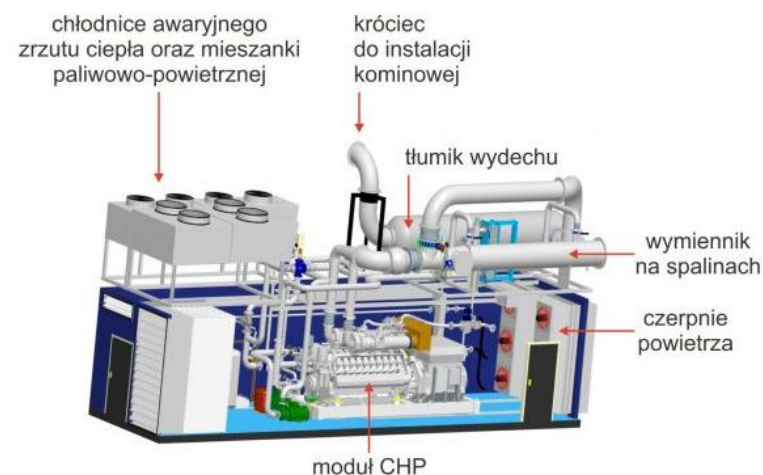
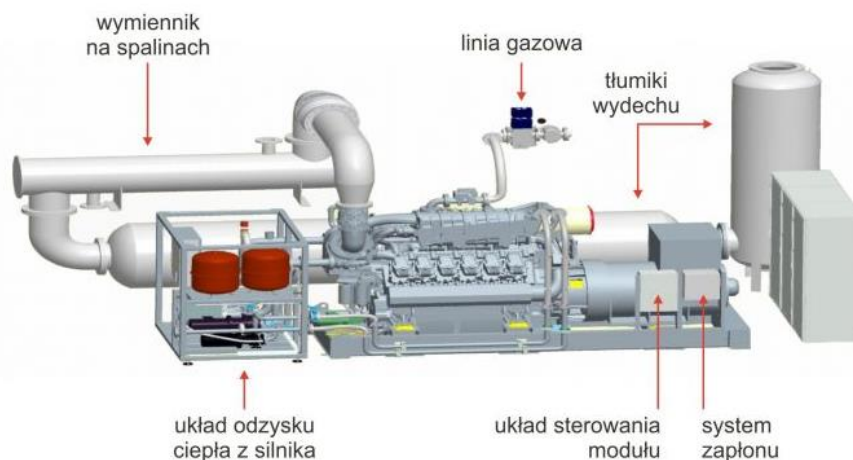
- **Instalacja olejowa**, doprowadzająca do agregatu wymaganą ilość oleju (pompa + sterowanie + zbiornik oleju)
- **Wentylacja agregatu** – zapewniająca powietrze do spalania (wentylator powietrza + czujnik temperatury + tłumiki akustyczne) oraz odbiór ciepła emitowanego przez agregat przez promieniowanie,
- **Linia zasilania biogazem** – system zabezpieczeń i regulacji ciśnienia biogazu (zawór bezpieczeństwa, zestaw zaworów elektromagnetycznych z czujnikami ciśnienia, regulator zerowy ciśnienia)
- **Komin z tłumikiem** do odprowadzenia spalin,
- **Szafy kontroli** (parametrów pracy silnika, generatora, napędów pomocniczych, synchronizacji współpracy z siecią),
- **System detekcji** (aktywnego wykrywania gazu) oraz ochrony przeciwpożarowej.

Kogeneracja

W skład instalacji wchodzi ponadto:

- Instalacja olejowa,
- Instalacja wentylacyjna,
- Instalacja schładzania kondensatu,
- Instalacja awaryjnego zrzutu ciepła,
- System detekcji oraz ochrony przeciwpożarowej.

Wyróżniamy instalacje wolnostojące i kontenerowe.



Układy kogeneracyjne z gazowymi silnikami tłokowymi

- Wytworzona moc elektryczna od 5kW do 50 MW, przy czym zasilane wyłącznie gazem osiągają do 6,5MW mocy,
- Aby uzyskać wyższy zakres mocy należy stosować silniki dwupaliwowe lub zasilać je także paliwem ciekłym,
- Większość silników wyposażona jest w turbosprężarkę i mają 6, 8, 12 lub 16 cylindrów w układzie V lub połączonych szeregowo,
- Silniki tłokowe ze względu na stosowane paliwo można podzielić na:
 - Silniki gazowe małej mocy z zapłonem iskrowym zbudowane na bazie silników diesla:
 - Silniki o małym stosunku sprężania i niskiej sprawności energetycznej,
 - Silniki spalające ubogą mieszankę (gaz-powietrze) z nadmiarem powietrza, o wysokim stopniu sprężania,
 - Silniki dwupaliwowe, o mocy większej niż 1MW, zasilane gazem i niewielką porcją paliwa ciekłego jako inicjatora zapłonu,
 - Silniki wysokoprężne o najwyższych mocach.

Układy kogeneracyjne z gazowymi silnikami tłokowymi

- Gazowe silniki tłokowe aby mogły być zasilane paliwami alternatywnymi typu biogaz muszą ulec minimalnemu przystosowaniu,
- Najprostszą modernizacją jest zmiana objętości komory spalania i zmiana kąta wyprzedzenia zapłonu,
- Silniki gazowe dostosowane są do paliwa o określonych parametrach jakościowych i nie mogą one przekraczać dopuszczalnych wartości,
- Za ważne parametry uzyskuje się:
 - Zakres zmiany wartości opałowej ($\pm 5-10\%$),
 - Zakres i szybkości zmian liczby Wobbego,
 - Maksymalna temperatura,
 - Maksymalna wilgotność względna,
 - Zawartość kondensatów, zanieczyszczeń, w tym cząstek stałych, związków siarki, halogenków i związków krzemu.

Układy kogeneracyjne z silnikiem Stirlinga

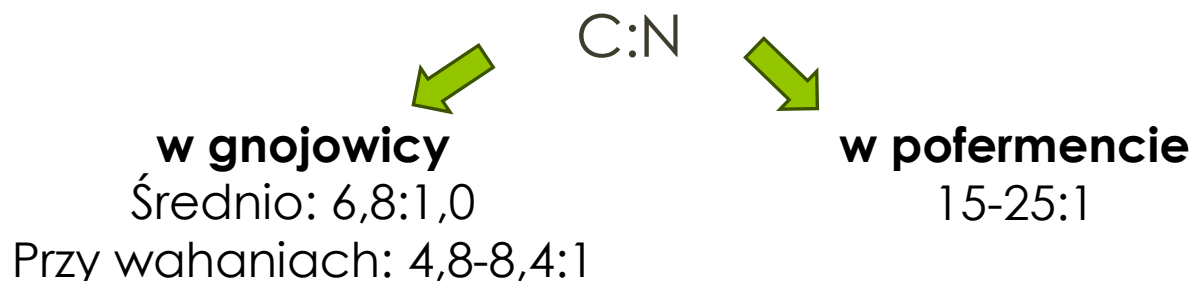
- Silnik ten pracuje w obiegu zamkniętym z regeneracją ciepła,
- Posiada wysoką sprawność wytwarzania energii elektrycznej,
- Możliwość stosowania różnych paliw, również zanieczyszczonych,
- Niskie wskaźniki emisji.

Część 8

Zagospodarowanie powstałego pofermentu

Poferment

- Inne nazwy to: substancja pofermentacyjna, pozostałość pofermentacyjna, pulpa pofermentacyjna, odciek lub ściek pofermentacyjny,
- Zawiera biomasę bakterii metanowych, nieprzefermentowane związki organiczne oraz składniki mineralne,
- Skład pofermentu zależy od rodzaju substratów biorących udział w procesie fermentacji,
- Po fermentacji zmiana ulega stosunek węgla do azotu (C:N), (z uwagi na fakt, że węgiel został wykorzystany do produkcji biogazu).



Poferment

- Zmniejszenie się poziomu odoru po fermentacji od 80 do nawet 97% w stosunku do poziomu gnojowicy świeżej,
- Wadą jest duża zawartość wody (od 90 do 94%), którą można zmniejszyć poprzez zagęszczenie do zawartości 70% przez wirowanie lub separowanie, uzyskuje się wtedy:
 - frakcję ciekłą o zawartości SM 2,0-2,5%, 20% P i 80%N zawartego w pofermencie,
 - frakcję stałą o zawartości 80-85% P i 20-25% N, która jest wykorzystywana jako nawóz do bezpośredniego nawożenia albo do produkcji kompostu (po zagęszczeniu, np. poprzez dodatek dolomitu i wzbogaceniu dodatkami, np. mikroelementami uzyskuje się nawóz w postaci sypkiej do ogrodnictwa i kwiaciarstwa.

Zalety pofermentu w porównaniu do gnojowicy

- Lepsze wykorzystanie składników odżywczych przez rośliny,
- Zniszczenie nasion chwastów (ograniczenie zużycia środków ochrony roślin),
- Eliminacja patogenów i bakterii chorobotwórczych,
- Ograniczenie ryzyka zanieczyszczenia wód gruntowych i powierzchniowych związkami azotu i fosforu,
- Zmniejszenie eutrofizacji wód.

Poferment

- Oprócz nawozowego wykorzystania pozostałości fermentacyjnej istnieje możliwość zastosowania jej jako dodatku do pasz,
- Inną możliwością zagospodarowania części stałej pofermentu jest spalanie w kotłach przystosowanych do spalania biomasy.

Pelet z pofermentu

- Otrzymany produkt w postaci granulek o jednolitych właściwościach, łatwy do transportu, przechowywania oraz stosowania w palnikach dla peletu,
- Może być użyty jako paliwo w technologiach: spalania, toryfikacji, gazyfikacji, pirolizy,
- Może być wykorzystany jako organiczny nawóz, który może zostać uszlachetniony substancjami mineralnymi,
- Wartość opałowa to 15 MJ/kg (pelet z trocin to 16,3-17 MJ/kg),
- Nieuciążliwy zapach,
- Popiół po spaleniu granulatu z pofermentu zawiera wiele wartościowych składników mineralnych, które mogą być używane jako nawóz.



Część 9

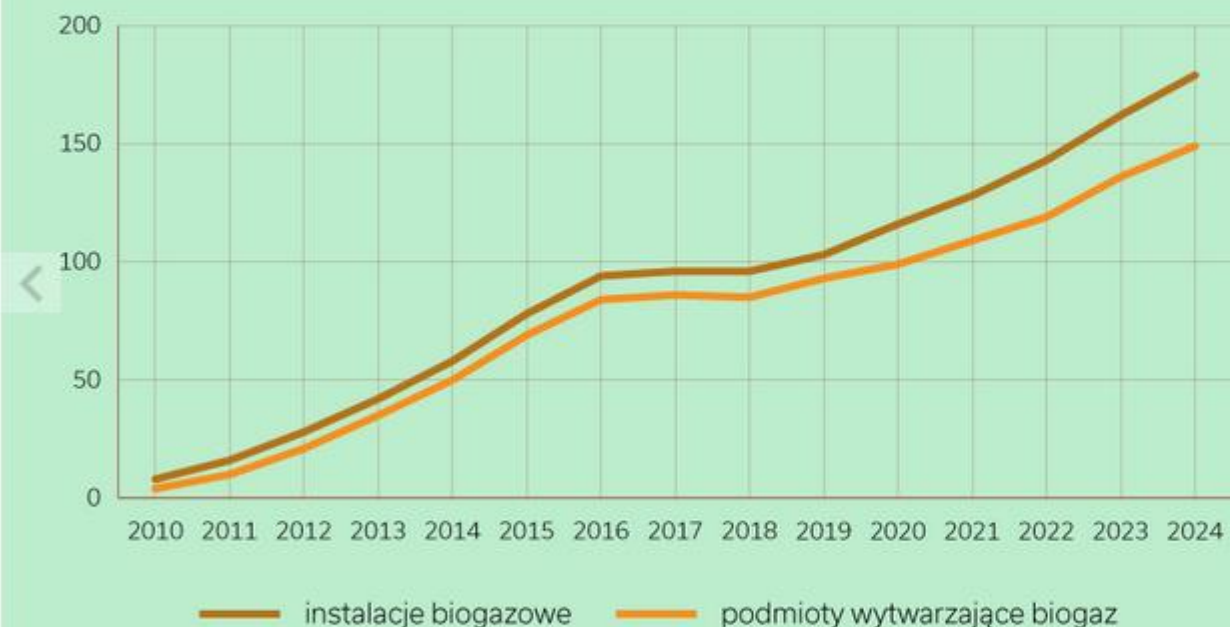
Case study
Biogazownie w Polsce

Biogazownie w Polsce

RYNEK BIOGAZOWNI ROLNICZYCH W POLSCE (2011-2024)

Źródło: Krajowy Ośrodek Wsparcia Rolnictwa | czerwiec 2025

Wytwórcy biogazu rolniczego oraz liczba instalacji



179
instalacje
biogazowe

149
podmiotów
wytwarzających
biogaz

167 MW
łączna zainstalowana
moc elektryczna
stan na koniec 2024 r.

Biogazownie w Polsce

PRODUKCJA BIOGAZU ROLNICZEGO I WYTWORZONEJ Z NIEGO ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Źródło: Krajowy Ośrodek Wsparcia Rolnictwa | maj 2024



920,1
GWh

ilość energii
elektrycznej
z biogazu

428,4
mln m³

ilość
wytworzonego
biogazu

dane za 2023 r.

Biogazownie w Polsce

SUROWCE WYKORZYSTANE DO PRODUKCJI BIOGAZU ROLNICZEGO W 2023 R. (TYS. TON)

Źródło: Krajowy Ośrodek Wsparcia Rolnictwa | maj 2024



Korzyści społeczne biogazowni

- ❑ generuje lokalne przychody i nowe miejsca pracy,
- ❑ przynosi samorządom lokalnym korzyści podatkowe,
- ❑ stwarza możliwość sprzedaży wytworzonej na miejscu energii elektrycznej, ciepła i gazu,
- ❑ ułatwia zbyć produktów rolnych i zagospodarowania odpadów z produkcji rolnej,
- ❑ oferuje alternatywny sposób utylizacji odpadów organicznych.



Korzyści energetyczne biogazowni

- ❑ Podnoszenie bezpieczeństwa energetycznego poprzez rozproszenie źródeł energii,
- ❑ Stabilizacja dostaw energii elektrycznej do sieci,
- ❑ Rozwój lokalnej infrastruktury energetycznej,
- ❑ Zwiększenie dostępności taniej energii cieplnej,
- ❑ Wsparcie rozwoju spółdzielni energetycznych i klastrów energii,

Korzyści ekonomiczne biogazowni

- ❑ Źródło energii na potrzeby własne gospodarstwa,
- ❑ Efektywne źródło dochodów w przypadku sprzedaży energii elektrycznej (i ewentualnie ciepła),
- ❑ Własny nawóz organiczny wysokiej jakości – mniejsze zapotrzebowanie na sztuczne nawozy mineralne,
- ❑ Zwiększenie niezależności i konkurencyjności gospodarstwa rolnego,
- ❑ Redukcja odpadów i pozostałości z własnej działalności – zmniejszenie kosztów utylizacji odpadów,

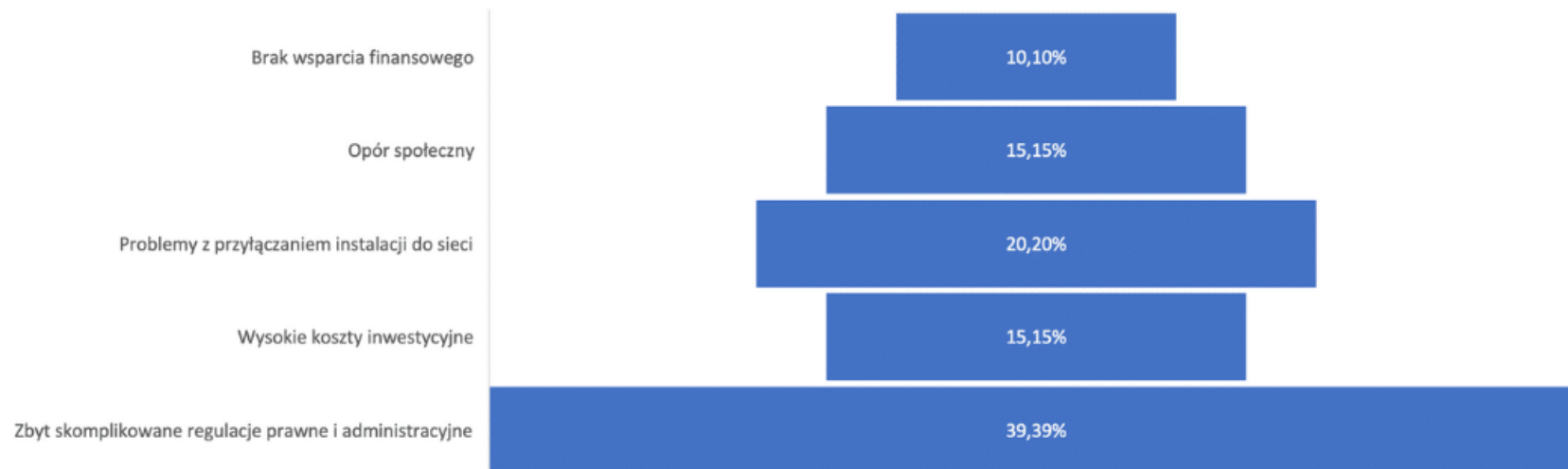
Wady biogazowni/czynniki hamujące rozwój

- ❑ konieczność ścisłego przestrzegania reżimów procesu fermentacji, temperatury, pH, hermetyczności,
 - ❑ duże nakłady inwestycyjne na budowę zbiorników fermentacyjnych, zakup silnika, prądnicy, aparatury kontrolnej,
 - ❑ uciążliwość dla środowiska (możliwy przykry zapach, potencjalne niebezpieczeństwo wybuchu czy skażenia wód gruntowych), co często powoduje niechęć okolicznych mieszkańców dla działania biogazowni,
 - ❑ hałas wytwarzany przez urządzenia zainstalowane w biogazowni oraz w czasie transportu; zwiększenie natężenia ruchu kołowego,
 - ❑ częste zmiany przepisów prawa,
 - ❑ trudności z pozyskaniem finansowania,
 - ❑ konkurencja z produkcją żywności.
- Jestem za, ale nie tutaj - efekt
NIMBY - Not In My Back Yard,
„nie na moim podwórku”

Wady biogazowni/czynniki hamujące rozwój

biomasa
/ magazyn dla profesjonalistów
/ magazynbiomasa.pl

Największa bariera rozwoju rynku biogazu i biometanu w 2025



Barieri i elementy ryzyka inwestycyjnego ORGANIZACYJNE

- Brak zaplecza instytucjonalnego i organizacyjnego,
- Brak projektantów, wykonawców, firm budowlanych oraz technologów wyspecjalizowanych w projektowaniu, budowie oraz eksploatacji biogazowni rolniczych,
- Brak społecznej świadomości w zakresie produkcji i wykorzystania biogazu połączonego z zorganizowanym systemem przekazywania rzetelnej wiedzy,
- Niezbędna jest organizacja szkoleń w zakresie produkcji biogazu – wyszkolenie rzetelnie przygotowanych doradców, którzy mogliby służyć wsparciem przy Ośrodkach Doradztwa Rolniczego.

Źródła emisji odorów w biogazowniach rolniczych

- Pojazdy dowożące substraty do fermentacji,
- Transport biomasy wewnątrz zakładu, zbiorniki, silosy przeznaczone do magazynowania substratów do fermentacji,
- Hala przyjęć i urządzenia do wstępnej obróbki mechanicznej,
- Komory fermentacyjne w przypadku wystąpienia awarii podzespołów,
- Zbiorniki przeznaczone do magazynowania pofermentu,
- Urządzenia służące do przetwarzania pofermentu – linia do odwadniania, suszenia i konfekcjonowania.

Koszt budowy biogazowni

Koszty zależą przede wszystkim od wielkości biogazowni:

- Dla dużych inwestycji, rzędu 1 MW mocy elektrycznej, przeciętny koszt wynosi 15 mln zł/MW.
- Przy wielkości rzędu 250 kW koszt za MW rośnie do około 21 mln zł/MW, czyli taka biogazownia kosztuje ok. 5 mln złotych.
- Dla mikrobiogazowni koszt w przeliczeniu na 1 MW jest znacznie wyższy. Najtańsze profesjonalne rozwiązania **dla mikrobiogazowni rolniczej o mocy 40 kW oznaczają inwestycję około 1,4 mln złotych** (35 mln zł/MW).

Zwrot z inwestycji można uzyskać nawet w ciągu trzech lat dla dużych i pięciu lat dla średnich biogazowni.

Dla mikrobiogazowni czas zwrotu będzie ponad dwukrotnie dłuższy, ale nadal wyniesie jedynie 7-8 lat.

Ceny energii sprzedawanej do sieci dla biogazowni rolniczych

- Gwarantowana cena minimalna to 90% (dla biogazowni o mocy powyżej 500kW) lub 95% (poniżej 500kW) ceny referencyjnej:

Cena referencyjna to maksymalna cena, po której producenci energii z OZE mogą ją sprzedawać na aukcjach. Obecne ceny wynoszą dla biogazowni rolniczych wykorzystujących biogaz tylko do produkcji energii elektrycznej:

- 872 zł/MWh dla instalacji o mocy elektrycznej poniżej 500 kW;
- 793 zł/MWh w przedziale od 500 kW do 1 MW;
- 775 zł/MWh powyżej 1 MW.
- Dla biogazowni rolniczych produkujących zarówno ciepło, jak i energię elektryczną w kogeneracji ceny referencyjne wynoszą:
- 1025 zł/MWh dla instalacji o mocy elektrycznej poniżej 500 kW;
- 941 zł/MWh w przedziale od 500 kW do 1 MW;
- 896 zł/MWh powyżej 1 MW.

<https://www.ure.gov.pl/pl/oze/aukcje-oze/ceny-referencyjne/6539,Ceny-referencyjne.html>

https://i-rolnik.pl/vademecum/biogazownia_rolnicza_korzysci_oplacalnosc_ulatwienia/

Część 10

Uwarunkowania formalno-prawne

Kroki w procesie inwestycyjnym

Krok 1 – procedury planistyczne (lokalizacja inwestycji)

Należy potwierdzić możliwość lokalizacji inwestycji, wymagane jest jedno z poniższych:

- **Miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego (MPZP)** musi dopuszczać taką inwestycję, (strefy przeznaczone pod działalność gospodarczą lub rolniczą), lub
- **Decyzja o warunkach zabudowy (WZ)** gdy brak MPZP, lub
- **Zintegrowany Plan Inwestycyjny (ZPI)** wraz z umową urbanistyczną w nowych procedurach planistycznych (przez umowę urbanistyczną inwestor zobowiązuje się na rzecz gminy do realizacji inwestycji uzupełniającej (np., infrastruktura techniczna, komunikacyjna, usługi społeczne, np. szkoła, przedszkola, obiekty rekreacji), w umowie urbanistycznej można zapisać partycypację inwestora w kosztach uchwalenia ZPI.

Kroki w procesie inwestycyjnym

Krok 2 – decyzja o uwarunkowaniach środowiskowych (DUŚ)

- <500kW_e – nie wymagają Decyzji Środowiskowej, z wyłączeniem obszarów Natura 2000,
- >500kW_e – zaliczane do przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (zgodnie z § 3 ust. 1 pkt. 45 Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r., w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz.U. 2010 Nr 213, poz.1397 z późn. zm.),
 - Inwestor składa wójtowi lub burmistrzowi wniosek o wydanie Decyzji Środowiskowej wraz z opracowaną kartą Informacji Przedsięwzięcia (KIP),
 - Na podstawie KIP, Regionalna Dyrekcja Ochrony Środowiska (RDOŚ) i Państwowy Powiatowy Inspektor Sanitarny (PPIS) podejmują decyzję, czy wymagany jest pełny Raport o Oddziaływaniu Biogazowni na Środowisko (OOS).

Kroki w procesie inwestycyjnym

Krok 2 – decyzja o uwarunkowaniach środowiskowych (DUŚ)

Karta Informacyjna Przedsięwzięcia (KIP) - dokument opisujący wpływ inwestycji na otoczenie, który określa:

- Charakterystykę inwestycji: lokalizację i powierzchnię terenu, planowaną moc i rodzaj technologii,
- Rodzaj substratów i ich magazynowanie: rodzaj i ilość surowców, sposób transportu,
- Zagospodarowanie pofermentu, sposób wykorzystania jako nawozu lub suszenia,
- Oddziaływanie na środowisko: zapach (zastosowanie szczelnych zbiorników i dezodoryzacja), hałas (praca pomp, sprężarek, agregatów), woda i gleby (minimalizacja ryzyka wycieków, szczelność zbiorników),
- Infrastruktura towarzysząca (drogi, ogrodzenia, oświetlenie).

Kroki w procesie inwestycyjnym

Krok 3 – uzyskanie warunków przyłączenia do sieci elektroenergetycznej

- **Warunki przyłączenia do sieci elektroenergetycznej** – dokument wydawany przez operatora systemu dystrybucyjnego lub przesyłowego określający szczegóły techniczne związane **z przyłączeniem instalacji do sieci** oraz zobowiązanie operatora do podpisania umowy przyłączeniowej.
- Warunki umożliwiają „czasową rezerwację miejsca w sieci” dla danej instalacji OZE.
- Ważne 2 lata.

Kroki w procesie inwestycyjnym

Krok 4 – uzyskanie warunków przyłączenia do sieci ciepłowniczej (opcjonalnie)

- **Warunki przyłączenia do sieci ciepłowniczej** – w przypadku kogeneracji – dokument wydawany przez operatora systemu dystrybucyjnego albo przesyłowego określający szczegóły techniczne oraz koszty związane z przyłączeniem instalacji OZE oraz stanowiący zobowiązanie operatora do podpisania z inwestorem umowy przyłączeniowej.
- Warunki umożliwiają „czasową rezerwację miejsca w sieci” dla danej instalacji OZE.
- Ważne 2 lata.

Kroki w procesie inwestycyjnym

Krok 5 – uzyskanie pozwolenia na budowę

Pozwolenie na budowę to element procesu inwestycyjnego, który stanowi podstawę do rozpoczęcia prac budowlanych przy budowie biogazowni.

Do wniosku o pozwolenie na budowę trzeba przygotować:

- Projekt zagospodarowania działki,
- Projekt architektoniczno-budowlany,
- Projekt techniczny instalacji,
- Oświadczenie o prawie do dysponowania nieruchomością na cele budowlane.

Ze względu na charakter instalacji (produkcja energii, magazynowanie substratów, kwestie ściekowe), wymagana jest koordynacja projektu z wieloma instytucjami i branżami.

Kroki w procesie inwestycyjnym

Krok 5 – uzyskanie pozwolenia na budowę

Projekt biogazowni wymaga często uzgodnień z różnymi instytucjami:

- **Uzgodnienia w zakresie ochrony przeciwpożarowej (PPOŻ):** Ze względu na magazynowanie biogazu i substratów, projekt musi zostać uzgodniony z rzeczoznawcą ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych.
- **Uzgodnienia sanitarne (SANEPID):** Dotyczą higienicznych aspektów przetwarzania odpadów organicznych.
- **Uzgodnienia z zarządcami dróg:** Jeśli inwestycja wymaga budowy lub przebudowy zjazdu z drogi publicznej (np. dla transportu substratów).
- **Warunki przyłączenia do sieci (elektroenergetycznej lub gazowej):** Uzyskanie warunków od Operatora Systemu Dystrybucyjnego (OSD) jest niezbędne do wprowadzenia energii elektrycznej lub biometanu do sieci.
- **Uzgodnienia wodnoprawne:** Pozwolenie wodnoprawne jest wymagane, jeśli biogazownia będzie pobierać wodę lub wprowadzać ścieki (np. odcieki) do wód lub gruntu.
- **Badania geotechniczne:** Zapewnienie odpowiedniej nośności gruntu pod ciężkie zbiorniki fermentacyjne.

Kroki w procesie inwestycyjnym

Krok 6 – uzyskanie pozwolenia na użytkowanie

Po zakończeniu budowy i rozruchu, przed oddaniem do użytkowania, inwestor powinien zgłosić inwestycję do stosownych urzędów w celu uzyskania:

- ❑ pozwolenia emisyjnego,
- ❑ pozwolenia na hałas,
- ❑ decyzji zezwalającej na eksploatację urządzeń technicznych (Urząd Dozoru Technicznego),
- ❑ decyzji o pozwoleniu na odzysk odpadów,
- ❑ zezwolenia na prowadzenie działalności w zakresie odzysku lub unieszkodliwiania odpadów,

Kroki w procesie inwestycyjnym

Krok 6 – uzyskanie pozwolenia na użytkowanie

Pozwolenie na użytkowanie – uwieńczenie procesu inwestycyjnego, kroki do uzyskania to zgłoszenia zakończenia budowy i złożenie dokumentacji:

- Wniosek o udzielenie pozwolenia na użytkowanie,
- Oryginał dziennika budowy,
- Protokoły badań i sprawdzeń,
- Dokumentacja geodezyjna (inwentaryzacja powykonawcza),
- Pozwolenia środowiskowe i inne decyzje.

Kroki w procesie inwestycyjnym

Krok 7 – uzyskanie wpisu do rejestru wytwórców biogazu rolniczego

- **Wpis do Rejestru wytwórców biogazu rolniczego** prowadzonego przez **KOWR** (Krajowy Ośrodek Wsparcia Rolnictwa) – to forma uzyskania zezwolenia na prowadzenie działalności gospodarczej w zakresie produkcji biogazu.

Po uzyskaniu wpisu wytwórca biogazu:

- przedstawia raporty kwartalne – sprawozdania z działalności (ilości wytworzonego biogazu),
- zgłasza wszystkie zmiany danych firmy lub instalacji,
- posiada obowiązek certyfikacji na zgodność z Kryteriami Zrównoważonego Rozwoju (wynika z zapisów Dyrektywy RED II)- dotyczy instalacji o całkowitej mocy cieplnej 2MW.

Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 13 stycznia 2023 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle rolnicze i ich usytuowanie



DZIENNIK USTAW RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

Warszawa, dnia 15 lutego 2023 r.

Poz. 297

**ROZPORZĄDZENIE
MINISTRA ROLNICTWA I ROZWOJU WSI¹⁾**

z dnia 13 stycznia 2023 r.

w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle rolnicze i ich usytuowanie²⁾



DZIENNIK USTAW RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

Warszawa, dnia 11 sierpnia 2023 r.

Poz. 1597

USTAWA

z dnia 13 lipca 2023 r.

**o ułatwieniach w przygotowaniu i realizacji inwestycji w zakresie biogazowni rolniczych,
a także ich funkcjonowaniu¹⁾**

Art. 1. 1. Ustawa określa szczególne zasady oraz procedury przygotowania i realizacji biogazowni rolniczych i zasady postępowania w sprawie wydania decyzji o pozwoleniu na budowę biogazowni rolniczych, mające na celu ułatwienie i przyspieszenie przygotowania i realizacji inwestycji w zakresie biogazowni rolniczych, a także warunki dotyczące wykonywania działalności w tych biogazowniach.

Specustawa biogazowa

Ma na celu uproszenie i przyspieszenie budowy biogazowni rolniczych w Polsce. Ułatwienia dotyczą biogazowni rolniczych spełniających kilka przesłanek ustawowych:

- Podmiot realizujący przedsięwzięcie to gospodarstwo rolne, branża przetwórstwa rolno-spożywczego (co najmniej część substratów wykorzystywanych w biogazowniach powinna pochodzić z własnej produkcji) lub spółdzielnie energetyczne,
- Teren do 1 ha,
- Moc elektryczna na poziomie do 3,5MW, cieplna 10,5MW, roczna wydajność produkcji biogazu do 14 mln m³, roczna wydajność biometanu do 8,4 mln m³,
- Rodzaje substratów wykorzystywanych do produkcji biogazu rolniczego

Aspekty prawne

- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych przewiduje łączny 20% udział źródeł energii odnawialnej w zużyciu energii w UE w 2020 r., zróżnicowany dla każdego państwa członkowskiego. Pułap ten dla Polski określono na poziomie 15%.
- Dla produkcji energii z biogazu znaczenie ma Dyrektywa 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej,

Możliwości finansowania inwestycji

- Środki własne – niezwykle ważny element finansowania tego typu inwestycji, ponieważ banki, fundusze, instytucje finansujące rzadko udzielają wsparcia na 100% kosztów kwalifikowanych, wymagają wkładu własnego inwestora,
- Kredyty bankowe i preferencyjne pożyczki – najczęściej spotykana forma uzupełnienia finansowania biogazowni rolniczej,
- Leasing na maszyny i urządzenia – interesujące uzupełnienie finansowania biogazowni, gdy inwestor chce ograniczyć wysokość zaciąganego kredytu i nie „zamrażać” kapitału, koszty leasingu wrzucane w koszty uzyskania przychodu obniżają należny podatek,
- Dofinansowanie ze środków zewnętrznych,

Program „Energia dla wsi”

- Rządowy program Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW) na lata 2022-2030,
- Celem jest wzrost wykorzystania odnawialnych źródeł energii na terenie gmin wiejskich i wiejsko-miejskich,
- Można ubiegać się o dofinansowanie budowy instalacji wytwarzania biogazu rolniczego w warunkach wysokosprawnej kogeneracji o mocy do 1MW energii,
- Budżet 3 mld zł z Funduszu Modernizacyjnego,
- Oferuje dotacje (do 45%: 20 mln zł) i pożyczki (do 100% kosztów kwalifikowanych – do 25 mln zł),
- Beneficjenci: rolnicy (działalność rolnicza przez co najmniej 12 m-cy) spółdzielnie energetyczne lub jej członkowie.



KRAJOWY
PLAN
ODBUDOWY



Rzeczpospolita
Polska

Sfinansowane przez
Unię Europejską
NextGenerationEU



POLITECHNIKA
LUBELSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII
ŚRODOWISKA I ENERGETYKI

Dr inż. Marta Bis

Katedra Konwersji Biomasy i Odpadów w Biopaliwa

**Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Politechnika Lubelska**

**Ul. Nadbystrzycka 40B
20-618 Lublin**

**m.bis@pollub.pl
+48 81538 47 82
510 035 436**

**Dziękuję za
uwagę**

