

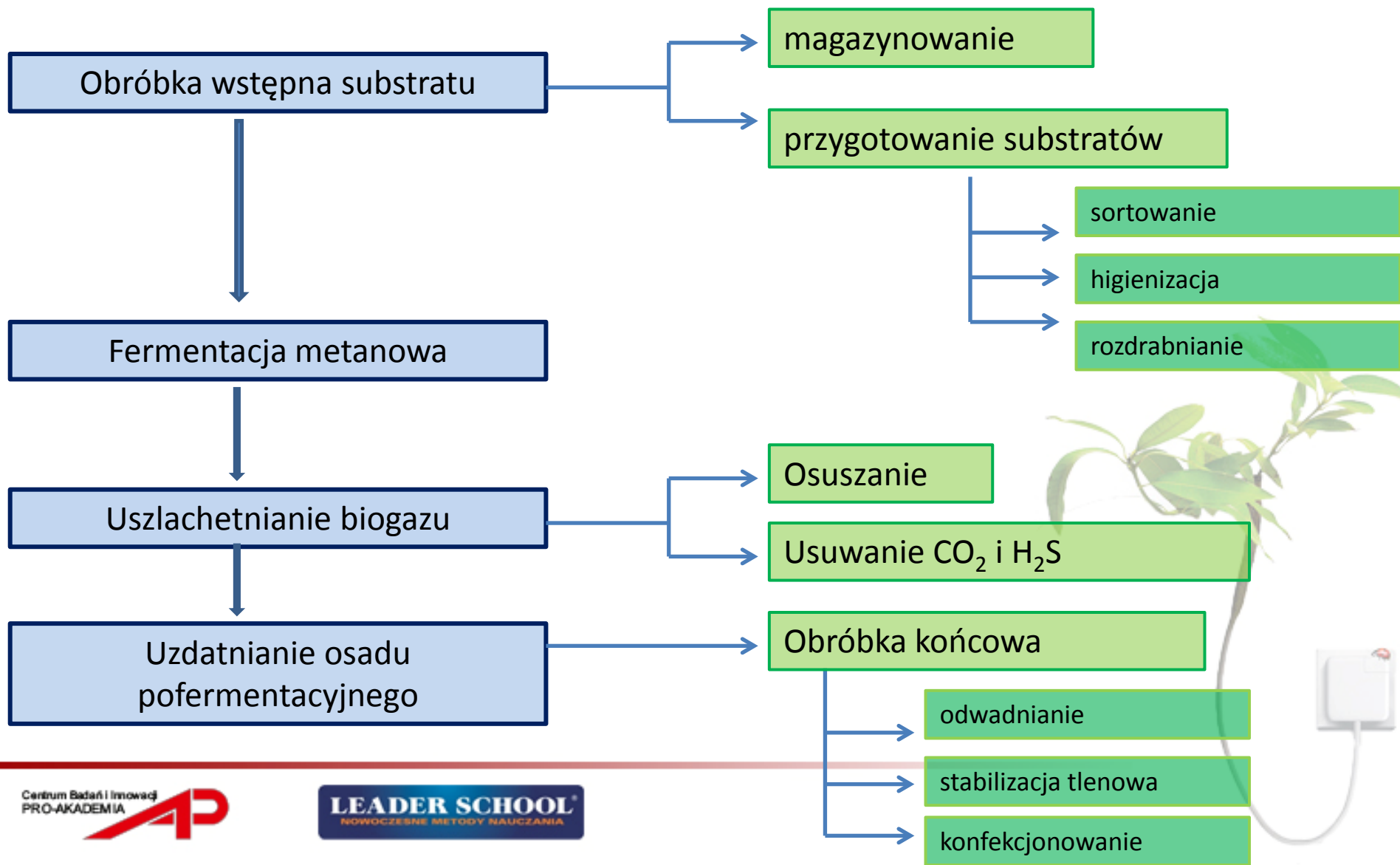
# TECHNOLOGIE BIOGAZOWE

Mgr inż. Karina Michalska – WIPOŚ PŁ

Mgr inż. Anna Kacprzak – WIPOŚ PŁ



## Produkcję biogazu można podzielić na cztery etapy:

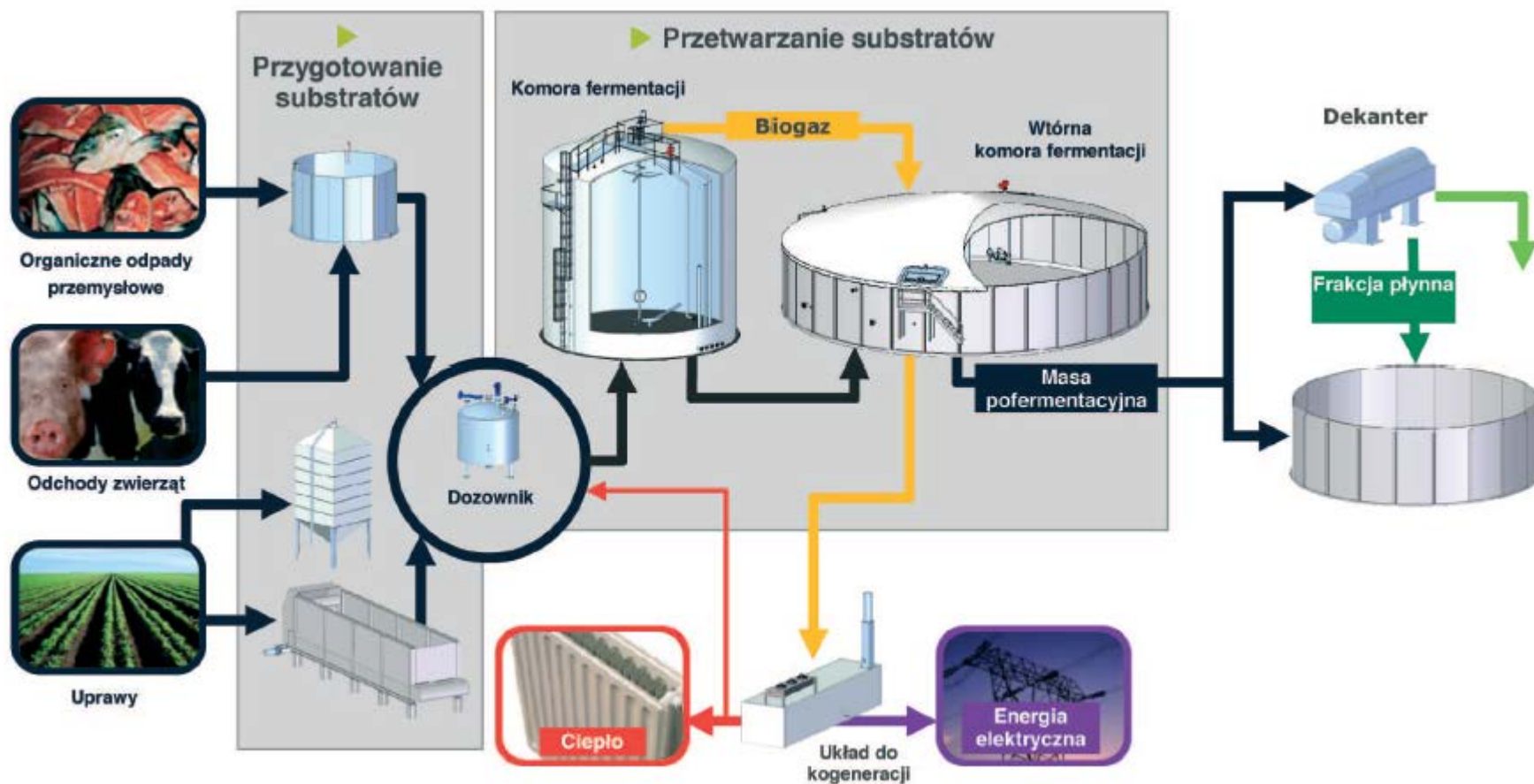


## Typowe elementy występujące w większości instalacji biogazowych:

- ✓ Zbiornik wstępny na biomasę;
- ✓ Zbiornik fermentacyjny, przykryty szczelną membraną;
- ✓ Zbiornik pofermentacyjny lub laguna;
- ✓ Układ kogeneracyjny (silnik gazowy plus generator elektryczny) produkujący energię elektryczną i ciepłą;
- ✓ Instalację sanitarną, zabezpieczającą , elektryczną , łącznie z układami sterującymi, które integrują wszystkie elementy w funkcjonalną całość;
- ✓ Przyłącza do sieci energetycznej i ew. ciepłej.



## Schemat blokowy instalacji do produkcji biogazu



## MAGAZYNOWANIE

- ✓ Wielkość powierzchni wymaganej pod takie składowiska magazynowe wiąże się ze spodziewanymi ilościami materiału i kompensowanymi okresami dostaw. Takie warunki umowne jak i ilość przyjmowanego materiału i częstotliwość dostaw odgrywają istotną rolę wtedy, jeżeli stosuje się kosubstraty spoza własnego przedsiębiorstwa.
- ✓ Jeżeli stosuje się kosubstraty higienicznie wątpliwe, np. pochodzenia przemysłowego, nie wolno dopuszczać możliwości mieszania się substratu obojętnego z substratem higienicznie wątpliwym przed przepuszczeniem przez urządzenie higienizujące.
- ✓ Dla zminimalizowania emisji zapachów, jak i ze względów praktycznych odbiór, składowanie i uzdatnianie substratów trzeba przeprowadzać w halach, z odwiewem wyposażonym w biofiltry oczyszczające powietrze.



# PRZYGOTOWANIE SUBSTRATÓW

Celem procesów przygotowania odpadów do przetwarzania jest:

- ✓ usunięcie z odpadów składników, których obecność w przetwarzanym strumieniu może prowadzić do uszkodzenia urządzeń stosowanych w kolejnych etapach procesu;
- ✓ wydzielenie z odpadów widocznych materiałów nieulegających biodegradacji (szkła, tworzyw sztucznych i metali);
- ✓ zmniejszenie zawartości w odpadach zanieczyszczeń chemicznych, które mogą obniżyć jakość końcowego produktu;
- ✓ optymalizacja składu chemicznego substratu.

rozdrobienie, przesiewanie, wydzielenie metali, sortowanie ręczne lub mechaniczne



## ROZDRABNIANIE SUBSTRATÓW

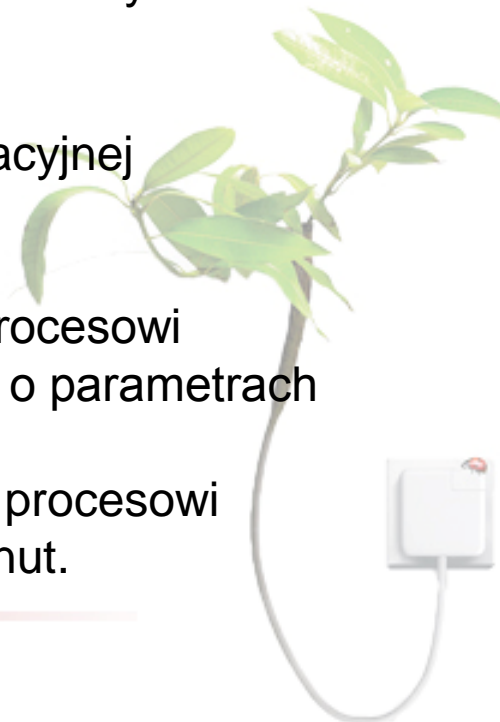
- ✓ rozdrabnianie substratu zwiększa powierzchnię substratu dla procesu degradacji biologicznej, a tym samym dla produkcji metanu;
- ✓ wraz ze zwiększaniem stopnia rozdrobnienia wzrasta szybkość rozkładu biologicznego;
- ✓ do rozdrabniania materiałów twardych, czy też podatnych na rozwłóknienie najbardziej odpowiednie są młyny młotkowe, jak również kruszarki udarowe;
- ✓ dla materiałów miękkich i ciągliwych można zastosować rozdrabniarki nożowe;
- ✓ rozwiązaniem uniwersalnym są młyny bębnowe.





## HIGIENIZACJA

- ✓ Odpady pochodzenia zwierzęcego stanowią źródło organizmów patogennych;
- ✓ odpady te należy poddać obróbce termicznej – ciśnieniowej. Przetwarzanie odpadów pochodzenia zwierzęcego reguluje Rozporządzenie nr 1774/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 3 października 2002 r.
- ✓ takie substraty przed umieszczeniem w komorze fermentacyjnej wymagają odpowiedniego przygotowania:
  - rozdrobnione odpady kat. 2. muszą zostać poddane procesowi sterylizacji – obróbce termicznej poprzez działanie pary o parametrach minimum 133°C; 0,3MPa przez 20 minut,
  - rozdrobnione odpady kat. 3. (średnica maks. 12mm) - procesowi higienizacji w temperaturze 70°C przez minimum 60 minut.







## HIGIENIZACJA

- ✓ Materiały poddawane obróbce termicznej łatwiej ulegają procesowi fermentacji;
- ✓ higienizację można przeprowadzać w hermetycznie zamykanych i ogrzewanych zbiornikach ze stali szlachetnej;
- ✓ temperatura substratu po higienizacji jest wyższa od temperatury procesowej panującej we wnętrzu fermentora. Jeśli zhygienizowany substrat ma być podany bezpośrednio do fermentora, to wtedy konieczne jest schłodzenie do temperatury mieszczącej się w zakresie temperatury roboczej fermentora.





# REAKTORY

Z PEŁNYM  
WYMIESZANIEM

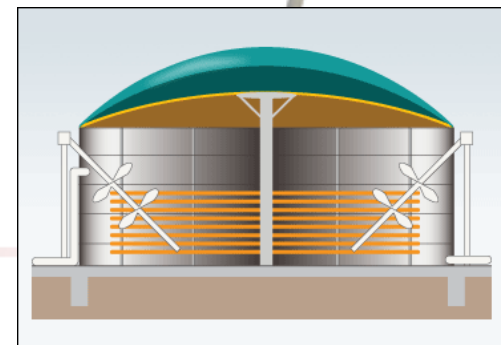
PERKOLACYJNE

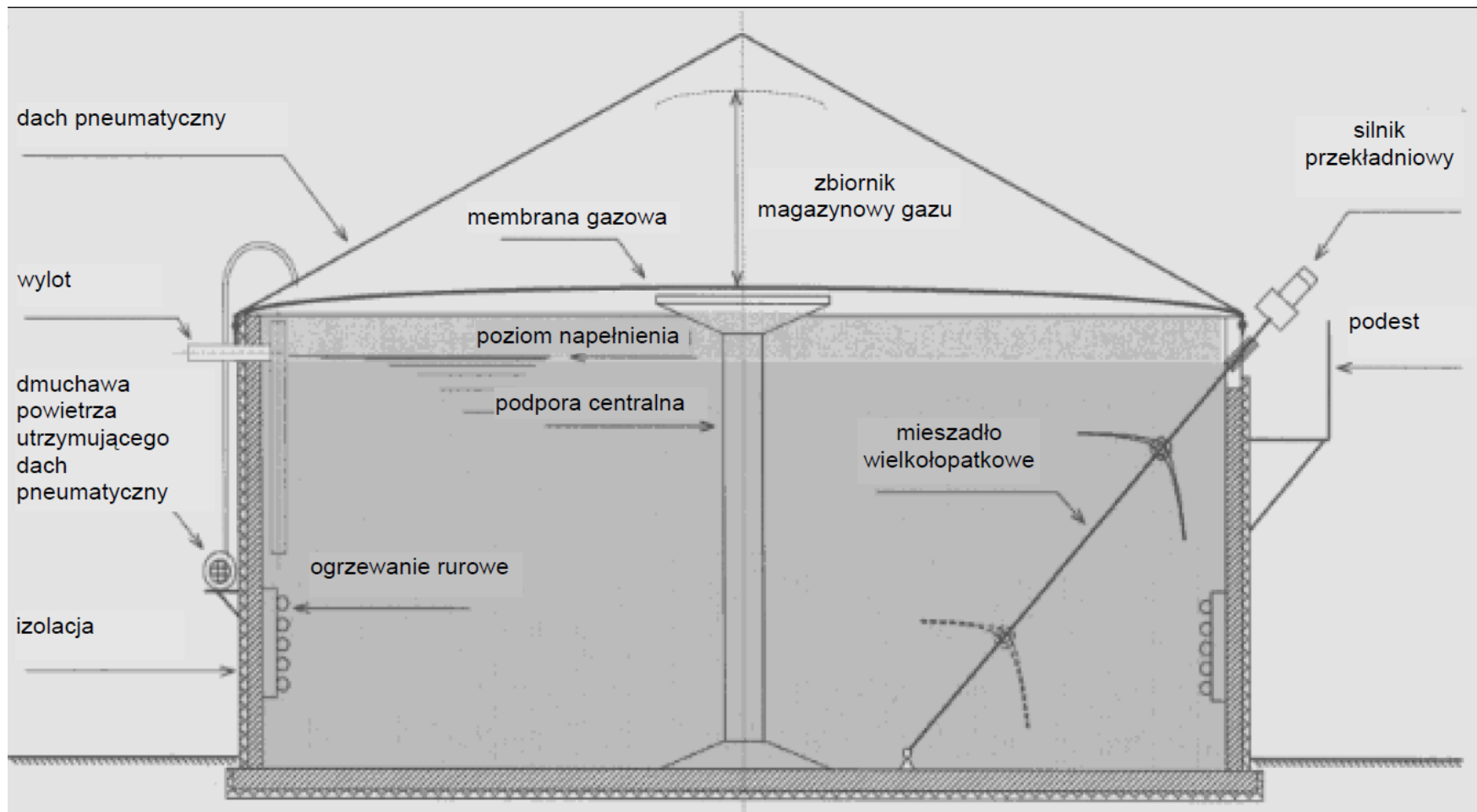
O PRZEPŁYWIE  
TŁOKOWYM



## Reaktory z pełnym wymieszaniem

- ✓ są budowane w formie cylindrycznej stojącej;
- ✓ stosuje się je do wytwarzania biogazu przede wszystkim w gospodarce rolnej;
- ✓ składają się ze zbiornika z betonowym dnem i stalowymi lub żelazobetonowymi ściankami;
- ✓ zbiornik taki może być całkowicie lub częściowo wpuszczony w podłoże albo zostać zbudowany całkowicie nad powierzchnią gruntu;
- ✓ na zbiorniku nadbudowuje się gazoszczelne przykrycie, które może być wykonane w różny sposób, zależnie od lokalnych wymogów i typu konstrukcji;
- ✓ idealny przepływ substratu zapewnia mieszadło, ewentualnie sam reaktor biogazowy.





Zródło: Institut für Energetik und Umwelt gGmbH, Biogaz, Produkcja, Wykorzystywanie, <http://www.ie-leipzig.de>



<b>Parametry znamionowe</b>	<b>materiał:</b> żelazobeton, stal i stal szlachetna <b>objętość:</b> teoretycznie nieograniczona, możliwa do 30 000 m <sup>3</sup> , ale w większości nie większa niż 6 000 m <sup>3</sup> ze względu na trudność przemieszczania większych fermentorów
<b>Kwalifikacja</b>	wszystkie typy substratów
<b>Zalety</b>	korzystny stosunek powierzchni do objętości, a przez to mniejsze straty ciepła
<b>Wady</b>	w reaktorach z idealnym mieszaniem istnieje ryzyko powstania przepływu obejściowego, możliwość powstawania kożuchów i złogów dennych

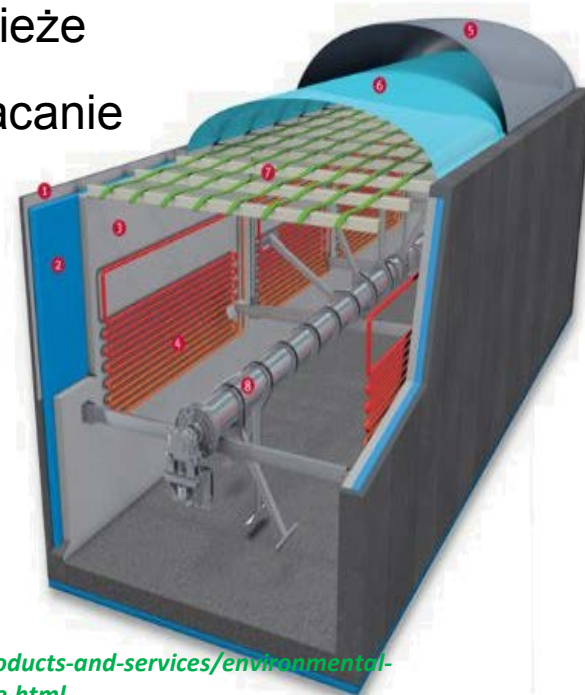


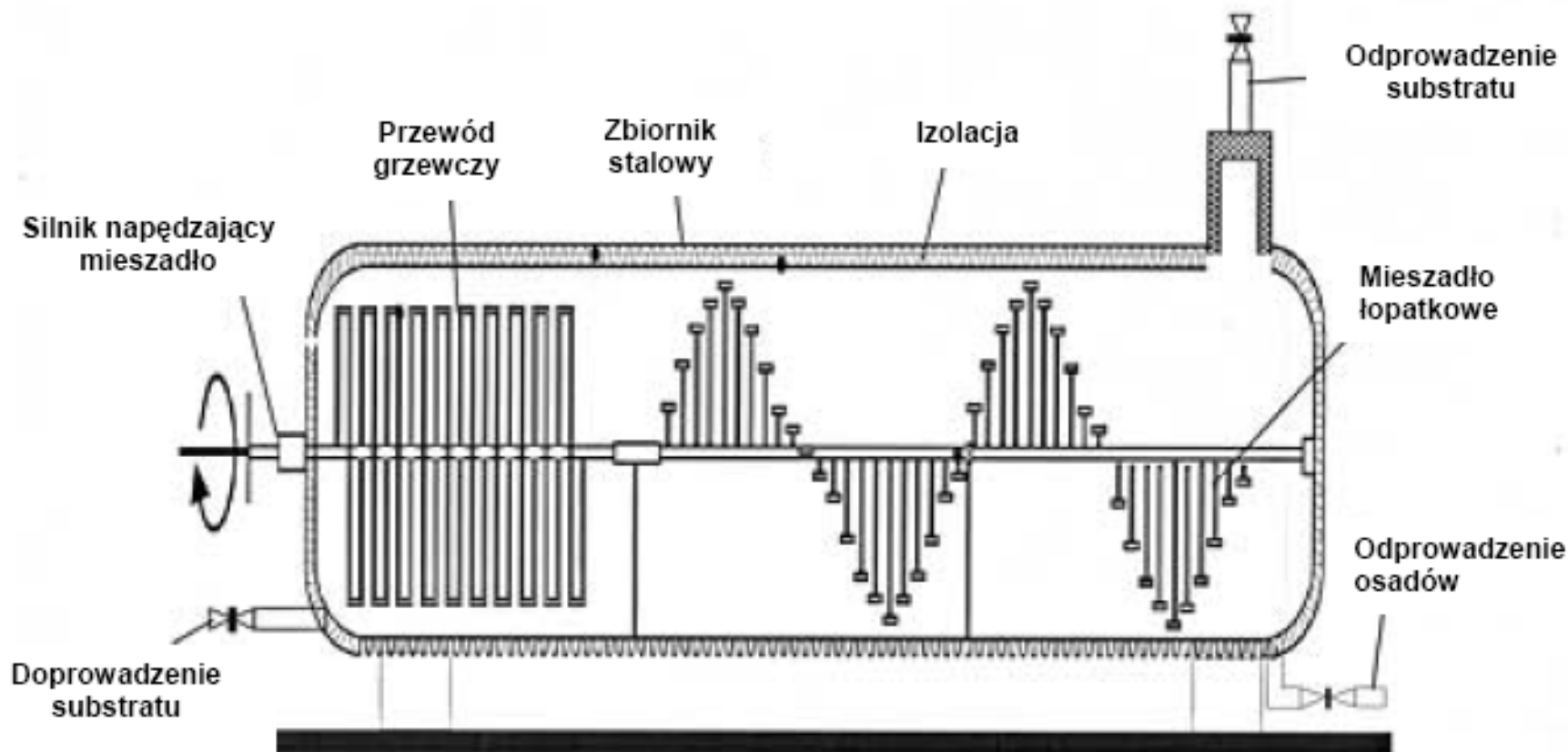
<b>Cechy szczególne</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• reaktor musi być gazoszczelny;</li> <li>• zaleca się budowę nachylonego dachu, ze względu na potencjalne obciążenie przez masy śniegu;</li> <li>• grunt pod budowę musi mieć bardzo dużą nośność, ponieważ nie powinno występować jakiegokolwiek osiadanie;</li> <li>• konieczność zaplanowania otworów na wszystkie podłączane agregaty i przewody rurowe;</li> <li>• dno komory reaktora można wykonać ze spadkiem w centrum lub na skraju, aby umożliwić efektywne wybieranie sedimentów;</li> <li>• dla bezpieczeństwa konieczne jest zainstalowanie zaworu nadciśnieniowego dla zbiornika magazynowego gazu.</li> </ul>
<b>Formy konstrukcji</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• konstrukcja podziemna z przejezdnym dachem na poziomie gruntu;</li> <li>• konstrukcja częściowo wpuszczona w ziemię lub stojąca na podłożu;</li> <li>• ze stałym pułapem betonowym lub zadaszeniem jako membrana gazowa, zakryta lub nie, daszkiem chroniącym przed warunkami atmosferycznymi;</li> <li>• z idealnym wymieszaniem lub konstrukcja specjalna jako reaktor z przepływem tłokowym.</li> </ul>



## Reaktory z przepływem tłokowym

- ✓ są wykorzystywane do fermentacji odpadów o zawartości s.m. od 20 do 40 %;
- ✓ wykorzystują efekt wyporu doprowadzanego świeżego substratu, aby wywołać przepływ tłokowy;
- ✓ odpady wprowadzane są z jednej strony bioreaktora i usuwane z drugiej;
- ✓ bakterie nie są zatrzymywane w reaktorze, dlatego świeże porcje odpadów muszą być zaszczepiane przez zawracanie części strumienia odpadów przefermentowanych;
- ✓ recyrkulacja części przefermentowanych odpadów umożliwia mieszanie materiału.





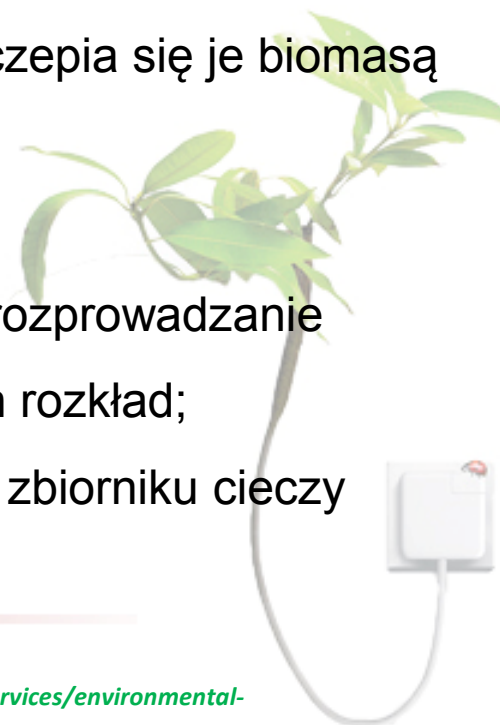
Zródło: Institut für Energetik und Umwelt gGmbH, Biogaz, Produkcja, Wykorzystywanie, <http://www.ie-leipzig.de>

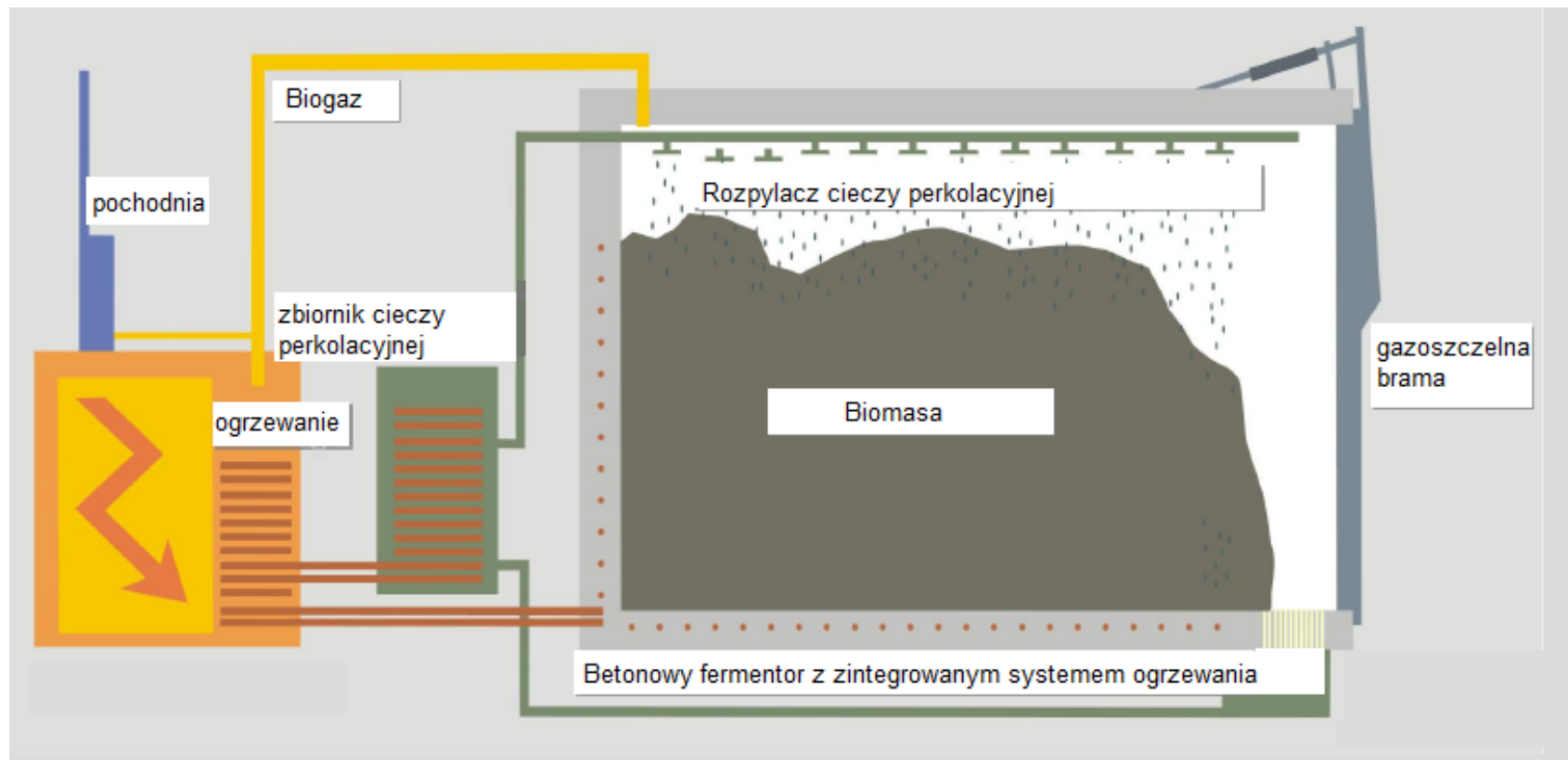
<b>Parametry znamionowe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wielkość budowana dla fermentorów leżących do 800 m<sup>3</sup>, w fermentorach stojących do ok. 2 500 m<sup>3</sup>;</li> <li>ze stali lub betonu.</li> </ul>
<b>Kwalifikacja</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>odpowiednie do substratów pompowalnych o dużej zawartości substancji suchej.</li> </ul>
<b>Zalety</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zwarty, ekonomiczny kosztowo rodzaj konstrukcji w małych instalacjach;</li> <li>separacja etapów fermentacji w przepływie tłokowym;</li> <li>uwarunkowane rodzajem konstrukcji zapobieganie tworzenia się kożuchów i złożeń dennych;</li> <li>utrzymanie czasów przetrzymania dzięki daleko idącemu zapobieganiu zjawiskom przepływu obejściowego;</li> <li>niedługie czasy przetrzymania;</li> <li>instalacja efektywnie ogrzewalna, niewielkie straty ciepła dzięki zwartej konstrukcji.</li> </ul>
<b>Wady</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>instalacja ekonomicznie produkowana tylko w niewielkich ilościach;</li> <li>prace konserwacyjne przy mieszadle wymagają całkowitego opróżnienia komory fermentacyjnej.</li> </ul>
<b>Cechy szczególne</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>może być produkowany w wersji leżącej i stojącej, najczęściej stosowana jest wersja leżąca;</li> <li>w konstrukcjach stojących przepływ tłokowy uzyskuje się najczęściej w zabudowach pionowych, rzadziej w poziomych;</li> <li>możliwość eksploatacji z i bez urządzeń przepływowych.</li> </ul>



## Reaktory perkolacyjne

- ✓ w reaktorach perkolacyjnych odpady nie są w ogóle mieszane;
- ✓ reaktor to żelbetowy prostopadłościan z dużą, gazoszczelną bramą do załadunku;
- ✓ funkcję mieszania spełnia cyrkulacja cieczy procesowej, którą spryskiwane są odpady;
- ✓ podczas załadowywania komory odpadami uprzednio zaszczepia się je biomasą z innego bioreaktora i pozostawia do fermentacji;
- ✓ odcieki zbierane z dna komory są recyrkulowane;
- ✓ ciecz ta umożliwia rozprzestrzenienie się flory bakteryjnej i rozprowadzanie rozpuszczalnych związków organicznych przyspieszając ich rozkład;
- ✓ system wyposażony jest w dwa źródła ciepła : wymiennik w zbiorniku cieczy oraz wbudowaną instalację w konstrukcję boksu.





Źródło: Początek M., Janik M., Fermentacja metanowa, [www.en4.pl](http://www.en4.pl)

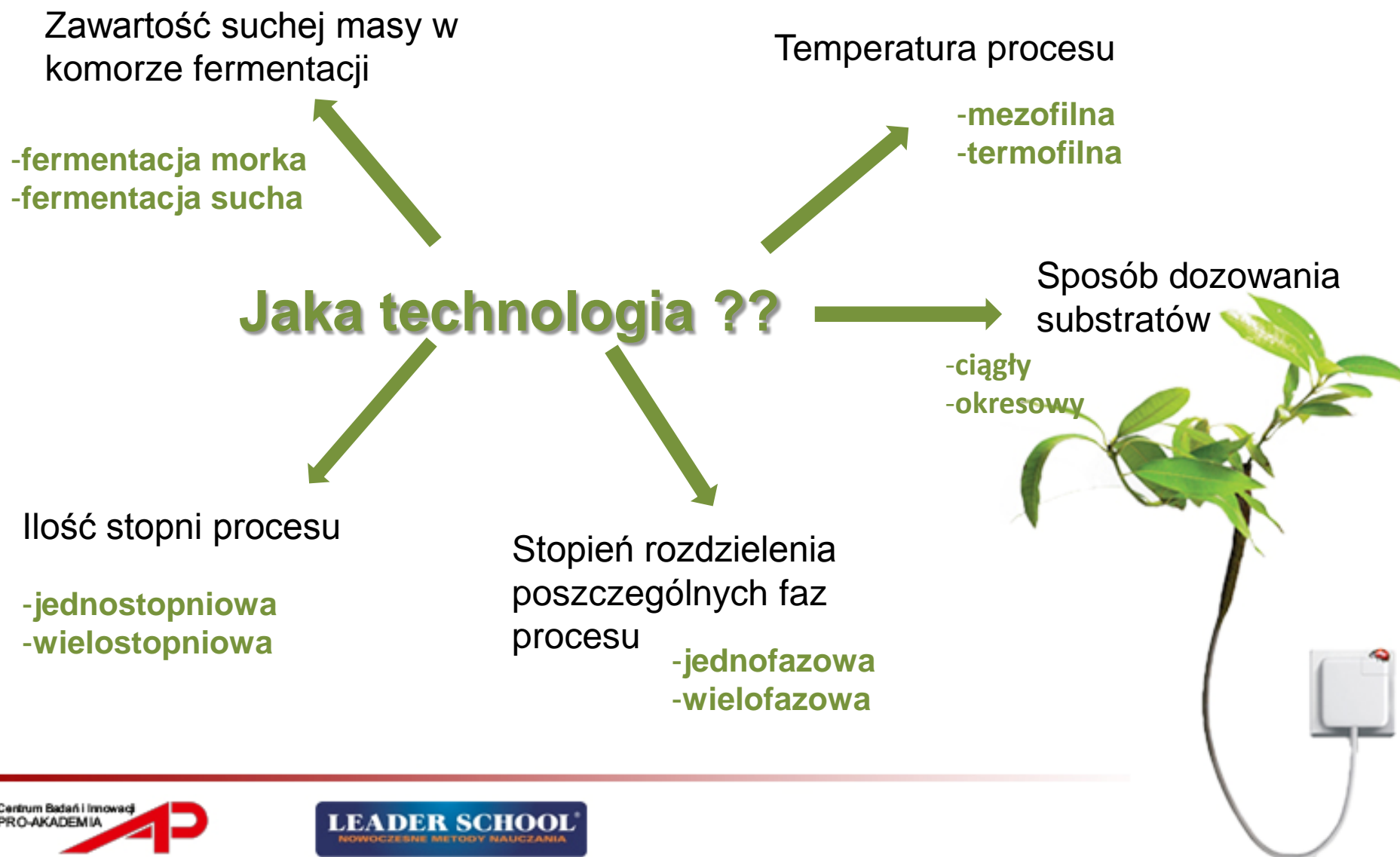


## Zalety

- konsumpcja energii ok. 10%;
- prosty załadunek (ładowacz typu „tur”);
- wykonanie modułowe;
- niewrażliwy na zanieczyszczenia;
- prostota systemu - niskie zużycie części mechanicznych;
- niskie koszty inwestycyjne;
- wysoka zawartość metanu (80%);
- przyjmuje odpady bez obróbki wstępnej;
- wydajność zależy od jakości wsadu.









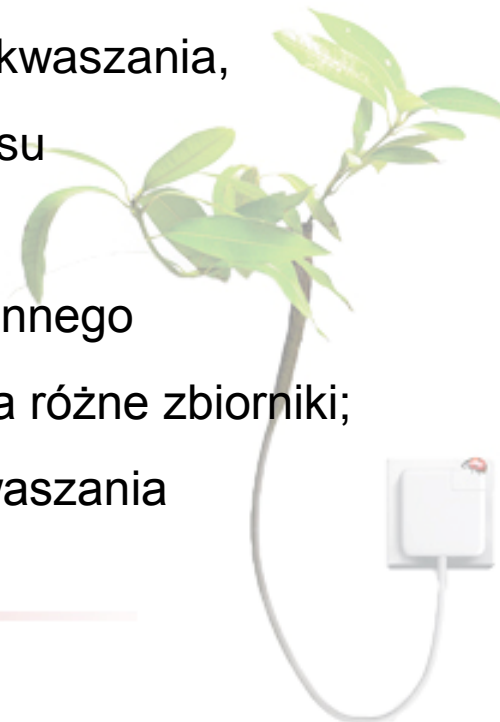
Kryterium	Technologia	Wyjaśnienie
Zawartość suchej masy w komorze fermentacji	Fermentacja mokra	Substraty w komorze fermentacji są płynne o wartości s.m. < 15%
	Fermentacja sucha	Substraty stałe o wysokiej zawartości s.m. >15%
Temperatura procesu	Mezofilna 32-42 <sup>0</sup> C	Najczęściej stosowana
	Termofilna 50-57 <sup>0</sup> C	Rzadko stosowana
Ilość stopni procesu	Jednostopniowa	Jedna komora fermentacji
	Wielostopniowa	Dwie lub więcej komór fermentacji połączonych szeregowo
Stopień rozdzielania poszczególnych faz procesu fermentacji	Jednofazowa	Fazy hydrolizy i produkcji metanu zachodzą z równą intensywnością w tym samym reaktorze
	Wielofazowa	Wyższa intensywność procesów hydrolizy i metanogenezy o oddzielnych reaktorach
Sposób dozowania substratów	Ciągły	Dozowanie substratów w sposób równomierny i ciągły, stała produkcja biogazu
	Okresowy	Komora fermentacji jest napełniana ładunkiem substratów. Po fermentacji większość pozostałości zostaje usunięte. Produkcja gazu osiąga wartość maksymalną na początku trwania procesu i maleje z upływem czasu





## Liczba etapów procesu technologicznego

- ✓ w biogazowniach rolniczych najczęstsze zastosowanie znajduje jedno- bądź dwuetapowa metoda produkcyjna, przy czym główne zainteresowanie skupia się na instalacjach jednoetapowych;
- ✓ w instalacjach jednoetapowych nie występuje przestrzenne rozdzielenie różnych faz procesu technologicznego fermentacji (hydrolizy, fazy zakwaszania, tworzenia kwasu octowego i metanu). Wszystkie fazy procesu technologicznego są przeprowadzane w jednym zbiorniku;
- ✓ w metodach dwu- lub wieloetapowych dokonuje się przestrzennego oddzielenia poszczególnych faz procesu technologicznego na różne zbiorniki;
- ✓ w metodach dwuetapowych na przykład faza hydrolizy i zakwaszania przeprowadzana jest w zbiorniku zewnętrznym.



## Liczba etapów procesu technologicznego

- ✓ Wyróżnia się dwa rozwiązania **fermentacji dwustopniowej**:

Wariant 1: w I reaktorze, tzw. upłynniającym (reaktor LA; liquefaction-acetogenesis reactor), prowadzi się hydrolizę i fazę kwaśną, natomiast w II reaktorze, zwykle przepływowym, fazę octanogenną i metanogenną – **fermentacja dwustopniowa**;

Wariant 2: w I komorze jest prowadzony wstępny rozkład substancji organicznych w warunkach termofitowych, a w II komorze prowadzi się fermentację mezofilową, lub odwrotnie - **fermentacja dwustopniowa, zmienno temperaturowa**.

- ✓ realizacja dwustopniowej fermentacji wymaga wyższych nakładów inwestycyjnych i eksploatacyjnych oraz stwarza szereg problemów technologicznych (kontrola parametrów procesu) w porównaniu z procesem jednostopniowym;
- ✓ skrócenie czasu fermentacji może być niewystarczającym argumentem za jej stosowaniem, tym bardziej, że istnieje możliwość skrócenia jednostopniowej, mezofilowej fermentacji z 20 do 15-18 dni.

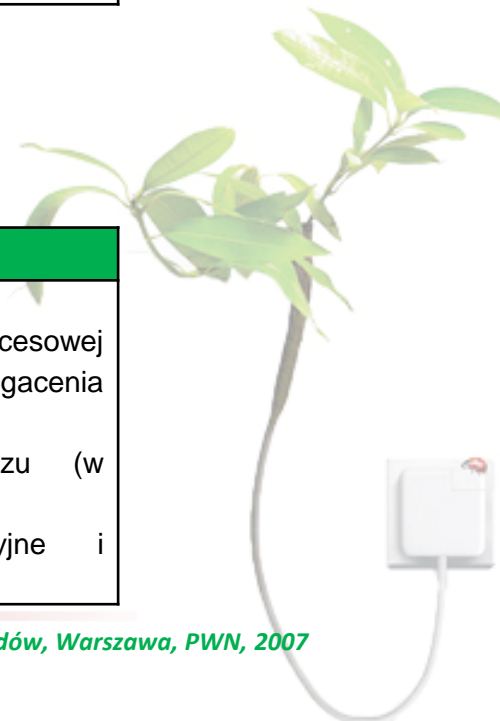


## TECHNOLOGIE JEDNOSTOPNIOWE

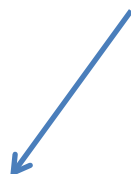
Zalety	Wady
<ul style="list-style-type: none"><li>• stabilna produkcja gazu, prosty i przejrzysty sposób prowadzenia procesu</li><li>• niskie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• brak optymalnych warunków dla przemian biochemicznych i możliwości oddziaływania na poszczególne fazy fermentacji</li><li>• niebezpieczeństwo hamowania procesu przez amoniak lub nadmiernie zakwaszony wsad</li></ul>

## TECHNOLOGIE WIELOSTOPNIOWE

Zalety	Wady
<ul style="list-style-type: none"><li>• krótszy czas trwania procesu</li><li>• wysoka stabilność procesu fermentacji odpadów łatwo biodegradowalnych</li><li>• dopuszczalne wyższe obciążenia komór s.m.o.</li><li>• lepsza możliwość sterowania parametrami procesu</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• złożony proces technologiczny</li><li>• zamknięty obieg wody procesowej może doprowadzić do jej wzbogacenia w substancje toksyczne</li><li>• mniejsza wydajność biogazu (w procesach z rozdziałem faz)</li><li>• wysokie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne</li></ul>



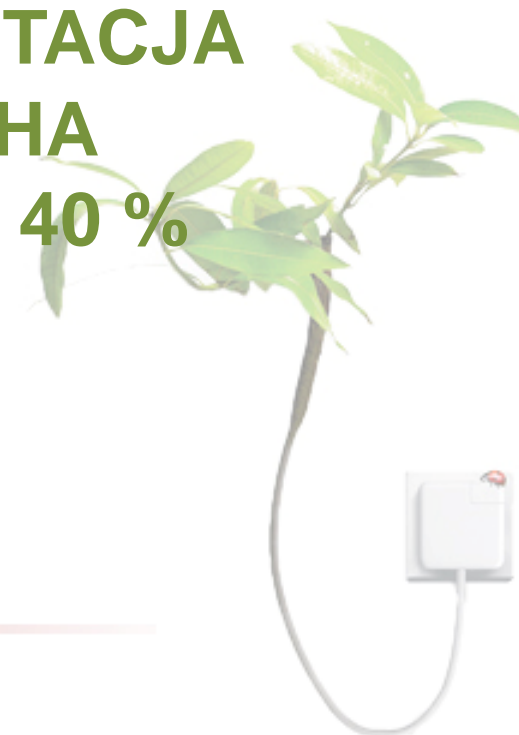
## Zawartość suchej masy w odpadach



**FERMENTACJA  
MOKRA  
< 15 %**



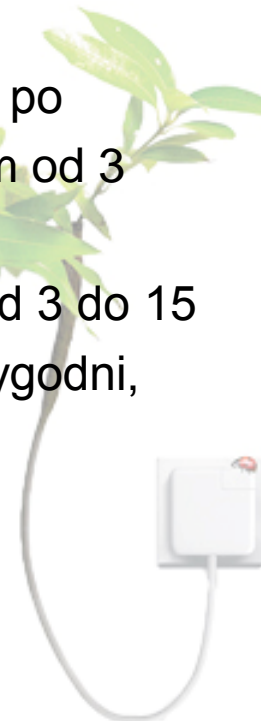
**FERMENTACJA  
SUCHA  
15 – 40 %**





## FERMENTACJA MOKRA

- ✓ odpady poddawane fermentacji metodą moką powinny zawierać poniżej 15% s.m. Ich konsystencja powinna gwarantować możliwość ich przepompowania;
- ✓ przygotowanie wsadu wymaga usunięcia zanieczyszczeń opadających oraz unoszących się na powierzchni zawiesiny poprzez zastosowanie np. sita, pulpera i hydrocyklonu;
- ✓ prowadzenie fermentacji stałych odpadów organicznych w wydzielonej, zamkniętej komorze, w układzie jednostopniowym, jest zatem możliwe, po wcześniejszym ich przekształceniu w formę zawiesiny o zawartości s.m od 3 do 19%;
- ✓ do tony odpadów organicznych o naturalnej wilgotności należy dodać od 3 do 15 m<sup>3</sup> wody. Czas przetrzymania osadów w komorze waha się od 2 do 4 tygodni, najczęściej wynosi ok. 20 dni;
- ✓ ostatnio uznaje się pogląd, że czas 15 dni jest wystarczający do prawidłowego przebiegu procesu.

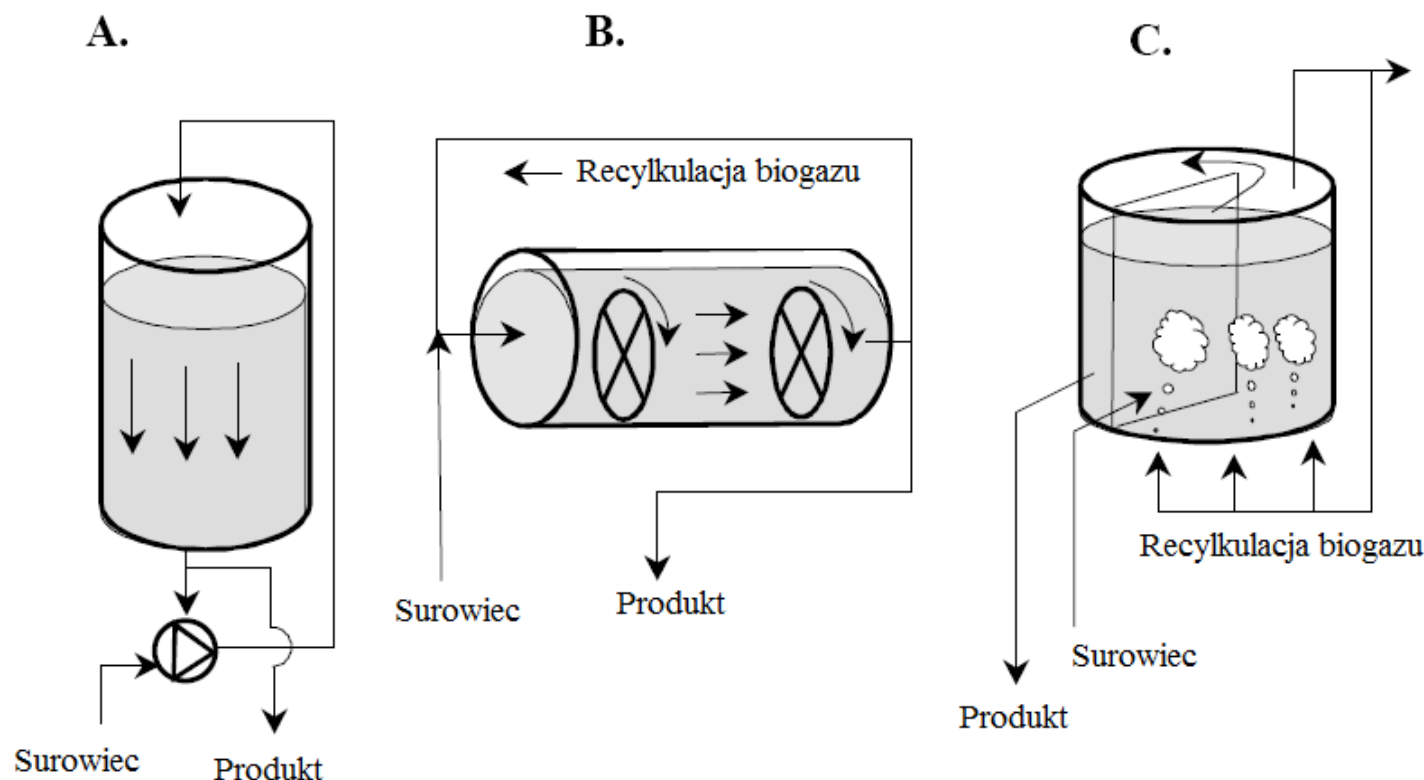




## FERMENTACJA SUCHA

- ✓ Fermentacji suchej może być poddawany substrat o zawartości suchej masy do 40 %. Powyżej tej wartości występują zjawiska hamowania procesów biologicznych wynikające z niedostatku wody. Niższa zawartość wody oznacza wyższe stężenie substancji organicznych, a co za tym idzie większą produkcję gazu na jednostkę pojemności reaktora.
- ✓ Właściwości fizyczne odpadów o tak dużej zawartości ciał stałych wymagają zastosowania zupełnie innych rozwiązań technicznych w zakresie wstępnego ich przetwarzania, transportu i mieszania, niż używane w systemach fermentacji mokrej.
- ✓ Ze względu na wysoką lepkość, fermentowane odpady przemieszczają się wewnątrz reaktorów przepływem tłokowym, w przeciwieństwie do systemów z technologią mokrą, gdzie wykorzystywane są reaktory z pełnym wymieszaniem.

# FERMENTACJA SUCHA-PROJEKTY BIOREAKTORÓW



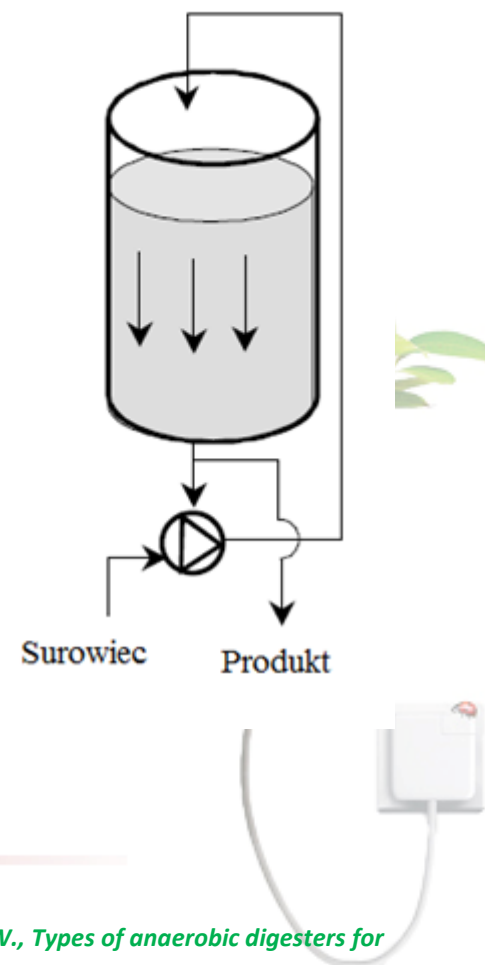
Typy reaktorów do suchej fermentacji odpadów:

**A-** rozwiązanie Dranco, **B-** system Kompogas, **C-** reaktor Valorga

## FERMENTACJA SUCHA- rozwiązanie DRANCO

A.

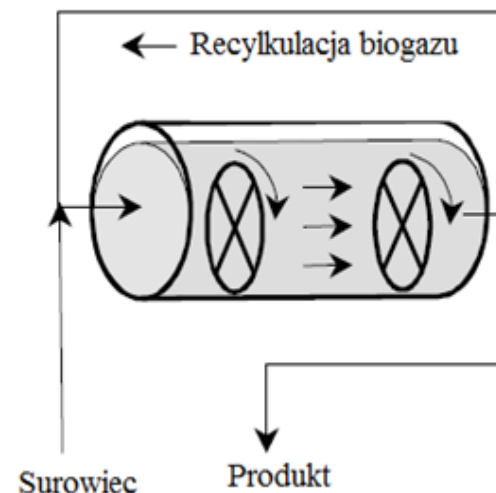
- ✓ w reaktorach Dranco odpady przemieszczane są góry na dół;
- ✓ mieszanie odbywa się za pomocą recyrkulacji odpadów odebranych z dna reaktora, mieszani z surowymi odpadami (jedna część surowych odpadów na sześć części przefermentowanych odpadów), i zawracania na górę reaktora.;
- ✓ prosta konstrukcja okazała się skuteczna w przetwarzaniu różnorodnych odpadów organicznych w szerokim zakresie zawartości suchej masy we wsadzie, wynoszącej od 20 do 50% .



## FERMENTACJA SUCHA- system KOMPOGAS

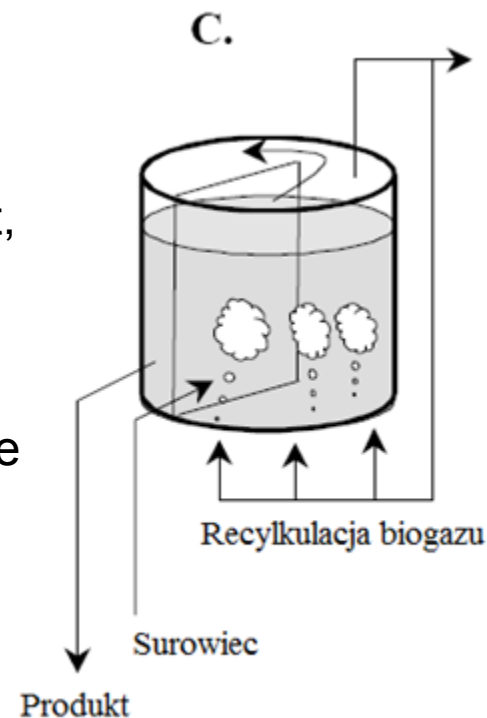
- ✓ w technologii Kompogas zasada działania jest podobna, z tym, że przepływ tłokowy odbywa się poziomo w cylindrycznych reaktorach z mieszadłami usytuowanymi osiowo;
- ✓ wolne mieszanie zawartości reaktora uśrednia jej skład, polepsza odgazowywanie i uniemożliwia odkładanie się cięższych składników na dnie;
- ✓ system ten wymaga starannego dostosowania zawartości substancji stałych  $> 23\%$  s.m. wewnątrz reaktora. Przy niższej wartości ciężkie cząstki, takie jak piasek i szkło mają tendencję do tonięcia i gromadzenia się na dnie reaktora, podczas gdy wyższe wartości s.m. mogłyby spowodować nadmierny opór dla przepływu.

B.



## FERMENTACJA SUCHA- reaktor VALORGA

- ✓ w systemie Valorga reaktor jest pionowy, cylindryczny i przedzielony pionową ścianą o szerokości  $\frac{2}{3}$  średnicy;
- ✓ mieszanie odbywa się za pomocą wtrysku biogazu pod wysokim ciśnieniem w dolnej części reaktora, co 15 minut, poprzez sieć wtryskiwaczy;
- ✓ oryginalny system mieszania nie wykorzystuje mechanicznych urządzeń, zapewniając dobre wymieszanie odpadów o małymuwodnieniu;
- ✓ przefermentowane odpady opuszczające reaktor nie muszą być zawracane w celu rozcieńczania surowych odpadów.





## FERMENTACJA MOKRA

Zalety	Wady
<ul style="list-style-type: none"><li>• dobre usunięcie składników inertnych i ciężkich zanieczyszczeń w fazie przygotowania surowca</li><li>• konwencjonalne metody transportu i mieszania</li><li>• korzystniejsza wymiana energii i substancji odżywczych między składnikami substratów</li><li>• stabilna produkcja gazu</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• większa pojemność reaktorów</li><li>• duże zapotrzebowanie na wodę</li><li>• duże zapotrzebowanie na energię</li><li>• duże przepływy materii</li><li>• ścieranie piaskiem elementów instalacji</li><li>• wymagane dodatkowe procesy rozdziału fazy stałej i ciekłej</li></ul>

## FERMENTACJA SUCHA

Zalety	Wady
<ul style="list-style-type: none"><li>• mała objętość reaktora</li><li>• małe przepływy substancji</li><li>• prosta wstępna obróbka odpadów</li><li>• mniejsze straty składników biodegradowalnych w obróbce wstępnej</li><li>• małe zapotrzebowanie na wodę i ciepło</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• specjalne techniki transportu i mieszania</li><li>• możliwość wystąpienia niepełnej fermentacji</li><li>• zagrożenie spadku produkcji gazu przy zbyt wysokim jednostkowym obciążeniu reaktora</li></ul>

Źródło: Jędrzak A., *Biologiczne przetwarzanie odpadów*, Warszawa, PWN, 2007

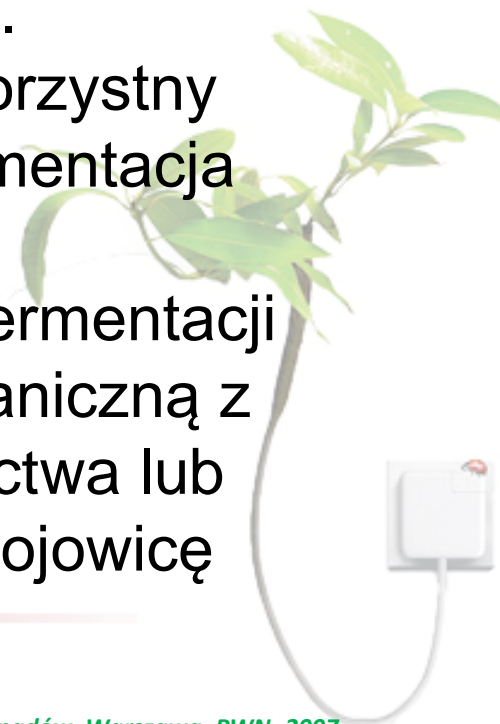


## KOFERMENTACJA

Kofermentacja, inaczej zwana również współfermentacją, jest to fermentacja przynajmniej dwóch składników pochodzących z różnych źródeł.

Proces ten jest uważany za bardziej korzystny ekologicznie jak i ekonomicznie niż fermentacja jednoskładnikowa.

Za najodpowiedniejsze składniki współfermentacji uważa się: osady ściekowe, frakcje organiczną z odpadów komunalnych, odpady z rolnictwa lub przemysłu rolno-spożywczego oraz gnojowicę



## KOFERMENTACJA - zalety



- ✓ Kofermentacja pozwala poprawić bilans składników odżywczych we wsadzie, lepiej wykorzystać dostępną pojemność komór fermentacyjnych oraz z powodzeniem przetwarzać, wspólnie z osadami ściekowymi lub ciekłymi odchodami zwierzęcymi, odpady o niewłaściwej strukturze, które zawierają składniki hamujące proces fermentacji i są wytwarzane nierównomiernie w skali roku (np. sezonowo).
- ✓ Do zalet zalicza się wyższy stopień rozkładu substancji organicznej niż w przypadku osobnej fermentacji substratów; dwu- do pięciokrotny wzrost produkcji biogazu, większą zawartość i lepszą przyswajalność substancji nawozowych.

Charakterystyczne parametry	Biofrakcja z odpadów komunalnych	Odchody zwierzęce	Osady ściekowe
Zawartość makro- i mikroelementów	Niska	Wysoka	Wysoka
Iloraz C:N	Wysoki	Niski	Niska
Pojemność buforowa	Niska	Wysoka	Wysoka
Zawartość substancji organicznych ulegających biodegradacji	Wysoka	Niska	Niska
Zawartość suchej masy	wysoka	niska	Niska

Kofermentacja biofrakcji z odchodami zwierzęcymi poprawia zawartość biogenów oraz poprawia pojemność buforową mieszaniny, co sprzyja wzrostowi bakterii. Fermentacja samych odchodów zwierzęcych prowadzi zwykle do niższej wydajności metanu.

Charakterystyczne parametry	Biofrakcja z odpadów komunalnych	Odchody zwierzęce	Osady ściekowe
Zawartość makro- i mikroelementów	Niska	Wysoka	Wysoka
Iloraz C:N	Wysoki	Niski	Niska
Pojemność buforowa	Niska	Wysoka	Wysoka
Zawartość substancji organicznych ulegających biodegradacji	Wysoka	Niska	Niska
Zawartość suchej masy	wysoka	niska	Niska

Podobnie korzystna jest fermentacja biofrakcji z osadami ściekowymi. W tym przypadku należy jednak liczyć się z wyższymi zawartościami metali ciężkich i zanieczyszczeń organicznych w produkcie końcowym.

## KOFERMENTACJA - wady

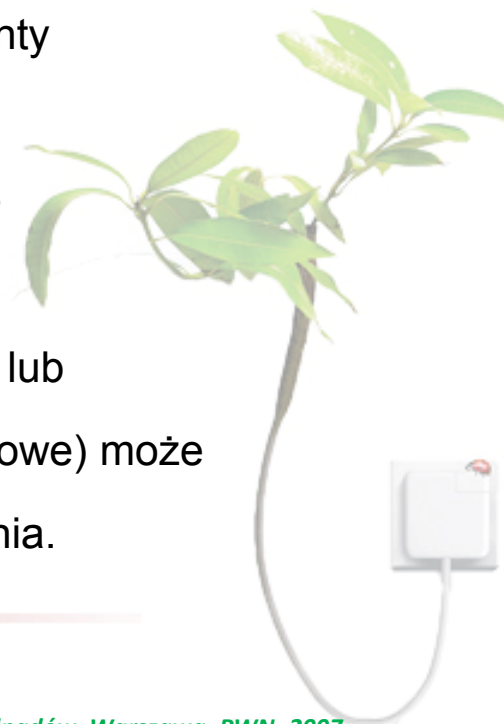


- ✓ konieczność dodatkowego wstępnego przygotowania odpadów;
- ✓ wymagana higienizacja wsadu;
- ✓ większe ilości ścieków, o wyższych wartościach ChZT, wymagających oczyszczania;
- ✓ większe zapotrzebowanie na energię mieszania.



## USZLACHETNIANIE BIOGAZU

- ✓ Biogaz nasycony jest parą wodną i obok metanu ( $\text{CH}_4$ ) oraz dwutlenku węgla ( $\text{CO}_2$ ) zawiera m.in. także śladowe ilości siarkowodoru ( $\text{H}_2\text{S}$ ).
- ✓ Siarkowodór jest toksyczny i ma nieprzyjemny zapach zepsutych jaj.
- ✓ Poprzez połączenie siarkowodoru oraz zawartej w biogazie pary wodnej dochodzi do powstawania kwasu siarkowego. Kwasy działają negatywnie na stosowane do obróbki biogazu silniki, jak i dołączone do nich elementy (instalacja gazownicza, instalacja odprowadzająca spaliny itd.).
- ✓ W instalacjach biogazu przeprowadza się odsiarczanie i wysuszanie uzyskiwanego biogazu.
- ✓ W zależności od zawartych w biogazie domieszek innych substancji lub stosowanej technologii korzystania z biogazu (np. paliwo samochodowe) może okazać się konieczne przeprowadzenie dalej idącego jego uzdatniania.







## METODY USZLACHETNIANIA BIOGAZU

### ✓ODWADNIANIE I SUSZENIE BIOGAZU:

- FILTRY GRUBOZIARNISTE** - w postaci filtrów żwirowych, które zatrzymują substancje stałe i część skondensowanej wody;
- PRZEGRODY MIKROPOROWATE** - na których są zatrzymywane krople wody (siatki druciane);
- CYKLONY** - w których krople wody są wydzielane z gazu pod działaniem siły odśrodkowej;
- ŁAPACZE WILGOCI** - w których kondensacja i wydzielanie wody następuje w wyniku ekspansji biogazu;
- SPOSTY WODNE** - zabudowywane na gazociągu.



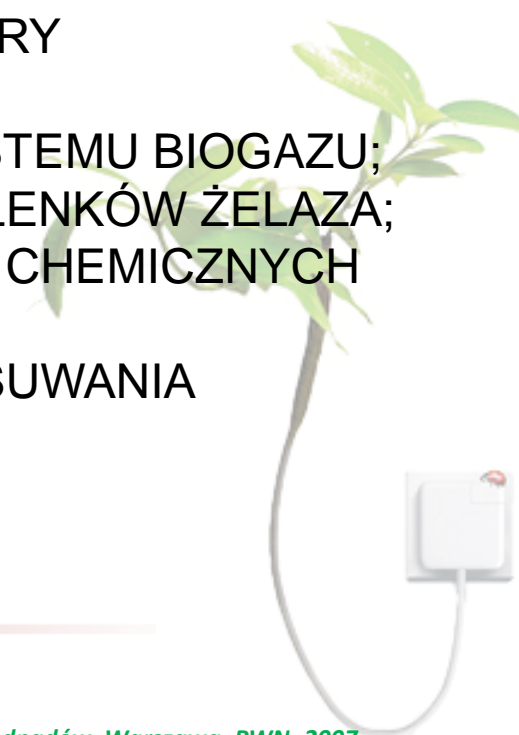
## METODY USZLACHETNIANIA BIOGAZU cd.

### ✓ **USUWANIE DWUTLENKU WĘGLA:**

- PŁUCZKA WODNA;
- ADSORPCJA ZMIENNOCIŚNIENIOWA;
- SEPARACJA MEMBRANOWA.

### ✓ **USUWANIE SIARKOWODORU:**

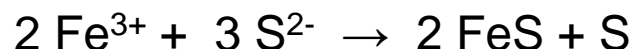
- DAWKOWANIE CHLORKU ŻELAZA DO KOMORY FERMENTACYJNEJ;
- DAWKOWANIE POWIETRZA (TLENU) DO SYSTEMU BIOGAZU;
- ADSORPCJA NA ZŁOŻACH ZASADOWYCH TLENKÓW ŻELAZA;
- ABSORPCJA W ROZTWORACH SUBSTANCJI CHEMICZNYCH WIĄŻĄCYCH SIARKOWODÓR;
- ABSORPCYJNO-UTLENIAJĄCE PROCESY USUWANIA SIARKOWODORU;
- ADSORPCJA NA WĘGLU AKTYWNYM;
- ZŁOŻA BIOLOGICZNE.



# USUWANIE SIARKOWODORU

## DAWKOWANIE CHLORKU ŻELAZA DO KOMORY FERMENTACYJNEJ

- ✓ Metoda polegająca na dawkowaniu roztworu soli żelaza do komory fermentacyjnej i związaniu siarkowodoru w nierozpuszczalne siarczki żelaza, zgodnie z reakcją:



- ✓ Metoda jest bardzo efektywna, zwłaszcza w przypadku dużych stężeń  $\text{H}_2\text{S}$  w biogazie. Pozwala obniżyć stężenia  $\text{H}_2\text{S}$  w gazie poniżej  $10\text{mg/m}^3$ .

### ZALETY:

- niskie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne;
- łatwe monitorowanie;
- prosta obsługa.



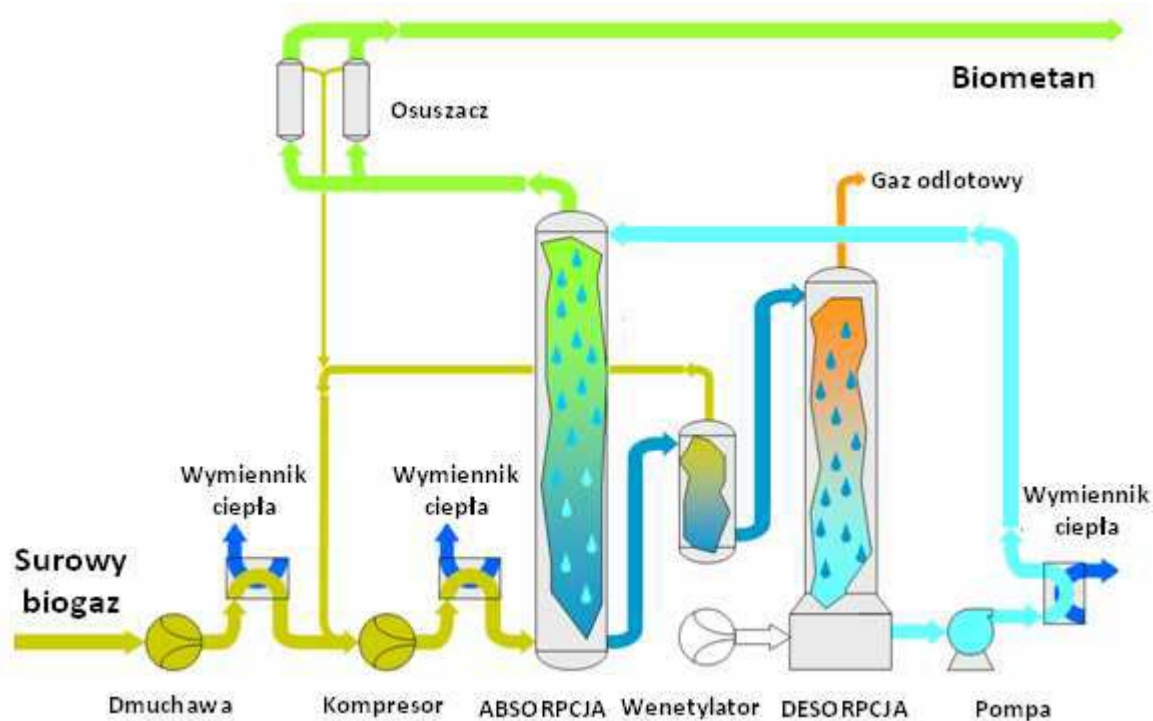
# USUWANIE DWUTLENKU WĘGLA

## PŁUCZKA WODNA

- ✓ Płuczka wodna opiera się na zasadzie, że wraz ze wzrostem ciśnienia rozpuszczalność metanu i dwutlenku węgla wzrasta. Nie jest konieczne wstępne odsiarczanie.
- ✓ Biogaz jest kompresowany do ok. 10 barów i dostarczany do kolumny adsorpcyjnej, poprzez którą płynie od dołu do góry kolumny. W tej kolumnie woda przesącza się od góry do dołu spotykając się z przeciwbieżnym prądem gazu. Rozpuszczeniu ulegają przede wszystkim dwutlenek węgla i siarkowodor.
- ✓ Substancje (kwasy, pył), a także mikroorganizmy, również są rozpuszczane.
- ✓ Oczyszczony gaz opuszczający kolumnę zawiera do 98% metanu. Aby usunąć  $\text{CO}_2$  ze strumienia gazu proces może być kilkukrotnie powtarzany.
- ✓ Część metanu jest recykulowana na początek procesu i dołącza do strumienia surowego biogazu, co obniża straty metanu.
- ✓ Większość  $\text{H}_2\text{S}$  i  $\text{CO}_2$ , które są rozpuszczane w wodzie, uwalniana jest z niej poprzez obniżenie ciśnienia zachodzące w ostatnim etapie procesu w kolumnie desorpcyjnej.

# USUWANIE DWUTLENKU WĘGLA

## PŁUCZKA WODNA



Źródło:

[http://p153887.typo3server.info/fileadmin/v1/images/content/inhaltsbereich/02\\_artikelbilder/01\\_geschaeftsfelder/04\\_innovation\\_und\\_umwelt/05\\_i\\_und\\_u\\_nachrichten\\_2011/07\\_juli\\_2011/00\\_downloads\\_internationales/02/Mroczkowski\\_Seiffert\\_oczyszczanie\\_biometanu.pdf](http://p153887.typo3server.info/fileadmin/v1/images/content/inhaltsbereich/02_artikelbilder/01_geschaeftsfelder/04_innovation_und_umwelt/05_i_und_u_nachrichten_2011/07_juli_2011/00_downloads_internationales/02/Mroczkowski_Seiffert_oczyszczanie_biometanu.pdf)  
[http://www.walesadcentre.org.uk/Controls/Document/Docs/Vasteras\\_comp\\_\\_F.pdf](http://www.walesadcentre.org.uk/Controls/Document/Docs/Vasteras_comp__F.pdf)



# USUWANIE DWUTLENKU WĘGLA

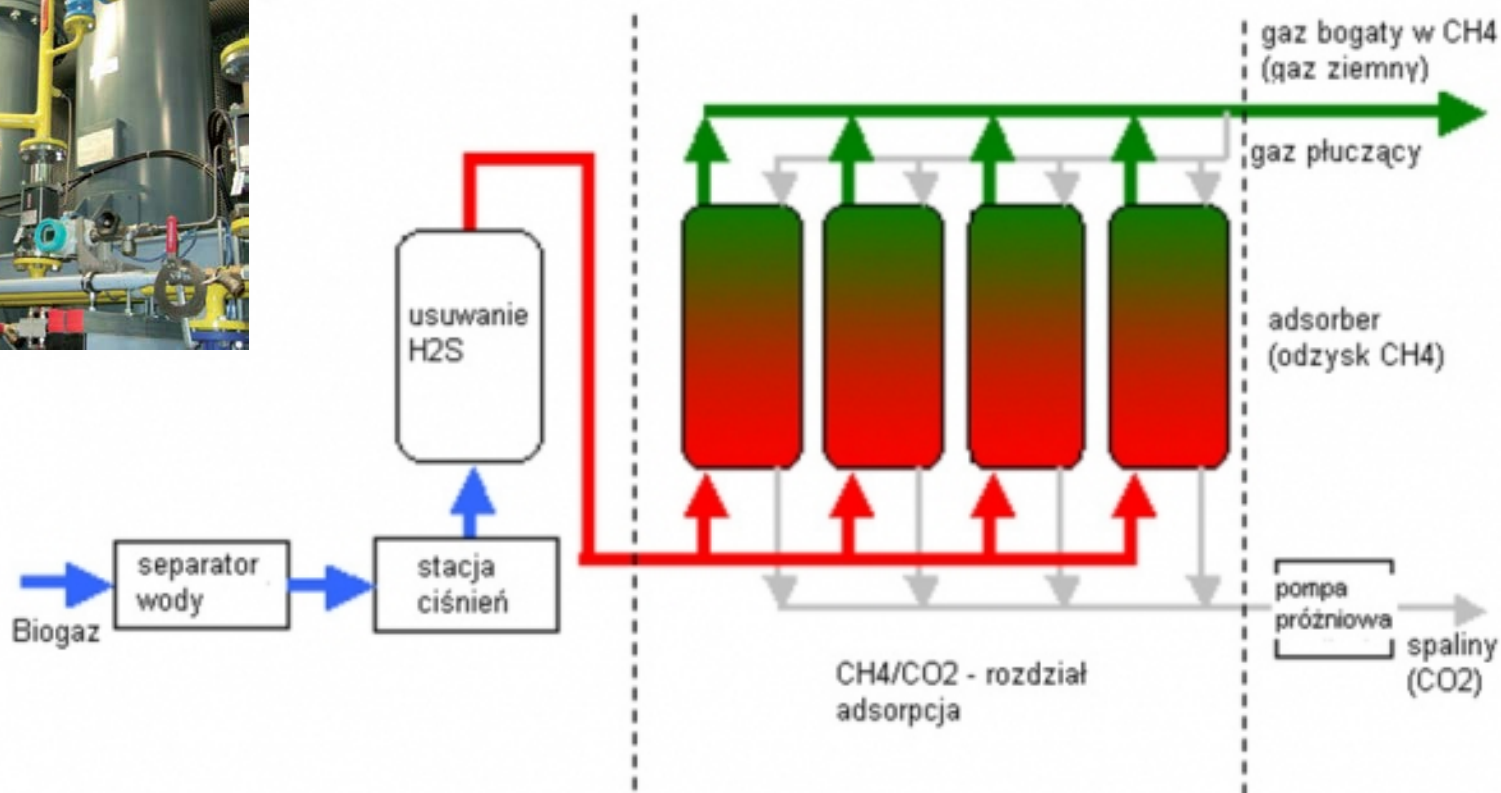
## ADSORPCJA ZMIENNOCIŚNIENIOWA

- ✓ Metoda opiera się na szybkich zmianach ciśnienia, które umożliwiają głównie adsorpcję CO<sub>2</sub> przez węgiel aktywny, co może prowadzić do osiągnięcia jakości gazu finalnego odpowiadającej jakości gazu ziemnego.
- ✓ Przed procesem biogaz musi być wstępnie odsiarczony metodą biologiczną i osuszony.
- ✓ W kolumnach adsorpcyjnych zachodzą 4 fazy procesu; podczas gdy w jednej kolumnie odbywa się adsorpcja CO<sub>2</sub>, w innej odbywa się proces regeneracji węgla aktywnego.
- ✓ W zależności od jakości gazu jaką chcemy uzyskać, 4 fazy są powtarzane 2 albo 3 razy, aby osiągnąć zawartość metanu na poziomie 97%.



# USUWANIE DWUTLENKU WĘGLA

## ADSORPCJA ZMIENNOCIŚNIENIOWA



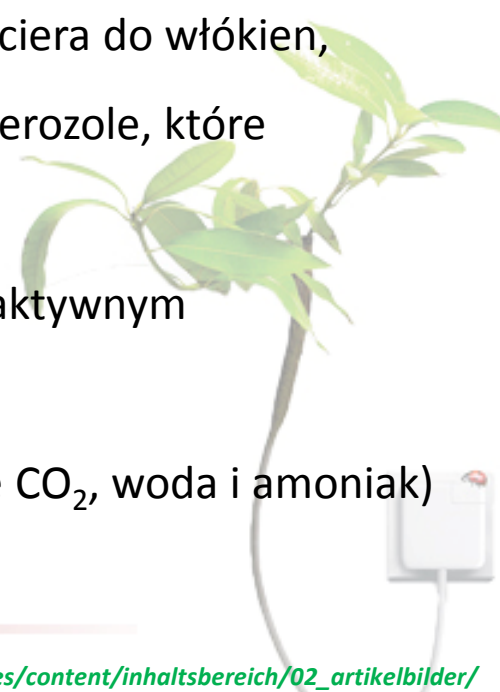




# USUWANIE DWUTLENKU WĘGLA

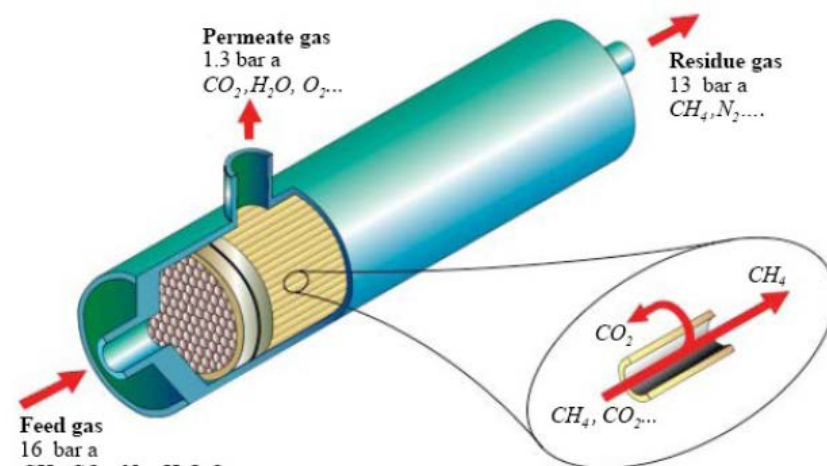
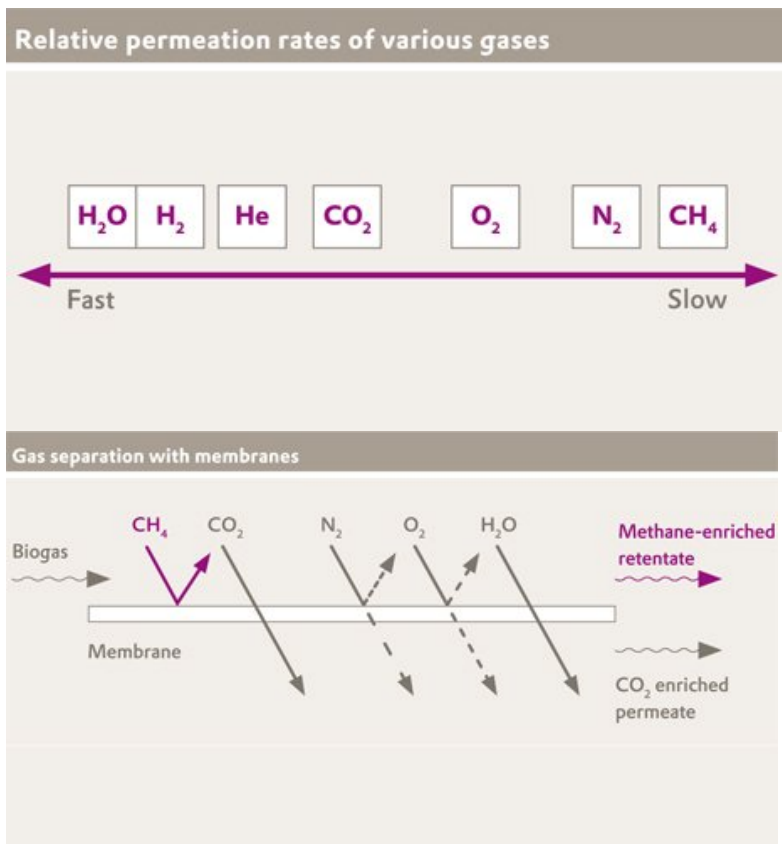
## SEPARACJA MEMBRANOWA

- ✓ Suche membrany do oczyszczania biogazu są wykonane w materiałach, które są przepuszczalne dla dwutlenku węgla, wody i amoniaku. Zazwyczaj membrany są w formie połączonych ze sobą włókien kanalikowych wykonanych z różnych polimerów.
- ✓ Proces często odbywa się w dwóch etapach. Przed tym jak gaz dociera do włókien, przechodzi on przez filtr, który zatrzymuje wodę, kropelki oleju i aerozole, które wpłynęłyby negatywnie na pracę membrany.
- ✓ Zanim gaz trafi na membranę, w procesie oczyszczania na węglu aktywnym usuwany jest siarkowodor.
- ✓ Ostatecznie uzyskuje się dwa różne strumienie: permeat (głównie CO<sub>2</sub>, woda i amoniak) oraz retentat (skoncentrowany CH<sub>4</sub>).



# USUWANIE DWUTLENKU WĘGLA

## SEPARACJA MEMBRANOWA



Źródło: MedaITM membrane systems for Biogas/Landfill gas, Air Liquide

Źródło: <http://www.sepuran.de/product/sepuran/en/Pages/function.aspx>

## MATERIAŁ PRZEFERMENTOWANY

- ✓ Zbiorniki na osad pofermentacyjny, w których jest odzyskiwany dodatkowy biogaz, nazywane są komorami wtórnej fermentacji.
- ✓ Nawozy pozyskiwane z osadu pofermentacyjnego mogą być stosowane w postaci półpłynnej lub stałej. Rozdział frakcji może odbywać się za pomocą metod fizycznych (sedymentacja, suszenie w szklarniach, filtracja membranowa), lub mechanicznych (wirówki, prasy) lub termicznociśnieniowych (odparowanie).
- ✓ Zastosowanie nawozu w postaci osadu pofermentacyjnego wymaga odpowiedniego sprzętu zapewniającego jego dozowanie bezpośrednio do gleby.





KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



Łódzkie

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



# PRZYKŁADY I CHARAKTERYSTYKA OFEROWANYCH TECHNOLOGII FERMENTACJI I WAŻNIEJSZYCH INSTALACJI



Centrum Badań i Innowacji  
PRO-AKADEMIA

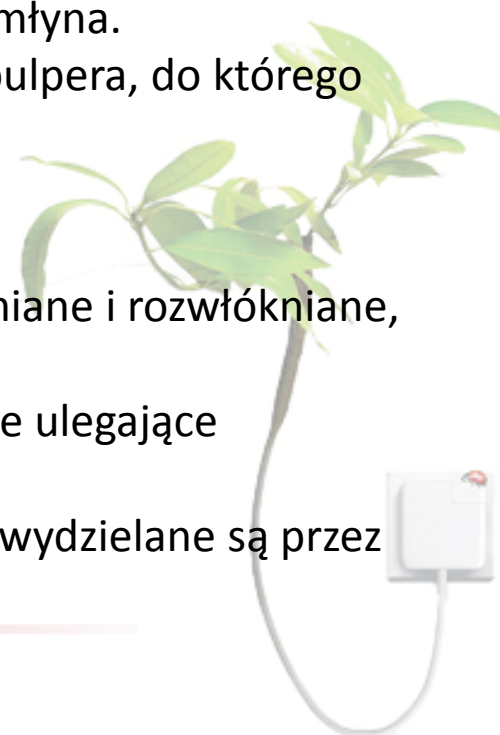


LEADER SCHOOL®  
NOWOCZESNE METODY NAUCZANIA



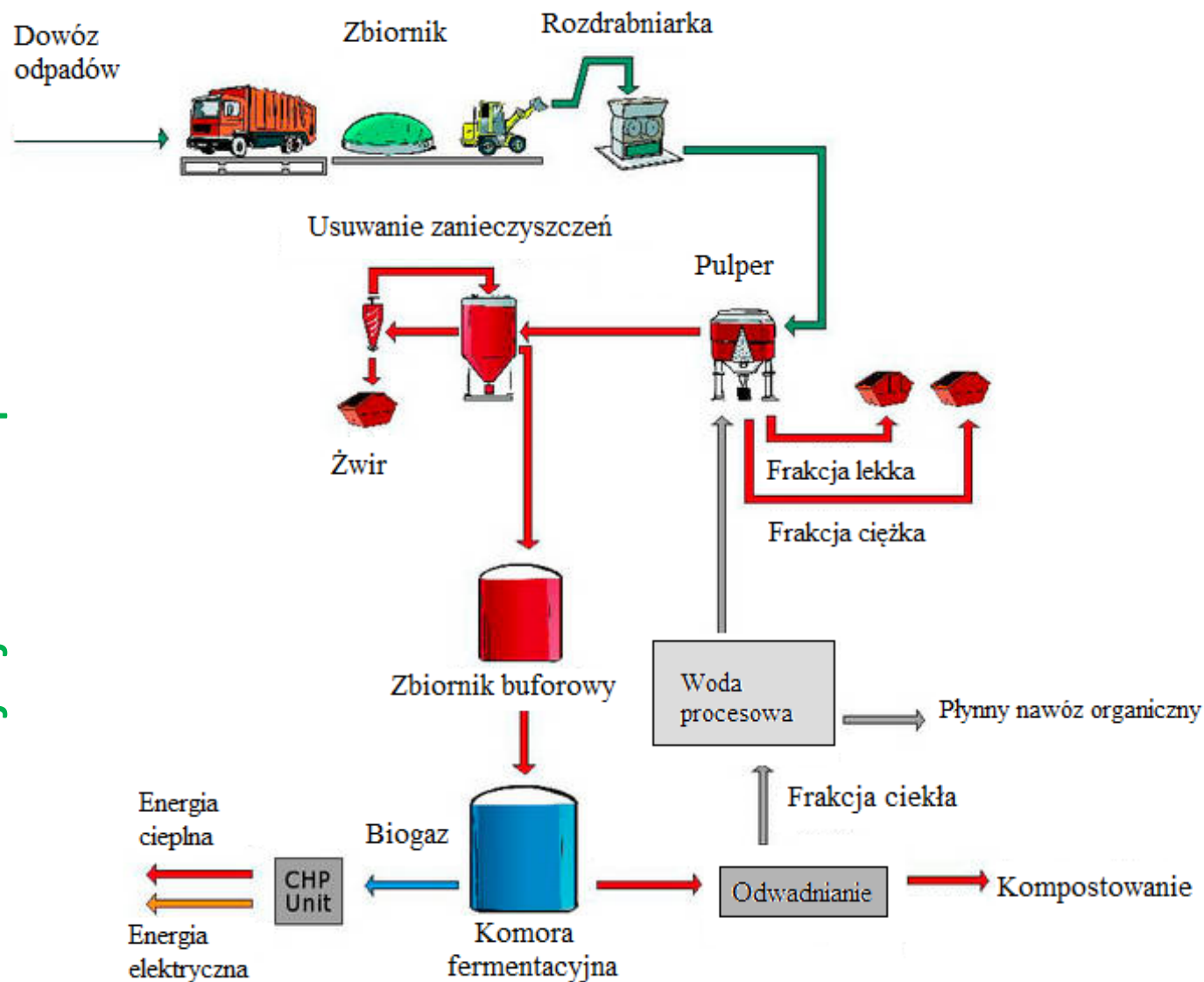
## BTA jednostopniowa

- ✓ proces BTA, opracowany w 1980 przez Biotechnische Abfallverwertung GmbH & Co KG, obecnie BTA International GmbH. Proces ten składa się z dwóch głównych etapów:
  - 1 - **mechanicznego wydzielania biofrakcji** z odpadów komunalnych i przeprowadzenia jej w zawiesinę;
  - 2 - **fermentacji** wytworzonej zawiesiny odpadów biodegradowalnych.Fermentację prowadzi się jedno- lub dwustopniowo z rozdziałem na fazę kwasogenną i metanogenną.
- ✓ Surowiec dostarcza się do zasobni, skąd jest transportowany do młyna.
- ✓ Rozdrobnione odpady podaje się przenośnikiem taśmowym do pulpera, do którego dodaje się również wodę procesową w odpowiedniej ilości.
- ✓ Ładowanie odbywa się automatycznie.
- ✓ Mieszanie jest bardzo intensywne.
- ✓ Podczas mieszania organiczne składniki bioodpadów są rozdrabniane i rozwłókniane, tworząc zawiesinę wodną.
- ✓ Składniki flotujące (np. tworzywa sztuczne, tekstylia, drewno), nie ulegające rozdrobnieniu, usuwane są mechanicznymi grabiami.
- ✓ Składniki sedymentujące (szkło, metale, piasek, kamienie i inne) wydzielane są przez śluzę w dnie pulpera.





# Instalacja jednostopniowa





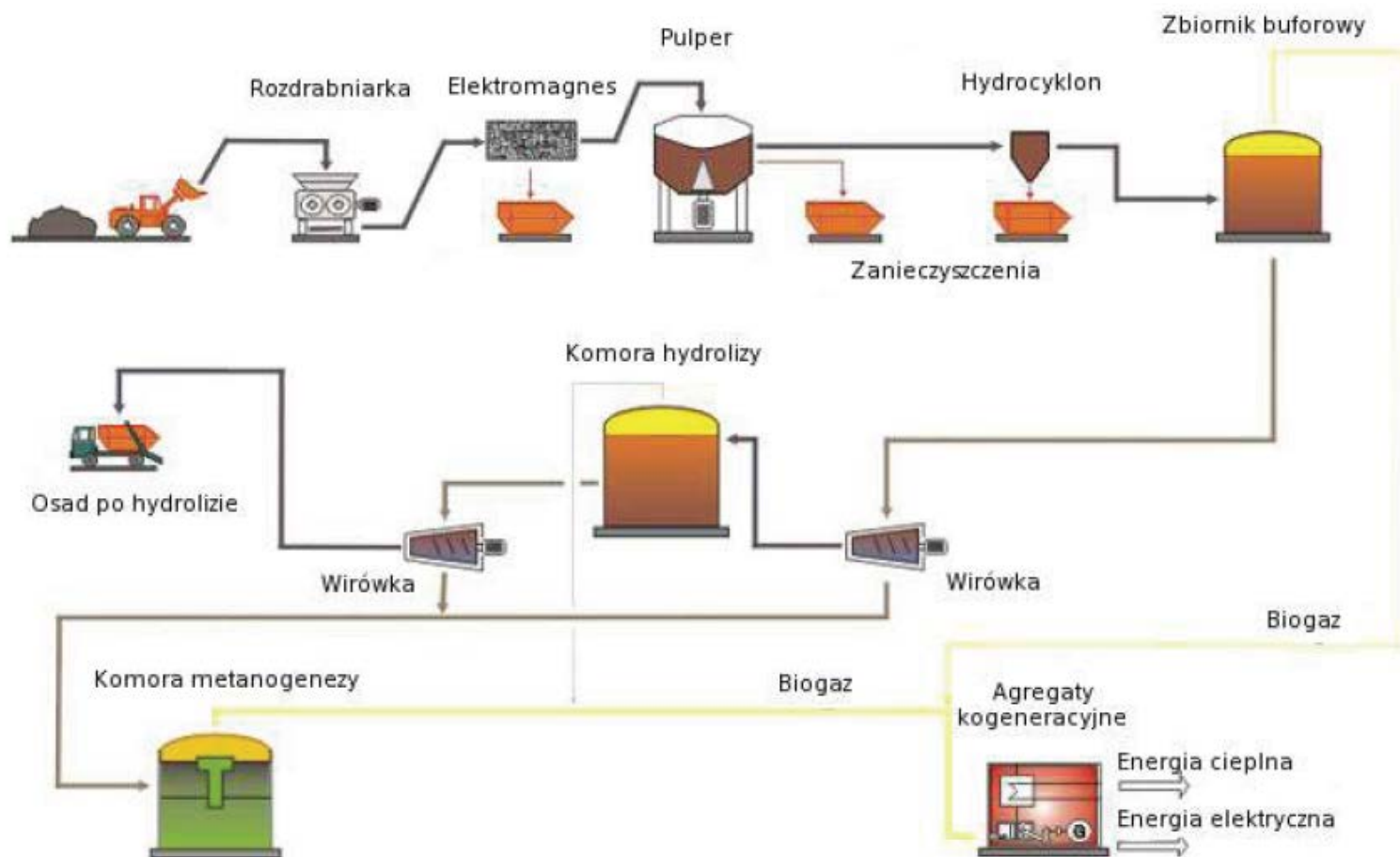


## BTA wielostopniowa

- ✓ Technologia wielostopniowa ma zastosowanie w zakładach o przepustowości powyżej 50000 Mg/rok.
- ✓ Proces wielostopniowy zakłada rozdzielanie pulpy na fazę stałą i ciekłą przy pomocy urządzenia odwadniającego (wirówki).
- ✓ Ciecz zawierająca składniki organiczne jest pompowana prosto do komory metanowej, gdzie jest przetrzymywana przez 2 dni.
- ✓ Odwodniony materiał stały, który nadal zawiera części organiczne, jest ponownie mieszany z wodą i zawracany do komory hydrolizy.
- ✓ Po 4 dniach pulpa jest odwadniana a ciecz ponownie trafia do komory metanowej.
- ✓ Rozdzielenie procesu fermentacji na odrębne komory (faza hydrolityczna, kwaśna i metanogenna) pozwala na zapewnienie optymalnych warunków do rozwoju wszystkich grup mikroorganizmów biorących udział w procesie. Powoduje to przyspieszenie oraz zwiększenie stopnia biodegradacji związków organicznych, a w rezultacie większą produkcję biogazu. W ciągu zaledwie kilku dni przekształceniu w biogaz ulega 60-80% substancji organicznych .



# Instalacja wielostopniowa



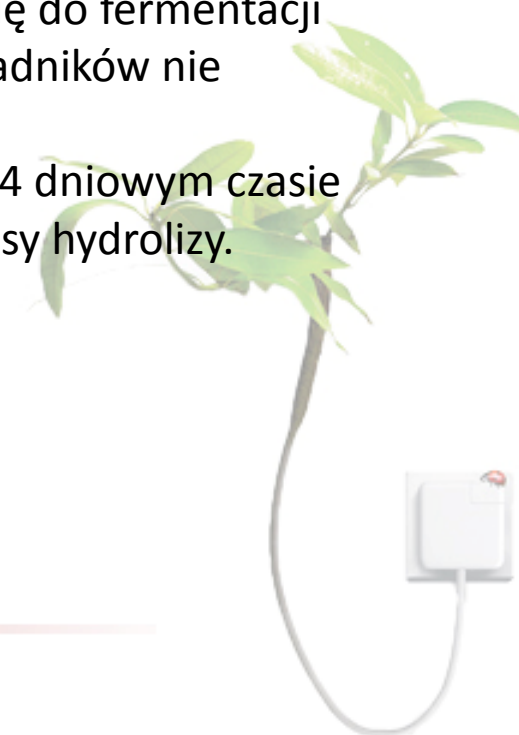
## Porównanie parametrów technologii jednostopniowej i wielostopniowej BTA

Parametry operacyjne	Technologia BTA jednostopniowa	Technologia BTA wielostopniowa	
		Komora hydrolizy	Komora metanizacji
Czas procesu [dni]	14-16	2-4	3
Temperatura [°C]	37	37	37
Produkcja biogazu [m <sup>3</sup> /Mg]	80-90	110-130	
Zawartość metanu [%]	60-65	30-50	65-75
Produkcja energii [kJ/Mg]	1,6-2,0	2,2-2,8	



## KOMPOGAS

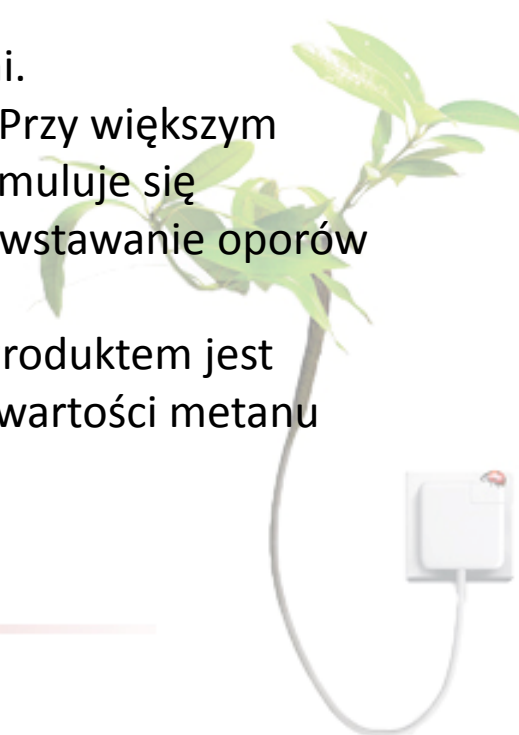
- ✓ Proces Kompogas (Szwajcaria) oparty jest na beztlenowej suchej fermentacji stałych odpadów organicznych zwykle w termofitowym zakresie temperatur.
- ✓ Technologia nastawiona jest na przetwarzanie odpadów z pielęgnacji terenów zielonych oraz odpadów organicznych segregowanych u źródła, dzięki czemu – oprócz biogazu – produkowany jest również wysokiej klasy kompost.
- ✓ Selektywnie zbierane odpady biodegradowalne przygotowuje się do fermentacji przez dwustopniowe rozdrabnianie, z ręcznym wybieraniem składników nie ulegających biodegradacji.
- ✓ Dostarczane odpady magazynuje się przejściowo w zasobni o 3-4 dniowym czasie przetrzymania. Podczas magazynowania rozpoczynają się procesy hydrolizy.

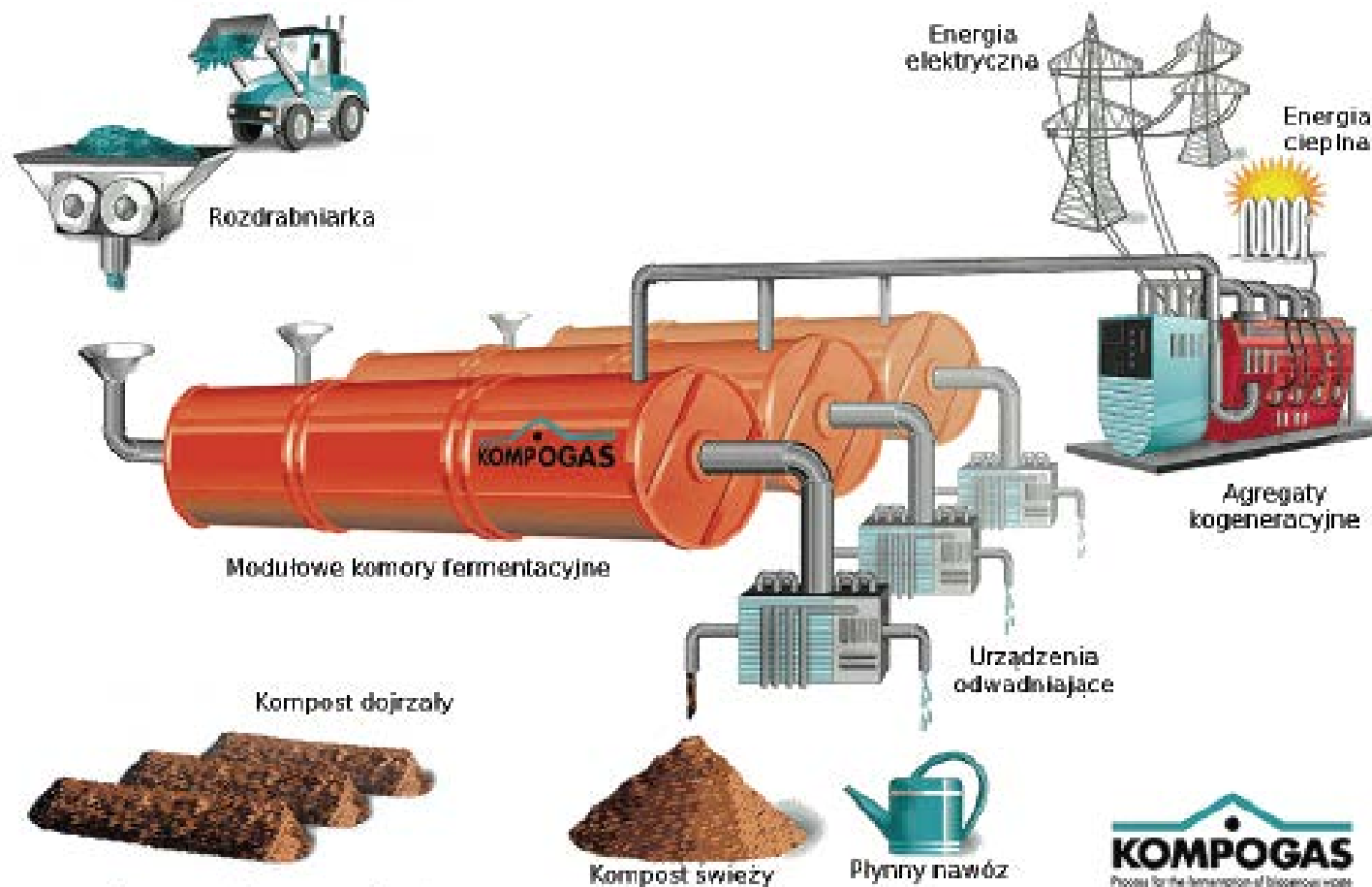




## KOMPOGAS

- ✓ Z zasobni surowiec podaje się do fermentora za pomocą pompy hydraulicznej o dużej mocy.
- ✓ W czasie przetwarzania jest on podgrzewany i szczepiony recyrkulowanym fermentatem.
- ✓ Fermentor wyposażony jest w wolnoobrotowy wał z łopatom, które pozwalają na przesuwanie materiału wsadowego.
- ✓ Fermentacja przebiega w temperaturze 55-60°C i trwa 15-20 dni.
- ✓ System Kompogas wymaga odpadów o zawartości 23-28% s.m. Przy większym uwodnieniu frakcja ciężka, jak piasek i szkło, opada na dno i akumuluje się w reaktorze, natomiast zbyt mała zawartość wody powoduje powstawanie oporów przy przepływie bioodpadów.
- ✓ Stopień rozkładu substancji organicznej wynosi od 40 do 59%. Produktem jest sanitarnie pewny kompost (stabilizowany tlenowo) i biogaz o zawartości metanu 60%.





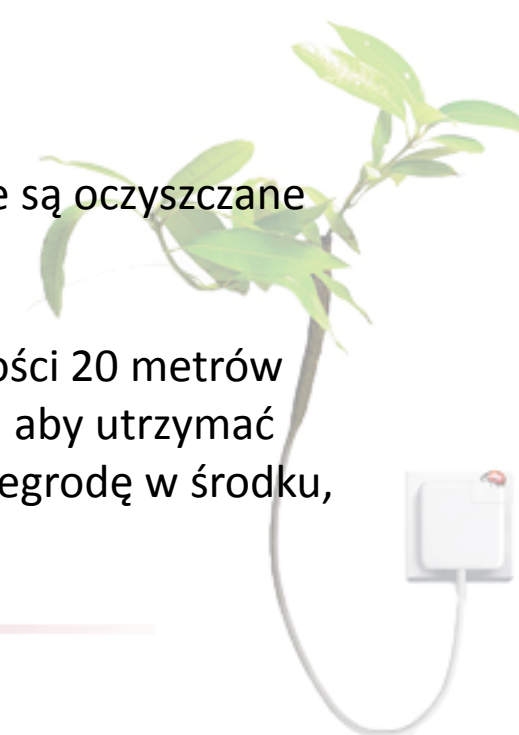
## VALORGA

- ✓ Technologia Valorga została opracowana we Francji w 1981r. do fermentacji zmieszanych odpadów komunalnych.

Zakład przetwórczy Valorga składa się zasadniczo z sześciu jednostek:

- jednostki odbioru i przygotowania odpadów,
- komory fermentacyjnej,
- utwardzania kompostu,
- wykorzystania biogazu,
- oczyszczania powietrza,
- opcjonalnego modułu uzdatniania wody (gdy ścieki nie są oczyszczane w komunalnych oczyszczalni ścieków).

- ✓ Komory fermentacyjne to betonowe pionowe cylindry o wysokości 20 metrów i 10 metrów średnicy wewnętrznej. Są one zaprojektowane tak, aby utrzymać przepływ tłokowy przez reaktor. Wyposażone są w pionową przegrodę w środku, o szerokości  $2/3$  średnicy na całej wysokości reaktora.



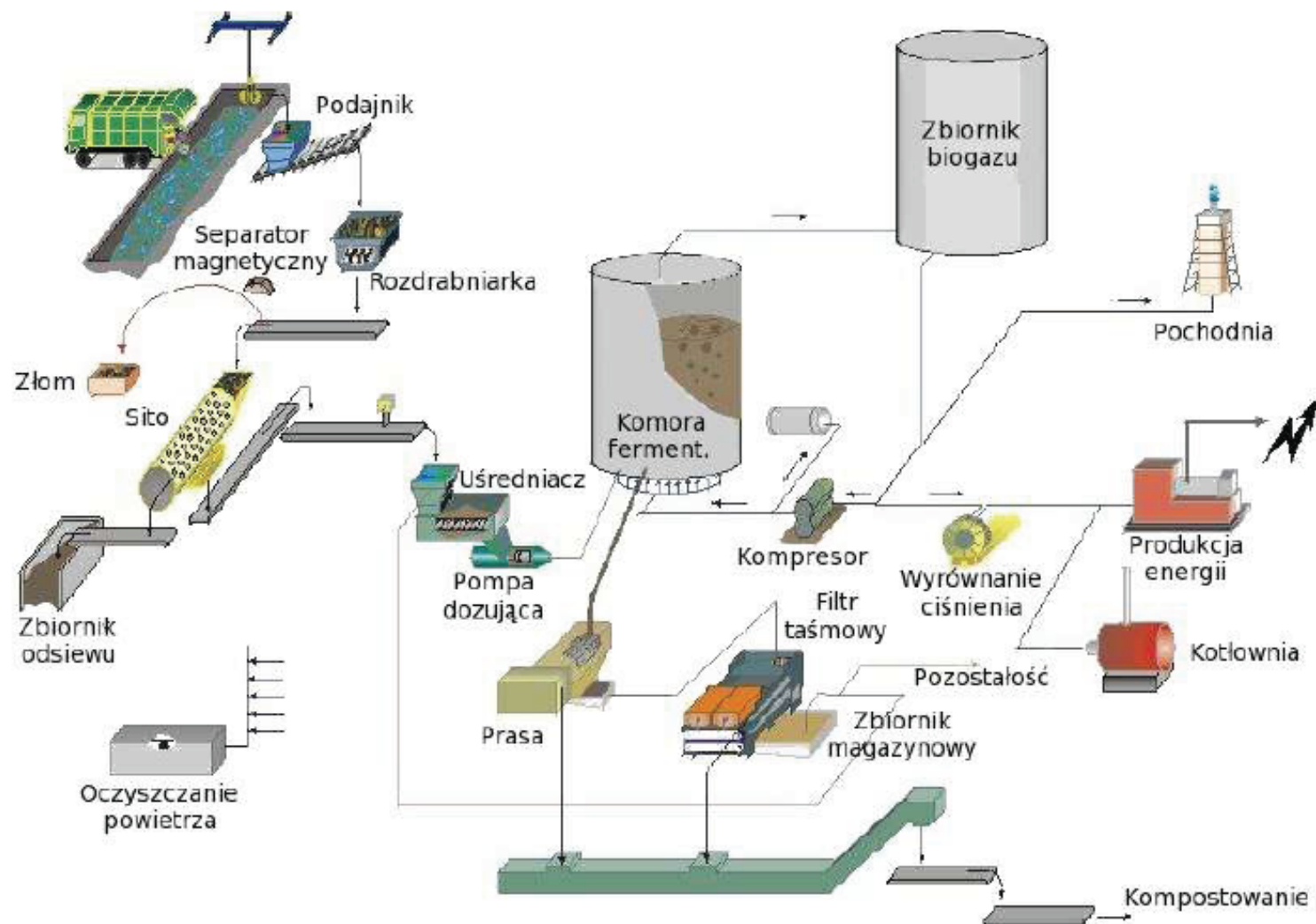
## VALORGA

- ✓ wewnętrzna przegroda zapewnia przepływ tłokowy przez całą objętość reaktora. Otwory do wprowadzania substratów i usuwania przefermentowanych odpadów znajdują się po obu stronach ściany wewnętrznej.
- ✓ Mieszanie materiału odbywa się przez pneumatyczny system biogazu tj. biogaz pod wysokim ciśnieniem jest wtryskiwany przez otwory w dnie reaktora. Konserwacja polega na okresowym czyszczeniu dysz na dnie komory fermentacyjnej.
- ✓ Przefermentowany osad po wyjściu z reaktora przechodzi przez prasę filtracyjną, która oddziela materiał kompostu z roztworu odcieków.



Komora fermentacyjna w technologii VALORGA





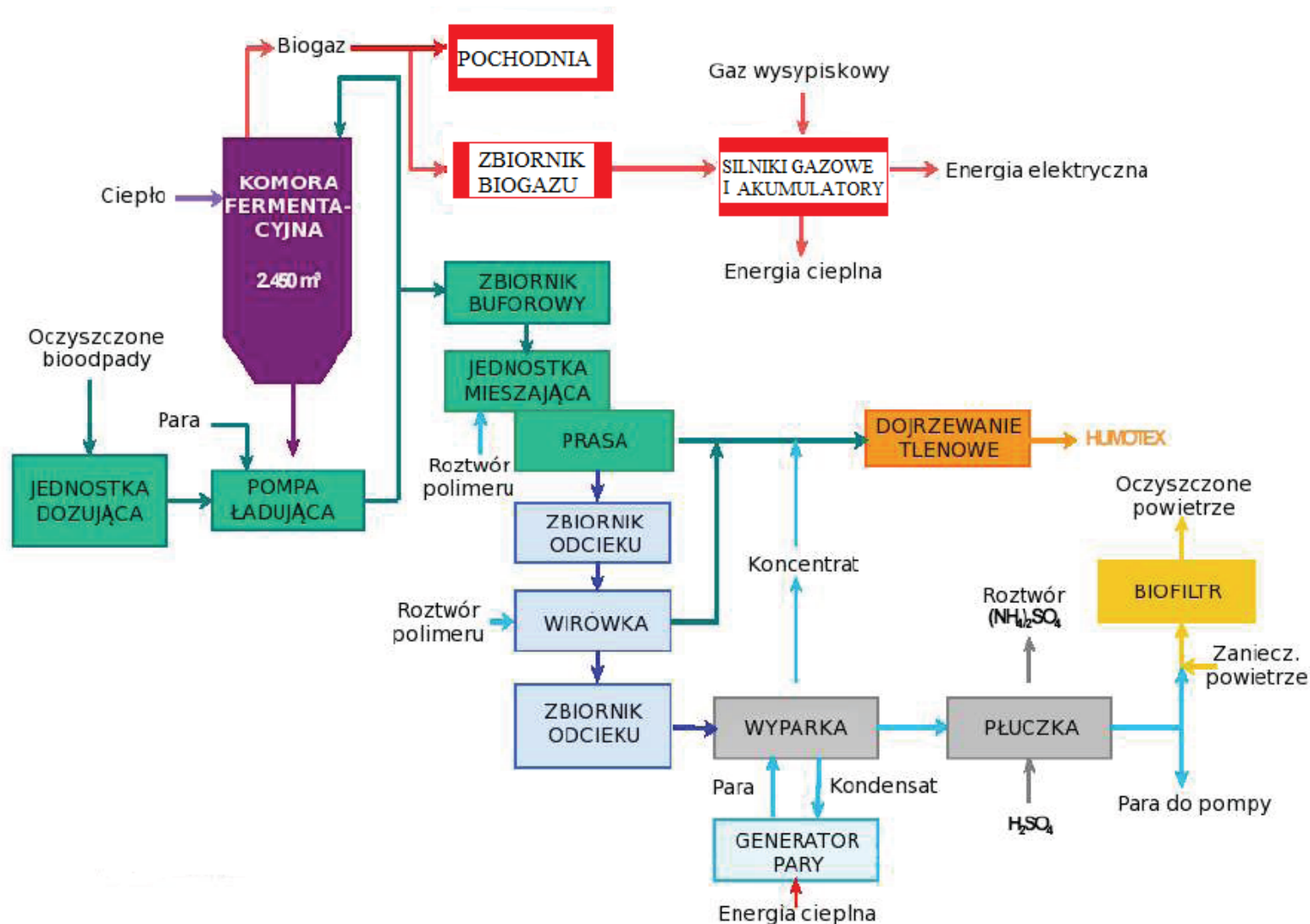


## DRANCO

- ✓ Dranco (Dry Anaerobic Composting, Belgia) jest procesem przystosowanym do beztlenowego przetwarzania różnorodnych odpadów organicznych w szerokim zakresie zawartości s.m. we wsadzie, od 15 do 40%.
- ✓ Proces ten może być wykorzystywany do unieszkodliwiania odpadów komunalnych jak i selektywnie zbieranych bioodpadów.
- ✓ Technologia ta opiera się na suchej, termofilowej bądź mezofilowej, jednostopniowej fermentacji beztlenowej, po której następuje krótka faza dojrzewania tlenowego.
- ✓ Produktem końcowym fermentacji, po tlenowej stabilizacji jest Humotex.
- ✓ Fermentat po odwodnieniu do zawartości 50% s.m. poddaje się 2-tygodniowej stabilizacji tlenowej.
- ✓ Mieszanie odpadów w komorze następuje w wyniku recyrkulacji części odpadów usuwanych z komory przy dnie.

## DRANCO

- ✓ Łączone są one ze świeżą porcją odpadów (zwykle w proporcji 6:1) i pompowane na górę komory. Komora pracuje pod bardzo niskim ciśnieniem ( $< 50\text{mbarów}$ ). Czas fermentacji waha się od 15 do 30 dni, a wydajność biogazu mieści się w zakresie od 100 do 200  $\text{m}^3/\text{Mg}$  surowca.
- ✓ Innowacyjne podejście w tym projekcie polega na tym, że ciepło odpadowe jest wykorzystywane do odparowywania ścieków.
- ✓ Ze względu na odparowanie wody procesowej instalacja nie produkuje żadnych ścieków.
- ✓ Uzyskiwany biogaz jest gromadzony i spalany w silnikach gazowych lub agregatach kogeneracyjnych.





# DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ !

