

Przegląd technologii produkcji biogazu (część druga)

mgr inż., Dipl.-Ing. Olaf Kujawski (LimnoTec GmbH, Hille)

inż. Jerzy Kujawski (INEKO, Iława)

Komory fermentacji stanowią centralny element każdej biogazowni. Na wybór ich technologii ma wpływ szereg czynników, z których najważniejszy jest rodzaj oraz skład substratów wejściowych.

Pierwszy artykuł z cyklu na temat technologii produkcji i wykorzystania biogazu poświęcony został technologiom składowania, przetwarzania, przesyłania i dozowania substratów do komór fermentacji. W niniejszym artykule poruszony został temat technologii komór fermentacji. Z uwagi na ograniczony zakres publikacji położono nacisk na omówienie jedynie powszechnie stosowanych i sprawdzonych rozwiązań na tak zwanych biogazowniach przemysłowych i rolniczych. Produkcja biometanu z osadów ściekowych na oczyszczalniach ścieków lub biogazu wysypiskowego stanowi oddzielne, z technologicznego punktu widzenia, zagadnienie, dlatego nie została tutaj omówiona.

Od czego zależy wybór technologii komór fermentacji?

Wyboru technologii komory fermentacji dokonuje się biorąc między innymi pod uwagę wielkość planowanej instalacji oraz sposób magazynowania i buforowania biogazu. Najistotniejszą rolę odgrywa jednak rodzaj oraz skład substratów a w szczególności następujące zagadnienia: zawartości suchej masy i suchej masy organicznej, dynamika rozkładu substratów oraz zawartość substancji mogących powodować potencjalne uszkodzenia jak i utrudnienia pracy instalacji (np. pomp, mieszadeł).

Warunki procesu fermentacji

Dla zapewnienia przebiegu procesu fermentacji potrzebne są odpowiednie warunki, które muszą być spełnione niezależnie od wyboru technologii.

Komory fermentacji mogą pracować w różnych temperaturach. Obok najczęściej stosowanej fermentacji mezofilnej (przedział temperatur od 32 do 42 °C) coraz częściej eksploatuje się komory fermentacji w przedziale temperatur termofilnych (od 50 do 57 °C) [1]. Z uwagi na znikomą efektywność procesu eksploatacja w temperaturze psychrofilnej (< 25 °C) nie znalazła zastosowania. Pomimo faktu iż fermentacja jest procesem egzotermicznym komory fermentacji muszą być wyposażone w odpowiednie instalacje dla zapewnienia temperatury ich pracy. Są to zwykle rury grzewcze umieszczone wewnątrz lub na przegrodach poziomych lub pionowych komór.

Poszczególne grupy bakterii odpowiedzialne za kolejne procesy rozkładu beztlenowego (hydroliza, acidogeneza, acetogeneza i metanogeneza) mają znacznie odbiegające od siebie optymalne przedziały odczynu pH, jednak ponieważ wszystkie te procesy w komorach fermentacji w praktyce zachodzą równocześnie, optymalny

przedział pH jest ustalony pod kątem najbardziej wrażliwej grupy bakterii produkujących metan.

W komorach fermentacji musi być zapewnione również odpowiednie wymieszanie. Proces ten spełnia bardzo ważną rolę gdyż wspomaga metabolizm bakterii, przyczynia się do równomiernego rozkładu świeżego substratu w komorze, wspomaga ujednolicenie rozkładu temperatury oraz uwalnianie się pęcherzyków biogazu z mieszaniny substratu.

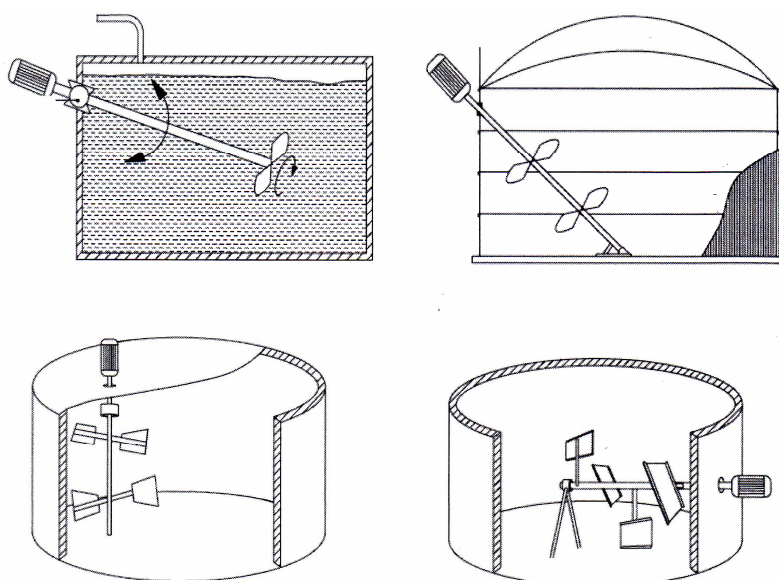
Fermentacja mokra

Zdecydowana większość biogazowni jest eksploatowana w technologii fermentacji mokrej. Terminem tym określa się proces fermentacji w którym substrat w komorze fermentacji przez cały czas jej trwania pozostaje w stanie płynnym (możliwe mieszanie i pompowanie substratu). W praktyce granicę płynności substratu stanowi sucha masa substratu o wartości 15%.

Najczęściej stosowanym rozwiązaniem technologicznym na biogazowniach pracujących w systemie fermentacji mokrej są zintegrowane komory fermentacji i zbiorniki buforowe biogazu (rys. 1). Stężenie suchej masy substratu w komorach utrzymuje się w przedziale od 5 do 12 %. Zbiorniki komór są stosunkowo niskie (wysokość ścian od 6 do 8 m) w porównaniu do ich średnicy (od kilkunastu do około 35 m). Zbiornik komory zwykle wykonany jest z żelbetu oraz przykryty dwu- lub jedno-powłokowym samonośnym dachem gazoszczelnym (rys 1). Taki typ konstrukcji jest stosunkowo korzystny pod względem kosztów inwestycyjnych. Dla zapewnienia odpowiedniej temperatury dla przebiegu procesu komory tego typu wyposażone są w rury grzewcze zamontowane na lub w ścinanie zbiornika. Niekiedy rury grzewcze montowane są w płycie dennej zbiornika. Substrat mieszany jest za pomocą mieszadeł zanurzeniowych oraz mieszadeł o długich osiach (rys 2). Komory fermentacji charakteryzują się stosunkowo dużą pojemnością (nawet kilka tysięcy m³) ponieważ substrat jest dozowany w sposób ciągły. Pojemność oraz ilość dozowanego substratu są tak dobrane aby czas hydraulicznego zatrzymania substratu, w zależności od jego rodzaju, wynosił od kilkunastu do kilkudziesięciu dni. W praktyce najlepiej sprawdziły się rozwiązania szeregowo łączenia dwóch lub większej ilości komór fermentacji. Taki rodzaj eksploatacji odznacza się znacznie lepszymi niż jednostopniowe komory wynikami uzysku biogazu. W przestrzeni gazowej zintegrowanych zbiorników realizowany jest pierwszy proces uzdatniania biogazu polegający na jego biologicznym odsiarczaniu. Odbywa się to przez wtłaczanie małej ilości powietrza atmosferycznego. W wyniku reakcji biochemicznej siarka z H₂S jest utleniana i wytrącana się w postaci granulek w zbiorniku.



Rys 1 Przykład zintegrowanych komór fermentacji i zbiorników biogazu na biogazowni rolniczej Sachsenhagen (archiwum LimnoTec GmbH).



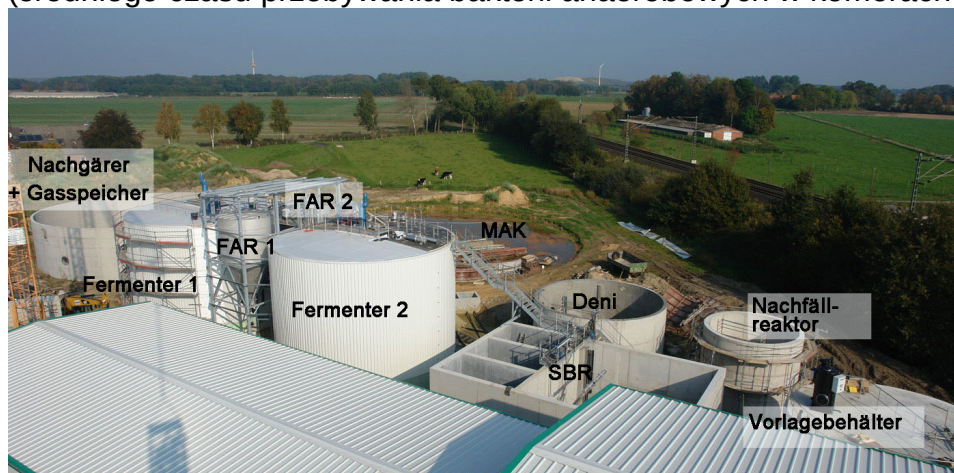
Rys 2 Przykłady mieszadeł o długich osiach w komorach fermentacji mokrej [2].

Do najważniejszych zalet takiego rozwiązania technologicznego należą: łatwość obróbki i transportu substratów, stosunkowo niskie koszty inwestycyjne, możliwość częściowego oddzielenia poszczególnych procesów fermentacji (procesów hydrolizy, produkcji kwasów organicznych oraz metanogenezy), zapewnienie stabilnej temperatury, odczynu pH oraz równomierny rozkład substratu, biomasy bakteryjnej i pierwiastków biogennych.

To rozwiązanie technologiczne posiada jednak pewne wady. W wypadku prac naprawczych lub serwisowych w komorach fermentacji istnieje konieczność ich częściowego lub całkowitego opróżnienia. Ciała obce takie jak np. kamienie, resztki opakowań lub włókna mogą powodować uszkodzenia mechaniczne lub nieprawidłową pracę urządzeń takich jak pompy lub mieszadła bądź też odkładać się w komorach fermentacji w postaci sedymentów.

Specjalne rozwiązania komór fermentacji mokrej

W wypadku substratów o niskiej wartości suchej pozostałości (np. ścieków o stosunkowo wysokim potencjale produkcji biogazu) dużo bardziej sensowne z ekonomicznego punktu widzenia jest wykorzystanie wyspecjalizowanych technologii fermentacji mokrej takich jak: UASB (*ang. upflow anaerobic sludge blanket reaktor, tłum. reaktor z osadem zawieszonym*), EGSB (*ang. expanded granular sludge bed reaktor, tłum. reaktor z osadem granulowanym*) FAR+SBR-reaktor beztlenowy (*niem. Feststoffanreicherungsreaktor + SBR, tłum. reaktor sekwencyjny oraz reaktor zagęszczania osadu*) wprowadzony na rynek przez firmę LimnoTec GmbH (rys 3). Powyższe rozwiązania technologiczne pozwalają na skrócenie wymaganego czasu zatrzymania substratów w komorze fermentacji oraz przedłużanie wieku osadu (średniego czasu przebywania bakterii anaerobowych w komorach fermentacyjnych).



Rys 3 Przykład komór fermentacji SBR+FAR na biogazowni przemysłowej Gemüse Meyer (archiwum LimnoTec).

Fermentacja sucha

W wypadku biogazowni działających w procesie fermentacji suchej stężenie suchej masy w komorach fermentacji jest na poziomie powyżej 15 %. W związku z tym zarówno mieszanie jak i transport substratów o tych parametrach jest utrudniony. Dla tego typu substratów stosuje się tak zwane leżące komory fermentacji lub garażowe (kontenerowe) komory fermentacji [1].

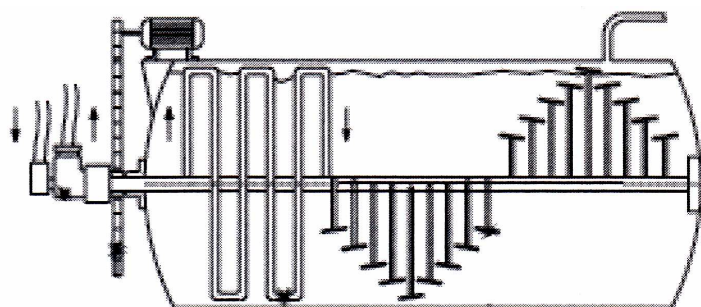
Leżąca komora fermentacji to walcowy zbiornik wykonany ze stali lub żelbetu, wyglądem przypominający cysternę (rys 4). Zbiornik może być również wyposażony w gazoszczelny dach membranowy w celu buforowania wyprodukowanego biogazu. W komorze zainstalowane jest centralne mieszadło o poziomej osi (pokrywająca się z osią zbiornika) służące do mieszania oraz przemieszczania substratu (rys 5). Niekiedy mieszadło może być wyposażone w instalację grzewczą. Substrat do komory dozowany jest w sposób ciągły oraz mieszany i przesuwany za pomocą mieszadła w kierunku wylotu ze zbiornika. Stężenie suchej masy w komorze utrzymywane jest na odpowiednim poziomie, w zależności od wytrzymałości konstrukcyjnej zastosowanego mieszadła.

Podstawową zaletą tego typu technologii jest optymalne wykorzystanie pojemności komory oraz stosunkowo wysoka wydajność procesu fermentacji z uwagi na tak zwany przepływ tłokowy w komorze.

Do wad tego systemu można zaliczyć trudności konstrukcyjne przy budowie komór o większych gabarytach, występowanie dużych naprężeń w osiach mieszadeł oraz stosunkowo wysokie nakłady inwestycyjne.



Rys 4 Przykład komory fermentacji typu leżącego (źródło: firma KompoGas)



Rys 5 Przekrój komory fermentacji typu leżącego [2]

Rozwiązanie technologiczne fermentacji garażowej lub kontenerowej zakłada sekwencyjną pracę większej ilości komór (kilka lub kilkanaście komór fermentacji) eksploatowanych naprzemiennie w sposób sekwencyjny. Przypominają one wyglądem garaże lub kontenery (stąd nazwa, rys 6). Świeży substrat miesza się z pozostałością pofermentacyjną po poprzednim cyklu i następnie za pomocą np. ładowarki kołowej wprowadza do komory fermentacji. Mieszanka substratu i pozostałości przebywa w komorze przez kilka tygodni. W trakcie trwania procesu zawartość fermentora nie jest mieszana. Procesy rozkładu beztlenowego intensyfikuje się za pomocą zraszania lub zatapiania zawartości komory odciekami poprzednio uzyskani w procesie (recyrkulacja perkolatu lub odcieków). Ciepło potrzebne do ustalenia oraz podtrzymania odpowiedniej temperatury dostarcza się do komór za pomocą rur grzewczych umieszczonych w ścianach / posadzce komory lub również zraszania ciepłym perkolatem czy też zatapiania substratu podgrzanyimi odciekami.



Rys 6 Przykład komór fermentacji typu garażowego [1]

Zaletami tego typu technologii jest możliwość produkcji biogazu z substratów o znacznej zawartości substancji obcych lub mogących powodować uszkodzenia lub utrudnienia w pracy urządzeń mechanicznych (np. kamienie, opakowania, gruz). Z uwagi na stosunkowo prostą technologię, brak elementów ruchomych oraz możliwość łatwej i częstej konserwacji, taka konstrukcja komór fermentacji charakteryzuje się niską awaryjnością.

Do wad tego typu technologii można zaliczyć: niejednostajną produkcję biogazu spowodowaną sekwencyjną pracą fermentorów, stosunkowo wysoki nakład pracy przy eksploatacji związany z opróżnianiem oraz napełnianiem komór, brak mieszania substratu powodujący niższą dynamikę procesów beztlenowych, stosunkowo wysokie nakłady inwestycyjne oraz konieczność dalszej obróbki pozostałości pofermentacyjnej

W następnej ostatniej już części cyklu artykułów poświęconych przeglądowi technologii produkcji oraz wykorzystania biogazu będzie mowa o sposobach wykorzystania biogazu oraz pozostałości pofermentacyjnej powstałych w procesie fermentacji.

Literatura

1. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2006) Handreichung Biogasgewinnung und –nutzung, Institut für Energetik und Umwelt gGmbH, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Gülzow, Niemcy
2. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (2007): Faustzahlen für Biogas, Herausgeber: KTBL und Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)