



## **Koncepcja modernizacji gospodarki osadowej z wykorzystaniem procesu stabilizacji tlenowo- beztlenowej w oczyszczalni ścieków w SM MLEKOVITA w Wysokiem Mazowieckim**

*Izabela Bartkowska, Lech Dzienis  
Politechnika Białostocka*

### **1. Wprowadzenie**

Oczyszczalnia ścieków generuje powstawanie różnego rodzaju odpadów, których ilość zależy zarówno od wielkości oczyszczalni jak i realizowanych procesów technologicznych. Konieczność stosowania wysokoefektywnych metod oczyszczania ścieków może powodować powstawanie osadów wstępnych, nadmiernych, po chemicznym strącaniu oraz z dawkowania zewnętrznego źródła węgla organicznego, niezbędnego do realizacji procesów technologicznych związanych z usuwaniem związków azotu (denitryfikacja). W Polsce w 2006 r. w przemysłowych i komunalnych oczyszczalniach ścieków powstało 1064,7 tys. ton suchej masy osadów, w tym w oczyszczalniach komunalnych 501,3 tys. ton. Osadów nagromadzonych na terenach oczyszczalni ogółem pozostaje 8710,5 tys. ton, zaś na terenach oczyszczalni komunalnych 790,9 tys. ton [7]. Powstające osady wymagają unieszkodliwienia zarówno z przyczyn

prawnych jak również estetycznych i praktycznych. Względy ekonomiczne i ekologiczne wskazują, aby osad, o ile to możliwe, powracał przetworzony do środowiska naturalnego. W przypadku małych i średnich oczyszczalni ścieków szczególnie zalecane jest rolnicze wykorzystanie, będące równocześnie najtańszą metodą ostatecznego unieszkodliwiania osadu. Jednakże tylko znikoma część osadów wykorzystywana jest w rolnictwie, a mianowicie 106,8 tys. ton suchej masy, co stanowi zaledwie 10% całkowitej ich ilości [7].

Osady ściekowe przed ich powrotem do środowiska naturalnego muszą być zatem właściwie unieszkodliwione. Unieszkodliwianie osadów ściekowych polega na zmniejszeniu ich zagniwalności w procesie stabilizacji, likwidacji organizmów chorobotwórczych w procesie higienizacji oraz zmniejszeniu ich objętości i masy. Względy praktyczne decydują, że najczęściej niedocenianym przez projektantów i eksploatatorów oczyszczalni ścieków procesem jest higienizacja osadu. Być może przyczyną tego jest powszechne mniemanie, że organizmy chorobotwórcze giną natychmiast poza organizmem człowieka. W rzeczywistości wiele gatunków bakterii, wirusów a także jaja pasożytów przeżywiają w osadach wiele godzin a nawet dni.

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki prac przedprojektowych dokonanych na bazie obiektu oczyszczalni ścieków w SM MLEKOVITA w Wysokiem Mazowieckim. Zaproponowano następujące warianty postępowania z osadami [5]:

- autotermiczna tlenowa stabilizacja osadu (ATSO),
- stabilizacja beztlenowa z wykorzystaniem fermentacji termofilowo-mezofilowej,
- stabilizacja tlenowo-beztlenowa z wykorzystaniem ATSO oraz fermentacji mezofilowej.

Poszczególne warianty rozwiązań przygotowano dla danych wyjściowych przedstawionych w tabeli 1.

**Tabela 1.** Bilans osadów w oczyszczalni ścieków SM Mlekovita**Table 1.** Sludge balance in SM Mlekovita WWTP

Parametr osadu	Jednostka	Stan obecny	Stan Docelowo
Ładunek BZT <sub>5</sub>	[kg O <sub>2</sub> /d]	11572	15250
Jednostkowy przyrost osadu	[kg sm/kg BZT]	0,72	0,72
Masa osadu nadmiernego	[kg sm/d]	8 332	11000
Koncentracja s. m. w osadzie nadmiernym	[%]	1,0	1,0
Objętość osadu nadmiernego	[m <sup>3</sup> /d]	829	1100
Koncentracja s.m. w osadzie po zagęszczaniu mech.	[%]	4	4
Objętość osadu po zagęszczaniu mechanicznym	[m <sup>3</sup> /d]	207	275
Koncentracja s.m. w osadzie po odwodnieniu mech.	[%]	17	20
Objętość osadu po odwodnieniu mechanicznym	[m <sup>3</sup> /d]	49	55

## 2. Stabilizacja osadów ściekowych w procesie ATSO

Proces autotermicznej termofilowej stabilizacji osadów pozwala na przeprowadzenie ich stabilizacji i higienizacji w jednym obiekcie. Przekształca osady w biomasę, która może być wykorzystywana do celów przyrodniczych.

Z uwagi na niewielką liczbę obiektów tego typu występujących na terenie Polski poniżej przedstawiono charakterystykę procesu ATSO.

Biologiczna stabilizacja osadu oparta jest na redukowaniu substancji organicznych zawartych w osadach ściekowych. W technologii ATSO zmniejszenie zawartości tych substancji powodowane jest przez aerobowe mikroorganizmy. Przemiana energii aerobowej odbywa się egzotermicznie. Dlatego biologiczne utlenianie substancji organicznych wyzwala energię, głównie w postaci ciepła. Produktem końcowym są substancje proste jak  $H_2O$  i  $CO_2$ . Wydajne zatrzymanie ciepła, które wyzwala się podczas rozkładu daje w rezultacie wysoką temperaturę roboczą ( $>50^{\circ}C$ ), a to z kolei wysoki stopień rozkładu substancji organicznych jak też eliminację czynników chorobotwórczych [10]. Proces ten wymaga wstępnego zagęszczenia osadu do ponad 4% s.m., dzięki czemu uzyskuje się większą jednostkową zawartość substancji organicznych, która nie powinna być mniejsza niż 40,0 g/l, wyrażona wartością ChZT (w przypadku osadów z MLEKOVITY ChZT wynosi 94 g/l – badania własne).

Przy dostarczeniu odpowiedniej ilości tlenu samorzutnie osiągnana jest temperatura od 55 do 80°C [4]. W większości oczyszczalni proces jest ograniczany do temperatury 55÷60°C, co daje możliwość odzysku ciepła. Zmniejszone gabaryty komory (obliczeniowy czas przetrzymania 5 do 6 dni) pozwalają na uzyskanie 38÷50% obniżki substancji organicznych w suchej masie osadu [10], oraz bezpiecznego osadu pod względem zawartości organizmów chorobotwórczych.

Układy ATSO zwykle składają się z dwóch reaktorów pracujących szeregowo. Układ zasilany jest porcjowo raz dziennie, po czym reaktory pozostają odizolowane. Odizolowane i zamknięte reaktory stosuje się w celu zminimalizowania strat ciepła. Skuteczny przebieg procesu jest możliwy przy zastosowaniu napowietrzania, które powoduje szybkie tworzenie się warstwy piany. Działa ona jak izolacja, zapewnia lepsze wykorzystanie tlenu i powoduje wzrost aktywności biologicznej.

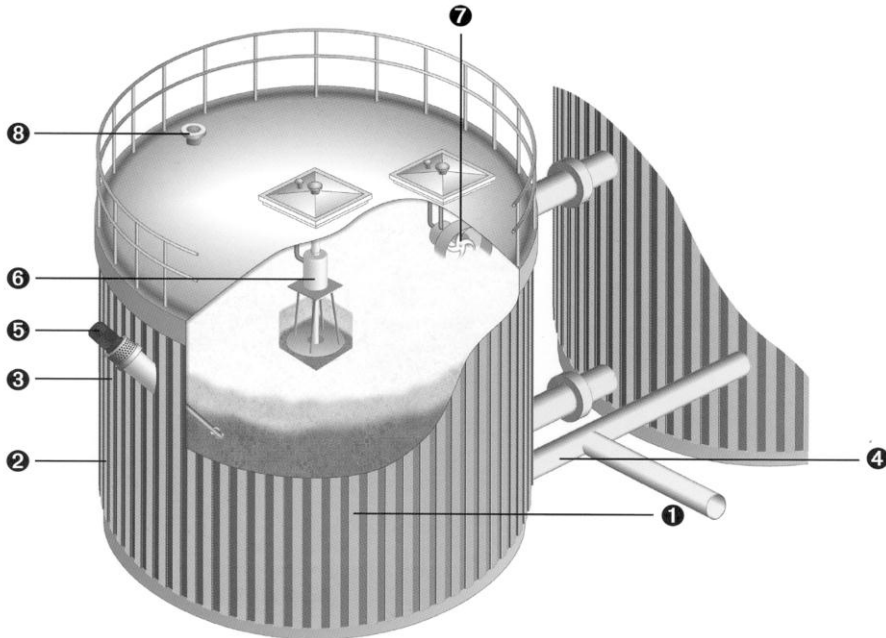
Bardzo wysoką aktywność biologiczną zaobserwowano właśnie w obrębie piany. Zastosowanie rozbijaczy piany pozwala kontrolować formowanie się, grubość i w pewnym sensie gęstość tworzącej się warstwy piany. Typowy schemat reaktorów przedstawia rys. 1 [8].

W pierwszym stopniu instalacji temperatura utrzymuje się w dolnym zakresie rozkładu termofilnego ( $40\div 50^{\circ}\text{C}$ ). Maksimum dezynfekcji osiąga się w drugim stopniu, w którym temperatura zawiera się w granicach  $50\div 60^{\circ}\text{C}$  [9]. Codzienny zrzut unieszkodliwionych osadów odbywa się tylko z drugiego stopnia. Po zakończeniu kolejnego zrzutu surowy osad jest podawany do pierwszego stopnia, podczas gdy przetworzony częściowo osad jest przemieszczany do drugiego reaktora. Przemieszczenie osadu z reaktora pierwszego do reaktora drugiego wywołuje jedynie niewielki spadek temperatury. W związku z tym w drugim stopniu warunki temperaturowe są prawie stałe podczas cyklu zasilania. Po zasileniu osadem reaktory pozostają odizolowane przez 23 godziny, kiedy to zachodzi rozkład termofilny [3]. W celu ograniczenia wzrostu temperatury w drugim reaktorze instaluje się w nim wymiennik ciepła [6].

Proces ATSO jest nową technologią w warunkach polskich, która swoje możliwości prezentuje w Europie już od ponad 15 lat. Pierwsza instalacja na oczyszczalni ścieków w Giżycku pracuje od 2003 roku, druga w Lubaniu rozpoczęła pracę w 2006 roku.

W układzie oczyszczalni ścieków w SM MLEKOVITA przewiduje się wykonanie dwóch zbiorników I<sup>o</sup> i II<sup>o</sup> w dwóch ciągach technologicznych. Osad nadmierny z pompowni kierowany będzie bezpośrednio do mechanicznego zagęszczania na zagęszczarce stołowej zlokalizowanej w budynku technologicznym stacji odwadniania osadu. Zagęszczony osad będzie gromadzony w jednej z dwóch komór istniejącego zbiornika tlenowej stabilizacji osadów, skąd trafi do pierwszej komory I<sup>o</sup>. Reaktory ATSO zawsze pracują przy stałym poziomie osadu ściekowego. Przed uruchomieniem cyklu zrzutu-podawania wyłączane są urządzenia mechaniczne (instalacja napowietrzająca i mieszająca z rozbijaczem piany). Po zrzucie z reaktora II<sup>o</sup> osad jest pompowany z reaktora I<sup>o</sup> do reaktora II<sup>o</sup> do uzyskania prawidłowego poziomu. Następnie surowy osad jest podawany do reaktora I<sup>o</sup>. Aby zapobiec wzrostowi temperatury powyżej  $60\div 65^{\circ}\text{C}$  reaktor będzie wyposażony w wewnętrzne wymienniki ciepła powodujące schładzanie. Wodą chłodzącą może być woda niezdatna do picia (ścieki po oczyszczalni) z minimalną zawartością zawieszin. Alka-

liczność to inny ważny parametr przy wyborze wody chłodzącej. Powrotny obieg wody chłodzącej jest możliwy jedynie wówczas, gdy może ona schładzać się sama. Ustabilizowany osad z komór ATSO będzie gromadzony w istniejącym zbiorniku komory tlenowej stabilizacji, skąd będzie podawany do istniejącej stacji odwadniania osadu wyposażonej w prasę filtracyjną.



**Rys. 1.** Schemat reaktorów instalacji ATSO [10]; 1 – reaktor, 2 – izolacja, 3 – okładzina, 4 – rurociągi, 5 – aerator spiralny, 6 – aerator centralny, 7 – rozbijacz piany, 8 – odprowadzenie odorów

**Fig. 1.** Scheme of reactor of Auto Thermal Aerobic Digestion ATAD installation [10]; 1 – reactor, 2 – insulation, 3 – lining, 4 – pipelines, 5 – spiral aerator, 6 – central aerator, 7 – foam destructor, 8 – odour outlet

W procesie unieszkodliwiania osadów metodą ATSO powstają odory wymagające neutralizacji. W tym celu zastosowano proces fotokatalitycznego utleniania (PCO) promieniami UV. W oczyszczalni SM MLE-KOVITA do dezaktywacji odorów przewidziano instalację PCO łącznie ze skruberem i wentylatorem o znamionowej wydajności 4 200 m<sup>3</sup>/h.

### 3. Stabilizacja osadów ściekowych w procesie fermentacji

Fermentacja metanowa jest procesem wielofazowym, w którym w fazie I bakterie hydrolityczne za pomocą enzymów zewnątrzkomórkowych rozkładają nierozpuszczalne związki organiczne osadów (celuloza, ligniny, białka, tłuszcze) do związków rozpuszczalnych w wodzie, takich jak kwasy tłuszczowe, alkohole, amoniak itd. W fazie II bakterie kwasowe rozkładają związki rozpuszczalne do prostych kwasów organicznych takich jak: kwas octowy, kwas propionowy, wodór i dwutlenek węgla (tzw. fermentacja kwaśna). Metabolity fermentacji kwaśnej są substratem fazy III dla bakterii heterotroficznych (kwas octowy) oraz dla bakterii metanowych autotroficznych (wodór i dwutlenek węgla). Produktem metabolizmu bakterii metanowych jest metan, dwutlenek węgla i woda. W większości przypadków bakterie te limitują szybkość procesu fermentacji osadów, oznacza to, że są wolniejsze od bakterii fazy kwaśnej. Należy proces prowadzić tak, aby kwasowe bakterie nie zdominowały komory fermentacji. Osiąga się to poprzez ograniczenie doprowadzenia świeżego osadu (pokarmu). Bakterie metanowe są bardzo wrażliwe na: temperaturę, odczyn, zawartość substancji toksycznych oraz rozmnażają się bardzo wolno.

Zaletą procesu fermentacji, oprócz stabilizacji osadów jest produkcja palnego gazu. Gaz fermentacyjny zawiera około 70% metanu i około 30% dwutlenku węgla. Fermentację można prowadzić w układzie jednostopniowym (bez lub z odzyskiem gazu), lub w układzie wielostopniowym (z odzyskiem gazu).

Podstawowymi wielkościami wpływającymi na przebieg procesu fermentacji jest kontrola ilości i częstotliwości doprowadzania osadu surowego, intensywność mieszania, odczyn, zawartość kwasów lotnych i zasadowość, temperatura, substancje toksyczne, produkcja gazu. Czas przebywania w komorze fermentacji gwarantujący minimalną stabilizację osadu zwykle określa się jako 38% obniżki suchej masy organicznej i zależy on od temperatury.

Technologia beztlenowej stabilizacji osadu może być stosowana w wielu konfiguracjach:

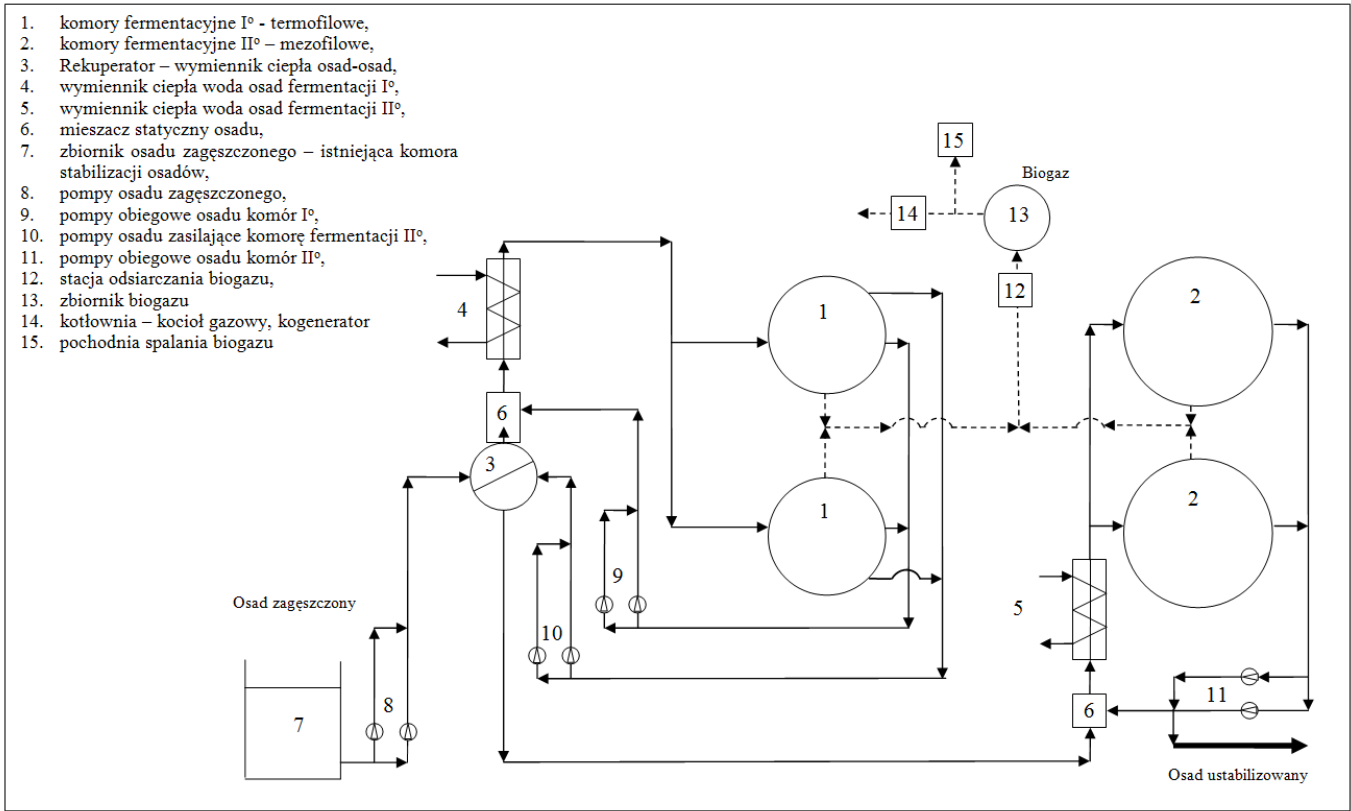
- mezofilowa ( $T = 30 \div 38^{\circ}\text{C}$ , czas fermentacji  $t = 25 \div 27$  dni),
- termofilowa ( $T = 45 \div 58^{\circ}\text{C}$ ,  $t = 17 \div 20$  dni),
- termofilowo ( $T = 45 \div 58^{\circ}\text{C}$ ,  $t = 3 \div 5$  dni) – mezofilowa ( $T = 30 \div 38^{\circ}\text{C}$ ,  $t = 14 \div 17$  dni).

Najczęściej dotychczas stosowana fermentacja mezofilowa wymaga dość dużych pojemności komór z uwagi na czas przetrzymania osadu ok. 30 dni. Ponadto układ nie zapewnia pełnej stabilizacji osadów pod względem aktywności mikrobiologicznej. Fermentacja termofilowa ze względu na wymaganą temperaturę procesu pod względem energetycznym jest najmniej efektywna. W okresach niskich temperatur mogą pojawić się deficyty biogazu, co zwiększa nakłady eksploatacyjne.

Rozwiązaniem częściowo eliminującym wady powyższych układów jest połączenie procesu fermentacji termofilowej z mezofilową, co pozwala na odzyskanie największej ilości energii przy stosunkowo najkrótszym czasie zatrzymania osadu w komorach reakcji. Efekt ten można uzyskać poprzez odzysk części ciepła po I stopniu fermentacji termofilowej. Ponadto z uwagi na temperaturę fermentacji termofilowej rzędu 58°C osad będzie ustabilizowany mikrobiologicznie. Biorąc pod uwagę przytoczone zalety w oczyszczalni ścieków SM MLEKOVITA zaproponowano dwufazową fermentację termofilowo-mezofilową.

W układzie beztlenowej termofilowo-mezofilowej stabilizacji osadów przewiduje się wykonanie dwóch komór fermentacji I<sup>o</sup> i II<sup>o</sup> w dwóch ciągach technologicznych. Osad nadmierny z pompowni kierowany będzie bezpośrednio do mechanicznego zagęszczania na zagęszczarce stołowej zlokalizowanej w budynku technologicznym stacji odwadniania osadu. Zagęszczony osad będzie gromadzony w jednej z dwóch komór istniejącego zbiornika tlenowej stabilizacji osadów, skąd trafi do dwóch komór fermentacji termofilowej I<sup>o</sup>. Po procesie osad zostanie skierowany poprzez wymiennik ciepła osad-osad (rekuperator) do kolejnych dwóch komór fermentacji mezofilowej II<sup>o</sup>. Komory I<sup>o</sup> i II<sup>o</sup> będą wyposażone w pompy obiegowe i zewnętrzne wymienniki ciepła, przy czym w pierwszym przypadku w wymienniku osad zostanie podgrzany do temperatury ok. 55°C, natomiast wymiennik komory II<sup>o</sup> będzie przeznaczony jedynie do utrzymania temperatury 35°C. Ustabilizowany osad z komór fermentacyjnych osad będzie gromadzony w istniejącym zbiorniku komory tlenowej stabilizacji, skąd zostanie skierowany do istniejącej stacji odwadniania osadu. Wyprodukowany w procesie fermentacji biogaz po odsiarczeniu będzie gromadzony w przeponowym zbiorniku biogazu, skąd będzie kierowany do kotłowni wyposażonej w kocioł gazowy i kogenerator. Nadmiar biogazu będzie spalany w pochodni (rys. 2).





**Rys. 2.** Schemat termofilowo-mezofilowej fermentacji osadów  
**Fig. 2.** Schema of thermophilic-mesophilic fermentation of sludge

#### 4. Stabilizacja osadów ściekowych w procesie tlenowo-beztlenowym

W oczyszczalniach ścieków, w celu modernizacji istniejących lub projektowania nowych linii osadowych instalacje ATSO można zastosować również jako wstępne systemy przed konwencjonalnymi komorami fermentacyjnymi i wykorzystać je do:

- zmniejszenia obciążenia organicznego komór fermentacyjnych,
- zmniejszenia obciążenia i dezynfekcji osadu przed komorą fermentacyjną,
- dezynfekcji osadu przed komorą fermentacyjną.

W przypadku przeciążenia komory fermentacyjnej wybiera się czas przetrzymywania zgodnie z wymaganiami dla rozkładu substancji organicznych. Zwykle uzyskiwane temperatury znajdują się w zakresie mezofilnym (~35°C), tak więc ciepło wspomagające komorę fermentacyjną zostaje zredukowane. Jeśli dodatkowo do redukcji obciążenia organicznego wymagana jest higienizacja, to czas przetrzymywania należy wydłużyć do uzyskania temperatur termofilnych. Jeśli zaś zadaniem wstępnego stopnia jest higienizacja, to czas przetrzymywania jest zmniejszony do mniej niż dwóch dni. W tym samym czasie napowietrzanie jest ograniczone, aby zapobiec rozkładowi substancji organicznych. Nie wpływa to na wytwarzanie gazu w komorze fermentacyjnej. Układy ze stopniami wstępnymi wymagają dodatkowego grzania i wymienników do powtórnej cyrkulacji ciepła ze zdezynfekowanego osadu [9].

Zaletą metody ATSO i beztlenowej stabilizacji osadów jest wyraźnie mniejsze zapotrzebowanie na pojemność komór fermentacyjnych, których praktycznie nie trzeba podgrzewać, ponadto uzyskany w procesie fermentacji biogaz charakteryzuje się niską zawartością siarki. Osad po procesie ATSO jest nie tylko zhigienizowany ale także wykazuje zwiększoną produkcją biogazu oraz łatwiej ulega odwodnieniu.

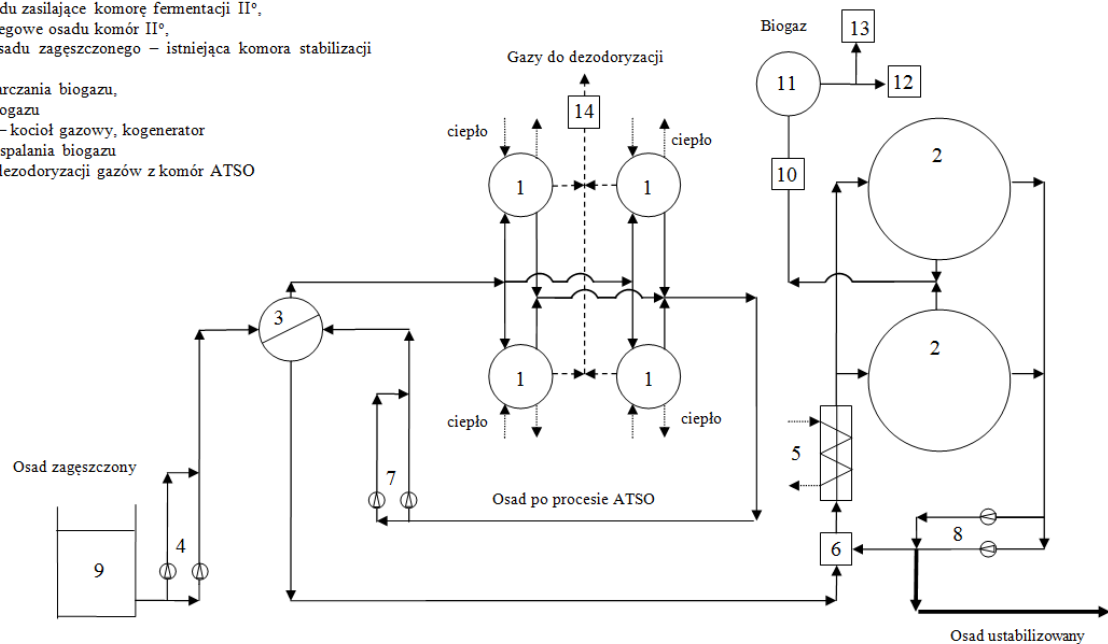
W opracowanym układzie tlenowo beztlenowej stabilizacji osadu dla oczyszczalni ścieków przy SM MLEKOVITA w Wysokiem Mazowieckim zaproponowano instalację opartą o tlenowo-beztlenową stabilizację osadu. Do komór ATSO będzie doprowadzany osad zagęszczony z zawartością suchej masy ok. 4%. Osad surowy zagęszczony będzie podgrzewany w wymienniku cieplnym osad/osad z wykorzystaniem re-

kuperacji ciepła osadu po procesie ATSO. Przed wejściem do komory fermentacyjnej osad będzie ochłodzony w wymienniku cieplnym. Powstający w komorze fermentacyjnej energetycznie bogaty biogaz będzie spalany w agregacie kogeneracyjnym pozwalającym na pełne wykorzystanie energii biogazu. Dodatkowo przewiduje się zamontowanie kotła gazowego pełniącego zabezpieczenie układu w energię cieplną. Przewidywany rozkład substancji organicznych będzie wynosił > 50%, z tego tylko ok 5% może ulec rozkładowi w komorach ATSO.

W układzie tlenowo-beztlenowej stabilizacji osadów przewidziano zastosowanie czterech zbiorników ATSO I<sup>0</sup> i dwóch zbiorników fermentacji mezofilowej II<sup>0</sup>. Osad nadmierny z pompowni kierowany będzie bezpośrednio do mechanicznego zagęszczania na zagęszczarce stołowej zlokalizowanej w budynku technologicznym stacji odwadniania osadu.

Zagęszczony osad będzie gromadzony w jednej z dwóch komór istniejącego zbiornika tlenowej stabilizacji osadów, skąd poprzez rekupektor (wymienник ciepła osad-osad) trafi do czterech komór ATSO. Każdy z reaktorów ATSO będzie wyposażony w wewnętrzny wymiennik z doprowadzonym czynnikiem grzejącym. Po procesie osad zostanie skierowany poprzez rekupektor do kolejnych dwóch komór fermentacji mezofilowej. Komory fermentacji będą wyposażone w pompy obiegowe, zewnętrzny wymiennik ciepła. Wewnętrzne wymienniki komór ATSO będą przeznaczone do uzupełniania ciepła niezbędnego do uzyskania temperatury osadu 60°C. Wymiennik komory II<sup>0</sup> będzie przeznaczony jedynie do utrzymania temperatury 35°C. Ustabilizowany osad będzie gromadzony w istniejącym zbiorniku komory tlenowej stabilizacji, skąd zostanie skierowany do istniejącej stacji odwadniania osadu wyposażonej w prasę filtracyjną. Wyprodukowany w procesie fermentacji biogaz po ewentualnym odsiarczeniu będzie gromadzony w przeponowym zbiorniku biogazu, skąd będzie kierowany do kotłowni wyposażonej w kocioł gazowy i kogenerator. Nadmiar biogazu będzie spalany w pochodni (rys. 3). Proponowany układ zapewnia również możliwość utylizacji serwatki oraz permeatu, które powstają w procesie produkcyjnym SM „MLEKOVITA”.

1. komory ATSO I<sup>o</sup>,
2. komory fermentacyjne II<sup>o</sup> – mezofilowe,
3. Rekuperator – wymiennik ciepła osad-osad,
4. pompy osadu zagęszczonego,
5. wymiennik ciepła woda osad komór fermentacyjnych II<sup>o</sup>,
6. mieszacz statyczny osadu,
7. pompy osadu zasilające komorę fermentacji II<sup>o</sup>,
8. pompy obiegowe osadu komór II<sup>o</sup>,
9. zbiornik osadu zagęszczonego – istniejąca komora stabilizacji osadów,
10. stacja odsiarczania biogazu,
11. zbiornik biogazu
12. kotłownia – kocioł gazowy, kogenerator
13. pochodnia spalania biogazu
14. instalacja dezodoryzacji gazów z komór ATSO



**Rys. 3.** Schemat tlenowo-beztlenowej stabilizacji osadów  
**Fig. 3.** Schema of aerobic-anaerobic stabilisation of sludge

## 5. Dyskusja proponowanych metod stabilizacji osadów ściekowych

### Stabilizacja osadów ściekowych w procesie ATSO

Autotermiczna termofilowa stabilizacja osadu ATSO jest procesem, który w pełni umożliwia powrót osadów do środowiska przekształcając osady ściekowe w biomasę przeznaczoną do wykorzystania przyrodniczego.

Zastosowanie procesu ATSO charakteryzuje się w stosunku do innych omawianych systemów przeróbki osadów najniższymi kosztami inwestycyjnymi, jednocześnie nie pozwala na odzysk części energii z rozkładu związków organicznych, co jest możliwe w procesie fermentacji. Dlatego też w trakcie eksploatacji należy się liczyć z kosztami, które z uwagi na zużycie energii wyniosą ok. 200 zł/t smo. [2]. Z drugiej strony stosując proces ATSO uzyskujemy jednoczesną stabilizację osadów ściekowych i redukcję patogenów. Osad jest w pełni ustabilizowany nie podlegający wtórnemu zagniwaniu, zhigienizowany, nie ulegający wtórnemu nawodnieniu w okresie składowania. Proces ten jest bardzo stabilny, na który nie ma wpływu zmienne obciążenie. Ponadto ze względu na krótkie czasy zatrzymania (retencji) – ok. 6÷8 dni charakteryzuje się niskimi kosztami kapitałowymi i elastycznością w rozbudowie. Ważnym elementem procesu ATSO jest także pełna dezintegracja osadów ściekowych [1].

### Stabilizacja osadów ściekowych w procesie fermentacji

Beztlenowa mineralizacja osadów jest procesem znanym i powszechnie stosowanym na większych obiektach od wielu lat. Spośród układów istniejących najwięcej zostało zaprojektowanych instalacji do mezofilowej fermentacji osadów w temperaturach 35°C. Ten rodzaj fermentacji jako proces jednostkowy nie zapewnia jednak stabilizacji osadu pod względem biologicznym. Dopiero fermentacja termofilowa ze względu na temperaturę procesu 55÷60°C pozwala na uzyskanie bezpiecznego produktu stanowiącego nawóz organiczny. Ponieważ jest to proces najbardziej energochłonny i dość trudny w eksploatacji ze względów technologicznych, jest również rzadziej stosowany. Przynajmniej częściowym rozwiązaniem problemów zwłaszcza energetycznych jest połączenie fermentacji termofilowej z mezofilową. Układ ten pozwala na

pełną higienizację osadu, a ponadto daje możliwość odzysku części energii z osadu po fermentacji termofilowej. Nadal jednak pozostają problemy natury technologicznej związanej z dużą niestabilnością fermentacji termofilowej.

### **Stabilizacja osadów ściekowych w procesie tlenowo-beztlenowym**

Rozwiązaniem łączącym zalety procesu ATSO i fermentacji jest metoda stabilizacji osadu w układzie tlenowo-beztlenowym. W tym przypadku celem procesu ATSO jest higienizacja osadu w warunkach tlenowych, bez rozkładu związków organicznych przy czasie zatrzymania osadu w komorach do 24 godzin. Wykorzystując procesy autotermiczne osadu w warunkach tlenowych można w sposób istotny zmniejszyć wymagania energetyczne układu. Dodatkowo po procesie ATSO, stosując rekuperator można odzyskać część energii przed wprowadzeniem osadu do komór fermentacyjnych. Fermentacja w tym układzie prowadzona jest w warunkach mezofilowych i w przeciwieństwie do fermentacji termofilowej nie wymaga skomplikowanych zabiegów technologicznych. Ponadto odpowiednie przygotowanie osadu w komorach ATSO polegające na unieszkodliwieniu mikroorganizmów i rozbiciu części połączeń organicznych, które stają się wówczas bardziej przyswajalne w procesach biochemicznych w procesie fermentacji znacznie wzrasta produkcja biogazu. Dodatkowo, układ ten jako jedyny z rozpatrywanych pozwala na możliwość wspólnej utylizacji osadów oraz serwatki i permeatu powstających w procesie produkcyjnym .

Ciekawie prezentują się podstawowe nakłady inwestycyjne i eksploatacyjne proponowanych rozwiązań. Stabilizacja osadów w warunkach beztlenowych i tlenowo-beztlenowych, mimo znaczących nakładów inwestycyjnych pozwala na odzysk poniesionych kosztów w rezultacie odzysku energii (tab. 2).

**Tabela 2.** Podstawowe nakłady inwestycyjne i eksploatacyjne proponowanych rozwiązań

**Table 2.** Basic investment and operation costs of proposed solutions

Rodzaj nakładów	Stabilizacja osadów w procesie ATSO	Stabilizacja osadów w procesie beztlenowym	Stabilizacja osadów w procesie tlenowo-beztlenowym
Nakłady inwestycyjne wyrażone w% w stosunku do kol. 2	100,0	220,0	203,3
Nakłady eksploatacyjne wyrażone w% w stosunku do kol. 2 wyliczone w PLN/rok	100,0	15,8	26,3
Możliwy odzysk nakładów wyrażony w% w stosunku do kol. 2 wyliczony w PLN/rok	100,0	1480,5	3357,4
Moc zainstalowana kW	360,0	62,0	102,0

## 6. Wnioski

Analiza rozwiązań koncepcji modernizacji gospodarki osadowej w oczyszczalni ścieków w SM MLEKOVITA pozwala na sformułowanie następujących wniosków:

- Z uwagi na zalety technologiczne i eksploatacyjne za najbardziej korzystny można przyjąć wariant tlenowo-beztlenowej stabilizacji osadów z procesem ATSO i fermentacją mezofilową. Proponowany układ zapewnia również możliwość utylizacji serwatki oraz permeatu, które powstają w procesie produkcyjnym. Dodatkowym aspektem realizacji tej technologii jest poprawa bilansu energetycznego oczyszczalni oraz możliwość uzyskania nadwyżek energii z produkcji biogazu.
- W przypadku rezygnacji z zagospodarowania serwatki i innych produktów odpadowych pochodzenia organicznego można rozważyć za-

stosowanie stabilizacji osadów z zastosowaniem procesu ATSO. Układ ten pomimo najwyższych kosztów eksploatacyjnych charakteryzuje się jednocześnie najniższymi nakładami inwestycyjnymi. Przewidywane koszty inwestycyjne będą ponad dwukrotnie niższe od wariantu tlenowo-beztlenowej mineralizacji osadu.

- Połączenie tlenowych (ATSO) i beztlenowych metod (fermentacja mezofilowa) stabilizacji osadów ściekowych pozwala na znaczące zmniejszenie nakładów inwestycyjnych klasycznych rozwiązań tylko beztlenowej stabilizacji i wielokrotnie większe możliwości odzysku energii.

## Literatura

1. **Augustin O., Bartkowska I., Dzienis L.:** *Efficiency of wastewater sludge disinfection by autoheated thermophilic aerobic digestion (atad)* W: IWA Specialist Conference : Moving Forward : Wasterwater Biosolids Sustainability: technical, managerial and public synergy : conference proceedings, Moncton, Canada, June 24÷27, 2007.
2. **Bartkowska I., Dzienis L.:** *Technical and economic aspects of autothermal thermophilic aerobic digestion exemplified by sewage treatment plant in Giżycko* *Env. Prot. Eng.* – Vol. 33, nr 2. 2007.
3. **Fuchs L., Schwinning H.-G.:** *Zum Stand der aerob-thermophilen Stabilisierung und Entseuchung von Klärschlamm.* Korrespondenz Abwasser, 1997.
4. **Kelly H. G., Melcer H., Mavinic D. S.:** *Autothermal thermophilic aerobic digestion of municipal sludges: A one-year, full-scale demonstration project.* *Water Environment Research* No 7 Volume 65. 1994.
5. Koncepcja modernizacji gospodarki osadowej w oczyszczalni ścieków SM MLEKOVITA w Wysokiem Mazowieckim opracowana przez Biuro Projektowo-Badawcze PROEKO Biruta Klepacka, Lech Dzienis w Białymstoku. 2008.
6. **Layden N. M.:** *An evaluation of autothermal thermophilic aerobic digestion (ATAD) of municipal sludge in Ireland.* *J. Environ. Eng. Sci.* 6, 19÷29, 2007.
7. Rocznik statystyczny. Ochrona środowiska, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, s. 202÷204. 2007.
8. **Schwinning H.-G.:** *Autoheated thermophilic aerobic digestion of industrial sewage sludge.* 69 th Annual Conference & Exposition, Dallas, Texas USA. 1996.
9. **Schwinning H.-G., Deeny K., Fuchs L.:** *ATAD: an effective PFRP alternative.* 66<sup>th</sup> Annual Conference & Exposition, Anaheim, California USA. 1993.



10. **Schwinning H.-G., Deeny K.J., Hong S.-N.:** *Experience with autothermal thermophilic aerobic digestion (ATAD) in the united states.* 70<sup>th</sup> Annual Conference & Exposition. Chicago, Illinois 1997.

## **Conception of Sludge Management Modernization with Application of Aerobic-Anaerobic Stabilization Process in Mlekovita WWTP in Wysokie Mazowieckie**

### **Abstract**

Three solutions of stabilization process in SM Mlekovita WWTP is presented. The first one is autothermal thermophilic aerobic digestion (ATAD) process. Second one is based on the thermophilic-mezophilic anaerobic stabilization process. The third one is a mixture of ATAD and mezophilic anaerobic stabilization processes. The particular description of proposed solutions is given. Evaluation of proposed methods is shown.

Variant of aerobic-anaerobic sludge stabilization with ATAD process and mesophilic fermentation is the most beneficial option for technological and operational advantages. Proposed system also provides the possibility of utilization of whey and permeate, which arise in the production process. An additional aspect of this technology realisation is improvement of energy balance of treatment plant and possibility of obtaining surplus energy from biogas production.

In case of resignation from utilisation of whey and other organic waste products stabilization of sediments by ATAD process may be considered. This system, despite the highest operating costs at the same time is characterized by the lowest capital investment. Projected capital costs are more than twice lower than the option of aerobic-anaerobic sludge digestion.

The combination of aerobic (ATAD) and anaerobic methods (mesophilic fermentation) of sewage sludge stabilization can significantly reduce capital expenditure of classical solutions of only anaerobic stabilization and much bigger possibilities of energy recovery.

