

**dr inż. Łucja Fukas-Płonka**

*Politechnika Śląska  
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki  
Instytut Inżynierii Wody i Ścieków*

## **Kierunki postępowania z osadami ściekowymi**

### **1. Wstęp**

Produkcja osadu w oczyszczalni zależy od zawartości w ściekach zawieszin oraz stężenia substancji organicznej. W całym procesie produkcji osadów, zależnie od przyjętej technologii oczyszczania ścieków uzyskuje się od 0,5 do 1,2 kg s.m. osadu biologicznego na 1 kg usuniętego BZT<sub>5</sub>. Należy do tego dodać osady powstałe z sedymentacji zawieszin oraz produkty chemicznego strącania, co daje w sumie ilość osadów przekraczającą 1,5 kg s.m. osadu na 1 kg usuniętego BZT<sub>5</sub>. Rozpatrując produkcję suchej masy osadu surowego można powiedzieć, że ilości osadów z osadnika wstępnego i wtórnego są porównywalne. Jedynie przy zastosowaniu strącania wstępnego występuje pod tym względem zauważalna różnica, gdyż uzyskuje się znacznie większą ilość osadu wstępnego. Osady wstępne i wtórne różnią się znacznie od siebie biorąc pod uwagę zarówno ich skład jak i uwodnienie, które dla osadów wstępnych wynosi 93 – 98%, a dla osadów nadmiernych 98,5 – 99,7%.

Podane wartości uwodnienia dają w efekcie bardzo duże różnice w objętości osadu produkowanego w ciągu doby (osadu nadmiernego powstaje objętościowo kilkakrotnie więcej). Objętość osadu zmniejsza się po kolejnych procesach mających na celu maksymalne jego odwodnienie. Działanie takie zdeterminowane jest koniecznością minimalizowania wysokich kosztów ostatecznego unieszkodliwiania osadów.

Bilans masy ładunków zanieczyszczeń pozwala zaplanować gospodarkę ściekową, na oczyszczalni i jest podstawą, do efektywnego prowadzenia procesów oczyszczania oraz wpływu na ograniczenie ilości produkowanego osadu.

Prawidłowe funkcjonowanie ciągu oczyszczania ścieków zależne jest od przyjętej technologii przeróbki osadów. Zdrowa współzależność tych dwóch ciągów daje obsłudze oczyszczalni możliwość wpływu zarówno na jakość ścieków oczyszczonych jak i ilość produkowanych osadów. Czynnikiem wpływającymi na ilość wytwarzanego osadu są: rodzaj i ilość stosowanych koagulantów nieorganicznych, regulacja wieku osadu, wpływ zmian temperatury w zależności od pory roku, zmiana właściwości osadów po procesach przygotowania i przeróbki osadów.

Wybór optymalnego ciągu przeróbki osadów stwarza wiele problemów zarówno projektantom jak i inwestorom. Wybór technologii powinna poprzedzać wnikliwa analiza techniczne – ekonomiczna, uwzględniająca takie czynniki jak:

- wielkość i charakter zlewni, którą obsługuje oczyszczalnia,
- rodzaj kanalizacji,
- wielkość oczyszczalni,

- ilość i skład dopływających ścieków,
- technologia oczyszczania ścieków,
- ilość i skład powstających osadów,
- stopień niezawodności instalacji,
- żywotność instalacji,
- warunki gwarancji i dostępność serwisu na rynku polskim,
- elastyczność rozwiązań, stopień zautomatyzowania,
- koszty inwestycyjne,
- koszty eksploatacyjne z uwzględnieniem kosztów utylizacji osadu.

Analizę techniczno — ekonomiczną należy przeprowadzić dla całego ciągu przeróbki osadów, a nie tylko dla pojedynczych jej elementów, często bowiem wyższe nakłady na jeden z procesów dają oszczędności w procesach sąsiednich lub kolejnych, np. wysoki koszt zakupu prasy do wysokociśnieniowego odwadniania może się zwrócić w kosztach eksploatacyjnych suszenia, transportu i składowania produktu końcowego. Ze względu na wysokie koszty przeróbki osadów w małych oczyszczalniach ścieków, zagadnienie to powinno być rozwiązane dla grupy sąsiadujących ze sobą oczyszczalni.

Celem prowadzenia procesów przeróbki osadów jest uzyskanie osadu o takich parametrach (właściwościach), które umożliwiają jego dalsze bezpieczne zagospodarowanie, ewentualnie ostateczne unieszkodliwienie.

Dlatego też kryterium decydującym o doborze i kolejności zastosowania poszczególnych procesów technologicznych powinien być przewidziany i możliwy do zastosowania w konkretnych warunkach prawnych, technicznych, ekonomicznych i socjologicznych sposób ostatecznego unieszkodliwienia osadów. Równocześnie należy brać pod uwagę, że dobór technologii i urządzeń do przeróbki osadów będzie miał istotny wpływ na technologię i eksploatację ciągu oczyszczania ścieków.

## 2. Charakterystyka osadów ściekowych

Ilość i jakość powstających na oczyszczalni osadów ściekowych jest zmienna, przy czym do głównych czynników powodujących zróżnicowanie ich właściwości należą:

- rodzaj ścieków dopływających na oczyszczalnię,
- wielkość ładunku zanieczyszczeń,
- sposób oczyszczania ścieków i stosowane parametry technologiczne, w tym szczególnie wiek osadu, obciążenie osadu ładunkiem zanieczyszczeń, występowanie osadnika wstępnego,
- sposób przeróbki osadów.

Osady powstające na oczyszczalni ścieków możemy podzielić na:

- osad wstępny – to zawiesina wytrącona w osadniku wstępnym,
- osad nadmierny – z procesów biologicznego oczyszczania ścieków czyli nadmiar osadu czynnego lub błony biologicznej usuwanej w osadnikach wtórnych,
- osad pokoagulacyjny (chemiczny) – z procesów chemicznego oczyszczania ścieków w zależności od sposobu i miejsca dawkowania koagulantu, usuwany jest wspólnie z osadem wstępnym lub nadmiernym,
- osad mieszany – osad wstępny, nadmierny i pokoagulacyjny.

Nie ma typowych osadów ściekowych, w każdej oczyszczalni powstają osady o odmiennych właściwościach fizyko – chemicznych. Wspólną cechą wszystkich osadów ściekowych jest ich wysokie uwodnienie 99 – 95%, duża zawartość związków organicznych, łatwość zagniwania, występowanie związków biogennych (azot, fosfor), związków specyficznych, związków chorobotwórczych (bakterie, wirusy, grzyby, jaja pasożytów).

Występujące w osadzie związki organiczne zależą od rodzaju osadu. W osadzie wstępnym i pokoagulacyjnym to przede wszystkim martwa masa organiczna, która łatwo ulega rozkładowi w warunkach tlenowych i beztlenowych. Osad nadmierny charakteryzuje się jednorodną kłaczkową strukturą, w której dominują żywe mikroorganizmy oraz zaabsorbowane martwe cząstki organiczne i koloidy, które nie zostały zatrzymane w osadniku wstępnym. Wraz ze wzrostem wieku osadu udział martwej masy organicznej w osadzie nadmiernym maleje. Jak już wspomniano osady charakteryzują się wysokim uwodnieniem [4].

*Rys.1. Rodzaje wody zawartej w osadzie ściekowym*

Woda w osadzie występuje w postaci (rys.1.):

- wody wolnej, między cząsteczkowej, którą łatwo oddzielić od cząstek osadu w procesie zagęszczania i filtracji,
- wody półzwiązanej – tj. wody wewnątrz kłaczków osadu,
- wody kapilarnej, związanej w cząsteczkach osadu siłami adhezji i kohezji,
- woda związanej fizycznie tj. wody higroskopijnej i koloidalnej, którą z cząsteczkami osadu wiążą siły napięcia powierzchniowego (bardzo trudna do oddzielenia),
- Wody biologicznie związanej, która występuje w komórkach mikroorganizmów lub w formie biokoloidów otaczających komórki i tworzące kłaczkosy osadu czynnego.

Podatność osadów na odwadnianie oraz możliwy do uzyskania graniczny stopień odwodnienia zależy od proporcji występujących w osadzie poszczególnych rodzajów wód. Struktura osadu decyduje o uwodnieniu międzycząsteczkowym, zaś natura cząstek o ilości i stopniu związania wody biologicznej, adhezyjnej, adsorpcyjnej itp.. Mikroorganizmy wiążą bardzo duże ilości wody, która zostaje uwolniona dopiero po ich obumarciu. Zróżnicowanie i ilościowe oznaczenie poszczególnych rodzajów cieczy osadowej jest bardzo trudne i nie zostało dotychczas jednoznacznie określone. Proces przeróbki osadów składa się z operacji jednostkowych tworzących ciąg technologiczny dopasowany do sposobu ich ostatecznego zagospodarowania.

### **3. Metody i sposoby przeróbki osadów ściekowych**

Zasadniczym celem przeróbki osadów jest osiągnięcie następujących efektów:

- zmniejszenia objętości osadów i usunięcia z nich wody,
- stabilizacji osadów (stabilizacja osadów ściekowych polega na zmniejszeniu zagniwalności oraz zlikwidowaniu nieprzyjemnych zapachów poprzez zredukowanie ilości substancji organicznej zawartej w osadzie),
- higienizacji osadów (higienizacja obejmuje procesy, w wyniku których następuje usunięcie z osadu organizmów chorobotwórczych i uzyskanie produktu bezpiecznego sanitarnie),
- przygotowania osadów do ostatecznej formy zagospodarowania.

Optymalny ciąg przeróbki osadów powinien spełniać następujące warunki:

- musi odpowiadać wymogom techniczno – technologicznym oczyszczalni,
- być najtańszym w kosztach inwestycyjnych i eksploatacyjnych,
- być prostym w obsłudze,
- zapewnić bezpieczeństwo załodze (poprzez stosowanie technologii nie wymagającej bezpośredniego kontaktu z osadem oraz zapewnienie wysokosprawnych systemów wentylacji wyposażonych w systemy dezodoryzacji powietrza),
- harmonizować z otoczeniem poprzez estetykę rozwiązań architektonicznych oraz ich funkcjonalność,
- zapewnić koszt przeróbki rosnący wolniej od kosztów inflacji,
- odpowiadać wymaganiom zasady zrównoważonego rozwoju,
- uwzględniać możliwość ostatecznego wykorzystania osadów na terenach przyległych do oczyszczalni.

Powyższe warunki sprawiają, że dobór ciągu operacji jednostkowych nie jest łatwy. Musi być oparty na doświadczeniach z analizy pracujących układów oraz wynikać z wszechstronnej wiedzy. Przy projektowaniu technologii przeróbki osadów warto kierować się kilkoma podstawowymi zasadami podanymi przez prof. Oleszkiewicza w poradniku omawiającym współczesną gospodarkę osadami [5]. Wskazówki te pomagają w łatwy sposób uzyskać wyżej podane optymalne efekty, a brzmią następująco:

- nie ma typowych osadów – gdyż prowadzi to do pogorszenia właściwości osadów (uwalnianie fosfory, zmniejszenie sprawności odwadniania); wyjątek stanowi zatrzymanie osadu w zagęszczaczach dla wyprodukowania lotnych kwasów tłuszczowych (LKT),

- nie łączy się osadów – mieszanie osadów wstępnych i nadmiernych zmniejsza ich odwadnialność, ujemnie wpływa na proces stabilizacji beztlenowej (osad nadmierny źle fermentuje ze względu na obecność flory bakteryjnej przystosowanej do warunków tlenowych, zmniejszając ilość produkowanego metanu),
- nie zawraca się osadów – aby nie wprowadzać z powrotem do ciągu oczyszczania ścieków zawiesiny, związków azotu i fosforu,
- należy dbać o czystość osadów – chodzi tutaj o zabezpieczenie urządzeń przed uszkodzeniami i zatykaniem spowodowanym przez piasek, żwir, kapsle, tłuszcze oraz szczególnie przez szmaty i włosy; należy również zabezpieczyć przerabiane osady przed wtórnym zakażeniem przez organizmy chorobotwórcze.

Kierując się podanymi wyżej zasadami można zaprojektować nowoczesny i skuteczny ciąg przeróbki osadów, który w dużych oczyszczalniach ścieków składa się z elementów ułożonych w następującej kolejności:

- zagęszczanie osadów – prowadzone osobno dla osadów wstępnych i nadmiernych,
- stabilizacja biologiczna osadów zagęszczonych,
- zmniejszenie objętości osadów przez ich odwadnianie i suszenie,
- ostateczne unieszkodliwianie osadów.

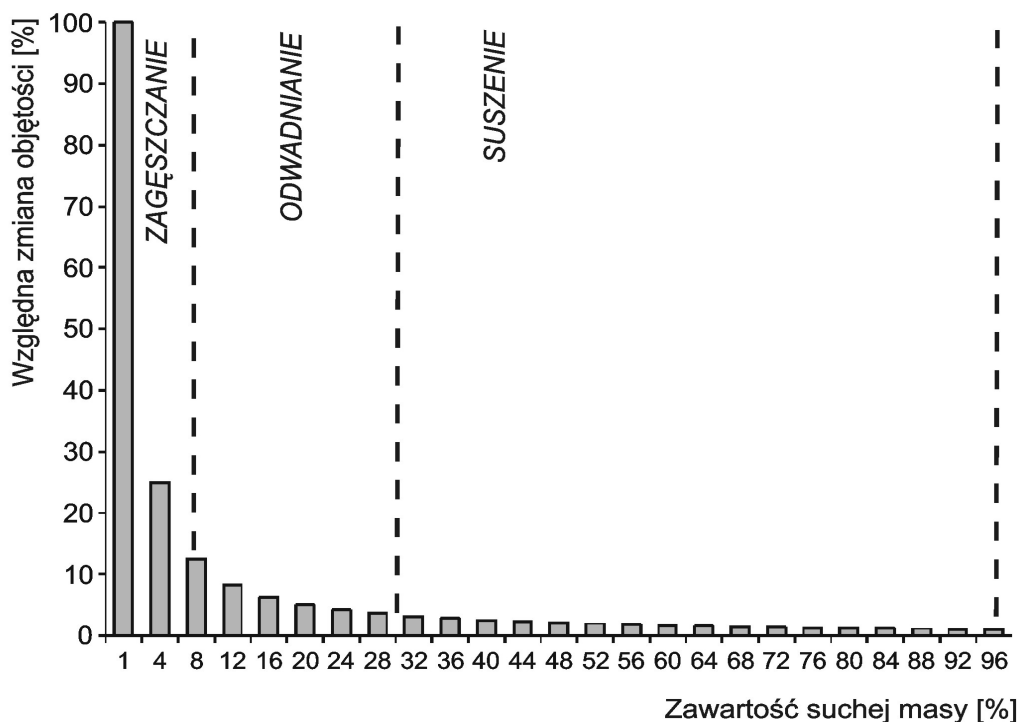
W ostatnich latach coraz więcej uwagi poświęca się metodom ograniczającym ilość osadów wyprowadzanych z oczyszczalni ścieków do środowiska oraz zwiększających efektywność znanych i stosowanych od dawna metod przeróbki osadów. Do nowych rozwiązań należy zaliczyć: dezintegrację osadu, ozonowanie osadu nadmiernego oraz suszenie.

Zmniejszenie objętości osadów ściekowych należy do podstawowych zadań przeróbki osadów. Polega ono na obniżeniu zawartości wody w osadzie, a realizowane jest w procesach zagęszczania, odwadniania i suszenia.

Na rys.2. została pokazana zmiana objętości osadu przy wzroście zawartości suchej masy. Fakt istotnej zmiany objętości osadu podczas usuwania z niego wody wolnej zmusza projektanta do zwrócenia szczególnej uwagi na procesy zagęszczania i odwadniania, gdyż właśnie te procesy i ich efektywność będzie mieć poważne skutki ekonomiczne.

Zanim jednak osady zostaną poddane wymienionym procesom, muszą być odpowiednio przygotowane przez szereg zabiegów określanych mianem kondycjonowania. Ich celem jest zmiana właściwości osadu pozwalająca na szybsze i bardziej skuteczne usunięcie z niego wody. Daje to w efekcie uwolnienie części wody związanej, obniżając w ten sposób całkowity nakład energii potrzebnej do jej usunięcia.

Uzyskanie zadowalającego efektu zagęszczania osadu nadmiernego wymaga zastosowania urządzeń mechanicznych. Właściwości fizyczne osadu nadmiernego oraz uwalnianie się z osadu azotu wskutek denitryfikacji w zagęszczaczach uniemożliwia grawitacyjne jego zagęszczanie. Natomiast zagęszczanie mechaniczne musi być wspomagane flokulacją osadu przy użyciu polielektrolitów, co powoduje powstawanie dużych kłaczków osadów, posiadających liczne pory i mikropory. Osad nadmierny ma konsystencję półpłynną.



Rys.2. Zmiana objętości osadu podczas jego przeróbki

Niezależnie od rozwiązań konstrukcyjnych zagęszczacza, całość instalacji składa się z zagęszczacza, urządzenia do roztwarzania i dozowania polielektrolitu, pompy tłoczącej osad do zagęszczacza, urządzenia do mieszania osadu z polielektrolitem (reaktory szybkiego i wolnego mieszania), pompy osadu zagęszczonego, wanny do odbioru filtratu (filtrat może być wykorzystany jako woda technologiczna) oraz urządzenia automatyki i sterowania.

Główne korzyści wynikające ze stosowania mechanicznego zagęszczania osadów to:

- odciążenie hydrauliczne ciągu przeróbki osadu,
- zmniejszenie objętości osadu w komorach stabilizacji osadu,
- oszczędności energetyczne na ogrzewaniu komór fermentacyjnych,
- uzyskanie większej produkcji biogazu,
- zmniejszenie ilości odcieków podczas odwadniania osadu – redukcja wtórnego obciążenia ciągu oczyszczania ścieków związkami biogennymi,

Koncentracja suchej masy w osadzie nadmiernym zagęszczonym może wynosić, w zależności od zastosowanego urządzenia i polielektrolitu od 3 do 8% s.m.. Stopień rozdziału faz jest znacznie wyższy w urządzeniach posiadających przegrodę filtracyjną. Końcowy efekt zagęszczania i stopień rozdziału faz przy zagęszczaniu mechanicznym tego samego rodzaju osadu, praktycznie nie zależy od jakości produkowanego osadu, czyli jest niezależny od zaburzeń w pracy ciągu oczyszczania ścieków (np. puchnięcia osadu czynnego). Znacznemu wzrostowi indeksu osadu nie musi towarzyszyć pogorszenie jakości odcieku, ani zmniejszenie koncentracji suchej masy w osadzie zagęszczonym, jeżeli odpowiednio skoryguje się dawkę polimeru i parametry ruchowe urządzenia.

Graniczna wartość uwodnienia, przy której osad zmienia swoją konsystencję płynną na półpłynną (charakterystyczną dla osadów zagęszczonych) uzależniona jest od właściwości osadów takich jak:

- proporcje między wodą wolną, a wodą związaną w osadzie,
- wielkość i budowa cząstek osadu,
- udział w suchej masie związków organicznych i mineralnych,
- stężenie polielektrolitu,
- pH osadu.

Wysokie zagęszczenie osadu nadmiernego, do stężenia powyżej 4,5%, wpływa niekorzystnie na własności reologiczne osadu powodując:

- trudności w transporcie hydraulicznym – wzrost oporów przepływu osadu, wyższe nakłady energetyczne na pompowanie osadów oraz większe zużycie urządzeń,
- niepełne wymieszanie osadu w komorach stabilizacji utrudniające rozkład w procesach stabilizacji dużych i zbitych flokuł osadu – w efekcie mniejsza wydajność procesu stabilizacji.

Stosowanie mechanicznego zagęszczania osadu nadmiernego jako procesu celowego przed stabilizacją posiada zatem aspekty niekorzystne, których jednak można uniknąć stosując kolejne nowe procesy obróbki osadów takie jak homogenizacja i dezintegracja [6].

#### **4. Dezintegracja osadu zagęszczonego**

Dezintegracja osadów ściekowych polega na zniszczeniu struktury osadu dzięki zastosowaniu sił zewnętrznych. Ze względu na pochodzenie wprowadzonej do układu energii wyróżnia się dezintegrację mechaniczną, gdzie na komórki osadu oddziałuje się mechanicznie za pomocą sił ścinających i zmian ciśnienia powodujących naprężenia w strukturze osadu oraz dezintegrację niemechaniczną, w której wyróżnia się metody: fizyczne (obróbka termiczna, wymrażanie, szok osmotyczny, dekompresja, zastosowanie plazmy), biologiczne (enzymatyczna liza komórek, autoliza), chemiczne (poddanie działaniu kwasów lub zasad, działanie detergentami). Dotychczas najbardziej rozwinięte i zastosowane w skali technicznej zostały metody dezintegracji mechanicznej ultradźwiękowej oraz termiczna obróbka osadów [7].

Proces homogenizacji mechanicznej osadu nadmiernego umożliwia zniszczenie struktury kłaczkowatej osadu zagęszczonego, uwolnienie wody z mikroporów oraz uszkodzenie zooglealnych skupisk mikroorganizmów, dając w efekcie upłynnienie osadu.

Oddziaływanie pola ultradźwiękowego na ośrodek powoduje skutki o charakterze mechanicznym oraz sonochemicznym. Ostre warunki (wysoka temperatura i ciśnienie) w obszarze kawitacji tłumaczą występowanie zmian własności fizykochemicznych w nadźwiękawianych układach. Efektem nadźwiękawiania osadu nadmiernego jest dezintegracja osadu, w której oprócz dyspersji fazy stałej osadu uzyskuje się zniszczenie błon komórkowych mikroorganizmów i uwolnienie do cieczy osadowej zawartych w komórkach substratów istotnych dla dalszego biochemicznego rozkładu związków organicznych [8]. Sonoliza komórek przebiega

intensywniej w osadzie, w którym energia ultradźwiękowa nie jest tracona na rozbicie kłaczków osadu i wzrasta ze stopniem ich rozdrobnienia. Korzystne jest więc stosowanie dwustopniowej dezintegracji mechanicznej - homogenizacji i następnie dezintegracji ultradźwiękowej [9].

Dezintegracja wyraźnie zmniejsza wielkość kłaczków osadu, zwiększając udział cząstek koloidalnych, a także powoduje uwolnienie materii organicznej do fazy ciekłej. Stopień rozbicia struktury osadu zależy od zastosowanej metody, włożonej energii i właściwości osadu. Charakterystycznym dla procesu jest upłynnienie osadu dające poprawę zdolności transportowych w rurociągach osadowych w oczyszczalni ścieków i zwiększenie efektywności mieszania w komorach stabilizacji osadu.

Dezintegrację osadu nadmiernego stosuje się najczęściej w dużych oczyszczalniach ścieków wyposażonych w instalację do beztlenowej stabilizacji (fermentacji metanowej) osadu. Korzyści dla tego typu obiektów są następujące [9]:

- Wyższy stopień mineralizacji osadu - Ubytek substancji organicznej w procesie stabilizacji powoduje zmniejszenie ogólnej ilości osadu do dalszej obróbki. Dobrze przefermentowany osad łatwiej się odwadnia. W efekcie pozwala to na: zmniejszenie zużycia polimerów stosowanych do kondycjonowania osadu przed odwadnianiem, wzrost zawartości suchej masy w osadzie odwodnionym (o ok. 2-3%) i zmniejszenie ilości osadu do zagospodarowania, zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych procesu odwadniania.
- Wyższa produkcja biogazu - Wzrost produkcji biogazu wynika z ubytku masy organicznej i zależy od uzyskiwanego stopnia dezintegracji oraz właściwości fizycznych osadów. Przyrost wydzielania biogazu może osiągnąć poziom nawet do 50%, dając znaczącą poprawę bilansu energetycznego całej oczyszczalni ścieków.
- Poprawa własności reologicznych transportu hydraulicznego osadów - Upłynnienie osadu zmniejsza zużycie energii na operacje związane z tłoczeniem w rurociągach, przepływem przez wymienniki oraz mieszaniem w komorach fermentacyjnych.
- Skrócenie czasu fermentacji - Lepsza hydraulika komór stabilizacji oraz wyższy stopień rozkładu substancji organicznej pozwalają na uzyskanie wymaganego efektu stabilizacji w krótszym czasie, co z kolei umożliwia zmniejszenie czasu zatrzymania w komorach fermentacji, a tym samym na zmniejszenie ich gabarytów, wydajności pomp i innych elementów wpływających na koszty inwestycyjne i eksploatacyjne obiektu. Dezintegracja zapewnia większą stabilność procesu fermentacji i lepsze parametry higieniczne osadu.

Do wad wynikających z zastosowania dezintegracji można zaliczyć problemy związane z uwalnianiem związków biogenych z przefermentowanych osadów do odcieków podczas ich odwadniania.

## **5. Ozonowanie osadu nadmiernego**

Do kolejnych nowych technik pozwalających na redukcję ilości powstających w procesie oczyszczania ścieków osadów nadmiernych jest ozonowanie. Ozon to silny utleniacz, który powszechnie stosowany jest w procesach dezynfekcji wody i

powodujący rozpad komórek. Ozon ze składnikami osadu nadmiernego reaguje w dwojaki sposób; bezpośredni i pośredni. Obydwie reakcje występują jednocześnie. Podczas ozonowania większość mikroorganizmów osadu czynnego zostaje zabita (niszczenia błon komórkowych) i przekształcona do rozpuszczalnych związków organicznych podatnych na rozkład biologiczny w procesach stabilizacji. Z badań przeprowadzonych przez Yo Liu [10] wynika, że początkowe zużycie ozonu przez osad jest bardzo wysokie i wynosi 0,3 g O<sub>3</sub>/g suchej masy organicznej. Wraz ze wzrostem zużycia ozonu rośnie podatność na rozkład biologiczny. Stosunek ChZT rozpuszczonego do ChZT cząsteczkowego rośnie proporcjonalnie do stopnia rozpuszczalności osadu. Wraz ze wzrostem czasu ozonowania rosnący stopień rozpuszczalności osadu spada, co oznacza, że rozpuszczone związki organiczne zostają utlenione szybciej niż trudnoutleniające się związki jak lipidy. W procesie ozonowania zaobserwowano wzrost rozpuszczonego PO<sub>4</sub> – P., a ilość rozpuszczonego fosforu rośnie proporcjonalnie do rozpuszczonego ChZT. Stopień biologicznego rozkładu suchej masy organicznej w procesie fermentacji beztlenowej dla osadu nadmiernego wstępnie ozonowanego wzrasta z 11% do 37%. Wzrasta również podatność osadów przefermentowanych na odwadnianie. Proces ozonowania można stosować przed stabilizacją na ciągu osadu nadmiernego, jak również na osadzie recyrkulowanym w przypadku stosowania tzw. stabilizacji symultanicznej. Stosowanie ozonowania osadu recyrkulowanego ogranicza przyrost osadu nadmiernego [10,11].

## **6. Podsumowanie - Korzyści wynikające z zastosowania dodatkowej obróbki osadu nadmiernego przed fermentacją**

Dodatkowa obróbka osadów ściekowych to opisane powyżej procesy homogenizacji, dezintegracji ultradźwiękowej i ozonowania, których zastosowanie przed fermentacją intensyfikuje biochemiczny rozkład osadu i usprawnia pracę wydzielonych komór fermentacji, czego efektem są korzyści wynikające z:

- wyższej produkcji biogazu,
- wyższego stopnia mineralizacji osadu,
- poprawy własności reologicznych dla transportu hydraulicznego,
- skrócenia czasu fermentacji.

Zwiększenie produkcji biogazu, które może osiągnąć poziom nawet 50% oznacza poprawę bilansu energetycznego komory, a także całej oczyszczalni ścieków (jeśli obiekt posiada agregaty prądotwórcze, kotły na biogaz, suszarnie na biogaz itp.).

Obróbka zagęszczonych osadów nadmiernych powoduje ich ponowne upłynnienie, co wpływa na hydraulikę ZKF-ów - tłoczenie, sprawność wymienników ciepła, mieszanie komór.

Uzyskiwany wyższy stopień rozkładu substancji organicznych powoduje zmniejszenie ilości suchej masy przechodzącej do dalszej obróbki. Osad lepiej przefermentowany łatwiej się odwadnia, co pozwala zmniejszyć dawki polielektrolitów stosowanych do preparowania osadu przed procesem odwadniania oraz zwiększyć wydajność procesu odwadniania, czyli zmniejszyć gabaryty urządzeń, a także zmniejszyć koszty eksploatacyjne instalacji do odwadniania.

Lepsze odwodnienie osadu obniża koszty procesu suszenia, który coraz częściej jest stosowany w ciągu przeróbki osadu.

Przedstawione metody obróbki osadów nadmiernych wpływają również na podniesienie stopnia higienizacji osadów.

## Literatura

1. Rocznik GUS „Ochrona środowiska“ (2004);
2. Krajowy Plan Gospodarki Odpadami
3. Krajowy Plan Oczyszczania Ścieków Komunalnych
4. Fukas-Płonka Ł., Zielewicz-Madej E.(1999): Aenderung der physikalischen Klaerschlammeingeschaften aufgrund der Methangarung, 6. Polnisch-Deutsche Gemeinschaftstagung „Klaerschlammbehandlung und –beseitigung“ Goerlitz, 1999.
5. Oleszkiewicz J. (1998): Gospodarka osadami ściekowymi – Poradnik decydenta, LEM, Kraków.
6. Fukas-Płonka Ł., Kuś K., Janik M. (2006): Charakterystyka właściwości fizycznych osadów mechanicznie zagęszczonych. Sympozjum ogólnokrajowe Hydroprezentacje IX'2006, NOT, Ustroń
7. Arbeitsbericht der ATV-Arbeitsgruppe 3.1.6, 2000, Klaerschlammdesintegration – Teil 1: Verfahren und Anwendungsgebiete der mechanischen Klaerschlammdesintegration. KA, 4/2000, 570-576.
8. Zielewicz-Madej E., 1997, The Influence of Ultrasonic Field on Fatty Acid Production and Phosphorus Discharge in Hydrolysis of Sewage Sludge. Mat. XLIV “Otwarte Sem. Akustyki – OSA”, Gdańsk- Jastrzębia Góra, 691-694.
9. Zielewicz-Madej E., Fukas-Płonka Ł., 2006, Nowoczesny ciąg technologiczny przeróbki osadów ściekowych nadmiernych. Gospodarka odpadami komunalnymi, Tom 2, Koszalin, 169-186.
10. Yo Liu (2003): Chemically reduced excess sludge production in the activated sludge process. Chemosphere 50.
11. Saktaywin W., Tsuno H., Nagare H., Soyama T. (2005): Advanced sewage treatment process with excess sludge reduction and phosphorus recovery. Wat. Res. 39.