

Osady ściekowe

odpadem (nie)bezpiecznym.

Andrzej Mizera

Konsultant Naukowo Techniczny
Ds. Inżynierii Ochrony Środowiska

Osady ściekowe są produktem oczyszczania ścieków i powstają na skutek szeregu procesów fizycznych, fizykochemicznych i biologicznych zachodzących w oczyszczalniach ścieków.

Wg definicji zaproponowanej przez Europejski Komitet Normalizacyjny – CEN **osadem ściekowym nazywamy mieszaninę wody i ciał stałych oddzielonych z różnych typów wody w rezultacie procesów naturalnych lub sztucznych.**

W Polskim ustawodawstwie w zakresie gospodarowania odpadami w tym osadami ściekowymi obowiązuje ustawa z dnia 27-04-2001r. (Dz. U. 2002.62.628 z dnia 20-06-2001r.), która w sposób jednoznaczny reguluje podstawy prawne i administracyjne. Ponadto, dodatkowo w sprawie osadów ściekowych wydano Rozporządzenie z dn. 11 sierpnia 1999r. dotyczące warunków jakie mają być spełnione przy wykorzystywaniu osadów ściekowych na cele nieprzemysłowe. Rozporządzenie to w swej treści określa bardzo obszernie aspekty dotyczące warunków jakie muszą zostać spełnione przy stosowaniu osadów ściekowych w rolnictwie, a w szczególności wprowadza wartości dopuszczalne stężeń metali ciężkich w osadach oraz w glebach, na których osady te mają być stosowane, ponadto określa zakres, częstotliwość badań oraz sposób poboru próbek do badań osadów ściekowych oraz gleb.

W rozporządzeniu określone zostały obszary, na terenie których nie wolno stosować osadów ściekowych, a ponadto zdefiniowano termin

„wykorzystanie osadów ściekowych na cele nieprzemysłowe” - jest to wprowadzenie na grunty do rekultywacji, na potrzeby rolnicze i potrzeby nierolnicze, stosowanie w rolnictwie, wprowadzanie wraz z nasionami roślin na powierzchnie narażone na erozję, stosowanie do uprawy roślin przeznaczonych do produkcji kompostu oraz kompostowanie osadów ściekowych.

Jak już wcześniej wspomniano, osady ściekowe są produktem ubocznym procesu oczyszczania ścieków, gdzie ich ilość w głównej mierze uzależniona jest od przyjętej i realizowanej technologii oczyszczania, sposobu i stopnia oczyszczania ścieków oraz stopnia rozkładu substancji organicznych w procesie tzw. stabilizacji.

Biorąc pod uwagę proces przeróbki osadów ściekowych w cyklu technologicznym rozróżniamy:

- a/ obróbkę wstępną osadów,
- b/ obróbkę końcową osadów.

Celem przeróbki osadów powstających w procesie oczyszczania ścieków jest ich unieszkodliwienie w aspekcie sanitarnym, zmniejszenie ich objętości i końcowe usunięcie. Proces ten, który ma charakter bardzo złożony realizowany jest jako ciąg procesów jednostkowych, w trakcie których realizuje się transfer faz osadu czyli wzajemne przemieszczanie fazy stałej i ciekłej mające na celu ich oddzielenie, a następnie odprowadzeniu fazy ciekłej z objętości osadu. Jeżeli w trakcie tego procesu osad zmniejsza swoją objętość nie tracąc własności cieczy nazywamy to umownie zagęszczaniem natomiast jeśli osad poddawany jest zewnętrznym oddziaływaniom mechanicznym, zmniejsza objętość i traci własności cieczy uzyskując wytrzymałość postaciową mówimy wtedy o odwadnianiu.

Ogólna charakterystyka procesów jednostkowych przeróbki osadów ściekowych.

Obróbka wstępna.

Kondycjonowanie - ma na celu przygotowanie osadów do procesu, który ma nastąpić po nim - może nastąpić w różnych miejscach technologicznego układu.

Kondycjonowanie często jest stosowane zaraz po wydzieleniu osadów przed ich wstępnym zagęszczeniem i wtedy nazywane jest kondycjonowaniem wstępnym. Najczęściej stosuje się kondycjonowanie dwukrotnie jako wstępne oraz przed odwodnieniem osadów po procesach stabilizacyjnych. Chodzi tutaj o uzyskanie jak największego efektu odwodnienia, co warunkuje niektóre sposoby wykorzystania czy dalszego postępowania z osadami.

Reasumując, kondycjonowanie ma doprowadzić do zmiany struktury osadu i stanu powierzchni zdyspergowanych cząstek fazy stałej, a w konsekwencji do zwiększenia rozmiarów cząstek i zmniejszenia sił wiążących cząstki z wodą.

Metody kondycjonowania można podzielić na fizyczne i chemiczne.

Zagęszczanie osadów - pominięcie tego procesu jednostkowego lub jego nieskuteczność jest poważnym błędem technologicznym i ekonomicznym. Efektywność procesu zagęszczania zależy w sposób oczywisty od metody zagęszczania oraz rodzaju osadu, który wynika nie tylko z fazy otrzymania (wstępny, nadmierny), lecz również sposobu przygotowania osadu (kondycjonowanie) oraz charakteru ścieków, z których osad pochodzi.

Rozróżniamy:

- zagęszczanie grawitacyjne,
- zagęszczanie flotacyjne,
- zagęszczanie mechaniczne.

W tabeli 1 przedstawiono efekt zagęszczania osadów w zależności od rodzaju osadu oraz metody zagęszczania.

Tabela 1.

Rodzaj	Zawartość s.m. w osadzie				
	Przed zagęszczeniem	Po zagęszczeniu różnymi metodami			
Osad wstępny	5 - 7	-	8 - 10	9 - 12	9 - 12
Nadmierny osad czynny	-	3 - 5	2 - 2,5	4 - 6	4 - 6
Osad zmienny	2 - 5,4	4 - 6	4 - 5	5 - 7	5 - 7

Stabilizacja osadów.

Osad ustabilizowany jest to taki osad, który:

- nie zawiera, ewentualnie zawiera minimalne ilości substancji organicznych podatnych na rozkład biologiczny,
- ma niską intensywność oddychania,
- nie jest uciążliwy zapachowo,
- dobrze sedymentuje,
- dobrze się odwadnia.

W technice przeróbki osadów ściekowych występuje kilka metod stabilizacji, a mianowicie:

- stabilizacja tlenowa,
- stabilizacja tlenowa psychrofilna,
- stabilizacja tlenowa termofilna,
- stabilizacja beztlenowa,
- stabilizacja beztlenowa mezofilna,
- stabilizacje dwustopniowe,
- stabilizacja dwustopniowa tlenowo - beztlenowa,
- stabilizacja dwustopniowa beztlenowo - beztlenowa,
- stabilizacja dwustopniowa beztlenowo - tlenowa

Uzdatnianie - jest kolejnym etapem w procesie przeróbki osadów ściekowych. W ściekach komunalnych, w których obecnie występują również ścieki przemysłowe, może występować szereg zanieczyszczeń utrudniających lub uniemożliwiających biologiczne oczyszczanie ścieków oraz biochemiczną stabilizację osadów jak również wykorzystanie rolnicze tychże osadów. Jednym z takich zanieczyszczeń jest występowanie w osadach ściekowych metali ciężkich, które kształtuje się w dość szerokich granicach, a mianowicie:

- dla osadów surowych - w mg/kg s.m.:

- arsen 3-6
- chrom 66-7800
- cynk 900-8400
- kadm 6-166
- miedź 200-1740
- nikiel 44-740
- ołów 150-26000

Z powyższych względów (duży rozrzut) granice toksyczności metalami ciężkimi muszą być wyznaczone indywidualnie dla danej oczyszczalni.

Biorąc pod uwagę przyrodnicze wykorzystanie osadów ściekowych obciążone zawartością metali ciężkich stosuje się je do:

- rekultywacji,
- jako przekładki na składowiskach odpadów,
- pod zieleń miejską,
- składowanie na składowiskach.

Natomiast zwiększenie zakresu przyrodniczego wykorzystania osadów osiągnąć można poprzez działania ograniczające zrzuty ze ściekami metali ciężkich m.in. poprzez stosowanie technologii oczyszczania ścieków umożliwiających usuwanie metali ciężkich u źródła oraz stosowanie w procesach produkcyjnych materiałów i środków nie zawierających metali ciężkich.

Ponadto do grupy niebezpiecznych związków organicznych, które pojawiają się w osadach należą:

- dioksyny i furany,
- PCB
- pestycydy chloroorganiczne,
- substancje chlorowcopochodne adsorbowane (AOX) i ekstrahowane (EOX),
- WWA,
- ftalany (dwuetyloheksyloftalen).

Obróbka końcowa.

Odwadnianie.

W wyniku wcześniej omówionego procesu zagęszczania osadów otrzymujemy osady zawierające jeszcze duże ilości wody. Należy wówczas zastosować kolejny proces jednostkowy, którym jest odwadnianie. Odwadnianie pozwala uzyskać optymalną zawartość wilgoci, która jest potrzebna dla dalszych procesów i ostatecznego przeznaczenia osadu. Przyjmuje się, że osady przeznaczone do złożenia na składowisku powinny zawierać poniżej 65% wilgoci. Natomiast jeżeli osady są przeznaczone do kompostowania, to powinny zawierać tyle wody, aby ogólna wilgotność kompostowanej masy była na poziomie 50-60% w zależności od metody kompostowania.

Trudniej natomiast jest określić poziom wilgotności osadów przeznaczonych do bezpośredniego wykorzystania przyrodniczego czy rolniczego. Uwarunkowane jest to od odległości na jaką osad ma być transportowany

i metody transportu (aspekty ekonomiczne) oraz od metody nanoszenia na grunt i rodzaj gruntu. Osady przeznaczone do suszenia, pirolizy i spalania im bardziej będą odwodnione tym lepiej.

Podatność osadów na odwadnianie zależy od charakterystyki zanieczyszczeń trafiających do ścieków, stanu tych zanieczyszczeń w czasie wpływu ścieków do oczyszczalni, technologii oczyszczania ścieków oraz etapu oczyszczania, na którym osady są wyodrębniane. Ogólnie mówiąc, najłatwiej odwadniają się osady wstępne, nieco gorzej osady mieszane, a najgorzej osady czynne nadmierne.

Podczas wyboru metody odwadniania uwzględnia się warunki lokalizacji oczyszczalni, możliwości inwestora, przeznaczenie osadu oraz wyniki przeprowadzonej charakterystyki osadu, która swym zakresem obejmuje szereg badań analitycznych takich jak:

- zawartość związków organicznych,
 - gęstość,
 - wielkość cząsteczek i procentowy udział koloidów,
 - potencjał zeta,
 - opór właściwy,
 - ściśliwość
- oraz wiele innych.

Do metod odwadniania zaliczamy:

- odwadnianie na poletkach i lagunach,
- odwadnianie mechaniczne.

Obecnie coraz częściej odchodzi się od tak zwanych naturalnych metod odwadniania osadów na poletkach i lagunach. Urządzenia mechaniczne do odwadniania osadów są powszechnie dostępne, a ich skuteczność stosunkowo wysoka. Metody naturalne z kolei wymagają znacznych powierzchni, co szczególnie w przypadku większych oczyszczalni, położonych blisko skupisk ludzkich jest kłopotliwe.

Niemniej jednak nie należy sądzić, że metody naturalne nie mają przyszłości. Szczególnie w tej kwestii możemy powiedzieć o odwadnianiu hydrobotanicznym, czyli oddziaływaniu roślin na proces odwadniania osadów gromadzonych na poletkach i lagunach.

Metoda hydrobotanicznego odwadniania osadów posiada wysoką skuteczność przy niskich kosztach.

Natomiast odwadnianie mechaniczne w porównaniu z metodami naturalnymi zapewnia dużą skuteczność i stabilność procesu niezależnie od pory roku oraz możliwość bieżącego korygowania efektywności.

Do wad odwadniania mechanicznego należy wymienić: wysokie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne.

Higienizacja osadów.

Skażenie osadów niepożądanymi mikroorganizmami chorobotwórczymi jest zależne od ścieków dopływających do oczyszczalni. Większe zagrożenia mogą wynikać z udziału w ogólnej masie dopływu ścieków z zakładów przetwarzających produkty zwierzęce oraz obiektów służby zdrowia.

Higienizacja osadów może zachodzić w różnym stopniu w różnych procesach przerobu osadów, lub w procesie wydzielonym, którego wyłącznym celem jest higienizacja.

Procesy stabilizacji tlenowej lub beztlenowej znacznie obniżają poziom zakażeń, jednak nawet realizowane w warunkach termofilnych nie dają gwarancji pełnej higienizacji, jeśli nie są prowadzone przy zachowaniu szczególnych wymagań. Wysoki stopień higienizacji jest uzyskiwany przy długookresowym odwadnianiu na poletkach osadowych. Skuteczna higienizacja jest szczególnie ważna, jeśli osad jest przeznaczony dla rolniczego wykorzystania.

Do procesów higienizacji osadów ściekowych należą:

- pasteryzacja,
- wapnowanie,
- higienizacja radiacją.

Pasteryzacji poddaje się zwykle osady zagęszczone. Proces polega na podgrzaniu osadu i utrzymaniu jego temperatury na określonym poziomie przez pewien czas. Pasteryzacja może być realizowana w różnych miejscach procesu technologicznego: przed fermentacją, między I i II stopniem fermentacji metanowej, po fermentacji, po stabilizacji tlenowej itp.

Wapnowanie jest to proces oddziaływania wapna na osad ściekowy poddawany higienizacji. Oddziaływanie to ma na celu podwyższenie pH do wartości, przy których następuje inaktywacja enzymów i występują zmiany w budowie białek.

Jeżeli zostanie zastosowany tlenek wapnia CaO, zamiast wapna hydratyzowanego, wówczas dochodzi drugie oddziaływanie, którym jest podwyższona temperatura.

Higienizacja radiacją. Całkowite wyjałowienie osadów można uzyskać stosując wiązki przyśpieszonych elektronów oraz promieniowanie γ . Metody te są dość drogie pod względem kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych, niemniej są stosowane w takich krajach jak: Niemcy, USA, Kanada. Wiązki elektronów stosowane są do wyjaławiania osadów ciekłych, a promieniowanie γ do ciekłych, odwodnionych i suchych.

Wykorzystanie osadów ściekowych.

Wykorzystanie osadów ściekowych jest aspektem dość kontrowersyjnym i wymuszającym szereg pytań, a mianowicie, co należy zrobić z osadami ze ścieków po zakończeniu procesów ich przerobu w oczyszczalni. Czy bardziej racjonalnie pod względem ochrony środowiska i ekonomii jest wykorzystanie przyrodnicze osadów ściekowych, czy też ich składowanie lub spalanie. Odpowiedzi mogą być tutaj podzielone, a więc spróbujemy przeanalizować proces przyrodniczego wykorzystania osadów ściekowych.

Osady ze ścieków komunalnych, z oczyszczalni wiejskich, ze ścieków przemysłu rolno-spożywczego obfitują w bogate źródła składników pokarmowych dla roślin oraz wykazują bardzo skuteczne oddziaływanie glebotwórcze, a wprowadzone do wierzchnich warstw bezglebowego gruntu nadają tej warstwie biologiczną aktywność, właściwą dla gleb urodzajnych.

O wartości nawozowej osadu decyduje zawartość głównych składników pokarmowych dla roślin jak: N; P; K; Mg; Ca oraz mikroelementów.

Właściwości glebotwórcze osadów wynikają przede wszystkim z obecności w osadach dużej ilości substancji organicznych, stanowiących bogate środowisko dla działalności mikroorganizmów oraz substancji podatnych na tworzenie humusu.

Inną metodą przyrodniczego wykorzystania osadów ściekowych jest ich przygotowanie w procesie kompostowania.

Nawozy kompostowe mają wyjątkowo duże właściwości glebotwórcze, ich substancje organiczne pozostają w glebie przez dłuższy czas przez co następuje poprawa gleby pod względem biologicznym.

Procesowi kompostowania można poddawać osady surowe, to znaczy niestabilizowane fermentacją metanową lub tlenową, jak również osady stabilizowane. Mogą to być osady higienizowane wcześniej jak również osady niehigienizowane.

Czynniki ograniczające wykorzystanie osadów ściekowych.

Proces technologiczny przeróbki osadów ściekowych jest dość skomplikowany, tym bardziej, że procesy jednostkowe wchodzące w jego skład i mające za zadanie całkowite unieszkodliwienie osadów pod względem sanitarno-higienicznym są dobierane w zależności od indywidualnych parametrów ścieków występujących w określonych oczyszczalniach.

Niemniej jednak dość dużo kontrowersji budzi zagospodarowanie osadów ściekowych szczególnie na cele nieprzemysłowe. Związane jest to z występowaniem w osadach ściekowych takich substancji toksycznych jak: WWA, PCDD, PCDF, PCB.

Innymi czynnikami ograniczającymi przyrodnicze wykorzystanie osadów ściekowych są:

- metale ciężkie szczególnie takie, które wykazują zdolności do kumulowania się w organizmach. Należą do nich: Cd, Zn, Pb, Hg, oraz niewykazujący tej tendencji Ni.

- organizmy chorobotwórcze; głównie bakterie i jaja pasożytów przewodu pokarmowego.

Skażenie osadów mikroorganizmami jest zależne od skażenia ścieków oraz skuteczności zastosowanej higienizacji, która może być

realizowana w ramach różnych procesów przerobu np. w procesie stabilizacji osadów.

Odnosnie metali ciężkich określono wartości dopuszczalne stężeń w glebach, na których mają zostać zastosowane osady ściekowe.

W tabeli 2 przedstawiono porównanie wartości dopuszczalnych stężeń metali ciężkich w glebie w odniesieniu do polskiego i unijnego prawodawstwa.

l.p.	Metal ciężki	mg/kg s.m.			Dyrektywa 86/278/E WG
		Grunt lekkie	Grunt średnie	Grunt ciężkie	
1	kadm	1	2	3	1-3
2	miedź	25	50	75	50-140
3	nikiel	20	35	50	30-75
4	ołów	40	60	80	50-300
5	cynk	80	120	180	150-300
6	rtęć	0,8	1,2	1,5	1-1,5
7	chrom	50	75	100	-

Ponadto ustalono następujące warunki:

1/ ilości metali ciężkich, które mogą być wprowadzone z osadem ściekowym w ciągu roku do gleby, średnio w okresie 10 lat, nie mogą przekroczyć [g/ha/rok]:

Pb - 1000

Cd - 20

Cr - 1000

Cu - 1600

Ni - 200

Hg - 10

Zu - 5000

2/ dawka osadu ściekowego nie może przekroczyć 10 t/ha w okresie 5 lat.

Chorobotwórcze wirusy i bakterie z kolei utrzymują w środowisku tzw. stan wirulencji, czyli zjadliwości, który przebiega od kilku tygodni do kilkunastu miesięcy, pierwotniaki i tasiemce zachowują inwazyjność ok. 1 roku, a jaja nicieni pasożytniczych kilka do kilkunastu lat. Nawet bardzo drastyczne zabiegi fizyczne i chemiczne skierowane na zabicie organizmów chorobotwórczych w ściekach są mało skuteczne. Najtrudniej ulegają zniszczeniu jaja

nicieni pasożytniczych – glisty ludzkiej (*Ascaris lumbricoides*) i glisty psiej (*Toxocara canis*).

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że podczas stosowania standardowych metod dezynfekcji osadów ściekowych jaja tych pasożytów ulegają destrukcji w warunkach tlenowych w temperaturze 55°C po upływie 2 godzin, a w temperaturze 45 °C dopiero po 2 dniach, natomiast w warunkach beztlenowych giną w temperaturze 45 °C, a w temperaturach niższych mają jedynie opóźniony rozwój zarodkowy.

Termiczna przeróbka osadów ściekowych.

Spalanie osadów jest najbardziej radykalnym narzędziem gospodarki osadami i może być efektywną metodą zagospodarowania osadów, jeżeli jest prowadzone właściwie.

Panuje przekonanie, że spalanie jest procesem kosztownym, który nie jest konkurencyjny w stosunku do tanich metod składowania. Jednakże w długoterminowym składowaniu rzeczywiste koszty mogą być większe od nakładów na spalanie.

Decyzję o termicznej przeróbce danego osadu lub mieszaniny osadów należy podjąć odnosząc się do następujących kwestii:

- czy dany osad nadaje się do spalania,
- jakiego typu spalarni wymaga,
- jaki jest wynik porównania kosztów spalania w odniesieniu do innego sposobu zagospodarowania, biorąc pod uwagę własności fizyczne, chemiczne i termodynamiczne osadu.

Spśród sposobów termicznego unieszkodliwiania osadów wyróżnia się sposoby wykorzystujące istniejące instalacje produkcyjne oraz instalacje do samodzielnego spalania osadów.

Spalanie osadów w instalacjach produkcyjnych lub inaczej przeznaczonych do innych celów realizują się w elektrowniach węglowych, w cementowniach oraz spalarniach stałych odpadów komunalnych. W Polsce wymienione rozwiązania bywają stosowane głównie do likwidacji niektórych osadów ze ścieków przemysłowych. Natomiast spalanie osadów ściekowych w instalacjach

konstrukcyjnie przeznaczonych do tego celu realizuje się głównie w piecach wielopółkowych, gdzie osad wprowadza się na górne półki, z których przemieszczany jest na coraz niższe poziomy, a po drodze ulega spalaniu przy temperaturze 750-1000°C.

Osady ściekowe przeznaczone do spalania muszą być nie tylko odwodnione, ale również wcześniej suszone. Suszenie przy wysokich temperaturach powoduje utlenianie się szeregu związków i jeśli nie odbywa się w tej samej komorze, w której następuje spalanie to wymaga odrębnego układu urządzeń oczyszczających gazy odlotowe. Aspekt ten podyktowany jest warunkami dotyczącymi ochrony środowiska, stąd proces termicznego unieszkodliwiania osadów powinien zapewnić:

- całkowite spalanie bez pozostawienia substancji palnych w żużlu,
- uzyskanie żużla bez składników toksycznych rozpuszczalnych w wodzie,
- odpylenie i neutralizacja spalin do stężeń zgodnych z aktualnymi normami, a szczególnie:
 - * zatrzymanie tlenków metali ciężkich w systemie odpylania i neutralizacji spalin,
 - * wykorzystanie energii cieplnej spalin i optymalne korzystanie z paliwa dodatkowego,
 - * bezpieczną pracę oraz bezpieczne składowanie i przerób: żużli, pyłów, produktów z pirolizy itp.

Podsumowanie.

Jak widzimy przerób osadów ściekowych, a następnie jego wykorzystanie przyrodnicze jest procesem technologicznie złożonym, tym bardziej, że wchodzi tutaj niejednokrotnie aspekt prawny dotyczący ochrony środowiska, i który ogranicza w pewnych przypadkach założone algorytmy technologiczne. Związane jest to z występowaniem w ściekach, a następnie w osadach substancji toksycznych. W związku z tym należałoby rozważyć możliwość opracowania szczegółowych planów redukcji potencjalnie groźnych substancji lub związków trafiających do kanalizacji. Substancje te obecne są w środkach czystości, środkach piorących, kosmetykach, lekach, paszach zwierzęcych, plombach amalgamatowych i in.

Działania te powinny być ukierunkowane na:

- redukcję ilości potencjalnie niebezpiecznych substancji, materiałów, elementów lub związków trafiających do kanalizacji, do poziomu odpowiadającego wartościom granicznym stężenia metali ciężkich i związków organicznych, proponowanego dla uzyskania pozytywnego działania osadów ściekowych,
- maksymalizację udziału osadów ściekowych nadających się do wykorzystania jak też i minimalizację ilości metali ciężkich oraz związków organicznych odprowadzanych do środowiska naturalnego,
- informowanie klientów o składzie wyrobów, substancji i materiałów, które mogłyby trafić do kanalizacji oraz sposobach ich usuwania, nie powodujących zanieczyszczenia ścieków.

Ponadto należałoby się bliżej przyjrzeć przyrodniczemu wykorzystaniu osadów ściekowych, szczególnie na terenach silnie zdegradowanych przemysłowo. W związku z tym byłaby gwarancja, że osady trafiające do użytku gleby są zgodne z dopuszczalnymi normami środowiskowymi pod względem bezpieczeństwa w odróżnieniu od osadów, które trafiają na składowiska odpadów i zawierające niejednokrotnie dość spore dawki toksyn zagrażających środowisku naturalnemu.