

PRZERÓBKA OSADÓW ŚCIEKOWYCH

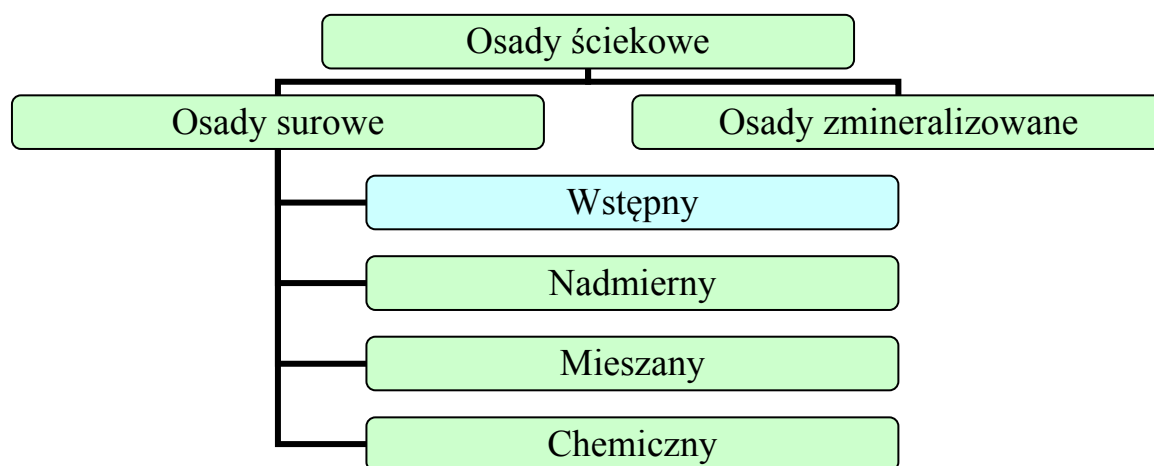
Przeróbka osadów ściekowych traktowana jeszcze niedawno jako zadanie drugorzędne w stosunku do oczyszczania ścieków szybko nabiera znaczenia równorzędnego.

W krajach Unii i Polsce istnieją akty prawne, które zakładają istnienie tylko dwóch typów składowisk.

- Pierwsze to **składowiska aktywne** dla odpadów reagujących, w tym dla odpadów komunalnych i osadów ściekowych,
- a drugie to **składowiska ostateczne**, dla odpadów nie reagujących, w tym komunalnych i osadów ściekowych, ale po ich przetworzeniu.

Zwykle nie ma większych problemów z higienizacją i usuwaniem piasku oraz skrutek z oczyszczalni np. na składowiska odpadów, ale koszty przeróbki pozostałych osadów stanowią 30-40% kosztów inwestycyjnych oraz 50% kosztów eksploatacyjnych całej oczyszczalni. !!!!!!!!!!!!!

Zwykle przystępowano do budowy oczyszczalni ścieków na podstawie projektu, w którym przeróbka i unieszkodliwianie osadów kryła się pod napisem na strzałce: osad do przeróbki.



Rys. 1. Ogólny podział osadów ściekowych.

Skład fizyczno-chemiczny osadów zależy od rodzaju i ilości ścieków wprowadzanych do kanalizacji oraz metod ich oczyszczania. W ostatnich latach w wielu krajach obserwuje się obniżenie zawartości metali ciężkich w osadach, gdyż ścieki przemysłowe przed wprowadzeniem do kanalizacji ogólnospławnej muszą być podczyszczone. Ma to ogromne znaczenie podczas wykorzystania osadów.

Czy można wpływać na jakość i ilość osadu?

Zarówno polityka administracyjna gminy jak i działalność eksploatatora w każdej niemal oczyszczalni może wydatnie wpłynąć na jakość produkowanego osadu oraz

częściowo na jego ilość. !!!

Czynniki wpływające na ilość produkowanego osadu:

- stosowanie nieorganicznych koagulantów, takich jak związki żelaza czy wapna znacznie zwiększa ilość powstających osadów i utrudnia ich przeróbkę i ostateczne unieszkodliwienie

- stosowanie wapna do stabilizacji i higienizacji osadu znacznie powiększa masę osadu ze względu na konieczność stosowania dużych dawek wapna w tych procesach

- w metodzie ORTWED ilość osadu (objętość osadu) znacznie się zmniejsza, ze względu na odparowanie wody

- ilość osadów powstających w biologicznych procesach rośnie wraz ze spadkiem temperatury. Jest to spowodowane zwolnieniem procesów oddychania wewnątrz komórkowego, stąd w zimie jest więcej osadów do przeróbki niż w lecie

- biologiczne przygotowanie osadu, poprzez stabilizację czy biologiczną higienizację, zmniejsza ilość osadu kierowaną do przeróbki

- długi wiek osadu zmniejsza ilość produkowanego osadu

- generalnie wiadomo, że prawidłowa eksploatacja oczyszczalni to ciągła regulacja wieku osadu.

Osady musimy unieszkodliwiać z przyczyn:

- prawnych
- estetycznych
- praktycznych.

Unieszkodliwianie osadu polega na:

1. zmniejszeniu jego zagniwalności w procesie stabilizacji
2. zabiciu organizmów chorobotwórczych w procesie higienizacji
3. pełnej sterylizacji oraz zmniejszeniu ilości (objętości i masy) osadu w metodzie ORTWED
4. zmniejszeniu objętości i masy osadu w procesie odwadniania, suszenia
5. wywozie z terenu oczyszczalni do miejsca jego ostatecznego wykorzystania lub zdeponowania.

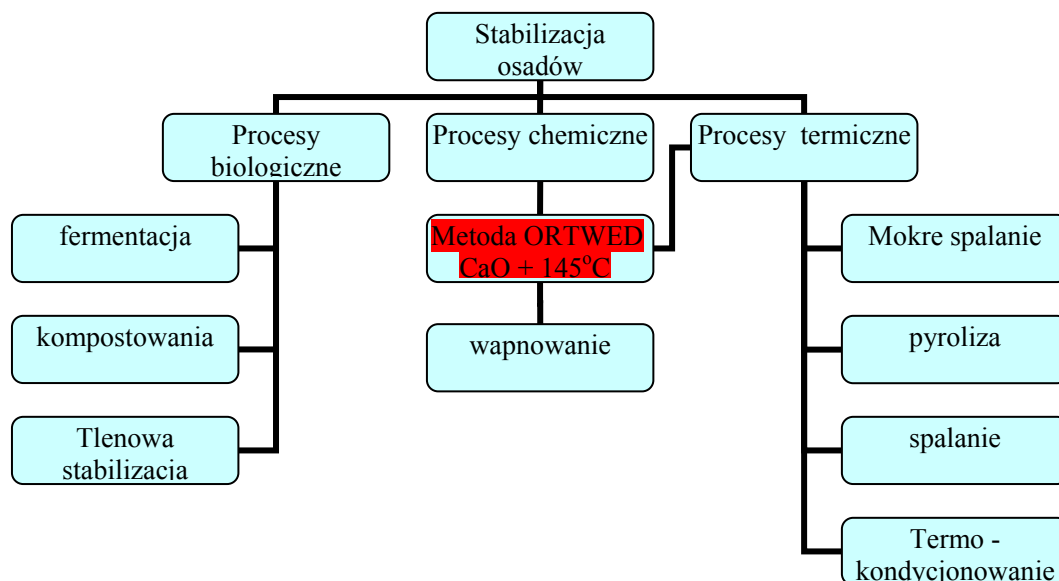
Surowe osady wydzielone w oczyszczalni (OW, OCH i ON) są niebezpieczne sanitarnie, ponieważ zawierają pasożyty, bakterie chorobotwórcze i wirusy. !!!

Kondycjonowanie osadu ma doprowadzić do zmiany struktury osadu

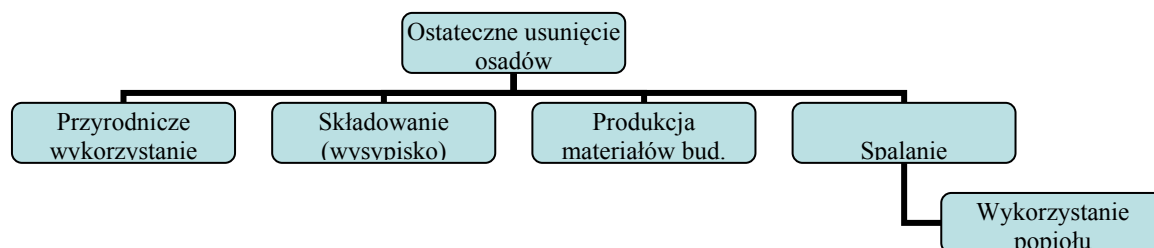
Kondycjonowanie wysoką temperaturą ; kondycjonowanie wraz ze sterylizacją w temperaturze 135-145° C metodą ORTWED; przez wymrażanie; za pomocą ultradźwięków; przez dodatek popiołu, pyłu węglowego, pyłu cementowego.

Osady surowe wymagają stabilizacji składu chemicznego (zlikwidowanie)

zdolności do zagniwania). Umożliwia to metoda ORTWED, poprzez chemiczne (granulacja) i jednocześnie termiczne (sterylizacja) działanie na osad (patrz schemat poniżej).



Rys. 6. Podstawowe sposoby stabilizacji osadów



Rys. 7. Podstawowe sposoby usuwania osadów z oczyszczalni

ZAGĘSZCZANIE OSADÓW

Woda w osadach występuje w trzech postaciach:

- woda wolna (międzycząsteczkowa)
- woda kapilarna
- woda związana (chemicznie związana).

Tylko **woda wolna** jest usuwana z osadu **w procesie zagęszczania**. Jest to ta woda, która oddziela się samorzutnie od osadu np. w procesie odstania czy odsączania. Woda wolna dominuje w osadach przy uwodnieniach od 80% do 99,9%.

Zagęszczanie osadu może być:

- samoistne (grawitacyjne)

- flotacyjne
- mechaniczne
- fizyko-chemiczne metodą ORTWED

Zagęszczanie grawitacyjne

Zagęszczanie to przebiega samorzutnie np. w osadnikach lub prowadzone jest w oddzielnych urządzeniach tzw. wydzielonych zagęszczaczach osadu. Te ostatnie pracują w sposób okresowy lub ciągły.

- przy zagniwaniu osadu w komorze zagęszczacza należy obniżyć aktywność biologiczną osadu poprzez wprowadzenie chloru, wody utlenionej lub nadmanganianu potasu, których dawkę ustala się doświadczalnie
- mieszanie osadu znacznie poprawia efekty zagęszczania, ale może stwarzać problemy z uciążliwością zapachową

Zagęszczanie flotacyjne

Zagęszczacze te stosują głównie jako czynnik flotacyjny powietrze.

Zagęszczanie mechaniczne

- zagęszczacze wirówkowe wykorzystujące do odwadniania siły odśrodkowe
 - zagęszczacze filtracyjno-taśmowe oparte są na tych samych zasadach i procesach jednostkowych co prasy filtracyjno-taśmowe.
 - zagęszczacze bębnowe lub bębnowo-ślimakowe. Są to urządzenia oparte na tym samym mechanizmie odwadniania co sita bębnowe.
- Bez polimerów efektywność zagęszczania jest niska.

Zagęszczanie fizykochemiczne

- zagęszczanie fizyko-chemiczne (po wstępnym zagęszczeniu mechanicznym) metodą ORTWED polega na spowodowaniu silnie egzotermicznej reakcji pomiędzy wodą zawartą w osadzie a wapnem palonym CaO, w wyniku której powstaje para wodna, która odparowuje. Osad zagęszcza się do ok. 80-94% s.m.

STABILIZACJA OSADÓW

Surowe osady organiczne stanowią istotne zagrożenie dla środowiska z uwagi na zawartość organizmów chorobotwórczych oraz zdolność do zagniwania. Przeróbka osadów (stabilizacja osadów) może być prowadzona w :

- procesach **biologicznych** (fermentacja metanowa, tlenowa stabilizacja, kompostowanie)
- procesie **chemiczno-termicznym** (metodą ORTWED)
- procesach **chemicznych** (wapnowanie osadów)
- procesach **termicznych** (termo-kondycjonowanie, mokre spalanie, piroliza,

spalanie osadów).

Stabilizacja osadów jest bardzo kosztownym procesem, porównywalnym z kosztami oczyszczania ścieków. Szacunkowo w kosztach budowy całej oczyszczalni, 50% stanowią koszty budowy urządzeń do oczyszczania ścieków, a 50% koszty urządzeń do stabilizacji i odwadniania osadów.

Stabilizacja osadów metodą ORTWED, ze względu na wykorzystanie ciepła silnie egzotermicznej reakcji pomiędzy wapnem palonym CaO i wodą zawartą w osadach jest znacznie tańsza eksploatacyjnie od metod termicznych i chemicznych, w końcowym efekcie przetwarzając osad w zgranulowany Produkt do wykorzystania w rolnictwie lub drogownictwie.

BIOLOGICZNA STABILIZACJA OSADÓW

Organiczne cząstki osadów mogą być rozkładane (biodegradowane) przez mikroorganizmy w warunkach beztlenowych (fermentacja metanowa) lub tlenowych (stabilizacja tlenowa).

Tlenowa stabilizacja osadu jest to metoda wykorzystująca biologiczny rozkład zanieczyszczeń organicznych zawartych w osadach surowych

Kompostowaniu można poddawać osady surowe (mniej korzystne) lub osady ustabilizowane po fermentacji lub tlenowej stabilizacji (rys. poniżej). Kompostowanie wymaga zawsze odwodnienia osadów, nie można kompostować osadów w stanie płynnym.

Kompostowanie pozwala na produkcję możliwego do sprzedaży z oczyszczalni produktu.

Kompostowanie zapewnia:

- stabilizację związków organicznych
- dezynfekcję naturalną (wysoka temperatura w czasie procesu)
- redukcję masy i uwodnienia osadów
- produkcję stabilnego produktu końcowego..

Kompostowanie w warunkach beztlenowych jest uciążliwe zapachowo, stąd jest nie polecane.

We wszystkich kompostowniach, z uwagi na uciążliwość zapachową, wymagana jest dezodoryzacja powietrza stosowanego do napowietrzania.

Biologiczna stabilizacja osadów może być prowadzona w układzie jedno- lub wielostopniowym. Fermentacja metanowa pozwala na odzysk energii, natomiast tlenowa stabilizacja i kompostowanie wymagają doprowadzenia energii z zewnątrz.

Wybór metody biologicznej stabilizacji osadu zależy od wielkości oczyszczalni oraz kosztów tej stabilizacji.

Kompostowanie

Kompostowaniu można poddawać osady surowe (mniej korzystne) lub osady ustabilizowane po fermentacji lub tlenowej stabilizacji (rys. poniżej). Kompostowanie wymaga zawsze odwodnienia osadów, nie można kompostować osadów w stanie płynnym.

Kompostowanie pozwala na produkcję możliwego do sprzedaży z oczyszczalni produktu.

Kompostowaniu poddaje się osady po zmieszaniu np. ze słomą lub trocinami, w których zawartość ciał stałych waha się w granicach 40 do 50% a uwodnienie odpowiednio od 60-50%.

We wszystkich kompostowniach, z uwagi na uciążliwość zapachową, wymagana jest dezodoryzacja powietrza stosowanego do napowietrzania.

Kompostowanie jest procesem długotrwałym.

Sumaryczny czas kompostowania a dalej dojrzewania kompostu w systemie przyzmoym wynosi do 6 miesięcy.

O wartości osadu jako nawozu decydują :

- wartość nawozowa
- wartość glebotwórcza
- obecność syntetycznych związków organicznych
- obecność metali ciężkich
- obecność organizmów chorobotwórczych i innych.

O wartości nawozowej decyduje zawartość głównych składników pokarmowych dla roślin (N, P, K, Mg, Ca) oraz mikroelementów.

Uogólniając można przyjąć, że zawartość azotu w osadach surowych jest często wyższa, a w stabilizowanych podobna do zawartości w gnojowicy oraz zawsze wyższa aniżeli w oborniku.

Zawartość fosforu jest podobna, lub wyższa, w porównaniu do typowych nawozów organicznych chociaż zawartość potasu jest niższa.

Zawartość mikroelementów jest znacznie wyższa aniżeli w gnojowicy czy oborniku oraz znacznie wyższa aniżeli w kompostach z przeciętnej masy zielonej.

W ośrodkach wielu krajów szczególną uwagę zwraca się na obecność w osadach organicznych związków chloru. Szczególnie dotyczy to:

- **PCDD – dioksyny** (polichlorowane dibenzodioksyny)
- **PCDF – furany** (polichlorowane bibenzofurany)
- **PCB – polichlorowane bifenyly**
- **AOX** – suma adsorbowalnych organicznych związków chloru (nie może przekraczać 500 mg/kg s.m.)

Czynnikami, który w różnym stopniu ogranicza lub czasami uniemożliwia przyrodnicze wykorzystanie osadów ze ścieków komunalnych, są metale ciężkie. !!!

Do użytkowania bezpośredniego nadają się zarówno osady płynne jak i stałe (maziste i ziemiste). Zgranulowany Produkt otrzymany w metodzie ORTWED jest najłatwiejszy, najwygodniejszy i najbardziej bezpieczny do użytkowania bezpośredniego, ponieważ zawiera wapno, jest hydrofobowy (odporny na wodę), nie pyłący, sterylny.

Osady płynne - zagęszczane na wirówkach, pasteryzowane i stabilizowane,

Osady stałe - zagęszczane metodami mechanicznymi, higienizowane

termicznie, najczęściej stabilizowane fermentacją metanową i odwadniane mechanicznie zawierają od 15 do 34% suchej masy

Osady stałe – przygotowywane jak wyżej ale higienizowane wapnem po odwodnieniu zawierają od 30 do 55% s.m.

Zgranulowany Produkt – odwadniany wstępnie mechanicznie, a następnie fizykochemicznie w podwyższonej do 135-145°C metodą ORTWED zawiera od 80 do 94% s.m.

Fermentacja

W zależności od temperatury fermentację dzielimy na:

- psychrofilową (T<20 stopni)
- mezofilową (T=30 –38 stopni)
- termofilową (T= 45 –58 stopni).

Temperatura jest istotnym parametrem procesu fermentacji. Gwałtowne zmiany temperatury o 10 stopni w ciągu doby powoduje obumieranie (szok termiczny) bakterii metanowych, co wiąże się z zawartością LK w komorze, wzrostem pH i spadkiem zasadowości. Zmiany w dobrze funkcjonujących komorach fermentacyjnych nie powinny przekraczać 2°C/dobę,

*) *Tłuszcze z trudem ulegają fermentacji, zwłaszcza w niższych temperaturach.*

Tlenowa stabilizacja osadu

Proces ten powoduje zmniejszenie masy organicznej osadu.

Wiek osadu WO [d] = masa osadu w komorze (kg s.m.) /masa osadu usuwanego (kg s.m./d).

Wiek osadu wpływa na szybkość poboru tlenu przez osad oraz na stopień stabilizacji osadu.

Wartość szybkości zużycia tlenu jest jednym z wskaźników oceny stopnia stabilizacji osadu. Im mniejsza wartość tego wskaźnika, tym osad jest bardziej ustabilizowany.

Zawartość tlenu w komorach tlenowej stabilizacji winna wynosić od 0,5 do 2,0 gO₂/m³ (mg/l). Przy niższych zawartościach tlenu może wystąpić znaczna uciążliwość zapachowa.

CHEMICZNO-TERMICZNA STABILIZACJA OSADÓW METODĄ ORTWED

Polega na **produkcji granulatu**, w wyniku homogenizacji mieszaniny wstępnie zagęszczonego do 20% osadu z wapnem palonym CaO i wykorzystaniu silnie egzotermicznej reakcji hydrolizy wapna za pomocą zawartej w osadzie wody do zmiany własności fizykochemicznych osadu, w wyniku czego powstaje hydrofobowy (odporny na wodę) granulát. Jednocześnie w wyniku wzrostu temperatury do conajmniej 135°C osad jest sterylizowany, pasteryzowany i dezynfekowany. Granulat-Produkt jest wyjątkowo korzystny do zastosowania w rolnictwie.

CHEMICZNA STABILIZACJA OSADÓW

Polega ona na mieszanii osadu z reagentami chemicznymi, które powodują

zmiany we własnościach cząstek osadu. Do chemicznej przeróbki osadu stosuje się **tylko wapno hydratyzowane lub palone**

- stabilizacji osadów
- higienizacji osadów.

Mieszanie osadu z wapnem jest bardzo korzystne przy rolniczym wykorzystaniu osadów.

TERMICZNA STABILIZACJA OSADÓW

Jest to wykorzystanie procesów cieplnych do zmian właściwości cząstek osadu (stabilizacja osadu) lub też w celu ich ostatecznego unieszkodliwienia. Są to:

- termo-kondycjonowanie
- mokre spalanie
- piroliza
- spalanie całkowite.

Jest to bardzo droga metoda przeróbki osadów, ponieważ jest skomplikowana technicznie. Stosowana jest w nielicznych dużych oczyszczalniach ścieków, zaś dla małych i średnich oczyszczalni jest nieopłacalna.

1. Termo-kondycjonowanie

Jest to ogrzanie osadu w czasie od 0,5 do 1,0 godziny w temperaturze 120-150 stopni, przy ciśnieniu 0,5 do 2,0 MPa. W tym czasie następuje denaturacja białek oraz zmiana ich struktury. Jest to rodzaj szybkaru. Wynikiem tego jest znaczne zmniejszenie oporu właściwego i łatwe odwadnianie osadu. Jest to też nie chemiczna metoda poprawiania „odwadnialności” osadu.

Proces ten stosuje się głównie dla osadów surowych i zapewnia pełną dezynfekcję osadu.

Wady termokondycjonowania oraz **wysokie koszty eksploatacji powodują, że proces ten rzadko jest zalecany do stosowania w małych i średnich oczyszczalniach ścieków.**

Suszenie termiczne

Proces ten wykorzystywany jest do przyspieszenia usuwania wody z osadów poprzez kontakt z gorącym powietrzem lub gorącymi gazami spalinowymi.

Suszenie termiczne jest procesem energochłonnym. Szacunkowo można przyjąć, że na odparowanie 1 kg wody zużywa się tyle ciepła, ile potrzebne jest do ogrzania 10 kg żelaza do stanu płynnego.

2. Mokre spalanie

Jest ono podobne do termo-kondycjonowania, z tą tylko różnicą że do reaktora wprowadzane jest dodatkowo powietrze (tlen),

Jest to proces drogi - inwestycyjnie i eksploatacyjnie dlatego nie jest polecane dla oczyszczalni.

3. Piroliza

Piroliza jest procesem **niepełnego spalania** związków organicznych zawartych w osadzie. Jest to proces zbliżony do stosowania od wielu lat procesu zgazowania

węgla w gazowniach. Jest procesem endotermicznym i wymaga dostarczenia ciepła z zewnątrz.

Z uwagi na koszty nie jest powszechnie stosowany w oczyszczalniach ścieków, może być stosowana w bardzo dużych oczyszczalniach.

4. Spalanie osadów

Jest to **pełne utlenienie** związków organicznych osadu w temperaturze od 800 do 1100 stopni.

Spalanie osadu jest korzystne w przypadku, gdy możliwe jest spalanie bez potrzeby dostarczania paliwa zewnętrznego (wartość opałowa osadu powyżej 8000 kJ/kg. Do spalania nadają się najlepiej odwodnione osady surowe (od 30% s.m.).

Spalanie osadów jest uzasadnione gdy nie można rolniczo wykorzystać ustabilizowanych osadów.

Do spalania osadów wykorzystuje się piece: półkowe, fluidalne oraz rusztowe gdy spalane są jednocześnie odpady komunalne.

ODWADNIANIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH

Odwadnianie jest procesem usuwania wody z osadu w celu zmniejszenia jego objętości. **Woda wolna** jest usuwana z osadu w procesie **zagęszczania**. **Woda kapilarna** usuwana jest w procesie **odwadniania mechanicznego lub naturalnego**. Woda ta występuje w zakresie uwodnień od 50 do 80%. **Woda związana** (adsorpcyjna) usuwana jest w procesach **suszenia**.

- **Odwadnianie naturalne**

W Polsce w okresie zimowym, ze względu na niską temperaturę i wielkość opadów proces ten nie zachodzi. Odwadnianie **na poletkach** można przyspieszyć poprzez wprowadzanie polimerów nawet do 50%, przykrycie poletek dachem oraz grubość warstwy osadu, która nie powinna być wyższa od 0,3m. Wysuszony osad musi być składowany przez okres przynajmniej 1 roku na terenie oczyszczalni a dalej musi znaleźć przeznaczenie.

Laguny osadowe są to zbiorniki ziemne (najczęściej) o wysokości warstwy osadu od 1 do 2 m. Efektywność odwadniania osadów jest mniejsza niż na poletkach osadowych ze względu na znacznie większą grubość warstwy osadu

Laguny są archaicznym rozwiązaniem nie spełniających nawet wymogów estetycznych. Często pełnić mogą jedynie rolę zbiorników zapasowych (awaryjnych). Optymalny okres ich eksploatacji wynosi 3 lata,

- **Odwadnianie mechaniczne**

Z osadów usuwa się wodę wolną oraz kapilarną. Odwadnianie mechaniczne wykorzystuje:

- siły odśrodkowe (wirówki)
- filtrację cieczy przez warstwę osadu (prasy filtracyjne, prasy filtracyjno-taśmowe, filtry próżniowe, prasy śrubowe)
- procesy termiczne.

WIRÓWKI

Do odwadniania osadów stosuje się wirówki walcowo-stożkowe. Polimery wprowadza się bezpośrednio do rurociągu, tuż przed wirówką.

PRASY FILTRACYJNE I FILTRY PRÓŻNIOWE

Odwadnianie osadu w tych urządzeniach polega na filtracji cieczy przez warstwę osadu utworzoną na przegrodzie filtracyjnej (tkanina filtracyjna). Pewną modyfikacją pras filtracyjnych są tzw. prasy tkaninowe lub inaczej prasy „workowe”. Urządzenia te oparte są również na filtracji cieczy nadosadowej przez warstwę osadu, lecz zupełnie inaczej mają rozwiązany sposób wywierania ciśnienia oraz sposób zasilania w osad. Filtry próżniowe zapewniają znacznie gorsze odwodnienie osadu niż prasy filtracyjne.

PRASY FILTRACYJNE TAŚMOWE

W nich tkanina filtracyjna jest w ciągłym ruchu, a ciśnienie filtracji uzyskuje się przez mechaniczny docisk tkaniny filtracyjnej obrotowymi wałkami, co powoduje obniżenie zużycia energii.

PRASY ŚRUBOWE

One zawierają ślimak obrotowy, tkanina filtracyjna została zastąpiona perforowaną pobocznicą walca oraz uzyskaniem ciśnienia filtracji w wyniku zmiany objętości osadu (skok ślimaka).