

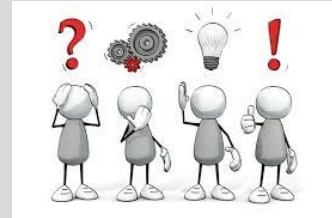
Zaawansowane Technologie Remediacji Środowiska Wykład 3



Technologie oczyszczania ścieków komunalnych i przemysłowych

1

Jakie znamy rodzaje ścieków ???

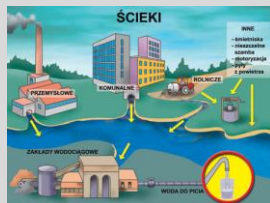


2

Rodzaje ścieków

- Ścieki bytowo-gospodarcze
- Ścieki przemysłowe:

- Ścieki rafinerijno-petrochemiczne
- Ścieki z przemysłu chemicznego
- Ścieki z zakładów celulozo-papierniczych
- Ścieki z przemysłu spożywczego (cukrownie, mleczarnie, krochmalnie, rzeźnie i zakłady przetwórstwa mięsnego, zakłady przemysłu tłuszczowego, browary, gorzelnie)
- Ścieki z galwanizerni
- Ścieki z przemysłu paliwowo-energetycznego (koksownie, gazownie, elektrownie, elektrociepłownie)



3

Rodzaje ścieków cd.

KOMUNALNE

PRZEMYSŁOWE

SKŁAD ?????

MIESZANINA odpadów z gospodarstwa domowego, wydaliny fizjologiczne człowieka i zwierząt domowych, odpadów ze szpitali, pralni i różnych zakładów przemysłowych, które nie wymagają specjalnego oczyszczania lub osobnego odprowadzania

- białka (40-60%),
- węglowodany (25-50%)
- tłuszcze (ok.10%)
- zanieczyszczenia biogenne: azot, fosfor



- Skład zależy od RODZAJU PRZEMYSŁU:
- zakłady azotowe – ścieki z syntezy amoniaku, ścieki z procesów kondensacji, chłodzenia, mycia urządzeń
 - mleczarnie – mleko, środki myjące (roztwory kwasu azotowego i ługu sodowego)
 - garbarnie – włosie, zakrzepła krew, tkanka tłuszczowa, chemikalia: kwasy, detergenty, rozpuszczalniki
 - zakłady mięsne – krew, treści przewodu pokarmowego, tłuszcz zwierzęcy

4

Klasyfikacja zanieczyszczeń ścieków

Zanieczyszczenia fizyczne Zawiesina



Zanieczyszczenia chemiczne

- rozpuszczone substancje organiczne, głównie białka, węglowodany oraz oleje i tłuszcze
- rozpuszczone substancje mineralne, głównie siarczany, chlorki, węglany, azotany, fosforany, kwasy, zasady, rozpuszczone gazy (tlen, siarkowódor, dwutlenek węgla, azot)

Zanieczyszczenia biologiczne

Drobnoustroje (wirusy, bakterie, grzyby, a także jaja robaków pasożytniczych). Wśród nich są gatunki chorobotwórcze wywołujące: dur brzuszny, czerwonkę, cholera, zakażenie żołądkowo-jelitowe, żółtaczkę, gruźlicę i inne

5

Wskaźniki oceny zanieczyszczeń ścieków

BZT₅ - pięciodobowe biologiczne zapotrzebowanie tlenu, określa ilość tlenu potrzebną bakteriom do utlenienia biologicznie rozkładalnych związków organicznych w warunkach tlenowych w ciągu 5 dób w temperaturze 20 stopni C.

ChZT - jest oznaczeniem ilości wszystkich związków organicznych (i niektórych nieorganicznych, np. amoniaku, siarczków) podatnych na utlenianie silnym związkiem utleniającym, np. dwuchromianem potasu lub nadmanganianem potasu (tzw. utlenialność)

OWO - ogólna zawartość węgla organicznego, którą określa się poprzez spalenie (w strumieniu tlenu) próbki ścieków - zmierzenie ilości wytworzonego dwutlenku węgla.

6

Cel oczyszczania ścieków

- Ścieki przed wprowadzeniem do środowiska muszą być **pozbawione zanieczyszczeń wpływających negatywnie** na ekosystem wód naturalnych lub grunt
- Celem oczyszczania ścieków jest usunięcie z nich zanieczyszczeń takich jak: **zawiesiny łatwo opadające i koloidalne, związki organiczne, azot amonowy, metale ciężkie, związki biogenne, związki refrakcyjne oraz drobnoustroje patogenne**



Zanieczyszczenia refrakcyjne – zanieczyszczenia chemiczne, które nie podlegają bądź podlegają jedynie w minimalnym stopniu rozkładowi biologicznemu za pośrednictwem mikroorganizmów.

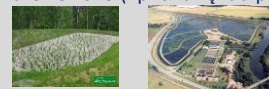
7

Rodzaje oczyszczalni ścieków

- **Biologiczne** - oczyszczanie odbywa się na drodze procesów biochemicznych;

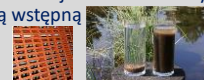


- **Hydrobotaniczne** - oczyszczalnia ścieków wykorzystująca rośliny pływające (np. rzęś wodną) lub zakorzenione (np. trzcinę lub pałkę wodną) do oczyszczania ścieków;



- **Chemiczne** - oczyszczanie ścieków zachodzi w wyniku procesów chemicznych;

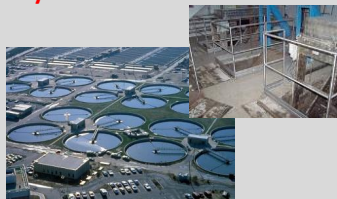
- **Mechaniczne** - oczyszczalnia, w której oczyszczanie ścieków zachodzi jedynie w wyniku procesów fizycznych, takich jak cedzenie czy sedymentacja; często nazywana oczyszczalnią wstępną



8

Metody oczyszczania ścieków

- **Metody mechaniczne i fizykochemiczne**
- **Metody chemiczne**
- **Metody biologiczne**
- **Dezynfekcja ścieków**

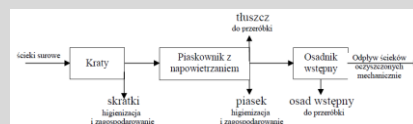


W zależności od rodzaju ścieków proces oczyszczania powinien być tak pomyślany, aby przy **minimalnym nakładzie kosztów** uzyskiwać **najwyższy możliwy stopień oczyszczenia** !!!!!!!!!!!!!!!

9

1. Metody mechaniczne i fizykochemiczne

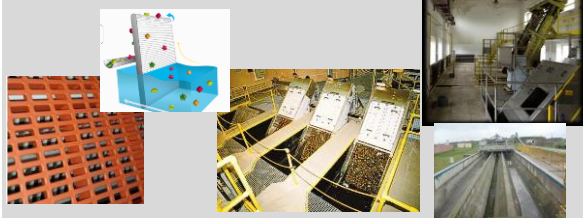
- Cedzenie (kraty, sita)
- Filtracja
- Procesy membranowe
- Sedymentacja
- Flotacja
- Koalescencja



10

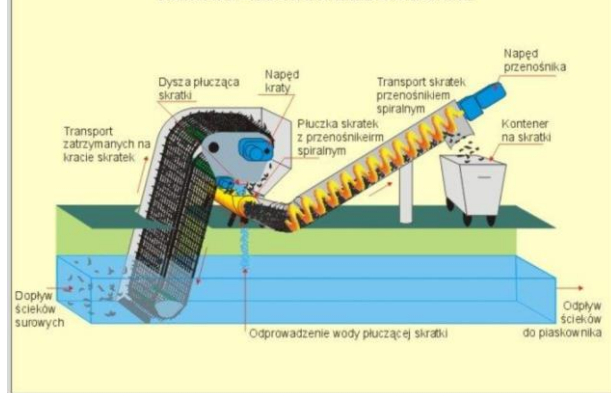
1. Metody mechaniczne

- usunięcie grubszych zawiesin organicznych i mineralnych oraz ciał pływających
- **kraty, sita, piaskowniki, tłuszczowniki, osadniki**
 - ❖ **Kraty i sita** - mechaniczne przegrody ustawione na drodze spływu ścieków, osadzające się **zanieczyszczenia usuwa się okresowo ręcznie lub mechanicznie.**
 - ❖ **Kraty zatrzymują grubsze frakcje zanieczyszczeń, sita - drobniejsze (ok. 5 mm).** Na kratkach zatrzymywane są skratki, czyli największe zanieczyszczenia, które wyrzucamy do kanalizacji (np. resztki jedzenia).



11

Taśmowo - hakowa krata mechaniczna



12

Piaskowniki

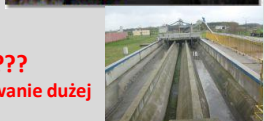
Piaskowniki zatrzymują **cięższe zanieczyszczenia ziarniste** takie jak piasek, muły węglowe itp. Ziarna tych frakcji charakteryzują się **dużym stopniem twardości**. Piaskowniki płaskie mają **kształt rynien** o długości kilku metrów, w których **zanieczyszczenia osadzają się na dnie** wskutek działania siły ciężkości podczas przepływu ścieków z niewielką (9-12 m/min) prędkością.

Dlaczego usuwamy piasek ze ścieków???

Nieoddzielenie ich powodowałoby szybkie zużycie urządzeń mechanicznych takich jak pompy, zawory itp. pracujących w przepompowniach.

WADA piaskowników??????

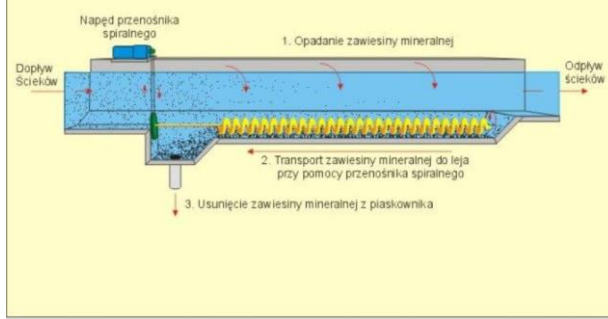
Wada piaskowników płaskich - zajmowanie dużej powierzchni użytkowej



Piasek, który opada na dno urządzenia trafia do lejki osadowego, z którego wypompowywany jest na **poletka do odwadniania piasku**

13

Piaskownik poziomy

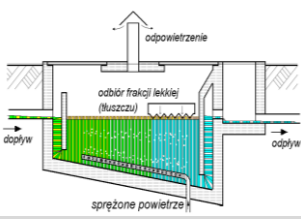


14

Tłuszczowniki-separatory tłuszczu

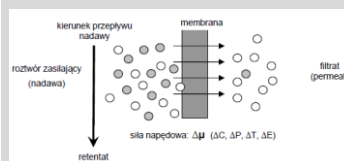
Tłuszczowniki są to przepływowe osadniki służące do **oddzielania zanieczyszczeń o gęstościach mniejszych od wody**, co powoduje, że unoszą się na jej powierzchni.

Tłuszczowniki mają **postać basenu flotacyjnego**. Ścieki przepływają przez basen **ze zmniejszoną prędkością** umożliwiającą **wypłynięcie tłuszczu na powierzchnię** cieczy. W celu ułatwienia wypływu wytwarza się w cieczy **pęcherzyki powietrza**, wdmuchując sprężone powietrze przez otwory w pobliżu dna tłuszczownika. Pęcherzyki powietrza unoszą się ku powierzchni porywając cząstki tłuszczu. Warstwa tłuszczów lub olejów zgarniana jest systemem przelewów lub czerpaków



15

Procesy membranowe



- odwrócona osmoza
- nanofiltracja
- ultrafiltracja
- mikrofiltracja

Membrana jest filtrem i tak jak w normalnej filtracji, **co najmniej jeden ze składników rozdzielanej mieszaniny może przechodzić bez przeszkód przez membranę, podczas gdy inne są przez nią zatrzymywane**

- W zależności od rodzaju membrany mogą być usunięte różne rozpuszczone domieszki i zanieczyszczenia
- Rozdzielanie przebiega w sposób czysto fizyczny, tzn. rozdzielane składniki nie ulegają przemianom termicznym, chemicznym ani biologicznym
- Transport przez membranę zachodzi **dzięki zastosowaniu odpowiedniej siły napędowej**

16

Przykłady zastosowań procesów membranowych w technologii oczyszczania ścieków

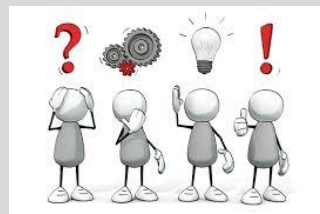
Dziedzina działalności	Cel prowadzenie procesów membranowych	Stosowane techniki membranowe
Przemysł chemiczny	Usuwanie i zateżanie składników organicznych w roztworach wodnych, odzysk substancji myjących, rozdzielanie emulsji, odzysk i zateżanie polimerów, oczyszczanie i zateżanie kwasów, oczyszczanie gliceryny	RO, NF, UF, MF
Przemysł spożywczy	Odzysk białek z odpadów mięsnych, odzysk białka z soku ziemniaczanego, utylizacja serwatki	RO, NF, UF, MF
Przemysł papierniczy	Odzysk odczynników: pigmentów, odczynników chelatujących, emulgatorów, lateksu, środków odplieniających, neutralizacja ścieków	RO, NF, UF, MF
Przemysł petrochemiczny	Oczyszczanie ścieków z węglodorów	RO, NF, UF, MF
Lakierowanie	Odzysk emulsji lakierniczej poprzez zateżanie popłuczyn, odzysk olejów i smarów z kąpieli odtłuszczających	MF, UF

RO- odwrócona osmoza, NF – nanofiltracja, UF – ultrafiltracja, MF- mikrofiltracja

17

Sedymentacja, flotacja

Jaka jest różnica pomiędzy procesem sedymentacji a flotacji???



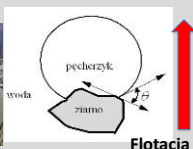
18

Sedymentacja, flotacja

- Zapewniają usunięcie zawiesin obecnych w ściekach **po procesie koagulacji lub strącaniu chemicznym**

RÓŻNICA ?????????

- W procesie **sedymentacji** usuwane są zawiesiny mające ciężar właściwy **wiekszy niż woda**. Proces sedymentacji zachodzi w **osadnikach**, przy odpowiedniej prędkości przepływu ścieków lub w urządzeniach o pracy cyklicznej
- W procesie **flotacji** możliwe jest usunięcie z wody cząstek o **ciężarze mniejszym niż woda**



19

2. Metody chemiczne

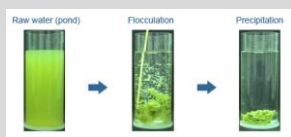
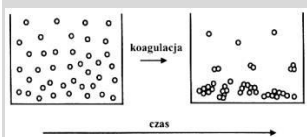
- **Koagulacja**
- **Strącanie związków fosforu**
- **Strącanie wapnem**
- **Strącanie metali ciężkich**



20

Koagulacja

- **łączenie cząstek koloidowych w większe zespoły**, w wyniku czego **wytrąca się osad** w postaci zwanego koagulat
- czynnikiem powodującym koagulację może być **dobatek elektrolitu, koloidu o przeciwnym znaku ładunku elektrycznego** do ładunku cząstek koloidowych



21

Charakterystyka koagulantów

Nazwa koagulantu	Wzór chemiczny	Forma w której rozprawdany jest produkt techniczny	Zakres pH, przy którym powstaje zół	Znak zółu powstającego w środowisku wodnym	Zawartość jonów glinu (żelaza) w produkcie handlowym
Siarczan glinu	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	proszek, grysik, bryły	5,5-7,5	dobatni	~8,1%
Chlorek glinu	$AlCl_3$	40% roztwór wodny	5,5-7,5	dobatni	~8,2%
Glinian sodu	$NaAlO_2$	40% roztwór wodny	5,5-7,5	dobatni	~9,0%
PAC polichlorek glinowy	$Al_2(OH)_nCl_{3-n}$	roztwór wodny	-	-	~7,4%
PIX siarczan żelazowy	$Fe_2(SO_4)_3$	40% roztwór wodny	5,5-7,5 9,0-9,6	dobatni ujemny	~11,8%
ALF koagulant glinowo-żelazowy		roztwór wodny	-	-	~1,6mol[Al ³⁺ +Fe ³⁺] w kg [Al ³⁺]:[Fe ³⁺]=4:1

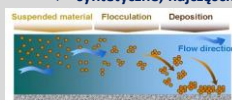
Związki żelaza są na ogół koagulantami **tańszymi niż koagulanty glinowe** i są **mniej wrażliwe na niskie temperatury**. Są skuteczne w szerszym przedziale pH, a powstałe **kłaczki są ciężkie i dobrze sedymentują**

Wadą soli żelaza jest ograniczenie w ich stosowaniu do usuwania zanieczyszczeń barwnych – **mogą z nimi tworzyć barwne i rozpuszczalne w wodzie związki kompleksowe!**

22

Flokulacja

- Zjawisko **łączenia się cząstek koloidalnych w duże agregaty**, tworząc osad lub mętną zawiesinę
- Druga faza procesu koagulacji – **wiązania pomiędzy cząsteczkami silniejsze niż w przypadku koagulacji**
- **Flokulanty** (przyspieszenie opadania ziaren):
 - ❖ związki polimerowe pochodzenia naturalnego (np. skrobia, żelatyna)
 - ❖ syntetyczne, najczęściej: tlenek polietylenu, alkohol poliwinylowy itp..



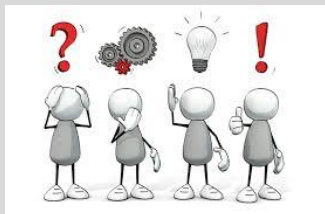
23

Chemiczne strącanie

- Stosowane jest w celu usuwania **niektórych jonów z wody**
- Polega na **wytrącaniu z wody bardzo słabo rozpuszczalnych związków** usuwanych jonów
- **ZASTOSOWANIE:** usuwanie **fosforu, twardości węglanowej, usuwanie metali**

24

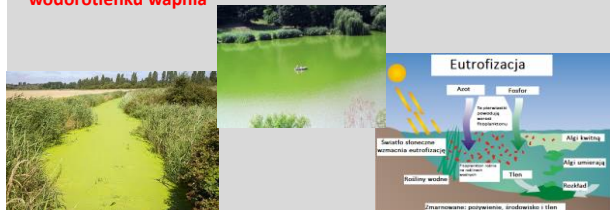
Dlaczego usuwamy fosfor z wody ???



25

Chemiczne strącanie związków fosforu

- fosfor w ściekach występuje w postaci **ortofosforanów, polifosforanów i fosforu organicznego**
- występuje w **formie rozpuszczonej, w postaci koloidów i zawiesin**
- związki fosforu **nie są toksyczne**, lecz z uwagi na proces asymilacji fosforanów przez mikroorganizmy są czynnikiem **powodującym eutrofizację**
- do strącania związków fosforu stosowane są **sole glinu, żelaza lub wodorotlenku wapnia**



26

3. Metody biologiczne

- Oczyszczenie ścieków tlenowe
- Oczyszczanie beztlenowe (fermentacja)



Oczyszczanie biologiczne polega na **utlenianiu oraz mineralizacji związków organicznych** zawartych w ściekach przy udziale mikro i **makroorganizmów**. Mikroorganizmy te zużywają związki zawarte w ściekach jako pokarm i podstawę przemiany materii

CEL: ZMNIJSZENIE STĘŻENIA NIEOPADAJĄCYCH, ROZPUSZCZONYCH I KOLOIDALNYCH ZWIĄZKÓW ORGANICZNYCH

27

Tlenowy i beztlenowy rozkład zanieczyszczeń organicznych

Beztlenowy rozkład zanieczyszczeń **Tlenowy rozkład zanieczyszczeń**

W środowisku beztlenowym np. w wodach silnie zanieczyszczonych związkami organicznymi, **dominują bakterie, które powodują beztlenowy rozkład związków organicznych**. W procesie gnicia tworzy się: siarkowodór, amoniak, metan, związków organicznych o bardzo nieprzyjemnej woni np. skatol, indol



W środowisku tlenowym rozwijają się **drobnoustroje, powodujące tlenową mineralizację związków organicznych**. W wyniku tego procesu związki organiczne rozkładają się do m.in. CO₂, H₂O, azotanów(III), azotanów(V), siarczanów(VI). **Na mineralizację związków organicznych jest potrzebna określona ilość tlenu**. Ta ilość tlenu nazywana jest **biochemicznym zapotrzebowaniem tlenu (BZT)**.

28

Na czym polega proces biodegradacji ??



Biodegradacja to biochemiczny rozkład związków organicznych przez organizmy żywe (bakterie, pierwotniaki etc.) na prostsze związki nieorganiczne (CO₂ i H₂O).

Poza organizmami żywymi, do biodegradacji przyczyniają się także czynniki naturalne, takie jak: światło słoneczne, tlen i woda.

30

Biologiczne metody uzdatniania wody

Oczyszczanie biologiczne polega na **utlenianiu oraz mineralizacji związków organicznych** zawartych w ściekach przy udziale **mikroorganizmów**, które zużywają związki zawarte w ściekach jako pokarm i podstawę przemiany materii

- Podstawowym warunkiem dostatecznej skuteczności oraz efektywności wszystkich metod biologicznych jest **nagromadzenie wystarczająco dużej masy mikroorganizmów zdolnych do przeprowadzania określonych reakcji**,
- Dla uzyskania żądanych efektów oczyszczania **konieczne jest stworzenie warunków korzystnych dla rozwoju określonych mikroorganizmów**,
- Najważniejszymi czynnikami zewnętrznymi wpływającymi na rozwój bakterii są **temperatura i pH**



31

Zastosowanie biologicznych metod do uzdatniania wody

Procesy zachodzące podczas biologicznego oczyszczania ścieków:

- ❖ **ROZKŁAD** substancji organicznych do CO_2 , H_2O i NH_3
- ❖ **NITRYFIKACJA**, czyli **utlenienie** NH_3 za pomocą bakterii *Nitrosomonas* do **azotynów**, a następnie za pomocą bakterii *Nitrobacter* do **azotanów**,
- ❖ **DENITRYFIKACJA**, czyli **przemiana azotanów** do postaci azotu gazowego - N_2
- **AMONIFIKACJA** – rozkład mocznika i innych związków organicznych azotu do amoniaku,
- **DEFOSFATACJA** - Usuwanie fosforu



32

Związki azotu i fosforu w wodach

Sz szczególnie ważne jest usuwanie z wody z substancji biogenych (związków azotu i fosforu), które intensyfikują procesy eutrofizacji naturalnych zbiorników wodnych

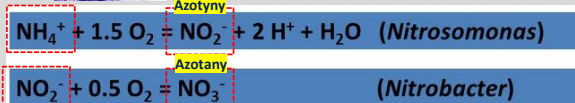


Obumarła biomasa roślinna i zwierzęca wymaga dużych ilości tlenu do jej mineralizacji, co **wywołuje powstawanie niebezpiecznego dla organizmów wodnych deficytu tlenowego**. W wyniku beztlenowego rozkładu biomasy powstają toksyczne substancje, np. **amoniak, metan i siarkowodor**

33

Usuwanie azotu amonowego Nitryfikacja

- Nitryfikacja jest naturalnym procesem biologicznym, podczas którego bakterie nitryfikacyjne konwertują toksyczny amoniak lub sole amonowe do mniej szkodliwego azotanu
- Nitryfikacja jest **procesem dwuetapowym**. W pierwszym etapie bakterie z rodzaju *Nitrosomonas* przekształcają **amoniak lub sole amonowe do azotynów**. W drugim etapie bakterie z rodzaju *Nitrobacter* przekształcają **azotyny w azotany**.



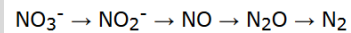
34

Usuwanie azotanów i azotynów - Denitryfikacja

- **Denitryfikacja** jest procesem, w czasie którego **redukowane są nieorganiczne formy azotu (azotany i azotyny) do azotu cząsteczkowego w wyniku działania bakterii** (*Pseudomonas*, *Archobacter*, *Aerobacter*, *Bacillus*),



- Redukcja azotanów do azotynów to **denitryfikacja częściowa** a denitryfikacja do azotu atmosferycznego to **denitryfikacja całkowita**,



- Aby denitryfikacja zachodziła wymagane są **warunki anoksyczne - niedotlenione**

35

Biologiczne usuwanie fosforu - defosfatacja

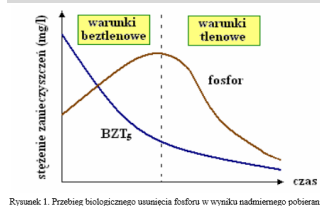
- Bakterie pobierają ze ścieków niezbędne w procesie rozwoju **tylko pewne ilości fosforu**
- Podstawę do opracowania metody **biologicznego usuwania fosforu ze ścieków stanowiło odkrycie bakterii posiadających zdolność do gromadzenia w organizmie zwiększonych ilości fosforu**
- Warunkiem wzmoczonego usuwania fosforu metodami biologicznymi jest **naprzemienne stosowanie warunków beztlenowych i tlenowych**
- Przepływ zanieczyszczonej wody przez **strefę beztlenową a następnie tlenową powoduje, że zaczynają dominować organizmy posiadające zdolność pobierania fosforu ze ścieków w większych ilościach**



36

Biologiczne usuwanie fosforu - defosfatacja

- **W strefie beztlenowej bakterie uwalniają zmagazynowany w komórkach fosfor, a pobierają substancje organiczne. Uwolniony fosfor przenika do ścieków w postaci rozpuszczalnych ortofosforanów**
- **W strefie tlenowej następuje synteza nowych komórek oraz pobór rozpuszczonych ortofosforanów ze ścieków**



Rysunek 1. Przebieg biologicznego usuwania fosforu w wyniku uśrednionego pobierania



Proteobacteria

37

Sposoby realizacji procesów biochemicznych w uzdatnianiu wody

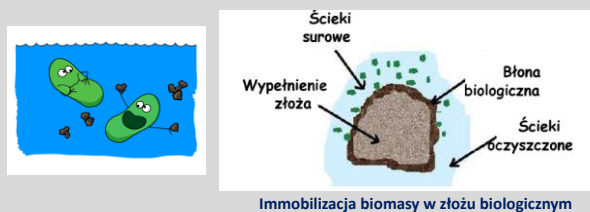
W metodach uzdatniania wody zastosowanie **znalazły głównie metody wykorzystujące błonę biologiczną** - rozwój mikroorganizmów immobilizowanych na powierzchni fazy stałej umieszczonej w reaktorze

- w reaktorach do nityfikacji i denityfikacji,
- w filtrach powolnych,
- w biologicznie aktywnych filtrach węglowych

38

Złoża biologiczne - Błona biologiczna

- Błona biologiczna jest to **śluzowata warstwa złożona z bakterii, pierwotniaków, grzybów, a nawet pewnych glonów**
- Błona biologiczna otacza materiał stały, z którego zbudowane jest złoże
- Zasada działania złoży polega na stałym doprowadzaniu ścieków, ich przepływie przez złoże i kontakcie z błoną biologiczną, w trakcie którego następuje mineralizacja oraz odpływ uzdatnionej wody



39

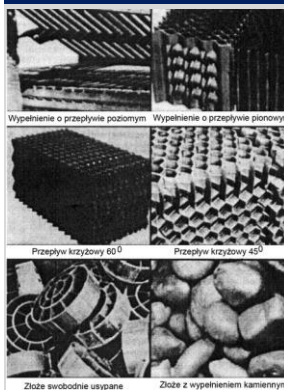
Złoża biologiczne - Błona biologiczna

- Do złoży **doprowadzane jest powietrze, które zapewnia tlenowy charakter procesów rozkładu**. Warunki te nie tylko umożliwiają biodegradację, ale również rozwój mikroorganizmów
- Grubość warstwy zasiedlanej przez żywe drobnoustroje (błony biologicznej) nie **przekracza zwykle 2-3mm**
- Przy dalszym jej rozwoju **grubość może się zwiększyć, co powoduje niedotlenienie i złe odżywienie komórek leżących wewnątrz**
- Przy odpowiednio dobranym przepływie ścieków martwe części błony są ze złoży wypłukiwane, a pozostała część błony szybko regeneruje się i spełnia swą podstawową funkcję w oczyszczaniu



40

Złoża biologiczne



1. Wypełnienie może być pakietowe lub swobodnie usypane
2. Stosowane są tworzywa sztuczne, kamienie, koks dawniej żużel
3. Wypełnienie jest nośnikiem, na którym rozwijają się kolonie bakteryjne

Powinno charakteryzować się:

- dużą powierzchnią czynną,
- niskim oporem hydraulicznym,
- małą martwą objętością - strefą gdzie nie docierają ścieki i powietrze,
- równomiernością rozproszczenia ścieków i powietrza,

41

Złoża biologiczne

ZALETY ????????????

- duża bezawaryjność
- nie wymagają stałej specjalistycznej obsługi jak w przypadku osadu czynnego
- procesy oczyszczania ścieków są stabilne
- osad nadmierny dobrze sedimentuje
- niskie koszty eksploatacji

WADY ????????????

- ekonomicznie nieopłacalne dla dużych oczyszczalni ścieków

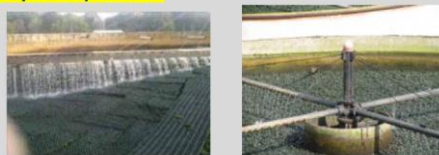
42

Złoża biologiczne

ZŁOŻA Z WYPEŁNIENIEM STAŁYM

• **Złoża zanurzone** - umieszczone pod powierzchnią ścieków w sposób stały (pakietowe wypełnienia z tworzyw sztucznych). **Tlen niezbędny do zwiększenia efektywności procesów biologicznych dostarczany jest w formie sprężonej** poprzez dyfuzory umieszczone pod złożem

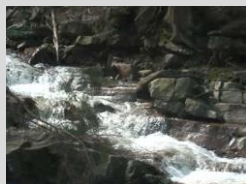
• **Złoża zraszane** - (zwilżane) są to obecnie jedne z **najczęściej spotykanych konstrukcji złoży biologicznych**. W takim złożu ścieki **stale się przez nie przesączają, ale nie następuje zatapianie złoży**, dzięki czemu możliwa jest **ciągła wymiana powietrza**



43

Ciekawostka !!! Samooczyszczanie wody

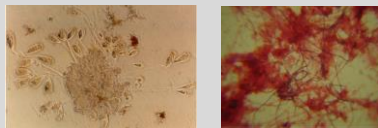
Na **błonie biologicznej** odbywa się podobny proces, jak w rzekach, gdy zanieczyszczenia dopływają do kamienistego dna. Bakterie, które rozwijają się na powierzchni kamieni, usuwają rozpuszczone zanieczyszczenia i dzięki temu **oczyszczają przepływającą wodę** .



44

Osad czynny w oczyszczaniu ścieków Osad czynny a błona biologiczna

Osad czynny – żywa, kłaczkowata zawiesina, złożona głównie z bakterii o dużej powierzchni czynnej, zdolnej do sorbowania substancji organicznych znajdujących się w ściekach w formie rozpuszczonej i koloidalnej



W zbiorniku wypełnionym ściekami znajdują się specjalne szczepy bakterii, które **nie mają zdolności przyklejania się do podłoża tak jak w przypadku błony biologicznej, ale zbijają się w tzw. kłaczkach osadu, które są zawieszone w ściekach**. Bakterie również odżywiają się ściekami, rozmnażają, przez co rośnie ich ilość. Ich nadmiar przepływa ze ściekami do osadnika, w którym kłaczkosy opadają na dno, oddzielając się od ścieków

45

Osad czynny w oczyszczaniu ścieków

- Proces oczyszczania metodą osadu czynnego prowadzony jest w **komorach napowietrzanych** zapewniających **równomierne unoszenie kłaczków i doprowadzenie odpowiednich ilości tlenu** jako substratu bioutleniania zanieczyszczeń organicznych
- **Po zakończeniu procesu napowietrzania ścieki kierowane są do osadnika wtórnego, gdzie następuje oddzielenie osadu czynnego od cieczy**
- Nadmiarowy osad poddawany jest odwodnieniu i suszeniu
- Zagęszczone osady wstępne i osady nadmierne mogą być przesyłane do **komór fermentacyjnych**, gdzie zachodzi proces tzw. stabilizacji osadów ściekowych czyli **biologiczny rozkład organicznej części osadów** w warunkach beztlenowych (fermentacja). Głównymi produktami są **metan** oraz **dwutlenek węgla**

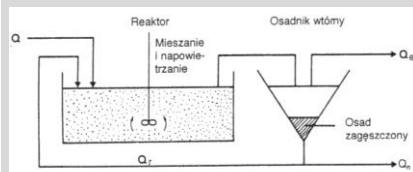


46

Oczyszczanie ścieków osadem czynnym

Celem napowietrzania jest:

- **Rozpuszczenie w mieszaninie ścieków i osadu wystarczającej dla mikroorganizmów ilości tlenu**
- **Wymieszanie ścieków i osadu oraz utrzymanie osadu w stanie zawieszenia**



Q - ścieki
Q₁ - recykulacja organizmów (nadmiarowy osad recykulowany)
Q₂ - dzienny przyrost organizmów (osad nadmiarowy)
Q₃ - ścieki oczyszczone



47

Fermentacja ścieków Fermentacja metanowa

FERMENTACJA ŚCIEKÓW

- **ścieki** zawierające materiał organiczny są **przetwarzane biologicznie przez mikroorganizmy** do produktów końcowych, głównie **metanu i dwutlenku węgla**
- oczyszczanie zachodzi w szczelnym, nieprzepuszczającym powietrza reaktorze

FERMENTACJA METANOWA

- stosowana do **stabilizacji osadów ściekowych oraz oczyszczania ścieków bogatych w substancje organiczne** podatnych na rozkład biologiczny (cukrownie, drożdżownie, wytwórnie mączki ziemniaczanej)

48

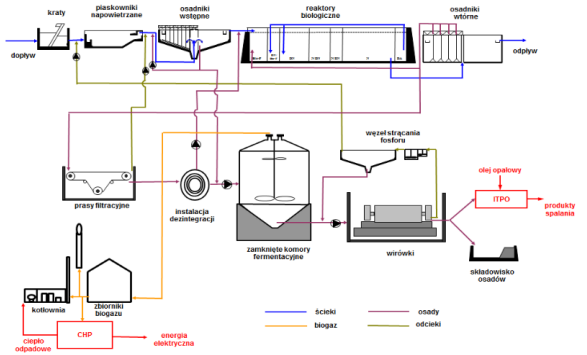
Oczyszczalnia Ścieków Wschód-Gdańsk



Aktualnie do oczyszczalni dopływa około 96 000 m³/d ścieków w tym 6,3 % całkowitego dopływu stanowią ścieki z zakładów przemysłu spożywczego, stoczniowego i chemicznego

49

Schemat technologiczny Oczyszczalni Wschód



50

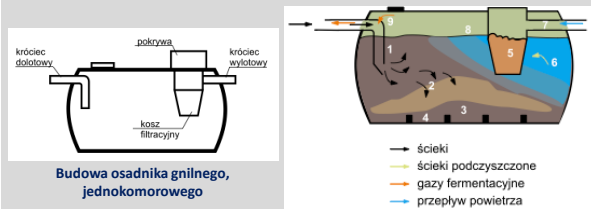
Oczyszczanie na obszarach bez zbiorczych sieci kanalizacyjnych

- Osadniki gnilne
- Osadniki Imhoffa
- Drenaż rozsączający
- Filtry piaskowe
- Oczyszczanie gruntowo-roślinne
- Stawy ściekowe
- Złóża biologiczne
- Oczyszczanie osadem czynnym

51

Osadniki gnilne

- urządzenie do mechaniczno-biologicznego oczyszczania ścieków (SEDYMENTACJA – FLOTACJA - FERMENTACJA)
- zamknięty, szczelny zbiornik, w którym zachodzą **wstępne procesy oczyszczania ścieków**. Najczęściej stosuje się osadniki z tworzyw sztucznych ze względu na dużą trwałość, odporność na korozję i łatwość montażu



Budowa osadnika gnilnego, jednokomorowego

Procesy podczyszczania w osadniku gnilnym

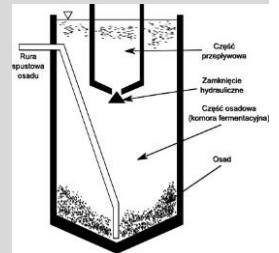
1 - flotacja (unoszenie się) zanieczyszczeń, 2 - sedimentacja osadów, 3 - osad, 4 - dno osadnika, 5 - kosz filtracyjny, 6 - napływ ścieków do filtra, 7 - wylot podczyszczonych ścieków i napływ powietrza, 8 - kożuch fermentacyjny, 9 - wylot gazów fermentacyjnych.

52

Osadniki Imhoffa

- dwupoziomowy, zazwyczaj betonowy zbiornik, składający się z dwóch zespolonych i połączonych ze sobą komór: **górnej sedymentacyjnej (przepływowej)** oraz **dolnej (fermentacyjnej)**

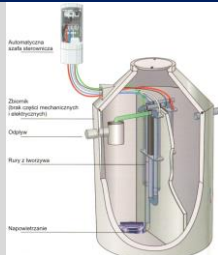
- w **górnej części** następuje **sedymencja**, czyli oddzielenie od ścieków zanieczyszczeń stałych
- osady spływają przez szczelinę w dnie do części dolnej, czyli do komory fermentacyjnej, gdzie przebiega proces **beztlenowego rozkładu osadów ściekowych**



53

Reaktor typu SBR

- proces SBR (Sequencing Batch Reactor- **w**sadowy reaktor **s**ekwencyjny) - biologiczny reaktor Sekwencyjny
- urządzenia **pracujące na metodzie osadu czynnego**,
- urządzenie składa się z dwóch stopni: **zbiornika osadu wstępnego** z buforowaniem oraz **zbiornika osadu czynnego** z procesem spiętrzania (reaktor SBR)



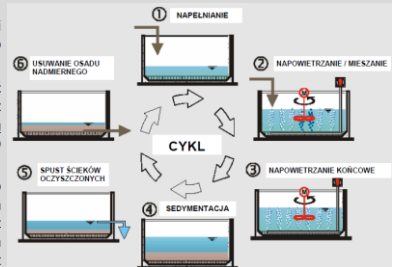
- **jednoczesna nityfikacja i denityfikacja** w obrębie trwania jednego cyklu poprzez proste regulowanie intensywności napowietrzania,
- polepszenie **usuwania fosforu** poprzez **bezpośrednie dodawanie środków strącających** w czasie fazy napelniania lub reakcji,

54

Reaktor typu SBR

Fazy pracy:

1. **napelnianie** - surowe ścieki są doprowadzane do reaktora porcjowo,
2. **mieszanie** - zawartość reaktora jest mieszana bez dopływu tlenu (powstają warunki beztlenowe lub niedotlenienia),
3. **napowietrzanie** - do zawartości reaktora doprowadzany jest tlen, aż do momentu zakończenia procesu nityfikacji oraz denityfikacji,
4. **osadzanie** (sedymentacja) - osad czynny poddawany jest sedymentacji,
5. **dekantacja** - oczyszczane ścieki są odprowadzane do odbiornika,
6. **martwa** - odprowadzanie osadu nadmiernego,



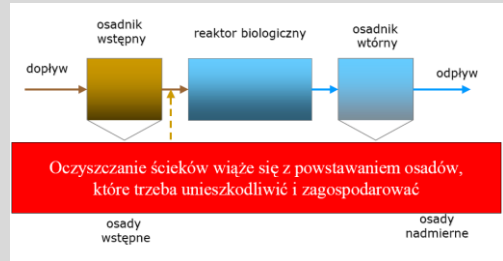
55



Metody zagospodarowania osadów ściekowych

56

Jak powstają osady ściekowe?



Oczyszczanie ścieków wiąże się z powstawaniem osadów, które trzeba unieszkodliwić i zagospodarować

powstają w oczyszczalniach ścieków jako specyficzny odpad procesów oczyszczania ścieków

57

Jak powstają osady ściekowe?

Typowe odpady powstające podczas oczyszczania ścieków miejskich i przemysłowych:

- **skratki** – powstające podczas cedzenia na kratkach i sitach,
- **piasek** – usuwany w piaskownikach,
- **osady z osadników wstępnych** w postaci łatwoopadających zawiesin wraz z częściami pływającymi,
- **tłuszcze** - w postaci kożucha usuwane w tłuszczownikach,
- **osady związane z biologicznym oczyszczaniem** - kawałki błony biologicznej lub nadmiernego osadu czynnego,
- osady związane z prowadzeniem **procesu strącania chemicznego**

58

Osady ściekowe

Mimo, że osady objętościowo nie przekraczają 3% oczyszczanych ścieków, **ZAWIERAJĄ PONAD POŁOWĘ CAŁEGO ŁADUNKU ZANIECZYSZCZEŃ DOPŁYWAJĄCEGO W ŚCIEKACH SUROWYCH !!!!!!!!!!!!!!!**

59

Właściwości osadów ściekowych

- **wysokie uwodnienie**
- **wysoka zawartość związków organicznych**
- **wysoka zawartość związków azotu**
- **zróżnicowana zawartość metali ciężkich** (największa w przypadku oczyszczalni ścieków zlokalizowanych w silnie uprzemysłowionych miastach)
- **zróżnicowany stopień zagrożenia sanitarnego** – największy dla osadów surowych wstępnych (pałeczka duru brzuszego, czerwonki, tężca, gruźlica, grzyby pleśniowe i dermoity, wirusy, pierwotniaki oraz jaja pasożytów: glista ludzka, glista psia lub kocia, włosogłówka)

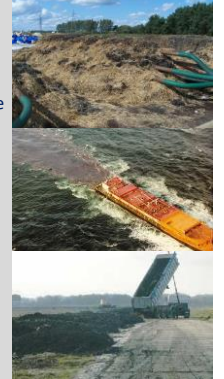


60

Gospodarka osadami ściekowymi: główne kierunki

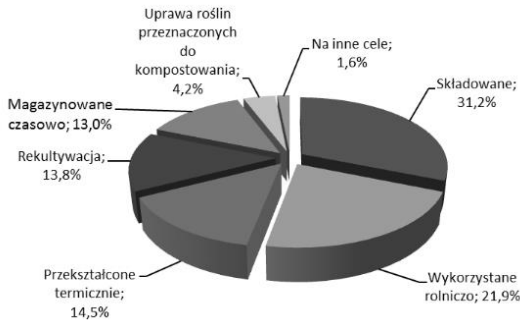


- składowanie (w tym zatapianie w morzu)
- wykorzystanie przyrodnicze
- wykorzystanie rolnicze
- spalanie/ współspalanie
- kompostowanie



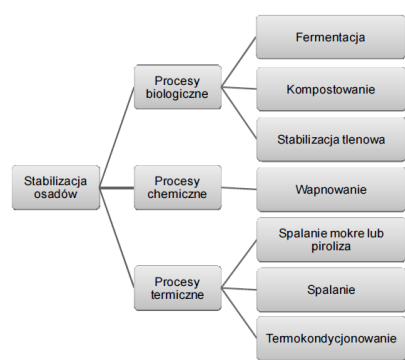
61

Metody zagospodarowania komunalnych osadów ściekowych w Polsce w 2009



62

Metody przeróbki osadów



63

Cel przeróbki osadów

- **stabilizacja osadu** – redukcja substancji organicznych w osadzie, zmniejszenie podatności na zgniwanie, likwidacja nieprzyjemnych zapachów,
- **zmniejszenie objętości** poprzez usunięcie wody z osadu – zagęszczanie, odwadnianie, suszenie,
- przygotowanie osadu do **ostatecznej formy zagospodarowania** – wapnowanie, kompostowanie, piroliza, zgazowanie,
- **ostateczne unieszkodliwienie osadu** – przyrodnicze zagospodarowanie, termiczna utylizacja (spalanie, współspalanie, spopielanie)

64

Zmniejszanie objętości osadów ściekowych

1. Zagęszczanie
2. Odwadnianie osadów
3. Suszenie osadów

65

1. Metody zagęszczania



66

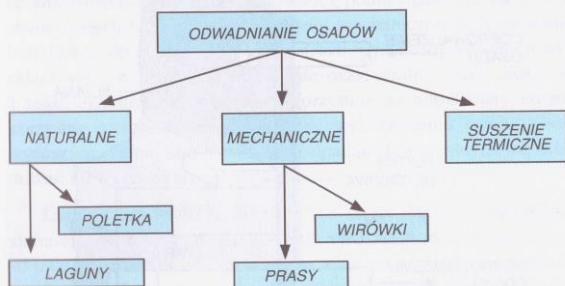
1. Metody zagęszczania

•Zagęszczanie **MECHANICZNE**:

- zagęszczacze wirówkowe,
- zagęszczacze filtracyjno-taśmowe – odwadniają osad poprzez filtrację cieczy przez tkaninę filtracyjną
- zagęszczacze bębnowe - odwadniają osad poprzez filtrację cieczy przez perforowaną powierzchnię bębna

67

2. Odwadnianie



68

2. Samoistne odwadnianie



Poletka osadowe pod przykryciem

Szybkość odwadniania osadu zależy od:
 * grubości warstwy osadu,
 * struktury osadu
 * wilgotności i temperatury powietrza

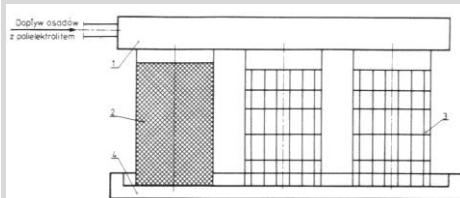


Poletka osadowe na wolnym powietrzu

POLETKA OSADOWE – stosowane w małych oczyszczalniach, ze względu na niskie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne. Optymalna grubość warstwy osadu to 20-30 cm, czas przebywania osadu na poletku w celu osiągnięcia uwodnienia końcowego ok. 50-60% wynosi 1-3 miesięcy

69

2. Odwadnianie mechaniczne Workownica



- 1/ panel rozprowadzania osadów
- 2/ worek na odwodnione osady z materiału hydrofobowego
- 3/ stelaż na worki
- 4/ płyta do odbioru cieczy osadowej

Najmniejsze urządzenia do odwadniania osadów, stosowane w najmniejszych oczyszczalniach ($Q < 800\text{m}^3$ ścieków /dobę), ponieważ ich koszt jest stosunkowo niski

W trakcie workowania osadów ściekowych następuje ich zagęszczenie grawitacyjne, odwadnianie pod wpływem ciśnienia wprowadzonego powietrza oraz suszenie w czasie składowania

70

2. Odwadnianie mechaniczne Workownica



71

2. Odwadnianie mechaniczne Workownica



Odwodniony osad w worku

72

2. Prasy filtracyjne taśmowe



Osad poddawany zagęszczaniu na prasach filtracyjnych taśmowych powinien być:
 –odgazowany
 –skoagulowany

73

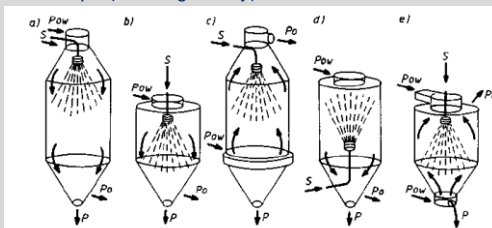
3. Suszenie osadów

- procesowi suszenia mogą być poddawane osady komunalne zarówno **surowe**, jak i **ustabilizowane**
- osady powinny być w jak **najwyższym stopniu odwodnione mechanicznie**, (zawartość wody w osadach poddawanych suszeniu ma ogromny wpływ na ilość energii, jaką należy dostarczyć do ich wysuszenia)
- suszenie osadów jest procesem **bardzo energochłonnym**
- podstawowy zabieg przygotowujący osady do spalania

74

3. Urządzenia do suszenia osadów

- **Suszarki rozpyłowe** - działają na zasadzie kontaktu rozpylonego osadu z gorącym powietrzem lub spalinami, najczęściej w przeciwprądzie. Z uwagi na dużą powierzchnię kontaktu **czas suszenia jest krótki** (sekundy) a efektywność odwadniania duża. Suszarki tego typu stosowane są do odwadniania osadów spalanych w piecach fluidalnych lub wykorzystywanych do celów rolniczych (łatwość granulacji).



Rys. 21.8. Suszarki rozpyłowe: a,b) współprądowe; c,d) przeciwpładowe; e) z przepływem mieszczym; S — surowiec, Pow — powietrze wlotowe, Po — powietrze odlotowe, P — produkt

75

3. Urządzenia do suszenia osadów

- **Suszarki obrotowe** - wykorzystujących zasadę suszenia bezpośredniego, energia cieplna przenoszona do materiału w drodze konwekcji. Suszenie termiczne jest procesem **energochłonnym** (należy stosować kilka wymienników ciepła). Odparowaną z osadu wodę należy z czynnika suszącego wydzielić (schłodzenie, wymienniki ciepła) i następnie zawrócić do układu oczyszczania ścieków. W suszeniu termicznym nie występuje rozkład związków organicznych zawartych w osadzie. Suszenie termiczne może być związane z **uciążliwością zapachową**, co wymaga dezodoryzacji czynnika suszącego

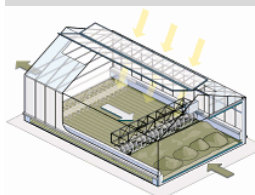


76

3. Słoneczna suszenia osadów



hala z lekkiej konstrukcji stalowej pokrytej poliwęglanem, (doskonale absorbuje promienie słoneczne)



Wcześniej odwodniony osad jest dodatkowo **przerzucany** i rozprowadzany po powierzchni posadzki hali z możliwością przymowania na końcu hali

Przerzucanie osadu podczas suszenia ułatwia oddawanie wilgoci z osadu i umożliwia docieranie powietrza do osadu, co czyni proces tlenowym (bez wydzielania gazów złośliwych)

77

4. Hybrydowe suszarnie osadów

- Energia słoneczna
- Ciepło ścieków oczyszczonych
- Ciepło gruntu (pompy ciepła)



- Mechaniczna przerzucarka miesza, napowietrza, przesuwaa i recykluje susz
- Wysuszony i zgranulowany susz: 4-krotnie zmniejsza swoją objętość kaloryczność porównywalna do węgla brunatnego

78

Ograniczenie szkodliwego wpływu osadów na środowisko

- I. Stabilizacja osadów
- II. Higienizacja osadów
- III. Detoksykacja osadów

79

1. Stabilizacja osadów

➤ ma na celu **usunięcie** z osadów **związków organicznych** szybko biologicznie rozkładalnych, **przyczyniających się do zagniwania osadów** (wydzielanie gazów odorowych),

➤ **zmienia skład oraz stan fizykochemiczny i biologiczny** osadów,

➤ **OSAD USTABILIZOWANY:**

1. nie zawiera substancji organicznych podatnych na rozkład biologiczny,
2. nie jest uciążliwy zapachowo,
3. dobrze sedymentuje

80

Metody stabilizacji osadów

1. Stabilizacja beztlenowa (fermentacja metanowa)
2. Stabilizacja tlenowa
3. Chemiczna (wapnowanie osadów)
4. Kompostowanie



81

Stabilizacja beztlenowa

FERMENTACJA METANOWA

biochemiczny proces gazyfikacji złożonych **substancji organicznych** (białek, węglowodanów i tłuszczów) **bez obecności tlenu**
Produktem procesu jest gaz - metan i dwutlenek węgla

- stosowana w dużych oczyszczalniach o przepustowości > 15 tys. m³/d,
➤ zachodzi w wydzielonych komorach fermentacyjnych,

Surowcami podlegającymi fermentacji beztlenowej są:

- odchody zwierzęce,
- osady ściekowe z oczyszczalni ścieków,
- odpady organiczne

82

Stabilizacja beztlenowa

Czynniki wpływające na przebieg fermentacji metanowej:

- ilość doprowadzanych w ciągu doby osadów,
 - skład osadu,
 - temperatura,
 - odczyn,
 - częstotliwość zasilania komór fermentacyjnych,
 - mieszanie zawartości komór fermentacyjnych,
 - zawartość substancji toksycznych
- wykorzystuje **biologiczny rozkład** zanieczyszczeń organicznych zawartych w osadach surowych,
➤ powoduje **zmniejszenie masy osadu**

83

Stabilizacja tlenowa

Podstawowe parametry procesu:

- zawartość tlenu rozpuszczonego;
- odczyn;
- temperatura;
- szybkość zużycia tlenu

Wymagany czas przetrzymania osadu w komorze zależy od rodzaju osadu i temperatury procesu (wynosi od kilku do dwudziestu kilku dni)

WADY:

- **energetycznie mniej korzystna** niż fermentacja metanowa ponieważ wymaga ciągłego doprowadzania tlenu

ZALETY:

- w cieczy nadosadowej obserwuje się **niską zawartość zanieczyszczeń organicznych**

84

Kompostowanie

Kompostowanie odpadów polega na **niskotemperaturowym tlenowym rozkładzie** substancji organicznej z udziałem **mikroorganizmów**

Kompostowanie odpadów należy do biologicznych metod przetwarzania odpadów

Kompostowanie wymaga wymieszania osadu ze **środkiem strukturotwórczym**, np. trocinami

Kompostowanie powoduje:

- stabilizację,
- zniszczenie organizmów chorobotwórczych,
- redukcję masy i uwodnienia
- eliminację uciążliwych odorów



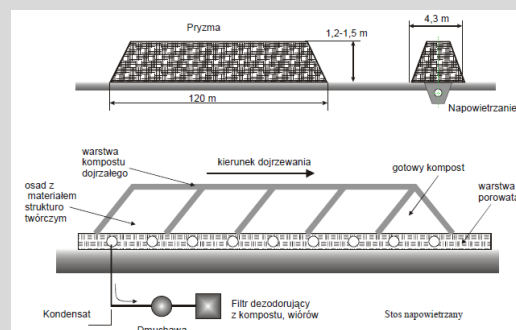
85

Kompostowanie – metoda pryzmowa

- polega na **usypywaniu pryzm** z osadów zmieszanych z materiałem strukturotwórczym oraz **okresowym przewracaniu** ich celem napowietrzania
- może być stosowane **wymuszone i samoczynne napowietrzanie** połączone z przemieszaniem pryzmy
- przebieg procesu w każdej pryzmie powinien być **kontrolowany** przez pomiar **temperatury, wilgotności** oraz przestrzeganie terminów **przesypywania** materiału w pryzmie,
- **problem – zapewnienie wystarczającego napowietrzania materiału**

86

Kompostowanie – metoda pryzmowa



87

2. Higienizacja osadów

- proces **usuwania zanieczyszczeń biologicznych** (bakterii chorobotwórczych, jaj pasożytów)
- **zmniejsza** się podatność na **gnicie** osadów ściekowych
- polega na ich **wymieszaniu z popiołem**

1. Dodatek wapna
2. Kompostowanie

88

Dodatek wapna

- **metoda właściwa dla osadów** zawierających **metale ciężkie** na poziomie pozwalającym na ich przyrodnicze wykorzystanie,
- do osadów dodawane jest **wapno palone** w ilościach niezbędnych do higienizacji osadu,
- dodawanie wapna powoduje **stabilizację** osadów i polepsza ich **zdolność do odwadniania**,
- **produkt końcowy można traktować jako nawóz**, który służy do **odkwaszania gleb poprawiający jej strukturę**, jednocześnie dostarcza roślinom niezbędnych składników

89

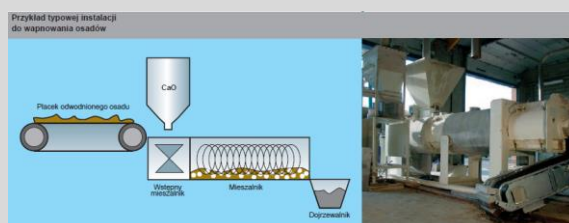
Higienizacja osadów wapnem

KORZYŚCI Z WAPNOWANIA OSADÓW:

- **osiąganie redukcji patogenów** (pH>11, T=52°C przez 12h),
- **zmniejszenie ilości związków organicznych i wody**,
- **usunięcie nieprzyjemnego zapachu osadów**,
- niskie koszty inwestycyjne, niewielka powierzchnia potrzebna na zabudowę instalacji,
- proces: **prosty, łatwy** do uruchomienia, kontroli i automatyzacji, dostępny jako sprzęt przewoźny,
- przetworzenie osadu ściekowego do bioproduktu,
- zwiększenie suchej masy osadu, poprawa jego struktury, łatwiejszy transport i wysiew do gleby,
- **wprowadzenie osadu z wapnem do gleby poprawia jej strukturę, zwiększa aktywność mikroorganizmów glebowych**.

90

Higienizacja osadów wapnem



- **Wapno może być dodawane do osadów w formie tlenku lub wodorotlenku wapniowego**, jak również istnieje możliwość wykorzystania do tego celu **pyłów z wapienników lub z pieców cementowych**

91

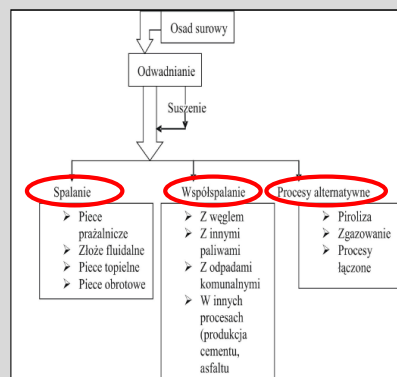
3. Detoksykacja osadów

Usuwanie zanieczyszczeń niebezpiecznych dla środowiska (**metale ciężkie, węglowodory aromatyczne, związki chloroorganiczne, substancje radioaktywne**)

1. Ługowanie metali ciężkich
2. Spalanie osadów

92

Termiczna przeróbka osadów



93

Termiczna przeróbka osadów

Termiczne przekształcanie odpadów (z ustawy o odpadach) – **spalanie** odpadów przez ich **utlenianie** oraz inne procesy termicznego przekształcania odpadów, w tym pirolizę, zgazowanie i proces plazmowy, o ile **substancje powstające** podczas tych procesów termicznego przekształcania odpadów są następnie **spalane**

Może być prowadzone w **spalarniach** odpadów lub we **współspalarniach** odpadów

94

Termiczna przeróbka osadów

Decyzja o termicznej przeróbce osadu:

- czy dany osad nadaje się do spalania,
- jakiego typu spalarni wymaga,
- jaki jest wynik porównania kosztów spalania w odniesieniu do innego sposobu zagospodarowania osadów

95

2. Termiczna przeróbka osadów

Spalarnie – zakład lub jego część przeznaczona do **termicznego przekształcania odpadów z odzyskiem lub bez odzysku wytwarzanego ciepła**

Współspalarnie – zakład lub jego część, których **głównym celem jest wytwarzanie energii lub produktów**, w których wraz z paliwami są przekształcane termiczne odpady w celu odzyskania zawartej w nich energii lub w celu ich unieszkodliwiania

96

Termiczna przeróbka osadów Spalanie osadów ściekowych

Spalanie osadów ściekowych – etapy:

***suszenie** – przebiega w temp. 100 – 250°C, w czasie którego zachodzi intensywne odparowanie powierzchniowo i higroskopijnie związanej wilgoci, przy czym strumień ciepła pochodzi z radiacyjnej i konwekcyjnej wymiany ciepła

***odgazowanie** – dalsze doprowadzanie ciepła przy temp. ok. 250°C powoduje **odgazowanie bardziej lotnych substancji**

***zgazowanie i spalanie** – polega na **przejściu** przy udziale pary wodnej i powietrza **paliwa stałego w gazowe** w temp. ok 700°C. Równolegle z procesem zgazowania zachodzi proces spalania (utleniania)

***dopalanie** - palnej, stałej pozostałości na ruszcie oraz gazowych produktów niepełnego spalania jest końcowym etapem spalania odpadów

97

Przyrodnicze wykorzystanie !!!!

Przyrodnicze użytkowanie osadów:

- **nawożenie gleb i roślin** - rolnicze wykorzystanie osadów, które wprowadzane są do gleb użytków rolnych i zielonych (pola uprawne i łąki)
- **rekultywacja** gleb zdegradowanych hałd, zwałowisk, nieużytków
- nawożenie terenów leśnych
- **produkcji kompostu** na wyżej wymienione cele



98

Przyrodnicze wykorzystanie !!!!

W środowisku przyrodniczym osady **NIE MOGĄ** być stosowane:

- w **parkach narodowych** i rezerwach przyrody
- na terenach objętych innymi formami ochrony przyrody,
- na wewnętrznych **terenach ochrony pośredniej** stref ochronnych źródeł i **ujęć wody**
- na gruntach przeznaczonych pod **uprawę owoców i warzyw**,
- na terenach pastwisk i łąk użytkowanych rolniczo



99

Zagospodarowanie osadów

- **Osady zawierające glin i żelazo** można wykorzystać zamiast gliny, a w przypadku zastosowania osadów o wyższej zawartości żelaza powstaną wyraźnie **czerwone cegły**
- **Do produkcji cementu.** Osad z uzdatniania wody po spaleniu zamienia się na popiół, który zawiera minerały glinu i krzemianów. Dodaniem do cementu powiększamy trwałość i odporność na korozję
- Osady zawierające żelazo mogą być wykorzystane przy **eliminacji fosforu** przy oczyszczaniu ścieków komunalnych
- Zabezpieczenie przed erozją wodną i wietrzną skarpy oraz powierzchni korony zamkniętego składowiska odpadów.



100



Dziękuję za uwagę

101