

NOWE TECHNOLOGIE W OCHRONIE ŚRODOWISKA

prof. dr hab. Edmund Kaca

Wyższa Szkoła Przedsiębiorczości i Rozwoju Regionalnego

Materiały szkoleniowe opracowane przez:
Wyższą Szkołę Przedsiębiorczości i Rozwoju Regionalnego w Falentach
05-09 Raszyn
tel: 22 720 05 35
tel./fax: 22 628 37 63

Materiały szkoleniowe opracował:
prof. dr hab. Edmund Kaca

Edycja i druk:
Moderna Agencja Reklamowa
www.moderna.com.pl

**NOWE TECHNOLOGIE
W OCHRONIE
ŚRODOWISKA**

prof. dr hab. Edmund Kaca

1

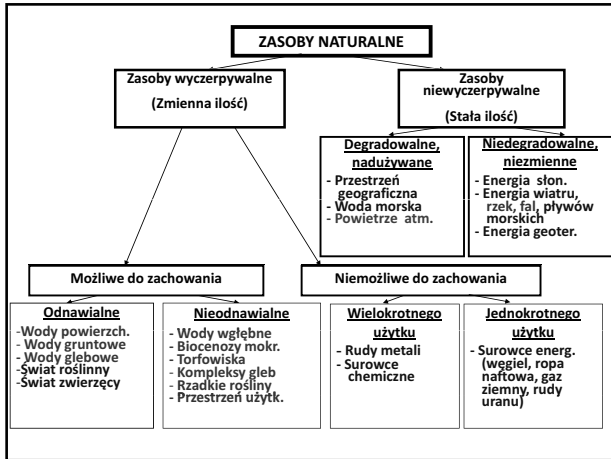
Zarys tematyki

1. WSTĘP
2. TECHNOLOGIE OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW
3. TECHNOLOGIE OCHRONY POWIETRZA
4. GOSPODARKA ODPADAMI

2

WSTĘP

3



Dyrektywa 96/61/EC z dn. 24.09.1996 w sprawie zintegrowanego zapobiegania i zmniejszania zanieczyszczeń (Dyrektywa IPPC, Integrated Pollution Prevention and Control)

Dyrektywa IPPC opiera się na czterech filarach, są to:

- 1) Zintegrowane podejście do ochrony środowiska i udzielanie pozwolenia zintegrowanego,
- 2) Najlepsza dostępna technika (BAT - Best Available Technique),
- 3) Dostęp społeczeństwa do informacji,
- 4) Kontrola działalności technologicznej.

Dyrektywa nakazuje:

- 1) zintegrowane podejście do ograniczania konsumpcji zasobów naturalnych i emisji zanieczyszczeń do środowiska,
- 2) traktowanie produkcji pomocniczej jaką jest ochrona środowiska (oczyszczanie ścieków, gospodarka odpadami i emisja do atmosfery) jako równorzędnej produkcji podstawowej.
- 3) uzyskiwanie tzw. pozwolenia zintegrowanego na funkcjonowanie w UE instalacji technologicznych, w niektórych, uznawanych za szczególnie uciążliwe dla środowiska, dziedzinach działalności gospodarczej

Komitet IPPC w Sewilli

Komitet przygotowuje dokumenty referencyjne, tzw. BREF, zawierające przykłady BAT – Best Available Technique (najlepszych dostępnych technologii) dla poszczególnych procesów produkcyjnych i procesów utylizacji ścieków i odpadów. Dane te są publikowane na stronach internetu.

7

Wybrane regulacje prawne

- Prawy ochrony środowiska (tekst jednolity: Dz. U. 2008, Nr 25, poz. 150);
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 roku o odpadach (tekst jednolity: Dz.U. 2007, Nr 39, poz. 251, zmiana: Dz.U. 2007, Nr 88, poz. 587);
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 roku w sprawie katalogu odpadów (Dz. U. 2001, Nr 112, poz. 1206);
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 marca 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów. (Dz.U. 2002, Nr 37, poz. 339, zmiany: Dz.U, 2004, Nr 1, poz. 2);

8

- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23 grudnia 2002 roku w sprawie dopuszczalnych sposobów i warunków unieszkodliwiania odpadów medycznych i weterynaryjnych (Dz.U. 2003, Nr 8, poz. 104, Dz.U. 2004, Nr 200, poz. 2061);
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 maja 2004 roku w sprawie warunków, w których uznaje się, że odpady nie są niebezpieczne (Dz.U. 2004, Nr 128, poz. 1347);
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 grudnia 2004 roku w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji. (Dz.U. 2004, Nr 283, poz. 2842);
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 17 grudnia 2008 roku w sprawie dokonywania ocen poziomów substancji w powietrzu. (Dz.U. 2009, Nr 5, poz. 31);⁹

9

- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 kwietnia 2011 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji (Dz.U. 2011, Nr 95, poz. 558);
- Rozporządzenie Ministra Budownictwa z dnia 14 lipca 2006 r. w sprawie sposobu realizacji obowiązków dostawców ścieków przemysłowych oraz warunków wprowadzania ścieków do urządzeń kanalizacyjnych (Dz.U. Nr 136 poz. 964);
- Ustawa Prawo wodne z dn. 18.07.2001, Tekst jednolity: Dz.U. 2005, Nr 239, poz. 2019;
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 roku w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U. 2006, Nr 137, poz. 984);

10

- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. 2007, nr 120, poz. 826);
- Dyrektywa Rady 96/61/WE z dnia 24 września 1996 w sprawie zintegrowanego zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń – Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, L 257/26, 80-94, 10.10.1996;
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2000/76/EC z dnia 4 grudnia 2000 roku w sprawie spalania odpadów – Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, L 332/91, 353-374, 10.12.2000;
- Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration. - European Commission, August 2006.

11

TECHNOLOGIE OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW

12

Warunki jakie muszą spełniać ścieki oczyszczone

13

Zabrania się wprowadzania ścieków m. in.:
(Ustawa Prawo wodne z dn. 18.07.2001,
Tekst jednolity: Dz.U. nr 239, poz. 2019, 2005r.)

- 1) bezpośrednio do wód podziemnych,
- 2) do wód powierzchniowych oraz do ziemi m. in.:
 - jeżeli byłoby to sprzeczne z warunkami wynikającymi z istnienia obszarów chronionych oraz stref i obszarów ochronnych ujęć wody i zbiorników wody pitnej,
 - w obrębie kąpielisk, plaż publicznych nad wodami oraz w odległości mniejszej niż 1 km od ich granic,
- 3) do wód stojących,
- 4) do jezior oraz ich dopływów, jeżeli czas dopływu ścieków do jeziora byłby krótszy niż 24 godziny,
- 5) do ziemi, jeżeli stopień oczyszczania ścieków lub miąższość warstwy gruntu nad zw. w. podziemnych nie stanowi zabezpieczenia tych wód przed zanieczyszczeniem.,
- 6) Ścieków zawierających substancje szczególnie szkodliwe dla środowiska wodnego, jeżeli jest to nie zgodne z warunkami określonymi w Rozporządzeniu MŚ z dn. 24 lipca 2006 r.-

Dopuszcza się wprowadzanie:

- 1) Wód opadowych lub roztopowych, wód z przelewów kanalizacji deszczowej oraz wód chłodniczych do wód powierzchniowych lub do ziemi, w odległości mniejszej niż 1 km od granic kąpielisk i plaż publicznych nad wodami,
- 2) Wód chłodniczych, których temperatura nie przekracza 26°C oraz wód opadowych i roztopowych do jezior oraz do ich dopływów, jeżeli czas dopływu ścieków byłby krótszy niż 24 godziny,
- 3) Ścieków zawierających substancje szczególnie szkodliwe dla środowiska wodnego, jeżeli jest to zgodne z warunkami określonymi w Rozporządzeniu MŚ z dn. 24 lipca 2006 r.- o ile organ właściwy do wydawania pozwolenia wodnoprawnego ustali, że takie dopuszczenie nie koliduje z utrzymaniem dobrego stanu wód lub wymaganiami jakościowymi dla wód.

15

**ROZPORZĄDZENIE
MINISTRA ŚRODOWISKA
Z DNIA 24 LIPCA 2006R.
W SPRAWIE WARUNKÓW,
JAKIE NALEŻY SPEŁNIĆ
PRZY WPROWADZANIU ŚCIEKÓW DO WÓD
LUB DO ZIEMI, ORAZ
W SPRAWIE SUBSTANCJI
SZCZEGÓLNI SZKODLIWYCH
DLA ŚRODOWISKA WODNEGO
Dz.U. Nr 137 poz. 984, 2006r.**

16

RODZAJE ODBIORNIKÓW ŚCIEKÓW :

- Wody,
- Ziemia,
- Gleba (rolnicze wykorzystanie ścieków),
- Urządzenia wodne,
- Wody morza terytorialnego
i morskie wody wewnętrzne.

17

**KLASYFIKACJA ŚCIEKÓW
WG ROZPORZĄDZENIA**

1. Ścieki komunalne
 - 1.1. Ścieki bytowe
 - 1.2. Ścieki komunalne inne niż ścieki bytowe
 - 1.2.1. Ścieki bytowe + Ścieki przemysłowe
biologicznie rozkładalne
 - 1.2.1. Ścieki bytowe + Ścieki przemysłowe
biologicznie rozkładalne +
Ścieki przemysłowe pozostałe

c.d.

18

c.d.

2. Ścieki przemysłowe, w tym wody odciekowe ze składowisk odpadów

2.1. Ścieki przemysłowe biologicznie rozkładalne

2.1.1. Ścieki sektorów a, b, c,.....

2.1.2. Ścieki pozostałych sektorów

2.2. Ścieki przemysłowe pozostałe

2.2.1. Ścieki przemysłów A, B, C,..

2.2.2. Ścieki przemysłów I, J, K, ..

2.2.3. Ścieki przemysłów pozostałych (pozostałe rodzaje ścieków)

3. Ścieki z oczyszczania gazów odlotowych z procesów termicznego przekształcania odpadów

c.d.

19

c.d.

4. Ścieki inne

4.1. Ścieki ze stacji uzdatniania wód

4.2. Wody silnie zasolone (>1500mg/l)

4.3. Ścieki oczyszczone w procesie odwróconej osmozy

4.4. Wody chłodnicze

4.5. Wody opadowe i roztopowe

4.5.1. Wody opadowe z przelewów kanalizacji deszczowej

4.5.2. Ścieki z przelewów burzowych komunalnej kanalizacji ogólnospławnej

4.6. Wody wykorzystywane na potrzeby chowu lub hodowli ryb

c.d.

20

**ZAŁĄCZNIKI I TABELA
DO ROZPORZĄDZENIA**

Załącznik 1
NAJWYŻSZE DOPUSZCZALNE WARTOŚCI WSKAŹNIKÓW
ZANIECZYSZCZEŃ LUB MINIMALNE PROCENTY
REDUKCJI ZANIECZYSZCZEŃ DLA OCZYSZCZONYCH
ŚCIEKÓW BYTOWYCH I KOMUNALNYCH
WPROWADZANYCH DO WÓD I DO ZIEMI

Załącznik 2
LICZBA ŚREDNICH DOBOWYCH PRÓBEK
OCZYSZCZONYCH ŚCIEKÓW
BYTOWYCH I KOMUNALNYCH,
KTÓRE MOGĄ NIE SPEŁNIAĆ
WYMAGANYCH WARUNKÓW wg Zał. 1.

c.d.

21

c.d. Załącznik 3
**NAJWYŻSZE DOPUSZCZALNE WARTOŚCI WSKAŹNIKÓW
ZANIECZYSZCZEŃ DLA OCZYSZCZONYCH
ŚCIEKÓW PRZEMYSŁOWYCH**

Tab. I. Najwyższe dopuszczalne wartości wskaźników
zanieczyszczeń dla niektórych substancji
szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego

Tab. II. Najwyższe dopuszczalne wartości
dla pozostałych wskaźników zanieczyszczeń

Załącznik 4
**SEKTORY PRZEMYSŁOWE, Z KTÓRYCH
ODPROWADZANE SĄ ŚCIEKI PRZEMYSŁOWE
BIOLOGICZNIE ROZKŁADALNE**
c.d.

c.d. Załącznik 5
**NAJWYŻSZE DOPUSZCZALNE WARTOŚCI WSKAŹNIKÓW
ZANIECZYSZCZEŃ DLA ŚCIEKÓW Z OCZYSZCZANIA
GAZÓW ODLOTOWYCH, Z PROCESU TERMICZNE
GO PRZEKSZTAŁCANIA ODPADÓW**

c.d.

23

c.d. Załącznik 6
**WARUNKI SANITARNE DLA ŚCIEKÓW PRZEZNACZONYCH
DO ROLNICZEGO WYKORZYSTANIA**

Załącznik 7
**DOPUSZCZALNE ZAWARTOŚCI METALI CIĘŻKICH
W GLEBACH W WARSTWIE 0-30 CM**

Załącznik 8
**WARUNKI POŁOŻENIA GRUNTÓW PRZEWIDZIANYCH
DO ROLNICZEGO WYKORZYSTYWANIA ŚCIEKÓW
ORAZ URZĄDZEŃ I INSTALACJI PRZEZNACZONYCH DO
MAGAZYNOWANIA I PRZYGOTOWYWANIA ŚCIEKÓW
DO ROLNICZEGO WYKORZYSTANIA**
c.d.
24

c.d.

Załącznik 9

**NAJWYŻSZY DOPUSZCZALNY WZROST ZAWARTOŚCI
SUBSTANCJI W WODACH WYKORZYSTYWANYCH NA
POTRZEBY CHOWU I HODOWLI RYB ŁOSOSIOWATYCH
LUB RYB INNYCH NIŻ ŁOSOSIOWATE, JEŻELI ICH CHÓW
LUB HODOWLA PRZEBIEGA W WARUNKACH ZBLIŻONYCH
DO CHOWU LUB HODOWLI RYB ŁOSOSIOWATYCH**

c.d.

25

c.d.

Załącznik 10

METODYKI REFERENCYJNE ANALIZY PRÓBEK ŚCIEKÓW

Załącznik 11

**SUBSTANCJE SZCZEGÓLNI SZKODLIWE, POWODUJĄCE
ZANIECZYSZCZENIE WÓD, KTÓRE NALEŻY
ELIMINOWAĆ (WYKAZ I), ORAZ SUBSTANCJE
SZCZEGÓLNI SZKODLIWE, POWODUJĄCE
ZANIECZYSZCZENIE WÓD, KTÓRE NALEŻY
OGRAŃCZAĆ (WYKAZ II)**

26

Załącznik 1

**NAJWYŻSZE DOPUSZCZALNE WARTOŚCI WSKAŹNIKÓW
ZANIECZYSZCZEŃ LUB MINIMALNE PROCENTY
REDUKCJI ZANIECZYSZCZEŃ DLA OCZYSZCZONYCH
ŚCIEKÓW BYTOWYCH I KOMUNALNYCH
WPROWADZANYCH DO WÓD I DO ZIEMI**

Lp	Nazwa wskaźnika	Jednostka	Równoważna liczba mieszkańców RLM				
			<2 000	2 000-9 999	10 000-14 999	15 000-99 999	100 000 i powyżej
1	BZT ₅	mgO ₂ /l %	40 -	25 lub 70-90	25 lub 70-90	15 lub 90	15 lub 90
2	ChZT _{Cr}	mgO ₂ /l %	150 -	125 lub 75	125 lub 75	125 lub 75	125 lub 75
3	Zawiesina ogólna	mg/l %	50 -	35 lub 90	35 lub 90	35 lub 90	35 lub 90
4	Azot ogólny	mgN/l %	30 -	15 -	15 -	15 lub 80	10 lub 85
5	Fosfor ogólny	mgP/l %	5 -	2 -	2 lub 40	2 lub 85	1 lub 90 ³⁷

Warunki jakie trzeba spełnić, aby ścieki z własnego gospodarstwa domowego lub rolnego odprowadzać do wód, urządzeń wodnych lub do ziemi

Wody opadowe lub roztopowe pochodzące z dachów mogą być wprowadzane do wód lub do ziemi bez oczyszczania
(Dz.U. Nr 137 poz. 984, 2006r.):

28

Ścieki pochodzące z własnego gospodarstwa domowego lub rolnego, mogą być wprowadzane do wód płynących, jeśli wskaźniki ich zanieczyszczeń nie przekraczają wartości, jak dla oczyszczalni o RLM<2000, tj.:
(Dz.U. Nr 137 poz. 984, 2006r.):

BZT ₅	ChZT _{Cr}	Zaw. ogól.	Azot ¹⁾ ogól.	Fosf. ¹⁾ ogól.
w mg/l				
40	150	50	30	5

¹⁾ wartości wymagane tylko w ściekach wprowadzanych do jezior poprzez dopływy, jeżeli czas dopływu wody przekracza dobę oraz do zbiorników na wodach płynących

29

Ścieki pochodzące z własnego gospodarstwa domowego lub rolnego, mogą być wprowadzane do urządzeń wodnych, w granicach gruntu stanowiącego własność wprowadzającego, jeśli spełnione są łącznie następujące warunki:

- 1) Ilość ścieków nie przekracza 5 m³/d,
- 2) wskaźniki zanieczyszczeń w ściekach nie przekraczają wartości jak dla oczyszczalni o RLM od 2000 do 9 999, tj. :
(Dz.U. Nr 137 poz. 984, 2006r.)

BZT ₅	ChZT _{Cr}	Zaw. ogól.	Azot ¹⁾ ogól.	Fosf. ¹⁾ ogól.
w mg/l		lub w % redukcji		
25 <i>lub red. 70-90%</i>	125 <i>lub red. 75%</i>	35 <i>lub red. 90%</i>	15	2

¹⁾ wartości wymagane tylko w ściekach wprowadzanych do jezior poprzez dopływy, gdy czas dopływu wody przekracza dobę oraz do zbiorników na wodach płynących

3) najwyższy użytkowy poziom wodonośny wód podziemnych znajduje się co najmniej 1,5 m pod dnem tych urządzeń

30

Ścieki pochodzące z własnego gospodarstwa domowego lub rolnego, mogą być wprowadzane do ziemi, w granicach gruntu stanowiącego własność wprowadzającego, jeśli spełnione są łącznie następujące warunki (Dz.U. Nr 137 poz. 984, 2006r.):

- 1) Ilość ścieków nie przekracza 5 m³/d,
- 2) BZT₅ ścieków dopływających jest redukowane co najmniej o 20%, a zawartość zawiesin ogólnych co najmniej o 50%,
- 3) miejsce wprowadzania ścieków oddzielone jest warstwą gruntu o miąższości co najmniej 1,5 m od najwyższego użytkowego poziomu wodonośnego wód podziemnych

31

Oczyszczone ścieki pochodzące z własnego gospodarstwa domowego lub rolnego, mogą być wprowadzane do studni chłonnych (do ziemi), (w granicach gruntu stanowiącego własność wprowadzającego), jeśli:

- 1) ilość ścieków nie przekracza 1 m³/dobę,
- 2) skład ścieków jest zbliżony do ścieków odprowadzanych do urządzeń wodnych, tj. jak dla oczyszczalni o RLM od 2 000 do 9 999
- 3) miejsce wprowadzania ścieków oddzielone jest warstwą gruntu o miąższości co najmniej 1,5 m od najwyższego użytkowego poziomu wodonośnego wód podziemnych

32

Podstawy teoretyczne oczyszczania ścieków komunalnych

33

Organizmy w oczyszczaniu ścieków komunalnych

- 1) bakterie;
- 2) pierwotniaki (protozoa);
- 3) wielokomórkowe zwierzęta;
- 4) cyjanobakterie (sinice) i mikroorganizmy roślinne (glony);
- 5) rośliny wyższe.

34

Tabela. Schematyczne zestawienie sposobów odżywiania się organizmów i przedstawiciele tych organizmów (Hartmann, 1999)

		Donor wodoru H i źródło węgla C	
		CO ₂ H ₂ O (autotrofy)	Substancja organiczna (H, C _{org}) (hemotrofy)
Źródło energii	Substancja chemiczna (mineralna, organiczna)	Chemolitotrofia bakterie amonifikacyjne, nitryfikacyjne, denitryfikacyjne, siarkowe, żelazowe	Chemoorganotrofia zwierzęta, grzyby, drożdże, duża liczba gatunków bakterii
	Światło	Fotolitotrofia rośliny, sinice, mała grupa bakterii	Fotoorganotrofia Niewielka liczba bakterii

35

Oprócz węgla, energii i wodoru organizmy potrzebują również azotu N i fosforu P.

Dla heterotrofów najlepszy stosunek węgla zawartego w związkach łatwo rozkładalnych do azotu wynosi C:N=12:1,

Stosunek węgla do fosforu C:P>30

Uwzględniając wskaźniki ChZT i BZT₅ wymagania te można napisać następująco:

$$\text{ChZT} : \text{BZT}_5 \leq 2$$

$$\text{BZT}_5 : \text{N}_{\text{og}} \geq 4$$

$$\text{BZT}_5 : \text{P}_{\text{og}} \geq 20$$

gdzie: N_{og} to suma azotu amonowego, azotynowego, azotanowego i organicznego

36

Wrażliwość drobnoustrojów ze względu na czynniki środowiskowe (temperatura, pH, pO_2 , aktywność wodna, zawartość soli)

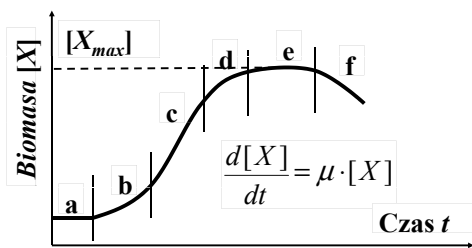
temperatura: psychrofilowe (-10 ÷ 25°C, opt. ~15°C), mezofilowe (20 ÷ 45°C, opt. 35 ÷ 37°C), termofilowe (45 ÷ 75°C, opt. 55 ÷ 60°C), hipertermofilowe (75 ÷ 110°C)

pH = $\log[H^+]$: acidofilowe (pH < 7), neutrofilowe (pH ≈ 7), alkilofilowe (pH > 7)

pO_2 : obligatoryjne aeroby, obligatoryjne anaeroby, fakultatywne anaeroby (względne beztlenowce)

37

Kinetyka przyrostu biomasy bakteryjnej w przypadku limitacji substratowej



Fazy wzrostu biomasy.

Wzrost: b – przyspieszony, c – gwałtowny, d – spowolniony, e – stacjonarny, f – faza śmierci.

38

Kinetyka przyrostu biomasy bakteryjnej

$$\frac{d[X]}{dt} = \mu \cdot [X]$$

gdzie: [X] – stężenie biomasy [$M_B \cdot L^{-3}$], np. gChZT/m³,
t – czas [T], np. d,
 μ - specyficzna szybkość wzrostu biomasy [T^{-1}], np. d⁻¹).

Specyficzna szybkość μ jest to szybkość zmian stężenia biomasy odniesiona do aktualnego jej stężenia [X].

μ osiąga największą wartość w fazie c gwałtownego wzrostu biomasy, wtedy $\mu = \mu_{max}$.

Na podstawie μ_{max} można obliczyć czas podwajania się biomasy: $T = 0,7 / \mu_{max}$.

39

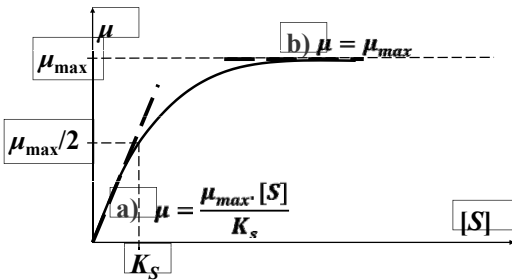
W fazie spowolnionego i stacjonarnego wzrostu biomasy, gdy jeden substrat jest limitujący, to $\mu=f(S)$, gdzie $[S]$ - stężenie substratu, $[M_S \cdot L^{-3}]$, np. g/m³. Zależność tę opisuje empiryczne równanie Monoda:

$$\mu = \mu_{\max} \frac{[S]}{K_s + [S]}$$

gdzie K_s - stała saturacji substratem (połówkowa), $[M_S \cdot L^{-3}]$, np. g/m³.

K_s jest nazywana również stałą połówkową, gdyż oznacza stężenie $[S]$ substratu, przy którym $\mu=1/2 \mu_{\max}$.

40



Zależność specyficznej szybkości μ wzrostu biomasy od stężenia $[S]$ substratu

41

Kinetyka rozkładu substratu

$$\frac{d[S]}{dt} = - \frac{1}{Y_{SX}} \cdot \mu \cdot [X]$$

Y_{SX} – współczynnik przyrostu biomasy z jednostki substratu S (wydajności substratu S), (wymiar $[M_B \cdot M_S^{-1}]$, np. gChZT_{biom}/gChZT_{subst}).

Współczynnik wydajności Y_{SX} nie jest wielkością stałą, ponieważ substrat jest zużywany nie tylko do wzrostu biomasy lecz również do biosyntezy produktów.

42

PODSUMOWANIE

Równanie kinetyki przyrostu biomasy z jednym substratem S

$$\frac{d[X]}{dt} = \mu_{\max} \frac{[S]}{K_s + [S]} \cdot [X]$$

Równanie kinetyki rozkładu substratu S

$$\frac{d[S]}{dt} = -\frac{1}{Y_{SX}} \cdot \mu_{\max} \frac{[S]}{K_s + [S]} \cdot [X]$$

43

Rozszerzone modele niestrukturalne wielosubstratowego przyrostu biomasy

Model Tsao i Hansena (1975)

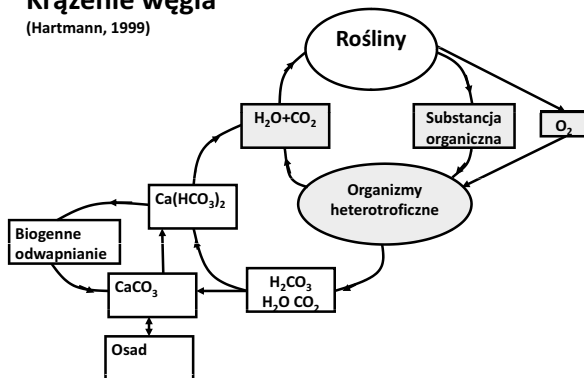
$$\mu = \left(1 + \sum_j \frac{[S_j]}{[S_j] + K_{S_j}} \right) \prod_i \frac{\mu_{\max} [S_i]}{[S_i] + K_{S_i}}$$

gdzie: *i* – substraty niezbędne do wzrostu,
j – substraty sprzyjające wzrostowi.
 Inne zależności zostały opisane w pracy St. Ledakowicza (2011).

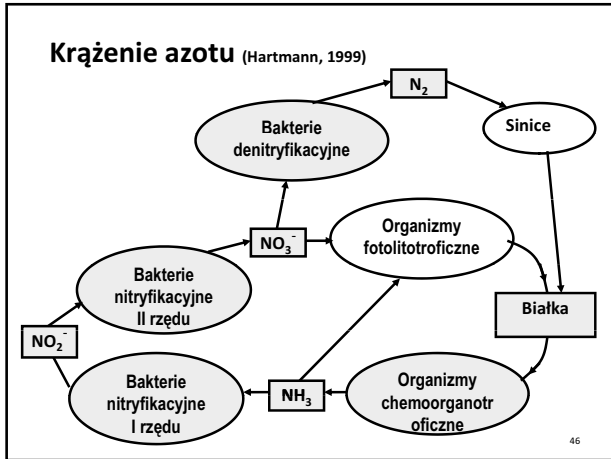
44

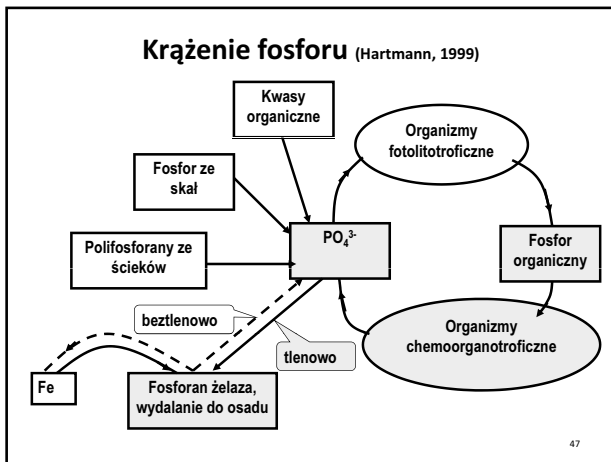
Krążenie węgla

(Hartmann, 1999)



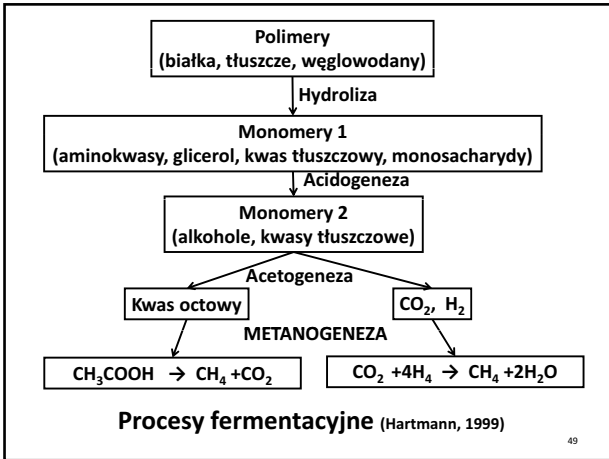
45





Rozkład substancji organicznej

Warunki rozkładu	Tlenowe Potencjał redox >0 mV	Beztlenowe Potencjał redox <-50mV
Nazwa rozkładu	utlenianie	fermentacja
Substrat	Substancja organiczna	
Najważniejsze produkt rozkładu	CO_2, H_2O, NO_3^-, SO_4	$CO_2, H_2O, H_2S, CH_4, NH_3$



Metody i systemy oczyszczania ścieków komunalnych

Główne zanieczyszczenia ścieków komunalnych

- 1) substancje organiczne (białka, tłuszcze i węglowodany),
- 2) zanieczyszczenia biogenne (azot i fosfor),
- 3) substancje refrakcyjne, toksyczne, kwasy, zasady, sole i in.

Największa część fosforu jest pochodzenia nieorganicznego i składa się z:

- 1) ortofosforanów,
- 2) polifosforanów,

tworzących w ściekach roztwór właściwy

**Podstawowe procesy (stopnie)
oczyszczania ścieków komunalnych**

1) oczyszczanie mechaniczne:

- krata (sito);
- piaskownik;
- odtłuszczacz;
- osadnik wstępny;

**2) oczyszczanie biologiczne lub równorzędne
chemiczne,**

**3) oczyszczanie biologiczne z usuwaniem
związków azotu i fosforu,**

4) odnowa wody.

52

Bioreaktory

Zamknięta przestrzeń, w której istnieje
możliwość wymiany pędu, ciepła i masy
z otoczeniem oraz możliwość przeprowadzania
reakcji biochemicznych.

53

Klasyfikacja bioreaktorów (B)

**1) Ze względu na właściwości fizjologiczne
biomasy (mikroorganizmów):**

- B. aerobowe (tlenowe);
- B. anaerobowe (beztlenowe),
- B. anoksyczne (niedotlenione),

2) Ze względu na stan skupienia pożywki:

- B. do procesów w fazie ciekłej;
- B. do procesów w fazie stałej,

3) Ze względu na postać występowania biomasy:

- B. ze złożem biologicznym;
- B. zawieszinowe (z osadem czynnym),

54

Klasyfikacja bioreaktorów (B) (c.d.)

- 4) Ze względu na sposób doprowadzenia energii:
- B. zbiornikowe mieszadłowe, wyposażone w ejektory lub pompy strumieniowe;
 - B. barbotażowe lub typu air-lift, wyposażone w dystrybutory gazu,
- 5) Ze względu na konstrukcję:
- B. zbiornikowe (wysokość H/średnica $D < 2$);
 - B. kolumnowe (H/D wynosi 2-10);
 - B. rurowe,

55

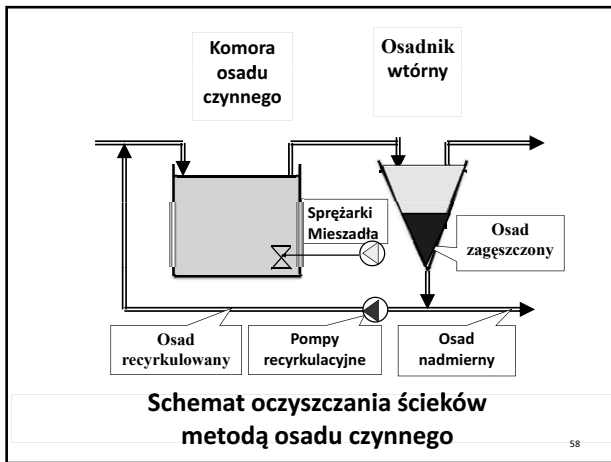
Klasyfikacja bioreaktorów (B) (c.d.)

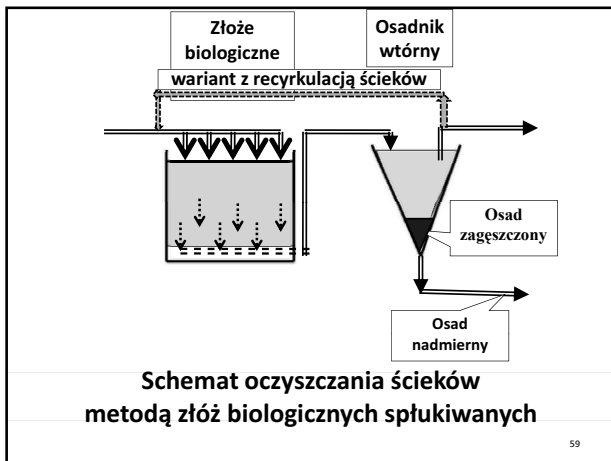
- 6) Ze względu na sposób prowadzenia procesu:
- B. o działaniu ciągłym (przepływowe);
 - B. zbiornikowe, z idealnym wymieszaniem,
 - B. rurowe, z przepływem tłokowym,
 - B. o działaniu okresowym (porcjowe);
 - B. dolewowe.
- 7) Ze względu na intensywność procesu:
- B. z mineralizacją węgla organicznego,
 - B. z mineralizacją węgla organicznego oraz usuwaniem związków azotu i fosforu.

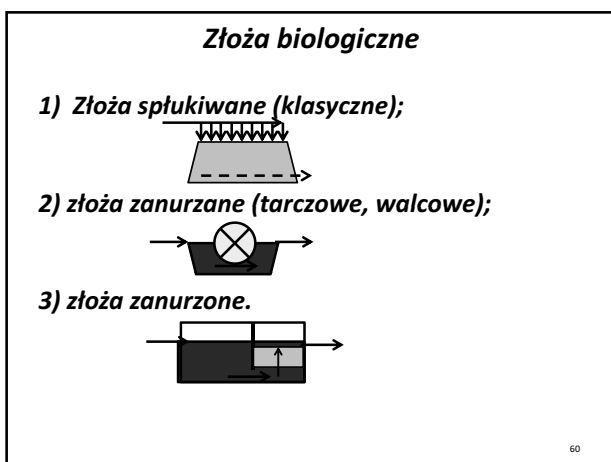
56

**Metody tlenowe
oczyszczania ścieków
komunalnych**

57



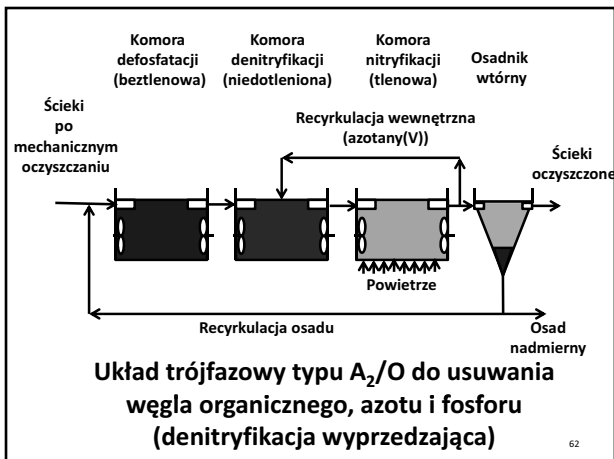




Układy wielofazowe reaktorów biologicznych

(usuwanie węgla organicznego oraz mineralnych związków azotu i fosforu)

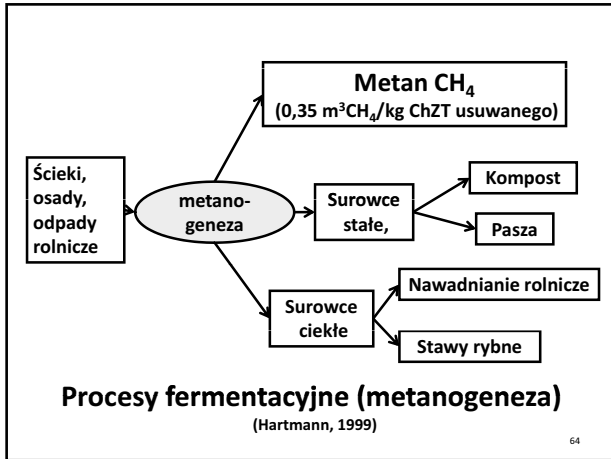
61



62

Metody beztlenowe oczyszczania ścieków komunalnych

63



Temperatura

- Zakres mezofilowy (35 -37°C)
(temperatura produkcyjna 33 - 35°C)
- Zakres termofilowy (55 - 60°C)
(próby stosowania w praktyce)

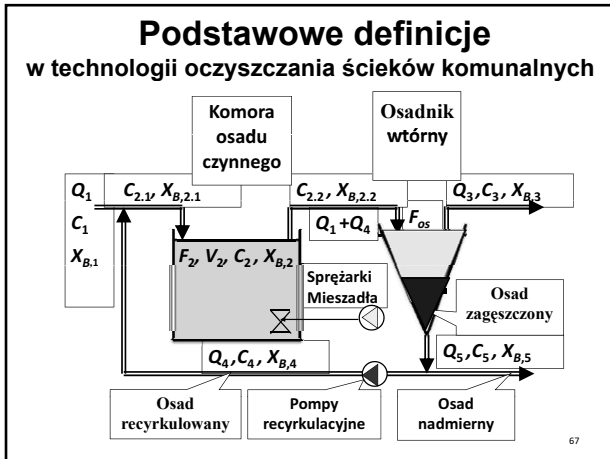
Wartość pH
Środowisko lekko alkaliczne

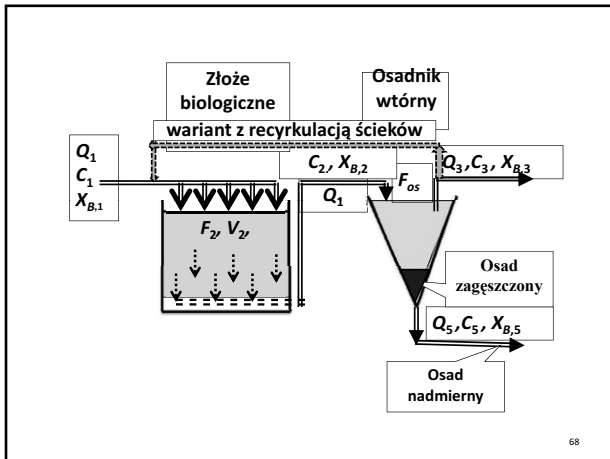
65

Bioreaktory oczyszczania ścieków

- Beztlenowa komora osadu czynnego;
- Reaktor beztlenowy z utwardzoną biomasą;
- Reaktor fluidalny.

66





•Skuteczność oczyszczania – współczynnik redukcji stężenia danego rodzaju zanieczyszczeń, np. BZT₅, w (%)

$$E = \frac{C_1 - C_3}{C_1} \cdot 100 \quad \text{np.} \quad E_{BZT_5} = \frac{C_{1,BZT_5} - C_{3,BZT_5}}{C_{1,BZT_5}} \cdot 100$$

•Dobowy ładunek danego rodzaju zanieczyszczeń, np. BZT₅, (wym. [M_S·T⁻¹], np. kg/d, kgBZT₅/d, kg ChZT/d)

$$L = Q \cdot C \quad \text{np.} \quad L_{1,BZT_5} = Q_1 \cdot C_{1,BZT_5}$$

•Obciążenie hydrauliczne powierzchni (bioreaktora, separatora) (wym. $[L^3 \cdot L^{-2} \cdot T^{-1}]$, np. $m^3/(m^2 \cdot d)$)

$$q = \frac{Q}{F} \quad \text{np.} \quad q_2 = \frac{Q_1}{F_2}$$

•Obciążenie objętości komory bioreaktora ładunkiem zanieczyszczeń (wym. $[M_S \cdot L^{-3} \cdot T^{-1}]$, np. $kgBZT_5/(m^3 \cdot d)$)

$$A = B_{ob} = \frac{L_1}{V_2} = \frac{Q_1 \cdot C_1}{V_2}$$

70

•Obciążenie powierzchni komory bioreaktora ładunkiem zanieczyszczeń (wym. $[M_S \cdot L^{-2} \cdot T^{-1}]$, np. $kgBZT_5/(m^2 \cdot d)$)

$$A_F = B_F = \frac{L_1}{F_2} = \frac{Q_1 \cdot C_1}{F_2}$$

71

•Masa osadu czynnego w systemie komora osadu czynnego - osadnik wtórny (wym. $[M_B]$, np. $kg\ smo$)

$$M_{X_B} = \sum X_B \cdot V$$

w tym masa osadu czynnego w komorze osadu czynnego

$$M_{X_{2,B}} = X_{B,2} \cdot V_2$$

72

•Obciążenie osadu czynnego
dobowym ładunkiem danego rodzaju zanieczyszczeń
(np. BZT₅), (wym. [M_S·M_B⁻¹·T⁻¹], np. kg BZT₅/(kg smo·d)

$$A' = B_{os} = \frac{L_1}{M \cdot X_{2,B}} = \frac{Q_1 \cdot C_1}{X_{B,2} \cdot V_2}$$

np. $B_{os \text{ BZT } 5} = \frac{Q_1 \cdot C_{1, \text{BZT } 5}}{X_{B,2} \cdot V_2}$

73

•Przyrost osadu czynnego (wym. [M_B·T⁻¹],
np. kg smo/d)

$$F_{SP} = X_{B,3} \cdot Q_3 + X_{B,5} \cdot Q_5,$$

$$F_{SP} = Y_{obs} \cdot (C_1 - C_3) \cdot Q_1$$

Y_{obs} – obserwowana wydajność zanieczyszczeń
(wym. [M_B·M_S⁻¹], np. kg smo/kg BZT₅)

Przykładowy wzór:

$$Y_{obs} = \frac{X_{B,2.2} - X_{B,2.1}}{C_{2.1} - C_{2.2}}$$

74

•Indeks (objętościowy, Mohlmanna)
osadu czynnego, w (cm³/g)

$$IO = \frac{V_{30}}{M_{30}}; \quad X_{30} = \frac{1}{IO}$$

V₃₀ - objętość osiadłego osadu czynnego
w cylindrze o obj. 1 dm³ po 30 min., w cm³,

M₃₀ - masa osiadłego osadu czynnego
w cylindrze, w g smo.

75

•Wiek osadu czynnego (wym. [T⁻¹], np. 1/d)

$$WO = \frac{M_{X_B}}{F_{SP}}, \quad WO \approx \frac{X_{B,2} \cdot V_2}{F_{SP}}$$

Przyjmując, że C₃=0 można wykazać, że

$$WO \cdot B_{os} \cdot Y_{obs} \approx 1$$

76

•Recyrkulacja R osadu czynnego (-)

$$X_{B,2,2} \cdot (Q_1 + Q_4) = X_{B,3} \cdot Q_3 + X_{B,4} \cdot Q_4 + X_{B,5} \cdot Q_5$$

Jeżeli założyć, że

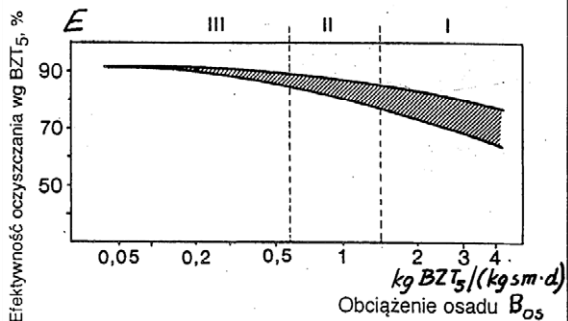
$$X_{B,3} \approx 0, X_{B,4} = X_{B,5} = X_{B,z}, X_{B,2,2} = X_{B,2}, X_{B,5} \cdot Q_5 \approx 0$$

to
$$R = \frac{Q_4}{Q_1} \approx \frac{X_{B,2}}{X_{B,4} - X_{B,2}} \approx (0,3 \div 1)$$

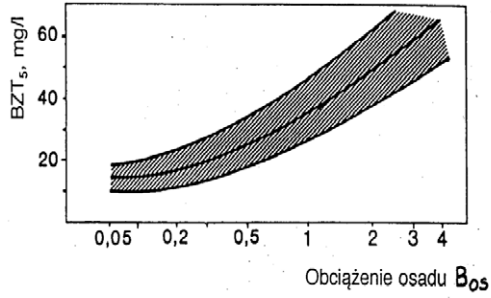
$$X_{B,4} \approx B / IO$$

B - współczynnik zagęszczenia = 1,2

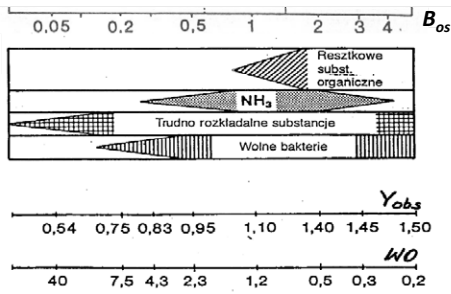
77



Wpływ obciążenia B_{os} osadu czynnego na efektywność E oczyszczania ścieków (Hartmann, 1999)



Wpływ obciążenia B_{os} osadu czynnego na stężenie BZT_5 w ściekach odpływających z oczyszczalni (Hartmann, 1999)



Współzależności między obciążeniem osadu B_{os} (kg BZT_5 /kg smo·d), biologicznymi formami dominującymi w ściekach, przyrostem osadu czynnego Y_{obs} (kg smo/kg BZT_5) oraz wiekiem WO osadu (dni) (Hartmann, 1999)

Dezynfekcja wody i ścieków

Zabieg którego celem jest zniszczenie żywych i przetrwalnikowych form organizmów patogennych oraz zapobieżenie ich wtórnemu rozwojowi w sieci.

Wg dyrektywy 91/271/EC dotyczącej ścieków komunalnych, ścieki powinny być wtórnie wykorzystane, a to wymusza ich dezynfekcję.

Metody:

Metody fizyczne:

- 1)gotowanie i pasteryzowanie,
- 2)zastosowanie promieniowania ultrafioletowego (UV),
- 3)zastosowanie ultradźwięków.

Chemiczne metody dezynfekcji

- 1)Chlorowanie (niebezpieczeństwo produkcji rakotwórczych i mutagennych związków chloroorganicznych, np. THM.
- 2)Ozonowanie.

82

Metoda UV

Ścieki dopływające do stacji dezynfekcyjnej z UV muszą być pozbawione zawiesiny, która rozprasza promienie UV. Zawiesinę usuwa się na filtrach piaskowych.

Stosuje się lampy rtęciowe UV, dające dawkę promieniowania co najmniej o mocy 400J/m²

83

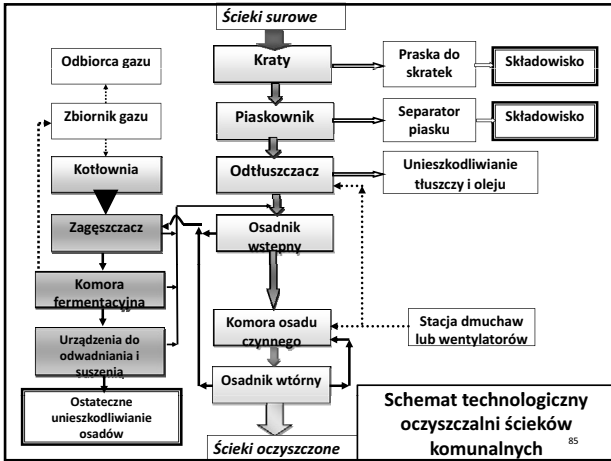
Zdolność dezynfekcyjna podstawowych dezynfektantów:

ozon>dwutlenek chloru>chlor wolny>chloroaminy

Stabilność oraz czas efektywnego działania podstawowych dezynfektantów:

chloroaminy>dwutlenek chloru>chlor wolny>ozon

84



**Nowe technologie
w oczyszczaniu ścieków
komunalnych**

86

Technologia osadu czynnego

87

Metoda SHARON®

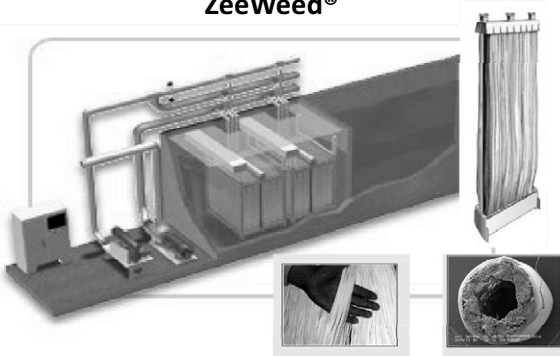
Single reactor system for High Activity Ammonia Removal Over Nitrate

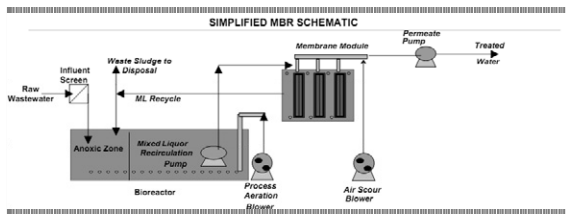
usuwa się związki azotu z wód osadowych z odwadniania przefermentowanych osadów ściekowych.

Poprzez regulację temperatury (35°C) i krótki czas retencji mikroorganizmów (reaktor otwarty) nie dopuszcza się do utleniania azotynów do azotanów. Proces denitryfikacji prowadzi się już (warunki anoksyczne) na poziomie azotynów. (Oszczędność energii o 25%, oszczędność węgla organicznego do 40%)

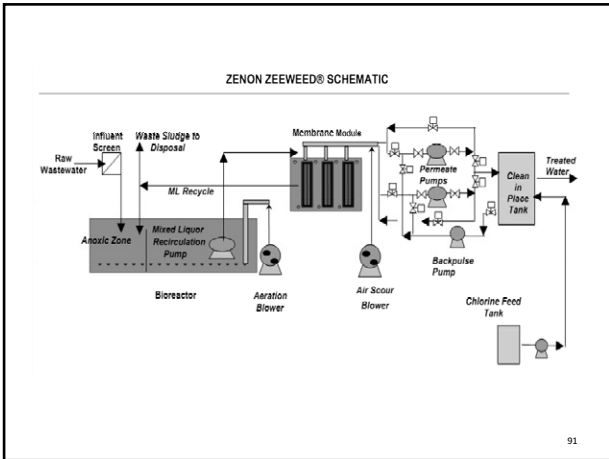
88

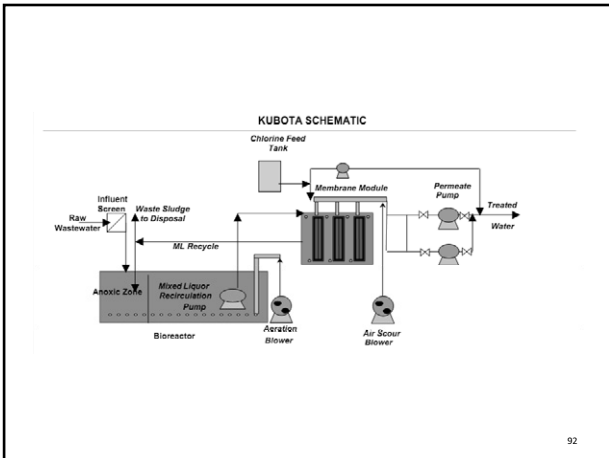
Technologia ultrafiltracji membranowej ZeeWeed®





90



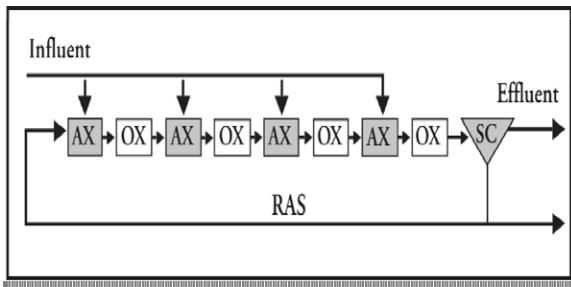


A Comparison between the Theory and Reality of Full-Scale Step-Feed Nutrient Removal Systems

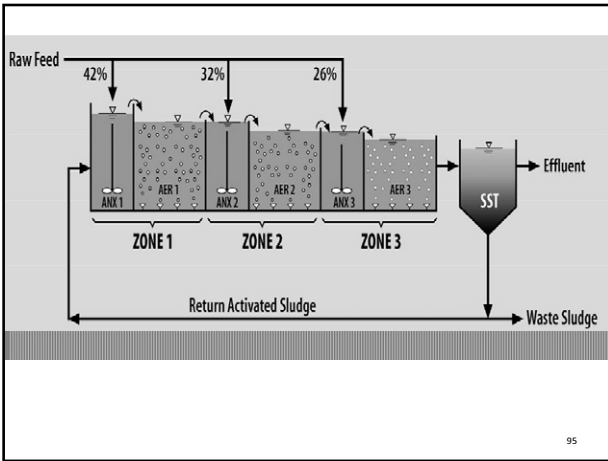
Authors:
Steve Goodwin, Bruce Johnson,
Glen Daigger, and George Crawford
EFCO 2005 Krakow

93

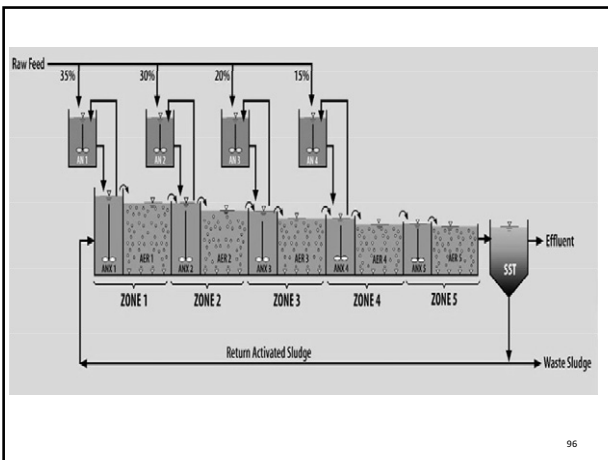
Technologia oczyszczania ścieków
STEP FEED BNR



94



95



96

Technologia BIOGRADEX® do oczyszczania ścieków metodą próżniowego odgazowania osadu



97

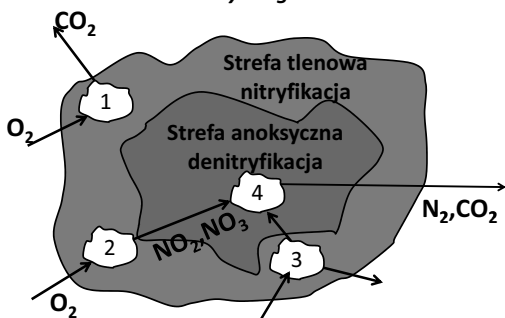
**Oczyszczalnie ścieków
Firmy WTE Wassertechnik GmbH**

- 1) proces symultanicznej nitryfikacji i denitryfikacji Symbio,
- 2) separatory lamelowe w komorach osadu czynnego,
- 3) procesy Autotermicznej Termofilowej Aerobowej Stabilizacji Osadu (ATAD),
- 4) dezynfekcja ścieków poprzez UV (ścieki są wcześniej filtrowane)

98

Proces Symbio

1, 2, 3, 4 – substancja organiczna w kłaczku osadu czynnego



99

Technologia złóż biologicznych

100

Wypełnienia z tworzyw sztucznych

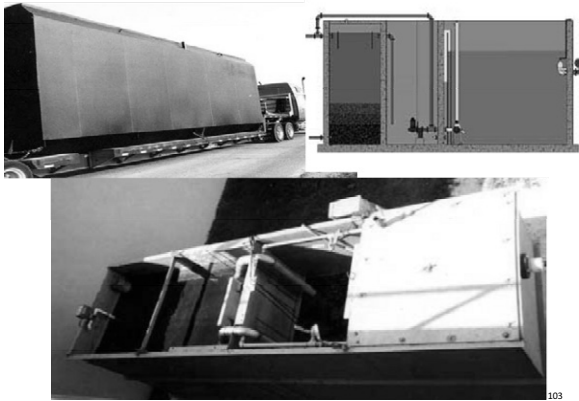
- 1) wypełnienia luźne (nasypane) – pierścienie typu Palio, kule typu Bado,
- 2) wypełnienia pakietowe z płyt falistych z przepływem pionowym przeciwpłdowym (typ BT),
- 3) wypełnienia pakietowe z przepływem krzyżowym (typ EK),
- 4) wypełnienia siatkowe (zwisające pasma, siatki),

101

Technologie SBR

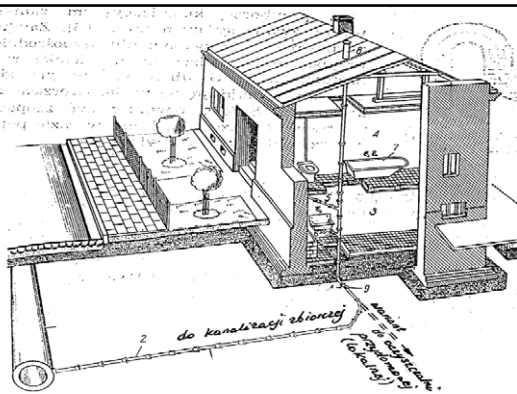
102

Proces SAM i ISAM



**PRZYDOMOWE
(INDYWIDUALNE)
OCZYSZCZALNIE ŚCIEKÓW**

104



Warianty rozwiązań kanalizacyjnych

Oczyszczanie ścieków z własnego gospodarstwa domowego lub rolnego może być prowadzone w przydomowych (indywidualnych) oczyszczalniach ścieków lub też w oczyszczalniach lokalnych, centralnych i grupowych.

Ścieki mogą być również gromadzone w zbiornikach bezodpływowych i wywożone do oczyszczalni ścieków.

Przydomowe oczyszczalnie ścieków służą do oczyszczania ścieków w ilości do 5m³/d, z gospodarstwa domowego lub rolnego na działce na której to gospodarstwo się znajduje

Stężenie zanieczyszczeń w ściekach bytowych oraz niezbędny poziom ich oczyszczania w oczyszczalniach indywidualnych

BZT ₅	ChZT _{Cr}	Zaw. ogół.	Azot ¹⁾ ogół.	Fosf. ¹⁾ ogół.
w mg/l lub/l w % redukcji				
Stężenie zanieczyszczeń w ściekach surowych od – do / Średnia				
230-500	400-1200	230-400	40-60	8-40
300	700	310	50	24
Ścieki wprowadzane do wód				
40 tj. 87%	150 tj. 78%	50 tj. 84%	30 tj. 40%	5 tj. 79%
Ścieki wprowadzane do urządzeń wodnych				
25 lub 70-90%	125 lub 75%	35 lub 90%	15 tj. 70%	2 tj. 90%
Ścieki wprowadzane do ziemi				
20%	-	50%	-	-

¹⁾ wartości wymagane tylko w ściekach wprowadzanych do jezior poprzez dopływy, gdy czas dopływu wody krótszy od doby oraz do zbiorników na wodach płynących.¹⁰⁷

Klasyfikacja przydomowych oczyszczalni ścieków

- Osadniki gnilne.
- Osadniki Imhoffa.
- Urządzenia do oczyszczania ścieków w ziemi (gruncie):
 - * pola filtracyjne,
 - * drenaże rozsączające,
 - rowy filtracyjne,
 - pola drenażowe,
 - * kopce filtracyjne,
 - * wypełnienia filtracyjne.
- Filtry (złoża) piaskowe:
 - *zakryte (podziemne):
 - o przepływie pionowym,
 - o przepływie poziomym,
 - *odkryte.
- Oczyszczalnie biologiczne:
 - *niskoobciążone złoża biologiczne,
 - *niskoobciążone komory osadu czynnego.

c.d. Klasyfikacja przydomowych oczyszczalni ścieków

6. Oczyszczalnie hydrofitowe (hydrobotaniczne, roślinne) :

- * glebowo-roślinne:
 - o przepływie pionowym,
 - o przepływie poziomym,
- * wodno-roślinne:
 - z roślinnością zakorzenioną,
 - z roślinnością pływającą.

7. Stawy ściekowe:

- * beztlenowe i fakultatywne,
- * tlenowe
 - napowietrzające,
 - doczyszczające.

109

Małe oczyszczalnie ścieków

- Ścieki po osadnikach gnilnych mogą być odprowadzane do ziemi poprzez drenaż rozsączający, kopce filtracyjne lub studnie chłonne, natomiast nie mogą być odprowadzane do wód i do urządzeń wodnych.
- Ścieki odprowadzane do wód lub do urządzeń wodnych muszą, po przejściu przez osadnik gnilny, być doczyszczane na filtrach piaskowych, w oczyszczalniach hydrofitowych lub na biologicznych oczyszczalniach ścieków. Układy takie zazwyczaj nie są skuteczne przy usuwaniu związków biogennych, szczególnie fosforu
- Przydomowe oczyszczalnie ścieków, wykorzystujące drenaż rozsączający, filtry piaskowe i oczyszczalnie hydrofitowe wymagają znacznych powierzchni i odpowiedniego rozplanowania.

110

Zbiorniki bezodpływowe

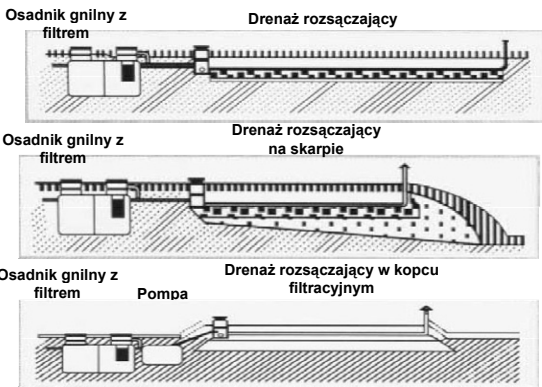


Przydomowa oczyszczalnia ścieków

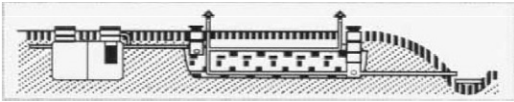


112

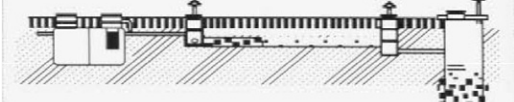
Wariantowe rozwiązania przydomowych
oczyszczalni ścieków



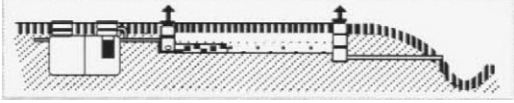
Osadnik gnilny z filtrem Złoże o przepływie pionowym Ciek wodny

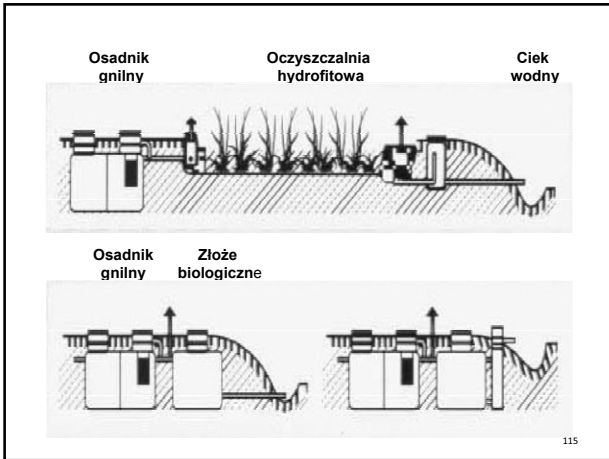


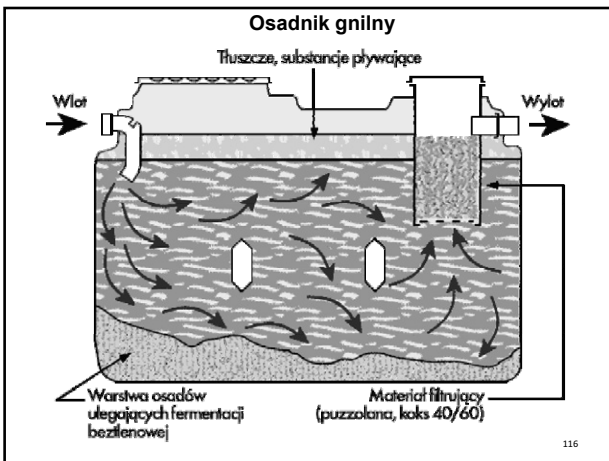
Osadnik gnilny z filtrem Złoże o przepływie poziomym Studnia chłonna

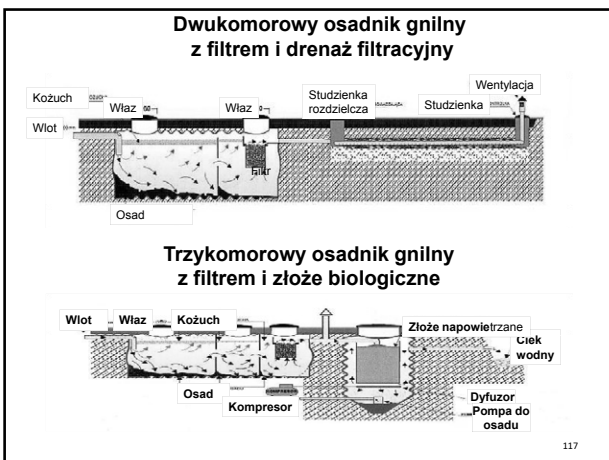


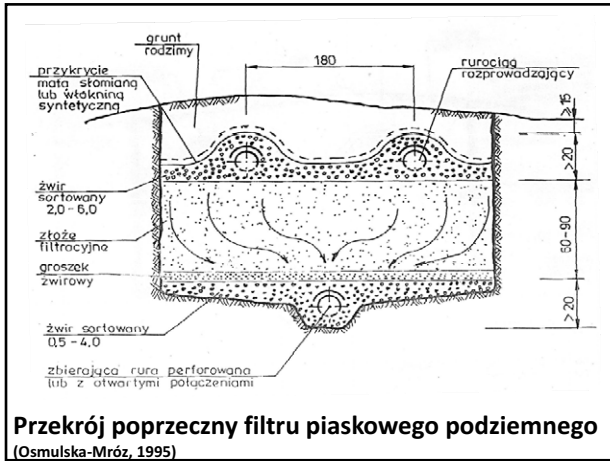
Osadnik gnilny z filtrem Złoże o przepływie poziomym Ciek wodny

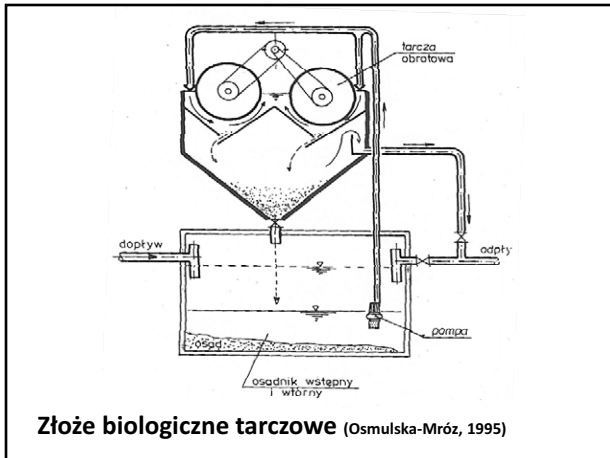


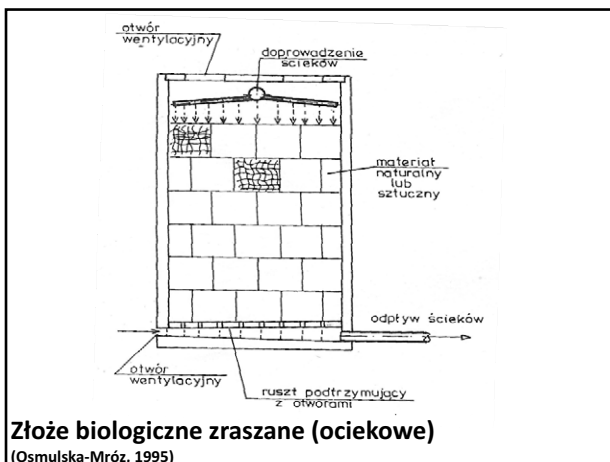


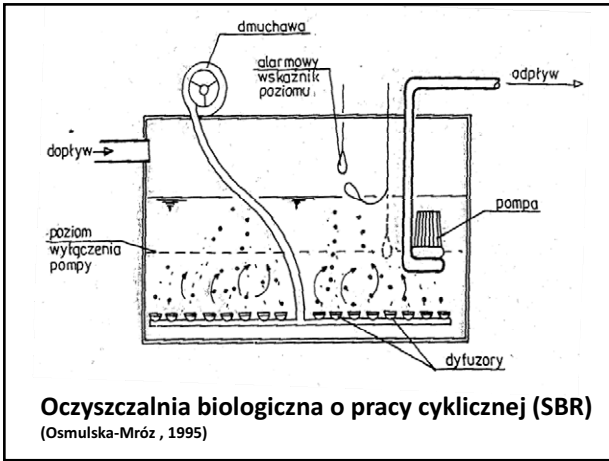


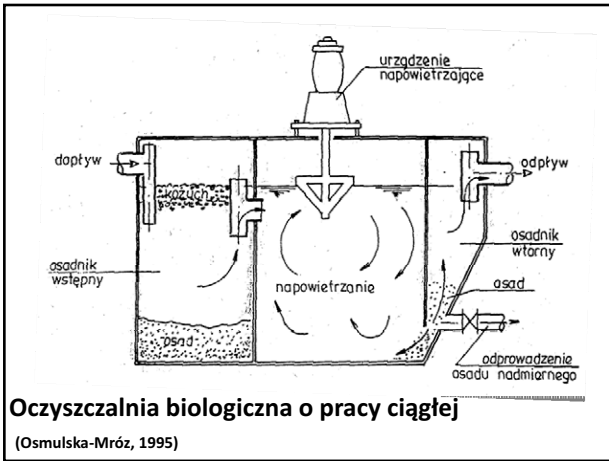


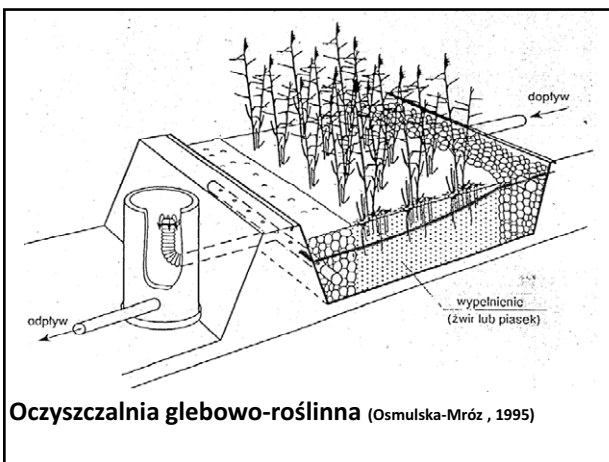












Efektywność oczyszczania ścieków w przydomowych oczyszczalniach. %					
BZT ₅	ChZT _{Cr}	Zaw. og.	Azot og.	Fosf. og.	Odbiornik ścieków
Osadniki gnilne (wg Heidricha)					
40	-	80	40	0	Ziemia (drenaż)
Osadniki Imhoffa					
30-40		60-70	-	-	Ziemia (drenaż)
Filtry piaskowe (dane francuskie)					
99	-	94	84	-	Woda, urządz. wodne
Oczyszczalnie glebowo-roślinne (wg IMUZ)					
95	-	95	-	-	Woda, urządz. wodne
Oczyszczalnie wodno-roślinne (wg IMUZ)					
80-98	-	85-98	-	-	Woda, urządz. wodne
Złoza biologiczne (wg IMUZ)					
80-90	-	70-92	-	-	Woda?, urządz. wodne?
Komory osadu czynnego (wg IMUZ)					
80-95	-	85-95	-	-	Woda, urządz. wodne
Stawy napowietrzane (wg IMUZ)					
80-98	-	80-98	-	-	Woda, urządz. wodne

Postępowanie poprzedzające rozpoczęcie robót budowlanych

(Prawo budowlane z dn. 7 lipca 1994 r. z póź. zm.)
Tekst jednolity : Dz.U. Nr 156, poz. 1118, 2006r.)

Budowa indywidualnych przydomowych oczyszczalni ścieków o wydajności do 7,50 m³/d nie wymaga pozwolenia na budowę . Taka budowa powinna być zgłoszona właściwemu organowi .

W zgłoszeniu należy określić rodzaj, zakres i sposób wykonywania robót budowlanych oraz termin ich rozpoczęcia . Do zgłoszenia należy dołączyć oświadczenie o posiadaniu praw do dysponowania nieruchomością na cele budowlane, oraz, w zależności od potrzeb, odpowiednie szkice lub rysunki, a także pozwolenia, uzgodnienia i opinie wymagane odrębnymi przepisami.

128

Przykładowe charakterystyki rozplanowania przydomowej oczyszczalni ścieków

Rozporządzenie. Min. Infrastruktury (Dz.U. 75, poz. 690, 2002)

- 1) Drenaż rozsączający powinien być oddalony :
 - przynajmniej 70 m od studni stanowiącej ujęcie wody pitnej, gdy ścieki zostały oczyszczone na osadniku gnilnym i przynajmniej 30m, gdy ścieki zostały oczyszczone biologicznie.
 - 7,5 m od granicy działki, drogi publicznej lub chodnika i 2 m - przy zabudowie indywidualnej lub zagrodowej.
- 2) Osadnik gnilny powinien być oddalony:
 - przynajmniej 15 m od czynnej studni,
 - 7,5 m od granicy działki, drogi publicznej lub chodnika przy ulicy, zaś przy zabudowie indywidualnej lub zagrodowej odległość ta wynosi 2 m,
 - jak najbliższej domu.

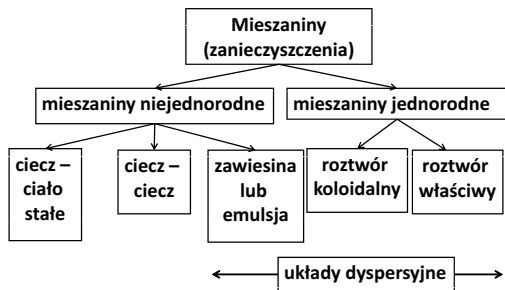
129

Orientacyjne wielkości obiektów przydomowej oczyszczalni ścieków

- Osadnik gnilny: od 0,3 do 0,5m³/Mieszkańca, min. objętość 3 m³,
- Drenaż rozsączający: 10-20 m/M (20-60 m²/M),
- Filtry piaskowe: 2-2,5 m²/M,
- Oczyszczalnie glebowo-roślinne z poziomym przepływem ścieków – ponad 5m²/M, min. 20 m².
- Oczyszczalnie glebowo-roślinne z pionowym przepływem ścieków : 2,5 – 3,0m²/M

130

FIZYKOCHEMICZNE I CHEMICZNE METODY OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW



132

Procesy jednostkowe

w oczyszczaniu:

- 1) neutralizacja;
- 2) utlenianie i redukcja;
- 3) koagulacja;
- 4) adsorpcja;
- 5) flotacja gazowa;
- 6) wymiana jonowa;
- 7) procesy membranowe.

133

Neutralizacja (zobojętnianie) – proces chemiczny, prowadzący do wymaganego pH, najczęściej pH≈7

Odczyn ścieków	Neutralizacja	Uwagi
Ścieki kwaśne	NaOH, mleko wapienne - $\text{Ca}(\text{OH})_2$, Na_2CO_3 , CaCO_3 , dolomit - $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$	$\text{Ca}(\text{OH})_2$ - powstają duże ilości osadu, NaOH – prawie bez osadów
Ścieki alkaliczne	CO_2	Gazy spalinowe źródłem CO_2

Podstawowe urządzenia:

Silosy, dawkowniki reagenta, transportery, mieszacze.

134

Utlenianie i redukcja

Utlenianie – proces polegający na utracie elektronów przez atom, obojętną cząstkę lub jon, w wyniku czego następuje podwyższenie stopnia utlenienia pierwiastka.

Redukcja - proces przeciwny do utleniania.

Procesowi utleniania jednej substancji towarzyszy proces redukcji innej.

Proces utleniania stosowany jest do unieszkodliwiania silnie toksycznych cyanków i zanieczyszczeń organicznych jak aminy, kwasy humusowe, barwniki, zaś proces redukcji – do unieszkodliwiania silnie toksycznego chromu (Cr(VI)).

Utleniacze (biorcy elektronów) to: chlor i jego związki, nadmanganian potasu, ozon i nadtlenek wodoru.

Reduktor – dawca elektronów.

135

Koagulacja – proces łączenia zdyspergowanych cząstek koloidalnych oraz drobnej zawiesiny w zespoły cząstek (aglomeraty). W wyniku tego w układzie dyspersyjnym tworzy się struktura koagulacyjna:

Układ dyspersyjny → Struktura koagulacyjna

(tworzenie struktury gruzełkowej gleb – wapń)

Proces odwrotny do koagulacji to peptyzacja.

Struktura koagulacyjna → Układ dyspersyjny
(niszczenie struktury gruzełkowej gleb - zasolenie gleb – sól)

136

Proces koagulacji przebiega w kilku etapach:

Destabilizacja układu → flokulacja → koagulacja właściwa

Destabilizacja układu poprzez:

- dodanie elektrolitu obniżającego potencjał elektrokinetyczny,
- rozładowanie cząstek,
- wytworzenie wodorotlenków kationów wielowartościowych (dodanie $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Al}(\text{OH})_3$).

Flokulacja – proces tworzenia się niestabilnych agregatów (kłaczków).

Koagulacja właściwa – tworzenie i strącanie stabilnej fazy zwartej.

137

Najczęściej jako koagulanty stosuje się sole żelaza i glinu, czyli metali wielowartościowych łatwo ulegających hydrolizie.

Do oczyszczania wody i ścieków, usuwania związków fosforu, usuwania siarkowodoru i zagęszczania osadów ściekowych używa się koagulanty przemysłowe o nazwie PIX i PAX.

138

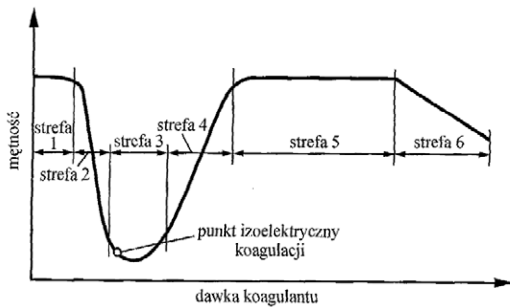
Czynniki wpływające na proces koagulacji:

- dawka i rodzaj koagulantu,
- odczyn,
- temperatura ścieków (wody),
- szybkość mieszania,
- substancje wspomagające.

Substancje wspomagające pełnią rolę destabilizującą, zarodków lub obciążników. Są to: bentonit, pylisty węgiel aktywny, krzemionka, zeolity, flokulanty (polielektrolity), ziarenka mikropiasku.

Substancje wspomagające dodawane są do roztworu przed lub po dodaniu koagulantu.

139



Wpływ dawki siarczanu glinuna przebieg koagulacji cząstek powodujących mętność wody
(Kowal i Świdorska-Bróz, 1996)

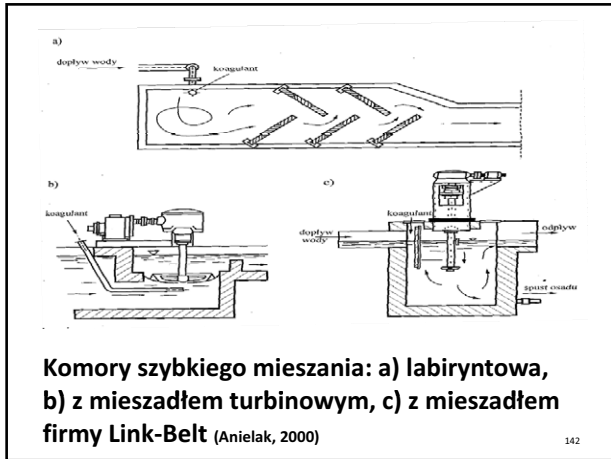
140

Urządzenia stosowane w procesie koagulacji:

- dawkowniki,
- komory szybkiego mieszania (labiryntowe, z różnego typu mieszadłami),
- komory wolnego mieszania,
- osadniki,
- urządzenia zespolone,
- filtry kontaktowe.

Do urządzeń zespolonych zalicza się akcelatory – urządzenia wielofunkcyjne składające się z komór szybkiego i wolnego mieszania oraz sedymentacji.

141



Adsorpcja – zagęszczanie substancji (adsorbentu) na powierzchni ciała stałego (adsorbentu) lub w objętości jego mikroporów, wskutek działania sił przyciągających. Wyróżnia się:

- adsorpcję jonowymienną (wymiana jonowa),
- adsorpcję fizyczną,
- adsorpcję chemiczną (chemisorpcję),
- adsorpcję sitową.

Rodzaje adsorbentów przemysłowych:

- węgiel aktywny (pow. właściwa=200-1400 m²/g),
- żele kwasy krzemowego (5-10 m²/g),
- aktywny tlenek glinu (100-200 m²/g),
- zeolity,
- naturalne skały ilaste (montmoryllonit, koalinit, illit).

143

Urządzenia do adsorpcji to adsorbery. Mogą one pracować :

- pojedynczo,
- w układach szeregowych, równoległych lub mieszanych.

Metody prowadzenia procesu adsorpcji:

- adsorpcja porcjowa, poprzez dozowanie adsorbentu do roztworu (jedno i wielostopniowa),
- adsorpcja ciągła (w adsorberach ze złożem nieruchomym albo fluidalnym).

144

Flotacja gazowa – wynoszenie zanieczyszczeń hydrofobowych ze ścieków do warstwy piany przez pęcherzyki gazu (powietrza).

Odczynniki flotacyjne:

- 1) speniacze (odczynniki pianotwórcze),
- 2) zbieracze (zwiększają hydrofobowość cz. stałych),
- 3) regulatory (czynniki modyfikujące)
 - aktywatory (zwiększają adsorpcję zbieracza),
 - depresory (zmniejszają adsorpcję zbieracza),
 - regulatory pH,
 - flokulanty (aglomeracja zanieczyszczeń stałych),
 - peptyzatory (dyspersja zanieczyszczeń stałych).

145

Czynniki wpływające na flotację

- 1) charakteryzujące powierzchnię flotowanych cząstek,
- 2) charakteryzujące męty flotacyjne (ścieki),
- 3) technologiczne,
- 4) techniczne.

Charakterystyka mętów flotacyjnych – zagęszczenie, pH, temperatura, wielkość, kształt, gęstość cząstek.

Czynniki technologiczne (warunki prowadzenia procesu) – odczynniki, czas kontaktu, ilość i wielkość pęcherzyków gazu.

Czynniki techniczne – konstrukcja flotownika (intensywność mieszania, sposób napowietrzania).

146

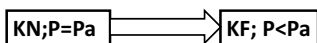
Podstawowe urządzenia:

Flotownik = Komora napowietrzania (KN) i komora flotacji (KF).

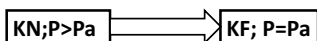
Sposoby flotacji

1) flotacja z mechaniczną dyspersją powietrza,

2) flotacja próżniowa



3) flotacja ciśnieniowa,



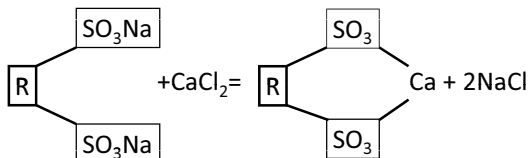
4) flotacja sprężonym powietrzem,

5) flotacja biologiczna (osadnik gnilny) i chemiczna.

147

Wymiana jonowa – jest to rodzaj adsorpcji, istotą której jest wymiana jonów adsorbenta (jonitu) na jony w oczyszczanym roztworze. Wyróżniamy anionity i kationity.

Usuwanie twardości:

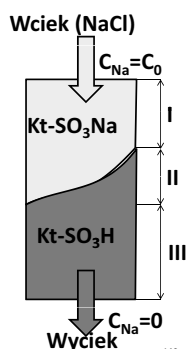


R – jednostka strukturalna jonitu,
 SO₃ – grupa jonowymienna (funkcyjna),
 Na – ruchomy jon (kation).

148

Wymiana jonów na jonicie w procesie kolumnowym (Anielak, 2000)

Wymiana jonów między roztworem NaCl i kationem z grupy sulfonowej w formie wodorowej –SO₃H. I – strefa jonitu wyczerpanego, II – strefa pracy, III – strefa jonitu zregenerowanego.



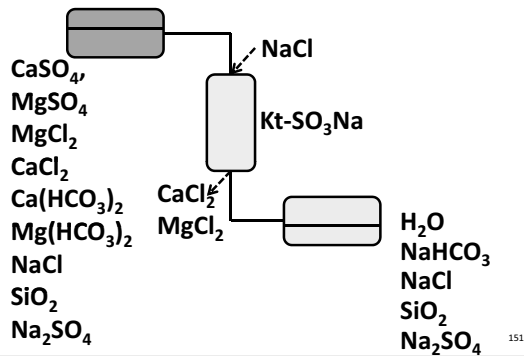
149

Klasyfikacja jonitów ze względu na rodzaj grup jonowymiennych:

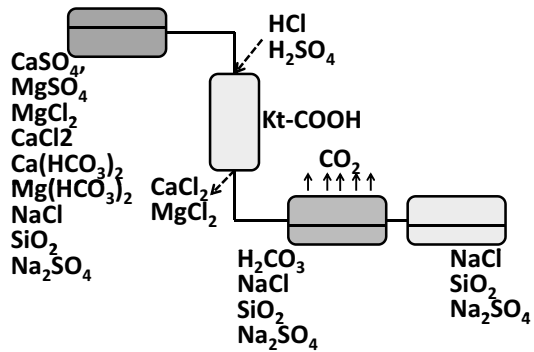
- 1) Kationity silnie kwasowe, z grupą jonowymienną sulfonową (SO₃⁻), w formie sodowej (SO₃Na) lub wodorowej (SO₃H) (dysocjują w całym zakresie pH),
- 2) Kationity słabo kwasowe, z grupą jonowymienną karboksylową (COO⁻), w formie sodowej (COONa) lub wodorowej (COOH) (dysocjują pH>7),
- 3) Anionity silnie zasadowe (tak jak silne zasady dysocjują w całym zakresie pH),
- 4) Anionity średnio zasadowe,
- 5) Anionity słabo zasadowe (dysocjują przy pH<7).

150

Zmiękczenie wody na kationie silnie kwasowym w formie sodowej (Anielak, 2000)



Dealkalizacja twardej wody na kationie słabo kwasowym w formie wodorowej (Anielak, 2000)



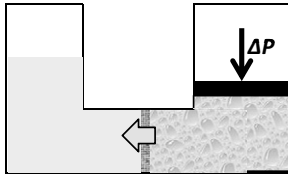
Procesy membranowe – rozdzielanie składników mieszaniny w wyniku jej przepływu przez warstwę porowatą, czyli membranę. Wyróżnia się następujące ciśnieniowe procesy membranowe:

- 1) Odwróconą osmozę (RO) ($\Delta P=1 - 20$ MPa),
- 2) Nanofiltrację, ($\Delta P=0,5 - 2$ MPa),
- 3) Ultrafiltrację (UF), ($\Delta P=0,2 - 1$ MPa),
- 4) Mikrofiltrację (MF),

Proces membranowy bezciśnieniowy:

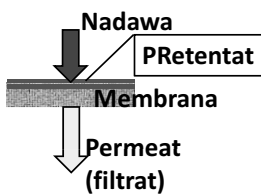
- 1) Elektrodializę (ED) (membrana jonoselektywna – anionowa lub kationowa).

Odwrócona osmoza (RO)

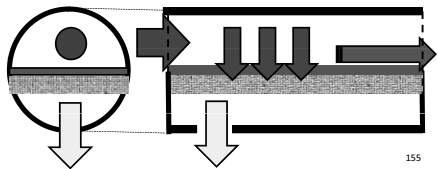


154

Wyróżnia się: ultrafiltrację statyczną

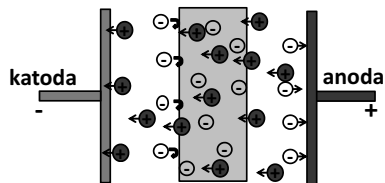


i ultrafiltrację dynamiczną

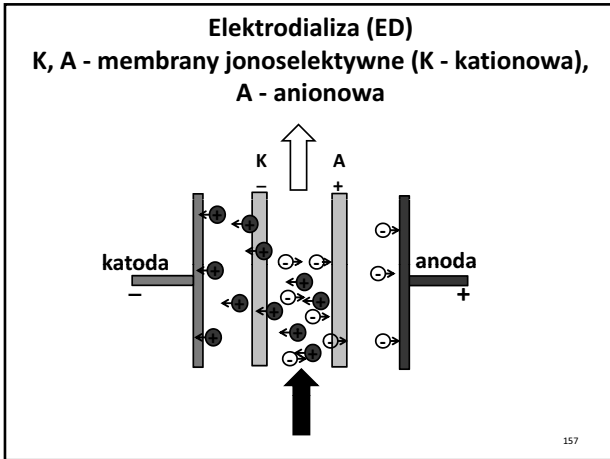


155

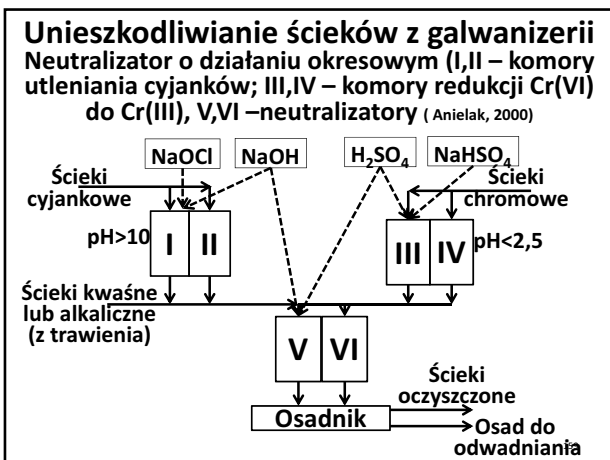
Elektrodializa (ED)
membrana jonoselektywna (kationowa)

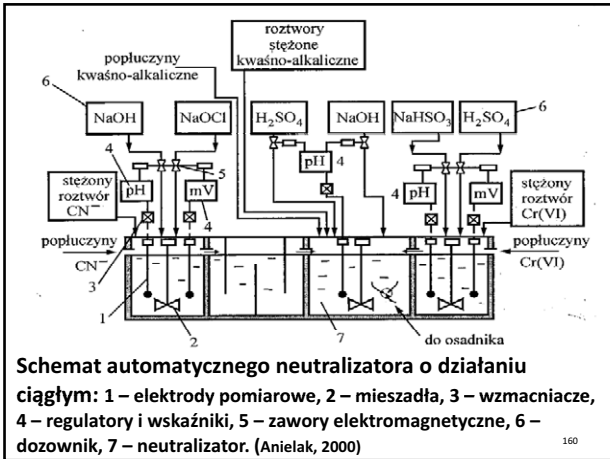


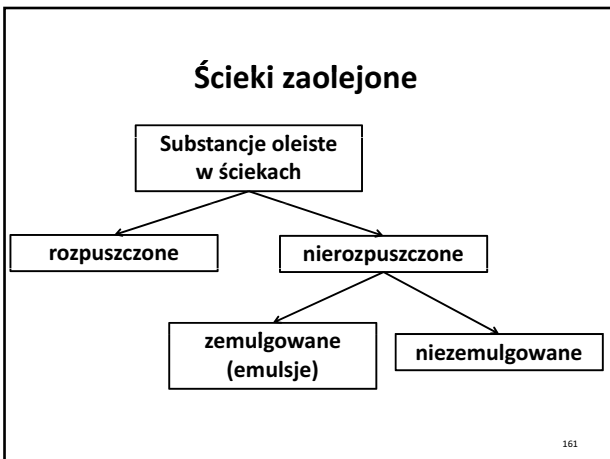
156



- Ścieki z galwanizacji**
- Ścieki potrawienne**
- 1) zużyte kąpiele trawienne (kwaśne stężone ścieki),
 - 2) wody popłuczne po kąpielach trawiennych (kwaśne niskostężone ścieki),
- Ścieki pogalwaniczne**
- 3) zużyte kąpiele galwaniczne
 - ścieki cyjankowe, zawierające cyjanki proste (sole cyjanowodoru HCN), kompleksowe, jony metali (cynk, miedź, kadm),
 - ścieki chromowe (zawierające Cr(VI))
 - 4) wody popłuczne po kąpielach pogalwanicznych (ścieki kwaśno-alkaliczne)
- 158







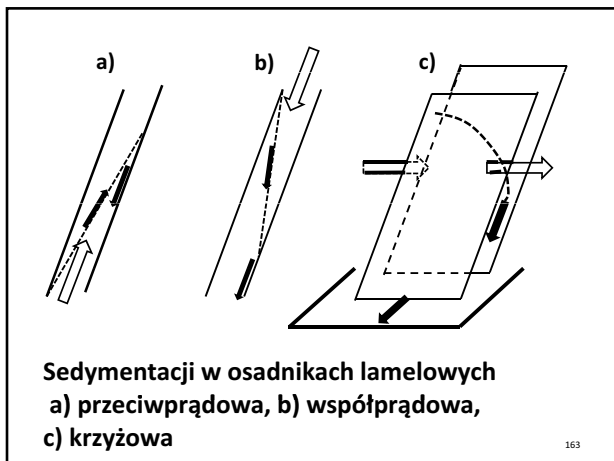
Metody odolejania

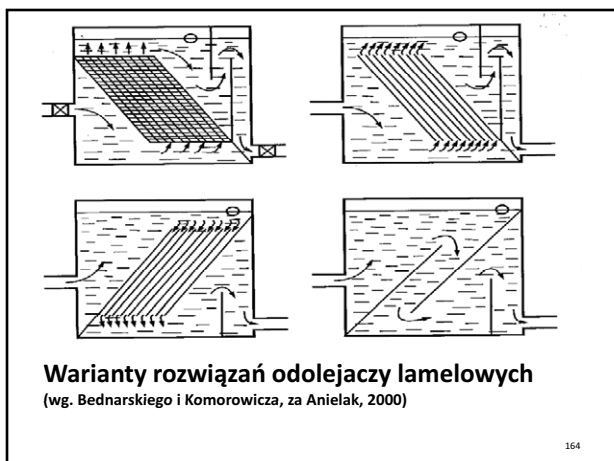
Substancje niezemulgowane

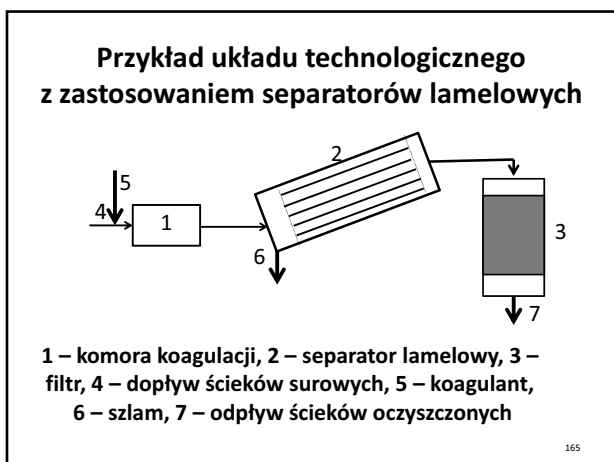
- 1) rozdzielanie grawitacyjne - sedymentacja i wypływanie (flotacja), separatory, separatory lamelowe (wielostrumieniowe), separatory koalescencyjne,

Substancje zemulgowane

- 2) destabilizacja emulsji (chemiczna, fizykochemiczna i biochemiczna),
- 3) wirowanie (wirówki, hydrocyklony)
- 4) filtracja,
- 5) sorpcja (na materiałach hydrofobowych i hydrofilnych np. słoма, pianka poliuretanowa),
- 6) metody membranowe.







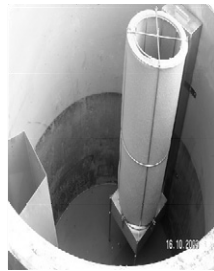
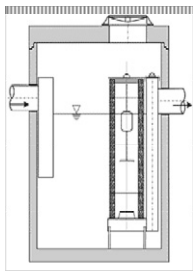
Koalescencja

Proces polegający na łączeniu się cząstek fazy rozproszonej (kropel cieczy lub pęcherzyków gazu) w większe cząstki.

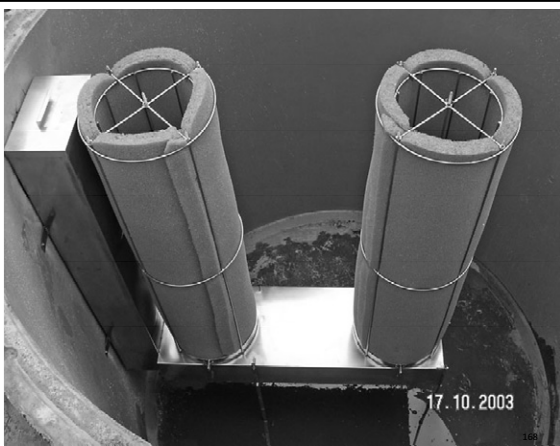
W wyniku koalescencji w chmurach powstaje deszcz

166

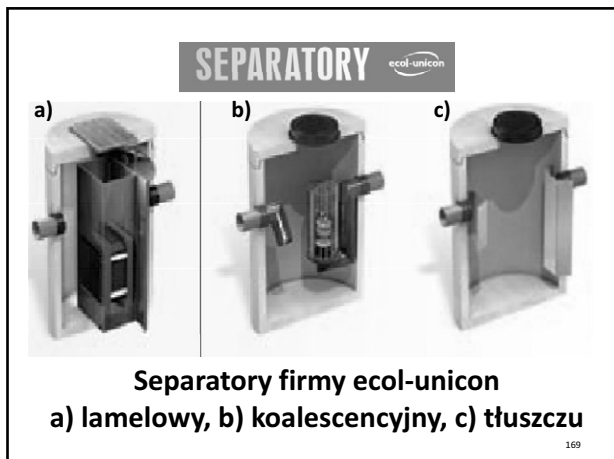
Separatory koalescencyjne substancji ropopochodnych
ECO I NG 1,5 ... 15
firmy ECOLOGIC

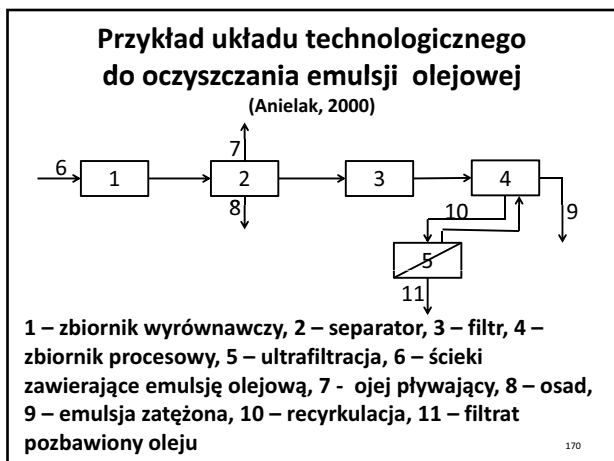


167



168





**Metody fizykochemiczne
oczyszczania ścieków
komunalnych**

koagulacja;
adsorpcja;
wymiana jonowa.

171

Oczyszczanie w procesie koagulacji

W zależności od miejsca dozowania reagentów w oczyszczalniach mechaniczno-biologicznych wyróżnia się koagulację:

- 1) wstępną (przed osadnikiem wstępnym),
- 2) symultaniczną (przed stopniem biologicznym lub przed osadnikiem wtórnym),
- 3) końcową (przed końcowym osadnikiem),
- 4) wielopunktową.

Na oczyszczalniach mechanicznych reagenty stosuje się przed osadnikiem .

172

Oczyszczanie w procesie adsorpcji i wymiany jonowej

Udane próby przy usuwaniu jonów NH_4^+ na zeolitach

173

**TECHNOLOGIE OCHRONY
POWIETRZA
ATMOSFERYCZNEGO
(OCZYSZCZANIE GAZÓW)**

174

Zanieczyszczenia atmosfery i ich źródła

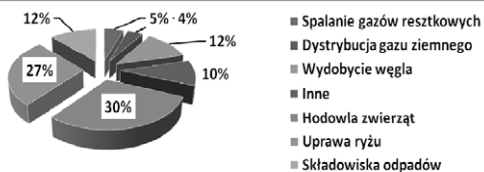
175

Najważniejsze zanieczyszczenia atmosfery:

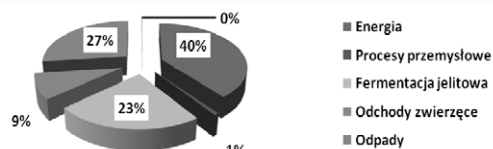
- Pyły;
- SO₂, NO_x, CO₂, CO, CH₄, H₂S;
- Fluor, chlor i ich związki (F₂, HF, SiF₄, H₂SiF₆, NaF; Cl₂, HCl; chloroorganiczne – chlorek winylu, chlorobenzen, dichloroetan, dioksyny, furany);
- Lotne związki organiczne (LZO);
- Pary (opary) i związki lotne rtęci;
- Odoranty.

176

a)

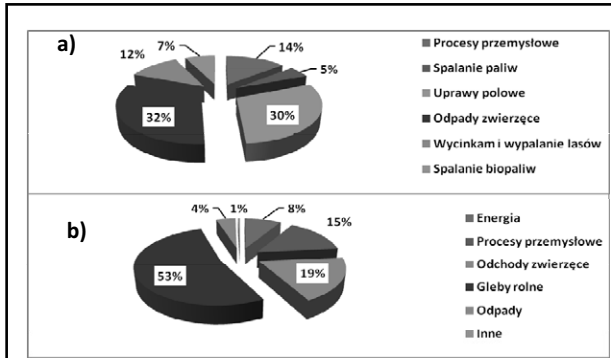


b)



Udział poszczególnych źródeł antropogenicznych w globalnej emisji metanu do atmosfery. a) świat, b) Polska (Z Polski łączna masa 1,8 mln Mg) (GUS, dane za 2006r.)

177



Udział poszczególnych źródeł antropogenicznych w globalnej emisji podtlenku azotu do atmosfery. a) świat, b) Polska (z Polski łącznie 0,1 mln Mg) (GUS, dane za 2006r.)¹⁷⁸

Warunki jakie muszą spełniać oczyszczone gazy odlotowe

Definicje

Nateżenie przepływu objętości gazów odlotowych
 m^3_u/h
 m^3 gazu odlotowego suchego (zawartość pary wodnej nie większa niż 5 g/kg gazów odlotowych) na godzinę, odniesione do warunków umownych tj. temperatury 273 K i ciśnienia 101,3 kPa.

Stężenie substancji w gazach odlotowych
 mg/m^3_u
 mg substancji w gazach odlotowych na m^3 gazu, w odniesieniu do warunków umownych

Definicje (c.d.)

Stężenie substancji w gazach odlotowych przy standardowej zawartości tlenu

mg/m^3_u

$$E_1 = E_2 \frac{21 - O_1}{21 - O_2}$$

- E_1 – stężenie substancji przy standardowej zawartości tlenu
- E_2 – pomierzone lub obliczone stężenie substancji w gazie,
- O_1 – standardowa zawartość tlenu, %,
- O_2 – pomierzona albo obliczona zawartość tlenu w gazie, %

181

Standardy emisyjne

mg/m^3_u przy zawartości O_1 tlenu

$O_1 = 6\%$ przy spalaniu węgla kamiennego, brunatnego, koksu, biomasy

$O_1 = 3\%$ przy spalaniu paliw ciekłych i gazowych,

$O_1 = 11\%$ w instalacjach przy spalaniu odpadów

182

Pomiary emisji

ciągłe

okresowe

Standardy emisyjne toksycznych substancji chemicznych w instalacjach spalania odpadów:

- średniodobowe,
- jednorazowe trzydziestominutowe

183

Standardy emisyjne z instalacji spalania odpadów (przykład)

Nazwa substancji	Standard , w mg/m ³ _u		
	Śr. dob.	Średnia 30 min	
		A (100% przypadków)	B (97% przypadków)
Pył ogółem	10	30	10
Ditlenek siarki	50	200	50
Tlenek węgla	50	100	150
Chlorowodór	10	60	10

184

- Dopuszczalne stężenia niektórych substancji zanieczyszczających powietrze (w µg/m³),
- Dopuszczalne opady substancji zanieczyszczających powietrze (w g albo mg/m² ·rok),
- Dopuszczalne do wprowadzania do powietrza ilości dwutlenku siarki, dwutlenku azotu i pyłu powstające w procesie energetycznego spalania paliw, w g/GJ.

185

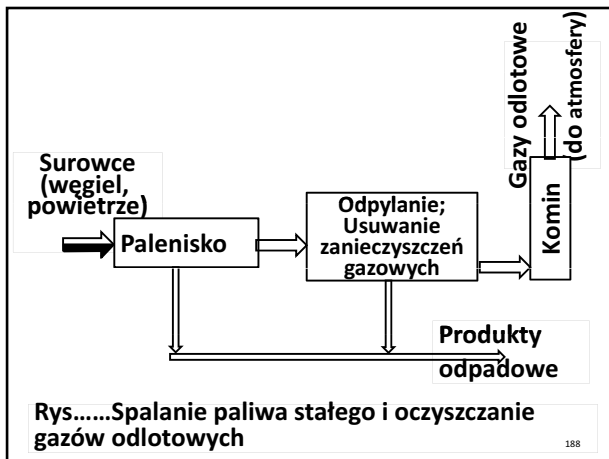
Dopuszczalne stężenia niektórych substancji zanieczyszczających powietrze (przykład)

Związek chemiczny	Stężenie dopuszczalne D , w µg/m ³		
	D ₃₀	D ₂₄	Średnio roczne
Dwutlenek siarki	440,0	150,0	32,0
Kwas siarkowy(VI)	200,0	100,0	16,0
Chlor	100,0	30,0	4,3
Amoniak	400,0	200,0	51,0
Pył zawieszony	-	120,0	50,0

186

Procesy jednostkowe w oczyszczaniu powietrza

187



Rys.....Spalanie paliwa stałego i oczyszczanie gazów odlotowych

188

Odpylanie gazów (usuwanie z gazu cząstek aerozolowych – stałych w odpylaczach lub ciekłych w odkraplaczach)

189

Rodzaje odpylaczy

- 1. Odpylacze suche**
- 2. Odpylacze mokre**

190

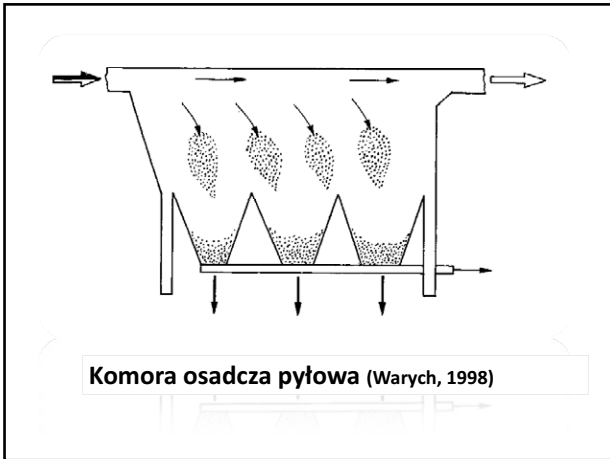
Odpylacze suche

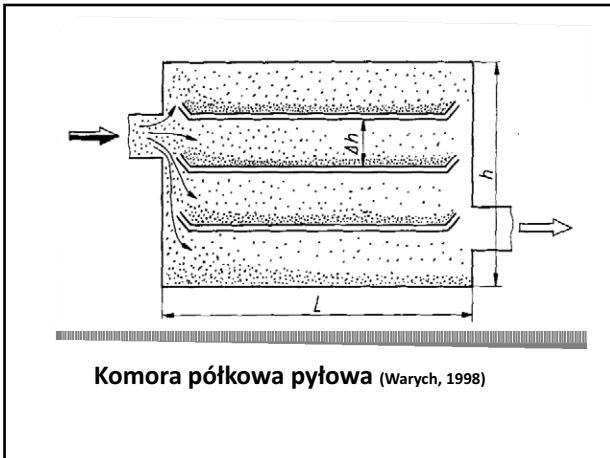
191

Rodzaje odpylaczy suchych

- Odpylacze grawitacyjne
 - Komory osadcze
 - Komory osadcze pyłowe
 - Komory osadcze półkowe
- Odpylacze uderzeniowo-inercyjne
 - Urządzenia z przegrodami, w tym żaluzyjne
- Odpylacze odśrodkowe
 - Cyklony, multicyklony i baterie cyklonów
 - Odpylacze wirowe przeciwbieżne
- Odpylacze filtracyjne
 - Filtry tkaninowe (*jednowarstwowe, wielowarstwowe*)
 - Filtry ziarniste (*warstwy nieruchome, ruchome, złoża fluidalne*);
 - Elektrofiltry.

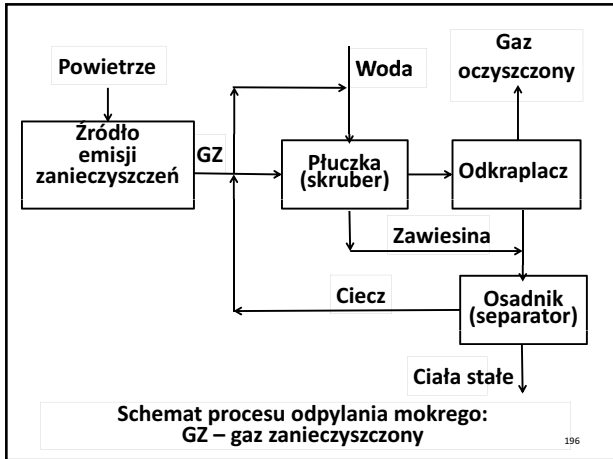
192





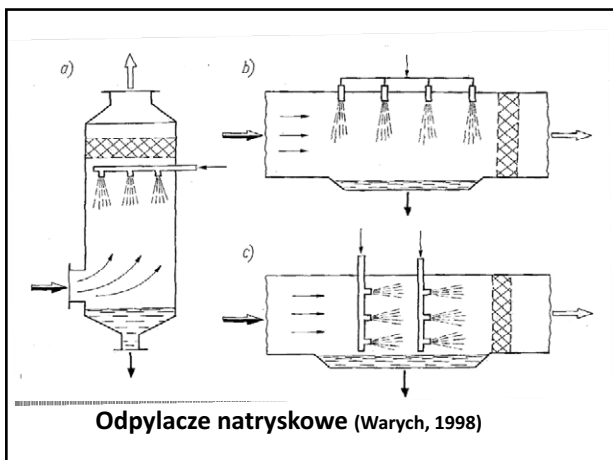
**Odpylacze mokre
(płuczki, skrubery)**

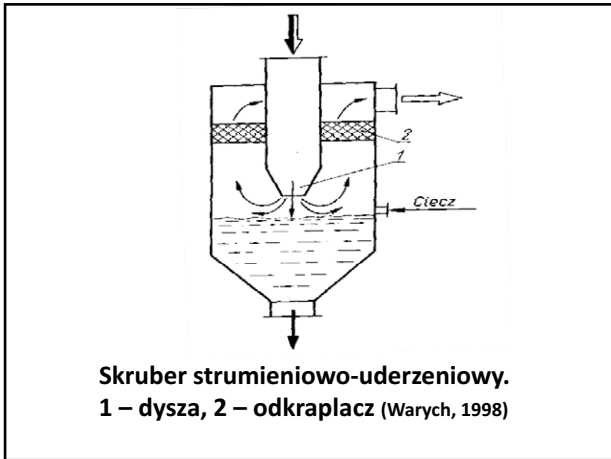
195

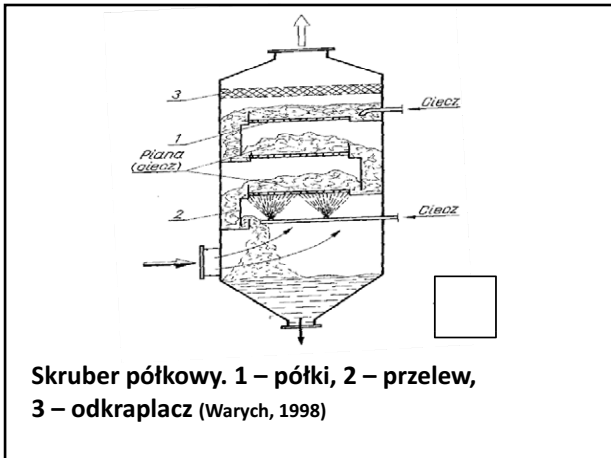


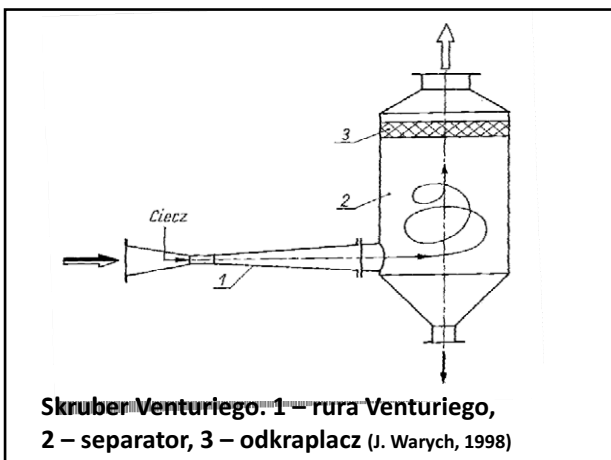
Rodzaje odpylaczy mokrych

- Odpylacze natryskowe z przepływem: przeciwpłdowym, krzyżowym, współpłdowym;
- Odpylacze odśrodkowe (wirnikowe, cyklony);
- Odpylacze uderzeniowo-inercyjne;
- Odpylacze mechaniczne;
- Odpylacze półkowo barbotażowo-pianowe;
- Odpylacze z wypełnieniem;
- Odpylacze Venturiego.









Rodzaje odkraplaczy

- Odkraplacze cyklonowe;
- Odkraplacze wirowe;
- Odkraplacze żaluzyjne;
- Odkraplacze lamelowe;
- Odkraplacze siatkowe.

202

Procesy podstawowe oczyszczania gazów z zanieczyszczeń gazowych

- Absorpcja;
- Adsorpcja;
- Procesy spalania bezpośredniego;
 - Kondensacja (skraplanie).

203

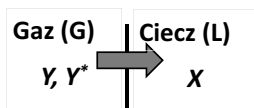
Absorpcja

Pochłanianie gazu przez ciecz. Polega to na rozpuszczaniu danego gazu (absorbentu) w całej masie cieczy (w absorbencie).

Dyfuzyjne przenoszenie cząsteczek gazu z fazy, w której jego stężenie jest większe od stężenia równowagowego, do fazy, w której jego stężenie jest mniejsze od stężenia równowagowego.

Absorbpcja przebiega w urządzeniach zwanych absorberami.

204



Dyfuzja składnika z gazu G do cieczy L.
 Y - stężenie składnika w gazie, Y^* - stężenie równowagowe składnika w gazie, X - stężenie składnika w cieczy. $\Delta Y = Y - Y^*$ - siła napędowa dyfuzji.

Stężenie równowagowe Y^* - takie stężenie Y składnika w gazie, odpowiadające stężeniu X składnika w cieczy, przy którym dyfuzja ustaje.

205

Masa dyfuzji składnika z fazy gazowej do fazy ciekłej:

$$m = k_y \cdot S_m \cdot \tau \cdot \Delta Y$$

gdzie:

k_y - współczynnik przenikania masy,

S_m - pole powierzchni międzyfazowej - styku między fazami,

τ - czas,

ΔY - różnica stężeń ($\Delta Y = Y - Y^*$).

Rozpuszczalność gazów w cieczach zależy od temperatury i ciśnienia. Maleje wraz ze wzrostem temperatury i wzrasta wraz ze wzrostem ciśnienia.

206

Rodzaje absorpcji i absorberów

- 1) Absorbpcja fizyczna
- 2) Absorbpcja z reakcją chemiczną

Absorbpcja w układzie dwufazowym: gaz-ciecz

- Absorbery natryskowe
- Absorbery półkowe
- Absorbery rurowe
- Aparaty barbotażowe
- Absorbery Venturiego

Absorbpcja w układzie trójfazowym: gaz-ciecz-ciało stałe

- Absorbery z wypełnieniem (nieruchomym, ruchomym)

207

Adsorpcja

Wydzielanie i zatrzymywanie składników płynu (ciecz, gaz) na powierzchni zewnętrznej i wewnętrznej (w porach) ciała stałego zwanego adsorbentem

208

Adsorpcje prowadzi się w adsorberach. Są to:
Adsorbery z nieruchomą warstwą adsorbentu:
poziome,
 pionowe,
 z warstwą pierścieniową.
Adsorbery z warstwą ruchomą (z przesypanym adsorbentem).
Adsorbery fluidyzacyjne.

209

Zdolność do oczyszczania gazów metodą absorpcji i adsorpcji maleje wraz ze wzrostem temperatury, zapylenia gazów i gdy gazy są mieszaniną różnych substancji o różnym składzie.

Na te uwarunkowania nie są czułe metody oczyszczania gazów poprzez spalanie.

210

Spalanie

Poprzez spalanie usuwa się z gazów:

- węglowodory;
- pary rozpuszczalników o przykrym zapachu;
- substancje toksyczne: H₂S, HCN, CO;
- organiczne aerozolowe cząstki stałe, dymy, mgły, krople.

211

Proces spalania gazu następuje gdy:

- jest obecny utleniacz, np. tlen, powietrze,
- zostanie przekroczona temperatura zapłonu gazu,
- stężenie spalanego gazu zawiera się między dolną i górną granicą zapłonu (wybuchowości).

Temperatura zapłonu to najniższa temperatura w której reakcja utleniania sama się podtrzymuje i zwiększa swą szybkość.

**SPALANIE =
GAZ PALNY+TEMPERATURA+UTLENIACZ**

212

Charakter spalania (w zależności od sposobu w jaki zmieszane zostały substraty, tj. spalany gaz i utleniacz

- spalanie dyfuzyjne (gdy brak wstępnego wymieszania substratów),
- spalanie kinetyczne (spalanie homogenicznej mieszaniny substratów),
- spalanie kinetyczno-dyfuzyjne lub mieszane (paliwo wymieszane z niedomiarem powietrza).

W pomieszczeniu zamkniętym spalanie kinetyczne przyjmuje postać wybuchu, a w przestrzeni otwartej pali się płomieniowo.

213

Rodzaje zapłonów i sposoby ich wywołania

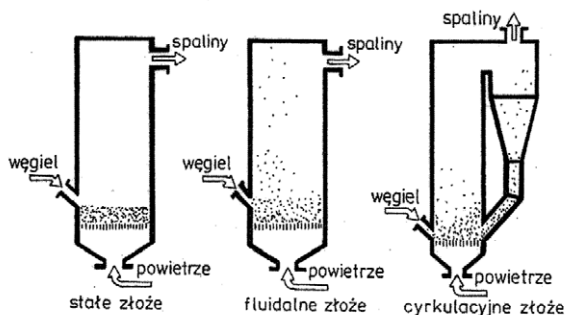
- SAMOZAPŁON:
 - poprzez równomierne podgrzewanie całej objętości mieszaniny w sposób przeponowy,
 - przez adiabatyczne (bez wymiany ciepła z otoczeniem) sprężanie (silniki wysokoprężne).
- ZAPŁON WYMUSZONY:
 - poprzez miejscowe ogrzanie mieszaniny ciałem o wysokiej temperaturze (silniki gaźnikowe).

214

Wyróżnia się następujące rodzaje spalania gazów zawierających domieszki palne (organiczne)

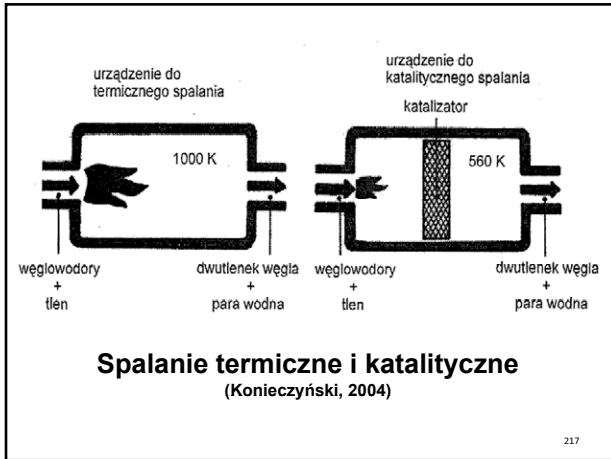
- Przy wysokiej temperaturze
 - we froncie płomienia – płomieniowe (spalanie dyfuzyjne)
 - ✓ bezpośrednie (przy dużym stężeniu zanieczyszczenia) (1500K)
 - ✓ termiczne (przy użyciu dodatkowego paliwa) (870 – 1300K)
 - w całej objętości – bezpłomieniowo (spalanie kinetyczne)
 - Przy niższej temperaturze
 - na powierzchni katalizatora – katalityczne (550–800K)
- Urządzenia do termicznego spalania to komora spalania, palnik i wymienniki ciepła.

215



Paleniska ze złożem stałym, fluidalnym i cyrkulacyjnym (Koniecznyński, 2004)

216



Kondensacja
(skraplanie)

Kondensacja, czyli skraplanie gazów jest związana z przenikaniem ciepła od oczyszczanego gazu do czynnika chłodzącego, w wyniku czego następuje obniżenie temperatury gazu, a następnie kondensacja odpowiednich jego składników – zanieczyszczeń.

218

Wyróżnia się kondensację:

- **bezprzeponową** (ciecz chłodząca kontaktuje się bezpośrednio z usuwanym składnikiem w skrubkach natryskowych lub półkowych)
- **przeponową** (ciecz chłodząca kontaktuje się poprzez przegrodę – przepone, wymiennik ciepła - z usuwanym składnikiem gazu)

219

**Oczyszczanie gazów
z zanieczyszczeń gazowych**

220

Odsiarczanie

Siarkę można usuwać na etapie przygotowywania paliwa do spalania, podczas spalania lub ze spalin odlotowych.

221

Odsiarczanie paliw

Paliwa ciekłe i gazowe są odsiarczane (H_2S) na skalę przemysłową (rafinacja)

Siarka występuje w węglu w postaci pirytu (FeS_2), którego gęstość wynosi 5 g/cm^3 (inne minerały – $1,8 - 2,2 \text{ g/cm}^3$), innych związków mineralnych i w organicznych związkach z węglem.

Piryt można usuwać metodami fizycznymi (flotacja, wirowanie), a siarkę organiczną metodami chemicznymi (utlenianie) i biologicznymi (mikroorganizmy). Problem to koszty.

222

Odsiarczanie w procesie spalania

Spalanie węgla może odbywać się w warstwie (na ruszcie) lub w zawiesinie pyłu (warstwie fluidalnej). Do kotłów pyłowych iniekuje (iniekcja) się sorbenty złożone z wapienia i dolomitu ($\text{CaO}+\text{MgO}$), które częściowo wiążą siarkę. Są to jeszcze tylko próby.

223

Odsiarczanie gazów odlotowych

Metody odsiarczania gazów odlotowych dzieli się na:

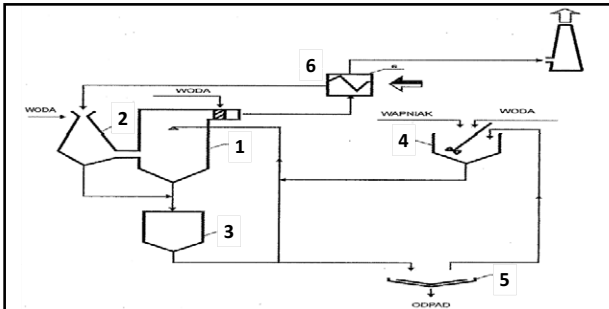
- odpadowe i regeneracyjne lub
- mokre oraz suche i półsuche.

224

Metody mokre odsiarczania gazów (Warych, 1998):

- wapniowo-wapienna (sorpacja),
- magnezowa bezodpadowa (powstający produkt $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ jest nawozem),
- podwójna-alkaliczna,
- magnezowa, regeneracyjna,
- amoniakalna.

225



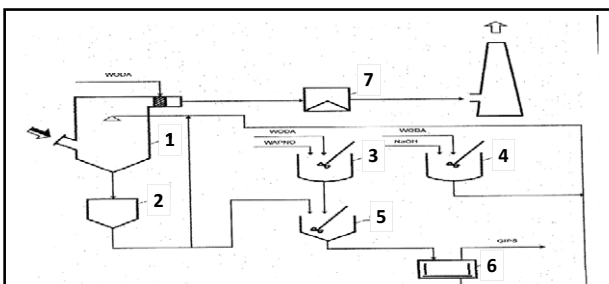
Schemat instalacji odsiarczania spalin metodą wapieniową, odpadową: 1 – absorber, 2 – skrubler wstępny, 3- zbiornik cyrkulacyjny, 4 – zbiornik zawiesiny wapieniowej, 5 – osadnik, 6 – wymiennik ciepła (Koniecznyński, 2004)

226

Metody suche i półsuche odsiarczania gazów:

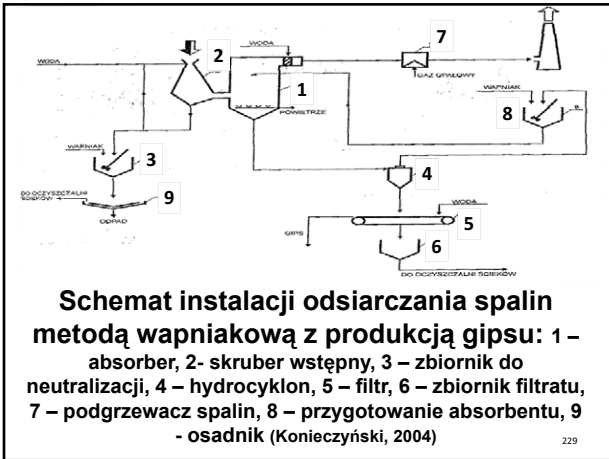
- sorpcja SO_2 na sorbentach stałych,
- iniekcja sorbentu SO_2 do strumienia gazu,
- odsiarczanie w procesie suszenia rozpyłowego,
- odsiarczanie w złożu fluidalnym.

227



Schemat instalacji odsiarczania spalin metodą dwuakaliczną: 1 – absorber, 2- zbiornik cyrkulacyjny, 3 – zbiornik mleka wapiennego, 4 – zbiornik roztworu NaOH, 5 – reaktor, 6 – wirówka, 7 – podgrzewacz spalin (Koniecznyński, 2004)

228



Usuwanie tlenków azotu NO_x

NO_x powstają z utleniania N₂ z powietrza w wysokiej temperaturze spalania i z konwersji azotu chemicznie związanego w paliwie do NO_x.

Nawet przy małych – nieszkodliwych stężeniach NO_x gazy odlotowe są koloru pomarańczowo-brązowego (Zakłady azotowe we Włocławku).

Ograniczanie emisji NO_x do atmosfery prowadzi się w procesie spalania oraz poprzez usuwanie NO_x z gazów odlotowych.

230

Ograniczanie emisji NO_x w procesie spalania

Emisję NO_x można ograniczać poprzez:

- obniżenie temperatury spalania (w wysokich temperaturach stężenie NO_x rośnie),
- zmniejszenie stosunku ilości powietrza do paliwa w strefie spalania (nadmiar powietrza to wzrost stężenia NO_x),
- wzrost stopnia wymieszania paliwa, powietrza i produktów spalania.

Emisję NO_x można ograniczać także poprzez iniekcję NH₃ do komory spalania.

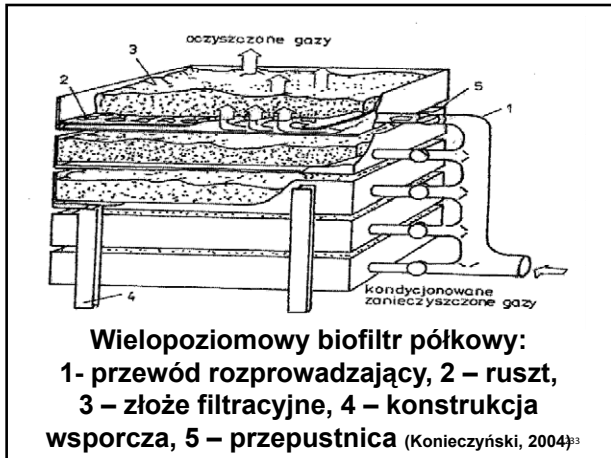
231

Usuwanie NO_x z gazów odlotowych

Metody:

- redukcja NO_x do N₂ w obecności katalizatorów (platyna, tlenki żelaza, wanadu, tytanu) z wykorzystaniem NH₃.
- utlenianie NO_x do NO₂ i absorpcja NO₂ w wodzie lub roztworach

232



Wielopoziomowy biofiltr półkowy:

- 1- przewód rozprowadzający, 2 – ruszt,
- 3 – złożo filtracyjne, 4 – konstrukcja wsporcza, 5 – przepustnica (Koniecznyński, 2004)³³

GOSPODARKA ODPADAMI

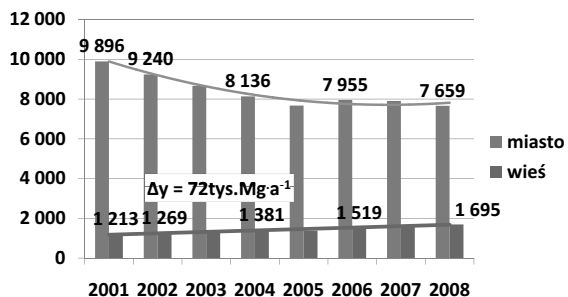
Odpady komunalne



235

Zakłada się, że w 2020 roku w krajach UE ok. 30% odpadów będzie poddawanych recyklingowi, ok. 30% będzie spalanych, maksimum 20% będzie kompostowanych i maksimum 20% będzie składowanych.

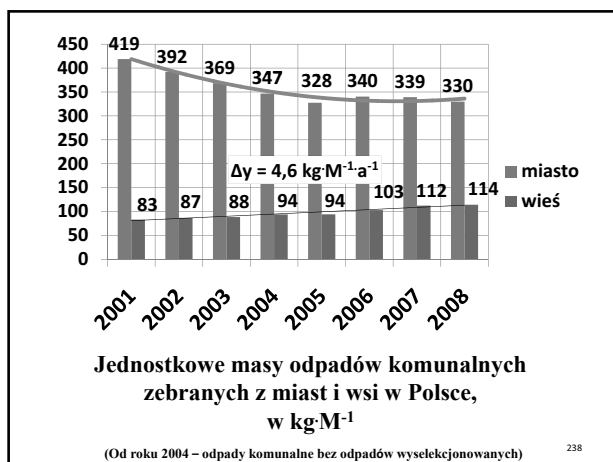
236

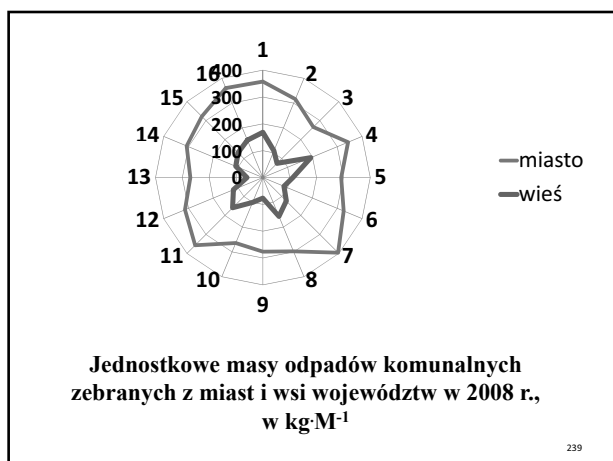


Masy odpadów komunalnych zebranych z miast i wsi w Polsce, w tys. Mg

(Od roku 2004 – odpady komunalne bez odpadów wyselekcjonowanych)

237

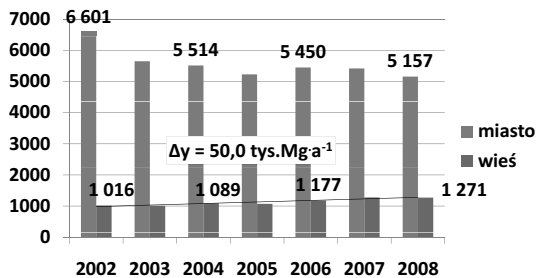




Kolejność	Nazwa i nr województwa	Masa odp.	Kolejność	Nazwa i nr województwa	Masa odp.
1	Lubuskie (4)	193,2	9	Łódzkie (5)	111,6
2	Dolnośląskie (1)	168,3	10	Warm-mazur.(14)	109,2
3	Pomorskie (11)	159,3	11	Kujawsko-pom. (2)	107,6
4	Opolskie (8)	156,7	12	Podlaskie (10)	100,5
5	Zachodniopo.(16)	150,5	13	Małopolskie (6)	85,3
6	Wielkopolskie.(15)	130,7	14	Podkarpackie (9)	77,0
7	Mazowieckie (7)	123,6	15	Lubelskie (3)	74,8
8	Śląskie (12)	118,8	16	Świętokrzyskie(13)	59,3

Odpady z gospodarstw domowych

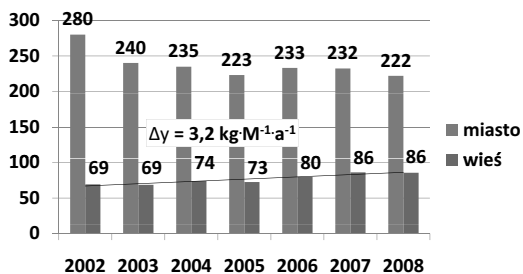
241



Masy odpadów zebranych z gospodarstw domowych miast i wsi w Polsce, w tys. Mg

(Od roku 2004 – odpady komunalne bez odpadów wyselekcjonowanych)

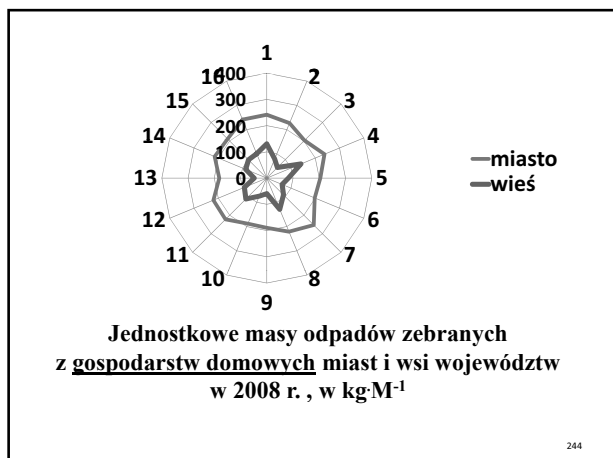
242



Jednostkowe masy odpadów zebranych z gospodarstw domowych miast i wsi w Polsce, w kg·M⁻¹

(Od roku 2004 – odpady komunalne bez odpadów wyselekcjonowanych)

243

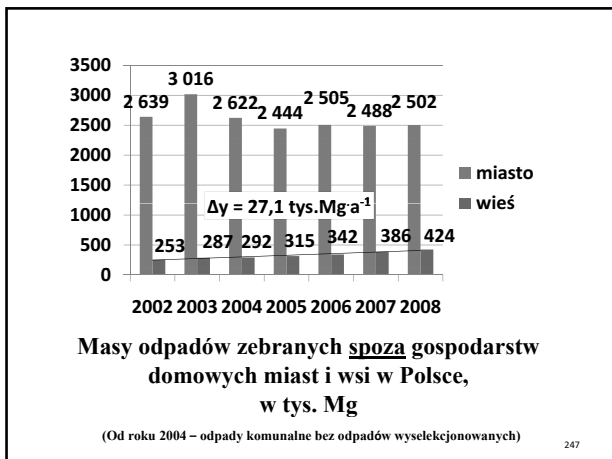


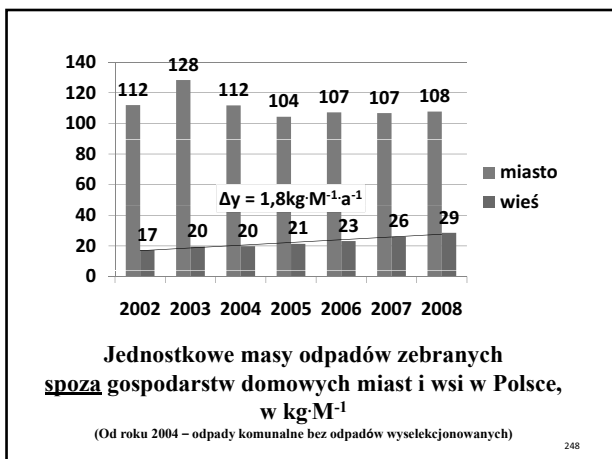
Kolejność województw wg masy odpadów z gospodarstw domowych zebranych na wsi w 2008r., (masa odpadów w kg·M⁻¹)

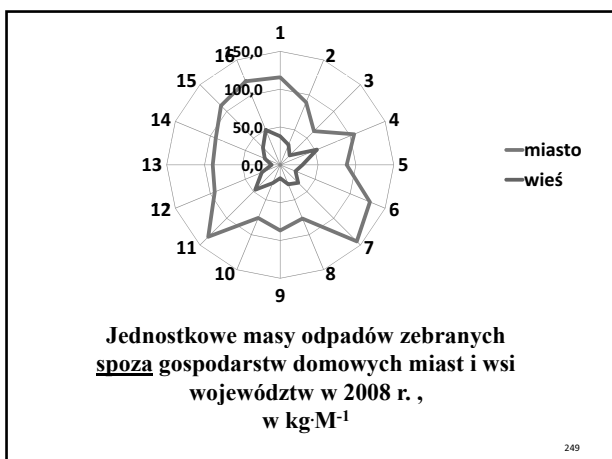
	Nazwa i nr województwa	Masa odp.	Kolejność	Nazwa i nr województwa	Masa odp.
1	Lubuskie (4)	140,7	9	Warmińsko-maz(14)	87,0
2	Dolnośląskie (1)	130,5	10	Łódzkie (5)	82,2
3	Opolskie (8)	128,8	11	Kujawsko-pom.(2)	78,9
4	Pomorskie (11)	112,7	12	Podlaskie (10)	74,4
5	Zachodniopom(16)	100,6	13	Małopolskie (6)	63,5
6	Wielkopolskie (15)	98,5	14	Podkarpackie (9)	59,4
7	Śląskie (17)	92,4	15	Lubelskie (3)	57,1
8	Mazowieckie (7)	90,1	16	Świętokrzyskie(13)	48,0

Odpady spoza gospodarstw domowych

246







Kolejność województw wg masy odpadów spoza gospodarstw domowych zebranych na wsi w 2008r., (masa odpadów w $\text{kg}\cdot\text{M}^{-1}$)

Kolejność	Woj. i numer	Masa	Kolejność	Województwo i nr	Masa
1	Lubuskie(3)	52,5	9	Opolskie(8)	27,9
2	Zachodniopom(16)	49,9	10	Śląskie(12)	26,4
3	Pomorskie(11)	46,6	11	Podlaskie(10)	26,2
4	Dolnośląskie(1)	37,8	12	Warm.-mazurskie(14)	22,2
5	Mazowieckie(7)	33,5	13	Małopolskie(6)	21,8
6	Wielkopolskie(15)	32,2	14	Podkarpackie(9)	17,7
7	Łódzkie(5)	29,4	15	Lubelskie(3)	17,7
8	Kuj.-pom.(2)	28,7	16	Świętokrzyskie(13)	11,3

Masa odpadów komunalnych zbieranych ze wsi w 2008 r. (w nawiasach podano dane o odpadach miejskich)

Wyszczególnienie	Całkowita tys. Mg	Jednostkowa $\text{kg}\cdot\text{M}^{-1}$
Odpady komunalne, w tym:	1695	114 (330)
odpady z gospodarstw domowych	1271	85 (222)
odpady spoza gospodarstw domowych	424	29 (108)

251

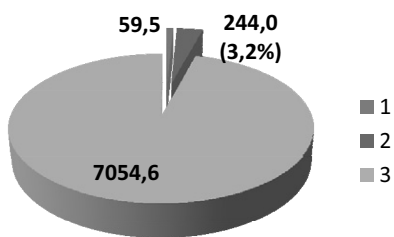
Średni z lat 2002 - 2008 przyrost masy zbieranych odpadów ze wsi

Wyszczególnienie	Całkowity $\text{tys}\cdot\text{Mg}\cdot\text{a}^{-1}$	Jednostkowy $\text{kg}\cdot\text{M}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$
Odpady komunalne, w tym:	72,0	4,6
odpady z gospodarstw domowych	50,0	3,2
odpady spoza gospodarstw domowych	27,1	1,8

252

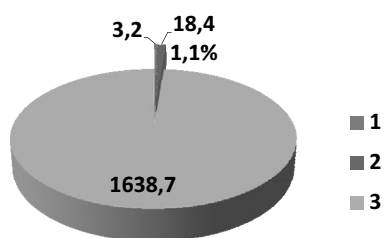
Unieszkodliwianie odpadów

253



**Masa odpadów komunalnych z miast w 2008 r.,
wg rodzajów ich unieszkodliwiania
w tys. Mg**

1- termicznie (spalarnie), 2 – biologicznie (kompostowanie)
3 – poprzez deponowanie na składowiskach odpadów



**Masa odpadów komunalnych ze wsi w 2008 r.,
wg rodzajów ich unieszkodliwiania,
w tys. Mg**

1- termicznie (spalarnie), 2 – biologicznie (kompostowanie),
3 – deponowanie na składowiskach odpadów

255

Składowanie odpadów

256

Kontrolowane czynne składowiska odpadów
m. - miasto, w. - wieś

Lata		2004	2005	2006	2007	2008
Liczba	m.	220	219	202	174	172
	w.	829	806	806	755	707
Powierzchnia w ha	m.	964	1006	944	841	829
	w.	2421	2353	2365	2244	2171
w tym pow. zamknięta w ha	m.	8,7	9,2	25,6	7,9	16,1
	w.	26,4	16,6	41,5	20,4	49,5

W 2008 r. średnia powierzchnia składowiska:
miasto - 5 ha, wieś 3 ha

257

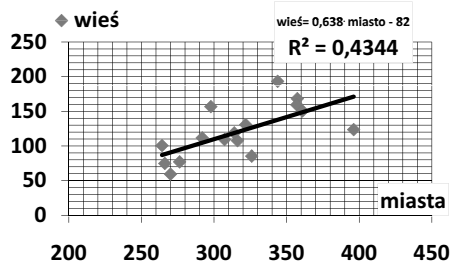
Liczba dzikich wysypisk odpadów
m. - miasto, w. - wieś

Lata		2004	2005	2006	2007
istniejących	m.	1335	792	673	838
	w.	2031	1791	1836	1990
zlikwidowanych	m.	3200	3586	4986	5940
	w.	1347	1396	1123	1251

258

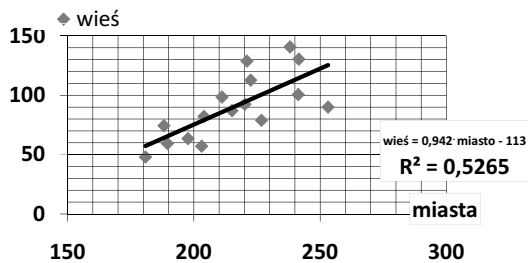
Współzależności

259



Współzależność między masą odpadów zebranych z miast i masą odpadów zebranych ze wsi w województwie w 2008 r. , w $\text{kg} \cdot \text{M}^{-1}$

260



Współzależność między masą odpadów z gospodarstw domowych zebranych z miast i masą odpadów zebranych ze wsi w województwie w 2008 r. , w $\text{kg} \cdot \text{M}^{-1}$

261

- 1) Roczna masa zbieranych miejskich odpadów komunalnych już nie zmniejsza się, natomiast powoli (72 tys. ton/rok) rośnie masa zbieranych wiejskich odpadów komunalnych.
- 2) Roczna masa zbieranych odpadów komunalnych wynosi:
 - z miast: 7,7 mln ton, tj. 330 kg/M,
 - ze wsi : 1,7 mln ton, tj. 110 kg/M.
- 3) W przeliczeniu na mieszkańca, z miast zbiera się 3 razy więcej odpadów komunalnych niż ze wsi, a z gospodarstw domowych - 2,5 razy więcej.
- 4) Roczna masa zbieranych odpadów z gospodarstw domowych wynosi:
 - z miast: 5,2 mln ton, tj. 220 kg/M,
 - ze wsi : 1,3 mln ton, tj. 90 kg/M.

262

- 5) Odpady komunalne z miast i wsi są unieszkodliwiane metodą składowania na składowiskach odpadów, zaś z miast - również, lecz w niewielkim stopniu (3,2%), - metodami biologicznymi.
- 6) Masa zbieranych odpadów ze wsi zależy od społeczno-gospodarczego rozwoju województwa. Najmniej odpadów na mieszkańca zbiera się ze wsi w małopolsce, na podkarpaciu, w lubelskim i świętokrzyskim.
- 7) Gospodarka odpadowa miast ma wpływ na gospodarkę odpadową wsi. Gospodarki te są dodatnio skorelowane.

263

**Technologie osadów ściekowych
i innych odpadów
Ustawa o odpadach z dn.27.04.2001r.
(Dz.U. z 2001 r. Nr 62, poz.628)**

264

ODPADY

Odpady to każda substancja lub przedmiot należący do jednej z 16 kategorii (Q1 – Q16) określonych w załączniku nr 1 do Ustawy, których posiadacz pozbywa się, zamierza pozbyć się lub do ich pozbycia się jest zobowiązany.

Minister Środowiska w rozporządzeniu podzielił odpady na grupy, podgrupy i rodzaje oraz określił warunki, w których uznaje się, że odpady wymienione na liście odpadów niebezpiecznych nie są niebezpieczne.

265

**SYSTEM GOSPODAROWANIA ODPADAMI
KOMUNALNYMI**

Na system gospodarki odpadami składają się:
zbieranie, transport, odzysk, unieszkodliwianie
odpadów.

PODSTAWOWE ZASADY GOSPODARKI ODPADAMI

- 1) Zapobiegać,
- 2) Odzyskiwać,
- 3) Unieszkodliwiać

266

ODZYSK

Wszelkie działania, niestwarzające zagrożenia dla życia i zdrowia ludzi lub środowiska, polegające na wykorzystaniu odpadów w całości lub w części, lub prowadzące do odzyskania z odpadów substancji, materiałów lub energii i ich wykorzystaniu, określone w zał. 5c do Ustawy

267

UNIESZKODLIWIANIE

Poddawanie odpadów procesom przekształcania biologicznego, fizycznego lub chemicznego, określonym w zał. 6 do Ustawy, w celu doprowadzenia ich do stanu, który nie stwarza zagrożenia dla życia lub zdrowia oraz dla środowiska (do stanu odpadów obojętnych)

To co nie da się odzyskać należy unieszkodliwiać.

268

Do odzysku odpadów zalicza się recykling lub regenerację substancji organicznych (kompostowanie, fermentacja metanowa), przerób na paliwo (biopaliwo)

Do unieszkodliwiania odpadów zalicza się ich składowanie, a ponadto – takie sposoby połączone z odzyskiem jak:

- recykling biologiczny (kompostowanie, fermentacja metanowa),
- przekształcanie termiczne (spalanie, zgazowanie, piroliza),
- przerób na paliwo (biopaliwo),
- obróbka w glebie i ziemi (odpady płynne lub szlamy)

269

PRZERÓBKA I UNIESZKODLIWIANIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH

270

Rodzaje osadów ściekowych

- 1) osad surowy:
- wstępny (z osadników wstępnych),
 - wtórny (z osadników wtórnych – osad nadmierny),
 - mieszany (wstępny + wtórny),
 - chemiczny (z koagulacji i sedymentacji).
- 2) osad biologicznie ustabilizowany:
- beztlenowo – przefermentowany,
 - tlenowo – po procesie tlenowej przeróbki,

271

Rodzaje osadów ściekowych (c.d)

- 3) osad zagęszczony (88 – 92% wody), tj. po procesie zagęszczania grawitacyjnego lub mechanicznego,
- 4) osad odwodniony (50 – 80% wody), tj. po procesie odwodnienia mechanicznego lub grawitacyjnego,
- 5) osad wysuszony (do 20% wody), tj. po procesie termicznego suszenia lub dalszego odwadniania:

272

Właściwości osadu:

- fizyczne,
- zawartość substancji stałych,
- skład granulometryczny cząstek osadu,
- indeks osadu (cm³/g s.m.o.),
- opór właściwy filtracji,
- czas ssania kapilarnego CSK,
- właściwości chemiczne:
 - odczyn,
 - zawartość kwasów lotnych LKT (mg CH₃COOH/dm³),
 - zawartość związków biogennych,
 - zawartość substancji szkodliwych.

273

Zadania gospodarki osadami:
odwodnienie, stabilizacja i utylizacja osadów

Zadania te realizuje się w celu:

- zmniejszenia objętości i masy osadów,
- zmniejszenia zagniwalności i eliminacji uciążliwego zapachu,
- zmniejszenia ilości organizmów chorobotwórczych.

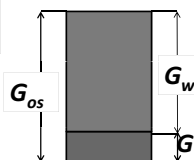
274

Objętość V_{os} osadu

ściśle zależy od jego uwodnienia

$$G = G_{os} - G_w \quad G = \rho_{os} \cdot V_{os} \cdot \left(1 - \frac{W}{100}\right)$$

$$V_{os} = \frac{100 \cdot G \cdot W}{\rho_{os} \cdot (100 - W)}$$



- G – sucha masa osadu , kg,
- G_{os} – masa osadu uwodnionego (pulpy), kg,
- G_w – masa wody, kg,
- V_{os} – objętość osadu uwodnionego (pulpy), m³,
- ρ_{os} – gęstość osadu uwodnionego (pulpy), kg/m³,
- W – uwodnienie osadu, udział wagi wody w wadze osadu uwodnionego , %,
- Gdy $W > 75\%$ masy osadu to $\rho_{os} = \rho_w$ – gęstości wody.

275

Podstawowe procesy przeróbki osadów

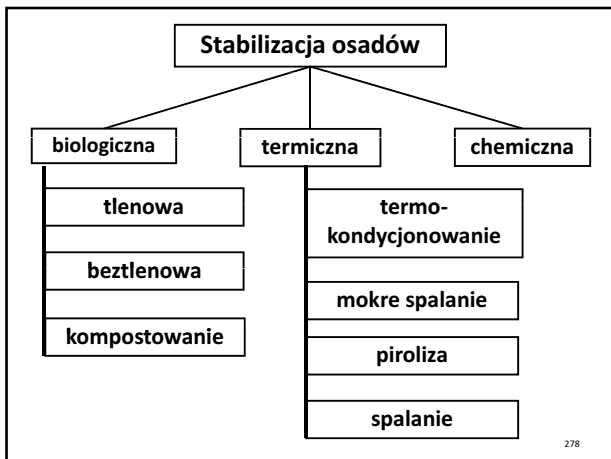
- zagęszczanie (samoistne – zagęszczacze grav., flotacyjne – zagęszczacze flot. , mechaniczne) i kondycjonowanie osadów,
- stabilizacja,
- odwadnianie
 - naturalne – poletka osadowe, złoża gruntowo-roślinne, laguny osadowe;
 - mechaniczne – prasy filtracyjno-taśmowe, komorowe prasy filtracyjne, workownice, wirówki sedymentacyjne),
- suszenie osadu (W poniżej 40% to suszenie termiczne),
- detoksykacja (ługowanie, cementacja, spalanie),
- higienizacja (dodawanie wapna),
- ostateczne unieszkodliwianie.

276

Kondycjonowanie – poprawa zdolności do zagęszczania lub odwadniania osadu, za pomocą elektrolitów lub koagulantów mineralnych, rzadziej wapna,

Stabilizacja jest to postępowanie mające na celu wyeliminowanie możliwości zagniwania osadów oraz likwidację organizmów chorobotwórczych.

277



278

Stabilizacja biologiczna

- **stabilizacja tlenowa (mineralizacja)**
 - w warunkach naturalnych (symultaniczne oczyszczanie ścieków metodą niskoobciążonego osadu, WO>25 dni;
 - w komorach tlenowej stabilizacji osadu, czas stabilizacji - kilkanaście dni;
 - w warunkach termofilowych, w temp. 60-65 °C)
- **stabilizacja beztlenowa (fermentacja metanowa)** (osadniki gnilne, komory fermentacyjne osadników *Imhoffa*, wydzielone komory fermentacyjne otwarte WKF_o, wydzielone komory fermentacyjne zamknięte WKF_z),
- **kompostowanie** (warunki tlenowe lub beztlenowe + niskie uwodnienie (np. 50% s.m.) + suche odpady organiczne),

279

Kompostowanie

280

Kompostowanie – proces biochemicznego rozkładu (mineralizacji i humifikacji) substancji organicznej, prowadzony w sztucznie wytworzonych, optymalnych dla mikroorganizmów warunkach. Metabolitami mikroorganizmów mogą być proste substancje mineralne lub wielocząsteczkowe substancje próchniczne (metabolity „ślepej uliczki”).
Kompostowanie może przebiegać w warunkach tlenowych i beztlenowych, głównie dzięki bakteriom i grzybom mezo- i termofilnych.

281

Aktywność mikroorganizmów w warunkach tlenowych zależy od:

- stosunku C:N (opt. 30:1), C:P (opt. 100:1), zawartości substancji organicznej (min. 30%)
- zawartości mikroelementów,
- odczynu (opt. pH >6,5),
- temperatury (opt. 55 – 70°C),
- napowietrzania,
- wilgotności.

Istotnym elementem kompostowania jest dodatek środka strukturotwórczego (kora drzewna, słoma, wióry)

282

Wyróżnia się trzy fazy proces kompostowania:

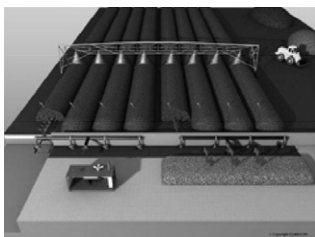
- faza I (termofilna) - bardzo intensywnego rozkładu, wzrost temperatury do 60 – 70 °C,
- faza II (wychładzania) – intensywnego malejącego w czasie rozkładu, spadek temperatury do 30 – 40°C,
- faza III (dojrzewania kompostu) – spowolnionego rozkładu i spadku temperatury do temperatury otoczenia.

283

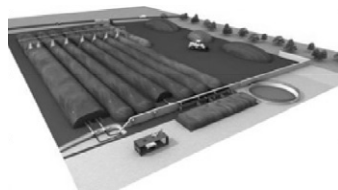
Metody kompostowania:

- 1) przyzmoła,
- 2) w stosie napowietrzonym,
- 3) tlenowa w wydzielonych reaktorach,
- 4) beztlenowa w reaktorach.

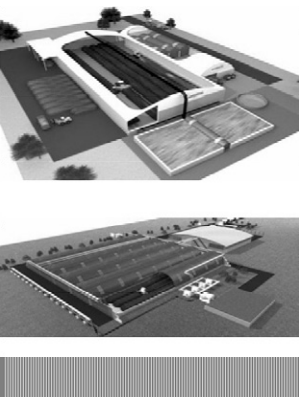
284



Kompostownie przyzmoła odkryte

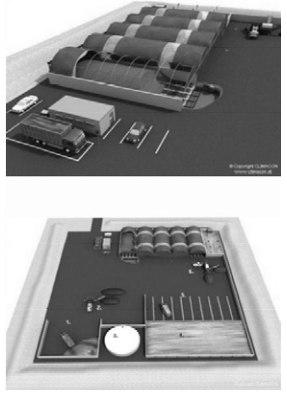


Kompostownie pryzmowe w halach



286

Kompostownie zakryte w boksach



287

Stabilizacja chemiczna
(dodaje się wapno palone CaO lub wapno gaszone Ca(OH)_2),

288

Stabilizacja termiczna

termokondycjonowanie (ogrzewanie osadu przez 0,5 do 1 godz. w temp. 120 –150°C),
mokre spalanie (ogrzewanie osadu przez 0,5 do 1 godz. w temp. 175 –315°C przy ciśnieniu do 20 MPa + doprowadzanie dodatkowego powietrza),
piroliza (zgazowywanie - proces endotermiczny, tzn. konieczne doprowadzenie ciepła z zewnątrz),
spalanie (całkowite utlenienie związków organicznych, temp 800 – 1100°C).

289

Osady ściekowe po stabilizacji mogą być pod pewnymi warunkami użytkowane przyrodniczo, w tym rolniczo. Konieczne są analizy gleby i osadów (metale ciężkie, jaja pasożytów).

Sposoby ostatecznego unieszkodliwiania osadów

1. Przyrodnicze lub rolnicze wykorzystanie,
2. Spalanie lub współspalanie,
3. Składowanie.

290

Spalanie odpadów

(Opracowano na podstawie wpisu do internetu dr inż. Grzegorza Wielgosińskiego – Katedra Systemów Inżynierii Środowiska, Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska Politechniki Łódzkiej)



Syndrom NIMBY (ang. *Not In My Backyard* – wszędzie, byle nie na moim podwórku)

291

Spalanie jest bardzo kosztowne - zarówno inwestycyjnie, jak i operacyjnie. Koszt spalania 1 tony komunalnych odpadów zmieszanych to ok. 550 euro.

Minimalna wartość opałowa, która umożliwi spalanie odpadów bez dodatkowego paliwa wynosi 5-6 MJ/kg (5,8 MJ/kg).

Jednym z głównych argumentów przeciwko budowie spalarni odpadów jest emisja dioksyn do atmosfery z procesu spalania odpadów.

Dioksyny uważane są za jedne z najbardziej niebezpiecznych i najsilniejszych trucizn.

292

Spala się odpady komunalne, przemysłowe, medyczne, osady ściekowe. Główne zanieczyszczenia ze spalania znajdują się w

- żużlu,
- popiele lotnym,
- popiele z urządzeń odpylających,
- gazach emitowanych do atmosfery.

293

W gazach odlotowych mogą znajdować się:

- dwutlenek węgla i para wodna oraz tlenki węgla, jako produkty spalania substancji organicznej,
- dwutlenek siarki (SO₂), tlenki azotu (NO_x), chlorowodór (HCl), fluorowodór (HF),
- pył i zawarte w nim metale ciężkie (chrom, kobalt, nikiel, mangan, miedź, tal czy wanad) i dioksyny,
- pary metali ciężkich (rtęć, arsen, selen i częściowo kadm),
- ponad 350 różnego rodzaju związków chemicznych (organicznych) o stężeniach powyżej 5 µg/m³, w tym wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) oraz dioksyny i furany - substancje zawierające związki chloru.

294

**Ograniczanie emisji
zanieczyszczeń gazowych**

Metody ograniczania emisji:

- pierwotne,
- wtórne.

Metody pierwotne - ingerencja w proces technologiczny i stworzenie takich warunków jego przebiegu, by ilość powstających zanieczyszczeń była możliwie najmniejsza.

Metody wtórne („technologie końca rury”) - zastosowanie konkretnych urządzeń i technologii w celu ograniczenia emisji zanieczyszczeń.

295

Metody pierwotne

Spalanie niskoemisyjne to spalanie bliskie spalaniu całkowitemu i zupełnemu.

Parametrem dobrze charakteryzującym „prawidłowe warunki spalania” jest stężenie tlenu węgla w spalinach.

Pozostałe parametry to przede wszystkim tzw. „trzy T”: (*temperature, turbulence, time – ang.*), temperatura, turbulencja oraz czas przebywania spalin w odpowiedniej temperaturze oraz napowietrzenie (natlenienie) strefy spalania i dopalania pieca.

296

Metody wtórne

System odpylania spalin (elektrofiltry, filtry tkaninowe z włókna szklanego powlekane specjalnie preparowanym teflonem, baterie cyklonów).

Układ usuwania gazów kwaśnych – najczęściej układ mokry, dwustopniowy. Najpierw (I) schładzanie spalin zimną wodą, nawilżanie i absorpcja chlorowodoru oraz fluorowodoru, następnie (II) absorpcja pozostałych gazów kwaśnych (SO₂) w zawiesinie wodorotlenku lub węglanu wapniowego, a czasem wodorotlenku sodowego.

297

Metody wtórne (c.d)

Dozowanie koks aktywnego (węgla aktywnego) w celu eliminacji (adsorpcji) dioksyn i furanów, a następnie odpylanie gazów spalinowych na filtrach tkaninowych (tzw. metoda strumieniowo-pyłowa).

System redukcji tlenków azotu

- **SNCR** – selektywna redukcja niekatalityczna poprzez wprowadzenie do komory spalania gazowego amoniaku, wody amoniakalnej bądź mocznika,
- **SCR** – selektywna redukcja katalityczna z wykorzystaniem roztworu amoniaku i ziół katalitycznych

298

Zagospodarowanie wtórnych odpadów

(wysokie zagrożenie ze względu na zawartość w odpadach metali ciężkich i dioksyn)

Żużel i popioły paleniskowe,

- niska wymywalność metali – wykorzystanie budowlane lub składowisko odpadów innych niż niebezpieczne lub obojętne;
- wysoka wymywalność - składowisko odpadów niebezpiecznych.

Koks pirolityczny (po pirolizie lub zgazowania).

(substancje organiczne oraz dioksyny). Spalenie w spalarni odpadów niebezpiecznych.

Popioły lotne i pył z układów odpylania (metale ciężkie i dioksany). Składowisko odpadów niebezpiecznych, betonowanie odpadów w bloczki.

Zagospodarowanie wtórnych odpadów (c.d)

Stałe produkty reakcji z układów oczyszczania gazów

(metale ciężkie i dioksyny). Składowisko odpadów niebezpiecznych, betonowanie odpadów w bloczki,

Osady ściekowe (metale ciężkie). Składowisko odpadów niebezpiecznych, betonowanie odpadów w bloczki.

Zużyte katalizatory (metale ciężkie). Składowisko odpadów niebezpiecznych lub zakład przetwórczy,

Zużyty węgiel aktywny (metale ciężkie i dioksyny).

Spalenie w spalarni odpadów niebezpiecznych lub deponowanie na składowiskach odpadów

300

Składowanie odpadów



301

Składowiska odpadów

Składowisko odpadów (wylewisko odpadów ciekłych, zwałowisko mas ziemnych) to zlokalizowany i urządzony zgodnie z przepisami obiekt budowlany zorganizowanego deponowania odpadów o znanych właściwościach.

Nie uważa się za składowisko odpadów takiego miejsca składowania odpadów które:

- dotyczy odpadów przeznaczonych do wykorzystywania,
- wynika z procesów technologicznych bądź organizacyjnych i nie przekracza terminów uzasadnionych technologią,
- odbywa się w terenie, do którego wytwarzający posiada tytuł prawny.

302

Ze względu na rodzaj składowanych odpadów wyróżnia się składowiska:

- odpadów niebezpiecznych,
- odpadów obojętnych,
- odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne, w tym komunalnych.

303

Wg polskich przepisów, dla składowisk odpadów konieczne jest wykonanie dokumentacji geologiczno-inżynierskiej i określenie geotechnicznych warunków posadowienia, jako podstawy projektu budowlanego.

304

Nowoczesne składowisko powinno być właściwie zlokalizowane, a poza tym powinno posiadać:

- system zabezpieczenia wód powierzchniowych, gruntowych, i podziemnych przed wpływem odpadów (system uszczelnień dna - podstawy, boków, powierzchni – przykrycia itp.),
- system ujmowania, odprowadzania i oczyszczania odcieków,
- system ujmowania, odprowadzania i zagospodarowania biogazu,
- pas ochronny zieleni,

305

c.d.

- sprzęt technologiczny do formowania i zagęszczania odpadów,
- zaplecze techniczno-sanitarne,
- system monitoringu wpływu składowiska na środowisko,
- system zabiegów rekultywacyjnych,

306

Składowiska (komunalne) dzieli się:

1) Ze względu na sposób przygotowania:

- niezorganizowane (dzikie),
- półorganizowane,
- zorganizowane (odpowiadają obecnie obowiązującym przepisom).

2) Ze względu na położenie dna składowiska w stosunku do terenu:

- napowierzchniowe (w nasypie),
- wgłębne (w wykopie).

307

c.d.

3) Ze względu na wyniesienie powierzchni składowiska w stosunku do powierzchni terenu:

- nadpoziomowe,
- podpoziomowe,
- boczne (przyskarpowe).

4) Ze względu na stosunki wodne:

- odpływowe,
- bezodpływowe.

308

c.d.

5) Ze względu na formę powierzchni:

- płaskie,
- pryzmowe,
- kopiaiste,
- niekształtne,
- płasko-skarpowe, skarpowe.

6) Ze względu na wysokość:

- wysokie (ponad 12 m),
- średnie (4-12 m) i
- niskie (do 4 m).

7) Ze względu na materiał uszczelniający dno i boki:

- mineralne,
- sztuczne (geomembrany).

309



**Składowisko odpadów
(uszczelnienie dna
i boków)**

Wykorzystana literatura

- Anielak A. M., 2000. Chemiczne i fizykochemiczne oczyszczanie ścieków. PWN Warszawa
- Błażejowski R., 2003. Kanalizacja wsi. Wyd. PZIITS. Oddz. Wielkopolski. Poznań
- Bortkiewicz B. , 2002. Oczyszczanie ścieków przemysłowych. WN PWN, Warszawa
- Hartmann L., 1999. Biologiczne oczyszczanie ścieków. Wyd. Instalator Polski. Warszawa
- Heidrich Z., 1998. Przydomowe oczyszczalnie ścieków. Poradnik. COBI. Warszawa
- Heidrich Z., Stańko G., 2007. Leksykon przydomowych oczyszczalni ścieków. Wyd. „Seidel-Przywecki” Sp.z o.o. Warszawa
- Heidrich Z., Witkowski A., 2005. Urządzenia do oczyszczania ścieków. Wyd. "Seidel-Przywecki" Sp. z o.o. Warszawa

311

(c.d)

Literatura

- Kaca E., 2006. Infrastruktura wodnościekowa na wsi w świetle publikacji GUS. Wiad. Mel. i Łąkarskie Nr 1.
- Koniecznyński J., 2004. Ochrona powietrza przed szkodliwymi gazami. Metody, aparatura, instalacje. Wyd. politechniki Śląskiej. Gliwice.
- Kowal Apolinary L., Świderka-Bróz Maria., 2003. Oczyszczanie wody. WN PWN. Warszawa
- Ledakowicz S., 2011. Inżynieria biochemiczna. WNT. Warszawa.
- Łomotowski J., Szpindor A., 1999. Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków. Arkady. Warszawa
- Mogens Henze, Poul Harremoes, Jes la Cour Jansen, Eric Arvin. Oczyszczanie ścieków. Procesy biologiczne i chemiczne. (tł. z angielskiego M. Żygadło, B. Bartkiewicz). Wyd. Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach.

312

(c.d)

Literatura

- Osmulka-Mróż B., 1995. Lokalne systemy unieszkodliwiania ścieków. Poradnik. MOŚZNiL, IOŚ, Warszawa
- Rosik-Dulewska Cz., 2005. Podstawy gospodarowania odpadami. Wyd. Naukowe PWN Warszawa
- Warych J., 1998. Oczyszczanie gazów. Procesy i aparatura. WN WNT. Warszawa
- Zastosowanie nowych technologii w sektorze ochrony środowiska. (red. Gromiec M., Słowik N.). 2007. NFOŚiGW. Warszawa
- Żygadło M., 2002. Gospodarka odpadami komunalnymi. Kielce

313
