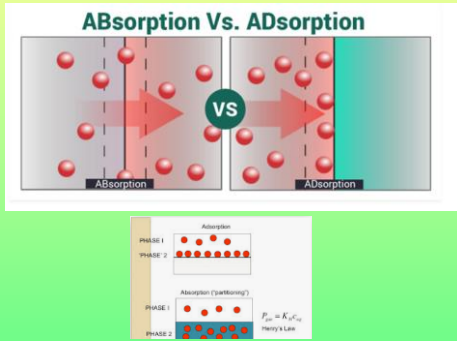
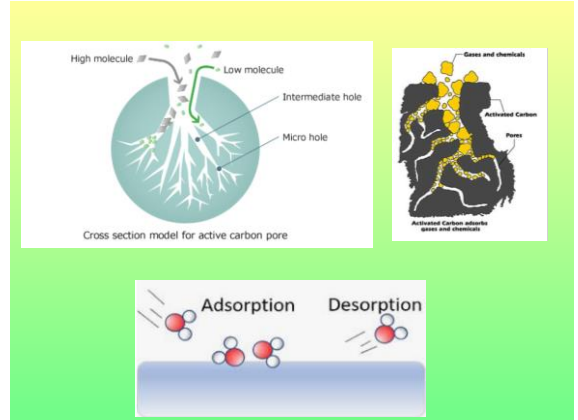


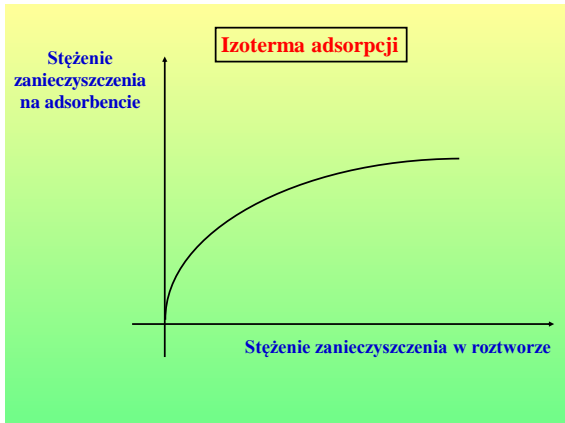
Adsorpcja zanieczyszczeń



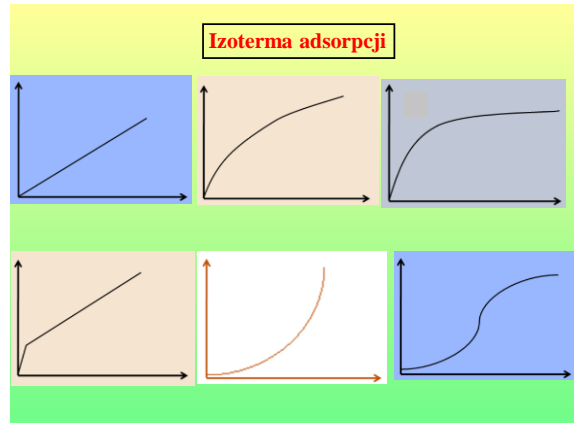
1



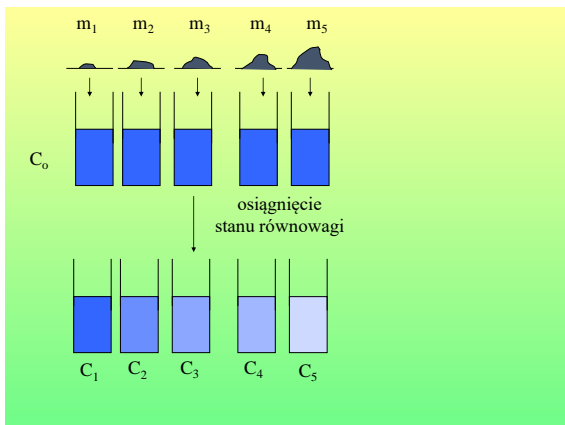
2



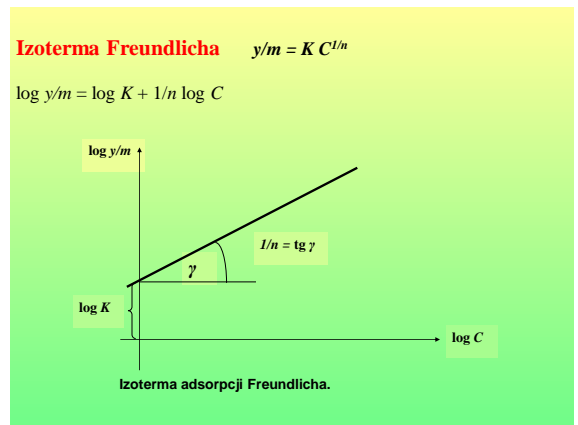
3



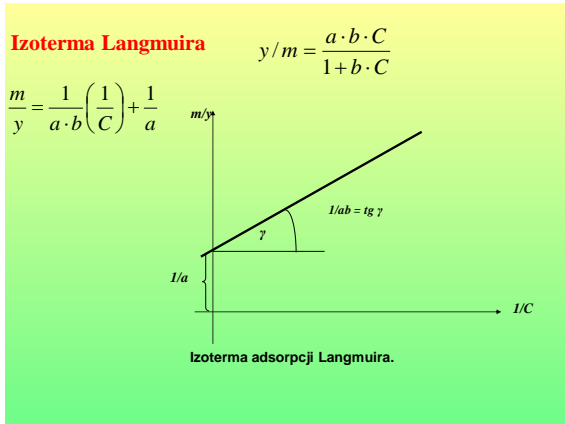
4



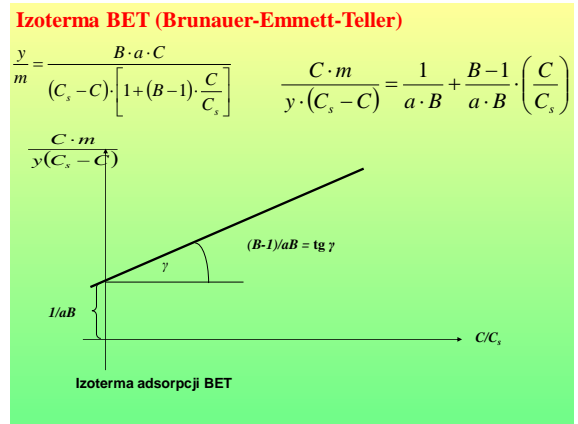
5



6



7



8

**Adsorpcja z wykorzystaniem
Granulowanego Węgla Aktywnego**

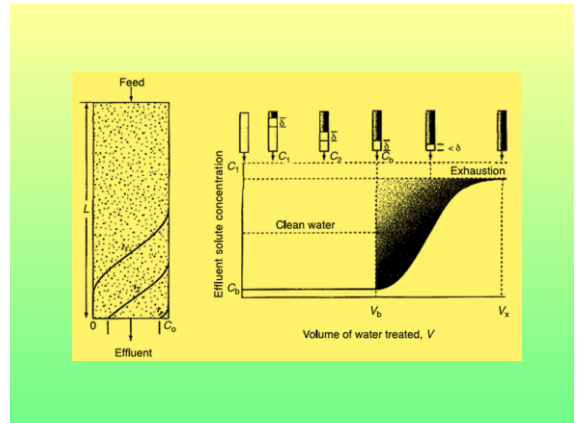
**Adsorption with
Granular Activated Carbon
(GAC)**

PIERO M. ARMENANTE
NJIT

Adsorption with Granular Activated Carbon.pdf

<https://pl.scribd.com/document/178689234/ARMENANTE-ny-Adsorption-with-Granular-Activated-Carbon-pdf>

9



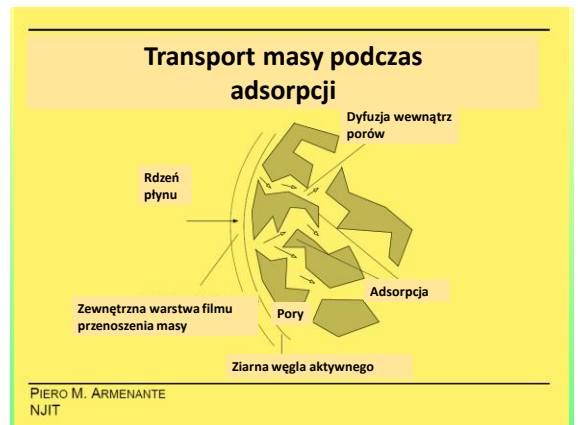
10

**Najważniejsze czynniki w projektowaniu
systemów adsorpcji z nieruchomym złożem**

- Rozmiar ziaren złoża
- Średnica kolumny
- Natężenie przepływu ścieków (lub czas zatrzymania)
- Wysokość złoża adsorpcyjnego
- Spadek ciśnienia
- Czas do osiągnięcia przebiccia
- (Czas do osiągnięcia wyczerpania złoża)

PIERO M. ARMENANTE
NJIT

11



12

Rozmiar ziaren węgla wykorzystywanych w adsorpcji z nieruchomym złożem

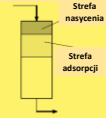
- Typowy rozmiar ziaren to pomiędzy 0,4 a 2,5 mm
- Taki rozmiar ziaren wynika z praktycznego kompromisu pomiędzy ograniczeniami wynikającymi ze spadku ciśnienia z jednej strony i zapewnieniem wymaganej powierzchni adsorpcji z drugiej strony
- Większy rozmiar ziaren zmniejsza także straty podczas przeładunków i podczas pracy kolumny

PIERO M. ARMENANTE
NJIT

13

Strefa adsorpcji i krzywa adsorpcji

- W adsorpcji na nieruchomym złożu, w każdym danym czasie, złożo może zostać podzielone na trzy strefy, to jest strefę saturacji (zawierającą węgiel bliski nasycenia zanieczyszczeniami, następującą po niej strefę adsorpcji (gdzie aktualnie zachodzi adsorpcja) i dalej strefę, w której na węglu nie ma zaadsorbowanych zanieczyszczeń lub jest ich niewiele)



- Rozmiar i położenie tych stref w złożu zmienia się w czasie

PIERO M. ARMENANTE
NJIT

14

Całkowita pojemność adsorpcyjna kolumny

Jeżeli znana jest krzywa równowagi adsorpcji to w oparciu o znaną objętość kolumny i stopień wykorzystania złoża można obliczyć całkowitą objętość ścieków V_{max} , która może być oczyszczona przez kolumnę przed jest pełnym nasyceniem:

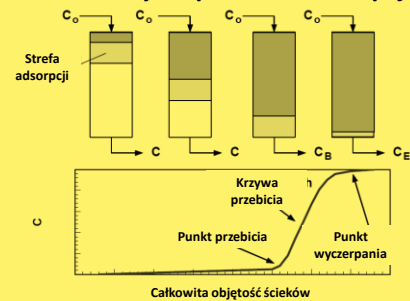
$$V_{max} = SL(1-\varepsilon)\rho_s \frac{q_{so}}{C_o} = SL\rho_{s,app} \frac{q_{so}}{C_o}$$

gdzie: S = przekrój poprzeczny kolumny
L = wysokość napelnienia
 ε = porowatość złoża
 $q_{so} = q(C_o)$ = wartość q w równowadze z C_o
 $\rho_s \rho_{s,app}$ = rzeczywista i pozorna gęstość złoża

PIERO M. ARMENANTE
NJIT

15

Punkt i krzywa przebiecia adsorpcji



PIERO M. ARMENANTE
NJIT

16

Uproszczona metoda szacowania wydajności adsorpcji na złożu nieruchomym

Założenia upraszczające

- Stężenie zanieczyszczenia na wylocie kolumny wzrasta liniowo w czasie do chwili osiągnięcia wartości przebiecia C_B
- W punkcie przebiecia średnie stężenie zanieczyszczenia na złożu jest tylko częścią, ζ , stężenia nasycenia (typowo 50%)
- Natężenie przepływu ścieków przez kolumnę jest stałe i równe Q

PIERO M. ARMENANTE
NJIT

17

Uproszczona metoda szacowania wydajności adsorpcji na złożu nieruchomym

Z bilansu masowego dla zanieczyszczenia w punkcie przebiecia:

$$M = q_B B = \zeta q_{so} B = Qt_B \left(C_o - \frac{C_B}{2} \right) \cong Qt_B C_o$$

gdzie:

M = całkowita masa zanieczyszczenia zaadsorbowanego w punkcie przebiecia

B = masa węgla w złożu = $\rho_s \rho_{s,app} S L$,

i:

$$q_{so} = K_f C_o^{1/n}$$

Postać tej zależności wynika z wybranego modelu izoterm adsorpcji – może być inna przy innym, niż Freundlicha, modelu.

PIERO M. ARMENANTE
NJIT

18

Uproszczona metoda szacowania wydajności adsorpcji na złożu nieruchomym

Wynikający z tego czas pracy kolumny do osiągnięcia przebiecia wynosi:

$$t_B = \frac{q_B B}{Q \left(C_o - \frac{C_B}{2} \right)} = \frac{\zeta K_F C_o^{1/n} B}{Q \left(C_o - \frac{C_B}{2} \right)}$$

Całkowita objętość ścieków, V_B , oczyszczona w punkcie przebiecia:

$$V_B = Q t_B$$

PIERO M. ARMENANTE
NJIT

19

Przykładowa charakterystyka komercyjnych adsorbentów

Wysokość wypełnienia	3 - 9 m (10 - 30 ft)
Rozmiar ziaren	8 - 40 mesh
Obciążenie hydrauliczne	1.4 - 6.8 L/m ² s (2 -10 gpm/ft ²)
Czas zatrzymania	10 - 60 min (typically 20 -30 min)
Typowe zapotrzebowanie	(in g carbon/m ³ wastewater)
wstępne oczyszczanie	60 - 200
doczyszczanie	25 - 50
Ciśnienie	< 20 KPa/m of bed

After Sundstrom and Klei, *Wastewater Treatment*, 1979, p. 270 and Metcalf and Eddy, *Wastewater Engineering*, 1991, p. 753

PIERO M. ARMENANTE
NJIT

Mesh: w analizie sítowej ilość oczek siatki na jeden cal. Uwzględniając „normalizowaną” grubość drutu określa to rozmiar oczek siatki i jednocześnie wielkość ziaren zatrzymywanych na siatce. 8 mesh – 2,36 mm; 40 mesh – 0,425 mm

20

<http://www.filterpol.pl/wegiel.html>



Węgiel aktywny granulowany Organosorb 10-CD - wytworzony z łupin orzecha kokosowego

Średnica (mm)	Gęstość cząsteczkowa [g/cm ³]	Twardość [N]	Włgocenie [N]	Zawiesność [mg/l]	CTC [%]	Liczba jodowa [mg/g]	pH	Powierzchnia całkowita [m ² /g]
0"70 (2,36-0,425mm)	1,500	99	5	5	60%	1000	9-10	1000

CARBON TETRACHLORIDE ACTIVITY (CTC) OF ACTIVATED CARBON



Carbon tetrachloride

Liczba jodowa (iodine number) – ze względu na łatwość i szybkość oznaczenia parametr ten jest szeroko stosowany do określania jakości adsorbentów – jest oszacowaniem ich powierzchni i porowatości. Liczba jodowa określa ile miligramów jodu zostało zaadsorbowane przez jeden gram adsorbentu przy równowagowym stężeniu jodu w filtracie wynoszącym 0,02M. Oznaczana jest zgodnie z normą ASTM D4607 w oparciu o trzy punktową izotermę.

CTC – określa zdolność adsorbentu do adsorpcji tetrachlorometanu. Wartość CTC oznacza ładunek tetrachlorometanu na węgiel aktywny wyrażony w procentach w stosunku do masy węgla aktywnego, przy stężeniu tetrachlorometanu w powietrzu bliskim nasyceniu. Wartość CTC jest miarą objętości porów węgla i jest wykorzystywana głównie do oceny jakości węgla przy jego produkcji.

Twardość – określa odporność ziaren węgla na kruszenie się na mniejsze ziarna. Jest mierzona jako procentowa strata masy adsorbentu przy przesiewaniu przez sito o określonym rozmiarze oczek przy wytrząsaniu w konkretnych warunkach.

21