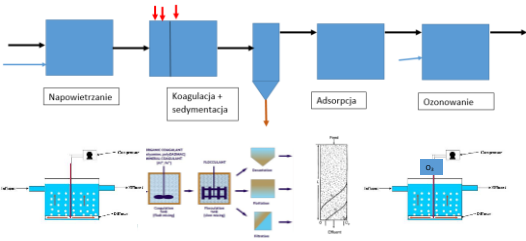
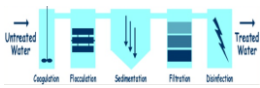


Podstawy Technologii Wody i Ścieków. IŚ S1. Semestr 4. Rok akademicki 2018/19.

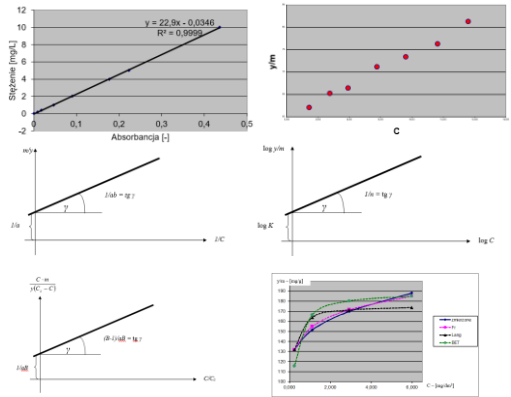


	Wyniki OC zespołu nr	Wyniki Koag. zespołu nr	Wyniki Ads. zespołu nr	Wyniki Ozon. zespołu nr	
Kinga	Czujkowska	1	2	3	4
Kornelia	Chmielewska	2	1	4	3
Maciej	Dochniak	3	4	1	2
Michał	Fijałkowski	4	3	2	1
Mateusz	Mazur	3	2	4	1
Patrycja	Bulhak	2	4	3	1
Agata	Hojczyk	1	2	4	3
Adrianna	Grodek	3	1	2	4
Wiktoria	Jasek	4	3	1	2
Adam	Giełcinski	3	1	2	4
Magdalena	Sikrocka	3	2	4	1
Adrian	Rogowski	2	3	1	4
Tomasz	Sobocinski	1	4	3	2
Artur	Kuciak	4	2	1	3
Natalia	Kubiak	4	1	2	3
Magdalena	Kmiećkowiak	1	4	2	3
Michał	Olewnik	2	3	4	1
Kinga	Kaźmierczak	1	3	2	4

Opracowanie wyników uzyskanych na zajęciach laboratoryjnych należy przygotować w oparciu o informacje i w zakresie podanym w materiałach pomocniczych do ćwiczeń laboratoryjnych. Do projektu, dla każdego z procesów, należy dołączyć surowe wyniki uzyskane przez zespół wskazany w tabeli wraz ich kompletnym opracowaniem.

Adsorpcja

- Opracowanie i wykreślenie zależności  $c=f(A)$
- Obliczenie ilości barwnika zaadsorbowanego na węglu aktywnym
- Wykreślenie zależności :
  - $y/m = f(C)$
  - $(Cm)/[y(Cs-C)] = f(C/Cs)$
  - $m/y = f(1/C)$
  - $\log y/m = f(\log C)$
- Obliczenie stałych dla poszczególnych izoterm adsorpcji
- Porównanie zmierzonych i obliczonych na podstawie uzyskanych modeli wartości  $y/m$
- Zebranie uzyskanych wyników w tabelach wg wzorów umieszczonych w materiałach



Nr próbki	C [mg/dm³]	m [g]	y [mg/g]	y/m [mg/g]
1.	ca	0	0	-
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				

Ip	Literatura				
	Frenschicha	Langmuira	BEF		
	log C	log y/m	m	C/C	C(Cs-C)

Wartości stałych

Wartości współczynnika korrelacji R²

Ip	C	wartości y/m		
		zmierzone (tab. 4)	wg modelu Frenschicha	wg modelu Langmuira
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				

C [mg/dm³]	m	y/m [mg/g]	BEF
15.98	227.8	222.4	203.8
8.16	202.8	206.4	199.7
5.58	186.0	191.7	194.5
2.89	170.4	168.8	180.6
1.54	153.8	149.4	180.1
0.77	136.8	130.5	128.5
0.71	121.2	128.6	124.7
$\sum_{i=1}^n y_i^2 = \dots$			
$\sum_{i=1}^n y_i = \dots$			
4.9 9.1 13.2			

Koagulacja

- Wykreślenie zależności stopnia redukcji barwy od dawki koagulantu [mg/dm³]
- Określenie optymalnej dawki koagulantu
- Wykreślenie zależności szybkości opadania kłaczków od dawki flokulantu [mg/dm³]
- Zebranie uzyskanych wyników w tabelach wg wzorów umieszczonych w materiałach

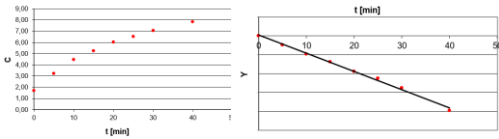
Nr	Dawka koagulantu [mg/dm³]	Dawka flokulantu [mg/dm³]	Współczynnik redukcji barwy (%)
1.			
2.			
3.			
4.			

Nr	Dawka koagulantu [mg/dm³]	Dawka flokulantu [mg/dm³]	Współczynnik redukcji barwy (%)
1.			
2.			
3.			
4.			

# Napowietrzanie wody

Opracowanie wyników pomiarów polega na:

1. Obliczeniu stężeń tlenu rozpuszczonego  $C_0$  i kolejnych  $C_t$ .
  2. Wykreśleniu zależności  $C_t = f(t)$ , analizie i eliminacji błędów.
  3. Określeniu wartości  $C_0^{283K}$ ,  $C_0$  i  $\sqrt{\frac{k_{283}}{k_T}}$ .
  4. Obliczeniu wartości zmiennej pomocniczej  $Y$  dla kolejnych czasów  $t$ .
  5. Wykreśleniu zależności  $Y=f(t)$ , analizie i eliminacji błędów.
  6. Obliczeniu, metodą najmniejszych kwadratów wartości współczynnika  $b$ .
  7. Obliczeniu wartości  $OC$  dla warunków standardowych.
- Zebraaniu uzyskanych wyników w tabelach wg wzorów umieszczonych w materiałach



# Ozonowanie wody

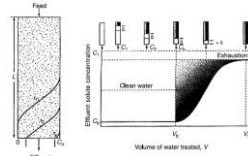
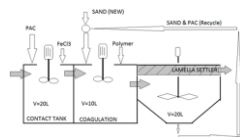
- Obliczenie i zebranie uzyskanych wyników w tabelach wg wzorów umieszczonych w materiałach

Wydatek wytwornicy	mg O <sub>3</sub> /h		
Stężenie ozonu w powietrzu			
przez miernik	mg O <sub>3</sub> /dm <sup>3</sup>		
z miernikiem	mg O <sub>3</sub> /dm <sup>3</sup>		
Stężenie przemywany tlenu w ozonie			
	%		
Ozom pozostający	mg O <sub>3</sub> /dm <sup>3</sup> wody		
Ozom zużyty	mg O <sub>3</sub> /dm <sup>3</sup> wody		
Ozom wprowadzony do wody			
Ozom nadmiarowy	mg O <sub>3</sub> /dm <sup>3</sup> wody		

Woda	stopień zmutnowania	Policzone na płycie doświadczeniowej	liczba bakterii w 1 dm <sup>3</sup> zmutnowanej wody
aktywacja			
aktywacja			
ozonozonacja			
		Przebieg doświadczenia w 1 dm <sup>3</sup> wody	
aktywacja			
ozonozonacja			
Stopień redukcji liczebności bakterii = %			

		Przepływ w ścieku [l/s] i początkowe stęż. [mg/l]	Napowietrzanie: Początkowa i wymagane stęż. tlenu [g/dm <sup>3</sup> ]	Koagulacja/Sobymontaż: stopień redukcji: FeCl <sub>3</sub> , FeSO <sub>4</sub> , FeCl <sub>2</sub> , FeCl <sub>3</sub> , FeCl <sub>3</sub> , FeCl <sub>3</sub> , FeCl <sub>3</sub> , FeCl <sub>3</sub> (FeCl <sub>3</sub> ); czas szybkiego i wolnego mieszania [min]; czas osadzenia; Optycz. Chm. (%)	Adsorpcja: Stopień redukcji [%]; Czas kontaktu [min]; Prędkość przepływu [m/s]	Ozonowanie: Zatrzymanie, ozon pozostający [g/dm <sup>3</sup> ]
Kinga	Czykowska	10 20	0,5 2	86: 2; 4; 0,02 8: 12 3: 5	90 15 5	3 2
	Kornelia	20 15	0 2	76: 1; 3; 0,025 10; 20 2,0-4	85 12 10	2 2
Meciej	Dochniak	30 10	1 3	78: 3; 8; 0,015 9: 15 1,5-8	90 10 8	5 1
	Mieczal	40 25	2 4	65: 2; 4; 0,05 3: 10 2; 9	80 12 8	2 1
Mateusz	Mazur	50 20	0 3	55: 2; 4; 0,01 3; 9 1; 3	90 15 7	3,5 2
	Patrycja	60 15	1 3	86: 3; 4; 0,03 4; 12 2; 4	75 9 10	5 2
Agata	Hojczyk	70 20	2 5	85: 4; 8; 0,04 4; 8 1,5-3	85 12 10	4 2
	Adrianna	80 30	0,5 2,5	86: 4; 7; 0,04 2; 15 1,5-4	75 7 10	3 1
Wiktoria	Inak	90 15	0 3	66: 2; 8; 0,06 4; 16 1,5-4	80 8 10	4 2
	Adam	110 10	1 5	55: 6; 10; 0,08 3; 12 2; 3	85 9 12	2 0,5
Magdalena	Skarocka	50 20	0 4	65: 3; 5; 0,02 3; 15 2; 5	80 12 10	2 1

		Przepływ w ścieku [l/s] i początkowe stęż. [mg/l]	Napowietrzanie: Początkowa i wymagane stęż. tlenu [g/dm <sup>3</sup> ]	Koagulacja/Sobymontaż: stopień redukcji: FeCl <sub>3</sub> , FeSO <sub>4</sub> , FeCl <sub>2</sub> , FeCl <sub>3</sub> , FeCl <sub>3</sub> , FeCl <sub>3</sub> , FeCl <sub>3</sub> (FeCl <sub>3</sub> ); czas szybkiego i wolnego mieszania [min]; czas osadzenia; Optycz. Chm. (%)	Adsorpcja: Stopień redukcji [%]; Czas kontaktu [min]; Prędkość przepływu [m/s]	Ozonowanie: Zatrzymanie, ozon pozostający [g/dm <sup>3</sup> ]
Adrian	Rogowski	70 15	1 2	75: 3; 8; 0,06 5; 12 1,5-6	90 8 12	3 2
Tomasz	Sobocinski	90 15	0 4	65: 3; 7; 0,08 5; 15 2; 4	70 10 10	4 2
Amr	Kowalc	110 10	0,5 2	56: 6; 10; 0,07 3; 12 2; 3	90 8 15	2 0,5
Natalia	Kubiak	120 10	2 1	66: 4; 8; 0,05 2,5-10 2; 4	85 8 10	2 1
Magdalena	Kmieciowski	50 20	2 5	65: 3; 5; 0,03 3; 15 2,5-5	80 3; 15 5	2 1
Michał	Olewski	20 40	0 1	86: 2; 10; 0,02 3; 12 3; 5	80 10 10	4 2
Kinga	Kalmeiszczak	30 35	0 4	85: 2; 4; 0,03 8; 12 3; 9	80 7 8	2 1



Dla otrzymanych danych określających, między innymi, wymagane natężenie, wymaganą efektywność koagulacji, adsorpcji i ozonowania należy, w oparciu o opracowane wyniki badań w skali laboratoryjnej, określić podstawowe dane technologiczne dla instalacji pilotowej o podanym przepływie ścieków:

Dla napowietrzania:

- wymiary i objętość komory napowietrzania zapewniającej wymagany czas kontaktu
- przepływ powietrza zapewniający utrzymanie wymaganego stężenia tlenu rozpuszczonego (w oparciu o natężenie przepływu powietrza oraz wymiary i pojemność zbiornika wykorzystawanego na ćwiczeniach)
- teoretyczny przepływ powietrza przy przyjęciu pełnego wykorzystania tlenu
- sprawność procesu natleniania (porównanie teoretycznej wymaganej ilości powietrza z praktycznie dostarczaną)

Dla koagulacji:

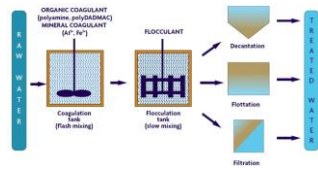
- wymiary i objętość komór szybkiego i wolnego mieszania
- ustalenie wymaganych dawek reagentów (koagulant, wodorotlenek wapnia, flokulant)
- wydajki pomp dozujących roztwory/zawiesiny wodorotlenku wapnia, koagulantu i flokulantu
- wymiary i pojemności części sedimentacyjnej (przebieg z zapewnieniem wymaganego czasu sedimentacji i możliwości opadaniu kłaczków osadu – porównanie szybkości opadania zawieszin z szybkością przepływu ścieków) oraz części osadowej osadnika (kąt nachylenia ścian)

Dla adsorpcji:

- stężenie zanieczyszczeń w ściekach dopływających i odpływających
- dobór izoterm adsorpcji i jej współczynników
- wymiary kolumny adsorpcyjnej, wysokość złoża (pozwalające na zachowanie wymaganego czasu kontaktu i szybkości przepływu ścieków)
- wymaganą masę węgla aktywnego
- objętości oczyszczonych ścieków
- czas trwania cyklu filtracji

Dla ozonowania:

- wymagana ilość ozonu i wydatek wytwornicy ozonu
- przepływ powietrza z ozonem
- wymiary i objętość komory ozonowania zapewniającej wymagany czas kontaktu
- wydatek generatora ozonu uwzględniający zużycie ozonu i wymagany poziom ozonu pozostającego



Wszelkie obliczenia należy przedstawić z uwzględnieniem jednostek w jakich podawane są poszczególne wartości (rachunek jednostek).

Obliczone wymiary należy, w sposób praktyczny, przybliżyć i sprawdzić, dla nich, spełnienie odpowiednich warunków (np. czasy zatrzymania, prędkości przepływu, objętości komór/kolumn/ziorników itp.). W kolejnych obliczeniach przyjmować wartości wynikające z praktycznie przyjętych wymiarów.

Po obliczeniu wymaganych wartości przedstawić je na uproszczonym schemacie technologicznym (z zachowaniem skali) z podaniem kluczowych wartości: kształt, wymiary i objętości komór/kolumn/ziorników, przepływu, stężenia, wydajki pomp dozujących reagenty itp.

**Komora napowietrzania:**

Ilość tlenu wymagana do dostarczenia do ścieku		mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>
OC		mg O <sub>2</sub> /(dm <sup>3</sup> ·min)
Wymagany czas napowietrzania		minut
Wymagana objętość komory		L
Przyjęte wymiary komory napowietrzania	H	cm
podstawa (D; a x b)		cm
Objętość komory napowietrzania o przyjętych wymiarach		L
Czas napowietrzania w komorze o przyjętych wymiarach		min
Wymagana ilość tlenu		g O <sub>2</sub> /h
Objętość komory laboratoryjnej		L
Przepty powietrza w instalacji laboratoryjnej		L/min
Przepty powietrza		L/min
Ilość wyczołżonego tlenu		g O <sub>2</sub> /h
Stożek wykorzystania tlenu		%

**Koagulacja/flokulacja/sedymentacja**

Dawka koagulantu		mg/dm <sup>3</sup>
Dawka flokulantu		mg/dm <sup>3</sup>
Dawka wodorotlenku wapnia		mg/dm <sup>3</sup>
Szybkość opadania kłaczków		cm/s
Obliczona objętość komory szybkiego mieszania		L
Przyjęty kształt..... i wymiary komory szybkiego mieszania	H	cm
podstawa (D; a x b)		cm
Przyjęta objętość komory szybkiego mieszania		L
Obliczona objętość komory wolnego mieszania		L
Przyjęty kształt..... i wymiary komory wolnego mieszania	H	cm
podstawa (D; a x b)		cm
Przyjęta objętość komory wolnego mieszania		L
Dozowanie roztworu koagulantu		ml/h
Dozowanie roztworu flokulantu		ml/h
Dozowanie zawiesiny wodorotlenku wapnia		ml/h
Obliczona objętość osadnika		L
Minimalny przekrój osadnika		cm <sup>2</sup>
Przyjęty kształt..... i wymiary części sedimentacyjnej osadnika	H	cm
podstawa (D; a x b)		cm
powierzchnia przekroju		cm <sup>2</sup>
Przyjęta objętość części sedimentacyjnej osadnika		L
Obliczona szybkość wznoszenia		cm/s
Obliczona objętość części osadowej osadnika		L
Obliczony czas sedimentacji		h
Przyjęty kształt..... i wysokość części osadowej		cm
Kąt nachylenia ścian części osadowej		stopnie
Przyjęta objętość części osadowej osadnika		L

**Adsorpcja**

Stężenie początkowe (na wlocie do kolumny)		mg/L
Stężenie końcowe (na wylocie kolumny)		mg/L
Wybór izoterm		-
Stale wybranej izoterm	(K/a/b)	-
Stala izoterm	(n/b/a)	-
Obliczona objętość złoża		L
Obliczona powierzchnia przekroju kolumny		cm <sup>2</sup>
Kolumna – przyjęta wysokość złoża H		cm
Kolumna – przyjęta średnica złoża D		cm
Powierzchnia przekroju kolumny o przyjętych wymiarach		cm <sup>2</sup>
Objętość złoża węgla w kolumnie o przyjętych wymiarach		L
Obliczony czas kontaktu		min
Obliczona prędkość przepływu		m/h
Przyjęta gęstość nasypowa węgla		g/L
Obliczona masa węgla w kolumnie o przyjętych wymiarach		g
q <sub>h</sub>		mg/g
Masa zaadsorbowana		mg
Obj. oczyszczonych ścieków (C <sub>b</sub> )		L
Obj. oczyszczonych ścieków (0,5 C <sub>b</sub> )		L
Obliczony czas pracy kolumny (C <sub>b</sub> )		godzin (dni)
Obliczony czas pracy kolumny (0,5 C <sub>b</sub> )		godzin (dni)

**Ozonowanie**

Ilość ozonu wymagana do dostarczenia do ścieku		g O <sub>3</sub> /dm <sup>3</sup>
Przyjęty czas ozonowania		min
Obliczona pojemność komory ozonowania		L
Przyjęty kształt..... i wymiary komory ozonowania	H	cm
podstawa (D; a x b)		cm
Objętość komory ozonowania o przyjętych wymiarach		L
Czas ozonowania w komorze o przyjętych wymiarach		min
Obliczony wydatek wytwornicy ozonu		mg O <sub>3</sub> /h
Stężenie ozonu w strumieniu powietrza		mg O <sub>3</sub> /dm <sup>3</sup>
Obliczony przepływ powietrza		L/h

## Adsorption with Granular Activated Carbon (GAC)

PIERO M. ARMENANTE Adsorption with Granular Activated Carbon.pdf  
NUTT

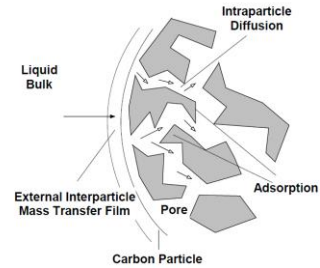
<https://p1.scribd.com/document/178689234/ARMENANTE-ny-Adsorption-with-Granular-Activated-Carbon-pdf>

## Most Important Design Factors in Fixed-Bed Adsorption Systems

- Particle size
- Diameter of column
- Flow rate of incoming wastewater (or residence time)
- Height of adsorption bed
- Pressure drop
- Time required to achieve breakthrough
- (Time of exhaustion)

PIERO M. ARMENANTE  
NJIT

## Transport Processes During Adsorption



PIERO M. ARMENANTE  
NJIT

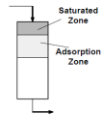
## Size of Activated Carbon Particles Used in Fixed-Bed Adsorption

- Typically carbon particle sizes between 0.4 and 2.5 mm are used in fixed bed adsorption applications
- This size range results from a practical compromise between limiting the pressure drops on one hand and providing adequate surface area and promote mass transfer for pollutant adsorption on the other
- Larger sizes also minimize losses during carbon handling and packed bed operation

PIERO M. ARMENANTE  
NJIT

## Adsorption Zone and Adsorption Wave

- In fixed bed adsorption, at any given time the bed can be divided into three approximate zones, i.e., the saturated zone (containing carbon nearly saturated with the pollutants), followed by the adsorption zone (where adsorption actually takes place), followed by a zone in which the carbon contains little or no adsorbed pollutant
- The size and location of the three zones within the bed change with time



PIERO M. ARMENANTE  
NJIT

## Total Column Adsorption Capacity

If the adsorption equilibrium curve is known then by knowing the volume of the column and its void fraction, one can calculate the total cumulative volume of wastewater,  $V_{max}$ , that *could* be treated if the column became completely saturated:

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

where:  $S$  = column cross sectional area

$L$  = height of packing

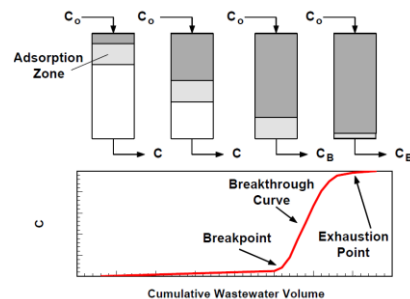
$\epsilon$  = void fraction

$q_{So} = g(C_o)$  = value of  $q$  in equilibrium with  $C_o$

$\rho_s$  and  $\rho_{s,app}$  = real and apparent density of solid

PIERO M. ARMENANTE  
NJIT

## Breakpoint and Breakthrough Curve



PIERO M. ARMENANTE  
NJIT

## Simplified Method for the Estimation of Fixed-Bed Adsorption Performance

Simplifying assumptions:

- the pollutant concentration in the effluent wastewater from the column increases linearly with time until it reaches the breakpoint value,  $C_B$
- at breakpoint the average concentration of pollutant in the bed is only a fraction,  $\zeta$ , of the saturation value (typically 50%)
- the wastewater flow rate to the column is constant and equal to  $Q$

PIERO M. ARMENANTE  
NJIT

## Simplified Method for the Estimation of Fixed-Bed Adsorption Performance

From a mass balance for the pollutant at breakpoint it is:

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

where:

$M$  = cumulative mass of pollutant adsorbed at breakpoint

$B$  = mass of carbon in bed =  $\rho_{s,app} S L$ , and:

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

PIERO M. ARMENANTE  
NJIT

## Simplified Method for the Estimation of Fixed-Bed Adsorption Performance

Hence, the time required to reach breakthrough is:

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

The cumulative volume of wastewater,  $V_B$ , treated at breakpoint is given by:

$$V_B = Q t_B$$

PIERO M. ARMENANTE  
NJIT

## Characteristics of Commercial Adsorbers

Height of packing	3 - 9 m (10 - 30 ft)
Particle size	8 - 40 mesh
Hydraulic loading	1.4 - 6.8 L/m <sup>2</sup> s (2 - 10 gpm/ft <sup>2</sup> )
Residence time	10 - 60 min (typically 20 - 30 min)
Typical carbon requirements	(in g carbon/m <sup>3</sup> wastewater)
- pretreatment	60 - 200
- tertiary treatment	25 - 50
Operating pressure	< 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 sitowej ilość oczek siatki na jeden cal. Uwzględniając „znormalizowaną” grubość drutu określa to rozmiar oczek siatki i jednocześnie wielkość ziaren zatrzymanych na siatce. 8 mesh – 2,36 mm; 40 mesh – 0,425 mm

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

Węgiel aktywny granulowany Organosorb 10-CO - wytworzony z lupin orzecha kokosowego

Distensibility (mm)	Optimal adsorption (g/g)	Throughput (%) min	Wigout (%) min	Zawiesność pozostała (%) min	CTC (%) min	Lożysko lodowa (mg/g) min	pH	Przewodność szkieletowa (mS/cm) min
0.75 (0.24-0.6mm)	1500	99	5	5	60%	1000	9-10	1000

### CARBON TETRACHLORIDE ACTIVITY (CTC) OF ACTIVATED CARBON



Carbon Tetrachloride

Iodine number is a widely used parameter for activated carbon testing for its simplicity and a rapid assessment of adsorbent quality. It gives an estimate of its surface area and porosity. The iodine number is defined as the milligrams of iodine adsorbed by one gram of material when the iodine residual concentration of the filtrate is 0.02N (0.01 mol/L) according to ASTM D4007 standard, which is based on a three-point isotherm.

The **Carbon Tetrachloride Activity (CTC)** (ASTM D3212) measures the loading of carbon tetrachloride, weight percent on carbon, at concentrations close to saturation in the air. The method is basically a measure of the pore volume of the activated carbon and is primarily used as a quality assurance test for the production of activated carbon.

The **Hardness number** (DSTM 20) measures the external integrity against wearing along exterior and breakage of small parts of activated carbon. It is expressed as a percentage of loss on a particular sieve after shaking granules under certain conditions.