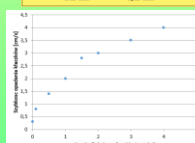
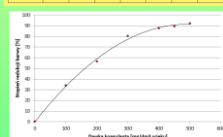
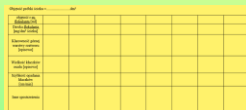


Koagulacja

- Wykreślenie zależności stopnia redukcji barwy od dawki koagulantu [mg/dm^3]
- Określenie optymalnej dawki koagulantu
- Określenie dawki koagulantu do uzyskania wymaganego stopnia redukcji barwy (z danych projektowych)
- Wykreślenie zależności szybkości opadania kłaczków od dawki flokulantu [mg/dm^3]
- Zebranie uzyskanych wyników w tabelach wg wzorów umieszczonych w materiałach

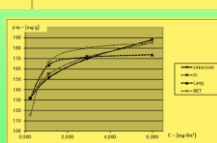
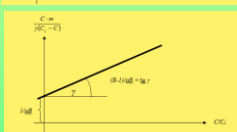
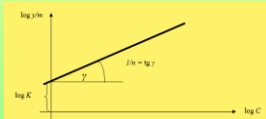
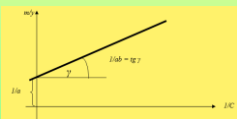
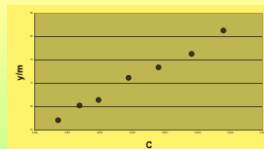
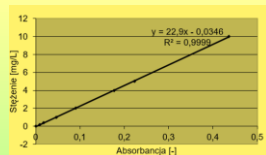


7

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
- Wybór modelu izotermy o najlepszym dopasowaniu do wyników pomiarów
- Zebranie uzyskanych wyników w tabelach wg wzorów umieszczonych w materiałach

8



9

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

1p	Frekwencja		Istotna		DE I		
	log C	log y ₀	m ₀	T/C	C/C ₀	C/C ₀	[C/C ₀]
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
Wartości statystyk							
	K	u	a	b	B	a	
Wartości współczynników korelacji R ²							

Lp.	C	wartości y/m			
		zmierzono (tab. 4)	wg modelu Freundlicha	wg modelu Langmuira	wg modelu BET
		y/m	y/m	y/m	y/m
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					

C [mg/dm ³]	y/m		[mg/g]	
	zm	Fr	Lang	BET
11,99	227,8	222,4	203,5	218,3
8,16	202,8	208,4	199,7	211,5
5,56	186,0	191,7	194,5	202,3
2,89	170,4	168,8	180,8	179,6
1,64	163,8	149,4	160,1	149,0
0,77	136,6	130,5	128,5	109,1
0,71	121,2	128,6	124,7	104,8

10

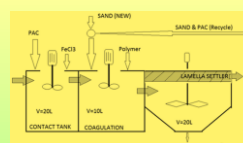
Ozonowanie wody

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

Wydatek wytwornicy	mg O ₂ /h
Stężenie ozonu w powietrzu:	
przed reaktorem	mg O ₃ /l pow.
za reaktorem	mg O ₃ /l pow.
Stopień przemiany tlenu w ozon	%
Ozon pozostały	mg O ₃ /l wody
Ozon zużyty	mg O ₃ /l wody
Ozon wprowadzony do wody	mg O ₃ /l wody

Woda	stopień rozcieńczenia	Policzono na płycie ilości kolonii bakterii	Ilości bakterii w przeliczeniu na 1 dm ³ nierozcieśnionej wody
okrzewowa			
okrzewowa			
oczyszczona			
Przyjęte ilości bakterii w 1 dm ³ wody			
okrzewowej			
oczyszczonej			
Stwierdz. redukcji ilości bakterii =		%	

11



Dla otrzymanych danych określających, między innymi, wymagane natlenienie, 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:

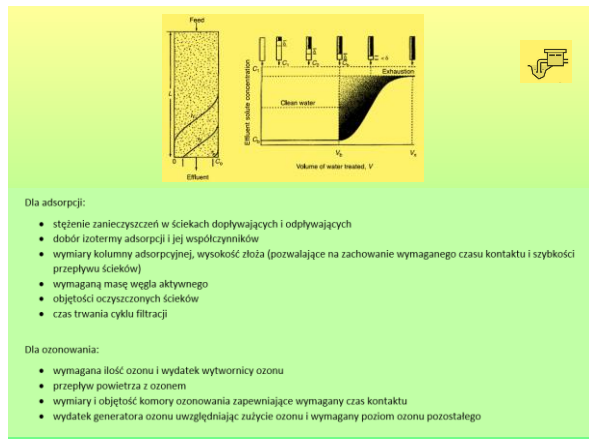
Dla napowietrzania:

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

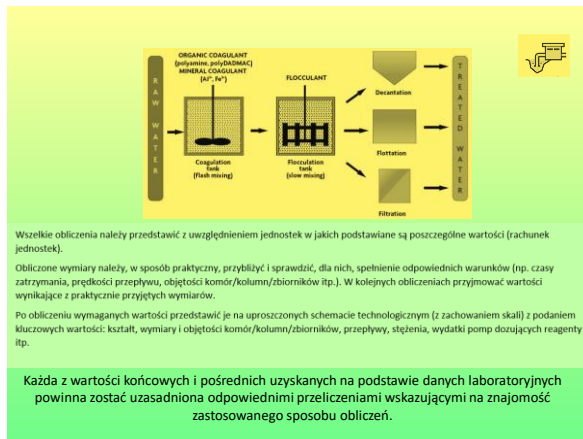
Dla koagulacji:

- wymiary i objętości 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 (przepływ z zapewnieniem wymaganego czasu sedimentacji i możliwości opadania kłaczków osadu – porównanie szybkości opadania zawieszin z szybkością przepływu ścieków) oraz części osadowej osadnika (kąt nachylenia ścian)

12



13



14

Imię	Nazwisko	Przebieg (dni) i początkowe lep[η]	Napowietrzanie i początkowe lep. tleno (gO/m ²)	Koagulacja/Sedymентация czas osiedzania i osadzenia miazgi (min) czas zabudowy (dłg, Osad, Uv)	Adhezja	Oznaczenie
				stopień redukcji: mę. Ca(OH) ₂ , FeO ₃ , Bk ₂ , [%] czas osiedzania i osadzenia miazgi (min)	Stożek redukcji [%] Czas koagulacji [min] Przebieg przebiegu [m]	Zużycie ozonu, ozonoparady [g/h·m ²]
Data	przykładowe	15	1	%: 1; 3; 0,025	80	2
		20	3	6; 15 3; 6	15 6	0,5

15

Innr	Nazwa	Współczynnik tętnienia [%]	Prędkość i porażenie [m] [cm]	Ciężar [g]	Ciężar [g]	Ciężar [g]
Dane	przychłodzi	15	1	76	1; 3; 8,015	80
		20	3	6	6; 19	15
					3; 6	6
						0,5

Kogulacja/flokulacja/sedymentacja		Współczynnik tętnienia [%]		Prędkość porażenia [m]		Ciężar [g]	
Dawka koagulantu						mg/dm ³	
Dawka flokulantu						mg/dm ³	
Dawka wodorotlenku wapnia						mg/dm ³	
Szybkość opadania kłaczków						cm/s	
Objętość objętość komory szybkiego mieszania						l	
Przyjęta kształt..... i wymiary komory szybkiego mieszania						cm	
podstawa (D, a x b)						cm	
Przyjęta objętość komory szybkiego mieszania						l	
Objętość objętość komory wolnego mieszania						l	
..... i wymiary komory wolnego mieszania						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	
Objętość objętości osadnika						cm ²	
Minimalny przekrój osadnika						cm ²	
Przyjęta kształt..... i wymiary części sedimentacyjnej osadnika						cm	
..... i						cm	
podstawa (D, a x b)						cm ²	
powierzchnia przekroju						cm ²	
Przyjęta objętość części sedimentacyjnej osadnika						l	
Objętość szybkość wzrostu						cm/s	
Objętość objętość części osadowej osadnika						h	
Objętość czas sedimentacji						h	
Przyjęta kształt..... i wysokość części osadowej						cm	
Kąt nachylenia ścian części osadowej						stopnie	
Bromowa objętość części osadowej osadnika						cm	

19

Pracując dawkę CaOxH_2 otrzymamy wyznaczając stężenie roztworów przy założeniu, że kagowalność icki zachowuje się tak samo jak badany w czasie zajęć laboratoryjnych.

Według informacji podanych dla badanego icki i stężni wykorzystujemy za czwinnich laboratoryjnych

Kadacy pomiedzy dawkami magnezów (3% wt $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ i 1% zawiesina CaOxH_2), dla przegrywającego icki modelowego, określona została następująca zależność:

$$D_{\text{CaOxH}_2} = 2,5 \cdot D_{\text{FeSO}_4} + 4 \cdot V$$

gdzie

D_{FeSO_4} – objętość, w ml, 1% roztworu $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ odmierzonej do próbki icko o objętości V (1% zawiesina w 1 ml zawiera 10 mg CaOxH_2)

D_{FeSO_4} – objętość, w ml, 3% roztworu $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ odmierzonej do próbki icko o objętości V (3% roztwór w 1 ml zawiera 30 mg kagowalności)

V – objętość próbki icko użytego do badania w dm³

Zależność powyższa uwzględnia dawkę wapnia wymagając do utrzymania odpowiedniego odczynu icki (współczynniki 4 – zależny od jakości icki) i dawkę potasu do wyznaczenia wodociekalności żelaza (współczynniki 2,5 – zależny od mechanizmu reakcji pomiędzy kagowalnością i wodociekalnością wapnia oraz stopni ich roztworzalności) i może być stosowana wyłącznie do icki przegrywanego do icki przy stosowaniu roztworu zawiesiny $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ w podanych w instrukcji stężeniach.

Abv obliczyć jaką dawkę CaOxH_2 wyrażoną w mg/L (g/m^3) do dobowej dawki $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (wyrażonej w g/L g/m^3) należy przekształcić podając wyniki uwzględniając, że stosowane są zapewnione na zapewnienie w objętości i ml odpowiednio 10 mg CaOxH_2 i 150 mg $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

$$D_{\text{CaOxH}_2} = 10 \cdot \left(\frac{2,5}{50} D_{\text{FeSO}_4} + 4 \right)$$

$$D_{\text{CaOxH}_2} (\text{mg}/\text{L}) = 0,5 D_{\text{FeSO}_4} + 40$$

Gdzie D_{CaOxH_2} , D_{FeSO_4} i D_{FeSO_4} to dawki zawiesiny CaOxH_2 oraz $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ wyrażone w mg/L (g/m^3) i nie zależą od objętości stosowanych roztworów.

Należy jednak czy czas pamiętać, że jest to zależność empiryczna, którą można stosować tylko do jednego konkretnego icki, zawierający CaOxH_2 i $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Dla innych przypadków należy dobrać dawki ustalić wartości współczynników (0,5, 40) w powyższej zależności.

20

**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>

23

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 przebiecia
- (Czas do osiągnięcia wyczerpania złoża)

PIERO M. ARMENANTE
NJIT

24

Transport masy podczas adsorpcji



PIERO M. ARMENANTE
NJIT

25

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

26

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

27

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:

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

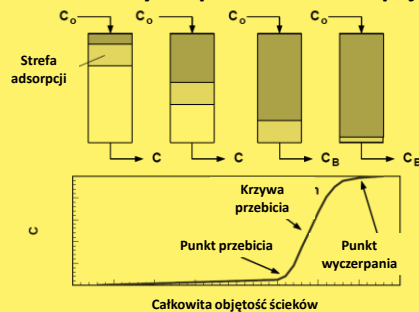
gdzie: S = przekrój poprzeczny kolumny
 L = wysokość napełnienia
 ε = porowatość złoża
 $q_{so} = g(C_o)$ = wartość q w równowadze z C_o
 $\rho_s \rho_{s,app}$ = rzeczywista i pozorna gęstość złoża



PIERO M. ARMENANTE
NJIT

28

Punkt i krzywa przebiecia adsorpcji



PIERO M. ARMENANTE
NJIT

29

Uproszczona metoda szacowania wydajności adsorpcji na złożu nieruchomym

Założenia upraszczające

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

PIERO M. ARMENANTE
NJIT

30

Uproszczona metoda szacowania wydajności adsorpcji na złożu nieruchomym

Z bilansu masowego dla zanieczyszczenia w punkcie przebicia:

$$M = q_B B = \zeta q_{s0} B = Q t_B \left(C_o - \frac{C_B}{2} \right) \cong Q t_B C_o$$

gdzie:

M = całkowita masa zanieczyszczenia zaadsorbowanego w punkcie przebicia

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

i:

$$q_{s0} = K_F C_o^{1/n}$$

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

PIERO M. ARMENANTE
NJIT

31

Uproszczona metoda szacowania wydajności adsorpcji na złożu nieruchomym

Wynikający z tego czas pracy kolumny do osiągnięcia przebicia 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 przebicia:

$$V_B = Q t_B$$

PIERO M. ARMENANTE
NJIT

32

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	
doczyszczanie	60 - 200
	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 sitowej ilość oczek siatki na jeden cal. Uwzględniając „normalizowaną” grubość drutu określa to rozmiar oczek sita i jednocześnie wielkość ziaren zatrzymywanych na sicie. 8 mesh – 2,36 mm; 40 mesh – 0,425 mm

33

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



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

Wielkość (mm)	Gęstość nasypowa (kg/l)	Twardość (%)	Węgiel (%)	Zawartość popiołu (%)	CTC min	Liczba jodowa (mg/g)	pH	Powierzchnia całkowita (m ² /g)
W*30 (2,36-5,0mm)	±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 oznaczania 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 nasycenia. 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 przemieszczaniu przez sito o określonym rozmiarze oczek przy wytrząsaniu w konkretnych warunkach.

34

Imię	Nazwisko	Przepływ ścieków początkowy (l/s)	Napowietrzanie, początkowe i wymagane stężenia (mg/L)	Koagulacja/flokulacja, stopień redukcji: mgl. Ca(OH) ₂ , FeSO ₄ , FeCl ₃ (mg/L) i czas (min); i volume mieszania (min)	Adsorpcja, stopień redukcji (%) i czas kontaktu (min); i Prędkość przepływu (m/h)	Oczyszczanie, zużycie osadu, stężenie porostu (gO/m ³)
Dane	przykładowe	15 20	1 3	70; 1: 3; 0,025 4; 15 3; 6	80 15 6	2 0,5

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 ²
Kolumna – przyjęta wysokość złoża H		cm
Kolumna – przyjęta średnica złoża D		cm
Powierzchnia przekroju kolumny o przyjętych wymiarach		cm ²
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
qb		mg/g
Masa zaadsorbowana		mg
Obj. oczyszczonych ścieków (Cb)		L
Obj. oczyszczonych ścieków (0,5 Cb)		L
Obliczony czas pracy kolumny (Cb)		godzin (dni)
Obliczony czas pracy kolumny (0,5 Cb)		godzin (dni)

35

Imię	Nazwisko	Przepływ ścieku [l/s] i początkowa stęż. [mg/l]	Napiętność i Początkowa i wymagane stęż. [mg/l]	Koagulacja/Sedymentacja stopień redukcji: mg. Ca(OH) ₂ , FeSO ₄ , Bk, [%] czas uzyskiwa i niedoza mieszania [min] czas osadów Bk: Oblicz. [min]	Adsorpcja Stopień redukcji [%] Czas kontaktu [min] Prędkość przepływu [m/h]	Ozonowanie Zużycie ozonu, ozon pozostały [gO ₂ /m ³]
Dane	przykładowe	15 20	1 3	70; 1; 3; 0,025 6; 15 3; 6	80 15 6	2 0,5

Ozonowanie

Ilość ozonu wymagana do dostarczenia do ścieku		g O ₂ /dm ³
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 ₂ /h
Stężenie ozonu w strumieniu powietrza		mg O ₂ /dm ³
Obliczony przepływ powietrza		l/h