



Μάθημα:
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ Ι



**Εργαστηριακή Άσκηση 4η. Βελτιστοποίηση στήλης
προσρόφησης**

Φοιτητής: Δημήτρης Σιδηράς

ΑΜ φοιτητή: -----

7/4/2021

Επεξεργασία πειραματικών αποτελεσμάτων

Καταγράφουμε τις μετρήσεις (απορρόφηση ABS, συγκέντρωση C) που προέκυψαν. Από την εξίσωση Clark προκύπτει:

$$\left(\frac{C_i}{C}\right)^{n-1} - 1 = A \cdot e^{-r \cdot t} \quad (6)$$

Η παραπάνω σχέση λογαριθμιζόμενη δίνει:

$$\ln \left[\left(\frac{C_i}{C}\right)^{n-1} - 1 \right] = \ln A - r \cdot t \quad (7)$$

όπου $\ln A = KNx/u$ και $r = KC_i$.

$$y = A_1 x + A_0$$

$$\ln A = A_0$$

$$-r = A_1$$

Η οποία με γραμμική παλινδρόμηση δίνει τις τιμές του A και του r για την βέλτιστη προσαρμογή θεωρητική καμπύλης και πειραματικών αποτελεσμάτων. Επίσης η αρχική σχέση μπορεί να επιλυθεί ως προς C και να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της θεωρητικής τιμής της συγκέντρωσης $C_{\theta\epsilon\omega\rho}$

$$C_{\theta\epsilon\omega\rho} = C_i \cdot \left(A \cdot e^{-r \cdot t} + 1 \right)^{-\frac{1}{n-1}} \quad (8)$$

οποία παραγωγιζόμενη δίνει:

$$\frac{dC}{dt} = \frac{A}{n-1} C_i \cdot \left(A \cdot e^{-r \cdot t} + 1 \right)^{-\frac{1}{n-1}-1} \cdot e^{-r \cdot t} \quad (9)$$

όπου C, C_i οι συγκεντρώσεις του methylene blue ή red reactif 195 (C εκροής, C_i εισροής), t ο χρόνος, n το αντίστροφο της κλίσης της ισόθερμου προσρόφησης του Freundlich, A συντελεστής και r μια σταθερά.

Η ισόθερμη προσρόφησης του Freundlich δίνεται από την εξίσωση

$$q = K_F \cdot C^{\frac{1}{n}} \quad (10)$$

Όπου q τα mg προσροφημένου υλικού ανά g υλικού προσρόφησης, C η συγκέντρωση του methylene blue στο διάλυμα, και K_F , n σταθερές.

Αφού προσδιορίσουμε τις παραμέτρους A, r, n, C_i , στην συνέχεια υπολογίζουμε την θεωρητική τιμή της συγκέντρωσης $C_{\theta\epsilon\omega\rho}$. Είναι δυνατό να τεθεί $n=1,6$ αντί να προσδιορισθεί η βέλτιστη τιμή του.

Τέλος μπορούμε να υπολογίσουμε το τυπικό σφάλμα απόκλισης

$$s = \sqrt{\frac{\sum(C - C_{\theta\epsilon\omega\rho})^2}{n' - p}} \quad (11)$$

$$s = \sqrt{\frac{SUM}{f}} \quad (11a)$$

όπου n' ο αριθμός των μετρήσεων που κάναμε και p ο αριθμός των παραμέτρων της εξίσωσης. Βαθμοί ελευθερίας $f = n' - p$. Για την μικρότερη τιμή του σφάλματος εκτίμησης s (αυτή που πλησιάζει περισσότερο το 0) θα έχουμε και την βέλτιστη τιμή των παραμέτρων. Για αυτές τις τιμές υπολογίζουμε το $C_{\theta\epsilon\omega\rho}$ και κάνουμε την γραφική παράστασή του συναρτήσει του χρόνου.

Πίνακας 1

t (min)	t _{μέσος} (min)	Δt (min)	ΔV (mL)	V (mL)	V _{μέσος} (mL)	Q=ΔV/Δt (mL/min)	V _{μέσος, θεωρ} (mL)	ABS	C (mg/L)
60	30	60	325	325	162,5	5,42	289	0,025	0,14
120	90	60	485	810	568	8,08	866	0,02	0,11
180	150	60	445	1255	1033	7,42	1443	0,028	0,16
240	210	60	534	1789	1522	8,90	2021	0,025	0,14
270	255	30	270	2059	1924	9,00	2454	0,031	0,17
300	285	30	250	2309	2184	8,33	2743	0,022	0,12
330	315	30	260	2569	2439	8,67	3031	0,022	0,12
360	345	30	245	2814	2692	8,17	3320	0,032	0,18
390	375	30	250	3064	2939	8,33	3609	0,031	0,17
420	405	30	280	3344	3204	9,33	3897	0,038	0,21
450	435	30	270	3614	3479	9,00	4186	0,022	0,12
480	465	30	270	3884	3749	9,00	4475	0,024	0,13
510	495	30	265	4149	4017	8,83	4763	0,043	0,24
540	525	30	250	4399	4274	8,33	5052	0,082	0,46
590	565	50	365	4764	4582	7,30	5437	0,162	0,90
610	600	20	175	4939	4852	8,75	5774	0,31	1,72
630	620	20	195	5134	5037	9,75	5966	0,431	2,39
650	640	20	200	5334	5234	10,00	6159	0,553	3,07
670	660	20	190	5524	5429	9,50	6351	0,693	3,85
700	685	30	300	5824	5674	10,00	6592	0,77	4,28
730	715	30	335	6159	5992	11,17	6880	0,85	4,72
760	745	30	285	6444	6302	9,50	7169	0,937	5,21
797	779	37	490	6934	6689	13,24	7491	1,016	5,64
827	812	30	445	7379	7157	14,83	7814	1,115	6,19
857	842	30	435	7814	7597	14,50	8102	1,2	6,67
887	872	30	445	8259	8037	14,83	8391	1,21	6,72
					Q _{μέσος}	9,62			

$$t_{\text{μεσο}} = \frac{t_{i-1} + t_i}{2}$$

$$\Delta V = V_i - V_{i-1} \quad \text{ή} \quad V_i = V_{i-1} + \Delta V$$

$$V_{\text{μεσο}} = \frac{V_{i-1} + V_i}{2}$$

$$\Delta t = t_i - t_{i-1}$$

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

$$V_{\text{μέσος, θεωρ}} = Q_{\text{μέσος}} \cdot t_{\text{μέσος}}$$

$$C = \frac{ABS}{0,18}$$

Πίνακας 2

$t_{\text{μέσος}} \text{ (min)}$	$V_{\text{μέσος, θεωρ}} \text{ (mL)}$	$C \text{ (mg/L)}$	$C_{\text{θεωρ}} \text{ (mg/L)}$	$(C - C_{\text{θεωρ}})^2$	$dC/dt \text{ (mg/L/min)}$
30	289	0,14	0,00	0,02	0,00
90	866	0,11	0,00	0,01	0,00
150	1443	0,16	0,00	0,02	0,00
210	2021	0,14	0,00	0,02	0,00
255	2454	0,17	0,00	0,03	0,00
285	2743	0,12	0,00	0,01	0,00
315	3031	0,12	0,00	0,01	0,01
345	3320	0,18	0,01	0,03	0,02
375	3609	0,17	0,02	0,02	0,03
405	3897	0,21	0,04	0,03	0,06
435	4186	0,12	0,08	0,00	0,12
465	4475	0,13	0,16	0,00	0,23
495	4763	0,24	0,29	0,00	0,41
525	5052	0,46	0,53	0,00	0,69
565	5437	0,90	1,06	0,03	1,19
600	5774	1,72	1,77	0,00	1,63
620	5966	2,39	2,27	0,01	1,82
640	6159	3,07	2,82	0,07	1,92
660	6351	3,85	3,37	0,23	1,92
685	6592	4,28	4,05	0,05	1,80
715	6880	4,72	4,76	0,00	1,51
745	7169	5,21	5,35	0,02	1,18
778,5	7491	5,64	5,83	0,04	0,84
812	7814	6,19	6,17	0,00	0,57
842	8102	6,67	6,37	0,09	0,39
872	8391	6,72	6,51	0,05	0,26
			SUM	0,80	
			n'	26	
			p	2	
			f=n'-p	24	
			s	0,1830	

ABS _i	1,22
C _i (mg/L)	6,778
0,05*C _i	0,339
0,95*C _i	6,44
Break Through Point, BTP, t_b (min) Σημείο όπου ξεπερνά το περιβαλλοντικό όριο, αν έχει τεθεί ίσο με 0,05*C _i	510
Exhaustion Point, EP, t_e (min) Σημείο Εξάντλησης της στήλης προσρόφησης	827

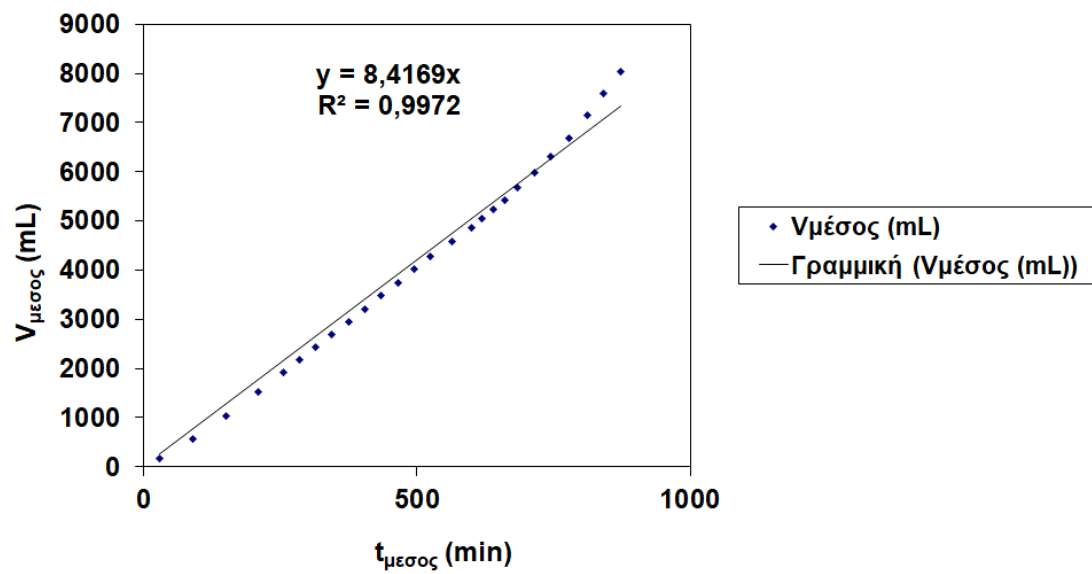
Πίνακας 3

$t_{μέσος}$ (min)	C (mg/L)	$\ln[(C_i/C)^{(n-1)}-1]$
525	0,46	1,399
565	0,90	0,858
600	1,72	0,243
620	2,39	-0,143
640	3,07	-0,498
660	3,85	-0,906
685	4,28	-1,146
715	4,72	-1,418
745	5,21	-1,763
779	5,64	-2,154
812	6,19	-2,892

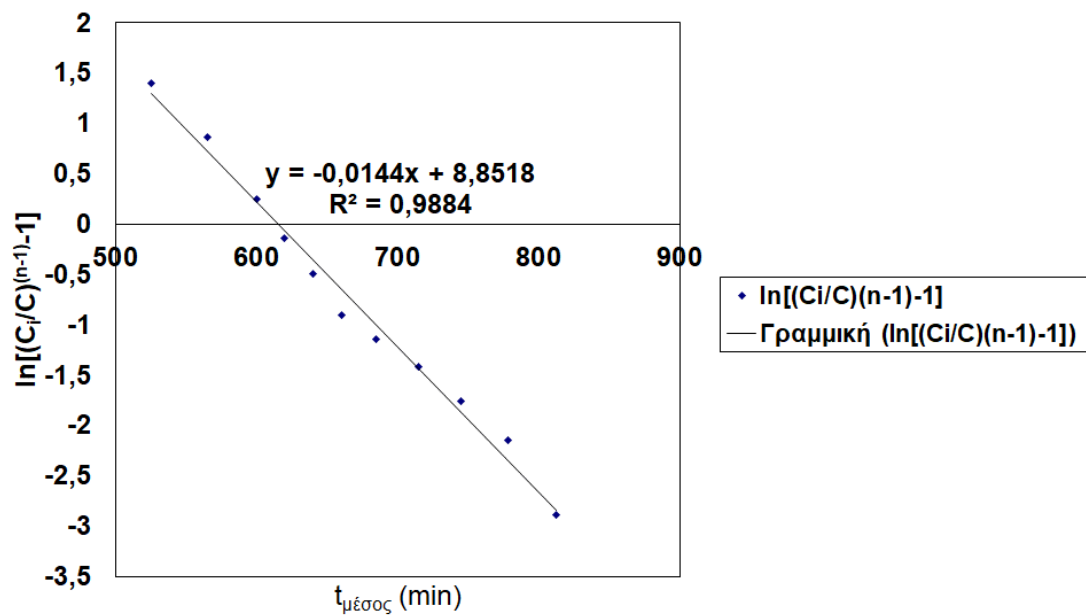
Πίνακας 4

n	1,6
$n-1$	0,6
$-1/(n-1)$	-1,667
$-1/(n-1)-1$	-2,667
C_i	6,78
$\ln A=A_o$	8,852
$r=-A_1$	0,01440
$A=\exp(A_o)$	6987
R^2	0,9884

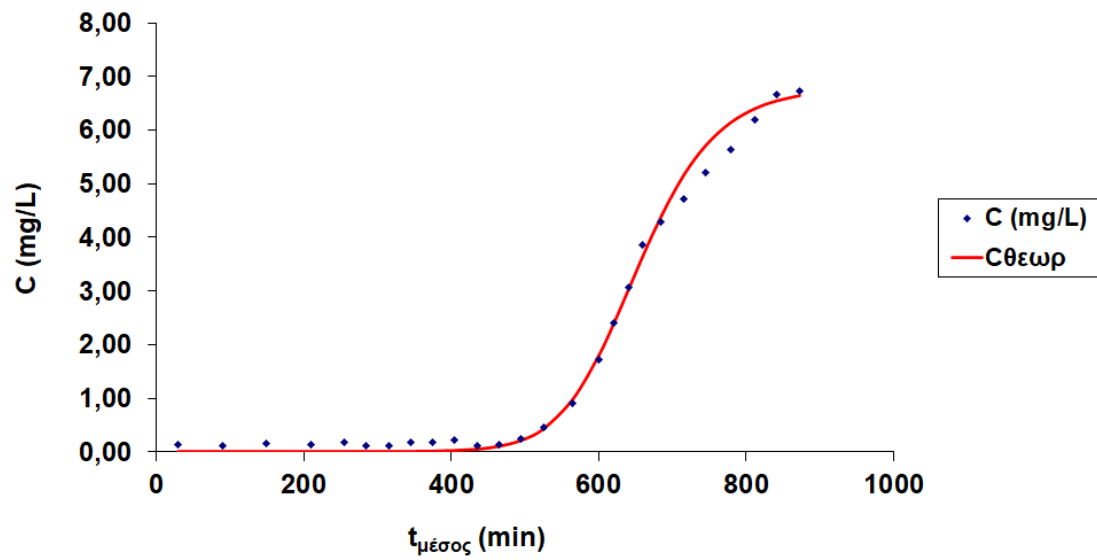
Σχήμα 1



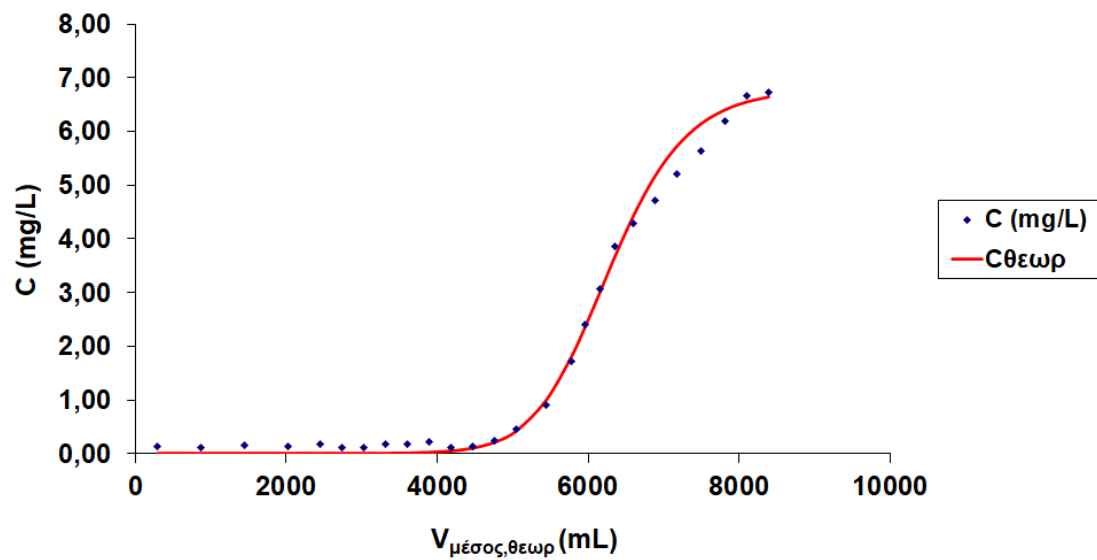
Σχήμα 2



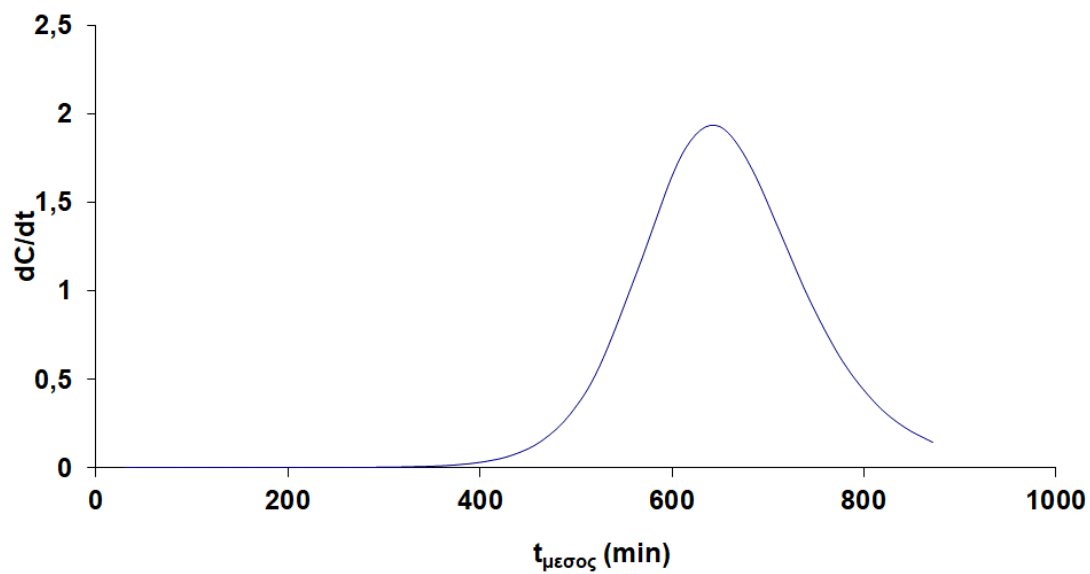
Σχήμα 3



Σχήμα 4



Σχήμα 5



Συμπεράσματα

Π.χ. Η τυπική απόκλιση $s=0,1830$ είναι σχετικά μικρή άρα το μοντέλο Clark της εξίσωσης (6) περιγράφει ικανοποιητικά την διεργασία της προσρόφησης χρωστικής σε στήλη με πληρωτικό υλικό.

Παράρτημα 1

Ημερομηνία:	6/4/2021
Ονοματεπώνυμο / υπογραφή φοιτητή	Δημήτριος Σιδηράς
Ομάδα:	Π.χ. 37

Πειραματικά αποτελέσματα:

χρωστική	Methylene blue
Συγκέντρωση εισόδου χρωστικής (ABS_i για υπολογισμό C_i)	1,22
Πληρωτικό υλικό στήλης	Προκατεργασμένο πριονίδι
Διάμετρος στήλης (cm)	2,5
Ύψος στήλης, bed depth x (cm)	15

Πίνακας Π1

t (min)	ΔV (mL)	ABS
60	325	0,025
120	485	0,02
180	445	0,028
240	534	0,025
270	270	0,031
300	250	0,022
330	260	0,022
360	245	0,032
390	250	0,031
420	280	0,038
450	270	0,022
480	270	0,024
510	265	0,043
540	250	0,082
590	365	0,162
610	175	0,31
630	195	0,431
650	200	0,553
670	190	0,693
700	300	0,77
730	335	0,85
760	285	0,937
797	490	1,016
827	445	1,115
857	435	1,2
887	445	1,21