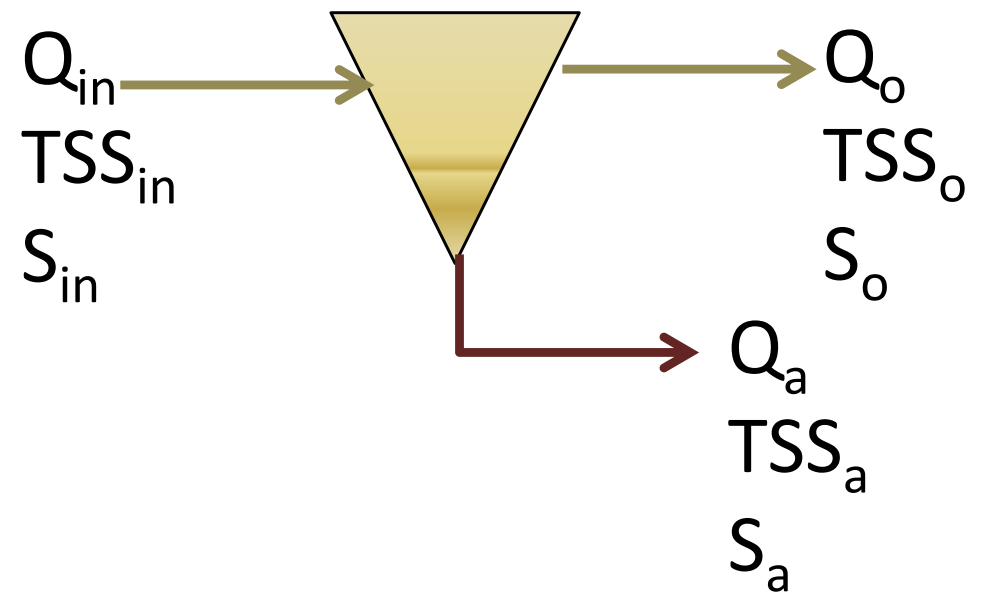


Περιβαλλοντική Μηχανική

Λύση Ασκήσεων

Αθήνα, 21-03-2025

Υγρά Απόβλητα Σχεδιασμός Δεξαμενής Πρωτοβάθμιας Καθίζησης



Ισοζύγια Μάζας

$$Q_{in} = Q_o + Q_a \quad (1)$$

$$Q_{in} \cdot TSS_{in} = Q_o \cdot TSS_o + Q_a \cdot TSS_a \quad (2)$$

$$Q_{in} \cdot S_{in} = Q_o \cdot S_o + Q_a \cdot S_a \quad (3)$$

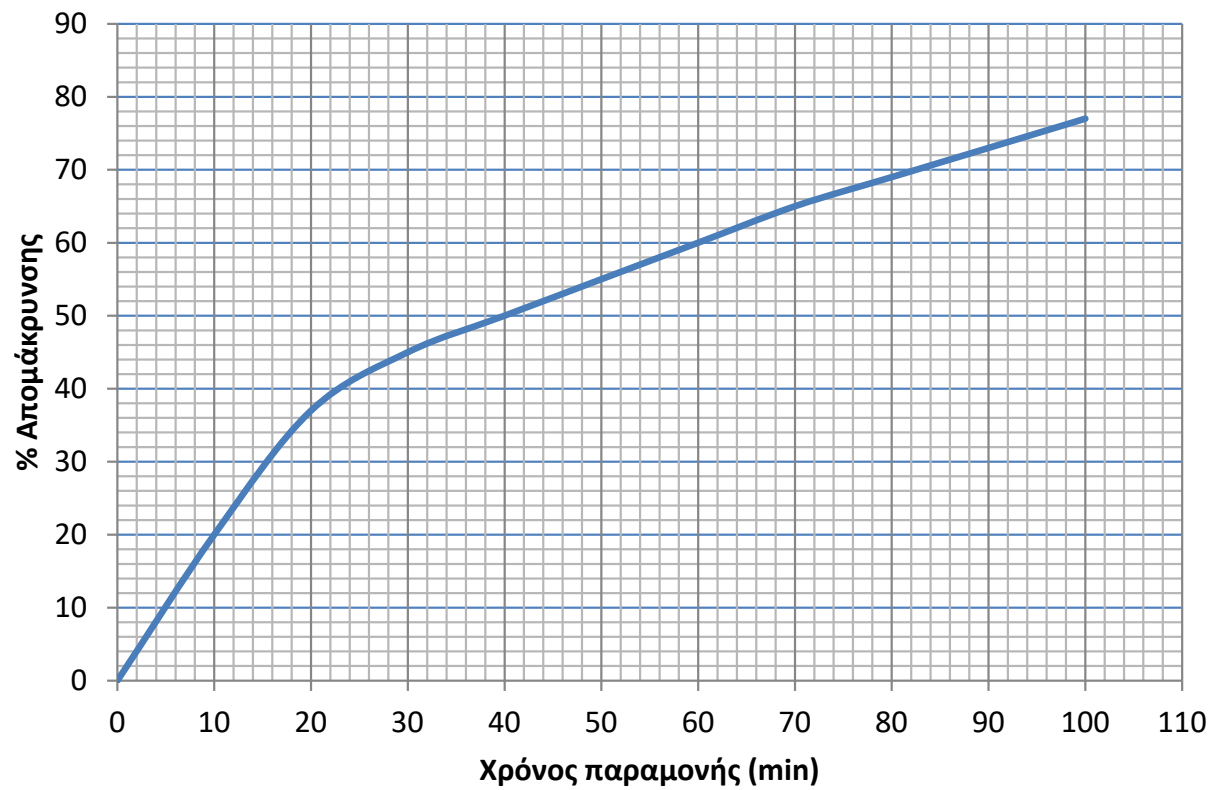
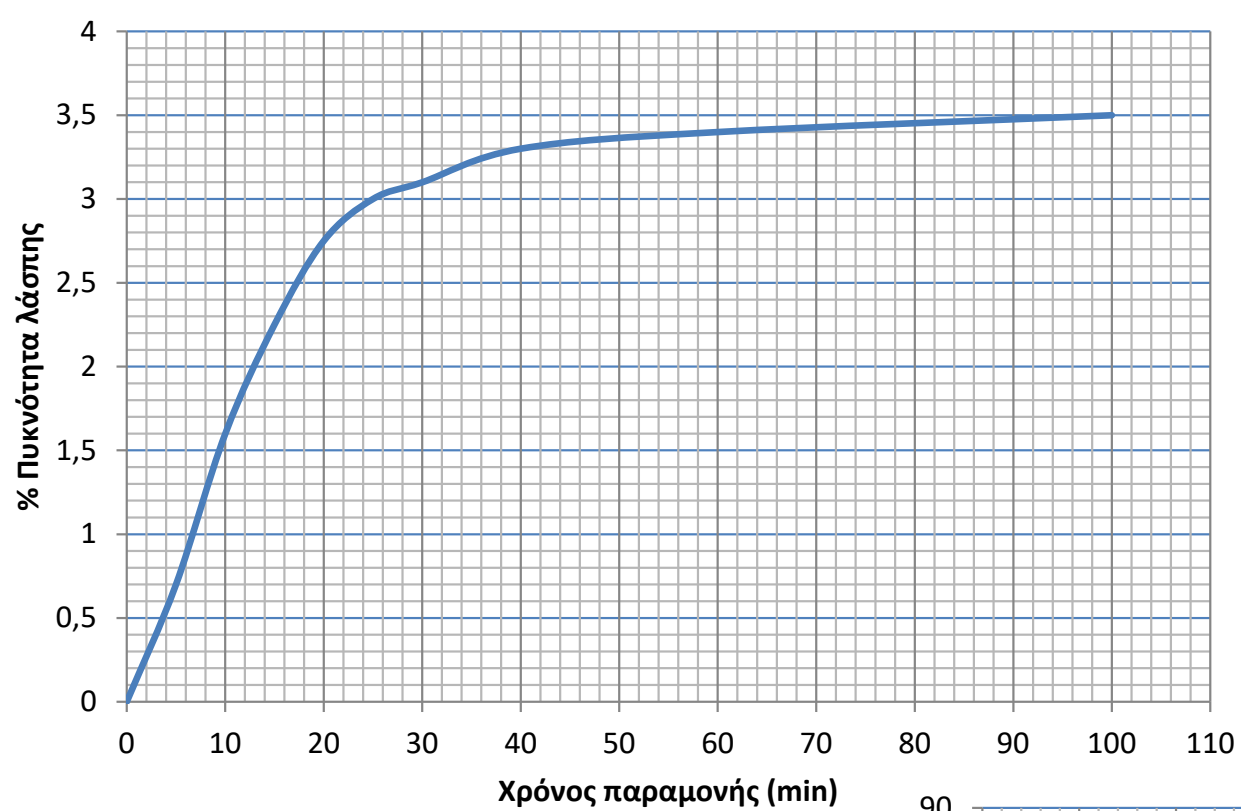
Ισχύει επίσης

$$Q_a \cdot TSS_a = \alpha_{TSS} \cdot Q_{in} \cdot TSS_{in} \quad (4)$$

$$Q_a \cdot S_a = \alpha_{BOD} \cdot Q_{in} \cdot S_{in} \quad (5)$$

Πρωτοβάθμια καθίζηση

Σχεδιάστε μια δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης στην οποία εισέρχονται αστικά απόβλητα με παροχή $13000 \text{ m}^3/\text{d}$ και συγκέντρωση TSS 350 mg/L ώστε να επιτυγχάνεται απομάκρυνση στερεών 65% . Δίνονται τα ακόλουθα διαγράμματα συγκέντρωση λάσπης – χρόνου παραμονής και ποσοστό απομάκρυνσης στερεών – χρόνου παραμονής που προέκυψαν από πειράματα καθίζησης σε κύλινδρο ύψους 3 m . Να υπολογιστεί επίσης η παροχή της παραγόμενης λάσπης καθώς και η παροχή και η συγκέντρωση εξόδου.



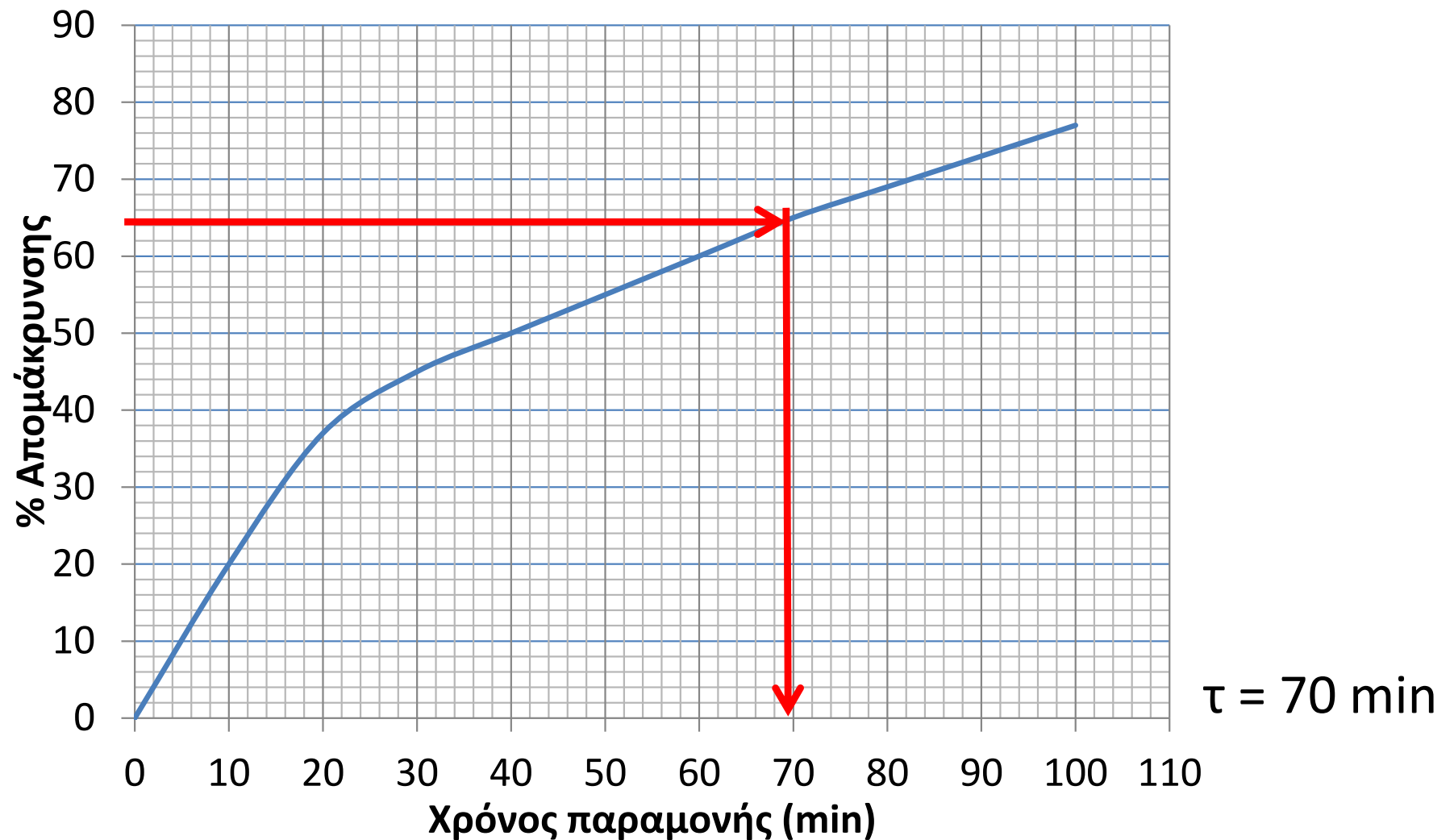
Δεδομένα:

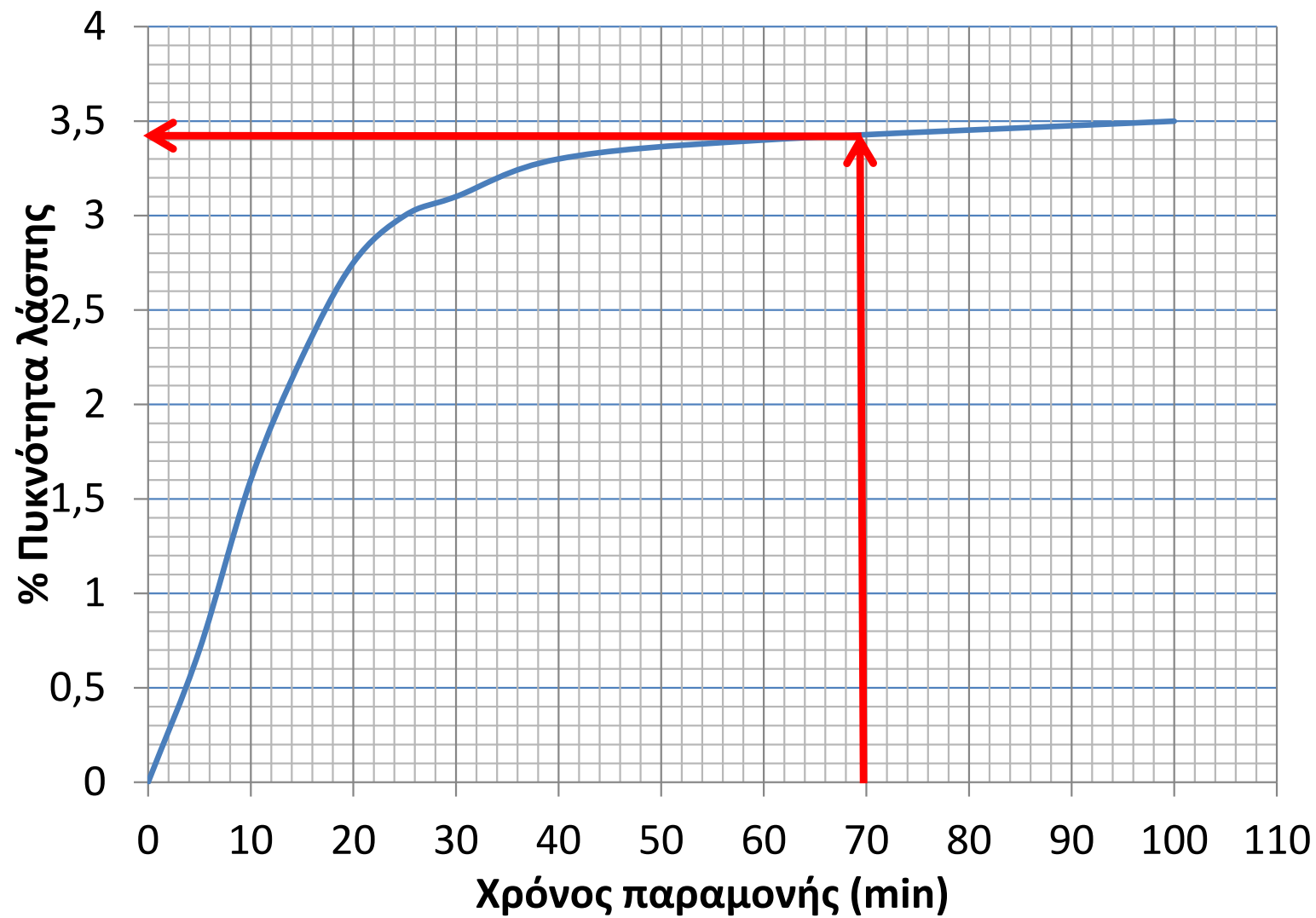
$$Q = 13000 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\text{TSS} = 350 \text{ mg/L}$$

Απομάκρυνση στερεών = 65%

Λύση:





Πυκνότητα λάσπης = 3,4 %

$$\tau = \frac{V}{Q} \Rightarrow V = 70 \text{ min} \cdot 13000 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \cdot \left(24 \frac{\text{h}}{\text{d}} \cdot 60 \frac{\text{min}}{\text{h}} \right)^{-1} = 632 \text{ m}^3$$

Έστω κυλινδρική δεξαμενή και $H = 3 \text{ m}$

$$A = \frac{V}{H} = 210,6 \text{ m}^2$$

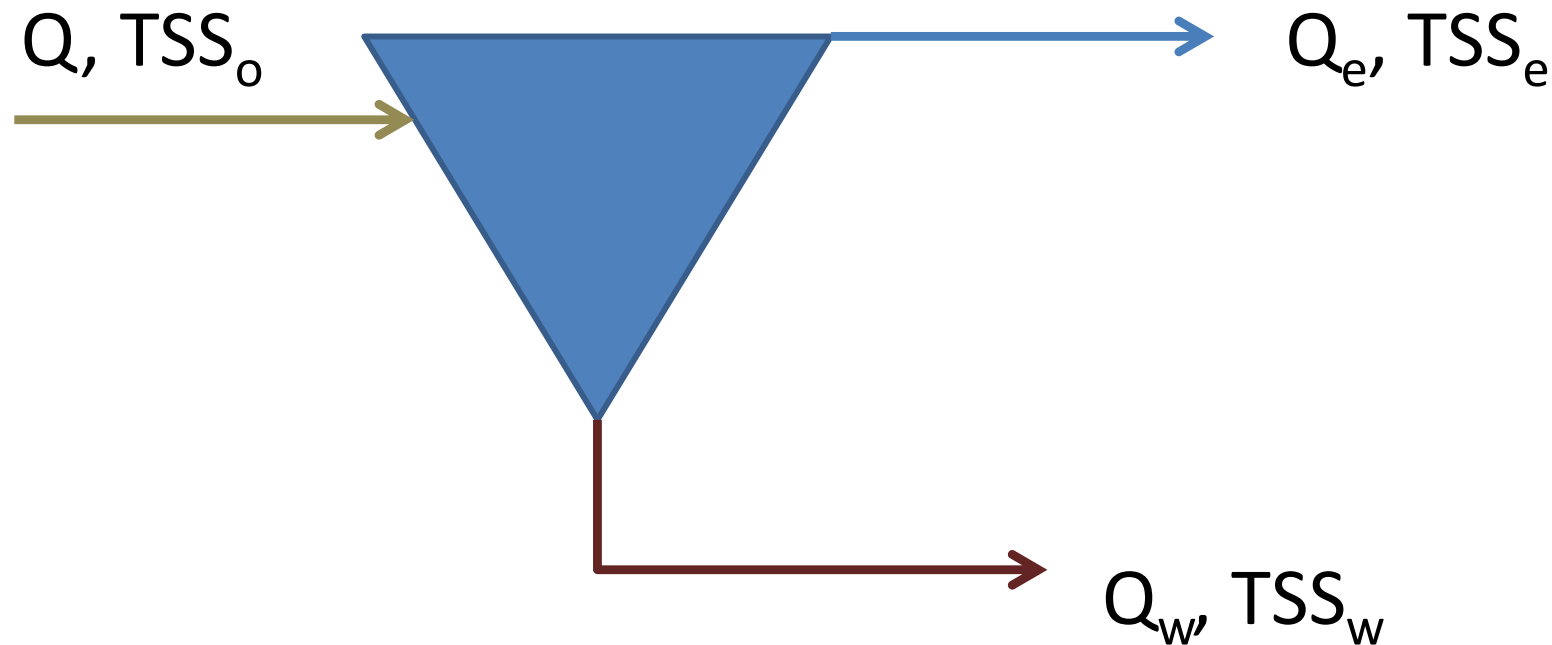
$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \Rightarrow D = 16,4 \text{ m}$$

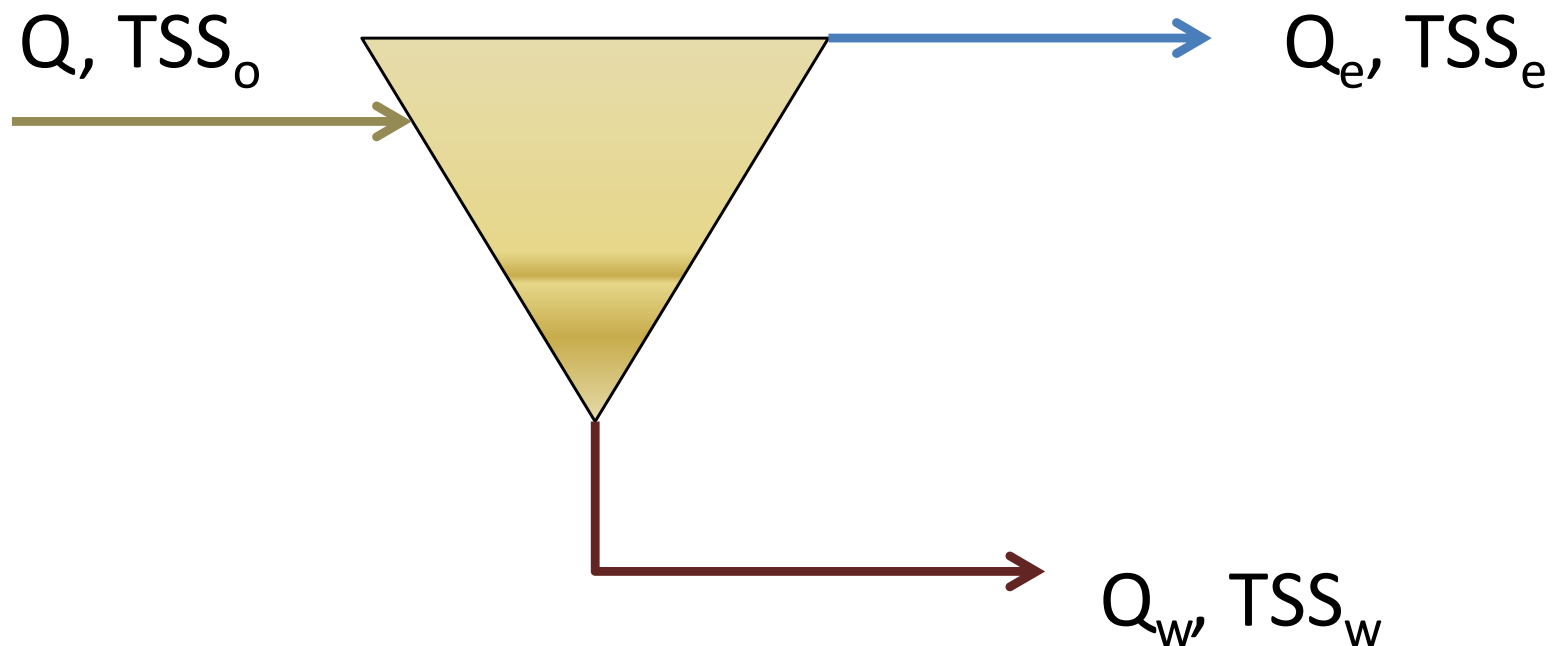
$$\text{επιφανειακή φόρτιση} = \frac{Q}{A} = \frac{13000 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{210,6 \text{ m}^2} = 61,7 \text{ m}^3/\text{d}$$

Η λάσπη που απομακρύνεται είναι:

$$\Pi = Q_w \cdot TSS_w = Q \cdot TSS_o \cdot \% \text{απομάκρυνσης} = 13000 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \cdot 350 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \cdot 0,65$$

$$\Pi = 2957500 \frac{\text{g}}{\text{d}} = 2957,7 \text{kg} / \text{d}$$





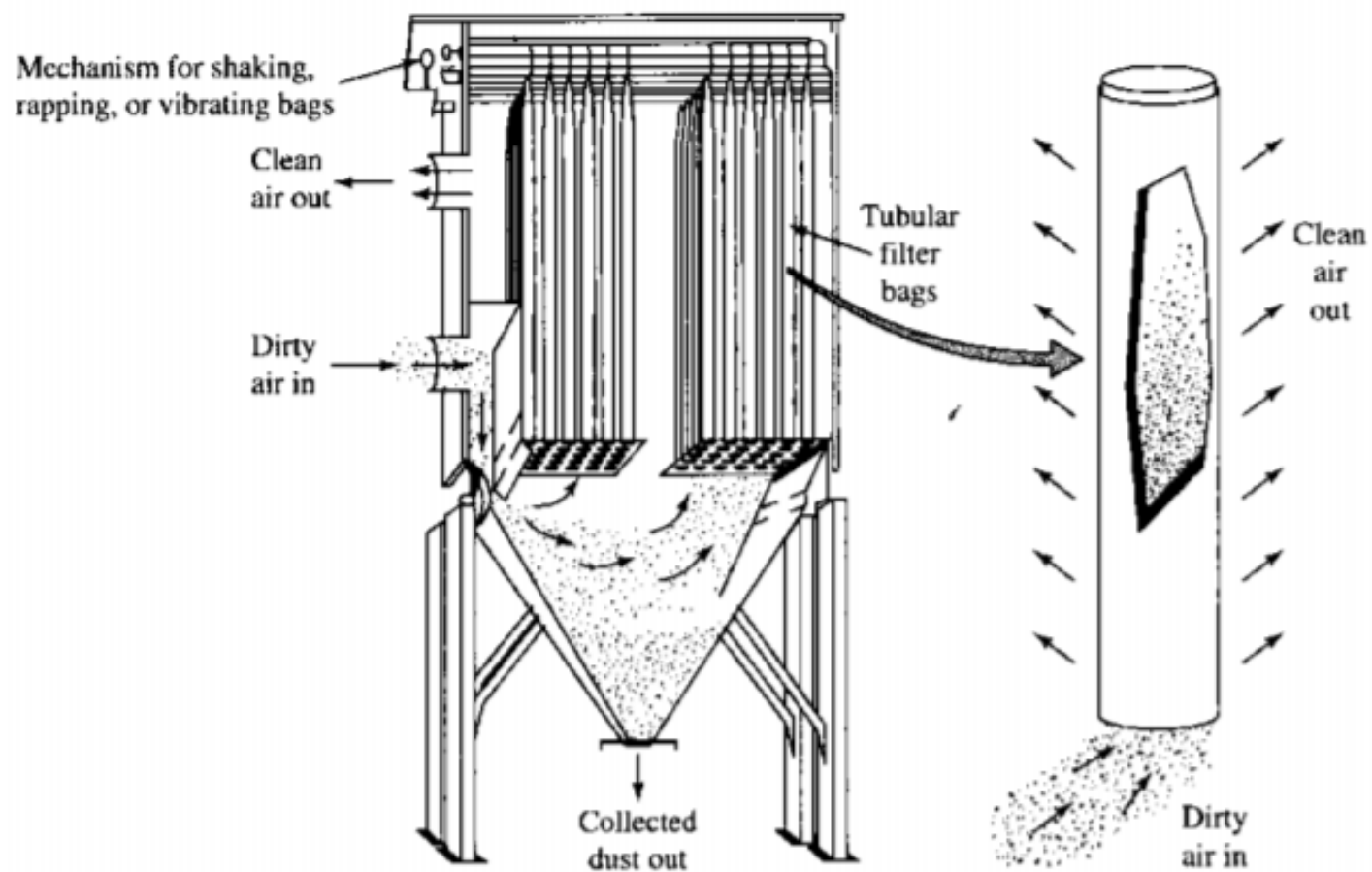
Πυκνότητα λάσπης = 3,4 % $\rightarrow TSS_w = 34000 \text{ mg/L}$

$$\Pi = Q_w \cdot TSS_w \Rightarrow Q_w = 87,0 \text{ m}^3 / \text{d}$$

$$Q = Q_e + Q_w \Rightarrow Q_e = 12913,0 \text{ m}^3 / \text{d}$$

$$Q_e \cdot TSS_e = \frac{(100 - \% \text{απομάκρυνσης})}{100} \cdot Q \cdot TSS_o \Rightarrow TSS_e = 123 \text{ mg/L}$$

Αέρια Ρύπανση Σακκόφιλτρα



Πίνακας 4.2.9 Αριθμός διαμερισμάτων συναρτήσει της καθαρής επιφάνειας υφάσματος

Καθαρή επιφάνεια υφάσματος (m ²)	Αριθμός διαμερισμάτων
0.1 – 400	2
400 – 1100	3
1100 – 2300	4 - 5
2300 – 3700	6 - 7
3700 – 5600	8 - 10
5600 – 7400	11 - 13

Σακκόφιλτρα

Τρόπος λειτουργίας: συντηρούμε /καθαρίζουμε 1 διαμέρισμα τη φορά άρα κάθε χρονική στιγμή έχουμε N-1 διαμερίσματα σε λειτουργία.

$$V_f = \frac{Q}{A_k}$$

Εξ. 4.16

V_f : ταχύτητα φιλτραρίσματος

Q : παροχή απαερίων

A_k : η καθαρή επιφάνεια υφάσματος και αντιστοιχεί μόνο στα τμήματα της επιφάνειας των φίλτρων που είναι σε λειτουργία

$$\Delta P_{ολ.} = \Delta P_{φιλ.} + \Delta P_{στρ.} = K_1 \cdot v_f + K_2 \cdot c_0 \cdot v_f^2 \cdot t \quad \text{Εξ. 4.17}$$

K_1 : σταθερά φίλτρου

K_2 : ειδική αντίσταση του στρώματος των σωματιδίων στο φίλτρο

c_0 : συγκέντρωση σωματιδίων

t : χρόνος λειτουργίας

$$t_f = t_c(N - 1) \quad \text{Εξ. 4.18}$$

t_f : χρόνος φιλτραρίσματος, συνολικός χρόνος λειτουργίας ενός διαμερίσματος μεταξύ 2 διαδοχικών καθαρισμών [30min-2h]

t_c : χρόνος καθαρισμού [1-5min]

N : αριθμός διαμερισμάτων

ΣΑΚΚΟΦΙΛΤΡΑ

Ρεύμα αερίου το οποίο περιέχει σωματίδια ιπτάμενης τέφρας, συγκέντρωσης 8g/m^3 , εκπέμπεται από μονάδα ηλεκτροπαραγωγής με ρυθμό $Q=2220\text{m}^3/\text{min}$. Για την επεξεργασία του θα λειτουργήσει στη μονάδα εγκατάσταση σακκόφιλτρου αναστροφής αέρα.

1. Υπολογίστε τις παρακάτω σχεδιαστικές παραμέτρους:

- a) Αριθμό διαμερισμάτων του σακκόφιλτρου
- b) Ταχύτητα φιλτραρίσματος του αερίου
- c) Επιφάνεια του υφάσματος ανά διαμέρισμα
- d) Συνολική επιφάνεια υφάσματος

2. Υπολογίστε τη μέγιστη πτώση πίεσης $\Delta P_{\text{ολ}}$ που είναι δυνατόν να συμβεί κατά την διάρκεια της λειτουργίας.

Υποθέστε έναν χρόνο καθαρισμού 5 min και έναν χρόνο φιλτραρίσματος 45min . $K_1=350\text{ N}\cdot\text{min}\cdot\text{m}^{-3}$ και $K_2=0.72\cdot 10^5\text{ s}^{-1}$ (τυπική τιμή για σωματίδια ιπτάμενης τέφρας).

Δεδομένα:

$$C_0 = 8 \text{ g/m}^3$$

$$Q = 2220 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$t_c = 5 \text{ min}$$

$$t_f = 45 \text{ min}$$

$$K_1 = 350 \text{ N min/m}^3$$

$$K_2 = 0.72 \cdot 10^5$$

$$1/\text{sec}$$

$$(\alpha) N$$

$$(\beta) V_f$$

$$(\gamma) A\delta$$

$$(\delta) A_{tot}$$

(α) Αριθμός διαμερισμάτων του σακκόφιλτρου (N)

$$\text{Εξ. 4.18} \quad t_f = t_c(N - 1) \Rightarrow N = \frac{t_f}{t_c} + 1 = \frac{45 \text{ min}}{5 \text{ min}} + 1 = 10$$

(β) Ταχύτητα φιλτραρίσματος (V_f)

Εξ. 4.16 $V_f = \frac{Q}{A_k}$

Όπου, A_k είναι η καθαρή επιφάνεια υφάσματος και ισούται με το λόγο της παροχής απερίων (Q) προς την ταχύτητα φιλτραρίσματος και αντιστοιχεί μόνο στα τμήματα της επιφάνειας των φίλτρων που είναι σε λειτουργία. Εμείς συντηρούμε /καθαρίζουμε 1 διαμέρισμα τη φορά άρα κάθε χρονική στιγμή έχουμε $N-1$ διαμερίσματα σε λειτουργία.

Άρα από Πίνακα 4.2.9 για $N=10-1=9$ έχουμε:

$$A_k = \frac{(5600 + 3700)m^2}{2} = 4650m^2$$

$$V_f = \frac{Q}{A_k} = \frac{2220 m^3/min}{4650m^2} = 0,4774m/min$$

Πίνακας 4.2.9 Αριθμός διαμερισμάτων συναρτήσει της καθαής επιφάνειας υφάσματος

Καθαρή επιφάνεια υφάσματος (m^2)	Αριθμός διαμερισμάτων
0.1 – 400	2
400 – 1100	3
1100 – 2300	4 - 5
2300 – 3700	6 - 7
3700 – 5600	8 - 10
5600 – 7400	11 - 13

(γ) Επιφάνεια υφάσματος / φίλτρου ανά διαμέρισμα (A_{δ})

$$A_{\delta} = \frac{A_k}{N - 1} = \frac{4650\text{m}^2}{10 - 1} = 516,7\text{m}^2$$

(δ) Συνολικά επιφάνεια υφάσματος / φίλτρου (A_{tot})

$$\begin{aligned} A_{\text{tot}} &= A_k + A_{\delta} = 4650\text{m}^2 + 516,7\text{m}^2 \\ &= 5166,7\text{m}^2 \end{aligned}$$

2. Υπολογίστε τη μέγιστη πτώση πίεσης $\Delta P_{ολ}$ που είναι δυνατόν να συμβεί κατά την διάρκεια της λειτουργίας.

Εξ. 4.17

$$\begin{aligned}\Delta P_{ολ} &= \Delta P_{φιλ.} + \Delta P_{στρ.} \\ &= K_1 \cdot v_f + K_2 \cdot c_0 \cdot v_f^2 \cdot t\end{aligned}$$

Δεδομένα	
K_1	350 N min/m ³
K_2	0.72·10 ⁵ sec ⁻¹
c_0	8 g/m ³
$t=t_f$	45 min
v_f	0,4774m/min

$$\begin{aligned}\Delta P_{φιλ.} &= K_1 \cdot v_f = 350 \frac{\text{N} \cdot \text{min}}{\text{m}^3} \cdot 0,4774 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 167,09 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \\ &167,09 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}\end{aligned}$$

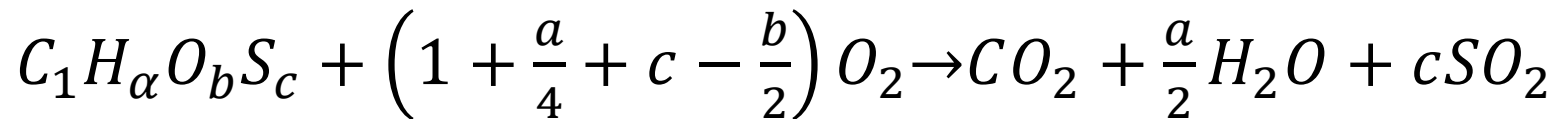
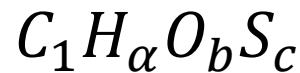
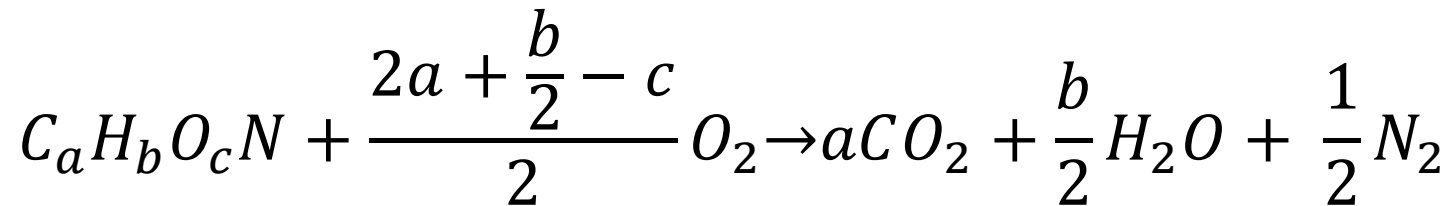
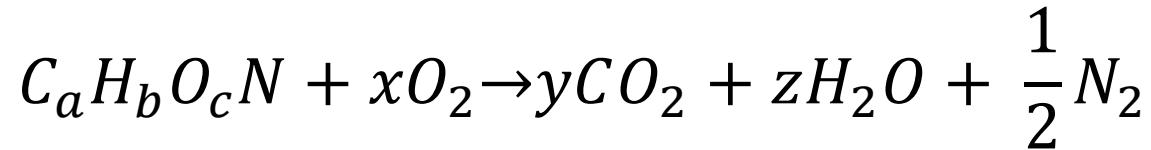
$$\begin{aligned}\Delta P_{στρ} &= K_2 \cdot c_0 \cdot v_f^2 \cdot t \\ &= 0,72 \cdot 10^5 \frac{1}{\text{s}} \cdot 8 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{g}} \cdot \left(0,4774 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot \frac{\text{min}}{60\text{s}} \right)^2 \cdot 45\text{min} \cdot \frac{60\text{s}}{\text{min}}\end{aligned}$$

$$\Delta P_{στρ} = 98,46 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$$

$$\Delta P_{tot} = 265,55 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Στερεά Απόβλητα Καύση

Αντιδράσεις καύσης



Καύση

Το 'ελαφρύ' κλάσμα των απορριμμάτων που δίδονται στον παρακάτω πίνακα οδηγείται σε μονάδα καύσης. Να προσδιοριστούν τα εξής:

(α) ο εμπειρικός τύπος των απορριμμάτων προς καύση ($C_aH_bO_cN$)

(β) η μείωση της μάζας κατά την καύση (% κατά βάρος ξ.β.)

(γ) η απαιτούμενη ποσότητα αέρα κατά την καύση ανά 100 κιλά απορριμμάτων (θεωρείστε 100% περίσσεια αέρα)

Συστατικό	Σύσταση %κ.β.	Υγρασία %κ.β.	C %ξ.β.	H %ξ.β.	O %ξ.β.	N %ξ.β.	S %ξ.β.	Υπόλειμμα %ξ.β.
Υπολείμματα Τροφών	9	70	48	6.4	37.6	2.6	0.4	5
Χαρτί	34	6	43.5	6	44	0.3	0.2	6
Χαρτόνι	6	5	44	5.9	44.6	0.3	0.2	5
Πλαστικά	7	2	60	7.2	22.8	-	-	10
Υφάσματα	2	10	55	6.6	31.2	4.6	0.1	2.5
Λάστιχο	0.5	2	78	10	-	2	-	10
Δέρμα	0.5	10	60	8	11.6	10	0.4	10
Υπολείμματα Αυλών	18.5	60	47.8	6	38	3.4	0.3	4.5
Ξύλο	2	20	49.5	6	42.7	0.2	0.1	1.5
Γυαλί	8	2	0.5	0.1	0.4	0.1	-	98.9
Λευκοσίδηρος	6	3	4.5	0.6	4.3	0.1	-	90.5
Αλουμίνιο	0.5	2	4.5	0.6	4.3	0.1	-	90.5
Άλλα Μέταλλα	3	3	4.5	0.6	4.3	0.1	-	90.5
Λοιπά Ανόργανα	3	8	26.3	3	2	0.5	0.2	68

Προσδιορισμός ξηρού βάρους

Συντελεστής	Σύσταση (kg/100kg)	Υγρασία (% κ.β.)	Υγρασία (kg/100kg)	Ξηρό βάρος (kg/100kg)
Υπολείμματα Τροφών	9	70	6,3	2,7
Χαρτί	34	6	2,04	31,96
Χαρτόνι	6	5	0,3	5,7
Πλαστικά	7	2	0,14	6,86
Υφάσματα	2	10	0,2	1,8
Λάστιχο	0,5	2	0,01	0,49
Δέρμα	0,5	10	0,05	0,45
Υπολείμματα Αυλών	18,5	60	11,1	7,4
Ξύλο	2	20	0,4	1,6
ΣΥΝΟΛΟ (kg/100kg)	79,5		20,54	58,96

(α) Προσδιορισμός εμπειρικού τύπου

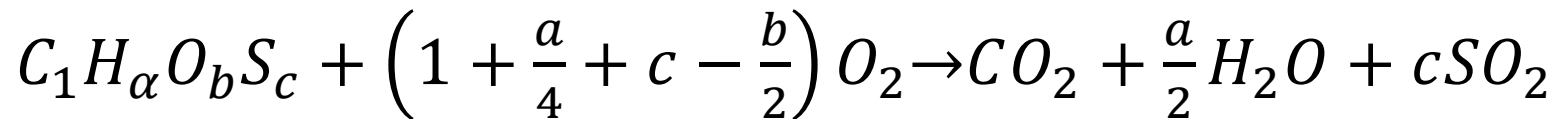
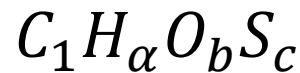
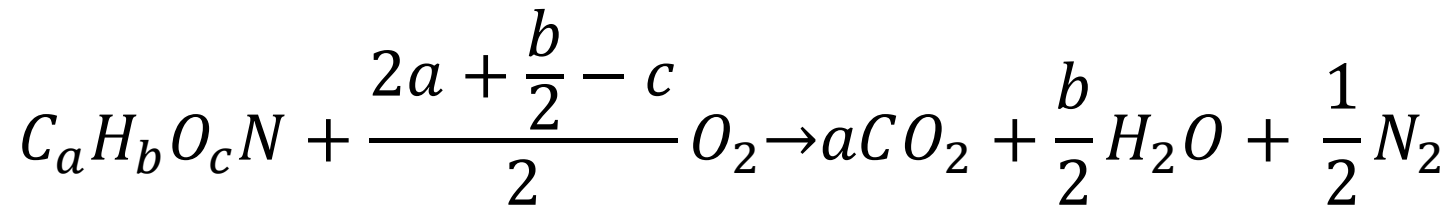
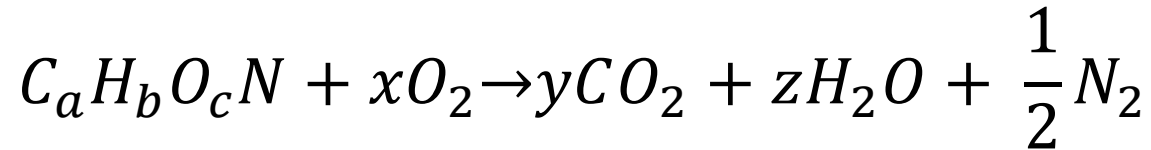
Συντελεστής	Ξηρό βάρος (kg/100kg)	C (kg/100 kg)	H (kg/100 kg)	O (kg/100 kg)	N (kg/100 kg)	S (kg/100 kg)	Υπόλειμμα (kg/100 kg)
Υπολείμματα Τροφών	2,7	1,30	0,17	1,02	0,07	1,1E-02	0,14
Χαρτί	31,96	13,90	1,92	14,06	0,10	6,4E-02	1,92
Χαρτόνι	5,7	2,51	0,34	2,54	0,02	1,1E-02	0,29
Πλαστικά	6,86	4,12	0,49	1,56	-	-	0,69
Υφάσματα	1,8	0,99	0,12	0,56	0,08	1,8E-03	0,05
Λάστιχο	0,49	0,38	0,05	-	0,01	-	0,05
Δέρμα	0,45	0,27	0,04	0,05	0,05	1,8E-03	0,05
Υπολείμματα Αυλών	7,4	3,54	0,44	2,81	0,25	2,2E-02	0,33
Ξύλο	1,6	0,79	0,10	0,68	3,2E-03	1,6E-03	0,02
ΣΥΝΟΛΟ (kg/100kg)	58,96	27,79	3,66	23,29	0,58	0,11	3,52
moles/moles S		653	1033	410	12	1	
moles/moles N		56	89	35	1		
		a	b	c	d	e	

Άρα $C_{56,3}H_{89,1}O_{35,4}N$

(β) μείωση μάζας κατά την καύση

$$\begin{aligned}\% \text{ μείωση μάζας} &= \frac{\text{Αρχική μάζα ξ. β.} - \text{Υπόλειμμα ξ. β.}}{\text{Αρχική μάζα ξ. β.}} * 100 = \frac{58,96 - 3,52}{58,96} * 100 \\ &= 94,03\%\end{aligned}$$

Αντιδράσεις καύσης



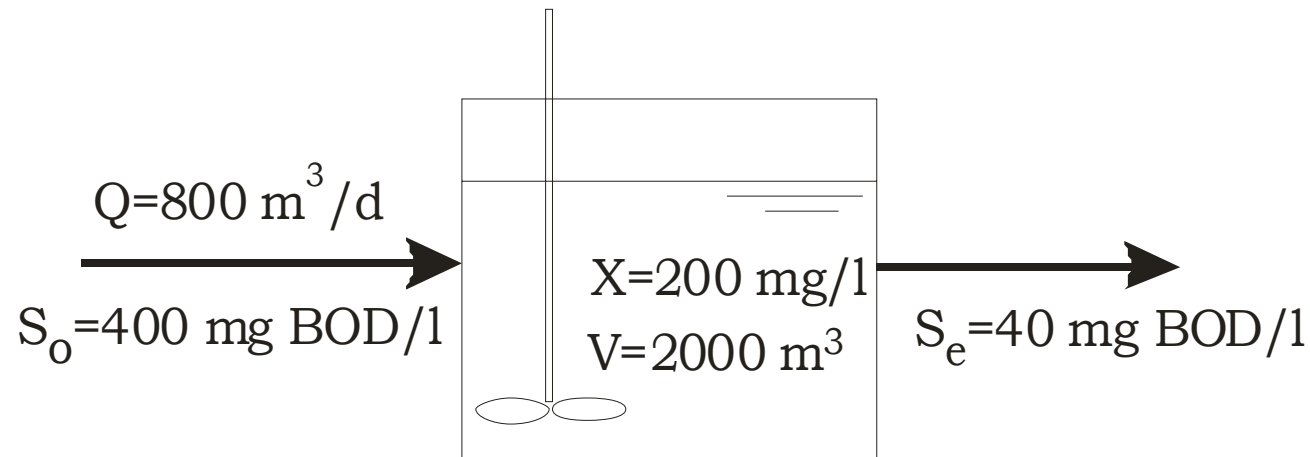
(γ) απαιτούμενη ποσότητα αέρα κατά την καύση

$C_{56,3} H_{89,1} O_{35,4}$		aO_2	bCO_2	cH_2O	
kmol/kmol waste	1.0	a	b	c	
kg/kmol waste	1345.7	1949.3	2478.8	1426.1	
100 kg	100.00	144.85	184.20	105.97	
		629.77	kg αέρα/100kg waste (23% κ.β.)		
		1,259.55	kg αέρα/100kg waste με 100% περίσσεια		
b	56.3				
c	44.6				
a	60.9				

Άσκηση 4-Ενεργός ιλύς

Ο αντιδραστήρας αερόβιου βιολογικού καθαρισμού του παρακάτω σχήματος είναι πλήρους αναδεύσεως, συνεχούς λειτουργίας χωρίς επιστροφή βιολογικής λάσπης. Αν λειτουργεί υπό σταθερές συνθήκες με τα δεδομένα του παρακάτω σχήματος τότε υπολογίστε:

- α) τη συγκέντρωση της βιολογικής λάσπης στην έξοδο του αποβλήτου από το βιολογικό καθαρισμό X_e (mg/L).
 - β) το χρόνο παραμονής των στερεών SRT (d).
 - γ) το συντελεστή αποδοτικότητας Y και τον παρατηρούμενο συντελεστή αποδοτικότητας Y_{obs} (kg X/kg BOD).
- Δίνεται $k_d = 0,3 \text{ d}^{-1}$.



Λύση

α) Ο αντιδραστήρας είναι πλήρους ανάδευσης, οπότε

$$X_e = X = 200 \text{ mg/L}$$

β) Αφού δεν υπάρχει ανακυκλοφορία της λάσπης ισχύει

$$\text{SRT} = \theta = V/Q = 2000/800 = 0,25 \text{ d}$$

γ) Ο παρατηρούμενος συντελεστής αποδοτικότητας είναι η ιλύς που παράγεται προς το υπόστρωμα που καταναλώνεται:

$$Y_{\text{obs}} = \frac{Q \cdot (X_e - X_0)}{Q \cdot (S_e - S_0)} = \frac{(200 - 0)}{(400 - 40)} = 0,556$$

$$(2.3.23) \quad Y_{\text{obs}} = \frac{Y}{1 + k_d \cdot \theta} \Rightarrow Y = 0,556 \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,25) = 0,597$$