

ΑΣΚΗΣΗ 1

Το διαλυμένο οξυγόνο (DO) ενός αραιωμένου δείγματος αποβλήτου έχει αρχική τιμή 9 mg/L. Μετά το πέρασμα πάροδο το πέρασ 5 ημερών το διαλυμένο οξυγόνο μειώνεται στην τιμή 3 mg/L. Αν ο λόγος αραιώση είναι 0,030 και η σταθερά της αντίδρασης k εκτιμάται ίση με $0,22 \text{ d}^{-1}$ (στους $20 \text{ }^\circ\text{C}$):

- A) Να υπολογιστεί το BOD_5 του αποβλήτου;
- B) Ποια θα είναι η τελική τιμή BOD_L του αποβλήτου;
- Γ) Ποια είναι η απαίτηση στην κατανάλωση O_2 μετά από 5 ημέρες;
- Δ) Ποια θα είναι η τιμή του BOD_5 του αποβλήτου στους $25 \text{ }^\circ\text{C}$;

ΛΥΣΗ

$$1) BOD_5 = \frac{(DO_i - DO_f)}{A} \quad (1)$$

$$\text{Όπου } A = \frac{V_{\text{αποβλήτου}}}{V_{\text{αποβλήτου}} + V_{H_2O \text{ αραιώσης}}} = 0,030$$

$$\text{Επομένως (1)} \Rightarrow BOD_5 = \frac{(9-3) \frac{mg}{L}}{0,030} = 200 \frac{mg}{L}$$

2) Για να εκτιμηθεί η τελική τιμή (BOD_L) για την οξείδωση του αποβλήτου θα γίνει εφαρμογή της σχέσης:

$$BOD_t = BOD_L \cdot (1 - e^{-k \cdot t}) \quad (2)$$

Οπότε το BOD_L :

$$(2) \Rightarrow BOD_L = \frac{BOD_t}{(1 - e^{-k \cdot t})} \xrightarrow{t=5, k=0,22 \text{ d}^{-1}} \Rightarrow BOD_L = \frac{BOD_5}{(1 - e^{-(0,22 \cdot 5)})} = \frac{200 \frac{mg}{L}}{(1 - e^{-(0,22 \cdot 5)})} \Rightarrow BOD_L = 300 \frac{mg}{L}$$

3) Δεδομένου ότι από τα 300 mg/L τελικής απαίτησης σε O_2 , τα 200 mg/L έχουν καταναλωθεί εντός των πρώτων 5 ημερών. Άρα, η κατανάλωση οξυγόνου μετά τις πρώτες 5 ημέρες θα είναι 100 mg/L

4) Υπολογίζουμε την τιμή της σταθερά της αντίδρασης στους $25 \text{ }^\circ\text{C}$ μέσω της σχέσης:

$$k_T = k_{20 \text{ }^\circ\text{C}} \cdot \theta^{(T-20 \text{ }^\circ\text{C})} \quad (3)$$

Όπου $\theta=1,047$ για θερμοκρασία ($10-20 \text{ }^\circ\text{C}$), $1,056$ για θερμοκρασία ($20-30 \text{ }^\circ\text{C}$), $1,135$ για θερμοκρασία ($30-40 \text{ }^\circ\text{C}$)

Επομένως,

$$k_{25 \text{ }^\circ\text{C}} = k_{20 \text{ }^\circ\text{C}} \cdot \theta^{(25 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C})} = 0,22 \text{ d}^{-1} \cdot (1,047)^{(25 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C})} = 0,277 \text{ d}^{-1}$$

Ενώ η τιμή του BOD_5 του αποβλήτου στους $25 \text{ }^\circ\text{C}$ προκύπτει από την σχέση:

$$BOD_5 = BOD_L \cdot (1 - e^{-k_{25 \text{ }^\circ\text{C}} \cdot 5}) = 300 \frac{mg}{L} \cdot (1 - e^{-(0,277 \cdot 5)}) = 225 \frac{mg}{L}$$

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η τελική τιμή του BOD_L δεν εξαρτάται από τη θερμοκρασία, καθώς είναι χαρακτηριστικό μέγεθος του αποβλήτου. Αντίθετα η τιμή του BOD₅ εξαρτάται από τη θερμοκρασία, καθώς αποτελεί μέγεθος που εξαρτάται από την κινητική της αντίδρασης κατανάλωσης του οξυγόνου (O₂)

ΑΣΚΗΣΗ 2

Αν το COD ενός αποβλήτου είναι 300 mg O₂/L, να υπολογίσετε πόσα mg/L K₂Cr₂O₇ (διχρωμικό κάλιο) απαιτούνται για την οξείδωση του;

ΛΥΣΗ

Το MB του K₂Cr₂O₇ είναι 294

Κάθε 1 mol K₂Cr₂O₇ αποδίδει 3*16 g O₂ για την οξείδωση της οργανικής ύλης σύμφωνα με την αντίδραση:



(απαιτούνται 2 άτομα O₂ για την οξείδωση του άνθρακα και 1 άτομο O₂ για την οξείδωση του H)

Άρα, η κατανάλωση του K₂Cr₂O₇ στην περίπτωση μας θα είναι:

$$300 \frac{\text{mg O}_2}{\text{L}} \cdot \frac{294 \text{ mg K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}{3 \cdot 16 \text{ mg O}_2} = 1837,5 \frac{\text{mg K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}{\text{L}} = 1,84 \frac{\text{g K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}{\text{L}}$$

ΑΣΚΗΣΗ 3

Να σχεδιάσετε ένα κανάλι σχάρας όταν η μέγιστη και μέση παροχή είναι 0,425 και 0,2 m³/s, αντίστοιχα. Τα βάθη ροής ρυθμίζονται σε 0,5 m και 0,9 m για τη μέση και τη μέγιστη παροχή. Επίσης δίνονται τα παρακάτω στοιχεία:

Οι ράβδοι έχουν τυπικά:

- πλάτος 5-15 mm
- βάθος 25-75 mm
- διάκενα 25-50 mm.

Το κανάλι έχει πλάτος 0,6-2 m και βάθος 1,5-4 m.

ΛΥΣΗ

Γενικά, η βασική εξίσωση σχεδιασμού μιας εσχάρας είναι η ακόλουθη:

$$W = \frac{\rho + \delta}{\delta} \cdot \frac{Q}{v \cdot h} + W_0 \quad (4)$$

Όπου,

W: το πλάτος του καναλιού της σχάρας

W₀: το απαιτούμενο πλάτος για πλευρική στήριξη, ~0,30m

ρ: το πάχος των ράβδων

δ: το πλάτος των διακένων

Q: του καναλιού της σχάρας

v: η μέγιστη ταχύτητα ροής στα διάκενα

h: το βάθος ροής στη σχάρα

Γενικά, το πρόβλημα του σχεδιασμού της σχάρας είναι να επιλέγουν τα ρ , δ και W ούτως ώστε:

$$v_{\rho\delta} = \frac{\rho+\delta}{\delta} \cdot \frac{Q_{max}}{h_{max} \cdot (W-W_0)} \leq 1,2 \frac{m}{s} \quad (4a)$$

$$v_k = \frac{Q_{avg}}{h_{avg} \cdot (W-W_0)} \geq 0,4 \frac{m}{s} \quad (4b)$$

Επιλέγοντας μια γεωμετρία με $\rho=12$ mm, $\delta=20$ mm, $W=1,3$ m, οι ταχύτητες ροής θα είναι:

$$(4) \Rightarrow 1,3m = \frac{(12+20)mm}{20mm} \cdot \frac{0,425 \frac{m^3}{s}}{v_{\rho\delta} \cdot 0,9} + 0,3m \Rightarrow v_{\rho\delta} = 0,76 \frac{m}{s} < 1,2 \frac{m}{s}$$

Ενώ η ταχύτητα ροής στο κανάλι είναι (για μέση παροχή) θα είναι:

$$(4b) \Rightarrow v_k = \frac{0,2 \frac{m^3}{s}}{0,5m \cdot 1m} = 0,4 \frac{m}{s} \geq 0,4 \frac{m}{s}$$

ΑΣΚΗΣΗ 4

Να σχεδιαστεί ένα αεριζόμενος εξαμμωτής για μια μονάδα επεξεργασίας αστικών λυμάτων μέσης ημερήσιας παροχής $12000 \text{ m}^3/\text{d}$. Ο λόγος μέγιστης προς μέση παροχή εκτιμάται σε 2,75.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΡΘΟΓΩΝΙΩΝ ΕΞΑΜΜΩΤΩΝ

Χαρακτηριστικό	Εύρος τιμών	Τυπική τιμή
Χρόνος παραμονής, s	45 – 90	60
Οριζόντια ταχύτητα ροής, m/min	0,25 – 0,35	0,30

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΩΝ ΕΞΑΜΜΩΤΩΝ

Χαρακτηριστικό	Εύρος τιμών	Τυπική τιμή
Χρόνος παραμονής για μέγιστη παροχή, min	2 – 5	3
Διαστάσεις, m		
Βάθος	2 – 5	
Μήκος	7,5 – 20	
Πλάτος	2,5 – 7	
Πλάτος:Βάθος	1:1 – 5:1	1,5:1
Μήκος:Πλάτος	3:1 – 5:1	4:1
Παροχή αέρα, $\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{m}$	0,2 – 0,5	
Ποσότητα άμμων, $\text{l}/1000\text{m}^3$ λυμάτων	3,7 – 200	15

ΛΥΣΗ

1) Υπολογίσουμε τη μέση ωριαία παροχή, καθώς και τη μέγιστη ωριαία παροχή

$$Q_{w,avg} = \frac{12000 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{24 \frac{\text{h}}{\text{d}}} = 500 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$Q_{w,max} = 500 \frac{m^3}{h} \cdot 2,75 = 1375 \frac{m^3}{h}$$

2) Υπολογισμός του όγκου του εξαμμωτή

Θεωρώντας ως χρόνο παραμονής σε συνθήκες μέγιστης παροχής $t=3 \text{ min}$. Ο όγκος το εξαμμωτή θα είναι:

$$V = Q_w \cdot t = \left(1375 \frac{m^3}{h} \cdot \frac{1h}{60 \text{ min}} \right) \cdot 3 \text{ min} = 68,75 \text{ m}^3$$

3) Διαστάσεις εξαμμωτή:

Έστω ότι το βάθος (D) εξαμμωτή είναι 2,5 m. Αν θεωρήσουμε λόγο Πλάτος (W)/Βάθος(D)=1:1, τότε το Πλάτος (W) ανέρχεται σε 2,5 m. Το μήκος (L) του εξαμμωτή, ώστε να καλύπτεται ο απαιτούμενος όγκος υπολογίζεται ως εξής:

$$V = L \cdot W \cdot D \Rightarrow 68,75 \text{ m}^3 = L \cdot 2,5 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ m} \Rightarrow L = 11 \text{ m}$$

4) Απαιτούμενη παροχή αέρα:

Θεωρούμε ως ικανοποιητική παροχή αέρα την τιμή $0,4 \text{ m}^3/\text{min} \cdot \text{m}$. Άρα, η απαιτούμενη παροχή αέρα σε ωριαία βάση θα είναι:

$$Q_{air} = 0,4 \frac{m^3}{\text{min} \cdot \text{m}} \cdot 11 \text{ m} \cdot 60 \frac{\text{min}}{h} = 264 \frac{m^3}{h}$$

5) Ημερήσια παραγόμενη ποσότητα άμμου:

Θεωρούμε ως μέση παραγόμενη τιμή $15 \text{ L}/1000 \text{ m}^3$ λυμάτων. Η ημερήσια παραγόμενη ποσότητα άμμου θα είναι :

$$\text{Ποσότητα άμμου} = \frac{15 \text{ L}}{1000 \text{ m}^3} \cdot 12000 \frac{m^3}{d} = 180 \frac{L}{d}$$

ΑΣΚΗΣΗ 5

Ζητείται να σχεδιαστεί μια δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης, η οποία θα δέχεται τα λύματα μια πόλης ισοδύναμου πληθυσμού 17000 κατοίκων. Για το σχεδιασμό της δεξαμενής πρωτοβάθμιας καθίζησης να ληφθούν υπόψη τα εξής:

- Παροχή: $185 \text{ L}/\text{κάτοικο} \cdot \text{ημέρα}$
- Λόγος Μέσης προς Μέγιστη Παροχή = $0,4$

Να υπολογιστούν τα εξής:

- a. Η απαιτούμενη επιφάνεια της δεξαμενής πρωτοβάθμιας καθίζησης.
- b. Ο όγκος και οι διαστάσεις της δεξαμενής.
- c. Η ποσότητα της παραγόμενης ιλύος, αν δεχτούμε ότι μέση συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών στα λύματα είναι 350 mg/L , το ποσοστό απομάκρυνσης των αιωρούμενων στερεών στη δεξαμενή καθίζησης ανέρχεται σε 70% και η συγκέντρωση των στερεών στη πρωτοβάθμια ιλύ είναι 20000 mg/L .

Δίνεται επίσης ο πίνακας με τα σχεδιαστικά κριτήρια για δεξαμενές καθίζησης

Είδος νερού/υγρού αποβλήτου	Ρυθμός Υπερχείλισης m^3/m^2d		Φόρτιση στερεών kg/m^2h		Φόρτιση Υπερχειλιστών $m^3/m/d$	Χρόνος Παραμονής h	Βάθος m
	Για τη μέση παροχή	Για τη μέγιστη παροχή	Για τη μέση παροχή	Για τη μέγιστη παροχή			
Αστικά λύματα	32-48	80-120			125-500	1,5-2,5	2,5-5

ΛΥΣΗ

1) Υπολογισμός παροχής

Μέση ημερήσια παροχή: $Q=17.000 * 185 \text{ L/d} = 3.145.000 \text{ L/d} = 3.145 \text{ m}^3/\text{d}$

Μέση ωριαία παροχή= $3.145/24 \text{ m}^3/\text{h} = 131,04 \text{ m}^3/\text{h}$

Μέγιστη ωριαία παροχή= $131,04 \text{ m}^3/\text{h} / 0,4 = 327,6 \text{ m}^3/\text{h}$

(Σημείωση: από την εκφώνηση έχουμε ότι ο **Λόγος Μέσης** προς **Μέγιστη Παροχή**= **0,4**)

2) Υπολογισμός της επιφάνειας της δεξαμενής πρωτοβάθμιας καθίζησης

Επιλέγουμε έναν Ρυθμό Υπερχείλισης για μέση παροχή ίσο με $36 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$. Η επιφάνεια της δεξαμενής καθίζησης θα είναι:

$$A = \frac{Q}{v_o} = \frac{3.145 \text{ m}^3/\text{d}}{36 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}} = 87,4 \text{ m}^2$$

Με βάση αυτή την επιφάνεια ελέγχουμε τον ρυθμό υπερχειλίσης για τη μέγιστη παροχή:

$$V_{o,max} = \frac{Q_{max}}{A} = \frac{327,6 * 24 \text{ m}^3/\text{d}}{87,4 \text{ m}^2} = 89,96 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$$

Η τιμή είναι μέσα στα προτεινόμενα όρια (**80-120 m^3/m^2d**)

3) Υπολογισμός όγκου και διαστάσεων δεξαμενής

Αν θεωρήσουμε κυκλική δεξαμενή καθίζησης, τότε η διάμετρος της δεξαμενής θα είναι:

$$A = \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow d = 10,55 \text{ m}$$

Αν θεωρήσουμε βάθος **H = 3m**, τότε ο όγκος της δεξαμενής καθίζησης θα είναι:

$$V = H * A = 3 \text{ m} * 87,4 \text{ m}^2 = 262,2 \text{ m}^3$$

Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής θα είναι:

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{262,3 \text{ m}^3}{3.145 \text{ m}^3/\text{d}} = 0,0834 \text{ d} = (0,0834 \text{ d}) * \left(24 \frac{\text{h}}{\text{d}}\right) = 2 \text{ h}$$

Η τιμή αυτή του υδραυλικού χρόνου παραμονής είναι μέσα στα αποδεκτά όρια (1,5-2,5 h).

4) Παραγόμενη ποσότητα πρωτοβάθμιας ιλύος

Η ποσότητα των αιωρούμενων στερεών στα λύματα είναι:

$$(3.145 \text{ m}^3/\text{d}) * (350 * 10^{-3} \text{ kg}/\text{m}^3) = 1.100,75 \text{ kg}/\text{d}$$

$$\text{Μάζα στερεών στην ιλύ: } 0,7 * 1.100,75 \text{ kg}/\text{d} = 770,53 \text{ kg}/\text{d}$$

Για τη συγκέντρωση των στερεών στην πρωτοβάθμια ιλύ 20.000 mg/L (=20.000 g/m³ = 20 kg/m³), παραγόμενη ογκομετρική ημερήσια ογκομετρική ημερήσια ποσότητα της ιλύος είναι:

$$\text{Παροχή πρωτοβάθμιας ιλύος} = \frac{770,53 \text{ kg}/\text{d}}{20 \text{ kg}/\text{m}^3} = 38,53 \text{ m}^3/\text{d}$$