

Παράδειγμα Σχεδιασμού Ταινιοφιλτρόπρεσας (1/8)

Να σχεδιάσετε την διεργασία αφυδάτωσης ιλύος (μείγμα 40:60 πρωτοβάθμιας και περίσσειας ενεργού ιλύος) με παροχή $Q_{\text{ιλύος}} = 72 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ και συγκέντρωση στερεών $C_{\text{ιλύος}} = 3\%$, με τη χρήση ταινιοφιλτρόπρεσας.

Θεωρούμε:

- Χρόνος λειτουργίας: 8 h d^{-1} και 5 d wk^{-1}
- Ρυθμός φορτίου ταινιοφιλτρόπρεσας: $275 \text{ kg m}^{-1}\text{h}^{-1}$ (από σχετικό Πίνακα)
- Συγκέντρωση στερεών στην αφυδατωμένη ιλύ: $C_{\text{αφυδ.}} = 20\%$
- Συγκέντρωση στερεών στα στραγγίδια: $C_{\text{στραγγ.}} = 0,09\%$
- Παροχή νερού πλύσης: $Q_{\text{πλύσης}} = 5,4 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}\text{m}^{-1}$
- Ειδικές βαρύτητες: τροφοδοσία ιλύος = 1,02, αφυδατωμένη ιλύς = 1,07, στραγγίδια = 1,01, σε tn m^{-3}
- Χρήση πολυηλεκτρολύτη: 6 g ανά kg ξηρών στερεών
- Συγκέντρωση πολυηλεκτρολύτη στο διάλυμα τροφοδοσίας: $1,5 \text{ g L}^{-1}$

Παράδειγμα Σχεδιασμού Ταινιοφιλτρόπρεσας (2/8)

Λόγω του ότι η ταινιοφιλτρόπρεσα θα λειτουργεί 8 h d^{-1} , 5 d wk^{-1} , πρέπει να σχεδιαστεί μια δεξαμενή αποθήκευσης της ιλύος, στην οποία θα αποθηκεύεται η ιλύς για το χρονικό διάστημα από την Παρασκευή (απόγευμα) έως Δευτέρα (πρωί), όπου το προσωπικό δε θα βρίσκεται στην ΕΕΛ. Επομένως, για τη διαστασιολόγηση της δεξαμενής λαμβάνουμε υπόψη 3 ημέρες τροφοδοσίας.

Η όγκος της δεξαμενής αποθήκευσης υπολογίζεται ως εξής:

$$V_{\Delta\epsilon\chi.} = Q_{\text{ιλύος}} \cdot \tau \cdot \text{Συντ. Ασφαλείας} = 72 \text{ m}^3 \text{d}^{-1} \cdot 3 \text{ d} \cdot 1,5 = 324 \text{ m}^3$$

Θεωρούμε την κατασκευή δεξαμενής τετραγωνικής διατομής με ύψος 4 m,

Οπότε οι διαστάσεις της δεξαμενής προκύπτουν: Μήκος x Πλάτος x Ύψος = 9 m x 9 m x 4 m.

Παράδειγμα Σχεδιασμού Ταινιοφιλτρόπρεσας (3/8)

Στη συνέχεια, υπολογίζεται ο ωραίος ρυθμός παραγωγής ιλύος για τα υγρά και ξηρά βιοστερεά (για αναερόβια χωνευμένη ιλύ, λαμβάνεται $\rho_{\text{ιλύος}} = 1,02 \text{ tn m}^{-3}$):

$$M_{WS-h} = \frac{Q_{\text{ιλύος}} \cdot 7 \text{ d wk}^{-1} \cdot 1,02 \text{ tn m}^{-3} \cdot \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ tn}}}{5 \text{ d wk}^{-1} \cdot 8 \text{ h d}^{-1}}$$
$$\Rightarrow M_{WS-h} = \frac{72 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \cdot 7 \text{ d wk}^{-1} \cdot 1,02 \text{ tn m}^{-3} \cdot \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ tn}}}{5 \text{ d wk}^{-1} \cdot 8 \text{ h d}^{-1}} = 12852 \text{ kg h}^{-1}$$

$$M_{DS-h} = M_{WS-h} \cdot C_{\text{ιλύος}} \Rightarrow Q_{DS-h} = 12852 \text{ kg h}^{-1} \cdot 3\% = 385,6 \text{ kg h}^{-1}$$

Το πλάτος της ταινιοφιλτρόπρεσας υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Πλάτος ταινίας} = \frac{M_{DS-h}}{\text{Φορτίο ταινιοφιλτρ.}} \Rightarrow \text{Πλάτος ταινίας} = \frac{385,6 \text{ kg h}^{-1}}{275 \text{ kg m}^{-1} \text{ h}^{-1}} = 1,4 \text{ m}$$

Επιλέγεται πλάτος ταινίας ίσο με 1,5 m.

Συνιστάται η προμήθεια και δεύτερης ίδιας ταινιοφιλτρόπρεσας, ως εφεδρικής.

Παράδειγμα Σχεδιασμού Ταινιοφιλτρόπρεσας (4/8)

Ισοζύγια στερεών

Αρχικά, υπολογίζεται το ισοζύγιο στερεών για τα ρεύματα εισόδου, αφυδατωμένης ιλύος και στραγγιδίων.

$$M_{DS-h} = Q_{αφυδ.} \cdot C_{αφυδ.} + Q_{στραγγ.} \cdot C_{στραγγ.}$$

$$\Rightarrow 385,6 \text{ kg h}^{-1} = Q_{αφυδ.} \cdot \frac{20 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \cdot \frac{10^6 \text{ mL}}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot 1,07 + Q_{στραγγ.} \cdot \frac{0,09 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \cdot \frac{10^6 \text{ mL}}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot 1,01$$

$$\Rightarrow 385,6 \text{ kg h}^{-1} = 214 \text{ kg m}^{-3} Q_{αφυδ.} + 0,909 \text{ kg m}^{-3} Q_{στραγγ.} \quad (1)$$

Από την εξίσωση (1), προκύπτουν δύο άγνωστοι. Για την εύρεση τους, αναπτύσσεται το ισοζύγιο παροχών ιλύος, νερού πλύσης, αφυδατωμένης ιλύος και διηθήματος. Επομένως,

$$Q_{ιλύος} + Q_{πλύσης} = Q_{αφυδ.} + Q_{στραγγ.}$$

$$\Rightarrow (72 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \cdot \frac{7 \text{ d wk}^{-1}}{5 \text{ d wk}^{-1} \cdot 8 \text{ h d}^{-1}}) + (5,4 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ m}^{-1} \cdot 1,5 \text{ m}) = Q_{αφυδ.} + Q_{στραγγ.}$$

$$\Rightarrow 12,6 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} + 8,1 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} = Q_{αφυδ.} + Q_{στραγγ.}$$

$$\Rightarrow 20,7 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} = Q_{αφυδ.} + Q_{στραγγ.} \quad (2)$$

Παράδειγμα Σχεδιασμού Ταινιοφιλτρόπρεσας (5/8)

Συνδυάζοντας τις εξισώσεις (1) και (2), υπολογίζονται οι παροχές της αφυδατωμένης ιλύος και των στραγγιδίων. Από την εξίσωση (2) έχουμε:

$$(2) \Rightarrow Q_{\alpha\varphi\upsilon\delta.} = 20,7 \text{ m}^3\text{h}^{-1} - Q_{\sigma\tau\rho\alpha\gamma\gamma.}$$

Αντικαθιστώντας στην εξίσωση (1), η παροχή των στραγγιδίων είναι:

$$\begin{aligned}(1) \Rightarrow 385,6 \text{ kg h}^{-1} &= 214 \text{ kg m}^{-3} \cdot (20,7 \text{ m}^3\text{h}^{-1} - Q_{\sigma\tau\rho\alpha\gamma\gamma.}) + 0,909 \text{ kg m}^{-3} \cdot Q_{\sigma\tau\rho\alpha\gamma\gamma.} \\ \Rightarrow Q_{\sigma\tau\rho\alpha\gamma\gamma.} &= 19 \text{ m}^3\text{h}^{-1}\end{aligned}$$

Αντίστοιχα, αντικαθιστώντας το $Q_{\sigma\tau\rho\alpha\gamma\gamma.}$ στην εξίσωση (2) έχουμε:

$$(2) \Rightarrow Q_{\alpha\varphi\upsilon\delta.} = 20,7 \text{ m}^3\text{h}^{-1} - 19 \text{ m}^3\text{h}^{-1} = 1,7 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$$

Η παροχή στερεών των στραγγισμάτων και της αφυδατωμένης ιλύος είναι:

$$M_{\sigma\tau\rho\alpha\gamma\gamma.} = 19 \text{ m}^3\text{h}^{-1} \cdot \frac{0,09 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \cdot \frac{10^6 \text{ mL}}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot 1,01 = 17,3 \text{ kg h}^{-1}$$

$$M_{\alpha\varphi\upsilon\delta.} = 1,7 \text{ m}^3\text{h}^{-1} \cdot \frac{20 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \cdot \frac{10^6 \text{ mL}}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot 1,07 = 363,8 \text{ kg h}^{-1}$$

Παράδειγμα Σχεδιασμού Ταινιοφιλτρόπρεσας (6/8)

Η ποσοστιαία απομάκρυνση των στερεών υπολογίζεται ως εξής:

$$\begin{aligned}\text{Απομάκρυνση στερεών} &= \frac{M_{DS-h} - M_{\text{στραγγ.}}}{M_{DS-h}} \\ &= \frac{385,6 \text{ kg h}^{-1} - 17,3 \text{ kg h}^{-1}}{385,6 \text{ kg h}^{-1}} = 0,95 = 95\%\end{aligned}$$

Τέλος σχεδιάζεται η δεξαμενή τροφοδοσίας του πολυηλεκτρολύτη.

Από τον Πίνακα, για μείγμα 40:60 πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας ιλύος, απαιτούνται 2-10 g ξηρού πολυηλεκτρολύτη ανά 1 kg ξηρών στερεών. Επιλέγεται μέση τιμή 6 g ξηρού πολυηλεκτρολύτη ανά 1 kg ξηρών στερεών και παρασκευή διαλύματος σε ημερήσια βάση. Η συγκέντρωση του πολυηλεκτρολύτη στο διάλυμα κυμαίνεται μεταξύ 1-2 kg πολυηλεκτρολύτη ανά L διαλύματος. Επιλέγεται περιεκτικότητα 1,5 kg L⁻¹. Η τροφοδοσία γίνεται με δοσομετρική αντλία.

Υπολογίζατε η ημερήσια παροχή ξηρών στερεών (για 8ωρη λειτουργία):

$$M_{DS-d} = 8 \text{ h d}^{-1} \cdot M_{DS-h} = 8 \text{ h d}^{-1} \cdot 385,6 \text{ kg d}^{-1} = 3084,8 \text{ kg d}^{-1}$$

Παράδειγμα Σχεδιασμού Ταινιοφιλτρόπρεσας (8/8)

Στη συνέχεια, υπολογίζεται η ημερήσια απαίτηση σε πολυηλεκτρολύτη:

$$M_{\text{πολυηλεκτρ.-d}} = \frac{6g \cdot M_{DS-d}}{1 \text{ kg ξηρών στερεών}} = \frac{6g \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 g} \cdot 3084,8 \text{ kg d}^{-1}}{1 \text{ kg ξηρών στερεών}} = 18,5 \text{ kg d}^{-1}$$

Η ημερήσια κατανάλωση διαλύματος πολυηλεκτρολύτη υπολογίζεται ως:

$$V_{\text{πολυηλεκτρ.-d}} = \frac{M_{\text{πολυηλεκτρ.-d}}}{C_{\text{πολυηλεκτρ.}}} = \frac{18,5 \text{ kg}}{1,5 \text{ kg m}^{-3}} = 12,3 \text{ m}^3$$

Θέτοντας συντελεστή ασφαλείας 1,2 προκύπτει: $V_{\text{δεξ. Πολυηλεκτρ.}} = 14,8 \text{ m}^3$

Για κυλινδρική δεξαμενή με βάθος ίσο με τη διάμετρο προκύπτουν διαστάσεις:

$$H_{\text{δεξ. πολυηλεκτρ.}} = 2,66 \text{ m}, D_{\text{δεξ. πολυηλεκτρ.}} = 2,66 \text{ m}$$

Υπολογίζεται παροχή της δοσομετρικής αντλίας (σε L min^{-1}):

$$Q_{\text{δοσομ. αντλίας}} = \frac{12300 \text{ L d}^{-1}}{8 \text{ h d}^{-1}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 25,6 \text{ L min}^{-1}$$

Επιλέγεται εμβολοφόρος δοσομετρική αντλία ρυθμιζόμενης παροχής, με δυναμικότητα ($Q_{\text{δοσομ. αντλίας}}$) 20-30 L min^{-1}

Παράδειγμα Σχεδιασμού Δεξαμενών Ομογενοποίησης και Πάχυνσης Ιλύος (1/11)

Να σχεδιάσετε τις Δεξαμενές Ομογενοποίησης και Πάχυνσης, οι οποίες θα δέχονται ιλύες από Δεξαμενές Πρωτοβάθμιας, Δευτεροβάθμιας και Χημικής Καθίζησης. Δίνονται οι τιμές των παροχών: $\bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Pi\kappa} = 20 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$, $\bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Delta\kappa} = 55 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ και $\bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\chi\kappa} = 0,5 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ και των συγκεντρώσεων σε στερεά $C_{TTS,\Delta\Pi\kappa} = 4\%$, $C_{TSS,\Delta\Delta\kappa} = 1\%$ και $C_{TSS,\Delta\chi\kappa} = 6\%$.

Αρχικά, σχεδιάζεται η Δεξαμενή Πάχυνσης, διότι για το σχεδιασμό της Δεξαμενής Ομογενοποίησης πρέπει να εξεταστεί αν αυτή θα δέχεται και νερό αραιώσης.

Αρχικά υπολογίζεται η επιφάνεια της ΔΠ, για τη δυσμενέστερη περίπτωση (να δέχεται ιλύ μόνο από τη ΔΔΚ). Από τον σχετικό Πίνακα εκλέγεται φόρτιση στερεών $U_{\text{στερεών}} = 18 \text{ kg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, οπότε υπολογίζεται η επιφάνεια της ΔΠ.

$$A = \frac{\bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Delta\kappa} \cdot C_{TSS,\Delta\Delta\kappa}}{U_{\text{στερεών}}} \Rightarrow A = \frac{55 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \cdot \frac{1 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \cdot \frac{10^6 \text{ mL}}{\text{m}^3} \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}}}{18 \text{ kg m}^{-2} \text{ d}^{-1}} = 30,6 \text{ m}^2$$

Η διάμετρος της Δεξαμενής Πάχυνσης είναι:

$$D_{\text{παχ.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} \Rightarrow D_{\Delta\Delta\kappa} \sqrt{\frac{4 \cdot 30,6 \text{ m}^2}{\pi}} = 6,2 \text{ m}$$

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η διάμετρος πρέπει να είναι μικρότερη από 20 m, άρα ο σχεδιασμός είναι εντός των ορίων.

Παράδειγμα Σχεδιασμού Δεξαμενών Ομογενοποίησης και Πάχυνσης Ιλύος (2/11)

Στη συνέχεια, υπολογίζεται η φόρτιση των στερεών μίγματος της ομογενοποιημένης ιλύος.

$$\begin{aligned} U_{\text{στερεών, μίγματος}} &= \frac{\bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\text{ΠΚ}} \cdot C_{\text{TSS},\Delta\text{ΠΚ}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\text{ΔΚ}} \cdot C_{\text{TSS},\Delta\text{ΔΚ}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\text{ΧΚ}} \cdot C_{\text{TSS},\Delta\text{ΧΚ}}}{A} \\ &= \frac{(20 \text{ m}^3 \text{d}^{-1} \cdot \frac{4 \text{ g}}{100 \text{ mL}} + 55 \text{ m}^3 \text{d}^{-1} \cdot \frac{1 \text{ g}}{100 \text{ mL}} + 0,5 \text{ m}^3 \text{d}^{-1} \cdot \frac{6 \text{ g}}{100 \text{ mL}}) \cdot \frac{10^6 \text{ mL}}{\text{m}^3} \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}}}{30,6 \text{ m}^2} \\ &= 45,2 \text{ kg m}^{-2} \text{d}^{-1} \end{aligned}$$

Η επιφανειακή φόρτιση του μίγματος ιλύος από τις τρεις Δεξαμενές, υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\begin{aligned} E\Phi_{\text{μίγματος}} &= \frac{\bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\text{ΠΚ}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\text{ΔΚ}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\text{ΧΚ}}}{A} \\ \Rightarrow E\Phi_{\text{μίγματος}} &= \frac{20 \text{ m}^3 \text{d}^{-1} + 55 \text{ m}^3 \text{d}^{-1} + 0,5 \text{ m}^3 \text{d}^{-1}}{30,6 \text{ m}^2} = 2,5 \text{ m d}^{-1} \end{aligned}$$

Επειδή η επιφανειακή φόρτιση είναι μικρή, η λάσπη στην εισροή πρέπει να αραιωθεί με νερό από την υπερχείλιση της ΔΔΚ (η άντληση γίνεται από την δεξαμενή μερισμού, κατάντη της ΔΔΚ).

Παράδειγμα Σχεδιασμού Δεξαμενών Ομογενοποίησης και Πάχυνσης Ιλύος (3/11)

Προστίθεται ποσότητα νερού από την ΔΔΚ, ώστε η $E\Phi_{\text{μείγματος}}$ να φτάσει την $E\Phi_{\text{min}} = 16 \text{ m d}^{-1}$. Η απαιτούμενη παροχή αραίωσης είναι ίση με:

$$\begin{aligned} Q_{\text{αραίωσης}} &= A \cdot E\Phi_{\text{min}} - (\bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Pi\text{K}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Delta\text{K}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\chi\text{K}}) \\ \Rightarrow Q_{\text{αραίωσης}} &= 30,6 \text{ m}^2 \cdot 16 \text{ m d}^{-1} - (20 \text{ m}^3\text{d}^{-1} + 55 \text{ m}^3\text{d}^{-1} + 0,5 \text{ m}^3\text{d}^{-1}) = 413,4 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \end{aligned}$$

Επομένως, η συνολική παροχή του μίγματος στερεών και νερού είναι:

$$\begin{aligned} Q_{\text{ολικό}} &= Q_{\text{αραίωσης}} + (\bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Pi\text{K}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Delta\text{K}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\chi\text{K}}) \\ \Rightarrow Q_{\text{αραίωσης}} &= 413,4 \text{ m}^3\text{d}^{-1} + (20 \text{ m}^3\text{d}^{-1} + 55 \text{ m}^3\text{d}^{-1} + 0,5 \text{ m}^3\text{d}^{-1}) = 488,9 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \end{aligned}$$

Η συγκέντρωση στερεών στο αραιωμένο μίγμα εισροής είναι:

$$\begin{aligned} C_{\text{μείγματος}} &= \frac{\bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Pi\text{K}} \cdot C_{\text{TSS},\Delta\Pi\text{K}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Delta\text{K}} \cdot C_{\text{TSS},\Delta\Delta\text{K}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\chi\text{K}} \cdot C_{\text{TSS},\Delta\chi\text{K}}}{Q_{\text{ολικό}}} \\ &= \frac{(20 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \cdot \frac{4 \text{ g}}{100 \text{ mL}} + 55 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \cdot \frac{1 \text{ g}}{100 \text{ mL}} + 0,5 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \cdot \frac{6 \text{ g}}{100 \text{ mL}}) \cdot \frac{10^3 \text{ mL}}{\text{L}} \frac{10^3 \text{ mg}}{\text{g}}}{488,9 \text{ m}^3\text{d}^{-1}} \\ &= 2822,7 \text{ mg L}^{-1} \text{ ή } 0,28\% \end{aligned}$$

Παράδειγμα Σχεδιασμού Δεξαμενών Ομογενοποίησης και Πάχυνσης Ιλύος (4/11)

Υπολογίζεται το βάθος και ο χρόνος παραμονής:

Για τη ζώνη καθίζησης: Εκλέγεται βάθος 1,5 m

Για τη ζώνη πύκνωσης: Εκλέγεται συγκέντρωση της πυκνωμένης λάσπης 5%. Η συγκέντρωση στη ζώνη πύκνωσης θεωρείται ότι είναι ο μέσος της εισροής και της πυκνωμένης, επομένως:

$$C_{\text{πυκν.}} = \frac{5 + 0,28}{2} = 2,64\%$$

Υπολογίζεται το βάθος της ζώνης πύκνωσης για να υπάρχει δυνατότητα αποθήκευσης της λάσπης μίας μέρας.

$$\begin{aligned} H_{\text{πυκν.}} &= \frac{\bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Pi\kappa} \cdot C_{\text{TSS},\Delta\Pi\kappa} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Delta\kappa} \cdot C_{\text{TSS},\Delta\Delta\kappa} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\chi\kappa} \cdot C_{\text{TSS},\Delta\chi\kappa}}{C_{\text{πυκν.}} \cdot A} \cdot 1 \text{ d} = H_{\text{πυκν.}} \\ &= \frac{(20 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \cdot \frac{4 \text{ g}}{100 \text{ mL}} + 55 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \cdot \frac{1 \text{ g}}{100 \text{ mL}} + 0,5 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \cdot \frac{6 \text{ g}}{100 \text{ mL}})}{\frac{2,64 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \cdot 30,6 \text{ m}^2} \cdot 1 \text{ d} = 1,71 \text{ m} \end{aligned}$$

Επομένως, το συνολικό βάθος του υγρού είναι:

$$H_{\text{παχ.}} = H_{\text{καθ.}} + H_{\text{πυκν.}} \Rightarrow H_{\text{παχ.}} = 1,5 \text{ m} + 1,71 \text{ m} = 3,21 \text{ m}$$

Παράδειγμα Σχεδιασμού Δεξαμενών Ομογενοποίησης και Πάχυνσης Ιλύος (5/11)

Ο όγκος του παχυντή υπολογίζεται ως:

$$V_{\text{παχ.}} = A \cdot H_{\text{ολ.}} \Rightarrow V_{\text{πυκν.}} = 30,6 \text{ m}^2 \cdot 3,21 \text{ m} = 98,2 \text{ m}^3$$

Ο χρόνος παραμονής υπολογίζεται ως:

$$\tau_{\text{παχ.}} = \frac{V_{\text{παχ.}}}{Q_{\text{ολικό}}} \Rightarrow \tau_{\text{παχ.}} = \frac{98,2 \text{ m}^3}{488,9 \text{ m}^3 \text{d}^{-1}} = 0,2 \text{ d} = 4,8 \text{ h}$$

Ροπή ξέστρου και ισχύς ηλεκτροκινητήρα

Για τον υπολογισμό της ροπής ξέστρου εκλέγεται ομοιόμορφο φορτίο $W = 40 \text{ kg m}^{-1}$. Η ροπή στρέψης του ξέστρου υπολογίζεται από τον τύπο:

$$T = W \cdot R^2 \Rightarrow T = 40 \text{ kg m}^{-1} \cdot (6.2 \text{ m}/2)^2 = 384,4 \text{ kg m}$$

Η απαιτούμενη ισχύς για την περιστροφή του ξέστρου δίνεται από την εξίσωση:

$$P = \frac{T \cdot g \cdot u}{R \cdot n} \Rightarrow P = \frac{384,4 \text{ kg m} \cdot 9,81 \text{ m s}^{-2} \cdot 2 \text{ m min}^{-1} \cdot \frac{\text{min}}{60 \text{ s}}}{3,1 \text{ m} \cdot 0,7} = 58 \text{ W}$$

Παράδειγμα Σχεδιασμού Δεξαμενών Ομογενοποίησης και Πάχυνσης Ιλύος (6/11)

Ισοζύγιο μάζας στερεών

Εισροή ιλύος

$$\begin{aligned} M_{\text{ιλύος}} &= \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\text{ΠΚ}} \cdot C_{\text{TSS},\Delta\text{ΠΚ}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Delta\text{Κ}} \cdot C_{\text{TSS},\Delta\Delta\text{Κ}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\text{ΧΚ}} \cdot C_{\text{TSS},\Delta\text{ΧΚ}} \\ &= \left(20 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \cdot \frac{4 \text{ g}}{100 \text{ mL}} + 55 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \cdot \frac{1 \text{ g}}{100 \text{ mL}} + 0,5 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \cdot \frac{6 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \right) \cdot \frac{10^6 \text{ mL}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}} \\ &= 1380,0 \text{ kg d}^{-1} \end{aligned}$$

Πυκνωμένη ιλύς

Εκλέγεται συγκέντρωση στερεών υπερκείμενου υγρού $C_{\text{υπερκ.}} = 500 \text{ mg L}^{-1}$.

Προκειμένου να υπολογιστεί η παροχή $Q_{\text{πυκν.}}$ της πυκνωμένης λάσπης, υποθέτουμε ότι η συγκέντρωση πυκνωμένης λάσπης είναι 5% και του υπερκείμενου υγρού είναι 500 mg L^{-1} ή 0,05%.

$$\begin{aligned} Q_{\text{ιλύος}} \cdot C_{\text{ιλύος}} &= Q_{\text{πυκν.}} \cdot C_{\text{πυκν.}} + Q_{\text{υπερχ.}} \cdot C_{\text{υπερχ.}} \\ \Rightarrow Q_{\text{ιλύος}} \cdot C_{\text{ιλύος}} &= Q_{\text{πυκν.}} \cdot C_{\text{πυκν.}} + (Q_{\text{ολ.}} - Q_{\text{πυκν.}}) \cdot C_{\text{υπερχ.}} \\ \Rightarrow Q_{\text{πυκν.}} &= \frac{Q_{\text{ιλύος}} \cdot C_{\text{ιλύος}} - Q_{\text{ολ.}} \cdot C_{\text{υπερχ.}}}{C_{\text{πυκν.}} - C_{\text{υπερχ.}}} \\ \Rightarrow Q_{\text{πυκν.}} &= \frac{Q_{\text{ιλύος}} \cdot C_{\text{ιλύος}} - Q_{\text{ολ.}} \cdot C_{\text{υπερχ.}}}{C_{\text{πυκν.}} - C_{\text{υπερχ.}}} \\ &= \frac{\left(20 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \cdot \frac{4 \text{ g}}{100 \text{ mL}} + 55 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \cdot \frac{1 \text{ g}}{100 \text{ mL}} + 0,5 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \cdot \frac{6 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \right) - 488,9 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \cdot \frac{0,05 \text{ g}}{100 \text{ mL}}}{\frac{5 \text{ g}}{100 \text{ mL}} - \frac{0,05 \text{ g}}{100 \text{ mL}}} \\ &= 22,94 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \end{aligned}$$

Παράδειγμα Σχεδιασμού Δεξαμενών Ομογενοποίησης και Πάχυνσης Ιλύος (7/11)

Η μάζα των στερεών στην πυκνωμένη ιλύ είναι:

$$M_{\text{πυκν.}} = Q_{\text{πυκν.}} \cdot 5\% \Rightarrow M_{\text{πυκν.}} = 22,94 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \cdot \frac{5 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \cdot \frac{10^6 \text{ mL}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}} = 1147 \text{ kg d}^{-1}$$

Το ποσοστό απομάκρυνσης υπολογίζεται ως εξής:

$$\begin{aligned} \text{Ποσοστό απομάκρυνσης} &= \frac{M_{\text{πυκν.}}}{Q_{\text{ιλύος}} \cdot C_{\text{ιλύος}}} \\ &= \frac{1147 \text{ kg d}^{-1}}{\left(20 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \cdot \frac{4 \text{ g}}{100 \text{ mL}} + 55 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \cdot \frac{1 \text{ g}}{100 \text{ mL}} + 0,5 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \cdot \frac{6 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \right) \cdot \frac{10^6 \text{ mL}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}}} \\ &= 0,83\% \end{aligned}$$

Υπερχείλιση

Παροχή:

$$Q_{\text{υπερχ.}} = Q_{\text{ολ.}} - Q_{\text{πυκν.}} \Rightarrow Q_{\text{υπερχ.}} = 488,9 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} - 22,94 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} = 466 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$$

Η μάζα των στερεών στην υπερχείλιση είναι:

$$M_{\text{υπερχ.}} = Q_{\text{αραιώσης}} \cdot 0,05\% \Rightarrow M_{\text{υπερχ.}} = 466 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \cdot \frac{0,05 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \cdot \frac{10^6 \text{ mL}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}} = 233 \text{ kg d}^{-1}$$

Παράδειγμα Σχεδιασμού Δεξαμενών Ομογενοποίησης και Πάχυνσης Ιλύος (8/11)

Η κλίση του πυθμένα επιλέγεται 1:5.

Το μήκος του υπερχειλιστή υπολογίζεται από τη σχέση:

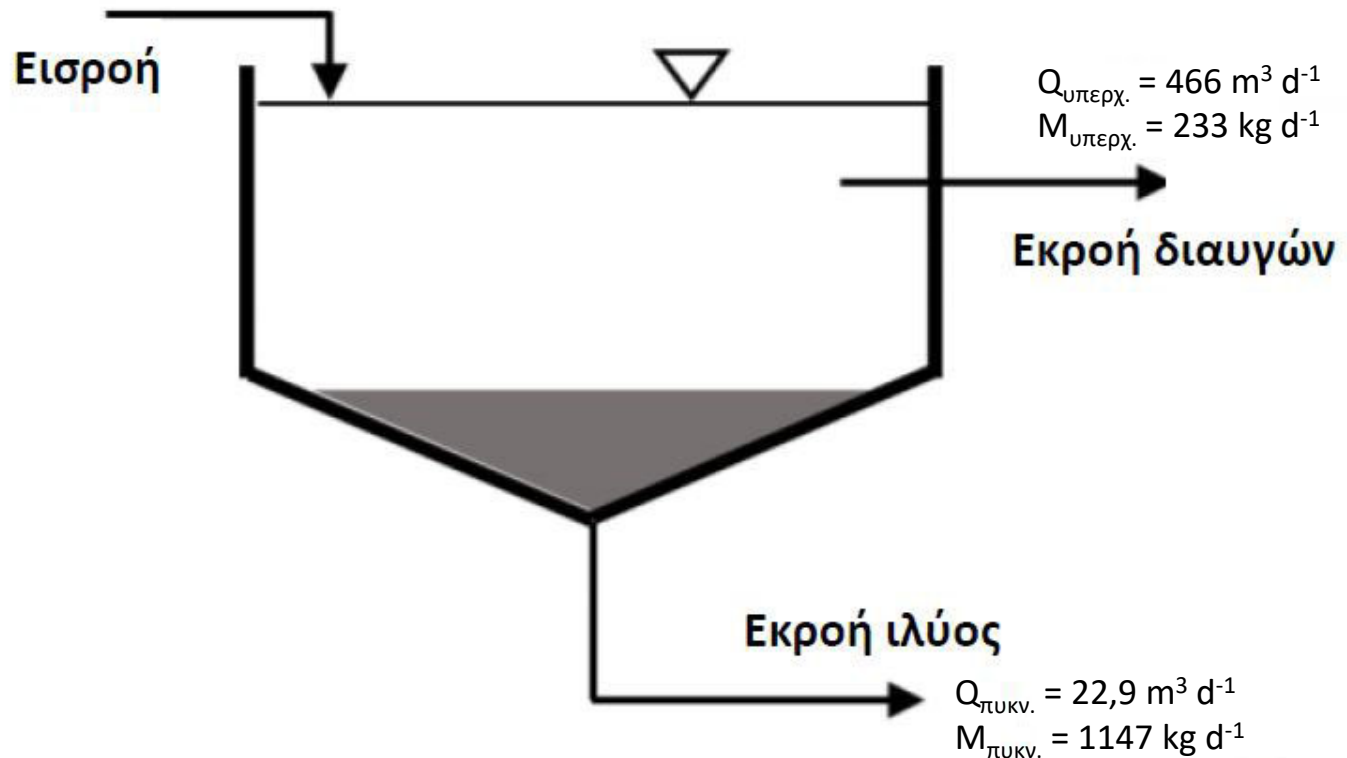
$$L_{υπερχ.} = 2 \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot \pi \cdot 3,1 \text{ m} = 19,5 \text{ m}$$

Παράδειγμα Σχεδιασμού Δεξαμενών Ομογενοποίησης και Πάχυνσης Ιλύος (9/11)

Ισοζύγιο μάζας

$$Q_{\text{ολ,παχ.}} = 488,9 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$$

$$M_{\text{ολ,παχ.}} = 1380,0 \text{ kg d}^{-1}$$



Παράδειγμα Σχεδιασμού Δεξαμενών Ομογενοποίησης και Πάχυνσης Ιλύος (10/11)

Χαρακτηριστικά ΔΠ	
Παράμετρος	Τιμή
Διάμετρος	6,2 m
Ύψος	3,61 m
Μήκος υπερχειλιστή	19,5 m
Κλίση πυθμένα	1:5
Ταχύτητα περιστροφής ξέστρου	0,65 rpm
Ισχύς ηλεκτροκινητήρα	58 W
Εξοπλισμός	
Ξέστρο με κάθετες μπάρες	✓
Ηλεκτροκινητήρας	✓

Παράδειγμα Σχεδιασμού Δεξαμενών Ομογενοποίησης και Πάχυνσης Ιλύος (11/11)

Διαστασιολόγηση Δεξαμενής Ομογενοποίησης Ιλύος

Με βάση τα στοιχεία σχεδιασμού της Δεξαμενής Πάχυνσης, γίνεται ο σχεδιασμός της Δεξαμενής Ομογενοποίησης Ιλύος. Η συνολική παροχή αποβλήτου που καταλήγει στις Δεξαμενές Ομογενοποίησης και Πάχυνσης είναι $Q_{ολ.,παχ.} = 488,9 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$. Επιλέγοντας συντελεστή ασφαλείας 2, ο όγκος της Δεξαμενής Ομογενοποίησης, υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

$$V_{ΔΟΙ} = \frac{1}{6} d \cdot \bar{Q}_{ημ.} \cdot \text{συντελεστής ασφαλείας} \Rightarrow V_{ΔΟΙ} = \frac{1}{6} d \cdot 488,9 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \cdot 2 = 163 \text{ m}^3$$

Παράδειγμα σχεδιασμού ΔΑ (1/3)

Να υπολογίστε τον όγκο της ΔΑ και τον λόγο ανακυκλοφορίας ιλύος (r), σε ΕΕΛ, η οποία λειτουργεί με Q_{av} $6.000 \text{ m}^3/\text{d}$. Η συγκέντρωση του BOD στην έξοδο της ΔΠΚ (BOD_{in}) είναι 300 mg/L , ενώ στην έξοδο της εγκατάστασης η συγκέντρωση του BOD (BOD_{out}) και του νιτρικού αζώτου (NH_4^+-N) πρέπει να είναι μικρότερες των 20 mg/L και $1,5 \text{ mg/L}$, αντίστοιχα.

Αρχικά υπολογίζονται:

Η μαζική παροχή εισόδου του BOD είναι $W_{BOD,in}=1800 \text{ kg/d}$.

Η μαζική παροχή εξόδου του BOD είναι $W_{BOD,out}=120 \text{ kg/d}$.

Ο ρυθμός κατανάλωσης BOD στη ΔΑ είναι $W_{BOD,απομακρ}=1680 \text{ kg/d}$.

Ακολουθώς υπολογίζεται ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης των νιτροποιητών. Θεωρείται ότι η συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου (DO) εντός της δεξαμενής αερισμού είναι 2 mg/L .

$$\mu_N = 0,45 \cdot \exp\{0,098 \cdot (T - 15^\circ C)\} \cdot \left(\frac{[NH_4^+ - N]}{K_N + [NH_4^+ - N]} \right) \left(\frac{[DO]}{K_O + [DO]} \right) = 0,39 \text{ d}^{-1}$$

Ο χρόνος παραμονής στερεών υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SRT \geq \frac{1}{\mu_N - k_{nd}} = \frac{1}{0,39 \text{ d}^{-1} - 0,08 \text{ d}^{-1}} = 3,22 \text{ d}, \text{ για ασφάλεια έστω: } SRT \geq 5 \text{ d}$$

Ο ρυθμός παραγωγής βιομάζας δίνεται από τη σχέση:

$$W_{TSS} = W_{BOD,απομακρ} \cdot Y = 1680 \text{ kg/d} \times 0,7 = 1176 \text{ kg/d}$$

Παράδειγμα σχεδιασμού ΔΑ (2/3)

Η συνολική ποσότητα μικροοργανισμών (W_{TSS}) στην ΔΑ υπολογίζεται ως:

$$M_{TSS} = W_{TSS} \cdot SRT = 1176 \text{ kg/d} \times 5 \text{ d} = 5880 \text{ kg}$$

Οπότε, εάν υποθέσουμε ότι το σύστημα λειτουργεί σε $MLSS = 4000 \text{ mg/L}$, ο ωφέλιμος όγκος της ΔΑ προκύπτει:

$$V_{\Delta A} = \frac{M_{TSS}}{MLSS} = \frac{5880 \text{ kg}}{4 \text{ kg/m}^3} = 1470 \text{ m}^3$$

Ακολουθώς ελέγχεται η συγκέντρωση του BOD_{out} , για τον πιο πάνω όγκο ΔΑ:
($HRT = V/Q = 1470 \text{ m}^3 / 6000 \text{ m}^3 \text{d}^{-1} = 0,245 \text{ d}$)

$$BOD_{out} = \frac{BOD_{in}}{1 + HRT \cdot k \cdot MLSS} \Rightarrow BOD_{out} = \frac{300 \text{ mgL}^{-1}}{1 + 0,245 \text{ d} \cdot 0,029 \text{ Lmg}^{-1} \text{d}^{-1} \cdot 4000 \text{ mgL}^{-1}} = 10,197 \text{ mgL}^{-1} \text{ (Αποδεκτό)}$$

Τέλος ελέγχεται ο λόγος F/M :

$$\frac{F}{M} = \frac{Q(BOD_{in} - BOD_{out})}{MLSS \cdot V_{\Delta A}} \Rightarrow \frac{F}{M} = \frac{6 \cdot 10^3 \text{ m}^3 \text{d}^{-1} (300 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^{-3} - 10,97 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^{-3})}{4 \text{ kgm}^{-3} 1470 \text{ m}^3} = 0,29 \text{ d}^{-1} \text{ (Εντός ορίων)}$$

Παράδειγμα σχεδιασμού ΔΑ (3/3)

Για $MLSS = 4000\text{mg/L}$, και $X_W = 12000\text{mg/L}$, η παροχή ανακυκλοφορίας υπολογίζεται ως:

$$Q_R = Q \frac{MLSS}{X_W - MLSS} \Rightarrow Q_R = 6000 \frac{m^3}{d} \cdot \frac{4000\text{mg} / L}{12000\text{mg} / L - 4000\text{mg} / L} = 3000 m^3 / d$$

Οπότε ο λόγος ανακυκλοφορίας υπολογίζεται ως: $r = \frac{Q_R}{Q} = 0,5$

Παράδειγμα σχεδιασμού ΔΑ (1/15)

Να σχεδιάσετε την ΔΑ συμπεριλαμβανομένου του συστήματος αερισμού, σε ΕΕΛ, η οποία λειτουργεί με Q_{av} 6.000 m³/d. Η συγκέντρωση του BOD στην έξοδο της ΔΠΚ (BOD_{in}) είναι 300 mg/L, ενώ στην έξοδο της εγκατάστασης η συγκέντρωση του BOD (BOD_{out}) και του νιτρικού αζώτου (NH_4^+-N) πρέπει να είναι μικρότερες των 20mg/L και 1,5mg/L, αντίστοιχα.

Αρχικά υπολογίζονται:

Η μαζική παροχή εισόδου του BOD είναι $W_{BOD,in}=1800$ kg/d.

Η μαζική παροχή εξόδου του BOD είναι $W_{BOD,out}=120$ kg/d.

Ο ρυθμός κατανάλωσης BOD στη ΔΑ είναι $W_{BOD,απομακρ}=1680$ kg/d.

Ακολούθως υπολογίζεται ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης των νιτροποιητών. Θεωρείται ότι η συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου (DO) εντός της δεξαμενής αερισμού είναι 2mg/L.

$$\mu_N = 0,45 \cdot \exp\{0,098 \cdot (T - 15^\circ C)\} \cdot \left(\frac{[NH_4^+ - N]}{K_N + [NH_4^+ - N]} \right) \left(\frac{[DO]}{K_O + [DO]} \right) = 0,39 \text{ d}^{-1}$$

Ο χρόνος παραμονής στερεών υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SRT \geq \frac{1}{\mu_N - k_{nd}} = \frac{1}{0,39 \text{ d}^{-1} - 0,08 \text{ d}^{-1}} = 3,22 \text{ d, για ασφάλεια έστω: } SRT \geq 5 \text{ d}$$

Παράδειγμα σχεδιασμού ΔΑ (2/15)

Ο ρυθμός παραγωγής βιομάζας δίνεται από τη σχέση:

$$W_{TSS} = W_{BOD, \text{απομακρ}} \cdot Y = 1680 \text{ kg/d} \times 0,7 = 1176 \text{ kgd}^{-1}$$

Η συνολική ποσότητα μικροοργανισμών (W_{TSS}) στην ΔΑ υπολογίζεται ως:

$$M_{TSS} = W_{TSS} \cdot SRT = 1176 \text{ kgd}^{-1} \times 5\text{d} = 5880 \text{ kg}$$

Οπότε, εάν υποθέσουμε ότι το σύστημα λειτουργεί σε $MLSS = 4000 \text{ mg/L}$, ο ωφέλιμος όγκος της ΔΑ προκύπτει:

$$V_{\Delta A} = \frac{M_{TSS}}{MLSS} = \frac{5880 \text{ kg}}{4 \text{ kg/m}^3} = 1470 \text{ m}^3$$

Ακολουθώς ελέγχεται η συγκέντρωση του BOD_{out} , για τον πιο πάνω όγκο ΔΑ:
($HRT = V/Q = 1470 \text{ m}^3 / 6000 \text{ m}^3\text{d}^{-1} = 0,245 \text{ d}$)

$$BOD_{out} = \frac{BOD_{in}}{1 + HRT \cdot k \cdot MLSS} \Rightarrow BOD_{out} = \frac{300 \text{ mgL}^{-1}}{1 + 0,245 \text{ d} \cdot 0,029 \text{ Lmg}^{-1}\text{d}^{-1} \cdot 4000 \text{ mgL}^{-1}} = 10,2 \text{ mgL}^{-1}$$

(Αποδεκτό)

Παράδειγμα σχεδιασμού ΔΑ (3/15)

Τέλος ελέγχεται ο λόγος F/M:

$$\frac{F}{M} = \frac{Q(BOD_{in} - BOD_{out})}{MLSS \cdot V_{\Delta A}} \Rightarrow \frac{F}{M} = \frac{6 \cdot 10^3 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} (300 \cdot 10^{-3} \text{ kg m}^{-3} - 10,2 \cdot 10^{-3} \text{ kg m}^{-3})}{4 \text{ kg m}^{-3} \cdot 1470 \text{ m}^3} = 0,30 \text{ d}^{-1}$$

(Εντός ορίων)

Για MLSS = 4000mg/L, και $X_W = 12000 \text{ mg/L}$, η παροχή ανακυκλοφορίας υπολογίζεται ως:

$$Q_R = Q \frac{MLSS}{X_W - MLSS} \Rightarrow Q_R = 6000 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \cdot \frac{4000 \text{ mg L}^{-1}}{12000 \text{ mg L}^{-1} - 4000 \text{ mg L}^{-1}} = 3000 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$$

Οπότε ο λόγος ανακυκλοφορίας υπολογίζεται ως: $r = \frac{Q_R}{Q} = 0,5$

Παράδειγμα σχεδιασμού ΔΑ (4/15)

Σύστημα Αερισμού της ΔΑ

Απαιτήσεις σε αέρα:

Η συνολική απαιτούμενη ποσότητα O_2 , ημερησίως είναι:

$$\dot{M}_{O_2,ολικό} = \dot{M}_{O_2,νιτροποίησης} + \dot{M}_{O_2,ετερότροφων}$$

Το $\dot{M}_{O_2,νιτροποίησης}$ υπολογίζεται ως:

$$\dot{M}_{O_2,νιτροποίησης} = 4,33 \dot{M}_{NH_4^+ - N_{oxidized}} = 4,33 (\dot{M}_{NH_4^+ - N_{απομακρύνεται}} - \dot{M}_{NH_4^+ - N_{σύνθεσης}})$$

$$\Rightarrow \dot{M}_{O_2,νιτροποίησης} = 4,33 [Q_{αν} \cdot ([N - NH_3]_{in} - [N - NH_3]_{out}) - (0,125Y - \frac{0,125 \cdot k_{nd} \cdot x_d}{\frac{F}{M}})]$$

$$\dot{M}_{BOD,απομακρ.}] \quad (1)$$

Όπου:

$$\dot{M}_{BOD,απομακρ.} = (BOD_{in} - BOD_{out}) \cdot Q_{αν}$$

$$\Rightarrow \dot{M}_{BOD,απομακρ.} = (300 - 10,2) \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^{-3} \cdot 6000 \text{ m}^3 \text{d}^{-1} = 1738,8 \text{ kgd}^{-1}$$