

Σχεδιασμός Δεξαμενής Χημικής Καθίζησης

Μετά τη συσσωμάτωση, ακολουθεί διαχωρισμός της παραγόμενης ιλύος, είτε με καθίζηση, είτε με επίπλευση είτε απευθείας με διήθηση. Επιλέγεται η χρήση Δεξαμενής Καθίζησης (για διάκριση από τις καθιζήσεις που έχουν σχεδιαστεί την ονομάζουμε Χημική Καθίζηση)

A. Για δεξαμενές καθίζησης με διάμετρο **μικρότερη των 2 m**: Σχεδιάζεται κυλινδρική δεξαμενή με οξύ κωνικό πυθμένα (κλίση περίπου 45°) και λόγο ύψους προς διάμετρο μεταξύ (2,5-3)/1. Συνήθως δεν απαιτείται χρήση ξέστρου (ανάλογα με την συνεκτικότητα των συσσωματωμάτων).

B. Για δεξαμενές καθίζησης με διάμετρο **μεγαλύτερη των 2 m**: Σχεδιάζεται παρόμοια με την πρωτοβάθμια καθίζηση, με Επιφανειακή Φόρτιση (ΕΦ) μεταξύ $24-72 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$.

Τυπικές τιμές του χρόνου παραμονής για καθίζηση υψηλού ρυθμού φόρτισης: $\tau_{\Delta\chi\kappa} = 40-100 \text{ min}$.

Ισοζύγιο στερεών ΔΧΚ

Κατά τη διάρκεια της χημικής καθίζησης εισάγονται στη δεξαμενή περίπου $C_{in} = 30 \text{ mg L}^{-1}$ στερεών. Στην έξοδο της δεξαμενής απομένουν $C_{out} = 10 \text{ mg L}^{-1}$, ενώ η απομακρυνόμενη ιλύς έχει συγκέντρωση στερεών περίπου $C_{\chi\eta\mu.\text{ιλύος}} = 8\% = 8 \text{ g/100 mL}$.

Το ισοζύγιο για τον υπολογισμό της $Q_{\chi\eta\mu.\text{ιλύος}}$ είναι:

$$Q_{\varepsilon\pi\alpha\nu.} \cdot C_{in} = Q_{\varepsilon\pi\alpha\nu.} \cdot C_{out} + Q_{\chi\eta\mu.\text{ιλύος}} \cdot C_{\chi\eta\mu.\text{ιλύος}}$$

Παράδειγμα Σχεδιασμού Δεξαμενής Χημικής Καθίζησης (1/4)

Να σχεδιάσετε τη Δεξαμενή Χημικής Καθίζησης, η οποία θα τροφοδοτείται από τη δεξαμενή συσσωμάτωσης με παροχή: $Q_{\text{επαν.}} = 5.000 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία: $24 < E\Phi < 72 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Εκλέγεται τυπική τιμή ίση με $50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Με βάση την $E\Phi$ και την παροχή επαναχρησιμοποίησης, υπολογίζεται η επιφάνεια ($A_{\Delta\chi\kappa}$) και ακολούθως η διάμετρος ($D_{\Delta\chi\kappa}$) της δεξαμενής:

$$E\Phi = \frac{Q_{\text{επαν.}}}{A_{\Delta\chi\kappa}} \Rightarrow A_{\Delta\chi\kappa} = \frac{5000 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}}{50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}} = 100 \text{ m}^2 \rightarrow D_{\Delta\chi\kappa} = 11,3 \text{ m} > 2 \text{ m}$$

Οπότε ακολουθείται σχεδιασμός αντίστοιχος με της ΔΠΚ

Οπότε επιλέγεται το ύψος ($H_{\Delta\chi\kappa}$) της ΔΧΚ ίσο με 4,5 m (κατ' αντιστοιχία του σχεδιασμού της ΔΠΚ).

Ο όγκος της ΔΧΚ υπολογίζεται ως: $H_{\Delta\chi\kappa} \cdot A_{\Delta\chi\kappa} = 4,5 \text{ m} \cdot 100 \text{ m}^2 = 450 \text{ m}^3$

$$\text{Ελέγχεται ο χρόνος παραμονής στη ΔΧΚ: } \tau_{\Delta\chi\kappa} = \frac{V_{\Delta\chi\kappa}}{Q_{\text{επαν.}}} = \frac{450 \text{ m}^3}{5000 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}} = 0,09 \text{ d} = 129,6 \text{ min} > 100 \text{ min}$$

(Μη αποδεκτό)

Οπότε επιλέγεται μεγαλύτερη $E\Phi$ ($= 70 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$)

Επαναλαμβάνοντας τους υπολογισμούς προκύπτουν:

$$D_{\Delta\chi\kappa} = 9,5 \text{ m} > 2 \text{ m}$$

$$H_{\Delta\chi\kappa} = 4,5 \text{ m}$$

$$V_{\Delta\chi\kappa} = 321,3 \text{ m}^3$$

$$\tau_{\Delta\chi\kappa} = 92,5 \text{ min (Αποδεκτό)}$$

Παράδειγμα Σχεδιασμού Δεξαμενής Χημικής Καθίζησης (2/4)

Ισοζύγιο στερεών ΔΧΚ

Η παροχή της πυκνωμένης χημικής ιλύος δίνεται από τη σχέση:

$$Q_{\text{χημ.Ιλύος}} = \frac{Q_{\text{επαν.}} \cdot (C_{\text{εισροή}} - C_{\text{εκροή}})}{C_{\text{πυκν.}}} = \frac{5000 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \cdot (30 \text{ mg L}^{-1} - 10 \text{ mg L}^{-1})}{\frac{8 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \cdot \frac{1000 \text{ mL}}{\text{L}} \cdot \frac{1000 \text{ mg}}{\text{g}}} = 1,25 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$$

Οι παροχές μάζας των στερεών στην εισροή, εκροή και πυκνωμένη ιλύ υπολογίζονται παρακάτω :

Εισροή

$$M_{\text{εισροή}} = Q_{\text{επαν.}} \cdot C_{\text{εισροή}} \Rightarrow M_{\text{εισροή}} = 5000 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \cdot 30 \text{ mg L}^{-1} \cdot \frac{10^3 \text{ L}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{kg}}{10^6 \text{ mg}} = 150 \text{ kg d}^{-1}$$

Εκροή

$$M_{\text{εκροή}} = Q_{\text{επαν.}} \cdot C_{\text{εκροή}} \Rightarrow M_{\text{εκροή}} = 5000 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \cdot 10 \text{ mg L}^{-1} \cdot \frac{10^3 \text{ L}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{kg}}{10^6 \text{ mg}} = 50 \text{ kg d}^{-1}$$

Πυκνωμένη ιλύς

$$M_{\text{χημ.Ιλύος}} = M_{\text{εισροή}} - M_{\text{εκροή}} \Rightarrow M_{\text{πυκν.}} = 150 \text{ kg d}^{-1} - 50 \text{ kg d}^{-1} = 100 \text{ kg d}^{-1}$$

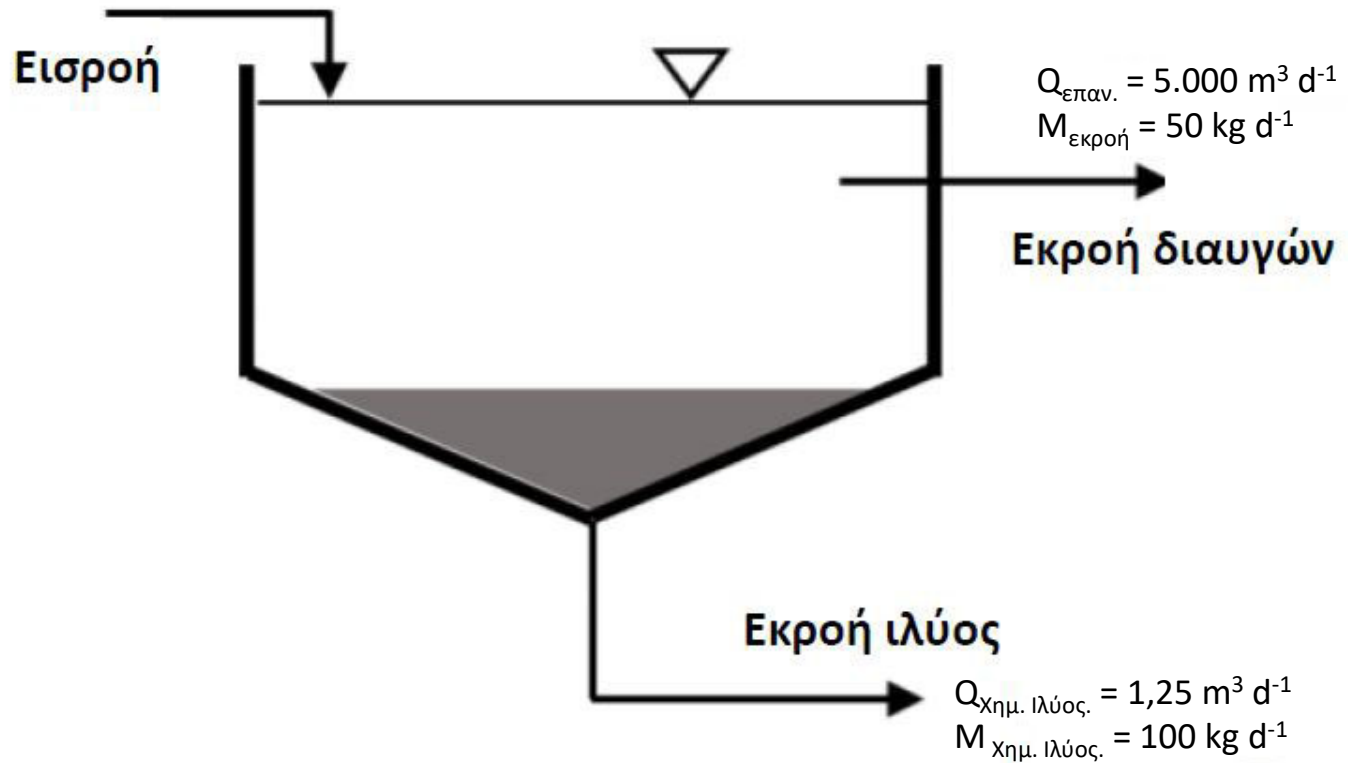
Παράδειγμα Σχεδιασμού Δεξαμενής Χημικής Καθίζησης (3/4)

Χαρακτηριστικά ΔΧΚ	
Παράμετρος	Τιμή
Τύπος	Κυκλικής διατομής
Διάμετρος	9,5 m
Βάθος	4,5 m
Κλίση πυθμένα	10%
Ταχύτητα περιστροφής ξέστρου	0,05 rpm
Ισχύς ηλεκτροκινητήρα	(Να υπολογιστεί)
Εξοπλισμός	
Ξέστρο πυθμένα	✓
Γέφυρα	✓
Ξέστρο επιφάνειας	✓
Διάταξη απομάκρυνσης επιπλεόντων	✓
Υπερχειλιστής	✓
Ηλεκτροκινητήρας	✓

Παράδειγμα Σχεδιασμού Δεξαμενής Χημικής Καθίζησης (4/4)

Ισοζύγιο μάζας

$$Q_{\text{επαν.}} = 5.000 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$$
$$M_{\text{εισοροή}} = 150 \text{ kg d}^{-1}$$



Διήθηση (φίλτρανση)

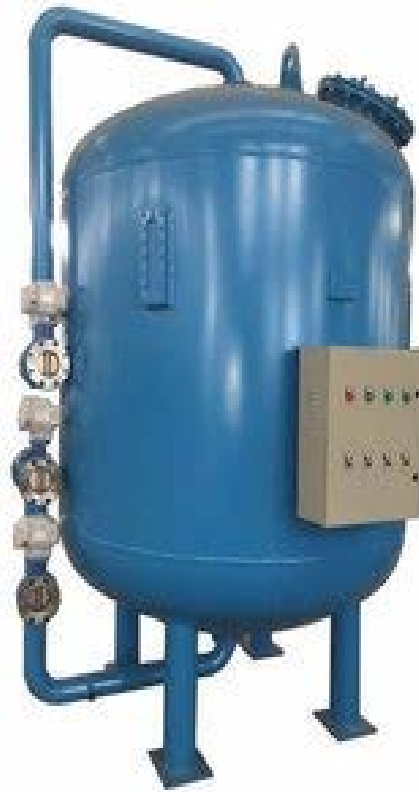
Σκοπός της διεργασίας είναι ο διαχωρισμός στερεών που μπορεί να βρίσκονται αιωρούμενα ή διαλυμένα στην υγρή φάση. Ανάλογα με το είδος των στερεών που πρόκειται να απομακρυνθούν επιλέγεται και ο κατάλληλος τύπος ηθμού (φίλτρου).

- **Αμμόφιλτρα:** Είναι κατάλληλα για την απομάκρυνση σωματιδιακών αιωρούμενων στερεών, συμπεριλαμβανομένων των κολλοειδών σωματίων. Η απομάκρυνση επιτυγχάνεται με πολύπλοκους μηχανισμούς (συμπεριλαμβανόμενης της μικροκροκίδωσης) στην επιφάνεια και στα διάκενα των κόκκων της άμμου. Τα συσσωματωμένα στερεά απομακρύνονται με έκπλυση (backwashing).
- **Επιφανειακοί ηθμοί:** Χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών κατά την διέλευση του ρευστού δια μέσω πορώδους διαφράγματος (συνήθως κάποιο ύφασμα)
- **Μεμβράνες:** Είναι κατάλληλες για την απομάκρυνση ιδιαίτερα μικροσκοπικών στερεών, περιλαμβάνοντας ακόμη και στερεά υπό διάλυση (για κάποιους τύπους μεμβρανών). Οι μεμβράνες είναι κατασκευασμένες από συνθετικά οργανικά υλικά (π.χ.: οξική κυτταρίνη, πολυπροπυλένιο, αρωματικά πολυαμίδια).

Είδη αμμόφιλτρων



Αμμόφιλτρο βαρύτητας



Αμμόφιλτρο κλειστού τύπου



Αυτοκαθαριζόμενο
αμμόφιλτρο ανοδικής ροής

Αμμόφιλτρα βαρύτητας

- α. Αμμόφιλτρο βαρύτητας, εμπλουτισμένο με ενεργό άνθρακα
- β. Σύστημα απορροής σε αμμόφιλτρα βαρύτητας
- γ. Έκπλυση σε αμμόφιλτρο βαρύτητας



ΑΥΤΟΚΑΘΑΡΙΖΟΜΕΝΑ ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΑ

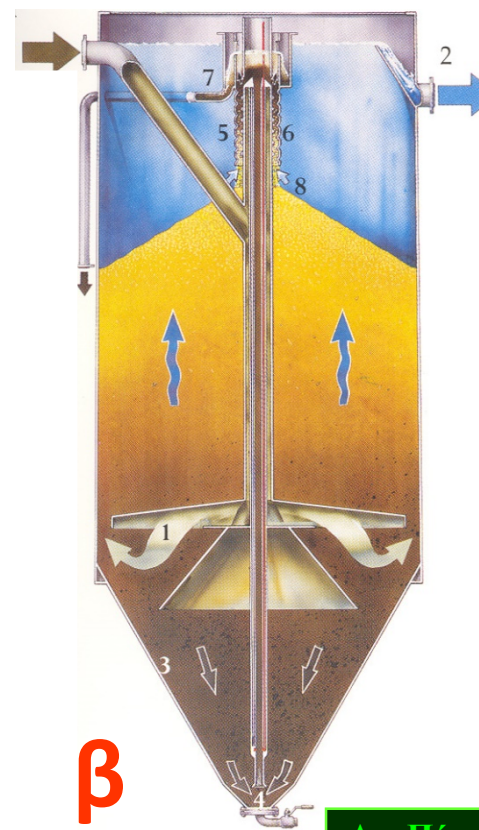


Ψυττάλεια, Αθήνα

ΑΥΤΟΚΑΘΑΡΙΖΟΜΕΝΑ ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΑ DyneSand®

α. Συστοιχία φίλτρων

β. Αρχή λειτουργίας



Δρ. Πέτρος Γκίκας

Συστήματα διήθησης μεμβρανών

α. Μικροδιήθηση (MF)

β. Υπερδιήθηση (UF)

γ. Νανοδιήθηση (NF)



α



β



γ

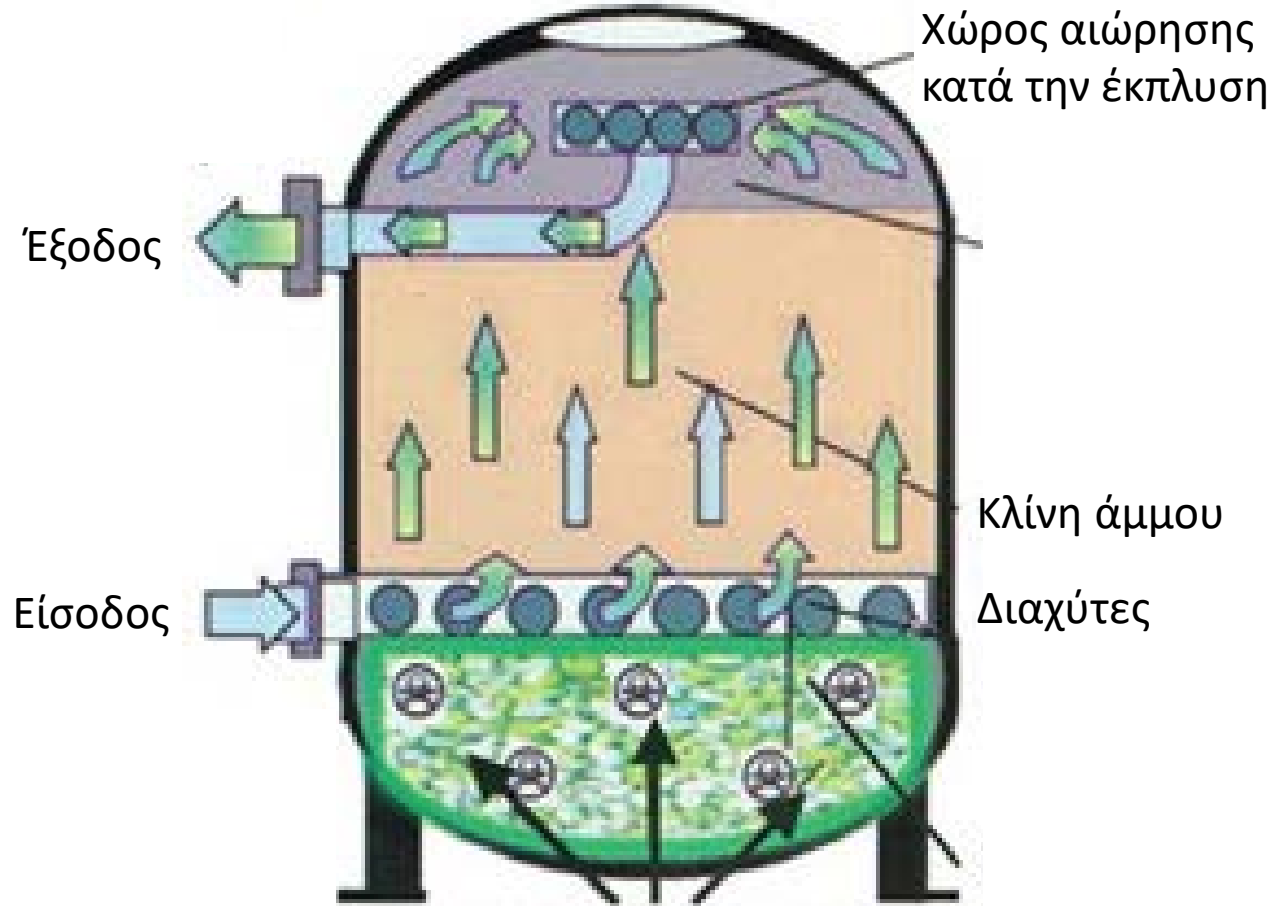
Δρ. Πέτρος Γκίκας

Αμμόφιλτρο ανοδικής ροής

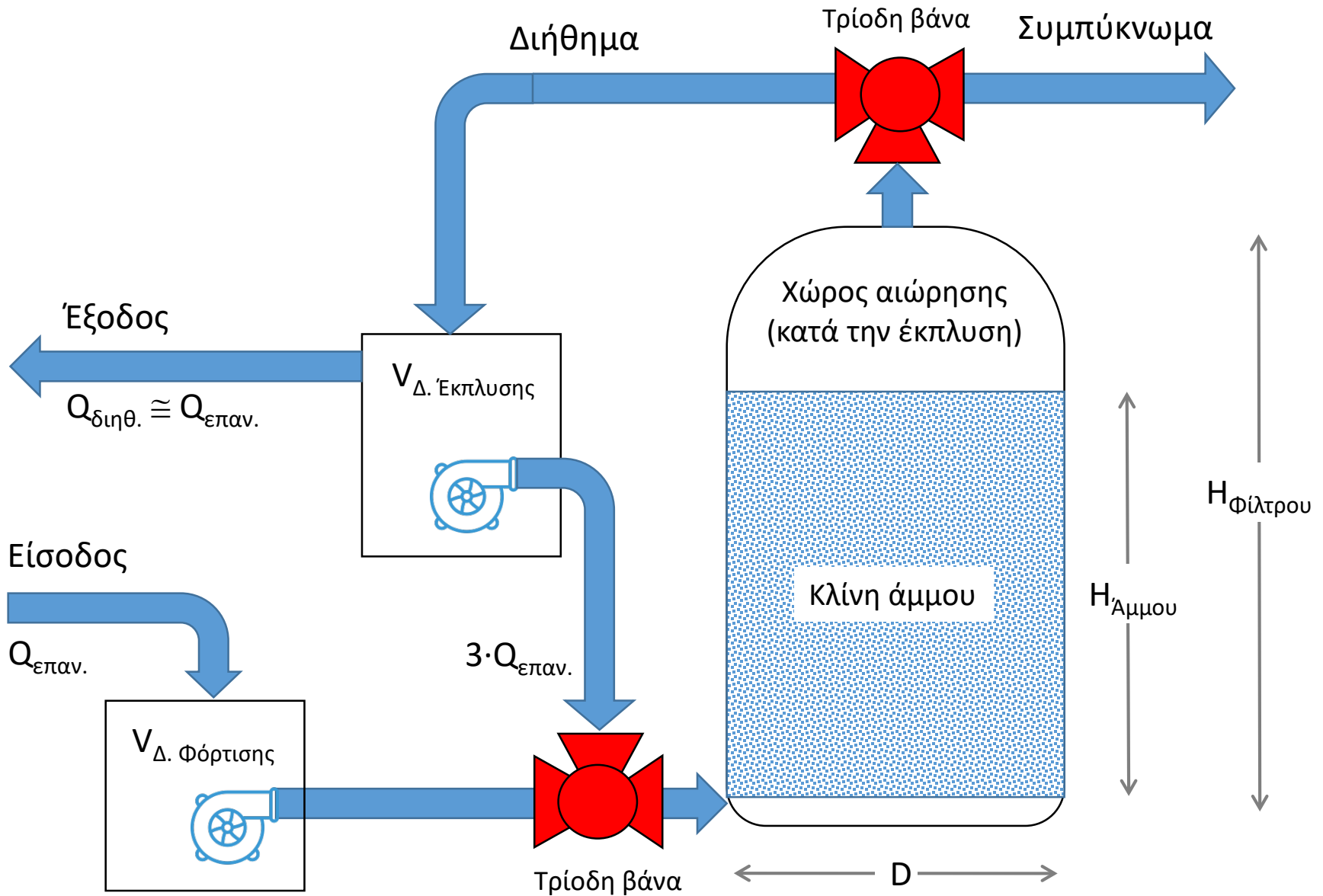


Διαχύτες στον πυθμένα

Αμμόφιλτρο ανοδικής ροής



Σχεδιασμός αμμόφιλτρου ανοδικής ροής



Σχεδιασμός Αμμόφιλτρου

Χαρακτηριστικά Αμμόφιλτρων

Ανάλογα με το μέγεθος της εγκατάστασης δύναται να λειτουργούν περισσότερες από μια διατάξεις αμμόφιλτρων. Το ύψος της κλίνης είναι μεγαλύτερο από 90 cm. Η επιφανειακή φόρτιση (ή ρυθμός διήθησης) σύμφωνα με τη νομοθεσία είναι μικρότερη από $8 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, ενώ απαιτείται 20% ελεύθερη επιφάνεια πάνω από το επίπεδο της άμμου για να επιτευχθεί η πλύση. Η διάρκεια της διαδικασίας της πλύσης του φίλτρου διαρκεί συνήθως 5-10 min, και γίνεται με παροχέτευση διηθήματος σε υψηλή παροχή (ή εναλλακτικά με παροχή αέρα).

Επίσης απαιτείται ο σχεδιασμός δύο δεξαμενών:

Δεξαμενή συλλογής διηθήματος (για την έκπλυση)

Δεξαμενή φόρτισης (για προσωρινή συλλογή της υπερχειλίσης της ΔΧΚ)

Το υγρό παροχετεύεται προς το αμμόφιλτρο με χρήση φυγοκεντρικής αντλίας.

Χαρακτηριστικά σχεδιασμού μονοστρωματικής κλίνης άμμου:

- Βάθος φίλτρου, τυπικές τιμές: 0,90-1,80 m. Νομοθεσία: $>1,40 \text{ m}$
- Ενεργό μέγεθος κόκκων άμμου, τυπικές τιμές: $d = 1-3 \text{ mm}$. Νομοθεσία = 1 mm
- Συντελεστής ομοιομορφίας, τυπικές τιμές: 1,2-1,6. Νομοθεσία = 1,45-1,60
- Ρυθμός διήθησης $u_{\text{διήθησης}}$, τυπικές τιμές $5-25 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Νομοθεσία $< 8 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, για μικρές εγκαταστάσεις.

Σχεδιασμός Αμμόφιλτρου

Η επιφάνεια του φίλτρου υπολογίζεται από την σχέση:

$$A = \frac{Q_{\text{επαν.}}}{u_{\text{διήθησης}}}$$

Η διάμετρος του φίλτρου υπολογίζεται ως:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$$

Το βάθος της άμμου ($H_{\text{Αμμου}}$), σύμφωνα με τη νομοθεσία πρέπει να είναι $H_{\text{Αμμου}} \geq 1,4 \text{ m}$. Το ύψος του φίλτρου ($H_{\text{Φίλτρου}}$) όμως πρέπει να είναι περίπου 20% μεγαλύτερο από το βάθος της άμμου, προκειμένου να υπάρχει ελεύθερος χώρος για την αιώρηση της άμμου, κατά τη διαδικασία έκπλυσης του αμμόφιλτρου. Δηλαδή:

$$H_{\text{Φίλτρου}} = H_{\text{Αμμου}} + 0,20 \cdot H_{\text{Αμμου}}$$

Ο όγκος της άμμου στο αμμόφιλτρο υπολογίζεται ως:

$$V_{\text{Αμμου}} = H_{\text{Αμμου}} \cdot A$$

Σχεδιασμός Αμμόφιλτρου

Ο ρυθμός διήθησης υπολογίζεται ως πηλίκο της παροχής προς την εγκάρσια επιφάνεια του φίλτρου:

$$u_{\text{διήθησης}} = \frac{Q_{\text{επαν.}}}{A}$$

Για άμμο με πορώδες e , ο χρόνος παραμονής (εντός της κλίνης άμμου) υπολογίζεται ως:

$$\tau = \frac{e \cdot V_{\text{Αμμου}}}{Q_{\text{επαν.}}}$$

Πτώση πίεσης στο φίλτρο

Αρχικά υπολογίζεται ο αριθμός Reynolds:

$$Re = \frac{\varphi \cdot d_i \cdot \rho_w \cdot u_{\text{διήθησης}}}{\mu}$$

Όπου,

- φ = Συντελεστής σφαιρικότητας (για άμμο, $\varphi = 0,7-0,8$)
- d_i = Ενεργό μέγεθος κόκκων άμμου, με τιμή 1-3 mm
- ρ_w = Πυκνότητα του υγρού (για νερό, 1000 kg m^{-3})
- $u_{\text{διήθησης}}$ = Ταχύτητα ροής του αποβλήτου, σε m s^{-1}
- μ = Δυναμικό ιξώδες (για νερό, $1,005 \cdot 10^{-3} \text{ kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$)

Σχεδιασμός Αμμόφιλτρου

Για τιμές του αριθμού Reynolds μικρότερες του 6 χρησιμοποιείται η εξίσωση των Carman-Kozeny για την πτώση πίεσης.

$$\Delta P = H_{\text{Άμμου}} \cdot \frac{k \cdot \mu}{\rho_w \cdot g} \cdot \frac{(1 - e)^2}{e^3} \cdot u_{\text{διήθησης}} \cdot \left(\frac{v}{\alpha}\right)_{\text{άμμου}}^2$$

Όπου,

- ΔP = Πτώση πίεσης (m_{H_2O})
- $H_{\text{Άμμου}}$ = Βάθος της κλίνης άμμου στο φίλτρο (m)
- k = Σταθερά Kozeny ($k = 5$)
- $u_{\text{διήθησης}}$ = Ταχύτητα διήθησης ($m \cdot s^{-1}$)
- ρ_w = Πυκνότητα του ρευστού (για νερό: $1000 \text{ kg } m^{-3}$)
- e = Πορώδες της κλίνης άμμου (συνήθης τιμή = 0,35)
- $\left(\frac{v}{\alpha}\right)_{\text{άμμου}} = \frac{6}{\phi \cdot d_i}$,
- v = Όγκος κόκκου άμμου
- A = Επιφάνεια κόκκου άμμου
- ϕ = Συντελεστής σφαιρικότητας (για άμμο, $\phi = 0,7-0,8$)
- d_i = Ενεργό μέγεθος κόκκων άμμου, με τιμή 1-3 mm

Σχεδιασμός Αμμόφιλτρου

Ισοζύγιο μάζας συμπυκνώματος

$$M_{\text{συμπ.}} = Q_{\text{επαν.}} \cdot C_{\text{in}} - Q_{\text{διηθ.}} \cdot C_{\text{διηθ.}}, \quad (\text{σε kg d}^{-1})$$

Όπου,

- $Q_{\text{επαν.}} \cong Q_{\text{διηθ.}}$
- C_{in} = Συγκέντρωση TSS στην είσοδο του αμμόφιλτρου (mg L^{-1})
- $C_{\text{διηθ.}}$ = Συγκέντρωση TSS στην έξοδο του αμμόφιλτρου (mg L^{-1})

Σχεδιασμός Δεξαμενής αποθήκευσης νερού έκπλυσης

Στη δεξαμενή αυτή παραμένει προσωρινά διηθημένο νερό, το οποίο χρησιμοποιείται για την αντίστροφη έκπλυση του φίλτρου (backwash). Εάν η παροχή νερού κατά την έκπλυση είναι 3 φορές η παροχή λειτουργίας, ο χρόνος έκπλυσης $\tau_{\text{Έκπλυσης}}$ (5-10min), τότε ο όγκος της δεξαμενής έκπλυσης ($V_{\Delta \text{ Έκπλυσης}}$) προκύπτει ως :

$$V_{\Delta \text{ Έκπλυσης}} = \tau_{\text{Έκπλυσης}} \cdot 3 \cdot Q_{\text{επαν.}} \cdot \text{Συντελεστής Ασφαλείας}$$

Σχεδιασμός Δεξαμενής αποθήκευσης νερού φόρτισης

Η δεξαμενή φόρτισης λειτουργεί ως αντλιοστάσιο, για την τοποθέτηση της αντλίας φόρτισης του αμμόφιλτρου. Επίσης χρησιμοποιείται και ως δεξαμενή προσωρινής αποθήκευσης της εισροής, κατά τη διάρκεια της έκπλυσης. Ο όγκος της δεξαμενής φόρτισης προκύπτει ως:

$$V_{\Delta \text{ Φόρτισης}} = \tau_{\text{Έκπλυσης}} \cdot Q_{\text{επαν.}} \cdot \text{Συντελεστής Ασφαλείας}$$

Παράδειγμα Σχεδιασμού Αμμόφιλτρου (1/4)

Να σχεδιάσετε τη διεργασία διήθησης με Αμμόφιλτρο για παροχή αποβλήτου $Q_{\text{επαν.}} = 5000 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$, και να διαστασιολογήσετε τη δεξαμενή αποθήκευσης του νερού έκπλυσης.

Η επιφάνεια του φίλτρου προκύπτει ως:

$$A = \frac{Q_{\text{επαν.}}}{u_{\text{διήθησης}}}$$

Επιλέγεται τιμή $u_{\text{διήθησης}} = 7 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, καθώς σύμφωνα με τη νομοθεσία ισχύει ότι $u_{\text{διήθησης}} < 8 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Επομένως:

$$A = \frac{5000 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \cdot \frac{1 \text{ d}}{24 \text{ h}}}{7 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}} = 29,8 \text{ m}^2$$

Η διάμετρος του φίλτρου είναι:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \cdot 29,8 \text{ m}^2}{\pi}} = 6,2 \text{ m}$$

Παράδειγμα Σχεδιασμού Αμμόφιλτρου (2/4)

Το Βάθος της άμμου, σύμφωνα με τη νομοθεσία πρέπει να είναι $H \geq 1,4$ m. Επιλέγεται Βάθος $H = 1,5$ m. Συνεπώς, το ύψος του φίλτρου είναι:

$$H_{\text{Φίλτρου}} = H_{\text{Άμμου}} + 0,20 \cdot H_{\text{Άμμου}} \Rightarrow H_{\text{Φίλτρου}} = 1,5 \text{ m} + 0,20 \cdot 1,5 \text{ m} = 1,80 \text{ m}$$

Ο όγκος της άμμου στο αμμόφιλτρο είναι:

$$V_{\text{Άμμου}} = H_{\text{Άμμου}} \cdot A \Rightarrow V = 1,5 \text{ m} \cdot 29,8 \text{ m}^2 = 44,7 \text{ m}^3$$

Ο χρόνος παραμονής του αποβλήτου εντός της κλίνης άμμου είναι:

$$\tau = \frac{e \cdot V_{\text{Άμμου}}}{Q_{\text{επαν.}}} \Rightarrow \tau = \frac{0,35 \cdot 44,7 \text{ m}^3}{5000 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ d}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 4,5 \text{ min}$$

Παράδειγμα Σχεδιασμού Αμμόφιλτρου (3/4)

Πτώση πίεσης Αμμόφιλτρου

Η πτώση πίεσης στο αμμόφιλτρο υπολογίζεται από την σχέση των Carman – Kozeny. Για να ισχύει αυτή η εξίσωση, θα πρέπει πρώτα να εξεταστεί αν ο αριθμός Reynolds είναι < 6 . Επιλέγεται ενεργό μέγεθος κόκκων άμμου, $d_i = 1 \text{ mm}$. Δηλαδή:

$$Re = \frac{\varphi \cdot d_i \cdot \rho \cdot u_{\delta i \theta \eta \sigma \eta \varsigma}}{\mu} = \frac{0,82 \cdot 1 \text{ mm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{10^3 \text{ mm}} \cdot 1000 \text{ kg m}^{-3} \cdot 7 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}}{1,005 \cdot 10^{-3} \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}} = 1,6 < 6$$

Επομένως, η πτώση πίεσης υπολογίζεται ως εξής:

$$\begin{aligned} \Delta P &= L \cdot \frac{k \cdot \mu}{\rho_w \cdot g} \cdot \frac{(1 - e)^2}{e^3} \cdot u_{\delta i \theta \eta \sigma \eta \varsigma} \cdot \left(\frac{v}{\alpha} \right)_{\text{άμμου}}^2 \\ \Rightarrow \Delta P &= L \cdot \frac{k \cdot \mu}{\rho_w \cdot g} \cdot \frac{(1 - e)^2}{e^3} \cdot u_{\delta i \theta \eta \sigma \eta \varsigma} \cdot \left(\frac{6}{\varphi \cdot d_i} \right)^2 \\ \Rightarrow \Delta P &= 1,65 \text{ m} \frac{5 \cdot 1,005 \cdot 10^{-3} \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1} \cdot (1 - 0,35)^2}{1000 \text{ kg m}^{-3} \cdot 9,81 \text{ m s}^{-2} \cdot 0,35^3} \cdot 7 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \cdot \left(\frac{6}{0,7 \cdot 1 \text{ mm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{10^3 \text{ mm}}} \right)^2 \\ &= 1,2 \text{ m} \end{aligned}$$

Παράδειγμα Σχεδιασμού Αμμόφιλτρου (4/4)

Ισοζύγιο μάζας συμπυκνώματος

$$M_{\text{συμπ.}} = Q_{\text{επαν.}} \cdot C_{\text{in}} - Q_{\text{διηθ.}} \cdot C_{\text{διηθ.}}$$

$$\Rightarrow M_{\text{συμπ.}} = (5000 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \cdot 10 \text{ mg L}^{-1} - 5000 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \cdot 2 \text{ mg L}^{-1}) \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}} \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 40 \text{ kg d}^{-1}$$

Σχεδιασμός Δεξαμενής αποθήκευσης νερού έκπλυσης

$$V = 10 \text{ min} \cdot 3 \cdot Q_{\text{επαν.}} \cdot \text{Συντελεστής Ασφαλείας}$$
$$\Rightarrow V = 10 \text{ min} \cdot 3 \cdot 5000 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \cdot \frac{1 \text{ d}}{1440 \text{ min}} \cdot 1,5 = 156,3 \text{ m}^3$$

Επιλέγεται βάθος κυκλικής δεξαμενής $H = 1,4 \text{ m}$. Συνεπώς, η επιφάνεια της είναι:

$$A = \frac{156,3 \text{ m}^3}{1,4 \text{ m}} = 111,6 \text{ m}^2$$

Η διάμετρος της δεξαμενής είναι:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \cdot 111,6 \text{ m}^2}{\pi}} = 11,9 \text{ m}$$

Με παρόμοιο τρόπο σχεδιάζεται και η δεξαμενή φόρτισης

Υπεριώδης ακτινοβολία (UV)

Πρόκειται για ακτινοβολία με μήκη κύματος μεταξύ 100-400nm, εκ των οποίων, η περιοχή μεταξύ 220-320nm έχει μικροβιοκτόνο δράση. Η ακτινοβολία UV καταστρέφει τα μακρομόρια δεσοξυριβονουκλεϊκού οξέος (DNA) και ριβονουκλεϊκού οξέος (RNA), με αποτέλεσμα να καθίσταται αδύνατη η μεταφορά πληροφοριών εντός του κυττάρου, γεγονός που οδηγεί στον θάνατο.

Η ακτινοβολία UV παράγεται είτε από λαμπτήρες χαμηλής πίεσης (0,01-1,0 bar, μονοχρωματική ακτινοβολία στα 254nm), είτε από λαμπτήρες μέσης πίεσης (10-20 bar, πολυχρωματική ακτινοβολία 200-400nm).

Η ακτινοβόληση μπορεί να λάβει χώρα είτε σε ανοικτά κανάλια με τους λαμπτήρες τοποθετημένους παράλληλα ή κάθετα στην ροή των αποβλήτων, είτε εντός κλειστών αγωγών. Απαραίτητος είναι ο περιοδικός καθαρισμός των λαμπτήρων, χειρονακτικά ή μηχανικά.

Σημαντική μείωση της απολυμαντικής ικανότητας της UV ακτινοβολίας επέρχεται σε περιπτώσεις αποβλήτων με σχετικά υψηλή συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών.

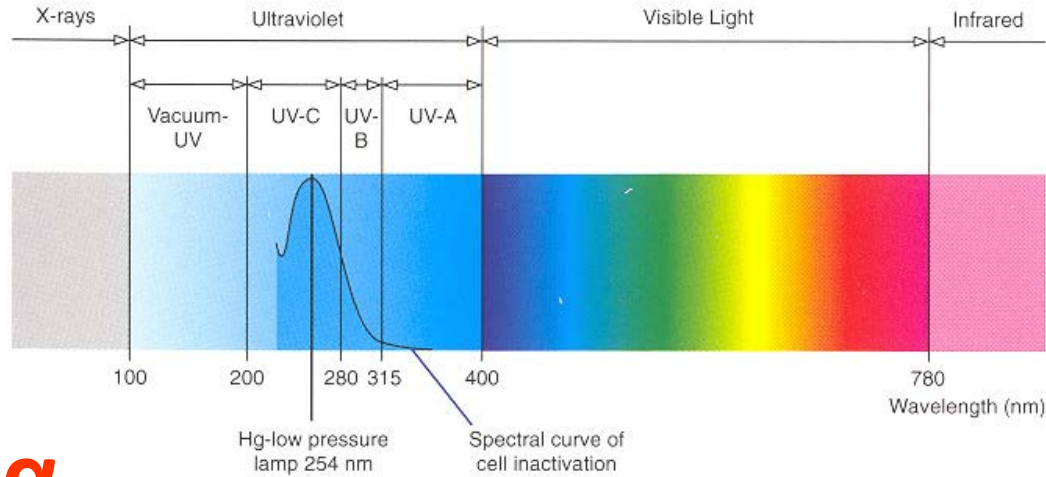
Σχεδιασμός Απολύμανσης με UV

Σχεδιαστικές παράμετροι συστήματος ακτινοβολήσης με UV

Η δοσολογία εξαρτάται από το είδος του αποβλήτου και την προοριζόμενη χρήση

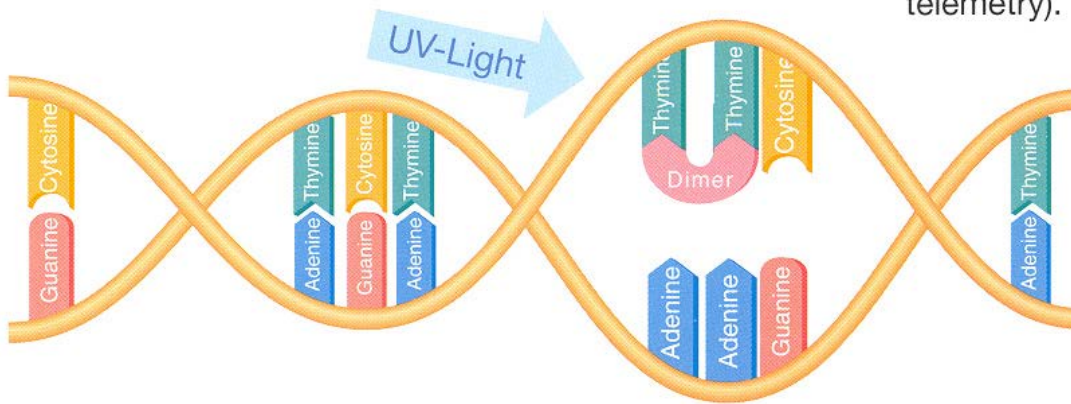
- Συνήθης χρόνος επαφής (λαμπτήρες χαμηλής πίεσης): 20-30 sec
- Τυπική δόση σε δευτεροβάθμια εκροή: 40-50 mJ cm⁻²
- Τυπική δόση για απεριόριστη επαναχρησιμοποίηση στην έξοδο αμμόφιλτρου (μετά από δευτεροβάθμια επεξεργασία): 80-100 mJ cm⁻² (ελάχιστη κατά την νομοθεσία: 60 mJ cm⁻²)
- Διαπερατότητα: δευτεροβάθμια εκροή: 45-70%, δευτεροβάθμια εκροή ακολουθούμενη από αμμόφιλτρο: 56-79%, μέγιστη κατά το τέλος ζωής των λαμπτήρων για απεριόριστη επαναχρησιμοποίηση (σύμφωνα με την νομοθεσία: 70%)
- Ενεργειακές απαιτήσεις (λαμπτήρες χαμηλής πίεσης και έντασης): Ισχύς: καταναλισκόμενη: 70-100 W, αποδιδόμενη (254 nm): 25-27W, μήκος: 750-1500 mm, διάμετρος: 15-20 mm, χρόνος ζωής: 8000-12000 h.

Ακτινοβολία UV



α. Μήκη κύματος της ακτινοβολίας UV και καμπύλη απολυμαντικής δράσης

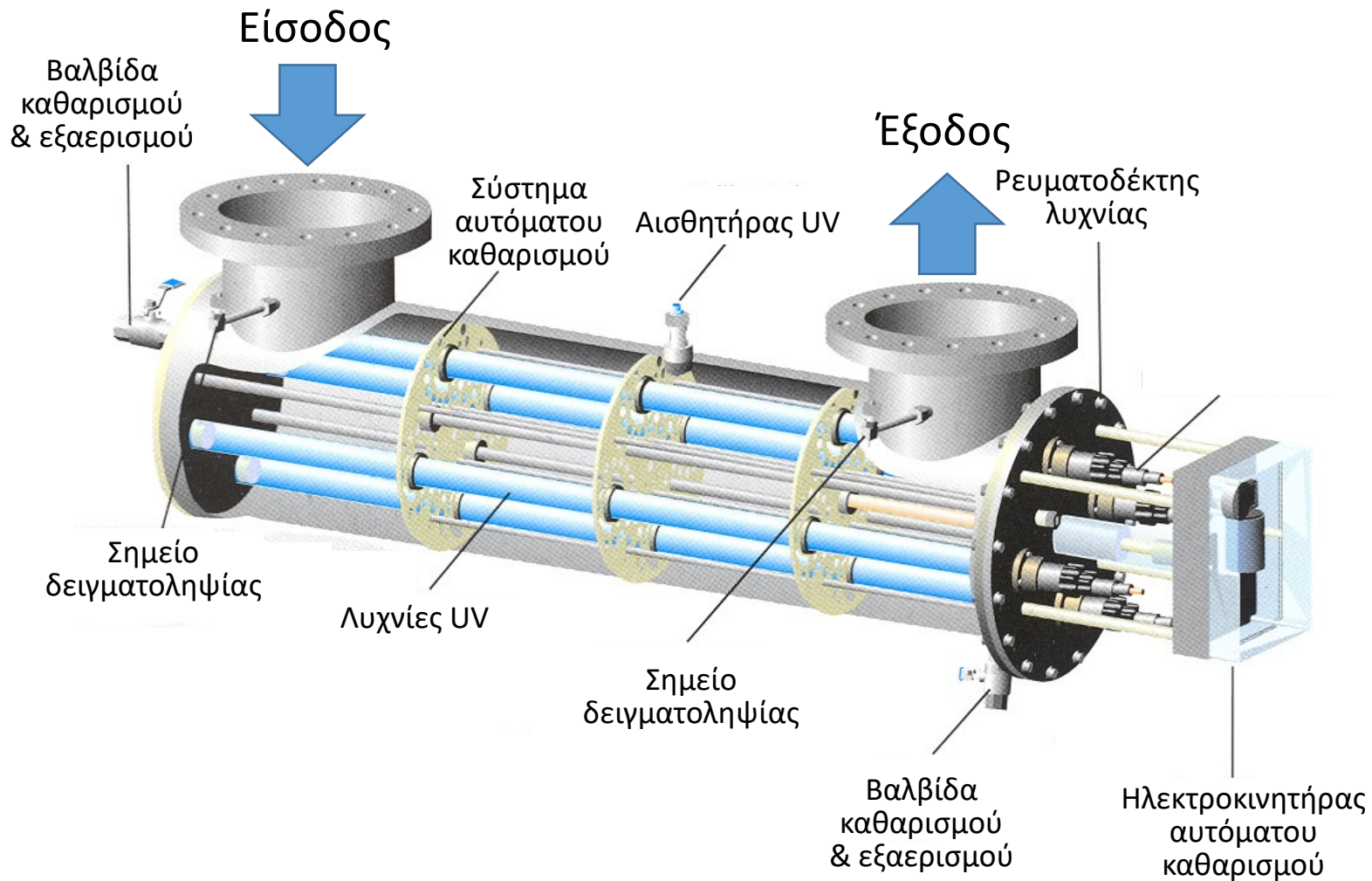
telemetry).



β. Επίδραση της ακτινοβολίας UV σε μόριο DNA

β

Σύστημα λαμπτήρων UV

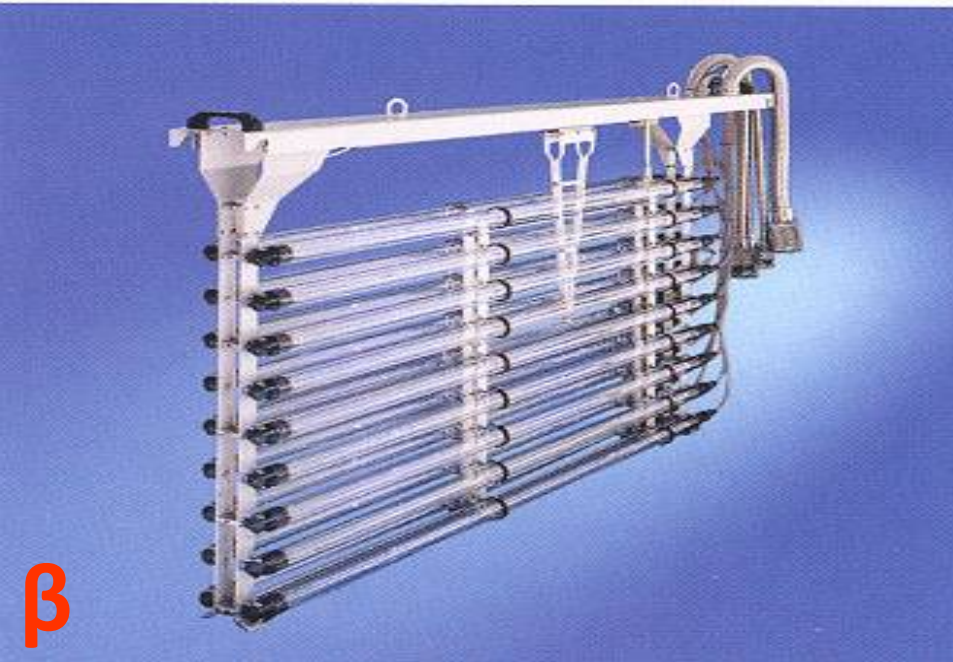


UV Ακτινοβολία

- α. Σύστημα κλειστού αγωγού
- β. Πλαίσιο με λαμπτήρες για σύστημα ανοικτού καναλιού
- γ. Σύστημα ανοικτού καναλιού



α



β



γ

Δρ. Πέτρος Γκίκας



ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΜΕ UV ΣΕ ΑΝΟΙΚΤΟ ΚΑΝΑΛΙ

ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΜΕ UV ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΟ ΑΓΩΓΟ

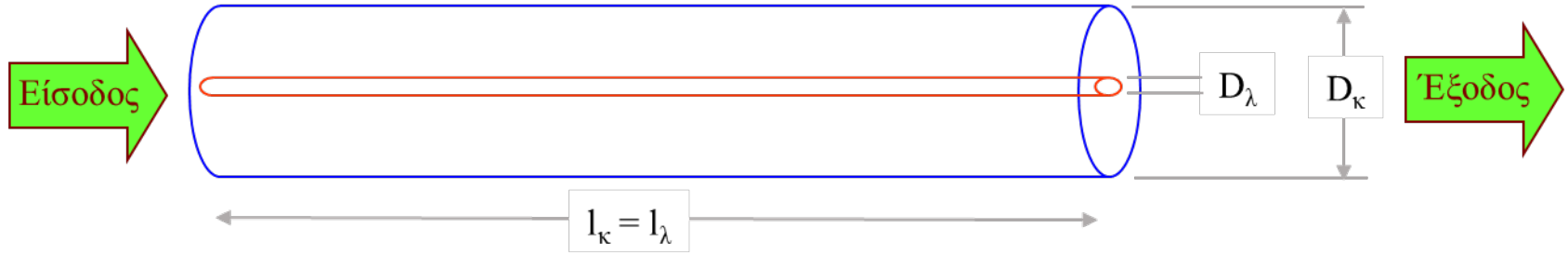


Ψυττάλεια, Αθήνα

Απολύμανση με UV σε κλειστό αγωγό

Σχεδιασμός Απολύμανσης με UV

Για τη διαστασιολόγηση των διατάξεων UV, υπολογίζονται επτά παράμετροι.



1) Η επιφάνεια του εσωτερικού του κελύφους δίνεται από τη σχέση:

$$[\text{Εσωτερικό κελύφους}] = 2 \cdot \pi \cdot r_k$$

2) Η προσπίπτουσα ακτινοβολία στο τέλος ζωής του λαμπτήρα είναι:

$$[\text{Προσπίπτουσα ακτινοβολία}] = [\text{Αποδιδόμενη ισχύς λαμπτήρα}] \cdot [\text{Μείωση ισχύος λόγω παλαιότητας}] \cdot [\text{Διαπερατότητα}]$$

3) Η ένταση ακτινοβολίας υπολογίζεται ως εξής:

$$[\text{Ένταση ακτινοβολίας}] = [\text{Προσπίπτουσα ακτινοβολία}] / [\text{Επιφάνεια κελύφους}]$$

Σχεδιασμός Απολύμανσης με UV

4) Ο χρόνος επαφής (ακτινοβολήσης) είναι:

$$[\text{Χρόνος επαφής}] = [\text{Ελάχιστη δόση}] / [\text{Ένταση ακτινοβιλίας}]$$

5) Ο όγκος της διάταξης είναι:

$$[\text{Όγκος διάταξης}] = [\text{Όγκος κελύφους}] - [\text{Όγκος λυχνίας}]$$

6) Μέγιστη επιτρεπόμενη παροχή ανά διάταξη:

$$[\text{Μέγιστη επιτρεπόμενη παροχή ανά διάταξη}] = [\text{Όγκος διάταξης}] / [\text{Χρόνος επαφής}]$$

7) Αριθμός διατάξεων (συνδεδεμένων εν παραλλήλω):

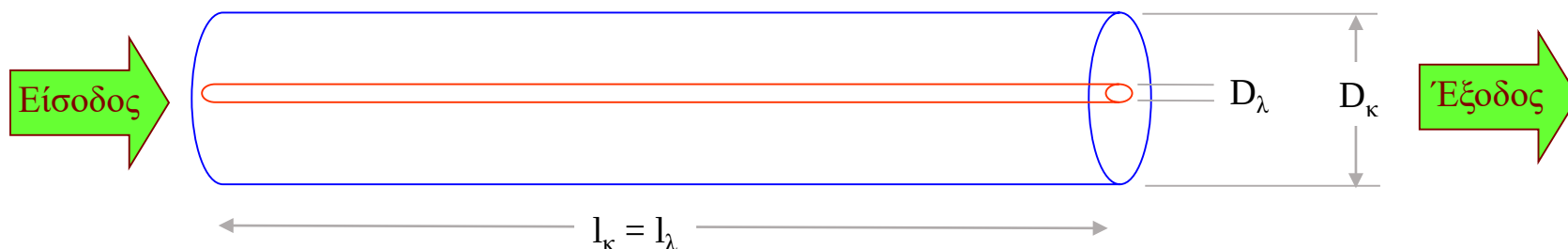
$$[\text{Αριθμός διατάξεων}] = [\text{Παροχή αιχμής}] / [\text{Παροχή ανά διάταξη}]$$

Παράδειγμα Σχεδιασμού Απολύμανσης UV (1/2)

Να υπολογιστεί ο αριθμός των συστημάτων απολύμανσης UV, με τα πιο κάτω χαρακτηριστικά και ο τρόπος διάταξής τους (εν σειρά ή εν παραλλήλω), για την επαναχρησιμοποίηση νερού.

Σχεδιαστικές παράμετροι:

- Τύπος αποβλήτου: εκροή αμμόφιλτρου μετά από δευτεροβάθμια καθίζηση
- Μέση παροχή αποβλήτου: $400 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$
- Παροχή αιχμής: $1000 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$
- Τύπος συστήματος ακτινοβολήσης: κλειστού τύπου
- Διάταξη συστήματος ακτινοβολήσης: Κυλινδρικό κέλυφος με λαμπτήρα τοποθετημένο ομοαξονικά
- Διαστάσεις κελύφους: μήκος (l_{κ}) : 1000 mm , διάμετρος (D_{κ}): 200 mm
- Τύπος λαμπτήρα: χαμηλής πίεσης, χαμηλής έντασης
- Διαστάσεις λαμπτήρα: μήκος (l_{λ}): 1000 mm , διάμετρος (D_{λ}): 20 mm
- Αποδιδόμενη ισχύς λαμπτήρα: 25 W
- Μείωση αποδιδόμενης ισχύς κατά το τέλος της ζωής του λαμπτήρα: 60%
- Διαπερατότητα αποβλήτου: 70%
- Ελάχιστη δόση ακτινοβολίας: $60 \text{ mJ cm}^{-2} = 60 \text{ mW s cm}^{-2}$



Παράδειγμα Σχεδιασμού Απολύμανσης UV (2/2)

Επίλυση:

Ο υπολογισμός της έντασης ακτινοβολίας γίνεται για τα σημεία που λαμβάνουν τη μικρότερη δόση ακτινοβολίας (τα πλέον απομακρυσμένα από το λαμπτήρα), δηλαδή το κέλυφος του συστήματος.

1. Επιφάνεια του εσωτερικού του κελύφους:

$$[\text{Επιφάνεια κελύφους}] = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot l_k = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 0,628 \text{ m}^2 = 6280 \text{ cm}^2$$

2. Προσπίπτουσα ακτινοβολία στο τέλος ζωής του λαμπτήρα:

$$[\text{Αποδιδόμενη ισχύς λαμπτήρα}] \cdot [\text{Μείωση ισχύος λόγω παλαιότητας}] \cdot [\text{Διαπερατότητα}] = \\ 25 \text{ W} \cdot 0,6 \cdot 0,7 = 10,5 \text{ W} = 10500 \text{ mW}$$

3. Ένταση ακτινοβολίας:

$$[\text{Προσπίπτουσα ακτινοβολία}] / [\text{Επιφάνεια κελύφους}] = 10500 \text{ mW} / 6280 \text{ cm}^2 = 1,67 \text{ mW cm}^{-2}$$

4. Χρόνος επαφής (ακτινοβολήσης):

$$[\text{Ελάχιστη δόση}] / [\text{Ένταση ακτινοβολίας}] = 60 \text{ mW s cm}^{-2} / 1,67 \text{ mW cm}^{-2} = 36 \text{ s}$$

5. Όγκος διάταξης:

$$[\text{Όγκος κελύφους}] - [\text{Όγκος λυχνίας}] = \pi \cdot r_k^2 \cdot l_k - \pi \cdot r_\lambda^2 \cdot l_\lambda = 3,14 \cdot (0,1 \text{ m})^2 \cdot 1 \text{ m} - 3,14 \cdot (0,01 \text{ m})^2 \cdot 1 \text{ m} = 0,030635 \text{ m}^3$$

6. Μέγιστη επιτρεπόμενη παροχή ανά διάταξη:

$$[\text{Όγκος διάταξης}] / [\text{Χρόνος επαφής}] = 0,030635 \text{ m}^3 / 36 \text{ s} = 0,00085 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$$

7. Παροχή αιχμής: $1000 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} = 0,0116 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$

8. Αριθμός διατάξεων: $[\text{Παροχή αιχμής}] / [\text{Παροχή ανά διάταξη}] = 0,0116 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} / 0,00085 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} = 13,65$

Απάντηση: Απαιτούνται 14 διατάξεις απολύμανσης τοποθετημένες εν παραλλήλω.