

Καθίζηση

Διαχωρισμός στερεών σωματιδίων από τα απόβλητα, με την επίδραση δυνάμεων βαρύτητας. Ο διαχωρισμός συντελείται λόγω διαφοράς ειδικού βάρους.

Τύποι καθίζησης

Τύπος I: Καθίζηση διακριτών σωματιδίων. Τα σωματίδια καθιζάνουν χωρίς να αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους (π.χ. εξάμμωση)

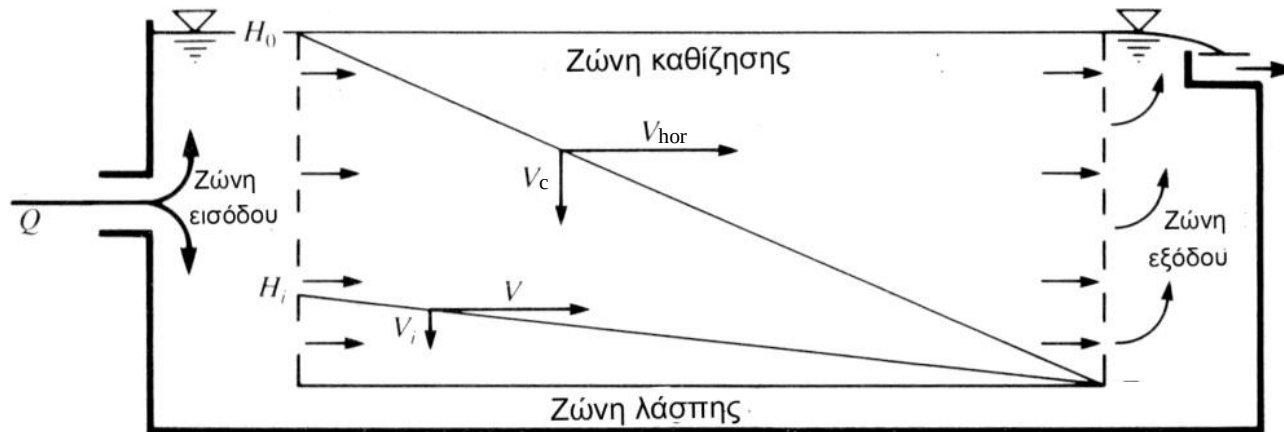
Τύπος II: Καθίζηση με συσσωμάτωση. Τα σωματίδια συνενώνονται κατά την καθίζηση, με συνέπεια την δημιουργία μεγαλύτερων σωματιδίων που καθιζάνουν ταχύτερα (π.χ. πρωτοβάθμια καθίζηση)

Τύπος III: Εμποδιζόμενη καθίζηση. Έντονη συσσωμάτωση με συνέπεια την δημιουργία μιας ενιαίας ύλης που καθιζάνει ως μάζα (π.χ. δευτεροβάθμια καθίζηση)

Τύπος IV: Πύκνωση. Λαμβάνει χώρα εντός ήδη πυκνωμένων υγρών, με συνέπεια την περεταίρω αύξηση της συγκέντρωσης σωματιδίων (π.χ. δεξαμενές πάχυνσης)

Ιδεατή καθίζηση

Παραδοχή: Τα σωματίδια είναι σφαιρικά, ομοιόμορφα και δεν αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους. Επιδρούν απάνω τους τέσσερις δυνάμεις: Βαρύτητα, άνωση, οπισθέλκουσα και ώθηση (λόγω ροής)



V_{hor} : Οριζόντια ταχύτητα
 V_c : Κατακόρυφη ταχύτητα
 Q : Ογκομετρική παροχή
 h : Ύψος δεξαμενής
 B : Πλάτος δεξαμενής
 L : Μήκος δεξαμενής

$$V_{hor} = \frac{Q}{Bh}$$

$$\frac{V_c}{V_{hor}} = \frac{h}{L} \Rightarrow V_c = \frac{h}{L} V_{hor} \Rightarrow V_c = \frac{Q}{BL}$$

Η ταχύτητα καθίζησης (V_c) είναι ανεξάρτητη του ύψους της δεξαμενής
Η ταχύτητα καθίζησης ονομάζεται: Επιφανειακή Φόρτιση (ΕΦ)

Εξάμμωση

Απομάκρυνση άμμου, χώματος και άλλων ανόργανων σωματιδίων με διάμετρο μικρότερη των 200 μm , με κύριες επιδιώξεις:

- Προστασία των κινούμενων τμημάτων του μηχανολογικού εξοπλισμού από αποξέσεις
- Αποφυγή συσσώρευσης των σωματιδίων σε σωληνώσεις σε κανάλια και σε δεξαμενές
- Μείωση της συχνότητας καθαρισμού των δεξαμενών χώνευσης ιλύος, που συνήθως αποφράζουν με άμμο

Οι εξαμμωτές διακρίνονται σε:

- Σταθερής ροής (λειτουργούν ως καθίζηση τύπου I)
- Αεριζόμενους (διαχωρισμός σωματιδίων με εφαρμογή σπειροειδούς ροής)
- Κυκλωνοειδούς ροής (διαχωρισμός σωματιδίων με ταυτόχρονη καθίζηση και φυγοκέντρωση)

Συχνά παράλληλα με την εξάμμωση γίνεται και απομάκρυνση λιπών και ελαίων (απολίπανση)

Συνήθεις τύποι εξαμμωτών



Σταθερής ροής¹



Αεριζόμενος²



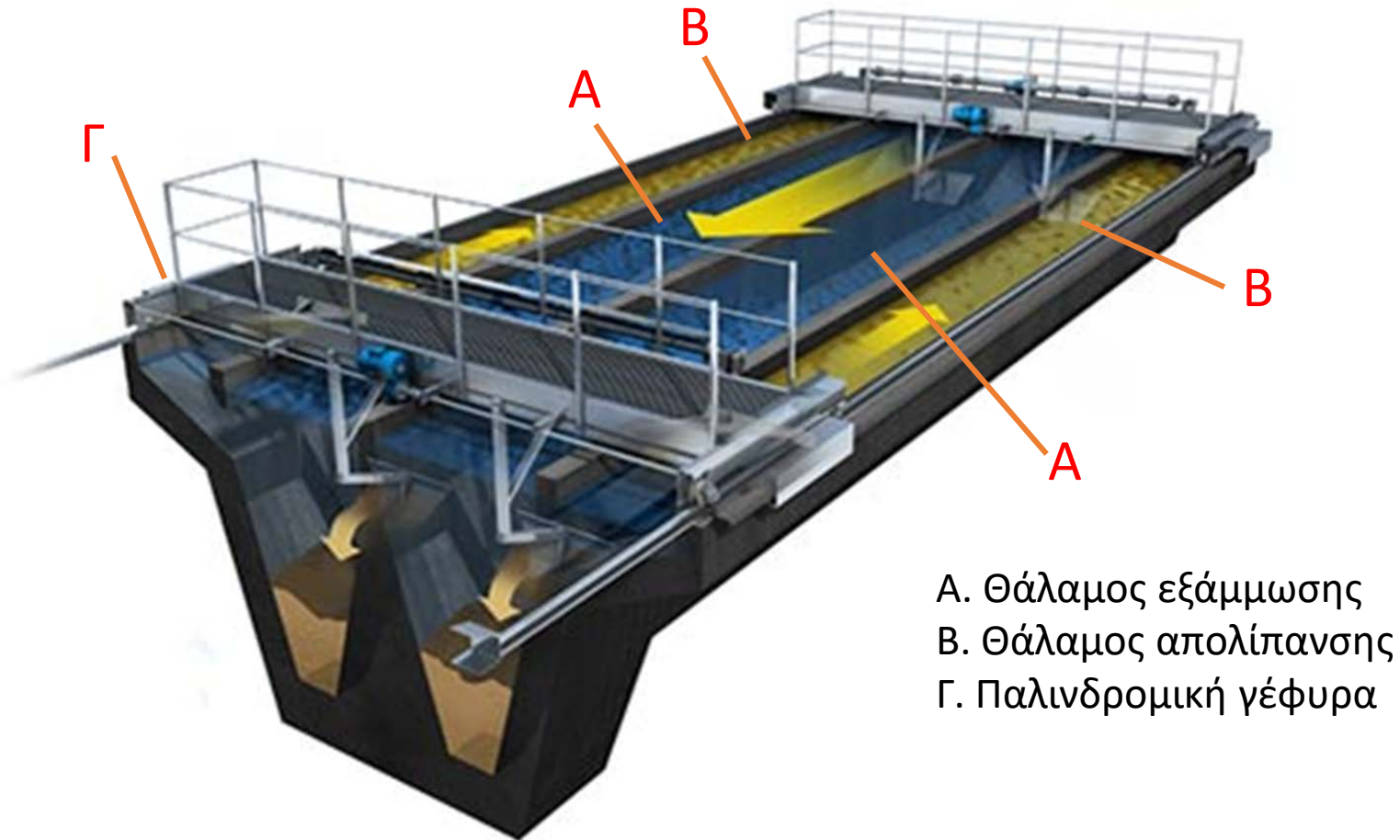
Κυκλωνοειδούς ροής³

¹ Χρησιμοποιούνται σε κυρίως σε μικρές ΕΕΛ (χειρωνακτικά ή μηχανικά καθαριζόμενοι)

² Ο πιο διαδεδομένος τύπος εξαμμωτών (μηχανικά καθαριζόμενοι)

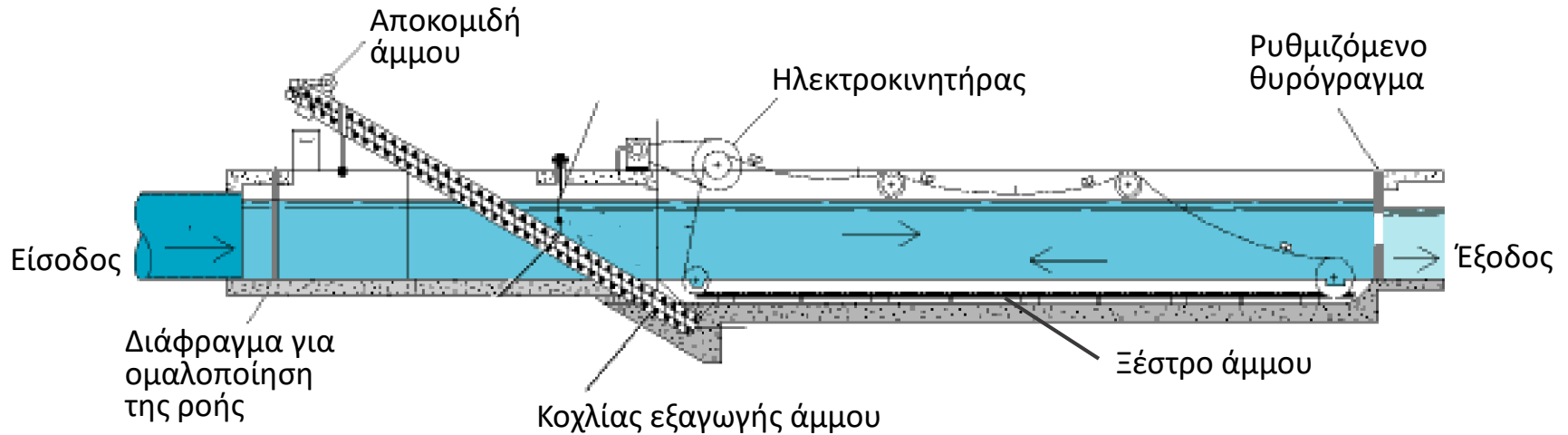
³ Αποτελεσματικοί, χρησιμοποιούνται κυρίως σε βιομηχανικές ΕΕΛ (μηχανικά καθαριζόμενοι)

Τυπικός θάλαμος αεριζόμενου εξαμμωτή-απολιπαντή



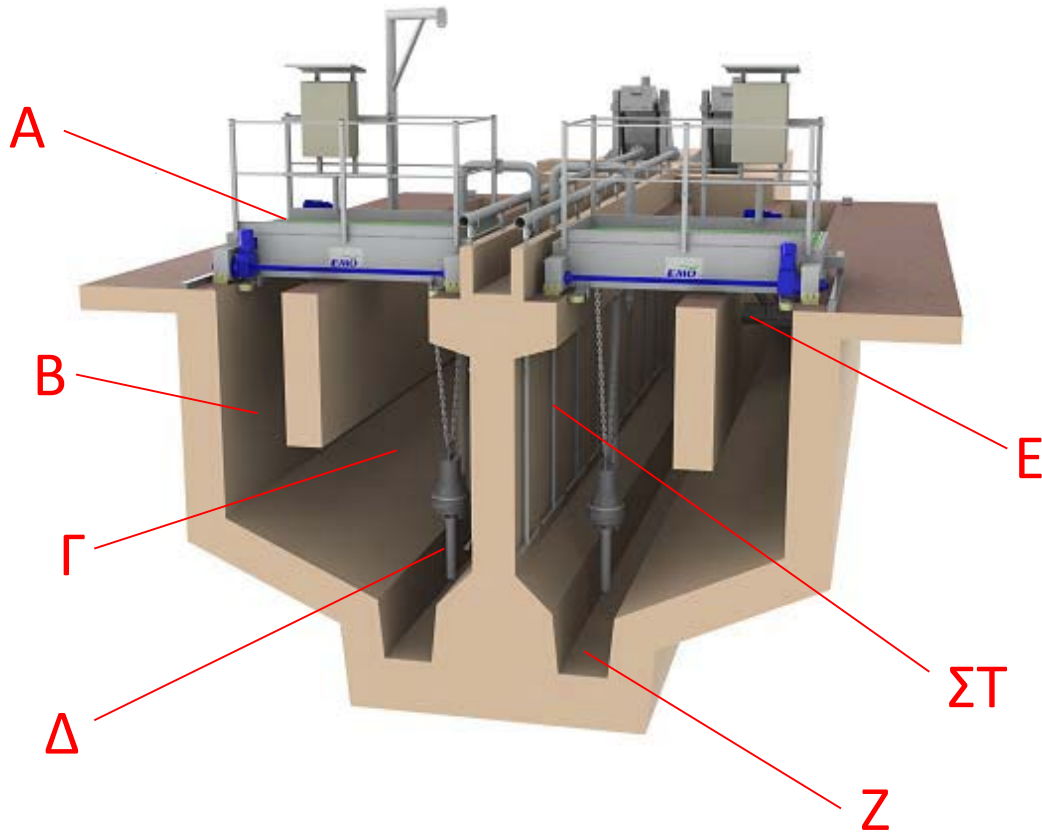
- Τυπικά αποτελούνται από δύο ή περισσότερα κανάλια.
- Σχεδιάζονται έτσι ώστε όλη παροχή να μπορεί να εξυπηρετείται με το ένα κανάλι εκτός λειτουργίας

Τυπικός εξαμμωτής σταθερής ροής μηχανικά καθαριζόμενος



- Σχετικά απλή κατασκευή
- Χειρωνακτικά ή μηχανικά καθαριζόμενος
- Η ταχύτητα ροής πρέπει να κυμαίνεται εντός ορίων (συνήθως 0,2-0,4 m/s)
- Χρησιμοποιείται ειδική διάταξη στην έξοδο (αναλογικός υπερχειλιστής) για να διατηρηθεί σχετικά σταθερή η ταχύτητα ροής
- Βρίσκουν εφαρμογή σε μικρές ΕΕΛ

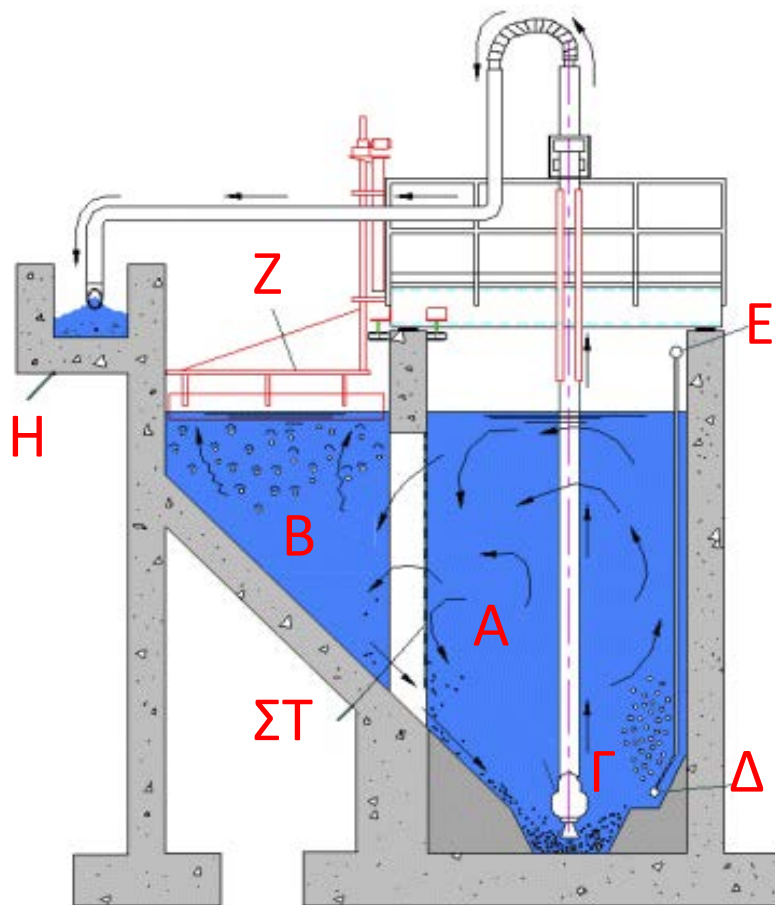
Τυπικός θάλαμος αεριζόμενου εξαμμωτή-απολιπαντή



- A. Παλινδρομική γέφυρα
- B. Θάλαμος απολίπανσης
- Γ. Θάλαμος εξάμμωσης
- Δ. Τζιφάρι
- E. Επιφανειακό ξέστρο απολίπανσης
- ΣΤ. Σωληνώσεις παροχέτευσης αέρα
- Z. Χοάνη συλλογής άμμου

- Η απομάκρυνση της άμμου μπορεί να γίνει με κοχλίες, αντλίες, τζιφάρια, συστήματα ανελκυστήρων, κά.
- Η απομάκρυνση των λιπών και ελαίων γίνεται με επιφανειακό ξέστρο

Τυπικός θάλαμος αεριζόμενου εξαμμωτή-απολιπαντή



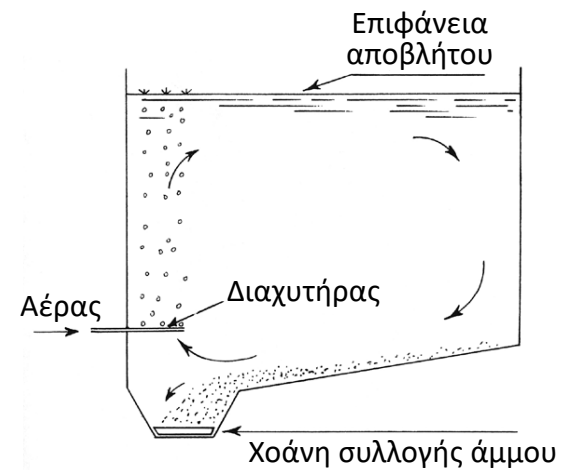
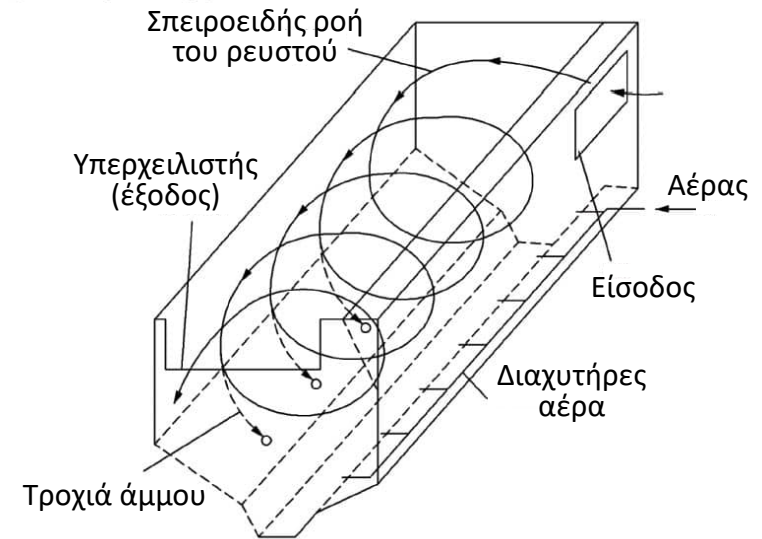
- A. Θάλαμος εξάμμωσης
- B. Θάλαμος απολίπανσης
- Γ. Αντλία άμμου
- Δ. Διαχυτήρες αέρα
- Ε. Είσοδος αέρα
- ΣΤ. Διάφραγμα
- Ζ. Ξέστρο επιφάνειας
- Η. Αποκομιδή άμμου

- Ο πλέον συνήθης τύπος εξαμμωτή, κατάλληλος για όλες τις ΕΕΛ (εκτός από πολύ μικρές)
- Μηχανικά καθαριζόμενος
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ταυτόχρονα και για απολίπανση

Εφαρμογή αερισμού



Ακροφύσια παροχής αέρα



Ροή αποβλήτων και άμμου

Συστήματα απομάκρυνσης άμμου (1/4)



Κοχλίας οριζόντιας μεταφοράς άμμου στον πυθμένα αεριζόμενου εξαμμωτή (πάνω από τον κοχλία διακρίνονται οι διαχυτήρες αέρα)



Κοχλίας οριζόντιας μεταφοράς άμμου

Συστήματα απομάκρυνσης άμμου (2/4)



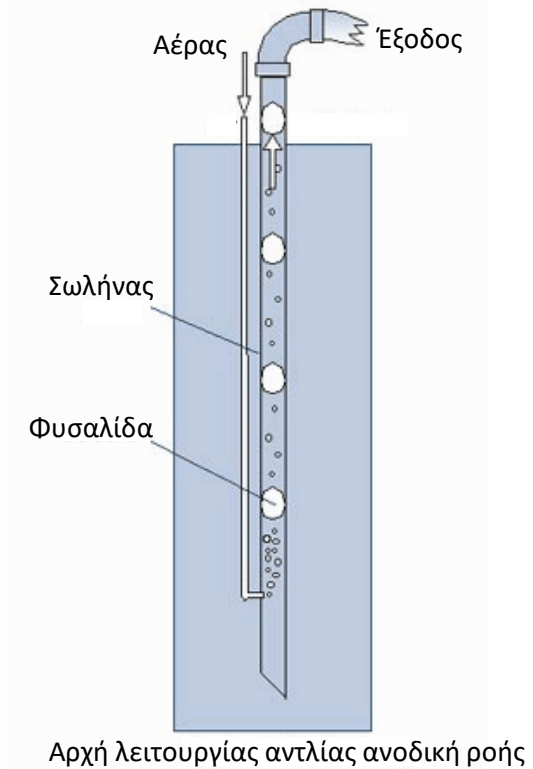
Κοχλίες συλλογής
άμμου από τον
πυθμένα εξαμμωτή



Συστήματα απομάκρυνσης άμμου (3/4)



Αντλίες ανοδικής ροής (τζιφάρια) σε ΕΕ



Τζιφάρι σε εξαμμητή

Συστήματα απομάκρυνσης άμμου (4/4)



Σύστημα ανελκυστήρα με κουβάδες



Φυγοκεντρική αντλία βορβόρου

Ποσότητες και χαρακτηριστικά απομακρυνόμενης άμμου

Παράμετρος	Τιμή	
Πυκνότητα (g/cm ³)	1,3-2,7	
Υγρασία (%)	10-65	
Ανόργανα υλικά	70-80	
Οργανικά υλικά	8-46	
Ποσότητα άμμου (L/1000m ³)	Διαχωριστικό δίκτυο	Παντοροϊκό δίκτυο
	4-37	4-180

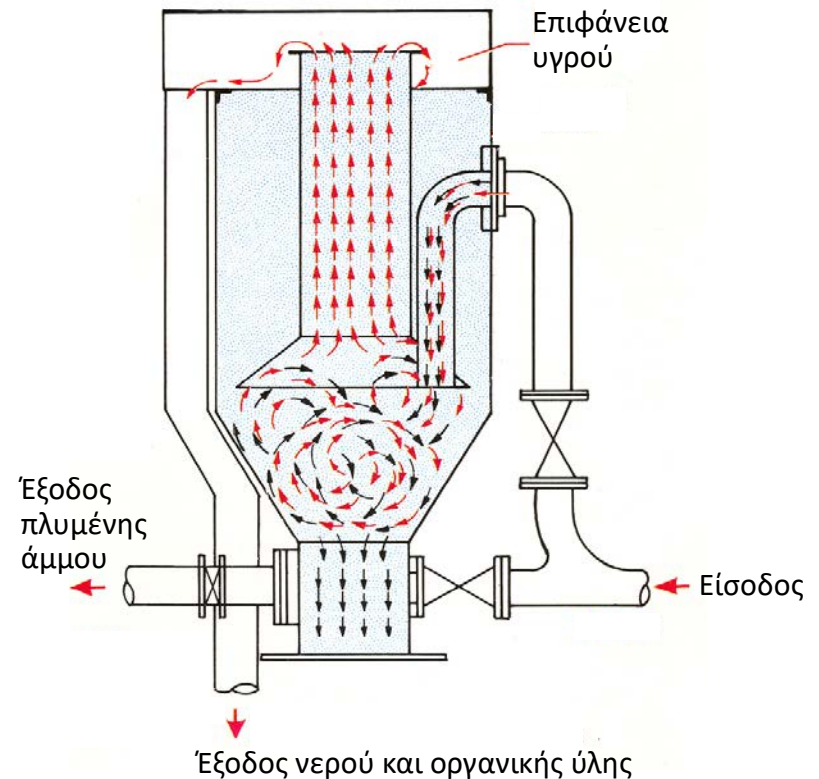


Συστήματα έκπλυσης της άμμου (1/2)

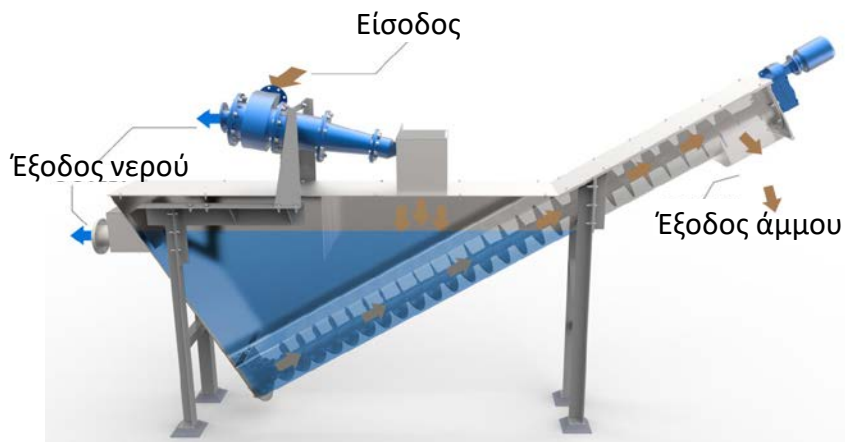


Διαχωριστής με υδροκυκλώνα

Τα οργανικά σωματίδια που συμπαρασύρονται με την άμμο πρέπει να διαχωριστούν και να παροχετευθούν κατάντη του εξαμμωτή



Συστήματα έκπλυσης της άμμου (2/2)



Κοχλιωτός διαχωριστής χοάνης



Κοχλιωτός διαχωριστής με ενσωματωμένο υδροκυκλώνα

Εξάμμωση



<https://www.youtube.com/watch?v=rGVOKFqG9B0>

Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά αεριζόμενων εξαμμωτών*

Παράμετρος	Εύρος	Σύνηθες εύρος
Χρόνος παραμονής σε υδραυλική φόρτιση αιχμής (min)	2-5	3
Βάθος (m)	2-5	2-5
Μήκος (m)	7,5-20	7,5-20
Πλάτος (m)	2,5-7	2,5-7
Αναλογία πλάτους : βάθος ροής	1:1 - 5:1	1,5:1
Αναλογία μήκους : πλάτος	3:1 - 5:1	4:1
Απόσταση διαχυτήρων αέρα από τον πυθμένα (m)	0,45-0,60	
Παροχή αέρα ανά μονάδα μήκους ($\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{min}$)	0,15 - 0,75	0,3
Ταχύτητα περιστροφής σωματιδίων άμμου (m/s)		0,3
Περιεκτικότητα αποβλήτων σε άμμο* ($\text{L}/1000\text{m}^3$)	4-37	15

* Για απομάκρυνση κόκκων άμμου με διάμετρο $>0,2\text{mm}$

** Για αποχετευτικό δίκτυο διαχωριστικού τύπου

Παράδειγμα σχεδιασμού αεριζόμενου εξαμμωτή

Να σχεδιάσετε αεριζόμενο εξαμμωτή σε ΕΕΛ, η οποία λειτουργεί με Q_{max} και Q_{av} 60.000 και 20.000 m^3/d , αντίστοιχα, και να υπολογίσετε στην απαιτούμενη παροχή αέρα.

Επιλέγονται ο χρόνος παραμονής σε μέγιστη υδραυλική φόρτιση (Q_{max}): $\tau = 3 \text{ min}$.

Ο όγκος του εξαμμωτή υπολογίζεται από τη σχέση:

$$V = Q_{max} \times \tau = 60000 \text{ m}^3/d \times (3 \text{ min}/1440 \text{ min}/d) = 125 \text{ m}^3$$

Επιλέγεται το πλάτος του εξαμμωτή **$W = 4 \text{ m}$**

Για λόγο πλάτους προς βάθος υγρού $W/H = 2$, υπολογίζεται το βάθος ροής: **$H = 4 \text{ m}/2 = 2 \text{ m}$**
(Το ύψος του εξαμμωτή πρέπει να είναι τουλάχιστον 0,5 m πλέον του βάθους ροής)

Το μήκος (L) του εξαμμωτή υπολογίζεται ως: $L = V/(W \times H) = 125 \text{ m}/(4 \text{ m} \times 2 \text{ m}) = 15,6 \text{ m}$

Το μήκος του εξαμμωτή προσαυξάνεται κατά 15% (λαμβάνοντας υπόψη ότι ο ροή δεν είναι πλήρως αναπτυγμένη στην είσοδο και στην έξοδο του εξαμμωτή), οπότε **$L = 1,15 \times 15,6 \text{ m} = 18 \text{ m}$**

Ελέγχεται ο νέος λόγος $L/W = 18 \text{ m}/4 \text{ m} = 4,5$ (εντός ορίων).

Για κατανάλωση 0,3 $m^3/m \cdot \text{min}$, υπολογίζονται οι απαιτήσεις σε αέρα:

$$Q_{air} = 0,03 \text{ m}^3/m \cdot \text{min} \times 18 \text{ m} = 5,4 \text{ m}^3/\text{min}$$