



5. Διεργασίες Επεξεργασίας Πόσιμου Νερού.

5.1 Εισαγωγή.

(1)

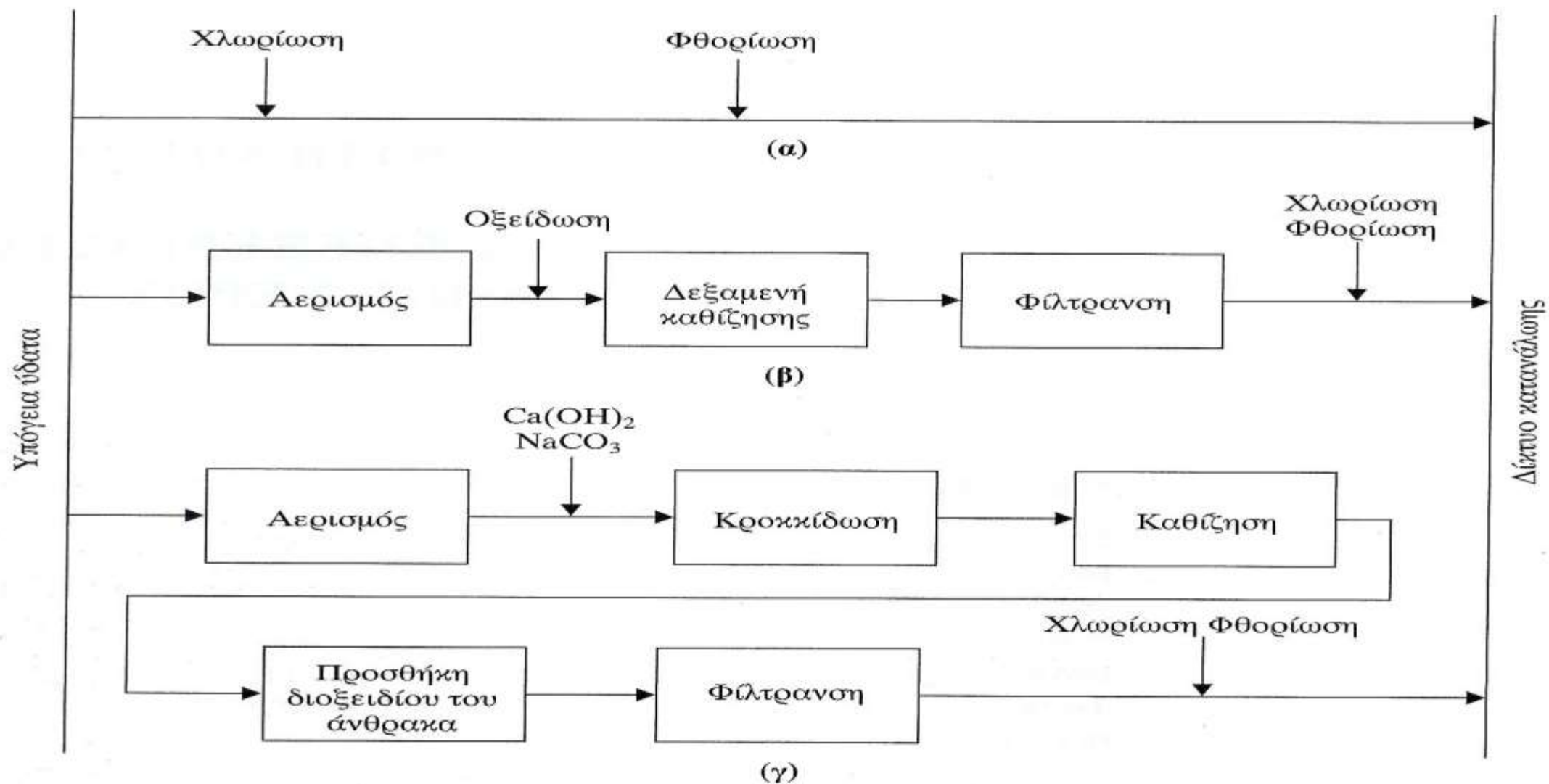
- Το πόσιμο νερό θα πρέπει να είναι μικροβιολογικά και χημικά ασφαλές για κατανάλωση. Αυτός είναι και ο στόχος μιας εγκατάστασης κατεργασίας νερού.
- Οι συνήθεις πηγές νερού για οικιακή χρήση είναι τα υπόγεια νερά (γεωτρήσεις), τα επιφανειακά νερά (λίμνες, ποτάμια).
- **Στόχος της κατεργασίας του νερού είναι**
 1. η απομάκρυνση όλων των ανεπιθύμητων διαλυμένων ουσιών (αερίων, υγρών, στερεών)
 2. η διόρθωση της σκληρότητας
 3. η απολύμανση του νερού πριν διατεθεί προς κατανάλωση.





5.1.1 Κατεργασία Υπόγειων Υδάτων.

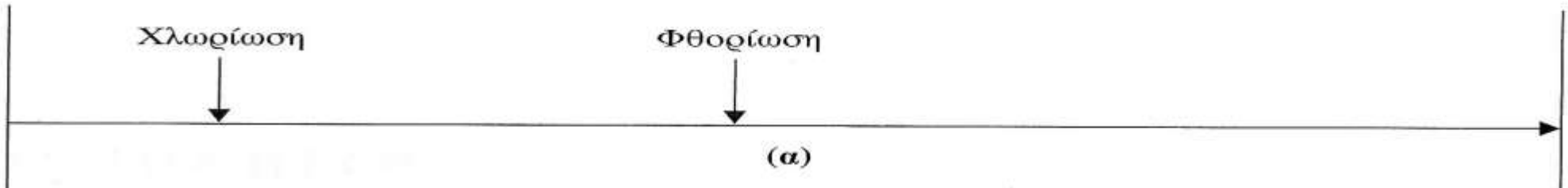
(1)





5.1.1 Κατεργασία Υπόγειων Υδάτων.

(2)



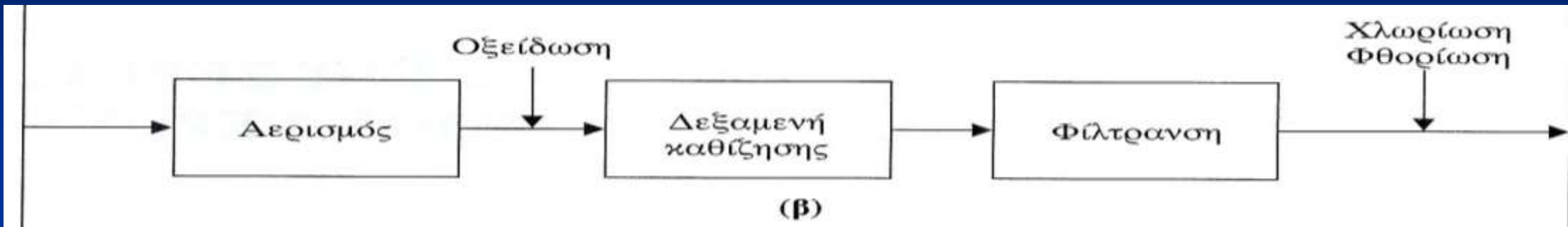
Σχήμα 5.1.α

- Η **χλωρίωση** του νερού δεν επιτρέπει την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών κατά τη διάθεση του νερού προς κατανάλωση μέσω του δικτύου διανομής.
- Η **φθορίωση** σχετίζεται με την υγιεινή των δοντιών, στη χώρα μας δεν χρησιμοποιείται λόγω ενστάσεων ως προς παρενέργειες στον άνθρωπο.



5.1.1 Κατεργασία Υπόγειων Υδάτων.

(3)



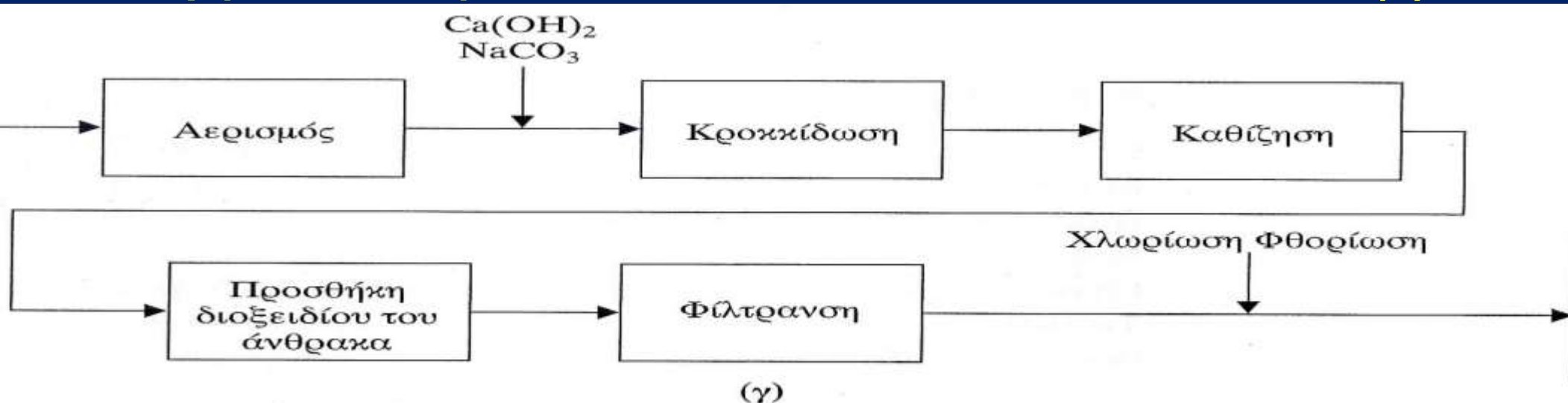
Σχήμα 5.1.β

- Η κατεργασία του νερού όταν περιέχεται στον νερό **σίδηρος** και **μαγγάνιο**.
- Κατά την οξείδωση αυτών των στοιχείων σχηματίζεται αιωρούμενη σκουριά που επιπλέον χρωματίζει το νερό το οποίο είναι ακατάλληλο για κατανάλωση.
- Τα παραπάνω στοιχεία θα πρέπει να απομακρύνονται πριν το νερό περάσει στο δίκτυο προς κατανάλωση.
- Η διεργασία περιλαμβάνει διοχέτευση αέρα, οξείδωση του σιδήρου και μαγγανίου φίλτραυση και χλωρίωση (φθορίωση). Η προσθήκη χλωρίου ή φθορίου μπορεί να εφαρμόζεται πάντα για την τελική απολύμανση του νερού.



5.1.1 Κατεργασία Υπόγειων Υδάτων.

(4)



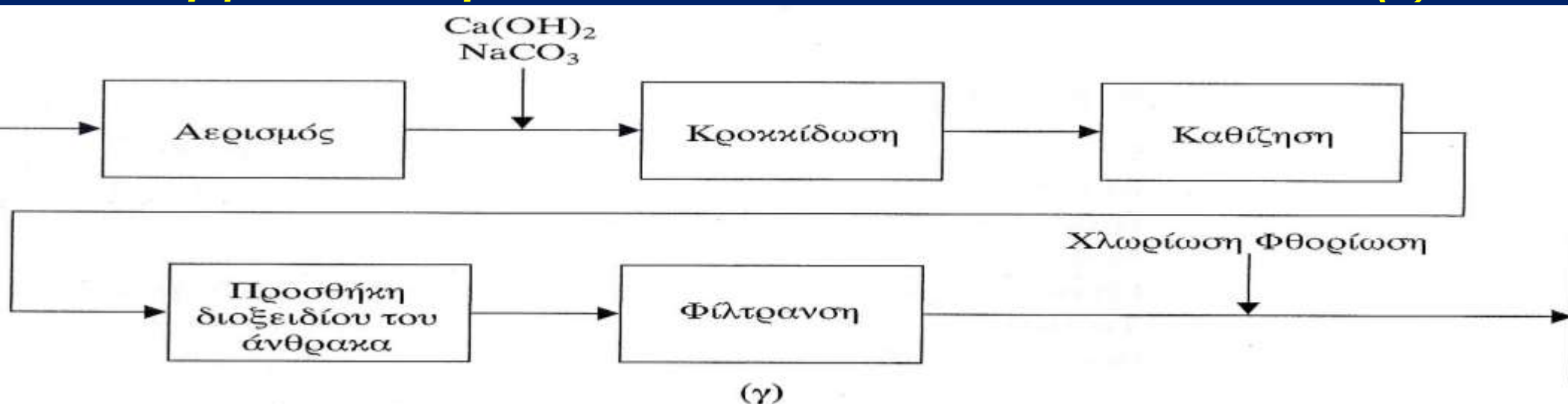
Σχήμα 5.1.γ

- Νερό υψηλής σκληρότητας κατεργάζεται ώστε να καταβυθιστούν τα άλατα Ca, Mg πριν την κατανάλωση. Η διεργασία γίνεται με ένυδρο οξείδιο Ca και NaCO₃ (ανθρακικό νάτριο - soda ash).
- Στα επιφανειακά νερά υπάρχει αυξημένη πιθανότητα μόλυνσης του νερού από αστικά ή βιομηχανικά λύματα, φυτοφάρμακα ή λιπάσματα που έχουν κατευθυνθεί προς λίμνες και ποτάμια.



5.1.2 Κατεργασία Επιφανειακών Υδάτων.

(1)



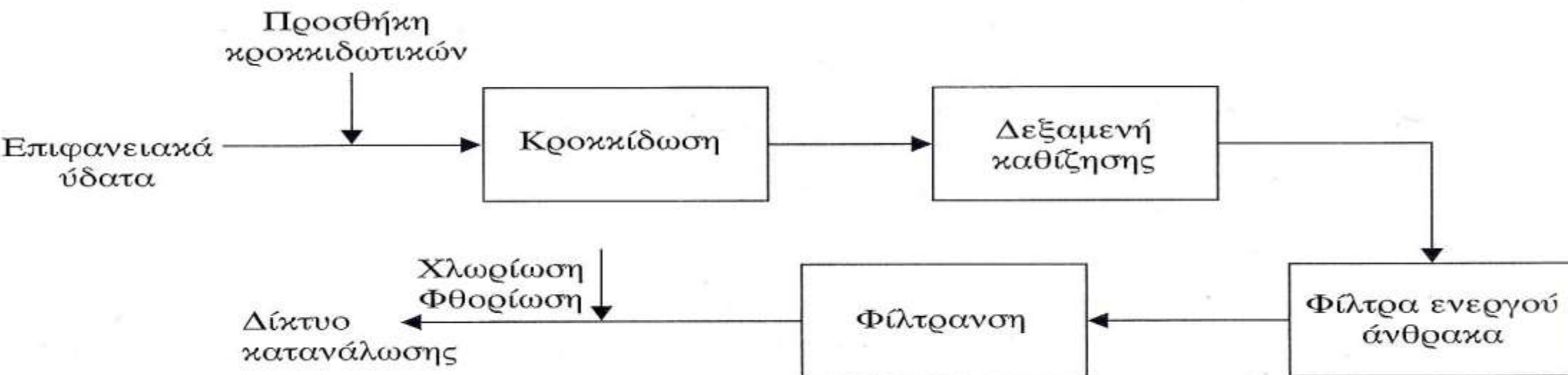
Σχήμα 5.1.γ

- Απαιτείται έτσι η λήψη προληπτικών μέτρων για την αποφυγή / περιορισμό της πιθανότητας μόλυνσης των επιφανειακών νερών αφού η κατεργασία καθαρισμού μολυσμένων νερών είναι πολυέξοδη.
- Η διαδικασία καθαρισμού περιλαμβάνει απόσμηση, διαύγαση του νερού με χρήση φίλτρων ενεργού άνθρακα και τέλος χλωρίωση.



5.1.2 Κατεργασία Επιφανειακών Υδάτων.

(2)



- Για την κατεργασία επιφανειακών νερών ακολουθείται η διαδικασία της **κροκίδωσης**. Η διαδικασία κροκίδωσης περιλαμβάνει επίσης ισχυρή ανάδευση ώστε να επιτυγχάνεται η καλύτερη συσσωμάτωση των αιωρούμενων σωματιδίων.



5.2 Διάλυση - Ανάμιξη.

(1)

- Επιφανειακά ή υπόγεια νερά που μολύνονται με μεγάλες ποσότητες αποβλήτων δεν μπορούν να επεξεργαστούν με μια απλή διάλυση.
- Θα πρέπει να γίνονται διαδοχικές διαλύσεις της αρχικής πηγής νερού που μπορεί να περιορίζεται από την παροχή της αρχικής πηγής και τις παροχές άλλων καλής ποιότητας πηγών νερού.
- Η ικανότητα διάλυσης μιας πηγής νερού υπολογίζεται με εφαρμογή ισοζυγίου μάζας.

$$C_1 Q_1 + C_2 Q_2 + \dots = C_F Q_F$$

$$Q_1 + Q_2 + \dots = Q_F$$

- Ουσιαστικά εφαρμόζεται η σχέση ανάμιξης πολλών διαφορετικών πηγών νερού.
 - ✓ Όπου C η συγκέντρωση κάθε πηγής νερού με μονάδες μάζας/όγκο
 - ✓ και Q η ογκομετρική παροχή



5.2 Διάλυση - Ανάμιξη.

(2)

- Αντίστοιχα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σχέσεις παροχής μάζας θεωρώντας σταθερή την πυκνότητα των διαφορετικών πηγών νερού.

$$C_1 \dot{m}_1 + C_2 \dot{m}_2 + \dots = C_F \dot{m}_F$$

$$\dot{m}_1 + \dot{m}_2 + \dots = \dot{m}_F$$

- Παράδειγμα: Μονάδα αφαλάτωσης παράγει νερό με TDS 300 g/m³ και παροχή 1000m³/day. Το νερό αυτό θα αναμιχθεί με υφάλμυρο νερό συγκέντρωσης 3000 g/m³ προκειμένου να αυξηθεί η παραγωγικότητα της μονάδας. Η συγκέντρωση του νερού προς κατανάλωση δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 700 g/m³. Να υπολογισθεί η παροχή του νερού προς κατανάλωση.

$$(300 \text{ g} / \text{m}^3)(1000 \text{ m}^3 / \text{d}) + (3000 \text{ g} / \text{m}^3)(X \text{ m}^3 / \text{d}) = (700 \text{ g} / \text{m}^3)(X + 1000) \text{ m}^3 / \text{d}$$

$$\Rightarrow \dots X = 174 \text{ m}^3 / \text{d}$$



5.3 Αερισμός.

(1)

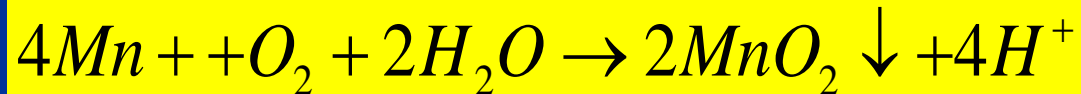
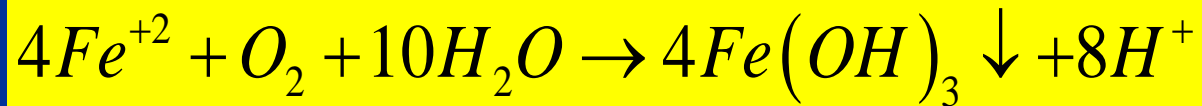
- Ο αερισμός χρησιμοποιείται ως φυσικοχημική κατεργασία του νερού για
a. την απομάκρυνση ανεπιθύμητων αερίων, συνήθως CO_2 , H_2S .
- Το CO_2 σε αυξημένη συγκέντρωση προσδίδει στο νερό διαβρωτική ικανότητα και μειώνει το pH ενώ
- το H_2S προσδίδει στο νερό δυσάρεστη γεύση και οσμή ακόμα και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις αυτού.
- Τα αέρια αυτά είναι συνήθως προϊόντα αποικοδόμησης οργανικής ύλης από βακτήρια.
- b, για την οξείδωση ουσιών ώστε να μπορούν να επεξεργασθούν και να απομακρυνθούν πιο εύκολα, γιατί ο αέρας περιέχει 21% O_2 που δρα ως οξειδωτικό.
- Η μέθοδος του αερισμού χρησιμοποιείται για την κατεργασία υπόγειων νερών.



5.3 Αερισμός.

(2)

- Η μέθοδος του αερισμού χρησιμοποιείται για την κατεργασία υπόγειων νερών.
- Οι ανεπιθύμητες ουσίες προς απομάκρυνση είναι τα ιόντα Fe^{+2} και Mg^{+2} . Δηλ. τα δισθενή ιόντα απομακρύνονται με αυτό τον τρόπο. Τα άλατα αυτών των ιόντων καταπίπτουν ως ιζήματα σε διαλύματα νερού.
- Επομένως ο αερισμός οξειδώνει αυτά τα ιόντα και έτσι μπορούν να απομακρυνθούν σε επόμενο στάδιο με καθίζηση.

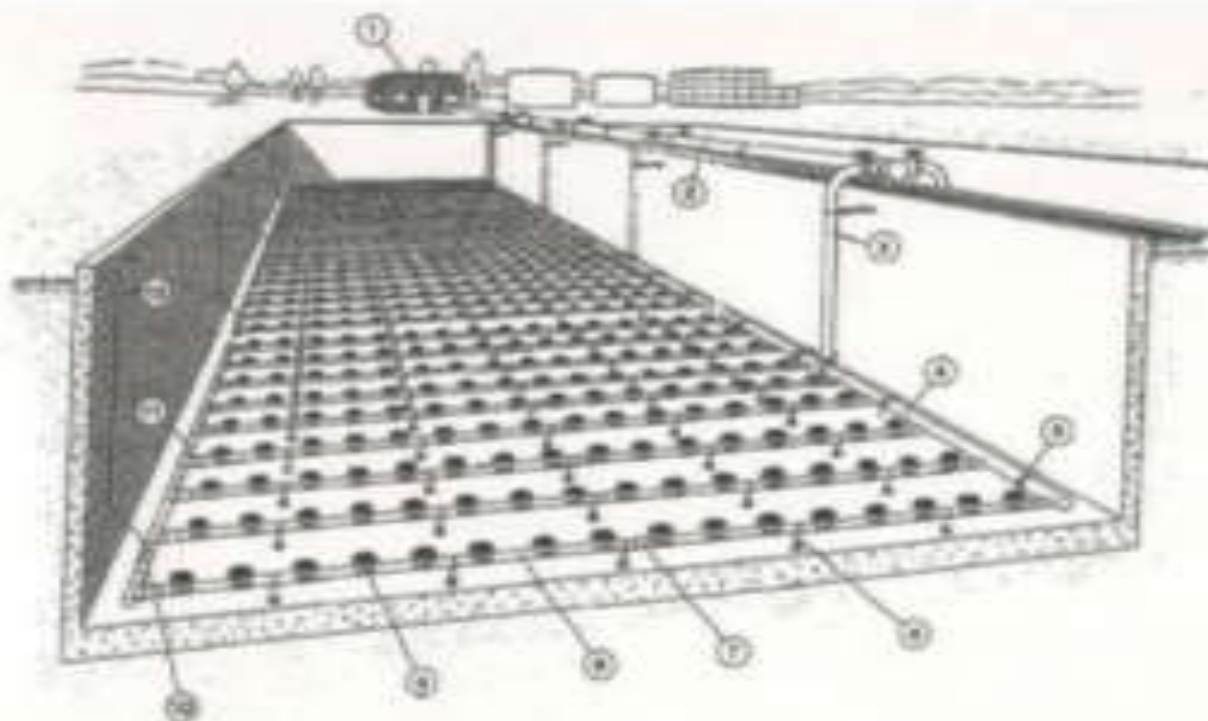


Ο αερισμός μπορεί να γίνεται εντός δεξαμενής με σωληνώσεις στον πυθμένα που εμπεριέχουν ακροφύσια τα οποία διοχετεύουν αέρα προς τα άνω.



5.3.1 Αερισμός με ακροφύσια. (1)

Ο αερισμός μπορεί να γίνεται εντός δεξαμενής με σωληνώσεις στον πυθμένα της δεξαμενής που εμπεριέχουν ακροφύσια τα οποία διοχετεύουν αέρα προς τα άνω.



1. Κτίριο φυσητήρων
2. Κεντρικός αγωγός αέρα
3. Κατακόρυφος διανομέας αέρα
4. Αγωγός διανομής αέρα
- 5-8 Σύνδεσμοι
9. Διαχυτής τύπου δίσκου

Σύστημα αερισμού με διάχυση φυσαλίδων αέρα μέσω διαχυτών, που καλύπτουν τον πυθμένα του βιολογικού αντιδραστήρα (Ανδρεαδάκης, κ.α., 2008)



5.3.1 Αερισμός με ακροφύσια. (2)

Ο αερισμός μπορεί να γίνεται εντός δεξαμενής με σωληνώσεις στον πυθμένα της δεξαμενής που εμπεριέχουν ακροφύσια τα οποία διοχετεύουν αέρα προς τα άνω υποβοηθούμενα από φυσητήρα. (Αλεξάκης, 2020)





5.3.1 Αερισμός με ακροφύσια.

(3)

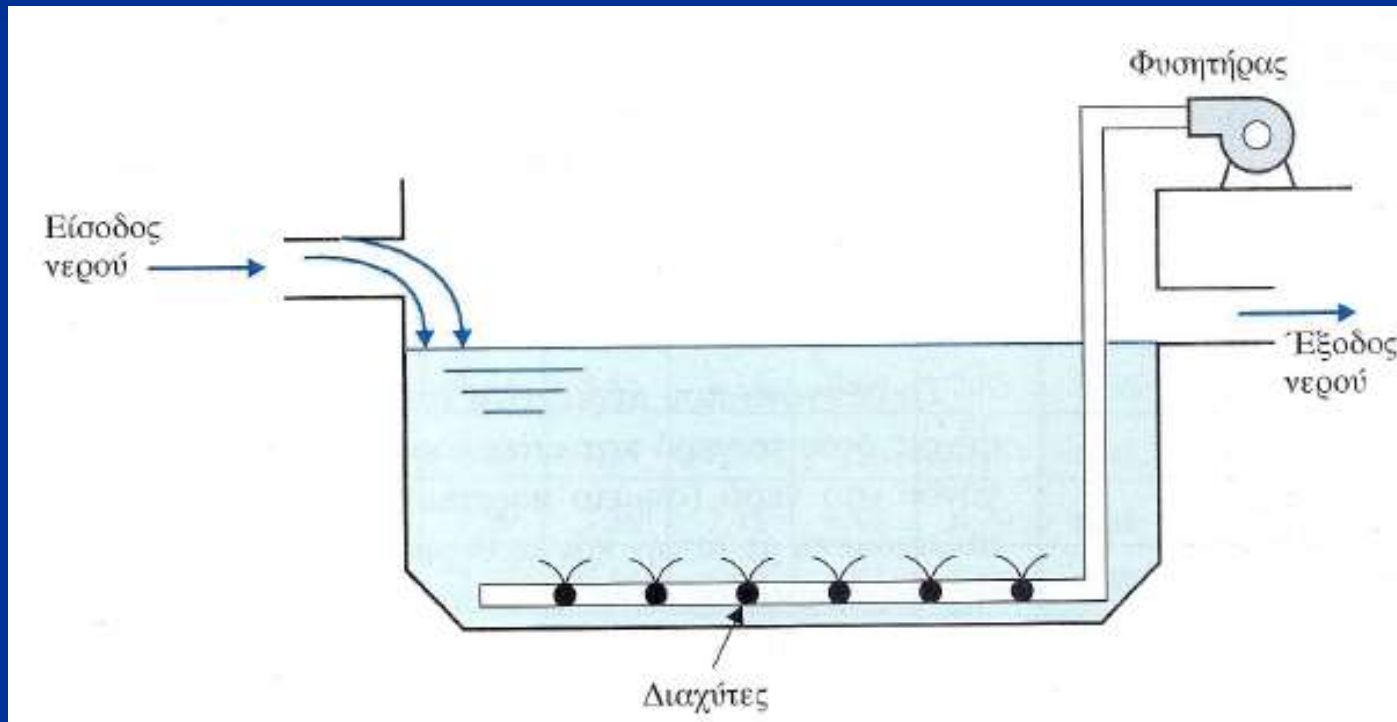
- Ο αερισμός δηλ. μπορεί να γίνεται εντός της δεξαμενής με κατάλληλο σύστημα σωληνώσεων που διαπερνά τον πυθμένα της δεξαμενής καταλήγοντας σε ακροφύσια που διοχετεύουν τον αέρα προς τα άνω.





5.3.1 Αερισμός με ακροφύσια – διαχύτες. (4)

- Παράμετροι σχεδιασμού της εγκατάστασης του αερισμού είναι η πίεση του αέρα εντός των σωληνώσεων, η παροχή του αέρα το πλήθος ακροφυσίων ανά μονάδα μήκους σωλήνων.

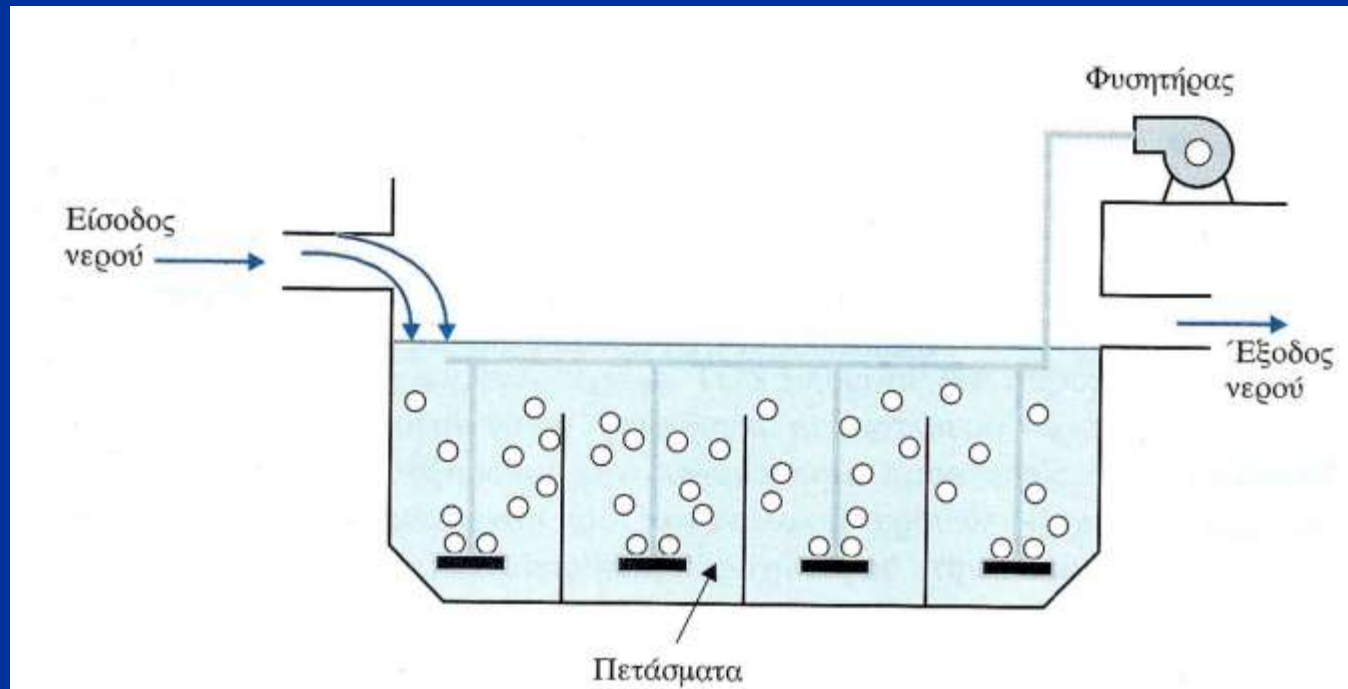




5.3.2 Αερισμός με φυσαλίδες.

(1)

- Με στόχο την καλύτερη ανάμιξη αέρα και νερού και τον πιο κατάλληλο – ικανό χρόνο επαφής αέρα νερού ο αερισμός μπορεί να γίνεται με φυσαλίδες.
- Η διαδικασία αυτή εξαρτάται από το μέγεθος της δεξαμενής και την παροχή του νερού.
- Η καλύτερη ανάμιξη αέρα – νερού σχετίζεται και με το χρόνο παραμονής – επαφής.
- Μια εναλλακτική μέθοδος είναι ο αερισμός του νερού με τη μέθοδο των φυσαλίδων σε πολλά στάδια.

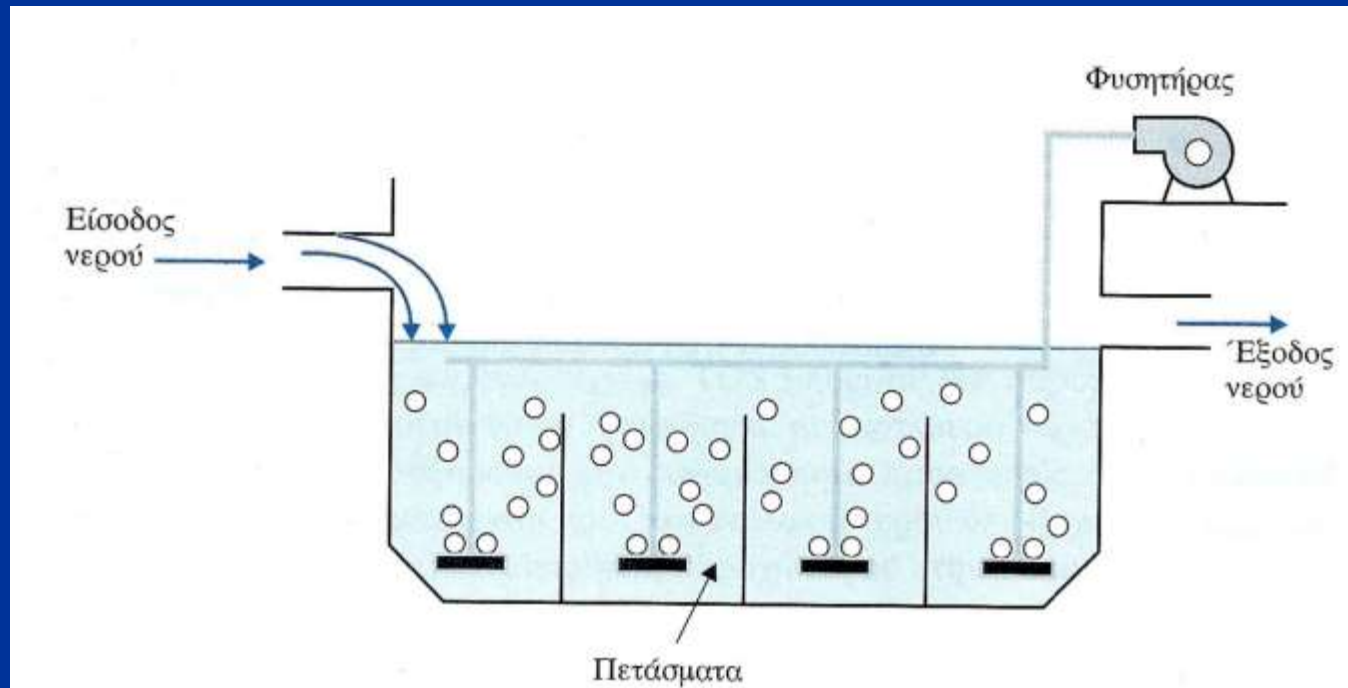




5.3.2 Αερισμός με φυσαλίδες.

(2)

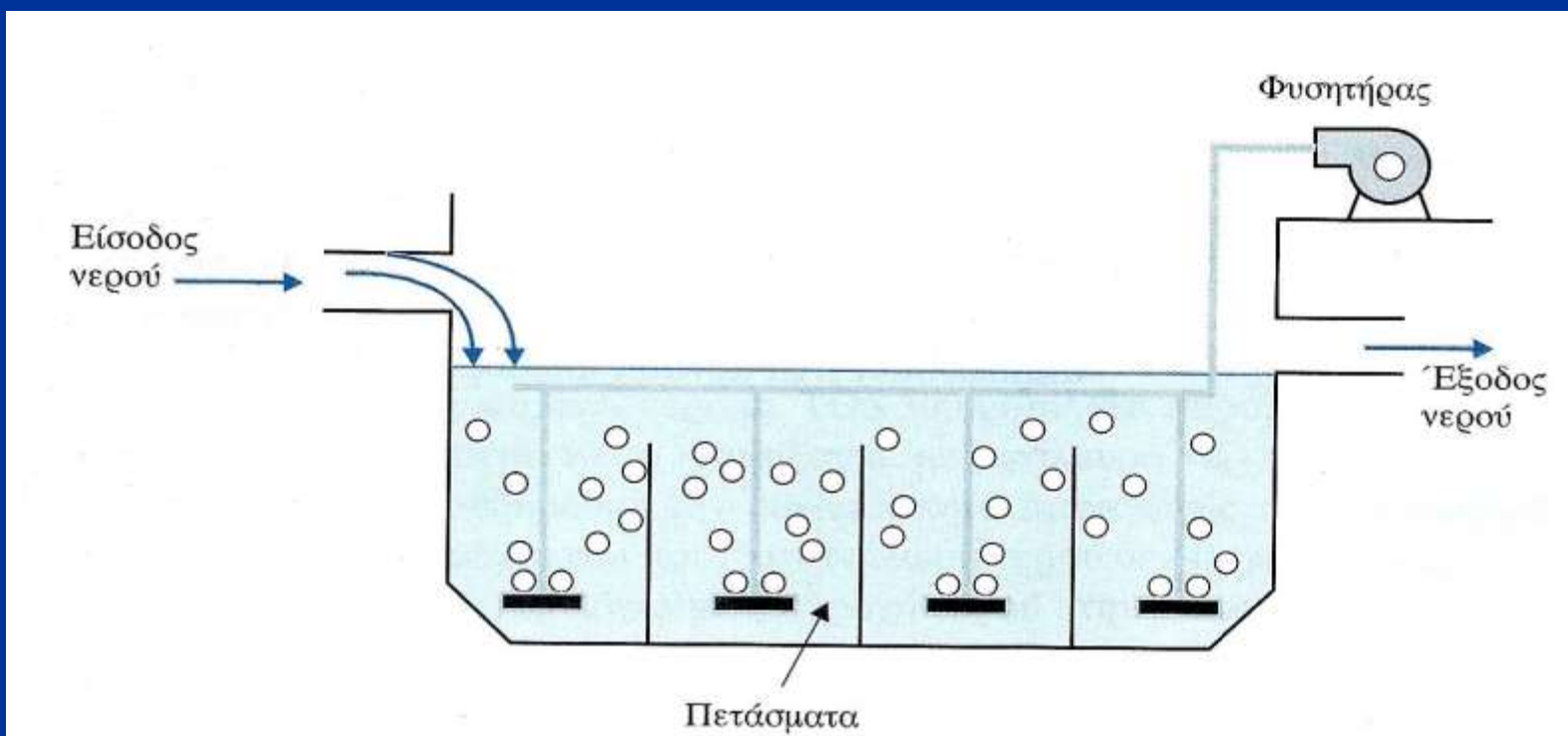
- Το O_2 που περιέχεται στον αέρα διαλύεται στο νερό μέσω διάχυσης μέχρι το νερό να καταστεί κορεσμένο σε O_2 . Η συγκέντρωση του O_2 στο νερό (σημείο κορεσμού) εξαρτάται από την p -ατμοσφαιρική.
- Η συγκέντρωση O_2 βαίνει αυξανόμενη αυξανόμενης της πίεσης και της θερμοκρασίας.





5.3.2 Αερισμός με φυσαλίδες. (3)

- Εξαρτάται επίσης από τη συγκέντρωση C των αλάτων στο νερό.
- Με την αύξηση της περιεκτικότητας των αλάτων μειώνεται η συγκέντρωση C_{O_2} στο νερό.
- Κατά αυτή τη μέθοδο το O_2 που περιέχεται στον αέρα διαλύεται στο νερό (μηχανισμός διάχυσης – μεταφορά μάζας) μέχρι το νερό να καταστεί κορεσμένο σε O_2





5.3.2 Αερισμός με φυσαλίδες.

(4)

Πίνακας 5.1 Συγκέντρωση Οξυγόνου στο νερό σε mg/l υπό ατμοσφαιρική πίεση (1bar).

Θερμοκρασία °C	Αλατότητα (% κ.β.)								
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0	14,60	14,11	13,64	13,18	12,74	12,31	11,90	11,50	11,11
1	14,20	13,72	13,27	12,82	12,40	11,98	11,58	11,20	10,82
5	12,76	12,34	11,94	11,56	11,18	10,82	10,47	10,13	9,80
7	12,13	11,74	11,36	11,00	10,65	10,31	9,98	9,66	9,35
10	11,28	10,92	10,58	10,25	9,93	9,62	9,32	9,03	8,75
12	10,77	10,43	10,11	9,80	9,50	9,21	8,92	8,65	8,38
15	10,07	9,77	9,47	9,19	8,91	8,64	8,38	8,13	7,88
17	9,65	9,36	9,09	8,82	8,55	8,30	8,05	7,81	7,58
20	9,08	8,81	8,56	8,31	8,06	7,83	7,60	7,38	7,17
25	8,24	8,01	7,79	7,57	7,36	7,15	6,95	6,75	6,56
28	7,81	7,59	7,38	7,18	6,98	6,79	6,61	6,42	6,25
30	7,54	7,33	7,14	6,94	6,75	6,57	6,39	6,22	6,05



5.3.2 Αερισμός με φυσαλίδες.

(5)

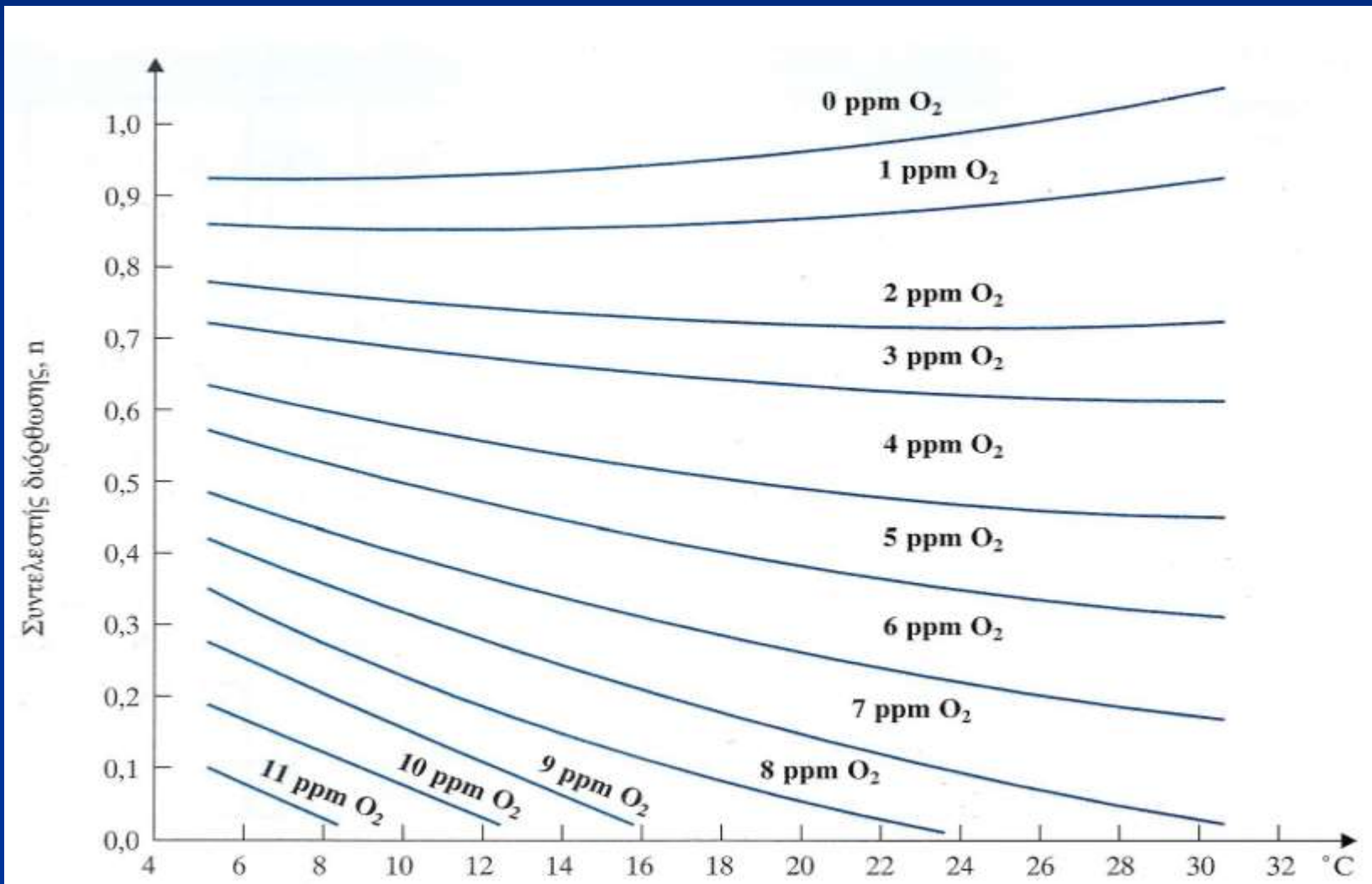
- Από Πιν.5.1 η συγκέντρωση οξυγόνου σε οποιαδήποτε άλλη πίεση βρίσκεται με πολ/μό των τιμών του πίνακα με τη συγκεκριμένη πίεση σε bar.
- Η ικανότητα μεταφοράς O_2 στο νερό με ένα φυσητήρα ορίζεται με το μέγεθος **Τυπικός Ρυθμός Μεταφοράς O_2** (Standard oxygen transfer rate, SOTR).
- Ο SOTR είναι η ποσότητα οξυγόνου που ο φυσητήρας μπορεί να μεταφέρει σε μία ώρα σε διαυγές καθαρό νερό σε $\theta=20^\circ\text{C}$ όταν η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου είναι 0 mg/l.
- Ο SOTR επίσης εξαρτάται από τη θερμοκρασία και τη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου. Ο πραγματικός SOTR θα είναι μικρότερος του θεωρητικού, επομένως απαιτείται διόρθωση.
- Στο νομογράφημα δίνεται ο συντελεστής διόρθωσης n του SOTR ως συνάρτηση της θερμοκρασίας και της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου.



5.3.2 Αερισμός με φυσαλίδες.

Συντελεστής διόρθωσης SOTR.

(6)



Στο νομογράφημα π.χ για θερμοκρασία 20°C και συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου 7ppm προκύπτει διόρθωση κατά 0.2 .



5.3.2 Αερισμός με φυσαλίδες.

(7)

- **Παράδειγμα 5.2**
- Νερό γεώτρησης 15°C περιέχει 5ppm διαλυμένο οξυγόνο, που ζητείται να παραμείνει σταθερό. Το νερό περιέχει Fe^{+2} σε περιεκτικότητα 1ppm που υπερβαίνει τα ανώτερα επιτρεπτά όρια περιεκτικότητας Fe για πόσιμο νερό.
- Να υπολογιστεί ο απαιτούμενος SOTR (τυπικός ρυθμός μεταφοράς οξυγόνου) αν η παροχή της γεώτρησης είναι $50\text{ m}^3/\text{h}$. Ο όγκος της δεξαμενής θεωρείται επαρκής ώστε ο χρόνος επαφής οξυγόνου – σιδήρου να είναι επαρκής για την οξειδωση.
- **Λύση**
- Από το νομογράφημα προκύπτει ότι σε 15°C και για 5 ppm διαλυμένο οξυγόνο προκύπτει SOTR 0,45.
- Θεωρείται χρόνος 1h οπότε η ποσότητα νερού θα είναι 50m^3 .

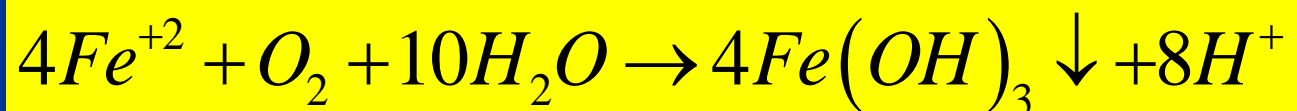


5.3.2 Αερισμός με φυσαλίδες.

(8)

Αν θεωρήσουμε χρόνο μίας ώρας τότε η ποσότητα του νερού είναι 50 m^3 . Στην ποσότητα αυτή περιέχονται $1 \text{ mg/lit Fe}^{++} \times 50 \text{ m}^3 = 1 \text{ gr/m}^3 \text{ Fe}^{++} \times 50 \text{ m}^3 = 50 \text{ gr Fe}^{++}$.

Για την οξειδωση 50 gr Fe^{++} , δηλαδή $50/56=0,893 \text{ mole Fe}^{++}$, σύμφωνα με την αντίδραση απαιτούνται $1/4 \times 0,893 \text{ mole O}_2$, δηλαδή $1/4 \times 0,893 \times 32 \text{ gr O}_2 = 7,13 \text{ gr O}_2$.



Άρα ο θεωρητικά απαιτούμενος τυπικός ρυθμός μεταφοράς οξυγόνου θα είναι $7,13 \text{ gr/h O}_2$. Λαμβανομένου υπόψη του συντελεστή διόρθωσης ο πραγματικά απαιτούμενος τυπικός ρυθμός μεταφοράς οξυγόνου θα είναι:

$$\text{SOTR} = \frac{7,13}{0,46} = 15,51 \text{ gr/h O}_2$$

Παρατήρηση

Το ατομικό βάρος του Fe είναι 56 και του O είναι 16.



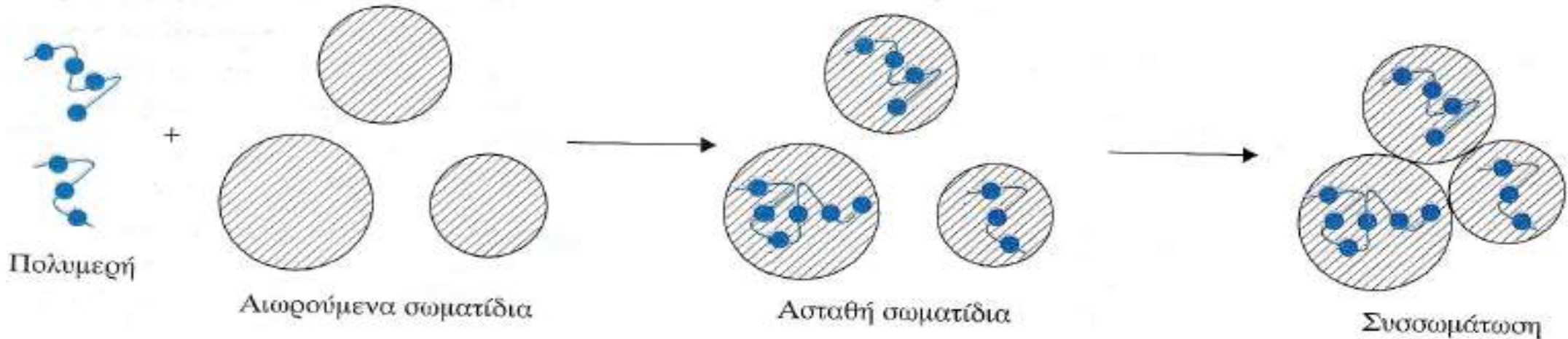
5.4 Συσσωμάτωση και Κροκίδωση. (1)

- Ρύπτοι που περιέχονται στο νερό είναι τα αιωρούμενα σωματίδια διασπαρμένα σε όλη τη μάζα του νερού και τα κολλοειδή. Απαιτείται η απομάκρυνση των ρύπων από το νερό.
- Η απομάκρυνση των κολλοειδών είναι διαδικασία πιο δύσκολη γιατί
- Τα κολλοειδή έχουν πολύ μικρό μέγεθος ($10^{-4} - 1$)μm και πολύ μεγάλη επιφάνεια σε σχέση με το βάρος τους και φέρουν συνήθως αρνητικό φορτίο.
- Ο διαχωρισμός των κολλοειδών από το νερό γίνεται σε 2 στάδια:
- **Στάδιο 1^ο Αποσταθεροποίηση των κολλοειδών.**
- **Στάδιο 2^ο Σχηματισμός συσσωματωμάτων μεγάλου βάρους** στα οποία προσκολλώνται και τα αιωρούμενα στερεά και στη συνέχεια καταβυθίζονται λόγω βαρύτητας οπότε και διαχωρίζονται από το νερό.
- Η διαδικασία της συσσωμάτωσης λέγεται Κροκίδωση (flocculation) και μπορεί να γίνεται με την προσθήκη ειδικών κροκιδωτικών ουσιών με στόχο τις συγκρούσεις κολλοειδών που αναμιγνύονται μεταξύ τους.



5.4 Συσσωμάτωση και Κροκίδωση.

(2)



- Η διαδικασία της συσσωμάτωσης λέγεται κροκίδωση (flocculation) και γίνεται με την προσθήκη κροκιδωτικών ουσιών που μπορεί να είναι συνθετικά πολυμερή.
- Η ταχύτητα κροκίδωσης εξαρτάται από τη θολότητα το pH και το χρώμα του νερού.
- Στη διαδικασία λαμβάνουν μέρος και όξινα άλατα ασβεστίου μαγνησίου οπότε προκύπτει σημαντική μείωση και της σκληρότητας του νερού.



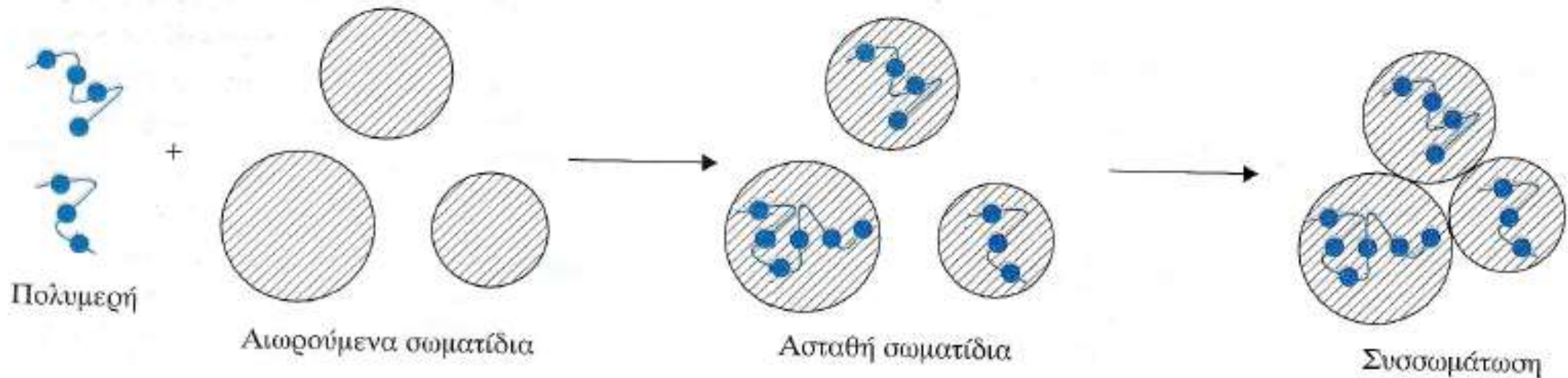
5.4 Συσσωμάτωση και Κροκίδωση. (3)

- Η ταχύτητα κροκίδωσης εξαρτάται από παράγοντες όπως τη θολότητα το pH και το χρώμα του νερού. Στη διαδικασία κροκίδωσης – συσσωμάτωσης συμμετέχουν και τα όξινα άλατα Ca, Mg που ενυπάρχουν ώστε να μειώνεται και η σκληρότητα του νερού.
- Τα συνηθέστερα χημικά κροκιδωτικά μέσα είναι:
 - Θειικό Αργίλιο $Al_2(SO)_3$
 - Θειικός Σίδηρος $Fe_2(SO_4)_3$
 - Τριχλωριούχος Σίδηρος $FeCl_3$
- Ανάλογα με τις τιμές του pH χρησιμοποιείται και το κάθε κροκιδωτικό δηλ.
 - Για διαλύματα με $5.0 < pH < 7.5$ χρησιμοποιείται $Al_2(SO)_3$
 - Για διαλύματα με $pH = 4.5$ χρησιμοποιείται $FeCl_3$
 - Για διαλύματα με $pH > 9.5$ χρησιμοποιείται $Fe_2(SO_4)_3$



5.4 Συσσωμάτωση και Κροκίδωση.

(4)



- Κατά την κροκίδωση τα πολυμερή που προσκολλώνται στην επιφάνεια των κολλοειδών δημιουργούν συσσωματώματα και αιωρούμενα στερεά αρχικά που στη συνέχεια καταβυθίζονται λόγω βαρύτητας οπότε και διαχωρίζονται από το νερό.
- Η ανάμιξη του κροκιδωτικού με το προς επεξεργασία νερό μπορεί να επιτευχθεί είτε με εισροή του κροκιδωτικού στην αναρρόφηση της αντλίας που μεταφέρει το νερό είτε με απευθείας προσθήκη και ανάδευση.



5.4 Συσσωμάτωση και Κροκίδωση.

(5)

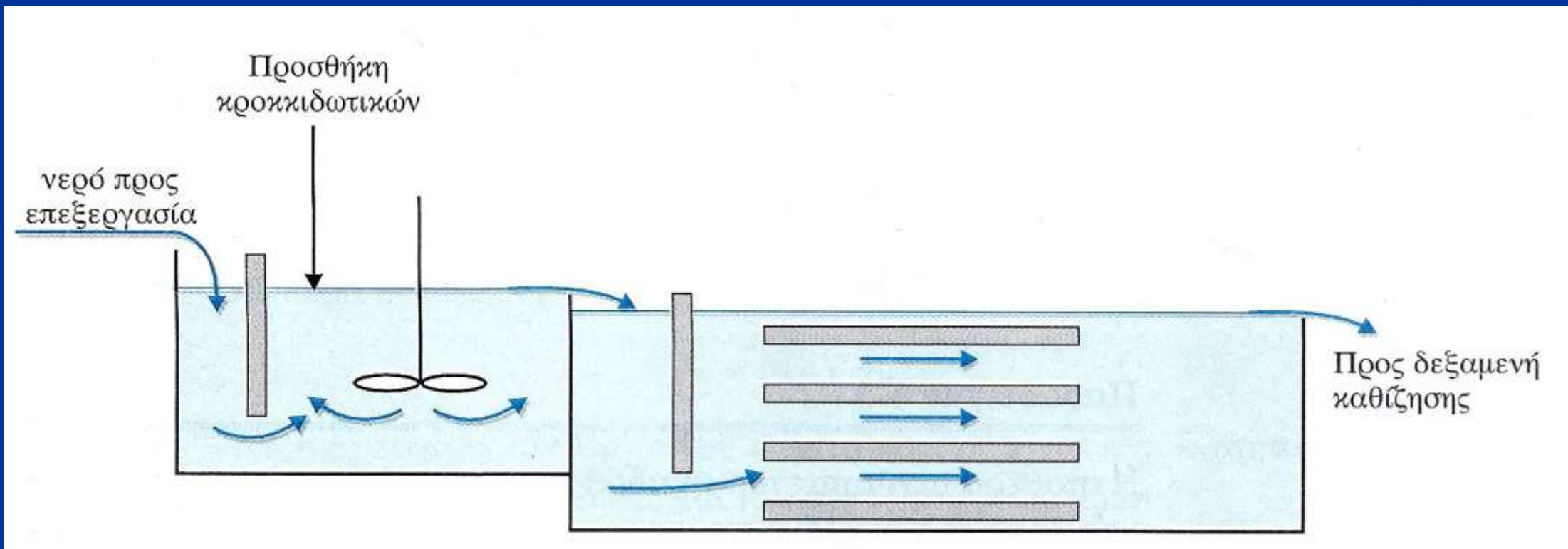
- **Δοσολογία κροκιδωτικού:** 1-50 ppm ανάλογα και με την ποιότητα του νερού.
- **Σημαντικοί παράγοντες:** η ταχύτητα ανάμιξης και η ομοιόμορφη ανάμιξη του κροκιδωτικού με το νερό.
- Αφού προστεθούν τα κροκιδωτικά υλικά το νερό αφήνεται να ηρεμήσει στη δεξαμενή ώστε να επέλθει η καταβύθιση των συσσωματωμάτων.
- Η ανάδευση θα πρέπει να είναι στιγμιαία γιατί η συνεχόμενη μπορεί να προκαλέσει θραύση των συσσωματωμάτων οπότε θα πρέπει να γίνει εκ νέου προσθήκη κροκιδωτικού.



5.4 Συσσωμάτωση και Κροκίδωση.

(6)

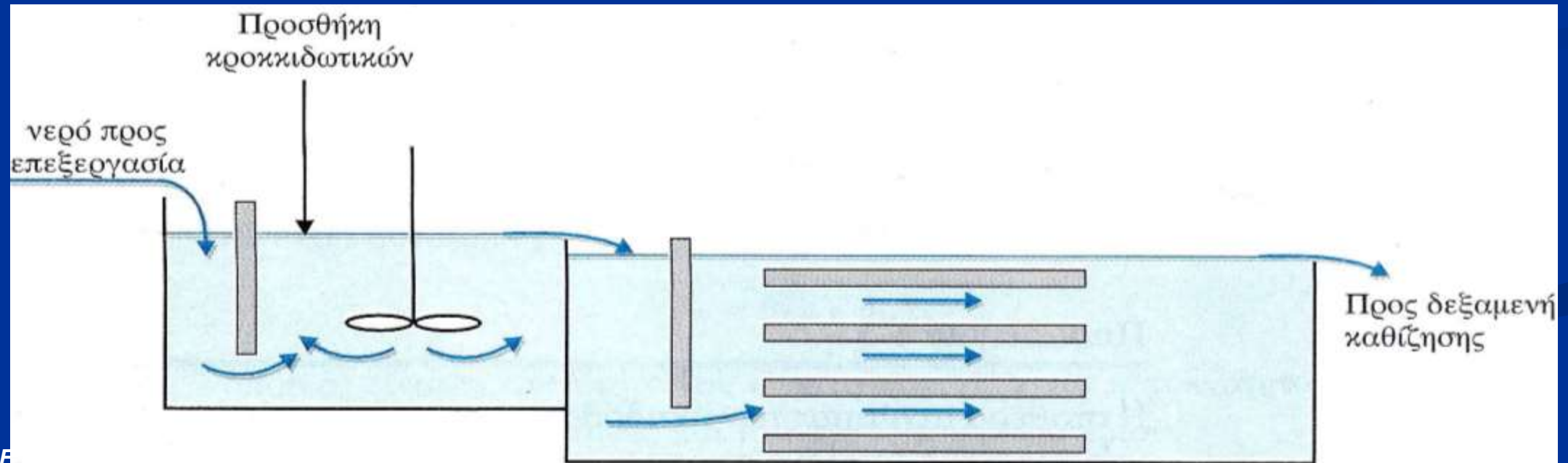
- Η ανάμιξη του κροκιδωτικού με το προς επεξεργασία νερό μπορεί να επιτευχθεί είτε με εισροή του κροκιδωτικού στην αναρρόφηση της αντλίας που μεταφέρει το νερό είτε με απευθείας προσθήκη και ανάδευση.
- Μέρος των συσσωματωμάτων μπορεί να επιπλέει και να συλλέγεται με ειδικά σάρωθρα.





5.4 Συσσωμάτωση και Κροκίδωση. (7)

- Για την καλύτερη λειτουργία της δεξαμενής κροκίδωσης προτείνονται η ταχύτητα ροής 9 - 45 m/h η χρήση πετασμάτων αντί της μηχανικής ανάδευσης.
- Ο σχεδιασμός μονάδας κροκίδωσης περιλαμβάνει την επιλογή κροκιδωτικού για την αποσταθεροποίηση των αιωρούμενων σωματιδίων τη μεταφορά των συσσωματωμάτων στη δεξαμενή καθίζησης.



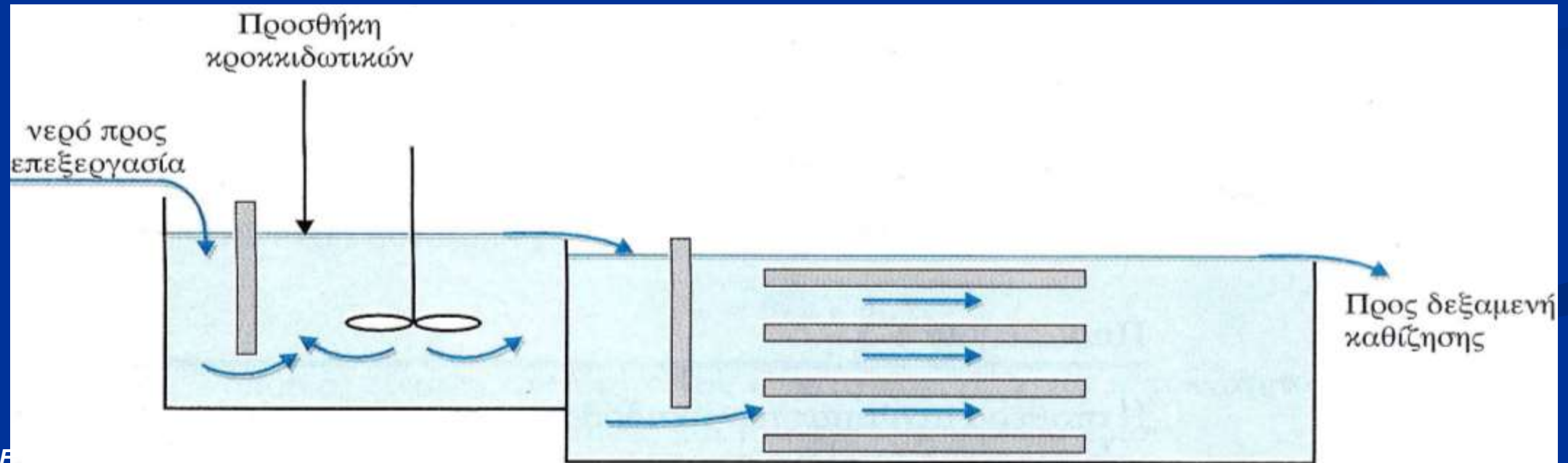


5.4 Συσσωμάτωση και Κροκίδωση.

(8)

- Η επιλογή κροκιδωτικού και η δΟΣΟΛΟΓΙΑ εξαρτώνται από την ποιότητα του προς κατεργασία νερού (π.χ ως προς το pH) από αποτελέσματα δοκιμών σε εργαστηριακή κλίμακα ή σε πραγματικές συνθήκες.

Συνήθως δοκιμάζονται δΟΣΟΛΟΓΙΕΣ και αξιολογούνται τα αποτελέσματα.





5.4 Συσσωμάτωση και Κροκίδωση.

(9)

- Χρόνος Παραμονής στη δεξαμενή κροκίδωσης.

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{1}{k} \left(\frac{C_0}{C_t} - 1 \right)$$

- Όπου
- t → ο χρόνος παραμονής στη δεξαμενή κροκίδωσης,
- V → ο όγκος της δεξαμενής,
- Q → η ογκομετρική παροχή του νερού,
- k → η σταθερά της ταχύτητας,
- C_0 → η αρχική συγκέντρωση σε αιωρούμενα στερεά,
- C_t → η συγκέντρωση σε αιωρούμενα σωματίδια σε χρόνο t που αντιστοιχεί στην έξοδο του νερού από τη δεξαμενή κροκίδωσης.



5.4 Συσσωμάτωση και Κροκίδωση.

(10)

➤ Πίνακας 5.2 – Ταχύτητες καθίζησης συσσωμάτων.

Είδος συσσωμάτων	Προέλευση	Κροκκιδωτικό	Ταχύτητα καθίζησης, m/min
Εύθραυστες κροκίδες	Αποχρωματισμός	$Al_2(SO_4)_3$	0,04 – 0,046
Μέτριες κροκίδες	Απομάκρυνση φυκιών	$Al_2(SO_4)_3$	0,066 – 0,099
Μέτριες κροκίδες	Απομάκρυνση θολότητας	$Al_2(SO_4)_3$	0,079 – 0,115
Ισχυρές κροκίδες	Οργανική ύλη Στερεά $CaCO_3$	$Fe_2(SO_4)_3$	0,132 – 0,218

Η παράμετρος της ταχύτητας καθίζησης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δεξαμενών κροκίδωσης ώστε η καθίζησή τους να πραγματοποιείται στη δεξαμενή καθίζησης και όχι στη δεξαμενή κροκίδωσης.



5.4 Συσσωμάτωση και Κροκίδωση.

(11)

- Παράδειγμα 5.3
- Η σταθερά ταχύτητας των αντιδράσεων κροκίδωσης βρέθηκε $2,5\text{h}^{-1}$.
- Να υπολογιστεί ο χρόνος παραμονής στη δεξαμενή κροκίδωσης νερού που διοχετεύεται με $150\text{m}^3/\text{h}$ αν η αρχική συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών είναι 150 mg/l και ζητείται να επιτευχθεί μείωση κατά 90%. Να βρεθεί ακόμα ο απαιτούμενος όγκος της δεξαμενής.

Λύση

Η τελική συγκέντρωση θα είναι:

$$C_t = C_o - 0,9 C_o = 150 - 0,9 \times 150 = 15\text{ mg/l}$$

Από τη σχέση (5.5) θα έχουμε: $t = \frac{V}{Q} = \frac{1}{k} \left(\frac{C_o}{C_t} - 1 \right) = \frac{1}{2,5} \left(\frac{150}{15} - 1 \right) = 3,6\text{ h}$

Ο όγκος της δεξαμενής θα είναι: $V = Q \times t = 150 \times 3,6 = 540\text{ m}^3$



5.5 Καθίζηση.

(1)

- Η καθίζηση (sedimentation) ή καθαρισμός (clarification) περιγράφουν τη διαδικασία απομάκρυνσης όλων των στερεών αιωρούμενων ουσιών από το νερό με τη βοήθεια της βαρύτητας.
- Η καθίζηση των αιωρούμενων σωματιδίων εξαρτάται από τη συγκέντρωση και τα χαρακτηριστικά των αιωρούμενων σωματιδίων.
- Υπάρχουν σωματίδια που διατηρούν τα χαρακτηριστικά τους και τις διαστάσεις τους (μέγεθος) που δεν αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου (διακεκριμένα σωματίδια – discrete particles).
- Υπάρχουν και σωματίδια που μπορούν να συσσωματώνονται και να αλλάζουν μέγεθος, (κροκκιδωμένα σωματίδια – flocculating particles).



5.5.1 Καθίζηση Τύπου – I.

(1)

- Η καθίζηση Τύπου – I οφείλεται στη δύναμη της βαρύτητας και προϋποθέτει ότι η πυκνότητα των σωματιδίων είναι μεγαλύτερη από την πυκνότητα του νερού ώστε αυτά να κατακάθονται.
- Η οδηγούσα δύναμη F_k είναι η διαφορά βαρύτητας και άνωσης $F_k = (\rho_p - \rho_w) g V_p$
- Όπου ρ_p η πυκνότητα των σωματιδίων
 ρ_w η πυκνότητα του νερού
 V ο όγκος του σωματιδίου.
- Κατά την κίνηση και λόγω της F_k αρχικά το σωματίδιο εκτελεί επιταχυνόμενη κίνηση, μέσα στο νερό αναπτύσσεται οπισθέλκουσα F_D λόγω τριβών που εξαρτάται από την ταχύτητα.
- Κάποια στιγμή οι δύο δυνάμεις θα εξισωθούν οπότε προκύπτει η οριακή ταχύτητα καταβύθισης.

$$F_k = F_D \Rightarrow (\rho_p - \rho_w) g V_p = C_D A_p \rho_w \frac{u_{op}^2}{2}$$



5.5.1 Καθίζηση Τύπου –I.

(2)

- Κάποια στιγμή οι δύο δυνάμεις θα εξισωθούν οπότε προκύπτει η οριακή ταχύτητα καταβύθισης.

$$F_k = F_D \Rightarrow (\rho_p - \rho_w) g V_p = C_D A_p \rho_w \frac{u_{op}^2}{2}$$

- Όπου C_D ο συντελεστής οπισθέλκουσας
 A_p η κάθετη επιφάνεια του σωματιδίου στη διεύθυνση της κίνησης.
- Θεωρώντας σφαιρικά σωματίδια διαμέτρου d θα είναι:

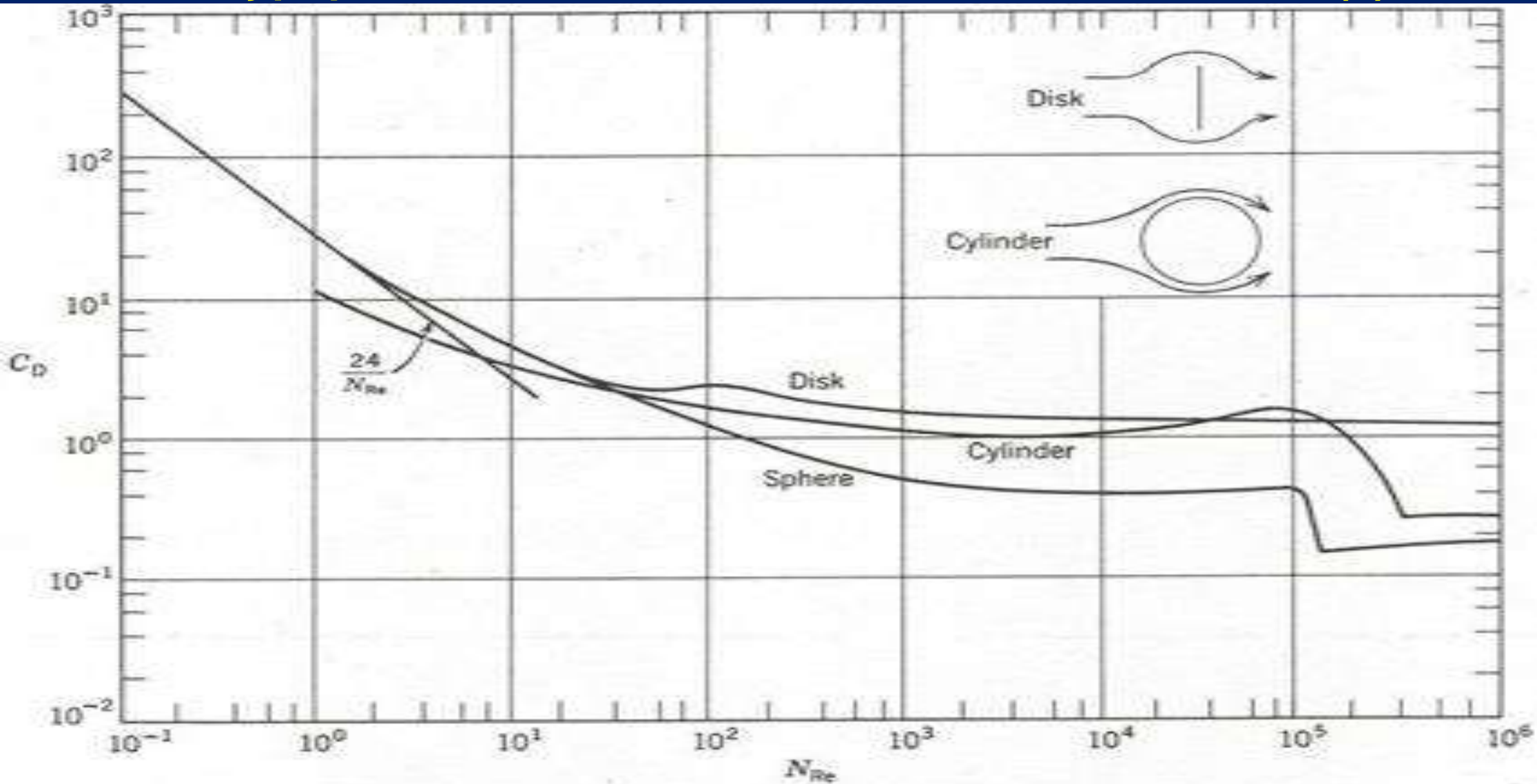
$$\frac{V_p}{A_p} = \frac{\frac{4}{3} \pi (d/2)^3}{\pi (d/2)^2} = \frac{2}{3} d$$

$$u_{op.} = \sqrt{\frac{4}{3} g \frac{(\rho_p - \rho_w) d}{C_D \rho_w}}$$



5.5.1 Καθίζηση Τύπου – I.

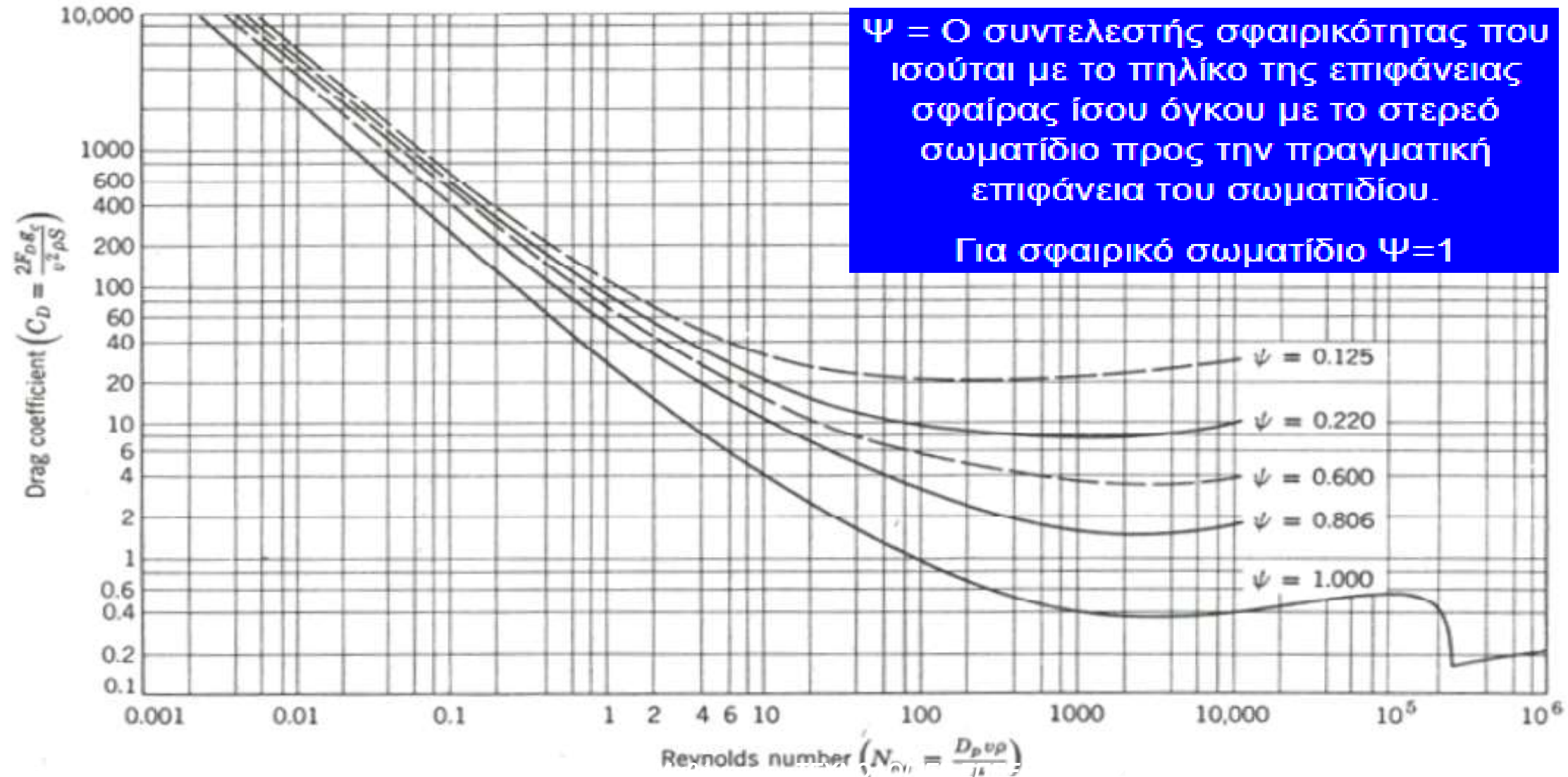
(3)





5.5.1 Καθίζηση Τύπου –I.

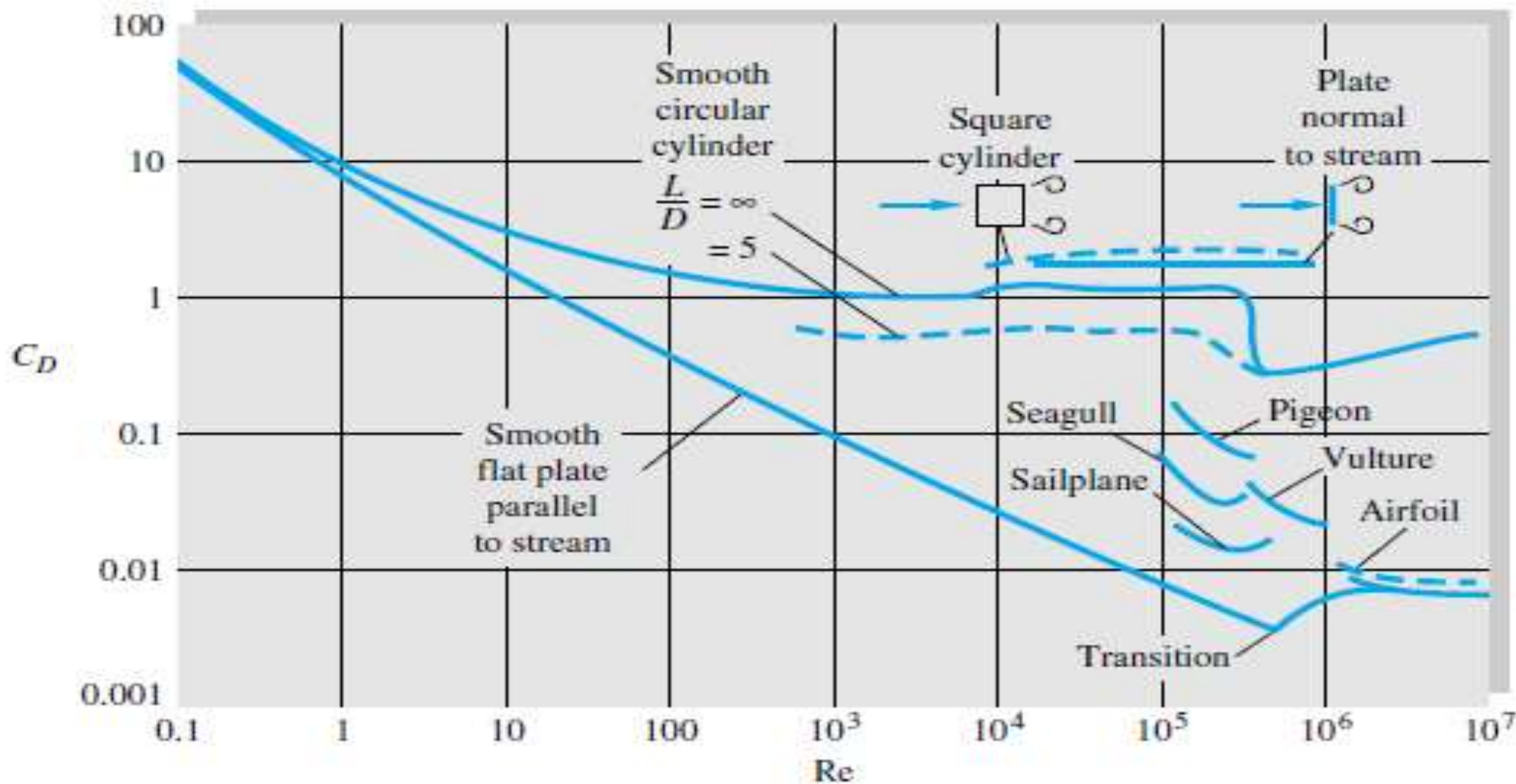
(4)





5.5.1 Καθίζηση Τύπου – I.

(5)





5.5.1 Καθίζηση Τύπου –I.

(6)

➤ Ο συντελεστής οπισθέλκουσας C_D εξαρτάται από το είδος της ροής με τιμές:

$$C_D = \frac{24}{Re} \text{ για στρωτή ροή } Re < 1$$

$$C_D = \frac{24}{Re} + \frac{3}{Re^{0.5}} + 0.34 \text{ για μεταβατική ροή } 1 < Re < 10^4$$

$$C_D = 0.4 \text{ για τυρβώδη ροή } Re > 10^4$$

$$u_{00} = \sqrt{\frac{4}{3} g \frac{(\rho_p - \rho_w) d}{C_D \rho_w}}$$

➤ Για στρωτή ροή αντικαθιστώντας την έκφραση του C_D προκύπτει για την οριακή ταχύτητα

$$u_{00} = \frac{g (\rho_p - \rho_w) d^2}{18 \mu}$$



5.5.1 Καθίζηση Τύπου –I.

(7)

➤ Παράδειγμα 5.4

Να υπολογισθεί η οριακή ταχύτητα καταβύθισης σε νερό 20°C σφαιρικών σωματιδίων διαμέτρου **0.5mm** και πυκνότητας **2,60 g/cm³**.

Δίνεται η πυκνότητα νερού στους 20°C με τιμή **998kg/m³** και το ιξώδες (δυναμικό) στην ίδια θερμοκρασία **1,002 10⁻³ Nsec/m²**.

$$u_{oo} = \frac{g (\rho_p - \rho_w) d^2}{18 \mu} = \frac{9,81 \times (2600 - 998) \times 0,0005^2}{18 \times 1,002 \times 10^{-3}} = 0,21 \text{ m/s}$$

$$\text{Re} = \frac{d u_{oo} \rho_w}{\mu} = \frac{0,0005 \times 0,21 \times 998}{1,002 \times 10^{-3}} = 104$$

➤ Η ροή χαρακτηρίζεται μεταβατική και ο συντελεστής οπισθέλκουσας υπολογίζεται:



5.5.1 Καθίζηση Τύπου –I.

(8)

➤ Παράδειγμα 5.4

Να υπολογισθεί η οριακή ταχύτητα καταβύθισης σε νερό 20°C σφαιρικών σωματιδίων διαμέτρου 0.5mm και πυκνότητας 2,60 g/cm³.

$$C_D = \frac{24}{Re} + \frac{3}{Re^{1/2}} + 0,34 = \frac{24}{104} + \frac{3}{104^{1/2}} + 0,34 = 0,86$$

$$u_{00} = \sqrt{\frac{4}{3} g \frac{(\rho_p - \rho_w) d}{C_D \rho_w}} = \sqrt{\frac{4}{3} \times 9,81 \times \frac{(2600 - 998) \times 0,0005}{0,86 \times 998}} = 0,11 \text{ m/s}$$

➤ Με τη νέα τιμή οριακής ταχύτητας επαναλαμβάνεται η διαδικασία



5.5.1 Καθίζηση Τύπου –I.

(9)

$$Re = \frac{d u_{00} \rho_w}{\mu} = \frac{0,0005 \times 0,11 \times 998}{1,002 \times 10^{-3}} = 54$$

- Η ροή χαρακτηρίζεται μεταβατική και ο συντελεστής οπισθέλκουσας υπολογίζεται:

$$C_D = \frac{24}{Re} + \frac{3}{Re^{1/2}} + 0,34 = \frac{24}{54} + \frac{3}{54^{1/2}} + 0,34 = 1,19$$

$$u_{00} = \sqrt{\frac{4}{3} g \frac{(\rho_p - \rho_w) d}{C_D \rho_w}} = \sqrt{\frac{4}{3} \times 9,81 \times \frac{(2600 - 998) \times 0,0005}{1,19 \times 998}} = 0,09 \text{ m/s}$$

- Με τη νέα τιμή οριακής ταχύτητας επαναλαμβάνεται η διαδικασία



5.5.1 Καθίζηση Τύπου –I.

(10)

$$\text{Re} = \frac{du_{00} \cdot \rho_w}{\mu} = \frac{0,0005 \times 0,09 \times 998}{1,002 \times 10^{-3}} = 44$$

- Η ροή χαρακτηρίζεται μεταβατική και ο συντελεστής οπισθέλκουσας υπολογίζεται:

$$C_D = \frac{24}{\text{Re}} + \frac{3}{\text{Re}^{1/2}} + 0,34 = \frac{24}{44} + \frac{3}{44^{1/2}} + 0,34 = 1,33$$

$$u_{00} = \sqrt{\frac{4}{3} g \frac{(\rho_p - \rho_w) d}{C_D \rho_w}} = \sqrt{\frac{4}{3} \times 9,81 \times \frac{(2600 - 998) \times 0,0005}{1,33 \times 998}} = 0,09 \text{ m/s}$$

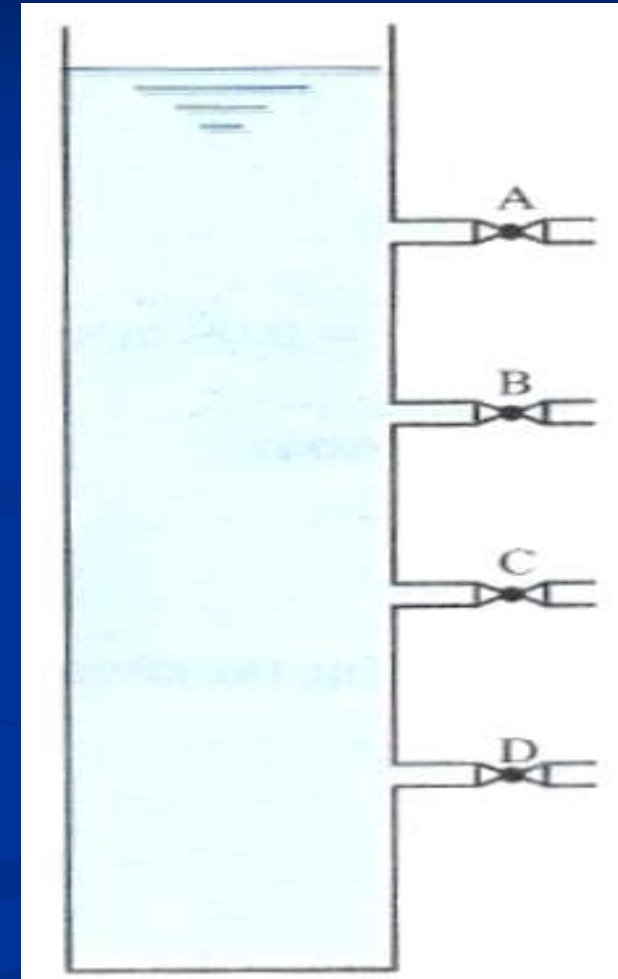
- Με τον τρόπο αυτό προκύπτει η ταχύτητα καταβύθισης αφού στην τελευταία δοκιμή επιβεβαιώνεται η οριακή ταχύτητα.



5.5.2 Καθίζηση Τύπου – II.

- Η καθίζηση Τύπου – II αφορά σωματίδια που προέρχονται από κροκίδωση και βρίσκονται σε χαμηλή συγκέντρωση διασποράς.
- Η εφαρμογή εξισώσεων δεν είναι εφικτή γιατί στο συγκεκριμένο τύπο καθίζησης (τύπου II) τα σωματίδια μεταβάλλουν συνεχώς μέγεθος συνηθέστερα αυξάνοντας τις διαστάσεις τους.
- Αποτέλεσμα είναι η αυξανόμενη ταχύτητα καθίζησης. (Καθίζηση μετά από κροκίδωση).
- Για τον προσδιορισμό της ταχύτητας καθίζησης ακολουθείται πειραματική μέθοδος κατά την οποία γίνονται μετρήσεις δειγμάτων σε διαφορετικά βάθη και χρόνους σε μια στήλη όπου βρίσκονται διασπαρμένα τα σωματίδια.
- Για να είναι ρεαλιστικά τα αποτελέσματα το ύψος της στήλης θα πρέπει να είναι ανάλογο του ύψους της δεξαμενής καθίζησης.

(1)

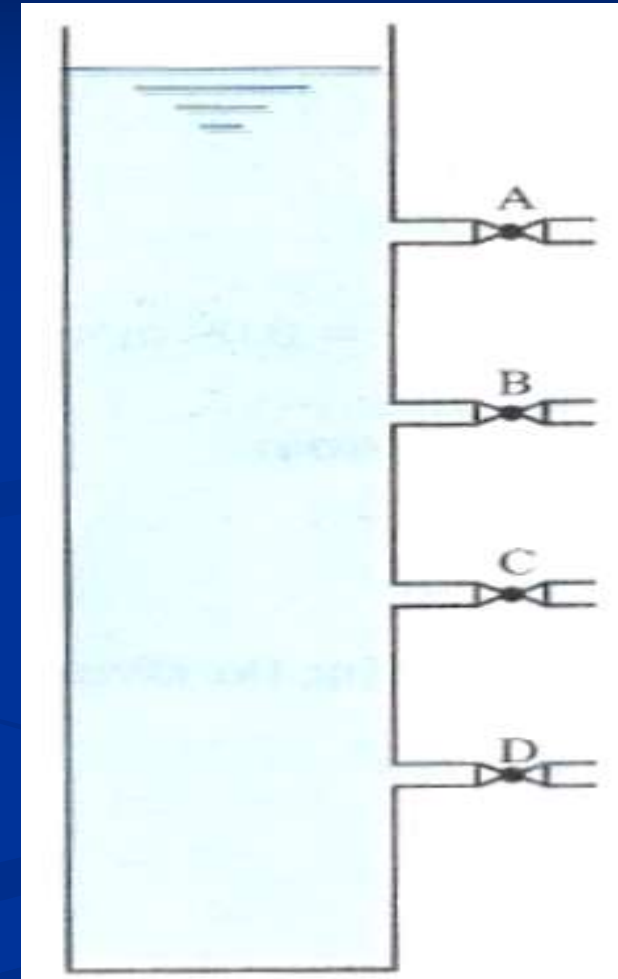




5.5.2 Καθίζηση Τύπου –II.

- Για να είναι ρεαλιστικά τα αποτελέσματα το ύψος της στήλης θα πρέπει να είναι ανάλογο του ύψους της δεξαμενής καθίζησης. (Πρακτικά θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 2m).
- Επισημαίνεται ότι κατά τη διάρκεια της καταβύθισης η διαδικασία της κροκίδωσης εξακολουθεί να συμβαίνει.
- Με τον τρόπο αυτό όσο μεγαλύτερο είναι το βάθος της δεξαμενής τόσο μεγαλύτερη είναι και η ταχύτητα καταβύθισης και επομένως πιο αποδοτική η όλη διεργασία.
- Στα δείγματα που λαμβάνονται μετρώνται ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS – total suspended solids) από στήλη σε συγκεκριμένα βάθη – σημεία λήψης.

(2)

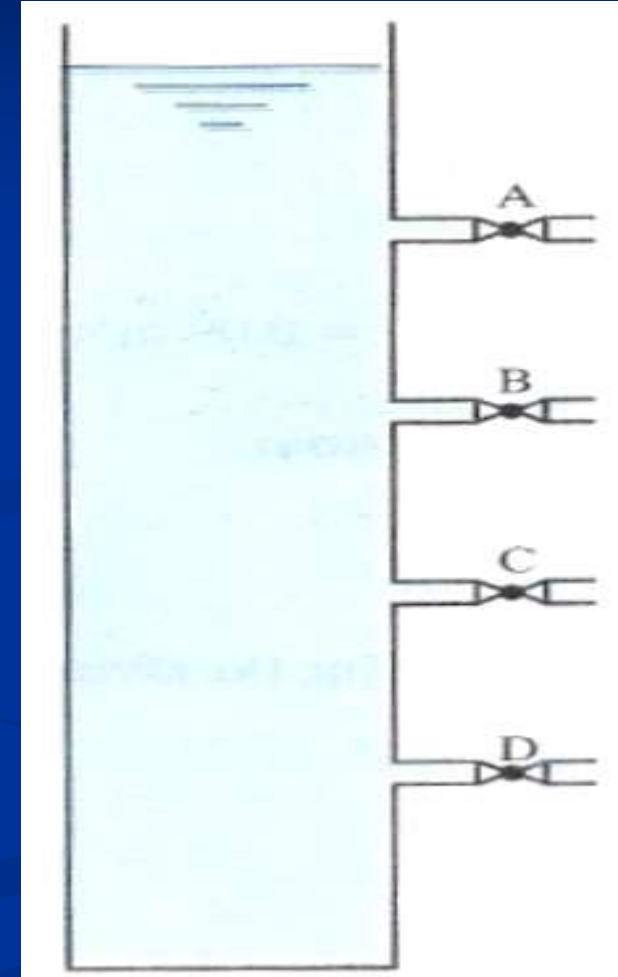




(3)

5.5.2 Καθίζηση Τύπου –II.

- Η διαδικασία που ακολουθείται:
- **1.** Το προς εξέταση διάλυμα τοποθετείται στη στήλη αφού πρώτα γίνει ανάδευση ώστε να καταστεί όσο το δυνατόν ομογενές,
- **2.** Λαμβάνονται ταυτόχρονα δείγματα από τα διάφορα σημεία της στήλης (A,B,C,D) σε κάποια χρονικά διαστήματα.
- **3.** Γίνεται προσδιορισμός των ολικά αιωρούμενων στερεών (TSS) που καθορίζονται ως τα σωματίδια που κατακρατούνται σε φίλτρο συγκεκριμένων προδιαγραφών (γυάλινων ινών οπής 1μm και παραμένουν μετά από ξήρανση του φίλτρου σε θερμοκρασία (103 – 105)°C.



$$TSS = \frac{\text{τελικό συνολικό βάρος μετά τη ξήρανση} - \text{αρχικό βάρος φίλτρου}}{\text{όγκο δείγματος}}$$



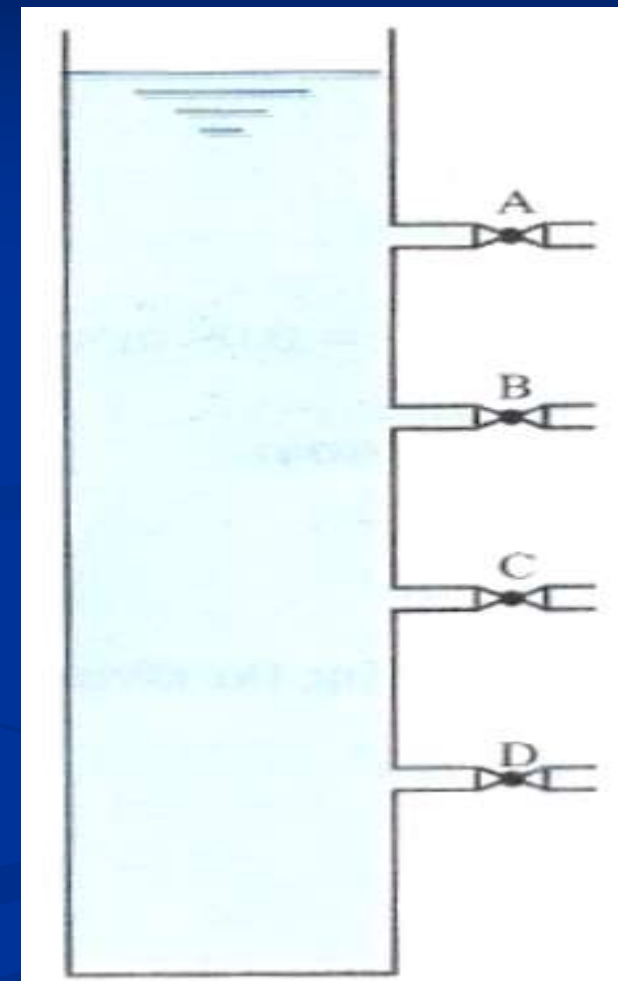
5.5.2 Καθίζηση Τύπου –II.

- Η διαδικασία που ακολουθείται:
- **4.** Για κάθε δείγμα από τη μέτρηση των TSS υπολογίζεται η % αφαίρεση στερεών από το διάλυμα

$$\% \text{ Αφαίρεση στερεών} = \frac{TSS_0 - TSS_{zt}}{TSS_0} \times 100$$

- Όπου **TSS₀** τα αρχικά αιωρούμενα σωματίδια στο διάλυμα και **TSS_{zt}** τα αιωρούμενα στερεά σε βάθος z κατά το χρόνο t.
- **5.** Σχεδιάζεται η % αφαίρεση στερεών για κάθε βάθος ως συνάρτηση του χρόνου και γίνεται εξομάλυνση των γραφικών παραστάσεων.
- **6.** Με παρεμβολή κατασκευάζεται πίνακας που περιέχει την % αφαίρεση στερεών συναρτήσεως του χρόνου για κάθε βάθος.

(4)





5.5.2 Καθίζηση Τύπου –II.

(5)

- Η διαδικασία που ακολουθείται:
- 7. Από τα δεδομένα του πίνακα κατασκευάζονται ισο-υψείς καμπύλες (ισοαφαιρούντες γραμμές -isoremoval lines). Η κλίση σε κάθε σημείο των γραμμών δίνει τη στιγμιαία ταχύτητα του κλάσματος των σωματιδίων που περιγράφονται από τη συγκεκριμένη γραμμή.
- 8. Από τις γραφικές παραστάσεις προσδιορίζεται η συνολική αφαίρεση στερεών σε όλες τις ενδιάμεσες χρονικές στιγμές t .
- 9. Σχεδιάζεται η συνολική αφαίρεση στερεών ως προς το χρόνο, δηλ. η καμπύλη σχεδιασμού μιας δεξαμενής καθίζησης τύπου –II.



5.5.2 Καθίζηση Τύπου –II.

(6)

➤ Παράδειγμα 5.5

- Για τον προσδιορισμό της αποδοτικότητας δεξαμενής καθίζησης τύπου –II βάθους 2,8m σε χρόνο $t=30\text{min}$ ελήφθησαν δείγματα από 4 σημεία, A,B,C,D σε βάθη αντίστοιχα 0,7m, 1,4m, 2,1m και 2,8m.
- Τα αποτελέσματα της ανάλυσης των δειγμάτων δίνονται στον **Πίνακα 1**

Χρόνος (min)	TSS (mg/l)			
	A	B	C	D
0	130	130	130	130
5	85,5	98,9	110,8	118,5
10	52,7	69,7	83,5	105
15	31,6	42,4	64,3	85,8
20	18,8	25,6	42,1	55,6
30	5,1	11,8	29,4	30,7
40	0,7	2,5	13,7	16,6



5.5.2 Καθίζηση Τύπου –II.

(7)

- Παράδειγμα 5.5
- Ζητείται να υπολογιστεί αναλυτικά η δεξαμενή καθίζησης.
- **Επίλυση**
- Τα πρώτα 3 βήματα της διαδικασίας περιλαμβάνονται στον πίνακα αποτελεσμάτων.
- **Βήμα 4** Για κάθε δείγμα από τη μέτρηση των TSS υπολογίζεται η % αφαίρεση στερεών από το διάλυμα

$$\% \text{ Αφαίρεση στερεών} = \frac{TSS_0 - TSS_{zt}}{TSS_0} \times 100$$

- Με τη βοήθεια της σχέσης δημιουργείται ο πίνακας της % αφαίρεσης στερεών.
- Δηλ. από τις τιμές της 1^{ης} γραμμής (TSS_0) αφαιρούνται οι τιμές των επόμενων γραμμών της ίδιας στήλης (TSS_{zt}) και εφαρμόζεται η σχέση αφαίρεσης στερεών. Με τον τρόπο αυτό συμπληρώνεται ο Πίνακας 2.



5.5.2 Καθίζηση Τύπου –II.

(8)

- **Βήμα 4** Για κάθε δείγμα από τη μέτρηση των TSS υπολογίζεται η % αφαίρεση στερεών από το διάλυμα.
- Με τη βοήθεια της σχέσης % αφαίρεσης στερεών δημιουργείται ο Πίνακας 2.
- Για παράδειγμα στη Στήλη Α με αρχική τιμή 130 mg/l σε χρόνο 5min υπολογίζεται
- %Αφαίρεση = $((130 - 85,5)/130 \times 100 = 34,23$.
- Ομοίως συμπληρώνονται και οι υπόλοιπες τιμές του **Πίνακα 2**.

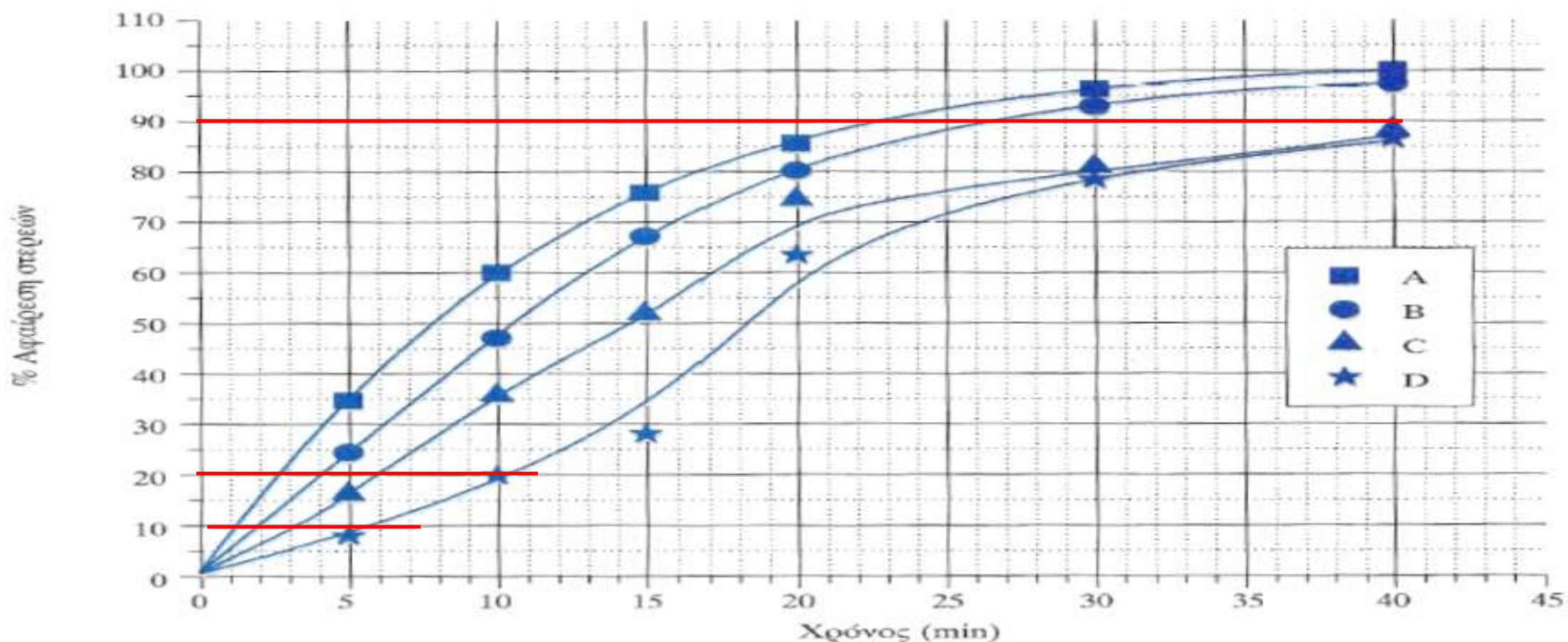
Χρόνος (min)	% Αφαίρεση στερεών			
	A	B	C	D
0	0,00	0,00	0,00	0,00
5	34,23	23,92	14,77	8,85
10	59,46	46,38	35,77	19,23
15	75,69	67,38	50,54	34,00
20	85,54	80,31	67,62	57,23
30	96,08	90,92	77,38	76,38
40	99,46	98,08	89,46	87,23



5.5.2 Καθίζηση Τύπου –II.

(9)

- **Βήμα 5** Από τον πίνακα % Αφαίρεσης Στερεών γίνεται η γραφική παράσταση των δεδομένων % Αφαίρεσης Στερεών ως προς το χρόνο για κάθε βάθος (σημεία A, B, C, D) και προκύπτει το **Διάγραμμα 1**:





5.5.2 Καθίζηση Τύπου –II.

(10)

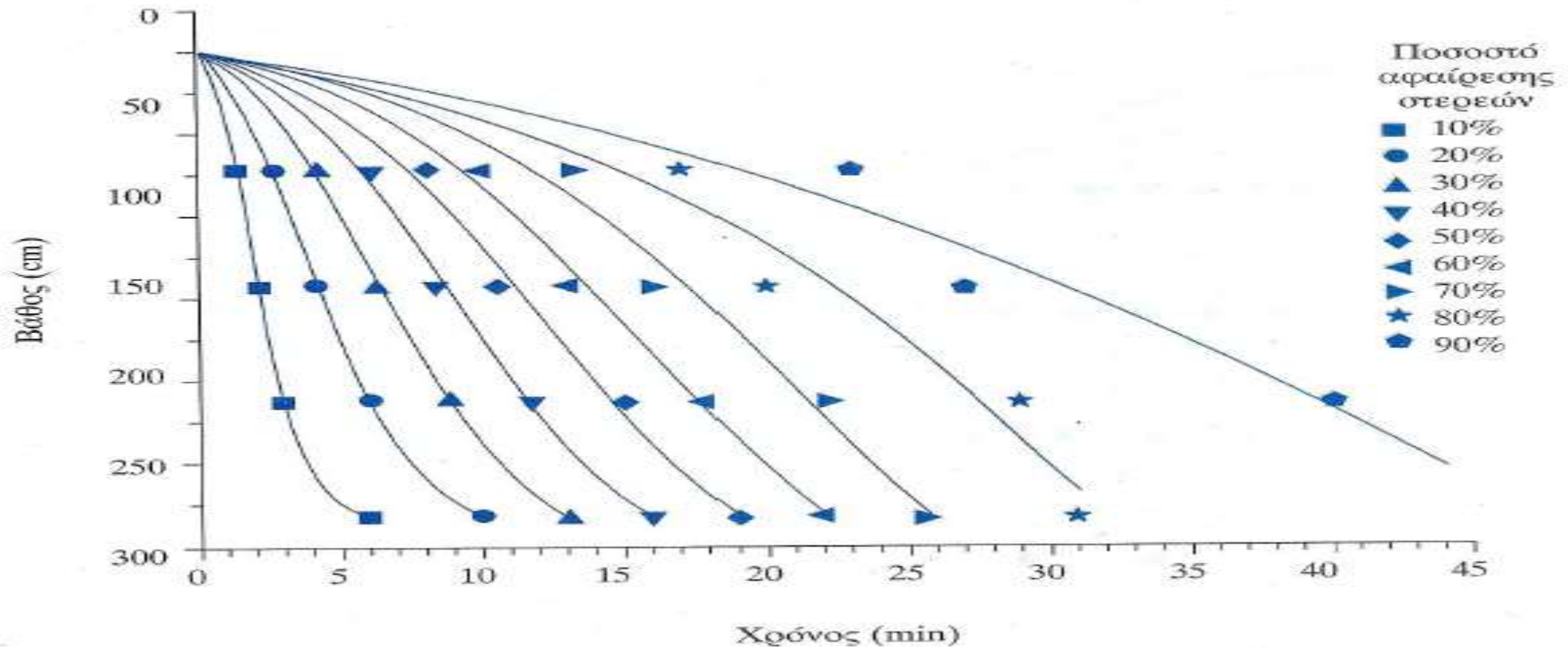
- **Βήμα 6** Από το **Διάγραμμα 1** με παρεμβολές δημιουργείται ένας πίνακας με την εξής διαδικασία.
- Για % Αφαίρεση 10% φέρνουμε οριζόντια και στα σημεία τομής με τις καμπύλες φέρνουμε κάθετες προσδιορίζοντας τους αντίστοιχους χρόνους για τα 5 γνωστά βάθη (ως πρώτο λαμβάνεται η μηδενική τιμή).
- Την ίδια διαδικασία ακολουθούμε για όλα τα ποσοστά. Με τον τρόπο αυτό προκύπτει ο **Πίνακας 3**. (Πίνακας παρεμβολών)



5.5.2 Καθίζηση Τύπου –II.

(12)

➤ **Βήμα 7** Από τον Πίνακα Παρεμβολών (Πίνακας 3) κατασκευάζεται γραφική παράσταση (Διάγραμμα 2) ισοσταθμικών καμπυλών ως προς τα ποσοστά αφαίρεσης στερεών.





5.5.2 Καθίζηση Τύπου –II.

(13)

- **Βήμα 8** Η συνολική αφαίρεση στερεών (Total removal solids) σε χρόνο $t = 30\text{min}$ υπολογίζεται από τη σχέση

$$\% \text{Συνολική αφαίρεση στερεών} = \% TRS$$
$$\% TRS = \sum_i^n \frac{\Delta d_i}{D} \left(\frac{R_i + R_{i+1}}{2} \right)$$

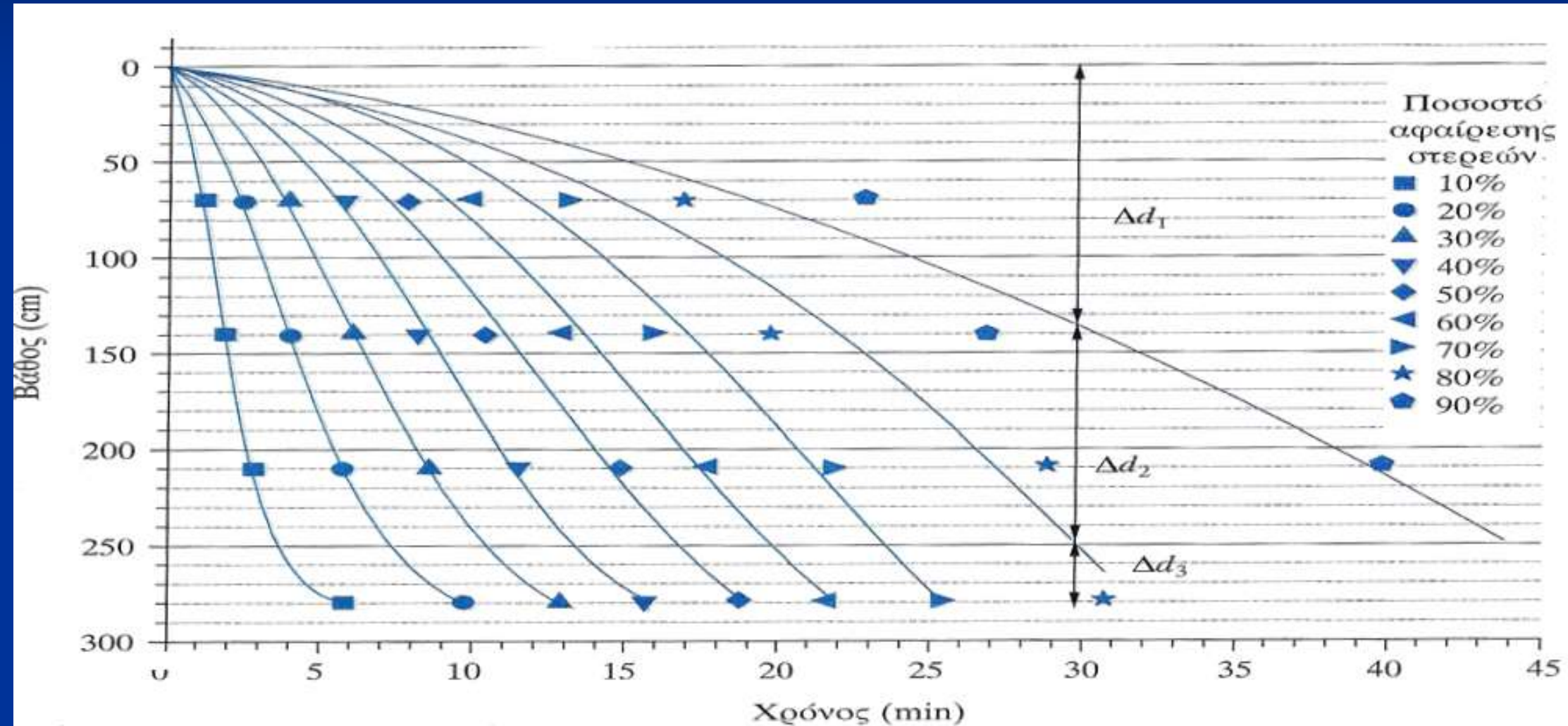
Όπου **D** το συνολικό βάθος,
 Δd_i οι αποστάσεις μεταξύ των ισοαφαιρούντων γραμμών για τη χρονική στιγμή t ,
 R_i, R_{i+1} το κατώτερο και το ανώτερο όριο της % αφαίρεσης στερεών για Δd_i .
(Χρησιμοποιείται $R_i=100$ για Δd_1 .)



5.5.2 Καθίζηση Τύπου –II.

(14)

➤ **Βήμα 8** Η συνολική αφαίρεση στερεών σε χρόνο $t = 30\text{min}$ δίνεται στο **Διάγραμμα 3**

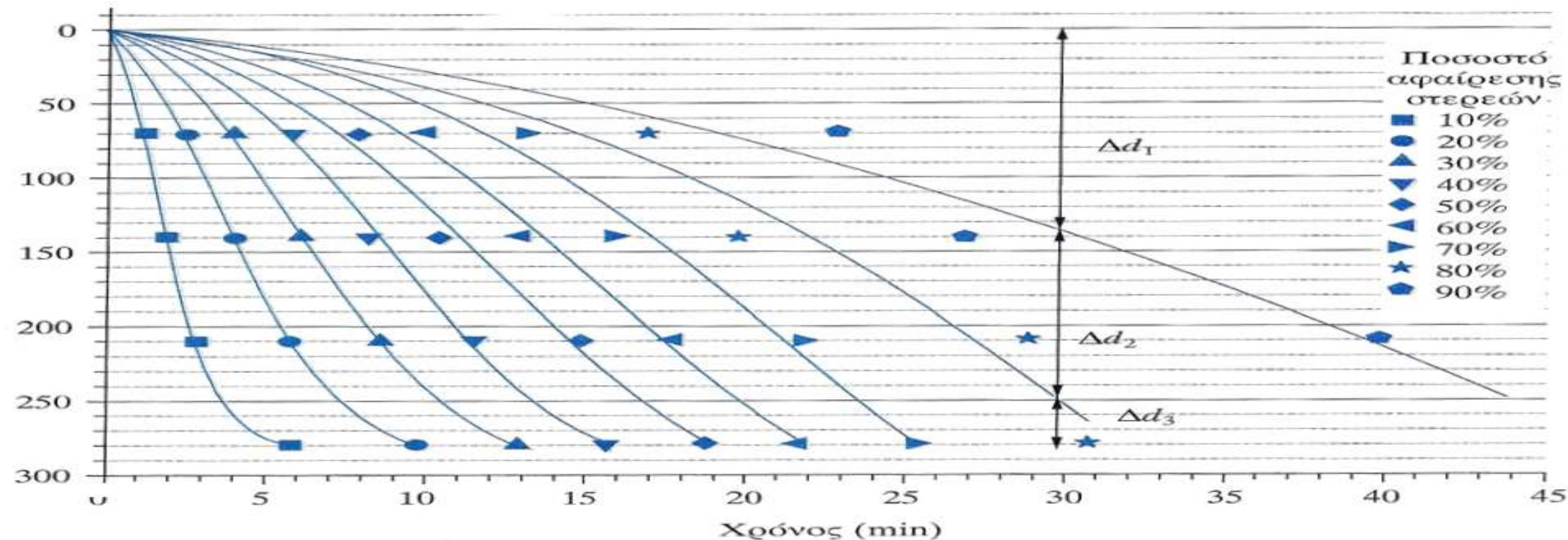




5.5.2 Καθίζηση Τύπου –II.

(15)

➤ **Βήμα 8** Η συνολική αφαίρεση στερεών σε χρόνο $t = 30\text{min}$ δίνεται στο **Διάγραμμα 3**



$$\% \text{ TRS} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta d}{D} \left(\frac{R_i + R_{i+1}}{2} \right) = \frac{140}{280} \left(\frac{100 + 90}{2} \right) + \frac{110}{280} \left(\frac{90 + 80}{2} \right) + \frac{30}{280} \left(\frac{80 + 78}{2} \right) = 89$$



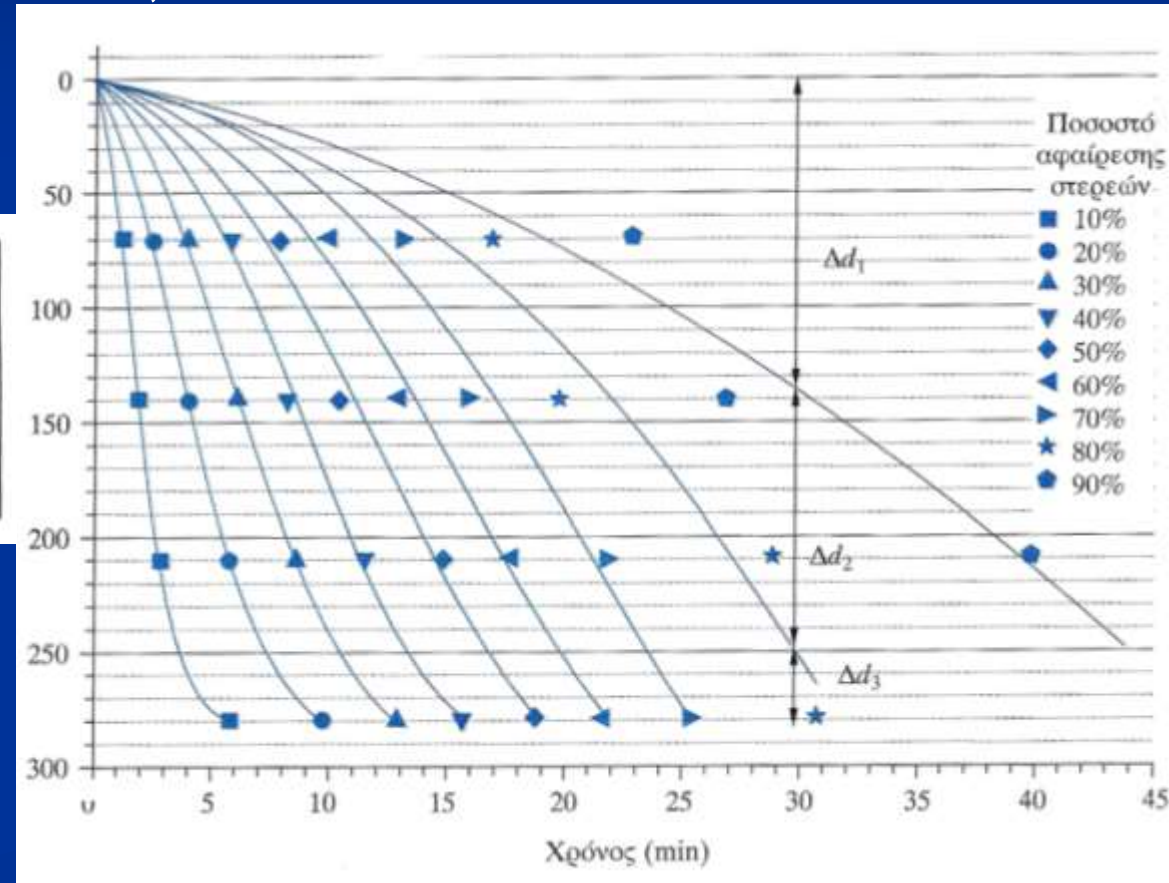
5.5.2 Καθίζηση Τύπου –II.

(16)

➤ **Βήμα 9** Με τον ίδιο τρόπο υπολογίζεται η % συνολική αφαίρεση στερεών και για τους υπόλοιπους χρόνους δηλ. για $t = 10\text{min}$, 20min , 40min και 44min .

Τα αποτελέσματα δίνονται στον **Πίνακα 4**

Χρόνος (min)	10	19	30	40	44
% Συνολικά αφαιρούμενα στερεά	50,4	78	89	93	94,4





5.5.2 Καθίζηση Τύπου –II.

(17)

- **Βήμα 9** Σχεδιάζεται η συνολική αφαίρεση στερεών ως προς το χρόνο. Αυτή θα είναι και η καμπύλη σχεδιασμού μιας δεξαμενής καθίζησης τύπου –II. Το σημείο σχεδιασμού καθορίζεται ως η περιοχή στην οποία οριακές αυξήσεις στην αφαίρεση στερεών είναι μικρότερες από οριακές αυξήσεις χρόνου. Αυτός είναι και ο t_{design} .
- Η καμπύλη σχεδιασμού κατασκευάζεται με τα δεδομένα του **Πίνακα 4**.

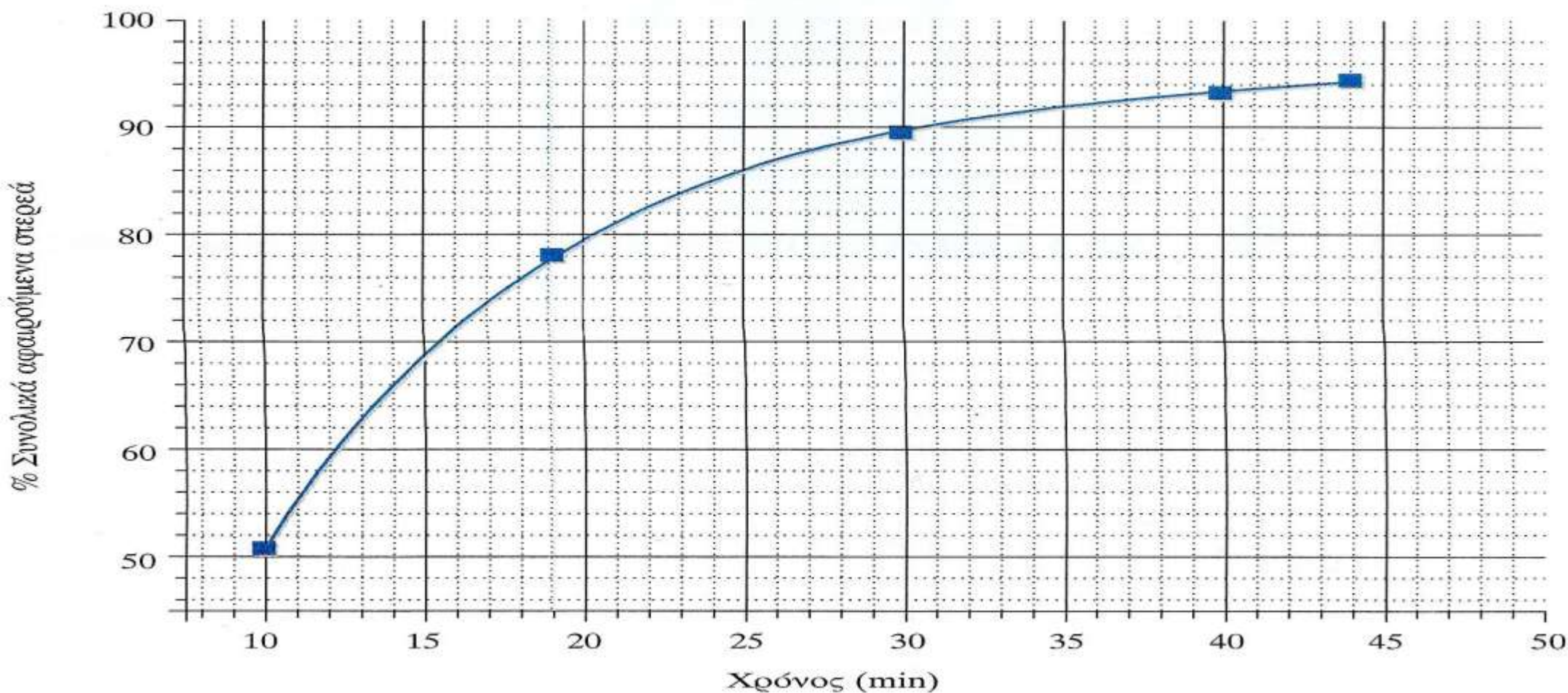
Χρόνος (min)	10	19	30	40	44
% Συνολικά αφαιρούμενα στερεά	50,4	78	89	93	94,4



5.5.2 Καθίζηση Τύπου –II.

(18)

- Βήμα 9
- Η καμπύλη σχεδιασμού (**Διάγραμμα 4**) κατασκευάζεται με τα δεδομένα του **Πίνακα 4**.

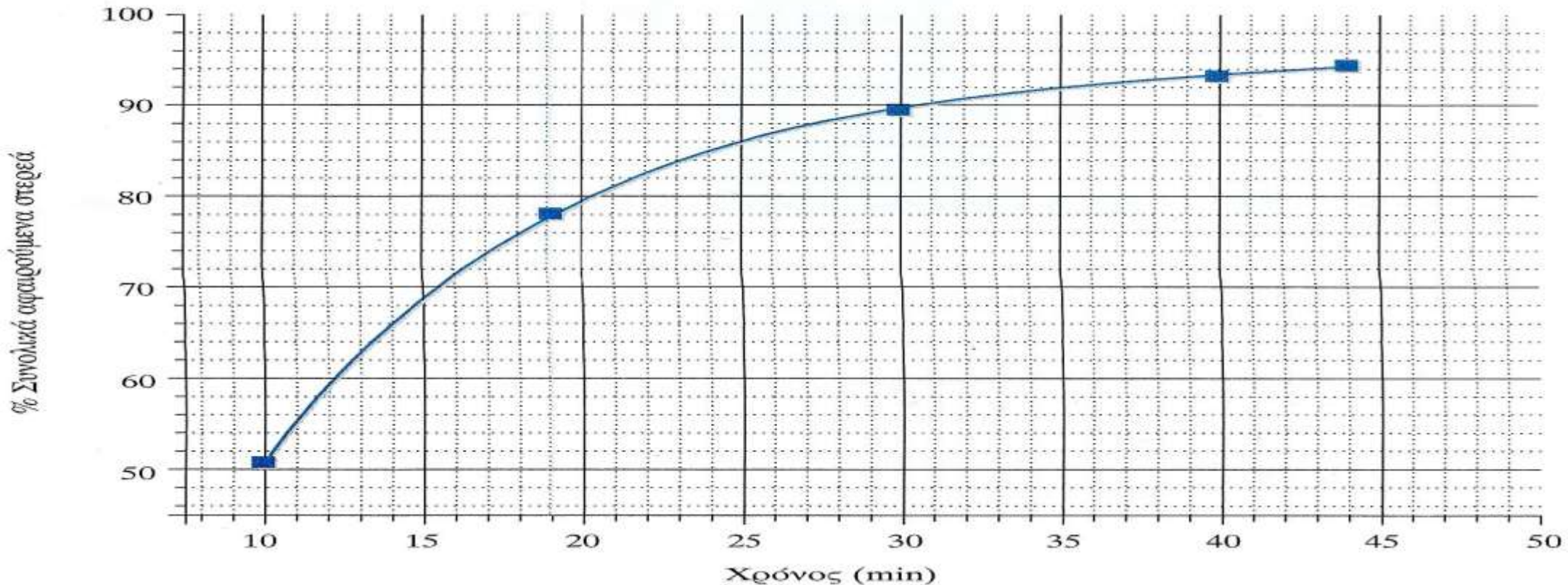




5.5.2 Καθίζηση Τύπου –II.

(19)

- Βήμα 9
- Από το **Διάγραμμα 4** φαίνεται ότι για χρόνους συγκράτησης (retention time) μεγαλύτερους των 30 min προκύπτει μείωση του ρυθμού αύξησης των αφαιρούμενων στερεών. Επομένως ως χρόνος σχεδιασμού θα μπορούσε να θεωρηθεί η τιμή **$t_d=30\text{min}$** .





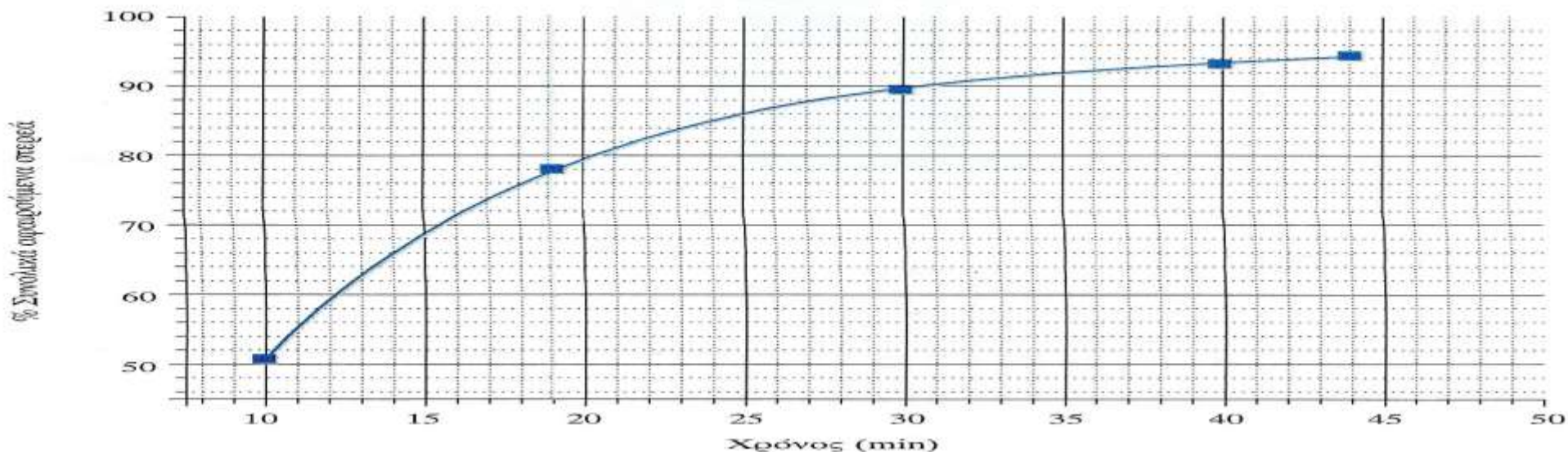
5.5.2 Καθίζηση Τύπου –II.

(20)

➤ Βήμα 10

➤ Στο συγκεκριμένο παράδειγμα με δεδομένο το βάθος της δεξαμενής εκτιμήθηκε ο χρόνος σχεδιασμού (χρόνος συγκράτησης t_d) και θεωρώντας ένα εμβαδό επιφάνειας της δεξαμενής ($A = 15m^2$) μπορεί να προσδιορισθεί η παροχή που μπορεί να εξυπηρετήσει η δεξαμενή συγκρατώντας σχεδόν το 90% των αιωρούμενων συστατικών.

$$\frac{D}{t_{design}} = \frac{Q}{A} \Rightarrow Q = A \cdot \left(\frac{D}{t_{design}} \right) = \frac{2,8m}{30 \text{ min}} \cdot 15m^2 = 1,4m^3 / \text{min} \Rightarrow \boxed{Q = 84m^3 / h}$$





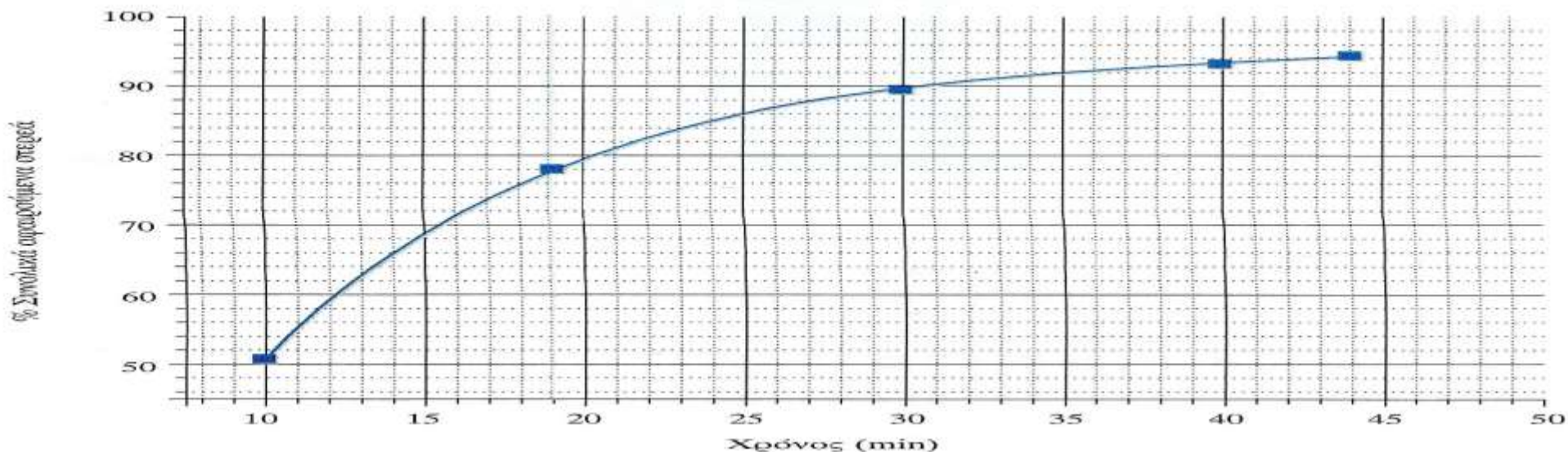
5.5.2 Καθίζηση Τύπου –II.

(21)

➤ Σχόλιο για το Βήμα 10

➤ Για το σχεδιασμό της δεξαμενής καθίζησης η ταχύτητα καθίζησης σχεδιασμού D/t_d θα πρέπει να ισούται με τη φόρτιση επιφάνειας Q/A όπου Q η ογκομετρική παροχή και A το εμβαδό επιφάνειας της δεξαμενής. Για λόγους ασφάλειας συνήθως εφαρμόζεται συντελεστής ασφάλειας για το χρόνο συγκράτησης t_d με τιμές 1.25 – 1.5.

$$\frac{D}{t_{design}} = \frac{Q}{A} \Rightarrow Q = A \cdot \left(\frac{D}{t_{design}} \right) = \frac{2,8m}{30 \text{ min}} \cdot 15m^2 = 1,4m^3 / \text{min} \Rightarrow \boxed{Q = 84m^3 / h}$$





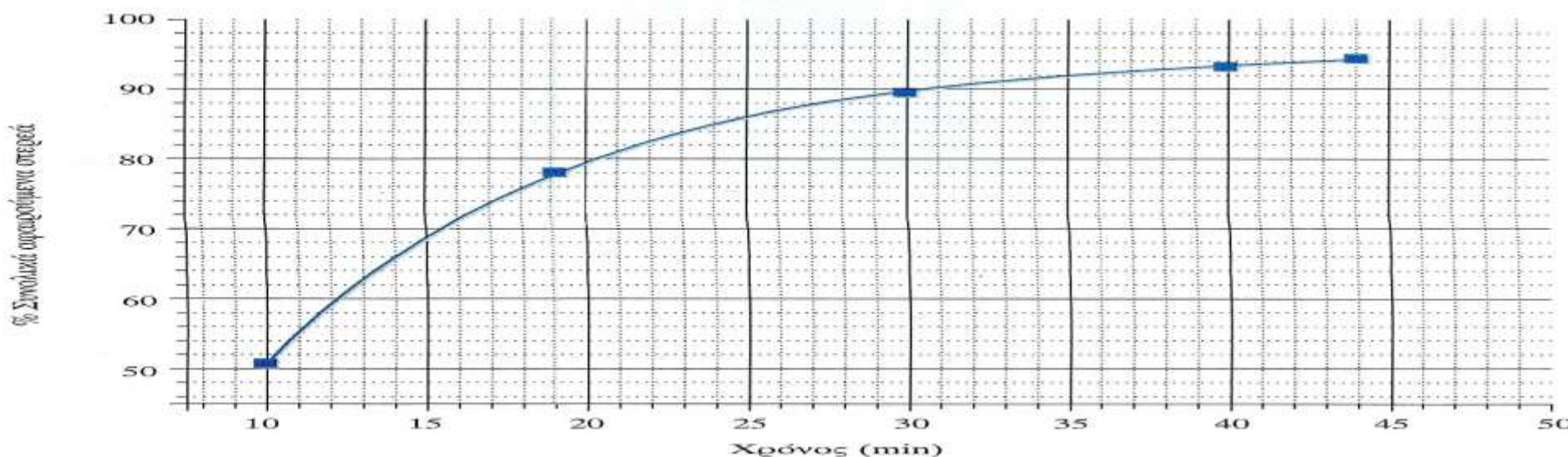
5.5.2 Καθίζηση Τύπου –II.

(22)

➤ Σχόλιο για το Βήμα 10

➤ Στο συγκεκριμένο παράδειγμα με δεδομένο το βάθος της δεξαμενής ($D=2,8m$) προσδιορίσθηκε ο χρόνος συγκράτησης t_d οπότε αν γνωρίζουμε την επιφάνεια της δεξαμενής (π.χ $A=15m^2$) μπορεί να εκτιμηθεί η παροχή που μπορεί να εξυπηρετήσει η δεξαμενή συγκρατώντας σχεδόν το 90% των αιωρούμενων συστατικών (διάγραμμα).

$$\frac{D}{t_{design}} = \frac{Q}{A} \Rightarrow Q = A \cdot \left(\frac{D}{t_{design}} \right) = \frac{2,8m}{30 \text{ min}} \cdot 15m^2 = 1,4m^3 / \text{min} \Rightarrow \boxed{Q = 84m^3 / h}$$





5.5.3 Γενικές αρχές σχεδιασμού δεξαμενών καθίζησης. (1)

- Για το σχεδιασμό μιας δεξαμενής καθίζησης λαμβάνονται υπόψη παράγοντες όπως:
 - Χρόνος Παραμονής (detention time)
 - Παροχή Υπερχείλισης (overflow rate)
 - Ταχύτητα Ροής (velocity flow) για ορθογώνιες δεξαμενές καθίζησης
 - Ογκομετρική Παροχή (volumetric flow rate).

Ο χρόνος παραμονής σε μια δεξαμενή καθίζησης υπολογίζεται από τη σχέση

$$t_0 = \frac{V}{Q} = \frac{L \cdot W \cdot Z}{Q}$$

Όπου t_0 ο χρόνος παραμονής, V ο όγκος της δεξαμενής, για ορθογώνιες δεξαμενές L το μήκος της δεξαμενής, W το πλάτος, Z το ύψος και Q η ογκομετρική παροχή.

Η παροχή υπερχείλισης δηλ. η φόρτιση επιφάνειας προσδιορίζεται από τη σχέση

$$V_0 = \frac{Q}{A}$$



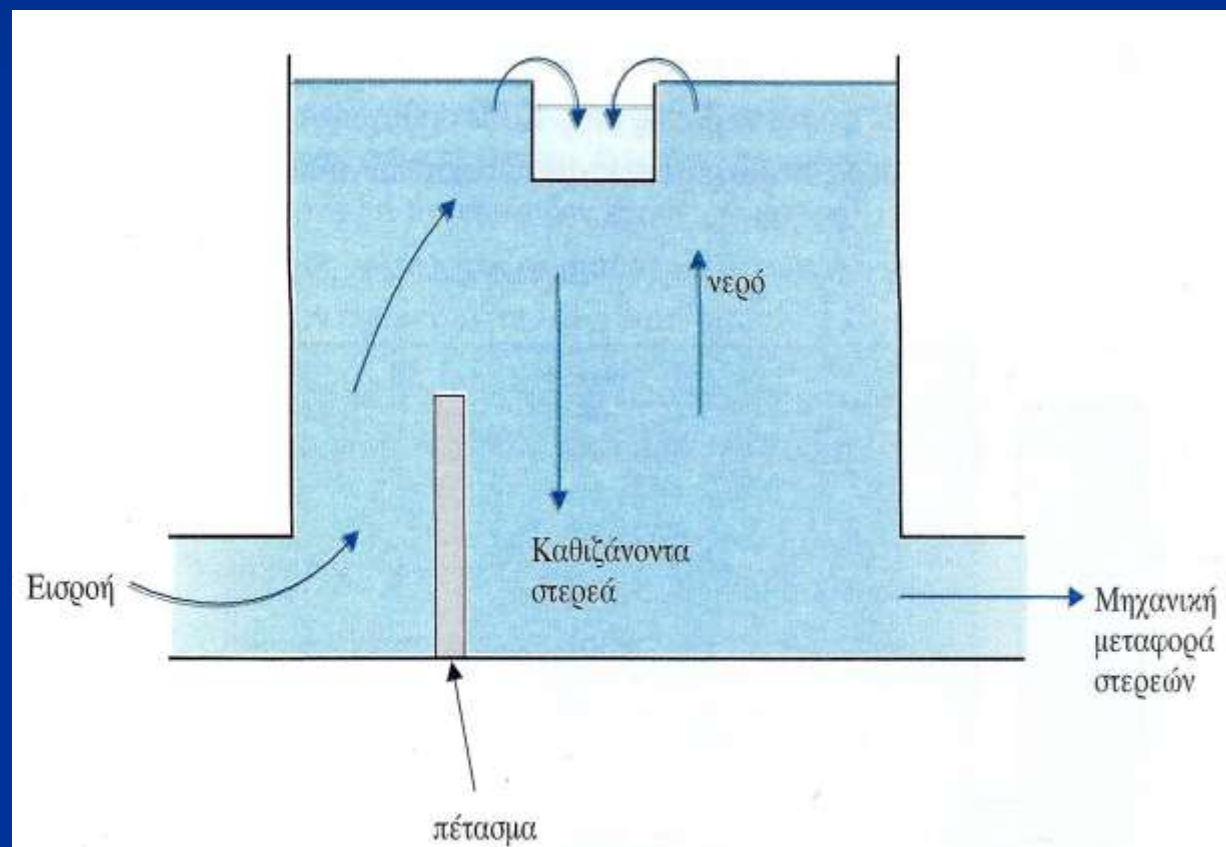
5.5.3 Γενικές αρχές σχεδιασμού δεξαμενών καθίζησης. (2)

➤ Η παροχή υπερχείλισης δηλ. η φόρτιση επιφάνειας προσδιορίζεται από τη σχέση

$$V_0 = \frac{Q}{A}$$

➤ Όπου V_0 η παροχή υπερχείλισης, Q η ογκομετρική παροχή και A η επιφάνεια δεξαμενής.

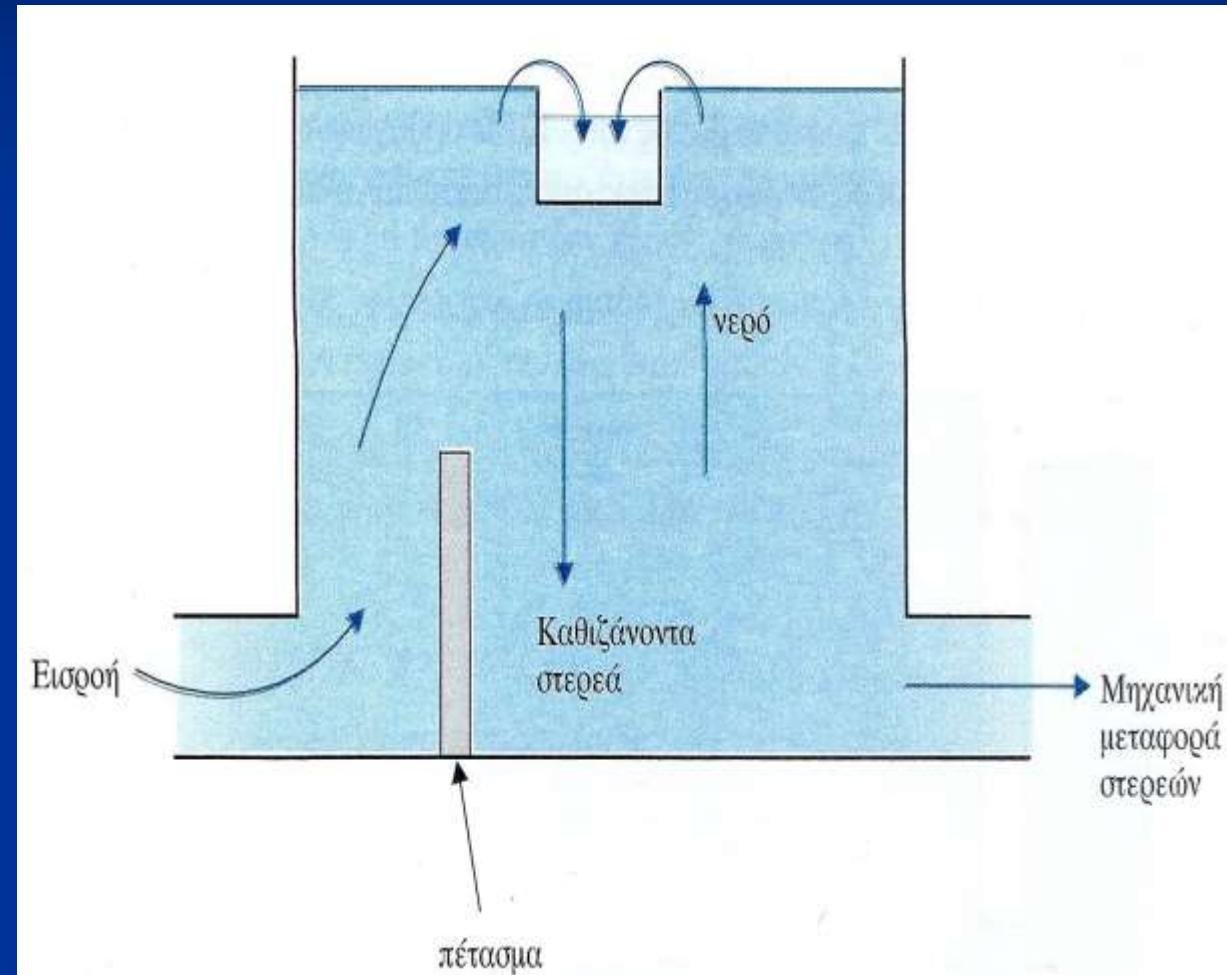
➤ Στον ιδανικό σχεδιασμό δεξαμενής καταβύθισης τα προς καθίζηση αιωρούμενα στερεά εισέρχονται από τον πυθμένα της δεξαμενής. Το καθαρό νερό υπερχειλίζει στην επιφάνεια.





5.5.3 Γενικές αρχές σχεδιασμού δεξαμενών καθίζησης. (3)

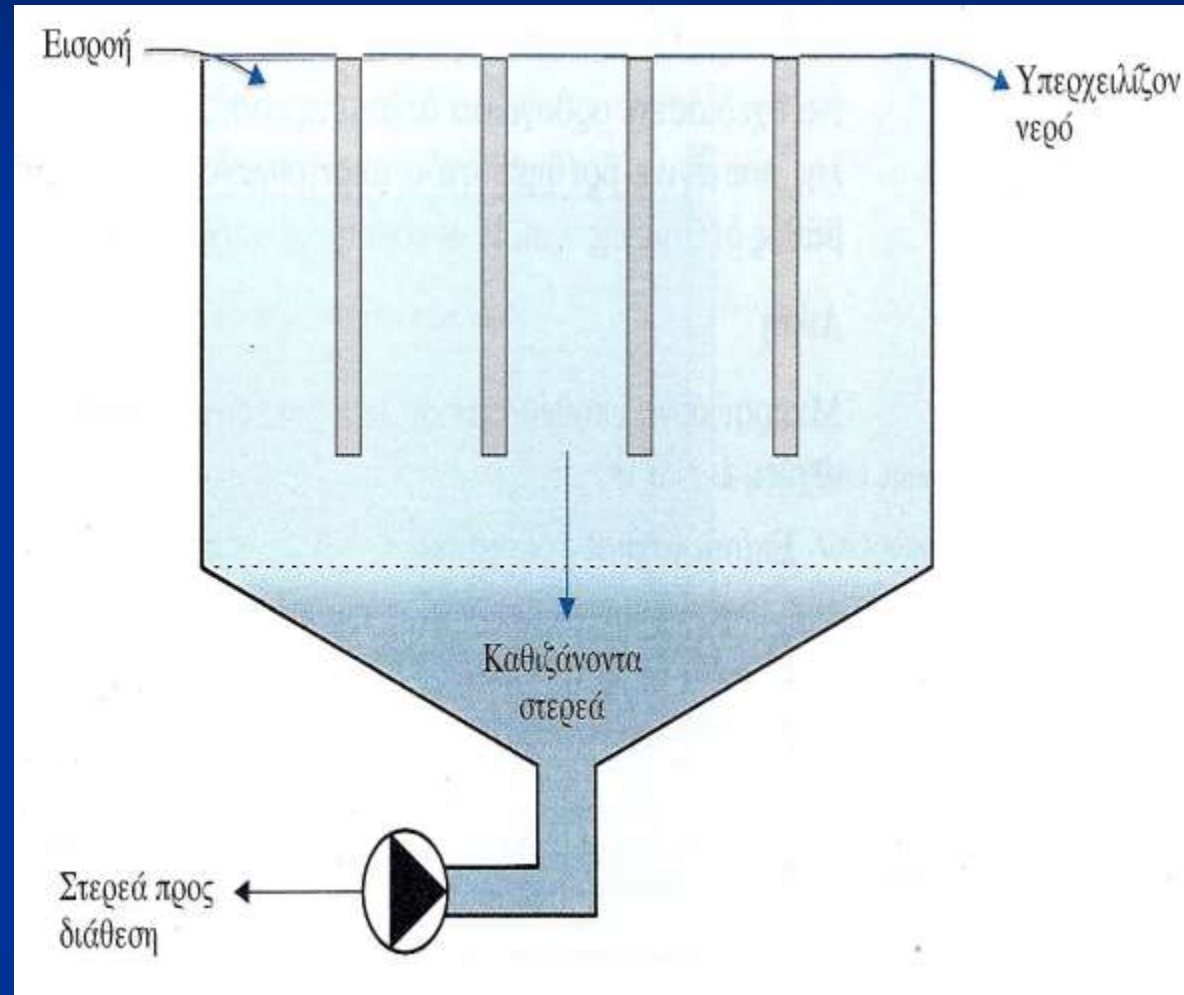
- Το καθαρό νερό υπερχειλίζει στην επιφάνεια και εξέρχεται μέσα από ειδικά σχεδιασμένο κανάλι, ενώ τα στερεά καθιζάνουν στον πυθμένα της δεξαμενής.
- Σχήμα δεξαμενών καθίζησης
 - Ορθογώνιες
 - Κυκλικές
 - Τετράγωνες
- Για την υποβοήθηση της καθίζησης οι δεξαμενές μπορούν να έχουν και πετάσματα (σχήμα).





5.5.3 Γενικές αρχές σχεδιασμού δεξαμενών καθίζησης. (4)

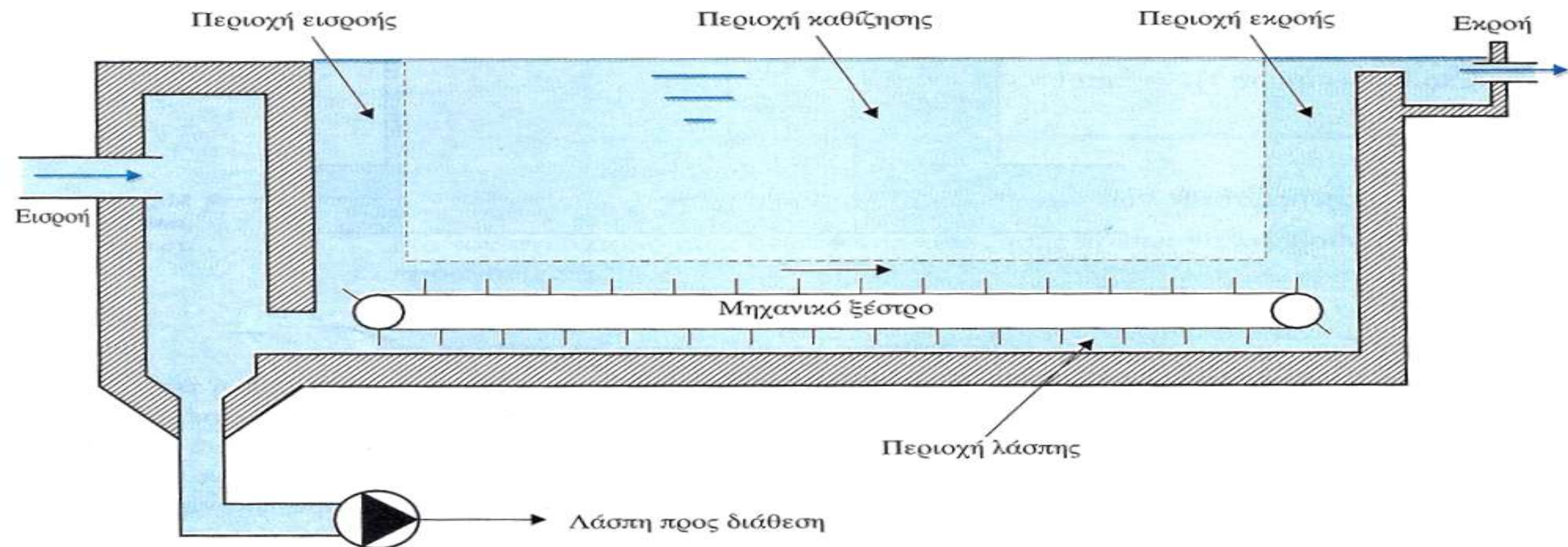
- Το νερό εισέρχεται από τη μια πλευρά της δεξαμενής και υπερχειλίζει από την άλλη σε μια διαδρομή ελικοειδή υποβοηθούμενο από τα πετάσματα.
- Ο πυθμένας των δεξαμενών αυτών είναι συνήθως κωνικός ώστε να συγκεντρώνει ιζήματα που μεταφέρονται με τη βοήθεια αντλιών ή μηχανικών ξέστρων.





5.5.3 Γενικές αρχές σχεδιασμού δεξαμενών καθίζησης. (5)

- Ο πυθμένας των δεξαμενών αυτών είναι συνήθως κωνικός ώστε να συγκεντρώνει ιζήματα που μεταφέρονται με τη βοήθεια αντλιών ή μηχανικών ξέστρων.
- Οι ορθογώνιες δεξαμενές έχουν **μήκος τριπλάσιο του πλάτους** και 10 – 20 φορές το βάθος τους. Περιλαμβάνουν 4 περιοχές όπως στο σχήμα (περιοχή εισροής, καθίζησης, εκροής, λάσπης).





5.5.3 Γενικές αρχές σχεδιασμού δεξαμενών καθίζησης. (6)

➤ Παράδειγμα 5.6

➤ Να σχεδιασθεί ορθογώνια δεξαμενή καθίζησης τύπου –II όταν από ανάλυση στήλης βρέθηκε ότι ο απαιτούμενος χρόνος συγκράτησης είναι $t_d=4h$ σε βάθος δεξαμενής $D=3m$. Η ογκομετρική παροχή είναι $Q=100m^3/h$.

➤ Θεωρώντας το μήκος τριπλάσιο του πλάτους (ορθογώνιες δεξαμενές) θα είναι:

$$\frac{D}{t_d} = \frac{Q}{A} \Rightarrow A = \frac{Q}{D} \cdot t_d = \frac{100m^3 / h}{3m} \cdot 4h \Rightarrow \boxed{A = 133m^2}$$

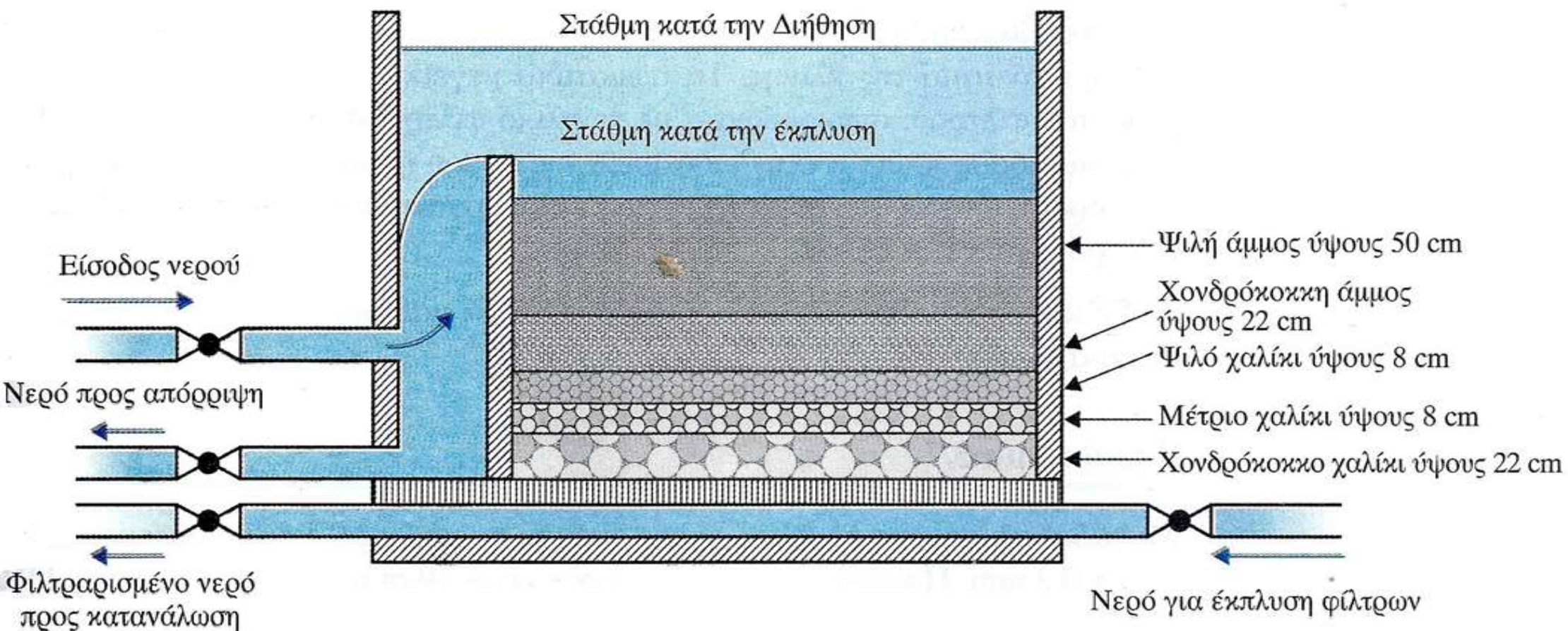
$$A = L \cdot W = (3W)W = 3W^2 \Rightarrow W = \sqrt{\frac{A}{3}} = \sqrt{\frac{133}{3}} \Rightarrow \boxed{W = 6.65m}$$



5.6 Διήθηση.

(1)

- Η διήθηση έχει στόχο τη συγκράτηση όλων των αιωρούμενων συστατικών στο νερό τα οποία δεν έχουν συγκρατηθεί κατά τη διεργασία της καθίζησης. Δηλ. η διήθηση ως διεργασία έπεται των διεργασιών της καθίζησης.





5.6 Διήθηση.

(1)

- Η διήθηση πραγματοποιείται σε διαδοχικά στρώματα όπου το νερό ρέει από την κορυφή προς τον πυθμένα είτε λόγω βαρύτητας είτε λόγω εφαρμοζόμενης πίεσης.
- Καθώς το νερό κατέρχεται περνά από διαδοχικά στρώματα διαφορετικής κοκκομετρικής σύστασης. Τα στρώματα αυτά από την κορυφή προς τον πυθμένα αποτελούνται από :
 - Ψιλή άμμο χαλαζία
 - Χοντρόκοκκη χαλαζιακή άμμο
 - Ψιλό χαλίκι
 - Μέτριο χαλίκι
 - Χοντρό χαλίκι
- Το πάχος κάθε στρώματος ποικίλει ανάλογα με τον κατασκευαστή φίλτρων. Η διαδικασία διήθησης ή έκπλυσης καθορίζεται από το πόσα στερεά έχουν κατακρατηθεί στα φίλτρα και υλοποιείται από τις βάνες.



5.6 Διήθηση.

(2)

- Η μελέτη των φίλτρων μπορεί να γίνει θεωρώντας ότι το φίλτρο περιέχει ομογενές υλικό διαμέτρου d_p .
- Οι απώλειες πίεσης λόγω τριβών κατά μήκος του φίλτρου περιγράφονται από την εξ. Carmen – Kozeny και δίνεται :

$$h_f = \frac{f \cdot L(1-e)V^2}{e^3 \cdot g \cdot d_p}$$

- όπου: f ο συντελεστής τριβής, h_f οι απώλειες λόγω τριβών, L το μήκος του φίλτρου, e το πορώδες της στήλης του φίλτρου, V η ταχύτητα ροής του νερού d_p η μέση διάμετρος του υλικού πλήρωσης των φίλτρων.
- Για στρωτή ροή ο συντ. τριβής υπολογίζεται από τη σχέση όπου k ο συντ. σχήματος με τιμές 0.75 – 0.85, d_p η διάμετρος των σωματιδίων, μ το δυναμικό Ιξώδες του νερού.

$$f = 150 \frac{(1-e)}{Re} + 1.75 \quad Re = k \rho V d_p / \mu$$



5.6 Διήθηση.

(3)

- Παράδειγμα
- Μονάδας φίλτρανσης περιέχει ομογενή άμμο πορώδους 0,4 και διαμέτρου σωματιδίων 0,3mm. Η ταχύτητα της ροής του νερού είναι 10m/h σε θερμοκρασία 20°C. Ο συντ. σχήματος είναι 0.80 και το μήκος του φίλτρου είναι 2m.
- Να υπολογιστεί η απώλεια πίεσης στο φίλτρο.



5.6.1 Φίλτρανση.

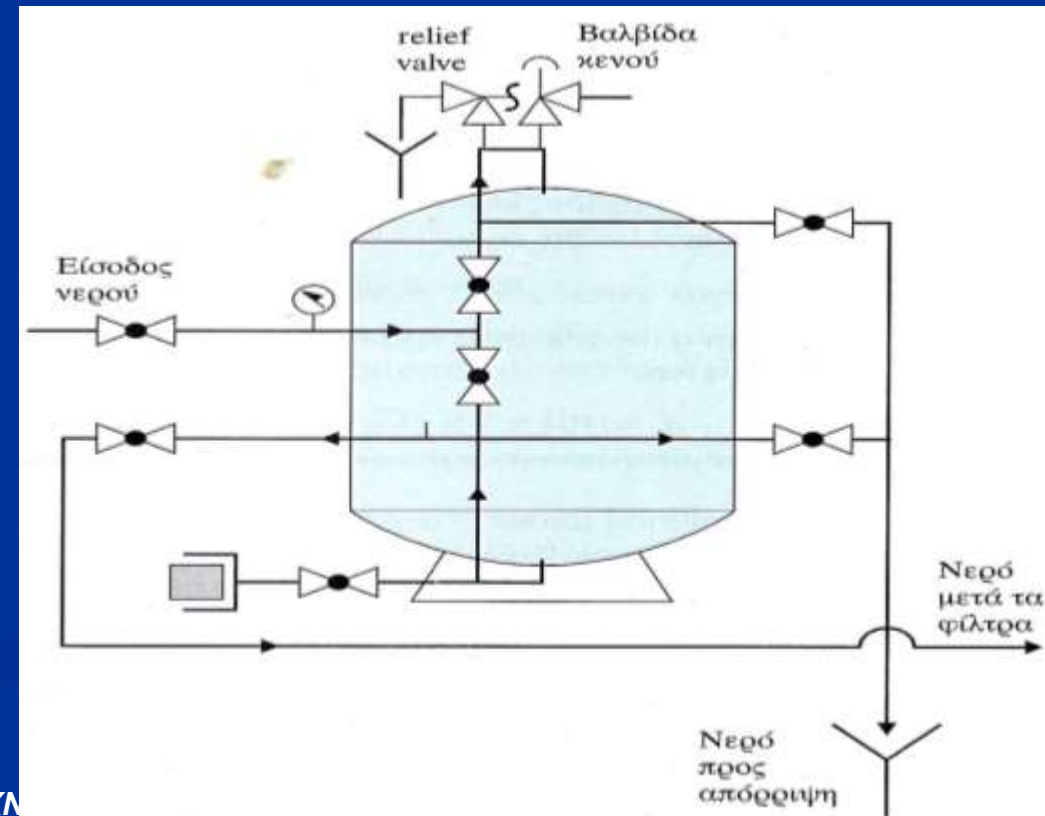
(1)

- Η διεργασία που επιτελείται στα φίλτρα βαρύτητας περιλαμβάνει φίλτρανση, κροκίδωση, ηλεκτρολυτικές αλλαγές, απορρόφηση, βιολογική δράση και καθίζηση.
- Η φίλτρανση γίνεται λόγω μεγέθους των σωματιδίων της αιωρούμενης ύλης τα οποία δεν μπορούν να διέλθουν από την κρισάρα.
- Καθώς η διαδικασία της διήθησης συνεχίζεται, τα σωματίδια που εναποτίθενται αυξάνουν τη διηθητική ικανότητα. Τα σωματίδια μεγέθους μικρότερου των διόδων μέσω του φίλτρου, συγκρούονται με το υλικό της φίλτρανσης χάνουν την ταχύτητά τους και προσροφώνται στην επιφάνεια της άμμου ή των χαλικιών.
- Βιολογική δράση μπορεί να αναπτυχθεί από μικροοργανισμούς που μεταφέρονται με το νερό ή μπορούν να επιβιώνουν και να ζουν στα φίλτρα.
- Το φίλτρο θα πρέπει να καθορίζεται περιοδικά από την ύλη που συγκρατεί σε κατάσταση αντιρροής.



5.6.1 Φίλτραυση. (2)

- Η διήθηση χωρίζεται σε **βραδεία** και **ταχεία** ανάλογα με την ταχύτητα (διήθησης ή διύλισης).
- Στη βραδεία διήθηση οι ταχύτητες (0,05 – 2)m/s (βραδυδιυλιστήρια)
- Στην ταχεία διήθηση οι ταχύτητες (5 – 50)m/h (ταχυδιυλιστήρια).
- Κατά τη διαδικασία ταχείας διύλισης χρησιμοποιούνται πολυστρωματικά φίλτρα υπό πίεση. Υπάρχει δυνατότητα έκπλυσης των φίλτρων σε προγραμματισμένο χρόνο.
- Η ικανότητα καθαρισμού των φίλτρων καθορίζεται από τις στρώσεις των υλικών που περιέχουν και από την ταχύτητα ροής.
- Η ταχύτητα ροής υπολογίζεται από την παροχή νερού προς κατεργασία και τη διάμετρο του φίλτρου.





(3)

5.6.1 Φίλτρανση.

- Χαλαζιακά φίλτρα νερού (αμμόφιλτρα).
- Χρησιμοποιούνται προκειμένου να καθαρίσουμε το νερό από στερεά σωματίδια. Έχουν εφαρμογή εκεί όπου υπάρχουν μεγάλες καταναλώσεις νερού, προερχομένου κυρίως από γεωτρήσεις και το οποίο είναι αρκετά επιβαρυσμένο σε στερεά σωματίδια.
- Αποτελούνται από ένα κυλινδρικό δοχείο μεταλλικό ή από fiberglass, το οποίο εσωτερικά φέρει ειδικούς διαχύτες προκειμένου να επιτυγχάνεται η σωστή διασπορά του νερού. Το χαλαζιακό στρώμα αποτελείται από περισσότερα διαφορετικής κοκκομετρίας στρώματα, ξεκινώντας από το κάτω μέρος είναι 8 – 15 mm, ενώ στο επάνω μέρος καταλήγουν σε 0,6 – 0,8 mm. Τα χαλαζιακά φίλτρα είναι αυτοκαθαριζόμενα.





(4)

5.6.1 Φίλτρανση.

- Χαλαζιακά φίλτρα νερού (αμμόφιλτρα).
- Ο καθαρισμός τους επιτυγχάνεται με αντίστροφη πλύση (BW), δηλαδή οδηγώντας το νερό από κάτω προς τα επάνω και αποβάλλοντας στην αποχέτευση τα στερεά σωματίδια που έχουν κατακρατηθεί. Η ανάγκη της αντίστροφης πλύσης διαπιστώνεται από τη διαφορά της πίεσεως (>1 bar) μεταξύ των εγκατεστημένων μανομέτρων της εισόδου και της εξόδου του νερού από το φίλτρο.
- Τα χαλαζιακά φίλτρα λειτουργούν χειροκίνητα ή αυτομάτως και μπορούν να εγκατασταθούν εν σειρά, εν παραλλήλω, ή εναλλάξ. Σε περίπτωση που απαιτείται καλύτερη κατακράτηση, στην έξοδο ενός χαλαζιακού φίλτρου μπορεί να εγκατασταθεί ένα φίλτρο φυσιγγίων, ή ένα φίλτρο σακούλας, οπότε το μέγεθος των στερεών σωματιδίων που μπορούν να κατακρατηθούν μειώνεται.





5.6.1 Φίλτρανση.

(5)

➤ Φίλτρα Πολυστρωματικής Κλίνης.

- Τα φίλτρα αυτά είναι ειδικές κατασκευές με συγκεκριμένη σχεδίαση και αποτελούνται από κατακόρυφα κυλινδρικά βαρέως τύπου σκληρά δοχεία πληρωτικού υλικού, ενισχυμένα για μεγάλη μηχανική αντοχή και με αντιδιαβρωτική προστασία.
- Το πληρωτικό υλικό τοποθετείται σε κλίνες και αποτελείται από υλικά φίλτρανσης διαφορετικής κοκκομετρίας όπως ο χαλαζίας, ο ανθρακίτης, ο ενεργός άνθρακας, ο ζεόλιθος, ειδικές ρυτίνες κ.α.
- Στο πάνω μέρος του φίλτρου βρίσκεται το υλικό με το μεγαλύτερο μέγεθος κόκκου και το νερό διέρχεται με ροή από πάνω προς τα κάτω. Τα συγκεκριμένα φίλτρα έχουν εφαρμογή στα δίκτυα ύδρευσης, στην επεξεργασία λυμάτων, στα νερά γεωτρήσεων, στην προεπεξεργασία θαλασσινού νερού.





5.6.1 Φίλτρανση.

(6)

- **Φίλτρα Πολυστρωματικής Κλίνης.**
- Βάσει της χημικής ανάλυσης του νερού γίνεται η σωστή διαβάθμιση των πληρωτικών υλικών (ρυτίνες και ορυκτά πετρώματα), που αφαιρούν από το νερό τα στοιχεία για τα οποία έχουν επιλεγεί, όπως τα σωματίδια, τη θολότητα, τα μικρόβια, το αρσενικό, το μαγγάνιο, το υδρόθειο, το βόριο, το χλώριο, ο σίδηρος κ.λπ.
- Κάποια από τα πλεονεκτήματα της φίλτρανσης αυτής είναι το χαμηλό λειτουργικό κόστος λόγω της μεγάλης αντοχής των πληρωτικών υλικών, αλλά και η αντίστροφη πλύση, μέσω της οποίας αφαιρούνται όλα τα κατακρατημένα σωματίδια.





5.6.1 Φίλτρανση.

(7)

➤ Φίλτρα Πολυστρωματικής Κλίνης.





5.7 Απολύμανση.

(1)

- Διεργασίες Επεξεργασίας νερού πριν τη διάθεση προς κατανάλωση
 - 1. Αερισμός
 - 2. Συσσωμάτωση / Κροκίδωση
 - 3. Καθίζηση (τύπου I, τύπου II)
 - 4. Διήθηση
 - 5. Απολύμανση.
-
- **Στόχος της απολύμανσης** η εξόντωση των παθογόνων μικροοργανισμών που έχουν απομείνει αλλά και άλλων που μπορεί να εισέρχονται στο δίκτυο διανομής του νερού.
 - Τρόποι απολύμανσης
 - Χρήση Χλωρίου / Χρήση Όζοντος / Υπεριώδης ακτινοβολία.



5.7 Απολύμανση.

(2)

- Τρόποι απολύμανσης - Χρήση Χλωρίου.
- Προσθήκη υποχλωριώδους νατρίου (NaOCl) στο σωλήνα παροχής με δοσομετρικές αντλίες ή με προσθήκη NaOCl σε δεξαμενές συγκέντρωσης του νερού.
- Η συγκέντρωση χλωρίου στο νερό δεν πρέπει να ξεπερνά τα 0,5 ppm.
- Το χλώριο εκτός από απολυμαντικό,
 - Βοηθά στην κροκίδωση των αιωρούμενων οργανικών ουσιών.
 - Μειώνει τη δράση ουσιών που δίνουν οσμή – χρώμα στο νερό.
 - Οξειδώνει το σίδηρο και το μαγγάνιο.
 - Μειώνει το οργανικό φορτίο.
- Μειονέκτημα η δημιουργία χλωραμινών ή άλλων χλωριωμένων οργανικών ενώσεων επικίνδυνων για την ανθρώπινη υγεία.



5.8 Αποσκλήρυνση.

(1)

- Η σκληρότητα του νερού οφείλεται σε άλατα ασβεστίου (Ca) και μαγνησίου (Mg).
- Η απομάκρυνση των αλάτων συνιστά την αποσκλήρυνση του νερού που γίνεται με
 - Χημική Καθίζηση
 - Ιοντοανταλλαγή.
 - Χημική Καθίζηση
- Η σκληρότητα λόγω ανθρακικών αλάτων αλλά και αλάτων μαγνησίου μπορούν να απομακρυνθούν
 - με την προσθήκη CaO και Na₂CO₃,
 - Με την προσθήκη καυστικής σόδας NaOH.
- Η διαδικασία της χημικής καθίζησης δεν απομακρύνει πλήρως τη σκληρότητα. Παραμένουν ~40 mg/l CaCO₃ και ~10 mg/l Mg(OH)₂.
- Το δυσδιάλυτο CaCO₃ που εξακολουθεί να αιωρείται στο νερό καταβυθίζεται προκαλώντας προβλήματα στις εγκαταστάσεις.



5.8 Αποσκλήρυνση.

(2)

- Ιοντοανταλλαγή.
- Η διαδικασία αποσκλήρυνσης με τη μέθοδο αυτή συνοψίζεται στην αντικατάσταση των ιόντων που ευθύνονται για την σκληρότητα, (ασβέστιο, μαγνήσιο) με άλλα ιόντα που σχηματίζουν ευδιάλυτα άλατα (Na).
- Το νερό διοχετεύεται προς αποσκλήρυνση σε στήλες που περιέχουν ρητίνες όπου γίνεται η αντικατάσταση των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου με ιόντα νατρίου.



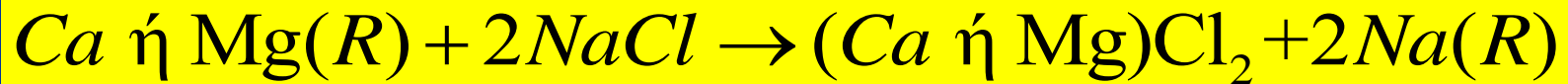
- Η αντίδραση ιοντοανταλλαγής είναι πολύ γρήγορη και συνεχίζεται όσο υπάρχουν στη ρητίνη διαθέσιμες θέσεις ανταλλαγής ιόντων. Όταν η ρητίνη κορεστεί θα πρέπει να γίνει αναγέννηση (regeneration). Η αναγέννηση περιλαμβάνει την κατεργασία της ρητίνης με πυκνό διάλυμα NaCl.
- Με την προσθήκη NaCl τα ιόντα Ca, Mg στη ρητίνη αντικαθίστανται από ιόντα Na και έτσι η ρητίνη δρα ξανά ως αποσκληρυντής.



5.8 Αποσκλήρυνση.

(3)

- Ιοντοανταλλαγή.
- Η αναγέννηση περιλαμβάνει την κατεργασία της ρητίνης με πυκνό διάλυμα NaCl.
- Με την αναγέννηση τα ιόντα Ca, Mg, αντικαθίστανται από ιόντα Na και έτσι η ρητίνη μπορεί να δρα πάλι ως αποσκληρυντής.



- Η ικανότητα αποσκλήρυνσης των στηλών ιοντοανταλλαγής κυμαίνεται μεταξύ 15 – 100 kg/m³. Η αναγέννηση της στήλης επιτυγχάνεται με τη χρήση ποσοτήτων NaCl 80 – 160 kg NaCl /m³ στήλης σε μορφή διαλύματος περιεκτικότητα 5 – 20 %. Η ταχύτητα διόδου του διαλύματος αναγέννησης ~40 lt/min m².
- Η ικανότητα αποσκλήρυνσης της στήλης εξαρτάται από παράγοντες όπως
- Υλικό πλήρωσης της στήλης / Υλικό κάλυψης για ιοντοανταλλαγή / Ποσότητα υλικό αναγέννησης / Χρόνος επαφής αναγέννησης.



5.9 Εταιρείες κατεργασίας νερού.

(1)

- ΕΥΔΑΠ
- ΔΕΥΑ Δημοτικές Επιχειρήσεις
- Στα εργαστήρια της ΕΥΔΑΠ γίνονται σε ετήσια βάση
- 300 πλήρεις αναλύσεις δειγμάτων από λίμνες της χώρας
- 10.000 μικροβιολογικές εξετάσεις από σημεία του δικτύου
- 20.000 επιτόπιοι έλεγχοι του υπολειμματικού χλωρίου.
- Κύριος σκοπός των ελέγχων είναι ο προσδιορισμός των μετάλλων στα δείγματα νερού.
- Η δυνατότητα των εργαστηρίων φθάνει στην αντίχνευση 30 διαφορετικών μετάλλων σε ένα δείγμα νερού.
- Έλεγχοι στους ταμιευτήρες ώστε να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των Οδηγιών της Ε.Ε ως προς τις βιολογικές παραμέτρους (κυρίως παρακολουθείται το φυτοπλαγκτόν των ταμιευτήρων γιατί αυτό δείχνει την κατάσταση των λιμνών και πιθανά στάδια ευτροφισμού).



5.9.1 Στάδια επεξεργασίας νερού της ΕΥΔΑΠ. (1)

- Το νερό παραλαμβάνεται ακατέργαστο στις εγκαταστάσεις, περιέχει
- στερεά (κλαδιά, χώμα, λάσπη) που έχουν παρασυρθεί
- μικρόβια – μικροοργανισμούς που δεν είναι ορατοί.
- Το νερό υποβάλλεται σε κροκίδωση, καθίζηση, διύλιση, απολύμανση)
- **1° στάδιο** Προσθήκη χλωρίου και απολύμανση. Εξουδετερώνονται τα μικρόβια.
- **2° στάδιο** Προσθήκη διαλύματος θειικού Αργιλίου $Al_2(SO_4)_3$ και διαύγαση. Το διάλυμα αυτό βοηθάει στη συσσωμάτωση των στερεών σωματιδίων που βρίσκονται μέσα στο νερό ώστε να αποκτήσουν μεγαλύτερο βάρος (κροκίδες) και κατακάθονται.
- Η κροκίδωση γίνεται σε 2 στάδια που διαφέρουν ως προς την ένταση της ανάμειξης του νερού.
- Ανάμειξη με μηχανικά μέσα (αναδευτήρες) και
- Ανάμειξη με υδραυλικά μέσα (στροβιλισμό του νερού και πρόσκρουση στα τοιχώματα δεξαμενών).



5.9.1 Στάδια επεξεργασίας νερού της ΕΥΔΑΠ. (2)

- Η κροκίδωση γίνεται σε 2 στάδια που διαφέρουν ως προς την ένταση της ανάμειξης του νερού.
- Ανάμειξη με μηχανικά μέσα (αναδευτήρες) και
- Αναμειξη με υδραυλικά μέσα (στροβιλισμό του νερού και πρόσκρουση στα τοιχώματα δεξαμενών).
- **3^ο στάδιο Δεξαμενή Καθίζησης.**
Το νερό στη δεξαμενή ηρεμεί και τα συσσωματωμένα στερεά (κροκίδες) καθιζάνουν στον πυθμένα της δεξαμενής.
Κατά το στάδιο αυτό το νερό καθαρίζεται σε ποσοστό 80%.
- **4^ο στάδιο Φίλτρα Καθαρισμού** (αμμόφιλτρα).
- Τα πολύ ελαφρά σωματίδια και τα κολλοειδή (20%) που δεν καταφέρνουν να κατακάθονται, τελικά κατακρατούνται σε ειδικά αμμόφιλτρα από τα οποία το νερό βγαίνει καθαρό προς κατανάλωση.
- Προσθήκη συμπληρωματικά χλωρίου μετά τις δεξαμενές αποθήκευσης πριν την είσοδο στο δίκτυο ύδρευσης.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

- 5.1.1 Κατεργασία υπόγειων υδάτων
- 5.1.2 Κατεργασία επιφανειακών υδάτων
- 5.2 Διάλυση – Ανάμιξη.
- 5.3 Αερισμός
- 5.3.1 Αερισμός με ακροφύσια
- 5.3.2 Αερισμός με φυσαλίδες
- 5.4 Συσσωμάτωση και Κροκίδωση
- 5.5 Καθίζηση
- 5.5.1 Καθίζηση Τύπου –I.
- 5.5.2 Καθίζηση Τύπου –II.
- 5.5.3 Γενικές αρχές σχεδιασμού δεξαμενών καθίζησης.
- 5.6 Διήθηση.
- 5.6.1 Φίλτραυση.
- 5.7 Απολύμανση.
- 5.8 Αποσκλήρυνση
- 5.9 Εταιρείες κατεργασίας νερού
- 5.9.1 Στάδια επεξεργασίας νερού της ΕΥΔΑΠ.