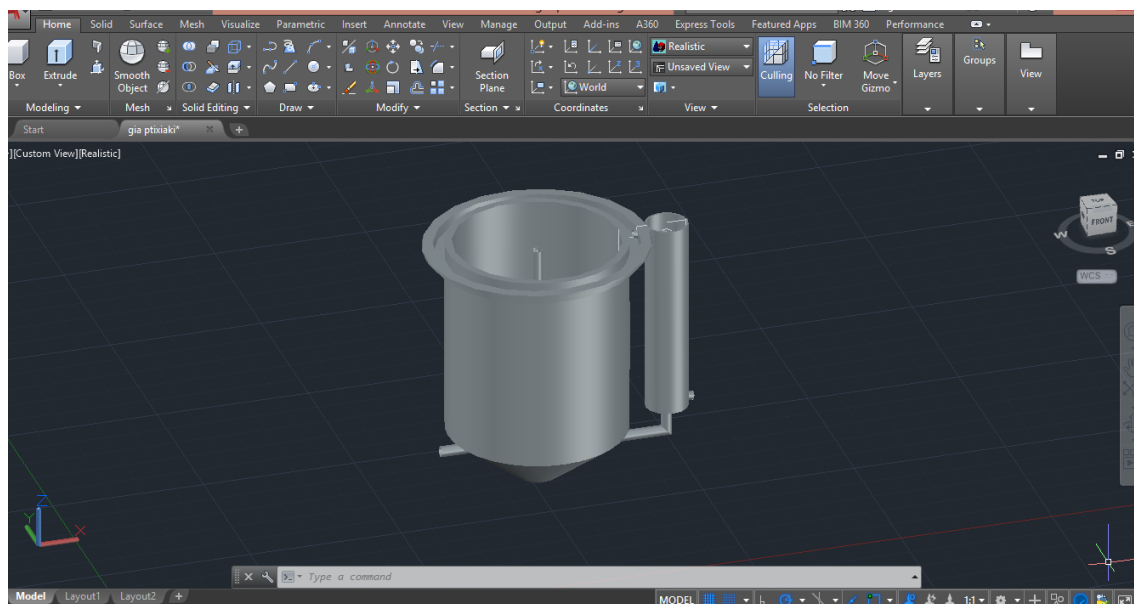




**ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**(ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΕ)**

---



Εικόνα 1: Τελικό σχέδιο σε 3D AutoCad

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Σχεδιομελέτη δεξαμενής καθίζησης για την επεξεργασία νερού**

**Μουσαμάς Ραφαήλ-Ιωάννης**

A.M. 1818

Επιβλέπουσα:

Κώττη Μελίνα

Επίκουρος καθηγήτρια ΕΛ.ΜΕ.ΠΑ

ΧΑΝΙΑ 2020

## **ΤΙΤΛΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Σχεδιομελέτη δεξαμενής καθίζησης για την επεξεργασία νερού

## **ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΦΟΙΤΗΤΗ**

Μουσαμάς Μιχ. Ραφαηήλ-Ιωάννης

A.M. 1818

## **ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

Κώττη Σπυριδούλα-Μελίνα (επίκουρος καθηγήτρια, επιβλέπουσα)

Μαραβελάκης Εμμανουήλ (αναπληρωτής καθηγητής, μέλος)

Μπολανάκης Νικόλαος (υποψήφιος διδάκτωρ, μέλος)

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Καταρχήν θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια Κώττη Μελίνα για την συνεχόμενη επίβλεψη της κατά την διάρκεια της πτυχιακής μου εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή Εμμανουήλ Μαραβελάκη για την πολύτιμη βοήθειά του στην σχεδίαση με 3DAutoCad. Δεν παραλείπω να ευχαριστήσω τον συνεργάτη του ΕΛ.ΜΕ.ΠΑ Νικόλαο Μπολανάκη για την βοήθειά του στην εύρεση πληροφοριών για το 3D autoCad και στην σχεδίαση της δεξαμενής με το 3D autocad.

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η επεξεργασία του νερού, όταν αυτό περιέχει στερεά σωματίδια με πυκνότητα μεγαλύτερη του νερού, γίνεται συνήθως με την μέθοδο της καθίζησης. Οι δεξαμενές καθίζησης κατασκευάζονται είτε σε ορθογωνικό ή σε κυκλικό σχήμα. Οι διαστάσεις τους πρέπει να τηρούν ορισμένες προδιαγραφές. Στην παρούσα εργασία σχεδιάστηκε με CAD μια κυκλική δεξαμενή καθίζησης. Η συγκεκριμένη δεξαμενή διαστασιολογήθηκε, ώστε να εξυπηρετεί τις ανάγκες ύδρευσης μιας μικρής ξενοδοχειακής μονάδας περίπου 200 κλινών. Για την παρούσα πτυχιακή εργασία σχεδιάστηκε σε κλίμακα 1:100.000. Η δεξαμενή θα χρησιμοποιηθεί για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

Η πτυχιακή εργασία χωρίζεται σε πέντε κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρονται γενικές πληροφορίες για το νερό , η σχετική νομοθεσία για την προστασία του, και οι κύριες μέθοδοι επεξεργασίας του. Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά η μέθοδος της καθίζησης, καθώς και τα είδη των δεξαμενών καθίζησης. Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται το σχεδιαστικό πρόγραμμα AUTOCAD. Στο τέταρτο κεφάλαιο υπολογίζονται οι διαστάσεις της δεξαμενής, παρουσιάζονται τα βήματα που ακολουθούνται για την κατασκευή της με 3D AUTOCAD. Στο τελευταίο κεφάλαιο περιγράφονται σχόλια και συμπεράσματα.

## **ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ**

Διαστασιολόγηση, επεξεργασία νερού, καθίζηση, σχεδιομελέτη, τρισδιάστατη κυκλική δεξαμενή καθίζησης, AutoCad

## **ABSTRACT**

Water treatment is usually achieved by sedimentation when water consists of solid particles of higher density than water. The sedimentation tanks are constructed either rectangular or circular. Their dimensions have to fulfil specific limitations. In the present study, a 3-D circular sedimentation tank has been designed by CAD. This tank was designed in order to serve the needs for water of a small hotel with 200 beds. For the needs of the thesis it was constructed in a 1:100000 scale. Further use of the tank will be for educational purposes.

The present thesis is separated into five chapters. In the first chapter general information about the water and its legislation are provided, together with the water treatment methods. In the second chapter emphasis is given in the sedimentation and in the types of sedimentation tanks. Continuously, the program CAD is described in the third chapter. In the fourth chapter, the calculation of the tank dimensions and the design of the tank are described. In the last chapter, a brief discussion and the conclusions of the thesis are presented.

## **KEYWORDS**

CAD, 3D circular sedimentation tank, dimensions, manufacturing, sedimentation, water treatment

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ.....	4
ABSTRACT.....	5
KEYWORDS.....	5
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ .....	6
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ .....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> .....	8
1.1 Γενικά για το νερό .....	8
1.2 Παράμετροι ποιότητας νερού .....	8
1.3 Νομοθεσία για το νερό .....	9
1.4 Μέθοδοι επεξεργασίας νερού .....	10
1.4.1 Κροκίδωση – συσσωμάτωση.....	10
1.4.2 Διήθηση .....	11
1.4.3 Προσρόφηση.....	12
1.4.4 Ιοντοεναλλαγή .....	13
1.4.5 Απολύμανση .....	14
1.4.6 Καθίζηση .....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> .....	16
ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ.....	16
2.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την καθίζηση .....	16
2.2 Κατηγορίες καθίζησης.....	17
2.3 Είδη δεξαμενών καθίζησης.....	19
2.3.1 Δεξαμενές καθίζησης γεμίματος και έλξης (ηρεμίας).....	20
2.3.2 Δεξαμενές καθίζησης συνεχούς ροής.....	20
2.3.2.1 Δεξαμενές καθίζησης οριζόντιας ροής.....	21
2.3.2.2 Δεξαμενές κατακόρυφης ροής.....	23
2.4 Ζώνες καθίζησης.....	25
2.5 Διαστασιολόγηση δεξαμενών καθίζησης .....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup> .....	28
ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ CAD .....	28
3.1 Γενικά για το CAD .....	28
3.1.1 αναπαράσταση 3Δ μοντέλων .....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο .....	32
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ .....	32
4.1 Εύρεση διαστάσεων της δεξαμενής.....	32
4.2 Σχηματισμός με CAD .....	34
4.3 Κατασκευές είσοδου.....	38
4.4 Κατασκευές εξόδου.....	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 <sup>ο</sup> .....	39
ΣΧΟΛΙΑ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	39
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	40
ΕΛΛΗΝΙΚΗ .....	40
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ.....	41

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Τελικό σχέδιο σε 3D AutoCad .....	1
Εικόνα 2: ορθογωνική δεξαμενή καθίζησης (πρώτο σχήμα) κυκλική δεξαμενή καθίζησης (τροφοδότηση από το κέντρο και εκροή από περιμετρικό υπερχειλιστή)(δεύτερο σχήμα ) .....	17
Εικόνα 3: Συσχετισμός μεταξύ τύπων καθίζησης, συγκέντρωσης των αιωρούμενων στερεών και των χαρακτηριστικών συσσωμάτωσης των αιωρούμενων στερεών.....	19
Εικόνα 4: Α) ορθογωνική δεξαμενή οριζόντιας ροής, Β) κυκλική δεξαμενή οριζόντιας ακτινικής ροής, Γ) κυκλική δεξαμενή ανοδικής ακτινικής ροής, Δ) κυκλική δεξαμενή ανοδικής ακτινικής ροής δια μέσου στρώματος ιλύος (ή κυκλική δεξαμενή επαφής στερεών).....	24
Εικόνα 5 ζώνες καθίζησης κυκλικής δεξαμενής .....	26
Εικόνα 6 ζώνες καθίζησης ορθογώνιας δεξαμενής .....	26
Εικόνα 7: Τα διαφορετικά είδη μοντέλων. Μοντέλα 2 ½ και αμιγώς 3Δ .....	28
Εικόνα 8: Συστήματα τρισδιάστατης απεικόνισης. ....	30
Εικόνα 9: τομή κυκλικής δεξαμενής.....	33
Εικόνα 10: σχεδιάγραμμα κυκλικής δεξαμενής .....	34
Εικόνα 11 σχεδίαση περιγράμματος δεξαμενής σε 2D .....	34
Εικόνα 12 Join στις σωλήνες .....	34
Εικόνα 13 εντολή Revolve.....	35
Εικόνα 14 δημιουργία 3D μοντέλο ( κορμός και πλαϊνός σωλήνας) .....	35
Εικόνα 15 δημιουργία σωλήνων εισόδου και εξόδου του νερού .....	35
Εικόνα 18: οπή για το σωληνάκι από το αυλάκι στο μεγάλο πλαϊνό σωλήνα .....	36
Εικόνα 19: οπή για την σωλήνα αναρρόφησης της λάσπης και τρύπα για τη σωλήνα εξόδου του νερού .....	36
Εικόνα 16 πάχος δεξαμενής.....	36
Εικόνα 17 πάχος σωληνώσεων .....	36
Εικόνα 20: οπή για τη σωλήνα εισόδου του νερού .....	37
Εικόνα 21: εντολή union για να γίνει ένα σώμα.....	37

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

## 1.1 Γενικά για το νερό

Το νερό ή οξιδάνιο κατά την χημική ονοματολογία είναι η περισσότερο διαδομένη ανόργανη χημική ένωση στην επιφάνεια της γης, αφού καλύπτει το 70,9% του πλανήτη μας, στη φύση του οποίου, το νερό υπάρχει στην αέρια κατάσταση (υδρατμός), στην υγρή κατάσταση και στη στερεή κατάσταση (πάγος). Το νερό στις κανονικές συνθήκες περιβάλλοντος (δηλαδή σε θερμοκρασία 25<sup>0</sup>C και υπό πίεση 1atm),βρίσκεται σε μια δυναμική ισορροπία υγρού-αερίου, με κύρια φάση την υγρή. Είναι άγευστο και άοσμο, σχεδόν άχρωμο και διαυγές, αλλά εμφανίζει μια γαλάζια χροιά όταν βρίσκεται σε βαθιά στρώματα (θάλασσες και ωκεανοί). Πολλές ουσίες διαλύονται στο νερό και γι' αυτό επονομάστηκε «παγκόσμιος διαλύτης». Εξαιτίας αυτής της τεράστιας ικανότητας διάλυσης που διαθέτει εξαιρετικά σπάνια βρίσκεται στη φύση σε σχετικά καθαρή μορφή και κάποιες ιδιότητες των διαλυμάτων του δεν ταυτίζονται με τις αντίστοιχες της ίδιας της χημικά καθαρής ένωσης. Ωστόσο, υπάρχουν και σημαντικές ουσίες που είναι δυσδιάλυτες, αν όχι πλήρως αδιάλυτες στο νερό, όπως για παράδειγμα λίπη, έλαια και άλλες μη πολικές ουσίες. Το νερό είναι η μόνη συνηθισμένη ουσία που βρίσκεται με φυσικό τρόπο και στις τρεις κανονικές καταστάσεις της ύλης και είναι απαραίτητη σε όλες τις γνωστές μορφές ζωής στον πλανήτη μας. Οι άνθρωποι και τα ζώα περιέχουν στο σώμα τους ποσοστό 55 - 78% σε νερό (κατά βάρος).

## 1.2 Παράμετροι ποιότητας νερού

Ο έλεγχος των διαφόρων παραμέτρων ποιότητας του νερού γίνεται σε επιφανειακά και υπόγεια νερά που προορίζονται για αστική, οικιακή, κοινοτική, γεωργική, αρδευτική, βιομηχανική χρήση, σε θαλάσσια νερά και σε υγρά αστικά και βιομηχανικά απόβλητα γιατί και αυτά καταλήγουν στο υδατικό περιβάλλον.

Η επιβάρυνση της ποιότητας του νερού εξαρτάται από ένα τεράστιο αριθμό ρυπαντών, έτσι ο αριθμός των παραμέτρων θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι απερίοριστος. Όμως, γίνεται επιλογή των παραμέτρων ανάλογα με την προοριζόμενη χρήση ή τη συχνότητα εμφάνισης κάποιου ρυπαντή. Οι κύριες παράμετροι ποιότητας του νερού είναι:

- Οργανοληπτικές παράμετροι
- Φυσικοχημικές παράμετροι
- Παράμετροι έλεγχου ρύπανσης
- Τοξικές παράμετροι
- Βιολογικές παράμετροι
- Μικροβιολογικές παράμετροι



### 1.3 Νομοθεσία για το νερό

#### Οδηγία 98/83/ΕΚ

Η οδηγία (98/83/ΕΚ) αφορά την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης και ο σκοπός της είναι η προστασία της ανθρώπινης υγείας από τις δυσμενείς επιπτώσεις που οφείλονται στη μόλυνση του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης μέσω της εξασφάλισης ότι είναι υγιεινό και καθαρό. Επίσης καθορίζει και τα κατώτερα και ανώτερα λίτρα νερού που πρέπει να καταναλώνει ένας άνθρωπος την μέρα, το κατώτατο όριο είναι 100 λίτρα /μέρα και το ανώτερο είναι 250 λίτρα/μέρα.

Για τα σημεία τήρησης του νερού (άρθρο 6) παρατίθενται τα εξής:

Οι παραμετρικές τιμές που καθορίζονται και πρέπει να τηρούνται είναι:

- A) Για το νερό που παρέχεται από το δίκτυο διανομής, στο σημείο, εντός του κτιρίου ή της κτιριακής εγκατάστασης, στο οποίο βγαίνει από τη βρύση, που χρησιμοποιείται συνήθως για την παροχή του νερού.
- B) Για το νερό που παρέχεται από βυτίο, στο σημείο όπου το νερό που εξέρχεται από το βυτίο.
- C) Για το νερό που τοποθετείται σε φιάλες ή δοχεία προς πώληση, στο σημείο που το νερό τοποθετείται στις φιάλες ή στα δοχεία.
- D) Για το νερό που χρησιμοποιείται σε επιχειρήσεις παραγωγής τροφίμων, στο σημείο όπου το νερό χρησιμοποιείται στην επιχείρηση.

Όταν υπάρχει κίνδυνος ότι το νερό δεν ανταποκρίνεται στις παραμετρικές τιμές που καθορίζονται.

Οι συναρμόδιες αρχές πρέπει να εξασφαλίζουν παρόλα αυτά ότι :

1. Λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα ώστε να μειωθεί ή να εξαλειφθεί ο κίνδυνος της μη τήρησης των παραμετρικών τιμών, όπως η παροχή οδηγιών στους ιδιοκτήτες σχετικά με κάθε ενδεχόμενη επανορθωτική ενέργεια που θα μπορούσαν να αναλάβουν ή και λαμβάνουν άλλα μέτρα, όπως κατάλληλες τεχνικές επεξεργασίας, προκειμένου να μεταβληθεί η φύση ή οι ιδιότητες του νερού πριν από την διάθεση του.
2. Οι ενδιαφερόμενοι καταναλωτές ενημερώνονται δεόντως και λαμβάνουν οδηγίες για ενδεχόμενες πρόσθετες επανορθωτικές ενέργειες που θα πρέπει να ακολουθήσουν.

Για την παρακολούθηση του νερού (άρθρο 7) παρατίθενται τα εξής:

1. Οι συναρμόδιες αρχές λαμβάνουν όλα τα αναγκαία μέτρα ώστε να εξασφαλίσουν ότι παρακολουθείται τακτικά η ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, προκειμένου να ελέγχεται αν το διαθέσιμο νερό προς στους καταναλωτές πληροί τις απαιτήσεις της παρούσας απόφασης. Θα πρέπει να λαμβάνονται δείγματα τα οποία να είναι αντιπροσωπευτικά της ποιότητας του νερού που καταναλώνεται καθ' όλη την διάρκεια του έτους. Επιπλέον, οι συναρμόδιες αρχές λαμβάνουν όλα τα μέτρα ώστε να εξασφαλίζεται ο έλεγχος της αποτελεσματικής απολύμανσης του νερού.

2. Για τη τήρηση του έλεγχου του νερού οι συναρμώδιες αρχές δημιουργούν κατάλληλα προγράμματα παρακολούθησης του. Τα εν λόγω προγράμματα παρακολούθησης πρέπει να πληρούν της ελάχιστες παραμετρικές τιμές
3. Τα σημεία δειγματοληψίας καθορίζονται από της συναρμώδιες αρχές και πρέπει να συμμορφώνονται με της σχετικές απαίτησης της παρούσας απόφασης
4. Οι συναρμώδιες αρχές πρέπει να τηρούν τις προδιαγραφές αναλύσεως παραμέτρων
5. Από τις αρχές διενεργείται συμπληρωματική κατά περίπτωση παρακολούθηση για τις ουσίες και τους μικροοργανισμούς για τους όποιους δεν καθορίζεται παραμετρική τιμή.

### **Οδηγία 75/440**

Σύμφωνα με την οδηγία 75/440/ΕΟΚ το νερό χωρίζεται ανάλογα με τον βαθμό επεξεργασίας που απαιτείται για να είναι πόσιμο σε τρεις (3) κατηγορίες, τις Α1,Α2,Α3

#### **Κατηγορία Α1**

Απλή φυσική επεξεργασία και απολύμανση, π.χ. ταχεία διήθηση και απολύμανση.

#### **Κατηγορία Α2**

Ομαλή φυσική επεξεργασία, χημική επεξεργασία και απολύμανση, π.χ. προ-χλωρίωση, πήξη, κροκύδωση, διήθηση, απολύμανση (τελική χλωρίωση).

#### **Κατηγορία Α3**

Εντατική φυσική και χημική επεξεργασία, τελική επεξεργασία και απολύμανση, π.χ. χλωρίωση μέχρι σημείου ρήξεως, πήξη, κροκύδωση ,διήθηση, τελική επεξεργασία (ενεργός άνθρακας), απολύμανση (όζον, τελική χλωρίωση).

### **1.4 Μέθοδοι επεξεργασίας νερού**

#### **1.4.1 Κροκίδωση – συσσωμάτωση**

**Κροκίδωση** είναι η διαδικασία με την οποία τα αποσταθεροποιημένα πλέον σωματίδια συνενώνονται σε μεγαλύτερα σωματίδια (κροκίδες), οπότε μπορούν να διαχωριστούν πλέον εύκολα.

Ο κύριος σκοπός είναι η συνένωση μικρών σωματιδίων σε μεγαλύτερα, τα οποία απομακρύνονται στη συνέχεια από το νερό με καθίζηση ή επίπλευση ή διήθηση.

Η κροκίδωση και η συσσωμάτωση είναι από τις πιο σημαντικές διεργασίες επεξεργασίας του νερού και απαιτούν το συνδυασμό φυσικών και χημικών φαινομένων για την παραγωγή νερού κατάλληλου για χρήση από τον άνθρωπο.

Είναι τεχνικές επεξεργασίας του νερού, για την απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών μικρού μεγέθους (μικρότερα από 10 μm), τα σωματίδια στο φυσικό νερό διαφέρουν σημαντικά τόσο στην προέλευση, όσο στη συγκέντρωση και στο μέγεθος. Διακρίνονται ως προς το μέγεθος στα κολλοειδή σωματίδια

(5  $\mu\text{m}$  - 1  $\mu\text{m}$ ) και στα αιωρούμενα σωματίδια (>5  $\mu\text{m}$ ). Τα σωματίδια τα οποία είναι μικρότερα από 5  $\mu\text{m}$  θεωρούνται διαλυτά.

**Συσσωμάτωση** ονομάζεται ο μηχανισμός με τον οποίο προκαλείται η σύγκρουση και η συγκόλληση των αιωρούμενων στερεών στο νερό. Συνήθως η συσσωμάτωση λαμβάνει χώρα σε ξεχωριστή δεξαμενή, στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού.

Η συσσωμάτωση και κροκίδωση χρησιμοποιούνται για τον ίδιο σκοπό χωρίς διάκριση, παρόλα αυτά αναφέρονται σε δύο διαφορετικές διαδικασίες. Συσσωμάτωση είναι η διαδικασία με την οποία τα κολλοειδή σωματίδια αποσταθεροποιούνται, οπότε μπορούν να συσσωματωθούν, εάν οι συνθήκες είναι κατάλληλες

Η ιδιότητα που έχουν τα κολλοειδή σωματίδια είναι η σταθερότητά τους. Ως σταθερότητα των κολλοειδών ορίζεται η αντίσταση που παρουσιάζουν στη συσσωμάτωση. αιτία για τη σταθερότητα των κολλοειδών είναι η ηλεκτροστατική άπωση μεταξύ τους, επειδή έχουν το ίδιο φορτίο.

Στη διεπιφάνεια μεταξύ στερεού σωματιδίου και νερού συσσωρεύεται περίσσεια κατιόντων ή ανιόντων η οποία παράγει ένα ηλεκτρικό δυναμικό το οποίο εξασκεί άπωση σε σωματίδια ίδιου επιφανειακού δυναμικού.

#### 1.4.2 Διήθηση

Στην επεξεργασία του πόσιμου νερού, η διήθηση χρησιμοποιείται συνήθως για την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών που δεν απομακρύνθηκαν κατά τις προηγούμενες διεργασίες, που τυπικά περιλαμβάνουν την κροκίδωση, τη συσσωμάτωση και την καθίζηση.

Κατά τη διεργασία αυτή, το νερό διέρχεται μέσα από ένα μέσο διήθησης και τα σωματίδια που περιέχει απομακρύνονται είτε με συσσώρευση στην επιφάνεια του διηθητικού μέσου, είτε με συγκράτηση στη μάζα του. Η χρήση της σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους επεξεργασίας του νερού, όπως είναι η θρόμβωση, η ιζηματοποίηση και η καθίζηση, είναι δυνατό να οδηγήσει στην απομάκρυνση αιωρούμενων σωματιδίων όλων των ειδών και μεγεθών και αποτελεί το τελικό στάδιο της συνολικής διεργασίας καθαρισμού του νερού, πριν την απολύμανση.

Η διήθηση καλείται να απομακρύνει τα αιωρούμενα στερεά που αρχικά υπήρχαν στο νερό ή δημιουργήθηκαν κατά την προσθήκη κροκιδωτικών στο νερό, σε αρκετές περιπτώσεις όπου η ποιότητα του ακατέργαστου νερού είναι καλή, εφαρμόζεται διήθηση χωρίς να έχει προηγηθεί καθίζηση.

Η διήθηση μπορεί να απομακρύνει από το νερό μεγάλη ποικιλία σωματιδίων φυσικής ή ανθρωπογενούς προέλευσης. Το μέγεθος των σωματιδίων αυτών κυμαίνεται μεταξύ 0,1 - 1000  $\mu\text{m}$  και παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία σχημάτων. Η πυκνότητα των σωματιδίων κυμαίνεται περίπου από 1 g/mL, για θρόμβους που σχηματίζονται με χρήση ανόργανων κροκιδωτικών, όπως είναι ο σίδηρος και το αργίλιο, έως 5 g/mL στην περίπτωση οξειδίων του σιδήρου και ανθρακικών αλάτων που

σχηματίζονται με ιζηματοποίηση. Τα σωματίδια που συγκρατούνται στο διηθητικό μέσο είναι δυνατό να συμπαρασυρθούν, εξαιτίας των διατμητικών δυνάμεων που αναπτύσσονται μεταξύ τους, καθώς αυξάνεται η ποσότητα τους.

Το ποιοτικό χαρακτηριστικό, που δείχνει την αντίσταση των σωματιδίων στις διατμητικές δυνάμεις, ονομάζεται **ισχύς θρόμβου**. Η ισχύς θρόμβου των σωματιδίων σιδήρου και αργιλίου είναι εξαιρετικά χαμηλή, γεγονός που περιορίζει σημαντικά την απόδοση απομάκρυνσης τους σε διηθητικές κλίνες. Αυτή είναι μία αιτία χρησιμοποίησης της καθίζησης πριν από τη διήθηση.

Υπάρχουν δύο είδη διήθησης, **η διήθηση επιφάνειας** και **η διήθηση χώρου**.

Στη διήθηση επιφάνειας ή πλακούντα, η διασπορά οδηγείται σε μια πορώδη επιφάνεια, η οποία συγκρατεί τα αιωρούμενα σωματίδια καθώς διέρχεται το νερό.

Στη διήθηση χώρου ή στρώματος, η διασπορά διέρχεται μέσα από ένα παχύ στρώμα πορώδους υλικού, όπως είναι η άμμος, οπότε τα σωματίδια συγκρατούνται μέσα στη μάζα του.

Ένας άλλος τρόπος διάκρισης βασίζεται στον υδραυλικό τρόπο με τον οποίο διέρχεται το νερό μέσα από το διηθητικό μέσο. Με βάση αυτή τη διάκριση υπάρχει η **διήθηση με βαρύτητα** (φίλτρα βαρύτητας), τα οποία είναι ανοικτά στο επάνω μέρος τους και η ροή μέσω του διηθητικού υλικού γίνεται με τη βαρύτητα και η **διήθηση υπό πίεση** (κλειστά φίλτρα), όπου το διηθητικό υλικό βρίσκεται μέσα σε συσκευή υπό πίεση και το νερό εισέρχεται υπό πίεση και εξέρχεται με ελαφρά μειωμένη πίεση.

### 1.4.3 Προσρόφηση

Με τον όρο προσρόφηση εννοείται η ικανότητα ορισμένων στερεών να συγκεντρώνουν στην επιφάνεια τους μόρια οργανικών κυρίως ενώσεων, που τα απομακρύνουν από την υγρή ή αέρια φάση όπου βρίσκονται διαλυμένα ή γενικά διασπαρμένα, είναι δηλαδή ένα φαινόμενο μεταφοράς μάζας από υγρή ή αέρια φάση στην επιφάνεια ενός στερεού.

Ο καθαρισμός του πόσιμου νερού με προσρόφηση των ανεπιθύμητων συστατικών του σε στερεά προσροφητικά υλικά είναι μια διεργασία σχετικά πρόσφατη σε σχέση με άλλες διεργασίες καθαρισμού του νερού, προσρόφηση σε στερεά συστατικών από διάλυμα παρατηρήθηκε για πρώτη φορά από τον Lowitz το 1875.

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970 το ενδιαφέρον της προσρόφησης αυξήθηκε κατακόρυφα για την απομάκρυνση οργανικών ενώσεων από το πόσιμο νερό.

Ο ενεργός άνθρακας παράγεται από υλικά με υψηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα, όπως είναι το κάρβουνο, η τύρφη, το ξύλο ή τα κελύφη της καρύδας. Ο πιο κοινός τύπος ενεργού άνθρακα προέρχεται από ακατέργαστο άνθρακα.

Ο τρόπος παρασκευής του ενεργού άνθρακα γίνεται σε δύο φάσεις:

1. Ανθρακοποίηση (carbonization). Περιλαμβάνει θέρμανση για απομάκρυνση παραπροϊόντων, όπως πίσσες και υδρογονάνθρακες, και στη συνέχεια θέρμανση απουσία οξυγόνου στους 400-600°C (δεν γίνεται καύση)
2. Ενεργοποίηση (activation). Γίνεται επεξεργασία με θερμό ατμό για τη δημιουργία δικτυωτής δομής. Το μέγεθος των πόρων είναι συνάρτηση του χρόνου επεξεργασίας.

#### 1.4.4 Ιοντοεναλλαγή

Η ιοντοεναλλαγή είναι μία φυσικοχημική διεργασία κατά την οποία επιτυγχάνεται μεταφορά ιόντων από ένα αδιάλυτο στερεό σε μια υγρή φάση ή αντίστροφα.

Το αδιάλυτο στερεό διαθέτει ευκίνητα ανιόντα ή κατιόντα ικανά για αντιστρεπτή και στοιχειομετρική εναλλαγή με ιόντα ίδιου φορτίου από το διάλυμα ενός ηλεκτρολύτη, με το οποίο έρχεται σε επαφή.

Κατιόντα και ανιόντα που είναι ανεπιθύμητα στο νερό, είναι δυνατό να απομακρυνθούν με τη διεργασία της ιοντοεναλλαγής κατιόντα που συνήθως απομακρύνονται με ιοντοεναλλαγή, είναι το ασβέστιο, το αμμώνιο, το μαγνήσιο, το βάριο, το στρόντιο και το ράδιο.

Τα ανιόντα περιλαμβάνουν τα φθοριούχα, τα νιτρικά, τα φουλβικά, τα χουμικά, τα αρσενικά, τα σεληνικά, τα χρωμικά και τα ανιονικάσύμπλοκα του ουρανίου.

Οι αρχές της ιοντοεναλλαγής μελετήθηκαν για πρώτη φορά στα μέσα του 1800 με την ανακάλυψη φυσικών υλικών, όπως είναι η πράσινη άμμος, η άργιλος, ο βωξίτης κ.ά., τα οποία παρουσίαζαν ιοντοεναλλακτικές ιδιότητες. Από τα ορυκτά της αργίλου οι φυσικοί ζεόλιθοι ήταν τα πρώτα υλικά ιοντοεναλλαγής, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν με επιτυχία για την αποσκλήρυνση του νερού σε βιομηχανική κλίμακα. Τα ορυκτά αυτά έχουν μικροπορώδη δομή, είναι αργιλοπυριτικά ορυκτά με μία ανοιχτή δομή που μπορεί να φιλοξενήσει μία πληθώρα κατιόντων, όπως  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  και άλλα. Τα θετικά αυτά φορτισμένα ιόντα είναι δεμένα χαλαρά και μπορούν να ανταλλάξουν με άλλα κατιόντα. (π.χ.  $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

Όλες οι ιοντισμένες ρητίνες, είτε κατιοντικές είτε ανιοντικές, ισχυρές ή ασθενείς, σε μορφή πηκτής (gel) ή μακροπόρων, σφαιρικές ή όχι, αντιμετωπίζονται ως στερεά διαλύματα. Οι δύο φάσεις στην ιοντοεναλλαγή, δηλαδή το διάλυμα και το ακίνητο στερεό, αναφέρονται απλά ως **εξωτερική** και **εσωτερική** φάση αντίστοιχα. Η μεταφορά των ιόντων γίνεται στην διεπιφάνεια μεταξύ των δύο φάσεων, που είναι η επιφάνεια του κόκκου. Η εσωτερική επιφάνεια της ρητίνης αποτελείται από τέσσερα βασικά συστατικά:

- Ένα τρισδιάστατο πολυμερικό δίκτυο (πλέγμα)
- Λειτουργικές ιοντισμένες ομάδες μόνιμα δεμένες στο δίκτυο
- Αντισταθμιστικά ιόντα
- Έναν διαλύτη

#### 1.4.5 Απολύμανση

Απολύμανση είναι εκείνη η επεξεργασία του νερού που έχει ως σκοπό την καταστροφή ή την αδρανοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών που τυχόν περιέχει, ώστε να προστατευθεί η δημόσια υγεία. γενικότερα, ως απολύμανση ορίζεται η επεξεργασία εκείνη που έχει ως σκοπό τη διατήρηση των μικροοργανισμών ενός ανοικτού ή κλειστού δικτύου νερού σε επίπεδα που δεν επηρεάζουν τη διεργασία.

Εξαιτίας του πολύ μικρού μεγέθους τους οι μικροοργανισμοί είναι δύσκολο να απομακρυνθούν πλήρως από το νερό μόνο με φυσικοχημικές διεργασίες, όπως είναι η καθίζηση και η διήθηση, οπότε για να διασφαλισθεί η απουσία τους στο νερό απαιτείται η απολύμανσή του.

Είναι ουσιώδες να διευκρινισθεί η διαφορά μεταξύ της αποστείρωσης, η οποία σημαίνει πλήρη καταστροφή όλων των μικροοργανισμών και της απολύμανσης, η οποία χαρακτηρίζεται ως η εκλεκτική ελάττωση σε ανεκτά επίπεδα των μικροοργανισμών, ώστε να γίνει καλύτερα κατανοητή η επεξεργασία απολύμανσης του νερού

Τα μέσα απολύμανσης με βάση τη φύση τους μπορούν να διαχωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, στα μη χημικά και στα χημικά.

Στα μη χημικά μέσα απολύμανσης του νερού ανήκουν η υπεριώδης ακτινοβολία, η αποστειρωτική διήθηση και σε περιορισμένη έκταση η θερμότητα και η ραδιενεργός ακτινοβολία.

Τα χημικά μέσα μπορούν επίσης να διαιρεθούν σε δυο μεγάλες κατηγορίες, στα οξειδωτικά και στα μη οξειδωτικά απολυμαντικά.

Τα οξειδωτικά απολυμαντικά περιλαμβάνουν μια σειρά από ενώσεις με οξειδωτικό δυναμικό, όπως είναι το αέριο χλώριο, το υποχλωριώδες νάτριο, το διοξείδιο του χλωρίου, το βρώμιο, το ιώδιο, το υπεροξείδιο του υδρογόνου και το όζον.

### 1.4.6 Καθίζηση

Η καθίζηση είναι μία φυσική διεργασία η οποία στοχεύει στην απομάκρυνση ουσιών οι οποίες καθιζάνουν με την βαρύτητα. Χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις καθαρισμού νερού για :

- Αφαίρεση θολότητας
- Κατακράτηση αιωρούμενου υλικού από το νερό πλύσης των φίλτρων
- Πάχυνση της λάσπης πριν το βήμα της αφυδάτωσης
- Αφαίρεση καθιζανόντων υλικών από το νερό

Με την καθίζηση απομακρύνονται από το νερό καθιζάνουσες, αιωρούμενες και επιπλέουσες ουσίες, οι οποίες δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 5 - 50 mg/L.

Χρόνοι παραμονής: 1.5 - 3 ώρες.

Όταν πρόκειται για επεξεργασία υγρών αποβλήτων με την καθίζηση επιτυγχάνεται απομάκρυνση αιωρούμενων σωματιδίων – ~ 40 - 50 % (πρωτοβάθμια), – ~ 80 – 90 % (δευτεροβάθμια).

και μείωση του οργανικού φορτίου ως BOD5 – ~ 25 - 30 % (πρωτοβάθμια).

#### **Είδη σωματιδίων**

Με την καθίζηση απομακρύνονται από το πόσιμο νερό τα αιωρούμενα στερεά:

- γαιώδους προέλευσης, όπως τεμαχίδια αργίλου,
- τα ιζήματα που δημιουργούνται από την προσθήκη κροκιδωτικών, όπως το θεικό αργίλιο και ο θεικός σίδηρος
- τα ιζήματα που προκύπτουν από την αποσκλήρυνση του νερού με τη χρήση υδρασβέστου.

Η καθίζηση είναι η μέθοδος που θα μας απασχολήσει στην συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία και για τον λόγο αυτό θα περιγραφεί αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο, δηλαδή στο δεύτερο κεφάλαιο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ

#### 2.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την καθίζηση

Οι παρακάτω παράγοντες επηρεάζουν την διαδικασία της καθίζησης

**Πυκνότητα:** Όσο μεγαλύτερη είναι η πυκνότητα των σωματιδίων, τόσο πιο γρήγορα καθιζάνουν.

**Μέγεθος και σχήμα των σωματιδίων:** Ανάλογα με το μέγεθος των αιωρούμενων σωματιδίων (άμμος, ιλύς) χρησιμοποιούμε την καθίζηση (μεγέθη μεγαλύτερα από 100 μm και συγκέντρωση μεγαλύτερη από 50 mg/L), την διήθηση σε κλίνες με κοκκώδες διηθητικό μέσο (μεγαλύτερο εύρος σωματιδίων και συγκέντρωση μικρότερη από 50 mg/L), την συσσωμάτωση-θρόμβωση (για μεγαλύτερες συγκεντρώσεις). Για παράδειγμα, τα σωματίδια άμμου απομακρύνονται εύκολα λόγω της μεγάλης πυκνότητάς τους. Όταν η ταχύτητα του νερού χαμηλώσει σε λιγότερο από 1 πόδι/δευτερόλεπτο, το μεγαλύτερο μέρος των σωματιδίων αυτών καθιζάνουν. Σε αντίθεση, τα κολλοειδή σωματίδια δεν θα καθιζάνουν αν δεν γίνει θρόμβωση και συσσωμάτωσή των με ενώσεις όπως άλατα του σιδήρου ή του αργιλίου.

Το σχήμα των σωματιδίων επίσης επηρεάζει τα χαρακτηριστικά καθίζησης. Ένα σφαιρικό σωματίδιο, θα καθιζάνει πιο εύκολα από ένα σωματίδιο που έχει ακανόνιστες άκρες. Επίσης, όλα σχεδόν τα στερεά σωματίδια τείνουν να είναι φορτισμένα αρνητικά. Αυτό τα εμποδίζει να έρθουν κοντά για να συνενωθούν και να καθιζάνουν.

**Θερμοκρασία:** Όταν η θερμοκρασία μειώνεται, η ταχύτητα καθίζησης μειώνεται. Αυτό έχει σαν συνέπεια ο χρόνος παραμονής των σωματιδίων στην δεξαμενή να αυξάνεται. Μία μονάδα επεξεργασίας νερού έχει υψηλότερη απαίτηση σε ροή το καλοκαίρι, όπου οι θερμοκρασίες είναι υψηλές και οι ρυθμοί καθίζησης οι υψηλότεροι. Όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλή, η ροή είναι χαμηλή και ο χρόνος παραμονής αυξάνεται.

**Θολότητα:** Η αύξηση της θολότητας του νερού μέσα στη δεξαμενή επηρεάζει την πυκνότητά του, με αποτέλεσμα να καθυστερήσει η διαδικασία της καθίζησης.

**Σταθερότητα:** Η σταθερότητα επηρεάζεται από την ταχύτητα εισροής και εκροής του νερού, η οποία θα πρέπει να είναι σταθερή για να μην ανακινείται η λάσπη στο πυθμένα και με αποτέλεσμα να επηρεάζεται το νερό εκροής που δεν θα είναι το επιθυμητό αποτέλεσμα.

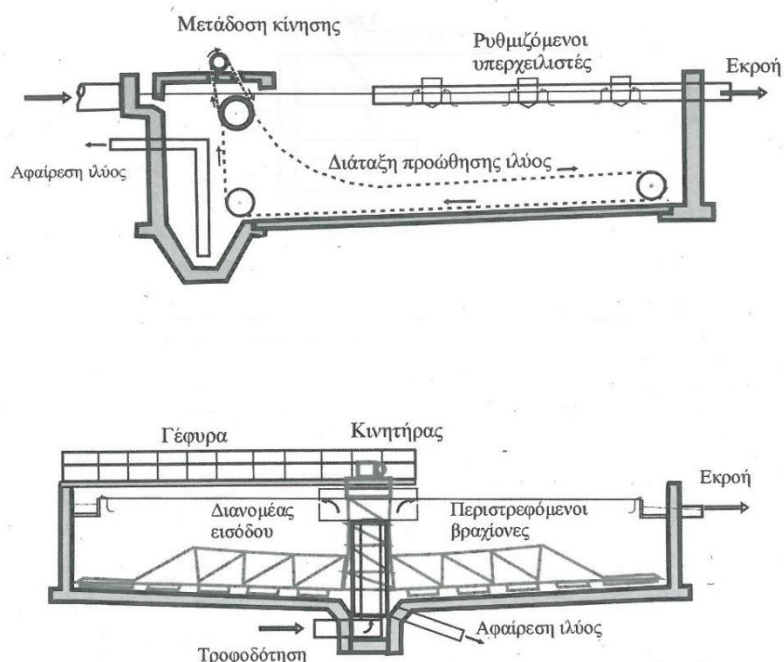
**Κλίση πυθμένα:** Ο πυθμένας των δεξαμενών θα πρέπει να είναι με κλίση προς το φρεάτιο ιλύος. Η κλίση εξαρτάται τόσο από τον τύπο της δεξαμενής, όσο και από τον τρόπο που γίνεται η αφαίρεση της ιλύος.

**Επίδραση ανέμων:** οι άνεμοι επηρεάζουν της ανοιχτές δεξαμενές καθίζησης γιατί μετακινούν το νερό προς την κατεύθυνσή τους με αποτέλεσμα να έχουμε μεγαλύτερη υπερχειλίση. Η αντιμετώπιση



του προβλήματος αυτού γίνεται με την τοποθέτηση στην επιφάνεια της δεξαμενής ανακλαστήρων κάθετα στον άνεμο.

**Εισροή και εκροή του νερού:** Το νερό εισέρχεται στην δεξαμενή με κάποιους αγωγούς και πρέπει η ταχύτητά του να είναι μεγάλη, έτσι ώστε τα σωματίδια να παραμένουν αιωρούμενα. Κατά την είσοδο πρέπει να μειωθεί η ταχύτητα του ώστε να κατανεμηθεί ομοιόμορφα μέσα στην δεξαμενή.



Εικόνα 2:ορθογωνική δεξαμενή καθίζησης (πρώτο σχήμα)  
κυκλική δεξαμενή καθίζησης (τροφοδότηση από το κέντρο και εκροή από περιμετρικό υπερχειλιστή)(δεύτερο σχήμα )

## 2.2 Κατηγορίες καθίζησης

Ο σχεδιασμός των δεξαμενών καθίζησης εξαρτάται από τον τύπο, τη συγκέντρωση και τη συμπεριφορά του αιωρούμενου υλικού που πρόκειται να διαχωριστεί.

Η καθίζηση διακρίνεται, για λόγους μελέτης, σε τέσσερις κατηγορίες :

### ➤ Καθίζηση διακεκριμένων στερεών (τύπου I)

Την χρησιμοποιούμε σε περιπτώσεις που πρόκειται να έχουμε μικρές συγκεντρώσεις σωματιδίων τα οποία καθιζάνουν σαν διακεκριμένες οντότητες δηλαδή χωρίς να σχηματίζουν συσσωματώματα ή άλλου τύπου ενότητες.

Έστω ότι ένα διακεκριμένο σφαιρικό σωματίδιο καθιζάνει σε μια ήρεμη δεξαμενή νερού. Στο σωματίδιο αυτό ασκούνται τρεις διαφορετικές κατακόρυφες δυνάμεις που είναι το βάρος του, η άνωση του και η οπισθέλκουσα.

**Το βάρος των σωματιδίων είναι:**

$$B = V_p * \rho_p * g$$

Όπου:

→ ο όγκος του σωματιδίου,  $m^3$

$\rho_p$  → η πυκνότητα του σωματιδίου ( $kg/m^3$ )

$g$  → η επιτάχυνση της βαρύτητας ( $m/s^2$ )

**Η ανωστική δύναμη είναι:**

$$A = V_p * \rho_w * g$$

Όπου:

→ ο όγκος του σωματιδίου,  $m^3$

→ η πυκνότητα του νερού, ( $kg/m^3$ )

$g$  → η επιτάχυνση της βαρύτητας, ( $m/s^2$ )

**Η οπισθέλκουσα δύναμη είναι:**

$$F = C_D * A_p * \rho_w * \frac{V_s^2}{2}$$

Όπου

→ ο συντελεστής οπισθέλκουσας δύναμης

$A_p$  → η προβολή της σφαιρικής επιφάνειας ()

$\rho_w$  → η πυκνότητα του νερού ( $kg/m^3$ )

→ η ταχύτητα καθίζησης ( $m/s$ )

Όταν η οπισθέλκουσα δύναμη γίνει ίση με τη συνισταμένη των δυνάμεων που αντιστοιχούν στο βάρος και στην άνοση του σωματιδίου τότε θα μηδενισθεί η επιτάχυνση και η πτώση θα γίνεται με την οριακή του ταχύτητα. Η οριακή ταχύτητα υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση αν αντικατασταθεί ο όγκος του σφαιρικού σωματιδίου με  $\frac{\pi d_p^3}{6}$  (όπου  $d_p$  η διάμετρος του σωματιδίου)

$$m_p \frac{dv_s}{dt} = 0 = (B - A) - F$$

Όπου:

$m_p$  Η μάζα του σωματιδίου, kg

$\frac{dv_s}{dt}$  Η επιτάχυνση του σωματιδίου, ( $m/s^2$ )

B, A και F οι δυνάμεις που αντιστοιχούν στο βάρος, την άνοση και την οπισθέλκουσα (N)

➤ **Καθίζηση συσσωματούμενων στερεών (τύπου II)**

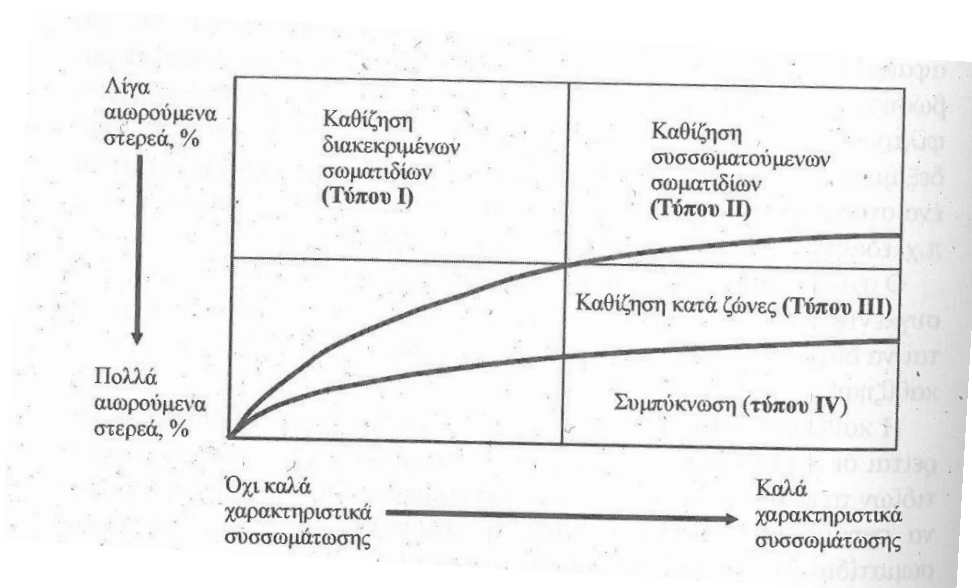
Είναι η καθίζηση μικρών συνήθως συγκεντρώσεων αιωρούμενου υλικού τα οποία θρομβώνονται καθώς καθιζάνουν. Στην καθίζηση τύπου II το βάθος της δεξαμενής παίζει σημαντικό ρόλο, αφού τα σωματίδια συνενώνονται καθώς κατέρχονται.

➤ **Καθίζηση ζώνης ή παρεμποδιζόμενη καθίζηση (τύπου III)**

Χρησιμοποιείται όταν πρόκειται να έχουμε υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενου υλικού το οποίο καθιζάνει έτσι ώστε να σχηματίζονται ζώνες εκτεινόμενες σε όλο το μέτωπο καθίζησης

➤ **Πύκνωση (τύπου IV)**

Η καθίζηση λαμβάνει χώρα σε περιπτώσεις πολύ μεγάλων συγκεντρώσεων αιωρούμενου υλικού όπου τα σωματίδια βρίσκονται σε επαφή μεταξύ τους. Για να επιτευχθεί μείωση του όγκου του στρώματος της ιλύος θα πρέπει να γίνει συμπίκνωση της μάζας του αιωρούμενου υλικού ή να προκληθεί απελευθέρωση εγκλωβισμένου νερού και η έξοδος του από το στρώμα ιλύος.



Εικόνα 3: Συσχετισμός μεταξύ τύπων καθίζησης, συγκέντρωσης των αιωρούμενων στερεών και των χαρακτηριστικών συσσωμάτωσης των αιωρούμενων στερεών.

### 2.3 Είδη δεξαμενών καθίζησης

Ανάλογα με το σχήμα τους οι δεξαμενές καθίζησης μπορεί να είναι ορθογωνικές, τετράγωνες ή κυκλικές και κατασκευάζονται συνήθως από ενισχυμένο τσιμέντο.

Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους οι δεξαμενές μπορεί να είναι γεμίματος και έλξης ή συνεχούς ροής. Παρακάτω περιγράφονται αναλυτικά τα είδη των δεξαμενών καθίζησης όπως αυτές τις συναντάμε εκτός από την επεξεργασία του νερού, και στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων (λυμάτων).

### 2.3.1 Δεξαμενές καθίζησης γεμίματος και έλξης (ηρεμίας)

Οι δεξαμενές καθίζησης τύπου γεμίματος και έλξης είναι επίσης γνωστές ως δεξαμενές καθίζησης τύπου ηρεμίας ή διαλείπουσας μορφής. Αυτές οι δεξαμενές έχουν ως επί το πλείστον ορθογώνιο σχήμα με οριζόντιο πυθμένα. Τα λύματα εισέρχονται στη δεξαμενή και διατηρούνται εκεί για μια χρονική περίοδο κατά την οποία τα λύματα διατηρούνται σε κατάσταση ηρεμίας μέσα στη δεξαμενή. Κατά τη διάρκεια της περιόδου συγκράτησης των λυμάτων στη δεξαμενή, τα αιωρούμενα σωματίδια καθιζάνουν και αποτίθενται στον πυθμένα της δεξαμενής.

Στο τέλος της περιόδου συγκράτησης, τα λύματα απομακρύνονται διαμέσου της εξόδου από τη δεξαμενή και η δεξαμενή καθαρίζεται από τα καταβυθιζόμενα σωματίδια. Μετά τον καθαρισμό, η δεξαμενή γεμίζει ξανά με λύματα και επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία.

Ο συνήθης χρόνος συγκράτησης λυμάτων μέσα στη δεξαμενή που προκαλεί μέγιστη καθίζηση των σωματιδίων είναι περίπου 24 ώρες. Συνεπώς, εάν σε αυτόν προστεθεί ο χρόνος πλήρωσης, αδειάσματος και καθαρισμού της δεξαμενής (ο οποίος συνήθως κυμαίνεται από 6 έως 12 ώρες), απαιτείται συνολικά διάστημα 30 έως 36 ωρών μεταξύ των δύο διαδοχικών πληρώσεων της δεξαμενής.

Κάτι τέτοιο απαιτεί την κατασκευή τουλάχιστον δύο δεξαμενών και εάν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί μια επιπλέον δεξαμενή ως αναμονή, τότε απαιτούνται το ελάχιστο τρεις δεξαμενές για αυτό το είδος εργασίας. Πάντως, η λειτουργία των δεξαμενών τύπου γεμίματος και έλξης είναι χρονοβόρα και για τον λόγο αυτό οι δεξαμενές αυτές δεν χρησιμοποιούνται εκτενώς.

### 2.3.2 Δεξαμενές καθίζησης συνεχούς ροής

Σε μια δεξαμενή καθίζησης τύπου συνεχούς ροής εισάγονται συνεχώς λύματα και αφήνονται να ρέουν αργά στη δεξαμενή. Κατά τη διάρκεια της ροής τα σωματίδια που είναι σε αιώρημα καθιζάνουν και το επεξεργασμένο υπερκείμενο υγρό εκρέει συνεχώς από τη δεξαμενή. Η αρχή λειτουργίας των δεξαμενών αυτών είναι ότι με τη μείωση της ταχύτητας ροής των λυμάτων, μια μεγάλη ποσότητα αιωρούμενων σωματιδίων που υπάρχουν στα λύματα κατακαθίζουν.

Η ταχύτητα ροής των λυμάτων σε αυτές τις δεξαμενές μειώνεται παρέχοντας επαρκές μήκος διαδρομής για τα λύματα στη δεξαμενή. Περαιτέρω η ταχύτητα ροής λυμάτων σε αυτές τις δεξαμενές ρυθμίζεται έτσι ώστε ο χρόνος που απαιτείται από ένα σωματίδιο να μετακινηθεί από την είσοδο στην έξοδο της δεξαμενής να είναι ελαφρώς μεγαλύτερος από αυτόν που απαιτείται για την καθίζηση αυτού του σωματιδίου.

Οι δεξαμενές καθίζησης τύπου συνεχούς ροής μπορεί να έχουν ορθογώνιο, τετράγωνο ή κυκλικό σχήμα. Αυτές οι δεξαμενές μπορούν να ταξινομηθούν με βάση την κατεύθυνση της ροής των λυμάτων στους ακόλουθους δύο τύπους

1. δεξαμενές καθίζησης οριζόντιας ροής

2. δεξαμενές καθίζησης κατακόρυφης ροής

### 2.3.2.1 Δεξαμενές καθίζησης οριζόντιας ροής

Σε μια οριζόντια ροής δεξαμενή καθίζησης η κατεύθυνση ροής των λυμάτων στη δεξαμενή είναι ουσιαστικά οριζόντια. Οι δεξαμενές καθίζησης αυτές μπορούν να ταξινομηθούν περαιτέρω στους δύο ακόλουθους τύπους:

(α) Ορθογώνιες δεξαμενές με διαμήκη ροή

(β) Κυκλικές δεξαμενές με ακτινική ροή

Αναλυτικά οι τύποι αυτοί περιγράφονται παρακάτω:

**(α) Ορθογώνιες δεξαμενές με διαμήκη ροή** Τα λύματα εισέρχονται στη δεξαμενή μέσω μιας εισόδου που παρέχεται στη μία πλευρά της δεξαμενής και αφού ρέει αργά σε οριζόντια κατεύθυνση στη δεξαμενή, διέρχεται μέσω μιας εξόδου που προβλέπεται στην αντίθετη πλευρά της δεξαμενής. Η είσοδος και η έξοδος παρέχονται στην άνω άκρη της δεξαμενής. Κοντά στην είσοδο και την έξοδο, παρέχονται διαφράγματα για να διευκολύνεται η ομοιόμορφη εξάπλωση των ρέοντων λυμάτων και κατά συνέπεια να αποφεύγονται τα συνεχή ρεύματα.

Οι ορθογώνιες δεξαμενές έχουν μέγιστα μήκη και πλάτη 90 m και 30 m αντίστοιχα, με αναλογίες μήκους προς πλάτος από 1,5: 1 έως 7,5: 1 και αναλογίες μήκους προς βάθος από 5: 1 έως 25: 1. Στην περίπτωση δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης έχει προβλεφθεί ελάχιστο βάθος 2,5 μ. ενώ στην περίπτωση δεξαμενών δευτερεύουσας καθίζησης 3,5 μ.

Ο πυθμένας της δεξαμενής είναι εφοδιασμένος με κλίση 1% από το άκρο εξόδου προς το άκρο εισόδου, όπου υπάρχει μια χοάνη ιλύος με ένα σωλήνα απομάκρυνσης ιλύος. Οι πλευρικές κλίσεις της χοάνης λάσπης κυμαίνονται από 1,2: 1 έως 2: 1 (κάθετη έως οριζόντια). Η μέγιστη ταχύτητα ροής λυμάτων σε αυτές τις δεξαμενές είναι 1,5 m/h.

Η ιλύς (ή το καθιζάνον υλικό) που εναποτίθεται στον πυθμένα της δεξαμενής απομακρύνεται συνήθως με μηχανισμό που λειτουργεί με ηλεκτρική ενέργεια. Αποτελείται από δύο ατέρμονες αλυσίδες που κινούνται σε οδοντωτούς τροχούς και υποστηρίζουν ξύλινες εγκάρσιες ράβδους, οι οποίες περιοδικά μετατοπίζουν τη λάσπη προς τη χοάνη που παρέχεται κοντά στο άκρο εισόδου, από την οποία αποσύρεται από υδροστατική κεφαλή ή αντλείται σε ξεχωριστές δεξαμενές χώνευσης λάσπης. Ο αφρός που σχηματίζεται στην επιφάνεια αφαιρείται από το μηχανικό ξέστρο με τη βοήθεια ενός δεύτερου πτερυγίου που ονομάζεται εξαφριστήρας, μέσα από μια κοιλότητα.

**(β) Κυκλικές δεξαμενές με ακτινική ροή** Οι κυκλικές δεξαμενές με ακτινική ροή έχουν τους ακόλουθους δύο τύπους: (i) Κυκλική δεξαμενή με κεντρική τροφοδοσία (ii) Κυκλική δεξαμενή με περιφερική τροφοδοσία ή ζάντα

Σε μια κυκλική δεξαμενή με κεντρική τροφοδοσία, τα λύματα εισέρχονται στη δεξαμενή από το κέντρο και εξέρχεται από την περιφέρειά της ενώ, σε μια κυκλική δεξαμενή με περιφερειακή τροφοδοσία ή ζάντα το νερό εισέρχεται στη δεξαμενή από την περιφέρεια ή το χείλος και εξέρχεται από το κέντρο. Και οι δύο τύποι κυκλικών δεξαμενών έχουν βρεθεί ικανοποιητικοί.

Σε μια κυκλική δεξαμενή με κεντρική τροφοδοσία τα λύματα μεταφέρονται στο κέντρο της δεξαμενής σε ένα σωλήνα αναρτημένο από μια γέφυρα ή μέσα σε σκυρόδεμα κάτω από το δάπεδο της δεξαμενής. Στο κέντρο της δεξαμενής τα λύματα εισέρχονται σε ένα κυκλικό φρέαρ και προέρχονται από τις πολλαπλές θυρίδες του φρέατος για να ρέουν ακτινικά προς τα έξω εξίσου προς όλες τις κατευθύνσεις της δεξαμενής. Τα λύματα που ρέουν αργά στην ακτινική κατεύθυνση πλησιάζουν την περιφέρεια της δεξαμενής όπου το διαυγασμένο απόβλητο διέρχεται μέσω ενός ελεγχόμενου αυλακιού και ρέει μέσα σε ένα κανάλι εκροής (που ονομάζεται επίσης ξέπλυμα εκροής) και τέλος σε ένα σωλήνα εκροής.

Σε μια κυκλική δεξαμενή με περιφερική τροφοδοσία ή ζάντα, ένα αιωρούμενο κυκλικό διάφραγμα σε μικρή απόσταση από το τοίχωμα της δεξαμενής σχηματίζει ένα δακτυλιοειδή χώρο στο οποίο τα λύματα εκκενώνονται σε εφαπτομενική κατεύθυνση. Τα λύματα ρέουν σπειροειδώς γύρω από τη δεξαμενή και κάτω από το διάφραγμα και τα διαυγασμένα λύματα απορρίπτονται πάνω από τους φράχτες και στις δύο πλευρές μιας κεντρικά τοποθετημένης κοιλότητας.

Οι διαμέτροι των κυκλικών δεξαμενών ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό από 3 έως 60 μέτρα, αν και το συνηθέστερο μέγεθος είναι από 12 έως 30 μέτρα. Το βάθος των λυμάτων στις δεξαμενές κυμαίνεται από 2 m για δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης έως 3,5 m για δευτεροβάθμιας καθίζησης δεξαμενές. Οι πυθμένες αυτών των δεξαμενών είναι εφοδιασμένοι με κλίση στην περιοχή από 7,5 έως 10% από την περιφέρεια στο κέντρο για να σχηματίσουν έναν ανεστραμμένο κώνο στον πυθμένα της δεξαμενής.

Η ιλύς (ή το καθιζάμενο υλικό) που αποτίθεται στον πυθμένα της δεξαμενής απομακρύνεται συνεχώς με ένα μηχανισμό απομάκρυνσης ιλύος που παρέχεται στη δεξαμενή. Οι δεξαμενές με διάμετρο 3 έως 9 m έχουν τον μηχανισμό αφαίρεσης ιλύος στηριγμένο σε δοκούς που εκτείνονται στη δεξαμενή. Οι δεξαμενές διαμέτρου 10 m και μεγαλύτερης έχουν μια κεντρική προβλήτα που στηρίζει τον μηχανισμό απομάκρυνσης της ιλύος και φθάνει σε ένα διάδρομο ή γέφυρα

Ο μηχανισμός απομάκρυνσης λάσπης αποτελείται από λεπίδες αποξέσεως τοποθετημένες σε δύο ή τέσσερις βραχίονες συλλέκτη ή βραχίονες αρπαγής, οι οποίοι επίσης υποστηρίζουν πτερύγια για απομάκρυνση αποβλήτων. Οι βραχίονες συλλογής περιστρέφονται από μια κινητήρια μονάδα με αργή ταχύτητα έτσι ώστε μία περιστροφή να ολοκληρωθεί σε περίπου 30 έως 40 λεπτά.

Η αργή κίνηση των βραχίωνων αποφεύγει τη δημιουργία ανεπιθύμητων ρευμάτων και απαιτεί επίσης μικρή ισχύ για λειτουργία. Καθώς οι βραχίονες συλλογής περιστρέφονται, η ιλύς αποξέεται από τις

λεπίδες αποξέσεως σε μια μικρή χοάνη που βρίσκεται κοντά στο κέντρο της δεξαμενής από την οποία αφαιρείται από ένα σωλήνα.

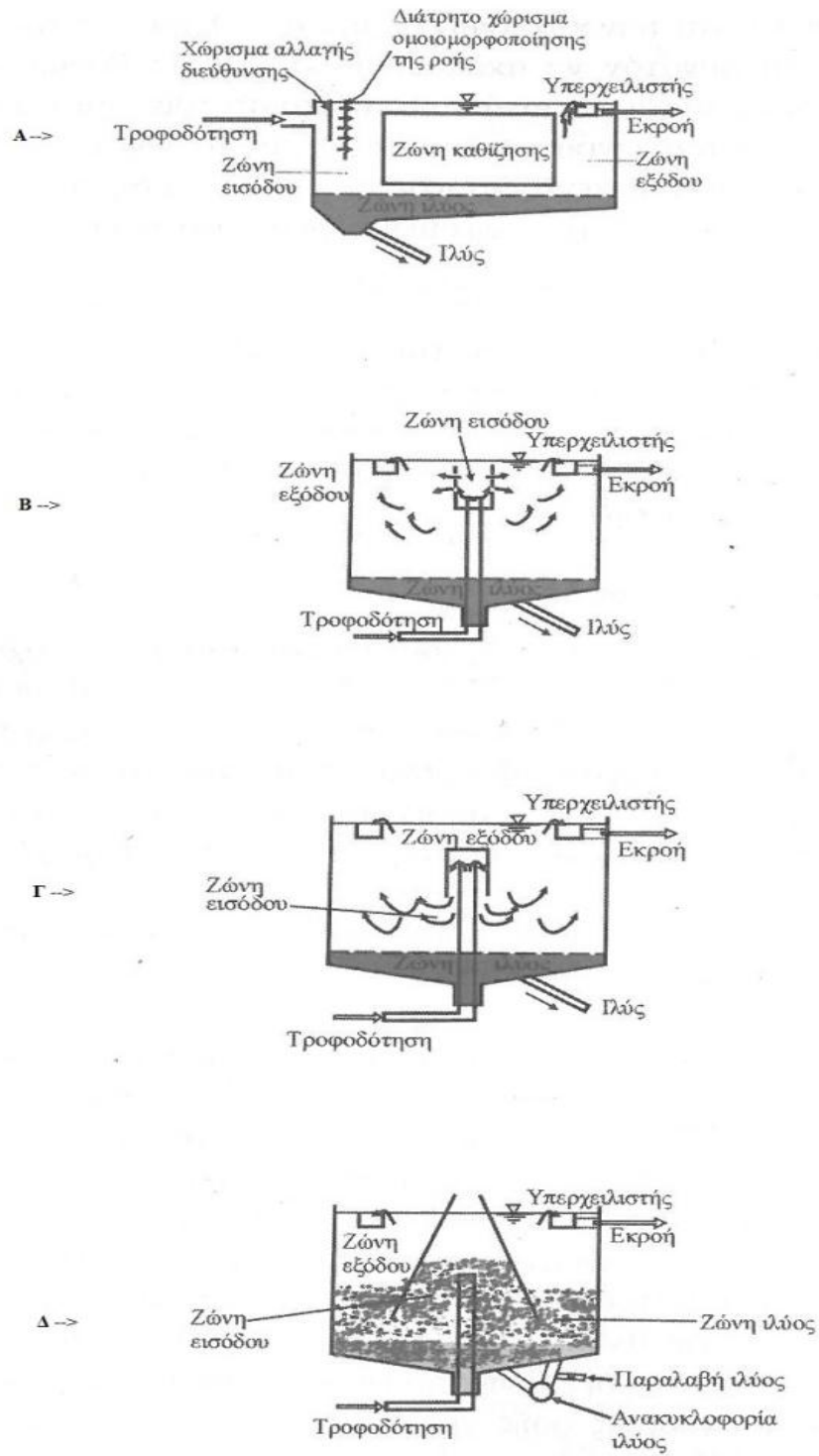
### **2.3.2.2 Δεξαμενές κατακόρυφης ροής.**

Οι δεξαμενές κατακόρυφης ροής μπορεί να είναι τετράγωνες ή κυκλικές. Οι πλευρές αυτών των δεξαμενών είναι κατακόρυφες στο άνω τμήμα και έχουν κλίση  $45^\circ$  ή περισσότερο στο κατώτερο τμήμα για να σχηματίσουν το κάτω μέρος της χοάνης. Τα λύματα εισέρχονται στον πυθμένα της δεξαμενής, όπου λαμβάνει χώρα κροκίδωση.

Η ταχύτητα ανύψωσης μειώνεται με την αυξανόμενη διατομή της δεξαμενής που βοηθά στην κροκίδωση των σωματιδίων. Οι κροκίδες πέφτουν εύκολα στον πυθμένα της δεξαμενής σχηματίζοντας ένα στρώμα ιλύος. Τα λύματα που εισέρχονται στη δεξαμενή ανεβαίνουν προς τα πάνω μέσα από το στρώμα της λάσπης και ξεκαθαρίζονται.

Λόγω αυτού του φαινομένου, αυτές οι δεξαμενές είναι επίσης γνωστές ως ανοδικής ροής στρώματος ιλύος διαυγαστές. Το διαυγασμένο απόβλητο διέρχεται μέσω περιφερειακού ή κεντρικού φράγματος που βρίσκεται κοντά στην κορυφή της δεξαμενής και εκκενώνεται σε ένα κανάλι απόσυρσης. Η δεξαμενή είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε η προς τα πάνω ταχύτητα ροής των λυμάτων να είναι μικρότερη από την ταχύτητα καθίζησης των μικρότερων σωματιδίων που πρέπει να αφαιρεθούν.

Έτσι, σε αυτές τις δεξαμενές, τα λύματα μπορούν να περάσουν με σχετικά υψηλότερη ταχύτητα. Επίσης, για αυτές τις δεξαμενές απαιτούνται μικρότεροι χρόνοι κράτησης με αποτέλεσμα μικρότερες χωρητικότητες. Η λάσπη απομακρύνεται από αυτές τις δεξαμενές είτε με υδροστατική πίεση ή με άντληση.



Εικόνα 4: Α) ορθογωνική δεξαμενή οριζόντιας ροής, Β) κυκλική δεξαμενή οριζόντιας ακτινικής ροής, Γ) κυκλική δεξαμενή ανοδικής ακτινικής ροής, Δ) κυκλική δεξαμενή ανοδικής ακτινικής ροής δια μέσου στρώματος ιλύος (ή κυκλική δεξαμενή επαφής στερεών)



## 2.4 Ζώνες καθίζησης

Σε μια δεξαμενή καθίζησης διακρίνονται οι ακόλουθες τέσσερις (4) ζώνες :

1. Η ζώνη εισόδου.
2. Η ζώνη εξόδου,
3. Η ζώνη καθίζησης και
4. Η ζώνη ιλύος.

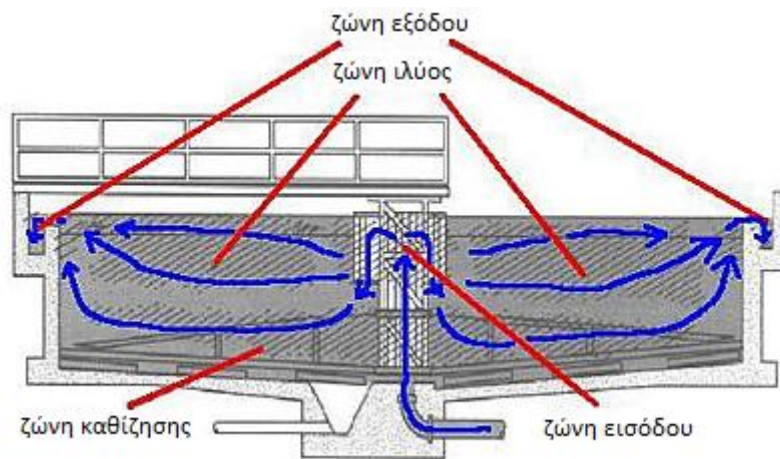
Στις εικόνες 5 και 6 διακρίνονται οι ζώνες καθίζησης όπως αυτές σχηματίζονται σε μία ορθογωνική και σε μια κυκλική δεξαμενή καθίζησης αντίστοιχα.

Στην **ζώνη εισόδου** γίνεται ομαλοποίηση της ροής κατά την έννοια του πλάτους και του βάθους της δεξαμενής. Μία συνήθης κατασκευή περιλαμβάνει baffles (διαφράγματα) για τον σκοπό αυτό καθώς και για να αποφεύγεται το 'βραχυκύκλωμα' shortcircuiting (Ο όρος αυτός δίνεται στην περίπτωση που μέρος του νερού εξέρχεται από την δεξαμενή τόσο γρήγορα ). Τα διαφράγματα κάποιες φορές σχεδιάζονται σαν τοίχος κατά μήκος της εισόδου με τις οπές διάτρητες κατά μήκος του πλάτους της δεξαμενής. Η ροή του υγρού καθώς αφήνει τη ζώνη εισόδου είναι οριζόντια και κατευθύνεται προς την έξοδο της δεξαμενής.

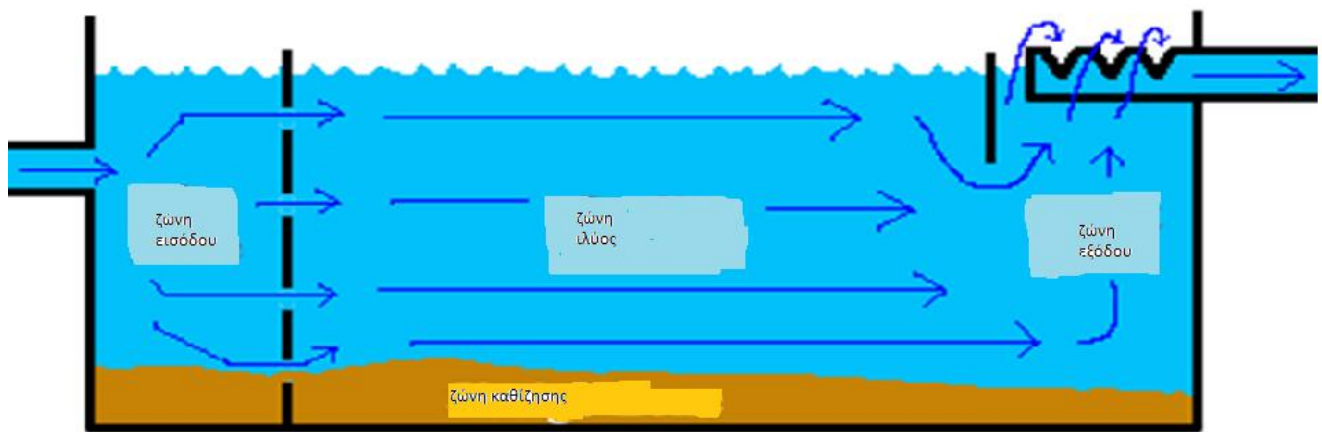
Στην **ζώνη καθίζησης** που αποτελεί και το μεγαλύτερο μέρος της δεξαμενής πραγματοποιείται η καθίζηση των σωματιδίων.

Στη **ζώνη ιλύος** που βρίσκεται στον πυθμένα της δεξαμενής γίνεται απόθεση των αιωρούμενων στερεών. Εφόσον τα αιωρούμενα στερεά φτάσουν στη ζώνη ιλύος παραμένουν εκεί (χωρίς να επαναιωρούνται) μέχρι να απομακρυνθούν στην συνέχεια με σκούπες ή συσκευές κενού. Οι εισοδοί πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η ταχύτητα ροής κοντά στον πυθμένα της δεξαμενής. Αν υψηλές ταχύτητες ροής εισέλθουν στην ζώνη καθίζησης, τα στερεά μπορεί να απομακρυνθούν από την δεξαμενή .

Η **ζώνη εξόδου** είναι το ενδιάμεσο της ζώνης καθίζησης και της εξόδου της δεξαμενής. Πρέπει να γίνεται ομοιόμορφη υπερχειλίση του νερού καθ' όλο το πλάτος της δεξαμενής. Η περιοχή αυτή της δεξαμενής ελέγχει το βάθος του νερού. Τα αυλάκια που βρίσκονται στο τέλος της δεξαμενής ελέγχουν τον ρυθμό υπερχείλισης και εμποδίζουν τα στερεά να απομακρυνθούν από την δεξαμενή πριν καθιζάνουν. Απαιτείται αρκετό μήκος αυλακιού για να ελεγχθεί ο ρυθμός (ταχύτητα) υπερχείλισης που δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 20,000 gallons/dayfoot ανά αυλάκι.



Εικόνα 5 ζώνες καθίζησης κυκλικής δεξαμενής



Εικόνα 6 ζώνες καθίζησης ορθογώνιας δεξαμενής

## 2.5 Διαστασιολόγηση δεξαμενών καθίζησης

Για την εύρεση των διαστάσεων των δεξαμενών καθίζησης, πρέπει να ληφθούν υπόψη κάποια μεγέθη όπως είναι τα παρακάτω:

**Ταχύτητα υπερχειλίσης** ( επιφανειακή ταχύτητα υπερχειλίσης ):

Υπολογίζεται μετά από διαίρεση της παροχής που τροφοδοτείται ( $m^3/d$ ) με το επιφανειακό εμβαδόν

της δεξαμενής ( $m^2$ ). Μετριέται σε  $\left(\frac{m^3}{m^2} * d\right)$  ή  $(m/d)$

**Χρόνος παραμονής:**

Υπολογίζεται μετά από διαίρεση της παροχής του όγκου της δεξαμενής ( $m^3$ ) με την τροφοδοτούμενη παροχή ( $m^3/h$ ). Μετριέται σε h

**Ρυθμός υπερχειλίσης** αυλακιού (γραμμική ταχύτητα υπερχειλίσης):

Υπολογίζεται από την διαίρεση της παροχής που τροφοδοτείται ( $m^3/d$ ) με το μήκος από το οποίο

υπερχειλίζει η εκροή (m). Μετριέται σε  $\left(\frac{m^3}{m} * d\right)$  ή  $(m^2/d)$

**Ελάχιστος αριθμός δεξαμενών:**

Ο αριθμός των δεξαμενών που είναι απαραίτητες για να μην αντιμετωπίζονται προβλήματα κατά τη λειτουργία της εγκατάστασης επεξεργασίας ( από διακόπτες, επισκευές, συντήρηση κ.λπ.). Σε μικρές εγκαταστάσεις ο ελάχιστος αριθμός είναι συνήθως δύο δεξαμενές.

**Φόρτιση στερεών** (επιφανειακή φόρτιση στερεών):

Υπολογίζεται μετά από διαίρεση της παροχής των στερεών που τροφοδοτούνται (kg/d) με το

επιφανειακό εμβαδόν της δεξαμενής ( $m^2$ ). Μετριέται σε  $\left(\frac{kg}{m^2} * d\right)$

**Ελάχιστη ροή στερεών:**

Η παράμετρος αυτή υπολογίζεται μετά από πειραματικές μελέτες καθίζηση του μικτού υγρού βιολογικών συστημάτων αιωρούμενης βιομάζας και χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του

επιφανειακού εμβαδού της δεξαμενής καθίζησης που χρησιμοποιείται. Μετριέται σε  $\left(\frac{kg}{m^2} * d\right)$

Ο πίνακας που ακολουθεί δίνει τις τιμές των προδιαγραφών που πρέπει να τηρούν οι δεξαμενές ορθογώνιες και κυκλικές καθίζησης.

**Πίνακας 1** Προδιαγραφές για τις ορθογώνιες και τις κυκλικές δεξαμενές καθίζησης

	ΕΥΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ	ΜΟΝΑΔΕΣ
<b>Ορθογώνια δεξαμενή</b>			
Μήκος	15-90	25-40	m
Βάθος	3-5	3,5	m
πλάτος	3-24	6-10	m
ταχύτητα ξέστρων	0,6-1,2	0,9	m/min
<b>Κυκλική δεξαμενή</b>			
Διάμετρος	4-60	12-45	m
Βάθος	3-5	4,3	m
Κλίση πυθμένα	1/16-1/6	1/12	
Ταχύτητα ξέστρων	0,02-0,05	0,03	r/min
Επεξεργασία νερού			
Υπερχειλίση	35-110	40-80	m/day
Επεξεργασία λυμάτων			
Υπερχειλίση	10-60	16-40	m/day

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ CAD

### 3.1 Γενικά για το CAD

CAD (computer-aided design) ονομάζεται η σχεδίαση προϊόντων και κατασκευών με τη χρήση λογισμικών Η/Υ.

CAM (computer-aided manufacturing) ονομάζεται ένα σύστημα κατεργασιών με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Η εφαρμογή AutoCAD είναι η πιο διαδεδομένη στο χώρο της ηλεκτρονικής σχεδίασης και χρησιμοποιείται από εκατομμύρια χρήστες σε ολόκληρο τον κόσμο. Η συγκεκριμένη εφαρμογή ειδικεύεται στην δισδιάστατη και τρισδιάστατη ηλεκτρονική σχεδίαση τεχνικών σχεδίων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από επαγγελματίες όπως αρχιτέκτονες, τοπογράφοι, πολιτικοί μηχανικοί, μηχανολόγοι, ηλεκτρολόγοι για να σχεδιάζουν κάποια τεχνικά σχέδια σχεδόν με υψηλή ακρίβεια. Ενώ το τρισδιάστατη απεικόνιση χρησιμοποιείται για την επεξεργασία εικονικών μοντέλων.

CAD/CAM είναι η συνεργασία ανάμεσα σε ένα σύστημα CAD και ένα σύστημα CAM προκειμένου να καθοδηγηθεί μια εργαλειομηχανή CNC ηλεκτρονικά.

#### 3.1.1 αναπαράσταση 3Δ μοντέλων

Όλα τα αντικείμενα όμως είναι 3 διαστάσεων και μπορούμε να τα χωρίσουμε σε δυο κατηγορίες, σε σχέση με τη γεωμετρική τους κατασκευή. Τα μοντέλα διαστάσεων (απλά η σύνθετα) και τα αμιγώς 3 διαστάσεων. Τα μοντέλα διαστάσεων έχουν μια σταθερή διατομή και το πάχος τους, που ορίζεται κάθετα προς την διατομή, είναι σταθερό. Τα αξονοσυμμετρικά αντικείμενα είναι επίσης 3 διαστάσεων. Τα μοντέλα αυτά δημιουργούνται πολύ εύκολα με εντολές σάρωσης (extrude) ή περιστροφής (revolve).



Εικόνα 7: Τα διαφορετικά είδη μοντέλων. Μοντέλα 2 1/2 και αμιγώς 3Δ

Υπάρχουν τρεις μεθοδολογίες τρισδιάστατης απεικόνισης

• **Μοντέλα ακμών ή σύρματος** (wireframemodels), κατάλληλα για αντικείμενα διαστάσεων.

- Τα μοντέλα ακμών ή σύρματος αποτελούνται μονό από κορυφές και ακμές.
- Οι ακμές είναι ευθύγραμμα τμήματα, κύκλοι, τόξα ή κωνικές τομές και σύνθετες καμπύλες ελεύθερης μορφής, που ορίζονται μεταξύ δυο κορυφών.
- Αποτελούν την πιο απλή μορφή απεικόνισης του χώρου.
- Η δισδιάστατη σχεδίαση είναι υποσύνολο του μοντέλου ακμών.
- Στο δισδιάστατο μοντέλο προστίθεται η τρίτη διάσταση και υπάρχουν εργαλεία δημιουργίας, επεξεργασίας και προβολής της γεωμετρίας της οθόνης.
- Μπορεί να δημιουργήσει τις όψεις, όχι την εσωτερική διαμόρφωση.

**Πλεονεκτήματα μοντέλων ακμών.**

1. Πηγάζουν την ίδια την αρχή λειτουργίας τους, δηλαδή προσαρμόζουν τη δισδιάστατη σχεδίαση.
2. Ευκολία στη χρήση, καθώς ουσιαστικά αποτελούν μια επέκταση της σχεδίασης σε δυο διαστάσεις.
3. Μικρές απαιτήσεις σε υπολογιστική ισχύ, καθώς ο υπολογισμός και η προβολή των σημείων και των ακμών στην οθόνη ή σε χαρτί σχεδίασης για τυχαίο σημείο προβολής.
4. Μικρός χρόνος εκπαίδευσης.
5. Δεν έχουν την ορολογία που έχουν τα μοντέλα στερεών και μοντέλα επιφανειών.
6. Αποτελούν τη βάση για τα μοντέλα επιφανειών

**Μειονεκτήματα μοντέλων ακμών.**

1. Μεγάλος χρόνος μοντελοποίησης.
2. Δεν είναι προφανής η απεικόνιση ορισμένων στοιχείων στο μοντέλο.
3. Δημιουργούνται μοντέλα που δεν ανταποκρίνονται σε υπαρκτό αντικείμενο.
4. Η απεικόνιση του αντικειμένου δεν είναι μονοδιάστατη.
5. Η απόκρυψη μη ορατών ακμών δεν είναι αυτόματη.
6. Μικρή χρήση για άλλες εφαρμογές.
7. Λίγη εφαρμογή για ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό των φυσικών ιδιοτήτων του αντικειμένου.
8. Δεν το χρησιμοποιούμε για μελέτη συναρμολογήσεων.
9. Η προβολή του αντικειμένου δεν είναι αντικειμενική και εξαρτάται από τη γωνία προβολής.

• **Μοντέλα επιφανειών** (surfacemodels), για πολύπλοκες μορφές αντικειμένων.

Με τα μοντέλα επιφανειών, μοντελοποιείται ο φλοιός που περιβάλλει ένα αντικείμενο και αποδίδεται η εξωτερική του μορφή. Αντίθετα, δε μπορεί να απεικονιστεί το πάχος του εξαρτήματος και δεν

αναγνωρίζεται άμεσα αν δεν είναι γεμάτο η άδειο, το μέσα η το έξωτου (Μπιλάλης & Μαραβελάκης 2009)

Τα πλεονεκτήματα των μοντέλων επιφανειών έναντι των μοντέλων ακμών είναι:

- Πιο ακριβή αναπαράσταση της τελικής μορφής του αντικειμένου.
- Δυνατότητα μοντελοποίησης σχεδόν κάθε αντικειμένου, με οποιαδήποτε μορφή, όσο πολύπλοκο και ένα είναι αυτό ακόμα και για την απόδοση οργανικών μορφών.
- Δυνατότητα απόκρυψης μη ορατών ακμών και επιφανειών αυτόματα.
- Σκίαση και φωτορεαλισμό των μοντέλων για καλύτερη παρουσίαση.
- Δυνατότητα χρήσης του μοντέλου για κάθετες εφαρμογές.

Τα μειονεκτήματα είναι:

- Δεν ενδείκνυνται για παραγωγή σχεδίων, επειδή η διαδικασία δημιουργίας των όψεων είναι χρονοβόρα.
  - Απαιτείται η γνώση της μαθηματικής αναπαράστασης των καμπυλών και των επιφανειών.
  - Συνήθως είναι πολύπλοκα μοντέλα, που απαιτούν μεγάλη επεξεργασία, και η πολυπλοκότητα αυτή εξαρτάται και από τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο αναπαράστασης των καμπυλών και επιφανειών.
  - Η δημιουργία του μοντέλου είναι επίπονη και απαιτεί τη δημιουργία και διαχείριση κάποιου μοντέλου ακμών.
- **Μοντέλα στερεών (solidmodels), για πλήρη μοντέλα**



Εικόνα 8: Συστήματα τρισδιάστατης απεικόνισης.

Τα μοντέλα ακμών ήταν τα πρώτα συστήματα που χρησιμοποιήσαν για τα πρώτα σχέδια τρισδιάστατης απεικόνισης. Ανεξάρτητα από τη μέθοδο που χρησιμοποιεί ο χρήστης δεν "βλέπει" τον τρόπο της μαθηματικής μοντελοποίησης, αλλά χρησιμοποιεί τα εργαλεία του συστήματος για τη δημιουργία των στοιχείων που είναι απαραίτητα για τη δημιουργία της γεωμετρίας του μοντέλου.

Τα πρώτα συστήματα σχεδιομελέτης ήταν δύο διαστάσεων 2D τα οποία ήταν κατάλληλα μόνο για σχεδίαση. Στο σύστημα των δύο διαστάσεων ο χρήστης σχεδιάζει τις όψεις του αντικειμένου, όπως θα τις σχεδίαζε και σε ένα φύλλο χαρτί. Συχνά ακόμα και σε σύστημα τριών διαστάσεων με μοντέλα ακμών, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει να αγνοήσει την τρίτη διάσταση και να σχεδιάσει τις διάφορες όψεις αυτόνομα. Το τρισδιάστατο μοντέλο υφίσταται μόνο στη σκέψη του σχεδιαστή και όχι στην βάση δεδομένων που καταχωρείται για το μοντέλο.

Τα σύγχρονα συστήματα σχεδιομελέτης με χρήση Η/Υ στηρίζονται στη χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Η τρισδιάστατη απεικόνιση είναι απαραίτητη για την παρουσίαση, την ανάλυση της συμπεριφοράς του αντικειμένου και για την παραγωγή του. Τα περισσότερα συστήματα τρισδιάστατης απεικόνισης βασίζονται στα στερεά μοντέλα, ή στα μοντέλα επιφανειών. Η τρισδιάστατη μοντελοποίηση αποτελεί τη βάση για την ανάπτυξη κάθετων εφαρμογών, ανάλυσης, παραγωγής και τεκμηρίωσης του αντικειμένου και του τελικού προϊόντος.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 4.1 Εύρεση διαστάσεων της δεξαμενής

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να κατασκευαστεί μια δεξαμενή κυκλικής διατομής, που θα εξυπηρετεί μια ξενοδοχειακή μονάδα περίπου 200 κλινών.

Αρχικά, για τον υπολογισμό των διαστάσεων πρέπει να καθορίσουμε την παροχή της δεξαμενής. Οι καταναλώσεις που έχει ένας άνθρωπος στις καθημερινές του απαιτήσεις του σε ένα ξενοδοχείο (μαγείρεμα, μπάνιο, καζανάκι κλπ.) κυμαίνονται από 200-300 λίτρα ανά 24 ώρες ανά κάτοικο. Θα πρέπει να υπολογίσουμε στην συνέχεια πόσα λίτρα απαιτούνται ανά ημέρα για τις 200 κλίνες ως εξής: Αν θεωρήσουμε ότι η κατανάλωση νερού ανά άτομο ανά ημέρα είναι  $227,5 \text{ L} = 0,2275 \text{ m}^3$ , για 200 άτομα η κατανάλωση θα είναι  $200 \times 0,2275 \text{ m}^3 = 45,5 \text{ m}^3$  ανά ημέρα. Αυτή την τιμή την θεωρούμε σαν μέση ημερήσια παροχή για να υπολογίσουμε στην συνέχεια τις διαστάσεις της δεξαμενής.

Οι εξισώσεις που θα χρησιμοποιηθούν είναι οι εξής:

$A = \pi \frac{d^2}{4}$
$V = Q \cdot t$
$u = \frac{Q}{A}$
$WOR = \frac{Q}{L}$

Από τις εξισώσεις που έχουν γραφτεί υπολογίζονται τα παρακάτω μεγέθη

Χρόνος: 2h (τον ορίζουμε στην τιμή αυτή)
Ύψος δεξαμενής: 2m
Όγκος δεξαμενής: $V = Q \cdot 2h / 24h = 45,5 \text{ m}^3 \cdot 2h / 24h = 3,79 \text{ m}^3$
Επιφάνεια δεξαμενής $A = V/h = 3,79 \text{ m}^3 / 2\text{m} = 1,895 \text{ m}^2$
$u = Q/A = 45,5 / 1,895 = 24 \text{ m/d}$ , αλλά αν βάλουμε την μέγιστη παροχή $100 \text{ m}^3/\text{d}$ , τότε η u θα προκύψει $52,88 \text{ m/d}$
$A = \pi \cdot d^2 / 4 \rightarrow d_{\text{eff}} = 1,55 \text{ m}$ και $d_{\text{real}} = 1,70 \text{ m}$ (δηλαδή πάχος δεξαμενής $1,70 - 1,55 = 0,25$ μέτρα)
Ταχύτητα υπερχειλίσης αυλακιού $400 \text{ m}^2/\text{d}$



Μήκος αυλακιού  $L = 45,5/400 = 0,11 \text{ m}$

Για τον υπολογισμό του όγκου του κώνου συλλογής της ιλύος χρησιμοποιούμε την εξίσωση:

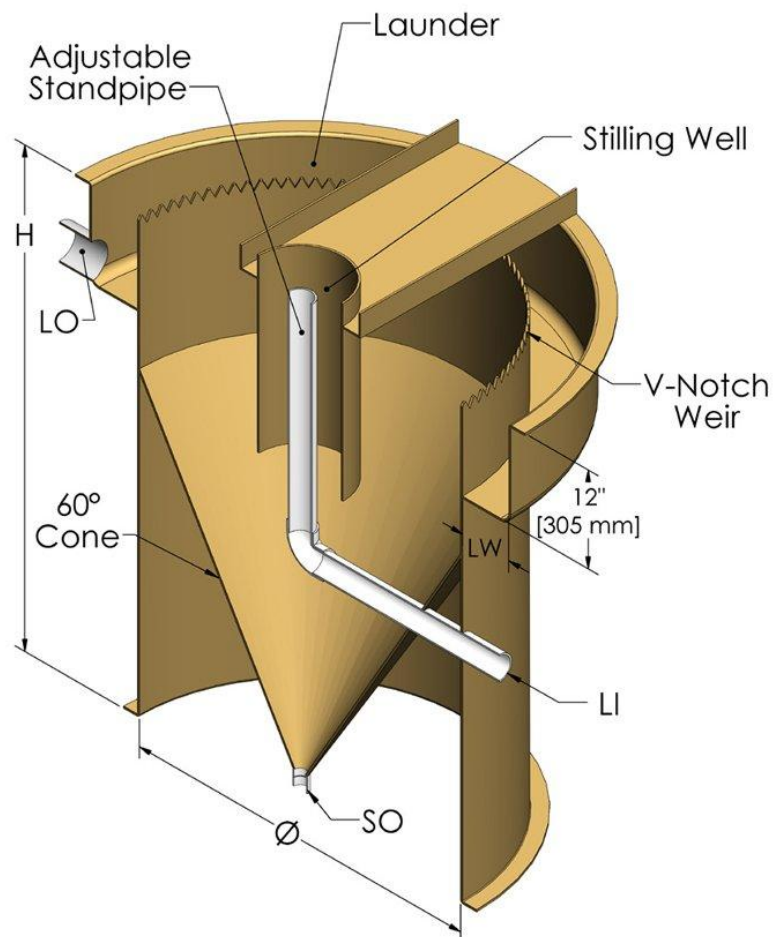
$$V' = \frac{\pi r^2}{3} h' = \frac{\pi d^2 h'}{12}$$

Αν ο όγκος κώνου κατασκευαστεί να είναι το  $1/40$  του όγκου του κυλίνδρου, δηλαδή  $0,094 \text{ m}^3$  το ύψος του κώνου προκύπτει  $h' = 0,47 \text{ m}$

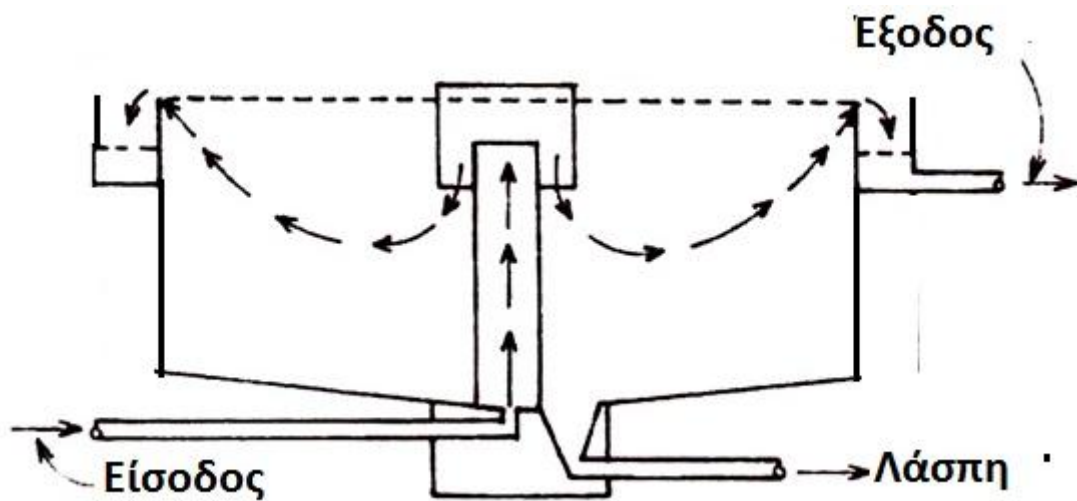
Το συνολικό ύψος θα είναι  $2 + 0,47 = 2,47 \text{ m}$  ( $2,50 \text{ m}$ )

Η δεξαμενή που θέλουμε να κατασκευάσουμε θέλουμε να είναι της μορφής που δίνεται στο ακόλουθο σχήμα

Δηλαδή είναι κυκλική δεξαμενή με ακτινική ροή, είναι κεντρικής τροφοδοσίας και περιέχει κώνο συλλογής της λάσπης.



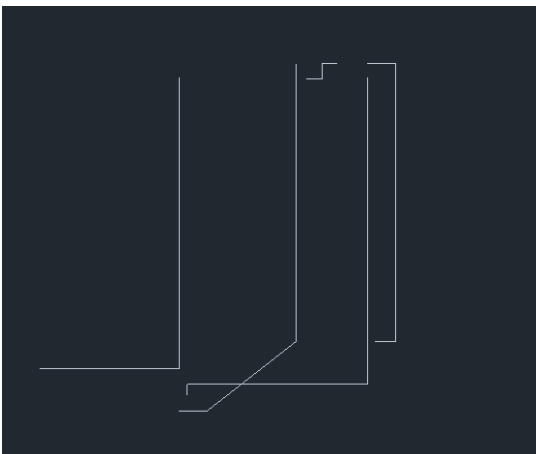
Εικόνα 9: τομή κυκλικής δεξαμενής



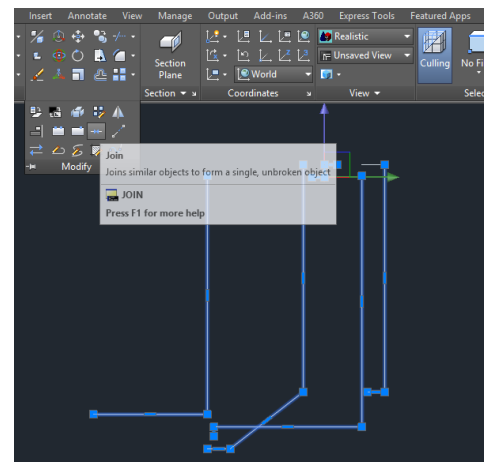
Εικόνα 10: σχεδιάγραμμα κυκλικής δεξαμενής

## 4.2 Σχηματισμός με CAD

### Πρώτο βήμα



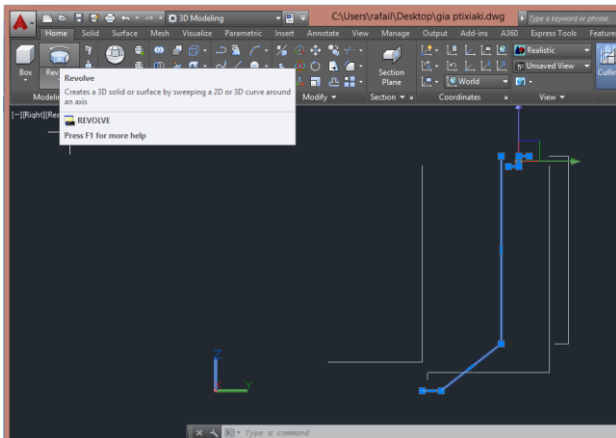
Εικόνα 11 σχεδίαση περιγράμματος δεξαμενής σε 2D



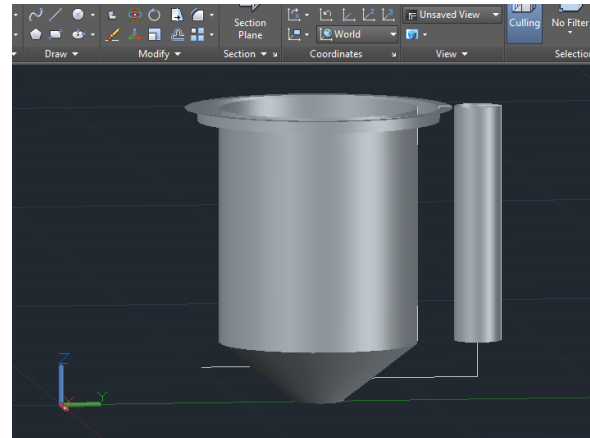
Εικόνα 12 Join στις σωλήνες

Στο πρώτο βήμα σχεδιάζουμε το περίγραμμα (διότι είναι κυκλική η δεξαμενή) του κύριου κορμού της δεξαμενής, τον πλαϊνό σωλήνα που θα μαζεύει την υπερχειλίση της δεξαμενής, και τους σωλήνες εισόδου και εξόδου του νερού από την δεξαμενή και στην συνέχεια επιλέγουμε τις γραμμές και τις κάνουμε ένα με την εντολή “join” για να βγει ομοιόμορφα όταν της δώσουμε όγκο.

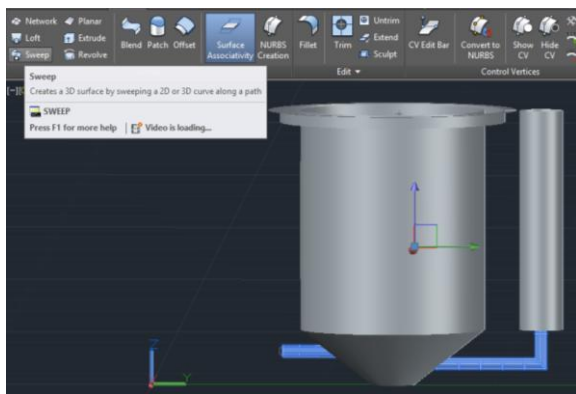
## Δεύτερο βήμα



Εικόνα 13 εντολή Revolve



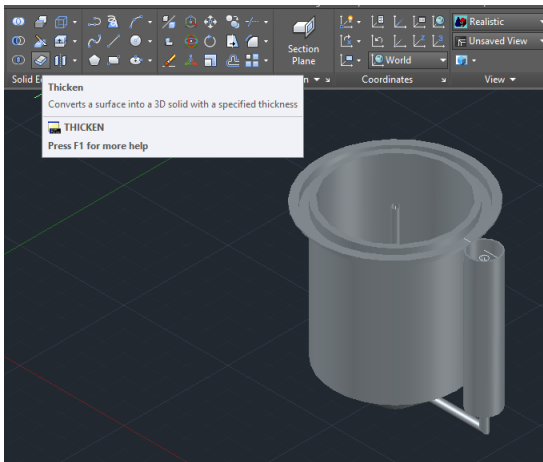
Εικόνα 14 δημιουργία 3D μοντέλο ( κορμός και πλαϊνός σωλήνας)



Εικόνα 15 δημιουργία σωλήνων εισόδου και εξόδου του νερού

Στο δεύτερο βήμα πάμε να κάνουμε το 2d σχέδιο 3d. Η δεξαμενή είναι κυκλική οπότε πάμε και επιλέγουμε της γραμμές του κύριου κορμού της δεξαμενής και την κάνουμε “Revolve”, ομοίως και για τον πλαϊνό σωλήνα , στην συνέχεια φτιάχνουμε από ένα κύκλο στις γραμμές που έχουμε φτιάξει για της σωλήνες εισόδου και εξόδου του νερού και με την εντολή “sweep” δημιουργούμε τους σωλήνες.

## Τρίτο βήμα



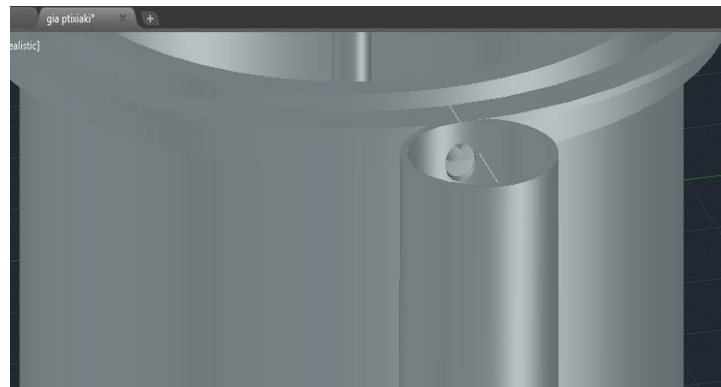
Εικόνα 16 πάχος δεξαμενης



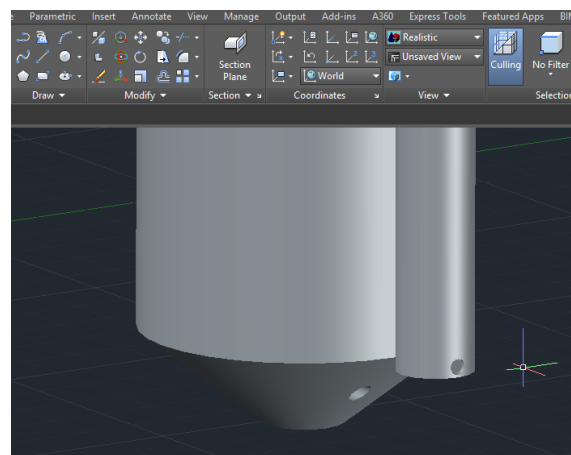
Εικόνα 17 πάχος σωληνώσεων

Στο τρίτο βήμα πάμε να δώσουμε το πάχος σε όλα τα μέρη της δεξαμενής αυτό γίνεται με την εντολή “Thicken”, επιλέγουμε ξεχωριστά ένα ένα τα μέρη της δεξαμενής γιατί έχουν διαφορετικά πάχη.

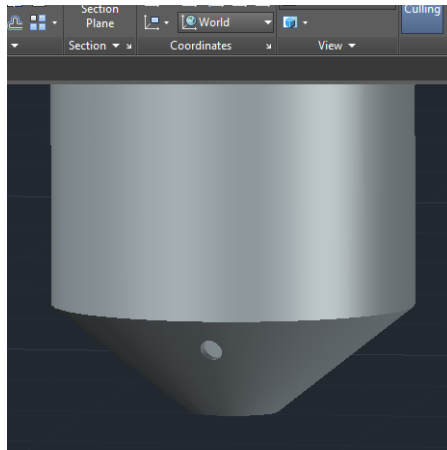
## Τέταρτο βήμα



Εικόνα 18: οπή για το σωληνάκι από το αυλάκι στο μεγάλο πλαϊνό σωλήνα



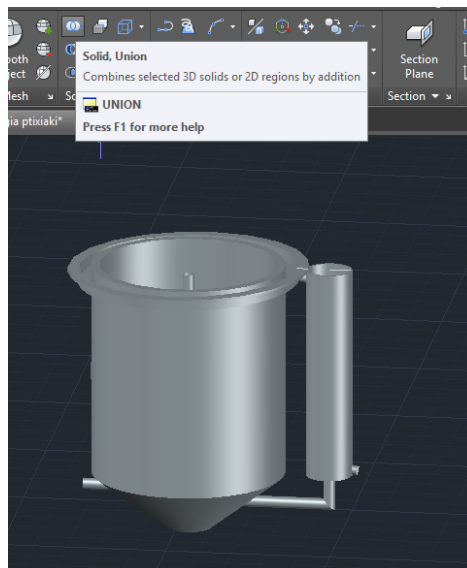
Εικόνα 19: οπή για την σωλήνα αναρρόφησης της λάσπης και τρύπα για τη σωλήνα εξόδου του νερού



Εικόνα 20: οπή για τη σωλήνα εισόδου του νερού

Στο τέταρτο βήμα πάμε και δημιουργούμε τις οπές στις οποίες θα περνάνε από μέσα οι σωλήνες δημιουργώντας ένα μικρό κύλινδρο εκεί που θέλουμε να γίνει η οπή και μετά με την εντολή “solid,subtract” αφαιρούμε τον κύλινδρο για να μείνει η οπή και να βάλουμε τις σωλήνες στη θέση τους.

### Πέμπτο βήμα



Εικόνα 21: εντολή union για να γίνει ένα σώμα

Στο πέμπτο βήμα κάνουμε όλη την δεξαμενή ένα σώμα γιατί έτσι θα είναι και στην πραγματικότητα.

### **4.3 Κατασκευές εισόδου**

Στις προηγούμενες παραγράφους υποτίθεται ότι το νερό κατανέμεται ομοιόμορφα στην διατομή της δεξαμενής, αλλά στην πράξη αυτή η υπόθεση δεν είναι απόλυτα ακριβής.

Για μια ομοιόμορφη κατανομή του νερού στο πλάτος (και το βάθος) της δεξαμενής, εισάγονται κατασκευές εισόδου. Η ταχύτητα εισόδου μειώνεται εισάγοντας διάφορα κανάλια εισόδου, ακολουθούμενα από ένα τοίχωμα διάχυσης που κατανέμει το νερό σε ολόκληρη την εγκάρσια διατομή της δεξαμενής.

Ένας τοίχος διαχύτη έχει ανοίγματα για να διανέμει το νερό πάνω από το πλάτος (και το βάθος) της δεξαμενής. Στο άκρο του τοιχώματος, η ταχύτητα ροής στο κανάλι εισόδου είναι μηδέν και έτσι είναι η κεφαλή της ταχύτητας. Η απώλεια κεφαλής που προκαλείται από την τριβή, ωστόσο, είναι χαμηλότερη από τη μείωση της κεφαλής ταχύτητας, με αποτέλεσμα την αύξηση του πιεζομετρικού επιπέδου.

Η στάθμη του νερού στο άκρο του καναλιού εισόδου είναι, συνεπώς, υψηλότερη από το επίπεδο στην αρχή. Το αποτέλεσμα είναι ότι στο τέλος του καναλιού εισόδου εισέρχεται περισσότερο νερό στη δεξαμενή από ό, τι στην αρχή του καναλιού εισόδου. Για να αποφευχθεί αυτή η άνιση κατανομή, η απώλεια κεφαλής στα ανοίγματα στο τοίχωμα του διαχύτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τη διαφορά στο πιεζομετρικό επίπεδο που προκαλείται από τη μείωση της ροής

### **4.4 Κατασκευές εξόδου**

Η κατασκευή εξόδου βρίσκεται στο άκρο της δεξαμενής καθίζησης και γενικά αποτελείται από ένα φράγμα υπερχειλίσης.

Στην κατασκευή εξόδου, πρέπει να αποτραπεί η επαναιώρηση των σταθερών στερεών και η ταχύτητα ροής προς την κατεύθυνση προς τα άνω θα περιοριστεί

Ως εκ τούτου, το μήκος του φράγματος υπερχειλίσης πρέπει να είναι αρκετές φορές το πλάτος της δεξαμενής.

Για να δημιουργηθεί επαρκές μήκος για τον φραγμό υπερχειλίσης, τοποθετούνται αρκετές κοιλότητες παράλληλες μεταξύ τους.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

### ΣΧΟΛΙΑ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η καθίζηση αποτελεί μία φυσική μέθοδο επεξεργασίας του νερού. Με την καθίζηση απομακρύνονται τα σωματίδια που έχουν πυκνότητα μεγαλύτερη του νερού, δηλαδή μεγαλύτερη από  $1\text{g}/\text{cm}^3$ . Έχει τα πλεονεκτήματα ότι είναι απλή, οικονομική μέθοδος. Δεν απαιτείται ειδικός εξοπλισμός ούτε και εξειδικευμένο προσωπικό για την λειτουργία των δεξαμενών καθίζησης. Απαιτείται όμως πολύ προσεκτικός σχεδιασμός ώστε να είναι αποτελεσματική η λειτουργία τους. Για τον σχεδιασμό λαμβάνονται υπόψην παράμετροι όπως η παροχή, ο χρόνος καθίζησης, το βάθος, η ταχύτητα υπερχειλίσης. Στην πράξη κατασκευάζονται πάντοτε περισσότερες από μία δεξαμενές.

Οι δεξαμενές ανάλογα με το σχήμα τους μπορεί να είναι κυκλικές, ορθογωνικές ή τετράγωνες. Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους. οι δεξαμενές μπορεί να είναι γεμίσματος και έλξης ή συνεχούς ροής. Οι δεξαμενές συνεχούς ροής ανάλογα με την κατεύθυνση της ροής των λυμάτων μπορεί να είναι είτε οριζόντιας ή κατακόρυφης ροής. Οι οριζόντιας ροής δεξαμενές καθίζησης μπορούν να είναι είτε ορθογώνιες με διαμήκη ροή ή κυκλικές με ακτινική ροή. Στις κυκλικές με ακτινική ροή το προς επεξεργασία νερό εισέρχεται είτε με περιφερική τροφοδοσία (ή ζάντα) ή με κεντρική τροφοδοσία.

Στην εργασία αυτή σχεδιάστηκε μια κυκλική δεξαμενή καθίζησης με ακτινική ροή κεντρικής τροφοδοσίας για την επεξεργασία του νερού. Ο υπολογισμός των διαστάσεων της εν λόγω δεξαμενής έγινε αρχικά με βάση τις ανάγκες μιας ξενοδοχειακής μονάδας 200 κλινών. Ελήφθησαν υπόψην οι περιορισμοί στις προδιαγραφές και εν τέλει ο σχεδιασμός έγινε σε κλίμακα 1:100.000. Για τον σχεδιασμό χησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα CAD (Computer-Aided Design) σε υπολογιστή. Το σχεδιαστικό πρόγραμμα δείχνει ότι αποτελεί ένα ισχυρότατο εργαλείο για τον σχεδιασμό δεξαμενών καθίζησης και ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για περιβαλλοντικές εφαρμογές από τους μηχανικούς αλλά και όποιους επιστήμονες ασχολούνται με την προστασία του περιβάλλοντος.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ΕΛΛΗΝΙΚΗ

1. Στυλιανός Π. Τσώνης (2004), “Επεξεργασία λυμάτων”, 1η Έκδοση, εκδόσεις Παπασωτηρίου.
2. Στυλιανός Π. Τσώνης (2003), “καθαρισμός νερού”, 1η Έκδοση, εκδόσεις Παπασωτηρίου.
3. Μπιλάλης Ν., Μαραβελάκης Ε., (2020),“Συστήματα CAD/CAM και τρισδιάστατη μοντελοποίηση”, 3η έκδοση, εκδόσεις Κριτική.
4. Τσάμπος ΕΠΕ., “εξοπλισμός κυκλικής δεξαμενής καθίζησης”
5. Εφημερίς της κυβερνήσεως, “οδηγία 98/83/ΕΚ για την νομοθεσία του νερού”, δεύτερο τεύχος 2001.
6. Εφημερίς της κυβερνήσεως , “ Οδηγία 98/83/ΕΚ προστασία και διαχείριση υδάτων – εναρμόνιση με την οδηγία 2000/60/ΕΚ” πρώτο τεύχος 2003.
7. Οδηγία του συμβούλιου (1975), “Οδηγία 75/440/ΕΚ για την ποιότητα των υδάτων επιφάνειας που προορίζονται για την παραγωγή ποσίμου ύδατος στα Κράτη μέλη”.
8. Αθανάσιος Κουτσούκος, “κατασκευές μηχανημάτων χημικής τεχνολογίας & επεξεργασίας νερών/απόνερων”.
9. Μπολανάκης Ν. “σύγχρονες τεχνικές 3Δ μοντελοποίησης για την ενίσχυση της εκπαίδευσης σε θέματα πολιτιστικής κληρονομιάς - μελέτη εφαρμογής”.
10. Κώττη Μ.(2010), “τεχνολογία επεξεργασίας πόσιμου νερού”, σημειώσεις 2010.



## ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

1. Τύποι δεξαμενών καθίζησης | Δεξαμενές | Επεξεργασία νερού | Μηχανική Νερού [Types of Sedimentation Tanks | Tanks | Water Treatment | Water Engineering](#)
2. Δεξαμενές καθίζησης συνεχούς ροής Επεξεργασία νερού | Μηχανική Νερού [Continuous Flow Settling Tanks | Water Treatment | Water Engineering](#)