

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ  
ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ ΜΕ  
ΜΕΘΟΔΟ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ ΤΥΠΩΝ Ι,ΙΙ,ΙΙΙ**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΝΙΚΑ ΑΦΡΟΔΙΤΗ**  
**ΓΕΩΡΓΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: Δρ. Π. ΚΑΚΑΒΑΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2016**

## **Ευχαριστίες**

Έχοντας ολοκληρώσει την παρούσα διπλωματική εργασία, αισθανόμαστε την ανάγκη να ευχαριστήσουμε:

Τον εισηγητή και επιβλέποντα της παρούσας εργασίας, κ. Κακαβά Παναγιώτη, για την άριστη συνεργασία που μας προσέφερε, την υποστήριξη και κατανόηση που μας έδειξε καθ' όλη την διάρκεια της εργασίας μας.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους υπεύθυνους στη Μονάδα Επεξεργασίας Νερού στο Μενίδι, για τις πολύτιμες πληροφορίες που μας έδωσαν και που μας επέτρεψαν τη λήψη φωτογραφικού υλικού κατά τη διάρκεια της επίσκεψης μας στον χώρο τους αλλά και την μελετητική εταιρεία NAMA A.E. για την άδεια χρήσης τεχνικής μελέτης για το έργο ‘‘Υδρευση ανατολικής πλευράς νομού Καρδίτσας από τη λίμνη Σμόκοβου: Έργα αποθήκευσης & επεξεργασίας νερού’’.

Πάτρα, Μάιος 2016

Γεωργακόπουλος Κωνσταντίνος

Νίκα Αφροδίτη

## Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με τον σχεδιασμό εγκαταστάσεων καθαρισμού πόσιμου νερού με την μέθοδο καθίζησης τύπων I,II,III. Αναλύουμε ποια είναι η σημασία του νερού στην καθημερινή μας ζωή, την ποιότητα του νερού, τις προδιαγραφές που πρέπει να τηρεί σε ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο, ούτως ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις διάφορες ανάγκες του ανθρώπου και κυρίως για την επιβίωσή του.

Συγκεκριμένα, στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρονται γενικές πληροφορίες σχετικά με την δομή και την χρήση του νερού. Το δεύτερο κεφάλαιο ασχολείται με το καθαρισμό του νερού, δηλαδή με τα στάδια επεξεργασίας του. Στο τρίτο κεφάλαιο, αναλύουμε την μέθοδο της καθίζησης. Στο τέταρτο κεφάλαιο, αναφέρεται ο σχεδιασμός εγκαταστάσεων καθίζησης και οι αρχές σχεδιασμού τους. Εν συνεχεία, στο πέμπτο κεφάλαιο βλέπουμε πληροφορίες για τις εταιρείες κατεργασίας νερού. Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζουμε την τεχνική μελέτη για το έργο αποθήκευσης και επεξεργασίας νερού από τη λίμνη Σμόκοβου στην Ανατολική Καρδίτσα. Τέλος, στο έβδομο κεφάλαιο προτείνουμε περαιτέρω έρευνα με χρήση διαφορετικών τύπων κροκιδωτικού για τον καθαρισμό νερού.

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστών: Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι σπουδαστές έχουμε επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Διπλωματικής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολόκληρου του κειμένου εξίσου, έχουμε δε αναφέρει στην βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες και δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Οι σπουδαστές

Νίκα Αφροδίτη

(Υπογραφή)

Γεωργακόπουλος Κωνσταντίνος

(Υπογραφή)

## Περιεχόμενα

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ –ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΝΕΡΟ</b> .....	10
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1.2 Η ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΟΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ .....	10
1.3 Ο ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ .....	12
1.4 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΝΕΡΟ.....	13
1.5 ΟΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΖΩΗ ΜΑΣ.....	16
1.5.1 ΟΙΚΙΑΚΕΣ – ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ.....	16
1.5.2 ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ .....	17
1.5.3 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ.....	18
1.6 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ .....	18
1.6.1 ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ.....	18
1.6.2 ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ .....	19
1.6.3 ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΟΛΙΚΑ ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ.....	20
1.6.5 ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ .....	21
1.6.6 ΧΡΩΜΑ ΣΤΟ ΝΕΡΟ .....	21
1.6.7 ΟΣΜΗ ΚΑΙ ΓΕΥΣΗ.....	22
1.6.8 ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ .....	22
1.7 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ .....	23
1.7.1 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΤΟΥ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΥΓΕΙΑΣ .....	24
1.7.1 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΈΝΩΣΗ.....	24
1.7.2 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΣΤΙΣ ΗΝΩΜΕΝΕΣ ΠΟΛΙΤΕΙΕΣ ΤΗΣ ΑΜΕΡΙΚΗΣ .....	25
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΝΕΡΟΥ</b> .....	27
2.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ .....	27
2.2 ΠΡΟ-ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ .....	27
2.2.1 ΕΣΧΑΡΙΣΜΟΣ .....	28
2.2.2 ΚΟΣΚΙΝΙΣΜΑ .....	29
2.2.3 ΤΕΜΑΧΙΣΜΟΣ.....	30
2.2.4 ΕΞΑΜΜΩΣΗ.....	30
2.2.5 ΑΠΟ- ΙΛΥΩΣΗ.....	31
2.2.6 ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ .....	31
2.3 ΚΥΡΙΩΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ .....	31
2.3.1 ΚΡΟΚΙΔΩΣΗ - ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΣΗ .....	31
2.3.2 ΑΕΡΙΣΜΟΣ.....	34
2.3.3 ΚΑΘΙΖΗΣΗ .....	34
2.3.4 ΔΙΗΘΗΣΗ (ΔΙΥΛΙΣΗ).....	34
2.3.5 ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ .....	37
2.3.6 ΑΠΟΣΚΛΗΡΥΝΣΗ.....	40

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ</b> .....	43
3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ .....	43
3.1.1 ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ.....	43
3.1.2 ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ .....	43
3.1.3 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ .....	45
3.1.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ.....	47
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ – ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ</b> .....	51
4.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ .....	51
4.2 ΤΥΠΟΙ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ.....	53
4.2.1 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΑΝΟΔΙΚΗΣ ΡΟΗΣ .....	59
4.2.2 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΕΠΑΦΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ .....	61
4.2.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΑΧΕΙΑΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ TUBE SETTLER ΚΑΙ LAMELLA SEPARATOR .....	63
4.3 ΈΡΓΑ ΕΙΣΟΔΟΥ : ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΑΥΛΑΚΑ ΕΙΣΡΟΗΣ, ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΗΡΕΜΙΑΣ .....	64
4.4 ΈΡΓΑ ΕΞΟΔΟΥ : ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΤΕΣ, ΑΥΛΑΚΕΣ ΕΚΡΟΗΣ (ΑΠΑΓΩΓΗΣ), ΕΠΙΠΛΕΟΥΣΑ ΙΛΥΣ.....	65
4.5 ΣΑΡΩΤΕΣ ΙΛΥΟΣ .....	68
4.6 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΙΛΥΟΣ .....	70
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΝΕΡΟΥ</b> .....	72
5.1 ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΕΥΔΑΠ.....	72
5.2 ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΔΑΤΟΣ ΤΗΣ ΕΥΔΑΠ .....	73
5.3 ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΝΕΡΟΥ ΑΧΑΡΝΩΝ.....	74
5.3.1 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΜΕΝ ΑΧΑΡΝΩΝ.....	75
5.3.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΜΕΝ ΑΧΑΡΝΩΝ ΚΑΙ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ .....	75
5.4 ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΜΕΝ ΑΧΑΡΝΩΝ ..	79
5.4.1 ΟΡΘΟΓΩΝΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗ .....	79
5.4.2 ΚΥΚΛΙΚΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ .....	87
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΕΡΓΟ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΤΗ ΛΙΜΝΗ ΣΜΟΚΟΒΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΚΑΡΔΙΤΣΑ</b> .....	91
6.1 ΜΟΝΑΔΑ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ – ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΙΛΥΟΣ .....	91
6.1.1 ΜΟΝΑΔΑ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ.....	92
6.1.2 ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΙΛΥΟΣ .....	98
6.2 ΠΡΟΣΦΕΡΟΜΕΝΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ .....	99
6.3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ .....	100
6.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΟΚΟΜΙΔΗΣ ΙΛΥΟΣ.....	101
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ</b> .....	103

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 : ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>105</b>
--	------------

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 : ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....</b>	<b>106</b>
-------------------------------------	------------

### **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ, ΠΙΝΑΚΩΝ, ΚΑΙ ΣΧΗΜΑΤΩΝ**

Εικόνα 1-1.	Το νερό είναι σημαντικό για την ανάπτυξη των καλλιεργειών.....	17
Εικόνα 2-1.	Το νερό πρώτα περνάει από τις εσχάρες για να αφαιρεθούν τα μεγάλα σωματίδια όπως κλαδιά, κ.α.....	28
Εικόνα 2-2.	Διαφορετικός τύπος εσχάρας .....	29
Εικόνα 2-3.	Περιστροφικό κόσκινο σημείου υδροληψίας (Λέκκας, 1996).....	30
Εικόνα 2-4.	Θρόμβωση σωματιδίων .....	33
Εικόνα 2-5.	Δεξαμενή διήθησης .....	35
Εικόνα 2-6	Μεταβολή σκληρότητας νερού .....	42
Εικόνα 4-1.	Ορθογώνια δεξαμενή.....	55
Εικόνα 4-2.	Ορθογώνια δεξαμενή όπου είναι ορατοί οι υπερχειλιστές.....	55
Εικόνα 4-3.	Άδεια κυκλική δεξαμενή καθίζησης που είναι εμφανής η γερανογέφυρα και ο κώνος περισυλλογής ιλύος.....	58
Εικόνα 4-4.	Κυκλική δεξαμενή καθίζησης.....	58
Εικόνα 4-5.	Ειδικό προστατευτικό τοίχιο για την προστασία της εκροής από την δεξαμενή καθίζησης .....	68
Εικόνα 5-1.	Ορθογώνια δεξαμενή με ορατή γερανογέφυρα.....	79
Εικόνα 5-2.	Βρισκόμαστε σε πρώτο στάδιο της επεξεργασίας όπου το νερό έχει εισέλθει στην δεξαμενή, έχουμε κάνει ρίψη κροκιδωτικών, πολυηλεκτρολύτης και θειικό αργίλιο, και με την βοήθεια των αναδευτήρων η ιλύς και τα άλλα απόβλητα σιγά σιγά αρχίζουν να καθιζάνουν. Η θολότητα και είναι μεγάλη..	80
Εικόνα 5-3.	Εν συνεχεία μετά την χρήση των κροκιδωτικών και με την συνεχή ανάδευση του νερού με τους αναδευτήρες, η ιλύς καθιζάνει ακόμα περισσότερο και διάφορα άλλα αντικείμενα όπως κλαδιά και το νερό καθαρίζει όλο και περισσότερο και η θολότητα βελτιώνεται. ....	80
Εικόνα 5-4.	Με την ώρα ο βαθμός της θολότητας μικραίνει. Μπορούμε να το καταλάβουμε καλύτερα με γυμνό μάτι με την εμφάνιση του αναδευτήρα...	81
Εικόνα 5-5.	Αναδευτήρας της δεξαμενής καθίζησης .....	81
Εικόνα 5-6.	Βρισκόμαστε προς το τέλος της δεξαμενής και το νερό έχει καθαρίσει σε μεγάλο βαθμό, απομακρύνοντας την θολότητα και τα διάφορα απόβλητα που υπήρχαν .....	82
Εικόνα 5-7.	Τέλος το νερό που έχει υποστεί καθίζηση περνάει από τους υπερχειλιστές και οδηγείται σε άλλη δεξαμενή για περαιτέρω επεξεργασία με την χρήση φίλτρων.....	82
Εικόνα 5-8 και Εικόνα 5-9	Υπερχειλιστές δεξαμενών καθίζησης.....	83
Εικόνα 5-10.	Ορθογώνια δεξαμενή όπου είναι ορατοί οι υπερχειλιστές και η γερανογέφυρα. Έχουμε μια γερανογέφυρα ανά δυο δεξαμενές καθίζησης ..	84

Εικόνα 5-11.	Άδεια δεξαμενή καθίζησης. Η ιλύς έχει καθιζάνει μετά από την διαδικασία της καθίζησης.....	85
Εικόνα 5-12.	Καθιζάνουσα ιλύς.....	85
Εικόνα 5-13.	Ξέστρο, η χρήση του είναι να καθαρίζει τον πυθμένα των δεξαμενών καθίζησης.....	86
Εικόνα 5-14.	Υπάλληλος της ΜΕΝ Μενιδίου καθαρίζει την ιλύ και τα διάφορα απορρίματα που έχουν καθιζάνει στον πυθμένα της δεξαμενής.....	86
Εικόνα 5-15.	Βλέπουμε την γερανογέφυρα της δεξαμενής, τους υπερχειλιστές και το ξέστρο (σάρωθρο).....	87
Εικόνα 5-16.	Κώνος περισυλλογής ιλύος.....	87
Εικόνα 5-17.	Υπερχειλιστής. Στις κυκλικές δεξαμενές οι υπερχειλιστές βρίσκονται εξωτερική επιφάνεια της δεξαμενής.....	88
Εικόνα 5-18.	Προστατευτικό τοίχιο για την επιπλέον ιλύ.....	88
Εικόνα 5-19.	Σύστημα καθαρισμού της εξωτερικής επιφάνειας της δεξαμενής.....	89
Εικόνα 5-20.	Ξέστρο (σάρωθρο) πυθμένα.....	89
Εικόνα 5-21.	Είσοδος κώνου συγκέντρωσης ιλύος και (σάρωθρο) ξέστρο πυθμένα.....	90
Εικόνα 5-22.	Καθαρισμός αύλακα εκροής.....	90
Πίνακας 1-1.	Σύσταση νερού: κύρια και δευτερεύοντα ιόντα, ιχνοστοιχεία.....	13
Πίνακας 1-2.	Χαρακτηρισμός σκληρότητας.....	19
Πίνακας 2-1.	Στοιχεία επικίνδυνων τοξικών ουσιών.....	40
Πίνακας 2-2.	Διεθνής μονάδες σκληρότητας νερού.....	41
Πίνακας 4-1.	Μήκος σωληνώσεων απαγωγής.....	70
Πίνακας 5-1.	Τιμές θολότητας (NTUA) του ανεπεξέργαστου νερού κατά τα έτη 2011,2012,2013.....	76
Πίνακας 5-2.	Τιμές Ph του ανεπεξέργαστου νερού κατά τα έτη 2011, 2012, 2013. ....	78
Πίνακας 5-3.	Τιμές της θερμοκρασίας του ανεπεξέργαστου νερού κατά το έτος 2012.....	78
Σχήμα 1-1.	Δεσμοί υδρογόνου μεταξύ μορίων νερού.....	11
Σχήμα 1-2.	Παραστατική απεικόνιση του υγρού νερού.....	11
Σχήμα 1-3.	Ο υδρολογικός κύκλος.....	12
Σχήμα 3-1.	Ιδεώδης δεξαμενή καθίζησης.....	44
Σχήμα 3-2.	Πειραματικός προσδιορισμός ταχύτητας καθίζησης.....	46
Σχήμα 3-3	Σφαιρικό σωματίδιο σε ήρεμο νερό κάτω από την επίδραση της οπισθέλκουσας δύναμης, της άνωσης και του βάρους του.....	47
Σχήμα 3-4.	Στήλη για την πειραματική μελέτη της καθίζησης τύπου II.....	50
Σχήμα 4-1.	Σκαρίφημα ορθογώνιας δεξαμενής.....	54
Σχήμα 4-2.	Σκαρίφημα ορθογώνιας δεξαμενής.....	54
Σχήμα 4-3.	Κυκλική δεξαμενή με τροφοδότηση από το κέντρο.....	56
Σχήμα 4-4.	Στάδια επεξεργασίας νερού σε κυκλική δεξαμενή.....	57



Σχήμα 4-5.	Κυκλική δεξαμενή με περιμετρική εξωτερική τροφοδότηση και περιμετρική εσωτερική εκροή .....	57
Σχήμα 4-6.	Κυκλική δεξαμενή καθίζησης με τροφοδότηση από το κέντρο και εκροή από περιμετρικό υπερχειλιστή.....	57
Σχήμα 4-7.	Ορθογώνια δεξαμενή οριζόντιας ροής.....	60
Σχήμα 4-8.	Κυκλική δεξαμενή οριζόντιας ακτινικής ροής.....	60
Σχήμα 4-9.	Κυκλική δεξαμενή ανοδικής ακτινικής ροής .....	61
Σχήμα 4-10.	Πορεία του νερού δια μέσου της διάταξης επαφής στερεών .....	62
Σχήμα 4-11.	Τομή της διάταξης επαφής στερεών Σχήμα 4.11 Τομή της διάταξης επαφής στερεών .....	62
Σχήμα 4-12.	Κάτοψη της διάταξης επαφής στερεών .....	63
Σχήμα 4-13.	Στο αριστερό σχήμα βλέπουμε την μέθοδο της τεχνικής ανάδευσης ενώ στο δεξί την διαμόρφωση του πυθμένα του αύλακα.....	64
Σχήμα 4-14.	Έργα εισόδου σε κυκλικές δεξαμενές.....	65
Σχήμα 4-15.	Κίνηση νερού σε κυκλικές δεξαμενές καθίζησης .....	65
Σχήμα 4-16.	Υπερχειλιστής ευθείας στέψης.....	66
Σχήμα 4-17.	Οδοντωτός υπερχειλιστής από λαμαρίνα .....	66
Σχήμα 4-18.	(1) προστατευτικό τοιχίο, (2) στέψη οδοντωτού υπερχειλιστή, (3) στάθμη για την ελάχιστη παροχή ξηράς περιόδου.....	67
Σχήμα 4-19.	Σαρωτής ιλύος ορθογώνιας δεξαμενής .....	69
Σχήμα 4-20.	Σαρωτής ιλύος κυκλικής δεξαμενής καθίζησης.....	69
Σχήμα 4-21.	Δεξαμενές συγκέντρωσης ιλύος για (α) ορθογώνια δεξαμενή και (β) κυκλική δεξαμενή.....	70

# Κεφάλαιο 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ –ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΝΕΡΟ

## 1.1 Εισαγωγή

Το καθαρό νερό είναι άοσμο, άχρωμο και άγευστο και είναι επίσης ένα μέσο που μπορεί να διαλυτοποιεί αρκετές από τις ουσίες που έρχεται σε επαφή. Γι' αυτό τον λόγο δεν υπάρχει καθαρό νερό στην φύση αφού περιέχει διάφορες ουσίες ή συστατικά. Το νερό αποτελεί το 70% του ανθρώπινου σώματος και πάνω από το 80% του βάρους σε αρκετά φυτικά είδη. Το νερό παίζει σημαντικό ρόλο στην φωτοσύνθεση των φυτών και μέσω αυτής στην διατήρηση του επιπέδου του οξυγόνου στην ατμόσφαιρα. Επίσης, διατηρεί την θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος μέσω των θερμοδυναμικών μηχανισμών της διαπνοής, εφίδρωσης και αναπνοής.

Ακόμα, τα φυσικά νερά μπορεί να περιέχουν αιωρούμενα και διαλυμένα ανόργανα και οργανικά στερεά καθώς και μικροοργανισμούς. Με την ιδιότητα του να παρασύρει και να μεταφέρει αιωρούμενο υλικό αποτελεί τον κυριότερο λόγο για την ρύπανση των υδατικών πόρων.

## 1.2 Η δομή και οι ιδιότητες του νερού

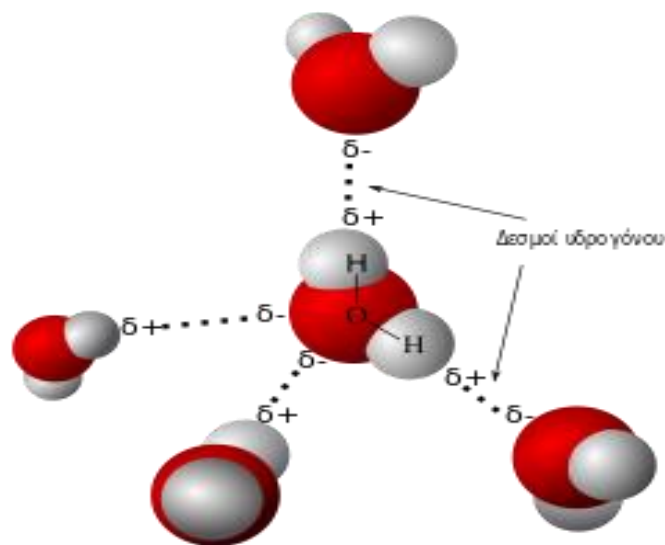
Το καθαρό νερό σε πίεση 1 atm και θερμοκρασίας 25° είναι ένα διαυγές, άχρωμο και άοσμο υγρό το οποίο είναι απαραίτητο για τους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς. Το σημείο βρασμού του είναι στους 100°C, η πυκνότητα του είναι 1,0000 kg/l και το σημείο πήξης του στους 0°.

Σε αέρια κατάσταση το νερό είναι μια χημική ένωση δυο ατόμων υδρογόνου (H) και ενός ατόμου οξυγόνου (O). Τα περισσότερα μόρια του νερού έχουν Μοριακό Βάρος (MB) 18. Όμως, επειδή το H και το O έχουν το καθένα περισσότερα από 3 ισότοπα, γι' αυτό τον λόγο υπάρχουν 18 πιθανά μοριακά βάρη για το νερό. Στο μόριο του νερού και τα δυο άτομα του H βρίσκονται στην ίδια πλευρά του ατόμου του O και οι δεσμοί τους με το άτομο του O σχηματίζουν γωνία 105°.

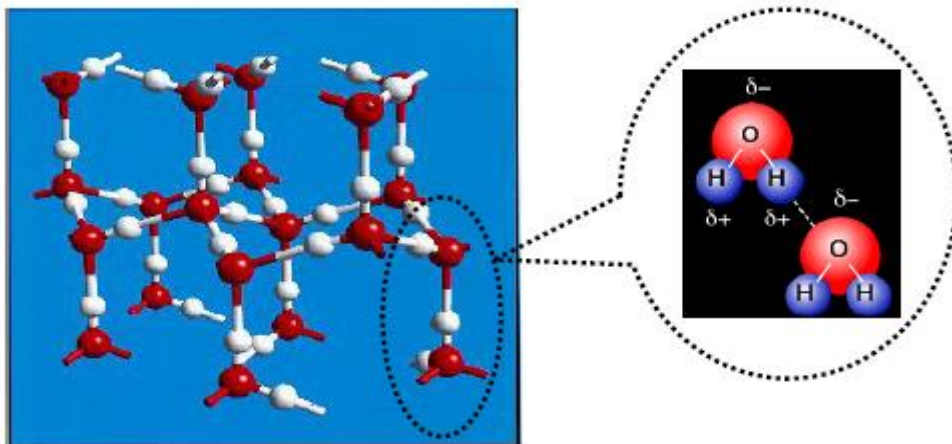
Η διαμοριακή σύνδεση με δεσμούς υδρογόνου (H) που παρατηρείται κυρίως στην στερεή κατάσταση του νερού και λιγότερο στην υγρή κατάσταση είναι αποτέλεσμα του διαχωρισμού των κέντρων των θετικών φορτίων ( $\delta^+$ ) από τα κέντρα των αρνητικών φορτίων ( $\delta^-$ ). Τα άτομα του οξυγόνου στο μόριο του νερού ασκούν ελκτικές ηλεκτροστατικές δυνάμεις κατά τις διευθύνσεις των μονήρων ηλεκτρονικών ζευγών σε άτομα υδρογόνου άλλων μορίων νερού. Ο δεσμός που δημιουργείται κατά τον τρόπο αυτό είναι ηλεκτροστατικού τύπου και ονομάζεται δεσμός υδρογόνου.

Συνεπώς, ο δεσμός υδρογόνου έχει ως αποτέλεσμα την τοποθέτηση των μορίων σε στερεή κατάσταση, του πάγου, ώστε κάθε άτομο του οξυγόνου να αντιστοιχεί στην κορυφή ενός τετραέδρου και να περιβάλλεται από τέσσερα άλλα άτομα οξυγόνου που ανήκουν σε γειτονικά μόρια. Στην τετραεδρική αυτή κατάσταση, οι αποστάσεις μεταξύ των μορίων είναι

μεγαλύτερες σε σχέση με τις διαστάσεις του μορίου του νερού και έτσι είναι δυνατή η συνύπαρξη τετραεδρικών κρυσταλλικών συμπλεγμάτων μορίων νερού καθώς και ελεύθερων μορίων νερού. Το παραπάνω έρχεται σε αντίθεση με το υγρό νερό, όπου η δομή του αντιστοιχεί σε συμπλέγματα διευθετημένων μορίων με δεσμούς υδρογόνου, τα οποία βρίσκονται μαζί με μη διευθετημένα και ελεύθερα κινούμενα απλά μόρια νερού.



Σχήμα 1-1. Δεσμοί υδρογόνου μεταξύ μορίων νερού



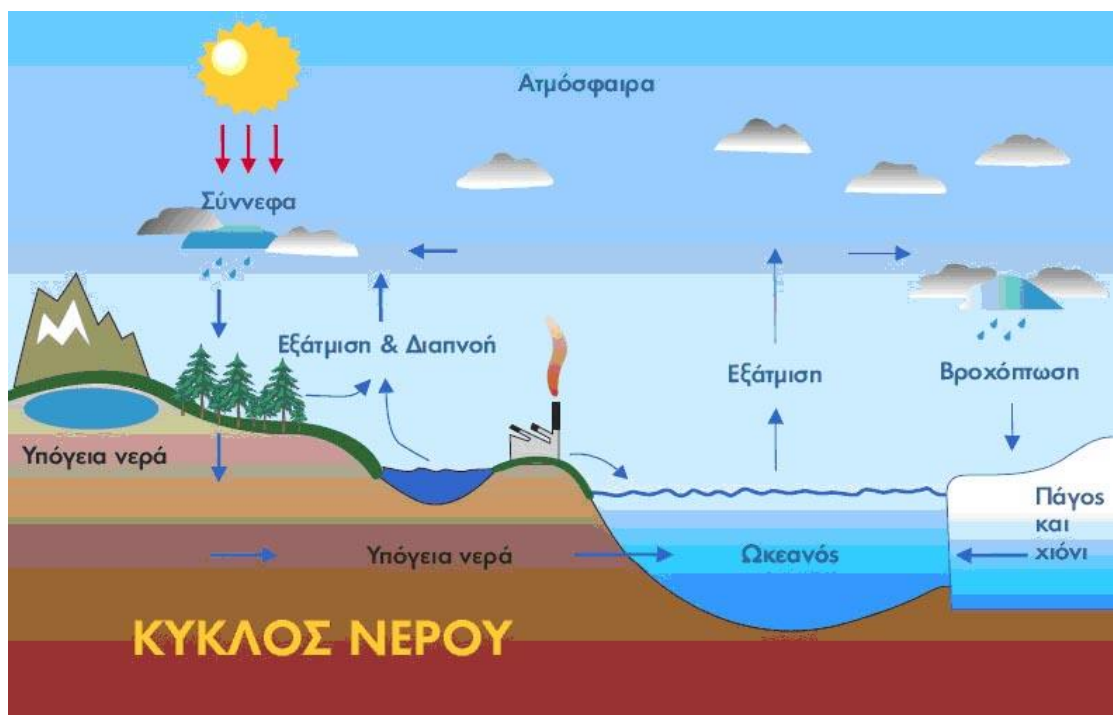
Σχήμα 1-2. Παραστατική απεικόνιση του υγρού νερού<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Χαλβαδάκης Κ. Π. (2004). Υδατική Χημεία. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα περιβάλλοντος, <http://www2.env.aegean.gr/eda/fpdb/Υδατική%20Χημεία.pdf>

### 1.3 Ο υδρολογικός κύκλος

Το νερό στον πλανήτη μας το συναντάμε σε στερεή μορφή που είναι ο πάγος, σε υγρή μορφή και σε αέρια μορφή που είναι οι υδρατμοί. Το νερό ανακυκλώνεται σε μικρά ή μεγάλα χρονικά διαστήματα. Η ανακύκλωση αυτή έχει ως αποτέλεσμα στην μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας και υλικών<sup>2</sup>.

Η ανακύκλωση αυτή επιτυγχάνεται σε πρώτο στάδιο με τους μηχανισμούς της εξάτμισης και της εξατμισοδιαπνοής, σε δεύτερο στάδιο μέσω της συμπύκνωσης των υδρατμών και τέλος με την επιφανειακά απορροή, τη διείσδυση στο έδαφος και την υπόγεια ροή του νερού.



Σχήμα 1-3. Ο υδρολογικός κύκλος<sup>3</sup>

Αναλυτικά, το νερό εξατμίζεται από τους ωκεανούς, τις θάλασσες, τις λίμνες, τα ποτάμια και από κάθε άλλη ελεύθερη υδάτινη επιφάνεια, από το έδαφος και τους ζωντανούς οργανισμούς (εξάτμιση και διαπνοή). Οι υδρατμοί ανέρχονται σε ψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας, ψύχονται, συμπυκνώνονται και υγροποιούνται, σχηματίζουν σύννεφα και επιστρέφουν στην επιφάνεια της Γης με τη μορφή βροχής, υγρασίας, χιονιού, χαλαζιού, πάχνης ή ακόμη και ομίχλης. Ένα μέρος του νερού που φτάνει στη Γη εμπλουτίζει τις θάλασσες, τους ωκεανούς, τις λίμνες και τα ποτάμια άμεσα ή έμμεσα (ως αποτέλεσμα επιφανειακής ροής). Ένα άλλο μέρος των κατακρημνισμάτων απορροφάται από το έδαφος απ' όπου είτε εξατμίζεται είτε χρησιμοποιείται από τα φυτά, είτε τροφοδοτεί τα υπόγεια νερά διαπερνώντας την επιφάνεια του εδάφους. Το ύψος των κατακρημνίσεων (βροχή, χιόνι,

<sup>2</sup> Κουμτζής Θ. (1980). Χημεία περιβάλλοντος, Εκδόσεις: Ζήτη, Θεσσαλονίκη

<sup>3</sup> ΔΕΥΑΤ, Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης Τρικάλων, "Νερό και Φύση", 2009. <http://www.deyat.gr/nero-kai-fysi>

χαλάζι, ομίχλη κ.α.) διαφέρει από περιοχή σε περιοχή και από έτος σε έτος. Το μέσο ύψος της βροχής σε παγκόσμιο επίπεδο είναι περίπου 1030mm ετησίως λαμβάνοντας υπόψη τη συνολική ποσότητα του νερού που επιστρέφει στην ατμόσφαιρα με την εξάτμιση και την εξατμισοδιαπνοή<sup>4</sup>. Εκτιμάται ότι η συχνότητα ανακύκλωσης του νερού είναι 30 φορές ανά έτος.

#### 1.4 Συστατικά που περιέχονται στο νερό

Στα φυσικά νερά συγκαταλέγονται οι θάλασσες, οι ωκεανοί, τα ποτάμια τα οποία είναι γνωστά ως επιφανειακά νερά όπως επίσης και τα υπόγεια νερά. Τα φυσικά νερά περιέχουν διάφορα συστατικά τα οποία διακρίνονται σε ανόργανα, οργανικά και αιωρούμενα υλικά. Τα συστατικά αυτά κατακρατώνται είτε από τη δίοδο του νερού μέσω της ατμόσφαιρας και του εδάφους είτε από υγρά απόβλητα.

Οι διαλυμένες ή αιωρούμενες ενώσεις των φυσικών νερών μπορούν να διακριθούν ανάλογα με την αφθονία τους σε κύρια και δευτερεύοντα συστατικά και σε ιχνοστοιχεία και ανάλογα με τη χημική τους φύση σε οργανικές και ανόργανες ουσίες.

κύρια ιόντα	δευτερεύοντα ιόντα	ιχνοστοιχεία
Ca <sup>++</sup> , Mg <sup>++</sup> , Na <sup>+</sup> , Cl <sup>-</sup> , K <sup>+</sup> , H <sup>+</sup> , F <sup>-</sup> , Fe <sup>++</sup> HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N.NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , N.NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , N.NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , P.PO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , HPO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , Si.SiO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , HSiO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Fe, Cu, Co, Mo, Mn, Zn, B, V

**Πίνακας 1-1. Σύσταση νερού: κύρια και δευτερεύοντα ιόντα, ιχνοστοιχεία<sup>5</sup>**

Στα κύρια συστατικά των φυσικών νερών συγκαταλέγονται οι ενώσεις των οποίων οι συγκεντρώσεις κυμαίνονται μεταξύ 0,1 και 10 mg/l (ιόντα ασβεστίου, μαγνησίου, νατρίου, χλωρίου, καλίου, ανθρακικά και θειικά άλατα κ.ά.). Τα παραπάνω ιόντα και ενώσεις αποτελούν γενικά τα μακροθρεπτικά συστατικά των υδρόβιων οργανισμών, ενώ κάποια από

<sup>4</sup> Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Καστοριάς, "Οι δρόμοι του νερού-Η λίμνη της Καστοριάς", [http://kpe-kastor.kas.sch.gr/the\\_lake/wetland/sistasi.htm](http://kpe-kastor.kas.sch.gr/the_lake/wetland/sistasi.htm).

<sup>5</sup>Κουσουρής Θ. (1998). Μονογραφίες θαλάσσιων επιστημών, "Το νερό στην φύση, στην ανάπτυξη, στην προστασία του περιβάλλοντος", Αθήνα: ΕΚΘΕ

αυτά ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ) παίζουν σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση του pH του νερού. Στα δευτερεύοντα συστατικά των νερών συγκαταλέγονται ενώσεις με συγκεντρώσεις μικρότερες από 1mg/l (φωσφορικά, νιτρικά, πυριτικά ιόντα). Τα δευτερεύοντα ιόντα αποτελούν τα βασικά θρεπτικά συστατικά των φυτικών οργανισμών διαδραματίζοντας καθοριστικό ρόλο στην αφθονία των οργανισμών και συνεπώς στην παραγωγικότητα μιας υδάτινης έκτασης. Αν και η παρουσία διαφόρων ειδών φυτοπλαγκτόν σε μια λίμνη σχετίζεται με τη συγκέντρωση ορισμένων κύριων ιόντων, η αύξηση των πληθυσμών τους εξαρτάται από τη σχετική αφθονία των δευτερευόντων ιόντων (φαινόμενο ευτροφισμού). Τα φωσφορικά, νιτρικά και πυριτικά ιόντα είναι αυτά που διαμορφώνουν κυρίως την τροφική κατάσταση των λιμνών και καθορίζουν τις ολιγότροφες, μεσότροφες και εύτροφες συνθήκες. Σε περιπτώσεις υψηλής ρύπανσης οι συγκεντρώσεις των δευτερευόντων ιόντων μπορεί να ξεπεράσουν κατά πολύ το 1mg/l.

Τα κυριότερα ανόργανα συστατικά στο νερό είναι το ασβέστιο, το μαγνήσιο, το νάτριο, το κάλιο, τα χλωριόντα, τα θειικά, τα νιτρικά, τα φωσφορικά και σε μικρότερες συγκεντρώσεις βρίσκουμε συγκεντρώσεις σιδήρου, μαγγανίου, μόλυβδου, χαλκού και άλλα ιχνοστοιχεία.

- **Ασβέστιο:** Το ασβέστιο είναι το δεύτερο σε συγκέντρωση συστατικό στο νερό και εισέρχεται σε αυτό από διάφορα πετρώματα που περιέχουν ενώσεις ασβεστίου όπως ο δολομίτης, το ανθρακικό ασβέστιο, ο γύψος κ.α. Το ασβέστιο είναι σημαντικό για τους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς. Η έλλειψη ασβεστίου προκαλεί οστεοπόρωση και οι μεγάλες καθημερινές δόσεις του μπορεί να προκαλέσουν πέτρα στα νεφρά. Η συγκέντρωση του ασβεστίου στο πόσιμο νερό είναι από 10 έως 100 mg/L και σε περιπτώσεις όπου η συγκέντρωση κυμαίνεται από 40 έως 100 mg/L τότε το νερό χαρακτηρίζεται σκληρό έως πολύ σκληρό.
- **Μαγνήσιο:** Το μαγνήσιο είναι απαραίτητο στοιχείο για τον άνθρωπο και η καθημερινή δόση πρόσληψης του ανθρώπου πρέπει να είναι 350mg. Μαζί με το ασβέστιο συμβάλλει στην σκληρότητα του νερού. Το μαγνήσιο προέρχεται στο νερό κυρίως από τα δολομιτικά πετρώματα αλλά και από διάφορα πυριτικά και αργιλοπυριτικά πετρώματα.
- **Σίδηρος:** Ο σίδηρος είναι απαραίτητο θρεπτικό συστατικό για τον άνθρωπο και η ημερήσια πρόσληψή του για έναν ενήλικα πρέπει να είναι 14mg. Η έλλειψη του μπορεί να προκαλέσει αναιμία. Ο σίδηρος υπάρχει σε μεγάλες ποσότητες στο έδαφος και στα πετρώματα όπου απαντάται τον βρίσκουμε στην τρισθενή του αδιάλυτη μορφή ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Η συγκέντρωση του σιδήρου που μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα στην γεύση του νερού είναι 0,3 mg/L.
- **Μαγγάνιο:** Το μαγγάνιο είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη των φυτών και η καθημερινή απαίτηση για έναν ενήλικα είναι 4 mg. Το συναντάμε σε ορυκτά και σε πετρώματα. Τα προβλήματα που δημιουργεί στο νερό είναι ο αυξημένος χρωματισμός και η αλλοίωση της γεύσης του και για αυτό τον λόγο οι προδιαγραφές επιτρέπουν χαμηλότερα επίπεδα συγκέντρωσης του.

- **Νάτριο:** Το νάτριο εισέρχεται στο πόσιμο νερό από διάφορες πηγές, όπως το χλωριούχο νάτριο. Η μέση ημερήσια ποσότητα νατρίου που πρέπει να προσλαμβάνει ένας ενήλικας είναι σε συγκέντρωση 5700mg. Στην ειδική περίπτωση των υπερτασικών ατόμων η ημερήσια χρήση είναι 500 mg. Επίσης, η συγκέντρωση στα φυσικά νερά είναι από 5 έως 50 mg/L.
- **Κάλιο:** Το κάλιο είναι απαραίτητο θρεπτικό συστατικό στους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς. Βρίσκεται σε μικρότερες ποσότητες συγκέντρωσης στο νερό σε σχέση με το νάτριο και για αυτό τον λόγο δεν υπάρχουν προδιαγραφές για την επιτρεπόμενη συγκέντρωση του στο πόσιμο νερό.
- **Χλωριόντα:** Η ύπαρξη τους στο φυσικό νερό είναι λόγω των διάφορων πετρωμάτων που περιέχουν χλωριούχο νάτριο και από άλλους παράγοντες όπως για παράδειγμα σταγονίδια θαλασσινού νερού. Η συγκέντρωσή τους θα πρέπει να είναι μικρότερη ή ίση από 250 mg/L ειδικά το νερό χαρακτηρίζεται αλμυρό και δεν είναι κατάλληλο για πόσιμο νερό.
- **Θειικά:** Τα θειικά ιόντα τα βρίσκουμε στο νερό μετά από οξείδωση ορυκτών σουλφιδίων ή διαλυτοποίηση γύψου. Όταν το νερό περιέχει συγκεντρώσεις θεικών πάνω από 300 έως 400 mg/L τότε έχει καθαριστική δράση.
- **Νιτρικά:** με την παρουσία των νιτροδών ευνοείται η οξείδωση της αιμοσφαιρίνης προς μεθαιμοσφαιρίνη η οποία δεν είναι ικανή για μεταφορά οξυγόνου στους ιστούς. Οι μονάδες που χρησιμοποιούνται για την έκφραση της συγκέντρωσης των νιτρικών στο νερό είναι είτε mg νιτρικών ανά λίτρο είτε mg νιτρικού αζώτου ανά λίτρο. Έτσι, οι αποδεκτές συγκεντρώσεις νιτρικών στο νερό είναι μέχρι 10 mg NO<sub>3</sub>-N/L ή μέχρι 50 mg NO<sub>3</sub>/L.<sup>6</sup>

Τα κυριότερα οργανικά συστατικά του νερού προέρχονται από την διάσπαση ουσιών που συναντώνται στην φύση, στα αστικά και στα βιομηχανικά απόβλητα. Η διάσπαση του οργανικού υλικού πραγματοποιείται από μικροοργανισμούς που για αυτή την δραστηριότητα απαιτείται οξυγόνο. Σε περίπτωση που η συγκέντρωση των ουσιών αυτών είναι αυξημένη τότε έχουμε αύξηση της διάσπασης από μικροοργανισμούς κ συνεπώς αύξηση του οξυγόνου, αυτό έχει ως αποτέλεσμα να διαμορφώσει περιπτώσεις ανοξίας και να προκαλέσει τον θάνατο της ιχθυοπανίδας<sup>7</sup>.

<sup>6</sup> Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα

<sup>7</sup> Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Καστοριάς, "Οι δρόμοι του νερού-Η λίμνη της Καστοριάς", [http://kpe-kastor.kas.sch.gr/the\\_lake/wetland/sistasi.htm](http://kpe-kastor.kas.sch.gr/the_lake/wetland/sistasi.htm).

## 1.5 Οι χρήσεις του νερού στην ζωή μας

Η ύπαρξη του νερού στην ζωή του ανθρώπου είναι πολύ σημαντική από τα παλαιότερα χρόνια έως σήμερα τόσο για την ανάπτυξη διάφορων πολιτισμών όσο και για την επιβίωση του.

Αν κάνουμε μια αναδρομή στο παρελθόν θα δούμε πως διάφοροι πολιτισμοί όπως για παράδειγμα της Αρχαίας Ινδίας και της Αρχαίας Κίνας που η ανάπτυξη τους έγινε χάρη στους ποταμούς του Γάγγη και του Κίτρινου Ποταμού αντίστοιχα. Αλλά ακόμα και στις μέρες μας μητροπόλεις όπως για παράδειγμα το Ρότερνταμ, το Λονδίνο, το Παρίσι και άλλες, χρωστάνε την επιτυχία τους σε μεγάλο ποσοστό στην εύκολη πρόσβασή τους, μέσω του νερού, στην επακόλουθη επέκταση του εμπορίου τους. Επίσης, συντέλεσε και στην ανάπτυξη της βιομηχανίας αλλά και στην καθημερινή μας ζωή για τις βιοτικές μας ανάγκες.

Επιπρόσθετα, το νερό θεωρείται σημαντικό και αναντικατάστατο θρεπτικό συστατικό για τον άνθρωπο. Αδυναμία επαρκούς πρόσληψης οδηγεί πολύ γρήγορα σε σημαντικές βλάβες. Ήδη σε 2 με 4 μέρες, ο οργανισμός αδυνατεί να αποβάλει τις ουσίες που κανονικά θα έπρεπε με τα ούρα (ουρία, ουρικό οξύ, κρεατινίνη κ.α.) και οδηγείται τελικά σε υπογλυκαιμία. Ακόμα, το νερό είναι απαραίτητο και για τους φυτικούς οργανισμούς για τον λόγο ότι με την βοήθεια του νερού επιτυγχάνεται η φωτοσύνθεση και η κυτταρική αναπνοή.

### 1.5.1 Οικιακές – καταναλωτικές ανάγκες

Ο άνθρωπος χρησιμοποιεί το νερό στην καθημερινότητα του για την χρήση των ατομικών και οικιακών δραστηριοτήτων του. Η ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται εξαρτάται από το είδος του πληθυσμού και το βιοτικό επίπεδο. Στις ευρωπαϊκές χώρες η κατανάλωση του νερού ανέρχεται στα 500 λίτρα την ημέρα ανά άτομο για τις ατομικές του ανάγκες σε αντίθεση με οικισμούς που αντιμετωπίζουν προβλήματα ύδρευσης η κατανάλωση του νερού περιορίζεται στα 50 έως 80 λίτρα την ημέρα. Ακόμα, η κατανάλωση του νερού εξαρτάται και από το είδος της περιοχής, αν για παράδειγμα αναφερόμαστε σε αγροτικό οικισμό που η κατανάλωση νερού είναι σε χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με βιομηχανικούς οικισμούς και μεγαλουπόλεις που οι ανάγκες είναι μεγαλύτερες.<sup>8</sup>

Αυτή τη στιγμή σε παγκόσμια βάση, το 8% της συνολικής ποσότητας του νερού που κάνει χρήση ο άνθρωπος σε ετήσια βάση, απορροφάται από την οικιακή χρήση. Για τον προσδιορισμό των αναγκών των ανθρώπων σε νερό πρέπει να γίνουν λεπτομερείς έρευνες. Οι ανάγκες άλλωστε αυξάνουν συνεχώς. Μόνο αν ο προσδιορισμός των μελλοντικών αναγκών γίνει με την απαιτούμενη φροντίδα μπορούμε να είμαστε βέβαιοι ότι μια μελέτη που γίνεται για την αντιμετώπιση μιας μελλοντικής κατάστασης θα οδηγήσει σε έργα ικανοποιητικά και από άποψη εκμετάλλευσης και από άποψη οικονομικότητας.<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup>Μαλλιάρος Χ. (2000). Περιβάλλον, Ρύπανση, τεχνικές αντιρρύπανσης, αέρια, υγρά και στερεά απόβλητα. Εκδόσεις: Μεταίχμιο, Αθήνα.

<sup>9</sup> Martz G. (1976). Υδραυλική των οικισμών, Εκδόσεις Γκιούρδας, Αθήνα.



### 1.5.2 Αγροτικές ανάγκες

Η κύρια σε όγκο χρήση νερού είναι η άρδευση φυτικών καλλιεργειών, αρκετές από τις οποίες δεν είναι δυνατόν να διατηρηθούν χωρίς εφαρμογή νερού. Ακόμη όμως και στις περιπτώσεις παραδοσιακών καλλιεργειών, όπως είναι η ελιά και το αμπέλι, η άρδευση τους αυξάνει κάθετα την αποδοτικότητα και παραγωγικότητά τους. Η γεωργία χρησιμοποιεί στην Ελλάδα το 86% του νερού (11% για βιομηχανική χρήση και 3% για οικιακή). Περίπου 13 εκατομμύρια στρέμματα αρδεύονται στη χώρα μας.<sup>10</sup>

Η γεωργική χρήση νερού, κυρίως για άρδευση, εκτιμάται σε 11,9 εκατομμύρια στρέμματα \* 450 χιλιοστά/στρέμμα=5.355 εκατομμύρια m<sup>3</sup> νερού. Στη χώρα μας η γεωργική γη παραμένει ουσιαστικά σταθερή επί πολλές δεκαετίες. Επίσης το ποσοστό της αρδευόμενης έκτασης υπολείπεται σημαντικά του μέσου ποσοστού αρδευόμενων εκτάσεων άλλων χωρών (Ισραήλ, περίπου 65%) και ο ρυθμός αύξησης της αρδευόμενης έκτασης είναι πολύ μικρός (5% περίπου κατά έτος). Το πλέον σύνηθες πρόβλημα είναι η χρήση των υπόγειων υδάτων.<sup>11</sup>



**Εικόνα 1-1. Το νερό είναι σημαντικό για την ανάπτυξη των καλλιεργειών**

---

<sup>10</sup> [www.kathimerini.gr](http://www.kathimerini.gr)

<sup>11</sup> Κατσοπρινάκη, Σ. (2004), ΤΕΙ Κρήτης, Πτυχιακή εργασία «Εφαρμογή ιοντοεναλλαγής στην επεξεργασία υγρών και υδάτινων διαλυμάτων»

<http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/sefe/sdfp/2004/KatsoprinakiStella/attached-document/2004Katsoprinaki.pdf>

### 1.5.3 Βιομηχανικές ανάγκες

Στην βιομηχανία η κατανάλωση του νερού είναι αυξημένη σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη παραγωγή αγαθού. Ιδιαίτερα υδροβόρες είναι οι βιομηχανίες παραγωγής χαρτιού με κατανάλωση 60.000 lt/tn και η χαλυβουργία με κατανάλωση νερού 5.000 lt/tn.<sup>12</sup>

Επιπλέον, στον τομέα της βιομηχανίας μόνο ένα μέρος του νερού καταναλώνεται, το υπόλοιπο χρησιμοποιείται σαν μέσο για τις άλλες διαδικασίες παραγωγής. Το περισσότερο νερό είτε ανακυκλώνεται για άλλη χρήση, είτε επιστρέφει στο φυσικό υδρολογικό κύκλο μέσω ενός αγωγού. Μία μεγάλη ποσότητα νερού βιομηχανικής χρήσης χρησιμοποιείται στην παρασκευή αγαθών. Η επιλογή της θέσης του εκάστοτε εργοστασίου είναι καθοριστική γιατί γίνεται ανάλογα με την παροχή του νερού που μπορεί να προσφέρει η περιοχή<sup>13</sup>.

## 1.6 Παράμετροι ποιότητας νερού

Οι παράμετροι ποιότητας νερού είναι: *η σκληρότητα, η αλκαλικότητα, η περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά, η αγωγιμότητα, η θολότητα, το χρώμα, η οσμή και η γεύση.*

### 1.6.1 Σκληρότητα

Η σκληρότητα είναι μια μέτρηση της περιεκτικότητας του νερού σε ιόντα μετάλλων. Η σκληρότητα των νερών προέρχεται από την παρουσία δισθενών μεταλλικών κατιόντων, εκ των οποίων τα πιο συνηθισμένα είναι το  $\text{Ca}^{2+}$  και το  $\text{Mg}^{2+}$ . Τα ιόντα αυτά αντιδρούν με το σαπούνι και σχηματίζουν ίζημα και μαζί με ορισμένα ανιόντα, που βρίσκονται στο νερό δημιουργούν κρούστα. Οι περισσότερες από αυτές τις ουσίες αποκτώνται καθώς το νερό της βροχής περνάει από διάφορα πετρώματα. Την μεγαλύτερη περιεκτικότητα την έχει σε άλατα ασβεστίου και μαγνησίου με ελάχιστες ποσότητες από τα υπόλοιπα μέταλλα. Το νερό περιλαμβάνει πολλές διαλυμένες ουσίες πριν αυτό φτάσει στις βρύσες μας. Χρησιμοποιείται για τον χαρακτηρισμό νερών τα οποία δεν αφρίζουν καλά όταν χρησιμοποιούνται για πλύσιμο με σαπούνι και αφήνουν συνήθως λευκά αποθέματα πουριού στην εσωτερική επιφάνεια οικιακών σκευών όπου θερμαίνεται με νερό καθώς και σε σωληνώσεις θερμού νερού.

---

<sup>12</sup>Μαλλιάρος Χ. (2000). Περιβάλλον, Ρύπανση, τεχνικές αντιρρύπανσης, αέρια, υγρά και στερεά απόβλητα. Εκδόσεις: Μεταίμιο, Αθήνα.

<sup>13</sup> Κατσοπρινάκη, Σ. (2004), ΤΕΙ Κρήτης, Πτυχιακή εργασία «Εφαρμογή ιοντοεναλλαγής στην επεξεργασία υγρών και υδάτινων διαλυμάτων»  
<http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/sefe/sdfp/2004/KatsoprinakiStella/attached-document/2004Katsoprinaki.pdf>

Μπορούμε να διακρίνουμε την σκληρότητα του νερού σε δυο κατηγορίες, την **μόνιμη** και την **προσωρινή σκληρότητα**.

- Η **μόνιμη σκληρότητα** ή η **μη ανθρακική σκληρότητα** (Permanenthardness), είναι εκείνη η οποία δεν μπορεί να αφαιρεθεί με το βράσιμο του νερού και αναφέρεται σε ιόντα όπως νιτρικά, θειικά κ.ά.
- **Προσωρινή** ή **ανθρακική** (kH), ονομάζουμε την σκληρότητα που απορρέει από ανθρακικά και διτανθρακικά ιόντα και εκφράζει άμεσα την ικανότητα buffering του νερού και μπορεί να μειωθεί με βρασμό του νερού. Με άλλα λόγια μελετάμε την δυνατότητα του νερού να απορροφά και να εξουδετερώνει προσθήκη οξέος χωρίς να έχουμε μεγάλες μεταβολές στην τιμή του Ph.

Έτσι, με το άθροισμα αυτών των δυο έχουμε την **ολική σκληρότητα**.

$$\text{Ολική σκληρότητα} = \text{ανθρακική σκληρότητα} + \text{μη ανθρακική σκληρότητα}$$

Με τον όρο ολική σκληρότητα (GH) αναφέρουμε την περιεκτικότητα διαλυμένων ιόντων κυρίως ασβεστίου και μαγνησίου στο νερό. Άλλα ιόντα μπορούν να συνεισφέρουν στην τιμή της ολικής σκληρότητας αν και συνήθως οι περιεκτικότητές τους είναι αμελητέες και δύσκολα μετρούνται. Οι τιμές της ολικής σκληρότητας δεν επηρεάζουν άμεσα το pH του νερού. Η μονάδα μέτρησης της είναι οι γερμανικοί βαθμοί σκληρότητας (°dH), ο οποίος ισούται με 17.9 mg/lit CaCO<sub>3</sub>. Για τον λόγο ότι τα 50 mg/lit ισούται με ppm, απλά πολλαπλασιάζουμε την τιμή σε °dH με 17.9 και έχουμε την ίδια τιμή σε ppm.

Ανάλογα με το επίπεδο σκληρότητας τα νερά χαρακτηρίζονται ως μαλακά, μέτριας σκληρότητας, σκληρά, πολύ σκληρά και υπερβολικά σκληρά, τα οποία αναλύονται στον παρακάτω πίνακα(Τσώνης, 2003):

Ολική σκληρότητα, mg/L σαν CaCO <sub>3</sub>	Χαρακτηρισμός
0-40	Μαλακά
40-100	Μέτριας σκληρότητας
100-300	Σκληρά
300-500	Πολύ σκληρά
>500	Υπερβολικά σκληρά

**Πίνακας 1-2. Χαρακτηρισμός σκληρότητας<sup>14</sup>**

### 1.6.2 Αλκαλικότητα

Η αλκαλικότητα είναι η ικανότητα εξουδετέρωσης των οξέων χωρίς να προκαλείται μεταβολή του pH πέρα από προκαθορισμένη τιμή και εκφράζεται σε mmol l<sup>-1</sup>. Η αλκαλικότητα του φυσικού νερού οφείλεται κυρίως στο ρυθμιστικό σύστημα ανθρακικών. Όσο μεγαλύτερη είναι στο νερό τόσο μεγαλύτερη είναι και η ρυθμιστική του χωρητικότητα ή τόσο πιο πολύ μένει ανεπηρέαστη η μεταβολή του pH όταν γίνεται προσθήκη οξέος. Επίσης,

<sup>14</sup>Κατσοπρινάκη, Σ. (2004), ΤΕΙ Κρήτης, Πτυχιακή εργασία «Εφαρμογή ιοντοεναλλαγής στην επεξεργασία υγρών και υδάτινων διαλυμάτων»  
<http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/sefe/sdfp/2004/KatsoprinakiStella/attached-document/2004Katsoprinaki.pdf>

σχετίζεται με το pH επειδή το νερό δεν έχει ικανότητα ουδετεροποίησης και ελέγχεται από το σύνολο των βάσεων που προσδιορίζονται με ποσοτική ανάλυση.

Τέλος, η ελεύθερη αλκαλικότητα δίνεται με pH 8.3 και μερH 4 έχουμε ολική αλκαλικότητα.<sup>15</sup>

### 1.6.3 Περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά

Τα στερεά που βρίσκονται στο νερό μπορεί να είναι διαλυμένα, κολλοειδή και αιωρούμενα. Αναλυτικά:

- **Αιωρούμενα στερεά:** τα αιωρούμενα στερεά αντιστοιχούν στο υλικό που κατακρατείται σε φίλτρο ανοίγματος πόρων 0,45 έως 1,2 μm δια μέσου του οποίου γίνεται διήθηση ενός δείγματος νερού.
- **Διαλυτά στερεά:** τα διαλυτά στερεά δεν αποτελούν διακριτή φάση από την υγρή φάση του νερού, προσδιορίζονται με εξάτμιση της υγρής φάσης σε δείγμα νερού το οποίο έχει διηθηθεί πρωτύτερα δια μέσου φίλτρου με ανοίγματα 0,45 έως 1,20 μm προκειμένου να κατακρατηθούν τα αιωρούμενα στερεά.
- **Ολικά ή κολλοειδή στερεά:** τα κολλοειδή στερεά είναι ομοιόμορφα διασπαρμένα μέσα στην υγρή φάση αλλά αποτελούν μια ξεχωριστή στερεά φάση. Επίσης, προσδιορίζονται από το υπόλειμμα που μένει σε δισκίο εξάτμισης μετά από τοποθέτηση του δισκίου με το δείγμα σε θάλαμο θερμοκρασίας 103°C και παραμονή του επί κατάλληλο χρονικό διάστημα ώστε να εξατμιστεί πλήρως η υγρή φάση.<sup>16</sup>

### 1.6.4 Θολότητα

Θολότητα εννοούμε την απουσία διαύγειας σε ένα υγρό δείγμα, στην περίπτωση μας το νερό, που καθορίζεται από τον τύπο και την συγκέντρωση οργανικού και ανόργανου υλικού, δηλαδή, αιωρούμενων ή κολλοειδών σωματιδίων. Η θολότητα είναι μια σημαντική παράμετρος αισθητικής αποδοχής από τους καταναλωτές αλλά και λειτουργικής καταλληλότητας. Μεγάλες τιμές θολότητας επηρεάζουν αρνητικά την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης. Επίσης, η υψηλή βροχόπτωση μπορεί έχει ως αποτέλεσμα ωριαίες μεταβολές της θολότητας. Μπορεί να θεωρηθεί έμμεση μέτρηση των αιωρούμενων σωματιδίων (TSS).<sup>17</sup>

<sup>15</sup> Μηνασίδου,Κ.(2005), Πανεπιστήμιο Αιγαίου- Θεοφράσειο πρόγραμμα, Μεταπτυχιακή εργασία «Μεταβολή της ποιότητας του νερού κατά την ταμίευση»

<http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=7889>

<sup>16</sup> Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα

<sup>17</sup> Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα

Τέλος, η θολότητα θα έπρεπε να μετράται στο πεδίο ή αν είναι απαραίτητο τα δείγματα να αποθηκεύονται το περισσότερο 24 ώρες σε σκοτάδι. Μετράται συνήθως σε Nephelometric Turbidity Units (NTU) και κανονικά κυμαίνεται από 1 έως 1.000 NTU.<sup>18</sup>

### 1.6.5 Αγωγιμότητα

Η αγωγιμότητα είναι η μέτρηση της ικανότητας του νερού να μεταφέρει ηλεκτρικό ρεύμα. Είναι ευαίσθητη σε διακυμάνσεις των διαλυτών στερεών, κυρίως των ανόργανων αλάτων. Ο βαθμός στον οποίο αυτά διαχωρίζονται σε ιόντα, ο αριθμός του ηλεκτρικού φορτίου σε κάθε ιόν, η κινητικότητα του ιόντος και η θερμοκρασία του διαλύματος έχουν όλα επίδραση στην αγωγιμότητα. Η παράμετρος αυτή δίνει ένα μέτρο της συγκέντρωσης των διαλυμένων αλάτων στο νερό. Ως εκ τούτου δεν μπορεί να συνδεθεί άμεσα με την υγεία. Επομένως μπορεί να θεωρηθεί σαν μία σημαντική λειτουργική παράμετρο.

Το μέγεθος αυτό εκφράζεται σε microsiemens ανά εκατοστό ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) και για δεδομένο υδάτινο σώμα, σχετίζεται με τη συγκέντρωση των ολικών διαλυμένων στερεών και κύριων ιόντων. Τα ολικά διαλυτά στερεά (σε  $\text{mg}/\text{l}$ ), μπορούν να υπολογιστούν πολλαπλασιάζοντας την αγωγιμότητα με ένα συντελεστή ο οποίος είναι συνήθως μεταξύ 0,55 και 0,75. Αυτός ο παράγοντας πρέπει να προσδιοριστεί για κάθε σώμα νερού. Τέλος, η αγωγιμότητα των περισσότερων γλυκών νερών κυμαίνεται από 10 έως 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  αλλά μπορεί να ξεπεράσει και τα 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ειδικά σε ρυπασμένα νερά ή σε εκείνα που λαμβάνουν μεγάλες ποσότητες υδάτων από επιφανειακή απορροή.<sup>19</sup>

### 1.6.6 Χρώμα στο νερό

Στην περίπτωση του πόσιμου νερού, το χρώμα αν υπάρχει είναι ανεπιθύμητο στους καταναλωτές. Μπορεί να προέρχεται από διαλυμένες ενώσεις, είτε φυτικές είτε οργανικές ή ανόργανες (σίδηρος άλατα). Η αφαίρεση του απαιτεί συνήθως κατάλληλη επεξεργασία και οι μετρήσεις των τιμών του είναι απαραίτητες για τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας της επεξεργασίας. Επιπλέον, αν το νερό είναι χρωματισμένο δεν είναι απαραίτητα επικίνδυνο. Αν διαπιστωθεί χρώμα στο πόσιμο νερό τότε πρέπει να γίνει χημική εξέταση για να αναζητηθεί η προέλευση του χρώματος.

Μερικά παραδείγματα χρωματισμένου νερού είναι :

- Επιφανειακά νερά : το χρώμα τους οφείλεται στην επαφή τους με φυτικό και εδαφικό υλικό. Το φυσικό τους χρώμα είναι ελαφρά κιτρινοκαφετί.

---

<sup>18</sup> Μηνασίδου,Κ.(2005), Πανεπιστήμιο Αιγαίου- Θεοφράστειο πρόγραμμα, Μεταπτυχιακή εργασία «Μεταβολή της ποιότητας του νερού κατά την ταμίευση»

<http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=7889>

<sup>19</sup> Μηνασίδου,Κ.(2005), Πανεπιστήμιο Αιγαίου- Θεοφράστειο πρόγραμμα, Μεταπτυχιακή εργασία «Μεταβολή της ποιότητας του νερού κατά την ταμίευση»

<http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=7889>

- Υγρά απόβλητα ή ρυπασμένα επιφανειακά νερά : υπάρχει διαφορά χρώματος με τα φυσικά επιφανειακά νερά και η μέτρηση του γίνεται με τη φασματο-φωτομετρική μέθοδο.<sup>20</sup>

### 1.6.7 Οσμή και Γεύση

Το πόσιμο νερό πρέπει να είναι άοσμο και άγευστο. Η οδηγία 98/93/ΕΚ<sup>21</sup> δεν προσδιορίζει κάποιο συγκεκριμένο όριο για την οσμή άλλα ορίζει ότι θα πρέπει να είναι αποδεκτή από τους καταναλωτές και να μη παρουσιάζει αφύσικη αλλαγή.

Το νερό που έχει έντονη οσμή πιθανόν να είναι μολυσμένο, οπότε πρέπει να εξετασθεί για να βρεθεί η αιτία μόλυνσεως. Οσμή και Γεύση που οφείλονται σε χημικές ουσίες όπως φαινόλες, χλώριο, αμμωνία, υδρόθειο, κ.λ.π., είτε σε μικροοργανισμούς, είναι ανεπιθύμητες.

Επίσης, τα νερά έχουν την ιδιαίτερη γεύση τους που οφείλεται στα διαλυμένα άλατα (ασβεστίου, νατρίου, μαγνησίου κ.λ.π.) και διαλυμένα αέρια (οξυγόνο ή CO<sub>2</sub>) που περιέχουν.<sup>22</sup>

### 1.6.8 Μικροοργανισμοί

Με τον όρο μικροοργανισμοί εννοούμε τους οργανισμούς οι οποίοι δεν γίνονται αντιληπτοί με γυμνό μάτι και συνεπώς δεν μπορούμε να ξεχωρίσουμε λεπτομέρειες καθώς έχουν διάσταση μικρότερη από 1mm. Υπάρχουν διάφορες ασθένειες που μεταδίδονται με το πόσιμο νερό. Μερικές από αυτές είναι η ηπατίτιδα, η χολέρα, η γαστρεντερίτιδα, η σαλμονέλλωση και άλλες· αυτό σημαίνει ότι το νερό θα πρέπει να ελέγχεται κατά την διαδικασία επεξεργασίας του πριν φτάσει στους καταναλωτές για την αποφυγή ασθενειών.

Για τον προσδιορισμό παθογόνων μικροοργανισμών σε ένα δείγμα νερού δεν υπάρχουν πρακτικές και αξιόπιστες τεχνικές και για αυτό γίνεται προσδιορισμός ενδεικτικών μικροοργανισμών για την εξέταση του δείγματος που ίσως περιέχει παθογόνους μικροοργανισμούς. Η επιλογή του δείγματος αυτού θα πρέπει να τηρεί τα παρακάτω χαρακτηριστικά :

- Ο προσδιορισμός του θα πρέπει να είναι εύκολος, γρήγορος και να χαρακτηρίζεται από επαναληψιμότητα.

<sup>20</sup> Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα

<sup>21</sup><http://metopopsila.gr/?p=707>

<sup>22</sup> Κατσίρη Α., (2006), Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, διαδικτυακές σημειώσεις: « Επεξεργασία πόσιμου νερού»

<http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/41/katsiri/waterTreatment1.pdf>

- Τα αποτελέσματα των εξετάσεων θα πρέπει να είναι αποδεκτά σε όλα τα είδη νερών. Αυτό σημαίνει ότι η τιμή των αποτελεσμάτων της εξέτασης θα πρέπει να σχετίζεται με τον βαθμό μόλυνσης του νερού· μεγάλη τιμή στα λύματα, μικρότερη τιμή στα μολυσμένα νερά, απουσία στα καθαρά νερά.
- Ο χρόνος ζωής των ενδεικτικών μικροοργανισμών θα πρέπει να είναι ίσος ή μεγαλύτερος με τους παθογόνους και να βρίσκονται σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις από αυτούς.
- Θα πρέπει να μην βρίσκονται από μόνοι τους στην φύση.
- Και το σημαντικότερο, θα πρέπει να είναι ακίνδυνοι για τον άνθρωπο.

Ενδεικτικοί μικροοργανισμοί προς εξέταση μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα κολοβακτηρίδια που συνδυάζουν τα χαρακτηριστικά που αναφέραμε παραπάνω. Η ανίχνευσή τους στο νερό είναι ένδειξη μόλυνσης και προκαλείται κυρίως από τα κόπρανα των ανθρώπων ή των ζώων.

Τα κολοβακτηρίδια είναι μέλη της οικογένειας *enterobacteriaceae* και περιλαμβάνει τα γένη *Escherichia*, *Klebsiella*, *Citrobacter* και *Entrobacter*. Ειδικότερα το είδος *Escherichiacoli* θεωρείται το πιο αντιπροσωπευτικό για ρύπανση από κόπρανα και η παραμετρική τιμή που της αποδίδεται είναι 0/250 ml.<sup>23</sup>

#### 1.6.9 Ραδιενέργεια

Ραδιενέργεια σε χαμηλά επίπεδα βρίσκουμε συνήθως στα φυσικά και κυρίως υπόγεια νερά τα οποία αντλούνται από μεγάλο βάθος. Αποτέλεσμα των χαμηλών επιπέδων ραδιενέργειας είναι τα ραδιενεργά υλικά που προέρχονται από την βιομηχανική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, δοκιμών πυρηνικών όπλων και χρήσης ραδιενεργών ισοτόπων στην ιατρική.

Το επίπεδο των ραδιονουκλιδίων στο νερό μετριέται σε πικοκιουρί ανά λίτρο (pCi/L). Η φυσική ραδιενέργεια στα περισσότερα νερά είναι περίπου 0,1 pCi/L. Σε περίπτωση ύπαρξης ραδιενέργειας στο νερό, τα επίπεδα της μπορούν να πέσουν σημαντικά μετά από επεξεργασία για αφαίρεση θολότητας με χρήση και χημικής ιζηματοποίησης<sup>24</sup>.

Τέλος, η ραδιενέργεια προκαλεί βλάβη στους ζωντανούς οργανισμούς με την καταστροφή του υλικού των οστών τους.

#### 1.7 Προδιαγραφές ποιότητας πόσιμου νερού

Το νερό για να χαρακτηριστεί πόσιμο για την ασφάλεια της υγείας του ανθρώπου θα πρέπει να συμμορφώνεται με τις παραμέτρους που τίθενται από τον έλεγχο των χημικών

<sup>23</sup> Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα

<sup>24</sup> Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα

χαρακτηριστικών, πέραν του ελέγχου μέσω των εμπειρικών μεθόδων, οι οποίες αναφέρθηκαν παραπάνω (χρώμα, οσμή, κ.α.). Στο στάδιο του χημικού ελέγχου διαπιστώνουμε τις ουσίες που εμπεριέχονται στο νερό και το βαθμό στον οποίο είναι βλαβερές για την υγεία του ανθρώπου.

### 1.7.1 Προδιαγραφές του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας

Οι προδιαγραφές του ΠΟΥ<sup>25</sup> για το πόσιμο νερό είναι οι πιο σημαντικές προδιαγραφές που αφορούν στην ποιότητα του. Το 1984 έχουμε την έκδοση των πρώτων προδιαγραφών σε δυο τόμους. Ο πρώτος τόμος περιέχει τις τιμές που προτείνονται για κάθε παράμετρο και στο δεύτερο αναφέρεται η επιστημονική τεκμηρίωση στην οποία βασίστηκε η πρόταση των τιμών αυτών. Η δεύτερη έκδοση των προδιαγραφών για την ποιότητα του πόσιμου νερού ήρθε μεταξύ των χρονολογιών 1993 και 1997 και αποτελούνταν από τρεις τόμους. Ο πρώτος τόμος αναφέρεται στις προτεινόμενες προδιαγραφές, ο δεύτερος στα κριτήρια υγείας και άλλες πληροφορίες και ο τρίτος στην επίβλεψη και τον έλεγχο του νερού από δημόσιες εγκαταστάσεις.

Οι τιμές που προτείνονται για μερικές παραμέτρους χαρακτηρίζονται ως προσωρινές P (provisional). Οι τιμές αυτές αναφέρονται σε παραμέτρους για τις οποίες υπάρχουν ενδείξεις για πιθανές επιπτώσεις, όμως οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία είναι περιορισμένες.

### 1.7.1 Προδιαγραφές στην Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση

Στην χώρα μας οι προδιαγραφές για το πόσιμο νερό ισχύουν από το 1986 και είναι εκείνες οι οποίες αναφέρονται στην οδηγία του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Κοινότητας της 15<sup>ης</sup> Ιουλίου 1980 (80/778/ΕΟΚ)<sup>26</sup>. Η προσαρμογή της ελληνικής νομοθεσίας στην κοινοτική πραγματοποιήθηκε με την Υπουργική Απόφαση Α5/288/23-1-1986<sup>27</sup>. Η οδηγία αυτή αναφέρεται στην ποιότητα του νερού που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση, δηλαδή για την παραγωγή τροφίμων και για ανθρώπινη χρήση. Η οδηγία 80/778/ΕΟΚ αποτελείται από 66 παραμέτρους και τις διαχωρίζει σε 6 ομάδες οι οποίες είναι:

- **A** οργανοληπτικές παράμετροι, σύνολο τέσσερις.
- **B** φυσικοχημικές παράμετροι, σύνολο δέκα πέντε.
- **Γ** Παράμετροι που αφορούν ουσίες ανεπιθύμητες σε αυξημένες συγκεντρώσεις, σύνολο είκοσι τέσσερις.
- **Δ** παράμετροι που αφορούν τοξικές ουσίες, σύνολο δέκα τρεις.
- **Ε** μικροβιολογικές παράμετροι, σύνολο έξι.
- **ΣΤ** ελάχιστες απαιτούμενες συγκεντρώσεις σε αποσκληρυμένο νερό που προορίζεται για ανθρώπινη χρήση, σύνολο τέσσερις.

<sup>25</sup> Guidelines for drinking-water quality-Volume 1:

Recommendations, [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwg/gdwq3rev/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/gdwq3rev/en/)

<sup>26</sup><http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX%3A31980L0778>

<sup>27</sup><http://documents.tips/documents/6-557206fc497959fc0b8ba019.html>



Η οδηγία 80/778/ΕΟΚ αναφέρει για κάθε ουσία, συστατικό ή χαρακτηριστικό δυο τιμές ανά τύπο συγκεντρώσεων.

- Τιμή GL (Guide Level) είναι το ενδεικτικό επίπεδο προς το οποίο θα πρέπει να στοχεύουν μελλοντικά τα κράτη μέλη για να βελτιώσουν την ποιότητα του πόσιμου νερού τους.
- Τιμή MAC (Maximum Admissible Concentration) είναι η ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση η οποία μπορεί να γίνει αποδεκτή για το πόσιμο νερό.

Οι τιμές GL είναι μικρότερες και ίσες με τις MAC. Ακόμα κάθε παράμετρος που αναφέρεται φέρει έναν αριθμό, δηλαδή, 1 έως 62 για τις 62 πρώτες παραμέτρους και 1 έως 4 για τις τέσσερις τελευταίες παραμέτρους. Ακόμα, η Οδηγία 80/778 της Ε.Ε. αναφέρει τις παρακάτω παραμέτρους, που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για τους ελέγχους :

- Ο Ελάχιστος Έλεγχος Ε1, ο οποίος περιλαμβάνει παραμέτρους και συχνότητα δειγματοληψίας, ανάλογα με τον πληθυσμό.
- Ο Έλεγχος Ρουτίνας Ε2, ο οποίος περιλαμβάνει παραμέτρους και συχνότητα δειγματοληψίας, ανάλογα με τον πληθυσμό.
- Ο Περιοδικός Έλεγχος Ε3, ο οποίος περιλαμβάνει: τον Ε2 και άλλες παραμέτρους.
- Ο Έκτακτος Έλεγχος Ε4 γίνεται σε ειδικές περιπτώσεις ή ατυχήματα. Η αρμόδια αρχή καθορίζει τις παραμέτρους ανάλογα με τις συνθήκες.

Εν συνεχεία, η οδηγία 98/83/ΕΚ<sup>28</sup> της 3<sup>ης</sup> Νοεμβρίου 1998 του Συμβουλίου της ευρωπαϊκής κοινότητας έρχεται μετά από διάστημα πέντε ετών να καταργήσει την οδηγία 80/778/ΕΟΚ και τα κράτη μέλη πρέπει να την τηρούν εντός δυο ετών από την έναρξη ισχύος της. Ακόμα, τους επιβάλλει την υποχρέωση να ελέγχουν τακτικά την ποιότητα των νερών που προορίζονται για ανθρώπινη χρήση. Η εξέταση των δειγμάτων για τις μικροβιολογικές παραμέτρους πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν γρηγορότερα μετά την παραλαβή των δειγμάτων για την καλύτερη αξιοπιστία των μετρήσεων.

Τέλος, οι οδηγίες 80/778/ΕΟΚ και 98/83/ΕΚ ισχύουν για όλα τα νερά που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση εκτός από τα φυσικά μεταλλικά νερά και τα θεραπευτικά νερά.<sup>29</sup>

### 1.7.2 Προδιαγραφές στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής

Το έτος 1974 ψηφίστηκε το νομοσχέδιο για το Ασφαλές Πόσιμο Νερό (SDWA, Safe Drinking Water Act) και των τροποποιήσεων του. Τα έτη 1986 κα 1996 δόθηκε στην Ομοσπονδιακή Κυβέρνηση η αρμοδιότητα μέσω USEPA<sup>30</sup> να καθορίσει τις προδιαγραφές για την ποιότητα του πόσιμου νερού. Μια συστηματική προσέγγιση πρότεινε η Εθνική Ακαδημία Επιστημών (National Academy of Sciences) για τον καθορισμό των ποσοτικών

<sup>28</sup><https://users.itia.ntua.gr/dk/courses/aye/directive.pdf>

<sup>29</sup> Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα

<sup>30</sup>USEPA: US Environmental Protection Agency <https://www3.epa.gov/>

κριτηρίων για τις καρκινογόνες ενώσεις με βάση την ανάλυση της επικινδυνότητας τους για την ανθρώπινη υγεία. Οι όροι για την συγκέντρωση των διαφόρων συστατικών στο πόσιμο νερό είναι:

- MCL (Maximum Contaminant Levels) είναι τα μέγιστα επιτρεπόμενα επίπεδα χαρακτηριστικών που μπορεί να έχει το νερό για να του δοθεί άδεια για ανθρώπινη κατανάλωση.
- MCLG (Maximum Contaminant Levels Goal) είναι μη νομοθετικά επιβαλλόμενα όρια που δείχνουν το επίπεδο ενός χαρακτηριστικού για το οποίο δεν προκαλείται καμία γνωστή σοβαρή επίπτωση για τον ανθρώπινο οργανισμό.

Τέλος, το νομοσχέδιο SDWA <sup>31</sup>χρησιμοποιεί δυο τύπους προτύπων, τα πρωτεύοντα και τα δευτερεύοντα, όπου τα πρωτεύοντα έχουν σκοπό την προστασία της δημόσιας υγείας με την χρήση τεχνολογιών καθαρισμού νερού και τα δευτερεύοντα πρότυπα αναφέρονται στα χαρακτηριστικά του νερού που προκαλούν κυρίως αισθητικά προβλήματα όπως χρώμα, οσμή, γεύση, θολότητα κ.α.<sup>32</sup>

---

<sup>31</sup>SDWA: Safe Drinking Water Act <https://www.epa.gov/sdwa>

<sup>32</sup> Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα

## Κεφάλαιο 2 : ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΝΕΡΟΥ

### 2.1 Επεξεργασία καθαρισμού νερού

Όπως αναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο το νερό για την ζωή των ανθρώπων είναι σημαντικό και αναπόσπαστο κομμάτι για την επιβίωση αλλά και για την ανάπτυξη των οργανισμών. Λέγοντας για ένα καθαρό και ασφαλές νερό απέναντι στους καταναλωτές θα πρέπει να είναι ελεύθερο από παθογόνους μικροοργανισμούς και από οργανικά ή ανόργανα συστατικά ή ενώσεις που προκαλούν μακροχρόνια προβλήματα υγείας αλλά και να είναι αισθητικά αποδεκτό, δηλαδή, να μην υπάρχει χρώμα, οσμή, κτλ.

Η επιλογή διεργασιών του γίνεται ανάλογα με τους στόχους της επεξεργασίας. Έτσι, καταλαβαίνουμε ότι στην περίπτωση του νερού τα στάδια διεργασιών που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία του νερού εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά του και από τους στόχους της επεξεργασίας.

Έτσι, οι βασικοί στόχοι για τον καθαρισμό του που επικρατούν εδώ και έναν αιώνα είναι:

- Ασφαλές για την ανθρώπινη υγεία
- Ευχάριστο στους καταναλωτές
- Επεξεργασία έτσι ώστε να μην προκαλεί προβλήματα διάβρωσης ή απόθεσης πουριού κατά την χρησιμοποίησή του.

Επιπλέον, τα στάδια που πραγματοποιούνται για την επεξεργασία του νερού είναι δύο: α) η **προ-επεξεργασία** και β) η **κυρίως επεξεργασία**, τα οποία θα αναλυθούν παρακάτω.

### 2.2 Προ-επεξεργασία

Με τον όρο προ-επεξεργασία νερού, εννοούμε τις διαδικασίες καθαρισμού που πρέπει να γίνουν πριν το στάδιο της κύριας επεξεργασίας του.

Τα επιφανειακά νερά που όλοι γνωρίζουμε είναι ακατέργαστα. Αυτό σημαίνει ότι τα κυριότερα προβλήματά τους είναι η ύπαρξη αιωρούμενου ή επιπλέοντος στερεού, χρώματος, οσμής, γεύσης και μικροβιολογικού φορτίου. Η απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών είναι αρκετά σημαντική πριν την κυρίως επεξεργασία λόγω του μεγέθους ή χαρακτηριστικών τους που αποτελούνται και αυτό γιατί η άμεση απομάκρυνση τους είναι αναγκαία για την προστασία των αντλητικών συγκροτημάτων και του δικτύου διακίνησης νερού για την αποφυγή εμφράξεων.

Έτσι, οι διαδικασίες προ-επεξεργασίας είναι :

- Εσχαρισμός
- Κοσκίνισμα
- Τεμαχισμός
- Εξάμωση

- Απο-ιλύωση
- Εξισορρόπηση παροχής

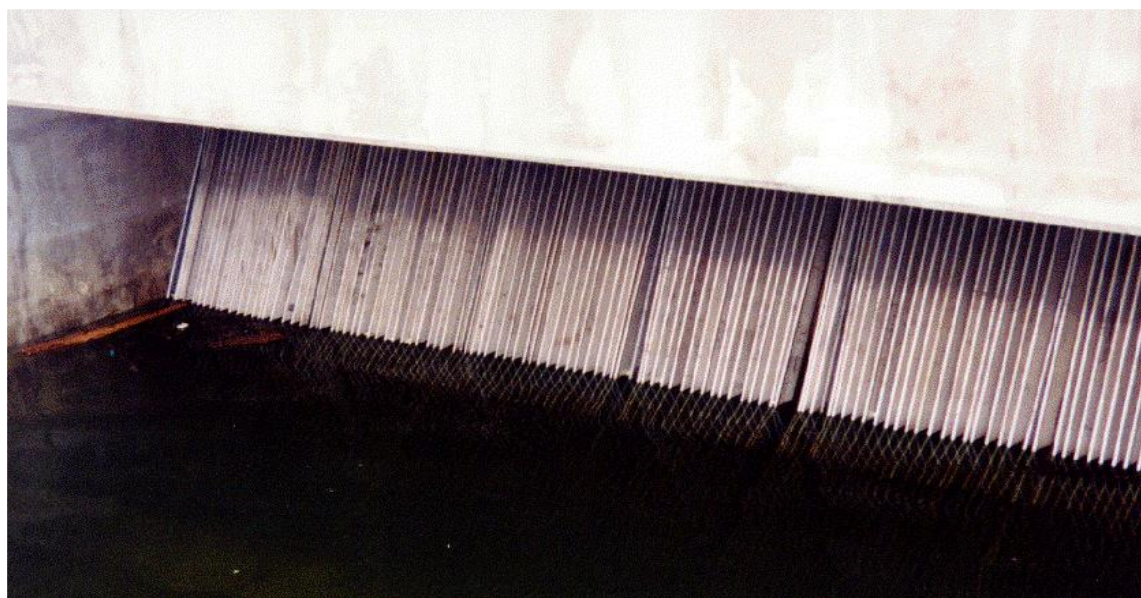
Αναλυτικά :

### 2.2.1 Εσχαρισμός

Ο εσχαρισμός σκοπεύει στην κατακράτηση των ευμεγεθών σωμάτων (κομμάτια ξύλων, πλαστικά, σκουπίδια κ.τ.λ) που παρασέρνουν τα νερά και έχει ως σκοπό την προστασία των εγκαταστάσεων καθαρισμού. Οι εσχάρες αποτελούνται από μεταλλικές λάμες πάχους 1.00 με 1.50 εκατοστά, πλάτους 6.00 εκατοστών και η διάμετρό τους ποικίλλει ανάλογα τις περιπτώσεις και τις ανάγκες. Συγκεκριμένα, υπάρχουν κατηγορίες εσχάρων οι οποίες είναι :

- Χονδρές εσχάρες με άνοιγμα 5.00-8.00 εκατοστά όπου τοποθετούνται στο σημείο υδροληψίας για να αποφεύγεται η αναρρόφηση ευμεγεθών στερεών.
- Μέσες εσχάρες, πλέγμα, με άνοιγμα περίπου 0.5 εκατοστών που έχουν μηχανική ανάγκη καθαρισμού στο σημείο υδροληψίας ή και στα αντλιοστάσια ανάντη των αντλιών.
- Λεπτές εσχάρες με πολύ μικρά ανοίγματα 20-50 μm όπου κατακρατούν τα φύκη και τα πλαγκτόν.

Η απόσταση μεταξύ των ράβδων είναι ανάλογη με το μέγεθος των σωματιδίων που είναι προς απομάκρυνση και ο καθαρισμός της εκάστοτε εσχάρας γίνεται με τα χέρια αν τα σωματίδια είναι μεγάλα ή με την βοήθεια ειδικής χτένας.<sup>33</sup>



**Εικόνα 2-1. Το νερό πρώτα περνάει από τις εσχάρες για να αφαιρεθούν τα μεγάλα σωματίδια όπως κλαδιά, κ.α.**

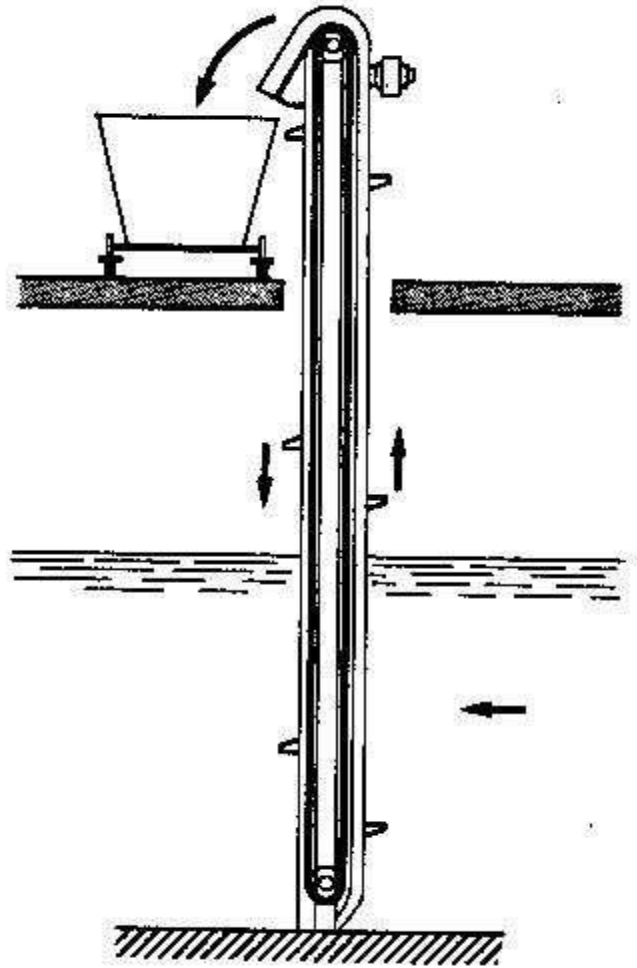
<sup>33</sup> Τσόγκας Ερ. Χ., (1998). "Δίκτυα Αποχέτευσης και Επεξεργασίας Λυμάτων", Εκδόσεις: Ίων, Αθήνα.



**Εικόνα 2-2. Διαφορετικός τύπος εσχάρας**

### 2.2.2 Κοσκίνισμα

Κατά την συλλογή του νερού από ποτάμια ή από άλλες πηγές χρησιμοποιούνται κατάλληλα μηχανήματα για την συλλογή μεγάλων σε μέγεθος αντικειμένων όπως κλαδιά, φύλλα κ.τ.λ. που παρασέρνει το νερό. Τα μηχανήματα αυτά είναι τα λεγόμενα κόσκινα τα οποία έχουν άνοιγμα περίπου 10mm και κατά κύριο λόγο είναι βυθισμένα στο κανάλι τροφοδοσίας όπου περιστρέφονται.



**Εικόνα 2-3. Περιστροφικό κόσκινο σημείου υδροληψίας<sup>34</sup>**

### 2.2.3 Τεμαχισμός

Ο σκοπός του τεμαχισμού είναι ο θρυμματισμός των μεγάλων σε μέγεθος αντικειμένων σε μικρά ούτως ώστε να μπορούν να απομακρυνθούν από τις επόμενες διεργασίες καθαρισμού. Ο τεμαχισμός πραγματοποιείται με την βοήθεια συσκευών που ονομάζονται τεμαχιστές και συνήθως συνδέονται με τις εσχάρες που αναφέραμε παραπάνω.<sup>35</sup>

### 2.2.4 Εξάμμωση

Η διαδικασία της εξάμμωσης πραγματοποιείται για την απομάκρυνση κόκκων άμμου, χαλικιών, σωματιδίων αργίλου ή άλλων ανόργανων στερεών σωματιδίων διαμέτρου

<sup>34</sup> Λέκκας Δ.Θ., (1996). "Περιβαλλοντική Μηχανική I- Διαχείριση Υδατικών Πόρων", Μυτιλήνη.

<sup>35</sup> Κατσοπρινάκη, Σ. (2004), ΤΕΙ Κρήτης, Πτυχιακή εργασία «Εφαρμογή ιοντοεναλλαγής στην επεξεργασία υγρών και υδάτινων διαλυμάτων»  
<http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/sefe/sdfp/2004/KatsoprinakiStella/attached-document/2004Katsoprinaki.pdf>

μεγαλύτερης των 200 μm. Ο σκοπός απομάκρυνσης τους είναι η αποφυγή εμφράξεων των σωληνώσεων, η φθορά του μηχανολογικού υλικού αλλά και η μείωση στην απόδοση διάφορων μονάδων επεξεργασίας. Η εξάμμωση πραγματοποιείται σε ειδικές δεξαμενές που ονομάζονται εξαμμοτές οι οποίες ευνοούν τις διεργασίες της καθίζησης και της διήθησης.

### 2.2.5 Από- ιλύωση

Η διαδικασία της από-ιλύωσης γίνεται για την απομάκρυνση της λεπτής άμμου και του μεγαλύτερου μέρους της αργίλου. Η από-ιλύωση πραγματοποιείται πριν την καθίζηση των επιφανειακών νερών και αποτελεί την προκαταρκτική καθίζηση<sup>36</sup>.

### 2.2.6 Εξισορρόπηση παροχής

Η δεξαμενή εξισορρόπησης παροχής που σπάνια χρησιμοποιείται στις μονάδες επεξεργασίας, σχεδιάζεται έτσι ώστε να φορτίζονται ομοιόμορφα οι επόμενες βαθμίδες επεξεργασίας και να βελτιώνεται η απόδοσή τους<sup>37</sup>.

## 2.3 Κυρίως επεξεργασία

### 2.3.1 Κροκίδωση - Συσσωμάτωση

Οι διεργασίες της κροκίδωσης και της συσσωμάτωσης είναι οι δυο πιο σημαντικές διεργασίες για την επεξεργασία του νερού. Εφαρμόζονται για την απομάκρυνση των κολλοειδών και αιωρούμενων στοιχείων από το νερό. Το μέγεθος τους ποικίλλει δηλαδή μπορούμε να βρούμε σωματίδια με μέγεθος nm όπως είναι οι ιοί έως και μm όπως είναι το ζωοπλαγκτόν.

Ο σκοπός των διεργασιών αυτών είναι η συνένωση των μικρών σωματιδίων σε μεγαλύτερα τα οποία εν συνεχεία απομακρύνονται από το νερό με την μέθοδο της επίπλευσης ή καθίζησης ή διήθησης.

Τα κυριότερα κροκιδωτικά που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία του νερού είναι άλατα του τρισθενούς αργιλίου και του τρισθενούς σιδήρου, όμως με το πέρασμα των χρόνων εκτός από αυτά που αναφέραμε παραπάνω γίνεται και η χρήση διάφορων πολυμερών ώστε να γίνεται αποτελεσματικότερη η πραγματοποίηση αφαίρεσης κολλοειδούς υλικού. Η αφαίρεση των κολλοειδών με την βοήθεια των κροκιδωτικών γίνεται με διάφορους τρόπους όπως :

- **Συμπίεση του διπλού στρώματος :** επιτυγχάνεται με προσθήκη κροκιδωτικού που δίνει αντιόντα σχετικά με το φορτίο των κολλοειδών σωματιδίων. Όπου, καθώς η συγκέντρωση των αντιόντων αυξάνεται προκαλείται εξουδετέρωση φορτίων εντός του διάχυτου στρώματος με αποτέλεσμα τη μείωση του πάχους του στρώματος αυτού και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα αυτή η συμπίεση να μειώνει και

---

<sup>36</sup> Λέκκας Δ.Θ., (1996). "Περιβαλλοντική Μηχανική Ι- Διαχείριση Υδατικών Πόρων", Μυτιλήνη. και Μεγαλόπουλος Α., (1977), "Χημεία και τεχνολογία νερού", Έκδοση από τον συγγραφέα, Αθήνα.

<sup>37</sup> Τραγανίτης Σ., Σκουμπούρης Ι., "Οδηγός Λειτουργίας Μονάδων Επεξεργασίας Λυμάτων" Ελληνική εταιρεία τοπικής ανάπτυξης και αυτοδιοίκησης Α.Ε., Αθήνα, 1995

το συνολικό πάχος του διπλού στρώματος έτσι ώστε να είναι δυνατόν να πλησιάζουν πιο κοντά τα κολλοειδή από ότι ήταν στην αρχική τους κατάσταση.

- **Επιρρόφηση αντιόντων και εξουδετέρωση του ηλεκτρικού φορτίου :** με την χρήση του κροκιδωτικού τα αντιόντα προσκολλώνται στην φορτισμένη επιφάνεια του κολλοειδούς μικκυλίου και έτσι προκαλείται εξουδετέρωση του ηλεκτρικού φορτίου της επιφάνειας.
- **Διασωματική γεφύρωση:** Τα κολλοειδή σωματίδια μπορούν να αποσταθεροποιηθούν με την χρήση συνθετικών οργανικών πολυμερών, τα οποία αποτελούνται από φορτισμένα μακρομόρια.
- **Εγκλωβισμός σε ίζημα:** Η προσθήκη κροκιδωτικών στο νερό εκτός από αυτά που αναφέραμε παραπάνω έχει και ως αποτέλεσμα και στον σχηματισμό υδροξειδίων. Αναλυτικά, με την χρήση θεικού αργιλίου έχουμε την δημιουργία υδροξειδίου του αργιλίου το οποίο όταν καθιζάνει εγκλωβίζει τα σωματίδια θολότητας.
- **Ετεροκροκίδωση:** Στο στάδιο επεξεργασίας του νερού ίσως εντοπιστούν κολλοειδή που έχουν αντίθετο φορτίο στην επιφάνεια του μικκυλίου και σε αυτές τις περιπτώσεις η συνένωση των κολλοειδών σωματιδίων γίνεται με ηλεκτροστατική έλξη μεταξύ θέσεων των σωματιδίων που έχουν αντίθετο φορτίο.

Επίσης, τα κολλοειδή σωματίδια διακρίνονται σε υδρόφιλα και υδρόφοβα ανάλογα με την συμπεριφορά τους ως προς το νερό. Τα υδρόφοβα σωματίδια δεν συγκρατούν στην επιφάνεια τους μόρια του νερού. Με την παρουσία όμως ηλεκτρολυτών έχουν περιορισμένη σταθερότητα και συσσωματώνονται εύκολα. Τα υδρόφιλα κολλοειδή σωματίδια έχουν την τάση να συγκρατούν στην επιφάνεια τους μόρια του νερού και είναι οργανικής κυρίως προελεύσεως.<sup>38</sup>

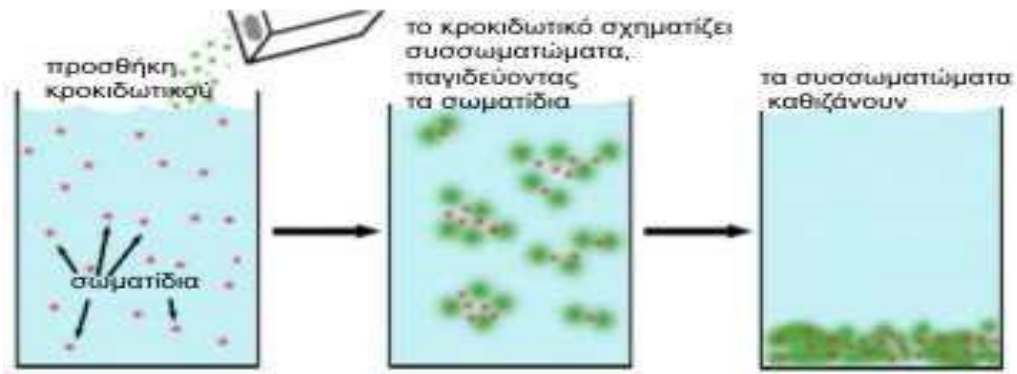
Τέλος, τα στάδια της κροκίδωσης επιτυγχάνονται στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού σε δεξαμενές που πραγματοποιείται έντονη ανάδευση και προσθήκη κροκιδωτικών. Η σωστή ποσότητα και επιλογή του είδους των κροκιδωτικών αλλά και ο σωστός σχεδιασμός των δεξαμενών κροκίδωσης έχουν σαν αποτέλεσμα την σωστή και επιτυχημένη κροκίδωση.<sup>39</sup>

---

<sup>38</sup> Σαββάκης Ε.Κ., (2002). "Χημική Τεχνολογία, Εισαγωγή στην Περιβαλλοντική Τεχνολογία", Εκδόσεις: Ζήτη, Θεσσαλονίκη

<sup>39</sup> Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα





Εικόνα 2-4. Θρόμβωση σωματιδίων

### 2.3.2 Αερισμός

Ο αερισμός στις εγκαταστάσεις για την επεξεργασία και τον καθαρισμό του νερού βοηθάει στην αφαίρεση αερίων όπως το CO<sub>2</sub> και το H<sub>2</sub>S αλλά και στην οξείδωση του Fe<sup>++</sup> και Mn<sup>++</sup> τα οποία συναντώνται συνήθως σε πηγάδια μεγάλου βάθους ή λίμνες.

### 2.3.3 Καθίζηση

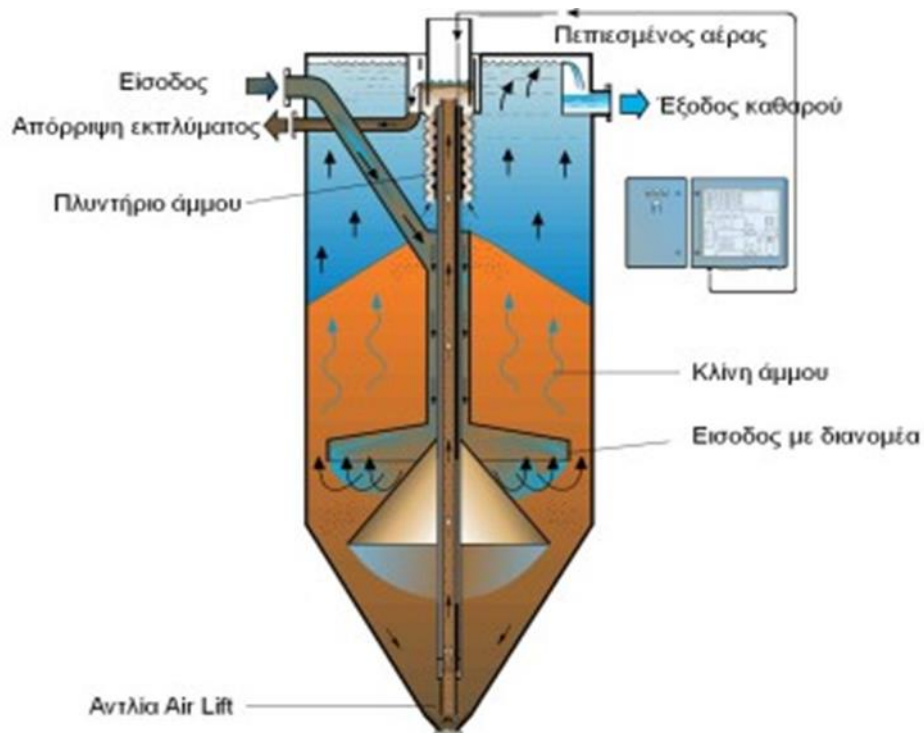
Η μέθοδος της καθίζησης θα αναλυθεί σε επόμενο κεφάλαιο

### 2.3.4 Διήθηση (Διύλιση)

Η διήθηση (ή διύλιση όπως συχνά αναφέρεται) αποτελεί μία από τις πιο παλιές μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία του πόσιμου νερού. Στην πραγματικότητα η διήθηση είναι η μέθοδος με την οποία γίνεται ο καθαρισμός του νερού στη φύση. Επιφανειακά νερά διηθούνται δια μέσου εδαφικών στρωμάτων καθώς κατευθύνονται προς τους υπόγειους υδροφορείς με αποτέλεσμα να κατακρατείται το κολλοειδές υλικό που προκαλεί τη θολότητα και να προκύπτουν διαυγή υπόγεια υδάτινα αποθέματα.

Η διεργασία της διήθησης όπως χρησιμοποιείται στην επεξεργασία του νερού γίνεται με ροή νερού δια μέσου κλινών από πορώδη υλικά όπως πυριτική άμμος, ανθρακίτης, άμμος γρανάτη (Garnet), κοκκώδης ενεργός άνθρακας κ.α. Καθώς το νερό διέρχεται μέσα από τα πορώδη γίνεται κατακράτηση των σωματιδίων που προκαλούν θολότητα και προκύπτει ένα διαυγές και καθαρό νερό το οποίο έχει πολύ μικρότερες τιμές θολότητας.

Η διήθηση δια μέσου στρωμάτων αποπληρωτικά υλικά διαφέρει από τη διήθηση που γίνεται δια μέσου επιφανειακών φίλτρων κυρίως στο γεγονός ότι το αιωρούμενο υλικό δεν κατακρατείται μόνο στην επιφάνεια αλλά και σε χαμηλότερες περιοχές με την έννοια του βάθους.



**Εικόνα 2-5. Δεξαμενή διήθησης**

Μερικά σωματίδια έχουν αρκετά μεγάλο μέγεθος και δεν περνούν από τα ανοίγματα που υπάρχουν μεταξύ των κόκκων του πληρωτικού υλικού, στην περίπτωση αυτή ακολουθείται η μηχανική παρεμπόδιση ή στράγγιση. Ο μηχανισμός της στράγγισης συμμετέχει σημαντικά στην αφαίρεση σωματιδιακού υλικού όταν πρόκειται για απ' ευθείας διήθηση όπου θρομβωμένο νερό τροφοδοτείται από την δεξαμενή θρόμβωσης στα διυλιστήρια χωρίς την παρεμβολή δεξαμενής καθίζησης. Όταν όμως τα διυλιστήρια τροφοδοτούνται με την εκροή από το στάδιο της καθίζησης είναι φανερό ότι υπάρχει και ένα σημαντικό ποσοστό λεπτού σωματιδιακού υλικού το οποίο έχει διαστάσεις πολύ μικρότερες από τα διάκενα μεταξύ των κόκκων του πληρωτικού υλικού. Η ροή του νερού γίνεται με μικρές ταχύτητες και στα διάκενα του πληρωτικού υλικού οι ταχύτητες είναι αρκετά χαμηλές ή επικρατούν συνθήκες σχετικής ηρεμίας και είναι δυνατή η καθίζηση σωματιδίων πάνω σε επιφάνειες του κοκκώδους πληρωτικού υλικού. Παρ' όλο που οι ταχύτητες ροής είναι μικρές τα διανύσματα της ταχύτητας αλλάζουν διαρκώς διεύθυνση και μέγεθος λόγω των εμποδίων που παρεμβάλλει στη ροή το πληρωτικό υλικό. Σε μερικές θέσεις τα σωματίδια που ακολουθούν τη ροή του νερού περνούν πολύ κοντά από επιφάνειες πληρωτικού υλικού και επιτυγχάνεται κατακράτηση σωματιδίων με το μηχανισμό της προσρόφησης.

#### 2.3.4.1 Κατηγορίες διατάξεων διήθησης (διυλιστηρίων)

Με βάση το ρυθμό η ταχύτητα διήθησης (παροχή νερού ανά μονάδα επιφάνειας κλίνης διήθησης) τα διυλιστήρια διακρίνονται σε βραδυ-διυλιστήρια, σε ταχυ-διυλιστήρια και σε υπερ-ταχυ-διυλιστήρια.

- Τα βραδυ-διυλιστήρια αποτελούνται από μία κλίνη άμμου η οποία στηρίζεται πάνω σε ένα στρώμα από χαλίκια. Το στρώμα των χαλικιών στηρίζεται σε έναν πυθμένα στράγγισης. Στα πρώτα εκατοστά του βάθους της κλίνης άμμου δημιουργείται με την πρόοδο της διήθησης ένα στρώμα που περιέχει κατακρατούμενο αιωρούμενο υλικό καθώς και μικροοργανισμούς που αναπτύσσονται. Το επιφανειακό αυτό στρώμα συνηθίζεται να αποκαλείται *schmutzdecke* (στρώμα βρωμιάς) και οι μικροοργανισμοί του επιφανειακού στρώματος περιβάλλονται από ζελατινώδες υλικό το οποίο συμβάλλει στη θρόμβωση του κολλοειδούς υλικού που περιέχεται στο τροφοδοτούμενο νερό. Για να γίνει η αντικατάσταση του επιφανειακού στρώματος άμμου θα πρέπει να αδειάσει το υπερκείμενο νερό μέχρι κάτω από την επιφάνεια της κλίνης άμμου.
- Οι μηχανισμοί με τους οποίους επιτυγχάνεται αφαίρεση θολότητας στα βραδυ-διυλιστήρια διαφέρει από την περίπτωση των ταχυ-διυλιστηρίων, το αιωρούμενο και κολλοειδές υλικό αφαιρείται κυρίως στην επιφάνεια της κλίνης άμμου και για να είναι αποτελεσματική η κλίνη διήθησης θα πρέπει να έχει ωριμάσει, δηλαδή, πρέπει να περιέχει στο επιφανειακό στρώμα και μικροοργανισμούς. Ο καθαρισμός της κλίνης γίνεται με αφαίρεση ενός επιφανειακού στρώματος βάθους 15 cm περίπου και αντικατάσταση του με καθαρή άμμο η οποία μπορεί είτε να είναι νέα άμμος είτε άμμος που προηγουμένως έχει αφαιρεθεί από την κλίνη η οποία έχει πλυθεί.
- Τα ταχυ-διυλιστήρια αποτελούνται από μία κλίνη πληρωτικού υλικού η οποία μπορεί να είναι μονοστρωματική ή πολυστρωματική. Η κλίνη στηρίζεται σε κατάλληλη κατασκευή στήριξης και στράγγισης η οποία καλείται στραγγιστήριο πυθμένα. Η κλίνη διήθησης ενδέχεται να στηρίζεται απ' ευθείας στο στραγγιστήριο του πυθμένα ή να στηρίζεται σε διαβαθμισμένο χαλίκι που παρεμβάλλεται μεταξύ του στραγγιστηρίου του πυθμένα και της κλίνης. Τα ταχυ-διυλιστήρια λειτουργούν με αισθητά μεγαλύτερη ταχύτητα διήθησης απ' ό,τι τα βραδυ-διυλιστήρια και είναι προφανές ότι κατακρατούν μεγαλύτερες ποσότητες αιωρούμενου και κολλοειδούς υλικού και κατά συνέπεια απαιτείται συχνότερος καθαρισμός. Η πλύση γίνεται με παροχέτευση νερού σε αντίθετη κατεύθυνση από την κατεύθυνση ροής του νερού κατά την διάρκεια της διήθησης. Η παροχή του νερού πλύσης είναι τέτοια ώστε να επιτυγχάνεται διαστολή της κλίνης διήθησης και παρασυρμός του υλικού που είχε κατακρατηθεί κατά την διάρκεια του κύκλου διήθησης. Η ανοδική ροή του νερού πλύσης παραλαμβάνεται από τα λούκια πλύσης ή υπερχειλίζει από το πλευρικό τοίχιο του χώρου όπου βρίσκεται η κλίνη διήθησης και οδηγείται δια μέσου του οισοφάγου στη δεξαμενή κράτησης του χρησιμοποιημένου νερού πλύσης. Η πλύση της κλίνης διήθησης με αντίστροφη ροή από τον πυθμένα προς τα άνω γίνεται είτε μόνο με παροχέτευση νερού πλύσης είτε με παροχέτευση αέρα και νερού πλύσης (απαιτείται διαφορετική

διαμόρφωση πυθμένα όταν διοχετεύεται νερό και αέρας. Τέλος, χρησιμοποιείται σε αρκετές περιπτώσεις και επιφανειακή πλύση της κλίνης διήθησης.

#### 2.3.4.2 Ταξινόμηση διυλιστηρίων σύμφωνα με την πίεση του νερού.

Τα διυλιστήρια που χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό του νερού διακρίνονται επίσης σε διυλιστήρια βαρύτητας και σε διυλιστήρια υπό πίεση. Οι κύριες διαφορές μεταξύ των παραπάνω κατηγοριών είναι το διαθέσιμο πιεζομετρικό ύψος για τη δίοδο του νερού δια μέσω της κλίνης διήθησης καθώς και ο τύπος του περιβλήματος (τοιχωμάτων) της κατασκευής που περιέχει την κλίνη διήθησης. Στα διυλιστήρια βαρύτητας το διαθέσιμο πιεζομετρικό ύψος είναι στην περιοχή των 2 έως 3 μέτρων στήλης νερού ενώ στα διυλιστήρια υπό πίεση το διαθέσιμο πιεζομετρικό ύψος είναι σημαντικά μεγαλύτερο. Τα διυλιστήρια βαρύτητας είναι ανοιχτές κατασκευές με τοιχώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα (ή και μεταλλικά) ενώ τα διυλιστήρια υπό πίεση είναι κλειστά δοχεία με μεταλλικά τοιχώματα. Για τον λόγο όμως ότι το κόστος των μεγάλων κλειστών δοχείων που λειτουργούν υπό πίεση είναι αρκετά υψηλό τα διυλιστήρια αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως για μικρές εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού.

Τέλος, η επιλογή των κατάλληλων υλικών διήθησης έχει μεγάλη σημασία για την αποτελεσματική αφαίρεση της θολότητας. Οι κλίνες διήθησης μπορεί να αποτελούνται από ένα μέσο (π.χ μόνο αποχλαζιακή άμμο) οπότε ονομάζονται ενός μέσου ή μονοστρωματικές. Επίσης, σε μερικές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται διαστρωματικές κλίνες (πχ απο ένα στρώμα ανθρακίτη και από ένα στρώμα άμμου) η ακόμα και κλίνες με περισσότερα στρώματα (τριστρωματικές, τετραστρωματικές κτλ).

#### 2.3.5 Απολύμανση

Η απολύμανση γίνεται για την εξασφάλιση πόσιμου νερού που θεωρείται ασφαλές από μικροβιολογική άποψη για την δημόσια υγεία. Η χλωρίωση του πόσιμου νερού ήταν μέχρι πρόσφατα (δεκαετία του 1970) η πιο ενδεδειγμένη μέθοδος απολύμανσης. Μερικά όμως παραπροϊόντα της χλωρίωσης θεωρούνται ύποπτες καρκινογόνες ουσίες και έτσι οι προσπάθειες στράφηκαν προς την χρησιμοποίηση και άλλων εναλλακτικών τρόπων απολύμανσης. Στα τέλη της δεκαετίας του 1970 λειτουργούσαν στις ΗΠΑ περισσότερες από 80 εγκαταστάσεις καθαρισμού νερού που χρησιμοποιούσαν ως απολυμαντικό το διοξείδιο του χλωρίου και ο αντίστοιχος αριθμός για την Ευρωπαϊκή οικονομική κοινότητα ήταν περίπου 500. Όμως και η χρησιμοποίηση του διοξειδίου του χλωρίου για την απολύμανση του νερού παρουσίαζε διάφορα μειονεκτήματα όπως πχ το πρόβλημα με την παρουσία χλωριωδών χλωρικών ιόντων. Άλλες μέθοδοι απολύμανσης του νερού είναι η οζόνωση και η χρησιμοποίηση υπεριώδους ακτινοβολίας (UV).

Ο όρος απολύμανση αναφέρεται στην αδρανοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών ώστε να μην είναι ικανοί για την μετάδοση των αντίστοιχων ασθενειών. Ακόμα, πρέπει να θυμόμαστε ότι η αδρανοποίηση δεν σημαίνει απαραίτητα θανάτωση αλλά μπορεί να σημαίνει παρεμπόδιση της ανάπτυξης ή της δυνατότητας αναπαραγωγής. Τα

χημικά απολυμαντικά αδρανοποιούν τους παθογόνους μικροοργανισμούς με τους ακόλουθους μηχανισμούς **(α)** καταστροφή ή βλάβη του κυτταρικού υλικού με επίδραση σε βασικά συστατικά του κυττάρου (καταστροφή της κυτταρικής μεμβράνης ή παρεμπόδιση της λειτουργίας των ημιπερατών μεμβρανών), **(β)** παρεμβολή στους μηχανισμούς ενεργειακού μεταβολισμού με αδρανοποίηση της λειτουργίας ενζύμων και **(γ)** παρεμβολή στους μηχανισμούς της βιοσύνθεσης και της ανάπτυξης με παρεμπόδιση της σύνθεσης πρωτεϊνών, νουκλεϊκών οξέων, συνενζύμων και του κυτταρικού τοιχώματος.

Όταν αναφερόμαστε στην απολύμανση του πόσιμου νερού θεωρείται ότι οι βασικοί παράγοντες που ελέγχουν την αποτελεσματικότητα της διεργασίας είναι η ικανότητα των απολυμαντικών να οξειδώνουν ή να διασπών το κυτταρικό τοίχωμα καθώς και η ικανότητα τους να διαχέονται μέσα στο κυτταρικό υλικό και να παρεμποδίζουν τους μηχανισμούς λειτουργίας του κυττάρου.

Η αποτελεσματικότητα της απολύμανσης ελέγχεται από τις παρακάτω παραμέτρους:

- **Είδος του απολυμαντικού:** Κάθε απολυμαντικό αδρανοποιεί ένα συγκεκριμένο μικροοργανισμό με διαφορετικό τρόπο και ρυθμό.
- **Δόση απολυμαντικού:** Υψηλότερες δόσεις αυξάνουν συνήθως το ρυθμό απολύμανσης.
- **Τύπος του μικροοργανισμού και φυσιολογική του κατάσταση:** Γενικά τα πρωτόζωα είναι πιο δύσκολα στην απολύμανση και ακολουθούν τα βακτήρια και οι ιοί. Μερικοί μικροοργανισμοί εμφανίζονται και με ανθεκτικές μορφές (πχ κύστες).
- **Χρόνος επαφής:** Αύξηση του χρόνου επαφής βελτιώνει την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης.
- **pH:** Η αποτελεσματικότητα μερικών απολυμαντικών (όπως του χλωρίου) εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το pH. Η αποτελεσματικότητα όμως άλλων απολυμαντικών (πχ της μονοχλωραμίνης και του όζοντος) δεν εξαρτάται από το pH.
- **Θερμοκρασία:** Ο ρυθμός απολύμανσης αυξάνεται με την θερμοκρασία.
- **Θολότητα:** Τα σωματίδια που προκαλούν θολότητα αποτελούν κρυψώνες για τους μικροοργανισμούς. Ακόμη, το υλικό από το οποίο αποτελούνται τα σωματίδια της θολότητας προκαλεί κατανάλωση απολυμαντικού με αντίστοιχη απαίτηση για αυξημένες δόσεις.
- **Διαλυτό οργανικό υλικό:** Το διαλυτό οργανικό υλικό είναι δυνατόν να καταναλώσει απολυμαντικό και να οδηγήσει στη δημιουργία ενώσεων με μικρή ή καθόλου απολυμαντική δραστηριότητα. Ακόμη, η παρουσία διαλυτού οργανικού υλικού οδηγεί στη δημιουργία παραπροϊόντων απολύμανσης.

Επιπλέον, το νερό που φτάνει στην βρύση του καταναλωτή θα πρέπει να είναι ασφαλές από μικροβιολογική άποψη, αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να ικανοποιεί τις προδιαγραφές που αναφέρονται στις μικροβιολογικές παραμέτρους. Αναγνωρίζεται ότι υπάρχουν δυσκολίες για τον καθημερινό συστηματικό έλεγχο του δικτύου ύδρευσης όσον αφορά την παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών και έτσι από την προηγούμενη δεκαετία (1990) άρχισε στις ΗΠΑ να ελέγχεται η αποτελεσματικότητα της απολύμανσης του πόσιμου

νερού με βάση τις τιμές του γινομένου  $CT\{(mg/L) * (min)$ , (συγκέντρωση απολυμαντικού) \* (χρόνος παραμονής).

Επειδή η συγκέντρωση του απολυμαντικού μειώνεται καθώς το νερό διέρχεται δια μέσου της δεξαμενής απολύμανσης θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η μέση τιμή της συγκέντρωσης στην έξοδο από την δεξαμενή απολύμανσης προκειμένου να λαμβάνονται υπόψη οι αποκλίσεις από το καθεστώς εμβολικής ροής στη δεξαμενή απολύμανσης. Ο χρόνος επαφής λαμβάνεται ίσος με το χρόνο T10 που προκύπτει από πειραματική μελέτη των συνθηκών ροής στη δεξαμενή απολύμανσης. Ο χρόνος T10 είναι ο χρόνος με την πάροδο του οποίου έχει περάσει το 10% της παροχής του τροφοδοτούμενου νερού από την δεξαμενή απολύμανσης ή ο χρόνος που παραμένει το 90% του τροφοδοτούμενου νερού στη δεξαμενή απολύμανσης. Επίσης, ο χρόνος αυτός υπολογίζεται με βάση την μέγιστη ωριαία παροχή δια μέσου της δεξαμενής απολύμανσης.

Κατά την απολύμανση του νερού θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη παράλληλα με την ανάγκη για αδρανοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών και η απαίτηση για περιορισμό των ανεπιθύμητων παραπροϊόντων απολύμανσης.

Έτσι, ένα σύστημα απολύμανσης θα πρέπει να επιτυγχάνει τα παρακάτω:

- Αδρανοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών.
- Ικανοποίηση των προδιαγραφών για τα παραπροϊόντα απολύμανσης
- Ικανοποίηση των προδιαγραφών για τις επιτρεπόμενες υπολειπόμενες συγκεντρώσεις απολυμαντικών.
- Διατήρηση της απαιτούμενης υπολειπόμενης συγκέντρωσης απολυμαντικού στο δίκτυο υδροδότησης.

Τέλος, διακρίνουμε δύο τύπους απολύμανσης: Ο ένας τύπος αναφέρεται ως αρχική ή πρωτεύουσα απολύμανση και στοχεύει στην αδρανοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών και ο άλλος αναφέρεται ως δευτερεύουσα ή βοηθητική απολύμανση και αποσκοπεί στην προστασία του δικτύου διανομής.

Επικίνδυνες τοξικές ουσίες	Μέση εισρέουσα συγκέντρωση (mg/L)	Μέση συγκέντρωση αποβολής (mg/L)	Μείωση %	Maximum Effluent Concentration (mg/L)
Αρσενικό	0.28	0.0035	98.7	0.0052
Βάριο	10.2	0.207	97.9	0.3
Κάδμιο	0.036	0.0005	98.6	0.0007
Χρώμιο εξασθενές	0.15	0.013	91.3	0.03
Χρώμιο τρισθενές	0.17	0.01	94.1	0.01
Χαλκός	3.1	0.03	99.0	0.04
Κύστες	149357 #/ml	5 #/ml	99.99	17 #/ml
Θολούρα	10.2	0.26	97.5	0.83
Φθορίδιο	8.0	0.5	93.9	0.7
Μόλυβδος	0.15	0.002	98.6	0.003
Perchlorate	0.10	0.003	96.5	0.005
Ράδιο 226/228	25 pCi/l	5 pCi/l	80.0	5 pCi/l
Σελήνιο	0.10	0.10	92	0.011
Συνολικά διαλυμένα στερεά TDS	790	24	97	

**Πίνακας 2-1. Στοιχεία επικίνδυνων τοξικών ουσιών**

### 2.3.6 Αποσκλήρυνση

Όλα σχεδόν τα πόσιμα νερά περιέχουν εκτός από τα όξινα ανθρακικά άλατα και άλλα που διαλύονται στο νερό όταν αυτό τα συναντά στο έδαφος, όπως χλωριούχο νάτριο (NaCl), θειικό ασβέστιο ( $CaSO_4$ ), θειικό μαγνήσιο ( $MgSO_4$ ) κ.λ.π Όταν το νερό περιέχει μεγάλη ποσότητα διαλυμένων αλάτων, λέγεται σκληρό νερό. Το σκληρό νερό είναι ακατάλληλο για την πλύση με σαπούνι, γιατί σχηματίζονται σ' αυτό αδιάλυτοι σάπωνες **ασβεστίου** και **μαγνησίου**, δηλαδή ελαϊκά, παλμιτικά και στεατικά άλατα ασβεστίου και μαγνησίου που δεν έχουν καμία απορρυπαντική ικανότητα και επιπλέον δε σχηματίζεται καθόλου αφρός σαπουνιού. Το σκληρό νερό προκαλεί διάφορες σοβαρές βιομηχανικές ενοχλήσεις στους ατμολέβητες και αφήνει μετά την εξάτμιση σημαντικές ποσότητες στερεών αποθεμάτων (πουρί).



Τα άλατα στο νερό δημιουργούν θετικά και αρνητικά ιόντα που δίνουν στο νερό την δυνατότητα να μεταφέρει ηλεκτρικά φορτία. Την ικανότητα αυτή την μετράμε με τα αγωγιμόμετρα σε  $\mu\text{S}/\text{cm}$  και μας δίνει μία ένδειξη της ποσότητας των αλάτων. Με βάση την σκληρότητα τα νερά μπορούν να καταταχθούν σε 4 κατηγορίες:

- 0-75 mg/l  $\text{CaCO}_3$  μαλακά
- 75-150 mg/l  $\text{CaCO}_3$ - μέτρια σκληρά
- 150-300 mg/l  $\text{CaCO}_3$  σκληρά
- 300 mg/l  $\text{CaCO}_3$  πολύ σκληρά

Η αποσκλήρυνση έχει σαν σκοπό την μείωση της σκληρότητας στα 80-100 mg/l σαν  $\text{CaCO}_3$ . Η παραγωγή πιο μαλακού νερού είναι δύσκολη και αντικοινομική και το νερό είναι και διαβρωτικό με αποτέλεσμα την αυξημένη παρουσία βαρέων μετάλλων που διαλύονται στις σωληνώσεις.

<b>Μονάδα Σκληρότητας units</b>	1 mval/l	Γερμανικός βαθμός 1 dH	Γαλλικός βαθμός 1 fH	Αγγλική μονάδα 1 eH	Αμερικάνικο σύστημα 1 ppm	<b>Διεθνής μονάδα 1 mmol/l</b>
	28 mg CaO or 50 mg $\text{CaCO}_3$ each 1 l $\text{H}_2\text{O}$	10 mg CaO each 1 l $\text{H}_2\text{O}$	10 mg $\text{CaCO}_3$ each 1 l $\text{H}_2\text{O}$	1 grain $\text{CaCO}_3$ per gallon 14,3 mg $\text{CaCO}_3$ each 1 l $\text{H}_2\text{O}$	1 part per million  1 mg $\text{CaCO}_3$ each 1 l $\text{H}_2\text{O}$	100 mg $\text{CaCO}_3$ each 1 l $\text{H}_2\text{O}$
1 mval/l	<b>1</b>	2,8	5	3,51	50	0,5
1 °dH	0,357	<b>1</b>	1,786	1,25	17,86	0,1786
1 °fH	0,2	0,5599	<b>1</b>	0,7	10	0,1
1 °eH	0,285	0,7999	1,429	<b>1</b>	14,29	0,1429
1 ppm	0,02	0,056	0,1	0,07	<b>1</b>	0,01
1 mmol/l	2	5,6	10	7	100	<b>1</b>

**Πίνακας 2-2. Διεθνής μονάδες σκληρότητας νερού**

### 2.3.6.1 Μέθοδοι αποσκλήρυνσης

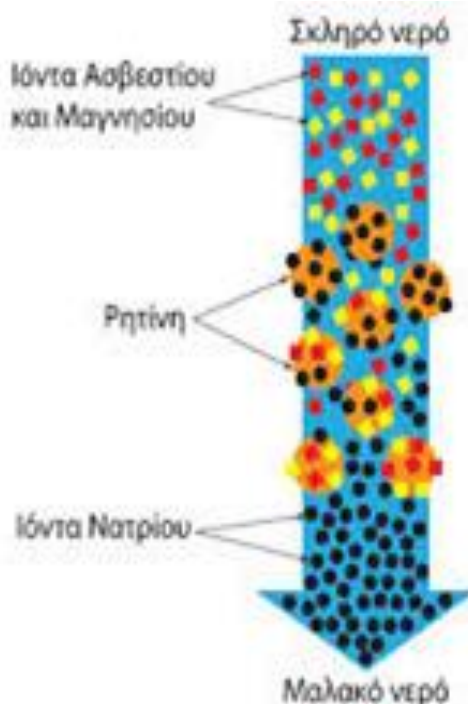
Η μέθοδος ή ο συνδυασμός μεθόδων που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από την ποιότητα του νερού που χρησιμοποιείται η επιθυμητή ποιότητα του προϊόντος, το κόστος των χημικών και τις άλλες επεξεργασίες που γίνονται στο νερό.

Για το πόσιμο νερό η τελική σκληρότητα πρέπει να είναι της τάξης 80-100 mg/l σαν  $\text{CaCO}_3$  και η σκληρότητα σε Mg κάτω από 40 mg/l σαν  $\text{CaCO}_3$ . Αυτή η ποιότητα επαρκεί

και για πολλές βιομηχανικές χρήσεις (νερό ψύξης, τροφοδοσία λεβήτων μικρής πίεσης κ.α),για τροφοδοσία λεβήτων μεγάλης πίεσης χρειάζεται νερό με μικρότερη έως καθόλου σκληρότητα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με συνδυασμό κατιονικών και ανιοντικών εναλλακτήρων ή με μεμβράνες αντίστροφης ωσμωτικής πίεσης και το αποσκληρυμένο νερό βοηθά στην λειτουργία των συστημάτων αυτών. Ακολουθούν διάφορες μέθοδοι αποσκλήρυνσης:

- Κατακρήμνιση σκληρότητας ασβεστίου.
- Κατακρήμνιση σκληρότητας ασβεστίου και μαγνησίου.
- Κατακρήμνιση σκληρότητας ασβεστίου και μαγνησίου χωρίς την χρήση περίσσειας  $\text{Ca(OH)}_2$  και  $\text{CO}_2$ .
- Συνδυασμός χημικής κατακρήμνισης και εναλλακτήρα ιόντων.
- Στην αποσκλήρυνση με εναλλακτήρες ιόντων χρησιμοποιούνται φυσικοί ή συνθετικοί ζεόλιθοι οι οποίοι έχουν την ιδιότητα να απορροφούν κατιόντα όπως τα  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  και  $\text{Fe}^{++}$  και να τα αντικαταστούν με  $\text{Na}^+$  που δεν προκαλεί σκληρότητα. Τα ανιόντα παραμένουν και το στερεό υπόλειμμα αυξάνει.

Τέλος, πιο σύγχρονη μέθοδος αποσκλήρυνσης του νερού είναι η μέθοδος με ιονταλλαγή. Κατά την μέθοδο αυτή είναι δυνατόν να αφαιρούνται και τα θετικά και τα αρνητικά ιόντα με χρησιμοποίηση κατάλληλων συνθετικών ρητινών από μεγάλα οργανικά μόρια και εν συνεχεία το νερό αυτό χρησιμοποιείται ως απεσταγμένο.



**Εικόνα 2-6 Μεταβολή σκληρότητας νερού**

## Κεφάλαιο 3 : ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ

### 3.1 Ορισμός της καθίζησης

Με τον όρο καθίζηση εννοούμε την φυσική διεργασία κατά την οποία επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός του αιωρούμενου υλικού με την βοήθεια της βαρύτητας. Τα αιωρούμενα υλικά καθιζάνουν με διάφορους τρόπους που εξαρτώνται από την συγκέντρωση και τα χαρακτηριστικά τους, δηλαδή, υπάρχουν σωματίδια που τα χαρακτηριστικά τους και οι διαστάσεις τους δεν αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου και ονομάζονται διακεκριμένα σωματίδια. Ακόμα, σε μερικά έχουμε συσσωμάτωση και αλλαγή μεγέθους, κροκιδωμένα σωματίδια και σε κάποια έχουμε είτε χαμηλή είτε υψηλή συγκέντρωση διασποράς στο νερό.

Τέλος, η διεργασία της καθίζησης χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις καθαρισμού νερού για:

- αφαίρεση θρομβωμένης θολότητας (μετά από τα στάδια της κροκίδωσης - θρόμβωσης)
- κατακράτηση αιωρούμενου υλικού από το νερό πλύσης των φίλτρων (δυλιστηρίων)
- πάχυνση της λάσπης που αντλείται από δεξαμενές καθίζησης και
- σε μερικές περιπτώσεις χρησιμοποιείται ένα στάδιο προκαθίζησης για την αφαίρεση καθιζανόντων υλικών όπως για παράδειγμα, εδαφικό υλικό και άμμος από θολό ποταμίσιο νερό.<sup>40</sup>

#### 3.1.1 Στόχος της καθίζησης

Ο στόχος της καθίζησης είναι η απομάκρυνση των αιωρούμενων, ιζηματοποιημένων ή κατακρημνισμένων σωματιδίων από το νερό τα οποία έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα από αυτό. Έτσι, στην διαδικασία καθαρισμού του νερού μπορεί να γίνει προκαθίζηση ή καθίζηση μετά από χημική επεξεργασία.<sup>41</sup>

#### 3.1.2 Θεωρία της καθίζησης

Η θεωρία της καθίζησης προτάθηκε το 1940 από τον T.R. Camp για μια ιδεώδη δεξαμενή με τα εξής χαρακτηριστικά:

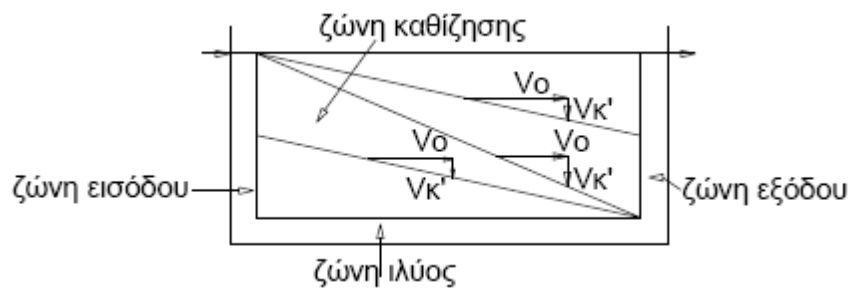
- Δεξαμενή ορθογώνια με ροή οριζόντια και καθίζηση σε ήρεμες συνθήκες

<sup>40</sup> Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα

<sup>41</sup> Γρηγορόπουλος, Σ. (1987-1988), Τεχνολογία του περιβάλλοντος, τόμος I Καθαρισμός νερού, σημειώσεις για την διδασκαλία του μαθήματος καθαρισμός νερού για το Πανεπιστήμιο Πατρών.

- Ομοιόμορφη οριζόντια ταχύτητα σε όλη την δεξαμενή
- Ομοιόμορφη κατανομή των σωματιδίων κάθε μεγέθους στην διατομή της εισόδου
- Διακεκριμένα σφαιρικά σωματίδια που θεωρούνται ότι έχουν αφαιρεθεί μόλις φτάσουν στην ζώνη ιλύος.

Έτσι, ο T.R. Camp αναγνώρισε 4 ζώνες στην δεξαμενή (σχήμα 3.1). Αυτές οι ζώνες είναι : οι ζώνες εισόδου και εξόδου όπου θα υπάρχει ταραχή λόγω της εισόδου ή εξόδου του νερού, την ζώνη ιλύος η οποία συσσωρεύεται και τέλος την ζώνη καθίζησης.



**Σχήμα 3-1. Ιδεώδης δεξαμενή καθίζησης**

Κάθε σωματίδιο βρίσκεται κάτω από την επιρροή δυο δυνάμεων, της οριζόντιας ταχύτητας  $V_0$  που προκαλείται από την κίνηση του νερού μέσα στην δεξαμενή και της κατακόρυφης ταχύτητας  $V_{\kappa}$  που προκαλείται από την βαρύτητα και κινείται με βάση την συνισταμένη ταχύτητα. Από την άλλη το κρίσιμο σωματίδιο είναι το σωματίδιο που έχει το μικρότερο μέγεθος και καθιζάνει ολόκληρη η μάζα του, το οποίο εισέρχεται στην ζώνη καθίζησης στην κορυφή και φτάνει στην ζώνη ιλύος πριν από την ζώνη εξόδου. Συμπερασματικά, τα σωματίδια που κινούνται με ταχύτητα  $V_{\kappa'} < V_{\kappa}$  θα αφαιρεθούν κατά ένα ποσοστό  $V_{\kappa'} < V_{\kappa}$  σωματίδια που κινούνται με ταχύτητα  $V_{\kappa'} > V_{\kappa}$  και θα φτάσουν νωρίτερα στην ζώνη ιλύος και σαν αποτέλεσμα θα μπορούν να αφαιρεθούν και σε δεξαμενή με μικρότερο μήκος.

Για τον υπολογισμό του κρίσιμου σωματιδίου αγνοώντας τις ζώνες εισόδου και εξόδου που αναφέραμε ισχύουν τα εξής:

**Χρόνος παραμονής:**  $T = \frac{\text{όγκος δεξαμενής}}{\text{παροχή}}$

**Μήκος δεξαμενής:**  $L = V_0 * T$

**Βάθος δεξαμενής (μέχρι την ζώνη ιλύος) :**  $D = V_{\kappa} * T$

**Επιφανειακό φορτίο:**  $V_{\kappa} = \frac{\text{παροχή}}{\text{επιφανειακό εμβαδόν}}$

Με τον όρο επιφανειακό φορτίο ή επιφανειακή φόρτιση ονομάζεται και η επιφανειακή ταχύτητα υπερχειλίσης και αντιστοιχεί στην παροχή η οποία εξέρχεται από την δεξαμενή καθίζησης μέσω των υπερχειλιστών ανά μονάδα επιφάνειας δεξαμενής καθίζησης. Η ιδανική

δεξαμενή καθίζησης αφαιρεί κατά 100% τα σωματίδια τα οποία έχουν οριακή ταχύτητα καθίζησης ίση ή μεγαλύτερη από την επιφανειακή ταχύτητα υπερχειλίσης.

Από την άλλη μεριά, η θεωρία του Camp με την πράξη διαφέρει και αυτό το παρατηρούμε σε 3 σημαντικές διαφορές οι οποίες είναι:

- Η πορεία που ακολουθούν τα σωματίδια που συσσωματώνονται είναι καμπύλη και αυτό οφείλεται στην αλλαγή της κατακόρυφης ταχύτητας με την ένωση των σωματιδίων σε μεγαλύτερους θρόμβους. Η συσσωμάτωση εξαρτάται από τον χρόνο παραμονής του, για μια δεδομένη παροχή, εξαρτάται από τον όγκο ή το βάθος της δεξαμενής. Άρα, το βάθος επηρεάζει την απόδοση.
- Στην περίπτωση των κυκλικών ή τετραγωνικών δεξαμενών με ακτινική ροή η οριζόντια ταχύτητα ελαττώνεται καθώς το νερό κυλά προς την περίμετρο. Με αυτό τον τρόπο τα σωματίδια ακόμη και τα διακεκριμένα ακολουθούν μια καμπυλωτή πορεία. Άρα η ταχύτητα δεν παραμένει σταθερή.
- Σωματίδια που έχουν φτάσει στην ζώνη ιλύος μπορούν να επανέλθουν σε κατάσταση αιώρησης αν αυξηθεί η οριζόντια ταχύτητα πάνω από μια κρίσιμη τιμή, όπου το όριο της οριζόντιας ταχύτητας συνήθως είναι 0,9 m/min.<sup>42</sup>

### 3.1.3 Ταχύτητα καθίζησης

Η ταχύτητα καθίζησης για την περίπτωση των διακεκριμένων σωματιδίων εξαρτάται από την πυκνότητα του σωματιδίου, το μέγεθος, το σχήμα και από την πυκνότητα και το ιξώδες του νερού. Από την άλλη στην περίπτωση των σφαιρικών σωματιδίων η ταχύτητα καθίζησης υπολογίζεται με την βοήθεια των παρακάτω τύπων:

$$\text{Νόμος Newton } V_k = \sqrt{\frac{4g(\rho_1 - \rho)d}{3C_D \rho}} \quad , \text{ για } N_R > 1000 \text{ και } d > 0.5 - 1 \text{ cm}$$

$$\text{Νόμος Stokes } V_k = \frac{g(\rho_1 - \rho)d^2}{18\mu} \quad , \text{ για } N_R > 0.5 - 1 \text{ και } d > 0.1 \text{ cm}$$

Όπου:  $V_k$  = τελική ταχύτητα καθίζησης

$g$  = επιτάχυνση της βαρύτητας

$\rho_1, \rho$  = πυκνότητα του σωματιδίου και του νερού

$d$  = διάμετρος του σωματιδίου

$\mu$  = δυναμικό του σωματιδίου

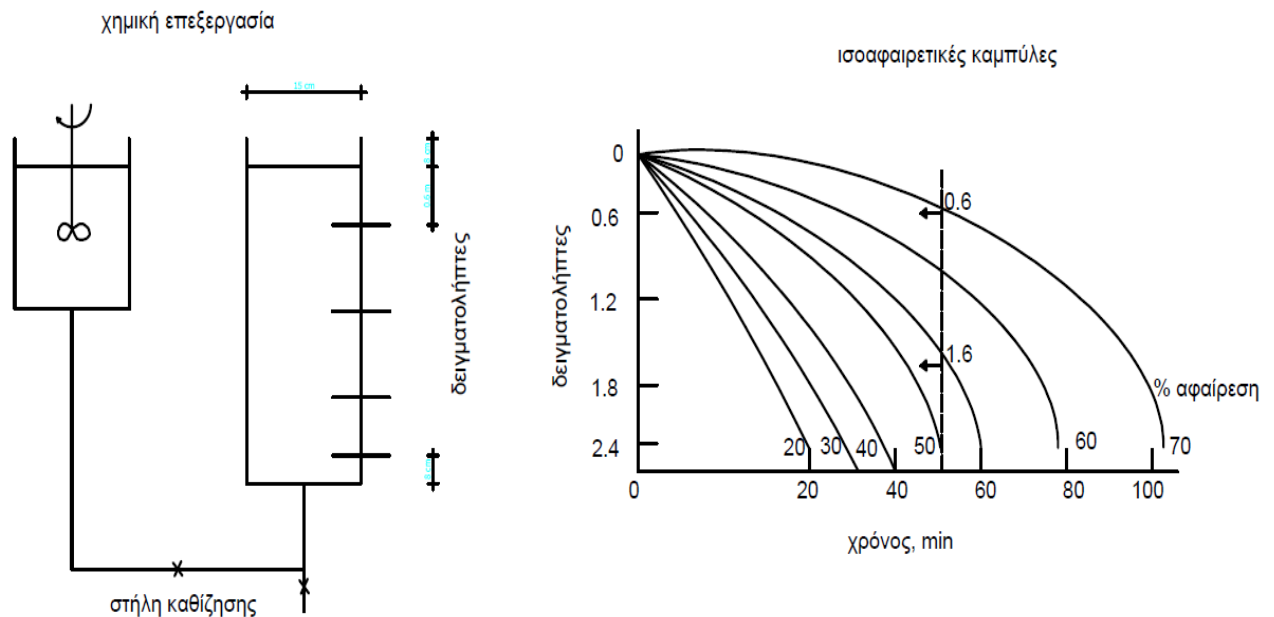
$C_D$  = οπισθελκυστικός συντελεστής

$$C_D = \frac{24}{N_R} + \frac{3}{\sqrt{N_R}} + 0.34 \text{ για } N_R = 1 - 10^4 \text{ και } C_D = \frac{24}{N_R} \text{ για } N_R < 1$$

<sup>42</sup> Γρηγορόπουλος, Σ. (1987-1988), Τεχνολογία του περιβάλλοντος, τόμος Ι Καθαρισμός νερού, σημειώσεις για την διδασκαλία του μαθήματος καθαρισμός νερού για το Πανεπιστήμιο Πατρών.

Όπου  $N_R$  ο αριθμός Reynolds και  $N_R = \frac{d\rho V k}{\mu}$

Τα σωματίδια συνήθως καθίζανουν κάτω από συνθήκες που ισχύει ο νόμος του Stokes ή μια μεταβατική κατάσταση από τον νόμο του Stokes στο νόμο του Newton. Αντίθετα, για τα σωματίδια που συσσωματώνονται σε θρόμβους δεν μπορούν να υπολογιστούν μαθηματικά αλλά ο υπολογισμός τους γίνεται πειραματικά χρησιμοποιώντας μια στήλη καθίζησης.



**Σχήμα 3-2. Πειραματικός προσδιορισμός ταχύτητας καθίζησης<sup>43</sup>**

Αναλυτικά, το νερό μεταφέρεται στην στήλη καθίζησης μετά από κατάλληλη χημική επεξεργασία, όπως αποσκλήρυνση και ιζηματοποίηση. Τα δείγματα λαμβάνονται από τους τέσσερις δειγματολήπτες συνήθως μέσα στο διάστημα των δυο ωρών όπου γίνεται και η περαιτέρω ανάλυση τους για διάφορα συστατικά όπως η θολότητα, το χρώμα και η σκληρότητα. Εν συνεχεία, μετά το πέρας των αποτελεσμάτων δημιουργούνται ισοαφαιρετικές καμπύλες οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των διαφόρων παραμέτρων σχεδιασμού. Ακόμα, η στήλη καθίζησης δεν αναφέρεται σε καταστάσεις ροής δηλαδή καταστάσεις ρεύματος, ταραχής κ.τ.λ. και τα πειραματικά αποτελέσματα προσαρμόζονται μειώνοντας την ταχύτητα καθίζησης κατά 25-75 % και αυξάνοντας τον χρόνο παραμονής κατά 75-100 %. Τέλος, για το παράδειγμα που αναφέραμε παραπάνω, του σχήματος 4, για να πραγματοποιηθεί μια αφαίρεση στα 60 %, η δεξαμενή πρέπει να σχεδιαστεί για ένα επιφανειακό φορτίο  $\frac{2,9}{1,5} * 24 = 46 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \text{ d}$  και χρόνο παραμονής  $\frac{50}{60} * 1,9 = 1,6 \text{ h}$ .<sup>44</sup>

<sup>43</sup> Γρηγορόπουλος, Σ. (1987-1988), Τεχνολογία του περιβάλλοντος, τόμος I Καθαρισμός νερού, σημειώσεις για την διδασκαλία του μαθήματος καθαρισμός νερού για το Πανεπιστήμιο Πατρών.

<sup>44</sup> Γρηγορόπουλος, Σ. (1987-1988), Τεχνολογία του περιβάλλοντος, τόμος I Καθαρισμός νερού, σημειώσεις για την διδασκαλία του μαθήματος καθαρισμός νερού για το Πανεπιστήμιο Πατρών

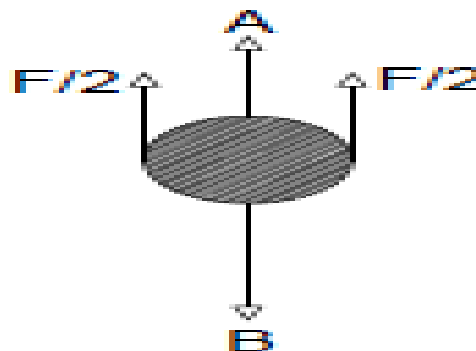
### 3.1.4 Κατηγορίες καθίζησης

Η καθίζηση χωρίζεται σε τέσσερις τύπους ανάλογα με τις περιπτώσεις που έχουμε να αντιμετωπίσουμε. Εμείς στην διπλωματική μας εργασία θα αναλύσουμε μέχρι και τους τρεις τύπους αυτής της μεθόδου παρακάτω.

#### 3.1.4.1 Καθίζηση τύπου I

Η καθίζηση τύπου I ή καθίζηση διακεκριμένων σωματιδίων, όπως άμμου και λάσπης παρατηρείται σε περιπτώσεις όπου πρόκειται για μικρές συγκεντρώσεις σωματιδίων τα οποία καθιζάνουν σαν διακεκριμένες οντότητες δηλαδή χωρίς να σχηματίζουν συσσωματώματα ή άλλου τύπου ενότητες με άλλα σωματίδια. Παραδείγματα καθίζησης διακεκριμένων σωματιδίων είναι η προκαθίζηση εδαφικού υλικού από θολό ποταμίσιο νερό, η καθίζηση άμμου στο νερό πλύσης των διυλιστηρίων και τέλος η καθίζηση κρυσταλλινών ανθρακικού ασβεστίου κατά την αποσκλήρυνση του νερού. Ακόμα η καθίζηση τύπου I είναι πολύ σημαντική διαδικασία στο στάδιο της προκαθίζησης.

Έστω ότι ένα διακεκριμένο σωματίδιο, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.3, καθιζάνει σε μια ήρεμη δεξαμενή νερού. Στο σωματίδιο αυτό ασκούνται τρεις διαφορετικές κατακόρυφες δυνάμεις που είναι το **βάρος** του, η **άνωση** και η **οπισθέλκουσα**.



**Σχήμα 3-3 Σφαιρικό σωματίδιο σε ήρεμο νερό κάτω από την επίδραση της οπισθέλκουσας δύναμης, της άνωσης και του βάρους του<sup>45</sup>**

Αναλυτικά:

- Το βάρος του σωματιδίου είναι :  $B= V_p\rho_p g(1)$

Όπου:  $V_p$  ο όγκος του σωματιδίου,  $m^3$

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

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

<sup>45</sup> Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα

- Η ανωστική δύναμη είναι:  $A = V_p \rho_w g$  (2)

Όπου:  $V_p$  ο όγκος του σωματιδίου,  $m^3$

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

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

- Η οπισθέλκουσα δύναμη :  $F = C_D A_p \rho_w \frac{V_s^2}{2}$  (3)

Όπου:  $C_D$  ο συντελεστής οπισθέλκουσας

$A_p$  η προβολή της σφαιρικής επιφανείας ( $A_p = \frac{\pi d_p^2}{4}$ )

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

$V_s$  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 μηδενιστεί η επιτάχυνση και η πτώση θα γίνεται με την οριακή του ταχύτητα. Η οριακή ταχύτητα μπορεί να υπολογιστεί από τις τρεις παραπάνω σχέσεις. Ακόμα η οριακή ταχύτητα πτώσης σε κατάσταση που το νερό βρίσκεται σε συνθήκες ηρεμίας υπολογίζεται από την σχέση :

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{g (\rho_p - \rho_w) d_p}{C_D \rho_w}} \quad (4)$$

Εν συνεχεία, ο συντελεστής οπισθέλκουσας όταν πρόκειται για σφαιρικά σωματίδια υπολογίζεται από την σχέση:

$$C_D = \frac{24}{N_R} + \frac{3}{\sqrt{N_R}} + 0.34 \quad (5)$$

Όπου:  $N_R = \frac{V_s d_p \rho_w}{\mu}$  (6) ο αριθμός Reynolds και  $\mu$  το δυναμικό ιξώδες ( $kg/m s$ )

Όταν ο αριθμός Reynolds είναι μικρότερος από 0,3 τότε στην εξίσωση (5) σημαντικός είναι μόνο ο πρώτος όρος και μπορεί να θεωρηθεί ότι  $C_D = \frac{24}{N_R}$ . Έτσι, με αυτές

τις συνθήκες η σχέση (4) παίρνει την μορφή  $V_s = \frac{g d_p^2 (\frac{\rho_p}{\rho_w} - 1)}{18 \nu}$

Όπου:  $\nu$  το κινηματικό ιξώδες του νερού ( $m^2/s$ )

$\frac{\rho_p}{\rho_w}$  το σχετικό ειδικό βάρος του σωματιδίου

Αντίθετα, για μεγάλες τιμές του αριθμού Reynolds ο συντελεστής  $C_D$  τείνει προς την τιμή 0,4. Έτσι, για μεγάλες του αριθμού Reynolds χρησιμοποιούμε την σχέση: <sup>46</sup>

<sup>46</sup> Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα



$$V_s = \sqrt{3,33 g \left( \frac{\rho_p}{\rho_w} - 1 \right) d_p}$$

### 3.1.4.2 Καθίζηση τύπου II

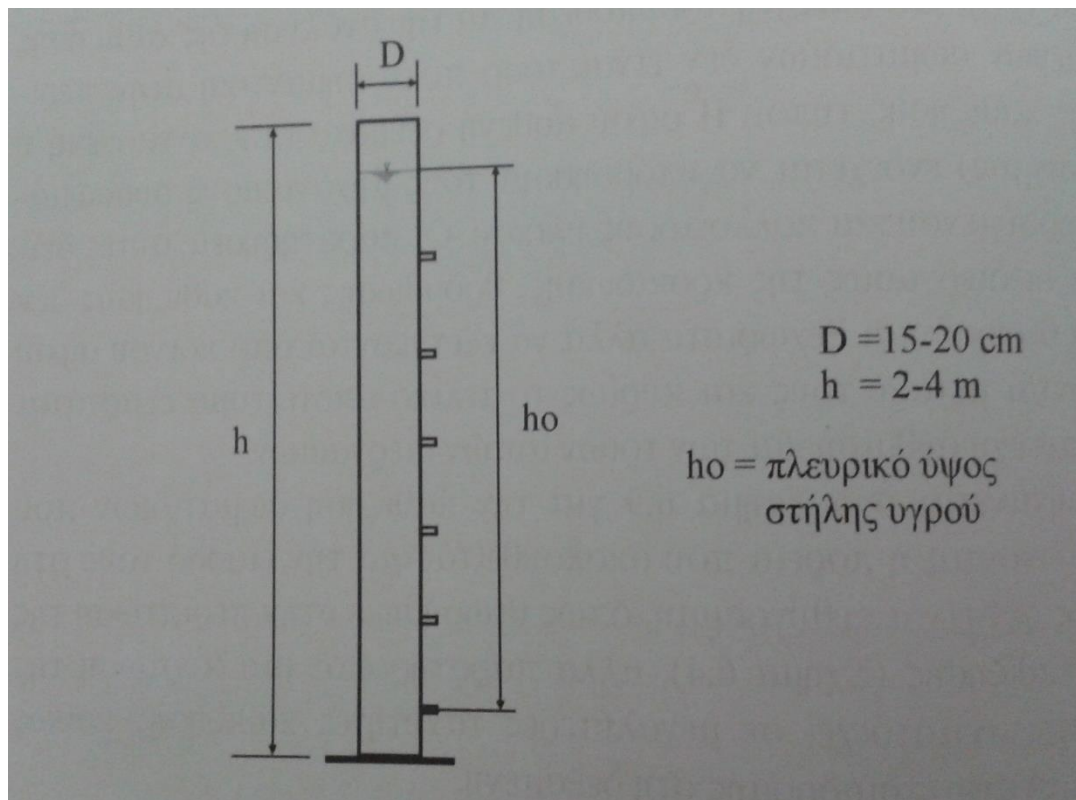
Η διαδικασία της καθίζησης τύπου II διαφέρει από εκείνη του τύπου I και αφορά μικρή συγκέντρωση σωματιδίων, όπως θρόμβων ή λάσπης, που έχουν τάση να συσσωματώνονται με αποτέλεσμα να αλλάζουν τα φυσικά χαρακτηριστικά τους καθώς και η ταχύτητα καθίζησης τους. Αυτού του τύπου καθίζηση είναι σημαντική στην καθίζηση μετά από χημική επεξεργασία. Επίσης, αρκετά σημαντικό σε αυτό τον τύπο καθίζησης είναι το βάθος δεξαμενής για τον λόγο ότι τα σωματίδια συσσωματώνονται καθώς κατέρχονται.

Αντίθετα, παρόλο που η απόλυτη ηρεμία που είναι σημαντικός παράγοντας για την ανάλυση της καθίζησης διακεκριμένων σωματιδίων στην περίπτωση της καθίζησης τύπου II δεν είναι τόσο σημαντική για τον λόγο ότι ασθενή ρεύματα (ανεμογενή ή και πυκνότητας) ενδέχεται να υποβοηθούντους μηχανισμούς συσσωμάτωσης αιωρούμενου και κολλοειδούς υλικού.

Η μελέτη της καθίζησης τύπου II γίνεται με την βοήθεια μιας στήλης καθίζησης, σχήμα 7, με διάμετρο στήλης 15 έως 20 cm ώστε να είναι σχετικά μικρές οι επιπτώσεις από τα τοιχώματα της. Το ύψος της στήλης επιλέγεται ίσο ή μεγαλύτερο από το βάθος της στήλης του υγρού στην πραγματική δεξαμενή για την οποία ενδιαφερόμαστε. Τα στόμια δειγματοληψίας κατανέμονται καθ' όλο το ύψος της στήλης και οι αποστάσεις μεταξύ δυο διαδοχικών στομιών είναι περίπου 50 cm.<sup>47</sup>

---

<sup>47</sup> Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα



**Σχήμα 3-4. Στήλη για την πειραματική μελέτη της καθίζησης τύπου II<sup>48</sup>**

### 3.1.4.3 Καθίζηση τύπου III

Η καθίζηση τύπου III ή αλλιώς παρεμποδισμένη καθίζηση, αφορά μεγάλη συγκέντρωση σωματιδίων που συσσωματώνονται και αυτό έχει ως αποτέλεσμα η απόσταση μεταξύ των σωματιδίων να μικραίνει και η έλξη τους να αυξάνεται. Τα σωματίδια καθιζάνουν σαν ένα δικτύωμα διατηρώντας την σχετική τους θέση. Η συγκέντρωση αυτών πρέπει να υπερβαίνει τα 500-2000 mg/l ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των στερεών και ο τύπος αυτός είναι σημαντικός στην επεξεργασία χημικής ιλύος όπου η πάχυνση επιτυγχάνεται με βαρύτητα (καθίζηση) όσον αφορά τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού.<sup>49</sup>

<sup>48</sup>Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα

<sup>49</sup>Γρηγορόπουλος, Σ. (1987-1988), Τεχνολογία του περιβάλλοντος, τόμος I Καθαρισμός νερού, σημειώσεις για την διδασκαλία του μαθήματος καθαρισμός νερού για το Πανεπιστήμιο Πατρών

## Κεφάλαιο 4 : ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ – ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ

Ο σχεδιασμός για τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού πρέπει να γίνεται έτσι ώστε να επιτυγχάνονται τα αποτελέσματα που θέλουμε με χαμηλό κόστος και ευκολία. Θα πρέπει να λάβουμε υπόψη τις εποχιακές διακυμάνσεις στην ποιότητα καθώς και την μελλοντική ποιοτική υποβάθμιση του υδατικού αποθέματος. Ακόμα, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας και τις μελλοντικές προδιαγραφές που μπορεί να προκύψουν και για αυτό τον λόγο θα πρέπει οι εγκαταστάσεις να έχουν ευελιξία στις αλλαγές αυτές.

Για τον σωστό σχεδιασμό βασιζόμαστε στα παρακάτω βήματα:

- Ποιοτικός χαρακτηρισμός του υδατικού αποθέματος και καθορισμός των ποιοτικών χαρακτηριστικών του επεξεργασμένου νερού.
- Προκαταρκτικές μελέτες για την αξιολόγηση εναλλακτικών διεργασιών και την επιλογή του διαγράμματος επεξεργασίας του νερού.
- Λεπτομερής σχεδιασμός της επιλεχθείσης εναλλακτικής λύσης
- Κατασκευή των έργων.
- Λειτουργία και συντήρηση της εγκατάστασης επεξεργασίας.

Έτσι, με τα παραπάνω βήματα και την βοήθεια διάφορων επιστημονικών κλάδων όπως χημεία, μικροβιολογία, μηχανική θα έχουμε ένα καλό αποτέλεσμα για τον σχεδιασμό τους.<sup>50</sup>

### 4.1 Γενικές αρχές σχεδιασμού δεξαμενών καθίζησης

Για τον σχεδιασμό μιας δεξαμενής καθίζησης πρέπει να ληφθούν υπόψη οι εξής παράγοντες:

- **Χρόνος παραμονής** (detention time): προσδιορίζει τον όγκο και το βάθος της δεξαμενής και την μέση οριζόντια ταχύτητα. Συνίσταται η χρήση των ακόλουθων τιμών ή μεγαλύτερων χρόνων
  - Οριζόντια προκαθίζηση 3 ώρες
  - Καθίζηση μετά από ιζηματοποίηση ή αποσκλήρυνση
    - Με επιφανειακό νερό : 4 ώρες
    - Με υπόγειο νερό : 2 ώρες
  - Ανοδική ροή ( δεξαμενές με επαφή στερεών), καθίζηση μετά από ιζηματοποίηση ή αποσκλήρυνση
    - Με επιφανειακό νερό : 4 ώρες
    - Με υπόγειο νερό : 1 ώρα

<sup>50</sup> Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα

Ο χρόνος παραμονής σε μια δεξαμενή καθίζησης υπολογίζεται από την σχέση:

$$t_0 = \frac{V}{Q} = \frac{LWZ}{Q}$$

όπου:  $t_0$  είναι ο χρόνος παραμονής

V ο όγκος της δεξαμενής για ορθογώνιες δεξαμενές

L το μήκος δεξαμενής

W το πλάτος

Z το ύψος

Q η ογκομετρική παροχή

- **Επιφανειακό φορτίο** ( επιφανειακή ταχύτητα υπερχειλίσης) : το επιφανειακό φορτίο είναι η πιο σημαντική παράμετρος και εξαρτάται από την ταχύτητα καθίζησης του κρίσιμου σωματιδίου και προσδιορίζει το επιφανειακό εμβαδόν της δεξαμενής. Οι τιμές του επιφανειακού φορτίου για δεξαμενές με οριζόντια ροή κυμαίνεται στα 12-81 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> d και με ανοδική ροή στα 58-146 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> d.
- **Ταχύτητα υπερχειλίσης μέσω εκχειλιστή**: καθορίζει το μήκος του εκχειλιστή εξόδου που χρησιμοποιείται για να μειωθεί η ταραχή κατά την έξοδο. Το ανώτατο όριο της ταχύτητας αυτής είναι 620 m<sup>3</sup>/m d και οι μικρότερες τιμές που μπορεί να πάρει είναι 180-370 m<sup>3</sup>/m d. Επιπρόσθετα, σε δεξαμενές που έχουν ακτινική ροή ο εκχειλιστής τοποθετείται στην περίμετρο της και το μήκος του είναι ίσο με ή πολλαπλό της περιμέτρου.
- **Βάθος** : το βάθος κυμαίνεται από 1.50 έως 6.00 μέτρα ή και περισσότερο και συνήθως είναι 3.00 έως 4.50 μέτρα. Στις τιμές που αναφέραμε θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας και την επιφάνεια του νερού η οποία είναι 0.5 μέτρα. Αντίθετα, για τις δεξαμενές όπου φυλάσσεται για μεγάλα χρονικά διαστήματα η ίλυς, το βάθος της ζώνης ίλυος δεν προσαυξάνεται.
- **Οριζόντια ταχύτητα** : Η οριζόντια ταχύτητα δεν είναι ομοιόμορφη αλλά η μέση τιμή της πρέπει να είναι κάτω από 0.9 m/min, συνήθως 0.15 έως 0.90 m/min.
- **Αριθμός παράλληλων μονάδων** : εξαρτάται από το ύψος της παροχής της εγκατάστασης, τον επιθυμητό βαθμό ευκαμψίας και τις οικονομικές σχέσεις. Αναλυτικά κατά τον σχεδιασμό ακολουθείται η παρακάτω πορεία:
  - Επιλέγεται ο αριθμός παράλληλων δεξαμενών και υπολογίζεται η παροχή κάθε δεξαμενής. Στην συνέχεια, επιλέγονται οι τιμές των παραμέτρων σχεδιασμού και τέλος εκλέγεται το επιθυμητό σχήμα των δεξαμενών.
  - Υπολογίζονται τα χαρακτηριστικά κάθε δεξαμενής από τις παρακάτω σχέσεις :

$$\text{Επιφανειακό εμβαδόν} = \frac{\text{παροχή}}{\text{επιφανειακό φορτίο}}$$

$$\text{Όγκος} = \text{παροχή} * \text{χρόνο παραμονής}$$

$$\text{Βάθος} = \frac{\text{όγκος}}{\text{επιφανειακό εμβαδόν ή ταχύτητα καθίζησης}} * \text{χρόνο παραμονής}$$
 (όπου προστίθεται το ύψος της επιφάνειας του νερού (0.5m) και της ζώνης ιλύος, εάν δεν υπάρχει μηχανικός καθαρισμός).

$$\text{Μήκος εκχειλιστή} = \frac{\text{παροχή}}{\text{ταχύτητα υπερχείλισης μέσω εκχειλιστή}}$$

- **Διαστάσεις** : Οι διαστάσεις των δεξαμενών ανάλογα με το σχήμα τους θα αναλυθούν παρακάτω.<sup>51</sup>

#### 4.2 Τύποι δεξαμενών καθίζησης

Οι τύποι των δεξαμενών καθίζησης σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού είναι κυρίως ορθογώνιες, τετραγωνικές ή κυκλικές.

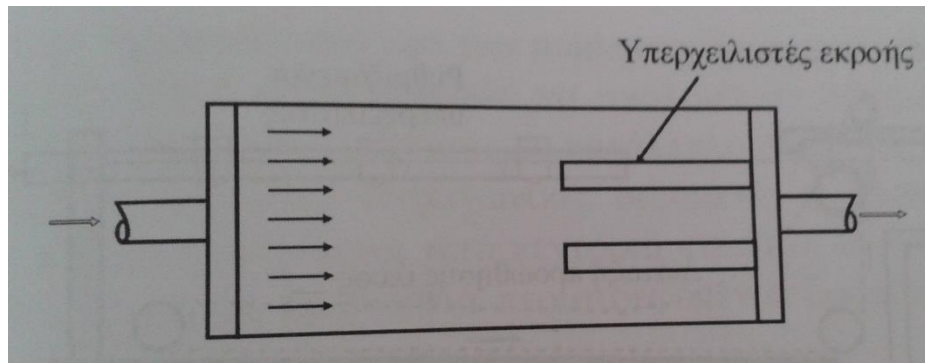
Αναλυτικά :

- **Ορθογώνιες δεξαμενές :**

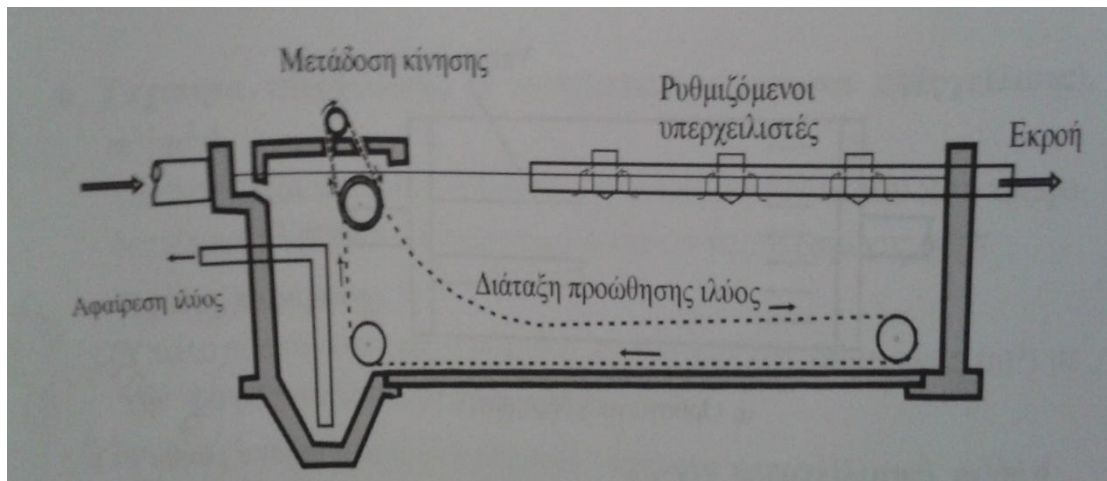
Το σχήμα τους είναι συνήθως μακρόστενο με λόγο  $\frac{\text{μήκος}}{\text{πλάτος}}$  2:1 έως 3:1, μήκος μέχρι 76m, συνήθως γύρω στα 30 m, πλάτος 1.50 έως 7.30 m ή πολλαπλό, κλίση πυθμένα 1% προς την είσοδο και βάθος 4.30m. Όσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος  $\frac{\text{μήκος}}{\text{πλάτος}}$  τόσο πιο αποτελεσματικά αποφεύγεται το βραχυκύκλωμα όπου ο καλός έλεγχος του επιτυγχάνεται με τιμές 6:1 έως 7:1. Στην ζώνη εισόδου γίνεται ομοιόμορφη διανομή της παροχής και η έξοδος γίνεται από υπερχειλιστές που είναι τοποθετημένοι στην περιοχή της πλευράς εξόδου, κατά προτίμηση στο τελευταίο 1/3 του μήκους της δεξαμενής. Εν συνεχεία, η ιλύς που καθιζάνει στη ζώνη ιλύος προωθείται με κατάλληλες διατάξεις προς το φρεάτιο ιλύος με την βοήθεια των ξέστρων οι οποίοι έχουν ταχύτητα 0.90 m/min. Το φρεάτιο ιλύος βρίσκεται στην πλευρά εισόδου της δεξαμενής. Η ιλύς αφαιρείται από το φρεάτιο ιλύος με κατάλληλη διάταξη άντλησης.<sup>52</sup>

<sup>51</sup> Γρηγορόπουλος, Σ. (1987-1988), Τεχνολογία του περιβάλλοντος, τόμος I Καθαρισμός νερού, σημειώσεις για την διδασκαλία του μαθήματος καθαρισμός νερού για το Πανεπιστήμιο Πατρών και Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα

<sup>52</sup> Γρηγορόπουλος, Σ. (1987-1988), Τεχνολογία του περιβάλλοντος, τόμος I Καθαρισμός νερού, σημειώσεις για την διδασκαλία του μαθήματος καθαρισμός νερού για το Πανεπιστήμιο Πατρών και Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα



Σχήμα 4-1. Σκαρίφημα ορθογώνιας δεξαμενής<sup>53</sup>



Σχήμα 4-2. Σκαρίφημα ορθογώνιας δεξαμενής<sup>54</sup>

<sup>53</sup> Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα

<sup>54</sup> Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα



**Εικόνα 4-1. Ορθογώνια δεξαμενή**



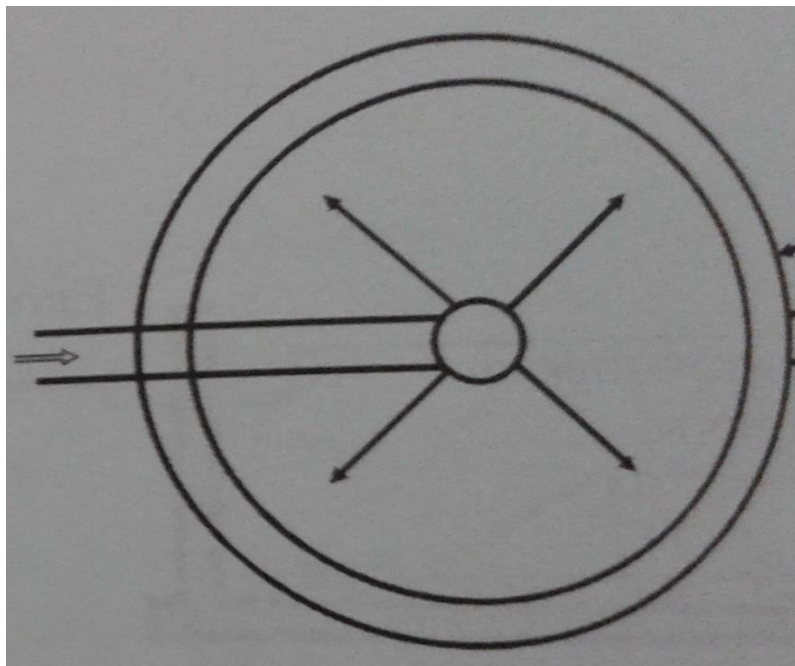
**Εικόνα 4-2. Ορθογώνια δεξαμενή όπου είναι ορατοί οι υπερχειλιστές**

- **Κυκλικές δεξαμενές :**

Οι δεξαμενές αυτού του τύπου τροφοδοτούνται από το κέντρο τους με την βοήθεια κεντρικού φρεατίου διανομής ή από περιμετρικό κανάλι τροφοδότησης και η πορεία του νερού είναι ακτινική προς το περιμετρικό κανάλι υπερχειλίσης.

Εκτός από τις κυκλικές δεξαμενές κεντρικής τροφοδότησης χρησιμοποιούνται σε μερικές περιπτώσεις και κυκλικές δεξαμενές που τροφοδοτούνται από περιμετρικό κανάλι. Η τροφοδοτούμενη παροχή διανέμεται ομοιόμορφα κατά την έννοια της περιμέτρου της δεξαμενής και στη συνέχεια οδεύει προς την κεντρική περιοχή για να υπερχειλίσει από το κυκλικό κανάλι υπερχειλίσης το οποίο βρίσκεται εσωτερικά του περιμετρικού καναλιού τροφοδότησης.

Οι διαστάσεις αυτών των δεξαμενών είναι οι εξής, διάμετρος ή πλάτος μέχρι 76 m, συνήθως μικρότερο από 30 m, κλίση πυθμένα 8 % προς το κέντρο και βάθος 4.30 m. Ακόμα, η διάμετρος τους πρέπει να ταιριάζει στα ξέστρες που χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση της ίλως. Το μήκος των ξέστρων αυξάνει ανά 0.30 m από 3.00 m έως 9.00 m, ανά 0.60 m από 9 έως 15 m και 1.50 m άνω των 15 m και η ταχύτητα τους 0.03 r/min.<sup>55</sup>



**Σχήμα 4-3. Κυκλική δεξαμενή με τροφοδότηση από το κέντρο<sup>56</sup>**

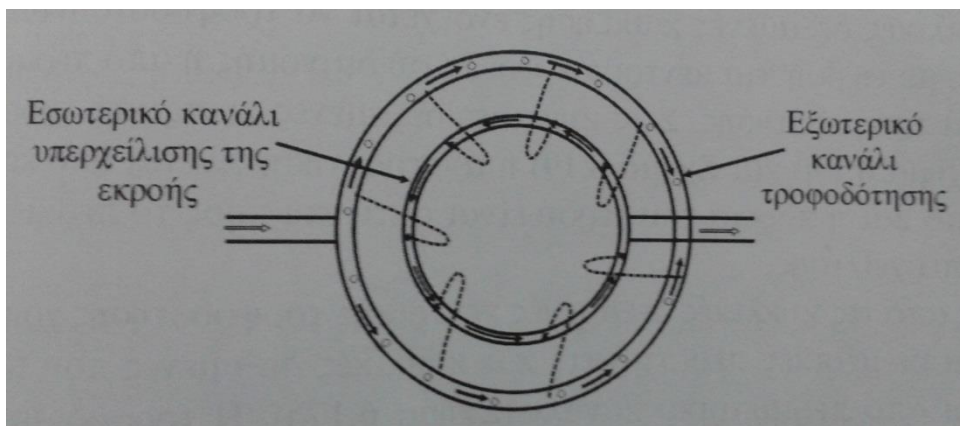
<sup>55</sup> Γρηγορόπουλος, Σ. (1987-1988), Τεχνολογία του περιβάλλοντος, τόμος I Καθαρισμός νερού, σημειώσεις για την διδασκαλία του μαθήματος καθαρισμός νερού για το Πανεπιστήμιο Πατρών και Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα

<sup>56</sup> Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα

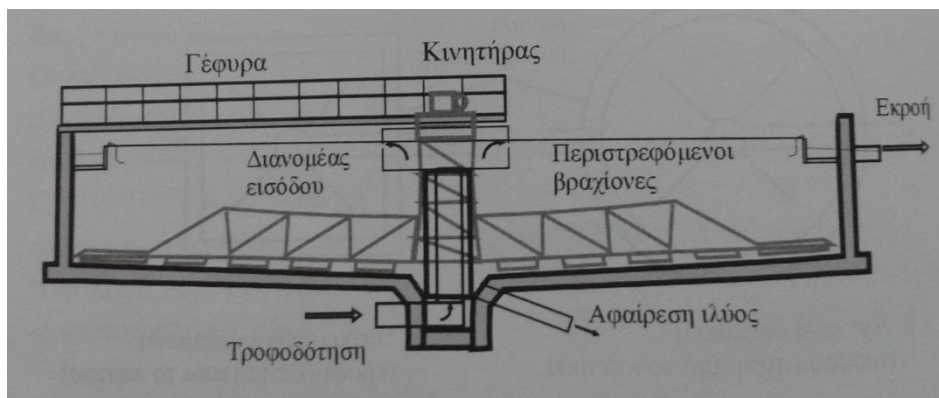




Σχήμα 4-4. Στάδια επεξεργασίας νερού σε κυκλική δεξαμενή



Σχήμα 4-5. Κυκλική δεξαμενή με περιμετρική εξωτερική τροφοδότηση και περιμετρική εσωτερική εκροή

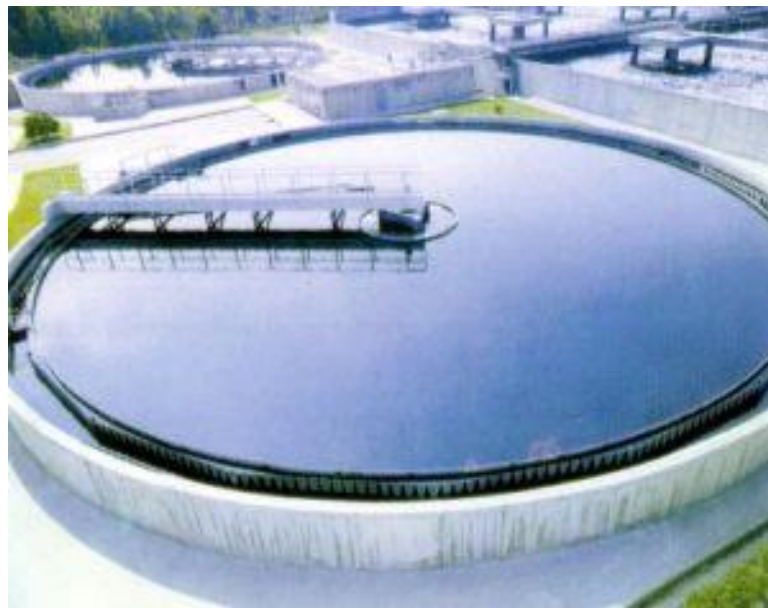


Σχήμα 4-6. Κυκλική δεξαμενή καθίζησης με τροφοδότηση από το κέντρο και εκροή από περιμετρικό υπερχείλιστή<sup>57</sup>

<sup>57</sup> Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα



**Εικόνα 4-3. Άδεια κυκλική δεξαμενή καθίζησης που είναι εμφανής η γερανογέφυρα και ο κώνος περισυλλογής ιλύος**



**Εικόνα 4-4. Κυκλική δεξαμενή καθίζησης**

- **Τετραγωνικές δεξαμενές:**

Στις τετραγωνικές δεξαμενές ισχύουν οι ίδιες διαστάσεις με αυτές των κυκλικών δεξαμενών και η μόνη τους διαφορά είναι στο πλάτος, δηλαδή, διάμετρος ή πλάτος μέχρι 76 m , συνήθως 21 m και κλίση πυθμένα 8% προς το κέντρο. Η διάμετρος που όπως αναφέραμε κ παραπάνω πρέπει να ταιριάζει στους ξύστες που χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση της ιλύος. Το μήκος των ξέστρων αυξάνει ανά 0.30 m από 3.00 m έως 9.00 m, ανά 0.60 m από 9 έως 15 m και 1.50 m άνω των 15 m.

Επιπλέον, οι τετραγωνικές δεξαμενές συνδυάζουν κάποια θετικά χαρακτηριστικά των ορθογωνίων και των κυκλικών δεξαμενών. Έτσι οι τετραγωνικές δεξαμενές είναι δυνατόν να ακολουθούν δεξαμενές θρόμβωσης από τις οποίες διαχωρίζονται με κατάλληλο διάτρητο τοίχωμα επικοινωνίας. Ακόμα, στις τετραγωνικές δεξαμενές η παραλαβή της ιλύος γίνεται μέσω ενός κεντρικού φρεατίου. Έτσι, η ιλύς οδηγείται στο φρεάτιο ιλύος με την βοήθεια περιστρεφόμενου βραχίονα σάρωσης του πυθμένα.

Τέλος, ο πυθμένας των δεξαμενών καθίζησης θα πρέπει να έχει κατάλληλη 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. Ορθογώνιες δεξαμενές κλίση 1 % , κυκλικές και τετραγωνικές κλίση 8% .<sup>58</sup>

#### 4.2.1 Δεξαμενές ανοδικής ροής

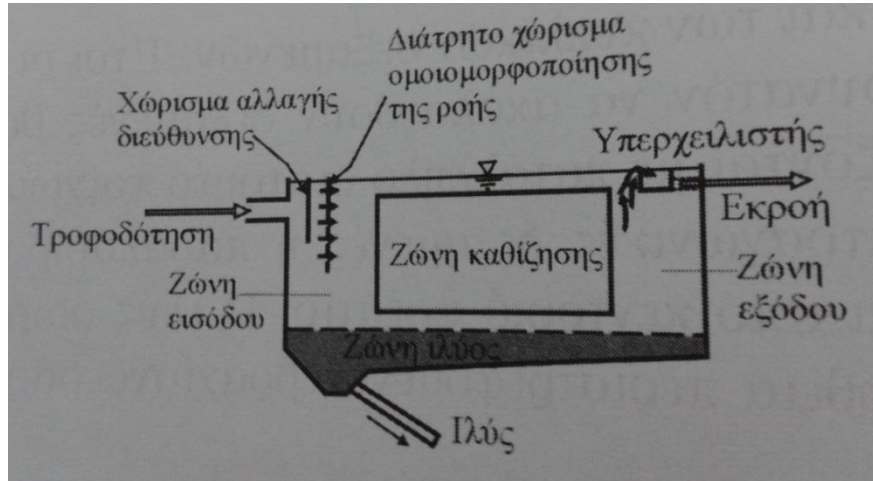
Στις δεξαμενές ανοδικής ροής η τροφοδοτούμενη παροχή εισέρχεται από μια στάθμη η οποία βρίσκεται αρκετά κάτω από την ελεύθερη επιφάνεια. Σε αυτού του είδους δεξαμενές διακρίνουμε την κίνηση των αιωρούμενων σωματιδίων προς τον πυθμένα , δηλαδή καθιζάνουν, και την κίνηση του τροφοδοτούμενου νερού προς την επιφανειακή περιοχή της δεξαμενής, τους υπερχειλιστές. Εάν η ταχύτητα καθίζησης ενός αιωρούμενου σωματιδίου είναι μεγαλύτερη από την ανοδική ταχύτητα του νερού τότε το σωματίδιο αυτό συμπαρασύρεται στην εκροή από την δεξαμενή. Όταν η τροφοδότηση στην δεξαμενή ανοδικής ροής γίνεται πάνω από ένα ύψος της στήλης του υγρού, τότε στην δεξαμενή αυτή διαμορφώνονται δυο περιοχές. Στην ανώτερη περιοχή παρατηρείται ανοδική ροή του τροφοδοτούμενου νερού ενώ στην κατώτερη περιοχή δεν παρατηρείται.

Οι δεξαμενές ανοδικής ροής συνήθως περιλαμβάνουν και διαμέρισμα χημικής επεξεργασίας. Οι θρόμβοι συμπαρασύρονται από το νερό μέχρι ένα σημείο όπου οι δυνάμεις της ανοδικής κίνησης του νερού και της βαρύτητας είναι ίσες, τότε σχηματίζεται μια "κουβέρτα ιλύος" που ενεργεί σαν φίλτρο συγκρατώντας μικρότερους θρόμβους. Οι δεξαμενές αυτές μπορούν να δεχθούν μεγαλύτερη επιφανειακή φόρτιση αρκεί η "κουβέρτα ιλύος" να μην διασπαστεί. Ακόμα, σε αυτές τις δεξαμενές γίνεται ανακυκλοφορία ιλύος για να διατηρηθεί μια μεγάλη περιεκτικότητα στερεών σε αιώρηση, της κλίμακας των 2 έως 10 %.

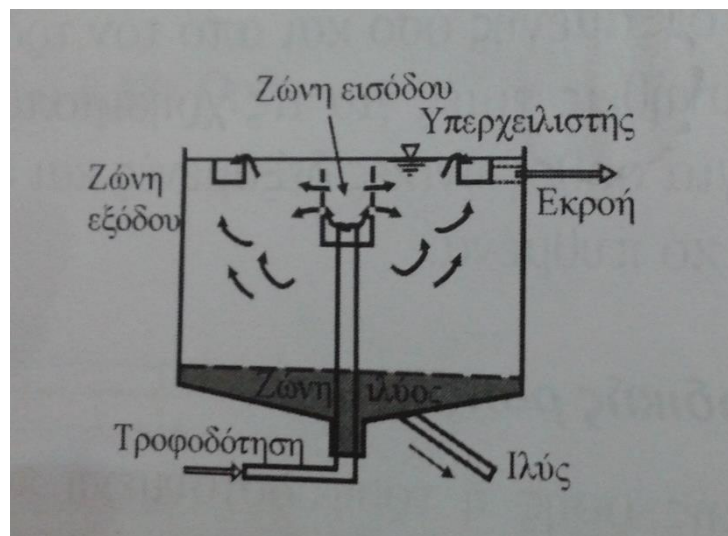
---

<sup>58</sup> Γρηγορόπουλος, Σ. (1987-1988), Τεχνολογία του περιβάλλοντος, τόμος I Καθαρισμός νερού, σημειώσεις για την διδασκαλία του μαθήματος καθαρισμός νερού για το Πανεπιστήμιο Πατρών και Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα

Έτσι, στις κυκλικές δεξαμενές ανοδικής ακτινικής ροής η τροφοδότηση γίνεται περίπου στο μέσο του βάθους της στήλης υγρού και στις δεξαμενές ανοδικής ροής μέσω στρώματος στερεών η τροφοδοτούμενη παροχή διέρχεται από την περιοχή ζώνης ιλύος. Ακόμα, και στις ορθογώνιες δεξαμενές οριζόντιας ροής συμβαίνει κάποια ανοδική κίνηση του νερού στην περιοχή εξόδου.<sup>59</sup>



Σχήμα 4-7. Ορθογώνια δεξαμενή οριζόντιας ροής<sup>60</sup>

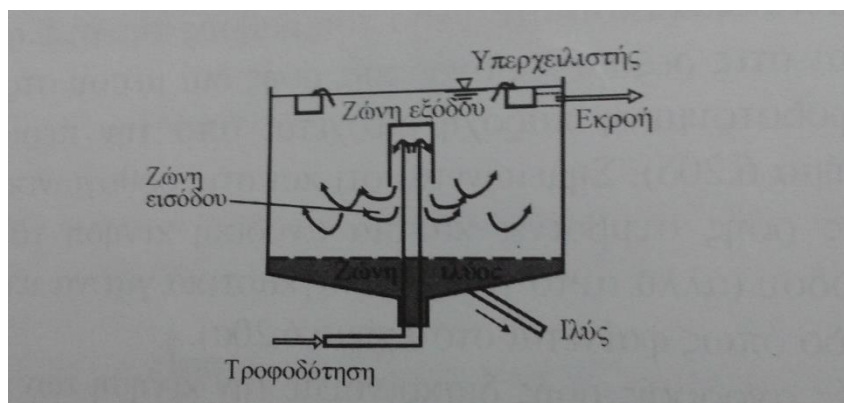


Σχήμα 4-8. Κυκλική δεξαμενή οριζόντιας ακτινικής ροής<sup>61</sup>

<sup>59</sup> Γρηγορόπουλος, Σ. (1987-1988), Τεχνολογία του περιβάλλοντος, τόμος Ι Καθαρισμός νερού, σημειώσεις για την διδασκαλία του μαθήματος καθαρισμός νερού για το Πανεπιστήμιο Πατρών και Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα

<sup>60</sup> Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα

<sup>61</sup> Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα



**Σχήμα 4-9. Κυκλική δεξαμενή ανοδικής ακτινικής ροής<sup>62</sup>**

#### 4.2.2 Δεξαμενές επαφής στερεών

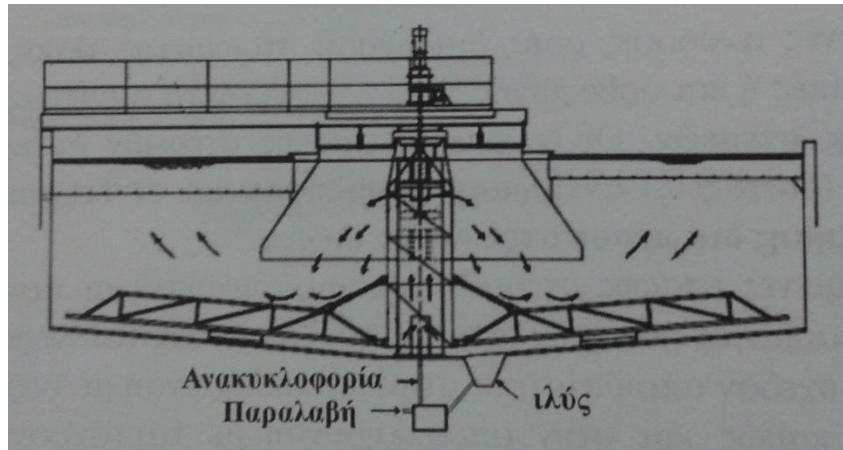
Οι δεξαμενές ανοδικής ροής δια μέσου στρώματος ιλύος μπορεί να είναι κυκλικές ή και ορθογώνιες και αναφέρονται συνήθως ως δεξαμενές επαφής στερεών. Οι δεξαμενές επαφής στερεών διακρίνονται σε δεξαμενές αντίδρασης- καθίζησης και σε δεξαμενές καθίζησης δια μέσου στρώματος ιλύος.

Οι δεξαμενές επαφής στερεών χρησιμοποιούνται σε αρκετές βιομηχανικές εφαρμογές και στην περιοχή επεξεργασίας του νερού χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά στην αποσκλήρυνση με υδροξείδιο του ασβεστίου καθώς και στην αποσκλήρυνση με ταυτόχρονη αφαίρεση θολότητας.

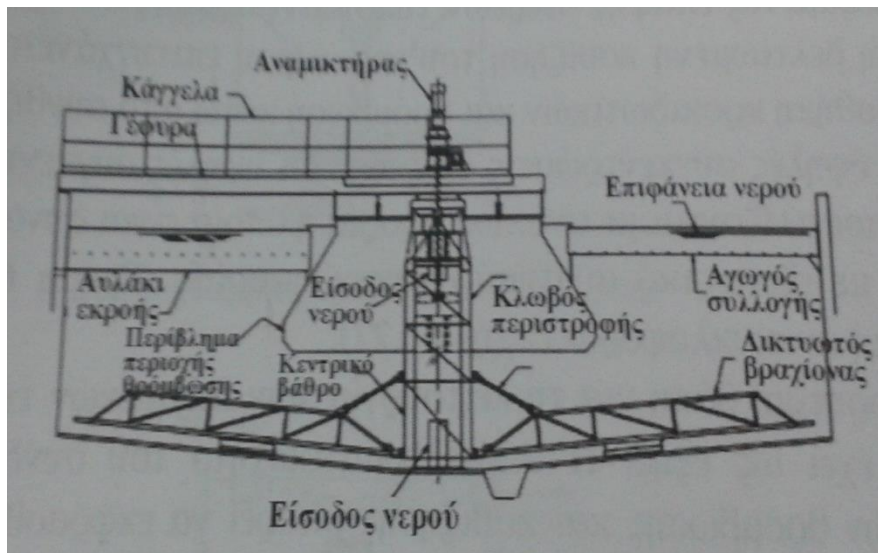
Οι δεξαμενές επαφής στερεών τύπου αντίδρασης- καθίζησης βασίζονται στη βελτιωμένη καθίζηση του νερού που επιτυγχάνεται μετά από την προσθήκη κροκιδωτικών και θρόμβωση κάτω από συνθήκες ανάδευσης και υψηλές συγκεντρώσεις στερεών. Οι υψηλές συγκεντρώσεις στερεών εξασφαλίζονται με ανακυκλοφορία η οποία είναι δυνατόν να γίνεται είτε με εξωτερικό σύστημα ανακυκλοφορίας είτε με εσωτερική ανακυκλοφορία. Με αυτού του τύπου τις δεξαμενές επιτυγχάνουμε βελτιωμένη θρόμβωση, απουσία θρόμβων πολύ μικρών διαστάσεων και ομοιόμορφους θρόμβους.<sup>63</sup>

<sup>62</sup> Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα

<sup>63</sup> Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα



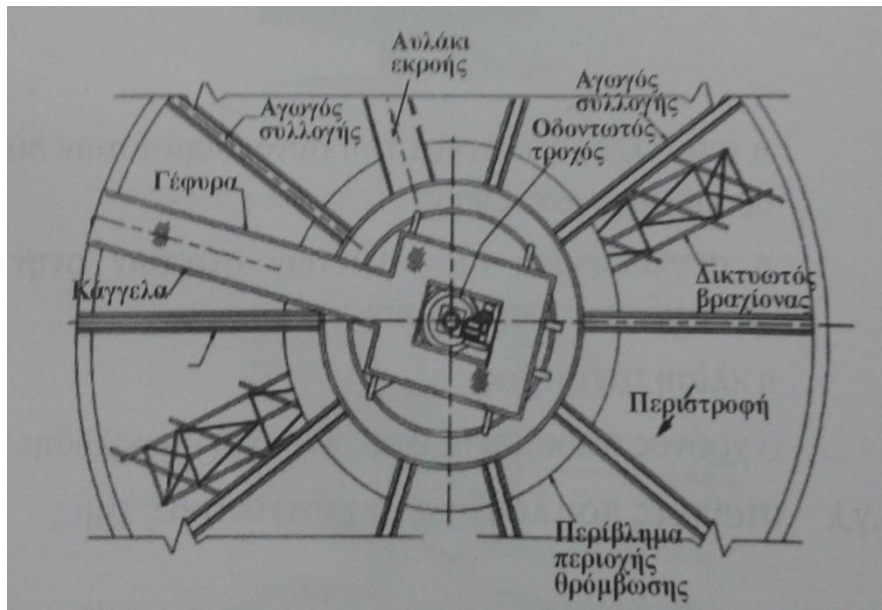
Σχήμα 4-10. Πορεία του νερού δια μέσου της διάταξης επαφής στερεών<sup>64</sup>



Σχήμα 4-11. Τομή της διάταξης επαφής στερεών<sup>65</sup>

<sup>64</sup> Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα

<sup>65</sup> Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα



**Σχήμα 4-12. Κάτοψη της διάταξης επαφής στερεών<sup>66</sup>**

Με βάση τις παραπάνω φωτογραφίες παρατηρούμε ότι το νερό τροφοδοτείται σε μια εσωτερική κυλινδρική περιοχή όπου γίνεται προσθήκη των χημικών καθώς και εξωτερική ανακυκλοφορία ιλύος με παράλληλη ανάδευση σε κατάλληλες τιμές κλίσης ταχύτητας. Η εκροή από την κυλινδρική περιοχή ( σχήμα 4-12) οδηγείται δια μέσου της κωνικής περιοχής θρόμβωσης στην εξωτερική περιοχή καθίζησης. Η ιλύς που κατακάθεται στον πυθμένα της δεξαμενής οδηγείται από την περιστρεφόμενη διάταξη σάρωσης προς τη σκάφη συγκέντρωσης ιλύος. Το διαυγασμένο νερό εξέρχεται από ακτινικούς αγωγούς συλλογής οι οποίοι τροφοδοτούν ένα κεντρικό περιμετρικό κανάλι το οποίο οδηγεί στο αυλάκι εκροής.

#### 4.2.3 Συστήματα ταχείας καθίζησης Tube Settler και Lamella Separator

Ο χωρισμός της δεξαμενής σε διαμερίσματα με τοποθέτηση οριζοντίων δίσκων-πατωμάτων επιτρέπει την αύξηση της επιφάνειας της δεξαμενής και την καλύτερη χρησιμοποίηση του όγκου της και αυτό έχει σαν συνέπεια την αύξηση της παροχής ή της απόδοσης της.

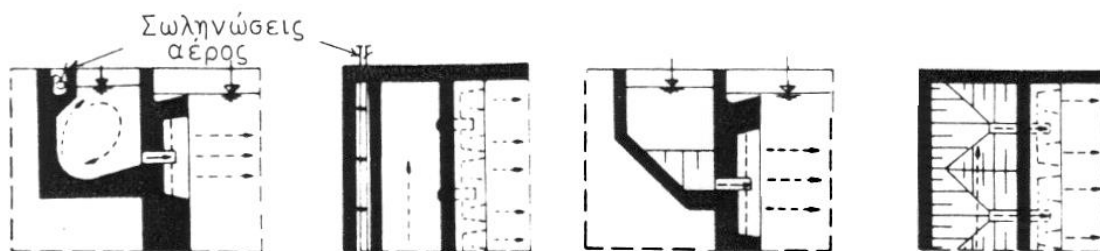
Ο σχεδιασμός των συστημάτων ταχείας καθίζησης Tube Settler και Lamella Separator έχουν σχεδιαστεί τα τελευταία δέκα χρόνια. Το Tube Settler αποτελείται από μια μπαταρία εξαγωνικών ή τετραγωνικών σωλήνων με διάσταση 5 cm και κλίση 5° ή 60°. Από την άλλη το Lamella Separator αποτελείται από παράλληλες πλάκες με κλίση 30° σε απόσταση 2.50 έως 5.00 cm.

Τα συστήματα αυτά μπορούν να τοποθετηθούν σε υπάρχουσες δεξαμενές για να αυξήσουν την αποδοτικότητα τους ή σε καινούργιες δεξαμενές για να επιτρέψουν μεγαλύτερη φόρτιση.<sup>67</sup>

<sup>66</sup> Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα

#### 4.3 Έργα εισόδου : διαμόρφωση αύλακα εισροής, διατάξεις ηρεμίας

Στις ορθογώνιες δεξαμενές ο στόχος για την κατασκευή των έργων εισόδου είναι για να επιτευχθεί ομοιόμορφη τροφοδότηση της δεξαμενής σε όλο το πλάτος της αλλά και να πραγματοποιηθεί παρεμπόδιση δευτερογενών ρευμάτων με την κατασκευή του αύλακα εισροής μεγάλων διαστάσεων. Έτσι, κατά την διαμόρφωση του αύλακα εισροής θα πρέπει να λάβουμε υπόψη την κατακάλυψη των φερτών υλικών η οποία μπορεί να παρεμποδιστεί με τεχνητή ανάδευση, δηλαδή, εμφύσημα φυσαλίδων αέρα και ο άλλος τρόπος είναι η διαμόρφωση του πυθμένα του αύλακα, ώστε η ιλύς να συμπαρασύρεται με εισρέοντα λύματα μέσα στην δεξαμενή καθίζησης.



**Σχήμα 4-13. Στο αριστερό σχήμα βλέπουμε την μέθοδο της τεχνητής ανάδευσης ενώ στο δεξί την διαμόρφωση του πυθμένα του αύλακα<sup>68</sup>**

Από την άλλη πλευρά, στις κυκλικές δεξαμενές καθίζησης ο θάλαμος ηρεμίας στον οποίο καταλήγει ο προσαγωγός σωλήνας, λειτουργεί σαν σίφωνας και η σχέση των διαμέτρων τους πρέπει να είναι  $D_2 > 3 d_1$ <sup>69</sup>

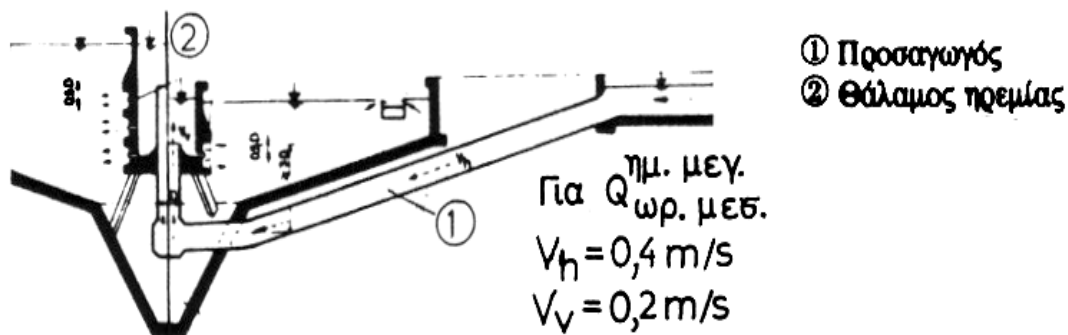
<sup>67</sup> Γρηγορόπουλος, Σ. (1987-1988), Τεχνολογία του περιβάλλοντος, τόμος I Καθαρισμός νερού, σημειώσεις για την διδασκαλία του μαθήματος καθαρισμός νερού για το Πανεπιστήμιο Πατρών

<sup>68</sup> Η. Χατζηαγγέλου, 2002

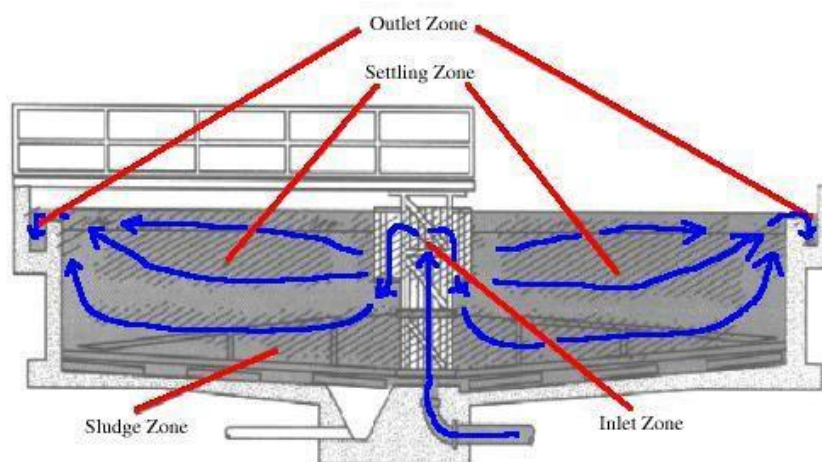
<sup>69</sup> Ζαφειράκου, Α., «Καθίζηση λυμάτων» Ενότητα 4, ανοικτά ακαδημαϊκά μαθήματα, Αριστοτέλειο πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

<https://opencourses.auth.gr/modules/document/file.php/OCRS460/%CE%A0%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%AC%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/%CE%95%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B9%CE%B1/%CE%95%CE%9504.pdf>





Σχήμα 4-14. Έργα εισόδου σε κυκλικές δεξαμενές<sup>70</sup>



Σχήμα 4-15. Κίνηση νερού σε κυκλικές δεξαμενές καθίζησης<sup>71</sup>

#### 4.4 Έργα εξόδου : υπερχειλιστές, αύλακες εκροής (απαγωγής), επιπλέουσα ιλύς

Οι υπερχειλιστές και οι αύλακες εκροής όπως έχουμε αναφέρει παραπάνω αποτελούν ένα σημαντικό έργο εξόδου για τις δεξαμενές καθίζησης και θα ήταν σημαντικό να δούμε κάποια χαρακτηριστικά τους. Αναλυτικά:

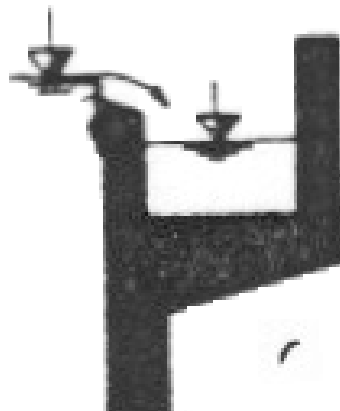
##### Υπερχειλιστές

Οι υπερχειλιστές τοποθετούνται στο τέλος των ορθογώνιων δεξαμενών καθίζησης και στην εξωτερική περιφέρεια των κυκλικών δεξαμενών καθίζησης. Η παροχή εκροής τους είναι μικρότερη ή ίση με  $35 \text{ m}^3/\text{hm}$ . Σε περίπτωση που η παροχή εκροής είναι μεγαλύτερη από  $35 \text{ m}^3/\text{hm}$  τότε υπερχειλιστές διπλής στέψης ή περισσότεροι υπερχειλιστές. Η απόσταση μεταξύ των υπερχειλιστών είναι μεγαλύτερη ή ίση με το βάθος της δεξαμενής. Το υλικό με το οποίο είναι κατασκευασμένοι είναι λαμαρίνα και η στέψη τους ποικίλλει

<sup>70</sup> Χατζηαγγέλου Η., 2002

<sup>71</sup> Ιωσιφίδης Β., 2010

ανάλογα με το μέγεθος των υπερχειλιστών, δηλαδή, για μικρού μήκους χρησιμοποιούμε **ευθεία** και για να έχουμε ομοιόμορφη ροή σε όλο το μήκος του χρησιμοποιούμε **οδοντωτή** μορφή.



Σχήμα 4-16. Υπερχειλιστής ευθείας στέψης<sup>72</sup>



Σχήμα 4-17. Οδοντωτός υπερχειλιστής από λαμαρίνα<sup>73</sup>

### Αύλακας ροής

Η ελεύθερη στάθμη του αύλακα εκροής πρέπει να βρίσκεται ορισμένα εκατοστά **χαμηλότερα** από την στέψη του υπερχειλιστή έτσι ώστε να μην επηρεάζεται η ελεύθερη στάθμη μέσα στις δεξαμενές από τα κατάντη έργα αλλά και για να παρέχεται ασφάλεια έναντι καθιζήσεων, όταν το έδαφος δεν έχει τις σωστές προϋποθέσεις, μεταξύ διάφορων δεξαμενών. Ακόμα, όταν ο τύπος της δεξαμενής μας είναι κυκλικής μορφής ο αύλακας εκροής κατασκευάζεται χωρίς κλίση πυθμένα όπως αναφέραμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο.<sup>74</sup>

<sup>72</sup> Χατζηαγγέλου Η., 2002

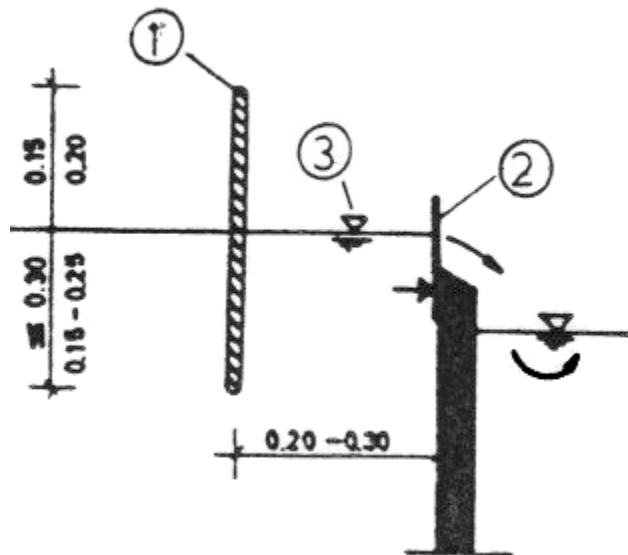
<sup>73</sup> Χατζηαγγέλου Η., 2002

<sup>74</sup> Ζαφειράκου, Α., «Καθίζηση λυμάτων» Ενότητα 4, ανοικτά ακαδημαϊκά μαθήματα, Αριστοτέλειο πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

<https://opencourses.auth.gr/modules/document/file.php/OCRS460/%CE%A0%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%AC%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/%CE%95%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B9%CE%B1/%CE%95%CE%9504.pdf>

### Επιπλέουσα ιλύς

Στην επιφάνεια όλων των τύπων δεξαμενών καθίζησης συγκεντρώνεται η επιπλέουσα ιλύς η οποία αποτελείται από ουσίες με μικρό ειδικό βάρος. Οι ουσίες αυτές δεν πρέπει να υπερχειλίσουν και να καταλήξουν στις δεξαμενές της βιολογικής επεξεργασίας και για αυτό τον λόγο κατασκευάζεται ένα ειδικό προστατευτικό τοιχίο στο πάνω μέρος των δεξαμενών και ακριβώς μπροστά από τους υπερχειλιστές ούτως ώστε να διακόψει την ροή της επιπλέουσας ιλύς και να περάσει μόνο το καθαρό νερό.<sup>75</sup>



**Σχήμα 4-18. (1) προστατευτικό τοιχίο, (2) στέψη οδοντωτού υπερχειλιστή, (3) στάθμη για την ελάχιστη παροχή ξηράς περιόδου<sup>76</sup>**

<sup>75</sup> Ζαφειράκου, Α., «Καθίζηση λυμάτων» Ενότητα 4, ανοικτά ακαδημαϊκά μαθήματα, Αριστοτέλειο πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

<https://opencourses.auth.gr/modules/document/file.php/OCRS460/%CE%A0%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%AC%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/%CE%95%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B9%CE%B1/%CE%95%CE%9504.pdf>

<sup>76</sup> Χατζηαγγέλου Η., 2002



**Εικόνα 4-5. Ειδικό προστατευτικό τοιχίο για την προστασία της εκροής από την δεξαμενή καθίζησης<sup>77</sup>**

#### 4.5 Σαρωτές ιλύος

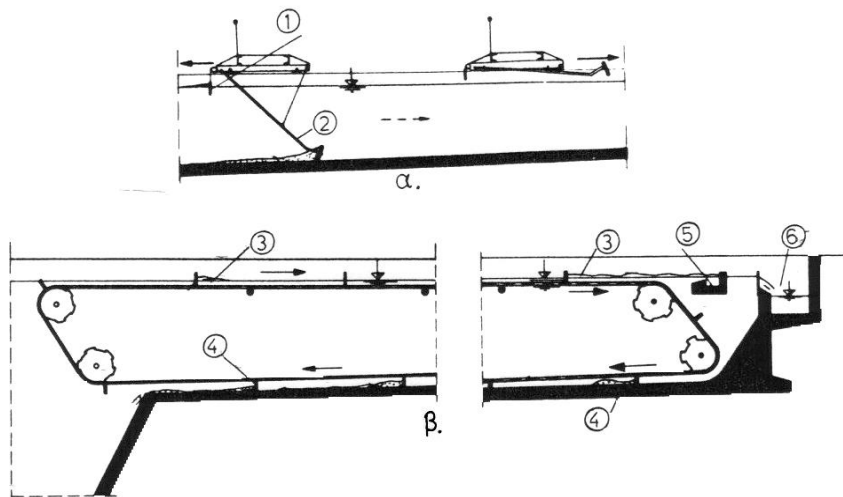
Οι σαρωτές ιλύος παίζουν σημαντικό ρόλο στην λειτουργία των δεξαμενών καθίζησης για τον λόγο ότι απομακρύνουν την καθιζάνουσα ιλύ από τον πυθμένα των δεξαμενών και την μεταφέρουν στον κώνο περισυλλογής ιλύος. Για να πραγματοποιηθεί η σάρωση της ιλύς από τον πυθμένα των δεξαμενών ομοιόμορφα και σωστά προς τον χώρο συγκέντρωσης της, θα πρέπει να τηρούνται οι εξής προϋποθέσεις:

- Η κλίση του πυθμένα πρέπει να είναι 1.7 : 1 και 2 : 1.
- Η ταχύτητα σάρωσης πρέπει να είναι 2-3 cm/σέτσι ώστε να μην εμποδίζεται η διαδικασία της καθίζησης και να αποφεύγεται η ανάδευση της ιλύος.<sup>78</sup>

<sup>77</sup> Ιωσιφίδης Β., 2010

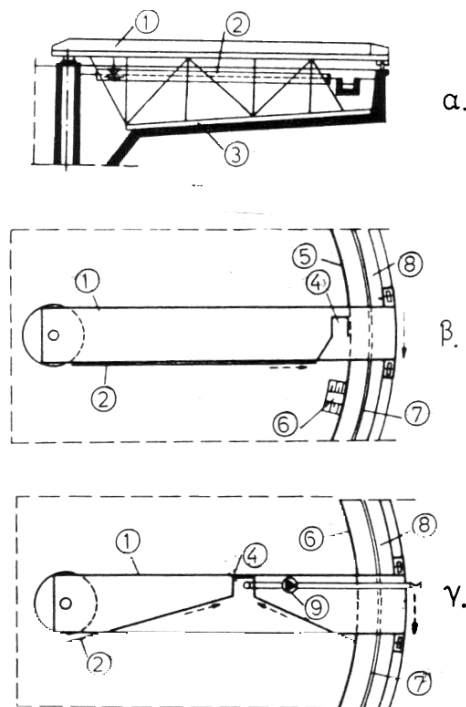
<sup>78</sup> Ζαφειράκου, Α., «Καθίζηση λυμάτων» Ενότητα 4, ανοικτά ακαδημαϊκά μαθήματα, Αριστοτέλειο πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

<https://opencourses.auth.gr/modules/document/file.php/OCRS460/%CE%A0%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%AC%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/%CE%95%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B9%CE%B1/%CE%95%CE%9504.pdf>



- (1) Ξέστρο επιπλέουσας ιλύος, (2) ξέστρο ιλύος πυθμένα, (3) σαρωτής επιπλέουσας ιλύος, (4) σάρωση πυθμένα ιλύος, (5) αύλακας συγκέντρωσης επιπλέουσας ιλύος, (6) αύλακας εκροής

**Σχήμα 4-19. Σαρωτής ιλύος ορθογώνιας δεξαμενής<sup>79</sup>**



- (1) Γέφυρα σαρωτή, (2) ξέστρο επιφανείας, (3) ξέστρο πυθμένα, (4) θύλακας ξέστρου, (5) προστατευτικό τοιχίο, (6) φρεάτιο απαγωγής επιπλέουσας ιλύος, (7) υπερχειλιστής, (8) αύλακας εκροής, (9) αντλία επιπλέουσας ιλύος

**Σχήμα 4-20. Σαρωτής ιλύος κυκλικής δεξαμενής καθίζησης<sup>80</sup>**

<sup>79</sup> Χατζηαγγέλου Η., 2002

<sup>80</sup> Χατζηαγγέλου Η., 2002

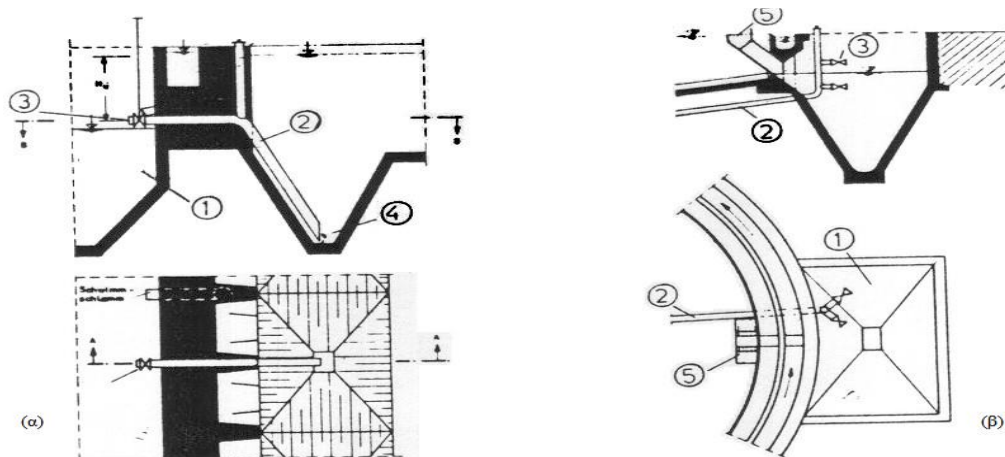
#### 4.6 Δεξαμενή συγκέντρωσης ιλύος

Η δεξαμενή συγκέντρωσης της ιλύος είναι το τελευταίο στάδιο της επεξεργασίας του νερού. Έτσι, πριν η ιλύς μεταφερθεί στην δεξαμενή συγκέντρωσης της εισέρχεται προηγουμένως στον **θάλαμο συγκέντρωσης ιλύος**.

Στον θάλαμο συγκέντρωσης η δυνατότητα αποθήκευσης ιλύος είναι μόνο η **ποσότητα μισής μέρας**. Για την μετακίνηση της ιλύος από τον θάλαμο συγκέντρωσης της ιλύος στην δεξαμενή συγκέντρωσης ιλύος προβλέπεται υδροστατική πίεση 0.5 m, το οποίο αντιστοιχεί σε μήκος σωληνώσεων μετακίνησης της ιλύος 5m και απώλειες τριβών 10%. Το μήκος σωληνώσεων απαγωγής περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα:

Απώλειες τριβών	10%
Ταχύτητες ροής	0.5-1 m/s
Διάμετρος σωλήνα απαγωγής	$\geq 150$ mm
Όγκος δεξαμενής για ποσότητα ιλύος	1 ημέρας

Πίνακας 4-1. Μήκος σωληνώσεων απαγωγής



- (1) Δεξαμενή συγκέντρωσης ιλύος, (2) σωλήνας απαγωγής ιλύος, (3) βάνα, (4) νερό ή αέρας υπό πίεση, (5) φρεάτιο απαγωγής επιπλέουσας ιλύος

Σχήμα 4-21. Δεξαμενές συγκέντρωσης ιλύος για (α) ορθογώνια δεξαμενή και (β) κυκλική δεξαμενή<sup>81</sup>

<sup>81</sup> Χατζηαγγέλου Η., 2002

Ακόμα, είναι σημαντικό να αναφέρουμε σε ποιο μέρος των δεξαμενών καθίζησης υπάρχει ο θάλαμος συγκέντρωσης ιλύος ανάλογα με το σχήμα της. Αναλυτικά:

- Στις ορθογώνιες δεξαμενές καθίζησης ο θάλαμος συγκέντρωσης της ιλύος βρίσκεται στην αρχή τους με μικρή κλίση πυθμένα δεξαμενής. Ο ρυθμός σάρωσης γίνεται συνεχόμενα ή διακοπτόμενα και η σάρωση της ιλύος γίνεται μηχανικά.
- Στις κυκλικές δεξαμενές καθίζησης ο θάλαμος συγκέντρωσης της ιλύος βρίσκεται στο τέλος τους με μικρή κλίση πυθμένα δεξαμενής. Ο ρυθμός σάρωσης γίνεται συνεχόμενα και η σάρωση της ιλύος γίνεται μηχανικά.<sup>82</sup>

---

<sup>82</sup> Ζαφειράκου, Α., «Καθίζηση λυμάτων» Ενότητα 4, ανοικτά ακαδημαϊκά μαθήματα, Αριστοτέλειο πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

<https://opencourses.auth.gr/modules/document/file.php/OCRS460/%CE%A0%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%AC%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/%CE%95%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B9%CE%B1/%CE%95%CE%9504.pdf>

## Κεφάλαιο 5 : ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΝΕΡΟΥ

### 5.1 Μονάδες επεξεργασίας νερού της ΕΥΔΑΠ

Οι εταιρείες που ασχολούνται με την κατεργασία του νερού είναι συνήθως Δημόσιες επιχειρήσεις. Η μεγαλύτερη επιχείρηση κατεργασίας και διάθεσης νερού στην Ελλάδα, η οποία μερικώς έχει ιδιωτικοποιηθεί, είναι η ΕΥΔΑΠ. Στα επόμενα δίνονται οι ημερήσιοι έλεγχοι νερού που πραγματοποιούνται, καθώς και οι μονάδες επεξεργασίας νερού στο Γαλάτσι, στις Αχαρνές, στο Πολυδένδρι και στον Ασπρόπυργο.

- **Μονάδα επεξεργασίας νερού Αχαρνών**

Η κατασκευή της ΜΕΝ Αχαρνών βοήθησε σημαντικά στην αντιμετώπιση της αυξανόμενης κατανάλωσης νερού μετά το 1970. Άρχισε να λειτουργεί το 1978 και επεκτάθηκε το 1989 και το 1992. Βρίσκεται σε υψόμετρο 232 μ. και η διυλιστική της ικανότητα είναι περίπου 850.000 κ. μ. νερού ημερησίως. Τροφοδοτεί το 60% των περιοχών του Λεκανοπεδίου και ειδικά τις περιοχές που βρίσκονται σε μεγάλο υψόμετρο.

- **Μονάδα επεξεργασίας νερού Γαλατσίου**

Η εγκατάσταση άρχισε να λειτουργεί το Δεκέμβριο του 1931 με δύο βασικούς για την εποχή νεωτερισμούς: την απολύμανση του νερού με χλώριο και τη χρησιμοποίηση θειικού αργιλίου για την επιτάχυνση της διαύγασης του νερού. Η μονάδα επεκτάθηκε διαδοχικά το 1952 και το 1964 και βρίσκεται σε υψόμετρο 159 μ. Η διυλιστική της ικανότητα είναι περίπου 540.000 κ. μ. νερού ημερησίως και τροφοδοτεί το κέντρο της Αθήνας και το Δήμο του Πειραιά.

- **Μονάδα επεξεργασίας νερού Ασπροπύργου**

Η ΜΕΝ Ασπροπύργου είναι γειτονική με το κανάλι του Μόρνου και άρχισε να λειτουργεί το 1997. Έχει διυλιστική ικανότητα περίπου 200.000 κ. μ. νερού ημερησίως και το υψόμετρό της είναι 232 μ. Τροφοδοτεί το Θριάσιο Πεδίο, τη Σαλαμίνα και τα δυτικά προάστια της Αθήνας.

- **Μονάδα επεξεργασίας νερού Πολυδενδρίου**

Η ΜΕΝ Πολυδενδρίου άρχισε να λειτουργεί το 1986 και η διυλιστική της ικανότητα είναι 200.000 κ.μ. (σε περιπτώσεις αιχμής 300.000 κ.μ.) νερού ημερησίως. Βρίσκεται σε υψόμετρο 237 μ. και τροφοδοτεί τα ανατολικά και βόρεια προάστια της Αθήνας.

Στα εργαστήρια της ΕΥΔΑΠ γίνονται κάθε χρόνο, μεταξύ άλλων, περίπου 300 πλήρεις αναλύσεις δειγμάτων από λίμνες, 10.000 μικροβιολογικές εξετάσεις από σημεία δικτύου ύδρευσης και επιτόπιος έλεγχος του υπολειμματικού χλωρίου σε περίπου 20.000 δείγματα.

Το πιο σύγχρονο και πιο νέο εργαστήριο είναι το Χημικό και Βιολογικό εργαστήριο Πολυδενδρίου είναι ο προσδιορισμός μετάλλων σε δείγματα νερού. Το εργαστήριο διαθέτει υπερσύγχρονο σύστημα προσδιορισμού μετάλλων και μπορεί να ανιχνεύει 30 διαφορετικά σε ένα δείγμα νερού.



Στο Βιολογικό Εργαστήριο Πολυδενδρίου αναλύονται δείγματα νερού από τους ταμιευτήρες της ΕΥΔΑΠ, προκειμένου να βεβαιωθεί ότι οι ταμιευτήρες ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των Οδηγιών της Ε.Ε., όσον αφορά στις βιολογικές και λιμνολογικές παραμέτρους. Η κύρια βιολογική παράμετρος που μελετάται στο Βιολογικό Εργαστήριο είναι το φυτοπλαγκτόν των ταμιευτήρων, το οποίο αντικατοπτρίζει τη γενική κατάσταση των λιμνών και το στάδιο ευτροφισμού τους.

## 5.2 Στάδια επεξεργασίας ύδατος της ΕΥΔΑΠ

Το νερό που φτάνει στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού είναι ακατέργαστο. Περιέχει διάφορα στερεά (κλαδιά, χώμα, λάσπη) που έχει παρασύρει κατά το πέρασμα του, όπως επίσης μικρόβια και μικροοργανισμούς που δεν είναι ορατά με γυμνό μάτι.

Το νερό με την επεξεργασία στην οποία υποβάλλεται (κροκίδωση, καθίζηση, διύλιση, απολύμανση), απαλλάσσεται από τα παραπάνω στοιχεία.

Στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού ακολουθείται η παρακάτω αλληλουχία σταδίων στην επεξεργασία του νερού:

### **1ο στάδιο:**

Προσθήκη χλωρίου και απολύμανση. Με την προχλωρίωση θανατώνονται τα μικρόβια που υπάρχουν στο νερό και διευκολύνεται η μετέπειτα επεξεργασία του.

### **2ο στάδιο:**

Προσθήκη θεικού αργιλίου και διαύγαση. Το διάλυμα του θεικού αργιλίου βοηθάει τα στερεά σωματίδια που υπάρχουν μέσα στο νερό να συσσωματωθούν μεταξύ τους και, αφού αποκτήσουν μεγαλύτερο βάρος, (κροκίδες) να κατακαθίσουν. Η κροκίδωση συντελείται σε δυο στάδια που διαφέρουν μεταξύ τους στη σφοδρότητα της ανάμειξης του νερού που προκαλείται με μηχανικά μέσα (αναδευτήρες) και με υδραυλικά μέσα (με το στροβιλισμό του νερού από την πρόσκρουση του στα τοιχώματα των ειδικών δεξαμενών).

### **3ο στάδιο: Δεξαμενή καθίζησης**

Σε αυτή την δεξαμενή το νερό ηρεμεί και τα συσσωματωμένα στερεά (κροκίδες) καθιζάνουν στον πυθμένα της δεξαμενής. Με αυτόν τον τρόπο το νερό καθαρίζεται σε ποσοστό 80%.

#### **4ο στάδιο: Φίλτρα καθαρισμού (αμμόφιλτρα)**

Τα πολύ ελαφρά σωματίδια και τα κολλοειδή (20%) που δεν καθιζάνουν, κατακρατούνται σε ειδικά αμμόφιλτρα από τα οποία το νερό βγαίνει πια καθαρό, για να δοθεί στην κατανάλωση.

Εφόσον η προχλωρίωση δεν είναι ικανοποιητική, προσθέτουμε συμπληρωματικά χλώριο κατά την έξοδο του νερού από τις κλειστές δεξαμενές αποθήκευσης και πριν την είσοδο του στο δίκτυο ύδρευσης.<sup>83</sup>

### 5.3 Μονάδα Επεξεργασίας Νερού Αχαρνών

Η αύξηση της ετήσιας κατανάλωσης του νερού μετά το 1970 ήταν εκθετική και μπορούσε να αντιμετωπιστεί με επεκτάσεις ή τροποποιήσεις των Μονάδων Επεξεργασίας Νερού Γαλασίου ή με την κατασκευή νέων μονάδων σε άλλους χώρους. Έτσι, αποφασίστηκε η κατασκευή των ΜΕΝ Αχαρνών.

Ως νεότερες, οι εγκαταστάσεις Αχαρνών διαφέρουν σημαντικά από εκείνες του Γαλασίου.

Η πλήση των φίλτρων με εμφύσηση αέρα και ανάστροφη ροή του νερού αν και δεν συνιστά νεωτερισμό στην διεθνή τεχνολογία για την παρασκευή του πόσιμου νερού, αποτέλεσε ωστόσο σημαντικό βήμα επαύξησης της απόδοσης των υπολοίπων εγκαταστάσεων επεξεργασίας νερού της ΕΥΔΑΠ που κατασκευάστηκαν μετά τις ΜΕΝ Γαλασίου. Οι ΜΕΝ Αχαρνών αποτελούνται από δυο Μονάδες που τροφοδοτούνται από το υδραγωγείο του Μόρνου. Αναλυτικά,

- Κατασκευή παλαιάς μονάδας : 1978
- Κατασκευή νέας μονάδας : 1992
- Έτος έναρξης λειτουργίας : 1978
- Διαδοχικές επεκτάσεις που πραγματοποιήθηκαν : 1989 και 1992
- Υψόμετρο εγκατάστασης : +232 μέτρα
- Διυλιστική ικανότητα : περίπου 800.000 κ.μ. νερού/ ημερησίως
- Περιοχές τροφοδοσίας : 60% του Λεκανοπεδίου (υψηλές περιοχές Λεκανοπεδίου, ενίσχυση του Δήμου Αθηναίων και Πειραιά).<sup>84</sup>

---

<sup>83</sup> Αυλωνίτης, Σ. (2006), Εισαγωγή στην τεχνολογία νερού και αφαλάτωσης, Εκδόσεις Ίων.

<sup>84</sup> Τεχνική έκθεση « Βελτίωση της απόδοσης της καθίζησης της παλαιάς μονάδας της ΜΕΝ Αχαρνών με δοκιμαστική χρήση σύγχρονων κροκιδωτικών, με τη βοήθεια κατάλληλων μαθηματικών μοντέλων, για παραμετροποίηση σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας ».

### 5.3.1 Γενική περιγραφή εγκαταστάσεων MEN Αχαρνών

#### **Παλαιά μονάδα επεξεργασίας νερού**

Η παλαιά μονάδα επεξεργασίας νερού περιλαμβάνει τα εξής:

- Αγωγό προσαγωγής ακατέργαστου νερού με διάμετρο Φ1800, στον οποίο γίνεται έγχυση του κροκιδωτικού.
- Ταχεία ανάμειξη κροκιδώσης το οποίο είναι ένα σετ τριών διαμερισμάτων για κάθε δεξαμενή καθίζησης. Κάθε διαμέρισμα διαθέτει αναδευτήρα με πτερύγια.
- Δεξαμενές καθίζησης: 16 δεξαμενές οριζόντιας ροής, 75 mx 15 mx 3.85 m εξοπλισμένες με παλινδρομικά ξέστρα ιλύος αναρτημένα σε αυτοκινούμενες γέφυρες.
- Φίλτρα βαρύτητας: 16 δίδυμα φίλτρα διαστάσεων κλίνης 17 mx 4.66 m και ύψους άμμου 0.8 m.

#### **Νέα μονάδα επεξεργασίας νερού**

Η νέα μονάδα επεξεργασίας νερού περιλαμβάνει τα εξής:

- Αγωγό προσαρμογής ακατέργαστου νερού με διάμετρο Φ1900, στον οποίο γίνεται έγχυση του κροκιδωτικού.
- Διαμερίσματα κροκιδώσης : 2 διαμερίσματα για κάθε δεξαμενή καθίζησης
- Δεξαμενές καθίζησης : 2 κυκλικές δεξαμενές ακτινικής ροής με εσωτερική διάμετρο καθεμιάς 52 m και ύψους 5.40 m .
- Φίλτρα βαρύτητας : 16 μονά φίλτρα διαστάσεων κλίνης 15 mx 5 m και ύψους άμμου 1.20 m
- Κοινές εγκαταστάσεις για τις δυο μονάδες
  - Εγκαταστάσεις χλωρίωσης για προ-απολύμανση και τελική απολύμανση.

#### **Δεξαμενές αποθήκευσης πόσιμου νερού**

Περιλαμβάνει δυο δεξαμενές χωρητικότητας περίπου 145.000 κ.μ. η καθεμία.<sup>85</sup>

### 5.3.2 Χαρακτηριστικά της MEN Αχαρνών και του νερού

#### 5.3.2.1 Χαρακτηριστικά της MEN Αχαρνών

Όπως αναφέραμε και παραπάνω η MEN Αχαρνών βρίσκεται στο Μενίδι και αποτελείται από δυο μονάδες, την παλαιά που κατασκευάστηκε το 1978 και την καινούργια που κατασκευάστηκε το 1992.

Οι καινούργιες τροφοδοτούνται από το Υδραγωγείο του Μόρνου και τροφοδοτούν το 60% του λεκανοπεδίου Αττικής, δηλαδή, τις υψηλές περιοχές Λεκανοπεδίου και την

---

<sup>85</sup> Τεχνική έκθεση « Βελτίωση της απόδοσης της καθίζησης της παλαιάς μονάδας της MEN Αχαρνών με δοκιμαστική χρήση σύγχρονων κροκιδωτικών, με τη βοήθεια κατάλληλων μαθηματικών μοντέλων, για παραμετροποίηση σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας ».

ενίσχυση του δήμου Αθηναίων και Πειραιώς. Η μέση ημερήσια παροχή νερού προς επεξεργασία ανέρχεται σε 650000 m<sup>3</sup>/d.

Έτσι, τα κύρια στάδια επεξεργασίας που χρησιμοποιείται στην ΜΕΝ Αχαρνών είναι:

- Προ-χλωρίωση.
- Αγωγός προσαγωγής του ανεπεξέργαστου νερού, όπου γίνεται η έγχυση του κροκιδωτικού.
- Δεξαμενές κροκίδωσης.
- Δεξαμενές καθίζησης.
- Φίλτρα βαρύτητας άμμου.
- Μετά – χλωρίωση.
- Δεξαμενές αποθήκευσης πόσιμου νερού συνολικού όγκου 290000 m<sup>3</sup>

### 5.3.2.2 Χαρακτηριστικά του ανεπεξέργαστου νερού

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε τα ακόλουθα χαρακτηριστικά του ανεπεξέργαστου νερού στη ΜΕΝ Αχαρνών, τα οποία είναι:

- Θολότητα
- pH
- θερμοκρασία

#### Θολότητα

Στον παρακάτω πίνακα, πίνακας 5.1, παρουσιάζονται οι τιμές θολότητας του ανεπεξέργαστου νερού κατά τα έτη 2011,2012 και 2013, σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση των στοιχείων ποιότητας του νερού που τροφοδοτεί την παλαιά μονάδα της ΜΕΝ Αχαρνών.<sup>86</sup>

Χαρακτηριστική τιμή	Θολότητα (NTU)		
	2011	2012	2013
Ελάχιστη	2.0	2.0	1.9
Μέση	5.7	5.2	5.7
Μέγιστη	13.5	22.2	25.8
Τυπική απόκλιση	2.0	2.8	3.5

**Πίνακας 5-1. Τιμές θολότητας (NTUA) του ανεπεξέργαστου νερού κατά τα έτη 2011,2012,2013.**

<sup>86</sup> Τεχνική έκθεση « Βελτίωση της απόδοσης της καθίζησης της παλαιάς μονάδας της ΜΕΝ Αχαρνών με δοκιμαστική χρήση σύγχρονων κροκιδωτικών, με τη βοήθεια κατάλληλων μαθηματικών μοντέλων, για παραμετροποίηση σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας ».

Έτσι, με τα παραπάνω δεδομένα βλέπουμε πως η τιμή της θολότητας του ανεπεξέργαστου νερού κυμαίνεται από περίπου 2.0 μέχρι και 25.8 NTU με μια μέση τιμή της τάξης των 5.5 NTU για τα έτη 2011, 2012 και 2013. Η τιμή της θολότητας παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση δεδομένου ότι η τυπική απόκλιση και για τα τρία έτη είναι υψηλή, δηλαδή, > 35% της μέσης τιμής.<sup>87</sup>

---

<sup>87</sup> Τεχνική έκθεση « Βελτίωση της απόδοσης της καθίζησης της παλαιάς μονάδας της ΜΕΝ Αχαρνών με δοκιμαστική χρήση σύγχρονων κροκιδωτικών, με τη βοήθεια κατάλληλων μαθηματικών μοντέλων, για παραμετροποίηση σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας ».

## pH

Στον παρακάτω πίνακα, πίνακας 5.2, παρουσιάζονται οι τιμές pH του ανεπεξέργαστου νερού κατά τα έτη 2011, 2012, 2013 σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση που τροφοδοτεί την παλαιά μονάδα της MEN Αχαρνών.<sup>88</sup>

Χαρακτηριστική τιμή	pH		
	2011	2012	2013
Ελάχιστη	8.19	8.22	8.22
Μέση	8.30	8.31	8.31
Μέγιστη	8.40	8.42	8.40
Τυπική απόκλιση	0.05	0.05	0.03

**Πίνακας 5-2. Τιμές Ph του ανεπεξέργαστου νερού κατά τα έτη 2011, 2012, 2013.**

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα καταλαβαίνουμε ότι η τιμή του Ph κυμαίνεται από περίπου 8.2 μέχρι 8.4 και η μέση τιμή είναι ίση με 8.30. η τιμή του Ph παρουσιάζει μικρή διακύμανση κατά τη διάρκεια του έτους.

## Θερμοκρασία

Παρακάτω παρουσιάζονται οι τιμές τις θερμοκρασίας του ανεπεξέργαστου νερού κατά το έτος 2012, σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση των στοιχείων ποιότητας του νερού που τροφοδοτεί την παλαιά μονάδα της MEN Αχαρνών.

Χαρακτηριστική τιμή	Θερμοκρασία °C
Ελάχιστη	10
Μέση	13
Μέγιστη	17

**Πίνακας 5-3. Τιμές της θερμοκρασίας του ανεπεξέργαστου νερού κατά το έτος 2012.**

Από τον παραπάνω πίνακα, προκύπτει ότι η θερμοκρασία του ανεπεξέργαστου νερού κυμαίνεται από 10 μέχρι 17 °C με μέση τιμή ίση με 13 °C, μεταβάλλεται δηλαδή κατά τη διάρκεια του έτους.

<sup>88</sup> Τεχνική έκθεση « Βελτίωση της απόδοσης της καθίζησης της παλαιάς μονάδας της MEN Αχαρνών με δοκιμαστική χρήση σύγχρονων κροκιδωτικών, με τη βοήθεια κατάλληλων μαθηματικών μοντέλων, για παραμετροποίηση σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας ».

## 5.4 Φωτογραφικό υλικό Δεξαμενών επεξεργασίας πόσιμου νερού στη ΜΕΝ Αχαρνών

### 5.4.1 Ορθογώνια δεξαμενή



**Εικόνα 5-1. Ορθογώνια δεξαμενή με ορατή γερανογέφυρα**



**Εικόνα 5-2. Βρισκόμαστε σε πρώτο στάδιο της επεξεργασίας όπου το νερό έχει εισέλθει στην δεξαμενή, έχουμε κάνει ρίψη κροκιδωτικών, πολυηλεκτρολύτης και θειικό αργίλιο, και με την βοήθεια των αναδευτήρων η ιλύς και τα άλλα απόβλητα σιγά σιγά αρχίζουν να καθιζάνουν. Η θολότητα είναι μεγάλη.**



**Εικόνα 5-3. Εν συνεχεία μετά την χρήση των κροκιδωτικών και με την συνεχή ανάδευση του νερού με τους αναδευτήρες, η ιλύς καθιζάνει ακόμα περισσότερο και διάφορα άλλα αντικείμενα όπως κλαδιά . Το νερό καθαρίζει όλο και περισσότερο και η θολότητα βελτιώνεται.**





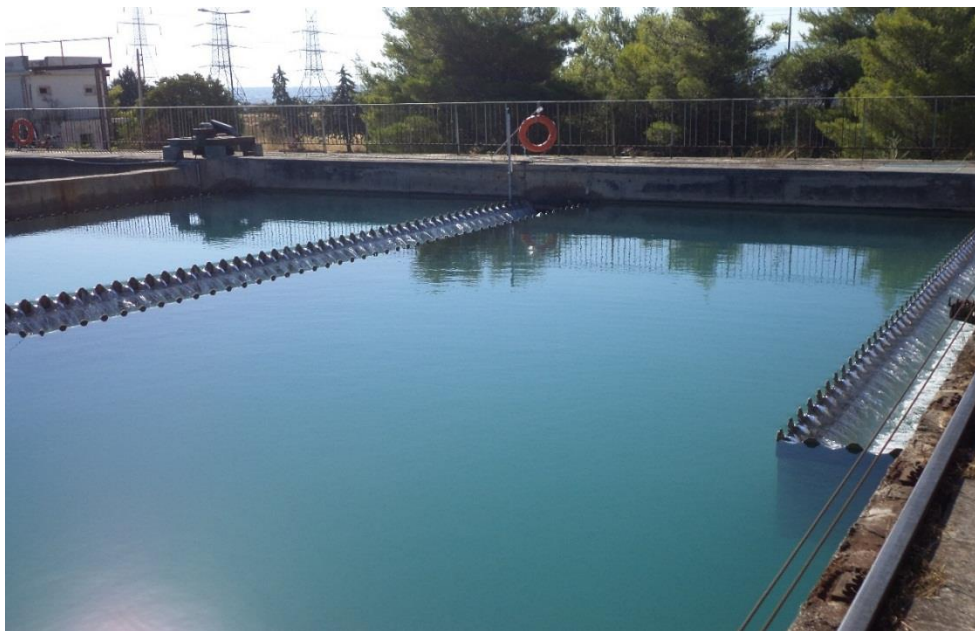
**Εικόνα 5-4. Με την ώρα ο βαθμός της θολότητας μικραίνει. Μπορούμε να το καταλάβουμε καλύτερα με γυμνό μάτι με την εμφάνιση του αναδευτήρα.**



**Εικόνα 5-5. Αναδευτήρας της δεξαμενής καθίζησης**



**Εικόνα 5-6. Βρισκόμαστε προς το τέλος της δεξαμενής και το νερό έχει καθαρίσει σε μεγάλο βαθμό, απομακρύνοντας την θολότητα και τα διάφορα απόβλητα που υπήρχαν**



**Εικόνα 5-7. Τέλος το νερό που έχει υποστεί καθίζηση περνάει από τους υπερχειλιστές και οδηγείται σε άλλη δεξαμενή για περαιτέρω επεξεργασία με την χρήση φίλτρων και στην συνέχεια μεταφέρεται στην δεξαμενή αποθήκευσης του.**



**Εικόνα 5-8 και Εικόνα 5-9 Υπερχειλιστές δεξαμενών καθίζησης**



**Εικόνα 5-10. Ορθογώνια δεξαμενή όπου είναι ορατοί οι υπερχειλιστές και η γερανογέφυρα. Έχουμε μια γερανογέφυρα ανά δυο δεξαμενές καθίζησης.**

Σε μια άδεια δεξαμενή καθίζησης η οποία είναι σε στάδιο καθαρισμού οι εικόνες που βλέπουμε είναι οι παρακάτω :



**Εικόνα 5-11. Άδεια δεξαμενή καθίζησης. Η ιλύς έχει καθιζάνει μετά από την διαδικασία της καθίζησης.**



**Εικόνα 5-12. Καθιζάνουσα ιλύς**



**Εικόνα 5-13. Ξέστρο, η χρήση του είναι να καθαρίζει τον πυθμένα των δεξαμενών καθίζησης**



**Εικόνα 5-14. Υπάλληλος της ΜΕΝ Μενιδίου καθαρίζει την ιλύ και τα διάφορα απορρίμματα που έχουν καθιζάνει στον πυθμένα της δεξαμενής.**

#### 5.4.2 Κυκλική δεξαμενή



**Εικόνα 5-15.**Βλέπουμε την γερανογέφυρα της δεξαμενής, τους υπερχειλιστές και το ξέστρο (σάρωθρο)



**Εικόνα 5-16.** Κώνος περισυλλογής ιλύος



**Εικόνα 5-17. Υπερχειλιστής. Στις κυκλικές δεξαμενές οι υπερχειλιστές βρίσκονται εξωτερική επιφάνεια της δεξαμενής**



**Εικόνα 5-18. Προστατευτικό τοίχιο για την επιπλέουσα ιλύ**





**Εικόνα 5-19. Σύστημα καθαρισμού της εξωτερικής επιφάνειας της δεξαμενής**



**Εικόνα 5-20. Ξέστρο (σάρωθρο) πυθμένα**



**Εικόνα 5-21. Είσοδος κώνου συγκέντρωσης ιλύος και (σάρωτρο) ξέστρο πυθμένα**



**Εικόνα 5-22. Καθαρισμός αύλακα εκροής**

## Κεφάλαιο 6 : ΕΡΓΟ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΤΗ ΛΙΜΝΗ ΣΜΟΚΟΒΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΚΑΡΔΙΤΣΑ

Όπως ήδη έγινε αντιληπτό με την παραπάνω αναφορά που πραγματοποιήθηκε ως προς την επεξεργασία του νερού ώστε να είναι επιθυμητό για κατανάλωση, διακρίναμε ότι για την επίτευξη ενός τέτοιου έργου, το νερό πρέπει να περάσει από διάφορα στάδια έτσι ώστε να τηρεί τις παραμέτρους για να καθοριστεί πόσιμο.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα σας παρουσιάσουμε το έργο που πραγματοποιήθηκε στην Ανατολική πλευρά του νομού της Καρδίτσας, για την αποθήκευση και την επεξεργασία του νερού. Εμείς θα επικεντρωθούμε κυρίως στο κομμάτι της καθίζησης που θα περιλαμβάνει τις δεξαμενές καθίζησης, το αντλιοστάσιο ιλύος, τον σχεδιασμό τους, και το σύστημα για την αποκομιδή της ιλύος που βρίσκεται στον πυθμένα τους μετά από επεξεργασία.

Επιπλέον, αξιοσημείωτο θα ήταν να αναφέρουμε επιγραμματικά και τα άλλα στάδια των έργων που θα πραγματοποιηθούν για την επεξεργασία του νερού πέρα από αυτό της καθίζησης. Αυτά τα στάδια είναι :

1. Έργα εισόδου- εσχάρωση και μέτρηση παροχής
2. Φρεάτιο προσθήκης θειικού οξέος, ταχεία ανάμειξη – κροκίδωση
3. Μονάδα καθίζησης –αντλιοστάσιο ιλύος (θα αναλυθεί σε επόμενο κεφάλαιο)
4. Μονάδα διύλισης
5. Μονάδα οζόνωσης
6. Μονάδα ενεργού άνθρακα
7. Μονάδα χλωρίωσης – ανάμειξης καυστικού νατρίου
8. Δεξαμενή αποθήκευσης επεξεργασμένου νερού (θα αναλυθεί παρακάτω)
9. Μονάδα αποθήκευσης και δοσομέτρησης χημικών
10. Επεξεργασία ιλύος
11. Ηλεκτρολογικά- υποσταθμός – διανομή ισχύος
12. Σύστημα μετρήσεων και αυτοματισμού
13. Κτίριο διοίκησης – εργαστήριο
14. Δίκτυα σωληνώσεων – διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου – βοηθητικά έργα
15. Έργα κεφαλής (λιμνοδεξαμενή, έργο τροφοδοσίας λιμνοδεξαμενής κ.α.<sup>89</sup>)

### 6.1 Μονάδα Καθίζησης – Αντλιοστάσιο Ιλύος

Παρακάτω θα παρουσιαστεί η τεχνική περιγραφή των μελετών που έχουν γίνει για την κατασκευή των εγκαταστάσεων για την μονάδα καθίζησης και την μονάδα του αντλιοστασίου ιλύος.

---

<sup>89</sup> Μελετητική εταιρεία NAMA A.E, Αθήνα, Τεχνική περιγραφή προσφερόμενων εγκαταστάσεων για την λίμνη Σμοκόβου στην Καρδίτσα.

### 6.1.1 Μονάδα καθίζησης

Το νερό μετά τη διόρθωση του pH, την πλήρη ανάμιξη με τα κροκιδωτικά (χλωριούχο πολυαργίλιο, πολυηλεκτρολύτης κροκίδωσης) και τη συσσωμάτωση στις δεξαμενές κροκίδωσης οδηγείται στις δεξαμενές καθίζησης, ώστε οι νιφάδες των συσσωματωμένων στερεών να απομακρύνονται από τον πυθμένα των δεξαμενών υπό μορφή ιλύος ενώ το διαυγασμένο νερό εξέρχεται από την επιφάνεια της δεξαμενής. Εντός της δεξαμενής επικρατούν συνθήκες ηρεμίας και οι νιφάδες ιλύος αποχωρίζονται του νερού και καθιζάνουν προς τον πυθμένα της δεξαμενής.

Σε κάθε γραμμή επεξεργασίας, το κροκιδωμένο νερό από τη 2<sup>η</sup> βαθμίδα κροκίδωσης διέρχεται μέσω υποβρυχίων οπών, ομοιόμορφα διατεταγμένων στον πυθμένα, στη δεξαμενή καθίζησης διαστάσεων επιφανείας 15,50 m x 5,00 m και ύψος νερού 4,70 m. Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής στη μονάδα προκύπτει 1,036h για την Α΄ Φάση και 1,270h για την Β΄ Φάση, ο οποίος και στις δύο περιπτώσεις είναι μεγαλύτερος από 1h που απαιτείται στις προδιαγραφές του έργου. Το πρώτο τμήμα της δεξαμενής καθίζησης 3,00 x 5,00 m<sup>2</sup> λειτουργεί ως στατική δεξαμενή καθίζησης, ενώ το υπόλοιπο τμήμα (12,50 x 5,00 m<sup>2</sup>) εξοπλίζεται με λαμέλλες.

Για την Α' Φάση κατασκευάζονται δύο ανεξάρτητες ορθογώνιες δεξαμενές καθίζησης από οπλισμένο σκυρόδεμα και στη Β' Φάση θα προστεθεί μία ακόμη όμοια δεξαμενή.

Ανάντη των λαμελλών τοποθετείται ανοξείδωτο πέτασμα καθοδήγησης της ροής του νερού ώστε αυτό να διέλθει μέσα από τα μπλοκ των λαμελλών με κατεύθυνση από κάτω προς τα πάνω. Η φορά αυτή του νερού ευνοεί την πρόσκρουση των κροκίδων στα μπλοκ των λαμελλών και την συνεπακόλουθη κατακρήμνιση και καθίζησή τους.

Σε κάθε δεξαμενή υπάρχει σύστημα απομάκρυνσης της λάσπης από τον πυθμένα. Συγκεκριμένα εγκαθίσταται μία επιδαπέδια μονάδα κίνησης με μία κεφαλή αναρρόφησης ιλύος ώστε η λάσπη από κάθε δεξαμενή να συλλέγεται και να οδηγείται στον κατάντη υγρό θάλαμο, από όπου απομακρύνεται μέσω αντλιών λάσπης. Σε κάθε έξοδο των αγωγών ιλύος προβλέπονται δύο δικλείδες απομόνωσης μαχαιρωτού τύπου για την απομόνωση των καθιζήσεων. Η μία δικλείδα απομόνωσης είναι χειροκίνητη ενώ η δεύτερη διαθέτει ηλεκτρικό ενεργοποιητή ώστε να είναι δυνατή η ρύθμιση της λειτουργίας της και να εξασφαλίζεται η ομοιόμορφη απαγωγή ιλύος από τις δεξαμενές καθίζησης.

Η εκκένωση κάθε δεξαμενής καθίζησης θα γίνεται μέσω φορητής αντλίας προς την άλλη δεξαμενή καθίζησης ή κροκίδωσης αφού πρώτα αντληθεί η ιλύς του πυθμένα μέσω του αντλιοστασίου ιλύος.<sup>90</sup>

#### **Σύστημα λαμελλών**

Η συνολική ενεργή καλυπτόμενη επιφάνεια των δεξαμενών καθίζησης από λαμέλλες είναι  $2 \times 12,50 \times 5,00 = 125 \text{ m}^2$  που αντιστοιχεί σε επιφανειακή φόρτιση λαμελλών για την Α΄ Φάση  $5,6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h} < 6,00 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$  για την παροχή αιχμής του έργου  $Q_{\text{max}}$ , όπως

<sup>90</sup> Μελετητική εταιρεία NAMA A.E, Αθήνα, Τεχνική περιγραφή προσφερόμενων εγκαταστάσεων για την λίμνη Σμοκόβου στην Καρδίτσα.

απαιτείται από τις προδιαγραφές. Στην Β΄ Φάση όπου θα προστεθεί μία ακόμα όμοια δεξαμενή καθίζησης, η ενεργή καλυπτόμενη επιφάνεια από λαμέλλες θα αυξηθεί σε 187,5 m<sup>2</sup> και η επιφανειακή φόρτιση λαμελλών θα μειωθεί σε 4,6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h.

Το ύψος των λαμελλών είναι 0,65 m και η τοποθέτησή τους γίνεται με κλίση 60° ώστε έκαστο στοιχείο να έχει μήκος 0,75 m.

Τα μπλοκ των λαμελλών έχουν ιδιαίτερα στιβαρή κατασκευή με φαινομενική πυκνότητα 64kg/m<sup>3</sup>, ενώ το πάχος των στοιχείων θα είναι κατ' ελάχιστον 1mm. Τα μπλοκ θα παραδοθούν συναρμολογημένα σε πλαίσιο από ανοξείδωτο χάλυβα, στα οποία θα στηρίζονται και οι υπερχειλιστές του διαυγασμένου νερού, οι οποίοι θα είναι οδοντωτοί, επίσης από ανοξείδωτο χάλυβα, με τις ρυθμιστικές διατάξεις τους για το αλφάδιασμά τους, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ισοκατανομή του διαυγασμένου νερού.

Σε κάθε δεξαμενή εγκαθίστανται πέντε κανάλια υπερχειλίσης πλάτους 0,30 m. μήκος 5,00 m στα οποία η υπερχειλίση γίνεται και από τις δύο πλευρές. Το συνολικό μήκος υπερχειλίσης στην Α΄ Φάση (2 δεξαμενές καθίζησης σε λειτουργία) είναι 2 x 5 x 2 x 5,00 m = 100 m συνεπώς η φόρτιση των υπερχειλιστών είναι 169 m<sup>3</sup>/m/d < 170 m<sup>3</sup>/m/d για την παροχή αιχμής του έργου Q<sub>max</sub>, όπως απαιτείται από τις προδιαγραφές. Στην Β΄ Φάση όπου θα προστεθεί μία ακόμα όμοια δεξαμενή καθίζησης η φόρτιση των υπερχειλιστών θα είναι ακόμα μικρότερη και συγκεκριμένα υπολογίζεται σε 137 m<sup>3</sup>/m/d < 170 m<sup>3</sup>/m/d για την παροχή αιχμής του έργου Q<sub>max</sub>.

Τα πλήρως συγκροτημένα συστήματα θα εγκατασταθούν πάνω σε εγκάρσιες δοκούς από ανοξείδωτο χάλυβα, κατάλληλης διατομής, ικανές να παραλάβουν το συνολικό φορτίο των πλαισίων κάτω από τις δυσμενέστερες συνθήκες επικάθησης υλός στα τοιχώματα των σωλήνων. Το όλο σύστημα θα έχει ιδιαίτερη στιβαρότητα και θα επιτρέπει σε συνθήκες πλήρους ασφάλειας την εκκένωση των δεξαμενών και την πρόσβαση και διέλευση στους σωλήνες του συνεργείου συντήρησης και καθαρισμού.

Οι υπερχειλιστές θα απορρέουν σε ανεξάρτητο για κάθε δεξαμενή καθίζησης πλευρικό κανάλι συλλογής ορθογωνικής διατομής διαυγασμένου νερού, διατομής 0,60 x 1,20, μήκους 15,50 m, κατασκευασμένο από σκυρόδεμα. Στο κατάντη άκρο του το κανάλι φέρει τοπική εκβάθυνση του πυθμένα για την εκροή του νερού προς την μονάδα διύλισης μέσω αγωγού από ελατό χυτοσίδηρο ονομαστικής διαμέτρου DN500.<sup>91</sup>

### **Τεχνικά χαρακτηριστικά των λαμελλών τύπου tubesettlers TUBEdek FS41.50**

Το νερό το οποίο διανέμεται από την κροκίδωση εισέρχεται στις γραμμές καθίζησης με χαμηλές ταχύτητες και περνά μέσα στα συναρμολογημένα στοιχεία.

Το καθαρό νερό θα συγκεντρώνεται σε 5 υπερχειλιστές μήκους 5,00 m ανά δεξαμενή. Η λάσπη η οποία θα διαχωρίζεται στα στοιχεία των TUBEdek, θα γλιστράει προς τον πυθμένα της δεξαμενής καθίζησης και θα συγκεντρώνεται από ένα επιδαπέδιο σύστημα

---

<sup>91</sup> Μελετητική εταιρεία NAMA A.E, Αθήνα, Τεχνική περιγραφή προσφερόμενων εγκαταστάσεων για την λίμνη Σμοκόβου στην Καρδίτσα.

συλλογής ιλύος. Για την καλύτερη απόδοση των tube settlers είναι σημαντικό να υπάρχει αρκετό βάθος νερού. Για το λόγο αυτό η δεξαμενή διαθέτει ωφέλιμο βάθος 4,70m.

Το υλικό tube settlers που θα χρησιμοποιηθεί είναι το TUBEdek FS41.50, του εξειδικευμένου κατασκευαστικού Οίκου GEA 2H.

Το υλικό κατασκευής είναι πιστοποιημένο για εφαρμογή σε επεξεργασία πόσιμου νερού από τις γερμανικές (Hygiene–Institut Gelsenkirchen DAP, DVGW) και βρετανικές (DWI) αρμόδιες ελεγκτικές αρχές και από το γερμανικό KTW (Kunststoffe in Trinkwassereinsatz) και έχει τα παρακάτω τεχνικά χαρακτηριστικά :

- Κατασκευαστικός Οίκος: GEA2H
- Τύπος: TUBEdek FS41.50
- Υλικό κατασκευής: παρθένο πολυπροπυλένιο PPTV
- Ύψος στοιχείου (module): 650 mm
- Πάχος έκαστου προφίλ: 1mm τουλάχιστον
- Σχηματιζόμενη απόσταση μεταξύ των προφίλ των tube settlers: 45 mm  $\pm$  1 mm
- Οριζόντια προβαλλόμενη επιφάνεια καθίζησης (P): 429,17 m<sup>2</sup>
- Κλίση: 60°

Ο μοναδικός σχεδιασμός του υλικού TUBEdek FS41.50 PPTV, προσφέρει σωλήνες καθίζησης με ίσες διανεμημένα αποστάσεις από το πάνω και κάτω επίπεδο του κάθε προφίλ tubesettler. Ο τρόπος αυτός διασφαλίζει το ότι η καθίζηση θα είναι ομοιόμορφη για όλα τα σωματίδια, χωρίς την προσθήκη επιπλέον διαδρομών καθίζησης οι οποίες θα δημιουργούσαν πρόβλημα.

Επιπλέον, το φινίρισμα των επιφανειών του υλικού εξασφαλίζει απολύτως λείες επιφάνειες, ώστε να μην ευνοείται η επικάθηση ιλύος και να επιτυγχάνεται ο γρήγορος και αποτελεσματικός καθαρισμός τους.

Το υλικό που χρησιμοποιείται για την κατασκευή των προφίλ TUBEdek είναι παρθένο πολυπροπυλένιο (PPTV), με σταθεροποιητή προστασίας από την ηλιακή ακτινοβολία. Τα κανάλια των tube settlers που σχηματίζονται είναι λεία και προσδίδουν υψηλή αντοχή απέναντι στην επίστρωση ιλύος (ελαχιστοποιώντας το ρίσκο του κολλήματος τυπικών φλόκων από την επεξεργασία νερού στα tube settlers). Η συναρμολόγηση των προφίλ σε στοιχεία (modules), διασφαλίζει ότι δεν θα υπάρχουν ελεύθερες ενώσεις, οι οποίες θα προκαλούσαν τριβή με την λάσπη. Δεν υπάρχουν γωνίες σύνδεσης, βίδες, ή οτιδήποτε άλλο υλικό πάνω στο οποίο είναι πιθανόν να συσσωρευτεί ποσότητα ιλύος.

Το υλικό μεταφέρεται σαν ανεξάρτητα προφίλ τα οποία στην συνέχεια συναρμολογούνται σε ειδικά τραπέζια συναρμολόγησης, κατασκευάζοντας πλήρη στοιχεία (modules) διαστάσεων περίπου 1.000 mm (πλάτος), 11 τεμάχια 1.020 mm και ένα τεμάχιο 765 mm (μήκος) και 650 mm (ύψος) και θα αποτελέσουν συστοιχίες σωλήνων.

Τα μπλοκ θα έχουν ιδιαίτερα στιβαρή κατασκευή με πυκνότητα  $64\text{kg/m}^3 > 50\text{kg/m}^3$  και θα παραδοθούν συναρμολογημένα σε πλαίσια από ανοξείδωτο χάλυβα AISI316, όπως περιγράφεται παρακάτω.<sup>92</sup>

### **Πλαίσια στήριξης (SKIDS)**

Τα στοιχεία (modules) αφού συναρμολογηθούν σε κατάλληλες διαστάσεις τοποθετούνται πάνω σε ειδικά πλαίσια από ανοξείδωτο χάλυβα όπου σταθεροποιούνται, δίνοντας έτσι την απαραίτητη στήριξη στα συναρμολογημένα στοιχεία των tube settlers όταν θα αδειάζει η δεξαμενή καθώς επίσης συγκρατώντας τα, ακινητοποιημένα στην θέση τους απέναντι στις δυνάμεις που εφαρμόζονται λόγω της ροής καθώς και της άνωσης του νερού. Επιπλέον διασφαλίζουν την γρήγορη και εύκολη τοποθέτηση τους στην δεξαμενή καθίζησης καθώς και την ανεξάρτητη και εύκολη αντικατάστασή τους όταν και αν αυτό χρειαστεί.<sup>93</sup>

---

<sup>92</sup> Μελετητική εταιρεία NAMA A.E, Αθήνα, Τεχνική περιγραφή προσφερόμενων εγκαταστάσεων για την λίμνη Σμοκόβου στην Καρδίτσα.

<sup>93</sup> Μελετητική εταιρεία NAMA A.E, Αθήνα, Τεχνική περιγραφή προσφερόμενων εγκαταστάσεων για την λίμνη Σμοκόβου στην Καρδίτσα.

### Συστήματα αποκομιδής ιλύος

Η συλλογή και απομάκρυνση της ιλύος γίνεται με συστήματα που περιλαμβάνουν πνευματικά κινούμενες διατάξεις αγωγών αναρρόφησης ιλύος και εύκαμπτες σωληνώσεις. Εγκαθίστανται δύο (2) διατάξεις, από μία σε κάθε δεξαμενή καθίζησης. Κάθε διάταξη αναρρόφησης αποτελείται από:

- Σωλήνα αναρρόφησης (συλλέκτη)
- Οδηγό ράγα
- Εύκαμπτο σωλήνα μεταφοράς ιλύος
- εύκαμπτο σωλήνα πεπιεσμένου αέρα κίνησης
- Πίνακα λειτουργίας
- Συγκρότημα δύο αεροσυμπιεστών (ο ένας εφεδρικός) με αεροφυλάκιο
- Επίτοιχο οριζόντιο σωλήνα απορροής
- Δικλείδα απόρριψης ιλύος

Οι διατάξεις συλλογής και αναρρόφησης ιλύος καλύπτουν όλη την επιφάνεια του πυθμένα των δεξαμενών χωρίς να αφήνουν νεκρές ζώνες. Η λειτουργία τους βασίζεται στην αρχή της διαφορικής πίεσης. Λόγω της υψομετρικής διαφοράς η διαφορική πίεση του υπερκείμενου υγρού αναγκάζει την ιλύ να διέλθει μέσω του κεντρικού συλλέκτη στον αγωγό συλλογής ιλύος που οδηγεί την ιλύ εκτός της δεξαμενής.<sup>94</sup>

---

<sup>94</sup> Μελετητική εταιρεία NAMA A.E, Αθήνα, Τεχνική περιγραφή προσφερόμενων εγκαταστάσεων για την λίμνη Σμοκόβου στην Καρδίτσα.



### **Σωλήνας αναρρόφησης**

Ο σωλήνας αναρρόφησης είναι κατασκευασμένος από ανοξείδωτο χάλυβα AISI 304 και έχει ονομαστική διάμετρο 4 in. Το μήκος του είναι 5,00 m και καλύπτει το πλάτος της δεξαμενής. Κάθε συλλέκτης φέρει στο κάτω μέρος του οπές από όπου γίνεται η αναρρόφηση της ιλύος. Στηρίζεται κεντρικά στη ράγα οδήγησης και στα άκρα του φέρει αναλώσιμα πέδιλα, για να ολισθαίνει επί του δαπέδου και να προστατεύεται.

### **Οδηγός ράγα**

Η οδηγός ράγα είναι κατασκευασμένη από ανοξείδωτο χάλυβα AISI 304. Διατρέχει κατά μήκος το μέσον της δεξαμενής καθίζησης στηριζόμενη στον πυθμένα της επάνω σε πέλματα από το ίδιο υλικό, τα οποία είναι συγκολλημένα στη ράγα και αγκυρωμένα στον πυθμένα. Επάνω στη ράγα κινείται ο συλλεκτήριος σωλήνας αναρρόφησης.

### **Εύκαμπτος σωλήνας**

Ο εύκαμπτος σωλήνας είναι κατασκευασμένος από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE) με λεία εσωτερική επιφάνεια και ισχυρές εξωτερικές νευρώσεις για αύξηση της μηχανικής αντοχής. Ο εύκαμπτος σωλήνας έχει μήκος περίπου το μισό της διαδρομής που κάνει κάθε διάταξη αναρρόφησης, δηλαδή έχει μήκος ίσο με το μισό περίπου μήκος της δεξαμενής. Στο ένα άκρο του συνδέεται με το σωλήνα αναρρόφησης και στο άλλο με σταθερό σωλήνα απορροής ο οποίος οδηγεί την ιλύ εκτός της δεξαμενής.

### **Μηχανισμός κίνησης**

Η κίνηση της διάταξης γίνεται από ένα ηλεκτρομειωτήρα σταθερής ροπής, μεταβλητής ταχύτητας. Το σύστημα κίνησης βρίσκεται επί ρυθμίσιμης βάσης εντός κιβωτίου. Όλα τα υλικά του συστήματος είναι ανθεκτικά στη διάβρωση. Ένα δεύτερο συγκρότημα αεροσυμπιεστή εγκαθίσταται ως εφεδρεία.

### **Πίνακας λειτουργίας**

Ο έλεγχος των συστημάτων γίνεται από τοπικό ηλεκτροπνευματικό πίνακα από ανοδιωμένο αλουμίνιο στον οποίο βρίσκονται εγκατεστημένα τα όργανα λειτουργίας, προγραμματισμού, προστασίας και ένδειξης.

### **Σωληνώσεις απορροής**

Η διάταξη αναρρόφησης που προσφέρεται βασίζεται στην αρχή της διαφορικής πίεσης για τη συλλογή της ιλύος. Η πίεση του υπερκείμενου νερού αναγκάζει την ιλύ να διέλθει δια μέσου του σωλήνα αναρρόφησης και του εύκαμπτου σωλήνα στον αγωγό απορροής ιλύος που εξέρχεται από τη δεξαμενή καθίζησης και οδηγεί την ιλύ στο κατάντη αντλιοστάσιο ιλύος.

Προβλέπεται ένας αγωγός απορροής DN 100 από ανοξείδωτο χάλυβα AISI304 για κάθε δεξαμενή, ο οποίος στηρίζεται στο πλευρικό τοίχαιο αυτής και η έξοδός του γίνεται από το ένα άκρο της. Η παροχή της απορριπτόμενης ιλύος ρυθμίζεται μέσω δικλείδας μαχαιρωτού τύπου, ονομαστικής διαμέτρου DN 100 με ηλεκτροκίνητο επενεργητή που ανοίγει και κλείνει με τη μεσολάβηση ενός χρονικού διαστήματος ρυθμιζόμενου από το σύστημα ελέγχου. Το άνοιγμα κάθε δικλείδας μπορεί να περιορισθεί κατάλληλα με την χρήση ενός οριοδιακόπτη. Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα επιλογής τοπικής λειτουργίας του συστήματος. Οι δύο

αγωγοί απαγωγής ιλύος (ένας ανά δεξαμενή) οδηγούν την ιλύ με βαρύτητα στο κατάντη αντλιοστάσιο λάσπης.

Επειδή στις δεξαμενές καθίζησης η ποσότητα της ιλύος που καθιζάνει είναι περισσότερη στην είσοδο και ελαττώνεται προς την έξοδο, η ταχύτητα σάρωσης αλλά και η κίνηση των σωλήνων αναρρόφησης μπορεί να ρυθμισθεί. Έτσι, η δεξαμενή χωρίζεται νοητά σε τμήματα κατά τρόπο ώστε σε μία περίοδο κίνησης ο αριθμός των σαρώσεων του πυθμένα να είναι μεγάλος για το πρώτο τμήμα, να βαίνει μειούμενος για τα επόμενα και το τελευταίο τμήμα να σαρώνεται μία φορά. Με αυτό επιτυγχάνεται ομοιόμορφο πάχος του στρώματος της ιλύος σε όλη την επιφάνεια του πυθμένα.

### **Δικλείδα απόρριψης ιλύος**

Ο ανοξείδωτος αγωγός ονομαστικής διαμέτρου DN100 ο οποίος οδηγεί την λάσπη από κάθε δεξαμενή καθίζησης προς το αντλιοστάσιο ιλύος φέρει δικλείδα μαχαιρωτού τύπου, ίσης ονομαστικής διαμέτρου, με ηλεκτρικό ενεργοποιητή για την ρύθμιση της παροχής της απορριπτόμενης ιλύος. Πλέον της ηλεκτροκίνητης προσφέρεται μία όμοια χειροκίνητη δικλείδα για λόγους ασφαλείας.

Οι δικλείδες τοποθετούνται σε δύο ξηρά φρεάτια εκατέρωθεν του αντλιοστασίου ιλύος. Στο ένα από αυτά, διαστάσεων 1,80 m x 2,00 m x 3,20 m, τοποθετούνται οι δικλείδες των δεξαμενών καθίζησης της Α' Φάσης ενώ στο δεύτερο, διαστάσεων 1,80 m x 0,80 m x 3,20 m, τοποθετούνται από αυτήν την φάση οι δικλείδες της μελλοντικής δεξαμενής καθίζησης. Για την σύνδεση με την μελλοντική δεξαμενή ο αγωγός απομονώνεται στην έξοδο του από το φρεάτιο με τυφλή φλάντζα. Η πρόσβαση στα φρεάτια δικλείδων εξασφαλίζεται με μεταλλικές κατακόρυφες κλίμακες<sup>95</sup>

### **6.1.2 Αντλιοστάσιο ιλύος**

Το αντλιοστάσιο λάσπης έχει διαστάσεις 1,80 m x 3,00 m x 5,20 m (βάθος) και είναι κοινό για το σύνολο των δεξαμενών καθίζησης Α' και Β' Φάσης. Εντός του αντλιοστασίου εγκαθίστανται τρεις υποβρύχιες αντλίες εκ των οποίων η μία πλήρως εφεδρική για την κάλυψη των αναγκών της Α' Φάσης, ενώ υπάρχει χώρος και όλες οι κατάλληλες προβλέψεις για την εγκατάσταση μίας ακόμα μελλοντικής αντλίας στην Β' Φάση. Όλες οι αντλίες ιλύος φέρουν ρυθμιστή στροφών (inverter) για τον έλεγχο της λειτουργίας τους. Για την προστασία των αντλιών από εν ξηρό λειτουργία τοποθετείται διακόπτης ανίχνευσης χαμηλής στάθμης εντός του υγρού θαλάμου, ενώ προβλέπεται ένας ακόμη διακόπτης για την ανίχνευση υψηλής στάθμης.

Ο πυθμένας του υγρού θαλάμου φέρει περιμετρικά διαμόρφωση με δευτερογενές σκυρόδεμα για την αποφυγή συσσώρευσης επικαθίσεων στα πλευρικά τοιχεία. Οι καταθλιπτικοί αγωγοί των αντλιών είναι από ανοξείδωτο χάλυβα ποιότητας AISI 304

<sup>95</sup> Μελετητική εταιρεία NAMA A.E, Αθήνα, Τεχνική περιγραφή προσφερόμενων εγκαταστάσεων για την λίμνη Σμοκόβου στην Καρδίτσα.

ονομαστικής διαμέτρου DN80 και φέρουν εν σειρά ανεπίστροφο και δικλείδα απομόνωσης μαχαιρωτού τύπου ίσης ονομαστικής διαμέτρου. Οι καταθλιπτικοί αγωγοί των αντλιών συνδέονται σε κοινό καταθλιπτικό αγωγό DN100, ο οποίος οδηγεί την λάσπη στον παχυντή βαρύτητας.

### **Όργανα μέτρησης – Έλεγχος λειτουργίας**

Η λειτουργία των αντλιών ιλύος γίνεται μέσω ρυθμιστή στροφών. Οι αντλίες ιλύος λειτουργούν με κατάλληλο χρονοπρόγραμμα που υλοποιείται από το PLC.

Για την ομοιόμορφη φθορά των αντλιών ιλύος υπάρχει σύστημα κυκλικής εναλλαγής στην λειτουργία των αντλιών, το οποίο υλοποιείται από το PLC. Για την προστασία των αντλιών από ξηρά λειτουργία, εγκαθίσταται στον υγρό θάλαμο του αντλιοστασίου, ένας διακόπτης στάθμης, ο οποίος σε περίπτωση ανίχνευσης πολύ χαμηλής στάθμης, θα διακόπτει την λειτουργία των αντλιών και θα σημαίνει συναγερμό. Τοποθετείται και δεύτερος διακόπτης στάθμης, για τον έλεγχο της λειτουργίας, ο οποίος σε περίπτωση ανίχνευσης πολύ χαμηλής στάθμης, θα διακόπτει την λειτουργία των αντλιών και θα σημαίνει συναγερμό.<sup>96</sup>

## 6.2 Προσφερόμενος εξοπλισμός

- 125 m<sup>2</sup>λαμέλλες, τύπου TubedekFS41.50, της εταιρείας GEA 2H, ύψους 650 mm από PPTV συναρμολογημένα σε skids από ανοξείδωτο χάλυβα 316
- Δύο (2) συστήματα συλλογής ιλύος, τύπου CT2, της εταιρείας XYLEMLEOPOLD, από ανοξείδωτο χάλυβα (οδηγός ράγα και αγωγός αναρρόφησης)
- Δύο (2) πνευματικά συστήματα κίνησης της διατάξεως ιλύος προμήθειας της εταιρείας XYLEMLEOPOLD
- Δύο (2) ηλεκτροκίνητες δικλείδες απομόνωσης μαχαιρωτού τύπου, ονομαστικής διαμέτρου DN100, ERHARD, ERU K1, wafer, με ηλεκτρικό επενεργητή AUMA SA 07.2 για την απομάκρυνση της ιλύος
- Δύο (2) χειροκίνητες δικλείδες απομόνωσης μαχαιρωτού τύπου, ονομαστικής διαμέτρου DN100, ERHARD, ERU K1, wafer, για την απομάκρυνση της ιλύος
- Τρεις (3) αντλίες ιλύος, WILO, Rexa PRO V06 D628 (189) με κινητήρα P 13.2-13/EAD1X4-T παροχής 15,2 m<sup>3</sup>/h στα 10,5 m, ισχύος 2,5 KW εκάστη
- Τρεις (3) ρυθμιστές συχνότητας(inverter), LG, StarvertSV025iG5-4U για τον έλεγχο των αντλιών ιλύος
- Τρεις (3) χειροκίνητες δικλείδες απομόνωσης μαχαιρωτού τύπου, ονομαστικής διαμέτρου DN80, ERHARD, ERU K1, wafer, στην κατάθλιψη των αντλιών ιλύος

---

<sup>96</sup> Μελετητική εταιρεία NAMA A.E, Αθήνα, Τεχνική περιγραφή προσφερόμενων εγκαταστάσεων για την λίμνη Σμοκόβου στην Καρδίτσα.

- Τρεις (3) δικλείδες αντεπιστροφής ονομαστικής διαμέτρου DN80, ERHARD, στην κατάθλιψη των αντλιών ιλύος
- Τρία (3) τεμάχια εξάρμωσης DN80, ERHARD, PZ
- Δύο (2) διακόπτες στάθμης, WILO, MS 1<sup>97</sup>

### 6.3 Σχεδιασμός δεξαμενών καθίζησης

Για τον σχεδιασμό της μονάδος καθίζησης λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω κριτήρια, για την περίπτωση καθίζησης με προσθήκη λαμελλών σύμφωνα με τις απαιτήσεις των τευχών δημοπράτησης:

1. Επιφανειακή φόρτιση : <math> < 6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}</math> (με λαμέλλες)
2. Χρόνος παραμονής : > 1 h
3. Ωφέλιμο βάθος : > 3,50 m
4. Μέγιστη φόρτιση υπερχειλιστών : 170 m<sup>3</sup>/m/d
5. Ελάχιστος αριθμός γραμμών : 2 για την Α' Φάση και 3 για τη Β'

Για την Α' Φάση κατασκευάζονται δύο ανεξάρτητες ορθογώνιες δεξαμενές καθίζησης από οπλισμένο σκυρόδεμα και στη Β' Φάση θα προστεθεί μία ακόμη όμοια δεξαμενή.

Οι διαστάσεις κάθε δεξαμενής καθίζησης είναι 15,5 χ 5,0 m με βάθος υγρού 4,7 m που παρέχει χρόνο παραμονής για την Α' Φάση:

$$t = \frac{2 \times 15,5 \times 5,0 \times 4,7}{703 \text{ m}^3/\text{h}} = 1,03 \text{ h} > 1 \text{ h}$$

και για τη Β' Φάση

$$t = \frac{3 \times 15,5 \times 5,0 \times 4,7}{859 \text{ m}^3/\text{h}} = 1,55 \text{ h} > 1 \text{ h}$$

Η κάθε δεξαμενή θα εξοπλισθεί με λαμέλλες επιφανείας 12,5 χ 5 m<sup>2</sup> και συνεπώς η επιφανειακή φόρτιση είναι για την Α Φάση:

---

<sup>97</sup> Μελετητική εταιρεία NAMA A.E, Αθήνα, Τεχνική περιγραφή προσφερόμενων εγκαταστάσεων για την λίμνη Σμοκόβου στην Καρδίτσα.

$$\Phi = \frac{703 \text{ m}^3/\text{h}}{2 \times 12,5 \times 5 \text{ m}^3} = 5,6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h} < 6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$$

και για τη Β Φάση

$$\Phi = \frac{859 \text{ m}^3/\text{h}}{3 \times 12,5 \times 5 \text{ m}^3} = 4,6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h} < 6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$$

Το ύψος των λαμελών είναι 0,65 m και η τοποθέτησή τους γίνεται με κλίση 60° ώστε ένα στοιχείο να έχει μήκος 0,75 m. Πάνω από τις λαμέλλες τοποθετούνται 5 κανάλια υπερχειλίσης (αμφίπλευρα υπερχειλίση) μήκους 5 m έναστο, διαστάσεων 0,30 x 0,30 m<sup>2</sup>.

Συνεπώς το μήκος υπερχειλίσης σε κάθε δεξαμενή καθίζησης είναι

$$L = 2 \times 5 \times 5 = 50 \text{ m.}$$

Συνεπώς η φόρτιση των υπερχειλιστών ανά δεξαμενή είναι για την Α Φάση:

$$\Phi = \frac{703 \text{ m}^3/\text{h} \times 24\text{h}/\text{d}}{2 \times 50 \text{ m}} = 169 \text{ m}^3/\text{m}/\text{d} < 170 \text{ m}^3/\text{m}/\text{d}$$

και για τη Β Φάση

$$\Phi = \frac{859 \text{ m}^3/\text{h} \times 24\text{h}/\text{d}}{3 \times 50 \text{ m}} = 137 \text{ m}^3/\text{m}/\text{d} < 170 \text{ m}^3/\text{m}/\text{d}$$

#### 6.4 Σύστημα αποκομιδής ιλύος

Σε κάθε δεξαμενή υπάρχει σύστημα απομάκρυνσης της λάσπης από τον πυθμένα. Συγκεκριμένα εγκαθίσταται μία επιδαπέδια μονάδα κίνησης με μία κεφαλή αναρρόφησης

ιλύος ώστε η λάσπη από κάθε δεξαμενή να συλλέγεται και να οδηγείται στον κατάντη υγρό θάλαμο, από όπου απομακρύνεται μέσω αντλιών λάσπης.

Το επιδαπέδιο σύστημα συλλογής ιλύος σαρώνει τον πυθμένα της δεξαμενής μήκους 15,00 m. Η ταχύτητα σάρωσης επιλέγεται από το σύστημα αυτοματισμού, με μικρότερη ταχύτητα 0,304 m/min (1 ft/min) και καλύπτει την απόσταση των 15 m σε χρόνο 49 min. Αν θεωρήσουμε πέντε (5) σαρώσεις ανά ημέρα το κάθε σύστημα θα απομακρύνει ποσότητα ιλύος ίση με 0,75 m<sup>3</sup>/min.

Κάθε κεφαλή διαθέτει 28 οπές αναρρόφησης μέσης διαμέτρου 20 mm. Η παροχή από κάθε οπή είναι 0,015 m<sup>3</sup>/min στην οποία αντιστοιχεί ταχύτητα διέλευσης ίση με 0,80 m/s.

Η επιλογή του αριθμού των οπών και οι διαστάσεις τους, επιλέχθηκαν για να υπάρχει η δυνατότητα διατήρησης μίας ελάχιστης ταχύτητας διέλευσης διαμέσου της οπής για την αποτελεσματική απομάκρυνση της ιλύος. Γενικά η ταχύτητα διέλευσης πρέπει να είναι πλησίον της τιμής 1 m/sec. Η παροχή ιλύος στο εσωτερικό της κεφαλής σάρωσης είναι περίπου 0,43 m<sup>3</sup>/min. Για διάμετρο αγωγού 100 mm η ταχύτητα διέλευσης στο εσωτερικό του είναι 0,91 m/sec. Ιδανικά η ταχύτητα διέλευσης θα πρέπει να υπερβαίνει τα 0,60 m/sec ώστε να αποφεύγεται η καθίζηση της ιλύος, ωστόσο θα πρέπει να διατηρείται σε χαμηλές τιμές για περιορισμό των υδραυλικών απωλειών.

Γενικά, με βάση τα στοιχεία του κατασκευαστή για την αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος θα πρέπει να υπάρχει διαθέσιμο μανομετρικό 1,5 m (5 ft). Στην προκειμένη περίπτωση, η δεξαμενή καθίζησης έχει ενεργό βάθος 4,7 m , ενώ ο σωλήνας αναρρόφησης ιλύος τοποθετείται σε ύψος από τον πυθμένα περίπου 2 m.<sup>98</sup>

---

<sup>98</sup> Μελετητική εταιρεία NAMA A.E, Αθήνα, Τεχνική περιγραφή προσφερόμενων εγκαταστάσεων για την λίμνη Σμοκόβου στην Καρδίτσα.

## Κεφάλαιο 7 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Όπως αναφέραμε σε προηγούμενα κεφάλαια, το νερό και κυρίως εκείνο που προϋποθέτει όλες τις παραμέτρους για να χαρακτηριστεί κατάλληλο προς χρήση, είναι ένα πολύ σημαντικό αγαθό για την ανάπτυξη και την υγεία των οργανισμών.

Με τους σωστούς ελέγχους και την επεξεργασία του αποφεύγονται σοβαρές ασθένειες όπως λεπτοσπείρωση, ηπατίτιδα, σαλμονέλωση, trachomatiseye: μια ασθένεια που προσβάλλει τα μάτια. Σύμφωνα με τον παγκόσμιο οργανισμό υγείας<sup>99</sup> περισσότεροι από 80 εκατομμύρια άνθρωποι παγκοσμίως υποφέρουν από αυτή την ασθένεια και 8 εκατομμύρια τυφλώνονται σαν αποτέλεσμα των συνωστισμένων συνθηκών διαβίωσης που προκαλεί δύσκολη πρόσβαση σε ασφαλές για την υγεία νερό.

Αξιοσημείωτο θα ήταν να αναφέρουμε ότι το 99.7%<sup>100</sup> του νερού της Γης δεν είναι άμεσο διαθέσιμο για κατανάλωση από ανθρώπους και ζώα και το υπόλοιπο 0.3% δεν είναι προσβάσιμο λόγω της τοποθεσίας και του βάθους το οποίο βρίσκεται. Το συγκεκριμένο γεγονός είναι αρκετά σοβαρό στις μέρες μας και πρέπει να αντιμετωπιστεί αν σκεφτούμε ότι αυτό έχει ως αποτέλεσμα πολλοί άνθρωποι σε υποβαθμισμένες χώρες και μη, να πίνουν από μολυσμένα νερά και να μολύνονται από σοβαρές ασθένειες και τις περισσότερες φορές θανατηφόρες ασθένειες.

Επιπλέον, θα θέλαμε να προτείνουμε να γίνουν δοκιμές από συναδέλφους που έχουν την δυνατότητα εργαστηριακών οργάνων για την διαπίστωση δραστηριότητας άλλων τύπων κροκιδωτικών για τον καθαρισμό του νερού· εκτός του πολυηλεκτρολύτη, θειικού αργιλίου, άλας τρισθενούς αργιλίου και σιδήρου, όπως αναφέραμε σε προηγούμενα κεφάλαια.

<sup>101</sup>Παραδείγματα τύπων κροκιδωτικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για έρευνα είναι το όξινο θειικό νάτριο που έχει μεγάλη δραστική ουσία στο νερό, της κλίμακας 94.5%, νιτρικό ασβέστιο με δραστικότητα 99%, αργιλικό νάτριο με δραστικότητα 10% και χλωριούχο πολυαργίλιο με δραστικότητα 9-18%. Χωρίς να παραλείψουμε τις παραμέτρους<sup>102</sup> κατά προτεραιότητα που χρήζουν ένα κροκιδωτικό ικανό για την επεξεργασία του νερού, οι οποίοι είναι:

- Η τιμή του πρέπει να είναι προσιτή
- Να διαθέτει πολύ καλές κροκιδωτικές ιδιότητες
- Να είναι ευδιάλυτο στο νερό
- Η δοσομέτρησή του να είναι απλή και λειτουργική

<sup>99</sup><https://www.water-challenge.com>,  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Trachoma>  
<http://www.who.int/en/>

<sup>100</sup><http://waterindustry.org/Water-Facts/world-water-6.htm>

<sup>101</sup>FERITRIA.B.E.E, Χημικά για κατεργασία νερού & απόνερων

<http://www.feri-tri.gr/%CE%BD%CE%B5%CF%81%CF%8C-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%80%CE%BF%CE%BB%CF%85%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%BF%CE%BB%CF%8D%CF%84%CE%B5%CF%82>

<sup>102</sup>FERITRIA.B.E.E, Χημικά για κατεργασία νερού & απόνερων

<http://www.feri-tri.gr/%CE%BD%CE%B5%CF%81%CF%8C-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%B1%CF%80%CF%8C%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B1>

- Να μην περιέχει προσμίξεις που οι ίδιες να δημιουργούν διάφορα περιβαλλοντικά προβλήματα.

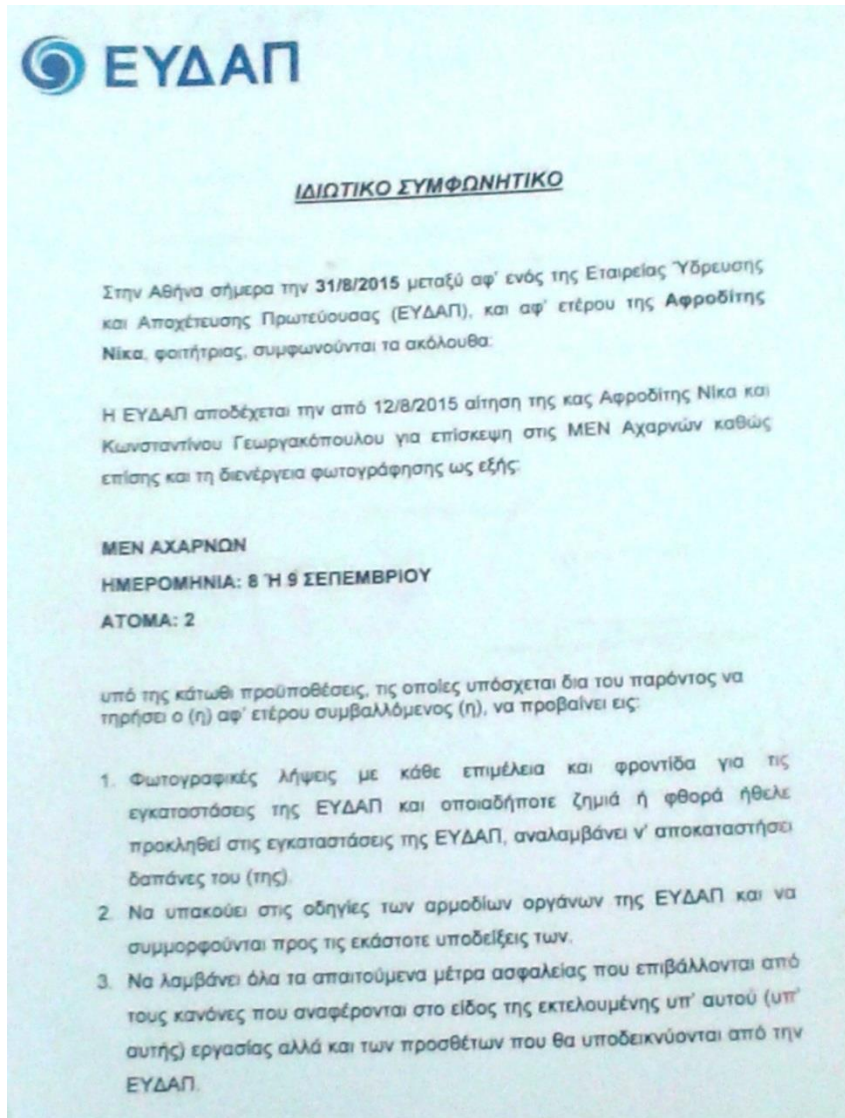


## Κεφάλαιο 8 : ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αυλωνίτης, Σ. (2006), Εισαγωγή στην τεχνολογία νερού και αφαλάτωσης, Εκδόσεις Ίων.
- Τσώνης, Σ. (2003), Καθαρισμός νερού, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα
- Τσώνης, Σ. (2003), Επεξεργασία λυμάτων, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα
- Βαβίζος, Γ. (1995), Βιολογικός καθαρισμός ΙΙΙ έκδοση, Εκδόσεις: ΕΛΚΕΠΑ, Αθήνα
- Ζαννάκη, Κ. Ι. (1996), Έλεγχος ποιότητας νερού, Εκδόσεις: Ίων
- Χρυσικόπουλος Κ. Β. (2013), Εισαγωγή στις διεργασίες καθαρισμού, νερού και λυμάτων, Εκδόσεις: Τζιόλα.
- Αντωνόπουλος Β. Ζ. (2010/15), Υδραυλική περιβάλλοντος και ποιότητα επιφανειακών υδάτων, Εκδόσεις: Τζιόλα.
- Ανδρεαδάκης Α. (2008), Επεξεργασία νερού, Εκδόσεις: Συμμετρία.
- Weber, W. J. (1972), “Physicochemical processes for water quality control”, Εκδόσεις: Wiley, New York.
- Bratby B (2006), “Coagulation and flocculation in water and wastewater treatment” Second Edition, Εκδόσεις: IWA Publishing, London.

## Κεφάλαιο 9 : ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### 1. Άδεια χρήσης πληροφοριών και φωτογραφικού υλικού από την ΕΥΔΑΠ



4. Την ευθύνη για οποιοδήποτε ατύχημα ήθελε συμβεί σε βάρος των προσώπων που ενεργούν δια λογαριασμό του (της) φέρει ο ίδιος (ίδια) αποκλεισμένης οποιασδήποτε ευθύνης των οργάνων της ΕΥΔΑΠ.
5. Να μη χρησιμοποιεί καθ' οιονδήποτε τρόπο το προϊόν των λήψεων προς βλάβη των συμφερόντων της ΕΥΔΑΠ.

Σε πίστωση συνετάχθη το παρόν και υπογράφεται από τους συμβαλλομένους.

Οι συμβαλλόμενοι

Για την Εταιρεία

Για την ΕΥΔΑΠ

Η Προϊσταμένη  
Υπηρεσίας Εταιρικών Ανακοινώσεων

Ελένη Χριστογεωργάκη





