

# ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ &  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ & ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

## **Μέθοδοι Επεξεργασίας Πόσιμου Νερού σε διάφορες πόλεις της Ελλάδας**

Δήμητρα Φράγκου  
Α.Μ 1690

*Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Κόττη Σπυριδούλα-Μελίνα*

**ΧΑΝΙΑ 2018**

*Αφιέρωση*

Στο σύζυγό μου

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η πραγματοποίηση της συγκεκριμένης πτυχιακής δεν θα ήταν εφικτή χωρίς την υποστήριξη της επιβλέπουσας καθηγήτριας κ. Κώττη Σπυριδούλας- Μελίνας. Θα ήθελα να την ευχαριστήσω θερμά για τη βοήθεια, τις χρήσιμες συμβουλές και την καθοδήγηση που μου παρείχε κατά τη διάρκεια υλοποίησης της πτυχιακής εργασίας. Κυρίως όμως αισθάνομαι την ανάγκη να την ευχαριστήσω για την κατανόηση που έδειξε ως άνθρωπος στις δυσκολίες που αντιμετώπισα να ολοκληρώσω την εργασία μου.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους τους καθηγητές του τμήματος για τις γνώσεις που μου πρόσφεραν καθώς και για την όμορφη συνεργασία μας.

Κλείνοντας νιώθω την ανάγκη να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον άντρα μου στον οποίο είναι και αφιερωμένη η πτυχιακή μου εργασία. Θα ήθελα λοιπόν να τον ευχαριστήσω από τα βάθη της καρδιά μου για την υπομονή, την συμπαράσταση και την κατανόηση που έδειξε όλα αυτά τα χρόνια προκειμένου να ολοκληρώσω τις σπουδές μου. Η παρότρυνσή του σε στιγμές αδυναμίας μου ενίσχυαν τις προσπάθειες και τη θέληση μου για να ολοκληρώσω τις σπουδές μου. Η ολοκλήρωση αυτής της πτυχιακής είναι η επισφράγιση των κόπων εδώ και αρκετών χρόνων στην προσπάθειά μου να συνδυάσω σπουδές, εργασία, οικογένεια και μητρότητα.

## **ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

1. Κώττη Σπυριδούλα-Μελίνα
2. Καλδέρης Δημήτριος
3. Λυδάκης- Σημαντήρης Νικόλαος

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια ολοκλήρωσης των σπουδών μου στο Τμήμα Μηχανικών Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος. Στόχος της πτυχιακής εργασίας είναι να παρουσιαστούν οι μέθοδοι επεξεργασίας νερού που εφαρμόζονται στις μονάδες επεξεργασίας νερού (MEN) των μεγαλύτερων πόλεων της Ελλάδας, δηλαδή της Αθήνας, της Θεσσαλονίκης, της Πάτρας και του Ηρακλείου. Το περιεχόμενο της πτυχιακής εργασίας περιλαμβάνει βιβλιογραφική ανασκόπηση του θέματος. Συγκεκριμένα, στην παρούσα εργασία γίνεται αναφορά στον υδρολογικό κύκλο του νερού, τις ιδιότητες και τη σύσταση του νερού, τη νομοθεσία που πρέπει να υπόκειται το πόσιμο νερό καθώς και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού.

Ακολούθησε η παρουσίαση των διεργασιών που πραγματοποιούνται στις μονάδες επεξεργασίας νερού προκειμένου να παρέχεται στους καταναλωτές πόσιμο νερό. Κάθε μονάδα επεξεργασίας νερού επιλέγει τις απαιτούμενες μεθόδους ανάλογα με την ποιότητα του ακατέργαστου νερού που καλείται να επεξεργαστεί, ώστε να μετατραπεί σε πόσιμο σύμφωνα με τις παραμέτρους που ορίζει η ελληνική νομοθεσία. Συγκεκριμένα, αναφέρθηκαν οι μέθοδοι προεπεξεργασίας του νερού, οι διεργασίες επεξεργασίας νερού όπως κροκίδωση, καθίζηση, διήθηση και απολύμανση του νερού, ώστε να παρέχεται νερό στους καταναλωτές με ασφάλεια και όπως ορίζει η νομοθεσία.

Η εργασία αυτή παρουσιάζει τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού που αναλαμβάνουν την παροχή πόσιμου νερού στην Αθήνα, τη Θεσσαλονίκη, την Πάτρα και το Ηράκλειο. Κάθε μονάδα επεξεργασίας νερού (MEN) διαφέρει στα στάδια επεξεργασίας που χρησιμοποιεί. Το διωλιστήριο πόσιμου νερού της Θεσσαλονίκης είναι το μοναδικό που χρησιμοποιεί κλίνες ενεργού άνθρακα και βέβαια οι διεργασίες παραγωγής πόσιμου νερού του διωλιστηρίου είναι περισσότερες από ότι στα διωλιστήρια της Αθήνας, της Πάτρας και του Ηρακλείου. Αντίστοιχα, το διωλιστήριο Σκαλανίου στο Ηράκλειο είναι το μοναδικό το οποίο χρησιμοποιεί προηγμένη τεχνολογία όπως η διήθηση με μεμβράνες υπερδιήθησης. Η πτυχιακή εργασία ολοκληρώνεται με τα συμπεράσματα όπου γίνεται μια σύντομη αναφορά των σημαντικών στοιχείων που πραγματεύτηκε η εργασία.

### **Λέξεις-κλειδιά:**

μονάδες επεξεργασίας νερού, Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Πάτρα, Ηράκλειο

## ABSTRACT

The aim of the present thesis is to present the water treatment plants (WTP) of the biggest cities of Greece. These cities are Athens, Thessaloniki, Patra and Heraklion. The content of the study includes a bibliographic review of the subject. Specifically, the present thesis refers to general information related to the status of water resources, the water properties and the water quality characteristics. In addition, is presented the Greek legislation which defines the limitations in relation with the quality of drinking water.

The study refers to Athens's, Thessaloniki's, Patra's and Heraklion's drinking water refinery. A detailed description of the refineries drinking water production processes are outlined. A description of water pretreatment methods, the mechanisms of flocculation, precipitation and sedimentation and the methods of water disinfection are analyzed. The processes of sedimentation plants and the methods of water disinfection are described. In all water treatment plants the common methods applied were coagulation, filtration and disinfection. The disinfection agents differed from plant to plant. The WTP of Thessaloniki consisted of more treatment steps than the others. Granular Activated Carbon (GAC) is commonly employed as an adsorption media in many surface water treatment plants, one of them is the refinery of Thessaloniki's. Ultrafiltration membranes are used by the refinery of Heraklion. This technology is unique drinking water systems in Greece.

Keywords:

Water treatment plants; Athens; Thessaloniki; Patra; Heraklion

## Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> .....	8
1. Το νερό.....	8
1.1 Υδρολογικός κύκλος.....	8
1.2 Η δομή και οι ιδιότητες του νερού.....	9
1.3 Η σύσταση του νερού .....	11
1.3.1 Τα γλυκά επιφανειακά και τα υπόγεια νερά .....	11
1.3.2 Το θαλασσινό νερό .....	12
1.4 Πόσιμο νερό.....	12
1.5 Ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού .....	14
1.6 Νομοθεσία.....	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> .....	46
2. Μέθοδοι Επεξεργασίας Νερού .....	46
2.1 Γενικά.....	46
2.2 Διεργασίες επεξεργασίας νερού.....	46
2.3 Προεπεξεργασία νερού .....	48
2.3.1 Διεργασίες προεπεξεργασίας .....	48
2.3.2 Προαπολύμανση .....	50
2.3.3 Αερισμός νερού.....	50
2.4 Κυρίως επεξεργασία .....	50
2.4.1 Κροκίδωση – Συσσωμάτωση.....	50
2.4.2 Καθίζηση- Επίπλευση.....	52
2.4.3 Διήθηση.....	55
2.5 Διεργασίες μεμβρανών .....	56
2.5.1 Μικροδιήθηση.....	56
2.5.2 Υπερδιήθηση.....	57
2.5.3 Νανοδιήθηση .....	57
2.5.4 Αντίστροφη Ωσμωση.....	57
2.6 Προσρόφιση.....	58
2.7 Απολύμανση .....	59
2.7.1 Μέθοδοι απολύμανσης .....	60
2.8 Αποσκλήρυνση .....	62
2.9 Έλεγχος ποιότητας νερού στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού .....	63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup> .....	65
3. Επεξεργασία νερού σε διάφορες πόλεις της Ελλάδας .....	65
3.1 Υδροδότηση Αθήνας.....	65
3.1.1 Ιστορική Αναδρομή .....	65
3.1.2 Το έργο της ΕΥΔΑΠ.....	68
3.1.3 Επεξεργασία νερού .....	69
3.2 Υδροδότηση Θεσσαλονίκης .....	71
3.2.1 Ιστορική Αναδρομή .....	71
3.2.2 Το έργο της ΕΥΑΘ .....	73
3.2.3 Επεξεργασία νερού .....	74
3.3 Υδροδότηση Πάτρας.....	78
3.3.1 Ιστορική Αναδρομή .....	78
3.3.2 Το έργο της ΔΕΥΑΠ.....	79
3.3.3 Επεξεργασία νερού .....	80
3.4 Υδροδότηση Ηρακλείου .....	82
3.4.1 Ιστορική αναδρομή .....	82
3.4.2 Το έργο ΔΕΥΑΗ.....	84

3.4.3 Επεξεργασία νερού .....	85
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	88
Βιβλιογραφικές Αναφορές.....	91

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

### 1. Το νερό

#### 1.1 Υδρολογικός κύκλος

Το νερό είναι από τους σημαντικότερους φυσικούς πόρους, αφού αποτελεί πηγή ζωής για τους ανθρώπους αλλά και για ολόκληρο τον πλανήτη. Το νερό χρησιμοποιείται από τους ανθρώπους ως πόσιμο, σε οικιακές, αγροτικές και βιομηχανικές δραστηριότητες. Το μεγαλύτερο μέρος συνιστά το αλατούχο νερό που βρίσκεται στους ωκεανούς και καλύπτει το 71% της επιφάνειας του πλανήτη. Οι ωκεανοί βοηθούν στη ρύθμιση του κλίματος, διασπών μέρος των αποβλήτων και αποτελούν βασικό ενδιαίτημα για αρκετά έμβια όντα. Επίσης, όλοι οι οργανισμοί της γης αποτελούνται από νερό όπως τα δέντρα που περιέχουν περίπου 60% νερό, ο άνθρωπος με 55% και τα ζώα με 65% περίπου νερό. Υπάρχουν ακόμα κάποιες ποσότητες γλυκού νερού στους πόλους και συγκεκριμένα στα παγόβουνα ή κάτω από τη γη σε υπόγειες φυσικές δεξαμενές ή σε λίμνες και ποτάμια (Παναγιωτίδης & Δημητρακόπουλος, 1999).

Τα δύο τρίτα της επιφάνειας της γης καλύπτονται από νερό, όμως οι υδατικοί πόροι δεν είναι απεριόριστοι και στο μέλλον το πόσιμο ή το γλυκό νερό μπορεί να εκλείψει. Το νερό του πλανήτη εμφανίζεται σε όλες τις φυσικές καταστάσεις (στερεή, υγρή, αέρια) αφού παρουσιάζεται με τη μορφή πάγων, ως υγρό στα ποτάμια, στις λίμνες και στους ωκεανούς και στην αέρια κατάσταση ως υδρατμοί (Miller & Tyler, 2009).

Σε αυτό το σημείο θα ήταν χρήσιμο να αναφερθεί ο υδρολογικός κύκλος του νερού που είναι η ανακύκλωση του νερού της Γης στην υδρόσφαιρα και την ατμόσφαιρα. Το νερό που βρίσκεται στους ωκεανούς, στις λίμνες και στα ποτάμια θερμαίνεται από τον ήλιο και μια ποσότητά του εξατμίζεται και ανυψώνεται με τη μορφή ατμού στον αέρα. Παράλληλα, τα φυτά μέσω της διαπνοής αποδίδουν μια ποσότητα υδρατμών στην ατμόσφαιρα. Η ατμόσφαιρα δεν μπορεί να συγκρατεί όλη την ποσότητα υδρατμών και έτσι ένα μέρος τους συμπυκνώνεται και σχηματίζουν τα σύννεφα. Τα σταγονίδια νερού που σχηματίζουν τα σύννεφα αυξάνονται και συγκρούονται με αποτέλεσμα να πέφτουν από τον ουρανό ως κατακρημνίσματα (βροχή ή χιόνι). Μεγάλο μέρος των κατακρημνισμάτων καταλήγει στους ωκεανούς, ενώ κάποια ποσότητα από τη βροχή μένει στην επιφάνεια της γης και εξατμίζεται



πάλι, κάποια άλλη ποσότητα που ονομάζεται επιφανειακή απορροή ακολουθεί τις κλίσεις του εδάφους μέχρι τη θάλασσα, τη λίμνη και τα ποτάμια, ενώ ένα άλλο μέρος κατακρημνισμάτων κατασδύει στο έδαφος και αποθηκεύεται για μεγάλα χρονικά διαστήματα σε υπόγεια αποθέματα (Γεωργόπουλος, 2004).



Εικόνα 1: Ο υδρολογικός κύκλος (<http://www.deyat.gr>)

## 1.2 Η δομή και οι ιδιότητες του νερού

Το καθαρό νερό είναι διαυγές, άχρωμο, άγευστο όταν η πίεση ατμόσφαιρας είναι 1atm και η θερμοκρασία 25 °C. Το σημείο πήξης του είναι 0 °C, το σημείο βρασμού 100 °C και η πυκνότητά του (στους 4 °C) 1,0000kg/l. Το μόριο του νερού αποτελείται από ένα άτομο οξυγόνου συνδεδεμένο με ομοιοπολικούς δεσμούς με δύο άτομα υδρογόνου. Τα τρία αυτά άτομα του μορίου του νερού, όπως είναι τοποθετημένα στο χώρο, σχηματίζουν γωνία 104.5°. Μόρια με ομοιοπολικούς δεσμούς, που τα άτομά τους διαμοιράζονται εξ ίσου τα ηλεκτρόνια, χαρακτηρίζονται ως μη πολικά μόρια. Σε ορισμένα μόρια, όμως, δε συμβαίνει το ίδιο, με αποτέλεσμα τα ηλεκτρόνια του δεσμού να κινούνται πλησιέστερα προς το ένα από τα άτομα του δεσμού. Τα μόρια αυτά χαρακτηρίζονται πολικά. Στο μόριο του νερού, τα ηλεκτρόνια των ομοιοπολικών δεσμών κινούνται πλησιέστερα προς το οξυγόνο παρά προς τα

υδρογόνα, με αποτέλεσμα στο μόριο του νερού τα υδρογόνα να εμφανίζουν ένα ασθενές θετικό ηλεκτρικό φορτίο και το οξυγόνο ένα ασθενές αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο. Έτσι, το μόριο του νερού χαρακτηρίζεται ως δίπολο (πολικό μόριο), δηλαδή μόριο με δύο άκρα, που είναι φορτισμένα με αντίθετα ηλεκτρικά φορτία. Λόγω αυτής της κατανομής φορτίου, το μόριο  $H_2O$  είναι ισχυρά διπολικό και έτσι δημιουργούνται ισχυρές έλξεις μεταξύ των μορίων του νερού, γνωστές ως δεσμοί υδρογόνου. Οι δεσμοί είναι υπεύθυνοι για πολλές από τις ασυνήθιστες ιδιότητες του νερού. Χαρακτηριστικά αναφέρονται:

- Μεγάλη συνεκτικότητα. Η μεγάλη συνοχή όπου οι δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των μορίων του νερού δημιουργούν ένα πλέγμα με αποτέλεσμα το νερό να διατηρείται σε υγρή κατάσταση στις συνήθεις θερμοκρασίες του περιβάλλοντος
- Μεγάλη επιφανειακή τάση όπου στην ελεύθερη επιφάνεια του νερού, τα μόρια διατάσσονται με τρόπο που οι δεσμοί υδρογόνου προσανατολίζονται προς το εσωτερικό της μάζας του, το γεγονός αυτό επιτρέπει στα έντομα να περπατήσουν στις διάφορες επιφάνειες του νερού.
- Μεγάλη διαλυτική ικανότητα. Η διαλυτότητα οφείλεται στην ικανότητά του νερού να σχηματίζει δεσμούς υδρογόνου με όσες χημικές ουσίες διαθέτουν πολικότητα στα μόριά τους ή βρίσκονται σε μορφή ιόντων. Έτσι, στο νερό μπορεί να διαλυθεί σε ένα ευρύ φάσμα χημικών ουσιών, όπως για παράδειγμα, άλατα, αέρια, σάκχαρα, αμινοξέα και πρωτεΐνες.
- Μεγάλη ειδική θερμοχωρητικότητα όπου η αύξηση της θερμοκρασίας μιας ποσότητας νερού προϋποθέτει αύξηση της κινητικής κατάστασης των μορίων του. Για να πραγματοποιηθεί αυτό, απαιτείται η διάσπαση των δεσμών υδρογόνου που υπάρχουν μεταξύ των μορίων του νερού και τα μόρια αρχίζουν να κινούνται πιο ελεύθερα. Η διάσπαση των δεσμών υδρογόνου όμως, απαιτεί μεγάλα ποσά θερμικής ενέργειας και γι' αυτό το νερό έχει μεγάλη ειδική θερμοχωρητικότητα. Έτσι η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται αργά, όταν βρίσκεται σε θερμότερο περιβάλλον, ενώ αντίθετα, διατηρείται σταθερή, για μεγάλο χρονικό διάστημα, όταν βρίσκεται σε ψυχρότερο. Η ιδιότητα

αυτή είναι σημαντική γιατί επιτρέπει στους οργανισμούς να διατηρούν τη θερμοκρασία τους σταθερή (<http://krekastor.kas.sch.gr/limnology/limnology/chemical.htm>, n.d.).

### 1.3 Η σύσταση του νερού

#### 1.3.1 Τα γλυκά επιφανειακά και τα υπόγεια νερά

Τα επιφανειακά νερά (ποτάμια, λίμνες, θάλασσες) και τα υπόγεια νερά ανήκουν στα φυσικά νερά, τα οποία περιέχουν διάφορες αιωρούμενες ή διαλυμένες ουσίες προερχόμενες από την ατμόσφαιρα, τις γεωργικές ή βιομηχανικές δραστηριότητες μιας περιοχής ή από τους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς του νερού (Makofske & Karlin, 2001).

Το νερό αποτελείται κυρίως από το υδρογόνο, το οξυγόνο και τον άνθρακα, όμως τα επικρατέστερα ανόργανα συστατικά των φυσικών νερών είναι τα όξινα ανθρακικά και τα ανθρακικά ιόντα, το ασβέστιο, το μαγνήσιο, το νάτριο, το κάλιο, τα θειικά, τα χλωριούχα, τα νιτρικά και τα πυριτικά. Άλλα ιόντα, όπως αμμωνιακά, νιτρώδη, φωσφορικά, σίδηρος, μαγγάνιο και φθόριο, τα οποία υπάρχουν σε μικρότερες συγκεντρώσεις, είναι σημαντικά είτε για τη βιολογία του νερού είτε γιατί επηρεάζουν συγκεκριμένες βιομηχανικές εφαρμογές του.

Συγκεκριμένα, τα αμμωνιακά, τα νιτρώδη, τα νιτρικά, τα φωσφορικά ιόντα, το πυρίτιο, τα κατιόντα ασβεστίου, μαγνησίου, καλίου, τα ανιόντα θείου κ.λπ. αποτελούν τα βασικά θρεπτικά συστατικά των φυτικών οργανισμών ενός υδάτινου οικοσυστήματος. Τα κατιόντα των μετάλλων σιδήρου, μαγγανίου, χαλκού, ψευδαργύρου και κοβαλτίου αποτελούν τα μικροθρεπτικά στοιχεία των φυσικών νερών καθώς είναι απαραίτητα σε μικρές σχετικά συγκεντρώσεις, με εξαίρεση το σίδηρο που απαιτείται σε μεγάλες συγκεντρώσεις από τους οργανισμούς. Ανάλογα με το γήινο υπόβαθρο της περιοχής, τη γεωργική και τη βιομηχανική ρύπανση, είναι δυνατόν να υπάρχει στο νερό κάθε στοιχείο του περιοδικού πίνακα σε πολύ χαμηλή συγκέντρωση ( $\mu\text{g/L}$ ) ως ιχνοστοιχείο. Πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις αλάτων έχει το νερό της βροχής σε αντίθεση βέβαια με τα υπόγεια και τα επιφανειακά νερά τα οποία περιέχουν μεγάλες ποσότητες αλάτων. Εκτός από τα παραπάνω, στο νερό είναι δυνατόν να υπάρχει κάθε στοιχείο του περιοδικού πίνακα σε πολύ χαμηλές

συγκεντρώσεις (μερικών  $\mu\text{g/L}$ ). Στην περίπτωση αυτή αναφερόμαστε στα ιχνοστοιχεία, τα οποία είναι απαραίτητα για τη ζωή και συμμετέχουν στις μεταβολικές διεργασίες των οργανισμών (Νταρακάς, 2010).

### 1.3.2 Το θαλασσινό νερό

Το επικρατέστερο στοιχείο του θαλασσινού νερού είναι το χλώριο, το οποίο βρίσκεται διαλυμένο με τη μορφή ανιόντων. Η συγκέντρωσή του είναι της τάξης των  $19 \text{ g/Kg}$ . Στο θαλασσινό νερό υπάρχουν επίσης ιόντα νατρίου, μαγνησίου και θείου με τη μορφή των θεικών. Οι συγκεντρώσεις των ιόντων του ασβεστίου, του καλίου, των βρωμιούχων και των όξινων ανθρακικών είναι της τάξης του  $0,001\%$ . Τα υπόλοιπα στοιχεία βρίσκονται στο θαλασσινό νερό σε ακόμα χαμηλότερες συγκεντρώσεις. Όπως σε όλα τα φυσικά νερά, έτσι και στο θαλασσινό νερό βρίσκονται διαλυμένα αέρια όπως το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα. Τα ανθρακικά ιόντα λειτουργούν ως ρυθμιστικά διαλύματα και διατηρούν τη τιμή του pH του θαλασσινού νερού σταθερό (7,5-8,5). Όταν το pH έχει τιμές μικρότερες από 5,0 ή μεγαλύτερες από 9,0 είναι τοξικές για την υδρόβια ζωή (Νταρακάς, 2010).

### 1.4 Πόσιμο νερό

Το πόσιμο νερό είναι πολύτιμο αγαθό για τον άνθρωπο αφού αποτελεί το  $60\%$  της μάζας του σώματός και χωρίς αυτό δεν μπορούν να λειτουργήσουν τα κύτταρα του (συνιστά βασικό παράγοντα κυκλοφορίας και ηλεκτρολυτικής ισορροπίας). Ο άνθρωπος καθημερινά χρειάζεται περίπου 20-50 λίτρα νερό για να εξυπηρετήσει τις ανάγκες του. Αν συνυπολογιστούν και οι απαιτήσεις νερού που χρειάζονται λόγω αγροτικών ή βιομηχανικών δραστηριοτήτων, γίνεται αντιληπτό ότι οι ανάγκες για νερό αυξάνονται καθώς παρουσιάζεται υπερπληθυσμός στον πλανήτη. Το επίμαχο ζήτημα είναι με ποιο τρόπο μπορεί να περιοριστεί η κατανάλωση νερού για να μην εμφανιστεί λειψυδρία σε διάφορες περιοχές (Παναγιωτίδης & Δημητρακόπουλος, 1999).

Το πόσιμο νερό μπορεί να προέρχεται από τη βροχή, από επιφανειακά ή υπόγεια νερά (Νικολαΐδης & Κωνσταντινίδης, 2009):

A. Το νερό της βροχής είναι όξινο και μαλακό, αλλά μπορεί με κάποιες διαδικασίες να χρησιμοποιηθεί σαν πόσιμο. Το νερό αυτό προέρχεται από τον κύκλο του νερού και είναι λογικό να περιέχει σκόνη, ιόντα, οργανικές ουσίες και μικροοργανισμούς. Πολλές φορές το νερό της βροχής φυλάσσεται σε δεξαμενές γεγονός που πολλές φορές τυχαίνει να παρουσιάσει δυσάρεστες οσμές λόγω οργανικών ενώσεων.

B. Το νερό από επιφανειακά νερά προέρχονται από ποτάμια, λίμνες και γενικά από οποιοδήποτε νερό που ρέει στην επιφάνεια της γης. Τα νερά αυτά μολύνονται εύκολα, ειδικά όταν περνούν μέσα από κατοικημένες περιοχές, όπου υπάρχει ο κίνδυνος να μολυνθούν από λύματα και άλλες ουσίες (βιομηχανικά απόβλητα, λιπάσματα, γεωργικά φάρμακα, απορρυπαντικά κ.λπ.).

Γ. Το υπόγειο νερό προέρχεται από νερά που διεισδύουν στο έδαφος και κινούνται υπόγεια, ώσπου να συναντήσουν αδιαπέραστο πέτρωμα πάνω στο οποίο σχηματίζουν υδροφόρο στρώμα. Τα νερά αυτά μπορεί να βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια ή σε μεγάλος βάθος. Τα υπόγεια νερά που είναι σε μεγάλος βάθος είναι καθαρά εξαιτίας της διήθησης και της κατακράτησης των μικροβίων από τα πετρώματα μέσω των οποίων διέρχεται το νερό. Τα υπόγεια νερά που βρίσκονται πιο κοντά στην επιφάνεια θεωρούνται ασφαλή αν η στάθμη τους απέχει τουλάχιστον 3 μέτρα από αυτή και εφόσον η φύση των πετρωμάτων που απαρτίζουν το υπέδαφος δεν είναι ασβεστολιθική. Η έξοδος του υπόγειου νερού στην επιφάνεια του εδάφους πρέπει να προστατεύεται από εξωτερική μόλυνση η οποία μπορεί να προκληθεί από διάφορες δραστηριότητες των ανθρώπων, των ζώων καθώς και από τα επιφανειακά νερά που ρέουν. Όλες οι πιθανές αιτίες μόλυνσης (υπόνομοι, απορροφητικοί βόθροι, λύματα ή βιομηχανικά απόβλητα) πρέπει να βρίσκονται μακριά από πηγάδια ή πηγές και το νερό θα πρέπει να ελέγχεται για την καταλληλότητά του κατά τακτά χρονικά διαστήματα.

Πόσιμο νερό θεωρείται το νερό που είναι καθαρό από φυσική, χημική, βιολογική και μικροβιολογική άποψη και μπορεί να καταναλώνεται χωρίς να κινδυνεύει η υγεία του ανθρώπου. Το πόσιμο νερό πρέπει να είναι άχρωμο, άοσμο, δροσερό και με ευχάριστη γεύση. Τα φυσικά νερά μπορεί να περιέχουν αιωρούμενα και διαλυμένα ανόργανα και οργανικά στερεά καθώς και μικροοργανισμούς. Τα συστατικά αυτά προέρχονται είτε από φυσικές πηγές είτε από τη διάθεση αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων. Η χημική σύσταση των φυσικών νερών οφείλεται στις αντιδράσεις του νερού με τα πετρώματα της γης, με τα οποία έρχεται σε επαφή, στην

αποσάθρωση των πετρωμάτων και στην έκπλυση εδαφών και ιζημάτων. Επίσης, η χημική του σύσταση τροποποιείται με τη βοήθεια βιολογικών μεταβολισμών και επηρεάζεται από τον υδρολογικό κύκλο. Το νερό, το οποίο προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση, δεν πρέπει να έχει μεγάλη σκληρότητα, καθώς αυτή προκαλεί δυσκολίες στην καθημερινή αλλά και τη βιομηχανική του χρήση. Επίσης, δεν πρέπει να περιέχει μεγάλη ποσότητα οργανικών ουσιών, βαρέων μετάλλων αλλά ούτε και παθογόνα παράσιτα ή μικρόβια (Παναγιωτίδης & Δημητρακόπουλος, 1999).

Το πόσιμο νερό είναι απαραίτητο για τη διαβίωση του ανθρώπου τόσο σε επίπεδο διατροφής όσο και σε επίπεδο ικανοποίησης των κοινωνικών αναγκών του ανθρώπου. Το νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση πρέπει να είναι από κάθε άποψη αβλαβές για την υγεία του ανθρώπου, οργανοληπτικά άμεμπτο και απολύτως καθαρό, απαλλαγμένο από παθογόνους μικροοργανισμούς και οποιεσδήποτε ουσίες σε αριθμούς και συγκεντρώσεις που αποτελούν ενδεχόμενο κίνδυνο για τη δημόσια υγεία. Η προστασία του πόσιμου νερού αποτελεί στόχο εθνικής και κοινοτικής πολιτικής και υπόκειται σε συμφωνίες υποχρεωτικού χαρακτήρα με σκοπό τη διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του, ώστε να διασφαλίζεται η προστασία της Δημόσιας Υγείας. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης θα πρέπει να κυμαίνονται μεταξύ ορισμένων αποδεκτών ορίων, που αποτελούν και τα πρότυπα ποιότητας του νερό. Τα πρότυπα αυτά έχουν καθορισθεί με την Οδηγία 98/83 του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, της 3<sup>ης</sup> Νοεμβρίου 1998 και στη συνέχεια τροποποιήθηκαν με την οδηγία 2015/1787. Η προαναφερόμενη οδηγία δέχτηκε προσαρμογές οι οποίες αναφέρονται στην Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) Γ1(δ)/ΓΠ οικ.67322/2017 (ΦΕΚ 3282/Β/19.9.2017).

### **1.5 Ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού**

Απαραίτητο είναι να ελέγχονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού προκειμένου να προσδιορίζεται ο βαθμός, τα στάδια και οι μέθοδοι επεξεργασίας του όταν αυτό προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση. Το πόσιμο νερό πρέπει να είναι άχρωμο, διαυγές, άοσμο και εύγευστο. Η θερμοκρασία του πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 7°C και 12°C, ενώ η αντίδρασή του πρέπει να είναι από ουδέτερη ως ελαφρώς

αλκαλική (pH 6.8 - 7.8). Το στερεό υπόλειμμα δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 500 mg/L.

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού μπορούν να διακριθούν σε φυσικοχημικά, βιοχημικά και μικροβιολογικά (Μήτρακας, 2001 · Νικολαΐδης & Κωνσταντινίδης, 2009). Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένας πίνακας που αναφέρεται στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού και αφορούν οργανοληπτικές, φυσικοχημικές, μικροβιολογικές παραμέτρους, παράμετροι που αφορούν τις ανεπιθύμητες ουσίες και τοξικές ουσίες.

**Πίνακας 1: Διαχωρισμός ποιοτικών χαρακτηρισμών νερού (Νταρακάς, 2010)**

<b>Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά</b>	<b>Βιοχημικά χαρακτηριστικά</b>	<b>Μικροβιολογικά χαρακτηριστικά</b>
θερμοκρασία, οξύτητα-αλκαλικότητα, αγωγιμότητα, αλατότητα, θολότητα, οσμή, γεύση, χρώμα, στερεές ουσίες, διάφορα άλατα, σκληρότητα του νερού, διάφορα κατιόντα(ασβεστίου, μαγνησίου, νατρίου, καλίου) ανιόντα (ανθρακικά, όξινα ανθρακικά, χλωριούχα, θειικά), θρεπτικά συστατικά, διάφορα ιχνοστοιχεία και τα βαριά μέταλλα όπως ο μόλυβδος (Pb), ο υδράργυρος (Hg), το κάδμιο (Cd), το χρώμιο (Cr).	διαλυμένο οξυγόνο (D.O.), η οργανική ύλη, ουσίες δηλαδή οι οποίες προσδιορίζονται με το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD), το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD) και τον ολικό οργανικό άνθρακα (TOC)	οι μικροοργανισμοί, τα βακτήρια, οι ιοί, οι μύκητες, τα φύκια (άλγη), τα πρωτόζωα, και τα μαλακόστρακα

Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά:

- Χρώμα: το πόσιμο νερό πρέπει να είναι άχρωμο. Πολλές φορές όμως είναι χρωματισμένο γεγονός που οφείλεται σε άλγες και τύρφη για τα επιφανειακά νερά, ενώ στα υπόγεια νερά οφείλεται στην παρουσία σιδήρου και μαγγανίου.

Γενικά, η ύπαρξη χρώματος είναι ανεπιθύμητη και υπάρχει περίπτωση να οφείλεται στην παρουσία από χρωστικές ουσίες διαλυμένες, είτε φυτικές ουσίες από ρίζες φυτών, φύλλα δέντρων, είτε οργανικές και ανόργανες (άλατα, σίδηρος από διάβρωση των σωλήνων). Σε περιπτώσεις εμφάνισης χρώματος το νερό πρέπει να εξεταστεί χημικά για να αναζητηθεί η προέλευση του χρώματος. Δεν υπάρχει κάποιο επιτρεπτό όριο για το χρώμα στο πόσιμο νερό. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το χρώμα στο νερό πραγματοποιείται οξείδωση, προσρόφηση, διήθηση (Νικολαΐδης & Κωνσταντινίδης, 2009).

- **Θολρότητα:** Σημαντική παράμετρος για το κατά πόσο είναι το νερό κατάλληλο για πόση, την παραγωγή τροφίμων, αναψυκτικών κ.α. αποτελεί η θολότητα. Η θολότητα του νερού θεωρείται η μη διαύγεια του εξαιτίας κολλοειδών ανόργανων ή οργανικών υλών που αιωρούνται, είτε είναι διαλυμένες στο νερό. Η μέτρηση της θολότητας γίνεται με το θολερόμετρο (ή νεφελόμετρο) και βασίζεται στη σύγκριση της έντασης του φωτός που υφίσταται διάχυση περνώντας μέσα από ένα δείγμα νερού με την ένταση του φωτός που υφίσταται διάχυση κατά τη διέλευσή του από ένα πρότυπο αιώρημα κάτω από τις ίδιες συνθήκες. Τα αιωρούμενα στερεά καθιζάνουν και δημιουργούν προβλήματα στις σωληνώσεις και στις δεξαμενές. Πολλές φορές ανάλογα με τη θολότητα του νερού επιλέγεται και η κατάλληλη μέθοδος επεξεργασίας. Αναποτελεσματική η μέθοδος της απολύμανσης σε περίπτωση θολότητας γιατί σωματίδια που αιωρούνται εγκλωβίζουν διάφορους παθογόνους οργανισμούς. Το πόσιμο νερό πρέπει να είναι διαυγές για να καταναλωθεί και προκειμένου να αντιμετωπιστεί η θολότητα πραγματοποιείται καθίζηση ή διήθηση (Νταρακάς, 2010).
- **Οσμή- Γεύση:** Το νερό πρέπει να είναι άοσμο. Οποιαδήποτε δυσάρεστη οσμή (λόγω παρουσίας χημικών ουσιών) προειδοποιεί πως το νερό είναι ακατάλληλο προς πόση και χρήση. Η δυσάρεστη οσμή στα επιφανειακά νερά συνήθως προκύπτει από την αποσύνθεση της οργανικής ύλης και την αποικοδόμηση φυτικών υλικών στο νερό, η οποία επηρεάζεται από τις εποχικές αλλαγές της θερμοκρασίας. Αρκετά υπόγεια νερά έχουν δυσάρεστη οσμή αλλά και γεύση που οφείλεται στο περιεχόμενο υδρόθειο (H<sub>2</sub>S). Το



υδρόθειο στα υπόγεια νερά προέρχεται συνήθως από την αναγωγή των θεικών αλάτων εξαιτίας αναερόβιων βιολογικών διεργασιών. Το υπολειμματικό χλώριο των δικτύων ύδρευσης είναι αυτό που αντιλαμβάνεται ο καταναλωτής και το συσχετίζει με την οσμή και τη γεύση του νερού. Το πόσιμο νερό πρέπει να είναι άγευστο. Η γεύση του πόσιμου νερού μπορεί οφείλεται στα διαλυμένα αέρια που περιέχει ή στην παρουσία διαφόρων αλάτων π.χ. θεικού μαγνησίου καθώς επίσης στην παρουσία κάποιων μετάλλων, όπως είναι ο σίδηρος (Fe), ο χαλκός (Cu), το μαγγάνιο (Mn) και ο ψευδάργυρος (Zn). Η παρουσία χημικών ενώσεων προσδίδει πολλές φορές δυσάρεστη γεύση και καθιστά το νερό ακατάλληλο για πόση. Η αντιμετώπιση των οσμών και των δυσάρεστων γεύσεων γίνεται με οξείδωση, διήθηση και προσρόφηση (Ζανάκη, 2001).

- **Θερμοκρασία:** Η θερμοκρασία είναι παράγοντας που επηρεάζει τη γεύση του νερού. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, το νερό είναι λιγότερο εύγευστο, γιατί εκδιώκονται τα διαλυμένα σ' αυτό αέρια. Το νερό για να έχει ευχάριστη γεύση πρέπει να βρίσκεται μεταξύ 5-15°C. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, το νερό είναι λιγότερο εύγευστο. Όταν η θερμοκρασία του νερού ξεπερνά τους 20°C, έχει δυσάρεστη γεύση και θεωρείται ακατάλληλο. Όσο πιο υψηλή θερμοκρασία έχει το νερό τόσο πιο εύκολα και γρήγορα πολλαπλασιάζονται τα μικρόβια (Νταρακάς, 2010).
- **Αγωγιμότητα:** Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού αναφέρεται στην ικανότητά του να μεταφέρει (άγει) ηλεκτρικά φορτία. Αυτή η ικανότητα εξαρτάται από την παρουσία ιόντων, την ολική τους συγκέντρωση, το σθένος και τις επιμέρους συγκεντρώσεις τους, καθώς και από τη θερμοκρασία μέτρησης. Η μέτρηση της αγωγιμότητας μας δίνει διάφορες πληροφορίες για τις διαλυμένες ουσίες και τα άλατα στο πόσιμο νερό. Οι τιμές της αγωγιμότητας είναι ενδεικτικές για την ποιότητα των φυσικών νερών. Απότομη αύξηση της αγωγιμότητας του νερού ενός φυσικού αποδέκτη αποτελεί ένδειξη ρύπανσης. Η αγωγιμότητα αλλάζει όταν απόβλητα και ρύποι εισέρχονται στους υδάτινους αποδέκτες. Η αντιμετώπιση της υψηλής

αγωγιμότητας του νερού γίνεται με ιζηματοποίηση, ιοντοεναλλαγή και αντίστροφη ώσμωση (Μήτρακας, 2001).

- **Σκληρότητα:** Η σκληρότητα εκφράζει την περιεκτικότητα του νερού σε πολυσθενή κατιόντα κυρίως ασβεστίου και μαγνησίου και διακρίνεται σε ολική, προσωρινή και μόνιμη. Το σκληρό νερό δεν έχει καλή γεύση, εμποδίζει το καλό βράσιμο των τροφίμων, δεν κάνει αφρό με το σαπούνι και δημιουργεί επικαθήσεις στις σωληνώσεις και στις οικιακές συσκευές. Επίσης, σε ορισμένες βιομηχανίες (βυρσοδεψεία, βαφεία, χημικών και φαρμακευτικών προϊόντων) το σκληρό νερό δημιουργεί προβλήματα στην κατεργασία και στο τελικό προϊόν. Τέλος, η παρουσία της σκληρότητας στο νερό δημιουργεί προβλήματα στους ατμολέβητες, αφήνοντας μετά την εξάτμιση σημαντικές ποσότητες στερεών αποθεμάτων (Ζανάκη, 2001).
- **Οξύτητα:** Η ενεργός οξύτητα (pH) του νερού εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την αλατότητα, την παρουσία ανιόντων θείου, χλωρίου κ.ά., κατιόντων ασβεστίου, μαγνησίου κ.ά., τις συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα και του οξυγόνου, καθώς και από τη μεταβολική δραστηριότητα των υδρόβιων οργανισμών (φωτοσύνθεση, αναπνοή) και την αποσύνθεση των οργανικών ουσιών. Η ενεργός οξύτητα επηρεάζει πολλές βιολογικές και χημικές αντιδράσεις και πολλές φορές χρησιμεύει σαν δείκτης ρύπανσης. Η μέτρηση του pH είναι μία από τις σημαντικότερες μετρήσεις κατά την αξιολόγηση της ποιότητας του νερού ενός οικοσυστήματος. Το pH μπορεί να μετρηθεί ηλεκτρομετρικά (πεχάμετρο), χρωματομετρικά (χρησιμοποίηση δεικτών που αλλάζουν χρώμα σε διαφορετικές τιμές pH), με χρήση φασματοφωτόμετρου κ.ά. Τα περισσότερα νερά στη φύση έχουν τιμές pH που κυμαίνονται μεταξύ των 4-9 μονάδων, επομένως για να μην επηρεάζεται η διαβρωτικότητα του νερού που προορίζεται για κατανάλωση έχει ορισθεί μια παραμετρική τιμή για την ενεργό οξύτητα και είναι 6,5-8,5. Η τιμή του pH στο νερό της βρύσης εξαρτάται από την εταιρεία που προετοιμάζει το πόσιμο νερό. Συνήθως είναι ελαφρά αλκαλικό με τιμές pH 7,5 με 8,5. Χαμηλές τιμές του pH οφείλονται συχνά στην εισαγωγή οξέων στα επιφανειακά νερά (για παράδειγμα όξινη βροχή, αστικά και βιομηχανικά απόβλητα κ.ά.). Αλκαλικές τιμές pH

συναντώνται σε περιπτώσεις έντονης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας όπως είναι ο ευτροφισμός (κατά τη φωτοσύνθεση, το φυτοπλαγκτόν μειώνει τη συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> του νερού), σε περιπτώσεις ρύπανσης του νερού με αλκαλικές ουσίες (απορρυπαντικά από αστικά και βιομηχανικά απόβλητα) και σε αυξημένες συγκεντρώσεις ασβεστίου, νατρίου και μαγνησίου (Νταρακάς, 2010).

- Κατιόντα (K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>): Το κάλιο είναι άφθονο στη φύση, οπότε είναι λογικό να βρίσκεται σε όλα τα φυσικά νερά. Σπάνια όμως η περιεκτικότητά του στο νερό φθάνει τα 20 mg/L. Σύμφωνα με τις οδηγίες τις Ε.Ε το ενδεικτικό επίπεδο της περιεκτικότητας καλίου στα πόσιμα νερά είναι τα 10 mg/L και να μην υπερβαίνει τα 12 mg/L.

Το νάτριο είναι βασικό στοιχείο για τον άνθρωπο. Είναι άφθονο στη φύση και υπάρχει σε όλα τα φυσικά νερά σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 1 - 500 mg/L. Στο πόσιμο νερό δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 20 mg/L, εκτός των περιπτώσεων που έχει γίνει αποσκλήρυνση με τη μέθοδο της ιοντοεναλλαγής σε νερά με μεγάλη σκληρότητα ή όταν παρατηρείται διείσδυση θαλασσινού νερού. Σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 200 mg/L η γεύση του νερού επηρεάζεται. Το νάτριο και κυρίως η αναλογία του προς τα άλλα κατιόντα στο νερό, έχει μεγάλη σημασία για τη γεωργία και την ανθρώπινη παθολογία. Η διαπερατότητα του εδάφους επηρεάζεται αρνητικά από μεγάλη αναλογία νατρίου στο νερό.

Το ασβέστιο υπάρχει σε όλα τα φυσικά νερά και προέρχεται από την διάβρωση των πετρωμάτων (ασβεστόλιθος, δολομίτης, γύψος). Η συγκέντρωση του κυμαίνεται από μηδέν μέχρι μερικές εκατοντάδες mg/L ανάλογα με την προέλευση του. Η παρουσία ασβεστίου συντελεί στην ολική σκληρότητα του νερού. Οι συγκεντρώσεις ανθρακικού ασβεστίου εμποδίζουν τη διάβρωση των μεταλλικών σωλήνων ιδιαίτερα εκείνες από τις οποίες διέρχεται ζεστό νερό γιατί σχηματίζουν ένα προστατευτικό επίστρωμα. Μπορεί να αποτελεί πολύ σημαντικό κατιόν για τον ανθρώπινο οργανισμό αλλά οι διαταραχές του δεν είναι ιδιαίτερα έντονες και για αυτό δεν υπάρχει ανώτατο αποδεκτό όριο από την Ε.Ε. όσο αφορά της αρνητικές συνέπειες στη υγεία. Ενδεικτική τιμή ασβεστίου είναι 100 mg/L.

Το μαγνήσιο είναι άφθονο στη φύση και αποτελεί βασικό συστατικό των φυσικών νερών. Τα άλατά του μαζί με του ασβεστίου αποτελούν την

ολική σκληρότητα του νερού και όταν θερμανθούν σχηματίζουν επικαθήσεις στις σωληνώσεις και τους λέβητες. Νερά με συγκεντρώσεις μαγνησίου μεγαλύτερες από 125 mg/L μπορεί να έχουν καθαρτικές και διουρητικές ιδιότητες.

Τα υπόγεια νερά περιέχουν συνήθως αμμωνία σε χαμηλές συγκεντρώσεις (περίπου 0,2 mg/L). Σε υπόγεια νερά κάτω από εδάφη δασών παρατηρούνται υψηλότερες συγκεντρώσεις. Η αμμωνία δεν επηρεάζει άμεσα την υγεία στις συγκεντρώσεις που ενδέχεται να υπάρχει στο πόσιμο νερό, αποτελεί όμως σημαντικό δείκτη ρύπανσης από κοπρανώδεις ουσίες. Σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 0,2 mg/L δημιουργεί προβλήματα οσμής και γεύσης στο νερό και ελαττώνει την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης. Επίσης, συμβάλλει στο σχηματισμό νιτρικών αλάτων στα συστήματα ύδρευσης.

Τα κατιόντα αντιμετωπίζονται με διάφορες μεθόδους όπως οξείδωση, ιοντοανταλλαγή, καθίζηση, διήθηση ή αντίστροφη ώσμωση (Μήτρακας, 2001).

- Ανιόντα ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ )

Τα χλωριούχα ιόντα είναι γνωστά ως άλατα νατρίου, καλίου, ασβεστίου και μαγνησίου και προέρχονται από τη διάβρωση των πετρωμάτων ή από την χρήση λιπασμάτων, από λύματα και βιοχημικά απόβλητα ή από την διείσδυση θαλασσινού νερού σε παράκτιες περιοχές. Είναι πολύ ευδιάλυτα και διεισδύουν στο έδαφος. Τα χλωριούχα μπορούν όμως να προκύψουν και από τη χρήση λιπασμάτων, από λύματα και βιομηχανικά απόβλητα ή διείσδυση θαλασσινού νερού σε παράκτιες περιοχές. Δεν έχουν επιβλαβή επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό, αλλά σε υψηλές συγκεντρώσεις δίνουν στο πόσιμο νερό γλυφή γεύση. Ενδεικτική παραμετρική τιμή χλωριόντων στο πόσιμο νερό είναι 250 mg/Lt σύμφωνα με την νομοθεσία της Ε.Ε. Η απότομη αύξηση των χλωριούχων στο νερό, αν δεν οφείλεται στην είσοδο θαλασσινού νερού, δείχνει πιθανή ρύπανση από λύματα και απαιτείται άμεση υγειονομική επιθεώρηση.

Το φθόριο υπάρχει στα νερά με τη μορφή φθοριούχων αλάτων, που προέρχονται από ηφαιστειογενή πετρώματα. Συνήθως βρίσκεται στα υπόγεια παρά στα επιφανειακά νερά. Περιοχές που είναι πλούσιες σε φθοριούχα

ορυκτά μπορεί να παράγουν νερό με συγκεντρώσεις μέχρι και 10 mg/L. Υψηλές συγκεντρώσεις φθορίου σε επιφανειακό νερό μπορεί να προκύψουν από βιομηχανική μόλυνση (επεξεργασία αλουμινίου, υαλουργεία, φωσφορικά λιπάσματα). Ενδεικτική παραμετρική τιμή ορίζεται το 1,5 mg/L.

Τα νιτρώδη και τα νιτρικά άλατα υπάρχουν στα φυσικά νερά, αλλά η συγκέντρωσή τους πρέπει να είναι χαμηλή. Όταν παρουσιάζονται υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών αλάτων μπορεί να οφείλονται σε λιπάσματα, απορρίμματα και ζωικά ή ανθρώπινα απόβλητα. Υπάρχουν ακόμη και στον αέρα, λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, με αποτέλεσμα να παρασύρονται από τη βροχή ή να αποτίθενται στο έδαφος. Τα πόσιμα νερά που περιέχουν μεγάλες ποσότητες νιτρικών ή νιτρωδών ιόντων δημιουργούν προβλήματα στην υγεία του ανθρώπου. Τα όρια στο πόσιμο νερό είναι 50 mg/L για τα νιτρικά και 0.5 mg/L για τα νιτρώδη.

Τα θειικά ιόντα στα φυσικά νερά εμφανίζονται κυρίως από το νερό της βροχής καθώς και από τα ιζηματογενή πετρώματα που περιέχουν θειικό ασβέστιο ή θειικό πυρίτιο. Θειούχες ενώσεις χρησιμοποιούνται επίσης σε διάφορα αγροτικά λιπάσματα, εντομοκτόνα και μυκητοκτόνα, ενώ χρησιμοποιούνται και από την χημική βιομηχανία για την παρασκευή υαλικών, χαρτικών και συνθετικών υφασμάτων. Το όριο των θειικών στο πόσιμο νερό είναι 250 mg/L. Όταν υπερβαίνεται η παραμετρική τιμή προκαλούνται προβλήματα οσμής και γεύσης, ενώ δεν έχουν παρατηρηθεί άμεσες επιπτώσεις στην υγεία (Νικολαΐδης & Κωνσταντινίδης, 2009).

- Στερεές ουσίες

Ως στερεές ουσίες χαρακτηρίζονται οι ουσίες οι οποίες υπάρχουν στο νερό και διακρίνονται σε α) διαλυμένες που δεν φαίνονται, β) σε κολλοειδείς, οι οποίες επίσης δεν φαίνονται λόγω μεγέθους και γ) σε αδιάλυτες οι οποίες συνήθως φαίνονται. Οι αδιάλυτες ουσίες, ανάλογα με το ειδικό τους βάρος, είτε θα επιπλέουν, είτε θα αιωρούνται είτε θα καθιζάνουν. Τα ολικά στερεά (TS) ανήκουν στα φυσικά συστατικά του νερού και βρίσκονται αιωρούμενα (TSS) ή διαλυμένα (TDS) στη μάζα του νερού. Τα αιωρούμενα στερεά έχουν μέγεθος μεγαλύτερο από 1 μm και τα διαλυμένα που είναι μικρά μόρια έχουν μέγεθος μικρότερο από 1 nm. Τα αιωρούμενα στερεά (TSS) είναι το κύριο αίτιο της θολότητας του νερού. Η κύρια πηγή προέλευσής τους είναι η

αποσάθρωση των πετρωμάτων και οι βιολογικές διεργασίες. Στο πόσιμο νερό, η παρουσία στερεών αλλοιώνει τα χαρακτηριστικά του (θολερότητα, γεύση) και όταν το πόσιμο νερό έχει συγκέντρωση στερεών πάνω από 500 mg/Lt αρχίζει να έχει ιδιαίτερη γεύση (Ζανάκη, 2001).

- Θρεπτικά συστατικά (N, P, Si)

Άζωτο (N): τα φυσικά νερά εμπλουτίζονται με αζωτούχες ενώσεις από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Οι μέγιστες συγκεντρώσεις κυμαίνονται από 10 ως 1000 μg/L. Αρκετές είναι οι ενώσεις του αζώτου που περιέχονται στα θρεπτικά στοιχεία του φυτοπλαγκτού. Τα άλατα του αζώτου προέρχονται συνήθως από το ίζημα και απελευθερώνονται ως αμμωνία σε ανοξικές συνθήκες και ως νιτρικά όταν το διαλυμένο οξυγόνο βρίσκεται σε αφθονία. Ο προσδιορισμός των διαφόρων ενώσεων του αζώτου στο πόσιμο νερό αποτελεί δείκτη για την υγειονομική ποιότητα του νερού. Η μέτρηση των ενώσεων του αζώτου στο νερό ήταν ο μόνος δείκτης για πιθανή μόλυνση προτού εξελιχθούν οι βακτηριολογικές αναλύσεις. Όταν τα νερά έχουν πρόσφατα ρυπανθεί, το άζωτο βρίσκεται υπό την μορφή οργανικού αζώτου και αμμωνίας. Καθώς περνάει ο χρόνος το οργανικό άζωτο μετατρέπεται σταδιακά σε αμμωνία και αργότερα, εάν υπάρχουν αερόβιες συνθήκες γίνεται οξείδωση της αμμωνίας σε νιτρώδη και νιτρικά. Με βάση τα παραπάνω, νερά που περιέχουν μεγάλη ποσότητα οργανικού αζώτου και αμμωνίας θεωρούνται ότι έχουν ρυπανθεί πρόσφατα και επομένως παρουσιάζουν μεγάλο κίνδυνο για τη δημόσια υγεία. Νερά όπου το άζωτο βρίσκεται υπό μορφή νιτρικών σημαίνει ότι έχουν ρυπανθεί πριν από αρκετό καιρό και επομένως δεν αποτελούν άμεση απειλή για την δημόσια υγεία.

Φώσφορος (P): Ο φώσφορος απελευθερώνεται κατά την αποσύνθεση των οργανικών ουσιών και προσλαμβάνεται από το φυτοπλαγκτόν και την υπόλοιπη υδρόβια βλάστηση. Η αποικοδόμηση των οργανισμών εμπλουτίζει το νερό με φωσφορικές ενώσεις που καθιζάνουν στον πυθμένα, ενώ παράλληλα συμβαίνει διάχυση του φωσφόρου από το ίζημα στο νερό. Ο φώσφορος, όπως και το άζωτο, είναι βασικό στοιχείο για την ανάπτυξη των φυκιών και η περιεκτικότητά του στα νερά αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στον ευτροφισμό των επιφανειακών νερών. Στα περισσότερα φυσικά νερά οι συγκεντρώσεις του ολικού φωσφόρου, δηλαδή το σύνολο του ανόργανου και

του οργανικού, του διαλυμένου και του σωματιδιακού φωσφόρου, κυμαίνονται συνήθως μεταξύ 10 και 50  $\mu\text{g/L}$ . Ωστόσο σε μη παραγωγικά, ολιγότροφα νερά η συγκέντρωση του ολικού φωσφόρου μπορεί να είναι μικρότερη από 5  $\mu\text{g/L}$ , ενώ σε πολύ εύτροφες συνθήκες μπορεί να υπερβαίνει τα 100  $\mu\text{g/L}$ . Η μεγαλύτερη ποσότητα ανόργανου φωσφόρου οφείλεται στα αστικά λύματα και προέρχεται από τη διάσπαση των πρωτεϊνών κατά τον μεταβολισμό. Επίσης, υπάρχει σε πολλά απορρυπαντικά και στα φωσφορικά λιπάσματα. Μικρά ποσά φωσφορικών εισέρχονται στα δίκτυα από την επεξεργασία του νερού, όπου χρησιμοποιούνται για να εμποδιστεί η διάβρωση στις σωληνώσεις και οι επικαθήσεις στους λέβητες. Δεν έχουν αναφερθεί σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων.

Πυρίτιο (Si): Το διοξείδιο του πυριτίου υπάρχει στα επιφανειακά και υπόγεια νερά. Υπάρχει σε διάλυση, αιωρούμενο ή σε κολλοειδή κατάσταση. Το πυρίτιο εμφανίζεται στο νερό από τις εκροές αποβλήτων από τις βιομηχανίες που χρησιμοποιούν πυριτικές ενώσεις στις διεργασίες τους όπως γίνεται στα εργαστήρια κεραμικής, παραγωγής γυαλιού και στη στίλβωση. Το πυρίτιο είναι επίσης απαραίτητο στοιχείο για συγκεκριμένα υδρόβια φυτά. Απορροφάται κατά τη διάρκεια της κυτταρικής αύξησης και απελευθερώνεται κατά την αποσύνθεση προκαλώντας εποχιακή διακύμανση στις συγκεντρώσεις, ιδιαίτερα στις λίμνες. Η συγκέντρωση πυριτίου στα ποτάμια και στις λίμνες συνήθως διαφέρει μέσα σε ένα εύρος τιμών που κυμαίνεται από 1 έως 30  $\text{mg/l}$  (Νταρακάς, 2010).

- **Ιχνοστοιχεία – Βαριά μέταλλα**

Τα ιχνοστοιχεία (Fe, Mn, Ca, Mg, K, Na, Zn κ.λπ.) είναι απαραίτητα για όλα τα έμβια όντα, είναι όμως τοξικά σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις.

Σίδηρος (Fe) :ο άνθρωπος προσλαμβάνει το σίδηρο από φυτικές και ζωικές τροφές και αποτελεί βασικό στοιχείο για τη σύνθεση της αιμοσφαιρίνης. Ο σίδηρος υπάρχει κυρίως στα υπόγεια νερά και οφείλεται σε πετρώματα που είναι πλούσια σε άλατα σιδήρου ή στη διάβρωση κάποιου παλιού δικτύου ύδρευσης. Ο σίδηρος ακόμα και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις, όταν υφίσταται, ανιχνεύεται από τη γεύση του νερού. Όταν ο σίδηρος εμφανίζεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις, προκαλεί προβλήματα στα

πλυντήρια και στα υφαντήρια, γιατί δημιουργούνται λεκέδες στα υφάσματα και στους αγωγούς διανομής νερού ευνοώντας έτσι την ανάπτυξη βακτηρίων.

**Μαγγάνιο:** το μαγγάνιο θεωρείται ένα από τα λιγότερα τοξικά στοιχεία για τον άνθρωπο. Όταν, εμφανίζεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στο νερό, η γεύση του νερού είναι δυσάρεστη και η παρουσία του ευνοεί την ανάπτυξη μικροοργανισμών και συνεπώς την αύξηση της θολότητας και τη δημιουργία οσμών. Οι συγκεντρώσεις που έχουν αναφερθεί ότι κάνουν αισθητή την δυσάρεστη αυτή γεύση κυμαίνονται πάρα πολύ, από 0,5 έως 180 mg/L.

**Χαλκός:** Ο χαλκός είναι βασικό στοιχείο στον ανθρώπινο μεταβολισμό. Τα άλατα του χαλκού είναι τοξικά στα υδρόβια φυτά και χρησιμοποιούνται για να περιοριστεί η ανάπτυξη των φυκιών. Στο πόσιμο νερό εμφανίζεται εξαιτίας της διάβρωσης των χάλκινων σωληνώσεων. Ο χαλκός προσδίδει χρώμα και στυπτική γεύση στο πόσιμο νερό.

**Ψευδάργυρος:** Ο ψευδάργυρος είναι σημαντικό στοιχείο για τον άνθρωπο και τα ζώα. Τα απόβλητα μεταλλείων και η διάβρωση γαλβανισμένων σωλήνων αποτελούν πηγή ψευδαργύρου στο νερό. Όταν εμφανίζεται στο πόσιμο νερό σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 5 mg/L του προσδίδουν χρώμα και στυπτική γεύση.

**Κάδμιο:** Το κάδμιο είναι ένα από τα πιο τοξικά μέταλλα. Στα φυσικά νερά βρίσκεται κυρίως στα ιζήματα των βυθών και σε αιωρούμενα σωματίδια και η συγκέντρωση του καδμίου είναι κάτω από 1 μg/L σε μη ρυπασμένα νερά. Τα βιομηχανικά απόβλητα και η διάβρωση των γαλβανισμένων σωλήνων συνιστούν πηγές του καδμίου στο νερό. Σε συστήματα ύδρευσης που τροφοδοτούνται με μαλακό νερό χαμηλού pH, μπορεί να βρεθούν ψηλές συγκεντρώσεις καδμίου, επειδή αυτά τα νερά είναι πιο διαβρωτικά και η διαλυτότητά του καδμίου στο νερό εξαρτάται από το pH και τη σκληρότητα. Η συγκέντρωσή του στο πόσιμο νερό δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 5 μg/L.

**Χρώμιο :** Το χρώμιο (Cr) υπάρχει στο φλοιό της γης και εμφανίζεται σαν τρισθενές και εξασθενές χρώμιο. Στα νερά βρίσκονται κυρίως άλατα του εξασθενούς χρωμίου, επειδή είναι ευδιάλυτα, ενώ σπάνια υπάρχει σαν τρισθενές, γιατί οι ενώσεις του είναι αδιάλυτες και καθιζάνουν. Από την ατμόσφαιρα παρασύρεται με τη βροχή ή εναποτίθεται στο έδαφος ρυπαίνοντας τα επιφανειακά νερά. Η μέση συγκέντρωση χρωμίου στο νερό της βροχής είναι 0,2 - 1 μg/L, στο θαλασσινό νερό 0,05 μg/L, στα φυσικά



νερά 0,5 - 2  $\mu\text{g/L}$ , ενώ στα υπόγεια νερά είναι πολύ χαμηλή. Τα βιομηχανικά απόβλητα αυξάνουν τις συγκεντρώσεις του χρωμίου στα νερά. Το χρώμιο χρησιμοποιείται κυρίως στην μεταλλουργία, σε συντηρητικά ξυλείας και μη θερμαγωγά τούβλα. Οι ενώσεις χρωμίου έχουν πολύ μικρή διαλυτότητα στο νερό ενώ στο θαλάσσιο περιβάλλον εναποτίθενται συνήθως στο ίζημα όπου δύσκολα διαλύονται. Οι επιδράσεις του χρωμίου στην υγεία εξαρτώνται από τη μορφή του. Το εξασθενές χρώμιο είναι πολύ τοξικό και προκαλεί βλάβες στο δέρμα, στο συκώτι και θεωρείται καρκινογόνο. Το τρισθενές χρώμιο δεν έχει βρεθεί ότι προκαλεί βλάβες στην υγεία.

**Μόλυβδος:** Τα φυσικά νερά δεν περιέχουν μόλυβδο πάνω από 5  $\mu\text{g/L}$ . Μεγαλύτερες συγκεντρώσεις οφείλονται σε απόβλητα ορυχείων και βιομηχανιών. Ο μόλυβδος χρησιμοποιείται στην παραγωγή μπαταριών, χρωστικών, κραμάτων και αντισκωριακών. Οι επιπτώσεις του μόλυβδου στην υγεία είναι γνωστές από την αρχαιότητα. Δηλητηριάσεις από μόλυβδο μπορεί να οφείλονται στη διάβρωση μολύβδινων σκευασμάτων αλλά και υδραυλικών εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούν μολυβδοσωλήνες. Ο μόλυβδος δρα συσσωρευτικά και προκαλεί βλάβες στο συκώτι, τον εγκέφαλο και το κεντρικό νευρικό σύστημα. Στο πόσιμο νερό δεν θα πρέπει να ανιχνεύεται σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 10 $\mu\text{g/L}$  (Μήτρακας, 2001).

#### Βιοχημικά χαρακτηριστικά:

- **Διαλυμένο Οξυγόνο:** Η ύπαρξη διαλυμένου οξυγόνου στο νερό αφορά την ανάπτυξη των περισσότερων μορφών ζωής και ιδιαίτερα των υδρόβιων οργανισμών. Η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την ατμοσφαιρική πίεση, την περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα και οργανικές ουσίες, το περιεχόμενο σε μικροοργανισμούς κ.ά. Το διαλυμένο οξυγόνο ελαττώνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία και η αλατότητα του νερού. Εμφανίζεται μείωση ή έλλειψη του οξυγόνου όταν παρουσιαστεί άφθονο θρεπτικό υλικό από ανθρώπινες δραστηριότητες. Στο πόσιμο νερό, η περιεκτικότητα σε διαλυμένο οξυγόνο πρέπει να είναι στο σημείο κορεσμού, δηλ. 100%, οπότε το νερό έχει ευχάριστη γεύση. Δεν έχουν αναφερθεί επιπτώσεις στην υγεία, που να συνδέονται άμεσα με την ελάττωση ή την έλλειψη διαλυμένου οξυγόνου στο πόσιμο νερό. Οι έμμεσες επιπτώσεις

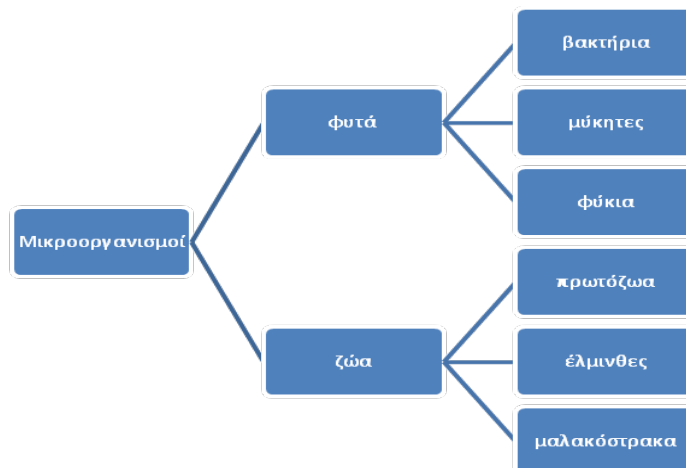
της ελάττωσης του διαλυμένου οξυγόνου είναι ότι διαβρώνονται οι σωληνώσεις με αποτέλεσμα να αυξάνεται η περιεκτικότητα του νερού σε μέταλλα καθώς και δημιουργούνται αναερόβιες συνθήκες που βοηθούν την αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη, των θεικών σε θειούχα, με συνέπεια τη δημιουργία δυσάρεστων οσμών.

- **Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο :** Η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου που χρησιμοποιούν οι αερόβιοι μικροοργανισμοί για την πλήρη βιοχημική αποδόμηση των οργανικών ουσιών του υδάτινου αποδέκτη ονομάζεται βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (B.O.D). Η σημασία του BOD έγκειται στο ότι αποτελεί μέτρο της κατανάλωσης του διαλυμένου οξυγόνου από τους μικροοργανισμούς για την οξείδωση της οργανικής ύλης που είναι το κυριότερο ρυπαντικό αποτέλεσμα των αποβλήτων στους αποδέκτες. Η παρουσία τοξικών ουσιών καταστρέφει το σύνολο ή τμήμα των μικροοργανισμών και παρεμποδίζει τον παραπάνω προσδιορισμό. Στο καθαρό νερό η τιμή του BOD5 είναι 1ppm. Όταν η τιμή του BOD5 προσεγγίζει τα 5ppm, το νερό έχει ρυπανθεί.
- **Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο:** Το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο είναι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για τη χημική οξείδωση της οργανικής ύλης σε CO<sub>2</sub> και νερό. Οι υψηλές συγκεντρώσεις του COD φανερώνουν ρύπανση των υδάτων από ανόργανες και οργανικές ουσίες και μικροοργανισμούς που μπορεί να οδηγήσουν στη θανάτωση των υδρόβιων οργανισμών. Η μέτρηση του COD γίνεται συμπληρωματικά ή αντί της μέτρησης του BOD. Σημαντικό είναι ότι ολοκληρώνεται σε 2-3 ώρες και μετρά όχι μόνο τη βιοδιασπώμενη αλλά και τη μη βιοδιασπώμενη οργανική ύλη.
- **Ολικός οργανικός άνθρακας:** Είναι μέτρο που αφορά μικρές συγκεντρώσεις οργανικής ύλης που ενδιαφέρουν την παραγωγή πόσιμου νερού. Σε αντίθεση με το BOD ή το COD, το TOC δεν έχει να κάνει με την οξειδωτική κατάσταση του οργανικού φορτίου και δεν μετρά άλλα οργανικώς δεσμευμένα στοιχεία, όπως άζωτο, υδρογόνο και ανόργανα συστατικά τα

οποία μπορούν να συνεισφέρουν στο απαιτούμενο οξυγόνο μετρούμενα με BOD και COD. Η μέτρηση του TOC είναι ζωτικής σημασίας κατά το χειρισμό και επεξεργασία του νερού και την επεξεργασία αποβλήτων. Όσον αφορά το πόσιμο νερό οι τιμές του TOC ποικίλουν από λιγότερο από 100 µg/L σε περισσότερο από 25.000 µg/L (Ζανάκη, 2001).

Μικροβιολογικά χαρακτηριστικά:

- Μικροοργανισμοί: Μικροοργανισμοί λέγονται οι οργανισμοί που δεν φαίνονται με γυμνό μάτι και έχουν πολύ σημαντικό ρόλο στην ποιότητα των νερών. Είναι υπεύθυνοι για πολλές ασθένειες που μεταδίδονται μέσω των νερών, για την οσμή και τη γεύση του πόσιμου νερού, τη διάβρωση των μετάλλων και του σκυροδέματος καθώς επίσης και για τον ευτροφισμό των υδάτινων οικοσυστημάτων (Μήτρακας, 2001). Οι μικροοργανισμοί θα μπορούσαν να καταταγούν ως εξής:



**Σχήμα. 1 Κατάταξη μικροοργανισμών σε φυτά και ζώα (Νταρακάς, 2010).**

Η ταξινόμηση των μικροοργανισμών βασίζεται:

- ✓ στην κυτταρική τους δομή (προκαρυωτικοί, ευκαρυωτικοί)
- ✓ τις ανάγκες και τη σχέση τους με το οξυγόνο (αερόβιοι, αναερόβιοι, επαμφοτερίζοντες),
- ✓ το είδος του μεταβολισμού τους, δηλαδή φωτοαυτότροφοι, φωτοετερότροφοι, χημειοαυτότροφοι,– χημειοετερότροφοι.

- **Βακτήρια:** Τα βακτήρια είναι προκαρυωτικοί μονοκύτταροι οργανισμοί με μέγεθος που κυμαίνεται από 0,5 – 5 μm και έχουν διάφορα σχήματα (σφαιρικά, ραβδόμορφα, σπειροειδή). Με δυαδική διάσπαση γίνεται η αναπαραγωγή τους και χρειάζονται περίπου 20 λεπτά. Ο τυφοειδής πυρετός, η δυσεντερία, η γαστρεντερίτιδα, η μολυσματική ηπατίτιδα και η χολέρα είναι μερικές από τις ασθένειες που οφείλονται σε βακτήρια. Όλες οι παροχές νερού που δεν ελέγχονται από οργανωμένες εταιρίες ύδρευσης πρέπει να εξετάζονται για το βιολογικό τους περιεχόμενο πριν από τη χρήση και την κατανάλωση.
- **Οι μύκητες:** Οι μύκητες είναι χημειοετερότροφοι αερόβιοι πολυκυτταρικοί μικροοργανισμοί περισσότερο ανθεκτικοί σε όξινες συνθήκες και ξηρότερο περιβάλλον από τα βακτήρια. Ζουν παρασιτικά προκαλώντας διάφορες ασθένειες στους ανθρώπους και υπάρχουν πάνω από 100.000 είδη. Οι μύκητες βρίσκονται σε μολυσμένους υδάτινους αποδέκτες και σε εγκαταστάσεις βιολογικής επεξεργασίας αποβλήτων. Πολλές φορές θεωρούνται υπεύθυνοι για δυσάρεστες οσμές και γεύσεις του νερού.
- **Οι ιοί που μπορούν να μεταδοθούν υδατογενώς** είναι εκείνοι που πολλαπλασιάζονται στο έντερο του ανθρώπου και αποβάλλονται σε μεγάλο αριθμό με τα κόπρανα. Αν και είναι αδύνατον να πολλαπλασιαστούν εκτός κυττάρων μπορούν να επιβιώσουν στο νερό και το περιβάλλον για μεγάλες χρονικές περιόδους. Επειδή είναι πάρα πολύ μικροί σε μέγεθος απομακρύνονται πολύ δύσκολα από τα νερά, είναι πολύ ανθεκτικοί στις συνήθεις μεθόδους απολύμανσης των νερών.
- **Τα φύκια:** Τα φύκια είναι φωτοαυτότροφοι φωτοσυνθετικοί πολυκυτταρικοί μικροοργανισμοί (φυτά) με περιορισμένη ικανότητα κίνησης. Έχουν χαρακτηριστικά χρώματα όπως το γαλαζοπράσινο, το πράσινο και το κιτρινοπράσινο. Τα φύκια καταναλώνουν διοξείδιο του άνθρακα, αμμωνία και φώσφορο για την παραγωγή νέων κυττάρων και οξυγόνου. Στο γλυκό νερό οι σχηματισμοί τους είναι συνήθως μικροσκοπικοί, σε αντίθεση με τα αλατούχα

νερά στα οποία μπορούν να αναπτυχθούν σε πολύ μεγάλα μεγέθη. Η παρουσία φυκιών στο νερό παρουσιάζει ενδιαφέρον λόγω της επίδρασής τους στην παρουσία του διαλυμένου οξυγόνου και της έντονης οσμής και γεύσης που δίνουν στο νερό.

- Τα πρωτόζωα: Τα πρωτόζωα είναι σχετικά ευμεγέθεις μικροοργανισμοί (10 – 100 μm) και αναπαράγονται με δυαδική διάσπαση. Τρέφονται συνήθως με διαλυμένες οργανικές ουσίες ή ακόμα και άλλους μικροοργανισμούς, κυρίως βακτήρια. Πολλά πρωτόζωα παρασιτούν στον άνθρωπο και μεταδίδονται με το μολυσμένο νερό.
- Οι έλμινθες (σκώληκες και κάμπιες): Οι έλμινθες ζουν κυρίως στους πυθμένες και παίζουν σπουδαίο ρόλο στον καθαρισμό των φυσικών νερών. Έχουν την ικανότητα να διασπούν οργανικές ουσίες που δεν έχουν διασπαστεί ολοκληρωτικά από άλλους μικροοργανισμούς. Οι μικροοργανισμοί αυτοί είναι πολύ ευαίσθητοι σε αλλαγές του περιβάλλοντος.
- Τα μαλακόστρακα: Πρόκειται για πολυκυτταρικούς μικροοργανισμούς οι οποίοι έχουν σκληρό κέλυφος και ελαστικό σώμα στο εσωτερικό. Το μέγεθός τους είναι αρκετά μεγάλο και ορισμένοι είναι ορατοί ακόμα και με γυμνό μάτι. Τα μαλακόστρακα είναι πολύ ευαίσθητα σε αλλαγές του περιβάλλοντος και αποτελούν σημαντική τροφή για τα ψάρια (Νταρακάς, 2010).

## 1.6 Νομοθεσία

Όπως προαναφέρθηκε, τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά του νερού θα πρέπει να κυμαίνονται μεταξύ ορισμένων αποδεκτών ορίων, τα οποία αποτελούν και τα πρότυπα ποιότητας τα οποία θεσπίζονται νομοθετικά. Η οδηγία 98/83/EK αναφέρεται στο πόσιμο νερό και στις ποιοτικές προδιαγραφές που πρέπει να διαθέτει για να προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση. Η οδηγία 98/83/EK δέχτηκε τροποποιήσεις

από την οδηγία 2015/1787 και στη συνέχεια διάφορες προσαρμογές από την Κοινή Υπουργική Απόφαση Γ1(δ)/ΓΠ οικ.67322/2017 που υπάρχει στο ΦΕΚ 3282/ Β/19.9.2017. Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα, νερό ανθρώπινης κατανάλωσης θεωρείται το νερό που χρησιμοποιείται είτε στη φυσική του κατάσταση, είτε μετά από επεξεργασία, ανεξάρτητα από την προέλευση του και από το εάν παρέχεται από δίκτυο διανομής, από βυτίο ή συσκευασμένο σε φιάλες ή δοχεία. Το νερό αυτό χρησιμοποιείται είτε στις βιομηχανίες είτε για οικιακή χρήση. Αφορά την πόση, το μαγείρεμα, την προπαρασκευή τροφής καθώς και άλλες οικιακές χρήσεις, ενώ στις βιομηχανίες τροφίμων και ποτών αφορά την παρασκευή, την επεξεργασία, τη συντήρηση ή την εμπορία προϊόντων ή ουσιών που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση.

Με την απόφαση Υ2/2600/2001 ορίζονται:

- Οι ποιοτικές προδιαγραφές του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης.
- Τα σημεία τήρησης των προδιαγραφών αυτών.
- Η παρακολούθηση της τήρησης των προδιαγραφών.
- Οι επανορθωτικές ενέργειες και οι περιορισμοί χρήσεως.
- Οι παρεκκλίσεις που μπορούν να δοθούν από τις παραμετρικές τιμές.
- Οι όροι εξασφάλισης της ποιότητας, επεξεργασίας, εξοπλισμού και υλικών που θα χρησιμοποιηθούν.
- Οι ζώνες προστασίας των πηγών υδροληψίας.
- Οι συναρμόδιες αρχές και οι υπεύθυνοι.
- Η ενημέρωση των συναρμόδιων αρχών και οι απαραίτητες εκθέσεις που πρέπει να συντάσσονται.
- Το χρονοδιάγραμμα συμμόρφωσης.
- Οι (εξαιρετικές) περιπτώσεις που προβλέπεται να υπάρξει παράταση εφαρμογής της.
- Οι διοικητικές και ποινικές κυρώσεις για τους παραβάτες.

Με την απόφαση οι παράμετροι και οι τιμές αυτών επανεξετάστηκαν και καθορίστηκαν νέες τιμές, προστέθηκαν και καταργήθηκαν κάποιες παραμέτρους και άλλαξε ο τρόπος κατάταξης των παραμέτρων.

Οι επιτρεπόμενες τιμές για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του πόσιμου νερού όπως αναφέρονται στο ΦΕΚ 3282/ Β/19.9.2017 ανά κατηγορία, είναι οι εξής:

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

## ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ

## Α ΜΕΡΟΣ

## 1. Μικροβιολογικές Παράμετροι

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή (αριθμός/100ml)
Escherichia coli (E.coli)	0
Εντερόκοκκοι	0

## 2. Για το νερό που πωλείται σε φιάλες ή δοχεία, ισχύουν τα ακόλουθα:

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Σημειώσεις
Escherichia coli (E.coli)	0/250 ml	
Εντερόκοκκοι	0/250 ml	
Pseudomonas aeruginosa	0/250 ml	
Αριθμός αποικιών σε 22°C	100/ml	Σημείωση 1
Αριθμός αποικιών σε 37°C	20/ml	Σημείωση 1

Σημείωση 1: Οι τιμές της ανώτατης συγκέντρωσης πρέπει να μετρώνται μέσα στις 12 ώρες που ακολουθούν τη συσκευασία, ενώ το νερό των δειγμάτων θα πρέπει να διατηρείται σε θερμοκρασία  $5\pm 3^{\circ}\text{C}$  κατά τη διάρκεια των 12 ωρών.

## 3. Για το νερό που κυκλοφορεί στο εσωτερικό δίκτυο ύδρευσης νοσοκομείων, κλινικών, κέντρων υγείας, οίκων ευγηρίας, καθορίζονται επιπλέον οι ακόλουθες παράμετροι:

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή (αριθμός/100ml)
Pseudomonas aeruginosa	0 cfu/100mL
Legionella	1000 cfu /1L

## 4. Για το νερό που κυκλοφορεί στο εσωτερικό δίκτυο ύδρευσης τουριστικών εγκαταστάσεων, ξενοδοχείων, φυλακών, στρατοπέδων καθορίζεται επιπλέον η ακόλουθη παράμετρος:

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή (αριθμός/100ml)
Legionella	1000 cfu /1L

## ΜΕΡΟΣ Β

## Χημικές Παράμετροι

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα	Σημειώσεις
Ακρυλαμίδιο	0,10	μg/l	Σημείωση 1
Αντιμόνιο	5,0	μg/l	
Αρσενικό	10	μg/l	
Βενζόλιο	1,0	μg/l	
Βενζο-α-πυρένιο	0,01	μg/l	
Βόριο	1,0	μg/l	
Βρωμικά	10	μg/l	Σημείωση 2
Κάδμιο	5,0	μg/l	
Χρώμιο	50	μg/l	Σημείωση 3
Χαλκός	2,0	μg/l	Σημείωση 3
Κυανιούχα	50	μg/l	
1,2 –διχλωροαιθάνιο	3,0	μg/l	
Επιχλωρουδρίνη	0,10	μg/l	Σημείωση 1
Φθοριούχα	1,5	μg/l	
Μόλυβδος	10	μg/l	Σημείωση 3
Υδράργυρος	1,0	μg/l	
Νικέλιο	20	μg/l	Σημείωση 3
Νιτρικά	50	μg/l	Σημείωση 4
Νιτρώδη	0,50	μg/l	Σημείωση 4
Παρασιτοκτόνα	0,10	μg/l	Σημείωση 5 και 6
Σύνολο παρασιτοκτόνων	0,50	μg/l	Σημείωση 5 και 7
Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες	0,10	μg/l	Άθροισμα συγκεντρώσεων συγκεκριμένων ενώσεων Σημείωση 8



Σελήνιο	10	μg/l	
Τετραχλωροαιθέριο και Τριχλωροαιθέριο	10	μg/l	Άθροισμα συγκεντρώσεων συγκεκριμένων παραμέτρων
Ολικά τριαλογονομεθάνια	100	μg/l	Άθροισμα συγκεντρώσεων συγκεκριμένων ενώσεων Σημείωση 9
Βινυλοχλωρίδιο	0,50	μg/l	Σημείωση 1

Σημείωση 1: Η παραμετρική τιμή αναφέρεται στην συγκέντρωση καταλοίπων μονομερούς στο νερό όπως υπολογίζεται σύμφωνα με τις προδιαγραφές περί μέγιστης μετανάστευσης εκ του αντιστοίχου πολυμερούς όταν βρίσκεται σε επαφή με το νερό.

Σημείωση 2: Εάν είναι δυνατόν, οι Αρμόδιες Αρχές, πρέπει να επιδιώκουν χαμηλότερη τιμή χωρίς να θίγεται η απολύμανση.

Σημείωση 3: Η τιμή ισχύει για δείγμα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης που λαμβάνεται στη βρύση με μέθοδο δειγματοληψίας που ικανοποιεί τις απαιτήσεις της παρ. 2α του Μέρους Δ του Παραρτήματος II. Οι υπεύθυνοι σε συνεργασία με τις αρμόδιες Αρχές λαμβάνουν υπόψη τα περιστατικά μεγίστων επιπέδων που ενδέχεται να έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία.

Σημείωση 4: Οι αρμόδιες Αρχές εξασφαλίζουν ότι τηρείται ο όρος  $[\text{νιτρικά}]/50 + [\text{νιτρώδη}]/3 < 1$ , οι αγκύλες υποδηλούν συγκέντρωση σε mg/l για νιτρικά ( $\text{NO}_3$ ) και για τα νιτρώδη άλατα ( $\text{NO}_2$ ), καθώς και ότι η τιμή 0,10 mg/l για τα νιτρώδη τηρείται για το νερό που προέρχεται από εγκαταστάσεις επεξεργασίας.

Σημείωση 5: Ως «παρασιτοκτόνα» νοούνται:

- οργανικά εντομοκτόνα,
- οργανικά ζιζανιοκτόνα,
- οργανικά μυκητοκτόνα,

- οργανικά νηματωδοκτόνα,
- οργανικά ακαριοκτόνα,
- οργανικά φυκοκτόνα,
- οργανικά τρωκτικοκτόνα,
- οργανικά γλινοκτόνα,
- συναφή προϊόντα (μεταξύ άλλων, οι ρυθμιστές αύξησης) και οι σχετικοί μεταβολίτες αυτών, προϊόντα αποικοδόμησης και αντίδρασης. Ελέγχονται μόνον τα παρασιτοκτόνα των οποίων πιθανολογείται η παρουσία σε μία δεδομένη παροχή νερού.

Σημείωση 6: Η παραμετρική τιμή ισχύει για κάθε επιμέρους παρασιτοκτόνο. Για τα aldrine, dieldrine, heptachlor, epxochlor, η παραμετρική τιμή είναι 0,030 µg/l.

Σημείωση 7: Ως «συνολικά παρασιτοκτόνα» νοείται το άθροισμα όλων των επιμέρους παρασιτοκτόνων που ανιχνεύονται και προσδιορίζονται ποσοτικώς κατά τη διαδικασία παρακολούθησης.

Σημείωση 8: Οι συγκεκριμένες ενώσεις είναι:

- βενζο(β)φθορανθένιο,
- βενζο(λ)φθορανθένιο,
- βενζο(η,θ,ι)περυλένιο,
- ινδενο(1,2,3-γ,δ)πυρένιο.

Σημείωση 9: Εάν είναι δυνατόν, οι αρμόδιες Αρχές να επιδιώκουν χαμηλότερη τιμή χωρίς να θίγεται η απολύμανση. Οι συγκεκριμένες ενώσεις είναι: χλωροφόρμιο, βρωμοφόρμιο, διβρωμοχλωρομεθάνιο, βρωμοδιχλωρομεθάνιο.

## ΜΕΡΟΣ Γ

## ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα	Σημειώσεις
Αργίλιο	200	μg/l	
Αμμώνιο	0,50	μg/l	
Χλωριούχα	250	μg/l	Σημείωση 1
Clostridium perfringens (συμπεριλαμβανομένων των σπόρων)	0	Αριθμός/100 ml	Σημείωση 2
Χρώμα	Αποδεκτό για τους καταναλωτές άνευ ασυνήθους μεταβολής		
Αγωγιμότητα	2500	μS cm <sup>-1</sup> στους 20°C	Σημείωση 1
Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου	≥ 6,5 και ≤ 9,5	Μονάδες pH	Σημείωση 1 & 3
Σίδηρος	200	μg/l	
Μαγγάνιο	50	μg/l	

Οσμή	Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής		
Οξειδωσιμότητα	5	mg/IO <sub>2</sub>	Σημείωση 4
Θειικά	250	mg/l	Σημείωση 1
Νάτριο	200	mg/l	
Γεύση	Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής		
Αριθμός αποικιών σε 22° C και 37° C	Άνευ ασυνήθους μεταβολής		
Κολοβακτηριοειδή	0	Αριθμός/100 ml	Σημείωση 5
Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)	Άνευ ασυνήθους μεταβολής		Σημείωση 6
Υπολειμματικό χλώριο	0,5	mg/l	Σημείωση 8
Θολότητα	Αποδεκτή στους καταναλωτές άνευ ασυνήθους		Σημείωση 7

	μεταβολής		
--	-----------	--	--

Σημείωση 1: Το νερό δεν πρέπει να είναι διαβρωτικό.

Σημείωση 2: Η παράμετρος αυτή χρειάζεται να μετράται μόνον όταν το νερό προέρχεται ή επηρεάζεται από επιφανειακό νερό. Σε περίπτωση μη τήρησης της παραμετρικής αυτής τιμής οι αρμόδιες Αρχές εξετάζουν την παροχή νερού για να εξασφαλίσουν ότι δεν υπάρχει ενδεχόμενος κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία λόγω της παρουσίας παθογόνων μικροοργανισμών, όπως π.χ. *Cryptosporidium*. Οι υπεύθυνοι σε συνεργασία με τις αρμόδιες Αρχές περιλαμβάνουν τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών στην έκθεση που υποβάλλουν σύμφωνα με το άρθρο 12 παράγραφος 2.

Σημείωση 3: Για το μη ανθρακούχο νερό που τοποθετείται σε φιάλες ή δοχεία, η κατώτατη τιμή μπορεί να μειώνεται σε 4,5 μονάδες pH. Για το νερό που τοποθετείται σε φιάλες ή δοχεία και έχει φυσική περιεκτικότητα σε ή είναι τεχνητά εμπλουτισμένο με διοξείδιο του άνθρακα, η κατώτατη τιμή μπορεί να είναι μικρότερη.

Σημείωση 4: Η παράμετρος αυτή δεν χρειάζεται να μετράται εφόσον αναλύεται η παράμετρος ολικού οργανικού άνθρακα.

Σημείωση 5: Για νερό που τοποθετείται σε φιάλες ή δοχεία, η μονάδα είναι: αριθμός /250 mL.

Σημείωση 6: Η παράμετρος αυτή δεν χρειάζεται να μετράται για παροχές κάτω των 10.000 m<sup>3</sup> ημερησίως.

Σημείωση 7: Σε περίπτωση επεξεργασίας επιφανειακών υδάτων, οι υπεύθυνοι σε συνεργασία με τις αρμόδιες Αρχές επιδιώκουν παραμετρική τιμή που δεν υπερβαίνει την 1,0 NTU (νεφελομετρική μονάδα θολότητας) στο νερό που προέρχεται από εγκαταστάσεις επεξεργασίας.

Σημείωση 8: Σύμφωνα με την παρ. 1 του άρθρου 9 της παρούσας και την Υ.Μ.5673/4.12.57 (ΦΕΚ 5/Β/1958) Υγειονομική Διάταξη.

## ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

Για τον έλεγχο των παραμέτρων της ραδιενέργειας εφαρμόζεται η Π/112/1057/2016/1-2-2016 κοινή υπουργική απόφαση (ΦΕΚ 241/Β/9-2-2016) «Θέσπιση απαιτήσεων προστασίας της υγείας του πληθυσμού από ραδιενεργές ουσίες που περιέχονται στο νερό ανθρώπινης κατανάλωσης, σε συμμόρφωση προς την Οδηγία 2013/51/ΕΥΡΑΤΟΜ του Συμβουλίου, της 22ας Οκτωβρίου 2013».

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ (Παράρτημα Ι της Οδηγίας (ΕΕ) 2015/1787)

#### ΜΕΡΟΣ Α

Τα προγράμματα παρακολούθησης για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης πρέπει:

α) να αποδεικνύουν ότι τα μέτρα που εφαρμόζονται για τη διαχείριση των κινδύνων για την ανθρώπινη υγεία σε ολόκληρη την αλυσίδα τροφοδοσίας νερού από την απόληψη στη λεκάνη απορροής, την επεξεργασία και την αποθήκευση έως τη διανομή είναι αποτελεσματικά και ότι το νερό στο σημείο τήρησης είναι υγιεινό και καθαρό

β) να παρέχουν πληροφορίες για την ποιότητα του νερού για ανθρώπινη κατανάλωση οι οποίες να αποδεικνύουν ότι πληρούνται οι υποχρεώσεις που ορίζονται στα άρθρα 4 και 5 της παρούσας καθώς και οι παραμετρικές τιμές που ορίζονται στο Παράρτημα Ι της παρούσας

γ) να προσδιορίζουν τα καταλληλότερα μέσα για την ελαχιστοποίηση του κινδύνου για την ανθρώπινη υγεία.

#### *Παράμετροι της ομάδας Α*

Οι ακόλουθες παράμετροι (ομάδα Α) παρακολουθούνται σύμφωνα με τις συχνότητες παρακολούθησης που ορίζονται στον Πίνακα 2 του σημείου 3:

α) *Escherichia coli* (*E. coli*), εντερόκοκκοι, κολοβακτηριοειδή, αριθμός αποικιών σε 22 °C, χρώμα, θολότητα, γεύση, οσμή, pH, αγωγιμότητα,

β) άλλες παράμετροι που ταυτοποιούνται ως σχετικές στο πρόγραμμα παρακολούθησης, όταν το επιβάλλει η προστασία της δημόσιας υγείας στο εθνικό μας έδαφος ή σε μέρος αυτού και, ανάλογα με την περίπτωση, βάσει εκτίμησης κινδύνου όπως ορίζεται στο Μέρος Γ.

Οι ακόλουθες παράμετροι θα πρέπει να προστεθούν στις παραμέτρους της ομάδας Α:

α) αμμώνιο και νιτρώδη, αν χρησιμοποιείται χλωραμίνωση.

β) αργίλιο και σίδηρος, αν χρησιμοποιούνται ως χημικές ουσίες για την επεξεργασία νερού.

#### *Παράμετροι της ομάδας Β*

Προκειμένου να διαπιστωθεί συμμόρφωση με όλες τις παραμετρικές τιμές που ορίζονται στην παρούσα Απόφαση όλες οι άλλες παράμετροι που δεν αναλύονται στο πλαίσιο της ομάδας Α και ορίζονται σύμφωνα με το άρθρο 5 της παρούσας, παρακολουθούνται τουλάχιστον με τις συχνότητες που ορίζονται στον Πίνακα 2 του σημείου 3.

#### **Πίνακας 2 Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας και αναλύσεων για την παρακολούθηση της συμμόρφωσης.**

Όγκος νερού που διανέμεται ή παράγεται ημερησίως εντός της ζώνης παροχής (Βλέπε σημειώσεις 1 και 2) m <sup>3</sup>	Παράμετροι της ομάδας Α Αριθμός δειγμάτων ανά έτος (Βλέπε σημείωση 3)	Παράμετροι της ομάδας Β Αριθμός δειγμάτων ανά έτος
≤ 100	1	1
101 -1.000	4	1
1.001 -10.000	4+3*[Όγκος νερού/1.000]	1+1*[Όγκος νερού/4.500]
10.001 -100.000	4+3*[Όγκος νερού/1.000]	3+1*[Όγκος νερού/10.000]
>100.000	4+3*[Όγκος νερού/1.000]	12+1*[Όγκος νερού/25.000]

Σημείωση 1: Ως ζώνη παροχής νοείται μια γεωγραφικά καθορισμένη περιοχή εντός της οποίας το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης εισέρχεται από μία ή περισσότερες πηγές και η ποιότητα του νερού μπορεί να θεωρηθεί ως περίπου ομοιόμορφη.

Σημείωση 2: Οι όγκοι υπολογίζονται ως μέσες τιμές για ένα ημερολογιακό έτος. Για τον καθορισμό της ελάχιστης συχνότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο αριθμός κατοίκων μιας ζώνης παροχής αντί για τον όγκο του νερού, με την παραδοχή ότι η κατά κεφαλήν κατανάλωση νερού είναι 200 l/ημέρα.

Σημείωση 3: Η αναφερόμενη συχνότητα υπολογίζεται ως εξής: π.χ. 4 300 m<sup>3</sup> /ημέρα = 16 δείγματα (τέσσερα για τα πρώτα 1 000 m<sup>3</sup> /ημέρα + 12 για επιπλέον 3 300 m<sup>3</sup> /ημέρα).

- Ειδικότερα: 1. Η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας και αναλύσεων των παραμέτρων της Ομάδας Α καταγράφεται στον παρακάτω Πίνακα 3
2. Η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας και αναλύσεων των παραμέτρων της Ομάδας Β καταγράφεται στον παρακάτω Πίνακα 4

**Πίνακας 3: Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας και αναλύσεων των παραμέτρων της Ομάδας Α**

Όγκος νερού που διανέμεται ή παράγεται ημερησίως εντός της ζώνης παροχής (m <sup>3</sup> )		Παράμετροι της ομάδας Α Αριθμός δειγμάτων ανά έτος
	≤100	1
101	1.000	4
1.001	2.000	10
2.001	3.000	13
3.001	4.000	16
4.001	4.500	16
4.501	5.000	19
5.001	6.000	22
6.001	7.000	25
7.001	8.000	28
8.001	9.000	31
9.001	10.000	34
10.001	11.000	37
11.001	12.000	40
12.001	13.000	43
13.001	14.000	46
14.001	15.000	49
...κ.ο.κ. (σύμφωνα με τον Πίνακα 1)	...	

**Πίνακας 4: Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας και αναλύσεων παραμέτρων Ομάδας Β**



Όγκος νερού που διανέμεται ή παράγεται ημερησίως εντός της ζώνης παροχής (m <sup>3</sup> )		Παράμετροι της ομάδας Β Αριθμός δειγμάτων ανά έτος
	≤100	1
101	1.000	1
1.001	4.500	2
4.501	9.000	3
9.001	10.000	4
10.001	20.000	5
20.001	30.000	6
30.001	40.000	7
40.001	50.000	8
50.001	60.000	9
60.001	70.000	10
70.001	80.000	11
80.001	90.000	12
90.001	100.000	13
100.001	125.000	17
125.001	150.000	18
150.001	175.000	19
...κ.ο.κ. (σύμφωνα με τον Πίνακα 1)	...	....

4. α) Για το νερό που κυκλοφορεί εντός του εσωτερικού δικτύου ύδρευσης νοσοκομείων, κλινικών, κέντρων υγείας, οίκων ευγηρίας θα παρακολουθούνται επιπλέον οι παράμετροι του σημείου 3 του Μέρους Α «Μικροβιολογικές Παράμετροι» του Παραρτήματος Ι.

β) Για το νερό που κυκλοφορεί εντός του εσωτερικού δικτύου ύδρευσης τουριστικών εγκαταστάσεων, ξενοδοχείων, φυλακών, στρατοπέδων θα παρακολουθούνται επιπλέον οι παράμετροι του σημείου 4 του Μέρους Α «Μικροβιολογικές Παράμετροι» του Παραρτήματος Ι.

Η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας και αναλύσεων των ως άνω αναφερόμενων παραμέτρων θα είναι μία ανά εξάμηνο (2 φορές ετησίως) και η ευθύνη για τη δειγματοληψία και ανάλυση θα είναι των «υπευθύνων» των κτιρίων.

Προκειμένου να υπάρξει μια ολοκληρωμένη εξέταση ποιότητας του πόσιμου νερού είναι σκόπιμο να διερευνηθούν μεταξύ των άλλων εκτός από τις παραμέτρους του Παραρτήματος Ι ενδεικτικά και όχι αποκλειστικά:

α) οι ακόλουθοι παθογόνοι μικροοργανισμοί:

-Σαλμονέλλες

- Σιγκέλλες
- Βακτηριοφάγοι των κοπράνων
- Ιοί που μεταδίδονται μέσω εντεροστοματικής οδού
- Καμυλοβακτηρίδιο
- β) οι ακόλουθοι οργανισμοί:
  - παρασιτικοί οργανισμοί (π.χ. Κρυπτοσπορίδιο, Giardia lamblia)
  - φύκη
  - άλλα μορφοποιημένα στοιχεία (ζωάρια)

Για τις ανωτέρω παραμέτρους των εδαφίων α) και β) της παρούσας παραγράφου η παραμετρική τιμή είναι μηδέν (0).

γ) η παράμετρος του εξασθενούς χρωμίου

Έως τις 31 Δεκεμβρίου 2019 επιτρέπεται η χρήση των όρων της “ορθότητας”, της “πιστότητας” και του “ορίου ανίχνευσης” όπως ορίζονται στον πίνακα 6 ως εναλλακτικής δέσμης των χαρακτηριστικών επιδόσεων του “ορίου ποσοτικού προσδιορισμού” και της “αβεβαιότητας μέτρησης” όπως ορίζονται αντίστοιχα στο στον πίνακα 5. Η αβεβαιότητα μέτρησης που ορίζεται στον πίνακα 5 δεν θα χρησιμοποιείται ως πρόσθετη ανοχή στις παραμετρικές τιμές που ορίζονται στο παράρτημα Ι.

**Πίνακας 5 Ελάχιστα χαρακτηριστικά επιδόσεων “Αβεβαιότητα μέτρησης”**

Παράμετροι	Αβεβαιότητα μέτρησης (Βλέπε σημείωση 1) % της παραμετρικής τιμής (εκτός από pH)	Σχόλια
Αργίλιο	25	
Αμμώνιο	40	
Αντιμόνιο	40	
Αρσενικό	30	
Βενζο(α)πυρένιο	50	Βλέπε σημείωση 5
Βενζόλιο	40	
Βόριο	25	
Βρωμικά	40	
Κάδμιο	25	
Χλωριούχα	15	
Χρώμιο	30	
Αγωγιμότητα	20	
Χαλκός	25	
Κυανιούχα	30	Βλέπε σημείωση 6
1,2-διχλωροαιθάνιο	40	
Φθοριούχα	20	
Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου pH (εκφραζόμενα σε μονάδες pH)	0,2	Βλέπε σημείωση 7
Σίδηρος	30	
Μόλυβδος	25	
Μαγγάνιο	30	
Υδράργυρος	30	
Νικέλιο	25	
Νιτρικά	15	
Νιτρώδη	20	
Οξειδωσιμότητα	50	Βλέπε σημείωση 8
Φυτοφάρμακα	30	Βλέπε σημείωση 9
Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες	50	Βλέπε σημείωση 10
Σελήνιο	40	
Νάτριο	15	
Θειικά	15	
Τετραχλωροαιθέριο	30	Βλέπε σημείωση 11
Τριχλωροαιθέριο	40	Βλέπε σημείωση 11
Τριαλονομεθάνια - ολικά	40	Βλέπε σημείωση 10
Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)	30	Βλέπε σημείωση 12
Θαλότητα	30	Βλέπε σημείωση 13

Ακρυλαμίδιο, επιχλωρυδρίνη και βινυλοχλωρίδιο ελέγχονται με βάση τις προδιαγραφές του προϊόντος.

**Πίνακας 6:Ελάχιστα χαρακτηριστικά επιδόσεων «ορθότητα», «πιστότητα» και «όριο ανίχνευσης» - μπορούν να χρησιμοποιούνται έως τις 31 Δεκεμβρίου 2019**

Παράμετροι	Ορθότητα (Βλέπε σημείωση 2) % της παραμετρικής τιμής (εκτός από pH)	Πιστότητα (Βλέπε σημείωση 3) % της παραμετρικής τιμής (εκτός από pH)	Όριο ανίχνευσης (Βλέπε σημείωση 4) % της παραμετρικής τιμής (εκτός από pH)	Σχόλια
Αργίλιο	10	10	10	
Αμμώνιο	10	10	10	
Αντιμόνιο	25	25	25	
Αρσενικό	10	10	10	
Βενζο(α)πυρένιο	25	25	25	
Βενζόλιο	25	25	25	
Βόριο	10	10	10	
Βρωμικά	25	25	25	
Κάδμιο	10	10	10	
Χλωριούχα	10	10	10	
Χρώμιο	10	10	10	
Εξασθενές χρώμιο	10	10	10	
Αγωγιμότητα	10	10	10	
Χαλκός	10	10	10	
Κυανούχα	10	10	10	Βλέπε σημείωση 6
1,2-διχλωροαιθάνιο	25	25	10	
Φθοριούχα	10	10	10	
Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου pH (εκφραζόμενα σε μονάδες pH)	0,2	0,2		Βλέπε σημείωση 7
Σίδηρος	10	10	10	
Μάλυβδος	10	10	10	
Μαγγάνιο	10	10	10	
Υδράργυρος	20	10	20	
Νικέλιο	10	10	10	
Νιτρικά	10	10	10	
Νιτρώδη	10	10	10	
Οξειδωσιμότητα	25	25	10	Βλέπε σημείωση 8
Φυτοφάρμακα	25	25	25	Βλέπε σημείωση 9
Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες	25	25	25	Βλέπε σημείωση 10
Σελήνιο	10	10	10	
Νάτριο	10	10	10	
Θειικά	10	10	10	
Τετραχλωροαιθάνιο	25	25	10	Βλέπε σημείωση 11
Τριχλωροαιθάνιο	25	25	10	Βλέπε σημείωση 11
Τριαλογονομεθάνια - αλικά	25	25	10	Βλέπε σημείωση 10
Θολότητα	25	25	25	

Σημείωση 1	Η αβεβαιότητα μέτρησης είναι μια παράμετρος που δεν λαμβάνει αρνητικές τιμές και χαρακτηρίζει τη διασπορά των ποσοτικών τιμών που αποδίδονται σε μετρούμενο μέγεθος, με βάση τα χρησιμοποιούμενα στοιχεία. Το κριτήριο επιδόσεων για την αβεβαιότητα μέτρησης ( $k = 2$ ) είναι το ποσοστό της παραμετρικής τιμής που αναφέρεται στον πίνακα ή αυστηρότερο. Η αβεβαιότητα μέτρησης εκτιμάται στο επίπεδο της παραμετρικής τιμής, εκτός αν ορίζεται αλλού διαφορετικά.
Σημείωση 2	Η ορθότητα είναι ένα μέτρο του συστηματικού σφάλματος, δηλαδή η διαφορά μεταξύ της μέσης τιμής μεγάλου αριθμού επαναλαμβανόμενων μετρήσεων και της πραγματικής τιμής. Περαιτέρω προδιαγραφές ορίζονται στο ISO 5725.
Σημείωση 3	Η πιστότητα είναι ένα μέτρο του τυχαίου σφάλματος και εκφράζεται συνήθως ως η τυπική απόκλιση (εντός μιας ομάδας και μεταξύ ομάδων) της διασποράς αποτελεσμάτων γύρω από τον μέσο όρο. Αποδεκτή πιστότητα είναι η διπλάσια σχετική τυπική απόκλιση. Ο όρος αυτός προσδιορίζεται περαιτέρω στο πρότυπο ISO 5725.
Σημείωση 4	Όριο ανίχνευσης είναι: — η τριπλάσια τυπική απόκλιση, εντός μιας ομάδας, ενός φυσικού δείγματος που περιέχει χαμηλή συγκέντρωση της παραμέτρου ή — η πενταπλάσια τυπική απόκλιση, εντός μιας ομάδας, ενός τυφλού δείγματος.
Σημείωση 5	Αν η τιμή της αβεβαιότητας μέτρησης δεν μπορεί να επιτευχθεί, θα πρέπει να επιλεγεί η καλύτερη διαθέσιμη τεχνική (έως 60 %).
Σημείωση 6	Η μέθοδος προσδιορίζει τα ολικά κυανιούχα κάθε μορφής.
Σημείωση 7	Οι τιμές για την ορθότητα, την πιστότητα και την αβεβαιότητα μέτρησης εκφράζονται σε μονάδες pH.
Σημείωση 8	Μέθοδος αναφοράς: EN ISO 8467
Σημείωση 9	Τα χαρακτηριστικά επιδόσεων για κάθε επιμέρους παρασιτοκτόνο δίνονται ενδεικτικά. Οι τιμές για την αβεβαιότητα μέτρησης που είναι χαμηλές έως και 30 % μπορούν να επιτευχθούν για πολλά φυτοφάρμακα, ενώ υψηλότερες τιμές έως και 80 % μπορεί να επιτρέπονται για έναν αριθμό παρασιτοκτόνων.
Σημείωση 10	Τα χαρακτηριστικά επιδόσεων ισχύουν για τις επιμέρους ουσίες που ορίζονται στο 25 % της παραμετρικής τιμής του παραρτήματος I μέρος Β.
Σημείωση 11	Τα χαρακτηριστικά επιδόσεων ισχύουν για τις επιμέρους ουσίες που ορίζονται στο 50 % της παραμετρικής τιμής του παραρτήματος I μέρος Β.
Σημείωση 12	Η αβεβαιότητα μέτρησης θα πρέπει να εκτιμάται στο επίπεδο των 3 mg/l του ολικού οργανικού άνθρακα (TOC). Χρησιμοποιούνται οι κατευθυντήριες γραμμές του CEN 1484 για τον προσδιορισμό του TOC και του διαλυμένου οργανικού άνθρακα (DOC).
Σημείωση 13	Η αβεβαιότητα μέτρησης θα πρέπει να εκτιμάται στο επίπεδο του 1,0 NTU (νεφελομετρική μονάδα θολότητας) σύμφωνα με το πρότυπο EN ISO 7027.»

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### 2. Μέθοδοι Επεξεργασίας Νερού

#### 2.1 Γενικά

Το νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση πρέπει να είναι απαλλαγμένο από ανεπιθύμητα συστατικά και ιδιότητες σύμφωνα με τις προδιαγραφές που ορίζει η νομοθεσία, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. Ανάλογα με την ποιότητα του νερού που καταφθάνει στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού και πάντα σύμφωνα με τις παραμέτρους που έχουν οριστεί από τη νομοθεσία επιλέγονται οι μέθοδοι επεξεργασίας, ώστε το νερό να θεωρείται πόσιμο.

#### 2.2 Διεργασίες επεξεργασίας νερού

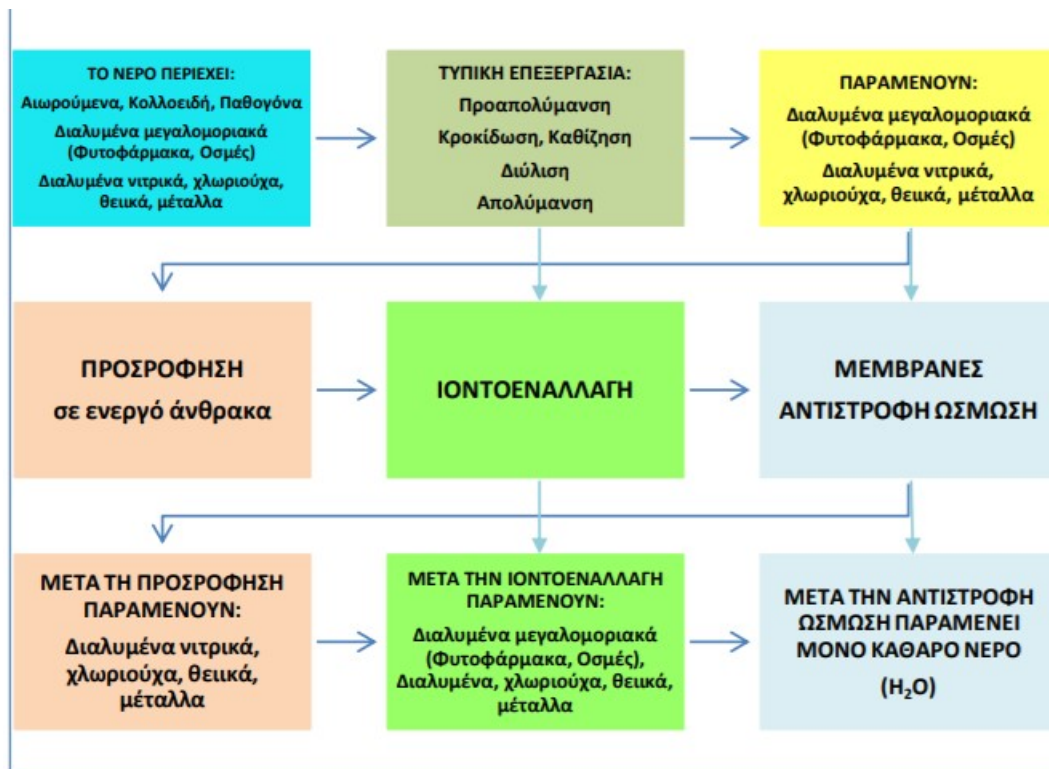
Το πόσιμο νερό προέρχεται από υπόγεια (πηγές ή γεωτρήσεις) ή επιφανειακά νερά (ποτάμια-λίμνες). Ορισμένες περιοχές υδροδοτούνται απευθείας από νερό γεωτρήσεων ή πηγών. Το υπόγειο νερό μπορεί να μη χρειάζεται κάποιου είδους επεξεργασία ή απλά να απαιτείται η απομάκρυνση της σκληρότητας, του σιδήρου, του μαγγανίου ή η καταπολέμηση παθογόνων μικροοργανισμών αν κάτι από όλα αυτά υφίσταται. Αντίθετα, σε περιοχές που υδροδοτούνται από επιφανειακά νερά θα πρέπει να απομακρυνθούν τα ανεπιθύμητα συστατικά του νερού ή να καταστούν ακίνδυνα για την ανθρώπινη ζωή μέσω κατάλληλων φυσικών και χημικών διεργασιών που πραγματοποιούνται σε μονάδες επεξεργασίας νερού. Σκοπός λοιπόν της μονάδας επεξεργασίας νερού είναι να απομακρυνθούν τα ανεπιθύμητα συστατικά του νερού ώστε το νερό να είναι κατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση. Ανάλογα με τη σύσταση, τα ποιοτικά δηλαδή χαρακτηριστικά του νερού, προκειμένου να επεξεργαστεί το υπόγειο ή το επιφανειακό νερό ακολουθούνται συγκεκριμένες διεργασίες (Τσώνης, 2003).

**Πίνακας 7: Βασικά στάδια επεξεργασίας για παραγωγή πόσιμου νερού (Νταρακάς, 2010)**

ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟ ΝΕΡΟ
Αερισμός	Εσχαρισμός
Αποσκλήρυνση (Εάν απαιτείται)	Καθίζηση (Πρωτοβάθμια)
Επανανθράκωση – Διόρθωση pH	Προαπολύμανση

Δύλιση (Εάν απαιτείται)	Διόρθωση του pH (Προετοιμασία για την κροκίδωση)
Απολύμανση (Χλωρίωση)	Ταχεία ανάμιξη του νερού με το κροκιδωτικό
Αποθήκευση	Κροκίδωση – Καθίζηση
Διανομή	Δύλιση
	Οξείδωση (Οζόνωση, εάν απαιτείται)
	Προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα (Εάν απαιτείται)
	Απολύμανση (Χλωρίωση)
	Διόρθωση του pH
	Αποθήκευση
	Διανομή

Η επιλογή της αναγκαίας εγκατάστασης κατεργασίας για το πόσιμο νερό εξαρτάται από την ποιότητα του ακατέργαστου νερού και από την ποιότητα του πόσιμου νερού που απαιτείται να παραχθεί. Η κατεργασία του νερού περιλαμβάνει μια σειρά από τεχνικές που συνήθως γίνονται διαδοχικά. Οι κυριότερες φυσικοχημικές μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία του πόσιμου νερού περιλαμβάνουν την προεπεξεργασία, τον αερισμό, την κροκίδωση, τη συσσωμάτωση, τη καθίζηση-επίπλευση, τη διήθηση, την ιοντοεναλλαγή, την προσρόφηση ανόργανων, τη χημική καθίζηση, τις διεργασίες διαχωρισμού με μεμβράνες, τη χημική οξείδωση, την προσρόφηση οργανικών ενώσεων και την απολύμανση (Λέκκας, 1996). Προκειμένου να επιλεγεί η κατάλληλη μέθοδος επεξεργασίας σε οποιαδήποτε εγκατάσταση επεξεργασίας νερού, πέρα από το κόστος κατασκευής και λειτουργίας και την ευκολία λειτουργίας της εγκατάστασης, απαιτείται λεπτομερέστατος ποιοτικός έλεγχος, δηλαδή πλήρης χημική και μικροβιολογική εξέταση. Πολλές φορές απαιτείται προκαταρκτικός σχεδιασμός και έλεγχος των φυσικοχημικών διεργασιών που θα εφαρμοστούν σε πειραματική μονάδα. Σημαντική είναι τέλος η προστασία του νερού από επεισόδια μόλυνσης κατά την υδροληψία ή στις δεξαμενές και στο δίκτυο διανομής (Τσώνης, 2003).



Σχήμα 1: Διαδικασίες επεξεργασίας νερού και αποτελέσματα (Νταρακάς, 2010)

## 2.3 Προεπεξεργασία νερού

Οι διαδικασίες που ακολουθούνται για την προετοιμασία του νερού, ώστε στη συνέχεια να ακολουθήσει η κύρια επεξεργασία καθαρισμού του, ονομάζεται προεπεξεργασία. Η προεπεξεργασία είναι απαραίτητη στις περιπτώσεις προέλευσης πόσιμου νερού από επιφανειακό νερό, ενώ από υπόγειο νερό μπορεί και να παραληφθεί.

### 2.3.1 Διαδικασίες προεπεξεργασίας

Στα επιφανειακά νερά (από ποτάμια, ρυάκια, λίμνες, ταμιευτήρες) βρίσκονται αιωρούμενα, επιπλέοντα ή καθιζάνοντα στερεά, τα οποία πρέπει να απομακρυνθούν πριν το νερό εισέλθει στην κύρια διαδικασία καθαρισμού του. Αυτό πραγματοποιείται για να προστατευτούν τα αντλητικά συστήματα και το δίκτυο διακίνησης νερού από τυχόν εμφράξεις (Λέκκας, 1996). Ανάλογα με το μέγεθος της μονάδας επεξεργασίας νερού ύδρευσης και την ποιότητα του ακατέργαστου νερού επιλέγεται κάποια από τις διαδικασίες προεπεξεργασίας που αναφέρονται παρακάτω (Κώττη, 2010):



### A. Εσχαρισμός

Ο εσχαρισμός είναι μια διαδικασία που χρησιμεύει για την απομάκρυνση διάφορων αιωρούμενων ή επιπλεόντων υλών που υπάρχουν στα επιφανειακά νερά. Οι σχάρες είναι διατάξεις με παράλληλες μπάρες και χρησιμοποιούνται είτε για τη προστασία των μονάδων επεξεργασίας από ογκώδη αντικείμενα, που εάν εισέλθουν θα προκαλέσουν διάφορες εμφράξεις στις εγκαταστάσεις είτε για το διαχωρισμό και απομάκρυνση στερεών, που η παρουσία τους θα εμπόδιζε την επεξεργασία που ακολουθεί. Ο εσχαρισμός ανάλογα με το είδος των απομακρυνόμενων στερεών χωρίζεται σε χονδροειδής, μεσαίος ή λεπτός. Υπάρχουν εσχάρες που κατατάσσονται σε λεπτές εσχάρες με διάκενα 3-10 mm, μεσαίες εσχάρες με διάκενα 10-25 mm και χοντρές εσχάρες με διάκενα 50-100 mm. Οι εσχάρες τοποθετούνται στη θέση της υδροληψίας ή στην είσοδο του νερού στη μονάδα επεξεργασίας νερού.

### B. Μικροκοσκίνισμα

Πρόκειται για ένα περιστρεφόμενο κόσκινο που χρησιμοποιείται στο στάδιο μετά από το λεπτό εσχαρισμό και διαχωρίζει τα διάφορα στερεά που είναι υπό αιώρηση από την υδαρή φάση, με την χρήση ενός δυσδιάστατου πλέγματος. Τα σωματίδια της στερεής φάσης, των οποίων η διάμετρος είναι μεγαλύτερη από την διάμετρο των πόρων του πλέγματος, συγκρατούνται πάνω στο πλέγμα και απομακρύνονται. Ανάλογα με το μέγεθος των ανοιγμάτων του πλέγματος που χρησιμοποιείται τα διακρίνουμε σε μακροκόσκινα ( $>0,3$  mm) και μικροκόσκινα ( $<0,1$  mm). Συχνά χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση πλαγκτόν όταν τα νερά προέρχονται από λίμνες.

### Γ. Εξάμμωση

Η εξάμμωση χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση των χαλικιών, της άμμου και άλλων ανόργανων στερεών από το ακατέργαστο νερό τα οποία μπορούν να φθείρουν τις σωληνώσεις, τις αντλίες και άλλα μηχανήματα. Με την αμμοσυλλογή συγκρατούνται στερεά περιεχόμενα σώματα, περίπου στο μέγεθος κόκκου πάνω από 0,2 mm. Τα μικρότερα απομακρύνονται με τις διεργασίες της καθίζησης και διήθησης.

### Δ. Αποιλύωση

Η αποιλύωση έχει ως στόχο την απομάκρυνση της λεπτής άμμου και της αργίλου όσο είναι δυνατόν. Πραγματοποιείται πριν την καθίζηση των επιφανειακών νερών τα οποία περιέχουν μεγάλες ποσότητες αιωρούμενων στερεών και αποτελεί προκαταρκτική καθίζηση.

### 2.3.2 Προαπολύμανση

Προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η ανάπτυξη αλγών, αναερόβιων μικροοργανισμών, η ιζηματοποίηση μετάλλων και να εμποδιστεί η εισβολή παθογόνων μικροοργανισμών στη μονάδα επεξεργασίας νερού, πραγματοποιείται προαπολύμανση. Το αέριο χλώριο έχει οξειδωτική και απολυμαντική ικανότητα. Με την προσθήκη χλωρίου, οξειδώνονται διάφορες οργανικές και ανόργανες ουσίες όπως σίδηρος, υδρόθειο, αμμωνία και σκοτώνονται όλοι οι παθογόνοι και μη μικροοργανισμοί, όπως βακτηρίδια, άλγες, πρωτόζωα, ιοί κτλ. Ένα άλλο οξειδωτικό που χρησιμοποιείται είναι το όζον ( $O_3$ ) το οποίο είναι το ισχυρότερο μικροβιοκτόνο και επίσης πολύ πιο αποτελεσματικό στην απομάκρυνση του χρώματος, της γεύσης και των οσμών (Νταρακάς, 2010). Με τη χρήση του όζον αποφεύγεται η δημιουργία οργανικών παραπροϊόντων της χλωρίωσης και παράλληλα αναβαθμίζεται η απόδοση των μεθόδων καθαρισμού του νερού λόγω της οξειδωτικής δράσης του όζοντος (Τσώνης, 2003).

### 2.3.3 Αερισμός νερού

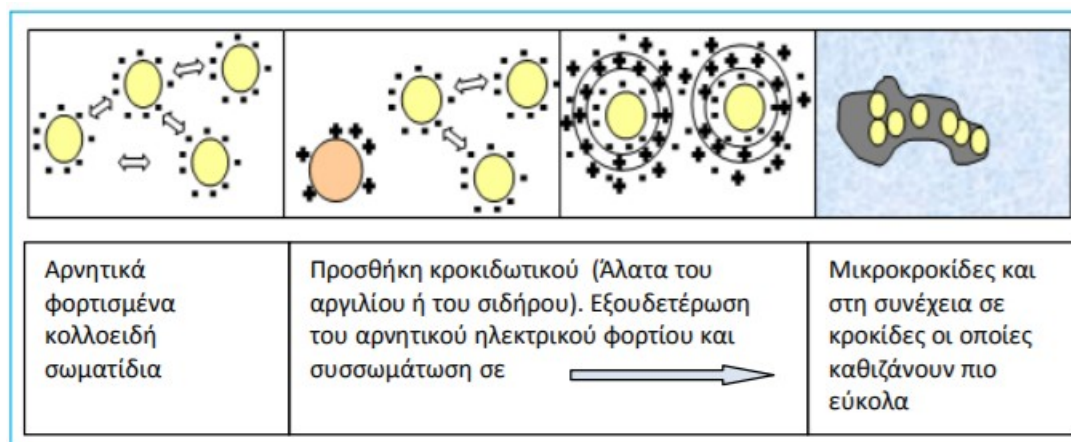
Ο αερισμός του νερού πραγματοποιείται για να αδρανοποιηθούν οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί, να απομακρυνθούν οι δυσάρεστες οσμές και να οξειδωθούν οι οργανικές ουσίες, ώστε στη συνέχεια να γίνει πιο αποδοτική η διύλιση του νερού. Ο αερισμός είναι η διαδικασία που φέρνει τον αέρα σε άμεση επαφή με το νερό, προκειμένου κάποια συστατικά του να περάσουν από την υγρή στην αέρια φάση. Η προσθήκη οξυγόνου μειώνει το  $CO_2$  του νερού αλλά ταυτόχρονα η μείωση του  $CO_2$  αυξάνει το pH του νερού (Νταρακάς, 2010).

## 2.4 Κυρίως επεξεργασία

### 2.4.1 Κροκίδωση – Συσσωμάτωση

Τα αιωρούμενα σωματίδια μεγέθους μικρότερα από  $10\mu m$  που υπάρχουν στο νερό, για να απομακρυνθούν, απαιτείται η κροκίδωση ή η συσσωμάτωση. Τα σωματίδια συνενώνονται σε μεγαλύτερα και δημιουργούν κροκίδες με αυτό τον τρόπο είναι στη συνέχεια πιο εύκολο να απομακρυνθούν από το νερό με καθίζηση ή επίπλευση ή διήθηση. Η κροκίδωση και η συσσωμάτωση είναι ξεχωριστές διεργασίες που συμβαίνουν συνήθως ταυτόχρονα και αλληλεπικαλύπτονται, επομένως επικρατεί μια ασάφεια στη χρήση του κατάλληλου κάθε φορά όρου που περιγράφει τη

διαδικασία. Συσσωμάτωση είναι η διαδικασία με την οποία τα κολλοειδή σωματίδια αποσταθεροποιούνται, οπότε μπορούν να συσσωματωθούν, εάν οι συνθήκες είναι κατάλληλες. Συγκεκριμένα, συσσωμάτωση ονομάζεται ο μηχανισμός με τον οποίο προκαλείται η σύγκρουση και η συγκόλληση των αιωρούμενων στερεών στο νερό. Κροκίδωση είναι η διαδικασία με την οποία τα αποσταθεροποιημένα πλέον σωματίδια συνενώνονται σε μεγαλύτερα σωματίδια, οπότε μπορούν να διαχωριστούν πλέον εύκολα (Κώττη, 2010). Βασική ιδιότητα των κολλοειδών σωματιδίων είναι η σταθεροποίηση. Η αντίσταση δηλαδή τα σωματίδια αυτά να συσσωματώνονται και έτσι να εμποδίζεται η διεργασία της καθίζησης και τα φίλτρα να μην αποδίδουν. Η κροκίδωση και η συσσωμάτωση επιτυγχάνεται με τη βοήθεια χημικών κροκιδωτικών ουσιών. Οι κροκιδωτικές ουσίες είναι χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται για την αποσταθεροποίηση των σωματιδίων. Τα πιο συνηθισμένα κροκιδωτικά υλικά είναι το θεικό αργίλιο, τα άλατα του σιδήρου, η υδράσβεστος και διάφοροι πολυηλεκτρολύτες (Ζανάκη, 2001).



**Σχήμα 2: Ο μηχανισμός της κροκίδωσης (Νταρακάς, 2010)**

Τα κύρια στάδια της διεργασίας είναι αρχικά η προσθήκη κροκιδωτικών τα οποία οδηγούν στη μείωση των δυνάμεων που παρεμποδίζουν την προσέγγιση και συνένωση των κολλοειδών σωματιδίων. Τα χημικά που προστίθενται είναι δυνατόν να αποσταθεροποιούν τα κολλοειδή με διάφορους τρόπους όπως: συμπίεση του διπλού στρώματος, επιρρόφηση αντιόντων και εξουδετέρωση του ηλεκτρικού φορτίου, διασωματιδιακή γεφύρωση, εγκλωβισμό στο ίζημα και ετεροκροκίδωση (Τσώνης, 2003). Ακολουθεί η άρση της σταθερότητας των σωματιδίων, η πραγματοποίηση συγκρούσεων μεταξύ των σωματιδίων και στη συνέχεια ο σχηματισμός ορατών συσσωματωμάτων. Στις μονάδες επεξεργασίας νερού η

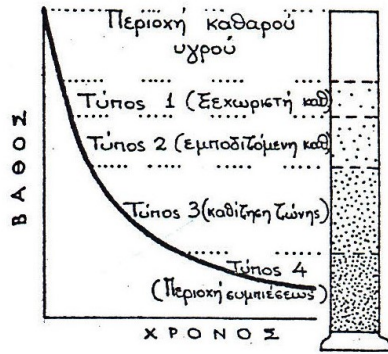
κροκίδωση επιτυγχάνεται σε δεξαμενές όπου γίνεται έντονη ανάδευση και προσθήκη κροκιδωτικών. Η γρήγορη ανάδευση χρησιμοποιείται στο στάδιο της διάλυσης και της διάδοσης του κροκιδωτικού για την αποσταθεροποίηση μέσα στον όγκο του νερού που είναι υπό επεξεργασία. Στη συνέχεια, ακολουθεί μια δεξαμενή βραδείας ανάδευσης προκειμένου οι κροκίδες που προκύπτουν από την πρώτη δεξαμενή να μετατραπούν σε ευμεγέθεις θρόμβους (Λέκκας, 1996). Ακολουθεί η απομάκρυνση των σχηματισμένων μεγάλων συσσωματωμάτων με καθίζηση ή διήθηση ή επίπλευση αλλά αυτά θα μελετηθούν στη συνέχεια.

#### 2.4.2 Καθίζηση- Επίπλευση

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, για να απομακρυνθούν οι θρόμβοι που σχηματίστηκαν στο νερό χρησιμοποιούνται διάφορες διεργασίες όπως καθίζηση, επίπλευση ή διήθηση. Τόσο η καθίζηση όσο και η επίπλευση στηρίζονται στη βαρύτητα για την απομάκρυνση των αιωρούμενων σωματιδίων από το νερό. Η επίπλευση είναι μια μέθοδος διαχωρισμού, η οποία χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό του νερού από αιωρούμενα στερεά σωματίδια, κολλοειδή ή γαλακτώματα. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται όταν τα αιωρούμενα στερεά έχουν ειδικό βάρος μικρότερο ή σχετικό με το νερό (Μήτρακας, 2001). Στην επεξεργασία του πόσιμου νερού, η επίπλευση εφαρμόζεται ως εναλλακτική μέθοδος στις περιπτώσεις ευτροφικών νερών που περιέχουν μεγάλες συγκεντρώσεις μικροφυκών, έχουν μικρή θολότητα, μικρή αλκαλικότητα και υψηλό χρώμα (Κώτη, 2010). Κυρίως όμως επιλέγεται στην επεξεργασία πόσιμου νερού η καθίζηση, η οποία εφαρμόζεται όταν τα αιωρούμενα σωματίδια έχουν ειδικό βάρος μεγαλύτερο από το αντίστοιχο του νερού. Αποτελεί το πρώτο στάδιο στην απομάκρυνση των αιωρούμενων σωματιδίων από το νερό και αφορά σωματίδια με μέσο μέγεθος μεγαλύτερο από 100  $\mu\text{m}$  και συγκέντρωση μεγαλύτερη από 50 mg/L. Με την καθίζηση απομακρύνονται από το πόσιμο νερό τα αιωρούμενα στερεά γεώδους προέλευσης, ιζήματα και κατακρημνισμένα σωματίδια (Μήτρακας, 2001). Οι δεξαμενές καθίζησης σε αρκετές περιπτώσεις ονομάζονται δεξαμενές διαύγησης διότι εδώ το νερό γίνεται διαυγές. Τα σωματίδια κατακάθονται στον πυθμένα της δεξαμενής και το νερό που είναι στην επιφάνεια είναι απαλλαγμένο από αυτά.

Η καθίζηση διακρίνεται σε:

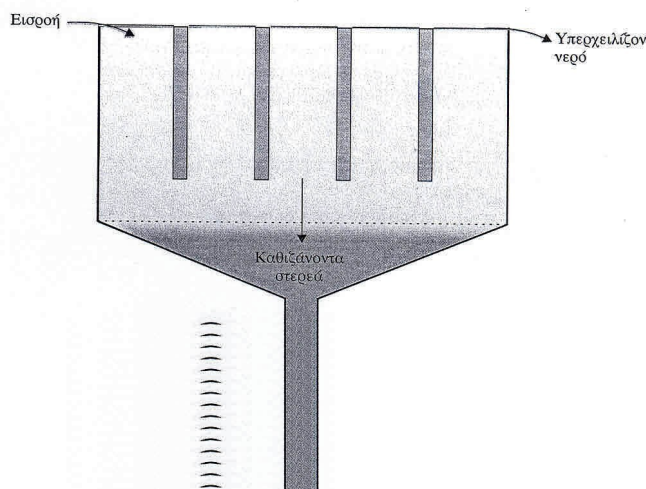
- α) Καθίζηση διακεκριμένων στερεών (τύπου I)
- β) Καθίζηση συσσωματωμένων στερεών (τύπου II)
- γ) Καθίζηση ζώνης ή παρεμποδιζόμενη καθίζηση (τύπου III)
- δ) Πύκνωση (τύπου IV)



**Σχήμα 3 : Οι τέσσερις τύποι καθίζησης (Κώττη, 2010)**

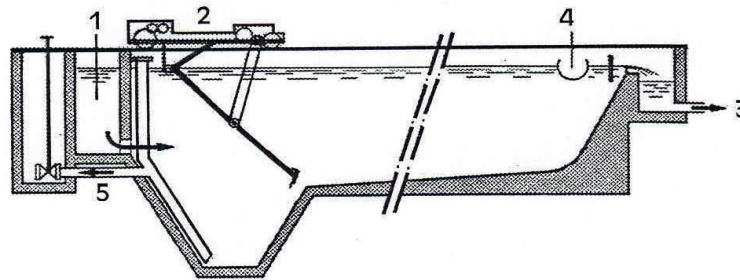
Η καθίζηση για να πραγματοποιηθεί απαιτεί αυξημένο κόστος εγκατάστασης αλλά έχει μικρότερο κόστος λειτουργίας από την επίπλευση. Επομένως, η διεργασία της καθίζησης προτιμάται έναντι της επίπλευσης.

Οι δεξαμενές καθίζησης είναι ορθογώνιες, τετράγωνες ή κυκλικές με βάθος περίπου 3 m εφοδιασμένες με διατάξεις ομοιόμορφης - ομαλής εισαγωγής του προς επεξεργασία νερού και κανάλια υπερχείλισης για την ομοιόμορφη συλλογή της λάσπης και την απομάκρυνση του επεξεργασμένου νερού. Ο πυθμένας τους είναι συνήθως κωνικός ώστε να μπορεί να γίνει απομάκρυνση της λάσπης με τη βοήθεια αεραντλιών ή μηχανικών ξέστρων.



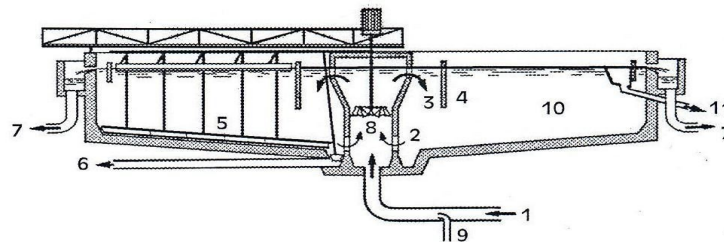
**Σχήμα 4: Απλή δεξαμενή καθίζησης**

Οι απλές δεξαμενές χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία αποβλήτων, ενώ για την επεξεργασία νερού που προορίζεται για πόση χρησιμοποιούνται πιο εξελιγμένες δεξαμενές. Τέτοιου είδους είναι οι δεξαμενές καθίζησης με κεκλιμένα επίπεδα ή αγωγούς, επαφής λάσπης και επαφής λάσπης με κεκλιμένα επίπεδα οι οποίες επιτυγχάνουν μεγάλες ταχύτητες καθίζησης και υψηλό βαθμό συγκράτησης αιωρούμενων σωματιδίων από αραιές διασπορές (Κώττη, 2010).



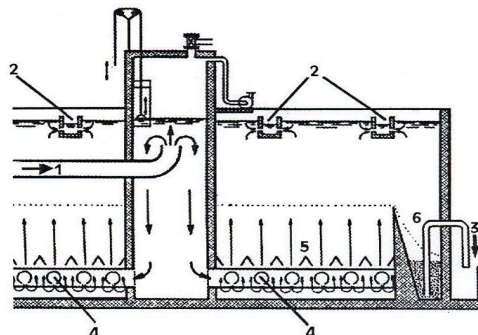
1. Φρεάτιο εισόδου, 2. Γέφυρα ξέστρου, 3. Επεξεργασμένο νερό, 4. Συλλέκτης επιπλεόντων, 5. Εξαγωγή λάσπης.

**Σχήμα 5: Παραλληλόγραμμη δεξαμενή καθίζησης με ξέστρο**



1. Είσοδος νερού, 2. Εισαγωγή λάσπης, 3. Έξοδος θρόμβων, 4. Κατανομέας ροής, 5. Ξέστρο λάσπης, 6. Εξαγωγή λάσπης, 7. Επεξεργασμένο νερό, 8. Αναμικτήρας, 9. Εισαγωγή χημικών, 10. Περιοχή καθίζησης, 11. Απομάκρυνση επιπλεόντων.

**Σχήμα 6: Κυκλική δεξαμενή καθίζησης με ανακύκλωση λάσπης και θρόμβωση**



1. Είσοδος νερού, 2. Επεξεργασμένο νερό, 3. Εξαγωγή λάσπης, 4. Αγωγοί διανομής εισερχόμενου νερού, 5. Διαφράγματα, 6. Συγκέντρωση λάσπης.

**Σχήμα 7: Δεξαμενή καθίζησης με επαφή λάσπης**

### 2.4.3 Διήθηση

Η φυσική διεργασία κατά την οποία απομακρύνονται από το νερό αιωρούμενες και κολλοειδείς ουσίες κατά την διέλευσή του από πορώδες μέσο, ονομάζεται διήθηση. Συγκεκριμένα το νερό διέρχεται μέσω πορώδους στρώματος (άμμου ή άλλου κοκκώδους υλικού) και τα σωματίδια που περιέχει απομακρύνονται είτε με συσσώρευση στην επιφάνεια του διηθητικού μέσου, είτε με συγκράτηση στη μάζα του (Τσώνης, 2003). Η διήθηση απομακρύνει τα αιωρούμενα στερεά που δεν απομακρύνθηκαν από τις προηγούμενες διεργασίες (κροκιδώση-συσσωμάτωση-καθίζηση) και αποτελεί το τελικό στάδιο της συνολικής διεργασίας καθαρισμού του νερού, πριν την απολύμανση (Μήτρακας, 2001). Το νερό που προκύπτει μετά από διήθηση μπορεί να έχει θολότητα μικρότερη από 0.2 μονάδες, ενώ η απομάκρυνση των βακτηριδίων στο σύστημα κροκιδώσεως-καθιζήσεως-διήθησης φθάνει περίπου στα 99%. Υπάρχουν δύο είδη διήθησης, η διήθηση επιφάνειας και η διήθηση χώρου. Στη διήθηση επιφάνειας, η διασπορά οδηγείται σε μια πορώδη επιφάνεια, η οποία συγκρατεί τα αιωρούμενα σωματίδια καθώς διέρχεται το νερό. Στη διήθηση χώρου, η διασπορά διέρχεται μέσα από ένα παχύ στρώμα πορώδους υλικού, όπως είναι η άμμος, οπότε τα σωματίδια συγκρατούνται μέσα στη μάζα του. Συνήθως στην επεξεργασία πόσιμου νερού χρησιμοποιείται η διήθηση στρώματος (Κώττη, 2010). Όταν μελετάται μια εγκατάσταση διήθησης, ο μηχανικός πρέπει να αποφασίσει και να προδιαγράψει διάφορες παραμέτρους όπως:

- τον τύπο και το πλήθος του φίλτρου διήθησης
- το μέγεθος, το τύπο και τη κοκκομετρική σύσταση του διηθητικού υλικού (διηθητικές κλίνες)
- την ταχύτητα διήθησης
- τη διάταξη πλύσης του διηθητικού υλικού
- το σύστημα ελέγχου λειτουργίας του φίλτρου
- τη πτώση πίεσης εισόδου-εξόδου του νερού από το φίλτρο
- το σύστημα αποθήκευσης διηθημένου καθαρού νερού για την πλύση του διηθητικού υλικού
- την πιθανή μελλοντική αλλαγή της σχεδίασης στις διηθητικές κλίνες (Τσώνης, 2003)

## 2.5 Διεργασίες μεμβρανών

Η διήθηση του νερού στα συμβατικά φίλτρα απομακρύνει αιωρούμενα στερεά που έχουν ορισμένο μέγεθος. Όταν τα αιωρούμενα σωματίδια δεν απομακρύνονται με τη διήθηση χρησιμοποιούνται μεμβράνες. Τα φίλτρα μεμβρανών παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των συμβατικών φίλτρων άμμου όπως:

- το νερό που προκύπτει είναι εξαιρετικής καθαρότητας
- είναι πολύ υψηλή η απομάκρυνση στερεών, αιωρούμενων συστατικών, μικροοργανισμών και βακτηριδίων
- είναι εύκολη σχετικά η λειτουργία τους και μπορεί να αυτοματοποιηθεί χωρίς να χρειάζεται επίβλεψη
- είναι σημαντικά μικρότερο μέγεθος συγκριτικά με τις συμβατικές μεθόδους διήθησης (φίλτρο άμμου).

Στις εφαρμογές διήθησης (μεμβράνες) ανήκει η μικροδιήθηση, η υπερδιήθηση, η νανοδιήθηση και η αντίστροφη ώσμωση. Η εφαρμογή των μεμβρανών θεωρείται μια προχωρημένη επεξεργασία του νερού και των υγρών αποβλήτων, είναι μια σχετικά νέα τεχνολογία, όμως βασικό μειονέκτημα είναι το υψηλό κόστος και η μεγάλη κατανάλωση ενέργειας (Νταρακάς, 2010).

Ο διαχωρισμός των στερεών σωματιδίων ή των διαλυτών ουσιών από το μέσο διασποράς στο οποίο βρίσκονται (διαλύτης), επιτυγχάνεται με την χρήση πίεσης και ειδικά κατασκευασμένων ημιδιαπερατών μεμβρανών, οι οποίες, ανάλογα με το μέγεθος των πόρων που διαθέτουν, επιτρέπουν επιλεκτικά σε ορισμένες κατηγορίες μορίων να διέλθουν μέσα από αυτές. Όσο μικραίνει το μέγεθος των πόρων των μεμβρανών τόσο αυξάνεται η απαιτούμενη πίεση για να διέλθουν τα μόρια. Τα κριτήρια ταξινόμησης των διαχωρισμών με μεμβράνες είναι (Κώττη, 2010):

1. ο τύπος υλικού μεμβράνης
2. η φύση της κινητήριας δύναμης επίτευξης του διαχωρισμού
3. ο μηχανισμός διαχωρισμού
4. το μέγεθος πόρων μεμβράνης / ικανότητα διαχωρισμού

### 2.5.1 Μικροδιήθηση

Η μικροδιήθηση είναι μία διαδικασία διήθησης κατά την οποία απομακρύνονται σωματίδια από ένα υγρό με το πέρασμα διαμέσου μιας μικροπορώδους μεμβράνης. Μια συνήθης μεμβράνη μικροδιήθησης έχει μέγεθος



πόρων από 0.1 έως 10  $\mu\text{m}$ . Η μικροδιήθηση εφαρμόζεται στην κατεργασία νερού με υψηλό οργανικό φορτίο καθώς και βακτηριδίων, λιπών κ.α., στην διύλιση χυμών, κρασιού, μπύρας, στις διεργασίες ζύμωσης, στην ανάκτηση καταβυθισμένων μετάλλων, στον εμπλουτισμό προϊόντων κ.λπ. (Κώττη, 2010).

### 2.5.2 Υπερδιήθηση

Η υπερδιήθηση είναι ο φυσικός διαχωρισμός μέσω ημιπερατής μεμβράνης και μέσω πίεσης. Στην υπερδιήθησης το μέγεθος πόρων μεμβράνης κυμαίνεται από 2,0 – 0,05  $\mu\text{m}$  Στην υπερδιήθηση οι ουσίες έχουν μέγεθος και σχήμα κατάλληλο, ώστε να διέρχονται από τους πόρους της μεμβράνης έτσι ώστε να διαχωρίζονται από εκείνες που έχουν μέγεθος και σχήμα μεγαλύτερο από τις πρώτες. Οι δεύτερες είτε κατακρατούνται και προσροφούνται στην επιφάνεια της μεμβράνης είτε παραμένουν σε διάλυση. Δηλαδή η μεμβράνη δρα σαν μοριακό κόσκινο (Κώττη, 2010) .

### 2.5.3 Νανοδιήθηση

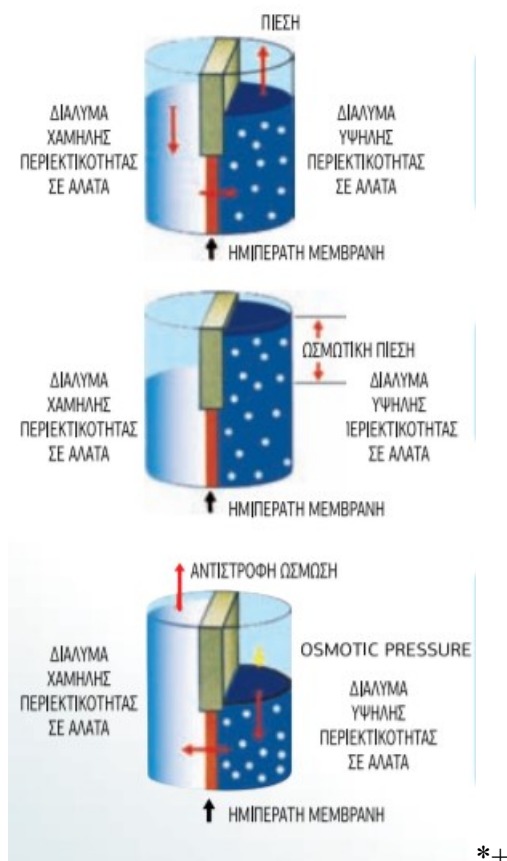
Η νανοδιήθηση είναι η πιο πρόσφατη από τις υπόλοιπες μεθόδους και βρίσκεται ανάμεσα της υπερδιήθησης και της αντίστροφης ώσμωσης. Στην νανοδιήθηση το μέγεθος των πόρων των μεμβρανών είναι 0,5 – 2,0 nm, ενώ η πίεση λειτουργίας φθάνει τα 15 bar. Ο διαχωρισμός με τη μέθοδο αυτή επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το φορτίο των σωματιδίων (Νταρακάς, 2010).

### 2.5.4 Αντίστροφη Ώσμωση

Η αντίστροφη ώσμωση απαιτεί πιέσεις που μπορεί να φθάσουν τα 100 bar, ενώ οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται έχουν ανοίγματα πόρων μικρότερα από 1 nm και επιτρέπουν μόνο την διέλευση των μορίων του νερού. Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις υφάλμυρου ή θαλασσινού νερού (Κώττη, 2010).

Η αντίστροφη ώσμωση είναι μια μέθοδος αντίστροφης της φυσικοχημικής διεργασίας που καλείται ώσμωση. Είναι μια διεργασία κατά την οποία μια μεμβράνη ενεργεί σαν μοριακό φίλτρο που συγκρατεί τα διαλυμένα συστατικά ενός υδατικού διαλύματος. Η εφαρμοζόμενη πίεση υπερβαίνει την ωσμωτική πίεση του υδατικού διαλύματος έναντι μιας ημιπερατής μεμβράνης, με αποτέλεσμα να εξαναγκάζει τη

διέλευση διαμέσου της μεμβράνης καθαρού νερού, το οποίο εγκαταλείπει πίσω του τα διαλυτά συστατικά του (Νταρακάς, 2010). Η υψηλή πίεση διέρχεται από τις μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης. Οι μεμβράνες παράγουν δύο προϊόντα το διήθημα που είναι απαλλαγμένο από την αλατότητα και το υπόλειμμα όπου περιέχει όλη την αλατότητα του θαλασσινού νερού.



Σχήμα 8 : Ωσμωση και αντίστροφη ώσμωση (ΤΕΜΑΚ)

## 2.6 Προσρόφηση

Η προσρόφηση είναι η διαδικασία μεταφοράς και συσσώρευσης στην επιφάνεια ενός στερεού, των συστατικών μιας ουσίας που υπάρχουν σε ένα ρευστό (υγρό ή αέριο). Οι ηλεκτροστατικές δυνάμεις βοηθούν τις ουσίες που υπάρχουν στο ρευστό να μεταφερθούν στην επιφάνεια ενός στερεού. Ένα από τα σημαντικότερα μέσα προσρόφησης είναι ο ενεργός άνθρακας ο οποίος χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση οργανικών ουσιών και ιχνοστοιχείων από το νερό. Υπάρχουν δύο είδη ενεργού άνθρακα, ο κοκκώδης και ο κονιοποιημένος άνθρακας. Ο κοκκώδης ενεργός

άνθρακας έχει συνήθως την κοκκομετρική σύνθεση της άμμου των δυλιστηρίων (0.1 – 1,0 mm). Η διάμετρος του κονιορτοποιημένου ενεργού άνθρακα κυμαίνεται μεταξύ 0.050 - 0.075 mm. Ο κοκκώδης άνθρακας χρησιμοποιείται αποκλειστικά σε σταθερές κλίνες, ενώ για την εφαρμογή κονιοποιημένου ενεργού άνθρακα έχουν αναπτυχθεί διάφορα συστήματα.

## 2.7 Απολύμανση

Η απολύμανση είναι συνήθως το τελευταίο στάδιο στην επεξεργασία του νερού, είναι απαραίτητη διαδικασία για το πόσιμο νερό αφού αποτελεί σημαντικό μέτρο προφύλαξης από τους παθογόνους μικροοργανισμούς, πριν την τελική διάθεση στους καταναλωτές. Η απολύμανση διαφέρει από την αποστείρωση την καταστροφή δηλαδή όλων των ζωντανών οργανισμών που υπάρχουν στο νερό. Γενικότερα, ως απολύμανση ορίζεται η επεξεργασία εκείνη που έχει ως σκοπό τη διατήρηση των μικροοργανισμών ενός ανοικτού ή κλειστού δικτύου νερού σε επίπεδα που δεν επηρεάζουν τη δημόσια υγεία (Κώττη, 2010) .

Ένα σύστημα απολύμανσης θα πρέπει να επιτυγχάνει:

- αδρανοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών,
- ικανοποίηση των προδιαγραφών για τις επιτρεπόμενες υπολειμματικές συγκεντρώσεις, των απολυμαντικών,
- χαμηλή δραστηριότητα με ουσίες που περιέχονται στο νερό και χαμηλή παραγωγή επικίνδυνων παραπροϊόντων
- ικανοποίηση των προδιαγραφών για τα παραπροϊόντα απολύμανσης (DBPs),
- χαμηλό κόστος λειτουργίας και μικρές απαιτήσεις συντήρησης του συστήματος απολύμανσης
- μηδενικός κίνδυνος κατά τη χρήση του
- διατήρηση της απαιτούμενης υπολειπόμενης συγκέντρωσης απολυμαντικού στο δίκτυο διανομής (Τσώνης, 2003).

Η απολύμανση επιτυγχάνεται με τρεις διαφορετικούς τρόπους όπως αναφέρει ο Μήτρακας (2001):

1. με παρεμπόδιση του κανονικού ρυθμού του μεταβολισμού.
2. με παρεμπόδιση της βιοσύνθεσης και ανάπτυξης.

3. με καταστροφή η εξασθένηση της οργάνωσης της κυτταρικής δομής.

### 2.7.1. Μέθοδοι απολύμανσης

1. Χλωρίωση: Η χλωρίωση είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος απολύμανσης για το πόσιμο νερό και γενικά για το νερό γενικών χρήσεων. Το πλεονέκτημα της χλωρίωσης σε σχέση με τα άλλα μέσα απολυμαντικών του νερού είναι ότι είναι αρκετά ισχυρή μέθοδος ώστε να απαλλάσσει το νερό από τους παθογόνους μικροοργανισμούς, ενώ συγχρόνως παρέχει υπολειμματικό απολυμαντικό το οποίο μπορεί να παραμείνει μέσα στο νερό και να δρα σαν προστατευτικός παράγοντας για κάποιο χρονικό διάστημα παρεμποδίζοντας την ανάκαμψη τυχόν επιζώντων μικροοργανισμών. Επίσης, το χλώριο έχει φτηνό κόστος και έχει την ευκολία μέτρησής του τόσο σε εργαστηριακό επίπεδο όσο και στο πεδίο (Μήτρακας, 2001). Η αποτελεσματικότητα του χλωρίου κατά την διαδικασία απολύμανσης επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες μεταξύ των οποίων η ποσότητα του χλωρίου, η συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων, η θερμοκρασία, το pH, ο χρόνος επαφής, και το ποσόν του υπολειμματικού χλωρίου (Κώττη, 2010). Μπορεί η απολύμανση να είναι σημαντική για τη δημόσια υγεία όμως υπάρχει κάποια ανησυχία για της πιθανές παρενέργειες των απολυμαντικών και ιδίως του χλωρίου στην υγεία των καταναλωτών (Μήτρακας, 2001).

2. Χλωραμίνωση: Η χλωρίωση αφήνει κάποια οσμή στο νερό ή κάποια δυσάρεστη γεύση, προκειμένου να απομακρυνθούν χρησιμοποιούνται συχνά οι χλωραμίνες σε συνδυασμό με το ελεύθερο χλώριο. Οι χλωραμίνες έχουν πιο ασθενέστερη απολυμαντική δράση από το ελεύθερο χλώριο, όμως αφήνουν στο νερό ένα πιο χημικά σταθερό υπολειμματικό απολυμαντικό. Είναι ιδανική να χρησιμοποιείται σαν δευτερογενής απολύμανση, για τη βελτίωση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων του χλωριωμένου νερού και για την παρουσία σταθερού υπολειμματικού απολυμαντικού στο νερό (Νταρακάς, 2010).

3. Διοξειδίο του χλωρίου: Είναι ισχυρό απολυμαντικό, αποτελεσματικό έναντι βακτηρίων, πρωτόζωων και ιών. Το διοξειδίο του χλωρίου έχει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα από το ελεύθερο χλώριο έναντι των παθογόνων βακτηρίων αλλά το ελεύθερο χλώριο είναι πιο αποτελεσματικό ενάντια των ιών (Νταρακάς, 2010). Τα

τελευταία χρόνια έχει εξαπλωθεί η χρήση του διοξειδίου του χλωρίου γιατί συνδυάζει την απολυμαντική δράση με την περιορισμένη δημιουργία παραπροϊόντων και ουσιών που ίσως είναι καρκινογόνες. Το διοξείδιο του χλωρίου χρησιμοποιείται σαν απολυμαντικό και σε πολλές περιπτώσεις ανταγωνίζεται το χλώριο. Βέβαια η χρήση διοξειδίου του χλωρίου στην Ελλάδα είναι μειωμένη, γεγονός που ίσως να οφείλεται ότι δεν παράγεται στην Ελλάδα (Τσώνης, 2003).

4. Όζον: Το όζον καταστρέφει τους παθογόνους μικροοργανισμούς (βακτήρια και ιούς), που υπάρχουν στο νερό. Η δράση του είναι πιο γρήγορη και πιο αποτελεσματική από τα άλλα απολυμαντικά. Μικροοργανισμοί ανθεκτικοί στο χλώριο, οι οποίοι οξειδώνονται και καταστρέφονται ταχύτατα από το όζον, είναι οι αμοιβάδες, οι κόκκοι, τα άλγη, τα σπόρια και οι κύστες. Συγκεντρώσεις όζοντος 0,3-0,5 mg/L καταστρέφουν ή εξουδετερώνουν τους ιούς μέσα σε λίγα λεπτά σε σύγκριση με τις ώρες που χρειάζονται άλλα απολυμαντικά μέσα ακόμα και σε πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις (Κώττη, 2010). Η δράση του όζοντος επηρεάζεται από το pH, τη συγκέντρωση μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα και άλλων οργανικών και ανόργανων ουσιών στο νερό. Το όζον οξειδώνει πολλές επιβλαβείς ενώσεις σε απλούστερες αβλαβείς μορφές και δημιουργεί πολύ λίγα επιβλαβή παραπροϊόντα. Γενικά τα πλεονεκτήματα του όζοντος είναι η μεγάλη οξειδωτική και μικροβιοκτόνος δράση του, αλλά στα μειονεκτήματα συνυπολογίζονται η υψηλό κόστους εγκατάσταση παραγωγής και η αδυναμία του να προσφέρει υπολειμματική δράση στο δίκτυο διανομής του πόσιμου νερού (Νταρακάς, 2010). Η χρήση του όζοντος στο νερό εκτός από απολυμαντικό μέσο χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση του χρώματος, των οσμών του νερού, του σιδήρου, του μαγγανίου και του θείου που μπορεί να περιέχει το υπό επεξεργασία νερό καθώς και την απομάκρυνση οργανικών υλικών (Κώττη, 2010).

5. Υπεριώδης ακτινοβολία: Η υπεριώδης ακτινοβολία χρησιμοποιείται από παλιά στην επεξεργασία του νερού. Σήμερα ο τρόπος επεξεργασίας με μονάδες υπεριώδους φωτός αφορά τη χρήση μιας λάμπας υπεριώδους φωτός τοποθετημένης σε ένα δοχείο, γύρω από το οποίο ρέει το μη επεξεργασμένο νερό. Η UV ακτινοβολία καταστρέφει το γενετικό υλικό των παθογόνων μικροοργανισμών και τους εμποδίζει να αναπαράγονται. Η έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία δεν καταστρέφει αλλά «αδρανοποιεί» τους μικροοργανισμούς, δηλαδή αποτρέπει τον πολλαπλασιασμό τους

με αποτέλεσμα να μη ξεπερνούν το όριο και έτσι δεν θεωρούνται επικίνδυνοι για το νερό. Η χρήση της υπεριώδους (UV) ακτινοβολίας ως μέθοδο απολύμανσης θεωρείται φυσικός τρόπος αφού δεν χρησιμοποιούνται χημικά και δεν έχουν ανιχνευθεί ανεπιθύμητα παραπροϊόντα (Τσώνης, 2003). Η μέθοδος απολύμανσης του νερού με υπεριώδη ακτινοβολία είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική στην καταστροφή μονοκύτταρων μικροοργανισμών, όπως είναι τα παθογόνα μικρόβια. Το νερό που πρέπει να απολυμανθεί διέρχεται από ένα θάλαμο, όπου εκτίθεται σε ακτινοβολία σε μήκος κύματος 254 nm. Εφόσον η ισχύς της ακτινοβολίας είναι αρκετή και η συνολική ενέργεια που περνά στο νερό ξεπερνά ένα όριο, καταστρέφεται η αλυσίδα του DNA στον μικροοργανισμό και έτσι δεν μπορεί να πολλαπλασιαστεί και να δημιουργήσει αποικίες. Στα μειονεκτήματα της διαδικασίας συνυπολογίζονται η ανάγκη για διήθηση του νερού πριν την έκθεση στην ακτινοβολία και η έλλειψη υπολειμματικής συγκέντρωσης του απολυμαντικού για την προστασία του νερού στο δίκτυο παροχής και κατανάλωσης. Υπάρχει δηλαδή δυσκολία όσον αφορά τον άμεσο έλεγχο της διαδικασίας (Κώττη, 2010).

## 2.8 Αποσκλήρυνση

Το νερό διαφέρει στη σκληρότητα ανάλογα με την περιοχή από την οποία προέρχεται. Το νερό διαλύει ανθρακικά άλατα από τα πετρώματα μέσα από τα οποία ρέει και έτσι φορτίζεται με ανθρακικά άλατα και άλατα μαγνησίου. Όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση αυτών των ιόντων τόσο πιο σκληρό είναι το νερό. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι αποσκλήρυνσης όπως η χημική ιζηματοποίηση ή η εναλλαγή ιόντων. Συνήθως χρησιμοποιείται για την επεξεργασία πόσιμου νερού η εναλλαγή ιόντων. Διαδικασία κατά την οποία τα ιόντα που αυξάνουν τη σκληρότητα του νερού (ανθρακικά άλατα και μαγνησίου) αντικαθίστανται με ιόντα νατρίου δημιουργώντας άλατα τα οποία είναι πιο υδατοδιαλυτά και σταθερά χωρίς να δημιουργούν επικαθίσεις. Η εναλλαγή συμβαίνει με τη βοήθεια ρητίνης με μορφή μικρών σφαιρών συνθετικού πολυμερούς, ασφαλούς για χρήση σε πόσιμο νερό και το οποίο είναι αρχικά φορτισμένο με ιόντα νατρίου. Η ρητίνη έχει μεγαλύτερη χημική έλξη με το ασβέστιο και το μαγνήσιο. Το νερό ρέει μέσα από τη ρητίνη που κατακρατά τα ιόντα ασβεστίου ενώ απελευθερώνει ιόντα νατρίου. Η εναλλαγή ιόντων συνεχίζεται μέχρι να αντικατασταθούν όλα τα κατιόντα νατρίου. Η ρητίνη είναι πλέον κορεσμένη, δεν

μπορεί πλέον να αποσκληρύνει άλλο νερό και πρέπει να αναγεννηθεί. Μετά την ολοκλήρωση της παραπάνω διαδικασίας εφαρμόζεται η ακριβώς αντίστροφη διαδικασία, προκειμένου να αναγεννηθεί η ρητίνη και να αρχίσει ο νέος κύκλος λειτουργίας της. Στην πραγματικότητα το φαινόμενο της ιοντοεναλλαγής, στην συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων, είναι αμφίδρομο, πράγμα που επιτρέπει τη χρήση των ρητινών ιοντοεναλλαγής για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα, μέχρι αυτές να ρυπανθούν ή να χρήζουν αντικατάστασης λόγω μηχανικής φθοράς (Κώττη, 2010).

## 2.9 Έλεγχος ποιότητας νερού στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού

Το νερό και η ποιότητά του ελέγχεται όχι μόνο πριν και μετά την επεξεργασία, αλλά και σε διάφορες θέσεις στο δίκτυο διανομής. Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να διευκρινιστεί ότι σε κάθε διεργασία επεξεργασίας νερού πριν και μετά πραγματοποιείται έλεγχος του νερού με στόχο, όχι μόνο τη διασφάλιση της σωστής λειτουργίας των διεργασιών επεξεργασίας, αλλά και την πρόληψη περιπτώσεων υποβάθμισης της ποιότητας του παραγόμενου νερού. Οι έλεγχοι πραγματοποιούνται σε κατάλληλα εξοπλισμένα εργαστήρια και με τέτοιο τρόπο ώστε να που συμφωνούν απόλυτα με την ισχύουσα νομοθεσία.

Συγκεκριμένα, το νερό μετά από κάθε διεργασία (κροκίδωση-καθίζηση κλπ.) υποβάλλεται σε μια διαδικασία ελέγχων που πραγματοποιούνται:

- I. με όργανα τα οποία είναι εγκατεστημένα σε κάποιο σημείο της δεξαμενής καθαρού νερού. Οι κυριότερες παράμετροι που ελέγχονται είναι το pH, η αγωγιμότητα, η θολότητα, το διαθέσιμο χλώριο κλπ. Τα όργανα διαθέτουν κατάλληλους on line αναλυτές για τις βασικές παραμέτρους. Οι τιμές των παραμέτρων φαίνονται σε τοπική ένδειξη και παράλληλα τα σήματά τους μεταδίδονται στον Κεντρικό Πίνακα Ελέγχου της μονάδας. Αν οι τιμές των παραμέτρων υπερβαίνουν τα καθορισμένα όρια για το πόσιμο νερό γίνονται διάφορες ενέργειες προκειμένου να επιτευχθεί η συνιστάμενη τιμή.
- II. με τη βοήθεια οργάνων και ειδικευμένου προσωπικού στα εργαστήρια της μονάδας, μετά από κατάλληλες δειγματοληψίες. Το πόσιμο νερό υπόκειται

σε τακτούς χημικούς και μικροβιολογικούς ελέγχους στα εργαστήρια των μονάδων επεξεργασίας νερού.

Η παρακολούθηση του νερού σε όλη τη διάρκεια της επεξεργασίας του αλλά και κατά την παραγωγή του σε πόσιμο νερό δίνει τη δυνατότητα να διασφαλίζεται η ποιότητά του και κατ' επέκταση η προστασίας της υγείας των καταναλωτών. Οι αναλύσεις της ποιότητας του νερού πραγματοποιούνται με μεθόδους σύμφωνες με τη νομοθεσία και τα διεθνή πρότυπα ανάλυσης του νερού (Ζανάκη, 2001).



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

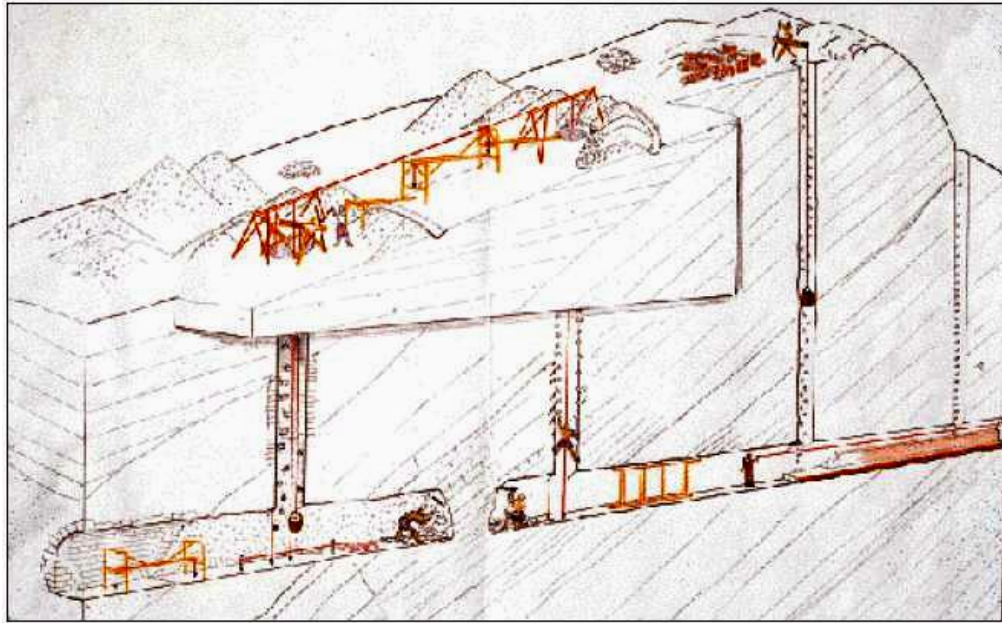
### 3. Επεξεργασία νερού σε διάφορες πόλεις της Ελλάδας

#### 3.1 Υδροδότηση Αθήνας

##### 3.1.1 Ιστορική Αναδρομή

Στην αρχαία Ελλάδα, η ύδρευση γινόταν από πηγές και πηγάδια, αλλά και από υδραγωγεία. Από τα πιο γνωστά αρχαία υδραγωγεία ήταν αυτό που κατασκεύασε ο Πεισίστρατος το 530π.Χ με μήκος 2.800μ και το ονόμασε Πεισιστράτειο. Βέβαια εκτός από αυτό το υδραγωγείο υπήρχαν σε διάφορα μέρη της πόλης και άλλα μικρότερα σε μέγεθος υδραγωγεία. Επιπλέον, υπήρχαν διασκορπισμένες πολλές κρήνες μέσα στην πόλη, καθώς και δεξαμενές, στις οποίες συγκεντρωνόταν το νερό της βροχής. Στην αρχαία Αθήνα κατασκεύασαν υδρευτικά έργα στον ποταμό Ιλισό και Ηριδανό, ποτάμια τα οποία δεν υπάρχουν σήμερα αφού έχουν αντικατασταθεί από αυτοκινητόδρομους. Το νερό μεταφερόταν στην πόλη της Αθήνας από υπόγειους αγωγούς.

Κατά τη διάρκεια της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας το υδρευτικό σύστημα της Αθήνας αναπτύχθηκε. Συγκεκριμένα, κατασκευάστηκαν από τον αυτοκράτορα Ανδριανό, το Αδριάνειο Υδραγωγείο και η Αδριάνειος Δεξαμενή. Το υδραγωγείο ξεκίνησε να κατασκευάζεται το 125 μ. Χ και ολοκληρώθηκε το 140 μ. Χ. Το Αδριάνειο Υδραγωγείο μετέφερε νερό με σήραγγα μήκους 25χλμ. περίπου από τους πρόποδες της Πάρνηθας στον Λυκαβηττό και η Αδριάνειος Δεξαμενή κατασκευάστηκε ώστε να αποθηκεύονται τα νερά. Σήμερα διασώζονται τμήματα του Υδραγωγείου κοντά στη Φιλοθέη, καθώς και της Δεξαμενής στο Κολωνάκι. Το υδραγωγείο κατασκευάστηκε σκάβοντας κατακόρυφα φρέατια ανά 30-40 μέτρα και οι εργάτες έσκαβαν εκατέρωθεν κάθε φρέατος. Το έργο αυτό τροφοδοτούσε την Αθήνα για πολλούς αιώνες. Την περίοδο όμως της τουρκοκρατίας σταμάτησαν οι συντηρήσεις των έργων αυτών με αποτέλεσμα να μην είναι πλέον λειτουργικά και η υδροδότηση της Αθήνας γινόταν πάλι από τα πηγάδια και τις πηγές ([www.eydap.gr](http://www.eydap.gr)).



**Εικόνα 2:** Ο τρόπος κατασκευής του Αδριάνειου Υδραγωγείου (Κορρέ, 2002)

Το 1827 ξεκίνησαν επισκευές και καθαρισμοί του Αδριάνειου Υδραγωγείου, το οποίο τέθηκε και πάλι σε λειτουργία το 1840. Το 1870 ανακαλύφθηκε και η Αδριάνειος Δεξαμενή, η οποία ανακατασκευάστηκε φτάνοντας στα 2.200 κυβικά μέτρα χωρητικότητα και λειτούργησε μέχρι και το 1940. Η Αθήνα υδρευόταν μέχρι το 1924 με ευθύνη του Δήμου, κυρίως, από πηγές της Πάρνηθας και του Υμηττού (Καισαριανή), καθώς και από πηγάδια στα προάστια. Το 1925 υπογράφηκε η Σύμβαση μεταξύ Ελληνικού Δημοσίου και της Αμερικανικής Εταιρείας Ούλεν για την κατασκευή έργων ύδρευσης στις πηγές του Παρνασσού. Τότε συστάθηκε και η Ανώνυμος Ελληνική Εταιρεία Υδάτων για την εποπτεία των έργων (Μπρούσαλης, 2012).

Το 1926 ξεκίνησε να κατασκευάζεται το Φράγμα του Μαραθώνα, το οποίο εγκαινιάστηκε το 1929. Το φράγμα του Μαραθώνα είναι μια τεχνητή λίμνη χωρητικότητας 41 εκατομμυρίων κυβικών μέτρων νερού. Μετά τον πόλεμο ξεκίνησαν και το 1958 ολοκληρώθηκαν τα έργα μεταφοράς στην Αττική των νερών της φυσικής λίμνης Υλίκης στη Βοιωτία, χωρητικότητας 600.000.000 κυβικών μέτρων (<https://www.eydap.gr>).



**Εικόνα 3: Κατασκευή του φράγματος Μαραθώνα (<http://www.mixanitouxronou.gr>)**

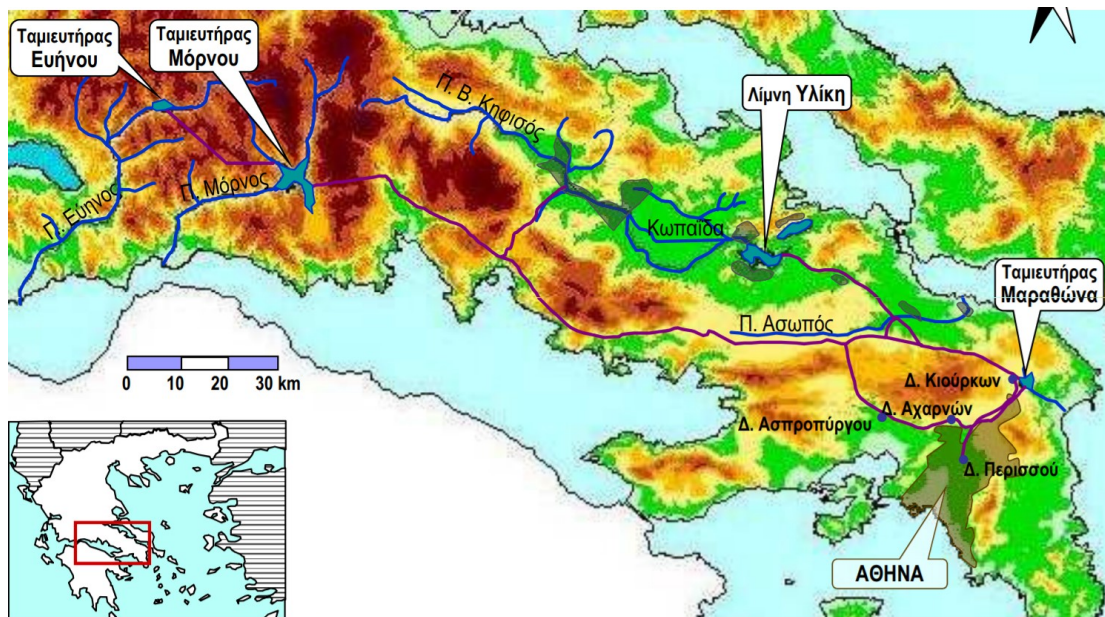
Το 1969 ξεκίνησαν και το 1981 τέθηκαν σε λειτουργία τα έργα κατασκευής υδραγωγείου και φράγματος στον ποταμό Μόρνο (Αιτωλοακαρνανία). Το φράγμα του Μόρνου είναι το μεγαλύτερο στην Ευρώπη και χωράει 780.000.000 κυβικά μέτρα νερού και δίνει 300.000.000 κυβικά μέτρα νερού το χρόνο στην Αθήνα. Το νερό από το Μόρνο φτάνει στην Αθήνα διασχίζοντας ένα κανάλι μήκους 192 χιλιομέτρων περνώντας από τους νομούς Φωκίδας και Βοιωτίας ([www.northmeteo.gr](http://www.northmeteo.gr), 2017). Για την ύδρευση της Αττικής έχουν δεσμευτεί και οι πηγές στο Σούλι και τον Κάλαμο Αττικής, καθώς και τα νερά της Παραλίμνης. Το 1992 ξεκίνησαν και ολοκληρώθηκαν το 2002 τα έργα του φράγματος και του ταμιευτήρα του ποταμού Εύηνου (νομός Αιτωλοακαρνανίας) που δεσμεύουν ένα ακόμα ποτάμι για τις ανάγκες ύδρευσης της Αττικής. Με το έργο αυτό ουσιαστικά δεσμεύονται και τα νερά των Βαρδουσίων, που πλημμυρίζουν την κοιλάδα του Αγίου Δημητρίου και δημιουργούν μια τεχνητή λίμνη χωρητικότητας 140.000.000 κυβικών μέτρων νερού. Τα έργα μπορεί να μεταφέρουν στην Αττική από τον Εύηνο μέσω του Μόρνου 220.000.000 κυβικά μέτρα νερού το χρόνο. Τα έργα, ωστόσο, του Μαραθώνα, της Υλίκης, του Μόρνου και του Εύηνου που τροφοδοτούν την Αττική με 600.000.000 κυβικά μέτρα νερού το χρόνο, θα επαρκούν μέχρι το 2030 για να καλύπτουν τις ανάγκες της Αττικής, ακολουθώντας τις σημερινές τάσεις κατανάλωσης νερού και επέκτασης του δικτύου (Θαλασσινού, 2017).

### 3.1.2 Το έργο της ΕΥΔΑΠ

Η ΕΥΔΑΠ προμηθεύεται ακατέργαστο νερό, κυρίως από επιφανειακούς υδατικούς πόρους (Μαραθώνα, Υλίκη, Μόρνος, Εύηνος). Από τους ταμειυτήρες αυτούς, μόνο αυτός της Υλίκης είναι φυσικός, ενώ οι υπόλοιποι έχουν δημιουργηθεί με την κατασκευή φραγμάτων σε κατάλληλα σημεία στην κοίτη των αντίστοιχων ποταμών Εύηνου, Μόρνου και Χαράδρου (φράγμα Μαραθώνα). Στις πηγές υδροληψίας που χρησιμοποιεί η ΕΥΔΑΠ περιλαμβάνονται και υπόγειοι υδατικοί πόροι που αξιοποιούνται με τη λειτουργία 100 γεωτρήσεων συνολικής ετήσιας αντλητικής ικανότητας 70-125 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού περίπου ανά έτος.

Η μεταφορά του ακατέργαστου νερού από τις πηγές, στις Μονάδες Επεξεργασίας Νερού (ΜΕΝ) της ΕΥΔΑΠ γίνεται μέσω ενός εκτενούς συστήματος εξωτερικών υδραγωγείων συνολικού μήκους 485 χιλιομέτρων. Τα υδραγωγεία του Μόρνου και της Υλίκης επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω των ενωτικών υδραγωγείων. Τέλος, παρά τη μεγάλη απόσταση των κυρίων υδροδοτών (Μόρνου, Υλίκης) από την Αττική, η μεγαλύτερη ποσότητα του νερού μεταφέρεται μέσω των υδραγωγείων με τη δύναμη της βαρύτητας χωρίς την οικονομική, αλλά και την περιβαλλοντική επιβάρυνση ενεργοβόρων αντλήσεων, που μόνο σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης ενεργοποιούνται, π.χ. άντληση από την Υλίκη από τα τέλη του 2007 έως τα μέσα περίπου του 2009.

Οι Μονάδες Επεξεργασίας Νερού (ΜΕΝ) έχουν απόλυτα καθοριστική σημασία καθώς εδώ το νερό υποβάλλεται σε επεξεργασία που το καθιστά πόσιμο. Οι ΜΕΝ στο Λεκανοπέδιο της Αττικής βρίσκονται στο Γαλάτσι, στις Αχαρνές, στο Πολυδένδρι και τη Μάνδρα Ασπρόπυργου. Στη συνέχεια, μέσω του δικτύου ύδρευσης μεταφέρεται το διωλισμένο νερό από τις ΜΕΝ στους υδρομετρητές των καταναλωτών. Το σημερινό δίκτυο άρχισε να κατασκευάζεται από το 1926 και έχει συνολικό μήκος 9.500 χιλιομέτρων. Επιπλέον, το δίκτυο εκτός των αγωγών περιλαμβάνει αντλιοστάσια και δεξαμενές πίεσης. Συγκεκριμένα, για την υδροδότηση των περιοχών που βρίσκονται σε μεγάλο υψόμετρο λειτουργούν 81 αντλιοστάσια, ενώ 55 δεξαμενές πόλεως συνολικής χωρητικότητας 885.000 κυβικών μέτρων νερού βρίσκονται διάσπαρτες σε υψηλά υψομετρικά σημεία της πόλης. Η ΕΥΔΑΠ παρέχει νερό σε περιοχές με υψόμετρο εδάφους από 0 έως και 600 μέτρα από το επίπεδο της θάλασσας. Ο συνολικός αριθμός των υδρομετρητών ανέρχεται σε 2.030.000 περίπου ([www.eydap.gr](http://www.eydap.gr)).



Εικόνα 3: Το υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας (Κουτσογιάννης & Ευστρατιάδης, 2015)

### 3.1.3 Επεξεργασία νερού

Οι Μονάδες Επεξεργασίας Νερού (ΜΕΝ) στο Λεκανοπέδιο της Αττικής είναι οι εξής:

- ΜΕΝ Γαλατσίου
- ΜΕΝ Αχαρνών
- ΜΕΝ Πολυδενδρίου
- ΜΕΝ Μάνδρας (Ασπροπύργου)

Στις ΜΕΝ ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία για την επεξεργασία του νερού:

1<sup>ο</sup> στάδιο- Εσχάρωση: Το νερό περιέχει διάφορα στερεά (πέτρες, φύλλα, χώμα) που έχουν παρασυρθεί κατά τη διαδρομή του νερού. Οι σχάρες απομακρύνουν όλα αυτά τα ανεπιθύμητα υλικά.

2<sup>ο</sup> στάδιο- Προχλωρίωση: Το χλώριο έχει οξειδωτική και απολυμαντική ικανότητα. Η προσθήκη χλωρίου διευκολύνει την μετέπειτα επεξεργασία του, αφού εμποδίζει την ανάπτυξη μικροοργανισμών.

3<sup>ο</sup> στάδιο- Κροκίδωση: η κροκίδωση είναι όταν προσθέτονται κροκιδωτικές ουσίες στο νερό, οι οποίες έχουν την ιδιότητα να ενώνουν τα στερεά αιωρούμενα και κολλοειδή σωματίδια που υπάρχουν στο νερό. Συνήθως επιλέγεται ως κροκιδωτικό το θειικό αργίλιο το οποίο βοηθάει τα στερεά σωματίδια που υπάρχουν μέσα στο νερό να συσσωματωθούν μεταξύ τους. Οι κροκίδες που σχηματίζονται αποκτούν περισσότερο βάρος, καθιζάνουν ευκολότερα και έτσι είναι πιο εύκολο να απομακρυνθούν με την καθίζηση και τη διήθηση που ακολουθούν. Κατά τη διάρκεια

της κροκίδωσης το νερό συνεχώς αναδεύεται για να αυξάνονται οι συγκρούσεις των σωματιδίων και εν συνεχεία να αυξηθεί και η συσσωμάτωσή τους.

4<sup>ο</sup> στάδιο-Καθίζηση: αντίθετα στο επόμενο στάδιο το νερό είναι σε ήρεμη θέση και τα συσσωματωμένα στερεά καθιζάνουν στον πυθμένα της δεξαμενής καθίζησης. Με αυτόν τον τρόπο το νερό καθαρίζεται σε ποσοστό 80%.

5<sup>ο</sup> στάδιο-Διήθηση: το νερό περνά μέσα από ειδικά αμμόφιλτρα τα οποία κατακρατούν τα πολύ μικρά και ελαφριά σωματίδια που δεν έγιναν κροκίδες. Το νερό μετά τη διέλευση του από τα φίλτρα αυτά εξάγεται πιο καθαρό.

6<sup>ο</sup> στάδιο-Μεταχλωρίωση: Αν η προχλωρίωση δεν είναι ικανοποιητική, προστίθεται συμπληρωτικά χλώριο κατά την είσοδο του νερού στις κλειστές δεξαμενές αποθήκευσης και πριν την είσοδό του στο δίκτυο ύδρευσης.

Το νερό που παράγεται στις μονάδες επεξεργασίας νερού αποθηκεύεται σε διάφορες δεξαμενές της πόλης, οι οποίες βρίσκονται διεσπαρμένες σε διάφορα σημεία. Από τις δεξαμενές το νερό διανέμεται στους καταναλωτές μέσα από ένα εκτενές δίκτυο σωληνώσεων, το οποίο συνεχώς αναβαθμίζεται και επεκτείνεται. Το δίκτυο ύδρευσης παρακολουθείται σε 24ωρη βάση από σύστημα τηλελέγχου – τηλεχειρισμού (SCADA). Παρακολουθείται η λειτουργία των μονάδων επεξεργασίας νερού, του δικτύου ύδρευσης, των δεξαμενών ρύθμισης-αποθήκευσης, των αντλιοστασίων και των σημαντικών κομβικών σημείων του δικτύου. Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει 100 θέσεις συνεχούς παρακολούθησης και καταγραφής της λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας ([www.eydap.gr](http://www.eydap.gr)).



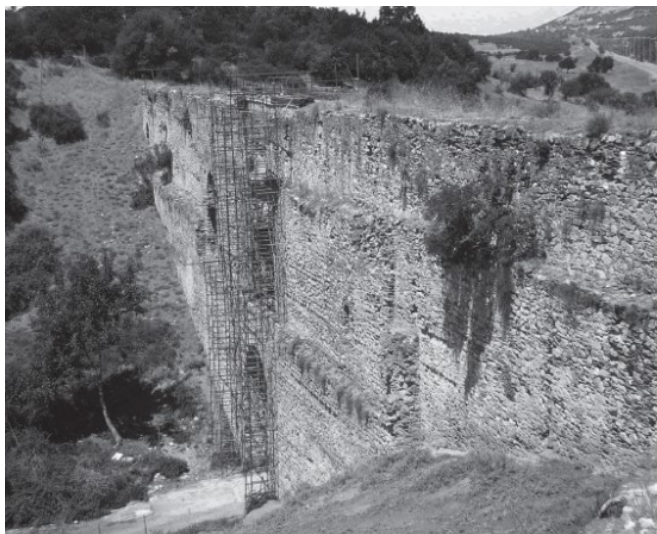
**Εικόνα 3:** Εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού Αθήνας (Κουτσογιάννης & Ευστρατιάδης, 2015)

## 3.2 Υδροδότηση Θεσσαλονίκης

### 3.2.1 Ιστορική Αναδρομή

Αρχικά, η πόλη της Θεσσαλονίκης διέθετε υπόγεια νερά που επαρκούσαν να ικανοποιήσουν τους κατοίκους και έτσι στη Θεσσαλονίκη υπήρχαν περίπου 3060 πηγάδια. Με την αύξηση του πληθυσμού μεγάλωσαν και οι ανάγκες σε νερό. Έτσι οι κάτοικοι αναζήτησαν λύση στα βουνά της περιοχής που διέθεταν πηγές με τρεχούμενα νερά. Κατά τη διάρκεια της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας για να καλυφθούν οι ανάγκες σε νερό κατασκευάστηκε το υδραγωγείο του Χορτιάτη το οποίο είχε μια υδατογέφυρα μήκους 223μ. και μέγιστο ύψος 20μ. Ήταν ένα έργο ξεχωριστό και τεράστιο για εκείνη την εποχή. Οι πηγές του Χορτιάτη βρίσκονται στον ορεινό όγκο του βουνού πάνω από τον οικισμό. Τα νερά με υπόγειους αγωγούς συγκεντρώνονταν σε κοινή δεξαμενή, κοντά στο χωριό και ύστερα με το κτιστό κανάλι, ορθογωνικής διατομής, διαστάσεων 25x50 εκ., οδηγούνταν στο υψηλό τμήμα της πόλης (δεξαμενή των Βλατάδων) με φυσική ροή μήκους 22 χλμ. (Ταμωλάκης, 1985).

Κατά την περίοδο της Τουρκοκρατίας και συγκεκριμένα, λίγο μετά την άλωση της Θεσσαλονίκης το 1430, ο Μουράτ Β΄ επισκεύασε την υδατογέφυρα του Χορτιάτη και κατασκεύασε είκοσι κρήνες καθώς και το «Λουτρό του Μπέη». Όλα αυτά τα έργα στηρίζονταν στις πηγές του Χορτιάτη σε συνδυασμό με τις πηγές Ρεντζικίου (Πεύκων) και Λεμπέτ (Σταυρούπολη) οι οποίες τροφοδοτούσαν την πόλη της Θεσσαλονίκης με νερό (Μανωλεδάκης & Μάρκη, 2008).



Εικόνα 4: Η νότια όψη του υδραγωγείου Χορτιάτη (Μανωλεδάκης & Μάρκη, 2008)

Το 1888, ο Τούρκος επιχειρηματίας Χαμδή Εφέντη ίδρυσε εταιρεία με τίτλο «Οθωμανική Εταιρία Υδάτων Θεσσαλονίκης», ενώ το 1912 μετά την απελευθέρωση της Θεσσαλονίκης, τα υδραγωγεία Χορτιάτη, Λεμπέτ και Ρετζικίου περιέρχονται στην ιδιοκτησία του Δήμου Θεσσαλονίκης.

Την περίοδο του Πρώτου Παγκόσμιου Πολέμου στη Θεσσαλονίκη είχαν στρατοπεδεύσει τα συμμαχικά στρατεύματα, έτσι η ζήτηση νερού ήταν μεγάλη και για να αντιμετωπιστεί η έλλειψη νερού κατασκευάστηκαν γεωτρήσεις στην περιοχή της πόλης. Το 1917 κατασκευάστηκε από Γάλλους μηχανικούς το “Υδραγωγείο Χαριλάου” για να καλύψει τις ανάγκες ύδρευσης των γαλλικών στρατιωτικών μονάδων και άνηκε μέχρι το 1975 στην “Πρώτη Οικοδομική Εταιρεία Χαριλάου”, ώσπου και αγοράστηκε από τον Οργανισμό Ύδρευσης Θεσσαλονίκης (Ο.Υ.Θ.) εκτός των εγκαταστάσεων υδρομάστευσης. Η μεγάλη πυρκαγιά του 1917 κατέστρεψε όχι μόνο μεγάλο μέρος της πόλης, αλλά και το δίκτυο ύδρευσης (Ταμιωλάκης, 1985).

Προβλήματα στην ύδρευση παρουσιάστηκαν και με τον ερχομό των προσφύγων το 1922. Γεγονός που οδήγησε στην ανακαίνιση του δικτύου, στην συντήρηση των υδραγωγείων και την εύρεση νέων γεωτρήσεων. Συνολικά, την περίοδο αυτή (1913-1939) κατασκευάστηκαν δεξαμενές και γεωτρήσεις στις περιοχές Καλαμαριάς, Ντεπώ, Χαριλάου, Τούμπας, Χίρς, Εξοχών, Μαλακοπής, Αγ. Φανουρίου, Καλοχωρίου. Μέχρι το 1939 και με την ευθύνη βελγικής εταιρίας κατασκευάστηκε το εσωτερικό δίκτυο ύδρευσης της πόλης χρησιμοποιώντας χυτοσιδήρους σωλήνες διαμέτρου 60 έως 100 χιλιοστών. Το 1939 ιδρύθηκε ο Οργανισμός Ύδρευσης Θεσσαλονίκης (Ο.Υ.Θ.), στην κυριότητα του οποίου περιέρχονται και τα υδραγωγεία Χορτιάτη, Λεμπέτ και Ρετζικίου.

Μετά τον πόλεμο από το 1945 άρχισε μια μεγάλη προσπάθεια βελτίωσης των εγκαταστάσεων (δίκτυα, δεξαμενές, αντλιοστάσια, κ.λπ.) του Ο.Υ.Θ. για την υδροδότηση των κατοίκων της πόλης. Τη δεκαετία 1960-1970 η υδροληψία πραγματοποιούταν και στην πεδιάδα της Σίνδου, όπου δημιουργήθηκαν 28 γεωτρήσεις. Το υδραγωγείο Καλοχωρίου-Δενδροποτάμου μπόρεσε να προμηθεύσει την πόλη και τους κατοίκους με νερό γεγονός που συμβαίνει ακόμα και τώρα. Μέχρι το 1975 η Θεσσαλονίκη υδροδοτούνταν και από το νερό του Χορτιάτη. Το 1978 ολοκληρώθηκε το έργο όπου νερά μεταφέρονταν από την Αραβησσό, κίνηση η οποία έλυσε το πρόβλημα ύδρευσης για πολλά χρόνια (<http://www.eydeael.gr/>, n.d.).



### 3.2.2 Το έργο της ΕΥΑΘ

Η «Εταιρεία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης Α.Ε.» ή πιο σύντομα Ε.Υ.Α.Θ. Α.Ε. ιδρύθηκε το 1998 και προήλθε από τη συγχώνευση των ανώνυμων εταιρειών: του Οργανισμού Ύδρευσης Θεσσαλονίκης Α.Ε. (ΟΥΘ Α.Ε.) και του Οργανισμού Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης Α.Ε. (ΟΑΘ Α.Ε.). Οι εγκαταστάσεις που διαθέτει είναι: α) τα έργα υδροληψίας, β) τα εξωτερικά υδραγωγεία με τις γεωτρήσεις και τους σχετικούς αγωγούς, γ) τα αντλιοστάσια και οι δεξαμενές και δ) το δίκτυο διανομής με τους αγωγούς και τα υδρόμετρα.

Η ΕΥΑΘ Α.Ε. χρησιμοποιεί για την υδροδότηση της Θεσσαλονίκης τις πηγές της Αραβησσού. Η παροχή από τις υδροληψίες στην Αραβησσό κυμαίνεται μεταξύ 65.000 και 130.000 m<sup>3</sup> την ημέρα και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις χιονοπτώσεις και βροχοπτώσεις κάθε χρονιάς. Ακόμα το νερό για τους κατοίκους της Θεσσαλονίκης προέρχεται από τον Αλιάκμονα και συγκεκριμένα ξεκινά από τη θέση Βαρβάρες, 40 περίπου χιλιόμετρα από τις εκβολές του ποταμού. Με ενωτική διώρυγα το νερό μεταφέρεται με ελεύθερη ροή μέχρι τον Αξίο σε μήκος 50 χιλιομέτρων, για να καταλήξει στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού (δυλιστήριο). Το καθαρό πόσιμο νερό καταλήγει σε δεξαμενή χωρητικότητας 75.000 κυβικών μέτρων και διανέμεται μέσω δικτύου αγωγών μήκους 36 χιλιομέτρων στις υφιστάμενες δεξαμενές ύδρευσης Διαβατών, Εύοσμου, Πολίχνης, Νεάπολης, Βλατάδων, Τούμπας και Καλαμαριάς, καθώς και στη ΒΠΠΕ (Εταιρία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης, 2006).

Ο υδροφορέας της περιοχής της Σίνδου μπορεί να παρέχει ποσότητα 30.000 m<sup>3</sup> νερό ημερησίως. Στην ευρύτερη περιοχή Αξιού υπάρχουν συνολικά 46 γεωτρήσεις και η συνολικά λαμβανόμενη παροχή είναι της τάξης των 70.000 m<sup>3</sup> ημερησίως. Η παροχή που μπορεί να ληφθεί από την υδροληψία Νάρρες κυμαίνεται από 5.000 m<sup>3</sup> την ημέρα έως 25.000 m<sup>3</sup> την ημέρα, ανάλογα με τις βροχοπτώσεις και τις χιονοπτώσεις που σημειώνονται κάθε χρονιά.

Οι Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Νερού της Θεσσαλονίκης (ΕΕΝΘ) βρίσκονται 2 χιλιόμετρα βόρεια της βιομηχανικής περιοχής Σίνδου και έχουν στην παρούσα φάση δυνατότητα επεξεργασίας 150.000 κυβικών μέτρων την ημέρα (<http://www.eyath.gr>, n.d.).

### 3.2.3 Επεξεργασία νερού

Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού της Θεσσαλονίκης (ΕΕΝΘ) εκτός από το διυλιστήριο διαθέτουν εγκατεστημένες μονάδες αποθήκευσης, προετοιμασίας και δοσομέτρησης των χημικών (θεικού οξέος, πολυηλεκτρολυτών, θεικού αργιλίου, χλωρίου και ασβέστη), γραμμή επεξεργασίας της ιλύος που παράγεται στις δεξαμενές κροκίδωσης -καθίζησης, γραμμή επεξεργασίας των νερών έκπλυσης (περιλαμβάνει και ειδική μονάδα απομάκρυνσης στερεών), δίκτυα ομβρίων, ύδρευσης, ακαθάρτων, πυρόσβεσης και λοιπές υποστηρικτικές εγκαταστάσεις. Το εργαστήριο των εγκαταστάσεων και το εργαστήριο ελέγχου πόσιμου νερού της ΕΥΑΘ ελέγχουν σε όλα τα ενδιάμεσα στάδια επεξεργασίας νερού το παραγόμενο νερό σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία για την «ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης», ώστε να προσφέρεται στους πολίτες ακίνδυνα (Εταιρία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης, 2006).



**Εικόνα 4: Αεροφωτογραφία εγκαταστάσεων επεξεργασίας νερού της Θεσσαλονίκης**

Το προς επεξεργασία νερό αφού υποστεί την απαιτούμενη προεπεξεργασία (Προοζόνωση, Διόρθωση pH, Ταχεία ανάμιξη) υπόκειται στην κυρίως επεξεργασία (Κροκίδωση – Καθίζηση, Διύλιση, Οζόνωση, Προσρόφιση σε ενεργό άνθρακα) ενώ στο τέλος γίνεται η προετοιμασία του για να δοθεί στην κατανάλωση (Χλωρίωση, Ρύθμιση pH). Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά τα βήματα που ακολουθούνται για την επεξεργασία του νερού της Θεσσαλονίκης (<http://www.eyath.gr>, n.d.):

1<sup>ο</sup> Στάδιο-Είσοδος νερού στη δεξαμενή Δ2: η δεξαμενή Δ2 χωρητικότητας 4.500 m<sup>3</sup> τροφοδοτείται με νερό από το αντλιοστάσιο της Σίνδου, μέσω αγωγού μήκους 5 χλμ.

2° Στάδιο-Προοζόνωση–διόρθωση pH : το νερό που θα επεξεργαστεί εισέρχεται στις δεξαμενές προοζόνωσης, όπου έρχεται σε επαφή με το όζον ( $O_3$ ) το οποίο παράγεται στη μονάδα οζόνωσης. Η ποσότητα του όζοντος, ρυθμίζεται αναλογικά του σήματος παροχής εισόδου. Η αναλογική ρύθμιση γίνεται μέσω του συστήματος αυτοματισμού της εγκατάστασης. Στη συνέχεια το νερό οδηγείται στις δεξαμενές διόρθωσης pH, η οποία γίνεται με προσθήκη διαλύματος  $H_2SO_4$  98%. Η ρύθμιση του pH γίνεται αυτόματα. Οι δεξαμενές διόρθωσης είναι δύο, με ωφέλιμο όγκο  $325\text{ m}^3$  η καθεμιά και ο μέσος χρόνος παραμονής είναι 3 λεπτά. Η δόση του θεικού οξέος εισάγεται και ρυθμίζεται με βάση τις ενδείξεις του μετρητή pH, που είναι εγκατεστημένος στο φρεάτιο εισόδου και του μετρητή pH που είναι εγκατεστημένος στην έξοδο της δεξαμενής διόρθωσης pH, έτσι ώστε το pH του προς επεξεργασία νερού να διατηρείται σε μια επιθυμητή τιμή.

3° στάδιο - ταχεία ανάμιξη: Από τις δεξαμενές διόρθωσης pH, το νερό εισέρχεται στις δεξαμενές ταχείας ανάμιξης στην οποία επιτυγχάνεται η πλήρης ανάμιξη και η διασπορά του προστιθέμενου διαλύματος κροκιδωτικού (θεικού αργίλιο). Κύριος στόχος είναι η οξειδωση φυσικού οργανικού φορτίου, η απολύμανση, η μείωση αλγών, η επίτευξη βέλτιστων συνθηκών για τη λειτουργία της κροκίδωσης και της καθίζησης. Η ανάμιξη του κροκιδωτικού επιτυγχάνεται μέσω βραδύστροφων αναδευτήρων κάθετου άξονα, οι οποίοι βρίσκονται συνεχώς σε κανονική λειτουργία. Ο χειρισμός των αναδευτήρων γίνεται είτε τοπικά, είτε με τηλεχειρισμό από το κέντρο ελέγχου λειτουργίας.

4° Στάδιο- Κροκίδωση – καθίζηση: Το νερό μετά τη ρύθμιση του pH και την ανάμιξή του με το διάλυμα του θεικού αργιλίου στη μονάδα ταχείας ανάμιξης, οδηγείται στις δεξαμενές κροκίδωσης-καθίζησης. Οι δεξαμενές κροκίδωσης-καθίζησης είναι τρεις, κυκλικές, διαμέτρου 30 μ. και πλευρικού βάθους 4 μ. Το νερό εισέρχεται από τον πυθμένα του θαλάμου κροκίδωσης και έρχεται σε επαφή με διάλυμα πολυηλεκτρολύτη, με σκοπό τη δημιουργία μεγαλύτερων συσσωματωμάτων και τη διαύγαση του νερού. Το αιώρημα νερού από το θάλαμο κροκίδωσης υπερχειλίζει στην κυρίως δεξαμενή καθίζησης, όπου επικρατούν συνθήκες ηρεμίας, και οι νιφάδες ιλύος καθιζάνουν, ενώ το διαυγασμένο νερό ακολουθεί ανοδική πορεία. Κύριος στόχος είναι η μείωση των αιωρούμενων στερεών, των αλγών, του οργανικού φορτίου κι η απομάκρυνση των επιπλεόντων.

5° Στάδιο- Διύλιση μέσω κλινών άμμου (αμμόφιλτρα): η διύλιση γίνεται σε κλίνες διύλισης βαρύτητας, υψηλής ταχύτητας φόρτισης. Υπάρχουν εννέα δίδυμες κλίνες

μονοστρωματικού διωλιστικού μέσου (άμμος) και δύο μονές κλίνες διστρωματικού μέσου (άμμος - ανθρακίτης). Όταν ολοκληρώνεται ένας κύκλος διύλισης και η κλίνη είναι πλέον κορεσμένη, υποβάλλεται σε αυτόματη διαδικασία έκπλυσης με νερό και αέρα. Το διωλισμένο νερό οδηγείται στη δεξαμενή καθαρού νερού, ωφέλιμου όγκου 393 m<sup>3</sup>, από την οποία εξυπηρετούνται τα αντλιοστάσια έκπλυσης των κλινών άμμου και ενεργού άνθρακα και διάφορες άλλες βοηθητικές λειτουργίες. Εδώ κύριος στόχος είναι η μείωση των αιωρούμενων στερεών (θολότητα).

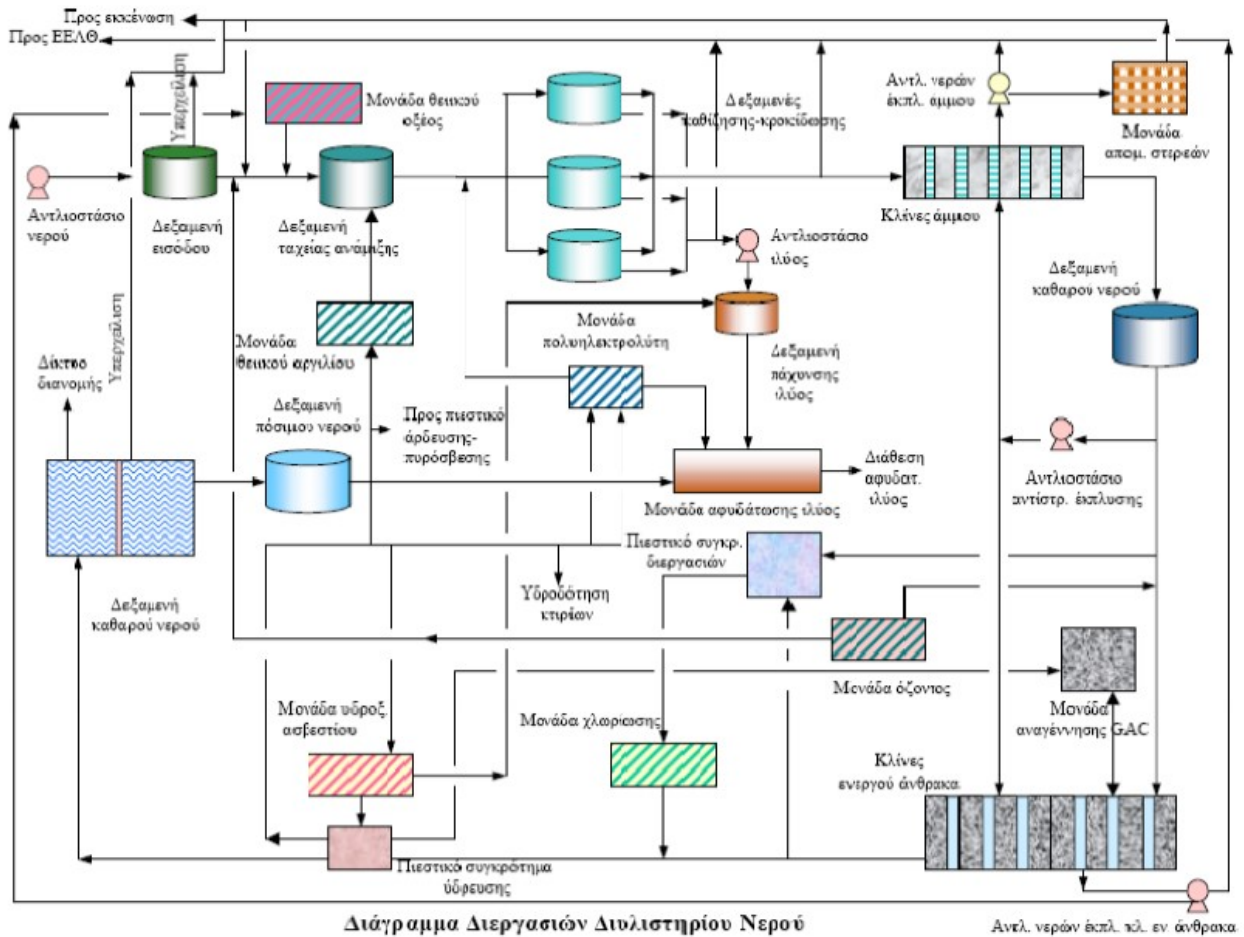
6° Στάδιο- Οζόνωση: το νερό μετά την έξοδό του από τη δεξαμενή καθαρού νερού και αφού γίνει προσθήκη υπεροξειδίου του υδρογόνου (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), εισέρχεται στη δεξαμενή επαφής όζοντος ωφέλιμου όγκου 990 m<sup>3</sup>. Η παραγωγή όζοντος γίνεται από τρεις γεννήτριες, δύο για την οζόνωση και μία για την προοζόνωση, οι οποίες λειτουργούν με την αρχή των ηλεκτρικών εκκενώσεων. Οι γεννήτριες τροφοδοτούνται με ξηρό, φιλτραρισμένο αέρα για την παραγωγή του οποίου χρησιμοποιούνται δύο αεροσυμπιεστές, δύο μεταψύκτες, δύο αεροφυλάκια και δύο ξηραντές. Εδώ κύριος στόχος είναι η οξειδωση του οργανικού φορτίου κι η απομάκρυνση της οσμής - γεύσης.

7° Στάδιο- Κλίνες ενεργού άνθρακα (GAC) – μονάδα αναγέννησης: το συγκρότημα κλινών ενεργού άνθρακα περιλαμβάνει οκτώ δίδυμες κλίνες, πλάτους 2x3,15 μ., μήκους 12,50 μ. και βάθους στρώματος 2,50 μ. η καθεμία. Ο καθαρισμός των κλινών γίνεται μέσω προγράμματος έκπλυσης αέρα - νερού. Κύριος στόχος είναι η προσρόφηση και βιοαποικοδόμηση οργανικών ουσιών καθώς και η απομάκρυνση της οσμής - γεύσης. Για την αύξηση της ικανότητας του άνθρακα να προσροφά οργανικές ενώσεις, ο ενεργός άνθρακας αναγεννιέται σε ειδική μονάδα με θέρμανση, σε πολύ υψηλή θερμοκρασία. Αξιοσημείωτο είναι ότι οι ΕΕΝΘ είναι οι μόνες εγκαταστάσεις στην Ελλάδα που περιλαμβάνουν στα στάδια της διεργασίας νερού τις κλίνες ενεργού άνθρακα και της αναγέννησής του.

8° Στάδιο- Χλωρίωση: η χλωρίωση του νερού επιτυγχάνει την καταστροφή των παθογόνων οργανισμών, την παρεμπόδιση της ανάπτυξης μικροβιολογικής ρύπανσης στη δεξαμενή εξόδου Δ3 και την εξασφάλιση υπολειμματικού χλωρίου στο δίκτυο διανομής. Η κυριότερη μορφή χλωρίου που χρησιμοποιείται είναι το άνυδρο υγρό χλώριο (υποχλωριώδες νάτριο NaClO).

9° Στάδιο- Διόρθωση pH με προσθήκη υδράσβεστου: Κύριος στόχος, η διόρθωση pH σε καθορισμένες τιμές για την αποφυγή ανεπιθύμητων επικαθίσεων στο δίκτυο διανομής.

Το καθαρό νερό αποθηκεύεται σε δεξαμενές στις οποίες υπάρχουν διάφορα όργανα που ελέγχουν διάφορες παραμέτρους όπως θολότητα, αγωγιμότητα, pH κ.α. Τα όργανα αυτά δίδουν τοπική ένδειξη, οι οποίες μεταδίδονται στον Κεντρικό Πίνακα Ελέγχου. Σε περίπτωση ενδείξεων που υπερβαίνουν τις προτεινόμενες τιμές για το πόσιμο νερό, γίνονται οι ανάλογοι χειρισμοί για να επέλθει η ομαλή λειτουργία της εγκατάστασης. Ο εργαστηριακός έλεγχος του παραγόμενου νερού καθώς και της λειτουργίας όλων των ενδιάμεσων σταδίων παραγωγής γίνεται στο εργαστήριο των εγκαταστάσεων και στο Εργαστήριο Ελέγχου Πόσιμου Νερού της ΕΥΑΘ, όπου μεγάλος αριθμός δειγμάτων εξετάζεται καθημερινά σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία.



**Σχήμα 9: Διάγραμμα ροής του διυλιστηρίου Θεσσαλονίκης (Εταιρία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης, 2006)**

### 3.3 Υδροδότηση Πάτρας

#### 3.3.1 Ιστορική Αναδρομή

Στην αρχαιότητα οι άνθρωποι προμηθεύονταν το νερό τους από τις πηγές και τα πηγάδια. Τα ρωμαϊκά χρόνια ο αυτοκράτορας Αύγουστος κατασκεύασε το μεγαλύτερο έργο υδροδότησης, αφού το νερό διένυε 6.600 μέτρα για να φτάσει στην πόλη και να μοιραστεί στους ανθρώπους. Το νερό ξεκινούσε από τις πηγές του ποταμού Διακονιάρη, στην τοποθεσία νερομάνα στου Ρωμανού και κατέληγε στην Πάτρα. Το υδραγωγείο σε πολλά τμήματα ήταν υπόγεια ενώ σε άλλα που απαιτούνταν υψομετρική διαφορά εδάφους χτίστηκε γεφύρωση. Υπήρχαν δηλαδή ψηλές κτιστές καμάρες, πάνω από τις οποίες περνούσε ο αγωγός, μεγάλο τμήμα διασώζεται στην Σαμακιά.



**Εικόνα 5: Ρωμαϊκό υδραγωγείο Πάτρας (Ρωμαϊκό υδραγωγείο Πάτρας- Ένα απο τα σημαντικότερα ελληνικά αρχαιολογικά μνημεία, 2018).**

Το 1872 ο μεγάλος αυτός υδραγωγός ανακατασκευάστηκε και κατασκευάστηκε επίσης δεξαμενή χωρητικότητας 2000 κυβικών μέτρων στο Φρούριο. Στα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα οι άνθρωποι προμηθεύονταν νερό από τις

δημόσιες κρήνες, ενώ το 1862 είχαν συνδεθεί με το δίκτυο ύδρευσης 262 κατοικίες και το 1900 είχαν συνδεθεί 1000 κατοικίες. Το 1899 ο δήμαρχος Βότσης μετέφερε νερό από τα πηγές Βελουχίου και υδροδότησε όλη την πόλη. Το 1928 πραγματοποιήθηκε μελέτη για την ύδρευση της πόλης της Πάτρας όπου κατασκευάστηκαν αντλιοστάσια, αγωγοί δεξαμενές κ.λπ.

Το Μάιο του 1934 εμφανίστηκε μια μεγάλη κατασπατάληση και κλοπή του νερού γεγονός που οδήγησε στη λήψη μια σειρά μέτρων. Το 1979 παρόλο που χρειαζόταν ανακατασκευή του δικτύου νερού, δεν πραγματοποιήθηκε εξαιτίας έλλειψης χρημάτων. Παρόλο αυτά κατασκευάστηκαν γεωτρήσεις, αντλιοστάσια και δεξαμενές. Τα έτη 1987-1988 κατασκευάστηκε ο μεγάλος αγωγός Διάκου-Δασυλλίου-Ανθουπόλεως όπου μετέφερε νερό από τις γεωτρήσεις Εγλυκάδος στις περιοχές που πλήττονταν από λειψυδρία. Χρόνο με το χρόνο η πόλη αντιμετώπιζε πρόβλημα στην υδροδότηση και η λειψυδρία επιδεινωνόταν εξαιτίας των κλιματολογικών αλλαγών που πραγματοποιούνται τα τελευταία χρόνια.

Στις 31 Δεκεμβρίου 1988 ιδρύθηκε η ΔΕΥΑ Πάτρας όπου κατάφερε να αντικαταστήσει σχεδόν όλο το παλιό δίκτυο ύδρευσης, να κατασκευάσει δύο διυλιστήρια νερού και να λειτουργήσει 17 γεωτρήσεις (<https://www.deyap.gr>, sd).

### 3.3.2 Το έργο της ΔΕΥΑΠ

Η Πάτρα το χειμώνα υδροδοτείται κυρίως από τα επιφανειακά νερά του ποταμού Γλαύκου, ενώ το καλοκαίρι από τις 35 γεωτρήσεις, οι περισσότερες από τις οποίες βρίσκονται κατά μήκος της κοίτης των ποταμών Γλαύκων και Χαράδρου. Η επεξεργασία νερού πραγματοποιείται στα δύο διυλιστήρια το ένα είναι του Ρηγανόκαμπου δυναμικότητας 2600 m<sup>3</sup> /h και το άλλο του Ταραμπούρα δυναμικότητας 1000 m<sup>3</sup> /h. Το νερό αποθηκεύεται σε 9 δεξαμενές συνολικής χωρητικότητας 37.000 κυβικών μέτρων. Στην περιοχή υπάρχουν τρία αντλιοστάσια αυτό του Ταραμπούρα, της Εγλυκάδος και του Καστελλόκαμπου. Οι πηγές νερού, τα αντλιοστάσια, οι δεξαμενές επικοινωνούν με ένα δίκτυο μεταφοράς περίπου 1000 χιλιομέτρων σε διάφορες περιοχές της Πάτρας.

Στην ΔΕΥΑΠ λειτουργεί ένα πλήρως εξοπλισμένο εργαστήριο όπου παρακολουθεί και ελέγχει την ποιότητα του νερού με συνεχείς δειγματοληψίες σε όλη την πόλη. Τα τελευταία χρόνια γίνεται μια προσπάθεια να εγκαταλειφθούν οι

γεωτρήσεις στην παραλιακή ζώνη και να στραφούν σε γεωτρήσεις στην ορεινή και μέση ζώνη. Επίσης, όπως προαναφέρθηκε και προηγουμένως γίνεται μια προσπάθεια αντικατάστασης του παλιού δικτύου, συγκεκριμένα έχει κατασκευαστεί ένα δίκτυο μήκους 450 χιλιομέτρων και εξυπηρετεί τους κατοίκους της πόλης. Η ΔΕΥΑΠ έχει την ευθύνη διαχείρισης 2 διυλιστηρίων επεξεργασίας νερού, 97 γεωτρήσεων, αντλιοστασίων και δίκτυο μήκους περίπου 1.000 χιλιομέτρων. Η ποσότητα νερού που απαιτείται για την ύδρευση της Πάτρας, σύμφωνα με στοιχεία του 2015, ανέρχεται σε 38.000.000 m<sup>3</sup> περίπου.

### 3.3.3 Επεξεργασία νερού

Οι μονάδες επεξεργασίας νερού για την ΔΕΥΑΠ είναι δύο, το διυλιστήριο Ρηγανόκαμπου και Ταραμπούρα (Μακρυγιάννη). Το διυλιστήριο του Ρηγανόκαμπου επεξεργάζεται το επιφανειακά νερά του Γλαύκου και το διυλιστήριο Ταραμπούρα με σκοπό την επεξεργασία των νερών των γεωτρήσεων της περιοχής Ταραμπούρας.

Η παρακάτω διαδικασία ακολουθείται για την επεξεργασία του νερού που καταφθάνει στο διυλιστήριο Ρηγανόκαμπου:

1<sup>ο</sup> στάδιο- Εσχάρωση: Το νερό που φτάνει στις υδατοδεξαμενές είναι ακατέργαστο με αποτέλεσμα να περιέχουν διάφορα υλικά (χώμα, κλαδιά) καθώς και μικρόβια και μικροοργανισμοί οι οποίοι δεν είναι ορατοί με γυμνό μάτι. Στις δεξαμενές γίνεται καθαρισμός αρχικά με ειδικά φίλτρα που απομακρύνουν τα μεγαλύτερα ξένα αιωρούμενα σώματα.

2<sup>ο</sup> στάδιο-ταχεία ανάδειξη-κροκίδωση- καθίζηση: το νερό περνά από φίλτρα άμμου όπου καθαρίζουν τα μικρόβια που περιέχονται στο νερό. Συγκεκριμένα, το νερό οδηγείται στην μονάδα ταχείας ανάμιξης όπου αναμιγνύεται με διάλυμα θειικού αργιλίου πραγματοποιείται δηλαδή η διαδικασία της κροκίδωσης. Στη συνέχεια αναμιγνύεται με διάλυμα πολυηλεκτρολύτη στη μονάδα κροκίδωσης – καθίζησης όπου απομακρύνονται τα αιωρούμενα στερεά σε μορφή υδαρούς ιλύος.

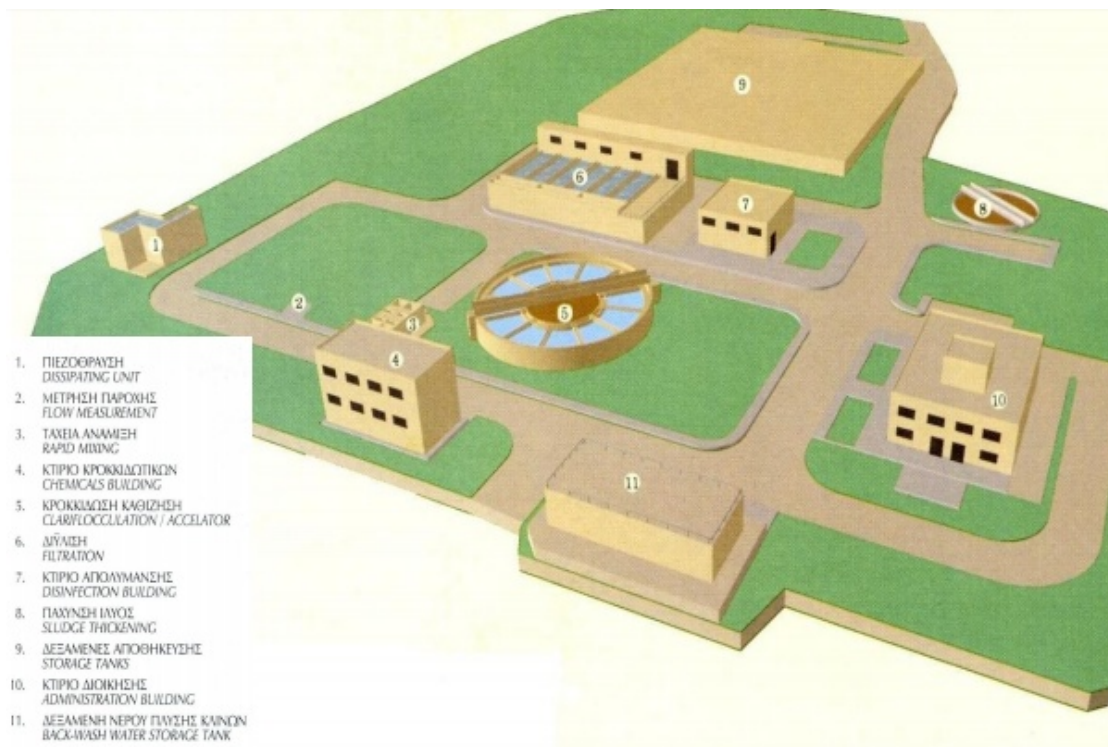
3<sup>ο</sup> στάδιο- διήθηση: Κατόπιν το νερό που προκύπτει οδηγείται στις κλίνες δύλισης (φίλτρα άμμου) όπου απομακρύνονται και τα ιδιαίτερος μικρού μεγέθους κολλοειδή και αιωρούμενα σωματίδια.

4<sup>ο</sup> στάδιο- απολύμανση: Στη συνέχεια ακολουθεί η απολύμανση του νερού όπου χρησιμοποιείται διοξείδιο του χλωρίου το οποίο παρασκευάζεται επί τόπου σε



κατάλληλο κτίριο με χρήση ειδικών αντιδραστήρων. Το παραγόμενο διάλυμα  $\text{ClO}_2$  δοσομετρείται στην είσοδο των δεξαμενών αποθήκευσης αναλογικά με την παροχή του διερχόμενου νερού. Στην έξοδο των δεξαμενών προς την κατανάλωση προστίθεται μια συμπληρωματική δόση για την επίτευξη της επιθυμητής συγκέντρωσης. Η συνήθης δόση  $\text{ClO}_2$  είναι  $0,2 \text{ mg/l}$ . Το νερό τοποθετείται σε δεξαμενές καθαρού νερού χωρητικότητας  $8.000 \text{ m}^3$ .

Η εγκατάσταση έχει κατασκευασθεί το 1994 και λειτουργεί σύμφωνα με την πλέον σύγχρονη τεχνολογία. Το όλο έργο είναι πλήρως αυτοματοποιημένο, παρακολουθείται και λειτουργεί μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή. Το παραγόμενο πόσιμο νερό είναι άριστης ποιότητας και καλύπτει τόσο τις προδιαγραφές της Ε.Ο.Κ. όσο και της Ελληνικής νομοθεσίας.



**Εικόνα 6: Διυλιστήριο Ρηγανόκαμπου ([www.deyar.gr](http://www.deyar.gr))**

Το διυλιστήριο Ταραμπούρα επεξεργάζεται το νερό των γεωτρήσεων της μέσης ζώνης του Γλαύκου για την κατακράτηση φυσικών ρύπων που παρατηρούνται σε διάφορες συγκεντρώσεις. Η συγκεκριμένη μονάδα λειτουργεί το καλοκαίρι όπου η ζήτηση είναι αυξημένη. Τα στάδια επεξεργασίας νερού που ακολουθεί είναι τα ίδια με αυτά της μονάδας επεξεργασίας του Ρηγανόκαμπου. Σε διάφορα σημεία υπάρχουν εγκαταστάσεις απολύμανσης για τα νερά των γεωτρήσεων όπου το νερό απολυμαίνεται με υποχλωριώδες νάτριο και στη συνέχεια διατίθεται κατευθείαν στις τοπικές κοινότητες (<https://www.deyar.gr>, n.d.).

### 3.4 Υδροδότηση Ηρακλείου

#### 3.4.1 Ιστορική αναδρομή

Την περίοδο του μινωικού πολιτισμού ήταν αξιοθαύμαστο το σύστημα ύδρευσης και αποχέτευσης. Ανάλογα με την χρονική περίοδο αλλά και τις υδρολογικές συνθήκες κάθε περιοχής επιλεγόταν και ο κατάλληλος τρόπος υδροδότησης. Συγκεκριμένα, στα παλάτια της Κνωσού, της Φαιστού και της Ζάκρου βρέθηκαν υδραγωγεία, στέρνες και πηγάδια. Οι Μινωίτες εκμεταλλεύονταν τα υπόγεια, τα επιφανειακά και τα νερά της βροχής. Συγκεκριμένα, στην ανατολική Κρήτη, στο Παλαιόκαστρο και στη Ζάκρο χρησιμοποιούσαν πηγάδια και ήταν αναπτυγμένη η τεχνολογία ανόρυξης και άντλησης νερού, αφού οι περιοχές διέθεταν υπόγεια νερά. Οι πρώτες στέρνες εμφανίστηκαν στις Αρχάνες και στον Πύργο ενώ αξιοσημείωτο είναι το σύστημα ύδρευσης στην Κνωσό, στην οποία υπήρχε υδραγωγείο με αγωγούς 500-700 μέτρα οι οποίοι κάλυπταν τις ανάγκες σε πόσιμο νερό. Επίσης υπήρχαν δεξαμενές που αποθήκευαν το νερό της βροχής καθώς και αμμοδιυλιστήρια τα οποία φίλτραραν το νερό πριν αυτό αποθηκευτεί (Αγγελάκης, 2017).



Εικόνα 7: Ύδρευση μινωική εποχή (Λίλα, 2009)

Καθώς περνούσαν τα χρόνια η πρόσβαση σε καθαρό και πόσιμο νερό για τους κατοίκους του Ηρακλείου ήταν δύσκολη, κυρίως βέβαια έπαιρναν νερό από τα πηγάδια. Το 16<sup>ο</sup> – 17<sup>ο</sup> αιώνα κατά την ενετοκρατία, οι μηχανικοί κατάφεραν να συγκεντρώσουν τα νερά των πηγών που υπήρχαν έξω από το Ηράκλειο (από το Γιούχτα) και να τα μεταφέρουν με αγωγούς στην πόλη του Ηρακλείου. Το

υδραγωγείο του Μοροζίνη ήταν σημαντικό, γιατί κατάφερε να συγκεντρώσει τα νερά τριών πηγών του Γιούχτα σε κλειστό υδραγωγείο και με υδαταγωγούς (απόσταση 15χιλιομέτρων) να τα μεταφέρει στο Ηράκλειο. Σημαντικές βέβαια είναι και οι υδατογέφυρες που κατασκεύασε προκειμένου να καταφέρει την κατάλληλη κλίση του νερού. Το νερό κατέληγε στη κρήνη του Μοροζίνη (Λιονταριών). Το έργο ολοκληρώθηκε σε 14 μόνο μήνες και εγκαινιάστηκε στις 25 Απριλίου 1628, ημέρα γιορτής του Αγίου Μάρκου προστάτη της Βενετίας (<http://odysseus.culture.gr>).



**Εικόνα 8:** Υδατογέφυρα μήκους 65μ. στο Καρυδάκι (<http://www.archanes-asterousia.gr>, n.d.)

Κατά τη διάρκεια της τουρκοκρατίας οι Τούρκοι είχαν σταματήσει την υδροδότηση των Ελλήνων από την κρήνη Μοροζίνη, έτσι οι Έλληνες στράφηκαν σε μια κρήνη που ήταν κοντά στην πύλη Δερματά καθώς και προσπαθούσαν με δεξαμενές να συγκεντρώσουν το νερό της βροχής. Το 1830-1840 κατά την αιγυπτοκρατία, ο Μουσταφά πασάς πραγματοποίησε διάφορες ενέργειες οι οποίες συνέβαλαν στην ενίσχυση του δικτύου ύδρευσης. Αρχικά, ανακάλυψε και ανακαίνισε το υδραγωγείο της Κνωσού. Επίσης, κατασκεύασε την υδατογέφυρα της Αγίας Ειρήνης στα Σπήλια, όπου περνούσαν τα νερά της πηγής Φουντάνας κοντά στους Κουνάβους προκειμένου να ενωθούν με τα νερά του υδραγωγείου του Μοροζίνη. Μάλιστα το υδραγωγείο αυτό υδροδοτούσε το Ηράκλειο μέχρι το 1927 (Πατρίς, 2012).

Το 1929 ολοκληρώνεται το υδραγωγείο των Ασπρακών το οποίο συνενώθηκε με το υδραγωγείο του Μουσταφά πασά και του Μοροζίνη. Το υδραγωγείο συγκέντρωνε τα νερά των πηγών του Νεραϊδόσπηλιου και των Μηλιαρών στο

Σκαλάκι. Η υδροδότηση της πόλης του Ηρακλείου ενισχύθηκε, γεγονός πολύ σημαντικό την περίοδο αυτή όπου στο Ηράκλειο οι πρόσφυγες της Μ. Ασίας.

Το 1962 κατασκευάζεται το διωλιστήριο Μαλίων το οποίο συγκεντρώνει νερό από γεωτρήσεις της περιοχής. Ένα μέρος των αναγκών του Ηρακλείου σε νερό καλύπτονται ακόμα και σήμερα από εκεί. Το 1976 ολοκληρώνεται το υδραγωγείο Καστελλίου -Θραψανού το οποίο εκμεταλλεύεται το νερό γεωτρήσεων της περιοχής, το επεξεργάζεται και το διοχετεύει στην πόλη του Ηρακλείου.

Από το 1986 η ΔΕΥΑΗ ενισχύει την υδροδότηση της πόλης με διάφορες γεωτρήσεις στην περιοχή όπως αυτές των Δαφνών, Γιούχτα, Αγίου Μύρωνα, Τυλίσου και Κέρη. Το πιο πρόσφατο έργο είναι το φράγμα του Αποσελέμη το οποίο βοήθησε σημαντικά στην υδροδότηση του Ηρακλείου ([www.deyah.gr](http://www.deyah.gr), n.d.).

### **3.4.2 Το έργο ΔΕΥΑΗ**

Η ΔΕΥΑΗ ιδρύθηκε το 1983 και έχει ως σκοπό την κατασκευή, συντήρηση, εκμετάλλευση, διοίκηση και λειτουργία των δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης, όπως επίσης τη λειτουργία σύγχρονης μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων της περιοχής Ηρακλείου.

Η ΔΕΥΑΗ προσπαθεί να παρέχει στους κατοίκους του Ηρακλείου πόσιμο νερό και να εξασφαλίσει τη συνεχή ροή του δικτύου καθώς και τη δημιουργία εναλλακτικών λύσεων προμήθειας νερού. Στόχος της είναι η συνεχής και απρόσκοπτη υδροδότηση των κατοίκων με τρόπο που να εγγυάται την προστασία της δημόσιας υγείας αφενός αλλά και την προστασία του περιβάλλοντος αφετέρου.

Το Ηράκλειο υδροδοτείται από γεωτρήσεις που βρίσκονται σε όλο το νομό Ηρακλείου. Οι πιο βασικές γεωτρήσεις είναι των Μαλίων, Δαφνών, Τυλίσου, Θραψανού, Αγίου Μύρωνα όπου το νερό μεταφέρεται με αγωγούς στο διωλιστήριο επεξεργασίας νερού στο Σκαλάκι. Το Φράγμα Αποσελέμη συμμετείχε σε μεγάλο βαθμό στην υδροδότηση της πόλης από το 2015, όμως εξαιτίας λειψυδρίας σήμερα υδροδοτεί το Ηράκλειο μόνο με 2000m<sup>3</sup>/ημέρα για δύο περίπου μήνες το χρόνο. Το νερό από το φράγμα Αποσελέμη αποτελεί το 1/6 της συνολικής ποσότητας νερού που χρειάζεται το Ηράκλειο, ενώ τα υπόλοιπα 5/6 καλύπτονται από γεωτρήσεις ([www.deyah.gr](http://www.deyah.gr), n.d.).

### 3.4.3 Επεξεργασία νερού

Το Ηράκλειο αντιμετωπίζει πολύ μεγάλο πρόβλημα υδροδότησης αφού δεν έχει τα απαιτούμενα αποθέματα για να καλύψει τις συνεχόμενες αυξανόμενες ανάγκες των κατοίκων. Το Ηράκλειο τροφοδοτείται από γεωτρήσεις που υπάρχουν μέχρι και 40χλμ μακριά από το Ηράκλειο και το νερό μεταφέρετε με αγωγούς στη μονάδα υπερδιήθησης του διωλιστηρίου Σκαλανίου. Η διαδικασία επεξεργασίας νερού περιλαμβάνει τη δεξαμενή ακατέργαστου νερού, την προεργασία την υπερδιήθηση, τη χλωρίωση και τη ρύθμιση pH. Η μονάδα είναι εξοπλισμένη με τον απαιτούμενο βοηθητικό εξοπλισμό και διάφορα συστήματα μέτρησης χημικών. Όλες οι παράμετροι παρακολουθούνται ηλεκτρονικά μέσω scada στα γραφεία της επιχείρησης. Η μονάδα αποδίδει συνεχώς τουλάχιστον 300 m<sup>3</sup>/h επεξεργασμένου νερού, ενώ έχει τη δυνατότητα να εργάζεται όλο το 24ωρο και η παραγόμενη ποσότητα να παραμένει σταθερή. Το σύστημα επεξεργασίας φέρει κάθε απαραίτητη διάταξη και αυτοματισμό, ώστε ο κύκλος επεξεργασίας να πραγματοποιείται αυτόματα.

Η παρακάτω διαδικασία ακολουθείται για την επεξεργασία του νερού που καταφθάνει στο διωλιστήριο Σκαλανίου:

1<sup>ο</sup> Στάδιο –Προκατεργασία νερού: Τα νερά αποθηκεύονται σε δεξαμενή ακατέργαστου νερού μεγέθους 6 m x 5 m x 1.5 m. Ακολουθεί η επεξεργασία του νερού με τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται στις περισσότερες μονάδες επεξεργασίας νερού. Αρχικά πραγματοποιείται η κροκίδωση προσθέτοντας κροκιδωτικά υλικά στο νερό δηλαδή μικρά σωματίδια συνενώνονται σε μεγαλύτερα, τα οποία απομακρύνονται στη συνέχεια από το νερό με καθίζηση

2<sup>ο</sup> Στάδιο- Διήθηση με μεμβράνες υπερδιήθησης: Το νερό οδηγείται με φυσική ροή στη δεξαμενή τροφοδοσίας του διωλιστηρίου ωφέλιμου όγκου 150 m<sup>3</sup> τουλάχιστον, το νερό αντλείται προς τα συστήματα διύλισης όπου υπάρχουν φίλτρα με μεμβράνες υπερδιήθησης (UF). Η εγκατάσταση καλύπτεται με τη λειτουργία 2 μονάδων UF και σε κάθε UF έχουν εγκατασταθεί 50 μεμβράνες κάθε μια προσφέρει επιφάνεια 55 m<sup>3</sup> για φιλτράρισμα. Η διήθηση εκτελείται από μέσα προς τα έξω και έτσι τα σωματίδια κατακρατούνται στην εσωτερική επιφάνεια των μεμβρανών.

3<sup>ο</sup> Στάδιο- Ρύθμιση pH: Ακολουθεί η ρύθμιση του pH η οποία δοσομέτρηση μπορεί να γίνει με καυστική σόδα ή θειικό οξύ. Η δοσομέτρηση είναι πλήρως

αυτοματοποιημένη και ρυθμίζεται από έναν ελεγκτή PID για να επιτευχθεί η επιθυμητή τιμή.

4<sup>ο</sup> Στάδιο-Απολύμανση: Το νερό χλωριώνεται με υποχλωριώδες νάτριο προκειμένου να σκοτώσει όλα τα βακτήρια που μπορεί να υπάρχουν στο επεξεργασμένο νερό και να αφήσει ένα υπόλοιπο απολυμαντικής δόσης στο τελικό προϊόν. Η δοσομέτρηση είναι αυτοματοποιημένη και ρυθμίζεται αναλογικά ή με ελεγκτή PID ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή τιμή του ελεύθερου χλωρίου ([www.deyah.gr](http://www.deyah.gr), n.d.).

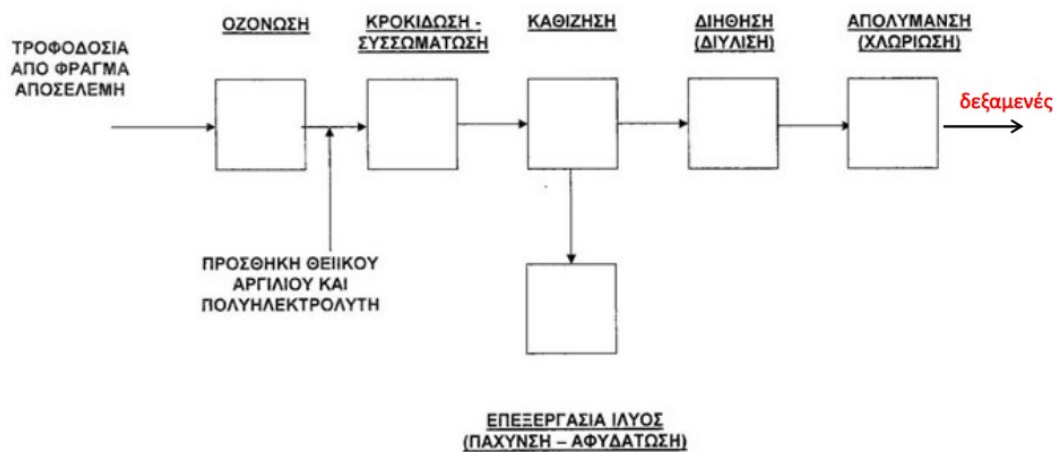
Όλες οι φάσεις λειτουργίας των φίλτρων και όλων των συστημάτων και λειτουργιών ρυθμίζονται από λογικό ελεγκτή (PLC), ο οποίος έχει προγραμματιστεί κατάλληλα και λειτουργεί με σύστημα τηλεμετρίας για παρεμβάσεις στη μονάδα κάθε στιγμή όλο το 24ωρο.



**Εικόνα 9: Μемβράνες υπερδιήθησης διυλιστηρίου Σκαλανίου (<https://www.sychem.gr>, n.d.)**

Βέβαια μέχρι πριν λίγο καιρό (2015-2017) το Ηράκλειο υδροδοτούταν από το φράγμα Αποσελέμη όμως λόγω της λειψυδρίας (άσκοπη χρήση από κατοίκους, περιορισμένες βροχοπτώσεις) οι ποσότητες που παρέχεται από την εγκατάσταση Αποσελέμη είναι ελάχιστες έως μηδαμινές για το έτος 2018. Το τελευταίο δίμηνο (Ιούλιο - Αύγουστο) μετά από παύση 2 περίπου μηνών (Μάιος - Ιούνιος), ο Οργανισμός Ανάπτυξης Κρήτης τροφοδοτούσε τη ΔΕΥΑΗ με 200 m<sup>3</sup>/ώρα. Η Μονάδα Επεξεργασίας

Νερού Αποσελέμη επεξεργάζεται το νερό από το Φράγμα Αποσελέμη (χωρητικότητας 25,3 εκ. m<sup>3</sup>) που κατασκευάστηκε για να λυθεί το πρόβλημα υδροδότησης του Βόρειου Άξονα της Ανατολικής Κρήτης. Στην μονάδα αυτή υφίσταται ένα σύγχρονο εργαστήριο φυσικοχημικών και μικροβιολογικών παραμέτρων για τον έλεγχο ποιότητας του παραγόμενου νερού σε όλα τα στάδια επεξεργασίας του. Οι κύριες διεργασίες επεξεργασίας του νερού του Φράγματος Αποσελέμη που πραγματοποιούνται στη εγκατάσταση επεξεργασίας νερού είναι η οζόνωση, ακολουθεί η κροκιδοκαθίζηση, στη συνέχεια η διήθηση μέσω κλινών άμμου και τέλος η χλωρίωση (<https://oakae.gr>, sd).



Σχήμα 10: Διάγραμμα ροής από Φράγμα Αποσελέμη (Κοτσώνης, 2013)

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η σπουδαιότητα του νερού στον πλανήτη μας είναι ανυπολόγιστη, γιατί το νερό είναι από τους βασικούς παράγοντες για τη ζωή και την ανάπτυξη. Η ύπαρξη αρκετού και καλής ποιότητας νερού αποτελεί βασική προϋπόθεση για την ύπαρξη και τη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη μας. Το πόσιμο νερό δεν είναι καθαρό, αλλά περιέχει ανόργανα άλατα διαλυμένα τα οποία ως ένα βαθμό είναι απαραίτητα. Αν όμως ξεπεραστεί η ποσότητα τους (>0,5 γραμμάρια στο λίτρο), το νερό γίνεται επικίνδυνο για τον οργανισμό. Ο άνθρωπος πρέπει να προσέχει το νερό που χρησιμοποιεί και ιδιαίτερα αυτό που είναι για πόση, προφυλάσσοντας τον υδροφόρο ορίζοντα από μολύνσεις που μπορούν να προέρθουν από την αποσύνθεση σκουπιδιών, φαρμάκων και άλλων ουσιών. Επίσης, η μικροβιολογική και χημική σύσταση του νερού πρέπει να ελέγχεται συχνά, να ακολουθούνται από τους υπεύθυνους οι παράμετροι και οι τιμές που έχει ορίσει η νομοθεσία για να θεωρείται το νερό πόσιμο και ασφαλές για την ανθρώπινη ζωή.

Το νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση προέρχεται από τα επιφανειακά νερά των λιμνών, των ποταμών καθώς και από τα υπόγεια νερά των πηγών ή των γεωτρήσεων. Το νερό πριν διοχετευτεί στους καταναλωτές περνάει από διάφορες διεργασίες προκειμένου να θεωρηθεί πόσιμο και κατάλληλο σύμφωνα με τις παραμέτρους που έχουν οριστεί από τη νομοθεσία.

Το επιφανειακό ή υπόγειο νερό φτάνει στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού (διυλιστήρια). Το νερό περιέχει διάφορες ουσίες όπως φύλλα, αιωρούμενα και κολλοειδή σωματίδια, παθογόνους και μη μικροοργανισμούς. Για να αφαιρεθούν αυτές οι ουσίες, ώστε το νερό να γίνει πόσιμο, ακολουθείται μια διαδικασία που αποτελείται από διάφορες διεργασίες επεξεργασίας του νερού. Τέτοιου είδους διεργασίες είναι η αφαίρεση των στερεών ουσιών με τον εσχαρισμό ή μικροκοσκίνισμα, ακολουθεί αν χρειάζεται αποχρωματισμός και οξείδωση της ανόργανης και οργανικής ύλης καθώς και η αδρανοποίηση όλων των μικροοργανισμών, πρωτόζωων και άλλων, με χλώριο (προαπολύμανση). Στη συνέχεια είναι ο αερισμός του νερού και η κροκίδωση-συσσωμάτωση των αιωρούμενων-κολλοειδών ουσιών, ώστε στη συνέχεια να απομακρυνθούν με καθίζηση ή διήθηση ή επίπλευση. Πολλές φορές όμως τα συμβατά φίλτρα δεν είναι ικανά να συγκρατήσουν όλες τις ανεπιθύμητες ουσίες για αυτό χρησιμοποιούνται



μεμβράνες. Η διαδικασία ολοκληρώνεται με την απολύμανση του επεξεργαζόμενου νερού, στη συνέχεια το πόσιμο νερό με τη βοήθεια αντλιών, διοχετεύεται στις δεξαμενές ύδρευσης, οι οποίες είναι κατασκευασμένες σε θέσεις με αρκετό υψόμετρο. Το νερό μέσα από αγωγούς που συνδέονται με το δίκτυο ύδρευσης φτάνει στις βρύσες των κατοικιών. Το νερό βέβαια ελέγχεται σε διάφορες θέσεις του δικτύου διανομής, ώστε να διασφαλίζεται η ποιότητα του νερού, που φθάνει στους καταναλωτές.

Στην πτυχιακή εργασία μελετήθηκαν τα δίκτυα υδροδότησης της Αθήνας, της Θεσσαλονίκης, της Πάτρας και του Ηρακλείου. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε μια σύντομη ιστορική αναδρομή για τον τρόπο που υδροδοτούνταν αυτές οι πόλεις. Στη συνέχεια, παρουσιάστηκε το έργο κάθε δημόσιας επιχείρησης ύδρευσης των πόλεων που αναφέρθηκαν. Όπως διαπιστώθηκε όλες οι πόλεις ακολουθούν τις βασικές διαδικασίες επεξεργασίας πόσιμου νερού που περιλαμβάνουν: αφαίρεση ουσιών, φύλλων κ.λπ., προαπολύμανση του νερού, κροκίδωση συνήθως με θειικό αργίλιο και στη συνέχεια καθίζηση, ακολουθεί η διήθηση με διάφορα φίλτρα και τέλος η απολύμανση του νερού πριν διατεθεί στις δεξαμενές για να διανομή στα δίκτυα των καταναλωτών.

Το νερό όταν συλλέγεται από υπέργειες πηγές, από βροχές και χιόνια των βουνών, έχει εξαιρετικά χαμηλό ρυπαντικό φορτίο και εμφανίζει υψηλούς ποιοτικούς δείκτες, χρειάζεται μικρό βαθμό δύλισης προκειμένου να είναι έτοιμο προς κατανάλωση. Τα στάδια επεξεργασίας που πραγματοποιούνται στα δυλιστήρια νερού της ΕΥΔΑΠ και της ΔΕΥΑΠ είναι παρόμοια και παρουσιάζουν μικρές διαφορές. Συγκεκριμένα, τόσο το νερό που προορίζεται για την Αθήνα όσο και για την Πάτρα τα δυλιστήρια εφαρμόζουν τον εσχαρισμό, την κροκίδωση με θειικό αργίλιο όπου τα αιωρούμενα σωματίδια συνενώνονται. Ακολουθεί η καθίζηση των συσσωματωμένων στερεών στο πυθμένα των δεξαμενών ενώ έπειτα το νερό περνά μέσα από ειδικά αμμόφιλτρα τα οποία κατακρατούν τα πολύ μικρά και ελαφριά σωματίδια που δεν έγιναν κροκίδες. Ακολουθεί, η απολύμανση του νερού προκειμένου να σκοτώσει τα βακτήρια που μπορεί να υπάρχουν στο επεξεργασμένο νερό. Στην ΔΕΥΑΠ το στάδιο αυτό είναι απαραίτητο και η χλωρίωση πραγματοποιείται με διοξείδιο του χλωρίου  $\text{ClO}_2$ . Αντίθετα, στην ΕΥΔΑΠ επειδή το νερό σε αρχικό στάδιο (πριν την κροκίδωση) έχει υποστεί προχλωρίωση, το στάδιο της τελικής απολύμανσης δεν είναι αναγκαίο όταν όμως πραγματοποιείται προστίθεται χλώριο.

Το διυλιστήριο της ΕΥΑΘ ακολουθεί τις μεθόδους επεξεργασίας των προηγούμενων μονάδων επεξεργασίας όμως το επιφανειακό νερό του Αλιάκμονα που υδροδοτεί τη Θεσσαλονίκη υπόκειται σε περισσότερα στάδια επεξεργασίας όπως είναι η οζόνωση και οι κλίνες ενεργού άνθρακα. Κύριος στόχος είναι η προσρόφηση και βιοαποικοδόμηση οργανικών ουσιών καθώς και η απομάκρυνση της οσμής και της γεύσης. Το νερό της Θεσσαλονίκης είναι το μόνο που εκτός από τα βασικά στάδια επεξεργασίας νερού δέχεται και τα στάδια της διεργασίας σε κλίνες ενεργού άνθρακα και της αναγέννησής του. Η διύλιση που πραγματοποιείται στις κλίνες ενεργού άνθρακα είναι πανομοιότυπη με αυτή που συμβαίνει στις κλίνες άμμου. Το νερό διαπερνά τα στρώματα του ενεργού άνθρακα και εκεί κατακρατείται κάθε μορφής οργανικό φορτίο.

Στο Ηράκλειο το νερό που παρέχεται στους κατοίκους προέρχεται κυρίως από γεωτρήσεις και η επεξεργασία πραγματοποιείται στο διυλιστήριο Σκαλανίου. Το διυλιστήριο στο Σκαλάνι είναι το πρώτο στην Ελλάδα που χρησιμοποιεί πρωτοποριακή τεχνολογία επεξεργασίας νερού. Συγκεκριμένα, το διυλιστήριο χρησιμοποιεί μεμβράνες υπερδιήθησης βέβαια τα υπόλοιπα στάδια επεξεργασίας νερού (εσχαρισμός, κροκίδωση, καθίζηση, ρύθμιση pH και απολύμανση) ακολουθούνται και από τα διυλιστήρια της ΕΥΔΑΠ και της ΔΕΥΑΠ. Εκτός βέβαια από την απολύμανση νερού που στο διυλιστήριο του Σκαλανίου προστίθεται υποχλωριώδες νάτριο ενώ στη ΕΥΔΑΠ χλώριο και στην ΔΕΥΑΠ διοξείδιο του χλωρίου. Σε όλες της μονάδες επεξεργασίας νερού της ΕΥΔΑΠ, ΕΥΑΘ, ΔΕΥΑΠ και ΔΕΥΑΗ και σε όλες τις διεργασίες επεξεργασίας νερού υπάρχουν συστήματα που ελέγχουν τις παραμέτρους του νερού ηλεκτρονικά. Τα αποτελέσματα εμφανίζονται τοπικά σε κάθε διεργασία καθώς και στον κεντρικό πίνακα ελέγχου.

## Βιβλιογραφικές Αναφορές

- <http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/limnology/chemical.htm>. (n.d.). Ανάκτηση από <http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/limnology/chemical.htm>: <http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/limnology/chemical.htm>
- <http://odysseus.culture.gr>. (n.d.). Ανάκτηση από [http://odysseus.culture.gr/h/2/gh251.jsp?obj\\_id=7229](http://odysseus.culture.gr/h/2/gh251.jsp?obj_id=7229)
- <http://www.archanes-asterousia.gr>. (n.d.). Ανάκτηση από [http://www.archanes-asterousia.gr/poi.php?poi\\_id=1\\_179&lang=el](http://www.archanes-asterousia.gr/poi.php?poi_id=1_179&lang=el)
- <http://www.deyat.gr>. (n.d.). Ανάκτηση από <http://www.deyat.gr/nero-kai-fysi>
- <http://www.eyath.gr>. (n.d.). Ανάκτηση από <http://www.eyath.gr>
- <http://www.eydeael.gr/>. (n.d.). Ανάκτηση από <http://www.eydeael.gr/>
- <http://www.mixanitouxronou.gr>. (n.d.). Ανάκτηση από <http://www.mixanitouxronou.gr/pos-i-limni-tou-marathona-xedipsase-tin-athina-ke-exafanise-tous-neroulades-to-entiposiako-toxoto-fragma-kataskevastike-apo-penteliko-marmaro-ke-se-afto-doulepsan-2-000-technites-pou-dimiourgisan-i/>
- <http://www.northmeteo.gr>. (2017, 8 31). Ανάκτηση από <http://www.northmeteo.gr/eidiseis/ydrothsh-attikhs/>
- <https://oakae.gr>. (n.d.). Ανάκτηση από <https://oakae.gr/erga-ypodomon/ydravlika-erga/ydrefsi-irakleiou-ag-nikolaou-apo-to-fragma-aposelmi-ergasies-ektropis-metaforas-ydaton-kai-kataskevis-agogon-kai-diylistirion/>
- <https://www.deyap.gr>. (n.d.). Ανάκτηση από <https://www.deyap.gr>
- <https://www.deyap.gr>. (n.d.). Ανάκτηση από <https://www.deyap.gr>
- <https://www.eydap.gr>. (n.d.). Ανάκτηση από <https://www.eydap.gr/TheCompany/Water/HistoricalTrackBack/>
- <https://www.sychem.gr>. (n.d.). Ανάκτηση από <https://www.sychem.gr/el/iperdihthisi2/>
- Makofske, W., & Karlin, E. (2001). *Τεχνολογία και παγκόσμια προβλήματα*. Αθήνα: Ίων.
- Miller, J., & Tyler, G. (2009). *Βιώνοντας το περιβάλλον* (9η εκδ., Τόμ. II). Αθήνα: Ίων.
- [www.deyah.gr](http://www.deyah.gr). (n.d.). Ανάκτηση από [www.deyah.gr](http://www.deyah.gr)
- Αγγελάκης. (2017, 9 4). <http://www.tovima.gr>. Ανάκτηση από <http://www.tovima.gr/2017/09/04/culture/i-diachroniki-ekseliksi-twn-technologiwn-ydatikwn-porwn-kai-ygrwn-apoblitwn-stin-kriti/>
- Γεωργόπουλος, Α. (2004). *Γη Ένας μικρός και εύθραυστος πλανήτης*. Αθήνα: Gutenberg.
- Εταιρία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης. (2006, Ιούνιος). Ανάκτηση από [http://www.eyath.gr/misc/enimerotiko\\_deltio\\_2005.pdf](http://www.eyath.gr/misc/enimerotiko_deltio_2005.pdf)
- Ζανάκη, Κ. (2001). *Έλεγχος ποιότητας νερού* (2η εκδ.). Αθήνα: Ίων.
- Θαλασσινού, Μ. (2017, Μαρτίου 22). <http://www.news247.gr>. Ανάκτηση από <http://www.news247.gr/perivallon/apo-poy-pigazei-to-nero-poy-ftanei-sto-spiti-mas.6497548.html>
- Κορρέ, Ε. (2002, 3 24). Ο τρόπος κατασκευής του Αδριάνειου Υδραγωγείου. *Καθημερινή*.
- Κοτσώνης, Α. (2013, Απριλίου 18). Ύδρευση Ηρακλείου και Αγίου Νικολάου από το φράγμα Αποσελέμη. Ηρακλείο. Ανάκτηση από <https://slideplayer.gr/slide/1948356/>

- Κουτσογιάννης, Δ., & Ευστρατιάδης, Α. (2015, Φεβρουάριος). Ανάκτηση από [https://www.itia.ntua.gr/en/getfile/1518/1/documents/UHW\\_book.pdf](https://www.itia.ntua.gr/en/getfile/1518/1/documents/UHW_book.pdf)
- Κώττη, Σ.-Μ. (2010). Τεχνολογία επεξεργασίας πόσιμου νερού. *Σημειώσεις*. (Τ. Φ. Περιβάλλοντος, Επιμ.) Χανιά: Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα.
- Λέκκας, Θ. (1996). *Περιβαλλοντική μηχανική I- Διαχείριση Υδατικών Πόρων*. Μυτιλήνη: Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Λίλα, Μ. (2009, 06 08). Πράσινη τεχνολογία 4.000 ετών. *Τα Νέα*. Ανάκτηση από <https://www.tanea.gr/2009/06/08/greece/prasini-technologia-4-000-etwn/>
- Μανωλεδάκης, Μ., & Μάρκη, Ε. (2008). Το υδραγωγείο του Χορτιάτη. *Το αρχαιολογικό έργο στη Μακεδονία και τη Θράκη*. 22, σσ. 361-368. Θεσσαλονίκη: ΥΠΠΟ/Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Μήτρακας, Μ. (2001). *Ποιοτικά χαρακτηριστικά και επεξεργασία νερού*. Αθήνα: Τζιόλα.
- Μπρούσαλης, Κ. (2012, 2 18). <http://historyreport.gr>. Ανάκτηση από <http://historyreport.gr/index.php/%CE%91%CF%80%CF%8C-%CF%84%CE%BF%CE%BD-%CE%B8%CF%81%CF%8D%CE%BB%CE%BF/%CE%A0%CF%81%CE%BF%CF%8A%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%B1-%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B1%CE%B9%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1/2045-%CE%97-%CF%85%CE%B4%CF%81>
- Νικολαΐδης, Χ., & Κωνσταντινίδης, Θ. (2009). Υγειονομική σημασία και ρόλος των ποιοτικών χαρακτηριστικών του πόσιμου νερού στον άνθρωπο από τη σκοπιά της δημόσιας υγείας. Στο Ι. Αλεξανδροπούλου, Α. Βαρελά, Μ. Κάπη, Π. Μάνδαλος, Σ. Μπινοπούλου, Χ. Νικολαΐδης, . . . Α. Τσελεμπόνης, *Χρήσεις του νερού και επιπτώσεις στην υγεία των πολιτών από τη σκοπιά της υγιεινής περιβάλλοντος* (σσ. 15-26). Αλεξανδρούπολη: ΚΕΕΛΠΝΟ ΠΕΔΥ.
- Νταρακάς, Ε. (2010). Ποιοτικά χαρακτηριστικά και διεργασίες επεξεργασίας νερού. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Παναγιωτίδης, Π., & Δημητρακόπουλος, Α. (1999). Υδρολογία. Στο Μ. Αριανούτσου, Κ. Γεωργίου, Α. Δημητρακόπουλος, Κ. Καρτάλης, Π. Παναγιωτίδης, & Κ. Σταματόπουλος, *Εισαγωγή στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον*. (Τόμ. Α, σσ. 147-207). Πάτρα: ΕΑΠ.
- Πατρίς. (2012, 7 26). <http://archive.patris.gr>. Ανάκτηση από <http://archive.patris.gr/articles/226277#.W6O8YmgzZPY>
- Ρωμαϊκό υδραγωγείο Πάτρας- Ένα απο τα σημαντικότερα ελληνικά αρχαιολογικά μνημεία. (2018, 05 06). Ανάκτηση από <https://www.patrasevents.gr/article/344743-romaiko-idragogeio-patras-ena-apo-ta-simantikotera-ellinika-arxeologika-mnimeia#>
- Ταμιωλάκης, Γ. (1985). *Η ιστορία της ύδρευσης της Θεσσαλονίκης*. Θεσσαλονίκη: UNIVERSITY STUDIO PRESS.
- TEMAK. (n.d.). <http://www.temak.gr>. Ανάκτηση από [http://www.temak.gr/site/docs/ro\\_2016\\_gr\\_high\\_web.pdf](http://www.temak.gr/site/docs/ro_2016_gr_high_web.pdf).
- Τσώνης, Σ. (2003). *Καθαρισμός νερού*. Αθήνα: Παπασωτηρίου.