

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας  
Σχολή Επιστημών Υγείας  
Τμήμα Βιοχημείας & Βιοτεχνολογίας

Ευριπίδης Βλαχάκης  
του Παναγιώτη  
Α.Μ.: 1816054

## Πτυχιακή Εργασία

*«Συγκριτική μελέτη των αποτελεσμάτων των φυσικοχημικών παραμέτρων για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης, που αναλύθηκαν στο εργαστήριο Υγιεινής και Επιδημιολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για τις Π.Ε. Μαγνησίας και Φθιώτιδας για τα έτη 2019-2020»*

---

*“Comparative study of the results of the physicochemical parameters of the potable water, that were analyzed in the Department of Hygiene and Epidemiology of the University of Thessaly for the districts of Magnesian and Fthiotida the year of 2019-2020”*



Επιβλέπων Καθηγητής:  
κ. Χρήστος Χατζηχριστοδούλου

Λάρισα, Ιούλιος 2021

## Ευριπίδης Π. Βλαχάκης

### Θέμα Πτυχιακής Εργασίας:

*«Συγκριτική μελέτη των αποτελεσμάτων των φυσικοχημικών παραμέτρων για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης, που αναλύθηκαν στο εργαστήριο Υγιεινής και Επιδημιολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για τις Π.Ε. Μαγνησίας και Φθιώτιδας για τα έτη 2019-2020»*

---

*“Comparative study of the results of the physicochemical parameters of the potable water, that were analyzed in the Department of Hygiene and Epidemiology of the University of Thessaly for the districts of Magnesian and Fthiotida the year of 2019-2020”*

### Επιβλέπων Καθηγητής:

**κ. Χρήστος Χατζηχριστοδούλου**, Καθηγητής Υγιεινής και Επιδημιολογίας του τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

### Συνεπιβλέπων Καθηγητής:

**κ. Κωνσταντίνος Ματθιόπουλος**, Καθηγητής Μοριακής Βιολογίας του τμήματος Βιοχημείας & Βιοτεχνολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

### Μέλος:

**κ. Βαρβάρα Μουχτούρη**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Υγιεινής και Επιδημιολογίας του τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

*Η παρούσα πτυχιακή εργασία σηματοδοτεί το πέρας μιας -φαινομενικά ατέρμονης- προσπάθειας ολοκλήρωσης της φοίτησης στην τριτοβάθμια εκπαίδευσης και απόκτησης πτυχίου. Μιας και έφτασε η στιγμή ολοκλήρωσης της ακαδημαϊκής πορείας, θα ήταν παράλειψη να μην ευχαριστήσω εκείνους που στάθηκαν αρωγοί στην προσπάθεια αυτή.*

*Αρχικά, καθ' όλα σημαντική στάθηκε η ενθαρρυντική και πρόθυμη στάση της κ. Μαρίνας Χατζηνίκου, με την καθοδήγηση της οποίας ολοκληρώθηκε η παρούσα πτυχιακή εργασία.*

*Ένα «ευχαριστώ» οφείλω στον καθηγητή Υγιεινής & Επιδημιολογίας του τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Χρήστο Χατζηχριστοδούλου, για το γεγονός ότι ανέλαβε την επίβλεψη της παρούσας εργασίας σε μία δύσκολη περίοδο, ένεκεν των περιοριστικών μέτρων κατά της πανδημίας.*

*Τέλος, ευγνώμων είμαι απέναντι στους γονείς μου για τον κόπο που κατέβαλαν, ώστε να καταφέρω να ολοκληρώσω τις σπουδές μου και να αποκομίσω πολύτιμες εμπειρίες κατά την διάρκεια της φοιτητικής μου ζωής.*

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το νερό αποτελεί τον βασικότερο παράγοντα ύπαρξης και διατήρησης της ζωής στον πλανήτη. Για τον λόγο αυτό, έχει γίνει αντικείμενο συνεχούς έρευνας από μεγάλο κομμάτι της επιστημονικής κοινότητας. Ιδιαίτερα, το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης (γνωστό και ως «πόσιμο νερό») είναι εκείνο που θα αποτελέσει τον βασικό πυρήνα της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας.

Αρχικά, γίνεται αναφορά στην σημασία του νερού για την ζωή, στην σύστασή του, καθώς και στις φυσικές και χημικές ιδιότητες που διαθέτει. Κεντρικό αντικείμενο της εργασίας αποτελεί η ανάλυση των παραμέτρων του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης σε διάφορες περιοχές, που ανήκουν εντός των ορίων των Περιφερειακών Ενοτήτων (Π.Ε.) Μαγνησίας και Φθιώτιδας. Αφού γίνει ενδελεχής μελέτη του νομοθετικού πλαισίου σχετικά με το πόσιμο νερό, καθώς και περιγραφή των Π.Ε. Μαγνησίας και Φθιώτιδας, γίνεται εκτενής ανάλυση των μεθόδων που αναλύθηκαν στο εργαστήριο Υγιεινής και Επιδημιολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, με σκοπό την μελέτη των παραμέτρων του νερού που εξετάστηκαν.

Στη συνέχεια, ακολουθεί συγκριτική μελέτη των αποτελεσμάτων αυτών, με στόχο να εντοπιστούν πιθανές υπερβάσεις στις παραμετρικές τιμές των δειγμάτων που μελετήθηκαν.

Τέλος, εξάγονται συμπεράσματα, με βάση τα οποία καθίσταται απαραίτητα η λήψη άμεσων μέτρων και η διενέργεια ελέγχων για την βελτίωση της ποιότητας του πόσιμου νερού.

---

## ABSTRACT

Water is the most important factor in the existence and maintenance of life on the planet. For this reason, it has been the subject of ongoing research by a large part of the scientific community. In particular, water for human consumption (also known as "drinking water") is what will be the core of this dissertation.

Initially, reference is made to the importance of water for life, its composition, as well as its physical and chemical properties. The central object of the work is the analysis of the parameters of water for human consumption in various areas, which belong within the boundaries of the Regional Units (RU) of Magnesia and Fthiotida. After a thorough study of the legislative framework regarding drinking water, as well as a description of the RU of Magnesia and Fthiotida, an extensive analysis of the methods analyzed in the laboratory is performed, in order to study the parameters of the water that were examined.

Then, a comparative study of these results follows, in order to identify possible exceedances in the parametric values of the studied samples.

Finally, conclusions are drawn, on the basis of which it becomes necessary to take immediate measures and carry out controls to improve the quality of drinking water.

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> «ΕΙΣΑΓΩΓΗ»</b>	<b>8</b>
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	8
1.2 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΖΩΗ	9
1.3 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ	10
1.4 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	11
1.5 ΔΕΣΜΟΙ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ΣΤΟ ΝΕΡΟ	11
1.6 ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	13
1.7 ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	13
1.8 ΣΗΜΑΣΙΑ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	14
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> «ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΝΕΡΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ»</b>	<b>20</b>
2.1 ΙΣΧΥΟΥΣΑ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ	20
2.2 ΚΟΙΝΗ ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ 288/1986	20
2.2.1 ΠΑΡΕΚΛΙΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ	20
2.2.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ	21
2.3 ΚΟΙΝΗ ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ 2600/2001	22
2.3.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΙΣ	23
2.3.2 ΠΟΙΟΤΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ	23
2.3.3 ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ	23
2.3.4 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΧΡΗΣΕΩΣ	24
2.3.5 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΝΑΡΜΟΔΙΩΝ ΑΡΧΩΝ ΚΑΙ ΥΠΕΥΘΥΝΩΝ	25
2.3.6 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ	26
2.4 ΚΟΙΝΗ ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ 67322/2017	30
2.4.1 ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ	30
2.4.2 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΑΡΜΟΔΙΩΝ ΑΡΧΩΝ	30
2.4.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ	31
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> «ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΩΝ ΕΝΟΤΗΤΩΝ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ ΚΑΙ ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ»</b>	<b>32</b>

3.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	32
3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ Π.Ε. ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	32
3.2.1 ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	33
3.2.2 ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗ ΔΙΑΙΡΕΣΗ	33
3.2.3 ΚΛΙΜΑ	34
3.2.4 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ	34
3.2.5 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	35
3.2.6 ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	36
3.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ Π.Ε. ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ	36
3.3.1 ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	37
3.3.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	38
3.3.3 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	39
3.3.4 ΚΛΙΜΑ	40
3.3.5 ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΕΔΑΦΟΥΣ	40
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> «ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΝΕΡΟΥ»</b>	42
4.1 ΜΕΛΕΤΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΝΕΡΟΥ	42
4.2 ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	43
4.2.1 ΚΑΜΠΥΛΗ ΟΓΚΟΜΕΤΡΗΣΗΣ	44
4.2.2 ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ	45
4.3 ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	47
4.3.1 ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΙΑ	47
4.3.2 ΚΟΥΛΟΜΕΤΡΙΑ	48
4.3.3 ΠΟΛΑΡΟΓΡΑΦΙΑ	48
4.3.4 ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΙΑ	49
4.3.5 ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΘΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	50
4.3.6 ΑΓΩΓΙΜΟΜΕΤΡΙΑ	51
4.4 ΑΤΟΜΙΚΗ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ	52
4.4.1 ΑΤΟΜΙΚΗ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΜΕ ΦΛΟΓΑ	53

4.4.2 ΑΤΟΜΙΚΗ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΦΟΥΡΝΟΣ ΓΡΑΦΙΤΗΣ	55
4.4.3 ΑΤΟΜΙΚΗ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΜΕ ΕΠΑΓΩΓΙΚΑ ΣΥΖΕΥΓΜΕΝΟ ΠΛΑΣΜΑ	55
4.5 ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ	56
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> «ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ»</b>	<b>59</b>
5.1 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	59
5.2 ΥΠΕΡΒΑΣΕΙΣ	60
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup> «ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ»</b>	<b>63</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>64</b>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

### «ΕΙΣΑΓΩΓΗ»

#### 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το **νερό** ή οξειδάνιο κατά χημική ονοματολογία, αποτελεί την περισσότερο διαδεδομένη ανόργανη χημική ένωση στην επιφάνεια της Γης, αφού καλύπτει το 70,9% του πλανήτη μας. Το νερό μέχρι τον 18ο αιώνα θεωρούνταν ως στοιχείο, ώσπου αποδείχτηκε πρώτα από τον πατέρα της νεότερης χημείας, Λαβουαζιέ, ότι το μόριο του νερού σχηματίζεται αν ενωθεί υδρογόνο με οξυγόνο. Στη φύση το νερό συναντάται σε τρεις καταστάσεις (με πίεση μίας ατμόσφαιρας): υγρή (από 0°C μέχρι 100°C), στερεά (μικρότερη από 0°C) και αέρια (μεγαλύτερη από 100°C).

Το όνομα «νερό» προέρχεται από τη βυζαντινή φράση «νεαρόν ύδωρ», που σήμαινε τρεχούμενο νερό (νερό που μόλις βγαίνει από την πηγή), η οποία με τη σειρά της προέρχεται από την αρχαία ελληνική φράση «νήρον ύδωρ» για το νερό. Όλοι οι σχετικοί επιστημονικοί και μη όροι, που χρησιμοποιούνται μέχρι και τις μέρες μας, όπως οι όροι ένυδρο άλας, υδρογόνο (δηλαδή αυτό που γεννάει νερό), κ.ά. έχουν προκύψει από την αρχαία ονομασία «ύδωρ». <sup>[16]</sup>

Το 96,5% του νερού της Γης βρίσκεται στους ωκεανούς (και τις θάλασσες), 1,7% στα υπόλοιπα επιφανειακά νερά (π.χ. λίμνες, ποτάμια), 1,7% στις παγωμένες σπηλιές της Ανταρκτικής και της Γροιλανδίας και τέλος, ένα ελάχιστο ποσοστό του νερού συναντάται ως υγρασία της ατμόσφαιρας και σε σύννεφα. Επιπλέον, το νερό εντοπίζεται σ' όλους τους ζωντανούς οργανισμούς (ζωικούς και φυτικούς). Αξιοσημείωτη ποσότητα νερού υπάρχει και στις τροφές (π.χ. στο γάλα περιλαμβάνεται 87%, στις πατάτες 78%, στα αβγά 74%, στα λαχανικά και στα φρούτα μέχρι 93% νερό). Στο ανθρώπινο σώμα το νερό περιέχεται σε ποσότητα 70% και στο αίμα 90%. Επιπρόσθετα, μερικές φορές προσκολλάται σε διάφορες χημικές ουσίες και σχηματίζει μ' αυτές ένυδρες ενώσεις, συνήθως κρυσταλλικές, όπως είναι ο ένυδρος θειικός χαλκός, ο γύψος και το θειικό ασβέστιο.

Το 97% του νερού στον πλανήτη μας είναι «αλμυρό» νερό, και μόνο το 3% είναι «γλυκό», το μεγαλύτερο ποσοστό του οποίου βρίσκεται σε παγετώνες και στα πολικά παγοκαλύμματα. Το υπόλοιπο (~1%) βρίσκεται με τη μορφή υγρού «γλυκού» νερού, κυρίως ως υπεδάφειο νερό, και μόνο ένα πολύ μικρό κλάσμα του συνολικού νερού της Γης βρίσκεται στην επιφάνεια του πλανήτη μας ή και στην ατμόσφαιρά του.

Με τον όρο «γλυκό ύδωρ» χαρακτηρίζεται -σε αντίθεση προς τη θάλασσα- κάθε υδάτινη έκταση με γλυκό νερό π.χ. λίμνες, ποταμοί. Το «**πόσιμο γλυκό νερό**» πρέπει να είναι διαυγές, άχρωμο, άοσμο, δροσερό (θερμοκρασίας 7-11°C). Επιπλέον, πρέπει να είναι απαλλαγμένο από παθογόνα μικρόβια που προξενούν ενδημικές ή επιδημικές ασθένειες. Όταν εντοπιστούν στην ανάλυση τέτοια μικρόβια, όπως τα βακτήρια *E. coli*, τότε σημαίνει ότι το νερό της ύδρευσης, πιθανώς, να έρχεται σε επαφή με υπονόμους. Επιβάλλεται, επίσης, να περιέχει μικρή ποσότητα ανόργανων αλάτων (0,5 g/l), γιατί το καθαρό νερό χωρίς διαλυμένα άλατα καθίσταται επιβλαβές για τον οργανισμό, εξαιτίας της μεγάλης διαπιδυτότητας των κυττάρων. Γι' αυτόν ακριβώς τον λόγο, τα θαλασσινά ψάρια πεθαίνουν όταν μεταφερθούν σε γλυκό νερό και ψάρια



του γλυκού νερού δεν επιβιώνουν μόλις τοποθετηθούν μέσα σε αποσταγμένο νερό, γιατί καταστρέφονται τα ερυθρά αιμοσφαίρια (αιμόλυση). Το πόσιμο νερό περιέχει διαλυμένο οξυγόνο, άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα, ελάχιστα ίχνη οργανικών ουσιών, καθώς και ίχνη φυτικών μικροοργανισμών. Εν συνεχεία, πρέπει να εξετάζεται φυσικά (θερμοκρασία, διαύγεια, γεύση, οσμή), χημικώς (ποιοτικός και ποσοτικός έλεγχος ουσιών, σκληρομετρία), μικροσκοπικά (έρευνα μικροοργανισμών), βακτηριολογικά (καλλιέργεια των μικροβίων του νερού) και τοπογραφικά (θέση πηγής, διαδρομής του νερού).<sup>[16]</sup>

Κάνοντας μία σύντομη ανασκόπηση στον χρόνο, το 1781 ο Χένρι Κάβεντις έδειξε ότι το νερό αποτελείται από οξυγόνο και υδρογόνο. Η πρώτη αποσύνθεση του νερού σε υδρογόνο και οξυγόνο, με ηλεκτρόλυση, έγινε το 1800 από τον Άγγλο χημικό William Nicholson και τον Anthony Carlisle. Το 1805, οι Joseph Louis, Gay-Lussac και Alexander von Humboldt έκαναν γνωστό ότι το νερό αποτελείται από δύο μέρη υδρογόνου και ένα μέρος οξυγόνου. Ο Gilbert Newton Lewis απομόνωσε το πρώτο δείγμα βαρέος ύδατος το 1933.

Ιστορικά, οι ιδιότητες του νερού χρησιμοποιήθηκαν για να ορίσουν διάφορες κλίμακες μέτρησης θερμοκρασίας. Οι πιο αξιοσημείωτες ήταν οι κλίμακες Κέλβιν, Κελσίου, Ράνκιν και Φαρενάιτ, που ορίστηκαν με βάση τις κανονικές θερμοκρασίες τήξης και βρασμού του νερού, ενώ λιγότερο συνηθισμένες ήταν οι κλίμακες Ντελίσιλ, Νιούτον, Ρεωμόρου και Ρόμερ, που θεσμοθετήθηκαν ομοίως.

## 1.2 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΖΩΗ

Η σημασία του βιολογικού ρόλου του νερού καθίσταται εμφανής, αν υπολογίσει κανείς πως το νερό καταλαμβάνει ένα σημαντικό ποσοστό της κατά βάρος σύστασης των κυττάρων στο εσωτερικό περιβάλλον τους, που μπορεί να διαφέρει σε κάθε κύτταρο, και που κυμαίνεται μεταξύ 70 και 90%. Ακόμη, τα κύτταρα των πολυκύτταρων οργανισμών αναπτύσσονται στο υδατικό περιβάλλον που καθορίζεται από το μεσοκυττάριο υγρό.

Για τη βιοχημεία, η μελέτη του νερού αναδεικνύεται υψίστης σημασίας, δεδομένου ότι η πλειοψηφία των βιοχημικών διεργασιών των κυττάρων και του οργανισμού πραγματοποιούνται σε υδατικό διάλυμα,. Αυτό συμβαίνει καθώς το νερό:

- **Είναι ο διαλύτης όλων των βιολογικών υγρών.** Το νερό αποδυναμώνει τις ηλεκτροστατικές έλξεις και τους δεσμούς Η μεταξύ των πολικών μορίων με το να συναγωνίζεται τις θέσεις της μεταξύ τους έλξης.
- **Συμμετέχει σε βιολογικές αντιδράσεις,** είτε ως αντιδρών (αντιδράσεις υδρόλυσης), είτε ως προϊόν (αντιδράσεις εστεροποίησης).
- **Είναι σημαντικός παράγοντας για τις ιδιότητες των μακρομορίων** (π.χ. πρωτεϊνών).

Όσον αφορά την πρόσληψη του νερού, γίνεται είτε με την κατανάλωση ποτών και τροφίμων, είτε με βιοχημικές αντιδράσεις, όπως για παράδειγμα οι καύσεις, όπου παράγεται νερό. Αντίστοιχα, η εφίδρωση, τα ούρα ή τα κόπρανα ή η υγρασία στον εκπνεόμενο αέρα επιφέρουν την αποβολή του νερού.

### 1.3 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ

Το φυσικό νερό (πηγών, ποταμών κ.λπ.) δεν είναι καθαρή χημική ένωση, καθώς περιέχονται σχεδόν πάντοτε διαλυμένα ανόργανα άλατα, αέρια και άλλες ουσίες, πολλές φορές και οργανικές. Σχηματίζεται από τη συμπύκνωση των υδρατμών που παράγονται από την εξάτμιση του νερού των ποταμών, των λιμνών και των θαλασσών, που πέφτει ως βροχή, χιόνι ή χαλάζι. Συγκεκριμένα, το νερό της βροχής διαλύει διάφορα συστατικά της ατμόσφαιρας, όπως διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), οξυγόνο και άζωτο, συμπαρασύρει σκόνη, αιθάλη και άλλες αιωρούμενες ουσίες και καταλήγει στη γη ως αραιότατο οξύ λόγω του διαλυμένου διοξειδίου του άνθρακα. Για τον λόγο αυτό, το φυσικό νερό διαλύει τα δυσδιάλυτα ανθρακικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου και τα μετατρέπει σε ευδιάλυτα όξινα ανθρακικά άλατα των στοιχείων. Κατά την εξάτμιση του νερού από την επιφάνεια της γης, απορροφάται το 30% της ενέργειας του ήλιου που φτάνει σ' αυτήν με τη μορφή ακτινοβολίας. Σε αυτό οφείλονται μετεωρολογικά φαινόμενα, όπως τυφόνες και τροπικές καταιγίδες. Επιπλέον, το κλίμα μιας περιοχής εξαρτάται από την εγγύτητα σε γεωγραφικές περιοχές νερού. Προκύπτει αβίαστα το συμπέρασμα πως μια περιοχή που βρίσκεται κοντά σε νερό θα έχει πιο ομαλό κλίμα από μία πιο απομακρυσμένη, εξ' αιτίας της μεγάλης θερμοχωρητικότητας του νερού.<sup>[17]</sup>



Εικόνα 1: Ο υδρολογικός κύκλος του νερού.

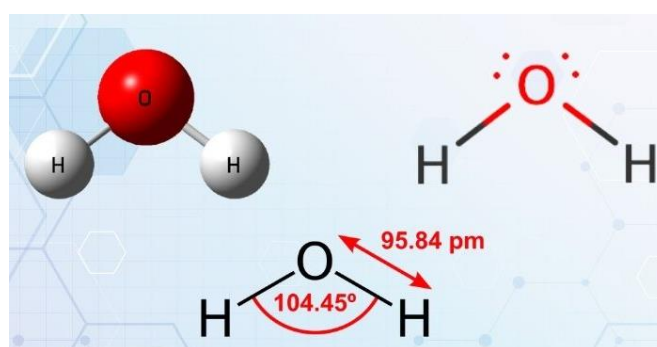
Ο κύκλος του νερού (γνωστός επιστημονικά ως «υδρολογικός κύκλος») αναφέρεται στη συνεχόμενη ανταλλαγή του νερού μέσα στην υδρόσφαιρα, δηλαδή μεταξύ ατμόσφαιρας, επιφανειακού νερού, εδαφικού νερού, υπόγειου νερού και βιόσφαιρας. Το νερό κινείται αέναα μεταξύ αυτών των περιοχών του υδρολογικού κύκλου, ο οποίος αποτελείται (κυρίως) από τις ακόλουθες μεταφορικές διεργασίες:

- **Εξάτμιση** του νερού από τις επιφάνειες των θαλασσών, τις υπόλοιπες υδάτινες επιφάνειες, αλλά και τη διαπνοή της βιόσφαιρας (φυτά, ζώα, άνθρωποι κ.τ.λ.) στην ατμόσφαιρα.
- **Συμπύκνωση** (συνήθως) σε σύννεφα, που περιέχουν σταγονίδια ή και παγοκρυστάλλους, και κατακρήμνιση του νερού από τα σύννεφα (συνήθως) με τις μορφές των διαφόρων μετεωρολογικών φαινομένων.
- Επιστροφή με **αποστράγγιση** στη θάλασσα, σε άλλες υδάτινες επιφάνειες και στη βιόσφαιρα.

#### 1.4 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το μόριο του νερού διαμορφώνεται από δύο άτομα υδρογόνου (H) και ένα άτομο οξυγόνου (O), που συνδέονται μεταξύ τους με πολικούς ομοιοπολικούς δεσμούς τύπου σ. Έχει μοριακό τύπο  $\text{H}_2\text{O}$  και η σχετική αναλογία μαζών του υδρογόνου και του οξυγόνου είναι 2.016:16.000, δηλαδή περίπου 1:8. Χημικά, το νερό καθίσταται μια πολύ σταθερή χημική ένωση, αλλά ταυτόχρονα και αρκετά δραστική. Με την ανακάλυψη των σταθερών ισοτόπων το 1929 και του δευτέρου το 1932, έγινε πρωτοφανές ότι το νερό σαν ένα μείγμα αρκετών ειδών διαφέρει ως προς το μοριακό βάρος. Υπάρχουν τρία γνωστά σταθερά ισότοπα του H ( $\text{H}^1, \text{H}^2, \text{H}^3$ ) και έξι του  $\text{O}_2$  ( $\text{O}^{14}, \text{O}^{15}, \text{O}^{16}, \text{O}^{17}, \text{O}^{18}$  και  $\text{O}^{19}$ ).

Το μόριο του νερού δεν είναι γραμμικό, δηλαδή οι δεσμοί O-H δε βρίσκονται πάνω στην ίδια ευθεία, αλλά σχηματίζουν γωνία  $104,5^\circ$ . Το μήκος του δεσμού O-H είναι  $0,96 \text{ \AA}$  (Άνγκστρομ,  $1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm}$ ). Η γωνιακή διάταξη του δεσμού O-H, έχει ως αποτέλεσμα το μόριο του νερού να είναι ασύμμετρο και να έχει υψηλή διπολική ροπή, έτσι το κέντρο του θετικού φορτίου βρίσκεται προς την πλευρά του υδρογόνου και του αρνητικού προς τη μεριά του οξυγόνου. Ο υψηλός πολικός χαρακτήρας του μορίου εξηγεί τη μεγάλη του διηλεκτρική σταθερά (78 στους  $25^\circ\text{C}$ ) και άλλες ιδιότητες αυτού, όπως είναι η διάλυση ιοντικών ενώσεων, ιδιότητα που το καθιστά το καλύτερο διαλυτικό μέσο.



Εικόνα 2: Η χημική σύσταση του νερού.

#### 1.5 ΔΕΣΜΟΙ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ΣΤΟ ΝΕΡΟ

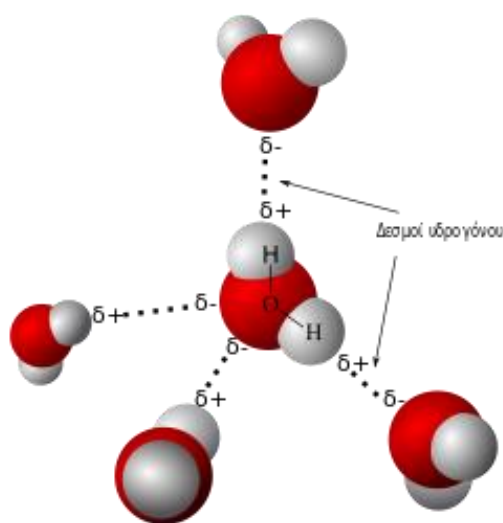
Το νερό παρουσιάζει έντονα το φαινόμενο της σύζευξης, με τη δημιουργία μεταξύ των μορίων των δεσμών υδρογόνου. Τα μόρια, δηλαδή, του νερού δημιουργούν γέφυρες μεταξύ του ηλεκτροθετικού υδρογόνου ενός μορίου και του

ηλεκτραρνητικού οξυγόνου άλλου μορίου. Ακόμη και σε υψηλή σχετικά θερμοκρασία οι δεσμοί υδρογόνου ανάμεσα στα μόρια του νερού εξακολουθούν να υφίστανται, όπως το λιωμένο νερό στο οποίο έχουν σπάσει το 15% των δεσμών υδρογόνου.

**Δεσμός υδρογόνου** είναι ένα είδος ελκτικής διαμοριακής δύναμης που αναπτύσσεται μεταξύ δύο μερικών ηλεκτρικών φορτίων αντίθετης πολικότητας, λόγω ανισομερούς κατανομής του ηλεκτρικού φορτίου των μορίων. Αν και είναι ισχυρότερος από τις περισσότερες άλλες διαμοριακές δυνάμεις, ένας τυπικός δεσμός υδρογόνου είναι πιο ασθενής, τόσο του ιοντικού, όσο και του ομοιοπολικού δεσμού.<sup>[2]</sup>

Όπως υποδηλώνει το όνομα «δεσμός υδρογόνου», ένα μέλος του δεσμού περιλαμβάνει ένα άτομο υδρογόνου. Το άτομο του υδρογόνου πρέπει να συνδέεται με ένα από τα εξής στοιχεία: οξυγόνο, άζωτο ή φθόριο, που είναι όλα τους ισχυρά ηλεκτραρνητικά στοιχεία. Αυτά τα στοιχεία είναι γνωστά ως οι δότες του δεσμού υδρογόνου. Αρχικά, το ηλεκτρονικό νέφος προσελκύεται από το ηλεκτραρνητικό στοιχείο από την περιοχή γύρω από τον πυρήνα του ατόμου υδρογόνου και έπειτα εκτρέποντας το νέφος από το κέντρο, καταλήγει το άτομο με θετικό μερικό φορτίο. Ένας δεσμός υδρογόνου προκύπτει, όταν αυτή η ισχυρή θετική κατανομή φορτίου προσελκύει ένα ασύζευκτο ζεύγος ηλεκτρονίων ενός άλλου ατόμου, που γίνεται ο δέκτης του δεσμού υδρογόνου.

Στο μόριο του νερού, έχουμε δύο πολωμένους ομοιοπολικούς δεσμούς μεταξύ των δύο ατόμων υδρογόνου και του ατόμου οξυγόνου. Η πόλωση των δεσμών στο νερό, επιφέρει τη συσσώρευση αρνητικού φορτίου στο άτομο του οξυγόνου (μεγάλη ηλεκτραρνητικότητα) και αντίθετα, συσσώρευση θετικού φορτίου στα άτομα του υδρογόνου (μεγάλη ηλεκτροθετικότητα). Η διαφορά φορτίου οδηγεί στην ανάπτυξη ισχυρών ελκτικών δυνάμεων μεταξύ ενός ατόμου υδρογόνου ενός μορίου νερού και ενός ατόμου οξυγόνου ενός άλλου μορίου νερού. Ο δεσμός αυτός ονομάζεται δεσμός H. Έτσι, το μόριο του νερού είναι **πολικό μόριο**.



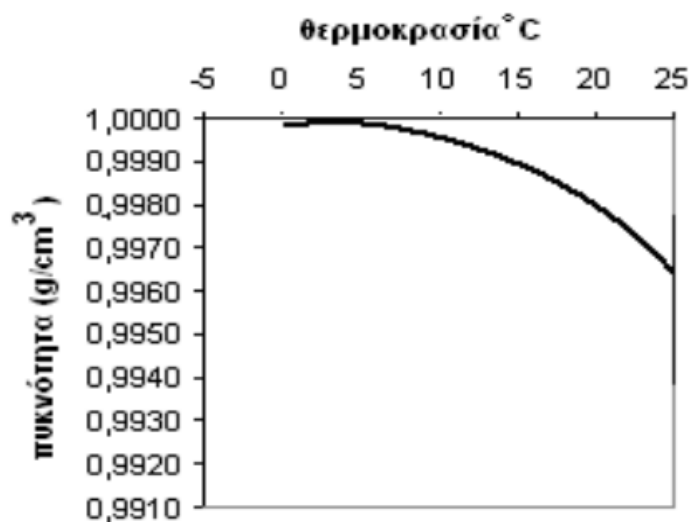
*Εικόνα 3: Οι δεσμοί H στο νερό.*

## 1.6 ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το χημικά καθαρό νερό, στις κανονικές συνθήκες περιβάλλοντος, είναι υγρό, διαυγές, άχρωμο σε λεπτά στρώματα, αλλά κυανίζον (ελαφρώς μπλε) σε μεγάλους όγκους. Η χημικά καθαρή ουσία είναι άγευστη, ενώ η γεύση του καλού πόσιμου νερού είναι ευχάριστη, που οφείλεται στα διαλυμένα άλατα και αέρια. Η πυκνότητα του νερού διαφέρει σε διάφορες θερμοκρασίες, με μέγιστη στους 4 °C.

Από το διάγραμμα (Εικόνα 4), φαίνεται πως το νερό σε στερεή κατάσταση έχει μικρότερη πυκνότητα απ' ό τι στην υγρή. Ο όγκος μιας συγκεκριμένης ποσότητας νερού αυξάνεται κατά την ψύξη, γιατί η μοριακή δομή του πάγου στηρίζεται στους δεσμούς υδρογόνου, οι οποίοι συγκρατούν τα μόρια σε θέσεις με αρκετά κενά μεταξύ τους. Αυτό έχει μεγάλη σημασία για τη ζωή στον πλανήτη μας: οι πάγοι επιπλέουν στο νερό και δρουν ως μονωτικά, εμποδίζοντας το νερό που βρίσκεται από κάτω να παγώσει, προσφέροντας έτσι όλες τις ευεργετικές συνέπειες στη ζωή του υδρόβιου κόσμου. Χωρίς την «ανωμαλία» αυτή της πυκνότητας του νερού, η ζωή στον πλανήτη μας θα ήταν ανύπαρκτη, τουλάχιστον με τη σημερινή της μορφή, εξαιτίας της βαθμιαίας ψύξης του νερού της επιφάνειας της Γης.

Η ιδιορρυθμία της πυκνότητας του νερού είναι, επίσης, και η αιτία της αποσάθρωσης των βράχων. Το νερό με την είσοδό του στις ρωγμές των βράχων στερεοποιείται κατά τη διάρκεια του χειμώνα και προκαλεί την αποσάθρωσή τους. Ακόμα, κατά τους χειμερινούς μήνες παρατηρείται το σπάσιμο των σωλήνων διανομής του νερού λόγω της αύξησης του όγκου του νερού κατά τη μετάβαση από την υγρή στη στερεή κατάσταση. Η «ανωμαλία» αυτή διαρκεί μέχρι τους 4°C περίπου και έπειτα η συμπεριφορά είναι η γνωστή, όταν η θερμοκρασία αυξάνεται, αυξάνεται και ο όγκος.



Εικόνα 4: Διάγραμμα πυκνότητας-θερμοκρασίας στο νερό.

## 1.7 ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το νερό έχει ποικίλη χημική δράση. Σχηματίζει ενώσεις με πολλά άλατα, καθώς και με πολλά μόρια άλλων ουσιών. Οι ενώσεις αυτές ονομάζονται υδρίτες ή ένυδρες ενώσεις. Οι δυνάμεις που ενώνουν τα μόρια των ουσιών και του νερού είναι:

- **Ελκτικές δυνάμεις** μεταξύ του θετικού ιόντος του μετάλλου και του αρνητικού οξυγόνου του πολωμένου μορίου του νερού.
- **Σχηματισμός ημιπολικού δεσμού** μεταξύ του ατόμου του οξυγόνου και του ιόντος του μετάλλου με ένα ζεύγος ηλεκτρονίων.
- **Σχηματισμός γέφυρας υδρογόνου** μεταξύ του μορίου του νερού και της ουσίας.

Άλλος σημαντικός τύπος αντίδρασης του νερού είναι η υδρόλυση (διάσπαση ενώσεων με τη βοήθεια νερού). Το νερό επιτελεί αντιδράσεις οξειδοαναγωγής, όπου δρα άλλοτε ως οξειδωτικό και άλλοτε ως αναγωγικό μέσο.

## 1.8 ΣΗΜΑΣΙΑ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Παρακάτω αναλύονται ορισμένες από τις πιο σημαντικές φυσικοχημικές παραμέτρους που επηρεάζουν το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης.<sup>[1]</sup>

Αρχικά, το **χρώμα** είναι ανεπιθύμητο στο πόσιμο νερό. Η παρουσία του εξαρτάται από την ύπαρξη διαλυμένων ή κολλοειδών οργανικών υλών ή ανόργανων ουσιών. Χρειάζεται να εξεταστεί χημικά για να αναζητηθεί η προέλευσή του.

Όσον αφορά στην **θολότητα**, εκείνη οφείλεται σε κολλοειδείς ανόργανες ή οργανικές ύλες που αιωρούνται. Το θολό νερό απαιτεί έλεγχο, καθώς είναι πιθανό να έχει υποστεί ρύπανση. Αντίθετα, το πόσιμο νερό είναι αναγκαίο να είναι διαυγές, όταν φτάνει στον καταναλωτή. Η κατανάλωση θολού νερού ενδέχεται να είναι επικίνδυνη για την υγεία ενός ανθρώπου, αφού η απολύμανση του πόσιμου νερού δεν είναι αποτελεσματική, εφόσον υπάρχει θολότητα. Συγκεκριμένα, οι παθογόνοι οργανισμοί εγκλωβίζονται στα σωματίδια που αιωρούνται και προστατεύονται από το απολυμαντικό. Επίσης, τα σωματίδια μπορεί να απορροφήσουν επιβλαβείς οργανικές ή ανόργανες ουσίες.

Επιπροσθέτως, το πόσιμο νερό οφείλει να είναι **άοσμο και άγευστο**. Κάθε νερό έχει την ιδιαίτερη γεύση του, η οποία οφείλεται στα διαλυμένα άλατα (ασβεστίου, νατρίου, μαγνησίου κ.λπ.) και στα διαλυμένα αέρια (οξυγόνο ή CO<sub>2</sub>) που περιέχει. Οσμή και γεύση οφείλονται ενδεχομένως είτε σε ανεπιθύμητες χημικές ουσίες, όπως φαινόλες, χλώριο, αμμωνία, υδρόθειο, κ.λπ. είτε σε μικροοργανισμούς. Νερό με έντονη οσμή πιθανότατα είναι ρυπασμένο, οπότε πρέπει να εξετασθεί, για να βρεθεί η αιτία.

Κάνοντας λόγο για το **pH**, εκείνο δείχνει αν το νερό είναι όξινο ή αλκαλικό. Νερά με pH>10 ή με pH<4 προκαλούν ερεθισμό στα μάτια και στο δέρμα. Η παραμετρική τιμή για το pH είναι 6,5<pH<9,5.

Σημαντικός παράγοντας για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης είναι η **αγωγιμότητα**. Με τον όρο αυτό, αναφερόμαστε στην αριθμητική έκφραση της ικανότητας ενός υδατικού διαλύματος να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα. Αυτή η ικανότητα εξαρτάται από την παρουσία ιόντων, την ολική τους συγκέντρωση, το σθένος, καθώς και τη θερμοκρασία μέτρησης. Γνωρίζουμε ότι η αγωγιμότητα στα νερά αυξάνει με τη θερμοκρασία. Μετράται σε microSiemens ανά εκατοστό (μS/cm). Η παραμετρική τιμή είναι 2500 μS/cm στους 20°C .

Ιδιαίτερο ρόλο παίζει η **σκληρότητα**, που εκφράζει το σύνολο των διαλυμένων αλάτων ασβεστίου και μαγνησίου. Διακρίνεται σε ανθρακική (ή παροδική) σκληρότητα, η οποία οφείλεται στα όξινα ανθρακικά (διττανθρακικά) άλατα, και μη ανθρακική (μόνιμη) σκληρότητα, η οποία οφείλεται στα υπόλοιπα άλατα (χλωριούχα, θειικά, νιτρικά, ανθρακικά). Το σκληρό νερό δεν έχει καλή γεύση, εμποδίζει το καλό βράσιμο των τροφίμων, δεν κάνει αφρό με το σαπούνι και δημιουργεί επικαθίσματα στις σωληνώσεις και στις οικιακές συσκευές. Επίσης, σε ορισμένες βιομηχανίες (βυρσοδεψεία, βαφεία, χημικών και φαρμακευτικών προϊόντων) το σκληρό νερό είναι επιζήμιο για την κατεργασία και το τελικό προϊόν. Νερό με σκληρότητα μέχρι και 500 mg/l CaCO<sub>3</sub> μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πόσιμο.

Επίσης, τα **χλωριούχα** είναι ευρέως διαδεδομένα στη φύση σαν άλατα νατρίου, καλίου και ασβεστίου και προέρχονται κυρίως από τη διάβρωση των πετρωμάτων. Επειδή είναι πολύ ευκίνητα και ευδιάλυτα, διεισδύουν στα υπόγεια ύδατα. Ενδέχεται, όμως, να προκύψουν και από τη χρήση λιπασμάτων, από λύματα και βιομηχανικά απόβλητα ή από τη διείσδυση θαλασσινού νερού σε παράκτιες περιοχές. Αν και δεν έχουν επιβλαβή επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό, σε υψηλές συγκεντρώσεις δίνουν στο πόσιμο νερό γλυφή γεύση. Η απότομη αύξηση των χλωριούχων στο νερό, αν δεν οφείλεται στην είσοδο θαλασσινού νερού, αποδεικνύει πιθανή ρύπανση από λύματα και απαιτείται άμεση επιτόπια υγειονομική εξέταση. Η ρύπανση είναι απαραίτητο να επιβεβαιωθεί και με άλλες μετρήσεις (микροβιολογικές, αμμωνία, νιτρώδη). Η ενδεικτική παραμετρική τιμή είναι 250 mg/l.

Τα **θειικά**, ως συστατικό πολλών ορυκτών, υπάρχουν σε μεγάλες ποσότητες στα φυσικά νερά. Χρησιμοποιούνται σε πολλές βιομηχανίες (χημικές, γυαλιού, χάρτου, υφαντουργίες), στα λιπάσματα, στα εντομοκτόνα, καθώς και στην επεξεργασία του νερού. Ακόμη, βρίσκονται στην ατμόσφαιρα ως δευτερογενής ρύπος και αποτίθενται στο έδαφος ως «όξινη βροχή». Τα θειικά άλατα του νατρίου, ασβεστίου και μαγνησίου σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 700 mg/l δίνουν στο πόσιμο νερό δυσάρεστη γεύση. Ειδικότερα, το θειικό μαγνήσιο σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 600 mg/l έχει καθαρτική δράση. Τα θειικά άλατα, επίσης, συμβάλλουν στη διάβρωση των σωληνώσεων. Η παραμετρική τιμή είναι 250 mg/l.

Ένα από τα βασικότερα στοιχεία για τον άνθρωπο αποτελεί και το **νάτριο**. Τα άλατα νατρίου βρίσκονται σε όλες τις τροφές και Στο πόσιμο νερό. Λόγω της αφθονίας του νατρίου στη φύση (έκτο κατά σειρά), περιέχεται σε όλα τα φυσικά νερά σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 1-500 mg/l. Στα πόσιμα νερά δεν υπερβαίνει τα 20 mg/l, εκτός από τις περιπτώσεις που έχει γίνει αποσκλήρυνση με τη μέθοδο της ιοντοανταλλαγής σε νερά με μεγάλη σκληρότητα ή παρατηρείται διείσδυση θαλασσινού νερού. Η παραμετρική τιμή είναι 200 mg/l.

Όσον αφορά στο **αμμώνιο**, τα υπόγεια νερά περιέχουν συνήθως αμμωνία λιγότερη από 0,2 mg/l. Η αμμωνία δεν επηρεάζει άμεσα την υγεία στις συγκεντρώσεις που ενδέχεται να υπάρχει στα πόσιμα νερά, αποτελεί όμως σημαντικό δείκτη ρύπανσης από κοπρανώδεις ουσίες. Σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 0,2 mg/l δημιουργεί προβλήματα οσμής και γεύσης στο νερό και μειώνει την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης. Επίσης, συμβάλλει στον σχηματισμό νιτροδών στα συστήματα ύδρευσης. Η παραμετρική τιμή είναι 0,50 mg/l.

Επιπροσθέτως, τα **νιτρικά** αποτελούν τμήμα του κύκλου του αζώτου στη φύση. Επομένως, υπάρχουν στα φυσικά νερά, αλλά η συγκέντρωσή τους είναι συνήθως χαμηλή. Σε αερόβιες συνθήκες διεισδύουν στον υδροφόρο ορίζοντα. Τα νιτρικά αποτελούν το τελικό στάδιο οξείδωσης της αμμωνίας και η παρουσία τους στα νερά δείχνει παλαιά ρύπανση. Υψηλές συγκεντρώσεις οφείλονται σε λιπάσματα, απορρίμματα και ζωικά ή ανθρώπινα απόβλητα. Βρίσκονται 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 υπάρχει κίνδυνος να προκαλέσουν στα παιδιά την ασθένεια «μεθαιμογλοβιναιμία», λόγω της αναγωγής τους σε νιτρώδη. Τα νιτρώδη και νιτρικά στο περιβάλλον του στομάχου σχηματίζουν N-νιτροζοενώσεις, που είναι καρκινογόνες. Η παραμετρική τιμή για τα νιτρικά είναι και 50 mg/l.

Τα **νιτρώδη** αποτελούν ενδιάμεσο στάδιο οξείδωσης της αμμωνίας και είναι ασταθή στο περιβάλλον. Η παρουσία τους στα νερά δείχνει πρόσφατη ρύπανση. Η παραμετρική τιμή για τα νιτρώδη είναι 0,50 mg/l και 0,10mg/l για επεξεργασία.

Ως φυσικοχημικός παράγοντας του νερού, το **ασβέστιο** υπάρχει σε όλα τα φυσικά νερά και προέρχεται από τη διάβρωση των πετρωμάτων (ασβεστόλιθος, δολομίτης, γύψος). Μικρές συγκεντρώσεις ανθρακικού ασβεστίου παρεμποδίζουν τη διάβρωση των μεταλλικών σωλήνων, αφού σχηματίζουν ένα προστατευτικό επίστρωμα. Υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων ασβεστίου με τη θέρμανση καθιζάνουν, σχηματίζοντας σκληρά επικαθήματα στους λέβητες, στους σωλήνες και τα σκεύη μαγειρικής. Δεν έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία και δεν υπάρχει όριο.

Αναφερόμενοι στο **μαγνήσιο**, βρίσκεται σε αφθονία στη φύση και αποτελεί ένα από τα πιο συνηθισμένα συστατικά των φυσικών νερών. Τα άλατά του μαζί με τα άλατα του ασβεστίου αποτελούν την ολική σκληρότητα του νερού και όταν θερμανθούν σχηματίζουν επικαθήματα στις σωληνώσεις και τους λέβητες. Νερά με συγκεντρώσεις μαγνησίου μεγαλύτερες από 125 mg/l ενδέχεται να έχουν καθαρτικές και διουρητικές ιδιότητες.

Από τη μεριά του ο **σίδηρος**, υπάρχει κυρίως στα υπόγεια ύδατα, που διέρχονται από πετρώματα πλούσια σε άλατα σιδήρου. Η συνεχής κατανάλωση νερού με υψηλές συγκεντρώσεις σιδήρου ενδέχεται να προκαλέσει στον άνθρωπο, και ιδιαίτερα στα παιδιά, βλάβες στους ιστούς (αιμοχρωμάτωση). Ο σίδηρος δίνει στο νερό γεύση που είναι ανιχνεύσιμη σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις. Προκαλεί, επιπλέον, προβλήματα στα πλυντήρια και υφαντήρια, αφού δημιουργούνται λεκέδες στα υφάσματα και στους αγωγούς διανομής νερού, καθώς ευνοείται η ανάπτυξη βακτηριδίων και δημιουργούνται αποθέσεις. Η παραμετρική τιμή είναι 200 µg/l.

Μελετώντας το **μαγγάνιο**, θεωρείται ένα από τα λιγότερο τοξικά για τον άνθρωπο στοιχεία. Η απορρόφησή του στον οργανισμό συνδέεται άμεσα με την απορρόφηση του σιδήρου. Υψηλές συγκεντρώσεις στο νερό προκαλούν δυσάρεστη γεύση. Δεν έχουν διαπιστωθεί βλαβερές συνέπειες στην υγεία από υψηλές συγκεντρώσεις μαγγανίου. Το μαγγάνιο προκαλεί λεκέδες στα υφάσματα σε πλυντήρια και υφαντήρια. Διευκολύνει την ανάπτυξη μικροοργανισμών στα δίκτυα, με αποτέλεσμα αύξηση της θολότητας, δημιουργία οσμών και αποθέσεων. Η παραμετρική τιμή είναι 50 µg/l.



Το **κάδμιο** με τη σειρά του, είναι ένα από τα τοξικότερα μέταλλα. Συναντάται στη φύση σε θειούχα ορυκτά με το μόλυβδο και τον ψευδάργυρο. Στα φυσικά νερά βρίσκεται κυρίως στα ιζήματα των βυθών και σε αιωρούμενα σωματίδια. Σε μη ρυπασμένα νερά η συγκέντρωση του καδμίου είναι κάτω από 1  $\mu\text{g/l}$ . Παράγοντες αύξησης του καδμίου στο νερό είναι τα βιομηχανικά απόβλητα και η διάβρωση των γαλβανισμένων σωλήνων. Σε συστήματα ύδρευσης, που τροφοδοτούνται με νερό μαλακό χαμηλού pH, ενδέχεται να βρεθούν ψηλές συγκεντρώσεις καδμίου, επειδή αυτά τα νερά είναι πιο διαβρωτικά και η διαλυτότητα του καδμίου στο νερό εξαρτάται από το pH και τη σκληρότητα. Το κάδμιο προσβάλλει το συκώτι, τα νεφρά, τον σπλήνα και τον θυροειδή αδένα. Στη συνέχεια εναποτίθεται στα οστά, όπου αντικαθιστά το ασβέστιο προκαλώντας τη νόσο ΙΤΑΙ-ΙΤΑΙ. Έχει βρεθεί ότι προκαλεί καρκίνο σε πειραματόζωα και ορισμένες επιδημιολογικές μελέτες το συνδέουν με καρκίνο στον άνθρωπο. Η παραμετρική τιμή είναι 5  $\mu\text{g/l}$ .

Ένα ακόμη σημαντικό στοιχείο στον ανθρώπινο μεταβολισμό είναι ο **χαλκός**. Τα άλατα του χαλκού είναι τοξικά στα υδρόβια φυτά και χρησιμοποιείται κυρίως ο θειϊκός χαλκός, για να ανασταλεί η ανάπτυξη των φυτών. Λόγω της διάβρωσης των χάλκινων σωληνώσεων, η οποία εξαρτάται από τη σκληρότητα, το pH, το διαλυμένο οξυγόνο και τη θερμοκρασία του νερού, σημαντικές ποσότητες χαλκού διαλύονται στο πόσιμο νερό. Αν το νερό μείνει στάσιμο 12 ώρες στις σωληνώσεις, η συγκέντρωση χαλκού μπορεί να υπερβεί τα 20  $\text{mg/l}$ . Ο χαλκός προσδίδει χρώμα και στυπτική γεύση στο πόσιμο νερό. Αν και δημιουργεί λεκέδες στα υφάσματα και στα είδη υγιεινής, δεν υπάρχουν ενδείξεις ότι προκαλεί βλάβες στην υγεία. Η παραμετρική τιμή είναι 2  $\text{mg/l}$ .

Όσον αφορά στα **φθοριούχα**, το φθόριο συναντάται στα νερά σαν φθοριούχα άλατα, που προέρχονται από ηφαιστειογενή πετρώματα. Χρησιμοποιείται στην παραγωγή αλουμινίου (σε βιομηχανίες χάλυβα και γυαλιού), στα λιπάσματα και στα κεραμικά. Πιο συχνά εμφανίζεται στα υπόγεια ύδατα παρά στα επιφανειακά. Δε βρίσκεται σε στοιχειακή μορφή στη φύση, επειδή είναι πολύ δραστικό. Είναι, όμως, βασικό στοιχείο για τον άνθρωπο. Το φθόριο σε μικρά ποσά στο νερό (μέχρι 1  $\text{mg/l}$ ) είναι ωφέλιμο, γιατί εμποδίζει τη δημιουργία τερηδόνας στα δόντια, ενώ σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις προκαλεί τη φθορίαση (μαύρες κηλίδες στην αδαμαντίνη των δοντιών) ή και βλάβες στα οστά. Σε νερά που δεν περιέχουν φθόριο, γίνεται φθορίωση με προσθήκη φθοριούχων και φθοριοπυριτικών ενώσεων. Σε αυτές τις περιπτώσεις κρίνεται απαραίτητο να ελέγχεται συχνά η περιεκτικότητα του νερού σε φθόριο, ώστε να μην υπερβεί το επιτρεπτό όριο. Η παραμετρική τιμή είναι 1,5  $\text{mg/l}$ .

Τα περισσότερα φυσικά νερά περιέχουν και **αρσενικό**. Το αρσενικό φθάνει στους υδάτινους αποδέκτες από τα μεταλλεία, αφού υπάρχει σχεδόν σε όλα τα θειούχα ορυκτά από τα εντομοκτόνα και την καύση ορυκτών καυσίμων. Οι φυσικές πηγές αρσενικού στο περιβάλλον είναι οι ηφαιστειογενείς δράσεις και η αποσύνθεση της φυτικής οργανικής ύλης. Έχει αποδειχθεί ότι είναι τοξικό και πιθανόν καρκινογόνο. Η τοξικότητα του αρσενικού εξαρτάται από τη χημική και τη φυσική του μορφή, τη δόση, τον χρόνο έκθεσης και τον τρόπο με τον οποίο εισάγεται στον ανθρώπινο οργανισμό. Προκαλεί βλάβες στο γαστρικό, νευρικό και αναπνευστικό σύστημα και διάφορες αλλοιώσεις στο δέρμα. Δόσεις μεταξύ 70 και 180  $\text{mg As}$  είναι θανατηφόρες.

Ένα επίσης πολύ τοξικό μέταλλο είναι ο **μόλυβδος**, που περιέχεται συνήθως μέχρι 5  $\mu\text{g/l}$  στα φυσικά νερά. Μεγαλύτερες συγκεντρώσεις οφείλονται σε απόβλητα ορυχείων και βιομηχανιών και στη διάβρωση μολύβδινων υδραυλικών εγκαταστάσεων. Επίσης, χρησιμοποιείται για την παραγωγή μπαταριών, κραμάτων, χρωστικών και αντισκωριακών. Μεγάλες ποσότητες μολύβδου υπάρχουν στην ατμόσφαιρα από τον τετρααιθυλιούχο και τετραμεθυλιούχο μολύβδο που προστίθεται στη βενζίνη σαν αντικροτικό. Για τον λόγο αυτό, στις περισσότερες χώρες έχει απαγορευθεί η χρήση μολύβδου στη βενζίνη και χρησιμοποιείται αμόλυβδη βενζίνη. Οι επιπτώσεις του μολύβδου στην υγεία χρειάστηκε να μελετηθούν πριν πολλά χρόνια, καθώς υπήρξαν δηλητηριάσεις από μολύβδο στο πόσιμο νερό, που προήλθε από διάβρωση των μολύβδινων υδραυλικών εγκαταστάσεων. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να εγκαταλειφθούν οι μολύβδικοι σωλήνες για το νερό και να απαγορευθεί η χρήση χρωμάτων με βάση τον μολύβδο για εσωτερική διακόσμηση. Αποτελεί μια μορφή δηλητηρίου με συσσωρευτική δράση. Προκαλεί βλάβες στο συκώτι, τον εγκέφαλο και το νευρικό σύστημα. Η παραμετρική τιμή είναι 10  $\mu\text{g/l}$ .

Επιπλέον, το **νικέλιο** απαντάται σε επιφανειακά ορυκτά. Υποκαθιστά τον σίδηρο σε σιδηρομαγνητούχα πετρώματα ηφαιστειακής προέλευσης και τείνει να συγκαθιζάνει με οξειδία του σιδήρου και του μαγγανίου. Το νικέλιο χρησιμοποιείται εκτεταμένα για την παρασκευή ανοξειδωτών αντικειμένων και μέσω αυτής της οδού βρίσκει διέξοδο στα επιφανειακά και τα υπόγεια ύδατα. Η παραμετρική τιμή είναι 20  $\mu\text{g/l}$ .

Αναφερόμενοι στον **υδράργυρο**, οι κύριες χρήσεις του είναι στην κατασκευή καθόδων για την ηλεκτρολυτική παραγωγή χλωρίου και καυστικής σόδας, στην κατασκευή λυχνιών, οργάνων ελέγχου (όπως διακόπτες, θερμομέτρα, βαρόμετρα) και σαν πρώτη ύλη στην παρασκευή χημικών ενώσεων (όπως μυκητοκτόνων, αντισηπτικών, φαρμακευτικών και αντιδραστηρίων). Μέσα από αυτές τις δραστηριότητες, ο υδράργυρος περνάει σαν απόβλητο στο περιβάλλον και το ρυπαίνει. Ο υδράργυρος απαντάται στη φύση σε πετρώματα, κυρίως υπό τη μορφή θειούχου υδραργύρου ( $\text{HgS}$ -κινναβαρίτη). Στα φυσικά νερά εμφανίζεται σε τρία στάδια οξείδωσης: στοιχειακός υδράργυρος  $\text{Hg}^0$ ,  $\text{Hg}^{+1}$  και  $\text{Hg}^{2+}$ . Τα αντίστοιχα ανόργανα άλατα που σχηματίζει έχουν διαφορετικό βαθμό διαλυτότητας, ο οποίος επηρεάζεται από το pH και το οξειδωαναγωγικό δυναμικό:

- Στοιχειακό υδράργυρο που είναι αδιάλυτος
- Χλωριούχο υφιδράργυρο ( $\text{HgCl}$ ) με μικρή διαλυτότητα
- Χλωριούχο υδράργυρο ( $\text{HgCl}_2$ ) με υψηλή διαλυτότητα
- Σύμπλοκα ιόντα χλωρίου ( $\text{HgCl}_4^{2-}$ ) και θείου ( $\text{HgS}_4^{2-}$ ) με υψηλή διαλυτότητα

Οι φυσικές τιμές του υδραργύρου σε υπόγεια και επιφανειακά νερά είναι κάτω των 0,5  $\mu\text{g/l}$ . Εν τούτοις, έχουν αναφερθεί περιπτώσεις όπου η συγκέντρωση του υδραργύρου ξεπερνά τα 5,5  $\mu\text{g/l}$ , όπως σε περιοχές με έντονη ηφαιστειακή δραστηριότητα (π.χ. Ιαπωνία). Η παραμετρική τιμή είναι 1,0  $\mu\text{g/l}$ . Ο ανόργανος υδράργυρος απορροφάται σε μικρό ποσοστό 7-15% από το νερό και την τροφή και συσσωρεύεται στα νεφρά. Στα επιφανειακά νερά, κάτω από αερόβιες συνθήκες παρουσία μικροοργανισμών, παράγεται ο μεθυλιούχος υδράργυρος ( $\text{CH}_3\text{Hg}^+$ ), μια ιδιαίτερα τοξική μορφή υδραργύρου, διαλυτός στο νερό και στα λίπη που συσσωρεύεται στους ιστούς. Ο οργανικός υδράργυρος απορροφάται από το

γαστρεντερικό σύστημα και σε ποσοστό 80-90% δεσμεύεται από τα ερυθρά αιμοσφαίρια. Έτσι, λόγω της μεγάλης λιποδιαλυτότητας εισχωρεί στον εγκέφαλο, τον νωτιαίο μυελό και το νευρικό σύστημα.

Στον φλοιό της γης συναντάται το **χρώμιο**, που εμφανίζεται σαν τρισθενές και εξασθενές χρώμιο. Ορυκτό οξείδιο του χρωμίου είναι ο χρωμίτης, ο οποίος προσδίδει χρώμα σε πολλά άχρωα συστατικά, όταν βρίσκεται εκεί ως πρόσμιξη. Ο χρωμίτης βρίσκεται σε συμπλέγματα υπερβασικών μαγματικών πετρωμάτων μαζί με ολιβίνη, σερπεντίνη και πυροξένους. Αποτελεί το μοναδικό μέταλλευμα χρωμίου. Στα νερά βρίσκονται κυρίως άλατα του εξασθενούς χρωμίου, επειδή είναι ευδιάλυτα, ενώ σπάνια υπάρχει σαν τρισθενές, αφού οι ενώσεις του είναι αδιάλυτες και καθιζάνουν. Στην ατμόσφαιρα βρίσκεται στα αεροζόλ και παρασύρεται από τη βροχή ή εναποτίθεται στο έδαφος, ρυπαίνοντας τα επιφανειακά νερά. Η μέση συγκέντρωση στο νερό της βροχής είναι 0,2 - 1 μg/l, στο θαλασσινό 0,05 μg/l και στα φυσικά νερά 0,5 - 2 μg/l. Χρησιμοποιείται εκτεταμένα στις βιομηχανίες χρωμάτων και δέρματος, στα επιμεταλλωτήρια, στην παρασκευή κραμάτων και καταλυτών. Συχνά προστίθεται σε νερά ψύξης και σε χρωμικές ενώσεις για καλύτερο έλεγχο της διάβρωσης. Οι επιδράσεις του χρωμίου στην υγεία εξαρτώνται κατά βάση από τη μορφή του. Το εξασθενές χρώμιο είναι πολύ τοξικό. Προκαλεί βλάβες στο δέρμα και το συκώτι και θεωρείται καρκινογόνο. Δεν έχει βρεθεί αν το τρισθενές χρώμιο προκαλεί βλάβες στην υγεία. Με βάση το Ερευνητικό Διατροφικό Κέντρο των ΗΠΑ, το χρώμιο είναι δυνατόν να μειώσει αποτελεσματικά το επίπεδο ζαχάρου στο αίμα, καθώς επίσης ασκεί ρυθμιστικό ρόλο και στους υπογλυκαιμικούς, αυξάνοντας στην περίπτωση αυτή το ζάχαρο του αίματος. Επιπλέον, το χρώμιο είναι ευεργετικό και για την καρδιά, γιατί μειώνει την κακή χοληστερίνη και τα τριγλυκερίδια, ενώ αυξάνει την καλή χοληστερίνη. Κάτι τέτοιο είναι πολύ χρήσιμο για τον ανθρώπινο οργανισμό, καθώς μειώνει τους κινδύνους καρδιακής προσβολής, αλλά και εγκεφαλικού επεισοδίου. Η παραμετρική τιμή είναι 50 μg/l.

Τέλος, το **σελήνιο**, σε μεγάλες συγκεντρώσεις, προκαλεί σελήνωση. Σε αυτή την πάθηση παρουσιάζονται γαστρεντερικές διαταραχές, νευρικότητα, ψυχική κατάπτωση, ηπατικές και νεφρικές βλάβες, ενώ η στέρησή του προκαλεί συμπτώματα έλλειψης που εμφανίζονται με προβλήματα στο μυοκάρδιο και είναι πιθανόν να οδηγήσουν τελικά στον θάνατο. Το σελήνιο αποτελεί απαραίτητο στοιχείο στη διατροφή μας και προσλαμβάνεται από την τροφή, ενώ στο πόσιμο νερό βρίσκεται σε μικρές ποσότητες. Μέσα στον οργανισμό αντιδρά με άλλα στοιχεία, προστατεύοντάς τον από την τοξικότητα των βαρέων μετάλλων, όπως του υδράργυρου, του καδμίου, του σιδήρου και του θάλιου. Η παραμετρική τιμή είναι 10 μg/l.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### «ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΝΕΡΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ»

#### 2.1 ΙΣΧΥΟΥΣΑ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ

Η Υπουργική Απόφαση (Γ1 (δ)/ΓΠ οικ. 67322) για την ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, όπως δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 3282 τεύχος Β', στις 19 Σεπτεμβρίου 2017, έχει άμεση ισχύ και καταργεί την μέχρι σήμερα ισχύουσα Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) 2600/2001 για το πόσιμο νερό. Η νέα ΚΥΑ καθορίζει τις προδιαγραφές του νερού που ρέει στο δίκτυο διανομής και λαμβάνεται στο σημείο, εντός της κτιριακής εγκατάστασης ή της επιχείρησης τροφίμων, στο οποίο βγαίνει από τη βρύση που χρησιμοποιείται συνήθως για παροχή νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, καθώς και για χειρισμό ή επεξεργασία τροφίμων.

#### 2.2 ΚΟΙΝΗ ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ 288/1986

Η παλαιότερη απόφαση σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, αφορά την 288/1986 Υπουργική Απόφαση της 20<sup>ης</sup> Φεβρουαρίου 1986, που εντάσσει την έννοια του «πόσιμου νερού» στην Ελληνική Νομοθεσία.<sup>[3]</sup>

Βάσει της συγκεκριμένης Κυβερνητικής Αποφάσεως, ως «πόσιμο νερό» θεωρείται το νερό που χρησιμοποιείται για ανθρώπινη κατανάλωση, είτε επεξεργασμένο είτε όχι, από όπου κι αν αυτό προέρχεται. Είτε πρόκειται, δηλαδή, για νερό που διατίθεται για ανθρώπινη κατανάλωση, είτε για νερό που χρησιμοποιείται σε επιχείρηση τροφίμων (με σκοπό την παρασκευή, κατεργασία, συντήρηση ή διάθεση στην αγορά προϊόντων ή ουσιών που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση). Επίσης, μπορεί να πρόκειται για νερό που επηρεάζει τον τελικό βαθμό υγιεινότητας των τροφίμων και των ποτών.

Στο φυσικό μεταλλικό νερό, καθώς και στο νερό που θεωρείται φάρμακο (ιαματικό) δεν εφαρμόζεται η ανωτέρω νομοθεσία.

Οι ουσίες που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία του πόσιμου νερού, δεν θα πρέπει να περιέχονται μέσα σε αυτό, όταν διατίθεται προς κατανάλωση, σε συγκεντρώσεις ανώτερες από τις ανώτατες παραμετρικές τιμές, ώστε να είναι ασφαλές για την δημόσια υγεία.

##### 2.2.1 ΠΑΡΕΚΚΛΙΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ

Παρεκκλίσεις από την συγκεκριμένη διάταξη επιτρέπονται, προκειμένου να αντιμετωπισθούν:

- συνθήκες που έχουν σχέση με την φύση και την μορφολογία του εδάφους στην περιοχή που τροφοδοτεί την υπό εξέταση περιοχή.
- συνθήκες που έχουν σχέση με εξαιρετικά μετεωρολογικά φαινόμενα ή πρόσκαιρες τεχνικές δυσχέρειες.

Οι παραπάνω παρεκκλίσεις δεν μπορούν να αφορούν τους τοξικούς και μικροβιολογικούς παράγοντες.

### 2.2.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ

Οι επιτρεπόμενες τιμές για τις ποιοτικές παραμέτρους που προσδιορίζουν την καταλληλότητα του πόσιμου νερού, βάσει της ΚΥΑ που εκδόθηκε τον Φεβρουάριο του 1986, καθορίζονται στους πίνακες των *Εικόνων 5,6 και 7*.

Παράμετροι	Έκφραση Αποτελεσμάτων	Ενδεικτικό Επίπεδο	Ανώτατη παραμετρική συγκέντρωση
Χρώμα	mg/l Pt/Co	1	20
Θολερότητα	mg/l SiO <sub>2</sub> μονάδες Jackson	1 0,4	10 4
Οσμή	Ποσοστό διαλύσεως	0	2 μέχρι 12°C 3 Μέχρι 25°C
Γεύση	Ποσοστό διαλύσεως	0	2 μέχρι 12°C 3 Μέχρι 25°C

*Εικόνα 5: Πίνακας οργανοληπτικών παραμέτρων.*

Παράμετροι	Έκφραση Αποτελεσμάτων	Ενδεικτικό Επίπεδο	Ανώτατη παραμετρική συγκέντρωση
Θερμοκρασία	°C	12	25
Συγκέντρωση σε ιόντα υδρογόνου	Μονάδα pH	6,5<Ph<8,5	
Αγωγιμότητα	mS cm <sup>-1</sup> έως 20°C	400	
Χλώριο	mg/l Cl	25	
Πυρίτιο	mg/l SiO <sub>2</sub>		
Ασβέστιο	mg/l Ca	100	
Μαγνήσιο	mg/l Mg	30	50
Νάτριο	mg/l Na	20	175
Θειικά	mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	25	250
Κάλιο	mg/l K	10	12
Αργίλιο	mg/l Al	0,05	0,2
Ολική Σκληρότητα			
Ξηρό Υπόλειμμα	mg/l ύστερα από ξήρανση στους 180 °C		1.500
Διαλελυμένο οξυγόνο	% O <sub>2</sub> κορεσμού		
Ελεύθερο διοξείδιο του άνθρακα	mg/l CO <sub>2</sub>		

*Εικόνα 6: Πίνακας φυσικοχημικών παραμέτρων.*

Παράμετροι	Αποτελέσματα: Όγκος του δείγματος (σε ml)
Ολικά κολοβακτηριοειδή	100
Κολοβακτηριοειδή κοπράνων	100
Στρεπτόκοκκοι κοπράνων	100
Κλοστρίδια αναγωγικά θειωειδών αλάτων	20

*Εικόνα 7: Πίνακας μικροβιολογικών παραμέτρων.*

Τα νερά που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση δεν πρέπει να περιέχουν παθογόνους οργανισμούς. Κατά την μικροβιολογική εξέταση του πόσιμου νερού, θα πρέπει να ερευνηθούν εκτός από τα βακτήρια που παρουσιάζονται στον πίνακα της *Εικόνας 7*, και τα παθογόνα βακτήρια και κυρίως οι σαλμονέλες, οι παθογόνοι σταφυλόκοκκοι, οι βακτηριοφάγοι των κοπράνων και οι ιοί των εντέρων. Ακόμη, αυτά τα νερά δεν πρέπει να περιέχουν ούτε παρασιτικούς οργανισμούς, ούτε φύκη, αλλά ούτε και άλλα μορφοποιημένα στοιχεία.

### 2.3 ΚΟΙΝΗ ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ 2600/2001

Η προηγούμενη απόφαση καταργείται με την νέα Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) 2600/2001 της 11<sup>ης</sup> Ιουλίου 2001, που αφορά την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης.<sup>[4]</sup> Η νεότερη απόφαση αναδιατυπώνει παλαιότερους ορισμούς και δίνει μερικούς νέους. Συγκεκριμένα:

1. Ως «**νερό ανθρώπινης κατανάλωσης**» ορίζεται, α) το νερό, είτε στη φυσική του κατάσταση, είτε μετά από επεξεργασία, που προορίζεται για πόση, μαγείρεμα, προπαρασκευή τροφής ή άλλες οικιακές χρήσεις, ανεξάρτητα από την προέλευσή του και από το εάν παρέχεται από δίκτυο διανομής, από βυτίο, ή σε φιάλες ή δοχεία, καθώς και β) το νερό που χρησιμοποιείται στις επιχειρήσεις παραγωγής τροφίμων για την παρασκευή, επεξεργασία, συντήρηση ή εμπορία προϊόντων ή ουσιών, που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση.
2. Τα «**οικιακά συστήματα διανομής**» αφορούν τις σωληνώσεις, τα εξαρτήματα και τις συσκευές που έχουν εγκατασταθεί μεταξύ των κρουνών που συνήθως χρησιμοποιούνται για παροχή νερού ανθρώπινης κατανάλωσης και του δικτύου διανομής, αλλά μόνον εφόσον αυτά δεν υπάγονται στην ευθύνη του φορέα ύδρευσης, υπό την ιδιότητά του αυτή.
3. Με τον όρο «**οικιακές χρήσεις**» εννοούμε τις χρήσεις του νερού, κατά τρόπο που να έρχεται σε άμεση ή έμμεση επαφή με τον ανθρώπινο οργανισμό.
4. Ως «**επικύρωση**» μεθόδων ορίζεται η διαδικασία που αποδεικνύει ότι η μέθοδος δίνει το σωστό αποτέλεσμα όσον αφορά π.χ. προκαθορισμένα όρια ανίχνευσης, εκλεκτικότητας/επιλεκτικότητας, επαναληψιμότητας, αναπαραγωγιμότητας και γραμμικότητας.

Η συγκεκριμένη ΚΥΑ (εκτός από τα φυσικά μεταλλικά νερά και τα ιαματικά νερά) δεν εφαρμόζεται στο νερό ανθρώπινης κατανάλωσης, που λαμβάνεται από

συγκεκριμένη (ατομική) πηγή με παροχή μικρότερη των  $10\text{m}^3$  ημερησίως κατά μέσο όρο, ή που εξυπηρετεί λιγότερα από 50 άτομα. Η ανωτέρω εξαίρεση είναι δυνατή μόνον εάν το νερό δεν διατίθεται στο πλαίσιο εμπορικής ή δημόσιας δραστηριότητας.

### 2.3.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΙΣ

Το νερό που διατίθεται για ανθρώπινη κατανάλωση θα πρέπει απαραίτητως να είναι καθαρό και υγιεινό. Με βάση τις απαιτήσεις της παρούσας οδηγίας, το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης είναι υγιεινό και καθαρό εφόσον είναι απαλλαγμένο μικροοργανισμών και παρασίτων, και οποιωνδήποτε ουσιών, που σε συγκεκριμένους αριθμούς και συγκεντρώσεις μπορούν να αποτελέσουν κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία. Επιπλέον, θα πρέπει να λαμβάνονται, σύμφωνα με τη συνθήκη, όλα τα αναγκαία μέτρα προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης συμμορφούται προς τις απαιτήσεις της παρούσας οδηγίας.

Επίσης, πρέπει να εξασφαλίζεται, πως τα μέτρα που λαμβάνονται για την εφαρμογή των διατάξεων της παρούσας οδηγίας δεν υποβαθμίζουν, άμεσα ή έμμεσα, την σημερινή ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης στο μέτρο που αυτό αφορά την προστασία της ανθρώπινης υγείας, ούτε αυξάνουν την ρύπανση του νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή πόσιμου νερού.

### 2.3.2 ΠΟΙΟΤΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

Οι παραμετρικές τιμές που καθορίζονται στον πίνακα της *Εικόνας 9*, πρέπει να τηρούνται:

- α) για το νερό που παρέχεται από δίκτυο διανομής, στο σημείο, εντός του κτιρίου ή της κτιριακής εγκατάστασης, στο οποίο βγαίνει από τις βρύσες που χρησιμοποιούνται συνήθως για ανθρώπινη κατανάλωση,
- β) για το νερό που παρέχεται από βυτίο, στο σημείο όπου το νερό βγαίνει από το βυτίο
- γ) για νερό που τοποθετείται σε φιάλες ή δοχεία προς πώληση,
- δ) για το νερό που χρησιμοποιείται σε επιχείρηση παραγωγής τροφίμων, στο σημείο όπου το νερό χρησιμοποιείται στην επιχείρηση.

### 2.3.3 ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ

1. Οι συναρμόδιες αρχές καλούνται να λαμβάνουν όλα τα αναγκαία μέτρα, ώστε να εξασφαλίζεται η τακτική παρακολούθηση της ποιότητας του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, προκειμένου να ελέγχεται αν το διατιθέμενο στους καταναλωτές νερό πληροί τις απαιτήσεις της οδηγίας, και ιδίως τις καθορισμένες παραμετρικές τιμές. Θα πρέπει να λαμβάνονται δείγματα που αντιπροσωπεύουν την ποιότητα του νερού που καταναλώνεται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Επιπλέον, να λαμβάνονται από τους αρμόδιους όλα τα αναγκαία μέτρα, προκειμένου να ελέγχεται η αποτελεσματική απολύμανση του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, όταν αυτή αποτελεί μέρος της διαδικασίας επεξεργασίας ή διανομής του νερού και ότι οποιαδήποτε επιμόλυνση από υποπροϊόντα απολύμανσης συγκροτείται σε όσο το δυνατόν πιο χαμηλά όρια, χωρίς να διακυβεύεται η απολύμανση.

2. Οι συναρμόδιες αρχές καθορίζουν τα σημεία δειγματοληψίας.
3. Κατάλληλα προγράμματα παρακολούθησης του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης θα πρέπει να καταρτίζονται από τις αρμόδιες αρχές.
4. Σημαντικό είναι να τηρούνται οι προδιαγραφές αναλύσεως παραμέτρων που είναι προκαθορισμένες. Παράλληλα, αν είναι δυνατόν, να χρησιμοποιούνται εναλλακτικές επικυρωμένες μέθοδοι, εφόσον μπορεί να αποδειχθεί ότι τα λαμβανόμενα αποτελέσματα είναι τουλάχιστον εξίσου αξιόπιστα με εκείνα των μεθόδων που έχουν προκαθοριστεί. Εάν χρησιμοποιηθεί εναλλακτική μέθοδος, το Υπουργείο Υγείας διαβιβάζει στην Επιτροπή όλα τα σχετικά στοιχεία που αφορούν τη μέθοδο αυτή και την ισοδυναμία της.
5. Να εξασφαλίζεται ότι διενεργείται συμπληρωματική, κατά περίπτωση, παρακολούθηση για τις ουσίες και τους μικροοργανισμούς για τους οποίους δεν καθορίζεται παραμετρική τιμή, όταν υπάρχουν υποψίες ότι οι ουσίες ή οι οργανισμοί αυτοί ενδέχεται να υπάρχουν σε ποσότητες ή αριθμούς που ενδεχομένως αποτελούν κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία.

#### 2.3.4 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΧΡΗΣΕΩΣ

1. Κάθε παράλειψη της τήρησης των καθορισμένων παραμετρικών τιμών οφείλει να διερευνάται άμεσα από τις συναρμόδιες αρχές.
2. Εάν, παρά των λαμβανόμενων μέτρων, το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης εξακολουθεί να μην πληροί τις παραμετρικές τιμές που καθορίζονται, εξασφαλίζεται από τις συναρμόδιες αρχές ότι λαμβάνονται -το ταχύτερο δυνατόν- οι απαιτούμενες επανορθωτικές ενέργειες για την αποκατάσταση της ποιότητάς του, και δίνουν προτεραιότητα την εφαρμογή τους, λαμβάνοντας μεταξύ άλλων υπόψη τον βαθμό υπέρβασης των σχετικών παραμετρικών τιμών και τον ενδεχόμενο κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία.
3. Ανεξαρτήτως του αν έχει σημειωθεί ή όχι η μη τήρηση των παραμετρικών τιμών, η παροχή νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, που αποτελεί ενδεχόμενο κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία, εξασφαλίζεται από τις συναρμόδιες αρχές, ότι απαγορεύεται ή ότι περιορίζεται η χρήση του ή ότι αναλαμβάνονται οι απαιτούμενες ενέργειες για την προστασία της ανθρώπινης υγείας. Στις περιπτώσεις αυτές, ενημερώνονται αμέσως σχετικά οι καταναλωτές και τους παρέχονται οι αναγκαίες οδηγίες.
4. Οι κίνδυνοι που θα προέκυπταν για την ανθρώπινη υγεία από τυχόν διακοπή της παροχής ή περιορισμό της χρήσης του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης θα πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπόψη από τις αρμόδιες αρχές ή άλλους αρμόδιους φορείς.
5. Σε περίπτωση μη τήρησης των παραμετρικών τιμών ή των προδιαγραφών, εξετάζεται κατά πόσον αυτή η μη τήρηση δημιουργεί κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία. Ακολούθως, γίνονται επανορθωτικές ενέργειες για την αποκατάσταση της ποιότητας του νερού.



### 2.3.5 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΝΑΡΜΟΔΙΩΝ ΑΡΧΩΝ ΚΑΙ ΥΠΕΥΘΥΝΩΝ

«Συναρμόδιες αρχές» για την εφαρμογή των διατάξεων της παρούσας είναι οι υπηρεσίες Υγείας των Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων, οι Διευθύνσεις Υγείας και Πρόνοιας των Περιφερειών, το Υπουργείο Υγείας και Πρόνοιας και ο Ενιαίος Φορέας Επεξεργασίας Τροφίμων (ΕΦΕΤ) με την Κεντρική και τις Περιφερειακές του Υπηρεσίες.

- Οι υπηρεσίες Υγείας των Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων συνεργάζονται με τις συναρμόδιες Περιφερειακές Υπηρεσίες του ΕΦΕΤ με σκοπό την άσκηση εποπτικού ελέγχου της ποιότητας του πόσιμου νερού, έτσι ώστε να διαπιστωθεί αν το πόσιμο νερό που διαθέτουν για κατανάλωση οι υπεύθυνοι ανταποκρίνεται στις παραμετρικές απαιτήσεις και ειδικότερα, οργανώνουν και εφαρμόζουν προγράμματα ολοκληρωμένων υγειονομικών αναγνωρίσεων των συστημάτων ύδρευσης. Τέλος, ενημερώνουν σχετικά τις οικείες περιφέρειες και την Κεντρική Υπηρεσία του Υπουργείου Υγείας και Πρόνοιας.
- Οι Διευθύνσεις Υγείας των Περιφερειών του Υπουργείου Υγείας και Πρόνοιας σε συνεργασία με τις Περιφερειακές Υπηρεσίες του ΕΦΕΤ συντονίζουν και εποπτεύουν την ορθή εφαρμογή και εκτέλεση της παρούσας απόφασης στα γεωγραφικά όρια της ευθύνης τους. Συγκεντρώνουν και αξιολογούν τα στοιχεία παρακολούθησης της ποιότητας του πόσιμου νερού, προτείνουν τη λήψη των κατάλληλων προληπτικών και επανορθωτικών μέτρων και αποστέλλουν τα ανωτέρω αξιολογημένα στοιχεία παρακολούθησης της ποιότητας του πόσιμου νερού, καθώς και προτάσεις για την αντιμετώπιση πιθανών προβλημάτων στην Κεντρική Υπηρεσία του Υπουργείου Υγείας και Πρόνοιας και του ΕΦΕΤ.
- Το Υπουργείο Υγείας και Πρόνοιας σε συνεργασία με την Κεντρική Υπηρεσία του ΕΦΕΤ συγκεντρώνει όλα τα σχετικά στοιχεία και συνεργάζεται με το Υπουργείο Εσωτερικών, Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης και το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ) για την αξιολόγησή τους και τη λήψη μέτρων για την προστασία της Δημόσιας Υγείας.

Τα απαιτούμενα στοιχεία αποστέλλονται από το Υπουργείο Υγείας και Πρόνοιας σε συνεργασία με την Κεντρική Υπηρεσία του ΕΦΕΤ στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή, με σκοπό την ενημέρωση της τελευταίας εντός καθορισμένης προθεσμίας. Ακόμα, από το Υπουργείο Υγείας οργανώνονται και εφαρμόζονται προγράμματα ολοκληρωμένων υγειονομικών αναγνωρίσεων των συστημάτων ύδρευσης και καταρτίζονται κατευθυντήριες οδηγίες προς τους υπευθύνους για την εκπλήρωση των υποχρεώσεώς τους.

«Υπεύθυνοι» για τη συμμόρφωση προς τους όρους της Υγειονομικής Διάταξης, όσον αφορά τα οριζόμενα:

α) για το νερό του δικτύου ύδρευσης είναι:

- για τις υδρεύσεις Δήμων, ο φορέας λειτουργίας του δικτύου (Δήμοι, Σύνδεσμοι Δήμων, Δημόσια Επιχείρηση Ύδρευσης & Αποχέτευσης (ΔΕΥΑ), Διαδημοτικές Επιχειρήσεις Ύδρευσης & Αποχέτευσης (Ε.Υ.Α.), με όρια ευθύνης όπως περιγράφονται στο καταστατικό σύστασής τους, Εταιρείες

Υδρευσης), η ΕΥΔΑΠ για την πόλη των Αθηνών σύμφωνα με τα προβλεπόμενα όρια ευθύνης της, η ΕΥΑΘ για την πόλη της Θεσσαλονίκης σύμφωνα με τα προβλεπόμενα όρια ευθύνης της),

- για τις βιομηχανίες, επιχειρήσεις, ιδρύματα κ.λπ. που διαθέτουν δική τους ύδρευση, οι νόμιμοι εκπρόσωποί τους για τις βιομηχανίες που ευρίσκονται μέσα σε βιομηχανικές περιοχές με κεντρικό δίκτυο ύδρευσης, η Ελληνική Τράπεζα Βιομηχανικής Ανάπτυξης (ΕΤΒΑ) ή ο φορέας λειτουργίας τους,
- για τις ιδιωτικές υδρεύσεις, οι ιδιοκτήτες ή οι νομείς των εγκαταστάσεων ύδρευσης.

β) για το νερό που παρέχεται από βυτία είναι οι ιδιοκτήτες ή οι υπεύθυνοι των βυτίων ή οι νόμιμοι εκπρόσωποι των επιχειρήσεων.

γ) για το νερό που τοποθετείται σε φιάλες ή δοχεία προς πώληση είναι οι νόμιμοι εκπρόσωποι των εγκαταστάσεων εμφιάλωσης.

δ) για το νερό επιχείρησης παραγωγής τροφίμων είναι οι νόμιμοι εκπρόσωποι των επιχειρήσεων αυτών.

Οι υποχρεώσεις των «υπευθύνων» καθορίζονται από την Γ3α/761/68 Υγειονομική Διάταξη, όπως αυτή εκάστοτε ισχύει, ειδικότερα όμως αφορούν:

- την παρακολούθηση του νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση μέσω προγραμμάτων παρακολούθησης
- στη λήψη - γενικά - κάθε μέτρου που διασφαλίζει κανονική παροχή υγιεινού νερού σε μόνιμη βάση.

Ειδικότερα, οι υποχρεώσεις των υπευθύνων αφορούν επιπλέον και τη μελέτη, κατασκευή, λειτουργία, συντήρηση και υγειονομική αναγνώριση των συστημάτων ύδρευσης, καθώς και την επεξεργασία του πόσιμου νερού με σκοπό να αποφεύγεται οποιοσδήποτε υγειονομικός κίνδυνος. Οι εργαστηριακές αναλύσεις για την παρακολούθηση του νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση διενεργούνται σε εργαστήρια που πληρούν τις προδιαγραφές.

### 2.3.6 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ

Παρακάτω παρουσιάζονται οι νέες παραμετρικές τιμές που ορίζονται βάσει του νέου νομοθετικού πλαισίου:

Όσον αφορά τις μικροβιολογικές παραμέτρους, η συχνότητα εντοπισμού βακτηριακών στελεχών *E. coli* και εντερεκόκκων πρέπει να είναι μηδενική.

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

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή
<i>E. coli</i>	0/250 ml
Εντερόκοκκοι	0/250 ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0/250 ml
Αριθμός αποικιών σε 22°C	100/ ml
Αριθμός αποικιών σε 37°C	20/ ml

*Εικόνα 8: Πίνακας παραμέτρων για το νερό που πωλείται σε φιάλες ή δοχεία.*

Όσον αφορά τις αποικίες, σε θερμοκρασίες 22 και 37°C, η μέτρηση των ανώτατων τιμών συγκέντρωσης πρέπει να πραγματοποιείται εντός χρονικού διαστήματος 12 ωρών από τη στιγμή της συσκευασίας, ενώ το νερό των δειγμάτων θα πρέπει να διατηρείται σε θερμοκρασία  $5\pm 3^\circ\text{C}$  κατά τη διάρκεια των 12 ωρών.

## 2. Χημικές Παράμετροι:

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα
Ακρυλαμίδιο	0,10	μg/l
Αντιμόνιο	5,0	μg/l
Αρσενικό	10	μg/l
Βενζόλιο	1,0	μg/l
Βενζο-α-πυρένιο	0,010	μg/l
Βόριο	1,0	mg/l
Βρωμικά	10	μg/l
Κάδμιο	5,0	μg/l
Χρώμιο	50	μg/l
Χαλκός	2,0	mg/l
Κυανιούχα	50	μg/l
1,2-διχλωροαιθάνιο	3,0	μg/l
Επιχλωρυδρίνη	0,10	μg/l
Φθοριούχα	1,5	mg/l
Μόλυβδος	10	μg/l
Υδράργυρος	1,0	μg/l
Νικέλιο	20	μg/l
Νιτρικά	50	mg/l
Νιτρώδη	0,50	mg/l
Παρασιτοκτόνα	0,10	μg/l
Σύνολο παρασιτοκτόνων	0,50	μg/l
Πολυκυκλικοί αρωματικού υδρογονάνθρακες	0,10	μg/l
Σελήνιο	10	μg/l
Τετραχλωροαιθέριο και τριχλωροαιθέριο	10	μg/l
Ολικά τριαλογονομεθάνια	100	μg/l
Βινυλοχλωρίδιο	0,50	μg/l

**Εικόνα 9:** Χημικές παράμετροι νερού ανθρώπινης κατανάλωσης.

Ακολουθούν μερικές παρατηρήσεις που σχετίζονται με τον πίνακα της Εικόνας 9.

Όσον αφορά το ακρυλαμίδιο, την επιχλωρυδρίνη και το βινυλοχλωρίδιο, 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.

Οι αρμόδιες αρχές είναι υπεύθυνες για την επιδίωξη όσο το δυνατόν χαμηλότερης τιμής συγκέντρωσης βορίου, χωρίς ωστόσο να θίγεται η απολύμανση.

Σχετικά με το χρώμιο, το χαλκό, τον μόλυβδο και το νικέλιο, η τιμή ισχύει για δείγμα νερού προς ανθρώπινη κατανάλωση, το οποίο λαμβάνεται από βρύση χρησιμοποιώντας κατάλληλη δειγματοληπτική μέθοδο. Οι υπεύθυνοι, σε συνεργασία με τις αρμόδιες αρχές, λαμβάνουν υπόψη τα περιστατικά μεγίστων επιπέδων που είναι δυνατό να επιφέρουν επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων.

Για τα νιτρικά και τα νιτρώδη, οι αρμόδιες αρχές εξασφαλίζουν ότι τηρείται ο όρος  $[νιτρικά] / 50 + [νιτρώδη] / 3 < 1$  (οι αγκύλες υποδηλούν συγκέντρωση σε mg/l για νιτρικά (NO<sub>3</sub>) και για τα νιτρώδη άλατα (NO<sub>2</sub>)), καθώς και ότι η τιμή 0,10 mg/l για τα νιτρώδη τηρείται για το νερό που προέρχεται από εγκαταστάσεις επεξεργασίας.

Ως «παρασιτοκτόνα» ορίζονται: οργανικά εντομοκτόνα, οργανικά ζιζανιοκτόνα, οργανικά μυκητοκτόνα, οργανικά ακαριοκτόνα, οργανικά νηματοδοκτόνα, οργανικά τρωκτικοκτόνα, οργανικά φυκοκτόνα, οργανικά γλινκοκτόνα, συναφή προϊόντα (π.χ. ρυθμιστές αύξεσης) και μεταβολίτες που σχετίζονται με αυτά, προϊόντα αποικοδόμησης και αντίδρασης. Ο έλεγχος πραγματοποιείται μόνο για τα παρασιτοκτόνα, η παρουσία των οποίων θεωρείται πιθανότερη σε μια δεδομένη παροχή νερού.

Ως «συνολικά παρασιτοκτόνα» ορίζεται το σύνολο όλων των επιμέρους παρασιτοκτόνων που ανιχνεύονται και προσδιορίζονται ποσοτικά κατά τη διαδικασία παρακολούθησης.

### 3. Ενδεικτικές Παράμετροι

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα
Αργίλιο	200	μg/L
Αμμώνιο	0,50	mg/L
Χλωριούχα	250	mg/L
Clostridium perfringens (μαζί με τα σπόρια)	0	Αριθμός / 100 ml
Χρώμα	Αποδεκτό στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Αγωγιμότητα	2500	μS cm <sup>-1</sup> στους 20°C
Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου	≥6,5 και ≥9,5	Μονάδες pH
Σίδηρος	200	μg/L
Μαγγάνιο	50	μg/L
Οσμή	Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Οξειδωσιμότητα	5,0	mg/L O <sub>2</sub>
Θειικά	250	mg/L
Νάτριο	200	mg/L
Γεύση	Αποδεκτή στους	

	καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Αριθμός αποικιών σε 22 και 37°C	Άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Κολοβακτηριοειδή	0	Αριθμός / 100 ml
Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)	Άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Υπολειμματικό χλώριο		mg/L
Θολότητα	Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής	

**Εικόνα 10:** Ενδεικτικές παράμετροι νερού ανθρώπινης κατανάλωσης.

Ακολουθούν κάποιες παρατηρήσεις που αναφέρονται στον πίνακα της Εικόνας 10.

Σημαντική παρατήρηση για τα χλωριούχα, την αγωγιμότητα, την συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου και το νάτριο, είναι πως το νερό δεν πρέπει να είναι διαβρωτικό.

Η παράμετρος *Clostridium perfringens* είναι απαραίτητο να υπολογίζεται μόνον σε περίπτωση που το νερό προέρχεται ή επηρεάζεται από επιφανειακό νερό. Εάν δεν τηρείται αυτή η παράμετρος, οι αρμόδιες αρχές ελέγχουν την παροχή νερού, έτσι ώστε εξασφαλίσουν ότι δεν υπάρχει πιθανός κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία εξαιτίας της παρουσίας παθογόνων μικροοργανισμών, όπως είναι για παράδειγμα τα *Cryptosporidium*. Τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών περιλαμβάνονται στην υποβαλλόμενη αίτηση από τους υπευθύνους σε συνεργασία με τις αρμόδιες αρχές.

Η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου είναι για το μη ανθρακούχο νερό που τοποθετείται σε φιάλες ή δοχεία, όπου η ελάχιστη τιμή μπορεί να μειώνεται σε 4,5 μονάδες pH. Η ελάχιστη τιμή μπορεί να είναι χαμηλότερη για το νερό που τοποθετείται σε φιάλες ή δοχεία και έχει φυσική περιεκτικότητα ή είναι τεχνητά εμπλουτισμένο με CO<sub>2</sub>.

Η οξειδωσιμότητα δεν είναι απαραίτητο να μετράται εφόσον γίνεται ανάλυση της παραμέτρου ολικού οργανικού άνθρακα.

Σχετικά με τα κολοβακτηριοειδή, για το νερό που τοποθετείται σε δοχεία ή φιάλες, η μονάδα είναι αριθμός / 250 ml.

Το TOC δεν χρειάζεται να μετράται για παροχές λιγότερο από 10.000 m<sup>3</sup> ημερησίως.

Όσον αφορά την θολότητα, κατά την επεξεργασία επιφανειακών υδάτων, επιδιώκεται από τους υπευθύνους και τις αρμόδιες αρχές παραμετρική τιμή που δεν υπερβαίνει την 1,0 NTU (νεφελομετρική μονάδα θολότητας) σε νερό, το οποίο προέρχεται από εγκαταστάσεις επεξεργασίας.

## 2.4 ΚΟΙΝΗ ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ 67322/2017

Συγκεκριμένα, με την εν λόγω ΚΥΑ (67322/2017) αναδιατυπώνεται και συμπληρώνεται το κύριο τμήμα της ΚΥΑ 2600/2001, όπως ισχύει μέχρι σήμερα.<sup>[5]</sup>

Σύμφωνα με την νεότερη απόφαση, το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης δεν συμπεριλαμβάνεται στην έννοια του τροφίμου, παρέχεται με υποχρέωση της πολιτείας σε όλους τους πολίτες της επικράτειας ως δημόσιο αγαθό, χωρίς να υπάγεται στους κανόνες της αγοράς, και διέπεται από τους νόμους της υγειονομικής μηχανικής.

### 2.4.1 ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ

Στις προηγούμενες αποφάσεις προστίθεται η εξής υποχρέωση για τις Υπηρεσίες Περιβαλλοντικής Υγιεινής και Υγειονομικού Ελέγχου των Περιφερειακών Ενοτήτων: η υποχρέωση συστηματικής παρακολούθησης της κατάστασης των συστημάτων ύδρευσης στην περιοχή αρμοδιότητάς τους. Για να το επιτύχουν αυτό, διενεργούν υγειονομικούς ελέγχους με συχνότητα σύμφωνη με τον Πίνακα της *Εικόνας 11*.

Όγκος (V) νερού που διανέμεται ή παρέχεται ημερησίως εντός της ζώνης παροχής m <sup>3</sup>	Αριθμός ελέγχων
≤100	Κατά την κρίση της Υπηρεσίας και τουλάχιστον μία φορά ανά τριετία
100<V≤1000	1 ανά έτος
1000<V≤10.000	2 ανά έτος
10.000<V≤100.000	3 ανά έτος
>100.000	4 ανά έτος

*Εικόνα 11 : Πίνακας όγκου νερού ανά αριθμό ελέγχων.*

Ως ζώνη παροχής ορίζεται μια γεωγραφικά καθορισμένη περιοχή εντός της οποίας το νερό προς ανθρώπινη κατανάλωση εισέρχεται από μία ή περισσότερες πηγές και η ποιότητα του νερού μπορεί να θεωρηθεί ως - κατά το πλείστον - ομοιόμορφη.

Οι όγκοι υπολογίζονται ως μέσες τιμές για ένα ημερολογιακό έτος. Για να καθορισθεί η ελάχιστη συχνότητα, είναι δυνατό να γίνει χρήση του αριθμού των κατοίκων μιας ζώνης παροχής αντί για τον όγκο του νερού, με την παραδοχή ότι η κατά κεφαλήν κατανάλωση νερού είναι 200 L/ημέρα.

Ο υγειονομικός έλεγχος περιλαμβάνει:

- υγειονομική αναγνώριση των διαφόρων τμημάτων των συστημάτων ύδρευσης καθώς και του τρόπου λειτουργίας τους
- δειγματοληψία νερού για εργαστηριακή εξέταση όλων των παραμέτρων
- έλεγχο του υπολειμματικού χλωρίου

Τα αποτελέσματα αποστέλλονται άμεσα στο Υπουργείο Υγείας.

### 2.4.2 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΑΡΜΟΔΙΩΝ ΑΡΧΩΝ

Στην ισχύουσα έως σήμερα ΚΥΑ, ως «**αρμόδιες αρχές**» για την εφαρμογή των διατάξεων της παρούσας Υγειονομικής Διάταξης ορίζονται οι Υπηρεσίες

Περιβαλλοντικής Υγιεινής και Υγειονομικού Ελέγχου των Περιφερειακών Ενοτήτων, και - σε επιτελικό βαθμό - το Υπουργείο Υγείας. Οι Υπηρεσίες Περιβαλλοντικής Υγιεινής και Υγειονομικού Ελέγχου των Περιφερειακών Ενοτήτων ασκούν εποπτικό έλεγχο της ποιότητας του νερού που πρόκειται να καταναλωθεί από τον άνθρωπο, με σκοπό τη διαπίστωση ότι το πόσιμο νερό ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις που προδιαγράφονται. Ειδικότερα:

- Παρακολουθούν τη σωστή εκτέλεση και εφαρμογή της υγειονομικής διάταξης στα γεωγραφικά όρια της ευθύνης τους.
- Οργανώνουν και εφαρμόζουν προγράμματα ολοκληρωμένων υγειονομικών αναγνωρίσεων των συστημάτων ύδρευσης.
- Διενεργούν υγειονομικούς ελέγχους στα συστήματα ύδρευσης στην περιοχή αρμοδιότητάς τους.
- Προβαίνουν στη συγκέντρωση και την αξιολόγηση των στοιχείων παρακολούθησης της ποιότητας του πόσιμου νερού.
- Προτείνουν τη λήψη των κατάλληλων μέτρων που στοχεύουν είτε στην πρόληψη, είτε στην επανόρθωση.
- Στα πλαίσια της συνεργασίας με την Κεντρική Υπηρεσία του Υπουργείου Υγείας, αποστέλλουν τα παραπάνω αξιολογημένα στοιχεία παρακολούθησης της ποιότητας του νερού προς ανθρώπινη κατανάλωση και προτάσεις για την αντιμετώπιση πιθανών προβλημάτων στο Τμήμα Υγιεινής Περιβάλλοντος της Διεύθυνσης Δημόσιας Υγείας του Υπουργείου Υγείας.

Το Υπουργείο Υγείας συγκεντρώνει όλα τα σχετικά στοιχεία ποιότητας του νερού προς ανθρώπινη κατανάλωση και συνεργάζεται με το Υπουργείο Εσωτερικών για την αξιολόγησή τους και τη λήψη μέτρων που στοχεύουν την προστασία της Δημόσιας Υγείας. Παράλληλα, αποστέλλει τα στοιχεία που απαιτούνται για κάθε σχετική ενημέρωση και γνωστοποίηση στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή εντός της καθορισμένης προθεσμίας. Επιπροσθέτως, το Υπουργείο Υγείας καταρτίζει κατευθυντήριες οδηγίες προς τους υπευθύνους για να εκπληρώσουν τις υποχρεώσεις τους.

### **2.4.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ**

Στις παραμετρικές τιμές που καθορίζονται από την προηγούμενη ΚΥΑ του 2001, προστίθενται μερικά ακόμα σημαντικά στοιχεία.

1. Για το νερό το οποίο κυκλοφορεί στο εσωτερικό δίκτυο ύδρευσης νοσοκομείων, κέντρων υγείας, κλινικών και οίκων ευγηρίας, καθορίζονται επιπλέον οι ακόλουθες παράμετροι: για το *Pseudomonas aeruginosa* η παραμετρική τιμή είναι 0cfu / 100ml, ενώ για το *Legionella* είναι 1000 cfu / 1L.
2. Για το νερό που κυκλοφορεί στο εσωτερικό δίκτυο ύδρευσης τουριστικών εγκαταστάσεων, ξενοδοχείων, στρατοπέδων και φυλακών, καθορίζεται επιπλέον η παρακάτω παραμετρική τιμή για το *Legionella* στα 1000 cfu / 1L.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### «ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΩΝ ΕΝΟΤΗΤΩΝ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ ΚΑΙ ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ»

#### 3.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο γίνεται αναλυτική περιγραφή των Περιφερειακών Ενοτήτων (Π.Ε.) Μαγνησίας και Φθιώτιδας. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής, πληθυσμιακά και δημογραφικά δεδομένα, τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά κ.α. Η ανάλυση της υπάρχουσας κατάστασης δίνει μια ολοκληρωμένη εικόνα της προοπτικής για ανάπτυξη, αλλά και των προβλημάτων της εκάστοτε περιοχής.

#### 3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ Π.Ε. ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ

Η Π.Ε. Μαγνησίας είναι μία από τις 74 Περιφερειακές Ενότητες της Ελλάδας και καλύπτει το νοτιοδυτικό τμήμα της Θεσσαλίας, η οποία με τη σειρά της βρίσκεται στο κεντρικό-ανατολικό τμήμα της ηπειρωτικής Ελλάδας. Πρωτεύουσα του νομού Μαγνησίας είναι ο Βόλος, με πληθυσμό 144.420 κατοίκους. Δεύτερη σε πληθυσμό είναι η επαρχία Αλμυρού, μια αγροτική κυρίως περιοχή που ασχολείται με την καλλιέργεια σιτηρών, βάμβακος, αμυγδάλων και ντομάτας.<sup>[16]</sup>

Στα βόρεια συνορεύει με την Π.Ε. Λάρισας, ενώ στα βορειοανατολικά (μέσω της οροσειράς του Πηλίου, η οποία σχηματίζει την χερσόνησο της Μαγνησίας και τον Παγασητικό κόλπο) καταλήγει στη χερσόνησο του Τρίκερι. Το δυτικό τμήμα της αποτελεί υποσύνολο της πεδιάδας της Ανατολικής Θεσσαλίας (πεδιάδα Λάρισας-Κάρλας).<sup>[21]</sup>

Στα νότια συνορεύει με την Π.Ε. Φθιώτιδας μέσω της οροσειράς της Όθρυς, η οποία καταλήγει απέναντι από την Εύβοια και τη χερσόνησο του Τρίκερι, μεταξύ του Παγασητικού και του Ευβοϊκού κόλπου και των θαλάσσιων διαύλων Τρίκερι και Ωρεών. Πεδινή έκταση υπάρχει, ακόμα, στην παράκτια περιοχή της επαρχίας Αλμυρού, η οποία διαχωρίζεται από την πεδιάδα της Ανατολικής Θεσσαλίας από την κατάληξη του Χαλκοδονίου Όρους στον Παγασητικό. Προς τα ανατολικά, βρέχεται από το Αιγαίο Πέλαγος και νοτιότερα από τον Παγασητικό κόλπο.<sup>[21]</sup>

Επιπλέον, στο νομό Μαγνησίας ανήκουν και τα νησιά των Βόρειων Σποράδων (τα μοναδικά νησιά της Περιφέρειας Θεσσαλίας) που είναι τα εξής:

- Σκιάθος. Έχει έκταση 48 τ.χλμ. και ακτογραμμή 44 χλμ. Είναι ορεινή με πολλές κορυφές. Υψηλότερη: Σταυρός (430.30)
- Σκόπελος. Έχει έκταση 48 τ.χλμ. και ακτογραμμή 44 χλμ. Είναι ορεινή με μέγιστο υψόμετρο 680 μ.
- Αλόνησος. Έχει έκταση 64τ.χλμ. και ακτογραμμή 66,7χλμ.
- Μικρότερα νησιά: Πιπέρι Γιούρα, Κυρά Παναγιά, Σκάντζουρα, Ψαθούρα κ.ά.





Εικόνα 12: Ο νομός Μαγνησίας.

### 3.2.1 ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Από το 2011 και σύμφωνα με το Πρόγραμμα «Καλλικράτης», ο νομός Μαγνησίας διασπάστηκε σε δύο νέες περιφερειακές ενότητες, την Περιφερειακή Ενότητα Μαγνησίας και την Περιφερειακή Ενότητα Σποράδων. Έχει έκταση 2.636τ.χλμ. και πληθυσμό 189.800 κατοίκους, βάσει της απογραφής του 2011.

Ο πίνακας της Εικόνας 13 παρουσιάζει το μόνιμο πληθυσμό του νομού Μαγνησίας, καθώς επίσης και τον πληθυσμό ανά δήμο, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της απογραφής για το έτος 2011. Στο σύνολο της χώρας απεργάφησαν 10.787.690 κάτοικοι, 5.303.690 άρρενες (49,2%) και 5.484.000 θήλειες (50,8%).<sup>[24]</sup>

Προσωρινά αποτελέσματα του Μόνιμου Πληθυσμού της Ελλάδος Απογραφή 2011				
Διοικητική διαίρεση	Σύνολο	Άρρενες	Θήλειες	Πυκνότητα μόνιμου πληθυσμού / km <sup>2</sup>
<b>Περιφέρεια Θεσσαλίας</b>	<b>730.730</b>	<b>361.900</b>	<b>368.830</b>	<b>52,06</b>
<b>Περιφερειακή ενότητα Μαγνησίας</b>	<b>189.800</b>	<b>93.290</b>	<b>96.510</b>	<b>80,41</b>
<b>Δήμος Βόλου</b>	144.420	70.420	74.000	374,52
<b>Δήμος Αλμυρού</b>	18.260	9.070	9.190	20,17
<b>Δήμος Ζαγοράς – Μουρεσίου</b>	5.830	2.980	2.850	38,79
<b>Δήμος Νοτίου Πηλίου</b>	10.320	5.180	5.140	28,00
<b>Δήμος Ρήγα Φεραίου</b>	10.970	5.640	5.330	19,92
<b>Περιφερειακή ενότητα Σποράδων</b>	<b>13.740</b>	<b>6.950</b>	<b>6.790</b>	<b>49,82</b>
<b>Δήμος Σκιάθου</b>	6.110	3.110	3.000	122,45
<b>Δήμος Αλοννήσου</b>	2.800	1.480	1.320	29,08
<b>Δήμος Σκοπέλου</b>	4.830	2.360	2.470	37,27

Εικόνα 13: Συγκριτική ανάλυση με βάση τα δημογραφικά χαρακτηριστικά.

### 3.2.2 ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗ ΔΙΑΙΡΕΣΗ

Στο πλαίσιο της εφαρμογής του «Καλλικράτη», δημοσιεύτηκαν στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως τρεις υπουργικές αποφάσεις οι οποίες αποτυπώνουν τη νέα διοικητική διαίρεση της χώρας. Συγκεκριμένα, αποτυπώθηκε η διοικητική διαίρεση της χώρας ανά περιφέρεια, περιφερειακή ενότητα, δήμο, δημοτική ενότητα και τοπική/δημοτική

κοινότητα. Για πρώτη φορά καταγράφεται αναλυτικά ο πληθυσμός των δήμων, οι οποίοι χωρίζονται μέχρι και σήμερα σε δημοτικά διαμερίσματα, ενώ παρουσιάζονται αναλυτικά οι νέες τοπικές και δημοτικές κοινότητες στο σύνολο της χώρας.

Επίσης, η νέα διοικητική διαίρεση διαχωρίζει τις Περιφέρειες σε ενότητες, οι οποίες και αποτελούν την περιφέρεια εκλογής των περιφερειακών συμβούλων. Συνεπώς, για πρώτη φορά η Μαγνησία (όπως αναφέρθηκε παραπάνω) διαιρείται σε δύο περιφερειακές ενότητες, την Π.Ε. Μαγνησίας και την Π.Ε. Σποράδων.

Η Περιφερειακή Ενότητα Μαγνησίας αποτελείται από τους δήμους:

- Αλμυρού (Αλμυρός)
- Βόλου (Βόλος)
- Ζαγοράς-Μουρεσίου (Ζαγορά)
- Νοτίου Πηλίου (Αργαλαστή)
- Ρήγα Φεραίου (Βελεστίνο)

Αντίστοιχα, η Περιφερειακή Ενότητα Σποράδων Θεσσαλίας αποτελείται από τους δήμους Αλοννήσου, Σκιάθου και Σκοπέλου.

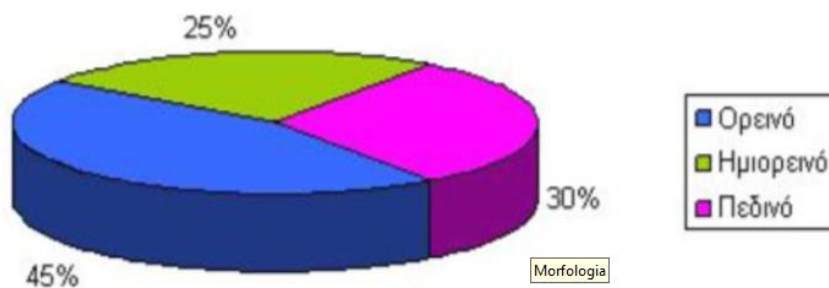
### 3.2.3 ΚΛΙΜΑ

Το κλίμα της Π.Ε. Μαγνησίας είναι εύκρατο μεσογειακό, ένα από τα καλύτερα της Ελλάδας, με μέση θερμοκρασία 17-27°C, μιας και γειτνιάζει με την θάλασσα. Οι ορεινοί όγκοι συμβάλλουν στην διαφοροποίηση των μετεωρολογικών και κλιματικών στοιχείων από περιοχή σε περιοχή. Έτσι, στο ανατολικό Πήλιο έχουμε υγρό κλίμα, στο νοτιοανατολικό και βόρειο ύψυγρο, και στο βορειοανατολικό επικρατεί ημίξυρο κλίμα.<sup>[23]</sup>

### 3.2.4 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Μορφολικά, η Π.Ε. Μαγνησίας διαιρείται σε 3 τμήματα:

- το ορεινό, το οποίο καταλαμβάνει το 44,7% της ολικής έκτασης του νομού
- το ημιορεινό σε ποσοστό 25,2%
- το πεδινό με 30,1% της συνολικής έκτασης



*Εικόνα 14: Μορφολογία νομού Μαγνησίας.*

Το ορεινό τμήμα της Π.Ε. Μαγνησίας συνίσταται από τμήματα του Πηλίου και της Όθρυς, τα οποία χωρίζονται μεταξύ τους από την πεδιάδα του Αλμυρού. Το ημιορεινό τμήμα, με μέσο υψόμετρο τα 200 - 800μ. και ανάλογα με τη χρήση της γης, αποτελείται από βοσκοτόπους, καλλιεργήσιμες εκτάσεις και, σε μικρότερο βαθμό,

από δάση και κατοικημένες περιοχές. Το πεδινό τμήμα είναι αυτό που συγκεντρώνει και το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού και αξιοποιείται, πέραν των αστικών χρήσεων, από τον πρωτογενή τομέα (καλλιέργειες) και τον δευτερογενή τομέα. Πρόκειται για μια εύφορη περιοχή που καλλιεργείται στο σύνολό της και συγκεντρώνει τις βιοτεχνικές μονάδες του νομού.<sup>[23]</sup>

### 3.2.5 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Στην Π.Ε. Μαγνησίας υπάρχουν αρκετοί χειμάρροι και ρέματα, καθώς και πηγές μεγάλης παροχής, των οποίων τα ύδατα χρησιμοποιούνται για την εξυπηρέτηση υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών.

Οι λεκάνες απορροής που καλύπτουν το νομό είναι τέσσερις:

- Περιοχή λεκανών απορροής Κραυσίδα, Ξεριά Βόλου και Αναύρου. Περιλαμβάνει τους δήμους Βόλου και Νέας Ιωνίας, την Α΄ ΒΙ.ΠΕ. και ορισμένους οικισμούς, όπως τα Μελισσιάτικα, την Άλλη Μεριά, το Δημίσι, τις Γλαφυρές, και τις Αλυκές.
- Λεκάνη απορροής της Κάρλας. Περιλαμβάνει το Δήμο Βελεστίου και τους οικισμούς Στεφανοβίκειο, Κερασιά, Κανάλια και Άγιος Γεώργιος Φερρών.
- Περιοχή παράκτιων ρεμάτων της χερσονήσου του Πηλίου που εκβάλλουν στον Παγασητικό. Περιλαμβάνει την πλευρά του Πηλίου από Μηλίνα μέχρι Αγριά.
- Περιοχή που περιλαμβάνει τα παράκτια ρέματα Πηλίου και Μαυροβουνίου, τα οποία εκβάλλουν στο Αιγαίο.

Οι υφιστάμενες πηγές που χρησιμοποιούνται για ύδρευση ή και άρδευση είναι: Μάνα (Πορταριά), Φλάμπουρο (Μακρυνίστα), Καλιακούδα, Γαλανόπετρα, Λαγωνίκα (Πουρί), Κρουνέρια, Αργυραΐκα (Ζαγοράς), Ξηφορτή, Κόκκινη Σπηλιά, Καβούρια (Μακρυνάχη), Μπουρμπουλήθρα, Κατσαγκλα, Τύμπανο (Κισσός), Μάνα (Μούρεσι), Τσούκα (Μηλιές), Καλάμι (Αργαλαστή), Τζοάνι (Αν. Λεχώνια), Αγίου Ιωάννου (Άγιος Βλάσιος), Μισιάκο, Κρεμμύδα, Μηλιά (Άγιος Γεώργιος Νηλείας), Δόκανα (Πινακάτες), Μάνα νερού (Άγιος Λαυρέντιος), Σκλήθρα (Δράκεια), Κεφαλόβρυσο (Βελεστίνο) και Μπουρμπουλήθρα (Βόλος).

Οι ταμιευτήρες της Κάρλας (έλος Καλοχωρίου, Καστρίου, Καναλίων, Ναμάτων, Ελευθερίου), αναφέρονται ως τεχνητές λίμνες, καθώς δημιουργήθηκαν το 1989 στην περιοχή της λίμνης που είχε αποξηρανθεί. Σε αυτούς συγκεντρώνεται ένας σημαντικός αριθμός (άνω των 70) ειδών πτηνών παρυδάτων, υδρόβιων, καθώς και ψαριών, αμφίβιων κ.λπ. Αναμένεται ότι ο νέος ταμιευτήρας με έκταση 42.000 στρεμμάτων θα αναδημιουργήσει τον παλιό υγρότοπο που αποτελούσε τόπο διαχείμασης για περισσότερα από 140 ειδών πτηνών (ΥΠΕΧΩΔΕ, 1998).

Η δυτική και νοτιοδυτική Μαγνησία (περιοχή Δήμων Σούρπης, Αλμυρού, Πτελεού, κοινότητας Ανάβρας και ορεινού Όθρυος) διαθέτει ένα πλούσιο επιφανειακό υδρογραφικό δίκτυο, εξ' αιτίας των αδιαπέραστων πετρωμάτων. Οι χειμάρροι που τη διατρέχουν είναι οι εξής: Χολόρεμα, Πλατανόρεμα και Ξηριάς Αλμυρού, Καλόρεμα Πτελεού και Ξηρόρεμα Σούρπης.

Στις πεδιάδες Αλμυρού, Σούρπης-Δρυμόνα και στις περιοχές Βελεστίνου-ριζόμυλου-Στεδανοβικείου, καθώς και στην περιοχή Δ. Πηλίου από Αγριά έως Κορωπή, γίνεται άντληση υπόγειων υδάτων.<sup>[16]</sup>

### 3.2.6 ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Με βάση τα στοιχεία της ειδικής χωροταξικής μελέτης προστασίας Πηλίου & Βορείων Σποράδων, στα βασικά χαρακτηριστικά της μορφολογίας του εδάφους υπερτερούν τα σκελετικά αμμοπηλώδη, καταλαμβάνοντας την μεγαλύτερη επιφάνεια και ακολουθούν τα πετρώδη - κονιορτοποιηλώδη.

Οι σχηματισμοί που επικρατούν και χαρακτηρίζουν την γεωλογική δομή της ευρύτερης περιοχής μελέτης, από τους νεότερους προς τους παλαιότερους, είναι<sup>[14]</sup>:

#### ➤ Τεταρτογενές Αλλουβιακές αποθέσεις

Ποτάμιες αποθέσεις αργιλοαμμωδών υλικών, με σημαντικό ποσοστό ασύνδετων χαλικιών και κροκάλων, κυρίως σχιστολιθικών και λιγότερο ασβεστολιθικών. Ασύνδετα υλικά από άμμους και κροκάλες στις κοίτες χειμάρρων και υλικά μικρών αναβαθμίδων χειμάρρων και παράκτιων σχηματισμών.

#### ➤ Νεογενές

Μάργες: λευκές ως κιτρινωπές, εύθρυπτες, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι μερικές φορές τραβερτινοειδείς, τεφρόλευκοι που κατέχουν κυρίως τα ανώτερα μέλη, πάχους 4-5m και αργιλικά κοκκινόχρωμα. Στις μάργες και στα αργιλικά υλικά, απαντούν διάσπαρτες ασβεστολιθικές κροκάλες και τεμάχια κρυσταλλικών ασβεστόλιθων και δολομιτών με διάμετρο μερικές φορές μέχρι και 1m, καθώς και σχιστολιθικά τεμάχια μικρού γενικά μεγέθους. Πάχος: έως 50m.

#### ➤ Πελαγονική ζώνη

Σύμπλεγμα πολυφασικά μεταμορφωμένων οφιολιθικών πετρωμάτων, που συνοδεύονται από μεταϊζήματα, επωθημένα μεταξύ τέλους του Άνω Ιουρασικού και αρχής Κάτω Κρητιδικού, πάνω στην έντονα διαβρωμένη προανωκρητιδική Πελαγονική σειρά. Οι σχηματισμοί του συμπλέγματος αυτού έχουν υποστεί: α) μία μεταμόρφωση πρασινοσχιστολιθικής φάσης που έγινε κατά την τεκτονική τοποθέτηση του καλύμματος, β) μία μεταμόρφωση υψηλών πιέσεων και χαμηλών θερμοκρασιών στη γλαυκοφανιτική φάση, ηλικίας μετακρητιδικής - προανωηοκαινικής και γ) μία επιζωνική μεταμόρφωση, μεταμεσοηοκαινικής ηλικίας.

#### ➤ Ηωελληνικό τεκτονικό κάλυμμα

Το κάλυμμα αυτό περιλαμβάνει βασικά και υπερβασικά πετρώματα, σχιστόλιθους αμφιβολιτικούς - επιδοτικούς - γλωριτικούς, μαρμαρυνιακούς σχιστόλιθους, κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, σχιστόλιθους και μάρμαρα.

### 3.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ Π.Ε. ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ

Ο Νομός Φθιώτιδας αποτελεί έναν από τους 51 νομούς της Ελλάδας, ενώ από το 2011 αποτελεί την Περιφερειακή Ενότητα Φθιώτιδας, μία από τις 74 περιφερειακές

ενότητες της χώρας και υπάγεται διοικητικά στην περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας. Η έκτασή του είναι 4.442 τ.χμ. και έχει πληθυσμό 158.231 κατοίκους, με βάση την απογραφή του 2011. Η Π.Ε. Φθιώτιδας αποτελείται από τις επαρχίες Φθιώτιδας, Δομοκού και Λοκρίδας.

Τόσο η πρωτεύουσα, όσο και μεγαλύτερη πόλη της Φθιώτιδας είναι η Λαμία, η οποία είναι επίσης πρωτεύουσα της περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας. Σημαντικές πόλεις της περιοχής είναι ο Μώλος, τα Καμένα Βούρλα, ο Άγιος Κωνσταντίνος, η Αρκίτσα, η Αταλάντη, η Ελάτεια, η Λάρυμνα, η Αμφίκλεια, η Τιθορέα, η Στυλίδα, η Υπάτη, η Μακρακώμη, η Σπερχειάδα, το Πλατύστομο και ο Δομοκός.

Η Φθιώτιδα συνορεύει με τις περιφερειακές ενότητες Εύβοιας μέσω του Ευβοϊκού κόλπου στα ανατολικά, Βοιωτίας και Φωκίδας στα νότια, Αιτωλοακαρνανίας στα νοτιοδυτικά, Ευρυτανίας και Καρδίτσας στα δυτικά, Λάρισας στα βόρεια και Μαγνησίας στα ανατολικά. Η Περιφερειακή Ενότητα Φθιώτιδας ανήκει στην 5η Υγειονομική Περιφέρεια Θεσσαλίας και Στερεάς Ελλάδας με ένα δημόσιο νοσοκομείο, το Γενικό Νοσοκομείο Λαμίας και διαθέτει πέντε Κέντρα Υγείας (Αμφίκλειας, Αταλάντης, Δομοκού, Μακρακώμης και Στυλίδας).



Εικόνα 15: Ο νομός Φθιώτιδας.

### 3.3.1 ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Από την 1η Ιανουαρίου του 2011 και με την εφαρμογή του Προγράμματος «Καλλικράτης», ο νομός Φθιώτιδας αποτελεί την Περιφερειακή Ενότητα Φθιώτιδας (με πρωτεύουσα την Λαμία) της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας. Με την συγχώνευση

των δήμων από 23 (και 2 κοινότητες) σε 7 όπως προέβλεπε το πρόγραμμα, οι νέοι δήμοι που προέκυψαν παρουσιάζονται στον πίνακα της *Εικόνας 16*.<sup>[29]</sup>

Δήμος	Έδρα	Πληθυσμός (2011)
Αμφίκλειας - Ελάτειας	Κάτω Τιθορέα	10.922
Δομοκού	Δομοκός	11.495
Λαμιέων	Λαμία	75.315
Λοκρών	Αταλάντη	19.623
Μακρακώμης	Σπερχειάδα	16.036
Μώλου - Αγίου Κωνσταντίνου	Καμένα Βούρλα	12.090
Στυλίδας	Στυλίδα	12.750

*Εικόνα 16: Περιφερειακή Ενότητα νομού Φθιώτιδας.*

### 3.3.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Όσον αφορά την μορφολογία της περιοχής, το 42,2% (ή 1.873τ.χλμ.) του εδάφους του νομού Φθιώτιδας αποτελείται από ημιορεινές περιοχές, το 37,9% (ή 1685τ.χλμ.) είναι ορεινές και το 19,9% (ή 882τ.χλμ.) πεδινές περιοχές.

Στα σύνορα με την Ευρυτανία, το χώρο καταλαμβάνουν οι νοτιοανατολικές απολήξεις της νότιας Πίνδου, με πιο αξιόλογη κορυφή τα Λυκομνήματα, στα 1522μ. Νοτιότερα, ορθώνεται ο Τυμφρηστός (2315μ.) και η Καλλιακούδα, με μεγαλύτερο υψόμετρο τη κορυφή Κοκκάλια και τα 1720μ. Στο νοτιοδυτικό τμήμα, στα όρια με το νομό Φωκίδας, εκτείνονται τα Βαρδούσια όρη με σημαντικότερες κορυφές τη Μεγάλη Χούνη ή Χωμήριανη (2293μ.), το Σινάνι (2054μ.) και τον Ομαλό (1750μ.). Στα ανατολικά των Βαρδουσίων βρίσκεται το όρος Οίτη που έχει μέγιστο υψόμετρο τα 2152μ. και στο ανατολικό μέρος βρίσκονται τα μικρότερα βουνά, Καλλίδρομο (1372μ.), Κνημιάς (938μ.) και Χλωμό (1081μ.). Στη βορειοανατολική περιοχή και στα όρια με το Νομό Μαγνησίας υψώνεται η Όθρυς με ψηλότερες κορυφές το Γερακοβούνι (1726μ. υψόμετρο) και τη Μεγάλη Ράχη (1209μ.).

Ιδιαίτερης αξίας δασικά συστήματα της Π.Ε. Φθιώτιδας είναι:

- Ο εθνικός δρυμός της Οίτης<sup>[25]</sup>
- Το αισθητικό δάσος των Μεξιατών
- Το αισθητικό δάσος του Αγίου Γεωργίου

Όσον αφορά τις πεδιάδες, η μεγαλύτερη πεδινή περιοχή είναι η λεκάνη του Σπερχειού ποταμού, η οποία περιλαμβάνει και την πεδιάδα της Λαμίας. Άλλα πεδινά εδάφη

βρίσκονται στα παράλια του Ευβοϊκού κόλπου, όπως η πεδιάδα της Αταλάντης, της Αμφίκλειας και του Δομοκού.

### 3.3.3 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Αναλύοντας τα ποτάμια της Π.Ε. Φθιώτιδας, ο κύριος ποταμός που μαζί με τους παραποτάμους του ποτίζει όλη την Φθιώτιδα, είναι ο Σπερχειός με μήκος 80 χλμ., ο οποίος πηγάζει από τις χαράδρες του Τυμφρηστού σε υψόμετρο 2.300 μέτρων και ρέει προς τα ανατολικά εκβάλλοντας στον Μαλιακό κόλπο. Η λεκάνη, την οποία αποστραγγίζει στις εκβολές του, δημιουργεί και τη μεγαλύτερη πεδιάδα του νομού. Οι κυριότεροι παραπόταμοι του Σπερχειού είναι η Βίστριζα (ο Ίναχος των αρχαίων), ο Γοργοπόταμος (στα νερά του οποίου ζουν νεροχελώνες, νερόφιδα, βάτραχοι, και στις όχθες του σαύρες, χελώνες και οχιές), ο Ρουστανίτης και ο Ασωπός, που παλιά λεγόταν Καρβουναριά. Ο Σπερχειός έχει ακόμα 63 μικρότερους παραπόταμους. Ο άλλος ποταμός είναι ο Κηφισός ή Μαυρονέρι (ο Μέλας ποταμός των αρχαίων), ο οποίος εισέρχεται στο νομό από την Φωκίδα, βόρεια της Άμφισσας, και εκβάλλει στον Ευβοϊκό κόλπο.

Σημαντικοί για την περιοχή της Φθιώτιδας είναι και οι υδροβιότοποι, στους οποίους ανήκουν:

- Το Δέλτα του Σπερχειού. Σημαντικός υδροβιότοπος που σχηματίστηκε από τις προσχώσεις του ποταμού, με έκταση 196τ.χλμ., το μεγαλύτερο τμήμα του είναι καλλιεργήσιμη γη (ορυζοκαλλιέργειες), ενώ στο υδροβιότοπο φιλοξενείται πλούσια ορνιθοπανίδα. 21 διαφορετικά είδη πουλιών παραμένουν μόνιμα στο Δέλτα, ενώ άλλα 63 είδη πουλιών περνάνε το χειμώνα στη περιοχή. Υπάρχουν και 20 με 30 ζευγάρια πελαργών κοντά στα χωριά της Αγίας Παρασκευής, της Ανθήλης και του Μοσχοχωρίου. Ζουν επίσης ψάρια όπως κέφαλοι, τσιπούρες, γλώσσες, λαβράκια, γαρίδες, κυδώνια, στρείδια και χάβαρα.
- Η Αγία Παρασκευή. Εκείνη βρίσκεται δίπλα στο δέλτα του Σπερχειού ποταμού και 3 χλμ. ανατολικά της Λαμίας. Στις πηγές του χωριού ζει το μοναδικό στο κόσμο αρχέγονο είδος ψαριού, ο Ελληνοπυγόστεος (*Pungitius hellenicus*), ένα ψάρι με μέγεθος περίπου 4 εκατοστά.

Άλλοι υδροβιότοποι στο Δέλτα του Μαλιακού κόλπου είναι:

- της περιοχής «Βρωμολίμνη», στον Άγιο Κωνσταντίνο
- της Τραγάνας και του Βουρλιά, στην Αταλάντη
- του Αλμυροπόταμου Αχλαδίου, όπου διαβιούν καβούρια, χελώνες, νερόκοτες, κέφαλοι και μπάφες
- του χειμάρρου Ξηριά, στη Λαμία
- της «Σβάλας» Πελασγίας, όπου σε έκταση 110 στρεμμάτων διαβιούν ερωδιοί και άλλα είδη μεταναστευτικών πουλιών
- της λίμνης του Εθνικού Δρυμού Οίτης <sup>[6]</sup>

Αναφερόμενοι στην ακτογραφία της Π.Ε. Φθιώτιδας, εκείνη αρχίζει βορειοανατολικά από το ακρωτήριο Σταυρός, το ανατολικότερο σημείο της Στερεάς Ελλάδας, απέναντι από την Εύβοια από την οποία χωρίζεται από τον Δίαυλο των Ωρεών. Στη συνέχεια στρέφεται προς τα νοτιοδυτικά και σχηματίζει τους όρμους της Γλύφας και του

Γαρδικίου. Μετά τα ακρωτήρια Τάπια, Δρέπανο και Καραβοφάναρο, η ακτογραμμή συνεχίζει προς τα δυτικά και σχηματίζει το κόλπο του Μαλιακού. Μέσα στον κόλπο, βρίσκονται οι όρμοι της Στυλίδας και της Αγίας Τριάδος. Μετά το ακρωτήριο Χιλιομίλι, η ακτογραμμή στρέφεται νοτιοανατολικά μέχρι το ακρωτήριο Κνημιάς που χωρίζει τον όρμο των Καμένων Βούρλων από τον όρμο του Αγίου Κωνσταντίνου. Μετά ακολουθεί το ακρωτήριο της Αρκίτσας και ο κόλπος της Αταλάντης με τις δυο νησίδες του, την Αταλάντη και το Γαιδουρονήσι. Ο κόλπος κλείνει στο ακρωτήριο Κέρατα και η ακτή, συνεχίζοντας ανατολικά και κατόπιν νοτιοδυτικά, σχηματίζει τον όρμο της Λάρυμνας, ο οποίος τελειώνει στο ακρωτήριο Σταυρός. Με τα τελευταία ακρωτήρια του νομού, τη Μύτη της Παπαδιάς και τη Γάζα, τελειώνει η ακτογραμμή του νησιού.<sup>[7]</sup>

### 3.3.4 ΚΛΙΜΑ

Το κλίμα της Π.Ε. Φθιώτιδας είναι στα ορεινά μέρη ψυχρό, ενώ στα παράλια, με βάση την εποχή που κυριαρχεί, είναι ήπιο το χειμώνα και δροσερό το καλοκαίρι.

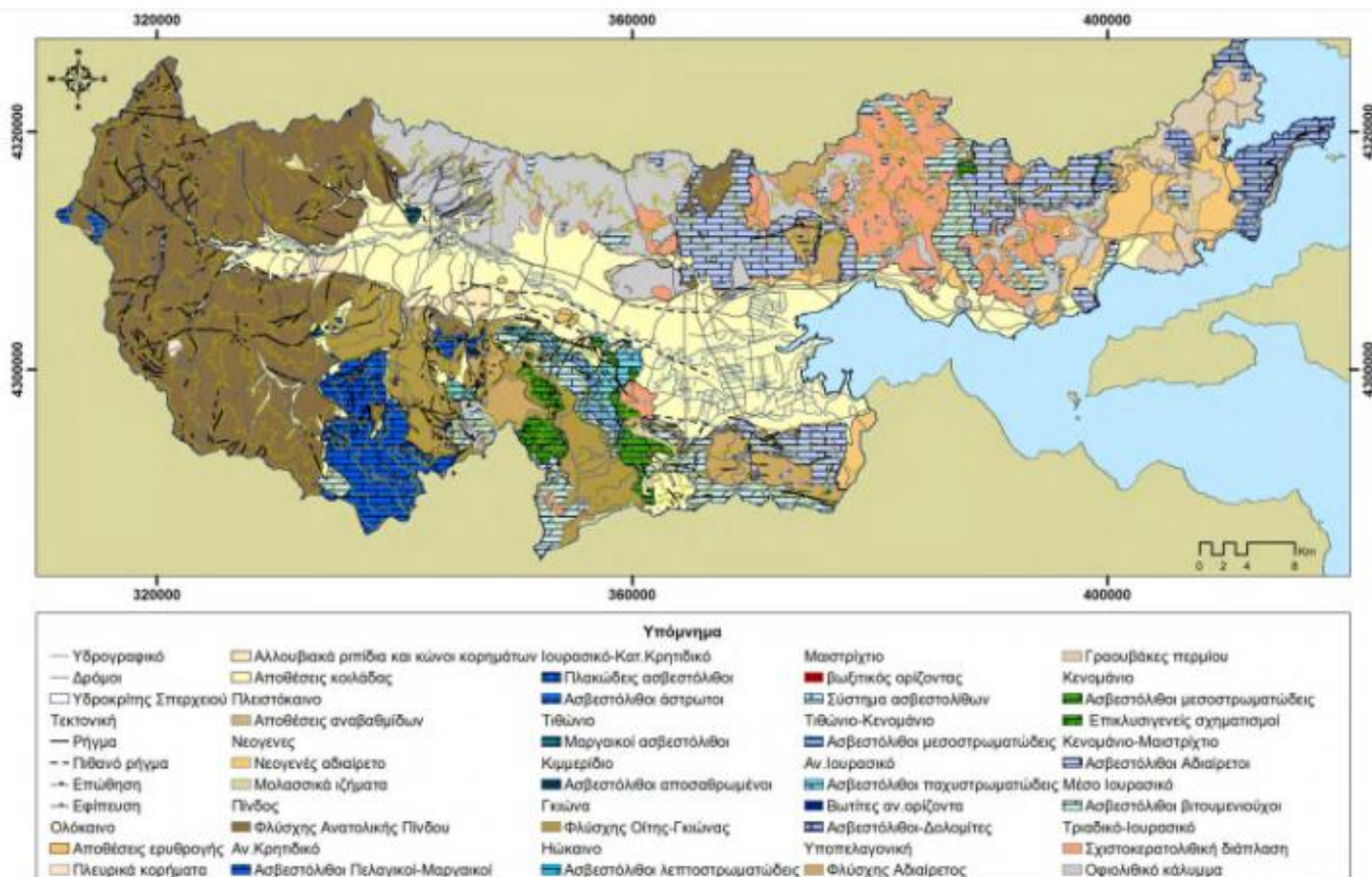
### 3.3.5 ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΕΛΑΦΟΥΣ

Το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής, δομείται από εκρηξιγενή και ιζηματογενή πετρώματα και διακρίνεται σε τρεις μεγάλες κύριες λιθολογικές ενότητες:

- τους σχηματισμούς της ζώνης της Πίνδου, που καταλαμβάνουν ένα τμήμα νοτιοδυτικά του όγκου της Οίτης και βορειοδυτικά της Όθρεως, το οποίο τοποθετείται στα δυτικά της λεκάνης,
- τους σχηματισμούς της Υποπελαγονικής ζώνης, οι οποίοι εμφανίζονται στο νοτιοανατολικό και το βορειοανατολικό τμήμα της λεκάνης, το οποίο ορίζεται από τους ορεινούς όγκους του Καλλιδρόμμου και της Όθρυος,
- τους σχηματισμούς της ζώνης Παρνασσού-Γκιώνας, οι οποίοι καλύπτουν τμήμα του ορεινού όγκου της Οίτης στο νότιο τμήμα της περιοχής μελέτης.

Επίσης, σε ένα μέρος νότια της Οίτης και σε ένα δυτικά της Όθρυος παρατηρείται μια μικρή εμφάνιση των σχηματισμών της Βοιωτικής σειράς. Η έναρξη της ιζηματογένεσης των σχηματισμών της λεκάνης τοποθετείται στο Μεσοζωικό (και συγκεκριμένα στο μέσο Τριαδικό) και χαρακτηρίζεται με την απόθεση κλαστικών και ανθρακικών πετρωμάτων.<sup>[13]</sup>





Εικόνα 17: : Γεωλογικός χάρτης της περιοχής μελέτης με βάση τους γεωλογικούς χάρτες κλίμακας 1:50.000 (ΙΓΜΕ).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### «ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΝΕΡΟΥ»

#### 4.1 ΜΕΛΕΤΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΝΕΡΟΥ

Στο εργαστήριο Υγιεινής & Επιδημιολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, αναλύθηκαν ορισμένες από τις φυσικοχημικές παραμέτρους του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης από διάφορες περιοχές των Π. Ε. Μαγνησίας και Φθιώτιδας. Συγκεκριμένα, μελετήθηκαν οι τιμές για τις εξής παραμέτρους: pH, αγωγιμότητα, σκληρότητα, αλκαλικότητα, χλωριόντα, κυανούχα, νιτρώδη, νιτρικά, αμμωνία, χρώμιο, εξασθενές χρώμιο, θειικά, μόλυβδος, αρσενικό, μαγγάνιο, κάδμιο, νικέλιο, σίδηρος, χαλκός, υδράργυρος, αργίλιο, ασβέστιο, μαγνήσιο, φθοριούχα, βόριο, κάλιο, νάτριο και φωσφορικά.

Στον πίνακα της *Εικόνας 18*, παρουσιάζονται οι φυσικοχημικές παράμετροι με τις αντίστοιχες μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν στο εργαστήριο.

Χημικές Παράμετροι	Χημικό Σύμβολο	Μέθοδος	
pH	pH	Ηλεκτροχημική	
Αγωγιμότητα	-		
Σκληρότητα	-		
Αλκαλικότητα	-	Ογκομέτρηση	
Χλωριόντα	Cl <sup>-</sup>		
Ασβέστιο	Ca		
Μαγνήσιο	Mg		
Κυανούχα	CN <sup>-</sup>		
Νιτρώδη	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>		
Νιτρικά	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Φωτομετρική	
Αμμωνία	NH <sub>3</sub> - NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		
Εξασθενές Χρώμιο	Cr <sup>+6</sup>		
Θειικά	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		
Φθοριούχα	F <sup>-</sup>		
Βόριο	B		
Φώσφορος-Φωσφορικά	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		
Μόλυβδος	Pb		Ατομική απορρόφηση φούρνος γραφίτης
Αρσενικό	As		
Μαγγάνιο	Mn		
Χρώμιο	Cr		
Κάδμιο	Cd		
Νικέλιο	Ni		
Αργίλιο	Al		
Σίδηρος	Fe		
Χαλκός	Cu	Ατομική απορρόφηση με φλόγα	
Κάλιο	K		
Νάτριο	Na		
Υδράργυρος	Hg	Ατομική απορρόφηση με υδρίδια	

*Εικόνα 18:* Μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για τις αντίστοιχες παραμέτρους του νερού.

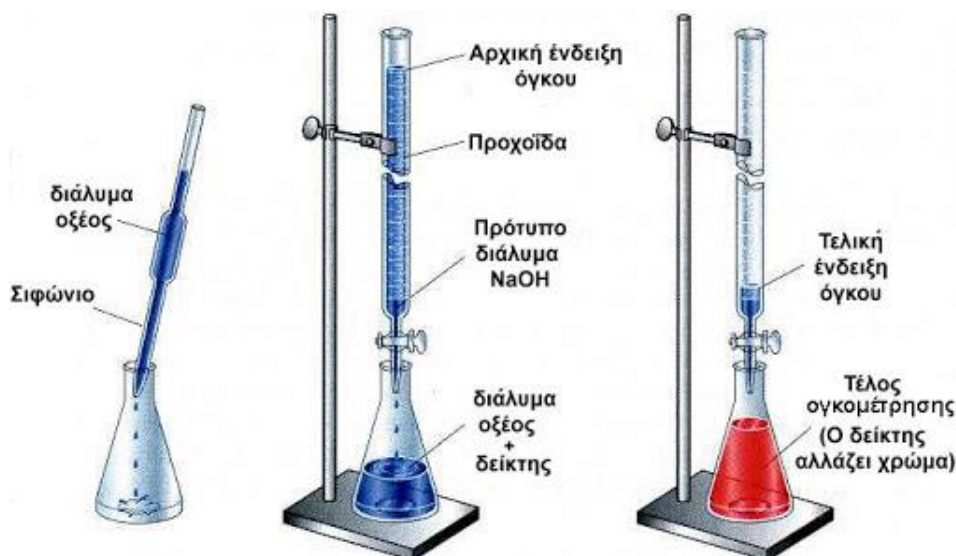
Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο, θα αναλυθούν οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν, ώστε να υπολογιστούν οι παραμετρικές τιμές των ανωτέρω φυσικοχημικών παραμέτρων του πόσιμου νερού των περιοχών που αναφέρθηκαν.

## 4.2 ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Οι φυσικοχημικές παράμετροι (συμπεριλαμβανομένων της σκληρότητας, της αλκαλικότητας, των χλωριόντων, του ασβεστίου, καθώς και του μαγνησίου), μελετήθηκαν με την μέθοδο της ογκομέτρησης.

Ο όρος **ογκομέτρηση** αναφέρεται στην διαδικασία που χρησιμοποιείται για τον ποσοτικό προσδιορισμό μιας ουσίας μετρώντας τον όγκο του πρότυπου διαλύματος (διαλύματος γνωστής συγκέντρωσης μιας άλλης γνωστή χημικής ουσίας) που απαιτείται για την πλήρη αντίδραση με την αρχική ουσία. <sup>[10]</sup>

Για την διαδικασία της ογκομέτρησης (Εικόνα 19) ακολουθούνται τα εξής βήματα. Με το σιφώνιο εισάγεται στην κωνική φιάλη ορισμένη ποσότητα άγνωστου διαλύματος και ακολούθως, προστίθεται ο δείκτης. Στην συνέχεια, προστίθενται (αργά) σταγόνες από το πρότυπο διάλυμα με την χρήση της προχοϊδας και αλλάζει χρώμα ο δείκτης, γεγονός που φανερώνει το τέλος της ογκομέτρησης. Αφού καταμετρηθεί ο όγκος του προτύπου διαλύματος που χρησιμοποιήθηκε, προσδιορίζεται η συγκέντρωση του άγνωστου διαλύματος.



Εικόνα 19: Διαγραμματική παρουσίαση ογκομέτρησης.

Η συγκέντρωση υπολογίζεται ως εξής:  $\alpha A + \beta B \rightarrow \Gamma$ , όπου A, B η ουσίες του άγνωστου και του προτύπου διαλύματος αντίστοιχα και  $\alpha$ ,  $\beta$  οι συντελεστές των A και B στην παραπάνω αντίδραση. Στο τέλος της αντίδρασης ισχύει η μαθηματική σχέση που παρουσιάζεται στην Εικόνα 20, με βάση την οποία προσδιορίζεται ο όγκος VA του προτύπου διαλύματος που χρησιμοποιήθηκε για την ολοκλήρωση της αντίδρασης.

$$an_A = \beta n_B \stackrel{n=C \cdot V}{\Rightarrow} a \cdot [A] \cdot V_A = \beta \cdot [B] \cdot V_B \Rightarrow$$

$$[A] = \frac{\beta \cdot [B] \cdot V_B}{a \cdot V_A}$$

*Εικόνα 20: Μαθηματική σχέση υπολογισμού όγκου πρότυπου διαλύματος.*

Κατά τη διαδικασία της ογκομέτρησης διακρίνουμε δύο χαρακτηριστικά σημεία της, που προσδιορίζονται συνήθως από τον όγκο του προτύπου διαλύματος. Αυτά είναι το ισοδύναμο σημείο της ογκομέτρησης (όπου έχει αντιδράσει στοιχειομετρικά η ουσία του άγνωστου διαλύματος με ορισμένη ποσότητα του πρότυπου διαλύματος) και το τελικό σημείο (ή πέρας) της ογκομέτρησης (όπου παρατηρείται αλλαγή του χρώματος του αγνώστου διαλύματος που περιέχει το δείκτη). Όσο πιο κοντά είναι το ισοδύναμο σημείο με το τελικό σημείο, τόσο πιο ακριβής είναι η ογκομέτρηση.

Η ογκομετρία περιλαμβάνει δύο σημαντικούς κλάδους:

- την οξυμετρία (είναι ο κλάδος της ογκομετρίας, στην οποία το άγνωστο διάλυμα περιέχει μία βάση και το πρότυπο διάλυμα περιέχει οξύ),
- την αλκαλιμετρία (είναι ο κλάδος της ογκομετρίας, στην οποία το άγνωστο διάλυμα περιέχει οξύ και το πρότυπο διάλυμα περιέχει βάση).

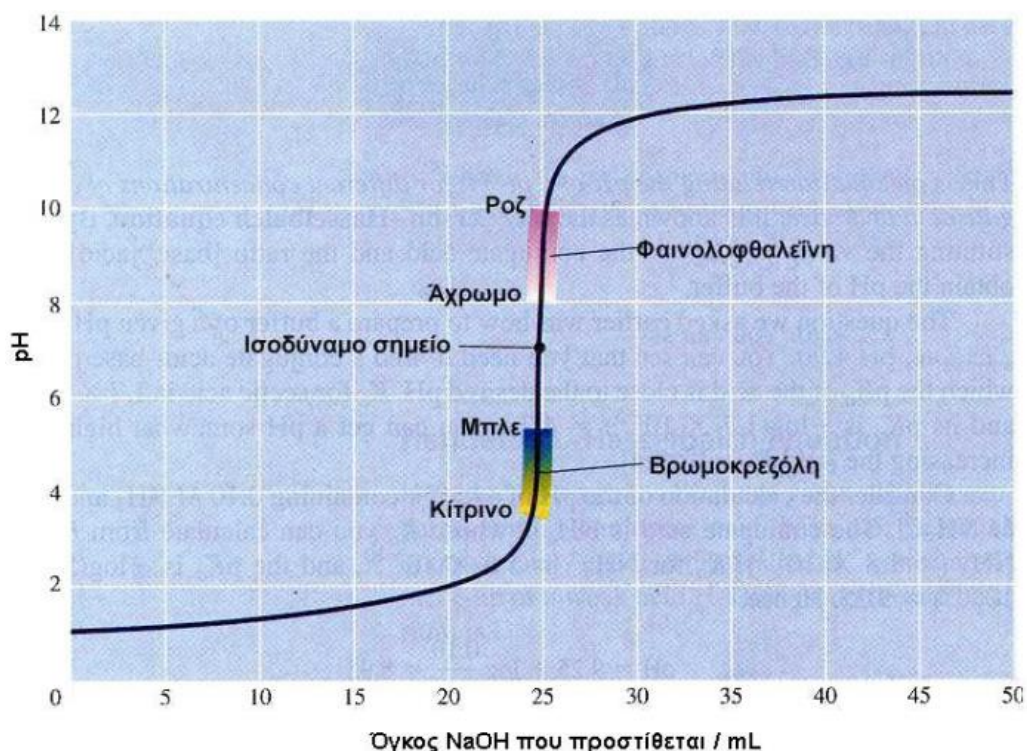
#### 4.2.1 ΚΑΜΠΥΛΗ ΟΓΚΟΜΕΤΡΗΣΗΣ

Απαραίτητη για την επιλογή του κατάλληλου δείκτη, είναι η κατασκευή καμπύλης ογκομέτρησης. Η **καμπύλη ογκομέτρησης** είναι η γραφική παράσταση της τιμής του pH του άγνωστου διαλύματος σε συνάρτηση με τον όγκο του προστιθέμενου προτύπου διαλύματος. Με την καμπύλη ογκομέτρησης γίνεται η επιλογή του δείκτη για τη συγκεκριμένη ογκομέτρηση. Ο ιδανικός δείκτης αλλάζει το χρώμα του σε περιοχή τιμών pH που περιλαμβάνει το pH του διαλύματος στο ισοδύναμο σημείο. Ουσιαστικά, αν η περιοχή αλλαγής του χρώματος του δείκτη εντοπίζεται στο κατακόρυφο τμήμα της καμπύλης ογκομέτρησης, ο δείκτης είναι κατάλληλος. Σε αντίθετη περίπτωση προκύπτουν σημαντικά σφάλματα που κάνουν το δείκτη ακατάλληλο για τη συγκεκριμένη ογκομέτρηση.<sup>[27]</sup>

## 4.2.2 ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

### 1. Ογκομέτρηση ισχυρού οξέος με ισχυρή βάση:

Στο σχήμα της *Εικόνας 21* φαίνεται η καμπύλη ογκομέτρησης άγνωστου διαλύματος υδροχλωρικού οξέος HCl με πρότυπο διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου NaOH. Στο ισοδύναμο σημείο το διάλυμα έχει  $\text{pH} = 7$ . Κατάλληλοι δείκτες για την ογκομέτρηση αυτή είναι όλοι όσοι μεταβάλλουν το χρώμα τους σε περιοχές pH που περιλαμβάνονται στο κατακόρυφο τμήμα της καμπύλης, όπως για παράδειγμα είναι ο δείκτης φαινολοφθαλεΐνη και ο δείκτης πράσινο της βρωμοκρεζόλης.



*Εικόνα 21:* Πρότυπη καμπύλη ογκομέτρησης ισχυρού οξέος με ισχυρή βάση.

### 2. Ογκομέτρηση ασθενούς οξέος με ισχυρή βάση

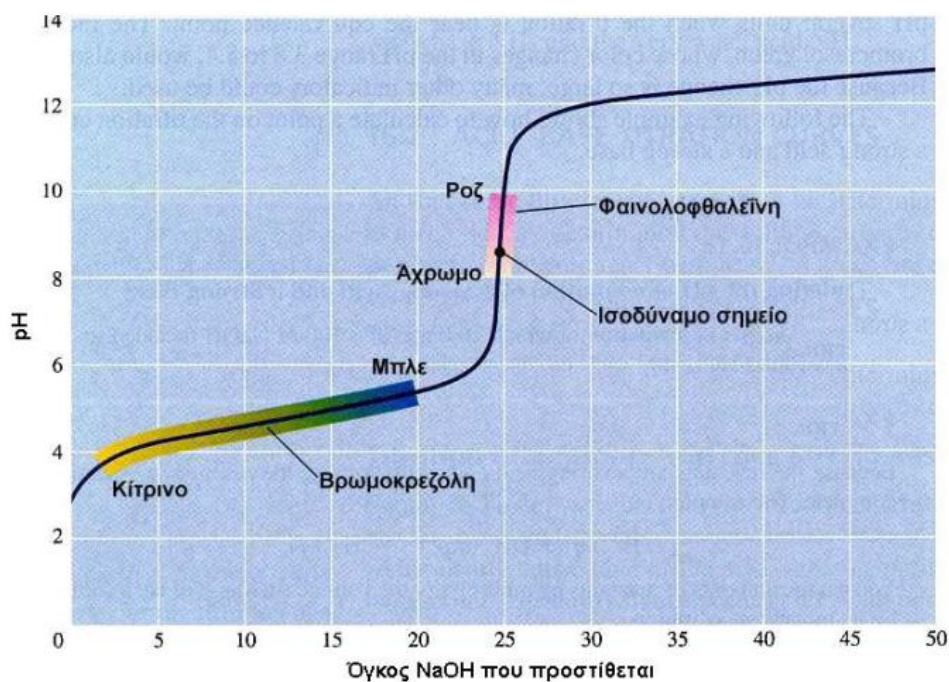
Στο σχήμα της *Εικόνας 22* δίνεται η καμπύλη ογκομέτρησης άγνωστου διαλύματος οξικού οξέος  $\text{CH}_3\text{COOH}$  που είναι ασθενές οξύ, με πρότυπο διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου NaOH. Η αντίδραση που λαμβάνει χώρα στην κωνική φιάλη είναι η εξής:



Στο ισοδύναμο σημείο το διάλυμα έχει  $\text{pH} > 7$ . Αυτό συμβαίνει, γιατί το άλας  $\text{CH}_3\text{COONa}$  ιοντίζεται μέσα στο διάλυμα στα ιόντα  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  και  $\text{Na}^+$ .

Κατάλληλοι δείκτες είναι όλοι όσοι αλλάζουν το χρώμα τους μέσα στην περιοχή αλλαγής τιμών pH ή βρίσκονται στο κατακόρυφο τμήμα της καμπύλης. Η κατάλληλη περιοχή, όπως προκύπτει από τη γραφική παράσταση, είναι η  $4,5 < \text{pH} < 10$ . Έτσι κατάλληλος είναι ο δείκτης φαινολοφθαλεΐνη, όχι όμως ο δείκτης πράσινο της βρωμοκρεζόλης, γιατί το πεδίο pH αλλαγής χρώματος του ούτε περιλαμβάνει το

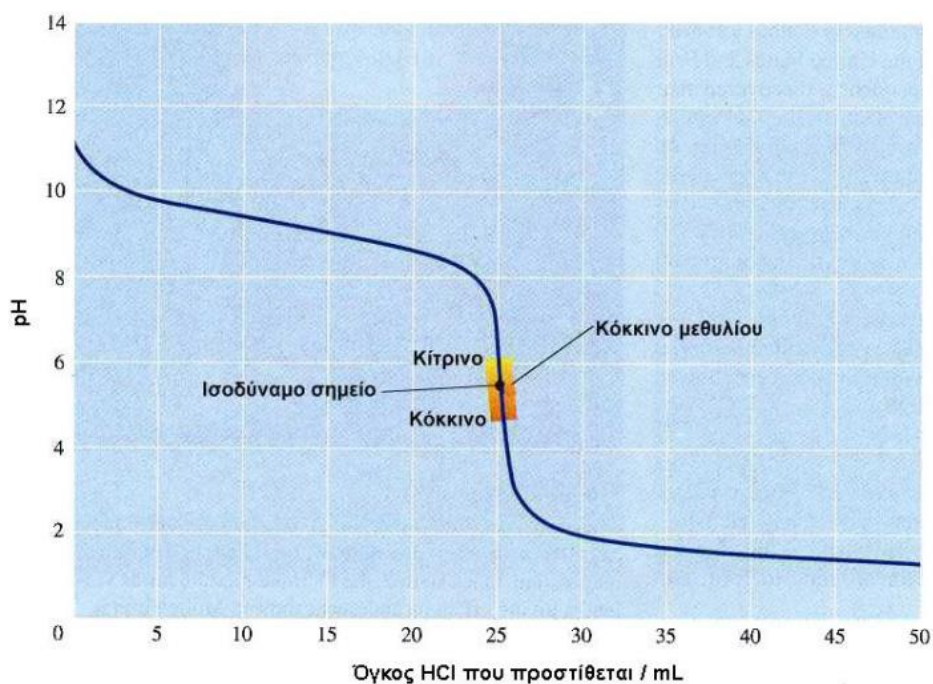
ισοδύναμο σημείο, ούτε βρίσκεται στο κατακόρυφο τμήμα της καμπύλης ογκομέτρησης.



*Εικόνα 22: Πρότυπη καμπύλη ογκομέτρησης ασθενούς οξέος με ισχυρή βάση.*

### 3. Ογκομέτρηση ασθενούς βάσης με ισχυρό οξύ

Στο σχήμα της *Εικόνας 23* δίνεται η καμπύλη ογκομέτρησης άγνωστου διαλύματος αμμωνίας  $\text{NH}_3$  που είναι ασθενής βάση, με πρότυπο διάλυμα υδροχλωρικού οξέος  $\text{HCl}$ .



*Εικόνα 23: Πρότυπη καμπύλη ογκομέτρησης ασθενούς βάσης με ισχυρό οξύ.*

Η αντίδραση που λαμβάνει χώρα στην κωνική φιάλη είναι η εξής:



Στο ισοδύναμο σημείο το διάλυμα έχει  $\text{pH} < 7$ . Αυτό συμβαίνει, γιατί το άλας  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ιοντίζεται μέσα στο διάλυμα στα ιόντα  $\text{NH}_4^+$  και  $\text{Cl}^-$ .

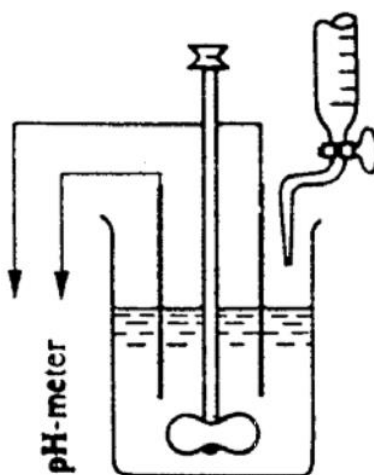
Κατάλληλος δείκτης για την ογκομέτρηση αυτή είναι για παράδειγμα το κόκκινο του μεθυλίου, γιατί το πεδίο  $\text{pH}$  αλλαγής χρώματός του περιλαμβάνει το ισοδύναμο σημείο. Ο δείκτης φαινολοφθαλεΐνη είναι ακατάλληλος δείκτης, γιατί το πεδίο  $\text{pH}$  αλλαγής χρώματος του ούτε περιλαμβάνει το ισοδύναμο σημείο, ούτε βρίσκεται στο κατακόρυφο τμήμα της καμπύλης ογκομέτρησης.

### 4.3 ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Μία άλλη μέθοδος, που χρησιμοποιήθηκε στο εργαστήριο Υγιεινής και Επιδημιολογίας με σκοπό την μελέτη του  $\text{pH}$  και της αγωγιμότητας του πόσιμου νερού, είναι η ηλεκτροχημική ανάλυση. Μεταξύ των τεχνικών που περιλαμβάνονται στην ηλεκτροχημική μέθοδο ανάλυσης είναι η ποτενσιομετρία, η κουλομετρία, η πολαρογραφία, η αμπερομετρία, η ηλεκτρόλυση, καθώς και η αγωγιμομετρία, οι οποίες θα αναλυθούν εκτενέστερα παρακάτω.

#### 4.3.1 ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΙΑ

Η **ποτενσιομετρία** περιλαμβάνει τη μέτρηση της ηλεκτρεγερτικής δύναμης (Η.Ε.Δ.) μεταξύ δύο ηλεκτροδίων, του ενδεικτικού ηλεκτροδίου και του ηλεκτροδίου αναφοράς. Το ενδεικτικό ηλεκτρόδιο χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση των μεταβολών της συγκέντρωσης των ιόντων, καθώς το δυναμικό του είναι συνάρτηση αυτής και επιβάλλεται να έχει γρήγορη απόκριση. Το ηλεκτρόδιο αναφοράς έχει σταθερό, αλλά όχι απαραίτητα γνωστό δυναμικό. Το διάλυμα πρέπει να αναδεύεται. Μια απλή διάταξη για την ποτενσιομετρική τιτλοδότηση φαίνεται στο σχήμα της *Εικόνας 24*.



*Εικόνα 24: Πειραματική διάταξη για ποτενσιομετρική τιτλοδότηση.*

Το ισοδύναμο σημείο (ΙΣ) της αντίδρασης γίνεται αντιληπτό από την απότομη αλλαγή του δυναμικού, που εμφανίζεται στην γραφική παράσταση των μετρήσεων

της ΗΕΔ έναντι του όγκου του προστιθέμενου διαλύματος. Αρχικά, προσδιορίζεται η ΗΕΔ του δοχείου με το αρχικό διάλυμα και ακολούθως, σχετικά μεγάλες ποσότητες όγκου του τιτλοδότη (1-5mL) προστίθενται από την προχοΐδα μέχρι η προσέγγιση του ισοδύναμου σημείου να γίνει αισθητή από την απότομη αλλαγή της ΗΕΔ, της οποίας το μέγεθος προσδιορίζεται μετά από κάθε προσθήκη. Στην περιοχή του ΙΣ, η προσθήκη του τιτλοδότη πρέπει να γίνεται με μικρότερα «βήματα» (π.χ. 0,1 ή 0,05ml). Πρέπει να διατίθεται αρκετός χρόνος μεταξύ δύο προσθηκών, ώστε να προλάβει να αποκριθεί το ενδεικτικό ηλεκτρόδιο. Αρκετές πειραματικές μετρήσεις πρέπει να γίνουν και μετά το ΙΣ.

Για τη μέτρηση της ΗΕΔ, τα ηλεκτρόδια πρέπει να συνδεθούν σε ένα ποτενσιόμετρο, ή σε ένα ηλεκτρονικό βολτόμετρο. Στην περίπτωση όμως που το ενδεικτικό ηλεκτρόδιο είναι ηλεκτρόδιο μεμβράνης με μεγάλη αντίσταση (π.χ. ηλεκτρόδιο υάλου), το απλό ποτενσιόμετρο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί και πρέπει να αντικατασταθεί από ένα ηλεκτρόμετρο ή ένα πεχάμετρο, δηλαδή όργανο με μεγάλη εσωτερική αντίσταση ( $>10^{12} \Omega$ ).

Σε αυτόματους εμπορικούς τιτλοδοτητές, το ηλεκτρικό σύστημα μέτρησης είναι συνδεδεμένο με ένα καταγραφικό και η προσθήκη του τιτλοδότη εξαρτάται από την κίνηση του καταγραφικού. Σε πολλά όργανα που ελέγχονται από ένα μικροεπεξεργαστή, η τιτλοδότηση είναι αυτόματη. Επιπρόσθετα, τέτοιοι τιτλοδοτητές μπορούν εκτός από τη κανονική καμπύλη τιτλοδότησης, να υπολογίζουν την πρώτη και δεύτερη παράγωγο της καμπύλης.

#### 4.3.2 ΚΟΥΛΟΜΕΤΡΙΑ

Η **κουλομετρία** είναι μια τεχνική χημικής ανάλυσης που βασίζεται στην ηλεκτρόλυση και ειδικότερα στον νόμο Faraday. Ο νόμος Faraday στηρίζεται στον τύπο  $m=(Q/nF)*M$  (όπου  $m$  = βάρος (μάζα) οξειδούμενης ή αναγόμενης ουσίας σε g,  $Q$  = ποσότητα διερχόμενου ηλεκτρισμού σε coulomb (C),  $M$  = μοριακή μάζα ουσίας (g/mol),  $n$  = αριθμός ηλεκτρονίων που συμμετέχουν (eq/mol) και  $F$  = σταθερά Faraday = 96484,56 C/eq).<sup>[8]</sup>

Ουσιαστικά, στην κουλομετρία μετράμε την ποσότητα ηλεκτρισμού που διέρχεται από ένα ηλεκτρολυτικό στοιχείο, η οποία συσχετίζεται με την ποσότητα της προσδιοριζόμενης ουσίας, που εναποτίθεται ή παράγεται ηλεκτρολυτικά στο ηλεκτρόδιο εργασίας.

#### 4.3.3 ΠΟΛΑΡΟΓΡΑΦΙΑ

Στην **πολαρογραφία** χρησιμοποιούνται σταγόνες Hg ως ηλεκτρόδιο εργασίας (κάθοδος), που πολώνονται εύκολα, ενώ ως ηλεκτρόδιο αναφοράς μεγάλη επιφάνεια Hg ή ηλεκτρόδιο καλομέλανος (άνοδος). Το σύστημα ολοκληρώνεται με ηλεκτρικό κύκλωμα που περιλαμβάνει μια πηγή συνεχώς μεταβαλλόμενου εξωτερικού δυναμικού και μια συσκευή για τη μέτρηση των πολύ μικρών ηλεκτρολυτικών ρευμάτων ( $10^{-8}$  -  $10^{-4}$  A).<sup>[8]</sup>

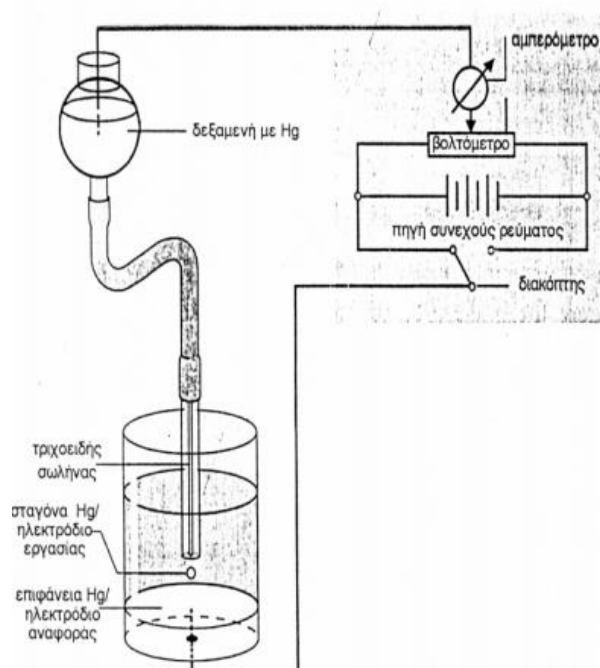
Ανάμεσα στα δυο ηλεκτρόδια εφαρμόζεται, με κατάλληλη ποτενσιομετρική διάταξη, δυναμικό το οποίο αυξάνεται συνεχώς. Παράλληλα, καταγράφεται η ένταση του



ρεύματος. Η γραφική παράσταση της έντασης του ρεύματος ως προς το δυναμικό καλείται πολαρογράφημα.

Η ένταση του ρεύματος αρχίζει να αυξάνεται, όταν η τάση στα δύο ηλεκτρόδια πάρει τιμή ικανή να προκαλέσει αναγωγή μιας ηλεκτρενεργού ουσίας. Η ένταση του ρεύματος εξακολουθεί να αυξάνεται μέχρι μια οριακής τιμή (οριακό ρεύμα,  $i_l$ ). Στο σημείο αυτό έχουμε σταθερή διάχυση μορίων ή ιόντων της ουσίας στο σταγονικό ηλεκτρόδιο του Hg.<sup>[8]</sup>

Η πολαρογραφία αποτελεί σήμερα μέθοδο ρουτίνας για τον προσδιορισμό ιόντων μετάλλων και ηλεκτροενεργών οργανικών ενώσεων στην περιοχή συγκεντρώσεων  $10^{-6}$  μέχρι  $10^{-3}$  M.



Εικόνα 25: Διαγραμματική απεικόνιση πολαρογραφίας.

#### 4.3.4 ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΙΑ

Η **αμπερομετρία** είναι μια βολταμμετρική τεχνική, που μετρείται η ένταση ρεύματος ενός ηλεκτρολυτικού στοιχείου, στο οποίο εφαρμόζεται σταθερή τάση. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εφαρμογή της αναλυτικής μεθόδου στην φαρμακευτική.

Όσον αφορά την τεχνική της αμπερομετρίας, προστίθεται διάλυμα τιτλοδότης (T) σε διάλυμα ογκομετρούμενης ουσίας (O) και μετρείται η ένταση του ρεύματος μετά από κάθε προσθήκη ή συνεχώς. Παράλληλα, χρησιμοποιείται ζεύγος ηλεκτροδίων (Hg, Pt, Au, υαλώδους C) και εφαρμόζεται τάση E, ώστε να μετρείται το ρεύμα διαχύσεως μιας ή περισσότερων ουσιών που συμμετέχουν στην αντίδραση ογκομετρήσεως.<sup>[12]</sup>

$O + T \rightarrow \text{ΠΠ}$ : προϊόν αντίδρασης

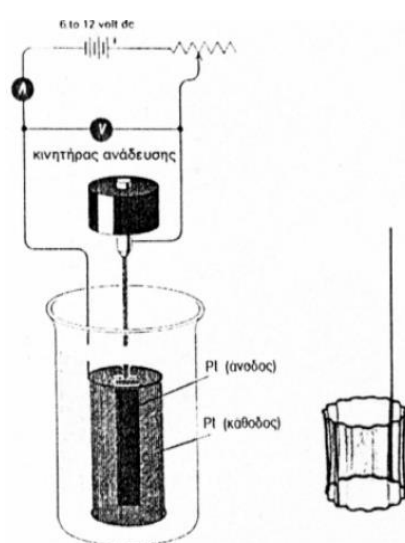
### 4.3.5 ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΘΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η ηλεκτρόλυση ήταν ήδη γνωστή από το 1800 και η πρώτη της εφαρμογή αφορούσε την ηλεκτρολυτική διάσπαση του νερού. Σήμερα, βρίσκει πολλές εφαρμογές, όπως είναι η παραγωγή ελαφρών μετάλλων (π.χ. Al).

Όσον αφορά την διαδικασία της **ηλεκτροσταθμικής ανάθεσης**, το προσδιοριζόμενο συστατικό εναποτίθεται ποσοτικά στην άνοδο ή την κάθοδο με τη μορφή στερεού, όταν ηλεκτρικό ρεύμα περνά από το διάλυμα. Η διαφορά βάρους του ηλεκτροδίου, πριν και μετά την ηλεκτρολυτική απόθεση, μας δίνει την ποσότητα της προσδιοριζόμενης ουσίας. Ο χρόνος εναπόθεσης της ουσίας στο ηλεκτρόδιο εργασίας είναι σχετικά μεγάλος (π.χ. 30 έως 60min) και αυτό αποτελεί ένα από τα βασικά μειονεκτήματα της αναλυτικής αυτής τεχνικής. Στο τέλος της εναπόθεσης, αυτό αναγνωρίζεται είτε από τον αποχρωματισμό του διαλύματος (εφόσον το διάλυμα είναι έγχρωμο, π.χ.  $\text{Cu}^{2+}$ ), είτε ελέγχοντας ποιοτικά το προσδιοριζόμενο συστατικό στο διάλυμα. Το ηλεκτρόδιο εργασίας, όπου γίνεται η εναπόθεση, είναι συνήθως από λευκόχρυσο και έχει κυλινδρικό σχήμα, ώστε να έχει μεγάλη επιφάνεια. Κατ' αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται μεγάλη ροή ρεύματος και η ηλεκτραπόθεση ολοκληρώνεται σχετικά γρήγορα.

Η ηλεκτροσταθμική ανάλυση χρησιμοποιείται ευρύτατα για τον ποσοτικό προσδιορισμό των κυρίων συστατικών ορυκτών και κραμάτων, π.χ. χαλκού, κοβαλτίου, νικελίου, αργύρου, ψευδαργύρου κλπ.

Στη διάρκεια της ηλεκτρόλυσης ανάγονται και άλλες ουσίες, εκτός από την προσδιοριζόμενη (η μέθοδος δεν είναι εκλεκτική). Για την αύξηση της εκλεκτικότητας της ηλεκτρόλυσης μπορεί να εφαρμοστεί η τεχνική της ελεγχόμενης διαφοράς δυναμικού. Με την τεχνική αυτή μπορούμε να επιτύχουμε εκλεκτική εναπόθεση, ρυθμίζοντας κατάλληλα το δυναμικό και έχοντας υπόψη ότι η θερμοκρασία και η συγκέντρωση του ηλεκτρολύτη παίζουν σημαντικό ρόλο στη σειρά εκφόρτισης των ιόντων.<sup>[8]</sup>



*Εικόνα 26: Διαγραμματική απεικόνιση ηλεκτροσταθμικής ανάθεσης.*

### 4.3.6 ΑΓΩΓΙΜΟΜΕΤΡΙΑ

Ο όρος **αγωγιμομετρία** εκφράζει γενικά την ευκολία με την οποία τα ηλεκτρόνια ή τα ιόντα μπορούν να περάσουν μέσα από τους αγωγούς.

Η αγωγιμότητα ( $L$ ), είναι το αντίστροφο της αντίστασης ( $R$ ) που προβάλλει ένας αγωγός, όταν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Χαρακτηριστική ιδιότητα κάθε αγωγού είναι η ειδική αγωγιμότητά του, η οποία εξαρτάται από την φύση του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένος. Αυτή είναι ίση με την αγωγιμότητα που εμφανίζεται ανάμεσα σε δύο απέναντι έδρες ενός κύβου από το ίδιο υλικό του αγωγού με ακμή 1cm και δίνεται από την σχέση  $\kappa = (1/R)(l/A)$  [1], όπου  $\kappa$  η ειδική αγωγιμότητα του υλικού του αγωγού,  $R$  η ωμική αντίσταση του,  $l$  το μήκος και  $A$  η διατομή του. Μονάδα μετρήσεως της αγωγιμότητας είναι το  $\text{Ohm}^{-1}$ , mho ή S (Siemens), ενώ της ειδικής αγωγιμότητας το  $\text{ohm}^{-1} \text{cm}^{-1}$ ,  $\text{mho cm}^{-1}$  ή  $\text{S cm}^{-1}$ .

Η αγωγιμότητα μπορεί να μετρηθεί με την χρήση του αγωγιμόμετρου (*Εικόνα 27*).



*Εικόνα 27: Αγωγιμέμετρο..*

Η συνθήκη ισορροπίας της γέφυρας είναι  $R_x/R_1=R_2/R_3$  [2]

Από την σχέση [2] μπορεί να υπολογιστεί η άγνωστη αντίσταση. Η μέτρηση της ειδική αγωγιμότητας γίνεται αφ' ενός με τη μέτρηση της ωμικής αντίστασης του διαλύματος με τα κατάλληλα όργανα, τα οποία ονομάζονται αγωγιμόμετρα, και αφ' ετέρου με τον προσδιορισμό του λόγου  $l/A$  της αγωγιμομετρικής κυψέλης, που ονομάζεται σταθερά της κυψέλης. Στη γέφυρα Wheatstone η κυψέλη έχει τη θέση της άγνωστης αντίστασης. Για τη μέτρηση της αντίστασης είναι απαραίτητη η εφαρμογή εναλλασσόμενης τάσης, ώστε να αποφευχθεί η συνεχής αγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από την κυψέλη, γεγονός που θα προκαλούσε αλλοίωση της αντίστασης του διαλύματος (ηλεκτρόλυση). Κατάλληλη περιοχή συχνοτήτων του εναλλασσόμενου ρεύματος για μετρήσεις αγωγιμότητας είναι από 500 έως 3.000 Hz.

Η αγωγιμομετρική κυψέλη είναι ένα γυάλινο δοχείο, στο οποίο τοποθετείται το εξεταζόμενο διάλυμα και έχει διάφορες μορφές. Έχει δύο ηλεκτρόδια από λευκόχρυσο που είναι καλυμμένα με μέλανα λευκόχρυσο, ώστε να αποφεύγονται οι αλλοιώσεις της επιφάνειάς τους. Τα ηλεκτρόδια έχουν σταθερή απόσταση μεταξύ τους. Η σταθερά της κυψέλης εξαρτάται από το μέγεθος και το σχήμα των ηλεκτροδίων, καθώς και το δικό της. Στο εργαστήριο χρησιμοποιείται η

εμβαπτιζόμενη κυψέλη, η οποία δεν είναι κατάλληλη για μετρήσεις ακριβείας αλλά είναι βολική για πρακτικές μετρήσεις.

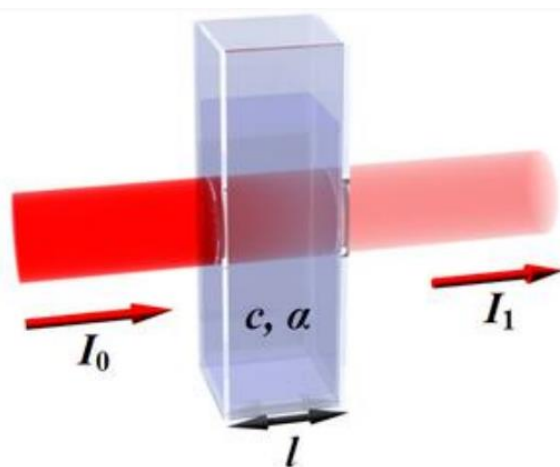
Η μέτρηση της ειδικής αγωγιμότητας προϋποθέτει τη γνώση της σταθεράς της κυψέλης  $l/A$ . Αυτή μπορεί να υπολογιστεί από τη μέτρηση της αντίστασης  $R$  ενός πρότυπου διαλύματος, του οποίου γνωρίζουμε την ειδική αγωγιμότητα  $\kappa$ , σε διάφορες θερμοκρασίες. Έτσι, από την σχέση [1] μπορεί να υπολογιστεί η σταθερά της κυψέλης και αυτή χρησιμοποιείται στην συνέχεια για όλες τις επόμενες μετρήσεις με την κυψέλη αυτή.

#### 4.4 ΑΤΟΜΙΚΗ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ

Η **ατομική απορρόφηση** (Α.Α.) βασίζεται στη μέτρηση της απορρόφησης ακτινοβολίας από άτομα που βρίσκονται ελεύθερα στην θεμελιώδη κατάσταση. Η ακτινοβολία που χρησιμοποιείται είναι αυτή που μπορεί να παράγει με την μετάπτωση από την διεγερμένη του κατάσταση το ίδιο το στοιχείο που αναλύεται. Έτσι λοιπόν, τα ελεύθερα άτομα διεγείρονται και απορροφούν την -καθορισμένου μήκους κύματος- ακτινοβολία που παράγεται από την λυχνία κοίλης καθόδου. Το ποσοστό της ακτινοβολίας που απορροφάται, εξαρτάται από τον αριθμό των ατόμων που βρίσκονται μέσα στη δέσμη φωτός.

Η επιλεκτικότητα που προσφέρει η ατομική απορρόφηση είναι ιδανική για πλήθος αναλύσεων, όπως στην περιβαλλοντική και γεωργική έρευνα (βαρέα μέταλλα σε εδάφη, νερά κ.α), στον έλεγχο ποιότητας τροφίμων και φαρμάκων κ.τ.λ.

Η φασματοσκοπία ατομικής απορρόφησης είναι παρόμοια με εκείνη ενός απλού φασματοφωτόμετρου με μικρές παραλλαγές. Και σε αυτήν, η αρχή λειτουργίας της στηρίζεται στον νόμο των Beer-Lambert (Εικόνα 28), μόνο που τον ρόλο της κυψελίδας στην ΑΑ τον έχει το σύστημα ατομοποίησης:  $A = \epsilon \cdot b \cdot c$  (όπου  $A$  η απορρόφηση,  $\epsilon$  ο συντελεστής μοριακής απορρόφησης ( $M^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ),  $b$  το πάχος της κυψελίδας (cm),  $c$  η συγκέντρωση του διαλύματος (M)).<sup>[28]</sup>



Εικόνα 28: Διαγραμματική απεικόνιση νόμου Beer-Lambert..



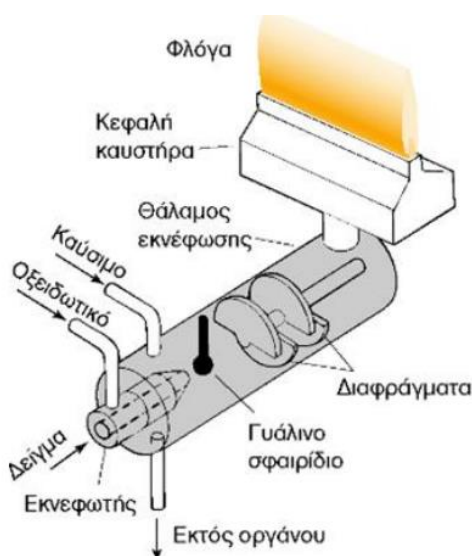
*Εικόνα 29: Αναλυτής aanalyst 800 perkin elmer, με τον οποίο προσδιορίστηκαν τα βαρέα μέταλλα.<sup>[30]</sup>*

#### 4.4.1 ΑΤΟΜΙΚΗ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΜΕ ΦΛΟΓΑ

Μία από τις μεθόδους ΑΑ είναι η **ατομική απορρόφηση με φλόγα**, η οποία χρησιμοποιήθηκε στο εργαστήριο Υγιεινής και Επιδημιολογίας με σκοπό την ανάλυση των παραμέτρων (σιδήρου, χαλκού, καλίου και νατρίου) του νερού. Στην συγκεκριμένη μέθοδο, τα σταγονίδια εισέρχονται στη φλόγα, συνήθως μέσω ενός συστήματος προανάμιξης, όπου το καύσιμο, το οξειδωτικό και το δείγμα αναμειγνύονται πριν την εισαγωγή τους στη φλόγα. Το διάλυμα του δείγματος εισέρχεται στον εκνεφωτή μέσω της ροής του οξειδωτικού από το άκρο του τριχοειδούς του δείγματος. Το υγρό διασπάται σε πολύ μικρά σταγονίδια καθώς εξέρχεται από τον τριχοειδή, τα οποία και κατευθύνονται σε ένα γυάλινο σφαιρίδιο πάνω στο οποίο διασπώνται σε ακόμη μικρότερα σωματίδια. Ο σχηματισμός μικρών σταγόνων ονομάζεται εκνέφωση. Το αιώρημα υγρού (ή στερεού) σε ένα αέριο ονομάζεται αερόλυμα, το αερόλυμα που δημιουργείται μαζί με το καύσιμο και το οξειδωτικό, διέρχονται μέσω διαφραγμάτων, όπου απομακρύνονται οι μεγάλες σταγόνες και τελικά όταν φτάσει στη φλόγα περιέχει μόνο το 5% περίπου του αρχικού δείγματος.<sup>[28]</sup>

Έτσι, όταν το διάλυμα εισαχθεί στη φλόγα γίνεται:

- Εξάτμιση του διαλύτη
- Εξάχνωση της προσδιοριζόμενης ουσίας
- Διάσπαση μορίων σε άτομα
- Διέγερση ορισμένου αριθμού ατόμων



**Εικόνα 30:** Ατομική απορρόφηση με φλόγα.

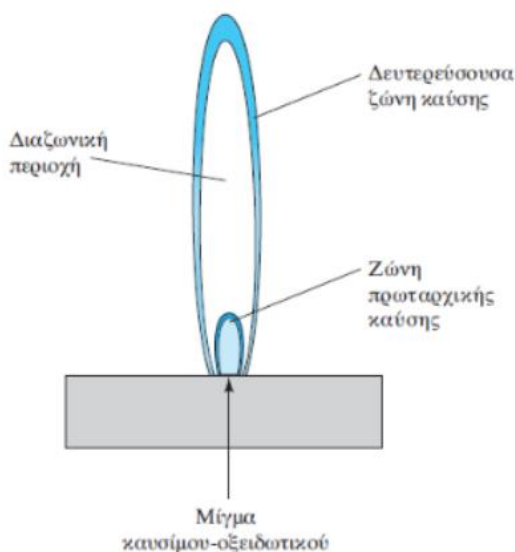
Δύο είναι οι πιο συνηθισμένες φλόγες που χρησιμοποιούνται στην ΑΑ:

1. Φλόγα αέρα – ακετυλενίου  
Είναι η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη φλόγα, με μειονέκτημα ότι σχηματίζονται δύσπηκτα οξείδια για αρκετά στοιχεία (Mg, Ca, Sr, Ba, U κ.α.)
2. Φλόγα υποοξείδιο του αζώτου - ακετυλενίου  
Η φλόγα αυτή παρέχει υψηλότερη θερμοκρασία και αναγωγικό περιβάλλον. Πλεονέκτημα της είναι ότι δεν σχηματίζονται οξείδια, όμως μειονέκτημα είναι ο ιονισμός πολλών στοιχείων.

Όσον αφορά την δομή της φλόγας (*Εικόνα 31*), εκείνη διακρίνεται σε τρεις περιοχές:

- την ζώνη πρωταρχικής καύσης
- την διαζωνική περιοχή
- την δευτερεύουσα ζώνη καύσης

Το ύψος στη φλόγα, στο οποίο παρατηρείται η μέγιστη ατομική απορρόφηση εξαρτάται από το στοιχείο και από τις ταχύτητες ροής του δείγματος, του καυσίμου και του οξειδωτικού. Για παράδειγμα, το μαγνήσιο εμφανίζει το μέγιστο απορρόφησης περίπου στο μέσο της φλόγας.

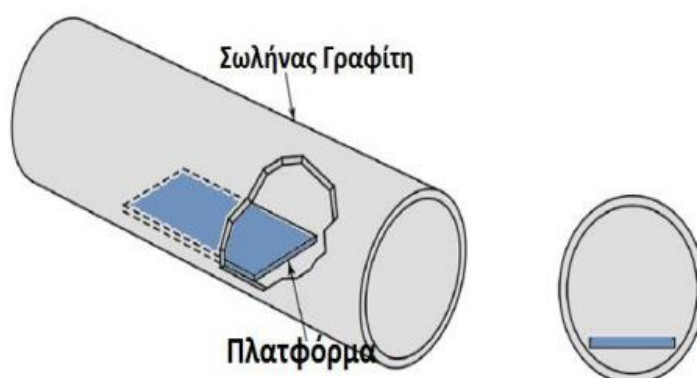


*Εικόνα 31: Δομή της φλόγας.*

#### 4.4.2 ΑΤΟΜΙΚΗ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΦΟΥΡΝΟΣ ΓΡΑΦΙΤΗΣ

Με την μέθοδο ατομικής απορρόφησης φούρνος γραφίτης μελετήθηκαν οι εξής παράμετροι του πόσιμου νερού: αργίλιο, μόλυβδος, αρσενικό, μαγγάνιο, χρώμιο, κάδμιο, νικέλιο.

Στην μέθοδο αυτή, ο θερμαινόμενος φούρνος γραφίτη είναι πιο ευαίσθητος από τη φλόγα και απαιτεί μικρότερη ποσότητα δείγματος. Το δείγμα εισάγεται στο φούρνο μέσω μιας οπής, ενώ η ακτινοβολία της πηγής διαπερνά κάθετα από αυτό. Οι φούρνοι θερμαίνονται με ηλεκτρικές αντιστάσεις έως τους 3000°C, όπου το δείγμα ατμοποιείται. Ο γραφίτης περιβάλλεται από Ar για αποφυγή οξείδωσης και καύσης του γραφίτη.<sup>[28]</sup>

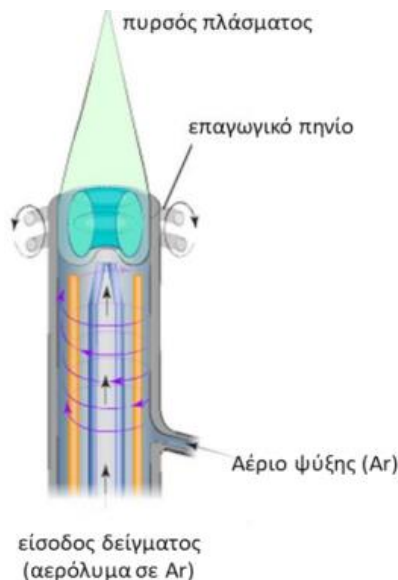


*Εικόνα 32: Ατομική απορρόφηση φούρνος γραφίτη.*

#### 4.4.3 ΑΤΟΜΙΚΗ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΜΕ ΕΠΑΓΩΓΙΚΑ ΣΥΖΕΥΓΜΕΝΟ ΠΛΑΣΜΑ

Το επαγωγικά συζευγμένο πλάσμα (Inductively Coupled Plasma, ICP) είναι δύο φορές πιο θερμό από τη φλόγα καύσης. Η υψηλή θερμοκρασία, η σταθερότητα και η

σχετικά αδρανής ατμόσφαιρα του Ar στο πλάσμα εξαλείφει τις περισσότερες παρεμποδίσεις που αντιμετωπίζονται με τις φλόγες. Επίσης, δίνει την δυνατότητα της ταυτόχρονης ανάλυσης πολλών στοιχείων και χρησιμοποιείται συχνά στην ατομική φασματοσκοπία εκπομπής επαγωγικά συζευγμένου πλάσματος. Τα όργανα πλάσματος έχουν πολύ μεγαλύτερο κόστος αγοράς και χρήσης από εκείνα της φλόγας.<sup>[28]</sup>



*Εικόνα 33: Ατομική απορρόφηση με επαγωγικά συζευγμένο πλάσμα.*

#### 4.5 ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

Η φωτομετρική μέθοδος χρησιμοποιήθηκε για την μελέτη των εξής παραμέτρων του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης: κυανούχα, νιτρώδη, νιτρικά, αμμωνία, εξασθενές χρώμιο, θειικά, φθοριούχα, βόριο, φωσφορικά.

Η **φωτομετρία** είναι μία από τις πιο σημαντικές αναλυτικές μεθόδους. Χρησιμοποιείται κυρίως στον ποσοτικό προσδιορισμό ουσιών, μετρώντας την ένταση της απορροφούμενης από αυτές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Ο όρος απορρόφηση αναφέρεται στο φαινόμενο εκείνο κατά το οποίο μία χημική ουσία  $M$  (μόριο, ιόν ή άτομο), που βρίσκεται διαλυμένη σε διαφανές μέσο, απορροφά επιλεκτικά συχνότητες από το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα σύμφωνα με την ακόλουθη δράση:  $M + h\nu \rightarrow M^*$ .

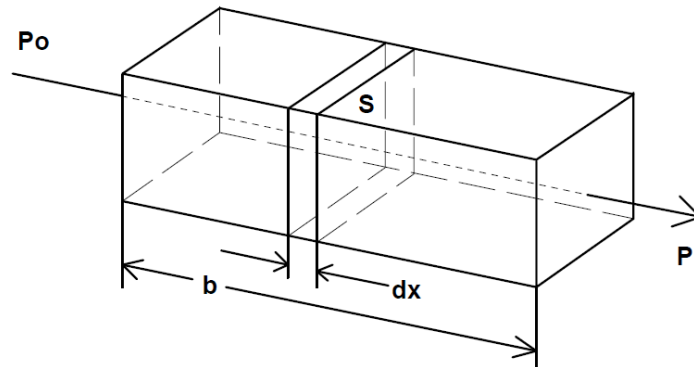
Μετά την διέγερση, το  $M$  επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση, εκπέμποντας συνήθως θερμότητα:  $M^* \rightarrow M + \text{θερμότητα}$ .

Ο χρόνος αποδιέγερσης είναι πολύ μικρός και κυμαίνεται μεταξύ  $10^{-6}$  και  $10^{-9}$  sec. Το ποσό θερμότητας που εκπέμπεται είναι πολύ μικρό, και για αραιά διαλύματα θεωρείται αμελητέο.

Ο νόμος του Beer είναι η μαθηματική έκφραση της σχέσης μεταξύ της απορροφούμενης ακτινοβολίας και της συγκέντρωσης της χρωμοφόρου ένωσης. Ορίζεται ένας χώρος όγκου  $V = Sb$  (Εικόνα 34), ο οποίος περιέχει  $n$  απορροφώντα σωματίδια. Στο χώρο αυτό, και κάθετα στην επιφάνεια  $S$  προσπίπτει παράλληλη



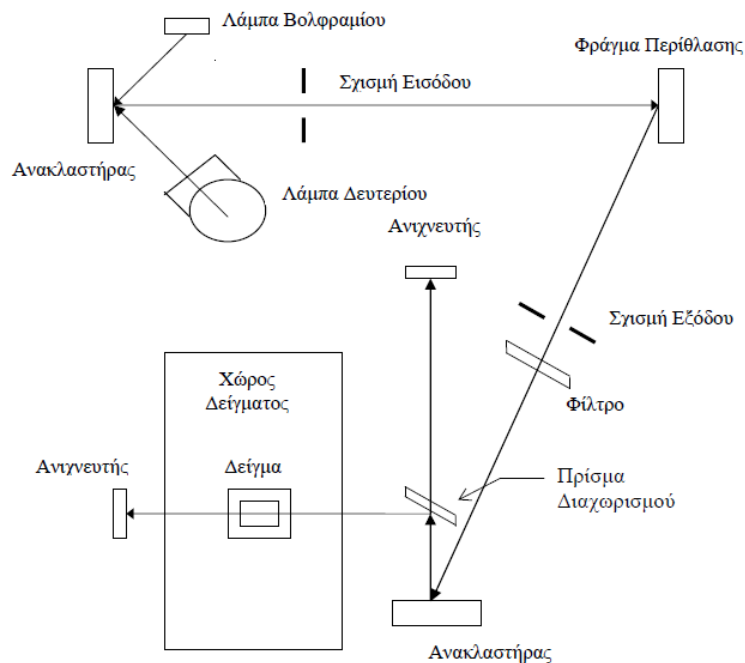
δέσμη μονοχρωματικής ακτινοβολίας αρχικής έντασης  $P_0$ . Η δέσμη, μετά τη διέλευσή από το χώρο αυτό, εξέρχεται με ισχύ  $P (<P_0)$ .



*Εικόνα 34: Σχηματική απεικόνιση νόμου Beer.*

Η σχέση  $\log(P_0/P) = \epsilon bc = A = -\log T$  αποτελεί την μαθηματική έκφραση του νόμου του Beer. Ο λόγος της εξερχόμενης προς την εισερχόμενη ένταση ακτινοβολίας  $P/P_0$  ονομάζεται διαπερατότητα και συμβολίζεται με  $T$ . Ο δεκαδικός λογάριθμος του αντιστρόφου της διαπερατότητας ονομάζεται απορρόφηση και συμβολίζεται με  $A$ . Η σταθερά  $\epsilon$  ονομάζεται μοριακή απορροφητικότητα της συγκεκριμένης ουσίας. Η μοριακή απορροφητικότητα εξαρτάται από τη δομή της συγκεκριμένης ουσίας, τη θερμοκρασία και το μήκος κύματος της προσπίπτουσας φωτεινής δέσμης.<sup>[15]</sup>

Τα όργανα που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της απορρόφησης ενός διαλύματος είναι τα φωτόμετρα. Τα βασικά μέρη ενός φωτομέτρου παρουσιάζονται στο σχήμα της *Εικόνας 35*.



*Εικόνα 35: Μέρη φωτομέτρου.*



*Εικόνα 36: Φωτόμετρο (dr 2800).<sup>[30]</sup>*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

## «ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ»

## 5.1 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού για τις Π.Ε. Μαγνησίας και Φθιώτιδας, που έγινε στο εργαστήριο Υγιεινής και Επιδημιολογίας του Παν. Θεσσαλίας. Αφού γίνει αναφορά στον συγκεκριμένο αριθμό δειγμάτων ανά έτος στις αντίστοιχες περιοχές και αναφερθούν οι παραμετρικές τιμές που ορίζονται από το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο, τονίζονται οι υπερβάσεις που προέκυψαν μετά την ολοκλήρωση της μελέτης.

Αριθμός δειγμάτων ανά έτος	Π.Ε. Μαγνησίας	Π.Ε. Φθιώτιδας
2019	46	234
2020	33	265

Εικόνα 37: Πίνακας αριθμού δειγμάτων ανά έτος για τις Π.Ε. Μαγνησίας και Φθιώτιδας.

Χημικές Παράμετροι	Παραμετρική Τιμή
pH	6,5 < pH < 9,5
Αγωγιμότητα	2500 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (στους 20°C)
Σκληρότητα	-
Αλκαλικότητα	-
Χλωριούχα	250 mg/l
Ασβέστιο	-
Μαγνήσιο	- (*)
Κυανούχα	50 $\mu\text{g/l}$
Νιτρώδη	0,50 mg/l σε μη επεξεργασμένα ύδατα, 0,10 mg/l σε επεξεργασμένα ύδατα
Νιτρικά	50 mg/l
Αμμωνία	0,50 mg/l
Εξ. Χρώμιο	-
Θειικά	250 mg/l
Φθοριούχα	1,5 mg/l
Βόριο	1 mg/l
Φωσφορικά	-
Μόλυβδος	10 $\mu\text{g/l}$
Αρσενικό	10 $\mu\text{g/l}$
Μαγγάνιο	50 $\mu\text{g/l}$
Χρώμιο	50 $\mu\text{g/l}$
Κάδμιο	5 $\mu\text{g/l}$
Νικέλιο	20 $\mu\text{g/l}$
Αργίλιο	200 $\mu\text{g/l}$
Σίδηρος	200 $\mu\text{g/l}$
Χαλκός	2 mg/l
Κάλιο	- (*)
Νάτριο	200 mg/l

Υδράργυρος	1 µg/l
------------	--------

**Εικόνα 38:** Πίνακας παραμετρικών τιμών για τις φυσικοχημικές παραμέτρους που μελετήθηκαν.

(\*). Σε αυτά υπήρχε παραμετρική τιμή στην νομοθεσία ΚΥΑ 2600/2001, η οποία δεν υφίσταται στην νομοθεσία 67322/2017. Στην ΚΥΑ 2600/2001 ίσχυαν οι εξής παραμετρικές τιμές: φωσφορικά 5 mg/l  $P_2O_5$  και κάλιο 12 mg/l.

## 5.2 ΥΠΕΡΒΑΣΕΙΣ

Σημαντικό καθίσταται να τονιστούν οι υπερβάσεις που παρατηρήθηκαν στο τέλος της έρευνας. Συγκεκριμένα, στην Π.Ε. Μαγνησίας για το έτος 2020 (Εικόνα 39), εντοπίστηκε υπέρβαση στις εξής παραμέτρους: νιτρικά (2 δείγματα από τα 14), μόλυβδος και αρσενικό (2 δείγματα από τα 18), μαγγάνιο (1 δείγμα από τα 5), σίδηρος (4 από τα 18 δείγματα) και υδράργυρος (5 από τα 18 δείγματα). Αντίστοιχα, για το 2019, εντοπίστηκε μόνο μία υπέρβαση σε ένα δείγμα αρσενικού.

Όσον αφορά την Π.Ε. Φθιώτιδας, εντοπίστηκαν υπερβάσεις στα χλωριούχα και στα νιτρικά (Εικόνα 40). Κατά το έτος 2019, εντοπίστηκε υπέρβαση σε 3 από τα 183 δείγματα, που αναλύθηκαν για την παράμετρο των χλωριούχων και σε 1 από τα 174 δείγματα, που αναλύθηκαν για την παράμετρο των νιτρικών. Αντίστοιχα για το 2020, βρέθηκε υπέρβαση των παραμετρικών τιμών για τα χλωριούχα (2 από τα 116 δείγματα) και για τα νιτρικά (1 από τα 150 δείγματα).

Υπερβάσεις Π.Ε. Μαγνησίας			
Έτος	Παράμετρος με υπέρβαση	Αριθμός δειγμάτων	Συνολικός αριθμός δειγμάτων
2019	Αρσενικό	1	28
2020	Νιτρικά	2	14
	Μόλυβδος	2	18
	Αρσενικό	2	18
	Μαγγάνιο	1	5
	Σίδηρος	4	18
	Υδράργυρος	5	18

**Εικόνα 39:** Πίνακας υπερβάσεων για Π.Ε. Μαγνησίας.

Υπερβάσεις Π.Ε. Φθιώτιδας			
Έτος	Παράμετρος με υπερβάσεις	Αριθμός δειγμάτων	Συνολικός αριθμός δειγμάτων
2019	Χλωριούχα	3	183
	Νιτρικά	1	174
2020	Χλωριούχα	2	116
	Νιτρικά	1	150

**Εικόνα 40:** Πίνακας υπερβάσεων για Π.Ε. Φθιώτιδας.

Στην συνέχεια, παρουσιάζονται οι τιμές μέγιστων υπερβάσεων, τόσο για την Π.Ε. Φθιώτιδας, όσο και για την Π.Ε. Μαγνησίας αντίστοιχα. Στους πίνακες που ακολουθούν (Εικόνες 41 και 42), φαίνεται αρχικά η παράμετρος που παρουσιάζει υπέρβαση σε σχέση με την αντίστοιχη παραμετρική τιμή, καθώς και η μέγιστη τιμή υπέρβασης της παραμέτρου.

Τιμές μέγιστων υπερβάσεων Π.Ε. Μαγνησίας			
Έτος	Παράμετρος με υπέρβαση	Μέγιστη τιμή	Παραμετρική τιμή
2019	Αρσενικό	17 µg/l	10 µg/l
2020	Νιτρικά	63 mg/l	50 mg/l
	Μόλυβδος	30 µg/l	10 µg/l
	Αρσενικό	14 µg/l	10 µg/l
	Μαγγάνιο	55 µg/l	50 µg/l
	Σίδηρος	960 µg/l	200 µg/l
	Υδράργυρος	9,4 µg/l	1 µg/l

Εικόνα 41: Πίνακας μεγίστων υπερβάσεων για Π.Ε. Μαγνησίας.

Τιμές μέγιστων υπερβάσεων Π.Ε. Φθιώτιδας			
Έτος	Παράμετρος με υπέρβαση	Μέγιστη τιμή	Παραμετρική τιμή
2019	Χλωριούχα	454 µg/l	250 µg/l
	Νιτρικά	65 mg/l	50 mg/l
2020	Χλωριούχα	786 µg/l	250 µg/l
	Νιτρικά	64 mg/l	50 mg/l

Εικόνα 42: Πίνακας μεγίστων υπερβάσεων για Π.Ε. Φθιώτιδας.

Τέλος, ακολουθεί ένας πίνακας (Εικόνα 43), όπου παρουσιάζεται ο μέσος όρος των τιμών για τις χημικές παραμέτρους που μελετήθηκαν στις διάφορες περιοχές των Π.Ε. Μαγνησίας και Φθιώτιδας.

Χημικές Παράμετροι	Μ.Ο. τιμών για Π.Ε. Μαγνησίας		Μ.Ο. τιμών για Π.Ε. Φθιώτιδας	
	2019	2020	2019	2020
pH	7,8	7,09	7,46	7,5
Αγωγιμότητα	240,5	668	627,68	645,09
Σκληρότητα	136,66	-	338,2	349,13
Αλκαλικότητα	14,2	-	372,11	362,2
Χλωριούχα	13,05	42,46	25,96	35,8
Ασβέστιο	-	-	100,6	102,84
Μαγνήσιο	-	-	-	20,5
Κυανούχα	LOQ	-	-	LOQ
Νιτρώδη	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
Νιτρικά	1,76	31,23	7,56	9,35
Αμμωνία	0	LOQ	LOQ	LOQ
Εξασθενές Χρώμιο	0	-	3,57	1,44
Θειικά	4	17,77	16,9	12,53
Φθοριούχα	-	-	0,42	0,23
Βόριο	-	-	0,09	0,12

Φωσφορικά	-	-	0,8	0,52
Μόλυβδος	3,68	3,16	-	2,1
Αρσενικό	4,04	2,56	-	LOQ
Μαγγάνιο	LOQ	20,84	-	LOQ
Χρώμιο	LOQ	2,72	0,48	1,96
Κάδμιο	0,33	-	-	1,75
Νικέλιο	0,17	-	-	LOQ
Αργίλιο	6,24	-	-	4,1
Σίδηρος	LOQ	127,22	-	LOQ
Χαλκός	LOQ	-	-	LOQ
Κάλιο	-	-	-	1,1
Νάτριο	-	-	-	15
Υδράργυρος	0,43	1,35	-	LOQ

**Εικόνα 43:** Πίνακας μέσου όρου όλων των τιμών των παραμέτρων που μελετήθηκαν.

(-) Δεν υπήρχαν δείγματα για την συγκεκριμένη παράμετρο

LOQ: όριο ποσοτικοποίησης μεθόδου (LOQ CN=10μg/l, LOQ NO<sub>2</sub>=0,05mg/l, LOQ NH<sub>4</sub>=0,15mg/l, LOQ Cr<sup>+6</sup>=5μg/l, LOQ Fe=60μg/l, LOQ Cr=0,60μg/l, LOQ Cu=45μg/l, LOQ Hg=0,500μg/l)

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>****«ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ»**

Τα αποτελέσματα έδειξαν, ότι το πόσιμο νερό των Περιφερειακών Ενοτήτων Μαγνησίας και Φθιώτιδας παρουσιάζει αποκλίσεις από την νομοθεσία της Κοινής Υπουργικής Απόφασης 67322/2017 σχετικά με την «ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης». Για το λόγο αυτό, καθίσταται απαραίτητο οι αρμόδιες αρχές να προβούν στη λήψη αποτελεσματικών μέτρων και συχνότερων ελέγχων. Παράλληλα, είναι αναγκαία η ενημέρωση στις αγροτικές περιοχές για την ορθολογική χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων.

Σημαντικό είναι να τονιστεί, πως παρατηρήθηκαν διαφορετικές υπερβάσεις στις τιμές των παραμέτρων των δειγμάτων που μελετήθηκαν ανάλογα με την περιοχή.

Αναγκαίοι είναι, λοιπόν, οι ενδεδειγμένοι έλεγχοι από τους αρμόδιους, προκειμένου να βελτιώνεται όλο και περισσότερο η ποιότητα του νερού που καταναλώνεται από τον ανθρώπινο οργανισμό.

Τέλος, συνίσταται επιτακτική η ανάλυση και άλλων παραμέτρων που ορίζει το νομοθετικό πλαίσιο, με σκοπό τον εντοπισμό επιπλέον πιθανών υπερβάσεων των παραμετρικών τιμών και άμεση αντιμετώπιση των προβλημάτων που πιθανώς εκείνες επιφέρουν στην υγεία του ανθρώπου.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ****ΕΛΛΗΝΙΚΗ:**

1. Νταρακάς Ε. Ν. (2009), *Βασικές παράμετροι ελέγχου ποιότητας νερού και λυμάτων*, Θεσσαλονίκη
2. Ζίφα Α., Μαμούρης Ζ., Μούτου Α. (2011), *Βιολογία*, Βόλος
3. Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας (1986), *ΚΥΑ /1986*, τεύχος 2<sup>ο</sup>, αρ. Φύλλου 53
4. Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας (2001), *ΚΥΑ 2600/2001*, τεύχος 2<sup>ο</sup>, αρ. Φύλλου 892
5. Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας (2017), *ΚΥΑ 67322/2017*, τεύχος 2<sup>ο</sup>, αρ. Φύλλου 3282
6. Περιβαλλοντικός Οδηγός Φθιώτιδας (1997-1998), 2<sup>ο</sup> Λύκειο Λαμίας, τάξη Α2
7. Πάπυρος Λαρούς Μπριτάνικα (1994), τόμος 59, σελ. 254
8. Ηλεκτροχημικές Τεχνικές Ανάλυσης, Αναλυτική Χημεία, Τμήμα Βιοχημείας & Βιοτεχνολογίας Π.Θ.
9. ΕΛΚΕΠΑ, 1989
10. Caret, Denniston, Topping (2000), *Αρχές & Εφαρμογές της Ανοργάνου, Οργανικής & Βιολογικής Χημείας*, τεύχος 1<sup>ο</sup>
11. Gammon E. (2014), *Σύγχρονη Γενική Χημεία*, Πάτρα
12. Κουμπάρης Μ., *Αναλυτική Χημεία II*, κεφάλαιο 6
13. Κακαβάς Ν. (1986), *Υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης απορροής του Σπερχειού ποταμού*, ΙΓΜΕ, σελ. 348
14. Μιγκίρος Γ., Τριανταφύλλης Μ. (1988), *Γεωλογικός Χάρτης Φύλλο Αργαλαστή*, ΙΓΜΕ.
15. Εργαστηριακές Ασκήσεις (2013), *Βιοτεχνολογία & Περιβάλλον*, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Αθήνα

**ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ:**

16. <https://el.wikipedia.org/>
17. <http://ga.water.usgs.gov/>
18. <http://charkopl.blogspot.com/>
19. <https://apolloniannutrition.gr/>
20. <http://5a.arch.ntua.gr/>
21. <http://www.simeia-elegxou.com>
22. <http://1dim-artem.mag.sch.gr/>
23. <http://volos.eedsa.gr/>
24. <http://www.statistics.gr/>
25. <http://www.oiti.gr>
26. <https://www.pna.gr/>
27. <http://www.schooldoctor.gr/>
28. <http://www.chemistry.uoc.gr/>
29. <http://www.pedstereas.gr./>
30. <https://www.labx.com/>