



*«Διαχείριση υδατικών πόρων στην Ίο»*



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

*Μπουλούμπαση Μαρία*

Επιβλέπων  
Καθηγητής Γιώργος Σταυρουλάκης

**ΧΑΝΙΑ 2015**



***«Διαχείριση υδατικών πόρων στην Ίο»***

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

***Μπουλούμπαση Μαρία***

**Επιβλέπων :** Καθηγητής Σταυρουλάκης Γιώργος

**Επιτροπή Αξιολόγησης :** Αναπλ Καθηγήτρια Κατσίβελα Ελευθερία  
Επίκουρος Καθηγητής Μαραβελάκης Εμ.

**Ημερομηνία παρουσίασης**

**Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας : 62**

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα καταρχήν να ευχαριστήσω τους γονείς μου Δημήτρη και Μαρούσα Μπουλούμπαση για την πολύτιμη στήριξη τους καθ' όλη τη διάρκεια της εν λόγω μελέτης. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέπων καθηγητή κ. Σταυρουλάκη Γεώργιο για τη συμπαράσταση και τις εποικοδομητικές του παρατηρήσεις στη διαδικασία δημιουργίας της παρούσας πτυχιακής εργασίας, καθώς και για την ευκαιρία που μου έδωσε να εκπονήσω αυτή την πτυχιακή στο εργαστήριο Υδατικών & Εδαφικών Πόρων.

Η πτυχιακή αυτή εργασία δε θα μπορούσε να ολοκληρωθεί χωρίς τη συνεισφορά των συμφοιτητριών μου Χατζηβασίλη Φωτεινή και Μανωλάκη Γεωργία στο εργαστηριακό μέρος της εν λόγω εργασίας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω το Δήμο Ιητών για τις πληροφορίες που μου παρείχε καθώς και τον κ. Ρόκκο Γεώργιο για τη βοήθεια του στο κομμάτι των δειγματοληψιών.

## Πίνακας περιεχομένων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
Η Ήτος και ο Όμηρος .....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ .....	7
1.1 Η ιστορική σημασία του νερού στην κοινωνική και οικονομική εξέλιξη.....	7
1.2 Διαχείριση υδατικών πόρων .....	9
1.3 Η κατάσταση του νερού παγκοσμίως.....	12
1.4 Η κατάσταση του νερού στην Ελλάδα .....	13
1.5 Το ελλειμματικό ισοζύγιο των Κυκλάδων .....	13
1.6 Μέτρα και μέθοδοι αντιμετώπισης της λειψυδρίας των Κυκλάδων .....	14
1.6.1 Οι γεωτρήσεις και τα υπόγεια ύδατα.....	14
1.6.2 Η μεταφορά νερού μέσω των υδροφόρων.....	14
1.6.3 Η μέθοδος αποθήκευσης υδάτων μέσω της κατασκευής φραγμάτων και λιμνοδεξαμενών.....	15
1.6.4 Η μέθοδος της αφαλάτωσης.....	15
1.6.5 Η μέθοδος της επαναχρησιμοποίησης του νερού από τα υγρά απόβλητα .....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 -ΤΟ ΝΕΡΟ .....	17
2.1 Γενικά .....	17
2.2 Σύσταση.....	17
2.3 Δομή του μορίου.....	17
2.4 Φυσικές ιδιότητες .....	18
2.5 Χημικές ιδιότητες .....	18
2.6 Βαρύ και υπερβαρύ ύδωρ .....	19
2.7 Φυσικό νερό.....	19
2.8 Άλατα στο νερό και αποσκλήρυνση.....	19
2.9 Βιολογικός ρόλος.....	20
2.10 Ιαματικές πηγές .....	20
2.11 Πόσιμο νερό .....	21
2.12 Έλεγχος του πόσιμου νερού .....	21
2.13 Γλυκό νερό .....	21
2.14 Το πρόβλημα της λειψυδρίας .....	21
2.15 Ρύπανση νερού .....	22
2.16 Μόλυνση νερού .....	22
2.17 Άμεση ρύπανση .....	22
2.18 Έμμεση ρύπανση .....	22
2.19 Πηγές ρύπανσης νερού .....	23
2.20 Οι δρόμοι της ρύπανσης .....	23
2.21 Ρύπανση υπόγειων νερών.....	23
2.22 Υφαλμύριση υπόγειων νερών.....	24
2.23 Ρύπανση πόσιμου νερού .....	24
2.24 Πηγές και Διαδικασίες Ρύπανσης Υπόγειων Νερών.....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3- ΠΗΓΕΣ- ΛΙΜΝΟΔΕΞΑΜΕΝΕΣ-ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ .....	26
3.1 Πηγές .....	26
3.2 Λιμνοδεξαμενές.....	27
3.3 Γεωτρήσεις .....	28
3.3.1 Γενικές αρχές γεωτρήσεων.....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ .....	30
4.1 Γενικά .....	30
4.2 Νομοθεσία .....	30
4.3 Παράμετροι και παραμετρικές τιμές .....	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5-ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΙΟΥ .....	37
5.1 Γεωγραφική Θέση και Διοικητική Υπαγωγή .....	37

5.2 Γενική Περιγραφή της Νήσου Ίου.....	37
5.3 Μορφολογία.....	37
5.4 Στρωματογραφία.....	38
5.5 Τεκτονική.....	38
5.5 Υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά.....	38
5.6 Σημεία δειγματοληψιών.....	39
5.7 Υλικά και μέθοδοι ανάλυσης.....	43
5.7.1 Δειγματοληψία και συντήρηση δειγμάτων.....	43
5.7.2 Φυσικά χαρακτηριστικά.....	45
5.7.3 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.....	51
5.7.4 Ανόργανα συστατικά.....	52
5.7.5 Εισαγωγή στη μικροβιολογία.....	58
5.7.6 Προσδιορισμός Καλίου, Νατρίου και Ασβεστίου (Φλογοφωτομετρική μέθοδος).....	62
5.8 Αποτελέσματα Συζήτηση.....	64
5.8.1 Γεώτρηση Ευλογητού.....	64
5.8.2 Γεώτρηση Επάνω Κάμπος.....	67
5.8.3 Γεώτρηση Κρητικού.....	70
5.8.4 Φυσική Πηγή Δέσης.....	73
5.8.5 Λιμνοδεξαμενή.....	76
5.8.6 Γεώτρηση Μυλοπότα.....	79
5.8.7 Συγκριτικές γραφικές παραστάσεις όλων των παραμέτρων σε κάθε σημείο δειγματοληψίας, καθ' όλη την περίοδο της δειγματοληψίας.....	82
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	85
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	87

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η χώρα μας διαθέτει, συνολικά επαρκείς επιφανειακούς και υπόγειους υδατικούς πόρους, αλλά διάφοροι λόγοι μειώνουν σημαντικά την πραγματικά διαθέσιμη ποσότητα και δυσκολεύουν την αξιοποίησή τους.

Οι κυριότεροι φυσικοί λόγοι που προκαλούν προβλήματα στην αξιοποίηση των υδατικών πόρων της χώρας είναι: α) η ανομοιόμορφη κατανομή των υδατικών πόρων στο χώρο και στο χρόνο, β) η ανομοιόμορφη κατανομή της ζήτησης στο χώρο και στο χρόνο, αναντίστοιχη με την κατανομή της προσφοράς, γ) η γεωμορφολογία της χώρας, δ) το μεγάλο ανάπτυγμα ακτών, ε) τα πολλά άνυδρα ή με ελάχιστους υδατικούς πόρους νησιά της χώρας.

Στενή σχέση με τη διαθέσιμη ποσότητα του νερού έχει βέβαια και η ποιότητα, η οποία είναι το αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης φυσικών συνθηκών και ανθρωπίνων δραστηριοτήτων.

Στην παρούσα εργασία γίνεται μια προσπάθεια προσέγγισης της διαχείρισης των Υδατικών Πόρων και κατά συνέπεια της ποιότητας νερού στην Ίο.

Η έρευνα διεξήχθη τις ημερομηνίες 18/7 και 22/8/2011, 14/4, 15/7 και 2/9/2012 σε τέσσερις γεωτρήσεις (γεώτρηση Ευλογητού, γεώτρηση Επάνω Κάμπου, γεώτρηση Κρητικού, γεώτρηση Μυλοπότα), μια φυσική πηγή (φυσική πηγή Δέσης) και στη λιμνοδεξαμενή του νησιού.

Οι εργαστηριακές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας Υδατικών και Εδαφικών Πόρων – ΤΕΙ Κρήτης και περιελάμβαναν τον έλεγχο φυσικοχημικών και μικροβιολογικών παραμέτρων των υδάτινων δειγμάτων, που συλλέχθηκαν για την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

## **MANAGEMENT OF WATER RESOURCES IN IOS**

Our country has adequate surface water and groundwater resources, but there are several reasons that significantly reduce the actual available quantity and hinder their utilization.

The main physical reasons that cause problems related to the use of water resources of the country are the following: a) the uneven distribution of water resources in space and time, b) the uneven distribution of demand in space and time, correspondence with the distribution of supply, c) the geomorphology of the country, d) the large growth of the sea coast e) a big number of arid or with few water resources Greek islands.

Water-quality is related to the available amount of water and is the result of interaction of natural conditions and human activities.

In this paper, there is an approach to the management of Water Resources and consequently to the water quality of Ios Island.

The research was conducted on the 18th of July 2011, 22nd of August 2011, 14th of April 2012 , 15th of July 2012 and 2nd of September 2012 in four boreholes (Eulogitos, Epano Kampos, Kritikos , Mylopotas) one natural spring ( Desis natural spring ) and at the water-reservoir of the island.

Laboratory analyzes were performed in the Laboratory of Water and Soil Resources Quality Control - Technological Educational Institute of Crete and included the physicochemical and microbiological parameters control of water samples, that they were collected for the completion of this paper.

## Η Ίος και ο Όμηρος

«Όλβιε και δύσδαιμον – έφυς γαρ επ' αμφοτέροισι/  
πατρίδα δίζηαι. Μητρίς δε τοι, ου πατρίς έστιν/  
Έστιν Ίος νήσος μητρός πατρίς, ή σε θανόντα /  
δέξεται. Αλλά νέων παιδων αίνιγμα φύλαξαι»

Τον παραπάνω χρησμό γράφει ο Πausανίας ότι διάβασε σε μία χάλκινη στήλη με την προτομή του Ομήρου, στον πρόναο του ναού του Απόλλωνος στους Δελφούς. Στη συνέχεια, προσθέτει ότι οι κάτοικοι της Ίου δείχνουν σε ένα σημείο του νησιού τον τάφο του Ομήρου και σε άλλο μέρος της μητέρας του Κλυμένης, που καταγόταν, κατά το χρησμό, από την Ίο. Σε άλλη παράδοση, λέγεται ότι η μητέρα του Ομήρου ήταν η νύμφη Κρηθής, από την Κύμη της Αιολίδος.

Ο τελευταίος στίχος του χρησμού «Φυλάξου από το αίνιγμα νέων παιδιών», έγινε αιτία να δημιουργηθεί ο θρύλος, ότι αιτία του θανάτου του μεγάλου ποιητή ήταν η στενοχώρια του επειδή δεν μπόρεσε να λύσει ένα αίνιγμα που του έβαλαν νεαροί ψαράδες του νησιού.

Σύμφωνα με τα «Περί Ομήρου και Ησιόδου αγώνα», ο ποιητής, ενώ βρισκόταν στην Ίο, «επί πέτρας καθεζόμενος εθεάσατο αλιείς προσπλέοντας». Τους ρώτησε αν έπιασαν ψάρια και εκείνοι του απάντησαν: «Ό,τι επιάσαμε το αφήσαμε εκεί και ό,τι δεν επιάσαμε το έχουμε μαζί μας». Βλέποντας ότι δεν μπορούσε να ερμηνεύσει το αίνιγμα, του εξήγησαν ότι δεν έπιασαν ψάρια, αλλά μετά το ψάρεμα έκατσαν να ξεχειριστούν και όσες ψείρες έπιασαν τις πέταξαν εκεί, όσες δεν έπιασαν τις έχουν επάνω τους. Ο Όμηρος τότε θυμήθηκε το χρησμό και φοβήθηκε ότι πλησιάζει το τέλος του. Και καθώς σηκώθηκε να φύγει, γλίστρησε, έπεσε και πέθανε μετά από τρεις μέρες.

Και άλλοι γεωγράφοι και συγγραφείς, προ του Πausανία, αναφέρονται στην ταφή του Ομήρου στην Ίο, όπως ο Σκύλαξ, ο Στράβων, ο Πλίνιος. Ο δε Ρωμαίος συγγραφέας Aulus Gellius, το 2<sup>ο</sup> μ.Χ. αιώνα, στο «Noctus Atticae», ένα είδος εγκυκλοπαιδικού λεξικού της εποχής, ισχυρίζεται ότι ο Αριστοτέλης είχε γράψει πως ο Όμηρος γεννήθηκε στην Ίο. Σε ένα άλλο κείμενο που αποδιδόταν στον Ηρόδοτο, αναφέρεται ότι ταξιδεύοντας ο Όμηρος από τη Σάμο στην Αθήνα, έπεσε σε κακοκαιρία που έσπρωξε το πλοίο του νότια, στις ακτές της Ίου. Εκεί αρρώστησε και πέθανε. Οι συνταξιδιώτες του και οι κάτοικοι του νησιού, αφού τον έθαψαν με τιμές κοντά στην ακτή, έγραψαν επί του τάφου την εξής επιγραφή:

«ΕΝΘΑΔΕ ΤΗΝ ΙΕΡΑΝ ΚΕΦΑΛΗΝ ΚΑΤΑ ΓΑΙΑΝ ΚΑΛΥΠΤΕΙ ΑΝΔΡΩΝ ΗΡΩΩΝ  
ΚΟΣΜΗΤΟΡΑ ΘΕΙΟΝ ΟΜΗΡΟΝ»

Την επιγραφή αυτή είπε ότι βρήκε σε ανασκαφές που έκανε στο σημείο που του έδειξαν οι ντόπιοι, ο Ολλανδός αξιωματικός του ρώσικου στόλου, Κόμης Pash van Krienen, που ήλθε την εποχή των Ορλωφικών με ρώσικα πλοία για αρχαιολογικές έρευνες στις Κυκλάδες (1771).

Αξίζει, στο σημείο αυτό, να μνημονευτεί η αναφορά που έκαναν οι προύχοντες του νησιού που τον συνόδευσαν και που βρίσκεται σήμερα στο Αρχείο της Καθολικής Αρχιεπισκοπής Νάξου. «Εμείς οι Σύντικοι και Προύχοντες της αυτοκρατορικής Καντσελαρίας της νήσου Ίου. Με την παρούσα μας λέμε και πιστοποιούμε ότι ήλθεν εδώ σε αυτό το νησί ο Εκλαμπρότατος κύριος Ερρίκος Λεονάρδος, Κόμης του Πας και Βαρόνος της Κρίενε, Αξιωματικός και εθελοντής στην υπηρεσία της Α. Μεγαλειότητας της Αυτοκράτειρας πασών των Ρωσιών και σεβαστής ημών Βασιλίσσης, δια να εύρη τον τάφο του παλαιού και πρώτου ποιητή, του Ομήρου, ο οποίος κατά τη γνώμη του Πλουτάρχου και άλλων συγγραφέων, λέγεται ότι απέθανε εις αυτό το νησί μας. Μα δεν μπορέσαμε να καταλάβουμε τι απάντηση του είχαν δώσει μερικοί ψαράδες εις τα ερωτήματά του. Εκείνο όμως, που γνωρίζομε είναι ότι κατά τον γρεολεβάντε του νησιού μας και στην τοποθεσία που



λεγόταν «Πλακωτό», υπάρχουν ερείπια ενός παλαιού πύργου από τον καιρό των Αρχαίων Ελλήνων και που ονομάζεται μέχρι σήμερα «Ψαρόπυργος» και λένε ότι εκεί απέθανε και θάφτηκε ο πρώτος ποιητής ο Όμηρος. Εξάλλου ξέρουμε ότι πάει τώρα κάμποσος καιρός, ήλθεν εδώ ένας Πατέρας Ιησουίτης δια να βρη τον ίδιο τάφο, αλλά ο χωρικός που έπρεπε να τον οδηγήσει καθώς μας εκμυστηρεύτηκε αργότερα ο ίδιος προσβλήθηκε από του να βλέπει τον Πατέρα Ιησουίτη να τρώγει μόνος του, δίχως να του προσφέρει τίποτα και δι' αυτό δεν του έδειξε τη θέση. Ο άνω λεγόμενος λοιπόν Εκλαμπρότατος κύριος Κόμης, επήγε με τον πρώτο Σύντικο ονομαζόμενον Σπυρίδωνα Βαλέτα, και με τον ίδιο εκείνο χωρικό δια να του δείξει την τοποθεσία και με άλλους έξι ή επτά ανθρώπους δια το σκάψιμο...» Ο Σπυρίδωνας Βαλέτας είναι παππούς του γνωστού Φιλικού, λογίου και υπουργού Παιδείας επί Όθωνος. Το σημαντικό με αυτή την αναφορά είναι ότι ενώ ο Κόμης ισχυρίζεται ότι βρήκε παρόμοια επιγραφή με αυτή του Ηροδότου, την ερμηνεύει μάλιστα με κάθε λεπτομέρεια στο βιβλίο που έγραψε το 1773, οι ντόπιοι που τον συνόδευσαν, αν και περιγράφουν όλα τα ευρήματα, δεν αναφέρουν τίποτα σχετικό. Το μόνο που γράφουν είναι ότι ο ένας από τους τρεις τάφους που βρήκαν θα πρέπει να ανήκει στον Όμηρο. Ίσως ο Ολλανδός αξιωματικός, βασιζόμενος στην τοπική παράδοση, να έκανε μια φανταστική ανακοίνωση επιζητώντας τη δόξα και την εύνοια της Αυτοκράτειρας για μια τέτοια σημαντική ανακάλυψη.

Το νέο για την εύρεση του τάφου του Ομήρου δημιούργησε πράγματι μεγάλη αίσθηση στην Ευρώπη. Η εφημερίδα Gazette de France σε δύο ανταποκρίσεις της από τη Νάξο, στις 13 και 27 Απριλίου 1772, γράφει μεταξύ άλλων: «αυτός ο τάφος που τόσο ταξιδιώτες εις μάτην έψαξαν στο νησί της Ίου, ανακαλύφθηκε επιτέλους από τον Κόμητα Grunn, Ολλανδό, στην υπηρεσία της Ρωσίας. Είναι μια σαρκοφάγος ύψους 14 ποδών, μήκους 7 και φάρδους 4 ποδών και αποτελείται από έξι πλάκες επάνω στις οποίες είναι χαραγμένη μια ελληνική επιγραφή, η ίδια που αναφέρεται από τον Ηρόδοτο... Ο σκελετός του πιο διάσημου ποιητή της αρχαιότητας ήταν καθισμένος, αλλά διαλύθηκε μόλις μπήκε αέρας στον τάφο. Δίπλα ήταν τα σύνεργα του ποιητή, ένα μικρό βάζο από μάρμαρο, μια τριγωνική πέτρα που του χρησίμευε για πέννα και μια λεπίδα από πέτρα για να ξύνει την πέννα...».

Το άρθρο καταλήγει ότι αποδεικνύεται έτσι ότι η γραφή στην Ελλάδα ήταν ήδη γνωστή από την εποχή του Ομήρου. Εκτός από τον Κόμη, πολλοί άλλοι ξένοι περιηγητές σημειώνουν την ύπαρξη του τάφου του ποιητή στην Ίο, όπως ο Ιησουίτης ιεραπόστολος Richard (1657), ο Tournefort (1717), ο Choiseul Gouffier (1782), ο Sonmini (1801).

Η στενή σχέση Ίου και Ομήρου φαίνεται και από τη νομισματοκοπία της. Ήδη από τα τέλη του 4ου π.Χ. μέχρι τον 1ο π.Χ. αιώνα, σαν εμπροσθότυπο, τα αυτόνομα νομίσματα του νησιού έχουν την κεφαλή του ποιητή με την επιγραφή ΟΜΗΡΟΥ. Αργότερα, το 2ο π.Χ. αιώνα, έχουμε απεικόνιση του Ομήρου σε νόμισμα της Σμύρνης και στους ρωμαϊκούς χρόνους, της Χίου, της Κύμης Αιολίδος, της Νίκαιας και της Άμαστρης. Επίσης, μεγάλο ενδιαφέρον έχει μια μαρμάρινη πλάκα του 3<sup>ου</sup> περίπου μ.Χ. αιώνα, από την περιοχή της Αγίας Θεοδότης, στο νησί της Ίου, με την επιγραφή: «ΘΥΣΕΙΣ ΜΗΝΟΣ ΟΜΗΡΕΩΝΟΣ», που μας δείχνει ότι μέχρι εκείνη την εποχή γίνονταν τελετές στην Ίο προς τιμήν του Ομήρου και μάλιστα σε μήνα αφιερωμένο στον ίδιο. Η πλάκα με την επιγραφή αυτή βρίσκεται σήμερα στο Αρχαιολογικό Μουσείο της Ίου.

Σήμερα, η πρόσβαση στον τάφο του ποιητή, στον Πλακωτό, στο σημείο όπου έγιναν οι πρώτες (και μοναδικές) ανασκαφές το 1771, είναι ένας πολύ ωραίος περίπατος. Ένας φαρδύς δρόμος τον συνδέει με τη Χώρα σε διάστημα λιγότερο από μισή ώρα. Αν και οι σύγχρονες επεμβάσεις με τσιμέντο και μάρμαρο έχουν αλλοιώσει το μνημείο, ο επισκέπτης αποζημιώνεται από την καταπληκτική θέα προς τα γειτονικά νησιά Νάξο, Ηράκλεια και Αμοργό και το γαλάζιο Αιγαίο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

### **1.1 Η ιστορική σημασία του νερού στην κοινωνική και οικονομική εξέλιξη**

Η πρώτη και μεγαλύτερη πρόκληση που αντιμετώπισε ο άνθρωπος από τη στιγμή που πρωτοεμφανίστηκε στη γη, εδώ και δυο εκατομμύρια χρόνια, με βάση τα μέχρι τώρα γνωστά στοιχεία, ήταν η κατανομή του φυσικού περιβάλλοντος και ιδιαίτερα η αναζήτηση των αιτιών και των δυνάμεων που προκαλούν ή συντηρούν τα διάφορα φυσικά φαινόμενα. Κυρίαρχο ρόλο στην αναζήτηση αυτή είχε και έχει ακόμη το νερό. Οι διαδρομές του νερού, από την ατμόσφαιρα στη γη και από εκεί στα ποτάμια, τις λίμνες και το έδαφος, τον απασχόλησαν όχι μόνο από την αισθητική πλευρά των φαινομένων που γεννούν συναισθήματα, αλλά και για καθαρά πρακτικούς λόγους επιβίωσης, ανάπτυξης και προστασίας από τις καταστρεπτικές επιπτώσεις ακραίων γεγονότων όπως είναι η ξηρασία και οι πλημμύρες. Το νερό αποτέλεσε κατά κύριο λόγο την αιτία για τη δημιουργία της κοινωνίας και επομένως και για την ανάπτυξη των πρώτων πολιτισμών πάνω στη γη, δηλαδή των κοιτίδων του πολιτισμού. Η ανάγκη διαχείρισης του νερού ήταν αυτή που οδήγησε τον προϊστορικό άνθρωπο στη δημιουργία των πρώτων κοινοτήτων και όχι οι φιλοσοφικές θεωρίες, ιδέες και αρχές [1].

Το λιώσιμο των πάγων της τελευταίας εποχής των παγετώνων της γης (60.000-10.000 π.Χ.) και τους κατακλυσμούς που ακολούθησαν διαδέχτηκε μια εποχή ξηρασίας των τότε σαβάνων (10.000-6.000 π.Χ.). Η κατάσταση αυτή ανάγκασε τον προϊστορικό άνθρωπο να αποσυρθεί σε περιοχές όπου υπήρχαν μεγάλα αποθέματα νερού και τέτοιες περιοχές ήταν τότε οι κοιλάδες των ποταμών Νείλου, Τίγρη, Ευφράτη, Ινδού και Κίτρινου ποταμού. Έτσι, ο νομάς προϊστορικός άνθρωπος, που ζούσε μέχρι τότε ως συλλέκτης, κυνηγός και βοσκός, αναγκάστηκε να γίνει μόνιμα εγκατεστημένος γεωργός. Με τη μόνιμη εγκατάσταση του μεσολιθικού ανθρώπου άρχισε και η νεολιθική εποχή σε αυτές τις περιοχές (6.000-5.000 π.Χ.), δηλαδή εκείνη η εποχή η οποία χαρακτηρίστηκε από το Γερμανό ανθρωπολόγο και φιλόσοφο Herbert Kuhn ως η μεγαλύτερη επανάσταση της ανθρωπότητας. Μέχρι τότε δυσδιάστατα σκεπτόμενος κυνηγός και βοσκός, αρχίζει σταδιακά να μεταβάλλεται στον τρισδιάστατα σκεπτόμενο δημιουργό [1].

Η συνεχώς αυξανόμενη ξηρασία και η μόνιμη εγκατάσταση των ανθρώπων σε περιοχές κάτω από δύσκολες τοπογραφικές, κλιματολογικές και υδρολογικές συνθήκες είχε ως προϋπόθεση τη συγκέντρωσή τους σε ομάδες εργασίας και κοινότητες, όπου με προγραμματισμένες ενέργειες θα αντιμετωπίζονταν όχι μόνο οι ανάγκες ύδρευσης του πληθυσμού και άρδευσης των γεωργικών εκτάσεων αλλά και οι κίνδυνοι που διέτρεχαν οι άνθρωποι αυτοί από τις καταστροφικές πλημμύρες των μεγάλων αυτών ποταμών και από τη θάλασσα. Με ομαδική εργασία άρχισαν να κατασκευάζουν προχώματα για την προστασία από τις πλημμύρες, φράγματα για την αποθήκευση του νερού προς ύδρευση και άρδευση σε περιόδους ξηρασίας, υπόγειους υδαταγωγούς κ.α. Τελικά, η ανάγκη διαχείρισης των υδατικών πόρων και ελέγχου των εκτεταμένων υδραυλικών εγκαταστάσεων, οδήγησε τους ανθρώπους εκείνους στη δημιουργία των πρώτων συνεταιρισμών και κοινοτήτων. Τέτοιου είδους κοινότητες ήταν οι πρώτες πόλεις-χώρες των Σουμερίων (4.000-3.000 π.Χ.). Στην Αίγυπτο της εποχής των Φαραώ (2.000 π.Χ.) κατασκευάστηκε, με φράγμα στο Νείλο, η τεχνητή λίμνη Μέριδα, επιφάνειας περίπου 700 km<sup>2</sup>. Οι μεγάλες ποσότητες νερού που αποθηκεύονταν εκεί αρκούσαν για την άρδευση της περιοχής του Δέλτα του Νείλου για όλο το χρόνο. Ο μυθικός πλούτος της Αιγύπτου της εποχής αυτής οφειλόταν κυρίως στην ορθολογική διαχείριση των νερών του Νείλου [1].

Έντονες περιόδους ξηρασίας και φαινόμενα λειψυδρίας παρατηρούνται και στη χώρα μας από την αρχαιότητα. Πράγματι, στη Μινωική Κρήτη (2.000 π.Χ.), υπάρχει το πρώτο οργανωμένο σύστημα ύδρευσης. Οι συνθήκες υδροδότησης των παλατιών και των άλλων εγκαταστάσεων διαφοροποιούνταν όχι μόνο ανάλογα με τις χρονικές περιόδους αλλά και ανάλογα με τις υδρολογικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Έτσι, η διαχείριση του νερού στις αρχαίες πόλεις καθόριζε και τον τρόπο κατοίκησης τους. Για αυτό και είχαν ποικίλους

τρόπους ελέγχου και χρήσης τους. Βρέθηκε πηλινός αγωγός στα ανάκτορα της Κνωσού διαμέσου του οποίου ερχόταν το νερό, όπως και στις Μυκήνες [1].

Επίσης, κατά την αρχαιότητα, η ύδρευση των κατοίκων αποτελούσε μια από τις πιο σοβαρές υποθέσεις της πολιτείας και οι εγκαταστάσεις ύδρευσης και αποχέτευσης ξεχωρίζουν ακόμη και σήμερα για την τελειότητά τους. Το νερό, πηγή και σύμβολο ζωής, έγινε αντικείμενο λατρείας και ένα από τα βασικότερα στοιχεία των κοσμολογικών αντιλήψεων όλων των πρωτόγονων λαών. Το νερό, σύμβολο μια ατέρμονης δυναμικής από την οποία γεννιούνται τα πάντα και στην οποία τα πάντα επιστρέφουν, στους μύθους και στις μαχικές τελετουργίες της πρωτόγονης κοσμολογίας, έχει την ίδια σημασία, όποιες και αν είναι οι πολιτισμικές δομές, μέσα στις οποίες λειτουργεί. Αστείρευτη πηγή δύναμης και ζωής, καθαρίζει, θεραπεύει, ανανεώνει και διασφαλίζει την αθανασία. Το αρχέτυπό του είναι το 'ζων ύδωρ', που οι μεταγενέστερες διδασκαλίες τοποθετούν στις ουράνιες περιοχές. Είναι τα νερό της ζωής ή 'το αθάνατο νερό' της παγκόσμιας μυθολογίας [1].

Οι πρώτες διατυπώσεις αρχών και κανόνων σχετικών με την επιστήμη του νερού εμφανίζονται κατά την περίοδο των Ιώνων φιλοσόφων, που αρχίζει τον 6<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ. στη Μικρά Ασία. Οι αρχές αυτές οριοθετούν μια προσπάθεια αντίληψης των φαινομένων η οποία στηρίζεται στη αποδοχή ότι η πρόκληση τους οφείλεται σε φυσικά αίτια και όχι σε θεϊκές δυνάμεις. Την περίοδο αυτή κυριαρχεί η φυσιογνωμία του Θαλή του Μιλήσιου, ο οποίος στη γέννηση της 'φυσικής φιλοσοφίας', διατυπώνει τις δυο αρχές: η γη επιπλέει στο νερό και το νερό είναι η αρχική ύλη, η αρχή όλων των πραγμάτων [1].

Η μελέτη των υδατικών πόρων στην αρχαία Ελλάδα προφανώς δεν ήταν δυνατόν να στηριχθεί σε ποσοτικές μετρήσεις. Εντούτοις, η παρατήρηση και μόνο αποδεικνύεται ισχυρό εργαλείο και έτσι, ο Αναξαγόρας (500-428 π.Χ.), ένας από τους τελευταίους Ίωνες φυσιοκράτες φιλοσόφους, αναγνωρίζει τη σημασία των βροχοπτώσεων και της εξάτμισης στην τροφοδοσία με το νερό των ποταμών και των υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων. Εκτιμάται ότι είναι ο πρώτος ο οποίος συνέλαβε την ιδέα του υδρολογικού κύκλου. Σύμφωνα με όσα υποστήριζε, ο άνεμος ανυψώνει το νερό από τη θάλασσα στην ατμόσφαιρα και στη συνέχεια αυτό πέφτει στη γη με τη μορφή της βροχής. Για πρώτη φορά εισάγει την ιδέα ότι η βροχή γεμίζει τις υπόγειες δεξαμενές από τις οποίες πηγάζουν οι ποταμοί. Αλλά και ο πατέρας της ιστορίας, ο Ηρόδοτος (484-425 π.Χ.), στηρίζει πολλά από τα συμπεράσματά του σε παρατηρήσεις που κάνει κατά τη διάρκεια των περιπλανήσεών του, με χαρακτηριστική περίπτωση αυτές για τον ποταμό Νείλο. Αντίθετα, η αδυναμία παρατηρήσεων, ειδικά για φαινόμενα που συμβαίνουν μέσα στο έδαφος, οδηγεί σε λανθασμένες απόψεις. Έτσι, ο Πλάτωνας (429-347 π.Χ.), ενώ αναγνωρίζει με ορθό τρόπο πολλά άλλα υδατικά ζητήματα, απορρίπτεται πολύ γρήγορα από το μαθητή του τον Αριστοτέλη για την άποψή του σχετικά με την προέλευση των νερών των πηγών και των ποταμών και ειδικότερα, την κατάληξή τους σε μία απύθμενη, υπόγεια δεξαμενή, τον Τάρταρο [1].

Αποκορύφωμα της συμβολής των αρχαίων ελλήνων φιλοσόφων στη γνώση για το νερό αποτελεί το σχετικό έργο του Αριστοτέλη (384-322 π.Χ.) και ιδιαίτερα οι αναφορές του στα Μετεωρολογικά όπου μιλάει για τα νερά της Αιδηψού και προσπαθεί να εξηγήσει την προέλευση και τη σύστασή τους. Υδρολογικά θέματα όπως η βροχή, το χιόνι, το χαλάζι, ο ωκεανός αλλά και η προέλευση των πηγών και των ποταμών, αναφέρονται από τον Έλληνα φιλόσοφο με αναλυτικό τρόπο, ενώ ορισμένες αρχές που διατυπώνονται είναι εντυπωσιακές, ιδιαίτερα αυτές που αφορούν την κυκλική μεταφορά του νερού σε γη και αέρα. Αναφέρει χαρακτηριστικά ότι ο γήινος κόσμος, που υπόκειται σε γένεση και φθορά, αποτελείται από τέσσερα βασικά στοιχεία: τη φωτιά, τον αέρα, το νερό και τη γη, από τα οποία την υψηλότερη θέση κατέχει η φωτιά, την πιο χαμηλή η γη, ο αέρας κοντά στη φωτιά και το νερό στη γη [1].

Στους αιώνες που ακολουθούν, εκτός από τα μεγάλα υδραυλικά έργα (π.χ. υδραγωγεία) του ρωμαϊκού πολιτισμού, κανένα ιδιαίτερα σημαντικό επίτευγμα δεν καταγράφεται στην επιστήμη της υδρολογίας. Με εξαίρεση τη φωτεινή παρουσία του Λεονάρντο ντα Βίντσι, το 15<sup>ο</sup> αι., φθάνουμε τελικά στο 17<sup>ο</sup> αι., περίοδο κατά την οποία

γεννιέται η ‘πειραματική φιλοσοφία’ και αρχίζουν να χρησιμοποιούνται ευρέως τα όργανα μέτρησης. Είναι η περίοδος που η υδρολογία βρίσκεται σε άνθηση και αποτελεί πλέον ολοκληρωμένο κλάδο των φυσικών επιστημών και μαζί με τους συναφείς με την επιστήμη του νερού βασικούς επιστημονικούς κλάδους (μετεωρολογία, γεωλογία, φυσική και χημεία), θεμελιώνει τη σύγχρονη πολυκλαδική και διεπιστημονική γνώση στα υδατικά ζητήματα [1].

Στη σημερινή πραγματικότητα η γνώση για το νερό συμπίπτει ουσιαστικά με τη γνώση για τα ευρύτερα ζητήματα του περιβάλλοντος. Κατά συνέπεια για την αντιμετώπιση των σύγχρονων και των μελλοντικών υδατικών και γενικότερα περιβαλλοντικών προβλημάτων, θα πρέπει να εξεταστεί κατ’ αρχήν η μεταξύ τους σχέση. Στη σύγχρονη βιομηχανική εποχή το νερό είναι ένας ουσιώδης παράγοντας για την ανάπτυξη της εθνικής οικονομίας. Η επιπλέον αύξηση της γεωργικής και βιομηχανικής παραγωγής προϋποθέτει την ύπαρξη αρκετής ποσότητας και καλής ποιότητας νερού. Όμως τα τελευταία εκατό χρόνια η βίαιη παρέμβαση του ανθρώπου, τόσο στη δυναμική ισορροπία της ζωής, όσο και σε κάθε μορφή περιβαλλοντικής ισορροπίας, έχει πάρει ανησυχητικές διαστάσεις. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον ‘υδρολογικό κύκλο’ και γενικά συνθέτουν την έννοια ‘περιβάλλον’ βρίσκονται σε μια κατάσταση που δεν έχει προηγούμενο στην ιστορία του πλανήτη μας. Τα μεγάλα σημερινά προβλήματα που συνδέονται με την ανεπάρκεια των πόρων, την υποβάθμιση του περιβάλλοντος και τις φυσικές καταστροφές χαρακτηρίζονται από το γεγονός, ότι σε σημαντικό βαθμό είναι ανθρωπογενούς προέλευσης. Ειδικά για το ζήτημα του νερού, είναι αναπόδεδεικτο πλέον ότι η ανθρώπινη δραστηριότητα έχει καταστεί αναπόσπαστο τμήμα του υδρολογικού κύκλου. Αντίθετα δηλαδή με ότι ίσχυε στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, όπου ο άνθρωπος περιοριζόταν στο ρόλο του χρήστη του νερού, σήμερα έχει ‘κατορθώσει’ να συμμετέχει σε όλες τις φάσεις του κύκλου αυτού. Η αρνητική του επίδραση ξεκινά από τα φαινόμενα στην ατμόσφαιρα (π.χ. φαινόμενο του θερμοκηπίου, ρύπανση του αέρα) και φθάνει σε αντίστοιχα φαινόμενα στη γη (ρύπανση επιφανειακών και υπόγειων νερών, εξάτμιση υδατικών αποθεμάτων) [1].

## 1.2 Διαχείριση υδατικών πόρων

Η διαχείριση των υδατικών πόρων είναι η συντονισμένη δράση ανάμεσα στη φυσική προσφορά του νερού και στη χρήση του σήμερα και στο μέλλον. Στη διαδικασία αυτή συνεκτιμώνται η φυσική και η κοινωνικοοικονομική διάσταση των υδατικών πόρων και εμπεριέχεται η μεθοδολογία εναρμόνισης των αντιθέσεων που εμφανίζονται στην πράξη κατά τη συνεκτίμηση αυτή. Η διαχείριση των υδατικών πόρων έγκειται δηλαδή στη συστηματική παρακολούθηση και πρόβλεψη της διαθεσιμότητας των υδατικών πόρων μιας περιοχής, την κάλυψη των αναγκών της σε νερό και τη λήψη μέτρων για την οικονομικότερη χρήση του νερού τώρα και στο μέλλον. Βασικές λειτουργίες της διαχείρισης των υδατικών πόρων είναι η στρατηγική διαχείριση, η κατασκευή έργων και η λειτουργική διαχείριση [1].

Η διαχείριση του νερού έχει αναδειχθεί σε θέμα πρώτης προτεραιότητας για τον 21<sup>ο</sup> αιώνα. Το νερό αποτελεί βασικό στοιχείο στη ζωή του ανθρώπου, κύριο πόρο ανάπτυξης για πολλές οικονομικές δραστηριότητες, ενώ έχει και πρωταρχικό ρόλο στη φύση και τα φυσικά οικοσυστήματα. Οι αυξανόμενες ανάγκες και οι πολλαπλές απαιτήσεις για τη χρήση του νερού, σε συνδυασμό με τη μείωση των διαθεσίμων, αλλά και η υποβάθμιση των υδατικών πόρων από αλόγιστη χρήση και ρύπανση από τις αρνητικές επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, επιβάλλουν την ανάγκη για ορθολογική χρήση του νερού από τον άνθρωπο. Η ανάγκη αυτή γίνεται επιτακτική στο πλαίσιο μιας γενικότερης επιδίωξης για μια στρατηγική βιώσιμης ανάπτυξης που θα συνδυάζει την ταυτόχρονη επίτευξη των στόχων της οικονομικής ανάπτυξης, της κοινωνικής δικαιοσύνης και της προστασίας του περιβάλλοντος για το παρόν και το μέλλον [1].

Στα μεσογειακά περιβάλλοντα, η ανομοιογενής κατανομή των επιφανειακών απορροών, τόσο χωρικά όσο και χρονικά, απαιτεί την κατασκευή δαπανηρών εγκαταστάσεων

αποθήκευσης ύδατος και επεξεργασίας απόβλητου ύδατος. Στις περισσότερες μεσογειακές χώρες, το κύριο πρόβλημα μπορεί να μην είναι η έλλειψη ύδατος από την άποψη μέσου κατά κεφαλήν, αλλά το υψηλό κόστος του διαθέσιμου νερού στη σωστή θέση, στον κατάλληλο χρόνο και στην απαραίτητη ποιότητα. Σε αυτές τις χώρες, περισσότερο από οπουδήποτε αλλού, απαιτείται μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για τη διαχείριση των υδατικών πόρων συμπεριλαμβανομένης της αποκατάστασης και επαναχρησιμοποίησης του απόβλητου ύδατος, οι οποίες αναμένεται να αυξηθούν αισθητά στη λεκάνη της Μεσογείου κατά τη διάρκεια της επόμενης δεκαετίας και να γίνουν μια σημαντική πτυχή της ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων. Οι κανονισμοί που πρέπει να πληρούνται όσον αφορά την αποκατάσταση και επαναχρησιμοποίηση του απόβλητου ύδατος, είναι ουσιαστικοί και συμβάλουν στην προστασία της δημόσιας υγείας, στην αύξηση της διαθεσιμότητας των υδατικών πόρων, στην αποτροπή της παράκτιας ρύπανσης και στην ενίσχυση των υδατικών πόρων και των πολιτικών διατήρησης του φυσικού περιβάλλοντος [1].

Η επικείμενη έλλειψη πόσιμου νερού σε πολλές περιοχές και μεγαλουπόλεις, αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα ζητήματα φυσικών πόρων αυτού του αιώνα. Η επεξεργασία της αφαλάτωσης, δεδομένης της αφθονίας του θαλασσινού νερού, αποτελεί μια πιθανή λύση στο θέμα της επαρκούς βιώσιμης παροχής πόσιμου νερού. Οι τεχνικές αφαλάτωσης είναι και θα συνεχίσουν να είναι ουσιώδους σημασίας για την αντιμετώπιση των προβλημάτων των σχετιζόμενων με το νερό, παγκοσμίως. Η χρήση του νερού για ύδρευση, για βιομηχανικούς σκοπούς καθώς και για άρδευση καθιστά επιτακτική την ορθολογική διαχείρισή του έτσι ώστε να επαρκεί για την κάλυψη των χρήσεων αυτών [1].

Η διαχείριση των υδατικών πόρων σε ορισμένες χώρες του κόσμου, όπως είναι η Ιορδανία, περιλαμβάνει την επεξεργασία απόβλητου ύδατος που προέρχεται από τα αποχετευτικά συστήματα. Πρόκειται για υγρά απόβλητα προερχόμενα από πλυντήρια ρούχων, μπανιέρες, νεροχύτες και δεν περιλαμβάνουν απόβλητα από πλύσιμο πιάτων ή χώρους υγιεινής. Το νερό που παράγεται χρησιμοποιείται για άρδευση καθώς και στο υπέδαφος για να χρησιμοποιηθεί για γεωτρήσεις. Η επαναχρησιμοποίηση του απόβλητου ύδατος αποτελεί μια μέθοδο ανακύκλωσης του νερού που είναι απαραίτητη καθώς το νερό θεωρείται οικονομικό αγαθό και πεπερασμένος πόρος που θα πρέπει να διαχειρίζεται με ορθολογικό τρόπο [1].

Στην περίπτωση του παράκτιου υδροφόρου στρώματος του Ισραήλ τα σχέδια διαχείρισης των υδατικών πόρων που εφαρμόζονται, βασίζονται στο συνδυασμό της βιώσιμης διαχείρισης των υδατικών πόρων και των αναγκών και προσδοκιών του μόνιμου πληθυσμού. Η προσέγγιση που υιοθετείται περιλαμβάνει την ικανοποίηση χαμηλότερων στόχων όσον αφορά την προστασία των περιορισμένων υδατικών πόρων ώστε να επιτευχθούν και οι υψηλότεροι στόχοι κατ' αντιστοιχία με το μοντέλο του ψυχολόγου, Abraham Maslow, ο οποίος ιεραρχεί τις κοινωνικές ανάγκες και θεωρεί προϋπόθεση για την ικανοποίηση των υψηλότερων αναγκών, την πραγματοποίηση των χαμηλότερων ιεραρχικά αναγκών. Η πυραμίδα των αναγκών όσον αφορά τη διαχείριση των υδατικών πόρων ξεκινάει από τις βιολογικές, ατομικές ανάγκες (νερό για επιβίωση), τις ανάγκες για υδατικούς πόρους απαραίτητους για την τοπική ανάπτυξη (γεωργία, κτηνοτροφία, νερό για οικιακή χρήση). Ακολουθούν οι ανάγκες σε νερό για την κάλυψη τοπικών αναγκών (προσφορά, σχέδια διαχείρισης), τα σχέδια διαχείρισης των υδατικών πόρων σε εθνικό επίπεδο (προσφορά, αποκατάσταση, ευαισθητοποίηση του κοινού). Στην κορυφή της πυραμίδας βρίσκεται η βιώσιμη ανάπτυξη των υδατικών πόρων που αποτελεί τον ανώτερο στόχο της ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων και προϋποθέτει την επίτευξη των κατώτερων ιεραρχικά αναγκών όσον αφορά τη διαχείριση των υδατικών πόρων [1].

Στην Ελλάδα, προηγμένα σχέδια αφαλάτωσης τίθενται σε εφαρμογή με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το κόστος των εναλλακτικών λύσεων στις οποίες εντάσσεται η διαδικασία της αφαλάτωσης, λαμβάνει υπόψη το ενεργειακό κόστος και δίνεται έμφαση στις δυνάμεις της αγοράς και στη σχέση μεταξύ τεχνολογικών τιμών και δυνατοτήτων της αγοράς.

Η ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων στον ελλαδικό χώρο απαιτείται για τη διασφάλιση του ανεκτίμητου αυτού φυσικού πόρου και μελλοντικά. Παρά το γεγονός ότι η Ελλάδα συγκαταλέγεται ανάμεσα στις πλούσιες σε νερό χώρες της Μεσογείου, με μέση ετήσια βροχόπτωση 800mm την ίδια στιγμή που στην Ισπανία είναι 636mm και στην Αίγυπτο μόλις 51mm το χρόνο, λόγω της μεγάλης ανομοιομέρειας στην κατανομή των βροχοπτώσεων, μειώνεται δραματικά το διαθέσιμο κατά περιοχές νερό. Ωστόσο, η αστική χρήση του νερού, παρά τη σπατάλη που γίνεται, απορροφά το 11% του διαθέσιμου ύδατος, συμπεριλαμβανομένου και του τουριστικού τομέα και η βιομηχανία το 3%. Η γεωργία παραμένει ο μεγαλύτερος καταναλωτής νερού στην Ελλάδα καθώς χρησιμοποιεί το 86% του διαθέσιμου ύδατος την ίδια στιγμή που ο παγκόσμιος μέσος όρος είναι 70%. Το συντριπτικό ποσοστό του νερού –το 96%– που χρησιμοποιείται στη γεωργία πηγαίνει για άρδευση, όπου οι απώλειες είναι τεράστιες [1].

Επομένως, προκύπτει ότι αν δεν υπάρξει σωστή διαχείριση της ζήτησης, οι διαθέσιμες ποσότητες νερού θα εξαντληθούν. Κατά την κ. Κολοκυθά (2000), ‘η παραδοσιακή μονόπλευρη διαχείριση της προσφοράς του νερού που αποτέλεσε και αποτελεί ακόμη και σήμερα τη συνήθη πρακτική διαχείρισης νερού προκάλεσε αναμφισβήτητα το σημερινό αδιέξοδο που αντιμετωπίζει ο πλανήτης, καθώς κάθε φορά που εξαντλούνταν ένας υδατικός πόρος απλά προχωρούσαμε στον επόμενο’. Συνεχίζοντας, υποστηρίζει ότι η διαχείριση της ζήτησης του νερού, μέσω της κλιμακωτής κοστολόγησής του ανάλογα με την κατανάλωση, αποτελεί τη μόνη βιώσιμη λύση για την εξοικονόμηση του νερού, τη διατήρηση των υδατικών πόρων και την προστασία του περιβάλλοντος μέσα στο χρόνο. Άλλωστε, όπως υποστηρίζει, το νερό είναι κοινωνικό αγαθό με την έννοια του αναφαίρετου κοινωνικού δικαιώματος στη χρήση του [1].

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί ότι η παγκόσμια κοινότητα αντιμετωπίζει σοβαρές και συνεχώς αυξανόμενες προκλήσεις όσον αφορά τη διατήρηση της ποιότητας των υδατικών πόρων και της ικανοποίησης της αυξανόμενης ζήτησης των πόρων αυτών. Δεδομένου ότι οι νέοι άνθρωποι αναμένεται να διαδραματίσουν κεντρικούς ρόλους στο μέλλον, οι απόψεις τους είναι εξαιρετικά σημαντικές. Η συμμετοχή των νέων ανθρώπων στη δράση με σύνθημα ‘σκέψου παγκόσμια, δράσε τοπικά’, απεικονίζεται σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε και αναφέρεται στην περίπτωση της διεθνούς κίνησης της νεολαίας που αποκαλείται ‘Δράση της ομάδας νέων για τους υδατικούς πόρους’. Κατά τη διάρκεια της ύπαρξής της, η ομάδα νέων πραγματοποίησε δραστηριότητες που είχαν ως κύριο σκοπό τη βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων. Έτσι, υιοθετήθηκε μία προσέγγιση η οποία έδινε έμφαση στη συνειδητοποίηση της αναγκαιότητας για την προστασία των περιορισμένων υδατικών πόρων η οποία θα οδηγήσει στη δράση και συμπληρώνεται συνεχώς με τη γνώση. Η ομάδα νέων αντιμετωπίζει τις προκλήσεις στην εκπαίδευση και την απόκτηση εμπειριών των μελών της και εργάζεται σε εθελοντική βάση για την επίτευξη της βιωσιμότητας των υδατικών πόρων στο μέλλον, παρέχοντας την ελπίδα ότι, πράγματι, η νεολαία είναι μία ισχυρή μονάδα ικανή να διαδραματίσει ένα σημαντικό ρόλο όσον αφορά την επίλυση των προβλημάτων διαχείρισης και προστασίας των υδατικών πόρων παγκοσμίως [1].

Εξετάζοντας τη γενική εικόνα της ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων, με δεδομένη την παγκόσμια κρίση των υδατικών πόρων και τη διαθέσιμη τεχνολογία, η δυνατότητα πραγματοποίησης και το όφελος των εφαρμοζόμενων εναλλακτικών σχεδίων διαχείρισης των υδατικών πόρων αποτελούν μία πραγματικότητα. Η ανάπτυξη και εφαρμογή τέτοιων προγραμμάτων είναι εντούτοις, ένας σύνθετος και δύσκολος στόχος λόγω των ποικίλων παραγόντων που λαμβάνουν μέρος και είναι οι εξής: υδατικοί πόροι, περιβάλλον, οικονομία, χρηματοδότηση, κοινωνία, επικοινωνία, τεχνική και τεχνολογία, νομοθεσία και γεωγραφία. Με βάση την ανάλυση του κύκλου ζωής του ύδατος, διευκρινίζονται από συγκεκριμένη έρευνα (Thomas et. al., 2003), οι λόγοι για τους οποίους η ανάπτυξη εναλλακτικών σχεδίων διαχείρισης των υδατικών πόρων, περιλαμβάνει τη χρήση επεξεργασμένου απόβλητου ύδατος, αφαλάτωση, εμπλουτισμό των υδροφόρων στρωμάτων ή ένα συνδυασμό αυτών, σε ένα πλαίσιο ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων. Τα

οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη των εναλλακτικών σχεδίων διαχείρισης των υδατικών πόρων αποτελούν μία πραγματικότητα. Τα οφέλη αυτά προέρχονται από την αναγνώριση της κοινωνικής και περιβαλλοντικής επίδρασης των πιεσμένων υδατικών πόρων και των πλεονεκτημάτων των ολοκληρωμένων σχεδίων διαχείρισης των πόρων αυτών. Για να καταστεί βέβαιο ότι οι λύσεις που προτείνονται είναι βιώσιμες σε οικονομικό, περιβαλλοντικό και κοινωνικό επίπεδο, απαιτούνται τα εξής:

α) Η ανάπτυξη λύσεων σε ένα πλαίσιο ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων όπου 'σκεφτόμαστε συνολικά' πριν 'ενεργήσουμε τοπικά'.

β) Η κατανόηση του κύκλου ζωής του νερού σε σχέση με την αστική παροχή νερού.

γ) Η μεθοδολογία χρήσης για τη διαδικασία λήψης αποφάσεων η οποία ενσωματώνει την πολυπλοκότητα του συστήματος διαχείρισης και ειδικότερα τις κοινωνικές, τεχνολογικές και οικονομικές προεκτάσεις.

δ) Η επικοινωνία με όλους όσους συμμετέχουν στη διαχείριση των υδατικών πόρων (κράτος, καταναλωτές) και στη διαδικασία λήψης αποφάσεων είναι απαραίτητη για να αποφευχθούν μελλοντικά προβλήματα. Οι αποφάσεις αυτές περιλαμβάνουν την κατανόηση από την πλευρά του κοινού των κύριων προβλημάτων των σχετικών με τη διαχείριση των υδατικών πόρων (έλλειψη, προστασία των υδατικών πόρων), καθώς και τη ρεαλιστική και συνετή αντιμετώπιση των προγραμματισμένων και μη, σχεδίων διαχείρισης των υδατικών πόρων [1].

Η ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων προϋποθέτει μία ολιστική και μακροπρόθεσμη προσέγγιση η οποία πρέπει να υποστηριχτεί από τη νομοθεσία και να συμβαδίζει με τα ποιοτικά πρότυπα έτσι ώστε με τα οικονομικά κίνητρα που παρέχονται σε διεθνές επίπεδο να μπορούν να εφαρμοστούν προγράμματα διαχείρισης των υδατικών πόρων. Οι μόνες λύσεις για την αντιμετώπιση της έλλειψης των υδατικών πόρων, είναι οι εξής: Η μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας διαχείρισης των υδατικών πόρων μέσω της επαναχρησιμοποίησης απόβλητου ύδατος, της αφαλάτωσης ή της εισαγωγής ύδατος. Μέσα από την παγκόσμια εμπειρία σε συστήματα διαχείρισης των υδατικών πόρων με μεγάλη αποτελεσματικότητα, μειώνονται συνεχώς οι δαπάνες παραγωγής. Το κόστος ενέργειας και εξοπλισμού καθιστούν αναγκαία την εφαρμογή βιώσιμων προγραμμάτων διαχείρισης των υδατικών πόρων. Οι καινοτόμες λύσεις της αφαλάτωσης, της επαναχρησιμοποίησης του απόβλητου ύδατος και του εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφορέων, επιτρέπουν στις παράκτιες πόλεις να κινηθούν γρήγορα προς μία ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων [1].

### 1.3 Η κατάσταση του νερού παγκοσμίως

Σε παγκόσμιο επίπεδο, 1,1 δισεκατομμύριο άνθρωποι δεν έχουν πρόσβαση σε πόσιμο νερό, 2,4 δισεκατομμύρια δεν έχουν αποχέτευση και 2,2 εκατομμύρια άνθρωποι πεθαίνουν κάθε χρόνο από ασθένειες σχετιζόμενες με το νερό και τις συνθήκες υγιεινής. Οι διαθέσιμοι υδατικοί πόροι για κάθε χώρα είναι πρακτικά σταθεροί. Ωστόσο, παρατηρείται συνεχής μείωση των κατά κεφαλήν διαθέσιμων υδατικών πόρων λόγω αύξησης του πληθυσμού και διαρκούς αύξησης των κατά κεφαλήν απαιτήσεων λόγω μετατροπής των συνθηκών διαβίωσης. Οι ανάγκες σε νερό αυξάνονται 3 φορές πιο γρήγορα σε σχέση με τον πληθυσμό. Επίσης, παρατηρείται έντονο πρόβλημα λειψυδρίας δεδομένου ότι ο δείκτης των κατά κεφαλήν διαθέσιμων αποθεμάτων είναι μικρότερος από 1000 κυβ. μέτρα. Επομένως, σημειώνεται αυξημένη ζήτηση ενώ η προσφορά παραμένει σε σταθερά επίπεδα [1].

Εκτός από τη ρύπανση του νερού στις γεωργικά και βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες, παρατηρείται και μόλυνση του νερού στις περισσότερες υπανάπτυκτες και αναπτυσσόμενες χώρες.

## 1.4 Η κατάσταση του νερού στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, η ετήσια κατά κεφαλήν απώληση σε κυβικά μέτρα ( $m^3$ ), έχει ως εξής :

Υπόγεια νερά: 195,7

Επιφανειακά νερά: 687,9 έναντι 704 στην Ευρώπη

Η ετήσια κατά κεφαλήν ανανέωση των υδατικών πόρων έχει ως εξής:

- Υπόγεια νερά: 967,6
- Επιφανειακά νερά: 5072,9 έναντι 3981 στην Ευρώπη

Η εισροή στη χώρα από τα ποτάμια ανέρχεται σε  $15.000 m^3$  [1]

## 1.5 Το ελλειμματικό ισοζύγιο των Κυκλάδων

Οι Κυκλάδες ανήκουν διοικητικά στο 14 διαμέρισμα της χώρας, μαζί με τα υπόλοιπα νησιά του Αιγαίου Πελάγους-εκτός της Κρήτης- και βρίσκονται αντιμέτωπα με σοβαρό πρόβλημα λειψυδρίας [2].

Το υδρολογικό τους ισοζύγιο είναι ελλειμματικό και ένα από τα χειρότερα του ελλαδικού χώρου (μιας και υπάρχει πολύ μεγάλη ζήτηση από τον τουριστικό τομέα), ενώ οι διαθέσιμοι υδατικοί πόροι είναι περιορισμένοι και άνισα κατανομημένοι. Οι Κυκλάδες παρουσιάζουν τα μεγαλύτερα ποσοστά έλλειψης επιφανειακών υδατικών πόρων, αλόγιστης κατασπατάλης των υπογείων υδάτων, μεγάλο πρόβλημα ανεξέλεγκτων ιδιωτικών γεωτρήσεων, κίνδυνο υφαλμύρινσης των υπογείων υδάτων και πολύ μικρή ανάπτυξη στα έργα υποδομής είτε λόγω κακής διοίκησης είτε λόγω καθυστέρησης, γραφειοκρατίας ή μη πολιτικής βούλησης. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την επάρκεια των υδατικών πόρων στις Κυκλάδες θα μπορούσαν να διαχωριστούν στους φυσικούς και στους ανθρώπινους παράγοντες [2].

Οι φυσικοί παράγοντες:

- Οι υδατοστεγείς γεωλογικοί σχηματισμοί καταλαμβάνουν τη μεγαλύτερη έκταση στα νησιά και δεν επιτρέπουν τη διαμόρφωση υπόγειων υδροφορέων ικανοποιητικής απόδοσης.
- Η μικρή έκταση των νησιών σε συνδυασμό με το έντονο ανάγλυφο δεν επιτρέπουν τον εμπλουτισμό των υπογείων υδροφορέων.
- Οι υπόγειοι υδροφορείς (κυρίως στα μικρά νησιά) δεν μπορούν εύκολα να συγκρατήσουν το νερό που κατεισδύει από τις επιφανειακές απορροές, καθώς είναι μικροί και έχουν ανοιχτό μέτωπο επικοινωνίας με τη θάλασσα.
- Οι υψηλές θερμοκρασίες, η ηλιοφάνεια και τα μελτέμια ευνοούν τη μεγάλη εξάτμιση.
- Η ολόπλευρη προσβολή των νησιών από τη θάλασσα σε συνδυασμό με τον ορεινό χαρακτήρα τους, επιτείνει τόσο την επιφανειακή και υπόγεια απορροή όσο και τα φαινόμενα υφαλμύρινσης.
- Μικρά ετήσια ύψη βροχής και των άλλων ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων περιορίζουν τόσο την επιφανειακή απορροή όσο και την κατείσδυση ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των ξηρών περιόδων.

Οι ανθρώπινοι παράγοντες:

- Η εντατική άντληση νερού από αμέτρητες υδρογεωτρήσεις σε όλα τα νησιά, διευκολύνει την εισροή του θαλασσινού νερού, αλλοιώνει την ποιότητα του γλυκού νερού και καταστρέφει ουσιαστικά τον υδροφόρο.
- Οι άνθρωποι λόγω των οικονομικών δραστηριοτήτων τους παρεμβαίνουν είτε διευθετώντας τις ροές των ρεμάτων, χρησιμοποιώντας σκυρόδεμα είτε μετατρέποντας τα ρέματα σε δρόμους, με αποτέλεσμα να απομονώνονται αυτά από τον περιβάλλοντα χώρο και κατά συνέπεια, να μηδενίζεται ο εμπλουτισμός τους.
- Η σημαντική αύξηση του εποχιακού πληθυσμού των νησιών ειδικά τους καλοκαιρινούς μήνες χειροτερεύει την κατάσταση, μιας που τότε που επικρατούν οι



χειρότερες υδρολογικές συνθήκες τότε υπάρχει τεράστια ζήτηση. Έτσι παρουσιάζονται ελλείμματα ακόμη και ως προς την παροχή του πόσιμου νερού.

- Η μεγάλη τουριστική ανάπτυξη των ακτών συγκεντρώνει το μεγαλύτερο μέρος των οικονομικών δραστηριοτήτων και συντελεί στην υπερεκμετάλλευση των παράκτιων υδροφορέων με αποτέλεσμα την υφαλμύρινσή τους.
- Το ζήτημα του τουρισμού των νησιών είναι κρίσιμης σημασίας και σχετίζεται άμεσα με τη ζήτηση και κατανάλωση του νερού. Έτσι σε συνθήκες κρίσης/λειψυδρίας παρατηρείται το φαινόμενο δημιουργίας και λειτουργίας υδατοβόρων εγκαταστάσεων (όπως πισίνες, γήπεδα γκολφ κ.α.).
- Βασικό πλήγμα αποτελούν οι διάφορες ανθρωπογενείς ρυπάνσεις των υδατικών πόρων (ευτροφισμός, υφαλμύριση, ρύπανση από βιομηχανικά/αστικά/αγροτικά λύματα και απορρίμματα).
- Μεγάλο πρόβλημα αποτελούν και οι απώλειες στα τεχνικά συστήματα και στις υποδομές συγκέντρωσης διάθεσης του νερού στην κατανάλωση (διαρροές σε δεξαμενές και σωληνώσεις δικτύων, εξάτμιση σε ανοιχτούς χώρους συγκέντρωσης) [2].

## **1.6 Μέτρα και μέθοδοι αντιμετώπισης της λειψυδρίας των Κυκλάδων**

### **1.6.1 Οι γεωτρήσεις και τα υπόγεια ύδατα**

Τα περισσότερα νησιά των Κυκλάδων λόγω έλλειψης επιφανειακών υδάτων βασίζονται κυρίως στην άντληση νερού από τα υπόγεια ύδατα. Τα νησιά των Κυκλάδων είναι πλούσια σε αποθέματα υπογείων υδάτων αλλά η ποσότητα και η ποιότητα αυτών, βρίσκεται σήμερα σε μεγάλο κίνδυνο διότι εδώ και πολλές δεκαετίες παρατηρείται αύξηση των ιδιωτικών υδρογεωτρήσεων. Όλη αυτή η κατάσταση κρίνεται ανησυχητική, ενώ τα υπόγεια ύδατα αντιμετωπίζονται σαν ιδιοκτησία αυτού στο χωράφι του οποίου εκχέονται. Παράλληλα, λόγω της αλόγιστης και μη επιστημονικής τεχνικής των γεωτρήσεων που ακολουθείται παρουσιάζεται υπονόμηση της ποιότητας των υπόγειων υδάτων, κίνδυνος υφαλμύρισης και φυσικά μείωση των αποθεμάτων τους [2].

Σήμερα υπολογίζεται ότι έχουν γίνει μεγάλες υπερβάσεις σε αριθμό γεωτρήσεων, σε σχέση με αυτές που μπορεί να αντέξει η περιοχή των Κυκλάδων που φτάνει το 200%. Σε κάποια από τα νησιά οι ιδιωτικές γεωτρήσεις είναι τετραπλάσιες και πενταπλάσιες από τις δημοτικές, π.χ. στην Πάρο έχουν καταμετρηθεί 50 δημοτικές έναντι 250 ιδιωτικών γεωτρήσεων, στην Τήνο οι 30 δημοτικές ανταγωνίζονται τις 150 ιδιωτικές γεωτρήσεις, ενώ στη Σύρο που έχει περίπου 40 δημοτικές γεωτρήσεις, οι ιδιωτικές εκτιμώνται σε 250-300 [2].

### **1.6.2 Η μεταφορά νερού μέσω των υδροφόρων**

Η αντιμετώπιση της λειψυδρίας των νησιών αντιμετωπίστηκε από τις αρχές της δεκαετίας του '80 με την μεταφορά νερού με υδροφόρες από το Λαύριο, πρώτα με το Πολεμικό Ναυτικό και έπειτα με μισθωμένα οχήματα. Η πολιτική αυτή όμως, είναι επισφαλής, χρονοβόρα, ιδιαίτερα ακριβή, με αμφίβολα αποτελέσματα. Το κόστος μεταφοράς νερού με πλοία στα άνυδρα νησιά των Κυκλάδων είναι τεράστιο και υπολογίζεται ότι οι ανάγκες σε νερό τις περιόδους αιχμής έχουν δεκαπλασιαστεί μέσα σε μια δεκαετία. Το 1996 μεταφέρθηκαν στις Κυκλάδες 50.000 m<sup>3</sup> νερού, ενώ το 2006 568.000 m<sup>3</sup> νερού. Ο καιρός και τα δρομολόγια των εταιρειών επηρεάζουν τη τιμή του νερού. Η τιμή, συνήθως, κυμαίνεται από 5-10 ευρώ/m<sup>3</sup> νερού ενώ άξιο σημείωσης είναι ότι τον Απρίλιο του 2010 η τιμή άγγιξε τα 12,49 ευρώ/m<sup>3</sup> [2].

### ***1.6.3 Η μέθοδος αποθήκευσης υδάτων μέσω της κατασκευής φραγμάτων και λιμνοδεξαμενών.***

Στις αρχές της δεκαετίας του 1990, για να αντιμετωπιστεί η λειψυδρία στις Κυκλάδες, προωθήθηκε η πολιτική κατασκευής φραγμάτων και λιμνοδεξαμενών. Ο παραδοσιακός τρόπος συλλογής νερών με στέρνες και πηγάδια δεν επαρκούσε για να καλύψει τις σύγχρονες ανάγκες, οπότε η κατασκευή τέτοιων έργων παρουσιάστηκε ως μια ελπιδοφόρα λύση. Δυστυχώς όμως τα αποτελέσματα είναι διφορούμενα. Σε άλλα νησιά τα φράγματα πρόσφεραν θετικά π.χ. στη Τήνο (Βακέτα), στη Σίφνο (Καμάρες), στην Αμοργό (Κατάπολα), στην Πάρο (Τούρλος), στην Ανάφη (Ρούκουνας), στη Μύκονο (Μαράθι), αλλά περίπου σε άλλες δέκα περιπτώσεις, το κόστος κατασκευής των φραγμάτων ήταν δυσανάλογο με τα οφέλη του. Συγκεκριμένα λόγω έλλειψης υδρολογικών δεδομένων, μαζικής και επιπόλαιης παραγωγής μελετών και βιαστικών πολιτικών αποφάσεων, κατασκευάστηκαν φράγματα τα οποία δεν εξυπηρετούσαν το σκοπό τους π.χ. το φράγμα της Σερίφου [2].

Ένα άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα διφορούμενων αποτελεσμάτων είναι το φράγμα της Φανερωμένης στη Νάξο. Κατασκευάστηκε για να αντιμετωπιστεί η υδατική ανεπάρκεια των άλλων άνυδρων νησιών μέσω της μεταφοράς νερού από τη Νάξο και όχι από το Λαύριο. Τελικώς δε μεταφέρθηκε καμία ποσότητα νερού, μιας και κρίθηκε ότι το φράγμα δεν είναι πλεονασματικό για άλλα νησιά παρά μόνο για τη Νάξο [2].

Η μεγαλύτερη πρόκληση όμως είναι ότι κατασκευάστηκαν φράγματα χωρίς να έχει μελετηθεί ο παράγοντας της κλιματικής αλλαγής. Στα νησιά των Κυκλάδων δεν υπάρχει σταθερή περιοδικότητα των βροχοπτώσεων, οπότε σε περίπτωση παρατεταμένης ανομβρίας, η αποθηκευμένη ποσότητα των νερών στα φράγματα να μην μπορεί να ικανοποιήσει την αυξημένη ζήτηση. Σίγουρα η κατασκευή των έργων αυτών, όταν γίνεται κάτω από το πρίσμα σοβαρών μελετών, επιφέρει θετικά αποτελέσματα, αλλά το ιδανικότερο είναι να συνδυαστεί και με άλλες μεθόδους για να αντιμετωπιστεί το υδατικό πρόβλημα στα νησιά[2].

### ***1.6.4 Η μέθοδος της αφαλάτωσης.***

Η πιο επαναστατική μέθοδος που υπόσχεται να λύσει το υδατικό πρόβλημα των Κυκλάδων είναι η μέθοδος της αφαλάτωσης. Η αφαλάτωση είναι η διεργασία αφαίρεσης αλάτων από τα αλατούχα ύδατα, δηλαδή είναι μια μέθοδος ανάκτησης πόσιμου νερού από θαλασσινό νερό, υφάλμυρα ποτάμια και λίμνες. Σήμερα έχουν κατασκευαστεί και λειτουργούν στις Κυκλάδες 24 μονάδες αφαλάτωσης θαλασσινού ή υφάλμυρου νερού, με τη χρήση της τεχνικής της αντίστροφης όσμωσης. Οι προηγμένες μονάδες αφαλάτωσης θαλασσινού νερού αποτελούν την πλέον δόκιμη λύση για την αντιμετώπιση του προβλήματος της ποιότητας αλλά και της επάρκειας νερού σε δήμους, στη βιομηχανία και σε ξενοδοχειακές μονάδες των νησιών[2].

Οι μονάδες αφαλάτωσης μπορούν να λειτουργήσουν και μέσω Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας π.χ. αιολική, γεωθερμική κ.α., αποδίδοντας μεγάλα οφέλη στο περιβάλλον. Μια τέτοια μονάδα αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης κατασκευάστηκε στη Μήλο το 2008. Η μονάδα αυτή, η οποία λειτουργεί με τη χρήση μόνο μιας ανεμογεννήτριας ονομαστικής ισχύος 850 Kw έχει καταφέρει να έχει δυναμικότητα παραγωγής 2.000 m<sup>3</sup> πόσιμου νερού την ημέρα. Το σημαντικό σε αυτήν την περίπτωση είναι πως το νησί της Μήλου μέσω αυτής της μονάδας καλύπτει πλέον πλήρως τις ανάγκες του σε νερό[2].

### ***1.6.5 Η μέθοδος της επαναχρησιμοποίησης του νερού από τα υγρά απόβλητα.***

Μια άλλη μέθοδος που προτείνεται, αλλά προς το παρόν δεν χρησιμοποιείται στις Κυκλάδες είναι η επαναχρησιμοποίηση του νερού από τα υγρά απόβλητα. Το νερό το οποίο

προκύπτει δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πόση αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί μετά από επεξεργασία για αρδευτικές, βιομηχανικές και αστικές χρήσεις. Το κόστος αυτής της μεθόδου είναι εξίσου χαμηλό με αυτό της αφαλάτωσης[2].

Η ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση νερών, που έχουν υποστεί επεξεργασία σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού αναμένεται να χρησιμοποιηθούν όλο και περισσότερο στο μέλλον, αφού αντιμετωπιστούν τα προβλήματα και να προωθηθεί ένα διπλό δίκτυο παροχής νερού. Δηλαδή, ενός δικτύου με καθαρό, υψηλής ποιότητας πόσιμο νερό και ένα παράλληλο δίκτυο με χαμηλότερης ποιότητας νερό, που προέρχεται από την επεξεργασία λυμάτων και τη συλλογή βρόχινου νερού με δεξαμενές[2].

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 -ΤΟ ΝΕΡΟ**

### **2.1 Γενικά**

Νερό (πήρε το όνομά του από την Βυζαντινή φράση νεαρό ύδωρ το οποίο σήμαινε τρεχούμενο νερό. Η φράση με τη σειρά της προέρχεται από την αρχαία ελληνική φράση νήρον ύδωρ), λέξη από την οποία και πολλοί παράγωγοι όροι (υδατικό, ένυδρο κλπ.), είναι η περισσότερο διαδεδομένη χημική ένωση και είναι απαραίτητη σε όλες τις γνωστές μορφές ζωής στον πλανήτη. Οι άνθρωποι και τα ζώα έχουν στο σώμα τους 60-70% κατά βάρος νερό, ενώ φτάνει μέχρι και το 90% εκείνου των κυττάρων. Το νερό αποτελείται από υδρογόνο και οξυγόνο[3].

Απαντάται και στις τρεις μορφές: στερεή (πάγος, χιόνι), υγρή (νερό πηγών, ποταμών, θαλασσών, λιμνών, γεωτρήσεων) και αέρια (υδρατμοί στην ατμόσφαιρα). Το νερό υπάρχει σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς (ζωικούς και φυτικούς). Στις τροφές υπάρχει σε μεγάλο ποσοστό. Το γάλα περιέχει 87%, οι πατάτες 78%, τα αυγά 74%, τα λαχανικά και τα φρούτα μέχρι 93% με νερό. Στο ανθρώπινο σώμα το νερό περιέχεται σε ποσότητα 70% και στο αίμα 90%. Μερικές φορές προσκολλάται σε διάφορες χημικές ουσίες και σχηματίζει με αυτές ένυδρες ενώσεις, συνήθως κρυσταλλικές, όπως είναι ο ένυδρος θειικός χαλκός, το θειικό ασβέστιο κ.α. το νερό αυτό ονομάζεται «κρυσταλλικό νερό». Άλλοτε πάλι το νερό ενώνεται σταθερά με τα μόρια των χημικών ενώσεων και σχηματίζεται νέα χημική ένωση. Έτσι π.χ. το τριοξείδιο του θείου και το πεντοξείδιο του φωσφόρου ενώνονται με το νερό και δίνουν νέες χημικές ενώσεις, το θειικό οξύ και το φωσφορικό οξύ. Το νερό αυτό ονομάζεται «χημικό» και δεν είναι δυνατό να απομακρυνθεί με θέρμανση όπως το κρυσταλλικό νερό[3].

### **2.2 Σύσταση**

Το νερό μέχρι το 18<sup>ο</sup> αιώνα θεωρούνταν ως στοιχείο. Πρώτος ο πατέρας της νεότερης χημείας Λαβουαζιέ απέδειξε ότι είναι ένωση του υδρογόνου και του οξυγόνου. Κάθε μόριο νερού περιέχει δύο άτομα υδρογόνου και ένα άτομο οξυγόνου. Έτσι ο χημικός του τύπος του νερού είναι  $H_2O$  και η σχετική αναλογία βαρών του υδρογόνου και του οξυγόνου είναι 2,016: 16,000[3].

### **2.3 Δομή του μορίου**

Το μόριο του νερού δεν είναι γραμμικό, δηλαδή οι δεσμοί O-H δε βρίσκονται πάνω στην ίδια ευθεία, αλλά σχηματίζουν γωνία 104,5 μοιρών. Το μήκος του δεσμού O-H είναι 0,96Å (Αγκστρεμ, 1 Å = 10<sup>-8</sup> cm). Λόγω της γωνιακής διάταξης του δεσμού O -H, το μόριο του νερού είναι ασύμμετρο και έχει υψηλή διπολική ροπή. Το κέντρο του θετικού φορτίου βρίσκεται προς την πλευρά του υδρογόνου και του αρνητικού προς την πλευρά του οξυγόνου. Ο υψηλός πολικός χαρακτήρας του μορίου εξηγεί τη μεγάλη του διηλεκτρική σταθερά (78 στους 25°C) και άλλες ιδιότητες αυτού, όπως είναι η διάλυση ετεροπολικών ενώσεων στο νερό, ιδιότητα που το καθιστά ένα από τα καλύτερα διαλυτικά μέσα[3].

Το νερό παρουσιάζει έντονα το φαινόμενο της σύζευξης, με τη δημιουργία δεσμών διά γέφυρας υδρογόνου. Τα μόρια δηλαδή του νερού σχηματίζουν δεσμούς μεταξύ του ηλεκτροθετικού υδρογόνου του ενός μορίου και του ηλεκτροαρνητικού οξυγόνου του άλλου μορίου[3].

Δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των μορίων του νερού εξακολουθούν να υπάρχουν και σε υψηλή σχετικά θερμοκρασία. Έτσι, στους 25°C ο αριθμός των δεσμών υδρογόνου μεταξύ των

μορίων του νερού έχει τέτοια τιμή, ώστε ο στοιχειομετρικός τύπος του, στους 25°C, δεν είναι ο γνωστός H<sub>2</sub>O, αλλά H<sub>180</sub>O<sub>90</sub> [3].

## 2.4 Φυσικές ιδιότητες

Το νερό είναι υγρό, διαυγές, άχρωμο σε λεπτά στρώματα, κυανίζον σε μεγάλους όγκους. Η καθαρή ουσία είναι άγευστη, ενώ το καλό πόσιμο νερό έχει ευχάριστη γεύση, που οφείλεται στα διαλυμένα άλατα και αέρια. Η πυκνότητα του νερού είναι διαφορετική σε διάφορες θερμοκρασίες, με μέγιστη στους 4°C. Στον πίνακα 1 δίνονται οι τιμές της πυκνότητας του νερού σε διάφορες θερμοκρασίες[3].

**Πίνακας 1.** Πυκνότητα νερού σε διάφορες θερμοκρασίες [3]

Πυκνότητες νερού και πάγου	
Θερμοκρασία σε °C	Πυκνότητα σε mg/cm <sup>3</sup>
100	0.9586
80	0.9719
60	0.9833
40	0.9923
20	0.9982
10	0.9997
5	0.9999
3.98	1.0000
0 (νερό)	0.9998
0 (πάγος)	0.9170

Από τον πίνακα 1 φαίνεται πως το νερό σε στερεή κατάσταση έχει μικρότερη πυκνότητα απ' ότι στην υγρή. Αυτό έχει μεγάλη σημασία για την οικονομία της φύσης: Οι πάγοι επιπλέουν στο νερό και δρουν ως μονωτικά, εμποδίζοντας το νερό που βρίσκεται από κάτω να παγώσει, μ' όλες τις ευεργετικές συνέπειες στη ζωή του υδρόβιου κόσμου. Χωρίς την "ανωμαλία" αυτή της πυκνότητας του νερού, η ζωή στον πλανήτη μας δε θα υπήρχε, τουλάχιστον με τη σημερινή της μορφή, εξαιτίας της βαθμιαίας ψύξης του νερού της επιφάνειας της Γης. Η ιδιορρυθμία της πυκνότητας του νερού είναι η αιτία της αποσάθρωσης των βράχων. Το νερό που εισέρχεται στις ρωγμές των βράχων στερεοποιείται κατά τη διάρκεια του χειμώνα και προκαλεί την αποσάθρωσή τους. Ακόμα, το σπάσιμο των σωλήνων διανομής του νερού κατά το χειμώνα οφείλεται στην αύξηση του όγκου του νερού κατά τη μετάβαση από την υγρή στη στερεή κατάσταση. Το νερό έχει ειδική θερμότητα (θερμοχωρητικότητα) πολύ μεγάλη (1cal/grxdeg). Χρησιμοποιείται ευρύτατα ως ψυκτικό μέσο και ως φορέας θερμότητας στα καλοριφέρ [3].

## 2.5 Χημικές ιδιότητες

Το νερό έχει ποικίλη χημική δράση. Σχηματίζει "ενώσεις διά προσθήκης" 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:

1. Ελκτικές δυνάμεις μεταξύ του θετικού ιόντος του μετάλλου και του αρνητικού οξυγόνου του πεπολωμένου μορίου του νερού
2. Σχηματισμός ημιπολικού δεσμού μεταξύ του ατόμου του οξυγόνου και του ιόντος του μετάλλου με ένα ζεύγος ηλεκτρονίων.
3. Σχηματισμός γέφυρας υδρογόνου μεταξύ του μορίου του νερού και της ουσίας[3].

Άλλος σημαντικός τύπος αντίδρασης του νερού είναι η υδρόλυση. Το νερό επιτελεί αντιδράσεις οξειδοαναγωγής, όπου δρα άλλοτε ως οξειδωτικό και άλλοτε ως αναγωγικό μέσο.

## 2.6 Βαρύ και υπερβαρύ ύδωρ

Εκτός από το συνηθισμένο νερό ( $H_2O$ ), που είναι το οξείδιο του πρωτίου (H), έχουμε και το βαρύ ύδωρ, που είναι το οξείδιο του δευτερίου ( $D_2O$ ), καθώς και το υπερβαρύ ύδωρ, που είναι το οξείδιο του τριτίου ( $T_2O$ ). Βρέθηκε ότι στο φυσικό νερό περιέχεται το  $D_2O$  (βαρύ ύδωρ) σε ποσότητα 1:6.000 περίπου. Καθαρό  $D_2O$  παρασκευάζεται με εξαντλητική ηλεκτρόλυση υδατικών διαλυμάτων αλκαλίων, γιατί ηλεκτρολύεται κατά προτίμηση το κοινό νερό και συνεπώς, τα υπολείμματα της ηλεκτρόλυσης του νερού εμπλουτίζονται σε βαρύ νερό[3].

## 2.7 Φυσικό νερό

Το φυσικό νερό (πηγών, ποταμών κλπ.) δεν είναι καθαρή χημική ένωση. Περιέχει 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. Η ανακύκλωση του νερού του πλανήτη μέσω συνεχών μετατροπών στη φυσική του κατάσταση είναι γνωστή και ως υδρολογικός κύκλος ή κύκλος του νερού[3].

Το νερό της βροχής διαλύει διάφορα συστατικά της ατμόσφαιρας, π.χ. διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ ), λίγο οξυγόνο και άζωτο, συμπαρασύρει σκόνη, αιθάλη και άλλες αιωρούμενες ουσίες. Φτάνει στη γη ως αραιότατο οξύ, λόγω του διαλυμένου διοξειδίου του άνθρακα. Για το λόγο αυτόν, το φυσικό νερό διαλύει τα δυσδιάλυτα ανθρακικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου και τα μετατρέπει σε ευδιάλυτα όξινα ανθρακικά άλατα των στοιχείων[3].

## 2.8 Άλατα στο νερό και αποσκλήρυνση

Όλα σχεδόν τα πόσιμα νερά περιέχουν, εκτός από τα όξινα ανθρακικά άλατα, και άλλα που διαλύονται στο νερό, όταν αυτό τα συναντά στο έδαφος, όπως χλωριούχο νάτριο( $NaCl$ ), θειικό ασβέστιο ( $CaSO_4$ ), θειικό μαγνήσιο ( $MgSO_4$ ) κλπ. Όταν το νερό περιέχει μεγάλη ποσότητα διαλυμένων αλάτων, λέγεται σκληρό νερό. Το σκληρό νερό είναι ακατάλληλο για την πλύση με σαπούνι, γιατί σχηματίζονται σ' αυτό αδιάλυτοι σάπωνες ασβεστίου και μαγνησίου, δηλ. ελαϊκά, παλμιτικά και στεατικά άλατα ασβεστίου και μαγνησίου που δεν έχουν καμία απορρυπαντική ικανότητα και επιπλέον δε σχηματίζεται καθόλου αφρός σαπουνιού. Το σκληρό νερό προκαλεί διάφορες σοβαρές βιομηχανικές ενοχλήσεις στους ατμολέβητες και αφήνει μετά την εξάτμιση σημαντικές ποσότητες στερεών αποθεμάτων (πουρί) [3].

Παλαιότερα, η αποσκλήρυνση του νερού, η αφαίρεση δηλαδή των όξινων ανθρακικών αλάτων του ασβεστίου και του μαγνησίου, γινόταν χημικώς, αναμειγνύοντας και αναταράζοντας το νερό με γάλα ασβέστου. Μετά την ανατάραξη κατακαθόταν το ευδιάλυτο όξινο ανθρακικό ασβέστιο ως αδιάλυτο ανθρακικό ασβέστιο. Αφηνόταν να καταπέσει το στερεό ανθρακικό ασβέστιο ( $CaCO_3$ ) και λαμβανόταν το διαυγές νερό, που ήταν σχεδόν χωρίς σκληρότητα. Με βρασμό το νερό χάνει τη σκληρότητά του [3].

Άλλωστε στην αντίδραση αυτή οφείλεται ο σχηματισμός των σταλακτιτών (από την οροφή του σπηλαίου) και των σταλαγμιτών (από το δάπεδο). Οι μεγάλες όμως βιομηχανίες

δεν μπορούσαν να καλυφτούν με τις μεθόδους αυτές αποσκλήρυνσης του νερού. Εδώ και πολλά χρόνια χρησιμοποιείται η μέθοδος αποσκλήρυνσης με περμουτίτες. Οι περμουτίτες είναι τεχνητοί ζεόλιθοι (ένυδραπολυπυριτικό - αργιλικά άλατα αλκαλίων, όπως π.χ. ο νατρόλιθος) [3].

Το σκληρό νερό αφήνεται να κατέλθει από ένα στενό πύργο γεμάτο με κόκκους περμουτίτη, οπότε τα κατιόντα του ασβεστίου και του μαγνησίου που περιέχονται στο σκληρό νερό ανταλλάσσονται με ισοδύναμη ποσότητα κατιόντων νατρίου από το ζεόλιθο, ενώ τα ανιόντα παραμένουν στο νερό [3].

Η ανταλλαγή αυτή είναι αμφίδρομη, και όταν εξαντληθεί ο ζεόλιθος, δηλ. όταν όλο το νάτριο αντικατασταθεί από ασβέστιο και μαγνήσιο, τότε διαβιβάζεται από τον πύργο διάλυμα χλωριούχου νατρίου, το οποίο εκτοπίζει το ασβέστιο ή το μαγνήσιο που είναι ενωμένο με το ζεόλιθο και έτσι "αναγεννιέται" ο ζεόλιθος [3].

Πιο σύγχρονη μέθοδος αποσκλήρυνσης του νερού είναι η μέθοδος με ανταλλαγή ιόντων. Κατά τη μέθοδο αυτή είναι δυνατό να αφαιρούνται και τα θετικά και τα αρνητικά ιόντα με χρησιμοποίηση κατάλληλων συνθετικών ρητινών από γιγαντιαία οργανικά μόρια. Το νερό αυτό χρησιμοποιείται ως απεσταγμένο [3].

## 2.9 Βιολογικός ρόλος

Η σημαντικότητα του βιολογικού ρόλου του νερού καθίσταται εμφανής αν υπολογίσει κανείς ότι στο εσωτερικό περιβάλλον των κυττάρων το νερό καταλαμβάνει ένα πολύ μεγάλο ποσοστό της κατά βάρος σύστασής των, που μπορεί να μην είναι το ίδιο σε όλα τα κύτταρα, και που κυμαίνεται μεταξύ 70 και 90%. Και ακόμη ότι το μεσοκυττάριο υγρό αποτελεί το υδατικό περιβάλλον που αναπτύσσονται τα κύτταρα των πολυκυττάρων οργανισμών [3].

Οι περισσότερες χημικές ουσίες που παρατηρούνται στο εσωτερικό των κυττάρων είναι "ευδιάλυτες" στο νερό. Το γεγονός αυτό επιτρέπει στις διαλυμένες ουσίες την εύκολη μετακίνησή τους από το ένα σημείο του κυττάρου σε άλλο και κατά συνέπεια την επαφή τους και την εξ αυτής πραγματοποίηση των χημικών αντιδράσεων μέσα στο κύτταρο. Χαρακτηριστικό τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η υδρόλυση των μακρομορίων κατά την οποία μάλιστα το νερό συμμετέχει ως αντιδρών σώμα [3].

Σημαντικότεροι λόγοι που καθιστούν το νερό τόσο απαραίτητο στοιχείο της ζωής είναι ακριβώς οι φυσικοχημικές του ιδιότητες που αποτελούν απόρροια της πολικότητας και της ικανότητας των μορίων του να συνδέονται μεταξύ τους με δεσμούς υδρογόνου [3].

Αναλυτικότερα οι φυσικοχημικές του αυτές ιδιότητες είναι: [3]

1. Η μεγάλη διαλυτική ικανότητα.
2. Η μεγάλη αντίσταση σε θερμικές μεταβολές, (μεγαλύτερη από κάθε υγρό).
3. Η ανάπτυξη ισχυρών δυνάμεων συνοχής και συνάφειας.
4. Η μεγάλη πυκνότητα σε υγρή μορφή απ' ότι σε στερεή.
5. Η αντιστρεπτή διάσταση του νερού σε κατιόντα υδρογόνου και ανιόντα υδροξυλίου.

## 2.10 Ιαματικές πηγές

Το νερό της βροχής μερικές φορές διεισδύει μέσα στο έδαφος και γίνεται θερμότερο, γι' αυτόν το λόγο διαλύει περισσότερες στερεές ουσίες με τις οποίες έρχεται σε επαφή. Το νερό αυτό βγαίνει στην επιφάνεια και σχηματίζει πηγές που λέγονται "θερμές πηγές" ή "μεταλλικές" ή "ιαματικές". Ανάλογα με τις ουσίες που είναι διαλυμένες στο νερό, οι θερμές πηγές διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες, όπως σε "οξυανθρακικές" (Νιγρίτα, Σουρωτή), που περιέχουν διοξείδιο του άνθρακα, "θειούχες" ( Λαγκαδάς, Σέδες, Σιδηρόκαστρο), που περιέχουν υδρόθειο και άλλα θειούχα άλατα, "αλκαλικές" (Λουτράκι, Αιδηψός), που

περιέχουν όξινο ανθρακικό νάτριο ή λίθιο, "πικρές", που περιέχουν θειικό μαγνήσιο, θειικό νάτριο, "σιδηρούχες" και τέλος "ραδιενεργές", λόγω των ραδιενεργών αερίων που περιέχουν. Οι Ιαματικές πηγές εμφανίστηκαν για πρώτη φορά στην πόλη Σπα του Βελγίου [3].

### **2.11 Πόσιμο νερό**

Το πόσιμο νερό πρέπει να είναι διαυγές, άχρωμο, άοσμο, δροσερό (θερμοκρασίας 7-11 βαθμών Κελσίου). Πρέπει να περιέχει μικρή ποσότητα ανόργανων αλάτων (0,5 γραμ. στο λίτρο), γιατί το καθαρό νερό χωρίς διαλυμένα άλατα είναι βλαβερό για τον οργανισμό, εξαιτίας της μεγάλης διαπιδυτότητας των κυττάρων. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο τα θαλασσινά ψάρια πεθαίνουν όταν μεταφερθούν σε γλυκό νερό και ψάρια του γλυκού νερού πεθαίνουν αμέσως μόλις τοποθετηθούν μέσα σε απεσταγμένο 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 [3].

### **2.12 Έλεγχος του πόσιμου νερού**

Το πόσιμο νερό πρέπει να εξετάζεται φυσικώς (θερμοκρασία, διαύγεια, γεύση, οσμή), χημικώς (ποιοτικός και ποσοτικός έλεγχος ουσιών, σκληρομετρία), μικροσκοπικώς (έρευνα μικροοργανισμών), βακτηριολογικώς (καλλιέργεια των μικροβίων του νερού) και τοπογραφικώς (θέση πηγής, διαδρομής του νερού) [3].

### **2.13 Γλυκό νερό**

Με τον όρο γλυκό ύδωρ χαρακτηρίζεται σε αντίθεση προς τη θάλασσα κάθε υδάτινη έκταση με γλυκό νερό π.χ. λίμνες, ποταμοί. Για την περίπτωση αυτή έχει ορισθεί ειδική γραμμή φόρτωσης πλοίου (μέγιστου δυνατού φορτίου) που ονομάζεται γραμμή φόρτωσης γλυκών υδάτων (fresh water line). Επίσης στα πλοία, χαρακτηρίζεται γλυκό νερό το νερό που τοποθετείται στις δεξαμενές γλυκού ύδατος (fresh water tanks) για διάφορες χρήσεις [3].

### **2.14 Το πρόβλημα της λειψυδρίας**

Εξαιτίας της ραγδαίας αύξησης του πληθυσμού της γης, της μαζικής κατανάλωσης της κατάχρησης των φυσικών πόρων και της μόλυνσης του νερού η διαθεσιμότητα του πόσιμου νερού δεν επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες της σύγχρονης εποχής και διαρκώς μειώνεται. Για αυτό το λόγο, το νερό αποτελεί στρατηγικής σημασίας αγαθό σε όλη την υφήλιο και αιτία για πολλές πολιτικές διενέξεις. Πολλοί έχουν προβλέψει ότι το καθαρό νερό θα γίνει το πετρέλαιο του μέλλοντος καθιστώντας τον Καναδά με τα πλεονάζοντα αποθέματα νερού την πιο πλούσια χώρα του πλανήτη. Σύμφωνα με την έρευνα της UNESCO που πραγματοποιήθηκε το 2003 για τα παγκόσμια αποθέματα νερού, στα επόμενα 20 χρόνια η ποσότητα του νερού που αναλογεί στον καθένα προβλέπεται να μειωθεί κατά 30% - 40% από τους ανθρώπους που ζουν στη γη δεν έχουν επαρκές νερό ακόμα και για υποτυπώδη υγιεινή. Περισσότεροι από 2,2 εκατομμύρια άνθρωποι πέθαναν το 2000 από ασθένειες που σχετίζονται με την κατανάλωση μολυσμένου νερού ή με ξηρασία[3].

Το 2004, σε μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τη φιλανθρωπική οργάνωση WaterAid αναφέρεται ότι στη Βρετανία ένα παιδί πεθαίνει κάθε 15 δευτερόλεπτα από ασθένειες που σχετίζονται με το νερό. Το πόσιμο νερό - τώρα πολυτιμότερο από κάθε άλλη φορά στην ιστορία λόγω της εντατικής χρησιμοποίησης του στη γεωργία, στη σύγχρονη



βιομηχανία και στην παραγωγή ενέργειας - χρειάζεται καλύτερη διαχείριση και λογική χρήση εάν δεν επιθυμούμε να ζήσουμε τραγικές καταστάσεις στο μέλλον[3].

### **2.15 Ρύπανση νερού**

Ρύπανση μπορεί να θεωρηθεί η δυσμενής μεταβολή των φυσικοχημικών ή βιολογικών συνθηκών ενός συγκεκριμένου περιβάλλοντος ή/και η βραχυπρόθεσμη ή μακροπρόθεσμη βλάβη στην ευζωία, την ποιότητα ζωής και την υγεία των ανθρώπων και των άλλων ειδών του πλανήτη. Η ρύπανση μπορεί να επηρεάζει, επίσης, την υλική και πολιτιστική βάση της ζωής, τους φυσικούς πόρους, τις ανθρώπινες δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένης και της αναψυχής. Η ρύπανση μπορεί να είναι χημική, με την εισαγωγή επικίνδυνων, βλαβερών ή και τοξικών ουσιών, ενεργειακή (θερμική, ραδιενεργή κα), βιολογική, αισθητική, ηχητική, γενετική (με την εισαγωγή π.χ. γενετικά μεταλλαγμένων ειδών). Κάθε ουσία που εμποδίζει την κανονική χρήση του ύδατος θεωρείται ότι το ρυπαίνει. Εδώ παρατηρούνται αντιφάσεις διότι μια ουσία που το εμποδίζει από μια χρήση μπορεί να είναι απαραίτητη από μια άλλη χρήση. Σαν παράδειγμα αναφέρεται το χλωριούχο νάτριο. Το νερό υπάρχει παντού γύρω μας στη θάλασσα, στην ατμόσφαιρα υπό μορφή υδρατμών στο έδαφος στις λίμνες στα ποτάμια κλπ [3].

### **2.16 Μόλυνση νερού**

Μόλυνση είναι μια ειδική κατηγορία ρύπανσης, που οφείλεται σε μικροοργανισμούς. Όταν καταλήγουν σε ποτάμια, λίμνες ή στη θάλασσα βρώμικα νερά από κατοικίες, νοσοκομεία, χώρους απόρριψης σκουπιδιών κλπ μπορεί να προκαλέσουν διάφορες μορφές ρύπανσης: για παράδειγμα, ρύπανση εξαιτίας της παρουσίας χημικών, βλαβερών ουσιών, αλλά και μόλυνση εξαιτίας της παρουσίας μικροβίων και γενικότερα παθογόνων οργανισμών στα βρώμικα νερά [3].

### **2.17 Άμεση ρύπανση**

Άμεση ρύπανση είναι αυτή που μπορεί να αντιληφθούμε άμεσα. Ένα παράδειγμα άμεσης ρύπανσης είναι η περίπτωση ενός ποταμού ή μιας λίμνης, όπου καταλήγουν τοξικά απόβλητα και προκαλείται άμεσος κι αιφνίδιος θάνατος ψαριών [3].

### **2.18 Έμμεση ρύπανση**

Έμμεση ρύπανση είναι η μορφή ρύπανσης, που δεν αντιλαμβανόμαστε εύκολα, επειδή δεν είναι ορατή. Για παράδειγμα, όταν καταλήγουν σε ένα ποτάμι ή σε μια λίμνη ή στη θάλασσα λύματα ή απόβλητα, σε ποσότητες που δεν μπορούν τα υδατικά οικοσυστήματα να καθαρίσουν, είναι πολύ πιθανό να προκληθούν σταδιακά αλλαγές στα είδη που υπάρχουν σε αυτό. Ορισμένα είδη αναπτύσσονται υπερβολικά, ενώ άλλα περιορίζονται ή εξαφανίζονται (ευτροφισμός). Σε πιο προχωρημένο επίπεδο ρύπανσης, μπορεί το διαλυμένο στο νερό οξυγόνο να μειωθεί και να αρχίσει η παραγωγή άλλων αερίων, επικίνδυνων για τις μορφές ζωής (υδρόθειο, αμμωνία κα) [3].

## 2.19 Πηγές ρύπανσης νερού

Οι σπουδαιότερες πηγές ρύπανσης, οι οποίες επιβαρύνουν κατ' αρχήν τα επιφανειακά νερά και στη συνέχεια τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες, μπορεί να ταξινομηθούν στις εξής κατηγορίες [3]:

- Αστικά λύματα: Ακάθαρτα νερά πόλεων και οικισμών που προέρχονται από τις κατοικίες και διάφορες άλλες δραστηριότητες (σχολεία και πανεπιστήμια, δημόσιες επιχειρήσεις, χώροι εργασίας, τουριστικές μονάδες, νοσοκομεία, εργαστήρια και ιατρικά κέντρα, βιοτεχνίες κτ).
- Βιομηχανικά υγρά απόβλητα, που μπορεί να είναι παρόμοια με τα αστικά λύματα ή να περιέχουν και επικίνδυνα ή και τοξικά στοιχεία.
- Γεωργικά υγρά απόβλητα, τα νερά απορροής εντατικά καλλιεργούμενων εκτάσεων που μπορεί να περιέχουν λιπάσματα ή/και φυτοφάρμακα.
- Κτηνοτροφικά υγρά απόβλητα, τα υγρά απόβλητα που προέρχονται από μεγάλες ή μικρότερες μονάδες εκτροφής ζώων.
- Διείσδυση θαλασσινού νερού λόγω υπεράντλησης των υπόγειων νερών ή λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας εξαιτίας της αλλαγής του παγκόσμιου κλίματος ("φαινόμενο θερμοκηπίου").
- Όξινη βροχή εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ή κατακρήμνισης των αέριων ρύπων με τη βροχή, το χιόνι, τον άνεμο ή λόγω βαρύτητας.

## 2.20 Οι δρόμοι της ρύπανσης

Πώς οι δρόμοι του νερού γίνονται και δρόμοι της ρύπανσης. Συχνά, ανεπεξέργαστα αστικά λύματα των πόλεων (βρώμικα νερά από κατοικίες και διάφορες οικονομικές δραστηριότητες) μεταφέρονται μέσω των υπονόμων και του δικτύου αποχέτευσης σε υδάτινους αποδέκτες, που είναι επιφανειακοί (ρέματα, ποτάμια, λίμνες και θάλασσα) ή υπόγειοι. Οι δρόμοι του νερού γίνονται και δρόμοι της ρύπανσης. Τα επιφανειακά νερά, δηλαδή οι ποταμοί, οι λίμνες, οι λιμνοθάλασσες, οι κλειστοί θαλάσσιοι κόλποι και οι ανοιχτές θάλασσες είναι περισσότερο ή λιγότερο ευαίσθητα στη ρύπανση, ανάλογα με τη δυνατότητα ανανέωσής τους και το είδος των ρύπων που καταλήγει σε αυτά. Καθοριστικός είναι και ο ρόλος της ποσότητας του οξυγόνου που είναι διαλυμένο στο νερό [3].

## 2.21 Ρύπανση υπόγειων νερών

Τα υπόγεια νερά είναι, επίσης, πολύ ευαίσθητα στη ρύπανση και έχουν περιορισμένη ικανότητα αυτοκαθαρισμού. Η κατάληξη αστικών λυμάτων, ξεπλυμάτων εδάφους από εντατική χρήση χημικών λιπασμάτων, αλλά και κτηνοτροφικών αποβλήτων στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα έχει ως κύριο αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών αλάτων. Εξαιτίας αυτής της ρύπανσης, τα υπόγεια νερά γίνονται επικίνδυνα για τον άνθρωπο και τους ζωικούς οργανισμούς. Η ρύπανση του εδάφους με τοξικές ουσίες ή βιομηχανικά απόβλητα μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων ή άλλων τοξικών ουσιών στα υπόγεια νερά, όπως για παράδειγμα διαπιστώνεται σε περιοχές της Σταυρούπολης (Θεσσαλονίκη), εξαιτίας τοξικών υπολειμμάτων φυτοφαρμάκων από τη βιομηχανία Διάνα. Είναι εξαιρετικά δύσκολο και δαπανηρό να καθαρίσουμε τα υπόγεια νερά από επικίνδυνες και τοξικές ουσίες [3].

## 2.22 Υφαλμύριση υπόγειων νερών

Η εντατική άντληση των υπόγειων νερών με ρυθμό, που δεν επιτρέπει την ανανέωση τους, προκαλεί την εισβολή αλμυρού νερού από τη θάλασσα στους υδροφορείς. Όταν η στάθμη του υπόγειου νερού υποχωρήσει κάτω από την στάθμη του θαλάσσιου νερού με το οποίο συνδέεται, τότε αντί να έχουμε ροή από τον υπόγειο υδροφορέα στη θάλασσα, έχουμε αντιστροφή του φαινομένου και νερό από την θάλασσα εισέρχεται στο υπόγειο νερό. Αλμυρό νερό αναμένεται να εισβάλλει σε μεγαλύτερη έκταση σε παράκτιες περιοχές, εξαιτίας της ανόδου της στάθμης της θάλασσας (έως και εβδομήντα εκατοστά μέσα στις επόμενες δεκαετίες) λόγω της κλιματικής αλλαγής ή της μείωσης των βροχοπτώσεων [3].

## 2.23 Ρύπανση πόσιμου νερού

Το πόσιμο νερό είναι και θα έπρεπε να είναι το καλύτερα ελεγχόμενο μέσο διατροφής. Η νομοθεσία προσδιορίζει τις συγκεντρώσεις διαφόρων ουσιών, που επιτρέπεται να υπάρχουν μέσα στο πόσιμο νερό, ώστε να ανταποκρίνεται στις υψηλές ποιοτικές προδιαγραφές, που απαιτούνται σε σχέση με το σημαντικό για τη ζωή μας αγαθό. Η τεχνολογία που διατίθεται σε αρκετές χώρες είναι σε θέση να ανιχνεύει στο νερό ιχνοστοιχεία, που βρίσκονται σε συγκεντρώσεις του δισεκατομμυριοστού του γραμμαρίου ανά λίτρο [3].

Αν και τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει σημαντικές προσπάθειες, περίπου 1200 χημικά είδη, που περιέχουν 230 δραστικές ουσίες κυκλοφορούν στο εμπόριο και χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες ως φυτοφάρμακα, λιπάσματα ή ζιζανιοκτόνα. Πολλά από τα φυτοφάρμακα είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά στο χρόνο και γι' αυτό εξαιρετικά επικίνδυνα, όταν καταλήγουν στο νερό. Το όριο που έχει υιοθετηθεί για την περιεκτικότητα σε φυτοφάρμακα είναι 0,5 μικρογραμμάρια (εκατομμυριοστό του γραμμαρίου) ανά λίτρο συνολικά, και ειδικά για ορισμένα οργανο-χημικά (τα ίδια ή τα προϊόντα αποικοδόμησής τους είναι ιδιαίτερα τοξικά) το όριο είναι το 0,1 mg/L [3].

Η νομοθεσία ορίζει, επίσης ότι το πόσιμο νερό δεν πρέπει να περιέχει περισσότερα από 50mg ανά λίτρο νιτρικών. Οι νιτρικές ενώσεις στα νερά προέρχονται, συνήθως, από τη χρήση λιπασμάτων και την απόρριψη λυμάτων και ιλύος. Οι νιτρικές ενώσεις είναι ουσίες, που υπάρχουν στη φύση, αλλά αυτό, που προκαλεί ανησυχία είναι οι ουσίες, στις οποίες μετασχηματίζονται: τα νιτρώδη και οι νιτροζαμίνες. Η μακροχρόνια κατανάλωση αυτών των ουσιών μέσω της τροφικής αλυσίδας μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία [3].

## 2.24 Πηγές και Διαδικασίες Ρύπανσης Υπόγειων Νερών

Η διαμόρφωση της ποιότητας του νερού στο έδαφος και τους υπόγειους υδροφορείς εξαρτάται από τη μεταφορά μάζας των διαφόρων ουσιών και στοιχείων που την καθορίζουν. Η ποιότητα του υπόγειου και εδαφικού νερού αναφέρεται στη χημική του σύνθεση, με τα διαλυμένα και αιωρούμενα υλικά, στην ενεργειακή του κατάσταση, και στους μικροοργανισμούς. Η διαμόρφωση της σύστασης του νερού είναι αποτέλεσμα φυσικών, χημικών, βιολογικών διαδικασιών και ανθρώπινης επέμβασης, είτε με την απευθείας εισαγωγή χημικών και βιολογικών ουσιών στα υπόγεια νερά, είτε έμμεσα επεμβαίνοντας στις φυσικές διαδικασίες που επηρεάζουν το σύστημα των υπόγειων νερών (π.χ. η εισροή θαλασσινού νερού). Η χημική σύσταση του φυσικού υπόγειου νερού εξαρτάται μόνο από τις φυσικές διαδικασίες και είναι αποτέλεσμα της υδρογεωλογικής και γεωχημικής ιστορίας του. Η ανθρώπινη επέμβαση προσδιορίζεται σε περιοχές με σημαντική χρήση της γης, όπως στις αστικοποιημένες περιοχές, μεταλλεία και αγροτικές περιοχές [3].

Το νερό, είτε προέρχεται από τις βροχοπτώσεις ή από τα υγρά απόβλητα που εφαρμόζονται στο έδαφος είναι ο κύριος παράγοντας μεταφοράς ουσιών μέσα στο έδαφος. Το επιφανειακό νερό διηθείται στο έδαφος και διαμέσου της ακόρεστης ζώνης κινείται προς τους υπόγειους υδροφορείς, όπου διακλαδίζεται προς διάφορες διευθύνσεις ανάλογα με τις συνθήκες ροής που επικρατούν στον υδροφορέα. Το ρυπασμένο νερό ακολουθεί τις καθορισμένες διαδικασίες κίνησης του υπόγειου νερού. Με την παρέλευση του χρόνου η ένταση της ρύπανσης του νερού είτε μειώνεται μέσα στο υδροφορέα ή το ρυπασμένο νερό οδηγείται προς ένα φρεάτιο ή ευκαιριακά εξέρχεται στα επιφανειακά υδάτινα συστήματα (ποτάμια, λίμνες, θάλασσα) [3].

Η ταφή των στερεών αποβλήτων (χωματερές από σκουπίδια οικισμών και στερεών αποβλήτων βιομηχανιών) μπορεί να αποτελέσει αιτία υποβάθμισης της ποιότητας των υπόγειων νερών λόγω της έκπλυσης που προκαλεί το νερό που διέρχεται από τη μάζα των αποβλήτων. Τα εκπλύματα (leachates) αποτελούνται από το νερό που κατά την κίνησή του δια μέσου της μάζας των στερεών αποβλήτων εμπλουτίζεται με ρύπους και τα παράγωγα της αποικοδόμησης των αποβλήτων με τις χημικές και βιοχημικές αντιδράσεις [3].

Η άρδευση σε ξηρά και ημίξηρα κλίματα είναι υπεύθυνη για τη μεταφορά και εναπόθεση των ανόργανων ενώσεων και αλάτων στην ακόρεστη ζώνη. Λόγω της εξατμισοδιαπνοής, αυξάνει η συγκέντρωση των αλάτων στο εδαφικό νερό με 5 αποτέλεσμα το νερό που διηθείται βαθιά να περιέχει διαλυμένα άλατα σε συγκεντρώσεις δύο και τρεις φορές μεγαλύτερες από αυτές του εφαρμοζόμενου νερού. Στα διαπερατά εδάφη, η περίσσεια νερού που περνά τη ζώνη παρασέρνει τα διαλυμένα υλικά (ιδιαίτερα τα ιόντα χλωρίου, θεικών, νιτρικών και νατρίου) στα υπόγεια νερά. Η επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση του νερού για άρδευση είναι μία σοβαρή διαδικασία συσσώρευσης των αλάτων στα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά [3].

Με την εφαρμογή των λιπασμάτων στο έδαφος, που συνήθως περιέχουν ανόργανα στοιχεία, προκαλείται αύξηση των λιπασματικών στοιχείων στο εδαφικό διάλυμα. Ποιοτικά οι πιο επιβλαβείς ρύποι για την υγεία του ανθρώπου, από τη γεωργία, είναι τα νιτρικά ιόντα, τα οποία με μεγάλη ευκολία μεταφέρονται με το νερό που διηθείται βαθιά δια μέσου της ακόρεστης ζώνης του εδάφους και της υπόγειας ροής στους υπόγειους υδροφορείς. Η άρδευση και η εφαρμογή των λιπασμάτων ανόργανου αζώτου φαίνεται ότι συντελούν στην ταχύτατη αύξηση των νιτρικών σε πολλές αγροτικές περιοχές. Αλλά αύξησή τους μπορεί να παρατηρηθεί και σε μη αρδευόμενες περιοχές με οργανικά εδάφη. Σ' αυτή την περίπτωση τα νιτρικά απελευθερώνονται κατά την ανοργανοποίηση των φυτικών υπολειμμάτων και των ζωικών αποβλήτων που ενσωματώνονται στο έδαφος. Τα στερεά απόβλητα (κοπριές) των ζώων είναι επίσης σημαντικές πηγές νιτρικών και διαλυμένων αλάτων [3].

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3- ΠΗΓΕΣ- ΛΙΜΝΟΔΕΞΑΜΕΝΕΣ-ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ

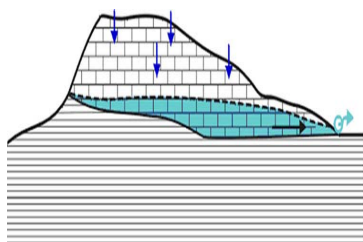
### 3.1 Πηγές

Οι πηγές και οι αναβλύσεις συνδέονται στενά με τον κύκλο του νερού στη φύση, την υδρολογική ισορροπία και το υδρολογικό ισοζύγιο του υπόγειου νερού. Αποτελούν επίσης μία σημαντική ένδειξη για το είδος της υδροφορίας μιας περιοχής. Κατά το ιστορικό παρελθόν η παρουσία τους ήταν σημαντική για τη δημιουργία οικισμών ή την ανάπτυξη στρατιωτικών δυνάμεων [4].

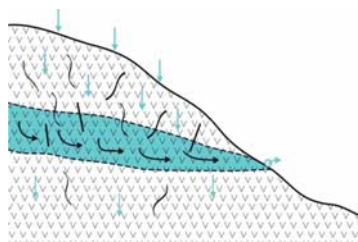
Ο Tood K. (1980) δίνει για τις πηγές τον εξής ορισμό: «είναι μία συγκεντρωμένη εκροή υπόγειου νερού που εμφανίζεται στην επιφάνεια του εδάφους ως ένα ρεύμα νερού που ρέει ελεύθερα». Η πηγή διαστέλλεται από τη διαρροή νερού που είναι μία πιο αργή κίνηση υπόγειου νερού προς την επιφάνεια του εδάφους συνήθως μη σημειακή, αλλά εκτενής (γραμμικά ή διασπαστικά). Οι διαρροές νερού μπορούν να σχηματίζουν τοπικά μικρά τέλματα ή ροές ή να εξατμίζονται, ανάλογα με την παροχή της διαρροής, την τοπογραφία και το κλίμα. Ως ανάβλυση εννοούμε κάθε εμφάνιση υπόγειου νερού στην επιφάνεια του εδάφους ή στον πυθμένα μάζας νερού (ποταμού, λίμνης, θάλασσας) [4].

Υδρογεωλογικά οι πηγές και γενικά οι αναβλύσεις είναι στην πραγματικότητα «υπερχείλιση» υδροφόρων στρωμάτων. Εκφορτίζουν τα υδροφόρα στρώματα. Αυτά τροφοδοτούνται με την κατείσδυση ή τη διήθηση από τα κατακρημνίσματα και ανεβαίνει η στάθμη τους. Οι πηγές εμφανίζονται εκεί που η στάθμη των υδροφόρων στρωμάτων έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια του εδάφους. Είναι ο γεωμετρικός τόπος της τομής του υδροφόρου ορίζοντα με τη στάθμη του εδάφους. Γι' αυτό εμφανίζονται γεωμορφολογικά στα χαμηλότερα σημεία, στο επίπεδο βάσης, εκτός από τις πηγές που συνδέονται με επικρεμάμενους υδροφορείς. Οι πηγές πάντως αποτελούν σημαντική ένδειξη της υδροφορίας μιας περιοχής. Μεγάλος αριθμός μικρών πηγών στις παρυφές κοιλάδων ή στα κράσπεδα λόφων είναι ένδειξη ρηχού υδροφόρου ορίζοντα με μικρή περατότητα. Αντίθετα μεγάλες πηγές στον πυθμένα κοιλάδων, στο βασικό γεωμορφολογικό επίπεδο, είναι ένδειξη ύπαρξης μεγάλου υδροφόρου με σημαντική περατότητα [4].

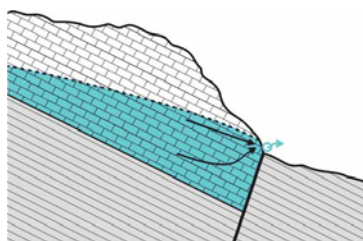
Κατηγορίες πηγών ανάλογα με το γεωλογικό τρόπο δημιουργίας[4]



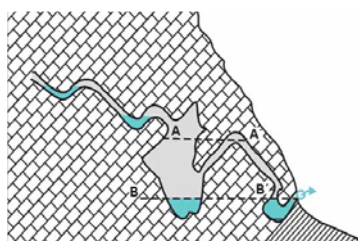
Σχ.1: Πηγή επαφής



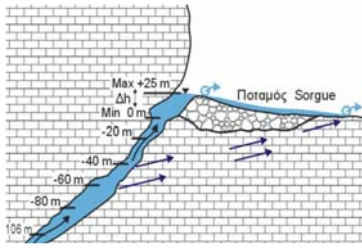
Σχ.2: Πηγή ψευδοεπαφής



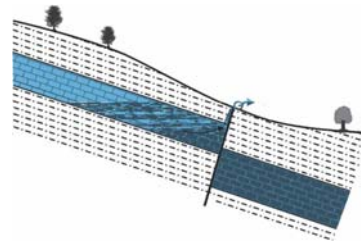
Σχ.3: Πηγή ρηγματογενής



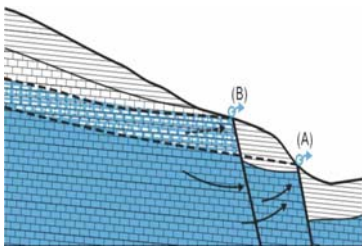
Σχ.4: Διαλείπουσα πηγή



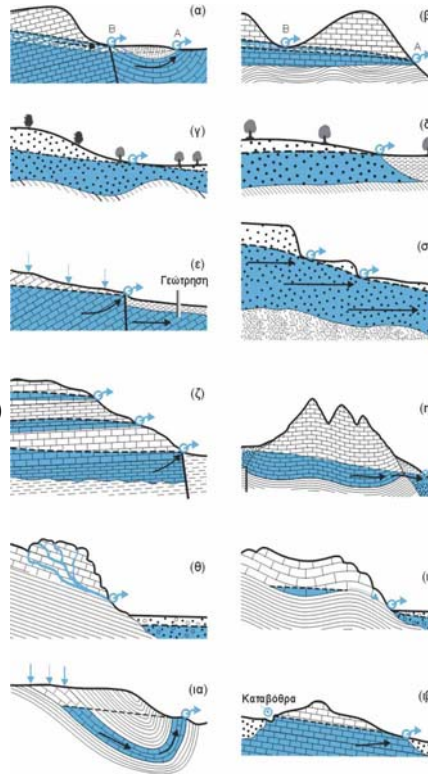
Σχ.5: Βωκλυζιανή πηγή



Σχ.6: Ανερχόμενη ρηγματογενής πηγή



Σχ.7: Ανερχόμενη ρηγματογενής(A) και υπερπληρωτική(B) πηγή



Σχ.8: Τύπος πηγών (α)πλήρωσης και υπερπλήρωσης, (β)πλήρωσης και υπερπλήρωσης, (γ)πλήρωσης, (δ)πλήρωσης, (ε)ρηγματογενής, (στ)διαδοχικές πλήρωσης, (ζ)πηγές ψευδοεπαφής Και μία ρηγματογενής, (η)πλήρωσης καρστική-αλλουβιακή, (θ)παροδική καρστική επαφής, (ι)επαφής καρστική εποχική, (ια)πλήρωσης ανερχομένη, (ιβ)καρστική πλήρωση σε συνδυασμό με καταβόθρα

### 3.2 Λιμνοδεξαμενές

Οι λιμνοδεξαμενές είναι τεχνητές λίμνες ή ταμιευτήρες, των οποίων η χωρητικότητα κυμαίνεται από 1 έως 4 εκατομμύρια  $m^3$ . Αυτές χαρακτηρίζονται ως κανονικές. Αντίθετα ως "μικρές λιμνοδεξαμενές" χαρακτηρίζονται εκείνες των οποίων η χωρητικότητα κυμαίνεται από 10.000  $m^3$  έως 1 εκατομμύριο. Οι λιμνοδεξαμενές είναι από τα σπουδαιότερα και αποδοτικότερα έργα εξοικονόμησης νερού στις ορεινές, ημιορεινές και γεωργικές περιοχές της χώρας και κατασκευάζονται από το ΥΑΑ & Τ από τη δεκαετία του '60. Μέχρι σήμερα κατασκευάστηκε ένας σημαντικός αριθμός τέτοιων έργων από τη Δ\νση Εγγείων Βελτιώσεων του Υπουργείου και κυρίως στα όρια ορεινών και πεδινών περιοχών. Βέβαια είναι πολύ ενθαρρυντικό το γεγονός πως πολλές λιμνοδεξαμενές βρίσκονται και σήμερα στο στάδιο της υλοποίησης ή του σχεδιασμού. Εκτός αυτών, υπάρχουν βέβαια και πολλές άλλες θέσεις κατασκευής μικρών κυρίως λιμνοδεξαμενών σε ημιορεινές και ορεινές περιοχές [5].

Οι λιμνοδεξαμενές κατασκευάζονται είτε στην κοίτη των ρευμάτων (επιρεμάτιες) είτε εκτός αυτής σε τεχνητά ή φυσικά κοιλώματα (εξωρεμάτιες). Σκοπός τους σε ορεινές και ημιορεινές περιοχές μπορεί να είναι η άρδευση κασταναριών ή άλλων οπωροφόρων δένδρων, η λήψη νερού για άρδευση αναδασώσεων καμένων περιοχών ή για δασοπυρόσβεση, ο

εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων και πηγών, η αξιοποίηση περιβαλλοντικών, οικολογικών, αισθητικών, περιηγητών αξιών της περιοχής κατασκευής τους κ.λπ. Προστίθεται όμως πως η σχεδίαση και κατασκευή μιας λιμνοδεξαμενής είναι πολύπλοκες και πολύπλευρες διεργασίες και απαιτείται προσωπικό με γνώσεις και μεγάλη εμπειρία[5].

### 3.3 Γεωτρήσεις

Η γεωλογική επιστήμη προσπαθεί να μελετήσει και να αντιληφθεί τη δομή της γης και την εξέλιξή της. Οι παρατηρήσεις ξεκινούν με συνεχή προσπάθεια επέκτασης της γνώσης προς το εσωτερικό της γης. Χρησιμοποιούνται γι' αυτό η γεωλογική μελέτη και χαρτογράφηση, η τεκτονική, η πετρολογία, η γεωχημεία ρευστών και πετρωμάτων, οι γεωφυσικές διασκοπήσεις, που είναι τα κυριότερα «εργαλεία» της γεωλογικής έρευνας από την επιφάνεια. Δε φτάνουν όμως αυτά, γιατί δίνουν μόνο έμμεσες πληροφορίες για την κατάσταση στο εσωτερικό [6].

Η γεωλογία, ως θετική επιστήμη, χρειάζεται επιβεβαίωση της σκέψης και των υποθέσεων που προκύπτουν από την επιφανειακή έρευνα. Πρέπει να προσεγγίσει άμεσα και όσο γίνεται το υπέδαφος, παίρνοντας φυσικά υπόψη τις τεχνικές και οικονομικές δυσκολίες ή περιορισμούς, για να δει την πραγματική κατάσταση. Ένας απλοϊκός τρόπος είναι το «σκάψιμο», όπως έκανε και ο πρωτόγονος άνθρωπος, με τα ξύλινα ή μεταλλικά χειρονακτικά εργαλεία του ή με τη βοήθεια των κατοικίδιων ζώων ή (αργότερα) με τις λιγοστές «εφευρέσεις» του [6].

Ένας πιο αποτελεσματικός τρόπος είναι βέβαια οι γεωτρήσεις, οι οποίες ξεκίνησαν στον αιώνα μας δειλά-δειλά, σχεδόν χειροκίνητα με απλοϊκή τεχνολογία, για να φτάσουν στα μοντέρνα και μεγάλων δυνατοτήτων μέσα, που σήμερα επιτρέπουν την προσέγγιση αλλά και το ξεπέρασμα πολλών χιλιομέτρων βάθους [6].

Οι γεωτρήσεις είναι ως γνωστό κυλινδρικές οπές, που ξεκινούν από την επιφάνεια και εισέρχονται στο υπέδαφος, συνήθως κατακόρυφα. Η διάτρηση γίνεται με πολύπλοκα μηχανικά συγκροτήματα. Τα οποία επιτρέπουν τη διάνοιξη οπών μικρής σχετικά διαμέτρου (συνήθως λίγων έως μερικών δεκάδων cm) σε οποιοδήποτε γεωλογικό σχηματισμό και σε βάθος εκατοντάδων έως και μερικών χιλιάδων μέτρων. Η βαθύτερη γεώτρηση που έγινε μέχρι σήμερα ήταν για ερευνητικούς μόνο λόγους και ξεπέρασε τα 12 χιλιόμετρα [6].

Μέσω των γεωτρήσεων μελετούνται τα χαρακτηριστικά των διατρυνόμενων πετρωμάτων, σχηματισμών, κοιτασμάτων. Τα τοιχώματα τους προφυλάσσονται κατά τη διάρκεια και κυρίως μετά τη διάτρηση, όταν χρησιμοποιούνται για παραγωγικούς σκοπούς, οπότε εφοδιάζονται με κατάλληλα συστήματα άντλησης [6].

Οι γεωτρήσεις αποτελούν ένα πολύ σημαντικό «μέσο» στη γεωλογική έρευνα, αλλά και στην εκμετάλλευση κοιτασμάτων και την εκτέλεση των μεγάλων έργων έχουν βέβαια κάποιους περιορισμούς : στοιχίζουν πολύ, δε μπορεί να γίνουν σε απεριόριστο βάθος, «ελέγχουν» μικρό χώρο γύρω από τον άξονά τους [6].

Ως πολύ ακριβό «εργαλείο» που είναι, χρησιμοποιούνται με φειδώ και σύνεση, με κατάλληλες προδιαγραφές, και μόνο εκεί όπου χρειάζεται να λυθούν συγκεκριμένα γεωλογικά και τεχνικά προβλήματα. Επίσης, σε επιλεγμένα και μάλιστα στα πιο κατάλληλα σημεία, στο μικρότερο δυνατό (όσο χρειάζεται) βάθος, για να αντληθούν μέσω αυτών χρήσιμα ρευστά[6].

#### 3.3.1 Γενικές αρχές γεωτρήσεων

Με τον όρο «διάτρηση» εννοούμε τη διάνοιξη κυλινδρικής οπής στο υπέδαφος, ξεκινώντας συνήθως από την επιφάνεια, και φθάνοντας σε ένα επιθυμητό βάθος. Η οπή, με τον κατάλληλο εξοπλισμό της, που τη διατηρεί και της επιτρέπει να επιτελέσει το σκοπό για

τον οποίο έγινε, αποτελεί αυτό που λέγεται «γεώτρηση». Η διάμετρος της οπής είναι σχετικά μικρή, ανάλογα με το σκοπό, το βάθος, τον τρόπο και την κατασκευή της γεώτρησης[6].

Η διάνοιξη της οπής της γεώτρησης γίνεται με κατάλληλο μηχανικό συγκρότημα, το «γεωτρώπανο» με την ευρύτερη έννοια, και τη χρήση διαφόρων υλικών και βοηθητικών μηχανημάτων και εργαλείων, κατά περίπτωση. Το γεωτρώπανο τοποθετείται συνήθως στην επιφάνεια του εδάφους και σε κατάλληλα διαμορφωμένο χώρο, για να εξασφαλισθούν καταρχήν οι εργαζόμενοι, και να δοθεί η δυνατότητα σ' αυτούς που το υπηρετούν να κάνουν όλους τους χειρισμούς και να δίνουν τις κατάλληλες εντολές στα τμήματα εκείνα του γεωτρώπανου που βρίσκονται στο εσωτερικό της γεώτρησης, και μάλιστα σε σημαντικό πολλές φορές βάθος. Οι τεχνικοί πρέπει να ελέγχουν τις διάφορες παραμέτρους από μακριά και να επεμβαίνουν έγκαιρα, όταν χρειάζεται, προλαβαίνοντας δυσάρεστες ή ανεπιθύμητες εξελίξεις [6].

Το γεωτρώπανο είναι στις μέρες μας ένα βαρύ μεταλλικό «μηχάνημα» και αποτελείται βασικά από τα μηχανολογικά τμήματα, που εξασφαλίζουν την κίνηση, τα κοπτικά όργανα και τον φέροντα εξοπλισμό. Όλα μαζί επιτρέπουν τη διάτρηση και τη λήψη των κατάλληλων δειγμάτων από τους γεωλογικούς σχηματισμούς και τα χρήσιμα μερικές φορές στοιχεία ή προϊόντα που συναντούν. Το συγκρότημα περιλαμβάνει επίσης τις συνοδευουσες συσκευές-μηχανές, που εξασφαλίζουν τις άλλες απαραίτητες εργασίες (τσιμέντωση, κυκλοφορία λάσπης μέσα στη γεώτρηση κλπ.) το γεωτρώπανο διαθέτει συνήθως αυτοδυναμία στη λειτουργία του, τη μετακίνηση (εισκόμιση, τοποθέτηση και αλλαγή θέσης) και την ενέργεια[6].

Κάθε γεωτρώπανο έχει τα δικά του τεχνικά χαρακτηριστικά, ανάλογα με το είδος και το βάθος των γεωτρήσεων που προορίζεται να κάνει, και υπηρετείται από ειδικευμένους τεχνικούς. Ένα μεγάλο γεωτρώπανο αποτελεί ουσιαστικά ένα κινητό «εργοστάσιο», ένα εργοστάσιο τριπλής βάρδιας, με δεκάδες τεχνικούς διαφόρων ειδικοτήτων και επικεφαλής ένα μηχανικό γεωτρήσεων, καθώς και ένα βασικό του συνεργάτη, το γεωλόγο γεωτρήσεων. Ένα μικρότερο γεωτρώπανο έχει συνήθως ένα γεωτρωπανιστή και μερικούς βοηθούς-εργάτες, με επιβλέποντα μηχανικό ή γεωλόγο[6].

Οι γεωτρήσεις πρέπει να προγραμματίζονται έγκαιρα και σωστά, και να προσδιορίζονται οι σκοποί και οι στόχοι που καλούνται να πραγματοποιήσουν. Η διαφοροποίηση στις φυσικές συνθήκες, τις τεχνικές παραμέτρους και το σκοπό της κάθε γεώτρησης είναι αρκετά μεγάλη. Γι' αυτό και το εύρος των επιλογών είναι σημαντικό. Χρειάζεται λοιπόν συγκεκριμένο πρόγραμμα (βάθος, διάμετρος, σωληνώσεις, δειγματοληψία κλπ.) και επιλογή κατάλληλου γεωτρώπανου (και των παρελκόμενων υλικών και μηχανημάτων), που θα τις πραγματοποιήσει με το αρτιότερο και συγχρόνως λιγότερο δαπανηρό τρόπο. Επιβάλλεται να συνυπολογιστούν όλοι εκείνοι οι παράγοντες που θα επηρεάσουν τη σωστή τελική επιλογή[6].

Η διάνοιξη κάθε γεωτρητικής οπής γίνεται με δύο βασικούς τρόπους : είτε με επαναλαμβανόμενη μηχανική κρούση στον πυθμένα της οπής, χρησιμοποιώντας ένα κατάλληλο βαρύ μεταλλικό «κρουστήρα», είτε με περιστρεφόμενο μεταλλικό κοπτικό όργανο, που προχωρεί προς τα κάτω χάρη στην κινητική ενέργεια της περιστροφής αλλά και την υδραυλική πίεση από την επιφάνεια, τις διαδοχικές «κρούσεις» προς τα κάτω, το βάρος της μεταλλικής στήλης που συγκρατεί το κοπτικό άκρο και τη διατηρητική ικανότητα του[6].

Η «κρουστική» τεχνική χρησιμοποιείται ελάχιστα και συνήθως στις υδρογεωτρήσεις και τις γεωτρήσεις τεχνικών έργων, γιατί και στις δύο αυτές κατηγορίες αρκεί συνήθως η οπή για να αντληθεί το νερό ή να θεμελιωθούν έργα, αντίστοιχα[6].

Η «περιστροφική» διάτρηση είναι πιο διαδεδομένη, και έχει ένα τεράστιο εύρος εφαρμογών, αφού επιτρέπει τη διάνοιξη οπών ποικίλης διαμέτρου και σημαντικού βάθους[6].

Υπάρχει βέβαια και ο συνδυασμός των δύο τύπων διάτρησης, της κρουστικής και της περιστροφικής, σε πολύ ειδικές περιπτώσεις. Ένα γεωτρώπανο με περιστροφική διάτρηση έχει συνήθως τη δυνατότητα να χρησιμοποιεί το μηχανισμό του βαρούλκου, που έτσι κι αλλιώς διαθέτει, για να κάνει (μερικώς) κρουστική διάτρηση[6].



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ**

### **4.1 Γενικά**

Ποιότητα νερού είναι τα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά του ύδατος σε σχέση σε ένα σύνολο προτύπων. Τα πρότυπα ποιότητας νερού δημιουργούνται για τους διαφορετικούς τύπους θέσεων οργανισμών ύδατος και σωμάτων ύδατος ανά επιθυμητές χρήσεις. Οι αρχικές χρήσεις που εξετάζονται για τέτοιο χαρακτηρισμό είναι παράμετροι που αφορούν το πόσιμο νερό, ασφάλεια της ανθρώπινης επαφής, και για την υγεία των οικοσυστημάτων [3].

Στον καθορισμό των προτύπων, οι πολιτικές αποφάσεις λαμβάνονται για το πώς το ύδωρ θα χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση των φυσικών οργανισμών ύδατος. Οι διαφορετικές χρήσεις έχουν τις και διαφορετικές ανησυχίες επομένως διαφορετικά πρότυπα. Οι φυσικοί οργανισμοί ύδατος θα ποικίλουν αναλόγως με τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι περιβαλλοντικοί επιστήμονες εργάζονται για να καταλάβουν τη λειτουργία αυτών των συστημάτων, η οποία καθορίζει τις πηγές και τα ποσοστά των μολυσματικών παραγόντων. Περιβαλλοντικοί δικηγόροι και οι φορείς χάραξης πολιτικής εργάζονται για να καθορίσουν τους νόμους ύδατος που υποδεικνύουν τις εκ των προτέρων αναφερθείσες χρήσεις και τους φυσικούς όρους [3].

Η μεγάλη πλειοψηφία ύδωρ επιφάνειας στον πλανήτη δεν είναι ούτε πόσιμη ούτε τοξική. Αυτό παραμένει αληθινό ακόμα κι αν το θαλασσίνο νερό στους ωκεανούς (που είναι πάρα πολύ αλμυρό για πόση) δεν μετριέται. Μια άλλη γενική αντίληψη για την ποιότητα νερού είναι αυτή μιας απλής ιδιοκτησίας που λέει εάν το ύδωρ είναι μολυσμένο ή όχι. Στην πραγματικότητα, η ποιότητα νερού είναι ένα πολύ σύνθετο θέμα, εν μέρει επειδή το ύδωρ είναι ένα σύνθετο μέσο που σχετίζεται με την οικολογία της γης. Η βιομηχανική ρύπανση είναι μια σημαντική αιτία ρύπανσης των υδάτων, καθώς επίσης και η απορροή από τις γεωργικές περιοχές, η αστικές απορροές και η απαλλαγή των μη επεξεργασμένων λυμάτων (ιδιαίτερα μέσα αναπτυσσόμενες χώρες) [3].

### **4.2 Νομοθεσία**

Η ισχύουσα νομοθεσία αναφέρεται στο ΦΕΚ 630 Β/26-4-2007, τροποποίηση της Υγειονομικής Διάταξης κοινής υπουργικής απόφασης Υ2/2600/2001 «Ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης» σε συμμόρφωση προς την οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 3<sup>ης</sup> Νοεμβρίου 1998. Σκοπός της Απόφασης ήταν η προσαρμογή της Ελληνικής Νομοθεσίας προς την οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης που δημοσιεύθηκε στην επίσημη εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων της 3<sup>ης</sup> Νοεμβρίου 1998, με στόχο την προστασία της ανθρώπινης υγείας από τις δυσμενείς επιπτώσεις που οφείλονται στη ρύπανση ή και μόλυνση του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, διασφαλίζοντας ότι είναι υγιεινό και καθαρό. (ΕΕ L330/98) [8].

Η Ελληνική νομοθεσία καθορίζει νομοθετικά την ποιότητα του νερού με αντίστοιχες Υγειονομικές διατάξεις ή με Προεδρικά Διατάγματα τα οποία είναι η προσαρμογή της Νομοθεσίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο Ελληνικό κράτος [7].

Η ισχύουσα Νομοθεσία χωρίζει το νερό σε 4 κατηγορίες:

1. Πόσιμο νερό δικτύου ύδρευσης.
2. Εμφιαλωμένο νερό, το οποίο νομοθετικά διαχωρίζεται σε φυσικό μεταλλικό νερό και σε επιτραπέζιο νερό.
3. Νερό κολυμβητηρίων

#### 4. Επιφανειακό νερό αναψυχής.

Σύμφωνα με το άρθρο 2 της νομοθεσίας, ‘νερό ανθρώπινης κατανάλωσης’ ορίζεται:

A) 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 το δίκτυο διανομής, από βυτίο ή σε φιάλες ή σε δοχεία.

B) το νερό που χρησιμοποιείται στις επιχειρήσεις παραγωγής τροφίμων για την παρασκευή, επεξεργασία, συντήρηση ή εμπορία προϊόντων ή ουσιών, που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση.

Κατά την έννοια των ανωτέρω το ‘νερό ανθρώπινης κατανάλωσης’, δεν εντάσσεται στην έννοια του τροφίμου, παρέχεται με υποχρέωση της Πολιτείας σε όλους τους πολίτες της επικράτειας ως ‘δημόσιο αγαθό’, μη υπαγόμενο στους κανόνες της αγοράς και διέπεται από τους νόμους της υγειονομικής μηχανικής.

Σύμφωνα πάλι με το άρθρο 2, ‘οικιακές χρήσεις’ ορίζονται οι χρήσεις του νερού, κατά τρόπο που να έρχεται σε άμεση ή έμμεση επαφή με τον ανθρώπινο οργανισμό [8].

Στη χώρα μας ο χαρακτηρισμός της ποιότητας των πόσιμων υδάτων καθοριζόταν με τη Διυπουργική Απόφαση, με αριθμό Α5/288/23-1-86 (ΦΕΚ 53/Β/20-2-1986) ‘‘για τη ποιότητα του πόσιμου νερού, σε συμμόρφωση προς την οδηγία του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, με αριθμό 80/778 της 15.7.80’’.

Με την απόφαση αυτή, καθοριζόντουσαν οι επιτρεπόμενες τιμές των ποιοτικών χαρακτηριστικών, που χαρακτήριζαν το νερό ως κατάλληλο για πόση. Οι τιμές των ποιοτικών χαρακτηριστικών του πόσιμου νερού έπρεπε να είναι κατώτερες ή ίσες με τις τιμές, που προσδιορίζονταν από τον τίτλο ως ‘‘Ανώτατη Παραδεκτή Συγκέντρωση’’ και να προσέγγιζαν τις τιμές που προσδιορίζονταν με τον τίτλο ‘‘Ενδεικτικό επίπεδο’’.

Παραεκκλίσεις από τις τιμές αυτές επιτρέπονταν, προκειμένου να αντιμετωπίζαν:

α) συνθήκες που είχαν σχέση με την φύση και τη σύσταση του εδάφους στην περιοχή, η οποία τροφοδοτούσε την υπό εξέταση πηγή,

β) συνθήκες που είχαν σχέση με εξαιρετικά μετεωρολογικά φαινόμενα ή πρόσκαιρες τεχνικές δυσχέρειες. Οι παραεκκλίσεις δεν αφορούσαν σε καμία περίπτωση, τους τοξικούς ή μικροβιολογικούς παράγοντες, και σε κάθε περίπτωση, έπρεπε να αποκλείουν τους κινδύνους για τη Δημόσια υγεία.

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του πόσιμου νερού, σύμφωνα με την απόφαση, που προαναφέρθηκε, ταξινομούνται σε 6 κατηγορίες:

A. Οργανοληπτικές παράμετροι

B. Φυσικοχημικές παράμετροι

Γ. Παράμετροι που αφορούν τις ανεπιθύμητες ουσίες

Δ. Παράμετροι που αφορούν τοξικές ουσίες

E. Μικροβιολογικές παράμετροι

ΣΤ. Ελάχιστη απαιτούμενη συγκέντρωση για το πόσιμο νερό που είχε υποστεί κατεργασία αποσκλήρυνσης.

Για την παρουσία ραδιενεργών ουσιών, στο νερό, ίσχυαν τα ανώτατα όρια που καθορίζονταν στην Υ.ΑΓ3α/761 της 26.3.1968.

Στην ίδια Απόφαση, καθορίζεται και το είδος των αναλύσεων που έπρεπε να εκτελούνται στους τακτικούς και περιοδικούς ελέγχους καθώς και ο ελάχιστος αριθμός δειγμάτων που έπρεπε να αναλύονται, το έτος, σε σχέση με την κατανάλωση νερού και τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό.

Οι απόλυτα απαραίτητοι προσδιορισμοί αφορούσαν τις εξής παραμέτρους:

- Οσμή

- Γεύση

- Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (ή μια άλλη φυσικοχημική παράμετρος )

- Υπολειμματικό χλώριο

- Ολικά κολοβακτηριοειδή (ή συνολικές μετρήσεις αποικιών σε 22°C και 37°C)

- Κολοβακτηριοειδή κοπράνων

Οι τακτικοί έλεγχοι αφορούσαν:

- Οσμή

- Γεύση

- Θολερότητα

- Θερμοκρασία

- Ηλεκτρική Αγωγιμότητα

- pH

- Υπολειμματικό χλώριο

- Νιτρικά

- Νιτρώδη

- Αμμωνία

- Ολικά κολοβακτηριοειδή

- Κολοβακτηριοειδή

- Ολικός αριθμός βακτηρίων, στους 22°C και 37°C

Οι περιοδικοί έλεγχοι περιλαμβάνουν, εκτός από τους προσδιορισμούς που γίνονταν στους τακτικούς ελέγχους και άλλες παραμέτρους που καθορίζονταν κατά περίπτωση. Σε ειδικές περιπτώσεις ή σε ατυχήματα, γίνονταν έκτακτοι έλεγχοι. Η αρμόδια αρχή καθόριζε τις παραμέτρους που έπρεπε, εκτάκτως, να ελεγχθούν, ανάλογα με τις συνθήκες. Οι έλεγχοι του νερού διενεργούνταν από τα Δημόσια Κεντρικά και Περιφερειακά Εργαστήρια, τα οποία καθορίζονται με απόφαση του Υπουργού Υγείας και Πρόνοιας και Κοινωνικών Ασφαλίσεων. Έλεγχοι γίνονταν ακόμα και από οργανωμένα εργαστήρια Δημοτικών Επιχειρήσεων ή Ο.Τ.Α., εφόσον έχουν την απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή. Με κοινή Απόφαση των Υπουργών Εσωτερικών και Δημόσιας Τάξης και Υγείας, Πρόνοιας και Κοινωνικών Ασφαλίσεων, συντάσσονταν πρόσθετες προδιαγραφές, εφόσον απαιτούνταν, που αφορούσαν επιφανειακά και υπόγεια νερά(ζώνες προστασίας, φυσικοχημικές παράμετροι, κτλ.) για διασφάλιση της ποιότητας του πόσιμου νερού. Αρμόδια Αρχή για την εφαρμογή των υγειονομικών διατάξεων ήταν οι Υγειονομικές Υπηρεσίες του Υπουργείου Υγείας, Πρόνοιας και Κοινωνικών Ασφαλίσεων. Υπεύθυνοι για την εφαρμογή των όρων των Υγειονομικών Διατάξεων για το πόσιμο νερό, δηλαδή:

α) για τη μελέτη ,κατασκευή, λειτουργία, συντήρηση και αναγνώριση των συστημάτων ύδρευσης.

β) για τον τεχνητό καθορισμό και την παρακολούθηση της ποιότητας του πόσιμου νερού, μέσω Εργαστηρίων του Δημοσίου ή Εργαστηρίων Δημοτικών Επιχειρήσεων ή Ο.Τ.Α. εφόσον διατίθενται και είχαν την απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή.

γ) γενικά για τη λήψη κάθε μέτρου που θα διασφάλιζε κανονική παροχή υγιεινού νερού, σε μόνιμη βάση, είναι:

- για τις υδρεύσεις Δήμων και Κοινοτήτων, η Δημοτική ή Κοινοτική Αρχή ή ο αντίστοιχος για την ύδρευση Οργανισμός ή Επιχείρηση ή Σύνδεσμος Δήμων και Κοινοτήτων.

- για τις βιομηχανίες, ιδρύματα κτλ. Τα οποία διέθεταν δική τους ύδρευση, οι νόμιμοι εκπρόσωποι τους.

- για τις βιομηχανίες που βρίσκονταν μέσα σε βιομηχανικές περιοχές οι οποίες διέθεταν κεντρικό δίκτυο ύδρευσης, η ΕΤΒΑ.

- για τις ιδιωτικές υδρεύσεις, οι ιδιοκτήτες ή νομείς των εγκαταστάσεων ύδρευσης.

Σύμφωνα με τη Διυπουργική Απόφαση περί πόσιμων νερών, ο ολικός αριθμός κολοβακτηριοειδών, έπρεπε να είναι μηδέν στα 100 mL δείγματος, όταν ο προσδιορισμός γινόταν με τη μέθοδο των μεμβρανών και μικρότερος από 1 στα 100 ml δείγματος, όταν γινόταν με τη μέθοδο των πολλαπλών σωλήνων.

Μηδενικός έπρεπε να είναι και ο αριθμός των κοπρικών κολοβακτηρίων και κοπρικών στρεπτόκοκκων όταν οι προσδιορισμοί γίνονταν με τη μέθοδο των μεμβρανών και μικρότερος από ένα με τη μέθοδο των πολλαπλών σωλήνων.

Ακόμα, τα νερά που προορίζονταν για ανθρώπινη κατανάλωση δεν έπρεπε να περιέχουν παθογόνους οργανισμούς. Προκειμένου να ήταν πλήρης μια μικροβιολογική εξέταση πόσιμου νερού προτεινόταν από τη Διυπουργική Απόφαση να εξετάζονταν, ανάλογα με τις ανάγκες, και τους εξής παθογόνους μικροοργανισμούς:

- Σαλμονέλες
- Παθογόνοι Σταφυλόκοκκοι
- Βακτηριοφάγοι κοπράνων
- Εντερικοί ιοί

Εξάλλου, στα πόσιμα νερά δεν πρέπει να περιέχονται:

- Παρασιτικούς οργανισμούς
- Φύκη

Άλλα μορφοποιημένα στοιχεία (ζωάρια)

Ο ολικός αριθμός βακτηρίων, στο πόσιμο νερό, πρέπει να είναι μικρότερος από 10 βακτήρια ανά ml, στους 37°C (ενδεικτικό επίπεδο) και μικρότερος από 100 βακτήρια ανά mL στους 22°C (ενδεικτικό επίπεδο). Νερά που είχαν υποστεί απολύμανση, πρέπει να είχαν σαφώς μικρότερες τιμές στην έξοδο του συστήματος απολύμανσης. Κάθε υπέρβαση των τιμών αυτών, εφόσον επαναλαμβάνεται, κατά την διάρκεια διαδοχικών δειγματοληψιών, πρέπει να οδηγεί σε πληρέστερο έλεγχο [7].

### 4.3 Παράμετροι και παραμετρικές τιμές

**Πίνακας 2.** Μικροβιολογικές παράμετροι πόσιμου νερού [7]

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

**Πίνακας 3.** Χημικές παράμετροι πόσιμου νερού [7]

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	μg/L
Βρωμικά	10	μg/L
Κάδμιο	5,0	μg/L
Χρώμιο	50	μg/L
Χαλκός	2,0	μg/L
Κυανιούχα	50	μg/L
1,2-διχλωροαιθανιο	3,0	μg/L
Επιχλωρυδρίνη	0,10	μg/L
Φθοριούχα	1,5	μg/L
Μόλυβδος	10	μg/L
Υδράργυρος	1,0	μg/L
Νικέλιο	20	μg/L
Νιτρικά	50	μg/L
Νιτρώδη	0,50	μg/L
Παρασιτοκτόνα	0,10	μg/L

Σύνολο παρασιτοκτόνων	0,50	μg/L
Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες	0,10	μg/L
Σελήνιο	10	μg/L
Τετραχλωροαιθέριο και Τριχλωραιθέριο	10	μg/L
Ολικά τριαλογονομεδάνιο	100	μg/L
Βινυλογλωρίδιο	0,50	μg/L

**Πίνακας 4.**Ενδεικτικές παράμετροι πόσιμου νερού [7]

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα
Αργίλιο	200	mg/L
Αμμώνιο	0,50	mg/L
Χλωριούχα	250	mg/L
Clostridium perfringens (συμπεριλαμβανομένων των σπόρων )	0	Αριθμός ανά 100 ml
Χρώμα	Αποδεκτό για τους 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	mg/L
Μαγγάνιο	50	mg/L
Οσμή	Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολή	
Οξειδωσιμότητα	5,0	mg/L O <sub>2</sub>
Θειικά	250	mg/L
Νάτριο	200	mg/L
Γεύση	Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολή	
Αριθμός αποικιών σε 22°C και 37°C	Άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Κολοβακτηριοειδή	0	Αριθμός ανά 100 ml
Ολικός οργανικός άνθρακας	Άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Υπολειμματικό χλώριο		mg/L
Θολότητα	Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολή	

**Πίνακας 5.Φυσικό-χημικές παράμετροι [7]**

Παράμετρος	Έκφραση των αποτελεσμάτων	Ενδεικτικό επίπεδο	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση
Θερμοκρασία	°C	12	25
Χλώριο	mg/L Cl <sup>-</sup>	25	200
Πυρίτιο	mg/L SiO <sub>2</sub>		
Ασβέστιο	mg/L Ca <sup>2+</sup>	100	
Μαγνήσιο	mg/L Mg <sup>2+</sup>	30	50
Κάλιο	mg/L K <sup>+</sup>	10	12
Ξηρό υπόλειμμα	mg/L, 180°C		1500
Διαλυμένο οξυγόνο	% O <sub>2</sub> κορεσμού		
Ελεύθερο διοξείδιο του άνθρακα	mg/L CO <sub>2</sub>		

**Πίνακας 6.Παράμετροι που αφορούν ανεπιθύμητες ουσίες [7]**

Παράμετρος	Έκφραση των αποτελεσμάτων	Ενδεικτικό επίπεδο	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση
Άζωτο	mg/L NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,05	0,5
Υδρόθειο	μg/L S		Μη ανιχνεύσιμο οργανοληπτικά
Ύλες που εκχυλίζονται με χλωροφόρμιο	Ξηρό υπόλειμμα mg/L	0,1	
Φαινόλαι	μg/L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH		0,5
Ψευδάργυρος	μg/L Zn	100	
Φώσφορος	μg/L P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	400	5000
Φθόριο	μg/L F <sup>-</sup> 8-12°C 25-30°C		1500 700
κοβάλτιο	μg/l Co		

**Πίνακας 7.Παράμετροι που αφορούν τοξικές ουσίες [7]**

Παράμετρος	Έκφραση των αποτελεσμάτων	Ενδεικτικό επίπεδο	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση
Βηρύλλιο	μg/l Be		
Βανάδιο	μg/l V		

**Πίνακας 8.** Μικροβιολογικές παράμετροι [7]

<b>Παράμετρος</b>	<b>Αποτελέσματα όγκος του δείγματος (σε ml)</b>	<b>Ενδεικτικό επίπεδο</b>	<b>Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση ( Μέθοδος διηθητικών μεμβρανών)</b>	<b>Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων)NPP</b>
Στρεπτόκοκκοι κοπράνων	100	-	0	NPP<1
Κλωστρίδια Αναγωγικά		-	-	NPP<1
θειωδων αλάτων				
<b>Παράμετρος</b>	<b>Θερμοκρασία επώασης</b>	<b>Αποτελέσματα Όγκος του δείγματος (σε ml)</b>	<b>Ενδεικτικό επίπεδο</b>	<b>Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση</b>
Καταμέτρηση Συνολικών βακτηρίων για το πόσιμο νερό	37°C 22°C	1 1	10 100	- -

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5-ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΙΟΥ**

### **5.1 Γεωγραφική Θέση και Διοικητική Υπαγωγή**

Η νήσος Ίος υπάγεται στην Περιφέρεια Κυκλάδων, μια νησιωτική περιφέρεια η οποία αριθμεί 39 συνολικά νησιά – μικρά και μεγάλα – εκ των οποίων μόνο τα 24 κατοικούνται. Πρόκειται για μια νησιωτική περιφέρεια, η οποία συγκροτήθηκε με βάση κυρίως το κοινό ιστορικό και πολιτισμικό της παρελθόν.

Ο Νομός Κυκλάδων είναι ένα νησιωτικό σύμπλεγμα που βρίσκεται στο νότιο και μέχρι το κεντρικό Αιγαίο, μεταξύ Κρήτης, Πελοποννήσου, Εύβοιας και των Νομών Σάμου και Δωδεκανήσου. Τα νησιά βρέχονται από το Αιγαίο, το Μυρτώο και το Κρητικό Πέλαγος. Τα κυριότερα νησιά των Κυκλάδων είναι η Νάξος, η Άνδρος, η Τήνος, η Πάρος, η Κέα, η Μήλος, η Αμοργός, η Ίος, η Σύρος, η Κύθνος, η Μύκονος, η Σίφνος, η Σέριφος, η Θήρα (ή Σαντορίνη), η Σίκινος, η Κίμωλος, η Φολέγανδρος, η Ανάφη, η Αντίπαρος, η Γυάρος, η Ηράκλεια, η Μακρόνησος, η Πολύαιγος, η Ρήνια, η Δονούσα, η Κέρος, η Θηρασία, το Δεσποτικό και η Δήλος. Γύρω από τα νησιά αυτά υπάρχουν πολλές νησίδες και βραχονησίδες [11].

### **5.2 Γενική Περιγραφή της Νήσου Ίου.**

Η Ίος τοποθετείται στο χάρτη στο Αιγαίο Πέλαγος και πιο συγκεκριμένα στο νότιο τμήμα του Κυκλαδικού συμπλέγματος. Καλύπτει μια έκταση 108 τετραγωνικών χιλιομέτρων και έχει περίπου 2.030 κατοίκους (σύμφωνα με την απογραφή του 2011). Η θέση της προσδιορίζεται μεταξύ γεωγραφικού πλάτους  $36,4^{\circ}$ - $36,5^{\circ}$  και γεωγραφικού μήκους  $25,20^{\circ}$  -  $25,25^{\circ}$  [11].

Οι οικισμοί του νησιού είναι συγκεντρωμένοι στο λιμάνι (Κάμπος), τη Χώρα και τον Μυλοπότα. Αραιά κατοικημένες, με αγροικίες ως επί το πλείστον, παρουσιάζονται οι περιοχές Επάνω Κάμπος, Αγ. Θεοδότη, Ψάθη και Μαγγανάρι [11].

Το σχήμα της Ίου μοιάζει με παραλληλόγραμμο, με μέσο μέγεθος πλευρών 15km και 17km αντιστοίχως. Ο μεγαλύτερος άξονας μήκους με διεύθυνση ΒΔ, από το ακρωτήριο Καρατζά μέχρι το ακρωτήριο Αχλάδα, έχει μήκος 17,5km και ο μεγαλύτερος άξονας πλάτους με διεύθυνση ΑΔ έχει μήκος 14km. Είναι ορεινό νησί με υψηλότερη κορφή τον Πύργο 723m [11].

### **5.3 Μορφολογία**

Μορφολογικά, το νησί της Ίου είναι ημιορεινό με κύριο χαρακτηριστικό την ύπαρξη ενός κύριου ορογραφικού άξονα, που διευθύνεται από Βόρειο – Βορειοδυτικά προς Νότια – Νοτιοανατολικά, που συμπίπτει με τον επιμήκη άξονα του νησιού και από δευτερεύοντες διευθύνσεις ΒΑ-ΝΔ, κυρίως στο κεντρικό τμήμα του νησιού [11].

Το ανάγλυφο είναι γενικά ήπιο, με σχετικά ομαλές πλαγιές και μικρά επίπεδα διαβρώσεως, χαρακτήρες που οφείλονται στη σχιστολιθική και γνευσιακή σύσταση των 2/3 του νησιού. Οι πολυάριθμες μικροκοιλιάδες που αυλακώνουν περιμετρικά το νησί, έχουν ομαλά πρανή και μικρό εύρος στις απολήξεις τους στις ακτές που δεν ξεπερνούν τα 300 m [11].



## 5.4 Στρωματογραφία

Η Ίος ανήκει γεωτεκτονικά στην Αττικοκυκλαδική μάζα, που απαρτίζουν μεταμορφωμένοι σχηματισμοί. Στην γεωλογική της σύσταση συνέρχονται δύο σειρές μεταμορφωμένων πετρωμάτων και μικρές εμφανίσεις τεταρτογενών αποθέσεων [11].

### Μεταμορφωμένη σειρά σχιστολίθου – μαρμάρων

Η σειρά αυτή αντιπροσωπεύεται από ζώνες διαφόρων σχιστολίθων (γλαυκοφανιτικών, αλβιτικών, χλωριτικών κα) που εναλλάσσονται με ζώνες μαρμάρων. Οι τελευταίες αυτές αποτελούνται από μικρού πάχους στρώματα μαρμάρων με παρεμβολές λεπτών σχιστολιθικών στρωμάτων. Στην όλη σειρά εγκλείονται διάφορα μεταμορφωμένα βασικά και υπερβασικά σώματα. Ο σχηματισμός αυτός είναι επωθημένος στη σειρά γνευσίων – μαρμαρυγιακών σχιστολίθων που περιγράφονται κατωτέρω καταλαμβάνουν το ΒΒΔ τμήμα του νησιού, καθώς και ένα μικρό μέρος στα ΝΑ αυτού, μεταξύ των όρμων Μαγγανάρι και Τρεις Εκκλησιές [11].

### Σειρά γνευσίων – μαρμαρυγιακών σχιστολίθων

Η σειρά αυτή υπόκειται τεκτονικά της προηγούμενης και απαρτίζεται βασικά από δύο σχηματισμούς, τους γνευσίους και τους μαρμαρυγιακούς σχιστολίθους. Οι γνεύσιοι καταλαμβάνουν περίπου το μισό της όλης έκτασης του νησιού, εγκλείουν χαλαζιακές φλέβες και συνιστούν μια αντικλινική μορφή (δόμος) [11].

### Τεταρτογενείς αποθέσεις

Οι αποθέσεις αυτές περιλαμβάνουν προσχωτικά υλικά που προήλθαν από την αποσάθρωση γνευσίων – σχιστολίθων και μαρμάρων και έχουν εναποτεθεί στις παράκτιες περιοχές των κοιλάδων. Αποτελούνται από κροκάλες, χαλίκια, άμμους και αργίλους και καμιά φορά από συγκολλημένα κορήματα κλιτύων [11].

## 5.5 Τεκτονική

Η Ίος αποτελεί μια μεγάλη αντικλινική δομή της οποίας ο άξονας συμπίπτει με τη διεύθυνση αναπτύξεως του κύριου ορεογραφικού της άξονα, δηλαδή Βόρεια – Βορειοδυτικά προς Νότια – Νοτιοανατολικά. Τον πυρήνα του αντικλίνου καταλαμβάνει η σειρά γνευσίων – μαρμαρυγιακών σχιστολίθων, ενώ στα εξωτερικά του μέρη απαντούν τα πετρώματα της μεταμορφωμένης σειράς σχιστολίθων μαρμάρων. Μεγάλες διαρρήξεις δεν απαντώνται στην περιοχή και μόνο η τεκτονική επαφή στην περιοχή Αγίας Ειρήνης – Αγίας Θεοδότης μπορεί να αναφερθεί [11].

Πλήθος ρηγμάτων δευτερευούσης σημασίας συνδέονται με την ύπαρξη των μικροκοιλάδων και τη διαμόρφωση των ακτών του νησιού.

Οι κλίσεις των στρωμάτων είναι γενικά μικρές και κυμαίνονται από 30 έως 40 μοίρες [11].

## 5.5 Υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά

### Μεταμορφωμένη σειρά σχιστολίθων – μαρμάρων

Ο σχηματισμός αυτός αποτελείται από εναλλαγές διαφόρων σχιστολίθων και μαρμάρων. Η υδρογεωλογική συμπεριφορά όμως καθενός από αυτά είναι τελείως διαφορετική, καθόσον ενώ οι σχιστόλιθοι είναι πρακτικά υδατοστεγανοί, τα μάρμαρα είναι γενικά υδροπερατά. Έτσι ο σχηματισμός αυτός, εξεταζόμενος σαν σύνολο είναι υδροπερατός κατά ζώνες, δηλαδή κατά μήκος των στρωμάτων του μαρμάρου [11].

Διαμόρφωση αξιόλογων υδροφόρων οριζόντων στα μάρμαρα του υπό μελέτη συστήματος δεν αναμένεται, διότι:

- Οι διαστάσεις τους είναι περιορισμένες
- Οι μάζες τους είναι ανοικτές προς τη θάλασσα από μία ή περισσότερες πλευρές
- Οι βροχοπτώσεις έχουν πολύ χαμηλό ετήσιο ύψος

Μετά από αυτά συμπεραίνεται, ότι ακόμη και αν διαμορφώνονται καρστικοί υδροφόροι οριζόντες, αυτοί θα πρέπει να είναι έντονα υφάλμυροι, λόγω της διεισδύσεως της θάλασσας [11].

### Σειρά γνευσίων – μαρμαρυγιακών σχιστολίθων

Οι σχηματισμοί αυτοί γενικά θεωρούνται σαν υδατοστεγείς και δεν επιτρέπουν τη δημιουργία υδροφόρων οριζόντων στις μάζες τους. Η έντονη όμως διάρρηξη τους και ο προχωρημένος βαθμός διαβρώσεως τους προϋποθέτουν τη δημιουργία κατά τόπους διαμορφώσεων υδροφόρων οριζόντων μέσα στις ρωγμές και τις διακλάσεις του ανωτέρου τμήματος των γνευσίων και στους ελουβιακούς μανδύες που καλύπτουν τις περιοχές αναπτύξεως των σχιστολίθων [11].

Η υδροφορία αυτή και στους δύο σχηματισμούς είναι πολύ μικρή, ασυνεχής και είτε τα νερά των ασθενών αυτών υδροφόρων τροφοδοτούν τις προσχωματικές κοιλάδες, π.χ. Κάτω Κάμπου, Μυλοπόταμου κα, είτε εμφανίζονται επιφανειακά με την εκδήλωση πηγών μικρής παροχής (πηγές Δέσης, Κρητικού, Ψάθας) [11].

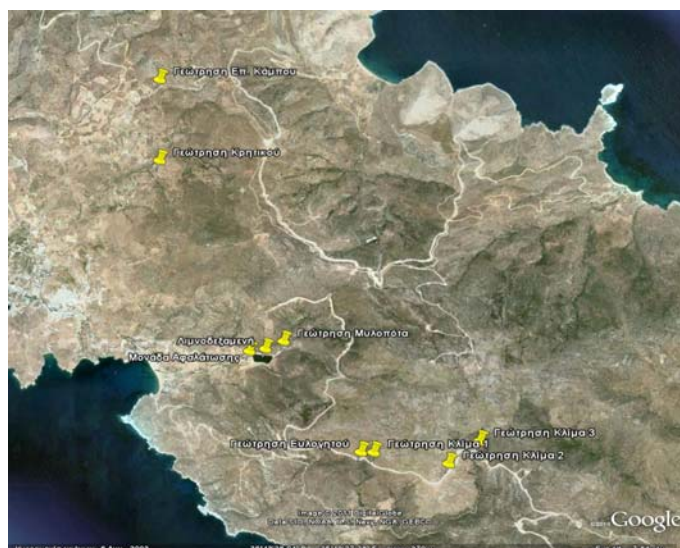
### Τεταρτογενείς αποθέσεις

Οι αποθέσεις αυτές αποτελούνται από άμμους, χαλίκια, αργίλους και σε ορισμένες θέσεις συνεκτικά κροκαλοπαγή. Δημιουργούν υδροφόρους ορίζοντες (ελεύθερους) μικρής δυναμικότητας εξ αιτίας:

- Του μικρού πάχους και εύρους των προσχωματικών λεκανών
- Της περιορισμένης επιφάνειας της υδρολογικής λεκάνης τους
- Της σχετικά ταχείας αποστράγγισης τους [11].

## **5.6 Σημεία δειγματοληψιών**

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν σε τέσσερις γεωτρήσεις (γεώτρηση Ευλογητού, γεώτρηση Επάνω κάμπου, γεώτρηση Κρητικού, γεώτρηση Μυλοπότα), μια φυσική πηγή (φυσική πηγή Δέσης) και στη λιμνοδεξαμενή του νησιού. (Εικόνα 1)



**Εικόνα 1.** Σημεία δειγματοληψίας στο χάρτη της νήσου Ίου.

Όπως βλέπουμε στην Εικόνα1, στο νησί υπάρχει μονάδα αφαλάτωσης. Η συλλογή δείγματος από αυτή, όπως και από τις γεωτρήσεις Κλίμα 1, Κλίμα 2 και Κλίμα 3 κατέστη αδύνατον, λόγω μη λειτουργία τους, την περίοδο που διεξήχθησαν οι δειγματοληψίες.

Στους παρακάτω πίνακες (πίνακας 9,10,11) φαίνονται μερικά από τα χαρακτηριστικά των γεωτρήσεων, της πηγής και της λιμνοδεξαμενής που εξετάστηκαν. [10]

**Πίνακας 9.** Χαρακτηριστικά γεωτρήσεων [10]

ΙΔΙΟΚΤΗΤΗΣ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΒΑΘΟΣ (m)	ΧΡΗΣΗ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	X	Y
Δήμος Ιητών	Μυλοπότας	150	Υδρευση	23,30	- 14575,04	-4118,18
Δήμος Ιητών	Μυλοπότας - Μαγγανάρι (Ευλογητού)	110	Υδρευση	-	-	-
Δήμος Ιητών	Επάνω Κάμπος	110	Υδρευση	127,50	- 15296,44	-1144,92

**Πίνακας 10.** Χαρακτηριστικά λιμνοδεξαμενής [10]

ΛΙΜΝΟΔΕΞΑΜΕΝΗ ΝΗΣΟΥ ΙΟΥ		
Λιμνοδεξαμενή Μυλοπότα		
Χωρητικότητα	215.000	m <sup>3</sup>
Επιφάνεια	36.000	m <sup>2</sup>
Υδρευση	190.000	m <sup>3</sup>
Άρδευση	20.000	m <sup>3</sup>
Ενεργειακή Χρήση	210.000	m <sup>3</sup>

**Πίνακας 11.** Χαρακτηριστικά φυσικής πηγής [10]

ΠΗΓΗ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΠΑΡΟΧΗ
Πηγή Δέσης	Στο βόρειο χείμαρρο του Μυλοπότα	3 m <sup>3</sup> /ώρα

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν τις ημερομηνίες 18/7 και 22/8/2011, 14/4, 15/7, 2/9/2012 από τις 14:00 έως 16:00. Ιδιαίτερη μέριμνα δόθηκε αφενός για όσο το δυνατόν αντιπροσωπευτικά δείγματα. Τα δείγματα συλλέγονταν σε πλαστικά μπουκάλια (Εικόνα 2) και με φορητά ψυγεία (4°C) μεταφέρθηκαν με το πλοίο Ίο-Σαντορίνη-Ηράκλειο και οδικώς στα Χανιά. Τα δείγματα έφταναν στο Εργαστήριο του ΤΕΙ Κρήτης στις 24:00 και αμέσως γίνονταν οι μικροβιολογικές και χημικές αναλύσεις.



**Εικόνα 2.** Πλαστικά μπουκάλια με δείγματα νερού



**Εικόνα 3.** Γεώτρηση ευλογητού



**Εικόνα 4.** Γεώτρηση ευλογητού



**Εικόνα 5.** Γεώτρηση Επάνω Κάμπος



**Εικόνα 6.** Λιμνοδεξαμενή

## 5.7 Υλικά και μέθοδοι ανάλυσης

### 5.7.1 Δειγματοληψία και συντήρηση δειγμάτων

#### Γενικά

Δειγματοληψία ονομάζεται κάθε διαδικασία επιλογής, συλλογής, διατήρησης και μεταφοράς μιας ποσότητας ενός υλικού για ανάλυση. Η ποσότητα αυτή (δείγμα) πρέπει να ανταποκρίνεται στα χαρακτηριστικά του προς ανάλυση υλικού και να επιτρέπει την αναγωγή των παραμέτρων που θα προσδιοριστούν στο δείγμα [7].

Πριν την δειγματοληψία μελετάται το υλικό που πρόκειται να αναλυθεί, καθορίζονται οι απαιτούμενοι προσδιορισμοί που επιλέγονται οι ποσότητες που θα χρησιμοποιηθούν ως δείγμα. Η αντιπροσωπευτικότητα εξασφαλίζεται με επιλογή των κατάλληλων σημείων και του χρόνου δειγματοληψίας και της συχνότητας συλλογής δειγμάτων [7].

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων πρέπει να είναι κατά το δυνατόν επαναλήψιμα, για αυτό το σημείο δειγματοληψίας σε υδάτινους αποδέκτες πρέπει να ορίζονται σε σχέση με σταθερά σημεία ή να προσδιορίζονται και να σημειώνονται [7].

Η συλλογή δειγμάτων από **λίμνες** παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις, κατά τη διάρκεια της ημέρας και του έτους, απαιτεί συνήθως ειδική μελέτη για τον καθορισμό σημείων δειγματοληψίας και τη συχνότητα συλλογής δειγμάτων. Βασική αρχή για την συλλογή δειγμάτων από επιφανειακούς αποδέκτες, είναι η δειγματοληψία από σημεία όπου το νερό του αποδέκτη έχει πλήρως αναμιχθεί με νερό πλευρικών εκβολών ή παραπόταμων, εκτός αν ο σκοπός της δειγματοληψίας είναι να προσδιοριστεί η τοπική επίδραση μιας εκβολής στο κυρίως υδατόρευμα. Η συλλογή δειγμάτων από λίμνες δεν πρέπει να γίνεται κοντά στην εκβολή των ποταμών ή χειμάρρων ή στάσιμα νερά. Η συλλογή δειγμάτων σε λίμνες πρέπει να γίνεται σε διάφορα βάθη, δεδομένου ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα χαρακτηριστικά του νερού αυξανόμενου του βάθους [7].

#### Δειγματοληψία από δίκτυο σωληνώσεων και γεωτρήσεις

Αφήνουμε να διέλθει, για 2-3 λεπτά, αρκετό νερό ώστε να καθαρίσει ο σωλήνας από το στάσιμο νερό και να απομακρυνθούν όλα τα ιζήματα και εγκλωβισμένα αέρια. Στη συνέχεια, ρυθμίζουμε την παροχή της βρύσης τουλάχιστον 0,5 L/min. Τοποθετούμε τη φιάλη δειγματοληψίας κάτω από τη βρύση και πριν συλλέξουμε το δείγμα αφήνουμε να υπερχειλίσει όγκος ίσος τουλάχιστον 10 φορές με τον όγκο της φιάλης δειγματοληψίας [7].

#### Βασικοί κανόνες δειγματοληψίας

Το δείγμα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικό και να αντιστοιχεί στις συνηθισμένες συνθήκες του προς ανάλυση υλικού.

Η συλλογή και μεταφορά του δείγματος στο εργαστήριο πρέπει να εξασφαλίζουν τη διατήρηση χαρακτηριστικών του δείγματος και να αποκλείουν την αλλοίωση του.

Η συλλογή δειγμάτων νερού γίνεται συνήθως σε επιμελώς καθαρές φιάλες. Αν πρόκειται και για μικροβιολογικές παραμέτρους, το δοχείο δειγματοληψίας πρέπει να είναι αποστειρωμένο.

Οι λεπτομέρειες δειγματοληψίας διαφέρουν σημαντικά, ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες.

### Ποσότητα δειγμάτων

Για τις περισσότερες φυσικές και χημικές αναλύσεις δείγμα όγκου δύο λίτρων είναι αρκετό. Για ορισμένους προσδιορισμούς μπορεί να χρειαστούν μεγαλύτερες ποσότητες.

### Συντήρηση δειγμάτων

Επειδή συνήθως, δεν είναι δυνατόν χρονικά, η ανάλυση να γίνει αμέσως μετά τη δειγματοληψία και παρεμβάλλεται κάποιο διάστημα από τη στιγμή της δειγματοληψίας μέχρι την ανάλυση, πρέπει με κάποιο τρόπο να διατηρηθεί η αρχική σύσταση του δείγματος που συνήθως τείνει να μεταβληθεί. Έτσι υπάρχει κίνδυνος αλλοίωσης των χημικών και μικροβιολογικών χαρακτηριστικών. Ορισμένα χαρακτηριστικά όπως η θερμοκρασία, το pH, τα διαλυμένα αέρια, η αλκαλικότητα κλπ. είναι περισσότερο ευμετάβλητα στο χρόνο για αυτό, ο προσδιορισμός τους πρέπει να γίνει αμέσως. Για τους υπόλοιπους προσδιορισμούς, η αποθήκευση των δειγμάτων στο ψυγείο (4°C) είναι ο συνηθέστερος τρόπος διατήρησης των δειγμάτων μέχρι την επόμενη μέρα. Επιπρόσθετα και για ορισμένες αναλύσεις, απαιτείται προσθήκη H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ή HgCl<sub>2</sub> ή άλλα συντηρητικά [7].

### Συχνότητα δειγματοληψιών

Η συχνότητα των δειγματοληψιών σε ένα δίκτυο ύδρευσης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως η αρχική ποιότητα του νερού στη πηγή, ο τρόπος απολύμανσης, ο όγκος του παρεχόμενου νερού, η ηλικία του δικτύου και το μέγεθος του πληθυσμού που υδρεύεται. Ειδικά εκπαιδευμένο υγειονομικό προσωπικό θα αποφασίσει κατά περίπτωση. Σε δίκτυα χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα ο αριθμός των δειγματοληψιών νερού ανά έτος εξαρτάται από τον πληθυσμό που αυτό τροφοδοτεί.

### Στιγμιαία δείγματα

Με τον όρο “στιγμιαία δείγματα” νοούνται τα δείγματα που συλλέγονται σε μια ορισμένη ώρα και θέση και αντιπροσωπεύουν τη συγκεκριμένη σύνθεση της πηγής, τη στιγμή της δειγματοληψίας. Αν η πηγή θεωρείται ότι έχει συγκεκριμένα και αμετάβλητα χαρακτηριστικά στη διάρκεια του χρόνου τότε μπορούμε να θεωρήσουμε το δείγμα αντιπροσωπευτικό. Αν η πηγή παρουσιάζει διακυμάνσεις στο χρόνο απαιτείται να συλλέγονται στιγμιαία δείγματα, ανά ορισμένα χρονικά διαστήματα και να αναλύονται, ξεχωριστά. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να έχουμε τη συχνότητα και τη διάρκεια των ημερήσιων διακυμάνσεων. Στη συνέχεια, συλλέγουμε δείγματα ανά χρονικά διαστήματα που αντιστοιχούν στις αναμενόμενες μεταβολές. Όταν η σύσταση των νερών ποικίλλει στο χώρο παρά στο χρόνο, πρέπει να συλλέγεται σειρά δεδομένων από διάφορα σημεία πηγής [7].

### Δειγματοληψίες περιοχής μελέτης και παράμετροι μέτρησης

Τα δείγματα νερού μεταφέρονται με φορητό ψυγείο, το οποίο εμπεριέχει πάγο και νερό, στο εργαστήριο όπου μετρήθηκαν οι φυσικοχημικές παράμετροι (θολρότητα, pH, αγωγιμότητα, διαλυμένο οξυγόνο), οι χημικές παράμετροι (σκληρότητα, TDS, NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, χλωριόντα) και τις μικροβιολογικές παραμέτρους (total coliforms, fecal coliforms, εντερόκοκκοι) [7].

### 5.7.2 Φυσικά χαρακτηριστικά

#### pH

Ο όρος pH, εκφράζει την συγκέντρωση υδρογονιόντων, που περιέχει ένα δείγμα και ορίζεται ως η αρνητική λογαριθμική συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου, που περιέχει ένα διάλυμα ( $-\log[\text{H}^+]$ ) ή ως η αρνητική δύναμη, στην οποία πρέπει να υψωθεί ο αριθμός 10 για να ληφθεί η συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου, εκφρασμένη σε γραμμοϊόντα ή γραμμάρια ανά λίτρο διαλύματος [7].

Το καθαρό νερό είναι ελάχιστα ιονισμένο και σε κατάσταση ισορροπίας η συγκέντρωση υδρογονιόντων και υδροξυλιόντων διέπεται από τη σχέση:

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}, \text{ στους } 25^\circ\text{C}$$

και

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$$

Όπου  $[\text{H}^+]$  = η συγκέντρωση υδρογονιόντων, σε moles/L

$[\text{OH}^-]$  = η συγκέντρωση υδροξυλιόντων, σε moles/L

Η κλίμακα μέτρησης του pH, είναι από 0 ως 14. Η ουδετερότητα αντιστοιχεί σε pH = 7,0. Τιμές μικρότερες δείχνουν όξινο περιβάλλον (υπεροχή υδρογονιόντων) ενώ τιμές μεγαλύτερες αλκαλικό περιβάλλον (υπεροχή υδροξυλιόντων) [7].

Η μέτρηση του pH, είναι μια από τις σημαντικότερες και βασικότερες μετρήσεις κατά την εξέταση των υδάτων και αποβλήτων. Σε δεδομένη θερμοκρασία, το pH δείχνει πόσο όξινο ή αλκαλικό είναι ένα διάλυμα, ή τον βαθμό ιονισμού του διαλύματος. Με το pH δεν μετράται η οξύτητα ή η αλκαλικότητα του δείγματος, όμως τιμές pH μικρότερες από 7, δείχνουν μια τάση προς την οξύτητα και τιμές pH μεγαλύτερες από 7 δείχνουν μια τάση προς την αλκαλικότητα [7].

Στα νερά φυσικής προέλευσης, το pH κυμαίνεται συνήθως από 6,5 ως 8,5 (χωρίς να αποκλείονται ακραίες τιμές).

#### Μέθοδος μέτρησης

Το pH μετράται ηλεκτρομετρικά με τη χρήση ειδικών οργάνων, γνωστών ως πεχάμετρα. Τα όργανα αυτά είναι συσκευές ηλεκτρικών μετρήσεων με αισθητήριο αποτελούμενο από ηλεκτρόδιο υάλου συνδεδεμένο με ηλεκτρόδιο αναφοράς ή σύνθετο ηλεκτρόδιο [7].

Στο εμπόριο, κυκλοφορούν έτοιμα ρυθμιστικά διαλύματα, σε διάφορα πεδία pH, για τη ρύθμιση του παραμέτρου πριν από κάθε μέτρηση pH. Τα πεχάμετρα μετρούν απευθείας σε μονάδες pH. Το pH εκφράζεται με προσέγγιση 0,1 μονάδες pH και η θερμοκρασία με προσέγγιση 1°C. Προσδιορισμοί στο ύπαιθρο, μπορούν να γίνουν και χρωματομετρικά με τη χρησιμοποίηση δεικτών που αλλάζουν χρώμα σε διαφορετικά πεδία pH. Η σύγκριση του δημιουργούμενου χρώματος με πρότυπη χρωματική κλίμακα δίνει την τιμή του pH [7].

#### Δειγματοληψία και συντήρηση δείγματος

Ο προσδιορισμός του pH στα δείγματα, πρέπει να γίνεται, κατά προτίμηση, αμέσως μετά τη δειγματοληψία. Αν αυτό δεν είναι δυνατόν, η μεταφορά του δείγματος στο εργαστήριο πρέπει να γίνεται το συντομότερο δυνατόν από τη στιγμή της δειγματοληψίας. Τα δοχεία δειγματοληψίας γεμίζονται ως επάνω και διατηρούνται σφραγισμένα μέχρι τη στιγμή του προσδιορισμού [7].



## Παρεμποδιστικές ουσίες και περιορισμοί μεθόδου

Το ηλεκτρόδιο υάλου δεν επηρεάζεται από το χρώμα, τη θολερότητα, τα κολλοειδή διαλύματα, τις αναγωγικές και οξειδωτικές ουσίες, που υπάρχουν στα διαλύματα και την αλατότητα.

Η επικάλυψη του ηλεκτροδίου με ελαιώδεις ουσίες ή αιωρούμενα στερεά μπορεί να επηρεάσει την τιμή μέτρησης του pH. Αυτή η επικάλυψη μπορεί να απομακρυνθεί με ελαφρό στέγνωμα ή πλύσιμο με απορρυπαντικό και ξέβγαλμα του ηλεκτροδίου με αποσταγμένο νερό. Εφόσον απαιτείται, γίνεται πρόσθετη κατεργασία με έκλυση του ηλεκτροδίου με διάλυμα HCl (10%) [7].

### Διαδικασία μέτρησης

Πριν από κάθε μέτρηση, γίνεται βαθμονόμηση του πεχαμέτρου (HACH PHC10103), σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Η βαθμονόμηση γίνεται σε δύο τουλάχιστον τιμές, μεταξύ των οποίων βρίσκεται το pH του δείγματος οι οποίες απέχουν τρεις ή περισσότερες μονάδες pH μεταξύ τους [7].

Στη συνέχεια τοποθετείται σε μαγνητικό αναδευτήρα το ποτήρι ζέσεως, που περιέχει τόση ποσότητα από το δείγμα ή το ρυθμιστικό διάλυμα, ώστε να καλύπτονται τα ευαίσθητα μέρη του ηλεκτροδίου και να είναι δυνατή η κίνηση της μαγνητικής ράβδου [7].

Αν πρόκειται να γίνουν επιτόπιες μετρήσεις, τα ηλεκτρόδια πρέπει να βυθίζονται απευθείας στο νερό σε κατάλληλο βάθος και να κινούνται στο νερό με τέτοιο τρόπο, ώστε να εξασφαλίζεται αρκετή κίνηση του υγρού ανάμεσα από τα ευαίσθητα στοιχεία του ηλεκτροδίου. Οι ικανοποιητικές συνθήκες ανάδευσης φαίνονται από τη σταθερότητα της ένδειξης του οργάνου [7].

Αν η θερμοκρασία διαφέρει περισσότερο από 2°C από την θερμοκρασία των ρυθμιστικών διαλυμάτων, οι τιμές του pH που διαβάζονται στο όργανο πρέπει να διορθωθούν. Τα περισσότερα σύγχρονα όργανα είναι εφοδιασμένα με αυτόματους εξισορροπητές της θερμοκρασίας [7].

Πριν από κάθε μέτρηση τα ηλεκτρόδια ξεπλένονται με απεσταγμένο νερό και σκουπίζονται μαλακά απορροφητικό χαρτί. Στη συνέχεια, βυθίζονται σε ποτήρι ζέσεως που περιέχει το δείγμα και τίθεται σε λειτουργία ο μαγνητικός αναδευτήρας. Ο ρυθμός ανάδευσης πρέπει να μην επιτρέπει τη μεταφορά αέρα από την ατμόσφαιρα στο δείγμα (σπηλαίωση). Σημειώνουμε και καταγράφουμε την τιμή του pH και της θερμοκρασίας του δείγματος. Επαναλαμβάνουμε τη μέτρηση διαδοχικά, με νέες ποσότητες δείγματος ωσότου η διαφορά των τιμών να είναι μικρότερη από 0,1 μονάδες pH [7].

Στη συνέχεια το ηλεκτρόδιο ξεπλένεται με απεσταγμένο νερό, σκουπίζεται μαλακά με απορροφητικό πανί και το ηλεκτρόδιο βυθίζεται σε ποτήρι ζέσεως που περιέχει ρυθμιστικό διάλυμα 0,7 μονάδων ή σε απεσταγμένο νερό.

## Ηλεκτρική αγωγιμότητα

### Γενικά

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι η αριθμητική έκφραση των ηλεκτρικών φορτίων που φέρει ένα υδατικό διάλυμα. Η αγωγιμότητα ενός δείγματος νερού εξαρτάται, κυρίως, από την ολική συγκέντρωση των ιονιζόμενων ουσιών, που περιέχονται στο δείγμα και τη θερμοκρασία, στην οποία έγινε η μέτρηση [7].

Τα περισσότερα ανόργανα οξέα, βάσεις και άλατα π.χ. (HCl, NaCO<sub>3</sub>, NaCl κλπ.) που δίστανται στο νερό έχουν μεγάλη αγωγιμότητα ενώ αντίθετα τα οργανικά μόρια έχουν πολύ μικρή αγωγιμότητα [7].

Μονάδα μέτρησης είναι  $\mu\text{mhos/cm}$  ή  $\text{mS/m}$  ( $1\text{mS/m}=10\mu\text{mhos/cm}$ ).

Νερό πρόσφατα απεσταγμένο έχει αγωγιμότητα  $0,5-2 \mu\text{mhos/cm}$ , ενώ μετά από μερικές βδομάδες παραμονής, λόγω απορρόφησης διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα, η αγωγιμότητα του φθάνει τα  $2-4 \mu\text{mhos/cm}$ . Στα πόσιμα νερά η αγωγιμότητα, συνήθως κυμαίνεται από  $500-1500 \mu\text{mhos/cm}$  ενώ σε ορισμένα βιομηχανικά απόβλητα η αγωγιμότητα φθάνει πάνω από  $10,000 \mu\text{mhos/cm}$  [7].

Η μέτρηση της αγωγιμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο για την επίδραση των διαφόρων ιόντων στις χημικές ισορροπίες, τον ρυθμό διάβρωσης των μετάλλων, την ανάπτυξη φυτών και ζώων, κλπ. Επίσης, ως κριτήριο για την απόδοση των ιοντοανταλλακτικών ρητινών ή άλλων συσκευών αποσκλήρυνσης του νερού [7].

Ακόμη η μέτρηση της αγωγιμότητας μπορεί να γίνει μια γρήγορη εκτίμηση των ημερήσιων διακυμάνσεων των διαλυμένων μεταλλοιδόντων στα απόβλητα των βιομηχανιών. Με ανάλογο τρόπο μπορεί να συσχετιστεί η απαιτούμενη ποσότητα χημικών ουσιών που απαιτείται για την εξουδετέρωση, την κροκίδωση ορισμένων αποβλήτων ή για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης των ολικών διαλυμένων στερεών σε ένα δείγμα [7].

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα των συνηθέστερα απαντωμένων ιόντων στο νερό φαίνεται στον πίνακα 12.

**Πίνακας 12.** Ηλεκτρική αγωγιμότητα ιόντων [7]

ΙΟΝ	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ, σε $\mu\text{S/cm}$ (ανά $\text{mg/L}$ )
Χλώριο	2,14
Νιτρικά	1,15
Δισσάνθρακικά	0,715
Ανθρακικά	2,82
Θειικά	1,54
Νάτριο	2,13
Κάλιο	1,84
Ασβέστιο	2,60
Μαγνήσιο	3,82

#### Μέθοδος μέτρησης

Μετράται η ειδική αντίσταση ή η ειδική αγωγιμότητα ενός κύβου νερού, ίσου με  $1 \text{ cm}^3$ , που βρίσκεται μεταξύ δύο παράλληλων ηλεκτροδίων πλατίνας (ή καλυμμένων με μαύρο πλατίνας). Ο βαθμός αντίστασης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά αγώγιμων συστατικών του εξεταζόμενου δείγματος [7].

Η μέτρηση της αγωγιμότητας γίνεται με ειδικά όργανα γνωστά ως αγωγιμόμετρα. Τα όργανα αυτά μετρούν την αντίσταση του διαλύματος ή την τάση του εναλλασσόμενου ρεύματος. Τα αγωγιμόμετρα, συνήθως αποτελούνται από μια πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος γέφυρα Wheatstone και κύτταρο αγωγιμότητας και δίνουν κατευθείαν τιμή της αγωγιμότητας [7].

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα σε αντίθεση με την αγωγιμότητα των μετάλλων αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας, με ρυθμό περίπου  $1,9\%/^{\circ}\text{C}$ . Σημαντικές διαφορές στις μετρήσεις προέρχονται συνήθως, από τη διαφορετική θερμοκρασία μέτρησης, για αυτό, η μέτρηση της αγωγιμότητας πρέπει πάντα να πραγματοποιείται σε σταθερή θερμοκρασία συνήθως ( $20,0^{\circ}\text{C}$ ) η οποία και να αναγράφεται δίπλα στο αποτέλεσμα της μέτρησης [7].

#### Διαδικασία μέτρησης

Σε ποτηράκια ζέσεως των  $100 \text{ ml}$  λαμβάνονται ικανοποιητική ποσότητα δείγματος ώστε να καλύπτει τον αισθητήρα του ηλεκτροδίου του οργάνου (HACH CDC401) και αναδεύονται συνεχώς με τη βοήθεια του μαγνητικού αναδευτήρα. Στη συνέχεια σημειώνεται

η ένδειξη του οργάνου. Το στοιχείο μέτρησης ξεπλένεται, πολλές φορές με απιονισμένο νερό και μετά τουλάχιστον δύο φορές με το δείγμα που πρόκειται να εξεταστεί [7].

#### Απιονισμένο νερό

Χρησιμοποιείται απιονισμένο νερό που λαμβάνεται από ιοντοανταλλακτική στήλη κατιόντων και ανιόντων. Η ειδική αγωγιμότητα του νερού αυτού πρέπει να είναι μικρότερη από 1 μmhos/cm, στους 20°C. Το απιονισμένο νερό πρέπει να χρησιμοποιείται αμέσως μόλις διέλθει στη στήλη [7].

#### Αγωγιμόμετρο

Στο εμπόριο κυκλοφορούν πολλοί τύποι αγωγιμόμετρων τα περισσότερα είναι εφοδιασμένα με διάταξη αυτόματης αντιστάθμισης της θερμοκρασίας, η οποία επιτρέπει την άμεση ανάγνωση, με πολύ καλή προσέγγιση, της ειδικής αντίστασης στη θερμοκρασία αναφοράς. Η περιοχή της θερμοκρασίας για τη οποία η αντιστάθμιση γίνεται αυτόματα. Το στοιχείο μέτρησης της αγωγιμότητας αποτελείται από δυο ηλεκτρόδια καλυμμένα με πλατίνα, που απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση και βρίσκονται μέσα σε γυάλινη θήκη [7].

#### Στερεά

Ο όρος στερεά ή στερεό υπόλειμμα αναφέρεται στην περιεκτικότητα ενός δείγματος νερού σε σωματίδια. Η παρουσία στερεών στο νερό επηρεάζει την ποιότητά του. Στο πόσιμο νερό, αλλοιώνονται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, (θολερότητα, γεύση) ενώ νερά με υψηλή συγκέντρωση στερεών είναι ακατάλληλο για βιομηχανική χρήση, κολύμβηση κτλ. Τα αστικά λύματα και βιομηχανικά απόβλητα περιέχουν συνήθως μεγάλες συγκεντρώσεις στερεών, με οργανική ή ανόργανη σύσταση, για αυτό και είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός τους για τον σχεδιασμό συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων και τον έλεγχο της καλής λειτουργίας τους [7].

Τα στερεά ταξινομούνται σε κατηγορίες ανάλογα με τα φυσικά, κυρίως, χαρακτηριστικά, όπως το ειδικό βάρος, το μέγεθος, κτλ. Οι κατηγορίες αυτές είναι οι ακόλουθες:

- Ολικά στερεά ή ολικό στερεό υπόλειμμα (TS) : όλα τα στερεά που παραμένουν μετά από ξήρανση δείγματος νερού σε θερμοκρασία 105°C ή 180°C.
- Καθιζάνοντα στερεά : τα σωματίδια που καθιζάνουν, σε μια ώρα, σε κώνο imhoff.
- Αιωρούμενα στερεά (SS) : όλα τα σωματίδια που κατακρατούνται σε φίλτρο, με διάμετρο πόρων 1μ και παραμένουν μετά από ξήρανση του φίλτρου, στους 103-105°C για μια ώρα.
- Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS) : όλα τα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 1μ, που παραμένουν μετά από εξάτμιση και ξήρανση στους 180° C.
- Εξατμιζόμενα στερεά : τα στερεά που εξατμίζονται κατά την αποτέφρωση του δείγματος στους 550 ± 50°C για 20 λεπτά την ώρα [7].

#### Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS)

Για τη μέτρηση των ολικών διαλυμένων στερεών χρησιμοποιήθηκε το ψηφιακό ηλεκτρονικό πολύμετρο HACH, το οποίο έχει τη δυνατότητα να μετρήσει τη συγκέντρωση των ολικών διαλυμένων στερεών.

## Διαδικασία μέτρησης

Σε ποτηράκια ζέσεως των 100 ml λαμβάνονται ικανοποιητική ποσότητα δείγματος ώστε να καλύπτει τον αισθητήρα του ηλεκτροδίου του οργάνου και αναδεύεται συνεχώς. Στη συνέχεια σημειώνεται η ένδειξη του οργάνου. Το στοιχείο μέτρησης ξεπλένεται, πολλές φορές με απιονισμένο νερό και μετά τουλάχιστον δύο φορές με το δείγμα που πρόκειται να εξεταστεί. Τα αποτελέσματα της μέτρησης εκφράζονται σε mg/L [7].

## Σκληρότητα

### Γενικά

Η σκληρότητα του νερού είναι μια χαρακτηριστική ιδιότητα του νερού που οφείλεται στην παρουσία διαλυμένων αλάτων ασβεστίου και μαγνησίου δεσμευμένων με ανθρακικά και δισανθρακικά ιόντα σχηματίζοντας τις ενώσεις  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{CaCO}_3$  κλπ. Η σκληρότητα μπορεί να προέλθει και από άλλα κατιόντα, συνήθως όμως, η συμμετοχή τους στη σκληρότητα είναι μικρή και είναι δύσκολο να προσδιοριστεί [7].

Όταν αναφερόμαστε στη σκληρότητα τη διακρίνουμε σε ολική, ανθρακική και μη ανθρακική. Η ολική σκληρότητα έχει αριθμητική τιμή, ίση με το άθροισμα της ανθρακικής και μη ανθρακικής σκληρότητας [7].

Η ανθρακική σκληρότητα αντιστοιχεί στον παλιότερο όρο “παροδική σκληρότητα” και μη ανθρακική σκληρότητα στον όρο “μόνιμη” ή “παραμένουσα σκληρότητα“. Ο προσδιορισμός της ανθρακικής σκληρότητας γίνεται με τον προσδιορισμό της αλκαλικότητας [7].

Στην περίπτωση που η ολική σκληρότητα έχει αριθμητική τιμή, μεγαλύτερη από την ολική αλκαλικότητα, τότε η αλκαλικότητα εκφράζει την ανθρακική ή παροδική σκληρότητα. Η διαφορά της αλκαλικότητας από την ολική σκληρότητα, εκφράζει τη μη ανθρακική ή μόνιμη σκληρότητα [7].

Στην περίπτωση που η ολική σκληρότητα έχει αριθμητική τιμή ίση ή μικρότερη από την ολική αλκαλικότητα, τότε όλη η ολική σκληρότητα αναφέρεται ως ανθρακική σκληρότητα και δεν υπάρχει μη ανθρακική σκληρότητα.

Η σκληρότητα εκφράζεται με διάφορες μονάδες μέτρησης. Οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες μονάδες είναι: mg/L  $\text{CaCO}_3$ , mmole/L και meq/L αλκαλικών ιόντων ή Γαλλικοί, Γερμανικοί και Βρετανικοί βαθμοί [7].

Η σκληρότητα του νερού παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις, από μηδενική τιμή ως αρκετές εκατοντάδες mg/L  $\text{CaCO}_3$ , ανάλογα με την προέλευση και την επεξεργασία που έχει υποστεί. Η σκληρότητα των φυσικών νερών οφείλεται στη γεωλογική σύσταση των πετρωμάτων από τα οποία διέρχεται το νερό.

### Μέθοδοι προσδιορισμού

Δύο μέθοδοι μέτρησης χρησιμοποιούνται συνήθως για τον προσδιορισμό της σκληρότητας. Η πρώτη μέθοδος βασίζεται στον υπολογισμό της σκληρότητας στοιχειομετρικά, αφού προσδιοριστούν ξεχωριστά οι συγκεντρώσεις των ιόντων ασβεστίου, μαγνησίου. Η δεύτερη μέθοδος είναι ογκομετρική και βασίζεται στην από κοινού, δέσμευση των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου από τη χημική ένωση E.D.T.A. (γνωστή και ως μέθοδος E.D.T.A.). Ο προσδιορισμός της σκληρότητας με την δεύτερη μέθοδο βασίζεται στην, από κοινού, δέσμευση των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου από το δινάτριο άλας του αιθυλενοδιαμινο-τετραοξικού οξέος (EDTA) σε αλκαλικό περιβάλλον (pH:  $10 \pm 0,1$ ), παρουσία δείκτη Eriochrome Black T [7].

Πειραματική διαδικασία  
(Προσδιορισμός με τη μέθοδο E.D.T.A.)

Για τον προσδιορισμό της ολικής σκληρότητας μεταφέρουμε 25 ml από το δείγμα μας σε μια κωνική φιάλη των 250 ml, εν συνεχεία προσθέτουμε 1 ml διαλύματος αμμωνία NH<sub>3</sub> και μια ταμπλέτα σκληρότητας EBT (Eriochrome Black T). Αφού διαλύσουμε την ταμπλέτα με κυκλική ανάδευση, ογκομετρούμε με EDTA μέχρι την αλλαγή του χρώματος από ιώδες(κεραμιδί, εικόνα 7) σε κυπαρισσί.



**Εικόνα 7.** Κωνικές φιάλες, των 250 ml, με δείγμα νερού μετά από ογκομέτρηση με EDTA.

Η ολική σκληρότητα υπολογίζεται από τη σχέση:

$$(V_1 \cdot 100) / V_2 \text{ (σε mg/l CaCO}_3\text{)}$$

όπου : V<sub>1</sub> είναι τα ml του διαλύματος EDTA που χρησιμοποιήθηκαν και V<sub>2</sub> είναι τα ml του δείγματος[7].

Παρεμποδιστικές ουσίες στη μέτρηση

Ιόντα αργιλίου, χαλκού, σιδήρου, μολύβδου, μαγγανίου και ψευδαργύρου μπορεί να επηρεάσουν το αποτέλεσμα δίνοντας θετικό σφάλμα στη μέτρηση ή καθιστώντας δυσδιάκριτο το τελικό σημείο στην τιτλοδότηση. Τα μεταλλικά αυτά ιόντα επηρεάζουν τον προσδιορισμό, αν οι συγκεντρώσεις τους υπερβαίνουν τις παρακάτω τιμές :

Al	20 mg/L
Pb	10 mg/L
Fe	2 mg/L
Cu	10 mg/L
Mn	0,5 mg/L
Zn	100 mg/L

Επίσης, τα φωσφορικά και ανθρακικά ιόντα, σε αλκαλικό περιβάλλον, μπορεί να καταβυθίζουν το ασβέστιο και έτσι επηρεάζουν το αποτέλεσμα με αρνητικό σφάλμα. Αντίθετα, τα πολυφωσφορικά ιόντα, σε συγκέντρωση ως 5 mg/L, δεν επηρεάζουν την

μέτρηση. Με την προσθήκη, περίπου 250 mg κυανούχου νατρίου, στην ογκομετρική ποσότητα του δείγματος, ο επηρεασμός από ιόντα σιδήρου σε συγκεντρώσεις ως 30 mg/ L μπορεί να αποκλειστεί. Σε δείγματα που περιέχουν μεγάλες συγκεντρώσεις από μεταλλοϊόντα, συνιστάται να μην χρησιμοποιείται αυτή η μέθοδος και να χρησιμοποιείται η υπολογιστική μέθοδος για τον προσδιορισμό της σκληρότητας. Κατά την εκτέλεση της ανάλυσης, το pH δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή 10, γιατί επηρεάζεται το χρώμα του δείκτη και εμποδίζεται η μέτρηση [7].

### 5.7.3 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά

#### Θολερότητα

Θολερότητα είναι μια έκφραση οπτικής ιδιότητας ενός δείγματος νερού να σκεδάζει και απορροφά το φως που διέρχεται από αυτό και να μη μεταδίδει το φως σε ευθεία γραμμή. Η μέτρηση της θολερότητας είναι μια σημαντική μέτρηση στην εξέταση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, γιατί η διαύγεια του νερού επηρεάζει τους υδρόβιους οργανισμούς και τις χρήσεις των νερών. Η θολερότητα στα επιφανειακά νερά προέρχεται από αιωρούμενα σωματίδια, ανόργανης ή οργανικής φύσης (όπως χώμα, πηλός, βακτήρια). Συσχέτιση της θολερότητας με το περιεχόμενο του δείγματος σε βάρος εναιωρούμενων στερεών είναι δύσκολη διότι το διαφορετικό μέγεθος, σχήμα και σύσταση των στερεών επηρεάζουν τη σκέδαση του φωτός [7].

Ο προσδιορισμός της θολερότητας αποτελεί μια σημαντική παράμετρο για την εκτίμηση της ποιότητας του νερού των λιμνών, των ποταμών και θαλασσών. Η μέτρηση της θολερότητας επιτρέπει τον έλεγχο και αυτοματοποίηση των μονάδων καθαρισμού του νερού και αποβλήτων διότι μπορεί να μετρηθεί με όργανα συνεχούς καταγραφής [7].

#### Μέθοδος μέτρησης

Η νεφελομετρική μέθοδος αυτή βασίζεται στη σύγκριση της έντασης σκεδασμού του φωτός από το δείγμα σε σχέση με ένα πρότυπο αιώρημα αναφοράς. Όσο μεγαλύτερη είναι η σκέδαση του φωτός από το δείγμα, τόσο μεγαλύτερη είναι η θολερότητα. Τα αποτελέσματα της μέτρησης εκφράζονται με Νεφελομετρικές Μεθόδους Θολερότητας (N.T.U). Η θολερότητα με αυτή τη μέθοδο, μπορεί να προσδιοριστεί σε οποιοδήποτε δείγμα που δεν περιέχει ευμεγέθη στερεά ή σωματίδια που καθιζάνουν γρήγορα. Επίσης, στο δείγμα δεν πρέπει να περιέχουν φυσαλίδες αερίων ή να είναι έγχρωμο [7].

#### Θολερόμετρο ή νεφελόμετρο

Το θολερόμετρο (Lovibond CR3210, εικόνα 8) αποτελείται από μια πηγή φωτός, ένα ή δύο φωτοηλεκτρικούς ανιχνευτές και διάταξη άμεσης ανάγνωσης της έντασης του φωτός. Η ευαισθησία του οργάνου πρέπει να είναι τέτοια που να ανιχνεύει διαφορές θολερότητας 0,02 μονάδων N.T.U, σε νερά με θολερότητα μικρότερη από 1 N.T.U. Το εύρος μέτρησης κυμαίνεται από 0-40 N.T.U. Διαφορές στο σχεδιασμό των οργάνων δημιουργούν, συνήθως διαφορετικές τιμές θολερότητας γι' αυτό στην επιλογή του οργάνου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

- α) η πηγή φωτός από λάμπα βολφραμίου λειτουργεί σε θερμοκρασία 2200-3000 OC.
- β) η οπτική διαδρομή του φωτός από την φωτεινή πηγή ως το φωτοκύτταρο, δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 10cm.
- γ) το φωτοκύτταρο πρέπει να εστιάζεται σε 900 από την προσπίπτουσα ακτίνα και να μη διαφέρει περισσότερο από  $\pm 300$  από την διεύθυνση της ακτίνας που σκεδάζεται. Το σύστημα

των φίλτρων αν χρησιμοποιείται, πρέπει να προκαλεί στο φωτοκύτταρο τη μέγιστη απόκριση στην περιοχή από 400-600nm.

δ) η μέγιστη τιμή θολερότητας του οργάνου είναι 40 N.T.U. [7].



**Εικόνα 8.** Θολερόμετρο

#### Διαδικασία μέτρησης

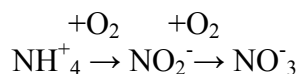
Το θολερόμετρο ρυθμίζεται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Μετρούνται στο θολερόμετρο πρότυπα αιωρήματα που να καλύπτουν την περιοχή, η οποία ελέγχεται η αντιστοιχία των ενδείξεων του οργάνου με σειρά προτύπων διαλυμάτων. Για τη ρύθμιση του οργάνου (Φορητό θολερόμετρο (Lovibond CR3210)), χρησιμοποιείται πρότυπο αιώρημα φορμαζίνης, που παρασκευάζεται από πολυμερές της φορμαζίνης που αναπαράγει αρκετά πιστά την θολερότητα των φυσικών νερών [7].

#### 5.7.4 Ανόργανα συστατικά

##### Νιτρικό άζωτο (NO<sub>3</sub>-N)

###### Γενικά

Τα νιτρικά ιόντα αποτελούν το τελικό στάδιο οξείδωσης των αζωτούχων ενώσεων:



Στα επιφανειακά υπόγεια νερά, οι συγκεντρώσεις των νιτρικών είναι συνήθως μικρές. Η παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων στα επιφανειακά και υπόγεια νερά, είναι δείκτης ρύπανσης των υδάτων από λιπάσματα ή λύματα και απόβλητα[9].

Τα ανεπεξέργαστα λύματα δεν περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών, γιατί το μεγαλύτερο μέρος του αζώτου που βρίσκεται δεσμευμένο σε οργανικές ενώσεις. Αντίθετα, τα επεξεργαζόμενα λύματα περιέχουν, συνήθως, υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών ως αποτέλεσμα του παρατεταμένου αερισμού που οδηγεί στην νιτροποίηση των ενώσεων [9].

Η ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση των νιτρικών στο πόσιμο είναι 50mg/L, στα απόβλητα που διαθέτονται στα ρέματα (ΕΥΔΑΠ) 4mg/L [9].

###### Πειραματική διαδικασία

Για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας των δειγμάτων σε νιτρικά ιόντα, χρησιμοποιήθηκε το spectroquant Nitrate test (1.09713.0001) της Merck με εύρος μέτρησης

0,10-25,0 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup> -N. Με την πλαστική σύριγγα, που περιέχεται μέσα στο test, μεταφέρονται 4 ml από το αντιδραστήριο NO<sub>3</sub>-1 μέσα σε δοκιμαστικό σωλήνα. Ακολούθως, προστίθενται στο δοκιμαστικό σωλήνα 0,5 ml δείγματος και 0,5 ml από το αντιδραστήριο NO<sub>3</sub>-2 με πιπέτα ακριβείας. Βιδώνεται ο δοκιμαστικός σωλήνας και ανακινείται με προσοχή γιατί το περιεχόμενο του ζεσταίνεται αρκετά. Αφήνουμε το δοκιμαστικό σωλήνα για 10 λεπτά σε ηρεμία ώστε να πραγματοποιηθεί η αντίδραση [9].

Μετά το πέρας των 10 λεπτών, ανοίγεται το καπάκι του φωτόμετρου (εικόνα 9), ώστε να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Το φωτόμετρο διεξάγει έναν αυτοέλεγχο (self-check) όλου του συστήματος και επιλέγει αυτόματα τον τρόπο μέτρησης Concentration (συγκέντρωση). Στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη “insert cell or start measurement”. Η κυψελίδα αναγνώρισης (autoselector) τοποθετείται στον υποδοχέα των κυλινδρικών κυψελίδων. Με αυτόν τον τρόπο αναγνωρίζεται από το όργανο το συγκεκριμένο test που χρησιμοποιείται. Η κάθετη γραμμή (μαρκάρισμα) του autoselector πρέπει να δείχνει προς την εγκόπη του φωτόμετρου. Το δείγμα μεταφέρεται σε μία ορθογώνια κυψελίδα χαλαζία πάχους 10mm, η οποία σκουπίζεται πολύ καλά με κάποιο ύφασμα και τοποθετείται στον υποδοχέα των ορθογώνιων κυψελίδων του φωτόμετρου. Κατόπιν εμφανίζεται η ένδειξη “measuring” (μέτρηση) και το αποτέλεσμα εμφανίζεται στην οθόνη [9].



**Εικόνα 9.** Φωτόμετρο Merck

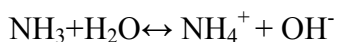
Η μέτρηση αυτή πρέπει να διεξάγεται αμέσως μετά την δειγματοληψία, επίσης δείγματα με μεγάλη θολότητα πρέπει απαραίτητως να διηθούνται γιατί δίνουν θετικό σφάλμα στη μέτρηση. Επιπροσθέτως, τυχόν αιωρούμενα που μπορεί να υπάρχουν μέσα στο δείγμα πρέπει να διαλύονται ή να απομακρύνονται με κατάλληλη μέθοδο [9].

Κατά τη μέτρηση, τα φιαλίδια πρέπει να είναι καθαρά ή να καθαρίζονται με στεγνό, καθαρό πανί. Δείγματα στα οποία διακρίνεται θολερότητα, τα αποτελέσματα της μέτρησης δεν είναι αξιόπιστα. Ο χρωματισμός στο διάλυμα μετά το τέλος της αντίδρασης παραμένει σταθερός για 30 λεπτά αλλά η μέτρηση πρέπει να γίνεται αυστηρά στα 10 λεπτά [9].

### Αμμωνιακό άζωτο NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N

#### Γενικά

Το αμμωνιακό άζωτο μπορεί να βρίσκεται υπό μορφή αμμωνιακών ιόντων (NH<sub>3</sub>), ανάλογα με το pH και τη θερμοκρασία του διαλύματος, σύμφωνα με την παρακάτω σχέση ισορροπίας:



Σε αλκαλικό περιβάλλον, η αντίδραση μετατοπίζεται προς τα αριστερά, ενώ σε όξινο περιβάλλον προς τα αριστερά. Όσο αυξάνει η θερμοκρασία, η αντίδραση μετατοπίζεται προς



τα αριστερά και αντίστροφα. Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία στη χώρα μας, η ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση ιόντων αμμωνίου, είναι 0,5 mg/L ενώ το ανώτατο επιτρεπτό όριο στα γλυκά νερά για την διαβίωση της πέστροφας και ειδών της οικογένειας των Σαλμονίδων και Κυπρινίδων, είναι 0,025 mg/L. Στα απόβλητα που εκβάλουν στα επιφανειακά νερά, η τιμή της ολικής αμμωνίας, δεν πρέπει να είναι περισσότερο από 15 mg/L [9].

#### Πειραματική διαδικασία

Κατά τη διαδικασία μέτρησης με το Ammonium reagent test MERCK 14752, με χρήση σιφωνίου λαμβάνονται 5,0ml του εξεταζόμενου δείγματος σε δοκιμαστικό σωλήνα. Προστίθεται με τη βοήθεια ρυθμιζόμενου σιφωνίου ακριβείας 0,6 ml του αντιδραστηρίου NH<sub>4</sub>-1B και ο δοκιμαστικός σωλήνας αναδεύεται σε αναδευτήρα (Minishaker MS2, IKA WORKS). Προστίθεται μια δόση του αντιδραστηρίου NH<sub>4</sub>-2B και ακολουθεί ανάδευση για να διαλυθεί το στερεό αντιδραστήριο. Ο σωλήνας αφήνεται σε ηρεμία για 5 λεπτά. Κατόπιν προστίθεται 4 δόσεις (σταγόνες) του αντιδραστηρίου NH<sub>4</sub>-3B και ακολουθεί ανάδευση. Ο σωλήνας διατηρείται σε ηρεμία για ακόμη 5 λεπτά. Ανοίγεται το καπάκι του φωτόμετρου MERCK Spectroquant NOVA 60 (εικόνα 9), ώστε να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Το φωτόμετρο διεξάγει έναν αυτοέλεγχο (self-check) όλου του συστήματος και επιλέγει αυτόματα τον τρόπο μέτρησης Concentration (συγκέντρωση). Στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη “insert cell or start measurement”. Η κυψελίδα αναγνώρισης (autoselector) τοποθετείται στον υποδοχέα των κυλινδρικών κυψελίδων. Με αυτόν τον τρόπο αναγνωρίζεται από το όργανο το συγκεκριμένο test που χρησιμοποιείται. Η κάθετη γραμμή (μαρκάρισμα) του autoselector πρέπει να δείχνει προς την εγκοπή του φωτόμετρου. Το δείγμα μεταφέρεται σε μία ορθογώνια κυψελίδα χαλαζία πάχους 10 mm, η οποία σκουπίζεται πολύ καλά με κάποιο ύφασμα και τοποθετείται στον υποδοχέα των ορθογώνιων κυψελίδων του φωτόμετρου. Κατόπιν εμφανίζεται η ένδειξη “measuring” (μέτρηση) και το αποτέλεσμα εμφανίζεται στην οθόνη [9].

Η μέτρηση αυτή πρέπει να διεξάγεται αμέσως μετά την δειγματοληψία, επίσης δείγματα με μεγάλη θολότητα πρέπει απαραίτητως να διηθούνται γιατί δίνουν θετικό σφάλμα στη μέτρηση. Για τις φωτομετρικές μετρήσεις οι κυψελίδες που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι καθαρές. Το εύρος του test είναι 0,05-3,00mg/L NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N. Ο χρωματισμός στο διάλυμα μετά το τέλος της αντίδρασης παραμένει σταθερός για 60 λεπτά αλλά η μέτρηση πρέπει να γίνεται αυστηρά στα 15 λεπτά [9].

#### Φωσφορικός φώσφορος PO<sub>4</sub>-P

##### Γενικά

Στα επιφανειακά νερά και απόβλητα απαντάται σε πολλές μορφές, πιο συχνά με τη μορφή ορθοφωσφορικών και πολυφωσφορικών ιόντων, ως οργανικός φώσφορος, δεσμευμένος σε οργανικές ενώσεις. Η παρουσία του φωσφόρου στα επιφανειακά νερά, οφείλεται σε πολλές πηγές, φυσικής ή ανθρωπογενούς προέλευσης. Λύματα και απόβλητα καταλήγουν στους επιφανειακούς αποδέκτες, επιβαρημένα σε σημαντικές ποσότητες φωσφόρου. Τα φωσφορούχα λιπάσματα που εφαρμόζονται στις καλλιέργειες, δεν δεσμεύονται ποσοτικά από τα φυτά ή το έδαφος και έτσι οι εκπλύσεις εδαφών περιέχουν και αυτές σημαντικά φορτία φωσφόρου. Ο οργανικός φώσφορος δημιουργείται κυρίως από βιολογικές διαδικασίες. Ο οργανικός φώσφορος περιέχεται στα περιττώματα και υπολείμματα τροφών και συνεπώς και σε λύματα. Φώσφορος υπάρχει ακόμα, στα ιζήματα λιμνών λιμνοθαλασσών και κλειστών κόλπων και στη βιολογική ιλύ. Ο φώσφορος είναι το βασικό στοιχείο για την ανάπτυξη των οργανισμών και η έλλειψη του μπορεί να περιορίσει την ανάπτυξη της πρωτογενούς παραγωγής, σε μια υδατική μάζα. Σε περιπτώσεις όπου οι

φώσφορος είναι περιοριστικός παράγοντας η διοχέτευση επεξεργασμένων ή ανεπεξέργαστων λυμάτων, κτηνοτροφικών αποβλήτων, εκπλύσεων γεωργικών εδαφών ή ορισμένων βιομηχανικών αποβλήτων μπορεί να προκαλέσει την υπέρμετρη ανάπτυξη φωτοσυνθετικών, υδρόβιων φυκιών ή μακρόφυτων που με τη σειρά του προκαλούν ευτροφισμό. Το ανώτατο επιτρεπτό όριο των φωσφορικών στο επιφανειακό νερό σύμφωνα με τη νομοθεσία είναι 0,4-0,7 mg/l [9].

#### Πειραματική διαδικασία

Κατά τη διαδικασία μέτρησης χρησιμοποιήθηκε το kit test Phosphate Reagent Test MERCK 14848. Προστίθεται 5,0 ml δείγμα, με τη χρήση πιπέτας, σε κάθε φιαλίδιο και στη συνέχεια 5 σταγόνες του αντιδραστήριου P-1A σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα. Ακολουθεί ανάδευση σε αναδευτήρα (Minishaker MS2, IKA WORKS). Κατόπιν προστίθεται 1 δόση του αντιδραστήριου P-2A με μικρο κουταλάκι. Ακολουθεί έντονη ανάδευση έως ότου διαλυθεί το ίζημα. Ο σωλήνας διατηρείται σε ηρεμία για 5 λεπτά [9].

Ανοίγεται το καπάκι του φωτόμετρου (εικόνα 9), ώστε να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Το φωτόμετρο διεξάγει έναν αυτοέλεγχο (self-check) όλου του συστήματος και επιλέγει αυτόματα τον τρόπο μέτρησης Concentration (συγκέντρωση). Στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη “insert cell or start measurement”. Η κυψελίδα αναγνώρισης (autoselector) τοποθετείται στον υποδοχέα των κυλινδρικών κυψελίδων. Με αυτόν τον τρόπο αναγνωρίζεται από το όργανο το συγκεκριμένο test που χρησιμοποιείται. Η κάθετη γραμμή (μαρκάρισμα) του autoselector πρέπει να δείχνει προς την εγκοπή του φωτόμετρου. Το δείγμα μεταφέρεται σε μία ορθογώνια κυψελίδα χαλαζία πάχους 10 mm, η οποία σκουπίζεται πολύ καλά με κάποιο ύφασμα και τοποθετείται στον υποδοχέα των ορθογώνιων κυψελίδων του φωτόμετρου. Κατόπιν εμφανίζεται η ένδειξη “measuring” (μέτρηση) και το αποτέλεσμα εμφανίζεται στην οθόνη. Η μέτρηση αυτή πρέπει να διεξάγεται αμέσως μετά την δειγματοληψία, επίσης δείγματα με μεγάλη θολότητα πρέπει απαραίτητα να διηθούνται γιατί δίνουν θετικό σφάλμα στη μέτρηση [9].

Δείγματα που περιέχουν  $Cl^- > 1000$  mg/l πρέπει να αραιώνονται με απιονισμένο νερό. Το εύρος του test είναι 0,05-3,00mg/L  $PO_4-P$ . Για την διασφάλιση της ποσότητας του test μπορεί να χρησιμοποιηθεί πρότυπο διάλυμα με 0,80 mg/l  $PO_4-P$  (Spectroquant Combicheck 10) για τον έλεγχο του φωτομετρικού συστήματος μέτρησης (αντιδραστήρια των test, της συσκευής μέτρησης, χειρισμός) και του τρόπου λειτουργίας και επίσης ένα πρόσθετο διάλυμα για τον προσδιορισμό ξένων ουσιών που ενδέχεται να επηρεάσουν το αποτέλεσμα. Για τις φωτομετρικές μετρήσεις οι κυψελίδες που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι καθαρές [9].

#### Θειικά ιόντα $SO_4^{2-}$

##### Γενικά

Η παρουσία θεικών ιόντων στα επιφανειακά και υπόγεια νερά, μπορεί να προέρχεται από την γεωλογική σύσταση των πετρωμάτων τα οποία διέρχεται το νερό ή από ορισμένες χρήσεις από τον άνθρωπο. Η συγκέντρωση των θεικών ιόντων στα φυσικά νερά, παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις, ανάλογα με το είδος των πετρωμάτων, από τα οποία διέρχονται και το είδος και την ένταση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Ο έλεγχος των θεικών ιόντων στο νερό έχει μεγάλη σημασία γιατί έχει βρεθεί ότι τα θειικά άλατα ασβεστίου και μαγνησίου έχουν καθαριστική δράση στον ανθρώπινο οργανισμό, γι' αυτό και το ανώτερο επιτρεπτό όριο θεικών ιόντων στο πόσιμο νερό είναι 250 mg/l [9].

## Πειραματική διαδικασία

Κατά την διαδικασία μέτρησης χρησιμοποιήθηκε το kit test Sulfates MERCK 1.14791.0001. Παίρνεται από το δείγμα όγκος 2,5 ml με ένα σιφόνι και το αδειάζετε σε ένα κενό φιαλίδιο. Στη συνέχεια προστίθεται 2 σταγόνες από το αντιδραστήριο SO4-1 και ανακινείται το φιαλίδιο. Μετά μπαίνει 1 κουταλάκι από το αντιδραστήριο SO4-2 και αφού αναδευτεί, αφήνεται στο υδατόλουτρο για 5 min στους 40° C. Μετά το τέλος των 5 min προστίθεται 2,5 ml από το αντιδραστήριο SO4-3 και αναδεύεται. Στη συνέχεια φιλτράρεται όλο το περιεχόμενο του φιαλιδίου με απλό ηθμό σε άλλο φιαλίδιο. Προστίθεται 4 σταγόνες από το αντιδραστήριο SO4-4 και το αναδεύεται. Αφήνεται το φιαλίδιο στο υδατόλουτρο για άλλα 7 min στους 40° C [9].

Μετά το πέρας του χρόνου επώασης μετρίεται το δείγμα στο φωτόμετρο με τη βοήθεια κυψελίδας. Ανοίγεται το καπάκι του φωτόμετρου MERCK Spectroquant NOVA 60 (εικόνα 9), ώστε να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Το φωτόμετρο διεξάγει έναν αυτοέλεγχο (self-check) όλου του συστήματος και επιλέγει αυτόματα τον τρόπο μέτρησης Concentration (συγκέντρωση). Στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη “insert cell or start measurement”. Η κυψελίδα αναγνώρισης (auto selector) τοποθετείται στον υποδοχέα των κυλινδρικών κυψελίδων. Με αυτόν τον τρόπο αναγνωρίζεται από το όργανο το συγκεκριμένο test που χρησιμοποιείται. Η κάθετη γραμμή (μαρκάρισμα) του auto selector πρέπει να δείχνει προς την εγκοπή του φωτόμετρου. Το δείγμα μεταφέρεται σε μία ορθογώνια κυψελίδα χαλαζία πάχους 10 mm, η οποία σκουπίζεται πολύ καλά με κάποιο ύφασμα και τοποθετείται στον υποδοχέα των ορθογώνιων κυψελίδων του φωτόμετρου. Κατόπιν εμφανίζεται η ένδειξη “measuring” (μέτρηση) και το αποτέλεσμα εμφανίζεται στην οθόνη. Η μέτρηση αυτή πρέπει να διεξάγεται αμέσως μετά την δειγματοληψία. Το εύρος του test είναι 25-300 mg/l SO<sub>4</sub>. Για τις φωτομετρικές μετρήσεις οι κυψελίδες που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι καθαρές [9].

## Διαλυμένο οξυγόνο

### Γενικά

Η συγκέντρωση οξυγόνου στο νερό επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως η θερμοκρασία, η πίεση, η ηλιοφάνεια, ο κυματισμός, τα ρεύματα, η περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα και οργανικές ουσίες, το περιεχόμενο σε μικροοργανισμούς κ.α. Από τους παράγοντες αυτούς, εκείνοι που επηρεάζουν περισσότερο τη διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό, είναι η θερμοκρασία (αυξανόμενης της θερμοκρασίας μειώνεται η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό και αντιστρόφως), η αλατότητα (αυξανόμενης της αλατότητας μειώνεται η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό και αντιστρόφως) και η πίεση (αυξανόμενης της πίεσης μειώνεται διαλυτότητα στο νερό και αντιστρόφως). Έτσι, κάτω από δεδομένες συνθήκες θερμοκρασίας, αλατότητας και πίεσης η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό είναι συγκεκριμένη και εφόσον δεν υπάρχουν άλλοι παράγοντες μπορεί να υπολογιστεί ή να βρεθεί από πίνακες. Η τιμή αυτή, αντιστοιχεί στην τιμή κορεσμού του νερού σε οξυγόνο και αποτελεί μέτρο για την κατάσταση επιφανειακών υδάτων. Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που μπορούν μειώσουν την περιεκτικότητα του νερού οξυγόνο (σε σχέση με την τιμή κορεσμού), όπως οι οργανικές ουσίες από λύματα ή απόβλητα που για την αποσύνθεσή τους (από αερόβιους μικροοργανισμούς) απαιτούν την κατανάλωση του οξυγόνου. Αντίθετα πρόσδοση οξυγόνου στο νερό γίνεται από τους φωτοσυνθέτοντες οργανισμούς όπως είναι τα μικροφύκη και τα υδρόβια φυτά. Πολλές φορές μάλιστα σε συνθήκες ευτροφισμού, παρατηρείται το φαινόμενο, την ημέρα να υπάρχει υπερκορεσμός σε οξυγόνο, ενώ τη νύχτα και ιδιαίτερα τις πρώτες πρωινές ώρες να παρατηρείται σημαντική μείωση του οξυγόνου (σε σχέση με την

τιμή κορεσμού) που σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να φτάσει το επίπεδο ανοξίας. Το φαινόμενο αυτό συναντάται ιδιαίτερα σε λίμνες και κλειστούς κόλπους [7].

Η μέτρηση γίνεται με την χρήση κατάλληλου ηλεκτροδίου συνδεδεμένου με την συσκευή που μετατρέπει τα προσλαβόμενα ηλεκτροχημικά σήματα σε αριθμητική ένδειξη. Το όργανο μέτρησης του οξυγόνου (ηλεκτρόδιο και ηλεκτρική συσκευή) είναι γνωστό ως οξυγονόμετρο (HACH LDO10103). Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε % κορεσμό και σε περιεκτικότητα  $O_2$  mg/l [7].

## Χλωρίοντα

### Γενικά

Το χλώριο υπό μορφή χλωριόντων, αποτελεί ένα από τα βασικά ανιόντα των υδάτων και αποβλήτων. Στα φυσικά επιφανειακά νερά, η συγκέντρωση χλωριόντων διαφέρει και εξαρτάται κυρίως από τη χημική σύσταση των πετρωμάτων, από τα οποία διέρχεται το νερό. Στη χώρα μας σε πολλές περιοχές παρατηρούνται υψηλές τιμές χλωριόντων στα υπόγεια νερά. Υψηλές τιμές χλωριόντων παρατηρούνται και σε όλα σχεδόν τα υπόγεια νερά των παράκτιων περιοχών, λόγω των υπεραντλήσεων και της προέλασης του θαλάσσιου μετώπου. Στα αστικά λύματα, η συγκέντρωση των χλωριόντων είναι υψηλότερη από εκείνη των πόσιμων νερών γιατί κατά τη χρήση του από τον άνθρωπο, το νερό επιβαρύνεται με άλατα και κυρίως με χλωριούχο νάτριο [7].

### Μέθοδος νιτρικού αργύρου

Σε ουδέτερο ή αλκαλικό περιβάλλον pH (8.3) και παρουσία δείκτη χρωμικού καλίου, γίνεται ποσοτική καταβύθιση των χλωριόντων, σε σχηματισμό χλωριούχου αργύρου και χρωμικού αργύρου. Ο χλωριούχος άργυρος έχει καταβυθιστεί ποσοτικά όταν αρχίζει να εμφανίζεται το κόκκινο χρώμα του χρωμικού αργύρου. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε νερά και απόβλητα με συγκεντρώσεις χλωριόντων από 1,5 ως 100 mg/L Cl<sup>-</sup> [7].

### Παρεμποδιστικές ουσίες

Τα ιόντα βρωμίου, ιωδίου και τα θειώδη ιόντα τιτλοδοτούνται σαν ισοδύναμες ποσότητες ιόντων χλωρίου. Το χρώμα και η θολερότητα θα πρέπει να απομακρύνονται πριν τον προσδιορισμό των χλωριόντων. Τα ορθοφωσφορικά ιόντα, όταν είναι περισσότερα από 25 mg/L, καθιζάνουν σαν φωσφορικός άργυρος. Ο σίδηρος, σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από 10 mg/L, παρεμποδίζει τη σωστή αναγνώριση αλλαγής του χρώματος του δείκτη στο τέλος της ογκομέτρησης [7].

### Αντιδραστήρια

-Νερό απαλλαγμένο ιόντων χλωρίου, δισαποσταγμένο ή απιονισμένο

-Πρότυπο διάλυμα νιτρικού αργύρου  $AgNO_3$  0.0141N

Διαλύονται 2,395  $AgNO_3$  σε αποσταγμένο νερό και αραιώνονται σε 1000 mL. Το διάλυμα τιτλοδοτείται με διάλυμα  $NaCl$  0.0141 N. Το διάλυμα του νιτρικού αργύρου φυλάσσεται σε γυάλινη σκουρόχρωμη φιάλη.

-Πρότυπο διάλυμα χλωριούχου νατρίου  $NaCl$  0.0141N

Διαλύονται 824,1 mg  $NaCl$  σε απεσταγμένο νερό και το διάλυμα αραιώνεται μέχρι 1000 mL.

-Δείκτη χρωμικού καλίου

Διαλύονται 50 g  $K_2CrO_4$  σε 100 mL απεσταγμένο νερό. Προσθέτουμε μερικές σταγόνες διαλύματος νιτρικού αργύρου μέχρι να σχηματιστεί κόκκινο ίζημα. Το διάλυμα αφήνεται σε ηρεμία, προστατευόμενο από φως για 12 ώρες. Διηθείται από σκληρό ηθμόπορώδους πορσελάνης, για απομάκρυνση του ιζήματος και αραιώνεται μέχρι 1 λίτρο με απεσταγμένο νερό [7].

Αρχή της μεθόδου ανάλυσης

Ο προσδιορισμός των χλωριόντων έγινε με τη μέθοδο του νιτρικού αργύρου. Σε ουδέτερο ή ελαφρά αλκαλικό περιβάλλον και παρουσία δείκτη χρωμικού καλίου, γίνεται ποσοτική καταβύθιση των χλωριόντων, με σχηματισμό χλωριούχου αργύρου και χρωμικού αργύρου. Ο χλωριούχος άργυρος έχει καταβυθιστεί ποσοτικά όταν αρχίζει να εμφανίζεται το κόκκινο χρώμα του χρωμικού αργύρου [7].

Πειραματική διαδικασία

Βάζουμε σε μια κωνική φιάλη των 250 ml, 25 ml από το δείγμα μας και προσθέτουμε 2 ml  $K_2CrO_4$  2%. Στη συνέχεια ογκομετρούμε με  $AgNO_3$  0,01N έως ότου το αρχικό κίτρινο χρώμα να αλλάξει σε μια ελαφριά απόχρωση προς το κεραμιδί.

Η συγκέντρωση των χλωριόντων υπολογίζεται από τη σχέση :

$$[(A - B) * N * 35450] / \text{ml δείγματος}$$

Όπου:

A είναι τα ml του διαλύματος  $AgNO_3$  που καταναλώθηκαν στο δείγμα

B είναι τα ml του διαλύματος  $AgNO_3$  που καταναλώθηκαν στο τυφλό

N είναι η κανονικότητα του διαλύματος  $AgNO_3$  [7]

### 5.7.5 Εισαγωγή στη μικροβιολογία

#### Γενικά

Ο όρος μικρόβιο χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το τέλος του 19<sup>ου</sup> αιώνα. Ως μικρόβιο θεωρήθηκαν τότε, αδιάκριτα από τη συστηματική τους ταξινόμηση, οι οργανισμοί που εντοπίζονταν με το μικροσκόπιο. Σήμερα ο όρος αυτός εξακολουθεί να χρησιμοποιείται για τους παθογόνους μικροοργανισμούς του ανθρώπου, των ζώων ή των φυτών. Συχνά ως μικρόβια αναφέρονται λαθεμένα, το σύνολο των μικροοργανισμών, ιδιαίτερα των βακτηρίων και των μυκήτων. Οι σημερινές γνώσεις της βιολογίας των μικροσκοπικών οργανισμών, έχουν δείξει ότι στη φύση υπάρχει μεγάλος αριθμός μικροοργανισμών που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στις οικολογικές ισορροπίες και ελάχιστα μόνο είδη προκαλούν παθογόνα φαινόμενα στον άνθρωπο, τα ζώα ή τα φυτά. Οι μικροοργανισμοί αποτελούν βασικό κρίκο στους βιολογικούς κύκλους και εξασφαλίζουν την ροή τους. Οι μικροοργανισμοί για παράδειγμα, είναι οι βιολογικοί παράγοντες που αποσυνθέτουν την οργανική ύλη, δεσμεύουν το ατμοσφαιρικό άζωτο κτλ. Χρησιμοποιούνται ακόμα από τον άνθρωπο για την παραγωγή αγαθών, όπως τρόφιμα και φάρμακα [7].

Οι σπουδαιότερες ταξινομικές κατηγορίες μικροοργανισμών είναι πέντε: τα βακτήρια, οι μύκητες, τα πρωτόζωα, οι ιοί και τα φύκη [7].

#### Βακτήρια

Πρόκειται για ομοταξία κατώτερων (προκαρυωτικών) οργανισμών. Είναι όντα μονοκύτταρα που ζουν μεμονωμένα ή κοινοβιακά.

Τα βακτήρια είναι πλατιά διαδεδομένα στη φύση και βρίσκονται στον αέρα, το νερό, το έδαφος, στην επιφάνεια και τις ρίζες των φυτών, καθώς και στο δέρμα και το πεπτικό σύστημα του ανθρώπου και των ζώων, χωρίς να προκαλεί παθογόνα φαινόμενα [7].

Υπάρχουν όμως και είδη βακτηρίων που μπορούν να προσβάλλουν φυτικούς ή ζωικούς οργανισμούς και να προκαλέσουν ασθένειες. Ανάλογα με τον οργανισμό που προσβάλλεται, αναφερόμαστε σε ανθρωπονόσους, ζωνόσους και φυτονόσους ή ασθένειες των φυτών. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να διευκρινιστεί, ότι για να προκληθεί νόσος σε ένα οργανισμό δεν αρκεί απλά και μόνο η ύπαρξη παθογόνων μικροοργανισμών αλλά πρέπει να συντρέχουν και άλλοι παράγοντες που επιτρέπουν την εμφάνιση στο συγκεκριμένο οργανισμό του παθολογικού φαινομένου. Σε γενικές γραμμές, προκειμένου να εκδηλωθεί κάποια νόσος, οι παθογόνοι παράγοντες πρέπει να έχουν μια συγκεκριμένη συγκέντρωση, ο οργανισμός να είναι δεκτικός στους παράγοντες αυτούς και οι παθογόνοι παράγοντες να μπορούν να εξουδετερώσουν τις άμυνες του οργανισμού [7].

### Μέθοδοι μικροβιολογικής εξέτασης υδάτων

Με τον όρο μικροβιολογική εξέταση νερού εννοείται ο εντοπισμός και ο ποσοτικός προσδιορισμός των μικροοργανισμών που περιέχονται σε ένα δείγμα νερού και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό. Η μικροβιολογική εξέταση νερού συνήθως περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των παθογόνων μικροοργανισμών για τον άνθρωπο και τα ζώα γιατί υπάρχουν σημαντικά μεθοδολογικά προβλήματα για τον προσδιορισμό του συνόλου των μικροοργανισμών που μπορεί να περιέχει ένα δείγμα νερού που προέρχεται από το περιβάλλον [7].

Σκοπός της μικροβιολογικής εξέτασης του νερού, είναι η εξέταση του βαθμού μόλυνσης των υδάτων από λύματα ή κτηνοτροφικά απόβλητα και ο έλεγχος της καταλληλότητας του νερού για διάφορες χρήσεις όπως πόση, κολύμβηση κτλ. Ο έλεγχος αυτός γίνεται με συγκεκριμένη μεθοδολογία και τεχνικές που σκοπό έχουν τον εντοπισμό της παρουσίασης και προσδιορισμό της πυκνότητας μικροοργανισμών που είναι δείκτες κοπρικής μόλυνσης ή έχουν παθογόνο δυναμισμό [7].

Από το πλήθος μικροοργανισμών που υπάρχουν στη φύση λίγοι είναι εκείνοι που είναι παθογόνοι και μπορούν να μεταδοθούν στον άνθρωπο από το νερό. Στους παθογόνους όμως μικροοργανισμούς, περιλαμβάνονται είδη που προκαλούν σοβαρές ασθένειες στον άνθρωπο όπως ο τύφος από *Salmonella typhosa*, η χολέρα από *Vibrio comma*, η δυσεντερία από *Entamoeba histolytica* κτλ. Σε μικροοργανισμούς οφείλονται και ιώσεις όπως η ηπατίτιδα, η πολυμελίτιδα κτλ καθώς και μυκητιάσεις όπως οι κολπίτιδες, οι δερματίτιδες κτλ. [7].

Ο πλήρης μικροβιολογικός έλεγχος θα έπρεπε να είναι εκείνος που βασίζεται στον προσδιορισμό όλων των παθογόνων μικροοργανισμών που ενδέχεται να υπάρχουν στο νερό. Πρακτικά όμως, επειδή σήμερα δεν υπάρχουν τυποποιημένες τεχνικές που να επιτρέπουν την γρήγορη ανίχνευση όλων των παθογόνων μικροοργανισμών, ο μικροβιολογικός έλεγχος των υδάτων γίνεται με τη χρήση δεικτών κοπρικής ρύπανσης, δηλαδή ομάδων μικροοργανισμών που η ανίχνευσή τους στα νερά δείχνει την παρουσία στο νερό περιττωμάτων ή λυμάτων από ζώα ή τον άνθρωπο [7].

Ως δείκτες κοπρικής ρύπανσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν είδη ή ομάδες μικροοργανισμών που πληρούν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

1. Βρίσκονται στα λύματα σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες απ' ότι οι παθογόνοι μικροοργανισμοί.
2. Δεν πολλαπλασιάζονται στο εξωτερικό περιβάλλον.
3. Είναι πιο ανθεκτικοί από τους παθογόνους μικροοργανισμούς τόσο στις συνήθεις τεχνικές απολύμανσης όσο και στο εξωτερικό περιβάλλον.

4. Δίνουν χαρακτηριστικές αντιδράσεις εξειδικευμένες και σχετικά απλές που να επιτρέπουν γρήγορες και μονοσήμαντες αναγνωρίσεις [7].

Παρόλο που δεν υπάρχουν ιδανικοί δείκτες που να πληρούν όλες τις παραπάνω προϋποθέσεις, ως κοπρικοί δείκτες έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για αρκετά χρόνια στο παρελθόν και εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται σήμερα, η ομάδα των ολικών κολοβακτηρίων (total coliform), η ομάδα των κοπρικών κολοβακτηρίων (fecal coliform) και η ομάδα των κοπρικών στρεπτόκοκκων (faecal streptococci) [7].

Οι δυο πρώτες ομάδες, παίρνουν το όνομα τους από την μορφολογική τους ομοιότητα με την *Escherichia coli*, βακτήριο που ζει συμβιωτικά στο τμήμα κόλον του εντερικού σωλήνα του ανθρώπου και ορισμένων ζώων. Η *Escherichia coli* είναι από τα πιο μελετημένα και ευκολοπροσδιοριζόμενα βακτήρια και για αυτό δημιουργήθηκε η ομάδα των κολοβακτηριδιομόρφων, που μοιάζουν με το βακτήριο αυτό [7].

Στην ομάδα των ολικών κολοβακτηρίων περιλαμβάνονται αερόβια και επαμφοτερίζοντα βακτήρια που είναι πλατιά διαδεδομένα και αναπτύσσονται στο έδαφος, τα επιφανειακά νερά, τα τρόφιμα. Στην ομάδα των ολικών κολοβακτηρίων περιλαμβάνονται ακόμα είδη που ζουν στο παχύ έντερο του ανθρώπου και των θερμόαιμων ζώων και αποβάλλονται με τα λύματα και τα κτηνοτροφικά απόβλητα. Η παρουσία αντιπροσώπων από την ομάδα αυτή στο νερό, αποτελεί ένδειξη επιμόλυνσης από εξωγενείς παράγοντες αν και δεν είναι απαραίτητο η προέλευση τους να είναι αποκλειστικά κοπρική [7].

Στην ομάδα των κοπρικών κολοβακτηρίων περιλαμβάνονται είδη που ζουν αποκλειστικά στο έντερο του ανθρώπου και των θερμόαιμων ζώων. Τα κοπρικά κολοβακτήρια περιέχονται σε μεγάλο αριθμούς, της τάξης των εκατομμυρίων, στα περιττώματα, λύματα και κτηνοτροφικά απόβλητα. Τα κοπρικά κολοβακτήρια ανήκουν στην οικογένεια των enterobacteriaceae που περιλαμβάνει και το είδος *Escherichia coli*. Η παρουσία κοπρικών κολοβακτηρίων στο νερό αποτελεί σαφή ένδειξη κοπρικής επιμόλυνσης, χωρίς όμως να καθιστά το νερό υγειονομικά επικίνδυνο εάν δεν έχει ανιχνευθεί και η παρουσία συγκεκριμένων παθογόνων παραγόντων [7].

Δυο είναι οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες μέθοδοι για τον προσδιορισμό του αριθμού κολοβακτηρίων στο νερό. Η μέθοδος των πολλαπλών σωλήνων που δίνει τον πιθανότερο αριθμό κολοβακτηρίων στα 100ml, γνωστό και ως Π.Α.Κ ή Μ.Ρ.Ν και η μέθοδος διήθησης από μεμβράνες που δίνει τον αριθμό των ολικών κολοβακτηρίων που περιέχονται σε δείγμα 100ml.

Εμείς ασχοληθήκαμε με τη μέθοδο διήθησης από μεμβράνες.

Η μέθοδος των μεμβρανών βασίζεται στην κατακράτηση, με διήθηση ορισμένου όγκου δείγματος, σε μεμβράνη όλων των μικροοργανισμών, με μέγεθος μεγαλύτερο των 0,45 μ (διάμετρος πόρου της μεμβράνης), που περιέχονται στο διηθούμενο δείγμα και ανάπτυξη των κολοβακτηρίων σε αποικίες, με την χρησιμοποίηση εκλεκτικών υποστρωμάτων και την επώαση τους σε κατάλληλη θερμοκρασία. Ο προσδιορισμός του ολικού αριθμού κολοβακτηρίων γίνεται με απευθείας καταμέτρηση των αναπτυσσόμενων (σε περίπτωση θετικού αποτελέσματος) αποικιών στη μεμβράνη και αναγωγή του αριθμού τους στον όγκο που διηθήθηκε [7].

Με τη μέθοδο των μεμβρανών μπορούν να μετρηθούν ξεχωριστά τα ολικά κολοβακτήρια, τα κοπρικά κολοβακτήρια, οι κοπρικοί στρεπτόκοκκοι αλλά και μεμονωμένα είδη όπως, *salmonella typhosa* κλπ εφόσον χρησιμοποιηθούν τα κατάλληλα υποστρώματα και θερμοκρασίες επώασης [7].

## Προσδιορισμός μικροβιολογικού φορτίου

Μετά από διήθηση του δείγματος υπό κενό, το φίλτρο που χρησιμοποιήθηκε στη διήθηση τοποθετείται σε θρεπτικό υλικό και επώάζεται σε θάλαμο επώασης σταθερής θερμοκρασίας (εικόνα 10).



**Εικόνα 10.** Θάλαμος επώασης σταθερής θερμοκρασίας

### Απαιτούμενος εξοπλισμός και διαλύματα

Κατά τη διαδικασία μέτρησης των κοπρανωδών κολοβακτηριδίων και ολικών κολοβακτηριδίων χρησιμοποιήθηκε αντλία κενού, αποστειρωμένα τρυβλία με υπόστρωμα, αποστειρωμένα φίλτρα 47mm - 0,45  $\mu\text{m}$  (Pall GN-6 mertica/® Grid), μαγνητική χοάνη διήθησης 300ml, μεταλλική λαβίδα με στρογγυλεμένα άκρα, πιπέτες ρυθμιζόμενου όγκου 1 - 10 ml, ογκομετρικοί κύλινδροι, θάλαμοι επώασης (G®-Cell 075) και (Heraeus kentro UB6) ρυθμισμένοι σε θερμοκρασία 44°C και 37°C αντίστοιχα. Για τα ολικά και κοπρανώδη κολοβακτήρια χρησιμοποιήθηκε Agar και Membrane Lauryl Sulphate Broth (Lab M 82). Για τους εντερόκοκκους χρησιμοποιήθηκε το S/anetz & Bartley Medium (Lab M 166) [7].

### Προετοιμασία θρεπτικού υλικού

Για την δημιουργία του θρεπτικού υλικού που θα χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση των ολικών και κοπρανωδών κολοβακτηριδίων ακολουθείται η εξής διαδικασία: Σε φιάλη Bogo, κατάλληλη για υγρή αποστείρωση, τοποθετείται η ποσότητα του Agar και του Membrane Lauryl Sulphate Broth (Lab 82), ανάλογα με τον αριθμό τριβλίων υπολογίζεται ο συνολικός όγκος υποστρώματος (4ml x αριθμός τρυβλίων). Συμπληρώνεται με απιονισμένο νερό και τοποθετείται μαγνητικός αναδευτήρας για τη διάλυση των στερεών υλικών. Το καπάκι του μπουκαλιού τοποθετείται και βιδώνεται μισή στροφή μόνο και το μπουκάλι τοποθετείται στον κλίβανο υγρής αποστείρωσης για 15 λεπτά, για την διαδικασία υγρής αποστείρωσης ακολουθούνται πιστά οι οδηγίες χρήσεως του κλιβάνου. Όταν τελειώσει η λειτουργία του κλιβάνου, το θρεπτικό υλικό μοιράζεται στα αποστειρωμένα τρυβλία. Αφού κρυώσει και πήξει φυλάσσεται στο ψυγείο μέχρι την χρήση του.

Για την δημιουργία του θρεπτικού υλικού που θα χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση των εντερόκοκκων ακολουθείται η εξής διαδικασία: Σε ειδικό μπουκάλι που αντέχει σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, τοποθετείται ποσότητα του S/anetz & Bart/ey Medium (Lab 166) ανάλογα με τον αριθμό των τρυβλίων που θα χρησιμοποιηθούν. Συμπληρώνεται με απιονισμένο νερό και τοποθετείται μαγνητικός αναδευτήρας για τη διάλυση των στερεών υλικών. Βιδώνεται μισή στροφή το καπάκι του μπουκαλιού και τοποθετείται στην θερμοκρασία



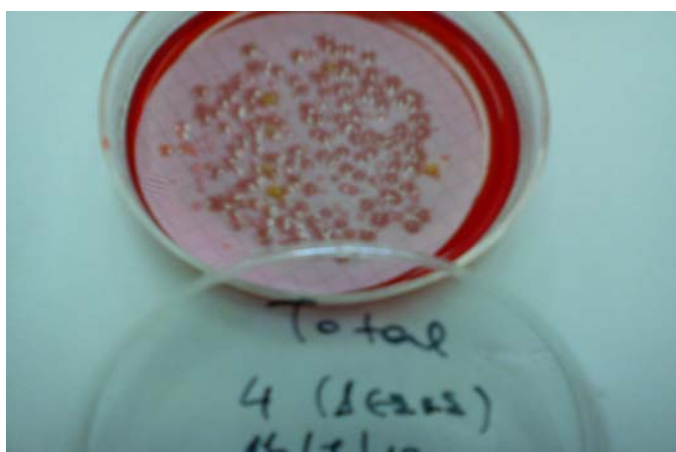
πλάκα με ανάδευση έως ότου αρχίσει ο βρασμός και γίνει διαυγές. Στην συνέχεια μοιράζετε στα τρυβλία. Αφού κρυώσει και πήξει φυλάσσεται στο ψυγείο μέχρι την χρήση του.

#### Διήθηση δείγματος

Η μαγνητική χοάνη προσαρμόζεται στη συσκευή διήθησης. Αποστειρώνουμε με οινόπνευμα την λαβίδα με την οποία τοποθετείται το αποστειρωμένο φίλτρο πάνω στη βάση της μαγνητικής χοάνης. Κατόπιν ανοίγεται η αντλία κενού και διηθείται το δείγμα μας (100ml). Ανάλογα με το ιστορικό του κάθε δείγματος γίνεται η ανάλογη αραιώση.

#### Καταμέτρηση αποικιών

Τα ολικά κολοβακτήρια (total coliforms) καθώς και τα κοπρανώδη κολοβακτήρια (fecal coliforms) δημιουργούν αποικίες κίτρινου χρώματος (εικόνα 11), ενώ οι εντερόκοκκοι εμφανίζουν μωβ χρώματος. Εάν δεν έχει γίνει καμία αραιώση στα δείγματα το αποτέλεσμα εκφράζεται σε αριθμό αποικιών /100ml (ποσότητα δείγματος που διηθούνταν κάθε φορά).



**Εικόνα 11.** Τρυβλίο με αποικίες ολικών κολοβακτηρίων

#### **5.7.6 Προσδιορισμός Καλίου, Νατρίου και Ασβεστίου (Φλογοφωτομετρική μέθοδος)**

Η παρουσία ασβεστίου, νατρίου και καλίου, είναι φυσικής προέλευσης λόγω της σύστασης των πετρωμάτων, από τα οποία διέρχεται το νερό. Όταν διάλυμα που περιέχει μόρια της ένωσης, μπαίνει στην φλόγα, τότε αυτά διασπώνται σε άτομα. Τα άτομα διεγείρονται και κατά την αποδιέγερση τους παρατηρείται εκπομπή της ακτινοβολίας. Το μήκος κύματος της ακτινοβολίας που εκπέμπεται, δηλαδή το χρώμα της φλόγας, εξαρτάται από την φύση του στοιχείου που εισέρχεται στο χώρο της φλόγας. Αυτή η εκπομπή σε συγκεκριμένο μήκος κύματος μπορεί να απομονωθεί με την χρήση κατάλληλων οπτικών φίλτρων και να ανιχνευθεί από ένα Φώτο-ανιχνευτή. Η ένταση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας είναι ανάλογη της συγκέντρωσης του στοιχείου στο δείγμα που εισάγεται στην φλόγα. Αρχικά μετρούνται στον φλογοφωτόμετρο Sherwood flame Photometer 410 (εικόνα 12) τα πρότυπα διαλύματα καθώς και το τυφλό, και οι ενδείξεις του οργάνου καταγράφονται για κάθε ένα από αυτά [3].

Για τα ιόντα του ασβεστίου χρησιμοποιούνται πρότυπα διαλύματα Ca διαφορών συγκεντρώσεων από 0,00 ppm έως 100,00 ppm , για τα ιόντα του καλίου χρησιμοποιούνται πρότυπα διαλύματα K διαφορών συγκεντρώσεων από 0,00 ppm έως 10,00 ppm ενώ για τα ιόντα νατρίου χρησιμοποιούνται πρότυπα διαλύματα Na διαφορών συγκεντρώσεων από 0,00 ppm έως 10,00 ppm. Από τις παραπάνω μετρήσεις χαράσσεται καμπύλη αναφοράς για κάθε ένα από αυτά. Στην συνέχεια μετρούνται τα δείγματα και από τις ενδείξεις του οργάνου και την καμπύλη προτυποποίησης, η οποία και στις δύο περιπτώσεις είναι ευθεία γραμμή που περνάει από την αρχή των αξόνων, υπολογίζεται η αντίστοιχη συγκέντρωση του κάθε δείγματος [3].

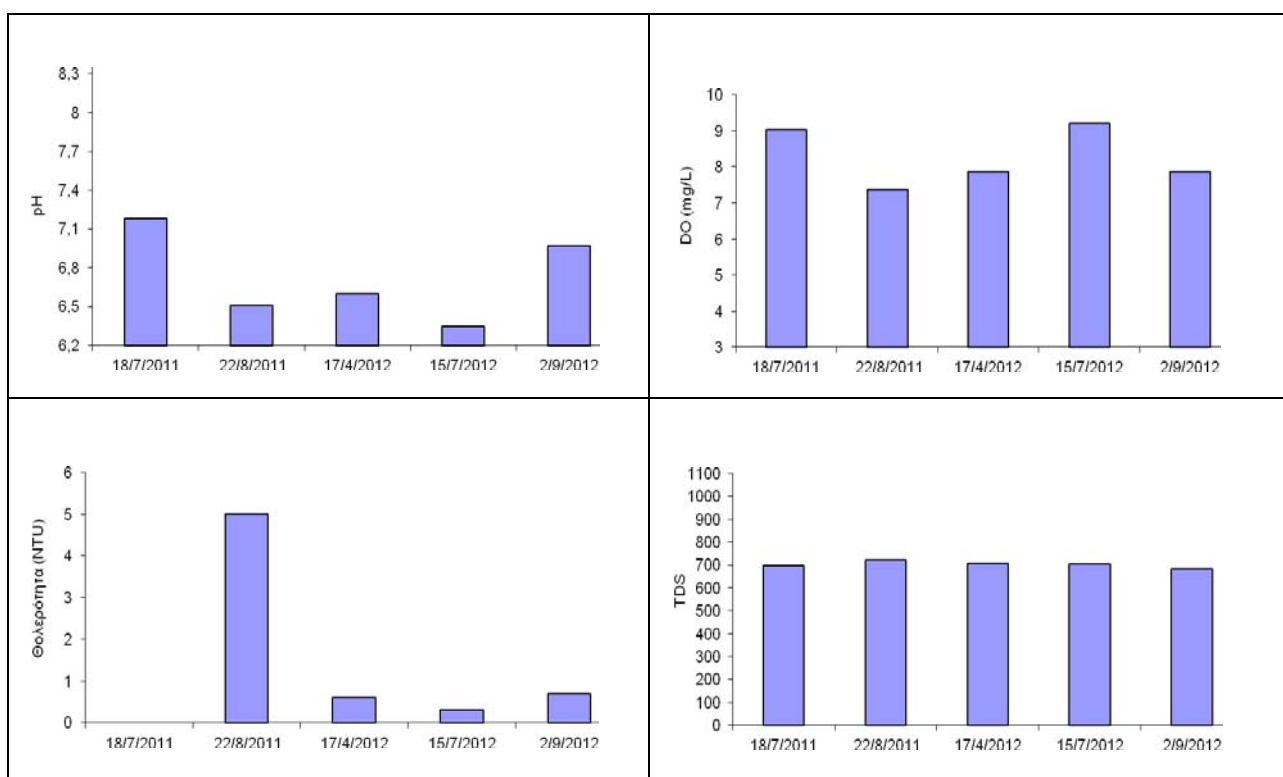


**Εικόνα 12.** Φλογοφωτόμετρο

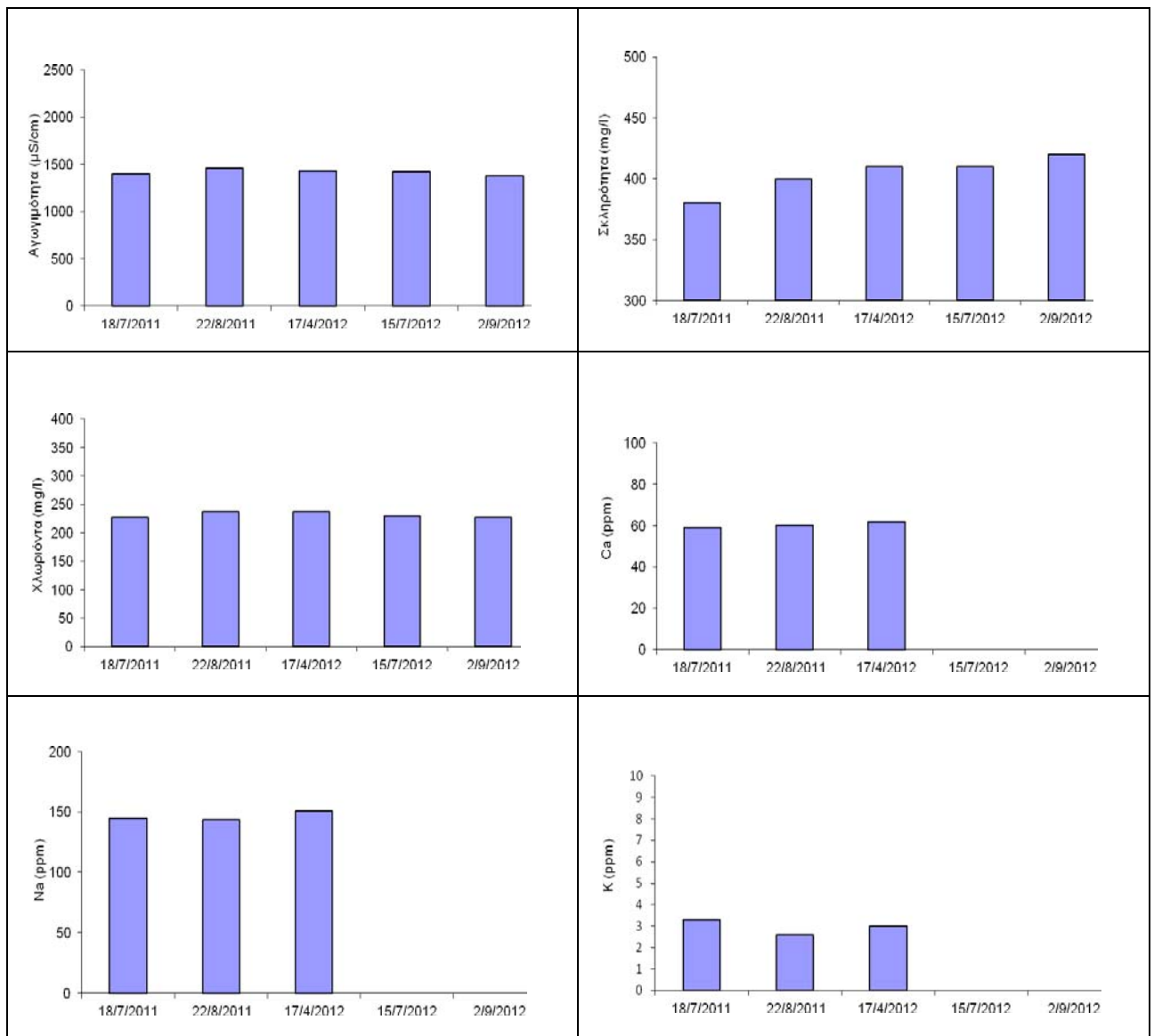
## 5.8 Αποτελέσματα Συζήτηση

Στα παρακάτω σχήματα, βλέπουμε τις μεταβολές των παραμέτρων ποιότητας που εξετάστηκαν. Σε αυτό το σημείο, πρέπει να σημειωθεί ότι το μέρος που επιλέχτηκε να εξεταστεί δεν μας επέτρεπε να έχουμε συχνές δειγματοληψίες. Οι μεταφορά των δειγμάτων νερού από το νησί της Ίου στο εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας Υδατικών και Εδαφικών Πόρων του ΤΕΙ Κρήτης, κάποιες φορές δεν έγινε με επιτυχία. Συγκεκριμένα για τις ημερομηνίες 15/7/2012 και 2/9/2012, τα δείγματα κατέφθασαν στο εργαστήριο, για ανάλυση, την επομένη ημέρα.

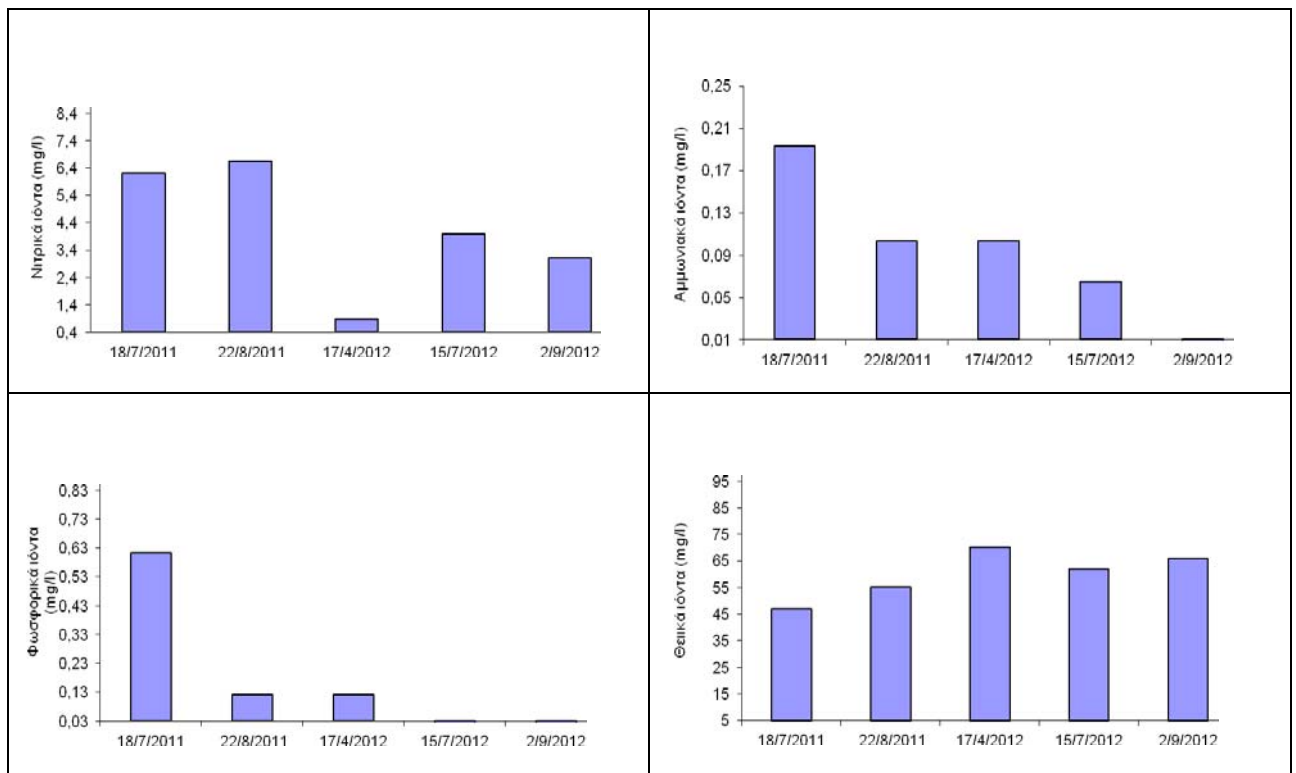
### 5.8.1 Γεώτρηση Ευλογητού



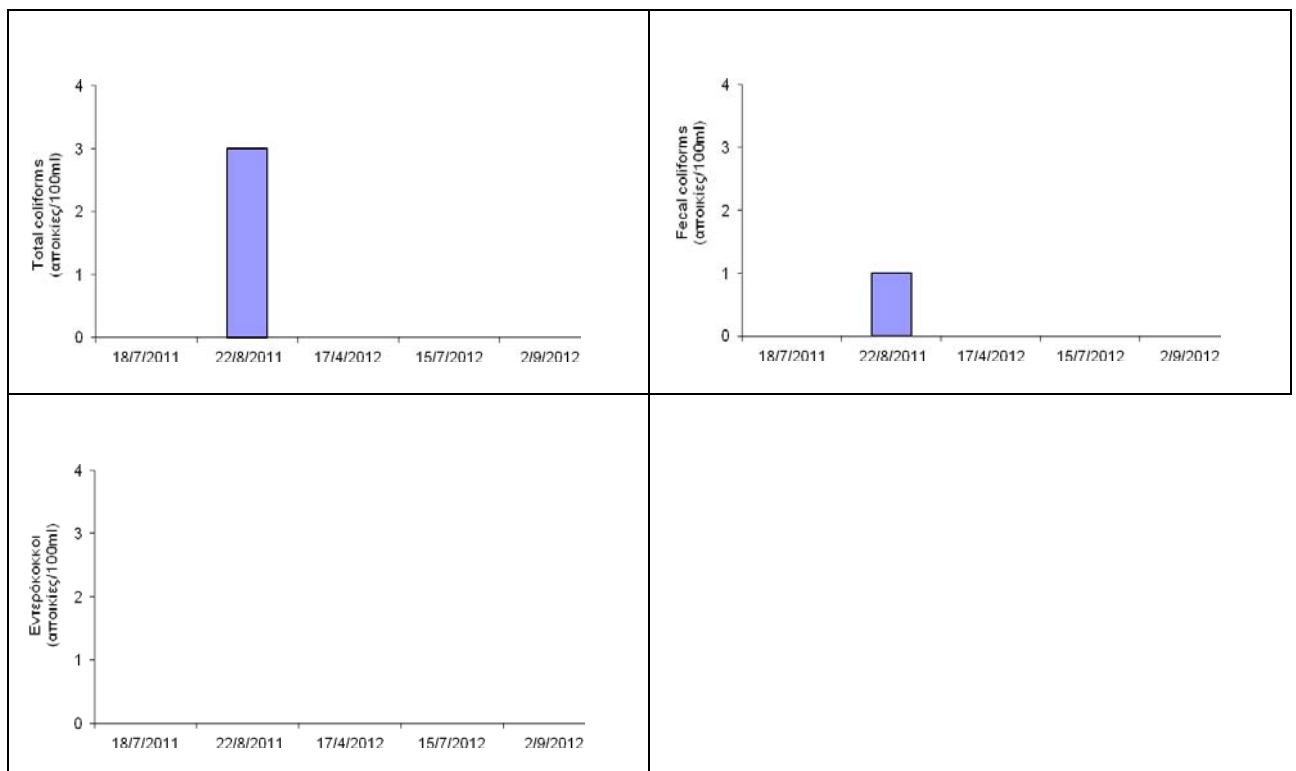
Σχήμα 1.1 Μεταβολή των παραμέτρων: pH, διαλυμένο οξυγόνο (DO), θολρότητα (NTU), ολικά διαλυμένα στερεά (TDS).



Σχήμα 1.2 Μεταβολή των παραμέτρων: αγωγιμότητα, σκληρότητα, χλωριόντα, συγκέντρωση ασβεστίου, συγκέντρωση νατρίου, συγκέντρωση καλίου. Για τις ημερομηνίες 15/7/2012 και 2/9/2012 δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για συγκέντρωση νατρίου, καλίου και ασβεστίου.

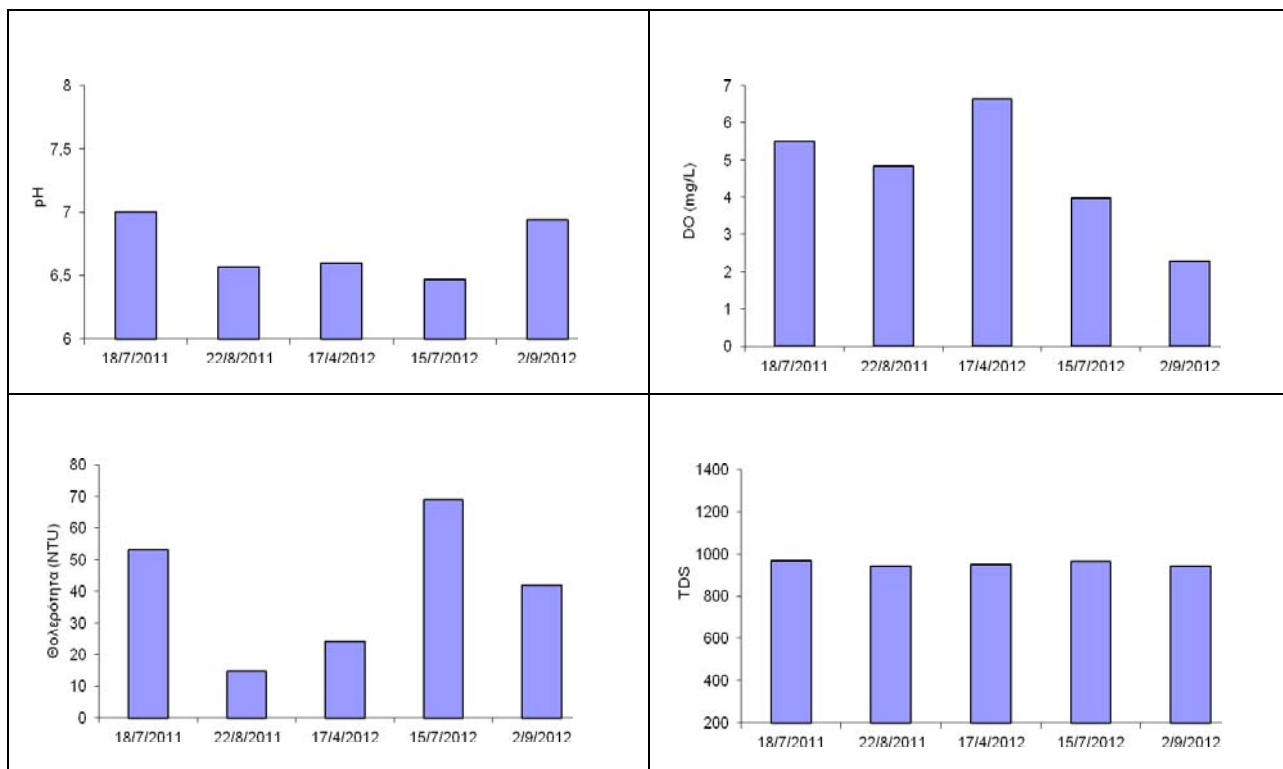


Σχήμα 1.3 Μεταβολή των παραμέτρων: νιτρικά ιόντα, αμμωνιακά ιόντα, φωσφορικά ιόντα, θειικά ιόντα.

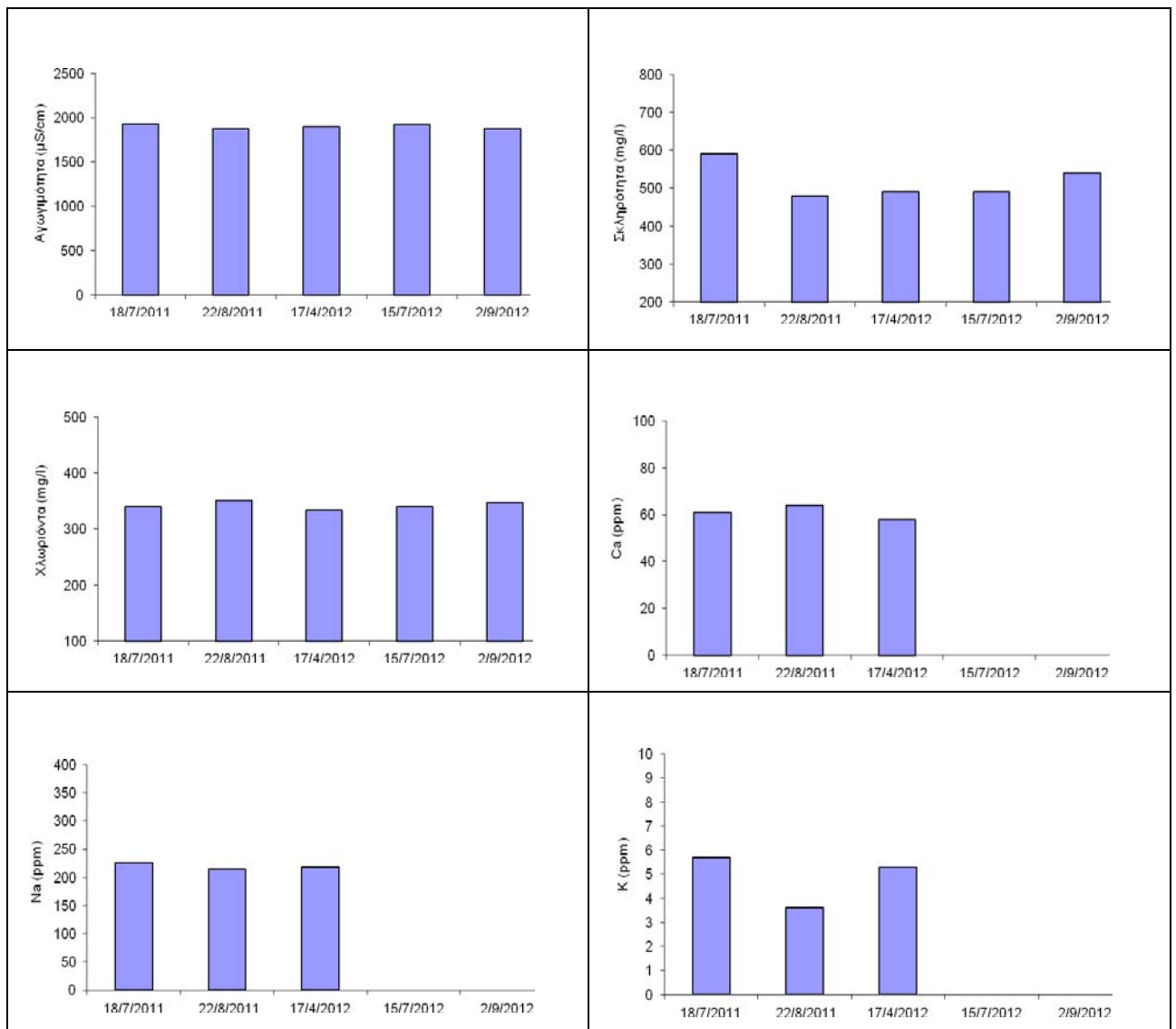


Σχήμα 1.4 Μεταβολή των παραμέτρων: ολικά κολοβακτηρίδια (total coliforms), Fecal coliforms, εντερόκοκκοι.

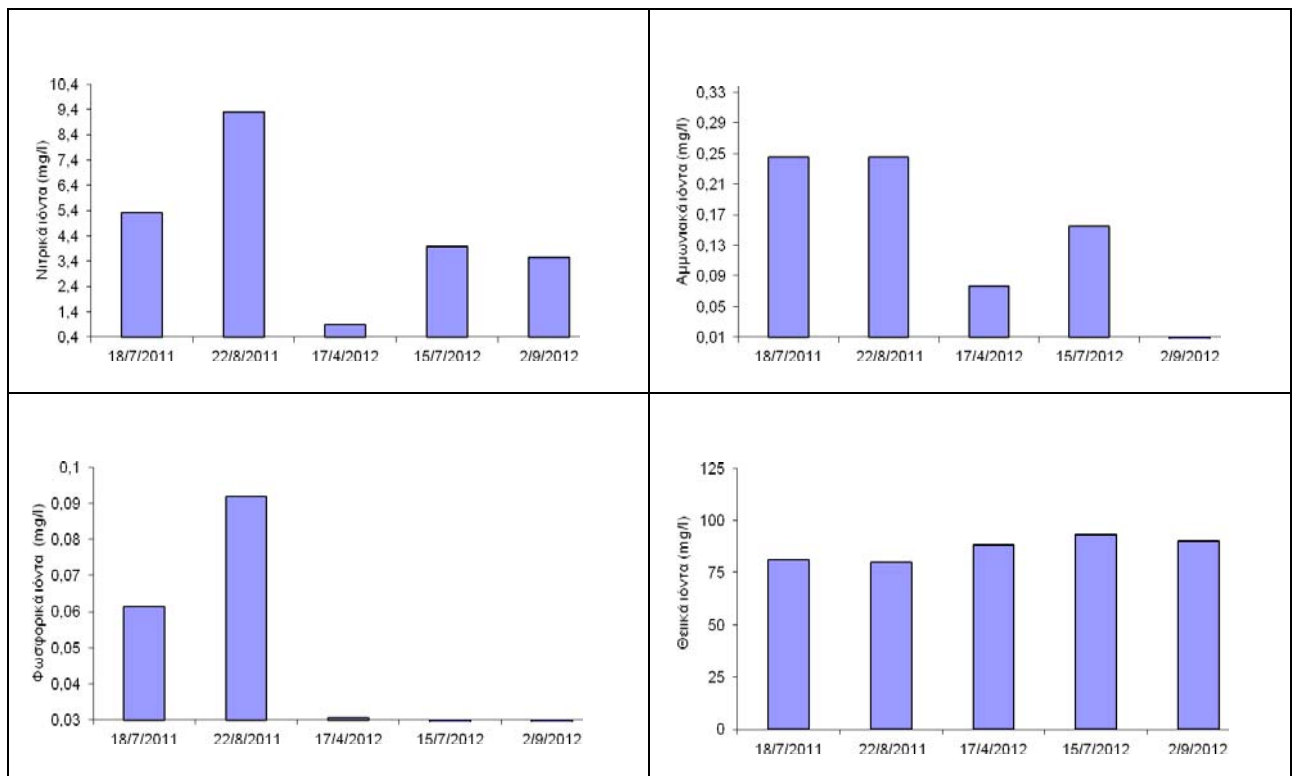
### 5.8.2 Γεώτρηση Επάνω Κάμπος



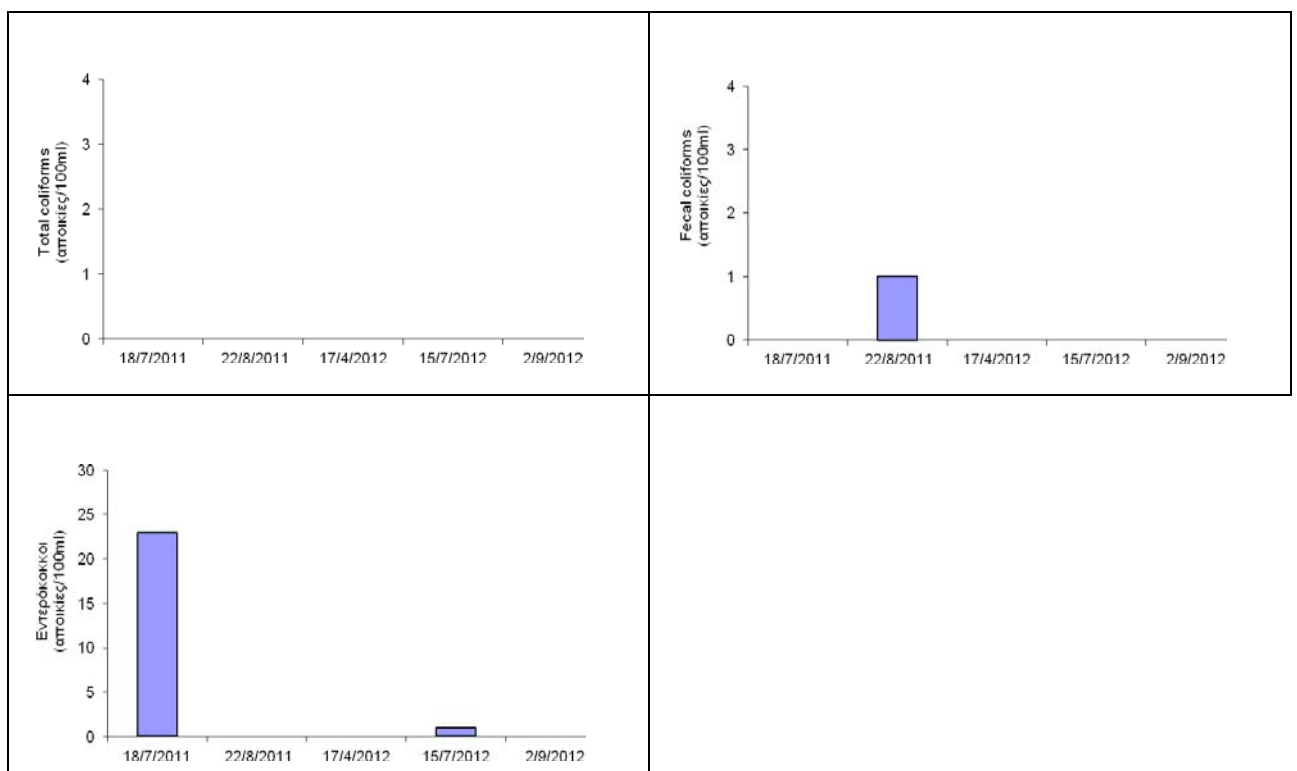
Σχήμα 2.1 Μεταβολή των παραμέτρων: pH, διαλυμένο οξυγόνο (DO), θολερότητα (NTU), ολικά διαλυμένα στερεά (TDS).



Σχήμα 2.2 Μεταβολή των παραμέτρων: αγωγιμότητα, σκληρότητα, χλωριόντα, συγκέντρωση ασβεστίου, συγκέντρωση νατρίου, συγκέντρωση καλίου. Για τις ημερομηνίες 15/7/2012 και 2/9/2012 δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για συγκέντρωση νατρίου, καλίου και ασβεστίου.



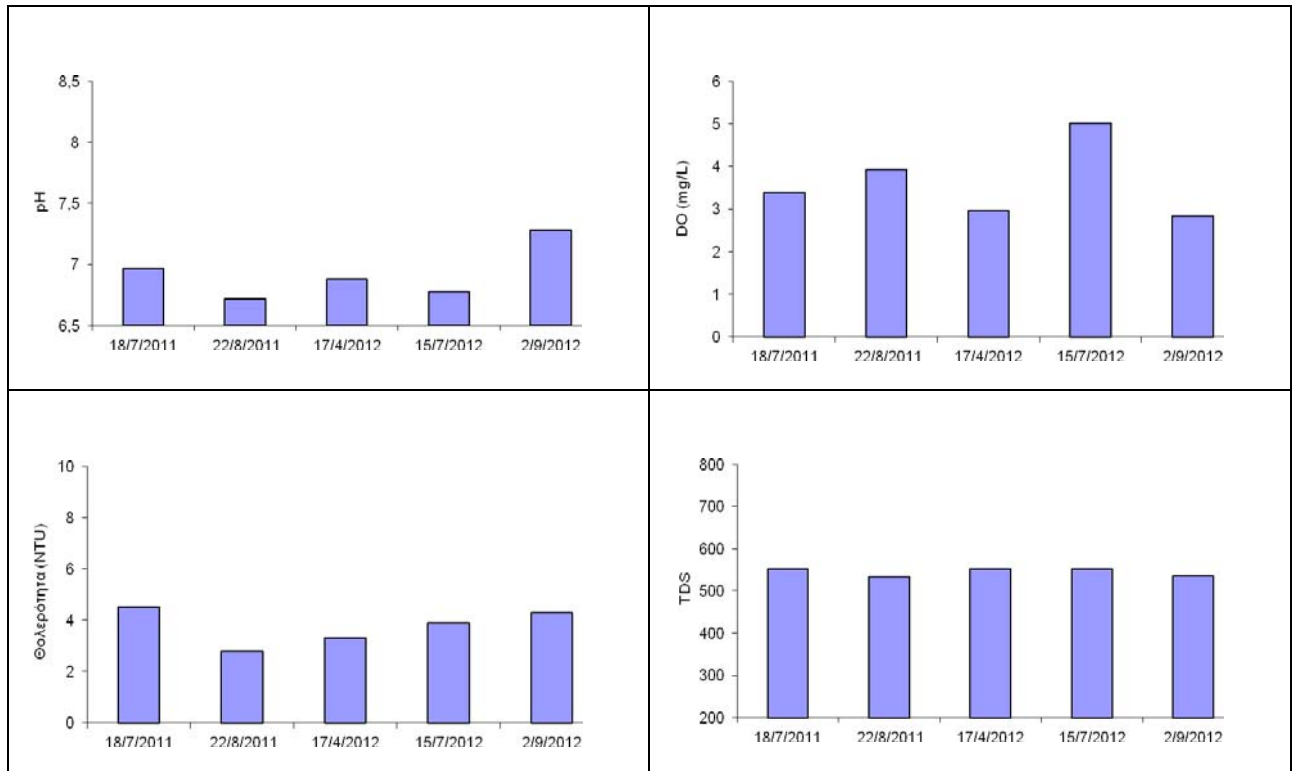
Σχήμα 2.3 Μεταβολή των παραμέτρων: νιτρικά ιόντα, αμμωνιακά ιόντα, φωσφορικά ιόντα, θειικά ιόντα.



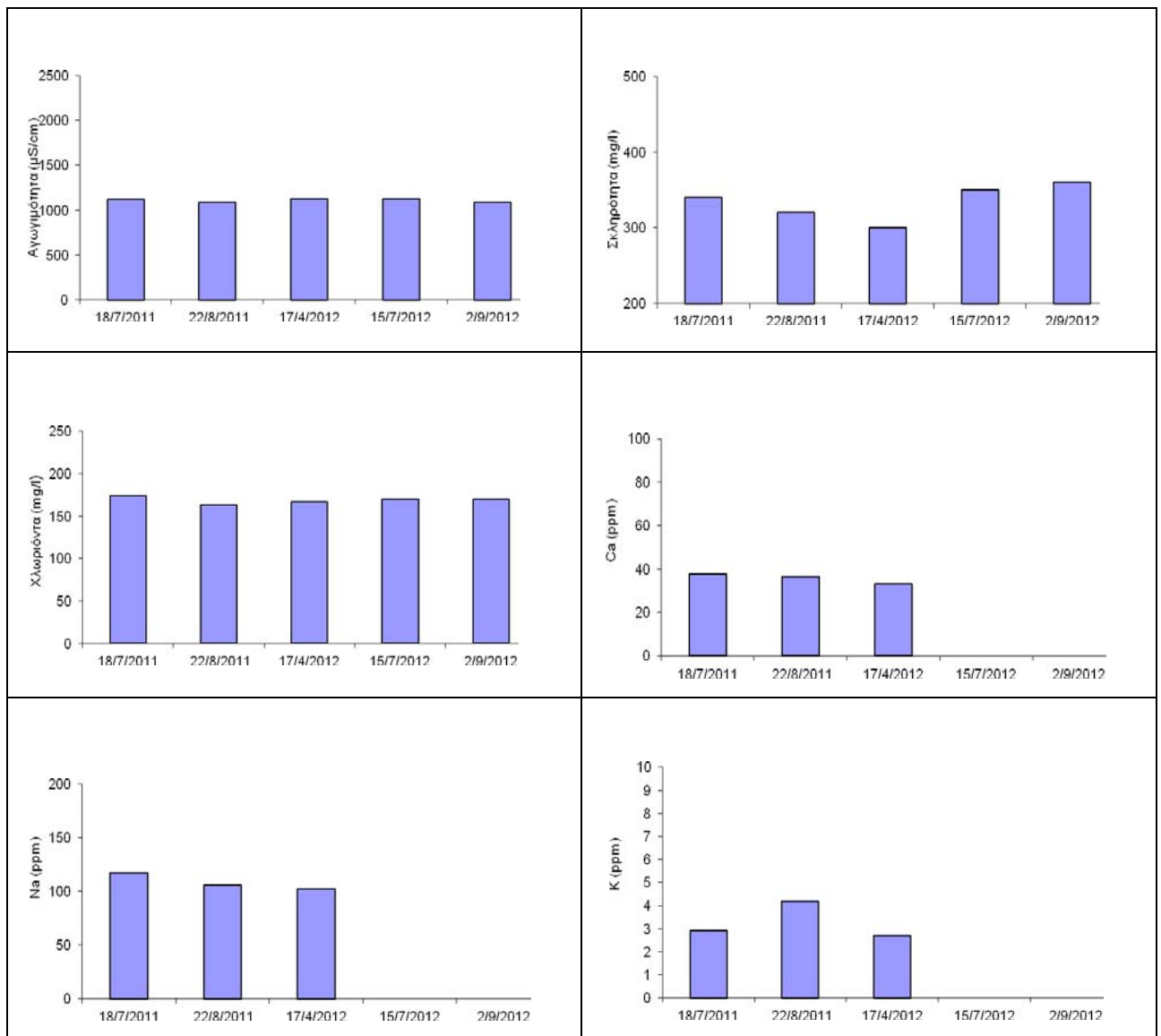
Σχήμα 2.4 Μεταβολή των παραμέτρων: ολικά κολοβακτηρίδια (total coliforms), Fecal coliforms, εντερόκοκκοι.



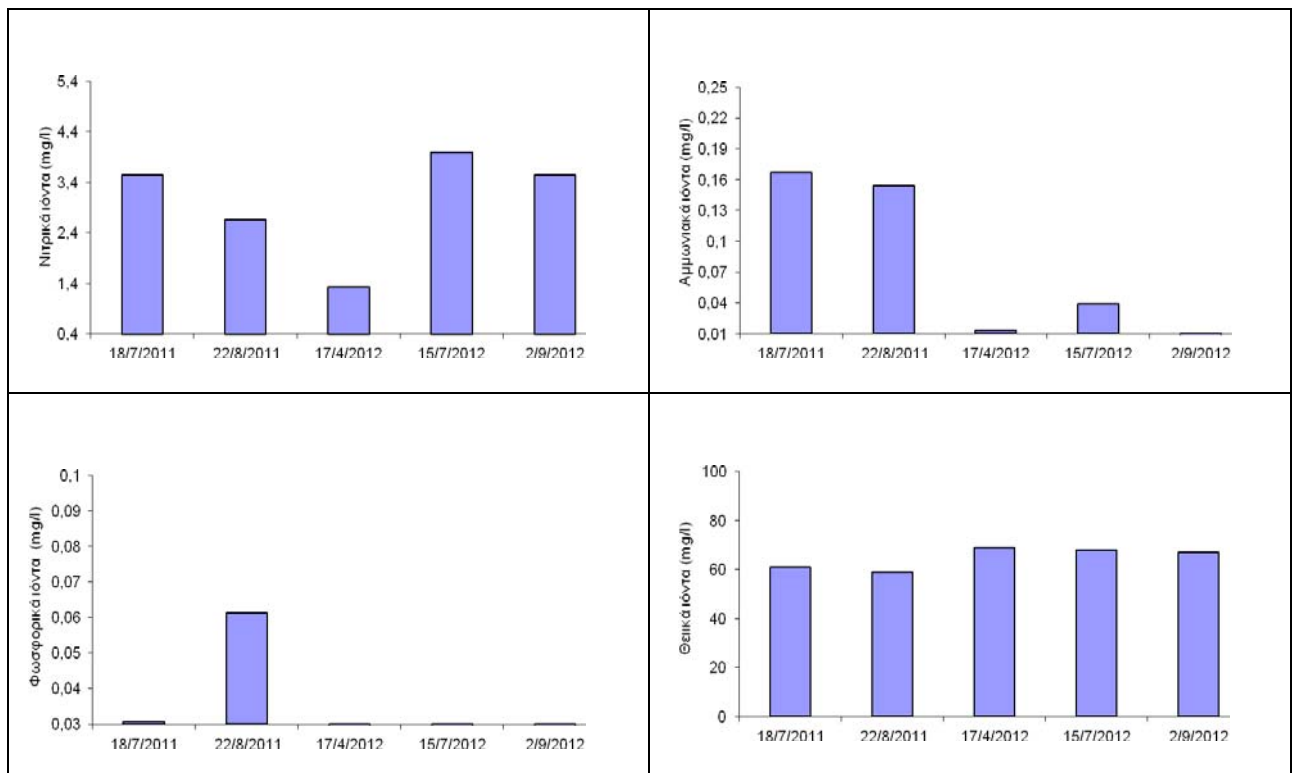
### 5.8.3 Γεώτρηση Κρητικού



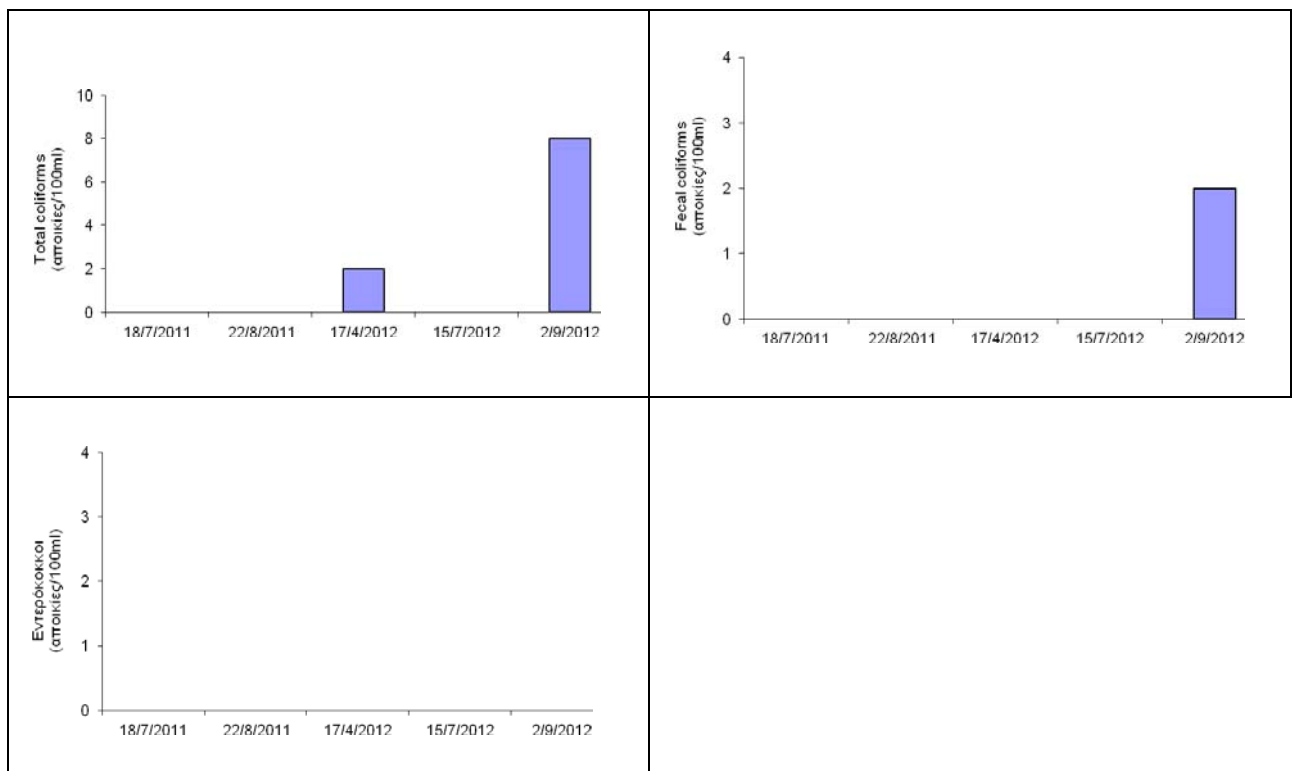
Σχήμα 3.1 Μεταβολή των παραμέτρων: pH, διαλυμένο οξυγόνο (DO), θολερότητα (NTU), ολικά διαλυμένα στερεά (TDS).



Σχήμα 3.2 Μεταβολή των παραμέτρων: αγωγιμότητα, σκληρότητα, χλωριόντα, συγκέντρωση ασβεστίου, συγκέντρωση νατρίου, συγκέντρωση καλίου. Για τις ημερομηνίες 15/7/2012 και 2/9/2012 δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για συγκέντρωση νατρίου, καλίου και ασβεστίου.

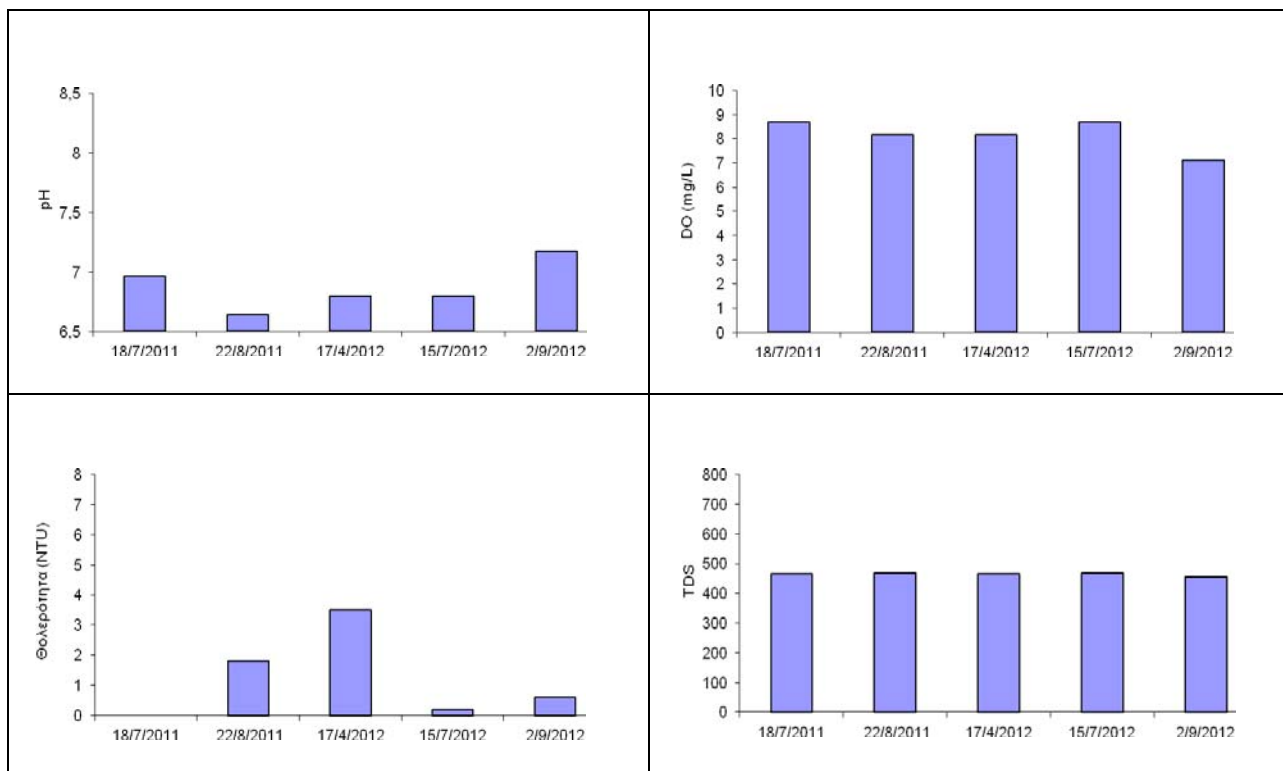


Σχήμα 3.3 Μεταβολή των παραμέτρων: νιτρικά ιόντα, αμμωνιακά ιόντα, φωσφορικά ιόντα, θειικά ιόντα.

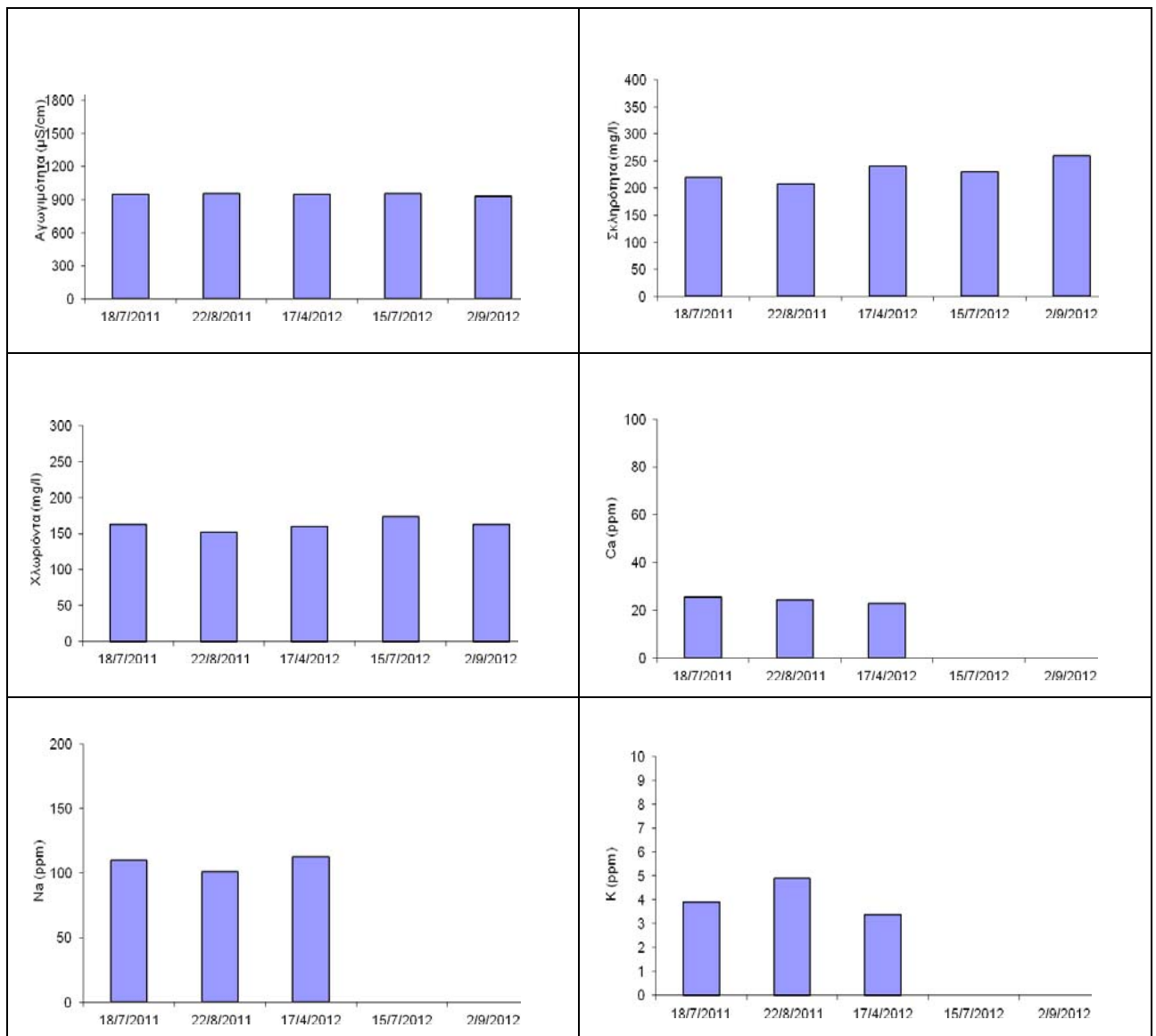


Σχήμα 3.4 Μεταβολή των παραμέτρων: ολικά κολοβακτηρίδια (total coliforms), Fecal coliforms, εντερόκοκκοι.

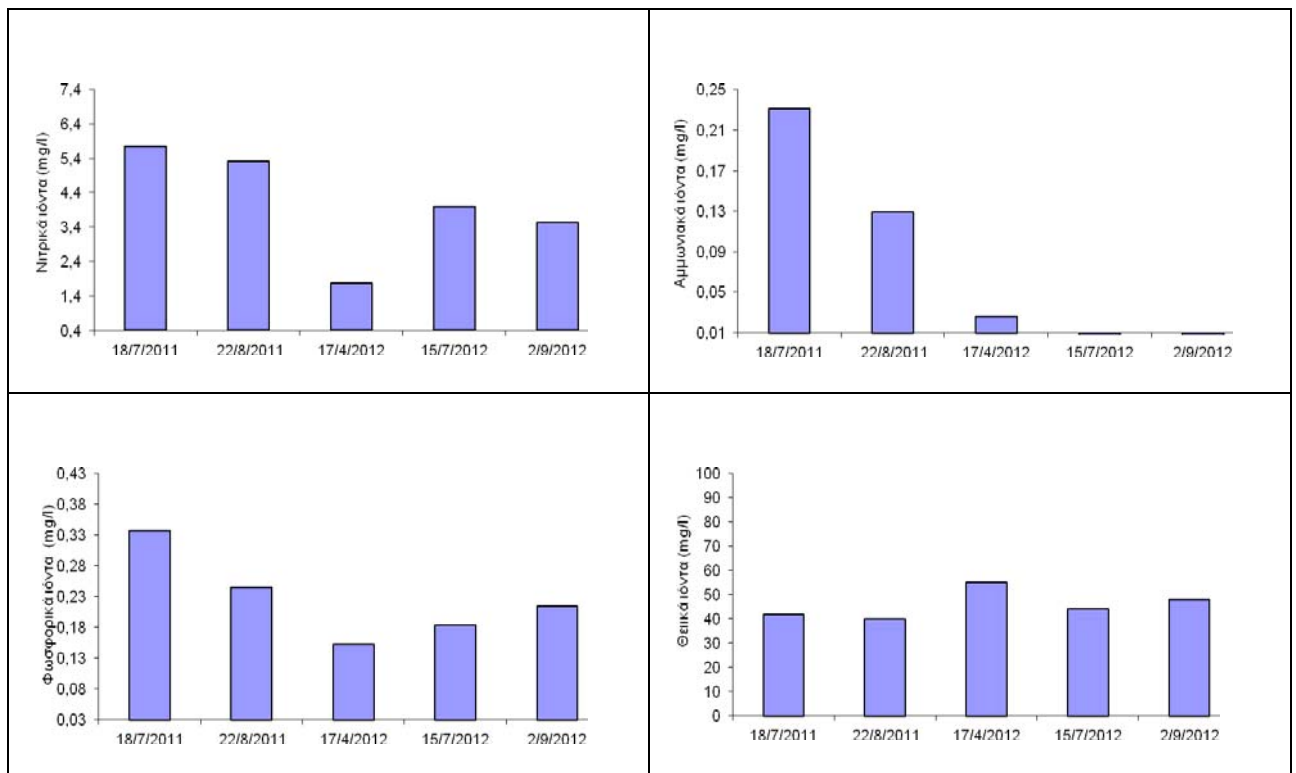
### 5.8.4 Φυσική Πηγή Δέσης



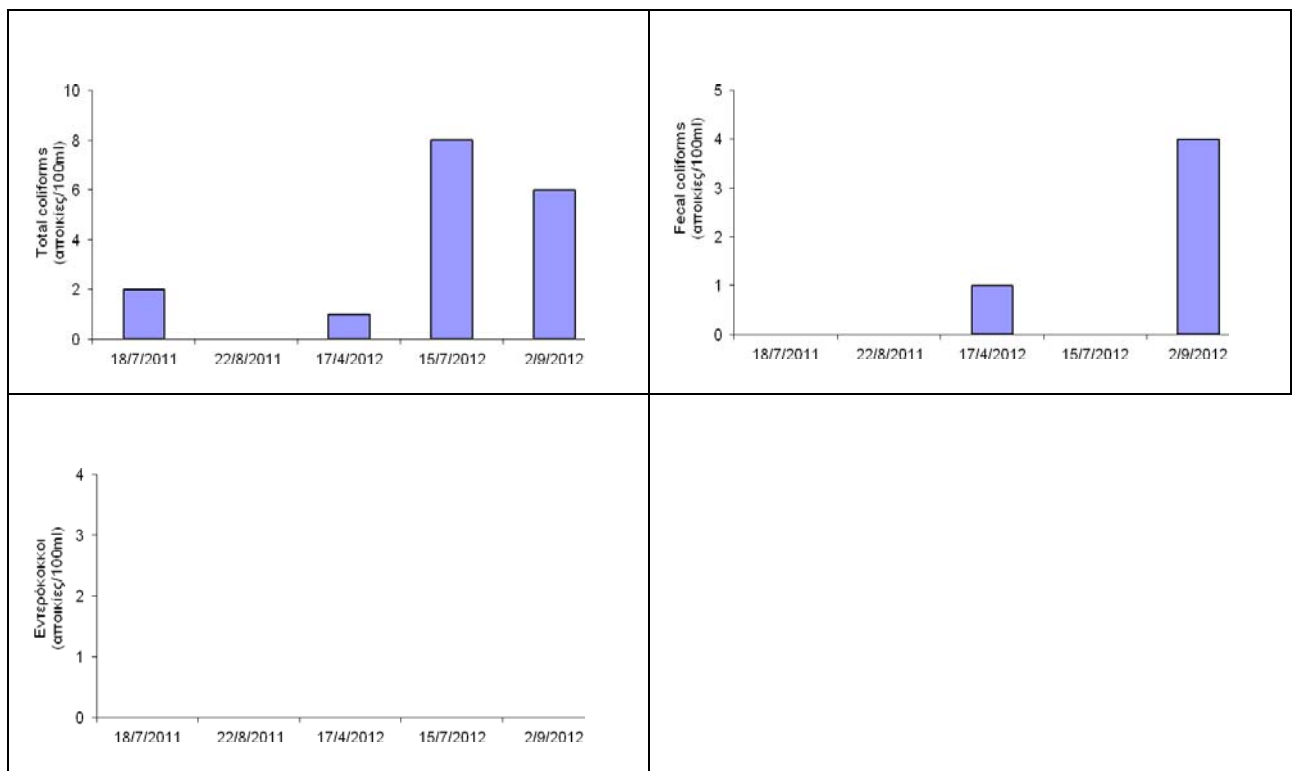
Σχήμα 4.1 Μεταβολή των παραμέτρων: pH, διαλυμένο οξυγόνο (DO), θολερότητα (NTU), ολικά διαλυμένα στερεά (TDS).



Σχήμα 4.2 Μεταβολή των παραμέτρων: αγωγιμότητα, σκληρότητα, χλωριόντα, συγκέντρωση ασβεστίου, συγκέντρωση νατρίου, συγκέντρωση καλίου. Για τις ημερομηνίες 15/7/2012 και 2/9/2012 δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για συγκέντρωση νατρίου, καλίου και ασβεστίου.

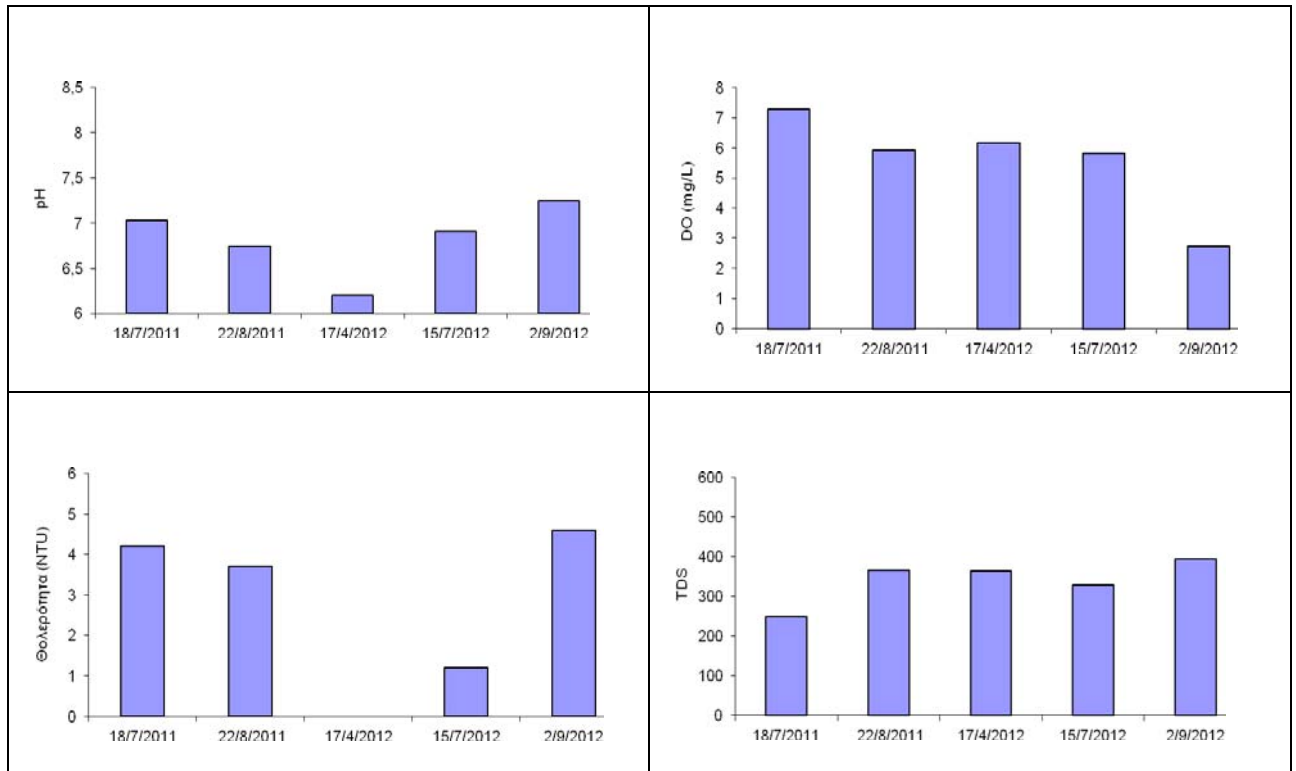


Σχήμα 4.3 Μεταβολή των παραμέτρων: νιτρικά ιόντα, αμμωνιακά ιόντα, φωσφορικά ιόντα, θειικά ιόντα.

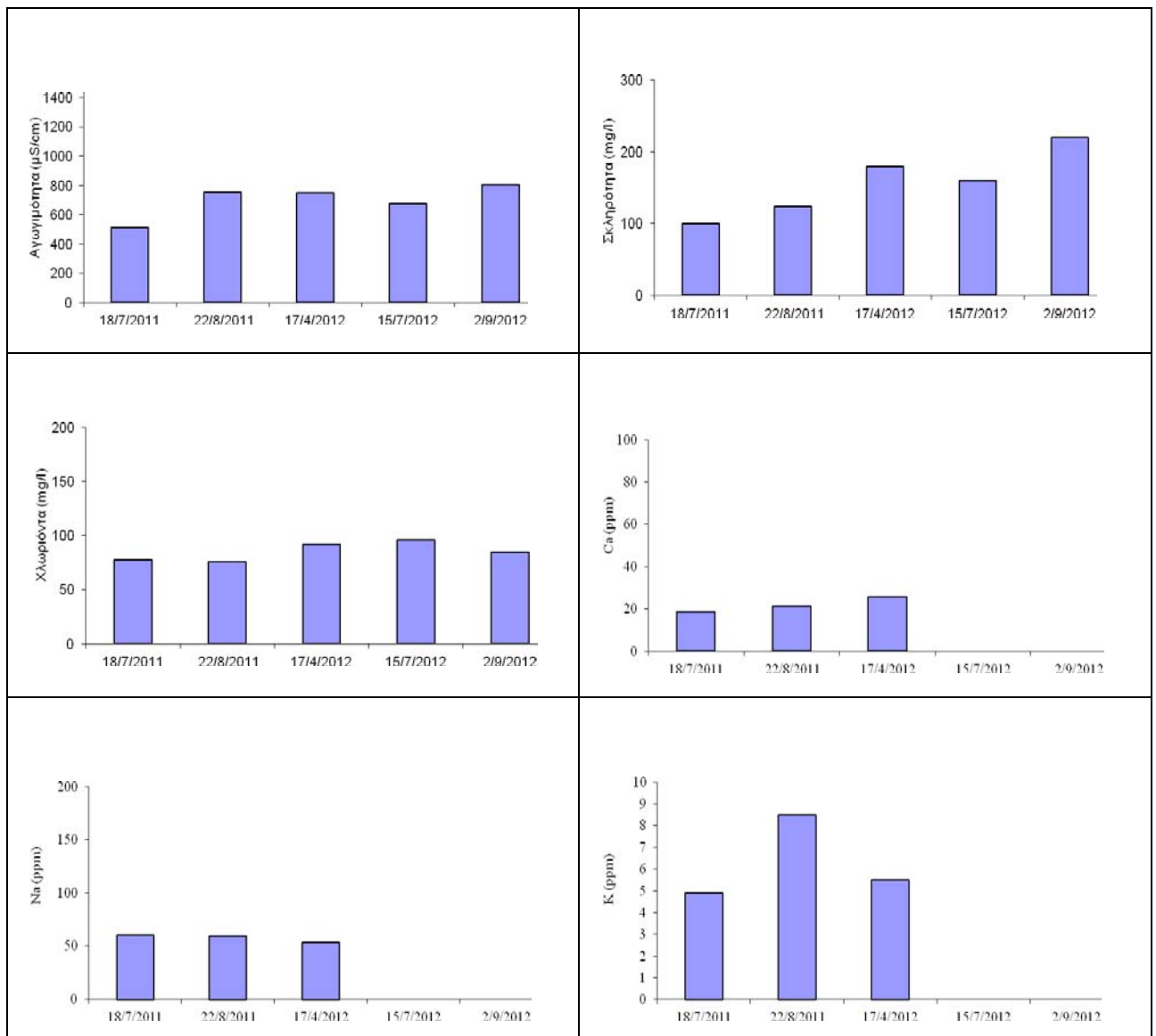


Σχήμα 4.4 Μεταβολή των παραμέτρων: ολικά κολοβακτηρίδια (total coliforms), Fecal coliforms, εντερόκοκκοι.

### 5.8.5 Λιμνοδεξαμενή

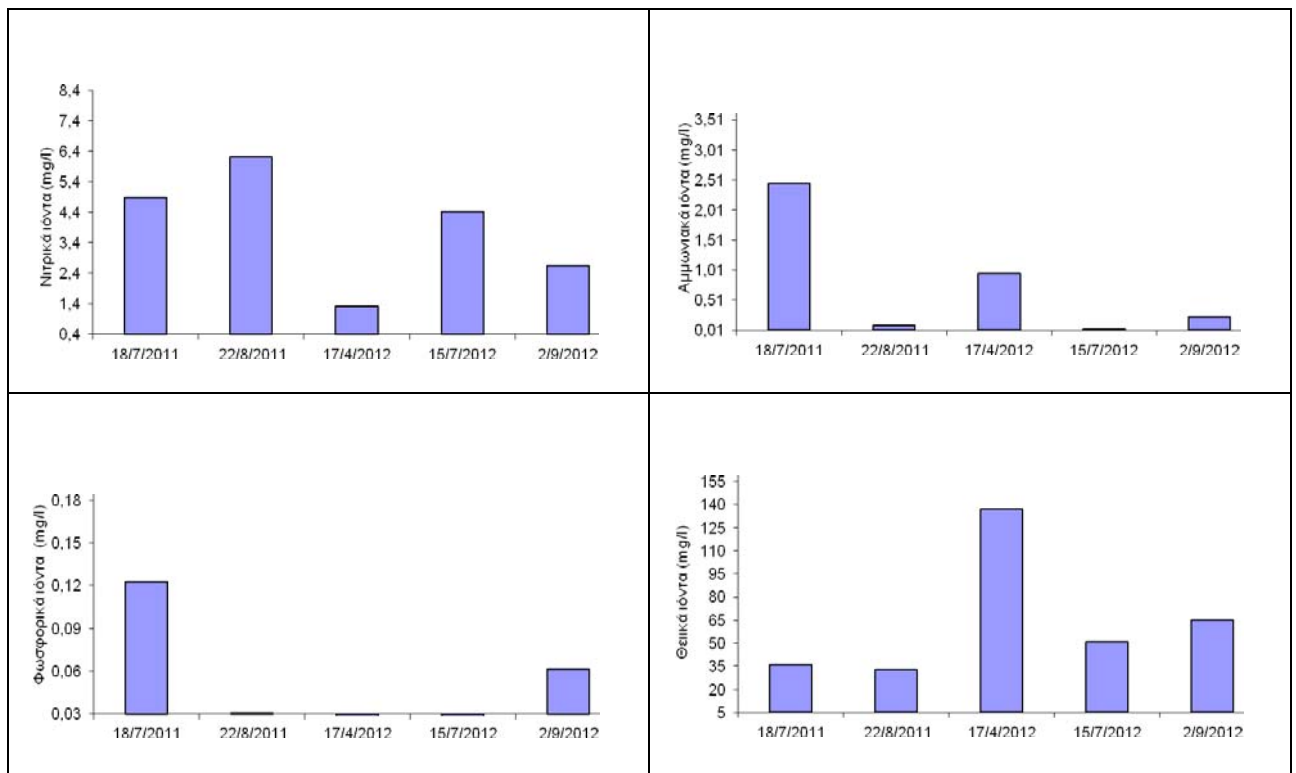


Σχήμα 5.1 Μεταβολή των παραμέτρων: pH, διαλυμένο οξυγόνο (DO), θολερότητα (NTU), ολικά διαλυμένα στερεά (TDS).

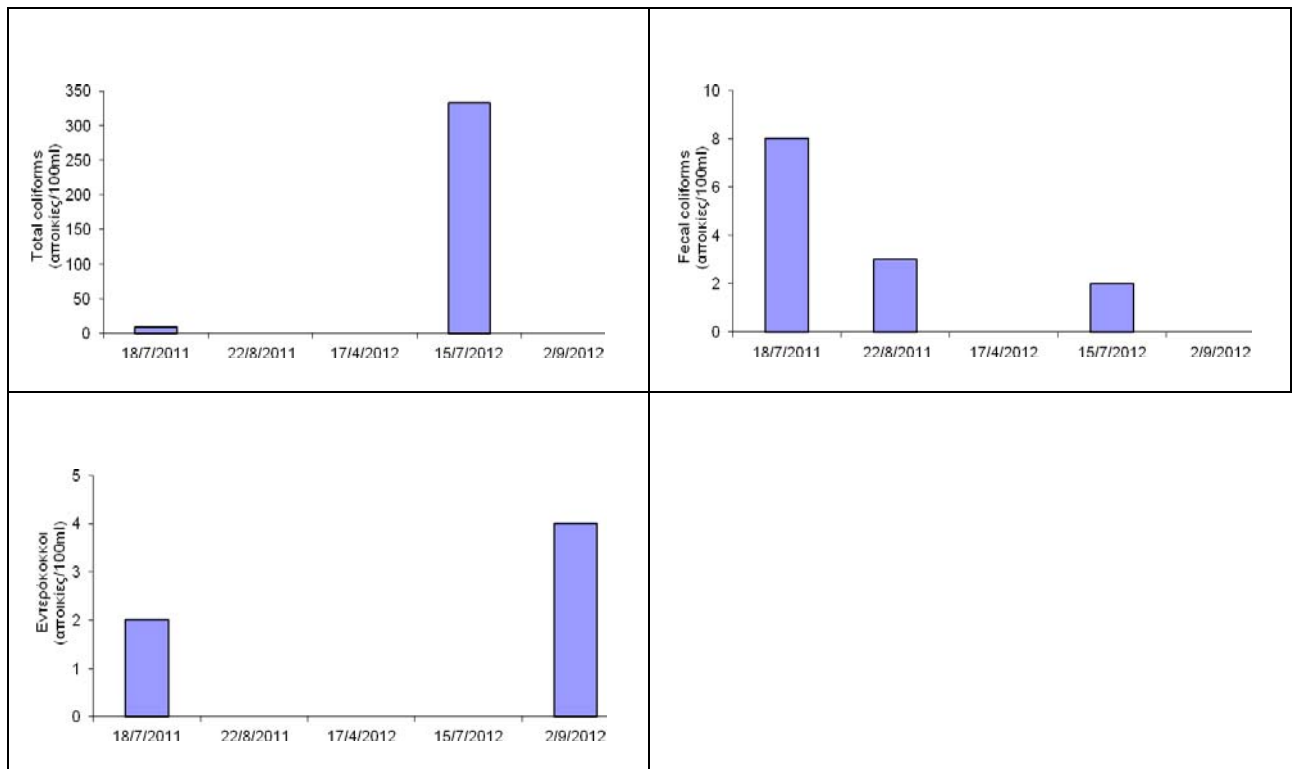


Σχήμα 5.2 Μεταβολή των παραμέτρων: αγωγιμότητα, σκληρότητα, χλωριόντα, συγκέντρωση ασβεστίου, συγκέντρωση νατρίου, συγκέντρωση καλίου. Για τις ημερομηνίες 15/7/2012 και 2/9/2012 δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για συγκέντρωση νατρίου, καλίου και ασβεστίου.



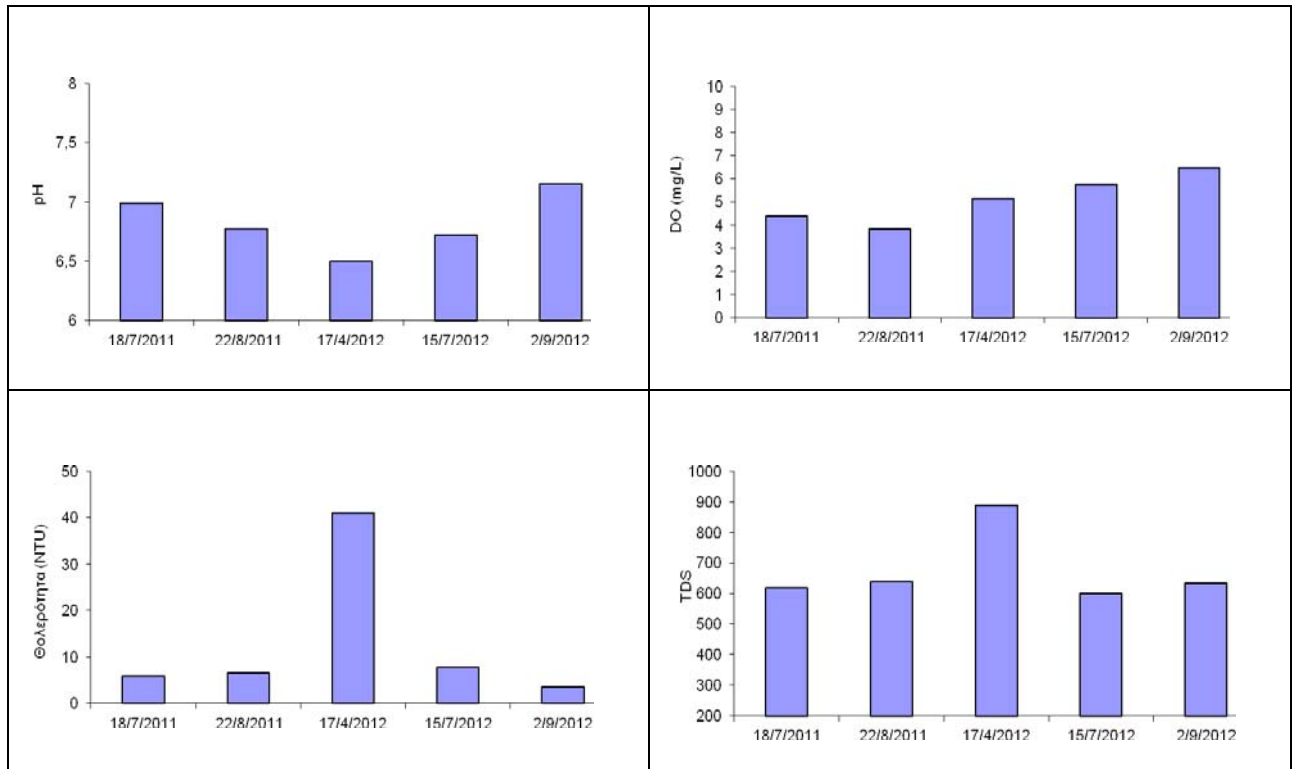


Σχήμα 5.3 Μεταβολή των παραμέτρων: νιτρικά ιόντα, αμμωνιακά ιόντα, φωσφορικά ιόντα, θειικά ιόντα.

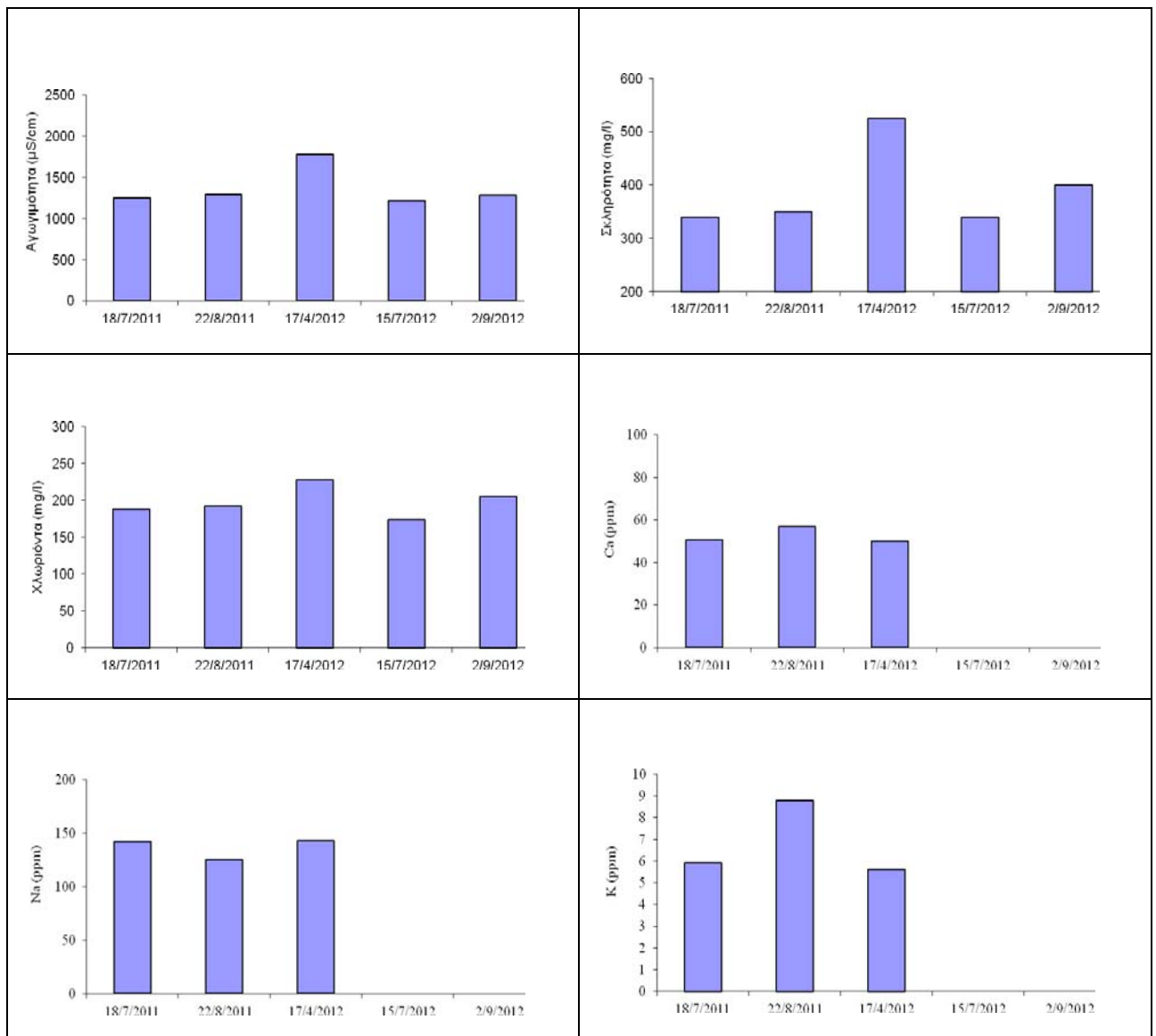


Σχήμα 5.4 Μεταβολή των παραμέτρων: ολικά κολοβακτηρίδια (total coliforms), Fecal coliforms, εντερόκοκκοι.

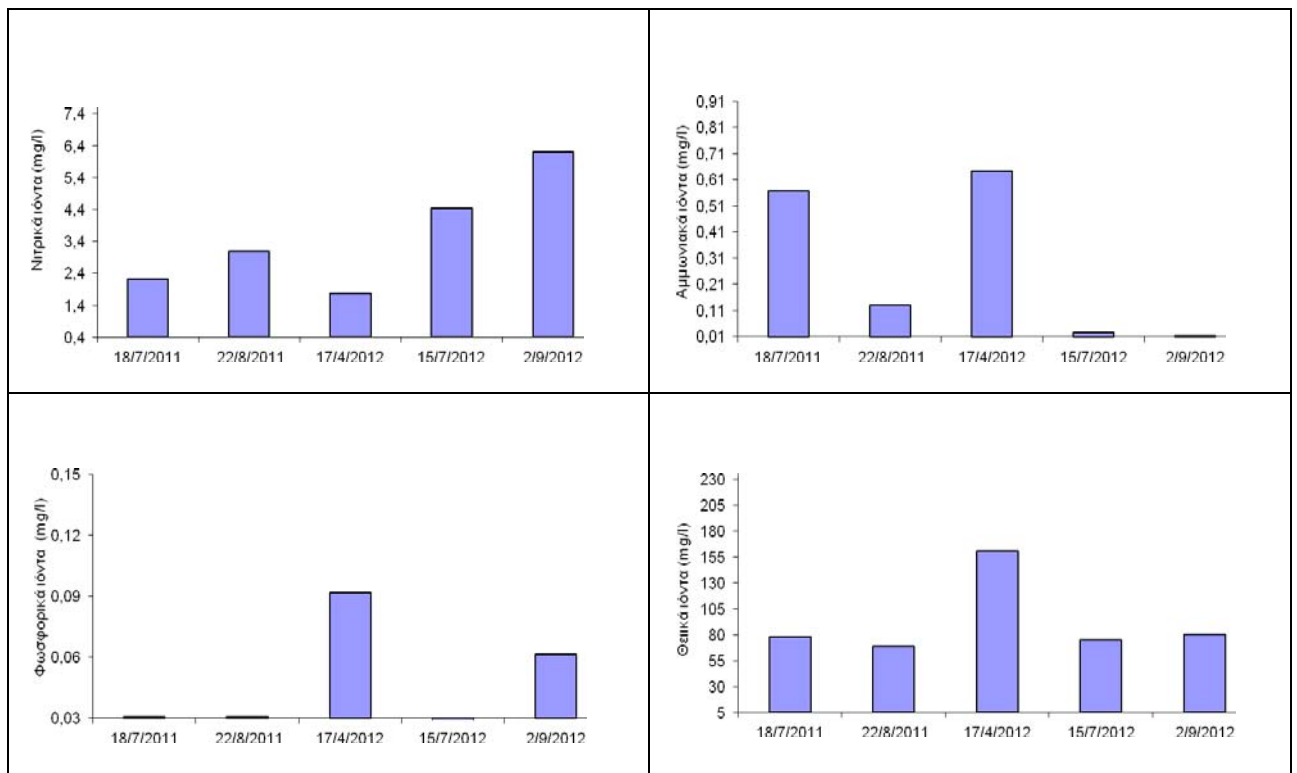
### 5.8.6 Γεώτρηση Μυλοπότα



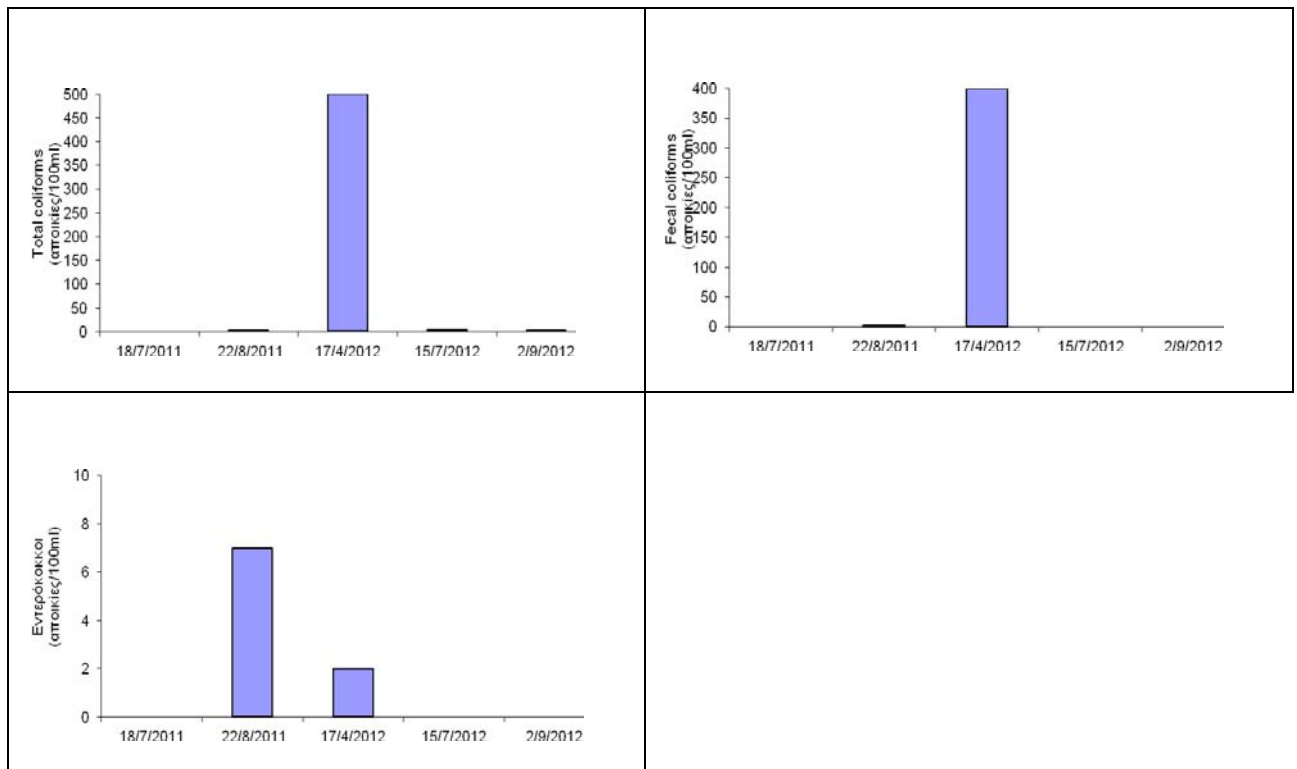
Σχήμα 6.1 Μεταβολή των παραμέτρων: pH, διαλυμένο οξυγόνο (DO), θολερότητα (NTU), ολικά διαλυμένα στερεά (TDS).



Σχήμα 6.2 Μεταβολή των παραμέτρων: αγωγιμότητα, σκληρότητα, χλωρίδια, συγκέντρωση ασβεστίου, συγκέντρωση νατρίου, συγκέντρωση καλίου. Για τις ημερομηνίες 15/7/2012 και 2/9/2012 δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για συγκέντρωση νατρίου, καλίου και ασβεστίου.

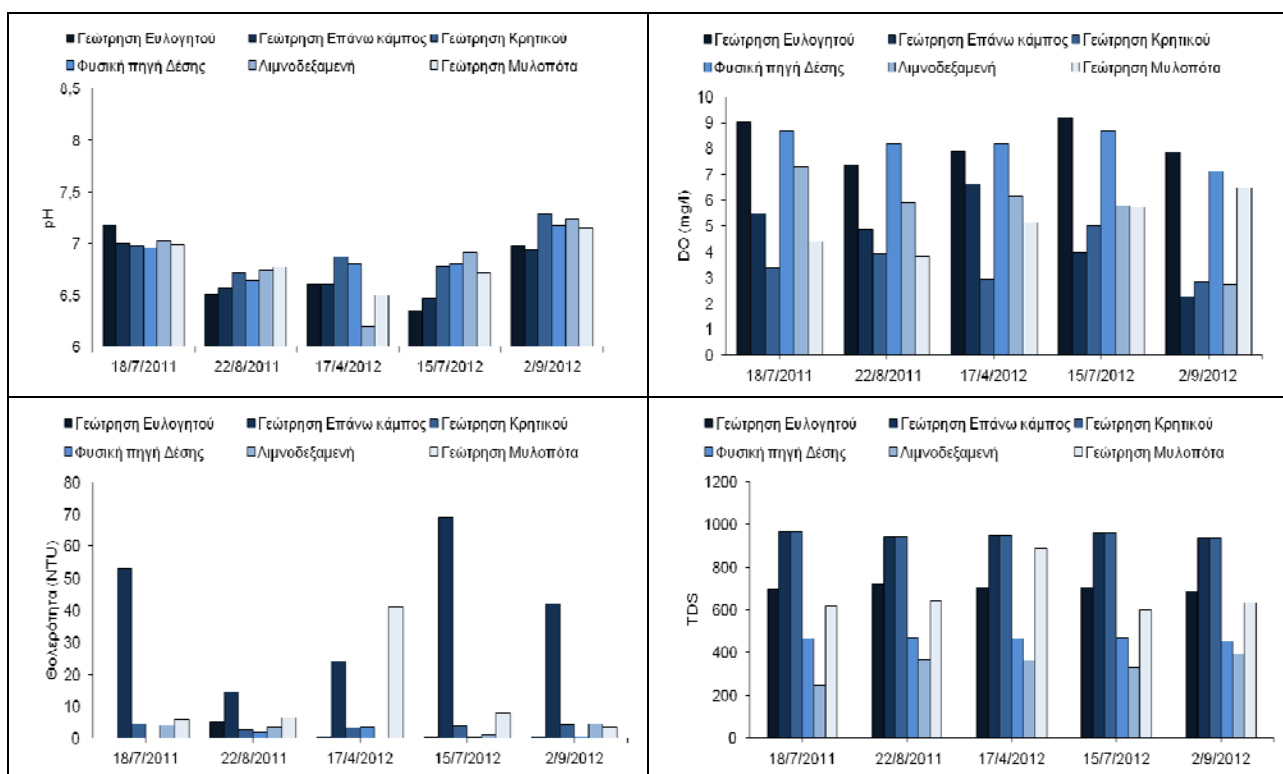


Σχήμα 6.3 Μεταβολή των παραμέτρων: νιτρικά ιόντα, αμμωνιακά ιόντα, φωσφορικά ιόντα, θειικά ιόντα.

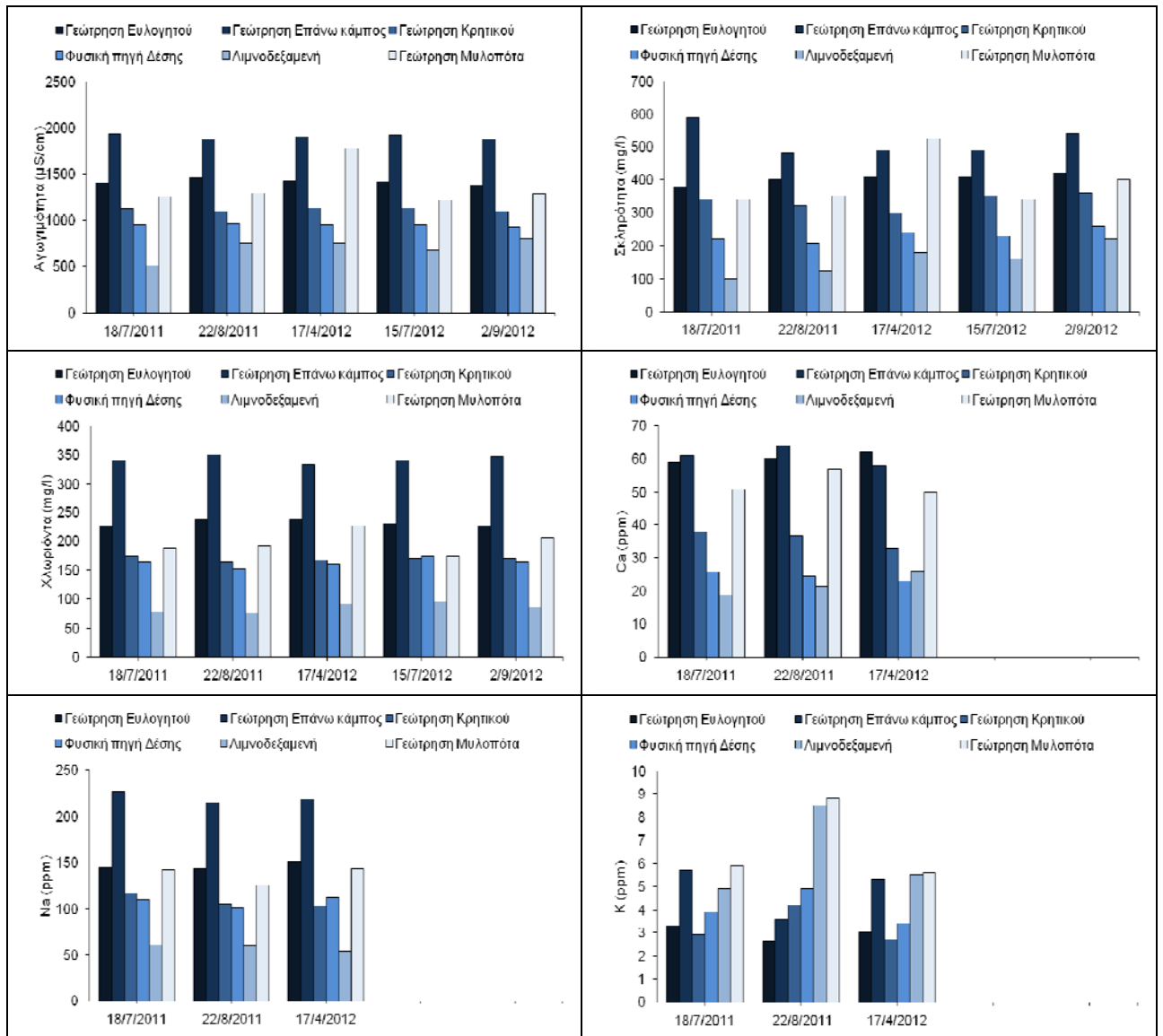


Σχήμα 6.4 Μεταβολή των παραμέτρων: ολικά κολοβακτηρίδια (total coliforms), Fecal coliforms, εντερόκοκκοι.

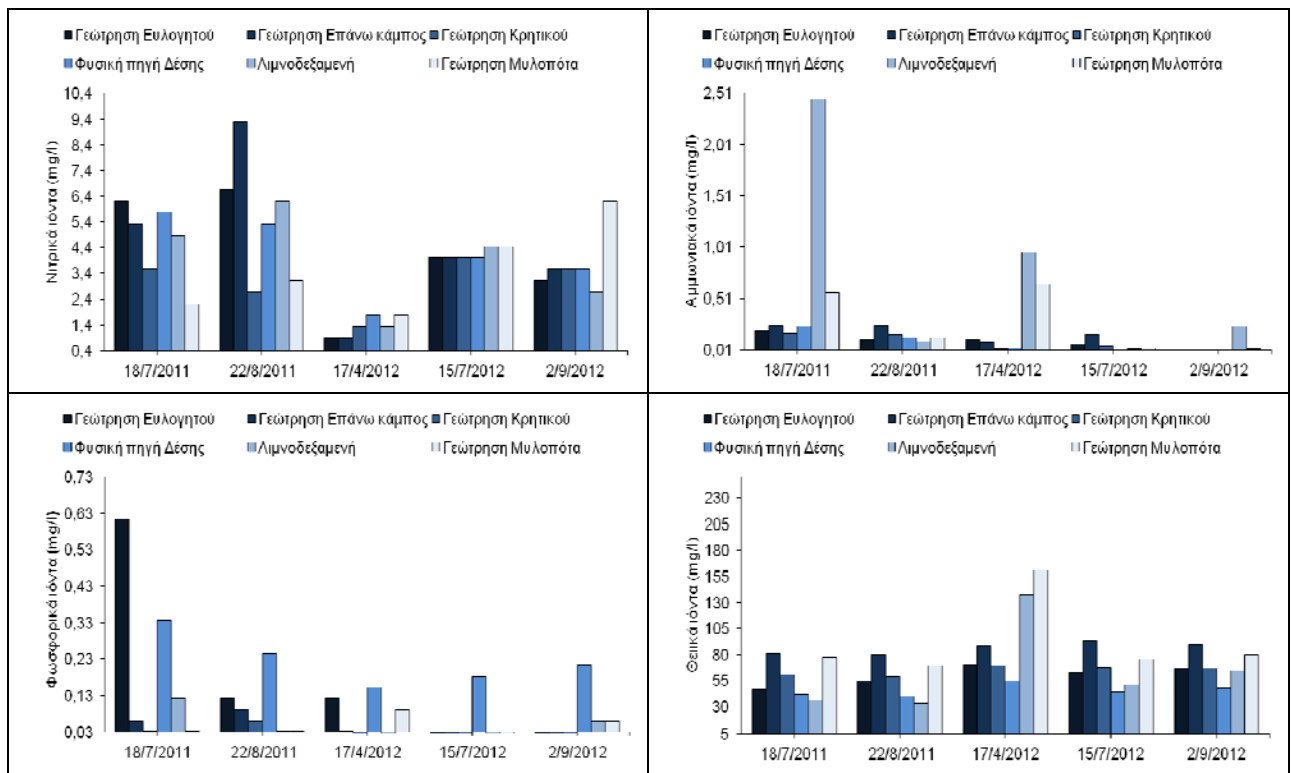
**5.8.7 Συγκριτικές γραφικές παραστάσεις όλων των παραμέτρων σε κάθε σημείο δειγματοληψίας, καθ' όλη την περίοδο της δειγματοληψίας.**



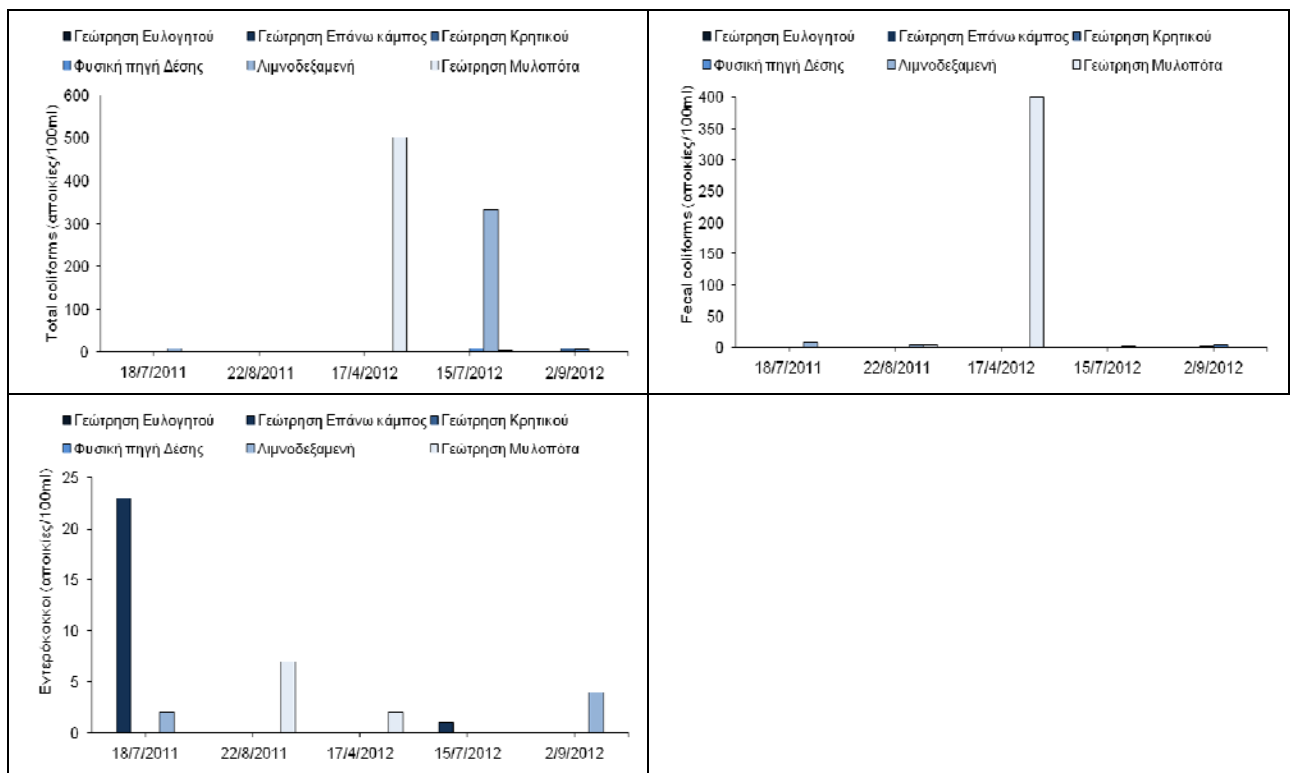
Σχήμα 7.1 Συγκριτικές γραφικές παραστάσεις των παραμέτρων: pH, διαλυμένο οξυγόνο (DO), θολρότητα (NTU), ολικά διαλυμένα στερεά (TDS).



Σχήμα 7.2 Συγκριτικές γραφικές παραστάσεις των παραμέτρων: αγωγιμότητα, σκληρότητα, χλωριόντα, συγκέντρωση ασβεστίου, συγκέντρωση νατρίου, συγκέντρωση καλίου.



Σχήμα 7.3 Συγκριτικές γραφικές παραστάσεις των παραμέτρων: νιτρικά ιόντα, αμμωνιακά ιόντα, φωσφορικά ιόντα, θειικά ιόντα.



Σχήμα 7.4 Συγκριτικές γραφικές παραστάσεις των παραμέτρων: ολικά κολοβακτηρίδια (total coliforms), Fecal coliforms και εντερόκοκκοι.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα αποτελέσματα φυσικοχημικών αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν σε δείγματα νερού, που πάρθηκαν στο νησί της Ίου, παρατηρούνται τα ακόλουθα:

- Το pH βρίσκονταν μέσα στα επιτρεπόμενα όρια για όλα τα δείγματα.
- Η ηλεκτρική αγωγιμότητα ήταν σε υψηλά επίπεδα για όλα τα δείγματα, εντός όμως των ορίων (400-2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Υψηλότερη τιμή παρουσίασε η γεώτρηση του Επάνω Κάμπου, που κυμάνθηκε σε τιμές από 1879  $\mu\text{S}/\text{cm}$  – 1930  $\mu\text{S}/\text{cm}$  για όλες τις μετρήσεις.
- Οι τιμές των νιτρικών ιόντων βρίσκονταν στα πλαίσια των ανεκτών ορίων, 50 mg/Lt σύμφωνα με τη νομοθεσία. Με τιμές να κυμαίνονται από 0,89 mg/Lt, χαμηλότερη τιμή για τη γεώτρηση Ευλογητού και τη γεώτρηση Επάνω Κάμπου στις 17/4/2012, έως 9,3mg/Lt για τη γεώτρηση Επάνω Κάμπου στις 22/8/2011.
- Το πλήθος των τιμών των αμμωνιακών ιόντων βρίσκονταν μέσα στα όρια που ορίζει η νομοθεσία (0,5 mg/Lt) εκτός από το δείγμα της Λιμνοδεξαμενής (με τιμή να αγγίζει τα 2,45mg/Lt στις 18/7/2011 και 0,95mg/Lt στις 17/4/2012) όπως επίσης και το δείγμα της γεώτρησης Μυλοπότα για τις ίδιες ημερομηνίες με τιμές 0,57 mg/Lt και 0,64 mg/Lt αντίστοιχα. Αυτή η απότομη αύξηση των αμμωνιακών ιόντων μπορεί να οφείλεται σε ρύπανση από διαρροή λυμάτων ή/και χρήση λιπασμάτων.
- Οι τιμές για τα φωσφορικά ιόντα ήταν πάντα μέσα στα επιτρεπτά όρια που ορίζει η νομοθεσία (0,7mg/Lt). Παρατηρούμε ότι υπάρχει μια ανομοιομορφία στις τιμές καθ'όλη τη διάρκεια της δειγματοληπτικής περιόδου. Έτσι για τη γεώτρηση Ευλογητού όπου στις 18/7/2011 έχουμε τιμή 0,61mg/Lt, στην επόμενη μέτρηση, στις 22/8/2011, έχουμε μείωση με τιμή 0,12mg/Lt μέχρι να καταλήξουμε στο τέλος της δειγματοληπτικής περιόδου σε τιμή 0. Το ίδιο συνέβη και με άλλες πηγές δειγματοληψίας. Ένας παράγοντας που μπορεί να συμβάλει σε αυτό είναι μείωση της χρήση φωσφορικών λιπασμάτων καθώς δεν υπάρχει άλλη μορφή επιβάρυνσης στην περιοχή.
- Τα θειικά ιόντα βρίσκονταν μέσα στα επιτρεπτά όρια (250 mg/Lt). Οι τιμές ήταν σχετικά σταθερές καθ'όλη τη διάρκεια της δειγματοληπτικής περιόδου εκτός από τη Λιμνοδεξαμενή και τη γεώτρηση Μυλοπότα που στις 17/4/2012 βλέπουμε μια απότομη αύξηση με τιμές 137 mg/Lt και 161 mg/Lt αντίστοιχα.
- Οι τιμές των χλωριόντων ήταν σε αρκετά υψηλό επίπεδο, με τιμές να αγγίζουν ακόμα και τα 350 mg/Lt για τη γεώτρηση Επάνω Κάμπος. Στα υπόλοιπα δείγματα οι τιμές κυμάνθηκαν από 75 mg/Lt για τη Λιμνοδεξαμενή έως 237,5 mg/Lt για τη γεώτρηση Ευλογητός. Σε γενικές γραμμές παρατηρούμε ότι στα περισσότερα σημεία δειγματοληψίας οι τιμές των χλωριόντων δεν φέρουν μεγάλη απόκλιση από δειγματοληψία σε δειγματοληψία και ακολουθούν τη καμπύλη της αγωγιμότητας. Για τη γεώτρηση Επάνω Κάμπος, όπου οι τιμές των χλωριόντων είναι πάνω από το όριο, μπορούμε να πούμε ότι κατά πάσα πιθανότητα οφείλεται στην υπεράντληση που γίνεται με αποτέλεσμα να έχουμε εισχώρηση θαλασσινού νερού. Αυτό μπορεί να δικαιολογήσει τις υψηλές τιμές των χλωριόντων όπως και της αγωγιμότητας για το δείγμα αυτό. Ένα άλλο που θα μπορούσε να δικαιολογήσει αυτή την αύξηση των χλωριόντων θα ήταν η ρύπανση από λιπάσματα. Εξετάζοντας τα νιτρικά ιόντα διαπιστώσαμε επίσης αύξηση στη συγκεκριμένη δειγματοληψία.
- Η σκληρότητα του νερού, στο πλήθος των μετρήσεων, βρίσκονταν πάνω από 300mg/Lt  $\text{CaCO}_3$ . Αυτό χαρακτηρίζει τα νερά «πολύ σκληρά». Πιο αναλυτικά, για τη γεώτρηση Επάνω Κάμπος, στις περισσότερες μετρήσεις, έχουμε τιμές γύρω στα 500mg/Lt  $\text{CaCO}_3$  με κάποιες να αγγίζουν και τα 600mg/Lt  $\text{CaCO}_3$  περίπου. Νερό με σκληρότητα από 500mg/Lt  $\text{CaCO}_3$  δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πόσιμο. Η



Λιμνοδεξαμενή μπορεί να χαρακτηριστεί νερό «μέσης σκληρότητας», αφού έχει τιμές από 100-200mg/lit CaCO<sub>3</sub>. Η φυσική πηγή Δέσης μπορεί να χαρακτηριστεί «σκληρό» νερό, αφού έχει τιμές σκληρότητας 200-300mg/lit CaCO<sub>3</sub>. Γενικά βλέπουμε ότι στο σύνολο, έχουμε σκληρά έως πολύ σκληρά νερά, κάτι το οποίο οφείλεται στη γεωλογική σύσταση των πετρωμάτων από τα οποία διέρχεται το νερό.

- Η συγκέντρωση του ασβεστίου μετρήθηκε εντός των ορίων της νομοθεσίας, η οποία ορίζει συγκέντρωση ασβεστίου για τα πόσιμα νερά από 10-100ppm. Υψηλότερη τιμή παρουσίασε η γεώτρηση Επάνω Κάμπος, με τιμή να αγγίζει τα 64ppm. Το ασβέστιο προέρχεται από τα πετρώματα. Νερό που περιέχει 40-100ppm ασβέστιο θεωρείται σκληρό έως πολύ σκληρό νερό. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τη σκληρότητα, όπου και αυτή ήταν σε αρκετά υψηλά επίπεδα με νερά να χαρακτηρίζονται σκληρά έως πολύ σκληρά.
- Η συγκέντρωση Νατρίου στα δείγματα νερού που εξετάστηκαν, γενικά, ήταν σε υψηλά επίπεδα. Οι τιμές για τη συγκέντρωση του νατρίου ήταν σχεδόν σταθερές καθ' όλη τη διάρκεια της δειγματοληπτικής περιόδου. Όλες οι μετρήσεις έδωσαν συγκέντρωση μικρότερη των 200ppm όπου είναι το όριο για το πόσιμο νερό. Η γεώτρηση Επάνω Κάμπος έδωσε συγκέντρωση μεγαλύτερη από αυτή που ορίζει η νομοθεσία (200ppm), γεγονός που συνηγορεί για την εισχώρηση θαλασσινού νερού. Νερά με συγκέντρωση νατρίου μεγαλύτερη των 200ppm επηρεάζει τη γεύση του νερού.
- Η συγκέντρωση καλίου στα δείγματα νερού που εξετάστηκαν, ήταν εντός των ορίων που ορίζει η νομοθεσία, τα 10ppm. Οι τιμές για κάθε δείγμα δεν παρουσίασαν μεγάλη μεταβολή από δειγματοληψία σε δειγματοληψία, εκτός από την ημερομηνία 22/8/2011 όπου είχαμε μια απότομη αύξηση στη συγκέντρωση της Λιμνοδεξαμενής και στη γεώτρηση Μυλοπότα, με τιμές 8,5ppm και 8,8ppm αντίστοιχα.
- Τα TDS βρίσκονταν σε υψηλό επίπεδο και ακολουθούσε την καμπύλη της αγωγιμότητας. Τα TDS μπορούν να επηρεαστούν από τη διείσδυση της θάλασσας, την εξάτμιση του νερού και τη διάλυση ορυκτής ύλης.
- Όσον αφορά τις μικροβιολογικές μετρήσεις, πέρα από τη γεώτρηση του Μυλοπότα (17/4/2012), τη φυσική πηγή Δέσης και τη Λιμνοδεξαμενή (15/7/2012), όλες οι άλλες μετρήσεις δεν παρουσίασαν κάποια ανησυχία.

Γενικά βλέπουμε ότι υπάρχει έντονο το πρόβλημα της υφαλμύρωσης των νερών. Αυτό μπορεί να οφείλεται είτε στην υπεράντληση που γίνεται είτε στους ισχυρούς ανέμους που πνέουν συνήθως στην περιοχή των Κυκλάδων, οι οποίοι συμπαρασύρουν σταγονίδια της θάλασσας, τα οποία εναποθέτουν στα υψώματα των νησιών. Με τη βροχή που πέφτει στο έδαφος γίνεται διάλυση των αλάτων που έχουν εναποτεθεί και συγχρόνως εμπλουτισμός των νερών που τροφοδοτούν τις πηγές.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι το νερό της Ίου είναι μέσα στα επιτρεπτά όρια, σύμφωνα με τη νομοθεσία, εφόσον το νερό αυτό δεν προορίζεται για πόσιμο. Το μόνο δείγμα που προορίζεται για πόση είναι αυτό της φυσικής πηγής Δέσης, όπου και εκεί σύμφωνα με τα δικά μας αποτελέσματα και εν συνεχεία ενημέρωσης του δήμου Ιητών για αυτά, μπορέσαμε να δώσουμε λύση στο θέμα της χλωρίωσης του νερού. Επίσης τα δείγματα που παρουσίασαν μεγαλύτερο ενδιαφέρον όσον αφορά τις μέγιστες τιμές τους, ήταν η γεώτρηση Επάνω Κάμπος, η Λιμνοδεξαμενή και η γεώτρηση Μυλοπότα.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Μπάνου Στέλλα (2007), ‘Σχέδιο Διαχείρισης Υδατικών Πόρων νήσων Πάρου και Νάξου’ Μεταπτυχιακή εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.
2. Δανιλάκης Βασίλειος (2012), ‘Κυκλάδες και νερό: προς μια βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων ή όχι;’  
<http://www.nomosphysis.org.gr/articles.php?artid=4515&lang=1&catpid=1>
3. Μπίρη Ευριδίκη (2011), ‘Προσδιορισμός του επιπέδου επιβάρυνσης των υδατικών πόρων στον κάμπο Χανίων. Μελέτη των γεωτρήσεων Μονής Χρυσοπηγής, Μονής Αγίας Λαύρας, ξενοδοχείου Όαση και Μονή Αγίας Τριάδας’ Διπλωματική εργασία, ΤΕΙ Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος.
4. Σούλιος Γ., ‘Εκμετάλλευση και διαχείριση υπόγειου νερού’  
<http://www.geo.auth.gr/763/ch3.htm>
5. Μπαλούτσος Γεώργιος, ‘ Μέτρα εξοικονόμησης νερού από τις βροχές στα βουνά της χώρας μας’  
<http://www.nagref.gr/journals/ethg/images/37/ethg37p20-25.pdf>
6. Σουπιός Παντελής (2006), ‘Τεχνική γεωτρήσεων’ εγχειρίδιο θεωρίας: Τεχνολογία Γεωτρήσεων & Αντλήσεων’, ΤΕΙ Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος.
7. Ζανάκη Κ. (2001), ‘Έλεγχος Ποιότητας Νερού’ εκδόσεις ΙΩΝ, 508 σελίδες.
8. Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας (τεύχος δεύτερο, 26 Απριλίου 2007)
9. Σταυρουλάκης Γεώργιος (2007), ‘Εγχειρίδιο Εργαστηρίου: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ’, ΤΕΙ Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος.
10. Παπαδόπουλος Ν., Στεργιόπουλος Κ.(2000), ‘Μελέτη ξηρασίας νήσων Σίφνου-Ιου’, Ν.Α. Κυκλάδων, Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών, Αθήνα 2000.
11. Κουρμούλης Ν., ‘Υδρογεωλογική Έρευνα Κυκλάδων, Ίος’, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), Αθήνα 1980.