



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**«ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ ΣΤΙΣ ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ, ΤΙΣ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ**  
**ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΚΜΗΧΑΝΙΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ»**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

***ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ***  
***ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΟΥ ΠΗΛΙΟΥ***

**ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Σ. ΔΗΜΑΚΑΣ**

**ΓΕΩΠΟΝΟΣ**

**Βόλος, 2009**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 6987/1  
Ημερ. Εισ.: 11-03-2009  
Δωρεά: Συγγραφέας  
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ  
628.1  
ΔΗΜ

***ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ  
ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΟΥ ΠΗΛΙΟΥ***

**ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Σ. ΔΗΜΑΚΑΣ**  
**ΓΕΩΠΟΝΟΣ**

**Βόλος, 2009**

**ISBN**

## Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

**Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη**  
(Επιβλέπουσα)  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Καθηγήτρια  
Αρδεύσεις, Στραγγίσεις, Υδραυλική

**Θ. Γέμτος**  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Καθηγητής  
Γεωργική Μηχανολογία

**Α. Δημήρκου**  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια  
Εδαφολογία με έμφαση στη Χημεία  
Εδάφους

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αισθάνομαι την υποχρέωση να εκφράσω τις ευχαριστίες μου αρχικά, στην επιβλέπουσα Καθηγήτριά μου κ<sub>α</sub> Μαρία Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη για την επιστημονική καθοδήγησή της σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου στο Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Η συμβολή της και η ενθάρρυνσή της, υπήρξε καθοριστική.

Οι εύστοχες παρατηρήσεις της, οι συμβουλές της αλλά κυρίως η υπομονή με την οποία στάθηκε δίπλα μου, μου έδωσαν την απαραίτητη δύναμη ώστε να ξεκινήσω, να συνεχίσω και τελικά να ολοκληρώσω με επιτυχία τη μεταπτυχιακή μου διατριβή. Η παρουσία της ήταν πάντα αισθητή και μου πρόσφερε συνεχή και ηθική στήριξη. Την ευχαριστώ για όλα όσα μου προσέφερε.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον κ<sub>ο</sub> Θεοφάνη Γέμτο, Καθηγητή, και την κ<sub>α</sub> Ανθούλα Δημήρκου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για τις σημαντικές υποδείξεις τους, που συνέλαβαν ουσιαστικά στη διεκπεραίωση της παρούσας διατριβής, καθώς και για την εποικοδομητική κριτική που άσκησαν ως μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τη Διδάκτορα κ<sub>α</sub> Νατάσα Αγγελάκη, Φυσικό, τον κ<sub>ο</sub> Νικόλαο Παπανίκο, ΕΕΔΙΠ, και τον υποψήφιο Διδάκτορα κ<sub>ο</sub> Χρήστο Παπανικολάου για το όμορφο κλίμα συνεργασίας που υπήρχε κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της μεταπτυχιακής μου διατριβής.

Δημήτριος Σ. Δημάκας. 2009. Έλεγχος ποιότητας πόσιμου νερού σε περιοχές του Πηλίου. *Μεταπτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Βόλος. 8 Προκαταρκτικές Σελίδες, 167 Σελίδες, 6 Σελίδες Βιβλιογραφία, 1 Σελίδα Αγγλικής Περίληψης.*

### Περίληψη

Στο Νομό Μαγνησίας, στην περιοχή του Πηλίου πραγματοποιήθηκε έρευνα (Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008) με σκοπό να ελεγχθεί η ποιότητα του πόσιμου νερού. Κατά τη διάρκεια των ετών 2007 και 2008 ελήφθησαν δείγματα πόσιμου νερού από δεκαεφτά χωριά του Πηλίου, του Νομού Μαγνησίας (Αγριά, Κάτω Λεχώνια, Πλατανίδια, Κάτω Γατζέα, Καλά Νερά, Αφυσσος, Άγιος Ιωάννης, Χορευτό, Μηλιές, Τσαγκαράδα, Μούρεσι, Ανήλιο, Μακρυράχη, Ζαγορά, Χάνια, Μακρυνίτσα και Πορταριά). Η δειγματοληψία γινόταν μια φορά κάθε μήνα. Στις χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν προσδιορίστηκαν το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, τα ιόντα φθορίου, χλωρίου και βρωμίου, τα νιτρικά και νιτρώδη ιόντα, τα θειικά και αμμωνιακά ιόντα και τα ιόντα λιθίου, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Οι συγκεντρώσεις των ιόντων προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας (HPLC). Από την έρευνα αυτή προέκυψε ότι στο πόσιμο νερό και των 17 περιοχών που μελετήθηκαν, οι συγκεντρώσεις των ιόντων του βρωμίου ήταν υψηλότερες από τις ανώτατες επιτρεπτές. Σε 16 από τις 17 περιοχές εντοπίστηκαν νιτρώδη ιόντα σε συγκεντρώσεις που υπερέβαιναν τα επιτρεπτά όρια. Τα αμμωνιακά ιόντα σε 10 περιοχές και τα ιόντα φθορίου σε 7 περιοχές βρέθηκαν επίσης σε υψηλές συγκεντρώσεις άνω του επιτρεπτού ορίου. Ιόντα χλωρίου σε πολύ υψηλή συγκέντρωση βρέθηκαν μόνο σε ένα δείγμα στην περιοχή της Αγριάς. Από τη μελέτη αυτή διαπιστώθηκε ότι οι κύριοι ρύποι που προσδιορίστηκαν σε τιμές συγκεντρώσεων υψηλότερες από τις ανώτατες τιμές, οι οποίες έχουν καθοριστεί από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO) και την Ευρωπαϊκή Ένωση για το πόσιμο νερό, ήταν τα ιόντα: φθορίου, βρωμίου, νιτρώδη και αμμωνιακά.

**Dimitrios S. Dimakas. 2009. Quality control of drinking water in areas of Pelion.  
Master Thesis. University of Thessaly. Volos**

### **ABSTRACT**

In the prefecture of Magnesia, in the region of Pelion a research was conducted (April 2007-March 2008) in order to check the quality of drinking water. During the years 2007 and 2008, drinking water samples were collected from seventeen villages of Pelion, in the prefecture of Magnesia (Agria, Kato Lechonia, Platanidia, Kato Gatzea, Kala Nera, Afissos, Agios Ioannis, Horeuto, Milies, Tsagarada, Mouresi, Anilio, Makrirachi, Zagora, Hania, Makrinitza and Portaria). The sampling was taking place once every month. In an analysis carried out, the pH, the electrical conductivity, fluorides, chlorides, bromides, nitrites, nitrates, sulphates, ammonium, lithium, sodium, potassium, magnesium and calcium were defined. The ion concentrations were determined using the ion chromatography method (HPLC). The investigation showed that the drinking water in all 17 areas was overcharged with bromide ions in concentrations higher than the maximum permissible. In 16 of the 17 areas the nitrite ions were found in concentrations that exceeded the permissible limits. The ammonium ions in 10 regions and fluoride ions in 7 regions have also been found in high concentrations above the permissible limits. Chloride ions in very high concentrations were found in only one sample in the area of Agria. The study found that the main pollutants in drinking water, found in concentrations higher than the maximum contaminant levels, which have been established by the World Health Organization (WHO) and the European Union, were the ions: fluoride, bromide, nitrite and ammonium.



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> – ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ</b>	Σελ. 1
1.1 Εισαγωγή	1
1.2 Ποιότητα και ρύπανση υπογείων υδάτων	2
1.3 Επιπτώσεις στην υγεία και στο περιβάλλον	7
1.4 Νομοθεσία – Όρια παραμέτρων	8
1.5 Χημικές και Ενδεικτικές Παράμετροι	11
1.6 Περιοχή Ν. Μαγνησίας - Πήλιο	15
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> – ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</b>	23
2.1 Δειγματοληψία δειγμάτων	23
2.2 Μέθοδοι και υλικά ανάλυσης	23
2.3 Προσδιορισμός της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου	24
2.4 Προσδιορισμός της τιμής της ηλεκτρικής αγωγιμότητας	24
2.5 Ιοντική Χρωματογραφία	25
2.6 Παγκόσμιο Σύστημα Καθορισμού Θέσης (GPS)	36
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b>	37
3.1 Περιοχή Αγριά	37
3.2 Περιοχή Κάτω Λεχώνια	43
3.3 Περιοχή Πλατανίδια	51
3.4 Περιοχή Κάτω Γατζέα	58
3.5 Περιοχή Καλά Νερά	65
3.6 Περιοχή Άφυσσος	72
3.7 Περιοχή Άγιος Ιωάννης	79
3.8 Περιοχή Χορευτό	86
3.9 Περιοχή Μηλιές	93
3.10 Περιοχή Τσαγκαράδα	100
3.11 Περιοχή Μούρεσι	107
3.12 Περιοχή Ανήλιο	114
3.13 Περιοχή Μακρυράχη	121
3.14 Περιοχή Ζαγορά	128
3.15 Περιοχή Χάνια	135
3.16 Περιοχή Μακρυνίτσα	142
3.17 Περιοχή Πορταριά	149
3.18 Συζήτηση	156
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	165
4.1 Συμπεράσματα	165
4.2 Παρατηρήσεις	166
4.4 Προτάσεις	167
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	168

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

### ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

#### 1.1 Εισαγωγή

«Αρχή πάντων ύδωρ» κατά τον Θαλή τον Μιλήσιο και ένα από τα τέσσερα «βασικά στοιχεία» κατά τον Αριστοτέλη. Αποτελεί το αφθονότερο στοιχείο στην επιφάνεια της γης, έχει ταχύτατο κύκλο στην ατμόσφαιρα, αλλά είναι λάθος να θεωρείται ότι το γλυκό νερό είναι άφθονο και ανεξάντλητο. Τα πόσιμο νερό αντιπροσωπεύει το 1/10 της συνολικής ποσότητας νερού στη γη. Το νερό συμμετείχε σε όλα τα στάδια ανάπτυξης του Γαλάζιου πλανήτη, κινείται αέναα, με διάφορες «μορφές», εναλλασσόμενο στις τρεις του καταστάσεις μεταξύ ουρανού και γης.

Το νερό είναι απόλυτα συνυφασμένο με την ύπαρξη της ζωής σε όλες τις μορφές και για τα θηλαστικά αποτελεί από ποσοτική άποψη το κύριο συστατικό, ίσως εξαιτίας των ιδιαίτερων φυσικοχημικών ιδιοτήτων του μεταξύ των άλλων είναι άριστος διαλύτης και έχει μεγάλη ειδική θερμότητα. Έτσι, σε σχέση με τον άνθρωπο είναι γνωστό ότι στην εμβρυϊκή ηλικία αποτελεί περίπου το 90% και στους ενήλικες το 70% του σωματικού βάρους. Το νερό ο άνθρωπος το προσλαμβάνει από τα υγρά-ποτά, από τις τροφές, αλλά και από τη δημιουργία ενδογενούς ύδατος από την οξείδωση του υδρογόνου μέσα στο σώμα. Η ημερήσια πρόσληψη σε νερό για τον άνθρωπο κυμαίνεται από 850-2500 ml περίπου ανάλογα με τη θερμοκρασία και τις ανάγκες του.

Πέρα από την παραπάνω χρήση για τον άνθρωπο είναι ακόμη σημαντικό να διαθέτει την κατάλληλη ποσότητα νερού για την παρασκευή της τροφής, την ατομική και την οικιακή του καθαριότητα, οπότε οι ανάγκες του τείνουν στα 200 lt νερού την ημέρα.

Το νερό αυτό πρέπει να είναι ακίνδυνο από κάθε πλευρά και επόμενα δεν θα πρέπει να είναι μολυσμένο (να μην έχει δηλαδή παθογόνα μικρόβια ή προϊόντα τους) και να μην περιέχει ρύπους (να μην έχει δηλαδή χημικές ουσίες επικίνδυνες).

Από τους πρώτους που αντιλήφθηκαν τη σημασία της υγιεινής ύδρευσης και αποχέτευσης ήταν οι πολιτισμοί που αναπτύχθηκαν στον Ελληνικό χώρο, με πρωτοπόρους τους κατοίκους της Κνωσού, της Φαιστού και της Ζάκρου όπου ανακαλύφθηκαν τέλεια συστήματα ύδρευσης που χρονολογούνται από το 1700π.Χ. Οι αρχαιολόγοι υποστηρίζουν ότι οι υγεινολογικές γνώσεις των κατοίκων της Μινωικής Κρήτης είχαν επηρεάσει και βρήκαν εφαρμογή αργότερα και στα ανάκτορα της Τίρυνθας και των Μυκηνών.

**«Πόσιμο νερό χαρακτηρίζεται το νερό που είναι καθαρό από φυσική, χημική βιολογική και μικροβιολογική άποψη και μπορεί να καταναλώνεται χωρίς να κινδυνεύει η υγεία του ανθρώπου. Το πόσιμο νερό πρέπει να είναι άχρωμο, άοσμο, δροσερό και με ευχάριστη γεύση. Δεν πρέπει να έχει μεγάλη σκληρότητα γιατί αυτή προκαλεί δυσκολίες στην καθημερινή αλλά και βιομηχανική του χρήση. Δεν πρέπει να έχει μεγάλη ποσότητα οργανικών ουσιών, βαρέων μετάλλων ούτε και παθογόνα παράσιτα ή μικρόβια. Η θερμοκρασία του νερού πρέπει να είναι σταθερή στους 10-15 βαθμούς Κελσίου».**

## 1.2 Ποιότητα και ρύπανση υπογείων υδάτων

### 1.2.1 Μηχανισμοί-διαδικασίες που επηρεάζουν την ποιότητα του υπόγειου νερού

Η ποιότητα των υπόγειων νερών ελέγχεται από πληθώρα παραγόντων, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι:

♦ **Εξάτμιση:** οδηγεί σε αύξηση των ιοντικών συγκεντρώσεων αναλογικά προς την ποσότητα του νερού που εξατμίζεται.

♦ **Εκλεκτική πρόσληψη ιόντων από τη χλωρίδα,** τα οποία αποθηκεύονται στη βιομάζα. Έχει αναφερθεί (Likens et al., 1977) ότι η χλωρίδα στην περιοχή του Hubbard Brook προσλαμβάνει ετησίως 64 kg καλίου ανά εκτάριο, ενώ το επιφανειακό νερό άρδευσης από το υδροόρευμα περιέχει μόνο 1,9 kg καλίου ανά εκτάριο. Ο φωσφόρος συμμετέχει επίσης ενεργά στις διαδικασίες της εκλεκτικής πρόσληψης σε αντίθεση με τα Mg και S. Η χλωρίδα προσροφά επιπλέον αέρια από την ατμόσφαιρα όπως SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> και NO<sub>2</sub> τα οποία ενσωματώνονται στα φυτά, ενώ το πλεόνασμα απομακρύνεται με τη βροχή.

♦ **Αποσύνθεση οργανικής ύλης,** είναι η αντίθετη προς την προηγούμενη διαδικασία. Τα φυτά εκδηλώνουν εποχικές μεταβολές στην πρόσληψη και απελευθέρωση ιόντων, ενώ τα νεαρά φυτά ενσωματώνουν περισσότερα στοιχεία από τα ώριμα και γερασμένα. Η αποσύνθεση οργανικής ύλης είναι μια οξειδωτική αντίδραση, που μπορεί να λάβει χώρα στο έδαφος, αλλά και μέσα στους υδροφόρους (π.χ., τύρφη, λιγνίτης κ.λπ.), σύμφωνα με την αντίδραση (σχηματικά):  $\text{CH}_2\text{O} + \text{O}_2^- > \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

Η αποσύνθεση οργανικής ύλης στον υδροφόρο μπορεί να διεγείρει σημαντικές αντιδράσεις, όπως η αναγωγή των οξειδίων του Fe, των θεικών και των νιτρικών, ή ο σχηματισμός μεθανίου. Επιπρόσθετα η παραγωγή CO<sub>2</sub> μπορεί να επηρεάσει σημαντικά αντιδράσεις στις οποίες συμμετέχουν ανθρακικά ορυκτά.

♦ **Αποσάθρωση-Διάλυση** ανθρακικών, πυριτικών και εβαπορίτων. Το υπόγειο νερό των ανθρακικών πετρωμάτων (ασβεστόλιθοι-μάργες) είναι πλούσιο σε Ca<sup>2+</sup> ή Mg<sup>2+</sup> και HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, των εβαπορίτων σε SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> και Ca<sup>2+</sup>, των υπερβασικών πετρωμάτων που περιέχουν υψηλά ποσοστά ολιβίνη και πυροξένων σε Mg<sup>2+</sup>, των δολομιτών σε Ca<sup>2+</sup> και Mg<sup>2+</sup> σε περίπου ίσες ποσότητες. Η σχέση ανάμεσα στον τύπο (χημισμό) του νερού και τον τύπο του πετρώματος από το οποίο διέρχεται είναι εμφανής στα διαγράμματα του Piper. Η υψηλή περιεκτικότητα του υπόγειου νερού σε Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> και Cl<sup>-</sup>, υποδηλώνει την προέλευση του από πυριγενή πετρώματα. Στα πετρώματα που κυριαρχεί ο δυσδιάλυτος χαλαζίας, η σύνθεση του υπόγειου νερού είναι παρόμοια με αυτή του βρόχινου. Στα πετρώματα αυτά οι παράγοντες που ελέγχουν την ποιότητα του υπόγειου νερού είναι ο χημισμός του βρόχινου νερού και η εξατμισοδιαπονή. Το TDS στο νερό των ασβεστόλιθων, των ηφαιστιτών και των αμμοχάλικων είναι ανεξάρτητο της απορροής λόγω της ταχύτατης διάλυσης των ορυκτολογικών τους συστατικών. Στην περίπτωση αυτή, ο «χρόνος παραμονής» του νερού στο υδροφόρο στρώμα δεν παίζει σημαντικό ρόλο.

Η συγκέντρωση χλωριόντων στις δασικές περιοχές είναι αρκετά υψηλότερη, λόγω της ξηράς απόθεσης τους, από ότι στις χέρσους. Ο παράγων όμως που καθορίζει κατά κύριο λόγο στο χημισμό του υπόγειου νερού είναι η διάλυση των ορυκτολογικών συστατικών των πετρωμάτων, αλλά και οι αλληλεπιδράσεις νερού και πετρωμάτων.

**Πίνακας 1.1** Οι κυριότερες διαδικασίες αύξησης ή μείωσης της ιοντικής συγκέντρωσης στο νερό (Appelo-Postma, 1994 με τροποποιήσεις).

a/a	Στοιχείο	Διαδικασία	Παράγοντες που καθορίζουν το όριο της συγκέντρωσης
1	Na <sup>+</sup>	Διάλυση-ιοντική ανταλλαγή στα παράκτια υδροφόρα	Κινητική αποσάθρωσης πυριτικών
2	K <sup>+</sup>	Διάλυση-προσρόφιση - αποσύνθεση	Διαλυτότητα αργλικών ορυκτών-αφομοίωση από χλωρίδα
3	Mg <sup>2+</sup>	Διάλυση	Διαλυτότητα αργλικών ορυκτών
4	Ca <sup>2+</sup>	Διάλυση	Διαλυτότητα ασβεστίτη
5	Cr	Εξαμισοδιαπνοή	Κανένα
6	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Πίεση εδαφικού CO <sub>2</sub> - αποσάθρωση	Αποσύνθεση οργανικής ύλης
7	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Διάλυση-Οξείδωση	Απομάκρυνση με αναγωγή
8	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Οξείδωση	Απομάκρυνση με αναγωγή-αφομοίωση από χλωρίδα
9	Si	Διάλυση-προσρόφιση	Διαλυτότητα χαλκιδόνιου-πυριτόλιθων
10	Fe	Αναγωγή	Δυναμικό οξειδοαναγωγής, διαλυτότητα Fe <sup>3+</sup> , σιδηρίτης, πυρίτες (σουλφίδια)
11	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Διάλυση	Διαλυτότητα απατίτη, Fe, αργλοφωσφορικών, βιολογική αφομοίωση

**Πίνακας 1.2** Συνήθεις ιοντικές συγκεντρώσεις σε μη ρυπασμένο νερό και η πηγή προέλευσης (Appelo-Postma, 1994)

Στοιχείο	Συγκέντρωση mmol/L	Προέλευση
Na <sup>+</sup>	0,1-2	Άστριοι, ορυκτό άλας, ζεόλιθοι, ατμόσφαιρα
K <sup>+</sup>	0,01-0,2	Άστριοι, μαρμαρυγίες
Mg <sup>2+</sup>	0,05 - 2	πυρόξενοι, αμφίβολοι, ολιβίνης.
Ca <sup>2+</sup>	0,05-5	Ανθρακικά, γύψος,
Cr	0,05 - 2	Ορυκτό αλάτι, ατμόσφαιρα
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0-5	Ανθρακικά, οργανική ύλη
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,001 - 0,2	Ατμόσφαιρα, οργανική ύλη
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0, 01 - 1	Ατμόσφαιρα, γύψος, σουλφίδια
SiO <sub>2</sub>	0,02-1	Πυριτικά
Fe <sup>2+</sup>	0-0,5	Πυριτικά, σιδηρίτες, υδροξείδια, σουλφίδια
Ολικά PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0-0,02	Οργανική ύλη, φωσφορικά

Αντίθετα, ο χημισμός του νερού των γρανιτικών και ψαμμιτικών πετρωμάτων εξαρτάται από το «χρόνο παραμονής» και την απορροφή. Δηλαδή ο ρυθμός διάλυσης των

ορυκτολογικών συστατικών του γρανίτη (άστριοι, μαρμαρυγίες και χαλαζίας) είναι της ίδιας τάξης με τον «χρόνο παραμονής» του νερού (πολύ αργή «κινητική διαλυτότητας»).

♦ **Απόθεση ορυκτών.** Η αποσάθρωση των πυριτικών ορυκτών οδηγεί στη δημιουργία δευτερογενών αργιλικών ορυκτών (αργιλοπυριτικά ορυκτά με ή χωρίς κατιόντα). Καθώς η διεργασία της αποσάθρωσης προχωρεί, τα αργιλικά ορυκτά αρχικά χάνουν τα κατιόντα και ακολούθως το Si, μέχρις ότου παραμείνουν τα αδιάλυτα υδροξείδια του Al. Αν στο μητρικό πέτρωμα υπάρχει δισθενής Fe, τότε δημιουργούνται οξειδία του Fe. Στα ξηρά κλίματα η εξάτμιση οδηγεί στη δημιουργία της ακολουθίας ασβεσίτη, γύψου και χλωριούχου νατρίου.

♦ **Αντιδράσεις ιοντικής ανταλλαγής,** ανάμεσα σε διαλυμένα κατιόντα και στα συμπλέγματα ανταλλακτών (διείσδυση θάλασσας, επέκταση πλούμιου ρύπανσης, κατείσδυση όξινης βροχής). Ανταλλάκτες είναι τα αργιλικά ορυκτά, τα αποσαθρωμένα ορυκτά και η οργανική ύλη. Το «σύμπλεγμα-ανταλλάκτης» μπορεί να περιέχει κατιόντα τριακόσιες φορές περισσότερα από την υγρή φάση.

♦ **Ανάμιξη διαφορετικών νερών** στις πηγές ή τις ζώνες διήθησης. Η διασπορά μπορεί να προκαλέσει ανάμιξη ρυπασμένου νερού με καθαρό νερό.

♦ **Ανθρωπογενείς δραστηριότητες** όπως χρήση NaCl και απορρυπαντικών, χρήση λιπασμάτων, βελτιωτικών εδάφους και φυτοφαρμάκων, αλλά και διαρροές από σκουπιδότοπους (απόπλυση βαρέων μετάλλων ή τοξικών οργανικών, μετανάστευση στραγγίσματος κ.λπ.).

Η επίδραση των γεωργικών δραστηριοτήτων προκαλεί μεταβολές του υπόγειου νερού κατά την κατακόρυφο έννοια. Υψηλές συγκεντρώσεις NO<sub>3</sub> στο πάνω τμήμα των υδρογεωτρήσεων οφείλονται στην έντονη λίπανση με λιπάσματα και κοπριά στα ανάντη της υδρογεώτρησης.

## 1.2.2 Ρύπανση υπόγειων υδάτων

Το υπόγειο νερό είναι γενικώς, λιγότερο τρωτό απέναντι σε εξωτερική ρύπανση από το επιφανειακό νερό. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι το υπόγειο νερό είναι απρόσβλητο στη ρύπανση. Απεναντίας, όταν το υπόγειο νερό ρυπανθεί, τόσο ο περιορισμός της ρύπανσης, όσο και η απορρύπανση είναι πολύ πιο δύσκολη από ότι στα επιφανειακά νερά, το κόστος είναι πολύ υψηλό και συχνά η ρύπανση δεν είναι αντιστρεπτή, τουλάχιστον στην "κλίμακα του μηχανικού". Οποιαδήποτε χημική ένωση ευδιάλυτη στο νερό, που εισέρχεται στο έδαφος, είναι "εν δυνάμει" ρύπος του υπόγειου νερού.

Ο κατάλογος των ρύπων του υπόγειου νερού είναι πολύ μακρύς. Μερικοί ρύποι, όπως π.χ. το As, προέρχονται από τα πετρώματα της λιθόσφαιρας. Η συγκέντρωση αλάτων στο υπόγειο νερό είναι σχετικώς υψηλή και προέρχεται από τη διάλυση από το νερό ορυκτολογικών συστατικών, τα οποία διαλύονται κατά την πορεία του νερού μέσω των πετρωμάτων. Οι ρύποι του υπόγειου νερού ανήκουν τόσο στη κατηγορία των οργανικών, όσο και σε εκείνη των ανόργανων ρύπων. Οι οργανικοί ρύποι μεγάλου μοριακού βάρους κινούνται βραδύτερα προς το υπόγειο νερό από τους ρύπους μικρού μοριακού βάρους. Διαφορετικός είναι επίσης ο τρόπος μετανάστευσης, ανάλογα με την πυκνότητά τους. Οι ρύποι μικρού μοριακού βάρους, π.χ. οι LNAPLs (Light Non-Aqueous Phase Liquids), επιπλέουν στην επιφάνεια του υδροφόρου, ενώ οι DNAPLs (Dense Non-Aqueous Phase Liquids) κινούνται προς τον πυθμένα του υδροφόρου.

Οι ανόργανοι ρύποι είναι ολιγομελέστεροι από τους οργανικούς, αποτελούν όμως σημαντικές πηγές ρύπανσης των υπόγειων νερών. Το αλάτι, π.χ., που χρησιμοποιείται το χειμώνα προκειμένου να αποφευχθεί το πάγωμα του χιονιού, συχνά οδεύει στους

ελεύθερους ρηχούς υδροφόρους. Η κίνηση των ανόργανων ρύπων είναι περισσότερο προβλέψιμη από τους οργανικούς. Στους ανόργανους ρύπους ανήκουν μεταλλικά στοιχεία (βαρέα και συνήθη), τα θρεπτικά (ενώσεις αζώτου και φωσφόρου), προερχόμενα από τη χρήση λιπασμάτων και από τα λύματα, τα ραδιονουκλεΐδια και τέλος τα αμέταλλα.

Οι ραδιενεργοί ρύποι (ραδιονουκλεΐδια) είναι επικίνδυνοι όχι τόσο λόγω των χημικών τους ιδιοτήτων, αλλά κυρίως λόγω της ραδιενέργειας που εκπέμπουν κατά τη μεταστοιχείωσή τους. Το πιο σύνηθες ραδιενεργό στοιχείο που εντοπίζεται στο υπόγειο νερό είναι το ραδόνιο, το οποίο είναι αέριο ευδιάλυτο στο νερό, προερχόμενο από τη λιθόσφαιρα.

### 1.2.3 Πηγές ρύπανσης του υπόγειου νερού

Η ρύπανση των υδροφόρων και του υπόγειου νερού μπορεί να προκληθεί από φυσικές και ανθρωπογενείς πηγές.

#### Φυσικές πηγές ρύπανσης

Η πιο διαδεδομένη φυσική πηγή ρύπανσης είναι η διάλυση ορυκτολογικών συστατικών των πετρωμάτων, από το νερό που κινείται στο έδαφος. Αυτό συνεπάγεται τον εμπλουτισμό του νερού σε τοξικά μέταλλα, όπως τα As, Fe, Mn Cu κ.ά., αλλά και σε ορυκτά όπως ο αμιάντος.

#### Ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης

Έχουν καταγραφεί περισσότερες από τριάντα διαφορετικές πηγές ρύπανσης του υπόγειου νερού, από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Οι πηγές αυτές μπορεί να είναι σημειακές ή διάχυτες. Οι πιο συνηθισμένες από αυτές τις πηγές ρύπανσης είναι η διάθεση στερεών και υγρών αποβλήτων στο έδαφος και το υπέδαφος, όπως οι σκουπιδότοποι, οι δεξαμενές διάθεσης αποβλήτων, επιφανειακές και υπόγειες, η διοχέτευση χημικών ή άλλων αποβλήτων σε γεωτρήσεις έκχυσης, η αποθήκευση αποβλήτων, τα σηπτικά συστήματα, η χρησιμοποίηση λιπασμάτων και παρασιτοκτόνων, η υφαλμύρωση λόγω υπεράντλησης, κ.λπ.

Τα σηπτικά συστήματα προσφέρουν στους υδροφόρους και στο υπόγειο νερό βακτήρια, ιούς, νιτρικά, φωσφορικά, χλωριούχα, συνθετικές οργανικές ενώσεις και επιφανειοδραστικές ενώσεις. Το στράγγισμα από τους σκουπιδότοπους μολύνει τους υδροφόρους με ιχνοστοιχεία, οξέα, πτητικές οργανικές ενώσεις και παρασιτοκτόνα.

Οι επιφανειακές δεξαμενές που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση ή/και επεξεργασία υγρών αποβλήτων, μεταχειρισμένων λιπαντικών, αποβλήτων από λιοτρίβια, κτηνοτροφικών και βιομηχανικών αποβλήτων και ιλύος, αποτελούν σημαντικές πηγές ρύπανσης προς τους υδροφόρους. Ιδιαίτερα επικίνδυνες είναι οι γεωτρήσεις έκχυσης, δοθέντος ότι οι ρύποι εισάγονται απευθείας στο υπέδαφος. Οι ρύποι που προέρχονται από αυτή την πηγή είναι αιωρούμενα στερεά, διαλυμένα στερεά, βακτήρια, Na, K, Cl, νιτρικά, φωσφορικά, Pb και οργανικές ενώσεις, μεταξύ των οποίων και τα παρασιτοκτόνα. Η υπερβολική χρήση παρασιτοκτόνων στα γήπεδα του γκολφ, καθώς και στους χώρους που καλύπτονται από γκαζόν, οδήγησε σε πολλές περιπτώσεις τους ρύπους αυτούς, που είναι πολύ τοξικοί, στο υπόγειο νερό.

Οι διαρροές από τις υπόγειες δεξαμενές υγρών καυσίμων κυρίως, που εξυπηρετούν σχεδόν το σύνολο των σταθμών υγρών καυσίμων, αποτελούν σημαντική πηγή ρύπανσης του υπεδάφους και των υδροφόρων, ακόμα και των πηγών, όπως έχει αποδειχθεί από σχετικά επεισόδια, αλλά και χρόνια γεγονότα, π.χ. στον Ασπρόπυργο, κ.α. Σπανιότερες είναι οι περιπτώσεις υπόγειας αποθήκευσης τοξικών οργανικών, οι διαρροές των οποίων έχουν προκαλέσει εξαιρετικά τοξική ρύπανση του υπεδάφους.

Μια άλλη πηγή ρύπανσης του υπεδάφους είναι ο ενταφιασμός άχρηστων φυτοφαρμάκων, μια μέθοδος αρκετά προσφιλής για την απομάκρυνση τοξικών οργανικών από τη βιόσφαιρα. Δυστυχώς, έχουν σημειωθεί περιπτώσεις ρύπανσης ακόμα και πηγών από τοξικές οργανικές ενώσεις, λόγω υπεδάφιας διάθεσης τους. Ιδιαίτερα επικίνδυνη είναι η απόρριψη τοξικών ρύπων σε ανενεργά μεταλλεία ή λατομεία που αναπτύσσονται συνήθως σε βραχομάζες, όπου οι διαδικασίες μείωσης της ρύπανσης είναι ασήμαντες και η ταχύτητα διάδοσης της ρύπανσης μέσω των ασυνεχειών του πετρώματος εξαιρετικά υψηλή.

Τα ατυχήματα κατά τις μεταφορές υγρών καυσίμων και τοξικών οργανικών ενώσεων είναι σημαντική πηγή ρύπανσης των υδροφόρων και του υπόγειου νερού, κυρίως όσον αφορά στις συνέπειες, δοθέντος ότι αποτελούν απρόβλεπτα επεισόδια, που η αντιμετώπιση τους δεν είναι εύκολη.

Η υπερβολική και συστηματική χρήση λιπασμάτων εμπλουτίζει τους υδροφόρους, με ενώσεις του αζώτου, του φωσφόρου και του καλίου, οι οποίες είναι τοξικές, ιδιαίτερα τους ρηχούς ελεύθερους. Ιδιαίτερα επικίνδυνη είναι η χρήση παρασιτοκτόνων και κυρίως των ζιζανιοκτόνων, καθώς και των μυκητοκτόνων, που εφαρμόζονται κατ' ευθείαν στο έδαφος και από εκεί μπορεί να φτάσουν στον υδροφόρο και στο υπόγειο νερό. Εξαιρετικά τοξικές είναι επίσης οι επιστροφές άρδευσης, οι οποίες, καθώς διεισδύουν προς το υπέδαφος, διαλύουν και αποπλύνουν το έδαφος και μεταφέρουν τοξικούς ρύπους στο υπόγειο νερό.

#### 1.2.4 Εκτίμηση της ποιότητας του πόσιμου νερού

Οι παρακάτω διαδικασίες συνδράμουν στον έλεγχο της ποιότητας και της καταλληλότητας του πόσιμου νερού:

- η επιτόπια υγειονομική εξέταση
- οι οργανοληπτικές παράμετροι
- η φυσική εξέταση
- η χημική εξέταση
- η βιολογική έρευνα
- η μικροβιολογική εξέταση

Επιτόπια υγειονομική εξέταση Γίνεται από εξειδικευμένο άτομο στην περιοχή της υδροληψίας. Γίνεται εκτίμηση των γενικότερων συνθηκών που αφορούν στην περιοχή και στην ενδεχόμενη ύπαρξη εστιών μόλυνσης και ρύπανσης του νερού, αλλά και της υπόλοιπης τεχνικής υποδομής (αν πρόκειται για υδραγωγείο κλπ.).

Είναι απαραίτητη γιατί δίδει σειρά πληροφοριών, που κανενός είδους εξέταση δε μπορεί να δώσει, διότι για παράδειγμα είναι πιθανόν μια πηγή μόλυνσης να μην είναι ενεργοποιημένη με αποτέλεσμα η μικροβιολογική εξέταση να δίνει αποδεκτά αποτελέσματα και έτσι να μην είναι δυνατόν να προληφθεί μια υδατογενής επιδημία.

Οργανοληπτικές παράμετροι Θολρότητα, χρώμα, γεύση και οσμή αποτελούν παραμέτρους που ακόμα και αν το νερό είναι ασφαλές από χημική και μικροβιολογική άποψη, ο καταναλωτής θα έχει πρόβλημα να το καταναλώσει αν δεν είναι αισθητικά αποδεκτό. Έτσι λοιπόν, ένα θολό νερό μπορεί να έχει αδιάλυτες αιωρούμενες ουσίες, π.χ. άργιλος, άμμος, μικροοργανισμοί κλπ., μπορεί να ακολουθεί μια έντονη βροχόπτωση και αυτό σαφώς σημαίνει επικοινωνία του συστήματος ύδρευσης ή της πηγής υδροληψίας με επιφανειακά νερά και κατά την έννοια αυτή είναι δυνατόν αυτό να σημαίνει κατ' αρχήν υγειονομικό κίνδυνο.

Φυσική εξέταση Το πόσιμο νερό για να είναι αποδεκτό πρέπει να διαθέτει ορισμένα χαρακτηριστικά, ασχέτως του αν είναι από κάθε άλλη άποψη ασφαλές, όπως θερμοκρασία (5-15 βαθμοί Κελσίου). Ειδικότερα, θερμοκρασίες υψηλότερες του κανονικού εκδιώκουν το CO<sub>2</sub> και τα άλλα αέρια που δίδουν στο νερό τη γεύση του.

Χημική εξέταση Σύμφωνα με την σχετική Ελληνική Νομοθεσία που είναι εναρμονισμένη με τη νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης υπάρχουν περί τις πενήντα (50) χημικές παράμετροι που κατατάσσονται ως εξής:

1. Απλές χημικές παράμετροι όπως π.χ. pH, Ασβέστιο κλπ.
2. Ανεπιθύμητες χημικές παράμετροι όπως π.χ. αμμωνία, νιτρώδη, νιτρικά
3. Τοξικές χημικές παράμετροι όπως π.χ. Βαρέα μέταλλα κλπ.

Βιολογική έρευνα Ένα παράδειγμα για τη βιολογική έρευνα είναι η αναζήτηση πρωτόζωων και αλγών, κύρια σε νερά ποταμών που αποθηκεύονται σε δεξαμενές (σε συνδυασμό με τη χημική ανάλυση) για να εκτιμηθεί ο βαθμός π.χ. ανάπτυξης των αλγών και να προβλεφθεί η κατάλληλη χρονική στιγμή για έγκαιρη επέμβαση και πρόληψή της. Διαφορετικά, είναι δυνατόν να προκληθεί πρόβλημα στο δίκτυο με ελάττωση της παροχής νερού, διότι οι άλγες πολλαπλασιάζονται ταχύτατα ορισμένες εποχές του έτους αποφράσσοντας τα φίλτρα των διυλιστηρίων.

Μικροβιολογική εξέταση Οι υδατογενείς επιδημίες προκαλούνται από τα παθογόνα μικρόβια που έχουν προέλευση την κοπρανώδη μόλυνση του νερού. Επειδή ο έλεγχος όλων των παθογόνων μικροβίων που προέρχονται από το εντερικό περιεχόμενο ζώων και ανθρώπων απαιτεί ποικιλία πολύπλοκων, χρονοβόρων και πολυέξοδων αναλύσεων, χρησιμοποιήθηκε η ιδέα της ανίχνευσης μικροβίων – δεικτών που να είναι ενδεικτικοί ακόμη και της ενδεχόμενης παρουσίας λυμάτων στο νερό.

### 1.3 Επιπτώσεις στην υγεία και στο περιβάλλον

Η υποβάθμιση της ποιότητας των υπόγειων νερών προκαλείται από την ασυνήθιστα μεγάλη ποσότητα ανόργανων και οργανικών χημικών ουσιών, και βιολογικών δεικτών που το καθιστούν ακατάλληλο για μία σειρά από ωφέλιμες χρήσεις. Η παρουσία τοξικών ουσιών είναι από τα πιο σοβαρά προβλήματα όταν αυτό προσδιορίζεται για οικιακές και αγροτικές ανάγκες. Το αρσενικό για παράδειγμα είναι δηλητήριο που επηρεάζει την υγεία των ανθρώπων, ενώ η περίσσεια βορίου είναι επιζήμια για τις γεωργικές καλλιέργειες. Στο πόσιμο νερό σπουδαίο κριτήριο ποιότητας είναι η παρουσία ή όχι παθογόνων για τον άνθρωπο μικροοργανισμών. Η παρουσία κολοβακτηριδίων που βρίσκονται σε μεγάλους αριθμούς στα περιττώματα των ανθρώπων και ζώων, δείχνει πιθανή παρουσία και άλλων μικροοργανισμών που προκαλούν ασθένειες. Από τα μέταλλα ο χαλκός προκαλεί προβλήματα στο δέρμα και στους βλεννογόνους, ο υδράργυρος προσροφάται στο γαστρεντερικό σύστημα και επηρεάζει το νευρικό σύστημα, το κάδμιο εισέρχεται από το αναπνευστικό και γαστρεντερικό σύστημα προκαλώντας πνευμονικό οίδημα, βήχα, δυσκολία στην αναπνοή και πόνους στο στήθος. Στον πίνακα 5 δίνονται οι μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στο πόσιμο νερό και των νερών υποστήριξης της υδρόβιας ζωής, σύμφωνα με τη U.S.EPA (1992).



## 1.4 Νομοθεσία – Όρια Παραμέτρων

Από τις χημικές αναλύσεις του πόσιμου νερού έχει διαπιστωθεί ότι απαντούν ως ρύποι καρκινογόνες ή "εν δυνάμει" καρκινογόνες ή τοξικές ενώσεις. Η συνηθέστερη προέλευση τους είναι η απόρριψη στο περιβάλλον επεξεργασμένων ή ανεπεξέργαστων αποβλήτων. Η βιομηχανία μπορεί επίσης να συμβάλει στην εισαγωγή ορισμένων ρύπων στην ατμόσφαιρα, από την οποία επανεισάγονται στο έδαφος, στα επιφανειακά και υπόγεια νερά μέσω της βροχόπτωσης.

Το 1998 η Ευρωπαϊκή Ένωση αναθεώρησε τα κριτήρια της ποιότητας του νερού εκδίδοντας την υπ.αριθμ 98/93 ΕΚ Οδηγία, της 3ης Νοεμβρίου 1998 "**σχετικά με την ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης**" η οποία συμπεριλαμβάνει και το νερό που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία τροφίμων, ενώ εξαιρεί τα φυσικά μεταλλικά νερά και τα νερά φαρμακευτικών ιδιοτήτων για τα οποία έχουν θεσπιστεί ειδικοί κανόνες (Οδηγία 80/777 για τα μεταλλικά νερά και Οδηγία 65/65 για το νερό που θεωρείται φαρμακευτικό ιδιοσκεύασμα). Επίσης μπορεί να εξαιρείται το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης που λαμβάνεται από συγκεκριμένη πηγή παροχής μικρότερης από 10 m<sup>3</sup> /24ωρο ή που εξυπηρετεί λιγότερα από 50 άτομα. Η οδηγία αυτή ενσωματώθηκε από την Ελληνική Νομοθεσία με την έκδοση της ΚΥΑ Υ2/2600/2001(ΦΕΚ 892Α /11-1-2001).Συνοπτικά τα κυριότερα σημεία της πιο πάνω οδηγίας και της αντίστοιχης ΚΥΑ έχουν ως εξής:

### Μικροβιολογικές παράμετροι

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

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

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή
Escherichia coli (E.coli)	0/250 ml
Εντερόκοκκοι	0/250 ml
Pseudomonas aeruginosa	0/250 ml
Αριθμός αποικιών σε 22 <sup>0</sup> C	100/ml
Αριθμός αποικιών σε 37 <sup>0</sup> c	20/ml

### Χημικές παράμετροι

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα
Ακρυλαμίδιο	0,10	μg/l
Αντιμόνιο	5,0	μg/l
Αρσενικό	10	μg/l
Βενζόλιο	1,0	μg/l
Βενζο-α-πυρένιο	0,01,	μg/l
Βόριο	1,0	mg/l
Βρώμικα	10	μg/l
Κάδμιο	5,0	μg/l
Χρώμιο	50	μg/l
Χαλκός	2,0	mg/l
Κυανιούχα	50	μg/l
1,2 -διχλωροαιθάνιο	3,0	μg/l
Επιχλωρυδρίνη	0,10	μg/l
Φθοριούχα	1,5	mg/l
Μόλυβδος	10	μg/l
Υδράργυρος	1,0	μg/l
Νικέλιο	20	μg/l
Νιτρικά	50	mg/l
Νιτρώδη	0,50	mg/l
Παρασιτοκτόνα	0,10	μg/l
Σύνολο παρασιτοκτόνων	0,50	μg/l
Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες	0,10	μg/l
Σελήνιο	10	μg/l
Τετραχλωροαιθένιο και Τριχλωραιθένιο	10	μg/l
Ολικά τριαλογονομεθάνια	100	μg/l
Βινυλοχλωρίδιο	0,50	μg/l

### Ενδεικτικές παράμετροι

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

### Ραδιενέργεια

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα
Τρίτιο	100	becquerel/l
Ολική ενδεικτική δόση	0,10	MSv/έτος

## 1.5 Χημικές και Ενδεικτικές Παράμετροι

### 1.5.1 pH

Αν και το pH δεν έχει άμεση επίπτωση στους καταναλωτές, είναι μια από τις πιο σημαντικές παραμέτρους της ποιότητας του νερού. Ο έλεγχος του pH είναι σημαντικός για όλα τα στάδια της επεξεργασίας του νερού ώστε να εξασφαλιστεί ικανοποιητική διαύγαση και απολύμανση του νερού. Για αποτελεσματική απολύμανση με χλώριο, το pH πρέπει να είναι κάτω από 8, παρόλα αυτά υπάρχει κίνδυνος να γίνει διαβρωτικό το νερό. Το pH του νερού που κυκλοφορεί στους αγωγούς για διανομή πρέπει να ελέγχεται έτσι ώστε να μην προκαλεί διάβρωση. Ο έλεγχος του ασβεστίου και της αλκαλικότητας του νερού συμβάλλουν επίσης στην σταθερότητα του νερού. Αποτυχία του ελέγχου έχει ως αποτέλεσμα τη μόλυνση του πόσιμου νερού και προκαλεί δυσμενείς επιπτώσεις στη γεύση και στην εμφάνιση. Η βέλτιστη τιμή του pH εξαρτάται από τη σύνθεση του νερού και τα υλικά κατασκευής των αγωγών αλλά συνήθως είναι 6,5-8. Δεν υπάρχει κάποιο όριο παραμετρικής τιμής για το pH στο πόσιμο νερό που να συνδέεται με την υγεία, παρόλα αυτά, προτείνεται να είναι 6,5-9,5 (WHO/SDE/WSH/03.04/12).

### 1.5.2 EC (Ηλεκτρική Αγωγιμότητα)

Το καθαρό νερό δεν είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού. Όσο αυξάνονται τα ιόντα που περιέχονται στο νερό τόσο αυξάνει και η ηλεκτρική αγωγιμότητά του. Το θαλασσίνο νερό έχει αγωγιμότητα περίπου 3-5 S/m ενώ το γλυκό νερό που απαντάται στη φύση από 0,005-0,05 S/m. Γενικά τα διαλυμένα ιόντα στο νερό προέρχονται από διάφορες πηγές φυσικές και μη. Για να είναι καταναλωτικά αποδεκτό το πόσιμο νερό πρέπει να έχει ηλεκτρική αγωγιμότητα μέχρι 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (0,25 S/m).

### 1.5.3 Ιόντα Φθορίου

Το φθόριο αντιπροσωπεύει περίπου τα 0,3 g/Kg του φλοιού της γης και υφίσταται με τη μορφή φθοριόντων σε έναν αριθμό ορυκτών. Η πιο σημαντική πηγή φθοριόντων στο πόσιμο νερό είναι οι φυσικές πηγές. Ορυκτά που περιέχουν φθόριο χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία για διάφορους σκοπούς, περιλαμβανομένης και της παραγωγής αργιλίου. Τα φθοριόντα μπορούν να απελευθερωθούν στο περιβάλλον από πετρώματα που περιέχουν φώσφορο και που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή λιπασμάτων. Αυτές οι φωσφορικές αποθέσεις περιέχουν 4% φθόριο. Το φθοριοπυριτικό οξύ, το εξα-φθοριοπυριτικό νάτριο και το φθοριούχο νάτριο χρησιμοποιούνται στα δημοτικά συστήματα φθορίωσης του νερού. Η καθημερινή έκθεση στο φθόριο εξαρτάται κυρίως από την γεωγραφική περιοχή. Στις περισσότερες περιπτώσεις η τροφή είναι η κύρια πηγή πρόσληψης φθορίου, με μικρότερη συμβολή από το πόσιμο νερό και τις οδοντόκρεμες. Σε περιοχές με σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις, ειδικά στο υπόγειο νερό, το πόσιμο νερό γίνεται η κύρια πηγή φθορίου. Η μέγιστη συγκέντρωση φθορίου στο νερό που έχει αναφερθεί είναι 2800 mg/L. Το όριο της παραμετρικής τιμής του φθορίου στο πόσιμο νερό είναι 1,5 mg/L. Η βάση γι' αυτό το όριο είναι οι επιδημιολογικές μελέτες που τονίζουν ότι συγκεντρώσεις πάνω από αυτή την τιμή προκαλούν οδοντική φθορίωση και μεγάλες τιμές προκαλούν ακόμα και σκελετική φθορίωση. Η τιμή αυτή είναι υψηλότερη από την τιμή που συνιστάται για την τεχνητή φθορίωση του νερού που είναι συνήθως 0,5-1 mg/L. Το

όριο ανίχνευσης με τη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας είναι 0,01 mg/L (IPCS 2002, WHO/SDE/WSH/03.04/96).

#### 1.5.4 Ιόντα Χλωρίου

Τα χλωριόντα στο πόσιμο νερό προέρχονται από φυσικές πηγές (π.χ. εβαπορίτες), λήμματα και εργοστασιακά απόβλητα, αστικές απορροές που περιέχουν αλάτι απόπαγωγής, και διείσδυση αλάτων. Οι διαφορετικές πηγές συχνά μπορούν να βρεθούν από το λόγο Br/Cl (Davis et al., 1998). Υπερβολικές συγκεντρώσεις χλωριόντων αυξάνουν την διάβρωση των μετάλλων στο σύστημα διανομής του νερού και εξαρτώνται από την αλκαλικότητα του νερού. Αυτό μπορεί να προκαλέσει αύξηση των συγκεντρώσεων των μετάλλων στο δίκτυο παροχής του νερού. Δεν υπάρχει κάποιο όριο παραμετρικής τιμής για τα χλωριόντα στο πόσιμο νερό που να συνδέεται με την υγεία (παραπάνω χλωριόντα αποβάλλονται με τα ούρα), παρόλα αυτά, συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 250 mg/L μπορούν να προσδώσουν μια περίεργη, αλμυρή γεύση στο νερό (WHO/SDE/WSH/03.04/3).

#### 1.5.5 Ιόντα Βρωμίου

Τα ιόντα βρωμίου προέρχονται από φυσικές πηγές όπως το θαλασσινό νερό (μέσω της εισροής στις παράκτιες κυρίως περιοχές) αλλά και από την διάλυση εβαποριτικών ορυκτών. Ανθρωπογενείς πηγές μόλυνσης είναι η εξόρυξη μεταλλευμάτων καλίου, η παραγωγή επιβραδυντικών φλόγας και η χρήση των λιπασμάτων και εντομοκτόνων στη γεωργία (Flury and Papritz, 1993). Πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι ένα ποσοστό των ιόντων βρωμίου μπορούν να μετασχηματιστούν σε τριοξειδίο του βρωμίου ή σε οργανικές ενώσεις (τριαλομεθάνια, βρωμοακετικό οξύ, βρωμοακετονιτρίλια κτλ) μέσω των διεργασιών απολύμανσης του νερού (Bätjer et al., 1980, Richardson et al., 2003). Με αυτόν τον τρόπο τα ελαφρώς τοξικά ιόντα βρωμίου μπορούν να μετασχηματιστούν σε πολύ τοξικά και καρκινογόνα υποπροϊόντα (Disinfection By-Products) με πολύ μικρά όρια παραμετρικών τιμών από 0,0004 mg/L (1,2 διβρωμοαιθάνιο) μέχρι 0,1 mg/L (βρωμοφόρμιο) (WHO 2004).

#### 1.5.6 Νιτρικά και Νιτρώδη ιόντα

Τα νιτρικά και νιτρώδη είναι ιόντα που υπάρχουν στην φύση και αποτελούν μέρος του κύκλου του αζώτου. Τα νιτρικά ιόντα χρησιμοποιούνται κυρίως στα ανόργανα λιπάσματα και το νιτρώδες νάτριο χρησιμοποιείται κυρίως σαν συντηρητικό τροφίμων στο επεξεργασμένο κρέας. Η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στο υπόγειο και επιφανειακό νερό είναι συνήθως χαμηλή, αλλά μπορεί να φτάσει σε υψηλά επίπεδα ως αποτέλεσμα της έκπλυσης και της απορροής από τη γεωργική γη, τη μόλυνση από τον άνθρωπο και τα απόβλητα των ζώων, ως συνέπεια της οξειδωσίας της αμμωνίας και άλλες παρεμφερείς πηγές. Αναερόβιες συνθήκες μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα το σχηματισμό και την εμμόνη των νιτρωδών ιόντων. Η χλωρίωση του νερού μπορεί να αυξήσει το σχηματισμό νιτρωδών ιόντων μέσα στο δίκτυο διανομής του νερού αν αυτή δεν ελέγχεται επαρκώς. Ο σχηματισμός νιτρωδών ιόντων είναι συνέπεια μικροβιακής δραστηριότητας και μπορεί να μην εμφανίζεται πάντα. Η νιτροποίηση στο σύστημα διανομής μπορεί να αυξήσει τα επίπεδα των νιτρωδών ιόντων, συνήθως κατά 0,2-1,5 mg/L. Το όριο της παραμετρικής τιμής των νιτρικών ιόντων είναι 50 mg/L. Το όριο της παραμετρικής τιμής των νιτρωδών

ιόντων είναι 0,2 mg/L σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας και 0,5 mg/L σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ένωση. Επίσης το άθροισμα των ποσοστών των συγκεντρώσεων νιτρικών και νιτρωδών δεν θα πρέπει να ξεπερνάει τη μονάδα. Επιδημιολογικές μελέτες αναφέρουν ότι η μεθαιμοσφαιρική αναιμία ή κυάνωση δεν έχει αναφερθεί σε νεογνά τα οποία έπιναν νερό με συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων κάτω των 50 mg/L. Όσον αφορά τα νιτρώδη ιόντα, αυτά είναι 10 φορές πιο ισχυρά σε μοριακή βάση όσον αφορά την μεθαιμοσφαιρική αναιμία. Σε πειράματα σε ζώα, μακροχρόνια έκθεση σε νιτρώδη ιόντα (μέσω του πόσιμου νερού) σε 0,06 mg νιτρωδών ιόντων ανά Kg σωματικής μάζας, προκάλεσαν μορφολογικές αλλαγές στα επινεφρίδια, στην καρδιά και στους πνεύμονες. Το όριο ανίχνευσης με τη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας για τα νιτρικά ιόντα είναι 0,1 mg/L και για τα νιτρώδη ιόντα 0,05 mg/L (WHO/HSE/AMR/07.01/16).

### 1.5.7 Αμμωνιακά ιόντα

Τα αμμωνιακά ιόντα στο περιβάλλον προέρχονται από μεταβολικές διεργασίες, αγροτικές και βιομηχανικές δραστηριότητες και από την απολύμανση με χλωραμίνες. Τα φυσικά επίπεδα στο υπόγειο και επιφανειακό νερό δεν ξεπερνούν, συνήθως, τα 0,2 mg/L. Σε αναερόβιες συνθήκες, το υπόγειο νερό μπορεί να περιέχει αμμωνιακά ιόντα σε συγκεντρώσεις 3 mg/L. Σε περιοχές που υπάρχουν μεγάλες φάρμες ζώων μπορεί να υπάρξει μόλυνση στα επιφανειακά ύδατα. Μόλυνση επίσης μπορεί να προκαλέσουν και οι τσιμεντένιες εσωτερικές συγκολλήσεις αγωγών. Η ύπαρξη αμμωνιακών ιόντων στο νερό είναι πιθανός δείκτης βακτηριακής μόλυνσης καθώς και δείκτης μόλυνσης από λύματα και ζώα. Η ύπαρξη αμμωνιακών ιόντων στο νερό δεν έχει άμεση επίπτωση στην υγεία, για αυτό το λόγο δεν υπάρχει κάποιο όριο παραμετρικής τιμής που να σχετίζεται με την υγεία. Ωστόσο, η ύπαρξη αμμωνιακών ιόντων μπορεί να μειώσει την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης του νερού, να έχει ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό νιτρωδών ιόντων στα συστήματα διανομής του νερού, να μειώσει την αποτελεσματικότητα των φίλτρων για την αφαίρεση μαγγανίου και να προκαλέσει προβλήματα στη γεύση και την οσμή του νερού. Συγκεντρώσεις πάνω από 35 mg/L επηρεάζουν τη γεύση του νερού, ενώ συγκεντρώσεις πάνω από 1,5 mg/L επηρεάζουν την οσμή του νερού (WHO/SDE/WSH/03.04/1).

### 1.5.8 Φωσφορικά ιόντα

Τα φωσφορικά ιόντα εισβάλλουν στο νερό από διάφορες πηγές. Το ανθρώπινο σώμα αποβάλλει 0,45 Kg το χρόνο φωσφόρο. Η χρήση φωσφορικών απορρυπαντικών και άλλων φωσφορικών σκευασμάτων αυξάνει κάθε χρόνο κατά 1,6 Kg (εκφρασμένα σε φώσφορο) ανά κάτοικο. Μερικές βιομηχανίες, όπως αυτές που επεξεργάζονται πατάτα, έχουν απόβλητα υψηλά σε φωσφορικά ιόντα. Οι καλλιεργούμενες, οι δασικές και οι αστικές περιοχές συμβάλουν και αυτές διάφορα ποσά φωσφόρου μέσω της απορροής και της στράγγισης στις πηγές του νερού. Επίσης, φάρμες βοοειδών και πληθυσμοί πάπιας (άγριοι ή εκτρεφόμενοι) είναι πηγές που συνεισφέρουν (EPA - Quality Criteria for Water).

### 1.5.9 Θεϊκά ιόντα

Τα θεϊκά ιόντα απαντώνται στη φύση σε πολλά ορυκτά και χρησιμοποιούνται για εμπορικούς σκοπούς, κυρίως στην χημική βιομηχανία. Απελευθερώνονται στο νερό από βιομηχανικά απόβλητα και μέσω ατμοσφαιρικών αποθέσεων. Παρόλα αυτά, τα υψηλότερα

επίπεδα που συναντώνται στο υπόγειο νερό προέρχονται από φυσικές πηγές. Γενικά, η μέση ημερήσια πρόσληψη των θεικών ιόντων στον άνθρωπο προέρχεται από το νερό, τον αέρα και την τροφή και είναι περίπου 500 mg, με κύρια πηγή την τροφή. Ωστόσο, σε περιοχές με πόσιμο νερό μεγάλης περιεκτικότητας σε θειικά ιόντα, το νερό είναι η κύρια πηγή πρόσληψης θεικών ιόντων. Τα υπάρχοντα δεδομένα δεν μπορούν να προσδιορίσουν ένα όριο στην συγκέντρωση των θεικών ιόντων που μπορεί να προκαλέσει δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου. Διάφορες έρευνες με εθελοντές έχουν δείξει ότι συγκεντρώσεις 1000-1200 mg/L έχουν καθαρτικό αποτέλεσμα αλλά δεν προκαλούν αύξηση της διάρροιας, αφυδάτωση ή απώλεια βάρους. Δεν υπάρχει κάποιο όριο παραμετρικής τιμής για τα θειικά ιόντα στο πόσιμο νερό που να συνδέεται με την υγεία. Ωστόσο, λόγω του ότι η πόση νερού που περιέχει θειικά ιόντα προκαλεί γαστροεντερικές διαταραχές, προτείνεται να ενημερώνονται οι υγειονομικές αρχές σε συγκεντρώσεις 500 mg/L. Η ύπαρξη των θεικών ιόντων πάνω από 250mg/L μπορεί επίσης να προσδώσει μια περιεργή γεύση στο νερό και να προκαλέσει διάβρωση στα συστήματα παροχής του νερού (WHO/SDE/WSH/03.04/114).

#### **1.5.10 Λίθιο**

Το λίθιο είναι ένα φυσικό ορυκτό όπως το νάτριο και το κάλιο. Μικρές ποσότητες υπάρχουν στις περισσότερες τροφές (αυγά, γάλα κτλ). Στο πόσιμο νερό, μικρές ποσότητες λιθίου έχουν συνδεθεί με ψυχικές διαταραχές, αυτοκτονίες και ασθένειες της καρδιάς ενώ δεν ισχύει το ίδιο για την τροφή. Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής συγκεντρώσεις λιθίου στο νερό έχουν βρεθεί από 0,00001 έως 0,170 mg/L με μέσο όρο 0,002 mg/L. Στη Βόρεια Χιλή το λίθιο στο νερό απαντάται σε συγκεντρώσεις 5 mg/L με επιπτώσεις στην υγεία. Παρόλα αυτά ούτε ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, ούτε η Ευρωπαϊκή Ένωση ούτε το Αμερικανικό Γραφείο Προστασίας Περιβάλλοντος, έχουν θεσπίσει κάποιο ανώτατο όριο για το πόσιμο νερό.

#### **1.5.11 Νάτριο**

Το άλατα νατρίου απαντώνται σε όλες τις τροφές και στο πόσιμο νερό. Παρόλο που οι συγκεντρώσεις του νατρίου στο πόσιμο νερό είναι τυπικά μικρότερες από 20mg/L, σε μερικές χώρες είναι πολύ μεγαλύτερες. Τα επίπεδα των αλάτων νατρίου στον αέρα είναι μικρότερα από αυτά που βρίσκονται στην τροφή ή στο νερό. Δεν μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα όσον αφορά την πιθανή σχέση ανάμεσα στο νάτριο που περιέχεται στο πόσιμο νερό και στην υπέρταση. Για αυτόν το λόγο δεν υπάρχει κάποιο όριο παραμετρικής τιμής για τα ιόντα νατρίου στο πόσιμο νερό που να συνδέεται με την υγεία. Παρόλα αυτά συγκεντρώσεις πάνω από 200 mg/L μπορούν να προσδώσουν μια περιεργή γεύση στο νερό (WHO/SDE/WSH/03.04/15).

#### **1.5.12 Κάλιο**

Το κάλιο χρησιμοποιείται σε αποσκληρυντικά νερού λόγω του ότι δεν κάνει κακό στην υγεία. Παρόλα αυτά υπάρχουν ορισμένες ασθένειες που συνδέονται με την υπερκαλιαιμία. Το κάλιο είναι ακόμα υπό ελεγκτική παρακολούθηση.

### 1.5.13 Ασβέστιο και Μαγνήσιο

Το ασβέστιο και το μαγνήσιο επιδρούν στην σκληρότητα του νερού και μπορούν να επηρεάσουν τη γεύση του νερού. Επίσης μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα στο δίκτυο παροχής του νερού λόγω της απόθεσης αλάτων. Δεν υπάρχει κάποιο όριο παραμετρικής τιμής στο πόσιμο νερό που να συνδέεται με την υγεία. Όσον αφορά τη γεύση, το όριο για το ασβέστιο είναι περίπου 100-300 mg/L (ανάλογα με το συνδεόμενο ανιόν) και για το μαγνήσιο πολύ λιγότερο. Ανάλογα με την επίδραση και άλλων παραγόντων όπως το pH και η αλκαλικότητα, ολική σκληρότητα του νερού πάνω από 500 mg/L μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στο δίκτυο παροχής του νερού. Από την άλλη μεριά, ολική σκληρότητα κάτω από 100 mg/L μπορεί να προκαλέσει διάβρωση στους αγωγούς.

## 1.6 Περιοχή Ν. Μαγνησίας - Πήλιο

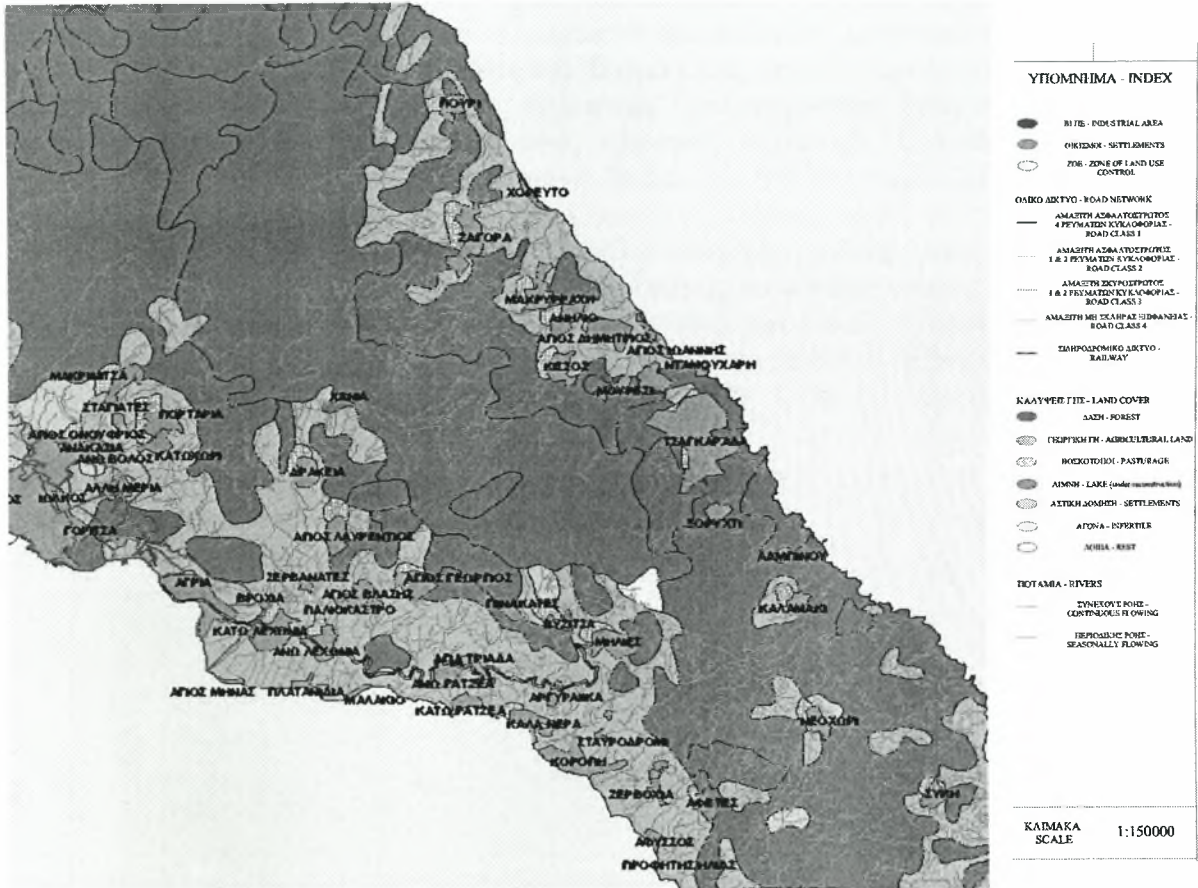
### 1.6.1 Γενικά

Το Πήλιο είναι βουνό στο Νομό Μαγνησίας δίπλα στην πόλη του Βόλου, με ύψος 1.624 μέτρα (κορυφή Πουριανός Σταυρός). Κατά την Ελληνική μυθολογία ήταν η θερινή κατοικία των θεών και πατρίδα των Κενταύρων. Εκτείνεται από τα βορειοδυτικά προς τα νοτιοανατολικά με μήκος κατά προσέγγιση 44 χλμ. και πλάτος που κυμαίνεται από 10 χλμ. στο νότο μέχρι 25 χλμ. στον βορρά και σε συντεταγμένες 39,44N 23,04E. Προσεγγιστικά τα όρια του είναι νότια στο Πλατανόρεμα κοντά στο Νεοχώρι και βόρεια στο Καπόρεμα κοντά στη μονή Φλαμουρίου. Η ψηλότερη κορυφή του βρίσκεται προς τη βόρεια πλευρά του βουνού και δεν είναι επισκέψιμη λόγω ύπαρξης στρατιωτικών εγκαταστάσεων. Άλλες κορυφές είναι το Κοτρώνι 1550 μέτρα, Πλιασίδι 1547 μέτρα, Αηδονάκι 1537 μέτρα, Αγριόλευκες 1471 μέτρα, Δραμάλα 1455 μέτρα, Σχιτζουραύλι 1450 μέτρα, Γολγοθάς 1415 μέτρα, Λαγωνίκα 1300 μέτρα. Όλο το βουνό είναι κατάφυτο από δάση με πανύψηλες οξιές, βελανιδιές, πλατάνια, αγριοκαστανιές, δασική πεύκη, καθώς και συστάδες υβριδογενούς ελάτης. Στα χαμηλότερα υψόμετρα υπάρχουν καλλιέργειες με μηλιές στις ανατολικές πλαγιές, με ελιές στα νότια καθώς και πολύ πυκνή μακριά βλάστηση. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό είναι και η υδρολογική του φύση καθώς οι ανατολικές πλαγιές δέχονται πολύ μεγάλα ποσά βροχής και χιονιού που ξεπερνάνε κατά πολύ τη μέση τιμή της πεδινής Θεσσαλίας. Παρά την παρουσία σε ποσοστό 70% σχιστολιθικών πετρωμάτων που δεν θα επέτρεπαν την δημιουργία σημαντικών υπόγειων πηγών, η ύπαρξη μεγάλων ρηγμάτων έχει οδηγήσει στη δημιουργία αξιόλογων πηγών. Οι σημαντικότερες εξ αυτών είναι αυτές της Καλιακούδας και της Λαγωνίκας. Συνολικά οι γνωστές πηγές στο βουνό φτάνουν τις 70. Ποτάμια με σταθερή ροή δεν υπάρχουν στο Πήλιο, αλλά μεγάλες ρεματιές, όπως αυτή της Λαγωνίκας, του Βρύχωνα, της Καλιακούδας και της Φελούκα με αξιόλογη ροή τους χειμερινούς και ανοιξιάτικους μήνες καθώς και δεκάδες μικρά ρέματα. Είναι τουριστικός προορισμός ολόκληρο τον χρόνο, έχοντας πυκνό δίκτυο μονοπατιών για πεζοπορία και όρμους με μικρές ή μεγάλες παραλίες με άμμο ή βότσαλα. Στο Πήλιο υπάρχουν πάνω από 40 χωριά και οικισμοί χτισμένα με την παραδοσιακή αρχιτεκτονική.



## 1.6.2 Χρήσεις Γης

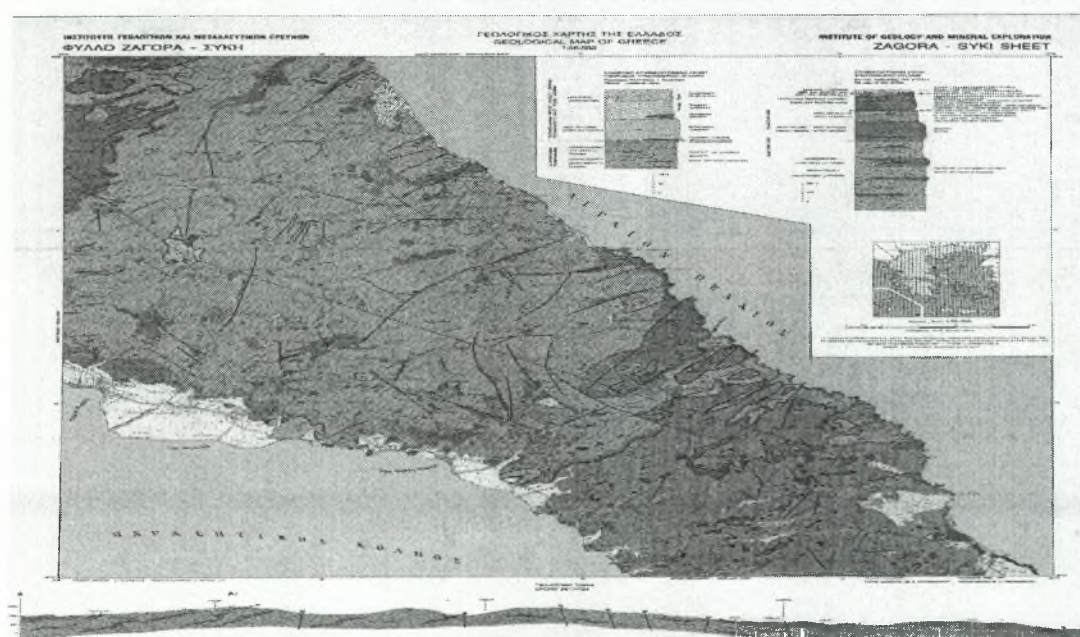
Οι χρήσεις γης της ευρύτερης περιοχής του Πηλίου φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 1.1 Χρήσεις γης Ν. Μαγνησίας

### 1.6.3 Γεωλογικά στοιχεία

Η περιοχή του νομού Μαγνησίας ανήκει στην Πελαγονική ζώνη και αποτελείται από αλούβια ολοκαίνου στα παράλια, τεταρτογενείς θαλάσσιους και λιμναίους σχηματισμούς μη διαχωριζόμενους στην περιοχή της πρώην λίμνης Κάρλας, νεογενείς λιμναίες αποθέσεις κροκαλοπαγών μαργών και αργίλου με στρώματα λιγνίτη στην περιοχή του Αλμυρού, φλύσχη σε Βελεστίνο, Σκιάθο και Σκόπελο, κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, βιοσπαρουδίτες (Τριαδικού και Κατ. Ιουρασικού) και δολομίτες με τοπική εμφάνιση της φάσης Hallstatt στο Μαυροβούνι, Πήλιο και Χλωμό Όρος, κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, βιοσπαρουδίτες Α. Κρητιδικού στο Βελεστίνο, στο ακρωτήριο Τρίκερι, Α. Πήλιο (μεταμορφωμένοι), Γιούρα, Κυρα-Παναγιά, Αλόνησο, Περιστέρα, Παλούκι Σκοπέλου. Στο Ν. Πήλιο, Σκιάθο, Αγκίστρι, περιοχή Βελανιδιά ΒΑ Ν. Αγχιάλου εμφανίζεται σχιστοκερατολιθική διαπλαση (κερατόλιθοι, ψαμμίτες, πηλίτες, φακοί ασβεστολίθων και εγλωβισμένα στρώματα οφιολίθων. Στο Κ. Πήλιο υπάρχουν οφθαλμογενέσιοι, γενέσιοι, σχιστόλιθοι, αμφιβολίτες (Παλαιοζωϊκού-Τριαδικού), οφιοίλιθοι στην περιοχή του Βελεστίνου, βασάλτης πλειοκαίνου στις Μικροθήβες και τέλος πρασινοσχιστόλιθοι, φυλλίτες και γραουβάκες στη Β. Σκόπελο και στην περιοχή Πτελεού-Γαβριανής-Δρυμώνα (ΥΠΕΧΩΔΕ, 1984).



Σχήμα 1.2 Γεωλογικό υπόβαθρο Ν. Μαγνησίας (ΦΥΛΛΟ Γ.Υ.Σ. ΖΑΓΟΡΑ)

Η χερσόνησος έχει έντονο ανάγλυφο (κυρίως ημιορεινό και ορεινό) και η μορφολογία του χαρακτηρίζεται από τη γεινιάσή του με το Αιγαίο.

Το τοπίο εμφανίζει σημαντική ποικιλομορφία (καλλιέργειες, φρυγανότοποι, θαμνώνες, δάση, παράκτιες περιοχές, οικισμοί, χείμαρροι). Τα πετρώματα στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής είναι μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι, φυλλίτες και γενέσιοι καθώς και μάρμαρα, ενώ σποραδικά εμφανίζονται ασβεστολιθικά πετρώματα και φλύσχη.

Όσον αφορά στα εδάφη, στο Πήλιο επικρατούν οι ερυθρές, μελανόφαιες και φαιές ρετζίνες, τα ποτζολικά και δασικά εδάφη, τα οποία είναι πλούσια σε οργανικές ουσίες.

#### 1.6.4 Υδρολογικά στοιχεία

Το επιφανειακό υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής αποστραγγίζει λεκάνες απορροής με έκταση περίπου 1.506km<sup>2</sup> με μέγιστο υψόμετρο 1.529m, παρουσιάζει ιδιαίτερη πυκνότητα, ενώ πρέπει να σημειωθεί ότι η συντριπτική πλειοψηφία των υδατορευμάτων δεν είναι συνεχούς ροής και παρουσιάζει έντονα φαινόμενα χειμαρρικότητας. Υπάρχουν βέβαια και υδατορεύματα που συντηρούνται από πηγές (Κακόρεμα, Μέγα, Φελούκα, Κισσιώτικο, Βρύχωνας, Κουφάλας, Κακοσκάλι και Πλατανόραμα) (Βαβίζος κ.ά., 1996). Το μεγάλο ετήσιο ύψος βροχής, οι χιονοπτώσεις, τα πετρώματα και η πυκνή βλάστηση της περιοχής δημιουργούν ευνοϊκές προϋποθέσεις για την εμφάνιση πολυάριθμων πηγών, από τις οποίες γίνεται κατά κύριο λόγο η υδροληψία σε όλα τα δημοτικά διαμερίσματα και τους οικισμούς που βρίσκονται εντός της περιοχής. Ο αριθμός των πηγών με ικανοποιητική παροχή (> 35 m<sup>3</sup>/h) είναι σημαντικός και η διαίτη τους είναι σχετικά σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Στις πεδινές εκτάσεις, υπάρχουν αρκετές γεωτρήσεις, που στοχεύουν στην ικανοποίηση των αυξημένων απαιτήσεων κυρίως του γεωργικού τομέα.

Στο νομό υπάρχουν αρκετοί χειμαρροι και ρέματα (Χολόρεμα, Πλατανόρεμα, Ξηριάς, Κραυσίνδωνας, Άναυρος, Βρύχωνας κ.λπ.), καθώς και πηγές μεγάλης παροχής των οποίων τα ύδατα χρησιμοποιούνται για ύδρευση και άρδευση. Οι λεκάνες απορροής που καλύπτουν το νομό είναι τέσσερις (ΕΛΚΕΠΑ 1989) :

1. Περιοχή λεκανών απορροής Κραυσίδωνα, Ξηριά βόλου και Ανάυρου. Περιλαμβάνει τους Δήμους Βόλου και Νέας Ιωνίας, την Α΄ΒΙΠΕ και ορισμένους οικισμούς όπως την Άλλη Μεριά, τα Μελισσιάτικα, τις Γλαφυρές, το Σέσκλο, το Διμήνι και τις Αλυκές.

2. Λεκάνη απορροής της Κάρλας. Περιλαμβάνει το Δήμο Βελεστίνου, το υπόλοιπο μέρος της ΒΙΠΕ εκτός από το Διμήνι και το Σέσκλο και τους οικισμούς Στεφανοβίκειο, Κανάλια, Κερασιά, Άγιος Γεώργιος Φερρών.

3. Περιοχή παράκτιων ρεμάτων της χερσονήσου του Πηλίου που εκβάλλουν στον Παγασητικό. Περιλαμβάνει την πλευρά του Πηλίου από Αγριά μέχρι Μηλίνα.

4. Περιοχή που περιλαμβάνει τα παράκτια ρέματα Μαυροβουνίου και Πηλίου που εκβάλλουν στο Αιγαίο.

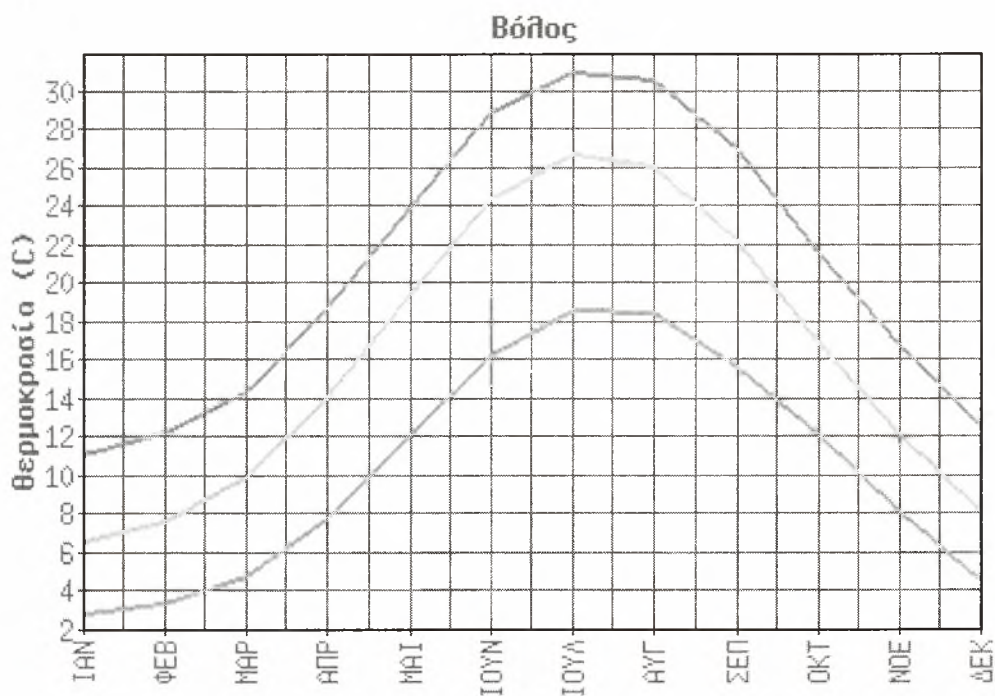
#### 1.6.5 Υδρολογικά στοιχεία

Όσον αφορά στο κλίμα, στο Α. Πήλιο είναι υγρό, στο ΝΑ και Β. ύφυγρο και στο ΝΔ ημίξηρο. Στην περιοχή του Αλμυρού το κλίμα είναι ηπειρωτικό και μεταβάλλεται σε μεσογειακό στο ανατολικό τμήμα. Ο ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος και ο θερμότερος ο Ιούλιος. Στις πεδινές περιοχές το ύψος βροχής κυμαίνεται από 400-600 mm, ενώ στα ορεινά και ημιορεινά της Όθρυος και του Πηλίου από 600-1200 mm.

Για την εξαγωγή συμπερασμάτων πάνω στις κλιματικές παραμέτρους θα χρησιμοποιήσουμε τα στοιχεία του μετεωρολογικού σταθμού Αγχιάλου αλλά και του Βόλου.

**Πίνακας 1.3** Θερμοκρασίες Μ.Σ. Αγχιάλου περιόδου 1956-1997 (ΕΜΥ)

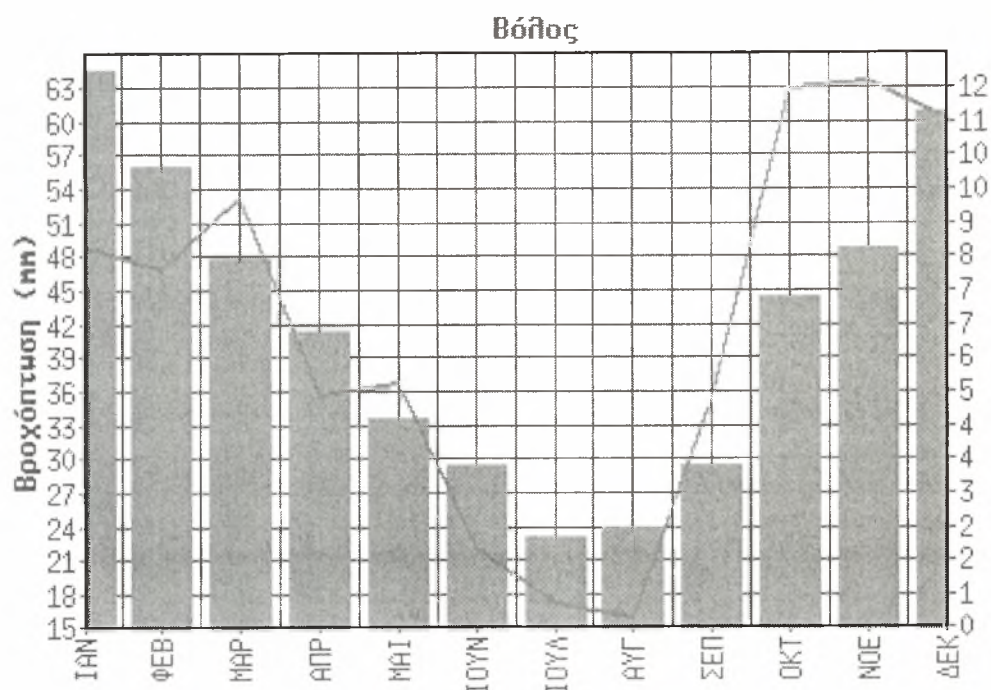
1° Εξάμηνο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ
Ελάχιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	2.8	3.4	4.8	7.7	12.1	16.3
Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία	6.6	7.6	9.9	14.1	19.5	24.5
Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	11.1	12.3	14.3	18.8	24.0	29.0
2° Εξάμηνο	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Ελάχιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	18.6	18.5	15.7	12.1	8.2	4.5
Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία	26.8	26.1	22.2	16.9	12.1	8.2
Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	31.0	30.7	27.0	21.6	16.8	12.6



**Διάγραμμα 1.1** Θερμοκρασίες Μ.Σ. Αγχιάλου περιόδου 1956-1997 (ΕΜΥ)

**Πίνακας 1.4** Ύψος βροχοπτώσεων Μ.Σ. Αγχιάλου περιόδου 1956-1997 (ΕΜΥ)

1° Εξάμηνο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ
Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση	49.0	46.9	53.3	35.8	36.8	22.1
Συνολικές Μέρες Βροχής	12.3	10.2	8.1	6.5	4.6	3.6
2° Εξάμηνο	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση	17.4	15.9	35.6	63.1	63.6	60.5
Συνολικές Μέρες Βροχής	2.0	2.2	3.6	7.3	8.4	11.4



**Διάγραμμα 1.2** Ύψος βροχοπτώσεων Μ.Σ. Αγχιάλου περιόδου 1956-1997 (ΕΜΥ)

**Πίνακας 1.5** Θερμοκρασίες και βροχόπτωση Μ.Σ. Βόλου περιόδου 2007-2008

Μήνας	Θερμοκρασία °C					Βροχόπτωση (mm)
	Μέση	Μέση μέγιστη	Μέση ελάχιστη	Απόλυτη μέγιστη	Απόλυτη ελάχιστη	
Απρίλιος	15,6	20,5	11,1	27,8	7,1	5,6
Μάιος	21,3	26,3	17,1	30,8	14,7	49
Ιούνιος	26,9	32,5	22,1	44,7	16,9	39,8
Ιούλιος	29,3	34,7	24,4	44,1	21,1	0
Αύγουστος	28,3	33,5	23,5	38,2	15,7	11,4
Σεπτέμβριος	22,8	27,5	18,5	33,3	13,6	5,8
Οκτώβριος	18,1	22,2	14,5	28,7	8,3	48,8
Νοέμβριος	12,7	16,4	9,5	21,9	5,8	104,8
Δεκέμβριος	8	11	5,4	18,4	0	31,6
Ιανουάριος	7,8	11,1	5	16,3	-0,1	4,2
Φεβρουάριος	9,1	13,1	5,7	19,3	-3,7	20,4
Μάρτιος	14,7	19,5	10,4	24,9	7,8	18,6
<b>Μέσος όρος</b>	<b>17,8</b>	<b>22,3</b>	<b>13,9</b>	<b>29</b>	<b>8,9</b>	<b>28,3</b>

### 1.6.6 Πιθανές Πηγές Ρύπανσης

#### Υφαλμύρωση νερού

Παρατηρείται πρόβλημα υφαλμύρωσης σε αρκετές περιοχές (Αγριά, Μηλίνα, πολεοδομικό συγκρότημα και ευρύτερη περιοχή Βόλου), η οποία οφείλεται κυρίως σε ανθρωπογενείς αιτίες (π.χ. υπεράντληση νερού για αρδευτικούς ή και υδρευτικούς σκοπούς). Ακόμη σε περιοχές όπου γίνεται εντατική χρήση αζωτούχων λιπασμάτων, η περίσσεια νιτρικών ιόντων καταλήγει στους υδάτινους αποδέκτες (π.χ. Παγασητικό), προκαλώντας περιστασιακά το φαινόμενο του ευτροφισμού ή/και περνούν στον υπόγειο υδροφόρα. Σε μερικές πηγές κοντά σε οικισμούς που δεν καλύπτονται από αποχετευτικό δίκτυο παρατηρείται μικροβιακή μόλυνση από την διείσδυση αστικών λυμάτων λόγω της εκτεταμένης χρήσης απορροφητικών βόθρων.

#### Ρύπανση από ελαιοτριβεία

Στο νομό Μαγνησίας λειτουργούν 50 ελαιοτριβεία στις περιοχές Αγριάς Αφήσσου, Νότιου Πηλίου, Βόλου κτλ. Το μεγαλύτερο πρόβλημα επικεντρώνεται στην ανατολική πλευρά του Παγασητικού (από Αγριά μέχρι Άφησο), ενώ στο Πήλιο και στις Σποράδες δεν φαίνεται να δημιουργείται αξιοσημείωτο πρόβλημα ρύπανσης (Παυλίδης, 1994). Σύμφωνα πάλι με τον Παυλίδη (1994), στο νομό Μαγνησίας οι τελικοί αποδέκτες των αποβλήτων των ελαιοτριβείων είναι το έδαφος (επιφανειακά ή υπόγεια), η θάλασσα (Παγασητικός, Αιγαίο) και οι χείμαρροι. Όσον αφορά στους χείμαρρους, αν είναι μόνιμης ή συνεχούς ροής με παροχή μεγαλύτερη από 8-10 L/s, τότε η διαλυτική ικανότητα της παροχής είναι ικανή να υποβιβάσει το οργανικό φορτίο σε επιθυμητές τιμές, αφού διαθέτει και ικανή κινητική – οξυγονωτική ικανότητα. Για τη διάθεση στο έδαφος απαιτούνται αδιαπέρατα εδάφη, αλλά και πάλι υπάρχει η οσμητική ρύπανση. Η διάθεση στη θάλασσα θεωρείται βέλτιστη, δεδομένου ότι κατά τη διάρκεια λειτουργίας των ελαιοτριβείων (Νοέμβριος-Μάρτιος), ο κυματισμός εξουδετερώνει το ρυπαντικό φορτίο και η προσωρινή οπτική

ρύπανση δεν επηρεάζει την τουριστική δραστηριότητα. Επιβάλλεται βέβαια ο καθορισμός της μέγιστης ανεκτής ανά μονάδα χρόνου ποσότητας ελαιουργικού αποβλήτου η οποία καθορίζεται από διάφορους παράγοντες.

#### Ανεξέλεγκτη διάθεση απορριμμάτων

Σημαντικές πιέσεις στο χερσαίο περιβάλλον της Μαγνησίας προκαλούνται από την παρουσία περισσότερων από 100 ανεξέλεγκτων ή ημιελεγχόμενων χώρων απόθεσης αστικών απορριμμάτων (Κούγκολος, 2000). Ένας μεγάλος αριθμός χωματερών βρίσκεται μέσα ή κοντά σε ρέματα, χειμάρρους ή δασικές εκτάσεις, είναι ορατές από το οδικό δίκτυο και από οικισμούς και γειτνιάζουν με σημαντικούς αρχαιολογικούς χώρους. Η εξυγίανση των παραπάνω χώρων θεωρείται επιβεβλημένη καθώς μία χωματερή μπορεί να εξακολουθήσει να παράγει περιβαλλοντικά προβλήματα στο έδαφος την γλωρίδα, την πανίδα και τα νερά, ακόμη και 30 χρόνια μετά την παύση λειτουργίας της (Κόλλιας, 1993).

#### Ατμοσφαιρική ρύπανση

Σύμφωνα με πρόσφατη μελέτη (Σουμπέκας και Σπυρίδης, 2004), οι συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων  $\leq 10 \mu\text{m}$  στην περιοχή του Βόλου (μετρήσεις της NAM και των μελετητών), ξεπέρασαν κατά πολύ τις οριακές μέσες συγκεντρώσεις που έχει ορίσει η Ε.Ε. Όσον αφορά στα ολικά αιωρούμενα σωματίδια (TSP), έχουν παρατηρηθεί υπερβάσεις των θεσμοθετημένων οριακών τιμών από μετρήσεις της ΔΕΥΑΜΒ (1996), σε ορισμένες θέσεις (κοντά στο εργοστάσιο ΑΓΕΤ-ΗΡΑΚΛΗΣ). Όσον αφορά στους αέριους ρύπους διοξείδιο του θείου ( $\text{SO}_2$ ), οξείδια του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ), μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και όζον ( $\text{O}_3$ ), σύμφωνα με στοιχεία της Ν.Α.Μ., οι μέγιστες τιμές όζοντος εμφανίζονται κατά τη θερινή περίοδο, ενώ το χειμώνα λόγω της λειτουργίας των κεντρικών θερμάνσεων παρατηρούνται αυξημένες τιμές  $\text{SO}_2$ .

Τις πρωϊνές ώρες (7-10 π.μ.) παρατηρείται αυξημένη ρύπανση από  $\text{NO}_x$ , CO και  $\text{SO}_2$  λόγω της λειτουργίας καυστήρων, βιομηχανικών λεβήτων και αυξημένης κυκλοφορίας οχημάτων. Επίσης αέριοι ρύποι (αιωρούμενα σωματίδια και  $\text{SO}_2$ ) εκπέμπονται και από τη Χαλυβουργία Θεσσαλίας.

#### Λιπάσματα - Φυτοφάρμακα

Οι μονοκαλλιέργειες δενδρωδών ειδών (κυρίως μηλιάς και ελιάς), αλλά και αχλαδιάς και κερασιάς καλλιεργούνται με εντατικό τρόπο και χρησιμοποιούνται αρκετά μεγάλες ποσοτήτων αγροχημικών, με αποτέλεσμα την τοπική ρύπανση του εδάφους και των νερών. Μέσω των μηχανισμών της διάβρωσης και της απορροής του εδάφους, τα αγροχημικά είναι δυνατό να μεταφερθούν στις πηγές του πόσιμου νερού και να τις μολύνουν.

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

### Υλικά και Μέθοδοι

#### 2.1 Δειγματοληψία δειγμάτων

Τα δείγματα του πόσιμου νερού συλλέχθηκαν από 17 χωριά του Πηλίου του Ν. Μαγνησίας κατά το διάστημα Απριλίου 2007 μέχρι και Μαρτίου του 2008. Τα χωριά από τα οποία συλλέχθηκαν τα δείγματα ήταν τα εξής: Αγριά, Κάτω Λεχώνια, Πλατανίδια, Κάτω Γατζέα, Καλά Νερά, Άφυσσος, Άγιος Ιωάννης, Χορευτό, Μηλιές, Τσαγκαράδα, Μούρεσι, Ανήλιο, Μακρυράχη, Ζαγορά, Χάνια, Μακρυνίτσα και Πορταριά.

Η δειγματοληψία γινόταν μια φορά κάθε μήνα. Από κάθε σημείο δειγματοληψίας ελήφθησαν 3 δείγματα νερού. Οι δειγματοληψίες των δειγμάτων έγιναν με βάση τις οδηγίες και τις αρχές του βιβλίου Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water Published by A.P.H.A., A.W.W.A., W.E.F., 21<sup>η</sup> έκδοση (2005).

Τα δείγματα συγκεντρώθηκαν από όσο το δυνατό πιο αντιπροσωπευτικά σημεία. Τα σημεία επιλεχθήκαν έτσι ώστε να αποτελούν αντιπροσωπευτικό δείγμα από το πόσιμο νερό του δημοσίου δικτύου ύδρευσης της κάθε περιοχής και όχι από μεμονωμένες γεωτρήσεις ή απομονωμένα δίκτυα.

Τα σημεία δειγματοληψίας ορίστηκαν με ακρίβεια και καταγράφηκαν με τη βοήθεια φορητής συσκευής GPS, έτσι ώστε κάθε φορά να λαμβάνεται δείγμα από το ίδιο σημείο.

#### 2.2 Μέθοδοι και Υλικά ανάλυσης

Τα δείγματα του πόσιμου νερού συγκεντρώθηκαν σε αποστειρωμένα δοχεία πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας, όγκου 1000mL. Αποφεύχθηκαν τα γυάλινα γιατί περιέχουν αλκάλια, δρουν ως ασθενείς ιοντοανταλλάκτες και ως πηγές φθορίου. Τα δοχεία ξεπλύθηκαν αρκετές φορές με υπερκάθαρο ύδωρ. Κατά τη δειγματοληψία τα δοχεία ξεπλύθηκαν 2-3 φορές με το ύδωρ της δειγματοληψίας. Τα δείγματα μεταφέρθηκαν ταχύτατα στο Εργαστήριο Υδραυλικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας μέσα σε φορητό ψυγείο στο οποίο η θερμοκρασία διατηρήθηκε χαμηλότερη από 4°C ώστε να προφυλαχθούν από αλλοιώσεις ως προς το είδος και την ποιότητα των χαρακτηριστικών τους.

Στη συνέχεια ακολούθησε διήθηση με ηθμό 0,45 μm (Millipore), (AOAC, 1992) μέχρι διαυγάσεως του δείγματος.

Οι χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν αφορούν τις εξής παραμέτρους (WHO 2006, 80/778/EOK, 98/83/EK): το pH, την ηλεκτρική αγωγιμότητα, τα ιόντα φθορίου, χλωρίου και βρωμίου, τα νιτρικά και νιτρώδη ιόντα, τα θειικά και αμμωνιακά ιόντα και τα ιόντα λιθίου, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου.

- Οι συντεταγμένες των σημείων δειγματοληψίας βρέθηκαν με φορητό όργανο Garmin G60.
- Οι μετρήσεις του pH πραγματοποιήθηκαν άμεσα στο πεδίο της δειγματοληψίας με φορητό όργανο τύπου HANNA-H8424.
- Οι μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας πραγματοποιήθηκαν άμεσα στο πεδίο της δειγματοληψίας με φορητό όργανο τύπου WTW-LF196.
- Ο προσδιορισμός των ανιόντων και κατιόντων πραγματοποιήθηκε με την ιοντική χρωματογραφία της στήλης εναλλαγής ιόντων σε συνδυασμό με ανιχνευτή ηλεκτρικής αγωγιμότητας, του οίκου της Alltech<sup>®</sup>. Η μέθοδος της ιοντικής χρωματογραφίας είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος προσδιορισμού διαφόρων παραμέτρων, αναφέρεται



και αναγνωρίζεται επίσημα και στην τελευταία έκδοση του Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water Prepared by A.P.H.A., A.W.W.A., W.P.C.F., 2005.

Στον πίνακα 2.1 παρουσιάζονται συνοπτικά όλες οι παράμετροι και οι μέθοδοι με τις οποίες εξετάστηκαν στα δείγματα πόσιμου νερού.

**Πίνακας 2.1.** Παράμετροι και μέθοδοι προσδιορισμού

Παράμετρος	Μέθοδος
pH, Ηλεκτρική αγωγιμότητα	Φορητά όργανα στο πεδίο δειγματοληψίας
Ιόντα Φθορίου, Χλωρίου, Βρωμίου	Ιοντική Χρωματογραφία
Νιτρικά και Νιτρώδη ιόντα	“”
Θειικά και Αμμωνιακά ιόντα	“”
Ιόντα Λιθίου, Νατρίου, Καλίου	“”
Ιόντα Μαγνησίου, Ασβεστίου	“”

### 2.3 Προσδιορισμός της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου

Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου εκφρασμένος σε μονάδες pH, είναι μια από τις σημαντικότερες και βασικότερες μετρήσεις κατά την εξέταση των υδάτων και αποβλήτων (Mudrich et al., 1996). Σε δεδομένη θερμοκρασία το pH δείχνει πόσο όξινο ή αλκαλικό είναι ένα διάλυμα ή το βαθμό ιονισμού του διαλύματος. Στο πόσιμο νερό η τιμή του pH πρέπει να κυμαίνεται από 6,5 ως 9,5. Το pH προσδιορίζεται ηλεκτρομετρικά, με τη χρήση ειδικών οργάνων που ονομάζονται πεχάμετρα.

Επειδή η τιμή του pH είναι εύκολο να μεταβληθεί από διάφορους παράγοντες (π.χ. αναπνοή μικροοργανισμών) οι μετρήσεις του pH πραγματοποιήθηκαν άμεσα στο πεδίο της δειγματοληψίας με φορητό όργανο τύπου HANNA-H8424, με ηλεκτρόδιο Ag/AgCl, σταθερού δυναμικού και ενσωματωμένο θερμόμετρο. Τα δεδομένα εκφράστηκαν με ακρίβεια ενός δεκαδικού ψηφίου.

Όπως αναφέρεται σε πολλές έρευνες (Dean, 1985, Schoemaker et. al., 1989, Hem 1985) η μέτρηση του pH παρουσιάζει διαφορές ανάμεσα στη μέτρηση στο πεδίο και στο εργαστήριο γι' αυτό και η μέτρηση κρίθηκε σκόπιμο να γίνει στο πεδίο.

### 2.4 Προσδιορισμός της τιμής της ηλεκτρικής αγωγιμότητας

Ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι η αριθμητική έκφραση των ηλεκτρικών φορτίων που φέρει ένα υδατικό διάλυμα και εξαρτάται από την ολική συγκέντρωση των ιονιζομένων ουσιών, που περιέχονται στο δείγμα. Στο πόσιμο νερό η αγωγιμότητα πρέπει να είναι μέχρι 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Η τιμή της αγωγιμότητας αποτελεί μια ένδειξη για τις τιμές των συγκεντρώσεων των διαλυμένων μετάλλων. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιείται σαν δείκτης παρακολούθησης της διακύμανσης των τιμών των συγκεντρώσεων. Η μέτρηση αυτής της παραμέτρου γίνεται με όργανα που ονομάζονται αγωγιμόμετρα.

Επειδή η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας μπορεί να μεταβληθεί (υποβάθμιση δείγματος) οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν άμεσα στο πεδίο της δειγματοληψίας με φορητό όργανο τύπου WTW-LF 196. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε  $\mu\text{S cm}^{-1}$ .

Όπως αναφέρεται σε πολλές έρευνες (Dean, 1985, Schoemaker et. al., 1989, Hem 1985) η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας παρουσιάζει διαφορές ανάμεσα στη μέτρηση στο πεδίο και στο εργαστήριο γι' αυτό και η μέτρηση κρίθηκε σκόπιμο να γίνει στο πεδίο.

## 2.5 Ιοντική χρωματογραφία

### 2.5.1 Αρχή της τεχνικής

Ο όρος “ιοντική χρωματογραφία” εισήχθη στη διεθνή βιβλιογραφία το 1975 από τον H. Small, με σκοπό την περιγραφή μίας τεχνικής υγρής χρωματογραφίας διαχωρισμού ανόργανων ιόντων, όπου η στατική φάση της στήλης διαχωρισμού ήταν ιονανταλλακτική ρητίνη, το υγρό έκλουσης υδατικό διάλυμα ηλεκτρολυτών και ο ανιχνευτής αγωγιμομετρικός. Σε σειρά με τη στήλη διαχωρισμού ήταν απαραίτητη η τοποθέτηση μίας δεύτερης στήλης ιονανταλλακτικής ρητίνης, με δραστικές ομάδες αντίθετου φορτίου από τη στήλη διαχωρισμού, ώστε να επιτευχθεί εξουδετέρωση της κινητής φάσης, μείωση της αγωγιμότητας υποβάθρου και επομένως αύξηση του λόγου σήματος προς θόρυβο (Matusiewicz 1980). Τα αμέσως επόμενα χρόνια, υπήρξε σημαντική ανάπτυξη στην τεχνική της ιοντικής χρωματογραφίας, τόσο από την πλευρά των αναλυτικών εφαρμογών όσο και από την πλευρά της τεχνολογίας, με αποτέλεσμα να καταστούν εφικτοί προσδιορισμοί, τόσο οργανικών όσο και ανόργανων, κατιόντων και ανιόντων, ακόμη και πολύ ασθενώς ιονιζόμενων σωματιδίων, σε ένα πλήθος φυσικών και βιομηχανικών δειγμάτων. Η τεχνική της χημικής καταστολής (δέσμευση των ιόντων της κινητής φάσης) δεν είναι πλέον μονόδρομος για την ιοντική χρωματογραφία, ενώ τα υγρά έκλουσης δεν είναι αναγκαστικά υδατικά διαλύματα. Παράλληλα, εκτός από τον αγωγιμομετρικό ανιχνευτή, έχει γίνει εφικτό να ενσωματωθούν στην ιοντική χρωματογραφία όλα τα συστήματα ανίχνευσης που είχαν αναπτυχθεί για την υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης, καθώς και οι αντλίες υψηλής απόδοσης που αρχικά ήταν μη συμβατές εξαιτίας των διαβρώσεων που προκαλούσαν τα εκλουστικά υγρά της ιοντικής χρωματογραφίας. Επίσης, ο μηχανισμός διαχωρισμού ιόντων δεν περιορίζεται πλέον στον κλασικό ιονανταλλακτικό μηχανισμό, αλλά μπορούν να επιτευχθούν διαχωρισμοί με βάση μηχανισμό αποκλεισμού κατά μέγεθος (ion exclusion chromatography), με μηχανισμό ιοντικών αλληλεπιδράσεων (ion interaction chromatography) ή με συνδυασμό μηχανισμών για ταυτόχρονο προσδιορισμό ανιόντων και κατιόντων (πολυδιάστατη ιοντική χρωματογραφία). Πολύ σημαντική είναι επίσης η εισαγωγή στην ιοντική χρωματογραφία της τεχνολογίας των στηλών υψηλής απόδοσης, που βασίζονται σε πληρωτικά υλικά μικρής χωρητικότητας και μικρού μεγέθους σωματιδίων. Επομένως, είναι εμφανές ότι ο όρος ιοντική χρωματογραφία, έπειτα από 25 και πλέον χρόνια ανάπτυξης, έχει διευρυνθεί, με αποτέλεσμα να συμπεριλαμβάνει κάθε τεχνική χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης που αφορά το διαχωρισμό και προσδιορισμό ιοντικών ενώσεων.

Ένα τυπικό σύστημα ιοντικής χρωματογραφίας (Σχήμα 2.1) αποτελείται από επτά κυρίως τμήματα:

- 1) Τα δοχεία παροχής κινητής φάσης, η σύσταση της οποίας μπορεί να είναι σταθερή (ισοκρατική έκλυση) ή μεταβαλλόμενη (βαθμιδωτή έκλυση) κατά τη διάρκεια του χρωματογραφικού διαχωρισμού.
- 2) Την αντλία, η οποία καθορίζει τη ροή της κινητής φάσης με την παλινδρομική κίνηση ενός ή δύο πιστονίων, τα οποία τοποθετούνται σε σειρά ή παράλληλα.
- 3) Το σύστημα εισαγωγής δείγματος, το οποίο αποτελείται από βρόχο καθορισμένου όγκου και μπορεί να συνοδεύεται από σύστημα αυτόματης δειγματοληψίας.

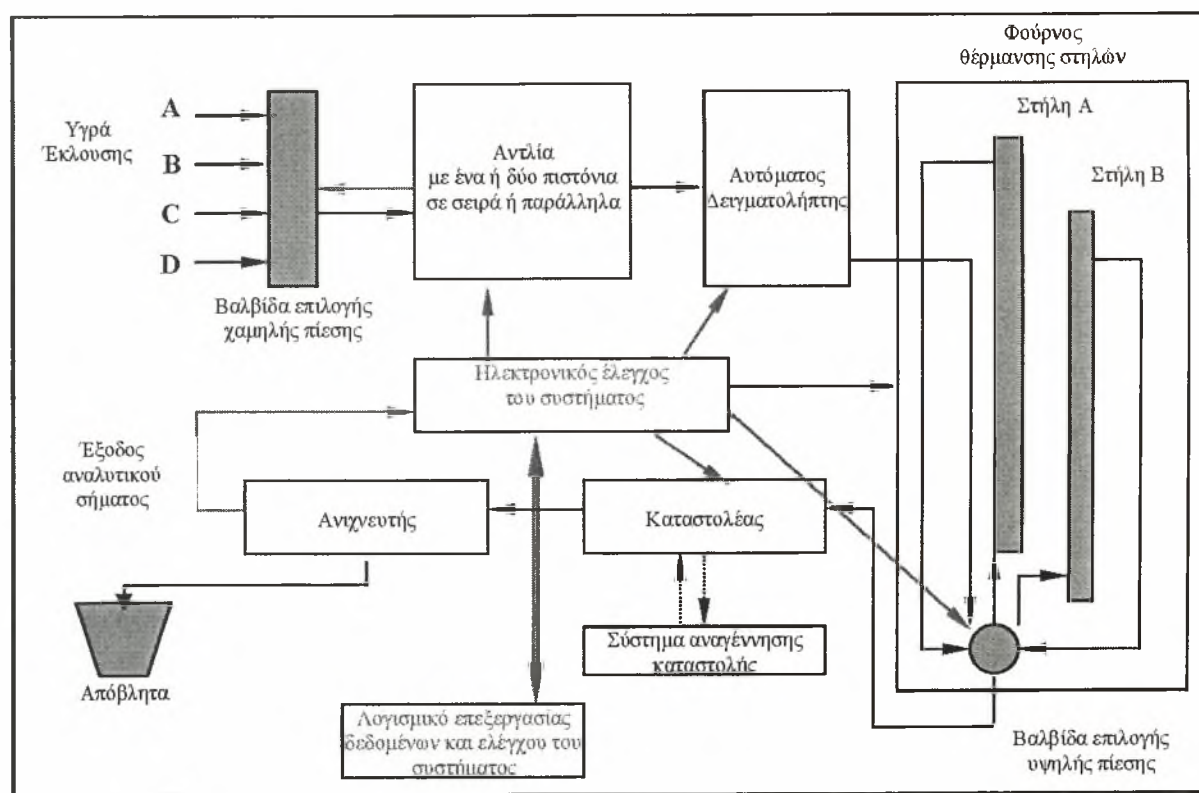
4) Την αναλυτική στήλη, η οποία είναι υπεύθυνη για το χρωματογραφικό διαχωρισμό και συνήθως έχει ως υλικό στήριξης συμπολυμερές στυρενίου / διβινυλοβενζολίου με κάποιο ποσοστό σταυροδεσμών ή πηκτική διοξειδίου του πυριτίου (silica gel), όπου στην περίπτωση του ιονανταλλακτικού μηχανισμού το υλικό στήριξης έχει τροποποιηθεί χημικώς με την προσθήκη δραστικών ιονανταλλακτικών ομάδων.

5) Το σύστημα καταστολής, το οποίο μειώνει με χημικό, ηλεκτροχημικό ή ηλεκτρονικό τρόπο την αγωγιμότητα υποβάθρου και επομένως τοποθετείται, χωρίς να είναι πάντα απαραίτητο, μόνο στην περίπτωση που ο ανιχνευτής είναι αγωγιμομετρικός.

6) Τον ανιχνευτή.

7) Το σύστημα ελέγχου, το λογισμικό επεξεργασίας και τη μονάδα αποθήκευσης των δεδομένων.

Με εξαίρεση το θάλαμο της αντλίας, το υλικό κατασκευής των τμημάτων της ιοντικής χρωματογραφίας είναι το οργανικό πολυμερές PEEK (PolyEtherEtherKetone), το οποίο είναι ανθεκτικό σε όλη την περιοχή του pH.



Σχήμα 2.1 Διάγραμμα ροής κινητής φάσης (→), υγρού καταστολής (—→), και ηλεκτρονικού σήματος (—→), ιοντικού χρωματογράφου με δύο στήλες και σύστημα χημικής καταστολής.

## 2.5.2 Χρωματογραφικός διαχωρισμός

Η χρωματογραφία είναι μία τεχνική συνεχούς διφασικής κατανομής κατ' αντιστροφή, βασίζεται δηλαδή στην κατανομή των προς διαχωρισμό ουσιών εντός δύο φάσεων, όπου η μία φάση διατηρείται ακίνητη (στατική φάση), ενώ η δεύτερη βρίσκεται υπό συνεχή ροή (κινητή φάση ή εκλουστικό διάλυμα). Η σχετική κίνηση της μίας φάσης ως προς την άλλη έχει ως αποτέλεσμα τη συνεχή μεταβολή των στιγμιαίων συγκεντρώσεων και των αντίστοιχων στιγμιαίων χημικών ισορροπιών των προς διαχωρισμό ουσιών στις δύο φάσεις και επομένως τη μετατόπιση των κατανομών συγκέντρωσης προς την κατεύθυνση κίνησης της κινητής φάσης, με διαφορετική όμως ταχύτητα για κάθε προς διαχωρισμό ουσία, εξαρτώμενη από θερμοδυναμικούς και κινητικούς παράγοντες (Wittmern et al, 1975).

Ο χρωματογραφικός διαχωρισμός με το μηχανισμό της ιονανταλλαγής στηρίζεται, όπως όλοι οι χρωματογραφικοί διαχωρισμοί, στο μερισμό μίας ουσίας μεταξύ δύο φάσεων και στη στιγμιαία αποκατάσταση χημικής ισορροπίας. Οι φάσεις που συμμετέχουν στον παραπάνω διαχωρισμό είναι: α) ένα διάλυμα ιόντων, με διαλύτη συνήθως νερό, υπό ροή (κινητή φάση ή εκλουστικό υγρό) και β) ένα στερεό πολυμερές, με σχεδόν μηδενική διαλυτότητα στο διαλύτη της κινητής φάσης, που φέρει ιονισμένες δραστικές ομάδες (functional groups) χημικώς προσδεμένες στο πολυμερές υπόστρωμα (ιονανταλλάκτης). Η ηλεκτρική ουδετερότητα του ιονανταλλάκτη επιτυγχάνεται με την ύπαρξη ίσου και αντίθετου φορτίου προς τις δραστικές ομάδες αντισταθμιστικών ιόντων (counter ions), τα οποία συγκρατούνται στη ρητίνη εξαιτίας ηλεκτροστατικών αλληλεπιδράσεων με τις δραστικές ομάδες (Sood et al, 1976).

## 2.5.3 Στήλες Ιοντικής Χρωματογραφίας

Οι ρητίνες ιονανταλλαγής είναι εν γένει το υλικό επιλογής για την πλήρωση στηλών ιοντικής χρωματογραφίας. Μια ιονανταλλακτική ρητίνη αποτελείται από τρία κυρίως τμήματα: α) ένα μη διαλυτό οργανικό ή ανόργανο υπόστρωμα, β) δραστικές ιονανταλλακτικές ομάδες (functional groups) και γ) αντισταθμιστικά ιόντα αντιθέτου φορτίου προς τις ιονανταλλακτικές ομάδες (counter ions), έτσι ώστε να διατηρείται η ηλεκτρική ουδετερότητα. Οι ρητίνες ιονανταλλαγής πρέπει επίσης να διαθέτουν τα εξής χαρακτηριστικά ποιότητας προκειμένου να είναι κατάλληλες ως υλικό πλήρωσης στηλών ιοντικής χρωματογραφίας: α) ταχύτητα ανταλλαγής των ιόντων όσο το δυνατόν μεγαλύτερη, β) χημική σταθερότητα σε ευρεία περιοχή pH, γ) καλή μηχανική αντοχή και αντίσταση σε μεγάλες μεταβολές της οσμωτικής πίεσης και δ) αντίσταση στην αποσύνθεση κατά την πλήρωση και τη ροή της κινητής φάσης. Μια ποικιλία υλικών έχει χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα ιονανταλλακτικών ρητινών. Το υλικό που κυριαρχεί πλέον στις σύγχρονες στήλες ιοντικής χρωματογραφίας είναι τα οργανικά συμπολυμερή του στυρενίου, ενώ χρησιμοποιείται και η πηκτή διοξειδίου του πυριτίου (Pescosock et al., 1997). Η χημική σταθερότητα είναι ένα σημαντικό πλεονέκτημα των οργανικών πολυμερών σε σχέση με την πηκτή διοξειδίου του πυριτίου, που παρουσιάζει ευαισθησία σε αλκαλικό περιβάλλον.

## 2.5.4 Ανιονταλλακτικές ρητίνες

Η συνήθως χρησιμοποιούμενη ομάδα των ανιονταλλακτικών ρητινών είναι το τεταρτοταγές αμμώνιο  $-N(R)_3^+$ , το οποίο εισάγεται στο υπόστρωμα πολυμερούς σε δύο στάδια: α) γίνεται χλωρομεθυλίωση, δηλαδή εισαγωγή της ομάδας  $(-CH_2Cl)$  στον αρωματικό δακτύλιο και β) εισαγωγή τριτοταγούς αμίνης  $N(R)_3$  με αντίδραση υποκατάστασης του

χλωρίου. Στις ανιοανταλλακτικές ρητίνες, οι στήλες χαμηλής χωρητικότητας πλεονεκτούν έναντι των στήλων υψηλής χωρητικότητας για τους ίδιους λόγους που αναφέρθηκαν στις κατιοανταλλακτικές στήλες. Παράλληλα, ως ασθενώς βασική ανιοανταλλακτική ομάδα μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τριτοταγής, η δευτεροταγής ή η πρωτοταγής αμινομάδα. Οι δυνατότητες που παρουσιάζονται είναι αντίστοιχες με τις δυνατότητες που αναφέρθηκαν στις κατιοανταλλακτικές ρητίνες με καρβοξυλική ομάδα. Η σημαντική διαφορά σε σχέση με τις κατιοανταλλακτικές στήλες είναι ότι δεν υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου της χωρητικότητας της ρητίνης με έλεγχο της απόδοσης των αντιδράσεων τροποποίησης του υποστρώματος. Για την παρασκευή ρητινών χαμηλής χωρητικότητας ακολουθείται η τεχνική της επιφανειακής συσσωμάτωσης (surface agglomeration), η οποία γίνεται ως εξής: α) παρασκευάζεται μία χαμηλής χωρητικότητας κατιοανταλλακτική ρητίνη, β) παρασκευάζεται κολλοειδές αιώρημα ανιοανταλλακτικής ρητίνης και γ) εξαιτίας ηλεκτροστατικών δυνάμεων αποτίθενται τα κολλοειδή ανιοανταλλακτικά σωματίδια στην κατιοανταλλακτική ρητίνη.

Τα πλεονεκτήματα των ρητινών συσσωμάτωσης είναι ότι: α) μπορεί να γίνει εύκολα έλεγχος της χωρητικότητας της ρητίνης με επιλογή του μεγέθους των σωματιδίων του υποστρώματος και του κολλοειδούς αιωρήματος, β) γίνεται ευκολότερα έλεγχος του ποσοστού σταυροδεσμών των κολλοειδών σωματιδίων σε σχέση με τα σωματίδια μεμβράνης, γ) είναι εύκολη η παραγωγή στήλων με επαναλήψιμα χαρακτηριστικά και δ) ο αριθμός των δραστικών ομάδων και ο βαθμός επιδιόρθωσης είναι ομοιόμορφος σε όλη την επιφάνεια των σωματιδίων.

### 2.5.5 Καταστολή σήματος υποβάθρου

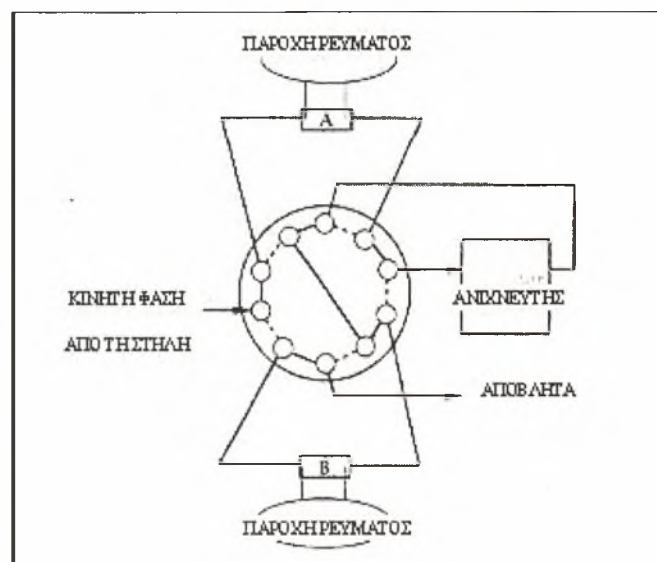
Η τεχνική της καταστολής του σήματος υποβάθρου αναφέρεται στις περιπτώσεις που χρησιμοποιείται αγωγιμομετρικός ανιχνευτής, δηλαδή στην πλειοψηφία των εφαρμογών ιοντικής χρωματογραφίας, και έχει ως σκοπό την αύξηση του λόγου S/N (σήμα / θόρυβος).

Με τον όρο “καταστολή” στην ιοντική χρωματογραφία ονομάζεται η μείωση του σήματος υποβάθρου, η οποία μπορεί να γίνει με δύο τρόπους: α) με ηλεκτρονικό τρόπο (electronic suppression) και β) με χημικό τρόπο (chemical suppression). Ωστόσο, επειδή στην περίπτωση της ηλεκτρονικής καταστολής το σήμα υποβάθρου ουσιαστικά δεν καταστέλλεται αλλά αφαιρείται, η περίπτωση της ηλεκτρονικής καταστολής δε θεωρείται ότι ανήκει στην καταστέλλόμενη ιοντική χρωματογραφία.

Η καταστολή στην περίπτωση του προσδιορισμού ανιόντων ισοδυναμεί με ανταλλαγή όλων των κατιόντων της κινητής φάσης με κατιόντα υδρογόνου, ενώ στην περίπτωση του προσδιορισμού κατιόντων ισοδυναμεί με ανταλλαγή όλων των ανιόντων της κινητής φάσης με ανιόντα υδροξυλίου. Αυτό έχει δύο συνέπειες:

1) Η κινητή φάση, στην περίπτωση του προσδιορισμού ανιόντων, μετατρέπεται σε διάλυμα οξέος και αντίστοιχα, στην περίπτωση του προσδιορισμού κατιόντων, μετατρέπεται σε διάλυμα βάσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η αγωγιμότητα υποβάθρου να εξαρτάται πλέον από τη σταθερά διάστασης του σχηματιζόμενου μετά τον καταστολέα οξέος και της σχηματιζόμενης βάσης αντίστοιχα και όχι από τους αρχικούς ηλεκτρολύτες της κινητής φάσης. Ίδανικά, θα πρέπει το σχηματιζόμενο οξύ και η σχηματιζόμενη βάση αντίστοιχα, να είναι το νερό, διότι έχει τη μικρότερη σταθερά διάστασης ( $K_w = 1 \times 10^{-14}$ ). Για να συμβεί αυτό, θα πρέπει στους προσδιορισμούς ανιόντων να χρησιμοποιείται ως εκλουστικό ιόν το  $\text{OH}^-$  και στους προσδιορισμούς κατιόντων το  $\text{H}^+$ . Αντίθετα, αν η κινητή φάση περιέχει άλατα ισχυρών οξέων ή βάσεων αντίστοιχα, η τεχνική της καταστολής δεν οδηγεί σε μείωση της αγωγιμότητας υποβάθρου αλλά σε αύξηση, εξαιτίας των μεγάλων ισοδύναμων αγωγιμοτήτων των  $\text{H}^+$  και  $\text{OH}^-$  που εισάγονται στην κινητή φάση και επομένως δεν πρέπει να χρησιμοποιείται.

2) Η έκλυση των ανιόντων, στους προσδιορισμούς ανιόντων, συνοδεύεται από τη συνέκλυση κατιόντων υδρογόνου με συνέπεια, εξαιτίας της μεγάλης ισοδύναμης αγωγιμότητάς των κατιόντων υδρογόνου, ο ρυθμός μεταβολής της μετρούμενης αγωγιμότητας να είναι μεγαλύτερος με αποτέλεσμα την αύξηση της ευαισθησίας των μεθόδων. Ωστόσο, αν τα προσδιοριζόμενα ανιόντα είναι ανιόντα ασθενών οξέων, τότε παρατηρείται μείωση της ευαισθησίας του προσδιορισμού εξαιτίας του σχηματισμού αδιάστατων μορίων. Γι' αυτόν το λόγο, η καταστέλλομενη ιοντική χρωματογραφία πρέπει να χρησιμοποιείται για ανιόντα οξέων με  $pK_a < 7$ . Αντίστοιχα συμβαίνει αύξηση ή μείωση της ευαισθησίας στους προσδιορισμούς κατιόντων, με κριτήριο τον  $pK_a$  της συζυγούς βάσεως, για τον οποίο πρέπει να ισχύει  $pK_a > 7$ .



Σχήμα 2.2 Διάγραμμα συστήματος με δύο καταστολείς ηλεκτροχημικά αναγεννώμενους.

### 2.5.6 Ανιχνευτές Ιοντικής Χρωματογραφίας

Ο αγωγιμομετρικός ανιχνευτής είναι ο περισσότερο χρησιμοποιούμενος ανιχνευτής στις εφαρμογές ιοντικής χρωματογραφίας, καθότι τα προσδιοριζόμενα σωματίδια είναι ιοντισμένα και επομένως εμφανίζουν ηλεκτρική αγωγιμότητα. Παράλληλα, υπάρχει ένας αριθμός άλλων ανιχνευτών κυρίως ηλεκτροχημικών και οπτικών, που επεκτείνουν τις δυνατότητες της ιοντικής χρωματογραφίας σε ένα ευρύ πεδίο προσδιοριζόμενων σωματιδίων, που περιλαμβάνει από ισχυρώς μέχρι πολύ ασθενώς ιονιζόμενα οργανικά ή ανόργανα σωματίδια. Ακόμη και οι υδατάνθρακες, που είναι υπό τη μορφή ιόντος σε  $pH > 12$ , μπορούν να προσδιοριστούν με την ιοντική χρωματογραφία.

Τα χαρακτηριστικά ποιότητας των ανιχνευτών ιοντικής χρωματογραφίας είναι όμοια με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά ποιότητας που αναφέρονται για όλες τις χρωματογραφικές τεχνικές και περιλαμβάνουν κυρίως τη γραμμική δυναμική περιοχή, την ευαισθησία και την ανιχνευσιμότητα.

Η αγωγιμομετρική ανίχνευση βασίζεται στην εφαρμογή εναλλασσόμενου δυναμικού μεταξύ δύο ηλεκτροδίων εντός κατάλληλης κυψελίδας και στη μέτρηση της έντασης του ρεύματος. Στην περίπτωση της καταστέλλομενης χρωματογραφίας, αν υποθεθεί ότι έχουν απομακρυνθεί όλα τα ιόντα της κινητής φάσης, η μετρούμενη ένταση του ρεύματος είναι ευθέως ανάλογη της συγκέντρωσης του εκκλυόμενου ιόντος. Η περίπτωση της μη καταστέλλομενης χρωματογραφίας είναι περισσότερο περίπλοκη, διότι τα εκκλυόμενα ιόντα

συνυπάρχουν με τα ιόντα της κινητής φάσης, όπου το άθροισμα των συγκεντρώσεων των εκλούμενων ιόντων και των συγκεντρώσεων των ιόντων της κινητής φάσης είναι σταθερό σε κάθε σημείο της χρωματογραφικής στήλης.

### 2.5.7 Εκλουστικά υγρά καταστελλόμενης Ιοντικής Χρωματογραφίας

#### Ανιόντα

Το εκλουστικό ιόν, στην περίπτωση της καταστελλόμενης ιοντικής χρωματογραφίας, θα πρέπει να έχει την ικανότητα να μετατρέπεται με μία μη αντιστρεπτή αντίδραση σε σωματίδιο όσο το δυνατόν ελάχιστο ιονιζόμενο. Υπ' αυτήν την άποψη, το ιδανικό εκλουστικό ιόν θα ήταν το ιόν υδροξυλίου, το οποίο με πρωτονίωση μετατρέπεται σε νερό. Ωστόσο, εξαιτίας της μικρής εκλουστικής ικανότητας των ιόντων υδροξυλίου, στους προσδιορισμούς δύσκολα εκλούμενων ανιόντων θα πρέπει να χρησιμοποιείται υψηλή συγκέντρωση, η οποία συνεπάγεται υψηλό σήμα υποβάθρου. Για το λόγο αυτό τα υδροξυλιόντα αρχικά είχαν εφαρμογή μόνο στους προσδιορισμούς φθοριούχων, χλωριούχων και μονοβασικών οργανικών ιόντων μικρού μοριακού βάρους (π.χ.: οξικά, μυρμηκικά). Η εξέλιξη της ιοντικής χρωματογραφίας, τόσο στην ικανότητα καταστολής των καταστολέων όσο και στην κατασκευή στηλών μικρής χωρητικότητας, οδήγησε στη διεύρυνση της χρήσης των ιόντων υδροξυλίου ως εκλουστικών ιόντων.

Για την έκλυση ιόντων με μεγαλύτερη σταθερά εκλεκτικότητας, όπως είναι τα πολυσθενή ανιόντα, τα ιόντα φαινοξειδίου είναι μία κατάλληλη επιλογή, διότι αφενός μεν έχουν μεγάλη εκλουστική ικανότητα (μεγάλη σταθερά εκλεκτικότητας), αφετέρου δε το προϊόν καταστολής, η φαινόλη, έχει μικρή σταθερά διάστασης.

Η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη κινητή φάση στην ιοντική χρωματογραφία είναι ρυθμιστικό διάλυμα ανθρακικών ιόντων. Τα ιόντα που συμμετέχουν στο μηχανισμό ιονταλλαγής είναι τα ανθρακικά, όξινα ανθρακικά και ιόντα υδροξυλίου. Επειδή καθένα από αυτά έχει διαφορετική εκλουστική ικανότητα, είναι εφικτό να ρυθμιστεί η ολική εκλουστική ικανότητα της κινητής φάσης με ρύθμιση του pH. Επίσης, η ρύθμιση του pH είναι χρήσιμη στις περιπτώσεις έκλυσης ανιόντων ασθενών οξέων, οπότε σ' αυτήν την περίπτωση ρυθμίζεται το ποσοστό των μορίων του οξέος που δίστανται, δηλαδή ρυθμίζεται η εκλεκτικότητα των εκλούμενων σωματιδίων. Παράλληλα, έχει αναφερθεί η προσθήκη στο ρυθμιστικό των ανθρακικών, αρωματικών ενώσεων, όπως η τυροσίνη και η π-κυανοφαινόλη, και N-υποκατεστημένων αμινοαλκυλοσουλφονικών οξέων.

Επίσης, ευρεία είναι η χρήση κινητής φάσης βορικών ιόντων, τα οποία, παρότι δεν παρουσιάζουν συγκεκριμένα πλεονεκτήματα έναντι των ανθρακικών, έχουν καλύτερη συμπεριφορά σε συγκεκριμένους προσδιορισμούς, όπως στο EDTA.

Έχει επίσης αναφερθεί η χρήση εκλουστικών ιόντων, τα οποία είναι αμφολύτες, όπως τα γλουταμινικά. Παρότι η χρήση τους είναι περιορισμένη έχουν δύο σημαντικά πλεονεκτήματα: α) έχουν μεγάλη σταθερά εκλεκτικότητας προς τη ρητίνη και β) μπορούν να απομακρυνθούν πλήρως με καταστολείς στήλης σε όξινη μορφή.

#### Κατιόντα

Τα ευρύτερα χρησιμοποιούμενα εκλουστικά υγρά είναι υδατικά διαλύματα ανόργανων οξέων, όπως το HCl, HNO<sub>3</sub> και H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Κινητή φάση σε περιοχή συγκέντρωσης από 1 mM έως 10 mM σε ένα από τα παραπάνω οξέα έχει την ικανότητα σε στήλες μικρής χωρητικότητας να εκλούσει γρήγορα κατιόντα αλκαλίων, αμμωνίου και οργανικές αμίνες μικρού μοριακού βάρους. Σε συστήματα καταστολής, που δεν είναι συμβατά με τα ανόργανα οξέα, χρησιμοποιείται το τριφθοροξικό οξύ ή το μεθανοσουλφονικό οξύ. Το κατιόν υδρογόνου, όπως αντίστοιχα το ανιόν υδροξυλίου στην ανάλυση ανιόντων, παρουσιάζει το πλεονέκτημα της μικρής αγωγιμότητας υποβάθρου μετά τη διέλευση από τον καταστολέα,

έχει όμως το μειονέκτημα της μικρής σταθεράς εκλεκτικότητας με τη ρητίνη, με αποτέλεσμα να απαιτείται υψηλή συγκέντρωση κινητής φάσης.

Μία λύση στο πρόβλημα αυτό είναι η χρήση ιόντων σιδήρου ή χαλκού, σε αυτήν όμως την περίπτωση θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί περίπλοκο σύστημα καταστολής, το οποίο να βασίζεται σε αντιδράσεις συμπλοκοποίησης και καταβύθισης.

Ευρεία είναι επίσης η χρήση οργανικών αμινών, όπως η ανιλίνη και η πυριδίνη, ως εκλουστικών ιόντων, διότι παρουσιάζουν καλή εκλουστική ικανότητα και ταυτόχρονα μπορεί η αγωγιμότητα υποβάθρου να κατασταλεί εύκολα.

Για τις περιπτώσεις των πολυσθενών κατιόντων και γενικά των δύσκολα εκλούμενων κατιόντων, το εκλουστικό επιλογής είναι η μ-φαινυλοδιαμίνη, ενώ αυξανόμενο πεδίο εφαρμογών παρουσιάζει το διαμινοπροπιονικό οξύ (DAP). Το DAP εμφανίζεται ως μονοσθενές και δισθενές κατιόν, η αναλογία των οποίων καθορίζεται από το pH της κινητής φάσης και ρυθμίζεται με την προσθήκη υδροχλωρικού οξέος. Μετά τη διέλευση από τον καταστολέα το DAP μετατρέπεται σε εσωτερικό άλας με μηδενική αγωγιμότητα και το υδροχλωρικό οξύ σε νερό.

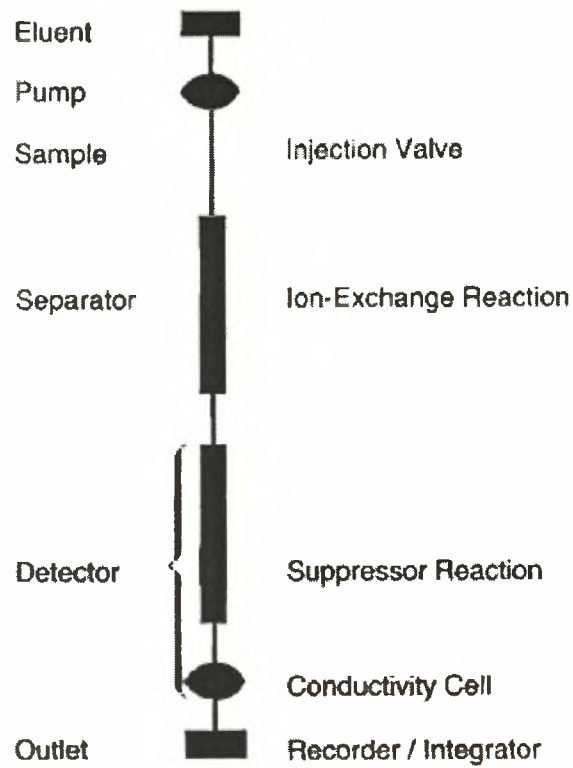
### **2.5.8 Αγωγιμομετρικός ανιχνευτής**

Η αγωγιμομετρική ανίχνευση βασίζεται στην εφαρμογή εναλλασσόμενου δυναμικού μεταξύ δύο ηλεκτροδίων εντός κατάλληλης κυψελίδας και στη μέτρηση της έντασης του ρεύματος. Στην περίπτωση της καταστελλόμενης χρωματογραφίας, αν υποθεθεί ότι έχουν απομακρυνθεί όλα τα ιόντα της κινητής φάσης, η μετρούμενη ένταση του ρεύματος είναι ευθέως ανάλογη της συγκέντρωσης του εκλούμενου ιόντος. Η περίπτωση της μη καταστελλόμενης χρωματογραφίας είναι περισσότερο περίπλοκη, διότι τα εκλούμενα ιόντα συνυπάρχουν με τα ιόντα της κινητής φάσης, όπου το άθροισμα των συγκεντρώσεων των εκλούμενων ιόντων και των συγκεντρώσεων των ιόντων της κινητής φάσης είναι σταθερό σε κάθε σημείο της χρωματογραφικής στήλης.

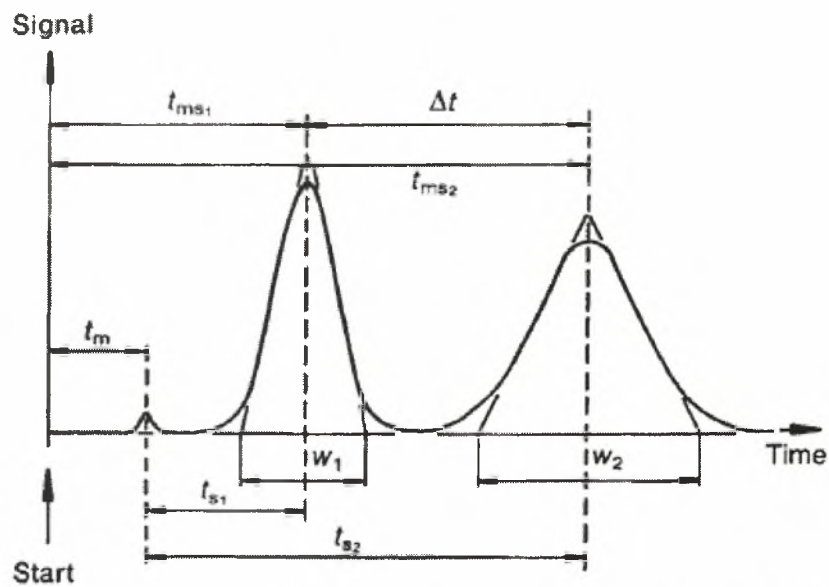
### **2.5.9 Το Σύστημα της Ιοντικής Χρωματογραφίας**

Τα βασικά μέρη του συστήματος της Ιοντικής Χρωματογραφίας φαίνονται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 2.3). Η αντλία μεταφέρει την κινητή φάση στο σύστημα και μετά το δείγμα εκχύνεται μέσω μιας βαλβίδας. Το δείγμα μεταφέρεται υπό πίεση στη στήλη για διαχωρισμό και στη συνέχεια τα ιόντα προσδιορίζονται αγωγιμομετρικά από το σύστημα του ανιχνευτή. Τα δεδομένα ψηφιοποιούνται και οδηγούνται στη θύρα του ηλεκτρονικού υπολογιστή, που είναι συνδεδεμένος με το σύστημα της ιοντικής χρωματογραφίας. Εκεί παράγεται μια γραφική παράσταση του σήματος σε συνάρτηση με το χρόνο. Με τη βοήθεια ειδικού προγράμματος (software), το σήμα μετατρέπεται σε ποσότητα με τον αυτόματο υπολογισμό του εμβαδού του της κάθε περιοχής κάθε κορυφής του χρωματογραφήματος (Σχήμα 2.4). Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής διαθέτει επίσης σύστημα ελέγχου όλου του συστήματος της ιοντικής χρωματογραφίας με το οποίο μπορεί να κάνει όλες τις διαδικασίες αυτόματα, εκτός βέβαια από την έκχυση του δείγματος στο σύστημα. Ωστόσο πιο εξελιγμένα συστήματα διαθέτουν και τη λειτουργία της αυτόματης έκχυσης του δείγματος στο σύστημα, με τη βοήθεια ρομποτικού βραχίονα (autosampler). Έτσι το σύστημα της ιοντικής χρωματογραφίας καθίσταται ένα πλήρως αυτοματοποιημένο σύστημα ανάλυσης.





Σχήμα 2.3 Βασικά μέρη συστήματος ιοντικής χρωματογραφίας



Σχήμα 2.4 Γραφική παράσταση του σήματος συναρτήσει του χρόνου

## 2.5.10 Εφαρμογές Ιοντικής Χρωματογραφίας – Ανάλυση Περιβαλλοντικών Δειγμάτων

Η ιοντική χρωματογραφία έχει ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών. Χρησιμοποιείται για προσδιορισμό οργανικών και ανόργανων ιόντων σε διάφορα υποστρώματα, όπως φάρμακα, περιβαλλοντικά δείγματα, βιολογικά υγρά και προϊόντα οικιακής χρήσης, προσφέροντας μάλιστα τη δυνατότητα συμπροσδιορισμού πολλών κατιόντων και αντίστοιχα ανιόντων ή και ταυτόχρονου προσδιορισμού ανιόντων και κατιόντων (με χρήση στηλών μικτής στατικής φάσης ή χρήσης δύο αναλυτικών στηλών στη σειρά). Επιπλέον είναι γρήγορη τεχνική, με δυνατότητα αυτοματοποίησης, ευκολία χρήσης, ακρίβεια και εκλεκτικότητα. Συνήθως δεν απαιτείται κοπιώδης προετοιμασία του δείγματος. Μάλιστα σε ορισμένες περιπτώσεις η ιοντική χρωματογραφία είναι η μέθοδος που προτείνεται από επίσημους φορείς, όπως η ASTM (American Society for Testing and Materials) και η EPA (Environmental Protection Agency). Παράδειγμα τέτοιων μεθόδων είναι ο προσδιορισμός χλωριούχων, νιτρικών και θεικών σε δείγματα βροχής, ανιόντων και εξασθενούς χρωμίου σε πόσιμο νερό, ιχθών ανιόντων σε υψηλής καθαρότητας νερό, θεικού οξέος στον αέρα και σε περιβάλλον εργασίας και ιόντων αλογόνων σε οργανικούς διαλύτες

Ο τομέας της περιβαλλοντικής ανάλυσης είναι ίσως ο πλουσιότερος σε εφαρμογές ιοντικής χρωματογραφίας. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η ικανότητα, που εμφανίζεται στους προσδιορισμούς ιοντικής χρωματογραφίας, διάκρισης διαφορετικών δομών του ίδιου στοιχείου, όπως Cr(III) από Cr(VI) και Se(IV) από Se(VI), οι οποίες μπορεί να διαφέρουν ως προς την τοξικότητά τους. Στα αέρια δείγματα, εκτός από ουσίες που βρίσκονται στην αέριο κατάσταση (NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>), μπορεί να γίνει προσδιορισμός αερολυμάτων (π.χ. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), μη πτητικών αλάτων και ανόργανων ιόντων προσροφημένων σε σωματίδια σκόνης.

Δείγμα	Προσδιοριζόμενο ιόν
Νερό βροχής	Br <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup> , HCOO <sup>-</sup> , HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , F <sup>-</sup> , As(III), As(V), Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , διμεθυλοσουλφοξείδιο
Νερό αποβλήτων	Br <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , SCN <sup>-</sup> , CN <sup>-</sup> , SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup> , I <sup>-</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , αιθανολαμίνες
Πόσιμο νερό	Br <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , I <sup>-</sup> , SCN <sup>-</sup> , Al <sup>3+</sup>
Νερό ποταμών και λιμνών	Br <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , SeO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , SeO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , As(III), As(V), Li <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Al <sup>3+</sup> , τεταρτοταγείς ενώσεις του αμμωνίου
Θαλασσινό νερό	Br <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , F <sup>-</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , I <sup>-</sup> , Sr <sup>2+</sup> , Ba <sup>2+</sup> , Ni <sup>2+</sup> , Co <sup>2+</sup> , Cu <sup>2+</sup>
Ατμοσφαιρικά δείγματα	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup> , HCOO <sup>-</sup> , AsO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , AsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , SO <sub>2</sub> , υπεροξυβενζοϋλονιτρικά, αμίνες, φορμαλδεΰδη
Ορυκτά καύσιμα	F <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , Br <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , ολικό θείο, Ag, Al, Cd, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, Si, Sn
Έδαφος, ιζήματα, λάσπη	Br <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , SeO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , SeO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , F <sup>-</sup> , AsO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , Se(ολικό), SCN <sup>-</sup> , I <sup>-</sup> , CN <sup>-</sup> , CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , MoO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , WO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Sr <sup>2+</sup> , Ba <sup>2+</sup> , Ni <sup>2+</sup> , Zn <sup>2+</sup> , Cu <sup>2+</sup> , γλυκολικά,

**Πίνακας 2.2:** Εφαρμογές ιοντικής χρωματογραφίας στην περιβαλλοντική ανάλυση.

### 2.5.11 Περιγραφή του οργάνου της ιοντικής χρωματογραφίας με το οποίο πραγματοποιήθηκαν οι αναλύσεις των δειγμάτων

Το όργανο είναι του κατασκευαστικού οίκου της Alltech® και αποτελείται από δύο μέρη. Το πρώτο μέρος είναι η συσκευή μέτρησης ενώ το δεύτερο είναι ο ηλεκτρονικός υπολογιστής με το απαραίτητο λογισμικό πρόγραμμα. Η συσκευή μέτρησης αποτελείται από τέσσερα κομμάτια:

- Το θερμαινόμενο θάλαμο, που περιέχει τις στήλες ιοντοανταλλαγής των ανιόντων και των κατιόντων (530 Column Heater).
- Την αντλία της κινητής φάσης (526 HPLC Pump).
- Τον ανιχνευτή αγωγιμότητας (550 Conductivity Detector).
- Τον καταστολέα αγωγιμότητας της κινητής φάσης και ενισχυτή σήματος (ESRI™ 1000HP Autosuppressor)

Ο συγκεκριμένος ιοντικός χρωματογράφος μπορεί να προσδιορίσει συγκεντρώσεις με ακρίβεια της τάξης των ppb (αναλογία στο δισεκατομμύριο) τα εξής ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, φωσφορικά, θειικά, αμμωνιακά, λιθίου, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Τα όρια ανίχνευσης για τα ανωτέρω στοιχεία είναι μεταξύ 10 και 35  $\mu\text{g L}^{-1}$ .

Σύμφωνα με τη διεθνή και την ελληνική βιβλιογραφία ο συνδυασμός της στήλης εναλλαγής ιόντων και της ανίχνευσης της αγωγιμότητας παρουσιάζει τον πιο αξιόπιστο τύπο της ιοντικής χρωματογραφίας.

### 2.5.12 Χημικά αντιδραστήρια

Η κρισιμότερη ίσως προϋπόθεση για την επίτευξη σημαντικών αποτελεσμάτων είναι μια άριστη δειγματοληψία κατά την οποία πρέπει να αποφεύγονται πιθανές επιμολύνσεις του δείγματος. Οι πιθανές πηγές ρύπανσης βρίσκονται στα υλικά των δοχείων μεταφοράς ή αποθήκευσης, στην ατμόσφαιρα του εργαστηρίου, στον εξοπλισμό του εργαστηρίου, στα χημικά αντιδραστήρια και στους διαλύτες (Robertson D.E., 1972).

Τα χημικά αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν είναι υψηλής καθαρότητας χωρίς άλλες προσμίξεις. Τα πρότυπα πυκνά διαλύματα είναι και αυτά υψηλής καθαρότητας τα οποία κατασκευάζονται ειδικά για την ιοντική χρωματογραφία. Το ύδωρ είναι κι αυτό υψηλής καθαρότητας ( $R > 18 \text{M}\Omega\text{cm}$  στους 25 °C) και παράγεται από την ειδική συσκευή του εργαστηρίου της εταιρείας Millipore.

Τα σκεύη που χρησιμοποιούνται στις αναλύσεις είναι κατασκευασμένα από γυαλί και πολυαιθυλένιο. Τα υάλινα σκεύη, ειδικά αυτά που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή πρότυπων διαλυμάτων είναι ανώτερης ποιότητας, τύπου A.

Τα σκεύη που χρησιμοποιούνται για τις αναλύσεις με τη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας καθαρίζονται και απολυμαίνονται μόνο με απορρυπαντικό και ξεπλένονται πολλές φορές με υπερκάθαρο νερό (Neal et. al., 2003).

### 2.5.13 Προσδιορισμός των Αρνητικά φορτισμένων Ιόντων στο πόσιμο νερό με τη μέθοδο της Ιοντικής Χρωματογραφίας

Ο προσδιορισμός πραγματοποιήθηκε με τη χρησιμοποίηση της στήλης προσδιορισμού των ανιόντων τύπου Allsep Anion 7u. Η στήλη περιέχει προστήλη για τη συγκράτηση στερεών, τύπου AllGuard GA-1. Η στήλη αποτελείται από πολυμεθακρυλικό άλας με τεταρτοταγείς αμμωνιακές βάσεις.

Ο προσδιορισμός των ανιόντων έγινε με ροή εκλουστικού διαλύματος  $1,2 \text{ mL min}^{-1}$  και με τιμή πίεσης 1000-1200 PSI. Για να αποφευχθούν τα λάθη και η καταστροφή της στήλης κατά τη διάρκεια της μέτρησης, το δείγμα διέρχονταν από φίλτρα Whatman διαμέτρου  $0,2 \mu\text{m}$ .

Το εκλουστικό διάλυμα που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό ανιόντων ήταν το εξής:

***0,9 mM/L ανθρακικού νατρίου + 0.85 mM/L όξινου ανθρακικού νατρίου***

Ο μέσος χρόνος απόδοσης των ανιόντων από τη στιγμή της εισόδου του δείγματος στο χρωματογράφημα ήταν: 2,9 λεπτά για τα ιόντα φθορίου, 4,5 λεπτά για τα ιόντα χλωρίου, 6,5 λεπτά, για τα νιτρώδη ιόντα, 7,8 λεπτά για τα ιόντα βρωμίου, 10,3 λεπτά για τα νιτρικά ιόντα και 16,5 λεπτά για τα θειικά ιόντα. Ο χρόνος στον οποίο αποδίδεται κάθε στοιχείο καθορίστηκε με την πραγματοποίηση ανάλυσης πρότυπου διαλύματος για κάθε στοιχείο ή ένωση ξεχωριστά. Τα πρότυπα διαλύματα που χρησιμοποιήθηκαν περιέχουν μόνο τα στοιχεία που προσδιορίζονται. Έτσι το χρωματογράφημα που παράγεται είναι των στοιχείων.

Η μέτρηση των ανιόντων πραγματοποιήθηκε με καταστολή της αγωγιμότητας του υποβάθρου (μείωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εκλουστικού διαλύματος) δηλαδή με ειδικές ιοντοανταλλακτικές ρητίνες.

#### **2.5.14 Προσδιορισμός των Θετικά φορτισμένων Ιόντων στο πόσιμο νερό με τη μέθοδο της Ιοντικής Χρωματογραφίας**

Ο προσδιορισμός πραγματοποιήθηκε με τη χρησιμοποίηση της στήλης προσδιορισμού των ανιόντων τύπου Allsep Cation 7u. Η στήλη περιέχει προστήλη για τη συγκράτηση στερεών, τύπου AllGuard GC-1. Η στήλη αποτελείται από πυριτικό υλικό που καλύπτεται με διμερισμένο Ζ-βουτανοδιενικό οξύ.

Ο προσδιορισμός των κατιόντων έγινε με ροή εκλουστικού διαλύματος  $1,0 \text{ mL min}^{-1}$  και με τιμή πίεσης 800-1000 PSI. Για να αποφευχθούν τα λάθη και η καταστροφή της στήλης κατά τη διάρκεια της μέτρησης, το δείγμα διέρχονταν από φίλτρα Whatman διαμέτρου  $0,2 \mu\text{m}$ .

Το εκλουστικό διάλυμα που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των κατιόντων ήταν το εξής:

***3 mM/L μεθανοσουλφονικού οξέος***

Ο μέσος χρόνος απόδοσης των κατιόντων από τη στιγμή της εισόδου του δείγματος στο χρωματογράφημα ήταν: 2,8 λεπτά για τα ιόντα λιθίου, 3,4 λεπτά για τα ιόντα νατρίου, 3,9 λεπτά, για τα αμμωνιακά ιόντα, 6,3 λεπτά για τα ιόντα καλίου, 8,1 λεπτά για ιόντα μαγνησίου και 11,5 λεπτά για τα ιόντα ασβεστίου. Ο χρόνος στον οποίο αποδίδεται κάθε στοιχείο καθορίστηκε με την πραγματοποίηση ανάλυσης πρότυπου διαλύματος για κάθε στοιχείο ή ένωση ξεχωριστά. Τα πρότυπα διαλύματα που χρησιμοποιήθηκαν περιέχουν μόνο τα στοιχεία που προσδιορίζονται. Έτσι το χρωματογράφημα που παράγεται είναι των στοιχείων. Η μέτρηση αυτή πραγματοποιήθηκε χωρίς καταστολή της αγωγιμότητας του υποβάθρου. Η στήλη των κατιόντων είναι πιο ευαίσθητη στη χρήση από ότι αυτή των ανιόντων. Η φύλαξη της γίνεται στο ψυγείο στους  $4^\circ\text{C}$ , όταν δε χρησιμοποιείται. Αυτό συμβαίνει γιατί το εκλουστικό διάλυμα που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των κατιόντων αποτελεί ένα πολύ καλό υπόστρωμα για την ανάπτυξη μικροοργανισμών, που έχει ως συνέπεια το φράξιμο και την καταστροφή της στήλης.

## 2.6 Παγκόσμιο Σύστημα Καθορισμού Θέσης (Global Positioning system, GPS)

Παγκόσμιο Σύστημα Καθορισμού Θέσης (Global Positioning system, GPS) ονομάζεται ο σχηματισμός των 24 συνολικά δορυφόρων που αναπτύχθηκε από το Αμερικανικό Υπουργείο Αμύνης και χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του γεωγραφικού στίγματος οποιουδήποτε σημείου πάνω στην επιφάνεια της γης. Οι δορυφόροι αυτοί βρίσκονται σε τροχιά σε ύψος είκοσι χιλιάδων χιλιομέτρων από την επιφάνεια της γης, σε συγκεκριμένα γνωστά σημεία (Εικόνα 2.1).



**Εικόνα 2.1** Σχηματική απεικόνιση των 24 δορυφόρων που αποτελούν το παγκόσμιο σύστημα καθορισμού θέσης (GPS).

Κάθε δορυφόρος εκπέμπει ένα κωδικοποιημένο ηλεκτρομαγνητικό σήμα, το οποίο λαμβάνεται από τους δέκτες GPS και χρησιμοποιείται για τον ακριβή υπολογισμό της γεωγραφικής θέσης του δέκτη. Το σήμα που εκπέμπεται από τον κάθε δορυφόρο περιέχει πληροφορίες για την ταυτότητα του δορυφόρου και την ακριβή χρονική στιγμή που έγινε η εκπομπή.

Ο δέκτης GPS λαμβάνει τα ηλεκτρομαγνητικά σήματα των δορυφόρων και υπολογίζει την χρονική υστέρηση στο σήμα που δέχεται, την οποία και χρησιμοποιεί για να μετρήσει την απόσταση του από κάθε δορυφόρο. Όταν δέχεται σήματα από τρεις δορυφόρους τουλάχιστον, ο δέκτης χρησιμοποιεί γεωμετρική ανάλυση για να καθορίσει την γεωγραφική του θέση (στίγμα) στην επιφάνεια της γης, που εκφράζεται σε γεωγραφικό μήκος (longitude) και γεωγραφικό πλάτος (latitude). Όταν λαμβάνει σήματα και από τέταρτο δορυφόρο μπορεί να υπολογίσει και το υψόμετρο (altitude, elevation) της θέσης που βρίσκεται ο παρατηρητής.

Το GPS αποτελεί το μέσο που βοηθά στον καθορισμό θέσης οπουδήποτε στην επιφάνεια της γης, αρκεί να υπάρχει οπτική επαφή με τους δορυφόρους. Το GPS βρίσκει εφαρμογή σε πολυάριθμους τομείς, όπως η διαχείριση εναέριας κυκλοφορίας, η πλοήγηση πλοίων κλπ., ενώ άριστες είναι οι προοπτικές εφαρμογής του και στην Γεωργία.

Η ακρίβεια του GPS εξαρτάται από του εξής παράγοντες (Pfof et al., 1999):

- Την εγκατάσταση του.
- Την τεχνολογία του
- Τον αριθμό των δορυφόρων από τους οποίους λαμβάνει σήματα, καθώς και από τις σχετικές θέσεις τους
- Την επιλεκτική διαθεσιμότητα (Selective Availability)
- Τις παραμορφώσεις των δορυφορικών σημάτων που οφείλονται στον καιρό, στις επιδράσεις των ανώτερων στρωμάτων της ατμόσφαιρας (τροπόσφαιρας, ιονόσφαιρας), καθώς και σε ανακλάσεις των δορυφορικών σημάτων σε αντικείμενα της περιοχής, και τέλος
- Την διαφορική διόρθωση (Differential Correction)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

#### Αποτελέσματα

Στα παρακάτω διαγράμματα και πίνακες παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων και των χημικών αναλύσεων των δειγμάτων του πόσιμου νερού. Με σκούρο χρώμα παρουσιάζονται οι τιμές που ξεπερνούν τα ανώτατα επιτρεπτά όρια για το πόσιμο νερό, ενώ με ανοιχτό χρώμα οι τιμές που βρίσκονται εντός των ορίων. Διακεκομμένες γραμμές στα γραφήματα δηλώνουν επίσης το όριο των επιτρεπτών τιμών.

#### 3.1 Περιοχή Αγριάς

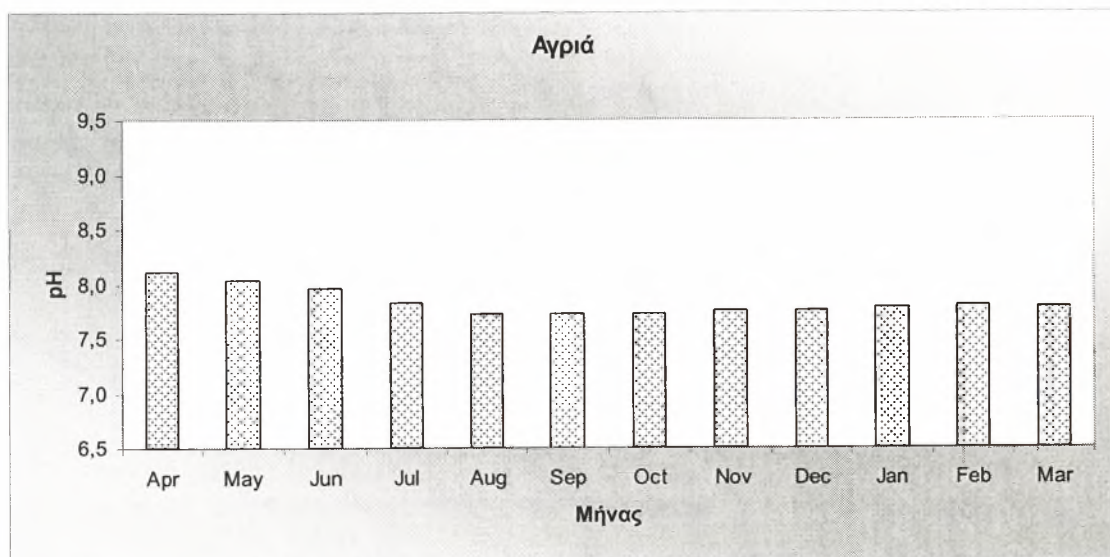
Από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα δείγματα πόσιμου νερού στην περιοχή της Αγριάς, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν. Επίσης μετρήθηκαν η τιμή του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 3.1.

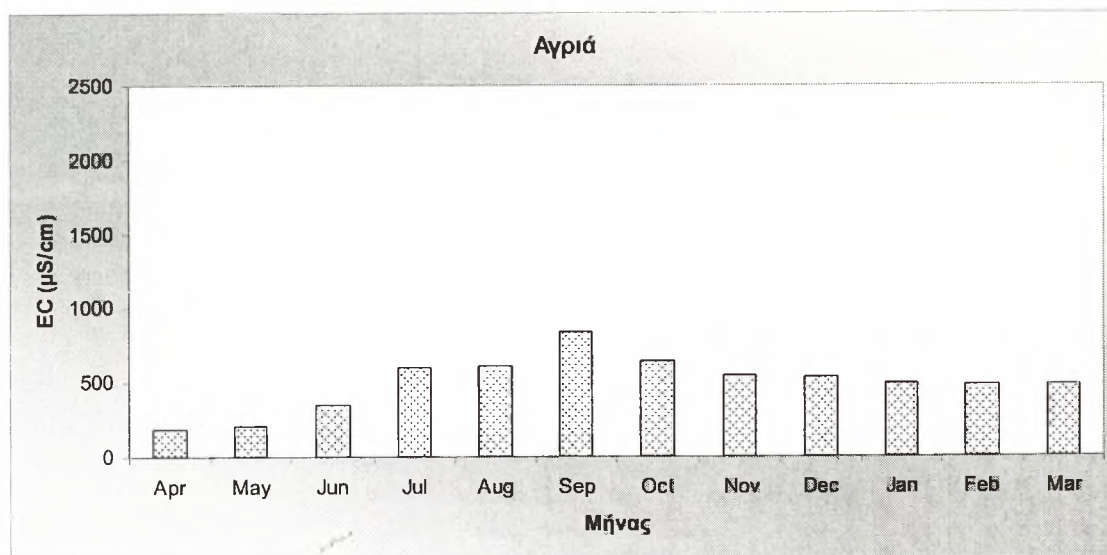
Από τον πίνακα αυτόν προκύπτει ότι οι τιμές του pH κυμάνθηκαν από 7,7 έως 8,1, με μέση τιμή 7,8. Η ελάχιστη τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ήταν  $184 \mu\text{Scm}^{-1}$ , η μέγιστη  $842 \mu\text{Scm}^{-1}$  και η μέση τιμή  $496 \mu\text{Scm}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων φθορίου κυμάνθηκαν από  $0,919 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $9,155 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $3,892 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου κυμάνθηκαν από  $60,65 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $704,93 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $128,82 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρωδών ιόντων κυμάνθηκαν έως  $1,773 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,473 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων βρωμίου κυμάνθηκαν από  $0,36 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $55,01 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $10,942 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $6,672 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $41,92 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $17,916 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των θειικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $24,59 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $176,64 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $49,05 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων νατρίου κυμάνθηκαν από  $6,01 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $165,08 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $23,1 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,348 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $11,41 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $1,531 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων καλίου κυμάνθηκαν από  $0,82 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $8,65 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $1,75 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων μαγνησίου κυμάνθηκαν από  $6,01 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $44,05 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $13,09 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων ασβεστίου κυμάνθηκαν από  $9,87 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $55,95 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $19,1 \text{ mgL}^{-1}$ . Φωσφορικά ιόντα καθώς και ιόντα λιθίου δεν ανιχνεύθηκαν σε κανένα από τα δείγματα.

**Πίνακας 3.1.** Χημικές παράμετροι και συγκεντρώσεις στο πόσιμο νερό της περιοχής Αγριάς.

Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση
pH	7,7	8,1	7,8	0,13	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
EC <sub>w</sub> (μS cm <sup>-1</sup> )	184	842	496	183	2500
F (mg L <sup>-1</sup> )	0,919	9,155	3,892	2,81	1,5
Cl (mg L <sup>-1</sup> )	60,65	704,93	128,82	181,94	250
NO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	1,773	0,473	0,657	0,2
Br (mg L <sup>-1</sup> )	0,36	55,01	10,942	14,526	0,01
NO <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	6,672	41,92	17,916	11,835	50
PO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	M.A.	-	-	
SO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	24,59	176,64	49,05	41,52	250
Li (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	M.A.	-	-	
Na (mg L <sup>-1</sup> )	6,01	165,08	23,10	45,02	200
NH <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,348	11,41	1,531	3,132	0,5
K (mg L <sup>-1</sup> )	0,82	8,65	1,75	2,17	12
Mg (μg L <sup>-1</sup> )	6,01	44,05	13,09	11,35	50
Ca (μg L <sup>-1</sup> )	9,87	55,95	19,10	13,65	100

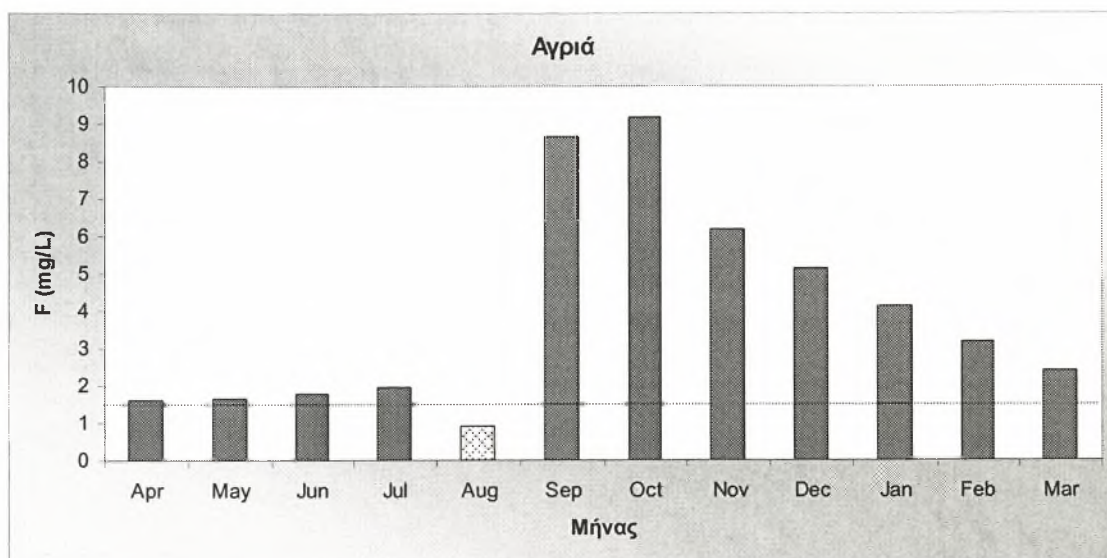


**Σχήμα 3.1** Συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.

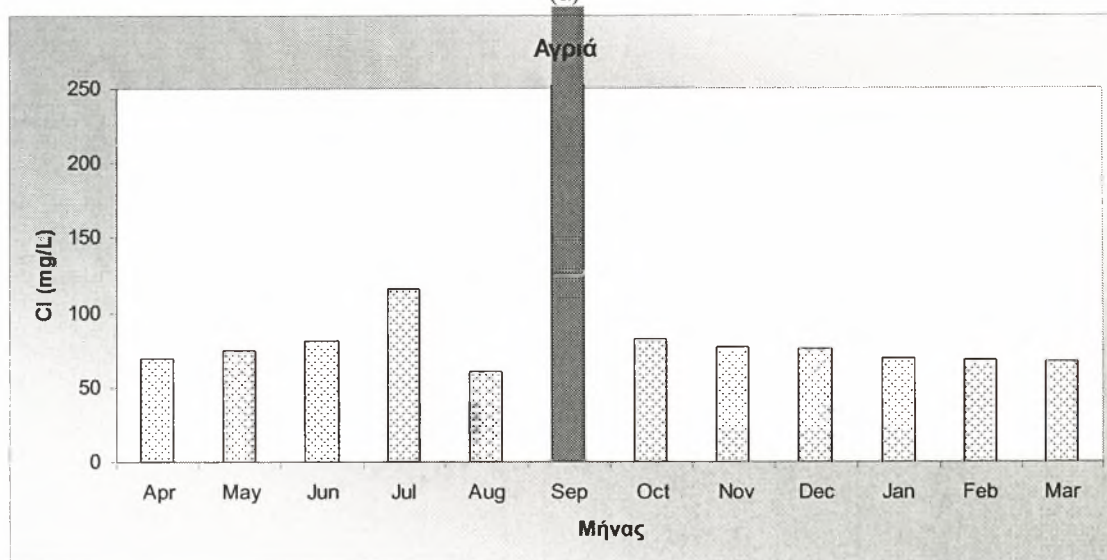


**Σχήμα 3.2** Τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.

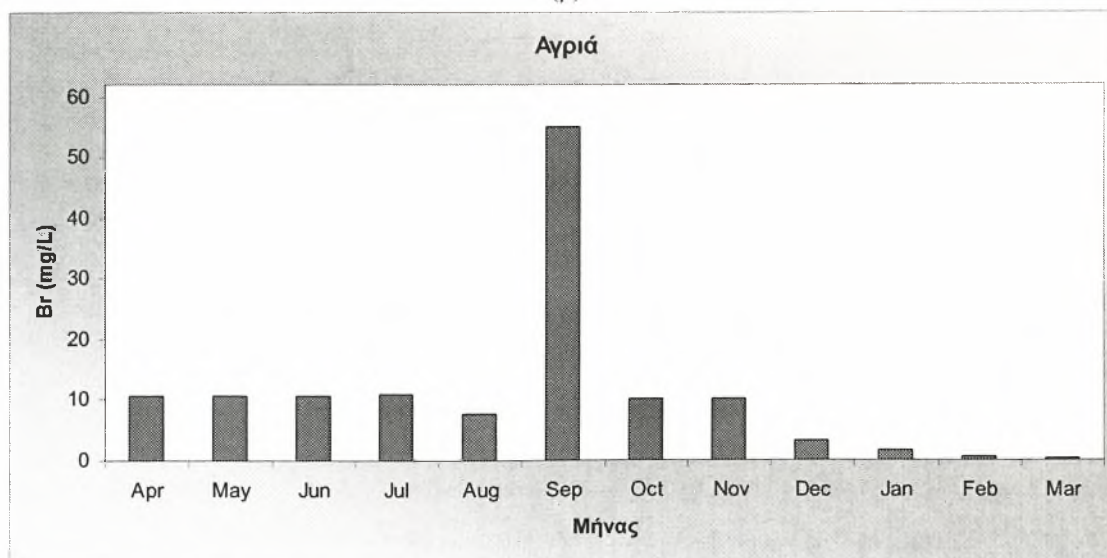




(α)

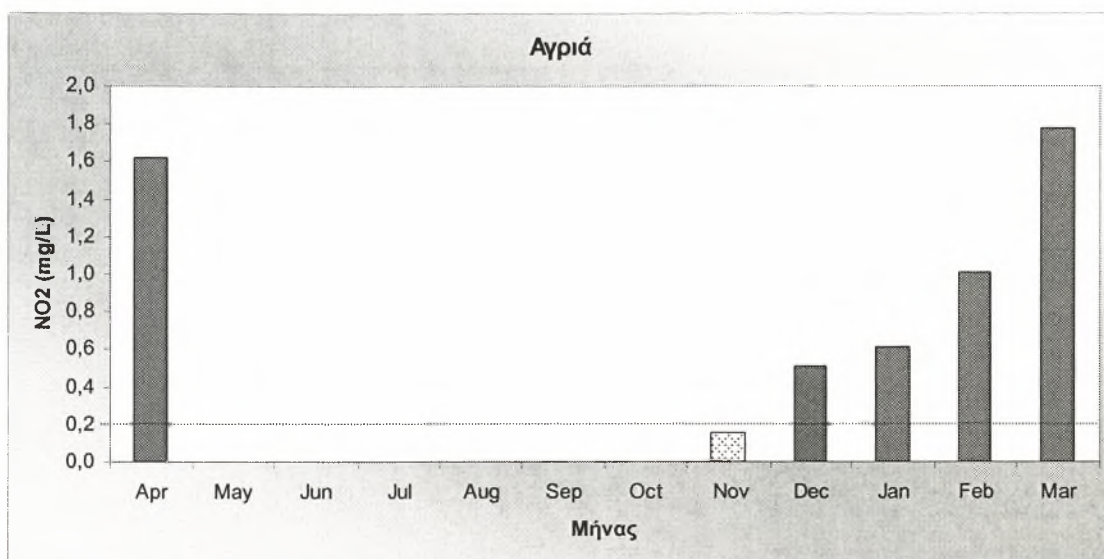


(β)

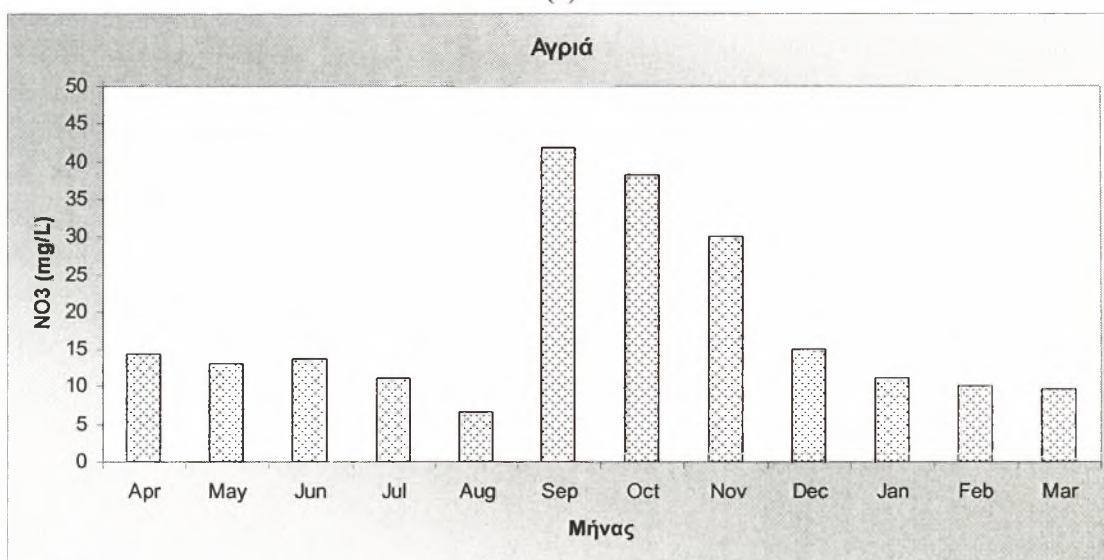


(γ)

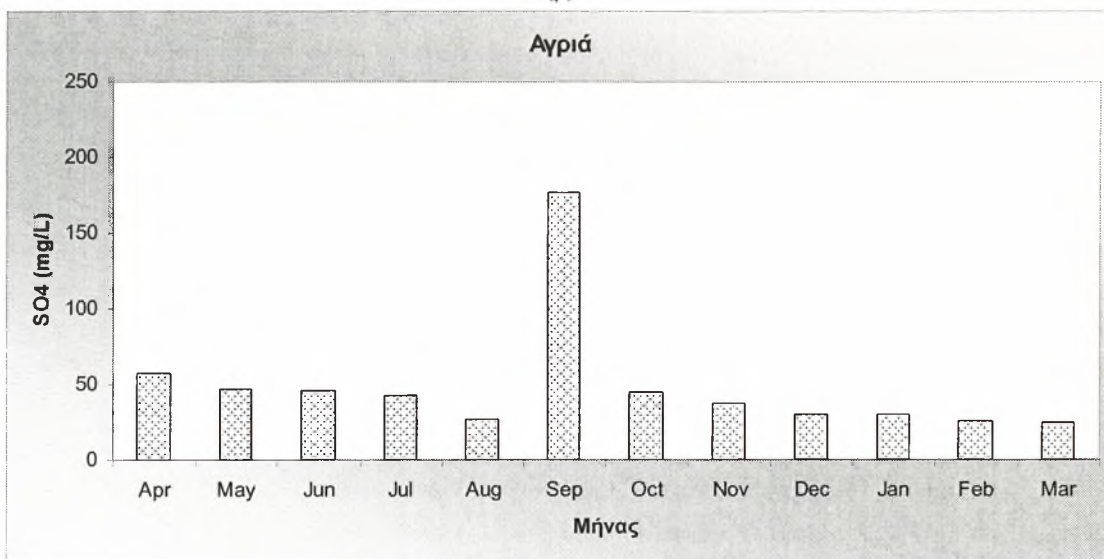
**Σχήμα 3.3** Συγκέντρωσεις ιόντων α) φθορίου β) χλωρίου γ) βρωμίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

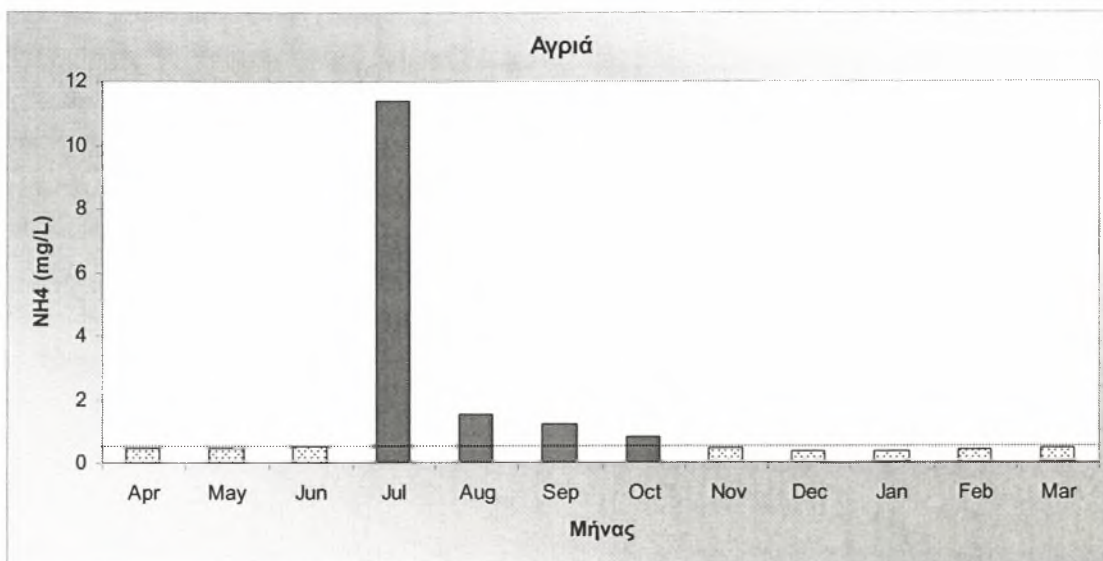


(β)

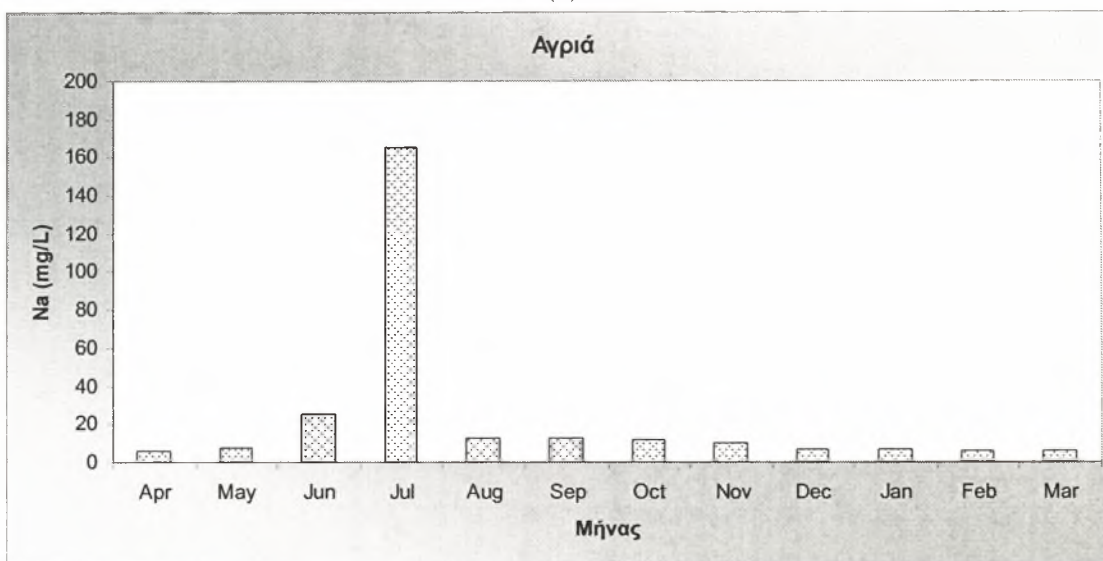


(γ)

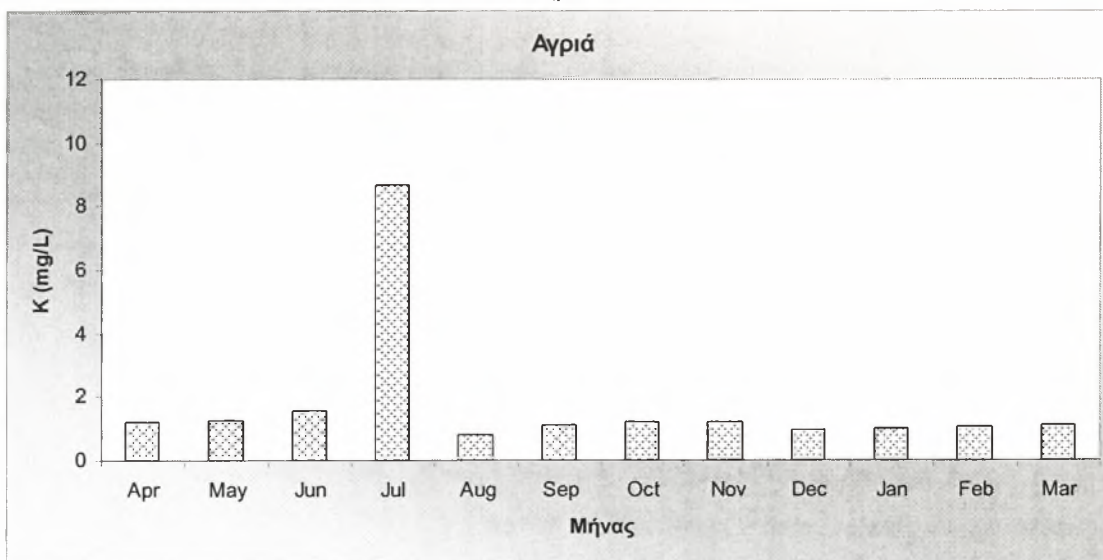
**Σχήμα 3.4** Συγκέντρωσεις ιόντων α) νιτρωδών β) νιτρικών γ) θεικών κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

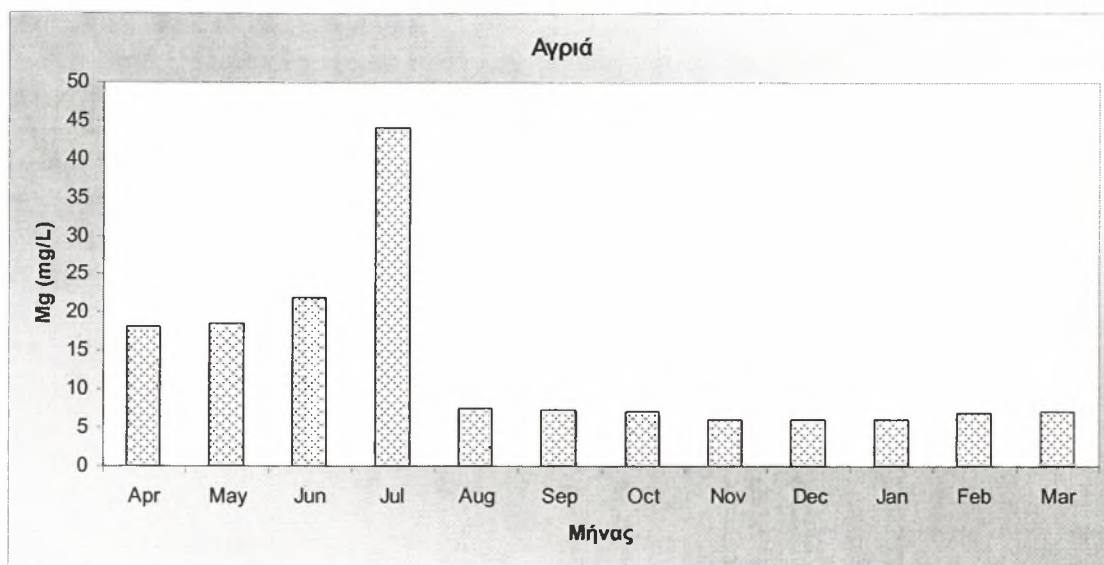


(β)

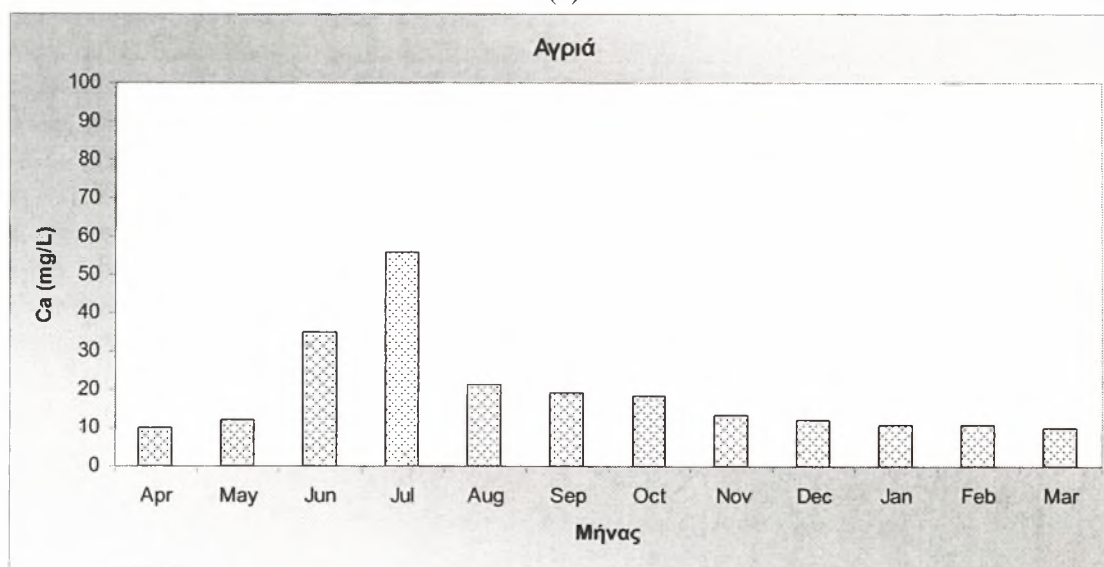


(γ)

**Σχήμα 3.5** Συγκέντρωσεις ιόντων α) αμμωνιακών β) νατρίου γ) καλίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)



(β)

**Σχήμα 3.6** Συγκέντρωσεις ιόντων α) μαγνησίου β) ασβεστίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.

### 3.2 Περιοχή Κάτω Λεχωνίων

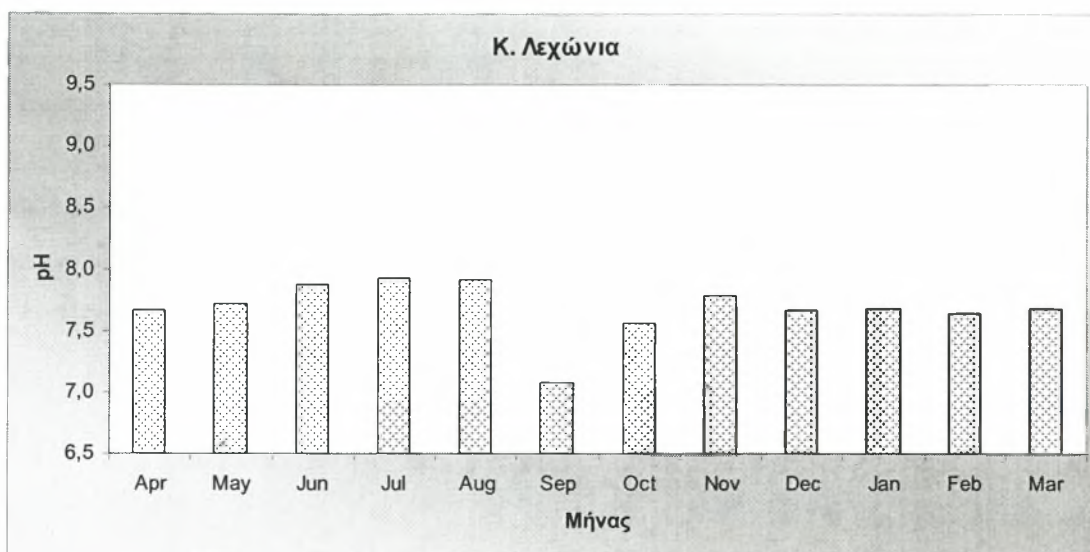
Από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα δείγματα πόσιμου νερού στην περιοχή Κάτω Λεχωνίων, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν. Επίσης μετρήθηκαν η τιμή του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 3.2.

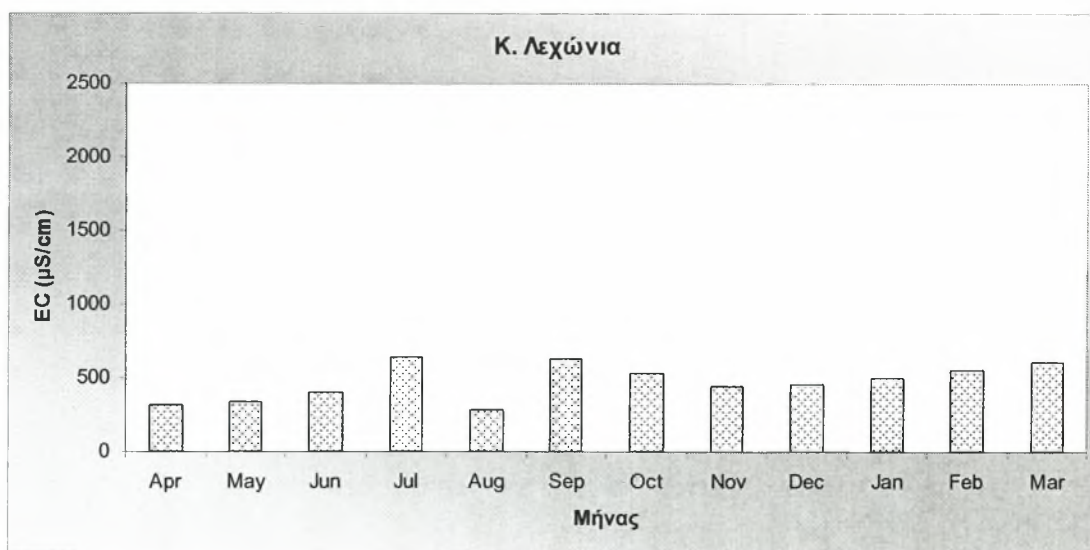
Από τον πίνακα αυτόν προκύπτει ότι οι τιμές του pH κυμάνθηκαν από 7,0 έως 7,9, με μέση τιμή 7,6. Η ελάχιστη τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ήταν  $280 \mu\text{Scm}^{-1}$ , η μέγιστη  $644 \mu\text{Scm}^{-1}$  και η μέση τιμή  $475 \mu\text{Scm}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων φθορίου κυμάνθηκαν από  $0,076 \text{mgL}^{-1}$  έως  $2,484 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $1,015 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου κυμάνθηκαν από  $18,81 \text{mgL}^{-1}$  έως  $64,59 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $32,27 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρωδών ιόντων κυμάνθηκαν έως  $1,004 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,435 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων βρωμίου κυμάνθηκαν έως  $34,307 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $10,756 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $7,493 \text{mgL}^{-1}$  έως  $102,007 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $32,913 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των θεικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $19,69 \text{mgL}^{-1}$  έως  $137,68 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $48,6 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων νατρίου κυμάνθηκαν από  $5,33 \text{mgL}^{-1}$  έως  $22,62 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $10,98 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,248 \text{mgL}^{-1}$  έως  $1,909 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,636 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων καλίου κυμάνθηκαν από  $0,651 \text{mgL}^{-1}$  έως  $7,04 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $2,62 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων μαγνησίου κυμάνθηκαν από  $19,12 \text{mgL}^{-1}$  έως  $34,47 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $23,32 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων ασβεστίου κυμάνθηκαν από  $19,3 \text{mgL}^{-1}$  έως  $24,26 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $21,18 \text{mgL}^{-1}$ . Φωσφορικά ιόντα καθώς και ιόντα λιθίου δεν ανιχνεύθηκαν σε κανένα από τα δείγματα.

**Πίνακας 3.2.** Χημικές παράμετροι και συγκεντρώσεις στο πόσιμο νερό της περιοχής Κάτω Λεχωνίων.

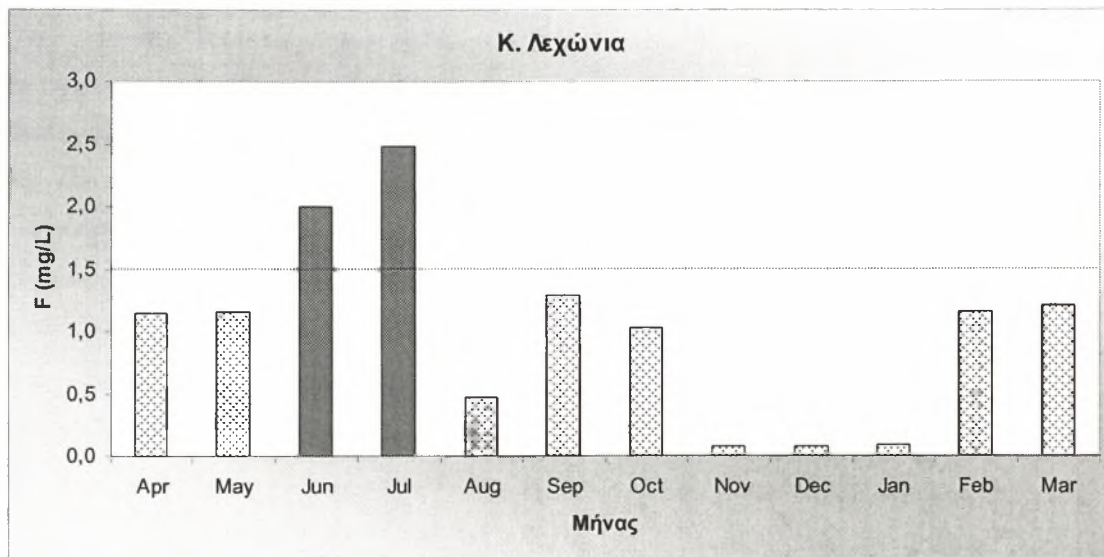
Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση
pH	7,0	7,9	7,6	0,22	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
EC <sub>w</sub> (μS cm <sup>-1</sup> )	280	644	475	123	2500
F (mg L <sup>-1</sup> )	0,076	2,484	1,015	0,75	1,5
Cl (mg L <sup>-1</sup> )	18,81	64,59	32,27	15,20	250
NO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	1,004	0,435	0,468	0,2
Br (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	34,307	10,756	10,877	0,01
NO <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	7,493	102,007	32,913	28,359	50
PO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	M.A.	-	-	
SO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	19,69	137,68	48,60	33,88	250
Li (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	M.A.	-	-	
Na (mg L <sup>-1</sup> )	5,33	22,62	10,98	4,55	200
NH <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,248	1,909	0,636	0,433	0,5
K (mg L <sup>-1</sup> )	0,651	7,04	2,62	2,41	12
Mg (μg L <sup>-1</sup> )	19,12	34,47	23,32	4,62	50
Ca (μg L <sup>-1</sup> )	19,30	24,26	21,18	1,72	100



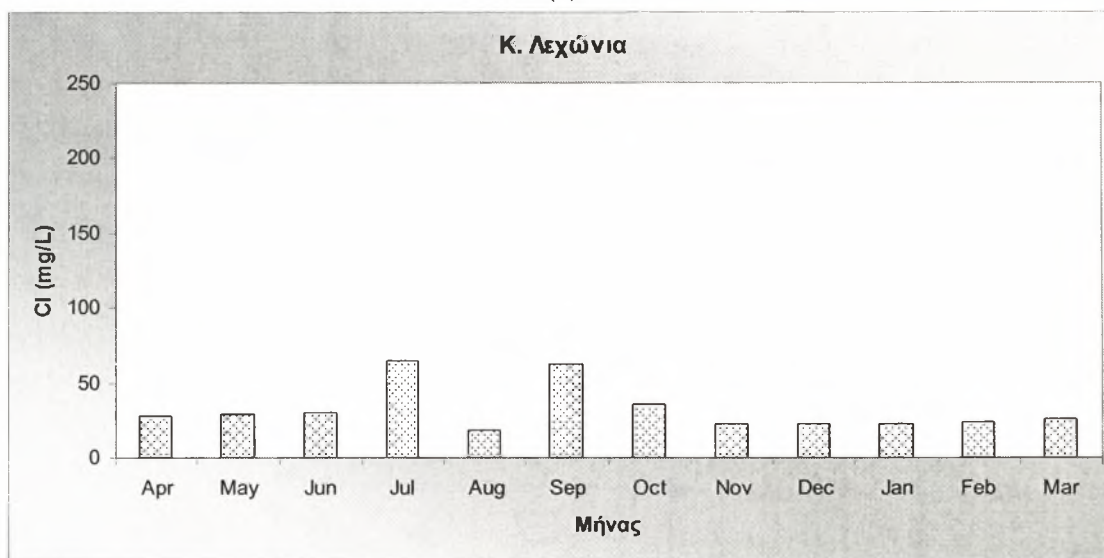
**Σχήμα 3.7** Συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



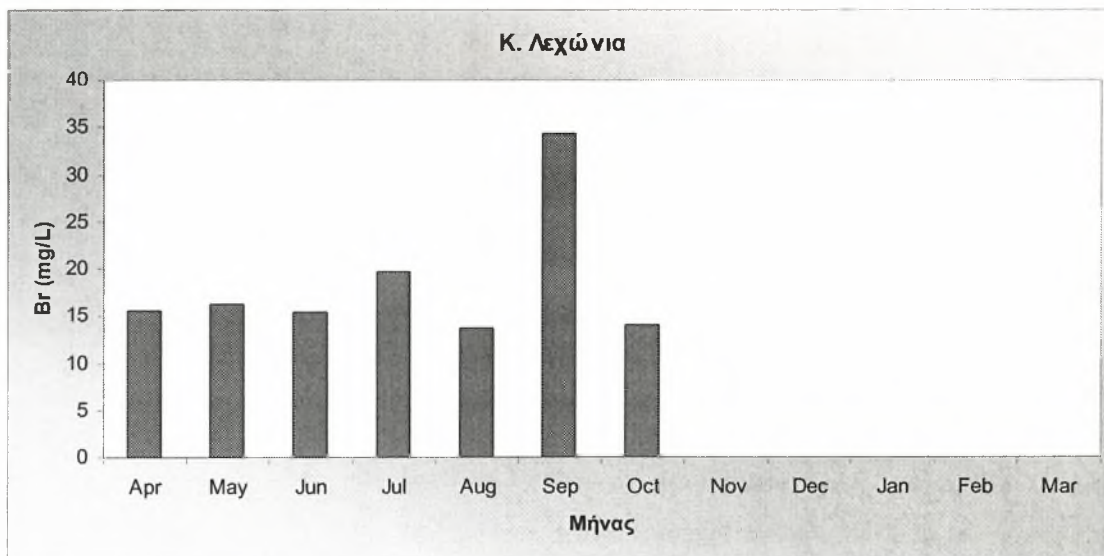
**Σχήμα 3.8** Τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)



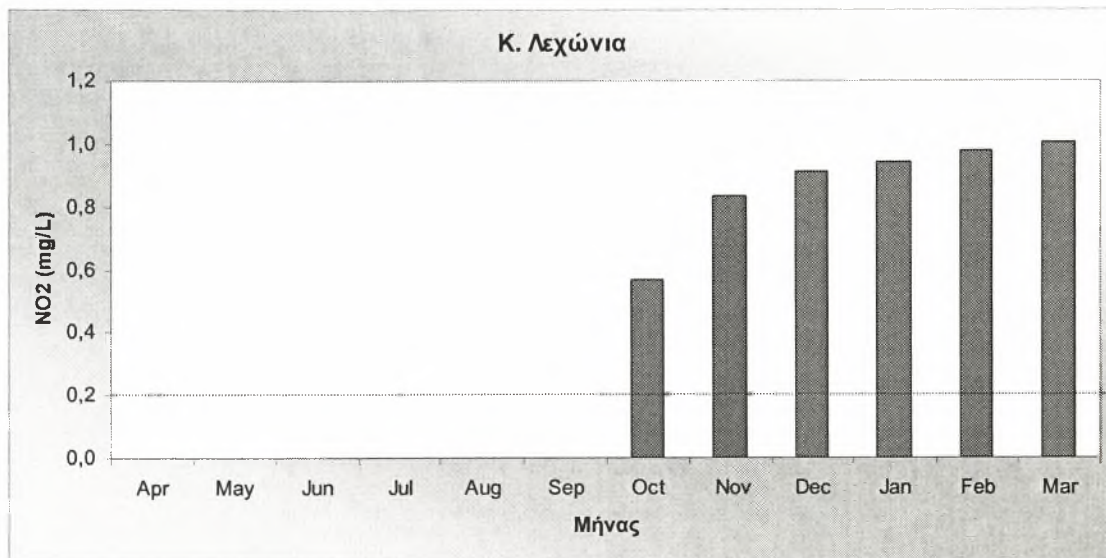
(β)



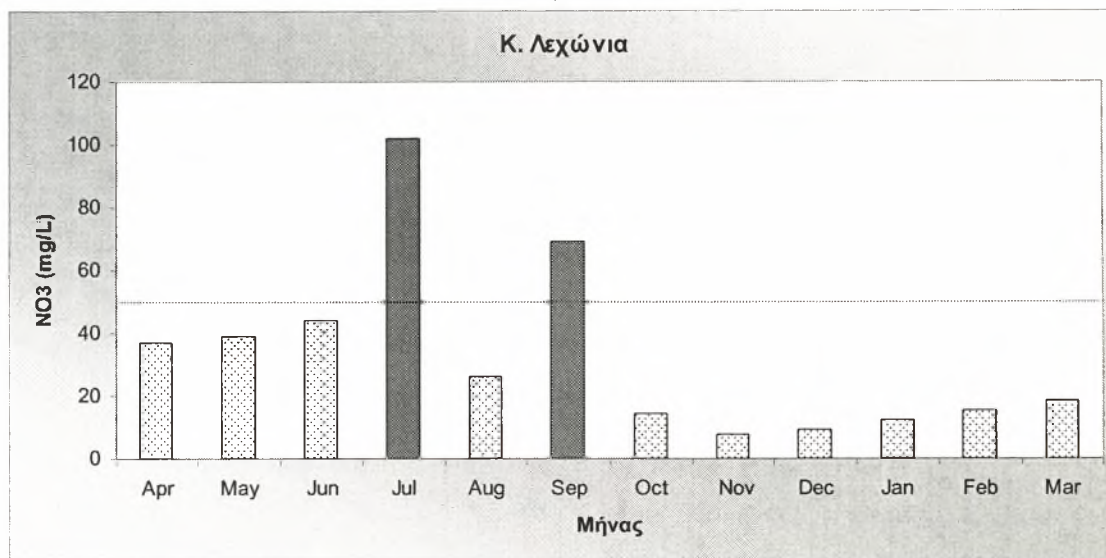
(γ)

**Σχήμα 3.9** Συγκέντρωσεις ιόντων α) φθορίου β) χλωρίου γ) βρωμίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.

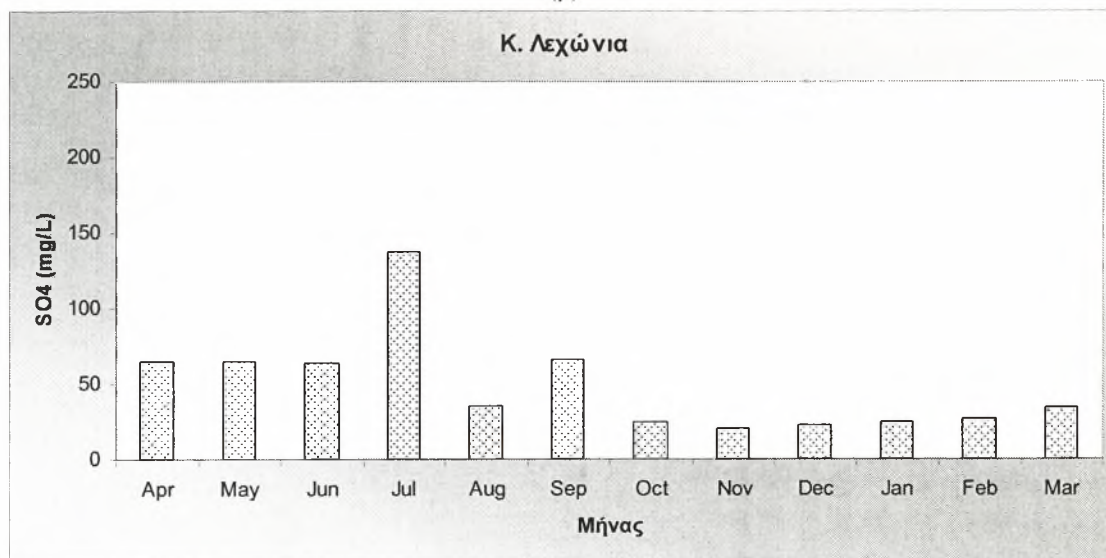




(α)

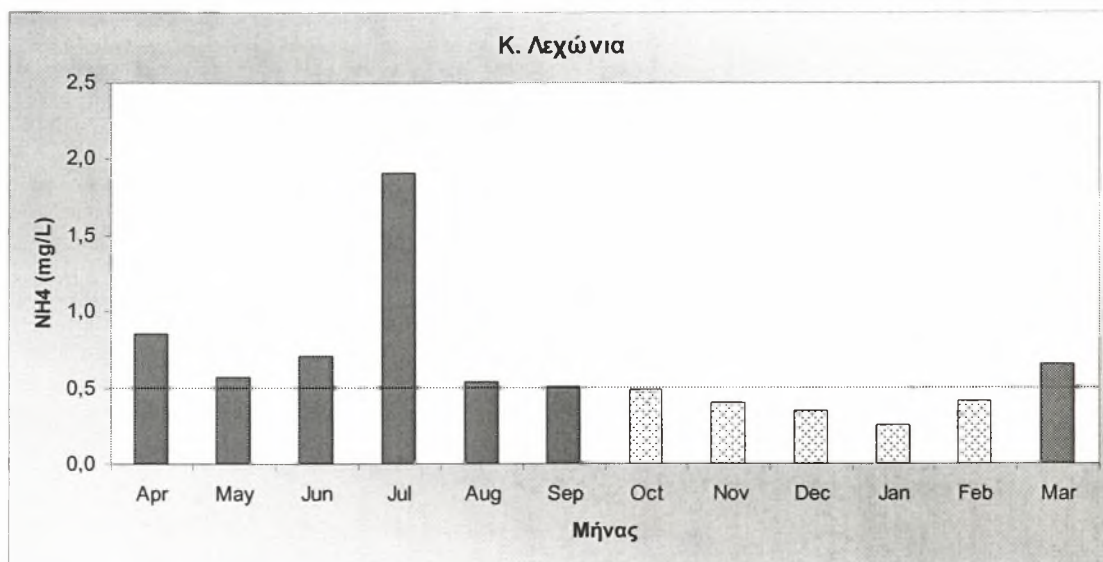


(β)

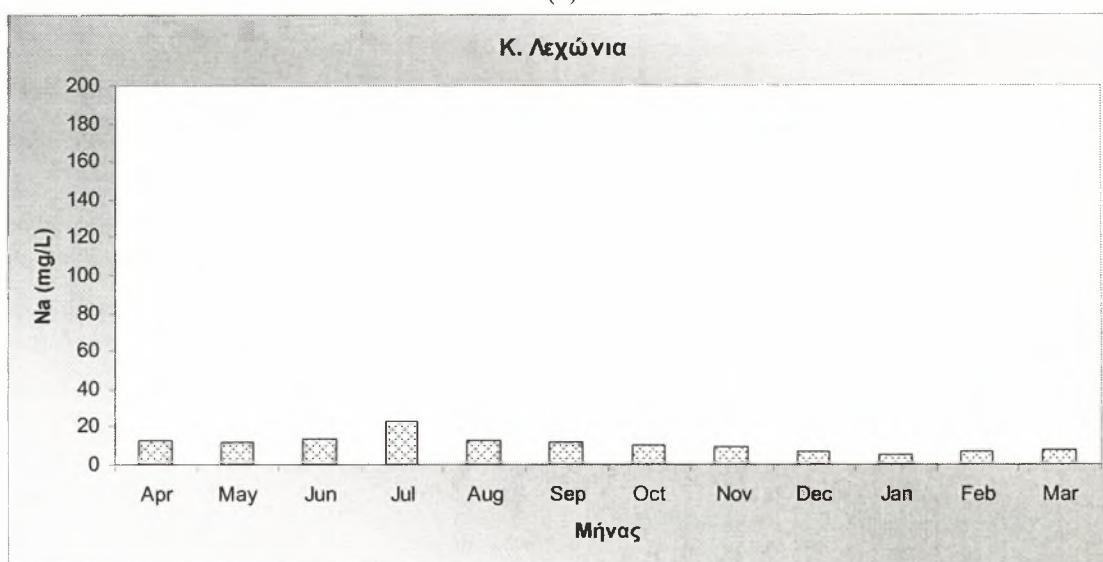


(γ)

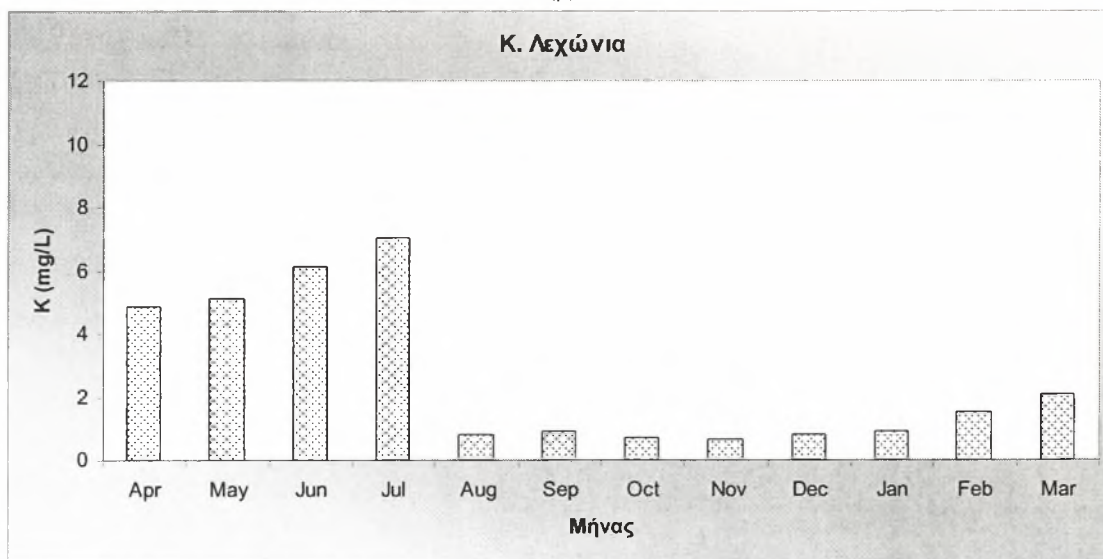
**Σχήμα 3.10** Συγκέντρωσεις ιόντων α) νιτρωδών β) νιτρικών γ) θειικών κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

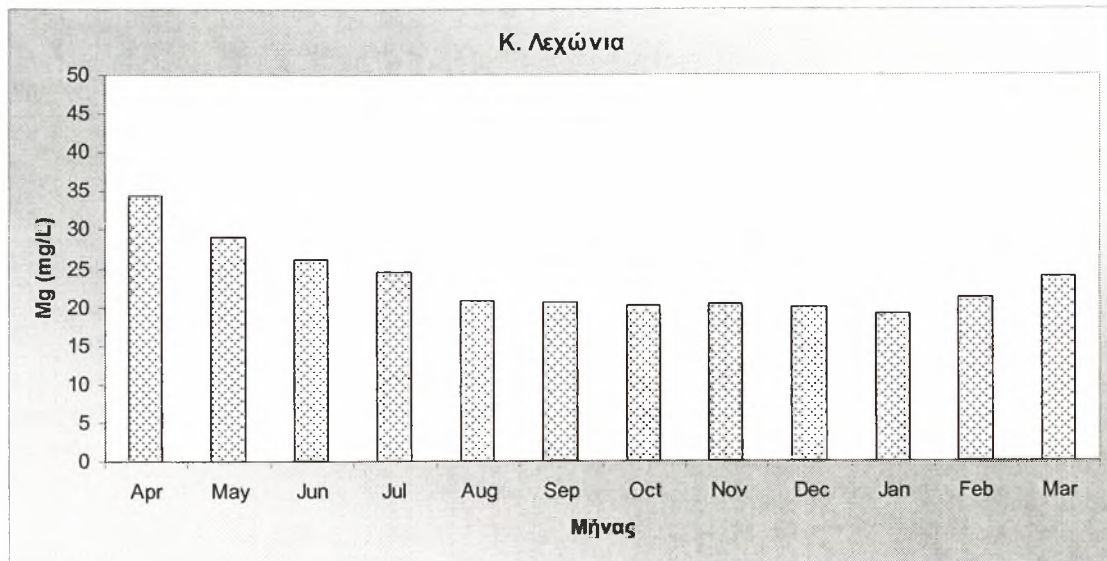


(β)

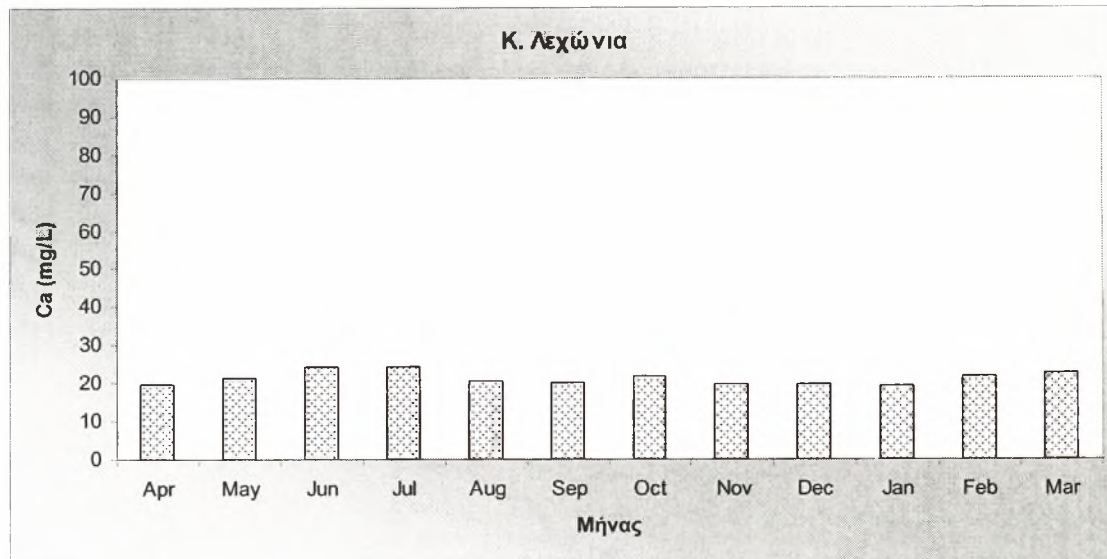


(γ)

**Σχήμα 3.11** Συγκέντρωσεις ιόντων α) αμμωνιακών β) νατρίου γ) καλίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)



(β)

**Σχήμα 3.12** Συγκέντρωσεις ιόντων α) μαγνησίου β) ασβεστίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.

### 3.3 Περιοχή Πλατανιδίων

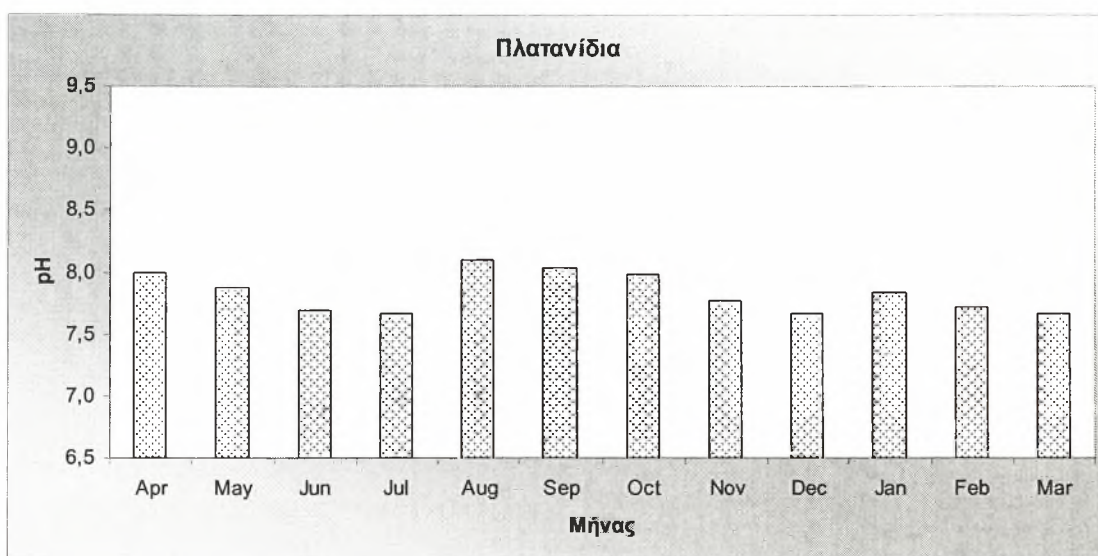
Από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα δείγματα πόσιμου νερού στην περιοχή Πλατανιδίων, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά και νιτρώδη ιόντα καθώς και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν. Επίσης μετρήθηκαν η τιμή του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 3.3.

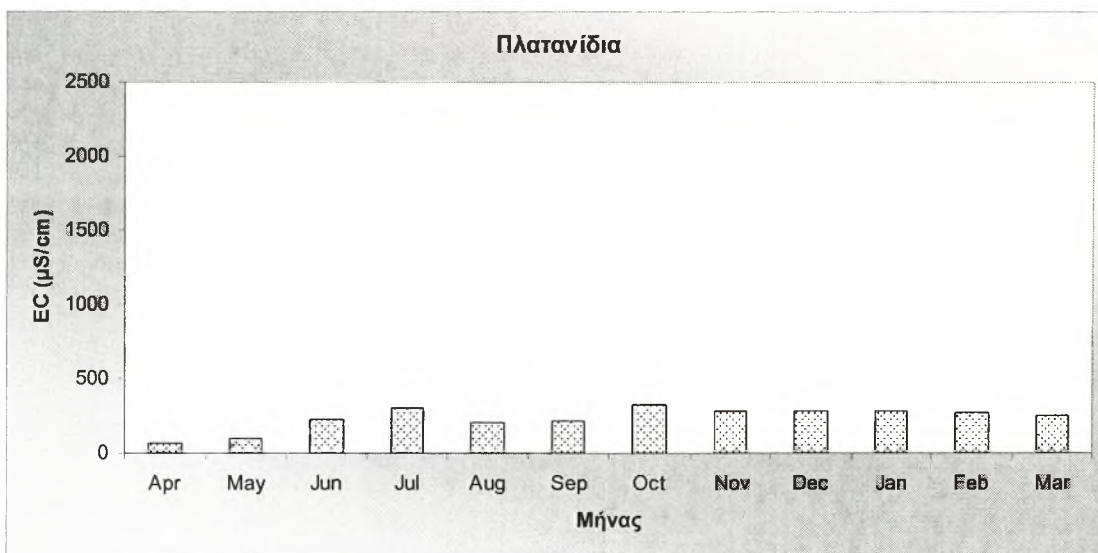
Από τον πίνακα αυτόν προκύπτει ότι οι τιμές του pH κυμάνθηκαν από 7,6 έως 8,1, με μέση τιμή 7,83. Η ελάχιστη τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ήταν  $60 \mu\text{Scm}^{-1}$ , η μέγιστη  $324 \mu\text{Scm}^{-1}$  και η μέση τιμή  $233,4 \mu\text{Scm}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων φθορίου κυμάνθηκαν έως  $0,927 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,112 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου κυμάνθηκαν από  $4,26 \text{mgL}^{-1}$  έως  $19,58 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $6,63 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων βρωμίου κυμάνθηκαν από 0,1 έως  $12,402 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $2,183 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,754 \text{mgL}^{-1}$  έως  $23,116 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $5,967 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των θειικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $4,59 \text{mgL}^{-1}$  έως  $30,4 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $8,33 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων νατρίου κυμάνθηκαν από  $2,03 \text{mgL}^{-1}$  έως  $8,59 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $3,56 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,034 \text{mgL}^{-1}$  έως  $0,724 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,288 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων καλίου κυμάνθηκαν από  $0,21 \text{mgL}^{-1}$  έως  $1,11 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,64 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων μαγνησίου κυμάνθηκαν από  $3,99 \text{mgL}^{-1}$  έως  $11,39 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $5,46 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων ασβεστίου κυμάνθηκαν από  $10,4 \text{mgL}^{-1}$  έως  $25,55 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $15,44 \text{mgL}^{-1}$ . Φωσφορικά και νιτρώδη ιόντα, καθώς και ιόντα λιθίου, δεν ανιχνεύθηκαν σε κανένα από τα δείγματα.

**Πίνακας 3.3.** Χημικές παράμετροι και συγκεντρώσεις στο πόσιμο νερό της περιοχής Πλατανιδίων.

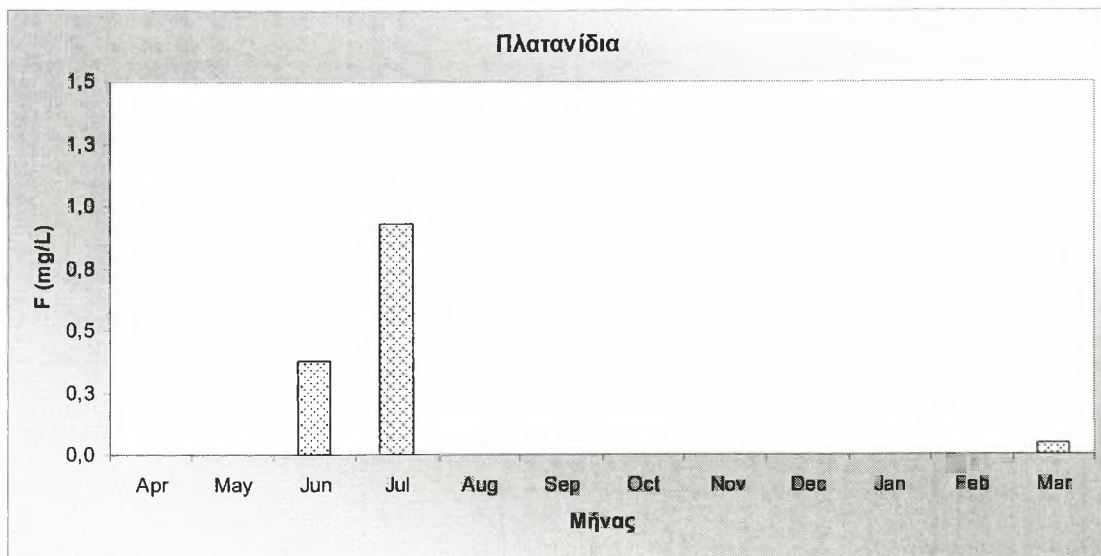
Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση
pH	7,6	8,1	7,83	0,15	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
EC <sub>w</sub> (μS cm <sup>-1</sup> )	60	324	233,4	80,2	2500
F (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	0,927	0,112	0,278	1,5
Cl (mg L <sup>-1</sup> )	4,26	19,58	6,63	4,19	250
NO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	M.A	M.A.	-	-	0,2
Br (mg L <sup>-1</sup> )	0,1	12,402	2,183	3,386	0,01
NO <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,754	23,116	4,772	5,967	50
PO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	M.A	M.A.	-	-	
SO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	4,59	30,4	8,33	6,99	250
Li (mg L <sup>-1</sup> )	M.A	M.A.	-	-	
Na (mg L <sup>-1</sup> )	2,03	8,59	3,56	2,08	200
NH <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,034	0,724	0,288	0,189	0,5
K (mg L <sup>-1</sup> )	0,21	1,11	0,64	0,27	12
Mg (μg L <sup>-1</sup> )	3,99	11,39	5,46	2,34	50
Ca (μg L <sup>-1</sup> )	10,40	25,55	15,44	4,34	100



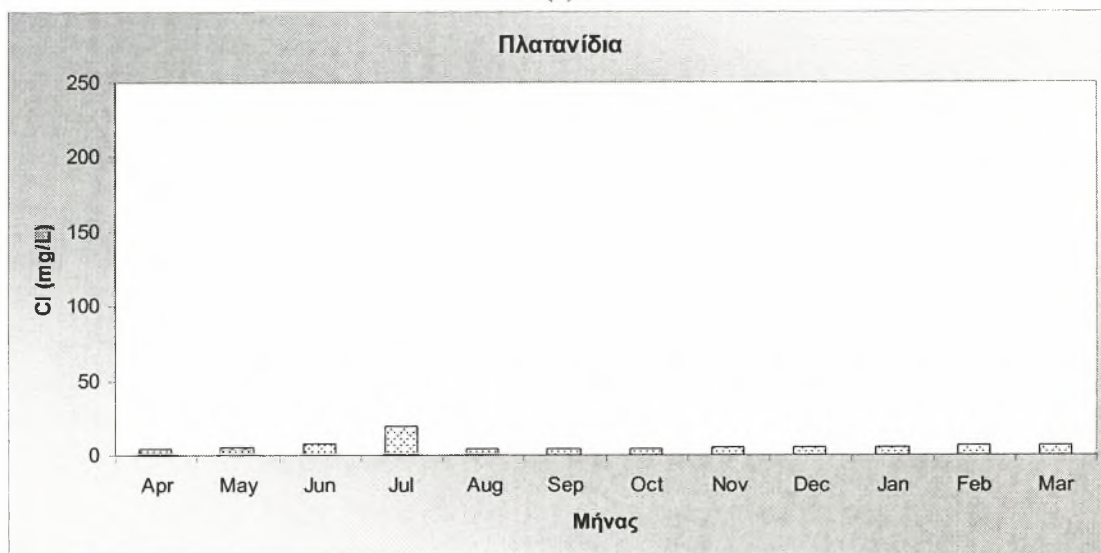
**Σχήμα 3.13** Συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



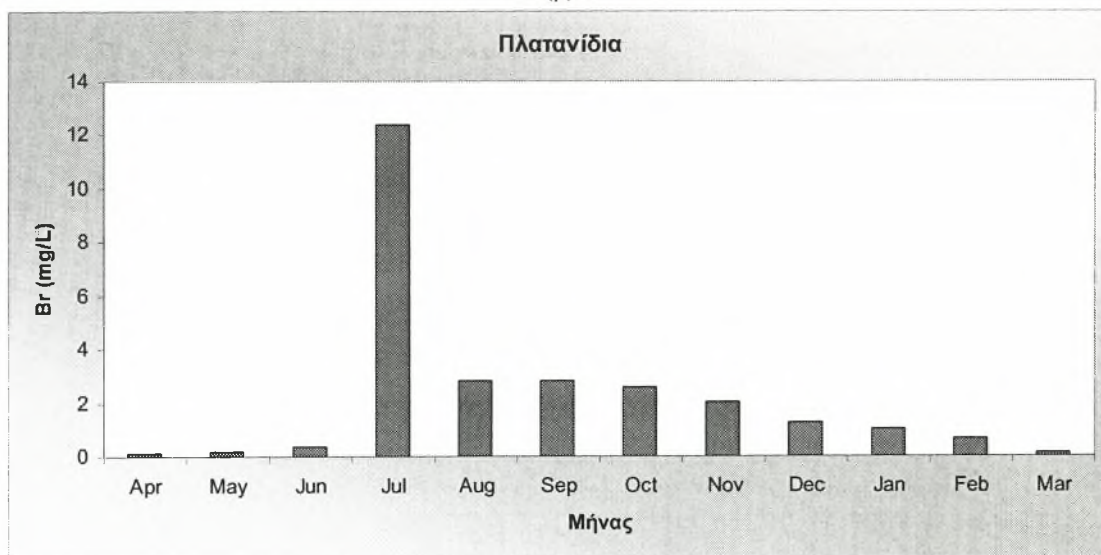
**Σχήμα 3.14** Τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

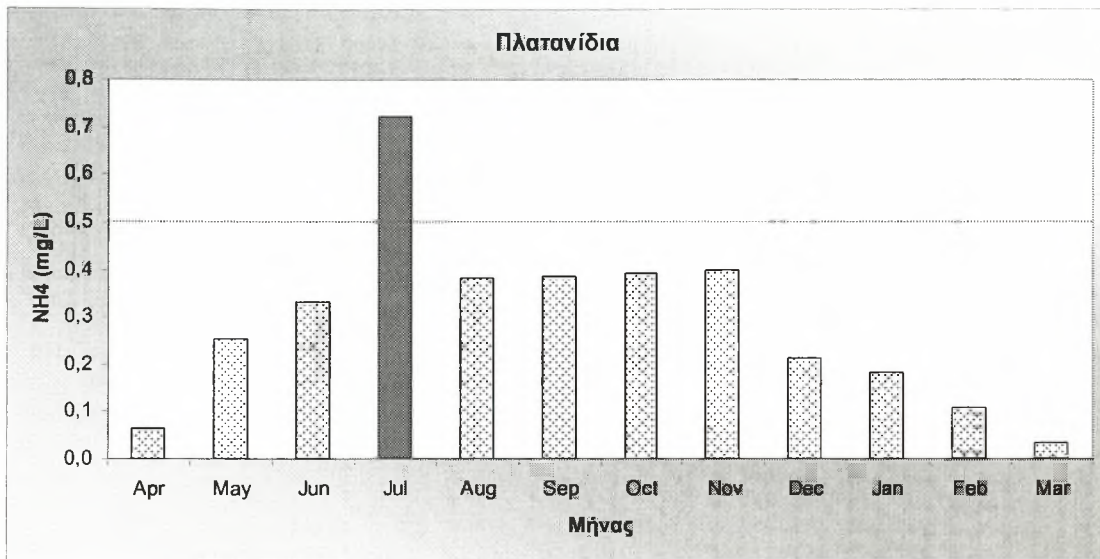


(β)

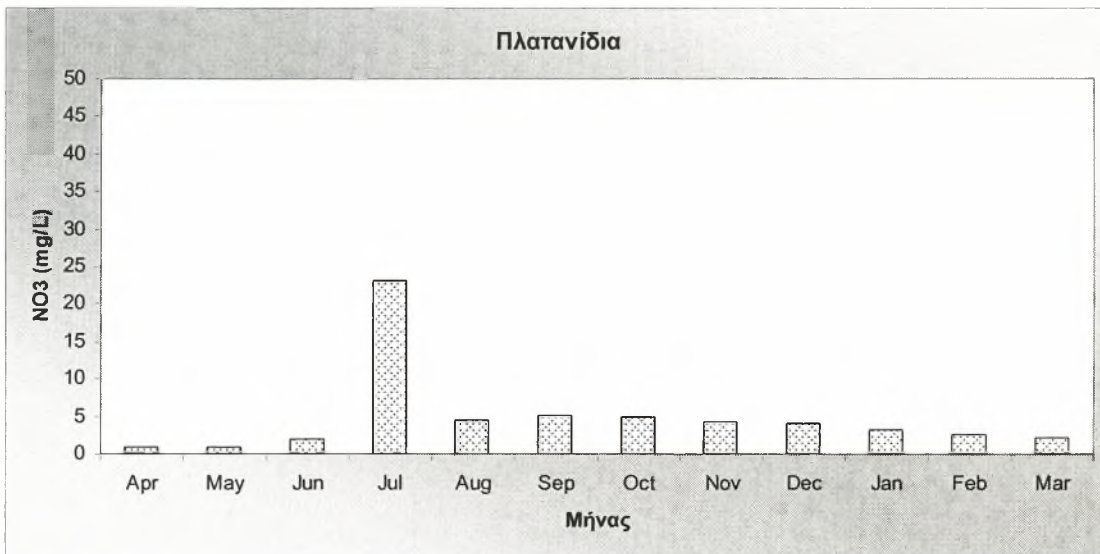


(γ)

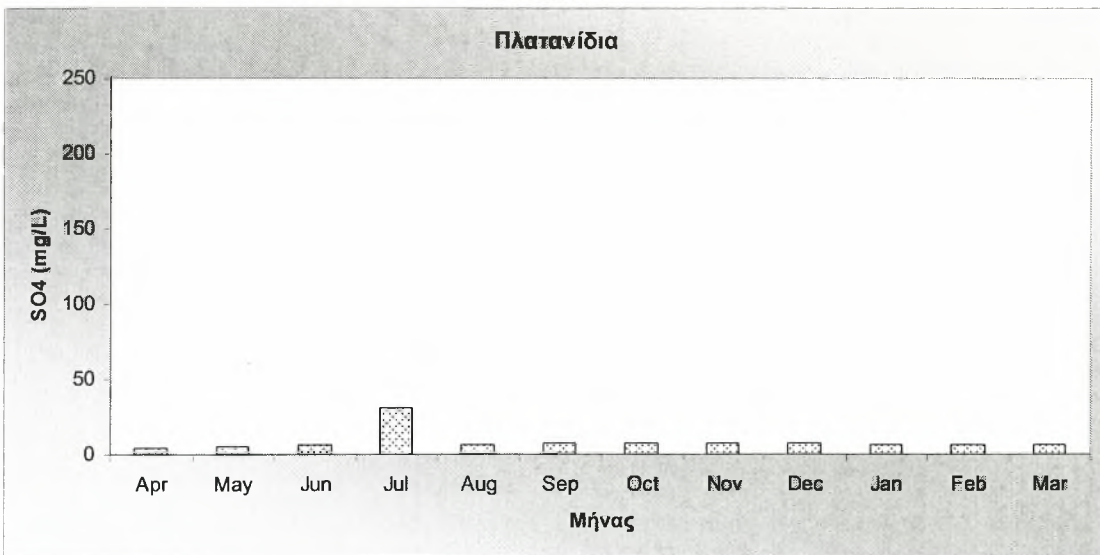
**Σχήμα 3.15** Συγκέντρωσεις ιόντων α) φθορίου β) χλωρίου γ) βρωμίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)



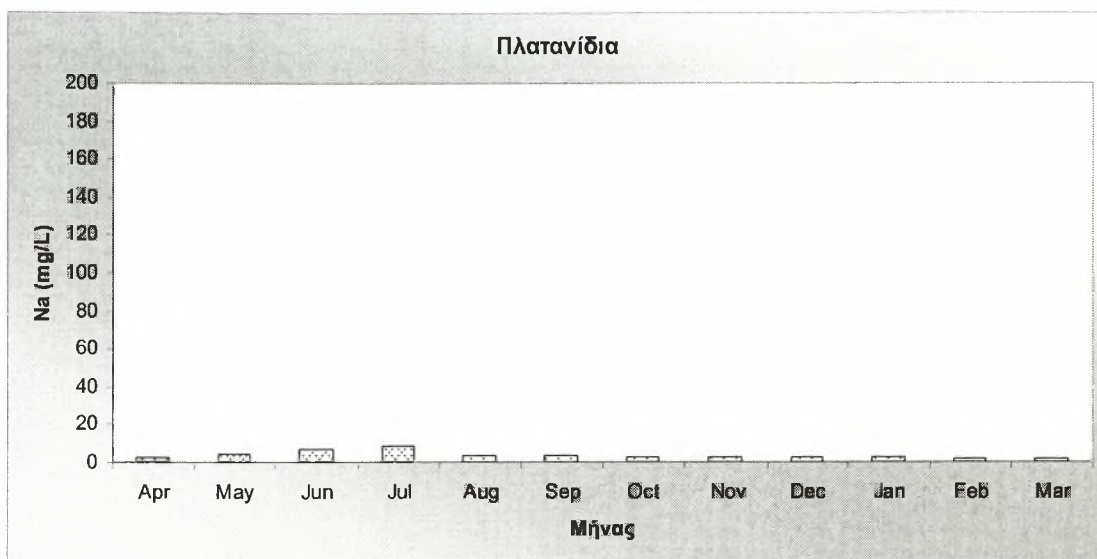
(β)



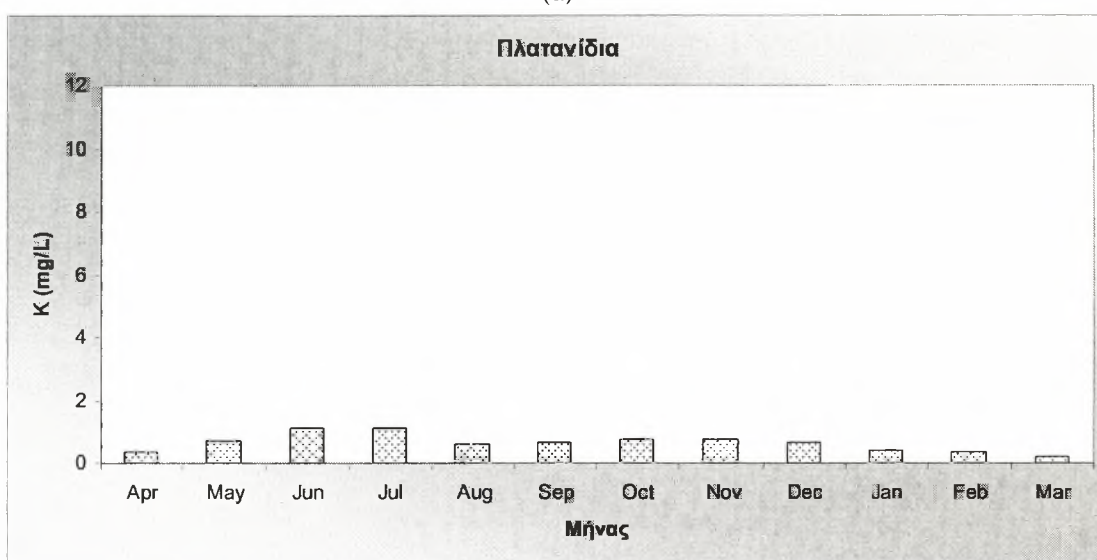
(γ)

**Σχήμα 3.16** Συγκέντρωσεις ιόντων α) αμμωνιακών β) νιτρικών γ) θειικών κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.

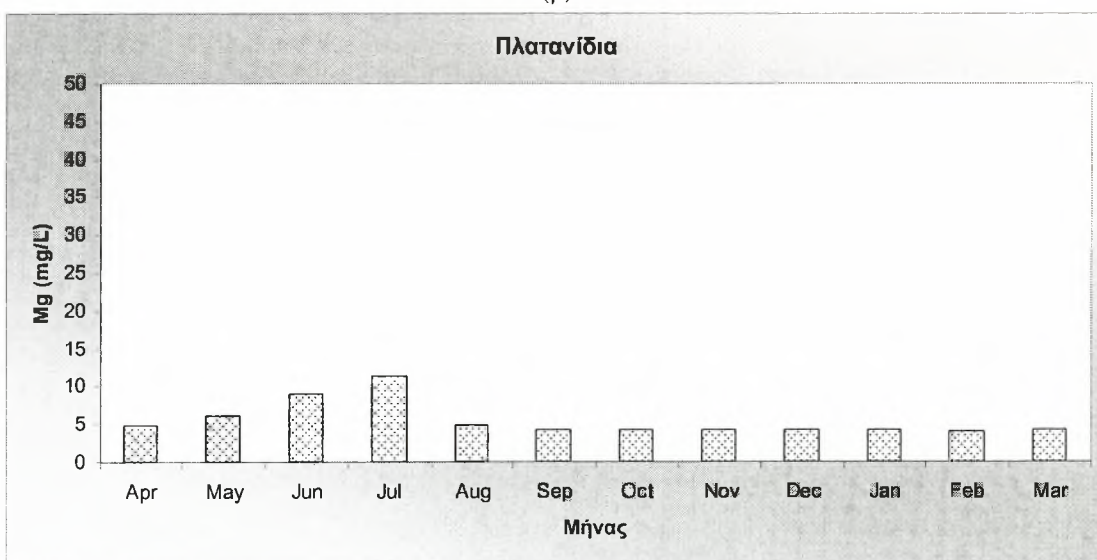




(α)

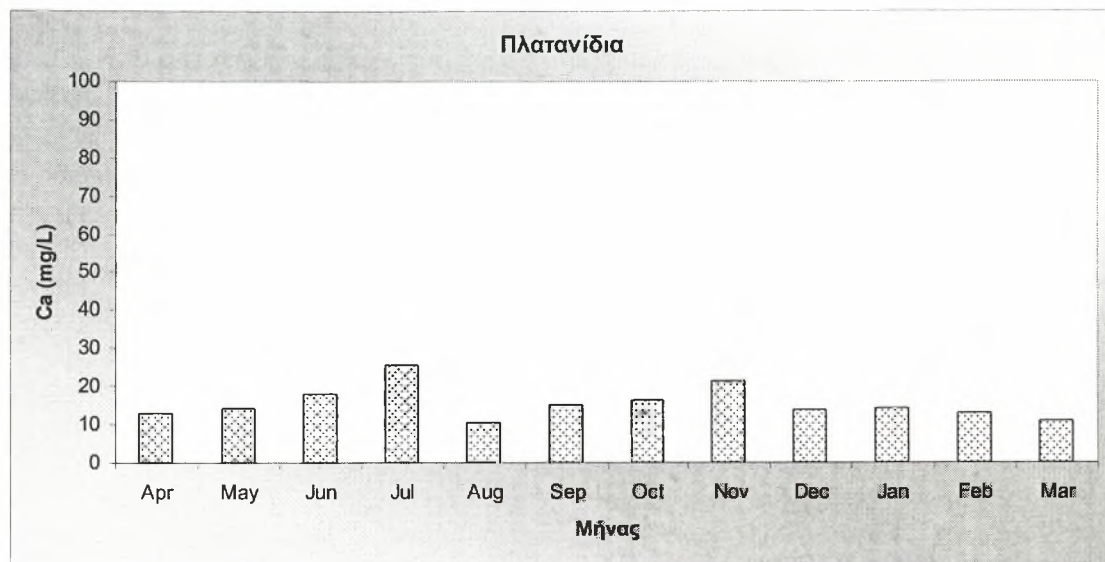


(β)



(γ)

**Σχήμα 3.17** Συγκέντρωσεις ιόντων α) νατρίου β) καλίου γ) μαγνησίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



**Σχήμα 3.18** Συγκέντρωσεις ιόντων ασβεστίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.

### 3.4 Περιοχή Κάτω Γατζέας

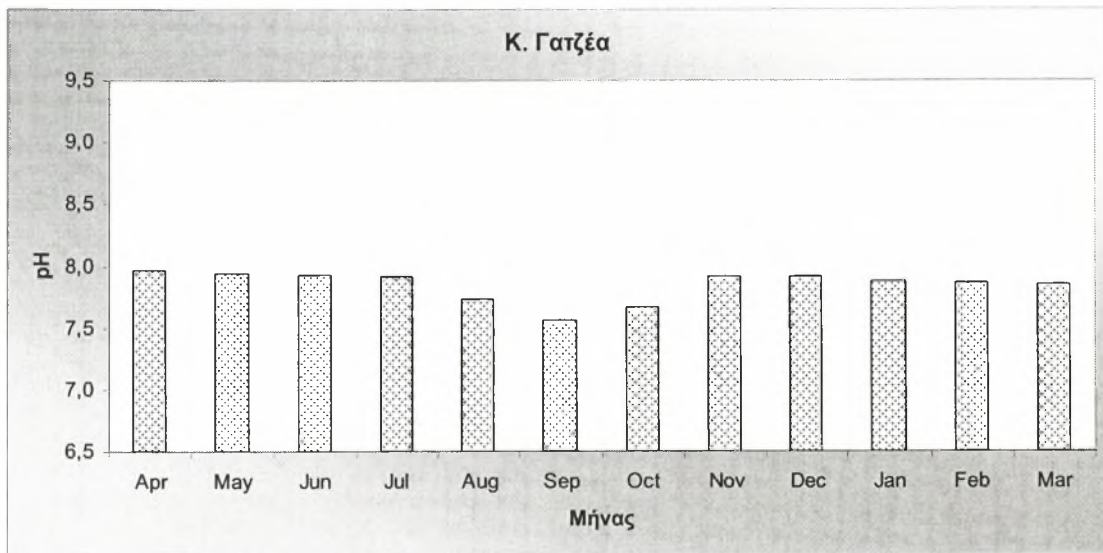
Από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα δείγματα πόσιμου νερού στην περιοχή της Κάτω Γατζέας, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν. Επίσης μετρήθηκαν η τιμή του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 3.4.

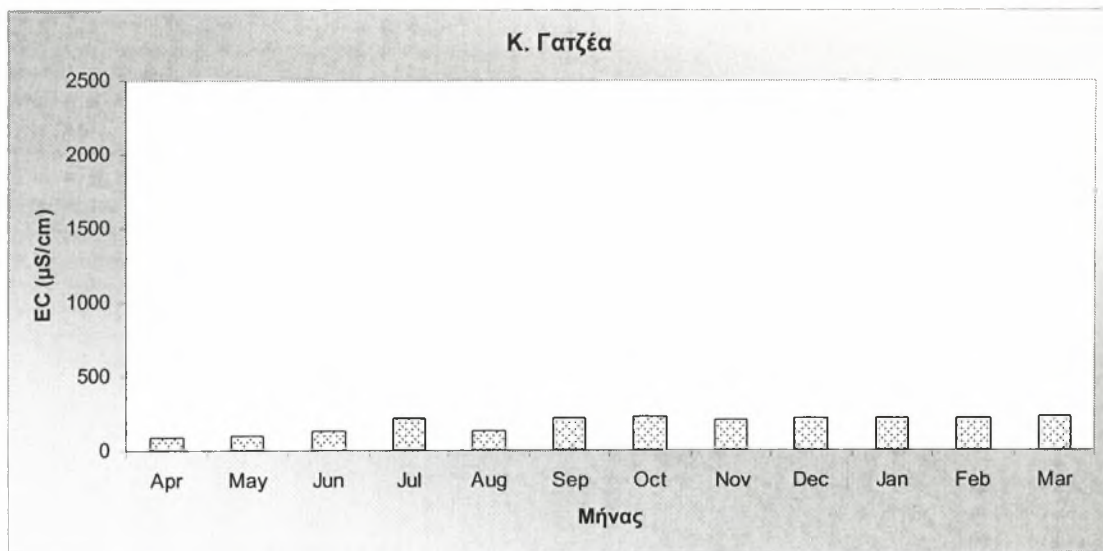
Από τον πίνακα αυτόν προκύπτει ότι οι τιμές του pH κυμάνθηκαν από 7,5 έως 7,9, με μέση τιμή 7,8. Η ελάχιστη τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ήταν  $87 \mu\text{Scm}^{-1}$ , η μέγιστη  $225 \mu\text{Scm}^{-1}$  και η μέση τιμή  $183,3 \mu\text{Scm}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων φθορίου κυμάνθηκαν από  $0,157 \text{mgL}^{-1}$  έως  $0,944 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,361 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου κυμάνθηκαν από  $6,96 \text{mgL}^{-1}$  έως  $25,36 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $13,84 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρωδών ιόντων κυμάνθηκαν έως  $1,3 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,471 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων βρωμίου κυμάνθηκαν έως  $5,684 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $2,299 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $1,012 \text{mgL}^{-1}$  έως  $7,156 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $3,075 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των θεικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $6,92 \text{mgL}^{-1}$  έως  $29,54 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $15,4 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων νατρίου κυμάνθηκαν από  $2,02 \text{mgL}^{-1}$  έως  $9,48 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $3,46 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,121 \text{mgL}^{-1}$  έως  $0,653 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,26 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων καλίου κυμάνθηκαν από  $0,33 \text{mgL}^{-1}$  έως  $1,37 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,54 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων μαγνησίου κυμάνθηκαν από  $1,5 \text{mgL}^{-1}$  έως  $8,06 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $4,25 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων ασβεστίου κυμάνθηκαν από  $5,36 \text{mgL}^{-1}$  έως  $29,74 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $12,8 \text{mgL}^{-1}$ . Φωσφορικά ιόντα καθώς και ιόντα λιθίου δεν ανιχνεύθηκαν σε κανένα από τα δείγματα.

**Πίνακας 3.4.** Χημικές παράμετροι και συγκεντρώσεις στο πόσιμο νερό της περιοχής Κάτω Γατζέας.

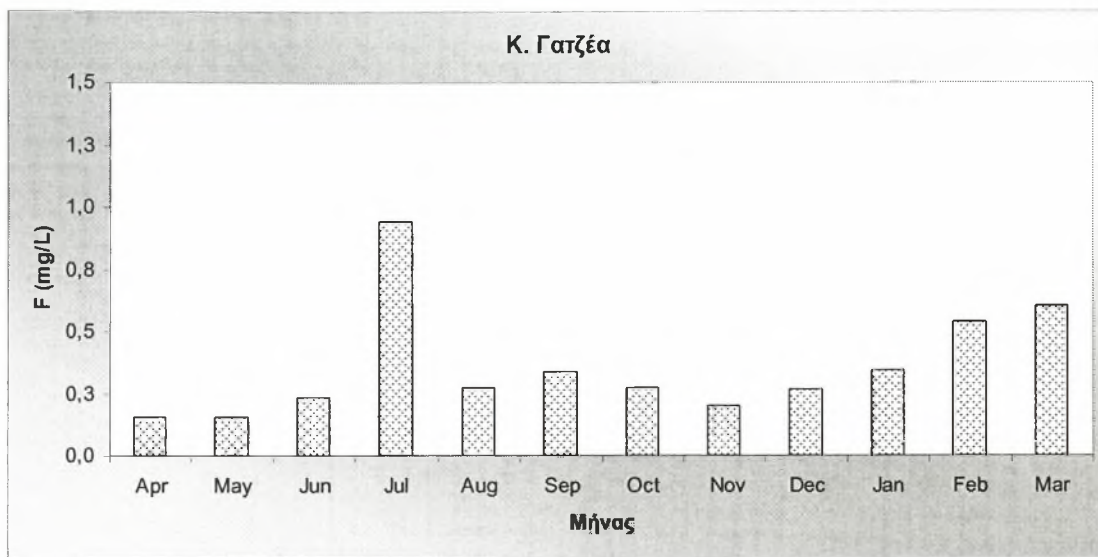
Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση
pH	7,5	7,9	7,8	0,12	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
EC <sub>w</sub> (μS cm <sup>-1</sup> )	87	225	183,3	53,8	2500
F (mg L <sup>-1</sup> )	0,157	0,944	0,361	0,229	1,5
Cl (mg L <sup>-1</sup> )	6,96	25,36	13,84	6,88	250
NO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	1,3	0,471	0,531	0,2
Br (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	5,684	2,299	2,462	0,01
NO <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	1,012	7,156	3,075	2,418	50
PO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	M.A.	-	-	
SO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	6,92	29,54	15,40	8,69	250
Li (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	M.A.	-	-	
Na (mg L <sup>-1</sup> )	2,02	9,48	3,46	2,14	200
NH <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,121	0,653	0,260	0,141	0,5
K (mg L <sup>-1</sup> )	0,33	1,37	0,54	0,30	12
Mg (μg L <sup>-1</sup> )	1,50	8,06	4,25	1,63	50
Ca (μg L <sup>-1</sup> )	5,36	29,74	12,80	6,21	100



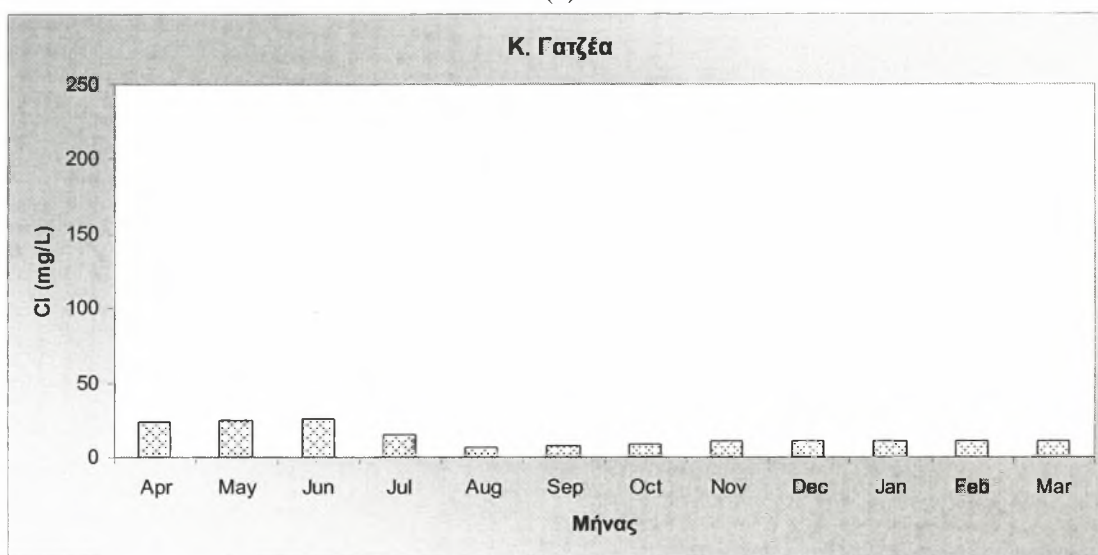
**Σχήμα 3.19** Συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



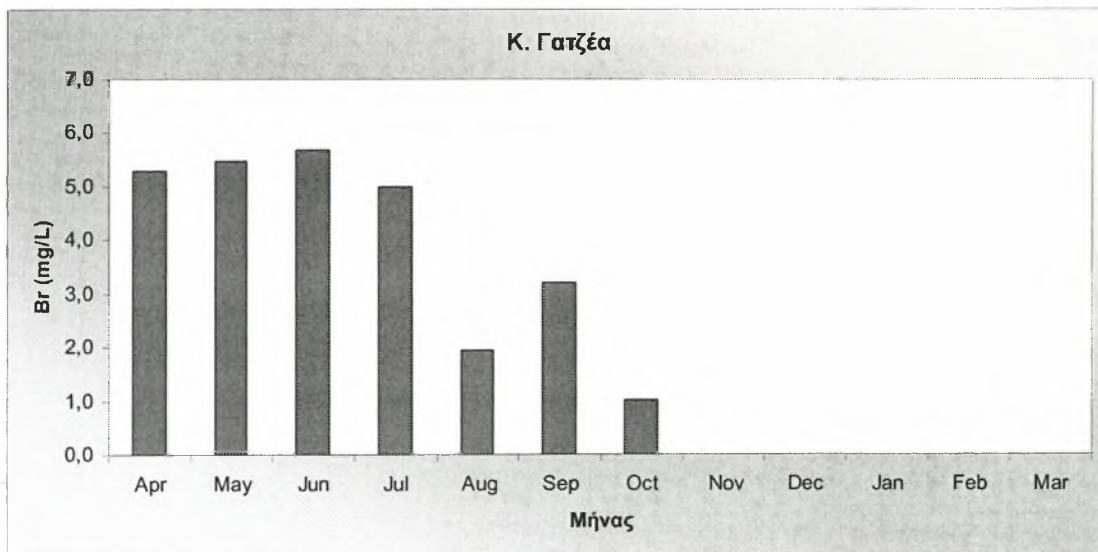
**Σχήμα 3.20** Τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

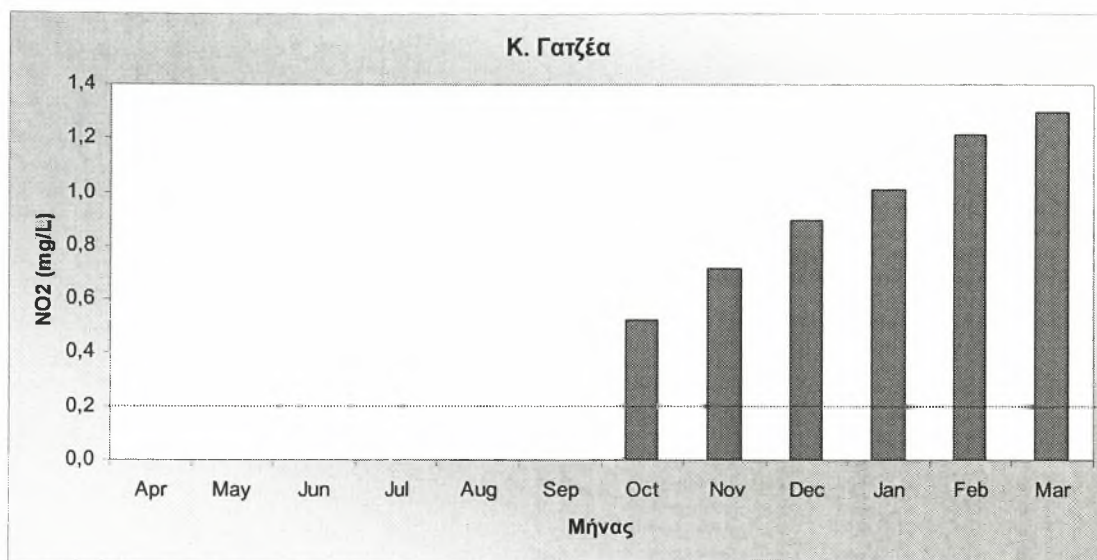


(β)

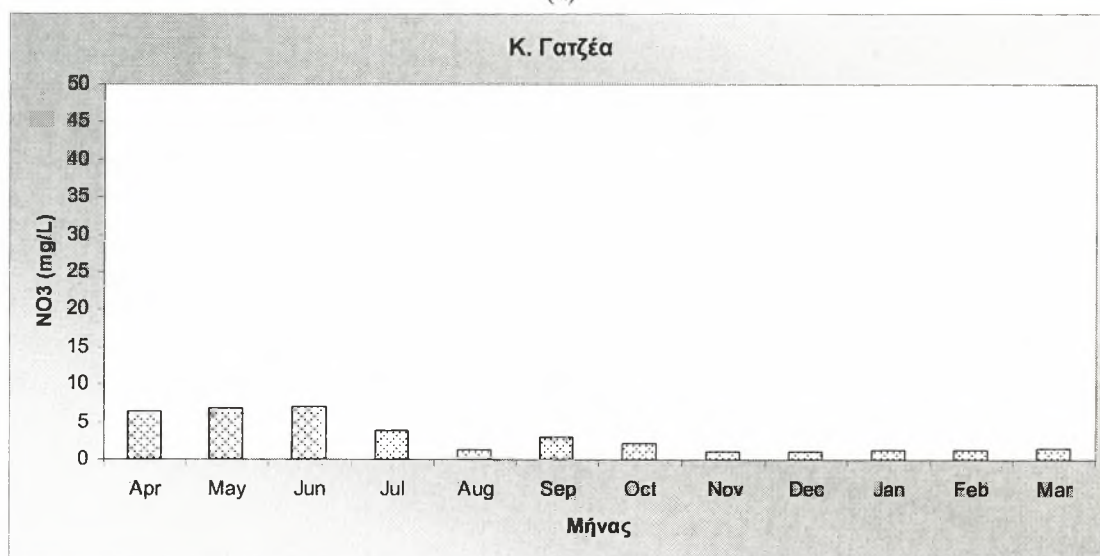


(γ)

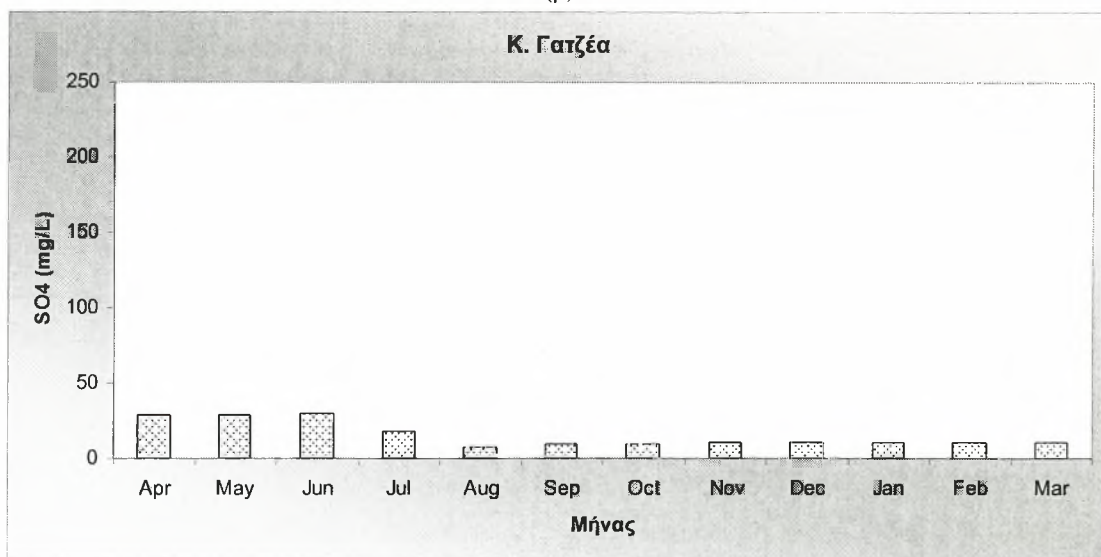
**Σχήμα 3.21** Συγκέντρωσεις ιόντων α) φθορίου β) χλωρίου γ) βρωμίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

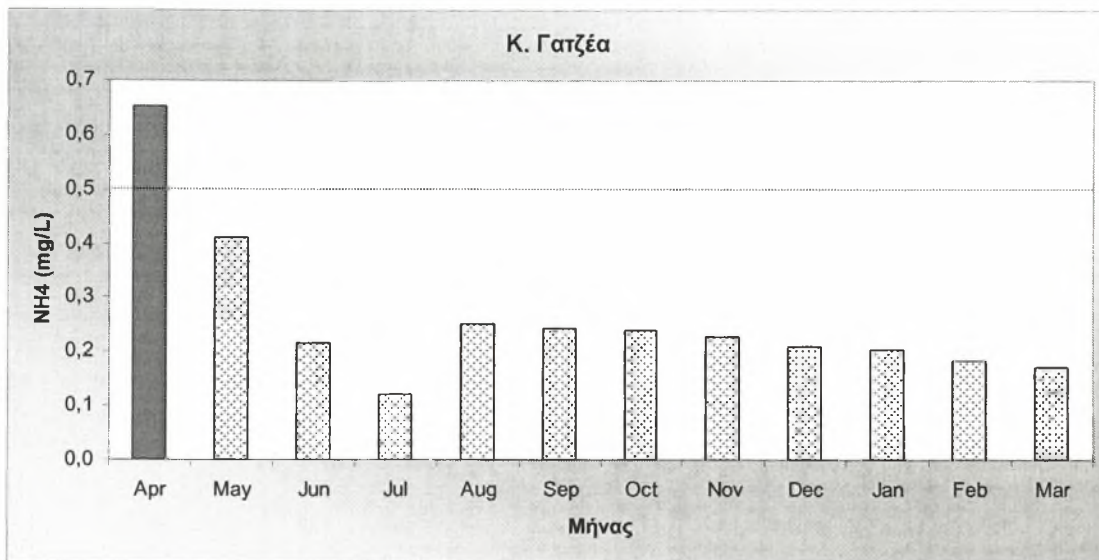


(β)

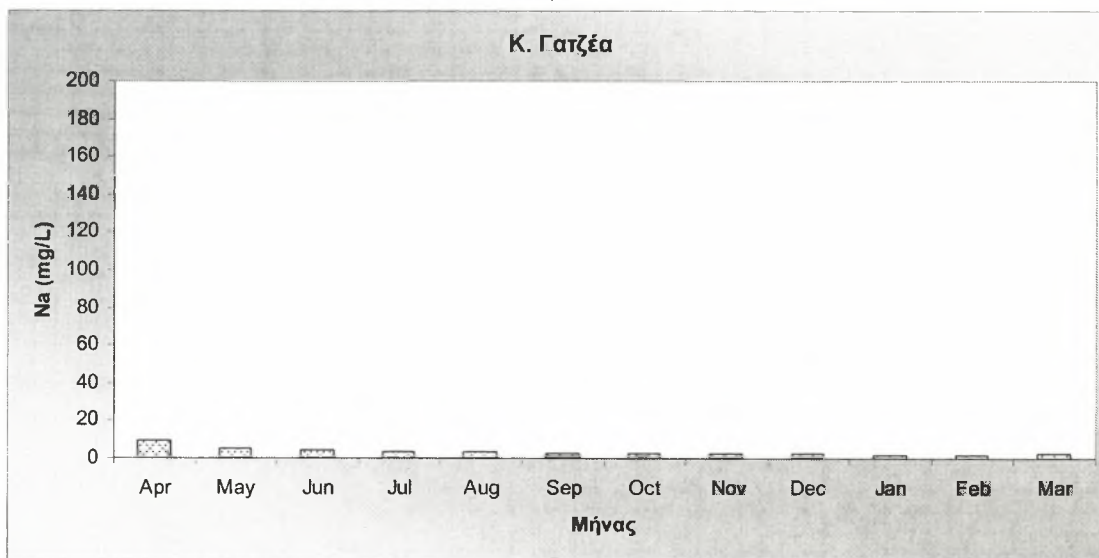


(γ)

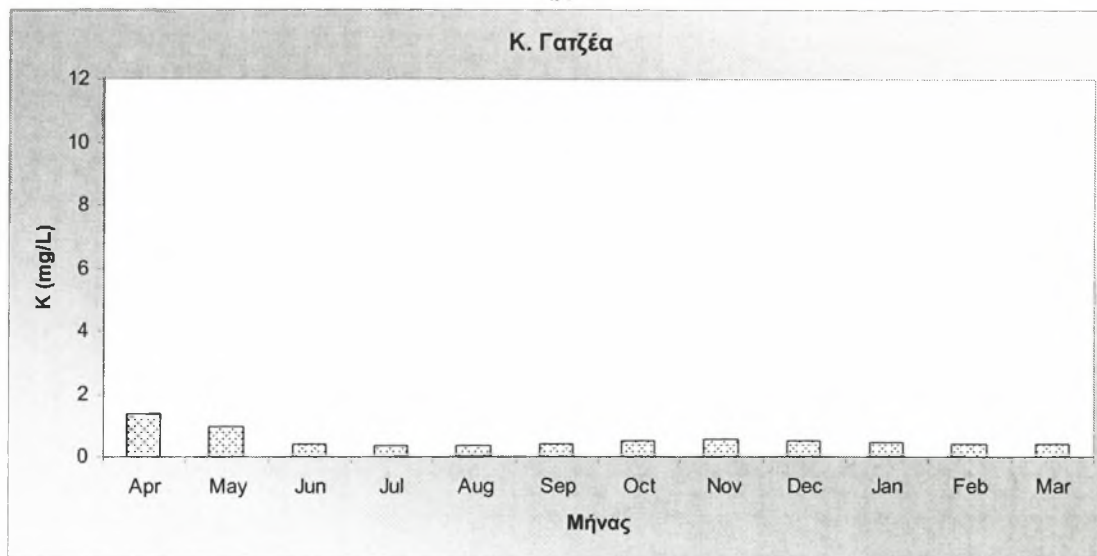
**Σχήμα 3.22** Συγκέντρωσεις ιόντων α) νιτρωδών β) νιτρικών γ) θειικών κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)



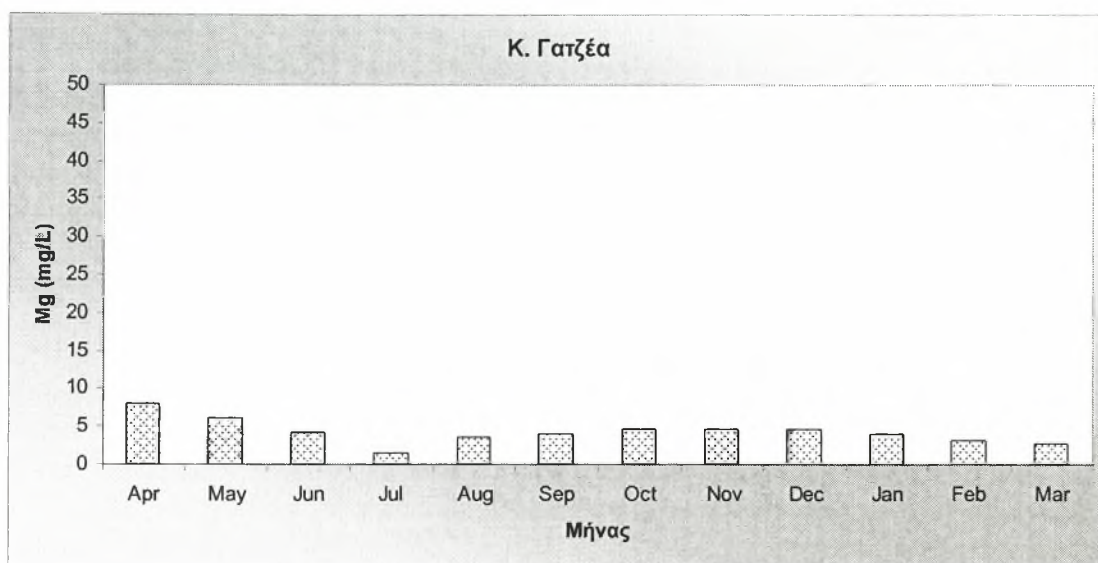
(β)



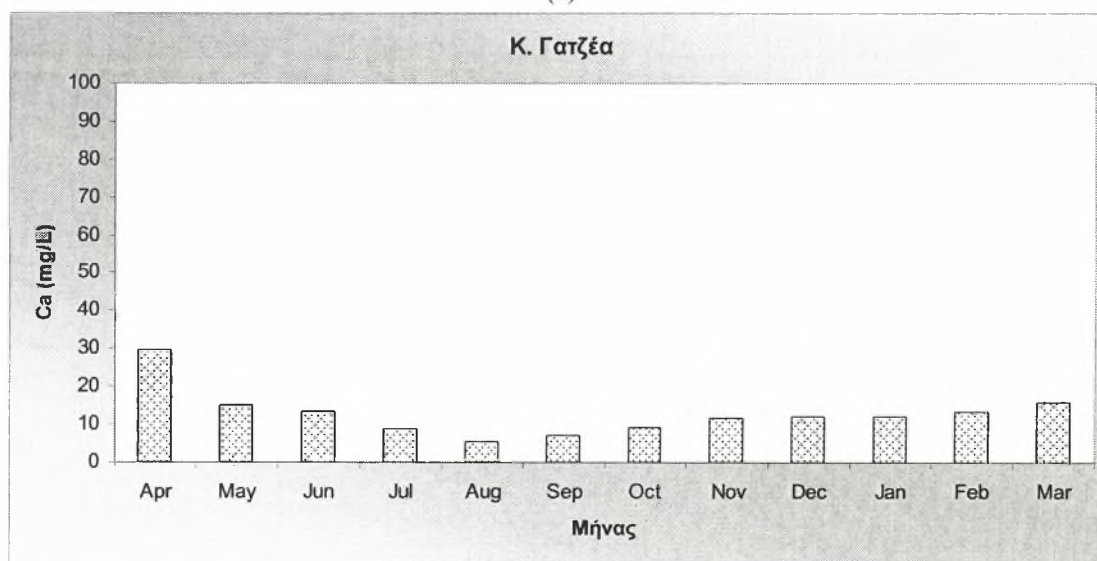
(γ)

**Σχήμα 3.23** Συγκέντρωσεις ιόντων α) αμμωνιακών β) νατρίου γ) καλίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.





(α)



(β)

**Σχήμα 3.24** Συγκέντρωσεις ιόντων α) μαγνησίου β) ασβεστίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.

### 3.5 Περιοχή Καλών Νερών

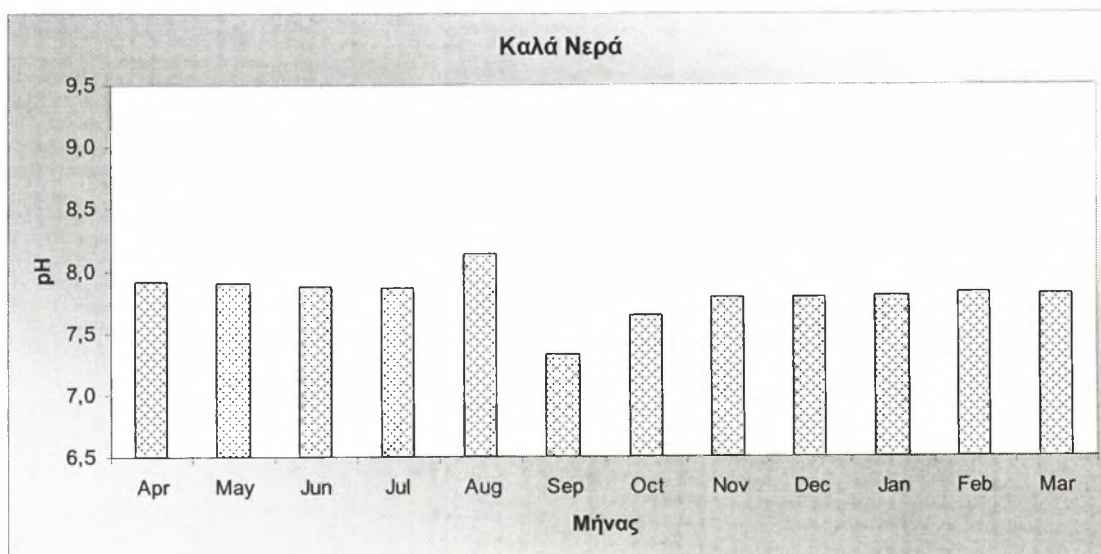
Από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα δείγματα πόσιμου νερού στην περιοχή Καλών Νερών, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν. Επίσης μετρήθηκαν η τιμή του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 3.5.

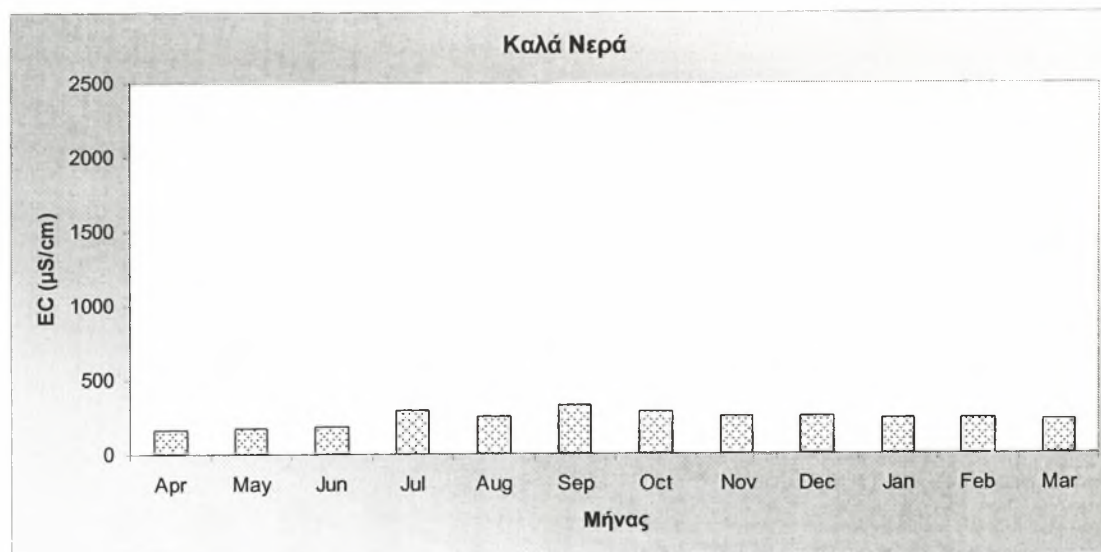
Από τον πίνακα αυτόν προκύπτει ότι οι τιμές του pH κυμάνθηκαν από 7,3 έως 8,1, με μέση τιμή 7,8. Η ελάχιστη τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ήταν  $160 \mu\text{Scm}^{-1}$ , η μέγιστη  $331 \mu\text{Scm}^{-1}$  και η μέση τιμή  $238,5 \mu\text{Scm}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων φθορίου κυμάνθηκαν έως  $1,999 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,473 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου κυμάνθηκαν από  $4,12 \text{mgL}^{-1}$  έως  $14,58 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $9,01 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρωδών ιόντων κυμάνθηκαν έως  $0,567 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,251 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων βρωμίου κυμάνθηκαν έως  $4,758 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $1,66 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,573 \text{mgL}^{-1}$  έως  $4,495 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $1,682 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των θειικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $6,12 \text{mgL}^{-1}$  έως  $18,1 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $8,63 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων νατρίου κυμάνθηκαν από  $2,45 \text{mgL}^{-1}$  έως  $7,31 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $4,91 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,248 \text{mgL}^{-1}$  έως  $0,562 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,38 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων καλίου κυμάνθηκαν από  $0,12 \text{mgL}^{-1}$  έως  $1,07 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,76 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων μαγνησίου κυμάνθηκαν από  $3,74 \text{mgL}^{-1}$  έως  $8,3 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $6,18 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων ασβεστίου κυμάνθηκαν από  $6,26 \text{mgL}^{-1}$  έως  $31,12 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $15,82 \text{mgL}^{-1}$ . Φωσφορικά ιόντα καθώς και ιόντα λιθίου δεν ανιχνεύθηκαν σε κανένα από τα δείγματα.

**Πίνακας 3.5.** Χημικές παράμετροι και συγκεντρώσεις στο πόσιμο νερό της περιοχής Καλών Νερών.

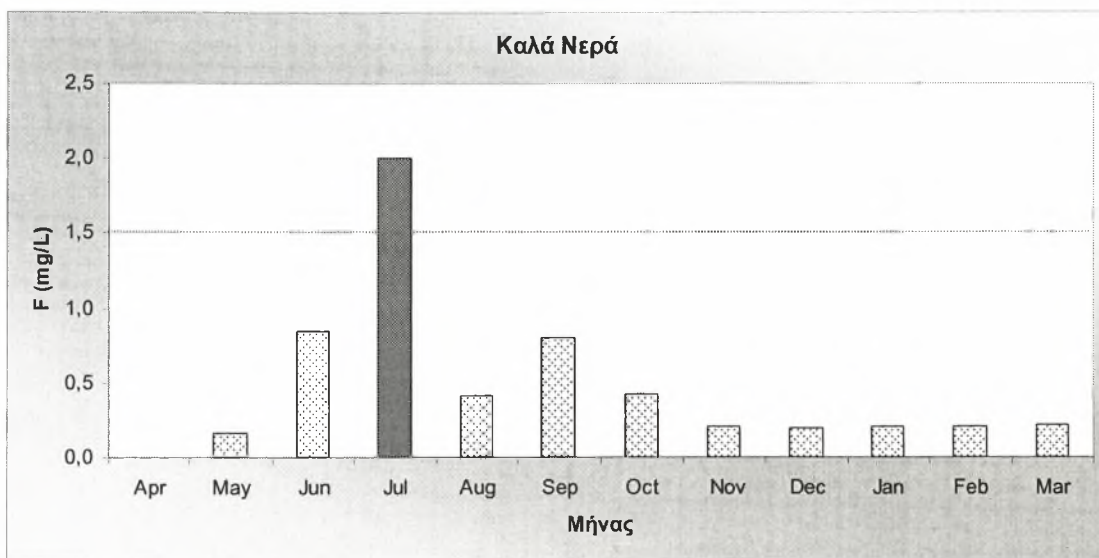
Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση
pH	7,3	8,1	7,8	0,18	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
EC <sub>w</sub> (μS cm <sup>-1</sup> )	160	331	238,5	49,1	2500
F (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	1,999	0,473	0,543	1,5
Cl (mg L <sup>-1</sup> )	4,12	14,58	9,01	3,00	250
NO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	0,567	0,251	0,271	0,2
Br (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	4,758	1,660	1,703	0,01
NO <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,573	4,495	1,682	1,200	50
PO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	M.A.	-	-	
SO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	6,12	18,1	8,63	3,70	250
Li (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	M.A.	-	-	
Na (mg L <sup>-1</sup> )	2,45	7,31	4,91	1,27	200
NH <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,248	0,562	0,380	0,085	0,5
K (mg L <sup>-1</sup> )	0,12	1,07	0,76	0,23	12
Mg (μg L <sup>-1</sup> )	3,74	8,3	6,18	1,61	50
Ca (μg L <sup>-1</sup> )	6,26	31,12	15,82	9,14	100



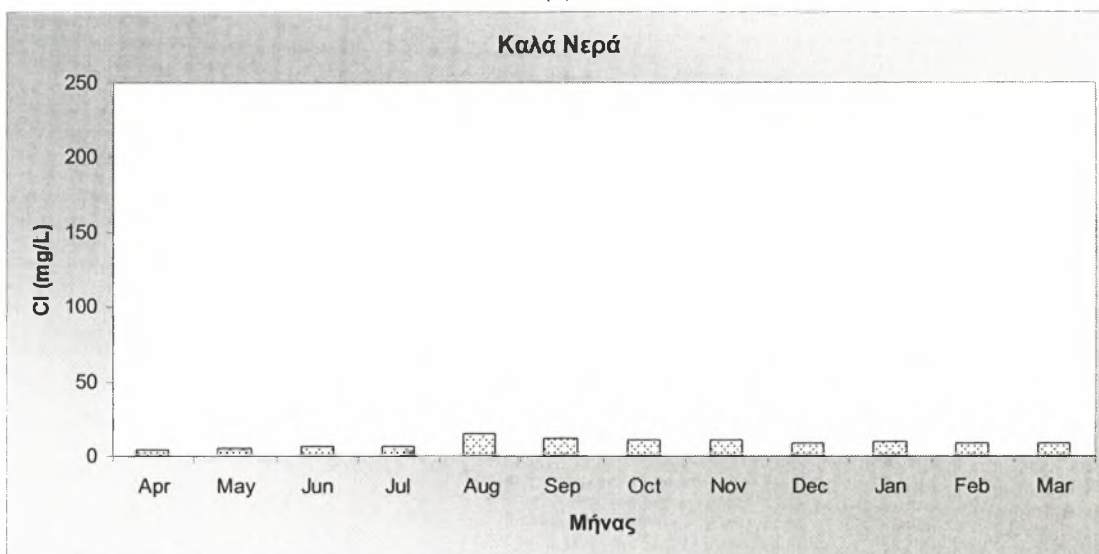
**Σχήμα 3.25** Συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



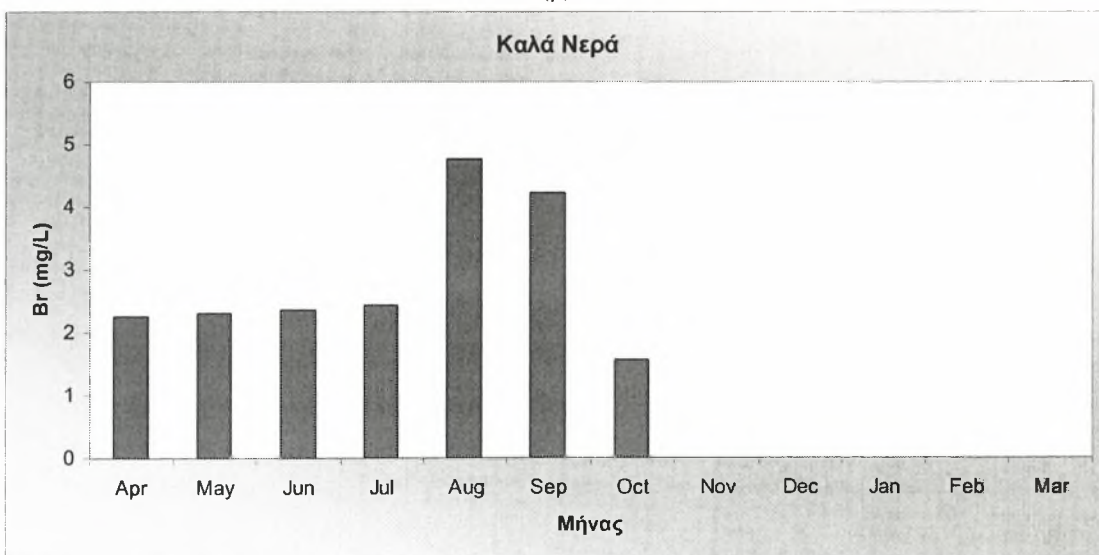
**Σχήμα 3.26** Τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

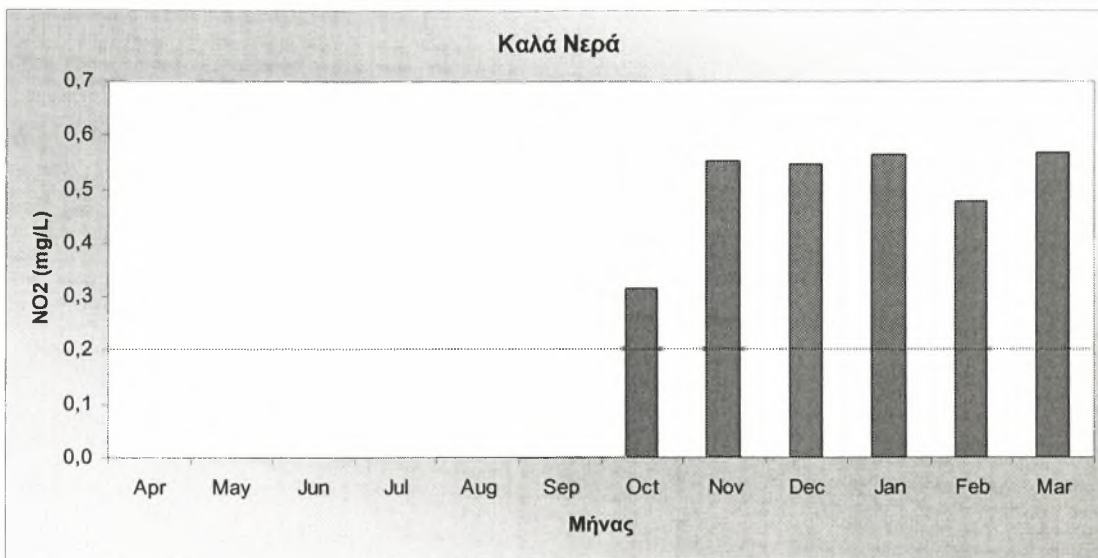


(β)

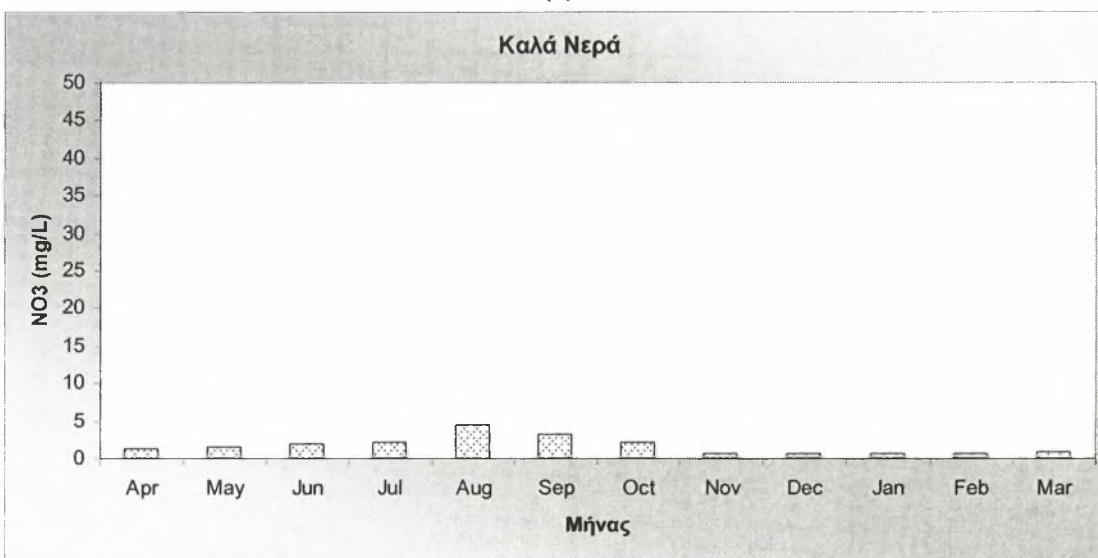


(γ)

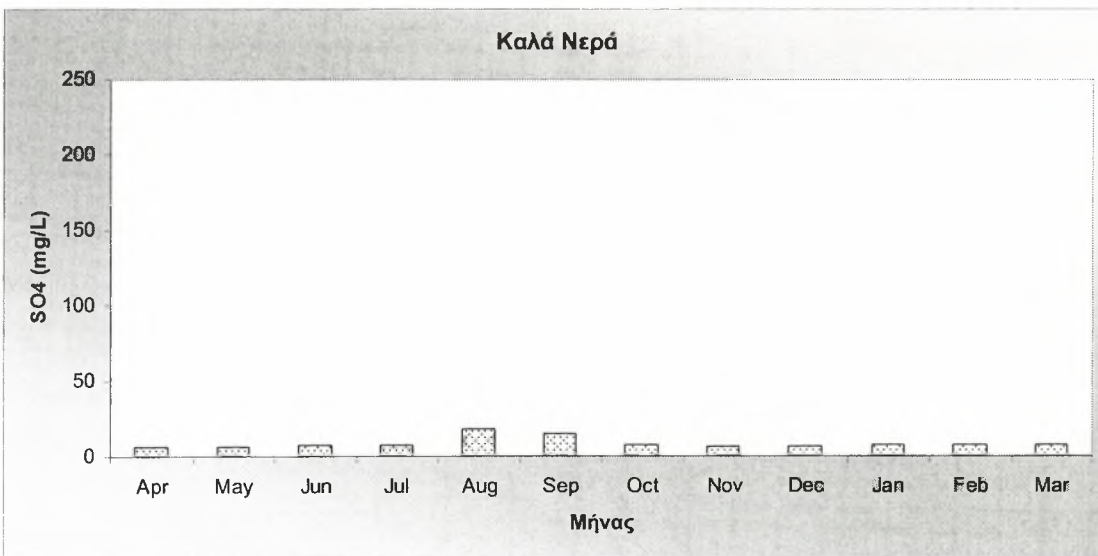
**Σχήμα 3.27** Συγκέντρωσεις ιόντων α) φθορίου β) χλωρίου γ) βρωμίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

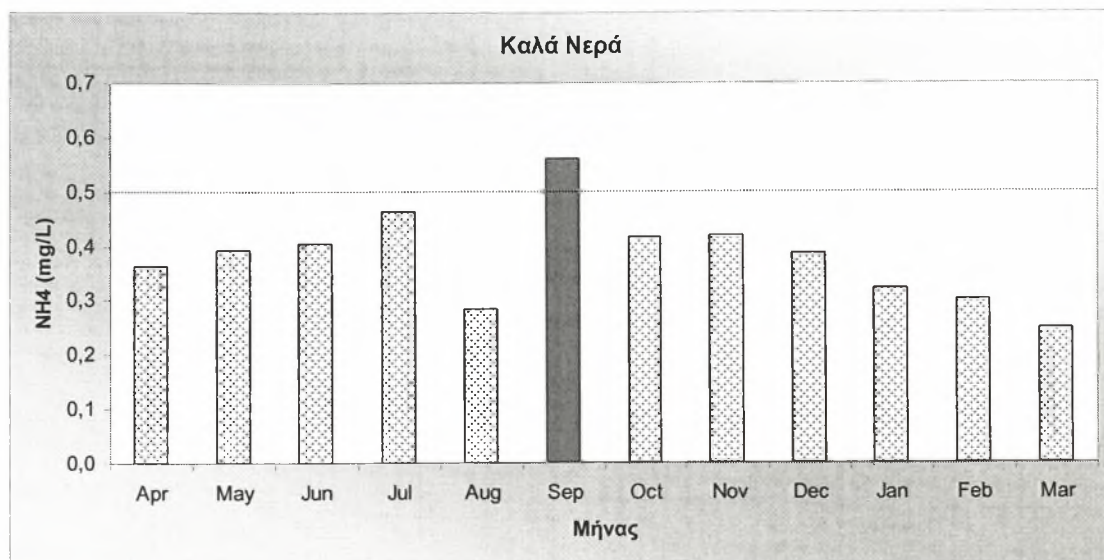


(β)

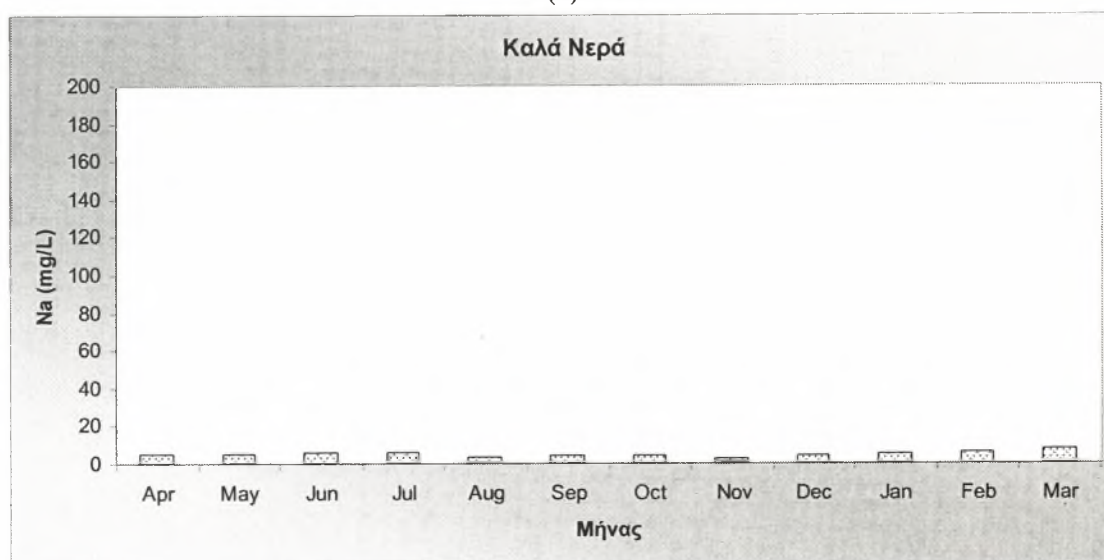


(γ)

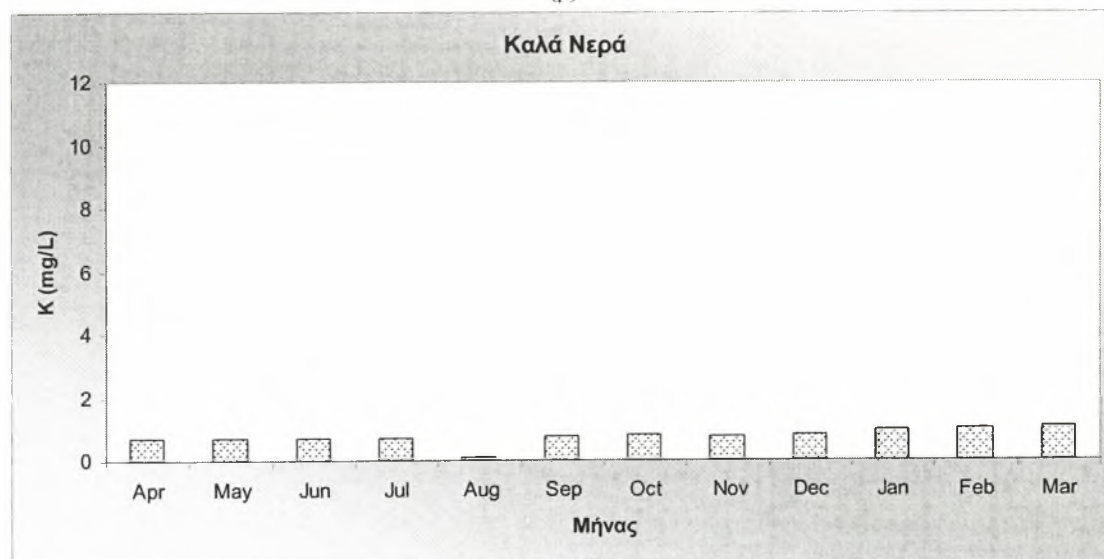
**Σχήμα 3.28** Συγκέντρωσεις ιόντων α) νιτρωδών β) νιτρικών γ) θεικών κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

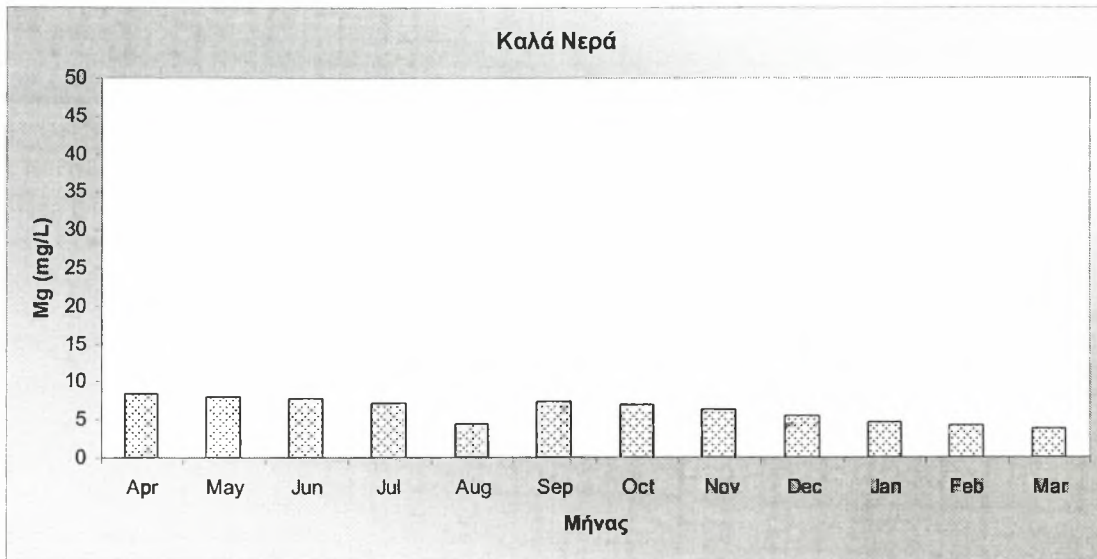


(β)

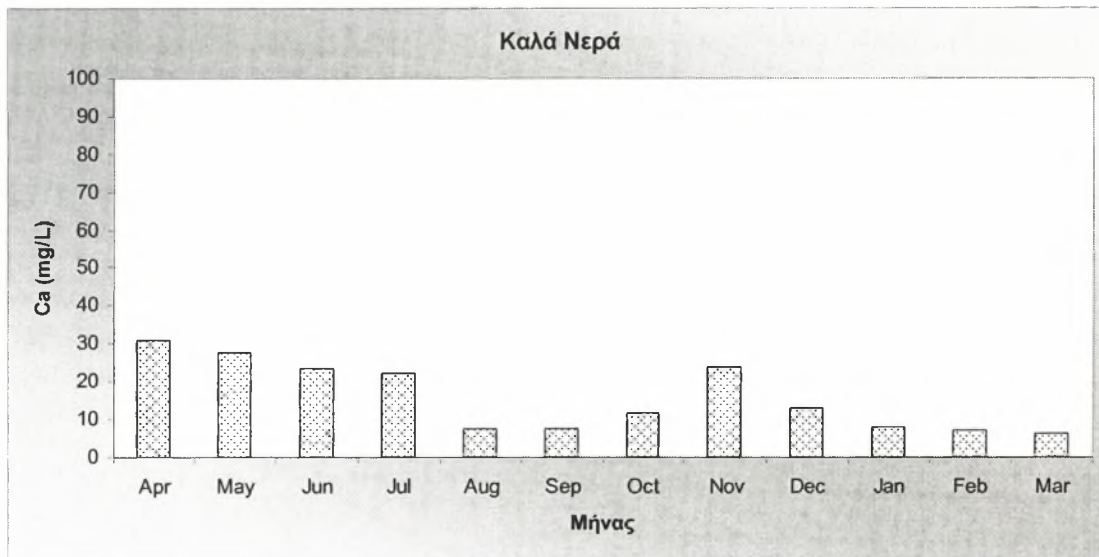


(γ)

**Σχήμα 3.29** Συγκέντρωσεις ιόντων α) αμμωνιακών β) νατρίου γ) καλίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)



(β)

**Σχήμα 3.30** Συγκέντρωσεις ιόντων α) μαγνησίου β) ασβεστίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



### 3.6 Περιοχή Αφύσσου

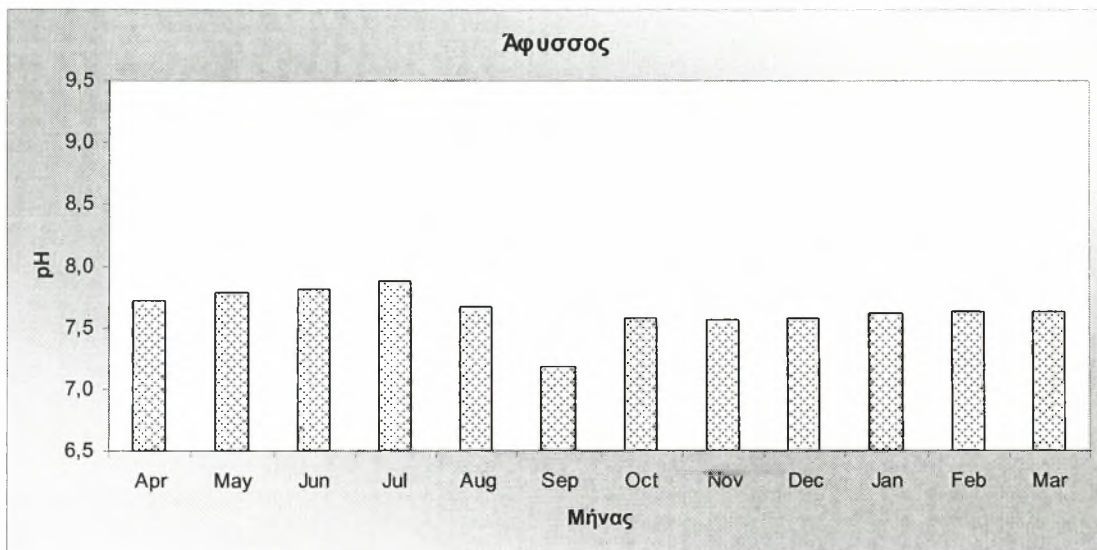
Από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα δείγματα πόσιμου νερού στην περιοχή της Αφύσσου, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν. Επίσης μετρήθηκαν η τιμή του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 3.6.

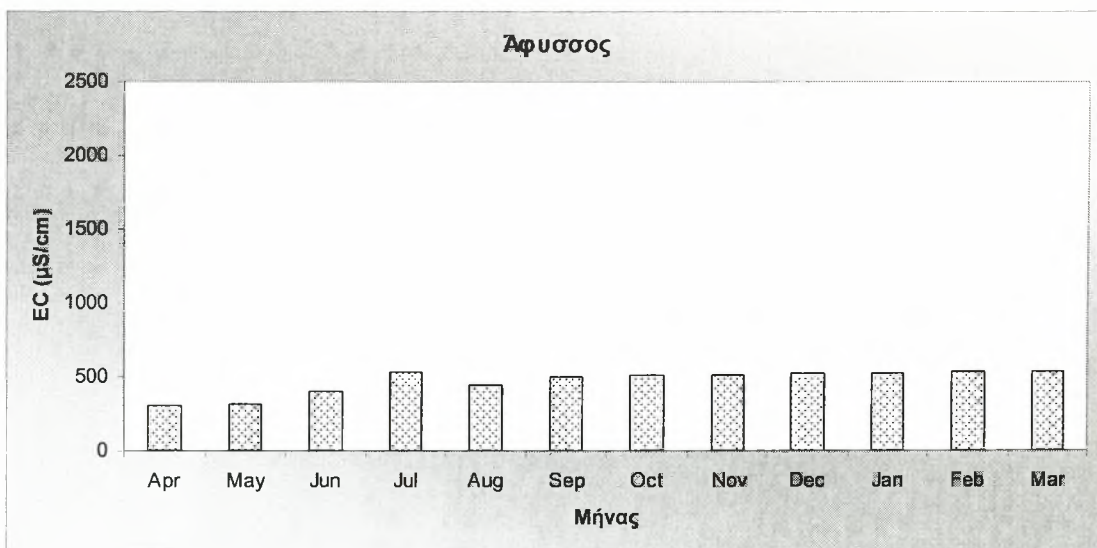
Από τον πίνακα αυτόν προκύπτει ότι οι τιμές του pH κυμάνθηκαν από 7,1 έως 7,8, με μέση τιμή 7,6. Η ελάχιστη τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ήταν  $303 \mu\text{Scm}^{-1}$ , η μέγιστη  $537 \mu\text{Scm}^{-1}$  και η μέση τιμή  $468 \mu\text{Scm}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων φθορίου κυμάνθηκαν από  $0,102 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $2,482 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $1,255 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου κυμάνθηκαν από  $24,75 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $63,16 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $35,51 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρωδών ιόντων κυμάνθηκαν έως  $1,226 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,436 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων βρωμίου κυμάνθηκαν από  $0,099 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $21,13 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $7,997 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $8,462 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $30,592 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $15,942 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των θειικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $21,15 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $87,51 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $46,57 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων νατρίου κυμάνθηκαν από  $5,1 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $16,52 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $10,02 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,411 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $1,931 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,75 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων καλίου κυμάνθηκαν έως  $1,323 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,69 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων μαγνησίου κυμάνθηκαν από  $5,42 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $23,97 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $15,03 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων ασβεστίου κυμάνθηκαν από  $5,77 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $59,98 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $23,14 \text{ mgL}^{-1}$ . Φωσφορικά ιόντα καθώς και ιόντα λιθίου δεν ανιχνεύθηκαν σε κανένα από τα δείγματα.

**Πίνακας 3.6.** Χημικές παράμετροι και συγκεντρώσεις στο πόσιμο νερό της περιοχής Αφύσσου.

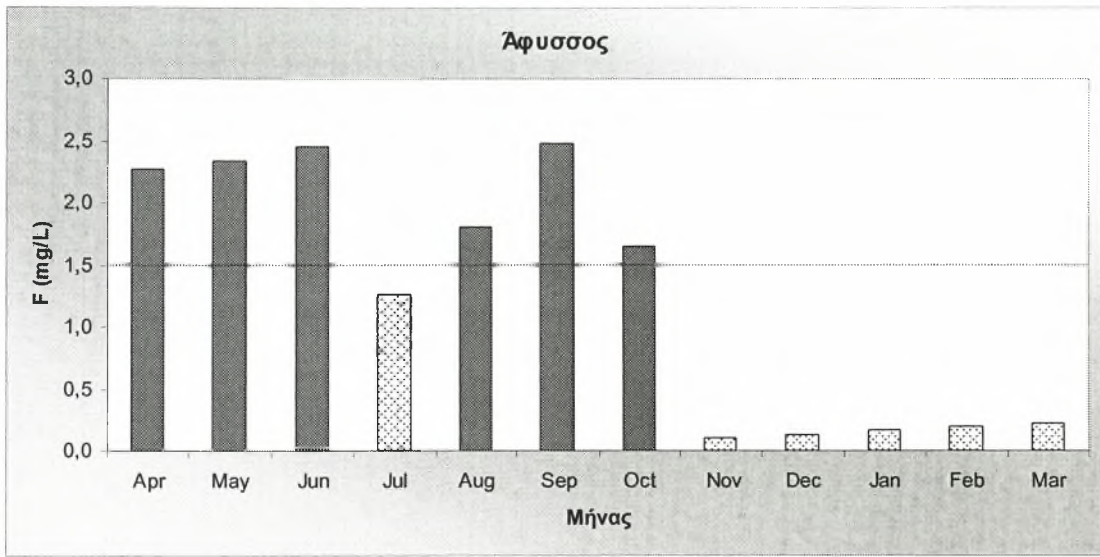
Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση
pH	7,1	7,8	7,6	0,17	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
EC <sub>w</sub> (μS cm <sup>-1</sup> )	303	537	468	84,7	2500
F (mg L <sup>-1</sup> )	0,102	2,482	1,255	1,026	1,5
Cl (mg L <sup>-1</sup> )	24,75	63,16	35,51	13,02	250
NO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	1,226	0,436	0,516	0,2
Br (mg L <sup>-1</sup> )	0,099	21,13	7,997	8,104	0,01
NO <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	8,462	30,592	15,942	7,522	50
PO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	M.A.	-	-	
SO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	21,15	87,54	46,57	22,27	250
Li (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	M.A.	-	-	
Na (mg L <sup>-1</sup> )	5,1	16,52	10,02	2,85	200
NH <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,411	1,931	0,75	0,449	0,5
K (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	1,323	0,69	0,39	12
Mg (μg L <sup>-1</sup> )	5,42	23,97	15,03	5,86	50
Ca (μg L <sup>-1</sup> )	5,77	59,98	23,14	15,56	100



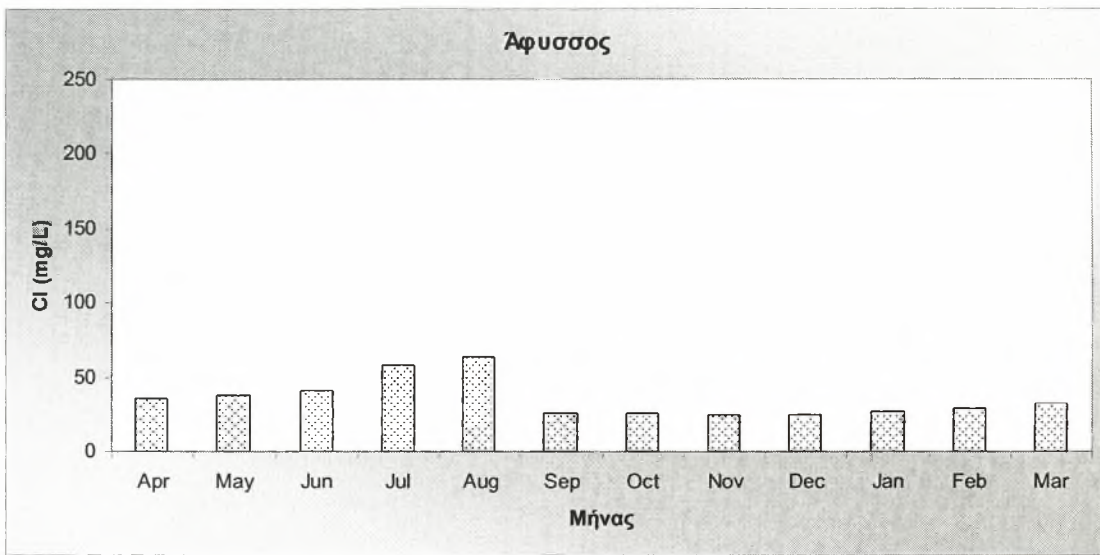
**Σχήμα 3.31** Συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



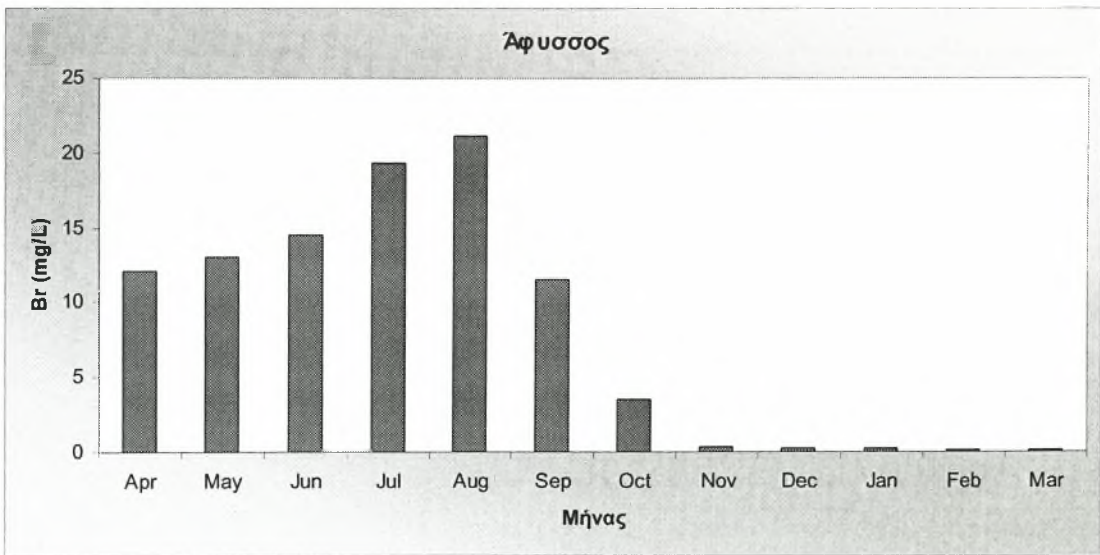
**Σχήμα 3.32** Τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

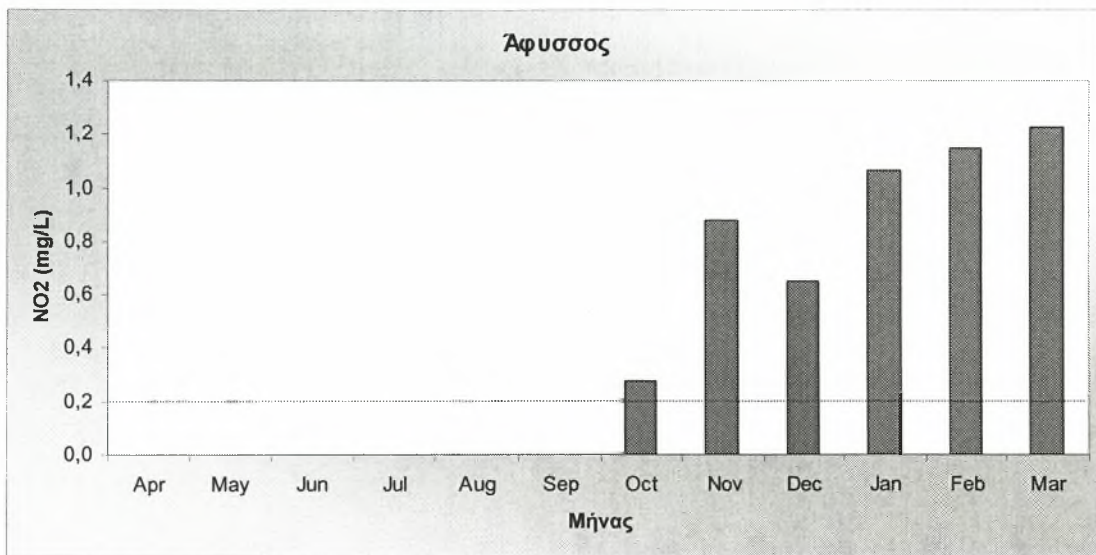


(β)

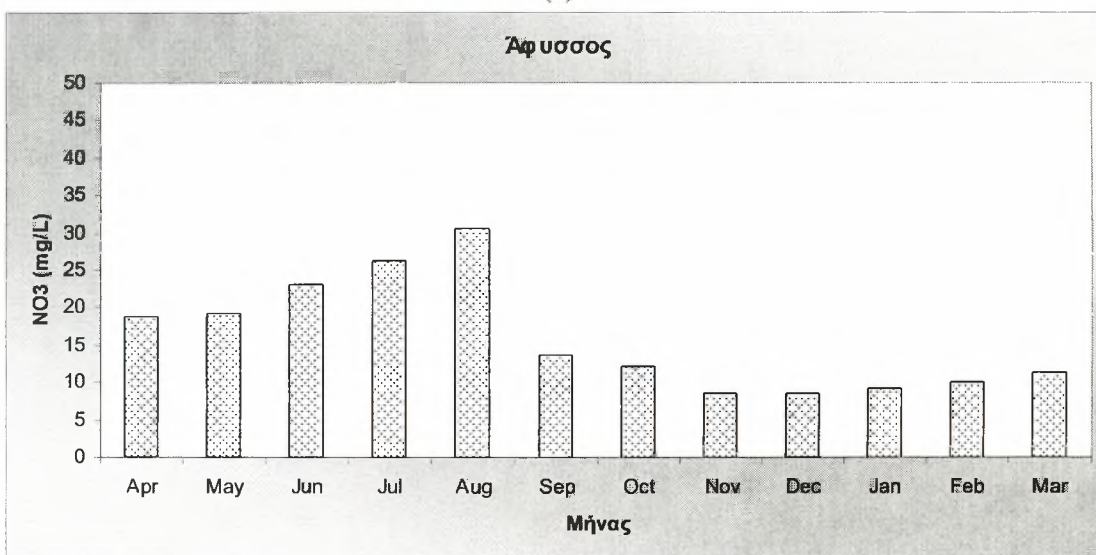


(γ)

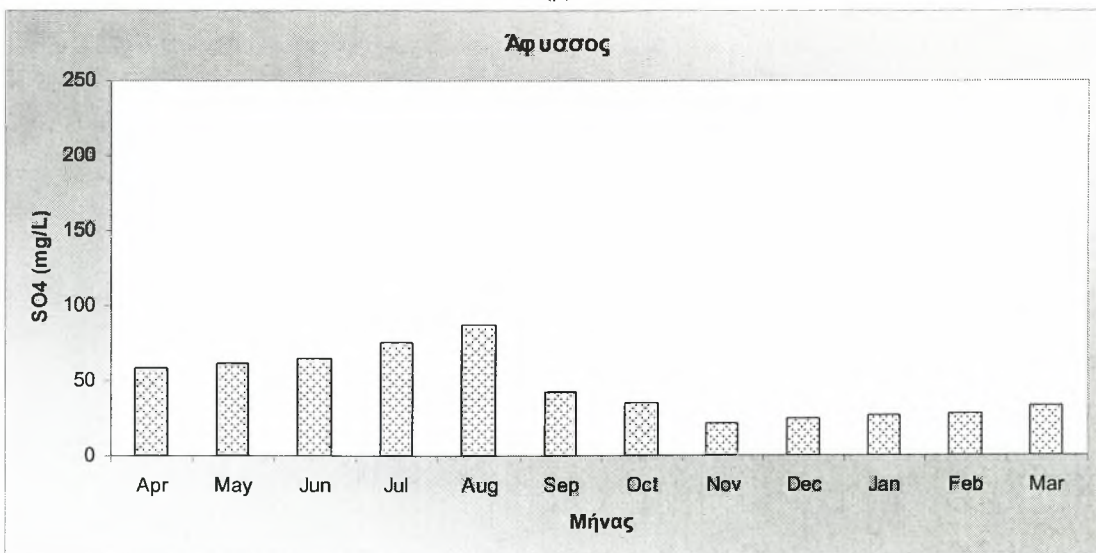
**Σχήμα 3.33** Συγκέντρωσεις ιόντων α) φθορίου β) χλωρίου γ) βρωμίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

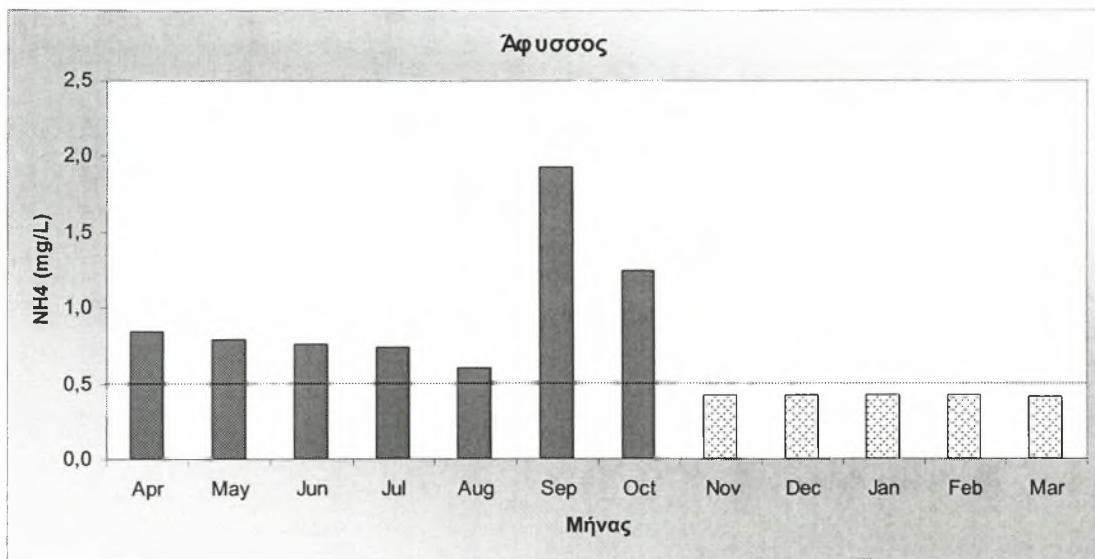


(β)

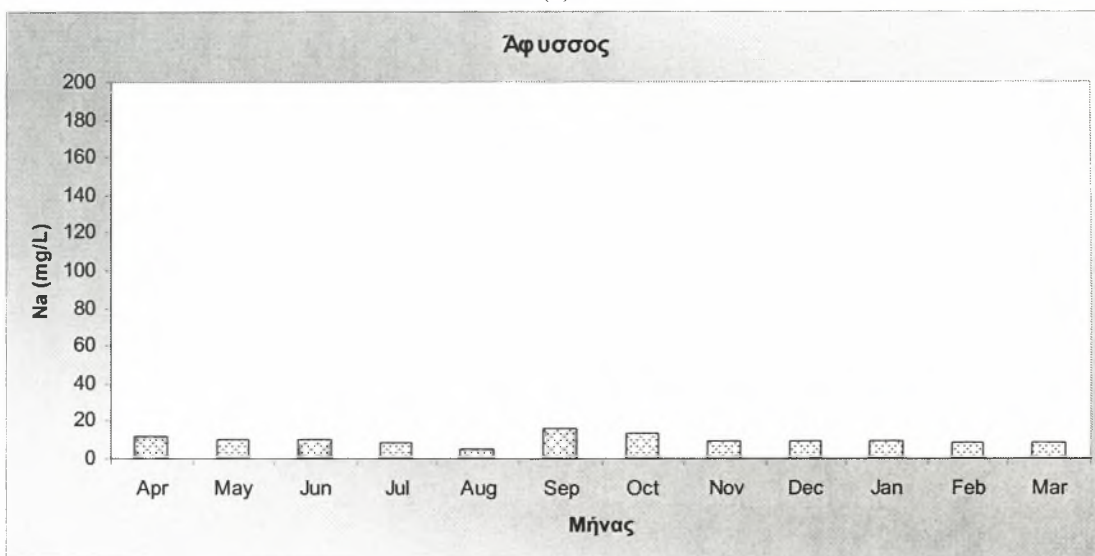


(γ)

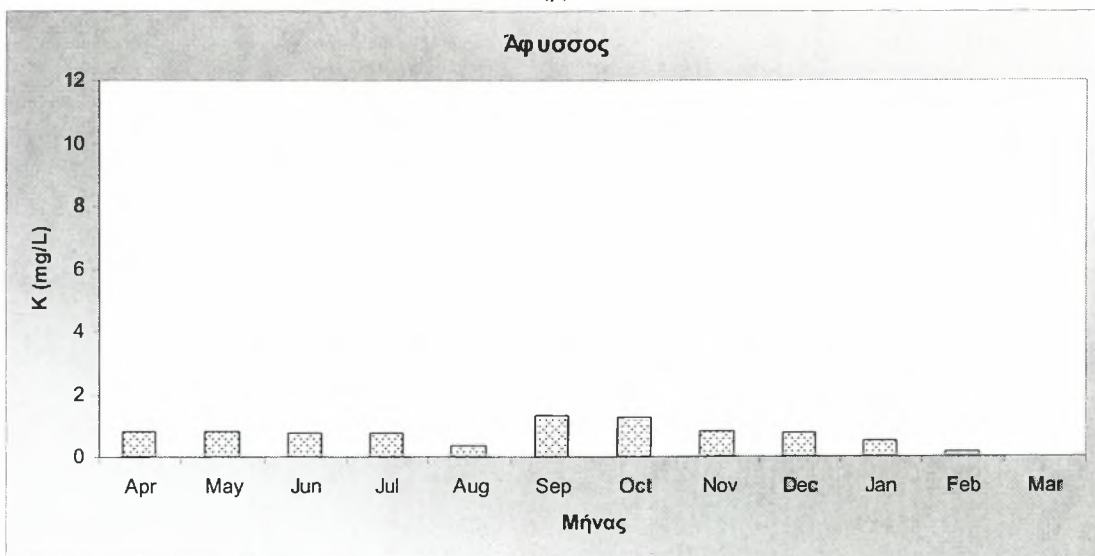
**Σχήμα 3.34** Συγκέντρωσεις ιόντων α) νιτρωδών β) νιτρικών γ) θεικών κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

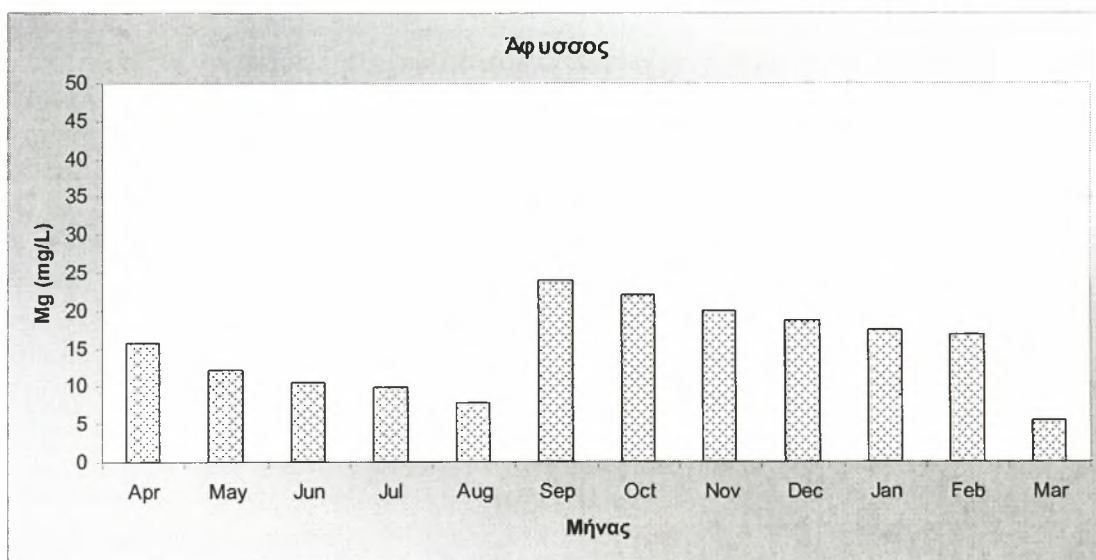


(β)

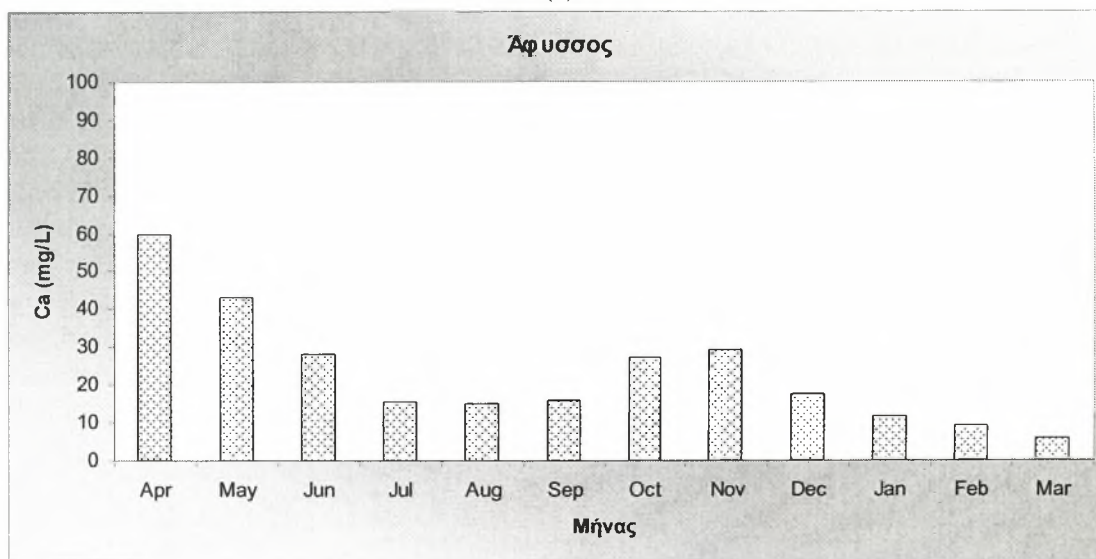


(γ)

**Σχήμα 3.35** Συγκέντρωσεις ιόντων α) αμμωνιακών β) νατρίου γ) καλίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)



(β)

**Σχήμα 3.36** Συγκέντρωσεις ιόντων α) μαγνησίου β) ασβεστίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.

### 3.7 Περιοχή Αγίου Ιωάννη

Από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα δείγματα πόσιμου νερού στην περιοχή του Αγίου Ιωάννη, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν. Επίσης μετρήθηκαν η τιμή του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

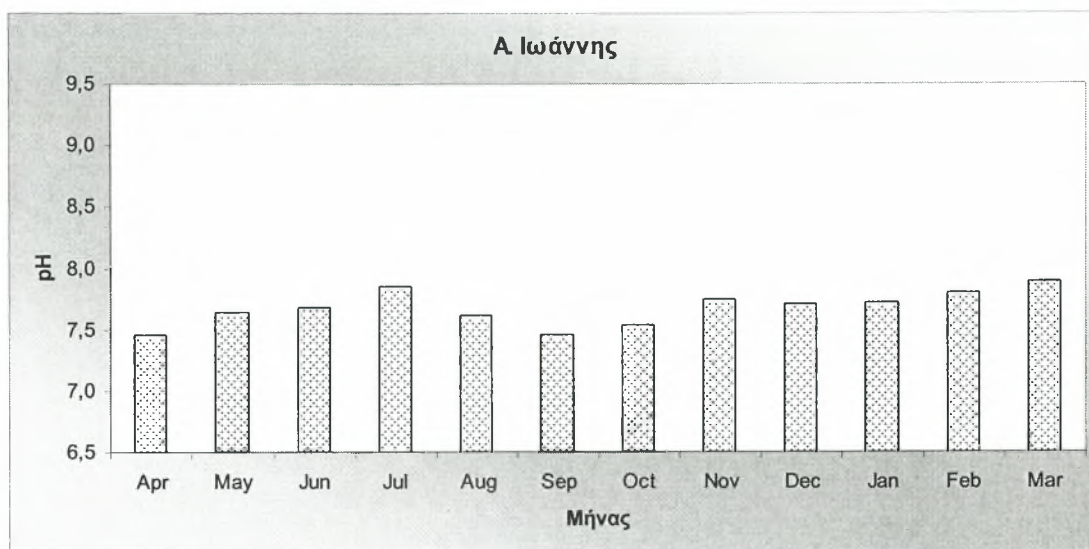
Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 3.7.

Από τον πίνακα αυτόν προκύπτει ότι οι τιμές του pH κυμάνθηκαν από 7,4 έως 7,8, με μέση τιμή 7,6. Η ελάχιστη τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ήταν  $150 \mu\text{Scm}^{-1}$ , η μέγιστη  $234 \mu\text{Scm}^{-1}$  και η μέση τιμή  $208 \mu\text{Scm}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων φθορίου κυμάνθηκαν έως  $2,922 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,943 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου κυμάνθηκαν από  $5,68 \text{mgL}^{-1}$  έως  $24,58 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $12,72 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρωδών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,174 \text{mgL}^{-1}$  έως  $0,612 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,392 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων βρωμίου κυμάνθηκαν έως  $7,056 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $2,711 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,753 \text{mgL}^{-1}$  έως  $5,157 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $3,153 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των θειικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $13,85 \text{mgL}^{-1}$  έως  $28,31 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $19,71 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων νατρίου κυμάνθηκαν από  $1,87 \text{mgL}^{-1}$  έως  $4,79 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $2,91 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων κυμάνθηκαν έως  $0,283 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,115 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων καλίου κυμάνθηκαν από  $0,08 \text{mgL}^{-1}$  έως  $0,71 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,47 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων μαγνησίου κυμάνθηκαν από  $1,45 \text{mgL}^{-1}$  έως  $2,23 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $1,84 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων ασβεστίου κυμάνθηκαν από  $7,2 \text{mgL}^{-1}$  έως  $20,35 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $11,99 \text{mgL}^{-1}$ . Φωσφορικά ιόντα καθώς και ιόντα λιθίου δεν ανιχνεύθηκαν σε κανένα από τα δείγματα.

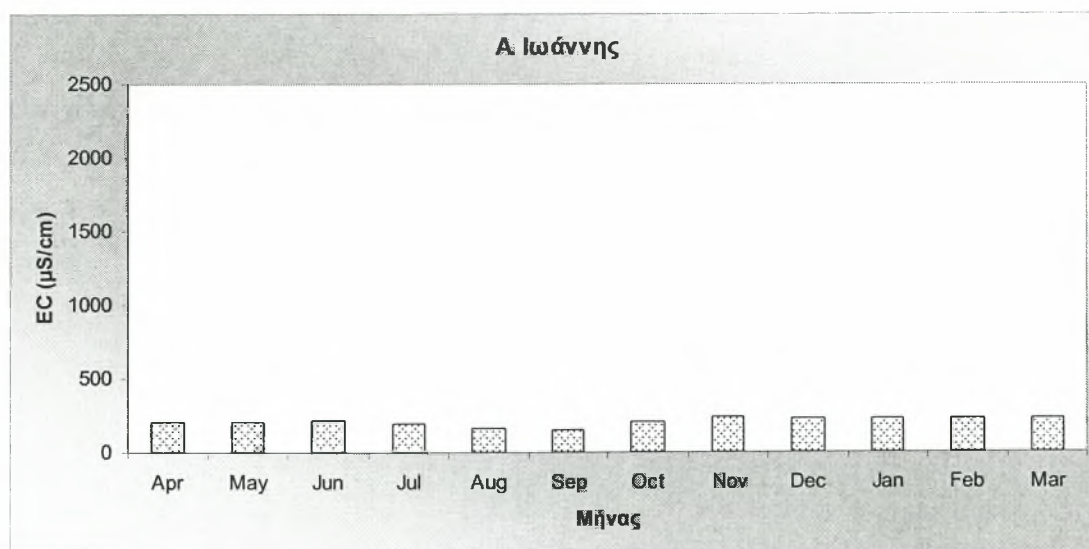


**Πίνακας 3.7.** Χημικές παράμετροι και συγκεντρώσεις στο πόσιμο νερό της περιοχής Αγίου Ιωάννη.

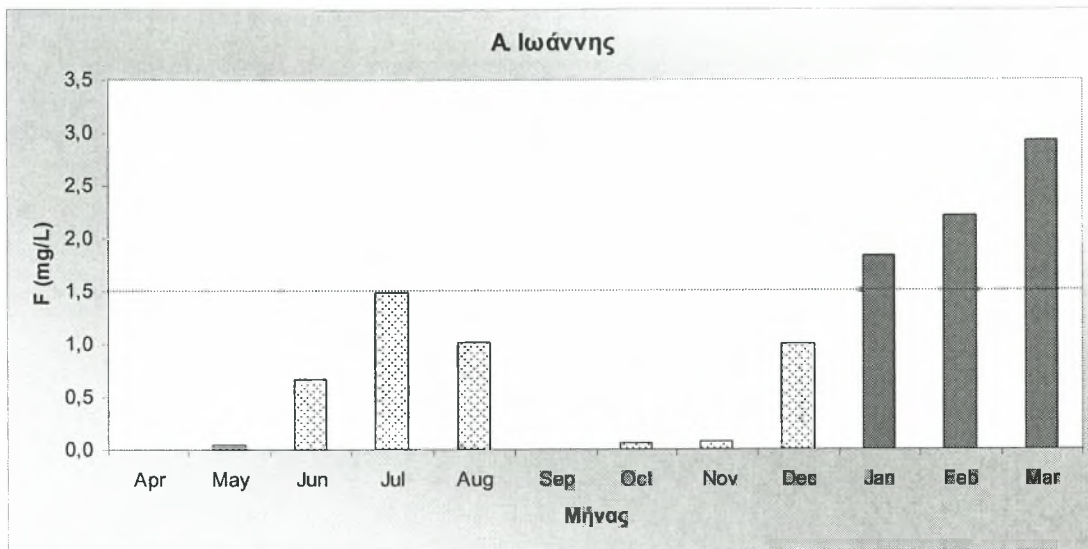
Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση
pH	7,4	7,8	7,6	0,14	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
EC <sub>w</sub> ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	150	234	208	26,7	2500
F ( $\text{mg L}^{-1}$ )	M.A.	2,922	0,943	0,991	1,5
Cl ( $\text{mg L}^{-1}$ )	5,68	24,58	12,72	4,991	250
NO <sub>2</sub> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,174	0,612	0,392	0,173	0,2
Br ( $\text{mg L}^{-1}$ )	M.A.	7,056	2,711	2,633	0,01
NO <sub>3</sub> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,753	5,157	3,153	1,535	50
PO <sub>4</sub> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	M.A	M.A.	-	-	
SO <sub>4</sub> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	13,85	28,31	19,71	4,82	250
Li ( $\text{mg L}^{-1}$ )	M.A	M.A.	-	-	
Na ( $\text{mg L}^{-1}$ )	1,87	4,79	2,91	1	200
NH <sub>4</sub> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	M.A.	0,283	0,115	0,08	0,5
K ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,08	0,71	0,47	0,21	12
Mg ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	1,45	2,23	1,84	0,24	50
Ca ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	7,2	20,35	11,99	4,34	100



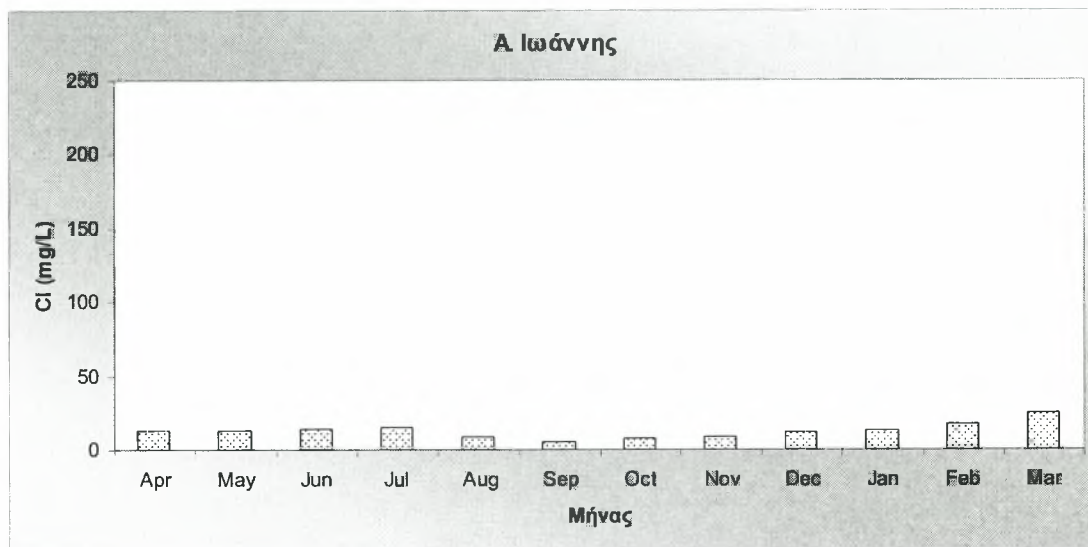
**Σχήμα 3.37** Συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



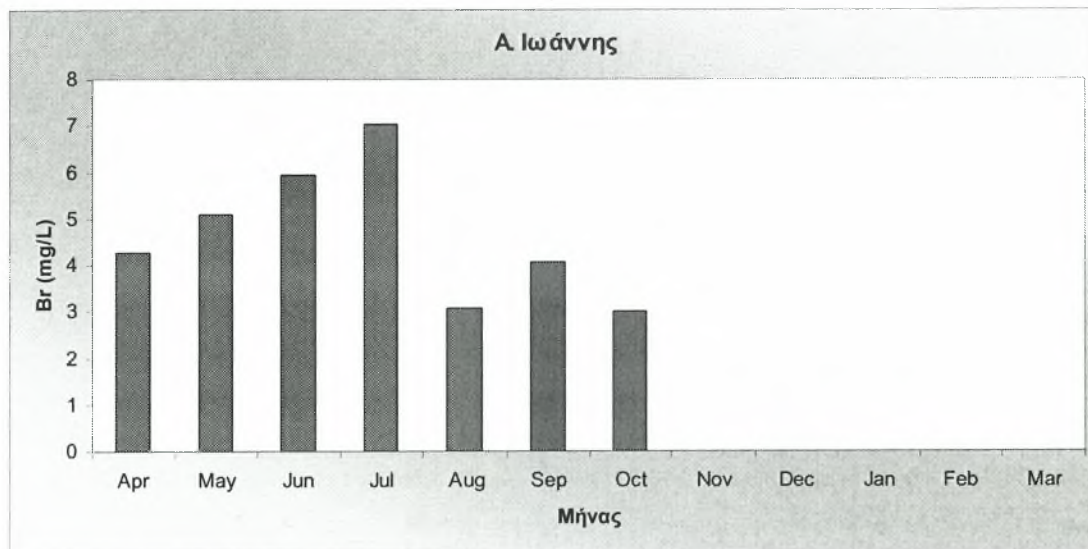
**Σχήμα 3.38** Τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

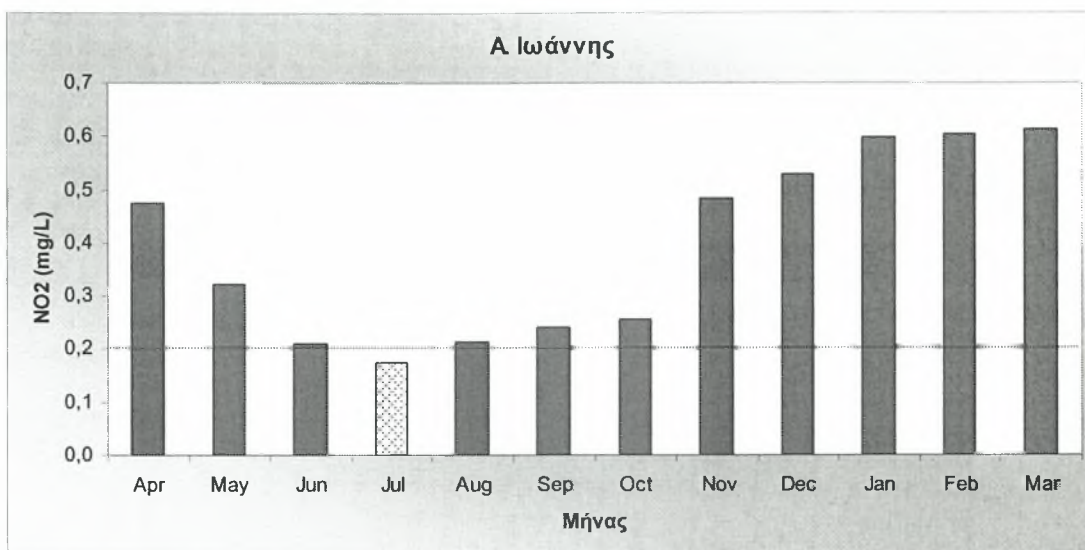


(β)

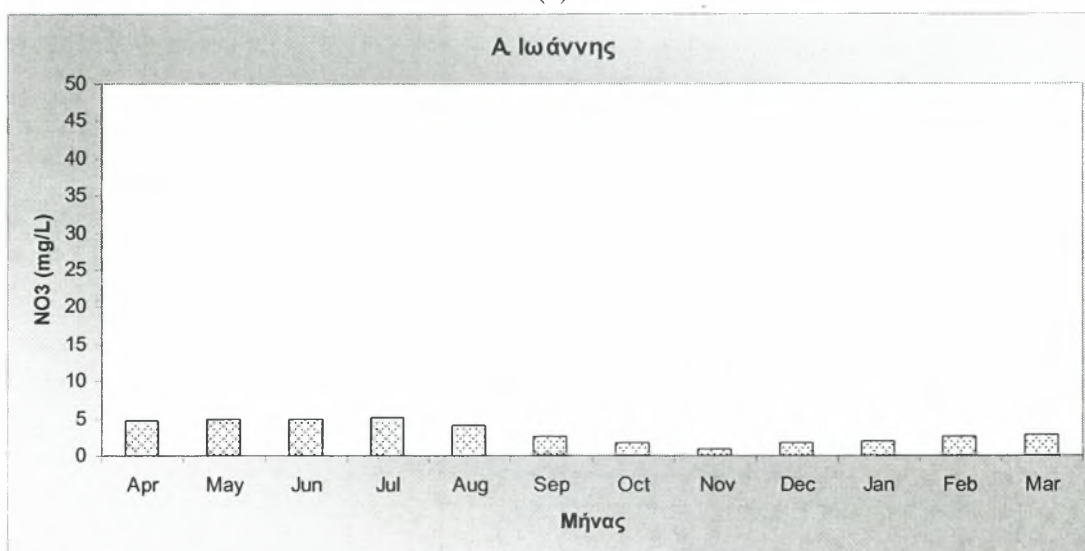


(γ)

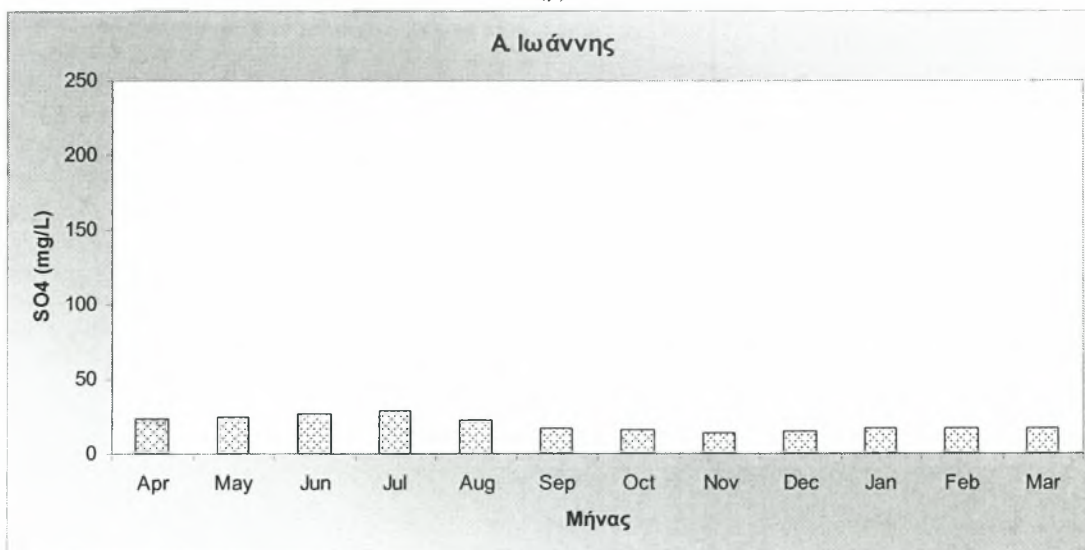
**Σχήμα 3.39** Συγκέντρωσεις ιόντων α) φθορίου β) χλωρίου γ) βρωμίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

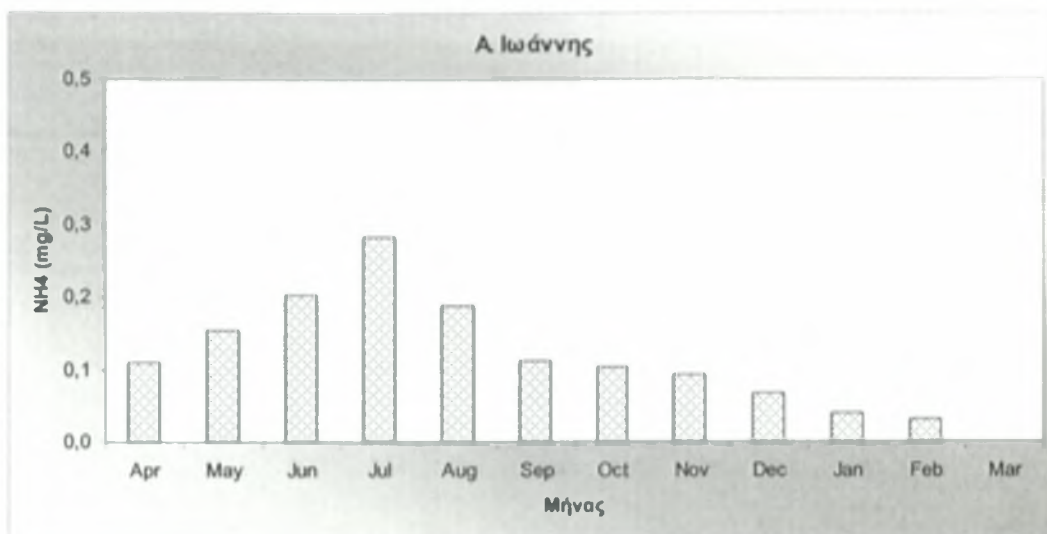


(β)

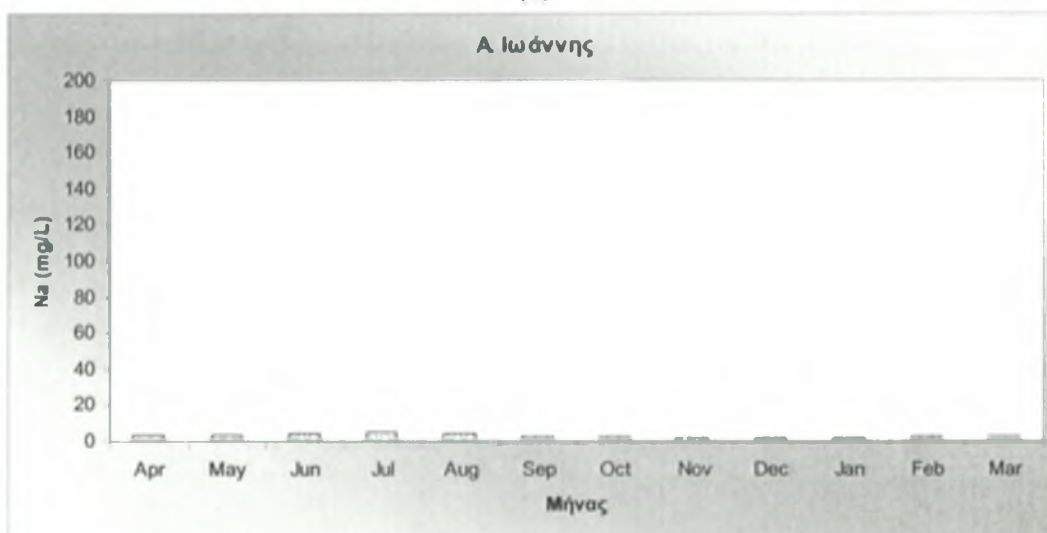


(γ)

**Σχήμα 3.40** Συγκέντρωσεις ιόντων α) νιτρωδών β) νιτρικών γ) θειικών κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

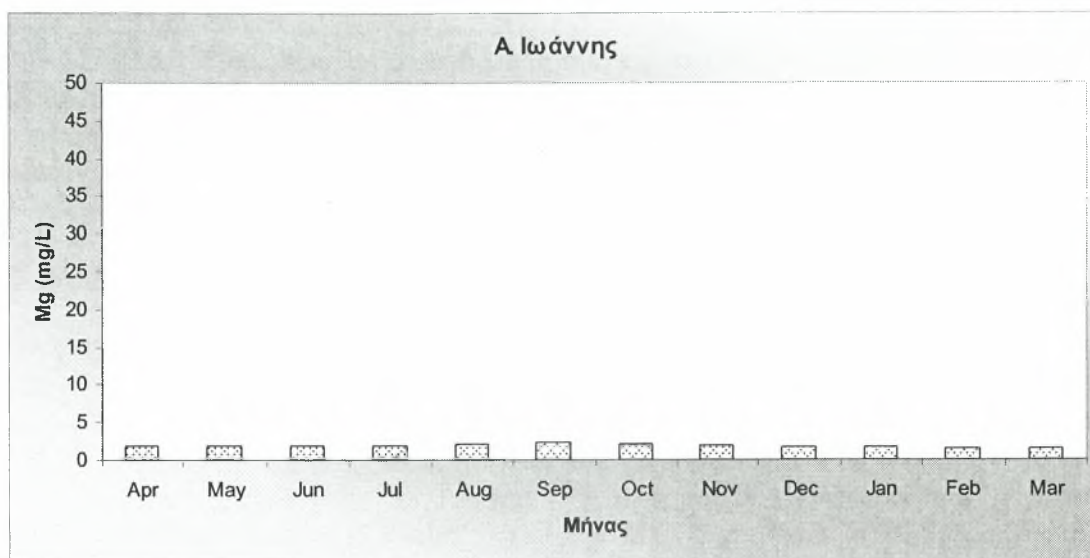


(β)

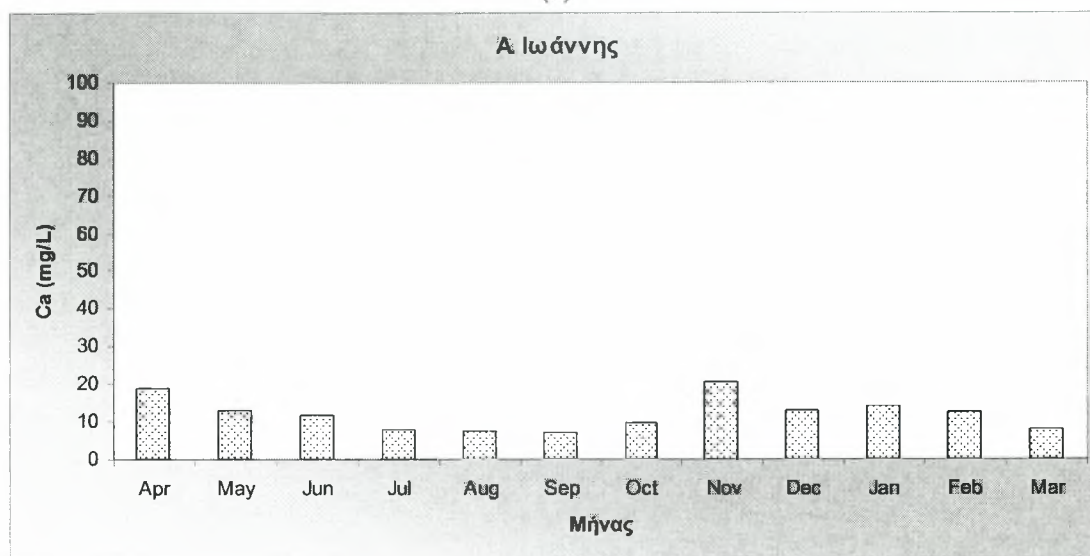


(γ)

**Σχήμα 3.41** Συγκέντρωσεις ιόντων α) αμμωνιακών β) νατρίου γ) καλίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)



(β)

**Σχήμα 3.42** Συγκέντρωσεις ιόντων α) μαγνησίου β) ασβεστίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.

### 3.8 Περιοχή Χορευτού

Από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα δείγματα πόσιμου νερού στην περιοχή του Χορευτού, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν. Επίσης μετρήθηκαν η τιμή του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

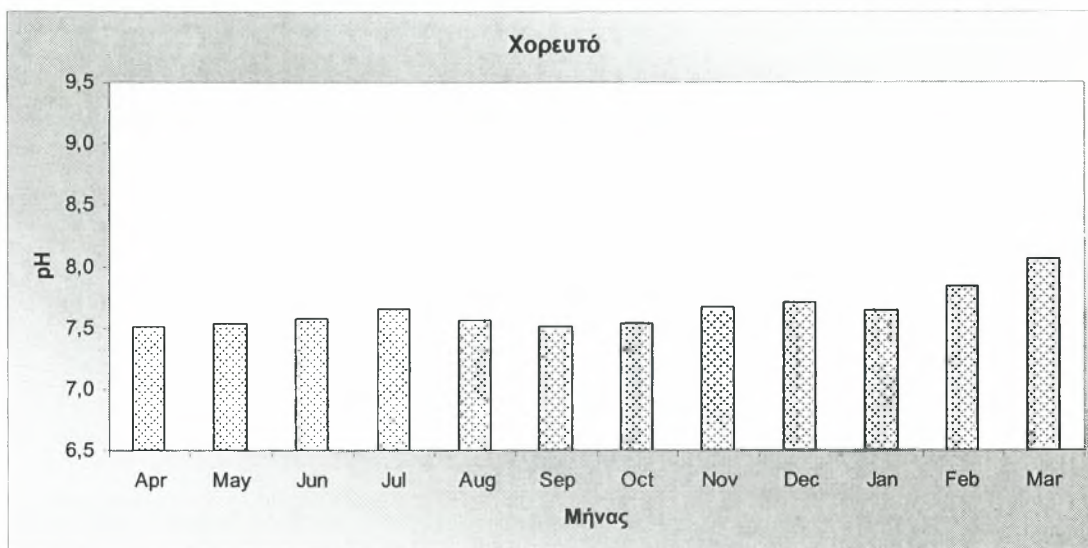
Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 3.8.

Από τον πίνακα αυτόν προκύπτει ότι οι τιμές του pH κυμάνθηκαν από 7,5 έως 81, με μέση τιμή 7,6. Η ελάχιστη τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ήταν  $146 \mu\text{Scm}^{-1}$ , η μέγιστη  $331 \mu\text{Scm}^{-1}$  και η μέση τιμή  $276 \mu\text{Scm}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων φθορίου κυμάνθηκαν από  $0,068 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $1,86 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $1,007 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου κυμάνθηκαν από  $6,43 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $37,2 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $18,34 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρωδών ιόντων κυμάνθηκαν έως  $0,125 \text{ mgL}^{-1}$ , έως  $1,01 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,455 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων βρωμίου κυμάνθηκαν έως  $10,461 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $1,809 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $3,001 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $42,164 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $14,636 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των θειικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $11,97 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $73,15 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $32,35 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων νατρίου κυμάνθηκαν από  $1,96 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $10,87 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $4,46 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,11 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $0,809 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,273 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων καλίου κυμάνθηκαν από  $0,22 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $1,73 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,77 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων μαγνησίου κυμάνθηκαν από  $2,85 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $10,23 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $4,4 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων ασβεστίου κυμάνθηκαν από  $9,7 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $37,94 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $16,1 \text{ mgL}^{-1}$ . Φωσφορικά ιόντα καθώς και ιόντα λιθίου δεν ανιχνεύθηκαν σε κανένα από τα δείγματα.

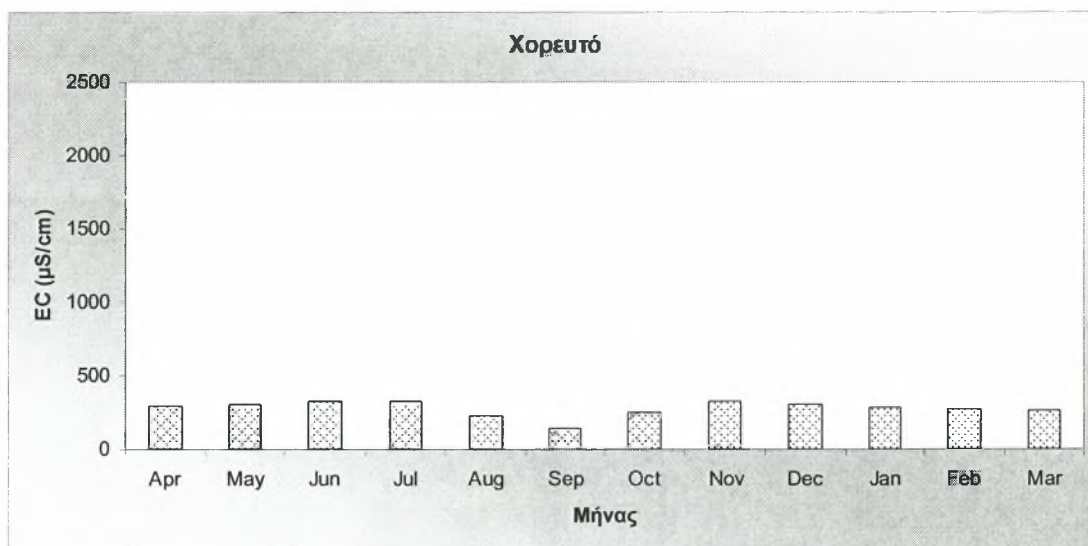
**Πίνακας 3.8.** Χημικές παράμετροι και συγκεντρώσεις στο πόσιμο νερό της περιοχής Χορευτού.

Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση
pH	7,5	8	7,6	0,16	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
EC <sub>w</sub> (μS cm <sup>-1</sup> )	146	331	276	52	2500
F (mg L <sup>-1</sup> )	0,068	1,86	1,007	0,698	1,5
Cl (mg L <sup>-1</sup> )	6,43	37,2	18,34	11,11	250
NO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,125	1,01	0,455	0,235	0,2
Br (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	10,461	1,809	3,175	0,01
NO <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	3,001	42,164	14,636	15,835	50
PO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	M.A.	-	-	
SO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	11,97	73,15	32,35	23,83	250
Li (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	M.A.	-	-	
Na (mg L <sup>-1</sup> )	1,96	10,87	4,46	2,66	200
NH <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,11	0,809	0,273	0,19	0,5
K (mg L <sup>-1</sup> )	0,22	1,73	0,77	0,4	12
Mg (μg L <sup>-1</sup> )	2,85	10,23	4,4	2,23	50
Ca (μg L <sup>-1</sup> )	9,7	37,94	16,1	7,75	100

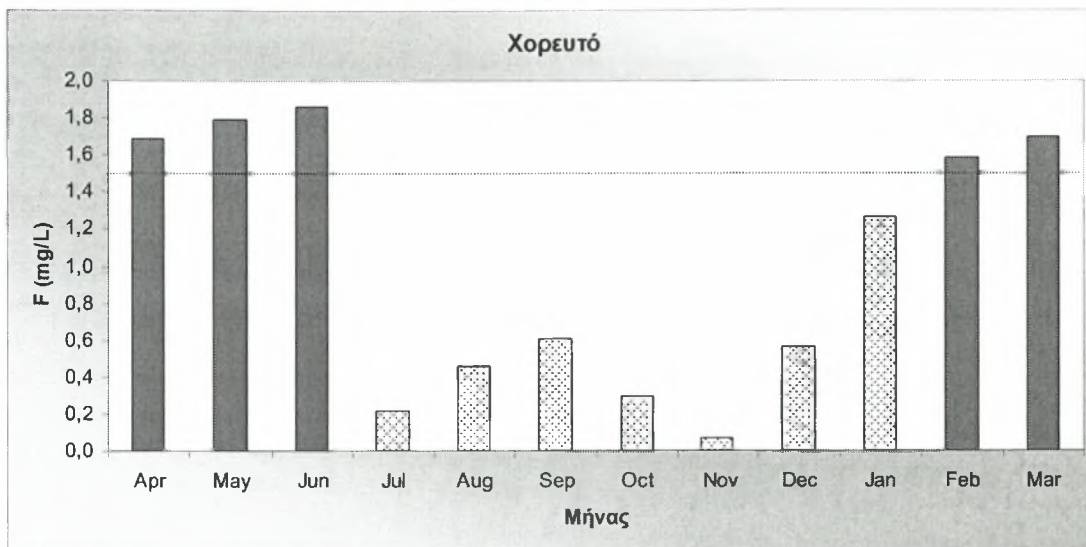




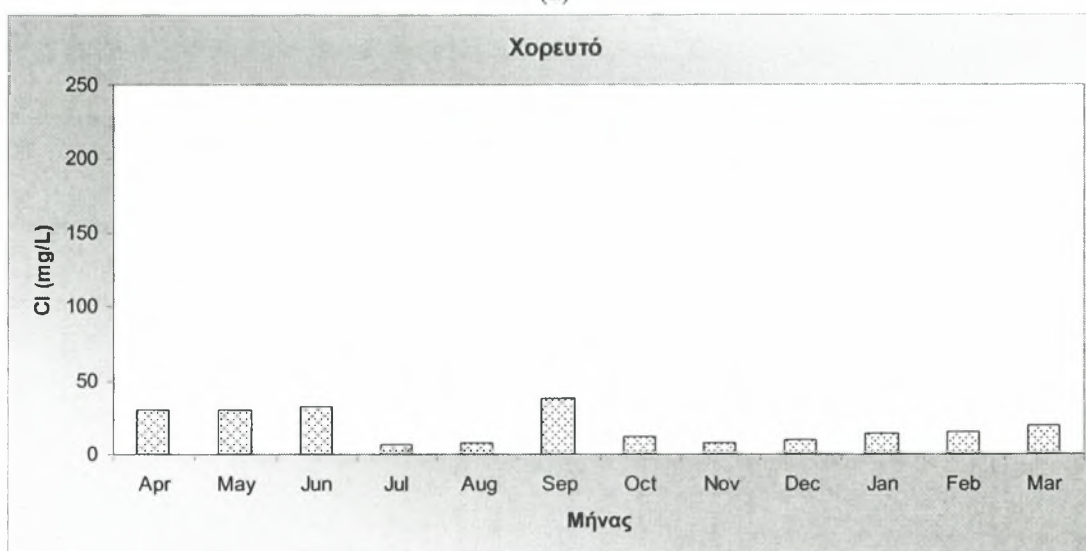
**Σχήμα 3.43** Συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



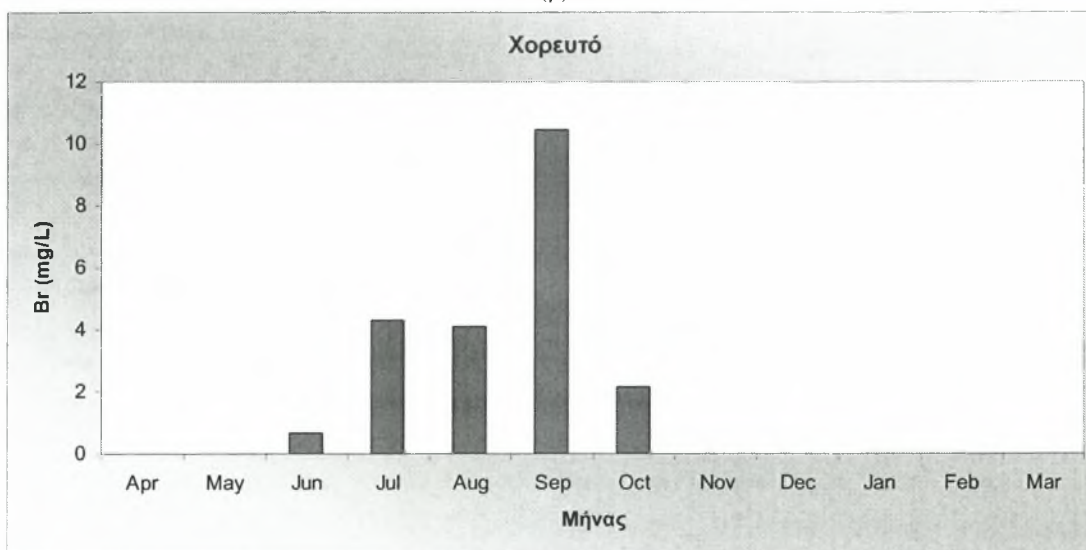
**Σχήμα 3.44** Τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

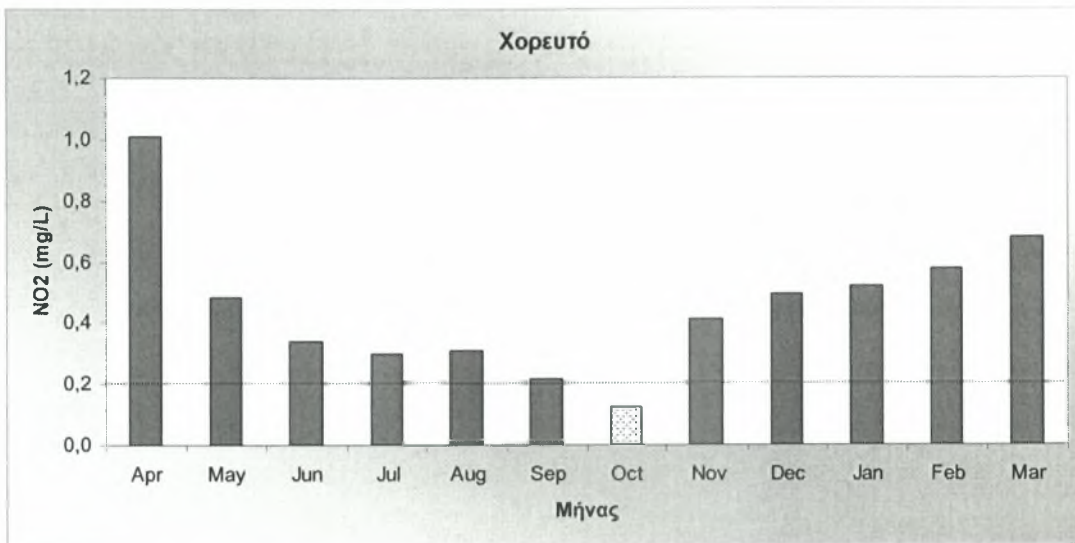


(β)

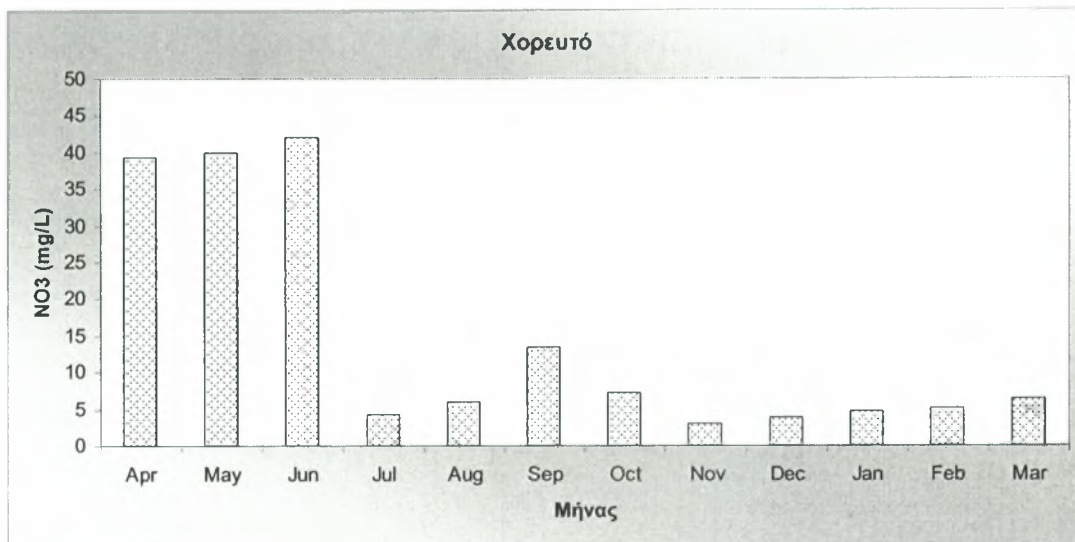


(γ)

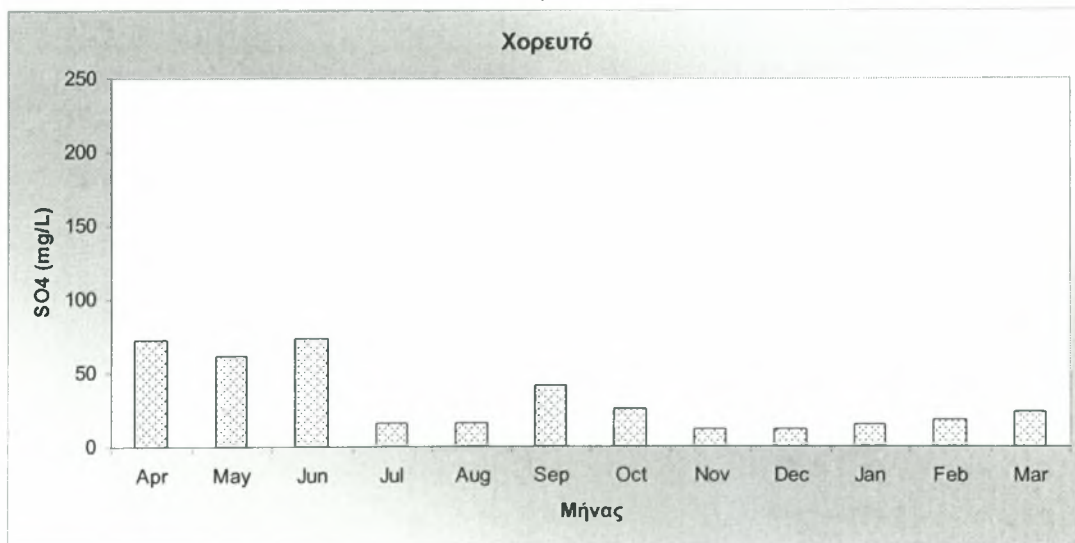
**Σχήμα 3.45** Συγκέντρωσεις ιόντων α) φθορίου β) χλωρίου γ) βρωμίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

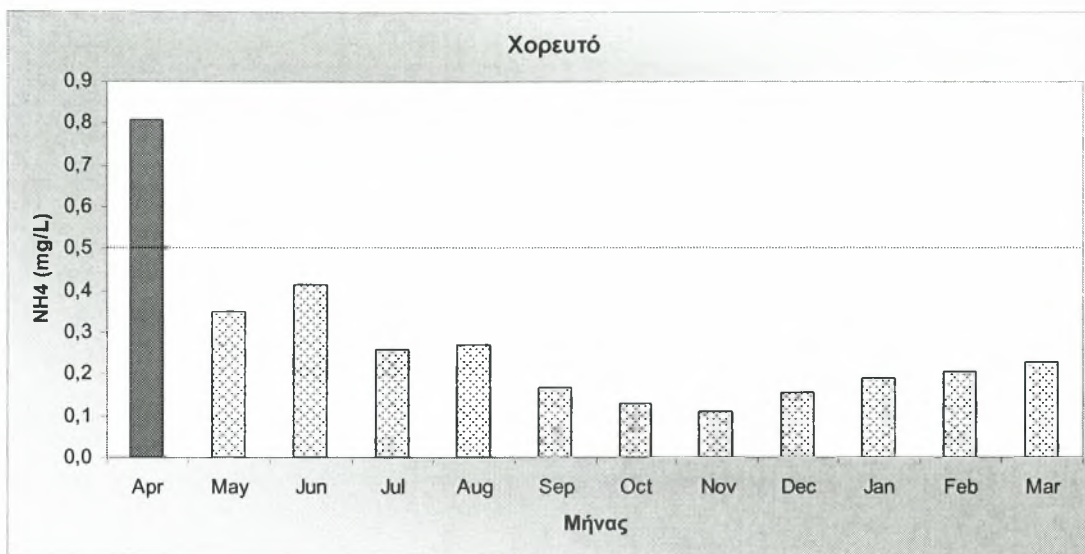


(β)

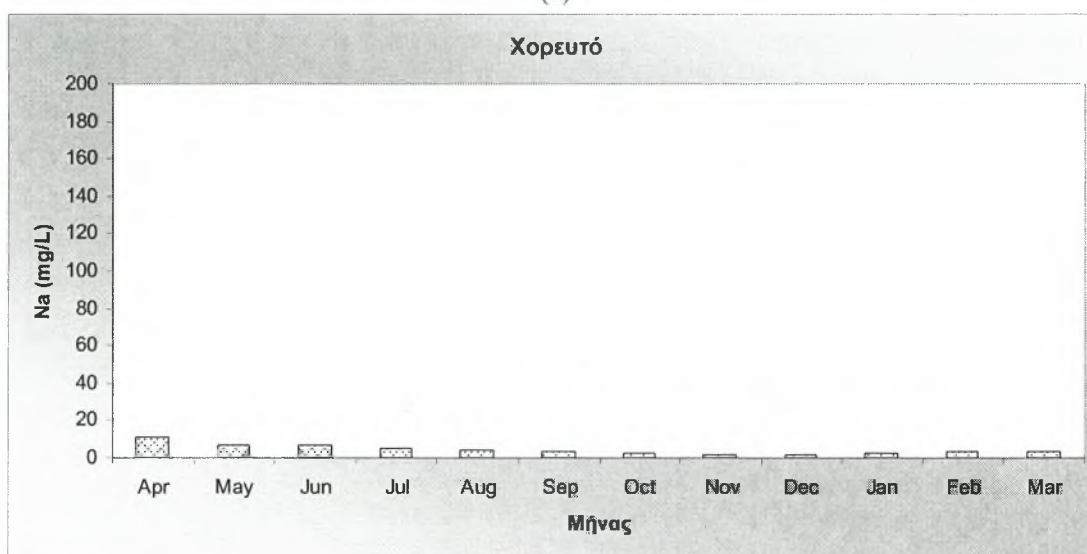


(γ)

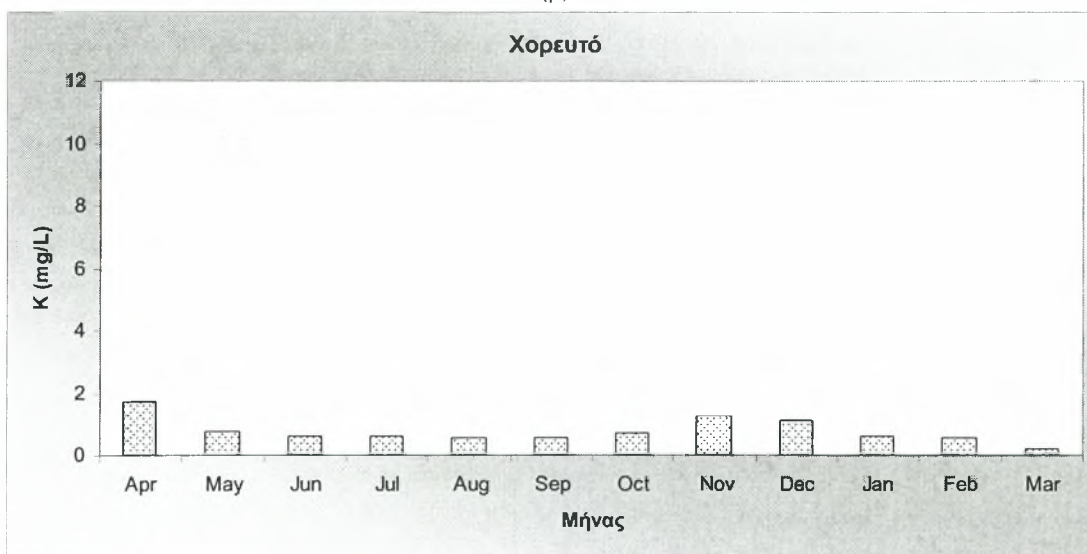
**Σχήμα 3.46** Συγκέντρωσεις ιόντων α) νιτρικών β) νιτρικών γ) θεικών κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

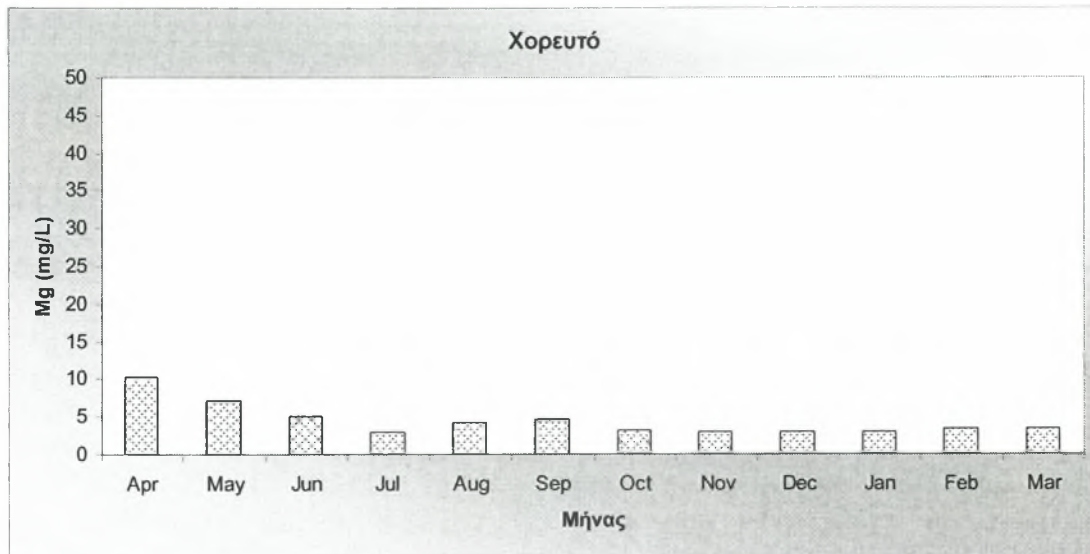


(β)

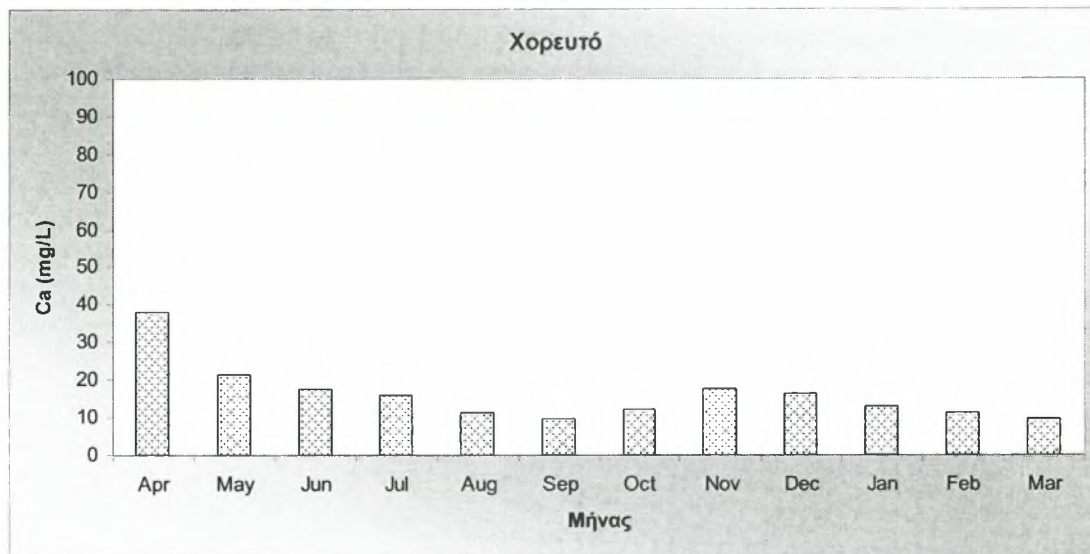


(γ)

**Σχήμα 3.47** Συγκέντρωσεις ιόντων α) αμμωνιακών β) νατρίου γ) καλίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)



(β)

**Σχήμα 3.48** Συγκέντρωσεις ιόντων α) μαγνησίου β) ασβεστίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.

### 3.9 Περιοχή Μηλεών

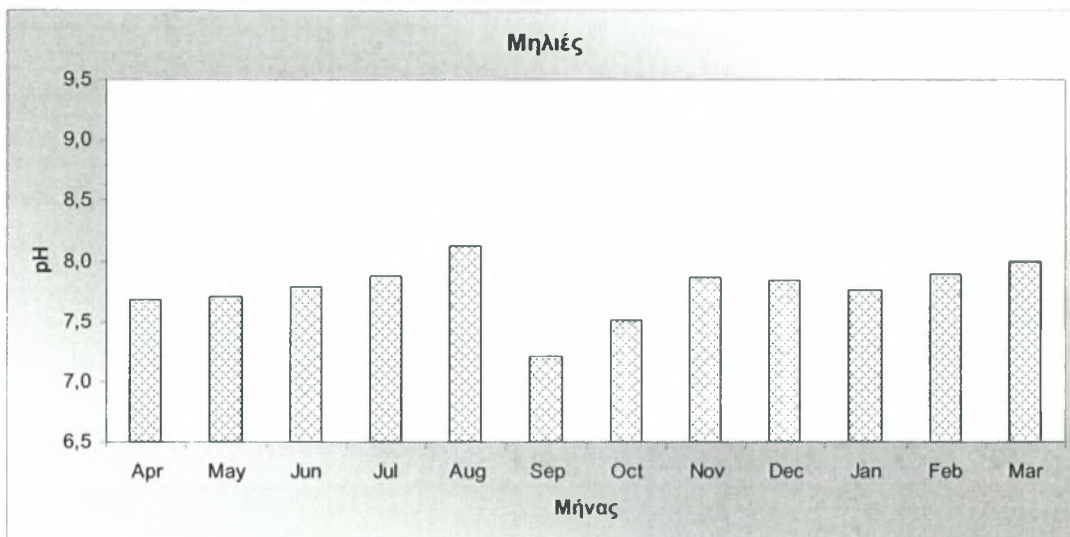
Από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα δείγματα πόσιμου νερού στην περιοχή των Μηλεών, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν. Επίσης μετρήθηκαν η τιμή του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 3.9.

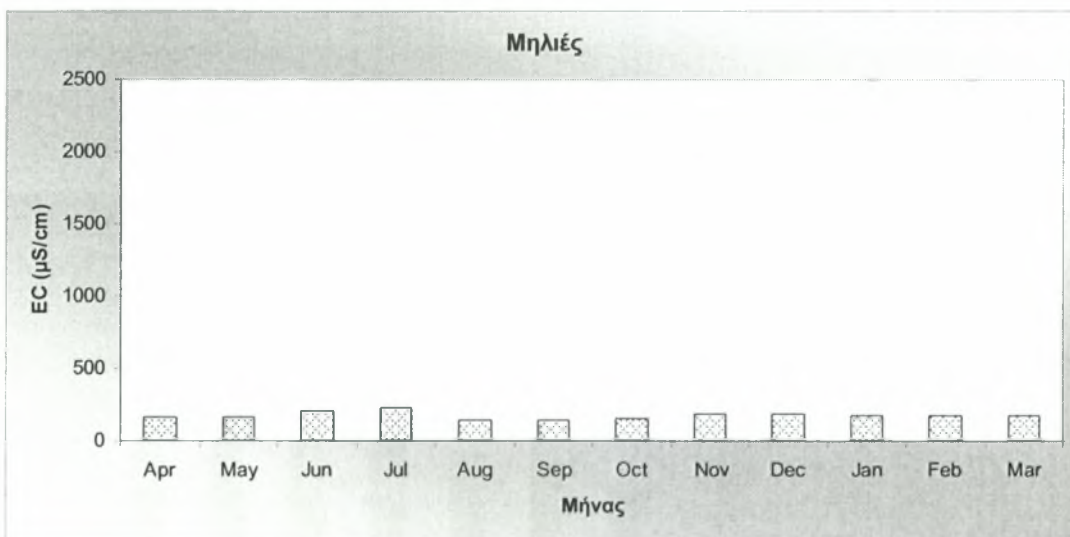
Από τον πίνακα αυτόν προκύπτει ότι οι τιμές του pH κυμάνθηκαν από 7,2 έως 8,1, με μέση τιμή 7,7. Η ελάχιστη τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ήταν  $137 \mu\text{Scm}^{-1}$ , η μέγιστη  $223 \mu\text{Scm}^{-1}$  και η μέση τιμή  $174 \mu\text{Scm}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων φθορίου κυμάνθηκαν έως  $1,612 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,735 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου κυμάνθηκαν από  $2,91 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $19,4 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $11,2 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,197 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $0,896 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,503 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων βρωμίου κυμάνθηκαν έως  $3,795 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $1,462 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,129 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $3,292 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $1,463 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των θειικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $2,33 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $11,92 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $6,18 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων νατρίου κυμάνθηκαν από  $1,48 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $9,63 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $4,2 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,031 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $0,48 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,178 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων καλίου κυμάνθηκαν από  $0,05 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $0,97 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,37 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων μαγνησίου κυμάνθηκαν από  $0,43 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $3,97 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $1,76 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων ασβεστίου κυμάνθηκαν από  $2,87 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $24,36 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $10,58 \text{ mgL}^{-1}$ . Φωσφορικά ιόντα καθώς και ιόντα λιθίου δεν ανιχνεύθηκαν σε κανένα από τα δείγματα.

**Πίνακας 3.9.** Χημικές παράμετροι και συγκεντρώσεις στο πόσιμο νερό της περιοχής Μηλεών.

Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση
pH	7,2	8,1	7,7	0,2	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
EC <sub>w</sub> (μS cm <sup>-1</sup> )	137	223	174	25,2	2500
F (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	1,612	0,735	0,573	1,5
Cl (mg L <sup>-1</sup> )	2,91	19,4	11,2	5,89	250
NO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,197	0,896	0,503	0,259	0,2
Br (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	3,795	1,462	1,419	0,01
NO <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,129	3,292	1,463	1,302	50
PO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	M.A	M.A.	-	-	
SO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	2,33	11,92	6,18	3,92	250
Li (mg L <sup>-1</sup> )	M.A	M.A.	-	-	
Na (mg L <sup>-1</sup> )	1,48	9,63	4,2	2,2	200
NH <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,031	0,48	0,178	0,128	0,5
K (mg L <sup>-1</sup> )	0,05	0,97	0,37	0,23	12
Mg (μg L <sup>-1</sup> )	0,43	3,97	1,76	1,23	50
Ca (μg L <sup>-1</sup> )	2,87	24,36	10,58	8,61	100

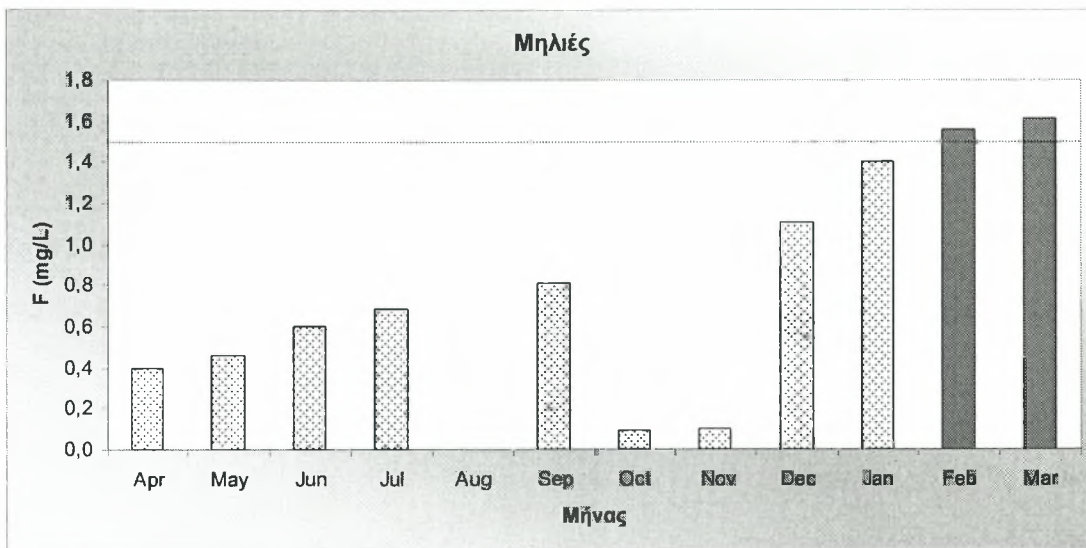


**Σχήμα 3.49** Συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.

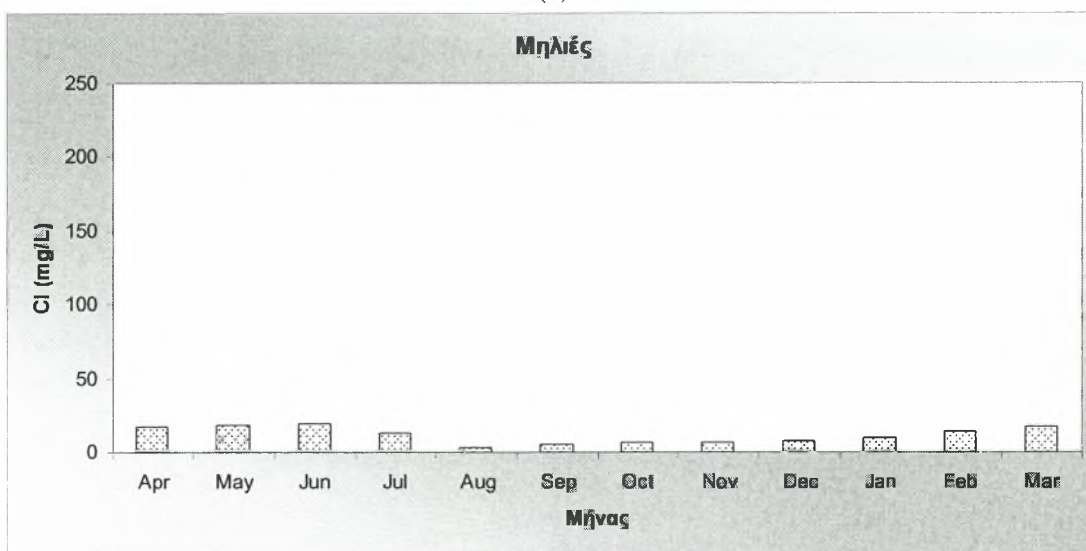


**Σχήμα 3.50** Τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.

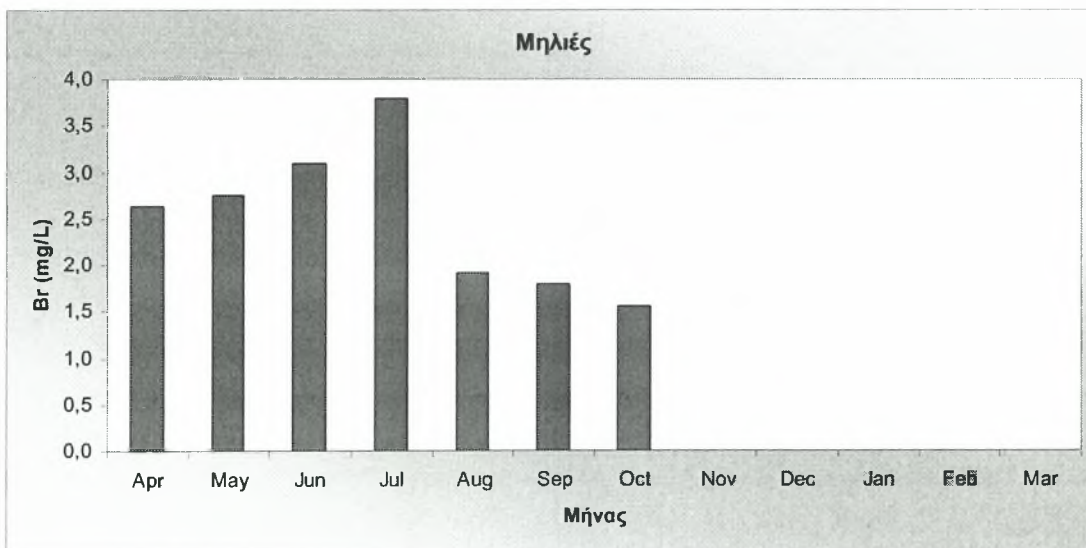




(α)



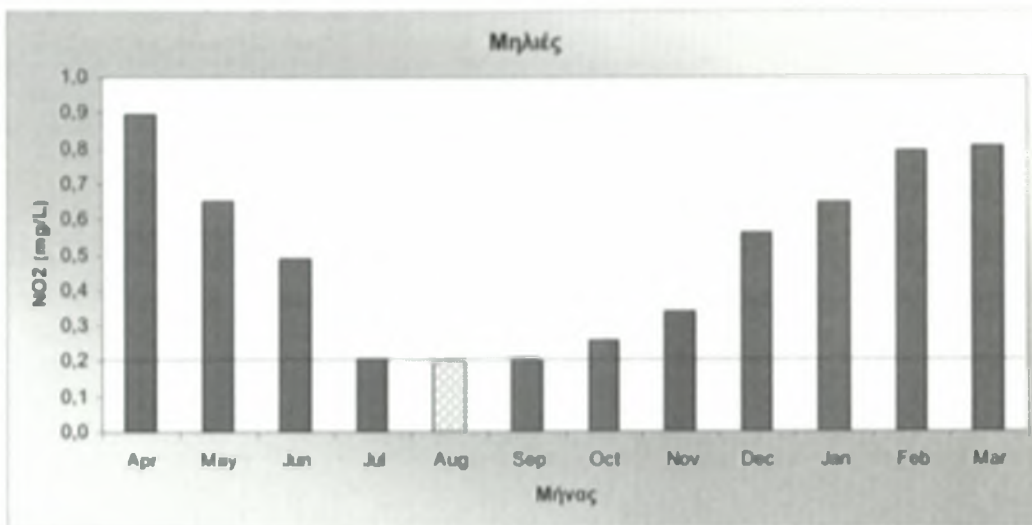
(β)



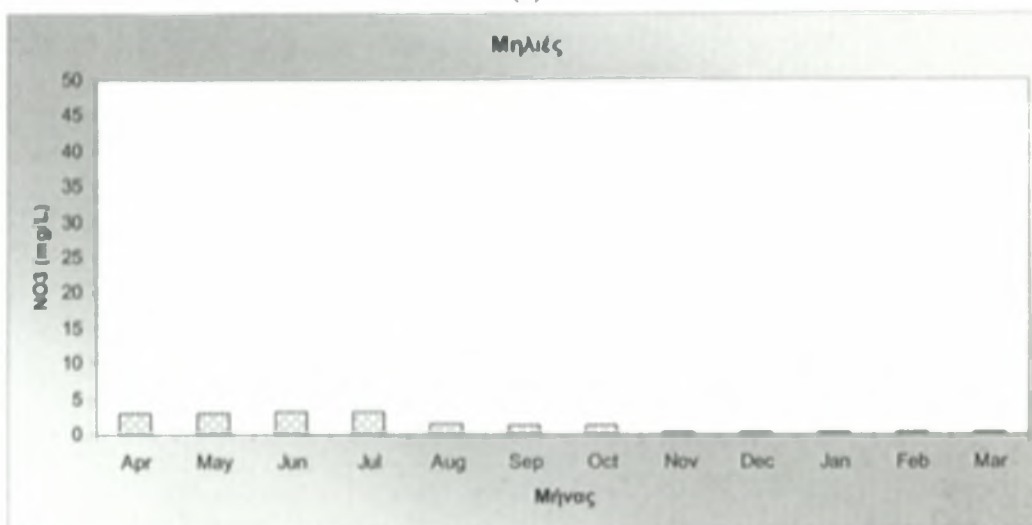
(γ)

**Σχήμα 3.51** Συγκέντρωσεις ιόντων α) φθορίου β) χλωρίου γ) βρωμίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.

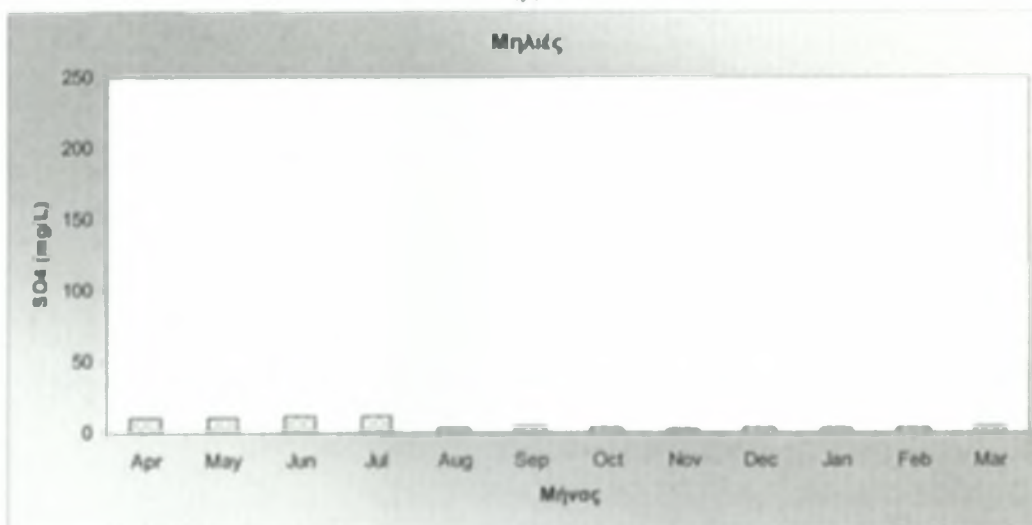




(α)

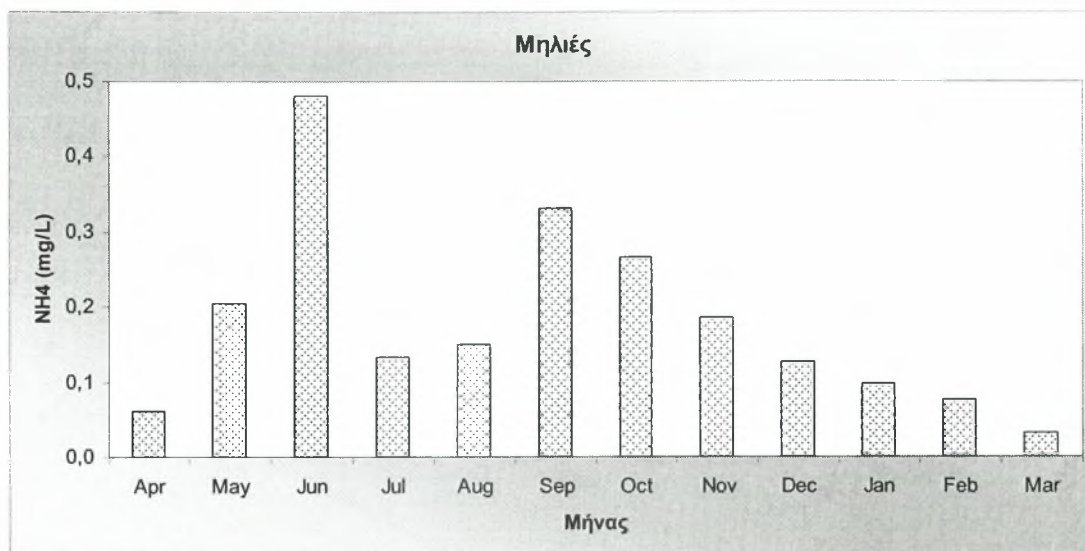


(β)

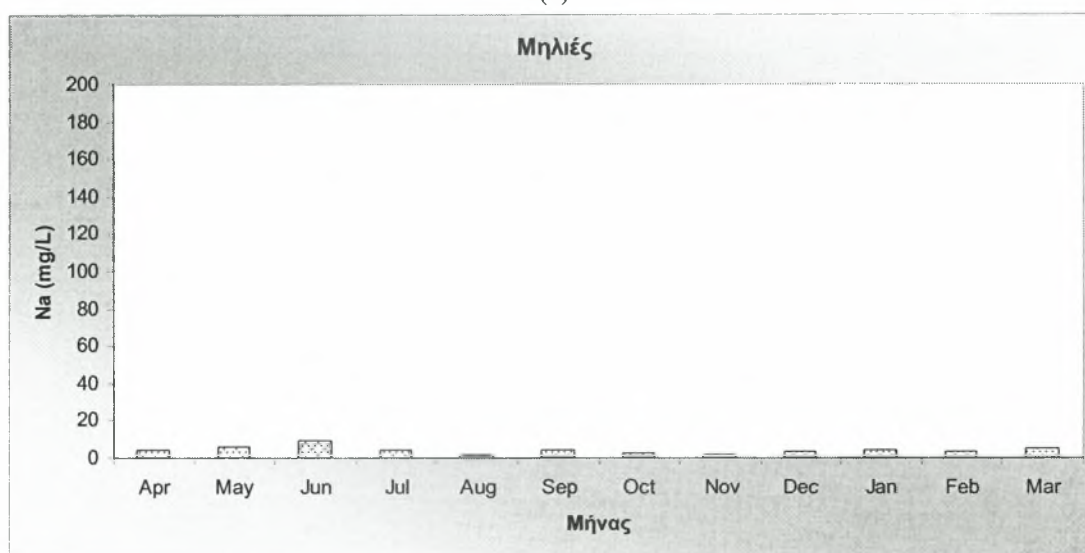


(γ)

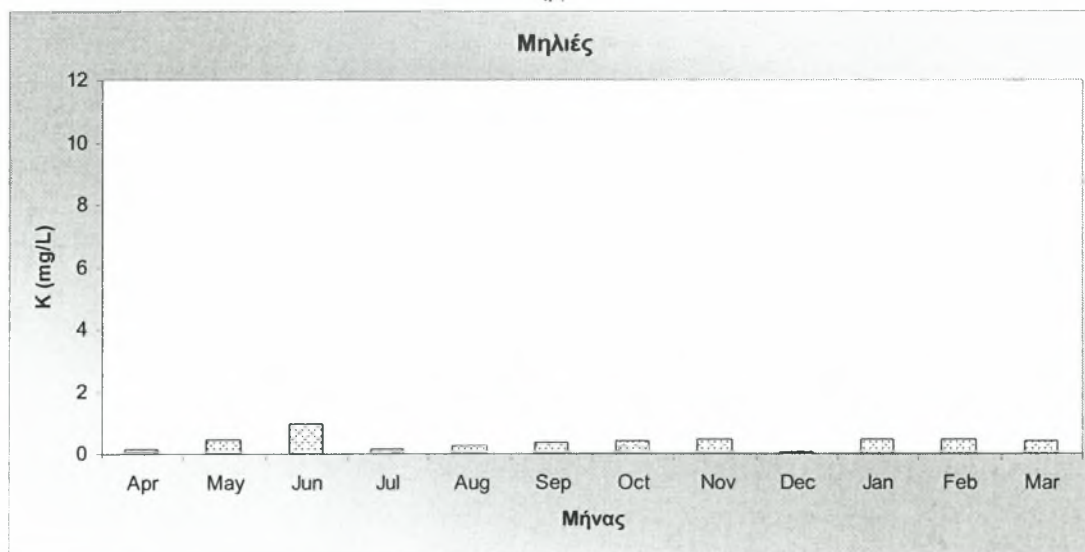
**Σχήμα 3.52** Συγκέντρωσεις ιόντων α) νιτρωδίων β) νιτρικών γ) θειικών κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

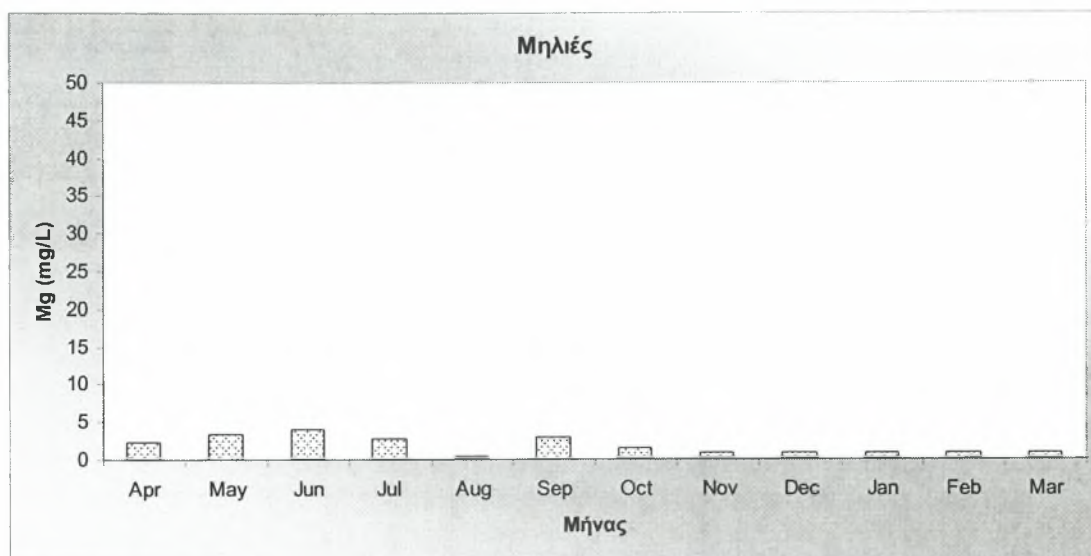


(β)

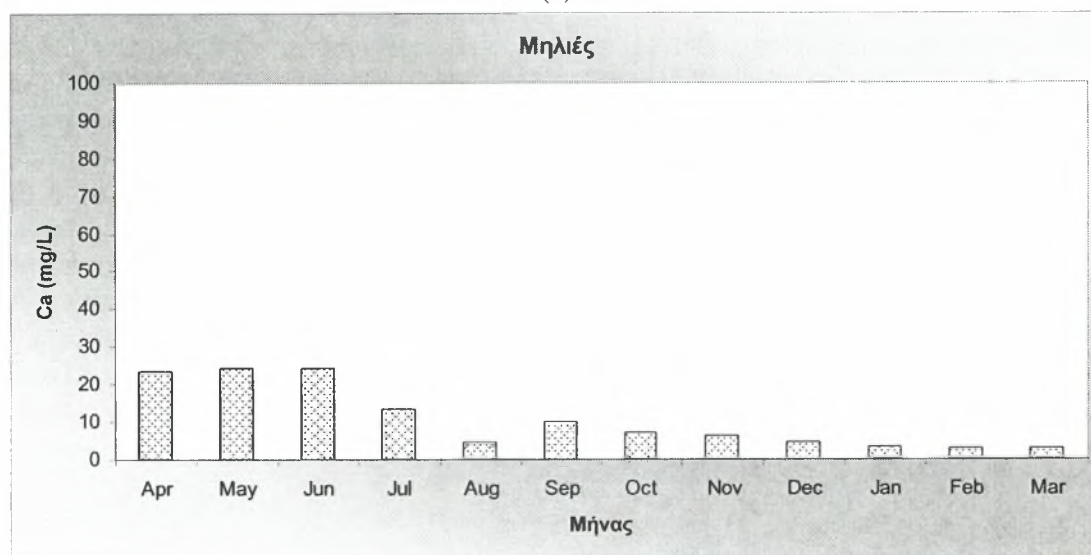


(γ)

**Σχήμα 3.53** Συγκέντρωσεις ιόντων α) αμμωνιακών β) νατρίου γ) καλίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)



(β)

**Σχήμα 3.54** Συγκέντρωσεις ιόντων α) μαγνησίου β) ασβεστίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.

### 3.10 Περιοχή Τσαγκαράδας

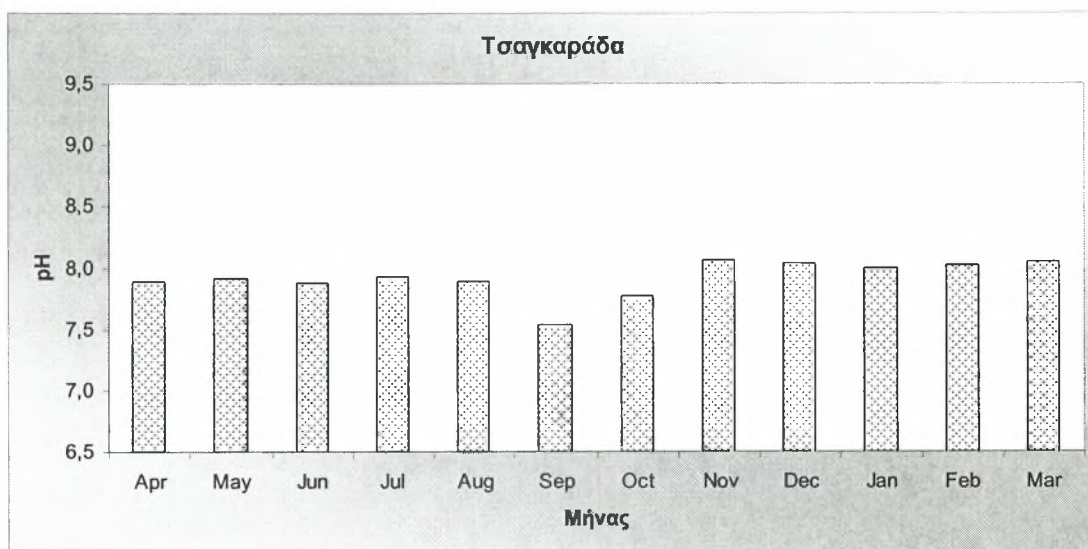
Από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα δείγματα πόσιμου νερού στην περιοχή της Τσαγκαράδας, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν. Επίσης μετρήθηκαν η τιμή του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 3.10.

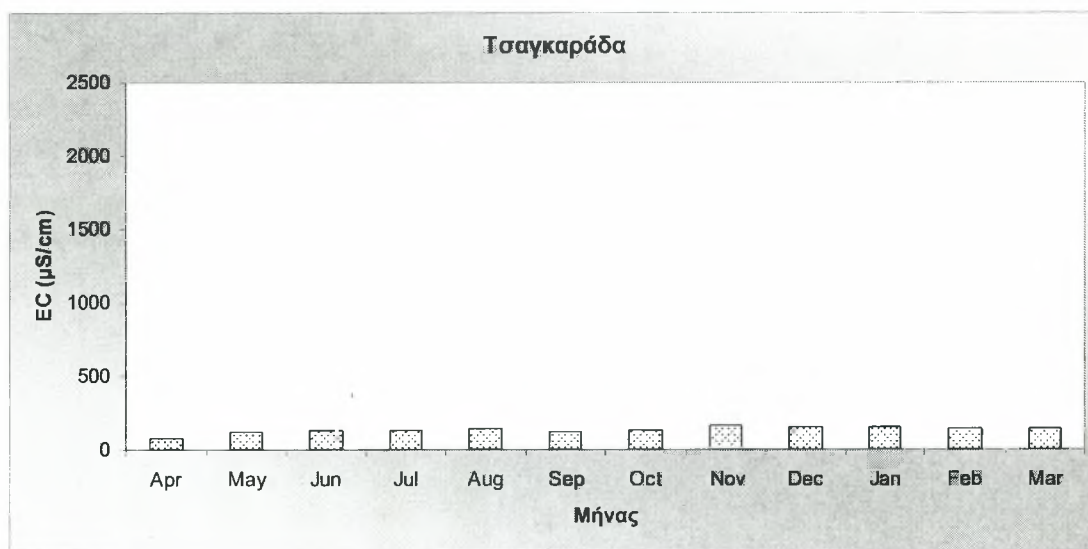
Από τον πίνακα αυτόν προκύπτει ότι οι τιμές του pH κυμάνθηκαν από 7,5 έως 8,1, με μέση τιμή 7,9. Η ελάχιστη τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ήταν  $75 \mu\text{Scm}^{-1}$ , η μέγιστη  $164 \mu\text{Scm}^{-1}$  και η μέση τιμή  $133 \mu\text{Scm}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων φθορίου κυμάνθηκαν έως  $0,339 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,096 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου κυμάνθηκαν από  $2,53 \text{mgL}^{-1}$  έως  $9,47 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $5,76 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρωδών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,153 \text{mgL}^{-1}$  έως  $0,922 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,435 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων βρωμίου κυμάνθηκαν έως  $1,876 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,723 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,064 \text{mgL}^{-1}$  έως  $1,34 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,669 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των θειικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $1,01 \text{mgL}^{-1}$  έως  $7,33 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $3,96 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων νατρίου κυμάνθηκαν από  $1,51 \text{mgL}^{-1}$  έως  $4,37 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $2,81 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων κυμάνθηκαν έως  $0,263 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,174 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων καλίου κυμάνθηκαν έως  $0,65 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,48 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων μαγνησίου κυμάνθηκαν από  $0,28 \text{mgL}^{-1}$  έως  $1,57 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,97 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων ασβεστίου κυμάνθηκαν από  $1,05 \text{mgL}^{-1}$  έως  $14,13 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $5,82 \text{mgL}^{-1}$ . Φωσφορικά ιόντα καθώς και ιόντα λιθίου δεν ανιχνεύθηκαν σε κανένα από τα δείγματα.

**Πίνακας 3.10.** Χημικές παράμετροι και συγκεντρώσεις στο πόσιμο νερό της περιοχής Τσαγκαράδας.

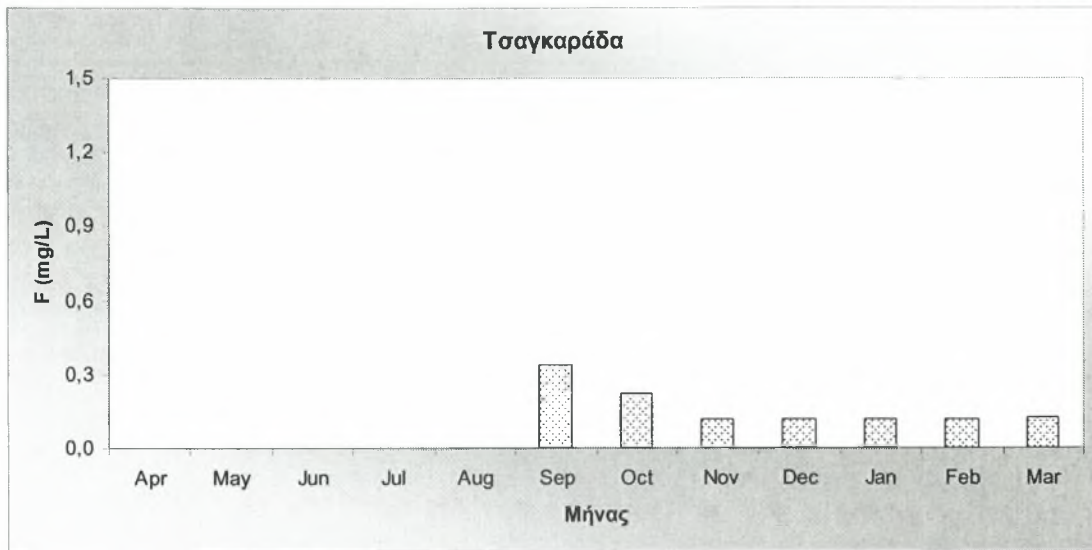
Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση
pH	7,5	8,1	7,9	0,14	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
EC <sub>w</sub> (μS cm <sup>-1</sup> )	75	164	133	22,9	2500
F (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	0,339	0,096	0,105	1,5
Cl (mg L <sup>-1</sup> )	2,53	9,47	5,76	2,2	250
NO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,153	0,922	0,435	0,272	0,2
Br (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	1,876	0,723	0,796	0,01
NO <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,064	1,34	0,669	0,548	50
PO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	M.A.	-	-	
SO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	1,01	7,33	3,96	1,76	250
Li (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	M.A.	-	-	
Na (mg L <sup>-1</sup> )	1,51	4,37	2,81	1,16	200
NH <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	0,263	0,174	0,09	0,5
K (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	0,65	0,48	0,19	12
Mg (μg L <sup>-1</sup> )	0,28	1,57	0,97	0,5	50
Ca (μg L <sup>-1</sup> )	1,05	14,13	5,82	3,47	100



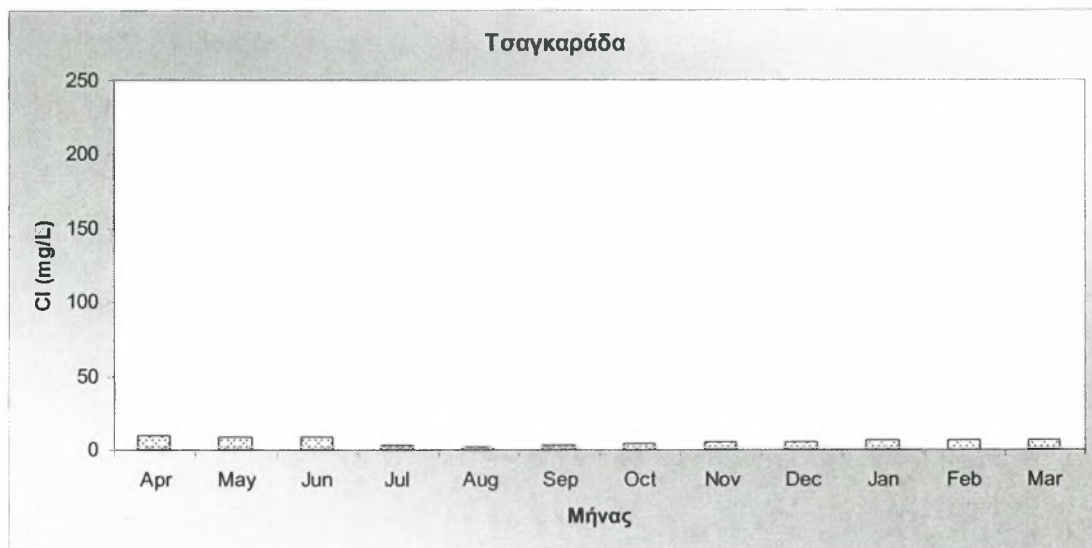
**Σχήμα 3.55** Συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



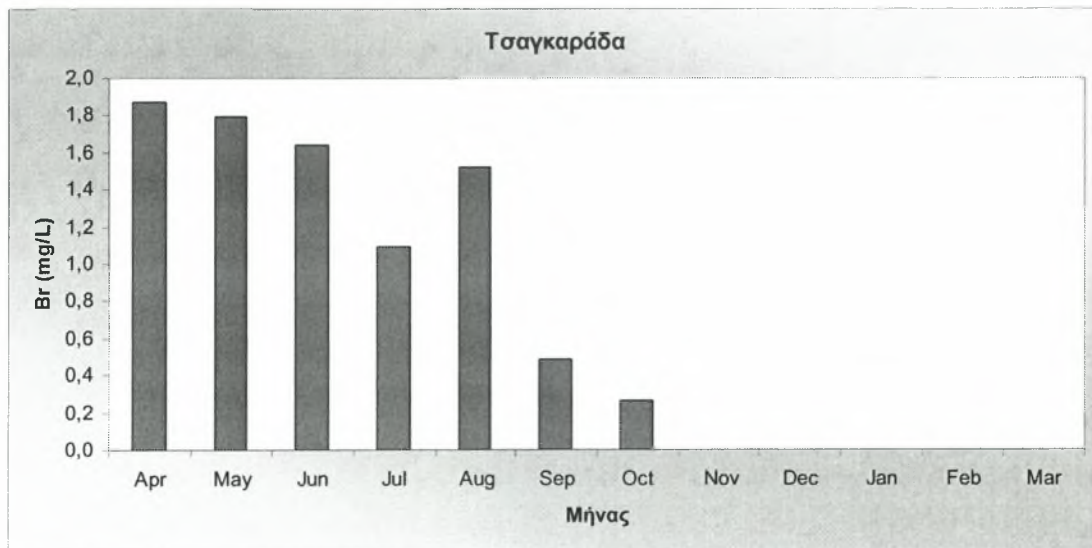
**Σχήμα 3.56** Τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)



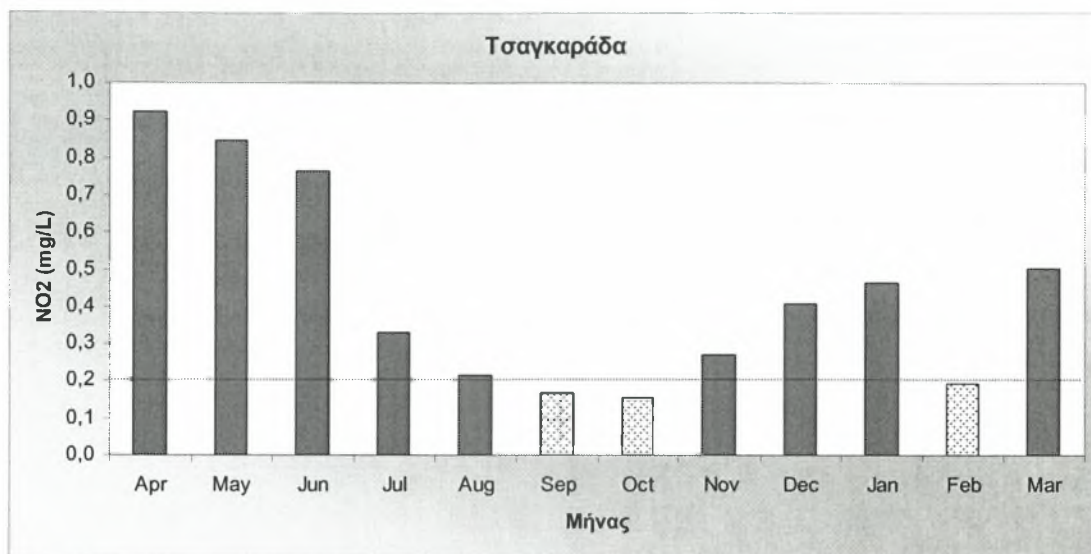
(β)



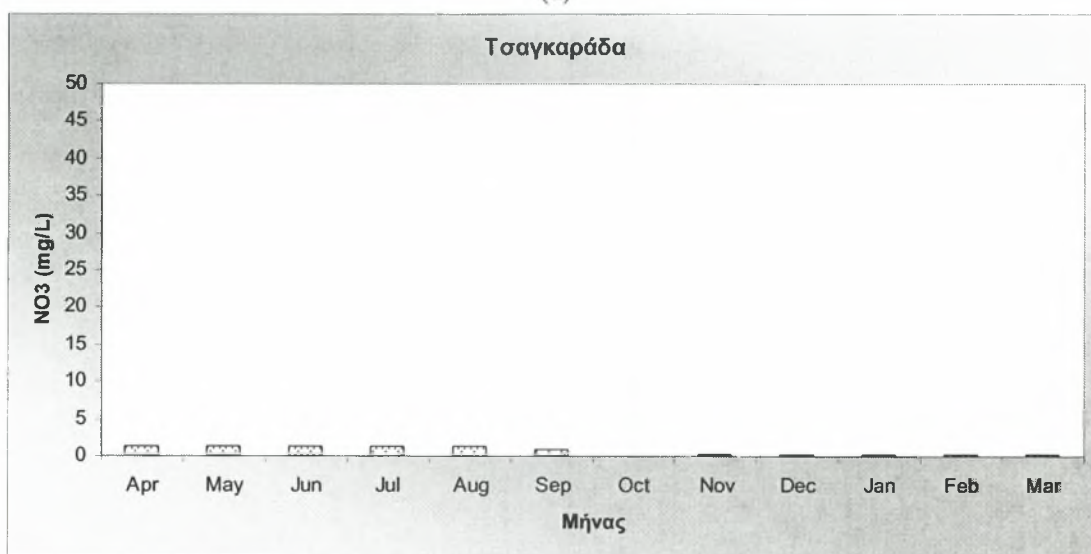
(γ)

**Σχήμα 3.57** Συγκέντρωσεις ιόντων α) φθορίου β) χλωρίου γ) βρωμίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.

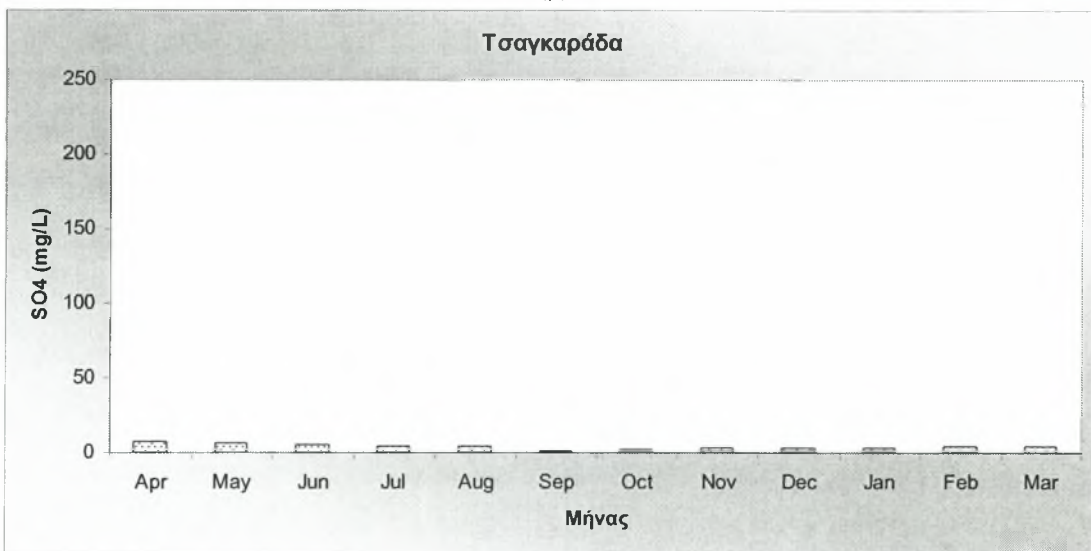




(α)

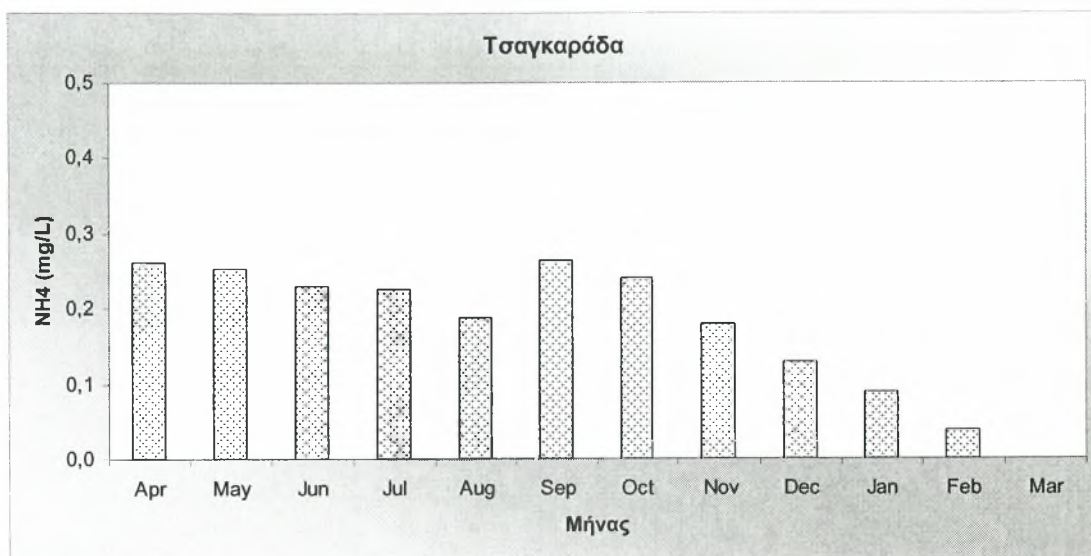


(β)

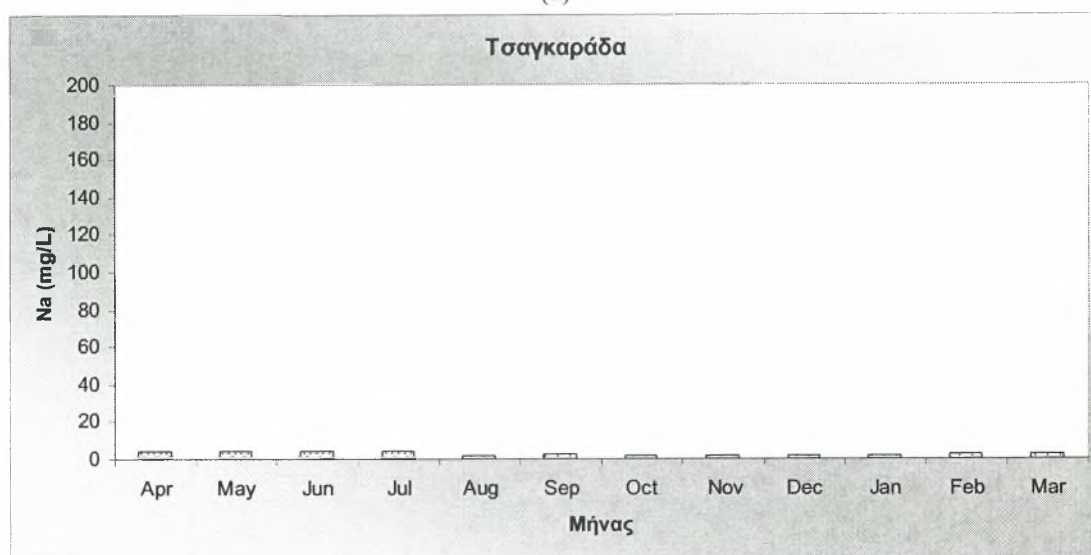


(γ)

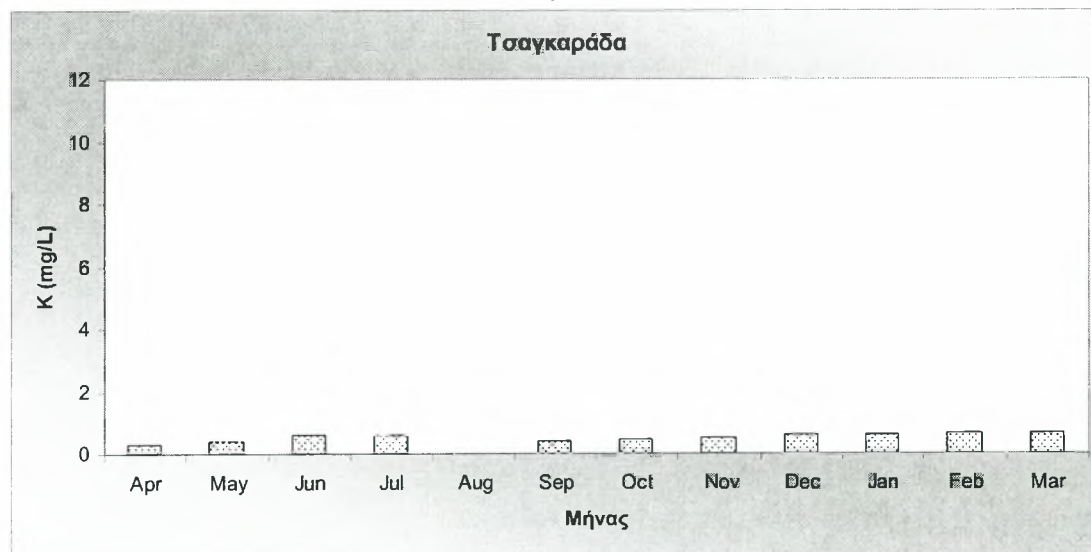
**Σχήμα 3.58** Συγκέντρωσεις ιόντων α) νιτρωδών β) νιτρικών γ) θεικών κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)



(β)

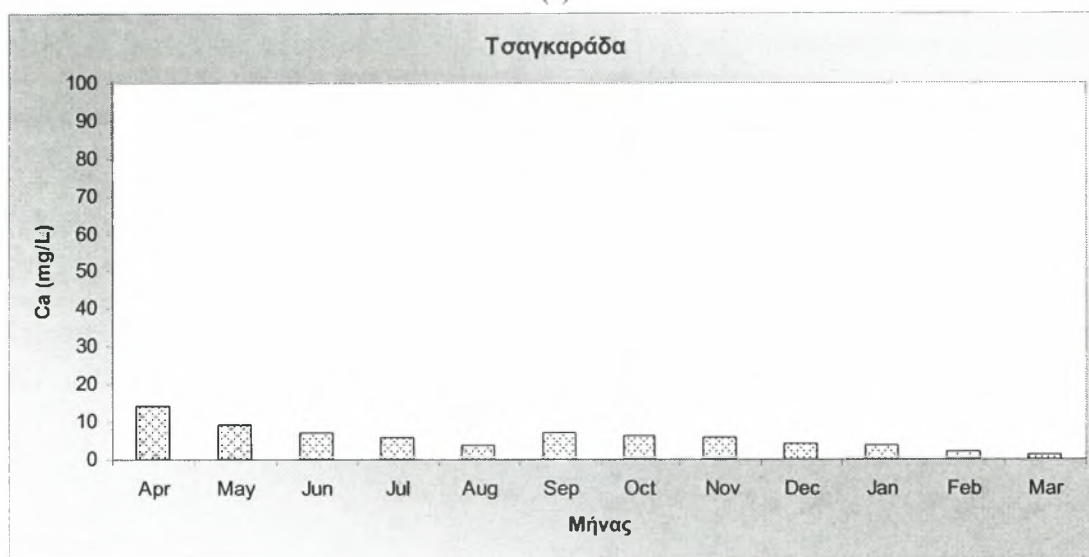


(γ)

**Σχήμα 3.59** Συγκέντρωσεις ιόντων α) αμμωνιακών β) νατρίου γ) καλίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)



(β)

**Σχήμα 3.60** Συγκέντρωσεις ιόντων α) μαγνησίου β) ασβεστίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.

### 3.11 Περιοχή Μουρεσίου

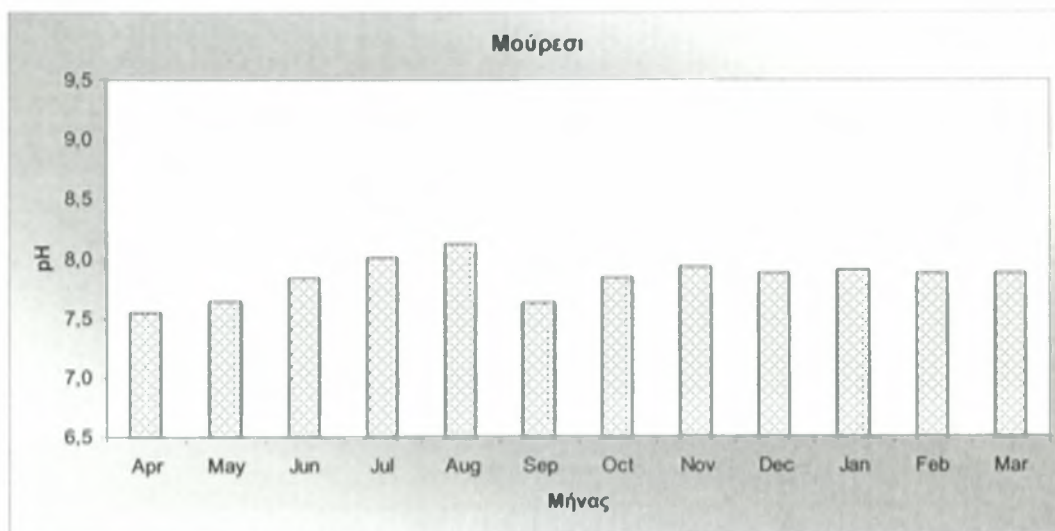
Από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα δείγματα πόσιμου νερού στην περιοχή του Μουρεσίου, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν. Επίσης μετρήθηκαν η τιμή του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 3.11.

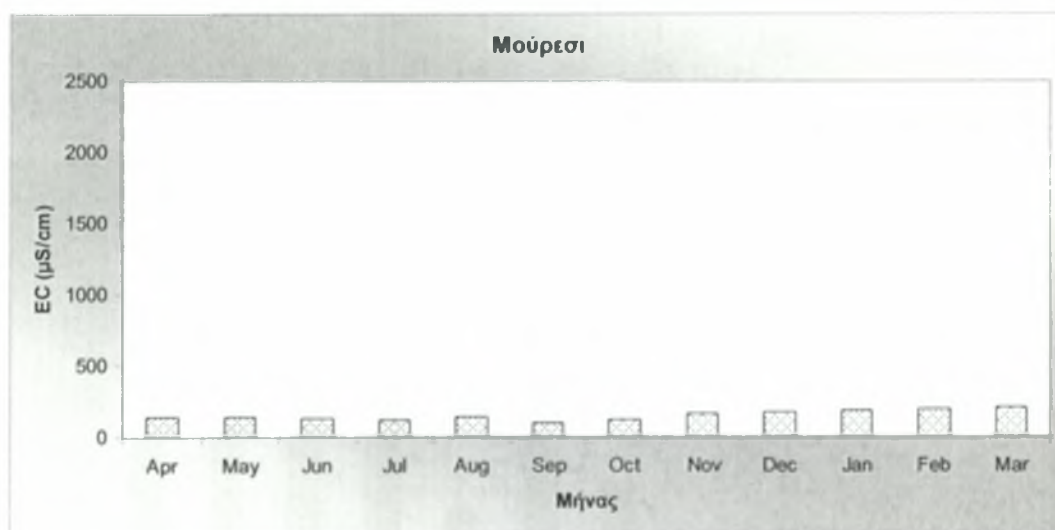
Από τον πίνακα αυτόν προκύπτει ότι οι τιμές του pH κυμάνθηκαν από 7,6 έως 8,1, με μέση τιμή 7,8. Η ελάχιστη τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ήταν  $98 \mu\text{Scm}^{-1}$ , η μέγιστη  $206 \mu\text{Scm}^{-1}$  και η μέση τιμή  $150,8 \mu\text{Scm}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων φθορίου κυμάνθηκαν έως  $1,346 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,3 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου κυμάνθηκαν από  $5,27 \text{mgL}^{-1}$  έως  $20,8 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $10,22 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρωδών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,453 \text{mgL}^{-1}$  έως  $0,871 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,708 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων βρωμίου κυμάνθηκαν έως  $4,911 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $1,629 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,203 \text{mgL}^{-1}$  έως  $3,79 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $1,714 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των θειικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $4,8 \text{mgL}^{-1}$  έως  $21,86 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $9,31 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων νατρίου κυμάνθηκαν από  $1,86 \text{mgL}^{-1}$  έως  $4,86 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $2,6 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,045 \text{mgL}^{-1}$  έως  $0,265 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,17 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων καλίου κυμάνθηκαν από  $0,17 \text{mgL}^{-1}$  έως  $0,53 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,39 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων μαγνησίου κυμάνθηκαν από  $0,58 \text{mgL}^{-1}$  έως  $1,42 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,86 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων ασβεστίου κυμάνθηκαν από  $4,55 \text{mgL}^{-1}$  έως  $17,18 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $8,42 \text{mgL}^{-1}$ . Φωσφορικά ιόντα καθώς και ιόντα λιθίου δεν ανιχνεύθηκαν σε κανένα από τα δείγματα.

**Πίνακας 3.11.** Χημικές παράμετροι και συγκεντρώσεις στο πόσιμο νερό της περιοχής Μουρεσίου.

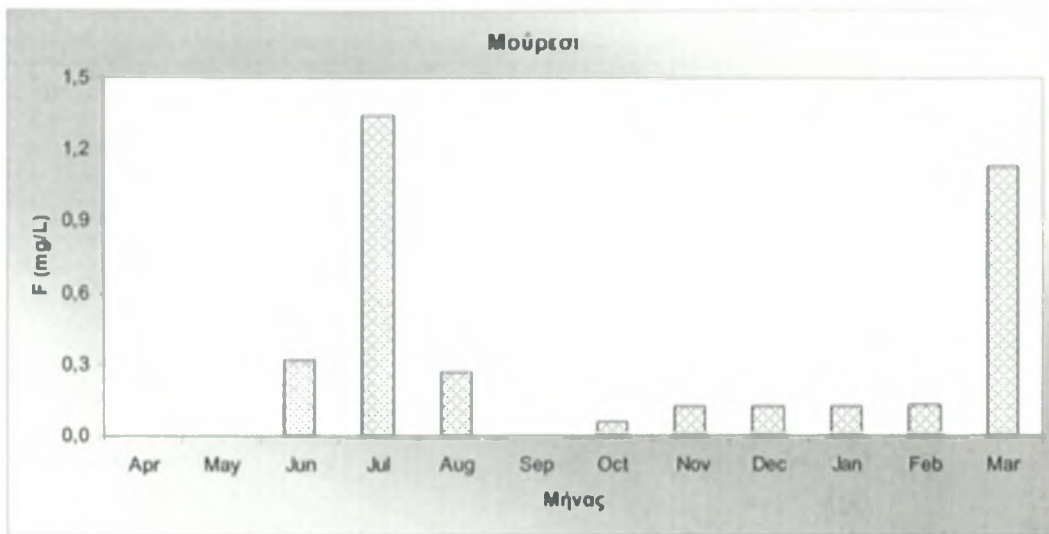
Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση
pH	7,6	8,1	7,8	0,16	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
EC <sub>w</sub> ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	98	206	150,8	33,42	2500
F ( $\text{mg L}^{-1}$ )	M.A.	1,346	0,3	0,45	1,5
Cl ( $\text{mg L}^{-1}$ )	5,27	20,8	10,22	4,54	250
NO <sub>2</sub> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,453	0,871	0,708	0,137	0,2
Br ( $\text{mg L}^{-1}$ )	M.A.	4,911	1,629	1,578	0,01
NO <sub>3</sub> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,203	3,79	1,714	1,262	50
PO <sub>4</sub> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	M.A.	M.A.	-	-	
SO <sub>4</sub> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	4,8	21,86	9,31	5,06	250
Li ( $\text{mg L}^{-1}$ )	M.A.	M.A.	-	-	
Na ( $\text{mg L}^{-1}$ )	1,86	4,86	2,6	0,99	200
NH <sub>4</sub> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,045	0,265	0,170	0,063	0,5
K ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,17	0,53	0,39	0,1	12
Mg ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	0,58	1,42	0,86	0,25	50
Ca ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	4,55	17,18	8,42	3,85	100



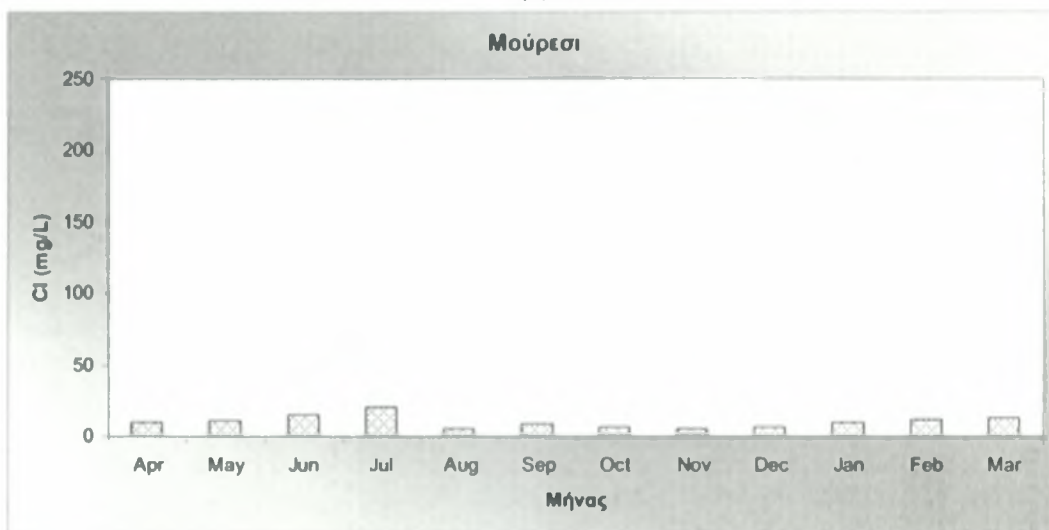
**Σχήμα 3.61** Συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



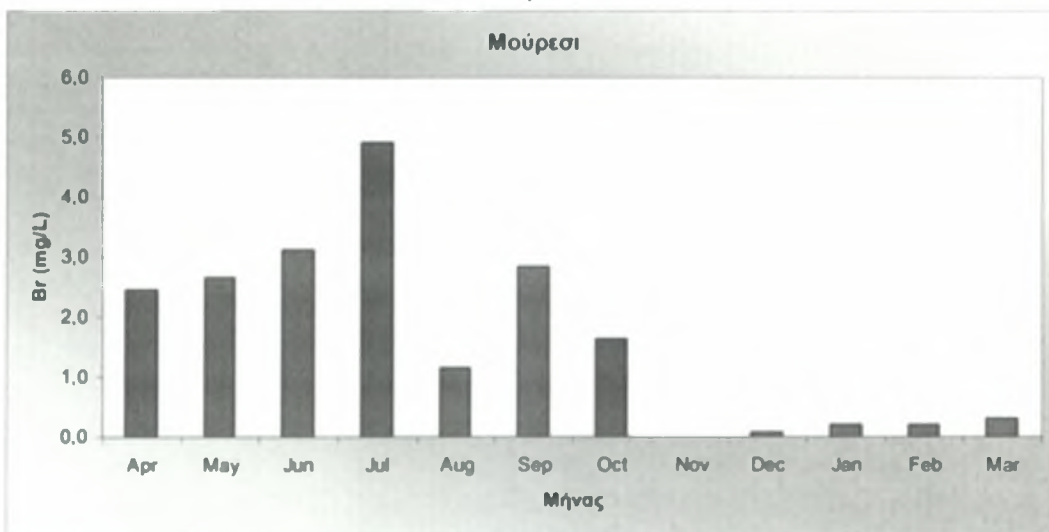
**Σχήμα 3.62** Τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

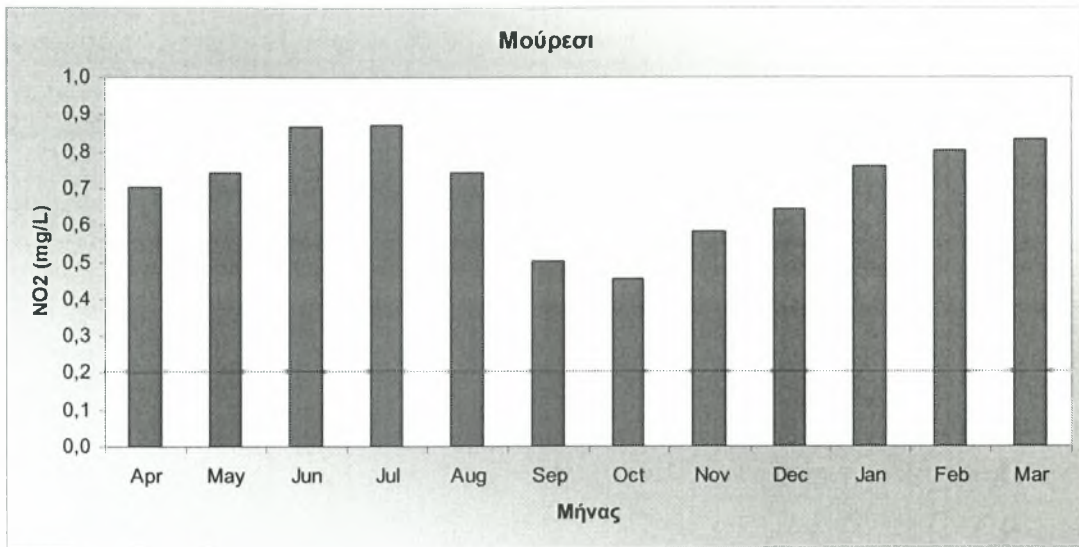


(β)

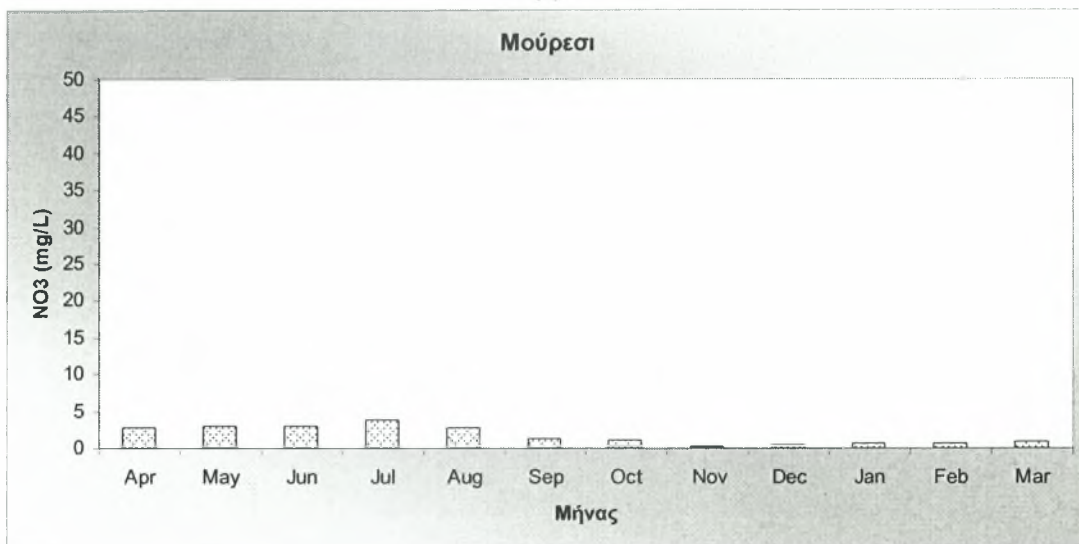


(γ)

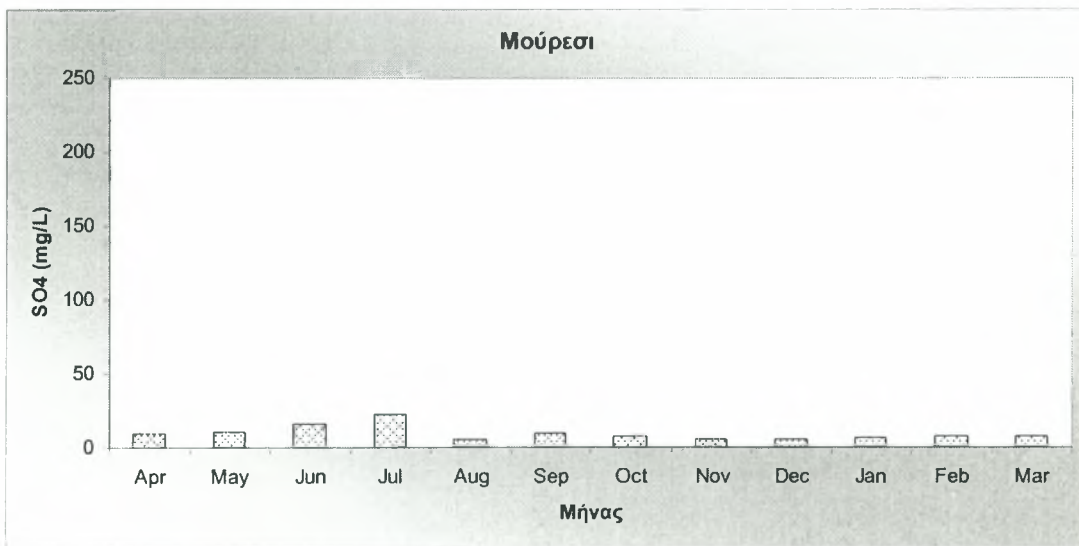
**Σχήμα 3.63** Συγκέντρωσεις ιόντων α) φθορίου β) χλωρίου γ) βρωμίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)



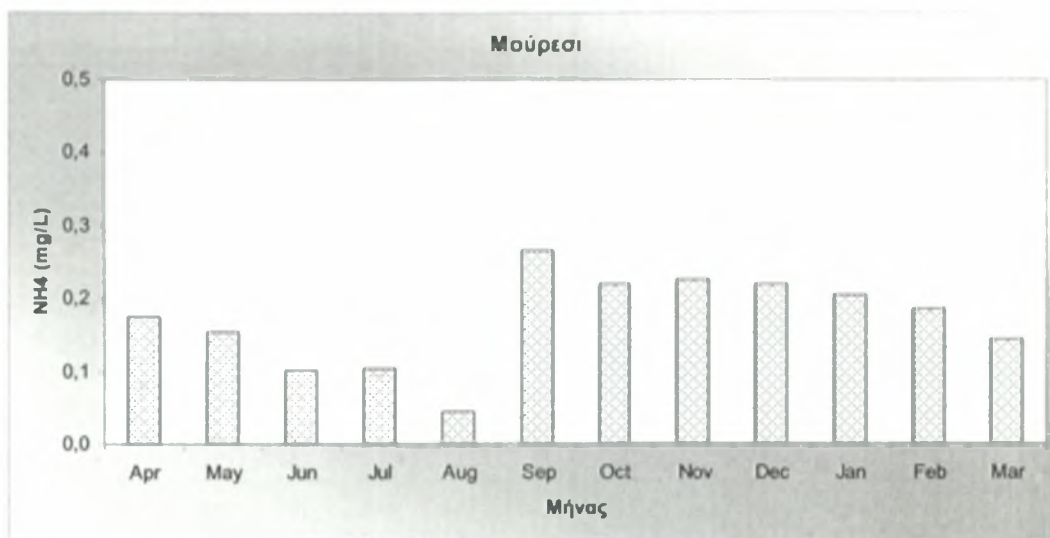
(β)



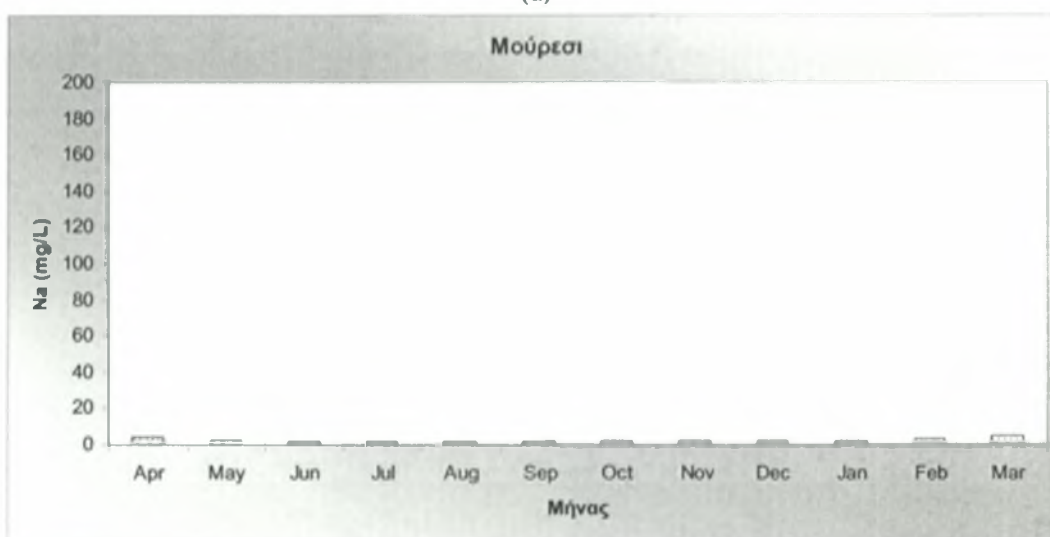
(γ)

**Σχήμα 3.64** Συγκέντρωσεις ιόντων α) νιτρικών β) νιτρικών γ) θεικών κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.

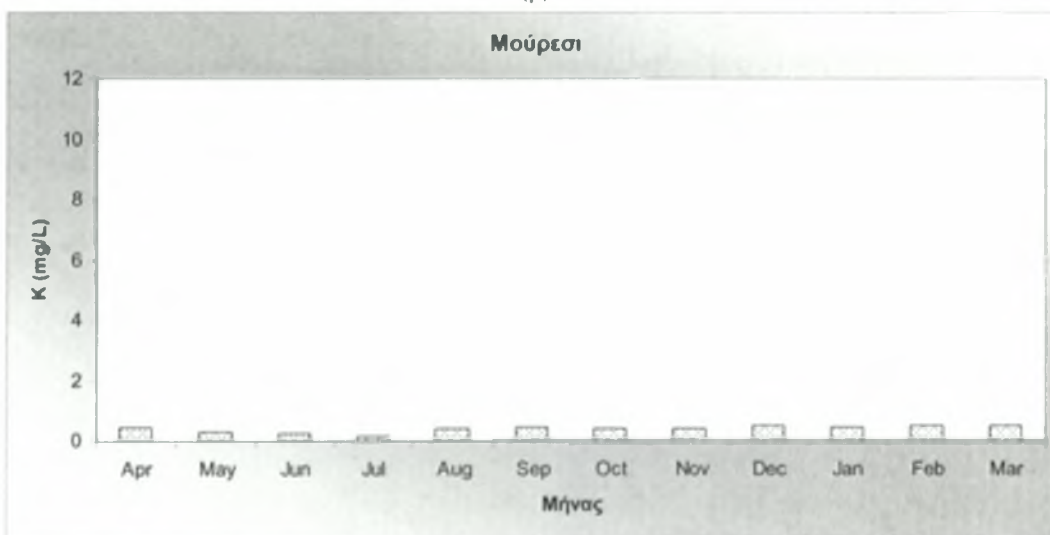




(α)

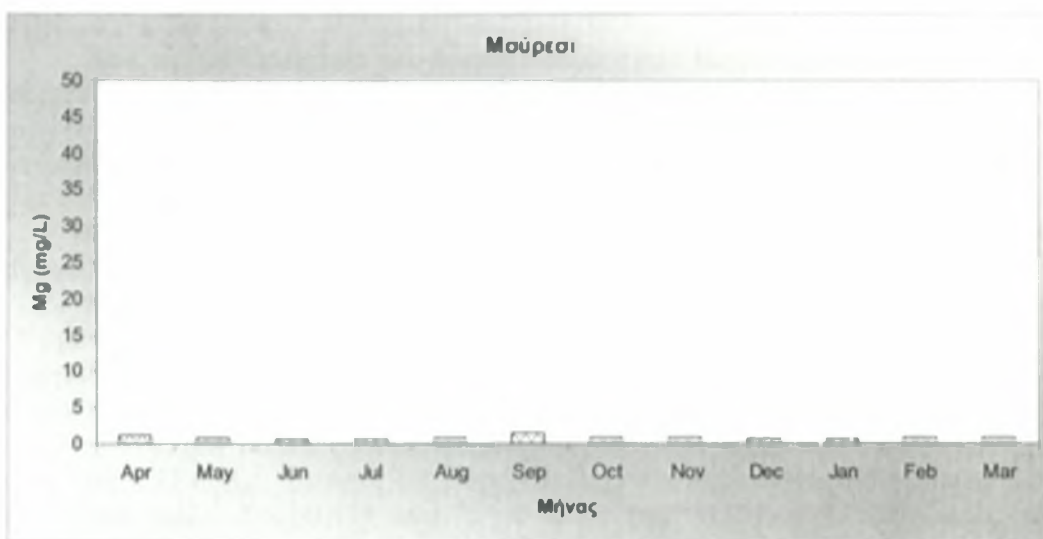


(β)

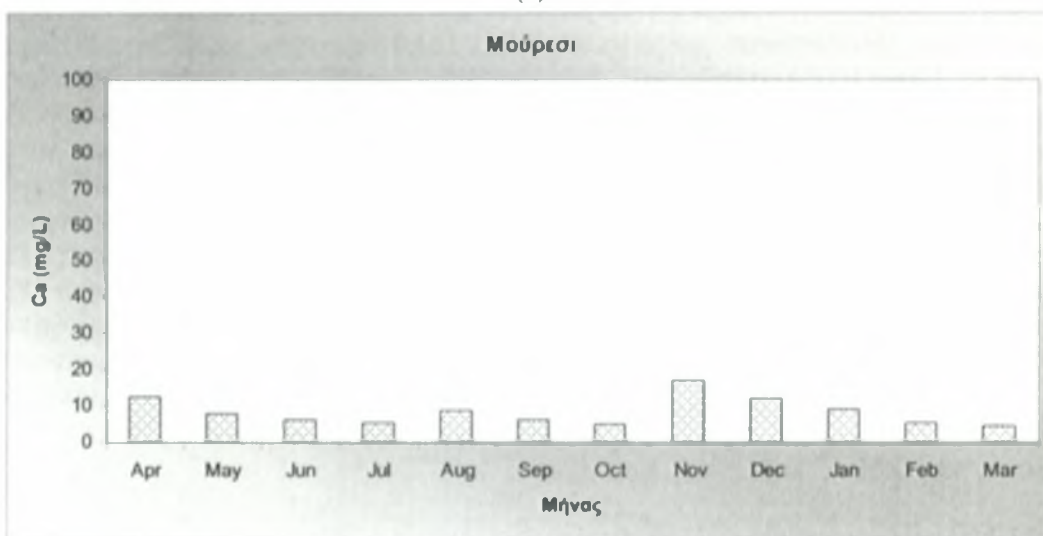


(γ)

**Σχήμα 3.65** Συγκέντρωσεις ιόντων α) αμμωνιακών β) νατρίου γ) καλίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)



(β)

**Σχήμα 3.66** Συγκέντρωσεις ιόντων α) μαγνησίου β) ασβεστίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.

### 3.12 Περιοχή Ανηλίου

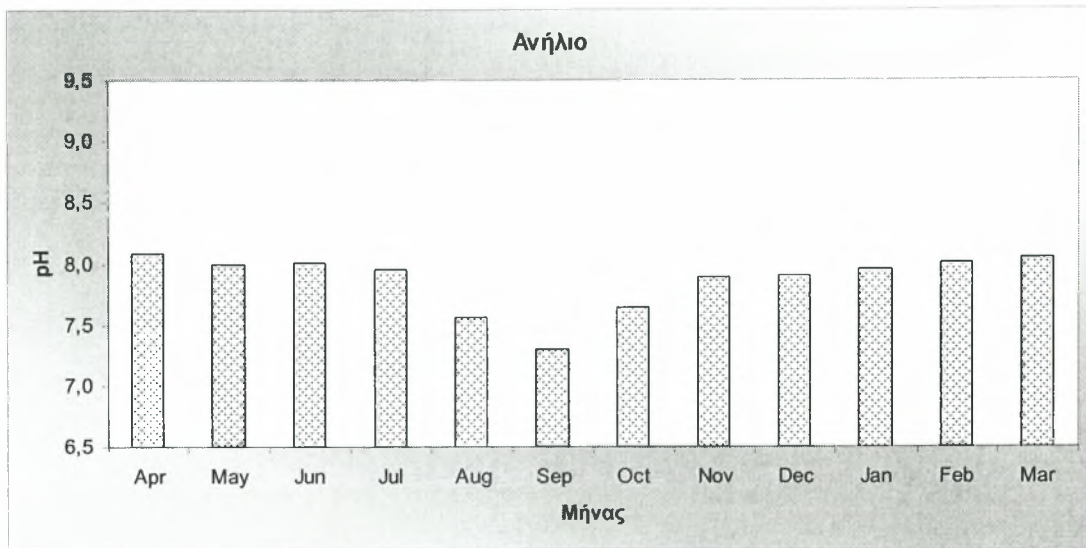
Από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα δείγματα πόσιμου νερού στην περιοχή του Ανηλίου, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν. Επίσης μετρήθηκαν η τιμή του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 3.12.

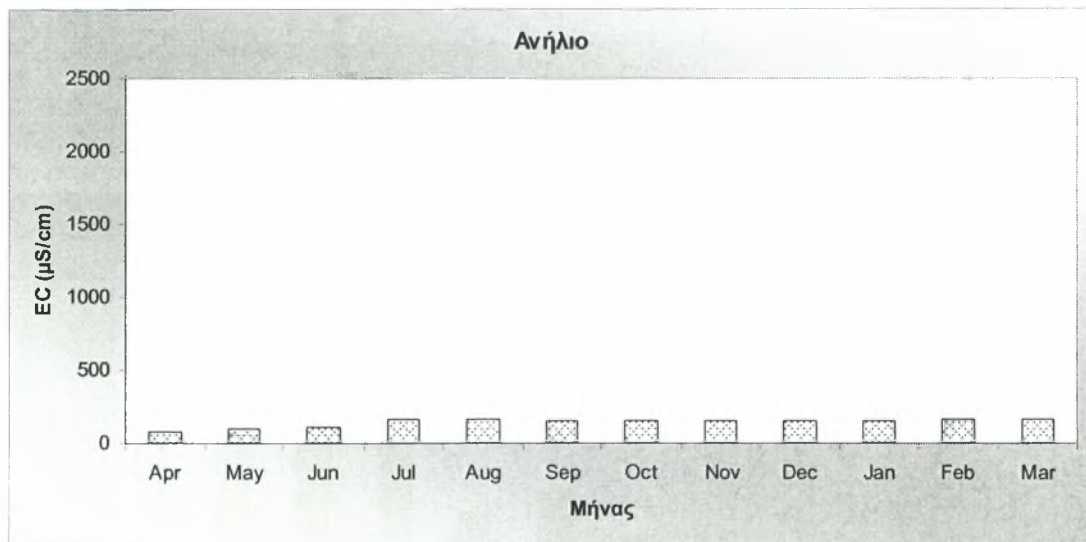
Από τον πίνακα αυτόν προκύπτει ότι οι τιμές του pH κυμάνθηκαν από 7,3 έως 8,1, με μέση τιμή 7,9. Η ελάχιστη τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ήταν  $80 \mu\text{Scm}^{-1}$ , η μέγιστη  $168 \mu\text{Scm}^{-1}$  και η μέση τιμή  $143 \mu\text{Scm}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων φθορίου κυμάνθηκαν έως  $0,741 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,249 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου κυμάνθηκαν από  $3,55 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $10,02 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $6,57 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρωδών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,104 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $0,439 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,322 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων βρωμίου κυμάνθηκαν έως  $1,81 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,717 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,186 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $1,154 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,663 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των θειικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $1,16 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $9,01 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $5,04 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων νατρίου κυμάνθηκαν από  $0,86 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $3,58 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $2,03 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων κυμάνθηκαν έως  $0,269 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,11 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων καλίου κυμάνθηκαν από  $0,19 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $1,11 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,5 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων μαγνησίου κυμάνθηκαν από  $0,53 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $2,82 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $1,59 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων ασβεστίου κυμάνθηκαν από  $4,93 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $16,09 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $8,83 \text{ mgL}^{-1}$ . Φωσφορικά ιόντα καθώς και ιόντα λιθίου δεν ανιχνεύθηκαν σε κανένα από τα δείγματα.

**Πίνακας 3.12.** Χημικές παράμετροι και συγκεντρώσεις στο πόσιμο νερό της περιοχής Αηγίου.

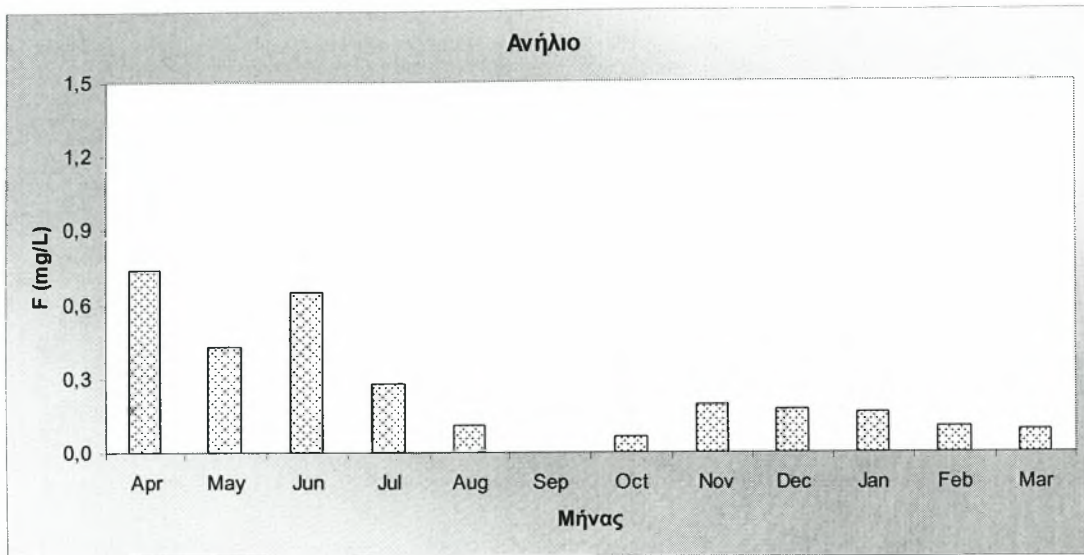
Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση
pH	7,3	8,1	7,9	0,23	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
EC <sub>w</sub> (μS cm <sup>-1</sup> )	80	168	143	28	2500
F (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	0,741	0,249	0,235	1,5
Cl (mg L <sup>-1</sup> )	3,55	10,02	6,57	2,11	250
NO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,104	0,439	0,322	0,111	0,2
Br (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	1,81	0,717	0,76	0,01
NO <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,186	1,154	0,663	0,428	50
PO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	M.A.	-	-	
SO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	1,16	9,01	5,04	2,49	250
Li (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	M.A.	-	-	
Na (mg L <sup>-1</sup> )	0,86	3,58	2,03	0,91	200
NH <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	0,269	0,11	0,087	0,5
K (mg L <sup>-1</sup> )	0,19	1,11	0,5	0,35	12
Mg (μg L <sup>-1</sup> )	0,53	2,82	1,59	0,62	50
Ca (μg L <sup>-1</sup> )	4,93	16,09	8,83	3,6	100



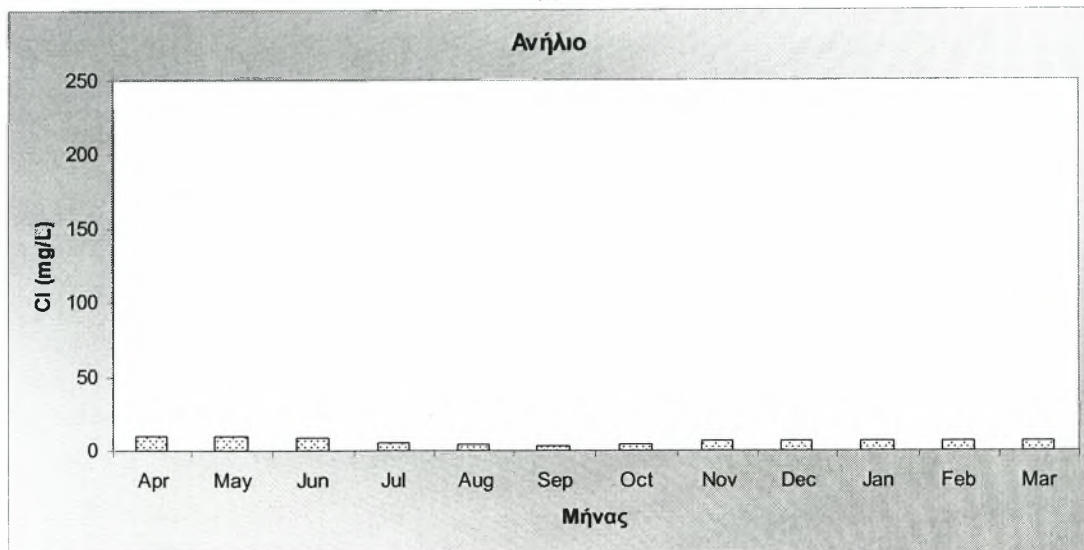
**Σχήμα 3.67** Συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



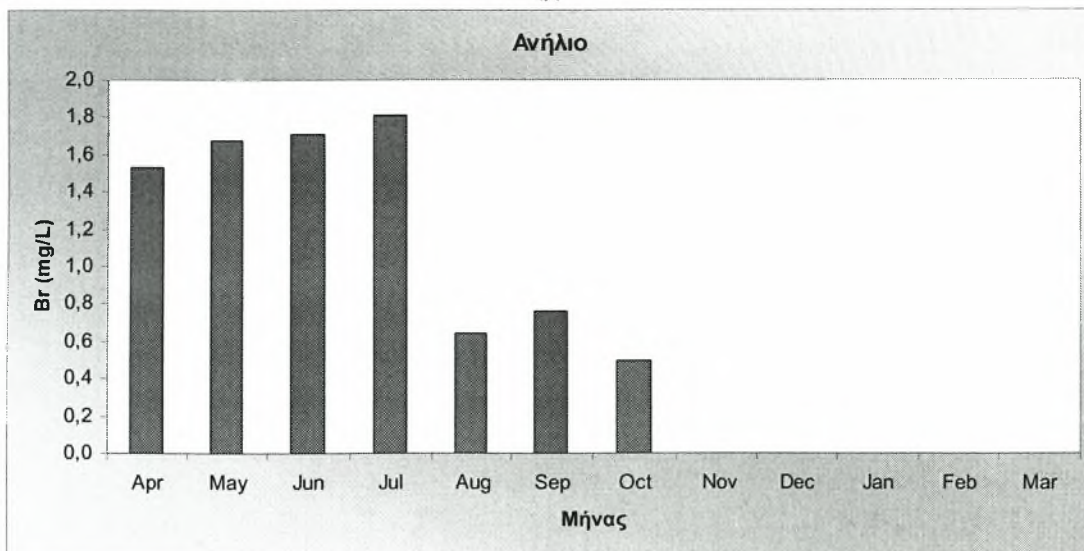
**Σχήμα 3.68** Τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

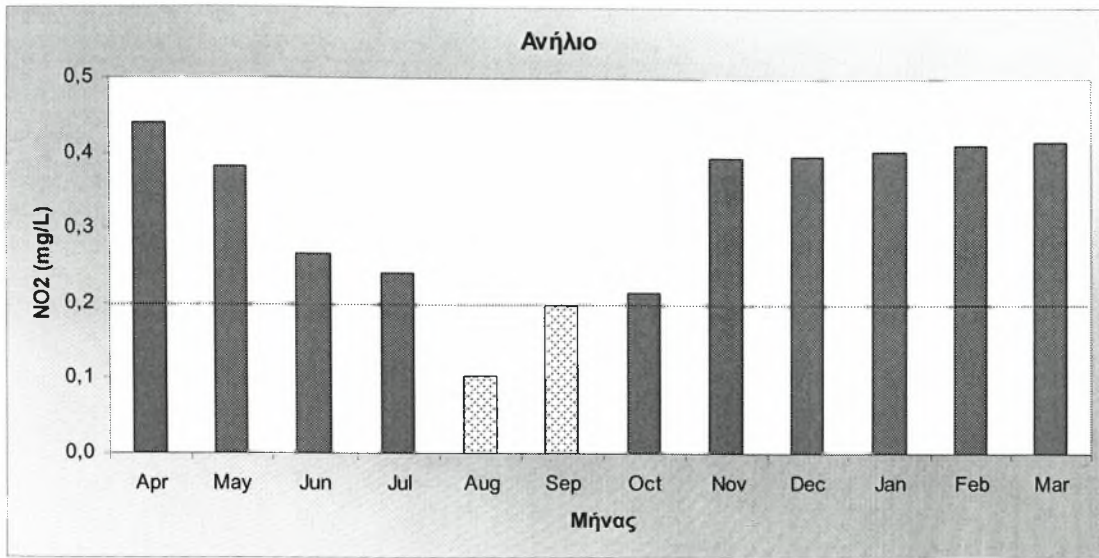


(β)

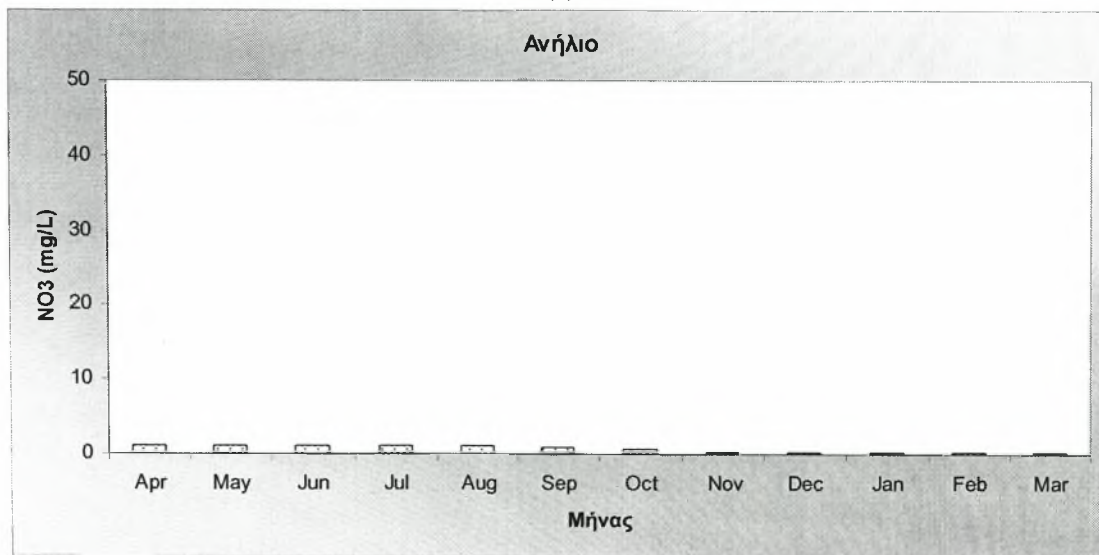


(γ)

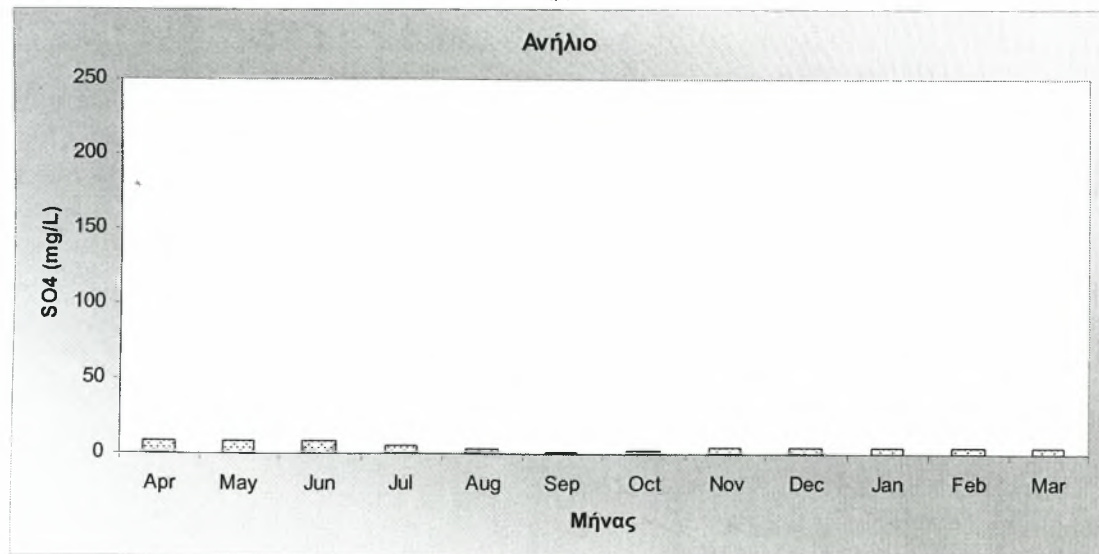
**Σχήμα 3.69** Συγκέντρωσεις ιόντων α) φθορίου β) χλωρίου γ) βρωμίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

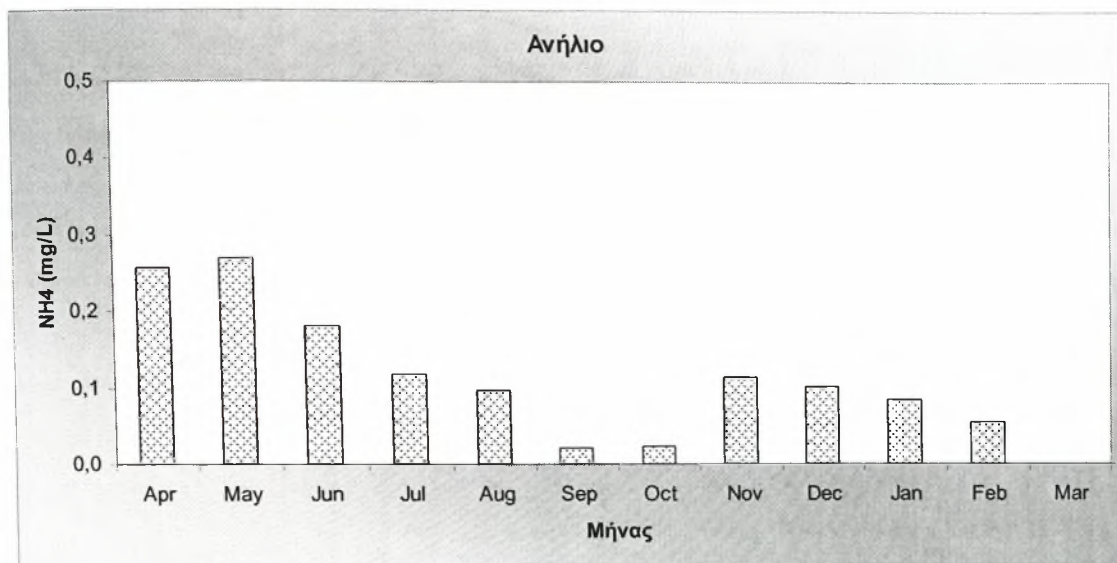


(β)

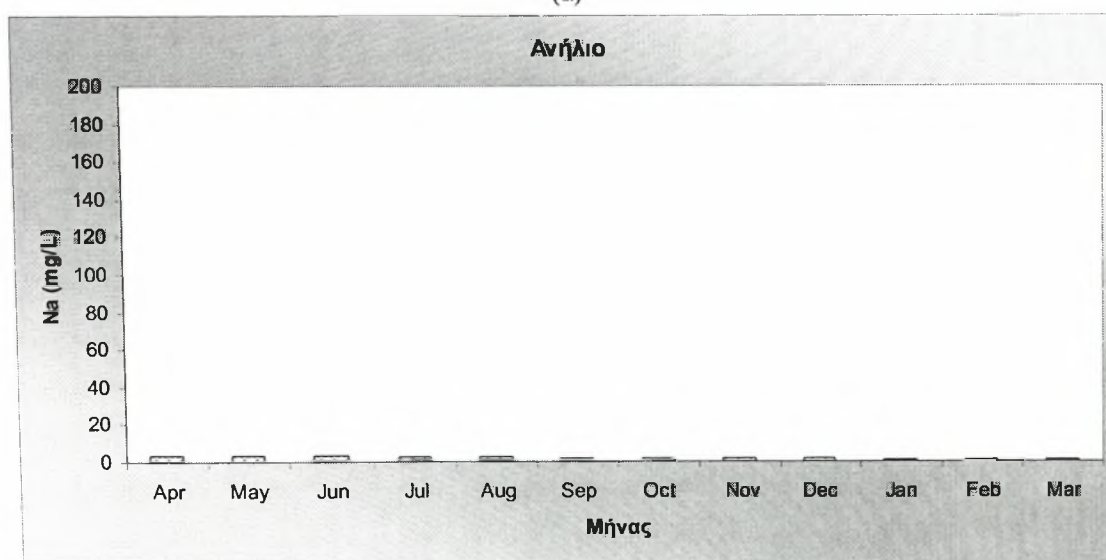


(γ)

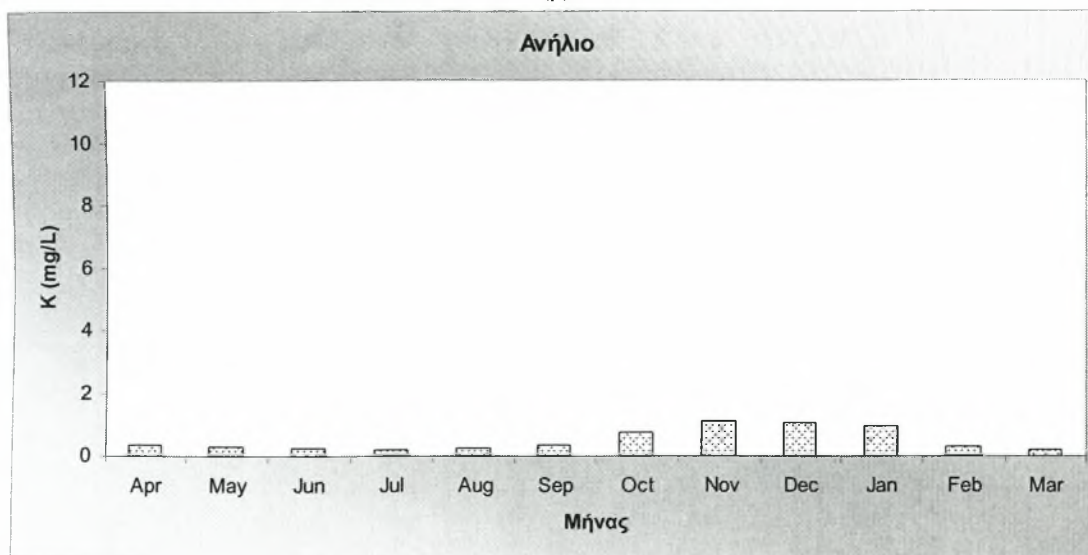
**Σχήμα 3.70** Συγκέντρωσεις ιόντων α) νιτρωδών β) νιτρικών γ) θεικών κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)



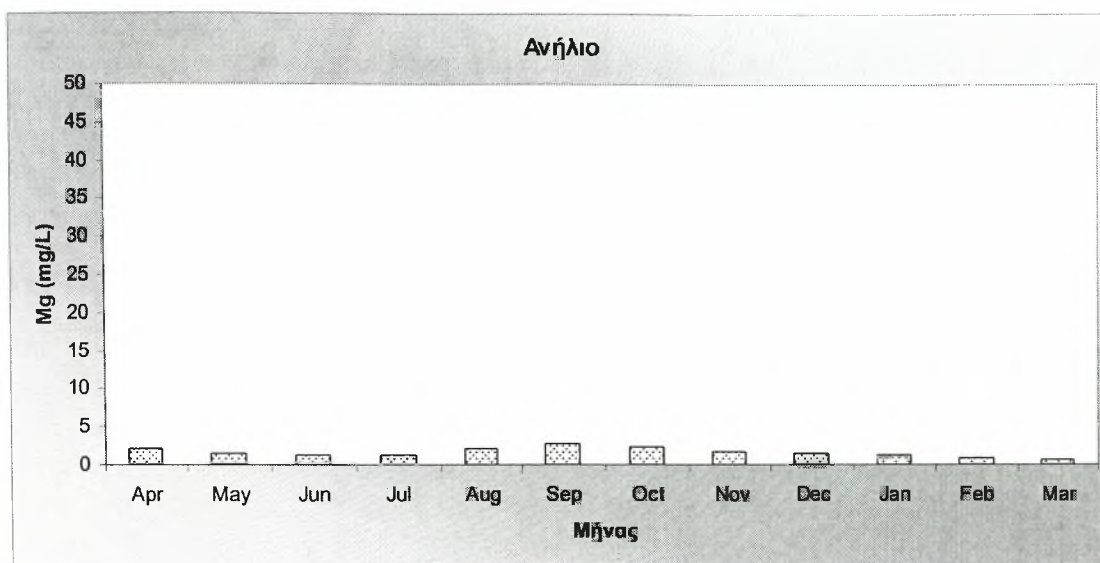
(β)



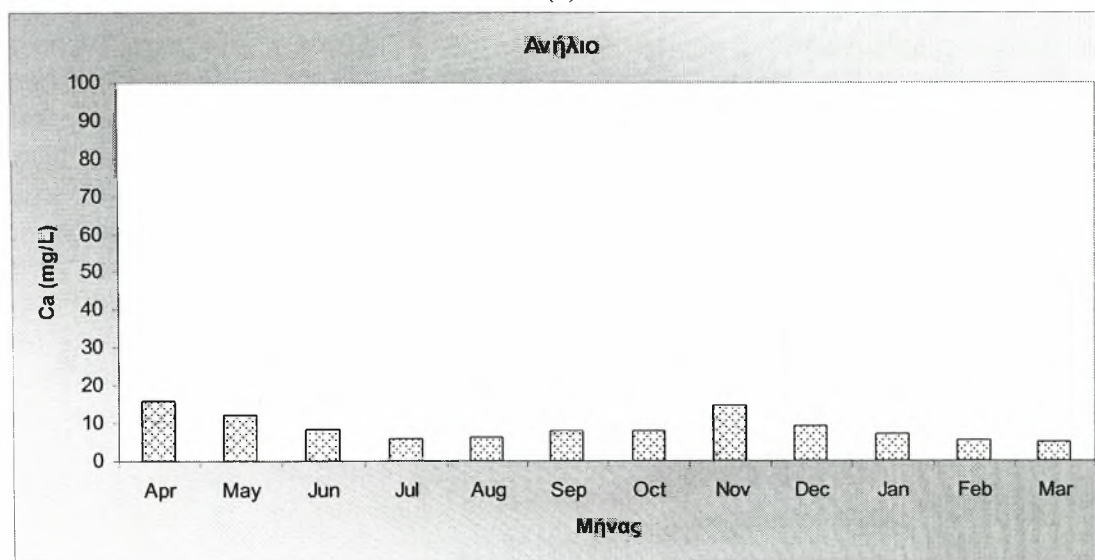
(γ)

**Σχήμα 3.71** Συγκέντρωσεις ιόντων α) αμμωνιακών β) νατρίου γ) καλίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.





(α)



(β)

**Σχήμα 3.72** Συγκέντρωσεις ιόντων α) μαγνησίου β) ασβεστίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.

### 3.13 Περιοχή Μακρυράχης

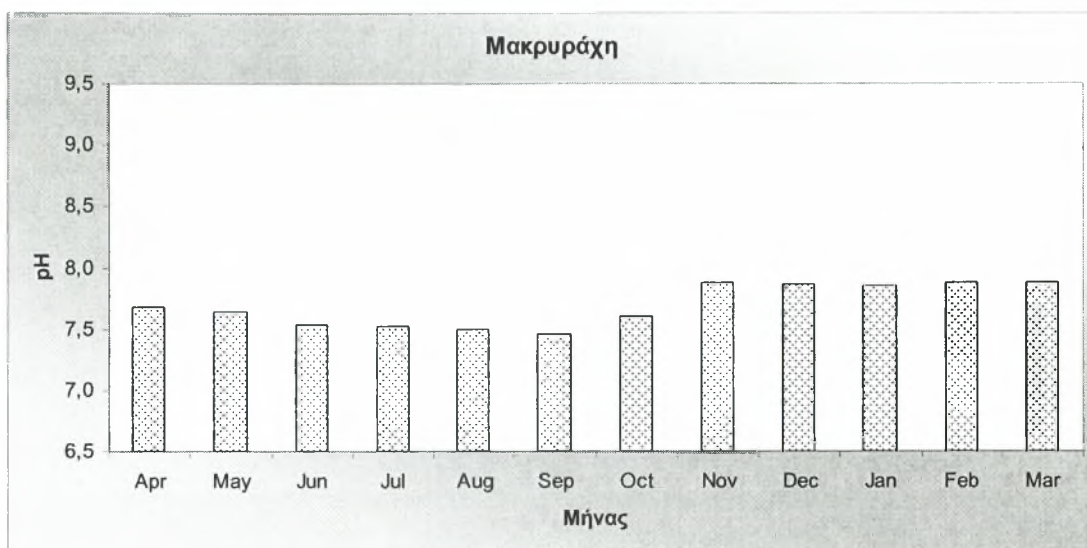
Από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα δείγματα πόσιμου νερού στην περιοχή της Μακρυράχης, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν. Επίσης μετρήθηκαν η τιμή του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 3.13.

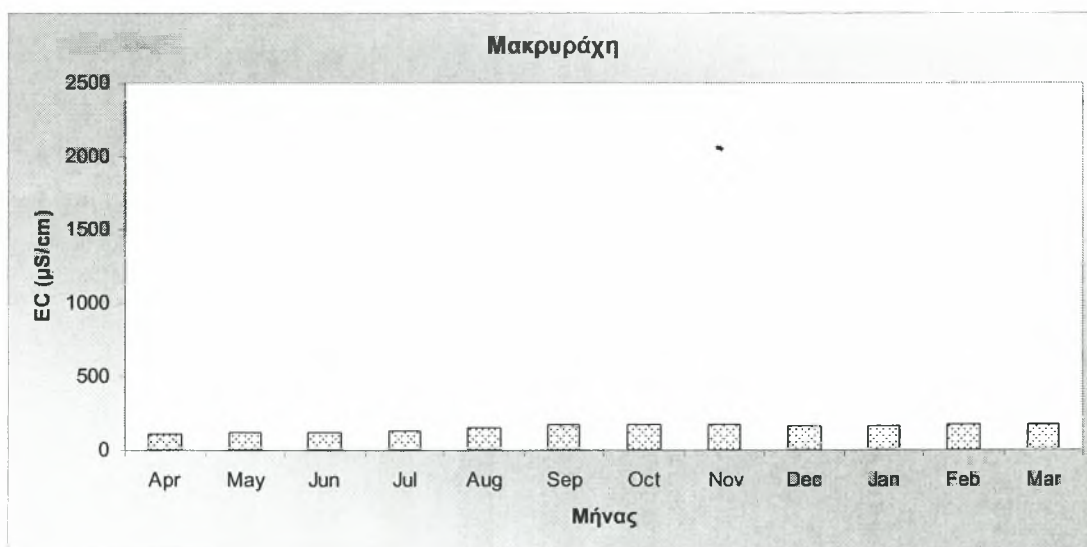
Από τον πίνακα αυτόν προκύπτει ότι οι τιμές του pH κυμάνθηκαν από 7,5 έως 7,9, με μέση τιμή 7,7. Η ελάχιστη τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ήταν  $113 \mu\text{Scm}^{-1}$ , η μέγιστη  $173 \mu\text{Scm}^{-1}$  και η μέση τιμή  $153 \mu\text{Scm}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων φθορίου κυμάνθηκαν έως  $0,148 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,071 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου κυμάνθηκαν από  $4,67 \text{mgL}^{-1}$  έως  $37,33 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $16,51 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρωδών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,044 \text{mgL}^{-1}$  έως  $0,512 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,345 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων βρωμίου κυμάνθηκαν έως  $3,541 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $1,434 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $1,116 \text{mgL}^{-1}$  έως  $2,91 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $1,921 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των θειικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $8,67 \text{mgL}^{-1}$  έως  $15,98 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $11,37 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων νατρίου κυμάνθηκαν από  $1,09 \text{mgL}^{-1}$  έως  $10,83 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $4,2 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,032 \text{mgL}^{-1}$  έως  $0,156 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,105 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων καλίου κυμάνθηκαν από  $0,11 \text{mgL}^{-1}$  έως  $1,34 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,71 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων μαγνησίου κυμάνθηκαν από  $1,98 \text{mgL}^{-1}$  έως  $5,94 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $3,08 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων ασβεστίου κυμάνθηκαν από  $10,59 \text{mgL}^{-1}$  έως  $34,98 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $17,18 \text{mgL}^{-1}$ . Φωσφορικά ιόντα καθώς και ιόντα λιθίου δεν ανιχνεύθηκαν σε κανένα από τα δείγματα.

**Πίνακας 3.13.** Χημικές παράμετροι και συγκεντρώσεις στο πόσιμο νερό της περιοχής Μακρυράχης.

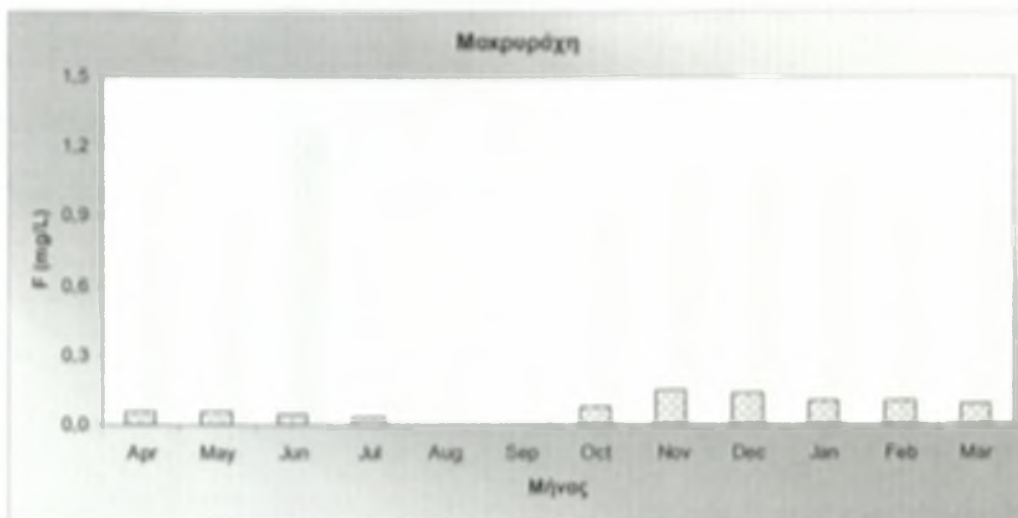
Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση
pH	7,5	7,9	7,7	0,17	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
EC <sub>w</sub> (μS cm <sup>-1</sup> )	113	173	153	22,9	2500
F (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	0,148	0,071	0,047	1,5
Cl (mg L <sup>-1</sup> )	4,67	37,33	16,51	13,18	250
NO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,044	0,512	0,345	0,174	0,2
Br (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	3,541	1,434	1,35	0,01
NO <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	1,116	2,91	1,921	0,591	50
PO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	M.A.	-	-	
SO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	8,67	15,98	11,37	2,37	250
Li (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	M.A.	-	-	
Na (mg L <sup>-1</sup> )	1,09	10,83	4,2	3,39	200
NH <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,032	0,156	0,105	0,039	0,5
K (mg L <sup>-1</sup> )	0,11	1,34	0,71	0,46	12
Mg (μg L <sup>-1</sup> )	1,98	5,94	3,08	1,34	50
Ca (μg L <sup>-1</sup> )	10,59	34,98	17,18	6,47	100



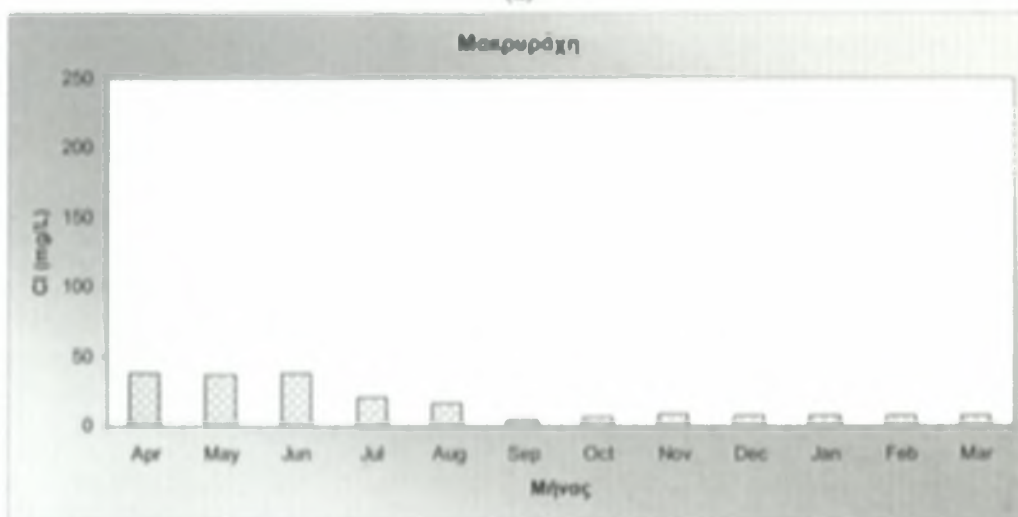
**Σχήμα 3.73** Συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



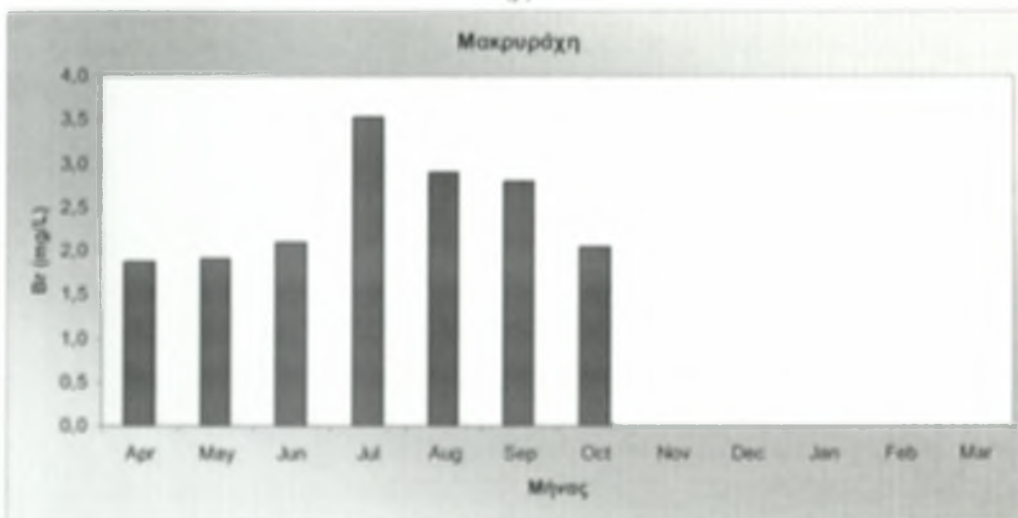
**Σχήμα 3.74** Τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

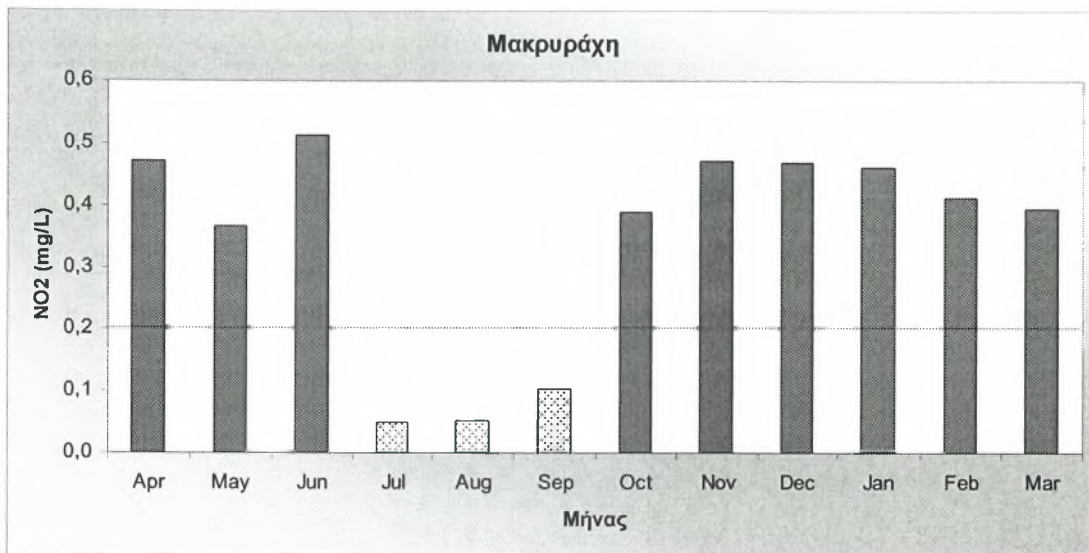


(β)

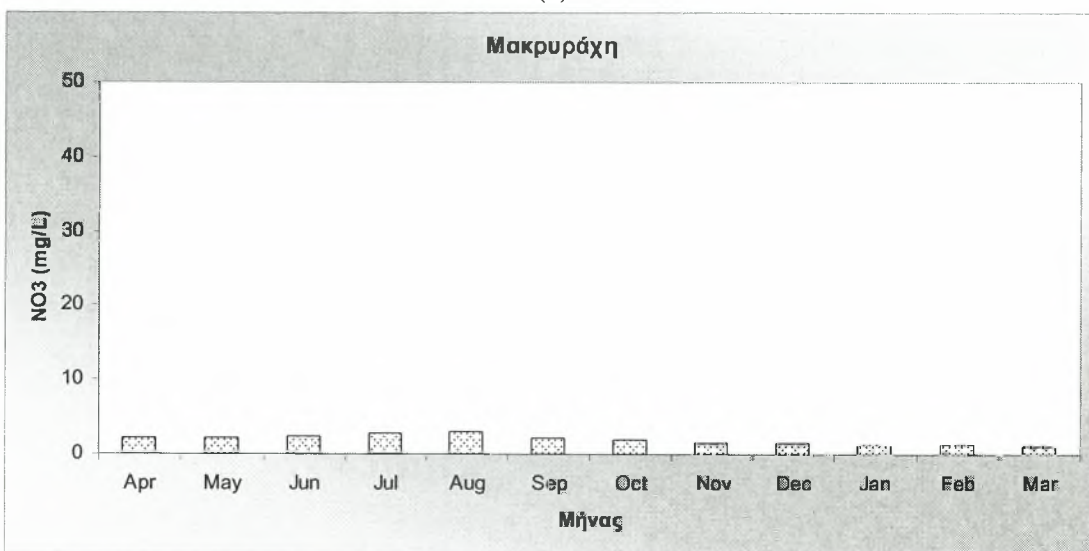


(γ)

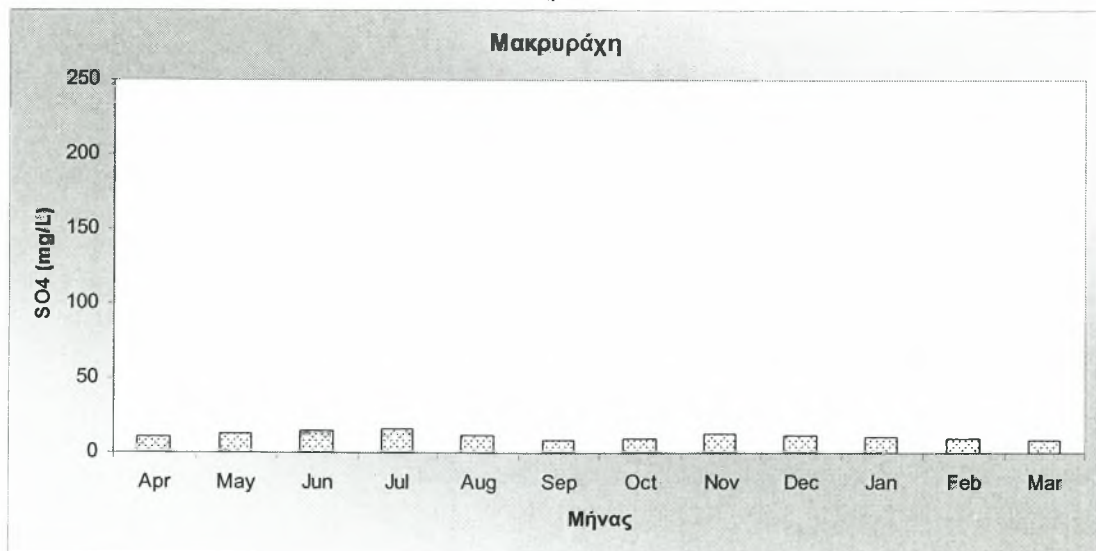
**Σχήμα 3.75** Συγκέντρωσεις κόντων α) φθορίου β) χλωρίου γ) βρωμίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

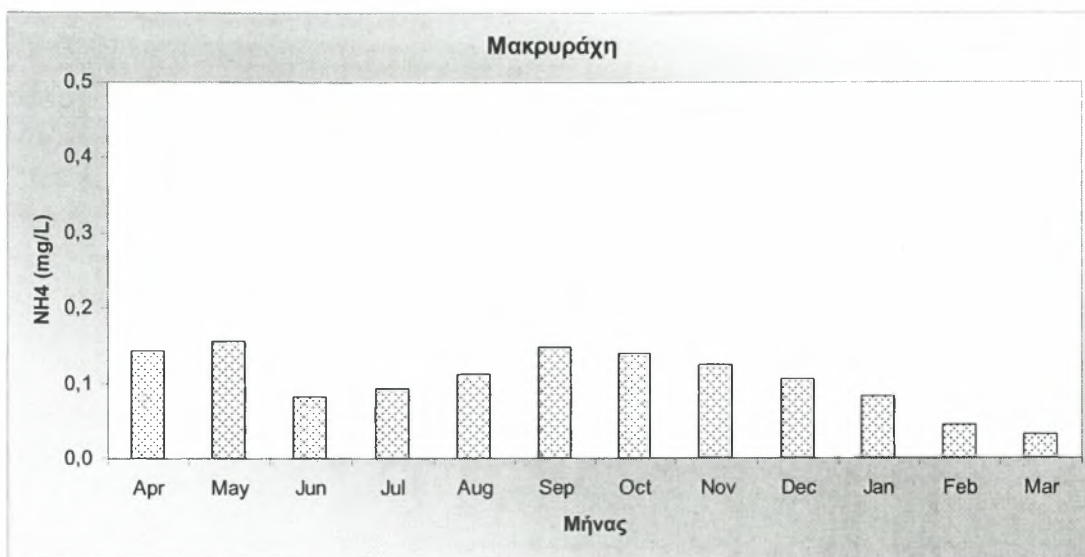


(β)

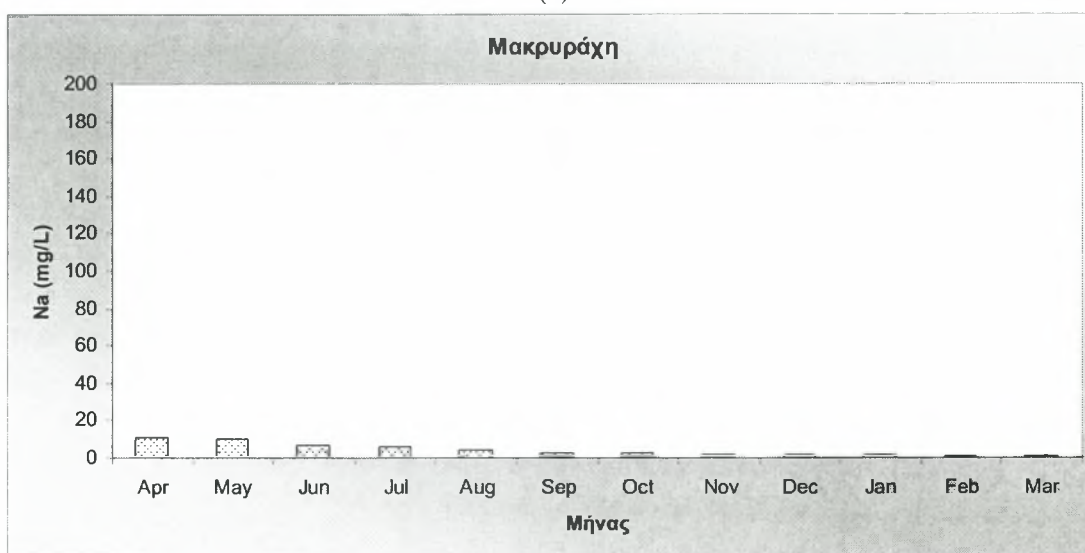


(γ)

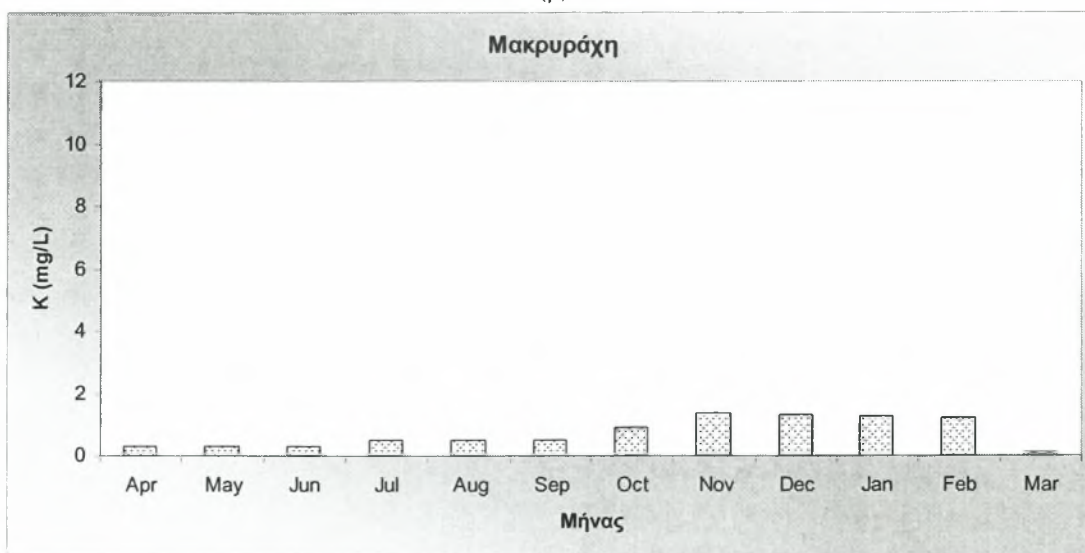
**Σχήμα 3.76** Συγκέντρωσεις ιόντων α) νιτρώδων β) νιτρικών γ) θεικών κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

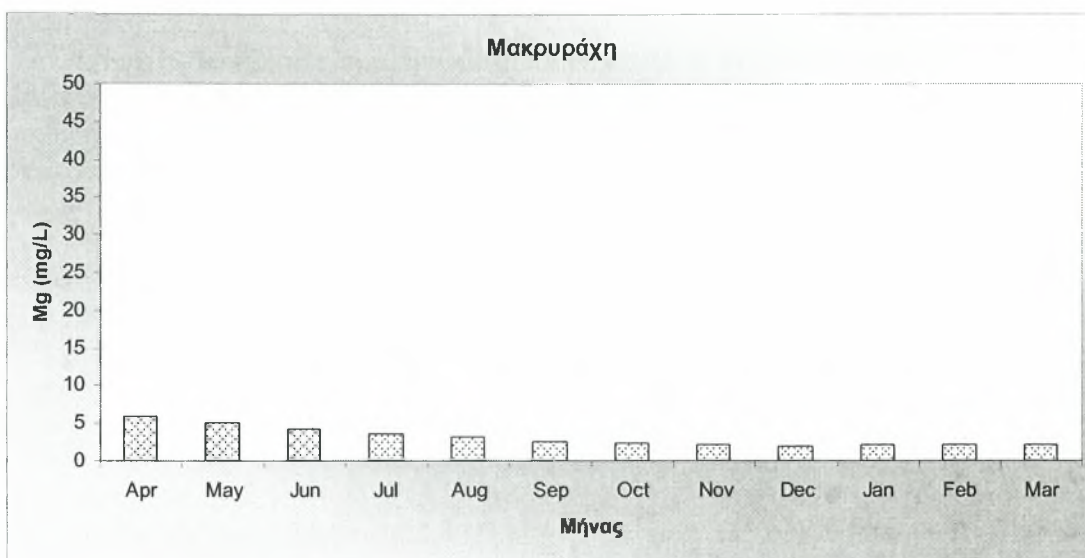


(β)

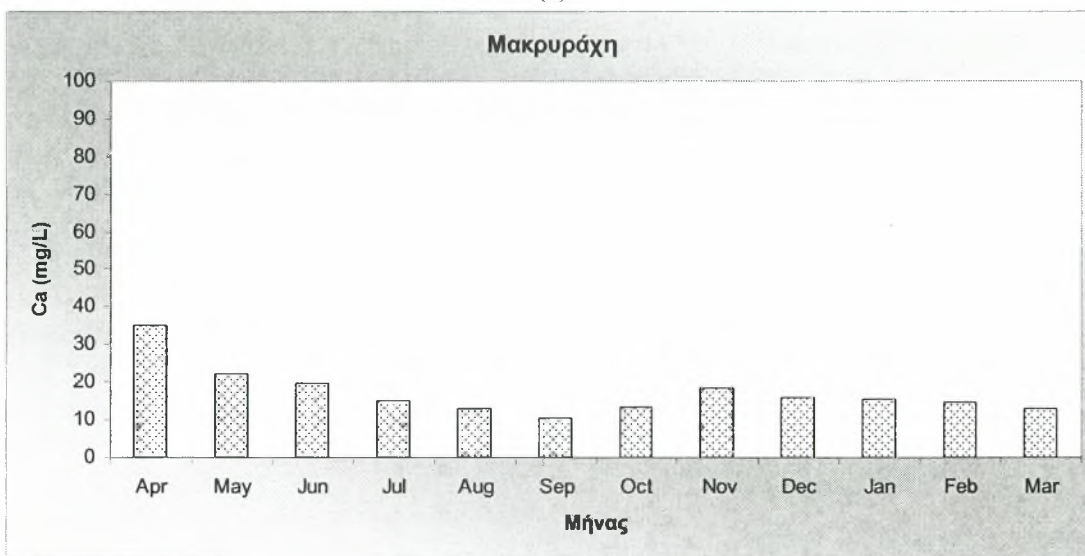


(γ)

**Σχήμα 3.77** Συγκέντρωσεις ιόντων α) αμμωνιακών β) νατρίου γ) καλίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)



(β)

**Σχήμα 3.78** Συγκέντρωσεις ιόντων α) μαγνησίου β) ασβεστίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



### 3.14 Περιοχή Ζαγοράς

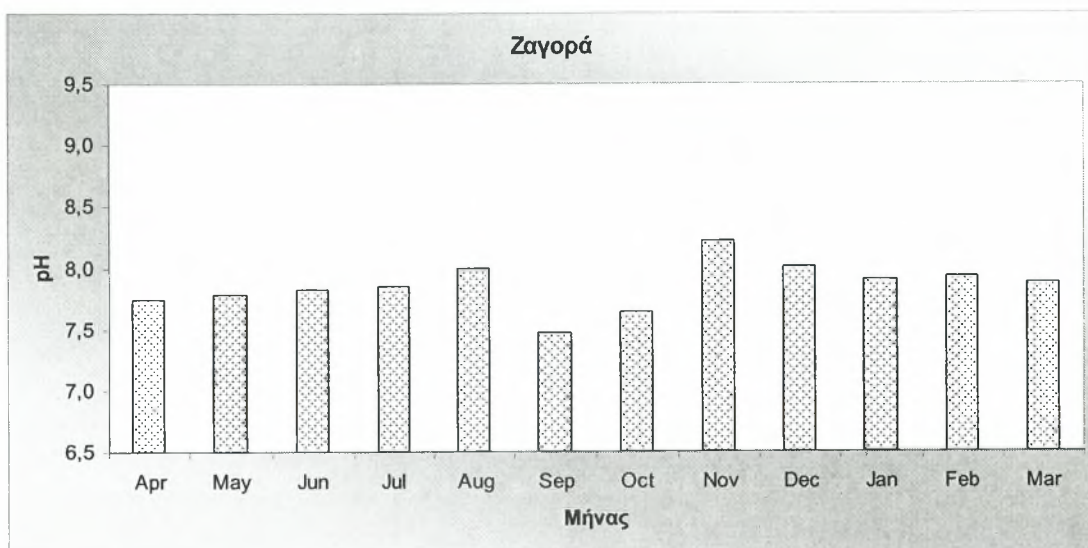
Από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα δείγματα πόσιμου νερού στην περιοχή της Ζαγοράς, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν. Επίσης μετρήθηκαν η τιμή του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 3.14.

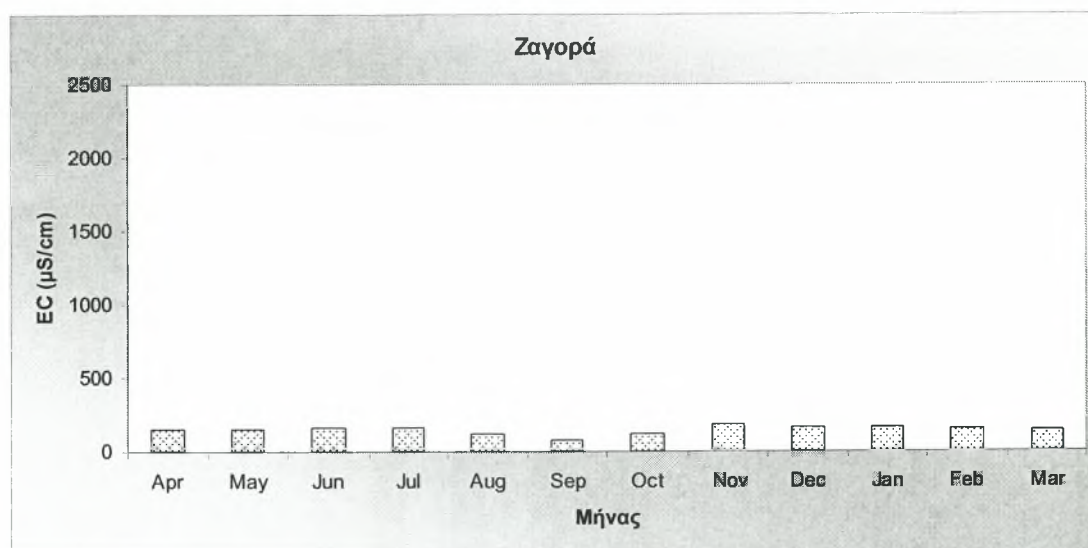
Από τον πίνακα αυτόν προκύπτει ότι οι τιμές του pH κυμάνθηκαν από 7,5 έως 8,2, με μέση τιμή 7,8. Η ελάχιστη τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ήταν  $75 \mu\text{Scm}^{-1}$ , η μέγιστη  $189 \mu\text{Scm}^{-1}$  και η μέση τιμή  $146,6 \mu\text{Scm}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων φθορίου κυμάνθηκαν έως  $0,267 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,133 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου κυμάνθηκαν από  $2,53 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $19,98 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $7,98 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρωδών ιόντων κυμάνθηκαν έως  $0,195 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,441 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων βρωμίου κυμάνθηκαν έως  $2,391 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,634 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,189 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $23,837 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $5,97 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των θεικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $3,77 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $38,16 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $11,19 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων νατρίου κυμάνθηκαν από  $2,04 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $7,45 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $4,2 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,125 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $0,708 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,338 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων καλίου κυμάνθηκαν από  $0,97 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $2,49 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $1,33 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων μαγνησίου κυμάνθηκαν από  $0,79 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $4,3 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $2,17 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων ασβεστίου κυμάνθηκαν από  $8,57 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $35,92 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $15,8 \text{ mgL}^{-1}$ . Φωσφορικά ιόντα καθώς και ιόντα λιθίου δεν ανιχνεύθηκαν σε κανένα από τα δείγματα.

**Πίνακας 3.14.** Χημικές παράμετροι και συγκεντρώσεις στο πόσιμο νερό της περιοχής Ζαγοράς.

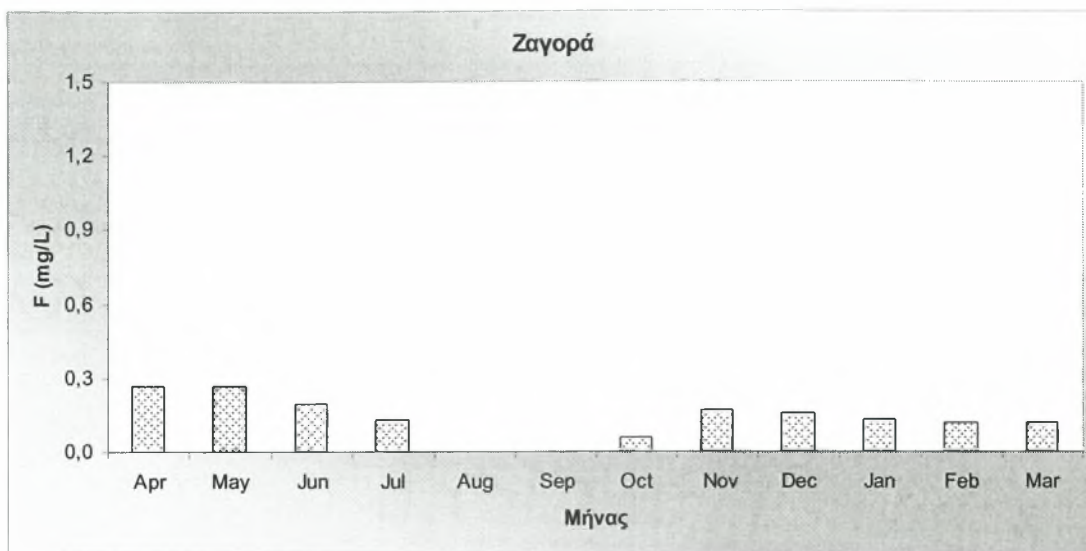
Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση
pH	7,5	8,2	7,8	0,18	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
EC <sub>w</sub> (μS cm <sup>-1</sup> )	75	189	146,6	29	2500
F (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	0,267	0,133	0,086	1,5
Cl (mg L <sup>-1</sup> )	2,53	19,98	7,98	6,29	250
NO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,195	0,441	0,333	0,089	0,2
Br (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	2,391	0,634	0,93	0,01
NO <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,189	23,837	5,97	9,045	50
PO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	M.A.	-	-	
SO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	3,77	38,16	11,19	12,92	250
Li (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	M.A.	-	-	
Na (mg L <sup>-1</sup> )	2,04	7,45	4,2	1,89	200
NH <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,125	0,708	0,338	0,181	0,5
K (mg L <sup>-1</sup> )	0,97	2,49	1,33	0,42	12
Mg (μg L <sup>-1</sup> )	0,79	4,3	2,17	1,24	50
Ca (μg L <sup>-1</sup> )	8,57	35,92	15,8	7,01	100



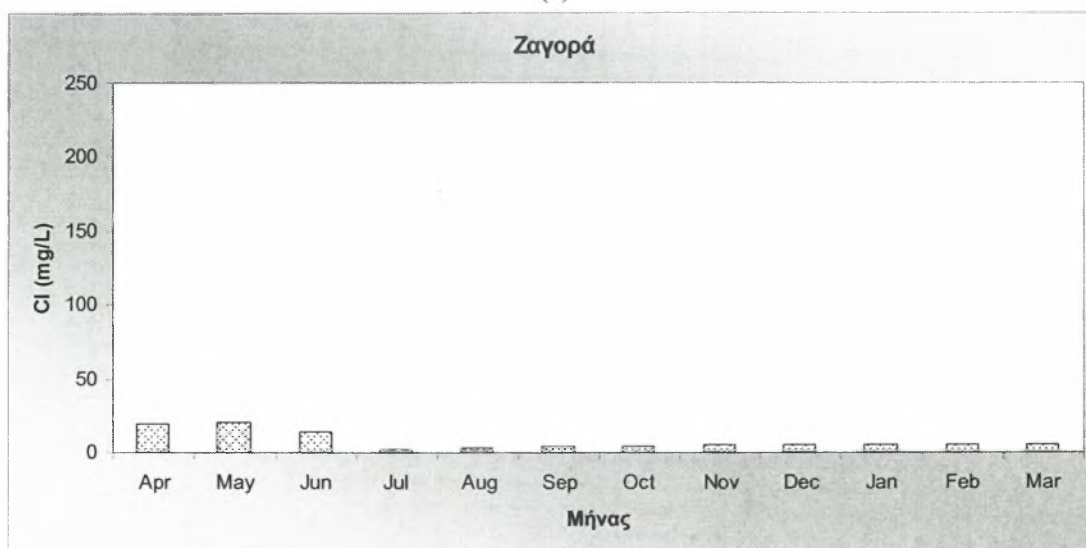
**Σχήμα 3.79** Συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



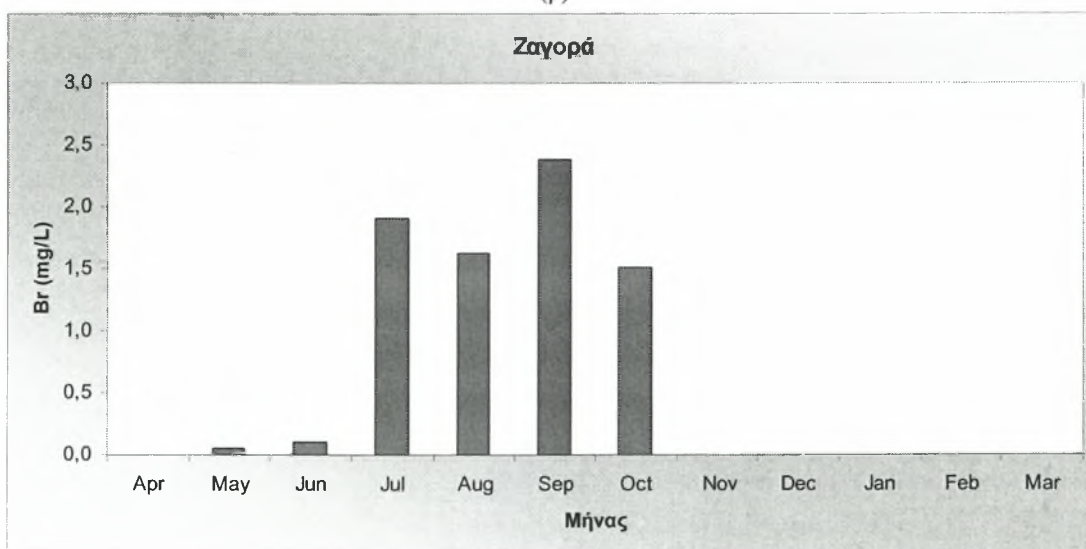
**Σχήμα 3.80** Τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

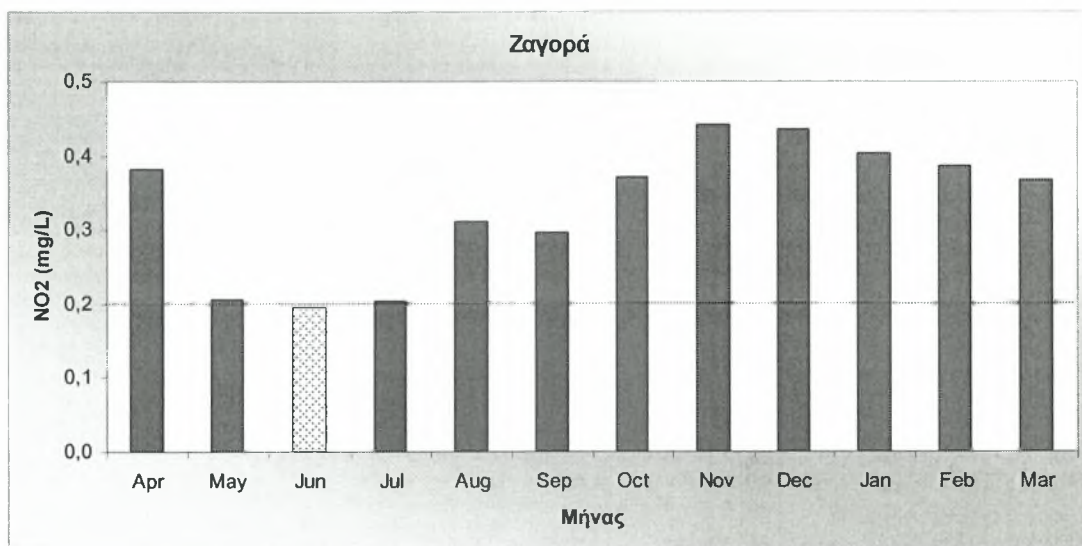


(β)

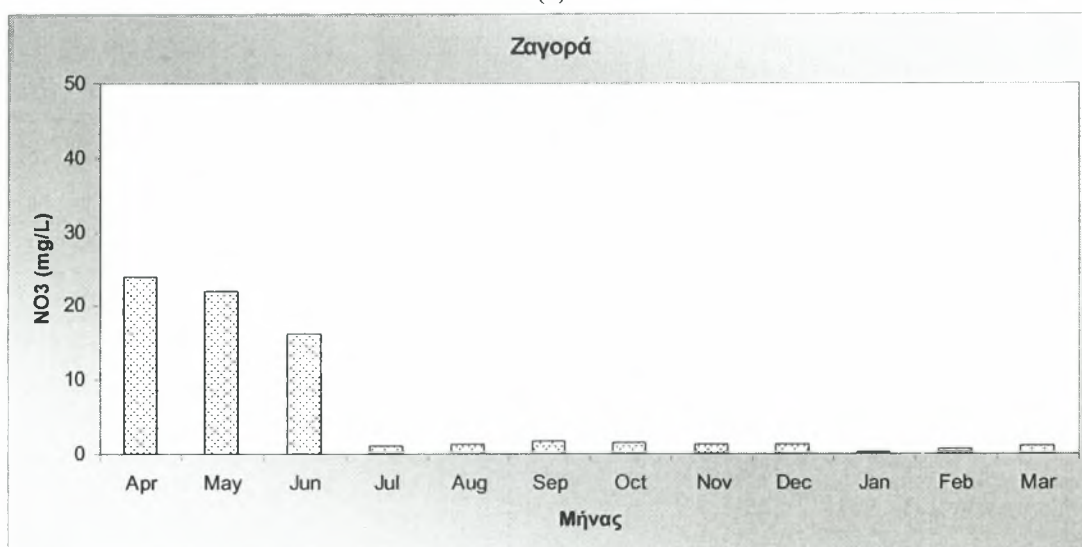


(γ)

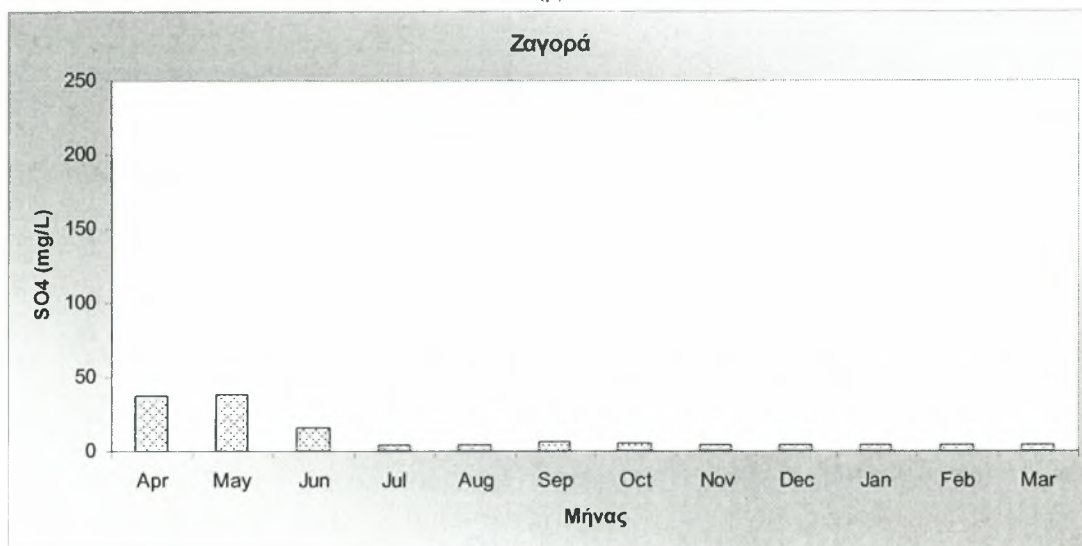
**Σχήμα 3.81** Συγκέντρωσεις ιόντων α) φθορίου β) χλωρίου γ) βρωμίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

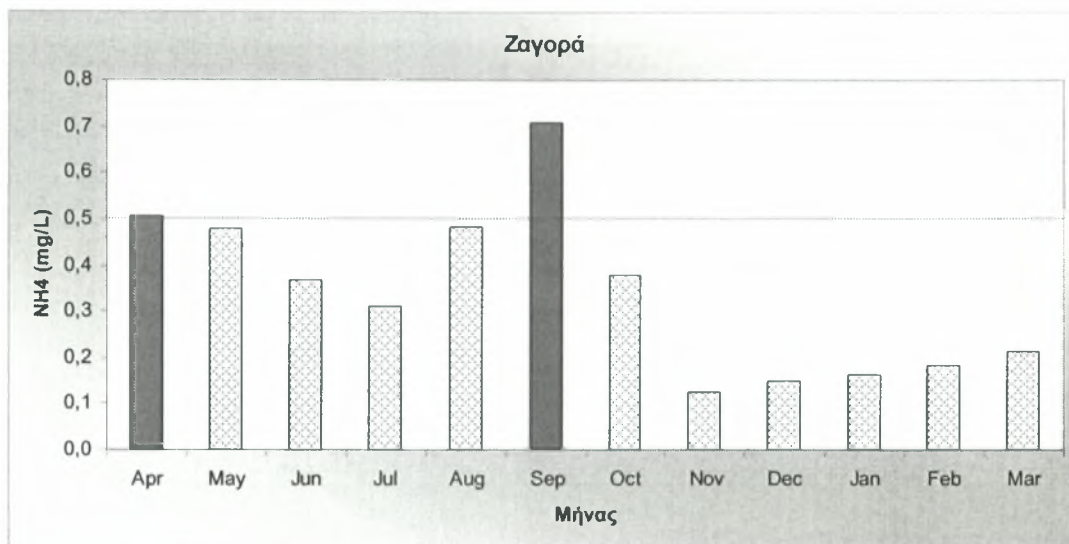


(β)

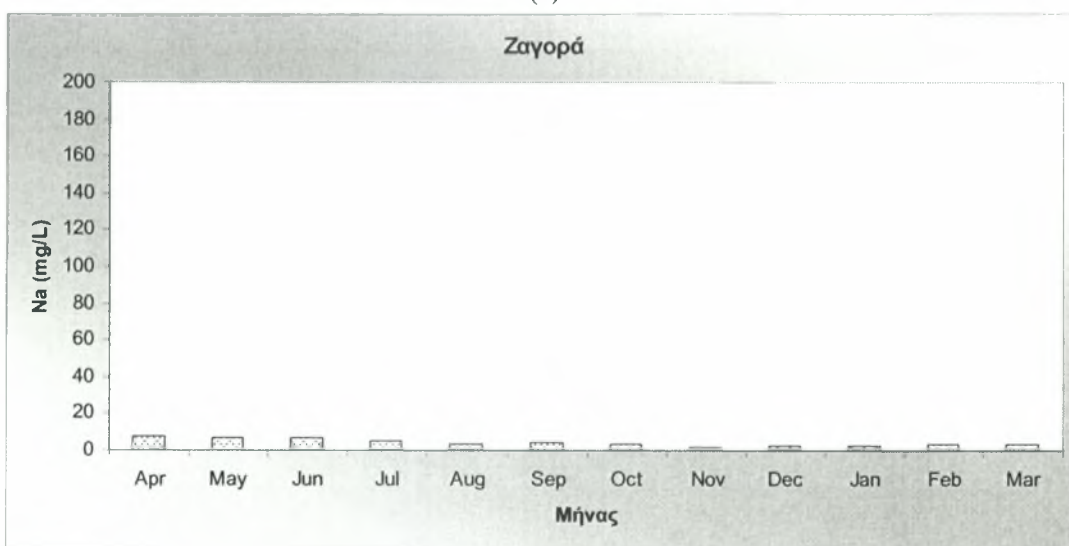


(γ)

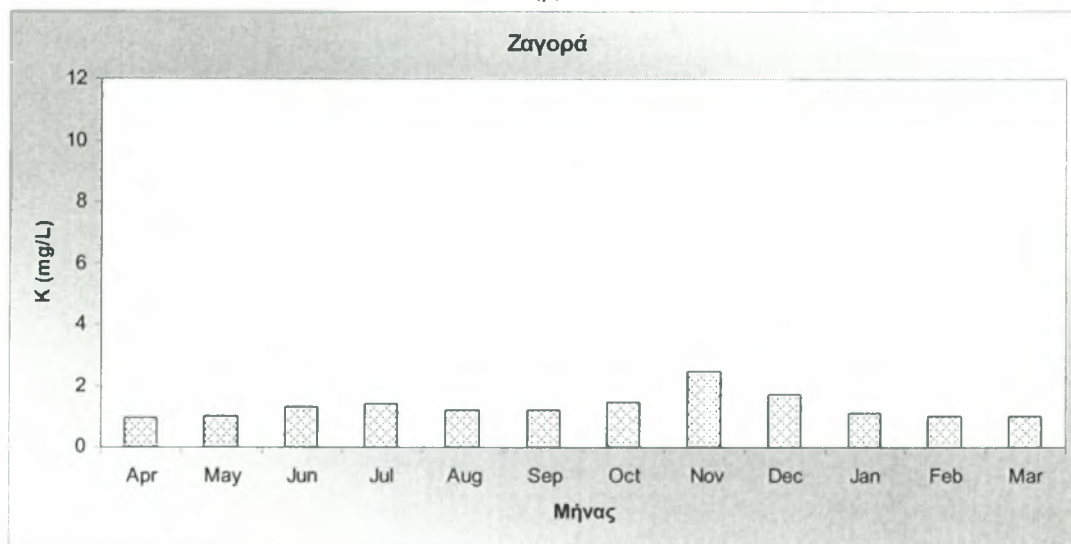
**Σχήμα 3.82** Συγκέντρωσεις ιόντων α) νιτρικών β) νιτρικών γ) θεικών κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

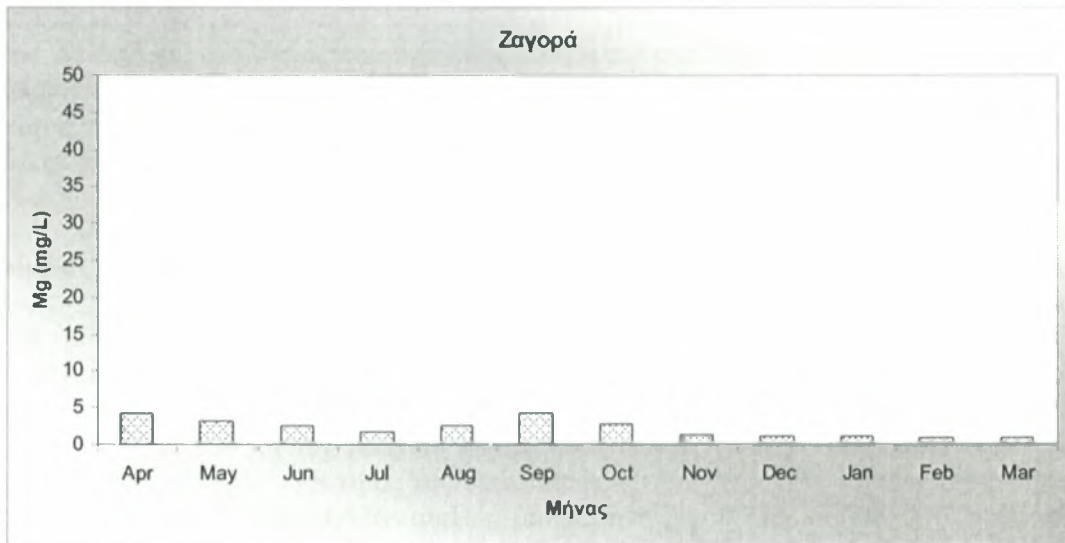


(β)

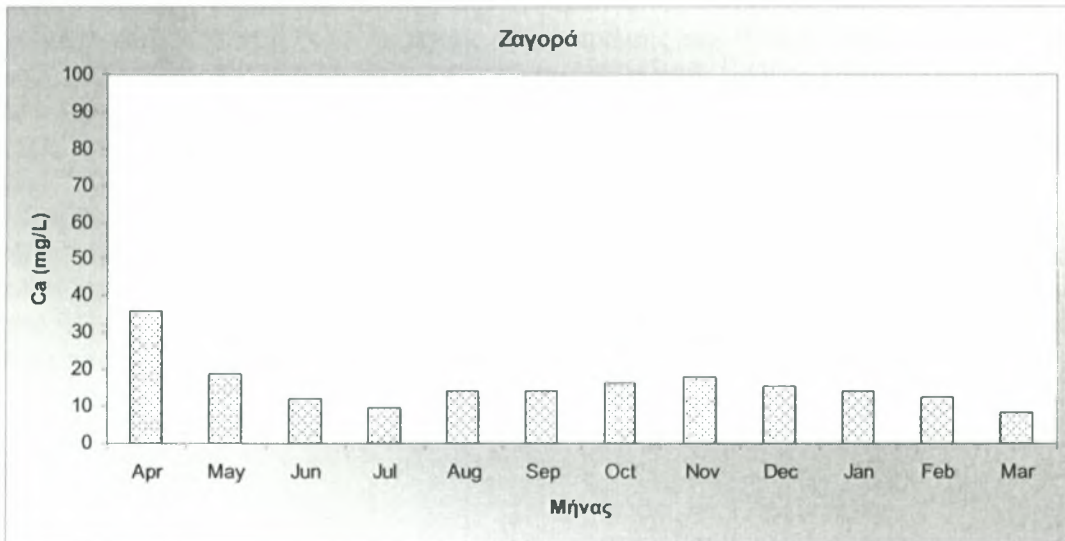


(γ)

**Σχήμα 3.83** Συγκέντρωσεις ιόντων α) αμμονιακών β) νατρίου γ) καλίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)



(β)

**Σχήμα 3.84** Συγκέντρωσεις ιόντων α) μαγνησίου β) ασβεστίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.

### 3.15 Περιοχή Χανίων

Από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα δείγματα πόσιμου νερού στην περιοχή των Χανίων, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν. Επίσης μετρήθηκαν η τιμή του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

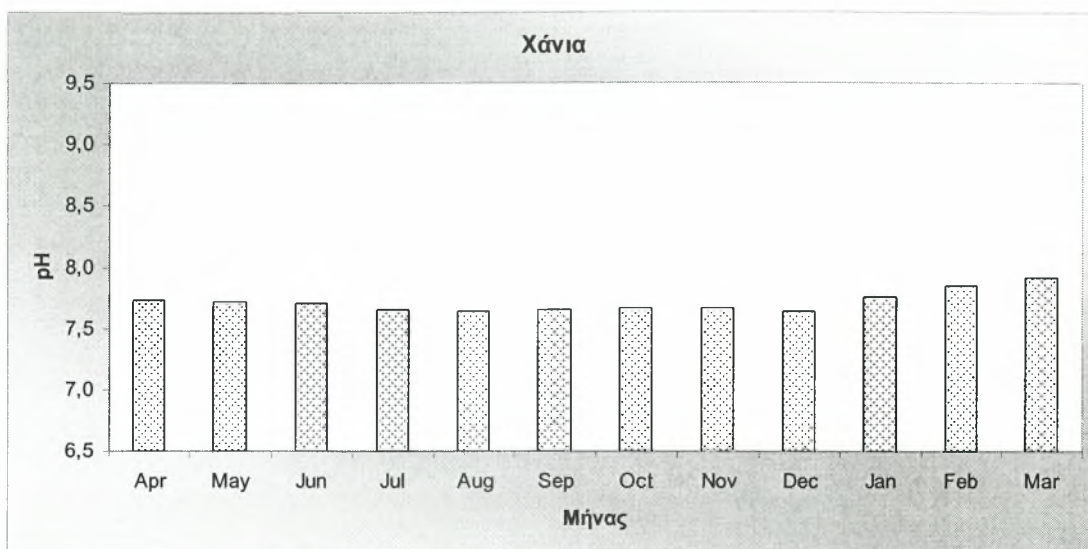
Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 3.15.

Από τον πίνακα αυτόν προκύπτει ότι οι τιμές του pH κυμάνθηκαν από 7,6 έως 7,9, με μέση τιμή 7,7. Η ελάχιστη τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ήταν  $118 \mu\text{Scm}^{-1}$ , η μέγιστη  $331 \mu\text{Scm}^{-1}$  και η μέση τιμή  $185,3 \mu\text{Scm}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων φθορίου κυμάνθηκαν έως  $0,354 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,174 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου κυμάνθηκαν από  $2,72 \text{mgL}^{-1}$  έως  $30,82 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $8,29 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρωδών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,316 \text{mgL}^{-1}$  έως  $1,638 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,738 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων βρωμίου κυμάνθηκαν έως  $1,852 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,577 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκαν έως  $2,46 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,58 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των θεικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $5,02 \text{mgL}^{-1}$  έως  $28,63 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $9,04 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων νατρίου κυμάνθηκαν από  $1,13 \text{mgL}^{-1}$  έως  $3,92 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $2,4 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων κυμάνθηκαν έως  $0,285 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,13 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων καλίου κυμάνθηκαν από  $0,12 \text{mgL}^{-1}$  έως  $1,15 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,51 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων μαγνησίου κυμάνθηκαν από  $0,86 \text{mgL}^{-1}$  έως  $3,96 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $2,26 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων ασβεστίου κυμάνθηκαν από  $4,75 \text{mgL}^{-1}$  έως  $32,48 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $11,96 \text{mgL}^{-1}$ . Φωσφορικά ιόντα καθώς και ιόντα λιθίου δεν ανιχνεύθηκαν σε κανένα από τα δείγματα.

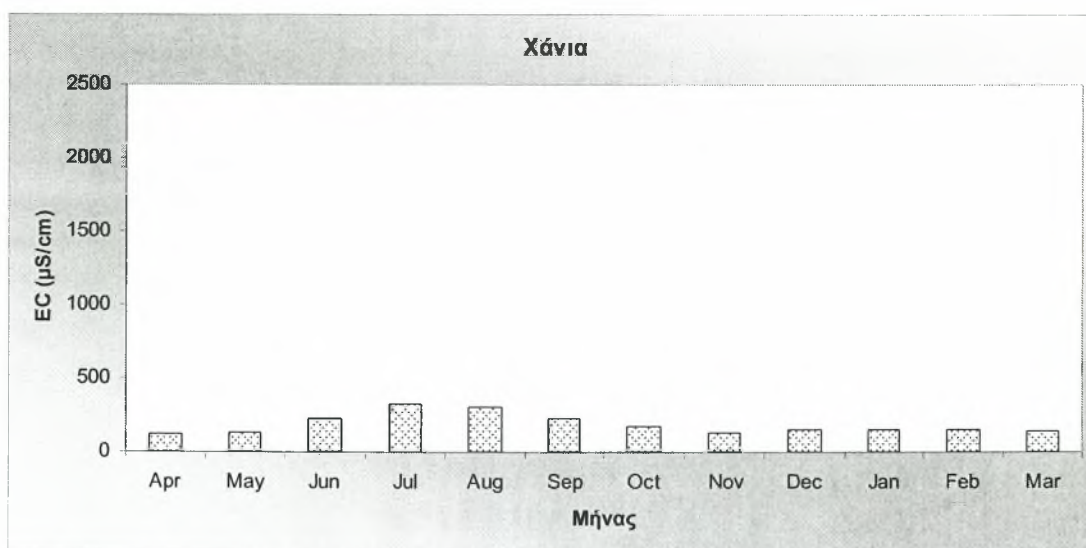


Πίνακας 3.15. Χημικές παράμετροι και συγκεντρώσεις στο πόσιμο νερό της περιοχής Χανίων.

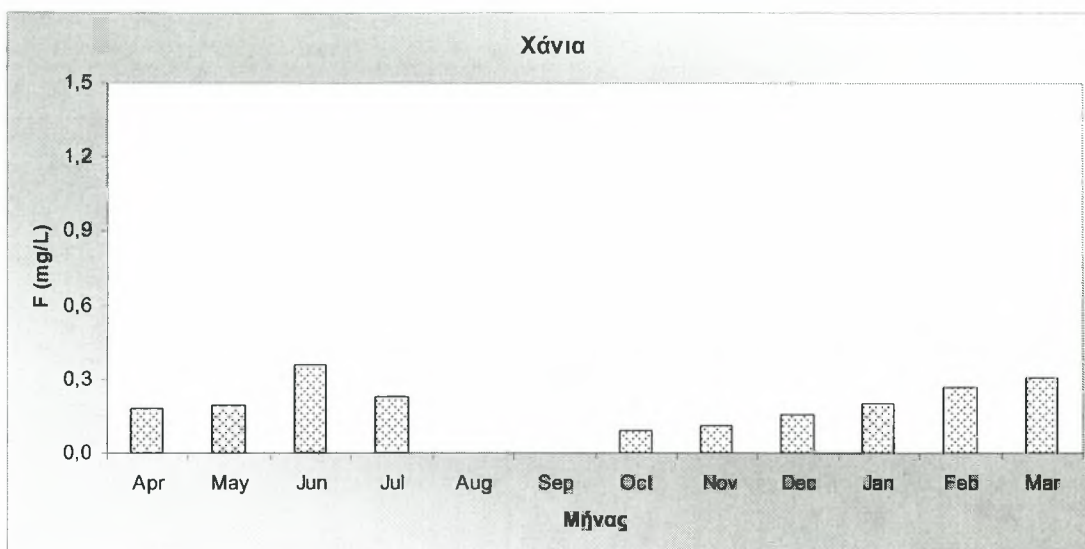
Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση
pH	7,6	7,9	7,7	0,08	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
EC <sub>w</sub> (μS cm <sup>-1</sup> )	118	331	185,3	70,5	2500
F (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	0,354	0,174	0,11	1,5
Cl (mg L <sup>-1</sup> )	2,72	30,82	8,29	7,85	250
NO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,316	1,638	0,738	0,359	0,2
Br (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	1,852	0,577	0,77	0,01
NO <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	2,46	0,58	1,05	50
PO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	M.A.	-	-	
SO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	5,02	28,63	9,04	6,57	250
Li (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	M.A.	-	-	
Na (mg L <sup>-1</sup> )	1,13	3,92	2,4	0,87	200
NH <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	0,285	0,13	0,084	0,5
K (mg L <sup>-1</sup> )	0,12	1,15	0,51	0,33	12
Mg (μg L <sup>-1</sup> )	0,86	3,96	2,26	0,77	50
Ca (μg L <sup>-1</sup> )	4,75	32,48	11,96	7,12	100



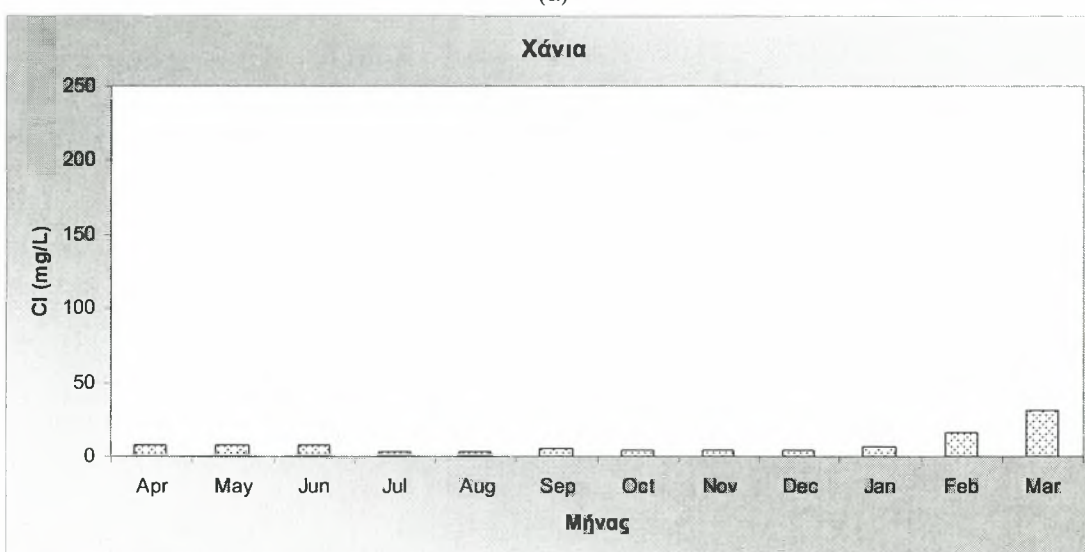
**Σχήμα 3.85** Συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



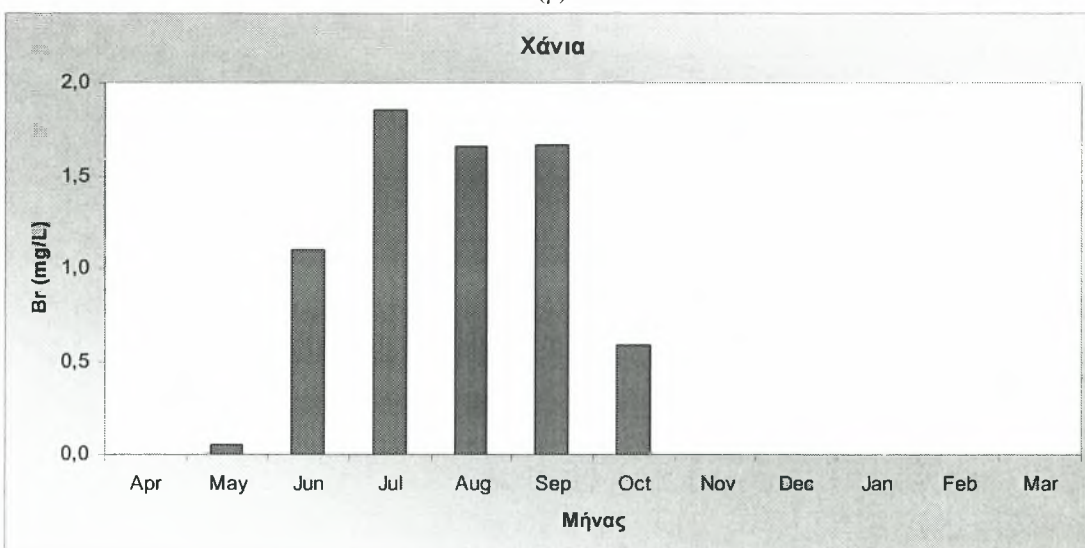
**Σχήμα 3.86** Τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

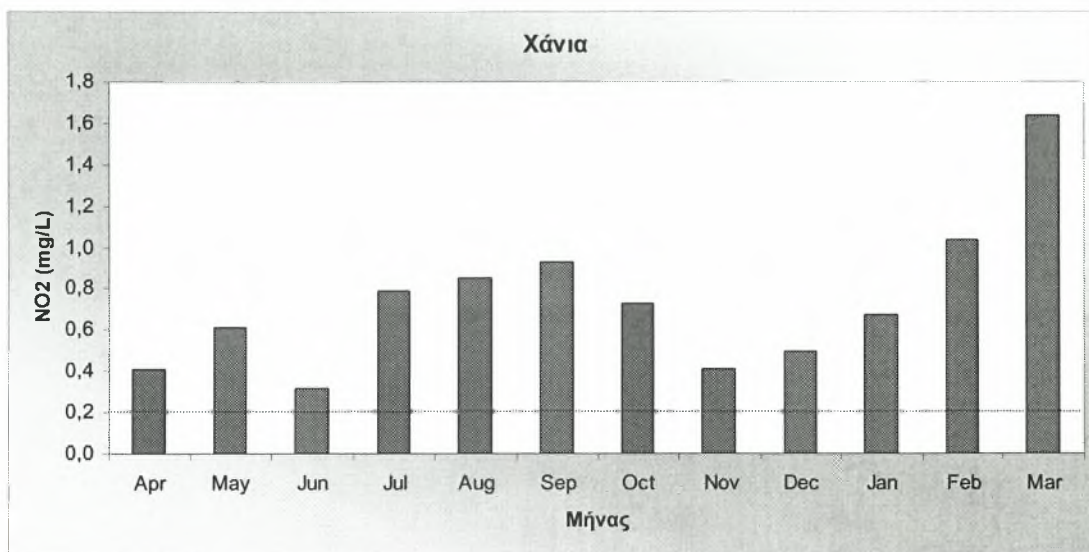


(β)

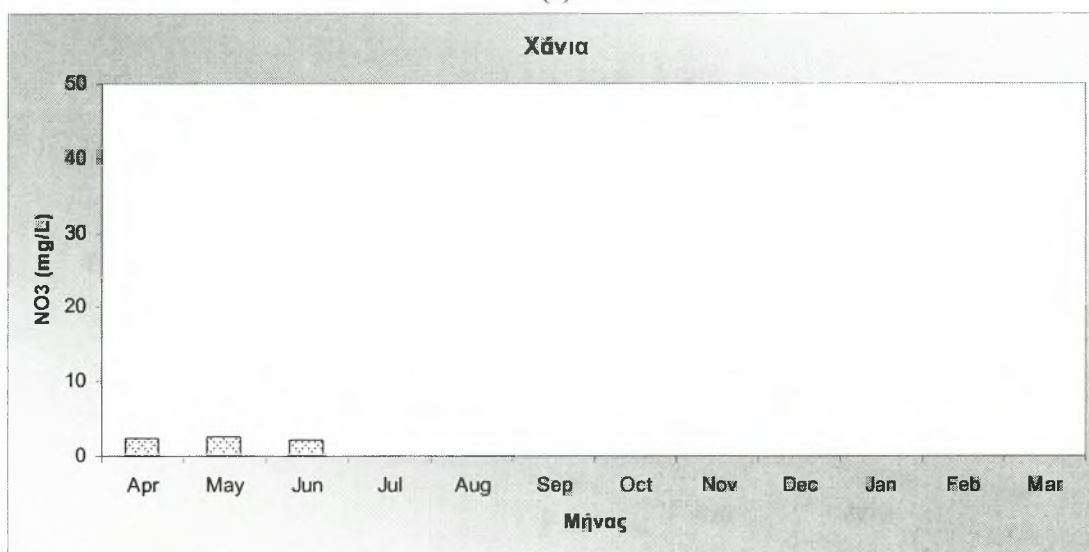


(γ)

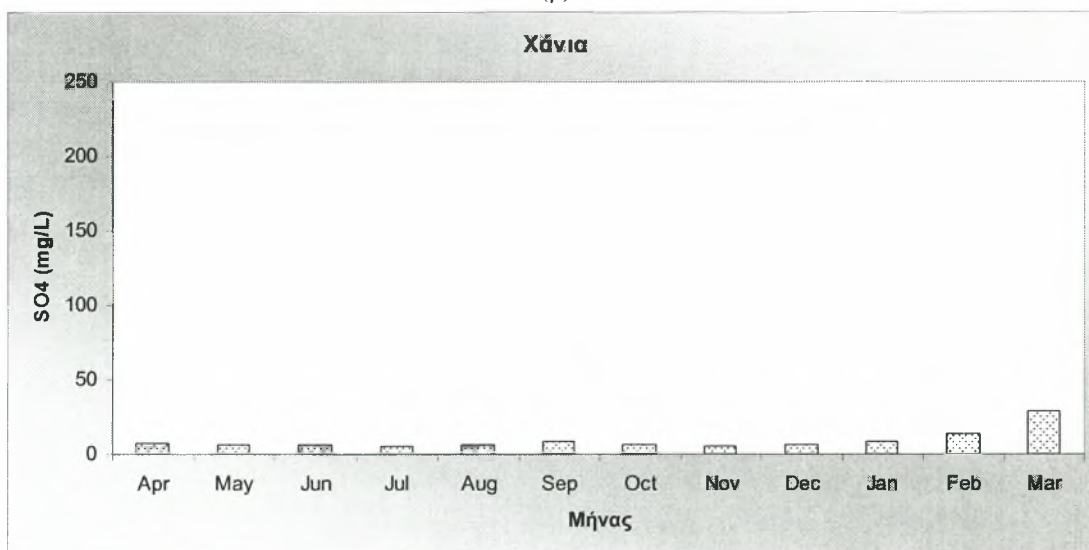
**Σχήμα 3.87** Συγκέντρωσεις ιόντων α) φθορίου β) χλωρίου γ) βρωμίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

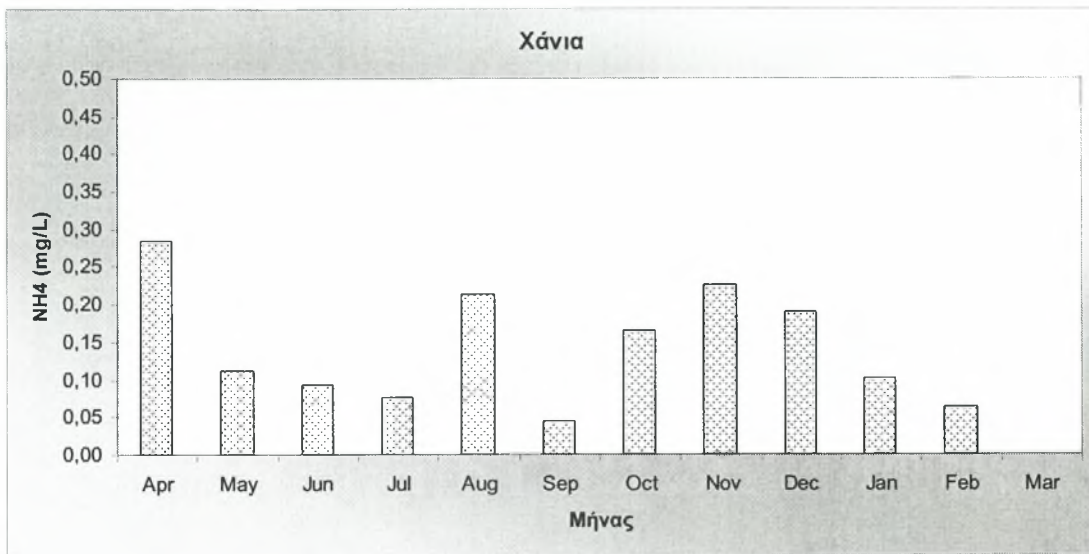


(β)

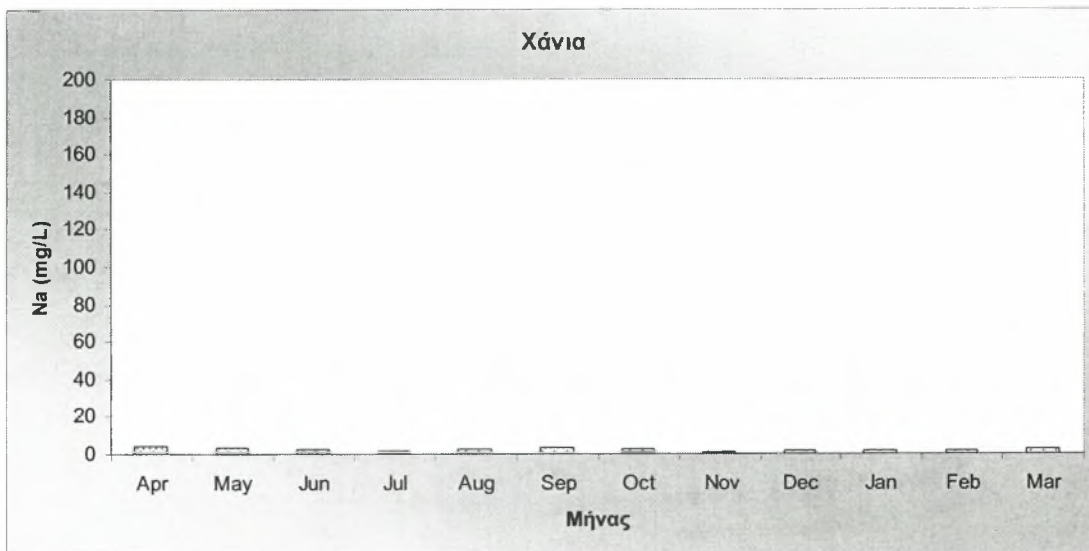


(γ)

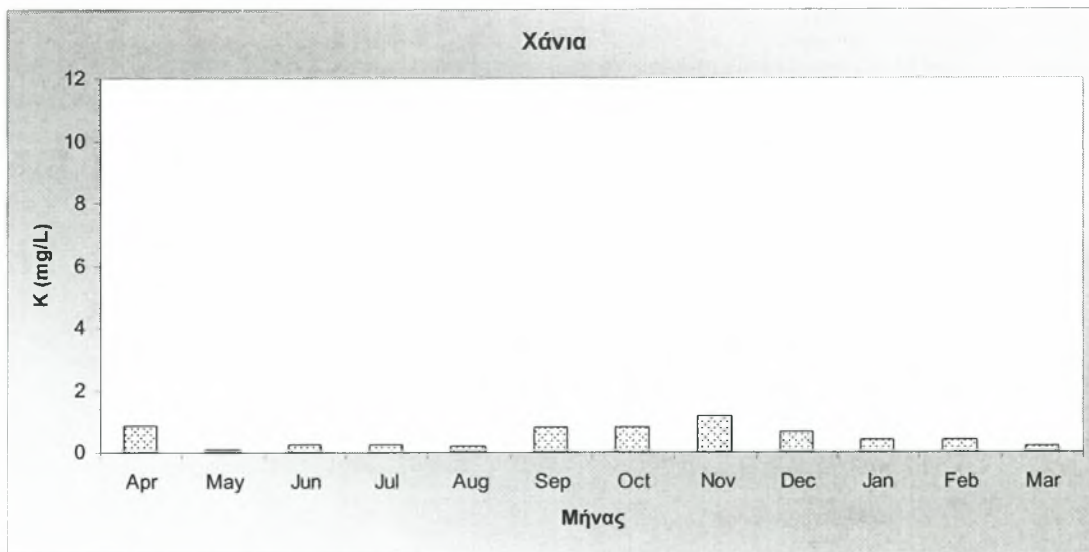
**Σχήμα 3.88** Συγκέντρωσεις ιόντων α) νιτρώδων β) νιτρικών γ) θεικών κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

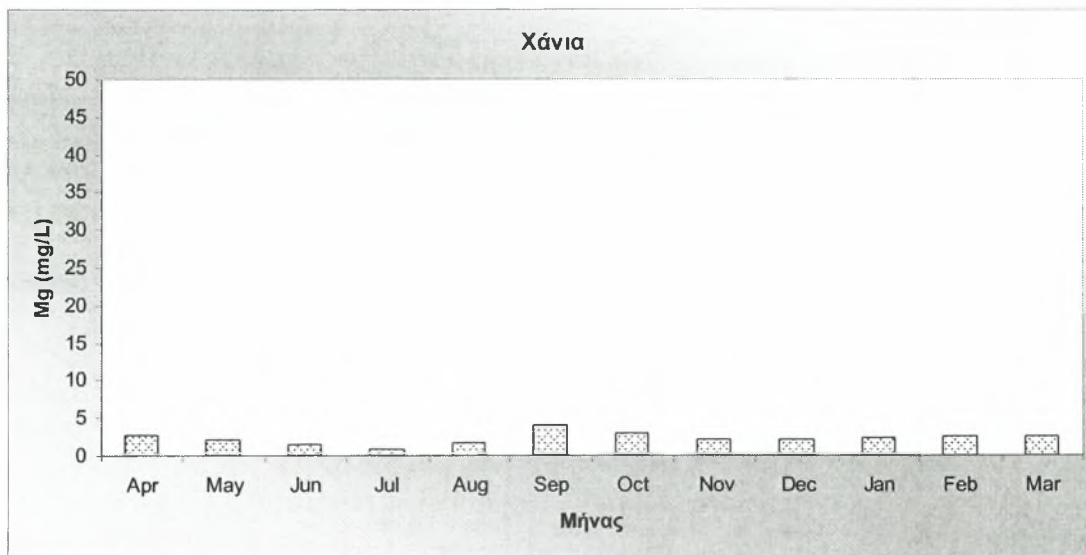


(β)

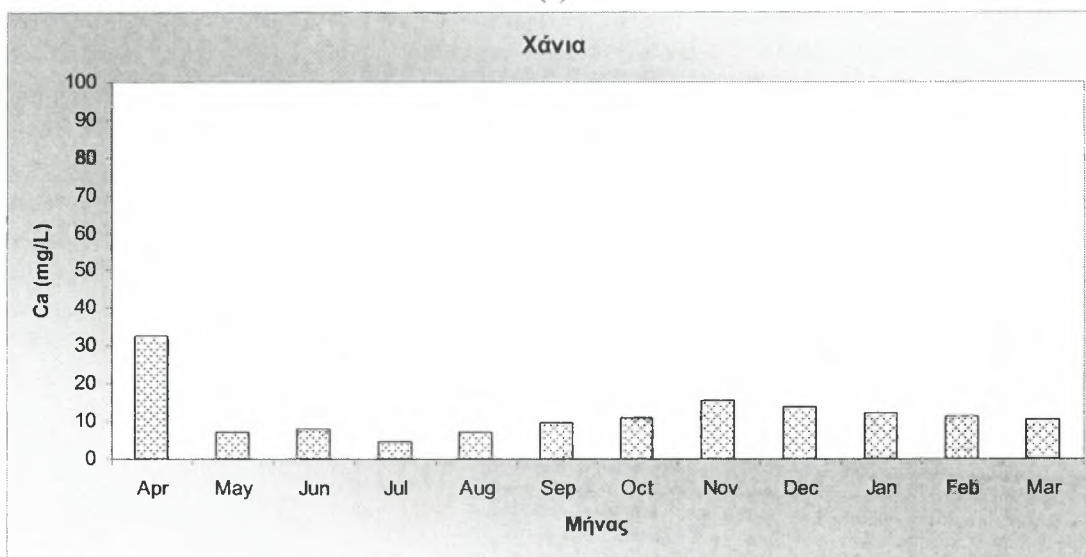


(γ)

**Σχήμα 3.89** Συγκέντρωσεις ιόντων α) αμμωνιακών β) νατρίου γ) καλίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)



(β)

**Σχήμα 3.90** Συγκέντρωσεις ιόντων α) μαγνησίου β) ασβεστίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.

### 3.16 Περιοχή Μακρυνίτσας

Από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα δείγματα πόσιμου νερού στην περιοχή της Μακρυνίτσας, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν. Επίσης μετρήθηκαν η τιμή του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

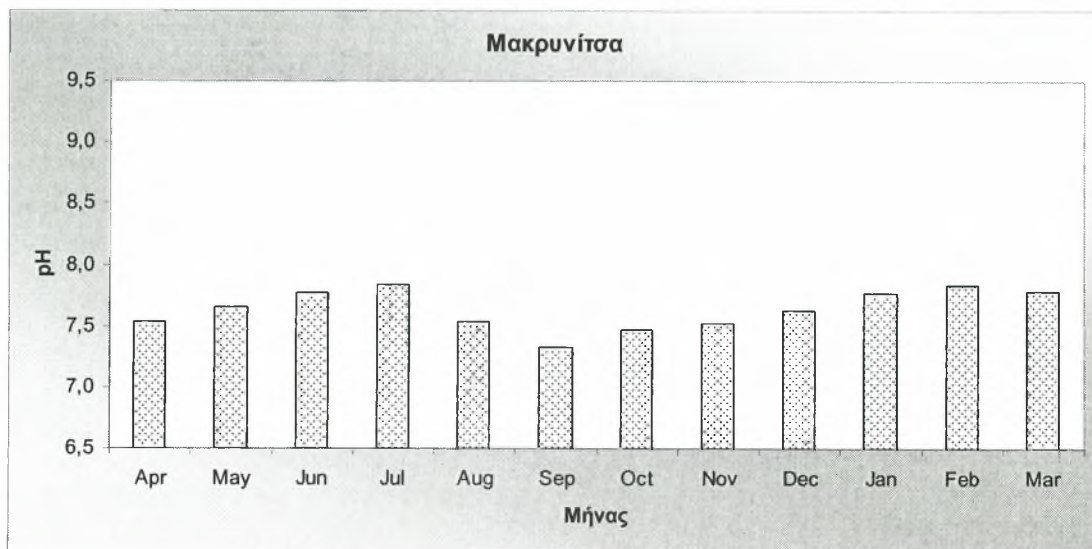
Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 3.16.

Από τον πίνακα αυτόν προκύπτει ότι οι τιμές του pH κυμάνθηκαν από 7,3 έως 7,8, με μέση τιμή 7,6. Η ελάχιστη τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ήταν  $179 \mu\text{Scm}^{-1}$ , η μέγιστη  $286 \mu\text{Scm}^{-1}$  και η μέση τιμή  $249,25 \mu\text{Scm}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων φθορίου κυμάνθηκαν από  $0,148 \text{mgL}^{-1}$  έως  $0,616 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,306 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου κυμάνθηκαν από  $4,12 \text{mgL}^{-1}$  έως  $10,01 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $7,19 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,542 \text{mgL}^{-1}$  έως  $0,961 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,738 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων βρωμίου κυμάνθηκαν έως  $4,25 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $1,09 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,139 \text{mgL}^{-1}$  έως  $4,312 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $1,873 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των θειικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $4,97 \text{mgL}^{-1}$  έως  $29,16 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $15,94 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων νατρίου κυμάνθηκαν από  $2,82 \text{mgL}^{-1}$  έως  $16,89 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $4,91 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,134 \text{mgL}^{-1}$  έως  $3,304 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,804 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων καλίου κυμάνθηκαν από  $0,12 \text{mgL}^{-1}$  έως  $2,38 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $1,03 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων μαγνησίου κυμάνθηκαν από  $3,26 \text{mgL}^{-1}$  έως  $9,44 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $5,8 \text{mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων ασβεστίου κυμάνθηκαν από  $9,68 \text{mgL}^{-1}$  έως  $75,85 \text{mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $29,06 \text{mgL}^{-1}$ . Φωσφορικά ιόντα καθώς και ιόντα λιθίου δεν ανιχνεύθηκαν σε κανένα από τα δείγματα.

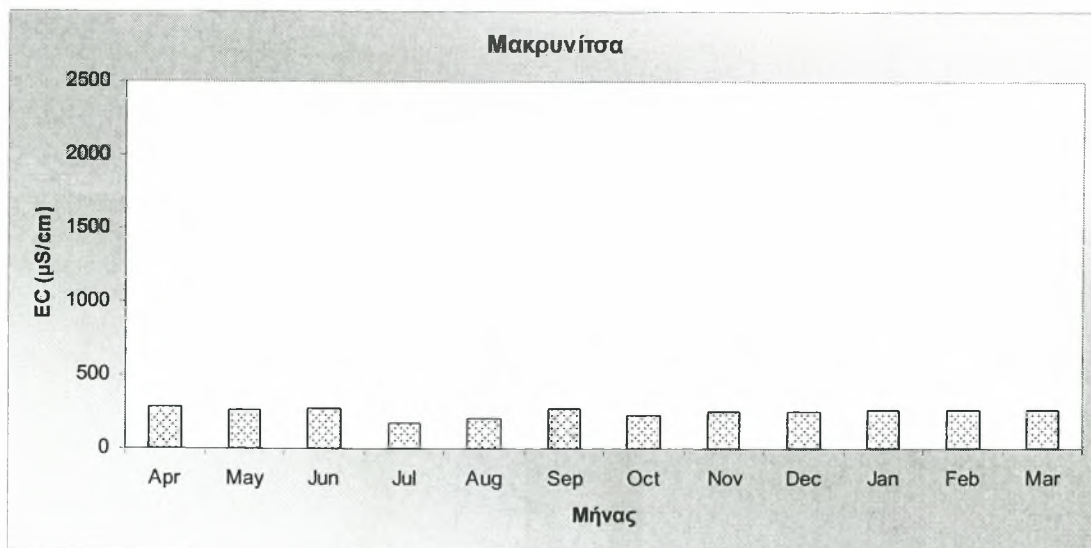
**Πίνακας 3.16.** Χημικές παράμετροι και συγκεντρώσεις στο πόσιμο νερό της περιοχής Μακρυνίτσας.

Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση
pH	7,3	7,8	7,6	0,16	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
EC <sub>w</sub> (μS cm <sup>-1</sup> )	179	286	249,25	31,41	2500
F (mg L <sup>-1</sup> )	0,148	0,616	0,306	0,17	1,5
Cl (mg L <sup>-1</sup> )	4,12	10,01	7,19	1,61	250
NO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,542	0,961	0,738	0,126	0,2
Br (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	4,25	1,09	1,6	0,01
NO <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,139	4,312	1,873	1,391	50
PO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	M.A	M.A.	-	-	
SO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	4,97	29,16	15,94	7,11	250
Li (mg L <sup>-1</sup> )	M.A	M.A.	-	-	
Na (mg L <sup>-1</sup> )	2,82	16,89	4,91	3,83	200
NH <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,134	3,304	0,804	0,949	0,5
K (mg L <sup>-1</sup> )	0,12	2,38	1,03	0,72	12
Mg (μg L <sup>-1</sup> )	3,26	9,44	5,8	2,53	50
Ca (μg L <sup>-1</sup> )	9,68	75,85	29,06	23,15	100

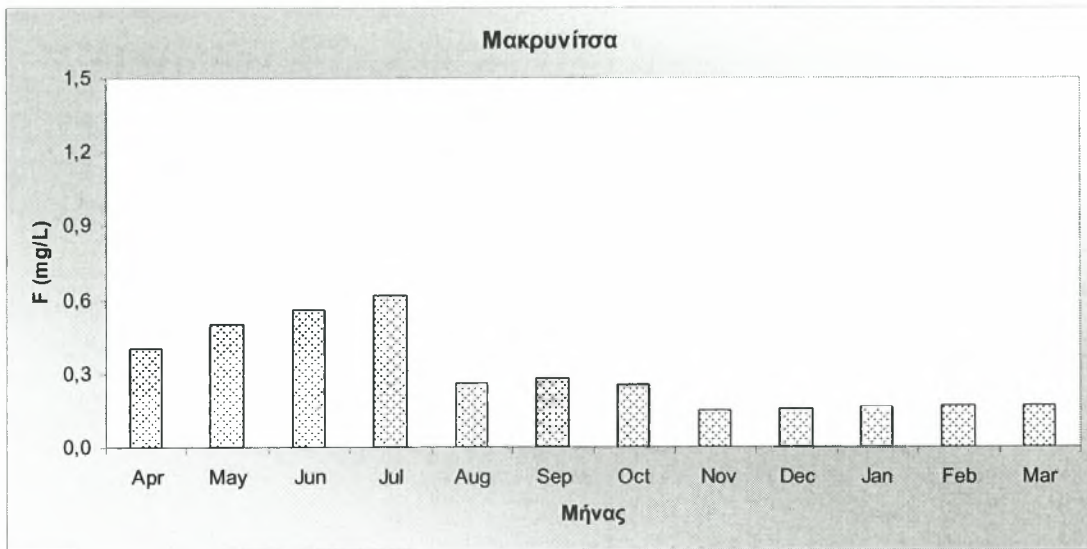




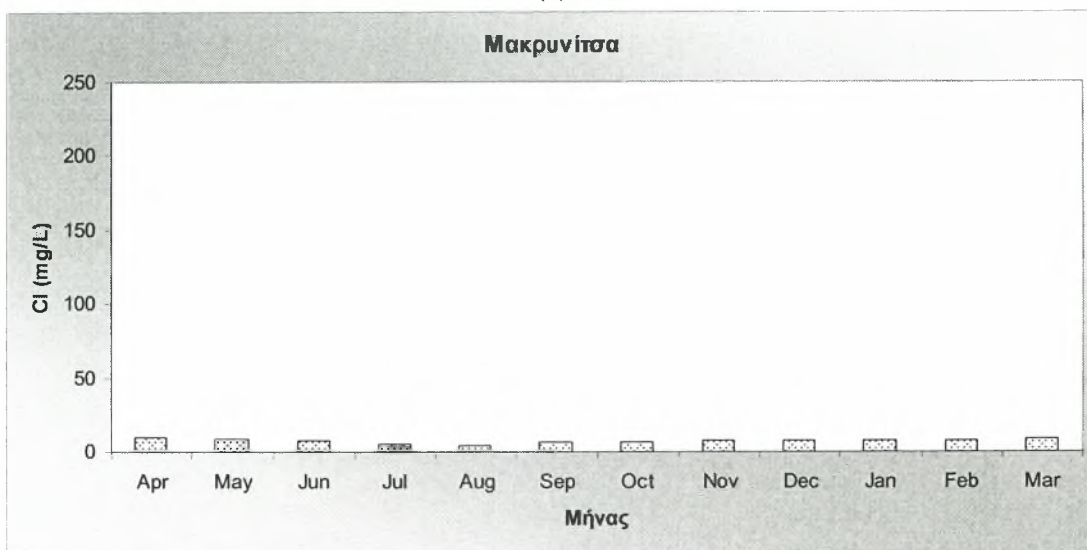
**Σχήμα 3.91** Συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



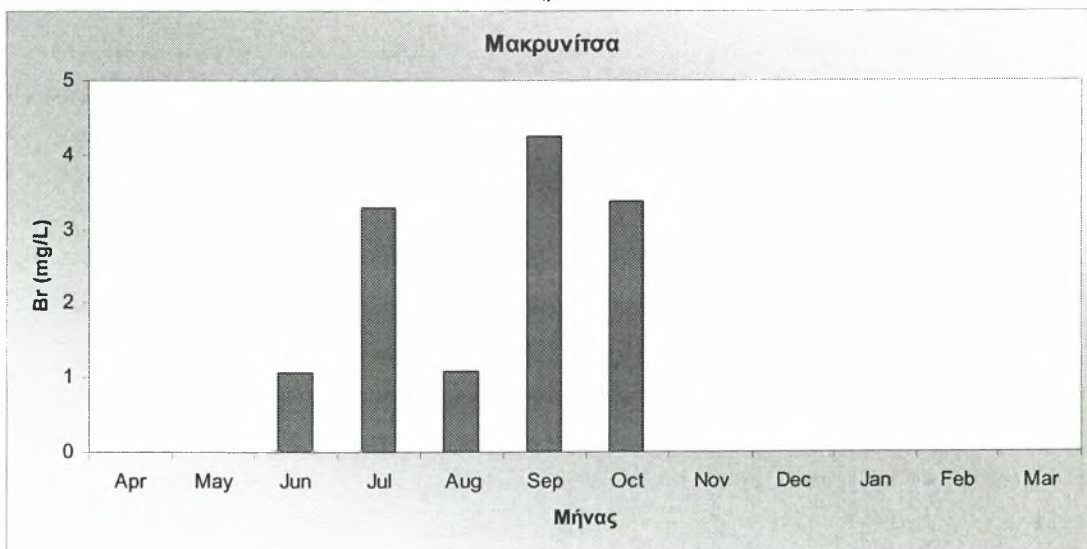
**Σχήμα 3.92** Τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

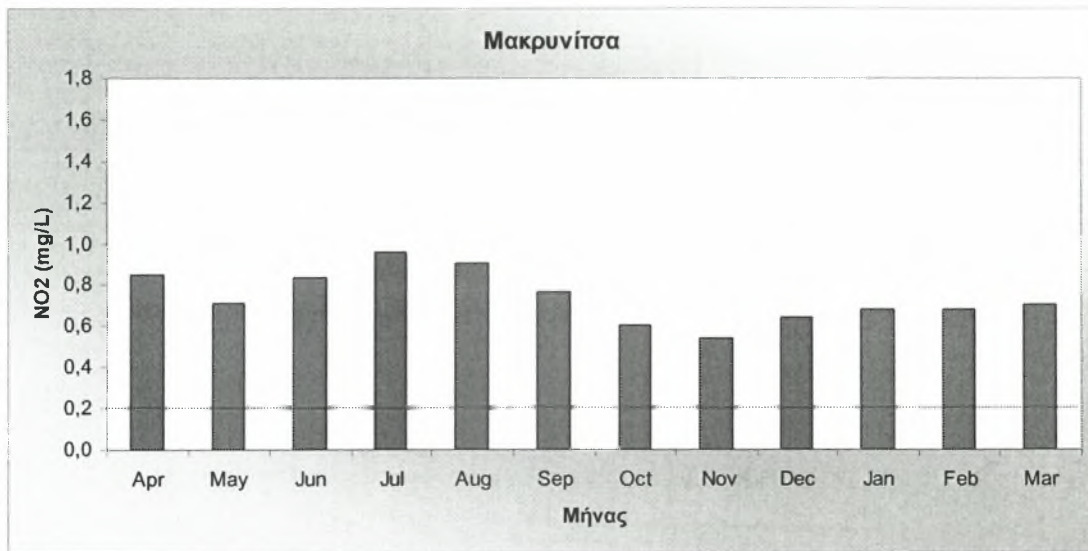


(β)

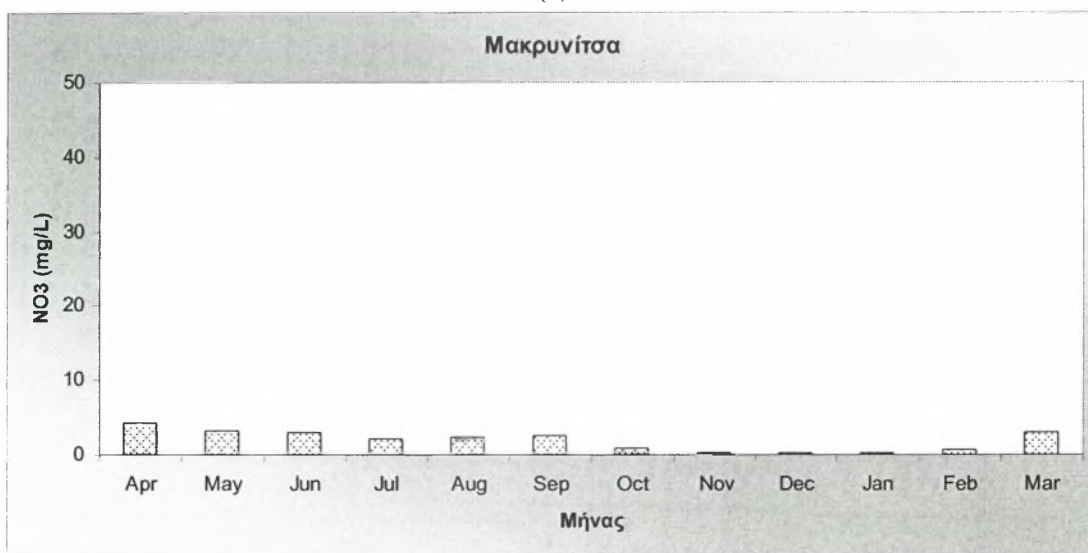


(γ)

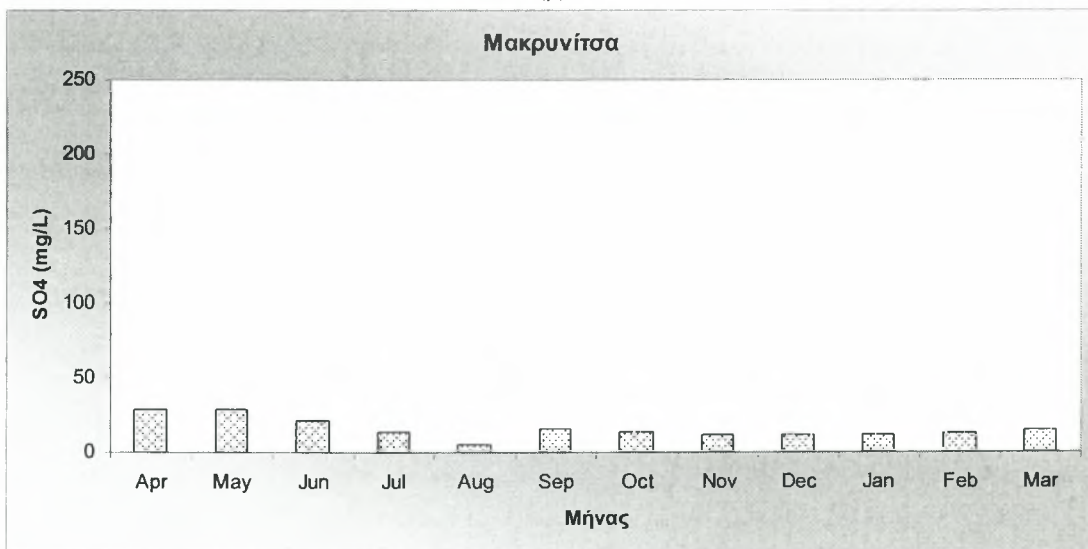
**Σχήμα 3.93** Συγκέντρωσεις ιόντων α) φθορίου β) χλωρίου γ) βρωμίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

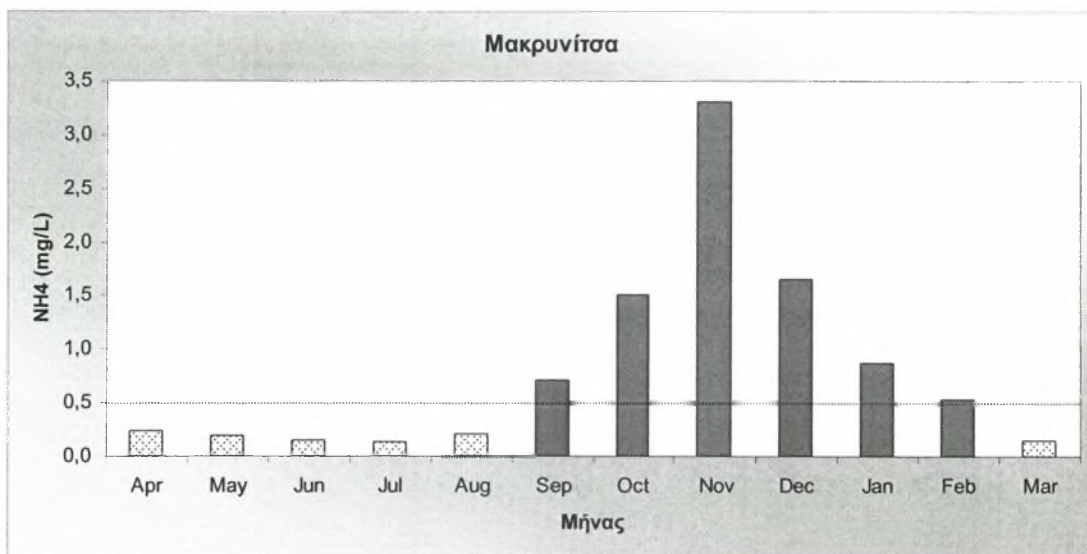


(β)

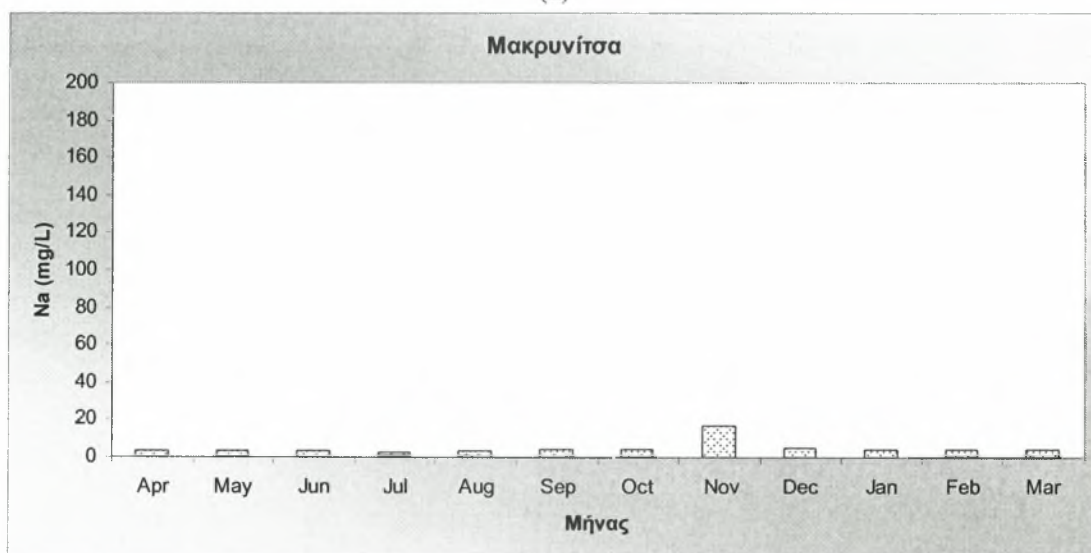


(γ)

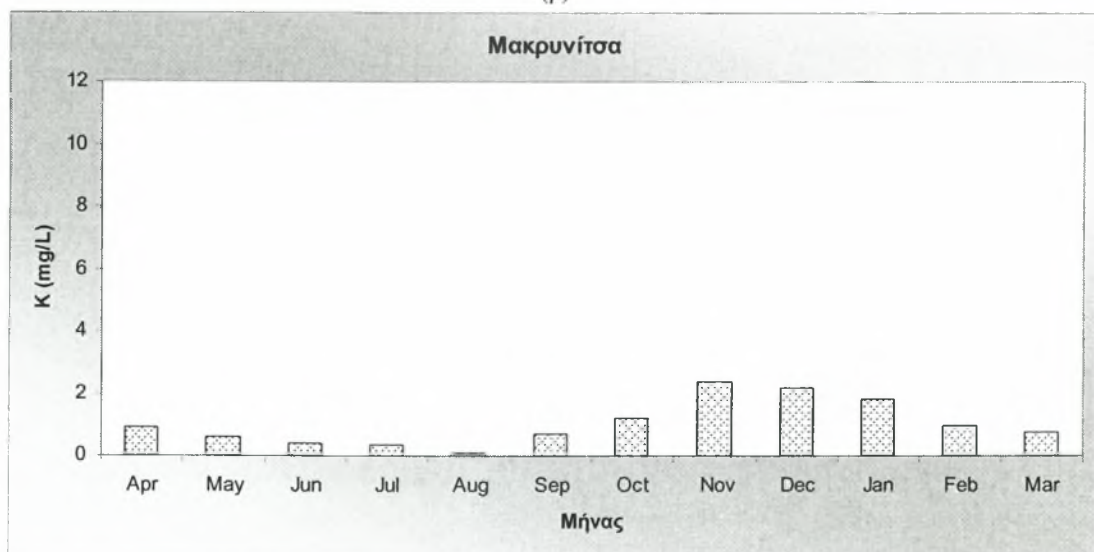
**Σχήμα 3.94** Συγκέντρωσεις ιόντων α) νιτρικών β) νιτρικών γ) θεικών κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

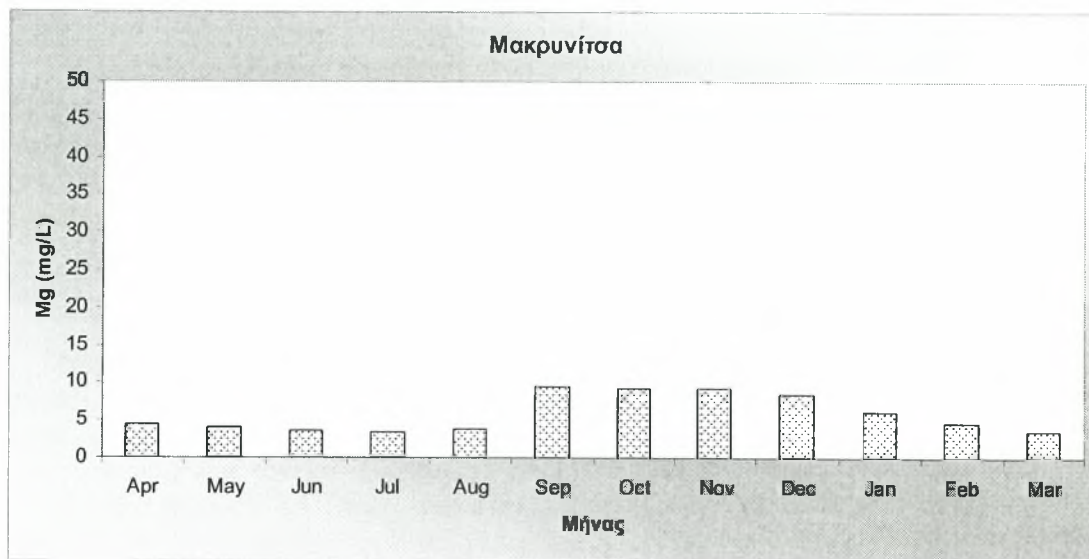


(β)

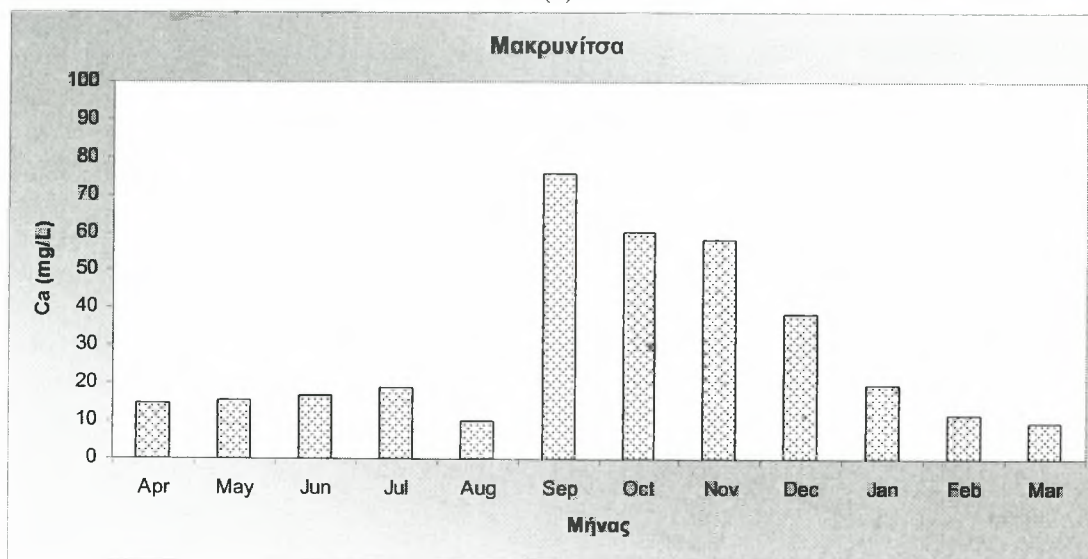


(γ)

**Σχήμα 3.95** Συγκέντρωσεις ιόντων α) αμμωνιακών β) νατρίου γ) καλίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)



(β)

**Σχήμα 3.96** Συγκέντρωσεις ιόντων α) μαγνησίου β) ασβεστίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.

### 3.17 Περιοχή Πορταριάς

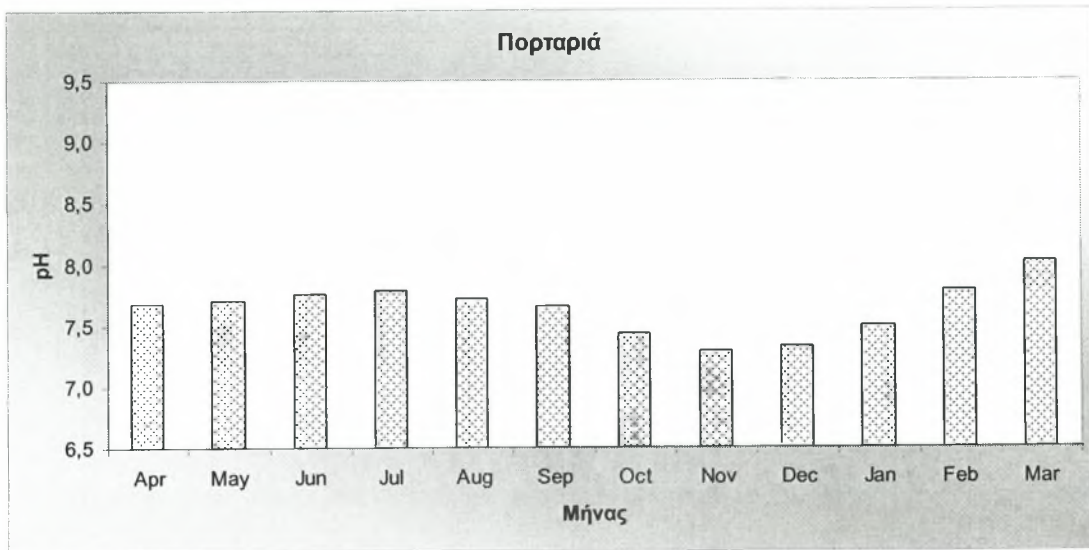
Από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα δείγματα πόσιμου νερού στην περιοχή της Πορταριάς, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν. Επίσης μετρήθηκαν η τιμή του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 3.17.

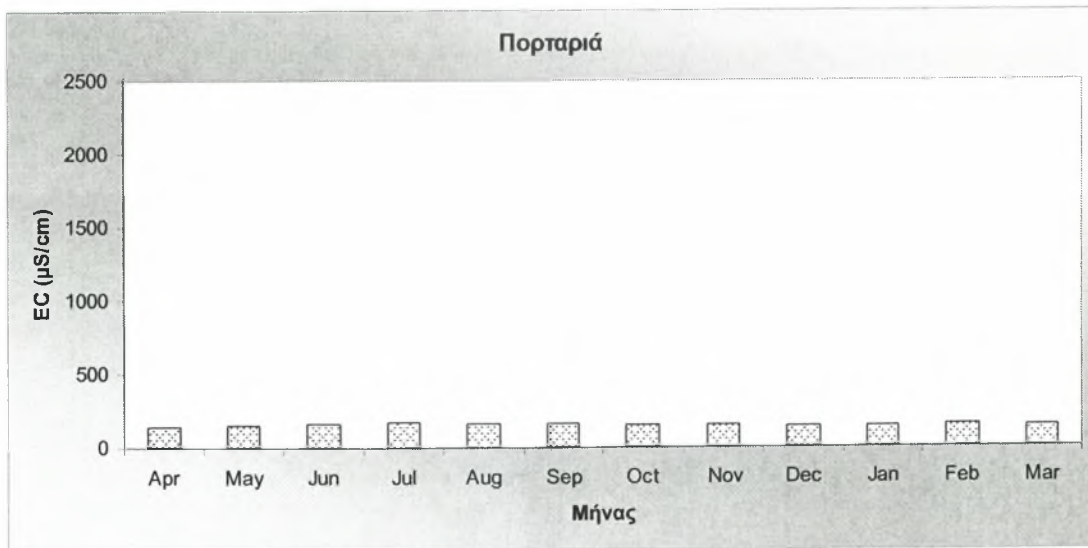
Από τον πίνακα αυτόν προκύπτει ότι οι τιμές του pH κυμάνθηκαν από 7,3 έως 8, με μέση τιμή 7,6. Η ελάχιστη τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ήταν  $139 \mu\text{Scm}^{-1}$ , η μέγιστη  $174 \mu\text{Scm}^{-1}$  και η μέση τιμή  $153,7 \mu\text{Scm}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων φθορίου κυμάνθηκαν έως  $0,462 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,187 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου κυμάνθηκαν από  $2,06 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $3,69 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $2,83 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρωδών ιόντων κυμάνθηκαν έως  $1,197 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,534 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων βρωμίου κυμάνθηκαν έως  $2,237 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,625 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $0,051 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $1,653 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,742 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των θειικών ιόντων κυμάνθηκαν από  $2,87 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $8,5 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $5,82 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων νατρίου κυμάνθηκαν από  $1,43 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $3,31 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $2,29 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων κυμάνθηκαν έως  $0,393 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $1,171 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων καλίου κυμάνθηκαν από  $0,2 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $0,95 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $0,52 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων μαγνησίου κυμάνθηκαν από  $2,61 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $6,84 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $4,19 \text{ mgL}^{-1}$ . Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων ασβεστίου κυμάνθηκαν από  $8,62 \text{ mgL}^{-1}$  έως  $66,47 \text{ mgL}^{-1}$ , με μέση τιμή  $21,44 \text{ mgL}^{-1}$ . Φωσφορικά ιόντα καθώς και ιόντα λιθίου δεν ανιχνεύθηκαν σε κανένα από τα δείγματα.

**Πίνακας 3.17.** Χημικές παράμετροι και συγκεντρώσεις στο πόσιμο νερό της περιοχής Πορταριάς.

Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση
pH	7,3	8	7,6	0,21	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
EC <sub>w</sub> (μS cm <sup>-1</sup> )	139	174	153,7	11,1	2500
F (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	0,462	0,187	0,16	1,5
Cl (mg L <sup>-1</sup> )	2,06	3,69	2,83	0,44	250
NO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	1,197	0,534	0,351	0,2
Br (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	2,237	0,625	0,828	0,01
NO <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,051	1,653	0,742	0,682	50
PO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	M.A.	-	-	
SO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	2,87	8,5	5,82	2,26	250
Li (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	M.A.	-	-	
Na (mg L <sup>-1</sup> )	1,43	3,31	2,29	0,68	200
NH <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	M.A.	0,393	1,171	0,124	0,5
K (mg L <sup>-1</sup> )	0,2	0,95	0,52	0,26	12
Mg (μg L <sup>-1</sup> )	2,61	6,84	4,19	1,07	50
Ca (μg L <sup>-1</sup> )	8,62	66,47	21,44	16,86	100

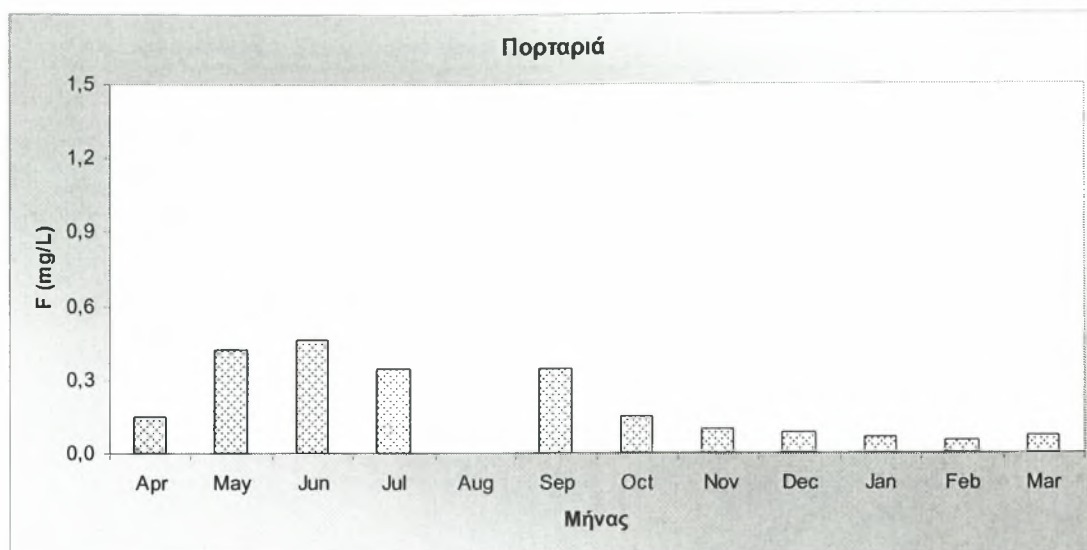


**Σχήμα 3.97** Συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.

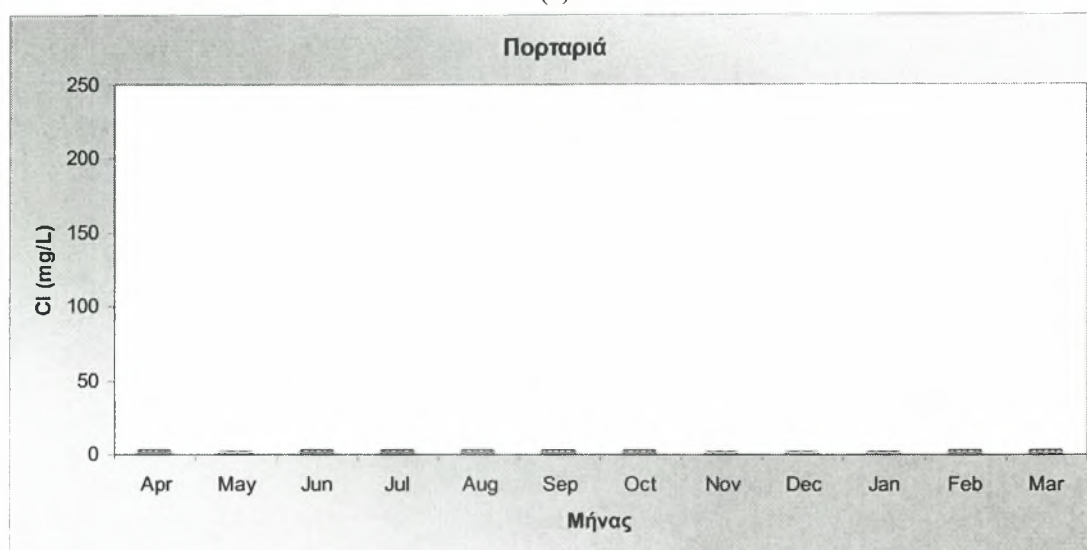


**Σχήμα 3.98** Τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.

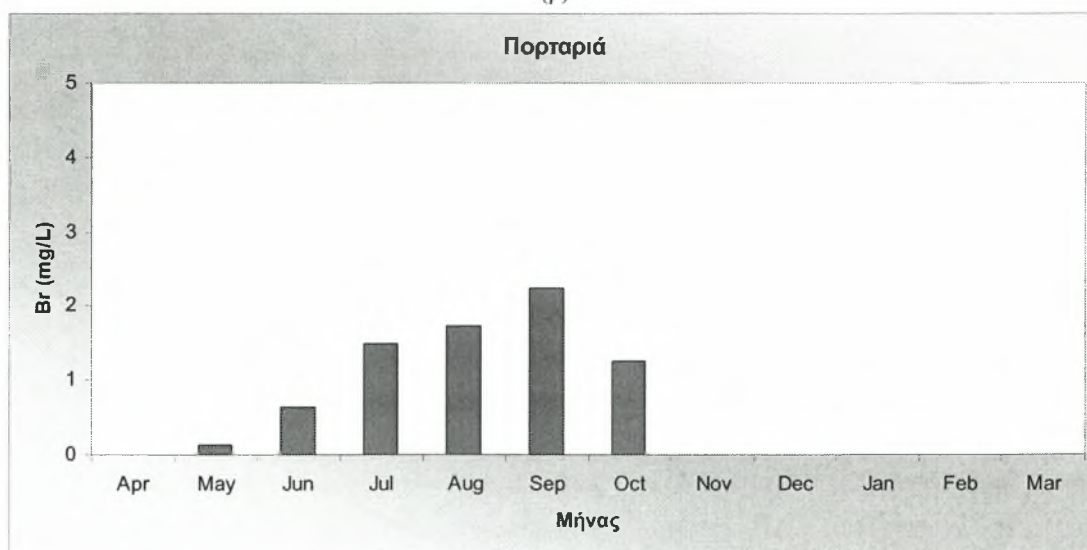




(α)

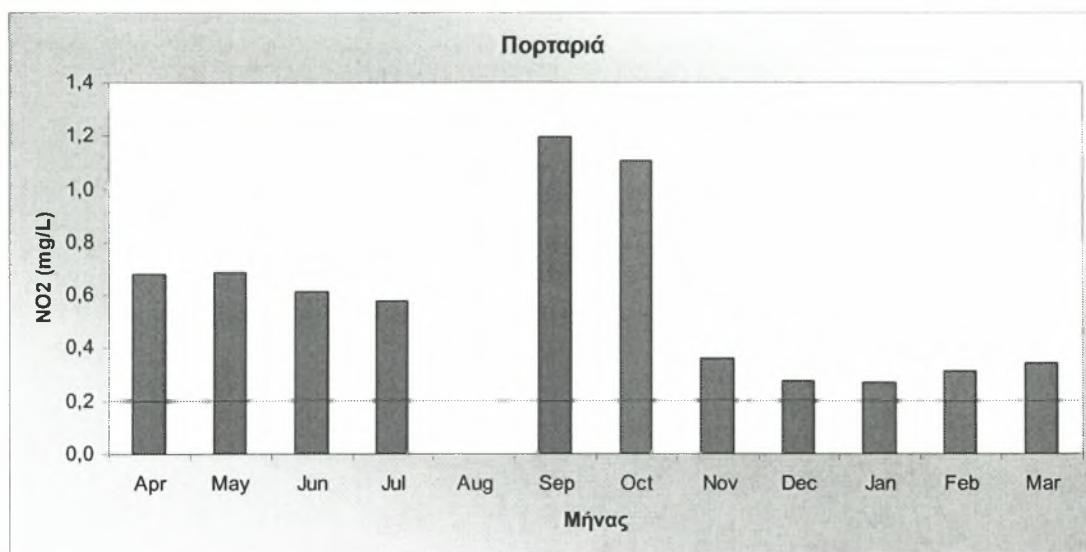


(β)



(γ)

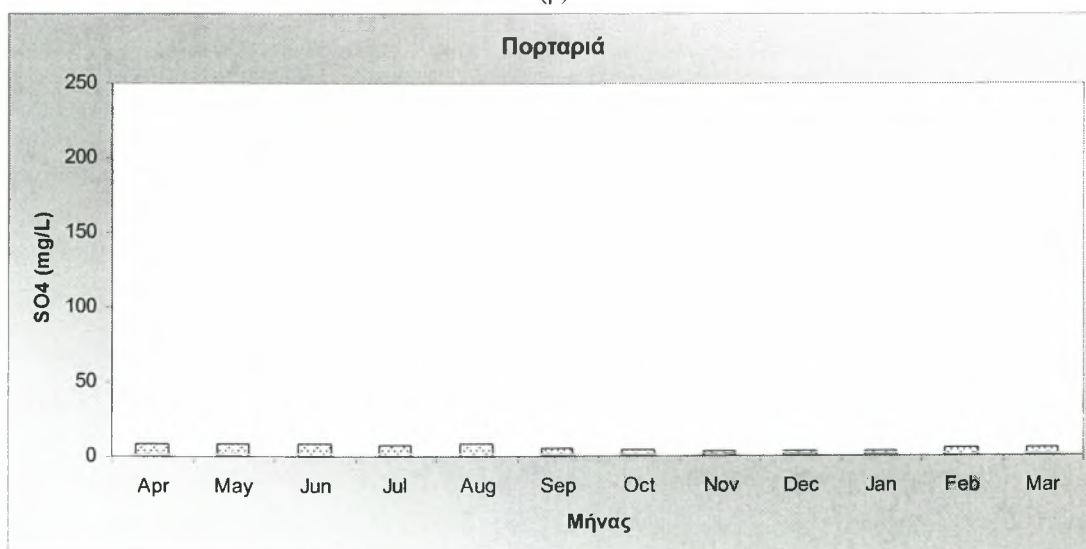
**Σχήμα 3.99** Συγκέντρωσεις ιόντων α) φθορίου β) χλωρίου γ) βρωμίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

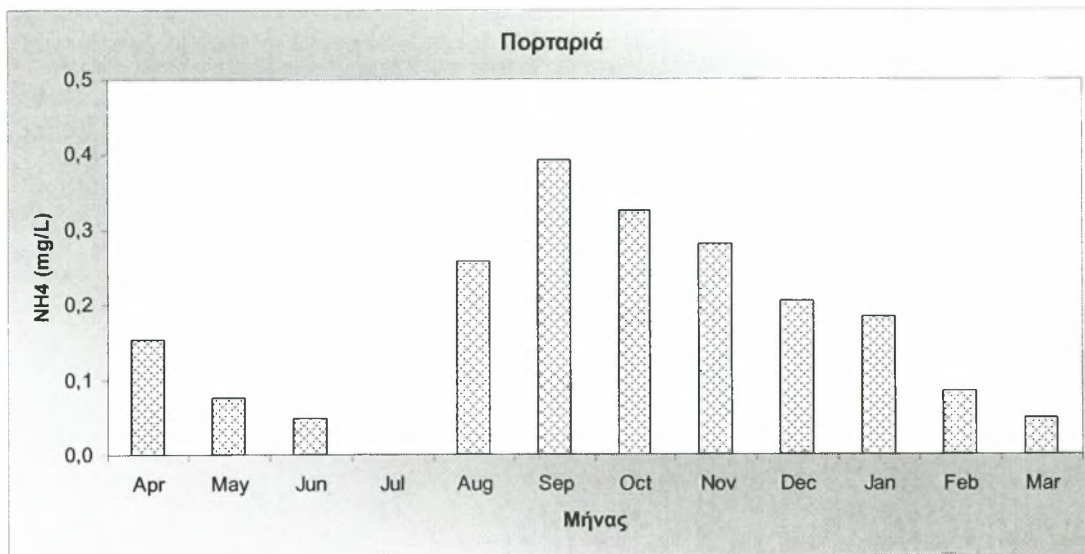


(β)

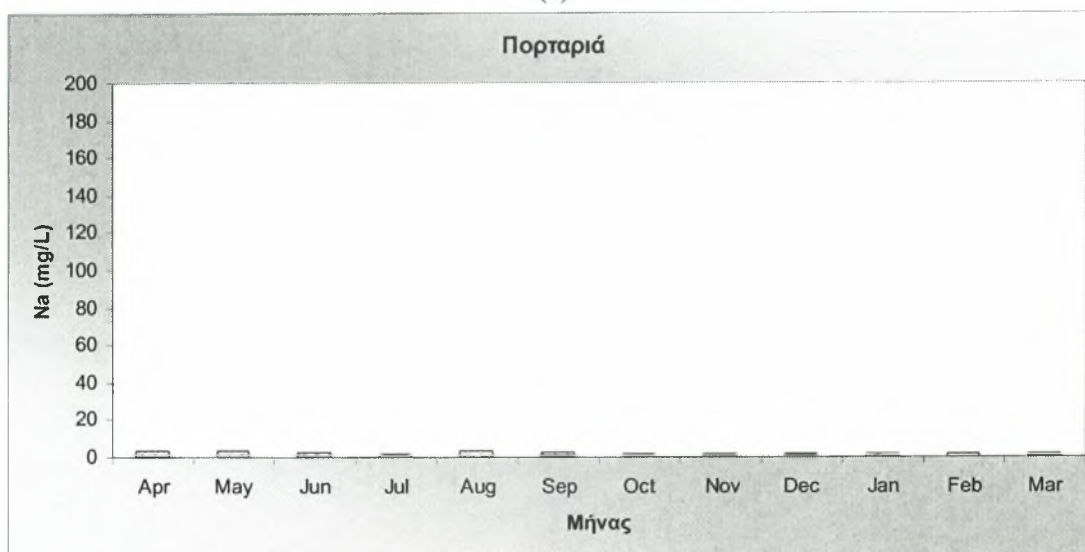


(γ)

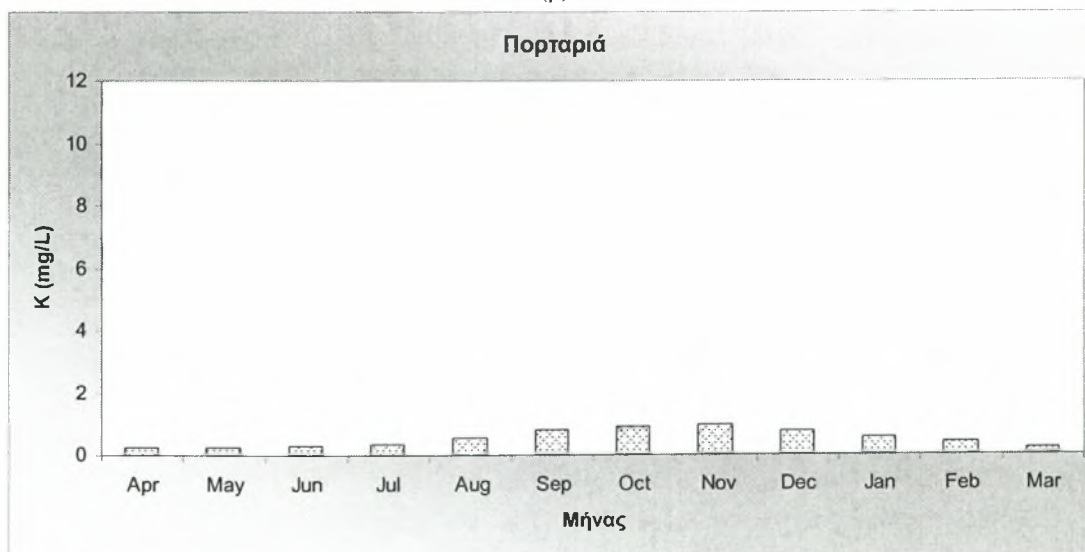
**Σχήμα 3.100** Συγκέντρωσεις ιόντων α) νιτρωδών β) νιτρικών γ) θεικών κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)

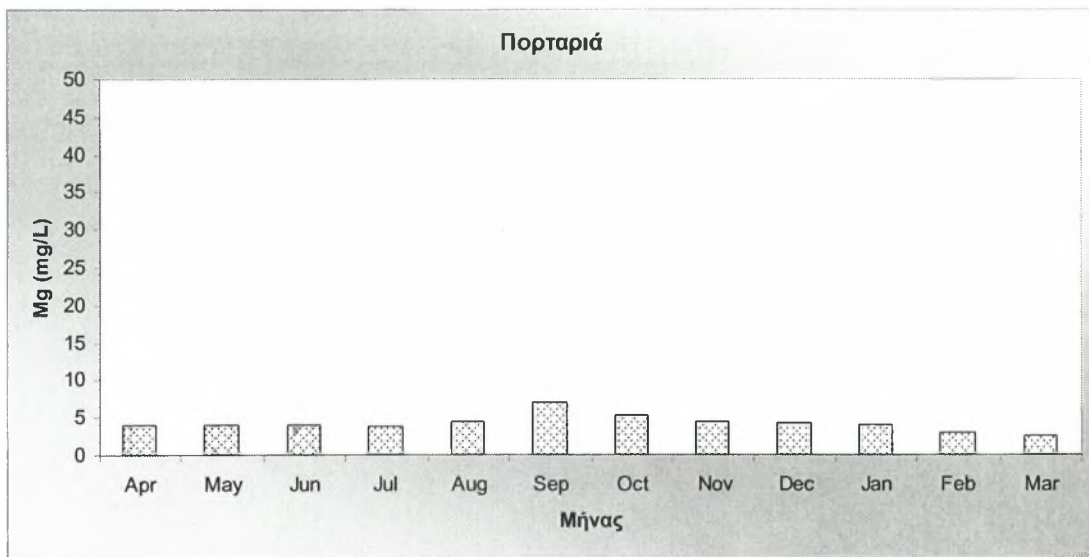


(β)

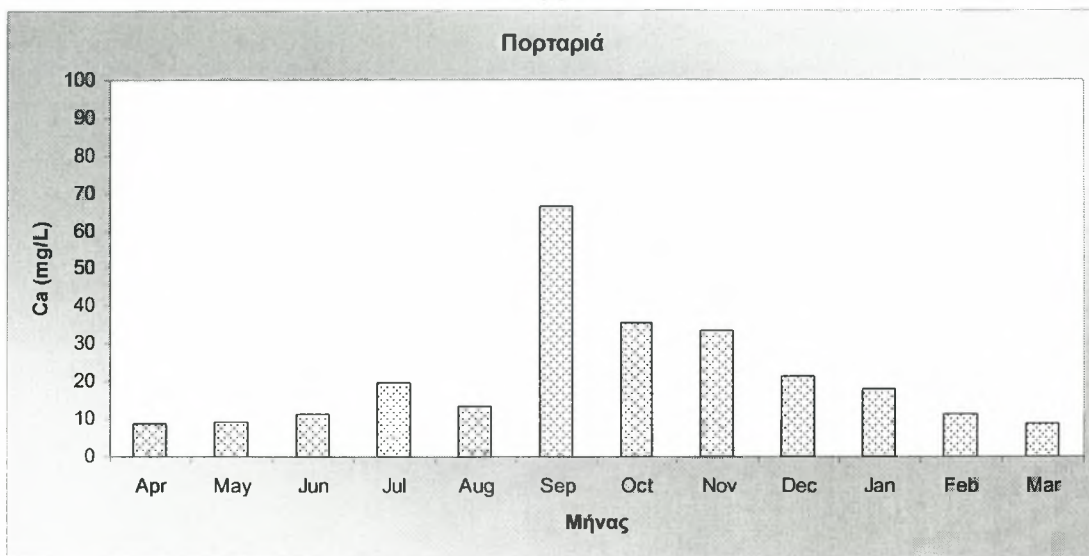


(γ)

**Σχήμα 3.101** Συγκέντρωσεις ιόντων α) αμμωνιακών β) νατρίου γ) καλίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.



(α)



(β)

**Σχήμα 3.102** Συγκέντρωσεις ιόντων α) μαγνησίου β) ασβεστίου κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008.

### 3.18 Συζήτηση

Από τη μελέτη των πινάκων (3.1-3.17), των σχημάτων (3.1-3.102) προκύπτουν τα εξής:

- Στην περιοχή **Αγριάς**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν.
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων φθορίου ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε έντεκα από τα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $9,15 \text{ mg L}^{-1}$ .
  - Σε ένα δείγμα (Σεπτέμβριος 2007) η τιμή της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου ήταν υψηλότερη από την ανώτατη επιτρεπτή τιμή ( $250 \text{ mg L}^{-1}$ ) και έφθανε τα  $704,93 \text{ mg L}^{-1}$ .
  - Σε όλα τα δείγματα οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων βρωμίου ήταν υψηλότερες από την ανώτατη επιτρεπτή τιμή ( $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ) και μάλιστα η μεγαλύτερη τιμή που μετρήθηκε έφθανε τα  $55 \text{ mg L}^{-1}$ .
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των νιτρωδών ιόντων ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε πέντε δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει το  $1,77 \text{ mg L}^{-1}$ , ενώ στα υπόλοιπα δεν ανιχνεύθηκαν νιτρώδη ιόντα.
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών ιόντων, ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε τέσσερα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει στα  $11,41 \text{ mg L}^{-1}$ .
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων: νιτρικών, θειικών, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου, ήταν όλες κάτω από τις ανώτατες επιτρεπτές τιμές ( $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $200 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $12 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $100 \text{ mg L}^{-1}$  αντίστοιχα).
  - Η τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας βρέθηκαν επίσης εντός των ορίων των ανώτατων επιτρεπτών τιμών.
- 
- Στην περιοχή **Κάτω Λεχωνίων**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν.
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων φθορίου ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε δυο από τα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $2,48 \text{ mg L}^{-1}$ .
  - Σε έντεκα από τα δώδεκα δείγματα, οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων βρωμίου ήταν υψηλότερες από την ανώτατη επιτρεπτή τιμή ( $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ), με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $34,3 \text{ mg L}^{-1}$ , ενώ σε ένα δείγμα δεν ανιχνεύθηκαν ιόντα βρωμίου (Μάρτιος 2008).
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των νιτρωδών ιόντων ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε έξι δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει το  $1 \text{ mg L}^{-1}$ , ενώ στα υπόλοιπα δεν ανιχνεύθηκαν νιτρώδη ιόντα.

- Οι τιμές των συγκεντρώσεων των νιτρικών ιόντων, ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε δυο δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει στα  $102 \text{ mg L}^{-1}$ .
  - Κατά τους μήνες Ιούλιο 2007 και Σεπτέμβριο 2007 το άθροισμα: νιτρικών ιόντων/50 συν νιτρικών ιόντων/3 (οδηγία 98/83/EK) ξεπερνάει τη μονάδα και είναι ίσο με 2,04 και 1,39 αντίστοιχα.
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών ιόντων, ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε επτά δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει το  $1,9 \text{ mg L}^{-1}$ .
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων: χλωρίου, θεικών, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου, ήταν όλες κάτω από τις ανώτατες επιτρεπτές τιμές ( $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $200 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $12 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $100 \text{ mg L}^{-1}$  αντίστοιχα).
  - Η τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας βρέθηκαν επίσης εντός των ορίων των ανώτατων επιτρεπτών τιμών.
- 
- Στην περιοχή **Πλατανιδίων**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα, ιόντα λιθίου και νιτρώδη ιόντα δεν εντοπίστηκαν.
  - Σε όλα τα δείγματα, οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων βρωμίου ήταν υψηλότερες από την ανώτατη επιτρεπτή τιμή ( $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ), με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $12,4 \text{ mg L}^{-1}$ .
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των νιτρικών ιόντων, ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε δυο δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει στα  $102 \text{ mg L}^{-1}$ .
  - Σε ένα μόνο δείγμα (Ιούλιος 2007) η τιμή της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων, ήταν υψηλότερη της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ) και έφθανε το  $0,7 \text{ mg L}^{-1}$ .
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων: φθορίου, χλωρίου, νιτρικών, θεικών, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου, ήταν όλες κάτω από τις ανώτατες επιτρεπτές τιμές ( $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $200 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $12 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $100 \text{ mg L}^{-1}$  αντίστοιχα).
  - Η τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας βρέθηκαν επίσης εντός των ορίων των ανώτατων επιτρεπτών τιμών.
- 
- Στην περιοχή **Κάτω Γατζέας**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν.
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων βρωμίου ήταν υψηλότερες από την ανώτατη επιτρεπτή τιμή ( $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε επτά από τα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $5,68 \text{ mg L}^{-1}$ , ενώ στα υπόλοιπα δεν ανιχνεύθηκαν ιόντα βρωμίου.

- Οι τιμές των συγκεντρώσεων των νιτρωδών ιόντων ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε έξι δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει το  $1,3 \text{ mg L}^{-1}$ , ενώ στα υπόλοιπα δεν ανιχνεύθηκαν νιτρώδη ιόντα.
  - Σε ένα μόνο δείγμα (Απρίλιος 2007) η τιμή της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων, ήταν υψηλότερη της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ) και έφθανε τα  $0,65 \text{ mg L}^{-1}$ .
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων: φθορίου, χλωρίου, νιτρικών, θεικών, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου, ήταν όλες κάτω από τις ανώτατες επιτρεπτές τιμές ( $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $200 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $12 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $100 \text{ mg L}^{-1}$  αντίστοιχα).
  - Η τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας βρέθηκαν επίσης εντός των ορίων των ανώτατων επιτρεπτών τιμών.
- 
- Στην περιοχή **Καλών Νερών**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν.
  - Σε ένα μόνο δείγμα (Ιούλιος 2007) η τιμή της συγκέντρωσης των ιόντων φθορίου ήταν υψηλότερη από την ανώτατη επιτρεπτή τιμή ( $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ ) και έφθανε τα  $1,99 \text{ mg L}^{-1}$ , ενώ σε ένα άλλο δεν ανιχνεύθηκαν ιόντα φθορίου.
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων βρωμίου ήταν υψηλότερες από την ανώτατη επιτρεπτή τιμή ( $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε επτά δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $4,75 \text{ mg L}^{-1}$ , ενώ στα υπόλοιπα δεν ανιχνεύθηκαν ιόντα βρωμίου.
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των νιτρωδών ιόντων ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε έξι δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $0,56 \text{ mg L}^{-1}$ , ενώ στα υπόλοιπα δεν ανιχνεύθηκαν νιτρώδη ιόντα.
  - Σε ένα μόνο δείγμα (Σεπτέμβριος 2007) η τιμή της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων ήταν υψηλότερη από την ανώτατη επιτρεπτή τιμή ( $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ) και έφθανε τα  $0,56 \text{ mg L}^{-1}$ .
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων: χλωρίου, νιτρικών, θεικών, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου, ήταν όλες κάτω από τις ανώτατες επιτρεπτές τιμές ( $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $200 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $12 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $100 \text{ mg L}^{-1}$  αντίστοιχα).
  - Η τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας βρέθηκαν επίσης εντός των ορίων των ανώτατων επιτρεπτών τιμών.
- 
- Στην περιοχή **Αφύσσου**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν.
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων φθορίου ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε έξι από τα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $2,48 \text{ mg L}^{-1}$ .

- Σε όλα τα δείγματα οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων βρωμίου ήταν υψηλότερες από την ανώτατη επιτρεπτή τιμή ( $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ) και μάλιστα η μεγαλύτερη τιμή που μετρήθηκε έφθανε τα  $21,13 \text{ mg L}^{-1}$ .
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των νιτροδών ιόντων ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε έξι δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει το  $1,22 \text{ mg L}^{-1}$ , ενώ στα υπόλοιπα δεν ανιχνεύθηκαν νιτρώδη ιόντα.
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών ιόντων, ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε επτά δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $1,93 \text{ mg L}^{-1}$ .
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων: χλωρίου, νιτρικών, θεικών, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου, ήταν όλες κάτω από τις ανώτατες επιτρεπτές τιμές ( $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $200 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $12 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $100 \text{ mg L}^{-1}$  αντίστοιχα).
  - Η τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας βρέθηκαν επίσης εντός των ορίων των ανώτατων επιτρεπτών τιμών.
- 
- Στην περιοχή **Αγίου Ιωάννη**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν.
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων φθορίου ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε τρία από τα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $2,9 \text{ mg L}^{-1}$ , ενώ σε δυο δείγματα δεν ανιχνεύθηκαν ιόντα φθορίου.
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων βρωμίου ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε επτά από τα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $7,05 \text{ mg L}^{-1}$ , ενώ στα υπόλοιπα δείγματα δεν ανιχνεύθηκαν ιόντα βρωμίου.
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των νιτροδών ιόντων ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε έντεκα από τα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $0,61 \text{ mg L}^{-1}$ .
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων: χλωρίου, νιτρικών, θεικών, αμμωνιακών, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου, ήταν όλες κάτω από τις ανώτατες επιτρεπτές τιμές ( $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $200 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $12 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $100 \text{ mg L}^{-1}$  αντίστοιχα).
  - Η τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας βρέθηκαν επίσης εντός των ορίων των ανώτατων επιτρεπτών τιμών.
- 
- Στην περιοχή **Χορευτού**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν.
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων φθορίου ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε πέντε από τα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $1,86 \text{ mg L}^{-1}$ .



- Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων βρωμίου ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε πέντε από τα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $10,46 \text{ mg L}^{-1}$ , ενώ στα υπόλοιπα δείγματα δεν ανιχνεύθηκαν ιόντα βρωμίου.
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των νιτροδών ιόντων ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε έντεκα από τα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει το  $1 \text{ mg L}^{-1}$ .
  - Κατά το μήνα Απρίλιο 2007 το άθροισμα: νιτρικών ιόντων/50 συν νιτροδών ιόντων/3 (οδηγία 98/83/EK) ξεπερνάει τη μονάδα και είναι ίσο με 1,123.
  - Σε ένα μόνο δείγμα (Απρίλιος 2007) η τιμή της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων ήταν υψηλότερη από την ανώτατη επιτρεπτή τιμή ( $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ) και έφθανε τα  $0,8 \text{ mg L}^{-1}$ .
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων: χλωρίου, νιτρικών, θεικών, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου, ήταν όλες κάτω από τις ανώτατες επιτρεπτές τιμές ( $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $200 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $12 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $100 \text{ mg L}^{-1}$  αντίστοιχα).
  - Η τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας βρέθηκαν επίσης εντός των ορίων των ανώτατων επιτρεπτών τιμών.
- 
- Στην περιοχή **Μηλεών**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν.
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων φθορίου ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε δυο από τα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $1,61 \text{ mg L}^{-1}$ , ενώ σε ένα δείγμα δεν ανιχνεύθηκαν ιόντα φθορίου.
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων βρωμίου ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε επτά από τα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $3,79 \text{ mg L}^{-1}$ , ενώ στα υπόλοιπα δείγματα δεν ανιχνεύθηκαν ιόντα βρωμίου.
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των νιτροδών ιόντων ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε έντεκα από τα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $0,89 \text{ mg L}^{-1}$ .
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων: χλωρίου, νιτρικών, θεικών, αμμωνιακών, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου, ήταν όλες κάτω από τις ανώτατες επιτρεπτές τιμές ( $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $200 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $12 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $100 \text{ mg L}^{-1}$  αντίστοιχα).
  - Η τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας βρέθηκαν επίσης εντός των ορίων των ανώτατων επιτρεπτών τιμών.

- Στην περιοχή **Τσαγκαράδας**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν.
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων βρωμίου ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε επτά από τα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $1,87 \text{ mg L}^{-1}$ , ενώ στα υπόλοιπα δείγματα δεν ανιχνεύθηκαν ιόντα βρωμίου.
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των νιτρωδών ιόντων ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε εννέα από τα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $0,92 \text{ mg L}^{-1}$ .
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων: φθορίου, χλωρίου, νιτρικών, θεικών, αμμωνιακών, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου, ήταν όλες κάτω από τις ανώτατες επιτρεπτές τιμές ( $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $200 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $12 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $100 \text{ mg L}^{-1}$  αντίστοιχα).
  - Η τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας βρέθηκαν επίσης εντός των ορίων των ανώτατων επιτρεπτών τιμών.
- 
- Στην περιοχή **Μουρσιού**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν.
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων βρωμίου ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε έντεκα από τα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $4,91 \text{ mg L}^{-1}$ , ενώ στα υπόλοιπα δείγματα δεν ανιχνεύθηκαν ιόντα βρωμίου.
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των νιτρωδών ιόντων ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ ) και στα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $0,87 \text{ mg L}^{-1}$ .
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων: φθορίου, χλωρίου, νιτρικών, θεικών, αμμωνιακών, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου, ήταν όλες κάτω από τις ανώτατες επιτρεπτές τιμές ( $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $200 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $12 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $100 \text{ mg L}^{-1}$  αντίστοιχα).
  - Η τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας βρέθηκαν επίσης εντός των ορίων των ανώτατων επιτρεπτών τιμών.
- 
- Στην περιοχή **Ανηλίου**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν.
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων βρωμίου ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε επτά από τα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $1,81 \text{ mg L}^{-1}$ , ενώ στα υπόλοιπα δείγματα δεν ανιχνεύθηκαν ιόντα βρωμίου.

- Οι τιμές των συγκεντρώσεων των νιτροδών ιόντων ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε δέκα από τα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $0,43 \text{ mg L}^{-1}$ .
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων: φθορίου, χλωρίου, νιτρικών, θεικών, αμμωνιακών, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου, ήταν όλες κάτω από τις ανώτατες επιτρεπτές τιμές ( $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $200 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $12 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $100 \text{ mg L}^{-1}$  αντίστοιχα).
  - Η τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας βρέθηκαν επίσης εντός των ορίων των ανώτατων επιτρεπτών τιμών.
- 
- Στην περιοχή **Μακρυράχης**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν.
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων βρωμίου ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε επτά από τα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $3,54 \text{ mg L}^{-1}$ , ενώ στα υπόλοιπα δείγματα δεν ανιχνεύθηκαν ιόντα βρωμίου.
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των νιτροδών ιόντων ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε εννέα από τα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $0,51 \text{ mg L}^{-1}$ .
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων: φθορίου, χλωρίου, νιτρικών, θεικών, αμμωνιακών, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου, ήταν όλες κάτω από τις ανώτατες επιτρεπτές τιμές ( $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $200 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $12 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $100 \text{ mg L}^{-1}$  αντίστοιχα).
  - Η τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας βρέθηκαν επίσης εντός των ορίων των ανώτατων επιτρεπτών τιμών.
- 
- Στην περιοχή **Ζαγοράς**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν.
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων βρωμίου ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε έξι από τα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $2,39 \text{ mg L}^{-1}$ , ενώ στα υπόλοιπα δείγματα δεν ανιχνεύθηκαν ιόντα βρωμίου.
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των νιτροδών ιόντων ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε έντεκα από τα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $0,44 \text{ mg L}^{-1}$ .
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών ιόντων ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε δυο από τα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $0,7 \text{ mg L}^{-1}$ .
  - Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων: φθορίου, χλωρίου, νιτρικών, θεικών, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου, ήταν όλες κάτω από τις ανώτατες

επιτρεπτές τιμές ( $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $200 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $12 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $100 \text{ mg L}^{-1}$  αντίστοιχα).

- Η τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας βρέθηκαν επίσης εντός των ορίων των ανώτατων επιτρεπτών τιμών.
- Στην περιοχή **Χανίων**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν.
- Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων βρωμίου ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε έξι από τα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει το  $1,85 \text{ mg L}^{-1}$ , ενώ στα υπόλοιπα δείγματα δεν ανιχνεύθηκαν ιόντα βρωμίου.
- Οι τιμές των συγκεντρώσεων των νιτρωδών ιόντων ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ ) και στα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $1,63 \text{ mg L}^{-1}$ .
- Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων: φθορίου, χλωρίου, νιτρικών, θεικών, αμμωνιακών, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου, ήταν όλες κάτω από τις ανώτατες επιτρεπτές τιμές ( $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $200 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $12 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $100 \text{ mg L}^{-1}$  αντίστοιχα).
- Η τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας βρέθηκαν επίσης εντός των ορίων των ανώτατων επιτρεπτών τιμών.
- Στην περιοχή **Μακρονίτσας**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν.
- Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων βρωμίου ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε πέντε από τα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $4,25 \text{ mg L}^{-1}$ , ενώ στα υπόλοιπα δείγματα δεν ανιχνεύθηκαν ιόντα βρωμίου.
- Οι τιμές των συγκεντρώσεων των νιτρωδών ιόντων ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ ) και στα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $0,96 \text{ mg L}^{-1}$ .
- Οι τιμές των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών ιόντων ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε έξι από τα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $3,3 \text{ mg L}^{-1}$ .
- Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων: φθορίου, χλωρίου, νιτρικών, θεικών, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου, ήταν όλες κάτω από τις ανώτατες επιτρεπτές τιμές ( $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $200 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $12 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $100 \text{ mg L}^{-1}$  αντίστοιχα).
- Η τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας βρέθηκαν επίσης εντός των ορίων των ανώτατων επιτρεπτών τιμών.

- Στην περιοχή **Πορταριάς**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, εντοπίστηκαν τα ιόντα: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικά, νιτρώδη, θειικά, αμμωνιακά, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Φωσφορικά ιόντα και ιόντα λιθίου δεν εντοπίστηκαν.
- Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων βρωμίου ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ) σε έξι από τα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει το  $2,23 \text{ mg L}^{-1}$ , ενώ στα υπόλοιπα δείγματα δεν ανιχνεύθηκαν ιόντα βρωμίου.
- Οι τιμές των συγκεντρώσεων των νιτρωδών ιόντων ήταν υψηλότερες της ανώτατης επιτρεπτής τιμής ( $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ ) στα έντεκα από τα δώδεκα δείγματα, με τη μεγαλύτερη τιμή να φθάνει τα  $1,19 \text{ mg L}^{-1}$ , ενώ στα υπόλοιπα δεν ανιχνεύθηκαν νιτρώδη ιόντα.
- Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων: φθορίου, χλωρίου, νιτρικών, θεικών, αμμωνιακών, νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου, ήταν όλες κάτω από τις ανώτατες επιτρεπτές τιμές ( $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $250 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $200 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $12 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $100 \text{ mg L}^{-1}$  αντίστοιχα).
- Η τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας βρέθηκαν επίσης εντός των ορίων των ανώτατων επιτρεπτών τιμών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

#### 4.1 Συμπεράσματα

Από τη μελέτη των πινάκων (3.1-3.17) και των διαγραμμάτων (3.1-3,102) διαπιστώνεται ότι οι κύριοι ρύποι που προσδιορίστηκαν σε τιμές συγκεντρώσεων υψηλότερες από τις ανώτατες τιμές, οι οποίες έχουν καθοριστεί από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO) και την Ευρωπαϊκή Ένωση για το πόσιμο νερό, ήταν τα ιόντα: φθορίου, βρωμίου, νιτρώδη και αμμωνιακά.

Στην περιοχή **Αγριάς**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, τα ιόντα που εντοπίστηκαν και είχαν συγκεντρώσεις υψηλότερες από τις ανώτατες επιτρεπτές ήταν: φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρώδη και αμμωνιακά.

Στην περιοχή **Κάτω Λεχωνίων**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, τα ιόντα που εντοπίστηκαν και είχαν συγκεντρώσεις υψηλότερες από τις ανώτατες επιτρεπτές ήταν: φθορίου, βρωμίου, νιτρώδη, νιτρικά και αμμωνιακά.

Στην περιοχή **Πλατανιδίων**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, τα ιόντα που εντοπίστηκαν και είχαν συγκεντρώσεις υψηλότερες από τις ανώτατες επιτρεπτές ήταν: βρωμίου και αμμωνιακά.

Στην περιοχή **Κάτω Γατζέας**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, τα ιόντα που εντοπίστηκαν και είχαν συγκεντρώσεις υψηλότερες από τις ανώτατες επιτρεπτές ήταν: βρωμίου, νιτρώδη και αμμωνιακά.

Στην περιοχή **Καλών Νερών**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, τα ιόντα που εντοπίστηκαν και είχαν συγκεντρώσεις υψηλότερες από τις ανώτατες επιτρεπτές ήταν: φθορίου, βρωμίου, νιτρώδη και αμμωνιακά.

Στην περιοχή **Αφύσσου**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, τα ιόντα που εντοπίστηκαν και είχαν συγκεντρώσεις υψηλότερες από τις ανώτατες επιτρεπτές ήταν: φθορίου, βρωμίου, νιτρώδη και αμμωνιακά.

Στην περιοχή **Αγίου Ιωάννη**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, τα ιόντα που εντοπίστηκαν και είχαν συγκεντρώσεις υψηλότερες από τις ανώτατες επιτρεπτές ήταν: φθορίου, βρωμίου και νιτρώδη.

Στην περιοχή **Χορευτού**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, τα ιόντα που εντοπίστηκαν και είχαν συγκεντρώσεις υψηλότερες από τις ανώτατες επιτρεπτές ήταν: φθορίου, βρωμίου, νιτρώδη και αμμωνιακά.

Στην περιοχή **Μηλεών**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, τα ιόντα που εντοπίστηκαν και είχαν συγκεντρώσεις υψηλότερες από τις ανώτατες επιτρεπτές ήταν: φθορίου, βρωμίου και νιτρώδη.

Στην περιοχή **Τσαγκαράδας**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, τα ιόντα που εντοπίστηκαν και είχαν συγκεντρώσεις υψηλότερες από τις ανώτατες επιτρεπτές ήταν: βρωμίου και νιτρώδη.

Στην περιοχή **Μουρσειού**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, τα ιόντα που εντοπίστηκαν και είχαν συγκεντρώσεις υψηλότερες από τις ανώτατες επιτρεπτές ήταν: βρωμίου και νιτρώδη.

Στην περιοχή **Ανηλίου**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, τα ιόντα που εντοπίστηκαν και είχαν συγκεντρώσεις υψηλότερες από τις ανώτατες επιτρεπτές ήταν: βρωμίου και νιτρώδη.

Στην περιοχή **Μακρυνίτσας**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, τα ιόντα που εντοπίστηκαν και είχαν συγκεντρώσεις υψηλότερες από τις ανώτατες επιτρεπτές ήταν: βρωμίου και νιτρώδη.

Στην περιοχή **Ζαγοράς**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, τα ιόντα που εντοπίστηκαν και είχαν συγκεντρώσεις υψηλότερες από τις ανώτατες επιτρεπτές ήταν: βρωμίου, νιτρώδη και αμμωνιακά.

Στην περιοχή **Χανίων**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, τα ιόντα που εντοπίστηκαν και είχαν συγκεντρώσεις υψηλότερες από τις ανώτατες επιτρεπτές ήταν: βρωμίου και νιτρώδη.

Στην περιοχή **Μακρυνίτσας**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, τα ιόντα που εντοπίστηκαν και είχαν συγκεντρώσεις υψηλότερες από τις ανώτατες επιτρεπτές ήταν: βρωμίου, νιτρώδη και αμμωνιακά.

Στην περιοχή **Πορταριάς**, κατά την περίοδο Απριλίου 2007-Μαρτίου 2008, τα ιόντα που εντοπίστηκαν και είχαν συγκεντρώσεις υψηλότερες από τις ανώτατες επιτρεπτές ήταν: βρωμίου και νιτρώδη.

## 4.2 Παρατηρήσεις

Από τα παραπάνω παρατηρούμε ότι:

- α) Και στις δεκαεπτά περιοχές εντοπίστηκαν ιόντα βρωμίου σε συγκεντρώσεις υψηλότερες από τις ανώτατες επιτρεπτές.
- β) Σε δεκαέξι από τις δεκαεπτά περιοχές εντοπίστηκαν νιτρώδη ιόντα σε συγκεντρώσεις υψηλότερες από τις ανώτατες επιτρεπτές.
- γ) Σε δέκα από τις δεκαεπτά περιοχές εντοπίστηκαν αμμωνιακά ιόντα σε συγκεντρώσεις υψηλότερες από τις ανώτατες επιτρεπτές.
- δ) Σε επτά από τις δεκαεπτά περιοχές εντοπίστηκαν ιόντα φθορίου σε συγκεντρώσεις υψηλότερες από τις ανώτατες επιτρεπτές.
- ε) Σε όλες τις περιοχές με μεγάλο υψόμετρο εντοπίστηκαν νιτρώδη ιόντα και ιόντα βρωμίου σε συγκεντρώσεις υψηλότερες από τις ανώτατες επιτρεπτές.
- στ) Στις περιοχές με χαμηλό υψόμετρο εντοπίστηκαν συγκεντρώσεις υψηλότερες από τις ανώτατες επιτρεπτές στα αμμωνιακά ιόντα και στα ιόντα φθορίου κάτι που δεν παρατηρήθηκε στις περιοχές με μεγάλο υψόμετρο.

Στις περισσότερες περιοχές που μελετήθηκαν γίνεται χρήση γεωργικής γης και μάλιστα σε μερικές περιοχές είναι εκτεταμένη. Η υπερβολική και συστηματική χρήση λιπασμάτων εμπλουτίζει τους υδροφόρους, με ενώσεις του αζώτου, του φωσφόρου και του καλίου, οι οποίες είναι τοξικές, ιδιαίτερα τους ρηχούς ελεύθερους. Ιδιαίτερα επικίνδυνη είναι η χρήση παρασιτοκτόνων και κυρίως των ζιζανιοκτόνων, καθώς και των μυκητοκτόνων, που εφαρμόζονται κατ' ευθείαν στο έδαφος και από εκεί μπορεί να φτάσουν στον υδροφόρο και στο υπόγειο νερό. Εξαιρετικά τοξικές είναι επίσης οι επιστροφές άρδευσης, οι οποίες, καθώς διεισδύουν προς το υπέδαφος, διαλύουν και αποπλύνουν το έδαφος και μεταφέρουν τοξικούς ρύπους στο υπόγειο νερό.

Τα σηπτικά συστήματα προσφέρουν στους υδροφόρους και στο υπόγειο νερό βακτήρια, ιούς, νιτρικά, φωσφορικά, χλωριούχα, συνθετικές οργανικές ενώσεις και επιφανειοδραστικές ενώσεις. Το στράγγισμα από τους σκουπιδότοπους μολύνει τους υδροφόρους με ιχνοστοιχεία, οξέα, πτητικές οργανικές ενώσεις και παρασιτοκτόνα. Η διαχείριση των υγρών οικιακών αποβλήτων που γίνεται με τη μέθοδο των απορροφητικών βόθρων, πρακτική άκρως επιβαρυντική για το περιβάλλον και πλέον ξεπερασμένη σε σχέση με τις σύγχρονες απαιτήσεις και αντιλήψεις των κατοίκων.

Έτσι όταν κοντά υπάρχει ένα φρεάτιο εκμετάλλευσης των υπογείων νερών και το έδαφος είναι διαπερατό, τα λήμματα που κινούνται κατακόρυφα φθάνουν στην υπόγεια στάθμη και από εκεί κινούνται οριζόντια προς το φρεάτιο με κίνδυνο να αντληθούν με το υπόγειο νερό.

Οι επιφανειακές δεξαμενές που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση ή/και επεξεργασία υγρών αποβλήτων, αποβλήτων από ελαιοτριβεία, κτηνοτροφικών και βιομηχανικών αποβλήτων και ιλύος, αποτελούν σημαντικές πηγές ρύπανσης προς τους υδροφόρους. Ιδιαίτερα επικίνδυνες είναι οι γεωτρήσεις έκχυσης, δοθέντος ότι οι ρύποι εισάγονται απευθείας στο υπέδαφος. Οι ρύποι που προέρχονται από αυτή την πηγή είναι αιωρούμενα στερεά, διαλυμένα στερεά, βακτήρια, Na, K, Cl, νιτρικά, φωσφορικά και οργανικές ενώσεις, μεταξύ των οποίων και τα παρασιτοκτόνα.

Το κόστος του καθαρισμού του νερού, το κόστος της απορρύπανσης και της αποκατάστασης των υδατικών συστημάτων που έχουν υποβαθμιστεί, καθώς και το κόστος της μεταφοράς νερού από μακριά σε περιπτώσεις εξάντλησης των τοπικών υδατικών αποθεμάτων υπενθυμίζουν, έστω και εκ των υστέρων, ότι η κάθε λογής επέμβαση στους υδατικούς πόρους, είτε με τη μορφή της χρήσης είτε με τη μορφή της ρύπανσης του νερού, υπόκειται στους νόμους της Οικονομίας, μια και έχει ένα κόστος που αργά ή γρήγορα οι πολίτες θα κληθούν να καταβάλουν.

### 4.3 Προτάσεις

Από τα παραπάνω συμπεράσματα μπορούν να γίνουν οι εξής προτάσεις:

1. Νέες και πυκνότερες δειγματοληψίες στην ευρύτερη περιοχή έτσι ώστε να μελετηθεί η προέλευση των ρύπων στο πόσιμο νερό.
2. Δημιουργία θεματικών χαρτών με συνεχή ανανέωση της βάσης δεδομένων τους για τη σωστή εκτίμηση του βαθμού ρύπανσης.
3. Λειτουργία συστήματος μόνιμης παρακολούθησης της ποιότητας του πόσιμου νερού.
4. Οργάνωση συστήματος εντοπισμού και αντιμετώπισης εκτάκτων περιστατικών ρύπανσης.
5. Έλεγχος γεωτρήσεων και προγραμματισμός ορθολογικής διαχείρισης υπόγειου νερού.
6. Εφαρμογή του κώδικα ορθής γεωργικής πρακτικής στη λίπανση των καλλιεργειών, στη χρήση φυτοφαρμάκων και στη διαχείριση στερεών αποβλήτων ζώων.
7. Εφαρμογή της σχετικής νομοθεσίας και οργάνωση συστήματος τακτικών και έκτακτων ελέγχων σε περιοχές κινδύνου όπως ελαιοτριβεία, σκουπιδότοπους κτλ.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ainsworth R, ed. (2004) *Safe piped water: Managing microbial water quality in piped distribution systems*. IWA Publishing, London, for the World Health Organization, Geneva.

AOAC Official Method 974.27. Waters; and Salt, in *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL*. 16<sup>th</sup> Eds. Vol II., pp. 15-17.

APHA-AWWA-WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater, 21<sup>th</sup> Edition, American Public Health Association. 2005.

Appelo, CAJ and D. Postma. 1999. *Geochemistry, groundwater and pollution*. Rotterdam, A.A. Balkema, 1999. pp 536.

AS (1998) *Water quality – Sampling – Guidance on the design of sampling programs, sampling techniques and the preservation and handling of samples*. Australia and New Zealand Standards (AS/NZS 5667.1.1998).

AWA (AGLIAN WATER AUTHORITY), 1986. *River quality objectives*. Huntingdon.

Bartram J, Ballance R, eds. (1996) *Water quality monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes*. Published by E & FN Spon, London, on behalf of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, the World Health Organization and the United Nations Environment Programme.

Bohme, U., Schmidt, W., Dietrich, P.G., Matschi, A., Sacher, F. and H.J. Brauch. 1997. Trace analysis of bromate and bromide with ion chromatography on coated reversed phase materials. *Fresenius J. Anal. Chem.* 357: 629-634.

Bowen, H.J.M. 1979. *Environment Chemistry of the Elements*. Academic Press. London

Burns, K.N., Allcroft, R. 1964. Fluorosis in cattle. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. *Animal Diseases Surveys*. Report No 2, Part 1. H.M.S.O. London.

Cape J., D. Fowler and A. Davison. 2003. Fluorides and minor air pollutants. *Environment International* 29 : 201-211.

Codex Alimentarius Commission (1997) *Standard for natural mineral waters*. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization (CODEX STAN 108

Codex Alimentarius Commission (2001) *General standard for bottled/package waters (other than natural mineral waters)*. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization (CAC/RCP 48).

DIN 38405, Part 19 (1988) *Determination of the dissolved anions fluoride, chloride, nitrite, orthophosphate, bromide, nitrate, and sulfite in slightly contaminated water by ion chromatography*

Duncan C., L. Hong, R. Dykhuisen, R. Frazer, P. Johnston, G. MacNight, L. Smith, L. Kathryn, H. McKenzie, Les Batt, D. Kelly and C. Leifert. 1997. Protection against Oral and Gastrointestinal Diseases; Importance of Dietary Nitrate Intake, Oral Nitrate Reduction and Enterosalivary Nitrate Circulation. *Comp. Biochem Physiol.*, 118A (4) :939-948.

EC 98/83, Official Journal of European Communities, 4/5/1998.

EC. 1986. Council Directive 86/278/EEC. No. L 181/8. Official Journal of European Communities, 4/7/1986.

Edmunds, W.M. and P.L. Smedley. 2003. Fluoride in natural waters- occurrence, controls and health aspects. In Selenus O, Editor. *Medical geology. N.Y.* Academic Press.

Fuge, R. and M.J. Andrews. 1988. Fluorine in the U.K. environment. *Environ. Geochem. Health*, 10 (3/4): 96-104.

G. Guiochon: "Optimization in Liquid Chromatography". In: C. Horvath (ed.). *High Performance Liquid Chromatography*, Vol. 2. Academic Press, New York 1980

Goolsby, D.A. and W.A. Battaglin. 1993. Occurrence, distribution and transport of agricultural chemicals in surface water of the Midwestern USA. In : Selected Papers on agricultural chemicals in water resources of the midcontinental US (DA Goolsby, L.L. Boyer and G.E. Mallard Eds), US Geological Survey Open File Report 93-418, pp 1-25.

Gray, S.R. and N.S.C. Becker. 2002. Contaminant flows in urban residential water systems. *Urban Water* 4:331-346.

H. Small, T.S. Stevens, and W.C. Baumann, *Anal. Chem.* 47 (1975) 1801.

H.J. Mockel, Lecture: "Instrumental Analysis I". Technical University Berlin 1974 to 1984.

H.J. Mockel. In: J.C. Giddings, E. Grushka and P.R. Brown (eds.), *Advances in Chromatography*, Vol. 26. Marcel Dekker, New York 1987.

Hautman, D.P. and M. Bolyard. 1992. *J. Chromatography*, 602:65-74.

Havelaar AH, Melse JM (2003) *Quantifying public health risks in the WHO Guidelines for drinking-water quality: A burden of disease approach*. Bilthoven, National Institute for Public Health and the Environment (RIVM Report 734301022/2003).

Howard G, Bartram J (2003) *Domestic water quantity, service level and health*. Geneva, World Health Organization.

IPCS (1994) *Assessing human health risks of chemicals: derivation of guidance values for health-based exposure limits*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 170).

IPCS (2000) *Disinfectants and disinfectant by-products*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 216).

ISO (1991b) *Water quality – Measurement of gross alpha activity in non-saline water – Thick source method*. Geneva, International Organization for Standardization (International Standard 9696).

J. ABhauer and H. Ullner, “Quantitative Analysis”. In: H. Engelhardt and I. Halasz (eds), *Handbook of High Performance Liquid Chromatography*. Springer-Verlag, Heidelberg 1985.

J.H. Knox: “Theory of HPLC, Part 11: Solute Interactions with the Mobile Phase and Stationary Phases in Liquid Chromatography”. In: C.F. Simpson (ed.), *Practical High Performance Liquid Chromatography*. Heyden and Son, Chichester 1976

Joyce, R.J. and S.D. Harpreet. 1994. *J. Chromatography* 671: 165-171.

Justic, K. 1993. Transport of agricultural chemicals in surface water of the Midwestern USA. In : Selected Papers on agricultural chemicals in water Resources of the midcontinental US (DA.Goolsby, L.L. Boyer and G.E. Mallard Eds), US Geological Survey Open File Report 73-400, pp 1-15.

M. Tswett, *Ber Deut. Botan. Ges.* 24 (1906) 385

M. Tswett, *Trav. Soc. Nut. Var* 14 (1903) 1903

MAFF, 1988. *Reference Book* 209. HMSO, London.

- Mehlich, A. 1953a. Determination of P, Ca, Mg, K and NH<sub>4</sub>, North Carolina Soil Test Division, Raleigh.
- Mehlich, A. 1984a. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Commun. Soil Sci. Pant Anal.* 15: 1409-1419.
- Methods of Soil Analysis. Part 2 Chemical and Microbiological properties. Second Edition, USA 1982.
- Meybeck, M. 1989. Global freshwater quality. WHO, UNEP, NIWA, MFE. Blackwell Publ., pp.306.
- Millward, CG. and P.D. Kluckner. 1991. Determination of low levels of Cd in Marine and fresh water Sediments by GF-AAS Employing a Reduced Palladium Chloride Modifier and by ICP-AES. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry.* 6: 37-40
- Mitsch, W.I. and J.G. Gosselink. 1986. Wetlands. Van Norstrand Reinhold. N.Y. p 537.
- National Academy of Sciences and National Academy of Engineering. 1972. Water Quality criteria. U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C. Report, No EPA -R373-033, 592.
- Neal C., M. Neal, H. Davies and J. Smith. 2003. Fluoride in UK rivers. *The science of the total Environment.* Available online Science Direct, Elsevier.
- Neal J., D. Fowler and A. Davison. 2003. Ecological effects of sulfur dioxide, fluorides and minor air pollutants: recent trends and research needs. *Enviroment International*, 29: 201-211.
- Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1982. Total carbon, Organic, Carbon and Organic Matter, *In Methods of Soil Analysis Part II- Chemical and Microbiological Properties*; Page, A.L., Miller, H. R; Keeny, R.D. Eds; American Society of Agronomy, Inc. Soil Science of America. Inc. Madison. Wisconsin USA. pp. 539-577.
- Nguyen, V.D. 1996. Ion Chromatographic determination of trace anions and cations in high purity water. *Fresenius J. Anal. Chem.* 354: 738-741.
- Olsen, S.R. and L.E. Sommers. 1982. Phosphorus pages 403-430 In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney, (eds). *Methods of Soil Analysis Part 2*, ed. Agronomy No 9, ASA. Madison WI. USA.
- Passell, T.O. 1994. *J. Chromatgr.* 671: 331-337.

- Persock J., K.A. Shields and W.W. Cairns. 1997. *Theory and practise in Ion Chromatography*. Oxford.
- Pickering, W.F. 1985. The mobility of soluble fluoride in soils. *Environ. Pollut.*, 9:281-308.
- Power, J.F. and J.S. Schepers. 1989. Nitrate Contamination of Groundwater in North America. *Agric. Ecos. and Environ.* 26:165-187.
- Robertson, D.E. 1972. In: Zief M., Speights R. (eds). *Ultrapurity. Methods and Techniques*. Dekker, NY, pp. 207-253.
- Ryden, G.C., G.K. Syers and R.F. Harris. 1973. Phosphorus in runoff and streams. *Advances in Agronomy*, 25: 1-45.
- S.S. Heberling: "Recent Advances in Metals Determination by Ion Chromatography". Presentation *Pittsburgh Conference* 1986, Atlantic City, N.J., USA.
- Sharma S.K., 2003. High fluoride in Groundwater Cripples Life in Parts Of India. *Proc. 7<sup>th</sup> Intern. Conf. On the Biogeochem. Of Trace Elements*. Uppsala. pp.22-25.
- Theocharopoulos, S.P., M. Karagianni-Christou, P. Gatzogianni, P. Papadopoulos, C. Paschalides, P. Dimitropoulos and G. Antonakopoulos, 1989. An approach to measure nitrate in Kopaidis area in Greece. Preliminary results in: *Management Systems to Reduce Impacts on Nitrates*. ed. German G.C./Elsevier *Applied Sciences* and C.E.C. London and NY.
- Thompson T et al. (2004) *Chemical safety of drinking-water: Assessing priorities for risk management*. Geneva, World Health Organization.
- USEPA, 1991. Drinking water regulations. *USEPA Publ.* USA.
- USEPA, 1991. Drinking water regulations. *USEPA, 810-F-94-001*. USA.
- USEPA, 2000. Drinking water regulations. *USEPA, F-00-008*. USA.
- WHO (1983) Article 14.2. In: *International Health Regulations (1969)*, 3rd annotated ed. (updated and reprinted in 1992 and 1995). Geneva, World Health Organization.
- WHO (1997) *Guidelines for drinking-water quality*, 2nd ed. Vol. 3. *Surveillance and control of community supplies*. Geneva, World Health Organization.
- WHO (in preparation) *Managing the safety of materials and chemicals used in the production and distribution of drinking-water*. Geneva, World Health Organization.
- WHO (in preparation) *Protecting groundwaters for health – Managing the quality of drinking-water sources*. Geneva, World Health Organization.

WHO (in revision) *Guidelines for safe recreational water environments*. Vol. 2. *Swimming pools and similar recreational water environments*. Geneva, World Health Organization, Water, Sanitation and Health.

Wilcock, R.J. 1986. Agricultural runoff : A source of water pollution in N. Zealand. *N.Z. Agric. Sci.* 20:98-103.

World Health Organization. 2003. *Guidelines for drinking water quality*.

ΕΛΟΤ: Ελληνικό Πρότυπο Ποιότητας Νερού, ΕΛΟΤ 647, Αθήνα, 1983.

Ζανάκη Κ. 1996. Έλεγχος Ποιότητας νερού. Εκδόσεις Ίων.

ΙΓΜΕ, 1983. Γεωλογικοί χάρτες.

Λέκκας, Θ. 1996. Περιβαλλοντική μηχανική. Διαχείριση υδατικών πόρων. Εκδ. Παν. Αιγαίου. Σελ. 676.

Μήτσιος, Ι.Κ. 1994. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση λιπασμάτων στις καλλιέργειες. Πανεπιστημιακή έκδοση. Βόλος.

Μιγγίρος Γ.Π. 1986. Οι οφιόλιθοι της Αν. Θεσσαλίας. *Γεωλογικές και Γεωμορφολογικές μελέτες*. ΙΓΜΕ. Σελ. 249-268.

Μιγγίρος Γ.Π. 1991. Στρωματογραφία- Εφαρμοσμένη Γεωλογία. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις. Σελ. 75.

Μιγγίρος Γ.Π. 1993. Ο Πυριτικός Σχηματισμός ενστρωμένου σιδήρου και οι θειούχες μεταλλικές αποθέσεις της περιοχής Κλαμακίου. *Mineral Wealth*. 82: 33-41

Μιγγίρος Γ.Π. 1998. The Mineral Wealth of Thessaly. Geotectonic setting- resource development. *Mineral Wealth*. 108:15-26.

Παπαδογιάννης, Ι.Ν. 2000. Εργαστηριακές Ασκήσεις Ενόργανης Χημικής Ανάλυσης. (Ιοντική Χρωματογραφία). Εκδόσεις Πήγασος 2000. Θεσσαλονίκη.

Παπανικολάου, Δ.Ι. 1986. Γεωλογία της Ελλάδας. Εκδόσεις Επτάλοφος Α.Β.Ε.Ε. Σελ. 240

Σαβάλας Π. 1990. Το Ελληνικό Περιβάλλον. Θεσσαλονίκη. Σελ. 46.

ΦΕΚ, 1986-1994. Νομοθεσία για το νερό και το υδάτινο περιβάλλον. ΦΕΚ, Β53/20-2-86, 438Β/3-7-86, 197<sup>Α</sup>/11-11-87, 126Β/3-3-88, 196Β/6-4-88, 90Α/11-7-90, 323Β/13-5-91, 843Β/11-11-94, 123Α/21-7-94, 160Α/18-10-86.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000097642