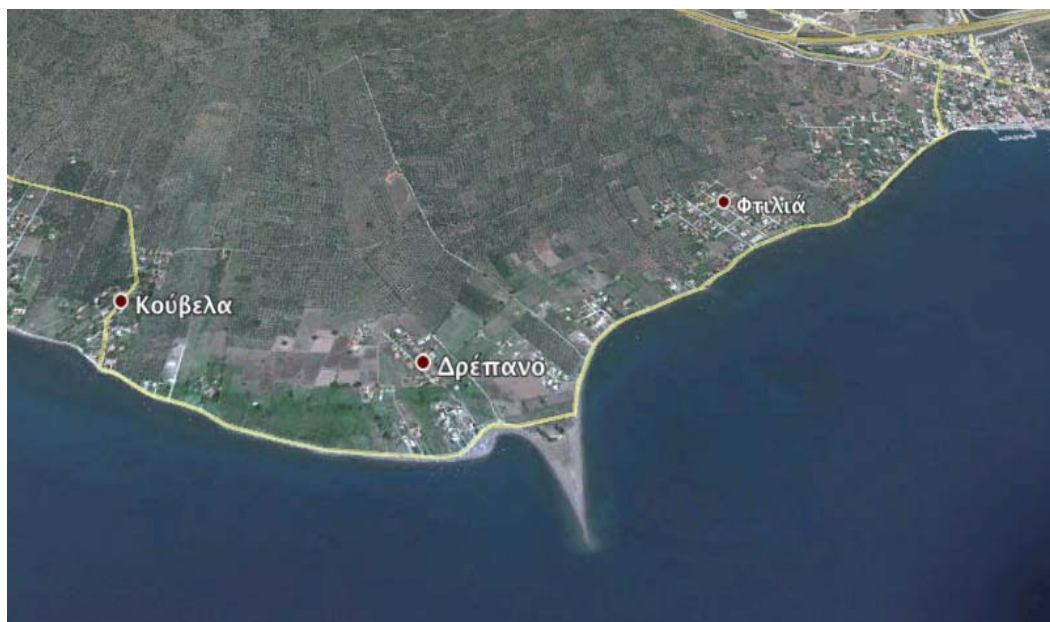


ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ
ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Διπλωματική Εργασία με θέμα:
Ποιότητα των υπογείων νερών της παράκτιας περιοχής Ράχες
Φθιώτιδας



Αδρασκέλας Κωνσταντίνος Περικλής (ΑΕΜ 3819)
Καφούσης Λάμπρος (ΑΕΜ 3867)

Επιβλέπων καθηγητής: Βουδούρης Κωνσταντίνος

Θεσσαλονίκη
Μάρτιος 2013

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του μαθήματος «ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ» με επιστημονικό υπεύθυνο τον επίκουρο καθηγητή του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης Κωνσταντίνο Βουδούρη, τον οποίο και ευχαριστούμε για την πολύτιμη καθοδήγηση που μας παρείχε και την υπομονή που επέδειξε.

Επίσης, ευχαριστίες αρμόζουν στον Δρ. Κακλή Τριαντάφυλλο και στον Δρ. Σωτηριάδη Μιχάλη καθώς η συμβολή τους ήταν πολύ σημαντική για την διεκπεραίωση της εργασίας. Επιπλέον θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον συνάδελφό μας και φίλο Στεργιούλα Στέλιο για την πολύτιμη βοήθειά του. Τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειές μας για την αμέριστη στήριξή τους.

Περίληψη

Η μελέτη των υδρογεωλογικών συνθηκών μιας περιοχής βοηθά στην εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν στην ποσότητα και ποιότητα των υπογείων νερών. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων 15 δειγμάτων υπόγειου νερού από την παράκτια περιοχή του οικισμού Ραχών Φθιώτιδας. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων προκύπτει ότι στα περισσότερα δείγματα επικρατεί ο τύπος ασβεστούχος – μαγνησιούχος – οξυανθρακικός ($\text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+} - \text{HCO}_3$). Επίσης τα νερά χαρακτηρίζονται ως γλυκά και καλής έως μέτριας ποιότητας.

Abstract

The study of the hydrogeological conditions of an area helps to draw conclusions regarding the quantity and quality of groundwater resources. The present study uses the results of chemical analyzes of 15 ground water samples from the coastal area of the settlement Raches in Fthiotida. By examining the results of the chemical analyzes it has been indicated that in the majority of the samples, prevails the type $\text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+} - \text{HCO}_3$. Also the waters are described as sweet and good to moderate quality.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<u>ΠΕΡΙΛΗΨΗ – ABSTRACT</u>	σελ. 3
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο</u>	σελ. 6
1.1 Εισαγωγή	σελ. 6
1.2 Στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν	σελ. 7
1.3 Μεθοδολογία της έρευνας	σελ. 8
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο</u>	σελ. 9
<u>ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ - ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ</u>	
2.1 Περιοχή μελέτης	σελ. 9
2.2 Γεωμορφολογία	σελ. 10
2.3 Υδρογραφικό δίκτυο	σελ. 12
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο</u>	σελ. 14
<u>ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ</u>	
3.1 Γεωλογία της περιοχής	σελ. 14
3.2 Γεωλογικός χάρτης	σελ. 17
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο</u>	σελ. 20
<u>ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ</u>	
4.1 Γενικά	σελ. 20
4.2 Λιθολογικές τομές γεωτρήσεων	σελ. 22
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο</u>	σελ. 27
<u>ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ</u>	
5.1 Γενικά	σελ. 27
5.2 Θερμοκρασία αέρα	σελ. 28
5.3 Βροχόπτωση	σελ. 29
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο</u>	σελ. 31
<u>ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ</u>	
6.1 Γενικά	σελ. 31
6.2 Χημικές αναλύσεις	σελ. 32
6.3 Ιστογράμματα συχνοτήτων PH και κύριων ιόντων	σελ. 38
6.4 Ακτινικά πολυγωνικά διαγράμματα	σελ. 43
6.5 Ιοντικοί λόγοι	σελ. 50
6.6 Συσχέτιση ιόντων	σελ. 53
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο</u>	σελ. 57
<u>ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ</u>	
7.1 Γενικά	σελ. 57
7.2 Διάγραμμα Piper – De Wiest	σελ. 58
7.3 Διάγραμμα Durov	σελ. 59
7.4 Διάγραμμα Schoeller	σελ. 60
7.5 Διάγραμμα S.A.R.	σελ. 61
7.6 Διάγραμμα Wilcox	σελ. 64
7.7 Ταξινόμηση κατά Hem	σελ. 65

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ^ο	σελ . 66
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	σελ. 68
ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ	σελ. 69
ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ	σελ. 84
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	σελ. 92

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι ο έλεγχος της ποιότητας του νερού των υπογείων υδροφόρων της περιοχής Ραχών του νομού Φθιώτιδας. Η περιοχή έρευνας καλύπτει την παράκτια περιοχή δυτικά του οικισμού των Ραχών έως το χωριό Κουβέλα. Για την περάτωση της εργασίας συλλέχθηκαν και επεξεργάστηκαν δείγματα νερού από 15 γεωτρήσεις της περιοχής. Η συλλογή και οι χημικές αναλύσεις των δειγμάτων έγιναν κατά το διάστημα Μάιος – Σεπτέμβριος 2009.

Παράλληλα, με τα δείγματα συλλέχθηκαν πληροφορίες για το κλίμα, την μορφολογία, και τη γεωλογία της περιοχής μελέτης, τα οποία παρουσιάζονται στα επόμενα κεφάλαια και οδήγησαν στην εξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά στην ποιότητα των υδάτων του παράκτιου υδροφορέα.

Η συλλογή των δειγμάτων έγινε με επιτόπια έρευνα της εκάστοτε γεώτρησης. Τα δείγματα επεξεργάστηκαν στο εργαστήριο τεχνικής γεωλογίας και υδρογεωλογίας του Α.Π.Θ και τα συμπεράσματα προέκυψαν τόσο από τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων όσο και από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση η οποία βοήθησε στον σχολιασμό τους.

1.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

Τα στοιχεία και οι χάρτες που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση αυτής της εργασίας ανήκουν κυρίως σε δημόσιους φορείς και είναι:

- Λιθολογική τομή των γεωτρήσεων σε συνδυασμό με τις χημικές αναλύσεις των υπογείων νερών.
- Οι χημικές αναλύσεις των δειγμάτων του νερού πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο υδρογεωλογίας του τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ.
- Διάφορα διαγράμματα, όπως του Breddin στο οποίο πραγματοποιείται αντιστοιχία μεταξύ τιμών περατότητας και χαλαρών σχηματισμών και το αντίστοιχό του για βραχώδεις σχηματισμούς ή το διάγραμμα που συνδέει το μέγεθος των κόκκων των σχηματισμών με το πάχος των υδροφόρων και την μεταβιβαστικότητα.
- Ακόμη έγινε χρήση υδροχημικών διαγραμμάτων που στοχεύουν ανάλογα στην κατάταξη των νερών (Piper ή De Wiest), στον καθορισμό της καταλληλότητας αυτών για πόση (Waterlot) ή για άρδευση (U.S Salinity Laboratory).
- Χάρτης του ΙΓΜΕ σε κλίμακα 1:50.000 στον οποίο αποτυπώνεται η περιοχή μελέτης καθώς και δορυφορικές – φωτογραφικές εικόνες, χάρτης απεικόνισης της περιοχής με ισοϋψείς και τοπογραφικός χάρτης.
- Η σχεδίαση του χάρτη με την προβολή της θέσης των γεωτρήσεων έγινε με τη χρήση του προγράμματος ArcMap 10.

Οι χάρτες που χρησιμοποιούνται, εκτός του ότι βοηθούν στην απόκτηση μιας γενικότερης αντίληψης του χώρου χρησιμεύουν άμεσα στην εφαρμογή του προγράμματος της ψηφιοποίησης.

Τελικά, κύριος σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η όσο το δυνατόν πιο διεξοδική επεξεργασία των υπάρχοντων στοιχείων και η ψηφιακή παρουσίαση των αποτελεσμάτων, ικανή να ανταποκριθεί στις σύγχρονες απαιτήσεις.

1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η εργασία, εκτός από τα γενικά στοιχεία και τη γεωλογική διερεύνηση της περιοχής, ουσιαστικά πραγματεύεται δύο κύρια θέματα, αυτό των υδρογεωλογικών και εκείνο των υδροχημικών συνθηκών της περιοχής. Η υδρογεωλογική μελέτη συνιστάται από επιμέρους κεφάλαια, όπως υδρολιθολογία και πιεζομετρία που έχουν διαχωριστεί με σκοπό την λεπτομερέστερη ανάλυση των στοιχείων. Ακρογωνιαίος λίθος για την επίτευξη της εργασίας αυτής, είναι η ψηφιοποίηση του τοπογραφικού χάρτη της περιοχής και η τοποθέτηση των τοπωνυμίων και των γεωτρήσεων πάνω σε αυτόν.

Ως προς τα υπόλοιπα η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται είναι απόρροια μιας κοινής φιλοσοφίας. Σύμφωνα με αυτή λοιπόν, η αρχή κάθε υποκεφαλαίου αποτελεί μια πιο ειδική εισαγωγή στο αντίστοιχο θέμα, στην οποία αναφέρονται όλα τα στοιχεία και οι τρόποι με τους οποίους αυτά αξιοποιούνται.

Στη συνέχεια ακολουθούν οι συγκεντρωτικοί πίνακες τιμών υδρογεωλογικών και υδροχημικών στοιχείων. Η κατασκευή των χαρτών βασίζεται στη γνώση των απόλυτων συντεταγμένων των γεωτρήσεων που κατακτάται μέσω της ψηφιοποίησης που έχει προηγηθεί με τη χρήση του προγράμματος ArcMap 10.

Τελικά, χρήσιμα συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν από την αξιολόγηση όλων των ανωτέρω στοιχείων, ικανά να διαμορφώσουν την κρίση του γεωλόγου σε σχετικά θέματα και να επηρεάσουν το υδρογεωλογικό μέλλον της περιοχής. Έτσι είναι δυνατή η επιτυχής διάνοιξη βαθιών ή ρηχών γεωτρήσεων σε θέσεις υψηλής ή χαμηλής απόδοσης αντίστοιχα, με πρωταρχικό στόχο την άμεση εξυπηρέτηση των αναγκών των πολιτών, είτε πρόκειται για άρδευση καλλιεργειών, είτε για πόση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ - ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

2.1 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ο νομός Φθιώτιδας βρίσκεται στην κεντρική Ελλάδα συνορεύοντας βόρεια με τέσσερις νομούς της Θεσσαλίας, της Μαγνησίας, της Λαρίσης και της Καρδίτσας. Ανατολικά βρέχεται από τον Ευβοϊκό και τον Μαλιακό κόλπο που εισχωρεί 25 km μέσα στην στεριά. Σαν περιοχή μελέτης ορίζεται από τη δειγματοληψία του νερού μέσω γεωτρήσεων η ευρύτερη περιοχή των Ραχών η οποία βρίσκεται στα ανατολικά του νομού και συγκεκριμένα μεταξύ των οικισμών Κουβέλα και Ράχες. Η περιοχή είναι παράκτια και χαρακτηρίζεται από ήπιο ανάγλυφο. Χαρακτηρίζεται από ομαλό έδαφος, δηλαδή από έδαφος με μικρή μορφολογική κλίση χωρίς σημαντικές εξάρσεις. Το μέγιστο υψόμετρο της περιοχής είναι περίπου 40 m και αναπτύσσεται μέτρια ανεπτυγμένο υδρογραφικό δίκτυο. Η ακτή αποτελεί το παράλιο τμήμα ενός ανοιχτού κόλπου και ενός ακρωτηρίου.



Σχήμα 2.1. Τοποθεσία περιοχής μελέτης στον ελληνικό χώρο.

2.2 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Όσον αφορά την μορφολογία του Δήμου παρατηρείται ποικιλομορφία στο ανάγλυφο της περιοχής, καθώς εκτείνεται στους πρόποδες της Όθρυς με αμφιθεατρική διάταξη στο κέντρο ενός απέραντου ελαιώνα, γεγονός που ενισχύει την φυσική και αισθητική ιδιαιτερότητά της. Οι περισσότεροι οικισμοί που αποτελούν το Δήμο βρίσκονται στους πρόποδες του όρους Όθρυς. Με εξαίρεση τους παραθαλάσσιους οικισμούς (όπως η Αγία Μαρίνα, ο Καραβόμυλος, ο Αχινός και οι Ράχες) που βρίσκονται χτισμένοι σε πεδινές περιοχές, οι υπόλοιποι οικισμοί, συμπεριλαμβανομένης και της Πελασγίας, (παλιάς έδρας του ομώνυμου Δήμου), παρουσιάζουν σημαντικές κλίσεις και υψομετρικές διαφορές μεταξύ των υψηλότερων και χαμηλότερων σημείων τους.

Αναλυτικότερα, η περιοχή στο μεγαλύτερο τουλάχιστον μέρος της είναι λοφώδης. Η έντονη διάβρωση των σχηματισμών των ορεινών όγκων έχει δημιουργήσει εκτεταμένα αλλουβιακά ριπίδια που αναπτύσσονται ακτινωτά από την πηγή τροφοδοσίας προς τη θάλασσα.

Η αποσάθρωση - διάβρωση των περιδοτιτών στο δυτικό τμήμα της περιοχής δημιουργεί λοφώδες ανάγλυφο με συχνά σημαντικού πάχους μανδύα αποσάθρωσης και διευρυμένες κοίτες χειμάρρων με απόθεση ποταμοχειμάρρειων αποθέσεων. Τα υψόμετρα της ευρύτερης περιοχής κυμαίνονται από 0-350m, αλλά συγκεκριμένα για την περιοχή μελέτης από 0-40m. Οι μισγάγγειες της περιοχής ακολουθούν κυρίως διεύθυνση B-N, ενώ οι ορεινοί όγκοι διαμορφώνονται συχνά με μεγάλο άξονα διεύθυνσης A-Δ ως ΒΔ-ΝΑ. Αυτές οι διευθύνσεις των ορίων των ορεινών όγκων σχετίζονται με το τεκτονικό καθεστώς του Μαλιακού κόλπου. Χαράδρες με διεύθυνση ΝΔ-ΒΑ εμφανίζονται, επίσης, συνήθως μικρού μήκους, καθώς και κλειστές κοιλάδες με διεύθυνση A-Δ ως ΒΔ-ΝΑ.

Αναφορικά με τις κλίσεις του αναγλύφου, αυτές κυμαίνονται από 15-50% για τις περιοχές των ασβεστολιθικών, κερατολιθικών όγκων, 10 – 27% για τις λοφώδεις περιοχές περιδοτιτών, 7-15% για τις περιοχές αλλουβιακών ριπιδιών, 2-5% για τους κώνους κορρημάτων και 2-3% για τις ποτάμιες αποθέσεις.



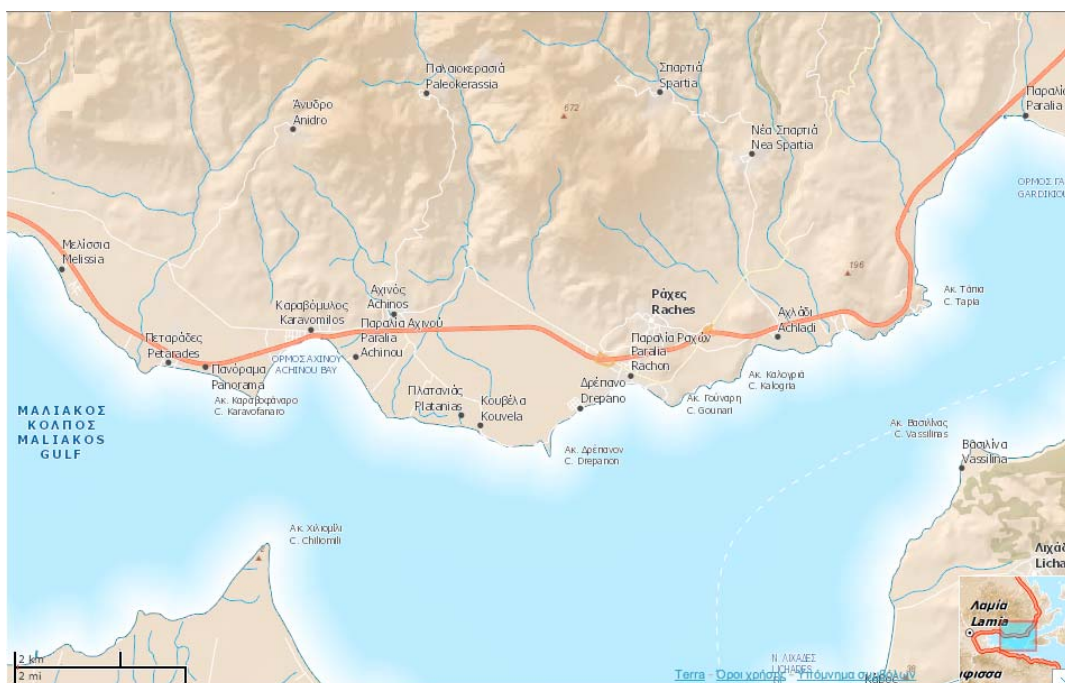
Σχήμα 2.2. Τοπογραφικός χάρτης περιοχής μελέτης

2.3 ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Ο όρος υδρογραφικό δίκτυο είναι το σύνολο των ρυακιών, χειμάρρων, παραποτάμων και ποταμών από τους οποίους αποστραγγίζεται μια περιοχή.

Ένα υδρογραφικό δίκτυο εμφανίζεται σε διάφορες μορφές που εξαρτώνται από τα λιθολογικά, γεωλογικά, τεκτονικά και κλιματολογικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής. Στην περίπτωση της υπό μελέτη περιοχής εμφανίζεται κυρίως η μορφή δενδριτικού τύπου δικτύου. Ο τύπος αυτός είναι ο περισσότερο συνηθισμένος. Οι ποτάμιοι κλάδοι, αυτού του τύπου υδρογραφικού δικτύου, ενώνονται μεταξύ τους με διάφορες γωνίες.

Το υδρογραφικό δίκτυο αναπτύσσεται παράλληλα στους προσανατολισμούς που αναφέρθηκαν παραπάνω και κυρίως στον προσανατολισμό B-N με μεγάλο μήκος δημιουργώντας κλάδους ως 3ης τάξης, ενώ δευτερευόντως αναπτύσσεται με προσανατολισμό A-Δ ως ΒΔ-ΝΑ με μικρότερους κλάδους 2ης τάξης και τέλος με προσανατολισμό ΝΔ-ΒΑ εμφανίζονται μεμονωμένοι κλάδοι 1ης τάξης, μικρού μήκους. (Καραπατή Αν., 2010)



Σχήμα 2.3 Υδρογραφικό δίκτυο ευρύτερης περιοχής.



Εικόνα 2.1 Αεροφωτογραφία της περιοχής μελέτης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΟΙΧΕΙΑ

3.1 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

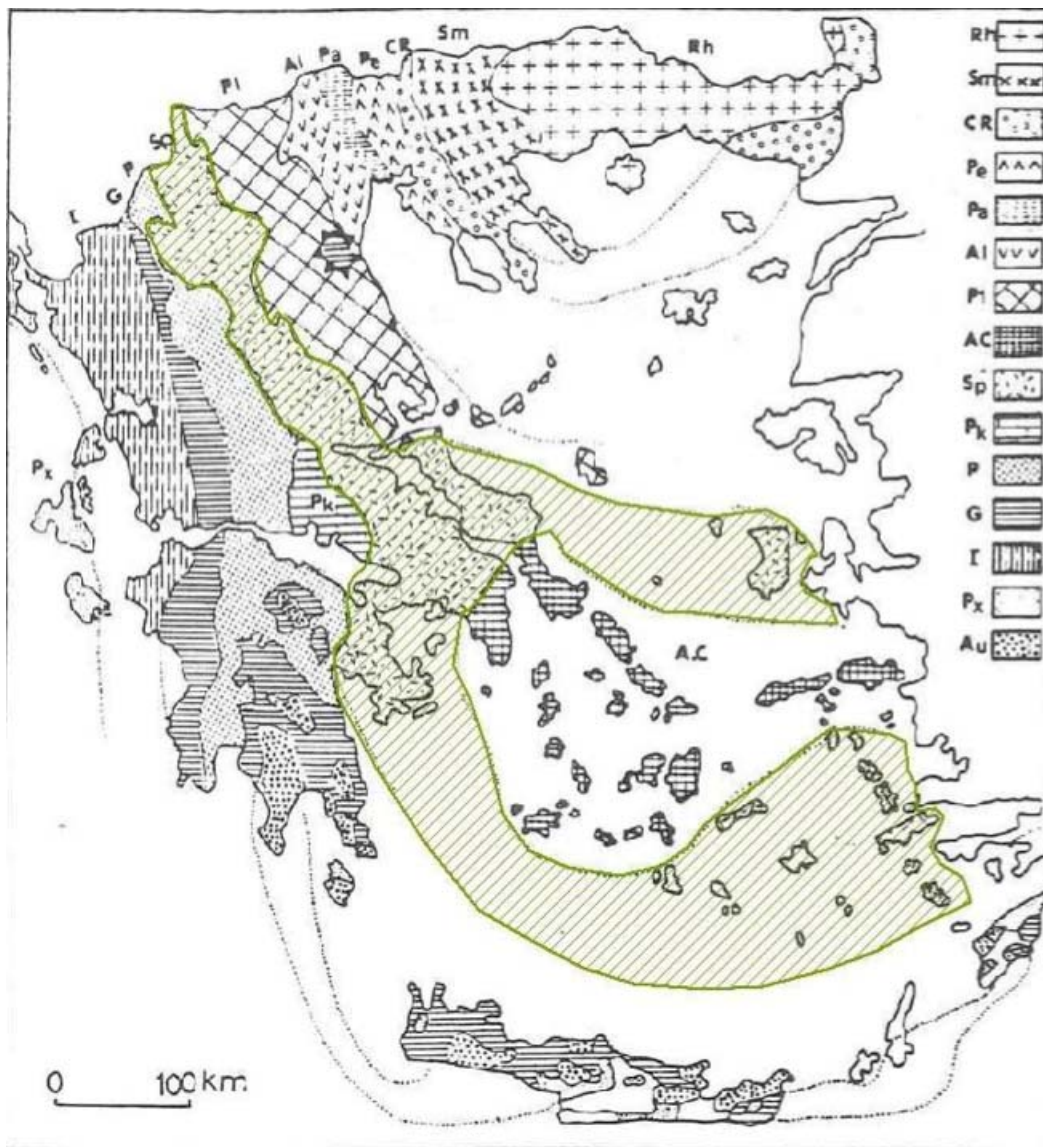
Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που αποτελούν το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής μελέτης είναι οι οφιόλιθοι, οι σχιστοκερατόλιθοι και οι αλλουβιακές αποθέσεις. Οι οφιόλιθοι γνωστοί και ως οφιολιθικό σύμπλεγμα ή οφιολιθική σειρά αποτελούν σχηματισμούς μεσωοκεάνιας ράχης και αναφέρονται σε μια λιθοστρωματογραφική σειρά η οποία από κάτω προς τα επάνω περιλαμβάνει:

- I. Υπερβασικό σύμπλεγμα: αποτελείται από χαρτζβουργίτες, λερζόλιθους και δουνίτες, συνήθως με μεταμορφική τεκτονική υφή (μεταμορφικοί τεκτονίτες), οι οποίοι συχνά συνοδεύονται από χρωμικά κοιτάσματα λοβόμορφου τύπου.
- II. Γαββρικό σύμπλεγμα: περιλαμβάνει περιδοτίτες, πυροξενίτες, γάββρους, διορίτες και πλαγιογρανίτες, συνήθως με σωρείτικους χαρακτήρες.
- III. Βασικό σύμπλεγμα πολλαπλών φλεβών: αποτελείται από διαβασικά σώματα ή και διαβασικές φλέβες.
- IV. Βασικό ηφαιστειακό σύμπλεγμα: περιλαμβάνει λάβες οι οποίες εμφανίζουν προσκεφαλοειδείς δομές (pillow lavas).
- V. Εναλλαγές λαβών με πελαγικά ιζήματα.
- VI. Ιζηματογενείς σειρές βαθιάς θάλασσας (Ελευθεριάδης Γ. και Κορωνάιος Α., 2004).

Στην Ελλάδα τα οφιολιθικά συμπλέγματα σχηματίζουν δυο ευδιάκριτες παράλληλες λωρίδες, με γενική διεύθυνση ΒΔ – ΝΑ. Η ανατολική λωρίδα αναπτύσσεται στη ζώνη Αξιού και περιλαμβάνει χαρτζβουργίτες, δουνίτες, ολιβινικούς γάββρους, τοναλίτες και χαλαζιακούς θολειίτες. Οι οφιόλιθοι της δυτικής λωρίδας αποτελούν βασικό σχηματισμό της Υποπελαγονικής ζώνης και αποτελούνται κυρίως από λερζόλιθους, σιδηρόγαββρους και ολιβινικούς θολειίτες. Για την προέλευση των ελληνικών οφιολίθων έχουν διατυπωθεί κατά καιρούς διάφορες απόψεις. Κατά μια άποψη οι οφιόλιθοι της ανατολικής ζώνης συνδέονται με το κλείσιμο του ωκεανού του Αξιού (Παλαιό – Τηθύος) κατά την διάρκεια του Μέσο – Άνω Ιουρασικού, ενώ οι οφιόλιθοι της δυτικής ζώνης συνδέονται με το

κλείσιμο της Νεο – Τηθύος (θέση Υποπελαγωνικής – Πίνδου) κατά το διάστημα Ιουρασικού – Κρητιδικού.

Το όνομα οφιόλιθος προέρχεται από την ελληνική λέξη όφης και αρχικά χρησιμοποιήθηκε για την περιγραφή ορισμένων σερπεντινιτών οι οποίοι παρουσιάζουν διάστικτη, πρασινωπή και λαμπερή εμφάνιση, όμοια με το δέρμα φιδιού. Στη συνέχεια ο όρος οφιόλιθος χρησιμοποιείται ως γεωλογικός σχηματισμός πετρωμάτων, των περιδοτιτών γάββρων και διαβασών, που είναι γνωστοί και ως Τριάδα του Steinmann.

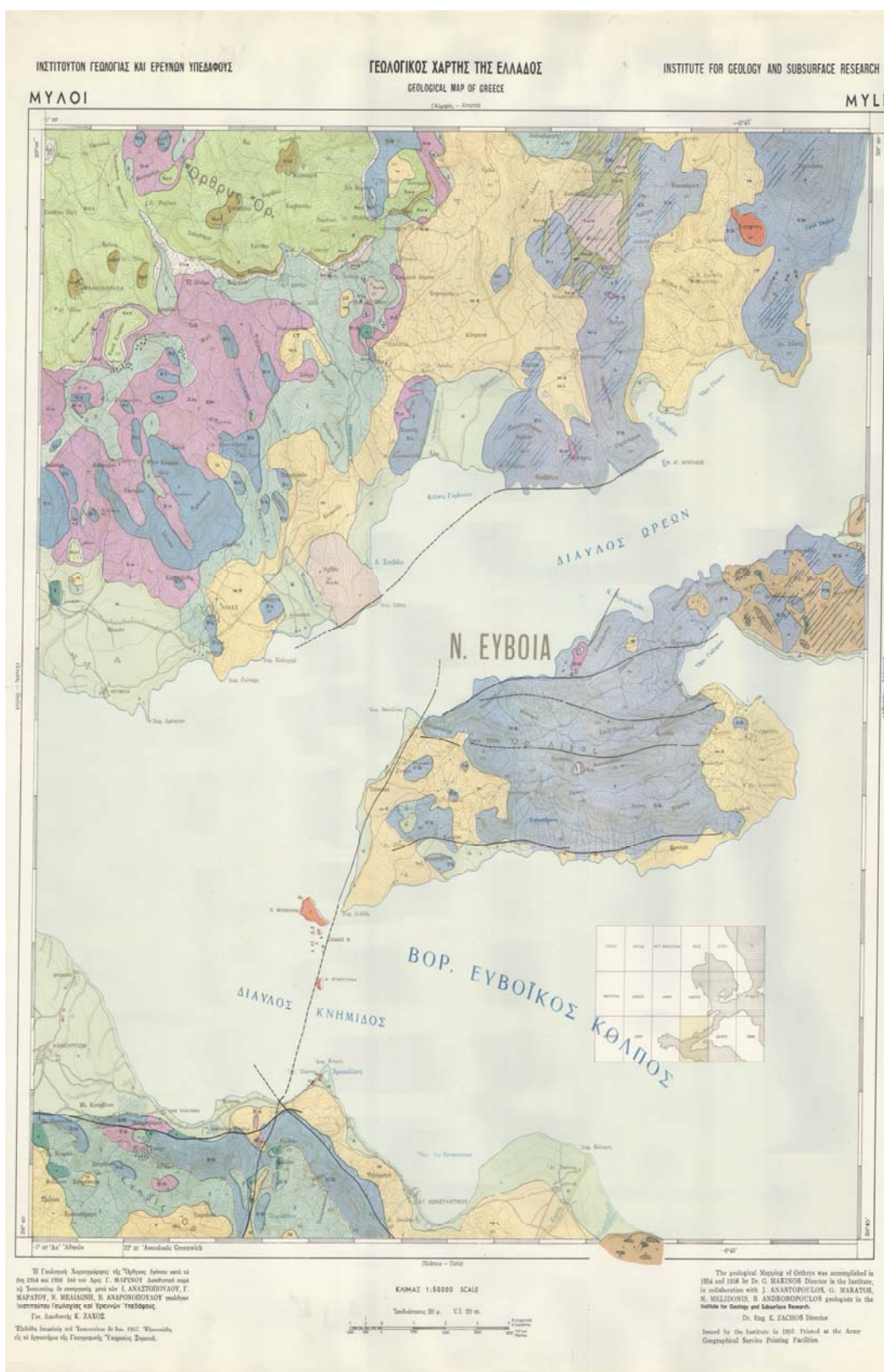


Σχήμα 3.1 Η Υποπελαγονική ζώνη σε σχέση με τις υπόλοιπες Ελληνίδες ζώνες.

Οι σχιστοκερατόλιθοι είναι ιζήματα του Ιουρασικού - Κατώτερου Κρητιδικού που αποτελούνται από εναλλαγές κερατόλιθων με ερυθρωπούς αργιλικούς σχιστόλιθους, αργιλομαργαϊκούς σχιστόλιθους, μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, ψαμμίτες καθώς και εμφανίσεις λεπτών ανθρακικών ενστρώσεων. Οι σχιστοκερατόλιθοι θεωρούνται ημιπερατοί σχηματισμοί, παρουσιάζουν ισχυρό κερματισμό, σαφή διαχωρισμό των επιφανειών στρώσης και έντονη καταπόνηση, λόγω της τεκτονικής των λεπίων και εφιπτεύσεων και παρουσιάζουν αντοχές που μειώνονται σημαντικά στις ζώνες των πρανών με μεγάλη κλίση και έντονη τεκτονική καταπόνηση. Γενικά εμφανίζει υψηλό βαθμό αποσάθρωσης. Η υδροπερατότητα τους είναι μικρή και παρουσιάζεται αυξημένη μόνο τοπικά, όπου επικρατούν κερατολιθικά και ασβεστολιθικά πετρώματα. Γενικά έχουν συμπεριφορά σκληρού εδάφους. Αυτές οι συνθήκες σε συνδυασμό με έντονο ανάγλυφο, δημιουργούν συχνά κατολισθητικές κινήσεις υπό μορφή μεταθετικών ολισθήσεων και καταπτώσεων.

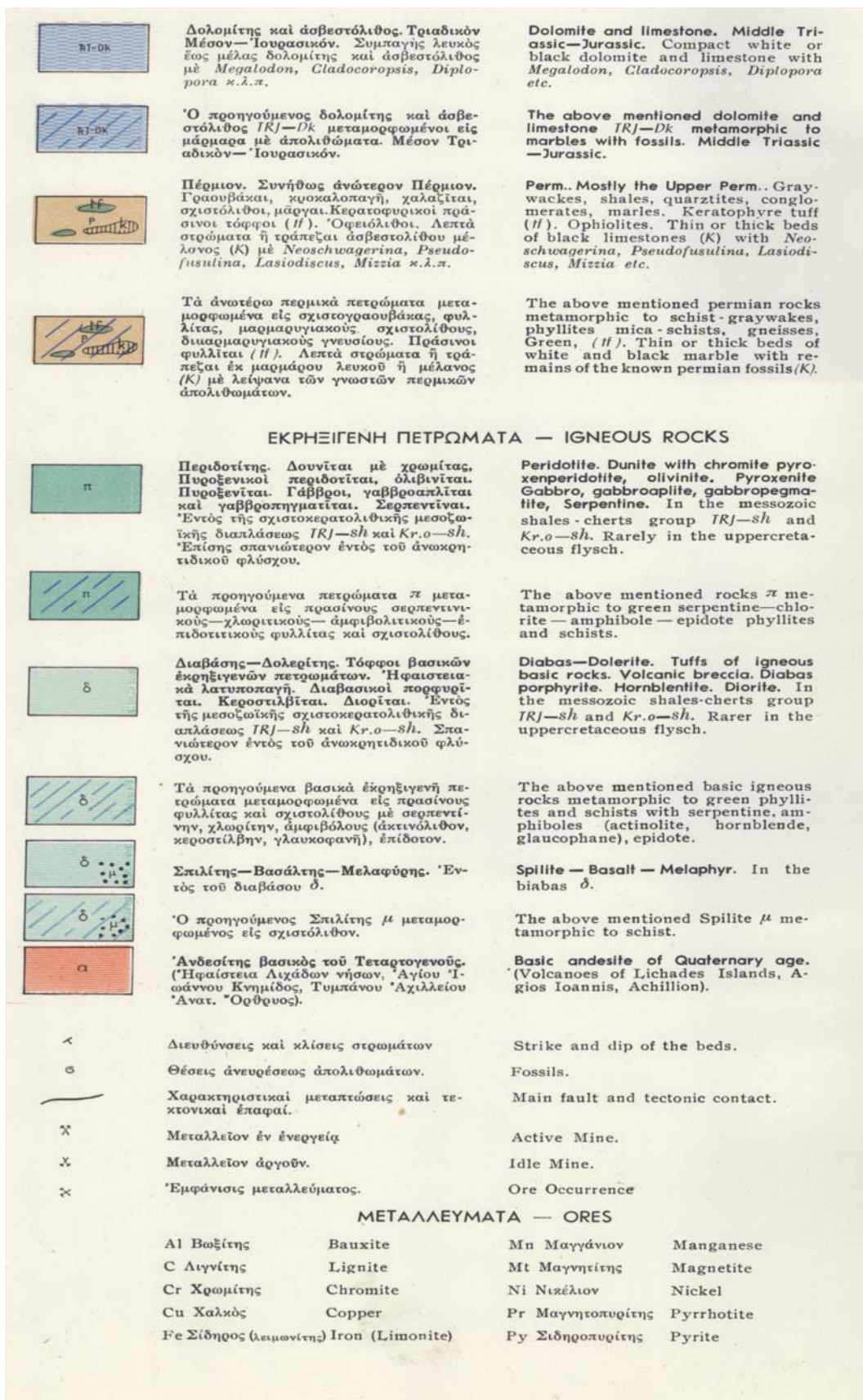
Οι αλλουβιακές αποθέσεις ή αλλιώς χαλαρές ολοκαινικές αποθέσεις πρόκειται για σύγχρονες προσχώσεις κοιλάδων και πεδιάδων. Σχηματίστηκαν κατά την εποχή του Ολοκαίνου της Τεταρτογενούς περιόδου, συνεπώς θεωρούνται οι νεότεροι γεωλογικοί σχηματισμοί. Οι αλλουβιακές αυτές προσχώσεις αποτελούνται κυρίως από λεπτόκοκκα υλικά, όπως οι άργιλοι, οι ιλύες, οι άμμοι και τα χαλίκια. Οι σχηματισμοί αυτοί είναι οι παλαιοί και νέοι κώνοι κορημάτων, τα αλλουβιακά ριπίδια και τα πλευρικά κορήματα.

3.2 ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ



Εικόνα 3.2.1 Γεωλογικός χάρτης – ΦΥΛΛΟ ΜΥΛΟΙ

Εικόνα 3.2.2 Υπόμνημα μέρος 1^ο του γεωλογικού χάρτη - ΦΥΛΛΟ ΜΥΛΟΙ



Εικόνα 3.2.3 Υπόμνημα μέρος 2^ο του γεωλογικού χάρτη - ΦΥΛΛΟ ΜΥΛΟΙ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Περατότητα ή υδροπερατότητα, λέγεται η ιδιότητα των πετρωμάτων και σχηματισμών να επιτρέπουν την κίνηση των υγρών (των ρευστών γενικότερα), δια μέσου αυτών. Το νερό π.χ. μπορεί να ρέει δια μέσου του συστήματος αγωγών που δημιουργούν οι μικροί ή μεγάλοι πόροι και τα μικρά ή μεγάλα ενδιάκενα που πρωτογενώς, δηλαδή από τη γένεση του είχε το πέτρωμα ή σχηματισμός (όπως π.χ. οι διάφορες προσχώσεις, οι ψαμμίτες, τα κροκαλοπαγή κλπ. που ήδη ονομάσθηκαν κοκκώδεις ή πορώδεις σχηματισμοί). Η ροή του νερού μπορεί ακόμα να γίνεται δια μέσου συστήματος ρωγμών ή σειράς εγκοίλων κλπ. που σχηματίστηκαν δευτερογενώς, δηλαδή μετά την απόθεση των σχηματισμών (τέτοιοι σχηματισμοί είναι κυρίως οι ανθρακικοί, όπως ασβεστόλιθοι, μάρμαρα κλπ., αλλά και πυριγενείς, όπως γρανίτες, οφειόλιθοι κλπ. Συμβατικά οι πρώτοι σχηματισμοί (οι κοκκώδεις ή πορώδεις) στους οποίους το νερό κινείται μέσα στα ενδιάκενα που κατά κανόνα έχουν μικρές διαστάσεις, ονομάστηκαν μικροπερατοί, (όχι κατ' ανάγκη μικρής περατότητας), γιατί έχουν μικρές διαστάσεις, αλλά συνήθως πυκνά ενδιάκενα και οι δεύτεροι ονομάσθηκαν μακροπερατοί, (όχι κατ' ανάγκη μεγάλης περατότητας), γιατί έχουν συνήθως ρωγμές (μικροπερατός, μακροπερατός), είναι συμβατικοί και περισσότερο εμπειρικοί, πλην όμως έχουν περιεχόμενο γιατί η ροή του νερού μέσα σε αυτές τις δύο κατηγορίες πετρωμάτων γίνεται κατά τρόπο βασικά διαφορετικό, όπως μπορεί κανείς να συμπεράνει από τα μέχρι τώρα εκτεθέντα (Σούλιος, 1986).

Μέτρο της περατότητας είναι ο συντελεστής περατότητας k ή ο συντελεστής του Darcy. Όπως είδαμε ο συντελεστής αυτός έχει μονάδες μέτρησης m/sec, cm/sec, 1 darcy. Στην ευρωπαϊκή βιβλιογραφία χρησιμοποιείται το m/sec. Ένα πέτρωμα με μεγάλο συντελεστή περατότητας παρουσιάζει μικρή σχετικά αντίσταση στη ροή του νερού δια μέσου αυτού και έτσι με μικρή σχετικά υδραυλική κλίση άρα με λίγες σχετικά απώλειες φορτίου, είναι δυνατό να επιτρέπει μεγάλη ταχύτητα ροής διήθησης. Το αντίθετο ακριβώς συμβαίνει με ένα πέτρωμα που παρουσιάζει μικρή περατότητα, δηλαδή που έχει μικρό συντελεστή

περατότητας: παρουσιάζει μεγάλη σχετικά αντίσταση στη ροή του νερού δια μέσω αυτού και με μεγάλη σχετικά υδραυλική κλίση (κατά συνέπεια πολλές σχετικά απώλειες φορτίου), είναι δυνατό να επιτρέπει μεγάλη ταχύτητα διήθησης.

Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε λοιπόν ότι για τη ροή του νερού δια μέσω ενός πετρώματος με μεγάλη περατότητα, έχουμε λιγότερες απώλειες από ότι για τη ροή δια μέσω ενός πετρώματος με μικρή περατότητα.

Έτσι με την έννοια που αναπτύχθηκε πιο πάνω η περατότητα, υπάρχουν πετρώματα (και σχηματισμοί) περισσότερο ή λιγότερο περατά. Υπάρχει με άλλα λόγια μια πλήρης κλιμάκωση από πετρώματα με πολύ χαμηλό συντελεστή περατότητας (ελάχιστα περατά), μέχρι πετρώματα με πολύ μεγάλο συντελεστή περατότητας (πολύ περατά). Πέτρωμα πραγματικά αδιαπέρατο με την αυστηρή έννοια του όρου, δηλαδή πέτρωμα που έχει μηδενικό συντελεστή περατότητας ($k=0$) φαίνεται ότι δεν υπάρχει αφού, όπως αποδείχθηκε και πειραματικά, ακόμα και χάλυβας καλής ποιότητας κάτω από υπερπιέσεις είναι διαπερατός από αέρια. Παρ' όλα αυτά όμως εντελώς συμβατικά διακρίνουμε τα πετρώματα σε τρεις κατηγορίες:

- Διαπερατά όταν έχουν $k > 10^{-5}$ m/sec
- Ημιπερατά όταν έχουν $10^{-5} > k > 10^{-7}$ m/sec
- Αδιαπέρατα όταν έχουν $k < 10^{-7}$ m/sec

Η διαίρεση αυτή είναι συμβατική και αυθαίρετη, αλλά είναι περίπου καθολικά αποδεκτή στη βιβλιογραφία και γίνεται για πρακτικούς λόγους.

Συμβαίνει πολλές φορές, ένας περατός σχηματισμός να αποτελείται από αλληλοδιάδοχα στρώματα με διαφορετική περατότητα. Μπορούμε τότε να εξετάσουμε σφαιρικά αυτή την αλληλουχία των στρωμάτων και να βρούμε μια «σφαιρική» περατότητα δηλαδή την περατότητα που παρουσιάζει αυτή η αλληλουχία των στρωμάτων θεωρούμενη «σφαιρικά», στο σύνολό της.

4.2 ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ

Στο Σχήμα 4.2.1 παρατίθεται μια αντιπροσωπευτική λιθολογική τομή από την αρδευτική γεώτρηση στην περιοχή Δρέπανο του δήμου Ραχών. Η ανόρυξη της γεώτρησης πραγματοποιήθηκε το Μάιο του 1973 από τον Γεωλόγο Βαφειάδη Παρ. Η γεώτρηση έχει βάθος 130 m και παρατηρούνται εναλλαγές κροκαλών με χάλικες και μικρή παρουσία ερυθρής αργίλου και άμμου. Τα υδροφόρα στρώματα αναπτύσσονται σε βάθη από 24 m έως 31 m, από 37 m έως τα 43 m, από 56 m έως 62 m, από 88 m έως 101 m και από 115 m έως 121 m. Η υδροστατική στάθμη στη γεώτρηση βρίσκεται στα 22 m και η στάθμη άντλησης βρίσκεται στα 45 m. Η παροχή της γεώτρησης είναι 180 m³/h.

Στο Σχήμα 4.2.2 παρουσιάζεται μια χαρακτηριστική λιθολογική τομή από την αρδευτική γεώτρηση στην περιοχή Φτιλιά του δήμου Ραχών. Η ανόρυξη της γεώτρησης έγινε από τον Γεωλόγο Ευαγγελόπουλο Αθανάσιο το Φεβρουάριο του 1977. Η γεώτρηση έχει βάθος 96 m και παρατηρούνται εναλλαγές κροκάλων, χαλίκων και αργίλων σε όλο το μήκος της γεώτρησης. Τα υδροφόρα στρώματα αναπτύσσονται σε βάθη από 42 m έως 52 m, από 60 m έως 64 m, από 74 m έως 82 m και από 86 έως 96 m. Η υδροστατική στάθμη της γεώτρησης βρίσκεται στα 27.5 m και η στάθμη άντλησης στα 32 m. Η παροχή της γεώτρησης είναι 180 m³/h.

Στο Σχήμα 4.2.3 παρατίθεται μια αντιπροσωπευτική λιθολογική τομή από την αρδευτική γεώτρηση στην περιοχή Κουβέλα του δήμου Ραχών. Η ανόρυξη της γεώτρησης πραγματοποιήθηκε το Νοέμβριο του 1976 από τον Γεωλόγο Παπανικολάου Π. Η γεώτρηση έχει βάθος 120 m και παρατηρούνται, στο κατώτερο σημείο οφιοκερατόλιθοι με υπερκείμενους σχηματισμούς εναλλαγές ερυθρών αργίλων με αμμοχάλικες – χάλικες και κροκάλες. Υδροφόρο στρώμα παρατηρείται σε βάθος από 80 m έως 90 m. Η υδροστατική στάθμη βρίσκεται στα 46 m και η στάθμη αντλήσεως βρίσκεται στα 95 m. Η παροχή της γεώτρησης υπολογίστηκε 4 – 8 m³/h. Η γεώτρηση θεωρήθηκε αποτυχημένη και αποσωληνώθηκε.

Γεωλογικές - Γεωτεχνικές - Περιβαλλοντικές Μελέτες										ΕΡΓΟ:										ΤΥΠΟΣ ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΟΥ:		ΟΝΟΜΑ ΧΕΙΡΙΣΤΗ:		ΜΗΤΡΩΟ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ		Γ1								
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ										ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ										X:		Y:		Z:										
ΒΑΘΟΣ (m)	ΚΟΤΥΚΟ	ΣΟΛΗΝΙΣΗ	ΣΤΑΘΗΝ ΥΝ (m)	ΕΙΔΟΣ ΔΕΓΜΑΤΟΣ	ΔΟΚΙΜΕΣ ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ		ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΠΡΟΤΥΠΗ ΔΟΚΙΜΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ STANDARD PENETRATION TEST		ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ					ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	ΟΡΙΑ ATTERBERG			ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ		ΛΟΓΟΣ ΚΕΝΩΝ	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΣ	ΑΝΕΜΙΩΔΕΤΗ ΘΛΙΨΗ	ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ			ΒΑΘΟΣ (m)						
						ΓΡΑΦΙΚΟΣ	ASTM		N	(ΚΡΟΥΣΕΙΣ/30cm)	ΚΡΟΚΑΛΕΣ	ΧΑΛΙΚΕΣ	ΑΜΜΟΣ	ΛΥΣ	ΑΡΤΙΛΟΣ		(%)	ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΑ	(%)	LL	PL				PI	ΞΗΡΟ	ΥΓΡΟ		e	Ge (g/cm ³)	qu (kPa)	strain (%)	Υδροστατική στάθμη	Παροχή m ³ /h
0								ΦΥΣΙΚΗ ΓΗ - ΕΔΑΦΙΚΟΣ ΜΑΛΩΣ	10	20	30	40	50																		1			
10								Αργιλοαμμώδης με χάλικες																							2			
20								Κροκάλες και χάλικες																								3		
30																																	4	
40						SPT																											5	
50																																	6	
60																																	7	
70								Κροκάλες και χάλικες με κατά τόπου εμφανίσεις κρυφής αργίλου																									8	
80																																	9	
90																																	10	
100								Κροκαλοπαγείς																									11	
110																																		12
120																																		13
130																																		14
140																																		15
150																																		
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:										ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ: 19/02/73																								

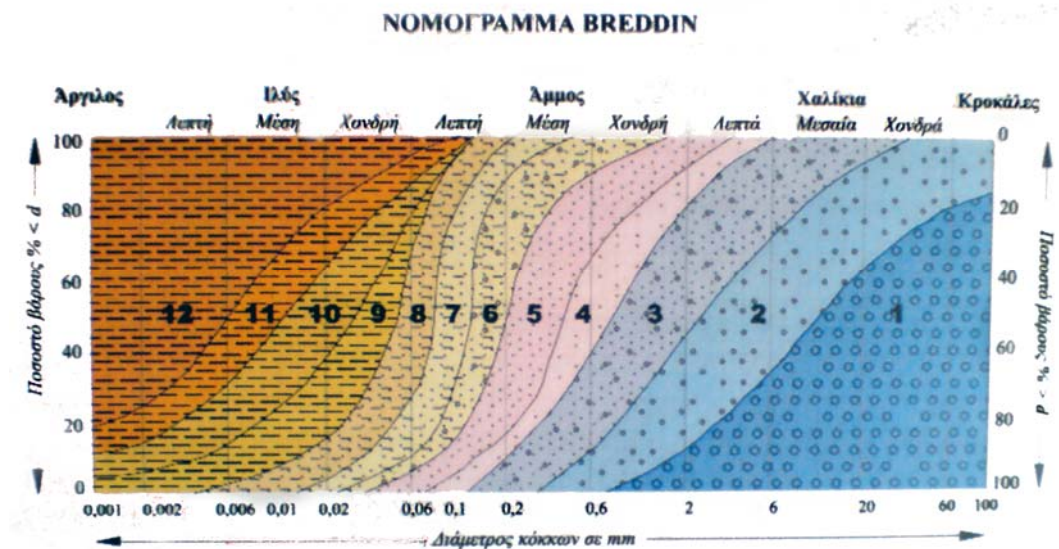
Σχήμα 5.2.1 Λιθολογική τομή γεώτρησης στην περιοχή Δρέπανο.

Γεωλογικές - Γεωτεχνικές - Περιβαλλοντικές Μελέτες										ΕΡΓΟ:										ΤΥΠΟΣ ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΟΥ:										ΜΗΤΡΩΟ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ										Γ1																			
										ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ Χ:										Υ:										Ζ:																													
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ					ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ		ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΠΡΟΤΥΠΗ ΔΟΚΙΜΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ STANDARD PENETRATION TEST					ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ					ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	ΟΡΙΑ ATTERBERG			ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ		ΛΟΓΟΣ ΚΕΝΩΝ	ΕΜΒΛΟ ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ	ΑΝΕΜΠΩΣΤΗ ΘΛΙΨΗ	ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ			ΣΤΑΘΟΣ ΒΑΘΟΣ																													
ΒΑΘΟΣ (m)	ΚΟΠΤΙΚΟ	ΣΤΑΘΜΗ ΥΝ. (m)	ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ	ΓΡΑΦΙΚΟΣ	ASTM	N (ΚΡΟΥΣΕΙΣ/30cm)		ΚΡΟΚΑΛΕΣ	ΧΑΛΙΚΕΣ	ΑΜΜΟΣ	ΙΛΥΣ	ΑΡΤΙΛΟΣ	(%) ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΑ	(%)	LL	PL	PI		ΞΗΡΟ	ΥΓΡΟ	e	Gs (g/cm3)	qu (kPa)				strain (%)	Υδροστατική στάθμη	Παροχή m3/h		Στάθμη Ανίληψης	(m)																											
0	↑					ΦΥΤΙΚΗ ΓΗ - ΕΔΑΦΙΚΟΣ ΜΑΛΔΑΣ (0,25m)		10	20	30	40	50																																															
10				Φ																																																							
20				Φ																																																							
30				Φ																																																							
40				SPT																																																							
50				Φ																																																							
60				SPT																																																							
70				Φ																																																							
80				SPT																																																							
90				Φ																																																							
100																																																											
110																																																											
120																																																											
130																																																											
140																																																											
150																																																											
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:										ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ: 4/02/77																																																	

Σχήμα 5.2.2 Λιθολογική τομή γεώτρησης στην περιοχή Φτιλιά.

Γεωλογικές - Γεωτεχνικές - Περιβαλλοντικές Μελέτες										ΕΡΓΟ:										ΤΥΠΟΣ ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΟΥ:		ΜΗΤΡΩΟ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ		Γ1						
										ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ X: Y: Z:																				
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ					ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ		ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΠΡΟΤΥΠΗ ΔΟΚΙΜΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ STANDARD PENETRATION TEST					ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ					ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	ΟΡΙΑ ATTERBERG			ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ		ΛΟΤΟΣ ΚΕΚΛΩΝ	ΕΙΣΚΟ ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ	ΑΝΕΜΠΟΛΙΣΤΗ ΘΑΛΗ	ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ			ΒΑΘΟΣ
ΒΑΘΟΣ	ΚΟΙΤΗΚΙΟ	ΣΤΑΘΜΗ ΥΝ	ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ ΔΟΚΙΜΗΣ ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ	ΓΡΑΦΙΚΟΣ	ASTM	ΚΡΟΚΑΛΕΣ		ΧΑΛΙΚΕΣ	ΑΜΜΟΣ	ΙΛΥΣ	ΑΡΤΙΛΟΣ	LL	PL	PI	ΞΗΡΟ	ΥΓΡΟ	e		Gs	qu	strain									
(m)		(m)				N (ΚΡΟΥΣΕΙΣ/30cm)		(%) ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΑ					(%)	(%)					γd (kN/m3)	γ (kN/m3)		Gs (gr/cm3)	qu (kPa)				strain (%)	Υδροστατική στάθμη	Παροχή m3/h	
10	WT 101			Φ			ΦΥΤΙΚΗ ΓΗ - ΕΔΑΦΙΚΟΣ ΜΑΝΔΥΑΣ (0.000)					10															1			
20				Φ			Κροκάλες, χάλικες με αργιλικά																				2			
30				Φ																						3				
40				SPT			Άργιλος ερυθρού χρώματος																				4			
50				Φ																							5			
60				SPT																							6			
70				Φ			Κροκάλες, χάλικες με αργιλικά																				7			
80				SPT			Άργιλος πλαστική																				8			
90				Φ			Κροκάλες, χάλικες με αργιλικά																				9			
100				Φ			Άργιλος																				10			
110							Οφειροκερατόλιθος																				11			
120																											12			
130																											13			
140																											14			
150																											15			
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Η γεώτρηση θεωρήθηκε αποτυχή και απεσωληνώθηκε										ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ: 13/11/76																				

Σχήμα 5.2.3 Λιθολογική τομή γεώτρησης στην περιοχή Κουβέλα.



Σχήμα 4.2.4 Νομόγραμμα Breddin.

Συμπερασματικά η υδροφορία της περιοχής μελέτης συναντάται κυρίως στις κροκάλες και κατά θέσεις σε κροκάλες με χάλικες και άργιλο. Όσον αφορά τον συντελεστή υδροπερατότητας k οι τιμές του κυμαίνονται από 10^{-4} έως 10^{-5} m/sec για τις κροκάλες, 10^0 έως 10^{-1} m/sec για τους χάλικες και 10^{-8} έως 10^{-10} m/sec για την άργιλο.

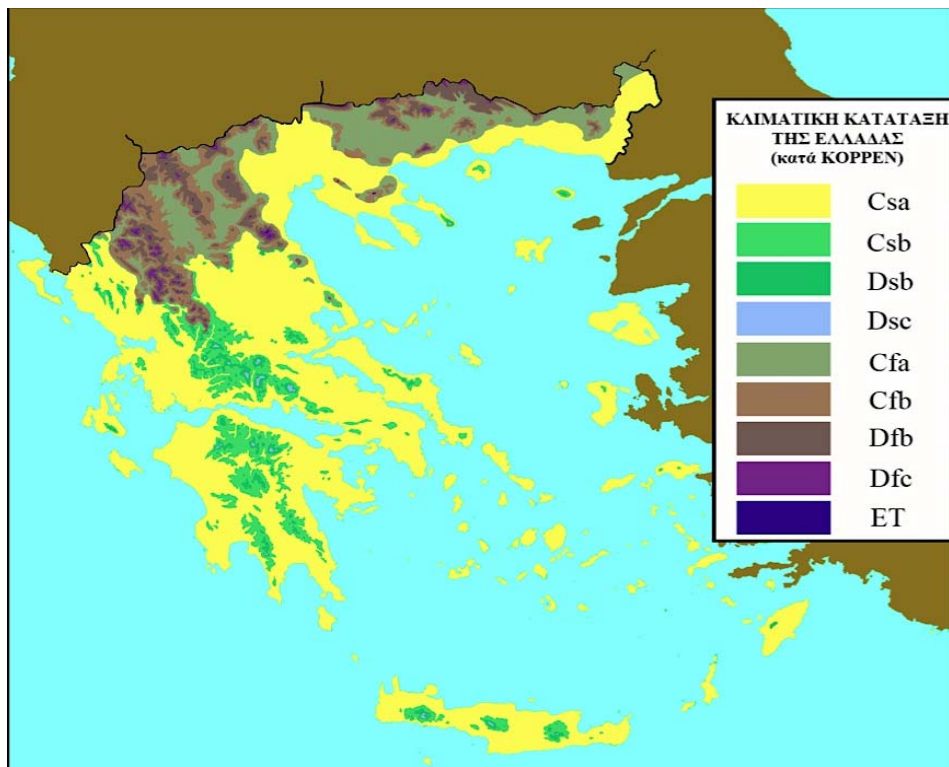
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το κλίμα της περιοχής μελέτης, μπορεί να χαρακτηριστεί σύμφωνα με την κλιματική κατάταξη του Korppen (1936) ως «θαλάσσιο κλίμα με διακριτό ξηρό και πολύ θερμό καλοκαίρι» γιατί ανήκει στον τύπο Csa όπου:

- Το C δηλώνει υγρό κλίμα με ήπιους χειμώνες, με κριτήριο ότι η θερμοκρασία του θερμότερου μήνα σε °C είναι $T_{\theta} > 10$ °C και η θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα σε °C είναι -3 °C $< T_{\psi} < 18$ °C.
- Το s δηλώνει ξηρό καλοκαίρι αφού η κατακρήμνιση του ξηρότερου μήνα του θερμού εξαμήνου σε mm είναι $R_{\xi\theta} < 40$ mm και ισχύει $R_{\xi\theta} < R_{\nu\psi}$ όπου $R_{\nu\psi}$ είναι η κατακρήμνιση του υγρότερου μήνα του ψυχρού εξαμήνου σε mm.
- Το a δηλώνει μεγάλο και θερμό καλοκαίρι, με κριτήριο ότι η θερμοκρασία του θερμότερου μήνα σε °C είναι $T_{\theta} > 22$ °C και ότι η θερμοκρασία ενός μήνα σε °C είναι $T_{\mu} > 10$ °C για τέσσερις τουλάχιστον μήνες το χρόνο.



Σχήμα 5.1 Κλιματική κατάταξη της Ελλάδας κατά KOPPEN

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ
Ελάχιστη Μηνιαία						
Θερμοκρασία	3.5	3.9	5.9	9.3	13.8	18
Μέση Μηνιαία						

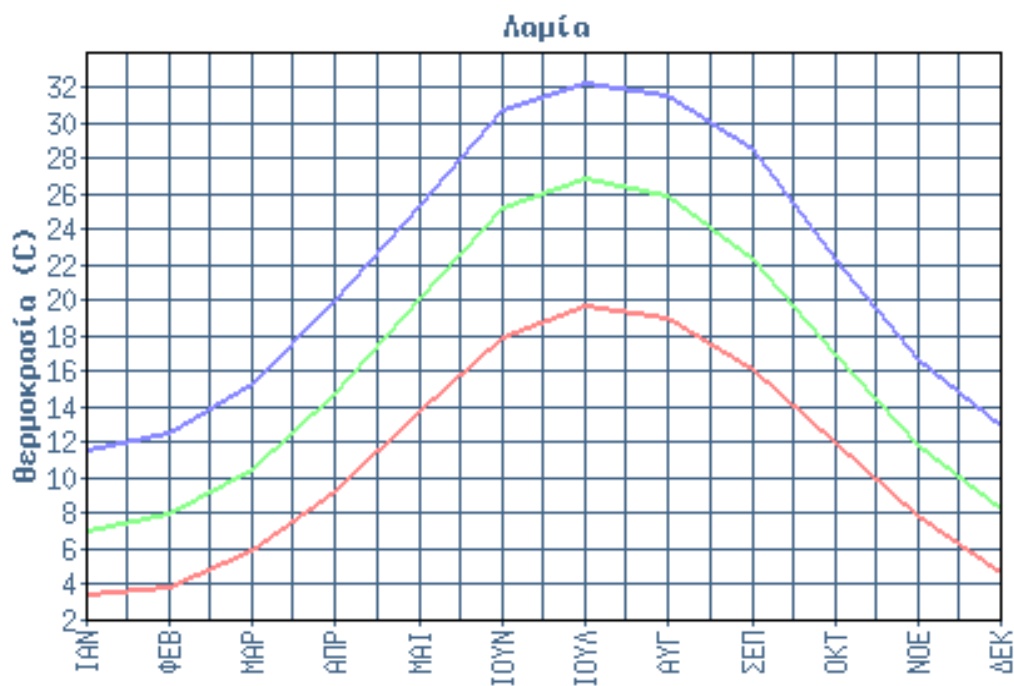
5.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες αέρα από τον μετεωρολογικό σταθμό της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ.) στη Λαμία κατά την περίοδο 1970 – 1997. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 16.5°C Από τον πίνακα 6.1 προκύπτει το διαγραμμα 6.1

Η μέση θερμοκρασία είναι πάντα πάνω από το μηδέν. Η μέση ελάχιστη θερμοκρασία παρατηρείται κατά τον μήνα Ιανουάριο και ήταν 3.5^οC ενώ η μέση μέγιστη θερμοκρασία παρατηρήθηκε κατά τον μήνα Ιούλιο και ήταν 32.3^οC. Το ετήσιο εύρος θερμοκρασιών στην περιοχή παρουσιάζει απλή διακύμανση, με τις υψηλότερες τιμές να παρατηρούνται κατά τον Ιούλιο μήνα και τις χαμηλότερες κατά τον μήνα Ιανουάριο.

Πίνακας 5.1. Μέση, ελάχιστη και μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία.

Θερμοκρασία						
Μέγιστη Μηνιαία						
Θερμοκρασία	11.6	12.6	15.3	20	25.4	30.8
	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Ελάχιστη Μηνιαία						
Θερμοκρασία	19.7	19.1	16.2	12	7.9	4.7
Μέση Μηνιαία						
Θερμοκρασία	26.9	25.9	22.4	16.9	11.8	8.3
Μέγιστη Μηνιαία						
Θερμοκρασία	32.3	31.6	28.5	22.4	16.7	12.9



Διάγραμμα 6.1. Μέση, ελάχιστη και μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία.

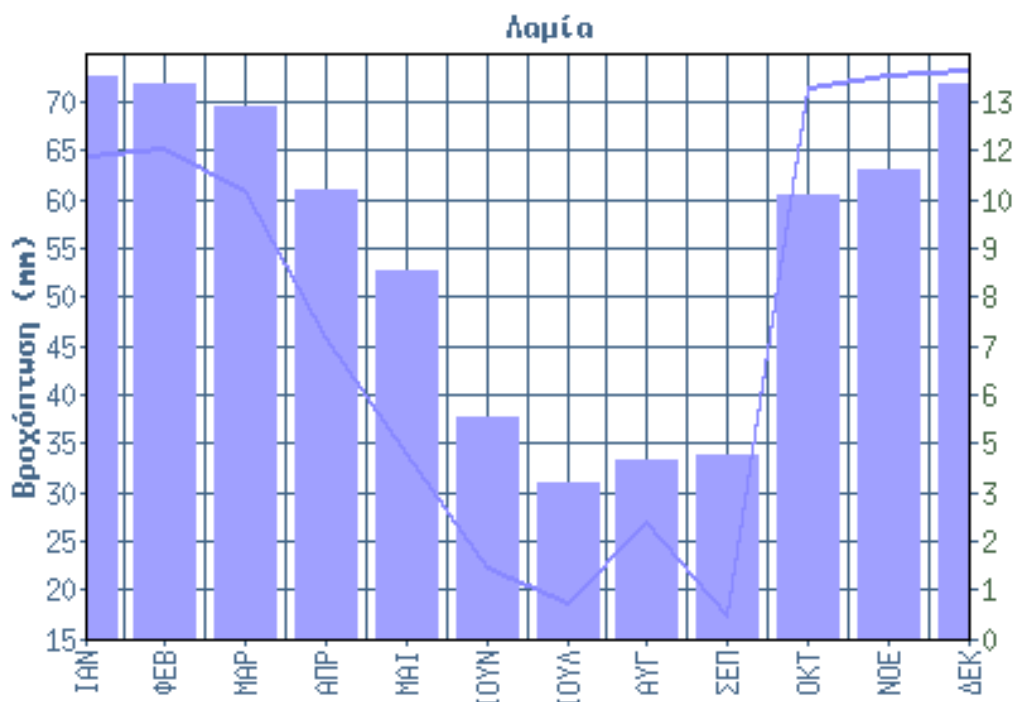
5.3 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ

Το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης στην περιοχή είναι 571mm. Στον πίνακα δίνονται οι τιμές του μέσου μηνιαίου ύψους βροχόπτωσης καθώς και οι συνολικές μέρες βροχόπτωσης κάθε μήνα από τον σταθμό της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ.) στη Λαμία την περίοδο 1970 - 1997. Το μέγιστο ύψος βροχόπτωσης παρατηρείται τους μήνες Οκτώβριο (71.4 mm), Νοέμβριο (72.9 mm) και Δεκέμβριο (73.3 mm), ενώ το ελάχιστο μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης παρατηρείται τους μήνες Ιούλιο (18.8 mm) και Σεπτέμβριο (17.4 mm).

Επίσης, παρατηρείται ότι οι συνολικές μέρες βροχόπτωσης δεν αντιστοιχούν στους μήνες με το μέγιστο ύψος βροχόπτωσης. Οι μήνες με τις περισσότερες μέρες βροχόπτωσης είναι ο Δεκέμβριος (13.1), ο Ιανουάριος (13.3) και ο Φεβρουάριος (13.1) (Ε.Μ.Υ. Μετεωρολογικός Σταθμός Λαμίας, έτη 1970 - 1997).

Πίνακας 5.2. Μέση μηνιαία βροχόπτωση συνολικές μέρες βροχής.

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ
Μέση Μηνιαία						22.4
Βροχόπτ ωση	64.4	65.2	60.9	46	34.1	
Συνολικές Μέρες						
Βροχής	13.3	13.1	12.6	10.6	8.7	5.2
	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση Μηνιαία						
Βροχόπτ ωση	18.8	27	17.4	71.4	72.9	73.3
Συνολικές Μέρες						
Βροχής	3.7	4.2	4.3	10.5	11.1	13.1



Διάγραμμα 5.2. Μέση μηνιαία βροχόπτωση και συνολικές μέρες βροχής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

6.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η ποιότητα του υπογείου νερού καθορίζει την χρήση του από τον άνθρωπο (υδρευτική – αρδευτική – βιομηχανική). Επίσης είναι αυτή που δίνει πληροφορίες για τον τύπο του υδροφόρου ορίζοντα, την προέλευση, την ταχύτητα, την διεύθυνση ροής του υπογείου νερού. Για τον καθορισμό της ποιότητας απαιτείται υδροχημική εξέταση του υπογείου νερού, από όπου θα εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με τις επιρροές που υφίσταται το υπόγειο νερό από εξωτερικές επιδράσεις. Οι επιρροές αυτές προέρχονται είτε από βαθείς υδροφόρους ορίζοντες, είτε από την επιφάνεια. Οι επιρροές από την επιφάνεια είναι πιο σημαντικές και επικίνδυνες για την υγεία του ανθρώπου. Παρουσιάζονται ύστερα από μεταβολές της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα, της επιφανειακής λίπανσης των αγρών, της απόθεσης στην επιφάνεια στερεών και υγρών αποβλήτων όπως και άλλων ανθρωπογενών επεμβάσεων, όπου τα διαλυμένα και αραιωμένα άλατα μπορούν να διεισδύσουν δια μέσου επιφανειακών στρωμάτων και να αυξήσουν τη συγκέντρωση των αλάτων του υπογείου νερού. Η χημική σύσταση του υπογείου νερού εξαρτάται από αυτήν του εδάφους, η οποία διαφέρει από αυτή των κατακρημνισμάτων.



Εικόνα 6.1 Εργαστήριο καθορισμού ποιότητας νερού.

6.2 ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

Οι θεμελιώδεις γνώσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού αποτελούν βασική προϋπόθεση για την ορθολογική και ολοκληρωμένη διαχείρισή του. Με βάση τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά προσδιορίζεται ο βαθμός, τα στάδια και οι μέθοδοι επεξεργασίας του όταν αυτό προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση. Το ίδιο ισχύει και για τα υγρά απόβλητα. Με βάση την ποιότητά τους προσδιορίζεται ο τρόπος επεξεργασίας τους για την επίτευξη των στόχων της επεξεργασμένης εκροής, την προστασία της ποιότητας των νερών των φυσικών αποδεκτών και της δημόσιας υγείας. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού μπορούν να διακριθούν σε φυσικοχημικά, βιοχημικά και μικροβιολογικά. Μπορούν επιπλέον να ταξινομηθούν σε αυτά που σχετίζονται με την ανθρώπινη υγεία ή την αισθητική, ενώ για περισσότερο εξειδικευμένους σκοπούς μπορούν να διαχωριστούν σε πολλές υποομάδες.

Τα χαρακτηριστικά που καθορίζουν την ποιότητα του υπογείου νερού είναι:

- Τα φυσικά χαρακτηριστικά (χρώμα, οσμή, θολότητα, θερμοκρασία T, ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C και ραδιενέργεια).
- Τα χημικά χαρακτηριστικά (ανόργανα συστατικά).
- Ειδικές παράμετροι (pH, δυναμικό οξειδοαναγωγής Eh, σύνολο διαλυμένων στερεών T.D.S, αλκαλικότητα – οξύτητα, δείκτης κορεσμού, σκληρότητα νερού, διαλυμένα αέρια, χημικά απαιτούμενο οξυγόνο C.O.D και B.O.D, T.O.D, D.O).

Επίσης, η ποιότητά του εξαρτάται τόσο από την αρχική του σύσταση ως βροχή, όσο και από την λιθολογική σύσταση του υδροφορέα μέσα στον οποίο φιλοξενείται αλλά και από τα πετρώματα μέσα στα οποία κινήθηκε.

Οι φυσικοχημικές παράμετροι που μελετήθηκαν είναι οι παρακάτω:

- **pH:** Το φυσικό νερό ως διάλυμα είναι ουδέτερο όταν το pH είναι ίσο με 7. Όταν η τιμή του pH είναι μεγαλύτερη του 7 χαρακτηρίζεται ως αλκαλικό και όταν η τιμή του pH είναι μικρότερη του 7 χαρακτηρίζεται ως όξινο.
- **Ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C:** Η τιμή του συντελεστή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας συνδέεται με το σύνολο των διαλυμένων ουσιών (T.D.S) στο νερό. Το ενδεικτικό επίπεδο της αγωγιμότητας στο πόσιμο νερό είναι 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Στα υπόγεια νερά των υδροφόρων στρωμάτων η ηλεκτρική αγωγιμότητα χρονικά δεν μεταβάλλεται σημαντικά σε μικρά βάθη, ενώ σε μεγαλύτερα βάθη μεταβάλλεται ελάχιστα έως καθόλου. Χωρικά μπορεί να μεταβάλλεται έως πολύ έντονα επηρεαζόμενη από τη γεωλογική σύσταση και ιδίως τη υφαλμύρωση. Αυξημένη αγωγιμότητα υποδηλώνει αυξημένες ποσότητες αλάτων στο νερό που ανάλογα με τη φύση και τη συγκέντρωσή τους μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα υγείας.
- **Ασβέστιο Ca^{2+} – μαγνήσιο Mg^{2+} :** Η κύρια προέλευση του ασβεστίου είναι τα ανθρακικά ιζηματογενή πετρώματα και τα μάρμαρα. Επίσης, μπορεί να προέρχονται από τους ασβεστονατριούχους αστρίους, τη γύψο, τους πυρόξενους και τις αμφίβολους. Η προέλευση του μαγνησίου στα υπόγεια νερά είναι ίδια με εκείνη του ασβεστίου εξαιτίας της μεγάλης χημικής συγγένειας των δυο στοιχείων. Τα στοιχεία αυτά είναι απαραίτητα για τη υγεία του ανθρώπου γιατί το ασβέστιο είναι διουρητικό, αντιυπερτασικό, αντιαλλεργικό και βοηθά στην πήξη του αίματος, ενώ το μαγνήσιο βοηθά στη ομαλή λειτουργία του νευρομυϊκού συστήματος. Το ανώτατο επιτρεπτό όριο του μαγνησίου είναι 50mg/l
- **Κάλιο K^+ – νάτριο Na^+ :** Τα αλκάλια συνδέουν την παρουσία τους με τους αστρίους. Το κάλιο σχετίζεται με τα καλιούχα λιπάσματα, ενώ ταυτόχρονα η παρουσία του σχετίζεται με τη διεύδυση της θάλασσας σε παράκτιους υδροφόρους ορίζοντες ή με αερομεταφερόμενα σταγονίδια από τη θάλασσα. Μεγάλες συγκεντρώσεις ιόντων νατρίου

στο πόσιμο νερό επιφέρουν προβλήματα στην υγεία των ανθρώπων (αυξάνει τη αρτηριακή πίεση).

- **Χλωριούχα Cl^- :** Κύρια προέλευση είναι τα ιζηματογενή πετρώματα που περιέχουν αργιλικά ορυκτά θαλάσσιας γέννησης. Άλλη πηγή αποτελεί η διείσδυση της θάλασσας στους παράκτιους υδροφόρους. Τα χλωριούχα ιόντα συμβάλλουν στη διατήρηση της ηλεκτρικής ουδετερότητας των ερυθρών αιμοσφαιρίων και στην παραγωγή υδροχλωρικού οξέως στο στομάχι. Επιθυμητό όριο συγκέντρωσης των χλωριόντων στο πόσιμο νερό είναι 25 mg/l και το ανώτατο 250 mg/l. Σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις το νερό γίνεται γλυφό.
- **Θειικά ανιόντα SO_4^{2-} :** Κύρια προέλευση είναι η διάλυση της γύψου, η χρήση θεικών λιπασμάτων καθώς και η οξείδωση θειούχων ενέσεων που εμφανίζονται σε αργιλικά πετρώματα. Περιεκτικότητα σε θειικά ιόντα μεγαλύτερη από 250 mg/l καθιστά την χρήση των νερών προβληματική για πόση. Γενικά, το θείο και οι ενώσεις του ευθύνονται για προβλήματα οσμών και διαβρώσεων.
- **Νιτρικά ιόντα NO_3^- :** Τα νιτρικά ιόντα (ουσίες που ενοχοποιούνται και για καρκινογόνο δράση) που περιέχονται στα αζωτούχα λιπάσματα διαλύονται εύκολα στο νερό και διεισδύουν στα φυτά από τις ρίζες, για να καταλήξουν τελικά μέσω της τροφικής αλυσίδας στον ανθρώπινο οργανισμό. Η παρουσία νιτρικών σε υψηλές συγκεντρώσεις στο πόσιμο νερό παρεμποδίζει την μεταφορά οξυγόνου στο αίμα, ιδίως στα βρέφη (μεθαιμοσφαιριναιμία ή κυάνωση των βρεφών). Το ανώτατο όριο συγκέντρωσης νιτρικών στο πόσιμο νερό έχει καθοριστεί σε 50 mg/l ενώ το επιθυμητό σε 25 mg/l.
- **Όξινα ανθρακικά ιόντα HCO_3^- :** Είναι το επικρατέστερο ανιόν στα υπόγεια γλυκά νερά. Προέρχεται από το CO_2 της ατμόσφαιρας και το ελευθερούμενο στο έδαφος κατά την οργανική αποσύνθεση σύμφωνα με την αντίδραση: $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2(\text{HCO}_3^-)$. Είναι σημαντικό ιόν για την ανθρώπινη υγεία γιατί ρυθμίζει το pH του οργανισμού σε κατάλληλες τιμές.
- **Σύνολο διαλυμένων στερεών T.D.S:** Εξαρτάται από τη διαλυτότητα των σχηματισμών οι οποίοι περιέχουν το υπόγειο νερό ή έχουν διαρρεύσει από αυτό. Συνδέεται άμεσα με την ηλεκτρική αγωγιμότητα

(γραμμική σχέση). Αν οι τιμές του T.D.S κυμαίνονται μεταξύ 0 - 1000 mg/l το νερό είναι γλυκό, μεταξύ 1000 – 10000 mg/l θεωρείται υφάλμυρο, μεταξύ 10000 – 100000 mg/l αλμυρό και για τιμές μεγαλύτερες των 100000 mg/l υπεράλμυρο.

- **Ολική σκληρότητα T.H:** Ο προσδιορισμός της σκληρότητας έχει μεγάλη σημασία γιατί αποτελεί κριτήριο καταλληλότητας για πολλές χρήσεις των νερών. Η σκληρότητα του πόσιμου νερού μεταξύ των άλλων συνδέεται και με τη υγεία του ανθρώπου και συγκεκριμένα σχετίζεται με καρδιακές παθήσεις.

Πίνακας 6.2.1 Ταξινόμηση του νερού με βάση την σκληρότητα

Ισοδύναμο CaCO ₃ (mg/L)	Γαλλικοί βαθμοί	Χαρακτηρισμός του νερού
0-100	0-10	Μαλακό
101 – 200	10 – 20	Μέτρια σκληρό
201 – 300	20 – 30	Σκληρό
> 300	> 30	Πολύ σκληρό

- Για τον προσδιορισμό της ποιότητας των υπογείων νερών χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων από 15 δείγματα. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε το διάστημα Μάιος – Σεπτέμβριος 2009 από γεωτρήσεις οι θέσεις των οποίων φαίνονται από τον χάρτη στο Σχήμα 6.1. Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων παρατίθενται στον Πίνακα 6.2.2. Τα αποτελέσματα εμπεριέχουν ποσοστό σφάλματος που κυμαίνεται από 1% έως 13% περίπου. Οι περιεκτικότητες των ιόντων και το σύνολο διαλυμένων αλάτων (T.D.S) αναγράφονται σε mg/l και η ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C. σε $\mu\text{S}/\text{cm}$. Στο παράρτημα υπάρχουν αναλυτικά τα αποτελέσματα για κάθε χημική ανάλυση με βάση την απεξεργασία με το λογισμικό AquaChem.

Πίνακας 6.1.2 Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων

	Ph	E.C ($\mu\text{S/cm}$)	Σκληρότητα	Ca (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	HCO₃ (mg/l)	Cl (mg/l)	SO₄ (mg/l)	NO₃ (mg/l)	Mg (mg/l)	TDS (mg/l)
Rax 1	7.4	466	317.2	78	7	18	289	6	15	49	298	431.5
Rax 2	7.35	543	326.5	118	75	17	310	44	18	5	78	472.4
Rax 3	8	372	240.2	89	65	22	258	57	22	7	44	394.8
Rax 4	7.36	260	173.5	58	74	21	189	19	19	75	7	291.9
Rax 5	7.41	733	371.8	135	79	22	300	105	39	235	85	526.6
Rax 6	7.21	779	325.5	126	83	18	265	96	18	15	27	477.4
Rax 7	7.18	353	189.1	57	82	24	220	8	18	59	114	330.9
Rax 8	7.27	740	382.9	151	9	19	369	97	28	78	15	577.9
Rax 9	7.3	504	316	111	87	21	288	44	9	88	95	441.5
Rax 10	7.6	480	360.6	118	81	21	350	53	9	48	161	513.4
Rax 11	7.41	439	336.3	115	95	39	312	42	18	61	12	480.7
Rax 12	7.23	583	306.3	103	84	22	277	3	14	66	12	462.2
Rax 13	7.88	671	390.3	136	83	28	325	72	21	175	124	530.2
Rax 14	8.43	711	312.7	94	14	24	289	135	21	43	19	457.2
Rax 15	7.42	552	325.2	99	101	16	296	45	11	5	19	446.2

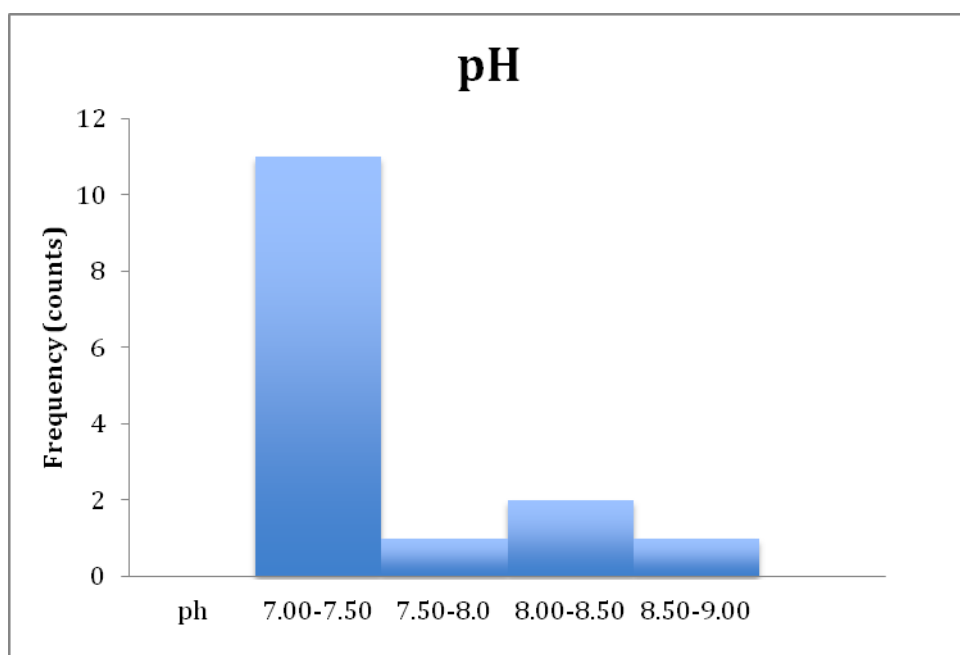


Σχήμα 6.1 Θέσεις γεωτρήσεων στην περιοχή μελέτης.

6.3 ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

Ενεργός οξύτητα (pH)

Το pH των νερών της περιοχής μελέτης όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα των αναλύσεων στον πίνακα χμ και από το σχήμα χμ κυμαίνεται κυρίως μεταξύ 7.18 και 7.42 και χαρακτηρίζεται ουδέτερο. Σε τέσσερα το pH κυμαίνεται μεταξύ 7.6 και 8.43 και χαρακτηρίζεται ελαφρά αλκαλικό έως αλκαλικό.



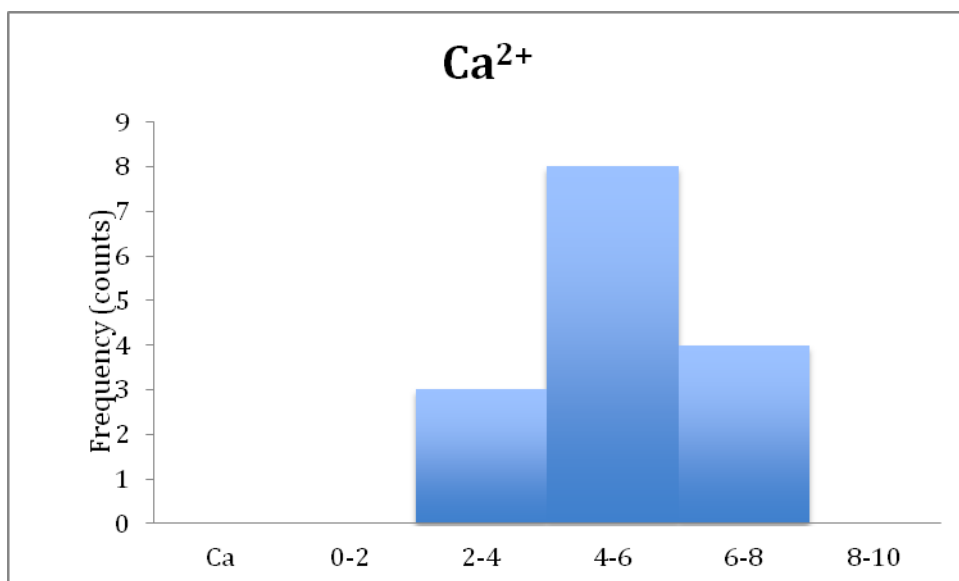
Σχήμα 6.3.1 Ιστόγραμμα συχνοτήτων για την τιμή του PH.

ΚΥΡΙΑ ΙΟΝΤΑ

Παρακάτω δίνονται τα ιστογράμματα συχνοτήτων για τις περιεκτικότητες των κύριων ιόντων. Στον άξονα των y βρίσκεται ο αριθμός των δειγμάτων για τα οποία παρατηρείται η αντίστοιχη συγκέντρωση σε meq/l.

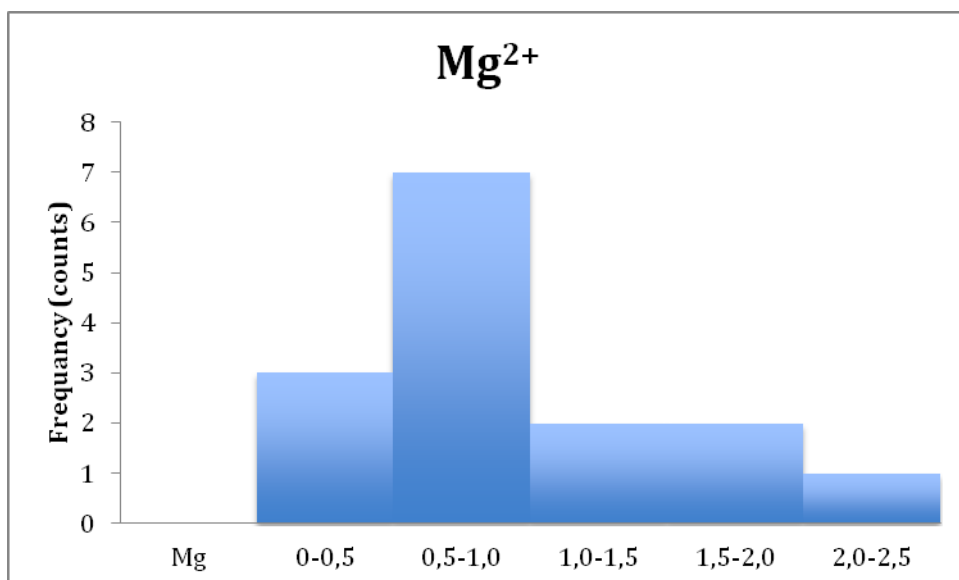
Από τα ιστογράμματα συμπεραίνουμε τα εξής:

Οι συγκεντρώσεις του Ca^{2+} για τα περισσότερα δείγματα της περιοχής μελέτης κυμαίνονται από 4 – 8 meq/l (11 δείγματα), όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.3.2



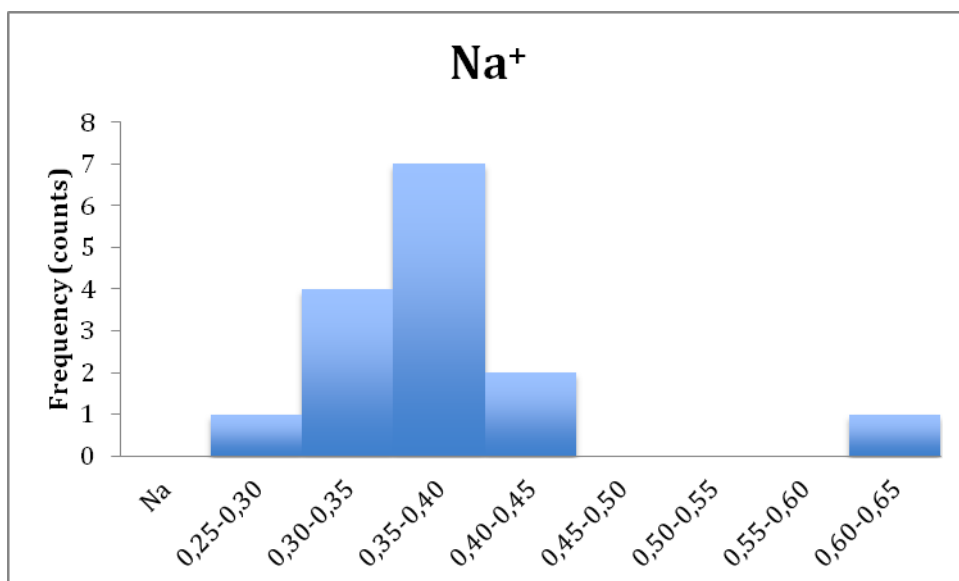
Σχήμα 6.3.2 Ιστόγραμμα συχνοτήτων για την περιεκτικότητα του Ca^{2+} .

Οι συγκεντρώσεις του Mg^{2+} κυμαίνονται στα περισσότερα δείγματα από 0–1 meq/l (10 δείγματα). (Σχήμα 6.3.3)



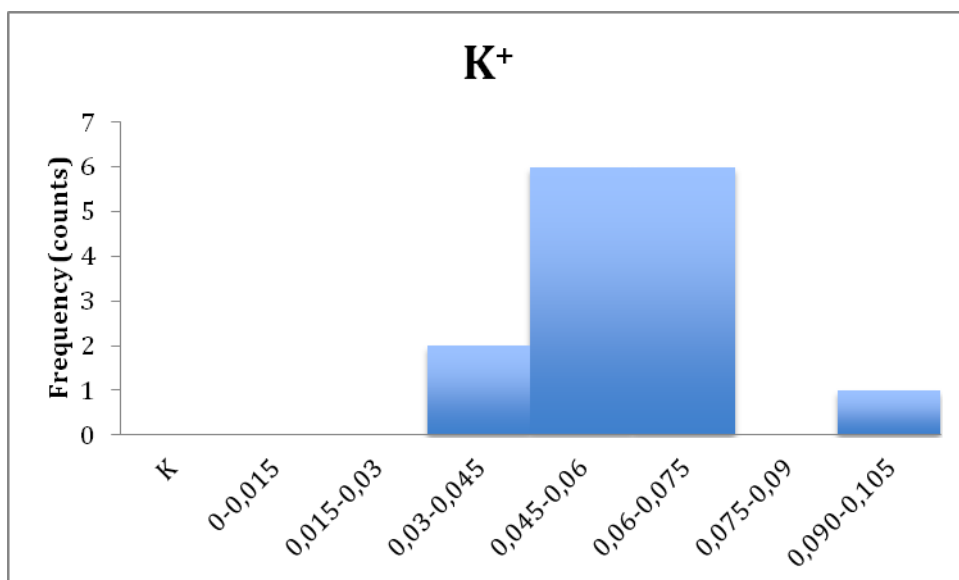
Σχήμα 6.3.3 Ιστόγραμμα συχνοτήτων για την περιεκτικότητα του Mg^{2+} .

Η πλειονότητα των δειγμάτων (11 δείγματα) παρουσιάζουν συγκεντρώσεις Na^+ από 0.3 – 4 meq/l. (Σχήμα 6.3.4)



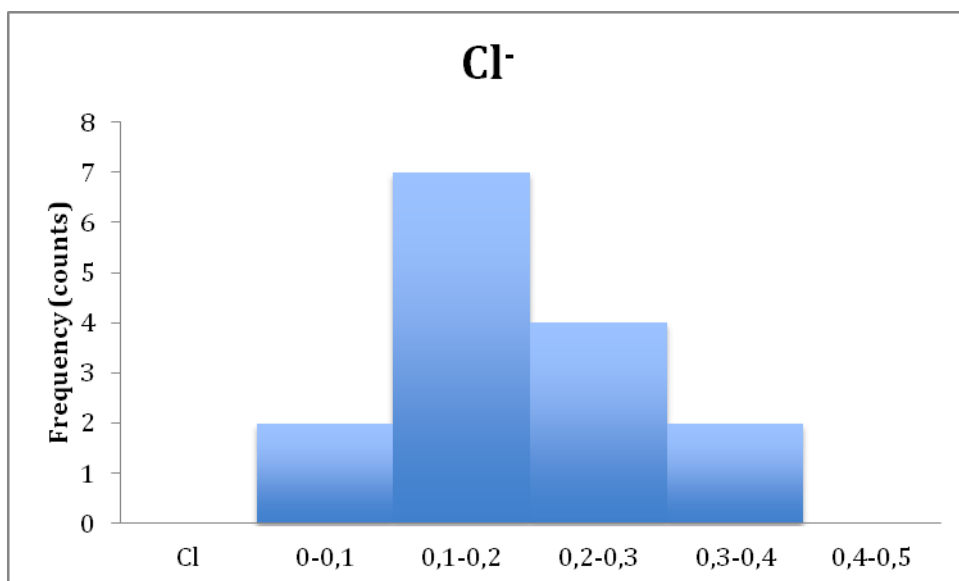
Σχήμα 6.3.4 Ιστογράμμο συχνοτήτων για την περιεκτικότητα του Na⁺.

Η συγκέντρωση του K⁺ στα περισσότερα δείγματα (12 δείγματα) κυμαίνεται από 0.045 – 0.75 meq/l. (Σχήμα 6.3.5)



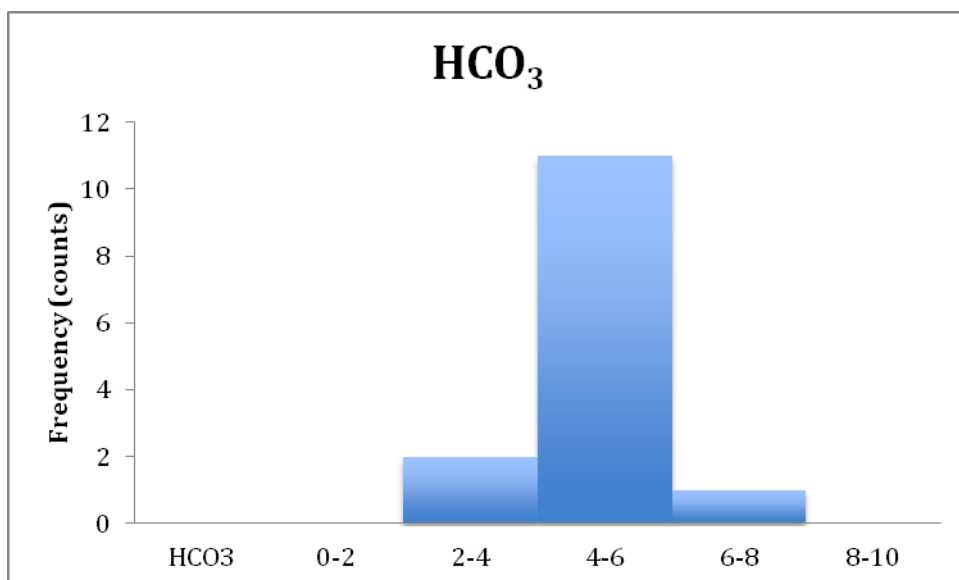
Σχήμα 6.3.5 Ιστογράμμο συχνοτήτων για την περιεκτικότητα του K⁺.

Η συγκέντρωση του Cl⁻ φαίνεται να εστιάζει στο εύρος τιμών από 0.1 – 0.3 meq/l (11 δείγματα). (Σχήμα 6.3.6)



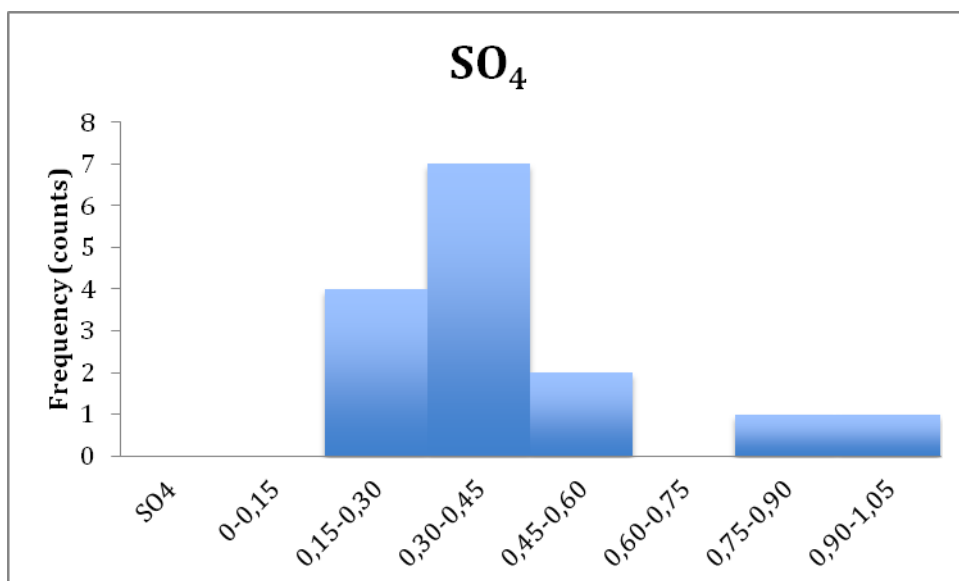
Σχήμα 6.3.6 Ιστόγραμμα συχνοτήτων για την περιεκτικότητα του Cl⁻.

Η συγκέντρωση των HCO₃ για τα περισσότερα δείγματα (10 δείγματα) κυμαίνεται σε τιμές από 4 – 6 meq/l. (Σχήμα 6.3.7)



Σχήμα 6.3.7 Ιστόγραμμα συχνοτήτων για την περιεκτικότητα των HCO₃.

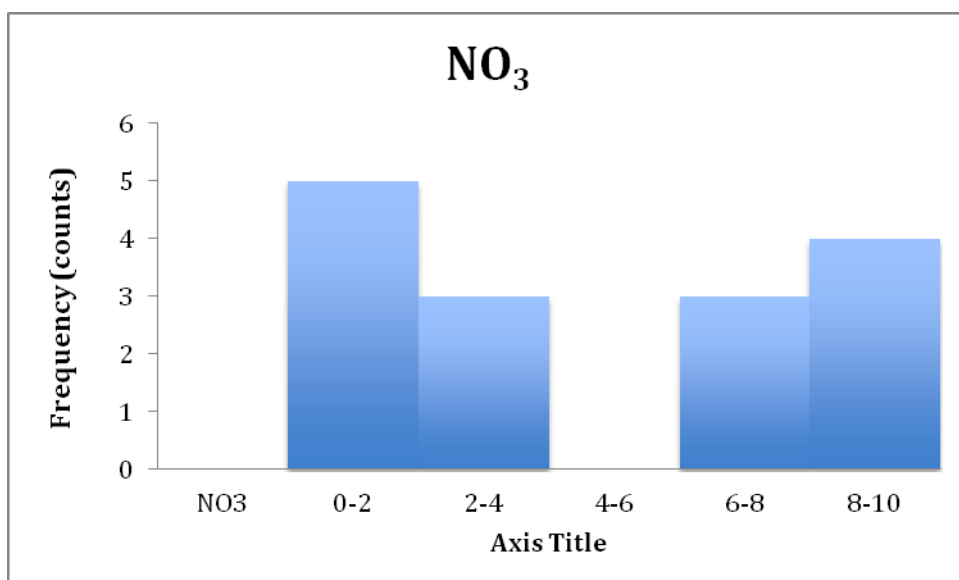
Η συγκέντρωση των SO₄ κυμαίνεται κυρίως μεταξύ των τιμών 0.15 – 0.45 meq/l (11 δείγματα). Σχήμα (6.3.8)



Σχήμα 6.3.8 Ιστόγραμμα συχνοτήτων για την περιεκτικότητα των SO₄.

Παρατηρούμε ότι η συγκέντρωση των NO₃ παρουσιάζει μια διασπορά στις τιμές.

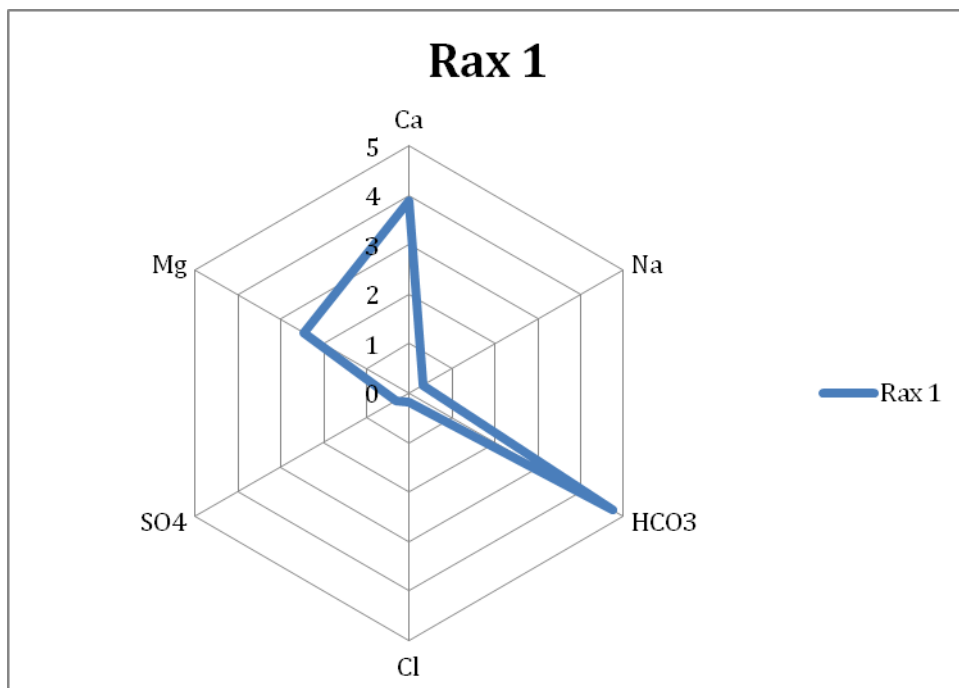
8 δείγματα από 0 – 4 meq/l και 7 δείγματα από 6 – 10 meq/l. (Σχήμα 6.3.9)



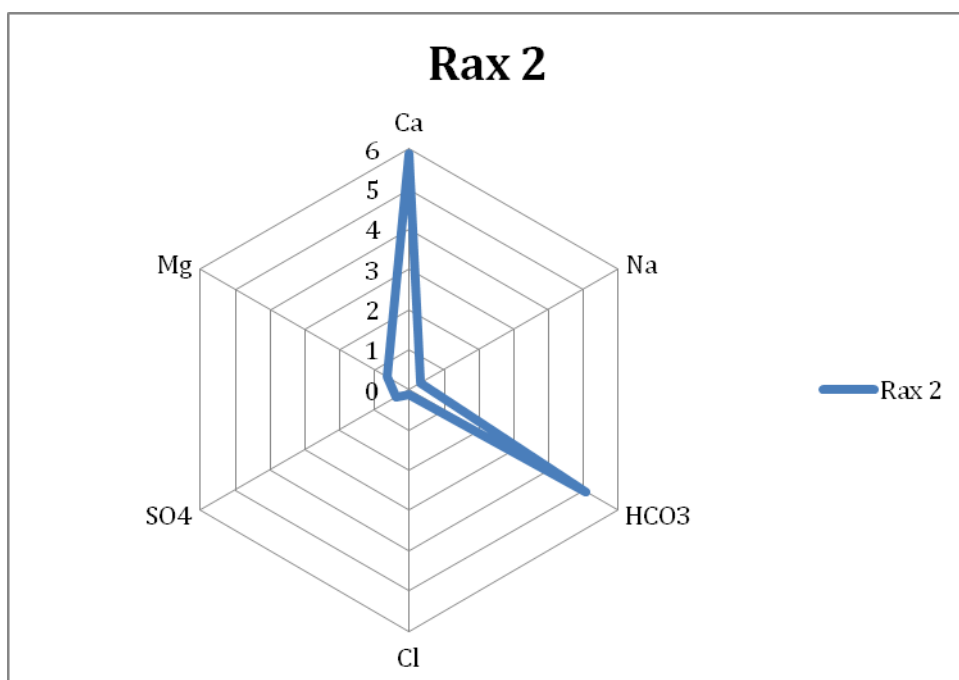
Σχήμα 6.3.9 Ιστόγραμμα συχνοτήτων για την περιεκτικότητα των NO₃.

6.4 ΑΚΤΙΝΙΚΑ ΠΟΛΥΓΩΝΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

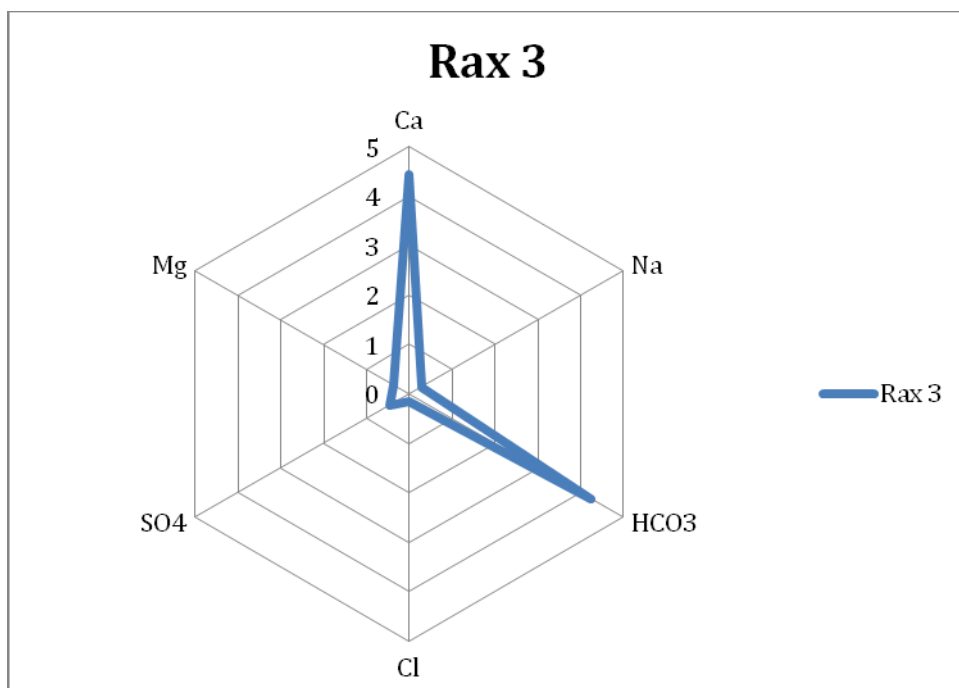
Παρακάτω παρατίθενται ακτινικά διαγράμματα των ιόντων καθενός από τα 15 δείγματα που συλλέχθηκαν.



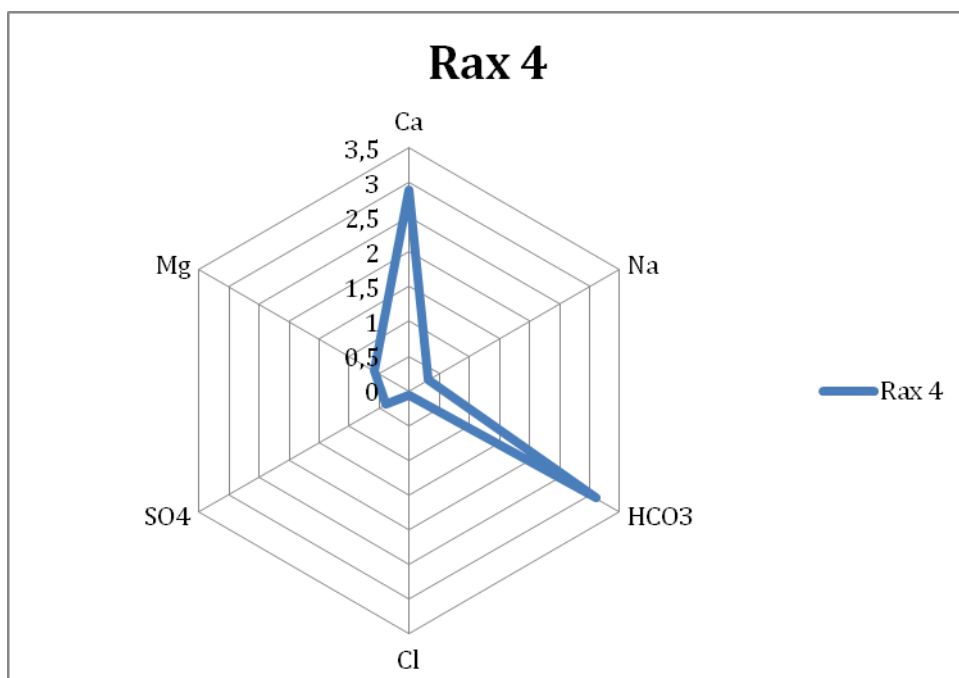
Σχήμα 6.4.1. Ακτινικό πολυγωνικό διάγραμμα γεώτρησης Rax 1



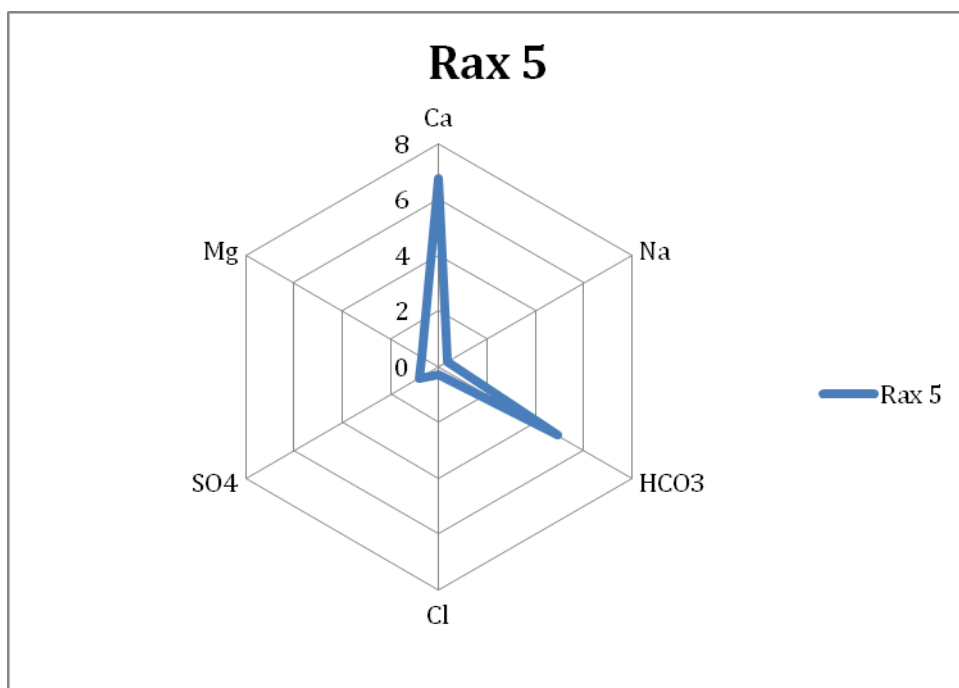
Σχήμα 6.4.2. Ακτινικό πολυγωνικό διάγραμμα γεώτρησης Rax 2



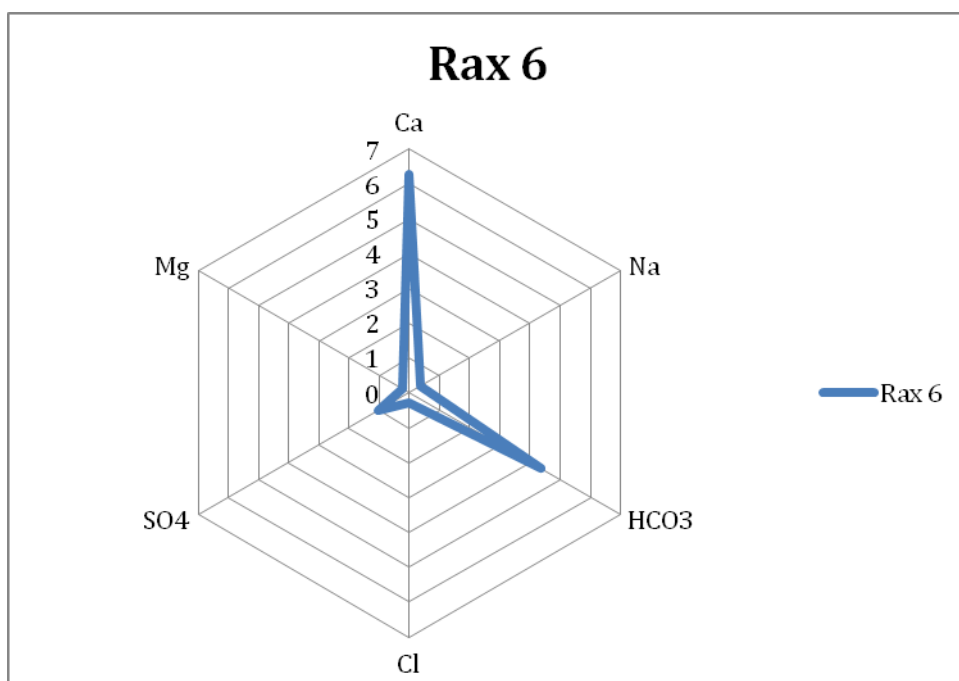
Σχήμα 6.4.3. Ακτινικό πολυγωνικό διάγραμμα γεώτρησης Rax 3



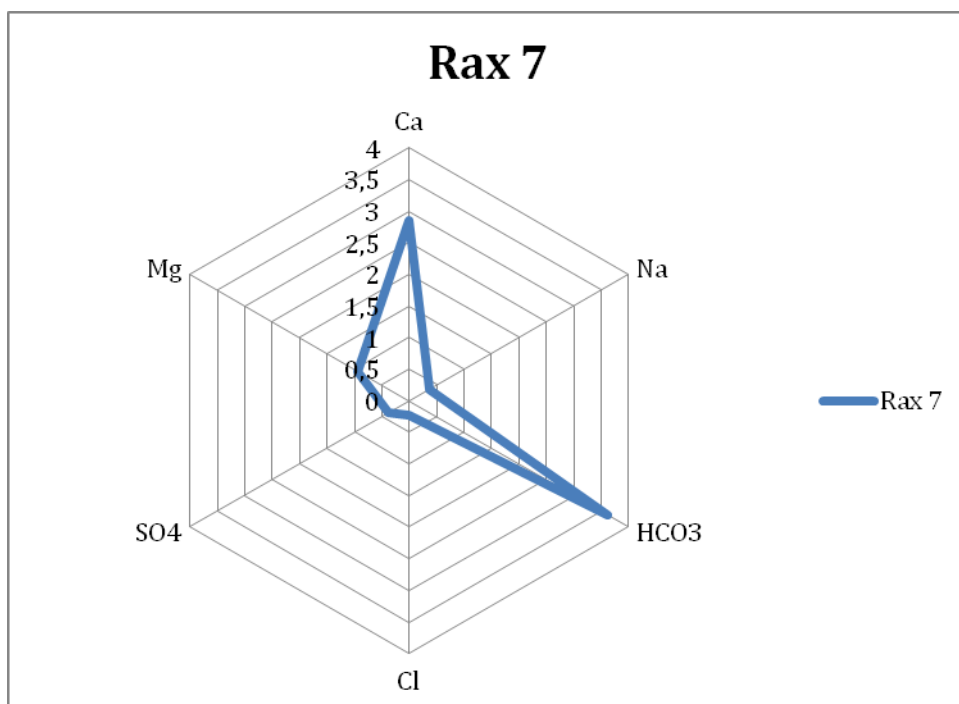
Σχήμα 6.4.4. Ακτινικό πολυγωνικό διάγραμμα γεώτρησης Rax 4



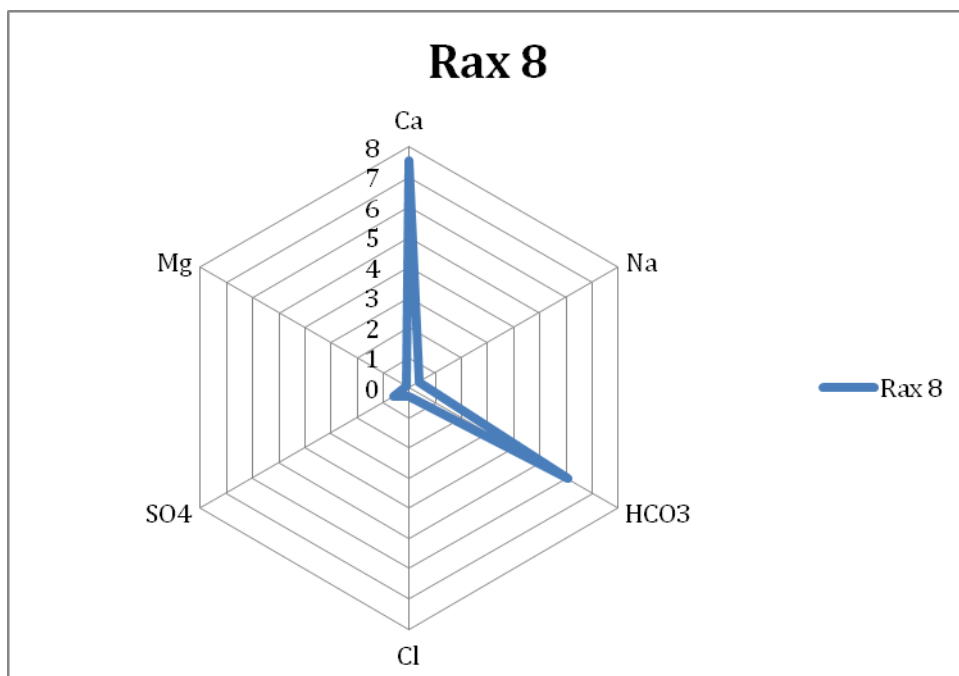
Σχήμα 6.4.5. Ακτινικό πολυγωνικό διάγραμμα γεώτρησης Rax 5



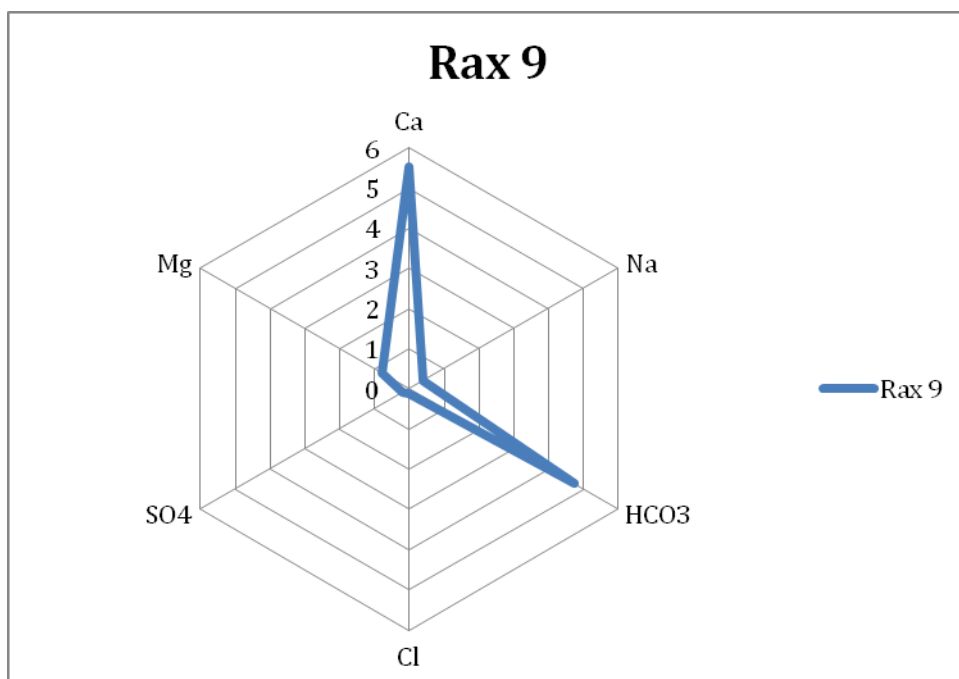
Σχήμα 6.4.6. Ακτινικό πολυγωνικό διάγραμμα γεώτρησης Rax 6



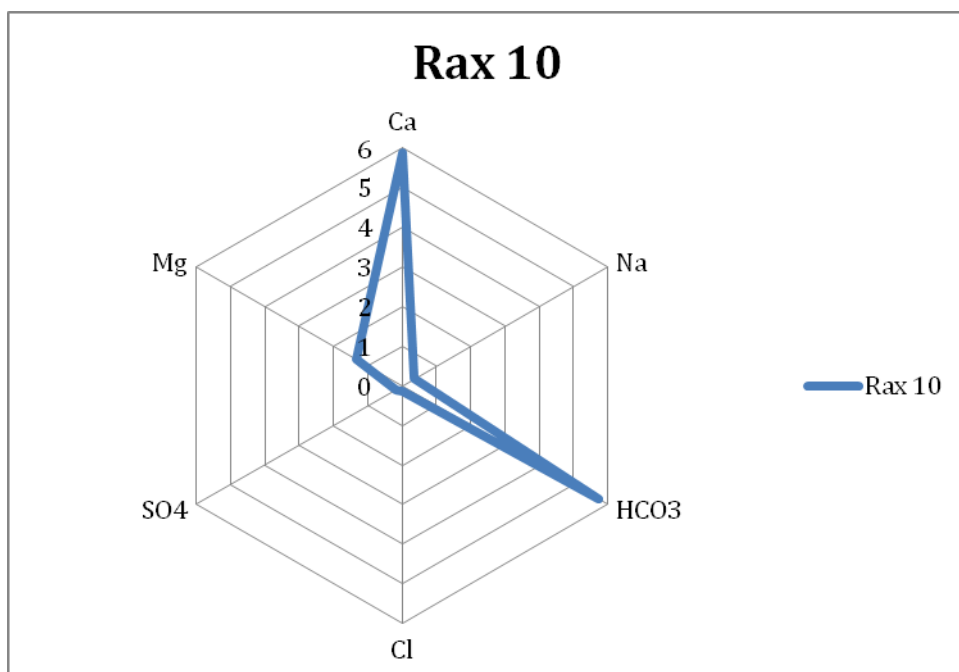
Σχήμα 6.4.7. Ακτινικό πολυγωνικό διάγραμμα γεώτρησης Rax 7



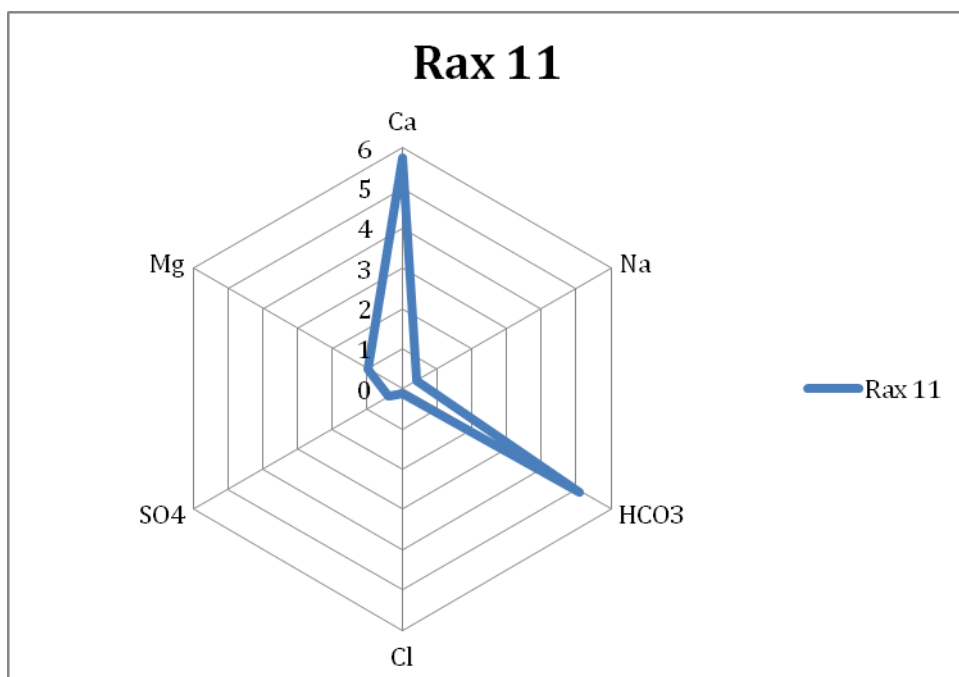
Σχήμα 6.4.8. Ακτινικό πολυγωνικό διάγραμμα γεώτρησης Rax 8



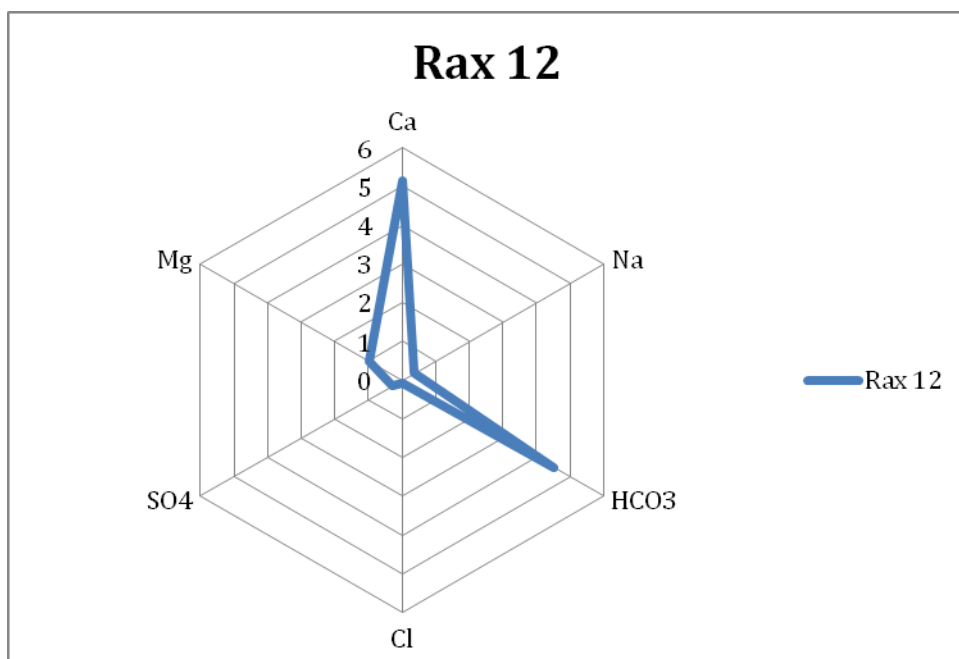
Σχήμα 6.4.9. Ακτινικό πολυγωνικό διάγραμμα γεώτρησης Rax 9



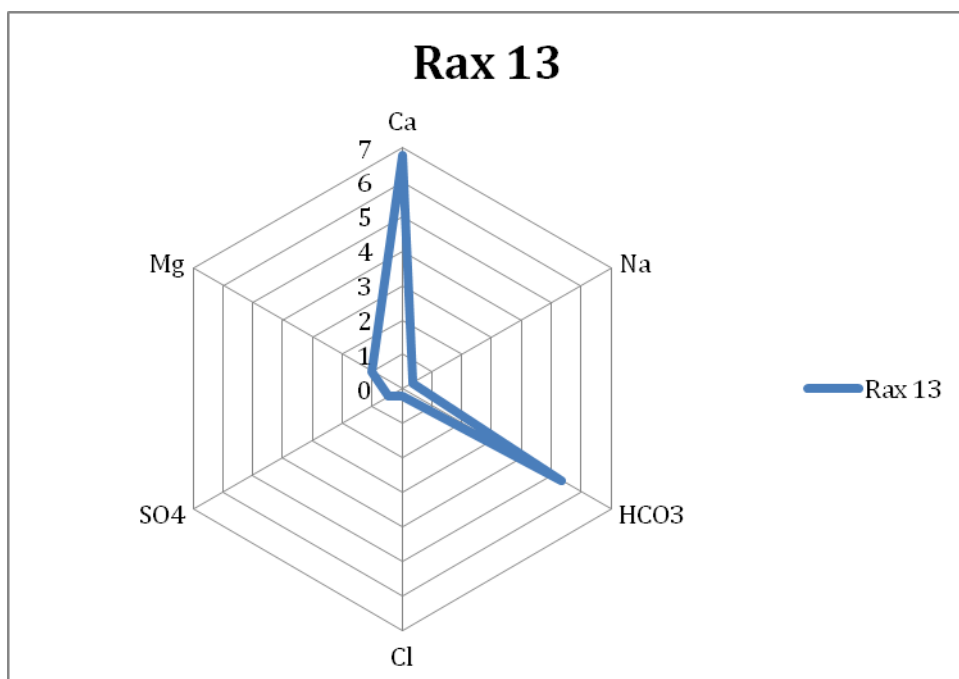
Σχήμα 6.4.10. Ακτινικό πολυγωνικό διάγραμμα γεώτρησης Rax 10



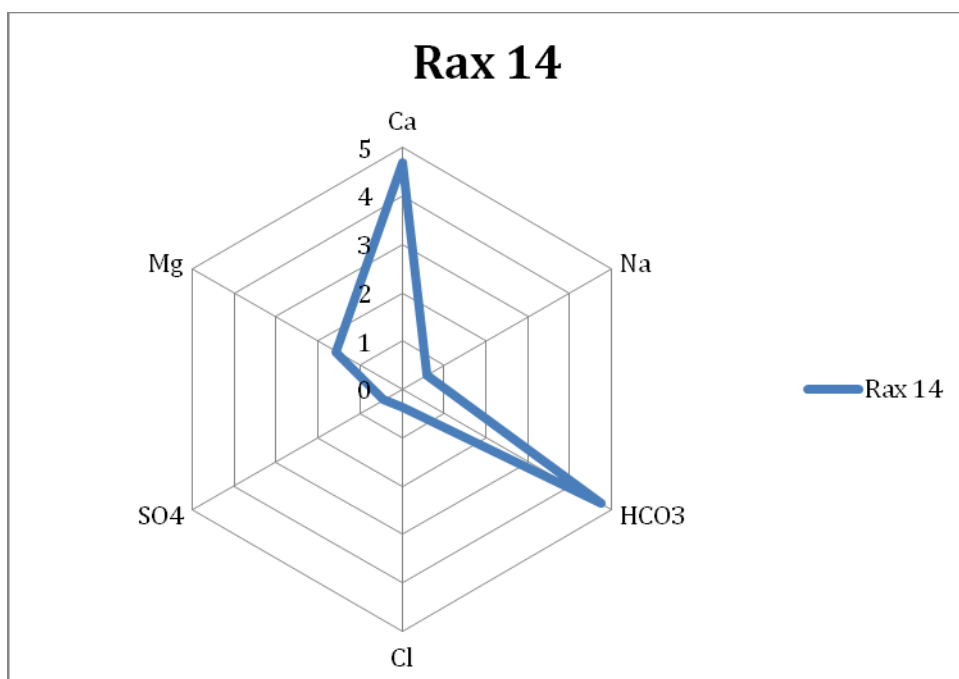
Σχήμα 6.4.11. Ακτινικό πολυγωνικό διάγραμμα γεώτρησης Rax 11



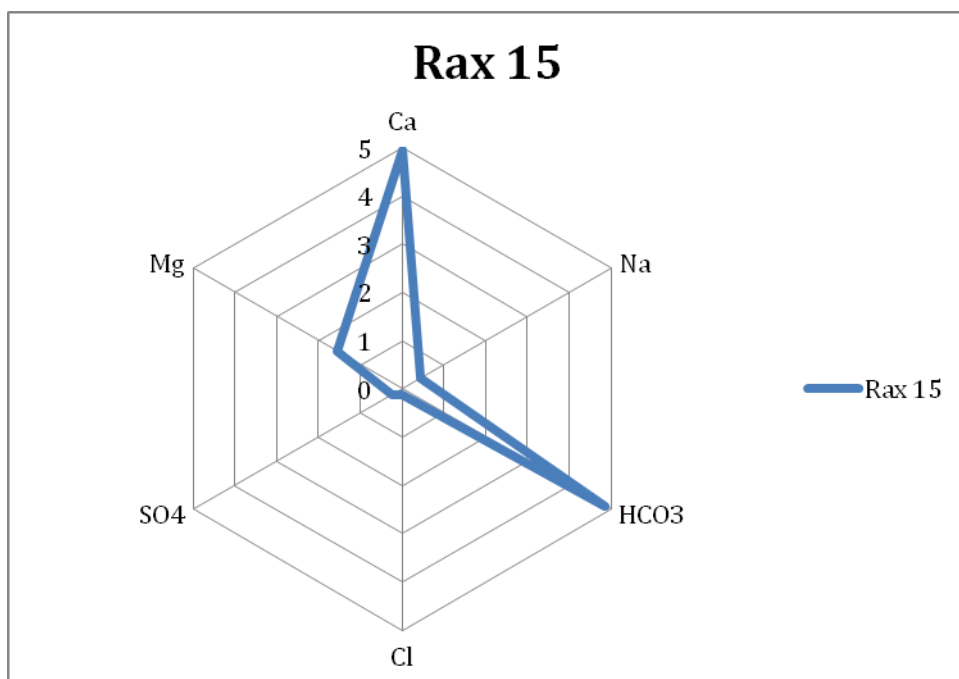
Σχήμα 6.4.12. Ακτινικό πολυγωνικό διάγραμμα γεώτρησης Rax 12



Σχήμα 6.4.13. Ακτινικό πολυγωνικό διάγραμμα γεώτρησης Rax 13



Σχήμα 6.4.14. Ακτινικό πολυγωνικό διάγραμμα γεώτρησης Rax 14



Σχήμα 6.4.15. Ακτινικό πολυγωνικό διάγραμμα γεώτρησης Rax 15

6.3 ΙΟΝΤΙΚΟΙ ΛΟΓΟΙ

Οι λόγοι των συγκεντρώσεων διαφόρων ιόντων μέσα στο νερό (εκφρασμένων σε meq/l), είναι πολύ χρήσιμο στοιχείο για τον καθορισμό προέλευσης του νερού. Στον παρακάτω Πίνακα 6.4.1 δίνονται οι τιμές των λόγων Mg^{+2}/Ca^{+2} , $(Ca^{+2} + Mg^{+2})/(Na^{+} + K^{+})$, Cl^{-}/SO_4^{-2} και Na^{+}/Cl^{-} . Οι τιμές των λόγων Na^{+}/K^{+} , Na^{+}/Cl^{-} είναι ίδιες είτε τα ιόντα εκφράζονται σε meq/l είτε σε mmol/l αφού πρόκειται για μονοσθενή ιόντα. Το ίδιο ισχύει και για τον λόγο Mg^{+2}/Ca^{+2} , αφού και τα δύο ιόντα είναι δισθενή.

Πίνακας 6.4.1. Ιοντικοί λόγοι κάθε γεώτρησης σε meq/l

	Mg/Ca	(Ca+Mg)/(K+Na)	Cl/SO4	Na/Cl
Rax 1	0.64	18.125	0.54	1.79
Rax 2	0.11	17.696	0.33	2.63
Rax 3	0.08	14.168	0.35	1.75
Rax 4	0.19	9.228	0.13	5.96
Rax 5	0.1	18.59	0.36	1.16
Rax 6	0.03	15.992	0.26	1.33
Rax 7	0.32	9.047	0.59	1.57
Rax 8	0.016	17.404	0.46	1.42
Rax 9	0.14	14.631	0.66	3.05
Rax 10	0.22	17.766	0.79	2.36
Rax 11	0.17	13.111	0.31	3.5
Rax 12	0.02	14.536	0.4	4.29
Rax 13	0.15	18.02	0.46	1.77
Rax 14	0.33	9.334	1.09	1.59
Rax 15	0.31	13.547	0.55	3.45

Λόγος rMg^{+2}/rCa^{+2} .

Ο λόγος rMg^{+2}/rCa^{+2} μας δίνει πληροφορίες για την προέλευση του υπογείου νερού. Όταν ο λόγος λαμβάνει τιμές μεταξύ 0,5 και 0,7 αυτό δηλώνει την παρουσία ασβεστολιθικών υδροφόρων, ενώ για τιμές 0,7 έως 0,9 υποδηλώνεται η παρουσία δολομιτικών υδροφόρων. Τέλος όταν ο λόγος rMg^{+2}/rCa^{+2} είναι μεγαλύτερος από 0,9 αυτό σημαίνει την ύπαρξη υδροφόρων με πυριτικά πετρώματα (Καλλέργης, 1999).

Στην περιοχή μελέτης, στην πλειονοψηφία των δειγμάτων ο λόγος $r\text{Mg}^{+2}/r\text{Ca}^{+2}$ παίρνει τιμές από 0.016 έως 0.33, επομένως φαίνεται να προέρχονται από πλούσιους σε Ca^{+2} υδροφόρους. Το δείγμα Rax 1 λαμβάνει τιμή του λόγου 0.64 και συνεπώς το νερό αυτό προέρχεται από ιζήματα πλούσια σε Ca^{+2} .

Λόγος $r(\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})/r(\text{Na}^{+} + \text{K}^{+})$.

Στις περιοχές εμπλουτισμού των υδροφόρων, ο λόγος $r(\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})/r(\text{Na}^{+} + \text{K}^{+})$ παρουσιάζει τιμές ψηλότερες της μονάδας, ενώ σε περιοχές χαμηλού εμπλουτισμού, ο λόγος αυτός λαμβάνει τιμές μικρότερες της μονάδας. Στην περιοχή μελέτης, τα δείγματα παρουσιάζουν τιμή του λόγου μεγαλύτερη της μονάδας.

Λόγος $r\text{Cl}^{-}/r\text{SO}_4^{-2}$.

Στο θαλασσινό νερό ο λόγος $r\text{Cl}^{-}/r\text{SO}_4^{-2}$ λαμβάνει τιμή μεγαλύτερη του 10, ενώ όταν είναι μεγαλύτερη του 5 τότε το νερό χαρακτηρίζεται ως χλωριούχο. Για τιμές του λόγου μεταξύ 1 και 5, το νερό χαρακτηρίζεται ως χλωριοθειικό, ενώ για τιμές μικρότερες από 0,2 το νερό είναι θειικό. Στην περιοχή μελέτης όλα τα δείγματα έχουν τιμή του λόγου από 0.2 έως 1 και χαρακτηρίζονται “θειικό – χλωριούχα” εκτός από το δείγμα Rax 4 που παρουσιάζει τιμή του λόγου μικρότερη από 0.2 επομένως χαρακτηρίζεται “θειικό”, και το δείγμα Rax 14 του οποίου η τιμή του λόγου είναι μεταξύ 1 και 5 οπότε και χαρακτηρίζεται “χλωριοθειικό”.

Λόγος $r\text{Na}^{+}/r\text{Cl}^{-}$.

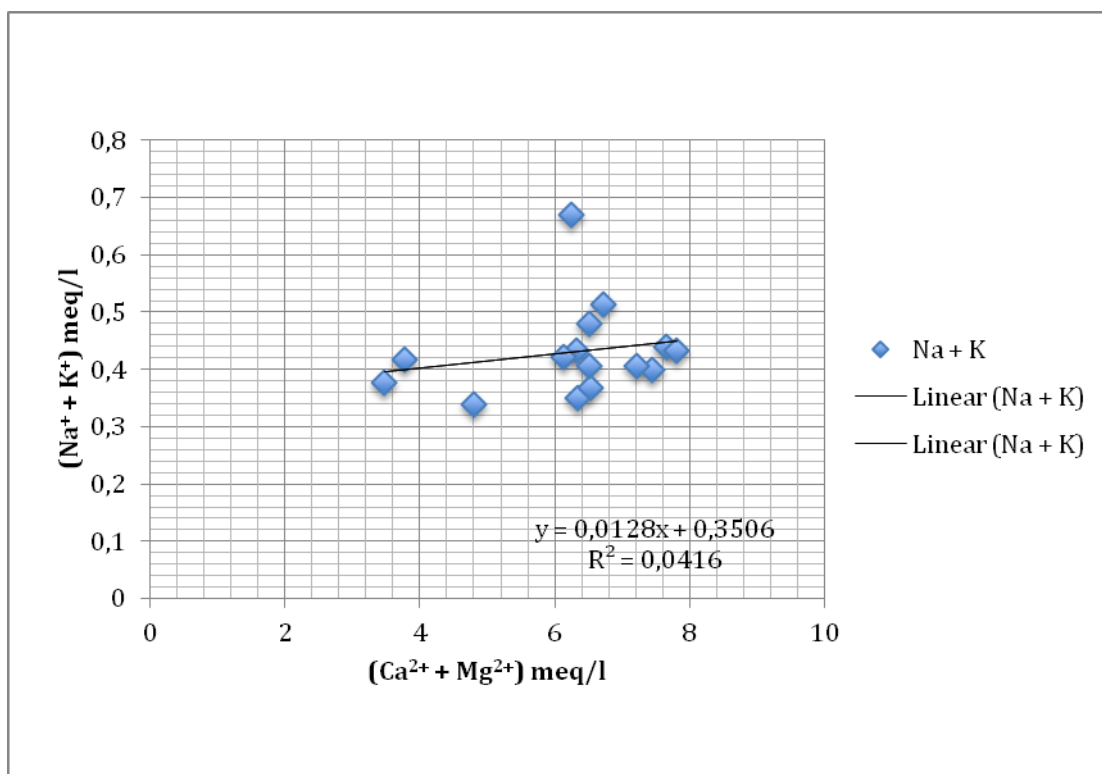
Στα κανονικά νερά η ιοντική σχέση $r\text{Na}^{+}/r\text{Cl}^{-}$ είναι $0,876 \pm 10\%$. Όταν η τιμή της σχέσης $r\text{Na}^{+}/r\text{Cl}^{-}$ είναι μεγαλύτερη του 1,0, τότε θεωρείται ότι το νερό προέρχεται από υδροφόρους αλκαλικών μαγματικών ή μεταμορφωμένων πετρωμάτων (ιοντική ανταλλαγή Mg^{+2} και Ca^{+2} με Na^{+}). Στην περιοχή μελέτης όλα τα δείγματα λαμβάνουν τιμή για τον λόγο $r\text{Na}^{+}/r\text{Cl}^{-}$ μεγαλύτερη του 1 το οποίο φανερώνει νερό από αλκαλικά πυριγενή ή μεταμορφωμένα πετρώματα.

6.5 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΙΟΝΤΩΝ

Οι τιμές περιεκτικότητας του υπογείου νερού σε διάφορα ιόντα, εξεταζόμενα ανά ορισμένα ζεύγη, αυξάνονται ή μειώνονται παράλληλα, διατηρώντας μια περίπου σταθερή σχέση μεταξύ τους, κυρίως όταν εκφράζονται σε meq/l. η συσχέτιση συνδέεται με τη χημική συγγένεια και τις ιδιότητες των ιόντων αυτών, αλλά και με τη λιθολογία του αντίστοιχου υδροφορέα.

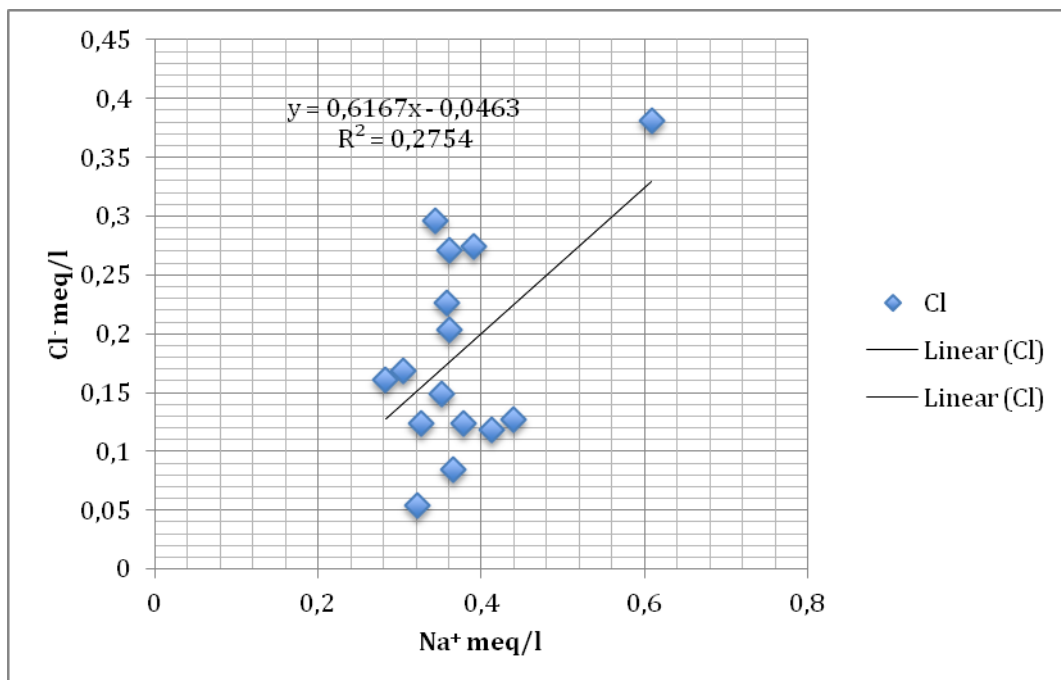
	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄	HCO ₃
Rax 1	0.304	0.046	3.892	2.452	0.169	0.312	4.737
Rax 2	0.326	0.043	5.888	0.642	0.124	0.375	5.081
Rax 3	0.283	0.056	4.441	0.362	0.161	0.458	4.229
Rax 4	0.322	0.054	2.894	0.576	0.054	0.396	3.098
Rax 5	0.344	0.056	6.737	0.699	0.296	0.812	4.917
Rax 6	0.361	0.046	6.287	0.222	0.271	1.02	4.344
Rax 7	0.357	0.061	2.844	0.938	0.226	0.375	3.606
Rax 8	0.391	0.049	7.535	0.123	0.274	0.583	6.048
Rax 9	0.378	0.054	5.539	0.782	0.124	0.187	4.721
Rax 10	0.352	0.054	5.888	1.325	0.149	0.187	5.737
Rax 11	0.413	0.1	5.739	0.987	0.118	0.375	5.114
Rax 12	0.365	0.056	5.14	0.987	0.085	0.291	4.54
Rax 13	0.361	0.072	6.786	1.02	0.203	0.437	5.327
Rax 14	0.609	0.061	4.691	1.563	0.381	0.437	4.737
Rax 15	0.439	0.041	4.94	1.563	0.127	0.229	4.852

Πίνακας 6.5.1 Συγκεντρώσεις ιόντων σε meq/l



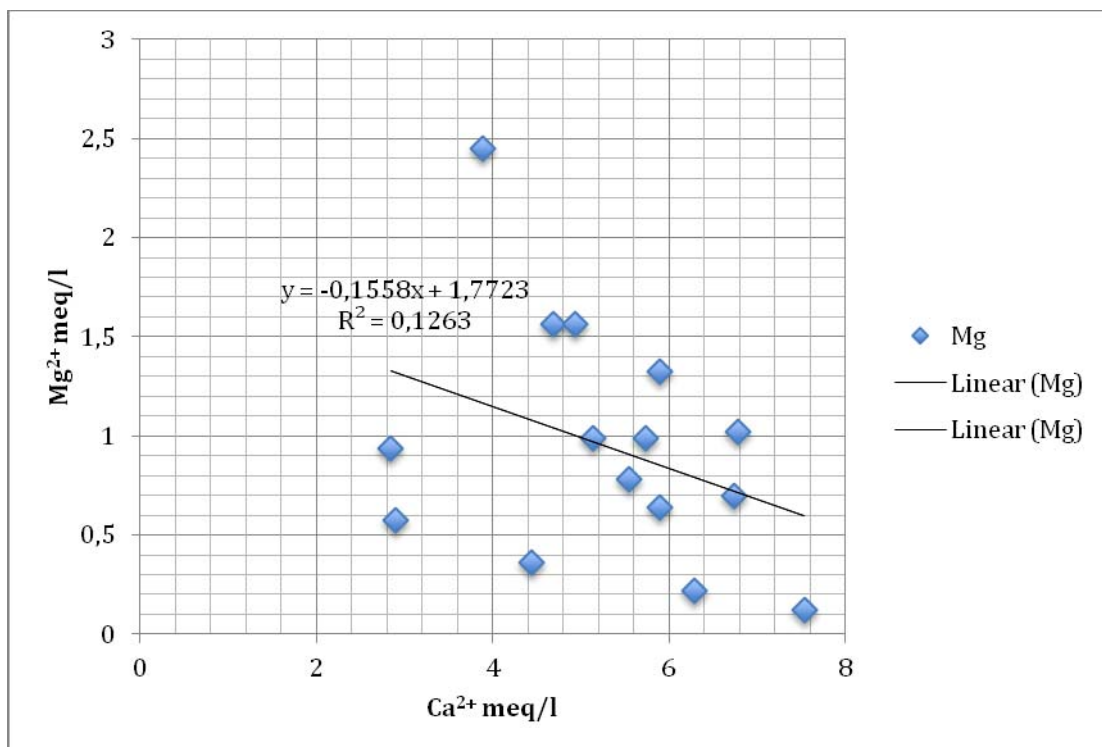
Σχήμα 6.5.1. Γραφική παράσταση συσχέτισης $(Ca + Mg) - (Na + K)$

Στο Σχήμα 6.5.1 έχουμε το διάγραμμα συσχέτισης $(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ με $(Na^{+} + K^{+})$ η συσχέτιση του αθροίσματος των ιόντων του Ca^{2+} και του Mg^{2+} σε σχέση με το άθροισμα των ιόντων Na^{+} και K^{+} είναι κακή ($R^2 = 0.04614$).



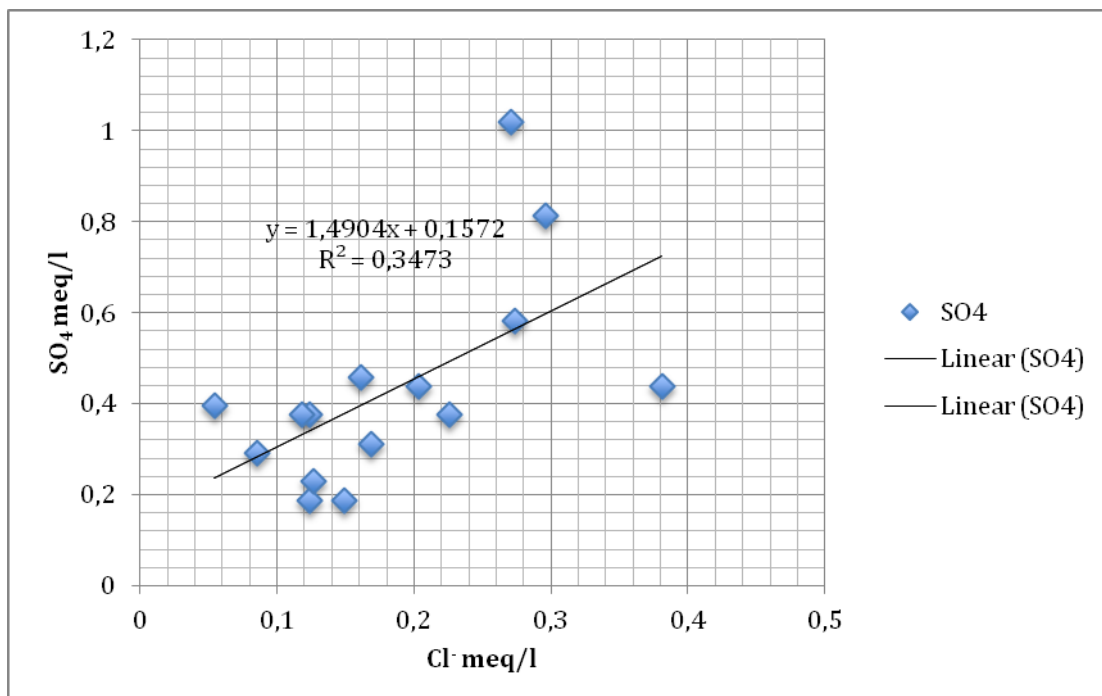
Σχήμα 6.5.2. Γραφική παράσταση συσχέτισης $Na - K$

Στο Σχήμα 6.5.2 δίνεται το διάγραμμα συσχέτισης των ιόντων Na^{+} και Cl^{-} και παρατηρείται ότι η συσχέτιση δεν είναι σημαντική ($R^2 = 0.27542$).



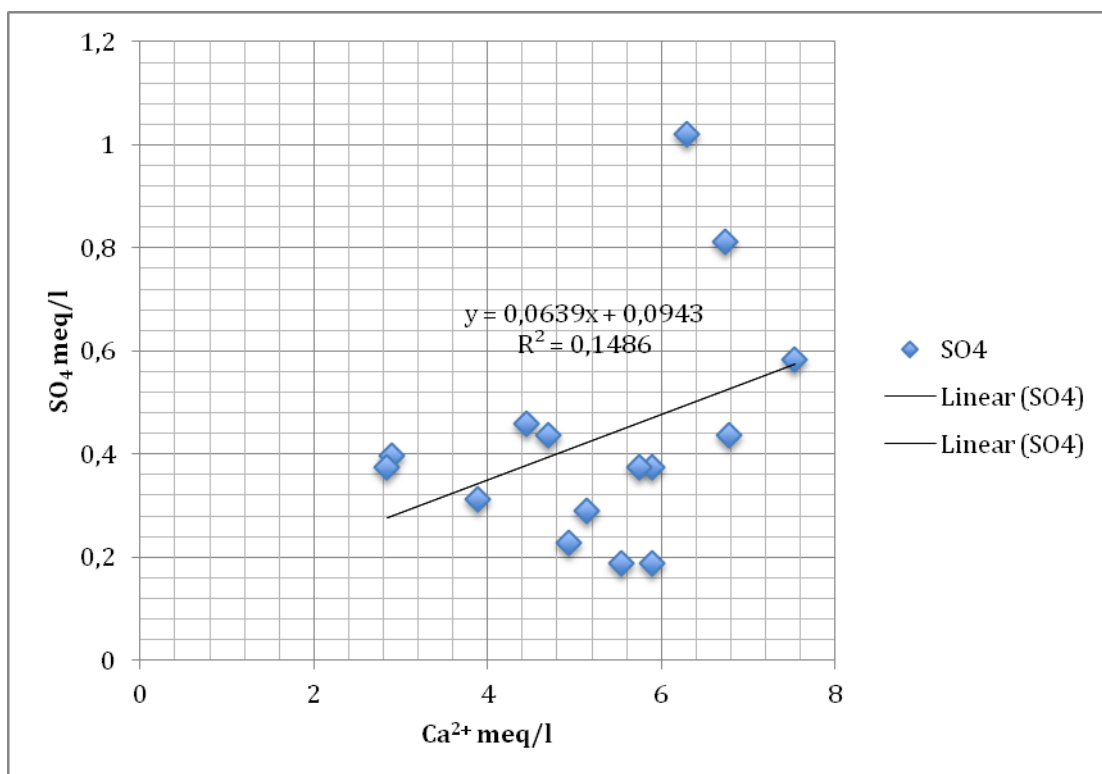
Σχήμα 6.5.3. Γραφική παράσταση συσχέτισης Ca - Mg

Επίσης κακή συσχέτιση παρατηρείται μεταξύ των ιόντων Ca^{2+} και Mg^{2+} όπως φαίνεται στο διάγραμμα του σχήματος 6.5.3 ($R^2 = 0.12633$)



Σχήμα 6.5.4. Γραφική παράσταση συσχέτισης Cl - SO_4

Μέτρια σημαντική είναι η συσχέτιση μεταξύ των ιόντων Cl και SO_4 με συντελεστή συσχέτισης $R^2 = 0.34734$ (Σχήμα 6.5.4)



Σχήμα 6.5.5 Γραφική παράσταση συσχέτισης Ca – SO₄

Στο Σχήμα 6.5.5 παρατηρείται ότι η συσχέτιση μεταξύ των ιόντων Ca²⁺ και SO₄ είναι κακή ($R^2 = 0.14$)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ

7.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων σε πίνακες δεν είναι εποπτική. Για να είναι πιο εύκολη η σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων συνήθως χρησιμοποιείται κάποιο από τα υδροχημικά διαγράμματα που έχουν επικρατήσει. Με τα υδροχημικά διαγράμματα είναι δυνατόν να γίνουν συγκρίσεις και συσχετισμοί που επιδέχονται ερμηνείας. Επιπλέον με αυτά μπορεί να αναγνωρισθεί η ανάμειξη νερών διαφορετικής προέλευσης και σύνθεσης, καθώς και η διεργασία που λαμβάνει χώρα κατά την κίνηση του νερού.

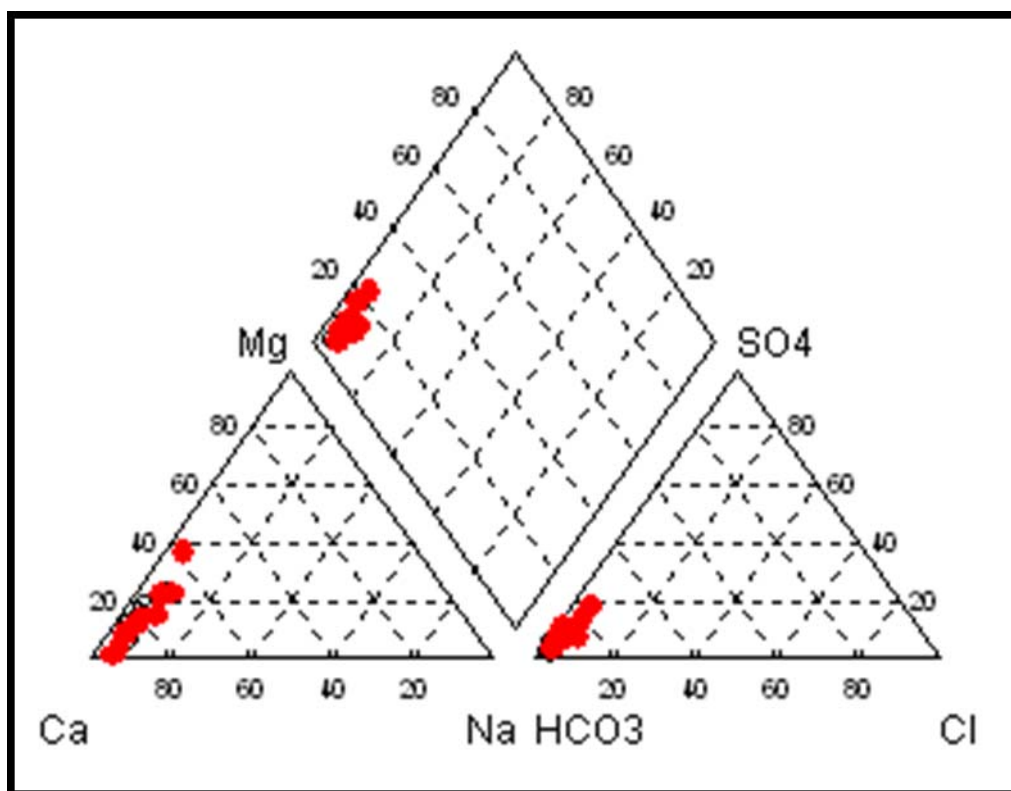
Υπάρχουν πολλών ειδών διαγράμματα που χρησιμοποιούνται και διαφόρων ειδών ταξινομήσεις νερού που χρησιμοποιούν διαφορετικά κριτήρια η κάθε μια. Διαγράμματα ανυσματικά, ραβδοδιαγράμματα, κυκλικά και ακτινωτά, πολυγωνικά, ημιλογαριθμικά και τριγωνικά κ.τ.λ. Και πάνω σε αυτά τα διαγράμματα έχουν προταθεί κατατάξεις ποιότητας του νερού (π.χ. Piper, Piper-De Wiest, Durov, Schoeller).

Για την ταξινόμηση των υπογείων νερών της περιοχής μελέτης χρησιμοποιούνται τα παρακάτω διαγράμματα και η ταξινόμηση κατά Piper- De Wiest, το διάγραμμα Durov, το διάγραμμα S.A.R., η ταξινόμηση κατά Schoeller και η ταξινόμηση κατά Wilcox.

7.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ PIPER – DE WIEST

Το διάγραμμα Piper (1944) είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο και ίσως το πιο εύχρηστο. Παρουσιάζει το πλεονέκτημα ότι είναι άμεση η αναγνώριση των ομοιοτήτων και διαφορών που παρουσιάζουν διάφορα δείγματα νερού, καθώς και της ανάμειξης δύο διαφορετικών νερών (Καλλέργης, 1999). Στα διαγράμματα, τα κατιόντα, εκφρασμένα επί τοις εκατό του συνόλου των κατιόντων σε meq/l, προβάλλονται σαν ένα σημείο στο αριστερό τρίγωνο, ενώ τα ανιόντα, εκφρασμένα επίσης επί τοις εκατό του συνόλου των ανιόντων, εμφανίζονται σαν ένα σημείο στο δεξιό τρίγωνο. Τα δύο αυτά σημεία προβάλλονται στη συνέχεια στον κεντρικό ρόμβο, παράλληλα προς τις δύο πάνω πλευρές του.

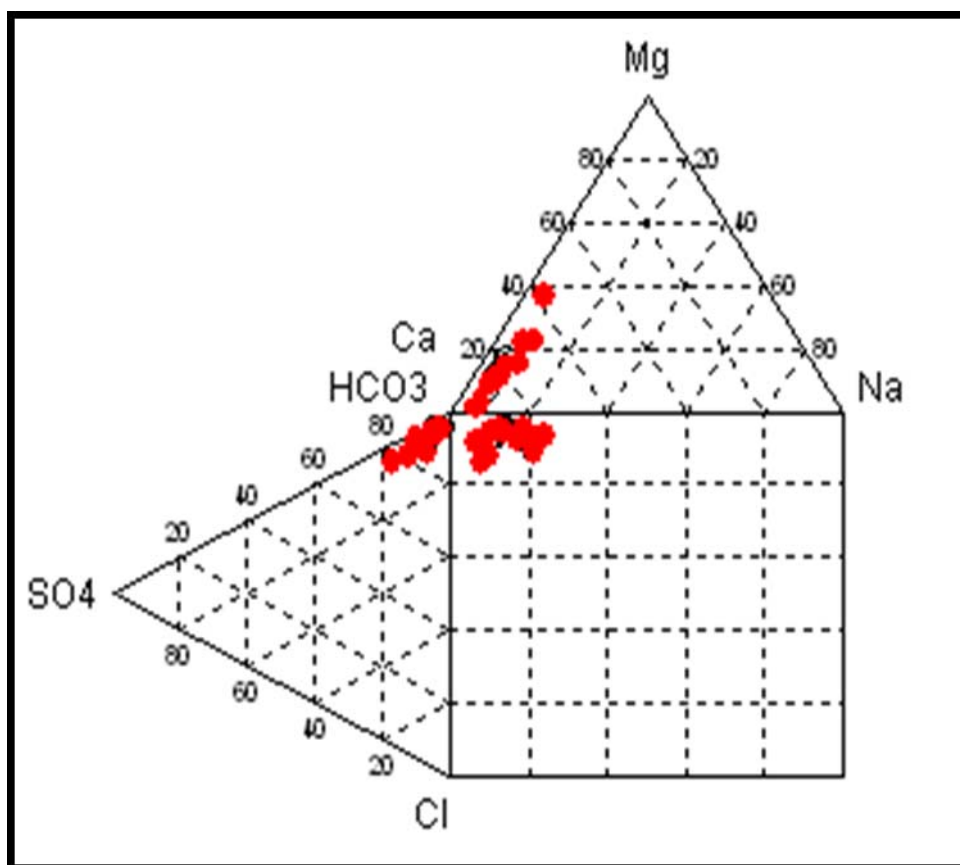
Με βάση λοιπόν τις χημικές αναλύσεις των στοιχείων κατασκευάστηκε το διάγραμμα Piper του σχήματος και προκύπτει ο εξής υδροχημικός τύπος: ασβεστούχος – μαγνησιούχος – οξυανθρακικός (Ca^{2+} - Mg^{2+} - HCO_3).



Διάγραμμα 7.2 Διάγραμμα Piper – De Wiest.

7.3 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ DUROV

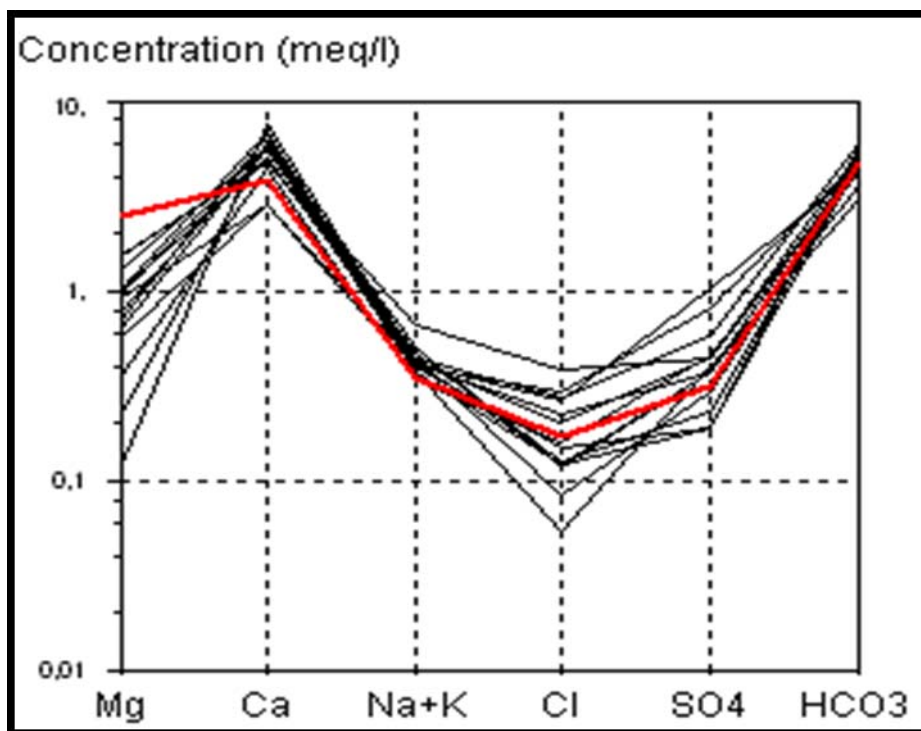
Για την κατασκευή του διαγράμματος Durov, προβάλλονται σε χωριστά τρίγωνα τα ανιόντα και τα κατιόντα σε meq %, όπως στο διάγραμμα Piper. Στη συνέχεια, η προέκταση των καθέτων στις βάσεις των ισόπλευρων τριγώνων που ξεκινούν από τα σημεία που παριστάνουν την επί τοις εκατό περιεκτικότητα του νερού σε ανιόντα και κατιόντα, τέμνονται σε ένα σημείο που παριστάνει την κύρια ιοντική συγκέντρωση % στο νερό. Τα εννιά τετράγωνα στο διάγραμμα αυτό, αντιστοιχούν σε κατηγορίες νερού, αλλά και σε περιοχές που συμβαίνουν στο νερό διάφορες υδροχημικές διαδικασίες. Όπως βλέπουμε από το διάγραμμα στο νερό συμβαίνουν ιοντικές ανταλλαγές και προέρχεται από απλή διάλυση ή μίξη. Επίσης προκύπτει πως τα νερά της περιοχής μελέτης είναι ασβεστούχα – μαγνησιούχα- οξυανθρακικά (Ca^{2+} - Mg^{2+} - HCO_3).



Διάγραμμα 7.3 Διάγραμμα Durov.

7.4 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ SCOELLER

Το διάγραμμα αυτό προτάθηκε από τον H. Schoeller (1948, 1962, 1967) και έχει ευρεία χρήση γιατί επιτυγχάνει να απεικονίσει με σαφή τρόπο τους διάφορους τύπους του υπογείου νερού. Επίσης είναι εύκολη η σύγκριση των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων. Τα ημιλογαριθμικά διαγράμματα Schoeller χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ποσιμότητας του νερού. Στον άξονα των τετμημένων τοποθετούνται σε κανονικά διαστήματα από τα αριστερά προς τα δεξιά το δέκατο της συγκέντρωσης των ιόντων εκφρασμένες σε meq/l και στον άξονα των τεταγμένων, που είναι βαθμολογημένος σε μια λογαριθμική κλίμακα, τοποθετείται ο αριθμός των meq/l των παραπάνω ιόντων. Τα σημεία τομής που προκύπτουν ενώνονται μεταξύ τους με ευθύγραμμα τμήματα. Το πλεονέκτημα με αυτόν τον τρόπο απεικόνισης, είναι ότι εκτός της άμεσης σύγκρισης των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων είναι δυνατή και η σύγκριση των κυριότερων ιοντικών λόγων, οι οποίοι ορίζονται από τις κλίσεις των ευθύγραμμων τμημάτων. Στο παρακάτω σχήμα γίνεται εφαρμογή του διαγράμματος Schoeller από το οποίο συμπεραίνουμε ότι τα νερά των δειγμάτων είναι γλυκά, αφού η καμπύλη έχει το κοίλο μέρος της προς τα επάνω. Επίσης σύμφωνα με τον Schoeller όσο πιο πάνω βρίσκεται η καμπύλη τόσο πιο μεγάλη είναι η συνολική περιεκτικότητα σε ιόντα.



Διάγραμμα 7.4 Διάγραμμα Schoeller.

7.5 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ S.A.R.

Το διάγραμμα αυτό χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της καταλληλότητας του νερού για άρδευση. Η καταλληλότητα του νερού για άρδευση εξετάζεται σε σχέση με δύο παράγοντες.

α) Τον κίνδυνο αλκαλίωσης.

Το Na^+ δημιουργεί αποκροκύδωση του εδάφους, κατά την ανταλλαγή ιόντων του με Ca^{2+} και έτσι προκαλεί μείωση του αερισμού και της περατότητας του εδάφους. Η έκταση της ανταλλαγής ιόντων μπορεί να προσδιοριστεί από το δείκτη προσρόφησης νατρίου:

$$\text{SAR} = [\text{Na}^+] / \{([\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]) / 2\}^{1/2}$$

β) Τον κίνδυνο αλατότητας.

Σε εδάφη που κυριαρχούν τα αργιλικά υλικά, η δυνατότητα απόπλυσης των αλάτων που υπάρχουν σε περίσσεια είναι μειωμένη λόγω της μικρής περατότητας και της χαμηλής δυνατότητας αποστράγγισης. Ο κίνδυνος αλατότητας μπορεί να εκτιμηθεί από την ηλεκτρική αγωγιμότητα. Σε αυτό το σημείο λαμβάνουμε υπόψιν και την ταξινόμηση των αρδευτικών έργων με βάση τις τιμές του δείκτη S.A.R., η οποία δίνει:

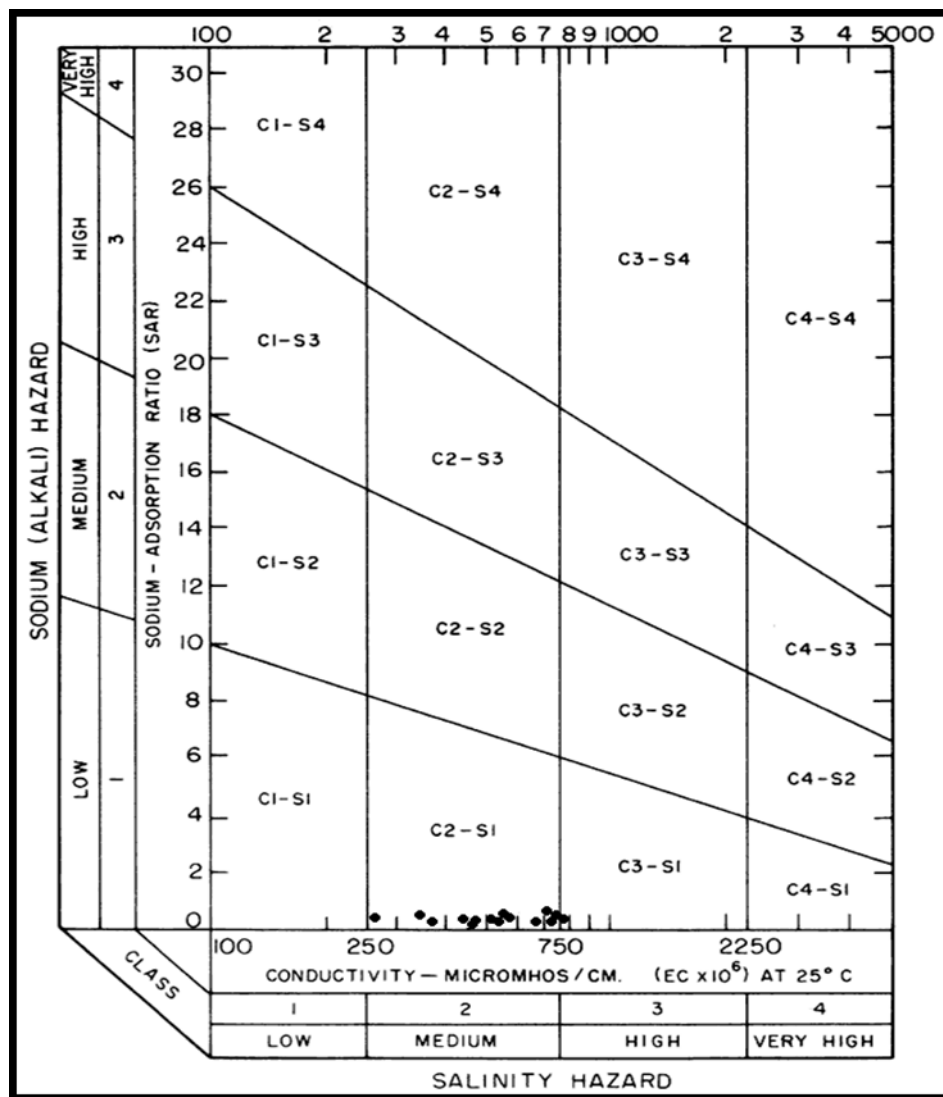
Πίνακας 7.5.1 Ποιότητα νερού σύμφωνα με τον δείκτη S.A.R.

ΔΕΙΚΤΗΣ S.A.R	ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ
<10	Εξαιρετική
10 – 18	Καλή
18 – 26	Μέτρια
>26	Κακή

Με βάση τα παραπάνω υπολογίστηκε ο δείκτης S.A.R., για όλα τα δείγματα και σύμφωνα με τη προβολή των αποτελεσμάτων στο διάγραμμα S.A.R. – Αγωγιμότητα εξάγεται το συμπέρασμα ότι τα νερά των δειγμάτων ανήκουν στην κατηγορία C₂ – S₁ δηλαδή η ποιότητα των υδάτων είναι καλή μέχρι μέτρια. Τα νερά αυτά πρέπει να χρησιμοποιούνται με προφύλαξη στα βαριά εδάφη που δεν αποστραγγίζονται καλά και επίσης με επιφύλαξη για ευαίσθητα φυτά.

Πίνακας 7.5.2 Δείκτης S.A.R. και αγωγιμότητα σε κάθε γεώτρηση.

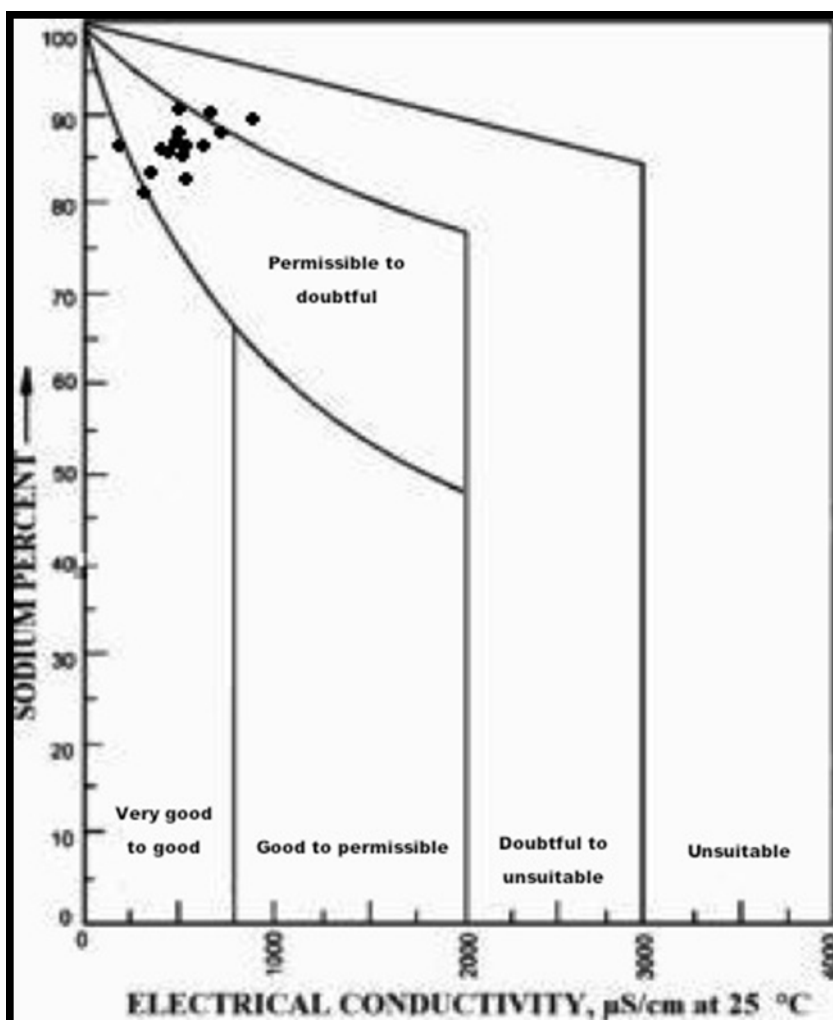
Κωδικός Δείγματο	S.A.R	Αγωγιμότητα (μS/cm)
Rax 1	0.17	466
Rax 2	0.18	543
Rax 3	0.18	372
Rax 4	0.24	260
Rax 5	0.18	743
Rax 6	0.2	779
Rax 7	0.26	353
Rax 8	0.2	740
Rax 9	0.21	504
Rax 10	0.18	480
Rax 11	0.22	439
Rax 12	0.21	583
Rax 13	0.18	671
Rax 14	0.34	711
Rax 15	0.24	552



Διάγραμμα 7.5 Διάγραμμα S.A.R.

7.6 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ WILCOX

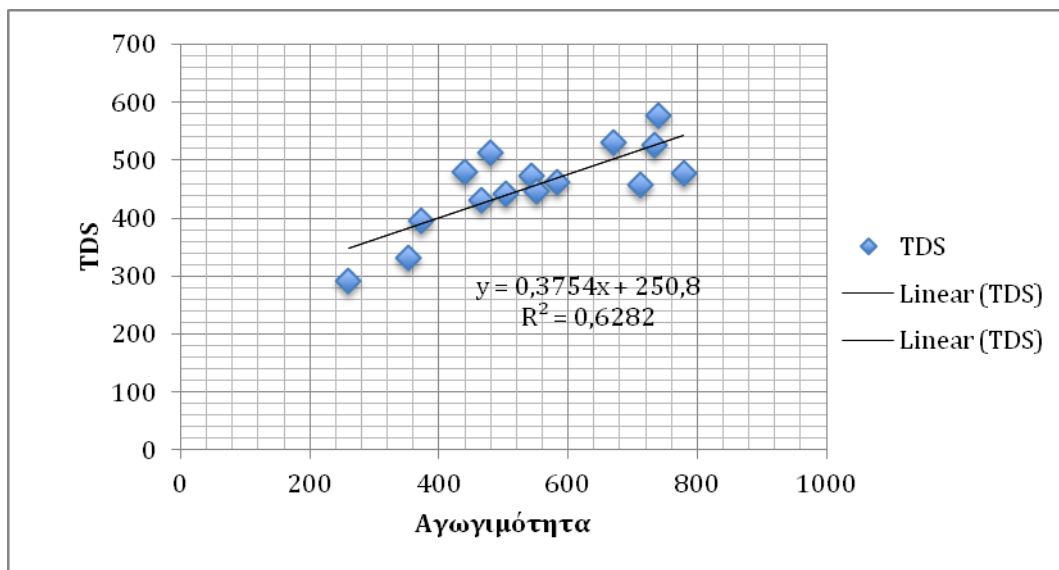
Το διάγραμμα Wilcox (1955) χρησιμοποιείται και αυτό για την ταξινόμηση του αρδευτικού νερού. Λαμβάνει υπόψη του την ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού και την επί τοις εκατό περιεκτικότητα του σε Na^+ σε σχέση με το σύνολο των αλκαλίων. Στο σχήμα που ακολουθεί, παρουσιάζεται η εφαρμογή του διαγράμματος αυτού για την περιοχή μελέτης σύμφωνα με το οποίο συμπεραίνεται ότι το νερό των περισσότερων δειγμάτων μπορεί να χαρακτηριστεί αποδεκτό έως αμφίβολο. Το νερό δύο δειγμάτων είναι οριακά πολύ καλό έως καλό ενώ το νερό δύο άλλων δειγμάτων είναι αμφίβολο μέχρι ακατάλληλο.



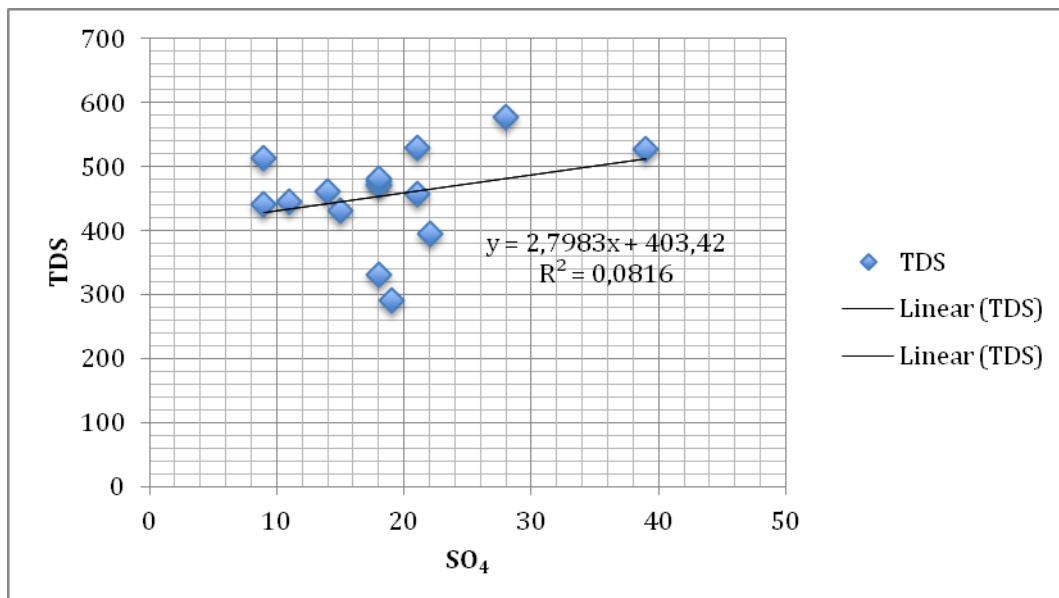
Διάγραμμα 7.6 Διαγραμμα Wilcox.

7.7 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤΑ ΗΕΜ

Με βάση τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων όπως παρατίθενται στον Πίνακα 6.2.2, τα νερά της περιοχής ανήκουν στην κατηγορία των «γλυκών νερών» σύμφωνα με την ταξινόμηση κατά Hem (1970), αφού το σύνολο διαλυμένων αλάτων (T.D.S) στα δείγματα είναι μικρότερο των 1000 mg/l. Το ίδιο όριο των 1000 mg/l χρησιμοποιεί και ο Davis and De Wiest (1966).



Σχήμα 7.7.1 Γραφική παράσταση συσχέτισης T.D.S (mg/l) με την ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C ($\mu\text{S/cm}$)



Σχήμα 7.7.2 Γραφική παράσταση συσχέτισης T.D.S (mg/l) με SO_4 (mg/l)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκαν τα υδροχημικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής της παραλίας των Ραχών Φθιώτιδος, αλλά και γενικότερα οι υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής μελέτης. Παρακάτω δίνονται τα κυριότερα συμπεράσματα που προέκυψαν από το συνδυασμό των διαφόρων στοιχείων που εξετάστηκαν.

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στο βόρειο-ανατολικό τμήμα του Ν. Φθιώτιδος και οριοθετείται ανάμεσα στους παραλιακούς οικισμούς των Ραχών και της Κουβέλας. Διοικητικά υπάγεται στον δήμο Εχιναίων και καλύπτει μια επιφάνεια περίπου 32 km². Διακρίνεται από ομαλό ανάγλυφο και από μικρές μορφολογικές κλίσεις 5 - 10%. Το υδρογραφικό δίκτυο εμφανίζεται μέτρια ανεπτυγμένο.

Γεωτεκτονικά η περιοχή εντάσσεται στην Υποελαγονική ζώνη. Οι σχηματισμοί που κυριαρχούν είναι χερσοποτάμιες, ποταμοδελταϊκές, λιμναίες και χερσαίες αποθέσεις. Η περιοχή ανήκει σε αυτή του Βόρειου Ευβοϊκού Κόλπου και αποτελείται από τα αλπικά πετρώματα που συνιστούν το γεωλογικό υπόβαθρο, και τις ρηξιγενείς τάφρους που δημιουργήθηκαν από την νεοτεκτονική δράση των ρηγμάτων και οι οποίες έχουν πληρωθεί από νεότερα ιζήματα ηλικίας Πλειοκαίνου – Τεταρτογενούς. Τα ιζήματα του Πλειοκαίνου αποτελούνται από άμμους, αργίλους, κιτρινόλευκες μάργες και χαλίκια συνεκτικής μορφής, με κατά θέσεις λίγες ενστρώσεις χαλαρών χαλικιών μικρού πάχους. Τα Πλειστοκαινικά ιζήματα αντιπροσωπεύονται από μια ακολουθία ιζημάτων που χαρακτηρίζουν πλευρικά κορήματα και αποθέσεις αλλουβιακών ριπιδίων και περιλαμβάνουν εναλλαγές άμμων, αργίλων και κροκαλοπαγών, καθώς κι ένα συνεκτικό λατυποπαγές, αποτελούμενο απόγωνιώδη τεμάχια ασβεστόλιθων και δολομιτών ισχυρά συγκολλημένα δευτερογενώς με αμμοαργιλώδες συνδετικό υλικό.

Το κλίμα της περιοχής, μπορεί να χαρακτηριστεί σύμφωνα με την κλιματική κατάταξη του Korpen (1936) ως θαλάσσιο κλίμα με διακριτό ξηρό και πολύ θερμό καλοκαίρι γιατί ανήκει στον τύπο Csa. Επίσης με βάση τα στοιχεία των μετεωρολογικών σταθμών υπολογίστηκε ότι η μέση βροχόπτωση και η μέση θερμοκρασία για την περίοδο 1970-1997 είναι 571 mm και 16,5°C αντίστοιχα.

Από τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων προκύπτει ότι τα νερά της περιοχής ανήκουν στην κατηγορία των «γλυκών νερών» τόσο με την ταξινόμηση

κατά Hem όσο και με την ταξινόμηση κατά Davies and De Wiest. Μάλιστα τα περισσότερα έχουν pH μεταξύ 7 και 8 (ουδέτερα έως πολύ ελαφρά αλκαλικά).

Στην πλειοψηφία των δειγμάτων ο λόγος $r\text{Mg}^{+2}/r\text{Ca}^{+2}$ παίρνει τιμές από 0.016 έως 0.33, επομένως φαίνεται να προέρχονται από πλούσιους σε Ca^{+2} υδροφόρους το δείγμα Rax 1 λαμβάνει τιμή του λόγου 0.64 και συνεπώς το νερό αυτο προέρχεται από ιζήματα πλούσια σε Ca^{+2} . Ο λόγος $r(\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})/r(\text{Na}^{+} + \text{K}^{+})$ παρουσιάζει τιμές ψηλότερες της μονάδας, άρα βρισκόμαστε σε σημεία εμπλουτισμού του υδροφόρου. Στην περιοχή μελετης όλα τα δείγματα λαμβάνουν τιμή για τον λόγο $r\text{Na}^{+}/r\text{Cl}^{-}$ μεγάλυ τερη του 1 το οποίο φανερώνει νερό από αλκαλικά πυριγενή ή μεταμορφωμένα πετρώματα. Στην περιοχή μελέτης όλα τα δείγματα έχουν τιμή του λόγου $r\text{Cl}^{-}/r\text{SO}_4^{-2}$ από 0.2 έως 1 και χαρακτηρίζονται “θειϊκό – χλωριούχα” εκτός από το δείγμα Rax 4 που παρουσιάζει τιμή του λόγου μικρότερη από 0.2 επομένως χαρακτηρίζεται “θειϊκό”, και το δείγμα Rax 14 του οποίου η τιμή του λόγου είναι μεταξύ 1 και 5 οπότε και χαρακτηρίζεται “χλωριοθειϊκό”.

Με βάση την ταξινόμηση κατά Piper - De Wiest, τα νερά της περιοχής χαρακτηρίζονται ως ασβεστιούχα – μαγνησιούχα - οξυανθρακικά (Ca^{2+} - Mg^{2+} - HCO_3) που δεν έχουν επηρεαστεί από ρύπανση κοντά στις ζώνες τροφοδοσίας. Από το διάγραμμα Shoeller, φαίνεται ότι οι ιοντικοί λόγοι δεν παραμένουν σταθεροί αλλά μεταβάλλονται.

Σύμφωνα με τη προβολή την αποτελεσμάτων στο διάγραμμα S.A.R. – Αγωγιμότητα εξάγεται το συμπέρασμα ότι τα νερά των δειγμάτων ανήκουν στην κατηγορία $\text{C}_2 - \text{S}_1$ δηλαδή η ποιότητα των υδάτων είναι καλή μέχρι μέτρια. Τα νερά αυτά πρέπει να χρησιμοποιούνται με προφύλαξη στα βαριά εδάφη που δεν αποστραγγίζονται καλά και επίσης με επιφύλαξη για ευαίσθητα φυτά.

Από το διάγραμμα Wilcox συμπεραίνεται ότι το νερό των περισσότερων δειγμάτων μπορεί να χαρακτηριστεί αποδεκτό έως αμφίβολο. Το νερό δύο δειγμάτων είναι οριακά πολύ καλό έως καλό ενώ το νερό δύο άλλων δειγμάτων είναι αμφίβολο μέχρι ακατάλληλο.

συνίσταται η συνεχής παρακολούθηση της ποιοτικής κατάστασης των υπογείων νερών για την αποφυγή του φαινομένου της υπαλμύρισης και της γενικότερης ρύπανσης.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

SampleID	RAX1			
Ph	7.4			
Cond 20°C (µS)	466			
Cations	(mg/l)	(meq/l)		
Na+	7,000E+00	3,045E-01		
K +	1,800E+01	4,604E-02		
Mg++	2,980E+02	2,452E+00		
Ca++	7,800E+01	3,892E+00		
Anions	(mg/l)	(meq/l)		
Cl-	6,000E+00	1,692E-01		
SO4--	1,500E+01	3,123E-01		
NO3-	4,900E+01	7,902E-02		
HCO3-	2,890E+02	4,737E+00		
Calculated values:				
Sum of Anions (meq/l)	: 5,30			
Sum of Cations (meq/l)	: 6,69			
Balance:	: 11,6%			
Total dissolved solids	: 12,0 meq/l	431,5 mg/l		
Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 6,34	31,72	17,76	317,2
Permanent hardness	: 1,61	8,03	4,50	80,3
Temporary hardness	: 4,74	23,69	13,26	236,9
Alkalinity	: 4,74	23,69	13,26	236,9
(1 °f = 10 mg/l CaCO3/1 l °g = 10 mg/l CaO)				
Major ion composition				
	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%

Na+	7,0	0,304	0,304	0,0
K +	1,8	0,046	0,046	0,0
Ca++	78,0	1,946	3,892	25,017
Mg++	29,8	1,226	2,452	16,678
Cl-	6,0	0,169	0,169	0,0
SO4--	15,0	0,156	0,312	0,0
HCO3-	289,0	4,737	4,737	33,355
Ratios				
	mg/l	mmol/l	Comparison to Seawater	
			mg/l	mmol/l

Ca/Mg	2,617	1,588	0.319	0.194
Ca/SO4	5,2	12,462	0.152	0.364
Na/Cl	1,167	1,799	0.556	0.858
Dissolved Minerals:				
	mg/l	mmol/l		

Halite (NaCl)	: 0,279	0,0048		
Carbonate (CaCO3)	: 56,468	0,5647		
Dolomite (CaMg(CO3)2):	225,676	1,226		
Anhydrite (CaSO4)	: 21,269	0,156		

SampleID	RAX2	
Ph	7.35	
Cond 20°C (µS)	543	
Cations	(mg/l)	(meq/l)
Na+	7,500E+01	3,262E-01
K +	1,700E+01	4,348E-02
Mg++	7,800E+01	6,417E-01
Ca++	1,180E+02	5,888E+00
Anions	(mg/l)	(meq/l)
Cl-	4,400E+01	1,241E-01
SO4--	1,800E+01	3,748E-01
NO3-	5,000E+00	8,063E-02
HCO3-	3,100E+02	5,081E+00

Calculated values:

Sum of Anions (meq/l) : 5,66
Sum of Cations (meq/l) : 6,90
Balance: : 9,9%

Total dissolved solids : 12,6 meq/l 472,4 mg/l

Hardness	: meq/l	"f	"g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 6,53	32,65	18,28	326,5
Permanent hardness	: 1,45	7,24	4,06	72,4
Temporary hardness	: 5,08	25,41	14,23	254,1
Alkalinity	: 5,08	25,41	14,23	254,1

(1 "f = 10 mg/l CaCO3/1 l "g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	7,5	0,326	0,326	0,0
K +	1,7	0,043	0,043	0,0
Ca++	118,0	2,944	5,888	39,807
Mg++	7,8	0,321	0,642	0,0
Cl-	4,4	0,124	0,124	0,0
SO4--	18,0	0,187	0,375	0,0
HCO3-	310,0	5,081	5,081	39,807

Ratios			Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	15,128	9,176	0.319	0.194
Ca/SO4	6,556	15,711	0.152	0.364
Na/Cl	1,705	2,629	0.556	0.858

Dissolved Minerals:	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	: 0,205	0,0035
Carbonate (CaCO3)	: 243,83	2,4383
Dolomite (CaMg(CO3)2):	59,07	0,321
Anhydrite (CaSO4)	: 25,523	0,187

SampleID	RAX3			
Ph	8			
Cond 20°C (µS)	372			
Cations	(mg/l)	(meq/l)		
Na+	6,500E+01	2,827E-01		
K +	2,200E+01	5,627E-02		
Mg++	4,400E+01	3,620E-01		
Ca++	8,900E+01	4,441E+00		
Anions	(mg/l)	(meq/l)		
Cl-	5,700E+01	1,608E-01		
SO4--	2,200E+01	4,581E-01		
NO3-	7,000E+00	1,129E-01		
HCO3-	2,580E+02	4,229E+00		
Calculated values:				
Sum of Anions (meq/l)	:	4,96		
Sum of Cations (meq/l)	:	5,14		
Balance:	:	1,8%		
Total dissolved solids	:	10,1 meq/l	394,8 mg/l	
Hardness	:	meq/l	"f	"g mg/l CaCO3
Total hardness	:	4,8	24,02	13,45 240,2
Permanent hardness	:	0,57	2,87	1,61 28,7
Temporary hardness	:	4,23	21,14	11,84 211,4
Alkalinity	:	4,23	21,14	11,84 211,4
(1 "f = 10 mg/l CaCO3/l 1 "g = 10 mg/l CaO)				
Major ion composition				
	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	6,5	0,283	0,283	0,0
K +	2,2	0,056	0,056	0,0
Ca++	89,0	2,221	4,441	39,593
Mg++	4,4	0,181	0,362	0,0
Cl-	5,7	0,161	0,161	0,0
SO4--	22,0	0,229	0,458	0,0
HCO3-	258,0	4,229	4,229	39,593
Ratios				
	mg/l	mmol/l	Comparison to Seawater	
			mg/l	mmol/l
Ca/Mg	20,227	12,269	0.319	0.194
Ca/SO4	4,045	9,695	0.152	0.364
Na/Cl	1,14	1,759	0.556	0.858
Dissolved Minerals:				
	mg/l	mmol/l		
Halite (NaCl)	:	0,265	0,0045	
Carbonate (CaCO3)	:	181,234	1,8123	
Dolomite (CaMg(CO3)2):		33,321	0,181	
Anhydrite (CaSO4)	:	31,194	0,229	

SampleID	RAX4	
Ph	7.36	
Cond 20°C (µS)	260	
Cations	(mg/l)	(meq/l)
Na+	7,400E+01	3,219E-01
K +	2,100E+01	5,371E-02
Mg++	7,000E+00	5,759E-01
Ca++	5,800E+01	2,894E+00
Anions	(mg/l)	(meq/l)
Cl-	1,900E+01	5,359E-02
SO4--	1,900E+01	3,956E-01
NO3-	7,500E+01	1,209E-01
HCO3-	1,890E+02	3,098E+00

Calculated values:

Sum of Anions (meq/l) : 3,67
Sum of Cations (meq/l) : 3,85
Balance: : 2,4%

Total dissolved solids : 7,5 meq/l 291,9 mg/l

Hardness	: meq/l	"f	"g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 3,47	17,35	9,72	173,5
Permanent hardness	: 0,37	1,86	1,04	18,6
Temporary hardness	: 3,1	15,49	8,67	154,9
Alkalinity	: 3,1	15,49	8,67	154,9

(1 "f = 10 mg/l CaCO3/l 1 "g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	7,4	0,322	0,322	0,0
K +	2,1	0,054	0,054	0,0
Ca++	58,0	1,447	2,894	26,618
Mg++	7,0	0,288	0,576	0,0
Cl-	1,9	0,054	0,054	0,0
SO4--	19,0	0,198	0,396	0,0
HCO3-	189,0	3,098	3,098	39,927

Ratios			Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	8,286	5,026	0.319	0.194
Ca/SO4	3,053	7,316	0.152	0.364
Na/Cl	3,895	6,006	0.556	0.858

Dissolved Minerals:	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	: 0,088	0,0015
Carbonate (CaCO3)	: 96,232	0,9623
Dolomite (CaMg(CO3)2):	53,011	0,288
Anhydrite (CaSO4)	: 26,941	0,198

SampleID	RAX5			
Ph	7.41			
Cond 20°C (µS)	743			
Cations	(mg/l)	(meq/l)		
Na+	7,900E+01	3,436E-01		
K +	2,200E+01	5,627E-02		
Mg++	8,500E+01	6,993E-01		
Ca++	1,350E+02	6,737E+00		
Anions	(mg/l)	(meq/l)		
Cl-	1,050E+02	2,962E-01		
SO4--	3,900E+01	8,120E-01		
NO3-	2,350E+02	3,790E-01		
HCO3-	3,000E+02	4,917E+00		
Calculated values:				
Sum of Anions (meq/l)	: 6,40			
Sum of Cations (meq/l)	: 7,84			
Balance:	: 10,1%			
Total dissolved solids	: 14,2 meq/l	526,6 mg/l		
Hardness	: meq/l	"f	"g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 7,44	37,18	20,82	371,8
Permanent hardness	: 2,52	12,59	7,05	125,9
Temporary hardness	: 4,92	24,59	13,77	245,9
Alkalinity	: 4,92	24,59	13,77	245,9
(1 "f = 10 mg/l CaCO3/l 1 "g = 10 mg/l CaO)				
Major ion composition				
	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	7,9	0,344	0,344	0,0
K +	2,2	0,056	0,056	0,0
Ca++	135,0	3,368	6,737	42,134
Mg++	8,5	0,35	0,699	0,0
Cl-	10,5	0,296	0,296	0,0
SO4--	39,0	0,406	0,812	0,0
HCO3-	300,0	4,917	4,917	28,089
Ratios				
	mg/l	mmol/l	Comparison to Seawater	
			mg/l	mmol/l
Ca/Mg	15,882	9,633	0.319	0.194
Ca/SO4	3,462	8,296	0.152	0.364
Na/Cl	0,752	1,16	0.556	0.858
Dissolved Minerals:				
	mg/l	mmol/l		
Halite (NaCl)	: 0,489	0,0084		
Carbonate (CaCO3)	: 261,521	2,6152		
Dolomite (CaMg(CO3)2):	64,371	0,35		
Anhydrite (CaSO4)	: 55,299	0,406		

SampleID	RAX6			
Ph	7.2			
Cond 20°C (µS)	779			
Cations	(mg/l)	(meq/l)		
Na+	8,300E+01	3,610E-01		
K +	1,800E+01	4,604E-02		
Mg++	2,700E+01	2,221E-01		
Ca++	1,260E+02	6,287E+00		
Anions	(mg/l)	(meq/l)		
Cl-	9,600E+01	2,708E-01		
SO4--	4,900E+01	1,020E+00		
NO3-	1,500E+01	2,419E-01		
HCO3-	2,650E+02	4,344E+00		
Calculated values:				
Sum of Anions (meq/l)	: 5,88			
Sum of Cations (meq/l)	: 6,92			
Balance:	: 8,1%			
Total dissolved solids	: 12,8 meq/l	477,4 mg/l		
Hardness	: meq/l	"f	"g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 6,51	32,55	18,23	325,5
Permanent hardness	: 2,17	10,83	6,06	108,3
Temporary hardness	: 4,34	21,72	12,16	217,2
Alkalinity	: 4,34	21,72	12,16	217,2
(1 "f = 10 mg/l CaCO3/l 1 "g = 10 mg/l CaO)				
Major ion composition				
	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	8,3	0,361	0,361	0,0
K +	1,8	0,046	0,046	0,0
Ca++	126,0	3,144	6,287	46,9
Mg++	2,7	0,111	0,222	0,0
Cl-	9,6	0,271	0,271	0,0
SO4--	49,0	0,51	1,02	7,817
HCO3-	265,0	4,344	4,344	31,267
Ratios				
	mg/l	mmol/l	Comparison to Seawater	
			mg/l	mmol/l
Ca/Mg	46,667	28,305	0.319	0.194
Ca/SO4	2,571	6,163	0.152	0.364
Na/Cl	0,865	1,333	0.556	0.858
Dissolved Minerals:				
	mg/l	mmol/l		
Halite (NaCl)	: 0,447	0,0076		
Carbonate (CaCO3)	: 252,505	2,5251		
Dolomite (CaMg(CO3)2):	20,447	0,111		
Anhydrite (CaSO4)	: 69,478	0,51		

SampleID	RAX7	
Ph	7.18	
Cond 20°C (µS)	353	
Cations	(mg/l)	(meq/l)
Na+	8,200E+01	3,567E-01
K +	2,400E+01	6,138E-02
Mg++	1,140E+02	9,379E-01
Ca++	5,700E+01	2,844E+00
Anions	(mg/l)	(meq/l)
Cl-	8,000E+00	2,257E-01
SO4--	1,800E+01	3,748E-01
NO3-	5,900E+01	9,515E-02
HCO3-	2,200E+02	3,606E+00

Calculated values:

Sum of Anions (meq/l) : 4,30
Sum of Cations (meq/l) : 4,20
Balance: : 1,2%

Total dissolved solids : 8,5 meq/l 330,9 mg/l

Hardness	: meq/l	"f	"g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 3,78	18,91	10,59	189,1
Permanent hardness	: 0,18	0,88	0,49	8,8
Temporary hardness	: 3,61	18,03	10,10	180,3
Alkalinity	: 3,61	18,03	10,10	180,3

(1 "f = 10 mg/l CaCO3/l 1 "g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	8,2	0,357	0,357	0,0
K +	2,4	0,061	0,061	0,0
Ca++	57,0	1,422	2,844	23,524
Mg++	11,4	0,469	0,938	0,0
Cl-	8,0	0,226	0,226	0,0
SO4--	18,0	0,187	0,375	0,0
HCO3-	220,0	3,606	3,606	35,286

Ratios			Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	5,0	3,033	0.319	0.194
Ca/SO4	3,167	7,589	0.152	0.364
Na/Cl	1,025	1,581	0.556	0.858

Dissolved Minerals:	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	: 0,372	0,0064
Carbonate (CaCO3)	: 76,659	0,7666
Dolomite (CaMg(CO3)2):	86,332	0,469
Anhydrite (CaSO4)	: 25,523	0,187

SampleID	RAX8	
Ph	7.27	
Cond 20°C (µS)	740	
Cations	(mg/l)	(meq/l)
Na+	9,000E+00	3,915E-01
K +	1,900E+01	4,859E-02
Mg++	1,500E+01	1,234E-01
Ca++	1,510E+02	7,535E+00
Anions	(mg/l)	(meq/l)
Cl-	9,700E+01	2,736E-01
SO4--	2,800E+01	5,830E-01
NO3-	7,800E+01	1,258E-01
HCO3-	3,690E+02	6,048E+00

Calculated values:

Sum of Anions (meq/l) : 7,03
Sum of Cations (meq/l) : 8,10
Balance: : 7,1%

Total dissolved solids : 15,1 meq/l 577,9 mg/l

Hardness	: meq/l	"f	"g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 7,66	38,29	21,44	382,9
Permanent hardness	: 1,61	8,05	4,51	80,5
Temporary hardness	: 6,05	30,24	16,94	302,4
Alkalinity	: 6,05	30,24	16,94	302,4

(1 "f = 10 mg/l CaCO3/l 1 "g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%

Na+	9,0	0,391	0,391	0,0
K +	1,9	0,049	0,049	0,0
Ca++	151,0	3,767	7,535	46,268
Mg++	1,5	0,062	0,123	0,0
Cl-	9,7	0,274	0,274	0,0
SO4--	28,0	0,291	0,583	0,0
HCO3-	369,0	6,048	6,048	39,658

Ratios			Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l

Ca/Mg	100,667	61,058	0.319	0.194
Ca/SO4	5,393	12,925	0.152	0.364
Na/Cl	0,928	1,431	0.556	0.858

Dissolved Minerals:	mg/l	mmol/l

Halite (NaCl) :	0,451	0,0077
Carbonate (CaCO3) :	341,768	3,4177
Dolomite (CaMg(CO3)2):	11,36	0,062
Anhydrite (CaSO4) :	39,702	0,291

SampleID	RAX9			
Ph	7.3			
Cond 20°C (µS)	504			
Cations	(mg/l)	(meq/l)		
Na+	8,700E+01	3,784E-01		
K +	2,100E+01	5,371E-02		
Mg++	9,500E+01	7,816E-01		
Ca++	1,110E+02	5,539E+00		
Anions	(mg/l)	(meq/l)		
Cl-	4,400E+01	1,241E-01		
SO4--	9,000E+00	1,874E-01		
NO3-	8,800E+01	1,419E-01		
HCO3-	2,880E+02	4,721E+00		
Calculated values:				
Sum of Anions (meq/l)	: 5,17			
Sum of Cations (meq/l)	: 6,75			
Balance:	: 13,2%			
Total dissolved solids	: 11,9 meq/l	441,5 mg/l		
Hardness	: meq/l	"f	"g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 6,32	31,60	17,70	316,0
Permanent hardness	: 1,6	8,00	4,48	80,0
Temporary hardness	: 4,72	23,60	13,22	236,0
Alkalinity	: 4,72	23,60	13,22	236,0
(1 "f = 10 mg/l CaCO3/l 1 "g = 10 mg/l CaO)				
Major ion composition				
	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	8,7	0,378	0,378	0,0
K +	2,1	0,054	0,054	0,0
Ca++	111,0	2,769	5,539	41,923
Mg++	9,5	0,391	0,782	0,0
Cl-	4,4	0,124	0,124	0,0
SO4--	9,0	0,094	0,187	0,0
HCO3-	288,0	4,721	4,721	33,538
Ratios				
	mg/l	mmol/l	Comparison to Seawater	
			mg/l	mmol/l
Ca/Mg	11,684	7,087	0.319	0.194
Ca/SO4	12,333	29,558	0.152	0.364
Na/Cl	1,977	3,049	0.556	0.858
Dissolved Minerals:				
	mg/l	mmol/l		
Halite (NaCl)	: 0,205	0,0035		
Carbonate (CaCO3)	: 228,726	2,2873		
Dolomite (CaMg(CO3)2):	71,944	0,391		
Anhydrite (CaSO4)	: 12,761	0,094		

SampleID	RAX10	
Ph	7.6	
Cond 20°C (µS)	480	
Cations	(mg/l)	(meq/l)
Na+	8,100E+01	3,523E-01
K +	2,100E+01	5,371E-02
Mg++	1,610E+02	1,325E+00
Ca++	1,180E+02	5,888E+00
Anions	(mg/l)	(meq/l)
Cl-	5,300E+01	1,495E-01
SO4--	9,000E+00	1,874E-01
NO3-	4,800E+01	7,741E-02
HCO3-	3,500E+02	5,737E+00

Calculated values:

Sum of Anions (meq/l) : 6,15
Sum of Cations (meq/l) : 7,62
Balance: : 10,7%

Total dissolved solids : 13,8 meq/l 513,4 mg/l

Hardness	: meq/l	"f	"g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 7,21	36,06	20,20	360,6
Permanent hardness	: 1,48	7,38	4,13	73,8
Temporary hardness	: 5,74	28,68	16,06	286,8
Alkalinity	: 5,74	28,68	16,06	286,8

(1 "f = 10 mg/l CaCO3/l 1 "g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	8,1	0,352	0,352	0,0
K +	2,1	0,054	0,054	0,0
Ca++	118,0	2,944	5,888	36,311
Mg++	16,1	0,662	1,325	7,262
Cl-	5,3	0,149	0,149	0,0
SO4--	9,0	0,094	0,187	0,0
HCO3-	350,0	5,737	5,737	36,311

Ratios			Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	7,329	4,445	0.319	0.194
Ca/SO4	13,111	31,422	0.152	0.364
Na/Cl	1,528	2,357	0.556	0.858

Dissolved Minerals:	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	: 0,247	0,0042
Carbonate (CaCO3)	: 219,033	2,1903
Dolomite (CaMg(CO3)2):	121,926	0,662
Anhydrite (CaSO4)	: 12,761	0,094

SampleID	RAX11	
Ph	7.41	
Cond 20°C (µS)	439	
Cations	(mg/l)	(meq/l)
Na+	9,500E+01	4,132E-01
K +	3,900E+01	9,974E-02
Mg++	1,200E+01	9,872E-01
Ca++	1,150E+02	5,739E+00
Anions	(mg/l)	(meq/l)
Cl-	4,200E+01	1,185E-01
SO4--	1,800E+01	3,748E-01
NO3-	6,100E+01	9,837E-02
HCO3-	3,120E+02	5,114E+00

Calculated values:

Sum of Anions (meq/l) : 5,71
Sum of Cations (meq/l) : 7,24
Balance: : 11,8%

Total dissolved solids : 12,9 meq/l 480,7 mg/l

Hardness	: meq/l	"f	"g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 6,73	33,63	18,83	336,3
Permanent hardness	: 1,61	8,06	4,51	80,6
Temporary hardness	: 5,11	25,57	14,32	255,7
Alkalinity	: 5,11	25,57	14,32	255,7

(1 "f = 10 mg/l CaCO3/1 l "g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	9,5	0,413	0,413	0,0
K +	3,9	0,1	0,1	0,0
Ca++	115,0	2,869	5,739	38,627
Mg++	12,0	0,494	0,987	0,0
Cl-	4,2	0,118	0,118	0,0
SO4--	18,0	0,187	0,375	0,0
HCO3-	312,0	5,114	5,114	38,627

Ratios			Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	9,583	5,813	0.319	0.194
Ca/SO4	6,389	15,312	0.152	0.364
Na/Cl	2,262	3,488	0.556	0.858

Dissolved Minerals:	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	: 0,195	0,0033
Carbonate (CaCO3)	: 219,043	2,1904
Dolomite (CaMg(CO3)2):	90,876	0,494
Anhydrite (CaSO4)	: 25,523	0,187

SampleID	RAX12	
Ph	7.23	
Cond 20°C (µS)	583	
Cations	(mg/l)	(meq/l)
Na+	8,400E+01	3,654E-01
K +	2,200E+01	5,627E-02
Mg++	1,200E+01	9,872E-01
Ca++	1,030E+02	5,140E+00
Anions	(mg/l)	(meq/l)
Cl-	3,000E+00	8,462E-02
SO4--	1,400E+01	2,915E-01
NO3-	6,600E+01	1,064E-01
HCO3-	2,770E+02	4,540E+00

Calculated values:

Sum of Anions (meq/l) : 5,02
Sum of Cations (meq/l) : 6,55
Balance: : 13,2%

Total dissolved solids : 11,6 meq/l 426,2 mg/l

Hardness	: meq/l	"f	"g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 6,13	30,63	17,16	306,3
Permanent hardness	: 1,59	7,93	4,44	79,3
Temporary hardness	: 4,54	22,70	12,71	227,0
Alkalinity	: 4,54	22,70	12,71	227,0

(1 "f = 10 mg/l CaCO3/l 1 "g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	8,4	0,365	0,365	0,0
K +	2,2	0,056	0,056	0,0
Ca++	103,0	2,57	5,14	43,209
Mg++	12,0	0,494	0,987	0,0
Cl-	3,0	0,085	0,085	0,0
SO4--	14,0	0,146	0,291	0,0
HCO3-	277,0	4,54	4,54	34,568

Ratios Comparison to Seawater

	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	8,583	5,206	0.319	0.194
Ca/SO4	7,357	17,632	0.152	0.364
Na/Cl	2,8	4,318	0.556	0.858

Dissolved Minerals: mg/l mmol/l

Halite (NaCl)	:	0,14	0,0024
Carbonate (CaCO3)	:	193,242	1,9324
Dolomite (CaMg(CO3)2)	:	90,876	0,494
Anhydrite (CaSO4)	:	19,851	0,146

SampleID	RAX13	
Ph	7.88	
Cond 20°C (µS)	671	
Cations	(mg/l)	(meq/l)
Na+	8,300E+01	3,610E-01
K +	2,800E+01	7,161E-02
Mg++	1,240E+02	1,020E+00
Ca++	1,360E+02	6,786E+00
Anions	(mg/l)	(meq/l)
Cl-	7,200E+01	2,031E-01
SO4--	2,100E+01	4,372E-01
NO3-	1,750E+02	2,822E-01
HCO3-	3,250E+02	5,327E+00

Calculated values:

Sum of Anions (meq/l) : 6,25
Sum of Cations (meq/l) : 8,24
Balance: : 13,7%

Total dissolved solids : 14,5 meq/l 530,2 mg/l

Hardness	: meq/l	"f	"g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 7,81	39,03	21,86	390,3
Permanent hardness	: 2,48	12,40	6,94	124,0
Temporary hardness	: 5,33	26,64	14,92	266,4
Alkalinity	: 5,33	26,64	14,92	266,4

(1 "f = 10 mg/l CaCO3/l 1 "g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	8,3	0,361	0,361	0,0
K +	2,8	0,072	0,072	0,0
Ca++	136,0	3,393	6,786	41,411
Mg++	12,4	0,51	1,02	6,902
Cl-	7,2	0,203	0,203	0,0
SO4--	21,0	0,219	0,437	0,0
HCO3-	325,0	5,327	5,327	34,509

Ratios			Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	10,968	6,652	0.319	0.194
Ca/SO4	6,476	15,521	0.152	0.364
Na/Cl	1,153	1,778	0.556	0.858

Dissolved Minerals:	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	: 0,335	0,0057
Carbonate (CaCO3)	: 266,718	2,6672
Dolomite (CaMg(CO3)2):	93,905	0,51
Anhydrite (CaSO4)	: 29,776	0,219

SampleID	RAX14	
Ph	8.43	
Cond 20°C (µS)	711	
Cations	(mg/l)	(meq/l)
Na+	1,400E+01	6,090E-01
K +	2,400E+01	6,138E-02
Mg++	1,900E+01	1,563E+00
Ca++	9,400E+01	4,691E+00
Anions	(mg/l)	(meq/l)
Cl-	1,350E+02	3,808E-01
SO4--	2,100E+01	4,372E-01
NO3-	4,300E+01	6,934E-02
HCO3-	2,890E+02	4,737E+00

Calculated values:

Sum of Anions (meq/l) : 5,62
Sum of Cations (meq/l) : 6,92
Balance: : 10,4%

Total dissolved solids : 12,5 meq/l 457,2 mg/l

Hardness	: meq/l	"f	"g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 6,25	31,27	17,51	312,7
Permanent hardness	: 1,52	7,58	4,25	75,8
Temporary hardness	: 4,74	23,69	13,26	236,9
Alkalinity	: 4,74	23,69	13,26	236,9

(1 "f = 10 mg/l CaCO3/l 1 "g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	14,0	0,609	0,609	0,0
K +	2,4	0,061	0,061	0,0
Ca++	94,0	2,345	4,691	31,876
Mg++	19,0	0,782	1,563	7,969
Cl-	13,5	0,381	0,381	0,0
SO4--	21,0	0,219	0,437	0,0
HCO3-	289,0	4,737	4,737	31,876

Ratios			Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	4,947	3,001	0.319	0.194
Ca/SO4	4,476	10,728	0.152	0.364
Na/Cl	1,037	1,599	0.556	0.858

Dissolved Minerals:	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	: 0,628	0,0107
Carbonate (CaCO3)	: 134,646	1,3465
Dolomite (CaMg(CO3)2):	143,887	0,782
Anhydrite (CaSO4)	: 29,776	0,219

SampleID	RAX15	
Ph	7.42	
Cond 20°C (µS)	552	
Cations	(mg/l)	(meq/l)
Na+	1,010E+02	4,393E-01
K +	1,600E+01	4,092E-02
Mg++	1,900E+01	1,563E+00
Ca++	9,900E+01	4,940E+00
Anions	(mg/l)	(meq/l)
Cl-	4,500E+01	1,269E-01
SO4--	1,100E+01	2,290E-01
NO3-	5,000E+00	8,063E-02
HCO3-	2,960E+02	4,852E+00

Calculated values:

Sum of Anions (meq/l) : 5,29
Sum of Cations (meq/l) : 6,98
Balance: : 13,8%

Total dissolved solids : 12,3 meq/l 446,2 mg/l

Hardness	: meq/l	"f	"g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 6,5	32,52	18,21	325,2
Permanent hardness	: 1,65	8,26	4,62	82,6
Temporary hardness	: 4,85	24,26	13,59	242,6
Alkalinity	: 4,85	24,26	13,59	242,6

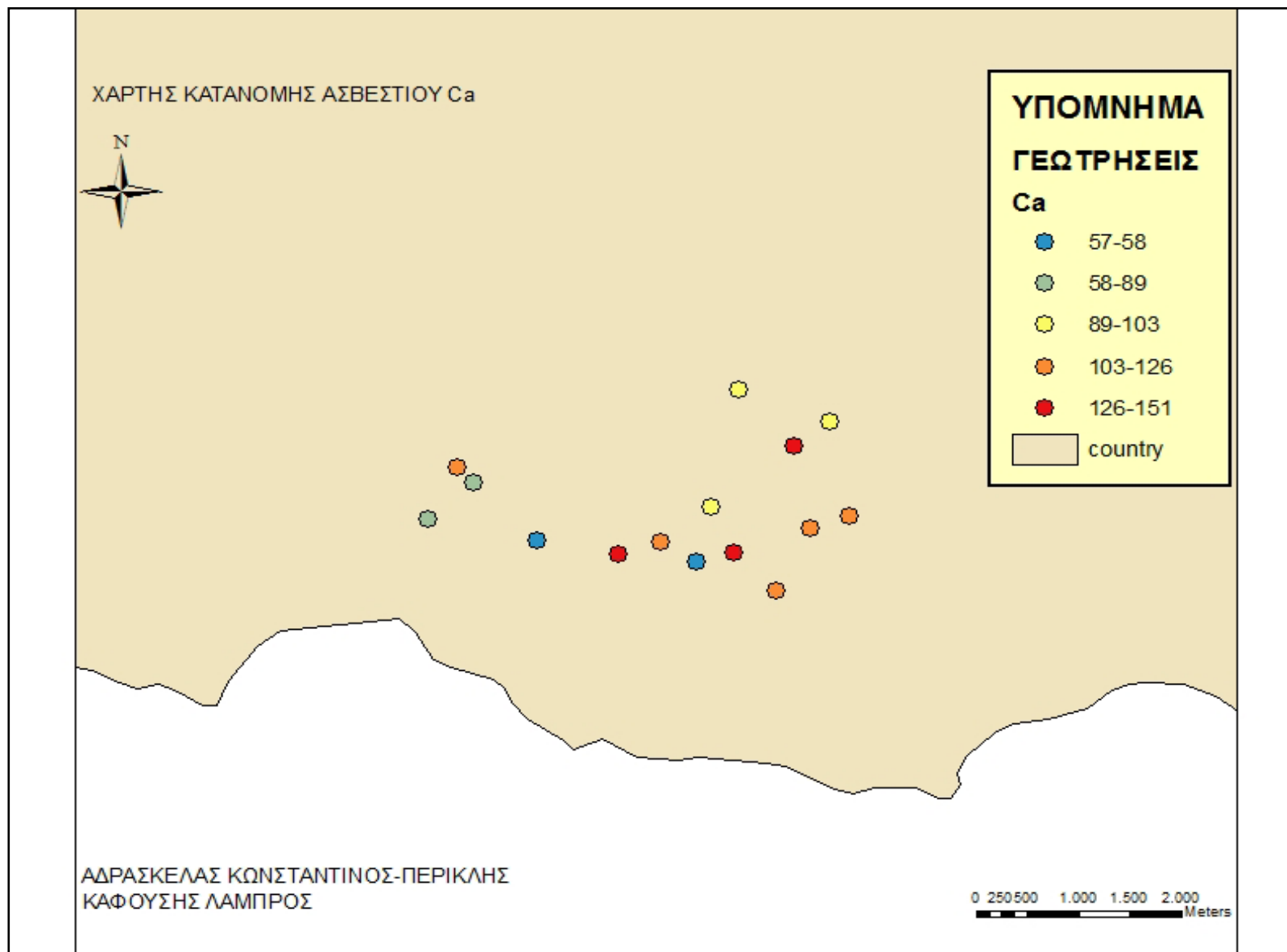
(1 "f = 10 mg/l CaCO3/l 1 "g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

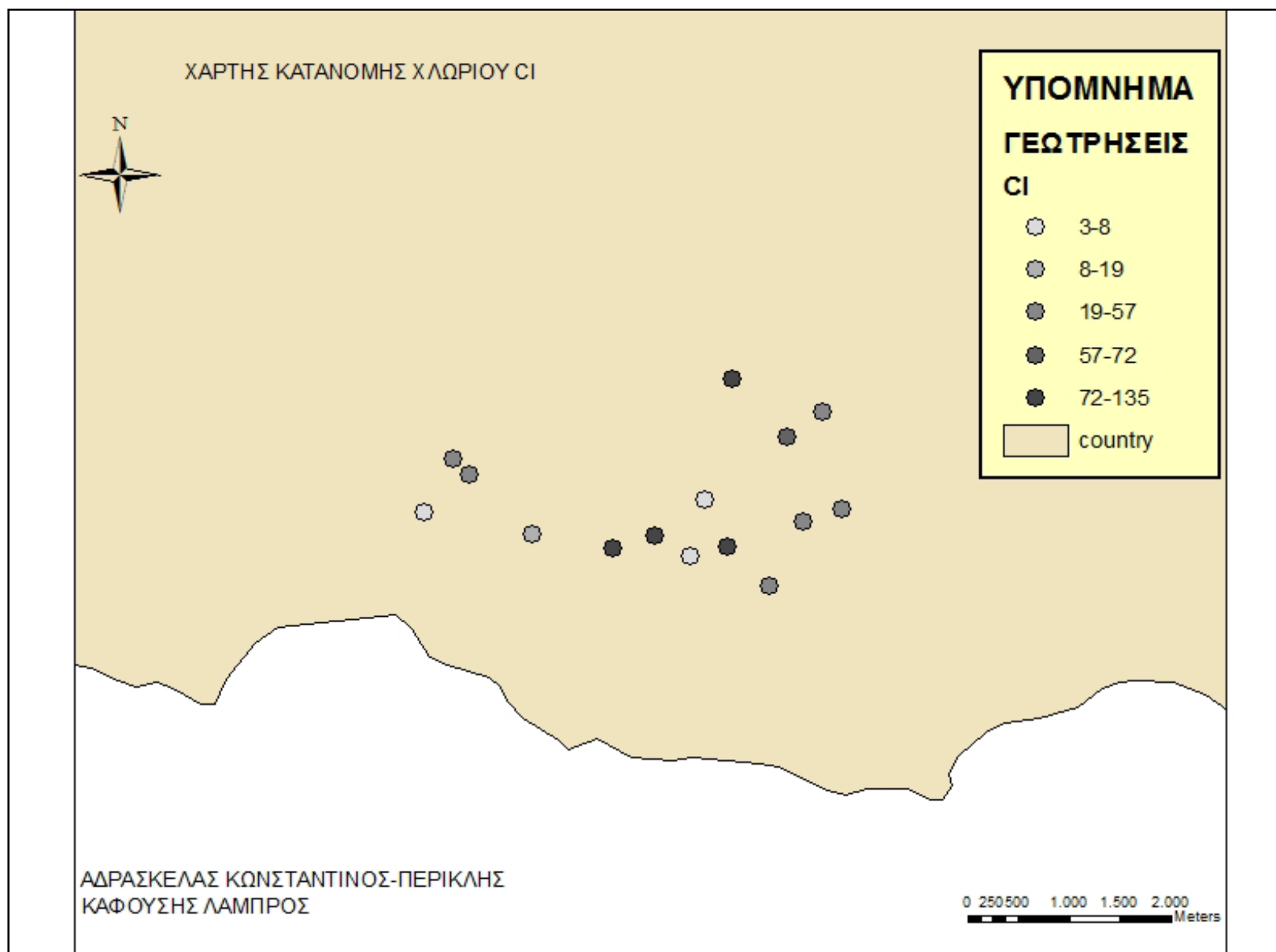
	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	10,1	0,439	0,439	0,0
K +	1,6	0,041	0,041	0,0
Ca++	99,0	2,47	4,94	32,595
Mg++	19,0	0,782	1,563	8,149
Cl-	4,5	0,127	0,127	0,0
SO4--	11,0	0,115	0,229	0,0
HCO3-	296,0	4,852	4,852	32,595

Ratios			Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	5,211	3,16	0.319	0.194
Ca/SO4	9,0	21,569	0.152	0.364
Na/Cl	2,244	3,461	0.556	0.858

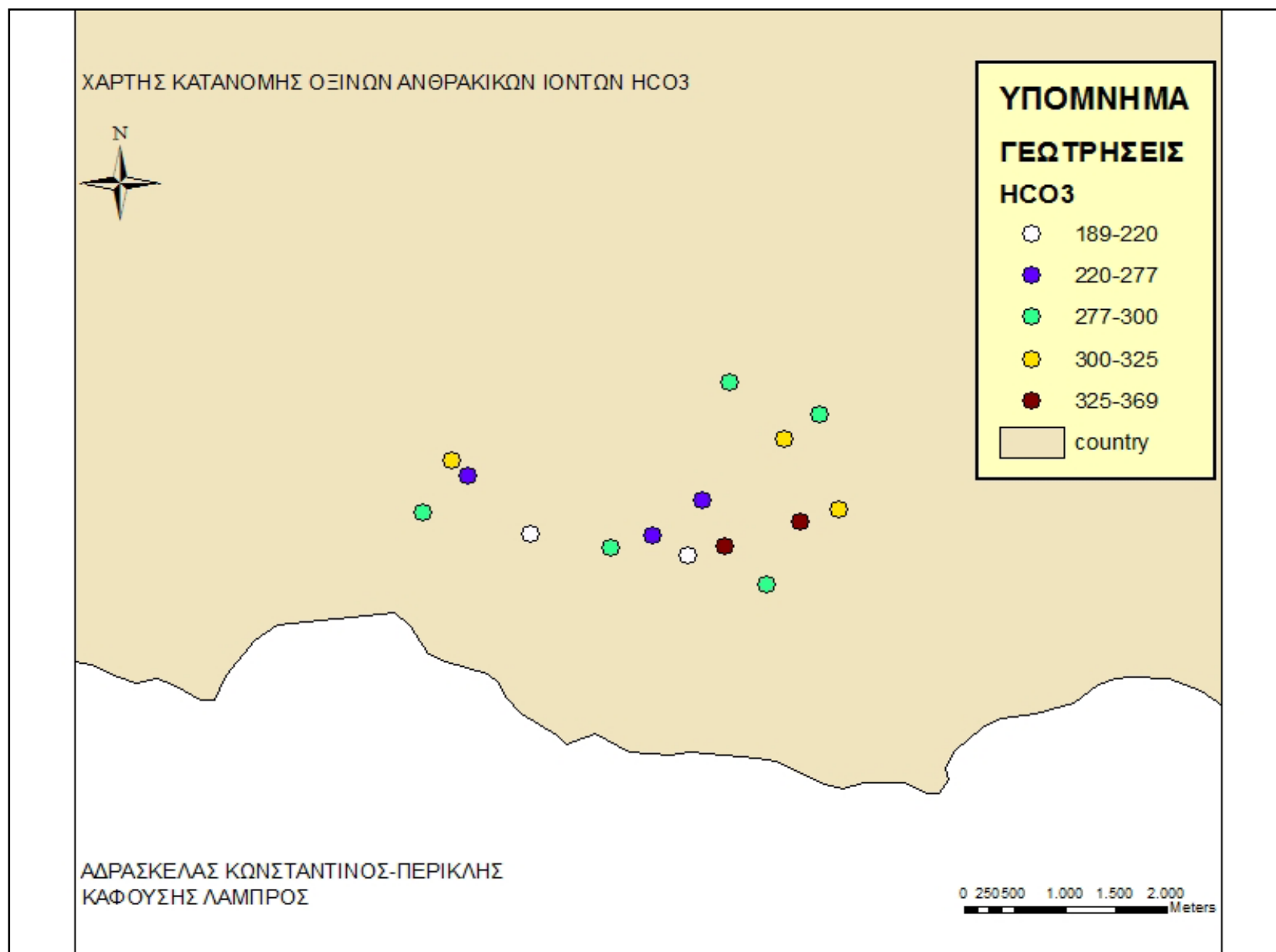
Dissolved Minerals:	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	: 0,209	0,0036
Carbonate (CaCO3)	: 157,555	1,5755
Dolomite (CaMg(CO3)2):	143,887	0,782
Anhydrite (CaSO4)	: 15,597	0,115



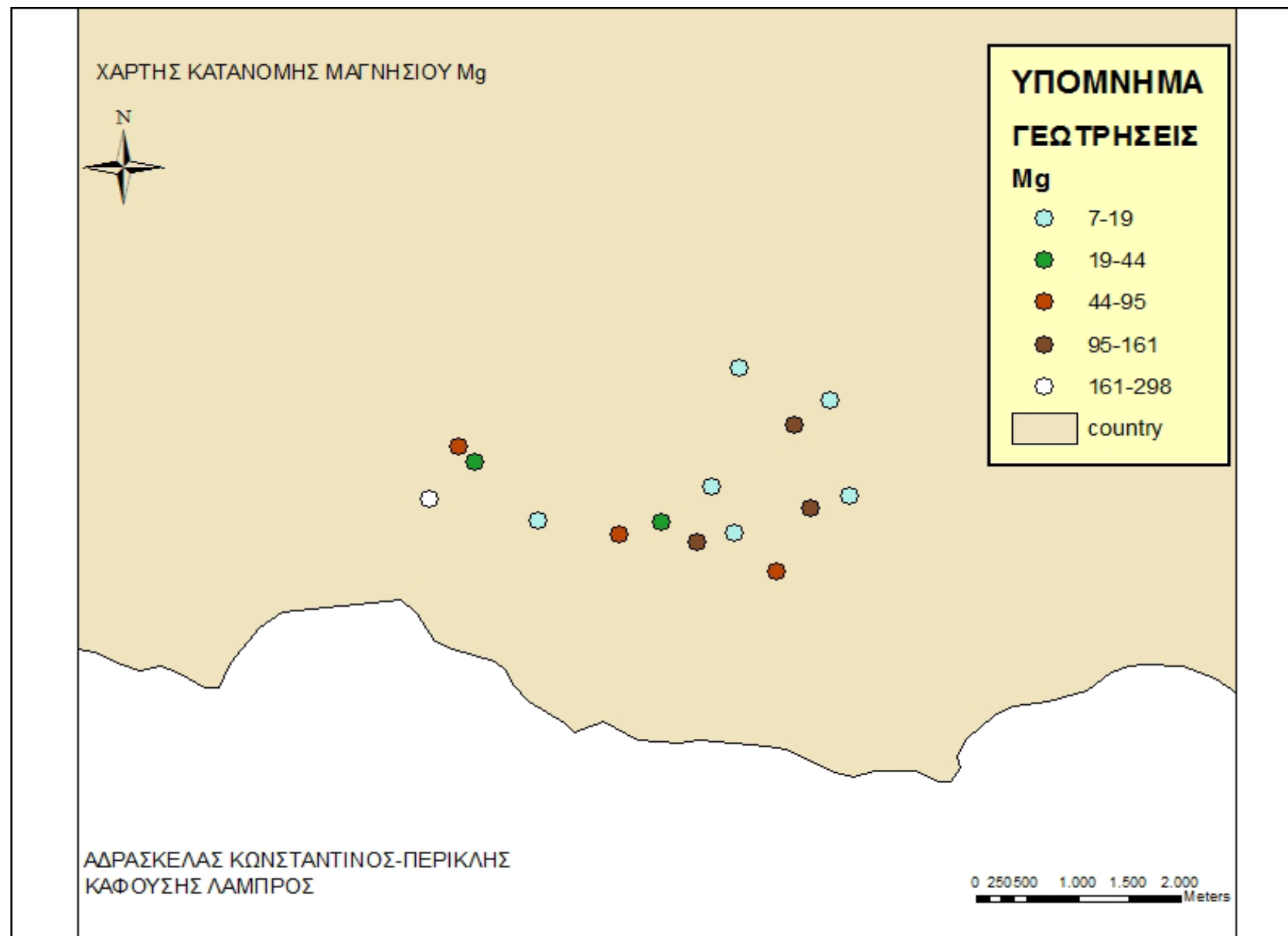
ΧΑΡΤΗΣ 1: ΧΑΡΤΗΣ ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ Ca^{+2} mg/l



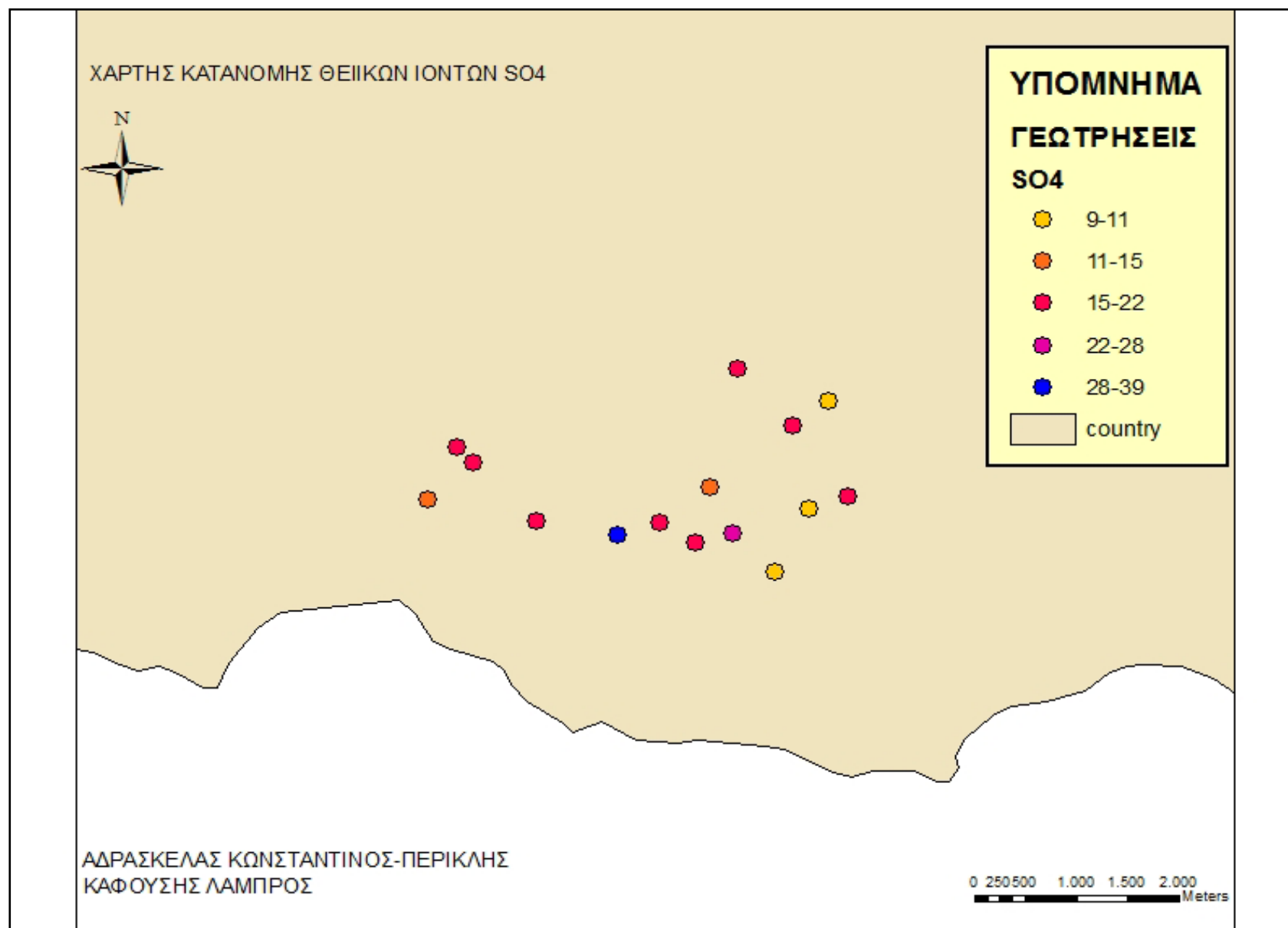
ΧΑΡΤΗΣ 2: ΧΑΡΤΗΣ ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΧΛΩΡΙΟΥ CI



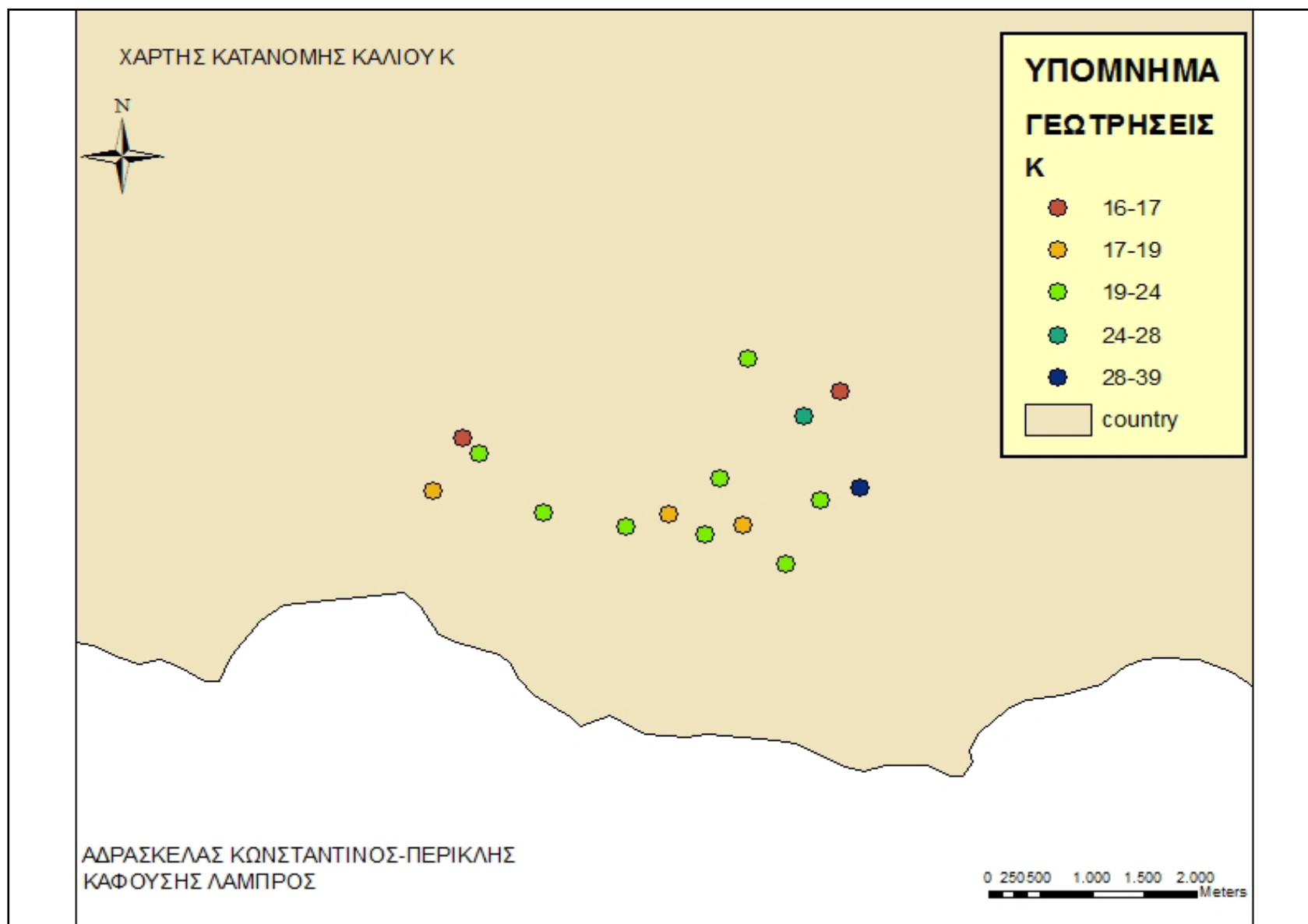
ΧΑΡΤΗΣ 3: ΧΑΡΤΗΣ ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΟΞΙΝΩΝ ΑΝΘΡΑΚΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ HCO_3^- mg/l



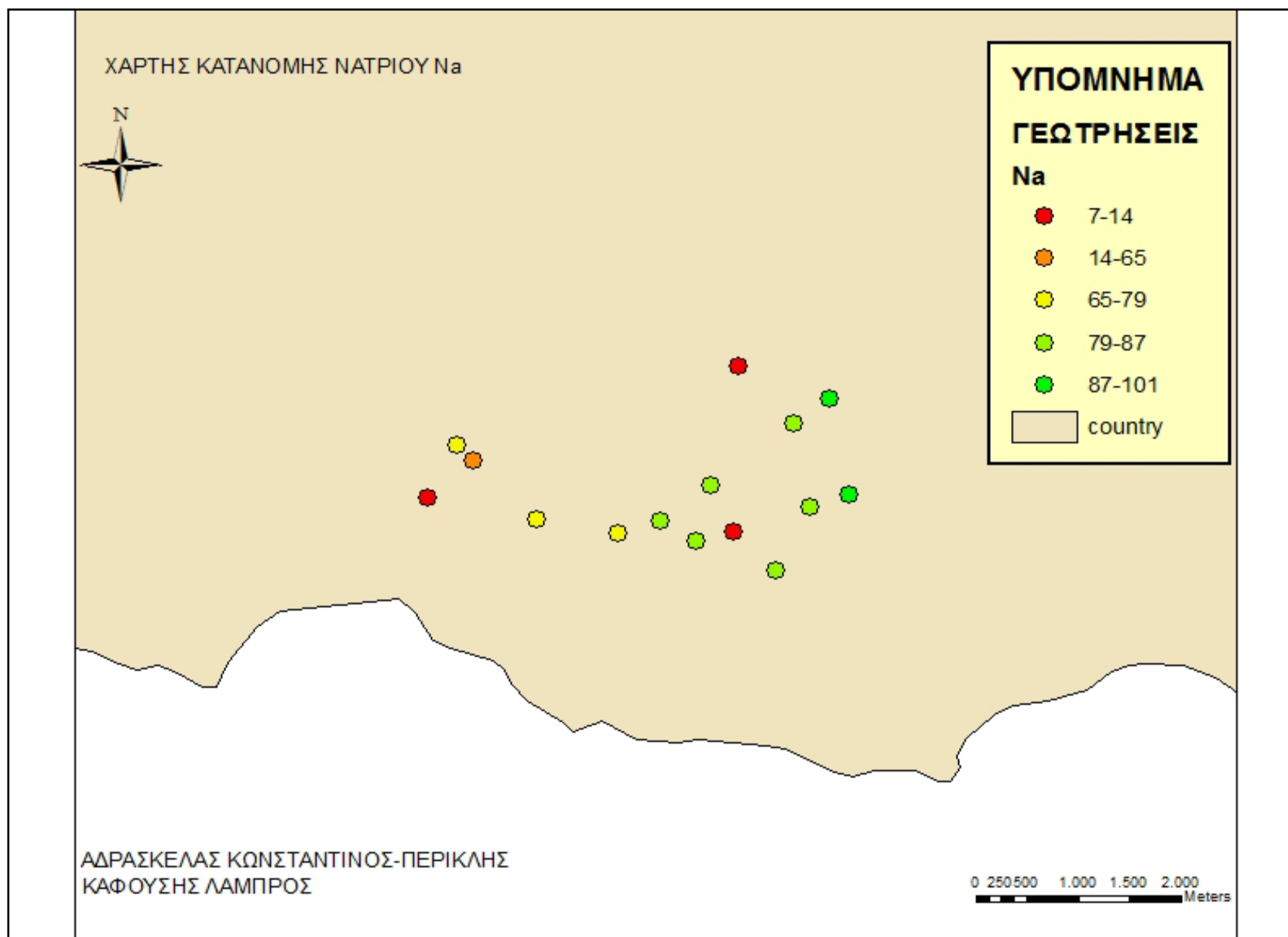
ΧΑΡΤΗΣ 4: ΧΑΡΤΗΣ ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΜΑΓΝΗΣΙΟΥ Mg^{+2} mg/l



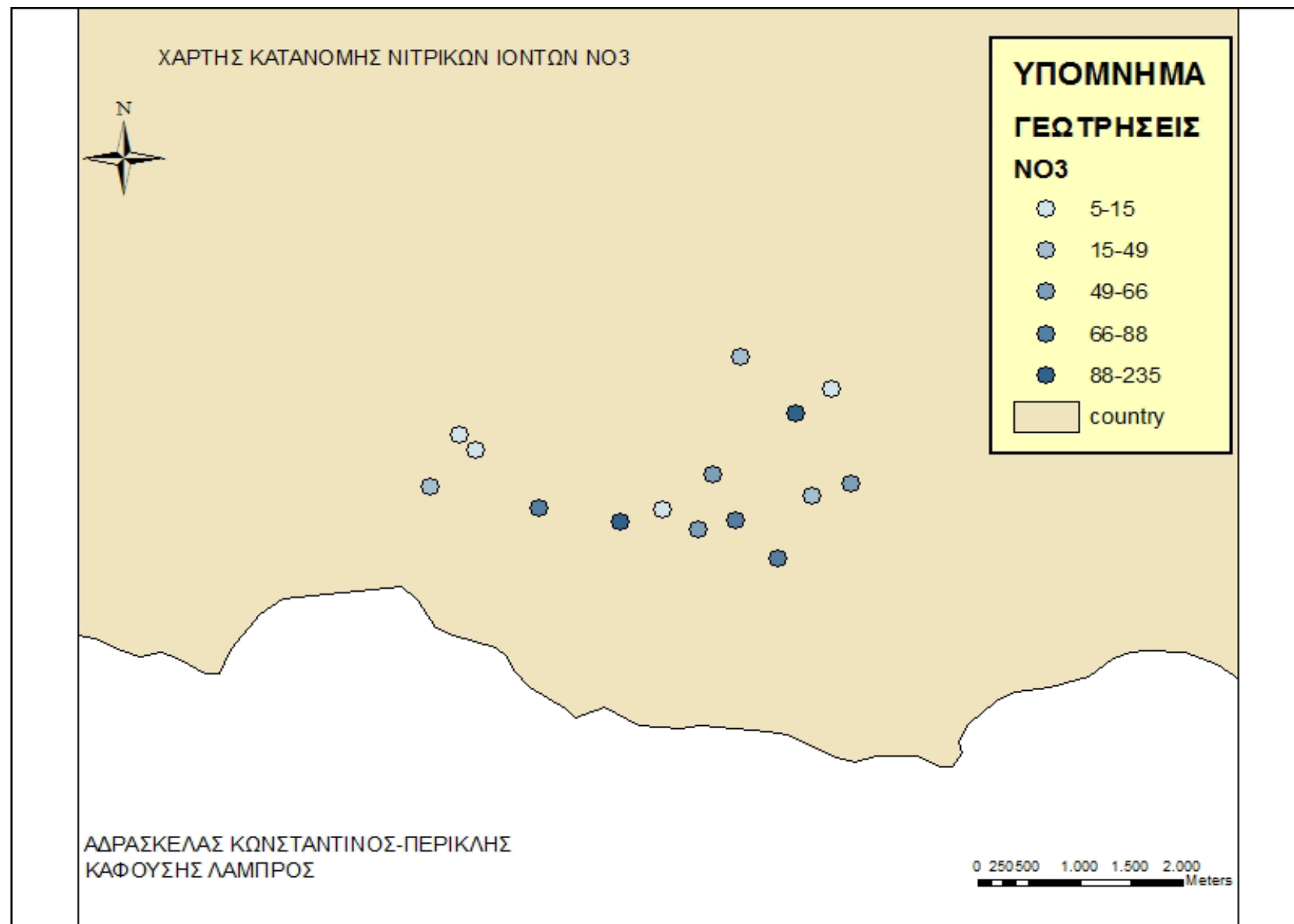
ΧΑΡΤΗΣ 5: ΧΑΡΤΗΣ ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΘΕΙΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ SO₄⁻ mg/l



ΧΑΡΤΗΣ 6: ΧΑΡΤΗΣ ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΚΑΛΙΟΥ K^+ mg/l



ΧΑΡΤΗΣ 7: ΧΑΡΤΗΣ ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΝΑΤΡΙΟΥ Na⁺ mg/l



ΧΑΡΤΗΣ 8: ΧΑΡΤΗΣ ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΝΙΤΡΙΚΑ ΙΟΝΤΑ NO₃⁻ mg/l

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βουδούρης, Κ. κ.α. , (2005): Ποιότητα των υπογείων νερών στο παράκτιο υδροφόρο σύστημα του Ανατολικού Θερμαϊκού Κόλπου. 2^ο Περιβαλλοντικό Συνέδριο Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη.
- Δημόπουλος, Γ., (2007): Γεωλογικές μελέτες τεχνικών έργων, υδρογεωλογικές μελέτες.
- Ι.Γ.Μ.Ε. (1957): Γεωλογικός χάρτης, φύλλο Μύλλοι..
- Καλλέργης, Γ.Α., (1999) : Εφαρμοσμένη – Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία Τόμος Γ, Εκδόσεις Τεχνικού Επιμελητηρίου, Αθήνα.
- Καλλέργης, Γ.Α., (1999): Εφαρμοσμένη – Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία Τόμος Α, Εκδόσεις Τεχνικού Επιμελητηρίου, Αθήνα.
- Καλλέργης, Γ.Α., (1999): Εφαρμοσμένη – Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία Τόμος Β, Εκδόσεις Τεχνικού Επιμελητηρίου, Αθήνα
- Ελευθεριάδης Γ., Κορωνάιος Α., 2004, Σημειώσεις περτολογίας πυριγενών πετρωμάτων, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, τμήμα Γεωλογίας, τομέας Ορυκτολογίας – Πετρολογίας – Κοιτασματολογίας, Θεσσαλονίκη.
- Δημόπουλος, Γ.Χρ., (1983): Εφαρμοσμένη Γεωλογία Τόμος Ι, Θεσσαλονίκη.
- Κουϊμτζής, Θ., (1997): Χημεία Περιβάλλοντος, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη
- Μουντράκης, Δ.,(1985): Γεωλογία Ελλάδος
- Παύλου, Αθ., (2006): Υδρογεωλογικές συνθήκες και εξέλιξη της πιεζομετρίας στην περιοχή Ν.Α., της Λάρισας.
- Παύλου, Αθ., (2007): Υδρογεωλογικές έρευνες στην παράκτια περιοχή από το Μεγάλο Έμβολο ως την Καλλικράτεια. Α.Π.Θ.
- Σούλιος, Γ.,(2006): Γενική Υδρογεωλογία, τέταρτος τόμος, ποιότητα υπόγειου νερού- ανάλυση αξιολόγηση υδροχημικών δεδομένων.
- Συρίδης, Γ., (1990): Λιθοστρωματογραφική, βιοστρωματογραφική και παλαιογεωγραφική μελέτη των Νεογενών- Τεταρτογενών Ιζηματογενών

σχηματισμών της Χερσονήσου της Χαλκιδικής.

- Davis, S.N. & De Wiest R.J.M., (1966): <<Hydrogeology>> John Wiley & Sons, New York.
- Hem, J.D.,(1970): <<Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water>>, 2nd ed. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper.
- Richards, I.A.,(1954): <<Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils>>, U.S. Depart. Agric., Washington.
- Shoeller, H.,(1948): <<Le regime hydrologique des calcaires eocenes du synclinal du DyrEl Kef (Tunisie)>>, Cornique d' hydrogeologie, no 10, editions B.R.G.B., Orleans (France).
- Shoeller, H.,(1962): <<Les eaux souterraines>>, Ed. Masson, Paris.
- Wilcox, L.V.,(1955): << Classification and use of irrigation waters>>, U.S. Depart. Agric. Circ. 969, Washington.
- Mandel, S. – Shiftan, Z., (1981): Groundwater Resources, Investigation and Denelopment, Academic Press.
- Κλιματολογικά διαγράμματα και πίνακες www.hnms.gr

Τέλος για την ερμηνεία αγγλικών γεωλογικών όρων χρησιμοποιήθηκε το <<Γλωσσάριο Γεωλογικών Εννοιών >> του Μιχ. Δημ. Δερμιτζάκη.