



**ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

# **Αξιολόγηση ορισμένων ποιοτικών χαρακτηριστικών των υπόγειων νερών τριών λεκανών της Ελλάδας**

**ΕΥΘΥΜΟΓΛΟΥ ΣΑΡΑΝΤΗΣ & ΜΠΕΚΙΑΡΗ ΧΡΙΣΤΙΝΑ**

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

2017



ΜΠΕΚΙΑΡΗ ΧΡΙΣΤΙΝΑ & ΕΥΘΥΜΟΓΛΟΥ ΣΑΡΑΝΤΗΣ

Αξιολόγηση ορισμένων ποιοτικών χαρακτηριστικών υπόγειων υδατικών πόρων τριών  
λεκανών της Ελλάδας

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

**Βουδούρης Κωνσταντίνος**

Αναπληρωτής Καθηγητής, Επιβλέπων



© Ευθύμογλου Σαράντης & Μπεκιάρη Χριστίνα , Εργ. Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας, 2017 Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All right reserved

## ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΟΡΙΣΜΕΝΩΝ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΤΡΙΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : «ΕΙΣΑΓΩΓΗ»

|                         |   |
|-------------------------|---|
| 1.1 Η Αρχή.....         | 5 |
| 1.2 Ο Στόχος.....       | 6 |
| 1.3 Το Περιεχόμενο..... | 6 |
| 1.4 Το Ευχαριστώ.....   | 7 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : «ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΩΝ»

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 2.1 Περιοχή Ιεράπετρα Λασιθίου.....  | 8  |
| 2.2 Περιοχή Τριφυλίας Μεσσηνίας..... | 10 |
| 2.3 Περιοχή Τυμπάκι Ηρακλείου.....   | 11 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: «ΣΥΛΛΟΓΗ & ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ»

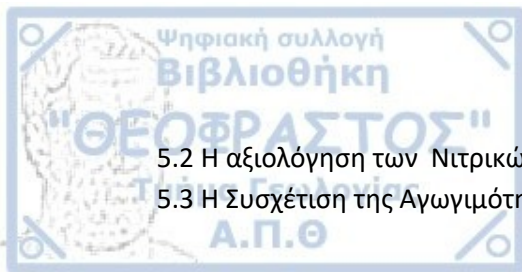
|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| 3.1 Τα Δεδομένα.....                             | 14 |
| 3.2 Η Δειγματοληψία.....                         | 17 |
| 3.3 Χημικές αναλύσεις Επεξεργασία Δεδομένων..... | 19 |
| 3.4 Επεξεργασία Δεδομένων .....                  | 19 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : «ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ»

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| 4.1 Επεξεργασία DUROV.....                   | 21 |
| 4.1.1 Τυμπάκι.....                           | 22 |
| 4.1.2 Τριφυλία.....                          | 26 |
| 4.1.3 Ιεράπετρα.....                         | 31 |
| 4.2 Στατιστική Επεξεργασία Νιτρικών.....     | 34 |
| 4.2.1 Τυμπάκι.....                           | 35 |
| 4.2.2 Τριφυλία.....                          | 36 |
| 4.2.3 Ιεράπετρα .....                        | 37 |
| 4.3 Στατιστική Επεξεργασία Αγωγιμότητας..... | 38 |
| 4.3.1 Τυμπάκι.....                           | 39 |
| 4.3.2 Τριφυλία.....                          | 40 |
| 4.3.3 Ιεράπετρα .....                        | 42 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : «ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΛΕΚΑΝΩΝ»

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| 5.1 Η Σύγκριση του Υδροχημικού Τύπου..... | 44 |
|-------------------------------------------|----|



|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| 5.2 Η αξιολόγηση των Νιτρικών Ιόντων..... | 45 |
| 5.3 Η Συσχέτιση της Αγωγιμότητας.....     | 46 |

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : «ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ & ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ»**

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| 6.1 Η Επιλογή.....                        | 47 |
| 6.2 Η Αξιολόγηση και Η Ανακεφαλαίωση..... | 47 |
| 6.3 Οι προτάσεις.....                     | 48 |
| ABSTRACT.....                             | 52 |
| Βιβλιογραφία.....                         | 53 |

## «εισαγωγή»

### 1.1 «Η αρχή»

Χρηιάστηκαν:

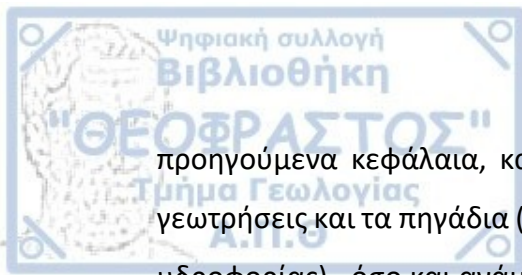
- ✓ 3 περιοχές, η Τριφυλία Μεσσηνίας, το Τυμπάκι Ηρακλείου και η Ιεράπετρα Λασιθίου
- ✓ 4 χρονολογικές περίοδοι Ιούλιος, Οκτώβριος, Ιανουάριος και Απρίλιος του 2015
- ✓ 24 υδροληπτικά έργα εκ των οποίων τα 19 (δεκαεννέα) είναι γεωτρήσεις και τα 5 (πέντε) πηγάδια
- ✓ 3 δορυφορικές εικόνες από το Google maps με τα παραπάνω έργα
- ✓ 27 διαγράμματα excel και DUROV
- ✓ 9 σελίδες excel με τιμές διαφόρων παραμέτρων
- ✓ 36 πινάκες excel με επεξεργασμένα δεδομένα
- ✓ 4 μήνες επεξεργασίας
- ✓ 2 προπτυχιακοί φοιτητές του τμήματος Γεωλογίας του ΑΠΘ
- ✓ 1 επιβλέπων ερευνητής
- ✓ 1 επιβλέπων καθηγητής
- ✓ ...και 1 θέμα προς δημιουργία πτυχιακής εργασίας

## 1.2 «Ο στόχος»

Γενικός στόχος αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη καθώς και η σύγκριση χαρακτηριστικών υπογείων νερών τριών περιοχών του ελλαδικού χώρου. Πιο συγκεκριμένα σκοπό μας αποτέλεσε η εξοικείωση με εξειδικευμένα προγράμματα ανάλυσης υδροχημικών δεδομένων. Βασικό μέλημα ήταν η λεπτομερής αναζήτηση γεωλογικών και υδρογεωλογικών στοιχείων και δεδομένων, τα οποία στην πορεία θα διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στην εξαγωγή συμπερασμάτων. Η δημιουργία πινάκων και διαγραμμάτων για την επεξεργασία των δεδομένων και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων αποτέλεσε με την σειρά της σημαντική προϋπόθεση για την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας. Συμπερασματικά προκύπτει πως στόχος μας ήταν η βαθύτερη κατανόηση, η εξοικείωση, ο χειρισμός, η μελέτη και η έρευνα ενός θέματος με τον καλύτερο δυνατό τρόπο για την καλύτερη δυνατή εξαγωγή συμπερασμάτων.

## 1.3 «Το περιεχόμενο»

Παρακάτω ακολουθούν πέντε κεφάλαια που αφορούν αποκλειστικά τρεις περιοχές και τα υδρολογικά και υδρογεωλογικά τους χαρακτηριστικά. Πιο αναλυτικά, στο κεφάλαιο 2 περιγράφεται η υδρογεωλογία της κάθε περιοχής, στοιχεία που αφορούν το υδρογραφικό δίκτυο, καθώς και πληροφορίες σχετικές με την γενικότερη γεωλογία των περιοχών. Παραθέτονται επίσης γεωλογικοί χάρτες για την πληρέστερη κατανόηση της εικόνας τους. Έπειτα στο κεφάλαιο 3 αρχίζει να συγκεκριμενοποιείται το θέμα της εργασίας. Γίνονται αναφορές σχετικά με το έργο από το οποίο προήλθαν τα αποτελέσματα αλλά και για το πώς έγινε η λήψη των δειγμάτων και η επεξεργασία τους. Δίνονται πίνακες και δορυφορικές εικόνες, ώστε να γίνει άμεση συσχέτιση της κάθε περιοχής με τα αποτελέσματα που θα εξαχθούν. Στο επόμενο κεφάλαιο, 4, δίδεται η αναλυτική επεξεργασία που έχει πραγματοποιηθεί για την κάθε περιοχή. Μαζί με τα διαγράμματα που αφορούν τους υδροχημικούς τύπους τα νιτρικά ιόντα και την αγωγιμότητα παραθέτονται επίσης οι αναλύσεις και οι επεξηγήσεις τους. Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα, τα οποία πρόεκυψαν από όλα τα



προηγούμενα κεφάλαια, καθώς και συγκρίσεις τόσο ανάμεσα στις περιοχές, στις γεωτρήσεις και τα πηγάδια (ως αντιπροσωπευτικά έργα της βαθύτερης και φρεάτιας υδροφορίας), όσο και ανάμεσα στην χρονολογική περίοδο που έγιναν οι μετρήσεις. Τέλος, στο κεφάλαιο 6, αφού γίνει η ανακεφαλαίωση όλων των προηγούμενων, προτείνονται λύσεις για την βελτίωση της ποιότητας των υπογείων υδάτων.

## 1.4 «Το ευχαριστώ»

Φυσικά τίποτα από τα παραπάνω δεν θα γινόταν πραγματικότητα χωρίς κάποιους ανθρώπους που αποτέλεσαν για εμάς πηγή έμπνευσης και χέρι βοήθειας καθ' όλη την διάρκεια της δουλειάς μας. Κάπου εδώ θα πρέπει να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα της εργασίας μας, Αναπληρωτή καθηγητή κ. Βουδούρη Κωνσταντίνο, που μας έδωσε αυτήν την ευκαιρία, να πραγματευτούμε ένα τόσο ενδιαφέρον ζήτημα στα πλαίσια της πτυχιακής μας εργασίας. Ένα μεγάλο λοιπόν ευχαριστώ στον άνθρωπο που μας εφοδίαζε με γνώσεις τα τελευταία δυο χρόνια. Είμαστε επίσης ευγνώμονες στον Τακτικό Ερευνητή κ. Παναγόπουλο Ανδρέα για την καθοριστική άμεση και άκρως πολύτιμη βοήθεια, καθοδήγηση και συμβολή του, αφού σε κάθε ευκαιρία μας υποδείκνυε το σωστό μονοπάτι, μας στήριζε και μας οργάνωνε. Δύο ακόμη άνθρωποι ήταν παρόντες σε κάθε βοήθεια που ζητούσαμε. Ο Γεωλόγος MSc κ. Βρουχάκης Ιωάννης και ο Διδάκτορας κ. Μάττας Χρήστος ήταν εκεί σε κάθε απορία και ερώτηση που θέταμε παρέχοντας μας οποιαδήποτε πληροφορία χρειαστήκαμε και γι' αυτό τους ευχαριστούμε πολύ.

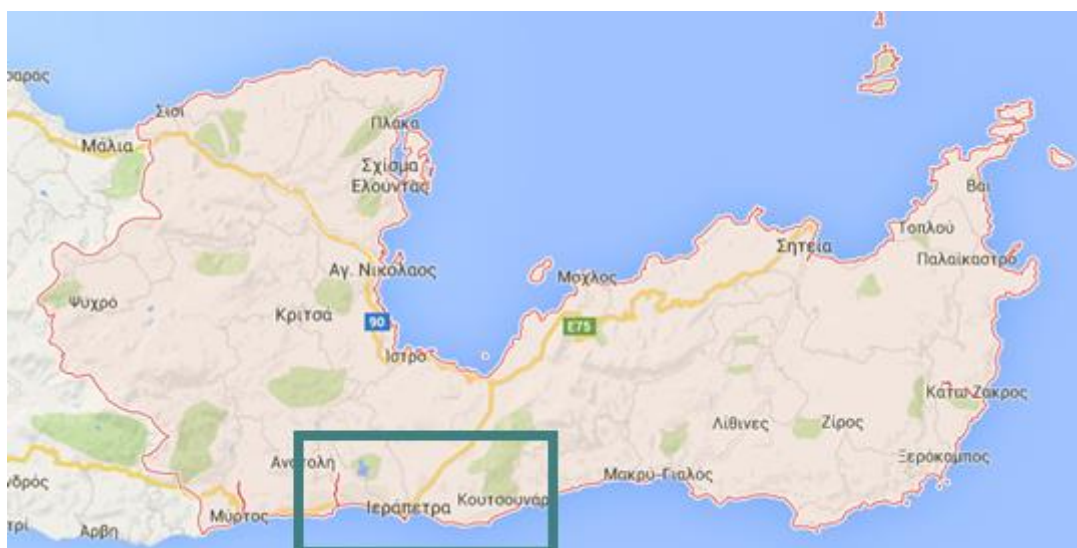
## Κεφάλαιο 2

---

## « Τα υδρογεωλογικά στοιχεία των περιοχών»

### 2.1 Περιοχή Ιεράπετρας-Λασιθίου.

Η Ιεράπετρα είναι η νοτιότερη πόλη της Ελλάδας. Βρίσκεται 100 χιλιόμετρα νοτιοανατολικά από το Ηράκλειο και 35 χιλιόμετρα νότια από τον Άγιο Νικόλαο. Σύμφωνα με την Ε.Μ.Υ είναι η θερμότερη πόλη στην χώρα με μέση ετήσια θερμοκρασία περίπου 20 °C και η πόλη με την μεγαλύτερη ηλιοφάνεια στην Ελλάδα με μέση ετήσια ηλιοφάνεια στις 3.100 ώρες.



Εικόνα 8 περιοχή Λασιθίου (google maps).

Από γεωλογικής άποψης στην περιοχή επικρατούν Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι. Οι καρστικοί ασβεστόλιθοι και τα κροκαλοπαγή της περιοχής κάνουν έντονη την εμφάνισή τους. Μέσα σε αυτούς τους σχηματισμούς παρουσιάζεται σημαντική υδροφορία λόγω της έντονης τεκτονικής καταπόνησής τους. Γενικά οι γεωλογικοί σχηματισμοί παρουσιάζουν έντονο υδρογεωλογικό ενδιαφέρον (Λαμπράκης, 1987).

Ο φλύσχης της ζώνης Γαβρόβου–Τριπόλεως αποτελεί έναν υδατοστεγανό σχηματισμό. Αντίθετα τα κροκαλοπαγή αποτελούν τον σημαντικότερο υδροφορέα της περιοχής. Οι ασβεστόλιθοι παρουσιάζουν έντονη υδροφορία κατά μήκος της ζώνης κερματισμού (Λαμπράκης, 1987).

Στην περιοχή η βροχοβαθμίδα που προκύπτει λαμβάνεται υπόψιν με αρκετές επιφυλάξεις. Για να αποτυπώσει την πραγματικότητα θα πρέπει να υπάρχει πυκνό δίκτυο σταθμών. Γενικά σε υψόμετρο μηδέν (επίπεδο θάλασσας) το ύψος βροχής φτάνει στα 710 mm βροχής, ενώ στην ισοϋψή των 1300m το ύψος βροχής ανέρχεται στα 1542mm. Αθροιστικά ο ετήσιος όγκος νερού που δέχεται η περιοχή είναι  $442 \cdot 10^6 \text{m}^3$  (Λαμπράκης, 1987).

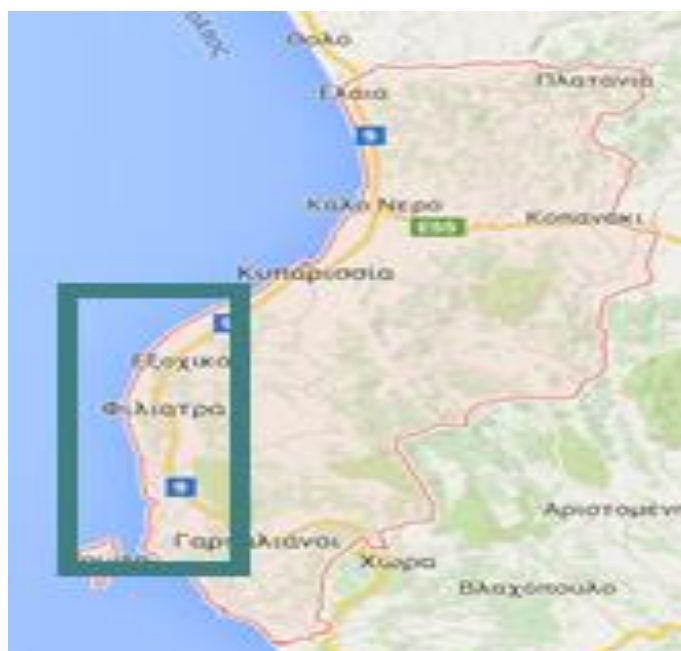
Το μεγαλύτερο ποσό της βροχόπτωσης καταναλώνεται μέσω της εξατμισοδιαπνοής. Γενικά όσο πιο υψηλό είναι το σημείο μελέτης, τόσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα νερού που εξατμίζεται. Τέλος η μέση τιμή της θερμοκρασίας, στο επίπεδο της θάλασσας για μια υδρολογική περίοδο, υπολογίστηκε  $18,34^\circ\text{C}$  (Λαμπράκης, 1987)



Εικόνα 2.2 Φωτογραφία Ιεράπετρας (google)

## 2.2 Περιοχή Τριφυλία- Μεσσηνίας

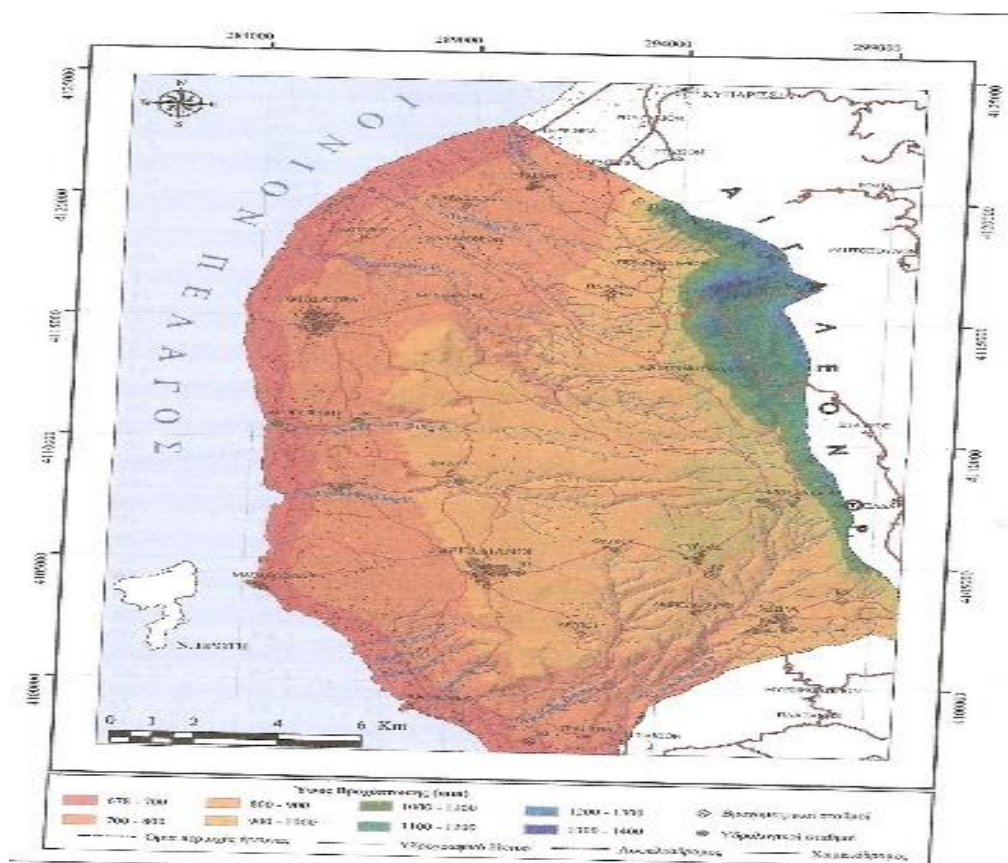
Το γεωλογικό υπόβαθρο της Τριφυλίας αποτελείται από ανθρακικά ιζήματα πάχους 200m και συνίσταται από βιτομενιούχους Ηωκαινικούς ασβεστόλιθους, δολομιτικούς ασβεστόλιθους και δολομίτες, ενώ το συνολικό πάχος της νηριτικής ακολουθίας ξεπερνά τα 4000m. Επάνω στα ιζήματα επικάθεται ασύμφωνα η ακολουθία του φλύσχη. Ο τελευταίος χωρίζεται σε δύο ενότητες. Η κατώτερη ενότητα περιλαμβάνει την λεπτόκοκκη φάση του φλύσχη, έχει πάχος 2500m και αποτελείται από εναλλασσόμενα στρώματα κυανών ιλυολίθων. Η ανώτερη ενότητα συνίσταται από κροκαλοπαγή πάχους 1000m. Τα μεταλλικά ιζήματα της Τριφυλίας αποτέθηκαν από το Μειόκαινο μέχρι το Ολόκαινο. Είναι αποτέλεσμα τεκτονικής ανύψωσης και παγκόσμιων μεταβολών στο επίπεδο της θάλασσας. Παρατηρούνται θαλάσσιες, ποτάμιες και παράκτιες φάσεις. Τέλος το νεοτεκτονικό καθεστώς της περιοχής αναλύεται σε τρία κύρια συστήματα ρηγμάτων ΒΒΔ, ΔΒΔ, ΒΑ-ΒΒΑ διεύθυνσης (Παναγόπουλος, 2004).



Εικόνα 2.3 περιοχή Τριφυλίας google maps

Σύμφωνα με τον Παναγόπουλο, 2004, το υδρογραφικό δίκτυο διαμορφώνεται από την τεκτονική δράση της περιοχής, που είναι μια ένδειξη ότι τα ρήγματα είναι ενεργά.

Η περιοχή της Τριφυλίας παρουσιάζει ιδιόμορφες καιρικές και κλιματολογικές συνθήκες. Όσον αφορά την ατμοσφαιρική θερμοκρασία, οι ανώτατες ετήσιες τιμές κυμαίνονται μεταξύ 18°C– 21°C. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής της περιοχής είναι 818mm. Το ύψος βροχής επηρεάζεται από το υψόμετρο, αφού αυξάνεται κατά 55,7mm ανά 100m.

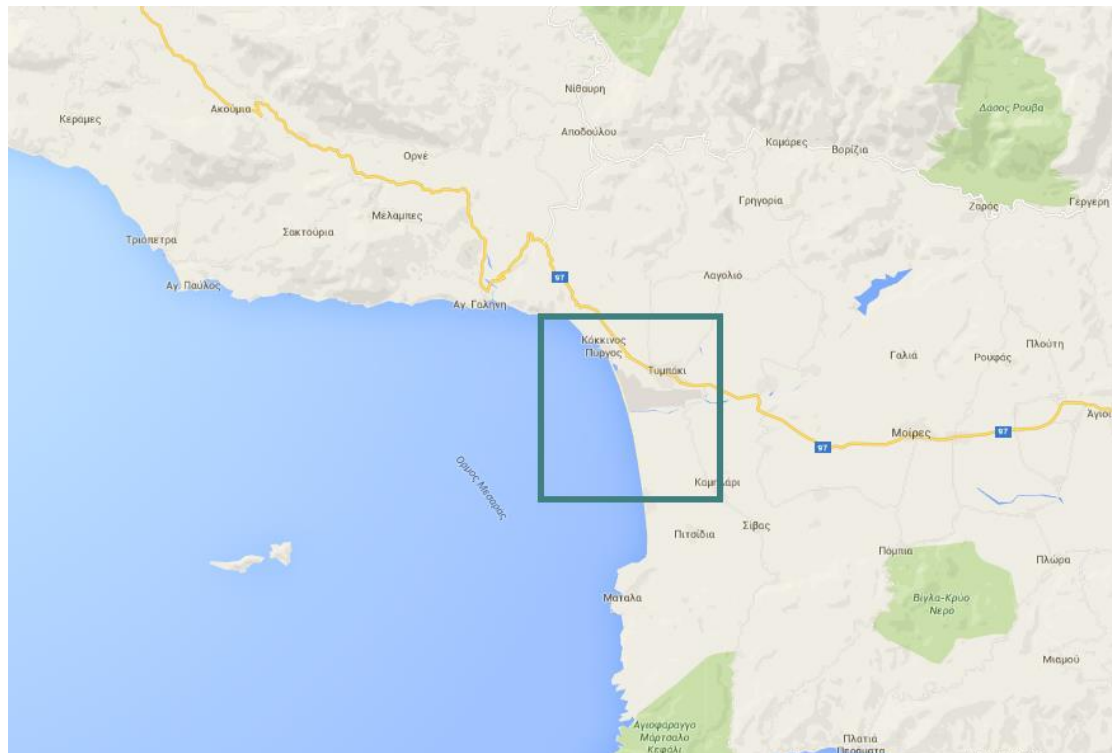


Εικόνα 2.6 βροχομετρικός χάρτης Τριφυλίας (Παναγόπουλος, 2004).

## 2.3 Περιοχή Τυμπάκι-Ηρακλείου

Το Τυμπάκι είναι κωμόπολη στη δυτική άκρη της πεδιάδας της Μεσσαράς, απέχει από το Ηράκλειο 65 χιλιόμετρα. Η καλλιέργεια οπωροκηπευτικών και ανθέων αποτελεί κύρια ασχολία των κατοίκων. Το κλίμα της περιοχής βοηθάει ιδιαίτερα, αφού η ηλιοφάνεια διαρκεί όλους τους μήνες του έτους, με μεγαλύτερη ένταση τους

μήνες μεταξύ Απριλίου και Οκτωβρίου. Πιο θερμοί μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος. Το ετήσιο θερμομετρικό εύρος κυμαίνεται μεταξύ 14 °C και 15 °C.

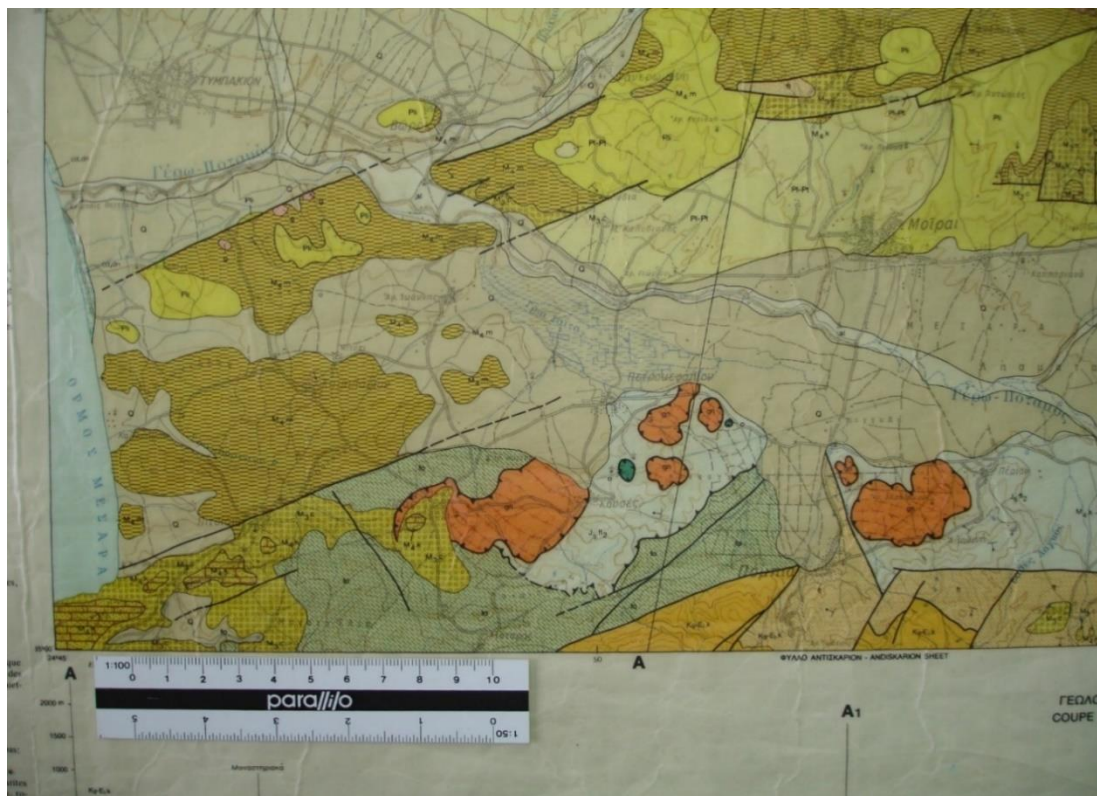


Εικόνα 2.5 Χάρτης Τυμπάκιου (googlemaps)

Η λεκάνη της περιοχής δομείται από μια σειρά νεογενών ιζημάτων που πληρώνουν την τάφρο που σχηματίζεται (λόγω τεκτονικών γεγονότων). Το προ-νεογενές ιζημα της περιοχής είναι ο φλύσχης. Η παρουσία του νεογενούς σε ολόκληρη την περιοχή δεν είναι πλήρως επιβεβαιωμένη, ωστόσο παρουσιάζονται σαφέστερες ενδείξεις μέσα από δεδομένα γεωτρήσεων. Οι τελευταίες δείχνουν ότι το νεογενές έχει βάθος μέχρι 200m (meteo.gr).

Το πάχος των αποθέσεων του Κάτω Πλειστόκαινου είναι περίπου 190 m. Άμμοι, χαλίκια, ιλύς και άργιλος είναι οι κύριες Πλειστοκαινικές αποθέσεις. Το μεγάλο πάχος των αλλουβιακών ιζημάτων σε συνδυασμό με την ήπια μορφολογία του πυθμένα της θάλασσας μας δείχνει ότι τα ιζήματα αυτά συνεχίζουν για μεγάλη απόσταση μέσα στη θάλασσα.

Τα προ-νεογενή εντοπίζονται κυρίως στο βόρειο τμήμα. Η επαφή νεογενών και προ-νεογενών σχηματισμών είναι τεκτονική με συστήματα ασυνεχειών που έχουν διεύθυνση Δ-ΝΔ και Α-ΒΑ.



Εικόνα 2.6 Γεωλογικός χάρτης. Φύλλο Τυπάκι, κλίμακα 1:50000, ΙΓΜΕ

| ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ-ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ |                                      |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| al                              | Αλλουβιακές αποθέσεις                |
| lk                              | Λιμναίες αποθέσεις                   |
| sc                              | Πλευρικά κορήματα                    |
| f / cs / an / ej                | Αλλουβιακά ριτίδια-Κώνιοι κορημάτων  |
| t                               | Αποθέσεις αναβαθμιδίας               |
| cd                              | Παράκτιες αποθέσεις                  |
| dn                              | Θίνες                                |
| lg                              | Λιμνοθαλάσσιες αποθέσεις             |
| el                              | Ελλοβιακές αποθέσεις                 |
| dl                              | Διλλοβιακές αποθέσεις (Πλειστόκαινο) |
| brk                             | Υφάλμυρες αποθέσεις                  |
| co                              | Χερσαίες (ηπειρωτικές) αποθέσεις     |
| c                               | Κροκαλοπαγή                          |
| br                              | Λατυποπαγή                           |
| s                               | Αμμοί                                |
| m                               | Μάργες                               |
| l                               | Αργιλικά ιζήματα                     |
| pt                              | Τύρφη (peat)                         |
| lm                              | Πηλός                                |
| tr                              | Ερυθρογή                             |
| tv                              | Τραβερτίνης                          |
| mk                              | Μαργακός ασβεστόλιθος                |
| k / K                           | Ανθρακικά πετρώματα, ασβεστόλιθοι    |
| d / D                           | Δολομίτες                            |
| ch                              | Κερατόλιθοι, πυριτόλιθοι             |
| st                              | Ψευδαίστες                           |

## «Συλλογή και επεξεργασία δεδομένων»

### 3.1 Τα δεδομένα

Η εργασία βασίζεται σε στοιχεία που προέκυψαν από μελέτες στις εξής περιοχές: Τυμπάκι Ηρακλείου, Ιεράπετρα Λασιθίου και Τριφυλία Μεσσηνίας όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Στα δεδομένα που επεξεργάστηκαν εμπεριεχόταν τιμές για τις συγκεντρώσεις κατιόντων όπως Na, K, Mg, Ca, των μετάλλων Fe, Mn, Cu, περιεκτικότητες ανιόντων όπως Cl, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub>, CO<sub>3</sub>, καθώς και άλλες παράμετροι όπως η αγωγιμότητα, η θερμοκρασία και το pH. Οι παραπάνω τιμές προήλθαν από μετρήσεις που έγιναν σε γεωτρήσεις και πηγάδια των προαναφερθέντων περιοχών. Δόθηκαν επίσης πληροφορίες σχετικές με τα βάθη και τις θέσεις των υδροληπτικών αυτών έργων.

Πιο συγκεκριμένα για την κάθε περιοχή :

Στο Τυμπάκι ελήφθησαν δεδομένα από οχτώ γεωτρήσεις, οι οποίες ποικίλουν στα βάθη τους. Η θέση τους όμως είναι αυτή που παρουσιάζει ιδιαίτερες διαφοροποιήσεις. Όπως φαίνεται στην εικόνα 3.2 οι γεωτρήσεις διαφοροποιούνται ως προς την απόσταση τους από την θάλασσα, καθώς και ως προς τις γεωλογικές συνθήκες της περιοχής που έχουν ανορυχθεί. Ενδεικτικά μπορεί να πραγματοποιηθεί μια σύγκριση ανάμεσα στις HER 01 και HER 28, οι συγκεκριμένες δεν διαφέρουν μόνο στα βάθη (HER01: 120m – HER 28: 18 m) αλλά και στην θέση, αφού η HER 01 αφενός απέχει περισσότερο από την θάλασσα (πάντα σε σχέση με την HER 28) αφετέρου τοποθετείται σε περιοχή με μειωμένη αστική ανάπτυξη. Σε παρακάτω κεφάλαια θα τονισθεί η σημασία που έχει η θέση καθώς και το βάθος των έργων για την ποιότητα των υπόγειων νερών.

Πίνακας 3.1 : Βάθη γεωτρήσεων (m) περιοχής Τυμπακίου

| HER   | Είδος Υδροληπτικού έργου | ΒΑΘΟΣ (m) |
|-------|--------------------------|-----------|
| HER01 | γεώτρηση                 | 120       |
| HER02 | γεώτρηση                 | 150       |
| HER03 | γεώτρηση                 | 139       |
| HER04 | γεώτρηση                 | 121       |
| HER08 | γεώτρηση                 | 157,5     |
| HER23 | γεώτρηση                 | 30        |
| HER27 | γεώτρηση                 | 250       |
| HER28 | γεώτρηση                 | 18        |



Εικόνα 3.1 Θέσεις υδροληπτικών έργων Τυμπακίου

Στην περιοχή της Ιεράπετρας, τα δεδομένα προήλθαν από δυο γεωτρήσεις και τέσσερα πηγάδια. Όπως ήταν αναμενόμενο, η ανομοιογένεια στα βάθη των έργων είναι ιδιαίτερα έντονη. Οι θέσεις τους παρουσιάζουν ιδιαίτερη ομοιομορφία στην γενικότερη κατανομή τους στο χώρο, αφού τοποθετούνται σε ίδια ακτίνα από την ακτογραμμή και όλες βρίσκονται μέσα σε κατοικημένη περιοχή, όπως φαίνεται και από την εικόνα 3.4. Ειδικότερα η LAS 16 σε σχέση με την LAS 21 παρουσιάζουν ελάχιστη διαφορά σε βάθος καθώς και στην τοποθεσία τους στο χώρο.

Πίνακας 3.2 : Βάθη υδροληπτικών έργων (m) περιοχής Ιεράπετρας

| LAS   | Είδος Υδροληπτικού έργου | ΒΑΘΟΣ (m) |
|-------|--------------------------|-----------|
| LAS02 | γεώτρηση                 | 90        |
| LAS07 | γεώτρηση                 | 156       |
| LAS13 | πηγάδι                   | 15        |
| LAS16 | πηγάδι                   | 6         |
| LAS21 | πηγάδι                   | 7,5       |
| LAS22 | πηγάδι                   | 8         |

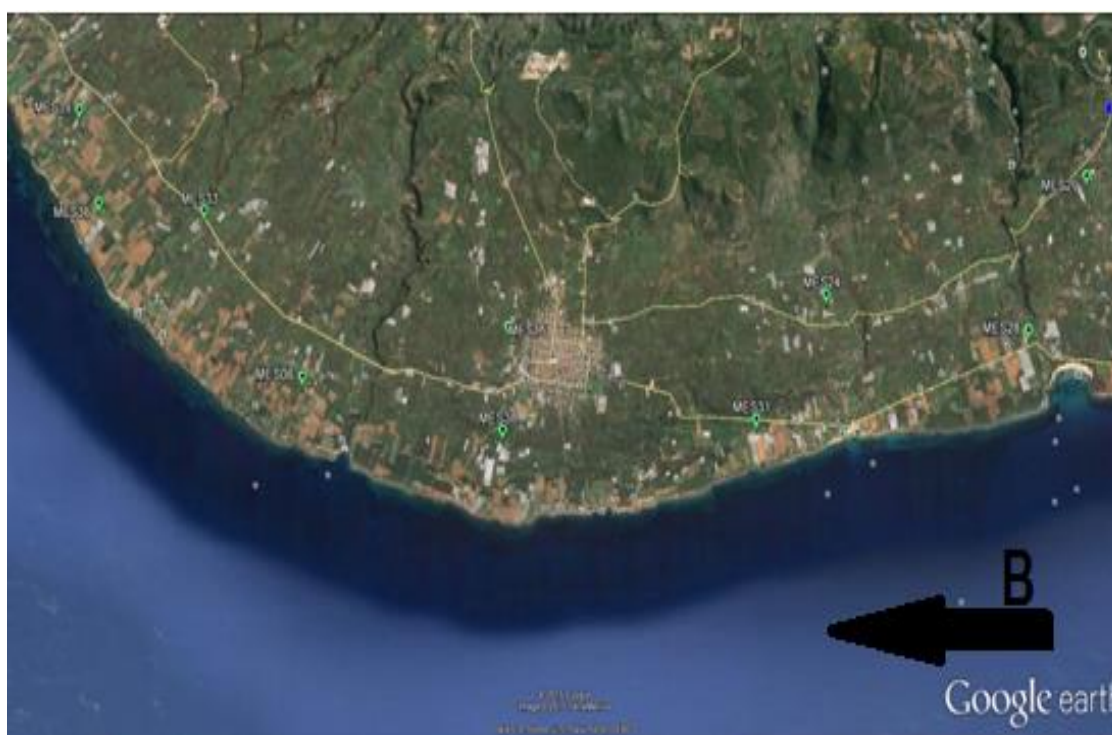


Εικόνα 3.2 Θέσεις υδροληπτικών έργων Ιεράπετρας

Η Τριφυλία έχει δεδομένα που προήλθαν από εννέα γεωτρήσεις και ένα πηγάδι, τα βάθη των οποίων είναι ιδιαίτερα χαμηλά σε σύγκριση με των άλλων περιοχών, και δεν παρουσιάζουν έντονες διακυμάνσεις. Οι θέσεις επίσης είναι περιμετρικά τοποθετημένες στον χώρο γύρω από την ακτογραμμή της Τριφυλίας. Η εικόνα 3.3 δείχνει μια αγροτική περιοχή με μεγάλο ποσοστό καλλιεργήσιμων εκτάσεων χωρίς έντονη παρουσία κατοικημένων εδαφών. Αν συγκριθούν το πηγάδι MES 36 και η γεώτρηση MES 39, θα προκύψουν ομοιότητες σε ότι αφορά το βάθος και την θέση τους.

Πίνακας 3.3 : Βάθη υδροληπτικών έργων (m) περιοχής Τριφυλίας

| MES   | Είδος Υδροληπτικού έργου | ΒΑΘΟΣ (m) |
|-------|--------------------------|-----------|
| MES6  | γεώτρηση                 | 50        |
| MES15 | γεώτρηση                 | 20        |
| MES24 | γεώτρηση                 | 78        |
| MES28 | γεώτρηση                 | 20        |
| MES29 | γεώτρηση                 | 19        |
| MES31 | γεώτρηση                 | 40        |
| MES33 | γεώτρηση                 | 100       |
| MES36 | πηγάδι                   | 12        |
| MES38 | γεώτρηση                 | 13        |
| MES39 | γεώτρηση                 | 19        |



Εικόνα 3.3 Θέσεις υδροληπτικών έργων Τριφυλία

## 3.2 Η δειγματοληψία

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, οι θέσεις δειγματοληψίας είναι εικοσιτέσσερις που χωρίζονται σε δέκα στην Τριφυλία, οχτώ στο Τυμπάκι και έξι στην Ιεράπετρα. Σε ένα γενικό πλαίσιο θεωρείται ότι πάρθηκαν δεδομένα από την νοτιοδυτική Πελοπόννησο και την κεντρική νοτιοανατολική Κρήτη. Θεωρητικά οι περιοχές

παρουσιάζουν πολλές διαφορές, τόσο στο γεωλογικό υπόβαθρο, όσο και στην εκμετάλλευση των εκτάσεων τους. Παρακάτω θα γίνει αναλυτική σύγκριση των υδρογεωλογικών ιδιοτήτων των περιοχών αυτών.

Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε σε τέσσερις περιόδους, που κατανεμήθηκαν στους μήνες Ιούλιο, Οκτώβριο, Ιανουάριο και Απρίλιο. Η επιλογή των μηνών αυτών δεν έγινε τυχαία, αφού αποτελούν τις υδρολογικά πιο αντιπροσωπευτικές περιόδους όσον αφορά στις βροχοπτώσεις και τις περιόδους άρδευσης.

Η διαδικασία της συλλογής των δειγμάτων έχει διάφορα επίπεδα. Αρχικά είναι η δειγματοληψία που γίνεται κάτω από συγκεκριμένους και αυστηρούς κανόνες, από εξειδικευμένο επιστημονικό προσωπικό, το οποίο λειτουργεί βάσει πρωτοκόλλου. Ο εξοπλισμός αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της όλης διαδικασίας, αφού οποιαδήποτε λεπτομέρεια μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Έτσι οι συνθήκες κάτω από τις οποίες λαμβάνει χώρα η μελέτη είναι αυστηρές και τηρούνται κατά γράμμα. Έπειτα γίνεται η κωδικοποίηση των σημείων από τα οποία έγινε η λήψη του δείγματος. Οι συντεταγμένες και ο γενικότερος προσδιορισμός του κάθε υδροληπτικού έργου αποτελεί αναπόσπαστο και σημαντικό κομμάτι της διαδικασίας, αφού είναι προϋπόθεση για την ομαλή και συνεπή συνέχιση της έρευνας κατά την επόμενη περίοδο. Επόμενο και εξίσου σημαντικό βήμα αποτελεί η κωδικοποίηση των δειγμάτων. Το βήμα αυτό εγγυάται τον σωστό διαχωρισμό των δειγμάτων που έχει στην κατοχή του ο ερευνητής. Οφείλει να γίνεται με συγκεκριμένη μεθοδολογία, ώστε να υπάρχει ομοιογένεια στην ονομασία και η εξαγωγή συμπερασμάτων να είναι πιο εύκολη. Τελική μέριμνα αποτελεί η διευθέτηση της αποστολής των δειγμάτων. Κατά την αποστολή πρέπει πάνω στο δείγμα να υπάρχει η αντίστοιχη καρτέλα με πληροφορίες όπως το όνομά του, η κωδικοποιημένη θέση του, η μέρα, η ώρα, η θερμοκρασία καθώς και το όνομα του ερευνητή που έκανε την δειγματοληψία.

### 3.3 Χημικές αναλύσεις

Ο εξοπλισμός ανάλυσης νερού στηρίζεται σε τρεις ιοντικούς χρωματογράφους, δυο Ατομικές Απορρόφησης, οι οποίες έχουν τη δυνατότητα χρήσης τεχνικής φούρνου γραφίτη, φλόγας καθώς και υδριδίων, φασματοφωτόμετρο, θολερόμετρο όπως επίσης και ηλεκτροχημικούς μετρητές.

Για μια κλασική ανάλυση νερού γίνεται προσδιορισμός του pH, της αγωγιμότητας και της σκληρότητας. Παίρνεται το προφίλ όλων των ανιόντων και των κατιόντων του ύδατος και προσδιορίζονται επίσης βαρέα μέταλλα. Οι βασικότερες χημικές εξετάσεις των ιόντων πραγματοποιούνται στο κάθε εργαστήριο με τεχνικές Χρωματογραφίας (2 Ιοντικοί Χρωματογράφοι) και όχι με τις φασματοφωτομετρικές τεχνικές που συχνά δίνουν αμφισβητούμενα ποιοτικά αποτελέσματα. Οι αναλύσεις των βαρέων μετάλλων γίνονται με την μέθοδο της ατομικής απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη. Επίσης σημαντικό επίπεδο αποτελούν και είναι οι μικροβιολογικές αναλύσεις, οι οποίες γίνονται στο μικροβιολογικό εργαστήριο της Σύγχρονης Αναλυτικής από ειδικά καταρτισμένο προσωπικό σε συγκεκριμένους χώρους ιδιαίτερης διαμόρφωσης. Κάθε ανάλυση νερού δεν είναι ίδια και εξαρτάται από το ανθρώπινο δυναμικό που την πραγματοποιεί και από τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται.

### **3.4 Επεξεργασία των δεδομένων**

Τα δείγματα στέλνονται στα εργαστήρια για να εξαχθούν τα ανάλογα αποτελέσματα και οι ποσότητες των στοιχείων που ερευνώνται. Μετά την ανάλυση δημιουργούνται πίνακες με τις αναγραφόμενες τιμές των παραμέτρων που αναφέρθηκαν παραπάνω και στην συνέχεια πραγματοποιείται επεξεργασία των δεδομένων. Όλες οι διαδικασίες που παρατέθηκαν σκοπό είχαν το τελικό αυτό στάδιο που θα οδηγήσει στην εξαγωγή συμπερασμάτων που είναι και ο βασικός σκοπός. Η επεξεργασία γίνεται μέσω διαφόρων τρόπων προγραμμάτων και διεργασιών. Βασικά εργαλεία αποτελούν προγράμματα που έχουν δημιουργηθεί ακριβώς για αυτόν τον σκοπό, όπως το AQUACHEM (Lucas Calmbach, 1997), με το οποίο προσδιορίζεται ο υδροχημικός τύπος του υπόγειου ύδατος, ενώ βοηθάει στην ταξινόμηση και στην σύγκριση μεταξύ των δειγμάτων. Άλλοι τρόποι επεξεργασίας αποτελούν τα διαγράμματα και οι πίνακες του excel που προκύπτουν από τα αποτελέσματα που

δόθηκαν από τα εργαστήρια. Ειδικότερα στα επόμενα κεφάλαια θα αναπτυχθούν αναλυτικά οι τιμές και οι διαβαθμίσεις των νιτρικών ιόντων και της αγωγιμότητας, καθώς και θα προσδιοριστούν αναλυτικά οι υδροχημικοί τύποι των υδάτων των περιοχών.

The screenshot shows the AquaChem software interface with the following sections:

- Header:** SampleID, Site, Location, Date, Aquifer geology, Lithology.
- Physical Parameters:** Y(m), X(m), Z(m), Head (m), Vol Flow (m3/h), Ph, Eh (mv), Sample temperature (°C), Formation temperature (°C).
- Cations (mg/l):** Li+, Na+, K+, Mg++, Ca++, Sr++, Mn++, Fe++, NH4+, Ba++, Zn++.
- Anions (mg/l):** F-, Cl-, Br-, I-, SO4--, NO3-, NO2-, HCO3-, CO3--.
- Uncharged C (mg/l):** Al tot, As tot, P, H2SiO3, H3BO3, CO2, O2, N2, CH4, H2S, Cd.
- Vars:** 18O (SMOW), 2H (SMOW), 34S (‰CD), 18O (SO4, SI), Trt (TU), 14C (‰mod).

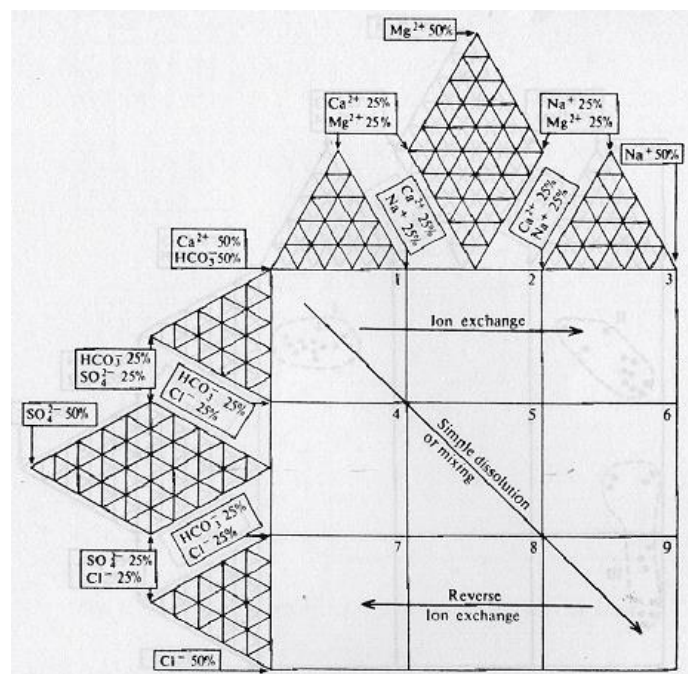
εικόνα 3.4 Εισαγωγή δεδομένων στο λογισμικό aquachem (Lucas Calmbach,1997)

## Κεφάλαιο 4

## «Στατιστική επεξεργασία»

### 4.1 Χαρακτηρισμός κατά DUROV (υδροχημικός τύπος νερού)

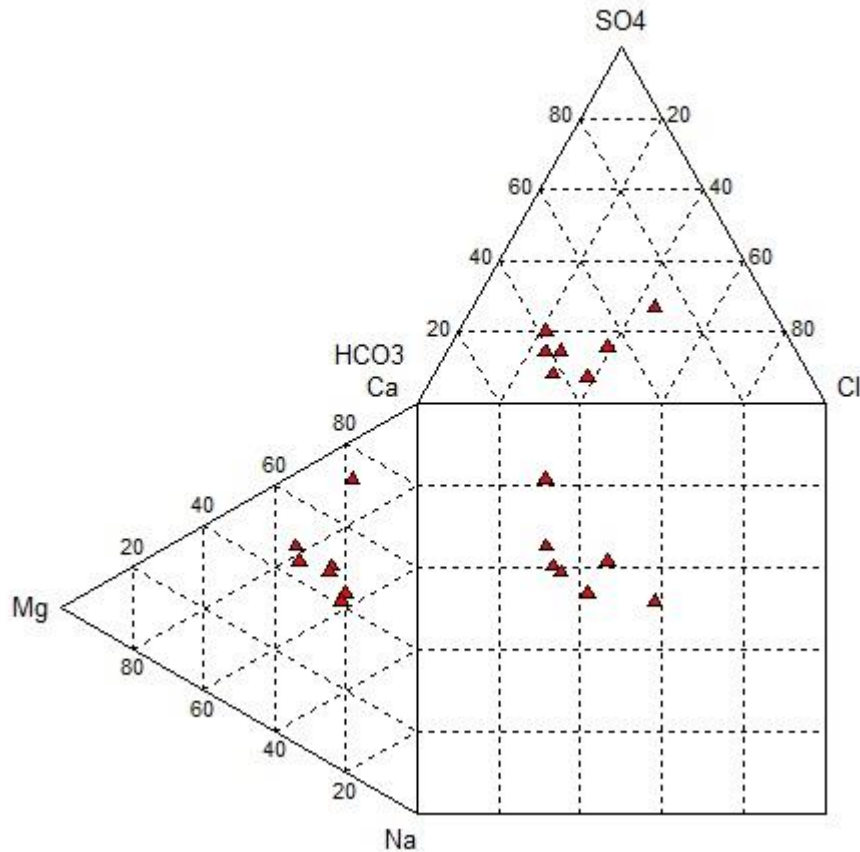
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι πληροφορίες από την επεξεργασία των δειγμάτων των γεωτρήσεων από κάθε περιοχή, αφού δημιουργήθηκαν πίνακες με την συγκέντρωση του κάθε στοιχείου για κάθε θέση γεώτρησης. Με αυτά τα δεδομένα ελήχθησαν διαγράμματα Durov (Lloyd J, Heathcote J, 1985). Με αυτόν τον τρόπο προσδιορίζεται ο υδροχημικός τύπος του υπόγειου ύδατος, ενώ βοηθάει στην ταξινόμηση και στην σύγκριση μεταξύ των δειγμάτων. Αναφορικά θα εξετάσουμε παρακάτω δεκατρία διαγράμματα Durov τα οποία προέρχονται από τις τρεις περιοχές μελέτης μας.



Εικόνα 4.1 ενδεικτικό διάγραμμα DUROV

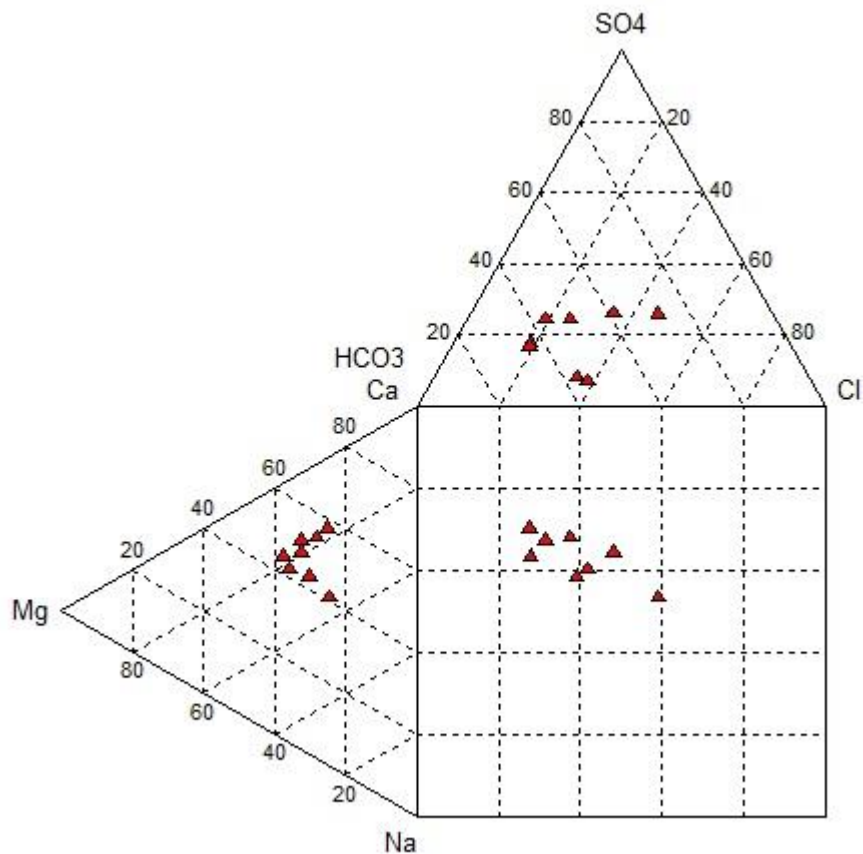
#### 4.1.1 Τυμπάκι – Ηρακλείου

Στο παρακάτω διάγραμμα παρατηρούμε τις οχτώ θέσεις των γεωτρήσεων τον μήνα Οκτώβριο για την περιοχή του Τυμπακίου.



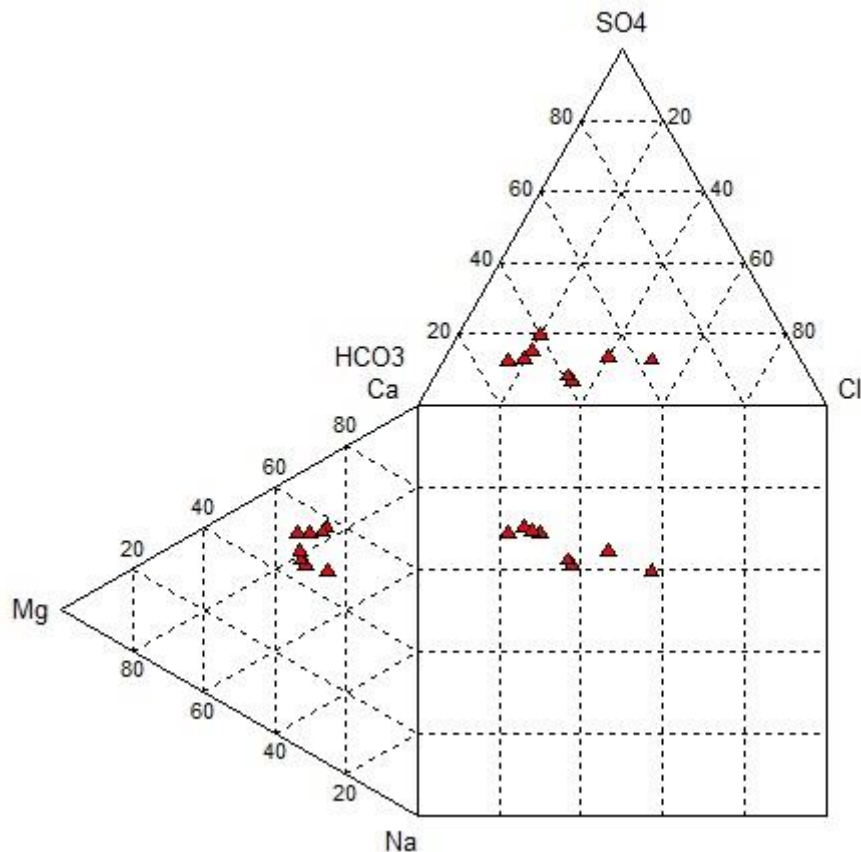
Εικόνα 4.2 Διάγραμμα Durov για την περίοδο του Οκτωβρίου στην περιοχή Τυμπάκι

Όπως είναι εύκολο να παρατηρηθεί με μια πρώτη ματιά η ταξινόμηση των δειγμάτων των υδροληπτικών έργων προβάλλεται στο κεντρικό τμήμα του τετραγώνου και έχουν μία τάση κίνησης προς την πάνω αριστερή πλευρά. Τα νερά σε αυτήν την θέση προέρχονται από ανάμειξη. Δεν φαίνεται να επικρατεί κάποιο συγκεκριμένο στοιχείο σε αυτήν την ομάδα. Αυτό οφείλεται στο ότι ο Οκτώβριος, ο μήνας ο οποίος έγινε η δειγματοληψία, είναι το τέλος της ξηρής περιόδου. Οι υπόγειοι ταμιευτήρες δεν έχουν πληρωθεί με φρέσκο νερό επομένως παρατηρείται αυτό το φαινόμενο.



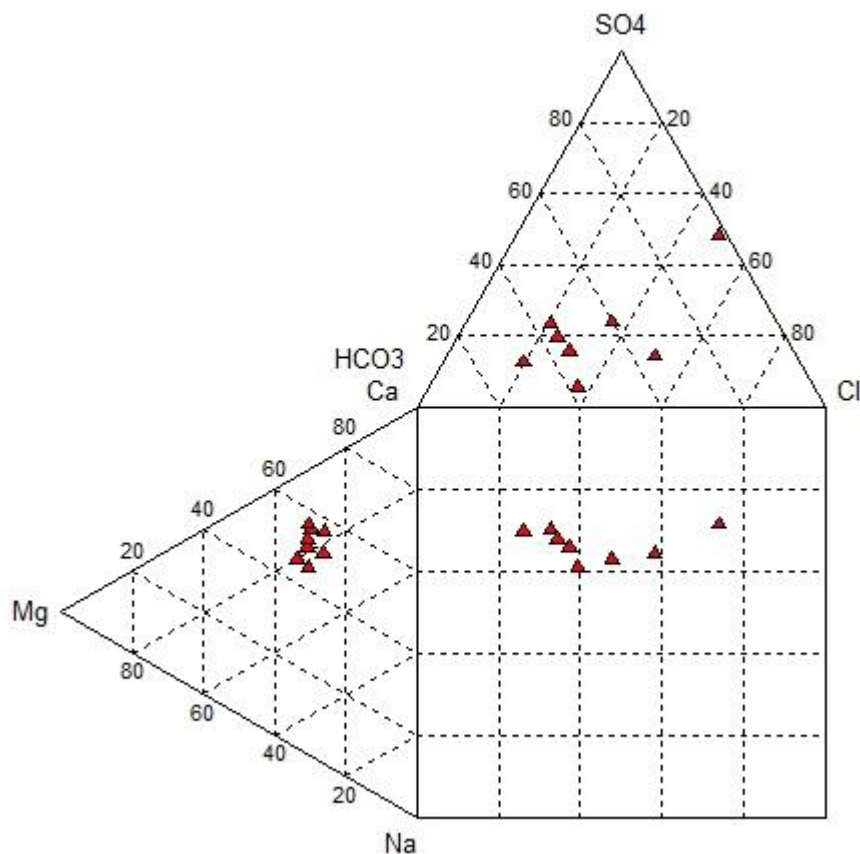
Εικόνα 4.3 Διάγραμμα Durov για την περίοδο του Ιανουαρίου στην περιοχή Τυμπάκι

Τον μήνα Ιανουάριο δεν παρατηρούμε κάποια σημαντική διαφορά. Οι θέσεις των γεωτρήσεων στο διάγραμμα παραμένουν ουσιαστικά ίδιες, χωρίς να μας δείχνουν κάποια έντονη αλλαγή. Πάλι ο χαρακτήρας των νερών φαίνεται να είναι αναμεμιγμένος, χωρίς κάποιο στοιχείο να επικρατεί. Αυτό συμβαίνει διότι η περίοδος της τροφοδοσίας δεν έχει ακόμα ολοκληρωθεί ή οδεύει προς την λήξη της.



Εικόνα 4.4 Διάγραμμα Durov για την περίοδο του Απριλίου στην περιοχή Τυμπάκι

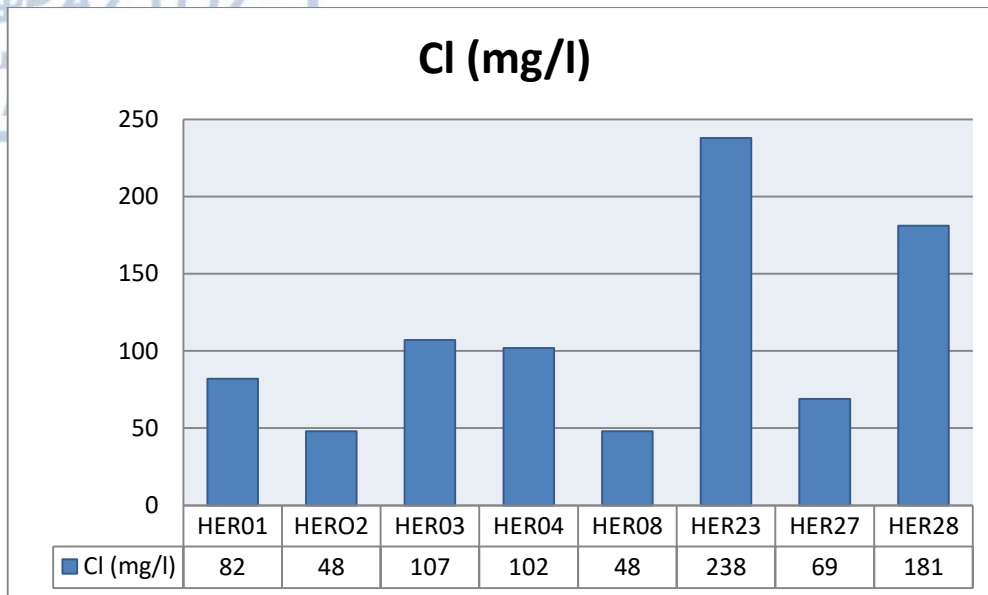
Η εικόνα του Απριλίου στο διάγραμμα είναι παρόμοια με αυτήν του Ιανουαρίου. Οι συνθήκες και τα χαρακτηριστικά του υπόγειου ύδατος, παραμένουν σταθερές και αμετάβλητες. Σαφέστατα γίνεται κατανοητό ότι το κέντρο βάρους των σημείων στο διάγραμμα παρουσιάζει μια κλίση προς τα αριστερά. Επομένως επικρατούν τα στοιχεία  $\text{HCO}_3$  και  $\text{Mg}$  περισσότερο από τις προηγούμενες περιόδους. Τα στοιχεία αυτά μπορεί να προέρχονται είτε από ανάμειξη είτε από τα δολομιτικά πετρώματα της περιοχής. Η τάση προς τα αριστερά μας δίνει την εικόνα ότι το νερό είναι κοντά στην ζώνη τροφοδοσίας.



Εικόνα 4.5 Διάγραμμα Durov για την περίοδο του Ιουλίου στην περιοχή Τυμπάκι

Σαφέστατα η εικόνα που δίνει το διάγραμμα του Ιουλίου δηλώνει ότι είναι προϊόντα ανάμειξης. Αν κοιτάξουμε προσεκτικά, θα διαπιστώσουμε ότι τα σημεία φαίνονται να έχουν μια κίνηση από αριστερά προς τα δεξιά. Κάτι τέτοιο είναι απόλυτα φυσιολογικό, αφού πλέον διανύουμε την ξηρή περίοδο και ο υδροφορέας δεν έχει σαφή χημικά κριτήρια, όπως είχε στην αμέσως προηγούμενη περίοδο, όπου ήταν πιο κοντά στον εμπλουτισμό του υδροφορέα με φρέσκο νερό.

Αναλυτικά φαίνονται παρακάτω οι γεωτρήσεις που βρίσκονται στην περιοχή του Ηρακλείου, ώστε να γίνει μια περιγραφή της θέσης της κάθε γεώτρησης.

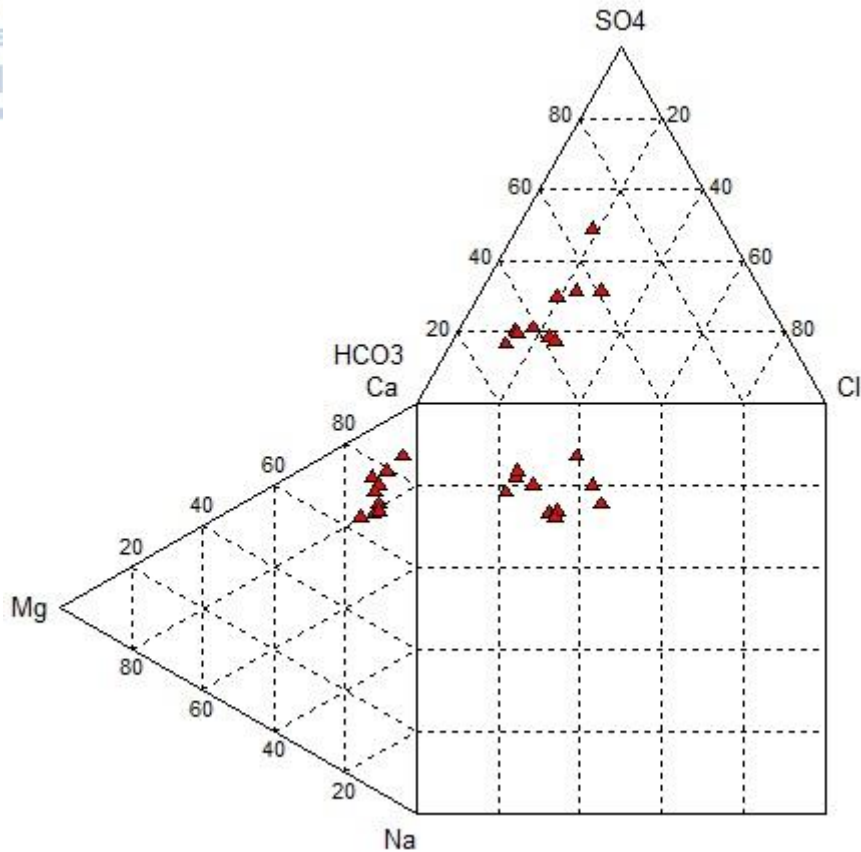


Εικόνα 4.6 Κατανομή Cl στο Τυμπάκι

Με μια πιο αναλυτική ματιά στην εικόνα 3.2 και στην 4.6 παρατηρούμε ότι οι γεωτρήσεις HER 28, HER23 βρίσκονται σε μία γραμμή και σε μικρή απόσταση από την θάλασσα. Τα στοιχεία από την μελέτη στο εργαστήριο μας έδωσαν υψηλές συγκεντρώσεις Cl στα δείγματα αυτά. Ιδιαίτερα στην γεώτρηση HER23 το νερό τείνει να χαρακτηριστεί ως υφάλμυρο. Το Na είναι και αυτό υψηλό αλλά όχι σε τόσο μεγάλη απόκλιση με τον μέσο όρο.

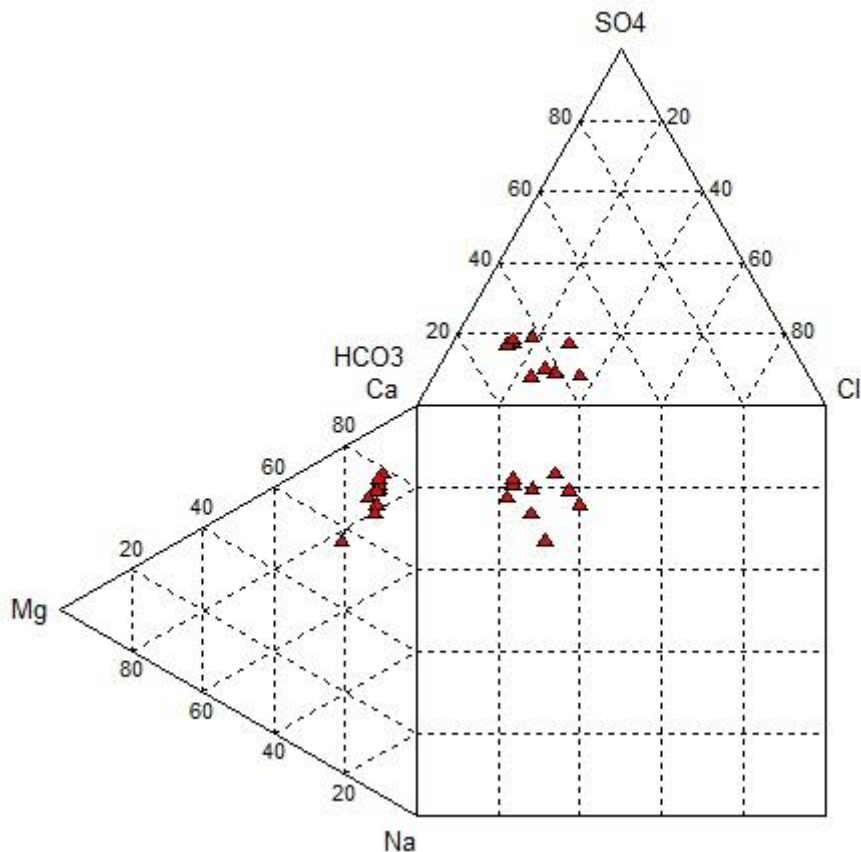
### 4.1.2 Τριφυλία – Μεσσηνίας

Όπως παρατηρούμε στο διάγραμμα Duroν, τα υδροληπτικά έργα είναι τοποθετημένα στο πάνω αριστερά τμήμα του κεντρικού πλαισίου προβολών. Το Ca, και το  $\text{HCO}_3$  είναι τα επικρατέστερα στοιχεία της περιοχής. Επομένως υπάρχει δείγμα καθαρού, γλυκού νερού που ανανεώνεται. Κάποια νερά φαίνονται να τοποθετούνται προς το κέντρο όπου εκεί εντοπίζεται ανάμειξη. Αυτό είναι κατανοητό αφού μόλις αυτήν την περίοδο εξελίσσεται η μετάβαση από την ξηρή περίοδο και το σύστημα του υδροφορέα ξεκινάει να εμπλουτίζεται με "καινούριο" νερό. Δεν θα πρέπει να αγνοηθεί η ύπαρξη του  $\text{SO}_4$ . Η ύπαρξή του μπορεί να είναι είτε από τα πετρώματα, είτε από λιπάσματα και φυτοπροστατευτικά σκευάσματα.



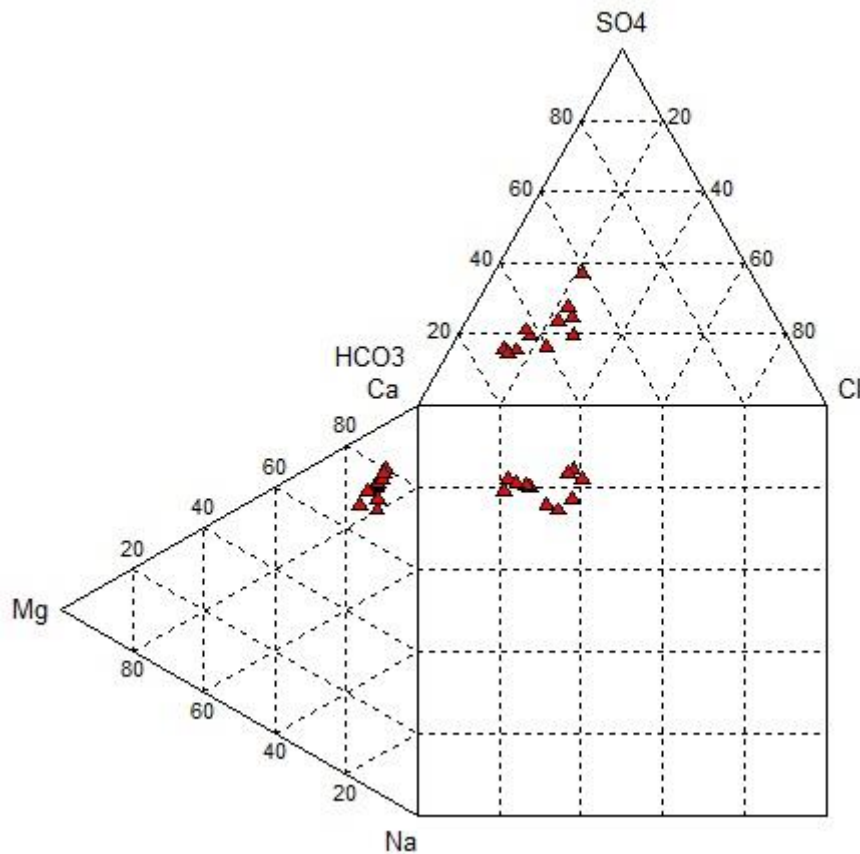
εικόνα 4.7 Διάγραμμα Durov για την περίοδο του Οκτωβρίου στην περιοχή Τριφυλία

Τα συμπεράσματα που εξάγονται τον Ιανουάριο είναι ότι τα κύρια χαρακτηριστικά στοιχεία που συμμετέχουν είναι το Ca και το  $\text{HCO}_3$ . Η περίοδος της ανανέωσης είναι πλέον γεγονός. Ο υδροφορέας βρίσκεται στην φάση της τροφοδοσίας και ανάκαμψης από τη θερινή ξηρή περίοδο. Το  $\text{SO}_4$  δεν παρατηρείται πλέον σε τόσο μεγάλο βαθμό. Επομένως φαίνεται ότι ήταν ανθρωπογενούς προέλευσης. Προήλθε πιθανά από την χρήση φυτοπροστατευτικών στις καλλιέργειες, τα υπολείμματα των οποίων προοδευτικά διαλύονται στο υδροφόρο σύστημα μέσω της φυσικής τροφοδοσίας που αυτό δέχεται κατά την περίοδο αυτή.



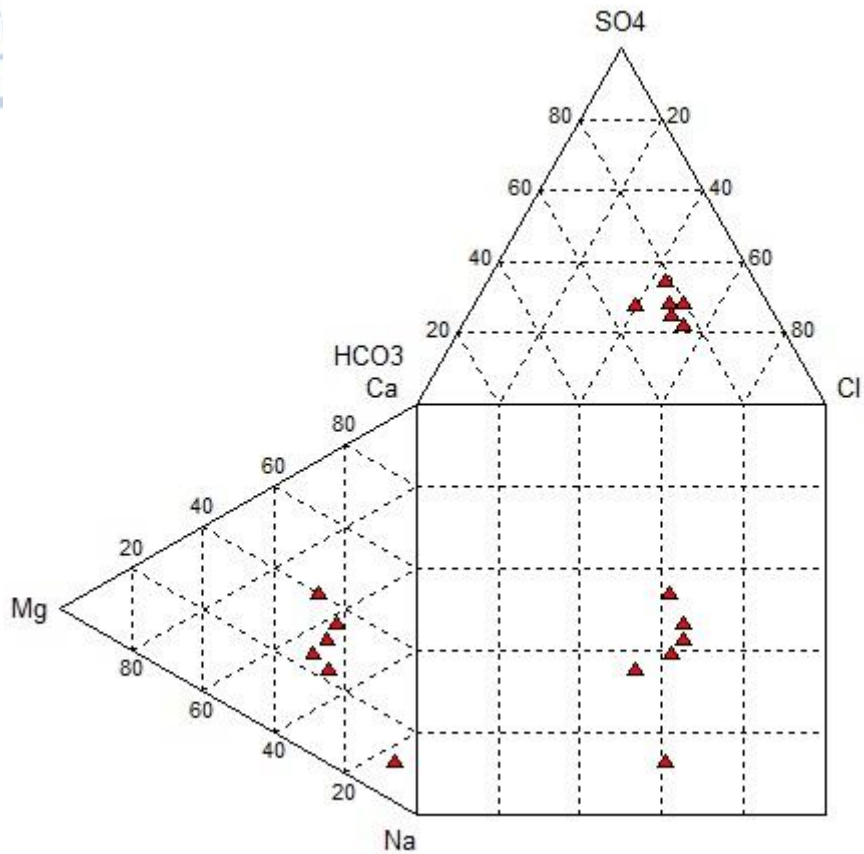
εικόνα4.8 Διάγραμμα Durov για την περίοδο του Ιανουαρίου στην περιοχή Τριφυλία

Ουσιαστικά δεν παρατηρούμε κάποια αλλαγή στο σύστημά μας τον μήνα Απρίλιο, από την προηγούμενη περίοδο. Το νερό συνεχίζει να διατηρεί σχεδόν σταθερά τα χαρακτηριστικά του. Βρισκόμαστε οριακά προς το τέλος της περιόδου τροφοδοσίας. Οι τιμές σε σχέση με την προηγούμενη περίοδο παρουσιάζουν μια τάση να κινούνται προς το κέντρο του τετραγώνου προβολής. Το δείγμα μιας γεώτρησης βλέπουμε ότι ανεβαίνει προς τα πάνω, προς το  $\text{SO}_4$ , πράγμα που ενδεχομένως οφείλεται στο ότι έχει αρχίσει η εντονότερη χρήση των λιπασμάτων στις καλλιέργειες της περιοχής.

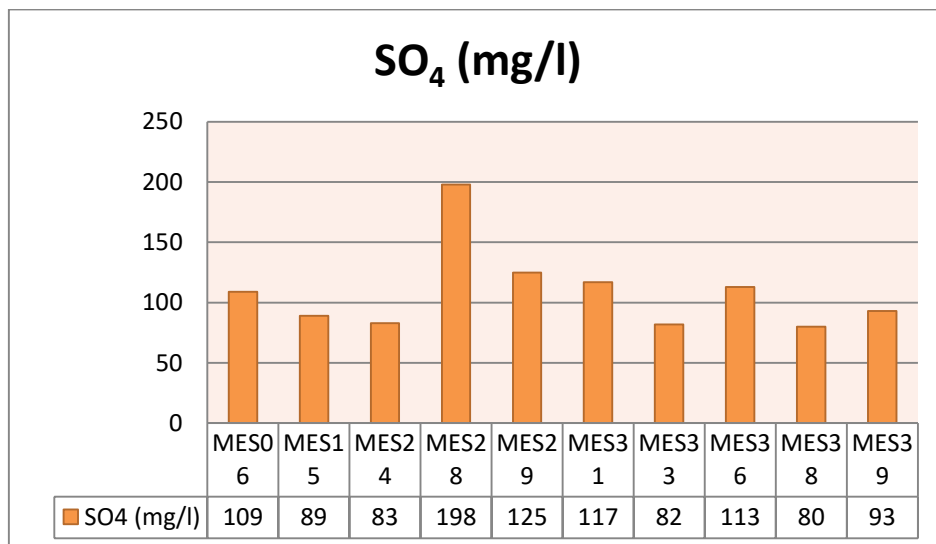


εικόνα 4.9 Διάγραμμα Durov για την περίοδο του Απριλίου στην περιοχή Τριφυλία

Τα επικρατέστερα στοιχεία τον Ιούλιο είναι το Ca και  $\text{HCO}_3$ . Όπως είναι αναμενόμενο εντοπίζουμε αρκετά μεγαλύτερη συγκέντρωση  $\text{SO}_4$ , πράγμα φυσιολογικό αφού εκείνη την περίοδο γίνονται όλοι οι γεωργικοί ψεκασμοί των εκάστοτε αγροτικών καλλιεργειών (φυτοφάρμακα). Δεν θα πρέπει να αγνοήσουμε το γεγονός ότι το κέντρο βάρους των στοιχείων βρίσκεται ανάμεσα σε ένα μεταβατικό πεδίο. Φαίνεται πως αρκετές γεωτρήσεις βρίσκονται μέσα στο κεντρικό πεδίο, υποδηλώνοντας ότι έχουμε πιθανή ανάμειξη.



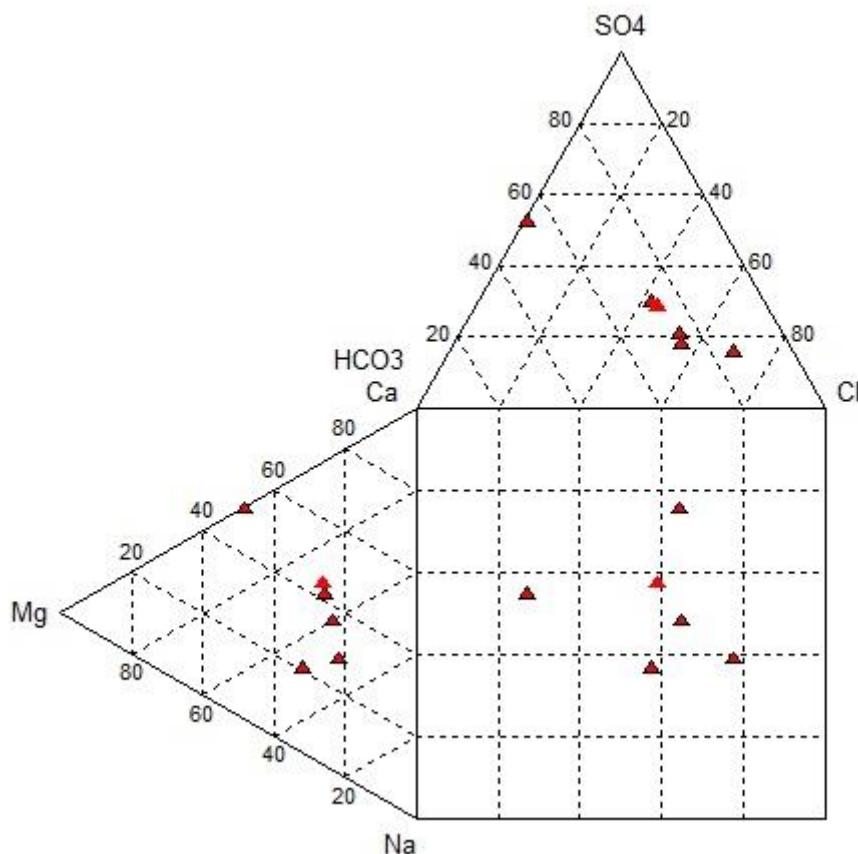
εικόνα 4.10 Διάγραμμα Durov για την περίοδο του Ιουλίου στην περιοχή Τριφυλία



εικόνα 4.11 Κατανομή SO<sub>4</sub> Τριφυλίας

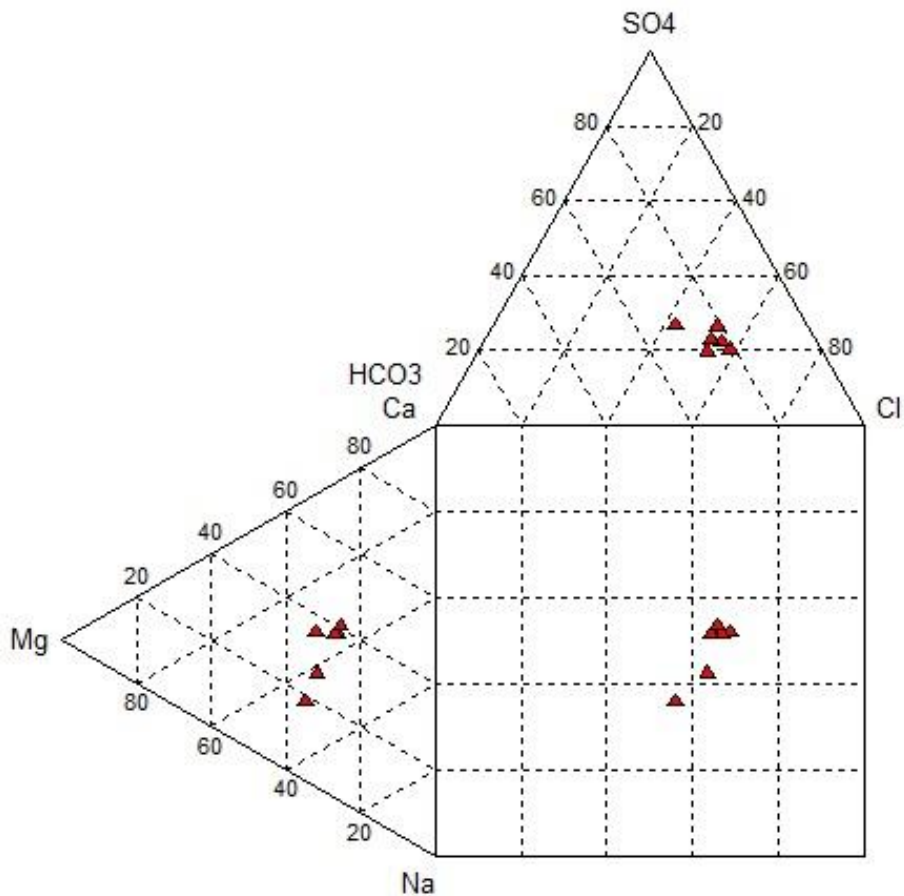
### 4.1.3 Ιεράπετρα - Λασιθίου

Στην περιοχή της Ιεράπετρας λοιπόν, παρατηρούμε ότι για τον μήνα Οκτώβριο τα στοιχεία δεν μας δίνουν μια σαφή εικόνα. Επικρατούν αμοιβαία όλα τα στοιχεία, με εξαίρεση το χλώριο που φαίνεται να κατέχει μεγαλύτερο ποσοστό. Συνολικά, διακρίνεται μεγάλη διασπορά των θέσεων προβολής.



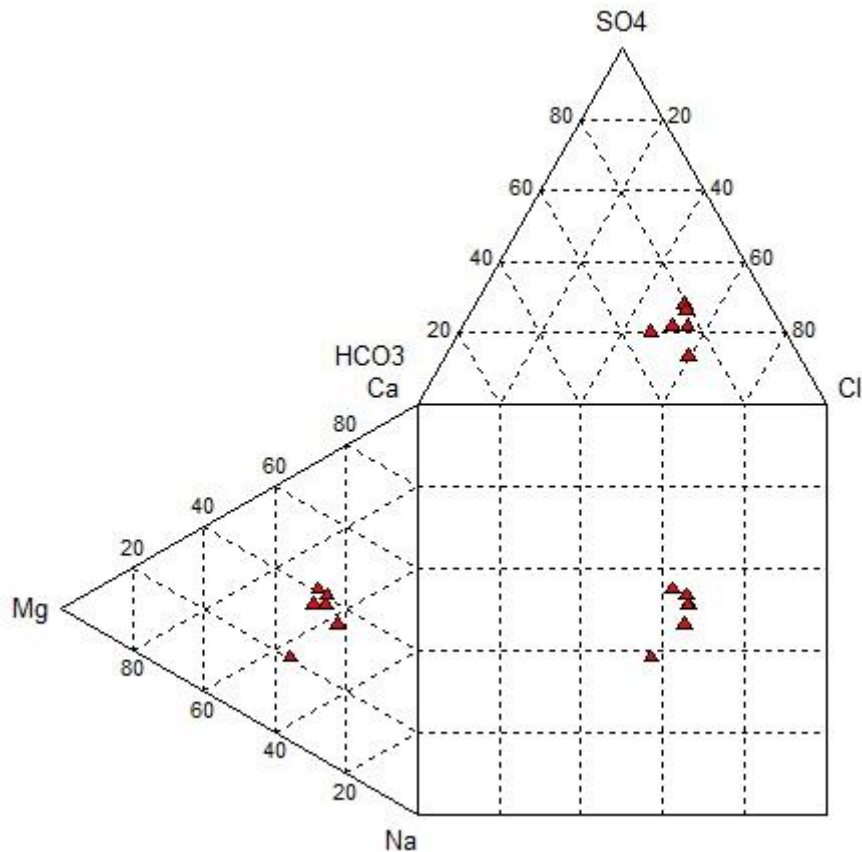
εικόνα 4.12 Διάγραμμα Durov για την περίοδο του Οκτώβριο στην περιοχή Ιεράπετρα

Οι αναλύσεις τον Ιανουάριο φαίνονται να αποκτούν κάποια ομοιογένεια. Το σύνολο των δειγμάτων είναι διατεταγμένο στο κέντρο. Το Cl πάλι είναι το υψηλότερο σε συγκέντρωση, αλλά όχι στα επίπεδα της προηγούμενης περιόδου. Ίσως, το Cl φαίνεται να έχει σημαντική συνεισφορά στη διαμόρφωση του υδροχημικού χαρακτήρα των νερών. Για τα υπόλοιπα στοιχεία δεν μπορούμε να εκφράσουμε κάτι το ιδιαίτερο. Τα σημεία απέχουν αρκετά από το Ca πράγμα που μαρτυρά ότι η τροφοδοσία του υδροφορέα δεν είναι αρκετά μεγάλη.



εικόνα 4.13 Διάγραμμα Durov για την περίοδο του Ιανουάριος στην περιοχή Ιεράπετρα

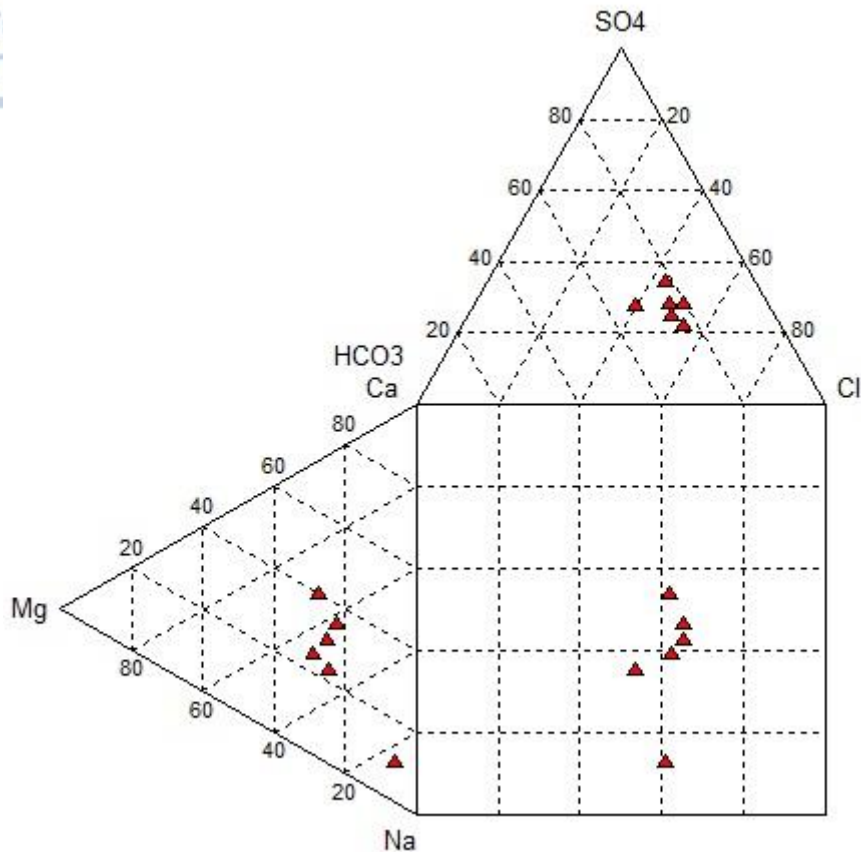
Γενικά τον μήνα Απρίλιο δεν παρατηρούμε μεγάλη διασπορά των στοιχείων, εκτός από ένα δείγμα που παρουσιάζει ιδιαίτερα διαφορετικό υδροχημικό τύπο. Η περίοδος τροφοδοσίας βρίσκεται στην λήξη της. Εξίσου παρατηρούμε το φαινόμενο την ανάμειξης αφού τα τρίγωνα βρίσκονται περίπου κοντά στο κέντρο. Το αξιοσημείωτο και εδώ είναι πως έχουμε έντονο επηρεασμό του υδροχημικού τύπου από τις συγκεντρώσεις χλωρίου, όπου υποδηλώνει διείσδυση θαλάσσιου νερού.



εικόνα 4.14 Διάγραμμα Durov για την περίοδο του Απριλίου στην περιοχή Ιεράπετρα

Τα σημεία μας είναι αρκετά πιο ομοιογενή τον Ιούνιο σε σχέση με την προηγούμενη περίοδο. Πάλι έχουμε φαινόμενα ανάμειξης, το Cl και Na κατέχουν το μεγαλύτερο ποσοστό στα στοιχεία που γενικά μοιράζονται παρόμοια ποσοστά.

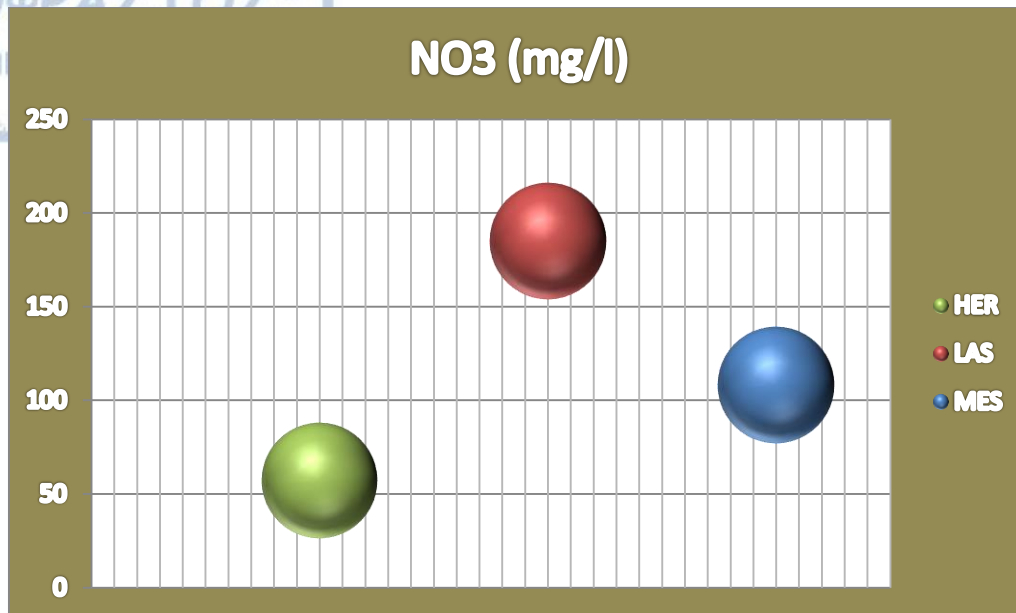
Όπως παρατηρούμε στην εικόνα 3.4, όλα τα σημεία των γεωτρήσεων απέχουν ελάχιστα από την θάλασσα. Σε αυτόν τον λόγο οφείλεται η μεγάλη συγκέντρωση Cl και κατά περιοχές Na. Η θάλασσα διεισδύει μέσα στο υδροφόρο σύστημα. Αυτό είναι ένα σοβαρό πρόβλημα, αφού υποβαθμίζει την ποιότητα του νερού της περιοχής. Σε περίπτωση που το τόσο αυξημένο Cl δεν οφείλεται σε αυτήν την αιτία, τότε τα λύματα είναι υπεύθυνα και απαιτείται άμεσος υγειονομικός έλεγχος. Ενδεικτικά το όριο του Cl είναι 250 mg/l. Επίσης μπορεί να είναι και αποτέλεσμα από τα νερά άρδευσης, που είναι επιβαρυμένα από υψηλές συγκεντρώσεις χλωρίου κατά περιόδους.



εικόνα 4.14 Διάγραμμα Durov για την περίοδο του Ιουνίου στην περιοχή Ιεράπετρα

## 4.2 Στατιστική επεξεργασία νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3$ )

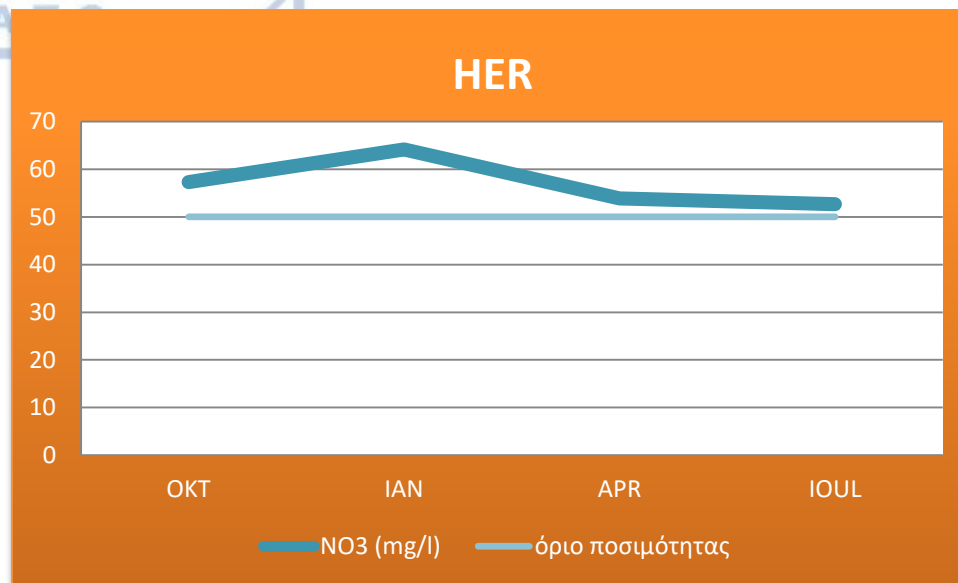
Η στατιστική επεξεργασία των νιτρικών ιόντων των δεδομένων, μας παρέχει πληροφορίες για την ποιότητα των υδάτων που ερευνούμε. Η παραμετρική τιμή για τα νιτρικά είναι 50 ml/l σύμφωνα με την οδηγία «Ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης» (ΦΕΚ 892/Β/11-7-2001) σε συμμόρφωση με την Οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ε.Ε της 3/11/1998. Η μεγάλη συγκέντρωση των νιτρικών αποτελεί ένδειξη συστηματικής ρύπανσης των υδάτων. Η παρουσία τους σε αυξημένες τιμές οφείλεται είτε σε πρωτογενείς πηγές, όπως ανθρώπινα λύματα και κοπριές είτε σε λιπάσματα που περιέχουν τα πρωταρχικά ανόργανα νιτρικά άλατα, όπως το νιτρικό κάλιο και το νιτρικό αμμώνιο, επίσης μπορεί να προέρχονται από απορροές λόγω της χρήσης λιπασμάτων της απόπλυσης σηπτικών δεξαμενών και λυμάτων.



Εικόνα 4.16 Μέση συγκέντρωση νιτρικών ιόντων στις 3 περιοχές

### 4.2.1 Τυμπάκι-Ηρακλείου

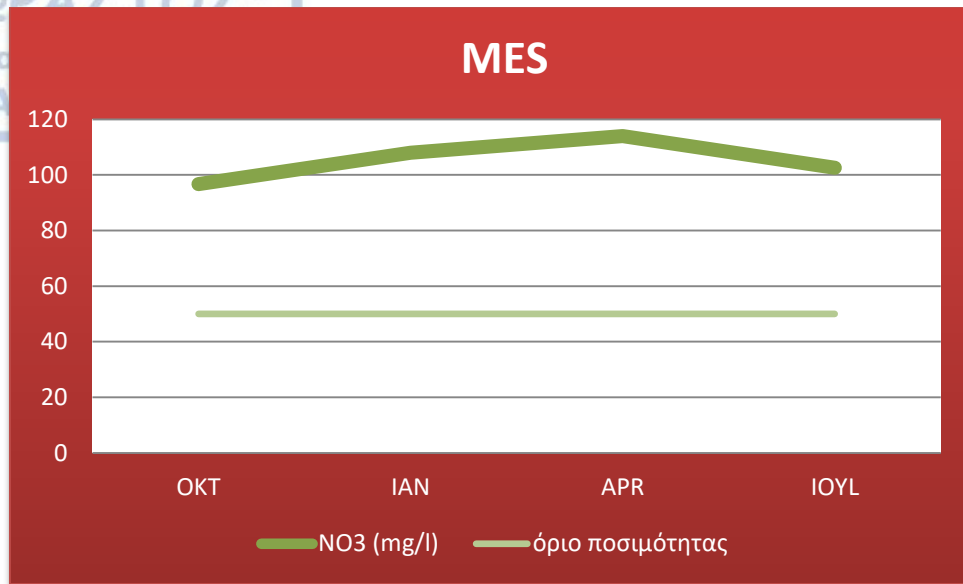
Μετά την συλλογή των αποτελεσμάτων που έγινε με τους τρόπους που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 3 προέκυψαν κάποιες τιμές για τα νιτρικά ιόντα. Έπειτα, κατόπιν στατιστικής επεξεργασίας, διαχωρίστηκαν οι παραπάνω τιμές ανά λεκάνη έρευνας. Στο διάγραμμα (εικόνα 4.17) έχουν παρατεθεί οι τιμές για την λεκάνη Τυμπακίου στις 4 περιόδους που έγιναν οι μετρήσεις και με υπολογισμένες όλες τις θέσεις – γεωτρήσεις που δόθηκαν. Παρατηρείται στο παρακάτω διάγραμμα μια ομαλή μεταβολή της συγκέντρωσης των νιτρικών καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου, χωρίς σημαντικές αλλαγές, που οδηγεί στο συμπέρασμα πως στην συγκεκριμένη λεκάνη δεν υπάρχουν εναλλαγές στους εξωγενείς παράγοντες που αυξάνουν τα νιτρικά ιόντα, οι μετρήσεις σε κάθε περίοδο ξεπερνούν το όριο ποσιμότητας αλλά με μικρές αποκλίσεις. Πιο συγκεκριμένα από τον Απρίλιο και τον Ιούλιο οι τιμές τους κυμαίνονται ιδιαίτερα κοντά στα επιτρεπόμενα όρια. Αξίζει να σημειωθεί πως κατά την διάρκεια του Ιανουαρίου παρατηρούνται οι πιο υψηλές τιμές, αφού είναι πολύ πιθανό εκείνη την περίοδο να έχουν αποστραγγισθεί μεγάλα ποσά λιπασμάτων στον υδροφόρο ορίζοντα.



Εικόνα 4.17 Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων ανά περίοδο στο Τυμπάκι

## 4.2.2 Τριφυλλία-Μεσσηνίας

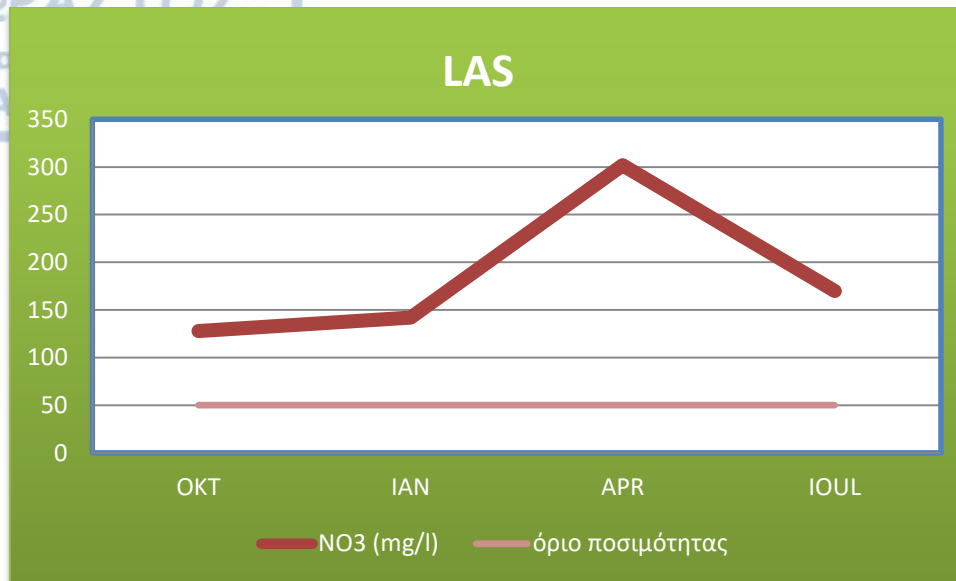
Στο διάγραμμα που πρόεκυψε για την λεκάνη της Τριφυλίας, παρατηρείται ιδιαίτερα αυξημένη η ποσότητα των νιτρικών κατά πολύ πάνω από το όριο ποσιμότητας, αυτό συμβαίνει καθ' όλη την διάρκεια των μετρήσεων. Γνωρίζουμε πως η Μεσσηνία είναι μια ιδιαίτερα αγροτικά αναπτυγμένη περιοχή. Δεδομένου ότι τα εδάφη, που καλλιεργούνται εντατικά όλο τον χρόνο, θα έχουν δεχθεί μεγάλες ποσότητες λιπασμάτων ή κοπριών, προκύπτει το συμπέρασμα πως είναι αναμενόμενο να βρεθούν και αυξημένες τιμές νιτρικών στα υπόγεια ύδατα. Στην περιοχή, ενώ δέχεται βροχοπτώσεις καθ' όλη την διάρκεια του έτους, τα νιτρικά είναι σε τέτοιο βαθμό που συνεχίζουν να κρατούν τα επίπεδα τους πολύ πάνω από το όριο ποσιμότητας.



Εικόνα 4.18 Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων ανά περίοδο στη Τριφυλία

### 4.2.3 Ιεράπετρα-Λασιθίου

Για την περιοχή της Ιεράπετρας προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα. Τα νιτρικά ιόντα σε αυτήν την λεκάνη παρουσιάζουν μεγάλες αποκλίσεις από περίοδο σε περίοδο. Πιο συγκεκριμένα, από τον Οκτώβριο και μέχρι τον Ιανουάριο τα επίπεδα των νιτρικών είναι πιο ψηλά από τα όρια ποσιμότητας, αλλά πιο χαμηλά από τα επίπεδα που σημειώθηκαν κατά την περίοδο του Απριλίου. Τον Ιούλιο φαίνεται να ακολουθούν καθοδική πορεία ξανά για να συναντήσουν τις τιμές του Οκτώβριου. Γεγονός που μπορεί να δικαιολογηθεί βάσει των βροχοπτώσεων που δέχεται η συγκεκριμένη λεκάνη κατά την υγρή περίοδο. Η βροχή τείνει να βοηθήσει στην απόπλυση των υδροφορέων από τα νιτρικά των λιπασμάτων που τον έχουν ρυπάνει και να μειώσει τις τιμές τους. Όταν όμως η βροχόπτωση σταματήσει και αρχίσει η ξηρή περίοδος, τότε δεν μπορεί ο υδροφορέας να ανανεωθεί και να καθαρίσει, με αποτέλεσμα οι τιμές των νιτρικών να εκτοξεύονται σε πολύ υψηλότερα από τα συνήθη επίπεδα. Η γενική εικόνα του διαγράμματος μας δίνει, όπως και στις άλλες δυο, αυξημένες συγκεντρώσεις των νιτρικών, πάνω από το όριο. Αυτό μπορεί να αιτιολογηθεί λόγω των μειωμένων βροχοπτώσεων που δέχεται η λεκάνη.



Εικόνα 4.19 Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων ανά περίοδο στην Ιεράπετρα

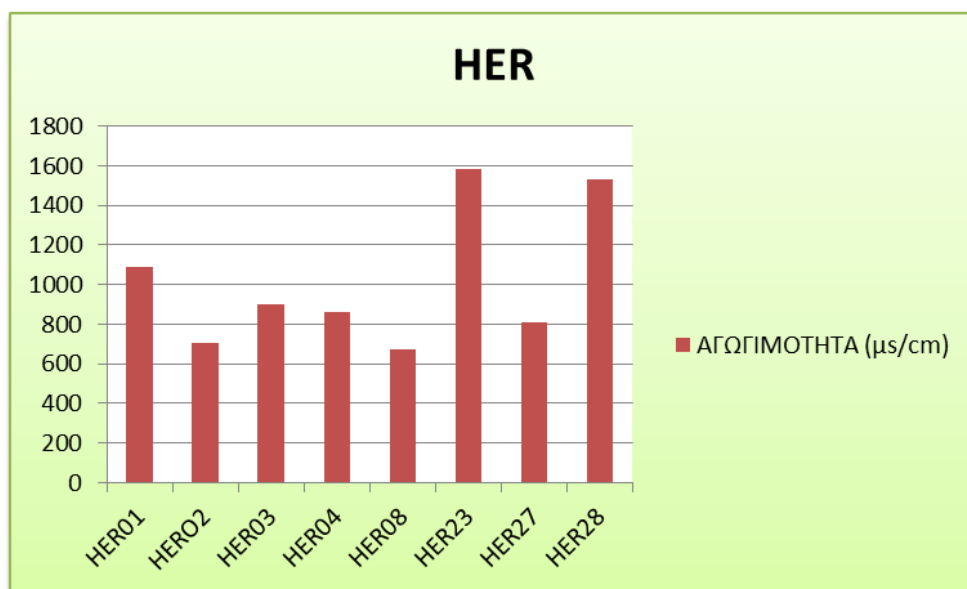
## 4.3 Αγωγιμότητα

Η αγωγιμότητα είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό ενός υδατικού διαλύματος. Ουσιαστικά είναι μία μαθηματική έκφραση της ικανότητας του διαλύματος να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα. Η αγωγιμότητα αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας και την συγκέντρωση σε ιόντα. Επομένως, είναι προφανές ότι, για τις περιοχές που μελετάμε, η αγωγιμότητα είναι μία παράμετρος που μας ενδιαφέρει πολύ. Η τελευταία βρίσκεται σε άμεση συσχέτιση με την σκληρότητα. Τέλος, την αγωγιμότητα την μετράμε σε μικρο siemens ανά εκατοστό ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

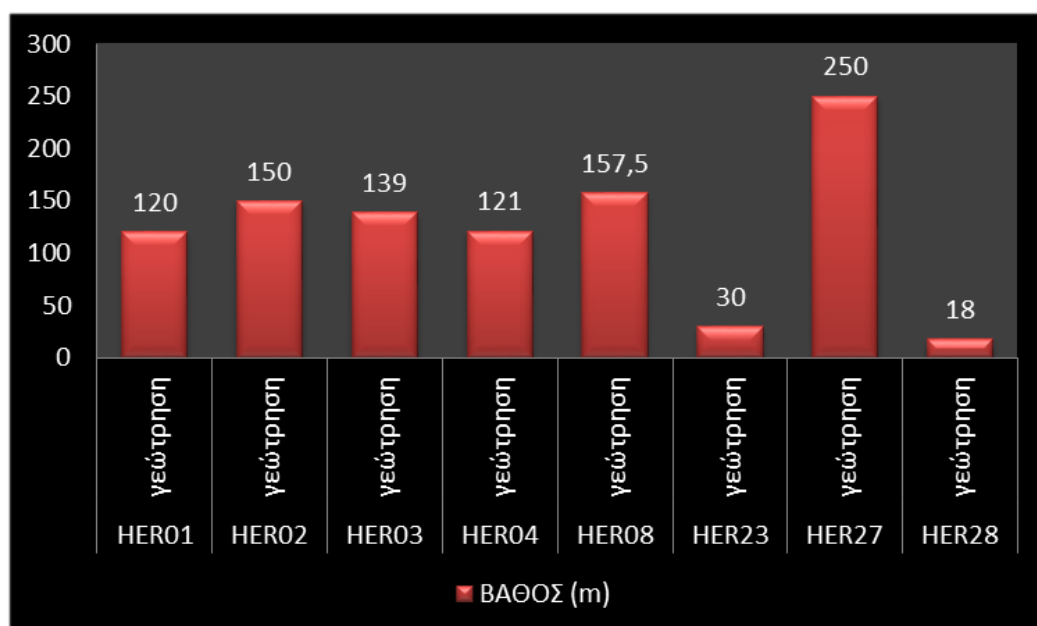
Οι περιοχές που μελετάμε βρίσκονται κοντά στην θάλασσα. Για τον λόγο αυτόν, με βάση τα δεδομένα που λάβαμε, είχαμε μια εικόνα θαλάσσιας διείσδυσης σε γεωτρήσεις περιοχών που βρίσκονταν κοντά στην ακτογραμμή. Η αγωγιμότητα, όπως προαναφέρθηκε, εξαρτάται άμεσα από την συγκέντρωση ιόντων. Τα ιόντα αυτά μπορεί να προέρχονται από θαλάσσια διείσδυση, αλλά και από διάφορα λιπάσματα που έχουν χρησιμοποιηθεί σε καλλιέργειες που έχουν αυξημένες τιμές αλατότητας. Έτσι εξηγείται το παράδοξο, δηλαδή να έχουμε υψηλές τιμές αγωγιμότητας σε περιοχές αρκετά μακρύτερα (2-3 χιλιόμετρα) από την ακτογραμμή.

### 4.3.1 Τυμπάκι-Ηράκλειο

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται στην περιοχή του Ηρακλείου η αγωγιμότητα σε κάθε υδροληπτικό έργο. Ενώ στο σχήμα που ακολουθεί (εικόνα 4.21) απεικονίζονται τα βάθη του κάθε έργου ξεχωριστά.



Εικόνα 4.20 Τιμές αγωγιμότητας σε κάθε υδροληπτικό έργο



Εικόνα 4.21 Υδροληπτικά έργα περιοχής Ηρακλείου.

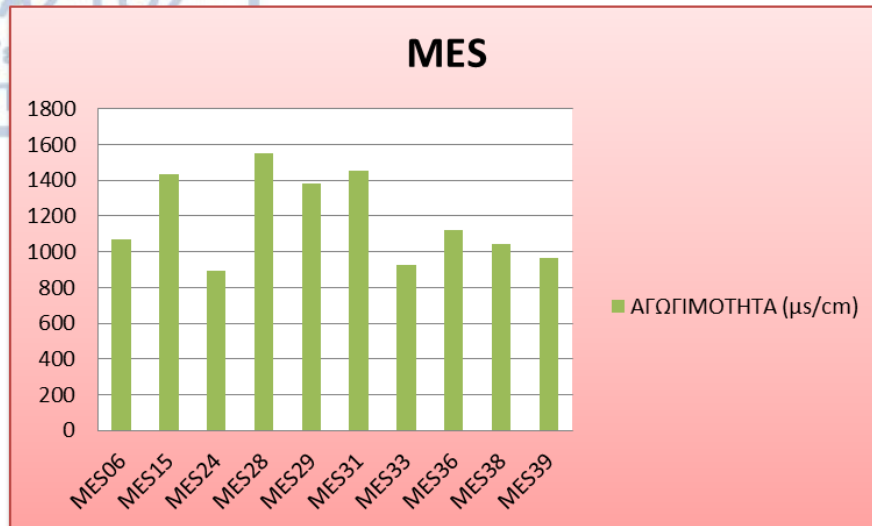
Συσχετίζοντας τις δύο παραπάνω εικόνες με την εικόνα 4.5, μπορούμε να εξάγουμε ορισμένα ασφαλή συμπεράσματα για την αγωγιμότητα της περιοχής. Κατά γενική ομολογία οι γεωτρήσεις στο Τυμπάκι, όσον αφορά την αγωγιμότητα τους, είναι κάτω από το όριο ποσιμότητας. Εξαίρεση αποτελούν οι γεωτρήσεις HER23 και HER28. Οι δύο τελευταίες, αν κοιτάξουμε προσεκτικά στην εικόνα 4.21, έχουν αρκετά μικρό βάθος, επομένως είναι επιρρεπείς σε επιφανειακή ρύπανση. Βέβαια αν γίνει προσεκτική μελέτη στην εικόνα 4.5, αυτές οι δύο γεωτρήσεις βρίσκονται κοντά στην θάλασσα. Αβίαστα οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι στην συγκεκριμένη θέση έχουμε θαλάσσια διείσδυση.

Στα υπόλοιπα υδρομαστευτικά έργα παρατηρούμε μια σχετική κανονικότητα. Η αγωγιμότητα κινείται σε φυσιολογικά επίπεδα ( $>600\mu\text{S}/\text{cm}$  έως  $<1100\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Μια σχετική εντύπωση προκαλεί η HER01 όπου κυμαίνεται σε ψηλότερα επίπεδα από τις υπόλοιπες γεωτρήσεις.

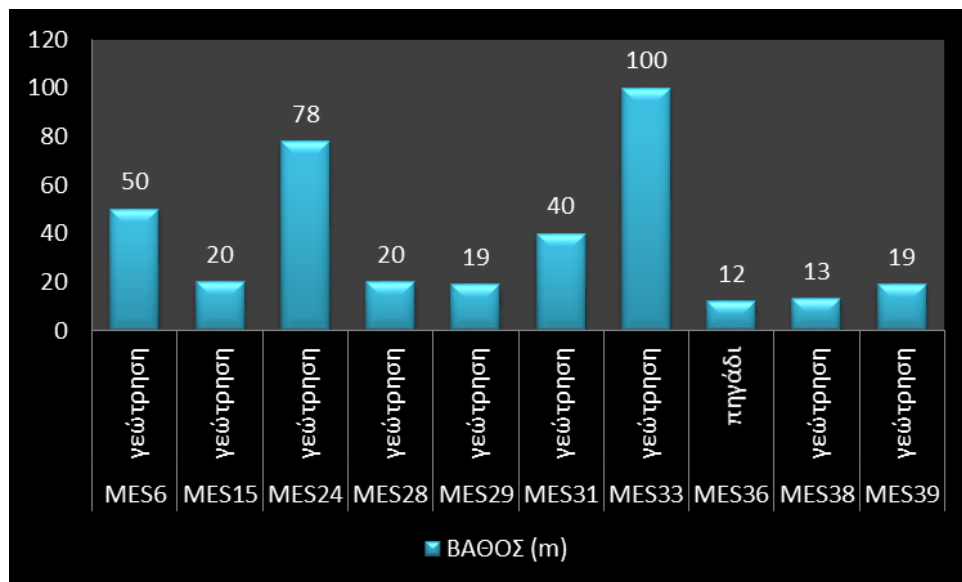
### 4.3.2 Τριφυλλία-Μεσσηνίας

Στην περιοχή της Μεσσηνίας παρατηρούμε αυξημένες τιμές στην αγωγιμότητα σε όλα τα υδρομαστευτικά έργα. Οι αυξημένες τιμές ωστόσο είναι κάτω από το όριο ποσιμότητας. Οι αυξημένες τιμές εφόσον παρατηρούνται σε όλη την περιοχή, το πρόβλημα της θαλάσσιας διείσδυσης επεκτείνεται σε ολόκληρη την λεκάνη. Το βάθος των γεωτρήσεων-πηγαδιών δεν είναι αρκετά μεγάλο. Επομένως η αγωγιμότητα μένει σε υψηλές τιμές. Σε μεγαλύτερα βάθη ίσως να παρατηρούσαμε χαμηλότερα ποσοστά αγωγιμότητας.

Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνεται η αγωγιμότητα σε κάθε υδροληπτικό έργο της περιοχής της Μεσσηνίας και τα αντίστοιχα βάθη τους.



Εικόνα 4.22 Τιμές αγωγιμότητας σε κάθε υδροληπτικό έργο

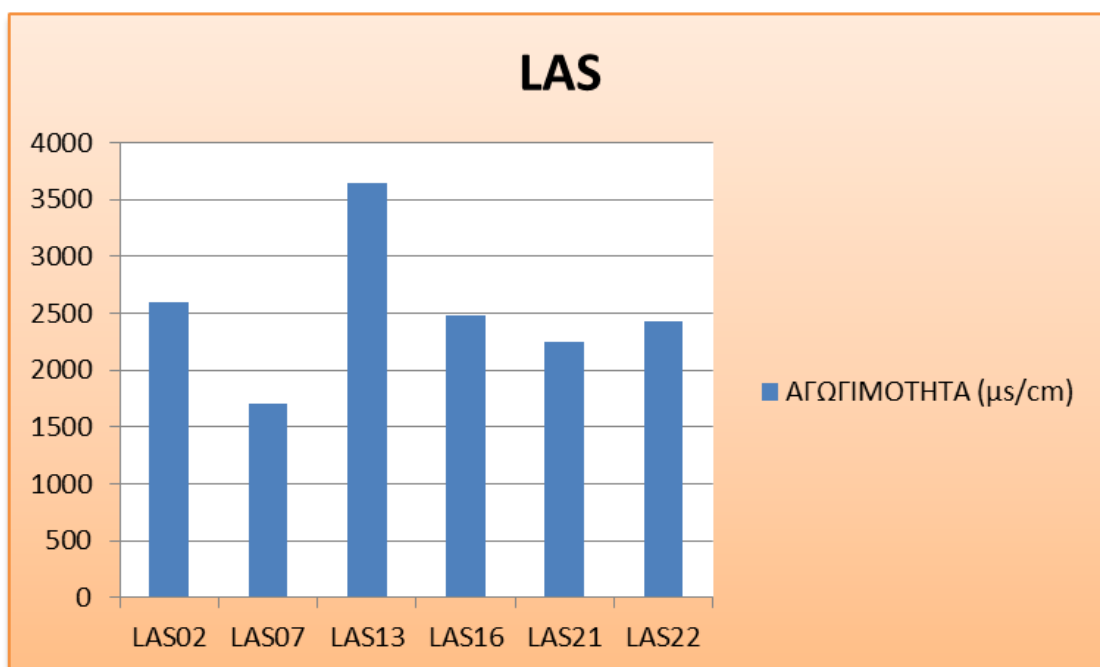


Εικόνα 4.23 Υδροληπτικά έργα περιοχής Τριφυλίας

Παρατηρώντας την εικόνα 4.11 βλέπουμε ότι το πλήθος των υδρομαστευτικών έργων βρίσκεται κοντά στην ακτογραμμή. Άρα η θαλάσσια διείσδυση είναι δεδομένη, αν σκεφτούμε και τα γεωλογικά-τεκτονικά στοιχεία της περιοχής (βλέπε κεφάλαιο 3). Οι εκτεταμένες ρηξιγενείς επιφάνειες, με τις πολλαπλές διευθύνσεις που παρουσιάζουν, σχηματίζουν ένα πρόσφορο έδαφος ώστε το θαλασσινό νερό να εισχωρήσει.

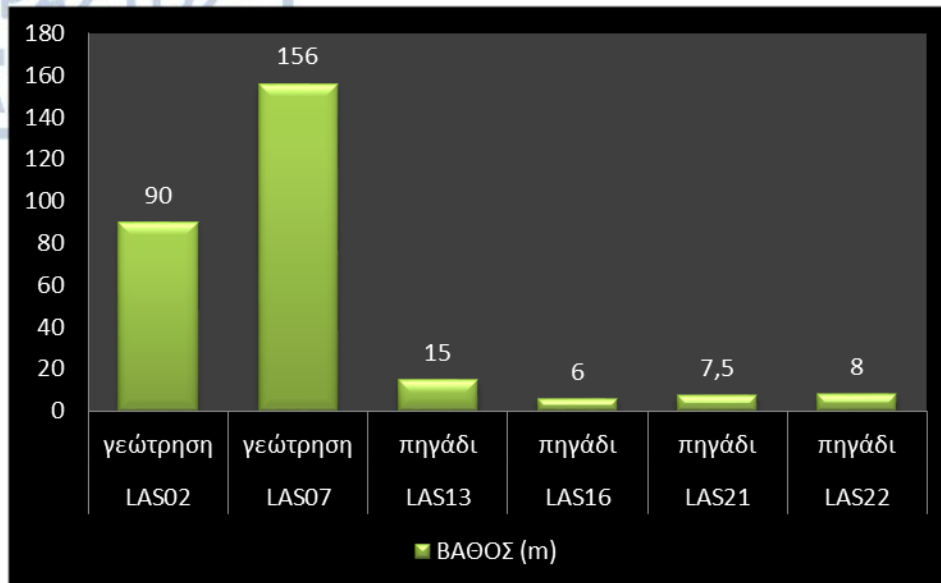
### 4.3.3 Ιεράπετρα-Λασιθίου

Γενικά στην Ιεράπετρα παρατηρούμε ιδιαίτερα αυξημένες τιμές αγωγιμότητας. Στο πηγάδι LAS 13 καταγράφεται η μεγαλύτερη τιμή αγωγιμότητας στην περιοχή. Αυτό ενδεχομένως οφείλεται σε θαλάσσια διείσδυση, αφού το συγκεκριμένο πηγάδι βρίσκεται κοντά στην ακτογραμμή. Η LAS 07 καταγράφει την μικρότερη τιμή στην περιοχή, αλλά είναι και η γεώτρηση με το μεγαλύτερο βάθος. Η θαλάσσια διείσδυση επηρεάζει υδροφόρα στρώματα που βρίσκονται σε μικρό βάθος.



Εικόνα 4.24 Τιμές αγωγιμότητας σε κάθε υδροληπτικό έργο

Παρατηρούμε στην παραπάνω εικόνα την αγωγιμότητα στις θέσεις των υδρομαστευτικών έργων και από κάτω βλέπουμε τα χαρακτηριστικά βάθη του κάθε σημείου στις συγκεκριμένες θέσεις.



Εικόνα 4.25 Υδροληπτικά έργα περιοχής Ιεράπετρας

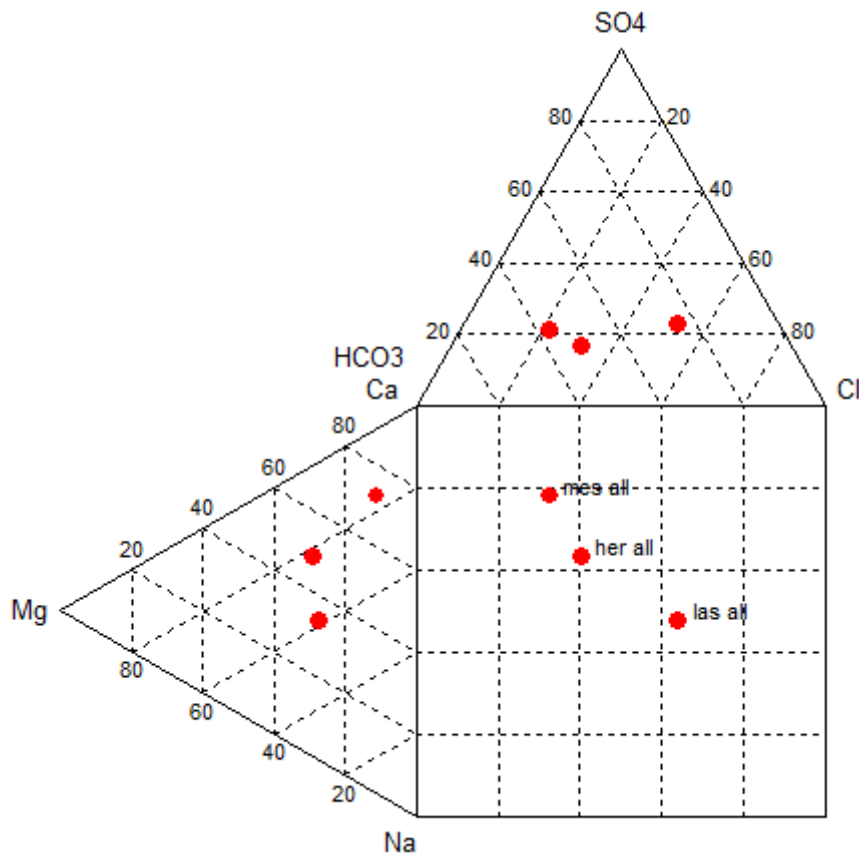
Η περιοχή λόγω των τεκτονικών και γεωλογικών συνθηκών επηρεάζεται και γίνεται διείσδυση αλμυρού νερού (βλ κεφάλαιο 2). Η καθολική αυτή καταγραφή υψηλών τιμών μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι όλη η περιοχή επηρεάζεται από αυτό το φαινόμενο της θαλάσσιας διείσδυσης.

## «Συγκριτική μελέτη λεκανών»

Σε αυτό το κεφάλαιο μελετώνται συγκριτικά οι μέσες τιμές των τριών περιοχών για τις τρεις παραμέτρους που αναλύθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν δίνουν μια σαφή εικόνα της υδρογεωλογικής κατάστασης που επικρατεί στην κάθε περιοχή. Σαφέστατα όμως δεν μπορούμε να βασιστούμε αποκλειστικά στους μέσους όρους.

### 5.1 Η Σύγκριση του υδροχημικού τύπου

Αρχικά μελετήσαμε τον υδροχημικό τύπο της κάθε λεκάνης. Αυτό μας έδωσε μια εικόνα της συγκέντρωσης των κύριων ιόντων στο νερό. Παρουσιάζονται σημαντικές αποκλίσεις από περιοχή σε περιοχή. Αυτό φαίνεται χαρακτηριστικά στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 5.1 Μέσες τιμές κάθε περιοχής μελέτης.

Βλέπουμε στην εικόνα 5.1 ότι η περιοχή της Τριφυλίας διαθέτει πιο “φρέσκο” νερό σε σχέση με τις υπόλοιπες περιοχές. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο μέσος όρος της περιοχής βρίσκεται κοντά στο Ca όπως φαίνεται στην εικόνα 5.1. Ο μέσος όρος του Τυμπακίου βρίσκεται στο κέντρο του διαγράμματος, επομένως έχουμε νερά από ανάμειξη. Κανένα ιόν δεν επικρατεί στην συγκεκριμένη θέση. Τέλος η Ιεράπετρα τείνει προς το Cl, άρα υποθέτουμε ότι λαμβάνει χώρα θαλάσσια διείσδυση.

## 5.2 Η αξιολόγηση των νιτρικών ιόντων

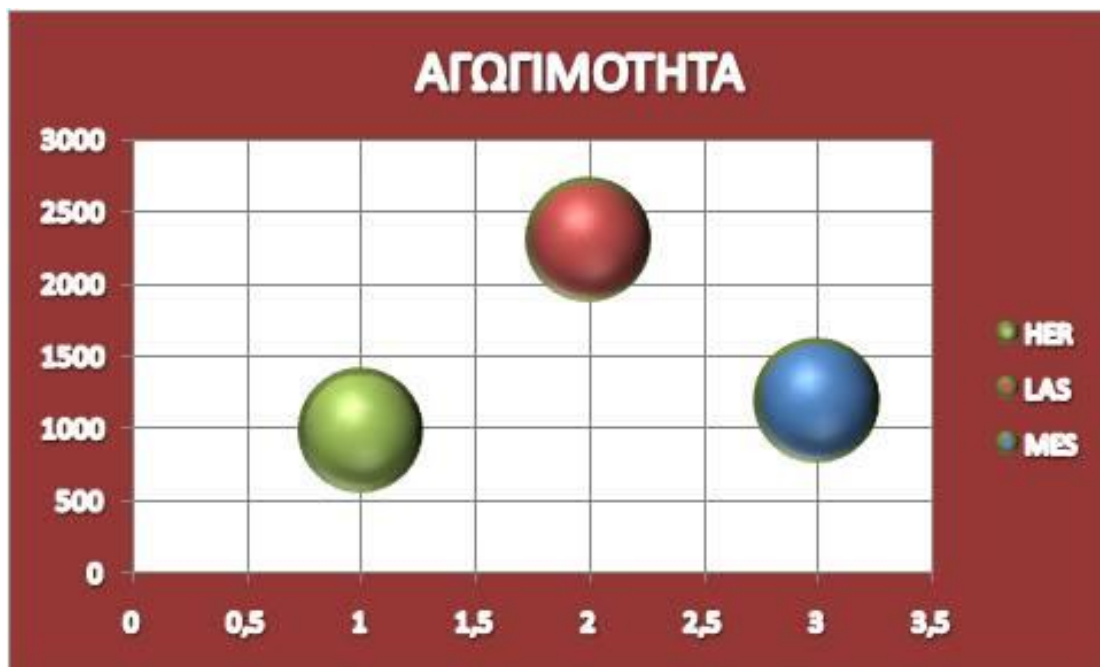
Στην εικόνα 5.2 απεικονίζεται ο μέσος όρος της συγκέντρωσης του  $\text{NO}_3$  για κάθε περιοχή. Όπως μπορούμε να διακρίνουμε στην εικόνα 5.2, η Ιεράπετρα παρουσιάζει θεαματική αύξηση σε σχέση με τις υπόλοιπες δύο περιοχές. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στη περιοχή της Ιεράπετρας γίνεται έντονη χρήση λιπασμάτων, αφού στην περιοχή διατηρούνται πολλά θερμοκήπια. Στην Τριφυλία και στο Τυμπάκι οι συγκεντρώσεις είναι χαμηλότερες σε σχέση με την Ιεράπετρα, παρόλα αυτά αυξημένες όσον αφορά στο όριο ποσιμότητας ιδιαίτερα στην περιοχή της Τριφυλίας. Στην Τριφυλία παρατηρούμε μια σχετικά αυξημένη τιμή. Αυτό οφείλεται σε ρύπανση από ανθρωπογενή δραστηριότητα.



Εικόνα 5.2 Μέσες τιμές νιτρικών ιόντων

### 5.3 Η συσχέτιση της αγωγιμότητας

Η τελευταία παράμετρος που μελετήσαμε είναι η αγωγιμότητα. Στην Ιεράπετρα παρουσιάζεται η μεγαλύτερη τιμή. Όμως και οι υπόλοιπες περιοχές έχουν αυξημένες τιμές, όπως φαίνεται στην εικόνα 5.3. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι παρουσιάζεται το φαινόμενο της θαλάσσιας διείσδυσης. Ειδικά στην Ιεράπετρα όπου οι τεκτονικές καταπονήσεις της περιοχής βοηθούν στην εξέλιξη του φαινομένου. Στην Τριφυλία παρουσιάζεται το φαινόμενο της θαλάσσιας διείσδυσης, ωστόσο δεν είναι σε τόσο μεγάλο βαθμό. Τέλος στο Τυμπάκι καταγράφονται οι χαμηλότερες τιμές στην μελέτη μας. Γενικά στην περιοχή του Ηρακλείου όχι μόνο η θαλάσσια διείσδυση, αλλά και οι γεωλογικές συνθήκες συντελούν στο να παρουσιαστεί το φαινόμενο αυτό. Παράγοντα για αποκλίσεις αγωγιμότητας στις συγκεντρώσεις της αποτελεί και η ποιότητα των φυτοπροστατευτικών που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς μερικά από αυτά εμπεριέχουν μεγάλες ποσότητες αλάτων, που αυξάνουν την αλατότητά τους. Όταν αυτά εισδύουν στο έδαφος εμπλουτίζουν τον υδροφόρο και αυξάνουν αυτόματα την αγωγιμότητα των νερών του.



Εικόνα 5.3 Μέσες τιμές αγωγιμότητας

## Κεφάλαιο 6

## «Ανακεφαλαίωση & Προτάσεις»

### 6.1 Η Επιλογή

Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε στις τρεις περιοχές έδωσε ποσοτικά μεγέθη από διαφορές τιμές ανιόντων και κατιόντων. Παρόλα αυτά, δεν δόθηκε η ανάλογη έμφαση σε όλα. Όπως παρατηρήθηκε και στα παραπάνω κεφάλαια, τιμές οι οποίες αναλύθηκαν περαιτέρω, ήταν η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων, η αγωγιμότητα καθώς και οι τιμές των Na, Cl, Ca, mg, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub> οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό του υδροχημικού τύπου των υδάτων των περιοχών αυτών. Ο λόγος της επιλογής ήταν οι διακυμάνσεις που παρουσίασαν τα εν λόγω στοιχεία. Διακυμάνσεις που δεν ήταν μόνο εμφανείς κατά την χρονική αλλαγή των μετρήσεων αλλά και στην χωρική κατανομή τους. Πιο συγκεκριμένα, τα διαγράμματα DUROV που προέκυψαν από τις αναλύσεις των παραπάνω στοιχείων δείχνουν ανομοιογενή διασπορά των θέσεων των υδροληπτικών έργων. Έντονες διαφοροποιήσεις παρατηρούνται και στις τιμές της αγωγιμότητας. Για παράδειγμα, στο Τυμπάκι οι γεωτρήσεις HER 08 και HER23 όπως φαίνεται στην εικόνα 4.20, αν και ανήκουν στην ίδια λεκάνη, παρουσιάζουν μεγάλες αποκλίσεις στις τιμές της παραμέτρου. Όσον αφορά στην επιλογή των συγκεντρώσεων των νιτρικών ιόντων, αυτή έγινε γιατί μεταβολές παρατηρούνται τόσο χρονικά όσο και χωρικά. Στην εικόνα 4.19 φαίνεται ξεκάθαρα η πορεία των συγκεντρώσεων αυτών στην αλλαγή της περιόδου στην περιοχή της Ιεράπετρας.

### 6.2 Η Αξιολόγηση και Ανακεφαλαίωση

Από τα συμπεράσματα που προέκυψαν στο προηγούμενο κεφάλαιο μπορούμε να καταλήξουμε στην γενική εικόνα της ποιότητας των υπόγειων υδάτων. Με βάση τα διαγράμματα DUROV γίνεται σαφές ότι τα πιο "φρέσκα" νερά βρίσκονται στην λεκάνη της Τριφυλίας, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 5.1, σε αντίθεση με την περιοχή της Ιεράπετρας που παρουσιάζει αυξημένες συγκεντρώσεις Cl, που την καθιστά υποβαθμισμένη ποιοτικά. Στα διαγράμματα που παρουσιάζονται οι

συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων, η περιοχή της Ιεράπετρας έχει τις υψηλότερες τιμές (εικόνα 5.2), κυρίως λόγω της εντατικής χρήσης αζωτούχων λιπασμάτων χωρίς ελεγχόμενο τρόπο. Τα λιπάσματα αυτά ξεπλένονται με την βροχή και ρυπαίνουν τον υδροφόρο ορίζοντα. Τέλος στην εικόνα 5.3, όπου φαίνονται οι τιμές της αγωγιμότητας, παρατηρείται πως η Ιεράπετρα έχει τις υψηλότερες τιμές ενώ το Τυμπάκι και η Τριφυλία δεν απέχουν ιδιαίτερα. Αιτίες, που μπορεί να συντέλεσαν στο αποτέλεσμα αυτό, είναι η υπερλίπανση της περιοχής σε αντίθεση με την ορθότερη χρήση λιπασμάτων στην περιοχή της Τριφυλίας και του Τυμπακίου και η ανύψωση της στάθμης του υπόγειου νερού σε κάποια από τα υδροληπτικά έργα, που ενδεχομένως επηρέασαν τα δεδομένα.

## 6.3 Οι Προτάσεις

Όλα τα παραπάνω συνηγορούν στο γεγονός ότι οι υπόγειοι υδροφορείς που μελετήθηκαν είναι υποβαθμισμένοι ποιοτικά. Μεγάλες συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων, αυξημένες τιμές αγωγιμότητας είναι προβλήματα που μελετήθηκαν και αφορούν τις περιοχές αυτές. Όπως προ ειπώθηκε, συγκεκριμένοι είναι οι λόγοι που έφεραν αυτό το αποτέλεσμα. Επομένως μπορούν να προταθούν τα αντίστοιχα μέτρα για να διασφαλιστεί η βελτίωση της ποιότητας των εν λόγω υδάτων.

Αρχική και βασική πρόταση αποτελεί η ορθολογική χρήση λιπασμάτων ως προς το χρόνο και την ποσότητα τους, αφού οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις απαιτούν συγκεκριμένες ποσότητες λιπασμάτων. Η ιδανική λίπανση προϋποθέτει ελεγχόμενο ποσό προϊόντων, ώστε να μην υπερβαίνει τις ανάγκες της καλλιέργειας. Επίσης είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη οι καιρικές συνθήκες και ιδιαίτερα η πιθανότητα βροχής κατά την διάρκεια των επόμενων ωρών και ημερών. Η εφαρμογή των αζωτούχων αυτών λιπασμάτων (εικόνα 6.1) να πραγματοποιείται μόνο σε περιόδους που η καλλιέργεια το απαιτεί, και οι ανάγκες των φυτών δεν καλύπτονται. Η εφαρμογή λιπασμάτων μακριά από υδάτινους αποδέκτες θα αποτελούσε και αυτή ευνοϊκό παράγοντα για τις καλύτερες συνθήκες λίπανσης.



Εικόνα 6.1 Εφαρμογή αζωτούχου λιπάσματος

Αδιαμφισβήτητα πολύ σημαντικό κομμάτι αποτελεί και η σωστή επιλογή καλλιέργειας. Δεν έχουν όλα τα φυτά τις ίδιες ανάγκες, μερικά αποδίδουν ικανοποιητικά σε εδάφη πλούσια σε άλατα. Μερικά παραδείγματα φυτών που παρουσιάζουν αυξημένη αντοχή στην αλατότητα είναι το σπανάκι, το κολοκύθι, το αγγούρι, το σιτάρι και αλλά πολλά. Ο σωστός συνδυασμός φυτού και εδάφους μπορεί να φέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα.



Εικόνα 6.2 Αλατότητα εδάφους (fyliatriki.blogspot.gr)

Τα δεδομένα που έχουμε για αυτές τις περιοχές προήλθαν όπως είπαμε και σε προηγούμενα κεφάλαια από συγκεκριμένα υδροληπτικά έργα της κάθε περιοχής. Τα

συμπεράσματα και οι τιμές που προέκυψαν για την ποιότητα αυτών των λεκανών αφορούν καθορισμένες γεωτρήσεις και πηγάδια. Η αλλαγή στην θέση αυτών των έργων θα δώσει άλλες συγκεντρώσεις και διαφορετικές παραμέτρους. Στις εικόνες 3.2 , 3.4 και 3.6 φαίνονται οι ακριβείς τοποθεσίες τους,. Διαπιστώνεται έτσι πως είναι ιδιαίτερα ευάλωτες στην θαλάσσια διείσδυση καθώς και στην ρύπανση του υδροφόρου δικτύου από αζωτούχα λιπάσματα, αφού τοποθετούνται κοντά σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Πρόταση επομένως αποτελεί η μεταφορά του κύριου όγκου των υδροληπτικών έργων σε πιο "ασφαλή" και "προστατευμένα" σημεία .



Εικόνα 6.3 Φωτογραφία γεώτρησης

Τέλος, κυρία πρόταση είναι η χρήση εναλλακτικών πηγών τροφοδοσίας. Κάθε μία από τις περιοχές έχει την δυνατότητα της χρήσης εναλλακτικής πηγής ή φράγματος. Πιο συγκεκριμένα στην περιοχή της Ιεράπετρας υπάρχει η τεχνητή λίμνη των Μπραμιανών, η οποία κατασκευάστηκε το 1986 και έχει την δυνατότητα να καλύψει τις ανάγκες άρδευσης 30.000 στρεμμάτων. Για την περιοχή του Τυμπακίου η εναλλακτική πηγή άρδευσης είναι το φράγμα της Φανερωμένης. Πρόκειται για ένα χωμάτινο φράγμα, κλασικού τύπου που η κατασκευή του ολοκληρώθηκε το 2003 και ο ταμιευτήρας του έχει χωρητικότητα 17.000.000 τ.μ. Οι εκτάσεις της Τριφυλίας μπορούν να αρδεύσουν από το Φιλιατρινό φράγμα, το οποίο ολοκληρώθηκε το 2015 και παρέχει την δυνατότητα άρδευσης 30.000 στρεμμάτων.



Εικόνα 6.4 φράγμα Μπραμινών



Εικόνα 6.5 φράγμα Φανερωμένης

## Evaluation of some quality characteristics of groundwater in three basins of Greece

This dissertation deals with the study and comparison of groundwater features in three regions of Greece Tympaki, Trifylia and Ierapetra. Our goal was the deeper understanding, the familiarization, the handling, the study and research of a subject with the best possible drawing of conclusions.

Initially it includes the hydrogeology description of each area, data relating to the hydrographic network, as well as information related to the general geology of the areas. Geological maps are also provided for the fullest understanding of their image. Next references are made to the project from which the result came, but also how samples were taken and processed. Then a detailed elaboration for each area is done along with the charts of hydrochemical types as well as their analyses and explanations. Then conclusions drawn from all the previous chapters are presented as well as comparisons between areas, in drillings and wells. For instance with the criterion of the hydrochemical type, Trifylia has more “fresh” water compared to the other areas. The diagrams show that we have mixed waters in Tympaki.

Finally, with the above criteria we come to the conclusion that a sea penetration takes place in Ierapetra. With regard to nitrate we could say that Ierapetra shows an increase compared to the other two regions due to the intense use of fertilizers. In Trifylia and in Tympaki the concentrations are lower compared to Ierapetra, for reasons which we analyze more extensively in a corresponding chapter.

The last parameter we studied is that the conductivity with the highest value appears in Ierapetra. However the other regions have increased values due to sea water intrusion.

Finally, the summary of all the above is given and solutions for improving the quality of ground water are proposed such as the rational use and the correct application of fertilizers.

- Βαφειάδης Π. : Υδρογεωλογική μελέτη της λεκάνης Καστοριάς. Διδακτορική Διατριβή. Α.Π.Θ.
- Βουδούρης, Κ. (2009): Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος- Υπόγεια Νερά και Περιβάλλον. Εκδόσεις Τζιόλα. Θεσσαλονίκη.
- Calmbach, L. (1997): Manual aquachem.
- Castany, (1963): Prospection et Exploitation des eaux souterraines. DUNOD, PARIS.
- Grim R.E. (1968): International series in the earth and planetary sciences McGraw- Hill Book Company.
- Κάντας, Κ. (1985): Υδρογεωλογική μελέτη Τριφυλίας-Πυλίας, νομού Μεσσηνίας.
- Λαμπράκης, Ν. (1987): Υδρογεωλογικές συνθήκες ευρείας περιοχής Ιεράπετρας. Διδακτορική Διατριβή. Ε.Μ.Π.
- Loyd, J., Heathcote, J., (1985): Natural Inorganic Hydrochemistry in Relation to Groundwater: An Introduction. Oxford University Press, 250p.
- Παναγόπουλος Γ. (2004): Περιβαλλοντική Υδρογεωλογική έρευνα των υδροφόρων οριζόντων την ΝΔ Τριφυλίας. Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Zacharioudakis, G., Paramastorakis, D. (2008): Conceptual Model and Model idealization report of Tibaki basin in South Crete.



