

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΡΟΦΙΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ**

**Διερεύνηση των μηχανισμών υφαλμύρισης εδαφών στη λεκάνη  
Κιάτου-Κορίνθιας σε σχέση με τις υδρογεωλογικές  
συνθήκες της περιοχής**



Εισηγητής: Δρ. Παναγόπουλος Γ.

Σπουδαστής: Δημήτρης Κορωνιώτης

Μεσολόγγι, Ιούνιος 2014

## Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	5
Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> : Ρύπανση Υδατικών και Εδαφικών πόρων από Αλάτωση .....	6
1.1 Υφαλμύριση υδροφόρων οριζόντων.....	6
1.1.2 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΥΦΑΛΜΥΡΙΝΣΗΣ – ΜΟΡΦΗ ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ .....	7
1.1.3. ΜΕΤΡΑ ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΥΦΑΛΜΥΡΙΝΣΗΣ.....	10
1.2 Ποιότητα αρδευτικού νερού .....	10
1.2.1 ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ .....	11
1.2.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ Α ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ.....	13
1.3 Αλατούχα εδάφη .....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ .....	23
2.1 Ιστορικά – Πολιτισμικά Στοιχεία .....	24
2.2 Δημογραφικά Δεδομένα .....	24
2.3 Κλίμα Περιοχής.....	25
2.3.1 Βροχομετρικοί σταθμοί Νομού Κορινθίας.....	26
2.3.2 Βροχομετρικά δεδομένα .....	27
2.3.3 Μετεωρολογικός σταθμός Βέλου (Ε.Μ.Υ.).....	28
2.3.4 Βροχομετρικός σταθμός Χαλκείου (ΥΠΕΧΟΔΕ) .....	30
2.4 Γεωλογία Περιοχής.....	34
2.5 Υδρογεωλογία Περιοχής.....	36

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	37
3.1 Εύρεση και καταγραφή δειγματοληπτικών σημείων .....	37
3.2 Δειγματοληψία νερού .....	40
3.3 Δειγματοληψία εδάφους .....	41
3.4 Εργαστηριακή ανάλυση των δειγμάτων νερού .....	42
3.5 Εργαστηριακή ανάλυση των δειγμάτων εδάφους.....	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	57
4.1 Ποιότητα υπόγειων νερών .....	58
4.2 Ποιότητα εδαφών.....	67
4.3 Επιπτώσεις της άρδευσης στα εδάφη.....	69
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	70
Βιβλιογραφία .....	74

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναδεικνύει ότι το νερό είναι απαραίτητο για τη ζωή των ανθρώπων τόσο γιατί αποτελεί το βασικότερο είδος της διατροφής όσο και γιατί αποτελεί μία από τις πρώτες ύλες της πρωτογενούς και της δευτερογενούς παραγωγής. Αποδεικνύεται εύκολα ότι το νερό ως φυσικός πόρος που συμμετέχει σε κάθε παραγωγική δραστηριότητα προσδιορίζει την δυνατότητα ή την αδυναμία επέκτασής τους. Συγχρόνως καθώς ο πληθυσμός της γης αυξάνεται και η παραγωγή αγαθών αναπτύσσεται και εντατικοποιείται το νερό γίνεται συνεχώς πολυτιμότερο. Ο ποιοτικός έλεγχος του νερού και η χρήση του ως πόσιμο αποτελεί σημαντικό στόχο για κάθε οργανωμένη κοινωνία. Η σωστή διαχείριση των υδατικών πόρων δεν είναι μόνο θέμα των αρχών σε μια χώρα αλλά σημαντικό ρόλο παίζει επίσης η παιδεία των πολιτών και η ευαισθητοποίηση τους γύρω από θέματα περιβαλλοντικής διαχείρισης.

των ποιοτικών χαρακτηριστικών των υπόγειων νερών των υδροφόρων οριζόντων της περιοχής. Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κύριο Δρ. Παναγόπουλος Γ. για την υποστήριξη και την βοήθεια που μου παρείχε καθώς και την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον και επίκαιρο θέμα, επίσης για την προσφορά επιστημονικού υλικού, γνώσεων και χρόνου που συντέλεσαν στην ολοκλήρωση της εν λόγω πτυχιακής εργασίας, θα ήθελα επίσης να δώσω τις ευχαριστίες μου στο κύριο Κουλοπουλο Α. και στο εργαστηριακό προσωπικό του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Μεσολογίου για την καθοριστική συμβολή του στην πραγμάτωση της πτυχιακής εργασίας.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η περιοχή της παρούσας πτυχιακής εργασίας αποτελούσε και συνεχίζει να αποτελεί σημαντική γεωργοοικονομική μονάδα, τόσο για το νομό Κορινθίας όσο και για το λεκανοπέδιο του νομού Αττικής. Δεδομένης της γειτνίασής της με το μεγάλο εμπορικό κέντρο της Αθήνας, της οποίας είναι σημαντικός τροφοδότης γεωργικών προϊόντων, κατά κύριο λόγο εσπεριδοειδών και σταφίδα. Παράλληλα η περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται και από έντονη αστικοποίηση και τουριστική ανάπτυξη, γεγονός που είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με τη γεωγραφική της θέση.

Τα τελευταία χρόνια η έντονη αστικοποίηση σε συνδυασμό με τις εντατικές γεωργικές εκμεταλλεύσεις και τις αυξημένες απαιτήσεις σε αρδευτικό νερό, οδήγησαν σταδιακά σε υπεράντληση των αποθεμάτων του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα. Σημαντικό, ακόμα, ρόλο παίζει και η μείωση της τροφοδοσίας του υπόγειου και προσχωματικού υδροφόρου συστήματος, λόγω της σημαντικής μείωσης των κατακρημνίσεων στην ευρύτερη περιοχή, ειδικότερα την τελευταία πενταετία. Όλα τα παραπάνω, οδήγησαν σε βαθμιαία υποβάθμιση της ποιότητας των υπαρχόντων αποθεμάτων, που σε συνδυασμό με το φαινόμενο της διείσδυσης της θάλασσας στα υπόγεια υδροφόρα στρώματα, είχαν σαν αποτέλεσμα την υφαλμύρωση των υπόγειων υδάτων.

Στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας, πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες νερού και εδάφους της περιοχής μελέτης. Από την εικόνα των πιεζομετρικών χαρτών, διαπιστώθηκε σημαντικό μέτωπο υφαλμύρωσης που εκτείνεται σε όλο το πλάτος της παραλιακής ζώνης Κορίνθου – Κιάτου.

Το φαινόμενο της υφαλμύρωσης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα έχει άμεσο αντίκτυπο και στην ποιότητα των υπόγειων νερών. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των αναλύσεων και τους αντίστοιχους υδροχημικούς χάρτες, διαπιστώθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις ιόντων χλωρίου και νατρίου στις περιοχές όπου εντοπίζεται το μέτωπο υφαλμύρωσης. Συνάμα παρατηρήθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων σε περιοχές με έντονη γεωργική εκμετάλλευση. Παράλληλα τα υπόγεια νερά ολόκληρης της περιοχής μελέτης είναι ακατάλληλα για πόση και όσον αφορά την αρδευτική καταλληλότητα χαρακτηρίζονται σε μεγάλο ποσοστό ως υψηλής επικινδυνότητας αλατότητας και χαμηλής επικινδυνότητας αλκαλίωσης (C3S1).

# Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> : Ρύπανση Υδατικών και Εδαφικών πόρων από Αλάτωση

## **1.1 Υφαλμύριση υδροφόρων οριζόντων**

Με τον όρο υφαλμύριση υπόγειου υδροφορέα εννοούμε την διείσδυση του αλμυρού νερού στο γλυκό με παράλληλη αύξηση της αλατότητας του σε δεδομένη τοποθεσία και βάθος. Η υφαλμύριση ως φαινόμενο ποιοτικής υποβάθμισης είναι η πρώτη ρύπανση των υπογείων υδάτων που διαγνώστηκε επιστημονικά στην Ελλάδα. Η υφαλμύριση υπόγειων υδροφορέων αποτελεί ειδική περίπτωση υπόγειας ροής και παρατηρείται τόσο σε ελεύθερους όσο και σε περιορισμένους υδροφορείς. Πιο συχνά παρατηρείται το φαινόμενο αυτό σε παραθαλάσσιες περιοχές όπου η υπερεκμετάλλευση του υπόγειου νερού προκάλεσε την διείσδυση του θαλασσινού νερού. Η διείσδυση αυτή μπορεί να οφείλεται τόσο σε φυσικούς λόγους όσο και σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες :

- αλλαγές της στάθμης της θάλασσας
- που διείσδυσε σε υδροφορείς κατά το παρελθόν νερού σε παλιρροιακές λίμνες, κοιλάδες
- νερό από αρδευόμενη γη που κατά λήγει σε ρυάκια υδροφορέων
- υψηλής αλατότητας ανθρώπινης προέλευσης

Η αλμύριση των παράκτιων υδροφόρων οριζόντων είναι δυνατόν να λάβει χώρα υπό τα εξής σενάρια:

- όταν καρστικοί αγωγοί βρίσκονται σε υδραυλική επικοινωνία με τη θάλασσα σε όλο τους το μήκος
- το στεγανό διάφραγμα ανάμεσα στο καρστικό σύστημα και τη θάλασσα διαταραχθεί καταθέσεις από την διάβρωση ή τον τεκτονισμό
- το στεγανό διάφραγμα είναι πολύ ρηχό οπότε η κυκλοφορία γίνεται κάτω από αυτό

Το φαινόμενο της υφαλμύρισης δείχνει ότι μάλλον θα έχουμε όξυνση του προβλήματος. Στην Ελλάδα το φαινόμενο είναι ιδιαίτερα έντονο και επηρεάζει τις

περισσότερες νησιωτικές και παράκτιες περιοχές. Όταν σε έναν υδροφορέα εισχωρήσει αλμυρό νερό, το αλάτι προσροφάται στην επιφάνεια των στερεών και μαζί με την αργή κίνηση του υπόγειου νερού επιβραδύνουν την διαδικασία της αναστροφής και την αποκατάσταση του υδροφορέα. Συγχρόνως έχουμε καταστροφή του υδροφορέα ως πηγή νερού. Η αλατότητα στο νερό είναι επικίνδυνη για την υγεία των ανθρώπων και των ζώων, καταστρέφει τις καλλιέργειες και διαβρώνει σωλήνες και λέβητες σε βιομηχανικές χρήσεις. Επειδή ο χρόνος αποκατάστασης είναι συνήθως μεγάλος η προτεινόμενη αντιμετώπιση περιλαμβάνει την πρόβλεψη και την ορθή διαχείριση. Σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60 για το νερό της Ε.Ε. υπάρχει ανάγκη καθιέρωσης διαδικασιών για τη ρύθμιση της άντλησης γλυκού ύδατος και για την παρακολούθηση της ποσότητας και της ποιότητας του, δεδομένου ότι η εξασφάλιση καλής κατάστασης των υπόγειων υδάτων επιβάλλει έγκαιρη δράση και σταθερό μακροπρόθεσμο σχεδιασμό μέτρων προστασίας, λόγω της φυσικής καθυστέρησης στο σχηματισμό και την ανανέωσή τους.

### **1.1.2 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΥΦΑΛΜΥΡΙΝΣΗΣ - ΜΟΡΦΗ ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ**

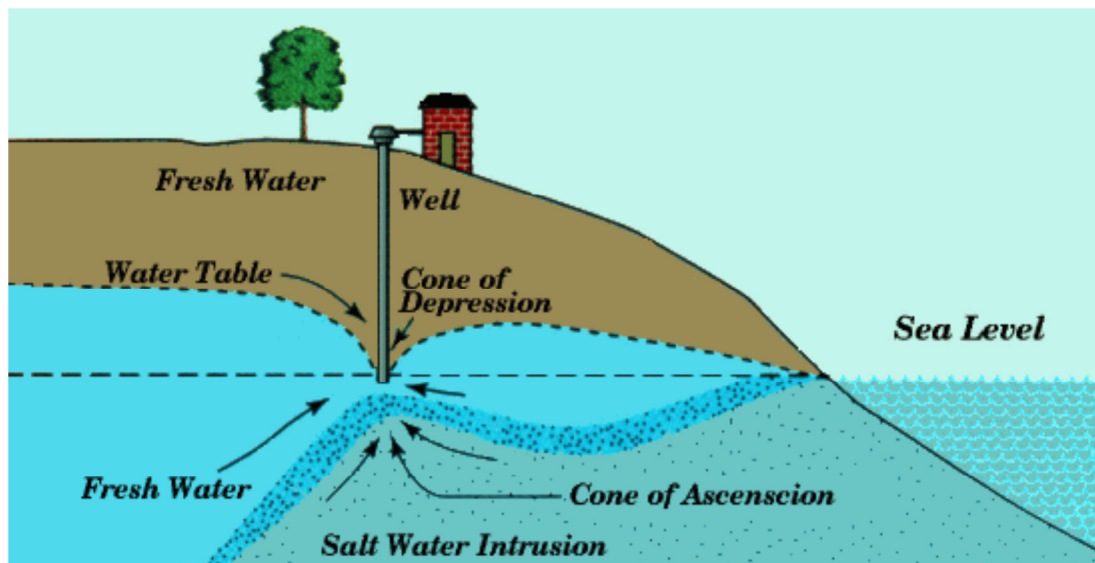
Όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα η διείσδυση του θαλασσινού νερού εξαιτίας ενός από τους παραπάνω λόγους παρουσιάζεται τόσο σε ελεύθερους όσο και σε περιορισμένους υδροφορείς. Επειδή το θαλασσινό νερό είναι βαρύτερο τείνει να κινείται κάτω από το στρώμα του γλυκού νερού. Το γλυκό νερό από την άλλη έχει υδραυλική κλίση που μειώνεται προς την ακτή με αποτέλεσμα να κινείται προς την πλευρά της θάλασσας. Αυτή η κλίση υπάρχει πάντα λόγω του εμπλουτισμού από την βροχόπτωση με αποτέλεσμα να έχουμε μια θέση ισορροπίας εμποδίζοντας την κίνηση του θαλασσινού νερού μέχρι να καταλάβει όλο τον υδροφορέα που βρίσκεται κάτω από την στάθμη της θάλασσας.

Η αιχμή (toe) αποτελεί το μέγιστο σημείο διείσδυσης. Η διεπιφάνεια που σχηματίζεται μπορεί να προσεγγιστεί με τις παρακάτω δύο θεωρήσεις :

- διεπιφάνειας πεπερασμένου πάχους (λόγω υδροδυναμικής διασποράς με συγκέντρωση εξαρτημένη από την πυκνότητα για κορεσμένη ροή – έχουμε δύο αναμίξιμα υγρά )
- απότομης διεπιφάνειας – ακίνητης ( το πάχος της διεπιφάνειας είναι μικρό σε σχέση με το πάχος του υδροφορέα – παραδοχή ότι υπάρχουν δύο μη αναμίξιμα υγρά)

**Εικόνα 2.1 :** Υφαλμύριση σε ελεύθερο υδροφορέα

Η προσέγγιση Ghyben – Herzberg που βασίζεται στην δεύτερη θεώρηση και στη θεωρία του Dupuit στις παράκτιες ζώνες θεωρεί ότι το ανάγλυφο του εδάφους, η επιφάνεια του ελεύθερου υδροφορέα και η διεπιφάνεια γλυκού αλμυρού νερού συναντώνται στο ίδιο σημείο στην ακτή.



Εφαρμόζοντας υδροστατική ισορροπία σε αυτό το σημείο ισχύει η σχέση :

$$\xi = \frac{\rho_f}{\rho_s - \rho_f} * h_f$$

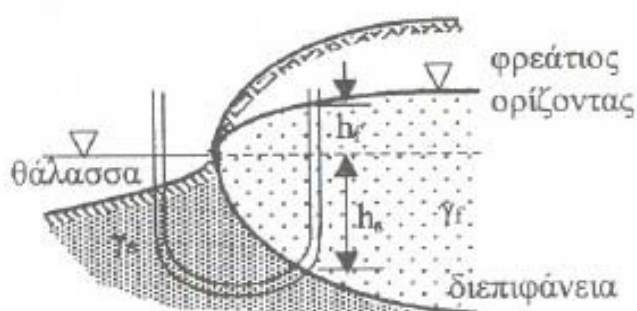
Όπου  $\xi$  η θέση της διεπιφάνειας κάτω από την στάθμη της θάλασσας,  $h_f$  το υδραυλικό ύψος του γλυκού νερού πάνω από την στάθμη της θάλασσας,  $\rho_f$  η πυκνότητα του γλυκού νερού και  $\rho_s$  η πυκνότητα του θαλασσινού νερού. Στο σχήμα



που ακολουθεί η θέση της διεπιφάνειας συμβολίζεται με  $hS$ .

**Εικόνα 2.2 :** Σχηματική απεικόνιση της παραδοχής Ghyben – Herzberg.

Αν στην παραπάνω σχέση αντικαταστήσω τις συνηθισμένες τιμές πυκνοτήτων για τα δύο μέσα δηλαδή  $\rho_f = 1 \text{ g/cm}^3$  και  $\rho_s = 1,025 \text{ g/cm}^3$  προκύπτει ότι για κάθε μέτρο υδραυλικού ύψους του γλυκού νερού πάνω από την στάθμη της θάλασσας, η



διεπιφάνεια της υφαλμύρωσης ωθείται 40 μέτρα προς τα κάτω. Η αναλογία που προκύπτει δεν είναι αντιπροσωπευτική στις περιπτώσεις που έχουμε αυξημένη άντληση σε παραθαλάσσιες περιοχές καθώς εκεί το υδραυλικό ύψος του υδροφορέα μειώνεται σημαντικά με αποτέλεσμα το θαλασσινό νερό να προσχωρεί σε μεγάλο βάθος μέσα στον υδροφορέα. Τα παραπάνω μπορούν να ισχύσουν και στην περίπτωση περιορισμένων υδροφορέων αντικαθιστώντας τον ελεύθερο υδροφόρο από την πιεζομετρική επιφάνεια ( $H = f(p)$ ). Η προσέγγιση Ghyben – Herzberg είναι μια απλουστευμένη προσέγγιση χωρίς να λάβει υπόψη της την δυναμική κίνηση της υπόγειας ροής και τη μεταφορά μάζας του άλατος. Η συγκεκριμένη προσέγγιση ισχύει μόνο όταν το αλμυρό νερό είναι στάσιμο και το γλυκό νερό ρέει οριζόντια. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις στις οποίες η μεταβατική ζώνη είναι πολύ στενή με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούμε την απλουστευμένη θεώρηση της απότομης διεπιφάνειας.

### 1.1.3. ΜΕΤΡΑ ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΥΦΑΛΜΥΡΙΝΣΗΣ

Η απορρύπανση των υφάλμυρων υδροφορέων συχνά είναι μη αντιστρεπτή και στην καλύτερη περίπτωση απαιτούνται μακροχρόνιες προσπάθειες με μη προβλέψιμα συχνά αποτελέσματα δεδομένου ότι ο υδροφορέας θα πρέπει να εκπλυθεί πολλές φορές ώστε να έχουμε απομάκρυνση των διαλυμένων ρύπων (νάτριο και μαγνήσιο συνήθως) και την απομάκρυνση του νερού στο πορώδες μέσο. Ένας από τους εύκολους τρόπους αντιμετώπισης της υφαλμύρωσης είναι ο βέλτιστος έλεγχος των ρυθμών άντλησης με απώτερο σκοπό ο όγκος της άντλησης να μην υπερβαίνει την φυσική αναπλήρωση. Μια άλλη μέθοδος είναι η τεχνητή αναπλήρωση με χρήση επεξεργασμένων υγρών λυμάτων αυξάνοντας έτσι την εκροή του υδροφορέα δημιουργώντας ένα φράγμα που απωθεί το θαλασσινό νερό. Ένα άλλο μέτρο είναι η απευθείας άντληση του θαλασσινού νερού από την περιοχή υφαλμύρισης έτσι ώστε να επιτύχουμε μείωση της εξάπλωσης του φαινομένου με βασική προϋπόθεση την εύρεση τεχνικής επεξεργασίας ή διάθεσης του αντλούμενου νερού. Μια τεχνική που βασίζεται στην ίδια λογική με την παραπάνω είναι η ταυτόχρονη άντληση και στα δύο στρώματα για να αποφύγουμε την δημιουργία του κώνου διείδυσης (αιχμή μετώπου). Τέλος η ανάπτυξη υποθαλάσσιων φραγμάτων για να εμποδιστεί η διαφυγή του γλυκού νερού μειώνοντας ή προλαμβάνοντας το φαινόμενο είναι μια λύση η οποία πρέπει να αποτελείται από συμπαγείς ή χαμηλής διαπερατότητας υλικά πλήρωσης για να μην έχουμε διαρροή. Οι τεχνικές που αναφέραμε μπορούν να συνδυαστούν ή να συμπληρώνουν η μία την άλλη για καλύτερα αποτελέσματα. Γενικά ο χρόνος απορρύπανσης μπορεί να συντομευθεί με τεχνητό εμπλουτισμό με νερό πλούσιο σε ανταλλάξιμο  $\text{Ca}^{2+}$ . Όμως ο τελευταίος αποδίδει περισσότερο πριν την κατιονική ανταλλαγή του  $\text{Na}^+$  με το  $\text{Ca}^{2+}$ .

## 1.2 Ποιότητα αρδευτικού νερού

Ανεξάρτητα από την πηγή προελεύσεως το νερό περιέχει υλικά σε μορφή διαλυμένων ή εν αιωρήσει στερεών. Η ποσότητα και η φύση αυτών των υλικών με δεδομένες περιβαλλοντικές, κλιματικές συνθήκες και καλλιέργειες καθορίζουν την χρησιμότητα και την ποιότητα του νερού. Καλοί δείκτες, που χρησιμοποιούνται για το χαρακτηρισμό της ποιότητας νερού, είναι η αρχική περιεκτικότητα σε διαλυτά άλατα, το ποσό των αιωρούμενων στερεών και το ποσό των ρύπων (pollutants) από πηγές ανθρώπινης δραστηριότητας.

Η αρχική περιεκτικότητα του νερού σε διαλυτά άλατα μπορεί βέβαια να μεταβληθεί κυρίως λόγω της περιεκτικότητας των εδαφών-πετρωμάτων από τα οποία διέρχεται το αρδευτικό νερό κατά την μεταφορά του στην αρδευόμενη έκταση. Τα αιωρούμενα υλικά που βρίσκονται στο νερό προέρχονται από διάβρωση περιοχών και επομένως βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ποσότητα των υλικών αυτών είναι η σύνθεση των υλικών (πετρωμάτων-εδάφους) και η αιτία της διαβρώσεως (π.χ. βροχή). Τέλος οι ρύποι που φθάνουν στο αρδευτικό νερό προέρχονται από υπολείμματα αγροχημικών ουσιών όπως τα ανόργανα λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα. Προφανώς η ποσότητα και η φύση των υλικών που μεταφέρονται με το αρδευτικό νερό δεν μπορούν από μόνα τους να καθορίσουν απόλυτα την ποιότητα και την καταλληλότητα του αρδευτικού νερού. Βασικοί συντελεστές για τέτοιους χαρακτηρισμούς είναι εκτός από τα παραπάνω και η αντοχή των φυτών, οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους, το βιολογικό ισοζύγιο στο έδαφος, η υπάρχουσα τεχνολογία των αρδεύσεων (μέθοδος εφαρμογής) και η δυνατότητα για στράγγιση. Για παράδειγμα τα διαλυτά άλατα μπορούν να επηρεάσουν την ανάπτυξη των φυτών και συνεπώς να έχουν αρνητική επίπτωση στην παραγωγή, τα εν αιωρήσει υλικά μπορούν να έχουν αρνητική επίπτωση στην τεχνολογία της μεταφοράς νερού και των αρδεύσεων και τα αγροχημικά υπολείμματα μπορούν να καταστρέφουν τη βιολογική ισορροπία του εδάφους. Συνεπώς για την καταλληλότητα του νερού για άρδευση εκτός από τα χαρακτηριστικά του νερού θα πρέπει να εξετάζονται και όλοι οι παραπάνω παράγοντες. Αξίζει να σημειωθεί ότι συνήθως η ποιότητα αρδευτικού νερού εξετάζεται σε σχέση με τα άλατα που περιέχει. Έτσι σε πολλά συγγράμματα που επαναλαμβάνουν την αντιμετώπιση του θέματος των δεκαετιών 50 και 60 η ποιότητα νερού είναι μονοσήμαντα συνδεδεμένη με την αλατότητα του νερού και την περιεκτικότητα σε Νάτριο.

### **1.2.1 ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ**

#### **α. Μεταφερόμενα στερεά**

Το νερό που χρησιμοποιείται, για άρδευση μεταφέρει υλικά εν αιωρήσει. Η αποδοτικότητα της αρδευόμενης γεωργίας εξαρτάται εκτός των άλλων και από τα μεταφερόμενα οργανικά και ανόργανα υλικά. Περιοχές όπως του Νείλου ή του Δούναβη

θεωρούνται εύφορες λόγω των μεταφερόμενων από το νερό υλικών. Σε αντίθεση με την πιθανή θετική επίδραση των στερεών υλικών του νερού στις αρδευόμενες εκτάσεις τα μεταφερόμενα υλικά (αιωρούμενα ή φορτίο κοίτης) πρέπει να εξετάζονται σε σχέση με την υπάρχουσα τεχνολογία. Είναι χαρακτηριστικό ότι τόσο στα δίκτυα αρδύσεως (π.χ. αρδευτικά δίκτυα με σταγόνες) όσο και στα δίκτυα μεταφοράς (π.χ. διάβρωση και εναπόθεση) και αποθήκευσης (π.χ. μείωση του ωφέλιμου όγκου ταμιευτήρων) τα μεταφερόμενα υλικά έχουν αρνητικές συνέπειες.

### **β. Κύρια συστατικά**

Η μελέτη των συστατικών του νερού για άρδευση πρέπει να γίνει σε σχέση με την πηγή νερού που χρησιμοποιείται. Για τα επιφανειακά ρέοντα νερά (π.χ. ποταμοί) τα πιο συνηθισμένα ανιόντα είναι τα:

Διττανθρακικά ( $\text{HCO}_3^-$ ) και τα θειικά ( $\text{SO}_4^{--}$ ) και τα κύρια κατιόντα είναι το Ασβέστιο ( $\text{Ca}^{++}$ ) και το Νάτριο ( $\text{Na}^+$ ). Για τα στάσιμα επιφανειακά νερά (π.χ. λίμνες) η περιεκτικότητα σε άλατα μεταβάλλεται ανάλογα με το χρόνο (π.χ. περίοδος βροχοπτώσεων -μικρότερη αλατότητα). Έτσι σε μεγάλες περιόδους χωρίς βροχοπτώσεις και με μεγάλη εξάτμιση η περιεκτικότητα σε άλατα του νερού μπορεί να διπλασιασθεί. Αξίζει να σημειωθεί ότι από τα νερά όλων των τύπων το νερό της βροχής περιέχει τα λιγότερα άλατα. Το νερό της βροχής περιέχει διαλυμένα αέρια ( $\text{N}, \text{O}, \text{CO}$ ) διαλυμένα άλατα που προέρχονται από τη γήινη επιφάνεια ή τη θάλασσα. Έχει αποδειχθεί ότι η περιεκτικότητα σε Cl και Na του νερού της βροχής ποικίλλει σε σχέση και με την απόσταση από τη θάλασσα. Γενικά η περιεκτικότητα του νερού της βροχής σε άλατα στις περιοχές ξηρού και ημίξηρου κλίματος επηρεάζει σημαντικά την περιεκτικότητα σε άλατα επιφανειακών και υπόγειων νερών.

### **γ. Άλλα συστατικά**

Πολλές άλλες ουσίες μπορεί να βρεθούν σε νερό για άρδευση σε πολύ μικρές συχνά ποσότητες ώστε συνήθως να μην χρησιμοποιούνται ως δείκτες για την κατάταξη των νερών σε κατηγορίες. Στο νερό μπορούν να βρεθούν Φθόριο, Βρώμιο, Ιώδιο ως και Li, Rb, Cs, Be, Sr και άλλα, Ακόμα τα ιχνοστοιχεία As, Se, Sb, Bi και τα Cu, Co, Ni, Zn, Ti, κ.ά. Ένα στοιχείο που υπάρχει σε μικροποσότητες στο νερό αλλά είναι πολύ επιβλαβές για την ανάπτυξη των καλλιεργειών είναι το Βόριο.

#### **δ. Ανθρωπογενείς ρύποι**

Οι ανθρωπογενείς ρύποι που υπάρχουν στο αρδευτικό νερό προέρχονται κυρίως από αστικά λύματα, βιομηχανικά απόβλητα και εκπλύσεις γεωργικών εκτάσεων. Μεταξύ των ουσιών (που δεν διασπώνται σε ιόντα) αναφέρονται: λιπαρές ουσίες, Φαινόλες, σύνθετα απορρυπαντικά, διαλυμένα αέρια, εντομοκτόνα και ζιζανιοκτόνα.

Συστατικά με μορφή ιόντων είναι τα νιτρικά και ο διαλυτός φωσφόρος που εμπίπτουν στην κατηγορία της παραγράφου γ. Γενικά οι ανθρωπογενείς ρύποι βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες όταν για άρδευση χρησιμοποιείται νερό με οικιακά ή άλλα λύματα. Σ' αυτή την περίπτωση χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή προκειμένου περί καλλιεργειών που τα προϊόντα τους τρώγονται ωμά.

#### **1.2.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ Α ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ**

Μεταξύ των παραμέτρων που χρησιμοποιούνται ως κριτήρια για τη καταλληλότητα του νερού για αρδεύσεις είναι

- η αλατότητα
- η περιεκτικότητα σε νάτριο
- η περιεκτικότητα σε ανθρακικά ανιόντα, και σε στοιχεία όπως Χλώριο και Βόριο
  
- η περιεκτικότητα σε αιωρούμενα υλικά
- η περιεκτικότητα σε βιοκτόνα

Προφανώς όλες οι παραπάνω ποσότητες δεν χρησιμοποιούνται μαζί για την ταξινόμηση του αρδευτικού νερού σε κατηγορίες ούτε υπάρχει ένα κοινά παραδεκτό σύστημα ταξινόμησης του αρδευτικού νερού. Τα βασικά κριτήρια ποιότητας του αρδευτικού νερού παρουσιάζονται πιο κάτω:

##### **α. Αλατότητα**

Η ολική συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων που παρέχει ενδείξεις για τον κίνδυνο αλατώσεως του εδάφους μετράται με την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα που εκφράζεται σε  $\text{hmo/cm}$  στους  $25^\circ \text{C}$ <sup>(1)</sup>. Το αρδευτικό νερό με βάση την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) κατατάσσεται στις ακόλουθες τέσσερις κατηγορίες

ποιότητας (US Salinity Laboratory, 1954):

Κατηγορία C1. Ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) μικρότερη των 250  $\mu\text{mho/cm}$  στους 25° C, περιεκτικότητα σε άλατα μικρότερη των 160 ppm, κίνδυνος αλατώσεως μικρός

Κατηγορία C2. EC μεταξύ 250-750  $\mu\text{mho/cm}$  στους 25° C, περιεκτικότητα σε άλατα μεταξύ 160 έως 480 ppm, κίνδυνος αλατώσεως μέσος

Κατηγορία C3. EC μεταξύ 750-2250  $\mu\text{mho/cm}$  στους 25° C, περιεκτικότητα σε άλατα 480 έως 1470 ppm, κίνδυνος αλατώσεως μεγάλος

Κατηγορία C4. EC >2250  $\mu\text{mho/cm}$  στους 25° C, περιεκτικότητα σε άλατα >1470 ppm, κίνδυνος αλατώσεως πολύ μεγάλος.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι εξ ορισμού το αντίστροφο της ηλεκτρικής αντίστασης. Ως προς τις μονάδες  $1\text{mho}=1/\text{ohm}=1\text{ Siemens}=10^3\text{ mmho}=10^6\text{ }\mu\text{mho}$ . Η ειδική αγωγιμότητα (EC) έχει τις μονάδες  $\text{mho/cm}$ ,  $\text{mmho/cm}$ ,  $\mu\text{mho/cm}$  και στο σύστημα SI υπάρχει η μονάδα Siemens/m.

- το σύνολο των διαλυμένων στερεών (Total dissolved solids, TDS) που εκφράζεται σε mg/l ή ppm.
- η ενεργός αλατότητα (effective salinity, ES) που εκφράζεται σε meq/l ή ppm.

Το σύνολο των διαλυμένων στερεών TDS που μπορεί να προσδιορισθεί με την εξάτμιση ορισμένου όγκου νερού συσχετίζεται με την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα με την ακόλουθη εξίσωση:  $\text{TDS (ppm)} = 640 \cdot \text{EC (mmho/cm)}$  (3.1) για τιμές της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας μέχρι 10  $\text{mmho/cm}$  (Shainberg και Oster, 1978). Όπως απέδειξε η έρευνα η αλατότητα του εδαφικού διαλύματος (πολύ περισσότερο από την αλατότητα του νερού που χρησιμοποιείται) επηρεάζει δυσμενώς την παραγωγή. Είναι γεγονός ότι με την εξατμισοδιαπνοή η αλατότητα του εδαφικού διαλύματος μεγαλώνει.

## **β. Περιεκτικότητα σε Νάτριο**

Η περιεκτικότητα σε Νάτριο χρησιμοποιείται ως δείκτης της ποιότητας του αρδευτικού νερού κυρίως λόγω της επίδρασης του Νατρίου στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους όπως η διαπερατότητα, η διηθητικότητα και η καταλληλότητα για

γεωργική χρήση.

Επειδή η επίδραση του νατρίου τόσο στο έδαφος όσο και στις καλλιέργειες είναι σημαντική, Διάφορες ποσότητες έχουν προταθεί ως βάσεις για την ταξινόμηση του που προέρχεται από τη συγκέντρωση διαλυτού νατρίου.

Η σχέση μεταξύ διαλυτού Νατρίου ( $\text{Na}^+$ ) και των άλλων διαλυτών επίσης κατιόντων Ασβεστίου και Μαγνησίου ( $\text{Ca}^{++}$  και  $\text{Mg}^{++}$ ) δίνεται από το "Λόγο Προσροφήσεως Νατρίου" (Sodium Absorption Ratio) γνωστό ως S.A.R που προτάθηκε από το Υπουργείο Γεωργίας των Η. Π. Α. (U.S Salinity Laboratory -1954):

$$\text{S.A.R} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}}$$

Όπου οι συγκεντρώσεις Na, Ca και Mg αναφέρονται σε meq/lit. Ο προσδιορισμός του S.A.R. γίνεται γραφικά με το νομογράφημα του σχήματος 3.1.

Η τιμή του S.A.R. εκφράζει την ενεργητικότητα των ιόντων νατρίου και καθορίζει την ικανότητα εναλλαγής τους με κατιόντα όπως Ca και Mg που έχουν προσροφηθεί από τα κolloειδή του εδάφους. Με βάση την τιμή του S.A.R. διακρίνονται τέσσερις κατηγορίες σύμφωνα με την ταξινόμηση του Υπουργείου Γεωργίας των Η. Π. Α. Οι κατηγορίες αυτές για ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα 100μmho/cm είναι οι ακόλουθες:

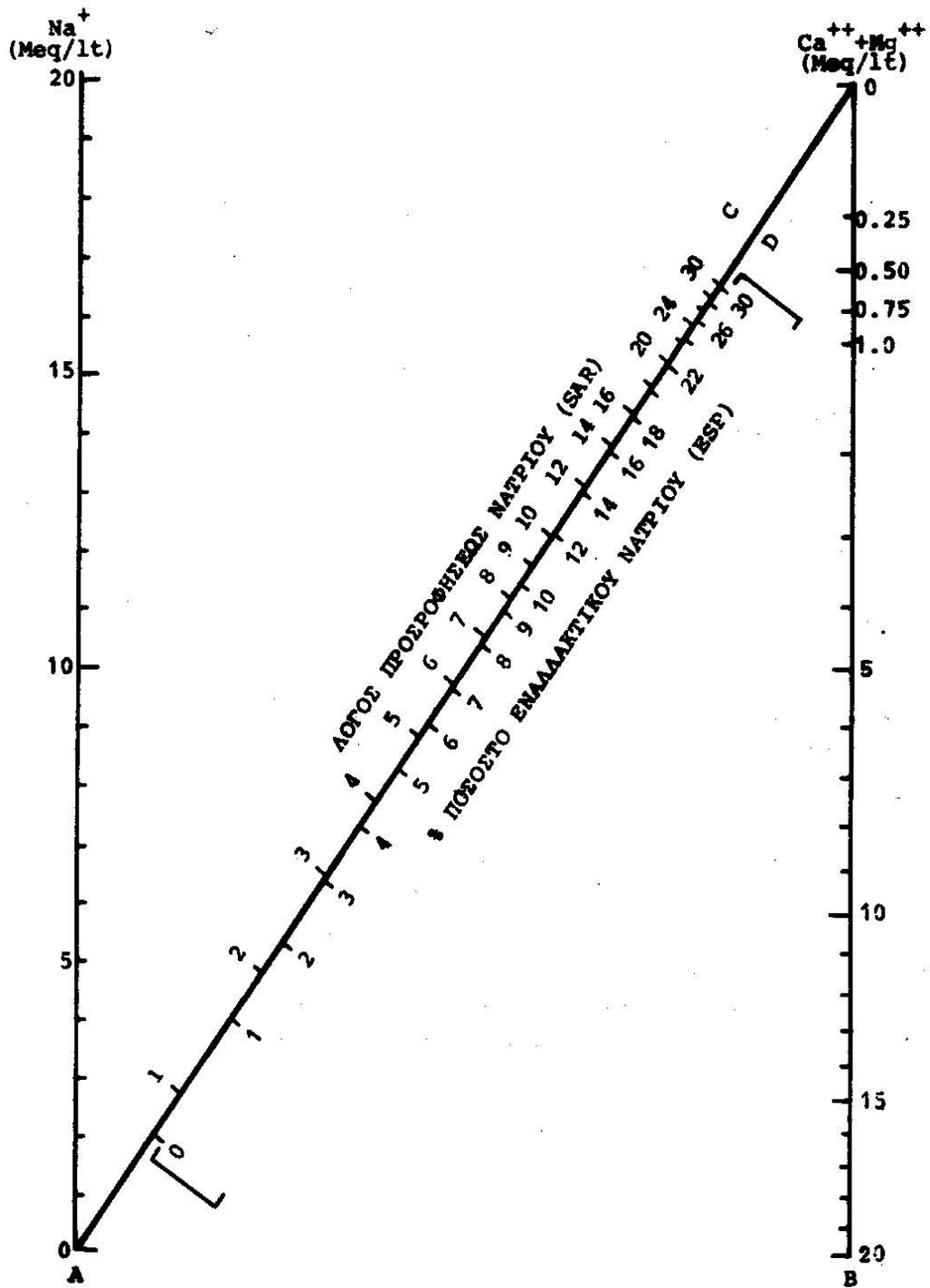
Κατηγορία1 : S.A.R<10,κίνδυνος νατρίου μικρός

Κατηγορία2 : S.A.R από10 έως18, κίνδυνος νατρίου μέσος

Κατηγορία3 : S.A.R από18 έως26, κίνδυνος νατρίου μεγάλος

Κατηγορία4:S.A.R >26, κίνδυνος νατρίου πολύ μεγάλος.

Οι παραπάνω τέσσερις κατηγορίες μεταβάλλονται ως συνάρτηση της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας του νερού. Έτσι για ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα  $E = 2250 \mu\text{mho/cm}$  οι παραπάνω τέσσερις κατηγορίες γίνονται S.A.R.< 4, από 4.4 έως 9, από9 έως14 και>14 αντίστοιχα(Σχ. 3.2) .



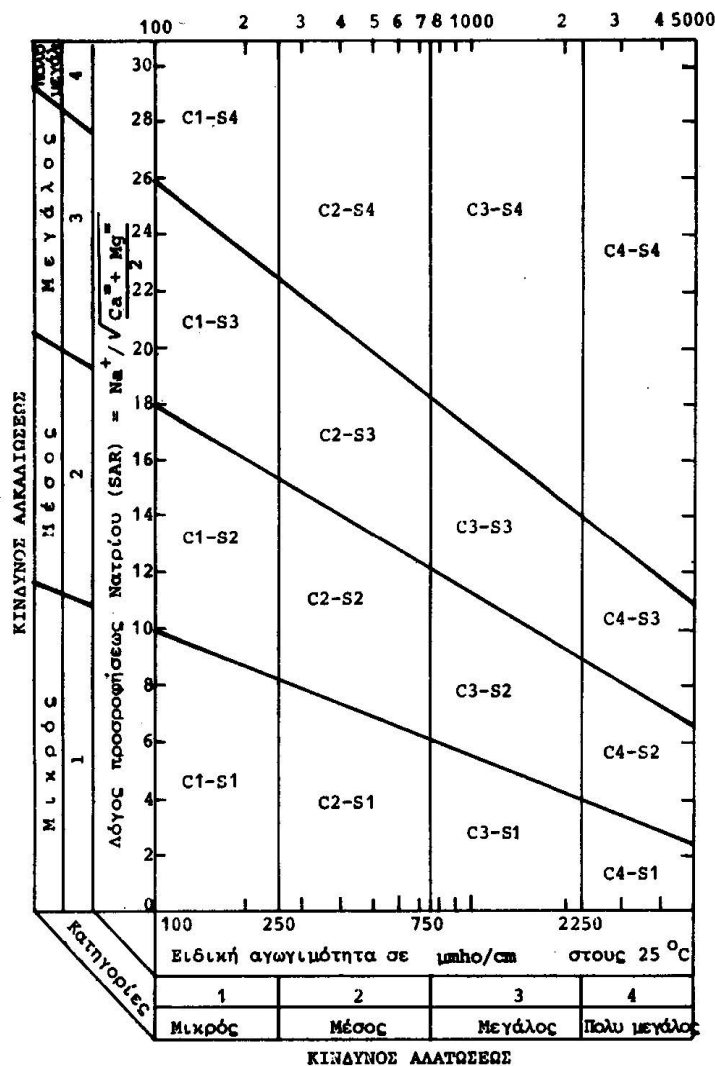
Σχ. 3.1 Νομογράφημα για τον προσδιορισμό της, τιμής S.A.R. νερού αρδεύσεως καθώς και για τον προσδιορισμό της τιμής του E.S.P. ενός εδάφους που βρίσκεται σε ισορροπία με το νερό αρδεύσεως.

Όπως έχει αποδειχθεί υπάρχει μια ικανοποιητική συσχέτιση μεταξύ των τιμών S.A.R και του βαθμού αλκαλιώσεως του εδάφους (ή εναλλακτικού Na ή ποσοστού εναλλακτικού Νατρίου-Exchangeable Sodium Percentage-E.S.P. Τα ορυκτά της αργίλου και η οργανική ουσία, δηλαδή τα ανόργανα και οργανικά κolloειδή



προσροφούν ανιόντα και κατιόντα και τα συγκρατούν με μορφή εναλλακτικών. Το ποσοστό εναλλακτικού Νατρίου-E.S.P ορίζεται ως το ποσοστό (%) του προσροφημένου Na από τα κολλοειδή του εδάφους, προς την ολική σε κατιόντα εναλλακτική ικανότητα σε meq/100gr εδάφους:

$$E.S.P = \frac{Na^+}{Na^+ + K^+ + Ca^{++} + Mg^{++}} \cdot 100$$



Σχ. 3.2 Διάγραμμα για την ταξινόμηση του νερού αρδεύσεως σε κατηγορίες κατά το U.S Salinity Laboratory (1954)

Στο νομογράφημα του σχήματος 3.2 φαίνεται ο γραφικός προσδιορισμός της τιμής E.S.P. από την τιμή του λόγου προσροφήσεως νατρίου S.A.R ενός εδάφους σε ισορροπία με το νερό αρδεύσεως.

### γ. Περιεκτικότητα, σε Ανθρακικά Ανιόντα, Χλώριο και Βάριο

Τα όξινα ανθρακικά ιόντα ( $\text{HCO}_3^-$ ) έχουν την τάση να σχηματίζουν δυσδιάλυτες ενώσεις με ιόντα  $\text{Ca}^{++}$  και  $\text{Mg}^{++}$  με αποτέλεσμα την σχετική αύξηση της συγκεντρώσεως του  $\text{Na}^+$ . Εκτός των όξινων ανθρακικών στο νερό υπάρχουν και ουδέτερα ανθρακικά ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) σε αμελητέες όμως συγκεντρώσεις. Η επίδραση, των ανθρακικών ιόντων (όξινων και ουδέτερων) στην ποιότητα του αρδευτικού νερού εκφράζεται ως Υπολειμματικό Ανθρακικό Νάτριο (Residual Sodium Carbonate, RSC) που υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$\text{RSC} = (\text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})$$

Ποιότητα Νερού	Υπολειμματικό $\text{Na}_2\text{CO}_3$ meq/lit
Άριστη-Καλή	<1.25
Μέτρια	1.25 2.50
Κακή	>2.50

Ποιότητα Νερού	Υπολειμματικό $\text{Na}_2\text{CO}_3$ meq/lit
Άριστη-Καλή	<1.25
Μέτρια	1.25 2.50
Κακή	>2.50

όπου όλες οι ποσότητες αναφέρονται σε συγκεντρώσεις Meq/lit.

Στον Πιν. 3.1 δίνεται η ταξινόμηση του αρδευτικού νερού συναρτήσει της τιμής του Υπολειμματικού Νατρίου (R.S.C. Στην περίπτωση χρήσης νερού της κατηγορίας με

R.S.C μεταξύ 1.25 και 2.50 πρέπει να γίνεται σημαντική έκπλυση ώστε η συγκέντρωση των ανθρακικών να συγκρατείται σε χαμηλά επίπεδα και να προστίθενται ποσότητες γύψου ή άλλου διαλυτού άλατος του ασβεστίου ώστε ο λόγος ασβεστίου/ νατρίου να παραμένει ευνοϊκός. Στην περίπτωση που το R.S.C. υπερβαίνει τα 2.50 meq/lit το νερό είναι ακατάλληλο για αρδευτική. Κατά άλλους ερευνητές για την εκτίμηση της επίδρασης του R.S.C. πρέπει να εξετάζεται, ο τύπος του εδάφους. Νερό με δεδομένο R.S.C. μπορεί να είναι επικίνδυνο για το έδαφος με αλκαλικό pH αλλά μπορεί να έχει βελτιωτική επίδραση σε εδάφη με όξινο pH. Τα ιόντα Χλωρίου δεν έχουν σημαντική, επίδραση στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους και δεν απορροφούνται από το έδαφος. Αυτός είναι ο λόγος που τα ιόντα Χλωρίου δεν χρησιμοποιήθηκαν αρκετά για την ταξινόμηση του αρδευτικού νερού σε κατηγορίες. Ο Scofield (1935) χρησιμοποίησε πέντε κατηγορίες (ποιότητες) νερού, από άριστη μέχρι κατάλληλη με όρια στα 4,7,12 και 20 meq/lit Αργότερα επικράτησε η άποψη ότι η επίδραση του Χλωρίου μπορεί να αντιμετωπίζεται για ειδικό έδαφος και καλλιέργειες. Μια τέτοια ταξινόμηση προτάθηκε από τον Kovda et al (1967) και παρουσιάζεται στον Πίν.3.2

Πιν. 3.2 Η ταξινόμηση του αρδευτικού νερού σε σχέση με την συγκέντρωση Χλωρίου για συγκεκριμένη καλλιέργεια (citrus) και περιοχή (παραθαλάσσια πεδιάδα του Ισραήλ)

EC μmho/cm	Cl meq/lit	Τύπος εδάφους		
		Αμμώδες	Πηλώδες	Αργιλώδες
<1200	6	A	A	A
1200-1500	6-7.5	A	A	B
1500-1750	7.5-9	A	A	C
1750-2250	Σεπ-15	A	B	D
όπου A= ακίνδυνο, B = με μικρή επικινδυνότητα C=με μέτρια επικινδυνότητα και D= επικίνδυνο				

Όπως αναφέρθηκε ήδη σημαντικές ποσότητες αιωρούμενων υλικών στο αρδευτικό νερό έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στην τεχνολογία των αρδεύσεων και στην διαπερατότητα του εδάφους. Στα αρδευτικά δίκτυα καταιονισμού τα μεταφερόμενα υλικά μπορούν να προξενήσουν βιολογική διαταραχή με την συγκέντρωσή τους στα φύλλα των καλλιεργειών ενώ στα συστήματα αρδεύσεως με σταγόνες υπάρχει κίνδυνος εμφράξεως των σταλλακτηρών με αποτέλεσμα την κακή λειτουργία του συστήματος και την ανομοιομορφία της κατανομής του αρδευτικού νερού. Επίσης στις μεθόδους επιφανειακής αρδεύσεως, νερό με σημαντική περιεκτικότητα σε στερεά έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της διαπερατότητας των εδαφών. Το πρόβλημα της διαπερατότητας γίνεται εντονότερο όταν τα αρδευόμενα εδάφη είναι λεπτόκοκκα. Σαν αποτέλεσμα δημιουργείται κρούστα στην επιφάνεια του εδάφους με σταδιακή έμφραξη των πόρων του εδάφους που εκτός της μείωσης της

δηλητηριώδη φυτά	δηλητηριώδη φυτά	δηλητηριώδη φυτά
<p>ε. Η</p> <p>Αχλαδιά Μηλιά Αμπέλι Κερασιά Ροδακινιά Βερικοκιά Πορτοκαλιά Λεμονιά</p>	<p>Μεμβράνη στα φύλλα</p> <p>Ηλιάνθος Πατάτα Βαμβάκι Ντομάτα Ελιά Κριθάρι Καλαμπόκι Βρώμη</p>	<p>Ανθεκτικά φυτά</p> <p>Αρμυρίκι Σπαράγγι Τεύτλα Μηδική Κρεμμύδι Λάχανο Μαρούλι Καρότο</p>

### περιεκτικότητα σε βιοκτόνα

Τα βιοκτόνα είναι ισχυρά δηλητήρια που χρησιμοποιούνται στη γεωργία για την προστασία της παραγωγής από ανεπιθύμητα φυτά (ζιζάνια), διάφορους μικροοργανισμούς και ασθένειες. Η χρησιμοποίηση βιοκτόνων στη γεωργία τα τελευταία 30 χρόνια αποτελεί, ως γνωστό, μια δυσάρεστη εξέλιξη για την ποιότητα των επιφανειακών αλλά και των υπόγειων νερών. Τα βιοκτόνα είναι επικίνδυνα κυρίως για τον μεγάλο χρόνο βιοαποδομήσεως τους με αποτέλεσμα την βιολογική μεγέθυνση στους διάφορους οργανισμούς και τελικά στον άνθρωπο. Τα κυριότερα βιοκτόνα είναι τα: Aldrin, Captan, DDT, Dieldrin, Endosulfan, Endrin, Lindan, Marathion, MCPA, Parathion. Επιτρεπόμενα όρια αυτών των ουσιών καθορίστηκαν από την Διοίκηση για την Μόλυνση των Νερών του Υπουργείου Γεωργίας των Η.Π.Α. μαζί με πληροφορίες για τη διαχείριση του νερού, την ένταση εφαρμογής σε σχέση με τον αγρό και την καλλιέργεια και περιλαμβάνονται στα κυριότερα

συγγράμματα που είναι σχετικά με τη μόλυνση του νερού.

### **1.3 Αλατούχα εδάφη**

Πρόκειται για τα εδάφη τα οποία φέρουν στην επιφάνεια τους, και κυρίως κατά μήκος της κατανομής, ελεύθερα διαλυτά άλατα και χαρακτηρίζονται ως αλκοολούχα. Επίσης μπορεί να έχουν μόνο υψηλό κορεσμό με Na ή υψηλό βαθμό αλκαλίωσης, οπότε χαρακτηρίζονται απλά ως αλκαλιωμένα ή νατριωμένα. Τέλος, μπορεί να έχουν βαθμό υψηλό βαθμό αλκαίωσης σε συνδυασμό με παρουσία ελεύθερων διαλυτών αλάτων, οπότε ονομάζονται αλατούχο-αλκαλιωμένα.

Τα ανωτέρω εδάφη σχηματίζονται σε περιοχές που βρίσκονται υπό την επίδραση ξηροθερμικού κλίματος με χαμηλές βροχοπτώσεις και υψηλές θερμοκρασίες, εξαιτίας των οποίων είναι αναγκαία η εφαρμογή της αρδευόμενης γεωργίας.

Η προβληματικότητα των εδαφών αυτών έγκειται στο γεγονός ότι η υψηλή συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων επιβαρύνει σημαντικά το οσμωτικό φορτίο του εδαφοδιαλύματος αφενός και αφετέρου η παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων του Na στο εδαφοδιαλυμα δημιουργεί δυσμενείς συνθήκες για την ανάπτυξη των φυτών είτε λόγω υψηλού PH ή μειωμένης περατότητας του εδάφους καθιστώντας προβληματική την ανάπτυξη των φυτών.

Η δημιουργία των αλατούχων εδαφών επιτείνει την ερημοποίηση της γης, γεγονός που επιδρά δυσμενώς στο οικολογικό περιβάλλον και στην ποιότητα ζωής. Λόγω της επέκτασης των αρδεύσεων, το πρόβλημα της αναλάτωσης και της νατρίωσης των εδαφών γίνεται οξύτερο με την πάροδο του χρόνου σε πολλές περιοχές του κόσμου και επιτείνεται ακόμη περισσότερο η συνέπεια της χρήσης νερών κακής ποιότητας (υφάλμυρων) για την άρδευση των καλλιεργειών.

Επίσης η καθημερινά αυξανόμενες ανάγκες παραγωγής γεωργικών προϊόντων, εξαιτίας της αύξησης του πληθυσμού της γης και του έντονου καταναλωτισμού που διέπει τις σύγχρονες αναπτυσσόμενες και κυρίως αναπτυγμένες κοινωνίες, μεγαλώνουν το πρόβλημα της εναλάτωσης του εδάφους και το καθιστούν οξύτερο. Έτσι τεράστιες εκτάσεις αλατούχων εδαφών προστίθενται στις είδη υπάρχουσες.

Οι παρατεταμένες ξηρασίες των τελευταίων τριάντα ετών σε διάφορες περιοχές της υψηλίου συνέτειναν στην αύξηση της εναλάτωσης στο βαθμό που διήρκεσαν οι

ανομβρίες και οι υψηλές θερμοκρασίες επέτειναν το πρόβλημα της συσσώρευσης των αλάτων στο έδαφος και όξυναν τις συνέπειες τους.

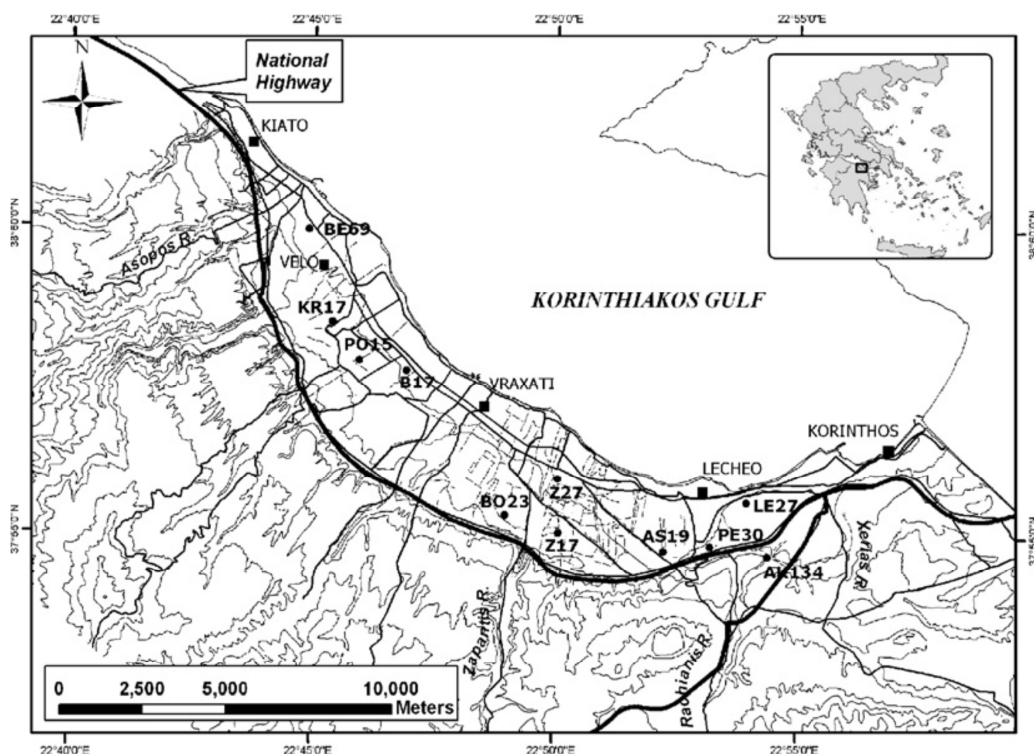
Είναι γεγονός ότι η χρήση των αρδευτικών νερών είναι ένας από τους κυριότερους παράγοντες της δημιουργίας των αλατούχων και αλκαλιωμένων εδαφών. Τα νερά άρδρευσης δημιουργούν την λεγόμενη δευτερογενή εναλάτωση η οποία λαμβάνει χώρα σε πολλές περιοχές της υφιλίου. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις των ειδικών της Μ. Βρετανίας και του FAO-UNESCO περίπου 50% των εκτάσεων που αρδεύονται σε όλο τον κόσμο έχουν υποστεί δευτερογενή εναλάτωση λόγω άρδευσης. Έτσι, σε πολλές χώρες, όπως π.χ Ινδίες τα αλατούχα εδάφη ανέρχονται σε επτά εκατομμύρια εκτάρια. Το ανώτερο παράδειγμα μας δείχνει ενδεικτικά ότι τόσο η εναλάτωση όσο και η βελτίωση των εδαφών αυτών είναι διαδικασίες δυναμικές, γεγονός που καθιστά δύσκολο το έργο της απογραφής των αλατούχων εκτάσεων. Όσο αφορά την γεωγραφική κατανομή των αλατούχων εκτάσεων σε παγκόσμια βάση, αυτή εξαρτάται από διάφορους περιβάλλοντικούς παράγοντες και κυρίως από το κλίμα, την γεωλογία και γεωχημεία της περιοχής καθώς και από τις δραστηριότητες του ανθρώπου.

Θεωρείται χρήσιμο να αναφερθούν στο σημείο αυτό επιγραμματικά τα εξής: το νερό άρδευση είναι ως γνωστό φορέας διαλελυμένων αλάτων, η περιεκτικότητα των οποίων ποικίλει κατά περίπτωση ανάλογα με την προέλευση του, τα πετρώματα δια των οποίων διέρχεται την γειτνίαση του με το θαλάσσιο νερό κτλ., ενώ ο βαθμός εναλάτωσης του εδάφους που προκαλεί το νερό άρδευσης εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες, το βαθμό στράγγισης, τα χαρακτηριστικά του εδάφους και το είδος της καλλιέργειας καθώς και επίσης από άλλους παράγοντες. Έτσι με την συνεχή χρήση των νερών για άρδευση καθώς και με την συνδρομή των κλιματικών εδαφικών και υδρολογικών παραγόντων, τα άλατα των νερών συσσωρεύονται στην επιφάνεια του εδάφους ή σε όλο το μήκος της κατατομής του, σε βαθμό βέβαια που μεταβάλλεται ανάλογα και με τις εφαρμοζόμενες διαχειριστικές πρακτικές της άρδευσης, με αποτέλεσμα να αποτελείται η εναλάτωση του. Όμως πέρα από την πρόκληση της εναλάτωσης το νερό άρδευσης καταλλήλως διαχειριζόμενο μπορεί να απομακρύνει τα άλατα από το έδαφος και να το βελτιώσει.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στο βορειοανατολικό άκρο της Πελοποννήσου, στο βόρειο τμήμα του νομού Κορινθίας και περιλαμβάνει την παράκτια περιοχή μεταξύ της Κορίνθου και Κιάτου. Από γεωμορφολογικής άποψης, η περιοχή μελέτης οριοθετείται νότια από την έναρξη της ημιλοφώδους ζώνης το νότιο όριο της περιοχής έρευνας μπορεί να χαρακτηριστεί η νέα εθνική οδός Κορίνθου – Πάτρας και ως βόρειο όριο η ακτογραμμή του Κορινθιακού κόλπου. Η συνολική έκταση της περιοχής μελέτης εκτιμάται στα 53 Km<sup>2</sup> και αποτελεί το βόρειο τμήμα των τριών υδρολογικών λεκανών των ποταμών Ασωπού, Ράχιανη και Ζαπάντη. Στην περιοχή μελέτης συναντώνται τα παρακάτω δημοτικά διαμερίσματα :

- Άσσου, Κάτω Άσσου, Λεχαιού και Περιγαλιού του δήμου Άσσου Λεχαιού
- Βοχαϊκού, Βραχατιού, Ευαγγελίστριας, Ζευγολατιού και Μπολατιού του δήμου Βόχας
- Βέλου, Νεράντζης, Κοκκωνίου, Κρηνών και Πουλίτσης του δήμου Βέλου
- Κιάτου, Μουλκίου και Σικυώνος του δήμου Σικυωνίων
- Αρχαίας Κορίνθου του δήμου Κορινθίων



## 2.1 Ιστορικά – Πολιτισμικά Στοιχεία

Το όνομά της η πόλη της Κορίνθου, το οφείλει στον ομώνυμο ήρωα Κόρινθο, ο οποίος ήταν γιος του Μαραθώνα και μακρινός απόγονος του θεού Ερμή. Η Κορινθία μπορεί να καυχάται και για την πόλη της Σικυώνος. Πόλη πλούσια και κατά καιρούς πολιτικά ισχυρή που δοξάστηκε και ως σπουδαίο καλλιτεχνικό κέντρο. Η περιοχή της Σικυωνίας εμφανίζει συνεχή αλλά και δόκιμη ανθρώπινη παρουσία από την μυκηναϊκή εποχή ως τις μέρες μας. Ονομάστηκε έτσι από τον ομώνυμο ήρωα, γιο του Μαραθώνα και αδελφό του Κόρινθου, που αναφέραμε νωρίτερα. Λίγο νοτιότερα από τη Σικυώνα, στις όχθες του Ασωπού ποταμού, υπάρχει η ακρόπολη της Τιτάνης, η οποία, σύμφωνα με τη μυθολογία, ήταν η πρώτη κατοικία των Τιτάνων και ιδιαιτέρως του θεού Ήλιου. Η σημαντική θέση της Αρχαίας Κορίνθου κατοικήθηκε από τα νεολιθικά χρόνια (5000 – 3000 π.Χ.). Η μεγάλη όμως ακμή της αρχίζει από τον 8ο π.Χ. αιώνα. Δείγμα της αποτελεί ο δωρικός ναός του Απόλλωνα που κατασκευάστηκε το 550 π.Χ. Το κέντρο της βρίσκεται νότια του ναού του Απόλλωνα και περιλαμβάνει καταστήματα, μικρούς ναούς, κρήνες, λουτρό και άλλα δημόσια κτήρια. Η Κόρινθος κατά τους βυζαντινούς χρόνους είναι, μαζί με την Πάτρα και την Θήβα, ένα από τα σημαντικότερα κέντρα μεταξουργίας.

## 2.2 Δημογραφικά Δεδομένα

Πίνακας 1: ΜΟΝΙΜΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ \_ Απογραφή Πληθυσμού-Κατοικιών 2011

Επίπεδο διοικητικής διαίρεσης	Γεωγραφικός κωδικός Καλλικράτη	Περιγραφή	Μόνιμος Πληθυσμός	Πυκνότητα μόνιμου πληθυσμού ανά τετρ.χιλιόμετρο (*)
4	42	ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ (Έδρα: Κόρινθος,η)	145.082	63,36
5	4202	ΔΗΜΟΣ ΒΕΛΟΥ - ΒΟΧΑΣ (Έδρα: Ζευγολατειόν,το)	19.027	115,42
5	4201	ΔΗΜΟΣ ΚΟΡΙΝΘΙΩΝ (Έδρα: Κόρινθος,η)	58.192	95,20
5	4203	ΔΗΜΟΣ ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ - ΑΓΙΩΝ ΘΕΟΔΩΡΩΝ (Έδρα: Λουτράκιον,το)	21.221	71,96
5	4204	ΔΗΜΟΣ ΝΕΜΕΑΣ (Έδρα: Νεμέα,η)	6.483	31,67
5	4205	ΔΗΜΟΣ ΞΥΛΟΚΑΣΤΡΟΥ - ΕΥΡΩΣΤΙΝΗΣ (Έδρα: Ξυλόκαστρον,το)	17.365	42,18
5	4206	ΔΗΜΟΣ ΣΙΚΥΩΝΙΩΝ (Έδρα: Κιάτο,το)	22.794	37,83



Η πληθυσμιακή πυκνότητα περιγράφει τις σχέσεις του πληθυσμού ως προς το χώρο και μετρά την αναλογία των κατοίκων μιας περιοχής προς τη συνολική έκταση της περιοχής. Περιγράφει, δηλαδή, το πόσο πυκνοκατοικημένη ή αραιοκατοικημένη είναι η κάθε Τοπική Κοινότητα, Δημοτική Ενότητα, Νομός ή Περιφέρεια. Στις Δ.Ε. Σικυωνίων, Δήμος Βέλου και Δήμος Κορινθίων.

Συμπερασματικά παρατηρείται ότι ο Δήμος Σικυωνίων είναι αρκετά αραιοκατοικημένος, συγκριτικά με τον Νομό Κορινθίας εμφανίζει μικρότερη συγκέντρωση πληθυσμού ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο ενώ ο Δήμος Βέλου – Βόχας παρουσιάζει ακόμη μεγαλύτερη πληθυσμιακή συγκέντρωση ανα τετραγωνικό χιλιόμετρο σε σύγκριση από τους άλλους προαναφερόμενους Δήμους.

### **2.3 Κλίμα Περιοχής**

Τα κλιματικά στοιχεία μιας περιοχής αποτελούν ουσιαστικούς παράγοντες διαμόρφωσης του υδρολογικού κύκλου και κατά συνέπεια του υδρολογικού ισοζυγίου της. Η γνώση δε των παραμέτρων του υδρολογικού ισοζυγίου συμβάλλει στη βελτιστοποίηση της διαχείρισης των υδατικών πόρων της περιοχής.

Οι βασικότεροι παράγοντες που συντελούν στη διαμόρφωση του κλίματος είναι το ανάγλυφο, η απόσταση από τη θάλασσα, το υψόμετρο και τα ατμοσφαιρικά συστήματα. Το κλίμα παίζει σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη των εδαφών, καθώς και στην πανίδα και την χλωρίδα μιας περιοχής.

Στο Νομό Κορινθίας επικρατεί γενικά ο μεσογειακός τύπος κλίματος, που χαρακτηρίζεται από βροχές την ψυχρή περίοδο και ανομβρία με υψηλές θερμοκρασίες τους θερινούς μήνες.

Κατά Thornthwaite (1955), το κλίμα της περιοχής μελέτης ανήκει στα ξηρά κλίματα τύπου Dd B3' b4'. Ο συμβολισμός αυτός, δηλώνει ότι το κλίμα είναι ημίξηρο με δείκτη υγρασίας  $40 < Im < 20$  με μικρό πλεόνασμα ύδατος κατά το χειμώνα, με δείκτη υγρότητας  $Ih < 16,7$  και ανήκει στο μεσόθερμο B3' τύπο θερμικού κλίματος. Υφίσταται επίσης την επίδραση της θάλασσας στη διαμόρφωση του θερμικού του χαρακτήρα (Πανταζάκος Γ., Ποιότητα και ποιοτική υποβάθμιση υπόγειων νερών. Περίπτωση Αν. Κορινθίας).

### 2.3.1 Βροχομετρικοί σταθμοί Νομού Κορινθίας

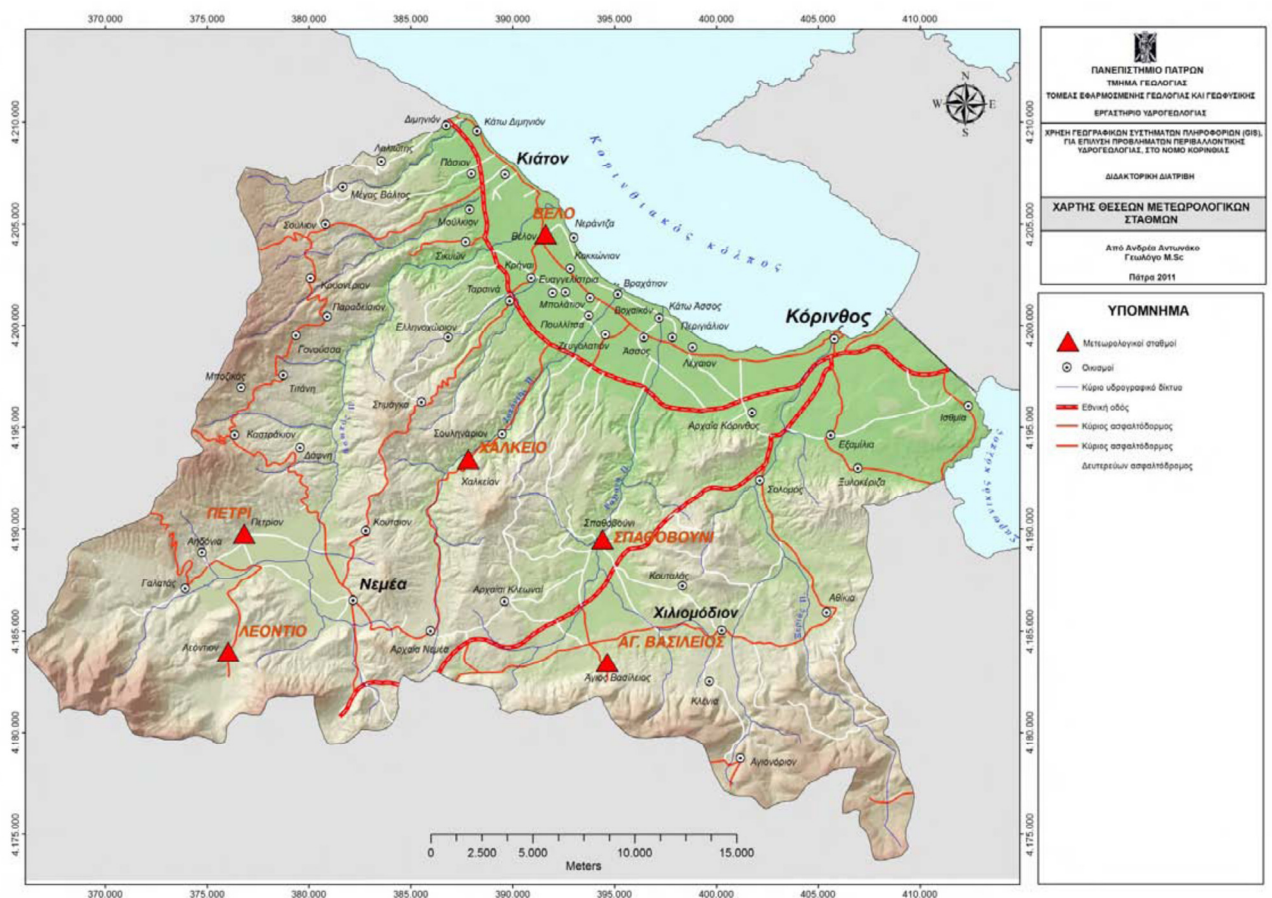
Στην στενή περιοχή έρευνας λειτουργούν δύο βροχομετρικοί σταθμοί στο Βέλο, ο ένας της ΕΜΥ (19872007) και ο άλλος του Υπουργείου Γεωργίας, που είναι τοποθετημένοι σε γειτονικές θέσεις. Οι σταθμοί αυτοί βρίσκονται σε υψόμετρο +20m από την επιφάνεια της θάλασσας. Ο σταθμός της ΕΜΥ λειτουργούσε στην Κόρινθο μέχρι το 1983 και ακολούθως μεταφέρθηκε στο Βέλο.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	Υψόμετρο (m)	Γεωγρ/κό μήκος	Γεωγρ/κό πλάτος	Περίοδος δεδομένων	Φορέας
1	<b>ΒΕΛΟ</b>	20	22 <sup>ο</sup> 45'	37 <sup>ο</sup> 58'	19872007	ΕΜΥ
2	<b>ΚΑΜΑΡΙ</b>	10	22 <sup>ο</sup> 34'	38 <sup>ο</sup> 06'	19741996	ΥΠ. ΓΕ.
3	<b>ΛΕΟΝΤΙΟ</b>	320	22 <sup>ο</sup> 36'	37 <sup>ο</sup> 48'	19711996	ΥΠ. ΔΕ
4	<b>ΝΕΜΕΑ</b>	289	22 <sup>ο</sup> 40'	37 <sup>ο</sup> 50'	19711991	ΥΠ. ΔΕ
5	<b>ΠΥΡΓΟΣ</b>	645	22 <sup>ο</sup> 26'	38 <sup>ο</sup> 05'	19741996	ΥΠ. ΓΕ.
6	<b>ΚΑΛΛΙΘΕΑ</b>	25	22 <sup>ο</sup> 27'	38 <sup>ο</sup> 07'	19741997	ΥΠ. ΓΕ.
7	<b>ΚΟΝΤΟΣΤΑΥΛΟΣ</b>	300	22 <sup>ο</sup> 45'	37 <sup>ο</sup> 50'	19711997	ΥΠ. ΔΕ
8	<b>ΚΑΣΤΑΝΙΑ</b>	989	22 <sup>ο</sup> 34'	38 <sup>ο</sup> 06'	19711997	ΥΠ. ΔΕ
9	<b>ΔΡΙΖΑ</b>	631	22 <sup>ο</sup> 28'	37 <sup>ο</sup> 52'	19711996	ΥΠ. ΔΕ.
10	<b>ΨΑΡΙ</b>	821	22 <sup>ο</sup> 32'	37 <sup>ο</sup> 52'	19711997	ΥΠ. ΓΕ.
11	<b>ΔΕΡΒΕΝΑΚΙΑ</b>	264	22 <sup>ο</sup> 44'	37 <sup>ο</sup> 47'	19711991	ΥΠ. ΔΕ
12	<b>ΚΕΦΑΛΑΡΙ</b>	760	22 <sup>ο</sup> 31'	37 <sup>ο</sup> 56'	19891997	ΥΠ. ΔΕ
13	<b>ΣΠΑΘΟΒΟΥΝΙ</b>	140	22 <sup>ο</sup> 48'	37 <sup>ο</sup> 51'	19711991	ΥΠ. ΔΕ
14	<b>ΚΑΛΥΒΙΑ</b>	850	22 <sup>ο</sup> 18'	37 <sup>ο</sup> 55'	19711991	ΔΕΗ
15	<b>ΧΑΛΚΙ</b>	250	22 <sup>ο</sup> 44'	37 <sup>ο</sup> 53'	19752007	ΥΠ. ΔΕ

	ΣΤΑΘΜΟΣ	Υψόμετρο (m)	Γεωγρ/κό μήκος	Γεωγρ/κό πλάτος	Περίοδος δεδομένων	Φορέας
16	<b>ΛΑΥΚΑ</b>	700	22 <sup>ο</sup> 23'	37 <sup>ο</sup> 50'	19711991	ΥΠ. ΔΕ
17	<b>Κ. ΤΑΡΣΟΣ</b>	1130	22 <sup>ο</sup> 21'	38 <sup>ο</sup> 00'	19711997	ΥΠ. ΔΕ
18	<b>ΜΠΟΥΖΙ</b>	1000	22 <sup>ο</sup> 28'	37 <sup>ο</sup> 54'	19711991	ΥΠ. ΔΕ
19	<b>ΠΕΤΡΙΟ</b>	250	22 <sup>ο</sup> 36'	37 <sup>ο</sup> 51'	19711991	ΥΠ. ΔΕ.

Στο Νομό Κορινθίας, εντοπίζονται συνολικά δεκαεννιά (19) βροχομετρικοί σταθμοί, οι οποίοι αποτελούν και την κύρια πηγή βροχομετρικών δεδομένων του Νομού Κορινθίας.

Οι σταθμοί αυτοί παρουσιάζονται στον Πίνακα και η γεωγραφική θέση τους φαίνεται στον Σχήμα που ακολουθεί. Πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι η πυκνότητα των δεκαετηθιακών σταθμών για συνολική έκταση  $2.290 \text{ Km}^2$  είναι ικανοποιητική, ένας σταθμός ανά  $127 \text{ Km}^2$ , (WMO,1976) δεδομένου ότι για τις μεσογειακές χώρες θεωρείται ως ελάχιστη ικανοποιητική πυκνότητα ένας σταθμός ανά  $600 - 850 \text{ Km}^2$  για τις πεδινές περιοχές και ένας σταθμός ανά  $100 - 250 \text{ Km}^2$  για τις ορεινές περιοχές.



### 2.3.2 Βροχομετρικά δεδομένα

Στο παρών υποκεφάλαιο, εξετάζονται τα διαθέσιμα δεδομένα από το σταθμό της Ε.Μ.Υ. στο Βέλο και του σταθμού του ΥΠΕΧΟΔΕ στο Χαλκί. Τα δεδομένα του σταθμού στο Βέλο είναι αντιπροσωπευτικά για τη στενή περιοχή έρευνας (βόρεια παραλιακή Κορινθία), ενώ αυτά του σταθμού στο Χαλκί, αντιπροσωπεύουν το βροχομετρικό καθεστώς περίπου στο μέσο υψόμετρο των υδρολογικών λεκανών που

απολήγουν στην περιοχή έρευνας.

### 2.3.3 Μετεωρολογικός σταθμός Βέλου (Ε.Μ.Υ.)

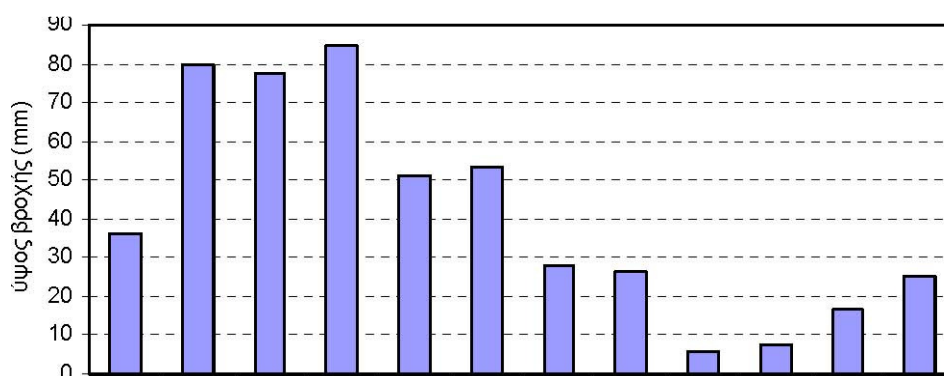
Τα διαθέσιμα δεδομένα από το σταθμό της ΕΜΥ στο Βέλο είναι μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης για την περίοδο 1987-2007. Τα δεδομένα αυτά δίδονται στον Πίνακα, με τη μορφή υδρολογικών ετών με αρχή το μήνα Οκτώβριο. Στο Σχήμα 3.3.1 απεικονίζονται με τη μορφή ιστογράμματος οι μέσες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης, ενώ στο Σχήμα 3.3.2 η διακύμανση των ετήσιων τιμών για την περίοδο διαθέσιμων δεδομένων.

Μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης (mm) στο σταθμό Βέλου Κορινθίας (ΕΜΥ), για την περίοδο 1987- 2007.

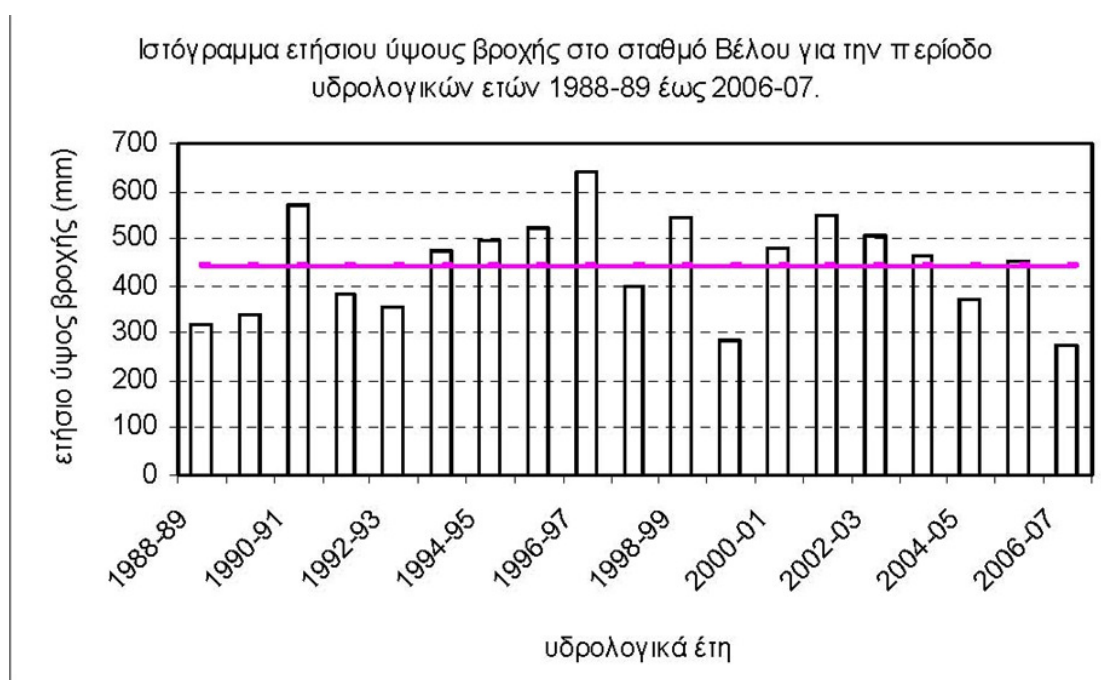
Πίνακας 2.3.1

	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡ.	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΕΤΗΣ ΥΨΟ Σ
198788			45,7	92,9	69,6	104,9	52,6	25,8	0,6	0,0	0,0	11,9	
198889	18,2	106,9	71,7	1,4	21,3	53,7	9,0	13,6	9,7	8,7	1,1	15,8	315
198990	87,6	66,7	24,2	3,0	25,1	1,5	28,9	11,6	0,5	4,7	86,0	42,2	340
199091	36,3	139,8	113,3	69,0	30,1	41,8	53,8	38,8	0,0	4,2	46,2	4,4	573
199192	59,1	92,1	50,5	12,3	19,7	34,6	45,4	61,5	4,7	0,0	3,5	0,7	383
199293	15,0	43,7	61,4	25,5	79,1	13,6	19,8	95,1	0,9	0,0	0,5	0,7	355
199394	0,7	157,6	40,6	70,2	109,5	22,8	27,7	22,9	1,4	13,7	7,3	0,0	474
199495	91,7	57,1	59,9	108,1	3,1	88,3	20,5	0,7	12,1	15,8	38,4	46,3	496
199596	9,6	74,7	90,3	122,4	89,8	85,0	8,0	33,6	0,0	5,0	4,6	35,5	523
199697	46,7	15,8	49,3	372,5	42,8	42,9	49,2	3,5	7,2	0,0	10,7	2,1	641
199798	21,4	41,3	120,9	49,6	19,2	92,1	13,5	38,0	0,0	0,0	0,0	14,0	396
199899	14,1	164,1	87,6	49,6	49,1	159,3	8,1	0,6	2,3	5,8	1,0	84,9	542
199900	46,6	85,3	23,3	19,8	70,1	7,4	3,8	5,6	22,0	0,0	3,1	11,1	287
200001	58,8	32,0	110,0	116,1	62,2	18,6	54,8	4,4	14,4	3,7	3,8	8,8	479
200102	3,9	133,7	179,0	15,1	5,0	117,4	28,4	2,0	0,2	46,8	19,2	21,0	551
200203	14,7	42,8	132,8	104,4	106,3	56,7	30,5	14,1	1,4	2,3	0,4	12,8	506
200304	31,5	46,4	112,3	143,8	13,8	39,1	47,3	8,7	6,7	0,0	14,4	1,4	464
200405	28,0	22,1	67,0	62,3	69,7	39,8	4,4	46,3	8,8	1,9	20,3	112,8	371
200506	12,5	161,5	53,3	62,6	56,2	20,3	59,2	13,6	7,0	1,3	4,6	0,0	452
200607	60,8	14,2	6,2	0,0	95,7	27,5	15,5	46,5	7,3	0,0	0,0	13,3	274
200708	46,0	81,3	67,7										
Μέση τιμή	36	80	78	85	51	53	28	27	6	8	17	25	443

Μέσες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης (1988-2007) στο σταθμό Βέλου



Σχήμα 2.3.2



περίοδο υδρολογικών ετών 188889 έως 200607.

Σχήμα 2.3.3 Ιστόγραμμα ετήσιων τιμών βροχόπτωσης στο σταθμό Βέλου για την περίοδο υδρολογικών ετών 1888-89 έως 2006-07.

Από την επεξεργασία των δεδομένων του Πίνακα 2.3.1 και των ανωτέρω ιστογραμμάτων προκύπτουν τα ακόλουθα :

- Για την περίοδο διαθέσιμων δεδομένων (υδρολογικά έτη 1888-89 έως 2006-07), το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης ανέρχεται σε 443mm. Το υψηλότερο ετήσιο

ύψος βροχής σημειώθηκε το υδρολογικό έτος 1996-97 (641mm), ενώ το χαμηλότερο κατά το υδρολογικό έτος 2006-07 (274mm).

- Μετά την περίοδο ξηρών υδρολογικών ετών 1988-89 έως 1992-93 (με την παρεμβολή του υγρού υδρολογικού έτους 1990-91), οι ετήσιες τιμές ακολουθούν αυξητική πορεία, μέχρι το υδρολογικό έτος 1996-97. Στη συνέχεια έχουμε πτωτική τάση των ετήσιων τιμών και την εμφάνιση δύο υδρολογικών ετών με ετήσιο ύψος βροχής κάτω των 300mm.
- Όσον αφορά τη μηνιαία κατανομή των βροχοπτώσεων διαπιστώνουμε ότι ο μήνας με την υψηλότερη μέση μηνιαία τιμή είναι ο Ιανουάριος (85mm), ακολουθεί ο Νοέμβριος με 80 mm και ο Δεκέμβριος με 78 mm. Τους μήνες Φεβρουάριο και Μάρτιο σημειώνονται περί 50mm βροχής, ενώ τον Απρίλιο και τον Μάιο οι μέσες μηνιαίες τιμές είναι χαμηλότερες των 30mm.
- Την περίοδο από Νοέμβριο έως και Ιανουάριο σημειώνονται συνολικά 242mm βροχής, ποσό που αντιστοιχεί σε ποσοστό 55% του μέσου ετήσιου ύψους βροχής της περιόδου διαθέσιμων δεδομένων.

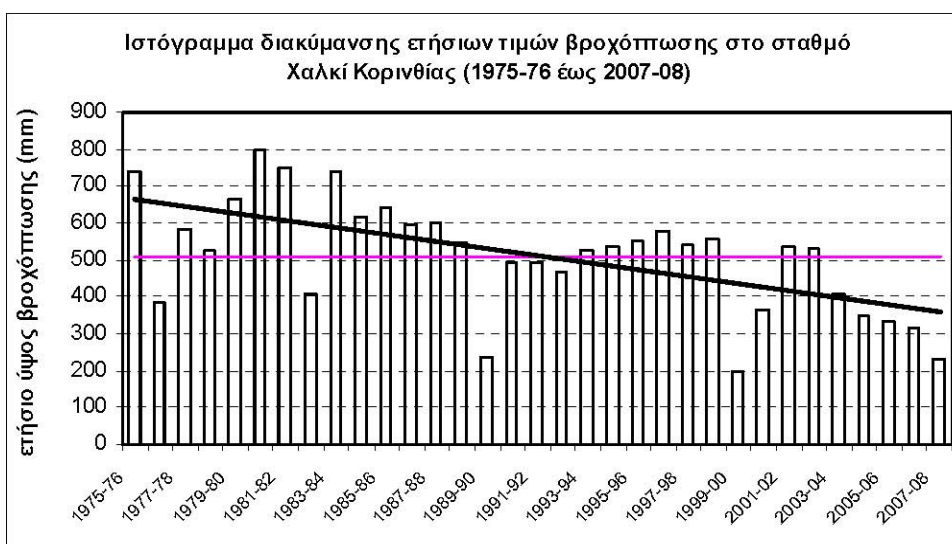
### 2.3.4 Βροχομετρικός σταθμός Χαλκείου (ΥΠΕΧΟΔΕ)

Ο σταθμός αυτός είναι εγκατεστημένος σε υψόμετρο 280m και τα διαθέσιμα από αυτόν δεδομένα είναι μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης για την περίοδο υδρολογικών ετών 1975-76 έως 2007-08 (Πίνακας 2.3.2). Στο Σχήμα 2.3.3 απεικονίζονται με τη μορφή ιστογράμματος οι μέσες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης, ενώ στο Σχήμα 2.3.4 η διακύμανση των ετήσιων τιμών για την περίοδο διαθέσιμων δεδομένων.

	ΟΚΤ.	ΝΟΕ	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΕΤΗΣ. ΥΨΟΣ
197576	13,2	71,5	270,7	61,0	123,3	70,0	60,0	23,0	8,0	10,0	14,0	13,0	737,7
197677	72,6	102,9	84,1	19,3	22,9	11,1	36,1	5,4	18,1	1,2	0,0	13,4	387,1
197778	6,8	70,0	109,9	130,5	76,6	31,7	52,1	16,2	1,0	0,0	0,0	90,5	585,3
197879	65,1	73,6	137,5	30,8	63,5	15,7	35,0	18,8	11,5	25,5	44,5	2,0	523,5
197980	142,9	118,1	52,1	62,1	79,1	102,9	60,0	27,1	9,5	0,0	3,5	9,0	666,3
198081	146,2	36,4	137,6	258,0	36,2	13,1	69,9	35,6	20,0	2,5	30,5	10,5	796,5
198182	66,8	97,6	70,2	68,0	107,1	142,8	122,0	37,0	1,0	1,5	26,2	10,4	750,6
198283	33,4	140,9	54,5	11,6	13,7	59,2	3,0	18,8	18,2	8,5	23,6	20,0	405,4
198384	42,7	94,9	99,7	131,2	135,4	88,6	122,4	1,2	0,0	3,5	7,3	10,1	737,0
198485	1,8	76,9	126,4	183,6	30,1	105,3	30,8	22,5	16,4	1,0	4,3	19,5	618,6
198586	74,7	111,3	117,4	50,5	128,5	56,0	13,0	38,4	13,3	36,0	5,6	0,0	644,7
198687	184,1	11,3	63,5	63,6	84,8	84,6	57,1	4,5	15,3	0,0	26,5	0,0	595,3
198788	89,6	84,9	57,4	109,5	80,0	106,5	15,2	43,5	0,0	0,0	0,0	14,7	601,3
198889	21,2	134,5	131,8	3,5	18,5	90,0	7,8	16,8	47,5	23,5	31,8	21,0	547,9
198990	52,7	65,0	32,6	0,4	27,8	2,3	12,2	2,9	0,0	0,0	30,7	11,6	238,2
199091	47,3	107,5	86,7	80,4	20,0	37,5	38,8	71,5	0,0	0,0	0,0	5,0	494,7
199192	84,0	108,0	77,0	16,0	28,0	56,0	40,7	53,5	31,0	0,0	0,0	0,0	494,2
199293	9,5	50,0	82,5	42,0	158,2	21,5	19,0	77,8	6,0	0,0	0,0	0,0	466,5
199394	0,0	178,0	50,0	112,2	120,5	15,0	30,5	0,0	0,0	7,2	10,3	0,0	523,7
199495	81,2	50,0	58,9	137,0	2,5	119,0	0,0	0,0	0,0	10,7	10,5	64,9	534,7
199596	9,2	33,2	89,7	159,3	116,9	94,9	25,5	7,4	0,0	0,0	2,9	14,2	553,3
199697	61,6	38,3	79,2	279,5	22,4	64,6	34,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	579,8
199798	31,3	63,6	130,2	59,2	32,0	160,5	19,2	37,6	0,0	0,0	0,0	7,5	541,1
199899	11,4	106,3	124,4	23,7	38,5	238,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3	555,7
199900	0,0	58,8	0,0	0,0	84,6	0,0	0,0	0,0	50,5	0,0	0,0	2,2	196,1
200001	14,7	22,2	45,8	77,9	107,3	0,0	85,3	0,0	5,2	3,5	0,0	0,0	361,9
200102	3,7	203,8	133,1	1,0	0,0	109,0	0,0	0,0	0,0	13,5	42,5	29,5	536,1
200203	0,0	41,5	78,5	159,2	141,1	66,7	0,0	33,5	0,0	0,0	4,7	5,3	530,5
200304	32,3	39,7	62,3	149,6	12,3	67,3	16,5	24,7	0,0	0,0	0,0	2,3	407,0
200405	8,3	8,2	64,5	38,9	86,8	38,9	0,0	32,1	0,0	0,0	0,0	71,9	349,6
200506	0,0	113,8	20,5	25,5	50,1	0,0	25,5	18,4	0,0	0,0	0,0	77,2	331,0
200607	89,3	0,0	25,3	0,0	88,6	31,8	0,0	59,0	6,5	0,0	0,0	16,5	317,0
200708	30,0	23,5	8,0	0,0	31,3	111,8	13,3	9,8					227,7
Μέση τιμή	46,3	76,9	83,7	77,1	65,7	67,0	31,7	22,3	8,7	4,6	10,0	17,4	510,2



Σχήμα 3.3.3 : Ιστογράμμα κατανομής μέσω μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης (mm) στο σταθμό Χαλκή Κορινθίας, για την περίοδο υδρολογικών ετών 1975 έως 2008

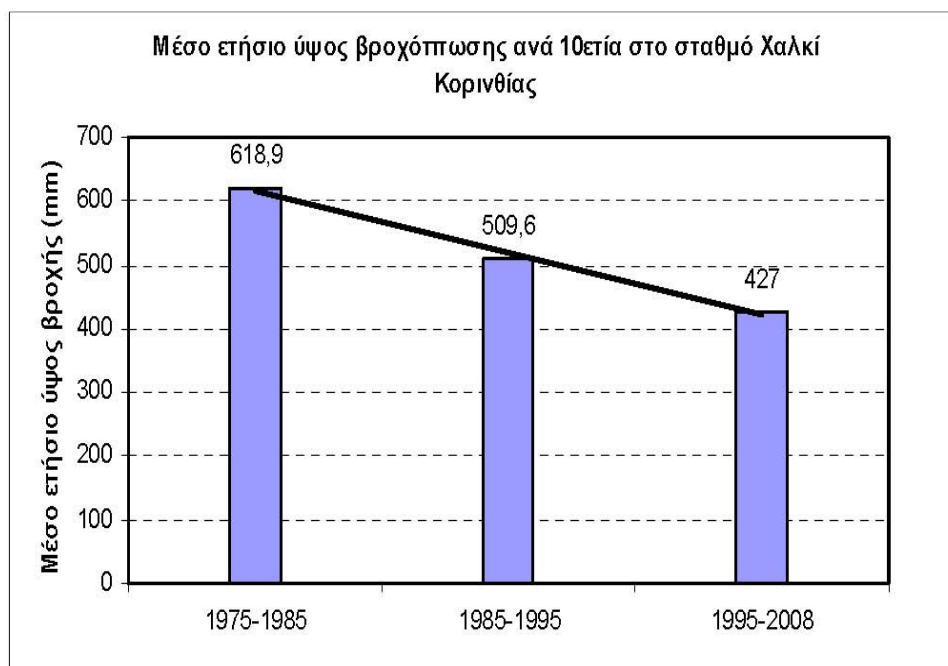


Σχήμα 2.3.4 : Ιστογράμμα διακύμανσης ετήσιων τιμών βροχόπτωσης περιόδου 1975-76 έως 2007-08 στο σταθμό Χαλκή Κορινθίας.

Από την επεξεργασία των δεδομένων του Πίνακα 2.3.1 και τη μελέτη των ανωτέρω ιστογραμμάτων προκύπτουν τα ακόλουθα :

- Για την περίοδο διαθέσιμων δεδομένων (υδρολογικά έτη 1975-76 έως 2007-08), το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης ανέρχεται σε 510mm. Το υψηλότερο ετησιο ύψος βροχί σημειώθηκε το υδραυλικό ετος 1981-82 (796,5 mm) ενώ το χαμηλότερο ετησιο υψος (1999-00).

Από την αρχή της διαθεσιμότητας χρονοσειρας μέχρι και το 1990 έχουμε την εμφάνιση ενός ξηρού υδρολογικού έτους κάθε πενταετία .Μετά το 1990 παρατηρείτε ισορροπία στις ετήσιες τιμές βροχόπτωσης ,λίγο πάνω-λίγο κάτω από τη μέση ετησία τιμή της διαθέσιμης χρονοσειρας μέχρι την εμφάνιση των ξηρών υδρολογικών μέτρων 1999-00 και 2000-01.Μεσολαμβάνουν δυο σχετικά υγρά υδρολογικά έτη και στη συνέχεια παρατηρείτε σημαντική πτωτική τάση των ετήσιων τιμών για πέντε υδρολογικά έτη μέχρι και το τέλος της διαθέσιμης χρονοσειρας.Η τάση αυτή αναμένεται να ανατραπεί κατά το τρέχον υδρολογικό έτος όχι όμως θεαματικά(σχήμα 2.3.5 Όσον αφορά τη μηνιαία κατανομή των βροχοπτώσεων διαπιστώνουμε ότι ο μηνάς με την υψηλότερη μέση μηνιαία τιμή είναι ο Δεκέμβριος (83,7mm) και ακολουθούν ο Ιανουάριο και ο Νοέμβριος με 77mm.Τους μήνες Φεβρουάριο και Μάρτιο σημειώνεται περί 65mm βροχής ,ενώ τον Οκτώβριο περί τα 46 mm.Τους θερινούς μήνες οι βροχοπτώσεις οι μέσες μηνιαίες τιμές είναι χαμηλότερες 10mm.Την περίοδο από Νοέμβριο έως και Ιανουάριο σημειώνονται συνολικά 238mm βροχής ,που αντιστοιχεί σε ποσοστό 47% του μέσου ετήσιου ύψους βροχής της περιόδου διαθέσιμων δεδομένων.



**Σχήμα 3.3.5 :** Μέσο ετήσιο ύψος βροχής στο σταθμό Χαλκί Κορινθίας ανά 10ετία.

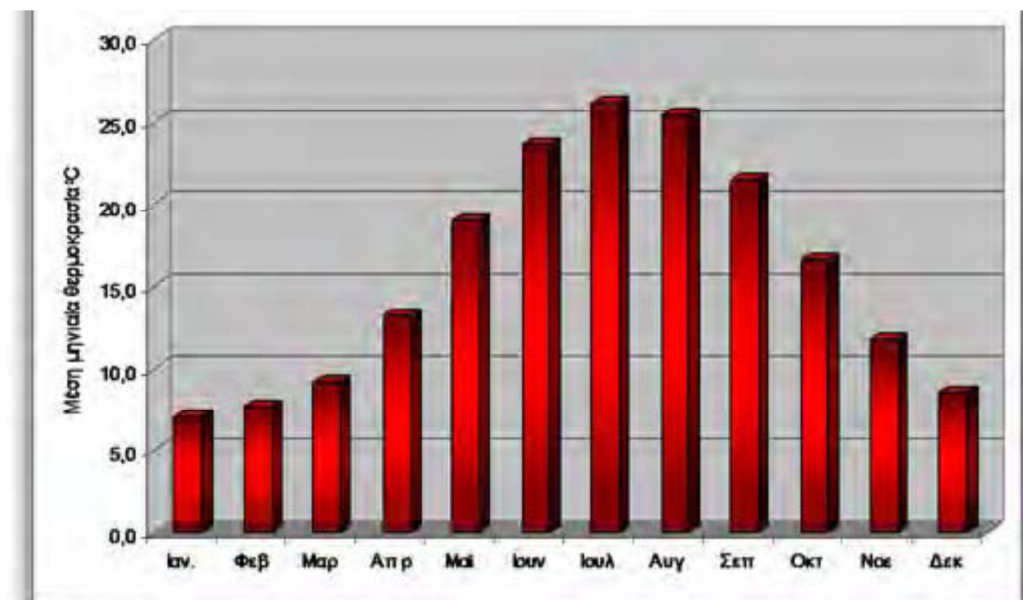


## Η θερμοκρασία

Η θερμοκρασία του αέρα θεωρείται ένα από τα κυριότερα κλιματολογικά στοιχεία, δεδομένου ότι αποτελεί έναν από τους βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή της εξατμισοδιαπνοής. Η ημερήσια μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα ακολουθεί, με κάποια καθυστέρηση, την αντίστοιχη μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας καταγράφονται τις πρώτες απογευματινές ώρες και οι ελάχιστες τις πρώτες πρωινές πριν την ανατολή του ήλιου. Η μέση ημερήσια θερμοκρασία ορίζεται από την παρακάτω σχέση:

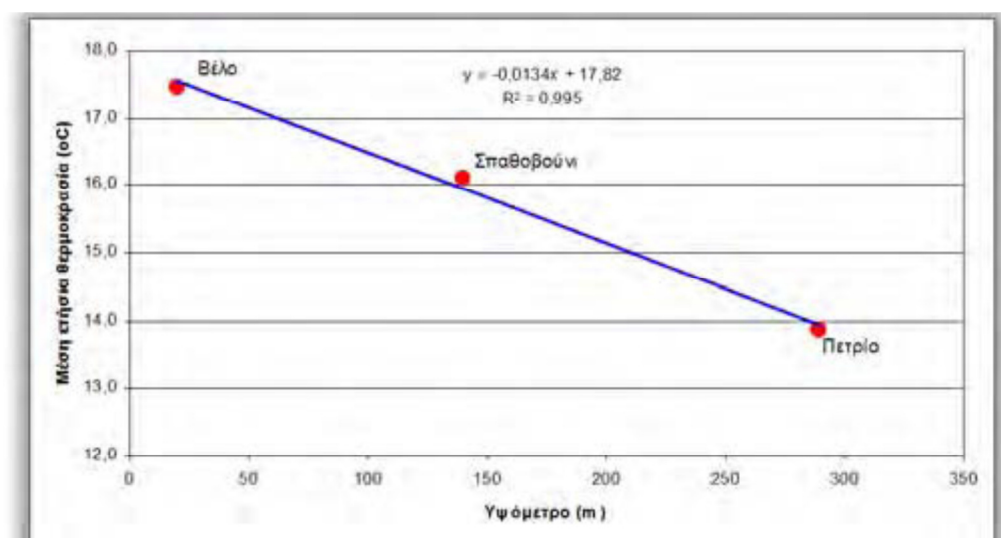
$$T_m = 1/4(T_0 + T_6 + T_{12} + T_{18}) \quad (6.7)$$

όπου  $T_8$ ,  $T_{14}$ ,  $T_{20}$  είναι οι αντίστοιχες τιμές της θερμοκρασίας τις ώρες που δείχνει ο δείκτης. Η μικρότερη ελάχιστη ημερήσια τιμή της θερμοκρασίας στο σταθμό του Βέλου παρατηρήθηκε το 1992 και ήταν  $-3.6$  °C, στις 24 Ιανουαρίου 2004 ενώ η αντίστοιχη μέγιστη ημερήσια ήταν  $42$  °C στις 23 Ιουλίου 2002. Η μέση μέγιστη και η μέση ελάχιστη ημερήσια τιμή της θερμοκρασίας στο σταθμό του Βέλου για την περίοδο 1992 – 2005 ήταν  $22,4$  °C και  $11,76$  °C αντίστοιχα. Από τον πίνακα με τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες φαίνεται ότι ο ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος ενώ υπάρχουν έτη κατά τα οποία ψυχρότερος μήνας είναι ο Φεβρουάριος. Ο θερμότερος μήνας για όλους τους σταθμούς είναι ο Ιούλιος και ακολουθεί ο Αύγουστος.



*Διάγραμμα κατανομής των μέσων μηνιαίων τιμών θερμοκρασίας για την περιοχή έρευνας*

Η μέση ετήσια θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα γενικά ελαττώνεται με το υψόμετρο. Ο ρυθμός της μεταβολής αυτής αποτελεί την «θερμοβαθμίδα». Για τον υπολογισμό της στον νομό Κορινθίας έγινε προσαρμογή στα δεδομένα της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας των σταθμών Βέλου, Σπαθοβουνίου και Πετρίου. Έτσι προκύπτει ότι η μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια την θάλασσας είναι 17,82 οC και η ελάττωση της είναι 1,34 οC ανά 100 m. Η παραπάνω εξίσωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας σε διάφορα υψόμετρα στην περιοχή μελέτης.



*Διάγραμμα συσχέτισης υψομέτρου και θερμοκρασίας για τους μετεωρολογικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας*

## 2.4 Γεωλογία Περιοχής

Η περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από ήπιο ανάγλυφο με επικράτηση της πεδινής ζώνης στο βόρειο τμήμα της. Προς νότο το ανάγλυφο γίνεται πιο απότομο και σχηματίζονται επάλληλες αναβαθμίδες σαν αποτέλεσμα των έντονων φάσεων του μετατurrήνιου ρηγματογόνου τεκτονισμού που έχει επηρεάσει την ευρύτερη περιοχή. Σύγχρονοι παράκτιοι σχηματισμοί : Αποτελούνται από χαλαρούς και ασύνδετους άμμους και κροκάλες ενώ κατά θέσεις τα υλικά αυτά είναι καλά συγκολλημένα σχηματίζοντας τοπικούς ψηφιοπαγείς αιγιαλούς. Εμφανίζονται σε όλη την παραλιακή έκταση από το Λέχαιο έως τις εκβολές του Ασωπού σε ζώνη πλάτους 5 – 10 m.

Σύγχρονες αλλουβιακές αποθέσεις : Πρόκειται για αποθέσεις χειμάρρων που αποτελούνται από πολύμικτα αδρομερή υλικά κυρίως άμμους, κροκάλες και λατύπες. Τα υλικά αυτά είναι συνήθως χαλαρά έως ελαφρά συνδεδεμένα και αναπτύσσονται

εντός και εκτός της κοίτης των κυριότερων χειμάρρων της περιοχής, σχηματίζοντας σε ορισμένες περιπτώσεις αναβαθμίδες μικρού πάχους.

Προσχωματικά υλικά πεδινών ζωνών : Υλικά αποσάθρωσης και εξαλλοίωσης παλαιότερων σχηματισμών που έχουν μεταφερθεί από μικρή απόσταση. Πρόκειται για χαλαρά έως ελαφρά συνδεδεμένα υλικά αποτελούμενα συνήθως από άμμους, αργίλους, πηλούς και κροκάλες σε μίγματα επί το πλείστον ποικίλων αναλογιών. Καλύπτουν σχεδόν όλο το πεδινό ανάπτυγμα της περιοχής από το Λέχαιο έως το Κιάτο σε ζώνη που εκτείνεται από την παραλία έως περίπου τον άξονα της εθνικής οδού Κορίνθου – Πατρών.

Κολουβιακοί σχηματισμοί : αποτελούνται από κοκκινοχώματα, αργιούχα υλικά, πηλούς και ψαμμούχους πηλούς που προέρχονται από την εξαλλοίωση των σχηματισμών του Τυρρήνιου και του Πλειόκαινου. Εμφανίζονται κατά μήκος της γραμμής που ορίζει η επιφανειακή ανάπτυξη των Τυρρήνιων αναβαθμίδων και των Πλειοκαινικών σχηματισμών καλύπτοντας τις επιφάνειες επιπεδώσεις που δημιουργούνται στη ζώνη νότια των αναβαθμίδων.

Παλαιοί και νέοι κώνοι κορημάτων και πλευρικά κορήματα : Συντίθενται από χαλαρές έως συνεκτικές και καλά συγκολλημένες αποθέσεις, αποτελούμενες κυρίως από άμμους, χάλικες, κροκάλες και λατύπες.

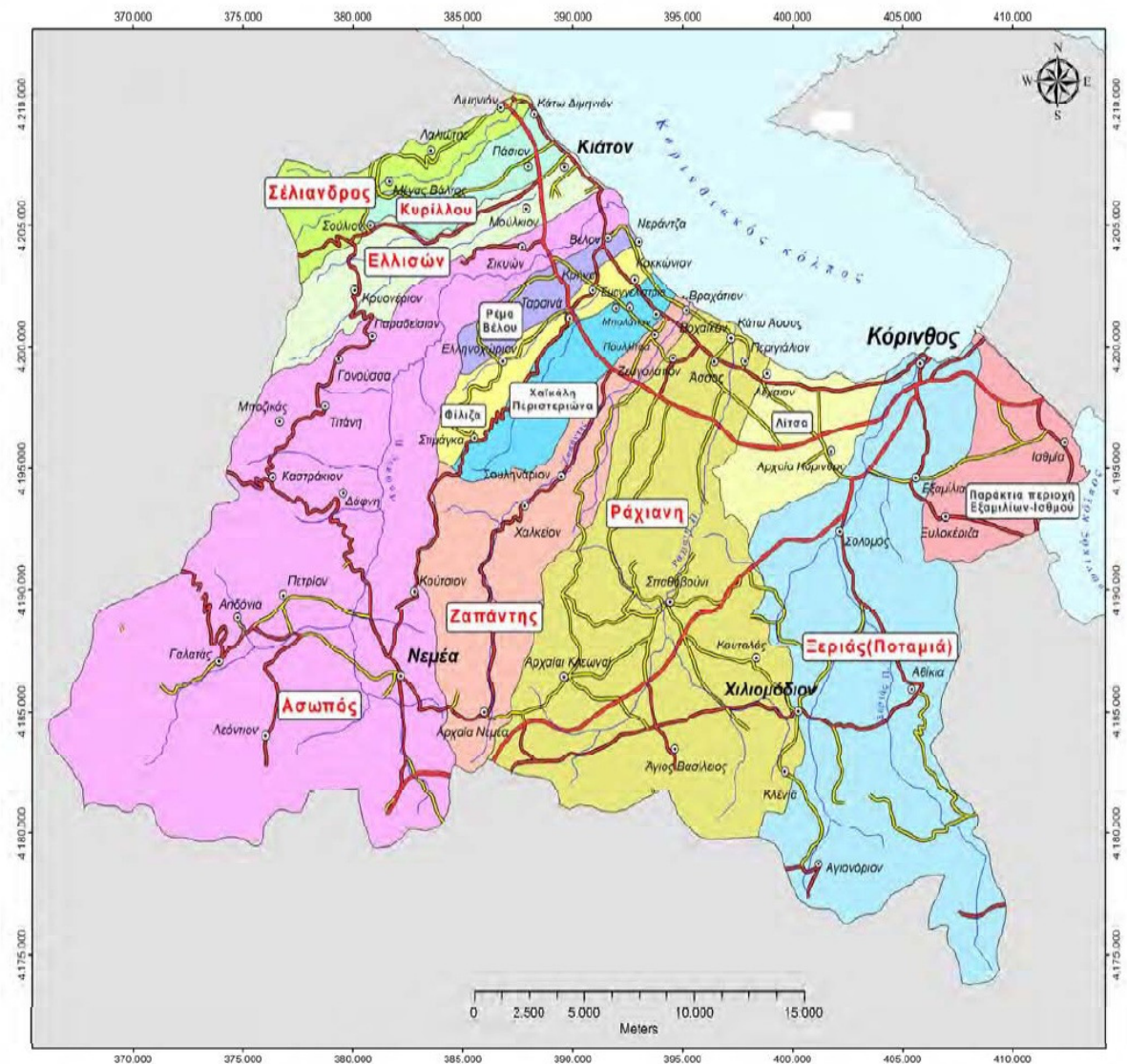
### **Πλειστόκαινο:**

Ερυθρά αργιλομιγής άμμος : Υλικό που υπέρκειται των Τυρρήνιων σχηματισμών και πιθανά πρόκειται για παλαιές παράκτιες αποθέσεις διότι περιέχει μικρά θαλάσσια απολιθώματα. Έχει πάχος 5 – 10 m και αναπτύσσεται νότια και ανατολικά της Κορίνθου και βόρεια του Λεχάιου όπου παρουσιάζεται επιφανειακά αποσαθρωμένο σχηματίζοντας ελεύθερη άμμο. Τυρρήνιες αναβαθμίδες : Συνεκτικές αποθέσεις, κυρίως θαλάσσιες και παράκτιες, αποτελούμενες από κροκαλοπαγή, κροκάλες, λατύπες, άμμους και ψηφίδες, με κατά τόπους ενδιαστρώσεις μάργων. Κατά περιοχές καλύπτονται από κολουβιακές αποθέσεις και από προσχώσεις σημαντικού πάχους στην παραλιακή πεδινή ζώνη. Το πάχος τους είναι 5 – 20 m, τα υλικά είναι τοποθετημένα σε οριζόντια στρώματα και εμφανίζονται επιφανειακά κατά μήκος ζωνών με διεύθυνση Α – Δ, αμέσως νότια της εθνικής οδού Κορίνθου – Πατρών.

## 2.5 Υδρογεωλογία Περιοχής

Η παραλιακή ζώνη Κορίνθου – Κιάτου διασχίζεται από μεγάλο αριθμό ποταμοχειμάρρων παροδικής ροής που εκβάλουν στον Κορινθιακό κόλπο. Αυτοί είναι οι : Ασωπός, Ράχιανη, Ζαπάντης, Ποταμιά και Ελισσώνας.

Ο ποταμός Ασωπός είναι ο μόνος με συνεχή παροχή και βασική πηγή αρδευτικού ύδατος και εμπλουτισμού του υπόγειου υδροφορέα της παράκτιας ζώνης. Κατά την θερινή όμως περίοδο δεν δύναται να καλύψει τις αρδευτικές ανάγκες λόγω μειωμένης παροχής. Ο Ασωπός έχει συνολικό μήκος 40 Km, πηγάζει από τα όρη Φαρμακά και Τραχύ του νομού Αργολίδος και εκβάλλει στην περιοχή μεταξύ Κιάτου και Βέλου. Η μέση παροχή του κατά την χειμερινή περίοδο είναι  $3.800 \text{ m}^3/\text{h}$  με μέγιστη τιμή  $6.500 \text{ m}^3/\text{h}$ , ενώ τη θερινή περίοδο η παροχή ανέρχεται σε  $650 \text{ m}^3/\text{h}$ .



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

### 3.1 Εύρεση και καταγραφή δειγματοληπτικών σημείων

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει σαν στόχο τη μελέτη, την καταγραφή και την διαχρονική εξέλιξη της υφιστάμενης κατάστασης των υπόγειων νερών της παραλιακής ζώνης Κορίνθου – Κιάτου. Για την αναζήτηση θέσεων δειγματοληψίας (πηγάδια – γεωτρήσεις), πραγματοποιήθηκαν επί τόπου αναγνωριστικές επισκέψεις με τη βοήθεια τοπογραφικών χαρτών απογραφής. Επίσης πραγματοποιήθηκαν επισκέψεις στους τοπικούς φορείς των δήμων και κοινοτήτων της παραλιακής ζώνης Κορίνθου – Κιάτου, από τους οποίους αντλήθηκαν σχετικές πληροφορίες για την εύρεση αντιπροσωπευτικών δειγμάτων. Στην συνέχεια εντοπίστηκαν πενήντα έξι (56) υδροληπτικά έργα (πηγάδια – γεωτρήσεις). Στην πλειοψηφία τους χρησιμοποιούνται για γεωργική χρήση, ενώ ένα ποσοστό των γεωτρήσεων ανήκουν στον εκάστοτε δήμο ή κοινότητα και χρησιμοποιούνται για την ύδρευση των οικισμών. Άξιο αναφοράς είναι το γεγονός ότι σε προϋπάρχοντα πηγάδια έχουν διανυχθεί γεωτρήσεις ή απλώς έχουν εγκατασταθεί μηχανισμοί άντλησης, μια και τα περισσότερα πηγάδια έχουν στερέψει, οπότε αναζητούν νερό σε μεγαλύτερα βάθη.

Χαρακτηριστική άποψη γεώτρησης δίπλα σε προϋπάρχον πηγάδι



Σε κάθε υδροληπτικό έργο (γεώτρηση – πηγάδι), η διαδικασία που ακολουθούσε περιελάμβανε τον προσδιορισμό των ακριβών συντεταγμένων (χ,ψ) κάθε υδροληπτικού έργου με τη χρήση συσκευής εντοπισμού θέσης (GPS).

Στην συνέχεια στα σημεία καταγραφής πραγματοποιήθηκε η μέτρηση στάθμης σε γεωτρήσεις η πηγάδια. Με την χρήση σταθμήμετρου ολοκληρωνοντας την διαδικασια έγινε η καταγραφή των σημείων και των επιμέρους στοιχείων καθώς και η κωδικοποίησή τους.



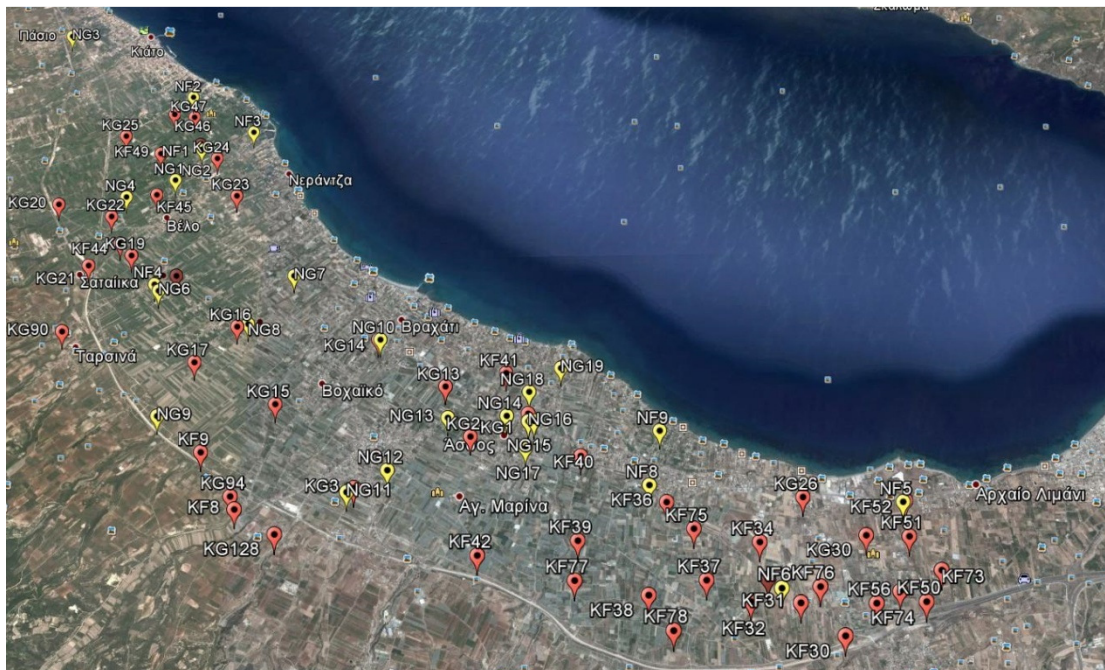
#### ΣΤΑΘΜΗΜΕΤΡΟ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕΖΟΥΡΑ

Είναι συσκευή που μετράμε την στάθμη του νερού της γεώτρησης και μας παρέχει ηχητικό σήμα και οπτική ένδειξη όταν βρει την επιφάνεια του νερού της γεώτρησης.

Η καταγραφή της κωδικοποίησης των σημείων δίδεται στο δελτίο απογραφής υδροσημείου (κωδικοποίηση του σημείου μελέτης, το είδος καλλιέργειας, ύψος Reper, σημείο μέτρησης reper, η υδροστατική στάθμη, η ημερομηνία απογραφής του σημείου, ο τύπος της εκμεταλλεύσιμης πηγής και τα στοιχεία των ιδιοκτητών όταν αυτό ήταν δυνατό)

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΥΔΡΟΣΗΜΕΙΟΥ			
ΚΩΔΙΚΟΣ			
ΙΔΙΟΚΤΗΤΗΣ			
ΤΗΛΕΦΩΝΟ			
ΘΕΣΗ			
ΕΙΔΟΣ ΥΔΡΟΛΗΨΙΑΣ			
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΕΓΣΑ'87	X=	Y=	Z=
Α.Π. Δ.Ε.Η. / ΕΝΔΕΙΞΗ ΜΕΤΡΗΤΗ			
ΒΑΘΟΣ			
ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΙΜΗ ΠΑΡΟΧΗ			
ΣΗΜΕΙΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ (REPER)			
ΥΨΟΣ REPER			
ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ			
ΣΤΑΘΜΗ ΑΝΤΛΗΣΗΣ			
ΒΑΘΟΣ ΑΝΤΛΗΣΗΣ			
ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΩΛΗΝΑΣ			
ΕΙΔΟΣ ΑΝΤΛΙΑΣ / ΠΙΠΟΔΥΝΑΜΗ			
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ			
ΕΙΔΟΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ			
ΥΔΡΟΦΟΡΟΣ ΟΡΙΖΟΝΤΑΣ			
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ			
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ / ΩΡΑ			
ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΑΠΟΓΡΑΦΕΑ			
ΑΛΛΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ			

Τέλος θα πρέπει να τονίσουμε η καταγραφή των δειγματοληπτικών σημείων έγινε με στόχο την αντιπροσωπευτική κάλυψη της περιοχής μελέτης με την μέγιστη δυνατότητα αναλογικής απόστασης των σημείων λήψης των δειγμάτων.



χάρτης απογραφής και δειγματοληψίας

### **3.2 Δειγματοληψία νερού**

Η δειγματοληψία των δειγμάτων υπόγειου νερού πρέπει να είναι αντιπροσωπευτική της περιοχής που μελετάται, καλύπτοντας όλους τους γεωλογικούς σχηματισμούς, που φιλοξενούν υδροφόρους ορίζοντες, ώστε να μπορεί να γίνει σύγκριση της ποιότητας.



Αντιπροσωπευτική δειγματοληψία πρέπει να γίνεται και κατά βάθος, ακόμα και αν ο υδροφόρος ορίζοντας είναι ενιαίος. Το νερό του δείγματος πρέπει να είναι φρέσκο, δηλ. μετά από άντληση της γεώτρησης για ικανοποιητικό χρόνο (τουλάχιστον μιας ώρας), ώστε να ανανεωθεί. Οι Appelo & Postma (1994) θεωρούν ότι πρέπει να αντληθεί το 4-πλάσιο του όγκου του νερού που είναι αποθηκευμένος στο σωλήνα της γεώτρησης. Η συλλογή του νερού έγινε σε φιάλες ½ λίτρου από πολυαιθυλένιο, αφού πρώτα ξεπλύθηκε καλά με το ίδιο νερό που θα αναλυθεί. Οι γυάλινες φιάλες πρέπει να αποφεύγονται, γιατί έχει παρατηρηθεί προσρόφηση και ανταλλαγή ιόντων. Τα δείγματα φυλάσσονται σε ψυγείο με θερμοκρασία 4 °C, μέχρι να μεταφερθούν στο εργαστήριο. Έτσι επιτυγχάνεται η αναστολή ανεπιθύμητων βιολογικών και χημικών αντιδράσεων. Τα αποτελέσματα της χημικής ανάλυσης είναι περισσότερο αξιόπιστα, όταν ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ δειγματοληψίας και ανάλυσης είναι μικρός.

### **3.3 Δειγματοληψία εδάφους**

Η αποτελεσματικότητα των εδαφολογικών αναλύσεων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη σωστή δειγματοληψία. Το δείγμα που θα σταλεί στο εργαστήριο για ανάλυση πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικό (δηλαδή να δείχνει την θρεπτική κατάσταση του εδάφους ολόκληρου του χωραφιού), και να προέρχεται από μέρη με ίδια λιπαντική ιστορία, καλλιεργητική τακτική, εδαφική κλίση. Για την σωστή δειγματοληψία εδάφους αποφύγαμε τη συλλογή δειγμάτων από μη τυπικά σημεία του χωραφιού όπως λιμνάζοντα κομμάτια, κοντά σε δρόμους, από χώρους εκφόρτωσης λιπασμάτων ή κοπριάς, κοντά σε συστήματα άρδευσης ή σε σημεία με κλίσεις ή επικλινείς μέρη. Για τη δειγματοληψία εδάφους χρησιμοποιήθηκε η χρήση δειγματολήπτη 30 – 60 cm βάθος, απομακρύνοντας τυχόν φυτικά υπολείμματα και πέτρες. Το τελικό δείγμα είναι περίπου 1 κιλού και τοποθετήθηκε σε καθαρή πλαστική σακούλα ή στην ειδική σακούλα το εργαστηρίου. Πριν την αποστολή στο εργαστήριο το δείγμα τοποθετήθηκε σε προστατευόμενο και σκιερό μέρος.



### **3.4 Εργαστηριακή ανάλυση των δειγμάτων νερού**

Στο εργαστήριο μεταφέρθηκαν τα δείγματα στο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Μεσολογίου παρατάχθηκαν σε σειρά και διενεργήθηκε διήθηση με χρήση μεμβρανών. Η διήθηση μεμβρανών χρησιμοποιεί ένα φυσικό εμπόδιο, μια πορώδη μεμβράνη ή ένα φίλτρο, για να χωρίσει τα σωματίδια σε ένα υγρό. Τα σωματίδια χωρίζονται βάσει του μεγέθους και του σχήματός τους με τη χρήση πίεσης και ειδικά σχεδιασμένων μεμβρανών με διαφορετικά μεγέθη πόρων. Υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι διήθησης μεμβρανών (αντίστροφη ώσμωση, νανοδιήθηση, υπερδιήθηση και μικροδιήθηση, κατά σειρά αυξανόμενου μεγέθους πόρων) , η εργαστηριακή ανάλυση των δειγμάτων του νερού έγινε με την χρήση διήθησης μεμβράνης. Η διήθηση έγινε μέσα σε ογκομετρικές φιάλες όπου και αναλύθηκε το διάλυμα.



Μέτρηση των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού:

- Θερμοκρασία
- pH
- Αγωγιμότητα

### **Θερμοκρασία**

Η θερμοκρασία μαζί με το διαλυμένο οξυγόνο αποτελούν τις βασικότερες παραμέτρους που επηρεάζουν τη ζωή των υδρόβιων οργανισμών. Όλοι οι υδρόβιοι οργανισμοί μπορούν να ζήσουν σε πολύ συγκεκριμένο εύρος θερμοκρασιών, το ξεπέραςμα του οποίου επιφέρει, αρχικά ‘στρες’ και στη συνέχεια το θάνατο. Γι’ αυτό η μέτρηση θερμοκρασίας πρέπει να συνοδεύει κάθε δειγματοληψία, με οποιοδήποτε καλό υδραργυρικό θερμόμετρο Κελσίου. Η μέτρηση της θερμοκρασίας είναι ακόμα απαραίτητη στη διαδικασία μέτρησης ορισμένων χαρακτηριστικών του νερού, όπως αλκαλικότητα, αλατότητα, βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, κλπ. Η θερμοκρασία των αποβλήτων που αποχετεύονται στη θάλασσα πρέπει να βρίσκεται σε ορισμένα όρια (25-40), σύμφωνα με τη νομοθεσία που ισχύει στη χώρα μας.

### **pH**

Ο όρος pH, εκφράζει την συγκέντρωση υδρογονιόντων, που περιέχει ένα δείγμα και ορίζεται ως η αρνητική λογαριθμική συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου, που περιέχει ένα διάλυμα ( $-\log[H^+]$ ) ή ως η αρνητική δύναμη, στην οποία πρέπει να υψωθεί ο αριθμός 10 για να ληφθεί η συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου, εκφρασμένη σε γραμμοϊόντα ή γραμμάρια ανά λίτρο διαλύματος. Το καθαρό νερό είναι ελάχιστα ιονισμένο και σε κατάσταση ισορροπίας η συγκέντρωση υδρογονιόντων και υδροξυλιόντων διέπεται από τη σχέση:

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14}, \text{ στους } 25^\circ \text{ C και } [H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$$

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

$[OH^-] =$  η συγκέντρωση υδροξυλιόντων, σε moles/L

Η κλίμακα μέτρησης του pH, είναι από 0 ως 14. Η ουδετερότητα αντιστοιχεί σε  $pH=7,0$ . Τιμές μικρότερες δείχνουν όξινο περιβάλλον (υπεροχή υδρογονιόντων) ενώ

τιμές μεγαλύτερες από αλκαλικό περιβάλλον (υπεροχή υδροξυλίωντων). Η μέτρηση του pH, είναι μια από τις σημαντικότερες και βασικότερες μετρήσεις κατά την εξέταση των υδάτων και αποβλήτων. Σε δεδομένη θερμοκρασία, το pH δείχνει πόσο όξινο ή αλκαλικό είναι ένα διάλυμα, ή τον βαθμό ιονισμού του διαλύματος. Με το pH δεν μετράται η οξύτητα ή η αλκαλικότητα του δείγματος, Όμως τιμές pH μεγαλύτερες από 7 δείχνουν μια τάση προς την αλκαλικότητα. Στα νερά φυσικής προέλευσης, το pH κυμαίνεται συνήθως από 6,5 ως 8,5 (χωρίς να αποκλείονται ακραίες τιμές). Σε αυτά τα όρια, πρέπει να βρίσκεται και το pH των λυμάτων και αποβλήτων πριν τη διάθεση τους σε ρέματα και υπονόμους.

### **Μέθοδος μέτρησης**

Το pH μετράται ηλεκτρομετρικά. Ο ηλεκτρομετρικός προσδιορισμός του pH γίνεται με τη χρήση ειδικών οργάνων, γνωστών ως πεχάμετρα. Τα όργανα αυτά είναι συσκευές ηλεκτρικών μετρήσεων με αισθητήριο αποτελούμενο από ηλεκτρόδιο υάλου συνδεδεμένο με ηλεκτρόδιο αναφοράς ή σύνθετο ηλεκτρόδιο. Προσδιορισμοί στο ύπαιθρο, μπορούν να γίνουν και χρωματομετρικά με τη χρησιμοποίηση δεικτών που αλλάζουν χρώμα σε διαφορετικά πεδία pH. Η σύγκριση του δημιουργούμενου χρώματος με πρότυπη χρωματική κλίμακα δίνει την τιμή του pH.

### **Ηλεκτρομετρικός προσδιορισμός**

Το pH ενός δείγματος νερού προσδιορίζεται ηλεκτρομετρικά με τη χρήση ειδικού οργάνου, γνωστού ως πεχάμετρο. Το όργανο αυτό αποτελείται από ποτενσιόμετρο, με αισθητήριο από ηλεκτροδίου υάλου και ηλεκτρόδιο αναφοράς ή σύνθετο ηλεκτρόδιο. Ο ηλεκτρομετρικός προσδιορισμός του pH μπορεί να εφαρμοστεί στα πόσιμα , επιφανειακά, καθώς και σε λύματα και σε βιομηχανικά απόβλητα.

### **Δειγματοληψία και συντήρηση δείγματος**

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

### **Παρεμποδιστικές ουσίες και περιορισμοί μεθόδου**

Το ηλεκτρόδιο υάλου δεν επηρεάζεται από το χρώμα, τη θολερότητα, τα κολλοειδή διαλύματα, τις αναγωγικές και οξειδωτικές ουσίες, που υπάρχουν στα διαλύματα και την αλατότητα. Η επικάλυψη του ηλεκτροδίου με ελαιώδεις ουσίες ή αιωρούμενα στερεά μπορεί να επηρεάσει την τιμή μέτρησης του pH. Αυτή η επικάλυψη μπορεί να απομακρυνθεί με ελαφρό στέγνωμα ή πλύσιμο με απορρυπαντικό και ξέβγαλμα του ηλεκτροδίου με αποσταγμένο νερό. Εφόσον απαιτείται, γίνεται πρόσθετη κατεργασία με έκπλυση του ηλεκτροδίου με διάλυμα HCl (1+9).

Η θερμοκρασία επηρεάζει την τιμή του pH, για αυτό πρέπει να αναφέρεται, πάντα, μαζί με την τιμή του pH και η θερμοκρασία του δείγματος τη στιγμή της μέτρησης. Επειδή η ακρίβεια του οργάνου επηρεάζεται από τη θερμοκρασία του δείγματος, τα πεχάμετρα σκόπιμο είναι να διαθέτουν αντισταθμική διάταξη θερμοκρασίας. Αλλιώς το όργανο θα πρέπει να ρυθμίζεται στη θερμοκρασία του δείγματος.

### **Εργαστηριακός εξοπλισμός**

Πεχάμετρο εργαστηριακού τύπου ή φορητό για επιτόπιες μετρήσεις πλήρες με ηλεκτρόδιο υάλου και ηλεκτρόδιο αναφοράς ή σύνθετο ηλεκτρόδιο. Το ηλεκτρόδιο αναφοράς είναι καλομέλανος ή Ag-AgCl ή άλλου τύπου, σταθερού δυναμικού. Τα σύνθετα ηλεκτρόδια περιλαμβάνουν, στο ίδιο στέλεχος, το ηλεκτρόδιο υάλου και το ηλεκτρόδιο αναφοράς, είναι εύκολα στη χρήση και απαιτούν ελάχιστη συντήρηση.

Αντιδραστήρια ρυθμιστικά διαλύματα. Στο εμπόριο, κυκλοφορούν έτοιμα ρυθμιστικά διαλύματα, σε διάφορα πεδία pH, για τη ρύθμιση του πεχαμέτρου πριν από κάθε μέτρηση pH.



## Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι η αριθμητική έκφραση των ηλεκτρικών φορτίων που φέρει ένα υδατικό διάλυμα. Η αγωγιμότητα ενός δείγματος νερού εξαρτάται, κυρίως, από την ολική συγκέντρωση των ιονιζόμενων ουσιών, που περιέχονται στο δείγμα και τη θερμοκρασία, στην οποία έγινε η μέτρηση. Τα περισσότερα ανόργανα οξέα, βάσεις και άλατα π.χ. (HCl, NaCO<sub>3</sub>, NaCl κλπ.) που διίστανται στο νερό έχουν μεγάλη αγωγιμότητα ενώ αντίθετα τα οργανικά μόρια έχουν πολύ μικρή αγωγιμότητα. Μονάδα μέτρησης είναι μmhos/cm ή mS/m (1mS/m=10μmhos/cm).

### 4. Διαδικασία μέτρησης

Πριν από κάθε μέτρηση, γίνεται βαθμονόμηση του πεχαμέτρου, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Η βαθμονόμηση γίνεται σε δύο τουλάχιστον τιμές, μεταξύ των οποίων βρίσκεται το pH του δείγματος οι οποίες απέχουν τρεις ή περισσότερες μονάδες pH μεταξύ τους. Στη συνέχεια τοποθετείται σε μαγνητικό αναδευτήρα ποτήρι ζέσεως, που περιέχει τόση ποσότητα από το δείγμα ή το ρυθμιστικό διάλυμα, ώστε να καλύπτονται τα ευαίσθητα μέρη του ηλεκτροδίου και να είναι δυνατή η κίνηση της μαγνητικής ράβδου. Αν πρόκειται να γίνουν επιτόπιες μετρήσεις, τα ηλεκτρόδια πρέπει να βυθίζονται απευθείας στο νερό σε κατάλληλο βάθος και να κινούνται στο νερό με τέτοιο τρόπο, ώστε να εξασφαλίζεται αρκετή κίνηση του υγρού ανάμεσα από τα ευαίσθητα στοιχεία του ηλεκτροδίου. Οι ικανοποιητικές συνθήκες ανάδευσης φαίνονται από τη σταθερότητα της ένδειξης του οργάνου. Αν η θερμοκρασία διαφέρει περισσότερο από 2<sup>0</sup> C από την θερμοκρασία των ρυθμιστικών διαλυμάτων, οι τιμές του pH που διαβάζονται στο όργανο πρέπει να διορθωθούν.

Τα περισσότερα σύγχρονα όργανα είναι εφοδιασμένα με αυτόματους εξισορροπητές της θερμοκρασίας. Πριν από κάθε μέτρηση τα ηλεκτρόδια ξεπλένονται με αποσταγμένο νερό και σκουπίζονται μαλακά απορροφητικό χαρτί. Στη συνέχεια, βυθίζονται σε ποτήρι ζέσεως που περιέχει το δείγμα και τίθεται σε λειτουργία ο μαγνητικός αναδευτήρας. Ο ρυθμός ανάδευσης πρέπει να μην επιτρέπει τη μεταφορά αέρα από την ατμόσφαιρα στο δείγμα (σπηλαιώση).

Σημειώνουμε και καταγράφουμε την τιμή του pH και της θερμοκρασίας του δείγματος. Επαναλαμβάνουμε τη μέτρηση διαδοχικά, με νέες ποσότητες δείγματος

ωστόσο η διαφορά των τιμών να είναι μικρότερη από 0,1 μονάδες pH. Στη συνέχεια το ηλεκτρόδιο ξεπλένεται με αποσταγμένο νερό, σκουπίζεται μαλακά με απορροφητικό πανί και το ηλεκτρόδιο βυθίζεται σε ποτήρι ζέσεως που περιέχει ρυθμιστικό διάλυμα 0,7 μονάδων ή σε αποσταγμένο νερό.

-Υπολογισμός: Τα πεχάμετρα μετρούν απευθείας σε μονάδες pH. Το pH εκφράζεται με προσέγγιση 0,1 μονάδες pH και η θερμοκρασία με προσέγγιση 1 °C.

Νερό πρόσφατα αποσταγμένο έχει αγωγιμότητα 0,5-2 μmhos/cm, ενώ μετά από μερικές βδομάδες παραμονής, λόγω απορρόφησης διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα, η αγωγιμότητα του φθάνει τα 2-4 μmhos/cm. Στα πόσιμα νερά η αγωγιμότητα, συνήθως κυμαίνεται από 500-1500 μmhos/cm ενώ σε ορισμένα βιομηχανικά απόβλητα η αγωγιμότητα φθάνει πάνω από 10,000 μmhos/cm.

Η μέτρηση της αγωγιμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο για την επίδραση των διαφόρων ιόντων στις χημικές ισορροπίες, τον ρυθμό διάβρωσης των μετάλλων, την ανάπτυξη φυτών και ζώων, κλπ. Επίσης, ως κριτήριο για την απόδοση των ιοντοανταλλακτικών ρητινών ή άλλων συσκευών αποσκλήρυνσης του νερού. Ακόμη η μέτρηση της αγωγιμότητας μπορεί να γίνει μια γρήγορη εκτίμηση των ημερήσιων διακυμάνσεων των διαλυμένων μεταλλοϊόντων στα απόβλητα των βιομηχανιών. Με ανάλογο τρόπο μπορεί να συσχετιστεί η απαιτούμενη ποσότητα χημικών ουσιών που απαιτείται για την εξουδετέρωση, την κροκίδωση ορισμένων αποβλήτων ή για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης των ολικών διαλυμένων στερεών σε ένα δείγμα. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα των συνηθέστερα απαντωμένων ιόντων στο νερό είναι [πίνακας 4.1].

ION	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΣΕ μS/cm
ΧΛΩΡΙΟ (Cl <sup>-</sup> )	2,14
ΝΙΤΡΙΚΑ (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	1,15
ΔΙΣΣΑΝΘΡΑΚΙΚΑ (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0,715
ΑΝΘΡΑΚΙΚΑ (CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	2,82
ΘΕΙΙΚΑ (SO <sub>24</sub> <sup>-</sup> )	1,54
ΝΑΤΡΙΟ (Na <sup>+</sup> )	2,13
ΚΑΛΙΟ (K <sup>+</sup> )	1,84
ΑΣΒΕΣΤΙΟ (Ca <sup>++</sup> )	2,6
ΜΑΓΝΗΣΙΟ (Mg <sup>++</sup> )	3,82

Μετράται η ειδική αντίσταση ή η ειδική αγωγιμότητα ενός κύβου νερού, ίσου με  $1\text{cm}^3$ , που βρίσκετε μεταξύ δύο παράλληλων ηλεκτροδίων πλατίνας ή (καλυμμένων με μαύρο πλατίνας). Ο βαθμός αντίστασης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά αγώγιμων συστατικών του εξεταζόμενου δείγματος. Η μέτρηση της αγωγιμότητας γίνεται με ειδικά όργανα γνωστά ως αγωγιμόμετρα. Τα όργανα αυτά μετρούν την αντίσταση του διαλύματος ή την τάση του εναλλασσόμενου ρεύματος. Τα αγωγιμόμετρα, συνήθως αποτελούνται από μια πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος γέφυρα Wheatstone και κύτταρο αγωγιμότητας και δίνουν κατευθείαν τιμή της αγωγιμότητας.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα σε αντίθεση με την αγωγιμότητα των μετάλλων αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας, με ρυθμό περίπου  $1,9\%/^{\circ}\text{C}$ . Σημαντικές διαφορές στις μετρήσεις προέρχονται συνήθως, από τη διαφορετική θερμοκρασία μέτρησης, για αυτό, η μέτρηση της αγωγιμότητας πρέπει πάντα να πραγματοποιείται σε σταθερή θερμοκρασία συνήθως ( $25,0^{\circ}\text{C}$ ) η οποία και να αναγράφεται δίπλα στο αποτέλεσμα της μέτρησης. Σε ποτηράκια ζέσεως των  $100\text{ ml}$  λαμβάνονταν ικανοποιητική ποσότητα δείγματος ώστε να καλύπτει τον αισθητήρα του ηλεκτροδίου και αναδεύονταν συνεχώς με τη βοήθεια μίας διάταξης. Στη συνέχεια σημειώνεται η ένδειξη του οργάνου.

#### **-Αντιδραστήρια**

-Απιονισμένο νερό.

Χρησιμοποιείται απιονισμένο νερό που λαμβάνεται από ιοντοανταλλακτική στήλη κατιόντων και ανιόντων. Η ειδική αγωγιμότητα του νερού αυτού πρέπει να είναι μικρότερη από  $1\ \mu\text{mhos/cm}$ , στους  $20^{\circ}\text{C}$ . Το απιονισμένο νερό πρέπει να χρησιμοποιείται αμέσως μόλις διέλθει στη στήλη. -Πρότυπα διαλύματα χλωριούχου καλίου.

Παρασκευάζονται τρία πρότυπα διαλύματα χλωριούχου καλίου με συγκεντρώσεις  $0,1\text{mol/L}$ ,  $0,01\text{mol/L}$  και  $0,001\text{ mol/L}$  σε χλωριούχο κάλιο. Το διάλυμα παρασκευάζεται από αναλυτικώς καθαρό χλωριούχο κάλιο, σε μορφή σκόνης ή μικρών κρυστάλλων, που έχει ξηρανθεί, πριν τη ζύγιση, στους  $105 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

#### **-Εργαστηριακός εξοπλισμός**

-Αγωγιμόμετρο.

Στο εμπόριο κυκλοφορούν πολλοί τύποι αγωγιμόμετρων.τα περισσότερα είναι



εφοδιασμένα με διάταξη αυτόματης αντιστάθμισης της θερμοκρασίας, η οποία επιτρέπει την άμεση ανάγνωση, με πολύ καλή προσέγγιση, της ειδικής αντίστασης στη θερμοκρασία αναφοράς. Η περιοχή της θερμοκρασίας για τη οποία η αντιστάθμιση γίνεται αυτόματα.

#### **-Στοιχείο μέτρησης**

Το στοιχείο μέτρησης της αγωγιμότητας αποτελείται από δυο ηλεκτρόδια καλυμμένα με πλατίνα, που απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση και βρίσκονται μέσα σε γυάλινη θήκη. Το στοιχείο μέτρησης ξεπλένεται, πολλές φορές με απιονισμένο νερό και μετά τουλάχιστον δύο φορές με το δείγμα που πρόκειται να εξεταστεί. Αν το όργανο δεν διαθέτει διάταξη αυτόματης αντιστάθμισης της θερμοκρασίας, η θερμοκρασία του δείγματος ρυθμίζεται στους  $20^{\circ}\text{C} \pm 0,10^{\circ}\text{C}$  και βυθίζεται το στοιχείο του οργάνου στο δείγμα. Στη συνέχεια, γίνονται μετρήσεις, κάθε φορά με νέο δείγμα, ώσπου οι τιμές να μην διαφέρουν περισσότερο από 0,2%.

#### Αποτελέσματα νιτρικών NO<sub>3</sub>

NO<sub>3</sub>Νιτρικές αναλύσειςNO<sub>3</sub> πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του ICS-1100 ολοκληρωμένο σύστημα ιόντων χρωματογραφίας (Dionex)

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από χρωματομετρικές δοκιμές δεν είναι το ίδιο ακριβή με εκείνα που προκύπτουν από φωτομετρικές ή φασματοφωτο-μετρικές δοκιμές. Οι χρωματομετρικές μέθοδοι είναι δημοφιλείς εξαιτίας της απλής εφαρμογής και του χαμηλού τους κόστους. Ωστόσο, η μέθοδος αυτή δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται μεμονωμένα σε περιπτώσεις που απαιτείται πολύ καλή ακρίβεια.

Στις χρωματομετρικές μεθόδους, το χρώμα που δημιουργείται στο διάλυμα είναι ανάλογο της συγκέντρωσης του στοιχείου που μετράται. Η συγκέντρωση αυτή καθορίζεται σε σύγκριση με πρότυπα διαλύματα.

Οι κοινές μέθοδοι ανάλυσης νερού συνήθως χρησιμοποιούν πολύπλοκα ηλεκτρονικά συστήματα, τα οποία δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο πεδίο.

Μερικές από αυτές είναι οι ακόλουθες:

- Ιοντική χρωματογραφία, η οποία χρησιμοποιείται για τη μέτρηση ιόντων που βρίσκονται σε ίχνη σε νερά, ατμούς ή συμπυκνώματα.
- Φασματομετρία ατομικής απορρόφησης (AA), φασματομετρία εκπομπής πλάσματος (ICP), φασματομετρία φθορισμού ακτίνων X (XRF) και άλλες εργαστηριακές τεχνικές, οι οποίες χρησιμοποιούνται συχνά για τη μέτρηση στοιχείων που βρίσκονται σε ίχνη. Μερικά όργανα παρέχουν ταυτόχρονα αποτελέσματα για πάνω από 40 στοιχεία σε κλίμακα ppb.
- Αέρια χρωματογραφία (GC) ή αέρια χρωματογραφία/ χρωματογραφία μάζας (GC/MS), οι οποίες διαχωρίζουν ποσοτικά και ανιχνεύουν διάφορα πτητικά συστατικά (π.χ. ουδέτερες αμίνες) σε συμπυκνώματα.
- Υγρή χρωματογραφία υψηλής πίεσης (HPLC), η οποία επιτρέπει το διαχωρισμό και την ανίχνευση ιχνών από οργανικά συστατικά σε αντιμικροβιακές εφαρμογές.
- Μετρήσεις συνολικού οργανικού άνθρακα (TOC), οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της ποσότητας των οργανικών συστατικών που περιέχονται στο νερό μετά από διάφορες μεθόδους επεξεργασίας ή εκχυλίσαις.
- Φασματομετρία πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού (NMR), η οποία είναι ένα αναλυτικό εργαλείο για τον προσδιορισμό της δομής των οργανικών πολυμερών και άλλων οργανικών χημικών ενώσεων που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των νερών.
- Υπέρυθρη φασματοσκοπία (FTIR), η οποία επιτρέπει τον ποιοτικό και ποσοτικό προσδιορισμό οργανικών ενώσεων και τον προσδιορισμό της χημικής δομής ανόργανων ενώσεων.

## Εργαστηριακός εξοπλισμός

- Μετρητής θερμοκρασίας, pH, αγωγιμότητας  
Αγωγιμόμετρο - Πεχάμετρο



- Ρυθμιστικά Διαλύματα

Για να επιτύχουμε ορθότητα στις μετρήσεις μας, δηλαδή για να εξαλείψουμε τυχόν συστηματικά σφάλματα, ακολουθούμε την διαδικασία της διακρίβωσης(Calibration). Ρυθμίζουμε δηλαδή το PHμετρο αρχικά με ρυθμιστικό διάλυμα σταθερού PH = 7, κάνοντας τους κατάλληλους χειρισμούς. Ακολουθως, εάν πρόκειται να μετρήσουμε σε όξινη περιοχή, κάνουμε δεύτερη ρύθμιση με την βοήθεια όξινου ρυθμιστικού διαλύματος ορισμένου PH (π.χ. PH=4). Εάν πρόκειται να μετρήσουμε σε βασική περιοχή, κάνουμε την δεύτερη ρύθμιση με την βοήθεια βασικού ρυθμιστικού διαλύματος ορισμένου PH (π.χ. PH=11). . Η ρύθμιση πρέπει να γίνεται τακτικά τουλαχιστον να γίνεται 2 φορές την εβδομάδα , το ορθοτερο είναι καθημερινα πριν την στην έναρξη της εργασίας μας ο χρόνος ρύθμισης του είναι το πολύ ένα λεπτό.



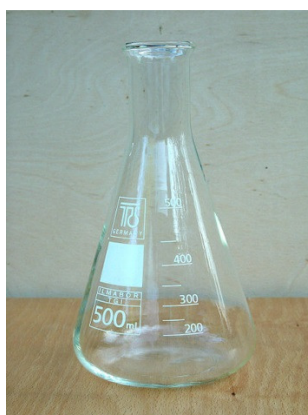
- Ποτήρι ζέσεως

Το ποτήρι ζέσεως είναι ένα απλό δοχείο που χρησιμοποιείται σε χημικά εργαστήρια για την ανάδευση, ανάμιξη και θέρμανση, υγρών συνήθως, χημικών ουσιών.



- Κωνική φιάλη

Η κωνική φιάλη (ή φιάλη Erlenmeyer) είναι μέρος του εργαστηριακού εξοπλισμού ενός εργαστηρίου χημείας. Είναι γυάλινο κωνικό αντικείμενο με λαιμό που προεξέχει στην κορυφή της για να επιτρέπει το κράτημα της φιάλης από αυτόν. Το σχήμα της επιτρέπει την εύκολη ανάδευση του διαλύματος που περιέχει, κάτι που γίνεται κρατώντας την φιάλη από τον λαιμό και περιστρέφοντας ελαφρά.



- Ογκομετρική φιάλη

Η ογκομετρική φιάλη είναι μέρος του εργαστηριακού εξοπλισμού ενός εργαστηρίου χημείας. Είναι γυάλινη με σφαιρική βάση και ψηλό, λεπτό λαιμό. Συχνά περιλαμβάνει και ένα πώμα από φελλό ή πλαστικό. Η ογκομετρική φιάλη χρησιμοποιείται για την παρασκευή διαλυμάτων των οποίων ο συνολικός όγκος πρέπει να είναι συγκεκριμένος. Η στάθμη στην οποία η φιάλη έχει τον αναφερόμενο όγκο σημειώνεται με έναν δακτύλιο που βρίσκεται στον λαιμό της. Επειδή η ελεύθερη επιφάνεια του υγρού καμπυλώνεται και σχηματίζει μηνίσκο (παρατηρώντας το από το πλάι) για την σωστή μέτρηση του όγκου πρέπει ο δακτύλιος να βρίσκεται στο κάτω μέρος του μηνίσκου.



- Μαγνητικός αναδευτήρας

Α μαγνητικός αναδευτήρας αποτελείται από έναν μικρό φραγμό μαγνήτης, όποιος είναι κανονικά τυλιγμένος με πλαστικό όπως PTFE και μια στάση ή ένα πιάτο που περιέχει μηχανισμό περιστρεφόμενου μαγνήτη.



- Χωνί



- Σιφόνιο

Το σιφόνιο ή πιπέττα είναι εργαστηριακό εργαλείο που χρησιμοποιείται για την ακριβή μέτρηση και μεταφορά όγκου υγρού.



- Υδροβολέας



- Αυτόματος Απιονιστής



### ***3.5 Εργαστηριακή ανάλυση των δειγμάτων εδάφους***

Κονιορτοποιώ το δείγμα του εδάφους χρησιμοποιώντας ένα πορσελάνινο γουδί. Στη συνέχεια περνάω το δείγμα από κόσκινο 2 mm. Ζυγίζω 20 gr κοσκινισμένου εδάφους και τα τοποθετώ σε ένα ποτήρι ζέσεως. Προσθέτω 40 ml απιονισμένου νερού. Για την επόμενη μισή ώρα αναδεύω το διάλυμα κάθε 5 λεπτά. Στο τέλος μετρώ το ΡΗ και την Αγωγιμότητα του διαλύματος χρησιμοποιώντας τα αντίστοιχα όργανα. Τόσο το πεχαμετρο όσο και το αγωγιμόμετρο θα πρέπει να βαθμονομηθούν πριν την χρήση τους.

## Εργαστηριακός εξοπλισμός

- Πορσελάνινο γουδί



- Ποτήρι ζέσεως



- Αγωγιμόμετρο- Πεχαμετρο





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

id	Code	Code 2	xcoord	ycoord	z	Reper (m)	W.L. (m)	Eidos	Crop	Hυσρονιό/pH_soil	pH_soil	EC_soil	pH_water	E.C. water (µS/cm)	Hardness (mg/l CaCO3)	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	HCO3 <sup>-</sup> (mg/l)	F <sup>-</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	SO4 <sup>2-</sup> (mg/l)	NO3 <sup>-</sup> (mg/l)	NO2 <sup>-</sup> (mg/l)	SAR	N/Na	
																												28-Nov
2	KF32		55	399755	4196449		0.3	17 Well	Εσπεριδοειδή	28-Nov	8,82	129	7,3	1711	551,5	33,93	112,00	80,43	8,04	353,76	0,00	145,16	147,83	97,67	x	1,50	25,40	
3	KF37		12	399117	4197272					28-Nov	8,79	594	7,22	2055	658,6	58,44	123,00	134,43	2,79	379,07	0,90	133,90	370,44	72,71	x	2,29	31,27	
4	KF39	42	24	397427	4197992					28-Nov	8,87	156,8	7,05	1221	551,5	194,43	15,70	38,47	1,33	527,97	0,12	30,61	123,24	35,29	x	0,71	13,42	
5	KF40		22	397540	4199165		0,8	10,8 Well	Ελιές	1-Δεκ	8,89	192			858,5	85,06	155,00	78,25	3,95	885,32	0,07	90,51	155,32	3,74	x	1,17	17,12	
6	KF41		13	398507	4200885					28-Nov	8,96	498	7,46	2370	451,6	68,82	67,20	485,00	18,59	790,84	0,38	439,41	199,08	3,25	x	9,56	69,83	
7	KF44	64	40	390450	4203149		0,8	18,1 Well	Εσπεριδοειδή	25-Nov	8,89	151	7,46	1045	489,0	171,78	14,30	20,05	3,37	447,27	0,13	19,95	110,89	28,97	x	0,39	8,94	
8	KF45	99	5	390901	4204095					28-Nov	8,82	420	7,39	1024	451,6	158,98	13,00	39,41	5,91	498,73	0,29	23,77	87,38	1,51	x	0,75	16,14	
9	KF48	98	37	391477	4205187					28-Nov	8,82	420	7,39	1024	451,6	158,98	13,00	39,41	5,91	498,73	0,29	23,77	87,38	1,51	x	0,75	16,14	
10	KF51	24	52	401933	4197795			7,2 Well	Ελιές - Αμπύλι	28-Nov			7,38	1873	814,0	122,09	74,10	102,91	2,28	391,21	0,00	161,87	218,87	70,24	x	1,81	27,12	
11	KF73	1	3	402445	4197242		0,2	12,1 Well	Εσπεριδοειδή	28-Nov	8,82	214	7,25	1700	564,0	137,93	52,80	88,97	6,77	391,43	0,15	195,19	121,84	41,18	x	1,60	26,08	
12	KF74	14	17	401674	4197023					28-Nov	8,94	187,5	7,4	1742	560,4	144,84	47,60	102,91	11,63	404,16	0,00	218,98	133,84	17,83	x	1,90	29,97	
13	KF75	11	46	399025	4198011					28-Nov	8,88	193,7	7,26	2009	628,2	151,30	60,00	143,91	3,05	281,47	0,78	174,74	383,67	77,87	x	2,50	33,66	
14	KF77		23	397541	4197274			19,3 Pomona	Εσπεριδοειδή	28-Nov	8,35	474	6,99	1689	635,4	198,99	33,10	71,20	3,88	338,59	0,04	125,93	204,06	153,11	x	1,23	20,15	
15	KF78	75	1	398809	4198800					28-Nov	8,82	127,1	7,56	1617	521,2	128,96	48,90	97,24	5,38	378,94	0,00	120,48	216,15	37,35	x	1,86	29,85	
16	KF9	37	56	392164	4199394					28-Nov	8,37	285	7,2	1203	549,7	183,72	21,70	34,09	2,85	490,51	0,15	29,82	132,07	51,51	x	0,83	12,42	
17	KG13	ΣΤΥΓΑ	44	395812	4200385					28-Nov	8,75	164	7,3	1448	540,8	180,85	33,40	59,29	2,79	470,56	0,00	56,90	173,37	26,92	x	1,11	19,74	
18	KG15		26	393155	4200120			28,88 Pomona	Εσπεριδοειδή	28-Nov	8,47	211	7,04	1158	492,6	166,04	18,60	41,68	2,53	510,79	0,11	24,08	108,03	23,75	x	0,82	16,03	
19	KG16		27	392482	4201510					28-Nov	8,74	201	7,31	1235	514,0	111,11	58,70	59,29	3,50	430,01	0,00	80,30	135,09	43,10	x	1,14	20,73	
20	KG18	94	64	391370	4202867		0,1	20,1 Pomona	Ροδιανιές	25-Nov	8,71	175,9	7,15	1028	431,9	159,84	7,78	29,57	5,91	472,23	0,09	20,09	65,58	20,88	x	0,82	14,28	
21	KG19	85	18	390880	4202887		0,1	19,1 Pomona	Εσπεριδοειδή	25-Nov	8,86	146,9	7,48	1022	351,6	125,54	9,08	31,48	4,01	343,49	0,10	22,38	104,89	0,82	x	0,73	17,32	
22	KG2		2	395974	4199830					28-Nov	8,75	201	7,54	1481	555,1	222,03	0,00	37,43	2,34	397,88	0,00	36,77	208,39	54,85	x	0,89	13,19	
23	KG23	72	48	392209	4204038		0,1	6,84 Pomona	Αμπέλι	25-Nov	8,81	147,3	7,16	1363	440,8	138,34	22,80	68,47	4,21	387,49	0,00	84,83	174,28	1,02	x	1,42	25,99	
24	KG24		41	391790	4204954					25-Nov	8,73	133,3	7,04	1058	494,4	124,78	43,80	28,84	4,47	470,55	0,07	33,45	105,56	17,24	x	0,86	12,15	
25	KG25		11	390252	4205950			7,2 Pomona	Εσπεριδοειδή	25-Nov	8,7	104	7,25	1169	480,1	112,88	47,50	58,85	12,22	552,80	0,17	35,89	102,20	8,33	2,62	1,17	23,09	
26	KG28	47	57	400591	4198424					28-Nov	8,9	301	7,36	5390	756,8	39,37	158,00	615,12	39,75	373,06	0,80	1144,09	123,56	109,43	x	9,79	65,05	
27	KG3	43	51	406272	4195997					28-Nov	8,59	218,5	7,29	1325	524,7	171,89	22,80	46,77	3,24	384,21	0,14	51,96	154,39	96,53	x	0,89	16,82	
28	KG30	69	10	401387	4197828					28-Nov	8,64	131			425	487,3	166,40	17,10	35,39	5,06	373,56	0,00	52,78	124,71	70,58	x	0,70	14,85
29	KG47	47	391319	4205744				10,83 Pomona	Εσπεριδοειδή	25-Nov	8,81	269	7,17	902	390,9	143,27	7,85	25,94	3,50	370,57	0,06	24,83	98,82	9,80	x	0,57	13,49	
30	NF1		15	398877	4204967		0,22	9,54 Well	Εσπεριδοειδή	25-Nov	8,72	192	7,03	1238	542,6	179,53	22,50	27,73	3,95	397,72	0,00	33,80	187,92	43,42	x	0,82	10,78	
31	NF3	73	35	392341	4205412		0,1	0,72 Well	Ροδιανιές	25-Nov	8,11	210	7,65	1389	660,4	188,00	21,70	45,88	3,69	645,28	0,00	48,85	51,50	10,81	x	0,84	15,74	
32	NF4	33	2	391110	4202318			23,3 Well	Εσπεριδοειδή	27-Nov	8,84	182	7,15	714	298,1	119,22	0,00	10,93	19,99	368,85	0,37	8,22	23,71	8,31	x	0,28	14,21	
33	NF5	41	36	401988	4198298		0,3	3,4 Pomona	Μηλιουμπύλι	28-Nov	8,47	139	7,31	3090	681,8	99,38	104,00	514,12	2,16	669,83	0,93	555,55	375,23	85,38	x	8,81	62,41	
34	NF6		31	400108	4197125		0,05	5,87 Well	Εσπεριδοειδή	28-Nov	8,79	117	7,5	1138	505,1	49,04	91,80	33,20	8,25	448,14	0,00	52,52	99,88	40,89	x	0,85	14,23	
35	NF8		20	398471	4198881			5,4 Well	Εσπεριδοειδή	1-Δεκ	8,55	380	7,15	2350	708,6	110,09	104,00	311,21	10,22	547,26	0,47	267,97	442,49	125,28	x	5,11	49,58	
36	NF9	74	25	398892	4198629		0,75	1,8 Well	Οικονομίες	1-Δεκ	8,8	205	8,04	1513	216,0	84,55	13,10	312,24	12,92	619,23	0,00	77,90	213,10	83,79	x	9,28	78,38	
37	NG10		4	394828	4201209		0,1	12,49 Pomona	Οικονομίες	28-Nov	8,7	324	7,32	1231	508,7	178,80	18,00	46,09	3,24	478,01	0,10	46,81	148,84	0,75	x	0,89	17,05	
38	NG12	23	66	394804	4199039		0,1	23,8 Pomona	Αμπέλι	28-Nov	8,9	205	7,03	1344	547,9	183,01	21,70	54,31	6,18	513,05	0,00	44,40	170,96	10,31	x	1,01	16,74	
39	NG13	97A	62	395848	4198846		0,2	11,8 Pomona	Αμπέλι	28-Nov	8,8	131		1678	614,0	158,42	52,30	75,39	2,98	689,02	0,00	88,83	40,83	51,99	x	1,33	21,55	
40	NG14	78	21	398500	4198848		0,2	32 Pomona	Οικονομίες	1-Δεκ	8,87	233	7,72	1117	349,8	123,81	9,67	77,53	6,91	242,08	0,13	49,73	208,95	50,99	x	1,80	33,89	
41	NG16	89	32	398809	4199747		0,35	7,5 Υρονιό/Αμπέλι		1-Δεκ			7,04	1745	840,7	184,98	42,80	69,83	4,01	401,13	0,00	80,85	258,83	101,99	x	1,20	19,75	
42	NG17		16	398756	4199317		0,35	10,8 Pomona	Εσπεριδοειδή	1-Δεκ	8,88	157,2	7,36	1537	660,4	108,34	69,50	68,47	5,19	371,28	0,00	79,23	218,03	84,42	x	1,28	21,88	
43	NG18	45	45	398837	4200233		0,3	6,83 Pomona	Οικονομίες	1-Δεκ	8,81	202,7	7,76	1185	389,1	136,83	11,40	78,25	8,58	2								

#### 4.1 Ποιότητα υπόγειων νερών

Για την καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων, πραγματοποιήθηκε στατιστική επεξεργασία αυτών, ανά υδροφόρο δειγματοληψίας.

Παράμετρος	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή (μ)
pH	6,99	8,04	7,344
E.C. (μS/cm)	936	5390	1571,45
hardness	163,3	858,5	513,1
Ca <sup>+2</sup>	33,93	222,03	134,54
Mg <sup>+2</sup>	0,00	158	42,43
Na <sup>+</sup>	10,93	615,12	98,83
K <sup>+</sup>	1,33	39,75	6,40
HCO <sub>3</sub>	200,58	885,32	445,89
Cl	8,22	1144,09	115,22
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	23,71	442,49	161,11
NO <sub>3</sub>	0,11	153,11	44,56

Οι στατιστικές παράμετροι που αξιοποιήθηκαν είναι: η ελάχιστη τιμή (min), η μέγιστη τιμή (max), η μέση τιμή (aver.).

Στον Πίνακα που ακολουθεί, δίνονται τα στατιστικά δεδομένα των χημικών παραμέτρων όπως αυτά προέκυψαν από τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων των δειγμάτων νερού των 48 πηγαδιών – γεωτρήσεων.

Στατιστικά δεδομένα χημικών αναλύσεων:

- Η μέση τιμή του pH είναι ίση με 7,344 υποδηλώνοντας την αλκαλική συμπεριφορά των υπόγειων νερών με μέγιστη τιμή 8,04 (NF9) στη περιοχή Περιγιάλι και Βέλο έχουν τις υψηλότερες τιμές.
- Οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας κυμαίνονται μεταξύ 936 μS/cm (NG2) στη περιοχή Βέλου και 5039( KG 26) μS/cm στη περιοχή Λέχαιο, με τις υψηλές τιμές να συνδέονται με την Υφαλμύρωση των υπόγειων νερών με μέση τιμή E.C. (μS/cm) 1571,45.
- Η μέση τιμή της σκληρότητας είναι ίση με 513,1 mg/Lt CaCO<sub>3</sub> με μέγιστη τιμή 858.5 mg/Lt (KF40) στην περιοχή του Ασσου. Το μεγαλύτερο ποσοστό

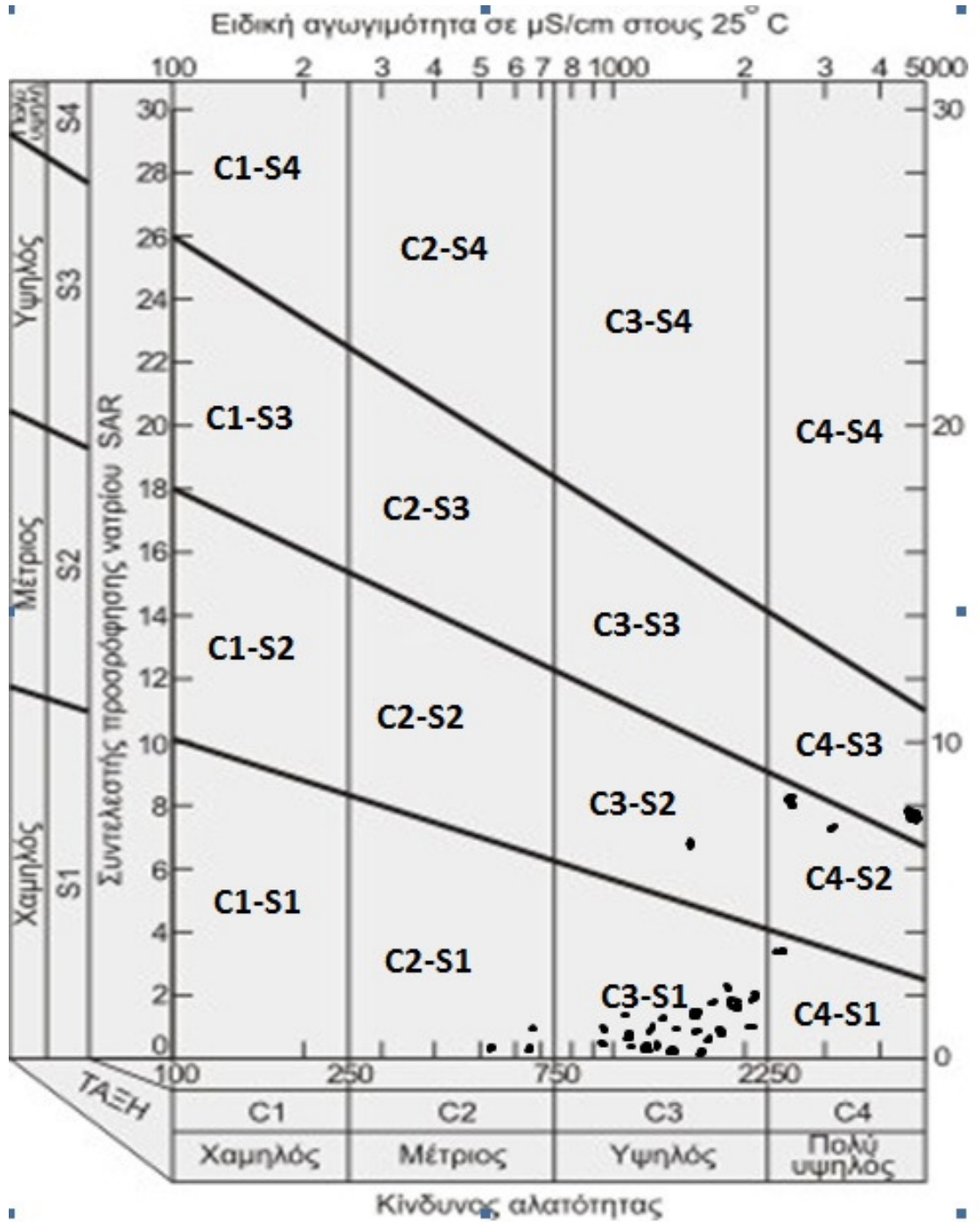
των δειγμάτων (77%), ταξινομείται στην κατηγορία των πολύ σκληρών νερών, ενώ το υπόλοιπο 23%, στην κατηγορία των σκληρών.

- Οι τιμές συγκέντρωσης των ιόντων ασβεστίου ( $\text{Ca}^{+2}$ ) κυμαίνονται μεταξύ 33,93 mg/l (KF32) στο Λέχαιο και 222,03 mg/l (KG2) στον Άσσο με μέση τιμή 134.54 mg/l. Στη πλειονότητα των δειγμάτων επικρατούν κατιόν είναι το ιόν ασβεστίου εκτός από τα δείγματα με τιμές αγωγιμότητας πάνω από 2100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  όπου επικρατούν κατιόν είναι το ιόν νατρίου.
- Οι μέσες τιμές του μαγνησίου ( $\text{Mg}^{++}$ ) κυμαίνονται μεταξύ 0,00 περιοχή Βέλου και 158 mg/l στην περιοχή Λέχαιο με μέση τιμή 42,43 mg/l. Όμως και τα ιόντα του μαγνησίου έχουν στο 31,9 % των εξετασθέντων δειγμάτων τιμές μεγαλύτερες του ανωτάτου επιτρεπόμενου ορίου συγκεντρώσεως των 50 mg/l, πάνω από το οποίο τα νερά δεν είναι κατάλληλα για πόση. Κατά συνέπεια πρόκειται για νερά που διακινούνται μέσω ανθρακικών πετρωμάτων Ca και Mg.
- Οι τιμές συγκέντρωσης των ιόντων νατρίου ( $\text{Na}^{+}$ ) κυμαίνονται μεταξύ 10,93 στην περιοχή Κρήνες 615,12 mg/l στη περιοχή Λέχαιο με μέση τιμή 98,83 mg/l. Περισσότερο από 50 mg/L νατρίου προκαλούν σαπωνοποίηση που επιταχύνει τη διάβρωση στους λέβητες, δημιουργώντας κρούστα. Οι υψηλές τιμές συναντώνται σε δείγματα με υψηλές τιμές αγωγιμότητας, από υδροληπτικά έργα που εντοπίζονται σε ζώνες με έντονη γεωργική δραστηριότητα δίπλα σε οικιστικές ζώνες, καθώς και σε περιοχές στις οποίες τα υπόγεια νερά έχουν επηρεασθεί από θαλάσσια διείσδυση
- Οι τιμές συγκέντρωσης των ιόντων καλίου ( $\text{K}^{+}$ ) κυμαίνονται μεταξύ 1,33 mg/l (KF39) και 39,75 mg/l (KG26). Οι υψηλές τιμές καλίου αποδίδονται στη χρήση Κούχων λιπασμάτων και εμφανίζονται κατά κύριο λόγο στην περιοχή της Αρχαίας Κορίνθου.
- Οι τιμές συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου ( $\text{Cl}$ ) κυμαίνονται μεταξύ 8,22 mg/l (NF4) στη περιοχή Κρήνες και 1144,09 mg/l (KG26) στη περιοχή Λέχαιο. Οι υψηλές τιμές εμφανίζονται σε δείγματα που βρίσκονται κατά

μήκος ολόκληρης της παράκτιας ζώνης της περιοχής μελέτης, και πιο συγκεκριμένα στις παράκτιες περιοχές του Λεχαιού, του Περιγιαλίου, του Βραχατίου και του Άσσου. Το γεγονός αυτό συνδέεται άμεσα με το φαινόμενο της διείσδυσης της θάλασσας στις περιοχές αυτές. Σε κάποια σημεία έχουμε και πολύ μικρή συγκέντρωση (CL) λόγω ότι έχουμε ανύψωση του σχηματισμού των μαργών ο οποίος λειτουργεί ως φυσικό φράγμα προς την διείσδυση του θαλασσινού νερού.

- Οι τιμές συγκέντρωσης των ιόντων θειϊκών ιόντων ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) κυμαίνονται μεταξύ 23,71 mg/l (NF4) στη περιοχή Κρήνες και 442,49 mg/l (NF8) στη περιοχή Λέχαιο. Σε μεγάλες περιεκτικότητες θειϊκών ιόντων το νερό δρα ως καθαριστικό. Περιεκτικότητα όμως μεγαλύτερη από 250 mg/L σε θειϊκά ιόντα καθιστά τη χρήση των νερών προβληματική για πόση (προσδίδει γεύση) και βιομηχανική χρήση. Γενικά το θείο και οι ενώσεις του ευθύνονται για τα προβλήματα οσμών και διαβρώσεων.
- Οι τιμές συγκέντρωσης των Νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3^-$ ) κυμαίνονται μεταξύ 0,11 mg/L (NG4) στη περιοχή Βέλο και 153,11 mg/L (KF77) στη περιοχή Άσσος με μέση τιμή 44,56 mg/L. Το 38,2 % των δειγμάτων έχει τιμές συγκέντρωσης μεγαλύτερες από το ανώτατο όριο συγκέντρωσης νιτρικών στο πόσιμο νερό στο οποίο έχει καθορισθεί σε 50 mg/L. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων σχετίζονται και με το ξέπλυμα των χωραφιών από τις χειμερινές βροχοπτώσεις, οπότε υπολείμματα λιπασμάτων κατεισδύουν στον υπόγειο υδροφόρο στρώμα. Επίσης με την ύπαρξη πολλών εκατοντάδων απορροφητικών βόθρων. Αυξημένες περιεκτικότητες σε νιτρικά ιόντα προκαλούν βλάβες στον οργανισμό. Συγκεκριμένα κατηγορούνται για την πρόκληση διαφόρων μορφών καρκινογένεσης.

Υδροχημικά διαγράμματα



Διάγραμμα ποιοτικής κατάταξης των αρδευτικών νερών του US Salinity Laboratory

Στο Πίνακα που ακολουθεί φαίνεται αναλυτικά η αξιολόγηση για κάθε ένα δείγμα νερού ξεχωριστά

ΘΕΣΗ	ΤΥΠΟΣ ΝΕΡΟΥ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
KF32	C3 S1	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
KF37	C3 S1	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
KF39	C3 S1	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
KF41	C4 S2	Υπάρχει πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, μέτριος κίνδυνος αλκαλίωσης. Χρησιμοποιείται με μεγάλη προφύλαξη σε καλά στραγγιζόμενα εδάφη
KF44	C3 S1	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
KF45	C2 S1	Υπάρχει <u>μέτρια</u> περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Χρησιμοποιείται για ευαίσθητα φυτά
KF46	C3-S1	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
KF51	C3 S1	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
KF73	C3 S1	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
KF74	C3 S1	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
KF75	C3 S1	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος

ΘΕΣΗ	ΤΥΠΟΣ ΝΕΡΟΥ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
KF77	C3 S1	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
KF78	C3 S1	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
KF9	C3 S1	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
KG13	C3 S1	Υπάρχει πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, μέτριος κίνδυνος αλκαλίωσης. Χρησιμοποιείται με μεγάλη προφύλαξη σε καλά στραγγιζόμενα εδάφη
KG15	C3 S1	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
KG16	C3 S1	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
KG18	C3-S1	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
KG19	C3 S1	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
KG2	C3 S1	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
KG23	C3 S1	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
KG24	C3 S1	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος

ΘΕΣΗ	ΤΥΠΟΣ ΝΕΡΟΥ	RSC	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
KG25	C3 S1	7,19	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
KG26	C4 S3	3,42	Υπάρχει πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, Νερό υψηλής αλκαλικότητας ακατάλληλο για άρδευση
KG3	C3 S1	10,70	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
KG30	C3 S1	21,41	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
KG47	C3 S1	5,37	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
NF1	C3 S1	3,50	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
NF3	C3-S1	11,22	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
NF4	C2-S1	2,09	Υπάρχει μέτρια περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Χρησιμοποιείται για ευαίσθητα φυτά
NF5	C4 S2	2,75	Υπάρχει πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, μέτριος κίνδυνος αλκαλίωσης. Χρησιμοποιείται με μεγάλη προφύλαξη σε καλά στραγγιζόμενα εδάφη
NF6	C3 S1	1,43	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
NF8	C4 S1	4,38	Υπάρχει πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Χρησιμοποιείται με μεγάλη προφύλαξη σε καλά στραγγιζόμενα εδάφη

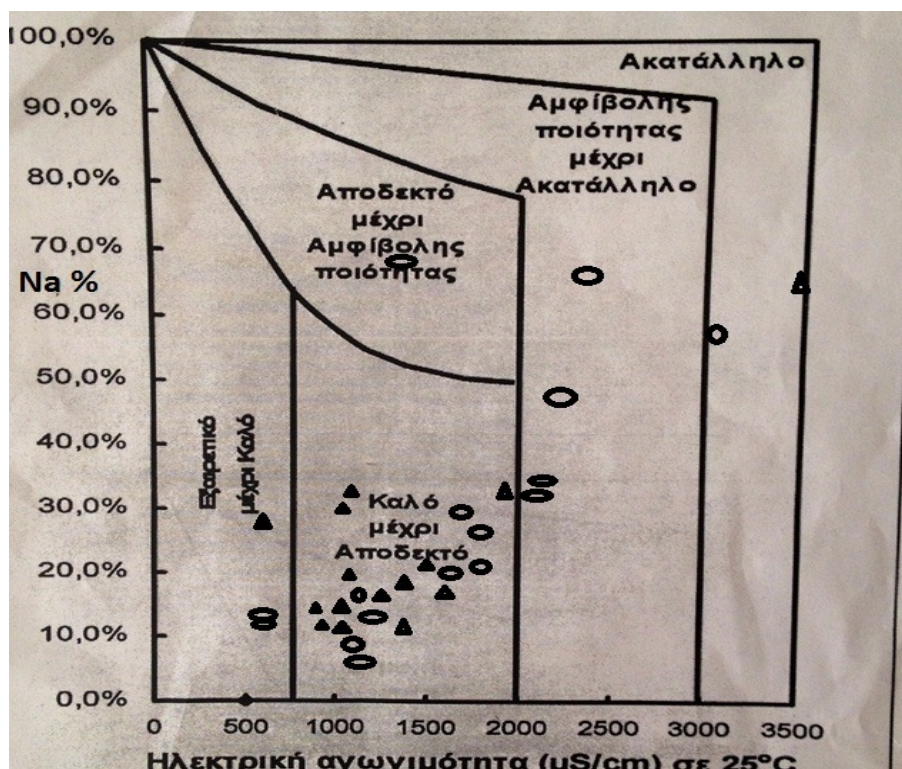


ΘΕΣΗ	ΤΥΠΟΣ ΝΕΡΟΥ	RSC	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
NF9	C3 S2	7,19	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, μέτριος κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
NG10	C3 S1	3,42	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
NG12	C3 S1	10,70	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
NG13	C3 S1	21,41	Υπάρχει πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, μέτριος κίνδυνος αλκαλίωσης. Χρησιμοποιείται με μεγάλη προφύλαξη σε καλά στραγγιζόμενα εδάφη
NG14	C3 S1	5,37	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
NG16	C3 S1	3,50	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
NG17	C3 S1	11,22	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
NG18	C3 S1	2,09	Υπάρχει μέτρια περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Χρησιμοποιείται για ευαίσθητα φυτά
NG19	C3 S1	2,75	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, μέτριος κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
NG2	C3 S1	1,43	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
NG4	C2 S1	4,38	Υπάρχει μέτρια περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Χρησιμοποιείται για ευαίσθητα φυτά

ΘΕΣΗ	ΤΥΠΟΣ ΝΕΡΟΥ	RSC	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
NG 6	C3 S1	7,19	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος
NG 8	C3 S1	3,42	Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, χαμηλός κίνδυνος αλκαλίωσης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται ή να προστίθεται γύψος

Από τον παραπάνω Πίνακα διαπιστώνεται ότι τα δείγματα νερού της δειγματοληψίας παρουσιάζουν στην πλειοψηφία τους υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα και χαμηλό προς μέτριο κίνδυνο αλκαλίωσης. Πιο συγκεκριμένα τα υπόγεια νερά των παράκτιων περιοχών Αρχ. Κορίνθου, Λέχαιου και Άσσου είναι κατά τόπους ακατάλληλα για άρδευση και μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο σε ειδικές περιπτώσεις ή μετά από κατάλληλη προετοιμασία του εδάφους. Στις υπόλοιπες περιοχές της παράκτιας ζώνης Κορίνθου – Κιάτου τα υπόγεια νερά είναι κατάλληλα κατόπιν συγκεκριμένης προετοιμασίας του εδάφους, να χρησιμοποιούνται κατάλληλες καλλιεργητικές τεχνικές, π.χ. προσθήκη γύψου και αποστραγγιζόμενα χωράφια

#### Διάγραμμα κατάταξης αρδευτικών νερών Wilcox



Από τον παραπάνω Πίνακα διαπιστώνεται ότι το υπαρκτό πρόβλημα της διείσδυσης θαλασσινού νερού στον υπόγειο υδροφόρο, έχει άμεσο αντίκτυπο στην ποιότητα του υπόγειου νερού, υποβαθμίζοντάς το και καθιστώντας το ακατάλληλο για πόση και πολλές φορές για άρδευση. Ειδικότερα στις περιοχές όπου εντοπίζεται το μέτωπο υφαλμύρωσης, οι οποίες είναι Αρχαία Κόρινθος, Λέχαιο, Περιγιάλι, Άσσος παρατηρούνται υψηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας (E.C.) καθώς και υψηλές τιμές συγκέντρωσης ιόντων και νατρίου ( $\text{Na}^+$ ). Η ύπαρξη αυτών των αυξημένων τιμών συνδέεται άμεσα με το φαινόμενο της διείσδυσης του θαλασσινού νερού στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Οι υπόλοιπες περιοχές της παραλιακής ζώνης, οι πιο εσωτερικές πεδινές, δεν αντιμετωπίζουν προβλήματα υψηλών τιμών συγκεντρώσεων νατρίου. Αναφορικά με τα επίπεδα νιτρορύπανσης, στην περιοχή μελέτης, αυτά εμφανίζονται υψηλά στις περιοχές όπου υπάρχει αυξημένη γεωργική εκμετάλλευση. Οι περιοχές αυτές είναι της Αρχαίας Κορίνθου, του Λεχαιού, Περιγιαλίου και Άσσου.

## 4.2 Ποιότητα εδαφών

**Πίνακας 6.1. Προβληματικά εδάφη**

κατηγορίες	ECw μS/cm	pH	Φυσικές Ιδιότητες	Χημικές Ιδιότητες
<b>Αλατούχα</b>	>2000	Ελαφρώς Αλκαλικό	Διηθητικό- τητα	↑ Γονιμό- τητα
<b>Αλατούχα- Νατριωμένα</b>	>2000	8.5	Όχι σίγουρο	Γονιμό- τητα
<b>Νατριωμένα</b>	<2000	8.5 - 10	Διηθητι- κότητα	↓ Γονιμό- τητα

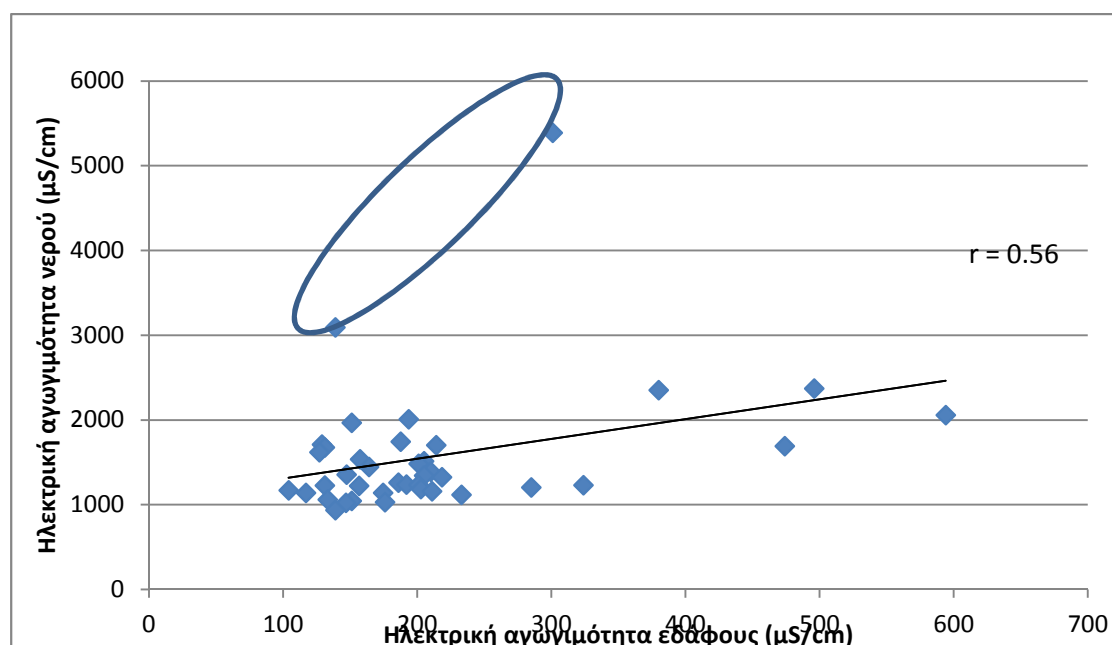
	Min	Max	M.O
<b>Ph</b>	<b>8,11</b>	<b>8.96</b>	<b>8,68</b>
<b>Ec soil (μS/cm)</b>	<b>104</b>	<b>594</b>	<b>215,395</b>

- Η μέση τιμή του pH είναι ίση με 8,68 υποδηλώνοντας την αλκαλική συμπεριφορά του εδάφους με μεγίστη τιμή 8,96 (KF74) στη περιοχή Λέχαιο. Το pH είναι πολύ σημαντική εδαφική ιδιότητα γιατί επηρεάζει άμεσα την γονιμότητα του εδάφους. Σε μεγάλες τιμές του pH ιδιαίτερα τα ιχνοστοιχεία δεσμεύονται ισχυρά στο έδαφος με αποτέλεσμα να είναι δύσκολο να προσληφθούν από τα φυτά με αποτέλεσμα την εμφάνιση τροφωπενιών στα φυτά. Οι ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων που μπορεί το φυτό να προσλάβει από το έδαφος εξαρτώνται από την τιμή του pH.
- Οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους κυμαίνονται μεταξύ 104 (μS/cm) (KG25) στη περιοχή Βέλου και 594 (μS/cm) (KF37) στη περιοχή Λέχαιο με μέση τιμή 215,395(μS/cm). Εμφανώς λοιπόν είναι ότι τα εδάφη δεν παρουσιάζουν πρόβλημα αλατότητας γιατί είναι κάτω από το όριο 4000(μS/cm) συνεπώς δεν εμφανίζουν προβλήματα που οφείλονται στις μεγάλες συγκεντρώσεις αλάτων. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι τα εδάφη μας βρίσκονται και κάτω από το όριο που υπάρχει για τις δεινδρώδεις καλλιέργειες που είναι 2000(μS/cm).

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι τα εδάφη όταν έχουν ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) μικρότερη 2000(μS/cm) και PH από 8,5-10 τότε τα εδάφη είναι νιτωμένα .Τα εδάφη αυτά έχουν προβλήματα λόγω διηθητικότητας του εδάφους και χαμηλής γονιμότητας.

### 4.3 Επιπτώσεις της άρδευσης στα εδάφη

Η γρήγορη ανάπτυξη της αρδευόμενης γεωργίας τις τελευταίες δεκαετίες έχει οδηγήσει στην αύξηση της συγκέντρωσης των αλάτων στο έδαφος και το νερό. Το πρόβλημα γίνεται μεγαλύτερο σε ημίξηρες Μεσογειακές κλιματικές συνθήκες, όπου η μεγάλη εξατμισοδιαπνοή κατά τη θερινή περίοδο προκαλεί την ανοδική τριχοειδή κίνηση του νερού στο έδαφος και τη συσσώρευση αλάτων στην επιφάνεια του εδάφους. Ένα κακής ποιότητας αρδευτικό νερό μπορεί να προκαλέσει προβλήματα αλατότητας στην οποία αυξάνεται η οσμωτική πίεση του εδαφικού διαλύματος, με αποτέλεσμα το φυτό να αδυνατεί να προσλάβει την απαραίτητη ποσότητα νερού και μειώνει παραγωγικότητα του εδάφους. Όταν ένα έδαφος αρδεύεται με νερό αυξημένης περιεκτικότητας σε Na, αναπτύσσεται επιφανειακά μία στρώση με αυξημένη περιεκτικότητα σε προσροφημένο Na, η οποία προκαλεί εξασθένηση στη δομή του. Έτσι, στην επιφάνεια του εδάφους μπορεί να προκληθεί διασπορά της αργίλου, με αποτέλεσμα τη μετακίνησή της στους πόρους του εδάφους και στο φράξιμό τους, τα εδάφη έχουν μειωμένη διαπερατότητα στο νερό και κακή αποστραγγίσει με αποτέλεσμα να σχίζονται όταν στεγνώνουν.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συνολικά αποτελεσμάτα των δειγμάτων της παραλιακής ζώνης Κιάτου – Κορίνθου γίνεται φανερό ότι η περιοχή μελέτης αντιμετωπίζει σημαντικό πρόβλημα υποβάθμισης των υπόγειων νερών τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά. Λόγω της μη ορθολογιστικής εκμετάλλευσης των υπόγειων νερών και σε συνδυασμό με τις μειωμένες συνθήκες επανατροφοδότησης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα την τελευταία ιδίως 5ετία, διαπιστώνεται μείζον πρόβλημα υφαλμύρωσης των υπόγειων νερών σε όλο το πλάτος της παραλιακής ζώνης, ενώ παράλληλα τα νερά κρίνονται ακατάλληλα για πόση και μερικώς κατάλληλα για άρδευση κάτω από συγκεκριμένες προϋποθέσεις και καλλιεργητικές φροντίδες. Συγκεκριμένα εντοπίζεται ένα μέτωπο διείσδυσης της θάλασσας σε όλο το πλάτος της παράκτιας ζώνης το οποίο οριοθετείται δυτικά από την περιοχή του Κιάτου, ανατολικά από την περιοχή της Αρχαίας Κορίνθου, νότια από την παλαιά Εθνική Οδό Κορίνθου – Πατρών και βόρεια από την ακτογραμμή. Επιπλέον στις περιοχές του Βοχαϊκού, Λέχαιου και Περιγιαλίου έχουμε επέκταση του μετώπου υφαλμύρωσης και σε πιο εσωτερικές πεδινές περιοχές. Η εικόνα αυτή αντικατοπτρίζει απόλυτα το καθεστώς υπεραντλήσεων που ισχύει στην ευρύτερη περιοχή λόγω της εντατικής καλλιέργειας που λαμβάνει χώρα στην παραλιακή ζώνη Κιάτου - Κορίνθου και απαιτεί όλο και περισσότερο νερό άρδευσης. Το υπαρκτό πρόβλημα της διείσδυσης θαλασσινού νερού στον υπόγειο υδροφόρο, έχει άμεσο αντίκτυπο στην ποιότητα του υπόγειου νερού, υποβαθμίζοντάς το και καθιστώντας το ακατάλληλο για πόση και πολλές φορές για άρδευση. Ειδικότερα στις περιοχές όπου εντοπίζεται το μέτωπο υφαλμύρωσης, οι οποίες είναι Αρχαία Κόρινθος, Λέχαιο, Περιγιαλί, Κάτω Άσσος, Βραχάτι και Κοκκώνι παρατηρούνται υψηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας (E.C.) καθώς και υψηλές τιμές συγκέντρωσης ιόντων χλωρίου (Cl) και νατρίου (Na<sup>+</sup>). Η ύπαρξη αυτών των αυξημένων τιμών συνδέεται άμεσα με το φαινόμενο της διείσδυσης του θαλασσινού νερού στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα.

Σχετικά με την αξιολόγηση των δειγμάτων νερού για αρδευτικούς σκοπούς, σύμφωνα με διάγραμμα ποιοτικής κατάταξης των αρδευτικών νερών του US Salinity Laboratory, αυτά κρίνονται στο σύνολό τους ως νερά μέτριας έως κακής ποιότητας, καθώς παρουσιάζουν υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα. Πρέπει να χρησιμοποιούνται σε καλά αποστραγγιζόμενα χωράφια ή να χρησιμοποιούνται κατάλληλες καλλιεργητικές τεχνικές, π.χ. προσθήκη γύψου. Οι κύριοι παράγοντες, ανθρωπογενείς ή μη, που οδήγησαν σε αυτή τη δυσμενή εικόνα είναι κατά σειρά σημαντικότητας :

- το καθεστώς υπεραντλήσεων που επικρατεί σε ολόκληρη την περιοχή μελέτης.
- η μείωση του ετήσιου ύψους βροχόπτωσης στην ευρύτερη περιοχή του Ν. Κορινθίας. Ειδικότερα την τελευταία 5ετία δεν ξεπεράστηκε το μέσο ετήσιο ύψος βροχής της τελευταίας 20ετίας, με αποτέλεσμα να υπάρχει μείωση της τροφοδοσίας του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.
- η εντατική καλλιέργεια που συντελείται στην παραλιακή ζώνη την τελευταία 10ετία και κατά συνέπεια η κατακόρυφη άνοδος των αρδευτικών αναγκών .
- η διάνοιξη νέων, παράνομων πολλών φορές, γεωτρήσεων χωρίς να έχει προηγηθεί η κατάλληλη υδρογεωλογική μελέτη για την εκάστοτε περιοχή.
- η μεγάλη αύξηση των αναγκών σε υδρευτικό νερό, τους καλοκαιρινούς μήνες, λόγω της αστικοποίησης που έχει συντελεστεί στις παράκτιες περιοχές της παραλιακής ζώνης Κορίνθου – Κιάτου.

Ο συνδυασμός όλων των παραπάνω αιτιών οδήγησαν στην τωρινή δυσμενή εικόνα της υφαλμύρωσης. Χρειάζεται να παρθούν δραστικά μέτρα ώστε να αναστραφεί η κατάσταση στο μέλλον. Με γνώμονα την ορθολογιστική εκμετάλλευση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα προτείνονται στη συνέχεια μέτρα που αποβλέπουν στην εξασφάλιση της ισορροπίας τόσο του φυσικού όσο και των υδατικών οικοσυστημάτων.

Στάδιο 1<sup>ο</sup> : Είναι πλέον ζωτικής σημασίας η κατασκευή του φράγματος στον Ασωπό ποταμό, ενός έργου που με την ολοκλήρωσή του θα δώσει πολλές λύσεις σε υπαρκτά προβλήματα ανεπάρκειας νερού της περιοχής μελέτης αλλά και της ευρύτερης περιφέρειας του Ν. Κορινθίας θα συμβάλλει τόσο στην ύδρευση όσο και στον τεχνητό εμπλουτισμό της περιοχής της λεκάνης του Ασωπού και των γειτονικών λεκανών.

Στάδιο 2<sup>ο</sup>: Προτείνεται η εκμετάλλευση των νερών των βιολογικών καθαρισμών, Κορίνθου και Κιάτου, για αρδευτικούς σκοπούς. Έχει αποδειχθεί ότι το νερό του βιολογικού καθαρισμού μετά τη δευτεροβάθμια επεξεργασία του μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση. Καθημερινά στους βιολογικούς καθαρισμούς, ειδικότερα της Κορίνθου, παράγονται χιλιάδες κυβικά μέτρα νερού, τα οποία όμως καταλήγουν στην θάλασσα μέσω των ρεμάτων της περιοχής. Στην Ελλάδα όμως, σύμφωνα με τη ισχύουσα νομοθεσία, τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα δεν επιτρέπεται να αξιοποιούνται ανεξάρτητα από τον βαθμό επεξεργασίας τους. Είναι επιτακτικό, λοιπόν, η πολιτεία να ενεργοποιηθεί και να αλλάξει την εν λόγω νομοθεσία για το κοινό συμφέρον των περιοχών που αντιμετωπίζουν προβλήματα ανεπάρκειας αρδευτικού νερού, όπως είναι και η παραλιακή ζώνη Κορίνθου – Κιάτου, κατά τους καλοκαιρινούς ιδίως μήνες.

Στάδιο 3<sup>ο</sup> : Προτείνεται ο εκσυγχρονισμός του αρδευτικού δικτύου καθώς και ο καθαρισμός του, πριν την έναρξη των χειμερινών βροχοπτώσεων, από μπάζα ή σκουπίδια που μπορεί να έχουν εγκλωβιστεί στα αυλάκια του. η Περιφέρεια και η Νομαρχία σε συνεργασία με τους τοπικούς φορείς, θα πρέπει να λάβει περιοριστικά μέτρα καθώς και απαγόρευση κατασκευής νέων υδροληπτικών έργων σε όλο το πλάτος της περιοχής μελέτης, ώστε να περιοριστεί η συνέχιση του φαινομένου της υφαλμύρωσης. Στο ίδιο πλαίσιο θα πρέπει να οριστούν κυρώσεις για κάθε νέα παράνομη γεώτρηση και συνάμα να σφραγιστούν όσες παράνομες που υπάρχουν και λειτουργούν.

Στάδιο 4<sup>ο</sup> : Προτείνεται η Περιφέρεια και η Νομαρχία σε συνεργασία με τους τοπικούς φορείς, θα πρέπει να λάβει περιοριστικά μέτρα καθώς και απαγόρευση κατασκευής νέων υδροληπτικών έργων σε όλο το πλάτος της περιοχής μελέτης, ώστε να περιοριστεί η συνέχιση του φαινομένου της υφαλμύρωσης. Στο ίδιο πλαίσιο θα πρέπει να οριστούν κυρώσεις για κάθε νέα παράνομη γεώτρηση και συνάμα να σφραγιστούν όσες παράνομες που υπάρχουν και λειτουργούν.



Στάδιο 5<sup>ο</sup> :Προτείνεται να εφαρμοστεί στάγδην άρδευση, όπου αυτή δεν εφαρμόζεται, ώστε να υπάρχουν όσο το δυνατόν λιγότερες απώλειες κατά την διάρκεια της άρδευσης. Εν συνεχεία για την προστασία των νερών από πηγές ρύπανσης προεχόμενες από γεωργικές δραστηριότητες, προτείνεται η ορθολογική χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων για την μείωση της ρύπανσης των επιφανειακών και υπόγειων νερών από υπερβολικές δόσεις φαρμάκων.

Στάδιο 6<sup>ο</sup> : προτείνεται η συστηματική παρακολούθηση και καταγραφή της κατάστασης του υπόγειου υδροφόρου, για τη διαπίστωση της απόδοσης της αποφασισμένης στρατηγικής και τη χάραξη νέων μέτρων αντιμετώπισης του προβλήματος.

Τέλος θα ήθελα να τονίσω με το πέρας της πτυχιακής εργασίας ότι οι υδάτινοι πόροι αποτελούν την απαραίτητη προϋπόθεση της ύπαρξης και της διατήρησης της ίδιας της ζωής και της ανάπτυξης κάθε είδους δραστηριότητας. Για τον λόγο αυτό επιβάλλεται να υπάρξει σχεδιασμός, οργάνωση και αλλαγή νοοτροπίας, προκειμένου να επιτευχθεί η ποιοτική και ποσοτική ικανοποίηση των μελλοντικών αναγκών σε νερό. Όλα τα παραπάνω πρέπει να έχουν κοινό παρανομαστή τις ανάγκες των μελλοντικών γενεών.

## Βιβλιογραφία

1. Voudouris K., Hionidi M., Panagopoulos A., Koumantakis I. «Extreme Climatic Events in the Prefecture of Korinthos (Greece) and their Impact on
2. Hionidi, M., Panagopoulos, A., Koumantakis, J., & Voudouris, K. (2001). Groundwater quality considerations related to artificial recharge to the aquifer of the Korinthos Prefecture, Greece. Proceedings of the third international conference on groundwater quality 2001 (pp. 85–90). Sheffield, UK, IAHS Publ. No. 275
3. Voudouris, K., Panagopoulos, A., & Koumantakis, J. (2000). Multivariate statistical analysis in the assessment of hydrochemistry of the northern Korinthia Prefecture alluvial aquifer system, Peloponnese, Greece. Natural Resources Research, 9(2), 135–143.
4. Κορινθίας, Απογραφή 2011 ΕΣΥΕ – Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος  
[http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE/BUCKET/General/resident\\_population\\_census2011.xls](http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE/BUCKET/General/resident_population_census2011.xls)
5. Νίκας Κ. και Αντωνάκος Α. (2010). Μελέτη Υδατικών Αποθεμάτων Βορ. Πελοποννήσου, με Έμφαση στα Ποιοτικά Χαρακτηριστικά και σε Φαινόμενα Υφαλμίρυνσης (Υ.Δ. 02). Τεύχη παραδοτέων ερευνητικού προγράμματος ΙΓΜΕ -3ο Ε.Υ. Πρόγραμμα Πλαίσιο. 80 σελ, 47 θεματικοί χάρτες .Βιβλιοθήκη ΙΓΜΕ.
6. Εργαστηριακά όργανα χημείας  
[http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AC\\_%CF%8C%CF%81%CE%B3%CE%B1%CE%BD%CE%B1\\_%CF%87%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%AF%CE%B1%CF%82](http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AC_%CF%8C%CF%81%CE%B3%CE%B1%CE%BD%CE%B1_%CF%87%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%AF%CE%B1%CF%82)
7. Βουδούρης Κ., Αντωνάκος, Α. (2003). Κατανομή των βροχοπτώσεων στο Νομό Κορινθίας. Γεωγραφίες Εκδ. Εξάντας. Τεύχος Νο 4, 53- 61.
8. Αντωνάκος, Α., 2004. Χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S.) για επίλυση προβλημάτων περιβαλλοντικής υδρογεωλογίας στο νομό Κορινθίας. Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, 307 σελίδες