

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΛΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΗ ΚΑΙ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΖΩΝΗΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΒΕΛΟΥ-ΒΟΧΑΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΚΟΥΤΣΙΔΑΚΗ ΒΑΙΑ Α.Μ:11478

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Δρ. ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ



Μεσολόγι-2017

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογίας και Υδάτινων Πόρων του Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας. Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναδεικνύει ότι το νερό είναι απαραίτητο για τη ζωή του ανθρώπου. Το νερό αποτελεί το βασικό κομμάτι διατροφής του ανθρώπου και σαν πόσιμο και στην τροφή του. Το νερό συμμετέχει σαν πρώτη ύλη σχεδόν σε όλες τις παραγωγικές δραστηριότητες. Καθώς ο πληθυσμός της Γης αυξάνεται και η χρήση του στην καθημερινότητα των ανθρώπων και στην ζωή τους γενικότερα. Έτσι λοιπόν μέρα με τη μέρα το νερό γίνεται πολυτιμότερο. Για αυτόν τον λόγο λοιπόν πρέπει να γίνεται σωστή διαχείριση των υδατικών πόρων και σωστή εκμετάλλευση του από το ανθρώπινο χέρι διότι το νερό δεν είναι ατελείωτο. Η σωστή διαχείριση του νερού είναι θέμα όλων μας, τόσο της κοινωνίας και του κράτους στο οποίο βρισκόμαστε, όσο και για τον καθέναν μας ξεχωριστά. Πρέπει λοιπόν όλοι να ευαισθητοποιηθούμε για το περιβάλλον διότι χωρίς αυτό δεν θα υπήρχε ζωή.

Τέλος, με την ολοκλήρωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Παναγόπουλο Γεώργιο για την βοήθεια, τις γνώσεις, τον χρόνο, την προσφορά επιστημονικού υλικού και την υποστήριξη που μου παρείχε για να φέρω εις πέρας την πτυχιακή μου εργασία.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή θα αναφερθούμε στα αλατούχα εδάφη. Θα μιλήσουμε για τον διαχωρισμό τους από τα άλλα εδάφη και θα αναφέρουμε με βάση ποιους παράγοντες μπορεί να θεωρηθεί ένα έδαφος αλατούχο. Επίσης, θα αναφέρουμε τις επιπτώσεις που μπορεί να προκαλεί η αλατότητα στα καλλιεργούμενα φυτά και ποια φυτά είναι ανθεκτικά στην αλατότητα. Επιπλέον, θα υπογραμμίσουμε κάποιους τρόπους αντιμετώπισης των προβλημάτων που επιφέρει η αλατότητα, όπως η στράγγιση, ο έλεγχος της αλατότητας με βαθιά διήθηση και κάποια καλλιεργητικά μέτρα. Επιπροσθέτως, θα εμβαθύνουμε στην μηχανική ανάλυση του εδάφους με την μέθοδο Bouyoucos. Στη συνέχεια, θα οριοθετήσουμε την περιοχή μελέτης και θα αναφέρουμε κάποιες γενικές πληροφορίες για την περιοχή του δήμου Βέλου-Βόχας του νομού Κορινθίας, όπως δημογραφικά στοιχεία, μετεωρολογικά στοιχεία, γεωμορφολογία και υδρογεωλογία της περιοχής. Επίσης, θα εξηγήσουμε τι είναι η παραγοντική ανάλυση που χρησιμοποιήσαμε και ποια είναι η λειτουργία της. Επιπλέον, θα ασχοληθούμε με τα αποτελέσματα της μηχανικής ανάλυσης του εδάφους με την βοήθεια ενός εδαφολογικού χάρτη, πιεζομετρικού χάρτη, χάρτη υδροχλωρίων καμπυλών και χάρτη αγωγιμότητας εδάφους. Θα συγκρίνουμε με την βοήθεια ενός πίνακα την συσχέτιση μεταξύ εδάφους-νερού. Στη συνέχεια, θα ταξινομήσουμε το αρδευτικό νερό με την βοήθεια του διαγράμματος ταξινόμησης αρδευτικών νερών, το διάγραμμα Wilcox. Τέλος, θα αναφέρουμε τα συμπεράσματα που βγάλαμε για την περιοχή μελέτης από την έρευνα που κάναμε.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|--|-----------|
| Κεφάλαιο 1 | σελ.3-7 |
| Αλατούχα εδάφη | |
| 1.1 Αλάτωση των εδαφών με παράγοντα την γεωγραφική και την τοπογραφική θέση της περιοχής | σελ.3-4 |
| 1.2 Αλάτωση των εδαφών με παράγοντα το νερό αρδεύσεως | σελ.4-7 |
| Κεφάλαιο 2 | σελ.8-10 |
| Επιπτώσεις της αλατότητας στα καλλιεργούμενα φυτά | |
| Κεφάλαιο 3 | σελ.11-13 |
| Η ανθεκτικότητα των καλλιεργούμενων φυτών στην αλατότητα | |
| Κεφάλαιο 4 | σελ.14-19 |
| Αντιμετώπιση των προβλημάτων που οφείλονται στην αλατότητα | |
| Κεφάλαιο 5 | σελ.20-25 |
| Δειγματοληψία και μηχανική ανάλυση του εδάφους | |
| Κεφάλαιο 6 | σελ.26-37 |
| Περιοχή μελέτης | |
| 6.1 Οριοθέτηση της περιοχής έρευνας | σελ.26 |
| 6.2 Γενικές πληροφορίες για την περιοχή μελέτης | σελ.26-27 |
| Δημογραφικά στοιχεία | σελ.27 |
| 6.3 Μετεωρολογικά στοιχεία | σελ.28-32 |
| 6.3.1 Πορεία ετήσιας βροχόπτωσης | σελ.28-29 |
| 6.3.2 Θερμοκρασία | σελ.29-30 |
| 6.3.3 Ηλιακή ακτινοβολία | σελ.30 |
| 6.3.4 Ηλιοφάνεια | σελ.31 |

| | |
|---|------------------|
| 6.3.5 Άνεμοι | σελ.31-32 |
| 6.3.6 Ατμοσφαιρική υγρασία | σελ.32 |
| 6.4 Γεωμορφολογία της περιοχής μελέτης | σελ.33-34 |
| 6.5 Υδρογεωλογία της περιοχής μελέτης | σελ.35-36 |
| Κοκκώδες υδροφόρο σύστημα Βόχας | σελ.36-37 |
| Κεφάλαιο 7 | σελ.38-39 |
| Παραγοντική Ανάλυση | |
| 7.1 Η φύση της παραγοντικής ανάλυσης | σελ.38 |
| 7.2 Το ορθογώνιο μοντέλο της παραγοντικής ανάλυσης | σελ.38-39 |
| 7.3 Τα βασικά βήματα της Factor Analysis | σελ.39 |
| Κεφάλαιο 8 | σελ.40-54 |
| Αποτελέσματα | |
| 8.1 Παράγοντας υφαλμύρισης υπόγειων υδροφόρων | σελ.40 |
| 8.2 Πιεζομετρικός χάρτης | σελ.41 |
| 8.3 Εδαφολογικές συνθήκες | σελ.42-43 |
| 8.4 Αγωγιμότητα εδάφους | σελ.43-44 |
| 8.5 Σύγκριση Αγωγιμότητας νερού-εδάφους | σελ.45 |
| 8.6 Ποιότητα νερού | σελ.46-47 |
| 8.7 Διάγραμμα ταξινόμησης αρδευτικών νερών | σελ.48-51 |
| 8.8 Αποτελέσματα παραγοντικής ανάλυσης | σελ.52-54 |
| Κεφάλαιο 9 | |
| Συμπεράσματα | σελ.55 |
| Βιβλιογραφία | σελ.56 |

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αλατούχα εδάφη θεωρούνται τα εδάφη τα οποία έχουν ηλεκτρική αγωγιμότητα στο νερό κορεσμού $EC_e > 2 \text{ mS/cm}$. Πάνω από αυτά τα επίπεδα αλατότητας τα περισσότερα καλλιεργούμενα φυτά αρχίζουν να παρουσιάζουν πρόβλημα στην ανάπτυξη τους. Μάλιστα ορισμένα ευαίσθητα φυτά παρουσιάζουν προβλήματα σε τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο νερό κορεσμού $1 < EC_e < 2 \text{ mS/cm}$.

Η αλάτωση του εδάφους εμφανίζεται εκεί που το μητρικό υλικό είναι πλούσιο σε διαλυτά άλατα, ή εκεί που υπάρχει ρηχός αλατούχος υπόγειος υδροφορέας. Επίσης, στις ξηρές και ημίξηρες περιοχές, όπου οι βροχοπτώσεις δεν επαρκούν για να ξεπλύνουν τα διαλυτά άλατα του εδάφους ή η στράγγιση είναι περιορισμένη, αυξάνουν σημαντικά οι συγκεντρώσεις των αλάτων και τα εδάφη καθίστανται αλατούχα. Επιπλέον, διάφορες γεωχημικές διαδικασίες μπορούν να οδηγήσουν σε σχηματισμό αλατούχων εδαφών. Όταν το νάτριο κυριαρχεί μεταξύ των διαλυτών αλάτων τότε τα εδάφη χαρακτηρίζονται νατριωμένα. Στις αρδευόμενες εκτάσεις που δεν υπάρχει επαρκής αποστράγγιση των εδαφών για την έκπλυση και την αφαίρεση των αλάτων εμφανίζεται δευτερογενής αλάτωση του εδάφους, με συνέπεια τα εδάφη να γίνονται αλατούχα και μη παραγωγικά. Τα αλατούχα εδάφη μειώνουν όχι μόνο τη διαθεσιμότητα του νερού στις καλλιέργειες, αλλά και τη διαθεσιμότητα των μικροθρεπτικών σε αυτές. Επίσης, οι αυξημένες συγκεντρώσεις ορισμένων ιόντων μπορεί να δράσουν τοξικά σε ορισμένες καλλιέργειες και να υποβαθμίσουν τη δομή του εδάφους.

Τα αλατούχα εδάφη μπορούν να περιέχουν υπερβολικά υδατοδιαλυτά άλατα (αλατούχα εδάφη), υπερβολικό ανταλλάξιμο νάτριο (νατριωμένα εδάφη) ή και υπερβολικά αλάτια και ανταλλάξιμο νάτριο (αλατούχα-νατριωμένα εδάφη). Η ταξινόμηση των αλατούχων εδαφών γίνεται με βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), το pH και το λόγο προσρόφησης του νατρίου (SAR) και φαίνεται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Ταξινόμηση αλατούχων εδαφών

| Ταξινόμηση αλατούχων εδαφών | EC (dS/m) | Εδαφικό pH | SAR | Εδαφικές φυσικές συνθήκες |
|-----------------------------|-----------|------------|-----|---------------------------|
| Αλατούχα | >4.0 | <8.5 | <13 | Κανονικές |
| Αλατούχα-Νατριωμένα | >4.0 | <8.5 | >13 | Κανονικές |
| Νατριωμένα | <4.0 | >8.5 | >13 | Φτωχές |

Η ύπαρξη ή η δημιουργία αλατούχων εδαφών σχετίζεται κυρίως με δύο παράγοντες. Ο πρώτος παράγοντας είναι η γεωγραφική και η τοπογραφική θέση της περιοχής και ο δεύτερος παράγοντας είναι η ποιότητα νερού αρδεύσεως. Και οι δύο παράγοντες κυρίως ο δεύτερος, έχουν ιδιαίτερη σημασία διότι μαζί με άλλες διαδικασίες, μειώνουν τις καλλιεργούμενες εκτάσεις διότι τις καθιστούν ακατάλληλες για καλλιέργεια.

Κεφάλαιο 1

Αλατούχα εδάφη

1.1 Αλάτωση των εδαφών με παράγοντα την γεωγραφική και την τοπογραφική θέση της περιοχής

Σε αυτή την κατηγορία υπάγονται οι περιοχές: 1)των δέλτα των ποταμών,ή οι παράκτιες περιοχές που κατακλύζονται από θάλασσα,2)οι περιοχές που λόγω αναγλύφου βρίσκονται στα χαμηλότερα σημεία μιας λεκάνης ή μιας περιοχής, 3)περιοχές με εδάφη μικρής διαπερατότητας και 4)περιοχές με υψηλές θερμοκρασίες και χαμηλές βροχοπτώσεις.

1. Των δέλτα των ποταμών, ή οι παράκτιες περιοχές που κατακλύζονται από θάλασσα. Τα εδάφη εμπλουτίζονται με άλατα λόγω της επαφής τους με τη θάλασσα. Η μεταφορά αλάτων από τη θάλασσα είναι δυνατό να γίνεται με δύο τρόπους. Πρώτο, σε περιοχές με έντονη γεωργική δραστηριότητα το πρόβλημα είναι οξυμένο, λόγω της αυξημένης ζήτησης αρδευτικού νερού (πχ. κάμπος Θεσσαλίας). Η υπεράντληση του υπόγειου υδροφορέα οδηγεί στον κίνδυνο εισροής υφάλμυρου νερού από τη θάλασσα. Και δεύτερο, με τη μεταφορά σταγονιδίων από τη θάλασσα στο έδαφος με τη βοήθεια του ανέμου. Όταν αυτά εξατμίζονται αφήνουν πίσω τους τα άλατα του θαλασσινού νερού. Το θαλασσινό νερό περιέχει κατά μέσο όρο 600 meq/l άλατα με κυρίαρχο στοιχείο το νάτριο (Na^+), το οποίο εμφανίζεται στη μορφή NaCl (χλωριούχο νάτριο) και με λιγότερη εμφάνιση στη μορφή $\text{Ca}+\text{Mg}$ (ασβέστιο+μαγνήσιο). Ο λόγος: $\text{Na}/(\text{Ca}+\text{Mg})$ στο θαλασσινό νερό είναι >3 και αυτό έχει ως συνέπεια τα εδάφη αυτά σε πρώτο στάδιο να αλατώνονται και σε δεύτερο στάδιο να νατριώνονται. Επίσης, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι αυτή η επαφή των εδαφών με το θαλασσινό νερό βοηθά στην εμφάνιση βορίου (B) στο έδαφος το οποίο διατηρείται μόνιμα στο εσωτερικό του εδάφους επί μακρόν ακόμη και μετά την πραγματοποίηση διεργασιών για την βελτίωση του εδάφους αυτού. Τις παραπάνω περιοχές τις συναντούμε σε όλα τα πλάτη της γης.

2. Οι περιοχές που λόγω αναγλύφου βρίσκονται στα χαμηλότερα σημεία μιας λεκάνης ή μιας περιοχής. Εκεί συγκεντρώνονται τα απορρέοντα νερά των γύρω περιοχών και όταν εξατμίζονται αφήνουν πίσω τους τα προηγούμενως διαλυμένα άλατα. Το ότι βρίσκονται υψομετρικά κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας δυσχεραίνει την υπόγεια στράγγιση των αλάτων από το έδαφος. Το πρόβλημα πολλές φορές συνδυάζεται με την υψηλή στάθμη του υπόγειου νερού, πρόβλημα το οποίο διογκώνεται σε περιπτώσεις όπου έχουμε άρδευση με νερό που μεταφέρεται από άλλες περιοχές, γιατί τότε η υπόγεια στάθμη ανυψώνεται περισσότερο. Σε τέτοιες περιπτώσεις το νερό, λόγω τριχοειδών φαινομένων στους εδαφικούς πόρους, ανέρχεται περαιτέρω προς την επιφάνεια, εκεί εξατμίζεται και αποθέτει άλατα στο ριζόστρωμα.

3. **Περιοχές με εδάφη μικρής διαπερατότητας.** Σε αυτές τις περιοχές λόγω μικρής διαπερατότητας το νερό το οποίο πέφτει στο έδαφος δεν προλαβαίνει να διηθηθεί γρήγορα οπότε λόγω την εξάτμισης, επέρχεται συμπύκνωση και τελικά απόθεση των αλάτων στην κατατομή του εδάφους. Συνήθως τα εδάφη αυτά αν και ελαφρά ή μέσης μηχανικής σύστασης είναι κατά ένα μεγάλο ποσοστό αργιλώδη.
4. **Περιοχές με υψηλές θερμοκρασίες και χαμηλές βροχοπτώσεις.** Το πρώτο σημαίνει αυξημένη εξατμισοδιαπνοή και άρα τάση για συμπύκνωση του εδαφικού διαλύματος, και το δεύτερο είναι πολύ πιθανό να οδηγήσει σε ελλιπή έκπλυση της περίσσειας των αλάτων και άρα στη συσσώρευση τους στο έδαφος. Τέτοιες πολλές περιοχές της λεκάνης της Μεσογείου και της Μέσης Ανατολής.

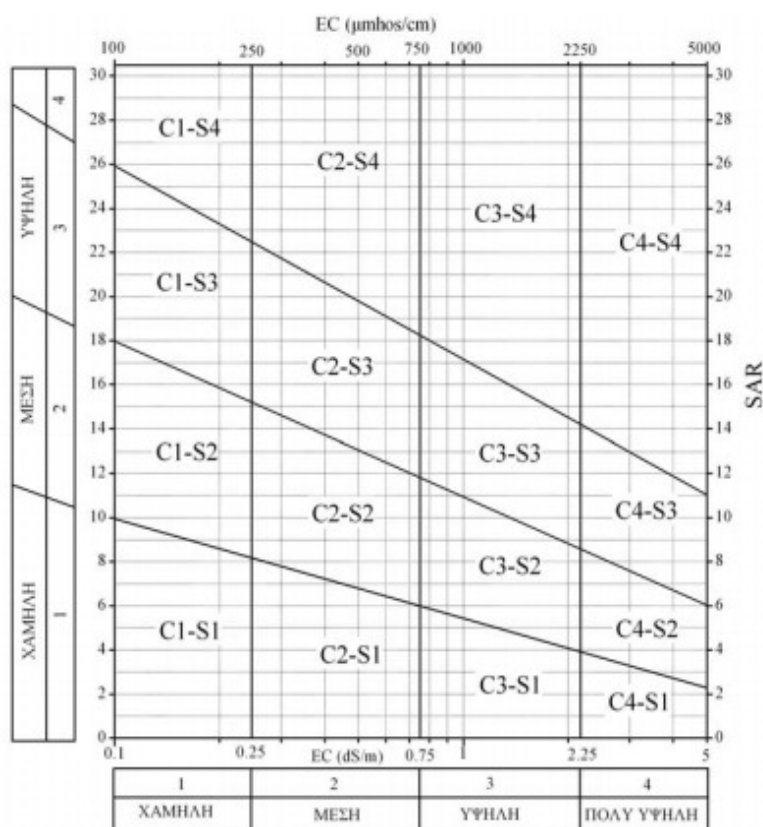
1.2 Αλάτωση των εδαφών με παράγοντα το νερό άρδευσεως

Το νερό που χρησιμοποιείται για τις άρδευσεις αντλείται από επιφανειακά (λίμνες ή ποτάμια) ή υπόγεια νερά. Τα νερά αυτά περιέχουν σε διάλυση ή αιώρηση ένα ποσοστό αλάτων ευδιάλυτων ή δυσδιάλυτων, το οποίο ποικίλει από περιοχή σε περιοχή ανάλογα με το κλίμα, τα πετρώματα, τα ορυκτά και το έδαφος από τα οποία διέρχεται. Συνήθως στα νερά της άρδευσεως επικρατούν τα άλατα του ασβεστίου (όξινα ανθρακικά, θειικά, ανθρακικά, χλωριούχα). Σε μικρότερο ποσοστό ανάλογα με την προέλευση των νερών εμφανίζονται και άλατα του μαγνησίου, του καλίου και του νατρίου και ενδεχομένως άλλα τοξικά στοιχεία όπως βόριο. Είναι λοιπόν εμφανές ότι η ποιότητα του νερού άρδευσης είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για την αλάτωση ή μη του εδάφους. Η ποιότητα του νερού καθορίζει ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής το είδος και τον βαθμό των προβλημάτων που θα προκύψουν στο έδαφος το οποίο πρόκειται να αρδευτεί. Μια παράμετρος ποιότητας που εξετάζει και αξιολογεί την ποιότητα του νερού άρδευσης είναι το ποσοστό προσρόφησης του νατρίου (SAR, Sodium Absorption Ratio). Το SAR είναι ένας δείκτης της συγκέντρωσης του νατρίου στο νερό σε σχέση με τις συγκεντρώσεις του ασβεστίου και μαγνησίου και

προσδιορίζεται από τη σχέση:
$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{+2} + Mg^{+2}}{2}}} \quad (Na^+, Ca^{+2}, Mg^{+2} \text{ σε meq/L})$$

Όσο υψηλότερη είναι η αναλογία του νατρίου ως προς το ασβέστιο και το μαγνήσιο, τόσο υψηλότερο είναι το SAR. Χαμηλή συγκέντρωση αλάτων στο νερό άρδευσης (EC_w) και αντίστοιχα υψηλή τιμή της SAR μπορούν να δείξουν την ύπαρξη προβλημάτων διήθησης και περατότητας του νερού στο έδαφος. Με τις δύο παραμέτρους (EC_w και SAR) γίνεται η ποιοτική ταξινόμηση του νερού άρδευσης σύμφωνα με το σύστημα του Αμερικανικού Υπουργείου Γεωργίας. Σύμφωνα με αυτό το σύστημα τα νερά κατατάσσονται σε 16 κατηγορίες καταλληλότητας νερού για άρδευση των καλλιεργειών όπως φαίνεται στο παρακάτω νομογράφημα.

Πίνακας 2:Καταλληλότητα νερού (EC/SAR)



| ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΝΕΡΟΥ | ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ |
|----------------------------|--|
| C1-S1 | Νερό πολύ καλής ποιότητας με χαμηλή περιεκτικότητα σε άλατα. Κατάλληλο |
| C1-S2 C2-S1 | Νερό καλής ποιότητας. Κατάλληλο για άρδευση με εξαίρεση ευαίσθητα φυτά στα άλατα ή εδάφη με κακή στράγγιση. |
| C2-S2 C1-S3 C3-S1 | Νερό μέσης ποιότητας, Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση με περιορισμούς |
| C1-S4 C2-S3 C3-S2 C4-S1 | Νερό μέσης προς κακής ποιότητας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε ανθεκτικές σε άλατα καλλιέργειες και σε στραγγιζόμενα εδάφη. |
| C2-S4, C4-S2 C3-S3 | Νερό κακής ποιότητας. Δεν συνιστάται η χρήση του. Παρόλα αυτά μπορεί να χρησιμοποιηθεί με αυστηρούς περιορισμούς σε καλά στραγγιζόμενα εδάφη και φυτά ανθεκτικά στα άλατα. Κίνδυνος αύξησης της αλατότητας του εδάφους. Συνιστάται περιοδική έκπλυση των αλάτων. |
| C3-C4, C4-S3 | Νερό κακής ποιότητας. Δεν συνιστάται η χρήση του. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση κάτω από αυστηρούς περιορισμούς |
| C4-S4 | Νερό πολύ κακής ποιότητας. Η εφαρμογή του για άρδευση καθίσταται απαγορευτική |

Τα προβλήματα που θα προκύψουν είναι: 1)αλάτωση του εδάφους,2)διηθητικότητα του εδάφους και 3)τοξικότητα ιόντων.

- 1. Αλάτωση του εδάφους.** Τα άλατα που συμβάλλουν στην αλάτωση του εδάφους είναι ευδιάλυτα άλατα που μεταφέρονται εύκολα στο έδαφος μέσω του νερού. Η αλατότητα σε ένα καλλιεργούμενο έδαφος κάνει την εμφάνιση του με την μείωση της παραγωγής η οποία συνοδεύεται με την εμφάνιση ή όχι συμπτωμάτων στα καλλιεργούμενα φυτά. Τα συμπτώματα ποικίλουν ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης στο οποίο βρίσκονται τα φυτά

και τα συμπτώματα αυτά είναι πιο χαρακτηριστικά στο πρώτο στάδιο ανάπτυξης των φυτών. Τα συμπτώματα αυτά είναι όπως η έλλειψη νερού για τα φυτά. Πολλές φορές υπάρχει μικρή μείωση της παραγωγής χωρίς να είναι εμφανή τα συμπτώματα στα φυτά και αυτό πρέπει να σημειωθεί ιδιαίτερα,διότι αποτελεί πρόδρομο ίσως,για μεγάλη μείωση της παραγωγής.

Το ποσό των αλάτων ποικίλει με το βάθος του εδάφους και συγκεντρώνεται κυρίως στα σημεία του ριζοστρώματος λόγω της άντλησης μεγάλης ποσότητας νερού για τις ανάγκες του φυτού. Με το πέρασμα του χρόνου και τη συμπύκνωση του εδαφικού διαλύματος στην περιοχή των ριζών,τα φυτά αναζητώντας νέες ποσότητες νερού συμπυκνώνει όλο και περισσότερο το εδαφικό διάλυμα.

Ένα από τα προβλήματα αλατότητας που δημιουργούνται στις αρδευόμενες περιοχές είναι και η υψηλή υπόγεια στάθμη,το νερό της οποίας, λόγω της εξατμισοδιαπνοής, εμπλουτίζεται όλο και περισσότερο σε άλατα. Η έκπλυση των αλάτων, όταν υπάρχει υψηλή υπόγεια στάθμη, με φυσικό (βροχές) ή τεχνητό (περίσσεια νερού αρδεύσεως) τρόπο οδηγεί σε πρόσθετη αύξηση των αλάτων. Τα προβλήματα αυτά είναι εντονότερα όταν τα αρδευόμενα εδάφη βρίσκονται σε χαμηλά τμήματα της περιοχής. Η έκπλυση των αλάτων από τα εδάφη αυτά πρέπει να συνοδεύεται με τη δημιουργία στραγγιστικού δικτύου. Ασφαλώς πριν ξεκινήσει να αρδεύεται μια περιοχή πρέπει να μεριμνάται η στράγγιση και η απομάκρυνση των νερών της στράγγισης.

2. Διηθητικότητα του εδάφους. Η διηθητικότητα του εδάφους, δείχνει την ταχύτητα εισόδου του νερού άρδευσης στο έδαφος. Μικρές ή πολύ μεγάλες τιμές διηθητικότητας αποτελούν περιοριστικό παράγοντα για την εφαρμογή αρδευτικών συστημάτων. Η διηθητικότητα εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους αλλά και από την κατάστασή του. Ορισμένες φορές η ποιότητα του νερού αρδεύσεως μπορεί να επηρεάσει τη διηθητικότητα του εδάφους θετικά ή αρνητικά. Εάν το συνολικό ποσό των αλάτων είναι μεγάλο τότε η διηθητικότητα του εδάφους αυξάνει, στοιχείο που χρησιμοποιείται για τη βελτίωση των νατριωμένων εδαφών, ενώ εάν το συνολικό ποσό των αλάτων είναι μικρό ή εάν ο λόγος νατρίου προς ασβέστιο (ή καλύτερα προς ασβέστιο+μαγνήσιο) είναι μεγάλος,τότε η διηθητικότητα του εδάφους μειώνεται.

Αποτέλεσμα της μείωσης της διηθητικότητας, είναι να παραμένει το νερό για περισσότερο χρόνο στην επιφάνεια και στην κατατομή του εδάφους. Αν οι κλιματικές συνθήκες το επιτρέπουν όπως η μεγάλη εξατμισοδιαπνοή, τότε η συμπύκνωση των αλάτων στο εδαφικό διάλυμα είναι συνεχής.

3. Τοξικότητα των ιόντων. Είναι δυνατόν με το νερό αρδεύσεως το έδαφος και κατά συνέπεια το φυτό να εφοδιάζεται με συγκεκριμένα ιόντα,τα οποία σε μεγάλες προσλήψεις καθίστανται τοξικά για το φυτό. Μεγαλύτερη ευαισθησία σε αυτά τα ιόντα έχουν οι δενδρώδεις καλλιέργειες οι οποίες παρουσιάζουν διαφορές μεταξύ τους ανάλογα με την ποικιλία και το είδος τους.

Τα ιόντα με την μεγαλύτερη σημασία ως προς την τοξικότητα τους για τα φυτά, είναι το νάτριο, το χλώριο και το βόριο. Τα τοξικά ιόντα προσλαμβάνονται από το φυτό μέσω της διαδικασίας της διαπνοής και συγκεντρώνονται σε μεγάλες ποσότητες στα φύλλα και κυρίως στις κορυφές και στα άκρα τους.

Κυρίως, τα ιόντα που απορροφούνται από τα φύλλα είναι το νάτριο και το χλώριο και αυτό συμβαίνει όταν χρησιμοποιείται άρδευση με καταιονισμό ή με καταιονισμό με υψηλή πίεση. Όσο αυξάνεται η συγκέντρωση νατρίου και χλωρίου στο νερό αρδύσεως τόσο αυξάνεται και στο φυτό που έχει ως αποτέλεσμα την μεγάλη καταστροφή της παραγωγής έως και την ολοκληρωτική καταστροφή σε κάποιες ευαίσθητες καλλιέργειες.

Κεφάλαιο 2

Επιπτώσεις της αλατότητας στα καλλιεργούμενα φυτά

Ήδη έχουν αναφερθεί οι τρόποι με τους οποίους τα εδάφη καθίστανται αλατούχα. Οι διεργασίες που οδηγούν τα εδάφη σε αλάτωση θα πρέπει να βοηθούν στη πρόληψη του σοβαρού αυτού κινδύνου ο οποίος απειλεί τα εδάφη λόγω της ολοένα και μεγαλύτερης επέκτασης των αρδευόμενων εκτάσεων. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι πρέπει να περιοριστούν οι αρδευόμενες εκτάσεις, αντιθέτως θα πρέπει να επεκταθούν περισσότερο αλλά θα πρέπει να λαμβάνονται όλα εκείνα τα απαραίτητα μέτρα για την αποφυγή του κινδύνου αυτού.

Η άρδευση έχει σαν σκοπό να εφοδιάζει τις καλλιέργειες με τις απαραίτητες ποσότητες νερού στην κατάλληλη περίοδο, έτσι ώστε να αποφευχθεί μια ενδεχόμενη υδατική καταπόνηση η οποία θα αποφέρει μείωση της παραγωγής. Αυτό συμβαίνει διότι τα φυτά είναι εξαιρετικά ευαίσθητα στην έλλειψη νερού σε ορισμένα στάδια της ανάπτυξης τους. Οι συνεχείς αρδεύσεις όμως βοηθούν στην αποθήκευση αλάτων από το νερό αρδεύσεως στο εσωτερικό του εδάφους, με αποτέλεσμα την μείωση της διαθεσιμότητας του νερού για το φυτό. Η κατανόηση του μηχανισμού αυτού μπορεί να βοηθήσει στην αντιστροφή του συγκεκριμένου γεγονότος και έτσι να μειωθεί η πιθανότητα μείωσης της παραγωγής.

Τα φυτά αντλούν νερό από το έδαφος με απορροφητική δύναμη μεγαλύτερη από αυτήν της συγκράτησης του νερού από το έδαφος. Εάν το φυτό δεν είναι σε θέση να ρυθμίσει τους μηχανισμούς του έτσι ώστε να εξασφαλίζει την ισχύ αυτή, δεν είναι σε θέση να αντλήσει αρκετή ποσότητα νερού για τις ανάγκες του και ασφαλώς υποφέρει από υδατική καταπόνηση. Αυτό συμβαίνει όταν το έδαφος ξηραίνεται, διότι τα άλατα στο εδαφικό διάλυμα αυξάνουν τη δύναμη που απαιτείται από τα φυτά για την άντληση νερού από το έδαφος και η δύναμη αυτή αναφέρεται ως **οσμωτικό φαινόμενο** ή **οσμωτικό δυναμικό**. Αν για παράδειγμα δύο κατά τα άλλα όμοια εδάφη έχουν την ίδια περιεκτικότητα σε νερό αλλά το ένα είναι αλατούχο ενώ το άλλο όχι, τότε τα φυτά μπορούν να αντλήσουν περισσότερο νερό από το μη αλατούχο έδαφος. Αυτό συμβαίνει επειδή υπάρχει συγγένεια μεταξύ του νερού και των αλάτων, διότι εάν το νερό περιέχει άλατα απαιτείται μεγαλύτερη ενέργεια ανά μονάδα όγκου νερού προκειμένου το φυτό να αντλήσει μη αλατούχο νερό από ένα αλατούχο εδαφικό διάλυμα.

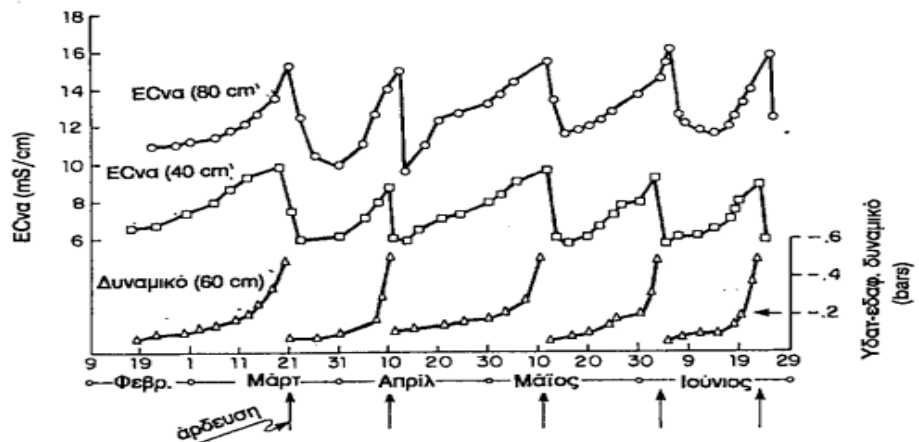
Η απαιτούμενη ενέργεια που χρειάζεται για την άντληση νερού από αλατούχο έδαφος (οσμωτικό δυναμικό) προστίθεται στην ενέργεια που απαιτείται για την άντληση νερού από μη αλατούχο έδαφος (εδαφο-υδατικό δυναμικό). Αυτή η προσθετική επίδραση έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση τη σημαντική μείωση στο διαθέσιμο νερό για τα φυτά καθώς η αλατότητα αυξάνεται. Η επίδραση της αλατότητας είναι παρόμοια με αυτή της έλλειψης νερού καθώς και στις δύο περιπτώσεις εμφανίζονται συμπτώματα υδατικής καταπόνησης και μείωσης της ανάπτυξης των φυτών. Γενικός μαρασμός, έντονη επίδραση

στα φύλλα, νεκρώσεις ιστών ή άλλη εμφανής βλάβη παρατηρείται μόνο μετά από παρατεταμένη έκθεση σε υψηλή αλατότητα.

Η συγκέντρωση των αλάτων στο έδαφος μεταβάλλεται με το κλάσμα στράγγισης (LF =ποσότητα νερού που στραγγίζει κάτω από το βάθος των ριζών/ποσότητα νερού που εφαρμόζεται στην επιφάνεια) και το βάθος του ριζοστρώματος δηλαδή αυξάνεται η συγκέντρωση όταν μειώνεται το κλάσμα στράγγισης και αυξάνεται με το βάθος στην περιοχή του ριζοστρώματος. Με την πρόοδο της ξήρανσης του εδάφους το φυτό εκτίθεται σε μια μεταβαλλόμενη διαθεσιμότητα νερού σε κάθε τμήμα του ριζοστρώματος, διότι τόσο η ποσότητα του εδαφικού νερού (εδαφο-υδατικό δυναμικό) όσο και η αλατότητα του εδαφικού νερού (οσμωτικό δυναμικό) μεταβάλλονται από την κατανάλωση νερού από το φυτό μεταξύ δύο αρδεύσεων. Το φυτό αντλεί νερό από το έδαφος και ταυτόχρονα αφήνει το πλείστο των αλάτων στο ριζόστρωμα σε έναν όγκο νερού ο οποίος συνεχώς μειώνεται, κατά συνέπεια η συγκέντρωση των αλάτων στον όγκο αυτό του νερού συνεχώς αυξάνει. Μετά από κάθε άρδευση η αλατότητα δεν είναι σταθερή με το βάθος και η περιεκτικότητα του εδαφικού νερού σε κάθε τμήμα του ριζοστρώματος βρίσκεται κοντά στο μέγιστο και η συγκέντρωση των αλάτων στο ελάχιστο. Καθένα όμως από τα προηγούμενα μεταβάλλεται καθώς το φυτό αντλεί νερό από το έδαφος στο διάστημα μεταξύ δύο αρδεύσεων.

Το φυτό ασκεί την αντλητική του δύναμη σε όλη την περιοχή του ριζοστρώματος και αντλεί νερό από όπου αυτό είναι περισσότερο διαθέσιμο. Η περιοχή που γίνεται αυτό είναι συνήθως το ανώτερο τμήμα του ριζοστρώματος, εκείνη δηλαδή η περιοχή που υποβάλλεται συχνότερα σε έκπλυση τόσο από το νερό αρδεύσεως όσο και από το νερό της βροχής. Σε αυτό το τμήμα του ριζοστρώματος η οσμωτική επίδραση είναι μικρότερη απ' ό,τι στα βαθύτερα στρώματα. Στο διάστημα όμως μεταξύ δύο αρδεύσεων το ανώτερο τμήμα του ριζοστρώματος ξηραίνεται ταχύτερα από το κατώτερο λόγω της μεγάλης ανάπτυξης των ριζών από το τμήμα εκείνο του εδάφους όπου το φυτό μπορεί να αντλήσει την άμεσα διαθέσιμη εδαφική υγρασία. Στην περίπτωση όμως αυτή τόσο τα ανώτερα όσο και τα κατώτερα τμήματα του ριζοστρώματος παρουσιάζουν υψηλή αλατότητα και κατά συνέπεια υψηλό οσμωτικό δυναμικό. Με την πρόοδο της άντλησης νερού από το φυτό δημιουργείται ένα συγκεκριμένο προφίλ άντλησης.

Σχήμα 1: Μεταβολή της αλατότητας του εδαφικού διαλύματος μεταξύ αρδεύσεων της μηδικής που οφείλεται στην κατανάλωση νερού από την εξατμισοδιαπνοή (ET).



Το προφίλ άντλησης νερού σε ένα έδαφος είναι συνάρτηση της συχνότητας αρδεύσεων. Με αρδεύσεις κατά αραιά διαστήματα ισχύει το σχήμα 40-30-20-10, ενώ για συχνές αρδεύσεις επειδή το φυτό μπορεί και αντλεί μεγαλύτερες ποσότητες νερού από το ανώτερο τμήμα του ριζοστρώματος το βάθος του ριζοστρώματος είναι μικρότερο. Οι ρίζες δηλαδή των φυτών εκτείνονται σε μικρότερο βάθος. Στην περίπτωση αυτή το σχήμα άντλησης θα είναι 60-30-7-3. Ανεξάρτητα από τη συχνότητα, οι αρδεύσεις θα πρέπει να προγραμματισθούν με τέτοιο τρόπο ώστε να εφοδιάζουν στο φυτό την αναγκαία ποσότητα νερού και να αποτρέπουν κάποια υδατική καταπόνηση μεταξύ των αρδεύσεων, ιδιαίτερα εάν η εδαφική αλατότητα επηρεάζει και την διαθεσιμότητα του νερού.

Όταν το ανώτερο τμήμα του ριζοστρώματος εφοδιάζεται επαρκώς με νερό, τότε η αλατότητα του κατώτερου τμήματος καθίσταται λιγότερο σημαντική. Όμως εάν η περίοδος μεταξύ των αρδεύσεων είναι μεγάλη και το φυτό είναι αναγκασμένο να αντλεί τις επιπλέον ποσότητες που του χρειάζονται από το κατώτερο τμήμα, τότε η αλατότητα του κατώτερου τμήματος καθίσταται σημαντική, ιδιαίτερα εάν οι ανάγκες του φυτού είναι μεγάλες λόγω κάποιας ξηρής μέρας με δυνατό αέρα. Στην περίπτωση αυτή η άντληση και η κίνηση του νερού προς τις ρίζες είναι βραδεία, το φυτό δεν μπορεί να εφοδιαστεί με αρκετή υγρασία και παρουσιάζονται καταστάσεις υδατικής καταπόνησης. Όταν η έλλειψη του νερού είναι παρατεταμένη υπάρχουν βλάβες ή μειωμένη απόδοση στο φυτό.

Κεφάλαιο 3

Η ανθεκτικότητα των καλλιεργούμενων φυτών στην αλατότητα

Έχει ληφθεί υπόψη με βάση τα προηγούμενα ότι η αλατότητα μειώνει την διαθεσιμότητα του νερού καθ' όμοιο τρόπο για όλα τα είδη φυτών. Όμως όλα τα είδη των φυτών δεν έχουν την ίδια συμπεριφορά στην αλατότητα του εδάφους. Μερικά παρουσιάζουν μεγαλύτερη ικανότητα στην άντληση νερού από αλατούχα εδάφη και κατά συνέπεια είναι περισσότερο ανθεκτικά στην αλατότητα. Τα αίτια για τη διαφοροποίηση αυτή δεν είναι πλήρως γνωστά, τα στοιχεία ανθεκτικότητας των φυτών όμως δείχνουν ότι υπάρχει μια 8-πλάσια έως και 10-πλάσια διαφοροποίηση της αντοχής στα άλατα των καλλιεργούμενων φυτών. Σε περιοχές όπου με την στράγγιση δεν είναι δυνατό να ελεγχθεί η αλατότητα μέσα στα πλαίσια της αντοχής του συγκεκριμένου φυτού που καλλιεργείται, οπωσδήποτε θα υπάρξει μείωση της παραγωγής, εκτός εάν προτιμηθεί άλλη καλλιέργεια περισσότερο ανθεκτική στα άλατα.

Αυτή η αντοχή των φυτών συμβαίνει διότι έχουν την ικανότητα να ρυθμίζουν την οσμωτική τους πίεση ώστε να μπορούν να εκμεταλλεύονται μεγαλύτερες ποσότητες νερού σε ένα αλατούχο έδαφος. Η ικανότητα αυτή ορισμένων καλλιεργειών είναι πολύ χρήσιμη. Σε περιοχές όπου η αλατότητα δεν είναι δυνατόν να μειωθεί σε ικανοποιητικά επίπεδα για τα φυτά που ήδη υπάρχουν, υπάρχει η λύση της εναλλακτικής καλλιέργειας η οποία είναι πιο ανθεκτική στο συγκεκριμένο επίπεδο αλατότητας και μπορεί να έχει οικονομική απόδοση.

Υπάρχει ένα οκταπλάσιο έως δεκαπλάσιο εύρος ανθεκτικότητας στα άλατα των καλλιεργούμενων φυτών. Το γεγονός αυτό επιτρέπει ευρύτερη χρήση αλατούχων εδαφών που τα περισσότερα από αυτά στο παρελθόν θεωρούνταν ακατάλληλα προς χρήση. Εξάλλου με τον τρόπο αυτό διευρύνεται η χρήση αρδευτικών νερών με μεγαλύτερες συγκεντρώσεις αλάτων απ' ό,τι στο παρελθόν.

Η σχετική ανθεκτικότητα των περισσότερων από τα καλλιεργούμενα φυτά είναι γνωστή πλέον και αυτό επιτρέπει να υπάρχει ένας γενικός οδηγός σχετικός με την αντοχή τους στην αλατότητα. Η ανθεκτικότητα πολλών κοινών καλλιεργειών δίνεται στον πίνακα 3. Στον πίνακα αυτόν περιέχονται στοιχεία για καλλιέργειες που έχουν αναπτυχθεί σε περιβάλλον αρδευόμενο ημίξηρο. Στις περιπτώσεις όπου δε υφίστανται στοιχεία για να δοθούν αριθμητικές τιμές ανθεκτικότητας, παρατίθεται μια σχετική διαβάθμιση η οποία προέρχεται από πειραματικά στον αγρό, από ύπαρξη ορισμένων σχετικών στοιχείων ή από διάφορες άλλες παρατηρήσεις. Τα στοιχεία σχετικής ανθεκτικότητας, ακόμη και αν βασίζονται σε περιορισμένα στοιχεία, είναι πολύ χρήσιμα για συγκρίσεις μεταξύ των καλλιεργειών. Για παράδειγμα τα στοιχεία του πίνακα 3 δείχνουν ότι η μέγιστη απόδοση γενικά όλων των καλλιεργειών μπορεί να επιτευχθεί με νερό που έχει ηλεκτρική αγωγιμότητα μικρότερη από 0,7 mS/cm.

Πίνακας 3: Αντοχή των φυτών στα άλατα και προβλεπόμενη απόδοση ορισμένων καλλιεργειών όπως επηρεάζονται από την ποιότητα νερού αρδεύσεως (EC_w) και την εδαφική αλατότητα (EC_e).

| Εκσπαικός καλλιεργείας | Προβλεπόμενη Απόδοση | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 100% | | 90% | | 75% | | 50% | | 0% | |
| | EC _e | EC _w | EC _e | EC _w | EC _e | EC _w | EC _e | EC _w | EC _e | EC _w |
| Κριθάρι (<i>Hordeum vulgare</i>) | 8,0 | 5,3 | 10 | 6,7 | 13 | 8,7 | 18 | 12 | 28 | 19 |
| Βαμβάκι (<i>Gossypium hirsutum</i>) | 7,7 | 5,1 | 9,6 | 6,4 | 13 | 8,4 | 17 | 12 | 27 | 18 |
| Ζαχαρότευτλο (<i>Beta vulgaris</i>) | 7,0 | 4,7 | 8,7 | 5,8 | 11 | 7,5 | 15 | 10 | 24 | 16 |
| Σόργο (<i>Sorghum bicolor</i>) | 6,8 | 4,5 | 7,4 | 5,0 | 8,4 | 5,6 | 9,9 | 6,7 | 13 | 8,7 |
| Σιτάρι (<i>Triticum aestivum</i>) | 6,0 | 4,0 | 7,4 | 4,9 | 9,5 | 6,3 | 13 | 8,7 | 20 | 13 |
| Σιτάρι σκληρό (<i>T. turgidum</i>) | 5,7 | 3,8 | 7,6 | 5,0 | 10 | 6,9 | 15 | 10 | 24 | 16 |
| Σόγια (<i>Glycine max</i>) | 5,0 | 3,3 | 5,5 | 3,7 | 6,3 | 4,2 | 7,5 | 5,0 | 10 | 6,7 |
| Κτην. Μπιζέλι (<i>Vigna unguiculata</i>) ? | 4,9 | 3,3 | 5,7 | 3,8 | 7,0 | 4,7 | 9,1 | 6,0 | 13 | 8,8 |
| Φαστικιά (<i>Arachis hypogea</i>) | 3,2 | 2,1 | 3,5 | 2,4 | 4,1 | 2,7 | 4,9 | 3,3 | 6,6 | 4,4 |
| Ρύζι (<i>Oryza sativa</i>) | 3,0 | 2,0 | 3,8 | 2,6 | 5,1 | 3,4 | 7,2 | 4,8 | 11 | 7,6 |
| Καλαμπόκι (<i>Zea mays</i>) | 1,7 | 1,1 | 2,5 | 1,7 | 3,8 | 2,5 | 5,9 | 3,9 | 10 | 6,7 |
| Λινάρι (<i>Linum usitatissimum</i>) | 1,7 | 1,1 | 2,5 | 1,7 | 3,8 | 2,5 | 5,9 | 3,9 | 10 | 6,7 |
| Φακή (<i>Vicia faba</i>) | 1,5 | 1,1 | 2,8 | 1,8 | 4,2 | 2,0 | 6,8 | 4,5 | 12 | 8,0 |
| Φασόλι (<i>Phaseolus vulgaris</i>) | -1,0 | 0,7 | 1,5 | 1,0 | 2,3 | 1,5 | 3,6 | 2,4 | 6,3 | 4,2 |
| Λαχανοκομικά | | | | | | | | | | |
| Κολοκυθάκια (<i>Cucurbita pepo melopepo</i>) | 4,7 | 3,1 | 5,8 | 3,8 | 7,4 | 4,9 | 10 | 6,7 | 15 | 10 |
| Τεύτλο (<i>Beta vulgaris</i>) | 4,0 | 2,7 | 5,1 | 3,4 | 6,8 | 4,5 | 9,6 | 6,4 | 15 | 10 |
| Κολοκύθι (<i>Cucurbita pepo melopepo</i>) | 3,2 | 2,1 | 3,8 | 2,6 | 4,8 | 3,2 | 6,3 | 4,2 | 9,4 | 6,3 |
| Μηρόκολο (<i>Brassica oleracea botrytis</i>) | 2,8 | 1,9 | 3,9 | 2,6 | 5,5 | 3,7 | 8,2 | 5,5 | 14 | 9,1 |
| Ντομάτα (<i>Lycopersicon esculentum</i>) | 2,5 | 1,7 | 3,5 | 2,3 | 5,0 | 3,4 | 7,6 | 5,0 | 13 | 8,4 |
| Αγγούρι (<i>Cucumis sativus</i>) | 2,5 | 1,7 | 3,3 | 2,2 | 4,4 | 2,9 | 6,3 | 4,2 | 10 | 6,8 |
| Σπανάκι (<i>Spinacea oleracea</i>) | 2,0 | 1,3 | 3,3 | 2,2 | 5,3 | 3,5 | 8,6 | 5,7 | 15 | 10 |
| Ιέλινο (<i>Apirus graveolens</i>) | 1,8 | 1,2 | 3,4 | 2,3 | 5,8 | 3,9 | 9,9 | 6,6 | 18 | 12 |
| Λάχανο (<i>Brassica oleracea capitata</i>) | 1,8 | 1,2 | 2,8 | 1,9 | 4,4 | 2,9 | 7,0 | 4,6 | 12 | 8,1 |
| Πατάτο (<i>Solanum tuberosum</i>) | 1,7 | 1,1 | 2,5 | 1,7 | 3,8 | 2,5 | 5,9 | 3,9 | 10 | 6,7 |
| Γλυκοπατάτο (<i>Ipomoea batatas</i>) | 1,5 | 1,0 | 2,4 | 1,6 | 3,8 | 2,5 | 6,0 | 4,0 | 11 | 7,1 |
| Πιπεριά (<i>Capsicum annuum</i>) | 1,5 | 1,0 | 2,2 | 1,5 | 3,3 | 2,2 | 5,1 | 3,4 | 8,6 | 5,8 |
| Μαρούλι (<i>Lactuca sativa</i>) | 1,3 | 0,9 | 2,1 | 1,4 | 3,2 | 2,1 | 5,1 | 3,4 | 9,0 | 6,0 |
| Ρεπάνι (<i>Raphanus sativus</i>) | 1,2 | 0,8 | 2,0 | 1,3 | 3,1 | 2,1 | 5,0 | 3,4 | 8,9 | 5,9 |
| Κεμμύδι (<i>Allium cepa</i>) | 1,2 | 0,8 | 1,8 | 1,2 | 2,8 | 1,8 | 4,3 | 2,9 | 7,4 | 5,0 |
| Καρρότο (<i>Daucus carota</i>) | 1,0 | 0,7 | 1,7 | 1,1 | 2,8 | 1,8 | 4,6 | 3,0 | 8,1 | 5,4 |
| Φασόλι (<i>Phaseolus vulgaris</i>) | 1,0 | 0,7 | 1,5 | 1,0 | 2,3 | 1,5 | 3,6 | 2,4 | 6,3 | 4,2 |
| Γογγύλι (<i>Brassica rapa</i>) | 0,9 | 0,6 | 2,0 | 1,3 | 3,7 | 2,5 | 6,5 | 4,3 | 12 | 8,0 |

Ανθεκτικότητα των φυτών στην αλατότητα:

Ευαίσθητες:

Φασόλι, Κρεμμύδι, Τριφύλλι, Πιπεριά, Πατάτα, Σουσάμι, Καρότο, Μπάμια, Αμυγδαλιά, Αβοκάντο

Σχετικά ευαίσθητες:

Φακή, Καλαμπόκι, Ρύζι, Ηλίανθος, Βρώμη, Κτηνοτροφικό μπιζέλι, Μηδική, Πεπόνι, Κουνουπίδι, Σέλινο

Σχετικώς ανθεκτικά:

Σίκαλη, Σόγια, Συκιά, Ελιά, Ανανάς, Ροδιά, Αγκινάρα, Κολοκυθάκια, Σιτάρι σκληρό, Σιτάρι μαλακό

Ανθεκτικά:

Ζαχαρότευτλα, Φοίνικας, Κριθάρι, Βαμβάκι, Σπαράγγι

Κεφάλαιο 4

Αντιμετώπιση των προβλημάτων που οφείλονται στην αλατότητα

Η αντιμετώπιση της αλατότητας του εδάφους σχετίζεται με ικανοποιητική απόδοση της καλλιέργειας που εξετάζεται κάθε φορά. Υπάρχουν ορισμένοι τρόποι για την αντιμετώπιση της αλατότητας οι οποίοι θα εξετασθούν στη συνέχεια. Όμως θα πρέπει να τονισθεί ότι στην πράξη θα πρέπει να γίνουν συνδυασμοί προκειμένου να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της αλατότητας.

Η στράγγιση, η απομάκρυνση των αλάτων, καθώς και η επιλογή πιο ανθεκτικών στα άλατα καλλιεργειών είναι μέτρα τα οποία μπορούν να ληφθούν προκειμένου να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της αλατότητας σε μακροχρόνια βάση. Επιπρόσθετα όμως θα πρέπει να λαμβάνονται και άλλες καλλιεργητικές φροντίδες για την αντιμετώπιση πρόσκαιρων αυξήσεων της τιμής της αλατότητας του εδάφους, διότι και αυτές είναι δυνατόν να δημιουργήσουν εξίσου παρόμοια προβλήματα με τα προηγούμενα. Αρκετές πρακτικές, όπως συχνότερες αρδεύσεις, φροντίδα του εδάφους, κανονική χρονική κατανομή των λιπασμάτων καθώς και κατάλληλη σπορά μπορούν να κάνουν την αλατότητα λιγότερο επιβλαβή για τα φυτά.

1. Στράγγιση

Πριν από την έναρξη οποιουδήποτε αρδευτικού προγράμματος θα πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια έτσι ώστε το νερό που διηθείται διαμέσου του εδάφους να διατηρείται σε τέτοιο βάθος από την επιφάνεια ώστε να μην είναι σε θέση να επηρεάσει τις καλλιέργειες. Βάθος 2 μέτρων για τις δικές μας κλιματικές συνθήκες είναι ικανοποιητικό. Η καλύτερη όμως αντιμετώπιση του προβλήματος είναι η κατασκευή στραγγιστικού δικτύου στην περιοχή.

Το στραγγιστικό δίκτυο απομακρύνει συνεχώς τα άλατα του εδάφους και τα οδηγεί, συνήθως, προς τη θάλασσα είτε με φυσική ροή είτε με άντληση. Εκείνο όμως το οποίο έχει ιδιαίτερη σημασία είναι να διατηρείται το στραγγιστικό δίκτυο πάντοτε σε καλή κατάσταση.

Υπάρχουν ορισμένες περιπτώσεις στις οποίες η κατασκευή του στραγγιστικού δικτύου είναι τέτοια που δεν επιτρέπει να στραγγίζουν τα εδάφη σε βάθος μεγαλύτερο από 1 μέτρο. Τέτοιες περιπτώσεις υπάρχουν σε περιοχές όπου ο κεντρικός συλλέκτης (ποτάμι ή κεντρικός στραγγιστικός αγωγός) έχει πολύ μικρή υψομετρική διαφορά με την περιοχή που στραγγίζει. Σ' αυτές τις περιπτώσεις συνιστάται να ανοιχθεί ένα όρυγμα σε σημείο του αγρού με το χαμηλότερο υψόμετρο και σε βάθος 2 μέτρα το οποίο θα συγκεντρώνει τα νερά στραγγίσεως. Στη συνέχεια με μια μικρή αντλία τα νερά του ορύγματος κατά θα στέλνονται στη στραγγιστική τάφρο. Μ' αυτόν τον τρόπο μπορούμε να διατηρούμε την υπόγεια στάθμη σε αρκετό βάθος.

Τα προβλήματα αλατότητας που έχουν σχέση με την αρδευόμενη γεωργία συνδέονται συχνά με την υπόγεια στάθμη του νερού όταν αυτή βρίσκεται μεταξύ ενός ή δύο μέτρων από την επιφάνεια του εδάφους. Στα περισσότερα εδάφη με υψηλή υπόγεια στάθμη, το νερό ανέρχεται τριχοειδώς μέχρι το ριζόστρωμα και, εάν περιέχει άλατα, εφοδιάζει συνεχώς το ριζόστρωμα με άλατα καθώς το νερό χρησιμοποιείται από το φυτό ή εξατμίζεται από την επιφάνεια του εδάφους. Η αλάτωση του εδάφους σε αρδευόμενες περιοχές, που έχει σχέση με τα φαινόμενα αυτά, επιταχύνεται σε θερμές περιοχές όταν το έδαφος είναι δυνατόν να παραμείνει επί μακρόν ακαλλιέργητο. Ο ρυθμός αλατώσεως του εδάφους από μια υψηλή υπόγεια στάθμη εξαρτάται από τον τρόπο αρδεύσεως, την συγκέντρωση των αλάτων και το βάθος της στάθμης, τον τύπο του εδάφους καθώς και το κλίμα.

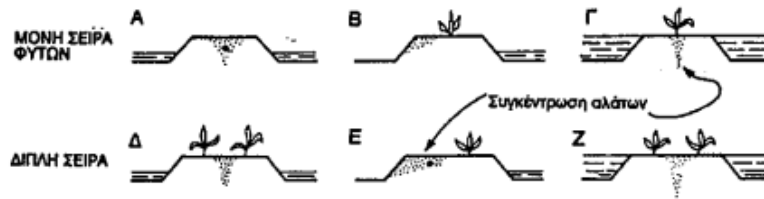
2. Έλεγχος της αλατότητας με βαθιά διήθηση

Όταν τα υδατοδιαλυτά άλατα στο έδαφος είναι ή αναμένεται να γίνουν πολλά, εκπλένονται με επιπλέον ποσότητες νερού από αυτές που απαιτούνται για την εξατμισοδιαπνοή για την τρέχουσα περίοδο. Η επιπλέον αυτή ποσότητα νερού απομακρύνει μια ποσότητα αλάτων προς τα βαθύτερα στρώματα. Η διήθηση αποτελεί το κλειδί για τον έλεγχο της αλατότητας που προέρχεται από το νερό άρδευσης. Διαχρονικά, οι ποσότητες των αλάτων που απομακρύνονται με έκπλυση πρέπει να είναι ίσες ή μεγαλύτερες από αυτές που προστίθενται με το νερό αρδεύσεως, αλλιώς η συγκέντρωση των αλάτων θα φθάσει σε οριακά επίπεδα.

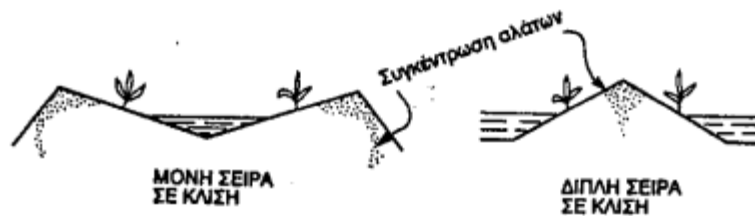
3. Καλλιεργητικά μέτρα για την αντιμετώπιση της αλατότητας

Εκτός από την κανονική στράγγιση του εδάφους, την απομάκρυνση της μεγαλύτερης ποσότητας των αλάτων ώστε η συγκέντρωσή τους να φθάσει σε ανεκτά επίπεδα από το φυτό ή ως το τελευταίο ίσως μέσο, την αλλαγή της καλλιέργειας με περισσότερο ανθεκτική, υπάρχουν και άλλα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται προκειμένου τα φυτά να αντιμετωπίσουν ή να παρακάμψουν τον κίνδυνο από την αλατότητα του εδάφους. Τα κυριότερα από αυτά είναι η κατά των δυνατών ισοπέδωση του εδάφους, ο προγραμματισμός των αρδεύσεων, η τοποθέτηση των σπόρων κατά τη σπορά ή των φυτωρίων στις κατάλληλες θέσεις, η κατάλληλη χρήση των λιπασμάτων και η επιλογή του κατάλληλου τρόπου αρδεύσεως.

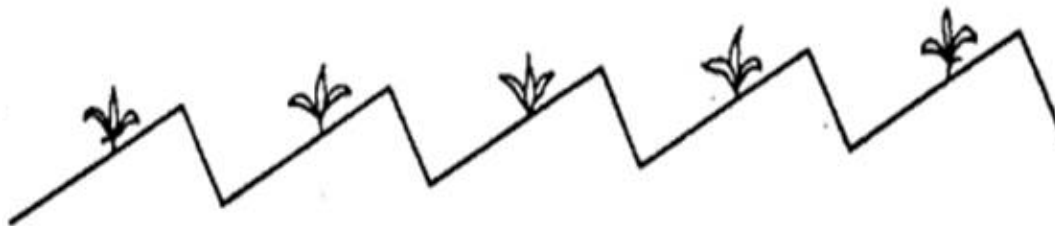
Σχήμα 2: Σαμάρια με επίπεδη οροφή και διαφορετική πρακτική αρδεύσεως.



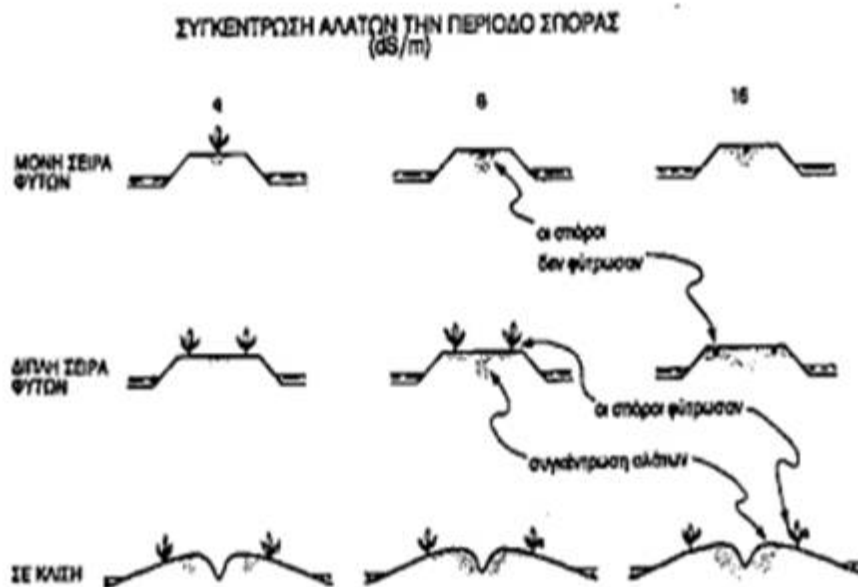
Σχήμα 3: Αντιμετώπιση της αλατότητας με κεκλιμένα σαμάρια.



Σχήμα 4: Κεκλιμένα σαμάρια για την αντιμετώπιση της αλατότητας και της θερμοκρασίας.



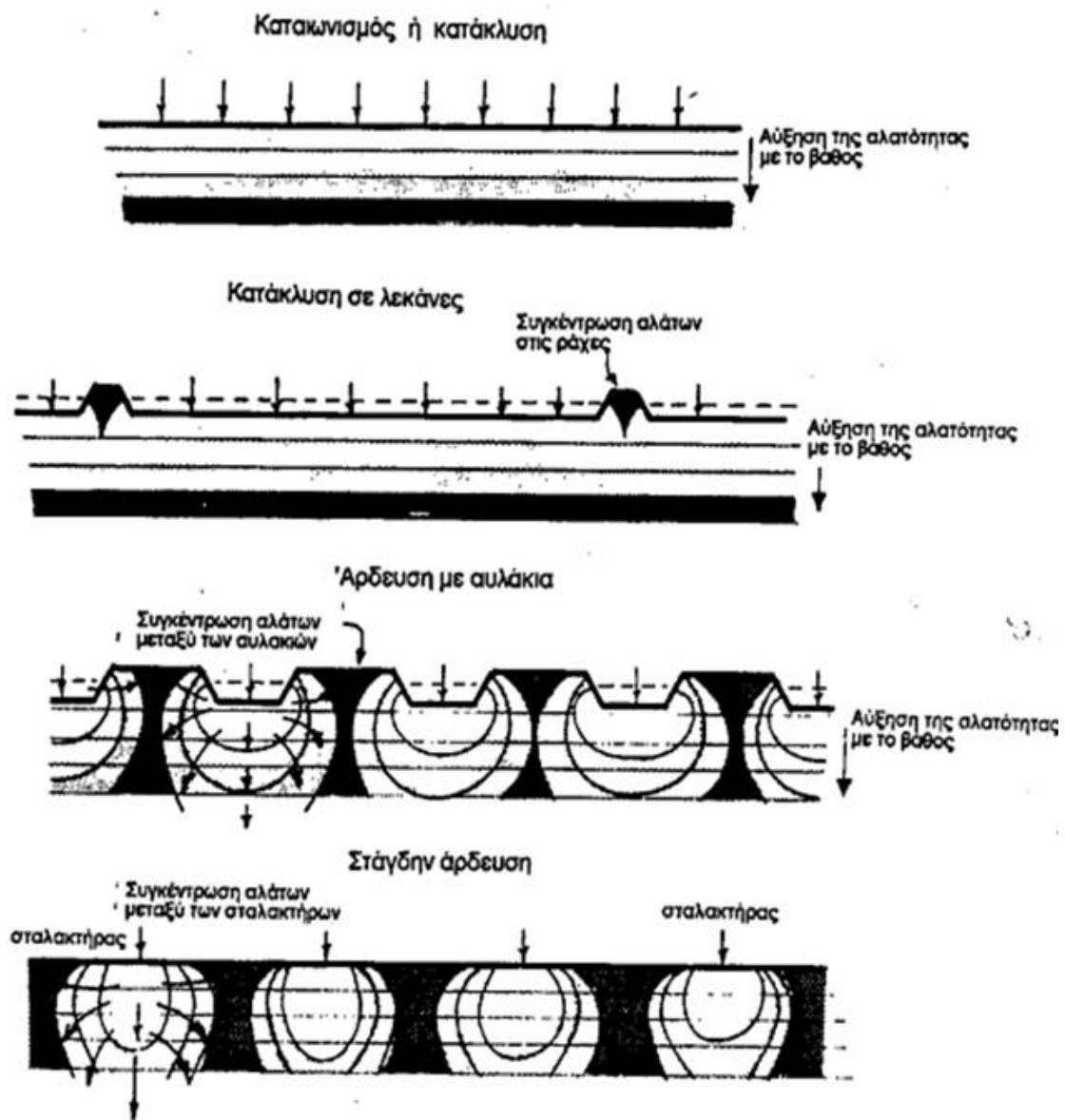
Σχήμα 5: Αποτελέσματα αλατότητας ανάλογα με τα σχήματα των σαμαριών και την περιεκτικότητα σε άλατα του νερού αρδεύσεως.



Πίνακας 4: Δείκτες αλατότητας λιπασμάτων.

| Λίπασμα | Δείκτης αλατ. | Μερικός δείκτης αλατ./μονάδα θρεπτ. στοιχείου |
|--------------------------------|---------------|---|
| Άνυδρη αμμωνία | 47,1 | 0,572 |
| Ασβεστόλιθος | 4,7 | 0,083 |
| Γύψος | 8,1 | 0,247 |
| Δολομίτης | 0,8 | 0,042 |
| Θειϊκή αμμωνία | 69,0 | 3,253 |
| Θειϊκό κάλιο | 46,1 | 0,853 |
| Θειϊκό κάλιο-μαγνήσιο | 43,2 | 1,971 |
| Κυαναμίδη του ασβεστίου | 31,0 | 1,476 |
| Νιτρική αμμωνία | 104,6 | 2,990 |
| Νιτρικό ασβέστιο | 52,5 | 4,409 |
| Νιτρικό κάλιο | 73,6 | 5,336 |
| Νιτρικό νάτριο | 100,0 | 6,060 |
| Ουρία | 75,4 | 1,618 |
| Ουραμόν(ουρία-νιτρικό αμμώνιο) | 66,4 | 1,579 |
| Υπερφωσφωρικό (16%) | 7,8 | 0,487 |
| Υπερφωσφωρικό (20%) | 7,8 | 0,390 |
| Υπερφωσφωρικό (45%) | 10,1 | 0,224 |
| Υπερφωσφωρικό (48%) | 10,1 | 0,210 |
| Φωσφορική αμμωνία (11-48) | 26,9 | 2,442 |
| Φωσφορικό διαμμώνιο | 29,9 | 1,614 |
| Φωσφορικό μονοαμμώνιο | 34,2 | 2,453 |
| Φωσφορικό μονοασβέστιο | 15,4 | 0,274 |
| Χλωριούχο κάλιο (50%) | 109,4 | 2,189 |
| Χλωριούχο κάλιο (60%) | 116,3 | 1,936 |
| Χλωριούχο κάλιο (63%) | 114,3 | 1,812 |
| Χλωριούχο νάτριο | 153,8 | 2,899 |

Σχήμα 6: Συγκέντρωση των αλάτων στο έδαφος ανάλογα με την μέθοδο αρδεύσεως.



Κεφάλαιο 5

Δειγματοληψία και μηχανική ανάλυση του εδάφους

- Δειγματοληψία εδάφους:

Η γνώση του τρόπου γένεσης και εξέλιξης των εδαφών, της μηχανικής σύστασης και των φυσικοχημικών ιδιοτήτων ενός εδάφους είναι πολύ σημαντική γιατί θα μας κατευθύνει στην επιλογή της καλλιέργειας και των σχετικών εργασιών που απαιτούνται. Η γνώση αυτή παρέχεται συνήθως από τους εδαφολογικούς χάρτες, οι οποίοι δημιουργούνται με την επιτόπου περιγραφή των οριζόντων και με σειρά αναλύσεων εδαφικών δειγμάτων που λαμβάνονται από εδαφοτομές και ορύγματα.

Η δειγματοληψία των εδαφών γίνεται με βάση τα τοπογραφικά διαγράμματα, εάν αυτά δεν υπάρχουν τότε σε φωτομεγέθυνση τμήματος τοπογραφικών διαγραμμάτων κλίμακας 1:20.000 ή 1:50.000. Η καλύτερη περίοδος για την διεξαγωγή των εργασιών υπαίθρου είναι η αρδευτική περίοδος (Απρίλιος-Οκτώβριος), διότι οι αλλαγές αρκετών φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των εδαφών συμβαδίζουν με τις αλλαγές που παρατηρούνται στη βλάστηση.

Στην συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία τα εδαφικά δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν για την διεξαγωγή της, είναι απόκτημα άλλης πτυχιακής εργασίας με αποτέλεσμα να μην χρειαστεί η διαδικασία της δειγματοληψίας και της προετοιμασίας των εδαφικών δειγμάτων στο εργαστήριο για την εργαστηριακή ανάλυση.

Φωτογραφία 1: Δειγματοληψία εδάφους (Κορωνιώτης 2014)



- Μηχανική ανάλυση εδάφους:

Η στερεά φάση του εδάφους αποτελείται από το ανόργανο και το οργανικό μέρος. Το ανόργανο μέρος αποτελείται από την άμμο (συμβολίζεται με S από την λέξη sand), την ιλύς (Si από την λέξη Silt) και την άργιλο (C από την λέξη Clay). Τα τεμαχίδια αυτά μπορεί να είναι ενωμένα μεταξύ τους με οργανική ουσία ή ανθρακικό ασβέστιο και να απαρτίζουν

μεγαλύτερα συσσωματώματα. Οι φυσικοχημικές ιδιότητες κάθε εδάφους εξαρτώνται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τη σύσταση του με τα τρία αυτά κλάσματα.

Ως άμμος ορίζονται τα ανόργανα τεμαχίδια του εδάφους που έχουν διάμετρο από 2,0mm μέχρι 0,05mm. Ως ιλύς ορίζονται τα τεμαχίδια που έχουν διάμετρο από 0,05mm μέχρι 0,002mm και ως άργιλος τα τεμαχίδια που έχουν διάμετρο μικρότερη των 0,002mm. Η εκατοστιαία περιεκτικότητα στα τρία βασικά κλάσματα (άμμος-ιλύς-άργιλος), ορίζει τη “μηχανική σύσταση” του εδάφους (ή αλλιώς “κοκκομετρική σύσταση”) και είναι χαρακτηριστική για κάθε έδαφος. Ο χαρακτηρισμός των εδαφών γίνεται με τα τρία βασικά κλάσματα, δηλαδή της άμμου, της ιλύος και της αργίλου. Ανάλογα με την συμμετοχή του κάθε κλάσματος, δημιουργούνται 12 κατηγορίες εδαφών, όπως φαίνεται και στο τριγωνικό διάγραμμα ταξινόμησης κατά το Αμερικανικό σύστημα (βλ. κεφάλαιο 1.2). Εδάφη που διαφέρουν πολύ από αυτά του τριγωνικού διαγράμματος, είναι αυτά που περιέχουν χάλικες ή κροκάλες σε ποσοστό μεγαλύτερο του 17% κατά βάρος.

Η μέθοδος που χρησιμοποιήσαμε για μια λεπτομερή κοκκομετρική σύσταση του εδάφους ονομάζεται μέθοδος του υδρομέτρου ή αλλιώς μέθοδος Bouyoucos. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην καθίζηση των τεμαχιδίων όταν βρεθούν σε αιώρημα. Το αιώρημα δημιουργείται με τη βοήθεια διασπορικής ουσίας. Η μέθοδος Bouyoucos, η οποία πήρε το όνομα της από τον εδαφολόγο Βουγιούκο, είναι η μέθοδος που χρησιμοποιείται ευρέως διεθνώς. Βασίζεται στο ότι σε συγκεκριμένο χρόνο το αιώρημα που περιέχει τα εδαφικά τεμαχίδια έχει διαφορετική πυκνότητα εξαιτίας της καθίζησης. Η πυκνότητα μετράται με το υδρόμετρο (ή πυκνόμετρο) Bouyoucos. Από την ένδειξη του πυκνόμετρου υπολογίζονται τα κλάσματα του εδάφους.

Μέθοδος Bouyoucos:

➤ Σκεύη και όργανα:

- Αναλυτικός ζυγός
- Γυάλινοι κύλινδροι με χαραγή στα 1.130mL
- Πολύστροφο μίξερ
- Πυκνόμετρο Bouyoucos
- Αναδευτήρας ανατάραξης δείγματος εντός του κυλίνδρου
- Υδροβολέας
- Θερμόμετρο
- Ποτήρια ζέσεως ψηλά των 600mL
- Χρονοδιακόπτης
- Σιφώνιο των 20mL

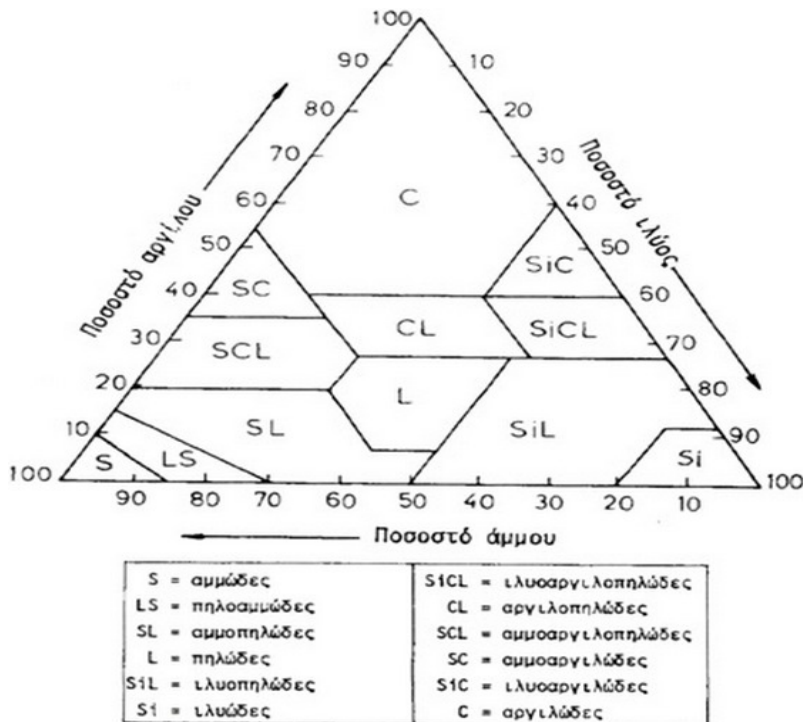
➤ Αντιδραστήρια:

- Διάλυμα 0,5N μεταφωσφορικού νατρίου (NaPO_4), που θα χρησιμοποιηθεί σαν διασπορικό.

➤ Διαδικασία μεθόδου Βουγους:

- Αεροξηράνετε, λειοτριβήστε, κοσκινίστε και προσδιορίστε την εδαφική υγρασία
- Ζυγίστε 50gr εδαφικού δείγματος και τοποθετήστε τα στο ποτήρι ζέσεως των 600 mL
- Προσθέστε 50mL διασπορικό εξαμεταφωσφορικό νάτριο
- Συμπληρώστε το ποτήρι ζέσεως με αποσταγμένο ή απιονισμένο νερό μέχρι τελικού όγκου 500mL
- Μεταφέρετε το διάλυμα στο μεταλλικό δοχείο του μίξερ ξεπλένοντας προσεκτικά το ποτήρι ζέσεως με τον υδροβολέα
- Βάλτε σε λειτουργία το μίξερ για 15 λεπτά
- Μεταφέρετε το διάλυμα στον κύλινδρο Βουγους ξεπλένοντας το μεταλλικό δοχείο του μίξερ με τον υδροβολέα
- Τοποθετήστε το υδρόμετρο εντός του κυλίνδρου και συμπληρώστε με αποσταγμένο ή απιονισμένο νερό μέχρι τελικού όγκου 1.130mL
- Αφαιρέστε το υδρόμετρο και αναδέψετε 20 φορές το διάλυμα με τον αναδευτήρα κυλίνδρου
- Τοποθετήστε ξανά το υδρόμετρο και ένα θερμόμετρο εντός του κυλίνδρου
- Ταυτόχρονα με την μέτρηση της θερμοκρασίας σημειώστε την ένδειξη του οργάνου μετά από 40 δευτερόλεπτα και μετά από 2 ώρες
- Υπολογίστε την κοκκομετρική σύσταση του εδαφικού δείγματος. Αν $A=η$ ένδειξη μετά από 40 δευτερόλεπτα και $B=η$ ένδειξη μετά από 2 ώρες, τότε:
 - ✓ εκατοστιαία αναλογία σε ιλύ και άργιλο= A
 - ✓ εκατοστιαία αναλογία σε άργιλο= B
 - ✓ εκατοστιαία αναλογία σε ιλύ= $A-B$
 - ✓ εκατοστιαία αναλογία σε άμμο= $100-A$
- Διορθώστε τα αποτελέσματά σας κάνοντας αναγωγή για τη θερμοκρασία σύμφωνα με τους παρακάτω τύπους:

- ✓ $\% \text{ \acute{\alpha}\mu\mu\omicron\upsilon} = 100 - 2(A + \Delta_1)$ όπου, A=πρώτη ανάγνωση πυκνομέτρου Δ_1 =συντελεστής διόρθωσης της πρώτης ανάγνωσης(40sec)
- ✓ $\% \text{ \acute{\alpha}\rho\gamma\iota\lambda\omicron\varsigma} = 2(B + \Delta_2)$ όπου, B=η δεύτερη ανάγνωση πυκνομέτρου Δ_2 =συντελεστής διόρθωσης της δεύτερης ανάγνωσης(2 ώρες)
- ✓ $\% \text{ \iota\lambda\acute{\upsilon}\varsigma} = 100 - (\% \text{ \acute{\alpha}\mu\mu\omicron\varsigma} + \% \text{ \acute{\alpha}\rho\gamma\iota\lambda\omicron\varsigma})$
- Κατατάξτε το εδαφικό δείγμα σας με τη βοήθεια το τριγώνου



- Εργαστηριακός εξοπλισμός:
 1. Μέτρηση pH και αγωγιμότητας:



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.

2. 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.



3.Χωνί



4.Υδροβολέας



5.Αυτόματος απιονιστής



6.Ποτήρι ζέσεως



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

Κεφάλαιο 6

Περιοχή μελέτης

6.1 Οριοθέτηση της περιοχής έρευνας:

Η περιοχή έρευνας τοποθετείται στο ΒΑ τμήμα του νομού Κορινθίας και οριοθετείται στα βόρεια από τον Κορινθιακό κόλπο, στα ανατολικά από τα όρια της αρχαίας Κορίνθου και περιλαμβάνει τις περιοχές Άσσου - Λεχαιού, Βόχας, Βέλου και έχοντας σύνορα την εθνική οδό στο Νότιο τμήμα της. Στο δυτικό κομμάτι η περιοχή οριοθετείται από τον Ασωπό ποταμό. Η γεωγραφική οριοθέτηση έγινε κυρίως με γεωλογικά υδρολογικά και υδρογεωλογικά κριτήρια, φροντίζοντας παράλληλα να ακολουθούνται και διοικητικά όρια όπου αυτό ήταν εφικτό. Το ανάγλυφο της περιοχής χαρακτηρίζεται από μεγάλες πεδινές ενότητες, την παράκτια περιοχή μεταξύ Κορίνθου και Κιάτου γνωστή και ως κάμπος της Βόχας.

6.2 Γενικές πληροφορίες για την περιοχή μελέτης:

Ο Δήμος Βέλου-Βόχας συστάθηκε με τον Ν. 3582/2010 "Νέα Αρχιτεκτονική της τοπικής αυτοδιοίκησης και αποκεντρωμένης διοίκησης-πρόγραμμα Καλλικράτης" και συγκροτήθηκε από τους πρώην δήμους Βέλου και Βόχας. Έδρα του δήμου είναι το Ζευγολατιό. Ο Δήμος αποτελείται από τρεις δημοτικές Κοινότητες: το Ζευγολατιό, το Βέλο και το Βραχάτι και δώδεκα ακόμα τοπικές κοινότητες: Ελληνοχώρι, Κοκκώνι, Κρήνες, Νεράντζα, Πουλίτσα, Στιμάγκα, Ταρσινά, Βοχαϊκό, Ευαγγελίστρια, Μπολάτι, Σουληνάρι, Χαλκί. Ο Δήμος καταλαμβάνει έκταση 164.85 τ.χλμ από τα οποία το μεγαλύτερο μέρος είναι για γεωργική χρήση (πάνω από το 40%). Ο πληθυσμός του δήμου ανέρχεται στους 18.323 κατοίκους με το μεγαλύτερο ποσοστό να κατοικεί στα πεδινά του δήμου και ένα μικρό (κάτω του 10%) στην ορεινή ζώνη.

Πίνακας 5: Έκταση και πραγματικός πληθυσμός (ΕΣΥΕ 2001)

| | ΔΗΜΟΤΙΚΗ/ ΤΟΠΙΚΗ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ | ΕΚΤΑΣΗ (km ²) | ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ | ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ |
|-------------------|----------------------------------|------------------------------|-----------|---------------|
| Δ.Ε. ΒΕΛΟΥ | Βέλου | 8,973 | 3.156 | Πεδινή |
| | Ελληνοχωρίου | 10,171 | 361 | Ημιορεινή |
| | Κοκκωνίου | 3,775 | 1.179 | Πεδινή |
| | Κρηνών | 7,198 | 691 | Πεδινή |
| | Νεράντζης | 1,6 | 616 | Πεδινή |
| | Πουλλίτσης | 5,15 | 719 | Πεδινή |
| | Στιμάγκας | 35,386 | 1.068 | Ορεινή |
| | Ταρσινών | 4,699 | 421 | Πεδινή |
| Δ.Ε. ΒΟΧΑΣ | Ζευγολατειού | 41,491 | 4.633 | Πεδινή |
| | Βοχαϊκού | 5,426 | 966 | Πεδινή |
| | Βραχατίου | 3,075 | 2.951 | Πεδινή |
| | Ευαγγελιστριάς | 3,3 | 261 | Πεδινή |
| | Μπολατίου | 5,351 | 667 | Πεδινή |
| | Σουληναρίου | 8,211 | 280 | Ορεινή |
| | Χαλκείου | 21,041 | 354 | Ορεινή |

ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ: Όπως αναφέρθηκε ο πληθυσμός του δήμου ανέρχεται στους 18.323 κατοίκους βάσει όμως τα στοιχεία της απογραφής του 2001. Μόλις πρόσφατα ολοκληρώθηκε η Γενική Απογραφή 2011 τα στοιχεία της οποίας δεν έχουν ακόμα ανακοινωθεί και τα οποία διαφοροποιούν κατά πολύ τα επίσημα του 2001. Εκτιμάται ότι ο πληθυσμός με τα επίσημα στοιχεία της απογραφής του 2011 θα ξεπεράσει τους 20.000 κατοίκους. Η κατανομή ανάμεσα στα δύο φύλλα είναι σχεδόν ισομερής με τους άνδρες να ανέρχονται στους 9.394 και τις γυναίκες στις 8.929.

Πίνακας 6: Κατανομή πληθυσμού ανά ηλικία και φύλο

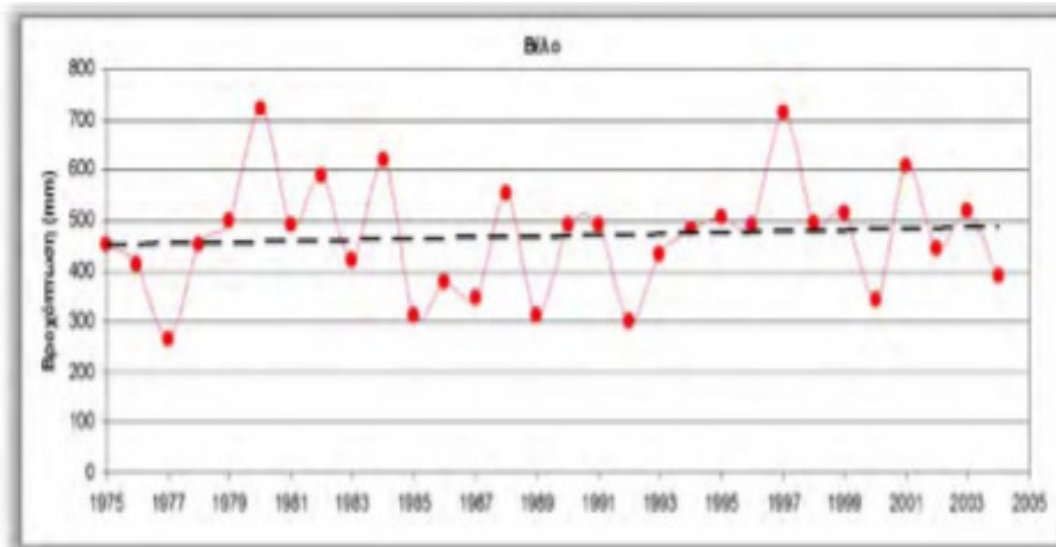
| ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΗΛΙΚΙΩΝ | ΣΥΝΟΛΟ | ΑΝΔΡΕΣ | ΓΥΝΑΙΚΕΣ |
|-------------------------------|---------------|---------------|-----------------|
| 0-4 | 904 | 470 | 434 |
| 5-9 | 941 | 522 | 419 |
| 10-14 | 992 | 524 | 468 |
| 15-19 | 1.065 | 597 | 468 |
| 20-24 | 1.372 | 764 | 608 |
| 25-29 | 1.418 | 766 | 652 |
| 30-34 | 1.429 | 743 | 686 |
| 35-39 | 1.222 | 635 | 587 |
| 40-44 | 1.283 | 659 | 624 |
| 45-49 | 1.188 | 586 | 602 |
| 50-54 | 1.152 | 566 | 586 |
| 55-59 | 963 | 480 | 483 |
| 60-64 | 1.026 | 509 | 517 |
| 65-69 | 1.179 | 570 | 609 |
| 70-74 | 984 | 443 | 541 |
| 75-79 | 564 | 270 | 294 |
| 80-84 | 391 | 179 | 212 |
| 85+ | 250 | 111 | 139 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 18.323 | 9.394 | 8.929 |

6.3 Μετεωρολογικά στοιχεία:

6.3.1 Πορεία ετήσιας βροχόπτωσης:

Για την διερεύνηση της ετήσιας πορείας των βροχοπτώσεων στην περιοχή έρευνας εξετάστηκαν οι τάσεις που παρατηρούνται κατά την τελευταία εικοσαετία (1984 – 2004). Η ευθεία της τάσεως της χρονοσειράς προσδιορίστηκε με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Από τα διαγράμματα παρατηρείται ότι το ετήσιο ύψος βροχόπτωσης του σταθμού του Βέλου αυξάνεται γραμμικά με το χρόνο και ο ρυθμός αύξησης ανέρχεται σε 1,65 mm ανά έτος.

Σχήμα 7:Βροχόπτωση σε διάφορες χρονολογίες (Κορωνιώτης 2014)



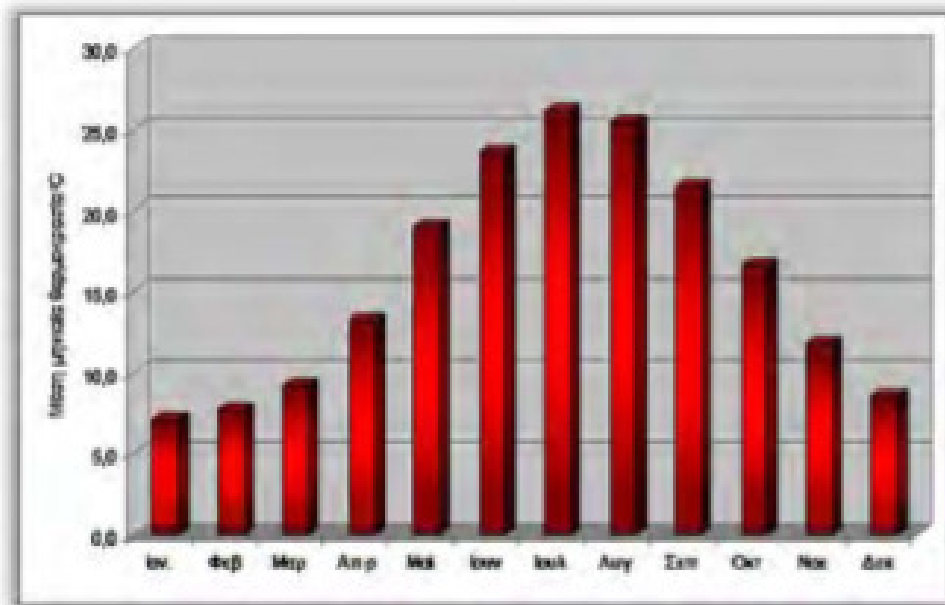
6.3.2 Θερμοκρασία:

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:

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

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 οC, στις 24 Ιανουαρίου 2004 ενώ η αντίστοιχη μέγιστη ημερήσια ήταν 42 οC 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 $22,4$ οC και $11,76$ οC 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.

Σχήμα 8: Διάγραμμα κατανομής των μέσων μηνιαίων τιμών θερμοκρασίας για την περιοχή έρευνας (Κορωνιώτης 2014)



6.3.3 Ηλιακή ακτινοβολία:

Η ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει στην γη είναι σημαντική γιατί συντελεί στις μεταβολές της θερμοκρασίας και του αέρα και του εδάφους και επομένως επιδρά και στην εξάτμιση. Το μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει απευθείας στην επιφάνεια της γης, όταν δεν παρεμβάλλεται κάποια νέφωση, αποτελεί την άμεση ακτινοβολία, ενώ το μέρος εκείνο που διαχέεται στην ατμόσφαιρα και εν συνεχεία προσπίπτει στην επιφάνεια, αποτελεί την διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία. Το άθροισμα της άμεσης με την διάχυτης αποτελεί την ολική ακτινοβολία. Όταν ο ουρανός είναι συννεφιασμένος η ολική ακτινοβολία που φθάνει στην γη είναι η διάχυτη. Μετρήσεις της ηλιακής ακτινοβολίας διατίθενται μόνο από το μετεωρολογικό σταθμό του Βέλου, οι μέσες μηνιαίες τιμές των οποίων παρουσιάζονται στον πίνακα.

Πίνακας 7: Μέση ημερήσια ανά μήνα ολική ηλιακή ακτινοβολία [cal/(cm² · day)] στο σταθμό Βέλου

| ΣΤΑΘΜΟΣ | Ιαν. | Φεβ. | Μαρ. | Απρ. | Μάιο | Ιουν. | Ιουλ. | Αυγ. | Σεπτ | Οκτ | Νοεμ. | Δεκ. |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Βέλο | 197,4 | 260,6 | 336,6 | 453,7 | 513,7 | 563,1 | 561 | 524,5 | 431,1 | 290,1 | 198,9 | 152,9 |

6.3.4 Ηλιοφάνεια:

Η διάρκεια της ηλιοφάνειας για μια περιοχή είναι επίσης ένας παράγοντας που επηρεάζει την εξατμισοδιαπνοή, δεδομένου ότι η εξάτμιση ευνοείται κάτω από συνθήκες ηλιοφάνειας, διότι τότε φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους το σύνολο της ηλιακής ακτινοβολίας. Στοιχεία για την διάρκεια της ηλιοφάνειας έχουμε από το σταθμό του Βέλου για την περίοδο 1977-2004. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τιμές διάρκειας ηλιοφάνειας ανά μήνα για τους σταθμούς της περιοχής έρευνας. Όπως παρατηρούμε και η ηλιοφάνεια ακολουθεί την ίδια κατανομή με την θερμοκρασία παρουσιάζοντας μέγιστα τον μήνα Ιούλιο και ελάχιστα τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο. Το εύρος κύμανσης της παραμέτρου κυμαίνεται από 350 h έως 151 h για τον σταθμό Βέλου.

Πίνακας 8: Κατανομή της διάρκειας ηλιοφάνειας ανά μήνα για τον σταθμό της περιοχής έρευνας

| ΣΤΑΘΜΟΣ | Ιαν. | Φεβ. | Μαρ. | Απρ. | Μάιο | Ιουν. | Ιουλ. | Αυγ. | Σεπτ. | Οκτ. | Νοεμ. | Δεκ. |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Βέλο | 157,6 | 144,1 | 184,9 | 223,9 | 271,4 | 315 | 337,4 | 340,4 | 273,2 | 195,7 | 151,1 | 120,8 |

6.3.5 Άνεμοι:

Ο άνεμος, η οριζόντια δηλαδή κίνηση του ατμοσφαιρικού αέρα, λόγω διαφοράς στην ατμοσφαιρική πίεση μεταξύ δύο περιοχών, είναι μια ακόμα σημαντική παράμετρος για το υδρολογικό ισοζύγιο μιας περιοχής, αφού επηρεάζει άμεσα την εξατμισοδιαπνοή, αλλά και την ξηρότητα της ατμόσφαιρας. Για την περιοχή έρευνας συλλέχθηκαν στοιχεία για την ένταση και τη κατεύθυνση των ανέμων για τον σταθμό Βέλου, με την μορφή επί της εκατό συχνότητας εμφάνισης. Στους πίνακες παρουσιάζονται οι κατανομές κατευθύνσεων 2.3 και ταχυτήτων ανέμων 2.4 για τον σταθμό της περιοχής. Παρατηρούμε ότι η περιοχή δεν χαρακτηρίζεται γενικά από ισχυρούς ανέμους. Οι τιμές ταχύτητας φθάνουν μέχρι τα 7 Beaufort, ενώ οι επικρατούσες διευθύνσεις στον σταθμό του Βέλου, είναι οι βορειοανατολικοί και οι ανατολικοί άνεμοι.

Πίνακας 9: Κατανομή κατευθύνσεως

| | Βόρειος | ΒΑνατολικός | Ανατολικός | ΝΑνατολικός | Νότιος | ΝΔυτικός | Δυτικός | ΒΔυτικός | Νηνεμία |
|------|---------|-------------|------------|-------------|--------|----------|---------|----------|---------|
| Βέλο | 5,861 | 14,379 | 9,78 | 3,974 | 7,936 | 3,711 | 2,492 | 5,346 | 46,521 |

Πίνακας 10: Ταχύτητας ανέμων

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|------|---|---|----|----|
| Βέλο | 46,52 | 3,43 | 19,62 | 13,13 | 11,14 | 3,99 | 1,74 | 0,39 | 0 | 0 | 0 | 0 |

6.3.6 Ατμοσφαιρική υγρασία:

Η ατμοσφαιρική υγρασία είναι η ποσότητα των υδρατμών που περιέχεται στον ατμοσφαιρικό αέρα. Προέρχεται από τις διαδικασίες της εξάτμισης και της διαπνοής, αλλά η κύρια πηγή προέλευσης είναι η εξάτμιση του νερού από την επιφάνεια της θάλασσας. Αποτελεί ένα σημαντικό κλιματικό παράγοντα, διότι, εκτός του ότι επηρεάζει την εξάτμιση και τη διαπνοή των φυτών, αποτελεί την πηγή όλων των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Οι παρατηρήσεις της ατμοσφαιρικής υγρασίας αναφέρονται στην σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας. Ως σχετική υγρασία (hr) ορίζεται η εκατοστιαία αναλογία της ποσότητας των υδρατμών που υπάρχουν σε κάποιο χώρο, προς την ποσότητα που θα μπορούσε ο χώρος αυτός να συκρατήσει υπό κορεσμένες συνθήκες στην ίδια θερμοκρασία. Από τον πίνακα 2.5 φαίνεται ότι ο υγρότερος μήνας είναι ο Δεκέμβριος και ο ξηρότερος μήνας είναι ο Ιούλιος. Η μηνιαία κατανομή της σχετικής υγρασίας και της θερμοκρασίας του αέρα εμφανίζουν αντίθετη πορεία, δηλαδή οι μήνες με τη μέγιστη θερμοκρασία χαρακτηρίζονται από την ελάχιστη σχετική υγρασία και το αντίθετο.

Πίνακας 11: Ατμοσφαιρική υγρασία ανά μήνα

| Σταθμός | Ι | Φ | Μ | Α | Μ | Ι | Ι | Α | Σ | Ο | Ν | Δ | Ετήσια |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| Βέλο | 73.9 | 70.6 | 71.0 | 66.5 | 60.4 | 53.8 | 51.7 | 54.1 | 61.5 | 68.8 | 75.6 | 75.9 | 65.3 |

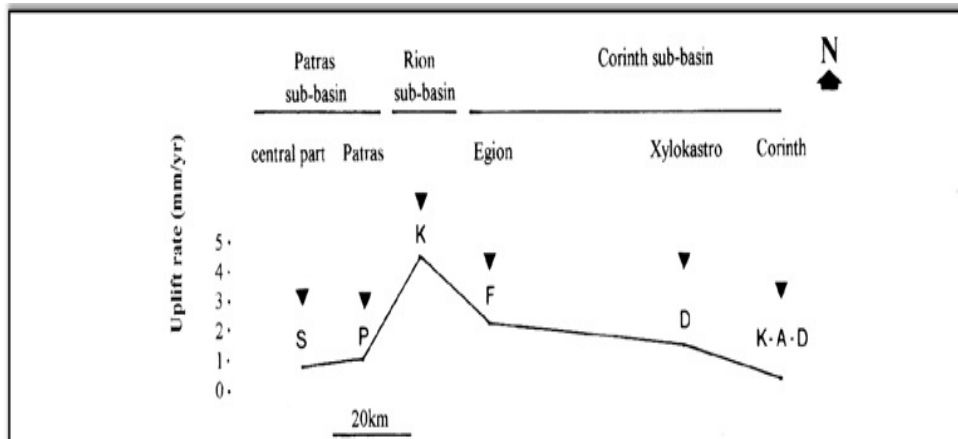
6.4 Γεωμορφολογία της περιοχής μελέτης:

Η περιοχή έρευνας χαρακτηρίζεται γενικά από ένα ήπιο ανάγλυφο, με εξαίρεση την νότιες παρυφές της καθώς και μεμονωμένες τοπογραφικές εξάρσεις όπως της Ακροκορίνθου του Κουτάλα-Μαυού και των Ονείων, που οφείλονται στη αποκάλυψη του προνεογενούς υποβάθρου λόγω τεκτονικής. Σχεδόν κατακόρυφες κλίσεις δημιουργούνται σε ορισμένες περιπτώσεις σε πρηνή του σχηματισμού των Μαργών, λόγω της ποτάμιας αλλά και της αιολικής διαβρωτικής δράσης και του ευδιάβρωτου χαρακτήρα των σχηματισμών αυτών. Το μέγιστο υψόμετρο της περιοχής ανέρχεται σε 1.600 μέτρα (όρος Φαρμακάς) ενώ το μέσο υψόμετρο υπολογίζεται σε 376 μέτρα. Η μέση κλίση της περιοχής έρευνας ανέρχεται σε 20,7% (11,2 μοίρες). Οι τιμές αυτές δικαιολογούν τον χαρακτηρισμό του αναγλύφου ως ήπιο δεδομένου ότι η αντίστοιχες τιμές για άλλες περιοχές με παρεμφερή χαρακτηριστικά όπως η ΒΑ Αχαΐα ανέρχονται σε 862 μέτρα για τα μέσο υψόμετρο και 33,5 % για την μέση κλίση (Νίκας, 2004).

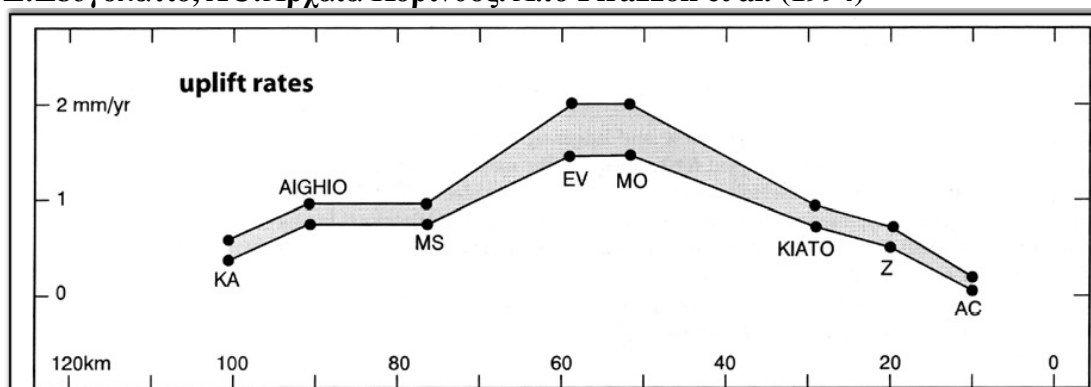
Η διαμόρφωση της γεωμορφολογικής εικόνας μιας περιοχής είναι συνάρτηση πολλών ανεξάρτητων παραμέτρων, σημαντικότεροι από τους οποίους είναι η γεωλογία, η τεκτονική, τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά και οι χρήσεις γης. Στην περιοχή έρευνας η ιδιαίτερα έντονη τεκτονική δραστηριότητα φαίνεται να είναι ο κυρίαρχος παράγοντας διαμόρφωσης της γεωμορφολογίας. Πιο συγκεκριμένα, η ισοστατική ανύψωση που υφίσταται το νότιο τμήμα της Κορινθιακής τάφρου καθ' όλη την διάρκεια του Τεταρτογενούς, λόγω της λειτουργίας των εφελκυστικών τάσεων αλλά και της γενικότερης νεοτεκτονικής εξέλιξης του ελληνικού τόξου και του ευρύτερου Αιγαίου χώρου και η συνακόλουθη δημιουργία και δράση των ΔΒΔ-ΑΝΑ διεύθυνσης κανονικών ρηγμάτων και των κάθετων σε αυτά ρηγμάτων μετασχηματισμού έχουν επιδράσει καθοριστικά τόσο την διαμόρφωση του αναγλύφου όσο και την ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου.

Σύμφωνα με διάφορους ερευνητές η ανύψωση που έχει υποστεί το νότιο τμήμα της Κορινθιακής τάφρου κυμαίνεται από 600 έως και 1700 μέτρα (Doutsos and Piper, 1990; Kelletat et al., 1987; Zelilidis, 2000; Seger and Alexander, 1993; Keraudren and Sorel, 1987; Armijio et al., 1996), ενώ συνεχίζεται καθ' όλη την διάρκεια του Ολοκαίνου με ρυθμούς που κυμαίνονται από 2,2 mm/year για την περιοχή του Αιγίου (Frydas, 1991; Poulimenos et al., 1993) έως 0,3 mm/year για την περιοχή της Κορίνθου (Keraudren and Sorel, 1987; Armijio et al., 1996; Dia et al., 1997). Στην εικόνα 1 παρουσιάζεται σχηματικά ο ρυθμός ανύψωσης κατά μήκος του Κορινθιακού κόλπου σύμφωνα με τους παραπάνω ερευνητές ενώ στην εικόνα 2 παρουσιάζεται σχηματικά ο ρυθμός ανύψωσης για την ίδια περιοχή όπως εκτιμήθηκε από τα μέγιστα υψόμετρα στα οποία απαντώνται σχηματισμοί του Πλειο-Πλειστοκαίνου (Pirazzoli et al., 1994).

Σχήμα 9: Διαγραμματική απεικόνιση του ρυθμού ανύψωσης κατά μήκος της Πατραϊκής- Κορινθιακής τάφρου. Τα γράμματα αντιστοιχούν σε δεδομένα προερχόμενα αντίστοιχα από S =Stamatoropoulos et al (1994), P= Piper et al, (1990), K=Kontopoulos and Zelilidis, (1997), F=Frydas, (1991), D=Doutsos and Piper, (1990), K-A-D=Keraudren and Sorel, (1987), Armijo et al, (1996), Dia et al, (1997), από Zelilidis (2000)



Σχήμ 10: Διαγραμματική απεικόνιση του ρυθμού ανύψωσης κατά μήκος της Πατραϊκής -Κορινθιακής τάφρου σύμφωνα με τα μέγιστα υψόμετρα των Πλειο-Πλειστοκαινικών αποθέσεων. KA:Καμάρες, MS:Μέγα Σπήλαιο, EV:Ευροστήνη, MO:Μόσσια, Z:Ζευγολατιό, AC:Αρχαία Κόρινθος. Από Pirazzoli et al. (1994)



Η κύρια γεωμορφολογική ενότητα μέσω της οποίας πραγματοποιείται η μορφομετρική ανάλυση μιας περιοχής είναι η λεκάνη απορροής ποταμού ή υδρολογική λεκάνη. Η περιοχή έρευνας περιλαμβάνει 7 κύριες και 5 δευτερεύουσες λεκάνες απορροής (μεσολεκανώδεις περιοχές).

Η δημιουργία και δράση των κανονικών ΔΒΔ-ΑΝΑ ρηγμάτων και των κάθετων σε αυτά ρηγμάτων μετασχηματισμού ευθύνεται για την δημιουργία και ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου στις λεκάνες απορροής της περιοχής έρευνας. Πιο συγκεκριμένα, πάνω ή παράλληλα στα ρήγματα μετασχηματισμού αναπτύσσονται οι κύριοι κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου ενώ η δημιουργία τεκτονικών τάφρων και κεράτων από τα ρήγματα ΔΒΔ-ΑΝΑ διεύθυνσης δημιουργεί φραγμούς στην κύρια ροή των ποταμών δημιουργώντας αποκομμένους και αντεστραμμένους κύριους κλάδους ποταμών.

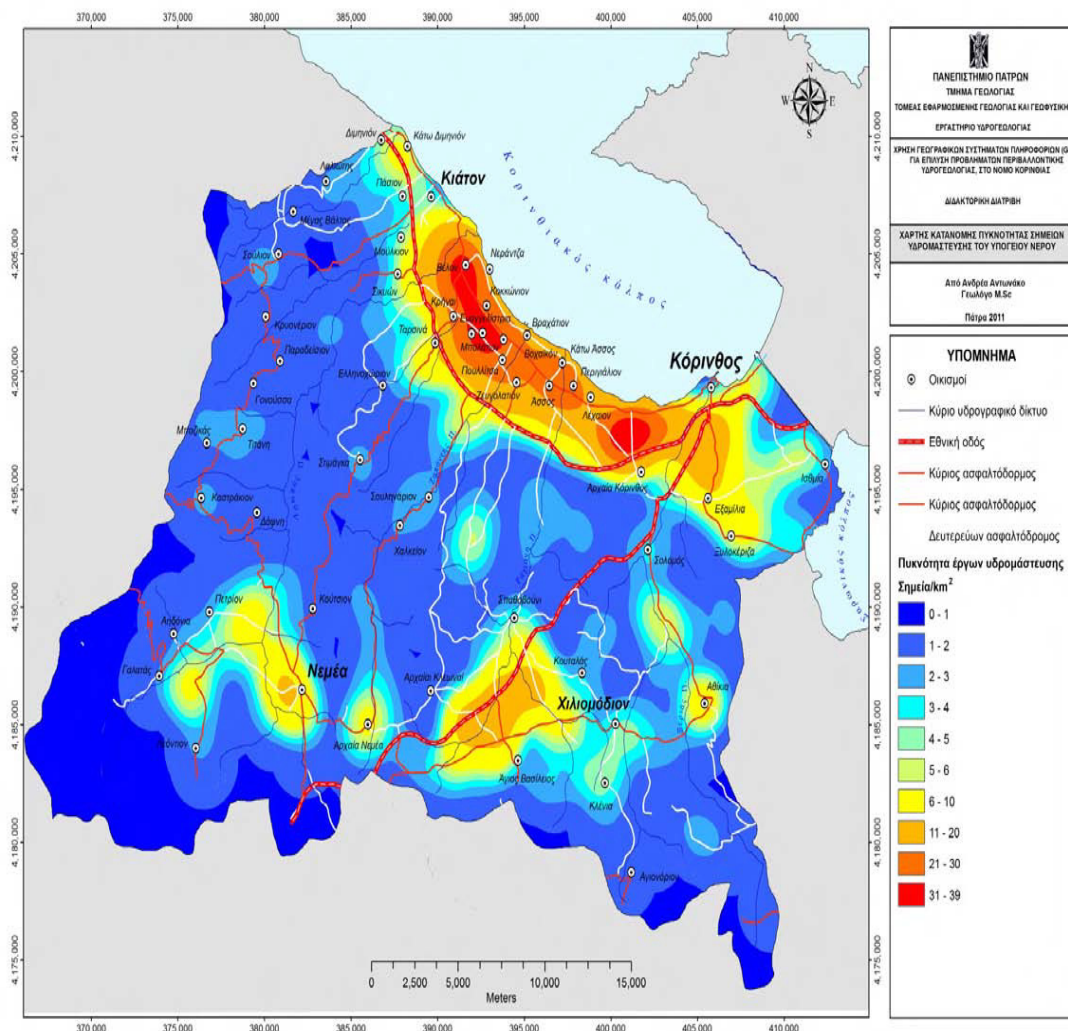
6.5 Υδρογεωλογία της περιοχής μελέτης:

Στα πλαίσια της υδρογεωλογικής επισκόπησης, εξετάζονται τα υδρογεωλογικά και υδραυλικά χαρακτηριστικά κάθε γεωλογικού σχηματισμού και οριοθετούνται τα υδροφόρα συστήματα και οι διάφοροι τύποι υδροφόρων που αναπτύσσονται σε αυτά. Για τον σκοπό αυτό συλλέχθηκαν στοιχεία από τομές γεωτρήσεων και αντλητικές δοκιμασίες, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα της γεωλογικής επισκόπησης. Επιπρόσθετα πραγματοποιήθηκε γεωγραφικός εντοπισμός της πλειονότητας των σημείων ύδατος της περιοχής έρευνας και λεπτομερής απογραφή των κυριότερων από πλευράς δυναμικότητας και χρήσης σημείων ύδατος. Στο πλαίσιο του γεωγραφικού εντοπισμού καταγράφηκαν οι συντεταγμένες, το υψόμετρο και το είδος του υδροσημείου (γεώτρηση, φρέαρ, πηγή), ενώ στο πλαίσιο της απογραφής εκτός των παραπάνω στοιχείων συλλέχθηκαν πληροφορίες σχετικά με την γεωμετρία, την στρωματογραφία, την δυναμικότητα και το καθεστώς εκμετάλλευσης των σημείων αυτών. Πρόκειται για γεωτρήσεις και πηγές, η εκμετάλλευση των οποίων ανήκει κυρίως σε δήμους και αρδευτικούς συνδέσμους αλλά και ιδιώτες. Συνολικά εντοπίστηκαν 2926 γεωτρήσεις και φρέατα και 318 πηγές ενώ απογράφηκαν 271 γεωτρήσεις και φρέατα και 19 πηγές.

Η υδρογεωλογική κατάταξη των γεωλογικών σχηματισμών πραγματοποιήθηκε με βάση τα υδρολιθολογικά και υδραυλικά χαρακτηριστικά, ο συνδυασμός των οποίων καθορίζει και την δυναμικότητα της υδροφορίας που αναπτύσσεται εντός των γεωλογικών σχηματισμών. Η κατάταξη αυτή έγινε σύμφωνα με τα πρότυπα της Διεθνούς Ένωσης Υδρογεωλόγων (Struckmeier and Margat, 1995; Nikas et al., 2010).

Σύμφωνα λοιπόν με το πρότυπο της Διεθνούς Ένωσης Υδρογεωλόγων, το σύνολο των γεωλογικών σχηματισμών δύναται να καταταγεί σε έξι επιμέρους υδρογεωλογικούς τύπους (τρεις κύριους τύπους με δύο υποκατηγορίες έκαστος), με βάση την παραγωγικότητα-αποδοτικότητα των υδροφόρων, την γεωγραφική και στρωματογραφική τους ευρύτητα, το είδος της υδροπερατότητας (πρωτογενής-δευτερογενής) και βέβαια τα λιθολογικά-ιζηματολογικά τους χαρακτηριστικά. Στην εικόνα 5.3 παρουσιάζεται η κατάταξη αυτή με την χρωματική διαβάθμιση που περιλαμβάνεται στο πρότυπο της Διεθνούς Ένωσης Υδρογεωλόγων (Struckmeier and Margat, 1995; Nikas et al., 2010).

Χάρτης 1:Χάρτης κατανομής της πυκνότητας των σημείων υδρομάστευσης των υδροφόρων(γεωτρήσεις-φρέατα) που εντοπίστηκαν και απογράφηκαν στο πλαίσιο της έρευνας



Κοκκώδες υδροφόρο σύστημα Βόχας:

Το υδροφόρο σύστημα της Βόχας αποτελεί τόσο από υδρολογικής-υδρογεωλογικής, όσο και από οικονομικοκοινωνικής πλευράς, το σημαντικότερο υδροφόρο σύστημα της περιοχής έρευνας. Καταλαμβάνει το βόρειο παράκτιο τμήμα της περιοχής έρευνας και οριοθετείται στα νότια από τους οικισμούς Εξαμιλίων, Ξυλοκέρizas, Αρχαίας Κορίνθου, Ελληνοχωρίου, Σικυώνος και Λαλιώτη. Αναπτύσσεται εντός των αλουβιακών σχηματισμών του Ολοκαίνου και των υποκειμένων θαλάσσιων αναβαθμίδων του Τυρρηνίου. Το συνολικό πάχος των σχηματισμών αυτών δεν ξεπερνάει τα 50 μέτρα και η υδροφορία που αναπτύσσεται σε ένα κορεσμένο πάχος 20-30 μέτρων, είναι κατά κανόνα ελεύθερη, η οποία μεταπίπτει κατά τόπους σε υπό πίεση κυρίως στην παράκτια ζώνη. Η ρηξιγενής ζώνη που εκτείνεται κατά μήκος της εθνικής οδού Κορίνθου-Πατρών καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την

γεωμετρία και την υδρογεωλογική συμπεριφορά της υδρογεωλογικής ενότητας, δεδομένου ότι βορείως της εθνικής οδού υποβιβάζει το επίπεδο των σχηματισμών κατά αρκετές δεκάδες μέτρα δημιουργώντας πρόσφορες συνθήκες για δημιουργία υδροφόρου μέσου μεγάλου πάχους και ικανοποιητικής απόδοσης. Νοτίως της εθνικής οδού η υδροφορία αναπτύσσεται αποκλειστικά εντός των θαλάσσιων αναβαθμίδων με μικρότερο κορεσμένο πάχος και μειωμένα υδραυλικά χαρακτηριστικά και απόδοση. Παρά το γεγονός ότι το επίπεδο του υδροφόρου σχηματισμού μεταβάλλεται εκατέρωθεν της ρηξιγενούς ζώνης, τα δύο τμήματα του υδροφόρου συστήματος βρίσκονται σε υδραυλική επικοινωνία. Εκτός του εν λόγω ελεύθερου υδροφόρου, σε μεγαλύτερο βάθος που κυμαίνεται από 120 έως και 180 μέτρα, αναπτύσσεται υπό πίεση υδροφόρος εντός αδρομερών στρωμάτων του υποκείμενου σχηματισμού των μαργών, ο οποίος κατά τόπους παρουσιάζει ικανοποιητικές αποδόσεις. Όπως προκύπτει από τις τομές των γεωτρήσεων, που εντός του υδροφόρου παρουσιάζουν μεγάλη πυκνότητα, το απόλυτο υψόμετρο της οροφής του πρακτικά αδιαπέρατου σχηματισμού των μαργών κυμαίνεται από -20 έως +10 μέτρα, δημιουργώντας σε κάποια τμήματα της παράκτιας ζώνης φυσικά φράγματα έναντι της διείσδυσης του θαλασσινού νερού προς τον υδροφόρο και περιορίζοντας τα φαινόμενα υφαλμύρωσης, τα οποία παρατηρούνται παρ' όλα αυτά σε αρκετά μεγάλη έκταση στην παράκτια ζώνη.

Η τροφοδοσία του συστήματος γίνεται τόσο με απευθείας κατείσδυση του νερού της βροχής όσο και επαγωγικά από τους ποταμούς που το διαρρέουν. Η εκφόρτιση του συστήματος γίνεται προς τον Κορινθιακό κόλπο αλλά και μέσω των πολυάριθμων γεωτρήσεων που υπάρχουν στην περιοχή για την κάλυψη αρδευτικών, υδρευτικών και βιομηχανικών αναγκών.

Η γενική κατεύθυνση ροής του υπόγειου νερού είναι από νότο προς βορά κάθετα προς την ακτογραμμή, ενώ παρουσιάζονται τοπικές διαφοροποιήσεις στην γενική κατεύθυνση, όπου η ροή του υπόγειου νερού συγκλίνει προς τις κοίτες των ποταμών. Τέλος στην περιοχή μεταξύ Ισθμίων και Εξαμιλίων διαμορφώνεται ένας υπόγειος υδροκρίτης με την ροή του υπόγειου νερού να κατευθύνεται βόρεια του υδροκρίτη προς τον Κορινθιακό και νότια του υδροκρίτη προς τον Σαρωνικό κόλπο.

Οι πιέσεις που ασκούνται στο σύστημα αυτό είναι τόσο ποσοτικές, από την ύπαρξη πολυάριθμων γεωτρήσεων που οδηγούν σε υπεράντληση για την κάλυψη των καταναλωτικών αναγκών της περιοχής δημιουργώντας ένα ελαφρά αρνητικό ισοζύγιο στον υδροφόρο και εκτεταμένη υφαλμύρωση στην παράκτια ζώνη, όσο και ποιοτικές λόγω της εκτεταμένης αστικοποίησης της περιοχής και των έντονων καλλιεργητικών δραστηριοτήτων.

Κεφάλαιο 7

Παραγοντική ανάλυση

7.1 Η φύση της παραγοντικής ανάλυσης (factor analysis):

Κύρια λειτουργία της παραγοντικής ανάλυσης είναι μέσα από ένα σύνολο πολύπλοκα σχετιζόμενων μεταβλητών, η δημιουργία ή καλύτερα η ανακάλυψη νέων κατά κανόνα ασυσχέτιστων μεταξύ τους μεταβλητών-παραγόντων. Στόχος αυτής της διαδικασίας είναι η μεγιστοποίηση της κατανόησης των δεδομένων και η ερμηνεία τους κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Συνοπτικά:

- ερμηνεύει και εξετάζει τις σχέσεις μεταξύ ενός μεγάλου αριθμού μεταβλητών μέσω της ανάδειξης παραγόντων που επηρεάζουν και καθορίζουν την φύση αλλά και την εξέλιξη των αρχικών μεταβλητών.
- καθορίζει τον αριθμό των νέων παραγόντων και προσπαθεί να δώσει την ερμηνεία τους.
- μειώνει τον όγκο των δεδομένων χωρίς την απώλεια σημαντικής πληροφορίας, διευκολύνοντας ταυτόχρονα την επεξεργασία τους και συνεπώς την εξόρυξη συμπερασμάτων.
- αναδεικνύει και μετράει μεταβλητές-παράγοντες που διέπουν την συμπεριφορά των ατόμων αλλά δεν είναι έμμεσα μετρήσιμα με άπλα ερωτήματα σε ερωτηματολόγια.

Όλα τα παραπάνω διευκολύνουν κατά πολύ το έργο των ερευνητών αφού απλοποιούν τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών και μειώνουν σημαντικά τις διαστάσεις ενός προβλήματος. Κάποιοι ερευνητές θεωρούν ότι η μέθοδος αυτή μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένα συμπεράσματα.

Οι ανησυχίες των επιστημών πηγάζουν κυρίως από το γεγονός ότι η παραγοντική ανάλυση πολλές φορές στηρίζεται στην υποκειμενικότητα του εκάστοτε ερευνητή. Η άποψη αυτή είναι εύλογη καθώς κατά κανόνα ο αριθμός των παραγόντων καθορίζεται αυθαίρετα και χωρίς αντικειμενικά κριτήρια.

7.2 Το ορθογώνιο μοντέλο της παραγοντικής ανάλυσης:

Αν θεωρήσουμε ένα σύνολο μεταβλητών x_j από ένα πληθυσμό με μέσο μ και διακύμανση-συνδιακύμανση Σ , σύμφωνα με το γενικό μοντέλο της παραγοντικής ανάλυσης υπάρχουν κρυφοί παράγοντες m οι οποίοι απεικονίζονται ως f_1, f_2, \dots, f_m , οπότε από τα παραπάνω:

$$X_1 = \mu + \lambda_{11}F_1 + \lambda_{12}F_2 + \dots + \lambda_{1m}F_m + u_1$$

$$X_2 = \mu + \lambda_{21}F_1 + \lambda_{22}F_2 + \dots + \lambda_{2m}F_m + u_2$$

$$\dots$$

$$X_j = \mu + \lambda_{j1}F_1 + \lambda_{j2}F_2 + \dots + \lambda_{jm}F_m + u_j \quad (1.1)$$

για $j=1, 2, \dots, p$

Όπου m είναι ο αριθμός των παραγόντων, λ_{jm} η επιβάρυνση (loading) του f_m παράγοντα στην x_j μεταβλητή και τέλος u_j ο μοναδικός παράγοντας ή σφάλμα που αντιστοιχεί ένας για κάθε αρχική μεταβλητή. Οι μοναδικοί παράγοντες εκφράζουν το σύνολο της συνδιακύμανσης των αρχικών μεταβλητών που δεν μπορεί να ερμηνευτεί από τους F_m παράγοντες.

Η (1.1) εκφράζει τις μεταβλητές που παρατηρούμε ($x_1 \dots x_p$) ως γραμμικούς συνδυασμούς των παραγόντων $F_1 \dots F_m$. Για να έχει νόημα η παραγοντική ανάλυση πρέπει $m < p$, διαφορετικά δεν πετυχαίνουμε περικοπή του όγκου των δεδομένων αλλά απλά ένα μετασχηματισμό τους. Επίσης μπορούμε να υποθέσουμε ότι όλες οι μεταβλητές έχουν μέσο ίσο με το μηδέν όποτε το μ παραλείπεται από τη σχέση (1.1) και έχουμε:

$$X_j = \lambda_{j1}F_1 + \lambda_{j2}F_2 + \dots + \lambda_{jm}F_m + u_j \text{ για } j=1,2,\dots,p \quad (1.2)$$

Για να λειτουργήσει το μοντέλο θα πρέπει να ισχύουν οι παρακάτω υποθέσεις. Θεωρούμε ότι ισχύει:

1. Οι F_k παράγοντες για $k=1,2,\dots,m$ είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους, με μέσο $\mu=0$ και διακύμανσή ίση με τη μονάδα.

2. Οι μοναδικοί παράγοντες u_j είναι επίσης ασυσχέτιστοι μεταξύ τους με μέσο $\mu=0$ και διακύμανση ίση με Ψ_i για $i=1,2,\dots,p$.

3. Οι παράγοντες F_k και οι μοναδικοί παράγοντες u_j ακολουθούν διαφορετικές κατανομές για όλους τους συνδυασμούς των j και k , δηλαδή δεν σχετίζονται μεταξύ τους σε καμία περίπτωση.

4. Επίσης μόνο για την περίπτωση εκτίμησης με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας θα πρέπει να υποθέσουμε ότι οι δεδομένα μας προέρχονται από πολυμεταβλητή κανονική κατανομή.

7.3 Τα βασικά βήματα της Factor Analysis:

Υπάρχουν τέσσερα κομβικά σημεία στα οποία θα πρέπει να σταθούμε έτσι ώστε να πετύχουμε το στόχο μας. Τα τέσσερα αυτά διαδοχικά βήματα τα οποία θα πρέπει να ακολουθήσουμε κατά γράμμα είναι τα εξής:

◆ Υπολογισμός του πίνακα συσχετίσεων έτσι ώστε να διαπιστωθεί αν οι μεταβλητές σχετίζονται μεταξύ τους, καθώς μόνο σ' αυτή την περίπτωση είναι δυνατή η εξαγωγή κοινών παραγόντων.

◆ Υπολογισμός των επιβαρύνσεων των παραγόντων στις αρχικές μεταβλητές. Σ' αυτό το σημείο θα πρέπει να επίσης να επιλεγεί και η μέθοδος εκτίμησης των παραγόντων.

◆ Περιστροφή των επιβαρύνσεων προκειμένου να αυξηθεί η ερμηνευτική ικανότητα τους.

◆ Υπολογισμός των σκορ των παραγόντων (factor scores), καθώς και αποθήκευσή τους για τη δυνατότητα περαιτέρω επεξεργασίας.

Κεφάλαιο 8

Αποτελέσματα:

8.1 Παράγοντας υφαλμύρισης υπόγειων υδροφόρων:

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 υδροφόρων αποτελεί ειδική περίπτωση υπόγειας ροής και παρατηρείται τόσο σε ελεύθερους όσο και σε υπό πίεση υδροφορείς. Πιο συχνά παρατηρείται το φαινόμενο αυτό σε παραθαλάσσιες περιοχές όπου το υπόγειο νερό προκαλεί τη διείσδυση του θαλασσινού νερού. Η διείσδυση αυτή μπορεί να οφείλεται:

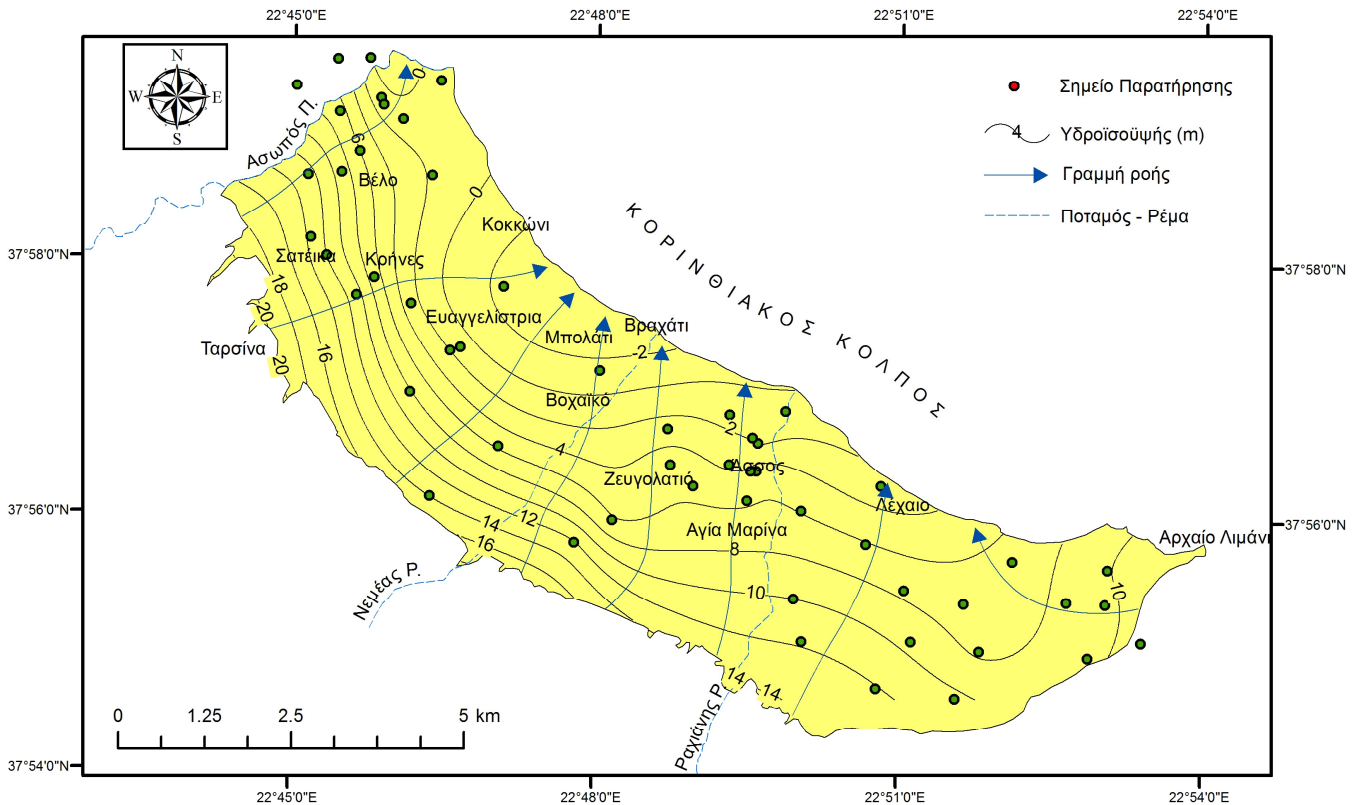
- 1) αλλαγές της στάθμης της θάλασσας
- 2) θαλασσινό νερό που διείσδυσε σε υδροφορείς κατά το παρελθόν
- 3) υπολείμματα εξάτμισης νερού σε παλιρροϊκές λίμνες, κοιλάδες κ.ά
- 4) νερό από αρδευόμενη γη που κατά λήγει σε ρυάκια
- 5) λύματα υψηλής αλατότητας ανθρώπινης προέλευσης

Η αλμύριση των παράκτιων υδροφόρων οριζόντων, μπορεί να συμβεί όταν:

- 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

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.

8.2 Πιεζομετρικός χάρτης:

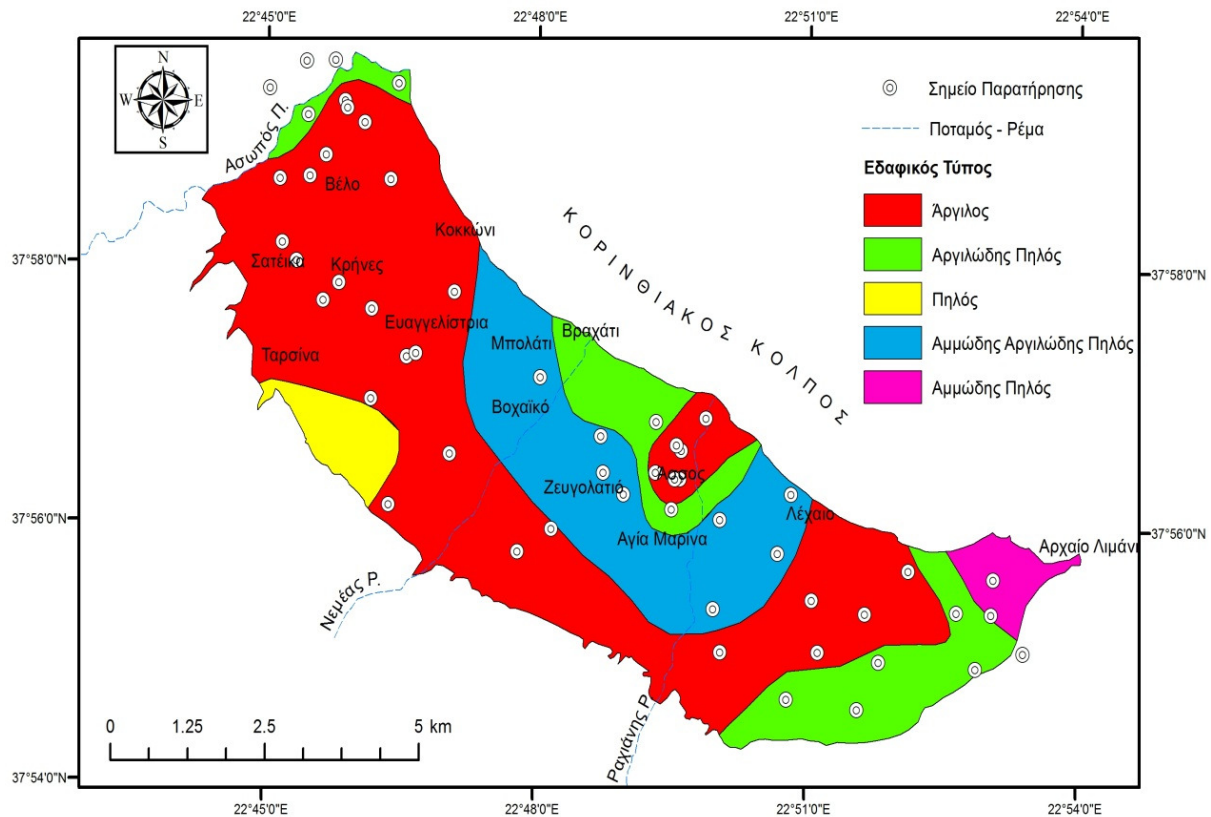


Χάρτης 2: Πιεζομετρικός χάρτης 35 δειγμάτων εδάφους του Δήμου Βέλου-Βόχας.

Στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής συντάχθηκε ο παραπάνω πιεζομετρικός χάρτης της περιοχής μελέτης. Για την κατασκευή του χρησιμοποιήθηκαν 35 δείγματα τα οποία εισήχθησαν στο πρόγραμμα ArcGis και τα αποτελέσματα φαίνονται στον χάρτη.

Παρατήρηση:Βλέπουμε ότι στις περιοχές που βρίσκονται κοντά στα παράλια του Κορινθιακού κόλπου όπως Κοκκώνι,Μπολάτι,Βραχάτι,Λέχαιο έχουμε αρνητική πιεζομετρία. Αρνητική πιεζομετρία σημαίνει υφαλμύριση του υπόγειου νερού. Και όσο απομακρυνόμαστε από τον Κορινθιακό κόλπο νοτιοδυτικά της περιοχής μελέτης παρατηρούμε αυξημένα επίπεδα πιεζομετρίας,το οποίο σημαίνει ότι το υπόγειο νερό στις περιοχές Βέλο, Κρήνες, Ευαγγελίστρια, Βοχαϊκό, Ζευγολάτιο, Άσσος, Αγία Μαρίνα, Σαταίικα και Ταρσίνα δεν είναι αλμυρό και είναι κατάλληλο για χρήση. Τέλος, παρατηρούμε ότι και στο Αρχαίο λιμάνι έχουμε αυξημένη πιεζομετρία παρόλο που η τοποθεσία του είναι στη θάλασσα.

8.3 Εδαφολογικές συνθήκες:



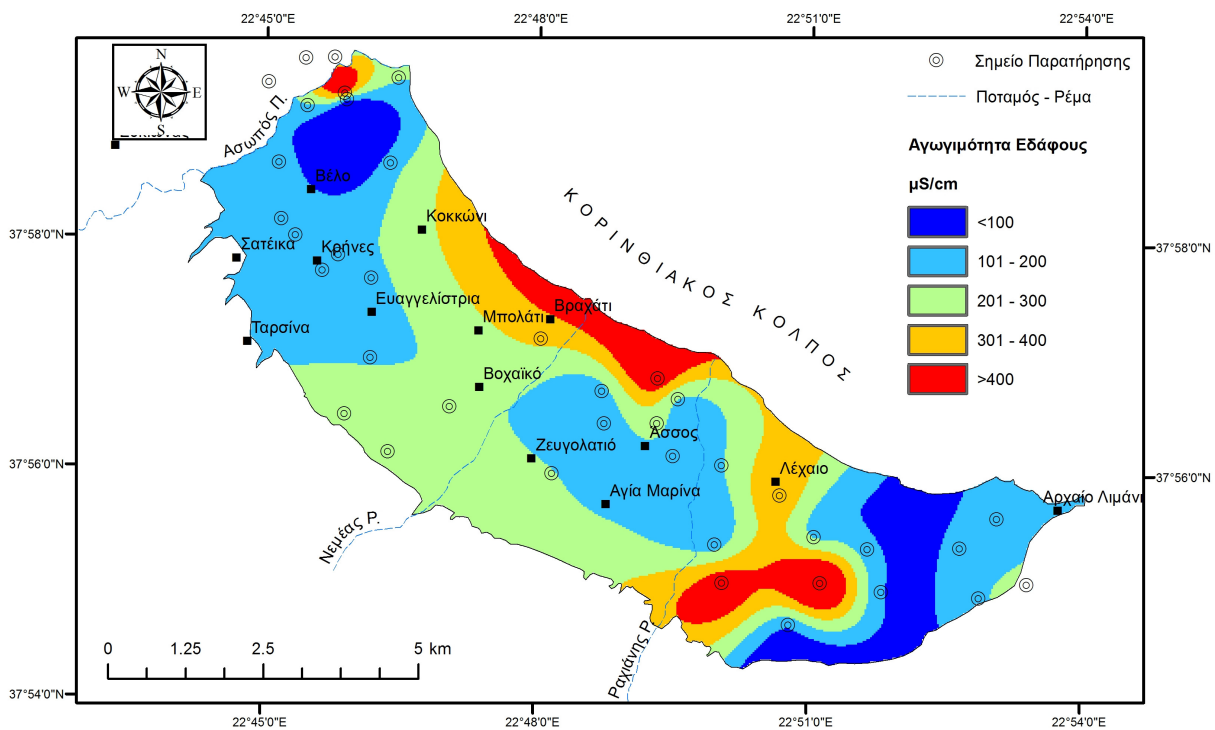
Χάρτης 3:Εδαφολογικός χάρτης 35 δειγμάτων εδάφους του δήμου Βέλου-Βόχας.

Στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής συντάχθηκε ο παραπάνω εδαφολογικός χάρτης της περιοχής μελέτης. Για την κατασκευή του χρησιμοποιήθηκαν 35 δείγματα τα οποία εισήχθησαν στο πρόγραμμα ArcGis και τα αποτελέσματα φαίνονται στον χάρτη.

- Τα εδαφικά δείγματα τα οποία είναι με κόκκινο χρώμα, είναι αργιλώδη.
- Τα εδαφικά δείγματα τα οποία είναι με πράσινο χρώμα, είναι αργιλοπηλώδη.
- Τα εδαφικά δείγματα τα οποία είναι με κίτρινο χρώμα, είναι πηλώδη.
- Τα εδαφικά δείγματα τα οποία είναι με γαλάζιο χρώμα, είναι αμμώδη αργιλοπηλώδη.
- Τα εδαφικά δείγματα τα οποία είναι με φούξια χρώμα, είναι αμμώδη πηλώδη.

Παρατήρηση: Τα αργιλικά εδάφη καταλαμβάνουν τη μεγαλύτερη έκταση της περιοχής μελέτης. Ξεκινώντας από βορειοδυτικά στις περιοχές Βέλο, Κοκκώνι, Κρήνες, Σαταίικα, Ευαγγελίστρια, Ταρσίνα και φτάνοντας νοτιοανατολικά. Αργιλικά εδάφη εμφανίζονται επίσης και στην περιοχή του Άσσου. Βόρεια σε ένα μικρό κομμάτι της περιοχής μελέτης εμφανίζεται αργιλοπηλώδες έδαφος. Ένα άλλο κομμάτι δυτικά της περιοχής μελέτης είναι πηλώδες. Αμμώδη αργιλοπηλώδη εδάφη εμφανίζονται ανατολικά στις περιοχές Μπολάτι, Βοχαϊκό Ζευγολατιό και καταλήγοντας νοτιοανατολικά στις περιοχές Αγία Μαρίνα και Λέχαιο. Τέλος αμμοπηλώδες έδαφος έχουμε ανατολικά της περιοχής μελέτης στο Αρχαίο Λιμάνι.

8.4 Αγωγιμότητα εδάφους:



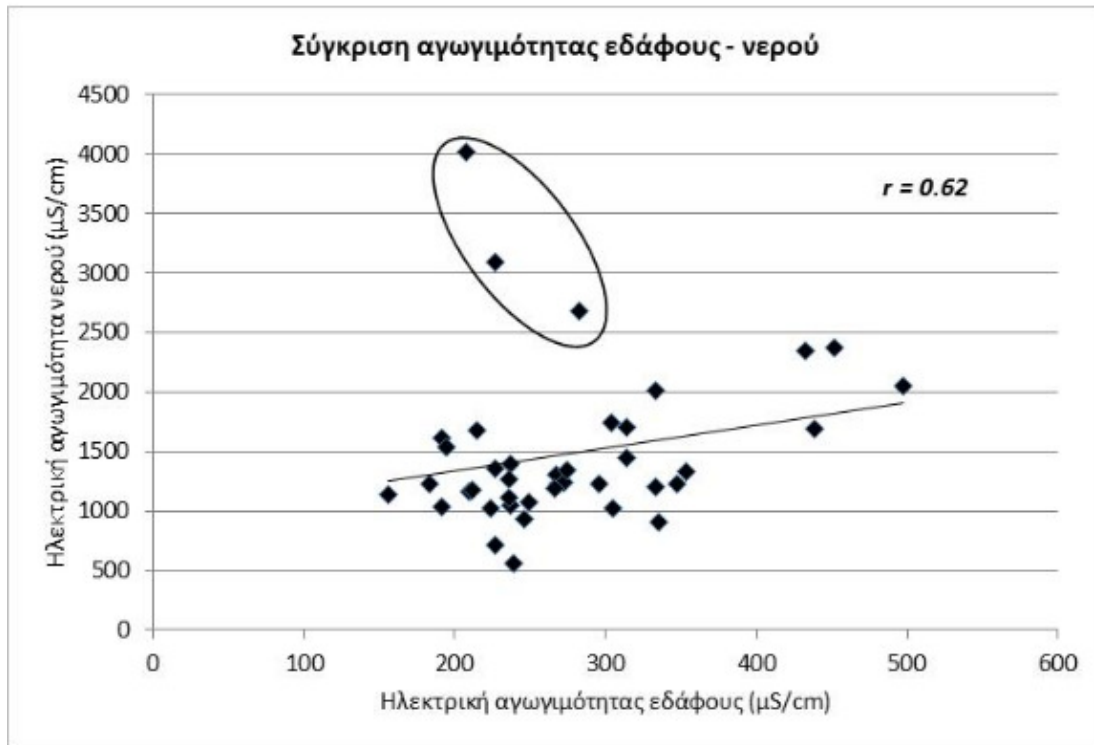
Χάρτης 4: Αγωγιμότητα εδάφους 35 δειγμάτων του δήμου Βέλου-Βόχας.

- Τα εδαφικά δείγματα τα οποία είναι με μπλε χρώμα, μας δείχνουν ότι η ηλεκτρική τους αγωγιμότητα είναι <100 μS/cm
- Τα εδαφικά δείγματα τα οποία είναι με γαλάζιο χρώμα, μας δείχνουν ότι η ηλεκτρική τους αγωγιμότητα είναι 101-200 μS/cm

- Τα εδαφικά δείγματα τα οποία είναι με ανοιχτό πράσινο χρώμα,μας δείχνουν ότι η ηλεκτρική τους αγωγιμότητα είναι 201-300 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Τα εδαφικά δείγματα τα οποία είναι με κίτρινο χρώμα,μας δείχνουν ότι η ηλεκτρική τους αγωγιμότητα είναι 301-400 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Τα εδαφικά δείγματα τα οποία είναι με κόκκινο χρώμα,μας δείχνουν ότι η ηλεκτρική τους αγωγιμότητα είναι $>400 \mu\text{S}/\text{cm}$

Παρατήρηση: Τα εδάφη με αγωγιμότητα $<100 \mu\text{S}/\text{cm}$ βρίσκονται σε ένα κομμάτι της περιοχής μελέτης βόρεια κοντά στην περιοχή Βέλο και σε ένα ακόμη νοτιοανατολικά. Τα εδάφη με αγωγιμότητα από 101-200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ξεκινούν από βόρεια κοντά στον Ασωπό ποταμό και στις περιοχές Κρήνες, Σαταίικα, Ευαγγελίστρια, Ταρσίνα και συνεχίζουν σε ένα κομμάτι στο κέντρο της περιοχής μελέτης νοτιοανατολικά στις περιοχές Άσσος, Αγία Μαρίνα. Επίσης βρίσκονται τέτοια εδάφη αρκετά νότια της περιοχής μελέτης σχηματίζοντας ένα σίγμα τελικό ανατολικά προς τον Κορινθιακό κόλπο και ανατολικά στην περιοχή του Αρχαίου λιμανιού. Τα εδάφη με αγωγιμότητα 201-300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ξεκινούν με ένα μικρό κομμάτι βόρεια του χάρτη κοντά στον Ασωπό ποταμό, συνεχίζουν νοτιοδυτικά στις περιοχές Κοκκώνι, Μπολάτι, Βοχαϊκό, Ζευγολάτιο και γύρω από τις περιοχές Άσσος και Αγία Μαρίνα. Επίσης τέτοια εδάφη υπάρχουν νότια της περιοχής μελέτης σχηματίζοντας ένα σίγμα τελικό ανατολικά προς τον Κορινθιακό κόλπο κοντά στην περιοχή του Λεχάιου και ένα πολύ μικρό κομμάτι νοτιοανατολικά κοντά στο Αρχαίο λιμάνι. Τα εδάφη με αγωγιμότητα από 301-400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ξεκινούν από ένα μικρό κομμάτι βόρεια κοντά στον Ασωπό ποταμό, συνεχίζουν από την ανατολική πλευρά του χάρτη προς την νότια περνώντας από την περιοχή Βραχάτι και τέλος περνώντας από την περιοχή Λέχαιο και νοτιότερα. Τέλος,τα εδάφη με αγωγιμότητα $>400 \mu\text{S}/\text{cm}$ ξεκινούν από ένα μικρό κομμάτι βόρεια κοντά στον Ασωπό ποταμό,συνεχίζουν ανατολικά στα παράλια του Κορινθιακού κόλπου και τέλος ένα κομμάτι νότια της περιοχής μελέτης.

8.5 Σύγκριση αγωγιμότητας εδάφους-νερού:



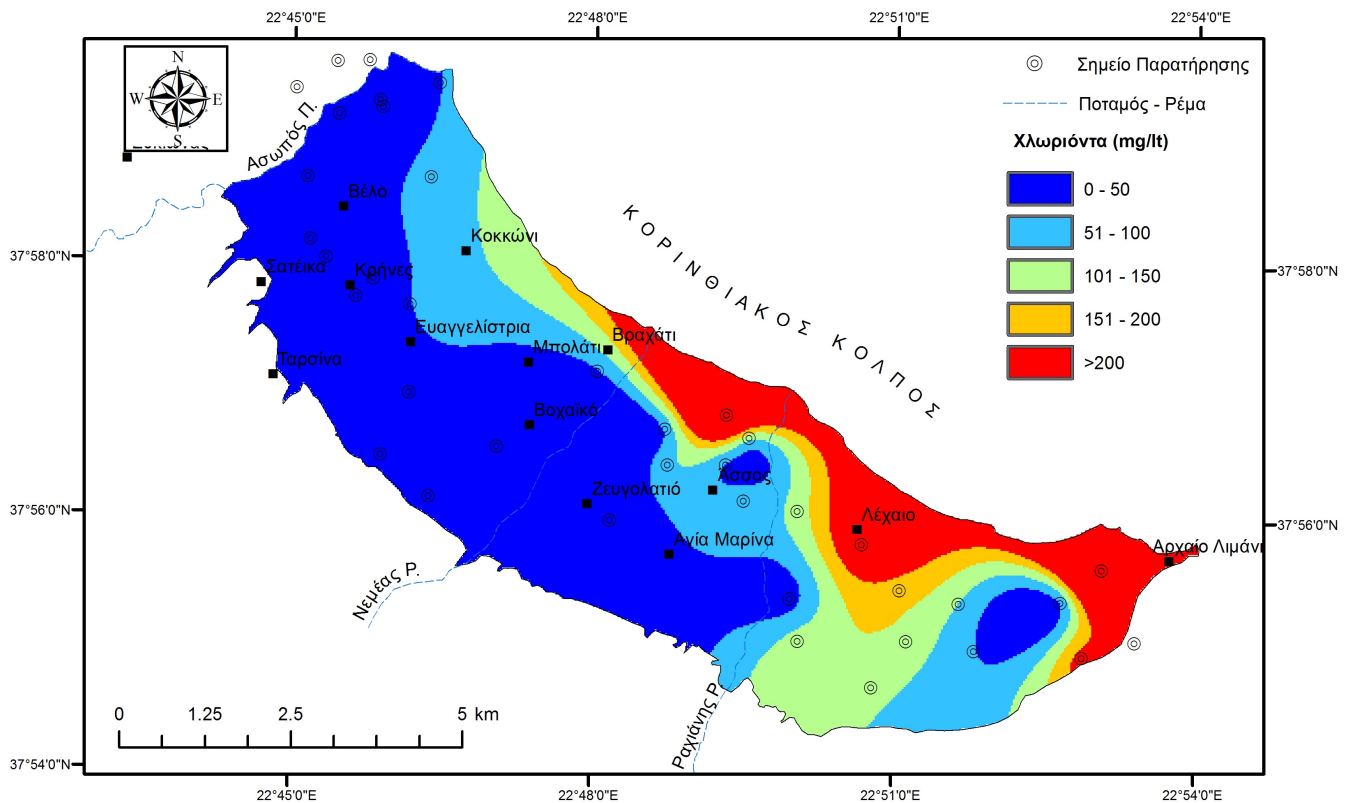
Σχήμα 11: Σύγκριση αγωγιμότητας νερού-εδάφους.

Στην παρούσα πτυχιακή εξετάσθηκε η συσχέτιση της αγωγιμότητας του νερού με την αγωγιμότητα του εδάφους. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν οι χημικές αναλύσεις νερού γεωτρήσεων και πηγαδιών της περιοχής μελέτης από προϋπάρχουσα πτυχιακή εργασία.(Κορωνιώτης 2014).

Στον παραπάνω πίνακα βλέπουμε την σύγκριση της αγωγιμότητας του νερού-εδάφους. Τα τρία σημεία τα οποία βρίσκονται εκτός της γραμμής συσχέτισης, συμβαίνει διότι τα τρία αυτά νερά δεν χρησιμοποιούνται για άρδευση.

Παρατήρηση: Στο σχήμα 11 φαίνεται η σύγκριση από την οποία προκύπτει ότι η αγωγιμότητα του εδάφους επηρεάζεται από την αγωγιμότητα του νερού. Μάλιστα η συσχέτιση αυτή είναι σημαντική αφού ο συντελεστής συσχέτισης είναι $r=0.62$.

8.6 Ποιότητα νερού:



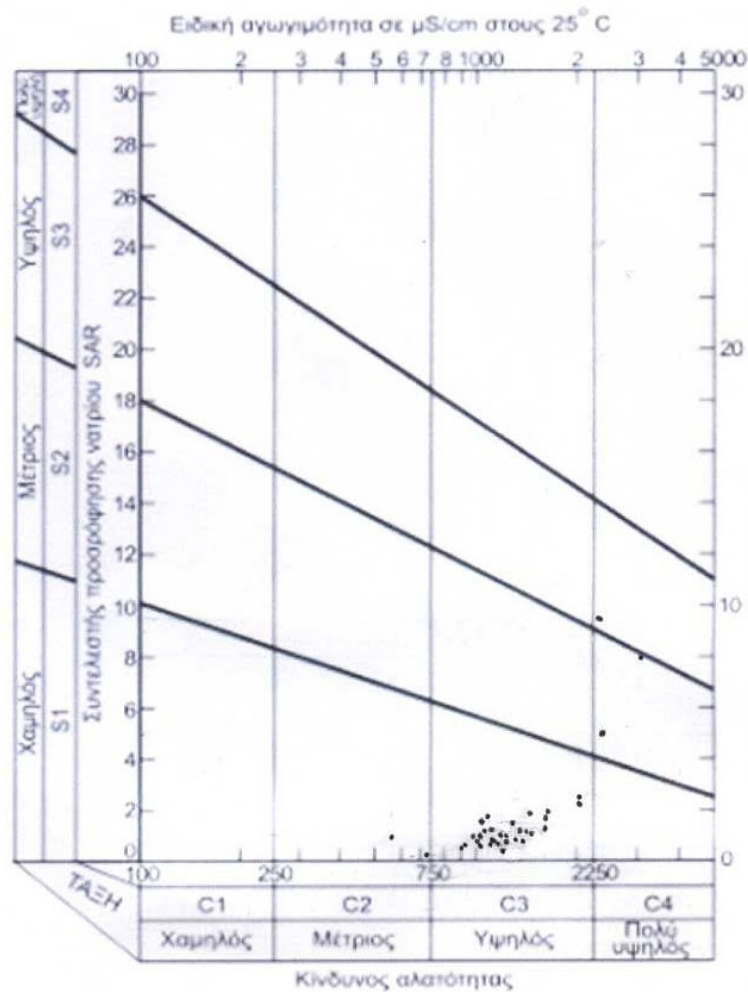
Χάρτης 5 :Χάρτης ισογλωρίων καμπυλών, ο οποίος μας δείχνει ποιες περιοχές του υδροφόρου ορίζοντα έχουν επηρεαστεί από την διείσδυση του θαλασσινού νερού.

Ο παραπάνω χάρτης δείχνει τα γλωρίοντα (σε mg/Lt) που περιέχονται στα εδαφικά δείγματα.

- Το μπλε χρώμα του χάρτη μας δείχνει ότι σε αυτό το κομμάτι υπάρχουν γλωρίοντα από 0-50 mg/Lt.
- Το γαλάζιο χρώμα του χάρτη μας δείχνει ότι σε αυτό το κομμάτι υπάρχουν γλωρίοντα από 51-100 mg/Lt.
- Το πράσινο χρώμα του χάρτη μας δείχνει ότι σε αυτό το κομμάτι υπάρχουν γλωρίοντα από 101-150 mg/Lt.
- Το κίτρινο χρώμα του χάρτη μας δείχνει ότι σε αυτό το κομμάτι υπάρχουν γλωρίοντα από 151-200 mg/Lt.
- Το κόκκινο χρώμα του χάρτη μας δείχνει ότι σε αυτό το κομμάτι υπάρχουν γλωρίοντα >200 mg/Lt.

Παρατήρηση: Τα χλωριόντα από 0-50 mg/lit καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο κομμάτι της περιοχής μελέτης. Ξεκινώντας από βορειοδυτικά στις περιοχές Βέλο, Σαταίικα, Κρήνες, Τα αρσίνα και πηγαίνοντας νοτιοανατολικά στις περιοχές Ευαγγελίστρια, Μπολάτι, Βοχαϊκό και νότια στο Ζευγολατιό και στην Αγία Μαρίνα. Επίσης με μπλε χρώμα είναι και η περιοχή του Άσσου αλλά και ένα μικρό κομμάτι νοτιοανατολικά. Τα χλωριόντα από 51-100 mg/lit ξεκινούν από βορειοανατολικά στην περιοχή Κοκκώνι, συνεχίζει νοτιοανατολικά κοντά στην περιοχή του Άσσου, πηγαίνει μέχρι νοτιοδυτικά και υπάρχει και ένα μικρό κομμάτι στα νοτιοανατολικά της περιοχής μελέτης. Τα χλωριόντα από 101-150 mg/lit ξεκινούν από την περιοχή Βραχάτι βορειοανατολικά προς τα νοτιοδυτικά. Τα χλωριόντα από 151-200 mg/lit ξεκινούν από ανατολικά προς τα νοτιοανατολικά της περιοχής μελέτης σχηματίζοντας ένα σίγμα τελικό. Και τέλος, τα χλωριόντα >200 mg/lit ξεκινώντας από βορειοανατολικά, συνεχίζουν προς την περιοχή του Λεχάιου και καταλήγουν στο αρχαίο λιμάνι.

8.7 Διάγραμμα ταξινόμησης αρδευτικών νερών:



Σχήμα 12: Διάγραμμα ταξινόμησης αρδευτικών νερών (διάγραμμα Wilcox)

Παρατηρήσεις:

Στο παραπάνω διάγραμμα βρίσκονται όλα τα δείγματα που αναλύθηκαν στο εργαστήριο. Στο διάγραμμα αυτό μπορούμε να δούμε με βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) και τον συντελεστή προσρόφησης νατρίου (SAR), τον κίνδυνο αλατότητας που μπορεί να υπάρχει στο αρδευτικό νερό.

| ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ | ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (EC) (μS/cm) | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗΣ ΝΑΤΡΙΟΥ (SAR) | ΤΥΠΟΣ ΝΕΡΟΥ | ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ |
|--------------------------|---|--|--------------------|--|
| KF37 | 2055 | 2,29 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |
| KF39 | 1221 | 0,71 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |
| KF41 | 2370 | 9,56 | S3-C4 | Υπάρχει πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, υψηλής αλκαλικότητας ακατάλληλο για άρδευση. |
| KF44 | 1045 | 0,39 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |
| KF46 | 1024 | 0,75 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |
| KF73 | 1700 | 1,60 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |
| KF74 | 1742 | 1,90 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |
| KF75 | 2009 | 2,50 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |
| KF77 | 1689 | 1,23 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |
| KF78 | 1617 | 1,86 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |
| KF9 | 1203 | 0,63 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |
| KG13 | 1446 | 1,11 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |

| ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ | ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (EC) (μS/cm) | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗΣ ΝΑΤΡΙΟΥ (SAR) | ΤΥΠΟΣ ΝΕΡΟΥ | ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ |
|--------------------------|---|--|--------------------|---------------------------------------|
| KG15 | 1156 | 0,82 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |
| KG18 | 1028 | 0,62 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |
| KG19 | 1022 | 0,73 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |
| KG23 | 1353 | 1,42 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |
| KG25 | 1169 | 1,17 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |
| KG3 | 1325 | 0,89 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |
| KG30 | 1225 | 0,70 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |
| KG47 | 902 | 0,57 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |
| NF1 | 1238 | 0,52 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |
| NF3 | 1389 | 0,84 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |

| ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ | ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (EC) (μS/cm) | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗΣ ΝΑΤΡΙΟΥ (SAR) | ΤΥΠΟΣ ΝΕΡΟΥ | ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ |
|--------------------------|---|--|--------------------|--|
| NF4 | 714 | 0,28 | S1-C2 | Υπάρχει μέτρια περιεκτικότητα σε άλατα |
| NF5 | 3090 | 8,61 | S2-C4 | Υπάρχει πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |
| NF6 | 1138 | 0,65 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |
| NF8 | 2350 | 5,11 | S2-C4 | Υπάρχει πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |
| NG10 | 1231 | 0,89 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |
| NG13 | 1676 | 1,33 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |
| NG14 | 1117 | 1,80 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |
| NG17 | 1537 | 1,26 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |
| NG18 | 1185 | 1,73 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |
| NG2 | 936 | 0,50 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |
| NG4 | 553 | 0,99 | S1-C2 | Υπάρχει μέτρια περιεκτικότητα σε άλατα |
| NG6 | 1261 | 0,95 | S1-C3 | Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα |

8.8 Παραγοντική ανάλυση:

Correlation Matrix

| | %SAND | %CLAY | W.L. (m) | EC_soil | E.C._water (μ S/cm) | Cl - (mg/l) | SAR |
|-----------------------------|-------|-------|----------|---------|-----------------------------|-------------|-------|
| Correlation | 1.000 | -.563 | -.491 | .033 | .605 | .595 | .598 |
| %SAND | | 1.000 | .385 | .149 | -.488 | -.403 | -.369 |
| %CLAY | -.563 | | 1.000 | .141 | -.373 | -.371 | -.331 |
| W.L. (m) | -.491 | .385 | | 1.000 | .245 | .144 | .112 |
| EC_soil | .033 | .149 | .141 | | 1.000 | .928 | .888 |
| E.C._water (μ S/cm) | .605 | -.488 | -.373 | .245 | | 1.000 | .963 |
| Cl - (mg/l) | .595 | -.403 | -.371 | .144 | .928 | | 1.000 |
| SAR | .598 | -.369 | -.331 | .112 | .888 | .963 | |

KMO and Bartlett's Test

| | | |
|--|--------------------|---------|
| Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy. | | .752 |
| Bartlett's Test of Sphericity | Approx. Chi-Square | 117.155 |
| | df | 21 |
| | Sig. | .000 |

Communalities

| | Initial | Extraction |
|--------------------------|---------|------------|
| %SAND | 1.000 | .668 |
| %CLAY | 1.000 | .598 |
| W.L. (m) | 1.000 | .546 |
| EC_soil | 1.000 | .674 |
| E.C._water (μ S/cm) | 1.000 | .922 |
| Cl - (mg/l) | 1.000 | .910 |
| SAR | 1.000 | .871 |

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Total Variance Explained

| Component | Initial Eigenvalues | | | Extraction Sums of Squared Loadings | | | Rotation Sums of Squared Loadings | | |
|-----------|---------------------|---------------|--------------|-------------------------------------|---------------|--------------|-----------------------------------|---------------|--------------|
| | Total | % of Variance | Cumulative % | Total | % of Variance | Cumulative % | Total | % of Variance | Cumulative % |
| 1 | 3.888 | 55.541 | 55.541 | 3.888 | 55.541 | 55.541 | 3.567 | 50.958 | 50.958 |
| 2 | 1.301 | 18.579 | 74.120 | 1.301 | 18.579 | 74.120 | 1.621 | 23.162 | 74.120 |
| 3 | .710 | 10.142 | 84.262 | | | | | | |
| 4 | .618 | 8.833 | 93.096 | | | | | | |
| 5 | .372 | 5.320 | 98.415 | | | | | | |
| 6 | .081 | 1.163 | 99.578 | | | | | | |
| 7 | .030 | .422 | 100.000 | | | | | | |

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotated Component Matrix^a

| | Component | |
|-----------------------------|-----------|-------|
| | 1 | 2 |
| %SAND | .669 | -.469 |
| %CLAY | -.425 | .646 |
| W.L. (m) | -.349 | .651 |
| E.C._soil | .389 | .723 |
| E.C._water (μ S/cm) | .955 | -.103 |
| Cl - (mg/Lt) | .946 | -.121 |
| SAR | .926 | -.114 |

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.^a

a. Rotation converged in 3 iterations.

Παρατήρηση: Όταν το kmo είναι πάνω από 0,5, είναι επιτυχημένη η παραγοντική ανάλυση. Στο μεγαλύτερο βάθος που μπορεί να βρίσκεται το υπόγειο νερό τόσο μεγαλύτερη αγωγιμότητα έχει, όσο ανεβαίνουμε μειώνεται. Όσο αυξάνεται το αμμώδες έδαφος αυξάνεται και η αγωγιμότητα. Επομένως όπου έχουμε αμμώδες έδαφος έχουμε αυξημένη αγωγιμότητα και υφάλμυρο υπόγειο νερό. Στα αργιλικά εδάφη έχουμε μειωμένη αγωγιμότητα επομένως και νερό κατάλληλο για χρήση άρδευσης.

Κεφάλαιο 9

Συμπεράσματα

Τα συνολικά αποτελέσματα των δειγμάτων της παραλιακής ζώνης Κορίνθου δείχνουν φανερά ότι η περιοχή μελέτης αντιμετωπίζει σημαντικό πρόβλημα υποβάθμισης των υπόγειων νερών τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά. Λόγω της μη ορθολογικής εκμετάλλευσης των υπόγειων νερών και σε συνδυασμό με τις μειωμένες συνθήκες επανατροφοδότησης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα την τελευταία ιδίως 7ετία, 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, Λεχαιού 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, υποβαθμίζοντας 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 Κοκκόνι παρατηρούνται υψηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας (E.C.) καθώς και υψηλές τιμές συγκέντρωσης ιόντων χλωρίου (Cl^-) και νατρίου (Na^+). Η ύπαρξη αυτών των αυξημένων τιμών συνδέεται άμεσα με το φαινόμενο της διείσδυσης του θαλασσινού νερού στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

- www.lifesos.eu 10/7/2015 (internet)
- Προβληματικά Εδάφη Καθηγητής Ν.Δ.Μισοπολίνος Α.Π.Θ. (βιβλίο)
- Σημειώσεις Υποβαθμισμένα Εδάφη Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος
- <http://geografia.fcsh.unl.pt/lucinda> 8/8/2015 (internet)
- <http://www.aua.gr> 8/9/2015 (internet)
- Ντζούφρας Ι. (2002). Ανάλυση πολυμεταβλητών δεδομένων. Σημειώσεις Τμήματος Διοίκησης Επιχειρήσεων Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Afifi A.A. (1990). Computer-Aided Multivariate analysis, second edition, Chapman and Hall.
- Johnson E.D. (1998). Applied multivariate methods for data analysis, Duxbury press.
- Wells D.W. & Shetn N.J. (1971). Factor analysis in Marketing Research, Faculty Working Papers College of Commerce and Business Administration, University of Illinois.
- Johnson A. R. & Wichern W. D. (1998). Applied multivariate statistical analysis, fourth edition, Prentice Hallinc.
- Joreskog K.G. (2003). Factor Analysis by mires, Lincolnwood, IL: Scientific Software International.
- Πτυχιακή εργασία “Υφαλμύρωση των υδάτων στην περιοχή Κιάτου-Κορίνθου” Κορωνιώτης 2014
- Struckmeier and Margat, 1995; Nikas et al., 2010
- Stamatopoulos et al (1994),Piper et al, (1990),Kontopoulos and Zelilidis, (1997), Frydas, (1991),Doutsos and Piper, (1990),Keraudren and Sorel, (1987), Armijo et al, (1996), Dia et al, (1997), από Zelilidis (2000)