

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ
& ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
Αριθ. Πρωτ. 101
Ημερομηνία 5-9-1999.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΖΩΙΚΗΣ

ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΑΦΟΛΟΓΙΑΣ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ κος ΙΩΑΝΝΗΣ ΜΗΤΣΙΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΤΗΣ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ

ΚΑΠΡΑΝΗ ΜΑΡΙΑ

**Τίτλος «Ποιοτική κατάταξη των νερών από γεωτρήσεις και
φρεάτια του νομού Τρικάλων»**

ΒΟΛΟΣ 1998



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 38/1
Ημερ. Εισ.: 07-08-2003
Δωρεά:
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΓΦΖΠ
1998
ΚΑΠ



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	Σελίδες	1
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	>>	2-3
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	>>	4-6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	>>	7-19
1.1 Δειγματοληψία		
1.2 Μετεωρολογικά στοιχεία		
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	>>	20-51
ΜΕΘΟΔΟΙ ΧΗΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΝΕΡΟΥ		
2.1 Ειδική αγωγιμότητα		
2.2 pH		
2.3 Προσδιορισμός των ιόντων Νατρίου		
2.4 Προσδιορισμός των ιόντων Καλίου		
2.5 Προσδιορισμός των ιόντων Ασβεστίου		
2.6 Προσδιορισμός των ιόντων Μαγνησίου		
2.7 Προσδιορισμός των ιόντων Χλωρίου		
2.8 Προσδιορισμός των Ανθρακικών ιόντων		
2.9 Προσδιορισμός των Όξινων Ανθρακικών ιόντων		
2.10 Προσδιορισμός των Θεϊκών ιόντων		
2.11 Προσδιορισμός των Νιτρικών ιόντων		
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	>>	52-75
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ		
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	>>	76-89
Συζήτηση-Συμπεράσματα		
Ποιοτική κατάταξη των νερών αρδεύσεως των γεωτρήσεων		
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	>>	90

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θεωρώ καθήκον και υποχρέωσή μου να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στον Καθηγητή και δάσκαλό μου κο. Ιωάννη Μήτσιο για τη συνεχή ενθάρυνσή του, τις συμβουλές και υποδείξεις του, καθώς επίσης και για την επιστημονική και ηθική συμπαράστασή του καθ'όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διατριβής αυτής. Επίσης εκφράζω τις ευχαριστίες μου στους Καθηγητές κο.Ν.Δαλέζιο και κο.Π.Λόλα για τη συμπαράστασή τους στην εκπόνησή της εργασίας αυτής.

Η διατριβή αυτή θα έφτανε δύσκολα στην ολοκλήρωσή της, εάν δεν υπήρχαν στην διαθεσή μου τα επιστημονικά όργανα και συσκευές του Εργαστηρίου Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Κατά τη διάρκεια του πειραματικού μέρους και συγκραφής της παρούσας διατριβής μεγάλη ήταν η βοήθεια της χημικού και υποψήφιας διδάκτορα κα. Ε.Γκόλια για τις συμβουλές και διευκρινήσεις σε απορίες μου σχετικά με τις μεθόδους χημικής ανάλυσης του νερού. Ευχαριστώ επίσης όλους τους γεωπόνους και υποψήφιους διδάκτορες κο.Φ.Γάτσιο, κο.Ε.Σταυρινό και την κα. Ι.Σταματοπούλου καθώς και την κα. Τσακμάκη για την συμπαράστασή τους.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και αρκετούς φίλους μου που με στήριζαν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου και ιδιαίτερα κατά την διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής διατριβής μου.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το νερό είναι απαραίτητο για τη ζωή των ανθρώπων, τόσο γιατί αποτελεί το βασικότερο είδος διατροφής, όσο και γιατί αποτελεί μία από τις απαραίτητες πρώτες ύλες της πρωτογενούς παραγωγής, όπως είναι η γεωργία και η κτηνοτροφία, και της δευτερογενούς παραγωγής, όπως είναι η βιομηχανία. Αποδεικνύεται ότι το νερό, ως φυσικός πόρος που συμμετέχει σε κάθε παραγωγική – αναπτυξιακή διαδικασία, έχει υπεισέλθει δυναμικά και προσδιορίζει πλέον τη δυνατότητα ή την αδυναμία επέκτασης των παραγωγικών δραστηριοτήτων, καθορίζοντας και την αποδοτικότητά τους.

Το νερό ως φυσική πρώτη ύλη, δεν αποτελεί καρπό μιας συγκομιδής, όπως άλλοι φυσικοί πόροι, ενώ έχει μια ιδιαίτερη κοινωνική και πολιτισμική αξία. Το μεγαλύτερο τμήμα της επιφάνειας της γης καλύπτεται από νερό, το οποίο όμως στο μεγαλύτερο ποσοστό του είναι πλούσιο σε διαλυμένα άλατα με συνέπεια να είναι ακατάλληλο για κάλυψη ανθρώπινων αναγκών. Μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό υπόγειου και επιφανειακού νερού είναι κατάλληλο για χρήση από τον άνθρωπο.

Ένα μέρος του νερού που φτάνει στη γη ρέει πάνω στο έδαφος και αφού διανύσει μια μικρή ή μεγάλη διαδρομή, συγκεντρώνεται σε μεγαλύτερους αγωγούς, τους ποταμούς, οι οποίοι με τη σειρά τους το οδηγούν στις λίμνες ή στις θάλασσες. Το τμήμα αυτό αποτελεί το

επιφανειακό νερό. Ένα άλλο τμήμα από το μετεωρικό νερό(βροχή),δε φτάνει ποτέ στο έδαφος , επειδή κατά τη διαδρομή της πτώσης του εξατμίζεται, ή αν φτάσει στο έδαφος πάνω στη βλάστηση, εξατμίζεται από τις ελεύθερες επιφάνειες των φύλλων. Μία τρίτη κατηγορία νερού είναι αυτή που το νερό φτάνοντας στο έδαφος , περνά ένα λεπτό επιφανειακό στρώμα , αλλά στη συνέχεια παραλαμβάνονται από τις ρίζες των φυτών και ακολουθώντας τον υδρολογικό κύκλο διαπνέεται από τα φύλλα και απελευθερώνεται και πάλι στην ατμόσφαιρα .

Αξίζει επίσης να παρατηρήσουμε ότι η ανανέωση του νερού , το οποίο είναι κατάλληλο για ανθρώπινη χρήση , σε ένα περιορισμένο χώρο ή μια τοπική κοινωνία εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν κάθε χρόνο , από τη φυσική προσφορά και ζήτησή του από τους χρήστες και τις παρεμβάσεις του ανθρώπου ιδιαίτερα στα ποιοτικά του χαρακτηριστικά . Οι επιβλαβείς αλλοιώσεις στην ποιότητα του νερού έχουν ως συνέπεια πολλές φορές την απαγόρευση χρήσης του ή τουλάχιστον τον περιορισμό των δυνατοτήτων χρησιμοποίησής του .

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι ο ποιοτικός έλεγχος του νερού και οι μέθοδοι χημικής ανάλυσης του προς χρήση αρδευτικού νερού , είναι απαραίτητη πριν από την επιλογή του αρδευτικού συστήματος και πριν από την εφαρμογή του νερού στο χωράφι. Φυσικά η καταλληλότητα του νερού για άρδευση πρέπει να στηρίζεται όχι μόνο στα αποτελέσματα της οποιασδήποτε ποιοτικής κατάταξης , όσο αναλυτική κι αν είναι αυτή , αλλά και σε κλιματικούς , εδαφικούς και φυτικούς παράγοντες , καθώς και στον τρόπο διαχείρισης του αρδευτικού νερού.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εδώ και εκατομμύρια χρόνια , με βάση τα μέχρι τώρα γνωστά στοιχεία , είναι βεβαιωμένη η παρουσία του ανθρώπου πάνω στον πλανήτη μας .Το χρονικό αυτό διάστημα είναι ελάχιστο , συγκριτικά με τα 3,5 δισεκατομμύρια χρόνια που είναι η πιθανή ηλικία της γης . Αιτία για τη δημιουργία της κοινωνίας και επομένως και για την ανάπτυξη των πρώτων πολιτισμών πάνω στη γη , δηλαδή των κοιτίδων του πολιτισμού μας, που ήταν κατά κύριο λόγο το νερό. Ούτε φιλοσοφικές θεωρίες , αλλά ούτε και ιδέες ή αρχές οδήγησαν τον προϊστορικό άνθρωπο στη δημιουργία των πρώτων κοινοτήτων παρά μόνο η ανάγκη διαχείρισης του νερού.

Το λιώσιμο των πάγων της τελευταίας εποχής των παγετώνων της γης (60.000-10.000 π.Χ.) και τις κατακλυσμαίες βροχές που ακολούθησαν διαδέχτηκε μια εποχή ξηρασίας των τότε σαβάνων (10.000-6.000 π.Χ.).Η κατάσταση αυτή ανάγκασε τον προϊστορικό άνθρωπο να αποσυρθεί σε περιοχές όπου υπήρχαν μεγάλα αποθέματα νερού . Έτσι , ο νομάδας προϊστορικός άνθρωπος , που ζούσε μέχρι τώρα σαν συλλέκτης , κυνηγός και βοσκός , αναγκάστηκε να γίνει μόνιμα εγκατεστημένος γεωργός. Ο μέχρι τότε δισδιάστατα σκεπτόμενος κυνηγός και βοσκός, αρχίζει σιγά-σιγά να μεταβάλλεται στον τρισδιάστατα σκεπτόμενο δημιουργό.

Μία μόνιμη εγκατάσταση στις περιοχές αυτές κάτω από δύσκολες τοπογραφικές, κλιματολογικές και υδρολογικές συνθήκες, είχε ως προϋπόθεση τη συγκέντρωση των ανθρώπων αυτών σε ομάδες εργασίας

και κοινότητες όπου με προγραμματισμένες και συντονισμένες πράξεις θα αντιμετωπίζονταν όχι μόνο οι ανάγκες ύδρευσης του πληθυσμού και άρδευσης των γεωργικών καλλιεργειών, αλλά και οι κίνδυνοι που διέτρεχαν οι άνθρωποι αυτοί από τις καταστροφικές πλημμύρες των μεγάλων αυτών ποταμών και από τη θάλασσα. Με ομαδική εργασία άρχισαν να κατασκευάζουν προχώματα για την προστασία από τις πλημμύρες, φράγματα για την αποθήκευση του νερού προς ύδρευση και άρδευση σε περιόδους ξηρασίας, υπόγειους υδαταγωγούς κ.λ.π.

Αλλά και στη μοντέρνα βιομηχανική μας εποχή το νερό είναι ένας ουσιώδης παράγοντας για την ανάπτυξη της οικονομίας μας. Η επιπλέον αύξηση της γεωργικής και βιομηχανικής παραγωγής έχει ως προϋπόθεση την ύπαρξη αρκετού, και καλής ποιότητας, νερού. Όμως τα τελευταία εκατό χρόνια η βίαιη παρέμβαση του ανθρώπου, τόσο στη δυναμική ισορροπία της ζωής όσο και σε κάθε μορφή περιβαλλοντικής ισορροπίας, έχει πάρει ανησυχητικές διαστάσεις. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον υδρολογικό κύκλο και γενικά συνθέτουν την έννοια «περιβάλλον» βρίσκονται σε μία κατάσταση που δεν έχει προηγούμενο στην ιστορία του πλανήτη μας. Η ισορροπία στη φύση διαταράχθηκε, τα προβλήματα που δεν δημιούργησε με την παρεμβασή του ο άνθρωπος όχι μόνο είναι τεράστια, μα και πραγματοποιούνται σε χρόνους τόσο σύντομους, ώστε κάθε σύγκριση με το παρελθόν να ωχριά.

Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του νομού Τρικάλων, είχε σαν σκοπό την αξιολόγηση 125 δειγμάτων νερού από γεωτρήσεις της ανωτέρω περιοχής. Η συλλογή των δειγμάτων νερού έγινε τους μήνες Αύγουστο-Σεπτέμβριο του έτους 1997 και σε κάθε δείγμα μετρήθηκε η ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C.w, το pH, τα κατιόντα $[Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, K^+]$ και τα ανιόντα $[SO_4^{2-}, Cl^-]$. Επίσης στα 125 αυτά δείγματα μετρήθηκαν τα NO_3^- και NO_2^- ιόντα.

Η κατάταξη των αρδευτικών νερών έγινε με βάση

- I) Μεθόδων του εργαστηρίου αλατούχων εδαφών των Η.Π.Α.
- II) Το υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο R.S.C.
- III) Ayers and Westcot (1976)
- IV) Christiansen, et al. (1977).

Στόχος της έρευνας αυτής είναι η εκτίμηση και αξιολόγηση της ποιότητας των αρδευτικών νερών της περιοχής, ώστε να αποφευχθούν πιθανά προβλήματα στο άμεσο μέλλον, που σχετίζονται με την συσσώρευση αλάτων και τοξικών ιόντων αφενός και την μείωση παραγωγής των φυτών αφετέρου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Η δειγματοληψία έγινε από 125 γεωτρήσεις που κατανέμονται στις παρακάτω περιοχές: Παλαιομονάστηρο, Κρήνη, Φαρκαδόνα, Μεγάλα Καλύβια, Γόμφοι, Άγιοι Απόστολοι, Αγία Μονή, Μικρό Κεφαλόβρυσο, Κρηνίτσα, Κάτω Ελάτη, Μέλιγο, Παλαιόπυργος, Πυργετός, Βαλτινό, Λογγάκι, Βαλομάνδρι, Ρόγγια, Φωτάδα, Δενδροχώρι, Λεπτοκαρυά, Κηπάκι, Πύργος και της ευρύτερης περιοχής της πόλης των Τρικάλων.

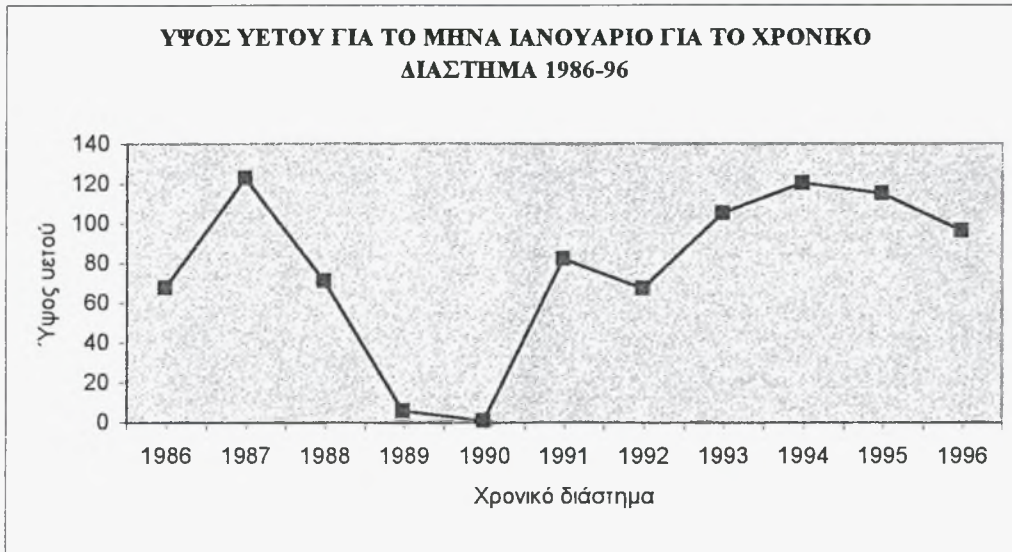
Το κάθε δείγμα τοποθετήθηκε σε καθαρές φιάλες, οι οποίες έχουν ξεπλυθεί με απιονισμένο νερό, των 1,5 lt & 0.5 lt. Οι φιάλες των 0,5 lt τοποθετήθηκαν στην κατάψυξη στους -20°C και τα οποία θα τα χρησιμοποιήσουμε στη συνέχεια για τη μέτρηση των νιτρικών χωρίς αυτά να αναχθούν σε νιτρώδη. Τα βάθη των γεωτρήσεων ποικίλουν δηλαδή μιλάμε για βάθη που ξεκινάνε από τα 10 μέτρα έως και 180 μέτρα. Επίσης κυμαίνεται και η έκταση γης που καλύπτει η εκάστοτε γεώτρηση. Έτσι οι εκτάσεις αυτές κυμαίνονται από 4,5 στρέμματα έως και 500 στρέμματα.

1.2 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ

Παρακάτω παρουσιάζεται η κατανομή του αθροίσματος της βροχόπτωσης για κάθε μήνα κατά την περίοδο 1986-1996 καθώς και κατανομή της μέσης απόλυτης μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας για κάθε μήνα για την ίδια περίοδο. Τα μετεωρολογικά αυτά στοιχεία ελήφθησαν από την Μετεωρολογική Υπηρεσία της Πολεμικής Αεροπορίας και αφορούν την ευρύτερη περιοχή του νομού Τρικάλων.

Κατανομή του ύψους νετού κατά μήνα για την χρονική περίοδο 1986-1996 στο νομό Τρικάλων.

Διάγραμμα 1



Διάγραμμα 2



Διάγραμμα 3



Διάγραμμα 4



Διάγραμμα 5



Διάγραμμα 6



Διάγραμμα 7



Διάγραμμα 8



Διάγραμμα 9



Διάγραμμα 10



Διάγραμμα 11



Διάγραμμα 12



Κατανομή της απολύτης μέγιστης και ελαχίστης θερμοκρασία κατά μήνα για τη χρονική περίοδο 1986-96.

Διάγραμμα 13



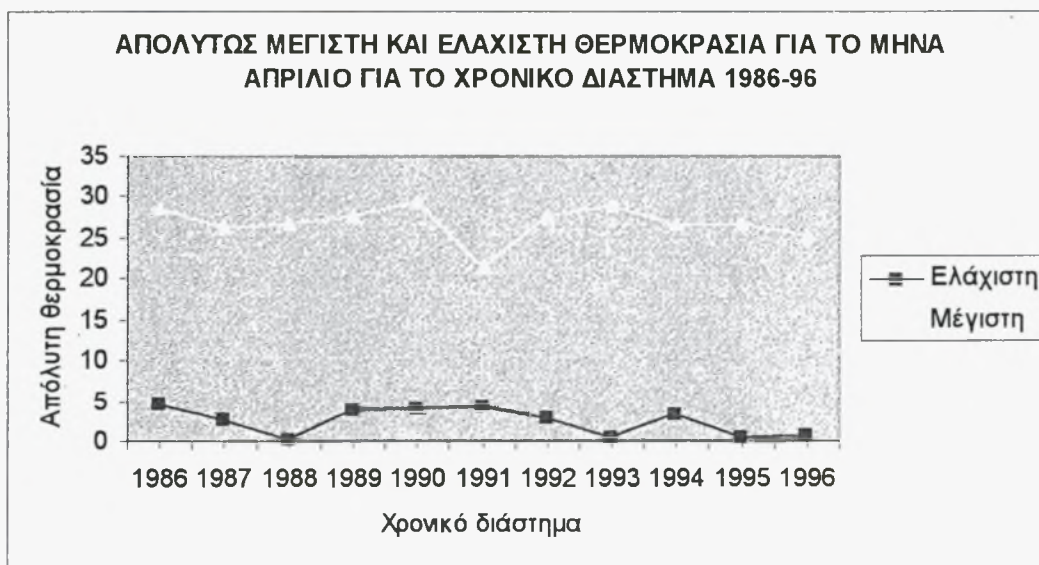
Διάγραμμα 14



Διάγραμμα 15



Διάγραμμα 16



Διάγραμμα 17



Διάγραμμα 18



Διάγραμμα 19



Διάγραμμα 20



Διάγραμμα 21



Διάγραμμα 22



Διάγραμμα 23



Διάγραμμα 24



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.ΜΕΘΟΔΟΙ ΧΗΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

Προσδιορισμός ηλεκτρικής αγωγιμότητας του νερού αρδέσεως.

2.1 Ειδική αγωγιμότητα.

Η αντίσταση ενός ομογενούς μέσου με ομοιόμορφη κάθετη διατομή εμβαδού s (cm^2) και μήκος l (cm) δίνεται από τον τύπο :

$$R = \frac{\rho \times l}{s}$$

όπου :

R =Αντίσταση (ohm)

ρ = Ειδική αντίσταση (S)

Ειδική αγωγιμότητα K ορίζεται το αντίστροφο του ρ και έχει μονάδες $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Αρχή της μεθόδου.

Η αγωγιμότητα μετριέται με μια κυψελίδα που αποτελείται από δύο ηλεκτρόδια πλατίνας.

Η ειδική αγωγιμότητα δίνεται από τον τύπο :

$$K_{25^{\circ}\text{C}} = \frac{L_t \times \kappa}{1 + \alpha(t - 25)}$$

όπου :

$K_{25^{\circ}\text{C}}$ = Ειδική αγωγιμότητα στους 25°C , σε $\mu\text{S}/\text{cm}$

L_t =Αγωγιμότητα στους $t^{\circ}\text{C}$, σε μS

α =Θερμικός συντελεστής αντίστασης, σε $\% / \text{K}$

t =Θερμοκρασία του διαλύματος, σε $^{\circ}\text{C}$

κ =Σταθερά κυψελίδας (cell constant), σε cm^{-1}

Η αγωγιμότητα L_t είναι το μέγεθος που μετριέται απ' ευθείας από το όργανο κατά την εμβάπτιση της κυψελίδας στο δείγμα.

Ο θερμικός συντελεστής αντίστασης 'α' υπολογίζεται από το όργανο με βάση μία καμπύλη $\alpha(t)$ διαλύματος NaCl που είναι ενσωματωμένη στον μικροϋπολογιστή του οργάνου.

Η θερμοκρασία 't' του διαλύματος προσδιορίζεται με την βοήθεια θερμομέτρου και εισάγεται στο όργανο.

Η σταθερά της κυψελίδας k προσδιορίζεται κατά την βαθμονόμηση με την μέτρηση της αγωγιμότητας $L_{25^\circ\text{C}}$ διαλύματος 0,01M KCl 25°C γνωστής ειδικής αγωγιμότητας 1413 $\mu\text{S/cm}$ οπότε :

$$k = \frac{L_{25^\circ\text{C}}}{1413}$$

όπου :

k = Σταθερά κυψελίδας (cm^{-1})

$L_{25^\circ\text{C}}$ = αγωγιμότητα 0,01M KCl στους 25°C

Όργανα

Αγωγιμόμετρο (Conductometer 712)

Βαθμονόμηση

Το αγωγιμόμετρο αυτό μπορεί να αυτοβαθμονομείται μόνο του με αναγωγή στους 25°C .

Μέτρηση

Εμβαπτίζουμε τον αισθητήρα του οργάνου στο δείγμα, και ενεργοποιώντας την διαδικασία της μέτρησης παίρνουμε απ' ευθείας την ειδική αγωγιμότητα $K_{25^\circ\text{C}}$ του δείγματος ανηγμένη στους 25°C .

2.2 pH

Εάν με $[H^+]$ συμβολίσουμε την συγκέντρωση των ιόντων του υδρογόνου στο δείγμα μας ,τότε το pH του δείγματος ορίζεται βάσει του τύπου :

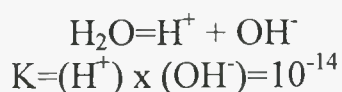
$$pH = -\log(H^+)$$

όπου $(H^+) = \gamma[H^+]$

γ είναι ο συντελεστής ενεργότητας του H^+ και

$[H^+]$ = η συγκέντρωση ιόντων H^+ σε mol/l.

Η συγκέντρωση των ιόντων H^+ σχετίζεται με την σταθερά διάστασης, K , του νερού που εκφράζεται με την παρακάτω εξίσωση :



(OH^-) = συγκέντρωση των OH^- σε mol/l.

Σε ένα ουδέτερο διάλυμα η συγκέντρωση των ιόντων H^+ είναι 10^{-7} ή $pH=7$.

Σε ένα όξινο διάλυμα η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου είναι μεγαλύτερη από 10^{-7} ή $pH < 7$.

Σε ένα αλκαλικό διάλυμα η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου είναι μικρότερη από 10^{-7} ή $pH > 7$.

Αρχή της μεθόδου

Στην μέθοδο αυτή το pH προσδιορίζεται με την βοήθεια πεχαμέτρου που είναι εφοδιασμένο με ενδεικτικό ηλεκτρόδιο υάλου και αισθητήριο θερμοκρασίας. Επομένως το pH προσδιορίζεται βάσει του τύπου :

$$pH = \frac{E - K}{0.0001982 \times T}$$

όπου :

E =Η Η.Ε.Δ.(ηλεκτρεργετική δύναμη) σε V (Volt) που παράγεται στο σύστημα: $Ag, AgCl/HCl/ύαλος/δείγμα/KCl, Hg_2Cl_2/Hg$.

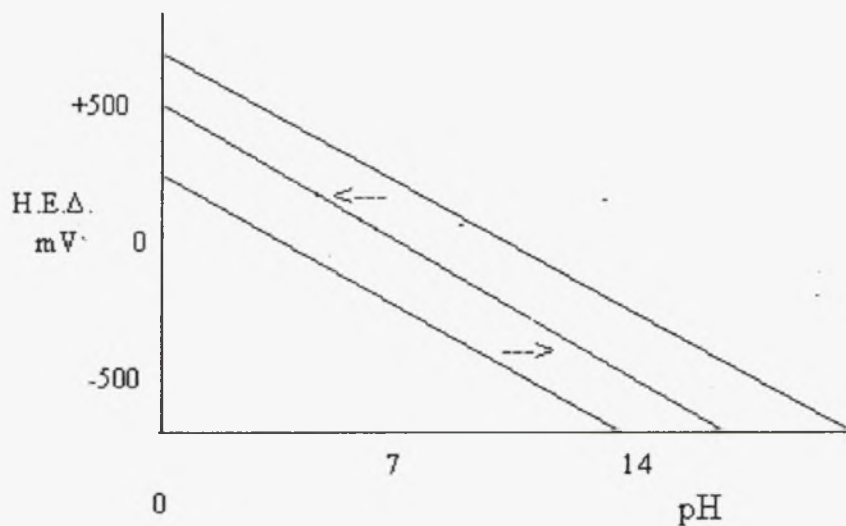
K =Σταθερά σε V που εξαρτάται από την σύσταση της υάλου.

T =Θερμοκρασία του δείγματος σε K.

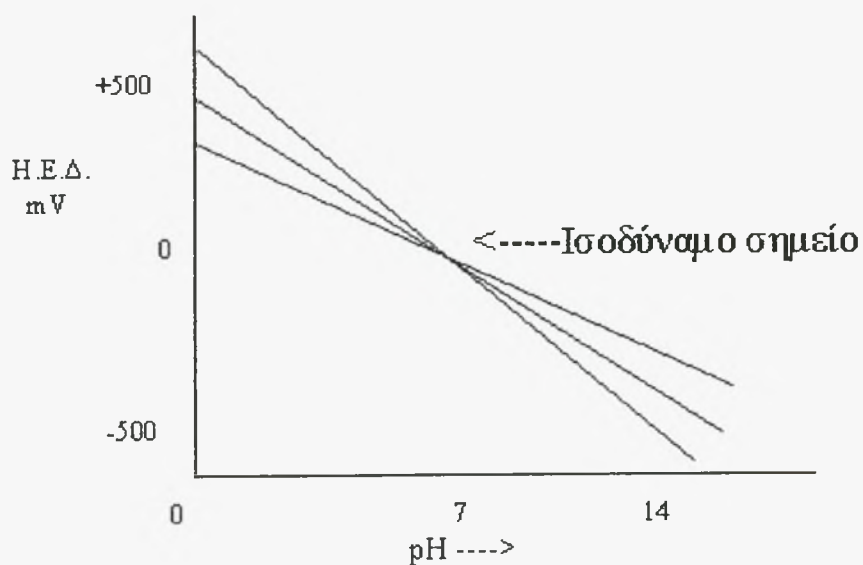
Η σταθερά K μεταβάλλεται ελαφρά με τον χρόνο και σχετίζεται με την εμφάνιση του καλούμενου δυναμικού ασυμμετρίας.

Όσον αφορά την βαθμονόμηση αυτή περιλαμβάνει δύο στάδια. Το πρώτο στάδιο της παράλληλης μετατόπισης, όπου με την βοήθεια του buffer 7,02 μετατοπίζεται παράλληλα η ευθεία μέχρις ότου περάσει από το σημείο 0,7 (ισοδυναμικό pH) του διαγράμματος $E(\text{pH})-\text{pH}$. Αυτό επιτρέπει τον μηδενισμό του οργάνου στην κλίμακα του E/mV με το pH 7 buffer. Το δεύτερο στάδιο όπου το όργανο ρυθμίζεται με ένα δεύτερο p 4.00 ή 9.26 ώστε να δείχνει την σωστή ένδειξη λαμβάνοντας υπ' όψη την θερμοκρασία του buffer ρυθμίζοντας το % slope.

Διευκρινιστικά αναφέρουμε ότι το ισοδυναμικό pH (Phi) είναι η τιμή του pH όπου η Η.Ε.Δ. (ηλεκτρεργετική δύναμη) είναι ανεξάρτητη της θερμοκρασίας, είναι ίσο ή περίπου ίσο με 7 και εξαρτάται από τον ηλεκτρολύτη του ηλεκτροδίου υάλου και το ηλεκτρόδιο αναφοράς.



Εικόνα Α : Πρώτο στάδιο βαθμονόμησης



Εικόνα Β : Δεύτερο στάδιο βαθμονόμησης.

Μέθοδος

Αντιδραστήρια

- Buffer pH 7,02** : Έτοιμο Διάλυμα προμηθευόμενο από την CRISON με Cat.N⁰.23-111-02.
- Buffer pH 4,00** : Έτοιμο Διάλυμα προμηθευόμενο από την CRISON με Cat.N⁰.23-110-02.
- Buffer pH 9,26** : Έτοιμο Διάλυμα προμηθευόμενο από την CRISON με Cat.N⁰.23-112-02.
- Ηλεκτρολύτης KCl 3M + AgCl** : Έτοιμο Διάλυμα προμηθευόμενο από τη CRISON με Cat.N⁰.23-130-02.

Όργανα

Πεχάμετρο CRISON micropH 2002

Βαθμονόμηση

Η βαθμονόμηση γίνεται πριν από τις μετρήσεις και αν αυτές είναι πολλές επαναλαμβάνεται κάθε 2-3 ώρες. Το CRISON αυτοβαθμονομείται δεδομένου ότι έχει αποθηκευμένο στην μνήμη του ένα πίνακα με τις τιμές pH των buffer με διάφορες θερμοκρασίες. Ενεργοποιώντας επομένως την διαδικασία 'calibration' αν το pH του δείγματος είναι μικρότερο του 7 βαθμονομείται με τα buffers pH 7,02 και 4,00 ενώ αν το pH του δείγματος είναι μεγαλύτερο του 7 βαθμονομείται με τα buffers pH 7,02 και 9,26 ξεπλένοντας το ηλεκτρόδιο πριν από κάθε εμφύσηση σε buffer.

Πίνακας Α : Πίνακας τιμών pH των Buffers σε σχέση με την θερμοκρασία.

° C	pH			
0	2.03	4.01	7.12	9.52
10	2.01	4.00	7.06	9.38
20	2.00	4.00	7.02	9.26
25	2,00	4,01	7,00	9,21
30	1.99	4.02	6.99	9.16
40	1.98	4.03	6.97	9.06
50	1.98	4.06	6.97	8.99
60	1.98	4.10	6.98	8.93
70	1.99	4.16	7.00	8.88
80	2.00	4.22	7.04	8.83
90	2.00	4.30	7.09	8.79

Μέτρηση

Το ηλεκτρόδιο του πεχαμέτρου το ξεπλένουμε με το δείγμα, και σημειώνουμε την ένδειξη του πεχαμέτρου (η ένδειξη του οργάνου είναι ανηγμένη στους 25°C), ενεργοποιώντας την διαδικασία της μέτρησης.

2.3 Προσδιορισμός των ιόντων Νατρίου (Na^+)

Η συγκέντρωση των ιόντων Na^+ , εκφράζεται σε $\text{meq Na}^+ / \text{l}$ δείγματος.

Αρχή της μεθόδου

Το δείγμα νεφελοποιείται σε φλόγα αέρα - βουτανίου οπότε εξατμιζόμενο οι ενώσεις του νατρίου ατομοποιούνται με αποτέλεσμα τα άτομα νατρίου που σχηματίζονται να εκπέμπουν ακτινοβολία, της οποίας η ένταση μετράται σε μήκος κύματος 589 nm.

Μέθοδος

Αντιδραστήρια

Απιονισμένο - απεσταγμένο νερό : Χρησιμοποιείται για την προετοιμασία όλων των διαλυμάτων καθώς και για τα standards διαλύματα.

Διάλυμα Na^+ (Stock I) : Διαλύουμε 2,542 g ξηραθέντος NaCl στους 140°C επί 24 ώρες και αραιώνουμε μέχρι όγκου 1000ml με απεσταγμένο νερό (1 ml= 1 mg Na^+).

Διάλυμα Na^+ (Stock II) : Αραιώνουμε 10 ml από το stock I διάλυμα νατρίου μέχρι όγκου 100ml (1 ml= 0,1 mg Na^+).

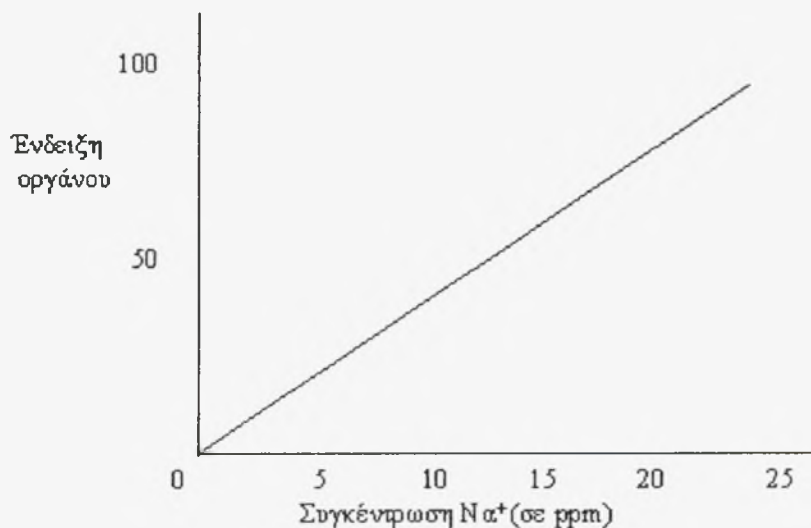
Σειρά standards : Μεταφέρουμε 0-5-10-15-20-25 ml από το διάλυμα νατρίου stock II, μέσα σε ογκομετρικές φιάλες των 100 ml και συμπληρώνουμε μέχρι όγκου με απιονισμένο-απεσταγμένο νερό. Τα standards διαλύματα που προκύπτουν έχουν συγκεντρώσεις 0-5-10-15-20-25 ppm αντίστοιχα.

Όργανα

Φλογοφωτόμετρο Sherwood 410

Βαθμονόμηση

Η βαθμονόμηση του φλογοφωτομέτρου γίνεται με τα standards που έχουν προαναφερθεί. Ρυθμίζεται πρώτα το μηδέν της κλίμακας του οργάνου με το blank και στη συνέχεια το 100 της κλίμακας με το πυκνότερο standard. Ακολουθώντας μετρούνται τα υπόλοιπα standards αρχίζοντας από το αραιότερο και κατασκευάζεται καμπύλη συγκέντρωσης-ένδειξης οργάνου.



Εικόνα 3: Ενδεικτική καμπύλη βαθμονόμησης του φλογοφωτομέτρου για το Na⁺

Μέτρηση

Μετά την βαθμονόμηση εισάγεται το άγνωστο δείγμα και σημειώνεται η ένδειξη του οργάνου. Εάν η ένδειξη είναι εκτός κλίμακος τότε το δείγμα αραιώνεται.

Υπολογισμοί

Με βάση την καμπύλη που έχει κατασκευαστεί κατά την βαθμονόμηση του οργάνου, αντιστοιχίζεται η ένδειξη του οργάνου για το άγνωστο δείγμα με την συγκέντρωση (σε ppm).

Η συγκέντρωση του Νατρίου σε meq/l δίνεται από τον τύπο :

$$[\text{Na}^+] (\text{meq/l}) = \frac{A}{23}$$

όπου :A= Συγκέντρωση του δείγματος σε ppm και 22,9898= AB
χσθένος

2.4 Προσδιορισμός των ιόντων Καλίου (K^+)

Η συγκέντρωση των ιόντων K^+ , εκφράζεται σε mg/l δείγματος.

Αρχή της μεθόδου

Το δείγμα νεφελοποιείται σε φλόγα αέρα- βουτανίου, οπότε εξατμιζόμενο οι ενώσεις του καλίου ατομοποιούνται με αποτέλεσμα τα άτομα καλίου που σχηματίζονται να εκπέμπουν ακτινοβολία της οποίας η ένταση μετρείται σε μήκος κύματος 766,5 nm.

Μέθοδος

Αντιδραστήρια

Απιονισμένο-απεσταγμένο νερό : Χρησιμοποιείται για την προετοιμασία όλων των διαλυμάτων καθώς και για την παρασκευή των standards διαλυμάτων.

Διάλυμα K^+ (Stock I) : Διαλύουμε 1,907 g άνυδρου KCl σε απεσταγμένο νερό και αραιώνουμε μέχρις όγκου 1000 ml. (1 ml = 1 mg K^+).

Διάλυμα K^+ (Stock II) : Μεταφέρουμε 10 ml από το διάλυμα K^+ (Stock I) σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml και αραιώνουμε μέχρις όγκου (1 ml = 0,1 mg K^+).

Σειρά Standards : Μεταφέρουμε 0-2-5-7-10 ml διαλύματος K^+ (Stock II) σε ογκομετρικές φιάλες των 100 ml και συμπληρώνουμε μέχρις όγκου με απεσταγμένο νερό. Τα standards διαλύματα που προκύπτουν έχουν συγκεντρώσεις 0-2-5-7-10 ppm αντίστοιχα.

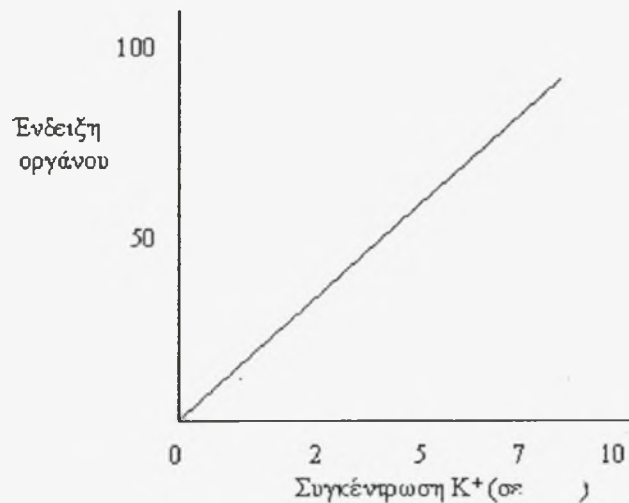
Όργανα

Φλογοφωτόμετρο Sherwood 410

Βαθμονόμηση

Η βαθμονόμηση του φλογοφωτομέτρου γίνεται με τα standards διαλύματα 0-2-5-7-10 ppm. Πρώτα ρυθμίζεται το μηδέν της κλίμακας του οργάνου με το blank και στη συνέχεια το 100 με το πυκνότερο

standard. Ακολούθως μετρούνται τα υπόλοιπα standards αρχίζοντας από το αραιότερο και κατασκευάζεται καμπύλη συγκέντρωσης-ένδειξης οργάνου.



Εικόνα 4 : Ενδεικτική καμπύλη βαθμονόμησης του φλογοφωτιμέτρου για το K⁺

Μέτρηση

Μετά την βαθμονόμηση εισάγεται το άγνωστο δείγμα και σημειώνεται η ένδειξη του οργάνου. Εάν η ένδειξη είναι εκτός κλίμακας τότε θα πρέπει να αραιώσουμε το δείγμα.

Υπολογισμοί

Με βάση την καμπύλη που έχει κατασκευαστεί κατά την βαθμονόμηση του οργάνου, αντιστοιχίζεται η ένδειξη του οργάνου για το άγνωστο δείγμα, με την συγκέντρωση (σε ppm). Η συγκέντρωση του K⁺, σε meq/l δίνεται από το τύπο :

$$[K^+] \text{ (meq/l)} = \frac{A}{39,1}$$

όπου :

A = Η συγκέντρωση του δείγματος σε ppm.

2.5 Προσδιορισμός των ιόντων ασβεστίου Ca^{+2}

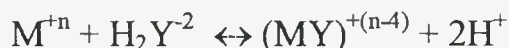
Η συγκέντρωση των ιόντων ασβεστίου εκφράζεται σε meq/l δείγματος.

Αρχή της μεθόδου

Η χρησιμοποιούμενη μέθοδος είναι συμπλοκομετρική τιτλοδότηση, με τιτλοδότη διάλυμα $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$, όταν H_4Y είναι το γνωστό EDTA του τύπου:



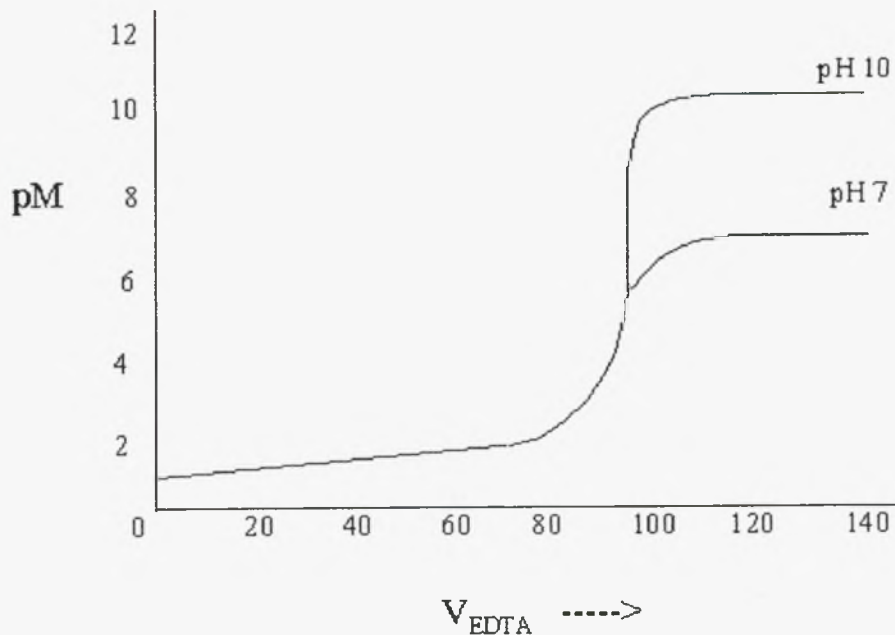
αντιδρά δε με ένα μεταλλοϊόν M^{+n} ως ακολούθως :



απ' όπου γίνεται εμφανές ότι, αφ' ενός μεν 1 γραμμοϊόν H_2Y^{-2} αντιδρά με 1 γραμμοϊόν M^{+n} αφ' ετέρου δε ότι το EDTA δημιουργεί σύμπλοκα με μεταλλοϊόντα ευκολότερα σε αλκαλικό περιβάλλον.

Το τελικό σημείο της αντίδρασης αντιστοιχεί στο απότομο σημείο καμπής της καμπύλης τιτλοδότησης pM και V_{EDTA} και προσδιορίζεται με μεταλλικό δείκτη Δ που σχηματίζει σύμπλοκο $\text{M}\Delta$ ασταθέστερο του $(\text{MY})^{+(n-4)}$ προκειμένου στο τελικό σημείο το H_4Y να αποσπά τα προσδιοριζόμενα M^{+n} από το σύμπλοκο $\text{M}\Delta$. Ο δείκτης Δ επομένως πρέπει να εμφανίζει απότομη αλλαγή χρώματος στο τελικό σημείο και συγκεκριμένο pH που επιτυγχάνεται, δεδομένου ότι συνήθως ο δείκτης Δ επηρεάζεται από το pH .

Στην συγκεκριμένη μέθοδο η συγκέντρωση του ασβεστίου προσδιορίζεται απ' ευθείας με διάλυμα $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ και σε pH από 12 έως 13, οπότε τα τυχόν ιόντα μαγνησίου (Mg^{+2}) καταβυθίζονται σαν $\text{Mg}(\text{OH})_2$, ο δε χρησιμοποιούμενος δείκτης είναι η murexide.



Εικόνα C

Μέθοδος

Αντιδραστήρια

Διάλυμα 1N NaOH: Διαλύουμε 4 g στερεού NaOH σε απεσταγμένο νερό και αραιώνουμε μέχρις όγκου 100 ml.

Δείκτης murexide : Παρασκευάζεται με ανάμιξη 200 mg murexide και 100 g στερεού NaCl και λειοτριβείται μέχρις μεγέθους από 40 έως 50 mesh (0,3-0,4mm).

Πρότυπος τιτλοδότης 0,01M EDTA: Παρασκευάζεται και προσδιορίζεται ο συντελεστής διόρθωσης του όπως αναφέρεται στην μέθοδο προσδιορισμού Mg^{+2} . (1 ml EDTA = 0,02 meq Ca^{+2}).

Πορεία

Μεταφέρουμε 10 ml δείγματος σε κωνική φιάλη των 100 ml και προσθέτουμε 40 ml απεσταγμένο νερό. Προσθέτουμε 2 ml διαλύματος

NaOH 1N προκειμένου να πετύχουμε pH 12-13. Προσθέτουμε 100-200 mg δείκτη murexide και αμέσως υπό ταυτόχρονη ανάδευση με μαγνητικό αναδευτήρα τιτλοδοτούμε αργά με τιτλοδότη EDTA 0,01M μέχρι την απότομη αλλαγή του χρώματος του διαλύματος από κόκκινο σε μπλε-βιολετί. (Το τελικό χρώμα προκύπτει αν σε κωνική φιάλη προσθέσω 50 ml απεσταγμένο νερό, 2 ml διαλύματος NaOH 1N, 200 mg murexide και 0.05 ml τιτλοδότη EDTA).

Υπολογισμοί

$$[Ca^{+2}] \text{ (meq/l)} = \frac{A \cdot f_{EDTA} \cdot 20}{\text{ml δείγματος}}$$

όπου :

A = ml τιτλοδότη που καταναλώθηκαν
 f_{EDTA} = συντελεστής διόρθωσης τιτλοδότη

2.6 Προσδιορισμός των ιόντων Μαγνησίου (Mg^{+2})

Η συγκέντρωση των ιόντων μαγνησίου εκφράζεται σε meq/l δείγματος.

Αρχή της μεθόδου

Η χρησιμοποιούμενη μέθοδος είναι συμπλοκομετρική τιτλοδότηση, με τιτλοδότη διάλυμα Na_2H_2Y .

Στην συγκεκριμένη μέθοδο η συγκέντρωση των ιόντων μαγνησίου προσδιορίζεται υπολογιστικά δεδομένου ότι κατά την τιτλοδότηση με διάλυμα Na_2H_2Y προσδιορίζεται η συγκέντρωση του συνόλου των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου. Δηλαδή, όταν προσθέτουμε το διάλυμα Na_2H_2Y στο δείγμα, αυτό δημιουργεί με τα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου σύμπλοκα, το δε τελικό σημείο προσδιορίζεται με δείκτη Eriochrome Black T. Επειδή ο δείκτης αυτός για να δώσει ευκρινές τελικό σημείο απαιτεί την παρουσία ιόντων μαγνησίου (Mg^{+2}), προστίθεται στο χρησιμοποιούμενο buffer μικρή ποσότητα $MgCl_2$. Τέλος, με το ανωτέρω buffer επιτυγχάνουμε pH $10.0 \pm 0,1$ που είναι το μέγιστο δυνατό χωρίς την εμφάνιση καθίζησης $CaCO_3$ και $Mg(OH)_2$.

Μέθοδος

Αντιδραστήρια

Buffer διάλυμα : Διαλύουμε 1,179 g $Na_2H_2Y \cdot 2H_2O$ και 644 mg $MgCl_2 \cdot 7H_2O$ ακριβώς σε 50 ml απεσταγμένου νερού. Προσθέτουμε σε

αυτό το διάλυμα 16,9g NH₄Cl και 143 ml πυκνό NH₄OH και αραιώνουμε μέχρις όγκου 250 ml με απεσταγμένο νερό.

Δείκτης Eriochrome Black T (EBT) : Διαλύουμε 0,5 g Eriochrome Black T σε 100 g τριαιθανολαμίνης (2,2,2 nitrilotriethanol).

Διάλυμα 3N NH₄OH: Παρασκευάζεται με αραιώση 49 ml NH₄OH 58% μέχρις όγκου 250 ml με απεσταγμένο νερό.

Διάλυμα HCl 1+1 : Παρασκευάζεται με αραιώση 200 ml HCl 37% σε 200 ml απεσταγμένου νερού.

Δείκτης methyl-red : Διαλύουμε 0, 1 g methyl red σε 100 ml αιθανόλης.

Πρότυπο διάλυμα ασβεστίου (Ca⁺²) : Ζυγίζουμε 1 g άνυδρου CaCO₃(ξηραίνεται για δύο ώρες στους 400⁰C) σε κωνική φιάλη των 500 ml.

Με την βοήθεια χωνιού προσθέτουμε αργά HCl 1+1 μέχρις ότου διαλυθεί όλο το CaCO₃. Προσθέτουμε 200 ml απεσταγμένου νερού και βράζουμε για λίγα λεπτά προκειμένου να απομακρυνθεί το CO₂. Κρυνώνουμε το διάλυμα, προσθέτουμε λίγες σταγόνες δείκτη methyl-red και ρυθμίζουμε το χρώμα του διαλύματος σε ένα ενδιάμεσο πορτοκαλί χρώμα προσθέτοντας NH₄OH 3N ή HCl 1+1. Μεταφέρουμε ποσοτικά και αραιώνουμε μέχρις όγκου 1000 ml με απεσταγμένο νερό.
(1 ml πρότυπου διαλύματος Ca⁺² = 0,02 meq Ca⁺² = 0,01 mmole Ca⁺²).

Πρότυπος τιτλοδότης 0,01M EDTA: Ζυγίζουμε 3,723 g Na₂H₂Y.2H₂O και διαλύουμε σε απεσταγμένο νερό μέχρις όγκου 1000 ml.

(1 ml EDTA 0,01M=0,02 meq Ca⁺²=0,02 meqMg⁺²)

Ο συντελεστής διόρθωσης f_{EDTA} του διαλύματος αυτού προσδιορίζεται όπως αναφέρεται παρακάτω.

Μεταφέρουμε 25 ml πρότυπου διαλύματος Ca⁺² σε κωνική φιάλη των 100 ml , προσθέτουμε 25 ml απεσταγμένου νερού, 2 ml διαλύματος buffer, 1-2 σταγόνες δείκτη EBT και τιτλοδοτούμε με τον πρότυπο τιτλοδότη 0,01M EDTA, υπό συνεχή ανάδευση μαγνητικού αναδεύτηρα, μέχρι την αλλαγή του χρώματος από ερυθροϊώδες σε κυανούν. Τότε :

$$f_{EDTA} = \frac{25}{D}$$

όπου :

D = ml τιτλοδότη που καταναλώθηκαν

Πορεία

Μεταφέρουμε 10 ml δείγματος σε κωνική φιάλη των 100 ml, προσθέτοντας 40 ml απεσταγμένου νερού, 2 ml διαλύματος buffer, 1-2 σταγόνες δείκτη EBT και τιτλοδοτούμε με τον πρότυπο τιτλοδότη EDTA 0,01M, υπό συνεχή ανάδευση μαγνητικού αναδευτήρα, μέχρι την αλλαγή του χρώματος από ερυθροϊώδες σε κυανούν.

Υπολογισμοί

$$[\text{Mg}^{+2}] \text{ (meq/l)} = \frac{A \times 20}{\text{ml δείγματος}} \times f_{\text{EDTA}} - [\text{Ca}^{+2}]$$

όπου :

A = ml τιτλοδότη που καταναλώθηκαν

f_{EDTA} = συντελεστής διόρθωσης τιτλοδότη

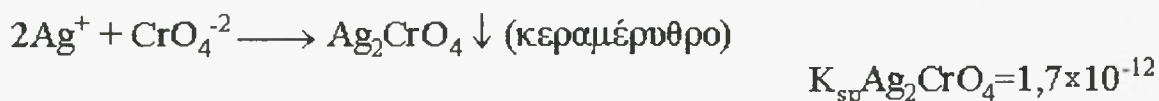
$[\text{Ca}^{+2}]$ = συγκέντρωση ιόντων ασβεστίου στο δείγμα σε meq/l.

2.7 Προσδιορισμός των ιόντων χλωρίου(Cl⁻)

Η συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου εκφράζεται σε meq/l δείγματος.

Αρχή της μεθόδου

Ο προσδιορισμός των ιόντων χλωρίου βασίζεται στην ογκομετρική καταβύθιση από ιόντα αργύρου (Ag^+) της οποίας το τελικό σημείο προσδιορίζεται με τον σχηματισμό ένχρωμου ιζήματος (Mohr) λόγω των χρησιμοποιούμενων CrO_4^{-2} τα οποία καταβυθίζονται μετά τα ιόντα Cl^- σαν κεραμέρυθρο ίζημα Ag_2CrO_4 . Οι αντιδράσεις που γίνονται είναι :



Για να έχουμε ταυτόχρονη καταβύθιση Ag_2CrO_4 στο ισοδύναμο σημείο της πρώτης αντίδρασης θα πρέπει η συγκέντρωση των CrO_4^{2-} στο δείγμα να είναι $0,0141\text{M}$ όπως αποδεικνύεται παρακάτω :

$$[\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-] = K_{\text{sp}}\text{Ag}_2\text{CrO}_4 = 1,2 \times 10^{-10}$$

$$[\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{CrO}_4^{2-}] = K_{\text{sp}}\text{Ag}_2\text{CrO}_4 = 1,7 \times 10^{-12}$$

$$[\text{Ag}^+] = \frac{K_{\text{sp}}\text{AgCl}}{[\text{Cl}^-]} = \sqrt{\frac{K_{\text{sp}}\text{Ag}_2\text{CrO}_4}{[\text{CrO}_4^{2-}]}}$$

$$\frac{[\text{Cl}^-]}{\sqrt{[\text{CrO}_4^{2-}]}} = \frac{K_{\text{sp}}\text{AgCl}}{\sqrt{K_{\text{sp}}\text{Ag}_2\text{CrO}_4}} = \frac{1,2 \cdot 10^{-10}}{\sqrt{1,7 \cdot 10^{-12}}} = 9,2 \times 10^{-5}$$

Στο ισοδύναμο σημείο ισχύει : $[\text{Cl}^-] = \sqrt{K_{\text{sp}}\text{AgCl}} = 1,1 \times 10^{-5}$

Για να έχουμε ταυτόχρονη καταβύθιση Ag_2CrO_4 θα πρέπει :

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = \left(\frac{[\text{Cl}^-]}{9,2 \cdot 10^{-5}} \right)^2 = \left(\frac{1,1 \cdot 10^{-5}}{9,2 \cdot 10^{-5}} \right)^2 = 1,4 \times 10^{-2}$$

Στην πράξη όταν προστεθεί η ισοδύναμη ποσότητα Ag^+ και καταβυθιστεί το σύνολο (ή καλύτερα το μεγαλύτερο μέρος) των Cl^- η επόμενη σταγόνα διαλύματος AgNO_3 αντιδρά με τα CrO_4^{2-} και δημιουργεί το κεραμέρυθρο ίζημα Ag_2CrO_4 . Δηλαδή κατά την ογκομέτρηση, μια ποσότητα Ag^+ καταναλώνεται από τα CrO_4^{2-} και για τον λόγο αυτό εκτελείται τυφλός προσδιορισμός.

Το τελικό σημείο αντιστοιχεί στο απότομο σημείο καμπής της καμπύλης τιτλοδότησης $p\text{Cl}$ συναρτήσει V_{AgNO_3} .

Το σφάλμα της μεθόδου περιορίζεται όταν οι συνθήκες $p\text{H}$ του δείγματος βρίσκονται σε ελαφρά αλκαλικό περιβάλλον δηλαδή $7 < p\text{H} < 10$. Σε $p\text{H}$ μεγαλύτερο από 10 γίνεται καταβύθιση AgOH ενώ σε $p\text{H}$ μικρότερο από 7 δεν καταβυθίζεται Ag_2CrO_4 .

Μέθοδος

Αντιδραστήρια

Δείκτης K_2CrO_4 : Διαλύουμε 5 g K_2CrO_4 σε 100 ml απεσταγμένο νερό. Προσθέτουμε διάλυμα $AgNO_3$ μέχρι να εμφανιστεί ελαφρό ερυθρό ίζημα. Παραμένει το διάλυμα για 12 ώρες, διηθείται και συμπληρώνεται στα 100 ml με απεσταγμένο νερό.

Δείκτης φαινολοφθαλεΐνης : Διαλύουμε 500 mg αντιδραστηρίου σε 50 ml αιθυλικής αλκοόλης και προσθέτουμε 50 ml απεσταγμένο νερό υπό συνεχή ανάδευση. Διηθούμε αν το διάλυμα δεν είναι διαυγές.

Διάλυμα 1N NaOH : Διαλύουμε 40 g NaOH σε απεσταγμένο νερό και αραιώνουμε μέχρις όγκου 1000 ml.

Διάλυμα 1N H_2SO_4 : Διαλύουμε 28 ml H_2SO_4 96% σε απεσταγμένο νερό και αραιώνουμε μέχρις όγκου 1000 ml.

Πρότυπο διάλυμα 0,0141N NaCl: Διαλύουμε 0,824 g NaCl (προξηραθέντος στους $140^\circ C$ επί 24 ώρες) σε απεσταγμένο νερό και αραιώνουμε μέχρις όγκου 1000 ml (1 ml = 0,0141 meq Cl⁻).

Πρότυπο διάλυμα $AgNO_3$ 0,0141N : Διαλύουμε 2,395 g $AgNO_3$ σε απεσταγμένο νερό και συμπληρώνουμε μέχρις όγκου 1000 ml (1 ml = 0,0141 meq Cl⁻)

Ο συντελεστής διόρθωσης f_{AgNO_3} του διαλύματος αυτού προσδιορίζεται ως εξής : Μεταφέρουμε 20 ml πρότυπου διαλύματος NaCl 0,0141N σε κωνική φιάλη των 250 ml και ακολουθούμε την παρακάτω πορεία.

$$f_{AgNO_3} = \frac{20}{A_2 - B}$$

όπου :

A_2 = ml τιτλοδότη που καταναλώθηκαν για τον προσδιορισμό του f_{AgNO_3} .

B = ml τιτλοδότη που καταναλώθηκαν για το τυφλό

Πορεία

Μεταφέρουμε 10 ml δείγματος σε κωνική φιάλη των 250 ml και αραιώνουμε μέχρι τα 100 ml περίπου. Αν το pH του αραιωμένου δείγματος δεν βρίσκεται στην περιοχή 7 -10 ρυθμίζεται με δείκτη φαινολοφθαλεΐνη και με προσθήκη σταγόνων διαλύματος NaOH 1N ή διαλύματος H₂SO₄ 1N ανάλογα.

Προσθέτουμε 1 ml δείκτη K₂CrO₄ και τιτλοδοτούμε με διάλυμα AgNO₃ 0,0141N με την βοήθεια μαγνητικού αναδευτήρα μέχρις εμφανίσεως κεραμέρυθρου ιζήματος Ag₂CrO₄.

Τιτλοδοτούμε με AgNO₃ 0,0141N και ένα τυφλό που αποτελείται από 100 ml απεσταγμένο νερό και 1 ml K₂CrO₄.

Υπολογισμοί

$$[\text{Cl}^-](\text{meq/l}) = \frac{14,1 \times (A_1 - B)}{m \text{ δείγματος}} \times f_{\text{AgNO}_3}$$

όπου :

A₁ = ml AgNO₃ 0,0141N που καταναλώθηκαν για το δείγμα

B = ml AgNO₃ 0,0141N που καταναλώθηκαν για το τυφλό

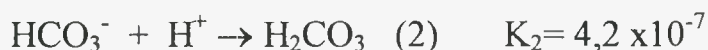
f_{AgNO₃} = συντελεστής διόρθωσης του τιτλοδότη

2.8 Προσδιορισμός των Ανθρακικών ιόντων(CO₃²⁻).

Η συγκέντρωση των ανθρακικών ιόντων εκφράζεται σε meq/l δείγματος.

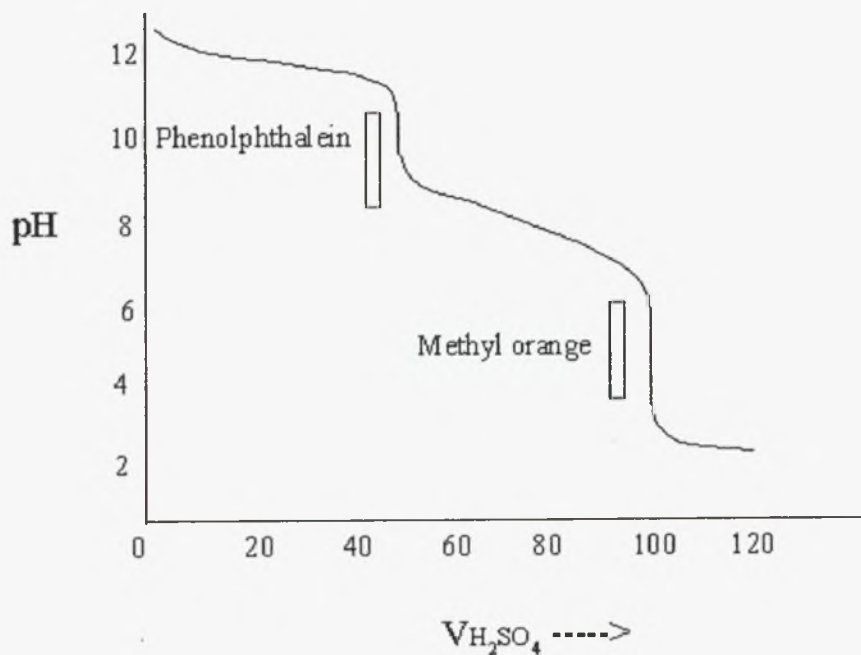
Αρχή της μεθόδου

Ο προσδιορισμός των ανθρακικών και όξινων ανθρακικών ιόντων είναι μια ογκομετρική αντικατάσταση ανιόντων που προέρχονται από ασθενή οξέα, με ισχυρά οξέα και περιγράφεται από τις παρακάτω αντιδράσεις :



Οπότε το μεν ισοδύναμο σημείο της (1) εμφανίζεται σε pH (0,5pK₁ + 0,5pK₂)=8,3 και προσδιορίζεται με την βοήθεια δείκτη φαινολοφθαλεΐνης, το δε ισοδύναμο σημείο της (2) εμφανίζεται σε pH=3,8 περίπου και προσδιορίζεται με την βοήθεια δείκτη πορτοκαλοχρόου του μεθυλίου. Τα δύο αυτά τελικά σημεία αντιστοιχούν στα δύο απότομα σημεία καμπής της καμπύλης τιτλοδότησης του pH συναρτήσεως του V_{H₂SO₄}.

Το άθροισμα των διαλυμένων στο δείγμα HCO_3^- και CO_3^{2-} εκφράζει προσεγγιστικά τον όρο 'αλκαλικότητας' του νερού.



Εικόνα D

Μέθοδος

Αντιδραστήρια

Ανυδρο Na_2CO_3

Δείκτης *Bromocresol green* : Διασπείρουμε 0,15 g Bromocresol green σε 100 ml αιθανόλης 96 %(v/v). Προσθέτουμε σε σταγόνες NaOH 0,1 N μέχρις ότου το κόκκινο χρώμα μετατραπεί σε σκοτεινό κόκκινο (1,5 ml περίπου). Διαλύουμε με ανάδευση.

Δείκτης *Methyl-red* : Διαλύουμε 0,1 g Methyl-red σε 100 ml αιθανόλης 96%(v/v).

Μικτός δείκτης *Bromocresol-green Methyl-red* : Αναμιγνύουμε σε αναλογία ένα προς ένα τους δείκτες Bromocresol-green και Methyl-red.

Πρότυπος τιτλοδότης 0,05N H₂SO₄: 1,4 ml H₂SO₄ 96% (w/w), πυκνότητας d=1,835 αραιώνεται μέχρις όγκου 1000 ml με απεσταγμένο νερό.

(1 ml = 0,05 meq CO₃⁻² = 0,05 meq HCO₃⁻).

Ο συντελεστής διόρθωσης του διαλύματος αυτού f_{H₂SO₄} προσδιορίζεται ως ακολούθως :

Ζυγίζουμε επακριβώς 100 mg Na₂CO₃ , το οποίο έχει λειοτριβηθεί και ξηρανθεί στους 270⁰C επί 2 ώρες και το μεταφέρουμε σε κωνική φιάλη των 250 ml. Το διαλύουμε σε 35 ml απεσταγμένου νερού και προσθέτουμε τρεις σταγόνες μικτού δείκτη Bromocresol-green Methyl-red.

Ογκομετρούμε με τον πρότυπο τιτλοδότη H₂SO₄ 0,05N μέχρις ότου το χρώμα μετατραπεί από πράσινο ,μέσω καστανού σε κόκκινο. Στην συνέχεια βράζουμε το διάλυμα για να απομακρυνθεί το CO₂, ψύχουμε και συνεχίζουμε την ογκομέτρηση μέχρις ότου το χρώμα γίνει και πάλι κόκκινο.

(1 ml H₂SO₄ 0,05N = 2,65 mg Na₂CO₃).

Ο συντελεστής διόρθωσης f_{H₂SO₄} δίνεται από τον τύπο :

$$f_{H_2SO_4} = \frac{w}{2,65 \times V}$$

όπου :

V = ml τιτλοδότη που καταναλώθηκαν συνολικά.

w = mg ζυγισθέντος Na₂CO₃.

Δείκτης φαινολοφθαλεΐνης : Διαλύουμε 500 mg αντιδραστηρίου σε 50 ml αιθυλικής αλκοόλης και προσθέτουμε 50 ml απεσταγμένο νερό υπό συνεχή ανάδευση. Διηθούμε αν το διάλυμα δεν είναι διαυγές.

Πορεία

Μεταφέρουμε 50 ml δείγματος σε κωνική φιάλη των 250 ml και προσθέτουμε τρεις σταγόνες δείκτη φαινολοφθαλεΐνης. Τυχόν εμφάνιση ρόδινης χροιάς αποτελεί ένδειξη παρουσίας ανθρακικών ιόντων, τα οποία προσδιορίζονται ογκομετρικά με διάλυμα H₂SO₄ 0,05N με την βοήθεια μαγνητικού αναδευτήρα, μέχρι το διάλυμα να αποχρωματιστεί (pH=8,3). Αν κατά την προσθήκη της φαινολοφθαλεΐνης δεν εμφανιστεί ρόδινη χροιά, αυτό δηλώνει απουσία ανθρακικών ιόντων.

Υπολογισμοί

Δεδομένου ότι 1 ml H_2SO_4 0,05N ισοδυναμεί με 0,05 meq ανθρακικών ιόντων έχουμε :

$$[CO_3^{2-}](meq/l) = \frac{50 * A}{m \text{ Ι δ ε ι γ μ α τ ο ς}} \times f_{H_2SO_4}$$

όπου :

A = κατανάλωση H_2SO_4 0,05N σε ml

$f_{H_2SO_4}$ = συντελεστής διόρθωσης τιτλοδότη.

2.9 Προσδιορισμός των Όξινων ανθρακικών ιόντων (HCO_3^-)

Η συγκέντρωση των όξινων ανθρακικών ιόντων, εκφράζεται σε meq/l δείγματος.

Αρχή της μεθόδου

Ήδη έχει αναφερθεί στα ανθρακικά ιόντα.

Μέθοδος

Αντιδραστήρια

Πρότυπος τιτλοδότης 0,05N H_2SO_4

Δείκτης πορτοκαλόχρουν του μεθυλίου : Διαλύουμε 50 mg του νατριούχου άλατος του methyl-orange σε 100 ml H_2O , τα οποία περιέχουν 15,2 ml διαλύματος 0,01N HCl . Η διάλυση επιτυγχάνεται με ήπια θέρμανση και αφού κρυώσει το διάλυμα ακολουθεί διήθηση αν δεν είναι διαυγές.

Πορεία

Μετά το τέλος της ογκομέτρησης των ανθρακικών ιόντων προστίθεται στο ίδιο δείγμα τρεις σταγόνες πορτοκαλόχρουν του μεθυλίου οπότε παρουσία όξινων ανθρακικών ιόντων το διάλυμα χρωματίζεται κίτρινο. Ογκομετρούμε με διάλυμα 0,05N H_2SO_4 με την

βοήθεια μαγνητικού αναδευτήρα μέχρις εμφανίσεως ελαφρού ερυθρού χρωματισμού. Το τελικό χρώμα προκύπτει προσθέτοντας σε κωνική φιάλη των 250 ml, 50 ml απεσταγμένο, τρεις σταγόνες πορτοκαλόχρουν του μεθυλίου και 0,05 ml διαλύματος 0,05N H₂SO₄.

Υπολογισμοί

Δεδομένου ότι 1ml 0,05N H₂SO₄ ισοδυναμεί με 0,05 meq όξινων ανθρακικών ιόντων έχουμε :

$$[\text{HCO}_3^-](\text{meq/l}) = \frac{50(B - A)}{m \text{ δειγματος}} \times f_{\text{H}_2\text{SO}_4}$$

όπου :

B= Κατανάλωση 0,05N H₂SO₄ σε ml για τον προσδιορισμό των όξινων ανθρακικών ιόντων.

A=Κατανάλωση 0,05N H₂SO₄ σε ml για τον προσδιορισμό των ανθρακικών ιόντων.

fH₂SO₄ = Συντελεστής διόρθωσης του τιτλοδότη.

2.10 Προσδιορισμός των Θεικών ιόντων(SO₄⁻²)

Η συγκέντρωση των θεικών ιόντων, εκφράζεται σε meq/l δείγματος.

Αρχή της μεθόδου

Η συγκέντρωση των θεικών ιόντων, προσδιορίζεται υπολογιστικά δεχόμενοι ότι ισχύει η σχέση :

$$[\text{Ca}^{+2}] + [\text{Mg}^{+2}] + [\text{Na}^+] + [\text{K}^+] = [\text{Cl}^-] + [\text{CO}_3^{-2}] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{SO}_4^{-2}]$$

όταν όλες οι συγκεντρώσεις εκφράζονται σε meq/l.

Υπολογισμοί

Η συγκέντρωση των θεικών ιόντων υπολογίζεται βάσει του τύπου :

$$[\text{SO}_4^{-2}] (\text{meq/l}) = \{[\text{Ca}^{+2}] + [\text{Mg}^{+2}] + [\text{Na}^+] + [\text{K}^+]\} - \{[\text{Cl}^-] + [\text{CO}_3^{-2}] + [\text{HCO}_3^-]\}$$

2.11 Προσδιορισμός Νιτρικών ιόντων

Θεωρία

Τα νιτρικά ιόντα αντιστοιχούν στην ανώτατη οξειδωτική κατάσταση του αζώτου (A.O.=+5). Είναι θερμοδυναμικός σταθερά και οι μεταβολές της συγκέντρωσης τους στα νερά, οφείλονται σε βιολογικές δράσεις. Στα τελευταία χρόνια παρατηρείται αυξημένη συγκέντρωση νιτρικών στα υπόγεια και επιφανειακά νερά εξαιτίας των υπερβολικών λιπάνσεων και κτηνοτροφικών δραστηριοτήτων.

Η ανώτατη επιτρεπτή τιμή των νιτρικών στο πόσιμο νερό είναι 50ppm, δηλαδή 500 φορές μεγαλύτερη των νιτρικών. Στην πράξη γίνεται πολλές φορές προσπάθεια η συγκέντρωση των νιτρικών να μην υπερβαίνει τα 10ppm.

Όταν το πόσιμο νερό υπόκειται σε καθαρισμό με ενεργό άνθρακα (αποχρωματισμό-απόσμηση), τότε είναι δυνατό να παρατηρηθεί αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη, τα οποία είναι ιδιαίτερα επικίνδυνα για την υγεία.

Τα νιτρικά είναι ένα ουσιώδες θρεπτικό συστατικό πολλών φωτοσυνθετικών αυτότροφων οργανισμών και σε ορισμένες περιπτώσεις είναι περιοριστικός παράγοντας ανάπτυξης.

Τα νιτρώδη ιόντα είναι μια μορφή ενδιάμεσης βαθμίδας της κλίμακας σθένους του αζώτου (A.O.=+3). Προέρχεται τόσο από την οξείδωση της αμμωνίας, όσο και από την αναγωγή των νιτρικών ιόντων.

Η συγκέντρωση των νιτρικών στα φυσικά νερά είναι πολύ μικρή, συνήθως κάτω του 0,1ppm $\text{NO}_2^- \text{N}$. Η συγκέντρωσή τους ελαττώνεται επειδή οξειδώνονται προς νιτρικά ιόντα. Η παρουσία τους στο πόσιμο νερό το καθιστά ακατάλληλο για πόση, επειδή αποτελεί ένδειξη αποσύνθεσης πρωτεϊνικών ενώσεων και δράσης ορισμένων οργανισμών. Τα νιτρώδη απαντούν στα νερά ψύξης των βιομηχανιών όπου προστίθεται ως αντιδιαβρωτικό, σε διάφορα βιομηχανικά απόβλητα και στα απόβλητα που έχουν υποστεί βιολογικό καθαρισμό.

Τα νιτρώδη ιόντα είναι επικίνδυνα για τον οργανισμό, κυρίως επειδή σε όξινο περιβάλλον αντιδρούν με τις δευτεροταγείς αμίνες και σχηματίζουν τις νιτρωζαμίνες RR-N-NO. Οι ενώσεις αυτές είναι καρκινογόνες.

Μέθοδοι προσδιορισμού νιτρικών ιόντων

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι προσδιορισμού των νιτρικών ιόντων, η επιλογή των οποίων καθορίζεται από την τάξη συγκέντρωσης και από τις παρεμποδίσεις.

Η μέθοδος που θα χρησιμοποιήσουμε βασίζεται στην αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη με την βοήθεια αναγωγικής στήλης καδμίου. Η μέθοδος προσφέρεται όταν οι συγκεντρώσεις είναι μεταξύ 0-1ppm NO_3^- .

Τα νιτρικά και τα νιτρώδη, πρέπει να προσδιορίζονται αμέσως μετά τη δειγματοληψία. Στην αντίθετη περίπτωση, το δείγμα τοποθετείται στους -20°C ή προσθέτουμε 40mg HgCl_2 ανά lt δείγματος και το τοποθετούμε στους 4°C , όπου διατηρείται για 2 ημέρες.

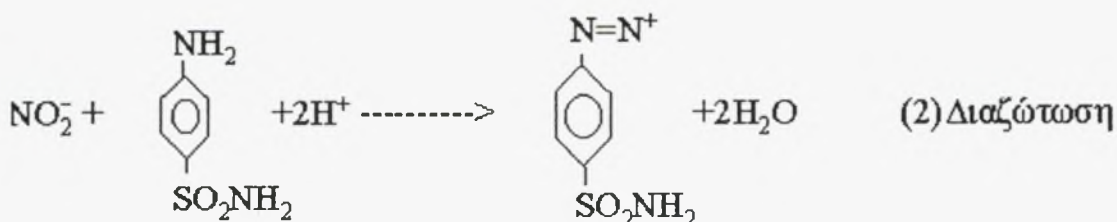
Προσδιορισμός νιτρικών ιόντων με αναγωγική στήλη καδμίου.

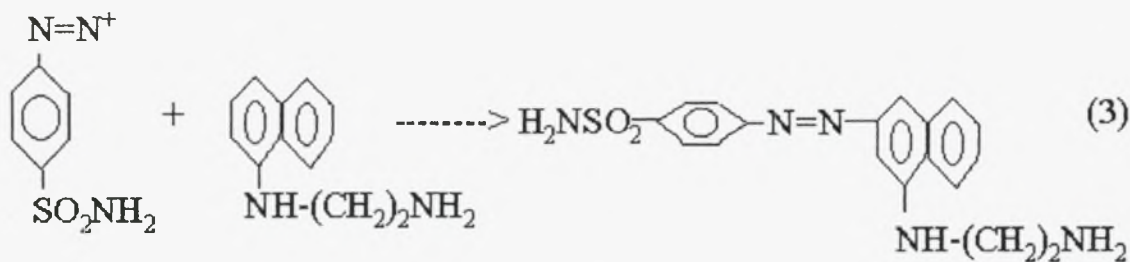


Αρχή της μεθόδου.

Τα νιτρικά ιόντα διερχόμενα από ρινίσματα αμαλγάματος καδμίου ανάγονται σχεδόν ποσοτικά προς νιτρώδη ιόντα. Με προσδιορισμό των νιτρώδων που προκύπτουν προσδιορίζονται έμμεσα τα νιτρικά. Τα νιτρώδη προσδιορίζονται φασματοφωτομετρικά με διαζώτωση του σουλφανιλαμιδίου. Το σχηματιζόμενο διαζωνικό ιόν αντιδρά με N-(1-νάφλυλο)-αιθυλενοδιαμίνη, οπότε το τελικό προϊόν είναι εντόνως έγχρωμο αζώχρωμα.

Η πορεία των αντιδράσεων δίνεται παρακάτω :





Το μέγιστο της απορρόφησης του αζωχρώματος είναι στα 543nm. Αν στο προς ανάλυση δείγμα υπάρχουν νιτρώδη ιόντα τότε αυτά προσδιορίζονται χωριστά και αφαιρούνται από την τελική τιμή των προσδιοριζομένων νιτρωδών αμέσως μετά την αναγωγή.

Αντιδραστήρια

Διάλυμα 2M: KCl 149 gr KCl διαλύονται σε 800ml απιονισμένου νερού και στη συνέχεια αραιώνονται μέχρι τα 1000ml.

Διάλυμα 6N HCl: Σε ογκομετρική φιάλη των 500ml τοποθετούμε 250ml από το πυκνό διάλυμα HCl (12,076M).

Διάλυμα 2,4N HCl.

Διάλυμα 0,12N HCl: Τα διαλύματα αυτά παρασκευάζονται με καταλληλές αραιώσεις των πυκνότερων διαλυμάτων χρησιμοποιώντας το νόμο της αραιώσης: $C_1V_1=C_2V_2$, όπου $V_2=V_1+V_{H_2O}$.

Διάλυμα $\text{GuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 2% w/v: 2gr $\text{GuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ διαλύονται σε 100ml απιονισμένου νερού.

Διάλυμα (20% w/v NH_4Cl) : 200gr NH_4Cl διαλύονται σε 1000ml απιονισμένου νερού και το διάλυμα διατηρείται σε γυάλινο ή πλαστικό δοχείο.

Διάλυμα (0,5% w/v NH_4Cl): 25ml πυκνού NH_4Cl αραιώνονται σε 1lt απιονισμένο νερό και φυλάσσεται σε γυάλινο ή πλαστικό δοχείο.

Μικτό αντιδραστήριο NH_4Cl -EDTA: Σε 1 lt διαλύματος 0,5% w/v NH_4Cl προστίθεται 1,5 gr EDTA.

Αντιδραστήριο σουλφανιλαμίνης.



0,5 gr σουλφανιλαμίνης διαλύονται σε 100ml διαλύματος HCl 2,4N. Το διάλυμα διατηρείται στο ψυγείο στους 4°C.

Αντιδραστήριο N-1(1-νάφθυλο)-αιθυλενοδιαμίνης.



: 0,3gr N-1(1-νάφθυλο)-αιθυλενοδιαμίνης διαλύονται σε 100ml διαλύματος HCl 0,12N. Το διάλυμα διατηρείται **στο ψυγείο στους 4°C σε αδιαφανή φιαλίδιο.**

Επιχαλκωμένο Cd. : 50gr Cd (διαμέτρου 1mm και πάχους 2mm το πολύ) αναμιγνύονται με 250ml διαλύματος HCl 6N για ένα λεπτό. Μετά την απομάκρυνση του HCl, το Cd ξεπλένεται διεξοδικά με απιονισμένο νερό. Οι κόκκοι του Cd αναμιγνύονται στη συνέχεια με 250ml διαλύματος $\text{GuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 2% w/v έως την αλλαγή χρώματος. Κατόπιν απομακρύνεται το διάλυμα του $\text{GuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ και το Cd ξεπλένεται διεξοδικά με απιονισμένο νερό, έως ότου το νερό εξέρχεται διαυγέστατο. Το επιχαλκωμένο Cd είναι έτοιμο να τοποθετηθεί στις αναγωγικές στήλες.

Standards NO_3^- : 0,18045gr KNO_3 διαλύονται σε απιονισμένο νερό και αραιώνονται στα 500ml. Η συγκέντρωση του διαλύματος που προκύπτει είναι 50ppm N- NO_3^- . **Φυλάσσεται στο ψυγείο.**

Μεταφέρουμε (1-2-3-5)ml του προηγούμενου διαλύματος στην στήλη καδμίου και ακολουθούμε για το κάθε ένα την διαδικασία μέτρησης των NO_3^- όπως αναφέρονται παρακάτω. Τα standards που προκύπτουν έχουν συγκεντρώσεις N- NO_3^- : (2 - 4 - 8 - 10)ppm.

Προετοιμασία της αναγωγικής στήλης.

Γεμίζουμε την προχοΐδα με αραιό διάλυμα NH_4Cl και προσθέτουμε το επιχαλκωμένο κάδμιο μέχρι ύψους 20cm. Πρέπει να εξακριβωθεί ότι οι φυσαλίδες έχουν απομακρυνθεί από την στήλη του επιχαλκωμένου καδμίου και το πλεονάζον διάλυμα απομακρύνεται. Η στήλη ξεπλένεται διεξοδικά με αραιό διάλυμα και ρυθμό ροής 8ml/min. Κατά το χρονικό διάστημα που η στήλη δεν χρησιμοποιείται, πρέπει να είναι καλυμμένη ως 1ml πάνω από το Cd με αραιό διάλυμα NH_4Cl . Λίγο πριν χρησιμοποιηθεί η στήλη προστίθεται 1ml πυκνού NH_4Cl και η στάθμη του υγρού στην προχοΐδα χαμηλώνεται στο υψός της στήλης καδμίου.

Διαδικασία μετρήσεων.

A) Μέτρηση N- NO₂⁻

Τοποθετούνται 50ml δείγματος σε ποτήρι ζέσεως των 100ml. Προσθέτουμε 1ml διαλύματος σουλφανιλαμίνης και μετά από 5 λεπτά 1ml διαλύματος N-1(1-νάφθυλο)-αιθυλενοδιαμίνης. Μετά 20 λεπτά η ένταση του ροζ χρώματος μετρείται στο φασματοφωτόμετρο υπεριώδους και σε μήκος κύματος 543nm.

B) Μέτρηση N- NO₃⁻

Το υπερκείμενο διάλυμα NH₄Cl απομακρύνεται, μέχρις ότου το διάλυμα στην προχοΐδα καλύπτει μόλις την κορυφή της στήλης. Προστιθενται 1ml πυκνού διαλύματος NH₄Cl στην κορυφή της στήλης και στην συνέχεια 2 έως 5 ml δείγματος του οποίου η περιεκτικότητα δεν ξεπερνά τα 20μg. Το δείγμα διέρχεται από την στήλη του καδμίου και καταλήγει σε ογκομετρική φιάλη των 100ml, ενώ προστίθεται συνεχώς διάλυμα αραιού NH₄Cl από την κορυφή, μέχρι τελικού όγκου 90ml περίπου. Στην συνέχεια απομακρύνουμε την φιάλη και ξεπλένουμε το εσωτερικό της στήλης με 2ml πυκνού διαλύματος NH₄Cl και 75ml αραιού διαλύματος NH₄Cl, προσέχοντας το διάλυμα του NH₄Cl να καλύπτει συνεχώς την στήλη.

Στην ογκομετρική φιάλη των 100ml, προσθέτουμε 2ml διαλύματος σουλφανιλαμίνης και μετά από 5 λεπτά 2ml διαλύματος N-1(1-νάφθυλο)-αιθυλενοδιαμίνης. Συμπληρώνουμε με απιονισμένο νερό μέχρι όγκου 100ml.

Μετά από 20 λεπτά, η ένταση του ροζ χρώματος μετρείται στο φασματοφωτόμετρο υπεριώδους και σε μήκος κύματος 543nm.

Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται με τα standards N-NO₃⁻ (νιτρικά τα οποία μέσα στη στήλη ανάγονται σε νιτρώδη) τα οποία χρησιμοποιούνται για την καμπύλη βαθμονόμησης του οργάνου.

Standards N-NO₃⁻ : (2 - 4- 6 - 10-14-20)ppm

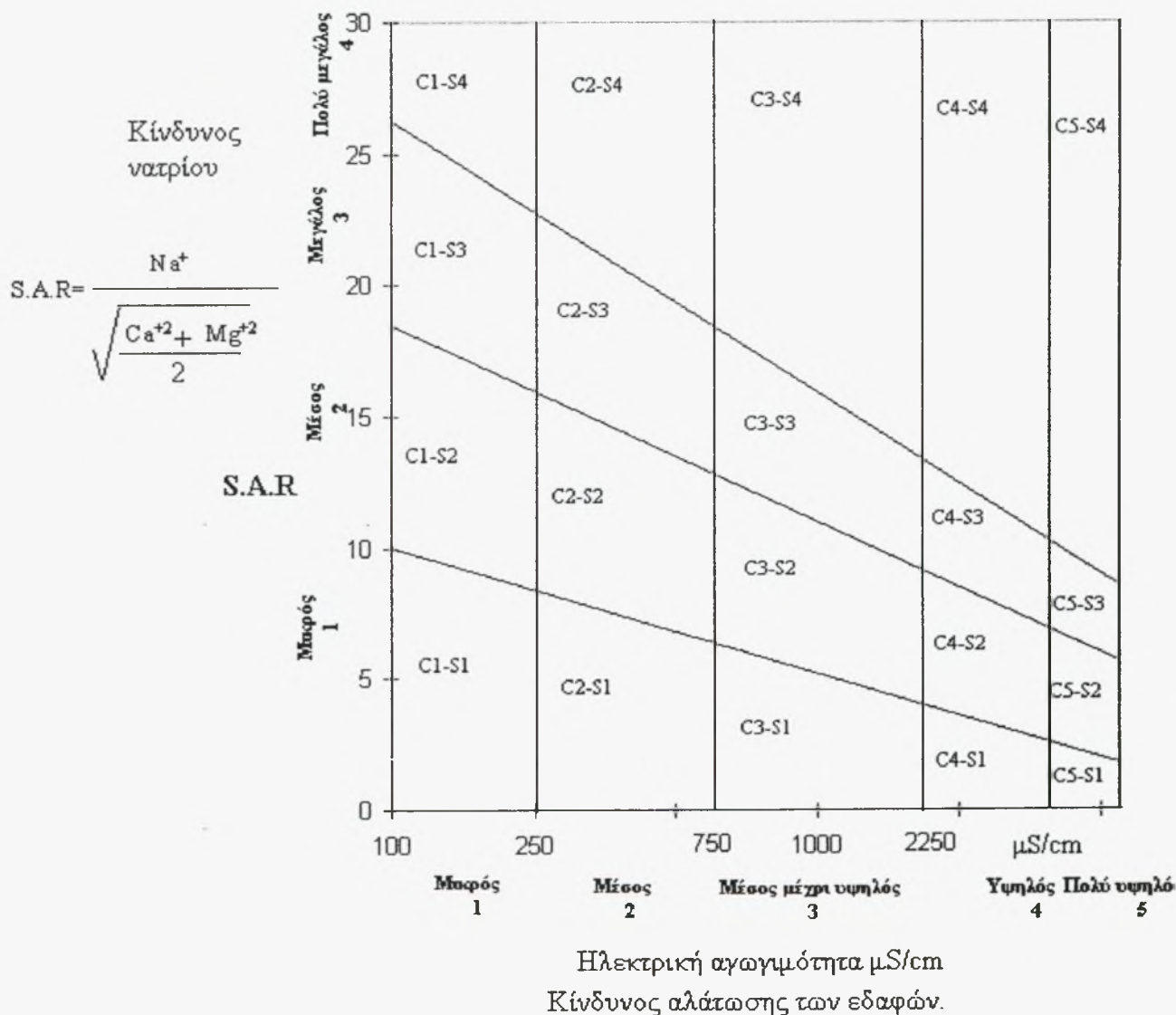
Παρεμποδίσεις-Σφάλματα

Τα αιωρούμενα στερεά δημιουργούν προβλήματα στη στήλη αναγωγής. Για το λόγο αυτό τα θολά δείγματα διηθούνται πριν περάσουν από τη στήλη. Όταν η συγκέντρωση του σιδήρου, χαλκού και άλλων μετάλλων είναι σχετικά μεγάλη, ελαττώνεται η αναγωγική ικανότητα της στήλης. Η παρεμπόδιση αυτή αποφεύγεται με την προσθήκη EDTA στα δείγματα. Το ελεύθερο χλώριο οξειδώνει το κάδμιο και περιορίζει την αναγωγική ικανότητα της στήλης. Έτσι όταν υπάρχει χλώριο προσθέτουμε στα δείγματα Na₂S₂O₃.

Υπολογισμός του N-NO₃⁻

Το όργανο βαθμονομείται με standards NO₃⁻ με συγκεντρώσεις (0,2,4,6,10,14,20)ppm. Από την πρότυπη καμπύλη προσδιορίζουμε σε ppm τη συγκέντρωση των νιτρικών του αγνώστου δείγματος. Για το υπολογισμό της πραγματικής συγκέντρωσης των νιτρικών πρέπει πρώτα να υπολογίσουμε την συγκέντρωση νιτωδών πριν την αναγωγή και να την αφαιρέσουμε.

Το εργαστήριο Αλατούχων Εδαφών των ΗΠΑ κατατάσει την ποιότητα των αρδευτικών νερών με βάση τα διαλυτά άλατα σ'αυτά. Σύμφωνα με την κατάταξη αυτή υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες αρδευτικών νερών. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα στις κατηγορίες αυτές κυμαίνεται ως κατωτέρω (Westcott, D.W. and Ayers, R.S., 1984, Ayers, R.S. and Westcott, D.W., 1976).



Εικόνα Ε : Κατάταξη των νερών άρδευσης με βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα και την τιμή S.A.R. (Εργαστήριο αλατούχων εδαφών ΗΠΑ)

Πίνακας Β : Κατηγορίες αρδευτικών νερών με βάση το κίνδυνο αλάτωσης των εδαφών.

E.C.w	Βαθμός προβλήματος.
<250 $\mu\text{S/cm}$	Πολύ μικρός κίνδυνος εναλάτωσης των εδαφών.
250 - 750 $\mu\text{S/cm}$	Μέτριος κίνδυνος εναλάτωσης των εδαφών.
750 - 2250 $\mu\text{S/cm}$	Σχετικά υψηλός κίνδυνος εναλάτωσης των εδαφών.
2250-4000 $\mu\text{S/cm}$	Υψηλός κίνδυνος εναλάτωσης των εδαφών.
>4000 $\mu\text{S/cm}$	Πολύ υψηλός κίνδυνος εναλάτωσης των εδαφών.

Ο ερευνητής Eaton, F.M.,(1950) και οι ερευνητές Wilxon, L.V. et al.,(1967) εισήγαγαν την έννοια του υπολειμματικού ανθρακικού νατρίου " Residual Sodium Carbonate " (R.S.C.) που υπολογίζεται ως εξής :

$$\text{R.S.C} = \{(\text{CO}_3^{-2}) + (\text{HCO}_3^{-})\} - \{(\text{Ca}^{+2}) + (\text{Mg}^{+2})\}$$

Όλες οι συγκεντρώσεις των ιόντων εκφράζονται σε meq/l. Στις περιπτώσεις που η διαφορά είναι αρνητική αυτό σημαίνει, ότι δεν υπάρχει υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο. Επομένως, το υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο εκφράζει την επιπλέον συγκέντρωση των όξινων ανθρακικών ιόντων και ανθρακικών ιόντων του ασβεστίου και μαγνησίου. Οι ανωτέρω ερευνητές με βάση, το υπολειμματικό νάτριο κατατάσσουν τα νερά άρδευσης, όπως φαίνεται παρακάτω :

I) Όταν η συγκέντρωση του R.S.C στα νερά άρδευσης είναι πολύ μικρότερη της τιμής 1,25 meq/l ($\text{R.S.C} \ll 1,25$), τότε τα νερά αυτά δεν περιέχουν κίνδυνο υπολειμματικού ανθρακικού νατρίου.

II) Όταν η συγκέντρωση του R.S.C στα νερά άρδευσης είναι μικρότερη της τιμής 1,25 meq/l ($\text{R.S.C} < 1,25$), τότε τα νερά αυτά περιέχουν λίγο υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο.

III) Όταν η συγκέντρωση του R.S.C στα νερά άρδευσης κυμαίνεται μεταξύ 1,25-2,5 meq/l ($1,25 < \text{R.S.C} < 2,5$), τότε τα νερά αυτά περιέχουν μέτριο υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο.

IV) Όταν η συγκέντρωση του R.S.C στα νερά άρδευσης είναι μεγαλύτερη της τιμής 2,5 meq/l (R.S.C > 2,5), τότε τα νερά αυτά περιέχουν πολύ υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο.

Με βάση την ανωτέρω κατάταξη τα νερά άρδευσης που περιέχουν υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από 2,5 meq/l είναι ακατάλληλα για άρδευση καλλιεργειών. Τα νερά άρδευσης που περιέχουν υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο μεταξύ 1,25-2,5 meq/l θα προκαλέσουν στα αρδευόμενα φυτά σοβαρές ζημιές εξ' αιτίας της αύξησης του pH του εδάφους.

Οι ερευνητές Christiansen, et al, (1977), κατατάσσουν τα αρδευτικά νερά με βάση τις παραμέτρους :

- Ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C.w (dS.m⁻¹)
- Το επί τοις εκατό (%) ποσοστό νατρίου (βαθμός αλκαλίωσης νατρίου)

$$\text{Na}^+(\%) = \frac{(\text{Na}^-)}{(\text{Na}^-) + (\text{Ca}^{+2}) + (\text{Mg}^{+2}) + (\text{K}^+)} \times 100$$

- Το S.A.R
- Το υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο (R.S.C)
- Την συγκέντρωση χλωρίου και βορίου

Πίνακας C

Κατηγορίες ποιότητας αρδευτικών νερών	E.C.w dSm ⁻¹	Na ⁺ %	S.A.R	Na ₂ CO ₃ meq/l	Cl ⁻ meq/l	B meq/l
Άριστο	<0,5	<40	<3	<0,5	<3	<0,5
Καλό	0,5-1	40-60	3-6	0,5-1	3-6	0,5-1
Ανεκτό	1-2	60-70	6-9	1-2	6-10	1-2
Αμφίβολο	2-3	70-80	9-12	2-3	10-15	2-3
Επιβλαβές	3-4	80-90	12-15	3-4	15-20	3-4

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζεται η κατάταξη των αρδευτικών νερών σύμφωνα με τους Ayers and Westcot, (1976)

Πίνακας D

Αρδευτικό πρόβλημα	Μονάδες	Βαθμός προβλήματος		
		Καμία επίπτωση	Μικρή μέχρι μέση επίπτωση	Μεγάλη επίπτωση
Αλατότητα E.C.w	dSm ⁻¹	<0,7	0,7 - 3	>3
Διαλυτά άλατα	mgr/l	<450	450 - 2000	>2000
" "	meq/l	<7	7- 30	>30
Διήθηση S.A.R=0-3 και E.C.w	dSm ⁻¹	>0,7	0,7-0,2	<0,2
3-6		>1,2	1,2-0,3	<0,3
6-12		>1,9	1,9-0,5	<0,5
12-20		>2,9	2,9-1,3	<1,3
20-40		>5	5-2,9	<2,9
Τοξικότητα ειδικών ιόντων Νάτριο Επιφανειακή άρδευση	S.A.R	<3	3-9	>9
Καταιονισμός	meq/l	<3	>3	
Χλώριο Επιφανειακή άρδευση	meq/l	<4	4-10	>10
Καταιονισμός	meq/l	<3	>3	
Βόριο	mgr/l	<0,7	0,7-3	>3
Διάφορες επιδράσεις Άζωτο (NO ₃ -N)	meq/l	<5	5- 30	>30
HCO ₃ ⁻	meq/l	<1,5	1,5-8,5	>8,5
pH Κανονικό επίπεδο 6,5-8,0				

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Αποτελέσματα αναλύσεων των γεωτρήσεων

Πίνακας 1. Συγκέντρωση ανιόντων (CO_3^{2-} , HCO_3^-)

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	$[\text{CO}_3]^{2-}$	$[\text{CO}_3]^{2-}$	$[\text{HCO}_3^-]$	$[\text{HCO}_3^-]$
		meq/lit	ppm	(meq/lit)	ppm
M1	Παλαιομονάστηρο	0	0	5,25	267,75
M2	Παλαιομονάστηρο	0	0	5,145	262,395
M3	Παλαιομονάστηρο	0	0	4,515	230,265
M4	Παλαιομονάστηρο	0	0	3,57	182,07
M5	Παλαιομονάστηρο	0	0	3,255	166,005
M6	Παλαιομονάστηρο	0	0	3,36	171,36
M7	Παλαιομονάστηρο	0	0	3,255	166,005
M8	Παλαιομονάστηρο	0	0	3,36	171,36
M9	Παλαιομονάστηρο	0	0	3,78	192,78
M10	Παλαιομονάστηρο	0	0	4,62	235,62
M11	Κρήνη	0	0	7,35	374,85
M12	Κρήνη	0	0	3,99	203,49
M13	Κρήνη	0	0	3,885	198,135
M14	Κρήνη	0	0	4,935	251,685
M15	Κρήνη	0	0	6,195	315,945
M16	Φαρκαδόνα	0	0	8,19	417,69
M17	Φαρκαδόνα	0	0	4,725	240,975
M18	Φαρκαδόνα	0	0	4,515	230,265
M19	Φαρκαδόνα	0,94	23,5	7,14	364,14
M20	Φαρκαδόνα	0	0	5,35	272,85
M21	Φαρκαδόνα	0,73	18,25	3,67	187,17
M22	Φαρκαδόνα	0	0	5,145	262,395
M23	Φαρκαδόνα	0,52	13	4,09	208,59
M24	Μεγάλα Καλύβια	0,63	15,75	2,2	112,2
M25	Μεγάλα Καλύβια	0,63	15,75	1,89	96,39
M26	Μεγάλα Καλύβια	0,84	21	1,26	64,26
M27	Μεγάλα Καλύβια	0,52	13	1,99	101,49
M28	Μεγάλα Καλύβια	0,31	7,75	3,04	155,04
M29	Μεγάλα Καλύβια	0,42	10,5	3,99	203,49
M30	Μεγάλα Καλύβια	0,52	13	3,67	187,17
M31	Μεγάλα Καλύβια	0	0	4,2	214,2
M32	Μεγάλα Καλύβια	0,84	21	3,04	155,04
M33	Μεγάλα Καλύβια	0,21	5,25	3,15	160,65
M34	Μεγάλα Καλύβια	0	0	4,83	246,33
M35	Γόμφοι	0	0	4,935	251,685
M36	Γόμφοι	0	0	4,83	246,33

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ	[CO ₃] ²⁻	[CO ₃] ²⁻	[HCO ₃] ⁻	[HCO ₃] ⁻
	ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	meq/l	ppm	(meq/l)	ppm
M37	Γόμφοι	0	0	6,825	348,075
M38	Γόμφοι	0	0	4,515	230,265
M39	Γόμφοι	0	0	4,935	251,685
M40	Γόμφοι	0	0	5,355	273,105
M41	Γόμφοι	0	0	5,04	257,04
M42	Γόμφοι	0,31	7,75	4,41	224,91
M43	Γόμφοι	0	0	5,355	273,105
M44	Γόμφοι	0	0	4,41	224,91
M45	Γόμφοι	0	0	4,2	214,2
M46	Γόμφοι	0	0	4,095	208,845
M47	Γόμφοι	0	0	4,095	208,845
M48	Γόμφοι	0	0	4,095	208,845
M49	Γόμφοι	0	0	4,515	230,265
M50	Βαλομάνδρι	0	0	3,36	171,36
M51	Ρόγγια	0	0	3,255	166,005
M52	Ρόγγια	1,15	28,75	1,89	96,39
M53	Ρόγγια	0	0	3,57	182,07
M54	Ρόγγια	0,52	13	5,98	304,98
M55	Φωτάδα	0,84	21	1,89	96,39
M56	Δενδροχώρι	0,52	13	3,78	192,78
M57	Δενδροχώρι	0,73	18,25	4,3	219,3
M58	Δενδροχώρι	0,63	15,75	5,77	294,27
M59	Κάτω Ελάτη	0,84	21	1,78	90,78
M60	Τρίκαλα	0,84	21	2,62	133,62
M61	Τρίκαλα	0,84	21	2,52	128,52
M62	Τρίκαλα	0,73	18,25	2,52	128,52
M63	Μεγάλα Καλύβια	0	0	4,62	235,62
M64	Λεπτοκαρνά	0	0	9,24	471,24
M65	Λεπτοκαρνά	0	0	6,3	321,3
M66	Πύργος	1,15	28,75	1,78	90,78
M67	Κηπάκι	0	0	5,04	257,04
M68	Άγιοι Απόστολοι	0,63	15,75	4,3	219,3
M69	Άγιοι Απόστολοι	0,63	15,75	3,04	155,04
M70	Άγιοι Απόστολοι	0,84	21	2,41	122,91
M71	Άγιοι Απόστολοι	0,52	13	3,15	160,65
M72	Άγιοι Απόστολοι	1,15	28,75	1,99	101,49
M73	Άγιοι Απόστολοι	0,84	21	2,52	128,52
M74	Άγιοι Απόστολοι	0,73	18,25	2,62	133,62
M75	Αγία Μονή	0,84	21	2,31	117,81
M76	Αγία Μονή	0	0	5,88	299,88
M77	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,63	15,75	3,15	160,65

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ	[CO ₃] ²⁻	[CO ₃] ²⁻	[HCO ₃] ⁻	[HCO ₃] ⁻
	ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	meq/lit	ppm	(meq/lit)	ppm
M78	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,63	15,75	2,83	144,33
M79	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0	0	4,83	246,33
M80	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,63	15,75	2,94	149,94
M81	Μικρό Κεφαλόβρυσο	1,57	39,25	0,84	42,84
M82	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,42	10,5	3,78	192,78
M83	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,42	10,5	3,57	182,07
M84	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,52	13	3,46	176,46
M85	Μικρό Κεφαλόβρυσο	1,05	26,25	2,31	117,81
M86	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0	0	4,725	240,975
M87	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0	0	4,515	230,265
M88	Κάτω Ελάτη	0,52	13	3,99	203,49
M89	Κρηνίτσα	0,63	15,75	9,76	497,76
M90	Κρηνίτσα	0	0	6,72	342,72
M91	Κρηνίτσα	0	0	8,715	444,465
M92	Κρηνίτσα	0	0	6,615	337,365
M93	Κρηνίτσα	0	0	5,67	289,17
M94	Τρίκαλα	1,15	28,75	2,31	117,81
M95	Τρίκαλα	0,63	15,75	3,15	160,65
M96	Τρίκαλα	0,63	15,75	2,75	140,25
M97	Μέλιγο	0,94	23,5	2,1	107,1
M98	Μέλιγο	0	0	3,885	198,135
M99	Μέλιγο	0,52	13	2,94	149,94
M100	Μέλιγο	0,63	15,75	2,31	117,81
M101	Μέλιγο	0	0	3,675	187,425
M102	Παλαιόπυργος	0	0	7,035	358,785
M103	Παλαιόπυργος	0	0	7,14	364,14
M104	Αγία Μονή	0,94	23,5	2,94	149,94
M105	Πυργετός	0,73	18,25	2,62	133,62
M106	Μέλιγο	0,42	10,5	2,73	139,23
M107	Μέλιγο	0	0	3,885	198,135
M108	Μέλιγο	0,73	18,25	2,31	117,81
M109	Μέλιγο	0,73	18,25	2,52	128,52
M110	Μέλιγο	0	0	3,885	198,135
M111	Μέλιγο	0,73	18,25	2,62	133,62
M112	Πυργετός	0	0	3,885	198,135
M113	Πυργετός	1,05	26,25	1,89	96,39
M114	Κρηνίτσα	0	0	11,13	567,63
M115	Κρηνίτσα	0	0	5,775	294,525
M116	Κρηνίτσα	0,63	15,75	4,83	246,33
M117	Κρηνίτσα	1,05	26,25	3,36	171,36

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	$[\text{CO}_3]^{2-}$	$[\text{CO}_3]^{2-}$	$[\text{HCO}_3]^-$	$[\text{HCO}_3]^-$
		meq/l	ppm	(meq/l)	ppm
M118	Κρηνίτσα	0,84	21	2,41	122,91
M119	Βαλτινό	0	0	4,305	219,555
M120	Βαλτινό	0,42	10,5	3,57	182,07
M121	Κάτω Ελάτη	0,73	18,25	2,62	133,62
M122	Κάτω Ελάτη	0	0	3,57	182,07
M123	Κάτω Ελάτη	0,73	18,25	2,83	144,33
M124	Κάτω Ελάτη	0,84	21	2,94	149,94
M125	Λογγάκι	0	0	11,76	599,76

Πίνακας 2. Συγκέντρωση κατιόντων (Ca^{2+} , Mg^{2+})

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	$[\text{Ca}]^{2+}$	$[\text{Ca}]^{2+}$	$[\text{Mg}]^{2+}$	$[\text{Mg}]^{2+}$
		meq/l	ppm	meq/l	ppm
M1	Παλαιομονάστηρο	4,84	96,77	0,4	4,86
M2	Παλαιομονάστηρο	5,04	100,8	0,8	9,72
M3	Παλαιομονάστηρο	4,03	80,64	0,4	4,86
M4	Παλαιομονάστηρο	3,02	60,48	0,8	9,72
M5	Παλαιομονάστηρο	3,43	68,54	0,6	7,29
M6	Παλαιομονάστηρο	2,62	52,42	0,2	2,43
M7	Παλαιομονάστηρο	3,02	60,48	0,4	4,86
M8	Παλαιομονάστηρο	3,02	60,48	0,2	2,43
M9	Παλαιομονάστηρο	3,43	68,54	0,4	4,86
M10	Παλαιομονάστηρο	4,23	84,67	0,6	7,29
M11	Κρήνη	6,65	133,06	2,02	24,49
M12	Κρήνη	2,82	56,45	1,01	12,25
M13	Κρήνη	3,43	68,54	0,60	7,35
M14	Κρήνη	3,43	68,54	0,60	7,35
M15	Κρήνη	4,44	88,70	0,81	9,80
M16	Φαρκαδόνα	6,25	124,99	2,42	29,39
M17	Φαρκαδόνα	2,02	40,32	2,42	29,39
M18	Φαρκαδόνα	2,02	40,32	1,01	12,25
M19	Φαρκαδόνα	2,82	56,45	4,23	51,44
M20	Φαρκαδόνα	2,22	44,35	1,41	17,15
M21	Φαρκαδόνα	2,22	44,35	3,02	36,74
M22	Φαρκαδόνα	3,02	60,48	2,62	31,84
M23	Φαρκαδόνα	3,83	76,61	1,81	22,04
M24	Μεγάλα Καλύβια	1,41	28,22	3,02	36,74
M25	Μεγάλα Καλύβια	2,02	40,32	0,20	2,45
M26	Μεγάλα Καλύβια	1,61	32,26	0,60	7,35
M27	Μεγάλα Καλύβια	2,42	48,38	0	0
M28	Μεγάλα Καλύβια	2,22	44,35	0,40	4,90
M29	Μεγάλα Καλύβια	3,23	64,51	1,21	14,70
M30	Μεγάλα Καλύβια	4,23	84,67	0,6	7,29
M31	Μεγάλα Καλύβια	3,23	64,51	1,81	22,04
M32	Μεγάλα Καλύβια	2,82	56,45	1,61	19,60
M33	Μεγάλα Καλύβια	1,41	28,22	2,82	34,29
M34	Μεγάλα Καλύβια	4,64	92,74	1,61	19,60
M35	Γόμφοι	4,23	84,67	0,4	4,86
M36	Γόμφοι	4,23	84,67	0,40	4,90
M37	Γόμφοι	6,25	124,99	2,82	34,29

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	[Ca] ²⁺	[Ca] ²⁺	[Mg] ²⁺	[Mg] ²⁺
		meq/l	ppm	meq/l	ppm
M38	Γόμφοι	4,03	80,64	0,81	9,80
M39	Γόμφοι	4,44	88,70	1,81	22,04
M40	Γόμφοι	5,44	108,86	0	0
M41	Γόμφοι	3,83	76,61	1,61	19,60
M42	Γόμφοι	4,03	80,64	0,40	4,90
M43	Γόμφοι	4,84	96,77	1,61	19,60
M44	Γόμφοι	3,83	76,61	1,21	14,70
M45	Γόμφοι	4,23	84,67	0,60	7,35
M46	Γόμφοι	4,84	96,77	1,41	17,13
M47	Γόμφοι	4,23	84,67	0,4	4,86
M48	Γόμφοι	4,03	80,64	11,09	134,72
M49	Γόμφοι	4,44	88,70	15,72	191,06
M50	Βαλομάνδρι	1,81	36,29	6,25	75,93
M51	Ρόγγια	1,81	36,29	11,29	137,17
M52	Ρόγγια	1,81	36,29	8,77	106,55
M53	Ρόγγια	2,02	40,32	11,09	134,72
M54	Ρόγγια	3,83	76,61	15,32	186,16
M55	Φωτάδα	1,41	28,22	10,18	123,7
M56	Δενδροχώρι	2,62	52,42	7,96	96,75
M57	Δενδροχώρι	2,62	52,42	12,00	145,74
M58	Δενδροχώρι	3,02	60,48	16,63	202,08
M59	Κάτω Ελάτη	1,81	36,29	7,26	88,18
M60	Τρίκαλα	1,81	36,29	12,30	149,42
M61	Τρίκαλα	2,22	44,35	7,36	89,40
M62	Τρίκαλα	2,62	52,42	10,99	133,49
M63	Μεγάλα Καλύβια	3,63	72,58	12,50	151,87
M64	Λεπτοκαρυά	3,63	72,58	16,53	200,85
M65	Λεπτοκαρυά	3,63	72,58	16,53	200,85
M66	Πύργος	2,82	56,45	11,79	143,29
M67	Κηπάκι	3,23	64,51	9,88	120,02
M68	Άγιοι Απόστολοι	3,23	64,51	10,38	126,15
M69	Άγιοι Απόστολοι	2,42	48,38	13,71	166,56
M70	Άγιοι Απόστολοι	3,02	60,48	9,07	110,22
M71	Άγιοι Απόστολοι	3,02	60,48	8,06	97,98
M72	Άγιοι Απόστολοι	3,02	60,48	11,09	134,72
M73	Άγιοι Απόστολοι	2,62	52,42	9,98	121,25
M74	Άγιοι Απόστολοι	3,63	72,58	4,94	60,011
M75	Αγία Μονή	2,22	44,35	6,35	77,16
M76	Αγία Μονή	1,81	36,29	12,80	155,54
M77	Μικρό Κεφαλόβρυσο	3,23	64,51	7,86	95,528

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	[Ca] ²⁺	[Ca] ²⁺	[Mg] ²⁺	[Mg] ²⁺
		meq/lt	ppm	meq/lt	ppm
M78	Μικρό Κεφαλόβρυσο	2,02	40,32	3,43	41,64
M79	Μικρό Κεφαλόβρυσο	2,82	56,45	3,83	46,54
M80	Μικρό Κεφαλόβρυσο	2,62	52,42	2,82	34,29
M81	Μικρό Κεφαλόβρυσο	3,43	68,54	2,02	24,49
M82	Μικρό Κεφαλόβρυσο	3,02	60,48	3,63	44,09
M83	Μικρό Κεφαλόβρυσο	2,62	52,42	3,23	39,19
M84	Μικρό Κεφαλόβρυσο	2,62	52,42	2,82	34,29
M85	Μικρό Κεφαλόβρυσο	2,62	52,42	3,23	39,19
M86	Μικρό Κεφαλόβρυσο	2,82	56,45	2,62	31,84
M87	Μικρό Κεφαλόβρυσο	2,42	48,38	3,83	46,54
M88	Κάτω Ελάτη	2,02	40,32	1,61	19,60
M89	Κρηνίτσα	3,83	76,61	9,07	110,22
M90	Κρηνίτσα	4,84	96,77	1,81	22,04
M91	Κρηνίτσα	5,64	112,9	4,84	58,79
M92	Κρηνίτσα	5,04	100,8	1,41	17,15
M93	Κρηνίτσα	4,84	96,77	2,22	26,94
M94	Τρίκαλα	2,62	52,42	1,21	14,70
M95	Τρίκαλα	2,62	52,42	1,61	19,60
M96	Τρίκαλα	2,42	48,38	1,81	22,04
M97	Μέλιγο	1,81	36,29	1,81	22,04
M98	Μέλιγο	3,02	60,48	1,2096	14,70
M99	Μέλιγο	2,22	44,35	1,81	22,04
M100	Μέλιγο	1,81	36,29	1,81	22,04
M101	Μέλιγο	2,02	40,32	1,41	17,15
M102	Παλαιόπυργος	5,24	104,83	2,22	26,94
M103	Παλαιόπυργος	4,84	96,77	3,43	41,64
M104	Αγία Μονή	2,22	44,35	1,61	19,60
M105	Πυργετός	2,82	56,45	1,01	12,25
M106	Μέλιγο	2,82	56,45	1,41	17,15
M107	Μέλιγο	2,62	52,42	1,2096	14,70
M108	Μέλιγο	2,42	48,38	1,61	19,60
M109	Μέλιγο	2,42	48,38	1,61	19,60
M110	Μέλιγο	1,81	36,29	2,02	24,49
M111	Μέλιγο	3,63	72,58	0,60	7,35
M112	Πυργετός	2,42	48,38	1,61	19,60
M113	Πυργετός	2,82	56,45	1,2096	14,70
M114	Κρηνίτσα	4,64	92,74	10,08	122,47
M115	Κρηνίτσα	2,22	44,35	4,03	48,99
M116	Κρηνίτσα	2,22	44,35	4,03	48,99
M117	Κρηνίτσα	3,23	64,51	2,42	29,39

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	[Ca] ²⁺	[Ca] ²⁺	[Mg] ²⁺	[Mg] ²⁺
		meq/lt	ppm	meq/lt	ppm
M118	Κρηνίτσα	2,42	48,38	1,01	12,25
M119	Βαλτινό	3,23	64,51	1,81	22,04
M120	Βαλτινό	4,23	84,67	0	0
M121	Κάτω Ελάτη	2,62	52,42	1,61	19,60
M122	Κάτω Ελάτη	2,02	40,32	1,81	22,04
M123	Κάτω Ελάτη	2,62	52,42	1,61	19,60
M124	Κάτω Ελάτη	3,23	64,51	1,41	17,15
M125	Λογγάκι	7,66	153,22	8,47	102,88

Πίνακας 3. Συγκέντρωση ανιόντων (NO_3^- , NO_2^-)

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	$[\text{NO}_3^-]$	$[\text{NO}_3^-]$	$[\text{NO}_2^-]$	$[\text{NO}_2^-]$
		meq/l	ppm	meq/l	ppm
M1	Παλαιομονάστηρο	0,002	0,1	0,08	0,002
M2	Παλαιομονάστηρο	0	0	0	0
M3	Παλαιομονάστηρο	0	0	0	0
M4	Παλαιομονάστηρο	0	0	0	0
M5	Παλαιομονάστηρο	0	0	0	0
M6	Παλαιομονάστηρο	0	0	0	0
M7	Παλαιομονάστηρο	0	0	0	0
M8	Παλαιομονάστηρο	0	0	0	0
M9	Παλαιομονάστηρο	0,004	0,2	0,20	0,004
M10	Παλαιομονάστηρο	0	0	0	0
M11	Κρήνη	0,020	1,05	0,78	0,017
M12	Κρήνη	0	0	0	0
M13	Κρήνη	0,002	0,09	0,07	0,002
M14	Κρήνη	0,001	0,07	0,05	0,001
M15	Κρήνη	0	0	0	0
M16	Φαρκαδόνα	0,006	0,30	0,22	0,005
M17	Φαρκαδόνα	0	0	0	0
M18	Φαρκαδόνα	0	0	0	0
M19	Φαρκαδόνα	0	0	0	0
M20	Φαρκαδόνα	0	0	0	0
M21	Φαρκαδόνα	0	0	0	0
M22	Φαρκαδόνα	0	0	0	0
M23	Φαρκαδόνα	0,005	0,26	0,19	0,004
M24	Μεγάλα Καλύβια	0	0	0	0
M25	Μεγάλα Καλύβια	0	0	0	0
M26	Μεγάλα Καλύβια	0	0	0	0
M27	Μεγάλα Καλύβια	0	0	0	0
M28	Μεγάλα Καλύβια	0	0	0	0
M29	Μεγάλα Καλύβια	0	0	0	0
M30	Μεγάλα Καλύβια	0	0	0	0
M31	Μεγάλα Καλύβια	0,002	0,11	0,08	0,002
M32	Μεγάλα Καλύβια	0	0	0	0
M33	Μεγάλα Καλύβια	0	0	0	0
M34	Μεγάλα Καλύβια	0,005	0,24	0,18	0,004
M35	Γόμφοι	0,008	0,41	0,3	0,007
M36	Γόμφοι	0	0	0	0
M37	Γόμφοι	0,015	0,78	0,58	0,013

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	[NO ₃] ⁻	[NO ₃] ⁻	[NO ₂] ⁻	[NO ₂] ⁻
		meq/l	ppm	meq/l	ppm
M38	Γόμφοι	0,001	0,04	0,03	0,001
M39	Γόμφοι	0,010	0,54	0,4	0,009
M40	Γόμφοι	0,023	1,18	0,88	0,019
M41	Γόμφοι	0,009	0,47	0,40	0,009
M42	Γόμφοι	0,008	0,42	0,31	0,007
M43	Γόμφοι	0,015	0,78	0,58	0,013
M44	Γόμφοι	0,008	0,41	0,3	0,007
M45	Γόμφοι	0,005	0,24	0,18	0,004
M46	Γόμφοι	0,009	0,47	0,35	0,008
M47	Γόμφοι	0,005	0,24	0,18	0,004
M48	Γόμφοι	0,008	0,41	0,3	0,007
M49	Γόμφοι	0,012	0,64	0,48	0,010
M50	Βαλομάνδρι	0	0	0	0
M51	Ρόγγια	0,004	0,22	0,16	0,004
M52	Ρόγγια	0,004	0,22	0,16	0,003
M53	Ρόγγια	0	0,00	0	0
M54	Ρόγγια	0,005	0,26	0,20	0,004
M55	Φωτάδα	0	0	0	0
M56	Δενδροχώρι	0,002	0,13	0,10	0,002
M57	Δενδροχώρι	0,009	0,45	0,33	0,007
M58	Δενδροχώρι	0,005	0,24	0,18	0,004
M59	Κάτω Ελάτη	0,004	0,22	0,17	0,004
M60	Τρίκαλα	0,002	0,1	0,08	0,002
M61	Τρίκαλα	0,002	0,1	0,08	0,002
M62	Τρίκαλα	0	0	0	0
M63	Μεγάλα Καλύβια	0	0	0	0
M64	Λεπτοκαρνά	0,005	0,24	0,18	0,004
M65	Λεπτοκαρνά	0,011	0,57	0,42	0,009
M66	Πύργος	0,002	0,1	0,08	0,002
M67	Κηπάκι	0,005	0,23	0,17	0,004
M68	Άγιοι Απόστολοι	0,039	2,03	1,5	0,033
M69	Άγιοι Απόστολοι	0,006	0,33	0,24	0,005
M70	Άγιοι Απόστολοι	0,002	0,11	0,08	0,002
M71	Άγιοι Απόστολοι	0,005	0,26	0,19	0,004
M72	Άγιοι Απόστολοι	0,005	0,26	0,20	0,004
M73	Άγιοι Απόστολοι	0,004	0,22	0,16	0,004
M74	Άγιοι Απόστολοι	0,004	0,22	0,17	0,004
M75	Αγία Μονή	0,002	0,09	0,07	0,002
M76	Αγία Μονή	0,001	0,07	0,05	0,001
M77	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,005	0,25	0,19	0,004

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ	[NO ₃] ⁻	[NO ₃] ⁻	[NO ₂] ⁻	[NO ₂] ⁻
	ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	meq/lit	ppm	meq/lit	ppm
M78	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,005	0,24	0,18	0,004
M79	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,005	0,26	0,19	0,004
M80	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,005	0,24	0,18	0,004
M81	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,023	1,17	0,87	0,019
M82	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,014	0,74	0,55	0,012
M83	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,012	0,64	0,47	0,010
M84	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,005	0,24	0,18	0,004
M85	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,007	0,38	0,28	0,006
M86	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,012	0,6	0,45	0,010
M87	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,004	0,22	0,17	0,004
M88	Κάτω Ελάτη	0,005	0,24	0,18	0,004
M89	Κρηνίτσα	0,072	3,76	2,78	0,060
M90	Κρηνίτσα	0,016	0,84	0,63	0,014
M91	Κρηνίτσα	0,059	3,07	2,28	0,049
M92	Κρηνίτσα	0,005	0,25	0,18	0,004
M93	Κρηνίτσα	0,062	3,2	2,38	0,052
M94	Τρίκαλα	0,005	0,24	0,18	0,004
M95	Τρίκαλα	0,005	0,26	0,20	0,004
M96	Τρίκαλα	0,005	0,24	0,18	0,004
M97	Μέλιγο	0,002	0,09	0,07	0,002
M98	Μέλιγο	0,007	0,34	0,25	0,005
M99	Μέλιγο	0	0	0	0
M100	Μέλιγο	0,001	0,07	0	0
M101	Μέλιγο	0	0	0	0
M102	Παλαιόπυργος	0,016	0,84	0,63	0,014
M103	Παλαιόπυργος	0,029	1,49	1,1	0,024
M104	Αγία Μονή	0	0	0	0
M105	Πυργετός	0,005	0,24	0,18	0,004
M106	Μέλιγο	0,005	0,25	0,33	0,007
M107	Μέλιγο	0,008	0,41	0,3	0,007
M108	Μέλιγο	0,004	0,20	0,15	0,003
M109	Μέλιγο	0,009	0,47	0,35	0,008
M110	Μέλιγο	0,005	0,24	0,18	0,004
M111	Μέλιγο	0,008	0,41	0,3	0,007
M112	Πυργετός	0,002	0,1	0,08	0,002
M113	Πυργετός	0,001	0,07	0,05	0,001
M114	Κρηνίτσα	0,052	2,7	2	0,043
M115	Κρηνίτσα	0,003	0,14	0,1	0,002
M116	Κρηνίτσα	0,006	0,3	0,23	0,005
M117	Κρηνίτσα	0,000	0,02	0,02	0,000

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	[NO ₃] ⁻	[NO ₃] ⁻	[NO ₂] ⁻	[NO ₂] ⁻
		meq/l	ppm	meq/l	ppm
M118	Κρηνίτσα	0	0	0	0
M119	Βαλτινό	0,004	0,23	0,17	0,004
M120	Βαλτινό	0,000	0	0	0
M121	Κάτω Ελάτη	0,007	0,38	0,28	0,006
M122	Κάτω Ελάτη	0,001	0,07	0,05	0,001
M123	Κάτω Ελάτη	0,009	0,47	0,35	0,008
M124	Κάτω Ελάτη	0,053	2,77	2,05	0,045
M125	Λογγάκι	0,058	3,04	2,25	0,049

Πίνακας 4. Συγκέντρωση ανιόντων (Cl⁻, SO₄²⁻)

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	[Cl] ⁻	[Cl] ⁻	[SO ₄] ²⁻	[SO ₄] ²⁻
		meq/lt	ppm	meq/lt	ppm
M1	Παλαιομονάστηρο	0	0	56,39	2706,64
M2	Παλαιομονάστηρο	0,25	9,01	50,74	2435,58
M3	Παλαιομονάστηρο	0	0	45,62	2189,62
M4	Παλαιομονάστηρο	0	0	37,75	1812,19
M5	Παλαιομονάστηρο	0	0	38,17	1832,27
M6	Παλαιομονάστηρο	0,13	4,50	37,06	1778,92
M7	Παλαιομονάστηρο	0	0	37,85	1816,75
M8	Παλαιομονάστηρο	0	0	33,36	1601,47
M9	Παλαιομονάστηρο	0	0	37,65	1807,07
M10	Παλαιομονάστηρο	0	0	42,81	2055,05
M11	Κρήνη	1,02	36,0396	155,10	7444,97
M12	Κρήνη	0,89	31,53	166,45	7989,7
M13	Κρήνη	0,51	18,0198	168,44	8085,09
M14	Κρήνη	0,13	4,50	135,47	6502,56
M15	Κρήνη	0,38	13,51	92,37	4433,56
M16	Φαρκαδόνα	0,89	31,53	261,69	12561,1
M17	Φαρκαδόνα	0	0	264,51	12696,5
M18	Φαρκαδόνα	0	0	235,11	11285,2
M19	Φαρκαδόνα	0,51	18,0198	409,36	19649,4
M20	Φαρκαδόνα	0,38	13,51	186,99	8975,67
M21	Φαρκαδόνα	1,27	45,0495	212,16	10183,8
M22	Φαρκαδόνα	0	0	228,30	10958,4
M23	Φαρκαδόνα	0,76	27,0297	134,96	6478,24
M24	Μεγάλα Καλύβια	0	0	155,00	7440,01
M25	Μεγάλα Καλύβια	0	0	104,20	5001,48
M26	Μεγάλα Καλύβια	0	0	99,62	4781,64
M27	Μεγάλα Καλύβια	0	0	74,90	3595,16
M28	Μεγάλα Καλύβια	0	0	126,86	6089,32
M29	Μεγάλα Καλύβια	0	0	188,63	9054,01
M30	Μεγάλα Καλύβια	0	0	126,14	6054,64
M31	Μεγάλα Καλύβια	0	0	131,44	6309,12
M32	Μεγάλα Καλύβια	0,25	9,01	218,79	10502
M33	Μεγάλα Καλύβια	0	0	182,27	8749,13
M34	Μεγάλα Καλύβια	0	0	76,72	3682,54
M35	Γόμφοι	0,38	13,51	67,32	3231,41
M36	Γόμφοι	0	0	66,11	3173,13
M37	Γόμφοι	0	0	83,55	4010,26

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	[Cl] ⁻	[Cl] ⁻	[SO ₄] ²⁻	[SO ₄] ²⁻
		meq/lt	ppm	meq/lt	ppm
M38	Γόμφοι	1,40	49,55	63,73	3058,92
M39	Γόμφοι	0	0	65,11	3125,5
M40	Γόμφοι	0,38	13,51	58,11	2789,16
M41	Γόμφοι	0,38	13,51	55,42	2660,28
M42	Γόμφοι	0	0	40,61	1949,29
M43	Γόμφοι	0,51	18,0198	61,39	2946,65
M44	Γόμφοι	0,38	13,51	38,25	1835,97
M45	Γόμφοι	0,51	18,0198	32,93	1580,68
M46	Γόμφοι	0,13	4,50	44,73	2146,93
M47	Γόμφοι	0	0	41,24	1979,61
M48	Γόμφοι	0	0	42,65	2047,34
M49	Γόμφοι	0,25	9,01	46,10	2212,57
M50	Βαλομάνδρι	0	0	77,67	3727,95
M51	Ρόγγια	0	0	51,89	2490,56
M52	Ρόγγια	0,13	4,50	56,86	2729,36
M53	Ρόγγια	0	0	55,47	2662,64
M54	Ρόγγια	0,38	13,51	91,87	4409,76
M55	Φωτάδα	0	0	62,81	3014,73
M56	Δενδροχώρι	0,51	18,0198	94,42	4532,21
M57	Δενδροχώρι	0	0	50,51	2424,31
M58	Δενδροχώρι	0	0	39,16	1879,56
M59	Κάτω Ελάτη	0	0	45,90	2203,38
M60	Τρίκαλα	0,25	9,01	48,83	2343,65
M61	Τρίκαλα	0,13	4,50	47,34	2272,49
M62	Τρίκαλα	0,25	9,01	48,93	2348,85
M63	Μεγάλα Καλύβια	0,25	9,01	127,38	6114,12
M64	Λεπτοκαρυά	0,25	9,01	208,67	10016,2
M65	Λεπτοκαρυά	0	0	127,96	6142,27
M66	Πύργος	0,25	9,01	52,55	2522,52
M67	Κηπάκι	0,38	13,51	66,12	3173,8
M68	Άγιοι Απόστολοι	0,63	22,52	251,97	12094,7
M69	Άγιοι Απόστολοι	0,13	4,50	52,65	2527,17
M70	Άγιοι Απόστολοι	0	0	53,48	2567,2
M71	Άγιοι Απόστολοι	0	0	50,66	2431,69
M72	Άγιοι Απόστολοι	0	0	54,39	2610,95
M73	Άγιοι Απόστολοι	0	0	48,58	2331,84
M74	Άγιοι Απόστολοι	0	0	50,37	2417,78
M75	Αγία Μονή	0	0	49,98	2398,91
M76	Αγία Μονή	0	0	49,57	2379,19
M77	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,13	4,50	61,13	2934,16

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	[Cl] ⁻	[Cl] ⁻	[SO ₄] ²⁻	[SO ₄] ²⁻
		meq/l	ppm	meq/l	ppm
M78	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,13	4,50	51,35	2464,86
M79	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0	0	57,32	2751,49
M80	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0	0	53,47	2566,71
M81	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0	0	57,93	2780,55
M82	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0	0	57,35	2752,93
M83	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0	0	56,66	2719,51
M84	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0	0	56,35	2704,95
M85	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0	0	57,29	2749,75
M86	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0	0	55,62	2669,67
M87	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0	0	57,43	2756,86
M88	Κάτω Ελάτη	0	0	48,71	2338,26
M89	Κρηνίτσα	0,89	31,53	166,22	7978,52
M90	Κρηνίτσα	0,25	9,01	130,48	6262,99
M91	Κρηνίτσα	0,76	27,0297	176,41	8467,53
M92	Κρηνίτσα	0	0	125,64	6030,54
M93	Κρηνίτσα	0,25	9,01	158,03	7585,55
M94	Τρίκαλα	0	0	52,07	2499,14
M95	Τρίκαλα	0	0	50,15	2407,37
M96	Τρίκαλα	0	0	50,55	2426,52
M97	Μέλιγο	0	0	72,48	3479,22
M98	Μέλιγο	0	0	52,05	2498,33
M99	Μέλιγο	0,13	4,50	53,04	2545,92
M100	Μέλιγο	0	0	53,29	2557,86
M101	Μέλιγο	0	0	94,35	4528,91
M102	Παλαιόπυργος	0,25	9,01	145,87	7001,78
M103	Παλαιόπυργος	0,51	18,0198	164,72	7906,46
M104	Αγία Μονή	0	0	57,55	2762,18
M105	Πυργετός	0,25	9,01	57,92	2780
M106	Μέλιγο	0	0	56,68	2720,81
M107	Μέλιγο	0,38	13,51	55,16	2647,91
M108	Μέλιγο	0	0	58,99	2831,38
M109	Μέλιγο	0,38	13,51	61,00	2927,82
M110	Μέλιγο	0	0	57,55	2762,18
M111	Μέλιγο	0	0	56,57	2715,53
M112	Πυργετός	0,38	13,51	55,57	2667,18
M113	Πυργετός	0,25	9,01	56,64	2718,63
M114	Κρηνίτσα	1,14	40,54	285,04	13682,1
M115	Κρηνίτσα	0	0	177,27	8509,18
M116	Κρηνίτσα	0,13	4,50	201,56	9675,01
M117	Κρηνίτσα	0,51	18,0198	180,43	8660,51

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ	[Cl] ⁻	[Cl] ⁻	[SO ₄] ²⁻	[SO ₄] ²⁻
	ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	meq/l	ppm	meq/l	ppm
M118	Κρηνίτσα	0,51	18,0198	122,26	5868,7
M119	Βαλτινό	0,13	4,50	84,41	4051,59
M120	Βαλτινό	0	0	127,86	6137,18
M121	Κάτω Ελάτη	0,13	4,50	56,35	2704,64
M122	Κάτω Ελάτη	0,38	13,51	55,48	2663,03
M123	Κάτω Ελάτη	0,25	9,01	68,11	3269,27
M124	Κάτω Ελάτη	0	0	98,66	4735,53
M125	Λογγάκι	0,76	27,0297	159,91	7675,52

Πίνακας 5. Συγκέντρωση κατιόντων (K^+ , Na^+)

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	[K^+]	[K^+]	[Na^+]	[Na^+]
		meq/lt	ppm	meq/lt	ppm
M1	Παλαιομονάστηρο	0,0359	1,4	2,3913	55
M2	Παλαιομονάστηρο	0,0333	1,3	2,1304	49
M3	Παλαιομονάστηρο	0,0179	0,7	1,9565	45
M4	Παλαιομονάστηρο	0,0128	0,5	1,6087	37
M5	Παλαιομονάστηρο	0,0103	0,4	1,6087	37
M6	Παλαιομονάστηρο	0,0154	0,6	1,6087	37
M7	Παλαιομονάστηρο	0,0154	0,6	1,6087	37
M8	Παλαιομονάστηρο	0,0128	0,5	1,4348	33
M9	Παλαιομονάστηρο	0,0154	0,6	1,6087	37
M10	Παλαιομονάστηρο	0,0154	0,6	1,8261	42
M11	Κρήνη	0,1231	4,8	6,5217	150
M12	Κρήνη	0,0641	2,5	7,1739	165
M13	Κρήνη	0,0462	1,8	7,2609	167
M14	Κρήνη	0,0385	1,5	5,8696	135
M15	Κρήνη	0,0436	1,7	4	92
M16	Φαρκαδόνα	0,0538	2,1	11,304	260
M17	Φαρκαδόνα	0,0205	0,8	11,478	264
M18	Φαρκαδόνα	0,0154	0,6	10,261	236
M19	Φαρκαδόνα	0,0231	0,9	17,826	410
M20	Φαρκαδόνα	0,0282	1,1	8,1739	188
M21	Φαρκαδόνα	0,041	1,6	9,1739	211
M22	Φαρκαδόνα	0,0462	1,8	9,8261	226
M23	Φαρκαδόνα	0,1205	4,7	5,6522	130
M24	Μεγάλα Καλύβια	0,0103	0,4	6,6522	153
M25	Μεγάλα Καλύβια	0,0128	0,5	4,5217	104
M26	Μεγάλα Καλύβια	0,0128	0,5	4,3043	99
M27	Μεγάλα Καλύβια	0,0128	0,5	3,2174	74
M28	Μεγάλα Καλύβια	0,0154	0,6	5,5217	127
M29	Μεγάλα Καλύβια	0,0154	0,6	8,1739	188
M30	Μεγάλα Καλύβια	0,0128	0,5	5,4348	125
M31	Μεγάλα Καλύβια	0,0154	0,6	5,6522	130
M32	Μεγάλα Καλύβια	0,0128	0,5	9,4783	218
M33	Μεγάλα Καλύβια	0,0359	1,4	7,8261	180
M34	Μεγάλα Καλύβια	0,0333	1,3	3,2174	74
M35	Γόμφοι	0,0256	1	2,913	67
M36	Γόμφοι	0,0333	1,3	2,8261	65
M37	Γόμφοι	0,0333	1,3	3,4783	80

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	[K ⁺]	[K ⁺]	[Na ⁺]	[Na ⁺]
		meq/lt	ppm	meq/lt	ppm
M38	Γόμφοι	0,0462	1,8	2,7391	63
M39	Γόμφοι	0,0205	0,8	2,7391	63
M40	Γόμφοι	0,0231	0,9	2,4783	57
M41	Γόμφοι	0,0359	1,4	2,3478	54
M42	Γόμφοι	0,0231	0,9	1,7391	40
M43	Γόμφοι	0,0205	0,8	2,6087	60
M44	Γόμφοι	0,0256	1	1,6087	37
M45	Γόμφοι	0,0205	0,8	1,3913	32
M46	Γόμφοι	0,0179	0,7	1,8261	42
M47	Γόμφοι	0,0179	0,7	1,7391	40
M48	Γόμφοι	0,0179	0,7	1,7391	40
M49	Γόμφοι	0,0205	0,8	1,8261	42
M50	Βαλομάνδρι	0,0205	0,8	3,3478	77
M51	Ρόγγια	0,0231	0,9	2,1304	49
M52	Ρόγγια	0,0205	0,8	2,3913	55
M53	Ρόγγια	0,0205	0,8	2,3043	53
M54	Ρόγγια	0,0282	1,1	3,913	90
M55	Φωτάδα	0,0231	0,9	2,6087	60
M56	Δενδροχώρι	0,0256	1	4,087	94
M57	Δενδροχώρι	0,0179	0,7	2,1304	49
M58	Δενδροχώρι	0,0179	0,7	1,6087	37
M59	Κάτω Ελάτη	0,0231	0,9	1,913	44
M60	Τρίκαλα	0,0231	0,9	2	46
M61	Τρίκαλα	0,0256	1	2	46
M62	Τρίκαλα	0,0256	1	2	46
M63	Μεγάλα Καλύβια	0,0205	0,8	5,4348	125
M64	Λεπτοκαρυά	0,0282	1,1	9,087	209
M65	Λεπτοκαρυά	0,0308	1,2	5,4348	125
M66	Πύργος	0,0231	0,9	2,1304	49
M67	Κηπάκι	0,0333	1,3	2,8261	65
M68	Άγιοι Απόστολοι	0,0538	2,1	10,87	250
M69	Άγιοι Απόστολοι	0,0256	1	2,1304	49
M70	Άγιοι Απόστολοι	0,0231	0,9	2,2174	51
M71	Άγιοι Απόστολοι	0,0231	0,9	2,1304	49
M72	Άγιοι Απόστολοι	0,0231	0,9	2,2174	51
M73	Άγιοι Απόστολοι	0,0231	0,9	2	46
M74	Άγιοι Απόστολοι	0,0231	0,9	2,1304	49
M75	Αγία Μονή	0,0179	0,7	2,1304	49
M76	Αγία Μονή	0,0154	0,6	2,1304	49
M77	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,0154	0,6	2,6087	60

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	[K ⁺]	[K ⁺]	[Na ⁺]	[Na ⁺]
		meq/l	ppm	meq/l	ppm
M78	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,0128	0,5	2,1304	49
M79	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,0128	0,5	2,3913	55
M80	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,0154	0,6	2,2174	51
M81	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,0231	0,9	2,3478	54
M82	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,0231	0,9	2,3478	54
M83	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,0205	0,8	2,3478	54
M84	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,0231	0,9	2,3478	54
M85	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,0205	0,8	2,3478	54
M86	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,0231	0,9	2,3478	54
M87	Μικρό Κεφαλόβρυσο	0,0179	0,7	2,3913	55
M88	Κάτω Ελάτη	0,0154	0,6	2,1304	49
M89	Κρηνίτσα	0,0154	0,6	7,1304	164
M90	Κρηνίτσα	0,0205	0,8	5,6522	130
M91	Κρηνίτσα	0,0359	1,4	7,5652	174
M92	Κρηνίτσα	0,0205	0,8	5,4348	125
M93	Κρηνίτσα	0,0231	0,9	6,7826	156
M94	Τρίκαλα	0,0179	0,7	2,2174	51
M95	Τρίκαλα	0,0179	0,7	2,1304	49
M96	Τρίκαλα	0,0179	0,7	2,1304	49
M97	Μέλιγο	0,0231	0,9	3,087	71
M98	Μέλιγο	0,0179	0,7	2,2174	51
M99	Μέλιγο	0,0154	0,6	2,2609	52
M100	Μέλιγο	0,0154	0,6	2,2609	52
M101	Μέλιγο	0,0154	0,6	4,087	94
M102	Παλαιόπυργος	0,0436	1,7	6,2609	144
M103	Παλαιόπυργος	0,0538	2,1	7,0435	162
M104	Αγία Μονή	0,0154	0,6	2,4783	57
M105	Πυργετός	0,0179	0,7	2,4783	57
M106	Μέλιγο	0,0154	0,6	2,3913	55
M107	Μέλιγο	0,0154	0,6	2,3913	55
M108	Μέλιγο	0,0256	1	2,4783	57
M109	Μέλιγο	0,0154	0,6	2,6087	60
M110	Μέλιγο	0,0154	0,6	2,4783	57
M111	Μέλιγο	0,0179	0,7	2,3913	55
M112	Πυργετός	0,0205	0,8	2,3913	55
M113	Πυργετός	0,0205	0,8	2,3913	55
M114	Κρηνίτσα	0,0154	0,6	12,261	282
M115	Κρηνίτσα	0,0205	0,8	7,6522	176
M116	Κρηνίτσα	0,0231	0,9	8,6957	200
M117	Κρηνίτσα	0,0179	0,7	7,7826	179

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	[K ⁺]	[K ⁺]	[Na ⁺]	[Na ⁺]
		meq/lt	ppm	meq/lt	ppm
M118	Κρηνίτσα	0,0154	0,6	5,3043	122
M119	Βαλτινό	0,0205	0,8	3,6087	83
M120	Βαλτινό	0,0205	0,8	5,4348	125
M121	Κάτω Ελάτη	0,0154	0,6	2,3913	55
M122	Κάτω Ελάτη	0,0154	0,6	2,3913	55
M123	Κάτω Ελάτη	0,0179	0,7	2,913	67
M124	Κάτω Ελάτη	0,0205	0,8	4,2174	97
M125	Λογγάκι	0,0846	3,3	6,6522	153

Πίνακας 6. Μετρήσεις pH,ECw,SAR,RSC,Na%,Mg%

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ	E.C.w	PH	SAR	R.S.C	Na %	Mg %
	ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	μS/cm			meq/l		
M1	Παλαιομονάστηρο	457	7,32	2,09	0,01	31,20	5,22
M2	Παλαιομονάστηρο	378,4	7,59	1,76	-0,69	26,62	10,00
M3	Παλαιομονάστηρο	469	7,08	1,86	0,08	30,54	6,24
M4	Παλαιομονάστηρο	325,5	7,87	1,65	-0,25	29,54	14,69
M5	Παλαιομονάστηρο	336,1	7,44	1,60	-0,77	28,49	10,63
M6	Παλαιομονάστηρο	263,5	7,62	1,92	0,54	36,19	4,50
M7	Παλαιομονάστηρο	328,2	7,39	1,72	-0,25	31,37	9,36
M8	Παλαιομονάστηρο	178,1	7,58	1,60	0,14	30,71	4,28
M9	Παλαιομονάστηρο	374,5	7,76	1,64	-0,05	29,51	7,34
M10	Παλαιομονάστηρο	440	7,31	1,66	-0,21	27,36	8,99
M11	Κρήνη	788,1	6,79	4,43	-1,32	42,59	13,16
M12	Κρήνη	454,2	6,65	7,33	0,16	64,81	9,11
M13	Κρήνη	463,6	6,54	7,23	-0,15	64,03	5,33
M14	Κρήνη	498,6	7,02	5,85	0,90	59,05	6,08
M15	Κρήνη	580,6	7,02	3,49	0,95	43,08	8,68
M16	Φαρκαδόνα	967,1	6,92	7,68	-0,48	56,45	12,08
M17	Φαρκαδόνα	407,7	7,49	10,90	0,29	72,04	15,18
M18	Φαρκαδόνα	399	7,61	11,80	1,49	77,15	7,58
M19	Φαρκαδόνα	790,2	8,14	13,42	1,03	71,58	17,00
M20	Φαρκαδόνα	489,6	7,39	8,58	1,73	69,09	11,93
M21	Φαρκαδόνα	468,1	7,95	8,01	-0,83	63,46	20,92
M22	Φαρκαδόνα	503,8	7,22	8,27	-0,50	63,32	16,89
M23	Φαρκαδόνα	556,8	7,5	4,76	-1,02	49,50	15,89
M24	Μεγάλα Καλύβια	280,6	7,67	6,32	-1,60	59,94	27,25
M25	Μεγάλα Καλύβια	267,4	7,61	6,07	0,30	66,97	2,99
M26	Μεγάλα Καλύβια	284,7	7,55	5,78	-0,12	65,87	9,26
M27	Μεγάλα Καλύβια	275,2	7,57	3,77	-0,40	52,32	8,13
M28	Μεγάλα Καλύβια	304	7,65	6,82	0,74	67,69	4,94
M29	Μεγάλα Καλύβια	397,6	7,49	7,76	-0,03	64,75	9,58
M30	Μεγάλα Καλύβια	452	7,15	4,94	-0,64	52,84	5,88
M31	Μεγάλα Καλύβια	413,3	7,62	5,04	-0,84	52,79	16,95
M32	Μεγάλα Καλύβια	383,9	7,71	9,00	-0,55	68,06	11,58
M33	Μεγάλα Καλύβια	354,1	7,44	7,61	-0,87	64,70	23,33
M34	Μεγάλα Καλύβια	448,8	7,22	2,57	-1,42	33,87	16,98
M35	Γόμφοι	478,7	7,12	2,71	0,30	38,45	5,32
M36	Γόμφοι	464,7	7,13	2,62	0,19	37,70	5,38
M37	Γόμφοι	665,2	6,88	2,31	-2,25	27,64	22,43

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ	E.C.w	PH	SAR	R.S.C	Na %	Mg %
	ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	μS/cm			meq/l		
M38	Γόμφοι	518,5	7,16	2,49	-0,32	35,93	10,58
M39	Γόμφοι	481	7,12	2,19	-1,31	30,40	20,14
M40	Γόμφοι	541,8	7,1	2,03	-0,59	29,35	5,92
M41	Γόμφοι	537,7	7,09	2,01	-0,40	30,00	20,61
M42	Γόμφοι	470,4	7,66	1,65	0,29	28,06	6,51
M43	Γόμφοι	571	7,13	2,05	-1,10	28,73	17,76
M44	Γόμφοι	450	7,17	1,43	-0,63	24,10	18,12
M45	Γόμφοι	380	7,27	1,27	-0,64	22,26	9,68
M46	Γόμφοι	414,7	7,29	1,46	-2,15	22,56	17,44
M47	Γόμφοι	395,1	7,25	1,62	-0,54	27,20	6,31
M48	Γόμφοι	409,7	7,24	1,41	-1,95	22,28	25,83
M49	Γόμφοι	436	7,24	1,29	-3,55	18,43	36,62
M50	Βαλομάνδρι	323,1	7,17	3,73	0,13	50,77	21,40
M51	Ρόγγια	361,4	7,4	1,86	-1,99	28,81	46,34
M52	Ρόγγια	337,6	7,48	2,32	-1,19	35,98	36,40
M53	Ρόγγια	325,7	7,49	2,01	-1,67	30,45	42,63
M54	Ρόγγια	710,2	7,41	2,83	-1,15	33,73	33,01
M55	Φωτάδα	324,4	7,73	2,42	-1,91	35,89	44,38
M56	Δενδροχώρι	417,8	7,82	3,97	0,07	48,97	19,32
M57	Δενδροχώρι	465,5	7,61	1,76	-0,81	26,65	40,35
M58	Δενδροχώρι	550,6	7,53	1,15	-1,46	16,95	50,99
M59	Κάτω Ελάτη	329,8	7,7	2,01	-1,00	34,38	32,60
M60	Τρίκαλα	361,3	7,56	1,68	-2,18	26,08	49,95
M61	Τρίκαλα	364,7	7,5	2,04	-0,47	34,15	27,54
M62	Τρίκαλα	346,3	7,81	1,71	-2,19	26,78	37,79
M63	Μεγάλα Καλύβια	394,4	7,33	4,28	-1,83	45,65	23,70
M64	Λεπτοκαρυά	767	7,3	6,40	1,18	52,90	25,82
M65	Λεπτοκαρυά	597	7,09	3,83	-1,76	40,17	32,78
M66	Πύργος	358,4	7,55	1,76	-2,91	26,63	37,80
M67	Κηπάκι	573,5	7,42	2,47	-0,20	34,89	24,89
M68	Άγιοι Απόστολοι	679,6	7,47	9,32	-0,51	66,41	13,55
M69	Άγιοι Απόστολοι	418,6	7,67	1,68	-2,78	24,75	46,84
M70	Άγιοι Απόστολοι	390,5	7,7	2,02	-1,58	31,32	25,63
M71	Άγιοι Απόστολοι	404,3	8,02	2,02	-0,76	32,33	21,42
M72	Άγιοι Απόστολοι	417,6	7,78	1,87	-2,49	28,12	33,24
M73	Άγιοι Απόστολοι	381,8	7,7	1,78	-1,68	28,32	34,25
M74	Άγιοι Απόστολοι	384,8	7,69	2,18	-0,47	35,60	3,37
M75	Αγία Μονή	355,8	7,59	2,30	-0,28	38,21	21,69
M76	Αγία Μονή	357,6	7,69	1,76	0,03	26,66	50,45
M77	Μικρό Κεφαλόβρυσο	433	7,66	2,48	-0,66	36,95	17,13

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ	E.C.w	PH	SAR	R.S.C	Na %	Mg %
	ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	μS/cm			meq/l		
M78	Μικρό Κεφαλόβρυσο	377,2	7,73	1,83	-1,98	28,08	45,18
M79	Μικρό Κεφαλόβρυσο	487,1	7,58	1,85	-1,82	26,40	42,29
M80	Μικρό Κεφαλόβρυσο	390,4	7,78	1,90	-1,87	28,89	36,77
M81	Μικρό Κεφαλόβρυσο	473,8	7,97	2,01	-3,03	30,05	25,80
M82	Μικρό Κεφαλόβρυσο	462,9	7,89	1,82	-2,45	26,02	40,21
M83	Μικρό Κεφαλόβρυσο	436,3	7,74	1,94	-1,86	28,58	39,27
M84	Μικρό Κεφαλόβρυσο	445,8	7,71	2,01	-1,45	30,05	36,12
M85	Μικρό Κεφαλόβρυσο	424	7,77	1,94	-2,49	28,58	39,27
M86	Μικρό Κεφαλόβρυσο	467,3	7,67	2,01	-0,72	30,05	33,54
M87	Μικρό Κεφαλόβρυσο	423,8	7,72	1,91	-1,73	27,62	44,24
M88	Κάτω Ελάτη	348,8	7,88	2,24	0,89	36,89	27,93
M89	Κρηνίτσα	1153	7,83	3,97	-2,51	35,57	45,25
M90	Κρηνίτσα	644	7,26	4,38	0,07	45,86	14,72
M91	Κρηνίτσα	968,3	7,24	4,67	-1,77	41,83	26,75
M92	Κρηνίτσα	609	7,31	4,28	0,16	45,65	11,85
M93	Κρηνίτσα	685	7,41	5,11	-1,39	48,93	16,00
M94	Τρίκαλα	383	7,77	2,27	-0,37	36,56	19,94
M95	Τρίκαλα	376	7,75	2,07	-0,45	33,38	25,27
M96	Τρίκαλα	371,5	7,75	2,07	-0,85	33,38	28,43
M97	Μέλιγο	346,5	7,67	3,24	-0,58	45,81	26,92
M98	Μέλιγο	379,5	7,82	2,16	-0,35	34,28	18,70
M99	Μέλιγο	356,8	7,9	2,25	-0,57	35,84	28,76
M100	Μέλιγο	328,5	8,05	2,37	-0,69	38,29	30,73
M101	Μέλιγο	333,3	7,9	4,42	0,25	54,28	18,74
M102	Παλαιόπυργος	734,1	7,26	4,58	-0,42	45,49	16,11
M103	Παλαιόπυργος	801,6	7,31	4,90	-1,13	45,85	22,31
M104	Αγία Μονή	360,5	7,82	2,53	0,05	39,19	25,50
M105	Πυργετός	366,7	7,69	2,53	-0,47	39,17	15,93
M106	Μέλιγο	364	8,01	2,32	-1,08	36,01	21,25
M107	Μέλιγο	365,2	7,87	2,44	0,05	38,34	19,39
M108	Μέλιγο	345,9	7,84	2,47	-0,99	37,92	24,68
M109	Μέλιγο	371,3	7,86	2,60	-0,78	39,19	24,23
M110	Μέλιγο	357	7,01	2,53	0,05	39,19	31,88
M111	Μέλιγο	376	7,87	2,32	-0,87	36,00	9,10

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ	E.C.w	PH	SAR	R.S.C	Na %	Mg %
	ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	μS/cm			meq/l		
M112	Πυργετός	344	7,69	2,38	-0,15	37,11	25,03
M113	Πυργετός	353,2	7,71	2,38	-1,09	37,11	18,77
M114	Κρηνίτσα	1366	7,41	6,39	-3,59	45,42	37,34
M115	Κρηνίτσα	576,2	7,75	6,12	-0,47	54,96	28,96
M116	Κρηνίτσα	614,8	7,7	6,96	-0,79	58,09	26,94
M117	Κρηνίτσα	550	7,9	6,55	-1,23	57,88	17,99
M118	Κρηνίτσα	348,8	7,82	5,73	-0,17	60,64	11,52
M119	Βαλτινό	362,8	7,79	3,21	-0,74	41,63	20,93
M120	Βαλτινό	407,1	7,69	4,42	-2,06	47,25	15,77
M121	Κάτω Ελάτη	363,1	7,8	2,32	-0,87	36,01	24,29
M122	Κάτω Ελάτη	354	7,8	2,44	-0,26	38,34	29,09
M123	Κάτω Ελάτη	358,9	7,81	2,83	-0,66	40,66	22,51
M124	Κάτω Ελάτη	476,8	7,67	3,92	-0,86	47,52	15,90
M125	Λογγάκι	1532	7,44	3,31	-4,37	29,09	37,03

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Συζήτηση-Συμπεράσματα

Η κατάταξη των νερών αρδεύσεως σύμφωνα με το εργαστήριο αλατούχων εδαφών των Η.Π.Α (εικόνα Ε,πίνακας Β)έχει ως εξής (διάγραμμα 25)το 92% των δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία C2S1,που σημαίνει ότι ο κίνδυνος αλάτωσης των εδαφών είναι μέσος και ο κίνδυνος νατρίου μικρός.Το 7,2% των δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία C3S1, πρόκειται δηλαδή για νερά όπου ο κίνδυνος αλάτωσης των εδαφών είναι μέσος μέχρι υψηλός και ο κίνδυνος νατρίου μικρός.Τέλος το υπόλοιπο 0,8% των δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία C1S1 όπου ο κίνδυνος νατρίου είναι πολύ μικρός όπως επίσης και ο κίνδυνος αλάτωσης των εδαφών.

Κατηγορία	Ποσοστό (%)
C2S1	92
C3S1	7,2
C1S1	0,8

Η κατάταξη των νερών αρδεύσεως με βάση το υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο (R.S.C), [(Eaton, F.M.,(1950) και Wilxon,L.V.et al.,(1967)] έχει ως εξής (διάγραμμα 26)το 54,4% των δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία II που σημαίνει ότι τα νερά αυτά περιέχουν λίγο υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο. Το 44% των δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία I δηλαδή τα νερά αυτά δεν περιέχουν κίνδυνο υπολειμματικού ανθρακικού νατρίου. Τέλος το, υπόλοιπο 1,6% των δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία III δηλαδή τα νερά αυτά περιέχουν μέτριο ανθρακικό νάτριο.

Κατηγορία	Ποσοστό (%)
(I)	44
(II)	54,4
(III)	1,6

Η κατάταξη των νερών αρδεύσεως σύμφωνα με τους [Christiansen , et.al (1977)], (πίνακας C) και με βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα έχει ως εξής (διάγραμμα 27) το **76,8%** των δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία **Άριστο** (0-500 $\mu\text{S}/\text{cm}$), το **20,8%** των δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία **Καλό** (500-1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) και τέλος το υπόλοιπο **2,4%** των δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία **Ανεκτό** (1000-2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Κατηγορία	Ποσοστό (%)
Άριστο	76,8
Καλό	20,8
Ανεκτό	2,4

Με βάση το επί τοις εκατό ποσοστό νατρίου (βαθμός αλκαλίωσης νατρίου), (διάγραμμα 28) το **63,2%** των δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία **Άριστο** (<40), το 24% των δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία **Καλό** (40-60), το **10,4%** των δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία **Ανεκτό** (60-70) και τέλος το **2,4%** των δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία **Αμφίβολο** (70-80) ποιότητας αρδευτικών νερών.

Κατηγορία	Ποσοστό (%)
Άριστο	63,2
Καλό	24
Ανεκτό	10,4
Αμφίβολο	2,4

Με βάση το S.A.R (διάγραμμα 29) το **70,4%** των δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία **Άριστο** (<3), το **24,8%** των δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία **Καλό** (3-6), το **4%** ανήκει στην κατηγορία **Ανεκτό** (6-9) και τέλος το υπόλοιπο **0,8%** των δειγμάτων χαρακτηρίζονται ως **Αμφιβόλου** (9-12) ποιότητας αρδευτικών νερών.

Κατηγορία	Ποσοστό (%)
Άριστο	70,4
Καλό	24,8
Ανεκτό	4
Αμφίβολο	0,8

Με βάση το υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο (διάγραμμα 30) το **92,8%** των δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία **Άριστο** (R.S.C<0,5), το **4%** των δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία **Καλό** (0,5-1) και τέλος το **3,2%** των δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία **Ανεκτό** (1-2).

Κατηγορία	Ποσοστό(%)
Άριστο	92,8
Καλό	4
Ανεκτό	3,2

Με βάση την συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου στο νερό άρδευσης (διάγραμμα 31) το **100%** των δειγμάτων χαρακτηρίζεται ως **Αρίστης** ποιότητας αρδευτικών νερών.

Κατηγορία	Ποσοστό (%)
Άριστο	100

Η κατάταξη των νερών άρδευσης σύμφωνα με τους (Ayers and Westcot, 1976), (πίνακας 4) και με βάση την ηλεκτρική

αγωγιμότητα έχει ως εξής (διάγραμμα 32) το **91,2%** των δειγμάτων δεν έχουν **Καμία επίπτωση** (1-700 $\mu\text{S}/\text{cm}$) , το υπόλοιπο **8,8%** των δειγμάτων έχουν **Μικρή μέχρι μέση επίπτωση** (700-3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Κατηγορία	Ποσοστό(%)
Καμία επίπτωση	91,2
Μικρή έως μέση επίπτωση	8,8

Με βάση την διήθηση και την ηλεκτρική αγωγιμότητα για S.A.R:0-3 (διάγραμμα 33) το **2,4%** των δειγμάτων δεν έχουν **Καμία επίπτωση** (>700 $\mu\text{S}/\text{cm}$) , το **67,2%** των δειγμάτων **Μικρή έως μέση επίπτωση** (200-700) και τέλος το **0,8%** των δειγμάτων έχουν **Μεγάλη επίπτωση** (<200 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Κατηγορία	Ποσοστό(%)
Καμία επίπτωση	2,4
Μικρή έως μέση επίπτωση	67,2
Μεγάλη επίπτωση	0,8

Με βάση το S.A.R (επιφανειακή άρδευση) (διάγραμμα 34) το **70,4%** των δειγμάτων δεν έχουν **Καμία επίπτωση** (0-3), το **28,8%** των δειγμάτων έχουν **Μικρή μέχρι μέση επίπτωση** (3-9) και το **0,8%** των δειγμάτων έχουν **Μεγάλη επίπτωση**(>9).

Κατηγορία	Ποσοστό(%)
Καμία επίπτωση	70,4
Μικρή έως μέση επίπτωση	28,8
Μεγάλη επίπτωση	0,8

Με βάση την συγκέντρωση των ιόντων νατρίου (καταιονισμός) (διάγραμμα 35) το **60%** των δειγμάτων δεν έχουν

Καμία επίπτωση (0-3 meq/l) και το **40%** των δειγμάτων έχουν **Μεγάλη επίπτωση** (>3 meq/l).

Κατηγορία	Ποσοστό(%)
Καμία επίπτωση	60
Μεγάλη επίπτωση	40

Με βάση την συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου (επιφανειακή άρδευση),(διάγραμμα 36) το **100%** των δειγμάτων δεν έχουν **Καμία επίπτωση** (<4 meq/l).

Κατηγορία	Ποσοστό (%)
Μικρή επίπτωση	100

Με βάση την συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου (καταιονισμός),(διάγραμμα 37)το **100%** των δειγμάτων δεν έχουν **Καμία επίπτωση** (<3meq/l).

Κατηγορία	Ποσοστό(%)
Καμία επίπτωση	100

Με βάση την συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων [NO₃]- (meq/l) (διάγραμμα 38)το **100%** των δειγμάτων δεν προκαλεί **Καμία επίπτωση** (<5).

Κατηγορία	Ποσοστό (%)
Καμία επίπτωση	100

Με βάση την συγκέντρωση των όξινων ανθρακικών ιόντων (διάγραμμα 39), το **1,6%** των δειγμάτων δεν προκαλεί **Καμία επίπτωση** (<1,5meq/l), το **95,2%** προκαλεί **Μικρή ή μέχρι μέση**

επίπτωση (1,5-8,5 meq/l) και τέλος το **3,2%** των δειγμάτων προκαλεί **Μεγάλη επίπτωση (>8,5 meq/l)**.

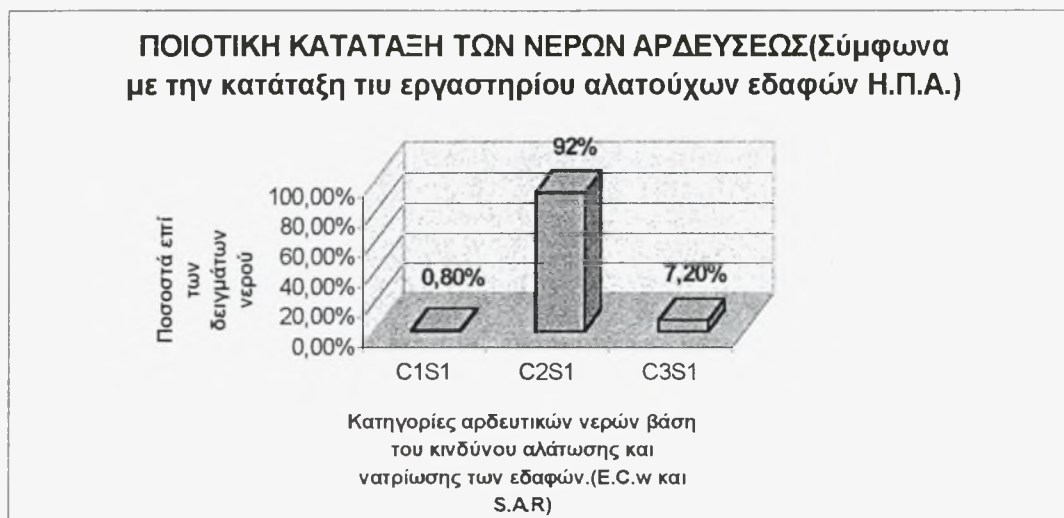
Κατηγορία	Ποσοστό(%)
Καμία επίπτωση	1,6
Μικρή έως μέση επίπτωση	95,2
Μεγάλη επίπτωση	3,2

Με βάση την συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων [NO₃]- σε ppm (διάγραμμα 40) το σύνολο των δειγμάτων δηλαδή το **100%** είναι στο **επιθυμητό επίπεδο**.

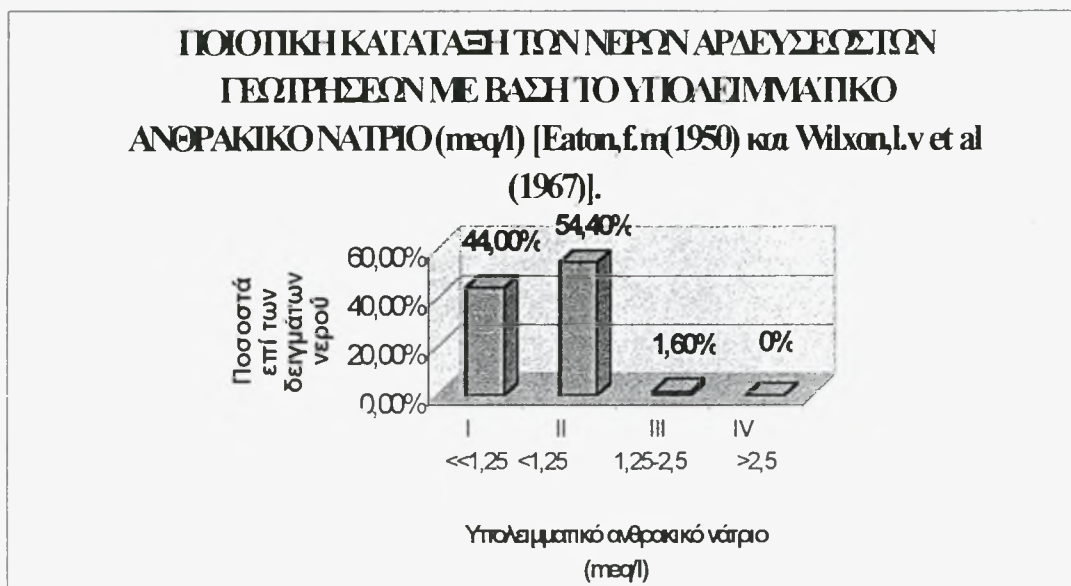
Κατηγορία	Ποσοστό(%)
Επιθυμητό επίπεδο	100

Ποιοτική κατάταξη των νερών αρδεύσεως των γεωτρήσεων.

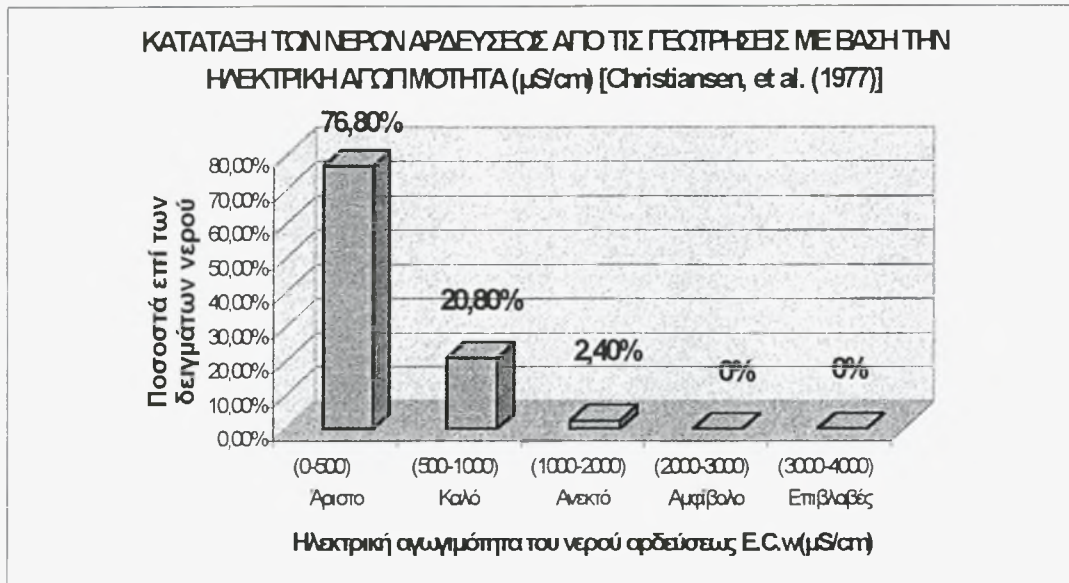
Διάγραμμα 25



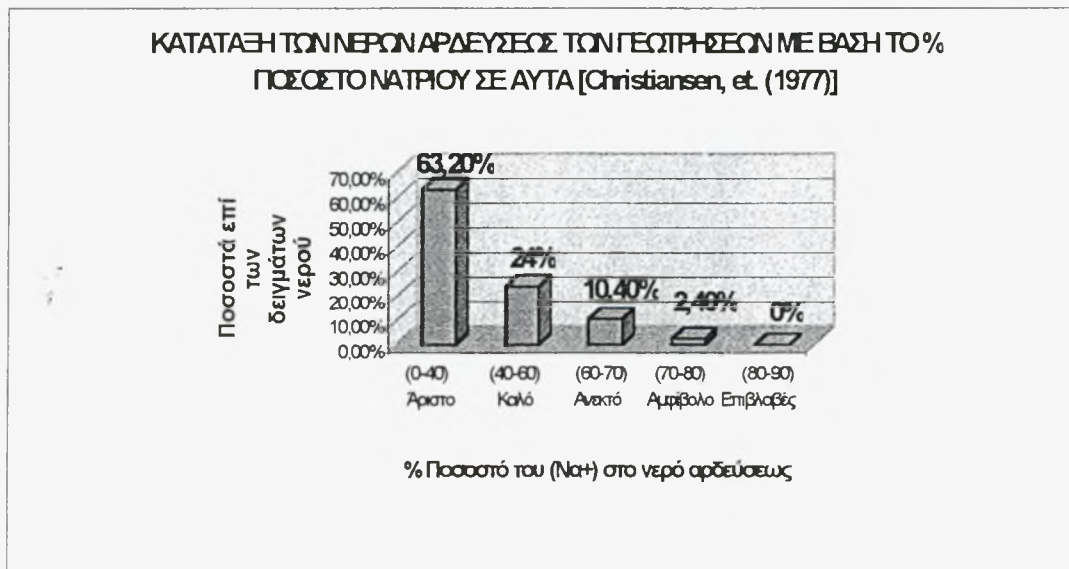
Διάγραμμα 26



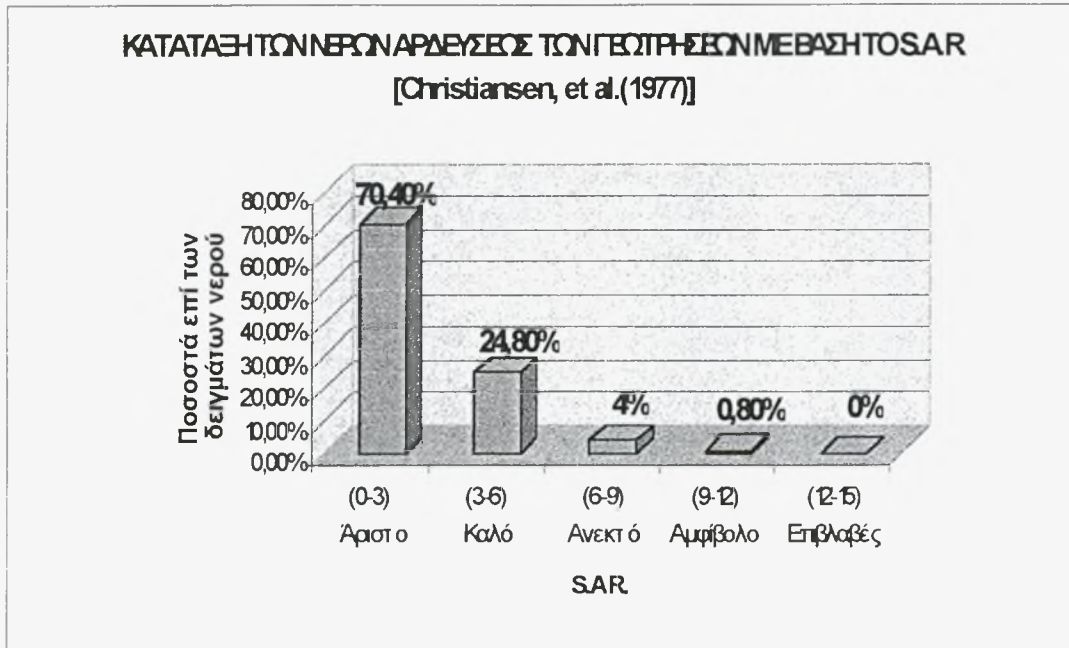
Διάγραμμα 27



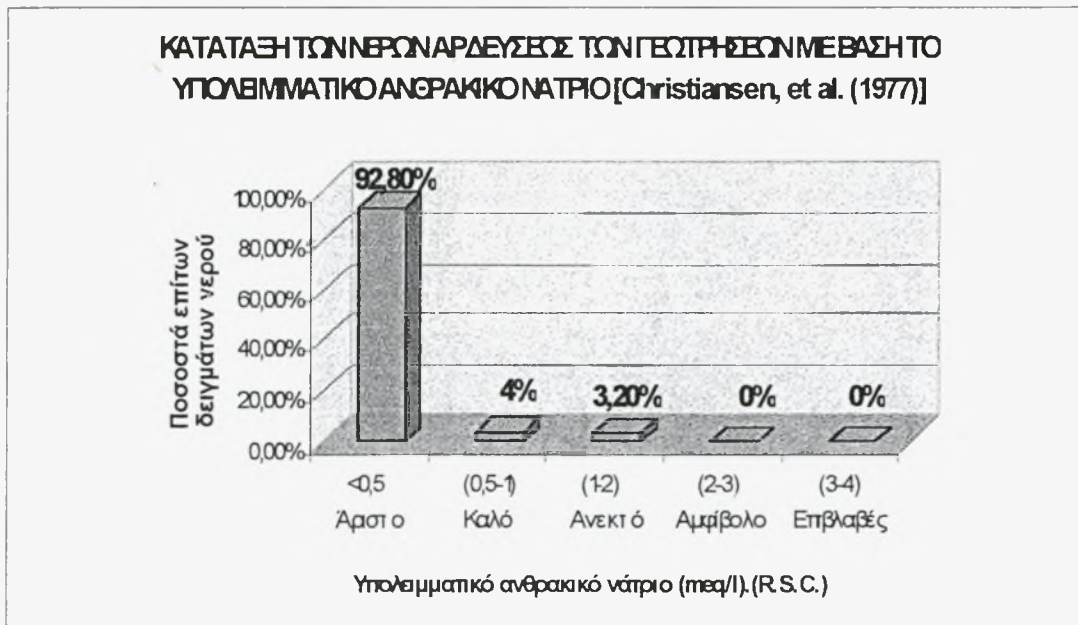
Διάγραμμα 28



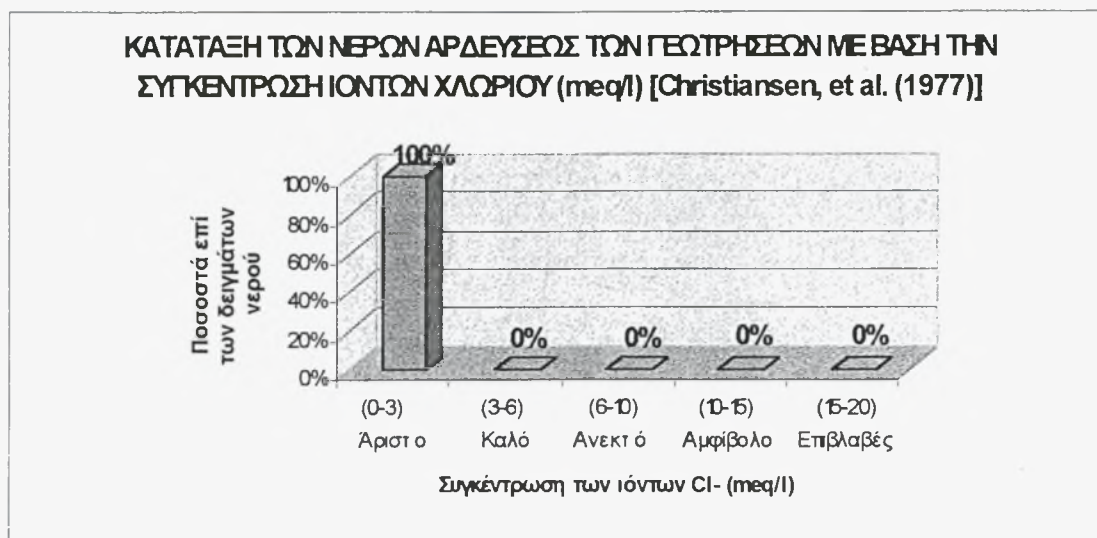
Διάγραμμα 29



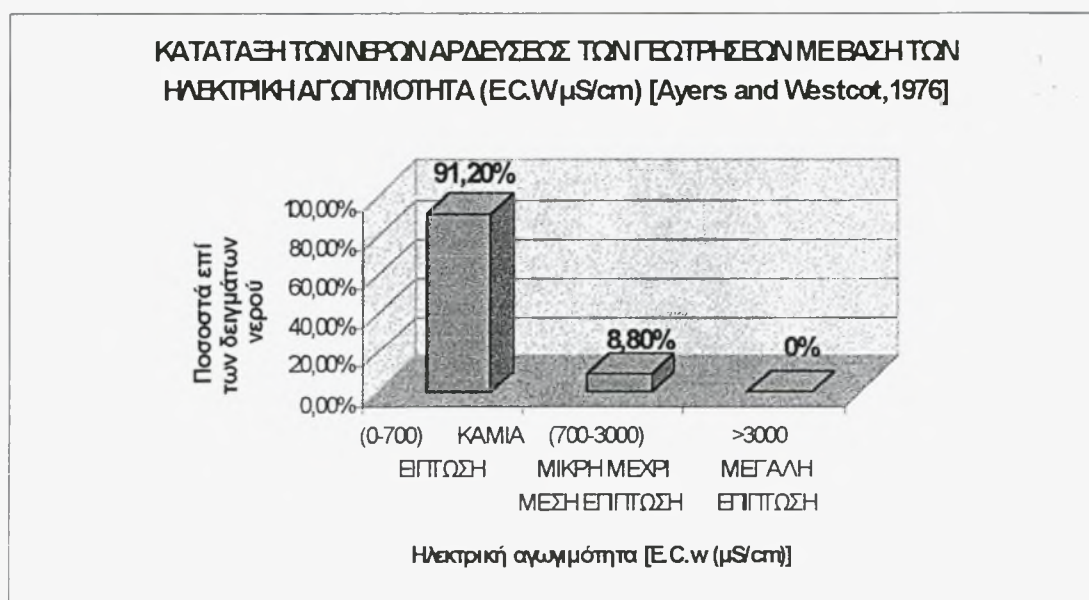
Διάγραμμα 30



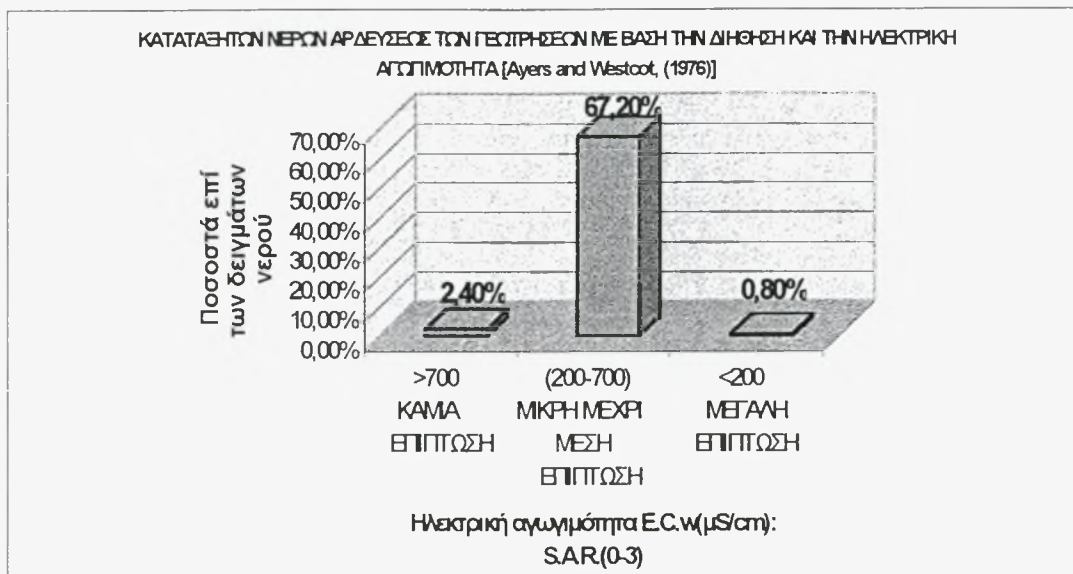
Διάγραμμα 31



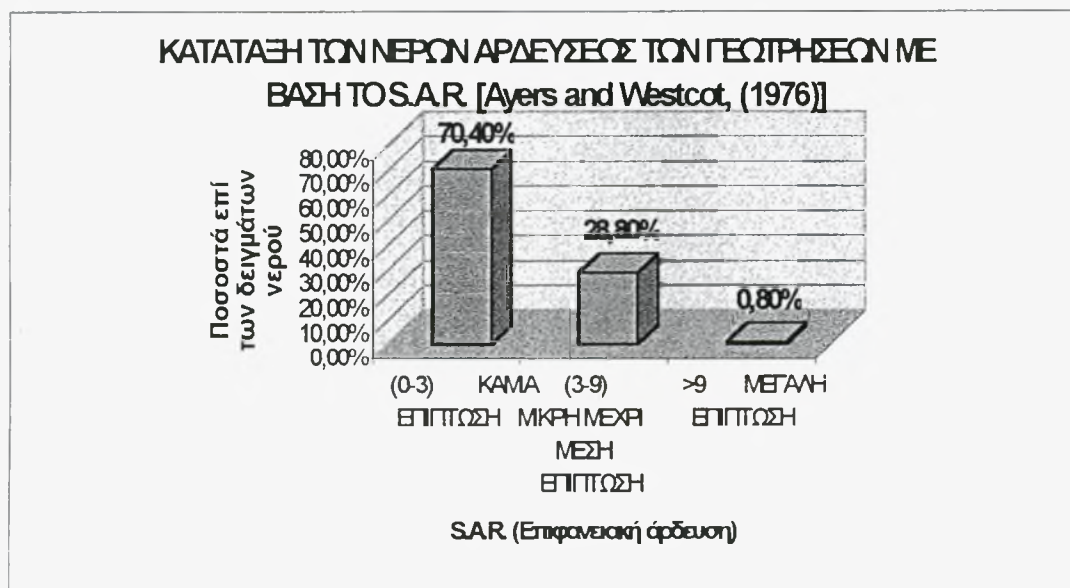
Διάγραμμα 32



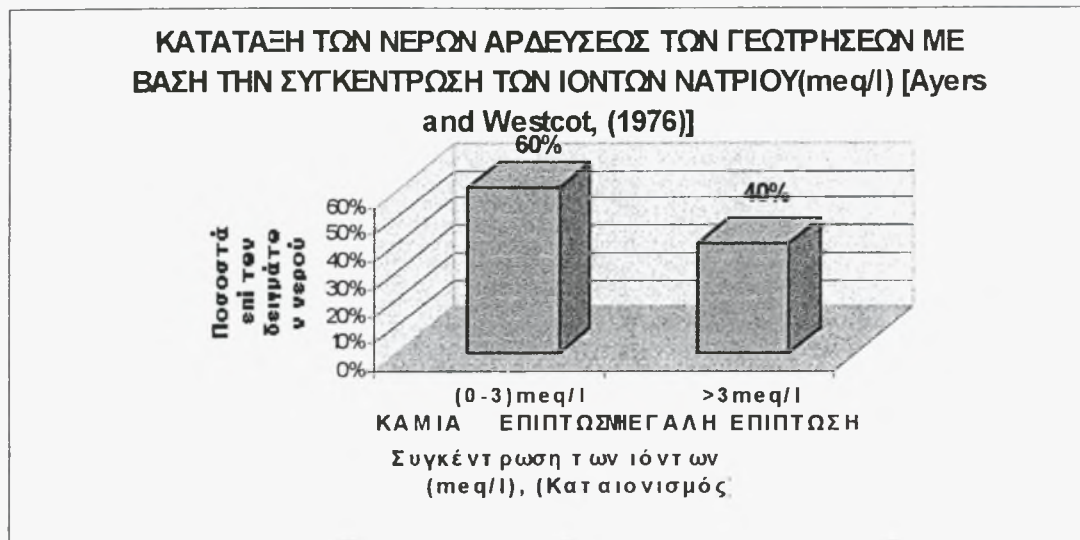
Διάγραμμα 33



Διάγραμμα 34



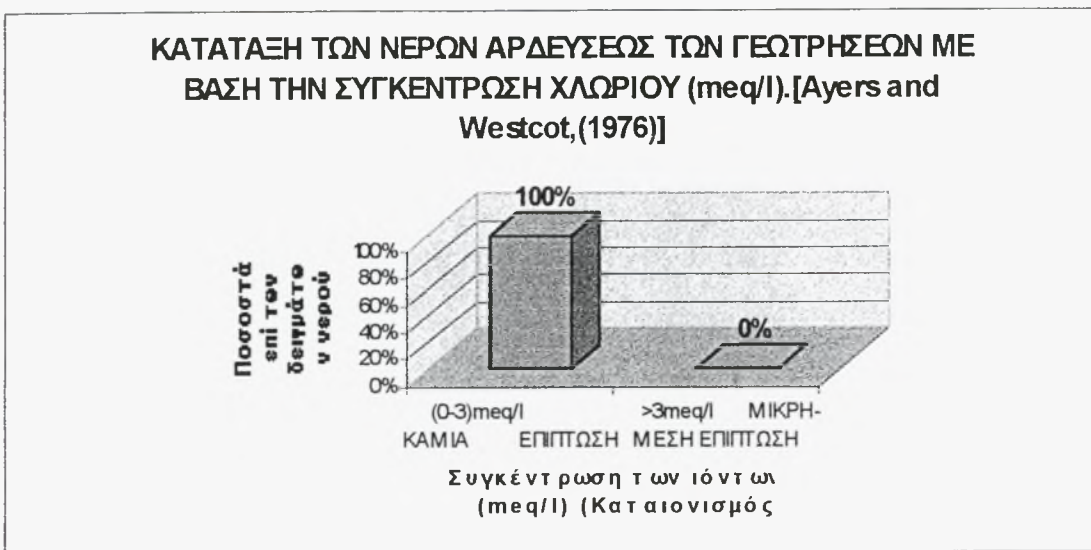
Διάγραμμα 35



Διάγραμμα 36



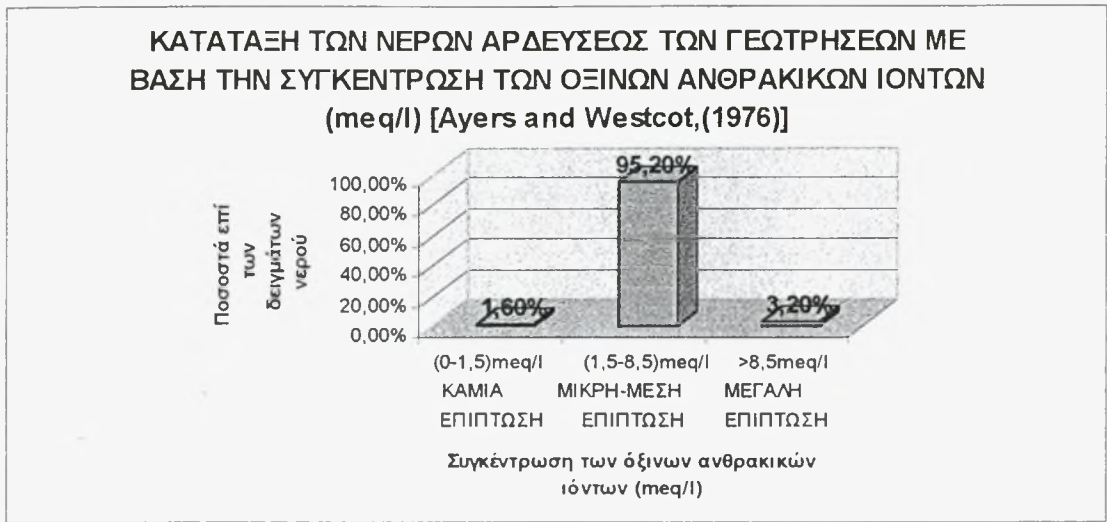
Διάγραμμα 37



Διάγραμμα 38



Διάγραμμα 39



Διάγραμμα 40



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ayers, R.S. and Westcot, D.L. (1976). Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29, FAO, Rome. 97p.
2. Christiansen, J.E., Olsen, E.G., and Willardson L.S. (1977). Irrigation water quality. J.Irrig. and Drain. Div. ASCE, 103,2,155-169.
3. Eaton, F.M. (1950). Significance of Carbonates in irrigation water. Soil Science, 69,123-133.
4. Μήτσιος Ι.Κ. (1996) " Αλατούχα και Αλκαλιωμένα (με νάτριο) εδάφη, ποιοτική κατάταξη των νερών αρδεύσεως . Εκδόσεις Zymel Αθήνα..
5. Μήτσιος Ι.Κ. (1996) " Εδαφολογία (Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας).
6. Μήτσιος Ι.Κ.(1997) " Γονιμότητα εδαφών και στοιχεία θρέψης φυτών (Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας).
7. Π.Ε.Γ.Ε.Α.Α. ΑΘΗΝΩΝ (1991) " Μέθοδοι ανάλυσης νερού αρδεύσεως.
8. Westcot, D.V. and Ayers, R.S. (1984) . Irrigation with Reclaimed Municipal Wastewater. Calif. State Water Pres. Control Board Rept., No 84-1, ch. 3,
9. Wilxon, L.V. and Durum, W.H. (1967). Irrigation of Agriculture Lands. Amer. Soc. Monograph, 11, Madison, Wisc.
10. Μήτρακας Μανασσής "Ποιοτικά Χαρακτηριστικά και Επεξεργασία Νερού.
11. Λέκκας Δ.Θ. "Διαχείριση Υδατικών Πόρων.

