

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ
& ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
Αριθ. Πρωτ. 141
Ημερομηνία 11-10-2000

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ & ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ: ΣΕΧΑ ΕΥΜΟΡΦΙΑ
Α.Μ.: 0495041

**«ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ
ΤΟΥ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΣΤΕΦΑΝΟΒΙΚΕΙΟΥ»**



ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:
Μ. ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ – ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ

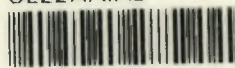
ΒΟΛΟΣ 2000



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

Αριθ. Εισ.: 990/1
Ημερ. Εισ.: 06-10-2003
Δωρεά: _____
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ ΓΦΖΠ
2000
ΣΕΧ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000070322

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Μ. ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ - ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ:

ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Α. ΣΦΟΥΓΓΑΡΗΣ:

ΛΕΚΤΟΡΑΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Σ. ΤΖΩΡΤΖΙΟΣ:

ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Στην οικογένειά μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πολλές ευχαριστίες εκφράζονται στην επιβλέπουσα καθηγήτριά μου κα. Μ. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για τη βοήθεια και την πολύτιμη καθοδήγηση, όπως επίσης και τα άλλα δύο μέλη της εξεταστικής επιτροπής κ. Σ. Τζώρτζιο Αναπληρωτή Καθηγητή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και κ. Α. Σφουγγάρη Λέκτορα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Θερμές ευχαριστίες εκφράζονται και στην υποψήφια διδάκτορα κα. Α. Αγγελάκη του εργαστηρίου γεωργικής υδραυλικής, του Τμήματος Φυτικής και Ζωικής Παραγωγής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την πολύτιμη βοήθειά της κατά τη διάρκεια της εργασίας. Τέλος θερμές ευχαριστίες εκφράζονται στην οικογένειά μου και στους φίλους μου για την αγάπη και τη συμπαράστασή τους.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τα τελευταία χρόνια η ποιότητα του αρδευτικού νερού παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον, τόσο στους μελετητές και κατασκευαστές αρδευτικών έργων, όσο και στους χρήστες του νερού, διότι το φυσικό νερό καλής ποιότητας είναι περιορισμένο. Η αύξηση της αρδευόμενης γεωργίας έχει σαν συνέπεια την εξάντληση των πηγών νερού καλής ποιότητας, ενώ από την άλλη πλευρά η αυξανόμενη ρύπανση του περιβάλλοντος έχει σαν αποτέλεσμα την υποβάθμιση των ήδη υπαρχόντων πηγών νερού.

Η εντατική χρησιμοποίηση του νερού καλής ποιότητας, με την επέκταση των περιοχών άρδευσης, οδηγεί στην χρησιμοποίηση νερού από πηγές χαμηλής ποιότητας και καταλληλότητας. Για τη σωστή χρήση αυτού του νερού και την αποφυγή της δημιουργίας προβλημάτων, πρέπει κατά το σχεδιασμό και την εφαρμογή των αρδεύσεων να εξασφαλίζεται η καλύτερη χρησιμοποίηση του νερού δεδομένης ποιότητας.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των φυσικών και χημικών αναλύσεων των νερών του ταμιευτήρα του Στεφανοβικείου της τέως λίμνης Κάρλας του νομού Μαγνησίας.

Οι περιεκτικότητες σε χλώριο καθώς και η ηλεκτρική αγωγιμότητα ήταν υψηλές στα νερά του ταμιευτήρα, με αποτέλεσμα να μη θεωρούνται ποιοτικώς καλά για άρδευση. Επίσης στα υπό μελέτη νερά, παρατηρήθηκαν και χαμηλές συγκεντρώσεις φυτοφαρμάκων και βαρέων μετάλλων, αλλά η χαμηλή τοξικότητα που παρατηρήθηκε δεν μπορεί να αποδοθεί στην επίδραση συγκεκριμένων χημικών ενώσεων.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό αποτελεί το βασικό στοιχείο του κύκλου της ζωής. Σε δυναμικά αναπτυσσόμενες καλλιέργειες, το νερό είναι τέσσερις με οκτώ φορές παραπάνω από το βάρος των στερεών συστατικών των φυτών. Ακόμη για την παραγωγή μιας μονάδας ξηρής φυτικής ουσίας χρειάζεται να περάσουν μέσα από τα φυτά πολλές εκατοντάδες μονάδες νερού που χάνονται στην ατμόσφαιρα με τη διαδικασία της διαπνοής.

Οι υδατικοί πόροι λοιπόν αποτελούν γενικά απαραίτητη προϋπόθεση για την επιβίωση του ανθρώπου, την ανάπτυξη κάθε είδους δραστηριότητας και τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας.

Η συνεχής όμως αύξηση της ζήτησης του νερού κατάλληλης ποιότητας για κάθε χρήση και η παράλληλη αύξηση των πηγών ρύπανσης των υδατικών πόρων, σε συνδυασμό με τις απαιτήσεις για τη διατήρηση της ισορροπίας στο περιβάλλον, δημιουργούν πολύπλοκα προβλήματα στην προγραμματισμένη ανάπτυξη μιας περιοχής.

Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών είναι αναγκαία η χάραξη και η εφαρμογή μιας συνεπούς πολιτικής, που θα στηρίζεται στην ορθολογική διαχείριση του συστήματος «υδατικός πόρος – χρήση του».

Στενή σχέση με τη διαθέσιμη ποσότητα νερού έχει βέβαια και η ποιότητα. Αν και η Ελλάδα είχε παράδοση στα νερά καλής ποιότητας, οι μακροχρόνιες χωρίς προγραμματισμό και έλεγχο ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν αρχίσει να κάνουν εμφανή τα τελευταία χρόνια, την υποβάθμισή της, τόσο στους επιφανειακούς, όσο και στους υπόγειους υδατικούς πόρους.

Οι κύριες πηγές ρύπανσης και μόλυνσης είναι τα αστικά λύματα και τα βιομηχανικά απόβλητα και βέβαια οι γεωργικές δραστηριότητες, λόγω έντονης και μη ορθολογικής χρήσης λιπασμάτων, εντομοκτόνων, ζιζανιοκτόνων κ.τ.λ.

Επίσης οι υπόγειοι υδατικοί πόροι, που βρίσκονται σε παράκτιες περιοχές, έχουν υποστεί υποβάθμιση της ποιότητας των νερών τους, ενώ το ίδιο συμβαίνει και σε μεγάλα υδατορεύματα. Τα νερά εξάλλου της βόρειας Ελλάδας επιβαρύνονται με τη ρύπανση, που μεταφέρεται σ' αυτά από τις ανάντη χώρες. Ειδικότερα οι περιοχές, που βρίσκονται στον άξονα Καβάλα – Θεσσαλονίκη – Αθήνα – Πάτρα, λόγω της συγκέντρωσης πληθυσμού και δραστηριοτήτων, καθώς και λόγω της ελλειμματικότητας σε νερό, που παρουσιάζουν, έχουν πιο οξυμένο πρόβλημα σχετικά με την ποιότητα του νερού.

Όταν η ποιότητα του αρδευτικού νερού δεν είναι καλή, τότε μπορεί να δημιουργηθούν προβλήματα αλατότητας, διηθητικότητας, τοξικότητας και άλλα ειδικά προβλήματα, που θα αναφερθούν αναλυτικά όπως φαίνεται παρακάτω:

α) Προβλήματα αλατότητας

Τα προβλήματα αλατότητας εμφανίζονται στις καλλιέργειες. Τα συμπτώματα των φυτών είναι παρόμοια με αυτά που προκαλεί η ξηρασία. Παρουσιάζονται με συσσώρευση αλάτων στο ριζόστρωμα των αρδευόμενων εκτάσεων, τα οποία προκαλούν μείωση της απόδοσης των φυτών. Η συσσώρευση των αλάτων μπορεί να προέλθει είτε από αλατούχο, υψηλής στάθμης υπόγειο νερό ή από τα άλατα του εφαρμοζόμενου νερού. Η μείωση των αποδόσεων των καλλιεργειών επέρχεται όταν τα φυτά χάσουν την ικανότητα να απορροφούν

ικανοποιητικές ποσότητες νερού. Αν η πρόσληψη του νερού περιοριστεί σημαντικά, τότε μειώνεται ο ρυθμός ανάπτυξης των φυτών.

Τα άλατα, που προκαλούν τα προβλήματα αλατότητας είναι ευδιάλυτα και κινούνται γρήγορα με το νερό. Ένα μέρος των αλάτων, που συσσωρεύτηκαν από προηγούμενες αρδεύσεις μπορεί να εκπλυθεί πιο κάτω από το ριζόστρωμα αν διηθηθεί νερό περισσότερο από τις ανάγκες των καλλιεργειών, κατά την άρδευση. Το πρόβλημα της αλατότητας ρυθμίζεται με την έκπλυση. Σε μία ορισμένη χρονική περίοδο τα άλατα που απομακρύνονται με την έκπλυση πρέπει να είναι περισσότερα ή ίσα με εκείνα που προστίθενται με το νερό εφαρμογής.

Η αλατότητα μετράται και καταγράφεται σαν ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.w). Οι κατηγορίες ποιότητας νερού από την πλευρά της αλατότητας βασίζονται στον προσδιορισμό της E.C.w.

β) Προβλήματα διηθητικότητας

Το πρόβλημα της διηθητικότητας, από την ποιότητα του νερού, παρουσιάζεται στα πρώτα λίγα εκατοστά από την επιφάνεια του εδάφους και συνδέεται με την σταθερότητα της δομής του επιφανειακού εδάφους. Το τελικό αποτέλεσμα, είναι η μειωμένη εφαρμογή νερού στις καλλιέργειες, όπως και στην περίπτωση της μείωσης της διαθεσιμότητας του νερού, που οφείλεται στην αλατότητα, αλλά από διαφορετικές αιτίες. Τα προβλήματα διηθητικότητας παρουσιάζονται όταν η κανονική διηθητικότητα του νερού εφαρμογής ή της βροχής μειώνεται αρκετά και το νερό παραμένει στην επιφάνεια του εδάφους για μεγαλύτερο χρόνο ή η διήθηση γίνεται πιο αργά, με αποτέλεσμα τα φυτά να μην προμηθεύονται ικανοποιητικές ποσότητες νερού για να διατηρήσουν ικανοποιητικές τις αποδόσεις τους.

Η διηθητικότητα επηρεάζεται από την αλατότητα του νερού και την αναλογία του νατρίου προς το άθροισμα ασβεστίου και μαγνησίου. Η χαμηλή αλατότητα του νερού ή η υψηλή αναλογία νατρίου, μειώνει τη διηθητικότητα (Πίν. 1). Δευτερεύοντα προβλήματα μπορούν να παρουσιαστούν επειδή οι αρδεύσεις παρατείνονται για μεγαλύτερο χρόνο, για να δώσουν ικανοποιητική διήθηση. Σ' αυτά περιλαμβάνονται η δημιουργία σκληρής επιφάνειας, που δυσκολεύει τη βλάστηση, η ανάπτυξη ζιζανίων, η σήψη των σπόρων, η δημιουργία αδύνατων στελεχών και οι κακές συνθήκες αερισμού. Στα προβλήματα αυτά από τη διηθητικότητα εύκολα προστίθενται και προβλήματα από ασθένειες.

Τα κριτήρια ποιότητας του νερού, ως προς τη διηθητικότητα, βασίζονται στις εκτιμήσεις της E.C.w ή στο προσαρμοσμένο SAR.

γ) Προβλήματα τοξικότητας

Οι μόνιμες, πολυετείς καλλιέργειες είναι πιο ευαίσθητες στα προβλήματα τοξικότητας, τα οποία παρουσιάζονται όταν κάποια στοιχεία (ιόντα) του εδάφους ή του νερού προσλαμβάνονται από τα φυτά συσσωρεύονται σε υψηλές συγκεντρώσεις προκαλώντας ζημίες ή μείωση των αποδόσεων τους. Το μέγεθος της ζημίας εξαρτάται από την κατανάλωση του νερού και την ευαισθησία των καλλιεργειών.

Τα προβλήματα τοξικότητας προκαλούνται από ιόντα χλωρίου, νατρίου και βορίου. Η τοξικότητα συχνά συνοδεύει και συμπληρώνει τα προβλήματα αλατότητας και διηθητικότητας. Ζημίες προκαλούνται όταν τοξικά ιόντα προσροφούνται σε σημαντικά ποσά στα φύλλα με τη διαπνοή. Τοξικότητα μπορεί να προκληθεί και από την προσρόφηση των τοξικών ιόντων από τα φύλλα, όταν αυτά διαβρέχονται με

καταιονιστήρες. Τα νάτριο και το χλώριο είναι από τα κυριότερα ιόντα, που προσροφόνται από τα φύλλα.

δ) Ειδικά προβλήματα

Στα ειδικά προβλήματα συμπεριλαμβάνονται προβλήματα ανάπτυξης των καλλιεργειών, που οφείλονται στην ποσότητα του νερού, όπως είναι: η υπερβολική ανάπτυξη των καλλιεργειών, η καθυστέρηση της ωρίμανσης ως αποτέλεσμα της παρουσίας αζώτου στο νερό, οι λευκές αποθέσεις, οι αποθέσεις στα φρούτα και στα φύλλα, που οφείλονται στην άρδευση με ψεκασμό, με νερό υψηλής περιεκτικότητας σε όξινα ανθρακικά. Προβλήματα μπορεί να υπάρξουν ακόμα σε σχέση με το pH, την οξύτητα ή την υψηλή αλκαλικότητα. Οι κατηγορίες του νερού ταξινομούνται ανάλογα με τη συγκέντρωση του νιτρικού και αμμωνιακού αζώτου, των όξινων ανθρακικών και του pH (Πίν. 1).

Πιν. 1. Κατάταξη του αρδευτικού νερού, ως προς την ποιότητά του (Ayers R.S. and Westcot, 1985).

Προβλήματα και σχετική ποιοτική παράμετρος	(1) Χωρίς πρόβλημα	(2) Αυξανόμενο πρόβλημα	(3) Σοβαρό πρόβλημα
Αλατότητα (α)			
E.C. _w του νερού, (mmhos/cm)	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3
TDS, (mgr/lit)	< 450	450 – 2000	> 2000
Διηθητικότητα (β)			
SAR = 0 – 3 , E.C. _w =	> 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 , =	> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9
Τοξικότητα ιόντων από (γ):			
• προσρόφηση από τις ρίζες:			
Νάτριο, (meq/lt)	< 3,0	3,0 – 9,0	> 9,0
Χλώριο, (meq/lt)	< 4,0	4,0 – 10,0	> 10,0
(mgr/lt ή ppm)	< 142	142 – 355	> 355
Βόριο, (mgr/lt ή ppm)	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
• προσρόφηση από τα φύλλα κατά το ψεκασμό (δ):			
Νάτριο, (meq/lt)	< 3,0	> 3,0	--
(mgr/lt ή ppm)	< 69	> 69	--
Χλώριο, (meq/lt)	< 3,0	> 3,0	--
(mgr/lt ή ppm)	< 106	> 106	--
Ειδικά προβλήματα (ε):			
NH ₄ – N και NO ₃ , (mgr/lt ή ppm)	< 5	5 – 30	> 30
για ευαίσθητες καλλιέργειες:			
HCO ₃ (μόνο για ψεκασμό)			
(meq/lt)	< 1,5	1,5 – 8,5	> 8,5
(mgr/lt)	< 90	90 – 520	> 520
PH	Κανονικό εύρος 6,5 – 8,4		

Σημειώσεις πάνω στον Πίνακα 1:

(α) Περιλαμβάνεται το νερό για τα φυτά και για τις απαιτήσεις έκλυσης (LR). Οι καλλιέργειες παρουσιάζουν διαφορετική ευαισθησία στα άλατα ($\text{mmhos/cm} \times 640 = \text{TDS}$ σε mgr/lt ή ppm, $\text{mmhos/cm} \times 1000 = \text{micromhos}$).

(β) adj. SAR (προσαρμοσμένη αναλογία προσροφημένου Νατρίου)

(γ) Οι περισσότερες δενδρώδεις καλλιέργειες είναι ευαίσθητες στο Νάτριο και το Χλώριο, αντίθετα οι περισσότερες ετήσιες καλλιέργειες δεν επηρεάζονται.

(δ) Στα φύλλα, που βρέχονται από καταιονιστήρες, μπορούν να προκληθούν εγκαύματα, που οφείλονται στην προσρόφηση Νατρίου ή Χλωρίου κάτω από συνθήκες χαμηλής υγρασίας και υψηλής εξάτμισης. Η εξάτμιση αυξάνει τη συγκέντρωση των ιόντων στα λεπτά στρώματα νερού πάνω στα φύλλα.

(ε) Περίσσεια N επηρεάζει την παραγωγικότητα ή την ποιότητα ορισμένων καλλιεργειών, π.χ. σακχαρότευτλα, ξινά, αβοκάντο, βερίκοκα και γκρέιπ-φρουτ ($1\text{mgr/lt NO}_3 - \text{N} = 1\text{kg/1000m}^3$ εφαρμοζόμενου νερού). Τα HCO₃⁻ κατά την άρδευση με καταιονισμό προκαλούν λευκές αποθέσεις στα φρούτα και τα φύλλα.

Μπορούμε λοιπόν να κατανοήσουμε το πόσο σοβαρό είναι να γνωρίζει κανείς την ποιότητα του αρδευτικού νερού, διότι η χρησιμοποίηση ακατάλληλου νερού σε συνδυασμό με ανεπαρκή στράγγιση, μπορεί να προξενήσει μεγάλες και ανεπανόρθωτες ζημιές. Οι ζημιές δε αυτές γίνονται στα φυτά, στο έδαφος ή και στα δύο μαζί. Οι ζημιές στα φυτά, γίνονται με τους εξής δύο τρόπους:

- 1) Η ύπαρξη πολλών αλάτων επιφέρει αύξηση της ωσμωτικής πίεσης, που συνεπάγεται μείωση της ταχύτητας αναρρόφησης νερού καθώς και της ποσότητας του απορροφούμενου από τις ρίζες νερού.
- 2) Τα άλατα ή τα ιόντα όταν βρίσκονται σε ποσότητες μεγαλύτερες από τις επιτρεπόμενες, δρουν τοξικά πάνω στα φυτά.

Η ζημία στο έδαφος γίνεται με την καταστροφή της δομής αυτού, ως εξής: Αν η αντικατάσταση με ιόντα Na^+ των άλλων ιόντων (Ca^{+2} , K^+ , Mg^{+2}) κολλοειδών της αργίλου, ξεπεράσει το όριο του 15% της εναλλακτικής ικανότητας του εδάφους, αρχίζουν τα προβλήματα αλκαλιώσεως. Εδάφη που στο εδαφικό τους σύμπλοκο περιέχουν μεγάλη ποσότητα Na^+ , τείνουν κατόπιν διαβροχής τους να καταστούν συμπαγή, ενώ κατά την ξήρανσή τους σχηματίζουν κρούστα και σκληρούς βώλους.

Στην περίπτωση αυτή η συνεχιζόμενη άρδευση με ακατάλληλο νερό, προκαλεί βαθμιαία πτώση της γονιμότητας του εδάφους του αρδευόμενου αγρού, μέχρις ότου τούτο καταστεί τελείως ακατάλληλο για την κανονική ανάπτυξη των περισσότερων φυτικών ειδών.

Όσον αφορά την περιεκτικότητα του νερού σε άλατα μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η ολική συγκέντρωση αυτών, η σχέση του υπάρχοντος νατρίου ως προς το άθροισμα $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$ καθώς και η παρουσία τοξικών στοιχείων (βορίου, όξινων ανθράκων κ.τ.λ.).

Τα κυριότερα άλατα, τα οποία βρίσκονται συνήθως στο νερό, είναι τα εξής:

$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, CaSO_4 , CaCl_2 , $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, MgSO_4 , MgCl_2 , Na_2SO_4 , NaHCO_3 , Na_2CO_3 , NaCl .

Τα άλατα του καλίου είναι σπανιότερα των ανωτέρω, ενώ τα θειούχα και νιτρικά είναι ακόμη σπανιότερα. Πολλά από τα ανωτέρω άλατα είναι τοξικά, η δε τοξικότητά τους εκδηλώνεται μετά την άρδευση με νερό πλούσιο στα άλατα αυτά.

Κατά καιρούς πολλοί ερευνητές (Scofield, 1933; Eaton, 1942; Ayers and Westcot, 1976; Christiansen et. al, 1977; Ayers and Westcot, 1984) ασχολήθηκαν με την ποιοτική κατάταξη του αρδευτικού νερού, όμως εκείνες που παρουσίασαν και παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, είναι οι παρακάτω, όπως περιγράφονται από τον ερευνητή γεωπόνο Αθ. Πανώρα (1985) του Ινστιτούτου Εγγείων Βελτιώσεων Σίνδου Θεσ/νίκης:

- Κατάταξη σύμφωνα με το εργαστήριο αλατότητας των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής (U.S.S.L.), 1954. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε κατά κόρο και χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα. Είναι απλή, γνώστη και δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα.
- Κατάταξη κατά Doneen, 1954. Η μέθοδος χρησιμοποιείται εδώ και λίγο καιρό από το Ινστιτούτο Εγγείων Βελτιώσεων. Είναι απλή, σχετίζεται με τη διαπερατότητα του εδάφους (στοιχείο σημαντικό) και δίνει καλά αποτελέσματα.
- Κατάταξη κατά Christiansen – Olsen, 1977. Είναι πρόσφατη μεθοδολογία, χωρίς εντυπωσιακές καινοτομίες, αλλά με μία σημαντική πληρότητα, που μπορεί να προλάβει σφάλματα στην

κατάταξη του νερού, τα οποία πιθανόν να προέκυπταν από λιγότερο περιεκτικές εκτιμήσεις.

- Κατάταξη κατά Rhoades. Ο Rhoades εξετάζοντας το θέμα της ποιότητας του νερού κάτω από το φως της σύγχρονης έρευνας συμπέρανε ,ότι το να θέτεις ακριβή standards με εκτενή εφαρμογή για την ποιότητα του αρδευτικού νερού είναι αδύνατο. Η καταλληλότητα ενός αρδευτικού νερού πρέπει να εκτιμάται βασισμένη σε ειδικές συνθήκες, όπως η ανάπτυξη των καλλιεργειών, οι εδαφικές ιδιότητες, η αρδευτική διαχείριση και οι κλιματικές συνθήκες. Για το λόγο αυτό οι διάφορες ταξινομήσεις για την εκτίμηση της ποιότητας του αρδευτικού νερού πρέπει να ληφθούν υπόψη μόνο σαν οδηγός που θα χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με τη γνώση των τοπικών συνθηκών.
- Κατάταξη κατά Ayers, 1977. Είναι μία από τις ελάχιστες μεθόδους εκτίμησης της ποιότητας του νερού, που ανάμεσα στα κριτήριά της περιλαμβάνει και την πρόβλεψη ενδεχόμενης μείωσης της εδαφικής περατότητας με αποκλειστικό κριτήριο την ηλεκτρική αγωγιμότητα του αρδευτικού νερού.

Ωστόσο η εκτίμηση της καταλληλότητας του αρδευτικού νερού δεν στηρίζεται απλά και μόνο σε κάποια μέθοδο εκτίμησης της ποιότητας του, αλλά αντίθετα είναι άμεσα συνδεδεμένη με τις συνθήκες κάτω από τις οποίες χρησιμοποιείται, όπως φαίνεται παρακάτω:

1. Το κλίμα

Το κλίμα είναι στενά συνδεδεμένο με τη χρήση της ποιότητας του αρδευτικού νερού. Σε περιοχές με ξηρό - θερμό κλίμα και με χαμηλή ετήσια βροχόπτωση, η εκτίμηση της ποιότητας του αρδευτικού νερού χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή σε αντίθεση με υγρές περιοχές υψηλών

βροχοπτώσεων, που είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί για άρδευση και νερό ακατάλληλο.

2. Η στράγγιση

Καθοριστικός παράγοντας της εκτίμησης της καταλληλότητας ή μη του αρδευτικού νερού είναι η στράγγιση του εδάφους. Καλή στράγγιση επιτρέπει τη χρήση και ακατάλληλου νερού, ενώ η κοινή στράγγιση δεν το επιτρέπει.

Καλή στράγγιση εδάφους είναι εκείνη, που η υπόγεια στάθμη του νερού βρίσκεται σε ικανοποιητικό βάθος. Αντίθετα αν η υπόγεια στάθμη του νερού βρίσκεται υψηλά, τότε τα υδατοδιαλυτά άλατα, με την τριχοειδή ανύψωση του νερού στα επιφανειακά στρώματα και με την επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών παραμένουν στην επιφάνεια του εδάφους. Στις περιπτώσεις αυτές η χρήση του νερού είναι προβληματική, έστω και αν αυτό θεωρείται κατάλληλο.

3. Η μέθοδος άρδευσης

Για αρδευτικά νερά υψηλής αλατότητας, η πιο κατάλληλη μέθοδος είναι η επιφανειακή άρδευση με κατάκλιση. Με αυλάκια παρατηρείται συγκέντρωση αλάτων στα πρανή μεταξύ των αυλακιών.

Αντίθετα η μέθοδος του καταιονισμού απορρίπτεται, κυρίως σε υψηλής αλατότητας αρδευτικά νερά, διότι η συγκέντρωση των αλάτων στο φύλλωμα των φυτών είναι αρκετά επιζήμια. Για ορισμένες καλλιέργειες προσφέρει ένα αποδοτικό τρόπο μείωσης της συγκέντρωσης των αλάτων στο επιφανειακό έδαφος.

Η μέθοδος άρδευσης με σταγόνες, εφαρμόστηκε με επιτυχία χρησιμοποιώντας νερά με υψηλότερα επίπεδα αλατότητας απ' ότι στις άλλες μεθόδους. Σ' αυτήν την περίπτωση είναι πολύ σημαντικό να

έχουμε ποσοτικά επαρκείς εποχιακές βροχοπτώσεις, που θα διηθήσουν τα άλατα από τη ζώνη του ριζοστρώματος.

Οι μέθοδοι υπάρδευσης δεν προσφέρονται ακόμη και για μέτρια αλατούχα νερά.

4. Το είδος του εδάφους

Εδώ αναφέρεται ο τύπος του εδάφους, δηλαδή βαρύ, μέσο ή ελαφρύ. Όσο πιο ελαφρό είναι το έδαφος, τόσο εφαρμόζεται και η χρήση περισσότερο ακατάλληλου νερού. Αν το έδαφος είναι βαρύ, περιορίζεται η χρήση ακατάλληλου νερού από άποψη αλατότητας.

5. Ανθεκτικότητα των καλλιεργειών

Η ανθεκτικότητα των καλλιεργειών στα άλατα ποικίλει από καλλιέργεια σε καλλιέργεια. Υπάρχουν καλλιέργειες, που μπορούν να αντέξουν στην αλατότητα και άλλες πολύ ευαίσθητες σ' αυτήν. Βέβαια ανάλογα με την αντοχή της καλλιέργειας εφαρμόζεται και η χρήση ακατάλληλου ή μη αρδευτικού νερού.

Η αντοχή των καλλιεργειών δεν είναι σταθερή, αλλά μεταβάλλεται με το στάδιο ανάπτυξης, με την ποικιλία και με το κλίμα. Παρ' όλα αυτά στον Πίνακα 2, δίνεται ενδεικτικά η αντοχή των καλλιεργειών σε μία σταθερή τιμή, για κάθε μία ξεχωριστά. Τον πίνακα αυτόν τον παραθέτει το Ινστιτούτο Εγγείων Βελτιώσεων.

Για πολλές καλλιέργειες (τεύτλα, ρύζι, σιτάρι κριθάρι και αρκετά λαχανικά), το στάδιο φυτρώματος των σπόρων είναι το πιο ευαίσθητο και εδαφική αλατότητα $E.C.e > 4\text{mmhos/cm}$, στο στάδιο αυτό, ίσως καθυστερήσει ή αναχαιτίσει τη βλάστηση και την πρόιμη ανάπτυξη.

Το ριζικό σύστημα επιδρά στην αντοχή ορισμένων δενδρωδών καλλιεργειών στην αλατότητα, όπως είναι τα ξινά. Διάφορες ποικιλίες

εμφανίζουν σημαντικές διαφορές, σε ότι αφορά την αντοχή τους στην αλατότητα. Οι διαφορές αυτές χρησιμοποιήθηκαν για την εκλογή εμπορικών φυτών, τόσο από πλευράς ποικιλίας, όσο και από πλευράς ριζικού συστήματος.

Πιν. 2. Αντοχή των καλλιεργειών, στα άλατα (Ντιούδης, 1984).

Καλλιέργεια	Ποσοστό μείωσης της παραγωγής, λόγω αλατότητας νερού ή εδάφους (%)								
	0		10		25		50		100
	EC _{e1}	EC _{ψ2}	EC _e	EC _ψ	EC _e	EC _ψ	EC _e	EC _ψ	EC _e
1	2	3	4	5	6				
α. Φυτά μεγάλης καλλιέργειας									
Κριθάρι	8,0	5,3	10,0	6,7	13,0	8,7	18,0	12,0	28,0
Βαμβάκι	7,7	5,1	9,6	6,4	13,0	8,7	17,0	12,0	27,0
Τεύτλα	7,0	4,7	8,7	5,8	11,0	7,5	15,0	10,0	24,0
Σιτάρι	6,0	4,0	7,4	4,9	9,5	6,4	13,0	8,7	20,0
Σόγια	5,0	3,3	5,5	3,7	6,2	4,2	7,5	5,0	10,0
Σόργο	4,0	2,7	5,1	3,4	7,2	4,2	11,0	7,2	18,0
Αράπικο φυστίκι	3,2	2,1	3,5	2,4	4,1	2,7	4,9	3,3	6,5
Ρύζι	3,0	2,0	3,8	2,6	5,1	3,4	7,2	4,8	11,5
Καλαμπόκι – Λινάρι	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10,0
Κουκιά	1,6	1,1	2,6	1,8	4,2	2,0	6,8	4,5	12,0
Φασόλια	1,0	0,7	1,5	1,0	2,3	1,5	3,6	2,4	6,5
β. Δενδρώδεις καλλιέργειες									
Συκιά – Ελιά – Ροδιά	2,7	1,8	3,8	2,6	5,5	3,7	8,4	5,6	14,0
Γκρέιπ – φρουτ	1,8	1,2	2,4	1,6	3,4	2,2	4,9	3,3	8,0
Πορτοκαλιά	1,7	1,1	2,3	1,6	3,3	2,2	4,8	3,2	8,0
Λεμονιά	1,7	1,1	2,3	1,6	3,3	2,2	4,8	3,2	8,0
Μηλιά – Αχλαδιά	1,7	1,0	2,3	1,6	3,3	2,2	4,8	3,2	8,0

Καρυδιά	1,7	1,1	2,3	1,6	3,3	2,2	4,8	3,2	8,0
Ροδακινιά	1,7	1,1	2,2	1,4	2,9	1,9	4,1	2,7	6,5
Βερικοκιά	1,6	1,1	2,0	1,3	2,6	1,8	3,7	2,5	6,0
Αμπέλι	1,5	1,0	2,5	1,7	4,1	2,7	6,7	4,5	12,0
Αμυγδαλιά	1,5	1,0	2,0	1,4	2,8	1,9	4,1	2,7	7,0
Δαμασκηλιά	1,5	1,0	2,1	1,4	2,9	1,9	4,3	2,8	7,0
γ. Λαχανικά									
Παντζάρια	4,0	2,7	5,1	3,4	6,8	4,5	9,6	6,4	15,0
Τομάτα	2,5	1,7	3,5	2,3	5,0	3,8	7,6	5,0	12,5
Αγγουριά	2,5	1,7	3,3	2,2	4,4	2,9	6,8	4,2	10,0
Πεπονιά	2,2	1,5	3,6	2,4	5,7	3,8	9,1	6,1	16,0
Σπανάκι	2,0	1,3	3,3	2,2	5,3	3,5	8,6	5,7	16,0
Λάχανο	1,8	1,2	2,8	1,9	4,4	2,9	7,0	4,6	12,0
Πατάτα	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10,0
Πιπεριά	1,5	1,0	2,2	1,5	3,3	2,2	5,2	3,4	8,5
Μαρούλια	1,3	0,9	2,1	1,4	3,2	2,1	5,2	3,4	9,0
Ρεπάνι	1,2	0,8	2,0	1,3	3,1	2,1	5,0	3,4	9,0
Κρεμμύδια	1,2	0,8	1,8	1,2	2,8	1,8	4,8	2,9	7,5
Καρότα	1,0	0,7	1,7	1,1	2,8	1,9	4,6	3,1	8,0
Φράουλα									
δ. Κτηνοτροφικά φυτά									
Κριθάρι	6,0	4,0	7,4	4,9	9,5	6,3	13,0	6,7	20,0
Γκαζόν	5,0	3,3	6,0	4,0	7,5	5,0	10,0	6,7	15,0
Κουκιά	3,0	2,0	3,9	2,6	5,3	3,5	7,6	5,0	12,0
Σόργο	2,8	1,9	5,1	3,4	8,6	5,7	14,4	9,6	26,0
Τριφύλλι	1,5	1,0	2,3	1,6	3,6	2,4	5,7	3,8	10,0

Το κλίμα παίζει σπουδαίο ρόλο στην αντοχή των καλλιεργειών.

Γενικά καλλιέργειες αναπτυσσόμενες σε δροσερά κλίματα ή κατά τη

διάρκεια δροσερότερης εποχής του χρόνου είναι πιο ανθεκτικές στα άλατα, από εκείνες που αναπτύχθηκαν σε θερμότερες περιόδους χαμηλής υγρασίας ή υψηλής εξατμισοδιαπνοής.

Τα λιπάσματα γενικά δεν πιστεύεται ότι αυξάνουν την αντοχή των καλλιεργειών στην αλατότητα. Παρ' όλα αυτά ίσως αυξηθούν οι αποδόσεις, αν η λίπανση είναι περιοριστικός παράγοντας.

6. Διαχείριση εφαρμογής του αρδευτικού νερού

Ο παράγοντας αυτός είναι πολύ σημαντικός, αφού η διαχείριση του αρδευτικού νερού μπορεί να εξουδετερώσει πολλά μειονεκτήματα ενός νερού κακής ποιότητας. Οι διάφορες εκτιμήσεις δείχνουν τη δυνατότητα ενός νερού για άρδευση, αλλά η πραγματική καταλληλότητα του συγκεκριμένου νερού εξαρτάται από την ικανότητα του αρδευτή για σωστή διαχείρισή του. Εφαρμόζοντας π.χ. περίσσεια νερού σε σχετικά μικρά χρονικά διαστήματα είναι δυνατόν να χρησιμοποιήσουμε νερό αρκετά αλατούχο χωρίς συσσώρευση υψηλών συγκεντρώσεων αλάτων στο εδαφικό προφίλ, αρκεί να εξασφαλίσουμε καλή στράγγιση. Εδάφη με μικρή διαπερατότητα μέχρι το βάθος των ριζών δύσκολα μπορούν να αρδευτούν με αλατούχο νερό.

Γεωργία, συνεχώς αρδευόμενη, χρειάζεται ισοζύγιο των πολύ διαλυτών αλάτων νατρίου σ' όλη τη ζώνη του ριζοστρώματος. Κάθε διαχείριση νερού, που δεν διατηρεί το ισοζύγιο των αλάτων νατρίου, θα μειώσει τελικά την παραγωγικότητα του εδάφους. Αυτός ο τύπος του αλατικού ισοζυγίου μπορεί να επιτευχθεί αυξάνοντας την ομοιομορφία εφαρμογής του νερού και της αρδευτικής αποδοτικότητας εφαρμόζοντας πλήρεις, αλλά όχι υπερβολικές ποσότητες νερού και λαμβάνοντας υπόψη την έκπλυση, που ολοκληρώνεται από τις εποχιακές βροχοπτώσεις.

Ο ταμιευτήρας του Στεφανοβικείου, είναι ένας από τους έξι μικρούς ταμιευτήρες, που κατασκευάστηκαν στην περιοχή, όπου παλαιότερα βρισκόταν η λίμνη Κάρλα (Εικ. 1). Η Κάρλα ήταν μία από



Εικ. 1. Χάρτης της Ελλάδος, όπου φαίνεται η τοποθεσία της λίμνης Κάρλας.

τις μεγαλύτερες λίμνες στην Ελλάδα και αποξηράνθηκε το 1962, με σκοπό να επεκταθεί η καλλιεργήσιμη έκταση της Θεσσαλίας. Σήμερα υπάρχουν σχέδια για μερική ανακατασκευή της, επομένως η μελέτη της ποιότητας του νερού των ταμιευτήρων είναι πρωταρχικής σημασίας. Κατά τη διάρκεια παραμονής του νερού στον ταμιευτήρα Στεφανοβικείου, το οργανικό φορτίο ελαττώνεται μέσω της βιολογικής

αποσύνθεσης, αλλά η αλατότητα δεν μειώνεται. Ο ταμιευτήρας λειτουργεί ως υδροβιότοπος. Ο έλεγχος της βελτίωσης της ποιότητας του νερού του ταμιευτήρα μπορεί να αποτελέσει ένα βασικό στοιχείο για την εκτίμηση – πρόβλεψη της ικανότητας αυτοκαθαρισμού της λίμνης Κάρλας, η οποία θα καταλαμβάνει περιοχή 4200ha στο μέλλον. Έγινε συλλογή δειγμάτων νερού ανά τακτά χρονικά διαστήματα (συγκεκριμένα από πέντε σημεία του ταμιευτήρα, μία φορά την εβδομάδα) κατά την περίοδο Νοεμβρίου 1997 – Απριλίου 1998, στα οποία μετρήθηκαν η ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.) και οι συγκεντρώσεις των ιόντων NO_3^- , NO_2^- , Mg^{+2} , SO_4^{-2} , K^+ , Ca^{+2} , Cl^- , B^+ και Na^+ .

Είναι πρακτικά αδύνατο να γίνουν όλες οι απαραίτητες χημικές αναλύσεις ώστε να προσδιοριστούν όλα τα δυναμικώς επικίνδυνα χημικά. Είναι ευρέως αποδεκτό ότι τα χημικά, φυσικά και μικροβιολογικά tests, μόνα τους, δεν είναι επαρκή για μία σωστή εκτίμηση της ποιότητας νερού. Για τη μελέτη της επίδρασης της τοξικότητας των χημικών ουσιών σε διάφορους μικροοργανισμούς έχουν χρησιμοποιηθεί ήδη βιολογικές μέθοδοι. Έλλειψη θρεπτικών στοιχείων σημαίνει νερό φτωχό για τις καλλιέργειες, ενώ περίσσεια θρεπτικών στοιχείων δείχνει ευτροφισμό. Δεν είναι πάντα εύκολο να αποδώσουμε την τοξικότητα των φυσικών νερών στην παρουσία κάποιων συγκεκριμένων χημικών, διότι εμπλέκονται και άλλοι συντελεστές όπως το pH, η σκληρότητα, η παρουσία χλωροϊόντων και η επίδραση χημικών, που παρουσιάζονται σε μικρή ποσότητα. Από την άλλη πλευρά η γνώση της τοξικότητας του νερού είναι μία ενδιαφέρουσα πληροφορία από μόνη της. Στην υπό μελέτη περιοχή η πιθανή παρουσία φυτοφαρμάκων και σε μικρότερο βαθμό βαρέων μετάλλων, μπορεί να προκαλεί τοξικότητα των

φυσικών νερών επί των έμβιων οργανισμών. Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων.

Οι αρδευόμενες καλλιέργειες, κυρίως το βαμβάκι, είναι οι πιο διαδεδομένες στην περιοχή της τέως λίμνης Κάρλας του νομού Μαγνησίας. Αυτό όμως σημαίνει ότι γίνεται επιτακτική η ανάγκη για την ανεύρεση διαθέσιμων υδάτινων πόρων. Η λύση στο πρόβλημα ανεπαρκών πόρων νερού, ήταν η κατασκευή ταμιευτήρων. Αυτοί γεμίζουν με επιπλέον νερό κατά τη διάρκεια της περιόδου των βροχοπτώσεων (φθινόπωρο, χειμώνας, αρχές άνοιξης). Ένα μέρος του αρδευτικού νερού προέρχεται από τις στραγγιζόμενες περιοχές και ένα μέρος του αντλείται από τον Πηνειό ποταμό. Ένα κεντρικό κανάλι ξεκινά από τον Πηνειό και καθώς διασχίζει το χαμηλότερο επίπεδο της περιοχής, συγκεντρώνει όλο το νερό από την περιοχή της Κάρλας, μέσω ενός δικτύου καναλιών. Αυτό το δίκτυο καταλήγει σ' ένα τούνελ το οποίο οδηγεί το νερό στη θάλασσα και έχει διπλή δράση, δηλαδή λειτουργεί και ως στραγγιστικό δίκτυο, έτσι ώστε να απομακρύνεται η περίσσεια νερού, αλλά και ως αρδευτικό κατά την αρδευτική περίοδο. Οι ταμιευτήρες έχουν κατασκευαστεί δίπλα στο κεντρικό κανάλι και ο συγκεκριμένος από τον οποίο πήραμε τα δείγματα, βρίσκεται στο χαμηλότερο σημείο της περιοχής ακριβώς πριν το τούνελ.

Τα εδάφη στην περιοχή της Κάρλας είναι αλατούχα. Κατά την περίοδο των βροχοπτώσεων περνούν στο στραγγιστικό σύστημα άλατα, τα οποία επιβαρύνουν το νερό, με το οποίο γεμίζουν οι ταμιευτήρες. Ο υπό μελέτη ταμιευτήρας βρίσκεται στο τέλος του στραγγιστικού συστήματος και λαμβάνει τα περισσότερα αλατούχα νερά. Εξαιτίας της διπλής δράσης του συστήματος (στράγγιση – άρδευση), γίνεται μία

ανακύκλωση των αλάτων και των άλλων μολυντών, οι οποίοι εισέρχονται στο σύστημα. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν οι αλλαγές σε μερικές παραμέτρους της ποιότητας του νερού του ταμιευτήρα για ένα χρονικό διάστημα έξι μηνών, οι οποίες θεωρήθηκαν τοξικές για το έδαφος και τα φυτά.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Εκείνο το σημείο, που πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα και που αποτελεί την αρχή μίας σωστής εκτίμησης, είναι η λήψη αντιπροσωπευτικών δειγμάτων νερού.

Η ποσότητα νερού, που χρειάζεται για μία πλήρη χημική ανάλυση είναι περίπου δύο λίτρα. Το δείγμα φέρεται μέσα σε πλαστικό ή γυάλινο δοχείο, αφού ξεπλυθεί προηγούμενα δύο – τρεις φορές με το νερό, που πρόκειται να εξετασθεί. Μετά τη δειγματοληψία το δείγμα πρέπει στο συντομότερο δυνατό χρόνο να μεταφέρεται στο εργαστήριο προς ανάλυση, γιατί διαφορετικά είναι πιθανό να έχουμε ανάπτυξη μικροβίων, μετατροπή όξινων διαλυτών ανθρακικών αλάτων σε αδιάλυτα ουδέτερα καθώς και οξείδωση ή αναγωγή των βαρέων μετάλλων όπως σίδηρος, χρώμιο κ.τ.λ.

Οι φυσικοχημικές σταθερές του λιμναίου νερού υπόκεινται σε σταθερές μεταβολές, οι οποίες οφείλονται στην εποχή του έτους, τις βροχοπτώσεις, την απορροή και τον αέρα. Η εκλογή της θέσης αλλά και η συχνότητα δειγματοληψίας, εξαρτώνται από τις τοπικές συνθήκες και την πείρα του ατόμου, που κάνει τη δειγματοληψία.

Δείγματα νερού ελήφθησαν από πέντε σημεία του ταμιευτήρα κατά τη χρονική περίοδο από Νοέμβριο 1997 έως τον Απρίλιο 1998.

Η χημική ανάλυση ενός νερού δίνει ικανοποιητικές πληροφορίες για την ποιότητα αυτού και κατευθύνει την πρακτική χρησιμοποίηση του στον τομέα των αρδεύσεων. Γενικά προς εξακρίβωση της ποιότητας ενός

νερού και προς γνωμάτευση περί της καταλληλότητας αυτού για άρδευση, πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν τα παρακάτω κυρίως στοιχεία:

α) Η ολική συγκέντρωση των υπαρχόντων διαλυτών αλάτων, η οποία χαρακτηρίζεται ως κίνδυνος αλατώσεως. Αυτή μετριέται δια προσδιορισμού της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας, η οποία εκφράζεται σε $\mu\text{mhos} / \text{cm}$ 25°C , δηλαδή σε $\text{mhos} \times 10^6$. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.) μετρήθηκε με το όργανο WTW Microprocessor Conductivity Meter LF 196, το οποίο αποτελείται από ένα ηλεκτρόδιο και δύο οθόνες. Οι δύο οθόνες δείχνουν παράλληλα την ηλεκτρική αγωγιμότητα και τη θερμοκρασία του δείγματος.

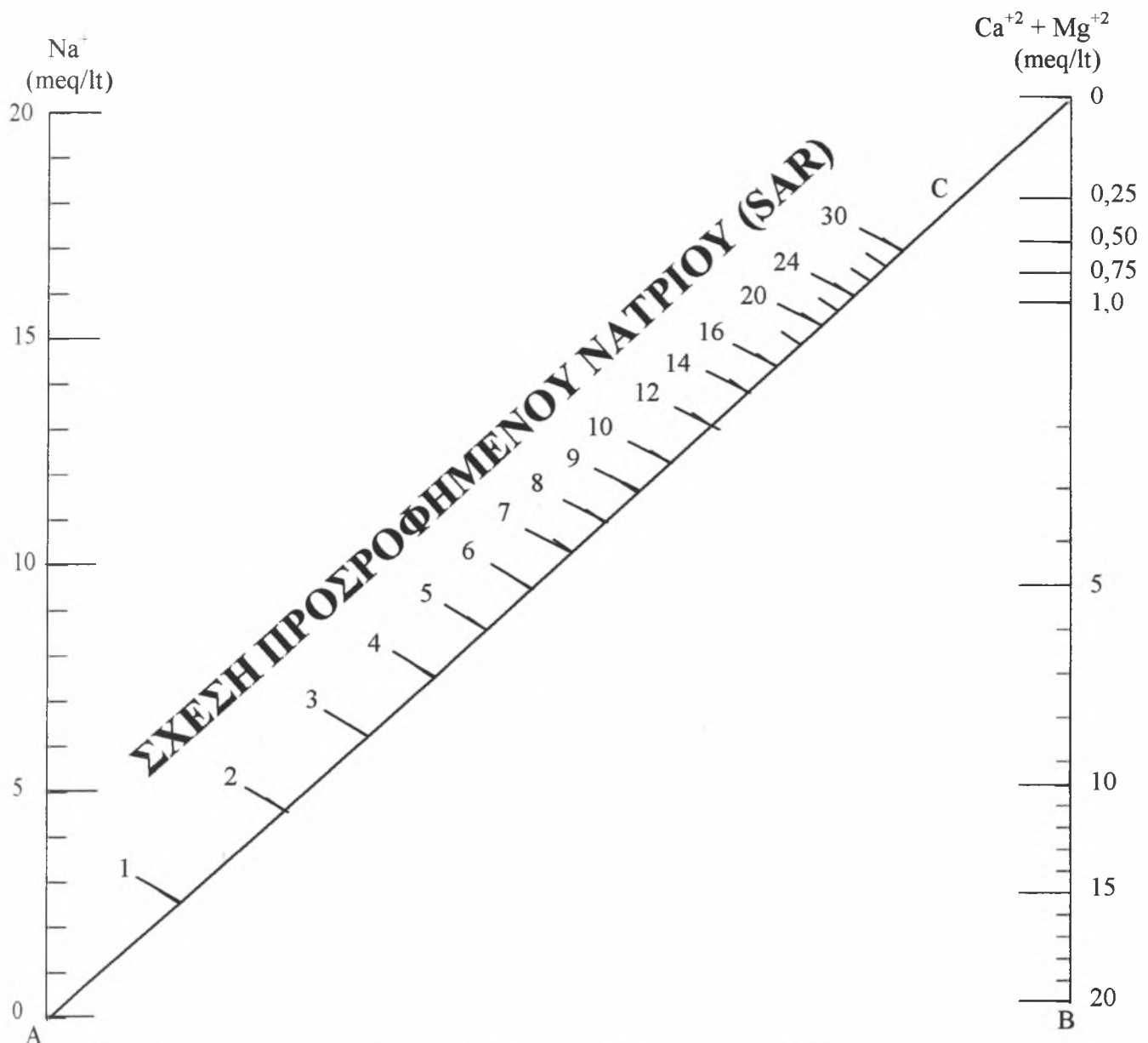
β) Η σχέση που υπάρχει μεταξύ του διαλυτού νατρίου και των άλλων διαλυτών επίσης κατιόντων, ασβεστίου και μαγνησίου, η οποία σχέση χαρακτηρίζεται ως κίνδυνος νατρίου. Η σχέση αυτή δίνεται δια του SAR (Sodium Absorption Ratio) (Ντιούδης, 1992), η δε τιμή της βρίσκεται δια προσδιορισμού των περιεχομένων στο νερό ιόντων Na^+ , Ca^{+2} και Mg^{+2} εκφρασμένων σε meq / lt , όπως φαίνεται στον παρακάτω τύπο:.

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}}{2}}}$$

Ο λόγος αυτός βρίσκεται επίσης με τη βοήθεια του Νομογραφήματος (βλέπε Σχ.1) σαν σημείο τομής της ευθείας που δίνουν οι τιμές των συγκεντρώσεων Na^+ , Ca^{+2} και Mg^{+2} του αρδευτικού νερού με τη γραμμή της σχέσης προσροφημένου νατρίου (SAR).

Το Na^+ (M. Sakellariou, A. Angelaki, A. Kungolos, D. Pateras and N. Tsiropoulos, 1998) υπολογίσθηκε από τον τύπο:

$$\text{Na}^+ = \left[\frac{\text{E.C.}(\mu\text{mhos}/\text{cm})}{100} \right] - [\text{Ca}^{+2}(\text{meq}/\text{lt}) + \text{Mg}^{+2}(\text{meq}/\text{lt})]$$



Σχ. 1. Νομογράφημα για τον υπολογισμό του SAR (Πανώρας, 1984).

γ) Η συγκέντρωση του βορίου, η οποία χαρακτηρίζεται σαν κίνδυνος βορίου.

δ) Η συγκέντρωση των όξινων ανθρακικών ως και των ουδέτερων ανθρακικών και η σχέση αυτών ως προς τη συγκέντρωση των υπαρχόντων ιόντων Ca^{+2} και Mg^{+2} . Η σχέση αυτή χαρακτηρίζεται σαν υπολειμματικό νάτριο ($\text{Residual Na}_2\text{CO}_3$), υπολογίζεται δε από τον τύπο:

$$\text{Υπολειμματικό Na}_2\text{CO}_3 = (\text{CO}_3^{-2} + \text{HCO}_3^{-}) - (\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})$$

ε) Πολλές φορές ανάλογα με τη μέθοδο εκτίμησης της ποιότητας του αρδευτικού νερού προσδιορίζουμε επίσης και τα ανιόντα SO_4^{-2} και Cl^- .

Για τη μέτρηση NO_3^- , NO_2^- , Mg^{+2} , SO_4^{-2} , K^+ , Ca^{+2} , Cl^- και B^+ χρησιμοποιήθηκε το Palintest photometer 7000, το οποίο μετρά την παραγωγή χρώματος όταν ταμπλέτες - αντιδραστήρια προστεθούν στο δείγμα. Σ' αυτά τα tests η ένταση του χρώματος είναι ανάλογη της συγκέντρωσης της αντίστοιχης παραμέτρου.

Σε αυτήν την εργασία σαν μέθοδο κατάταξης του αρδευτικού νερού, θα χρησιμοποιήσουμε αυτήν των Ayers και Westcot, 1976, τα κριτήρια της οποίας φαίνονται στον Πίνακα 3.

Πιν. 3. Εκτίμηση της ποιότητας του αρδευτικού νερού (Ayers and Westcot, 1976).

Αρδευτικό πρόβλημα	Μονάδες	Βαθμός προβλήματος		
		Χωρίς πρόβλημα	Αυξανόμενο πρόβλημα	Σοβαρό πρόβλημα
Αλατότητα E.C.	μmhos/cm	< 700	700 – 3000	> 3000
Διήθηση SAR = 0 – 3 και E.C.		> 700	700 – 200	< 200
3 – 6		> 1200	1200 – 300	< 300
6 – 12		> 1900	1900 – 500	< 500
12 – 20		> 2900	2900 – 1300	< 1300
20 – 40		> 5000	5000 – 2900	< 2900
Νάτριο Άρδευση με ροή	SAR	< 3	3,0 – 9,0	> 9,0
Καταιόνηση	meq/lt	< 3	> 3,0	
Χλώριο	meq/lt			> 10

Άρδευση με ροή Καταιόνιση	meq/lt	< 4,0 < 3,0	4,0 – 10,0 3,0	
Βόριο Διάφορες επιδράσεις	mgr/lt	< 0,7	0,7 – 3,0	>3,0
Άζωτο (NO ₃ ⁻ - N)	meq/lt	< 5,0	5,0 – 30	> 30

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Χρησιμοποιώντας λοιπόν το Palintest photometer 7000, για τις αναλύσεις των δειγμάτων νερού, που πήραμε από τον ταμιευτήρα του Στεφανοβικείου, πήραμε τα αποτελέσματα, που φαίνονται στον Πιν.4.

Το είδος και το μέγεθος των προβλημάτων, που εμφανίζονται στη σχέση των φυτών με το έδαφος, εξαρτάται από την ποιότητα του αρδευτικού νερού. Τα κριτήρια, που χρησιμοποιήθηκαν για την καταλληλότητα του αρδευτικού νερού, με βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.), φαίνονται στον Πιν. 5. Τα κριτήρια δείχνουν χαμηλά επίπεδα αλατότητας, που εκφράζονται μέσω των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Στο Σχ. 2 φαίνεται ότι στην 1^η περιοχή δειγματοληψίας, η

Πιν. 5. Εκτίμηση της ποιότητας του αρδευτικού νερού, με βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.) (Ayers and Westcot, 1976).

Αρδευτικό πρόβλημα	Μονάδες	Βαθμός προβλήματος		
		Χωρίς πρόβλημα	Αυξανόμενο πρόβλημα	Σοβαρό πρόβλημα
Αλατότητα E.C.	μmhos/cm	< 700	700 – 3000	> 3000

ηλεκτρική αγωγιμότητα κατά το μήνα Νοέμβριο καθώς επίσης και στις αρχές Δεκεμβρίου, είναι ενδεικτική αυξανόμενου προβλήματος αλατότητας, ενώ τους επόμενους μήνες το πρόβλημα της αλατότητας του αρδευτικού νερού γίνεται πολύ σοβαρό. Στο Σχ. 3 φαίνεται ότι στην 2^η περιοχή δειγματοληψίας η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού έδειχνε

Πίν. 4. Πίνακας μετρήσεων

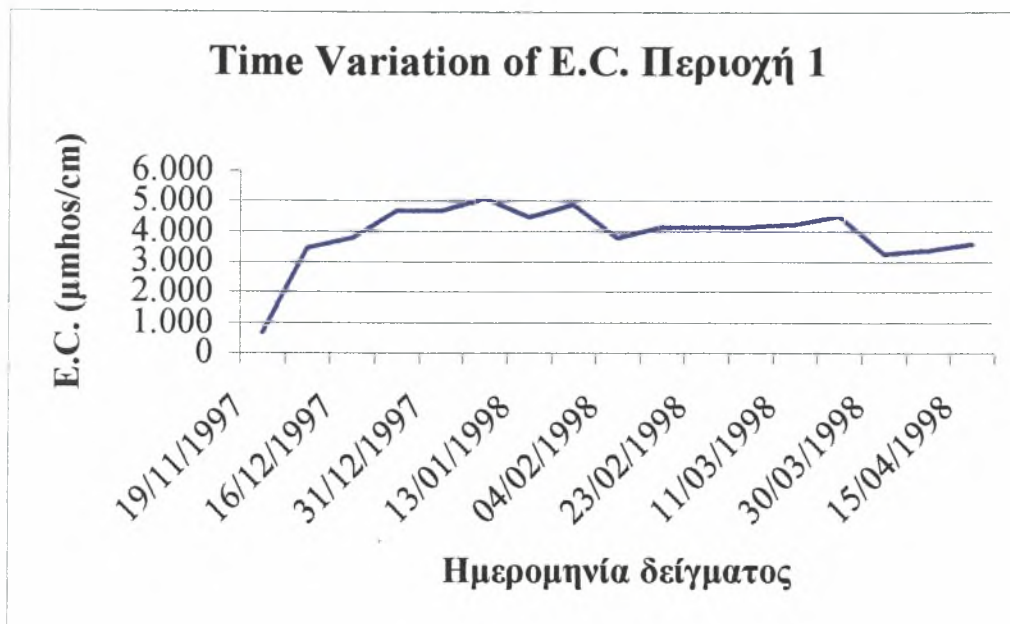
α/α	Δείγμα	Εξορμησία	NO ₃ ⁻ (meq/l)	NO ₂ ⁻ (meq/l)	Mg ⁺² (meq/l)	SO ₄ ⁻² (meq/l)	K ⁺ (meq/l)	Ca ⁺² (meq/l)	Cl ⁻ (meq/l)	B ⁺ (mgr/l)	Ca ⁺² + Mg ⁺² (meq/l)	E.C. (μmhos/cm)	°C	Na ⁺ (meq/l)	S.A.R.	%Na (Βαθμός αλακαλιότητας Na)	Cl ⁻ + 1/2SO ₄ ⁻² (Δυνατότητα δημιουργίας αλακότητας) (meq/l)
1	1	19/11/1997	3,2 x 10 ⁻³	0	2,46	2,17	0,031	0,9	1,52	0,65	3,36	656	16,3	3,2	2,47	48,55	2,6
2	1	08/12/1997	0	4,3 x 10 ⁻⁴	14,75	3,75	0,0997	3	13,56	0,55	17,75	3,430	19,2	16,55	5,56	48,11	15,44
3	1	16/12/1997	2,2 x 10 ⁻³	0	1,64	15,62	0,112	2,8	26,55	0,7	4,44	3,750	18,9	33,06	22,19	87,9	27,37
4	1	23/12/1997	9,0 x 10 ⁻³	8,7 x 10 ⁻⁴	13,93	20,42	0,125	4	25,99	0,75	17,93	4,680	19,6	28,87	9,64	61,52	36,2
5	1	31/12/1997	0,017	4,3 x 10 ⁻⁴	13,11	14,17	0,061	2,3	13,56	0,7	15,41	4,650	20,1	31,09	11,2	66,77	20,64
6	1	08/01/1998	0,01	1,1 x 10 ⁻³	22,95	20	0,107	3,8	24,86	0,55	26,75	5,050	20,2	23,75	6,49	46,93	34,86
7	1	13/01/1998	3,2 x 10 ⁻³	0	20,49	17,92	0,125	2,8	18,08	0,55	23,29	4,440	20	21,11	6,19	47,41	27,04
8	1	23/01/1998	0	2,2 x 10 ⁻⁴	20,49	16,67	0,123	2,8	20,34	0,45	23,29	4,860	11,2	25,31	7,42	51,95	28,68
9	1	04/02/1998	9,7 x 10 ⁻⁴	2,2 x 10 ⁻⁴	18,03	16,67	0,161	2,9	14,97	0,4	20,93	3,760	22,4	16,67	5,15	44,15	23,3
10	1	16/02/1998	3,2 x 10 ⁻⁴	2,2 x 10 ⁻⁴	21,31	14,58	0,107	2,8	14,97	0,5	24,11	4,140	20,6	17,29	4,98	41,66	22,26
11	1	23/02/1998	2,2 x 10 ⁻³	0	16,39	12,92	0,118	2,3	17,8	0,35	18,69	4,120	19,6	22,51	7,36	54,48	24,26
12	1	04/03/1998	<<	2,2 x 10 ⁻⁴	22,13	16,25	0,169	2,5	22,6	0,5	24,63	4,130	19,8	16,67	4,75	40,2	30,72
13	1	11/03/1998	<<	2,2 x 10 ⁻⁴	20,49	12,92	<<	1,9	12,15	0,25	22,39	4,240	17,1	20,01	5,98	47,19	18,61
14	1	20/03/1998	6,4 x 10 ⁻⁴	0	23,77	16,67	0,215	3,1	15,82	0,5	26,87	4,480	16	17,93	4,89	39,83	24,16
15	1	30/03/1998	9,7 x 10 ⁻⁴	2,2 x 10 ⁻³	14,75	13,33	0,074	3,5	14,97	0,4	18,25	3,240	21,3	14,15	4,68	43,57	21,64
16	1	06/04/1998	3,2 x 10 ⁻⁴	6,5 x 10 ⁻⁴	9,02	12,5	0,107	2,7	13,56	0,45	11,72	3,360	23,6	21,88	9,04	64,91	19,81
17	1	15/04/1998	3,2 x 10 ⁻⁴	<<	21,31	22,5	0,138	2,5	14,69	0,8	23,81	3,570	24,3	11,89	3,45	33,18	25,94
18	2	19/11/1997	0	2,2 x 10 ⁻⁴	5,33	4,17	0,092	0,9	1,52	0,7	6,23	1,214	15,6	5,91	3,35	48,32	3,6
19	2	08/12/1997	1,6 x 10 ⁻³	0	14,75	3,85	0,079	2,3	8,47	0,65	17,05	1,854	16,5	1,49	0,51	8	10,4
20	2	16/12/1997	1,9 x 10 ⁻³	4,3 x 10 ⁻⁴	1,64	13,75	0,128	2,3	13,56	0,35	3,94	3,330	19,2	29,36	20,92	87,83	14,38
21	2	23/12/1997	0,011	4,3 x 10 ⁻⁴	13,93	20,83	0,112	4,25	21,47	0,7	18,18	4,710	19	28,92	9,59	61,26	31,88
22	2	31/12/1997	2,6 x 10 ⁻³	4,3 x 10 ⁻⁴	18,85	20,83	0,056	1,9	23,73	0,8	20,75	5,000	19,2	29,25	9,08	58,43	34,14
23	2	08/01/1998	0	2,2 x 10 ⁻⁴	16,39	14,58	0,115	2,6	16,38	0,6	18,99	4,000	19,8	21,01	6,82	52,37	23,67
24	2	13/01/1998	3,2 x 10 ⁻³	2,2 x 10 ⁻⁴	21,31	14,17	0,12	2,8	16,1	0,6	24,11	4,180	19,5	17,69	5,1	42,2	23,18
25	2	23/01/1998	1,3 x 10 ⁻³	0	21,31	18,75	0,112	2,8	21,47	0,6	24,11	4,960	10,3	25,49	7,34	51,28	30,84
26	2	04/02/1998	6,4 x 10 ⁻⁴	0	4,92	6,67	0,046	1,3	9,32	0,25	6,22	1,880	20,4	12,58	7,13	66,75	12,66
27	2	16/02/1998	6,4 x 10 ⁻⁴	0	20,49	15	0,112	2,4	14,69	0,35	22,89	3,990	20,3	17,01	5,03	42,51	22,19
28	2	23/02/1998	0	0	14,75	12,5	0,125	2,6	15,54	0,4	17,35	4,040	21,3	23,05	7,82	56,88	21,79
29	2	04/03/1998	<<	2,2 x 10 ⁻⁴	23,77	19,17	0,123	2,6	23,73	0,55	26,37	4,230	19,2	15,93	4,39	37,55	33,32

α/α	Δείγμα	Ημερομηνία Δείγματος	NO ₃ ⁻ (meq/l)	NO ₂ ⁻ (meq/l)	Mg ⁺² (meq/l)	SO ₄ ⁻² (meq/l)	K ⁺ (meq/l)	Ca ⁺² (meq/l)	Cl ⁻ (meq/l)	B ⁺ (mgr/l)	Ca ⁺² + Mg ⁺² (meq/l)	E.C. (μmhos/cm)	° C	Na ⁺ (meq/l)	S.A.R.	%Na (Βαθμός αλακάλισης Na)	Cl ⁻ + 1/2SO ₄ ⁻² (Διωνερότητα δημιουργίας αλατρίτης) (meq/l)
30	2	11/03/1998	<<	0	27,05	8,75	0,061	2,2	9,89	0,45	29,05	4,260	17,2	13,55	3,56	31,76	14,26
31	2	20/03/1998	1,6 x 10 ⁻³	0	27,87	15,83	0,112	2,8	14,12	0,5	30,67	4,490	15,6	14,23	3,63	31,61	22,04
32	2	30/03/1998	4,2 x 10 ⁻³	1,5 x 10 ⁻³	23,77	13,33	0,084	3,1	14,41	0,4	26,87	3,480	21,2	7,93	2,16	22,73	21,08
33	2	06/04/1998	1,6 x 10 ⁻³	2,2 x 10 ⁻³	20,49	12,92	0,112	2,7	12,99	0,5	23,19	3,810	23,3	14,91	4,38	39,02	19,45
34	2	15/04/1998	3,2 x 10 ⁻³	0	19,67	21,25	0,118	3	12,71	0,55	22,67	3,280	24,1	10,13	3,01	30,77	23,34
35	3	12/11/1997	0	0	5,33	3,54	0,115	0,6	1,3	0,5	5,93	1,041	16,4	4,48	2,6	42,56	3,07
36	3	08/12/1997	6,4 x 10 ⁻³	<<	9,84	10,21	0,084	1,4	7,2	0,2	11,24	2,450	19,1	13,26	5,59	53,94	12,3
37	3	16/12/1997	<<	0	14,75	11,88	0,202	1,7	11,3	0,35	16,45	3,260	19,2	16,15	5,63	49,23	17,24
38	3	23/12/1997	7,4 x 10 ⁻³	6,5 x 10 ⁻³	13,11	16,67	0,0997	3,8	16,95	0,7	16,91	4,180	19,3	24,89	8,56	59,4	25,28
39	3	31/12/1997	3,2 x 10 ⁻³	6,5 x 10 ⁻³	7,38	7,5	0,079	4	8,19	0,45	11,38	3,250	20,2	21,12	8,85	64,83	11,94
40	3	08/01/1998	6,4 x 10 ⁻³	0	17,21	14,17	0,123	3	17,8	0,45	20,21	4,100	19,7	20,79	6,54	50,56	24,88
41	3	13/01/1998	0	0	18,85	15,42	0,12	3,6	19,21	0,5	22,45	4,220	19,9	19,75	5,89	46,67	26,92
42	3	23/01/1998	3,2 x 10 ⁻³	0	22,13	16,25	0,112	3,1	16,1	0,45	25,23	4,900	10,8	23,77	6,69	48,4	24,22
43	3	04/02/1998	1,3 x 10 ⁻³	8,7 x 10 ⁻³	11,48	6,67	0,087	1,3	9,32	0,2	12,78	1,990	19,5	7,12	2,82	35,62	12,66
44	3	16/02/1998	1,3 x 10 ⁻³	2,2 x 10 ⁻³	19,67	15,83	0,112	2,4	16,95	0,4	22,07	3,920	20,4	17,13	5,16	43,57	24,86
45	3	23/02/1998	1,6 x 10 ⁻³	0	18,03	13,75	0,13	2,5	18,08	0,5	20,53	3,960	21	19,07	5,95	48	24,96
46	3	04/03/1998	<<	2,2 x 10 ⁻³	26,23	16,25	0,125	2,6	19,21	0,5	28,83	4,100	19,4	12,17	3,2	29,59	27,34
47	3	11/03/1998	9,7 x 10 ⁻³	0	31,97	7,08	0,11	2,5	9,89	0,3	34,47	4,170	17,7	7,23	1,74	17,29	13,43
48	3	20/03/1998	9,7 x 10 ⁻³	2,2 x 10 ⁻³	22,13	17,5	0,112	2,7	15,25	0,45	24,83	4,500	15,8	20,17	5,72	44,71	24
49	3	30/03/1998	1,3 x 10 ⁻³	0	27,05	14,17	0,123	2,7	16,1	0,45	29,75	3,980	20,8	10,05	2,61	25,17	23,18
50	3	06/04/1998	0	2,2 x 10 ⁻³	21,31	14,58	0,118	2,8	24,86	0,55	24,11	3,930	23	15,19	4,37	38,54	32,15
51	3	15/04/1998	<<	0	19,67	20,83	0,11	3,1	14,69	0,6	22,77	3,300	24	10,23	3,03	30,9	25,1
52	4	08/12/1997	1,6 x 10 ⁻³	4,3 x 10 ⁻³	7,38	8,33	0,072	2	6,36	0,65	9,38	3,420	18,9	24,82	11,46	72,42	10,52
53	4	16/12/1997	2,2 x 10 ⁻³	2,2 x 10 ⁻³	9,84	17,92	0,107	3,5	12,71	0,6	13,34	3,590	19,4	22,56	8,74	62,65	21,67
54	4	23/12/1997	0,025	1,3 x 10 ⁻³	14,75	17,08	0,11	3,7	23,73	0,7	18,45	4,540	19,1	26,95	8,87	59,22	32,27
55	4	31/12/1997	0,016	4,3 x 10 ⁻³	18,03	20,83	0,095	4	20,34	0,3	22,03	4,790	19,6	25,87	7,79	53,9	30,76
56	4	08/01/1998	0,024	8,7 x 10 ⁻³	28,69	23,75	0,102	4,75	24,86	0,8	33,44	5,660	20	23,16	5,66	40,84	36,74
57	4	13/01/1998	0,02	1,3 x 10 ⁻³	24,59	25	0,102	4	27,12	0,6	28,59	5,340	20	24,81	6,56	46,37	39,62
58	4	23/01/1998	0	4,3 x 10 ⁻³	21,31	16,67	0,115	3	14,69	0,5	24,31	4,980	11,1	25,49	7,31	51,07	23,02
59	4	04/02/1998	9,7 x 10 ⁻³	2,2 x 10 ⁻³	25,41	23,75	0,118	3,8	23,73	0,6	29,21	4,470	22,6	15,49	4,05	34,56	35,6
60	4	16/02/1998	2,2 x 10 ⁻³	3,7 x 10 ⁻³	23,77	25	0,112	4,25	21,47	0,5	28,02	4,970	20,4	21,68	5,79	43,52	33,97

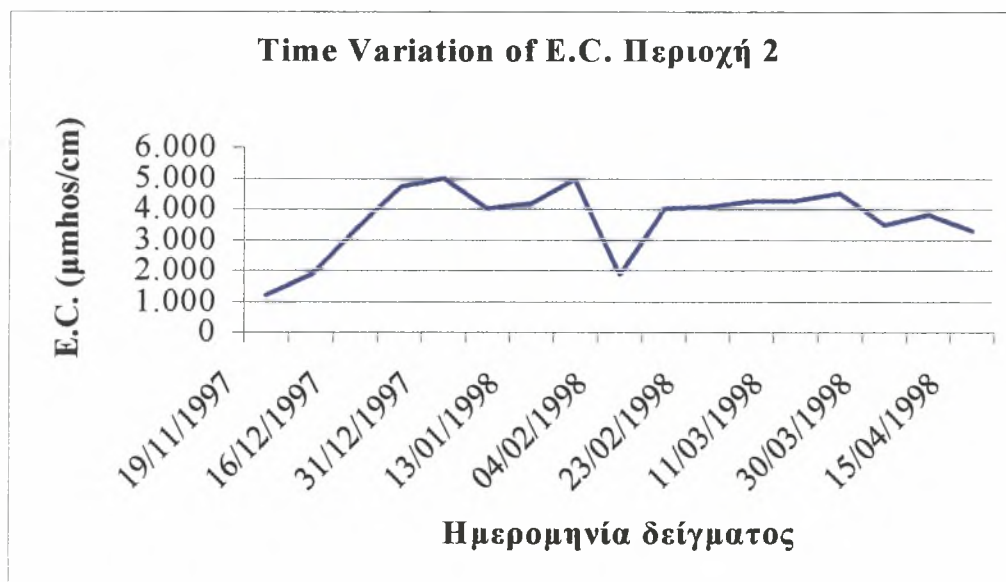
α/α	Δείγμα	Ημερομηνία δειγματολ. (μεq/l)	NO ₃ ⁻ (meq/l)	NO ₂ ⁻ (meq/l)	Mg ⁺² (meq/l)	SO ₄ ⁻² (meq/l)	K ⁺ (meq/l)	Ca ⁺² (meq/l)	Cl ⁻ (meq/l)	B ⁺ (mgr/l)	Ca ⁺² + Mg ⁺² (meq/l)	E.C. (µmhos/cm)	°C	Na ⁺ (meq/l)	S.A.R.	%Na (Βαθμός αλκαλιότητας Na)	Cl ⁻ + 1/2 SO ₄ ⁻² (Δυνατότητα δημιουργίας αλάτων) (meq/l)
61	4	23/02/1998	8,4 x 10 ⁻³	1,7 x 10 ⁻³	26,22	30	0,199	4,25	22,6	0,7	30,47	6,860	20,9	38,13	9,77	55,42	37,6
62	4	04/03/1998	<<	2,2 x 10 ⁻⁴	27,87	25,42	0,111	3	28,25	0,7	30,87	5,030	19,3	19,43	4,94	38,54	40,96
63	4	11/03/1998	<<	2,2 x 10 ⁻⁴	29,51	17,92	0,054	2,6	13,56	0,7	32,11	5,020	18,2	18,09	4,51	36	22,52
64	4	20/03/1998	2,2 x 10 ⁻³	4,3 x 10 ⁻⁴	22,95	25	0,112	3,6	17,8	0,55	26,55	5,190	15,6	25,35	6,96	48,74	30,3
65	4	30/03/1998	2,6 x 10 ⁻³	2,4 x 10 ⁻³	13,93	9,58	0,066	3,3	10,17	0,45	17,23	2,360	20,7	6,37	2,17	26,92	14,96
66	4	06/04/1998	3,2 x 10 ⁻⁴	4,3 x 10 ⁻⁴	13,93	10	0,082	2,3	9,04	0,4	16,23	2,500	23,1	8,77	3,08	34,96	14,04
67	4	15/04/1998	2,9 x 10 ⁻³	2,2 x 10 ⁻⁴	22,95	20,42	0,13	3,1	14,41	0,6	26,05	3,260	23,9	6,55	1,81	20,01	24,62
68	5	08/12/1997	3,2 x 10 ⁻⁴	2,2 x 10 ⁻⁴	8,2	10,62	0,056	1,5	7,77	0,65	9,7	3,920	18,9	29,5	13,4	75,15	13,08
69	5	16/12/1997	3,2 x 10 ⁻⁴	2,2 x 10 ⁻⁴	14,75	15,83	0,138	2,8	16,95	0,45	17,55	3,970	19,3	22,15	7,48	55,6	24,86
70	5	23/12/1997	6,4 x 10 ⁻⁴	0	10,66	16,67	0,112	2,4	16,67	0,7	13,06	3,800	19,1	24,94	9,76	65,44	25
71	5	31/12/1997	3,2 x 10 ⁻⁴	<<	8,2	12,5	0,082	2,5	8,47	0,65	10,7	2,630	19,7	15,6	6,74	59,13	14,72
72	5	08/01/1998	1,3 x 10 ⁻³	0	19,67	20,42	0,111	2,5	17,8	0,9	22,17	4,200	20,1	19,83	5,96	47,09	28,01
73	5	13/01/1998	<<	0	22,13	17,92	0,112	3	19,21	0,75	25,13	4,610	20	20,97	5,92	45,38	28,17
74	5	23/01/1998	2,2 x 10 ⁻³	0	24,59	16,25	0,12	3,2	15,34	0,3	27,79	4,970	11,1	21,91	5,88	43,98	23,66
75	5	04/02/1998	8,4 x 10 ⁻³	0	18,85	22,08	0,054	1,4	15,82	0,2	20,25	1,360	21	0	0	0	26,86
76	5	16/02/1998	9,7 x 10 ⁻⁴	1,7 x 10 ⁻³	34,43	31,25	0,112	4,25	24,86	0,7	38,68	6,160	20,5	22,92	5,21	37,14	40,48
77	5	23/02/1998	6,4 x 10 ⁻⁴	2,2 x 10 ⁻⁴	53,28	37,08	0,146	3,4	27,12	1,25	56,68	6,430	20,9	7,62	1,43	11,82	45,66
78	5	04/03/1998	9,7 x 10 ⁻⁴	2,2 x 10 ⁻⁴	49,18	46,67	0,187	3,6	38,42	1,8	52,78	6,890	19,2	16,12	3,14	23,33	61,76
79	5	11/03/1998	1,9 x 10 ⁻⁴	8,7 x 10 ⁻⁴	38,52	27,92	0,128	3,5	20,34	0,6	42,02	5,950	18,5	17,48	3,81	29,32	34,3
80	5	20/03/1998	6,4 x 10 ⁻⁴	2,2 x 10 ⁻⁴	19,67	19,17	0,092	3,8	17,51	0,65	23,47	4,400	15,5	20,33	5,99	46,56	27,1
81	5	30/03/1998	1,3 x 10 ⁻³	7,6 x 10 ⁻³	27,87	20,83	0,074	4,75	16,95	0,4	32,62	4,200	20,6	9,38	2,32	22,29	27,36

Σημειώσεις πάνω στον πίνακα 4:

- α) Όπου υπάρχει το σύμβολο "<<" , σημαίνει ότι οι ποσότητες των ιόντων ήταν τόσο μικρές, ώστε ήταν μη ανιχνεύσιμες.
 β) Όπου υπάρχει το "0" , σημαίνει ότι οι ποσότητες των ιόντων ή των εννοιών ήταν μηδενικές.



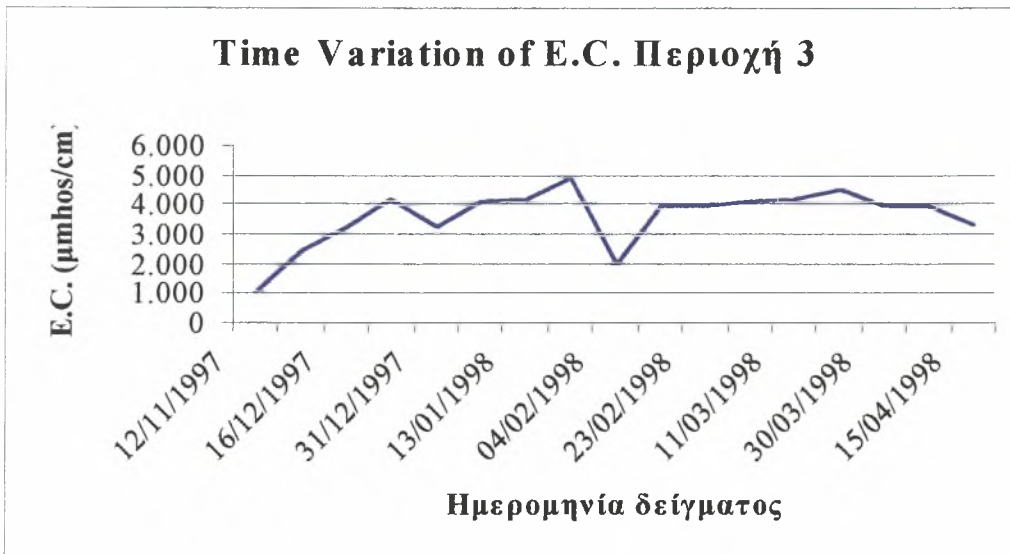
Σχ. 2. Ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού της 1^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, για μία περίοδο 6 μηνών.



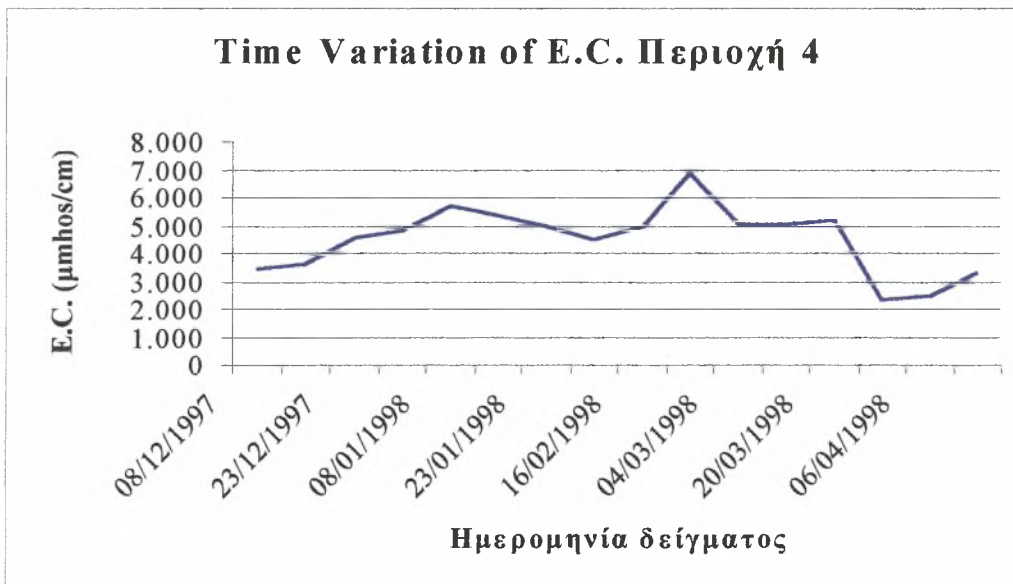
Σχ. 3. Ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού της 2^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, για μία περίοδο 6 μηνών.

αυξανόμενο πρόβλημα από το Νοέμβριο έως τα μέσα Δεκεμβρίου και επίσης κατά το μήνα Φεβρουάριο, ενώ τους υπόλοιπους μήνες το νερό παρουσίαζε σοβαρό πρόβλημα αλατότητας. Στο Σχ.4 φαίνεται ότι για την ηλεκτρική αγωγιμότητα της 3^{ης} περιοχής δειγματοληψίας ισχύει ό,τι και γι' αυτή της 2^{ης} περιοχής. Στο Σχ.5 φαίνεται ότι η ηλεκτρική

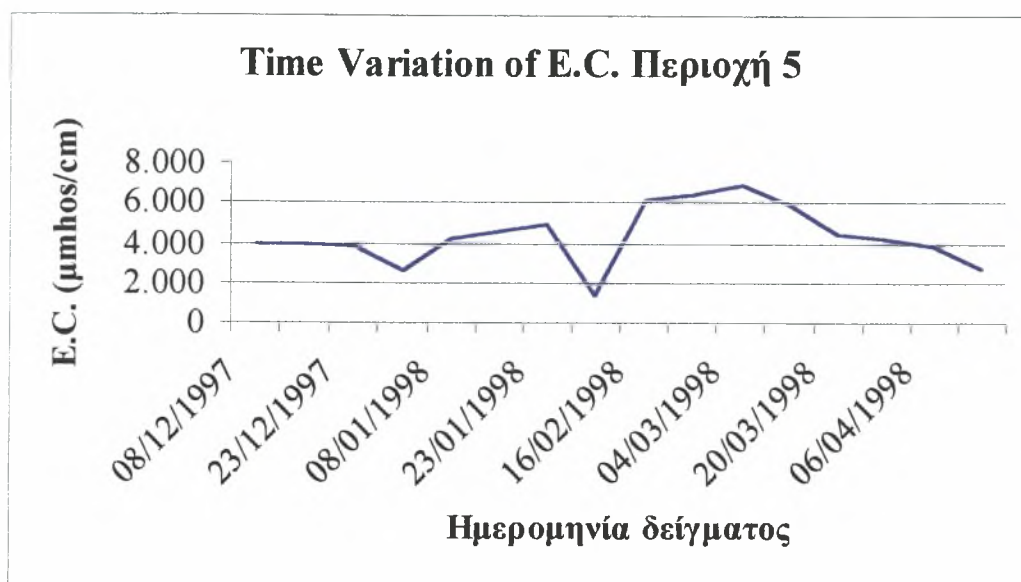
αγωγιμότητα της 4^{ης} περιοχής δειγματοληψίας δείχνει σοβαρό πρόβλημα αλατότητας στο αρδευτικό νερό για ολόκληρη την υπό μελέτη περίοδο.



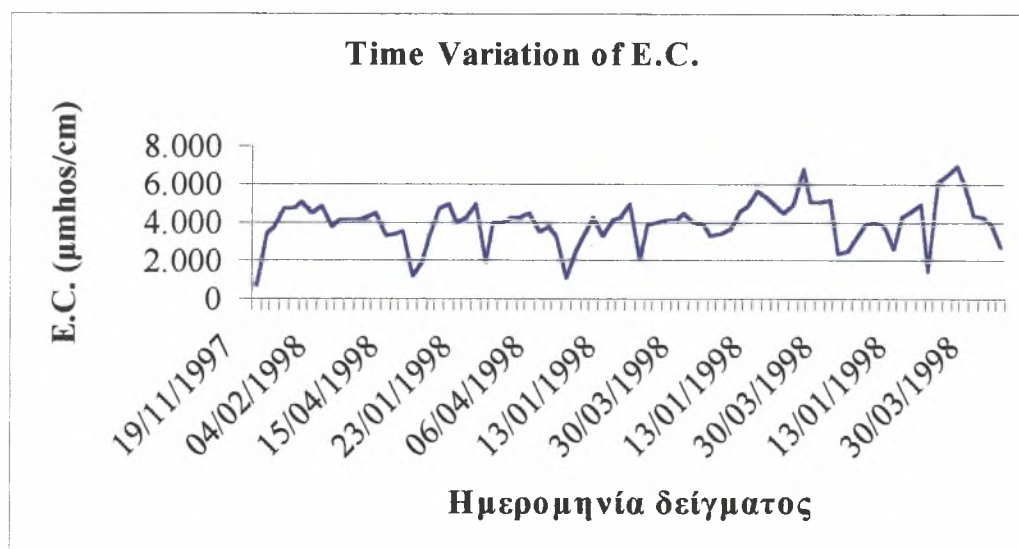
Σχ. 4. Ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού της 3^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, για μία περίοδο 6 μηνών.



Σχ. 5. Ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού της 4^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, για μία περίοδο 6 μηνών.



Σχ. 6. Ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού της 5^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, για μία περίοδο 6 μηνών.



Σχ. 7. Ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού του ταμιευτήρα, για μία περίοδο 6 μηνών.

Το πρόβλημα σ' αυτήν την περιοχή γίνεται μέγιστο κατά το μήνα Φεβρουάριο και λιγότερο σοβαρό κατά τους μήνες Μάρτιο και Απρίλιο. Στο Σχ. 6 φαίνεται ότι η ηλεκτρική αγωγιμότητα της 5^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, δείχνει σοβαρό πρόβλημα αλατότητας στο νερό, το οποίο ελαττώνεται κάπως κατά το μήνα Φεβρουάριο. Τέλος στο Σχ. 7 φαίνεται ο μ.ό. της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και για τις 5 περιοχές, για τους 6 μήνες, που κράτησε η μελέτη. Σ' αυτό λοιπόν το σχήμα φαίνεται πως το νερό, που υπάρχει στον ταμιευτήρα κατά τη διάρκεια του χειμώνα, είναι πολύ υψηλής αλατότητας, άρα ακατάλληλο για άρδευση. Αυτό συμβαίνει, διότι ο συγκεκριμένος ταμιευτήρας βρίσκεται στο τέλος του δικτύου διπλής δράσης, με αποτέλεσμα να λαμβάνει τα περισσότερα επιβαρημένα νερά. Η ποιότητα του νερού αυτού εξαρτάται κατά πολύ από την ετήσια βροχόπτωση καθώς και από την ποσότητα του νερού, που προέρχεται από τον Πηνειό. Τις χρονιές, που υπάρχουν χαμηλές βροχές κατά τη διάρκεια του χειμώνα, η αναλογία του καλής ποιότητας νερού, που εισέρχεται στο σύστημα είναι πολύ χαμηλή και το ξαναγέμισμα του ταμιευτήρα εξαρτάται, σχεδόν εξολοκλήρου, από το χαμηλής ποιότητας νερό στράγγισης, που διακινείται μέσα στο σύστημα.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι πρέπει να γίνονται μετρήσεις, ώστε να αποφευχθεί η χρήση κακής ποιότητας νερού και να βελτιωθεί η διαχείριση του υδάτινου δυναμικού στην περιοχή. Το πρόβλημα των αρδευτικών νερών είναι γνωστό και γίνονται συνεχώς πιέσεις για την κατασκευή ενός μεγάλου ταμιευτήρα 4200 εκταρίων (Thanos, 1993).

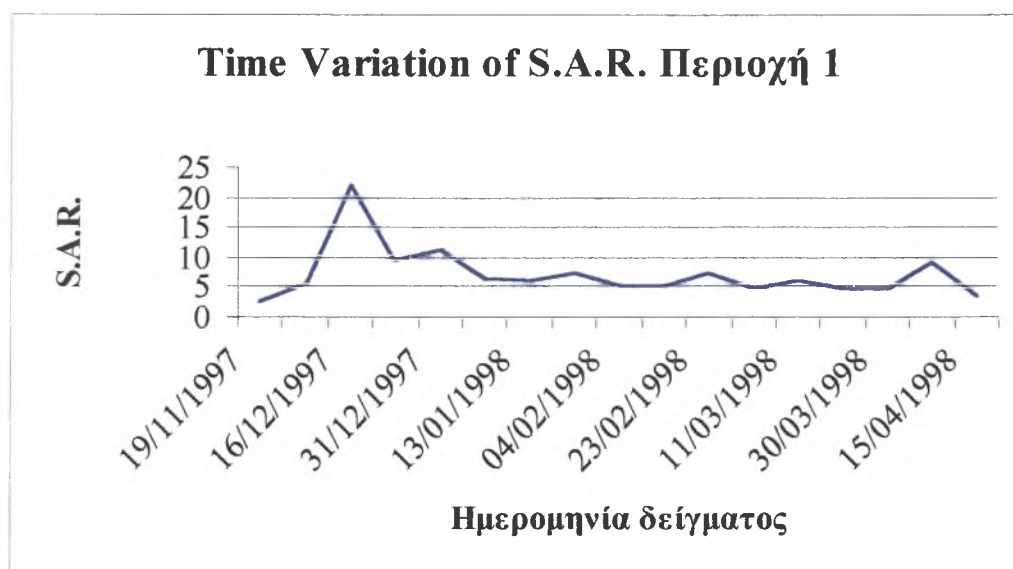
Ένας άλλος παράγοντας με βάση τον οποίο κατατάσσουμε το αρδευτικό νερό, είναι και το SAR. Τα κριτήρια, που χρησιμοποιήθηκαν για την καταλληλότητα του αρδευτικού νερού με βάση τη σχέση

προσροφημένου νατρίου (SAR), φαίνονται στον Πιν. 6. Στο Σχ. 8 φαίνεται ότι το νερό στην 1^η περιοχή δειγματοληψίας παρουσιάζει

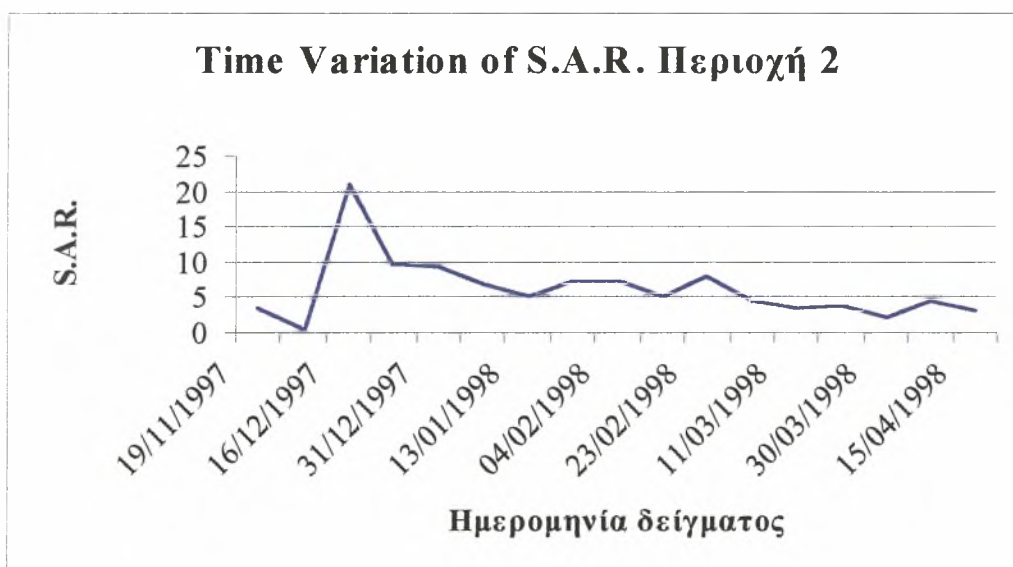
Πιν. 6. Εκτίμηση της ποιότητας του αρδευτικού νερού, με βάση τη σχέση προσροφημένου νατρίου (SAR) (Ayers and Westcot, 1976).

Αρδευτικό πρόβλημα	Βαθμός προβλήματος		
	Χωρίς πρόβλημα	Αυξανόμενο πρόβλημα	Σοβαρό πρόβλημα
Διηθητικότητα SAR	< 3	3 – 9	> 9

αυξανόμενο πρόβλημα, όσο αφορά η διηθητικότητα, κατά τη διάρκεια του χειμώνα, το οποίο γίνεται πολύ σοβαρό κατά το μήνα Δεκέμβριο. Στο Σχ. 9 φαίνεται ότι το νερό στη 2^η περιοχή δειγματοληψίας δεν έχει πρόβλημα το Νοέμβριο, ενώ το Δεκέμβριο το πρόβλημα αυξάνεται και σταδιακά γίνεται πολύ σοβαρό. Τέλος τους μήνες Ιανουάριο έως Απρίλιο το νερό παρουσιάζει SAR ενδεικτικό αυξανόμενου προβλήματος. Στο Σχ.10 φαίνεται ότι το SAR της 3^{ης} περιοχής δειγματοληψίας είναι ενδεικτικό αυξανόμενου προβλήματος για ολόκληρη την υπό μελέτη περίοδο. Στο Σχ. 11 φαίνεται ότι το SAR της 4^{ης} περιοχής δειγματοληψίας είναι ενδεικτικό αυξανόμενου προβλήματος διηθητικότητας στο αρδευτικό νερό, κατά τη διάρκεια που έγινε η μελέτη. Στο Σχ. 12 φαίνεται ότι το αρδευτικό νερό παρουσίαζε σοβαρό πρόβλημα κατά το μήνα Δεκέμβριο. Τον Ιανουάριο το νερό παρουσίαζε

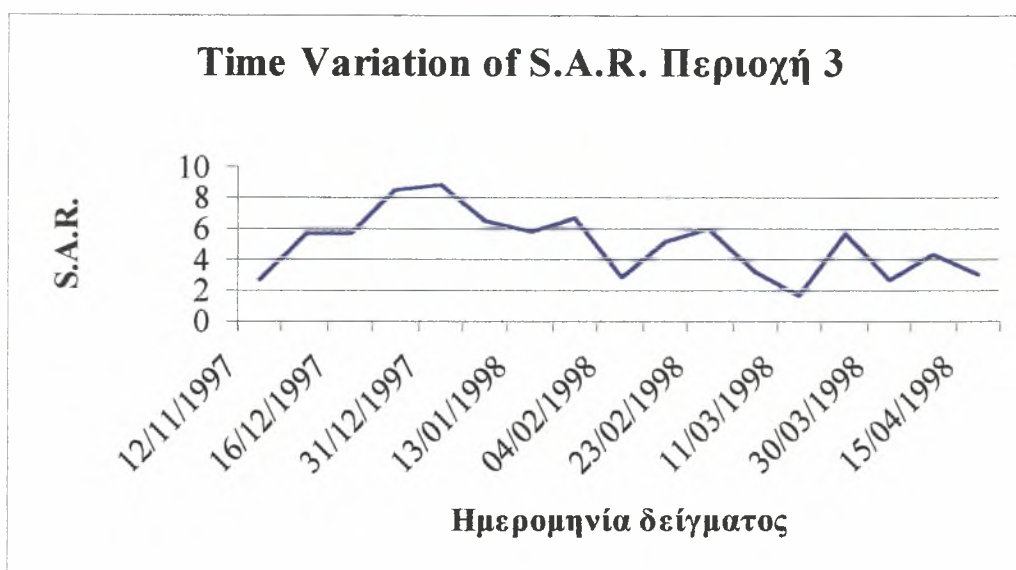


Σχ. 8. Τιμές SAR του νερού της 1^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, για μία περίοδο 6 μηνών.

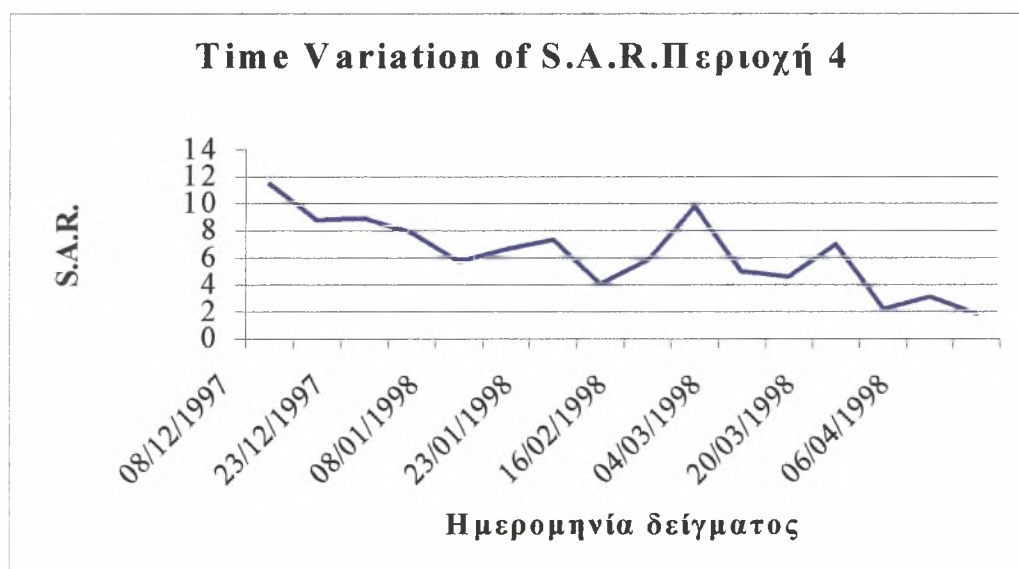


Σχ. 9. Τιμές SAR του νερού της 2^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, για μία περίοδο 6 μηνών.

αυξανόμενο πρόβλημα όπως και τους υπόλοιπους μήνες, με εξαίρεση το Φεβρουάριο, που δεν υπήρχε πρόβλημα. Τέλος στο Σχ.13 φαίνεται ο μ.ό. των 5 περιοχών δειγματοληψίας για διάστημα 6 μηνών. Απ' αυτό λοιπόν

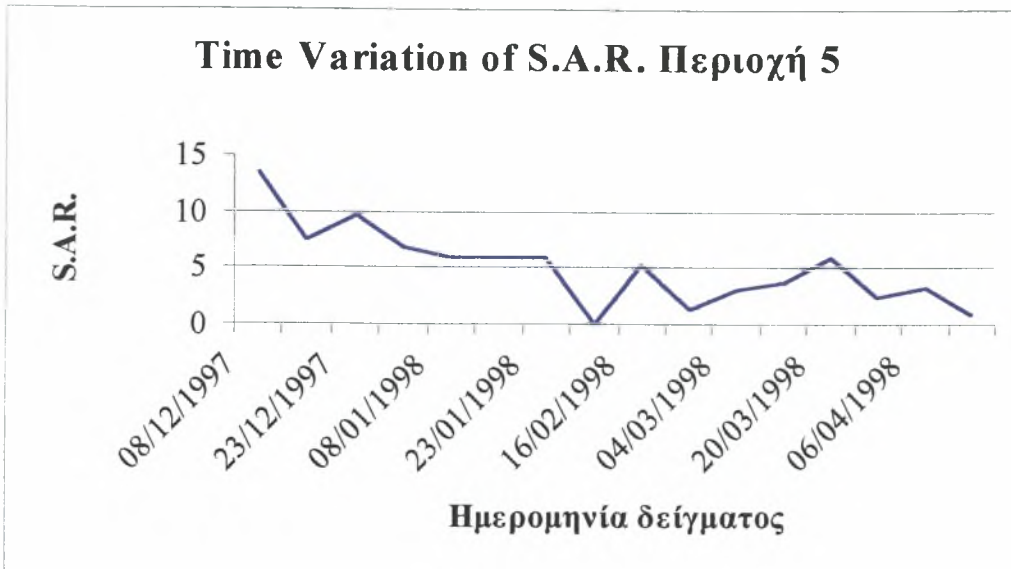


Σχ. 10. Τιμές SAR του νερού της 3^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, για μία περίοδο 6 μηνών.

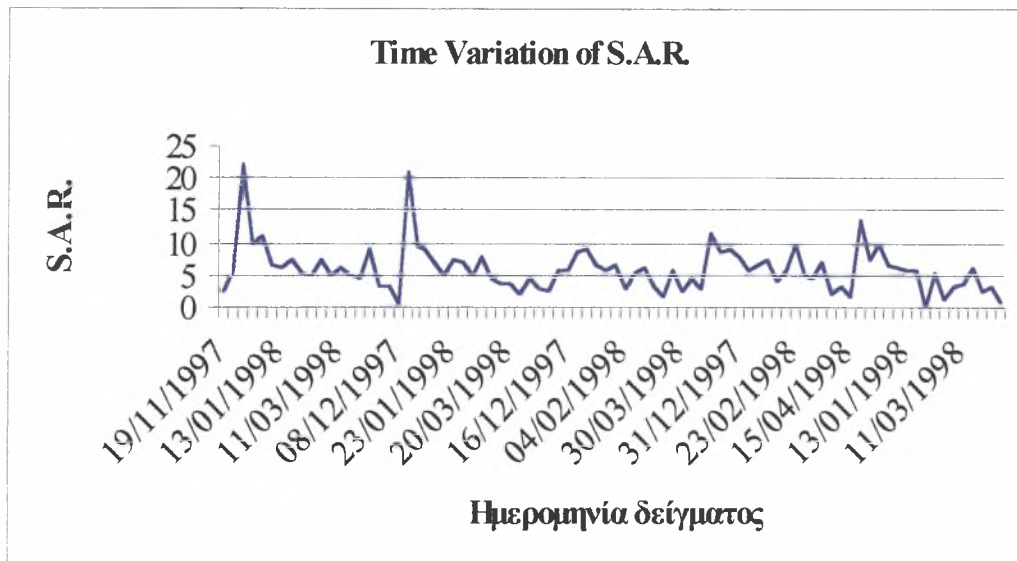


Σχ. 11. Τιμές SAR του νερού της 4^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, για μία περίοδο 6 μηνών.

το σχήμα συμπεραίνουμε ότι το νερό του ταμιευτήρα παρουσιάζει αυξανόμενο – σοβαρό πρόβλημα διήθησης κατά τη διάρκεια του χειμώνα.



Σχ. 12. Τιμές SAR του νερού της 5^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, για μία περίοδο 6 μηνών.



Σχ. 13. Τιμές SAR του νερού του ταμιευτήρα, για μία περίοδο 6 μηνών.

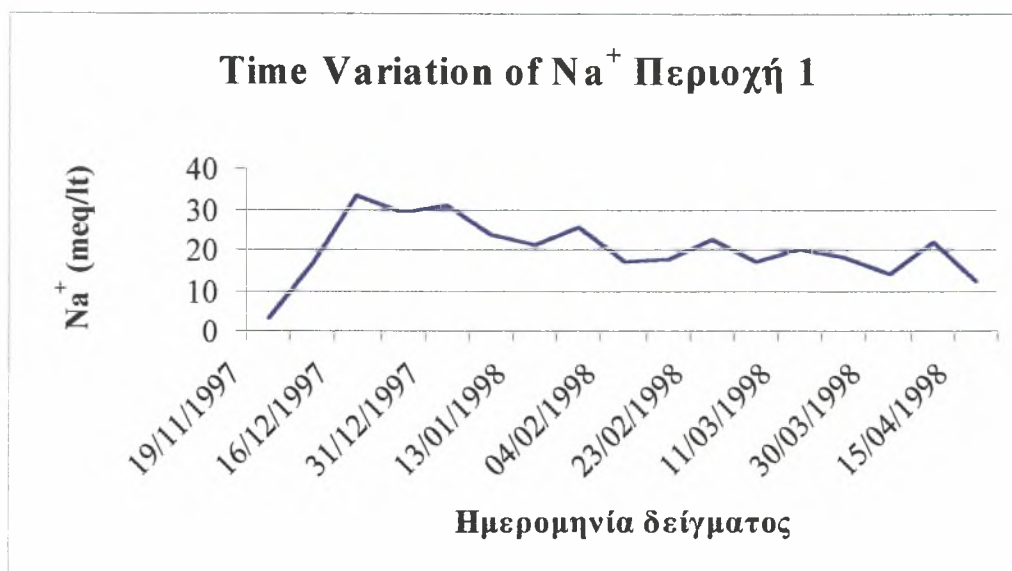
Τα προβλήματα τοξικότητας παρουσιάζονται όταν ορισμένα ιόντα του εδάφους ή του εδαφικού νερού απορροφούνται από τα φυτά και συσσωρεύονται σε επικίνδυνες συγκεντρώσεις προκαλώντας μείωση της παραγωγής και συμπτώματα τοξικότητας στα φυτά. Η έκταση αυτών των συμπτωμάτων εξαρτάται από την υπέρμετρη απορρόφηση και από την

ευαισθησία της κάθε καλλιέργειας. Το Νάτριο, το Χλώριο και το Βόριο είναι ιόντα, που έχουν μεγάλη σχέση με την παρουσία τοξικότητας στα φυτά. Τα κριτήρια, που χρησιμοποιήθηκαν για την κατάταξη του αρδευτικού νερού με βάση την περιεκτικότητα αυτού σε Na^+ , φαίνονται στον Πιν. 7. Από τα Σχ. 14, 15, 16, 17, 18 και 19, φαίνεται ότι το νερό

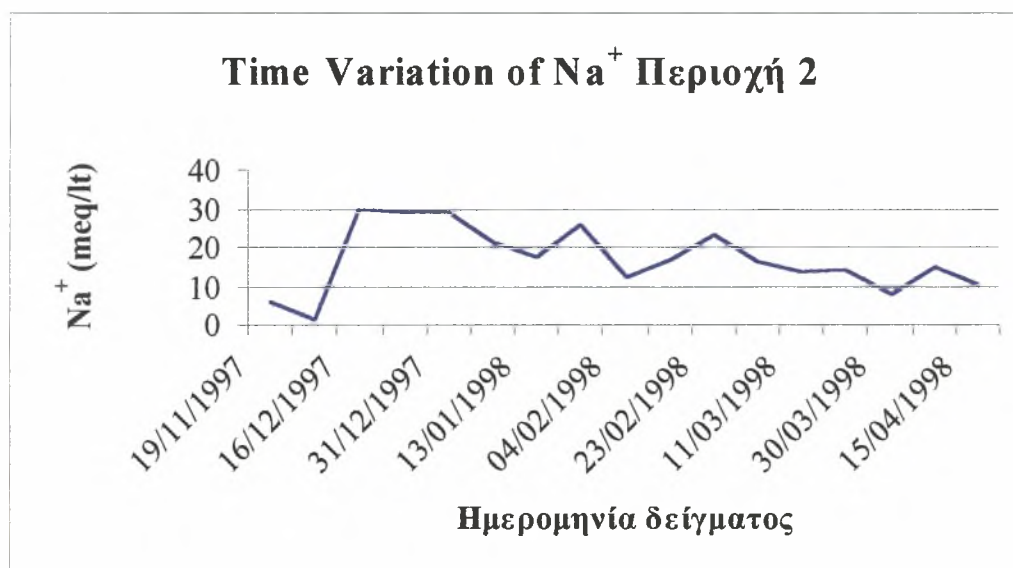
Πιν. 7. Εκτίμηση της ποιότητας του αρδευτικού νερού, με βάση την περιεκτικότητά του σε Na^+ (Ayers and Westcot, 1976).

Αρδευτικό πρόβλημα	Μονάδες	Βαθμός προβλήματος		
		Χωρίς πρόβλημα	Αυξανόμενο πρόβλημα	Σοβαρό πρόβλημα
Νάτριο				
Άρδευση με ροή	SAR	< 3	3,0 – 9,0	> 9,0
Καταιόνηση	meq/l	< 3	> 3,0	

και στις 5 περιοχές δειγματοληψίας έχουν αυξανόμενο πρόβλημα, όσο αφορά την περιεκτικότητα αυτού σε Na^+ , σε ολόκληρη την υπό μελέτη περίοδο. Το μεγαλύτερο πρόβλημα παρουσιάζουν η 1^η και η 4^η περιοχή δειγματοληψίας, ενώ το μικρότερο πρόβλημα παρουσιάζουν οι περιοχές δειγματοληψίας 3 και 5.

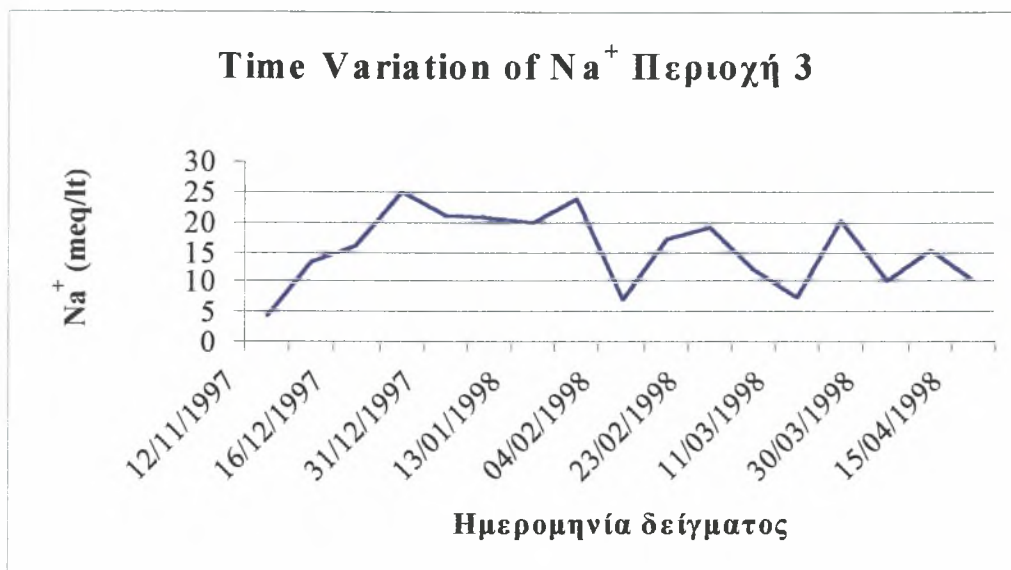


Σχ. 14. Συγκέντρωση Na⁺ του νερού της 1^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, για μία περίοδο 6 μηνών.

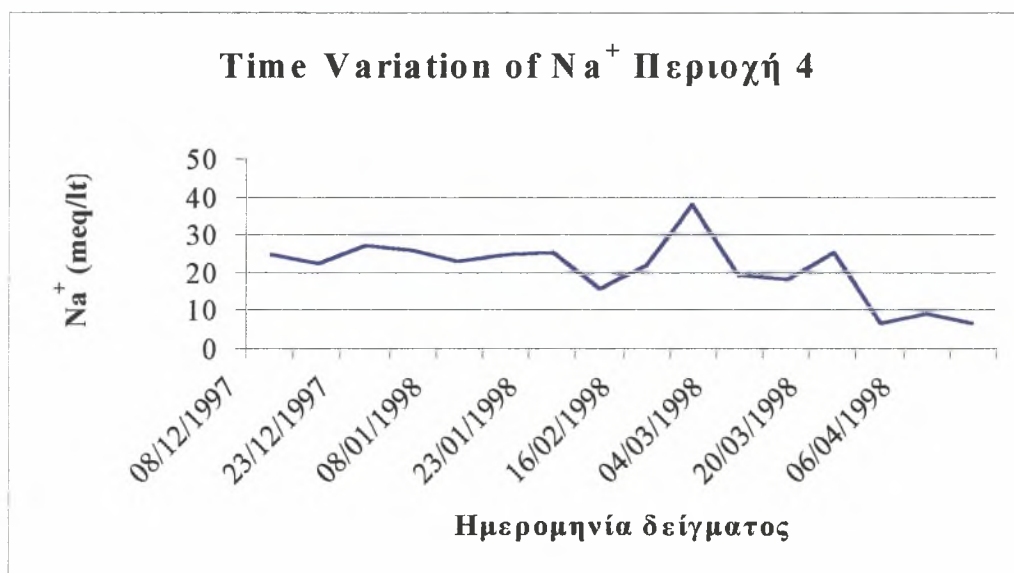


Σχ. 15. Συγκέντρωση Na⁺ του νερού της 2^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, για μία περίοδο 6 μηνών.

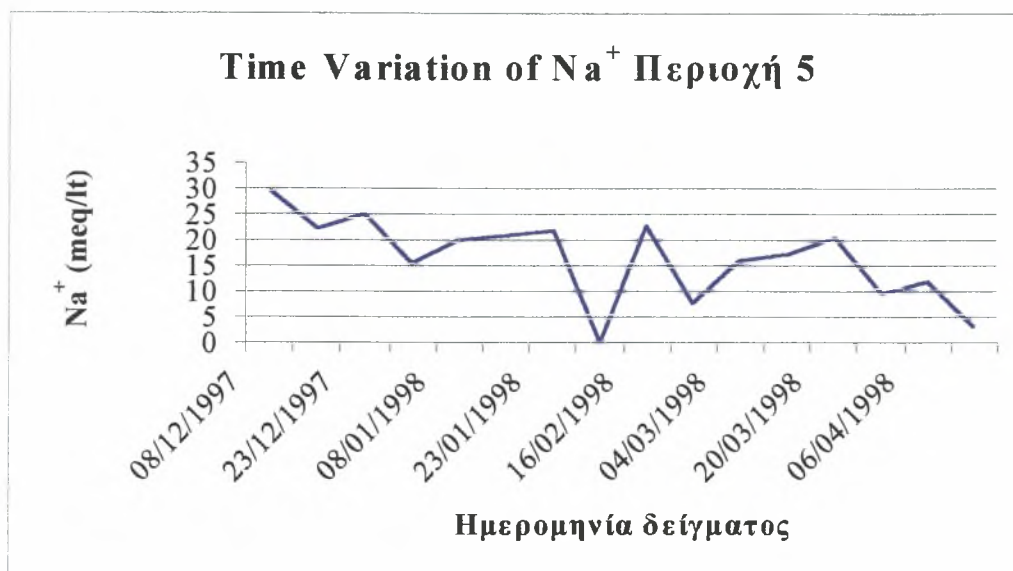




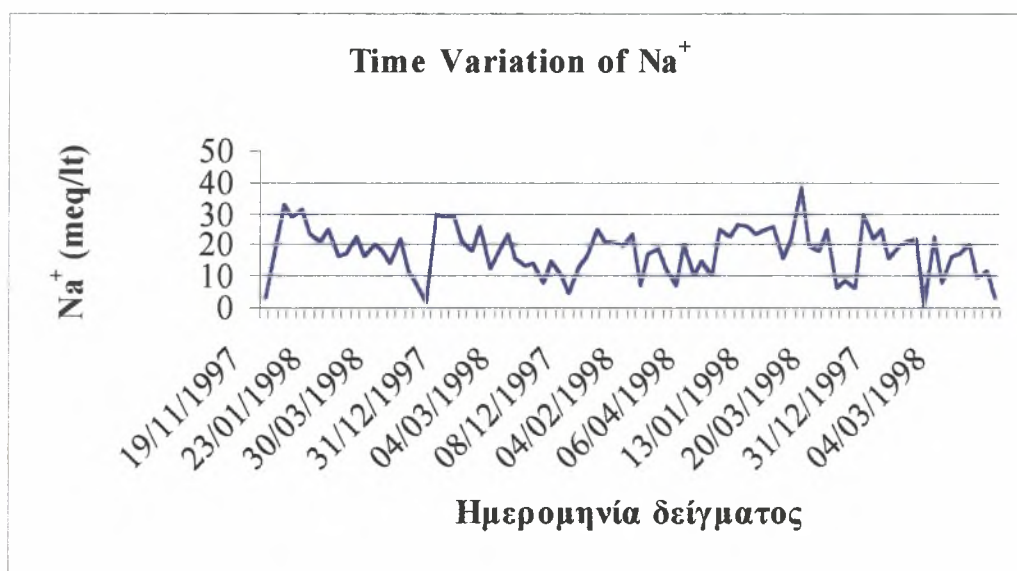
Σχ. 16. Συγκέντρωση Na^+ του νερού της 3^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, για μία περίοδο 6 μηνών.



Σχ. 17. Συγκέντρωση Na^+ του νερού της 4^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, για μία περίοδο 6 μηνών.



Σχ. 18. Συγκέντρωση Na⁺ του νερού της 5^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, για μία περίοδο 6 μηνών.



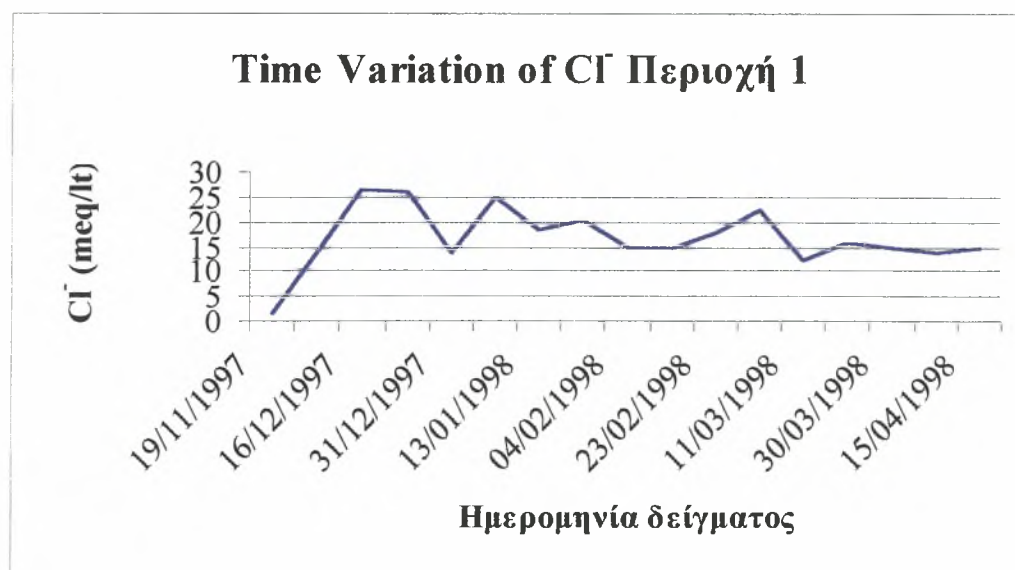
Σχ. 19. Συγκέντρωση Na⁺ του νερού του ταμιευτήρα, για μία περίοδο 6 μηνών.

Τα κριτήρια, που χρησιμοποιήθηκαν για την κατάταξη του νερού με βάση την περιεκτικότητά του σε Cl⁻, φαίνονται στον Πιν. 8. Από τα

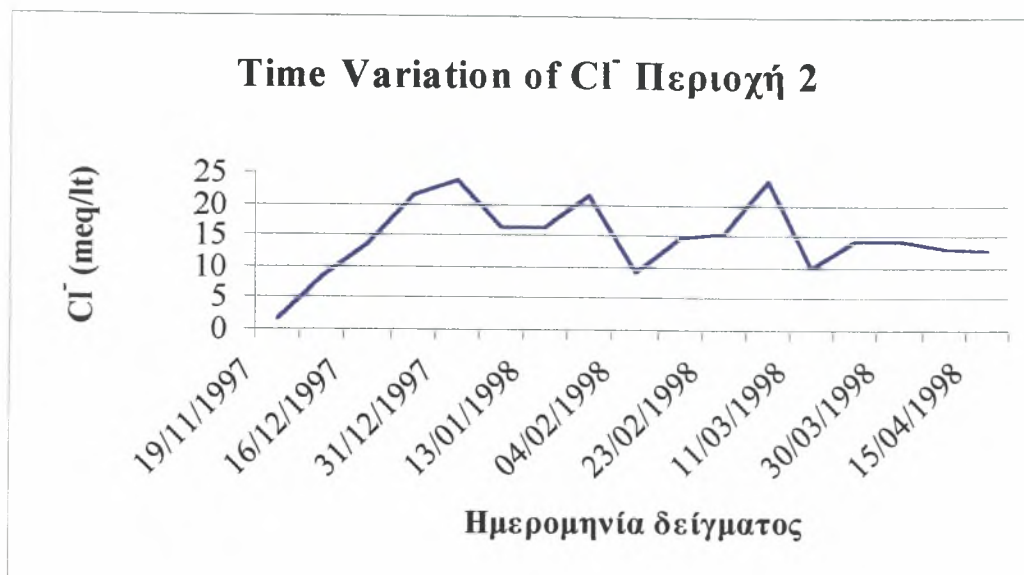
Πιν. 8. Εκτίμηση της ποιότητας του αρδευτικού νερού, με βάση την περιεκτικότητά του σε Cl^- (Ayers and Westcot, 1976).

Αρδευτικό πρόβλημα	Μονάδες	Βαθμός προβλήματος		
		Χωρίς πρόβλημα	Αυξανόμενο πρόβλημα	Σοβαρό πρόβλημα
Χλώριο				
Άρδευση με ροή	meq/lt	< 4,0	4,0 – 10,0	> 10
Καταιόνιση	meq/lt	< 3,0	3,0	

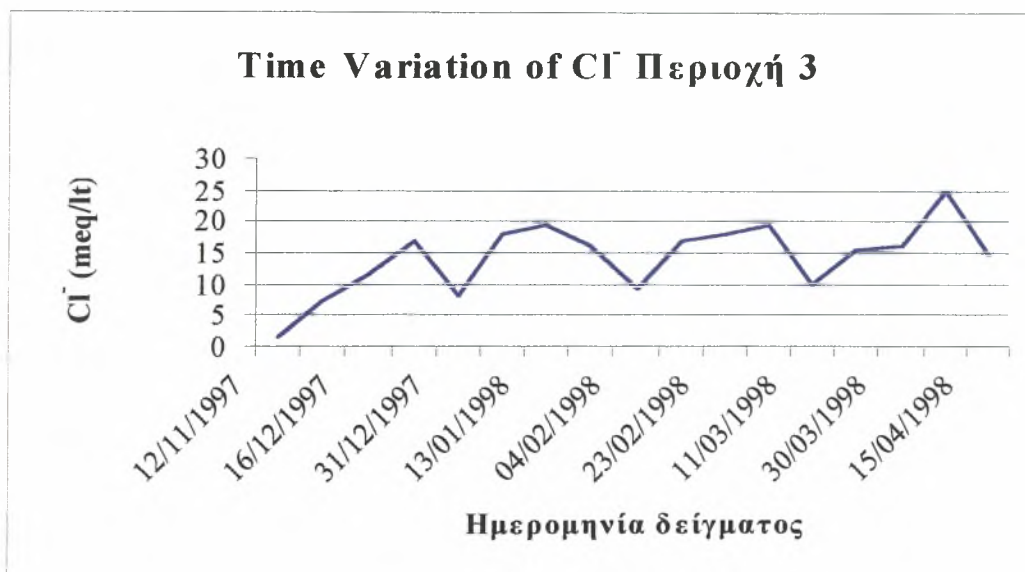
Σχ. 20, 21, 22, 23, 24 και 25, βλέπουμε ότι η περιεκτικότητα του Cl^- , είναι πολύ μεγάλη και στις 5 περιοχές δειγματοληψίας κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Το πρόβλημα γίνεται περισσότερο έντονο στην 5^η περιοχή δειγματοληψίας και λιγότερο έντονο στη 2^η. Αυτές οι περιεκτικότητες σε Cl^- είναι επικίνδυνες για άρδευση, αφού το Cl^- είναι ένα από τα στοιχεία, που είναι ιδιαίτερα τοξικά για τα φυτά.



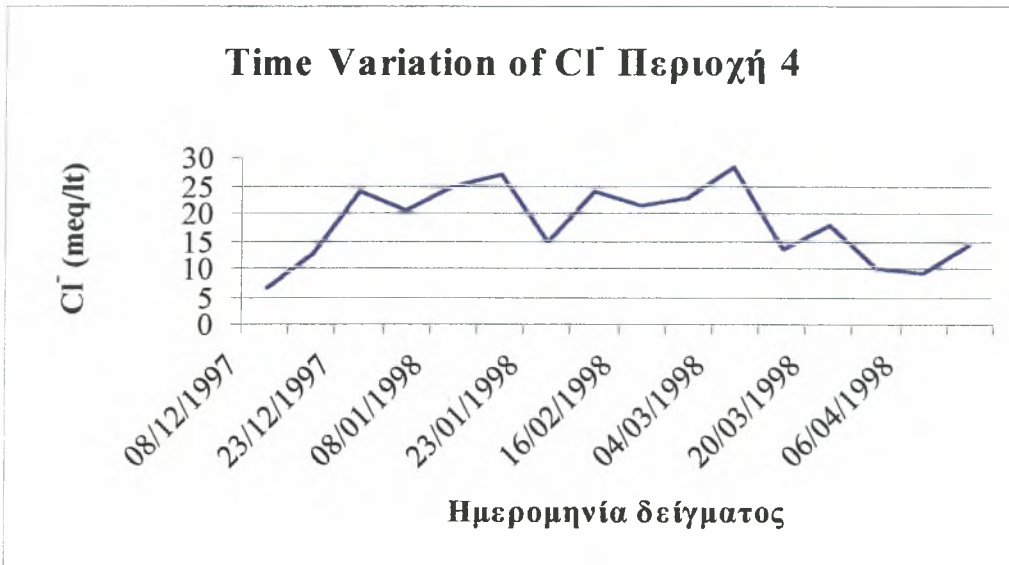
Σχ. 20. Συγκέντρωση Cl^- του νερού της 1^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, για μία περίοδο 6 μηνών.



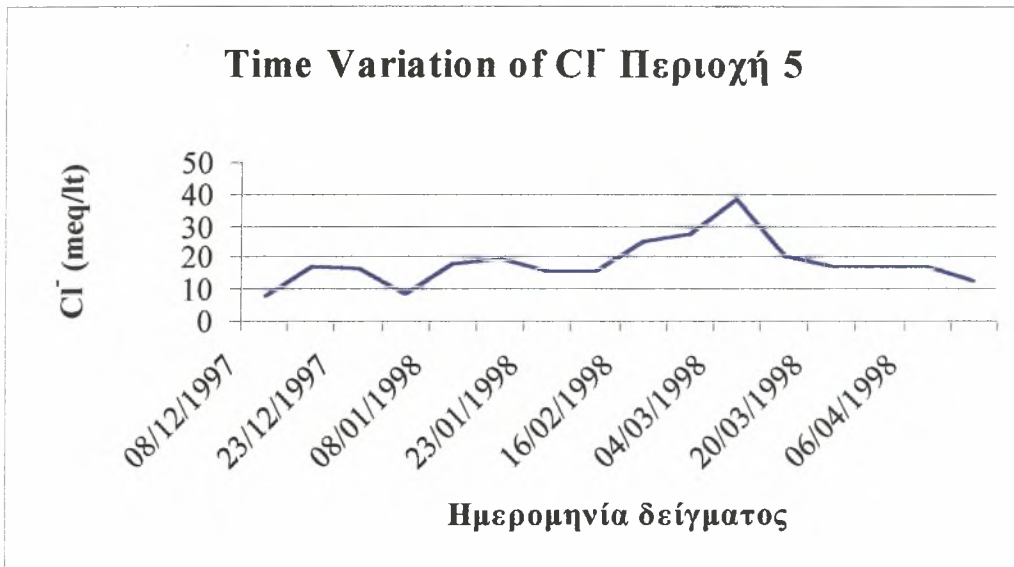
Σχ. 21. Συγκέντρωση Cl⁻ του νερού της 2^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, για μία περίοδο 6 μηνών.



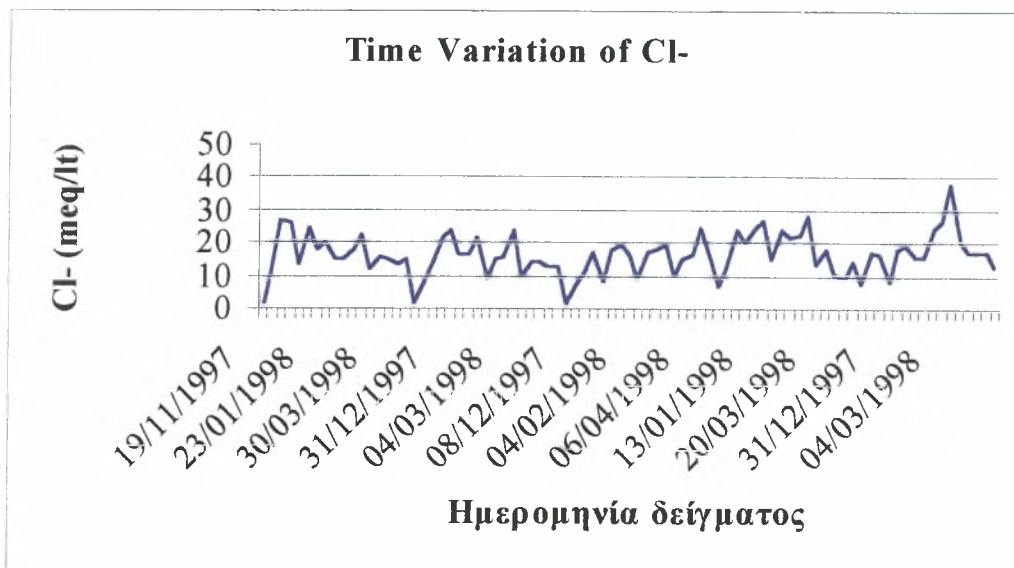
Σχ. 22. Συγκέντρωση Cl⁻ του νερού της 3^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, για μία περίοδο 6 μηνών.



Σχ. 23. Συγκέντρωση Cl⁻ του νερού της 4^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, για μία περίοδο 6 μηνών.



Σχ. 24. Συγκέντρωση Cl⁻ του νερού της 5^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, για μία περίοδο 6 μηνών.

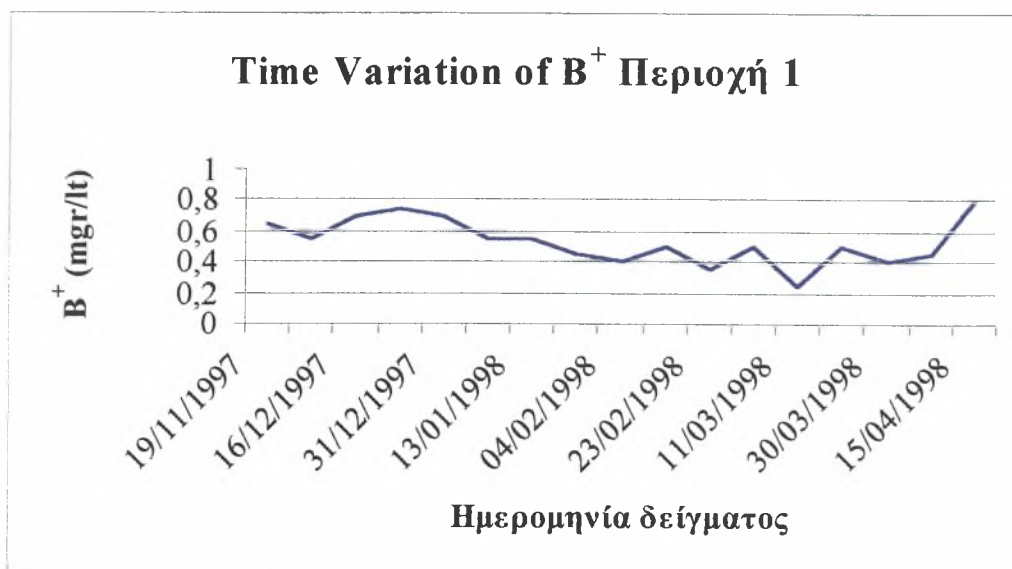


Σχ. 25. Συγκέντρωση Cl⁻ του νερού του ταμιευτήρα, για μία περίοδο 6 μηνών.

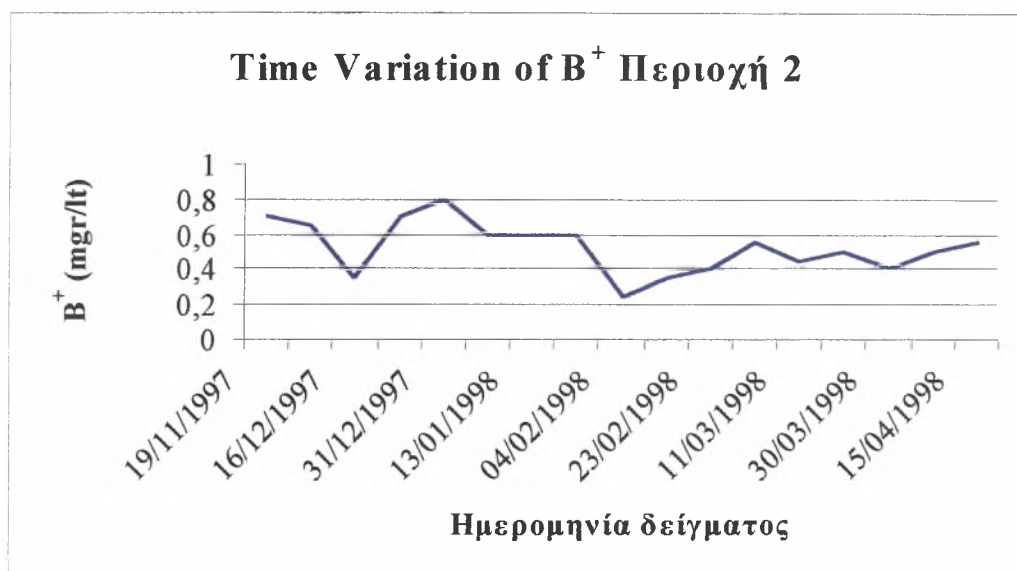
Τα κριτήρια, που χρησιμοποιήθηκαν για την κατάταξη του νερού με βάση την περιεκτικότητά του σε B⁺, φαίνονται στον Πίν. 9. Από τα Σχ. 26, 27, 28, 29, 30 και 31, βλέπουμε ότι οι περιεκτικότητες του B⁺ στο νερό του ταμιευτήρα είναι μικρές και συνεπώς δεν είναι περιοριστικές για άρδευση.

Πιν. 9. Εκτίμηση της ποιότητας του αρδευτικού νερού, με βάση την περιεκτικότητά του σε B⁺ (Ayers and Westcot, 1976).

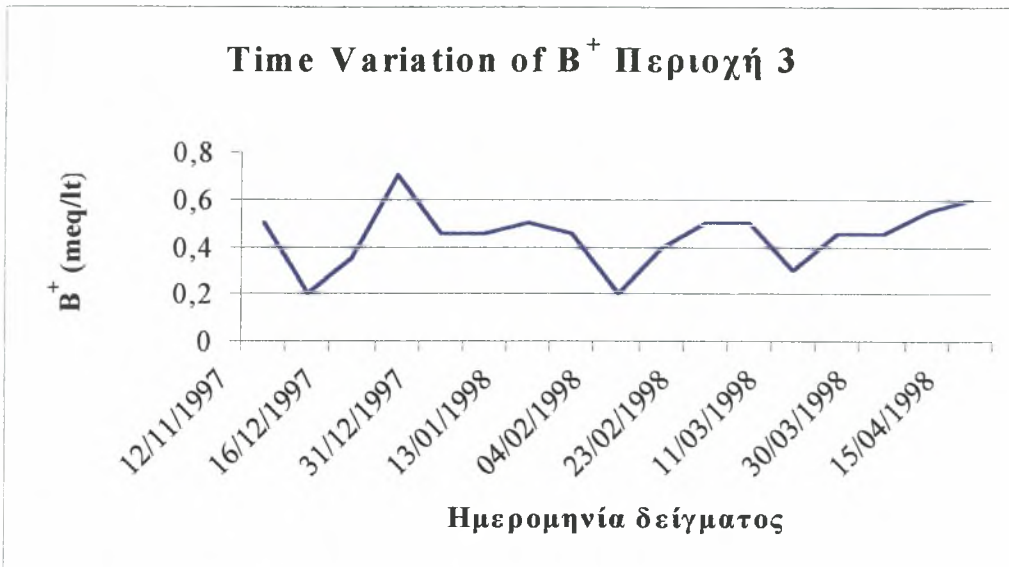
Αρδευτικό πρόβλημα	Μονάδες	Βαθμός προβλήματος		
		Χωρίς πρόβλημα	Αυξανόμενο πρόβλημα	Σοβαρό πρόβλημα
Βόριο				
Διάφορες επιδράσεις	mgr/l	< 0,7	0,7 – 3,0	>3,0



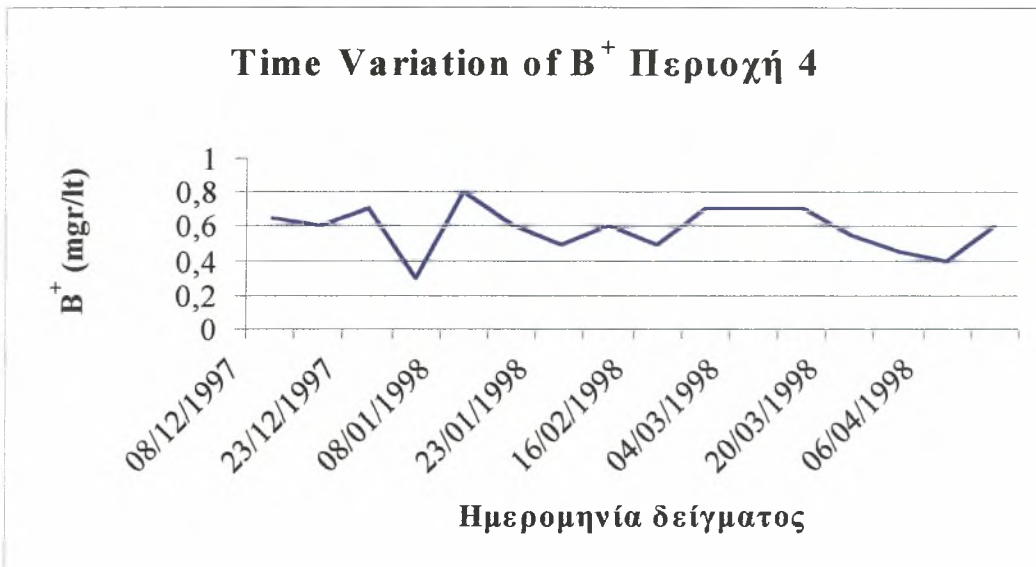
Σχ. 26. Συγκέντρωση B⁺ του νερού της 1^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, για μία περίοδο 6 μηνών.



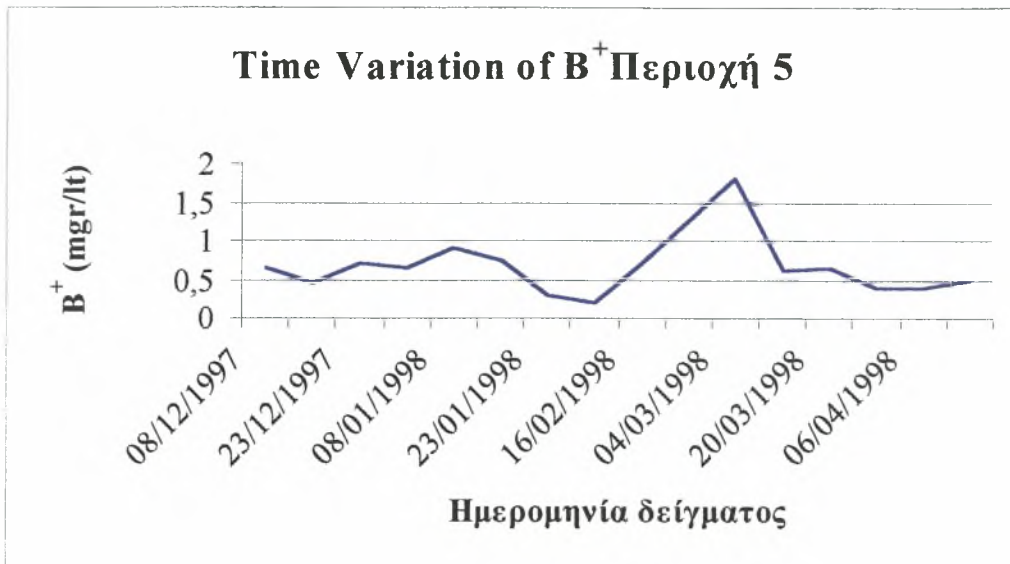
Σχ. 27. Συγκέντρωση B⁺ του νερού της 2^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, για μία περίοδο 6 μηνών.



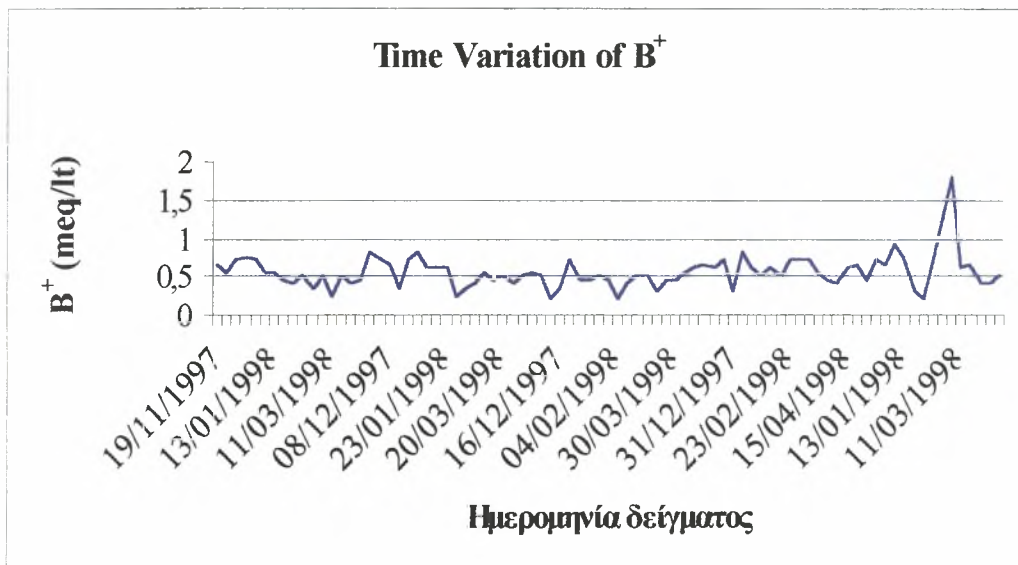
Σχ. 28. Συγκέντρωση B^+ του νερού της 3^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, για μία περίοδο 6 μηνών.



Σχ. 29. Συγκέντρωση B^+ του νερού της 4^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, για μία περίοδο 6 μηνών.



Σχ. 30. Συγκέντρωση B⁺ του νερού της 5^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, για μία περίοδο 6 μηνών.

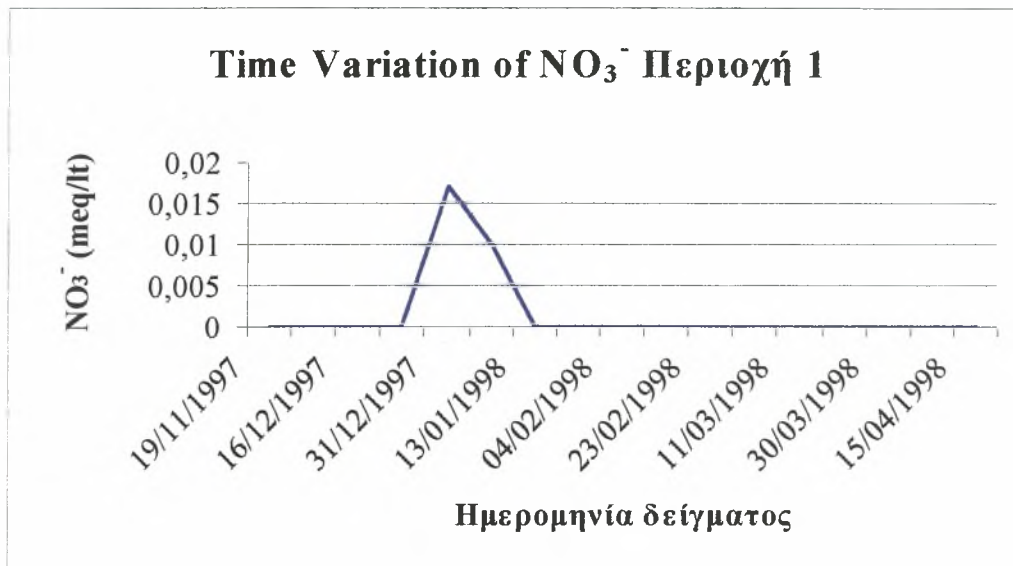


Σχ. 31. Συγκέντρωση B⁺ του νερού του ταμειντήρα, για μία περίοδο 6 μηνών.

Τα κριτήρια, που χρησιμοποιήθηκαν για την κατάταξη του νερού με βάση την περιεκτικότητά του σε NO₃⁻, φαίνονται στον Πίν. 10. Από

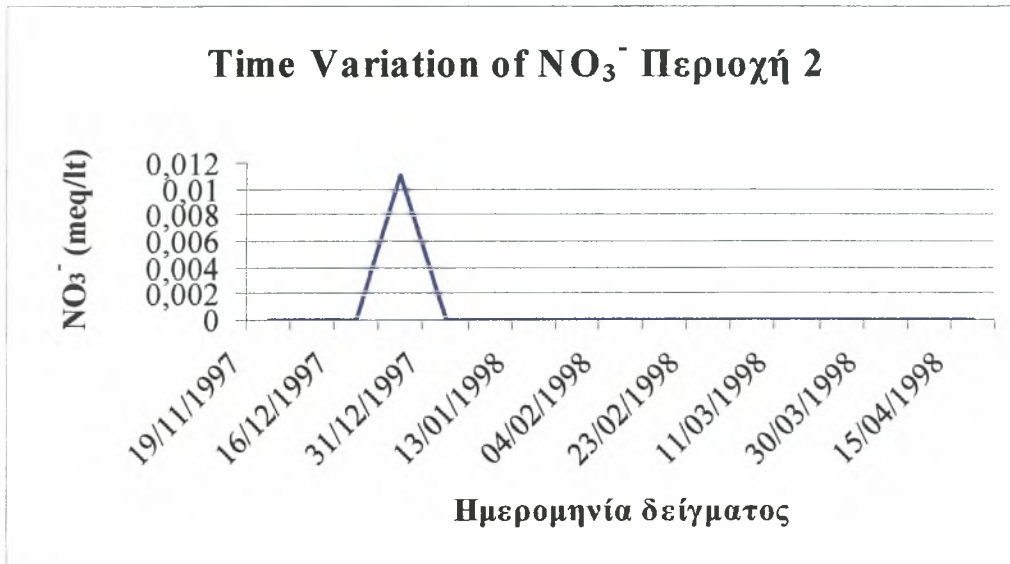
Πιν. 10. Εκτίμηση της ποιότητας του αρδευτικού νερού, με βάση την περιεκτικότητά του σε NO_3^- (Ayers and Westcot, 1976).

Αρδευτικό πρόβλημα	Μονάδες	Βαθμός προβλήματος		
		Χωρίς πρόβλημα	Αυξανόμενο πρόβλημα	Σοβαρό πρόβλημα
Άζωτο ($\text{NO}_3^- - \text{N}$)	meq/lt	< 5,0	5,0 – 30	> 30

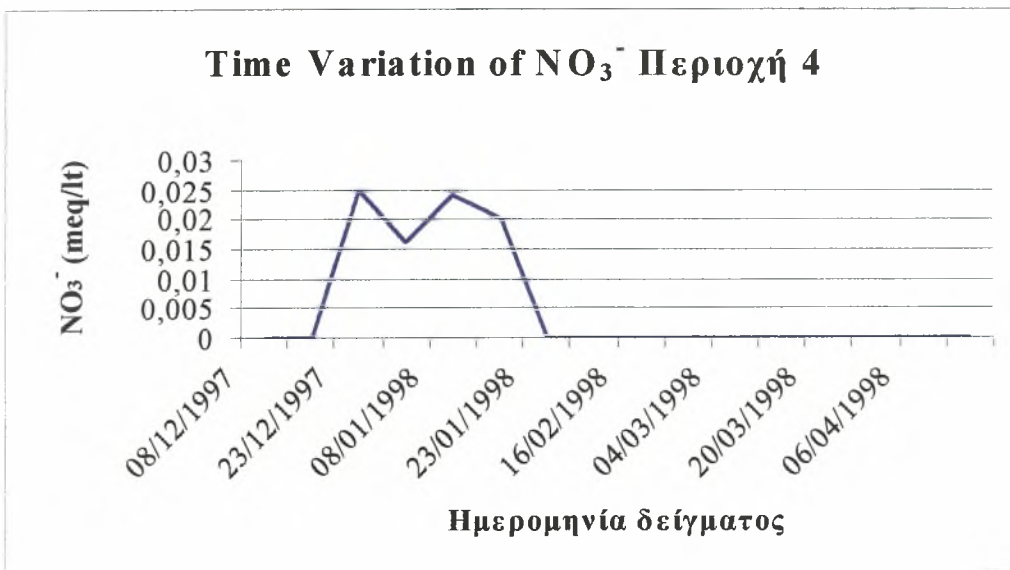


Σχ. 32. Συγκέντρωση NO_3^- του νερού της 1^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, για μία περίοδο 6 μηνών.

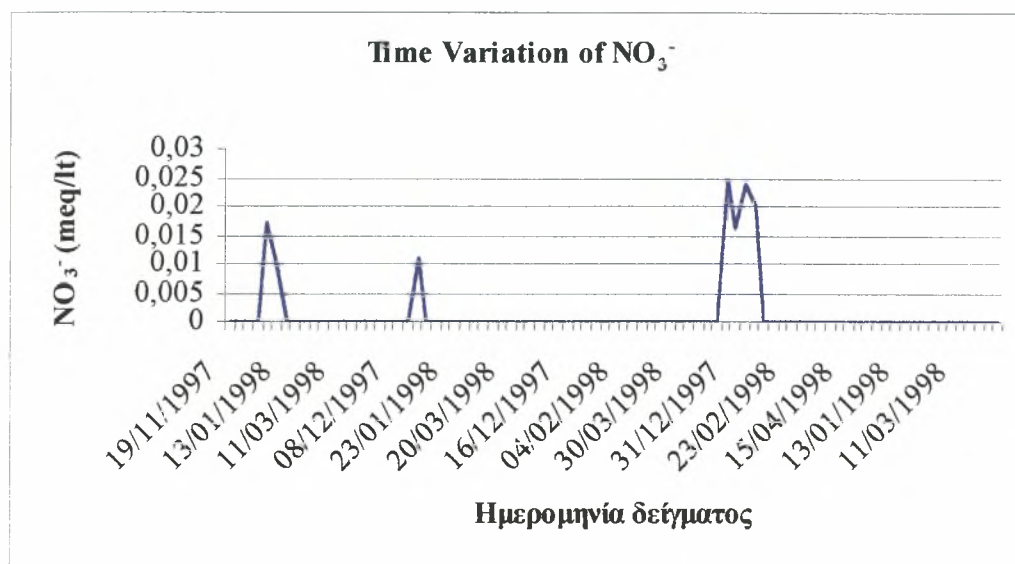
τα Σχ. 32, 33, 34 και 35 βλέπουμε ότι οι περιεκτικότητες σε NO_3^- στο νερό του ταμιευτήρα είναι πολύ μικρές και επομένως το νερό είναι, όσο αφορά αυτόν τον παράγοντα, κατάλληλο για άρδευση.



Σχ. 33. Συγκέντρωση NO_3^- του νερού της 2^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, για μία περίοδο 6 μηνών.



Σχ. 34. Συγκέντρωση NO_3^- του νερού της 4^{ης} περιοχής δειγματοληψίας, για μία περίοδο 6 μηνών.



Σχ. 35. Συγκέντρωση NO_3^- του νερού του ταμιευτήρα, για μία περίοδο 6 μηνών.

Όπως φαίνεται λοιπόν από τα παραπάνω, το νερό του ταμιευτήρα έχει σοβαρό πρόβλημα αλατότητας, διήθησης και επίσης έχει πρόβλημα όσον αφορά τα ιόντα Na^+ και Cl^- . Αντίθετα δεν υπάρχει πρόβλημα με την περιεκτικότητα του νερού σε ιόντα B^+ και NO_3^- .

Παράγοντες, που επηρεάζουν την αλατότητα και που με τη σωστή διαχείρισή τους, μπορούν να βοηθήσουν στην αποφυγή αυτών των προβλημάτων, είναι: η έκπλυση, η στράγγιση, η επιλογή των κατάλληλων καλλιεργειών καθώς και οι καλλιεργητικές φροντίδες, όπως είναι οι συχνές αρδεύσεις, η ισοπέδωση και ο κατάλληλος χρόνος λίπανσης και η μέθοδος σποράς.

Υπάρχουν αρκετές εναλλακτικές λύσεις, για να αποφευχθούν ή να περιοριστούν τα προβλήματα αλατότητας. Όταν υπάρχει μεγάλη αύξησιμων διαλυμένων αλάτων στο έδαφος, ένας τρόπος για να απομακρυνθεί η περίσσεια των αλάτων αυτών είναι να εκπλυθεί με την εφαρμογή περισσότερου νερού από αυτό, που χρειάζονται οι καλλιέργειες κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Αυτό το

επιπλέον νερό μετακινεί ένα μέρος των αλάτων πιο κάτω από το ριζόστρωμα με βαθειά διήθηση (έκπλυση).

Η έκπλυση πρέπει να γίνεται σε κάθε άρδευση ή και με μικρότερη συχνότητα, όπως π.χ. εποχιακά, ανάλογα με την περίπτωση, για να κρατά την αλατότητα κάτω από το όριο από το οποίο οι αποδόσεις Δε μειώνονται σημαντικά. Σε μερικές περιπτώσεις οι συνήθως μικροί βαθμοί αποδοτικότητας της εφαρμογής του νερού ικανοποιούν τις απαιτήσεις έκπλυσης χωρίς να χρειάζεται πρόσθετο νερό έκπλυσης.

Από μελέτες για την αύξηση της αποδοτικότητας της έκπλυσης προέκυψαν τα εξής:

1. Η έκπλυση πρέπει να εφαρμόζεται κατά την ψυχρή και όχι κατά τη θερμή περίοδο.
2. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται, να περιορίζουν την επιφανειακή απορροή και να μειώνουν τη δημιουργία επιφανειακών ρωγμών, από τις οποίες χάνεται το νερό.
3. Όταν χρησιμοποιείται η άρδευση με καταιονισμό, να γίνεται με παροχές εφαρμογής κάτω από τη διηθητικότητα του εδάφους, οι οποίες δημιουργούν ακόρεστη ροή, που είναι πιο κατάλληλη απ' ότι η κορεσμένη, για την έκπλυση.
4. Να χρησιμοποιούνται εναλλακτικά κατάκλυση και ξήρανση αντί της συνεχούς κατάκλυσης.
5. Όταν είναι δυνατό να γίνεται έκπλυση σε περιόδους μικρών απαιτήσεων σε νερό ή να αναβάλλεται η έκπλυση μετά τη βλαστική περίοδο.

6. Αν η διηθητικότητα είναι μικρή, να εφαρμόζουμε άρδευση πριν την εγκατάσταση της καλλιέργειας ή σε περιόδους εκτός εποχής για να αποφεύγεται η παραμονή του νερού στην επιφάνεια του εδάφους.

Μία άλλη λύση κατά της αλατότητας έχει σχέση με την επιλογή της καλλιέργειας, επειδή τα όρια αντοχής τους στα άλατα διαφέρουν για κάθε καλλιέργεια. Η αντοχή ορισμένων καλλιεργειών στην αλατότητα του εκχυλίσματος κορεσμού του εδάφους ($E.C._w$) δίνεται από τον Πιν. 2. Η αντοχή των καλλιεργειών εξαρτάται από τη διαχείριση του νερού, το στάδιο ανάπτυξης, το βάθος του ριζοστρώματος, τις ποικιλίες και το κλίμα. Σε πολλές καλλιέργειες, τεύτλα, ρύζι, κριθάρι, σιτάρι και ορισμένα λαχανικά, το στάδιο του φυτρώματος των σπόρων είναι πιο ευαίσθητο και όταν η αλατότητα του εδάφους είναι μεγαλύτερη των 4mmhos/cm ίσως καθυστερήσει ή αναχαιτιστεί η βλάστηση και η πρόωμη ανάπτυξη. Η αντοχή των καλλιεργειών, επηρεάζεται από τις κλιματολογικές συνθήκες. Καλλιέργειες, που αναπτύσσονται σε δροσερά κλίματα ή κατά τη διάρκεια της δροσερότερης εποχής του έτους είναι πιο ανθεκτικές στα άλατα από εκείνες, που αναπτύσσονται σε θερμότερα κλίματα και εποχές με χαμηλή υγρασία ή υψηλή εξατμισοδιαπνοή.

Νερό μικρής αλατότητας, δηλαδή με αλατότητα μικρότερη από $0,5\text{mmhos/cm}$ και ειδικά κάτω από $0,2\text{mmhos/cm}$, είναι διαβρωτικό και απομακρύνει από το επιφανειακό έδαφος τα ήδη ευδιάλυτα άλατα και υλικά, ειδικά το ασβέστιο, μειώνοντας τη σημαντική του επίδραση στη συσσωμάτωση και τη δομή του εδάφους. Χωρίς άλατα και χωρίς ασβέστιο, τα εδάφη διασκορπίζονται και το διασκορπισμένο λεπτό έδαφος γεμίζει πολλούς από τους μικρότερους πόρους, σφραγίζοντας την

επιφάνεια και περιορίζοντας το ρυθμό με τον οποίο το νερό διηθείται στην επιφάνεια του εδάφους.

Πολύ μικρή αλατότητα ($E.C._w < 0,2 \text{ mmhos/cm}$) προκαλεί κατά κανόνα προβλήματα διήθησης του νερού, άσχετα με την αναλογία νατρίου (S.A.R.).

Η ύπαρξη υπερβολικού νατρίου στο νερό άρδευσης προκαλεί διασπορά των εδαφικών υλικών και καταστροφή της δομής. Έτσι μια σχετικά υψηλή περιεκτικότητα νατρίου συχνά προκαλεί προβλήματα διήθησης, που οφείλονται στη διασπορά των εδαφομορίων και στην απόφραξη των επιφανειακών πόρων.

Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων διήθησης χρησιμοποιούνται φυσικά ή χημικά μέσα. Με τα χημικά μέσα προκαλούνται μεταβολές στη χημεία του εδάφους ή του νερού, που επηρεάζουν τη διηθητικότητα. Αυτά συμπληρώνονται με την προσθήκη βελτιωτικών, όπως γύψος, είτε στο έδαφος είτε στο νερό είτε και σε μερικές περιπτώσεις αναμιγνύεται σε ακατάλληλο νερό με το νερό άλλων πηγών για τη μείωση του κινδύνου.

Στα φυσικά μέσα περιλαμβάνονται οι καλλιεργητικές φροντίδες, που βοηθούν την παραμονή του νερού κατά την άρδευση για περισσότερο χρόνο στην επιφάνεια του εδάφους, αυξάνοντας τη διήθηση. Αυτές είναι η δημιουργία ανώμαλης επιφάνειας ή ανώμαλα αυλάκια και το σπάσιμο της κρούστας των πάνω λίγων εκατοστών του εδάφους. Με τις βαθιές αρώσεις το επιφανειακό στρώμα εδάφους αποκτά τις αρχικές καλές συνθήκες, αλλά όχι μόνιμα.

Η λύση των προβλημάτων διήθησης με τα φυσικά και χημικά μέσα είναι πιο αποτελεσματική όταν συνοδεύεται από τη σωστή

χρησιμοποίηση των αρδεύσεων. Η σωστή πρακτική των αρδεύσεων εντοπίζεται στις συχνές αρδεύσεις, στην άρδευση πριν την εγκατάσταση των φυτών, στην αύξηση της διάρκειας της άρδευσης και με αλλαγές στη μέθοδο άρδευσης.

Προβλήματα τοξικότητας μπορεί να δημιουργηθούν από καταιονισμό νερού με τοξικές συγκεντρώσεις ορισμένων ιόντων. Η τοξικότητα αυτή οφείλεται στην προσρόφηση από τα φύλλα υπερβολικών ποσοτήτων νατρίου και χλωρίου του νερού άρδευσης κατά τη διαβροχή τους με καταιονιστήρες. Η προσρόφηση και η τοξικότητα συμβαίνουν κατά τη διάρκεια περιόδων υψηλής θερμοκρασίας και χαμηλής υγρασίας (<30%) με επιδείνωση από τους ανέμους.

Οι περιστρεφόμενοι καταιονιστήρες προκαλούν μεγαλύτερους κινδύνους, γιατί μεταξύ των περιστροφών το νερό εξατμίζεται και τα άλατα συσσωρεύονται στον καταιονισμένο όγκο νερού. Οι αργά περιστρεφόμενοι καταιονιστήρες (<1 περιστροφή/min) προκαλούν κύκλους ξήρανσης. Η μείωση της ταχύτητας περιστροφής αυξάνει την προσρόφηση. Η μεγάλη συχνότητα, σχεδόν ημερησίως, άρδευσης δημιουργεί σε ορισμένες περιπτώσεις προβλήματα. Οι περισσότερες ετήσιες καλλιέργειες είναι ανθεκτικές, αλλά μπορεί να ζημιωθούν αν οι συγκεντρώσεις είναι αρκετά υψηλές.

Οι καλλιεργητικές φροντίδες, που βοηθούν στη χρησιμοποίηση νερού με τοξικά στοιχεία έχουν σχέση με τον καλύτερο έλεγχο και κατανομή του νερού, όπως η ισοπέδωση των αγρών και η τεχνητή στράγγιση, αν δεν υπάρχει επαρκής φυσική στράγγιση.

Τα προβλήματα, που δημιουργούνται από τη διαφυλλική προσρόφηση ή εναπόθεση των αλάτων μπορούν να περιοριστούν αν ληφθούν υπόψη τα παρακάτω:

- Άρδευση κατά τη νύχτα, είναι μία αρκετά αποτελεσματική διαδικασία μείωσης της τοξικότητας του νατρίου και του χλωρίου λόγω της φυλλικής προσρόφησης τους και οφείλεται στην αύξηση της υγρασίας και μείωσης της έντασης του ανέμου κατά τη διάρκεια της νύχτας, που έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της εξάτμισης του νερού και της συσσώρευσης των αλάτων.
- Αποφυγή άρδευσης με υψηλό άνεμο. Ο θερμός και ξηρός άνεμος είναι ο κυριότερος παράγοντας της συγκέντρωσης, της προσρόφησης και της εναπόθεσης των αλάτων.
- Αύξηση της ταχύτητας περιστροφής των καταιονιστήρων.
- Αύξηση της παροχής διαβροχής.
- Αλλαγή της μεθόδου άρδευσης, τα αυλάκια, η κατάκλυση και η άρδευση με σταγόνες αποτελούν εναλλακτικές μεθόδους, επειδή δεν διαβρέχουν τα φύλλα.
- Αύξηση του μεγέθους των σταγόνων, επειδή οι μικρές σταγόνες είναι επειδεκτικές εξάτμισης και απομάκρυνσης από τον αέρα.
- Επιλογή διαφορετικών καλλιεργειών.
- Καλλιέργεια κατά τη διάρκεια ψυχρότερων εποχών, γιατί περιορίζεται η συνολική χρησιμοποιούμενη ποσότητα και ο κίνδυνος από την εφαρμογή του νερού με τους καταιονιστήρες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Δέδες Π., Καραλάζος Α., Χατζούδης Γ., Αθήνα 1991. «Μέθοδοι αναλύσεως νερού αρδεύσεως». Σελ. 2.
2. Μήτσιος Ι., Βόλος 1994. «Ποιοτική κατάταξη των νερών άρδευσης. Διαχείριση των αρδευόμενων αλατούχων και νατριούχων εδαφών». Σελ.30.
3. Ντιούδης Π., Θεσσαλονίκη 1992. «Πηγές και οικονομία νερού – ποιότητα νερού».Σελ. 1 – 7 και 42 – 65.
4. Πανωρας Α., Θεσσαλονίκη 1984. «Ποιότητα αρδευτικών νερών (τεύχος Α΄) – εκτίμηση της ποιότητας των αρδευτικών νερών». Σελ. 5 – 6 και 9 – 18.
5. Angelaki A., Sakellariou M., Pateras D. and Kungolos A., 1998; Proceedings of International Symposium on New Microbiotests for routine toxicity screening and biomonitoring, Brno, Czech Republic.
6. Ayers R. S. and Westcot D. W., 1976; Water quality for agriculture, Organization of United Nations, Rome.
7. Ayers R. S. and Westcot D. W., 1985; Water quality for agriculture, Organization of United Nations, Rome.
8. Bower C. A., Ogata G. and Tucher J. M., 1968; Sodium hazard of irrigation waters as influenced by leaching fraction and by precipitation or solytion of calcium carbonate, Soil Science.
9. Bresler E., McNeal B. L. and Carter D. L., 1982; Saline and sodic soils. Principles – Dynamics – Modelling. Advanced Series in Agricultural Sciences, 10 Springer – Verlag. Berlin.

10. Christiansen J. E., Olsen E. C. and Willardson L. S., 1977; Irrigation Water Quality Evaluation. Journal of the Irrigation and Drainage Division. ASCE, Vol. 103, IR 2, June 1977.
11. Kungolos A., Batziakas V., Samaras P., Sakellaropoulos G. P., Kipopoulou A. M., Zoumboulis A. and Kouimtzis Th., 1998; Submitted to: Proceedings of International Symposium on New Microbiotests for routine toxicity screening and biomonitoring, Brno, Czech Republic.
12. Lindsay W. I., 1979; Chemical equilibria in soils., Wiley – Interscience, New York.
13. Miliadis G. E., 1998; Submitted to: Oproceedings of 9th International IUPAC Congress Pesticides Chemistry. 2 - 7 August 1998, London, UK.
14. Pateras D., 1990; Diffusion cation exchange and hydrolysis during the reclamation of saline, clay, soils. Ph. D. Thesis. University of Reading.
15. Rahman W. A. and Rowell D. L., 1979; The influence of magnesium in saline and sodic soils: A specific effect or a problem of cation exchange. Journal of Soil Science.
16. M. Sakellariou, A. Angelaki, A. Kungolos, D. Pateras and N. Tsiropoulos, 1998; Submitted to: Proceedings of fourth International Symposium on West Management Problems in Agro - industries, Instabul, Turkey.
17. Scofield C. S., 1933; Quality of irrigation waters, South Coastal basin investigation, California Department of Public Works, Dvision of Water Resources, Bulletin 40, Sacramento, California.

18. Suarez D. I., 1977; Ion activity products of Calcium Carbonate in water below the root zone. Soil Science Society American Proceedings.
19. Thanos, 1993; The construction of 4200 hecares reservoir in the former Karla lake. The positive effect on the quantitative and qualitative improvement of ground water in the region. Conference organized by the Geotechnical Chamber of Greece for Karla reservoir. Stefenovikio, Magnesia Prefecture, May 1993.
20. U. S. Salinity Laboratory Staff., 1954; Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agric. Handb. No. 60. USDA U. S. Government Printing Office, Washington, D. S.
21. Westcot D. W. and Ayers R. S., 1985; Irrigation water criteria. In Pettygrove G. S. and Asano T., eds, Irrigation with reclaimed municipal wastewater - a guidance manual, 2nd ed. Lewis Publishers, Inc. Chelsea, ML.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
1. Ευχαριστίες.....	1
2. Πρόλογος.....	2
3. Εισαγωγή.....	3 – 20
4. Υλικά και μέθοδοι.....	21 – 25
5. Αποτελέσματα και συζήτηση.....	26 – 56
6. Βιβλιογραφία.....	57 - 59

