

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ  
ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ - ΥΔΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**«Διαχειριστικές προτάσεις για το στραγγιστικό δίκτυο Ασμακίου»**

**Αυγουστίνος Χαρ. Αυγουστή**

**ΒΟΛΟΣ 2012**

**«Διαχειριστικές προτάσεις για το στραγγιστικό δίκτυο «Ασμακίου»**

### **Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή**

- 1) **Χρήστος Νεοφύτου**, Καθηγητής, με γνωστικό αντικείμενο «Ιχθυολογία – Υδροβιολογία», του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Επιβλέπων**.
- 2) **Δημήτριος Βαφειδής**, Αναπληρωτής Καθηγητής, με γνωστικό αντικείμενο «Βιοποικιλότητα των Θαλάσσιων Βενθικών Ασπόνδυλων και άμεση - έμμεση χρηστικότητα τους», του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.
- 3) **Κωνσταντίνος Σκόρδας**, Λέκτορας με γνωστικό αντικείμενο «Περιβαλλοντική Γεωχημεία» του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.

### **Επταμελής εξεταστική Επιτροπή**

- 1) **Χρήστος Νεοφύτου**, Καθηγητής, με γνωστικό αντικείμενο «Ιχθυολογία – Υδροβιολογία», του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Επιβλέπων**.
- 2) **Δημήτριος Βαφειδής**, Αναπληρωτής Καθηγητής, με γνωστικό αντικείμενο «Βιοποικιλότητα των Θαλάσσιων Βενθικών Ασπόνδυλων και άμεση - έμμεση χρηστικότητα τους», του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.
- 3) **Κωνσταντίνος Σκόρδας**, Λέκτορας με γνωστικό αντικείμενο «Περιβαλλοντική Γεωχημεία» του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.
- 4) **Ιφιγένεια Κάγκαλου**, Επίκουρος Καθηγήτρια, με γνωστικό αντικείμενο «Υδρολογία, Λιμνολογία και Ποταμολογία» του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.
- 5) **Ιωάννα Καστρίτση - Καθαρίου**, Μόνιμη Επίκουρος Καθηγήτρια με γνωστικό αντικείμενο «Εφαρμοσμένη Ζωολογία (Ταξινόμηση - Τοξικότητα - Υδατοκαλλιέργειες)», του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.
- 6) **Αθανάσιος Κούγκουλος**, Καθηγητής, με γνωστικό αντικείμενο «Σχεδιασμός και Διαχείριση Περιβάλλοντος» του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πολυτεχνική Σχολή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.
- 7) **Δημήτριος Πατέρας**, Καθηγητής, με γνωστικό αντικείμενο «Εδαφομηχανική και κατεργασία εδάφους» του Τμήματος Μηχανικής Βιοσυστημάτων, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, ΤΕΙ Λάρισας, **Μέλος**.

**Αυγουστίνος Χαρ. Αυγουστή**

**«Διαχειριστικές προτάσεις για το στραγγιστικό δίκτυο Ασμακίου»**

**ISBN:**

**Αυγουστίνος Αυγουστή, 2012 : «Διαχειριστικές προτάσεις για το στραγγιστικό δίκτυο Ασμακίου». Διδακτορική διατριβή.**

**Αριθμός προκαταρκτικών σελίδων: xxxii**

**Συνολικός αριθμός σελίδων της διατριβής: 304**

**Αριθμός Πινάκων: 131**

**Αριθμός Σχημάτων: 103**

**Αριθμός Εικόνων: 32**

**Αριθμός βιβλιογραφικών αναφορών: 203**

*Στην Οικογένεια μου  
ιδιαίτερως στον εγγονό μου Αυγουστίνο*

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις πιο θερμές μου ευχαριστίες σε όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της παρούσας Διδακτορικής Διατριβής. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διατριβής αυτής, Καθηγητή κύριο Χρήστο Νεοφύτου, ο οποίος με εμπιστεύθηκε και για την πολύτιμη βοήθειά του και τη διαρκή υποστήριξή του, τόσο κατά τη διεξαγωγή της έρευνας, όσο και κατά τη συγγραφή της διατριβής, καθώς και τα μέλη της Συμβουλευτικής Επιτροπής μου, αποτελούμενη από τους κ.κ. Βαφειδή Δημήτριο και Σκόρδα Κωνσταντίνο, για τις χρήσιμες συμβουλές τους και την καθοδήγησή τους σε όλα τα στάδια διεκπεραίωσης της έρευνας.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους κ.κ. Νικόλαο Νεοφύτου και Στυλιανή Ματζιώρη, Λέκτορες, για την άμεση και ανιδιοτελή βοήθειά τους, όσον αφορά στην προμήθεια εργαστηριακού υλικού, καθώς επίσης τους κυρίους/κυρίες Σάββα Παπαδόπουλο, Νικόλαο Κόκκινο, Ζήση Αργυρόπουλο, Δημήτριο Κατέρη, Αναστάσιο Γεωργιάδη, Παναγιώτη Βύρλα, Μαριάνθη Χατζηγιάννου και Άννα Μπλάντα για την αμέριστη συμπαράστασή τους και την πολύτιμη βοήθειά τους κατά τη διάρκεια της έρευνας.

Τέλος, θερμές ευχαριστίες οφείλω και προς το προσωπικό του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος για τα μέσα και τη βοήθεια που μου παρείχαν για τη διεκπεραίωση της παρούσας διδακτορικής διατριβής.



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διδακτορική διατριβή είχε ως σκοπό τη μελέτη της ποιότητας των υδάτων και τη διατύπωση προτάσεων για την στραγγιστική - αρδευτική τάφρο «Ασμακίου» που ανήκει στα Περιφερειακά Διαμερίσματα Λάρισας και Μαγνησίας και εκτείνεται από τα σημεία άντλησης νερού του Πηνειού ποταμού έως και τις απομακρυσμένες αρδευόμενες περιοχές, στις παρυφές της Λίμνης Κάρλας. Πρόκειται για χωμάτινη ως επί το πλείστον στραγγιστική-αρδευτική τάφρο η οποία χρησιμοποιείται κυρίως για αρδευτικούς σκοπούς, με τον κεντρικό της άξονα να έχει συνολικό μήκος περίπου 15,5 Km. Να σημειωθεί ότι το συνολικό μήκος του αρδευτικού - στραγγιστικού δικτύου στην ευρύτερη περιοχή, φθάνει περίπου τα τετρακόσια χιλιόμετρα (Τοπικός Οργανισμός Εγγείων Βελτιώσεων (Τ.Ο.Ε.Β. Πηνειού)).

Συνολικά πραγματοποιήθηκαν δώδεκα διμηνιαίες δειγματοληψίες νερού και δύο ιζήματος κατά την περίοδο 2008-2009. Τα στοιχεία για την αξιολόγηση προέκυψαν ύστερα από τις χημικές αναλύσεις του νερού και του ιζήματος. Ειδικότερα σε αρκετές περιπτώσεις (κυρίως στην περιοχή της Κάρλας) βρέθηκαν υπερβολικά υψηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) (που κατά τα φαινόμενα οφείλονται στην απόπλυση αλατούχων εδαφών), υψηλές τιμές ολικής σκληρότητας, αυξημένες τιμές συγκέντρωσης ιόντων  $\text{Na}^+$ , πολύ υψηλές τιμές B.O.D<sub>5</sub>, COD και χαμηλές τιμές D.O. Το «Ασμάκι» παρουσίαζε σε πολλά σημεία εμφανή βιομηχανική ρύπανση, υψηλή αλκαλίωση, έντονες ανοξικές συνθήκες και έντονη οργανική ρύπανση.

Ο ευτροφισμός ήταν το κυρίαρχο φαινόμενο των νερών της τάφρου, κάτι που ήταν εμφανές σχεδόν σε όλο το μήκος της, κυρίως κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Σε κατάσταση υψηλού ευτροφισμού, βρισκόταν το τμήμα που εκτείνεται από τον

σταθμό Σ5 μέχρι και τον σταθμό Σ12, εκεί δηλαδή που δραστηριοποιούνται οι βιομηχανίες της περιοχής. Αντίθετα ο βαθμός ευτροφισμού ήταν πολύ μικρότερος στον αγροτικό τομέα.

Η συγκέντρωση του D.O. εμφανίζεται χαμηλή, κυρίως στην περιοχή που καλύπτουν οι σταθμοί Σ7 και Σ11 (Οινοπνευματοποιία Χατζηδήμα και Σφαγεία Γυρτώνης), με  $M.O.D.O. = 2,40 \text{ mg/l} \pm 1,692 < 4,00 \text{ mg/l}$ , στοιχείο το οποίο δηλώνει ύπαρξη αναγωγικών συνθηκών και συμβαδίζει με τις πιο χαμηλές τιμές συγκεντρώσεων των νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3^-$ ), για το ίδιο πεδίο, παρά τις απορροές νιτρικών λιπασμάτων ( $M.O.NO_3^- = 0,69 \text{ mg/l}$ ), αλλά και τις σχετικά υψηλές τιμές συγκεντρώσεων των αμμωνιακών ιόντων για το ίδιο πεδίο ( $M.O. \text{NH}_4^+ = 1,85 \pm 1,975 \text{ mg/l}$ , σε σχέση με το μέσο όρο των  $[\text{NH}_4^+]$  για το υπόλοιπο πεδίο (σταθμοί Σ2 – Σ6:  $0,38 \text{ mg/l} \pm 0,812$ ).

Αντίθετα, παρουσιάστηκαν υψηλές συγκεντρώσεις D.O. εκεί όπου δεν υπήρχε αξιόλογη βιομηχανική δραστηριότητα, αλλά και άλλοι αστάθμητοι παράγοντες ρύπανσης επιφανειακών υδάτων, με απόβλητα μεγάλου οργανικού φορτίου (σταθμοί Σ2 – Σ5), στους οποίους η μέση τιμή του D.O. ήταν  $7,82 \pm 1,582 \text{ mg/l}$ , στοιχείο που δηλώνει χαμηλό οργανικό φορτίο και συμφωνεί εν μέρει με τις τιμές του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου ( $B.O.D_5$ ) με  $M.O. = 13,00 \text{ mg} \pm 7,642 \text{ O}_2/\text{l}$ , που είναι απαγορευτικό για τη διαβίωση κυπρινειδών (επιθυμητό όριο  $6 \text{ mg O}_2/\text{l}$ ) (κοινοτική οδηγία 98/03/EK – Κοινοτική οδηγία 75/440/ΕΟΚ – ποιότητα επιφανειακών νερών). Οι τιμές του C.O.D., παρουσίασαν την ίδια σχεδόν διακύμανση μ' εκείνη που εμφάνισαν οι τιμές του  $B.O.D_5$ , για τα ίδια σημεία δειγματοληψίας.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων αμμωνίου ( $\text{NH}_4^+$ ) παραμένουν σε ετήσια βάση, μεγαλύτερες του ορίου του  $1 \text{ mg/l}$ . Ακόμη υπάρχει μία μόνον αξιόλογη συγκέντρωση νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3^-$ ) απ' όλα τα

σημεία δειγματοληψίας (69 mg/l – 29/07/2008 – σταθμός Σ11). Από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν διαπιστώθηκε ακόμα ότι υπήρχε μια αναλογικότητα μεταξύ της αγωγιμότητα (EC) και της συγκέντρωσης ιόντων νατρίου ( $\text{Na}^+$ ), ασβεστίου ( $\text{Ca}^{++}$ ) μαγνησίου ( $\text{Mn}^{++}$ ), χλωρίου ( $\text{Cl}^-$ ) και θεικών ιόντων ( $\text{SO}_4^{--}$ ). Πολύ υψηλές συγκεντρώσεις θεικών ιόντων μετρήθηκαν στους σταθμούς Σ2 και Σ3, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, με αντίστοιχους μέσους όρους 1166,09 mg/l  $\pm$  512 και 901,25  $\pm$  456 mg/l, πράγμα που συμβαδίζει με τις υψηλές τιμές αγωγιμότητας και χλωριούχων για την αντίστοιχη περιοχή.

Όπως έδειξαν οι αναλύσεις για πέντε βασικά βαρέα μέταλλα στο ίζημα οι τιμές τους δεν υπερβαίνουν τα επιτρεπτά από την νομοθεσία όρια ασφαλείας.

Από τα αποτελέσματα της μελέτης καταδεικνύεται, ότι το «Ασμάκι» χαρακτηρίζεται από χρόνια προβλήματα ρύπανσης και προσιδιάζει περισσότερο προς αγωγό αποβλήτων παρά προς αρδευτική-στραγγιστική τάφρο. Συνεπώς υπό τις παρούσες συνθήκες, δεν μπορεί ν' ανταποκριθεί ταυτόχρονα στις πολλαπλές αποστολές του και κυρίως στην αρδευτική και στραγγιστική του αποστολή, με την παράλληλη χρήση του ως αποδέκτη βιομηχανικών αποβλήτων. Ακόμα δεν μπορεί να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις της ιχθυοκαλλιέργειας, ούτε να λειτουργήσει ως ένας φυσικός υδροβιότοπος, αφού οι βιομηχανίες που εκβάλλουν σε αυτό δεν τηρούν τους περιβαλλοντικούς όρους λειτουργίας τους, τα δε περιθώρια για την ανεπηρέαστη λειτουργία του είναι στενά αφού οι παραπάνω αποστολές, εκ των πραγμάτων είναι ασύμβατες μεταξύ τους.

Στατιστική ανάλυση της διακύμανσης των χημικών παραμέτρων στις περισσότερες περιπτώσεις έδειξε σημαντικές διαφορές μεταξύ των περιόδων δειγματοληψίας, αλλά και μεταξύ των σταθμών των δειγματοληψιών. Εξαίρεση

αποτελεί το Ph, το P, τα  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , και σε μικρότερο βαθμό τα  $\text{NH}_4^+$   $\text{PO}_4^{3-}$ , το SAR και τα  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  για τα οποία η στατιστική ανάλυση έδειξε μικρότερες διακυμάνσεις,

**Λέξεις κλειδιά (keywords):** Ποιότητα νερού (water quality), στραγγιστικό δίκτυο (drainage network), υδροχημεία (hydrochemistry), αρδευτικό κανάλι (irrigation channel). Ευτροφισμός (eutrophication).

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	viii
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ</b> .....	xv
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ</b> .....	xxiii
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ</b> .....	xxviii
<b>ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ</b> .....	xxx
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	1
1.1. Γενικά.....	1
1.2. Γεωμορφολογικά – γεωλογικά χαρακτηριστικά ευρύτερης υδρολογικής λεκάνης.....	4
1.3. Κλιματικά - μετεωρολογικά στοιχεία.....	6
1.4. Χλωρίδα και πανίδα.....	8
1.4.1. Χλωρίδα.....	8
1.4.2. Πανίδα.....	8
1.5. Υδρολογικά στοιχεία.....	10
1.6. Περιοχή έρευνας.....	12
1.7. Πηγές ρύπανσης.....	16
1.8. Κτηνοτροφικές μονάδες.....	21
1.9. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά .....	22
1.10. Θρεπτικά στοιχεία.....	29
1.10.1. Πηγές θρεπτικών.....	30
1.10.2. Εξέλιξη των θρεπτικών και αλληλεπιδράσεις.....	33
1.10.3. Ο φώσφορος στα υδατορέματα.....	33
1.10.4. Το άζωτο στα υδατορέματα. ....	36
1.10.5. Το Θείο.....	39
1.11. Ευτροφισμός.....	39
1.11.1. Εκτίμηση ευτροφικής κατάστασης.....	41
1.11.2. Συνέπειες του ευτροφισμού.....	42
1.12 Βαρέα μέταλλα.....	43
1.12.1. Μηχανισμοί τοξικής δράσης βαρέων μετάλλων.....	46
1.13. Διαγράμματα Piper .....	50
1.14. Πιθανή σύσταση αλάτων.....	51

1.15. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας.....	52
<b>2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....</b>	<b>68</b>
2.1. Σταθμοί δειγματοληψιών.....	68
2.2. Περιγραφή δειγματοληψίας.....	69
2.3. Διάρκεια δειγματοληψιών.....	69
2.4. Μέθοδοι χημικής ανάλυσης νερών.....	72
2.4.1. Ηλεκτρικό αγωγιμότητα (σύμφωνα με ΕΛΟΤ EN27888:1993).....	74
2.4.2. pH (σύμφωνα με ΕΛΟΤ 658:1983).....	75
2.4.3. Ιόντα ασβεστίου ( $Ca^{++}$ ) και μαγνησίου ( $Mg^{++}$ ).....	76
2.4.4. Ιόντα καλίου (ISO 9964-3:1993).....	81
2.4.5. Ιόντα νατρίου (μέθοδος κατά ISO 9964-3:1993).....	81
2.4.6. Προσδιορισμός αμμωνιακών ( $NH_4^+$ ).....	82
2.4.7. Ανθρακικά ιόντα (μέθοδος κατά ISO 9963-1:1996).....	84
2.4.8. Όξινα ανθρακικά ιόντα (μέθοδος κατά ISO 9963).....	86
2.4.9. Χλωροϊόντα ( μέθοδος Mohr, κατά ISO 9297:1989).....	89
2.4.10. Θειικά ιόντα ( $SO_4^{--}$ ).....	92
2.4.11. Προσδιορισμός νιτρωδών.....	94
2.4.12. Υπολειπόμενο νάτριο.....	100
2.4.13. Βαθμός αλκαλίωσης νατρίου % (υπολογιστικά).....	101
2.4.14. S.A.R. (Sodium Absorption Ratio).....	101
2.4.15. Σκληρότητα.....	101
2.4.16. Προσδιορισμός νιτρωδών.....	103
2.4.17. Προσδιορισμός Φωσφορικών ιόντων ( $PO_4^{--}$ ).....	108
2.4.18. Μέτρηση του B.O.D <sub>5</sub> .....	111
2.4.19. Προσδιορισμός χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (C.O.D.).....	113
2.5. Δειγματοληψία ιζήματος.....	117
2.5.1. Προετοιμασία υλικού.....	118
2.5.2. Ανάλυση ιζήματος.....	119
2.5.3. Προσδιορισμός μηχανική σύστασης εδάφους – Μέθοδος Βουγιούκου.....	119
2.5.4. Προσδιορισμός οργανικής ουσίας εδάφους (Walkley and Black).....	121
2.5.5. Προσδιορισμός ολικού αζώτου κατά KJELDAHL.....	123
2.5.6. Προσδιορισμός βαρέων μετάλλων.....	125

2.6. Στατιστική Ανάλυση (Πίν. 58-131 του παραρτήματος).....	128
<b>3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b> .....	130
3.1. Το βάθος και το πλάτος στους 12 σταθμούς δειγματοληψία.....	130
3.2. Ηλεκτρική αγωγιμότητα.....	130
3.3. Ενεργός οξύτητα (pH).....	130
3.4. Θερμοκρασία νερού (°C).....	131
3.5. Ιόντα ασβεστίου ( $\text{Ca}^{++}$ ).....	131
3.6. Ιόντα μαγνησίου ( $\text{Mg}^{++}$ ).....	131
3.7. Ιόντα καλίου ( $\text{K}^{+}$ ).....	132
3.8. Ιόντα νατρίου ( $\text{Na}^{+}$ ).....	132
3.9. Αμμωνιακά ( $\text{NH}_4^{+}$ ).....	132
3.10. Σύνθετη αλκαλικότητα (mmol/l).....	132
3.11. Ολική αλκαλικότητα (mmol/l).....	133
3.12. Χλωριόντα ( $\text{Cl}^{-}$ ).....	133
3.13. Θειικά ιόντα ( $\text{SO}_4^{-}$ ).....	133
3.14. Νιτρικά ιόντα ( $\text{NO}_3^{-}$ ).....	134
3.15. Υπολειμματικό ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ).....	134
3.16. S.A.R. ( Sodium Absorption Ratio - αναλογία προσροφημένου νατρίου)	134
3.17. Ολική σκληρότητα (mg $\text{CaCO}_3/\ell$ ).....	134
3.18. Παροδική σκληρότητα (mg $\text{CaCO}_3/\ell$ ).....	135
3.19. Μόνιμη σκληρότητα (mg $\text{CaCO}_3/\ell$ ).....	135
3.20. Νιτρώδη ( $\text{NO}_2^{-}$ ).....	135
3.21. Φωσφορικά ιόντα ( $\text{PO}_4^{--}$ ).....	136
4.22. Φωσφόρος (P) .....	136
4.23. Άζωτο (N) .....	136
4.24. Βιοχημική ζήτηση οξυγόνου (B.O.D.).....	136
3.25. Χημικώς απαιτούμενο Οξυγόνο (C.O.D).....	137
3.26. Διαλυμένο οξυγόνο (D.O.).....	137
3.27. Βαθμός Αλκαλίωσης (Na%).....	137
3.28. Οργανική ουσία ιζήματος (%).....	137
3.29. Ολικό άζωτο.....	138
3.30. Μηχανική σύσταση του ιζήματος.....	138

3.31. Βαρέα μέταλλα.....	138
<b>4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>	<b>182</b>
4.1. Γενικά.....	182
4.2. Αγωγιμότητα.....	183
4.3. Ιόντα χλωρίου ( $Cl^-$ ).....	184
4.3.1. Επίδραση του χλωρίου στα ψάρια.....	185
4.4. Αξιολόγηση αρδευτικού νερού με βάση τη συγκέντρωση χλωρίου κατά την αρδευτική περίοδο.....	185
4.5. Αξιολόγηση αρδευτικού νερού με βάση EC, SAR και Na% κατά την αρδευτική περίοδο.....	188
4.6. Αξιοπιστία αρδευτικής ικανότητας του νερού του «Ασμακίου».....	192
4.7. Υδροχημική ταξινόμηση νερών κατά Piper.....	193
4.8. Φωσφορικά ιόντα – Ευτροφισμός.....	196
4.9. Διαλυμένο Οξυγόνο ( D.O.).....	199
4.10. Βιοχημικός Απαιτούμενο Οξυγόνο (B.O.D5).....	205
4.11. Χημικός Απαιτούμενο Οξυγόνο (C.O.D.).....	206
4.12. Ιόντα αμμωνίου ( $NH_4^+$ ).....	207
4.13. Σχέση θρεπτικών στοιχείων, N – P.....	210
4.14. Θεϊκά ιόντα ( $SO_4^-$ ).....	213
4.15. Χαρακτηριστικά αποδέκτη κατά τμήματα.....	220
4.15.1. Τμήμα με εμφανή βιομηχανική ρύπανση.....	220
4.15.2. Τμήμα με έντονα ευτροφικά φαινόμενα.....	221
4.15.3. Τμήμα με υψηλή αλκαλίωση.....	221
4.15.4. Τμήμα έντονων ανοξικών συνθηκών.....	222
4.15.5. Τμήμα με έντονη οργανική ρύπανση.....	223
4.15.6. Τμήμα κατάλληλο για διαβίωση κυπρινειδών.....	223
4.15.7. Τμήμα αποδεκτό για άρδευση.....	224
4.16. Βαρέα μέταλλα.....	225
<b>5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>227</b>
<b>6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>235</b>
<b>7. ABSTRACT.....</b>	<b>247</b>
<b>8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....</b>	<b>251</b>



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

<b>Πίνακας 1</b>	Ηλιοφάνεια στην ευρύτερη περιοχή της πόλης της Λάρισας (Μετεωρολογικός σταθμός Ε.Μ.Υ., Λάρισα 2007).	7
<b>Πίνακας 2</b>	Οι ταμιευτήρας στην ευρύτερη περιοχή μελέτης (Τ.Ο.Ε.Β. Πηνειού)	11
<b>Πίνακας 3</b>	Εκπομπές φωσφόρου από διάφορες πηγές (Henderson-Sellers and Markland 1987).	34
<b>Πίνακας 4</b>	Οι συγκεντρώσεις του P που χαρακτηρίζουν το βαθμό ευτροφισμού των επιφανειακών νερών (Dillon and Rigler 1975).	41
<b>Πίνακας 5</b>	Η συγκέντρωση Cu και Zn στη λιθόσφαιρα και στο έδαφος (ppm)	49
<b>Πίνακας 6</b>	Οι σταθμοί δειγματοληψιών.	68
<b>Πίνακας 7</b>	Συνθήκες απευθείας μέτρησης ασβεστίου και μαγνησίου σε AAS - Flame	80
<b>Πίνακας 8</b>	Εκτίμηση της ποιότητας του αρδευτικού νερού, σε σχέση με την συγκέντρωσή του σε ιόντα χλωρίου (Κυπριακή Δημοκρατία, Υπουργείο Γεωργίας – Κατευθυντήριες γραμμές άρδευσης)	185
<b>Πίνακας 9</b>	Οι μέσοι όροι των τιμών συγκέντρωσης χλωρίου σε μέρη ανά εκατομμύριο (mg/l)	186
<b>Πίνακας 10</b>	Αξιολόγηση αρδευτικού νερού για τον κίνδυνο αλάτωσης τους εδάφους C-S. (U.S Salinity Laboratory 1954)	189
<b>Πίνακας 11</b>	Αξιολόγηση του αρδευτικού νερού Na% και το EC (Wilcox 1955)	190
<b>Πίνακας 12</b>	Συνολική εκτίμηση της ποιότητας του νερού για άρδευση	192
<b>Πίνακας 13</b>	Υδροχημικές φάσεις ως προς τα κατιόντα των σημείων υδροληψίας για το έτος 2008.	195
<b>Πίνακας 14</b>	Υδροχημικές φάσεις ως προς τα κατιόντα των σημείων υδροληψίας για το έτος 2009.	195
<b>Πίνακας 15</b>	Υδροχημικές φάσεις ως προς τα ανιόντα των σημείων υδροληψίας για το έτος 2008	195
<b>Πίνακας 16</b>	Υδροχημικές φάσεις ως προς τα ανιόντα των σημείων υδροληψίας για το έτος 2009	196
<b>Πίνακας 17</b>	Υδροχημικές φάσεις ως προς τα κατιόντα και ανιόντα των σημείων υδροληψίας για τα έτη 2008 και 2009	196
<b>Πίνακας 18</b>	Οι συγκεντρώσεις του P που χαρακτηρίζουν τον βαθμό ευτροφισμού των επιφανειακών νερών (Dillon & Rigler 1975).	197
<b>Πίνακας 19</b>	Συγκεντρώσεις ( mmol/l) - λόγος N/P (σταθμός Σ7)	210
<b>Πίνακας 20</b>	Συγκεντρώσεις ( mmol/l) - λόγος N/P (σταθμός Σ11)	210
<b>Πίνακας 21</b>	: Η αναλογικότητα των παραμέτρων EC και ιόντων [Na <sup>+</sup> ], [Ca <sup>++</sup> ], [Mg <sup>++</sup> ], [Cl <sup>-</sup> ], [SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ] (Μ.Ο. των τιμών κατά τους μήνες 5 <sup>ο</sup> , 7 <sup>ο</sup> και 9 <sup>ο</sup> κατά τα έτος 2008 στους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ10, Σ11, και Σ12)	214
<b>Πίνακας 22</b>	Η αναλογικότητα των παραμέτρων EC και ιόντων [Na <sup>+</sup> ], [Ca <sup>++</sup> ], [Mg <sup>++</sup> ], [Cl <sup>-</sup> ], [SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ] (Μ.Ο. των τιμών κατά τους μήνες 5 <sup>ο</sup> , 7 <sup>ο</sup> και 9 <sup>ο</sup> κατά τα έτη 2009 στους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ10, Σ11, και Σ12)	214

<b>Πίνακας 23</b>	Η αναλογικότητα των παραμέτρων EC και ιόντων [Na <sup>+</sup> ], [Ca <sup>++</sup> ], [Mg <sup>++</sup> ], [Cl <sup>-</sup> ], [SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ] (Μ.Ο. των τιμών κατά τους μήνες 5ο, 7 <sup>ο</sup> και 9 <sup>ο</sup> κατά τα έτη 2008-2009 στους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ10, Σ11, και Σ12).	214
<b>Πίνακας 24</b>	Τα ιόντα [Na <sup>+</sup> ], [Ca <sup>++</sup> ], [Mg <sup>++</sup> ], [Cl <sup>-</sup> ], [SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ] για το σύνολο των τιμών κατά τα έτη 2008-2009 στους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ10, Σ11, και Σ12)	215
<b>Πίνακας 25</b>	Οριακές τιμές βαρέων μετάλλων σε ιλύ και έδαφος (mg/kg) (Οδηγία 86/278/ΕΟΚ)	225
<b>Πίνακας 26</b>	Το βάθος στα σημεία των δειγματοληψιών σε m	251
<b>Πίνακας 27</b>	Το πλάτος στα σημεία των δειγματοληψιών σε m.	251
<b>Πίνακας 28</b>	Η διακύμανση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (μS/cm) στους σταθμούς δειγματοληψιών στη διάρκεια δύο ετών	252
<b>Πίνακας 29</b>	Η διακύμανση του pH (μονάδα pH) στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών	252
<b>Πίνακας 30</b>	Η διακύμανση της θερμοκρασίας κατά την ώρα της δειγματοληψίας (°C) στους σταθμούς δειγματοληψιών στη διάρκεια δύο ετών	253
<b>Πίνακας 31</b>	Η διακύμανση των ιόντων ασβεστίου (Ca <sup>++</sup> ) σε mg/l στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών	253
<b>Πίνακας 32</b>	Η διακύμανση των ιόντων μαγνησίου (Mg <sup>++</sup> ) σε mg/l στους σταθμούς δειγματοληψιών στη διάρκεια δύο ετών	254
<b>Πίνακας 33</b>	Η διακύμανση των ιόντων καλίου (K <sup>+</sup> ) σε mg/l στους σταθμούς δειγματοληψιών στη διάρκεια δύο ετών	254
<b>Πίνακας 34</b>	Η διακύμανση των ιόντων Νατρίου (Na <sup>+</sup> ) σε mg/l στους σταθμούς δειγματοληψιών στη διάρκεια δύο ετών	255
<b>Πίνακας 35</b>	Η διακύμανση των αμμωνιακών ιόντων (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) σε mg/l στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών	255
<b>Πίνακας 36</b>	Η διακύμανση της σύνθετης αλκαλικότητας (mmol/l) στους σταθμούς δειγματοληψιών στη διάρκεια δύο ετών	256
<b>Πίνακας 37</b>	Η διακύμανση της ολικής αλκαλικότητας (mmol/l) στους σταθμούς δειγματοληψιών στη διάρκεια δύο ετών	256
<b>Πίνακας 38</b>	Η διακύμανση των ιόντων χλωρίου (Cl <sup>-</sup> ) σε mg/l στους σταθμούς δειγματοληψιών στη διάρκεια δύο ετών	278
<b>Πίνακας 39</b>	Η διακύμανση των θεικών ιόντων (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ) σε mg/l ) στους σταθμούς δειγματοληψιών στη διάρκεια δύο ετών	257
<b>Πίνακας 40</b>	Η διακύμανση των νιτρικών ιόντων (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) σε mg/l στους σταθμούς δειγματοληψιών στη διάρκεια δύο ετών	258
<b>Πίνακας 41</b>	Η διακύμανση του υπολειμματικού νατρίου (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ) σε mg/l στους σταθμούς δειγματοληψιών στη διάρκεια δύο ετών	258
<b>Πίνακας 42</b>	Η διακύμανση του S.A.R. ( Sodium Absorption Ratio) στους σταθμούς δειγματοληψιών στη διάρκεια δύο ετών	259
<b>Πίνακας 43</b>	Η διακύμανση της ολικής σκληρότητας (mgCaCO <sub>3</sub> /l) στους σταθμούς δειγματοληψιών στη διάρκεια δύο ετών	259
<b>Πίνακας 44</b>	Η διακύμανση της παροδικής σκληρότητας (mgCaCO <sub>3</sub> /l) στους σταθμούς δειγματοληψιών στη διάρκεια δύο ετών	260
<b>Πίνακας 45</b>	Η διακύμανση της μόνιμης σκληρότητας (mgCaCO <sub>3</sub> /l) στους σταθμούς δειγματοληψιών στη διάρκεια δύο ετών	260

<b>Πίνακας 46</b>	Η διακύμανση των Νιτρωδών ( $\text{NO}_2^-$ ) σε mg/l στους σταθμούς δειγματοληψιών στη διάρκεια δύο ετών δειγματοληψιών στις δώδεκα επαναλήψεις	261
<b>Πίνακας 47</b>	Η διακύμανση των Φωσφορικών ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) σε mg/l στους σταθμούς δειγματοληψιών στη διάρκεια δύο ετών	261
<b>Πίνακας 48</b>	Η διακύμανση του Φωσφόρου (P) σε mg/l στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών	262
<b>Πίνακας 49</b>	Η διακύμανση του αζώτου (N) σε mg/l στους σταθμούς δειγματοληψιών στη διάρκεια δύο ετών.	262
<b>Πίνακας 50</b>	Η διακύμανση του B.O.D <sub>5</sub> (mg/l) στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών	263
<b>Πίνακας 51</b>	Η διακύμανση του C.O.D. (mg/l) στους σταθμούς δειγματοληψιών στη διάρκεια δύο ετών	263
<b>Πίνακας 52</b>	Η διακύμανση του διαλυμένου Οξυγόνου (D.O.) σε mg/l στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών	265
<b>Πίνακας 53</b>	Η διακύμανση του βαθμού αλκαλίωσης νατρίου ή νάτριο (%) στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών.	264
<b>Πίνακας 54</b>	Η Οργανική ουσία και το ολικό άζωτο στους 11 δειγματοληπτικούς σταθμούς	265
<b>Πίνακας 55</b>	Η μηχανική σύσταση ιζήματος και στους 11 δειγματοληπτικούς σταθμούς	265
<b>Πίνακας 56</b>	Μετρηθείσες τιμές πέντε βασικών βαρέων μετάλλων σε ιλύ και έδαφος (mg/kg) (έτος 2008)	265
<b>Πίνακας 57</b>	Η Μετρηθείσες τιμές πέντε βασικών βαρέων μετάλλων σε ιλύ και έδαφος (mg/kg - έτος 2009)	266
<b>Πίνακας 58</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών για το βάθος (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	267
<b>Πίνακας 59</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για το βάθος (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών από 22/01/08 έως 17/11/2009	267
<b>Πίνακας 60</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών για το πλάτος (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	267
<b>Πίνακας 61</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για το πλάτος (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών από 22/01/08 έως 17/11/2009.	268
<b>Πίνακας 62</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό για την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.	268
<b>Πίνακας 63</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών από 22/01/08 έως 17/11/2009	268
<b>Πίνακας 64</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό για το pH, (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	269
<b>Πίνακας 65</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για το pH (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών από 22/01/08	269

	έως 17/11/2009	
<b>Πίνακας 66</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό για τη θερμοκρασία ( $^{\circ}\text{C}$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	269
<b>Πίνακας 67</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για τη θερμοκρασία ( $^{\circ}\text{C}$ ), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/01/08 έως 17/11/2009	270
<b>Πίνακας 68</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό για τα ιόντα ασβεστίου ( $\text{Ca}^{++}$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	270
<b>Πίνακας 69</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για τα ιόντα ασβεστίου ( $\text{Ca}^{++}$ ), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/01/08 έως 17/11/2009	270
<b>Πίνακας 70</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών για τα ιόντα μαγνησίου ( $\text{Mn}^{++}$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	272
<b>Πίνακας 71</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για τα ιόντα μαγνησίου ( $\text{Mn}^{++}$ ), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/01/08 έως 17/11/2009	272
<b>Πίνακας 72</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό για τα ιόντα καλίου ( $\text{K}^{+}$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	271
<b>Πίνακας 73</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για τα ιόντα καλίου ( $\text{K}^{+}$ ), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009	272
<b>Πίνακας 74</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό για τα ιόντα νατρίου ( $\text{Na}^{+}$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	272
<b>Πίνακας 75</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για τα ιόντα νατρίου ( $\text{Na}^{+}$ ), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009	272
<b>Πίνακας 76</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό για τα αμμωνιακά ( $\text{NH}^{+}$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	273
<b>Πίνακας 77</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για τα αμμωνιακά ιόντα ( $\text{NH}^{+}$ ), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009	273
<b>Πίνακας 78</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό για την σύνθετη αλκαλικότητα ( $\text{mmol}/\ell$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	273
<b>Πίνακας 79</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για την σύνθετη αλκαλικότητα ( $\text{mmol}/\ell$ ), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες	274

	δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009	
<b>Πίνακας 80</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό για την ολική αλκαλικότητα (mmol/l), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	274
<b>Πίνακας 81</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για την ολική αλκαλικότητα (mmol/l), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009	274
<b>Πίνακας 82</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό για τα ιόντα χλωρίου (Cl <sup>-</sup> ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	275
<b>Πίνακας 83</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για τα ιόντα χλωρίου (Cl <sup>-</sup> ) (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009	275
<b>Πίνακας 84</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για τα θειικά ιόντα (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	275
<b>Πίνακας 85</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για τα θειικά ιόντα (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009	276
<b>Πίνακας 86</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για τα νιτρικά (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	276
<b>Πίνακας 87</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για τα νιτρικά (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009	276
<b>Πίνακας 88</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για το υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	277
<b>Πίνακας 89</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για το υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009	277
<b>Πίνακας 90</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για το S.A.R., (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	277
<b>Πίνακας 91</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για το S.A.R., (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009	278
<b>Πίνακας 92</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για την ολική σκληρότητα (mgCaCO <sub>3</sub> /l), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	278
<b>Πίνακας 93</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για την ολική σκληρότητα (mgCaCO <sub>3</sub> /l), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες	278

	δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009	
<b>Πίνακας 94</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για την παροδική σκληρότητα ( $\text{mgCaCO}_3/\ell$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	279
<b>Πίνακας 95</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για την παροδική σκληρότητα ( $\text{mgCaCO}_3/\ell$ ), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009	279
<b>Πίνακας 96</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για την μόνιμη σκληρότητα ( $\text{mgCaCO}_3/\ell$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	279
<b>Πίνακας 97</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για την μόνιμη σκληρότητα ( $\text{mgCaCO}_3/\ell$ ), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009	280
<b>Πίνακας 98</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για τα νιτρώδη ( $\text{NO}_2$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	280
<b>Πίνακας 99</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για τα νιτρώδη ( $\text{NO}_2$ ), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009	280
<b>Πίνακας 100</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για τα φωσφορικά ιόντα ( $\text{PO}_4^{--}$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	282
<b>Πίνακας 101</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για τα φωσφορικά ιόντα ( $\text{PO}_4^{--}$ ), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009	281
<b>Πίνακας 102</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για τον φωσφόρο (P), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	281
<b>Πίνακας 103</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για τον φωσφόρο (P), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009	282
<b>Πίνακας 104</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για τον φωσφόρο (N), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	282
<b>Πίνακας 105</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για το (N) (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009	282
<b>Πίνακας 106</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για το B.O.D <sub>5</sub> , (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	383
<b>Πίνακας 107</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για το B.O.D <sub>5</sub> , (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08	283

	έως 17/11/2009	
<b>Πίνακας 108</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για το C.O.D., (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	28
<b>Πίνακας 109</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για το C.O.D., (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009	284
<b>Πίνακας 110</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για το D.O., (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	284
<b>Πίνακας 111</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για το D.O. (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009.	284
<b>Πίνακας 112</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για τον βαθμό αλκαλίωσης, (Na%) (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	285
<b>Πίνακας 113</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για τον βαθμό αλκαλίωσης, (Na%) (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009	285
<b>Πίνακας 114</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5 <sup>ο</sup> , 7 <sup>ο</sup> και 9 <sup>ο</sup> για τα έτος 2008 για την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.	285
<b>Πίνακας 115</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5 <sup>ο</sup> , 7 <sup>ο</sup> και 9 <sup>ο</sup> για τα έτος 2009 για την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	286
<b>Πίνακας 116</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5 <sup>ο</sup> , 7 <sup>ο</sup> και 9 <sup>ο</sup> για τα έτη 2008-2009 για την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών το έτος 2008-2009	286
<b>Πίνακας 117</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5 <sup>ο</sup> , 7 <sup>ο</sup> και 9 <sup>ο</sup> για τα έτη 2008 για τα ιόντα ασβεστίου (Ca <sup>++</sup> ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	286
<b>Πίνακας 118</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5 <sup>ο</sup> , 7 <sup>ο</sup> και 9 <sup>ο</sup> για τα έτη 2009 για τα ιόντα ασβεστίου (Ca <sup>++</sup> ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	287
<b>Πίνακας 119</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5 <sup>ο</sup> , 7 <sup>ο</sup> και 9 <sup>ο</sup> για τα έτη 2008-2009 για τα ιόντα ασβεστίου (Ca <sup>++</sup> ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	287
<b>Πίνακας 120</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5 <sup>ο</sup> , 7 <sup>ο</sup> και 9 <sup>ο</sup> για τα έτη 2008 τα ιόντα μαγνησίου (Mg <sup>+</sup> ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	287
<b>Πίνακας 121</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5 <sup>ο</sup> , 7 <sup>ο</sup> και 9 <sup>ο</sup> για τα έτη 2009 τα ιόντα μαγνησίου (Mg <sup>+</sup> ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	288
<b>Πίνακας 122</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5 <sup>ο</sup> , 7 <sup>ο</sup> και 9 <sup>ο</sup> για τα	288

	έτη 2008-2009 για τα ιόντα μαγνησίου ( $Mg^{+}$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών <sup>3</sup>	
<b>Πίνακας 123</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5 <sup>ο</sup> , 7 <sup>ο</sup> και 9 <sup>ο</sup> για τα έτη 2008 για τα ιόντα νατρίου ( $Na^{+}$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	288
<b>Πίνακας 124</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5 <sup>ο</sup> , 7 <sup>ο</sup> και 9 <sup>ο</sup> για τα έτη 2009 για τα ιόντα νάτριο ( $Na^{+}$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	289
<b>Πίνακας 125</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5 <sup>ο</sup> , 7 <sup>ο</sup> και 9 <sup>ο</sup> για τα έτη 2008-2009 για τα ιόντα νατρίου ( $Na^{+}$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	289
<b>Πίνακας 126</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5 <sup>ο</sup> , 7 <sup>ο</sup> και 9 <sup>ο</sup> για τα έτη 2008 για ιόντα χλωρίου ( $Cl$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	289
<b>Πίνακας 127</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5 <sup>ο</sup> , 7 <sup>ο</sup> και 9 <sup>ο</sup> για τα έτη 2009 για τα ιόντα χλωρίου ( $Cl$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	290
<b>Πίνακας 128</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5 <sup>ο</sup> , 7 <sup>ο</sup> και 9 <sup>ο</sup> για τα έτη 2008-2009 για τα ιόντα χλωρίου ( $Cl$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	290
<b>Πίνακας 129</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5 <sup>ο</sup> , 7 <sup>ο</sup> και 9 <sup>ο</sup> για τα έτη 2008 για τα θειικά ιόντα ( $SO_4^{-}$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	290
<b>Πίνακας 130</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5 <sup>ο</sup> , 7 <sup>ο</sup> και 9 <sup>ο</sup> για τα έτη 2009 για τα θειικά ιόντα ( $SO_4^{-}$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	291
<b>Πίνακας 131</b>	Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5 <sup>ο</sup> , 7 <sup>ο</sup> και 9 <sup>ο</sup> για τα έτη 2008-2009 για τα θειικά ιόντα ( $SO_4^{-}$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών	291



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

<b>Σχήμα 1</b>	Καμπύλη B.O.D. (Στάμου και Βογιατζής, 1994)	28
<b>Σχήμα 2</b>	Ρυθμός κατανάλωσης των οργανικών ουσιών (Στάμου και Βογιατζής 1994)	28
<b>Σχήμα 3</b>	Ανατροπή της ισορροπίας της υδροχαρούς ζωής λόγω ευτροφισμού	40
<b>Σχήμα 4</b>	Τριγραμμικά διαγράμματα (Piper 1944)	51
<b>Σχήμα 5</b>	Το βάθος στους 12 σταθμούς δειγματοληψίας	139
<b>Σχήμα 6</b>	Το πλάτος στους 12 σταθμούς δειγματοληψίας	140
<b>Σχήμα 7</b>	Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή της αγωγιμότητας (EC) και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες	141
<b>Σχήμα 8</b>	Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή του pH και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες	141
<b>Σχήμα 9</b>	Η διακύμανση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) σε $\mu\text{S}/\text{cm}$ κατά τις 12 δειγματοληψίες	142
<b>Σχήμα 10</b>	Η διακύμανση του pH κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες	143
<b>Σχήμα 11</b>	Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή θερμοκρασίας ( $^{\circ}\text{C}$ ) κατά την δειγματοληψία	144
<b>Σχήμα 12</b>	Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή του ασβεστίου $\text{Ca}^{++}$ σε $\text{mg}/\ell$ και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες	144
<b>Σχήμα 13</b>	Η διακύμανση της θερμοκρασίας ( $^{\circ}\text{C}$ ) κατά την δειγματοληψία.	145
<b>Σχήμα 14</b>	Η διακύμανση των ιόντων ασβεστίου ( $\text{Ca}^{++}$ ) σε $\text{mg}/\ell$ κατά τις 12 δειγματοληψίες.	146
<b>Σχήμα 15</b>	Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή τους Μαγνησίου ( $\text{Mg}^{+}$ ) και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες	147
<b>Σχήμα 16</b>	Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή τους καλίου ( $\text{K}^{+}$ ) και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες	147
<b>Σχήμα 17</b>	Η διακύμανση του μαγνησίου ( $\text{Mg}^{++}$ ) σε $\text{mg}/\ell$ κατά τις 12 δειγματοληψίες	148
<b>Σχήμα 18</b>	Η διακύμανση των ιόντων καλίου ( $\text{K}^{+}$ ) σε $\text{mg}/\ell$ κατά τις 12 δειγματοληψίες	149
<b>Σχήμα 19</b>	Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή των ιόντων νατρίου ( $\text{Na}^{+}$ ) σε $\text{mg}/\ell$ και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες..	150
<b>Σχήμα 20</b>	Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή των αμμωνιακών ( $\text{NH}_4^{+}$ ) σε $\text{mg}/\ell$ και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες	150
<b>Σχήμα 21</b>	Η διακύμανση του νατρίου ( $\text{Na}^{+}$ ) σε $\text{mg}/\ell$ κατά τις 12 δειγματοληψίες	151
<b>Σχήμα 22</b>	Η διακύμανση του των αμμωνιακών ( $\text{NH}_4^{+}$ ) σε $\text{mg}/\ell$ κατά τις 12 δειγματοληψίες	152
<b>Σχήμα 23</b>	Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή της σύνθετης αλκαλικότητας ( $\text{mmol}/\ell$ ) και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες	153

<b>Σχήμα 24</b>	Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή της ολικής αλκαλικότητας (mmol/l) και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες	153
<b>Σχήμα 25</b>	Η διακύμανση της σύνθετης αλκαλικότητας (mmol/l) κατά τις 12 δειγματοληψίες	154
<b>Σχήμα 26</b>	Η διακύμανση της ολικής αλκαλικότητας (mmol/l) κατά τις 12 δειγματοληψίες	155
<b>Σχήμα 27</b>	Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή των Χλωροϊόντων ( $Cl^-$ ) σε mg/l και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες.	156
<b>Σχήμα 28</b>	Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή των Θεικών ( $SO_4^-$ ) σε mg/l και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες	156
<b>Σχήμα 29</b>	Η διακύμανση των Χλωροϊόντων ( $Cl^-$ ) σε mg/l κατά τις 12 δειγματοληψίες	157
<b>Σχήμα 30</b>	Η διακύμανση των Θεικών ιόντων ( $SO^-$ ) σε mg/l κατά τις 12 δειγματοληψίες	158
<b>Σχήμα 31</b>	Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή των νιτρικών ( $NO_3^-$ ) σε mg/l και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες	159
<b>Σχήμα 32</b>	Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή του υπολειμματικού νατρίου ( $Na_2CO_3$ ) σε mg/l και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες	159
<b>Σχήμα 33</b>	Η διακύμανση των Νιτρικών ( $NO_3^-$ ) σε mg/l κατά τις 12 δειγματοληψίες	160
<b>Σχήμα 34</b>	Η διακύμανση του Υπολειμματικού $Na_2CO_3$ (meq/l) κατά τις 12 δειγματοληψίες..	161
<b>Σχήμα 35</b>	Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή του S.A.R (Sodium Absorption Ratio) και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες.	162
<b>Σχήμα 36</b>	Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή της ολικής σκληρότητας (mg $CaCO_3/l$ ) και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες	162
<b>Σχήμα 37</b>	Η διακύμανση του (S.A.R.) στις 12 δειγματοληψίες	163
<b>Σχήμα 38</b>	Η διακύμανση της Ολικής σκληρότητας (mg $CaCO_3/l$ ) στις 12 δειγματοληψίες	164
<b>Σχήμα 39</b>	Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή της παροδικής σκληρότητας (mg $CaCO_3/l$ ) και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες	165
<b>Σχήμα 40</b>	Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή της μόνιμης σκληρότητας (mg $CaCO_3/l$ ) και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες	165
<b>Σχήμα 41</b>	Η διακύμανση της παροδικής σκληρότητας (mg $CaCO_3/l$ ) στις 12 δειγματοληψίες	166
<b>Σχήμα 42</b>	Η διακύμανση της μόνιμης σκληρότητας (mg $CaCO_3/l$ ) στις 12 δειγματοληψίες	167
<b>Σχήμα 43</b>	μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή των νιτρωδών ( $NO_2^-$ ) σε mg/l και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες	168

<b>Σχήμα 44</b>	Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή των Φωσφορικών ( $\text{PO}_4^{--}$ ) σε mg/l και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες	168
<b>Σχήμα 45</b>	Η διακύμανση των νιτρωδών ( $\text{NO}_2^-$ ) σε mg/l στις 12 δειγματοληψίες	169
<b>Σχήμα 46</b>	Η διακύμανση των Φωσφορικών ( $\text{PO}_4^{--}$ ) σε mg/l στις 12 δειγματοληψίες.	170
<b>Σχήμα 47</b>	μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή του Φωσφόρου (P) σε mg/l και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες	171
<b>Σχήμα 48</b>	Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή του αζώτου (N) σε mg/l και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες	171
<b>Σχήμα 49</b>	Η διακύμανση του αζώτου (P) σε mg/l στις 12 δειγματοληψίες.	172
<b>Σχήμα 50</b>	Η διακύμανση του αζώτου (N) σε mg/l στις 12 δειγματοληψίες	173
<b>Σχήμα 51</b>	Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή του B.O.D <sub>5</sub> σε mg/l και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες	174
<b>Σχήμα 52</b>	Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή του C.O.D σε mg/l και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες	174
<b>Σχήμα 53</b>	Η διακύμανση του B.O.D <sub>5</sub> (mg/l) στις 12 δειγματοληψίες	175
<b>Σχήμα 54</b>	Η διακύμανση του C.O.D. (mg/l) στις 12 δειγματοληψίες	176
<b>Σχήμα 55</b>	Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή του D O. σε mg/l και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες	177
<b>Σχήμα 56</b>	Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή του βαθμού αλκαλίωσης (Na%) και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες	177
<b>Σχήμα 57</b>	Η διακύμανση του διαλυμένου οξυγόνου (D.O.) σε mg/l στις 12 δειγματοληψίες	178
<b>Σχήμα 58</b>	Η διακύμανση του βαθμού αλκαλίωσης (Na %) στις 12 δειγματοληψίες	179
<b>Σχήμα 59</b>	Η οργανική ουσία στο ίζημα στους 11 δειγματοληπτικούς σταθμούς (Σ12 τσιμενταύλακας)	180
<b>Σχήμα 60</b>	Ολικό Άζωτο στο ίζημα στους 11 δειγματοληπτικούς σταθμούς (Σ12 τσιμενταύλακας.)	180
<b>Σχήμα 61</b>	Η μηχανική σύσταση ιζήματος στους 11 δειγματοληπτικούς σταθμούς (Σ12 τσιμενταύλακας.).	180
<b>Σχήμα 62</b>	Μετρηθείσες τιμές πέντε βασικών βαρέων μετάλλων στο ίζημα (mg/kg) (έτος 2008).	181
<b>Σχήμα 63</b>	Μετρηθείσες τιμές πέντε βασικών βαρέων μετάλλων στο ίζημα (mg/kg) (έτος 2009).	181
<b>Σχήμα 64</b>	Διάγραμμα για την κατάταξη του νερού άρδευσης σε κατηγορίες (U.S Salinity Laboratory 1954	191
<b>Σχήμα 65</b>	Αξιολόγηση των δειγμάτων νερού σε σχέση με την αγωγιμότητα και την επικινδυνότητα του νατρίου (Wilcox 1955)	191
<b>Σχήμα 66</b>	Τα τριγραμμικά διαγράμματα (Piper) των σημείων υδροληψίας για τα έτη 2008 και 2009	194
<b>Σχήμα 67</b>	Η συγκέντρωση $\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$ , D.O., στους σταθμούς Σ6 – Σ11	201

	(22/01/2008)	
<b>Σχήμα 68</b>	Η συγκέντρωση $\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$ , D.O., στους σταθμούς Σ6 – Σ11 (18/03/2008).	201
<b>Σχήμα 69</b>	Η συγκέντρωση $\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$ , D.O., στους σταθμούς Σ6 – Σ11 (20/05/2008)	202
<b>Σχήμα 70</b>	Η συγκέντρωση $\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$ , D.O., στους σταθμούς Σ6 – Σ11 (29/07/2008)	202
<b>Σχήμα 71</b>	Η συγκέντρωση $\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$ , D.O., στους σταθμούς Σ6 – Σ11 (23/09/2008)	202
<b>Σχήμα 72</b>	Η συγκέντρωση $\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$ , D.O., στους σταθμούς Σ6 – Σ11 (21/11/2008)	202
<b>Σχήμα 73</b>	Η συγκέντρωση $\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$ , D.O., στους σταθμούς Σ6 – Σ11 (22/01/2009)	203
<b>Σχήμα 74</b>	συγκέντρωση $\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$ , D.O., στους σταθμούς Σ6 – Σ11 (18/03/2009)	202
<b>Σχήμα 75</b>	συγκέντρωση $\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$ , D.O., στους σταθμούς Σ6 – Σ11 (18/05/2009)	203
<b>Σχήμα 76</b>	Η συγκέντρωση $\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$ , D.O., στους σταθμούς Σ6 – Σ11 (21/07/2009)	203
<b>Σχήμα 77</b>	Η συγκέντρωση $\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$ , D.O., στους σταθμούς Σ6 – Σ11 (21/09/2009).	203
<b>Σχήμα 78</b>	Η συγκέντρωση $\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$ , D.O., στους σταθμούς Σ6 – Σ11 (17/11/2009)	204
<b>Σχήμα 79</b>	Ιστόγραμμα [N/P] – t για τους σταθμούς Σ7 και Σ1	213
<b>Σχήμα 80</b>	Διάγραμμα αγωγιμότητας (αφορά τον Μ.Ο. των τιμών κατά τους μήνες 5 <sup>ο</sup> μέχρι 9 <sup>ο</sup> κατά το έτος 2008 στους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ10, Σ11, και Σ12)	230
<b>Σχήμα 81</b>	Διάγραμμα αγωγιμότητας (αφορά τον Μ.Ο. των τιμών κατά τους μήνες 5 <sup>ο</sup> μέχρι 9 <sup>ο</sup> κατά το έτος 2009 στους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ10, Σ11, και Σ12)	215
<b>Σχήμα 82</b>	Διάγραμμα αγωγιμότητας (αφορά τον Μ.Ο. των τιμών κατά τους μήνες 5 <sup>ο</sup> μέχρι 9 <sup>ο</sup> κατά τα έτη 2008 - 2009 στους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ10, Σ11, και Σ12)	216
<b>Σχήμα 83</b>	Διάγραμμα αγωγιμότητας (αφορά τον Μ.Ο. των τιμών κατά τους μήνες 5 <sup>ο</sup> μέχρι 9 <sup>ο</sup> κατά τα έτη 2008 - 2009 στους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ10, Σ11, και Σ12)	217
<b>Σχήμα 84</b>	Διάγραμμα κατανομής των ιόντων $[\text{Na}^+]$ , $[\text{Ca}^{++}]$ , $[\text{Mg}^{++}]$ , $[\text{Cl}^-]$ , $[\text{SO}_4^-]$ (αφορά τον Μ.Ο. των τιμών κατά τους μήνες 5 <sup>ο</sup> μέχρι 9 <sup>ο</sup> κάθε το έτος 2008 στους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ10, Σ11, και Σ12)	217
<b>Σχήμα 85</b>	Διάγραμμα κατανομής των ιόντων $[\text{Na}^+]$ , $[\text{Ca}^{++}]$ , $[\text{Mg}^{++}]$ , $[\text{Cl}^-]$ , $[\text{SO}_4^-]$ (αφορά τον Μ.Ο. των τιμών κατά τους μήνες 5 <sup>ο</sup> μέχρι 9 <sup>ο</sup> κάθε το έτος 2009 στους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ10, Σ11, και Σ12)	218
<b>Σχήμα 86</b>	Διάγραμμα κατανομής των ιόντων $[\text{Na}^+]$ , $[\text{Ca}^{++}]$ , $[\text{Mg}^{++}]$ , $[\text{Cl}^-]$ , $[\text{SO}_4^-]$ (αφορά τον Μ.Ο. των τιμών κατά τους μήνες 5 <sup>ο</sup> μέχρι 9 <sup>ο</sup> κάθε τα έτη 2008 -2009 στους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ10, Σ11, και Σ12)	218
<b>Σχήμα 87</b>	Διάγραμμα κατανομής των ιόντων $[\text{Na}^+]$ , $[\text{Ca}^{++}]$ , $[\text{Mg}^{++}]$ , $[\text{Cl}^-]$ ,	219

	[SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ] (αφορά τον σύνολο των τιμών κατά τους μήνες 5 <sup>ο</sup> μέχρι 9 <sup>ο</sup> κάθε τα έτη 2008 -2009 στους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ10, Σ11, και Σ12)	
<b>Σχήμα 88</b>	Βροχόπτωση στο δεκαήμερο πριν την 1η δειγματοληψία (21-01-2008)	299
<b>Σχήμα 89</b>	Βροχόπτωση στο δεκαήμερο πριν την 2 <sup>η</sup> δειγματοληψία (18-03-2008)	299
<b>Σχήμα 90</b>	Βροχόπτωση στο δεκαήμερο πριν την 3 <sup>η</sup> δειγματοληψία (20-05-2008)	299
<b>Σχήμα 91</b>	Βροχόπτωση στο δεκαήμερο πριν την 4 <sup>η</sup> δειγματοληψία (29-07-2008)	300
<b>Σχήμα 92</b>	Βροχόπτωση στο δεκαήμερο πριν την 5 <sup>η</sup> δειγματοληψία (23-09-2008)	300
<b>Σχήμα 93</b>	Βροχόπτωση στο δεκαήμερο πριν την 6 <sup>η</sup> δειγματοληψία (21-11-2008).	300
<b>Σχήμα 94</b>	Βροχόπτωση στο δεκαήμερο πριν την 7 <sup>η</sup> δειγματοληψία (22-01-2009).	301
<b>Σχήμα 95</b>	Βροχόπτωση στο δεκαήμερο πριν την 8 <sup>η</sup> δειγματοληψία (19-03-2009)	301
<b>Σχήμα 96</b>	Βροχόπτωση στο δεκαήμερο πριν την 9 <sup>η</sup> δειγματοληψία (18-05-2009)	301
<b>Σχήμα 97</b>	Βροχόπτωση στο δεκαήμερο πριν την 10 <sup>η</sup> δειγματοληψία (21-07-2009).	302
<b>Σχήμα 98</b>	Βροχόπτωση στο δεκαήμερο πριν την 11 <sup>η</sup> δειγματοληψία (21-09-2009)	302
<b>Σχήμα 99</b>	Βροχόπτωση στο δεκαήμερο πριν την 12 <sup>η</sup> δειγματοληψία (17-11-2009)	302
<b>Σχήμα 100</b>	Η διακύμανση της θερμοκρασίας (°C).	303
<b>Σχήμα 101</b>	Η μέγιστη θερμοκρασία (°C)	303
<b>Σχήμα 102</b>	Η μέση θερμοκρασία (°C)	304
<b>Σχήμα 103</b>	Η ελάχιστη θερμοκρασία (°C)	304

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

<b>Εικόνα 1</b>	Το πρώτο αντλιοστάσιο και η τροφοδοσία με νερό στην τσιμενταύλακα 6T από τον Πηνεϊό ποταμό (προσωπικό αρχείο 29/07/2009)	14
<b>Εικόνα 2</b>	Υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας (Tsouni et al., 2003)\	14
<b>Εικόνα 3</b>	A: Το σημείο σύνδεσης της τσιμεντάλαυκας (6T) με τα «Ασμάκι». (8T). B: Το σημείο σύνδεση της μικρής τσιμενταύλακας με την τάφρο (9T).	15
<b>Εικόνα 4.</b>	Το αντλιοστάσιο που τροφοδοτεί τους ταμιευτήρας στην περιοχή Ελευθερίου	16
<b>Εικόνα 5</b>	Δύο χαρακτηριστικές φωτογραφίες που δείχνουν το μέγεθος του ευτροφισμού στην περιοχή μελέτης (προσωπικό αρχείο, 16 Ιουλίου 2008).	43
<b>Εικόνα 6</b>	Η περιοχή έρευνας	73
<b>Εικόνα 7</b>	Σταθμοί δειγματοληψιών [A: Σ2 (σήραγγα Κάρλας), B: Σ3 (γέφυρα Στεφανοβικείου)] (προσωπικό αρχείο 21/09/2009).	71
<b>Εικόνα 8</b>	Σταθμοί δειγματοληψιών [A: Σ6 (γέφυρα Ελευθερίου), B: Σ11 (σφαγείο Γυρτώνης)] (προσωπικό αρχείο 21/09/2009).	71
<b>Εικόνα 9</b>	Σταθμοί δειγματοληψιών [A: Σ4 (Καλαμάκι), B: Σ5 (Πλασιά)] (προσωπικό αρχείο 21/09/2009).	71
<b>Εικόνα 10</b>	Σταθμοί δειγματοληψιών [ A: Σ7 («ΧΑΤΖΗΔΗΜΑΣ»), Δ: Σ10 (Γεντίκι.) ] (προσωπικό αρχείο 21/09/2009).	72
<b>Εικόνα 11</b>	Συσκευή μέτρησης της αγωγιμότητας Consort C533.	75
<b>Εικόνα 12</b>	Συσκευή μέτρησης του pH	76
<b>Εικόνα 13</b>	Φασματοφωτόμετρο (VARIAN CARRY100).	99
<b>Εικόνα 14</b>	Συσκευές μέτρησης C.O.D. και B.O.D5	112
<b>Εικόνα 15</b>	Δειγματολήπτης ιζήματος	117
<b>Εικόνα 16</b>	Κοσκίνισμα με κόσκινο βρογχίδας 2 mm2	118
<b>Εικόνα 17</b>	Κοκκομέτρηση	120
<b>Εικόνα 18</b>	Υπολογισμός οργανικής ουσίας	122
<b>Εικόνα 19</b>	Συσκευή ατομικής απορρόφησης (VARIAN 220 FS)	127
<b>Εικόνα 20</b>	Η περιοχή μελέτης	292
<b>Εικόνα 21</b>	Περιοχή τσιμέντων ΗΡΑΚΛΗΣ	292
<b>Εικόνα 22</b>	Περιοχή λίμνης Κάρλα	292
<b>Εικόνα 23</b>	Περιοχή Στεφανοβικείου	293
<b>Εικόνα 24</b>	Περιοχή Καλαμακίου	294
<b>Εικόνα 25</b>	Περιοχή Πλασιάς	294
<b>Εικόνα 26</b>	Περιοχή γέφυρας Ελευθερίου	295
<b>Εικόνα 27</b>	Περιοχή Οινοπνευματοποιίας «ΧΑΤΖΗΔΗΜΑΣ»	295
<b>Εικόνα 28</b>	Περιοχή πλησίον εργοστασίου «ΠΕΛΑΣΓΙΣ»	296
<b>Εικόνα 29</b>	Περιοχή πλησίον εργοστασίου “Intercom”	296
<b>Εικόνα 30</b>	Γεντίκι	297
<b>Εικόνα 31</b>	Περιοχή πλησίον σφαγείου Γυρτώνης.	297
<b>Εικόνα 32</b>	Αρδευτική τσιμενταύλακα Ομορφωρίου-Πλατυκάμπου.	298

**ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ**

A: Ανατολικά

ΑΕ: Ανώνυμη Εταιρεία

ΑΕΒΕ: Ανώνυμη Εμπορική και Βιομηχανική Εταιρεία

ΑΦΑΑ: 'Αφλογος Φασματοφωτομετρία Ατομικής Απορρόφησης,

ΒΑ: Βορειοανατολικά

Β.Α. Na %: Βαθμός αλκαλίωσης Na %:

ΒΚ: Βιολογικός καθαρισμός

ΒΤ: Βιομηχανικός Τομέας

Δ.Ε.Υ.Α.Λ.: Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης & Αποχέτευσης Λάρισας

ΕΓΜΕ: Εταιρεία Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος

ΕΕΑΕ: Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας

ΕΚ: Ευρωπαϊκή Κοινότητα

ΕΚΕΦΕ: Εθνικό Κέντρο Έρευνας Φυσικών Επιστημών

ΕΜΠ: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

ΕΘΙΑΓΕ: Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας

ΙΧΤΕΛ: Ινστιτούτο Χαρτογράφησης Εδαφών

ΕΛΟΤ: Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης

ΕΕΤΑΑ: Ελληνική Εταιρία Τοπικής Ανάπτυξης και Αυτοδιοίκησης

ΕΚΒΥ Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων Υγροτόπων

ΕΜΥ: Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία

ΕΠΕ: Εταιρεία Περιορισμένης ευθύνης

ΕΟΚ: Ευρωπαϊκή Οικονομική Κοινότητα

ΗΠΑ: Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής

ΚΥΑ: Κοινή Υπουργική Απόφαση

ΝΑ: Νοτιοανατολικά

ΠΑΘΕ: Πατρών - Αθηνών - Θεσσαλονίκης – Ευζώνων (οδικός άξονας)

ΠΕΓΕΑΛ: Περιφερειακό Εργαστήριο Γεωργικών Εφαρμογών & Αναλύσεων

Λιπασμάτων

ΤΕΕ: Γενικό Επιμελητήριο Ελλάδος

ΤΟΕΒ: Τοπικός Οργανισμός Εγγείων Βελτιώσεων

ΦΑΑ: Φλογοφασματοφωτομετρία Ατομικής Απορροφήσεως,

Χ.Θ: Χιλιομετρική θέση

- AAS: Atomic Absorption Spectrofotometry (Φασματομετρία Ατομικής Απορρόφησης)
- ASTM: Society for Testing and Materials (Διεθνής Αμερικανική Εταιρεία Δομικών Υλικών)
- AWWA: American Water Works Association (Αμερικανική Ένωση Ύδρευσης)
- BOD: Biochemical Oxygen Demand (Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο)
- COD.: Chemical Oxygen Demand (Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο)
- CPCB: Central Pollution Control Board (Κεντρικό Συμβούλιο Ελέγχου Ρύπανσης)
- DIN: Dissolved Inorganic Nitrogen
- DO: Dissolve Oxygen (Διαλυμένο Οξυγόνο)
- EPA: Environmental Protection Agency, U.S.A. (Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος ΗΠΑ)
- FAO: Food and Agriculture Organism (Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας)
- EDTA: Ethylenediaminetetraacetic acid (Αιθυλενοδιαμινοτετραοξικό οξύ)
- ENVECQ: Environmental Economics
- GEMS: Logistics System Global Environment (Παγκόσμιο Περιβαλλοντικό Σύστημα Επιμελητείας)
- ISO: International Sstandard Organization (Διεθνής Οργανισμός Προτύπων)
- QCS: Quality Concentration Solution (Δείγμα Εσωτερικού Ελέγχου)
- REACH: Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (Καταχώριση, Αξιολόγηση, Αδειοδότηση και Περιορισμοί των Χημικών Προϊόντων)
- RSC: Residual Sodium Carbonate( Υπολειπόμενο Νάτριο)
- SAR: Sodium Absorption Ratio (Κίνδυνος Ναρτίου)
- SRP: Soluble Reactive Phosphorous
- S.S: Sodium Salicylate - Sodium Nitroprusside (Σαλικυλικό Νάτριο)
- TDS: Total Dissolved Solids (Ολικά Διαλυμένα Στερεά)
- UNEP: United Nations Environment Programme (Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον)
- UNESCO: United Nation Education, Science and Culture Organism (Οργανισμό Εκπαίδευσης, Επιστήμης και Πολιτισμού)
- USA: United States of America (Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής)
- W.F.D: Water Framework Directive (Οδηγία Πλαίσιο Νερών)



WHO: World Health Organization (Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας)

WMO: World Meteorological Organization (Παγκόσμιος Οργανισμός Μετεωρολογίας)

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. Γενικά

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες η φυσική ποιότητα των υδατικών πόρων παγκοσμίως μεταβλήθηκε σημαντικά εξ' αιτίας των διαφόρων ανθρώπινων δραστηριοτήτων και χρήσεων του νερού. Οι περισσότερες περιπτώσεις ρύπανσης αναπτύχθηκαν βαθμιαία μέχρις ότου έγιναν φανερές και μετρήσιμες. Η ρύπανση του νερού από παθογόνους μικροοργανισμούς είναι το κύριο πρόβλημα στις περισσότερες υπανάπτυκτες και αναπτυσσόμενες χώρες, ενώ η χημική ρύπανσή του έχει ανακύψει ως εξίσου σοβαρή απειλή για το περιβάλλον σε όλες τις χώρες με γεωργική και βιομηχανική ανάπτυξη.

Τα αστικά λύματα, τα βιομηχανικά απόβλητα και οι βροχοπτώσεις είναι οι κύριες αιτίες μεταφοράς ρύπων στους φυσικούς αποδέκτες (λίμνες, ποτάμια, θάλασσες), προκαλώντας με τον τρόπο αυτό τη μικρή ή μεγάλη μεταβολή της ποιότητάς τους. Τελευταίες μελέτες δείχνουν ότι τα πιο σοβαρά προβλήματα στη διαχείριση των υδατικών πόρων στην Ελλάδα εκδηλώνονται κυρίως στις πιο ευάλωτες περιοχές από άποψη υδατικού ισοζυγίου και περιβαλλοντικών πιέσεων και πιο συγκεκριμένα στα νησιά (κυρίως στις Κυκλάδες), στις παράκτιες περιοχές (κυρίως στα βόρεια παράλια της Κρήτης και στον Κορινθιακό) και στις περιοχές έντονης γεωργικής ανάπτυξης όπως είναι ο Θεσσαλικός κάμπος. Είναι συνεπώς απόλυτη ανάγκη στις περιοχές αυτές να υπάρχει μια συστηματική και αξιόπιστη παρακολούθηση της ποιότητας των επιφανειακών νερών μέσω κυρίως των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών τους, που δίνουν την δυνατότητα εκτίμησης των θρεπτικών στοιχείων, των δεικτών ευτροφισμού, των ανεπιθύμητων ουσιών, των τοξικών ουσιών και των μικροβιολογικών παραμέτρων.

Σύμφωνα με τους Metcalfe 1989 και Mason 1991, ένας ολοκληρωμένος τρόπος παρακολούθησης της ποιότητας των ρεόντων υδάτων προϋποθέτει το συνδυασμό πολλών παραγόντων, όπως είναι οι φυσικοχημικοί παράγοντες και άλλες μετρήσεις βιολογικής προσέγγισης. Αυτός ο τρόπος παρακολούθησης καθιερώθηκε και από την Οδηγία - Πλαίσιο 2000/60:ΕΚ, για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων σε επίπεδο λεκάνη απορροής. Ακόμα η οδηγία - πλαίσιο για τα νερά “Water Framework Directive” (W.F.D.) αποτελεί ένα καινοτόμο και ολοκληρωμένο νομοθετικό πλαίσιο με βασικό σκοπό την ορθή διαχείριση και προστασία όλων των υδάτων (επιφανειακών, μεταβατικών, παράκτιων).

Στην επιστημονική κοινότητα υπάρχουν ακόμα πληθώρα μελετών της πανίδας και χλωρίδας ρεόντων υδάτων που συσχετίζουν τους οργανισμούς με τη ρύπανση, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν τον περασμένο αιώνα, όταν διάφοροι ερευνητές παρατήρησαν ότι άλλοι οργανισμοί επικρατούν σε ρυπασμένα ρέοντα ύδατα και άλλοι σε καθαρά. Από τότε ξεκινά και η ιστορία της εκτίμησης με βάση βιολογικά δεδομένα συσχετίζοντας τους περιβαλλοντικούς παράγοντες με την αφθονία και την παρουσία των οργανισμών (De Pauw and Vanhooren 1983, Metcalfe 1989).

Η χώρα μας, η οποία δεν ακολούθησε την ίδια πορεία ανάπτυξης με αυτή των χωρών της Βόρειας Ευρώπης, δεν αντιμετώπισε με την ίδια χρονολογική ακολουθία και ένταση παρόμοια προβλήματα ρύπανσης των επιφανειακών υδάτων της. Η συγκέντρωση του πληθυσμού σε ορισμένα αστικά κέντρα, η ευρύτατη και ανεξέλεγκτη εφαρμογή χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων στη γεωργία, η ραγδαία αύξηση εισαγωγής χημικών ουσιών στο περιβάλλον, η ευρύτατη διασυνοριακή μεταφορά ρύπων, η γενική αλλαγή των υδρογεωλογικών κύκλων και η απουσία συστηματικής εφαρμογής μέτρων ελέγχου, έφεραν τη χώρα μας μπροστά σε προβλήματα ρύπανσης

δεύτερης και τρίτης γενιάς, τη στιγμή που δεν έχουν ακόμα αντιμετωπισθεί επαρκώς τα «παραδοσιακά» προβλήματα ρύπανσης.

Αυτοί οι κίνδυνοι για τον άνθρωπο και το περιβάλλον αναγνωρίστηκαν από τον Ο.Η.Ε. και το 1975, στα πλαίσια του προγράμματός του για το περιβάλλον (UNEP), ιδρύθηκε το Παγκόσμιο Περιβαλλοντικό Σύστημα Επιμελητείας (GEMS). Πολλά διεθνή προγράμματα ελέγχου εφαρμόστηκαν από την UNEP, τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO), τον Παγκόσμιο Οργανισμό Μετεωρολογίας (WMO), τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (FAO), τον Οργανισμό Εκπαίδευσης, Επιστήμης και Πολιτισμού (UNESCO) και άλλους διεθνείς και διακυβερνητικούς οργανισμούς. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην ποιότητα και τη συμφωνία των στοιχείων που λαμβάνονται (ίδιες μεθοδολογίες μέτρησης), γεγονός που αυξάνει την αξία και την εγκυρότητα των μετρήσεων, έτσι ώστε τα στοιχεία αυτά να καταστούν χρήσιμα δεδομένα για την εκτίμηση της κατάστασης του περιβάλλοντος (Αντωνόπουλος 2003).

Παρόμοια δράση ανέλαβε η Ε.Ο.Κ. (1977), θεσπίζοντας κοινή διαδικασία ανταλλαγής πληροφοριών σχετικά με την ποιότητα των γλυκών επιφανειακών νερών. Ακόμα, η ανάγκη της διασφάλισης τη καλής ποιότητας των ρεόντων υδάτων, ώστε να είναι κατάλληλα για διάφορες χρήσεις, οδήγησε στη διαμόρφωση κατάλληλων εθνικών νομοθεσιών και στον καθορισμό ανώτερων επιτρεπτών ορίων συγκεκριμένων ουσιών. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο υπάρχουν ήδη σε ισχύ διάφορες Οδηγίες για την ποιότητα των γλυκών υδάτων, όπως: η 78/659/ΕΟΚ σχετικά με την ποιότητα για διατήρηση της ζωής των ιχθύων, ή 80/778/ΕΟΚ και η 77/785/ΕΟΚ για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των μελών σχετικά με την ποιότητα των επιφανειακών υδάτων και αρκετές άλλες οι οποίες αφορούν στα βιομηχανικά απόβλητα, αστικά λύματα, καθώς και σε συγκεκριμένους ρυπαντές (European Community Water Policy 1996).

Με γνώμονα λοιπόν όλα τα παραπάνω εκπονήθηκε η παρούσα διδακτορική διατριβή που σκοπό είχε την μελέτη της υφιστάμενης κατάστασης στην ευρύτερη περιοχή του στραγγιστικού – αρδευτικού δικτύου «Ασμακίου», με την περιοδική καταμέτρηση των φυσικοχημικών και άλλων παραμέτρων σε μια προσπάθεια να δημιουργηθεί το πλαίσιο πάνω στο οποίο θα γίνει κατορθωτό να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα και να γίνουν προτάσεις για την ποιοτική αναβάθμιση του.

Πρόκειται για ένα υδάτινο σώμα που μελετήθηκε, σχεδιάστηκε ως στραγγιστική - αρδευτική τάφρος και ως χώρος αντιμετώπισης των πλημμυρικών φαινομένων του Πηνειού ποταμού (σε μια περιοχή η οποία αποτελεί διάδρομο μετανάστευσης πουλιών), το οποίο, όμως, λόγω της υπερβολικής αδιαφορίας της Πολιτείας και της συστηματικής και ανεξέλεγκτης ρύπανσης του, έχει μετατραπεί σε ένα πολύ αφιλόξενο τόπο, που εδώ και πάρα πολλά χρόνια άρχισε να δημιουργεί πολλά προβλήματα στους ανθρώπους, ενώ από καιρό σκοτώνει συστηματικά τους φυσικούς ενοίκους του, που είναι τα ψάρια.

## **1.2. Γεωμορφολογικά – γεωλογικά χαρακτηριστικά ευρύτερης υδρολογικής λεκάνης μελέτης**

Το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής έρευνας είναι ιδιαίτερα ομαλό και δεν παρουσιάζει απότομες κλίσεις. Η ευρύτερη περιοχή γεωλογικά ανήκει στην υποπελαγονική ζώνη. Στην περιοχή κυριαρχούν οι αλλουβιακές αποθέσεις, ανοικτότερα έως καστανότερα, ασύνδετα υλικά από αργίλους, άμμους, κροαλοτύπες και ποταμοχειμαρολιμναίο υλικό που αποτέθηκε στη λεκάνη της Λάρισας και σε μικρές εσωτερικές λεκάνες. Στα κράσπεδα των λεκανών είναι περισσότερο αδρομερή, ενώ προς το κέντρο γίνονται λεπτομερέστερα. Νοτιοδυτικά της περιοχής μελέτης συναντώνται παλιά και σύγχρονα πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων. Πρόκειται για ασύνδετες λατύπες ποικίλου μεγέθους και λιθολογικής

σύστασης, με λεπτομερές υλικό ανάμεσά τους. Αναπτύσσονται στα κράσπεδα των λεκανών και καταλήγουν μέσα στις αποθέσεις, όπου επικρατούν τα λεπτομερή ασύνδετα αλλουβιακά υλικά. Οι παλαιότεροι σχηματισμοί αποτελούνται από αδρομερή υλικά με λατύπες ποικίλου μεγέθους, συγκολλημένες συνήθως με ανθρακικό υλικό. Βορειοανατολικά της περιοχής εμφανίζονται ποταμολιμναίες αποθέσεις της λεκάνης της Λάρισας και αποτελούνται κυρίως από αργίλους και άμμους, με παρεμβολές στρωμάτων αδρομερούς υλικού, ποικίλου πάχους, ενώ υπερκείμενοι των λιμναίων και ποτάμιων αποθέσεων εμφανίζονται διάσπαρτοι, μικρής έκτασης, ποταμοχερσαίοι σχηματισμοί, που αποτελούνται από αργιλοαμμώδη υλικά και πηλούς με διάσπαρτες κροκαλοτύπες διαφόρων προελεύσεων, με παρεμβολές χαλαρών/ημιχαλαρών κροκαλοτυποπαγών. Οι λιμναίες αποθέσεις αποτελούνται από μάργες, μαργαϊκούς ψαμμίτες, μικρο- μακροκροκαλολατυποπαγή. Περιέχουν άφθονα λιμναία μακροαπολιθώματα και έχουν μέγιστο πάχος 100 m περίπου (Φλωράς και συν. 1997).

Βορειοανατολικά του χωριού Ομορφοχώρι, απαντά οφιολιθικό λατυποπαγές επικλύσεως, που αποτελείται κυρίως από κομμάτια σερπεντινιτών, πρασινιτών και μαρμάρων, κατά κανόνα λευκών, μεγέθους από μερικά εκατοστά μέχρι και 2 m και σε μερικές περιπτώσεις έως 10 m, με ασαφή προσανατολισμό, συγκολλημένα με λεπτομερές υλικό, κυρίως οφιολιθικό και λιγότερο ανθρακικό. Μέγιστο πάχος περίπου 150 m.

Οι σχηματισμοί αυτού του συμπλέγματος έχουν υποστεί μεταμόρφωση υψηλών πιέσεων και χαμηλών θερμοκρασιών μετά την τεκτονική τους τοποθέτηση που έγινε κατά το τέλος του ανώτερου Ιουρασικού, πάνω στο Παλαιοζωϊκό- Μέσο Τριαδικό σύστημα των γενευσιοσχιστολίθων και των μαρμαρυγικών σχιστολίθων. Το διάσπαρτο πέτρωμα της περιοχής που δείχνει να εμπλέκεται με τα μάρμαρα της

Αγιάς και το οφιολιθικό επικλύσεως του Ομορφοχωρίου, αποτελείται από σερπεντινίτες. Είναι βαθυπράσινοι έως καστανοπράσινοι, με ιστό λεπιδοβλαστικό και υφή συμπαγή και ακανόνιστη. Αποτελούνται, ως επί το πλείστον, από σερπεντίνη (κυρίως αντιγορίτη, σπανιότερα σερποφίτη και χρυσότιλο) σε μορφή μικροφυλλαρίων και ινιδίων ποικίλου μεγέθους, που προέρχονται από μεταμόρφωση, κυρίως, περιδοτιτών και πυροξενιτών. Μέσα σ' αυτούς βρίσκονται διάσπαρτοι κρύσταλλοι και μικρές συγκεντρώσεις μαγνητίτη και χρωμίτη. Επίσης, κατά θέσεις, απαντούν φλέβες αμιάντου, μικρού γενικά πάχους. Μέγιστο πάχος 150 m, περίπου (Φλωράς και συν. 1997).

### **1.3. Κλιματικά - μετεωρολογικά στοιχεία**

Ο Νομός Λάρισας έχει ηπειρωτικό κλίμα, με ψυχρό χειμώνα και θερμό καλοκαίρι. Στα παράλια όμως, το κλίμα μετριάζεται και γίνεται μεσογειακό. Τα απαραίτητα για την μελέτη μετεωρολογικά στοιχεία έχουν συγκεντρωθεί από το Μετεωρολογικό Σταθμό Λαρίσης της Ε.Μ.Υ. (υπερθαλάσσιο ύψος: 74 m, ανατολικό γεωγραφικό μήκος: 220 25' 01'', βόρειο γεωγραφικό πλάτος: 390 37' 58''). Ο μετεωρολογικός αυτός σταθμός βρίσκεται σε πεδινή θέση, κοντά στην πόλη της Λάρισας. Ως εκ τούτου οι μετρήσεις είναι αντιπροσωπευτικές και περιγράφουν ικανοποιητικά τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής.

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι η Λάρισα εμφανίζει περίπου 2460 ώρες ηλιοφάνειας ετησίως, με περίπου 46,2 ημέρες να επικρατεί νέφωση (Πίν. 1), τιμές αρκετά υψηλές σε σχέση με το γεωγραφικό της πλάτος. Οι επικρατούντες άνεμοι στην ευρύτερη περιοχή είναι με αναλοτικό προσανατολισμό (BA-A-NA), καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, εκτός των μηνών Δεκεμβρίου και Ιανουαρίου, όπου επικρατούν οι βόρειοι άνεμοι. Από πλευράς έντασης, ο μήνας με τη μεγαλύτερη ταχύτητα ανατολικών ανέμων είναι ο Ιούλιος, με τη μέση ταχύτητα τους να ανέρχεται στα 2,0

m/sec. Αντιθέτως, οι ισχυρότεροι βόρειοι άνεμοι εμφανίζονται τον Ιανουάριο, με μέση ταχύτητα 0,8 m/s.

Από τις μετρήσεις του παραπάνω μετεωρολογικού σταθμού φαίνεται ότι η μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα κυμαίνεται μεταξύ 5,2 °C τον Ιανουάριο και των 27,2 °C τον Ιούλιο. Όσον αφορά τις ακραίες τιμές θερμοκρασίας, η απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία που έχει καταγραφεί ήταν 45,2 °C (Ιούλιος 1978), ενώ η απόλυτη

**Πίνακας 1 :** Ηλιοφάνεια στην ευρύτερη περιοχή της πόλης της Λάρισας (Μετεωρολογικός σταθμός Ε.Μ.Υ., Λάρισα 2007)

ΜΗΝΑΣ	ΩΡΕΣ ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑΣ (ώρες)	ΜΕΣΗ ΝΕΦΩΣΗ (ημέρες)
Ιανουάριος	89,4	5
Φεβρουάριος	109,7	4,8
Μάρτιος	159,1	4,8
Απρίλιος	213,1	4,4
Μάιος	279,8	4
Ιούνιος	300,2	3
Ιούλιος	333,1	2,1
Αύγουστος	322,5	2
Σεπτέμβριος	243,6	2,7
Οκτώβριος	176	3,9
Νοέμβριος	140,6	4,7
Δεκέμβριος	95,9	4,8
Μέσο ετήσιο	205	3,85
Συνολικό ετήσιο	2.463	46,2

ελάχιστη θερμοκρασία -21,6 °C (Ιανουάριος 2002).

Η υγρασία στην περιοχή της Λάρισας βρίσκεται σε αρκετά υψηλά επίπεδα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Ειδικά για τα έτη 2008 και 2009, η μηνιαία σχετική υγρασία κυμαινόταν μεταξύ των τιμών 46,6% (Ιούλιος) και 82,2% (Δεκέμβριος).

Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής στην περιοχή ήταν 423,2 mm, με το μέγιστο μέσο μηνιαίο το μήνα Νοέμβριο (56,9 mm) και το ελάχιστο μέσο μηνιαίο τον Αύγουστο (16,4 mm). Οι ημέρες βροχόπτωσης ανέρχονται περίπου σε 111 ετησίως, με τις ημέρες κατά τις οποίες παρατηρούνται φαινόμενα χιονόπτωσης και χαλαζιού να είναι περίπου 6-7 ετησίως.



## 1.4. Χλωρίδα και πανίδα

### 1.4.1. Χλωρίδα

Η περιοχή δεν εμφανίζει εντυπωσιακή ποικιλία χλωρίδας καθ' όσον είναι μία περιοχή εντατικής γεωργικής καλλιέργειας. Η εφαρμογή μηχανικών μέσων στην γεωργία, εδώ και πολλά χρόνια, έχει ουσιαστικά εξαφανίσει τις πεδινές συστάδες δέντρων και θάμνων με εξαίρεση κάποια υπολείμματα πευκώνων και μεμονωμένα δέντρα (κυρίως λεύκες) στους αγρούς. Κατά συνέπεια, στην περιοχή κυριαρχεί η ποώδης βλάστηση (EKBY 1994).

Η δενδρώδης βλάστηση στην περιοχή αποτελείται από περισσότερες από σαράντα οικογένειες και πενήντα είδη βλάστησης κυριότερα των οποίων είναι από την οικογένεια «*Acanthaceae*», όπως η άκανθος (*Acanthus spinosus*), από την οικογένεια «*Compositae*», όπως το ραδίκι (*Cichorium intybus*), από την οικογένεια «*Paraveraceae*», όπως η παπαρούνα (*Paraver argemone*), από την οικογένεια «*Compositae*», όπως το χαμόμηλο (*Matricaria recutita*), από την οικογένεια «*Salicaceae*», όπως η ιτιά (*Salix alba*) και από την οικογένεια «*Rosaceae*» η γκορτσιά (*Pyrus spinosa*) (ENVECO 2010).

### 1.4.2. Πανίδα

Σε ότι αφορά την πανίδα, αυτό που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια είναι η ραγδαία μείωση των άγριων θηλαστικών. Αιτία είναι και εδώ η εντατική καλλιέργεια της γης, η έλλειψη θαμνώδους βλάστησης αλλά και η επέκταση των οικισμών, η διάνοιξη δρόμων και η μεγάλη αύξηση του αριθμού βιομηχανιών και βιοτεχνιών στην περιοχή. Πολύ σπάνια κάνει την εμφάνισή του ο λύκος (*Canis lupus*) και πιο συχνά η αλεπού (*Vulpes vulpes*). Στην περιοχή αφθονούν οι σκαντζόχοιροι (*Erinaceus europaeus*), οι αρουραίοι (*Microtus arvalis*), ενώ σπανίζουν οι λαγοί (*Lepus europaeus*), οι νυφίτσες (*Mustela nivalis*) τα κουνάβια (*Martes foina*) και οι ασβοί

(*Meles meles*) (EKBY 1994).

Ο βάτραχος είναι ένα από τα γνωστότερα αμφίβια. Μαζί με τους φρύνους αποτελεί την τάξη των άνουρων αμφιβίων. Το γένος των βατράχων ανήκει στην τάξη των ακούρων, που υπάγεται στα αμφίβια. Ο βάτραχος λόγω της κατάλληλης μορφολογικής προσαρμογής του έχει καταφέρει να εξαπλωθεί στα περισσότερα μέρη της γης. Στις μέρες μας υπάρχουν πάνω από 2.000 διαφορετικά είδη βατράχων στον πλανήτη. Τα πιο συνηθισμένα είδη βατράχου στην Ελλάδα είναι ο πράσινος βάτραχος, ο βάτραχος ο κοινός και ο δεντροβάτραχος. Ακόμα υπάρχουν ήδη βατράχων που ζουν μόνο στην ξηρά. Συναντώνται συνήθως σε αγρούς ή ακόμα και σε εκτάσεις με γρασίδι. Η περίοδος αναπαραγωγής τους είναι ίδια για όλα τα είδη. Συνηθισμένα είναι τα τρία είδη βατράχων: Ο πράσινος βάτραχος (*Bufo viridis*), ο κοινός βάτραχος (*Rana graeca*) και ο δεντροβάτραχος (*Hyla arborea*) (Οντρια 1997).

Ο πράσινος βάτραχος βγαίνει από τη χειμερινή νάρκη το Μάρτιο και κυρίως τον Απρίλιο. Το δέρμα του πασαλειμμένο με μια γλοιώδη ουσία, μένει σταθερά υγρό και φέρει σε κάθε πλευρά της πλάτης μικρούς αδένες, οι οποίοι εκκρίνουν δηλητήριο. Αυτή η ουσία σκοτώνει τα μικρά ζώακια. Η όψη του βατράχου αλλάζει εντελώς κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής του. Ο πράσινος βάτραχος δεν αντέχει στη ζέστη και όταν βρίσκεται έξω από το νερό πεθαίνει μέσα σε λίγες ώρες αν η θερμοκρασία έχει φθάσει τους 30 °C. Οι φωνές τους, ακούγονται σε απόσταση ενός χιλιομέτρου.

Ο κοινός βάτραχος γνωστός και ως Ευρωπαϊκός κοινός βάτραχος ή Ευρωπαϊκός κοινός καφετής βάτραχος, βρίσκεται σε όλη την Ευρώπη. Οι κοινοί βάτραχοι αναπαράγονται σε ρηχό και γλυκό νερό, όπως οι λίμνες, με την αναπαραγωγή τους να αρχίζει το Μάρτιο.

Ο δεντροβάτραχος (*Hyla arborea*) είναι ενδημικό είδος με πολύ περιορισμένη εξάπλωση. Η παρουσία του στην Ελλάδα έχει καταγραφεί στην κεντρική, νότια

ηπειρωτική και νησιωτική χώρα. Ο δενδροβάτραχος αφήνει τα δένδρα για το νερό μόνο κατά την περίοδο της αναπαραγωγής. Εκεί ζευγαρώνει και εναποθέτει τα αυγά του.

Στην περιοχή εμφανίζονται όλα τα είδη σαύρων, με κυριότερα την τρανόσαυρα (*Lacerta trilineata*), την κερκυραϊκή σαύρα (*Algyroides nigropunctatus*) και το σσιαμαμίδι (*Hemidactylus turcicus*). Εμφανίζονται ακόμα τα κοινά φίδια της Ελληνικής υπαίθρου, όπως ο τυφλίνος ή σπιτόφιδο (*Typhlops vermicularis*), η οχιά (*Vipera ammodytes*), η δεντρογαλιά (*Compuher gemonensis*), το νερόφιδο (*Natrix natrix*) και η σαΐτα (*Coluber najadum*) και οι χελώνες (*Testudo*) (Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Γουλανδρή 2004).

Η ευρύτερη περιοχή του Πηνειού μαζί με το Ασμάκι και τις παρακείμενες αποστραγγιστικές – αρδευτικές τάφρους μαζί και με τους δώδεκα ταμιευτήρες – λιμνοδεξαμενές (στους οποίους σύντομα θα προστεθούν και οι μεγάλοι ταμιευτήρες της Κάρλας και της Γυρτώνης), βρίσκεται στο διάδρομο μετανάστευσης πουλιών. Ως εκ τούτου στην περιοχή εμφανίζεται μεγάλος αριθμός και μεγάλη ποικιλία ορνιθοπανίδας που αποτελείται από είκοσι περίπου οικογένειες και περισσότερα από εκατό είδη. Μεγαλύτερη είναι η οικογένεια «*Passeriformes*» με σαράντα περίπου είδη, κυριότερα των οποίων είναι η γαλιάντρα (*Melanocorypha calandra*), η μικρογαλιάντρα (*Calandrella brachydactyla*) και ο κατσουλιέρης (*Galerida cristata*). Ακολουθεί η οικογένεια «*Charadriiformes*» με κυριότερα είδη τον καλαμοκανά (*Himantopus himantopus*), το αβοκέτα (*Recurvirostra avosetta*) και το νεροχελίδονο (*Glareola pratincola*) (Χανδρινός 1979).

### **1.5. Υδρολογικά στοιχεία**

Στην ευρύτερη περιοχή (Υδρολογική Λεκάνη Πηνειού) βρίσκεται ο Πηνειός ποταμός ο οποίος σχηματίζεται αφενός από τη συμβολή του Μαλακασιώτικου

ρέματος, που πηγάζει από το βουνό Λάκμος (υψόμετρο 1700 m) και του ρέματος Μουργκάνι που πηγάζει από τα όρη Αντιχάσια και αφετέρου από τους παραπόταμους Ληθαίο, Πορταϊκό, Πάμισο, Σοφαδίτικο, Ενιπέα και Τιταρήσιο. Το μήκος του φτάνει στα 205 Km και είναι ο 3<sup>ος</sup> μεγαλύτερος σε μήκος ποταμός της χώρας. Η λεκάνη απορροής του καλύπτει έκταση 10.700 Km<sup>2</sup>. Το ύψος της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης είναι 779 mm, ο μέσος ετήσιος όγκος νερού  $7.965 * 10^6 \text{ m}^3$  και η μέση ετήσια απορροή εκτιμάται σε  $3.500 * 10^6 \text{ m}^3$ . Διαρρέει τη Θεσσαλική πεδιάδα και μετά τη Λάρισα δημιουργεί έντονους μαιανδρισμούς. Ο Πηνειός διασχίζει την Κοιλιάδα των Τεμπών και εκβάλλει στο Αιγαίο, σχηματίζοντας αξιόλογο από αισθητική και οικολογική άποψη Δέλτα.

Στην περιοχή, μεταξύ Πηνειού και της τέως λίμνης Κάρλας, λειτουργούν αρκετοί ταμιευτήρες (Πίν. 2) μέσω των οποίων εξασφαλίζονται οι αναγκαίες

**Πίνακας 2 :** Οι ταμιευτήρας στην ευρύτερη περιοχή μελέτης (Τ.Ο.Ε.Β. Πηνειού)

A/A	Ταμιευτήρες	Ωφέλιμη χωρητικότητα (Ω.Χ) m <sup>3</sup>
1.	Ομορφοχωρίου	1.250.000
2.	Α΄ Ταμιευτήρας Ελευθερίου	900.000 m <sup>3</sup>
3.	Β΄ Ταμιευτήρας Ελευθερίου	800.000 m <sup>3</sup>
4.	Δήμητρας	1.000.000
5.	Α΄ Ταμιευτήρας Πλατοκάμπου	500.000
6.	Β΄ Ταμιευτήρας Πλατοκάμπου	1.450.000
7.	Γλαύκης	2.100.000
8.	Α΄ ταμιευτήρας Ναμάτων	1.800.000
9.	Β΄ ταμιευτήρας Ναμάτων	1.100.000
10.	Καστρίου	1.100.000
11.	Α΄ ταμιευτήρας Καλαμακίου	5.500.000
12.	Β΄ ταμιευτήρας Καλαμακίου	2.500.000
13.	Γυρτώνης	υπό κατασκευή
14.	Κάρλας	υπό κατασκευή (42.000 στρέμματα)

ποσότητες νερού για την άρδευση των παρακείμενων καλλιεργειών, κυρίως την περίοδο Ιουνίου – Αυγούστου, οπότε η ζήτηση είναι αυξημένη, ενώ οι διαθέσιμοι υδατικοί πόροι από άλλες πηγές μηδενικοί (Κωτσόπουλος και συν. 2007). Πέρα από τον αρδευτικό τους χαρακτήρα οι ταμιευτήρες αυτοί διαδραματίζουν σημαντικό

ρόλο, τόσο στη διαχείριση των μεταναστευτικών πουλιών όσο και στη διαμόρφωση του μικροκλίματος της περιοχής.

### **1.6. Περιοχή έρευνας**

Το «Ασμάκι» είναι ένα ιδιαίτερα τροποποιημένο υδάτινο σώμα που χρησιμοποιείται για αρδευτικούς κυρίως σκοπούς. Οι κάτοικοι της περιοχής Πλατυκάμπου, αλλά και οι διερχόμενοι εκδρομείς προς τα παράλια του Νομού Λάρισας, το αντιλαμβάνονται κυρίως λόγω της δυσσομίας και της κακαής αισθητικής που κυριαρχεί στην περιοχή, μιας και βρίσκεται σχεδόν πάντα σε κατάσταση υπερτροφισμού. Για τους κατοίκους της περιοχής τα παραπάνω αποτελούν μόνιμη κατάσταση, ειδικά για τους γεωργούς που το χρησιμοποιούν για αρδευτικούς και άλλους σκοπούς.

Σύμφωνα με τα υπάρχοντα στοιχεία, το «Ασμάκι» τροφοδοτείται με νερό από τον Πηνειό ποταμό (Εικ. 1), αλλά και από τις γύρω ορεινές περιοχές και συνδέεται με τη τάφρο «1Τ» η οποία κατασκευάστηκε την χρονική περίοδο που αποξηράνθηκε η λίμνη Κάρλα (έτη 1961-62). Η «1Τ», καταλήγει σε τεχνητή σήραγγα διοχέτευσης των νερών στον Παγασητικό κόλπο.

Η ευρύτερη περιοχή έρευνας εκτείνεται από τη Β-Α πλευρά της Λάρισας έως και την ευρύτερη περιοχή της λίμνης Κάρλα. (Εικ. 2 και 5). Πρόκειται για μια κατά βάση πεδινή έκταση στην οποία καλλιεργούνται μονοετείς ως επί το πλείστον καλλιέργειες, με το βαμβάκι να κατέχει την πρώτη θέση με περίπου 70%, τον αραβόσιτο τη δεύτερη θέση με περίπου 20% και 10% διάφορες άλλες εποχιακές και δεινρώδεις καλλιέργειες (Τ.Ο.Ε.Β. Πηνειού).

Για την άρδευση των καλλιεργειών της περιοχής υπάρχουν πολλές στραγγιστικές τάφροι και δύο τιμεντένιες αρδευτικές διώρυγες. Η μεγαλύτερη τιμεντένια αρδευτική διώρυγα 6Τ (Εικ. 3), αρχίζει από τον Πηνειό ποταμό, όπου

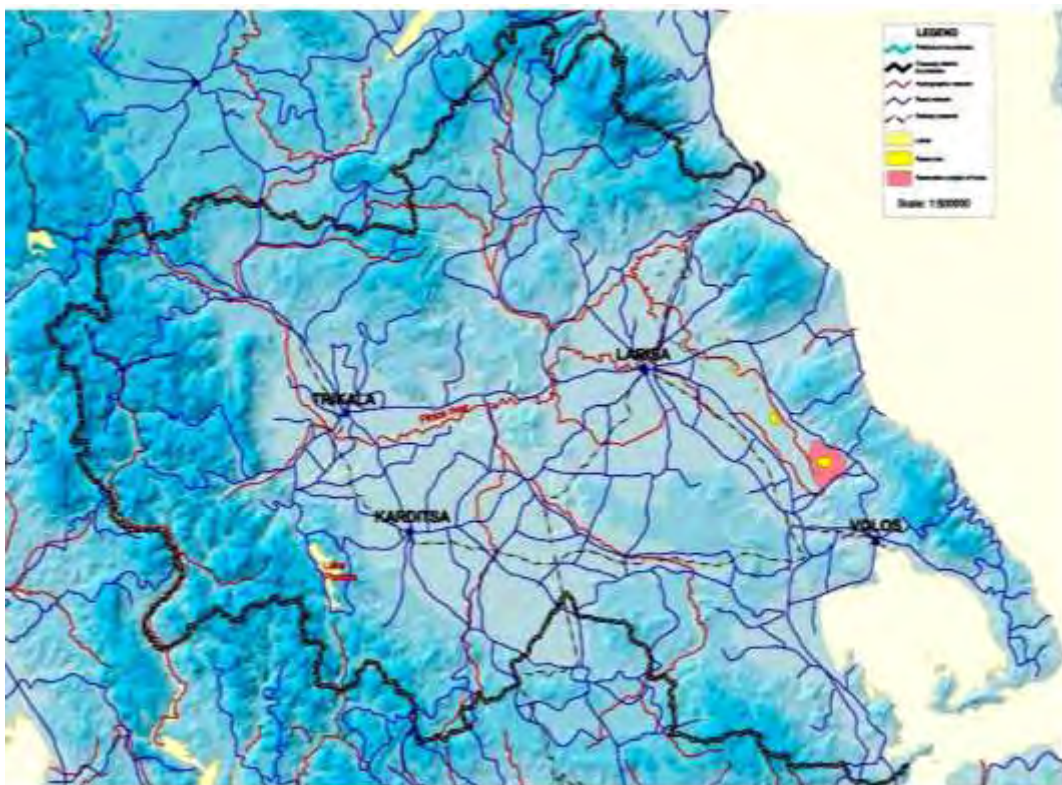
τροφοδοτείται με νερό μέσω του αντλιοστασίου Α (Εικ. 1) και εκτείνεται έως και την ευρύτερη περιοχή του Δήμου Πλατυκάμπου (7Τ), όπου και συνεχίζει για να συναντήσει την αποστραγγιστική τάφρο 2Τ, η οποία εκτείνεται σχεδόν παράλληλα και φθάνει έως το τέρμα της αποστραγγιστικής τάφρου 1Τ, παρά την υπό ανασύσταση λίμνη της Κάρλας (η τάφρος αυτή χρησιμοποιείται για αρδευτικούς σκοπούς μόνο κατά την καλοκαιρινή περίοδο). Η αρδευτική τάφρος 6Τ συνενώνεται ακόμα διαμέσου θυροφραγμάτος που βρίσκεται νότια της κοινότητας Ομορφωρίου, με το ένα τμήμα του Ασμακίου (τάφρος 8Τ).

Η χωμάτινη τάφρος 8Τ, ξεκινά από άλλο σημείο (πίσω από το εργοστάσιο της χαρτομάζας - δρόμος Συκουρίου), η οποία επίσης κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (Ιούλιος-Αύγουστος), τροφοδοτείται με νερό από τον Πηνειό Ποταμό μέσω αντλιοστασίων (αντλιοστάσια Ε και Δ). Το «Ασμάκι» εκτείνεται ανατολικά του Ομορφωρίου και συνενώνεται στην περιοχή δυτικά της κοινότητας Πλασιά, με την αποστραγγιστική τάφρο 9Τ, που ξεκινά από την περιοχή της Γυρτώνης και διέρχεται ανατολικά της κοινότητας του Ελευθερίου. Έτσι, δημιουργείται η στραγγιστική τάφρος 1Τ, που καταλήγει στη σήραγγα εξόδου στον Παγασητικό κόλπο. Παράλληλα με το «Ασμάκι», λειτουργεί μια δεύτερη μικρότερη τσιμεντένια αρδευτική διώρυγα η οποία εκτείνεται ενδιάμεσα των τάφρων 8Τ και 9Τ και συνενώνεται με την 9Τ σε μικρή απόσταση ανατολικά της κοινότητας του Ελευθερίου (Εικ. 3, Β). Να σημειωθεί ότι εκτός από τις κεντρικές στραγγιστικές και αρδευτικές τάφρους, υπάρχουν πλήθος άλλων που λειτουργούν παράλληλα και υποβοηθούν τους σκοπούς των στραγγίσεων και των αρδεύσεων. Για τον έλεγχο της λειτουργίας τους υπάρχουν σε επιλεγμένα σημεία μια σειρά από χειροκίνητα θυροφράγματα.

Η κεντρική τάφρος του Ασμακίου (8Τ), έχει μήκος περί τα 15,5 Km και η



**Εικόνα 1:** Το πρώτο αντλιοστάσιο και η τροφοδοσία με νερό στην τιμενταύλακα 6Τ από τον Πηνειό ποταμό (προσωπικό αρχείο 29/07/2009).



**Εικόνα 2 :** Υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας (Tsouni et al. 2003)



**A.**

**B.**

**Εικόνα 3 :** **A:** Το σημείο σύνδεσης της τσιμεντάλαυκας (6T) με το «Ασμάκι». (8T). **B:** Το σημείο σύνδεση της μικρής τσιμενταύλακας με την τάφρο (9T) (προσωπικό αρχείο 29/07/2009).

λειτουργία της ξεκίνησε το 1967. Έως και το 2005 εξυπηρετούσε την άρδευση 140.000 περίπου στρεμμάτων. Το 2006, λόγω έλλειψης νερού, οι αρδευόμενες εκτάσεις μειώθηκαν στα περίπου 100.000 στρέμματα, ενώ το 2007 μόλις και μετά βίας έφθασαν τα 80.000 στρέμματα (Τ.Ο.Ε.Β. Πηνειού). Η άρδευση των καλλιεργειών γίνεται σε πολύ μεγάλο ποσοστό, κυρίως την περίοδο Ιουνίου – Αυγούστου, οπότε η ζήτηση είναι αυξημένη, ενώ οι διαθέσιμοι υδατικοί πόροι από άλλες πηγές είναι σχεδόν μηδενικοί. Τα τελευταία χρόνια η συγκεκριμένη αρδευτική – στραγγιστική τάφρος τροφοδοτεί κατά τους χειμερινούς μήνες (μέσω ειδικών αντλιοστασίων) με νερό τους ταμιευτήρες της περιοχής (Εικ. 4), ενώ κατά τους καλοκαιρινούς μήνες ανατροφοδοτείται από αυτούς για σκοπούς άρδευσης.

Ενώ, λοιπόν, το «Ασμάκι» σχεδιάστηκε ως στραγγιστική τάφρος, στην πραγματικότητα, λειτουργεί ως μια τεράστια λίμνη για σκοπούς αρδευτικούς, η οποία μαζί με τους ταμιευτήρες της περιοχής (Πίν. 2), φιλοξενεί, μεγάλο πλήθος και ποικιλία ειδών ορνιθοπανίδας που παλαιότερα διαβιούσε στην λίμνη Κάρλα.

Από τον Μάρτιο του 2009, το «Ασμάκι», χρησιμοποιείται εν μέρη και



για την μεταφορά νερού στην ανασυσταθείσα λίμνη της Κάρλας, κάτι που δημιούργησε τις έντονες διαμαρτυρίες πολλών ειδικών επιστημόνων, αλλά και περιβαλλοντικών οργανώσεων, που κρούουν τον κώδωνα του κινδύνου για εκτενή ρύπανσή της.

### 1.7. Πηγές ρύπανσης

Οι πηγές ρύπανσης ανάλογα με τον τρόπο που παροχετεύουν τους ρυπαντές στους τελικούς αποδέκτες μπορούν να διακριθούν σε «σημειακές πηγές» και σε «μη σημειακές ή διάχυτες στο χώρο πηγές». Στις σημειακές πηγές, οι ρυπαντές παροχετεύονται στον αποδέκτη σε συγκεκριμένη τοποθεσία μέσω στραγγιστικών και μη αγωγών ή υπονόμων ή τάφρων ή ελεύθερων ρίψεων αποβλήτων από αγροτικές, αστικές και βιομηχανικές δραστηριότητες. Λόγω του διακριτού τους χαρακτήρα μπορούν σχετικά εύκολα να ανιχνευθούν και να ελεγχθούν και κατά συνέπεια, η εξάλειψή τους ή η κατασκευή κατάλληλων έργων μπορεί να περιορίσει σημαντικά τη ρύπανση των υδάτινων συστημάτων.



**Εικόνα 4:** Το αντλιοστάσιο που τροφοδοτεί τους ταμιευτήρες στην περιοχή Ελευθερίου (προσωπικό αρχείο 29/07/2009).

Κύριες πηγές ρύπανσης στην περιοχή μελέτης είναι οι βιομηχανίες, οι βιοτεχνίες, οι γεωργικές καλλιέργειες, οι κτηνοτροφικές μονάδες και τα βυτιοφόρα που μεταφέρουν ανεξέλεγκτα κυρίως βοθρολύματα που περιέχουν μεγάλες ποσότητες

θρεπτικών με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγάλη συνεισφορά στο φαινόμενο του ευτροφισμού.

Βασική γεωργική καλλιέργεια είναι το βαμβάκι (σε ποσοστό περίπου 70%) η οποία απαιτεί πολύ μεγάλες εισροές χημικών λιπασμάτων. Οι λιπάνσεις της καλλιέργειας βαμβακιού είναι 4–5 ανά καλλιεργητική περίοδο (Ιούνιος – Αρχές Αυγούστου). Οι εισροές είναι περίπου 20 kg αζωτούχων λιπασμάτων ανά στρέμμα (8,1 kg N) και 10 kg υπερφωσφορικού λιπάσματος 46% σε P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (2 kg P/στρέμμα). Το αξιοσημείωτο είναι ότι κατά τους θερινούς μήνες, οι συνθήκες ανάπτυξης του φυτοπλαγκτού είναι ιδανικές, λόγω κυρίως της μεγάλης έντασης της υπερϊόδου ακτινοβολίας.

Μεταξύ των δειγματοληπτικών σταθμών Σ6 - Σ12 της περιοχής μελέτης υπάρχει μεγάλη πυκνότητα βιομηχανιών και βιοτεχνιών, πολλές από τις οποίες διοχετεύουν τα υγρά τους απόβλητα στο «Ασμακίου», είτε σε άλλες παρακαμπτήριες στραγγιστικές - αρδευτικές τάφρους που συνδέονται με αυτό. Οι επιχειρήσεις που διοχετεύουν τα υγρά τους απόβλητα σε αρδευτικές – στραγγιστικές τάφρους της περιοχής μπορούν να χωριστούν σε δύο ομάδες:

**1<sup>η</sup> Ομάδα:** Οι τρεις μεγάλες (σε ότι αφορά τον όγκο των αποβλήτων τους) INTERCOMM FOODS, ΠΕΛΑΣΓΙΣ, ΧΑΤΖΗΔΗΜΑΣ. Οι επιχειρήσεις αυτές διοχετεύουν καθημερινά 1700 – 1850 m<sup>3</sup> αποβλήτων καθ' όλη τη διάρκεια του έτους πλην της εποχής αιχμής 15/07 – 15/09 όπου ο όγκος που αποβάλλεται φθάνει στα 4200 m<sup>3</sup>/ημέρα. Επειδή ακριβώς, αυτός ο μεγάλος όγκος αποβλήτων αποβάλλεται σε περίοδο που το πρόβλημα του καλού αρδευτικού νερού οξύνεται ιδιαίτερα, υπάρχει ανάγκη πιο εντατικού και αξιόπιστου ελέγχου γιατί κακή ποιότητα αποβλήτων είναι δυνατόν να επιφέρει δυσμενείς επιπτώσεις και στην ποιότητα του ποτίσματος αλλά

και σ' αυτήν του περιβάλλοντος (ποιότητα νερού, αισθητικά προβλήματα κ.λπ.). (Αργυρόπουλος και Σαμαρά 2008).

Τα απόβλητα της «ΠΕΛΑΣΓΙΣ», δημιουργούν αποκλειστικά χημική ρύπανση, αφού δεν παρουσιάζει οργανικό φορτίο.

**2<sup>η</sup> Ομάδα:** Στη δεύτερη ομάδα περιλαμβάνονται οι υπόλοιπες μικρότερες μονάδες (ως προς τον όγκο των αποβλήτων τους).

Ακόμα οι βιομηχανίες αυτές μπορούν να καταταχθούν σε κατηγορίες, με βάση τη σύσταση της ύλης του βιολογικού τους καθαρισμού (Αργυρόπουλος και Σαμαρά 2008). Έτσι έχουμε:

**ΟΜΑΔΑ Α':** Βιομηχανίες των οποίων τα βιοστερεά προσομοιάζουν μ' αυτά των οικιακών. Αυτές είναι κυρίως βιομηχανίες τροφίμων (κονσερβοποιεία, συσκευαστήρια ελιάς, κ.λπ.).

**ΟΜΑΔΑ Β':** Βιομηχανίες των οποίων η ύλη του Βιολογικού Καθαρισμού μπορεί να καταταχθεί στα επικίνδυνα απόβλητα (ΚΥΑ 19396/1546/97) (π.χ. βαφεία, ελαιώδεις λάσπες, απόβλητα από την παραγωγή, διαμόρφωση, προμήθεια, χρήση λιπών, σαπουνιών, απολυμαντικών κ.λπ.)

**ΟΜΑΔΑ Γ':** Βιομηχανίες που χρησιμοποιούν χημικές ουσίες που υπάγονται στον Κανονισμό-οδηγία Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH), που έχει τεθεί επίσημα σε ισχύ από την 01/06/2007. Είναι προφανές ότι στις βιομηχανίες αυτές θα πρέπει να ελεγχθεί και τυχόν παραγωγή τοξικών ουσιών στα απόβλητά τους.

Σύμφωνα με τα στοιχεία που απορρέουν από τις επίσημες αδειοδοτήσεις και τους ελέγχους που έχει πραγματοποιήσει κατά καιρούς η Διεύθυνση Υγιεινής της Νομαρχίας Λάρισας, έχουμε τις εξής μεγαλύτερες βιομηχανίες - βιοτεχνίες:

**1. «EVROXAL E.Π.Ε»:** Πρόκειται για βιομηχανία διέλασης (και βαφής) αλουμινίου. Σύμφωνα με τη μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων της μονάδας, δεν προβλέπονται υγρά απόβλητα, πλην αυτών του προσωπικού που διατίθενται σε σηπτικό – απορροφητικό βόθρο. Στο διάγραμμα ροής, όμως, της βιομηχανίας εμφανίζονται δύο μπάνια βαφής αλουμινίου. Από τη διαδικασία αυτή προβλέπονται υγρά απόβλητα που δεν περιέχουν βαρέα μέταλλα. (Αργυρόπουλος και Σαμαρά 2008).

**2. «INTERCOM FOODS»:** Πρόκειται για βιομηχανία παραγωγής τροφίμων. Από 06/09/2004 – 08/06/2006: Το 63,6% των μετρήσεων του B.O.D.<sub>5</sub> είναι σε μη κανονικά επίπεδα (υπερβαίνει τα 40 mg/ℓ). Στην ίδια περίοδο, το 45,4% των μετρήσεων C.O.D. υπερβαίνει το όριο των 120 mg/lit. Η αγωγιμότητα, στο σύνολο των δειγμάτων υπερβαίνει το όριο των 750 mg/ℓ.

**3. «ΚΑΛΟΡΟΓΙΑΝΝΗΣ ΒΑΙΟΣ» - ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΤΕΨΥΓΜΕΝΩΝ ΑΛΙΕΥΜΑΤΩΝ (ΟΜΟΡΦΟΧΩΡΙ):**

Η βιομηχανική αυτή μονάδα επεξεργάζεται και τυποποιεί αλιεύματα. Τα απόβλητά της έχουν μέση ημερήσια παροχή 22,95 m<sup>3</sup>, μέση ωριαία 2,87 m<sup>3</sup>, και μέγιστη ωριαία 11,48 m<sup>3</sup>, ενώ τα στερεά απόβλητα ανέρχονται περίπου στα 88,5 Kg/ημέρα. Τα υγρά απόβλητα της μονάδας επεξεργάζονται σε εγκατάσταση που περιλαμβάνει:

1. Εσχάρωση σε στατική χειροκαθαριζόμενη εσχάρα λιποσυλλέκτη.
2. Δεξαμενή καθίζησης, όπου τα απόβλητα καταλήγουν μαζί με τα λύματα του προσωπικού.
3. Διάθεση σε στεγανούς βόθρους.

Τα απόβλητα, σύμφωνα με την αδειοδότηση, θα μεταφέρονται στις εγκαταστάσεις του βιολογικού καθαρισμού (B.K.) της ΔΕΥΑΛ, με βυτιοφόρο όχημα για περαιτέρω επεξεργασία,. Σύμφωνα με στοιχεία της ΔΕΥΑΛ, υπάρχει έγγραφο της

Υπηρεσίας (5687/10-12-03/ΔΕΥΑΛ) με βάση το οποίο, οι εγκαταστάσεις του Β.Κ. κάνουν δεκτά τα υγρά απόβλητα της επιχείρησης, με βάση τη σύστασή τους .

Η επιχείρηση διέθετε τα απόβλητα της με πλαστικό σωλήνα σε παρακείμενο στραγγιστικό κανάλι του Τ.Ο.Ε.Β., χωρίς αυτό να προβλέπεται από την εγκεκριμένη από την Υπηρεσία μας μελέτη, προκαλώντας ρύπανση στα νερά του καναλιού» (Διαπιστωμένη παράβαση - Έγγραφο Δ/νσης Υγιεινής 26/02/07).

**4. «ΜΠΡΕΤΑΣ Ε.Π.Ε.» - ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ & ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΚΑΙ ΕΙΔΩΝ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ (10<sup>0</sup> ΚΜ ΟΔΟΥ ΛΑΡΙΣΑΣ – ΑΓΙΑΣ):**

Μονάδα συσκευασίας και τυποποίησης ελιών και πολτού ελιάς που διαθέτει τα υγρά απόβλητα σε παρακείμενο κανάλι του Τ.Ο.Ε.Β., χωρίς αυτό να προβλέπεται από την εγκεκριμένη μελέτη, προκαλώντας έτσι ρύπανση των νερών του καναλιού (Αργυρόπουλος και Σαμαρά 2008).

**5. «ΠΕΛΑΣΓΙΣ Α.Ε.Β.Ε.» - ΠΛΥΝΤΗΡΙΟ – ΒΑΦΕΙΟ ΥΦΑΣΜΑΤΩΝ:**

Μονάδα βαφής υφασμάτων που εφάπτεται του οικισμού του Ομορφοχωρίου που εκβάλλει τα απόβλητα της στην αποστραγγιστική τάφρο 8Τ. Στους περιβαλλοντικούς όρους της εταιρίας συμπεριλαμβάνεται και ο καθαρισμός και η συντήρηση του αποδέκτη, 100 m εκατέρωθεν του σημείου εκβολής των αποβλήτων καθώς και ότι τα απόβλητά της δεν πρέπει να είναι ακατάλληλα και επικίνδυνα για τα εδάφη, τις καλλιέργειες, τα ζώα, τα ψάρια, τους ανθρώπους κ.λπ.

**6. ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΟΙΝΟΠΝΕΥΜΑΤΟΣ – «ΧΑΤΖΗΔΗΜΑΣ»:**

Εργοστάσιο παρασκευής αιθανόλης που χρησιμοποιεί ως πρώτη ύλη, κατά κύριο λόγο, μελάσσα. Τα απόβλητα της βιομηχανίας έχοντας πολύ υψηλό ρυπαντικό φορτίο (B.O.D.<sub>5</sub>: 25.000 – 40.000 mg/ℓ) δεν είναι δυνατόν να υποστούν επεξεργασία βιολογικού καθαρισμού καθώς το όριο των 60 mg/ℓ είναι αδύνατο να επιτευχθεί

χωρίς υψηλό οικονομικό κόστος, πράγμα που καθιστά απαγορευτική τη διαδικασία καθαρισμού των αποβλήτων. Η βιομηχανία έχει επιλέξει τη διαδικασία της ανακύκλωσης των υγρών αποβλήτων της, μέσω της συμπύκνωσης. Το προϊόν της συμπύκνωσης είναι κατάλληλο για ζωοτροφή και για εδαφοβελτιωτικό. Υγρά απόβλητα είναι δυνατόν να προκύψουν μετά από τις εκπλύσεις των δεξαμενών συμπύκνωσης.

## **7. «ΒΙΜΑΛ Α.Ε.» - ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΒΑΦΗ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ**

Διαθέτει τα απόβλητα της στην αποστραγγιστική τάφρο 8T μέσω ανοικτού αγωγού.

### **1.8. Κτηνοτροφικές μονάδες**

Σημαντική ρύπανση παρουσιάζεται από τις διάφορες κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις που βρίσκονται διάσπαρτες στην περιοχή. Πολλές κτηνοτροφικές μονάδες διαχειρίζονται τα απόβλητά τους (π.χ. τα απόβλητα των τυροκομείων και στερεά απόβλητα) με τη μέθοδο της διασποράς, είτε σε χωράφια, είτε σε ρέματα κ.λπ. Κάθε κτηνοτροφική μονάδα θα πρέπει να διαθέτει σύστημα σηπτικού - απορροφητικού βόθρου ανάλογων διαστάσεων με τη δυναμικότητα της μονάδας και να συγκεντρώνει τα στερεά απόβλητα (κοπριές, αχυροστρωμή) σε συγκεκριμένο χώρο επί δίμηνο και με τέτοιο τρόπο, ώστε τα διασταλάγματά τους, αντί να οδηγούνται στον υπόγειο υδροφόρα, να απορρέουν στο σύστημα σηπτικού - απορροφητικού βόθρου. Η οποιαδήποτε απόρριψη, με άλλο τρόπο, θεωρείται ρύπανση του περιβάλλοντος και τιμωρείται ποινικά.

Σημαντική ρύπανση παρουσιάζεται και από τις απορροές των καλλιεργειών ένεκα της χρήσης φυτοφαρμάκων και χημικών λιπασμάτων, υπό μορφή νιτρικών, νιτρωδών, αμμωνιακών και ορθοφωσφορικών ιόντων.

Στην περιοχή παρουσιάζεται ακόμα σε πολύ μεγάλο βαθμό συχνή και

ανεξέλεγκτη «πειρατική» απόρριψη αποβλήτων από τις πολλές προσβάσεις. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό τόσο με την σχεδόν παντελή έλλειψη αστυνόμευσης όσο και την κοινωνική αδιαφορία, κάνει εύκολη την επιχείρηση της απόρριψης στο φυσικό περιβάλλον, είτε ζωικών αποβλήτων (τα οποία στη συνέχεια αποσυντίθενται), είτε τυρογάλακτος (ή απογάλακτος), είτε βοθρολυμάτων.

### **1.9. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά**

Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των ρεόντων υδάτων μεταβάλλονται αναλόγως με την εποχή, τις βροχοπτώσεις, το βυθό του υδατορέματος, την ταχύτητα της ροής τους, την απόσταση από την όχθη, καθώς ακόμα το βάθος και το πλάτος του.

Σε ότι αφορά τα επιφανειακά νερά μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για την ποιότητά τους, αφού πρώτα γίνει η διεξαγωγή και αξιολόγηση των ερευνών σχετικά με τη διάταξη των στρωμάτων, τις συνθήκες ροής και τα υπάρχοντα ρέματα. Ακόμα απαραίτητη προϋπόθεση είναι να πραγματοποιούνται συνεχείς μετρήσεις ώστε να υπάρχουν τα σωστά συμπεράσματα για την χρονική περίοδο που ενδιαφέρει. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζονται η σταθερότητα ή η αυξομείωση ενός ή περισσότερων στοιχείων.

### **Θερμοκρασία**

Η θερμοκρασία του νερού επηρεάζει κατά άμεσο τρόπο τα φαινόμενα της διαλυτότητας των στερεών ουσιών και αερίων. Έτσι, η περιεκτικότητα του νερού σε διαλυμένο οξυγόνο, η τιμή του pH και οι συγκεντρώσεις των διαλυμένων ανόργανων αλάτων μεταβάλλονται ανάλογα με τη θερμοκρασία (Friedrich 1965).

Η θερμοκρασία των ποταμών επηρεάζει έμμεσα και τη θερμοκρασία των θαλάσσιων οικοσυστημάτων. Η διαβάθμιση της θερμοκρασίας στη στήλη του νερού είναι καθοριστική στη δημιουργία συνθηκών υποξίας ή ανοξίας στα κατώτερα στρώματα (Justic et al. 1996, 1997). Η μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού

αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την αξιολόγησή του. Από τις τιμές της μπορεί να υπολογισθεί ο κορεσμός του. Ακόμα σε χαμηλές θερμοκρασίες, διαλύεται ευκολότερα το οξυγόνο. Οι μικροοργανισμοί δεν έχουν τη δυνατότητα να ρυθμίζουν την εσωτερική τους θερμοκρασία, οπότε η σύνθεση και ο ρυθμός ανάπτυξής τους εξαρτάται άμεσα από αυτή (Esener et al. 1981).

Η θερμοκρασία είναι μία από τις παραμέτρους που φανερώνει τι είδη υδρόβιων οργανισμών ζουν στη λίμνη ή στο ποτάμι. Υψηλές θερμοκρασίες προκαλούν θνησιμότητα σε πολλά είδη ψαριών, κυρίως στα στάδια της εκκόλαψης και της ανάπτυξης των ιχθυιδίων. Παρ' όλο που τα όρια θερμοκρασίας για πολλά είδη δεν είναι επακριβώς καθορισμένα, είναι παραδεκτό ότι οι χαμηλές θερμοκρασίες μειώνουν το ρυθμό μεταβολισμού, ενώ οι υψηλές τον αυξάνουν καταναλώνοντας έτσι γρήγορα το ενεργειακό τους απόθεμα. Για υψηλές θερμοκρασίες (μεγαλύτερες των 30 °C) συνήθως προκαλούνται μεγάλα προβλήματα (Foreman et al. 1997).

Η θερμοκρασία επηρεάζει τη σύνθεση της βιομάζας τον μεταβολισμό και τις απαιτήσεις των οργανισμών σε θρεπτικά. Όλες οι βιολογικές διεργασίες περιορίζονται μέσα σε καθορισμένα για κάθε οργανισμό όρια θερμοκρασίας. Ακόμα και μέσα στο εύρος αυτό επηρεάζονται ποιοτικά και ποσοτικά. Ο παράγοντας θερμοκρασία είναι καθοριστικός στη σύνθεση των βενθικών οργανισμών (Mayo and Noike 1996).

### **Ενεργός Οξύτητα (pH)**

Η ενεργός οξύτητα (pH) εκφράζει την ενεργό συγκέντρωση των κατιόντων υδρογόνου ( $H^+$ ), δηλαδή είναι ένας δείκτης που μας δείχνει πόσο όξινο ή αλκαλικό είναι το νερό. Η τιμή pH καθορίζει το ρυθμό μεταβολισμού, τη δράση των ετερότροφων βακτηρίων και το σύστημα μεταφοράς ιόντων στους υδρόβιους οργανισμούς (Mayo and Noike 1996). Για να υπάρχει ζωή στα ποτάμια και στις λίμνες



το pH θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 6 και 8. Το pH των περισσότερων φυσικών υδάτων βρίσκεται μεταξύ των τιμών 4 έως 9 (Mayo and Noike 1996).

Η σχέση της τιμής pH με την ποσότητα του διαλυμένου διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) στο νερό είναι η πιο σημαντική παράμετρος από βιολογική σκοπιά σ' όλο το φάσμα των αλληλεπιδράσεων με τους υπόλοιπους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Η τιμή του είναι καθοριστικής σημασίας για τις φυσιολογικές λειτουργίες των υδρόβιων φυτικών οργανισμών, όπως η πρόσληψη των θρεπτικών αλάτων, ο μεταβολισμός, η δραστηριότητα των ενζύμων κ.λπ. Μεγάλες τιμές pH στο νερό (αλκαλικό) συνοδευόμενες από μεγάλες τιμές οξυγόνου είναι ένδειξη ευτροφισμού (Sawidis 1997a).

### **Σκληρότητα και αγωγιμότητα**

Η σκληρότητα και η αγωγιμότητα παρέχουν πληροφορίες για τη συγκέντρωση των διαλυμένων αλάτων στα νερά. Η έκπλυση με τα νερά της βροχής των χημικών λιπασμάτων, που χρησιμοποιούνται αφειδώς στις γεωργικές εκτάσεις, είναι μία αιτία αυξημένων τιμών για τις δύο αυτές παραμέτρους. Στην περιοχή της Μεσογείου οι περισσότεροι ποταμοί διέρχονται από ασβεστολιθικά υποστρώματα, τα οποία επιφέρουν μία ισχυρή αύξηση της αλκαλικότητας των υδάτων. Οι τιμές αγωγιμότητας εξαρτώνται από την παρουσία ιόντων στα νερά, την ευκινησία και το σθένος τους. Ως εκ τούτου, η αγωγιμότητα αποτελεί ένα μέτρο της ποιότητας σε ό,τι αφορά τη συγκέντρωση των διαλυμένων αλάτων (συντηρητικών και μη) στα υδάτινα συστήματα (Mayo and Noike 1996).

Η ειδική αγωγιμότητα (EC) αυξάνεται με την αύξηση της ποσότητας και κινητικότητας των ιόντων. Είναι ένα έμμεσο μέτρο της παρουσίας στο νερό ανόργανων διαλυμένων στερεών (νιτρικών αλάτων, θεικών, φωσφορικών, ιόντων νατρίου, μαγνησίου, ασβεστίου και σιδήρου). Εκτός από τις ανθρωπογενείς

επιδράσεις, η συγκέντρωση των διαλυμένων στερεών και η αγωγιμότητα επηρεάζονται από τη γεωλογία και το έδαφος στη λεκάνη απορροής. Γενικά, για την ειδική αγωγιμότητα δεν υπάρχουν κανονισμοί όπως για τη συγκέντρωση των ολικών διαλυμένων στερεών -Total Dissolved Solids (TDS). Εντούτοις, είναι μια παράμετρος που εύκολα μπορεί να μετρηθεί και αποτελεί έναν καλό δείκτη της ποσότητας διαλυμένων στερεών και έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό ρυπαντών στο νερό. Το απεσταγμένο ή απιονισμένο νερό έχει EC τουλάχιστον 1μS/cm. Το νερό της θάλασσας έχει EC περίπου 50000 μS/cm, λόγω της μεγάλης ποσότητας των διαλυμένων αλάτων που περιέχει. Επειδή η EC επηρεάζεται από τη θερμοκρασία, οι τιμές της μετατρέπονται στις αντίστοιχες σε θερμοκρασία δωματίου (25 °C) (Pott 1986).

Όσο μεγαλύτερη αγωγιμότητα τόσο πιο σκληρά νερά έχουμε. Από 1.500-2.000 μS/cm μέση κατάσταση και από 3.000 μS/cm και πάνω τα νερά είναι ακατάλληλα για άρδευση (Pott 1986).

#### **Διαλυμένο οξυγόνο (D.O.)**

Η βιολογική σημασία του διαλυμένου οξυγόνου είναι καθοριστική για τους υδρόβιους οργανισμούς. Η χαμηλή συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου στα υδάτινα οικοσυστήματα άρχισε να καταγράφεται ως πρόβλημα μόλις τον προηγούμενο αιώνα. Το μεγαλύτερο ποσοστό του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό και ιδιαίτερα στα επιφανειακά στρώματα προέρχεται από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Η ανατάραξη των υδάτων από μεγάλη κλίση ροής και η ύπαρξη μικρότερων παραποτάμων και υδατοφραγμάτων εμπλουτίζουν τα επιφανειακά νερά με οξυγόνο. Ακόμα, η φωτοσύνθεση από τους φυτικούς οργανισμούς είναι πηγή οξυγόνου για το υδάτινο οικοσύστημα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, στα επιφανειακά στρώματα, εξαιτίας της έντονης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου

υπερβαίνει εκείνη του ατμοσφαιρικού αέρα, με αποτέλεσμα να παρατηρείται το φαινόμενο του υπερκορεσμού (Cox 2003).

Αντίθετα, εξάντληση του διαλυμένου οξυγόνου προκαλείται από την οξείδωση του οργανικού φορτίου και από την κατανάλωση του από τους υδρόβιους οργανισμούς κατά την αναπνοή. Χαμηλές τιμές διαλυμένου οξυγόνου και χαμηλό pH στο νερό, σε συνδυασμό με ψηλές τιμές διοξειδίου του άνθρακα και θερμοκρασίας, υποδηλώνουν υποξικές συνθήκες, αναερόβιες ή προεραϊκά αναερόβιες συνθήκες, δυσοσμία και αντιαισθητική εικόνα (Cox 2003).

Το φαινόμενο της «άνθισης» των υδάτων (bloom) ελαττώνει την ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου, υποβαθμίζεται το υδάτινο οικοσύστημα και διαταράσσει τη βιοποικιλότητα. Οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου αποτελούν δείκτη ρύπανσης του νερού που οδηγεί σε ανατροπή της ισορροπίας μεταξύ των ειδών (Cooper et al. 2002).

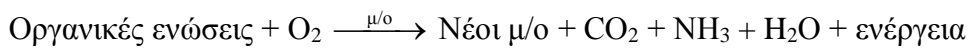
Η διαλυτότητα του οξυγόνου εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την πίεση και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού. Στα γλυκά νερά (ποτάμια, λίμνες) η ποσότητα του οξυγόνου εκφράζεται σε mg/l. Αν είναι μικρότερη των 3 mg/l σημαίνει ότι έχουμε κατάσταση ανοξίας που συνεπάγεται μείωση της βιολογικής δραστηριότητας, μετανάστευση ή θάνατο ψαριών και νέκρωση της ζωής (Cox 2003).

### **Βιοχημική απαίτηση οξυγόνου ( Biochemical Oxygen Demand) (B.O.D<sub>5</sub>).**

Η απαίτηση σε οξυγόνο μπορεί να μετρηθεί και εκφράζεται με διάφορους τρόπους. Οι σημαντικότεροι και ευρύτερα χρησιμοποιούμενοι βασίζονται στη μέτρηση του B.O.D. και του C.O.D. Η βιοχημική απαίτηση οξυγόνου ή το βιοχημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (B.O.D) είναι η ποσότητα του οξυγόνου που καταναλώνουν αερόβια μεσόφιλα βακτήρια για την αποικοδόμηση βιολογικά των ρύπων που περιέχει το εξεταζόμενο δείγμα.

Το B.O.D. είναι παραδοσιακά πλέον η σημαντικότερη παράμετρος μέτρησης της ισχύος της οργανικής ρύπανσης. Η ποσότητα της μείωσης του B.O.D. ή απλά το B.O.D. σε μία μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων είναι ένας από τους δείκτες - κλειδιά προκειμένου να εκτιμηθεί η απόδοση της επεξεργασίας.

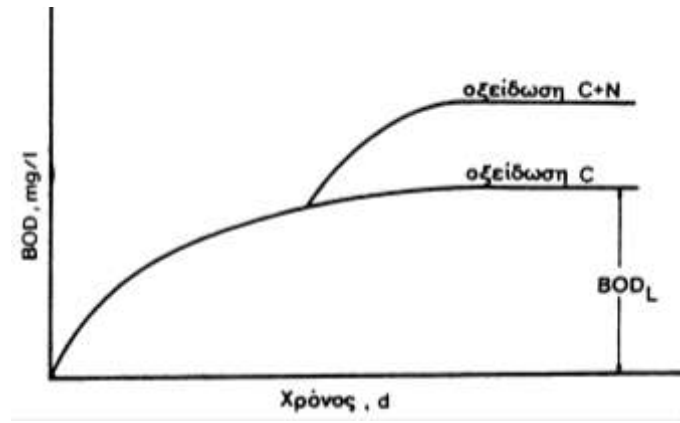
Το B.O.D. αποτελεί σήμερα τον πιο αποδεκτό τρόπο εκτίμησης του βαθμού ρύπανσης του νερού από τις αποικοδομήσιμες οργανικές ουσίες. Η οξείδωση των οργανικών συστατικών ενός αποβλήτου από μικροοργανισμούς σε αερόβιες συνθήκες δίνεται παραστατικά από την αντίδραση:



Η παραπάνω διαδικασία είναι σχετικά αργή και ολοκληρώνεται πρακτικά (οξείδωση σε τελικά προϊόντα 95-99%) σε 20 ημέρες, οπότε το προσδιοριζόμενο απαιτούμενο οξυγόνο καλείται τελικό B.O.D. (B.O.D<sub>L</sub>) (Στάμου και Βογιατζής 1994).

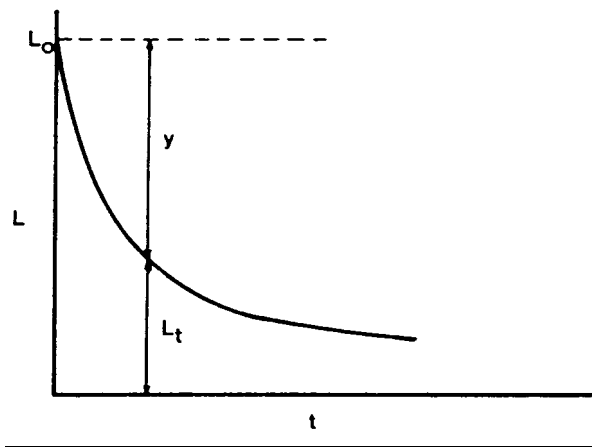
Στη συνηθισμένη πρακτική έχει επικρατήσει ο προσδιορισμός του B.O.D. στις 5 ημέρες (B.O.D<sub>5</sub>), μέσα στις οποίες οξειδώνονται απλές οργανικές ουσίες που αντιπροσωπεύουν ένα ποσοστό 60-70% των συνολικών οργανικών ουσιών (Στάμου και Βογιατζής 1994).

Τα απόβλητα περιέχουν και οργανικά αμμωνιακές που οξειδώνονται σε NO<sub>2</sub><sup>-</sup> και NO<sub>3</sub><sup>-</sup> από ειδικά νιτροποιητικά βακτήρια με πολύ αργό ρυθμό. Η οξείδωση αυτή (νιτροποίηση) αρχίζει να γίνεται σημαντική μετά από 8-12 ημέρες, όταν τα νιτροποιητικά βακτηρίδια έχουν αναπτυχθεί σε μεγάλους σχετικά αριθμούς. Το B.O.D. που εκφράζει την ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την αερόβια βιολογική οξείδωση των αμμωνιακών οργανικών ενώσεων λέγεται B.O.D. δεύτερου σταδίου (Σχ 1) (Στάμου και Βογιατζής 1994).



Σχήμα 1 : Καμπύλη B.O.D. (Στάμου και Βογιατζής 1994).

Ο ρυθμός κατανάλωσης των οργανικών συστατικών από τους μικροοργανισμούς θεωρείται ότι ακολουθεί μια αντίδραση πρώτης τάξης (Σχ. 1.2.),



Σχήμα 2 : Ρυθμός κατανάλωσης των οργανικών ουσιών (Στάμου και Βογιατζή 1994).

### Χημικώς Απαιτούμενο Οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand) (C.O.D).

Παράλληλα με τις άλλες χημικές παραμέτρους, ιδιαίτερη σημασία έχει το χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (C.O.D.) στον καθορισμό της ποιότητας των υδάτων. Η χημική απαίτηση οξυγόνου ή το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο είναι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για τη χημική οξείδωση των αποβλήτων. Το C.O.D. είναι η ισοδύμανη ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται για την οξείδωση -σε έντονα οξειδωτικό περιβάλλον- των οργανικών ενώσεων οι οποίες περιέχονται σε δείγμα νερών ή αποβλήτων. Υψηλές τιμές χημικώς απαιτούμενου οξυγόνου (C.O.D.)

φανερόνουν μεγάλο οργανικό φορτίο, δηλαδή ρύπανση του υδάτινου περιβάλλοντος. Οι τιμές C.O.D. που αναφέρονται στη βιβλιογραφία αρχίζουν από 20-25 mg/ℓ στα ελαφρά ρυπασμένα ποτάμια και καταλήγουν σε υπερβολικά υψηλές τιμές άνω των 100.000 mg/ℓ σε ποτάμια με ισχυρή βιομηχανική ρύπανση (Westbroek and Temmerman 2001, Αγγελίδης 1993).

### **1.10. Θρεπτικά στοιχεία**

Στα θρεπτικά στοιχεία περιλαμβάνονται όλες οι απαραίτητες για την επιβίωση ουσίες που προσλαμβάνονται από τους οργανισμούς. Εκτός από τον άνθρακα, το οξυγόνο και το υδρογόνο, βασικά θρεπτικά στοιχεία (μακροθρεπτικά, στοιχεία απαραίτητα σε μεγάλες σχετικά ποσότητες (>1000 ppm) των φυτικών οργανισμών μιας λίμνης είναι τα νιτρικά, τα νιτρώδη και τα αμμωνιακά ιόντα, τα φωσφορικά ιόντα, το πυρίτιο (απαραίτητο στα διάτομα και σε κάποια άλλα πλαγκτικά είδη), τα κατιόντα ασβεστίου, μαγνησίου, καλίου, τα ανιόντα θείου κ.ά. Μεταξύ άλλων τα κατιόντα των μετάλλων σιδήρου, μαγγανίου, χαλκού και ψευδαργύρου αποτελούν τα μικροθρεπτικά στοιχεία - ιχνοστοιχεία - καθώς είναι απαραίτητα σε μικρές σχετικά ποσότητες (<100 ppm, με εξαίρεση το σίδηρο που απαιτείται σε ποσότητες <1000 ppm και >100 ppm) από τους οργανισμούς (Tomas 2000).

Σε ότι αφορά τους υδρόβιους οργανισμούς, αυτοί χρειάζονται για τις δομικές και λειτουργικές τους ανάγκες μια σειρά από απαραίτητα στοιχεία μεταξύ των οποίων συγκαταλέγονται το άζωτο και ο φωσφόρος. Από πολλούς ερευνητές αναφέρονται ως περιοριστικοί παράγοντες για την ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών (Ryther and Dunstan 1971, Topinka and Robbins 1976, Hanisak 1979). Το άζωτο σε μοριακή μορφή (N<sub>2</sub>) βρίσκεται σε ποσοστό 77,1 % στον ατμοσφαιρικό αέρα και η άμεση πρόσληψή του από τα φυτά είναι αδύνατη, με εξαίρεση ορισμένα κυανοφύκη και βακτήρια (Fogg 1974). Η πρόσληψη του αζώτου από τα ανώτερα

φυτά γίνεται υπό μορφή ιόντων, όπως νιτρικά, νιτρώδη και αμμωνιακά (De Boer 1981).

Η υπερσυγκέντρωση φωσφόρου οδηγεί σε υπερτροφισμό των υδάτων και ο εντοπισμός της προέλευσής του είναι το πρώτο βήμα για την αποφυγή αυτών των δυσάρεστων καταστάσεων των υδάτινων οικοσυστημάτων. Το άζωτο και ο φωσφόρος βρίσκονται στο νερό υπό μορφή διαλυμένων ανόργανων αλάτων, οι συγκεντρώσεις των οποίων ποικίλλουν τόσο μεταξύ των διαφόρων βιοτόπων στο ίδιο οικοσύστημα όσο και στον ίδιο βιότοπο.

### **1.10.1. Πηγές θρεπτικών**

Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία διαφορετικών πηγών οι οποίες απελευθερώνουν μεγάλες ποσότητες αζώτου και φωσφόρου σ' όλο τον πλανήτη. Οι πηγές των θρεπτικών μπορεί να είναι διάχυτες, (όπως π.χ. η γενικευμένη χρήση λιπασμάτων στην περίπτωση των αγροτικών καλλιεργειών), οπότε και μπορεί να επηρεάζεται ολόκληρη η λεκάνη απορροής ενός υδάτινου αποδέκτη, ή τοπικά εντοπισμένες, (π.χ. το σημείο όπου εκβάλλει ένας συγκεκριμένος αγωγός λυμάτων). Οι πηγές απελευθέρωσης μπορεί να είναι είτε φυσικής είτε ανθρωπογενούς προέλευσης. Εκτιμάται ότι το 45% της προέλευσης των φωσφορικών είναι τα οικιακά λύματα, το 45% οι γεωργικές δραστηριότητες και το υπόλοιπο από τα βιομηχανικά απόβλητα (Morse et al. 1993).

Σύμφωνα με τις υπάρχουσες ενδείξεις και στοιχεία, το μεγαλύτερο ποσοστό των θρεπτικών αλάτων που καταλήγουν στους υδάτινους αποδέκτες προέρχονται από:

1. Επεξεργασμένα απόβλητα.
2. Ανεπεξέργαστα απόβλητα.
3. Αγροτικές δραστηριότητες.
4. Διάβρωση πετρωμάτων.

Γενικά οι πηγές θρεπτικών αλάτων μπορούν να διαχωριστούν σε αστικές και αγροτικές. Οι **αστικές** ομαδοποιούνται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

**α) Τα οικιακά λύματα:** Αποτελούν τη σημαντικότερη πηγή θρεπτικών. Προέρχονται κυρίως από αποχετευτικά δίκτυα των αστικών συγκροτημάτων, αλλά και από μεμονωμένους βόθρους κατοικιών. Είναι πλούσια σε φώσφορο, λόγω της γενικευμένης χρήσης απορρυπαντικών, τα οποία μπορούν να περιλαμβάνουν φώσφορο σε ποσοστό έως και 30% του βάρους τους. Έτσι συνεισφέρουν σε ποσοστό έως και πάνω από 50% της συνολικής ποσότητας φωσφόρου που καταλήγει στα οικιακά απόβλητα. Αναπτύχθηκαν στη δεκαετία του 1940 και η χρήση τους πενταπλασιάστηκε στο διάστημα των ετών 1950-1970. Οι μονάδες βιολογικού καθαρισμού, δε μειώνουν σε μεγάλο βαθμό το φορτίο των θρεπτικών, επειδή οι περισσότερες από αυτές περιλαμβάνουν μόνο πρωτογενή και δευτερογενή καθαρισμό των λυμάτων, ενώ για την απομάκρυνση των θρεπτικών αλάτων απαιτείται οπωσδήποτε τριτοβάθμια επεξεργασία η οποία συχνά δεν υπάρχει (Mason 1991).

**β) Τα βιομηχανικά απόβλητα:** Η περιεκτικότητά τους σε θρεπτικά ποικίλλει ανάλογα με το είδος της βιομηχανίας, τον παραγόμενο όγκο αποβλήτων και το βαθμό επεξεργασίας τους. Οι βιομηχανίες επεξεργασίας τροφίμων ή μαλλιού, εξαιτίας της παραγωγικής τους διαδικασίας, η οποία απαιτεί πολύ μεγάλες ποσότητες νερού για καθαρισμό, παράγουν απόβλητα με μεγάλη περιεκτικότητα σε άζωτο και φώσφορο. Έτσι, τέτοιου είδους σημειακές πηγές ρύπανσης απελευθερώνουν αξιοσημείωτες ποσότητες θρεπτικών σε τοπικό επίπεδο (Mason 1991).

**γ) Τα όμβρια ύδατα:** Τα όμβρια συγκεντρώνουν μεγάλες ποσότητες θρεπτικών με τη διαδικασία της έκπλυσης.

**Στις αγροτικές πηγές** ρύπανσης περιλαμβάνονται οι αγροτικές κατοικίες, οι διαδικασίες διαχείρισης δασών, αλλά κυρίως οι γεωργικές δραστηριότητες. Μεγάλες



ποσότητες θρεπτικών καταλήγουν στις διάφορες υδατοσυλλογές εξαιτίας της έκπλυσης και της διάβρωσης του επιφανειακού εδάφους. Η ραγδαία αύξηση στην χρήση των χημικών λιπασμάτων είναι επίσης μια πολύ μεγάλη πηγή ρύπανσης. Λόγω της αλόγιστης χρήσης τους, σημαντικές ποσότητες από αυτά δεν απορροφώνται από τα φυτά με αποτέλεσμα να καταλήγουν τελικά στις κοντινότερες υδατοσυλλογές. Ειδικά, όσον αφορά τις συγκεντρώσεις αζώτου, τα λιπάσματα αποτελούν τη βασικότερη πηγή εμπλουτισμού των γλυκών νερών, λόγω της σχετικά αυξημένης κινητικότητας των ιόντων τους. Οι ειδικοί υπολογίζουν ότι μέχρι και το 50% του αζώτου που περιέχεται στα χημικά λιπάσματα μπορεί να καταλήξει στις υπόγειες υδατοσυλλογές (Mason 1991).

Οι μονάδες εντατικής κτηνοτροφίας, επίσης, αποτελούν πολύ σημαντική πηγή δημιουργίας θρεπτικών εξαιτίας κυρίως της μεγάλης ποσότητας αποβλήτων που παράγουν (τυρόγαλο, απόγαλο, κ.ά.). Το πρόβλημα της διάθεσης αυτών των αποβλήτων συνεχώς εντείνεται, διότι αν και έχουν μειωθεί οι μονάδες εκτροφής, εντούτοις ο συνολικός αριθμός ζώων που εκτρέφονται, έχει αυξηθεί σημαντικά, ώστε να καλύψει τις μεγάλες ανάγκες της κατανάλωσης. Τέλος, διαχειριστικές πρακτικές που εφαρμόζονται σε δασικές εκτάσεις, (π.χ. κακή χρήση χημικών και φυσικών λιπασμάτων στα νέα δενδρύλλια), είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε τοπικής κλίμακας φαινόμενα ευτροφισμού (Taylor 1987).

Μεγάλες τιμές θρεπτικών αλάτων αναμένονται μετά από βροχόπτωση όταν μάλιστα αυτή ακολουθεί πρόσφατη λίπανση των καλλιεργειών. Οι φυσικοχημικές ιδιότητες, αλλά και ο τύπος των εδαφών, καθορίζουν το βαθμό συγκράτησης αλλά και την ευκολία έκπλυσης των θρεπτικών αλάτων. Το γεωγραφικό ανάγλυφο και οι κλιματολογικές συνθήκες της λεκάνης απορροής, επιδρούν ακόμα στον εμπλουτισμό των ποταμών με θρεπτικά άλατα (Tumas 2000).

### 1.10.2. Εξέλιξη των θρεπτικών και αλληλεπιδράσεις

Η συμπεριφορά του αζώτου (N) και του φωσφόρου (P) είναι διαφορετική στο έδαφος λόγω της διαφορετικής κινητικότητας των ιόντων τους. Το άζωτο παρουσιάζει αυξημένη κινητικότητα λόγω της κυριαρχίας αρνητικών φορτίων στα μόρια του εδάφους. Έτσι, η ποσότητα που δεν προσλαμβάνεται από τα φυτά είναι εύκολο να εκπλυθεί. Αντίθετα ο φώσφορος καθιζάνει εύκολα με τη μορφή διαφόρων ιόντων, (κυρίως Fe, Al και Ca). Σήμερα, σημαντικές ποσότητες θρεπτικών από τη χρήση χημικών λιπασμάτων κατά τις προηγούμενες δεκαετίες, εισήλθαν στα υπόγεια νερά, όπου σταδιακά και με την πάροδο του χρόνου καθιζάνουν στα βαθύτερα στρώματα, έτσι, ώστε, ακόμη το φαινόμενο να συνεχίζεται, ακόμα και να σταματούσε η χρήση τους (Mason 1991).

Γενικά, οι συγκεντρώσεις  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  στις υδατοσυλλογές κυμαίνονται στα 1-25 mg/l, ενώ του φωσφόρου (P) στα 0-3 mg/l. Ο φωσφόρος (P) σπάνια φθάνει τα επίπεδα του αζώτου (N), γιατί απορροφάται εύκολα από τα κολλοειδή του εδάφους και σχηματίζει αδιάλυτες μορφές, ενώ αντίθετα το άζωτο είναι ιδιαίτερα διαλυτό. Στα γλυκά νερά η αναλογία N:P είναι 16:1, ενώ τα δύο στοιχεία χρησιμοποιούνται από τα φυτά σε αναλογία 15:1 και κυρίως κατά την περίοδο της ανάπτυξης. Στο θαλάσσιο φυτοπλαγκτόν η αναλογία N:P είναι 10:1 ή 20:1 (Mason 1991).

Ο φώσφορος, με τη μορφή φωσφορικών κυρίως ιόντων ( $\text{PO}_4^{3-}$  και  $\text{HPO}_4^{2-}$ ) αποτελεί ένα από τα βασικά θρεπτικά στοιχεία τόσο των ζωικών όσο και των φυτικών οργανισμών και μπορεί να αναδειχθεί σε παράγοντα που περιορίζει την παραγωγικότητα ενός υδάτινου συστήματος (Henderson-Sellers and Markland 1987). Οι τιμές εκπομπών φωσφόρου από διάφορες πηγές φαίνονται στον Πίνακα 3.

### 1.10.3. Ο φώσφορος στα υδατορέματα

Σύμφωνα με τους Aiba and Ohtake (1977), τα κυριότερα φαινόμενα μεταφοράς

της μάζας των φωσφορικών σε υδατορέματα είναι τα εξής :

**α) Φυσικά και φυσικοχημικά φαινόμενα, στα οποία περιλαμβάνονται:**

1. Η μεταφορά μάζας λόγω της μετακίνησης με τη ροή του νερού.
2. Η διασπορά, η προσρόφηση - εκρόφηση από τα αιωρούμενα αβιοτικά στερεά σωματίδια.
3. Η προσρόφηση - εκρόφηση από τα υλικά του πυθμένα του ποταμού.
4. Η υδρόλυση των συμπυκνωμένων φωσφορικών.

**β) Βιολογικά και βιοχημικά φαινόμενα, στα οποία περιλαμβάνονται:**

1. Η πρόσληψη ή απελευθέρωση φωσφορικών από τους βενθικούς οργανισμούς ή από το ίζημα
2. Η πρόσληψη ή απελευθέρωση από τους οργανισμούς.
3. Η αποικοδόμηση και απελευθέρωση από τους νεκρούς οργανισμούς (έκλυση) του πυθμένα ή τα υπολλείμματα της τροφής.

**Πίνακας 3:** Εκπομπές φωσφόρου από διάφορες πηγές (Henderson-Sellers and Markland 1987).

Πηγή	Μονάδες	Τιμή		
		Μέγιστη	Μέση	Ελάχιστη
Γεωργία	g/m <sup>2</sup> -έτος	0.3	0.04-0.17	0.010
Δάση	g/m <sup>2</sup> - έτος	0.045	0.015-0.03	0.002
Βροχόπτωση	g/m <sup>2</sup> - έτος	0.06	0.020-0.05	0.015
Αστικές περιοχές	g/m <sup>2</sup> - έτος	0.5	0.08-0.3	0.050
Είσοδος σηπτικών δεξαμενών	g/άτομο - έτος	1800	400-900	300

Οι συγκεντρώσεις φωσφόρου στα καθαρά ύδατα είναι γενικά πολύ χαμηλές. Κύριες πηγές φωσφορικών στα επιφανειακά νερά είναι τα απορρυπαντικά και τα λιπάσματα. Υψηλά επίπεδα φωσφορικών, μαζί με νιτρικά, μπορούν να προκαλέσουν υπερδιέγερση της ανάπτυξης των υδρόβιων φυτών και αλγών, με αποτέλεσμα μεγάλη κατανάλωση διαλυμένου οξυγόνου, η οποία μπορεί να οδηγήσει στο θάνατο ψαριών και άλλων υδρόβιων οργανισμών (Αντωνόπουλος 2003).

Ανάμεσα στους παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση του φωσφόρου στο νερό είναι η θερμοκρασία, το pH, η συγκέντρωση των νιτρικών και των νιτρωδών ιόντων. Υψηλές θερμοκρασίες αυξάνουν τους ρυθμούς αποικοδόμησης των οργανικών ουσιών και συνεπώς την απελευθέρωση φωσφόρου. Παράλληλα βέβαια υψηλές θερμοκρασίες εντείνουν την πρόσληψη φωσφόρου από τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς. Συνήθως, όμως, ο ρυθμός της πρώτης διαδικασίας (απελευθέρωση φωσφόρου) είναι μεγαλύτερος από αυτόν της δεύτερης (δέσμευση φωσφόρου), με αποτέλεσμα υψηλές θερμοκρασίες να επιφέρουν αύξηση της συγκέντρωσης του φωσφόρου στο νερό.

Το pH σχετίζεται με την εσωτερική τροφοδοσία του νερού σε φώσφορο, την επαναιώρηση, δηλαδή του φωσφόρου του πυθμένα. Σε υψηλές τιμές pH συμβαίνει ανταλλαγή των ιόντων υδροξυλίου του νερού με φώσφορο από ενώσεις σιδήρου και αργιλίου του πυθμένα. Συνεπώς αύξηση του pH επιφέρει αύξηση της συγκέντρωσης του φωσφόρου στο νερό (Αντωνόπουλος 1995).

Ανοξικές συνθήκες ευνοούν τη διάχυση του φωσφόρου από τον πυθμένα στο νερό. Αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών και των νιτρωδών ιόντων μειώνει το ρυθμό απελευθέρωσης του φωσφόρου από τον πυθμένα (και κατά συνέπεια τη συγκέντρωση του φωσφόρου στο νερό) εξαιτίας της οξειδωτικής τους δράσης.

Παράλληλα, η παρουσία υδρόβιας μακροφυτικής βλάστησης σε μια υδάτινη συλλογή αυξάνει τη συγκέντρωση του φωσφόρου στο νερό. Οι παραπάνω φυτικοί οργανισμοί προσλαμβάνουν φώσφορο κυρίως από το υπόστρωμα, ενώ κατά την ανάπτυξή τους απελευθερώνουν μεγάλα ποσά φωσφόρου στο νερό, διαδικασία που συνεχίζεται και κατά την ξήρανσή τους. Η παραμονή ξηρών φυτικών τμημάτων στο νερό διευκολύνει την αποσύνθεσή τους, εμπλουτίζοντας το νερό με φωσφορικές ενώσεις (Waite and Mitchell 1972).

Η συγκέντρωση των φωσφορικών ιόντων στο νερό παρουσιάζει διακύμανση, από τα μη παραγωγικά oligότροφα νερά όπου μπορεί να υπάρχει σε συγκεντρώσεις μικρότερες των 5 mg/ℓ μέχρι τα πολύ εύτροφα νερά, όπου οι συγκεντρώσεις μπορεί να υπερβαίνουν τα 100 mg/ℓ. Σε μη επηρεασμένα ανθρωπογενώς νερά οι χαμηλές συγκεντρώσεις φωσφορικών είναι ο κανόνας (από 10-50 mg/ℓ ολικό φώσφορο) (Wetzel 1983).

Οι διάφορες μορφές του φωσφόρου καταλήγουν στο περιβάλλον μέσα από διαφορετικές πηγές. Τα ορθοφωσφορικά πηγάζουν κυρίως από τη χρήση των χημικών λιπασμάτων, ενώ ο οργανικός φώσφορος σχηματίζεται μέσω βιολογικών διεργασιών και πηγάζει κυρίως από εκκρίματα ζώων, είτε από υπολείμματα τροφών, είτε από διεργασίες που γίνονται μέσα στο υδάτινο περιβάλλον.

Υπάρχουν δυο σημαντικές παράμετροι όσον αφορά τη χημεία του P:

1. Η ευκολία προσρόφησής του (π.χ. σε αερόβιες συνθήκες, τα θετικά φορτισμένα σωματίδια αργίλου τον προσροφούν εύκολα).
2. Η τάση του να σχηματίζει αδιάλυτα μίγματα με ορισμένα μέταλλα. Τα ιόντα του P με μέταλλα όπως  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Al}^{++}$ ,  $\text{Fe}^{+++}$ , έχουν την τάση να καθιζάνουν εύκολα.

Ο P δεν είναι απαραίτητος σε μεγάλες ποσότητες όπως το οξυγόνο ή το άζωτο. Απεναντίας, αποτελεί περιοριστικό παράγοντα, διότι γεωχημικά σπανίζει, (τα ορυκτά που τον περιέχουν είναι σπάνια), είναι αρκετά ενεργός και έτσι δεσμεύεται σε διάφορα εδάφη. Επιπλέον δεν υπάρχει σε αέρια μορφή ώστε να μπορεί να γίνει καθήλωσή του ( με διαδικασία ανάλογη αυτής που μετατρέπει το άζωτο σε αμμωνία).

#### **1.10.4. Άζωτο στα υδατορέματα**

Το άζωτο είναι ένα από τα κυριότερα συστατικά του ζωντανού πρωτοπλάσματος (αποτελεί το 1-10% του βάρους των φυτών και περισσότερο από 20-

30% του βάρους των ζώων) και επηρεάζει σημαντικά την παραγωγικότητα των υδατικών οικοσυστημάτων. Το άζωτο υπάρχει στο νερό ως:

1. Διαλυμένο αέριο άζωτο.
2. Άζωτο δεσμευμένο σε οργανικές ενώσεις, όπως πρωτεΐνες, αμινοξέα, ουρία κ.ά.
3. Αμμωνία, κυρίως ως αμμωνιακά ιόντα ( $\text{NH}_4^+$  και  $\text{NH}_4\text{OH}^-$ ).
4. Νιτρώδη ιόντα.
5. Νιτρικά ιόντα.

Ο κύκλος του N στο νερό, αντίθετα από αυτόν του P, κυριαρχείται από αέριες μορφές. Τα νιτρώδη ( $\text{NO}_2^-$ ) και νιτρικά ( $\text{NO}_3^-$ ), με τη διαδικασία της απονιτροποίησης μετατρέπονται σε υποξείδιο του αζώτου ( $\text{N}_2\text{O}$ ), αέριο άζωτο ( $\text{N}_2$ ) και αμμωνία ( $\text{NH}_3$ ). Το  $\text{N}_2$  μετατρέπεται επίσης σε  $\text{NH}_3$ . Το N εμφανίζεται τόσο σε οργανική όσο και σε ανόργανη μορφή. Η συγκέντρωση του διαλυμένου οργανικού αζώτου είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτήν του ανόργανου. Η κυριότερη μορφή ανόργανου N είναι τα νιτρικά (Κουιμτζής 1998).

Αρκετές είναι οι ενώσεις του αζώτου που συμπεριλαμβάνονται στα θρεπτικά συστατικά του φυτοπλαγκτού. Τα άλατα του αζώτου προέρχονται συνήθως από το ίζημα και απελευθερώνονται ως αμμωνία σε ανοξικές συνθήκες και ως νιτρικά στις περιόδους κυκλοφορίας του νερού, όπου το διαλυμένο οξυγόνο βρίσκεται σε αφθονία. Μερικά είδη κυανοφυκών - κυανοβακτηρίων μπορούν να δεσμεύουν το διαλυμένο στο νερό ατμοσφαιρικό άζωτο ( $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$ ). Συγκεκριμένα βακτήρια οξειδώνουν τα αμμωνιακά και τα νιτρώδη άλατα σε νιτρικά (**βακτηριακή νιτροποίηση**).

Ανάμεσα στους παράγοντες που επιδρούν στην πορεία της βακτηριακής νιτροποίησης είναι το pH του νερού, η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου, η θερμοκρασία κ.ά.

Η διαδικασία της νιτροποίησης ευνοείται σε ουδέτερες ως ελαφρά αλκαλικές τιμές του pH. Σε τιμές pH μικρότερες από το 7, η νιτροποίηση καθυστερεί ή αναστέλλεται, καθώς οι όξινες συνθήκες δυσχεραίνουν τη λειτουργία των “Nitrosomonas” και “Nitrobacte”. Σε τιμές του pH μεγαλύτερες του 8, τα άτομα “Nitrobacter” παύουν να μετατρέπουν τα νιτρώδη σε νιτρικά και συνεπώς η διαδικασία της νιτροποίησης αναστέλλεται. Σε μια υδάτινη συλλογή ο ρυθμός νιτροποίησης μειώνεται με το βάθος.

Όσον αφορά την επίδραση της θερμοκρασίας στο ρυθμό βακτηριακής νιτροποίησης, χαμηλές θερμοκρασίες είναι δυσμενείς για την ανάπτυξη των συγκεκριμένων βακτηρίων. Συνεπώς, κατά τη διάρκεια της ψυχρής εποχής του έτους, παρατηρείται συσσώρευση νιτρικών ιόντων.

Η συγκέντρωση νιτρικών στις υδατοσυλλογές μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια του έτους. Επίσης, η συγκέντρωση μεγαλώνει με το βάθος εφόσον μειώνεται η απορρόφησή του από τους παραγωγούς. Αν και η χρήση χημικών λιπασμάτων, (που είναι η κύρια πηγή τους), είναι αυξημένη κατά την άνοιξη, τα αναπτυσσόμενα φυτά απορροφούν το μεγαλύτερο ποσοστό του. Έτσι, η συγκέντρωση των νιτρικών είναι μεγαλύτερη το χειμώνα όταν δεν απορροφώνται από τους παραγωγούς, ενώ μειώνεται την άνοιξη. Επίσης, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού οι διαδικασίες έκλυσης είναι μειωμένες λόγω της ξηρασίας, ενώ παράλληλα εξαιτίας της αυξημένης εξάτμισης περιορίζεται η μεταφορά αζώτου στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Αντίθετα με τη μείωση της εξάτμισης και την αύξηση των βροχοπτώσεων κατά το φθινόπωρο και τις αρχές του χειμώνα οι συγκεντρώσεις στα διάφορα υδάτινα συστήματα αυξάνονται. Στο τέλος του χειμώνα οι χαμηλές θερμοκρασίες μειώνουν το βαθμό νιτροποίησης ενώ τα αποθέματα διαλυτού N μειώνονται (Dwivedi S. 2010)).

### 1.10.5. Θείο

Οι αυτότροφοι οργανισμοί, αλλά και πολλοί ετερότροφοι, προσλαμβάνουν θείο από τα θειικά ιόντα ( $\text{SO}_4$ ) του νερού. Κύρια πηγή των θεικών ιόντων στο νερό των λιμνών είναι το νερό της βροχής. Άλλες πιθανές πηγές θεικών ιόντων είναι τα ιζηματογενή πετρώματα που περιέχουν θεικό ασβέστιο ή θεικό πυρίτιο. Σε κλειστές λίμνες όπου υπάρχουν αποθέσεις κρυστάλλων θεικού νατρίου η συγκέντρωση των θεικών ιόντων μπορεί να φτάνει τα 60,3 g/l.

Στο υπολίμνιο των περισσότερων λιμνών και κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, η μείωση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου προκαλεί μείωση των πληθυσμών των αερόβιων αποικοδομητικών οργανισμών. Στις παραπάνω συνθήκες η ανοργανοποίηση των οργανικών ουσιών με τη συμμετοχή αναερόβιων βακτηρίων δεν οδηγεί στο σχηματισμό νερού και διοξειδίου του άνθρακα, αλλά ενώσεων όπως το υδρόθειο.

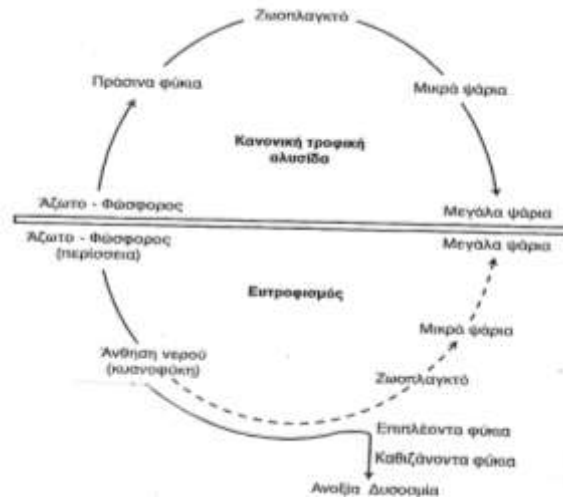
Συμπερασματικά, όσον αφορά την κατακόρυφη κατανομή της ποσότητας του θείου, συνήθως παρατηρείται αύξησή της σε συνάρτηση με την αύξηση του βάθους (Wetzel 1983).

### 1.11. Ευτροφισμός

Ο ευτροφισμός είναι ένα πρόβλημα που παρατηρείται σε κλειστά υδάτινα σώματα (λίμνες, ποταμούς κ.λπ.), σε διάφορες περιοχές του κόσμου, όπου οι τοπικές συνθήκες και οι ανθρωπογενείς επιδράσεις επιτρέπουν τη συσσώρευση μεγάλης ποσότητας θρεπτικών. Παρ' όλες τις γεωγραφικές διαφορές, το γενικό πλαίσιο του ευτροφισμού είναι το ίδιο σε πολλές υδάτινες μάζες (Σχ. 3). Έτσι μπορεί να ορισθεί ως «εμπλουτισμός των νερών με ανόργανα θρεπτικά, κυρίως άλατα του αζώτου και του φωσφόρου, που έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της πρωτογενούς παραγωγής» (Mason 1991). Τα αποτελέσματα του ευτροφισμού είναι γενικά τα εξής:



1. Μείωση της βιοποικιλότητας.
2. Αύξηση της βιομάζας.
3. Αύξηση της θολότητας του νερού.
4. Αύξηση του ρυθμού ιζηματοποίησης.
5. Πιθανή δημιουργία ανοξικών συνθηκών.



**Σχήμα 3 :** Ανατροπή της ισορροπίας της υδροχαρούς ζωής λόγω ευτροφισμού (Στάμου και Βογιατζή 1994).

Τα παραπάνω μπορούν να οδηγήσουν σε μείωση της εμπορικής και αισθητικής αξίας ενός υδάτινου συστήματος, (π.χ. εξαφάνιση εμπορεύσιμων ειδών, μείωση δυνατοτήτων αναψυχής ή άθλησης κ.λπ.), ή ακόμη και να δημιουργήσουν συνθήκες επισφαλείς για τη δημόσια υγεία (απελευθέρωση επικίνδυνων τοξικών ουσιών).

Ο εμπλουτισμός των νερών σε θρεπτικά συστατικά του αζώτου και του φωσφόρου ανατρέπει τη φυσιολογική ροή της τροφικής αλυσίδας και δημιουργεί εκρηκτική αύξηση των αλγών. Τα είδη των αλγών (κυανοφύκη) που κατά κανόνα σχηματίζονται, είναι ακατάλληλα ως τροφή του ζωοπλαγκτού και παράλληλα καταπνίγουν την ανάπτυξη άλλων οργανισμών (Mason 1991).

Η εμφάνιση του νερού είναι θολή, φαιοπράσινη και γενικά δίνει την εικόνα του βρώμικου. Τα νεκρά φύκη κατακάθονται στον πυθμένα, όπου αποικοδομούνται

και προκαλούν ελάττωση του διαλυμένου οξυγόνου. Αυτό έχει ως άμεση συνέπεια την επικράτηση των αναερόβιων διασπάσεων που οδηγούν στη δημιουργία δυσοσμίας (μυρωδιά  $H_2S$ ).

### 1.11.1. Εκτίμηση ευτροφικής κατάστασης

Η εκτίμηση του βαθμού του ευτροφικού στρώματος του νερού γίνεται με διάφορες μεθόδους, βασικό χαρακτηριστικό των οποίων είναι η χρήση κάποιου δείκτη ευτροφισμού (Πιν. 4). Οι δείκτες αυτοί διαμορφώνονται με βάση τις χημικές ή βιολογικές παραμέτρους, με τις οποίες προσδιορίζεται η τροφική κατάσταση των οικοσυστημάτων.

Οι κυριότεροι χρησιμοποιούμενοι δείκτες, είναι:

- ✓ Το διαλυμένο οξυγόνο
- ✓ Τα άλατα αζώτου – φωσφόρου (λόγος N/P)
- ✓ Η χλωροφύλλη – α
- ✓ Η διαφάνεια ή θολότητα
- ✓ Η ποιοτική και ποσοτική σύσταση του φυτοπλαγκτού
- ✓ Η βιοποικιλότητα των ειδών

Οι παραπάνω δείκτες, μεμονωμένοι ή σε συνδυασμό δίνουν αξιόλογα αποτελέσματα στην εκτίμηση της κατάστασης ευτροφισμού ενός υδάτινου οικοσυστήματος.

**Πίνακας 4 :** Οι συγκεντρώσεις του P που χαρακτηρίζουν το βαθμό ευτροφισμού των επιφανειακών νερών (Dillon and Rigler 1975).

A/A	ΚΛΙΜΑΚΑ ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΥ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ D.P σε mg/ℓ
1	Φυσικό οικοσύστημα	$D.P \leq 0,01$
2	Χαμηλός ευτροφισμός	$0,01 < D.P \leq 0,05$
3	Σημαντικός ευτροφισμός	$0,05 < D.P \leq 0,10$
4	Υψηλός ευτροφισμός	$0,10 < D.P \leq 0,15$
5	Πολύ υψηλός ευτροφισμός	$0,15 < D.P \leq 0,20$
6	Υπερ - ευτροφισμός	$D.P > 0,20$

### 1.11.2. Συνέπειες του ευτροφισμού

Διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τις **οικολογικές** και τις **οικονομικές**.

Οι **οικολογικές** συνέπειες στους υδρόβιους οργανισμούς είναι οι εξής:

- ✓ Αυξημένη πρωτογενής παραγωγικότητα οργανισμών, που χρησιμοποιούνται ως τροφή για τα ψάρια σε περιπτώσεις χαμηλών επιπέδων ευτροφισμού, και μια ταυτόχρονη μείωση των πιο σπάνιων ειδών ψαριών.
- ✓ Εμποδίζεται η εξάλειψη των επιβλαβών ουσιών λόγω βιοσυσσώρευσης και μεταφοράς τους σε πυθμένα.
- ✓ Αύξηση των βακτηρίων.
- ✓ Μείωση διαπερατότητας και συνθήκες ελλειπούς φωτισμού λόγω εκρηκτικής αύξησης των αλγών.
- ✓ Ελάττωση του διαλυμένου  $O_2$  και ανάπτυξη αναερόβιων ζωνών και παραγωγή  $H_2S$  στο νερό και τον πυθμένα. Εμφανίζονται θάνατοι ψαριών.
- ✓ Μείωση του χώρου ανάπτυξης των ψαριών και των οργανισμών που χρησιμοποιούνται για την τροφή τους.
- ✓ Τα είδη των αλγών (κυανοφύκη) που αναπτύσσονται είναι ακατάλληλα ως τροφή του ζωοπλαγκτού και παράλληλα καταπνίγουν την ανάπτυξη άλλων οργανισμών.
- ✓ Εξαφανίζονται πολλά είδη άγριων πουλιών.

Οι **οικονομικές** συνέπειες είναι οι ακόλουθες:

- ✓ Το νερό είναι ακατάλληλο για πόση.
- ✓ Η εικόνα που παρουσιάζει το νερό είναι πλέον χαμηλής αισθητικής.
- ✓ Μείωση βιοποικιλότητας.
- ✓ Εμπόδια στη ροή των αρδευτικών και αποχετευτικών καναλιών.

- ✓ Αυξημένος κίνδυνος καταστροφών από πλημμύρες λόγω υπερχειλίσης.

Εάν ο ευτροφισμός (Εικ. 5) δε διακοπεί, είναι δυνατό μετά από πολλά χρόνια ένας υδάτινος βιότοπος να μετατραπεί σε έλος και στη συνέχεια σε χέρσο.



**Εικόνα 5** : Δύο χαρακτηριστικές φωτογραφίες που δείχνουν το μέγεθος του ευτροφισμού στην περιοχή μελέτης (προσωπικό αρχείο, 16 Ιουλίου 2008).

### 1.12 Βαρέα μέταλλα

Ο όρος βαρέα μέταλλα (Heavy metals) αναφέρεται σε εκείνα τα μεταλλικά στοιχεία που έχουν ειδικό βάρος μεγαλύτερο από αυτό του σιδήρου ή της τιμής των  $5 \text{ g/cm}^3$ . Τέτοια είναι ο μόλυβδος (Pb), ο ψευδάργυρος (Zn), ο χαλκός (Cu), το κάδμιο (Cd), ο υδράργυρος (Hg), το χρώμιο (Cr) κ.λπ. Παρά το γεγονός ότι σε κατάλληλες συγκεντρώσεις ορισμένα βαρέα μέταλλα, όπως ο χαλκός, ο ψευδάργυρος κ.α., είναι απαραίτητα για τις ενζυμικές λειτουργίες, σε συγκεντρώσεις που υπερβαίνουν τις κανονικές γίνονται τοξικά και επικίνδυνα με σοβαρές επιπτώσεις για το περιβάλλον. Σ' αυτό συντελεί και το γεγονός ότι δεν αποικοδομούνται όπως οι οργανικοί ρύποι και παραμένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα στο περιβάλλον, ακολουθώντας έναν καθορισμένο βιογεωχημικό κύκλο (Sawidis and Voulgaropoulos 1986, Djingova et al. 1986).

Στη χημεία, τα βαρέα μέταλλα αναφέρονται σ' ένα τύπο χημικών στοιχείων, πολλά από τα οποία είναι τοξικά για τον άνθρωπο. Ο υδράργυρος (Hg), ο μόλυβδος

(Pb), το κάδμιο (Cd), και το αρσενικό (As) είναι αυτά που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο κίνδυνο εξαιτίας της εκτεταμένης χρήσης τους, της τοξικότητάς τους και της ευρείας κατανομής τους. Κανένα μέχρι τώρα μέταλλο δεν έχει διεισδύσει στο περιβάλλον σε τέτοια έκταση, ώστε ν' αποτελέσει εκτεταμένο κίνδυνο. Εντούτοις, το κάθε ένα έχει ανιχνευθεί σε τοξικά επίπεδα σε συγκεκριμένα μέρη τα τελευταία χρόνια. Τα μέταλλα -σε αντίθεση με τις περισσότερες τοξικές οργανικές ενώσεις- δεν αποικοδομούνται και γι' αυτό συσσωρεύονται στο περιβάλλον. Τελικά, ένα μέρος αυτών καταλήγει με τη βιολογική τροφική αλυσίδα έως τον άνθρωπο, στον οποίο προκαλούνται χρόνιες ή οξείες βλάβες (Sawidis 1997c, Kouimtzis et al.1994).

Η ισορροπία ανάμεσα στις διάφορες μορφές, με τις οποίες εμφανίζονται τα βαρέα μέταλλα στη βιόσφαιρα, είναι δυναμική και όχι στατική. Προσδιορισμός της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων σε διάφορα μέρη της βιόσφαιρας (ύδατα, ιζήματα, φυτά, ζώα κ.λπ.) επιβεβαίωσε την άποψη αυτή. Σε αρκετές περιπτώσεις, η συγκέντρωση των μετάλλων στα διάφορα δείγματα αναφέρεται κατά κανόνα στην ολική συγκέντρωση του κάθε μετάλλου, ανεξάρτητα με τη μορφή στην οποία βρίσκονται αυτά (Sawidis and Reiss 1995).

Σημαντικές καταστροφές σε διάφορα οικοσυστήματα, από βαρέα μέταλλα, ενίσχυσαν την εντύπωση, ότι πρόκειται για μια από τις πιο επικίνδυνες μορφές ρύπανσης του περιβάλλοντος. Ο λόγος είναι ότι, σε αντίθεση με τις περισσότερες οργανικές βλαβερές ενώσεις, τα βαρέα μέταλλα και οι ενώσεις τους δεν αποικοδομούνται με φυσικές διεργασίες στα υδάτινα οικοσυστήματα, αλλά με διάφορους μηχανισμούς συσσωρεύονται στους οργανισμούς όπου και παραμένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα. Τοξικά μέταλλα όπως υδράργυρος, μόλυβδος, κάδμιο και πολλά άλλα καταλήγουν διαμέσου της βιολογικής τροφικής αλυσίδας, στα ανώτερα της μέλη και τέλος στον άνθρωπο, όπου και προκαλούν χρόνιες και οξείες βλάβες

(Welsh and Denny 1980, Piskunov and Gushyn 1981).

Η ρύπανση των υδάτων μπορεί να αξιολογηθεί με τη μέτρηση των βαρέων μετάλλων στο ίζημα και τους υδρόβιους οργανισμούς. Οι κυριότερες πηγές ρύπανσης είναι τα βιομηχανικά απόβλητα, τα αστικά λύματα, οι γεωργικές δραστηριότητες, ενώ δεν αποκλείονται και οι φυσικές πηγές όπως η διάβρωση πετρωμάτων. Η μέτρηση των βαρέων μετάλλων σε διάφορους υγροτόπους, μας δίνει πληροφορίες για την κατάστασή τους. Δηλαδή, οι τιμές των βαρέων μετάλλων που μετρούνται αντικατοπτρίζουν το βαθμό ρύπανσης της περιοχής (Hutcinson et al. 1975, Mayes et al. 1977, Harding and Whitton 1978, Newman and McIntosh 1982, Rip 1990).

Τα φύκια αλλά και άλλοι υδρόβιοι οργανισμοί είναι καλοί δείκτες για τον έλεγχο της ποιότητας των υδάτων σε ότι αφορά ρύπανση από βαρέα μέταλλα ή άλλους ρυπαντές. Η επιλεκτική πρόσληψη ορισμένων ιόντων συνδυαζόμενη με τη μόνιμη θέση τους σε ένα τόπο όπου υφίσταται αναγκαστικά την επίδραση των ρυπαντών, τα καθιστά άριστο εργαλείο για περιβαλλοντικές μελέτες (Roulet 1975, Ray and White 1976, Kenaga and Moolenaar 1979, Rowe et al. 1982, Adema and de Zwart 1984, Sawidis et al. 1991, Jenner and Jansen-Mommen 1993, Sawidis et al. 1995, Sawidis et al. 2001, Stratis et al. 1996).

### **1.12.1. Μηχανισμοί τοξικής δράσης βαρέων μετάλλων**

Η τοξική δράση των βαρέων μετάλλων στους ζώντες οργανισμούς εκδηλώνεται με πολλούς μηχανισμούς. Ο κυριότερος από αυτούς είναι η αναστολή δράσης των ενζυμικών συστημάτων κατά το σχηματισμό χημικών ενώσεων των μεταλλοϊόντων με τις δραστικές ομάδες των οργανικών μορίων των ενζύμων (οργανομεταλλικές ενώσεις). Αν ληφθεί υπόψη ο μεγάλος αριθμός των διαφόρων ενζύμων στα ζωντανά κύτταρα, τότε γίνεται φανερό ότι το εύρος της τοξικής δράσης των μετάλλων είναι πολύ μεγάλο.

Τα μέταλλα συσσωρεύονται σε διαφορετικά τμήματα των ζώντων οργανισμών και επιδρούν σε τελείως διαφορετικά ένζυμα και δραστικές ομάδες. Οι αμινο- και σουλφυδρυλο-ομάδες είναι αυτές που συμμετέχουν σ' αυτούς τους μηχανισμούς.

Τα βαρέα μέταλλα αντιδρούν με τις μεμβράνες των κυττάρων περιορίζοντας τη διαπερατότητά τους με αποτέλεσμα να περιορίζεται ή να διακόπτεται η μεταφορά  $\text{Na}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  και οργανικών μορίων διαμέσου της μεμβράνης. Αντιδρούν, επίσης, με τα κύρια προϊόντα του μεταβολισμού και σχηματίζουν σταθερά ιζήματα ή χημικές ενώσεις. Οι οργανομεταλλικές ενώσεις των βαρέων μετάλλων σε σύγκριση με το μεταλλικό ιόν τους είναι άλλοτε περισσότερο (μεθυλιωμένα παράγωγα  $\text{Pb}$ ) και άλλοτε λιγότερο τοξικές (σαλικυλική αλδοξίμη του  $\text{Cu}$ ). Σε ταυτόχρονη χορήγηση τοξικών ενώσεων βαρέων μετάλλων σε έναν οργανισμό κατά κανόνα η δράση τους προστίθεται. Για μερικούς όμως συνδυασμούς μετάλλων ( $\text{Cu}+\text{Zn}$ ,  $\text{Ni}+\text{Zn}$ ) παρατηρείται αύξηση της τοξικής δράσης μέχρι και σε πενταπλάσια τιμή από εκείνη που προκύπτει από την άθροιση των επί μέρους δράσεων (Chettri and Sawidis 1997, Chettri et al 1997).

Η αύξηση της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων στην ατμόσφαιρα προκαλεί σοβαρές διαταραχές στη βλάστηση που σε αρκετές περιπτώσεις είναι ορατές στους φυτικούς οργανισμούς. Μπορούν να αναστείλουν ορισμένες βιολογικές λειτουργίες όπως υδρόλυση του αμύλου και της σουκρόζης. Παρεμποδίζουν επίσης τη μεταφορά της σουκρόζης και αυτό προκαλεί δευτερογενείς επιπτώσεις όπως διαταραχές στο μεταβολισμό του αζώτου. Συνήθως οι συγκεντρώσεις σακχάρων, αμύλου και μερικών αμινοξέων αυξάνουν με την παρουσία βαρέων μετάλλων, ενώ η συγκέντρωση πρωτεϊνών μειώνεται.

Τα κυριότερα βαρέα μέταλλα που απαντώνται ως ρυπαντές στα υδάτινα οικοσυστήματα είναι:

### **Μόλυβδος (Pb)**

Ο μόλυβδος είναι ένα στοιχείο που έχει δημιουργήσει πολλά περιβαλλοντικά προβλήματα, επειδή έχει πάρα πολλές εφαρμογές τόσο στην παλαιά όσο και στη σύγχρονη τεχνολογία. Η χρήση του μολύβδου αυξήθηκε ως υλικό για την κατασκευή συσσωρευτών, προστασία καλωδίων, εξωτερικών επενδύσεων και για τη σύνθεση αντικροτικών τα οποία προστίθενται στη βενζίνη. Ο μόλυβδος εξέρχεται με τα καυσαέρια, στα οποία βρίσκεται ως οξείδιο του μολύβδου και ως χλωριούχος και βρωμιούχος μόλυβδος (Chettri et al. 1998, Sawidis and Reiss 1995).

Οι οργανικές ενώσεις του μολύβδου είναι πολύ πιο τοξικές από τις ανόργανες. Ο τετρααιθυλιούχος μόλυβδος, που προέρχεται κυρίως από την καύση της βενζίνης των αυτοκινήτων, απορροφάται με την αναπνοή αλλά και από το δέρμα. Με την καύση της βενζίνης ο οργανικός μόλυβδος μετασχηματίζεται σε ανόργανο, ο οποίος απορροφάται κυρίως από το πεπτικό σύστημα αλλά και με την αναπνοή. Η τοξικότητα του μολύβδου οφείλεται στην ικανότητά του να αντιδρά με τις ομάδες -SH και να αδρανοποιεί τα ένζυμα. Οι πρώτες τοξικές επιδράσεις εκδηλώνονται στο αιμοποιητικό σύστημα, όπου ο μόλυβδος εμποδίζει τη σύνθεση της αιμοσφαιρίνης.

### **Κάδμιο (Cd)**

Το κάδμιο είναι ένα από τα πιο τοξικά και επικίνδυνα μέταλλα. Παρουσιάζει μεγάλη σταθερότητα έναντι της υγρασίας και του αέρα. Είναι από τα λίγα στοιχεία που δεν είναι απαραίτητα στα βιοχημικά συστήματα. Αντίθετα, είναι πολύ τοξικό για τους ζωικούς οργανισμούς. Το κάδμιο συσσωρεύεται στο ήπαρ, στους νεφρούς, στον σπλήνα και στο θυρεοειδή αδένα όπου και προκαλεί βαριές παθήσεις. Έχει ερεθιστική επίδραση στον πεπτικό σωλήνα, και είναι αιτία καρδιακών διαταραχών. Παρεμποδίζει τον μεταβολισμό του σιδήρου και την απορρόφηση του ψευδαργύρου προκαλώντας έτσι συμπτώματα αναιμίας. Ειδικότερα το κάδμιο αντικαθιστά τον ψευδάργυρο, ενώ προσβάλλει τα οστά αντικαθιστώντας το



ασβέστιο. Οι κυριότερες πηγές ρύπανσης του περιβάλλοντος με κάδμιο είναι τα αερολύματα των μεταλλουργιών και της καύσης των απορριμμάτων, τα απόβλητα των εργοστασίων επιμετάλλωσης και των βιομηχανιών παραγωγής φωσφορικών λιπασμάτων (Kabata – Pendias and Dudka 1989).

### **Νικέλιο (Ni)**

Αργυρόχρωμο, ελατό και όλκιμο μέταλλο. Σταθερό στον αέρα, δεν προσβάλλεται από το νερό και γενικά ανθίσταται στη διάβρωση. Απομονώθηκε από τον A. F. Cronstedt (Σουηδία, 1751). Ονομασία γερμανικής προέλευσης: "nickel": διάβολος, αρχική ονομασία του μετάλλου: "kupfernickel": ο χαλκός του διαβόλου. Η τοξικότητα του μετάλλου και των ανόργανων ενώσεών του είναι σημαντική. Μερικές από τις ενώσεις του θεωρούνται καρκινογόνες και τερατογόνες. Το νικέλιο σε πολλούς ανθρώπους δημιουργεί αλλεργικές αντιδράσεις.

Σπουδαιότερα ορυκτά του είναι ο νικελίτης, NiAs [F0<sub>1</sub>], ο νικελιοπυρίτης (ή μιλλερίτης), NiS [F0<sub>2</sub>], ο πετλανδίτης, (Ni,Fe)S [F0<sub>3</sub>] κ.ά. Ελεύθερο νικέλιο ή (συνηθέστερα) ως κράμα με σίδηρο βρίσκεται σε μετεωρίτες. Παγκοσμίως παράγονται περίπου 500.000 τόνοι μετάλλου τον χρόνο. Κυριότερες παραγωγού χώρες: Ρωσία, Νότια Αφρική, ΗΠΑ, Καναδάς. Τα 2/3 περίπου του παραγόμενου νικελίου διατίθενται στην παραγωγή νικελιοχάλυβα, με περιεκτικότητα μέχρι και 7% σε νικέλιο. Οι πλούσιοι σε Ni χάλυβες που περιέχουν και Cr αποτελούν τους ανοξειδωτούς χάλυβες. Μεγάλες ποσότητες Ni χρησιμοποιούνται επίσης για επινικελιώσεις σιδηρών σκευών, στην κατασκευή μπαταριών (μπαταρίες Ni-Cd) και ως καταλύτες υδρογονώσεων (Sawidis et al. 1991).

### **Χαλκός και Ψευδάργυρος (Cu και Zn)**

Ο χαλκός και ο ψευδάργυρος σε αντίθεση με το μόλυβδο είναι απαραίτητα στοιχεία για πολλές ενζυμικές και φυσιολογικές λειτουργίες στους ζωντανούς

οργανισμούς. Οι ποσότητες που απαιτούνται για την ομαλή λειτουργία των οργανισμών είναι πολύ μικρές. Αν όμως οι ποσότητες αυτές υπερβούν κάποια όρια λόγω γεωχημικών ιδιοτεροτήτων ή ανθρώπινων δραστηριοτήτων (εξόρυξη και επεξεργασία μεταλλευμάτων, αλόγιστη χρήση γεωργικών παρασκευασμάτων κ.α.) τότε τα μέταλλα αυτά γίνονται τοξικά (Sawidis et al. 1993). Η συγκέντρωση Cu και Zn στη λιθόσφαιρα φαίνεται στον Πίνακα 5.

**Πίνακας 5 :** Η συγκέντρωση Cu και Zn στη λιθόσφαιρα και στο έδαφος (ppm)

Μέταλλο	Λιθόσφαιρα	Έδαφος	Έδαφος Μ.Ο.
Cu	70	2 – 100	30
Zn	80	10 – 300	50

Η μεταφορά του Cu και Zn από τους χώρους παραγωγής σε απομακρυσμένες περιοχές, λόγω των ατμοσφαιρικών διεργασιών, προκαλεί έντονα περιβαλλοντικά προβλήματα όπως συσσώρευση Zn, Cu στους οργανισμούς και στο έδαφος. Στα φυσιολογικά άτομα τα επίπεδα της συγκέντρωσης του Cu στον ορό είναι 1 mg/ml ενώ του Zn 105 mg/100 ml. Η αύξηση των επιπέδων αυτών αποτελεί δείκτη της τοξικής δράσης των παραπάνω μετάλλων στον ανθρώπινο οργανισμό (Sawidis and Reiss, 1995).

### **Χρώμιο (Cr)**

Το χρώμιο δεν απαντάται ελεύθερο στη φύση. Εξάγεται από τα ορυκτά του, κυριότερο από τα οποία είναι ο χρωμίτης ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ). Το χρώμιο είναι το 21<sup>ο</sup> πιο συνηθισμένο στοιχείο στην επιφάνεια της γης με μέση συγκέντρωση 100 ppm. Ενώσεις του χρωμίου βρίσκονται στο περιβάλλον εξαιτίας του εμποτισμού πετρωμάτων με υδατικά διαλύματα αποβλήτων που περιέχουν χρώμιο. Η συγκέντρωσή του στο χώμα είναι μεταξύ 1 και 3000 mg/kg, στο θαλασσίνο νερό 5 με 800 μg/ℓ και στα ποτάμια και τις λίμνες 26 μg/ℓ με 5,2 mg/ℓ. Η σχέση μεταξύ του  $\text{Cr}^{+++}$  και του  $\text{Cr}^{+++++}$  εξαρτάται άμεσα από το pH και τα οξειδωτικά στοιχεία της περιοχής, αλλά στις περισσότερες

περιπτώσεις το  $\text{Cr}^{+++}$  υπερισχύει, παρόλο που σε μερικές περιοχές τα υπόγεια ύδατα μπορούν να περιέχουν έως και 39  $\mu\text{g}$  χρωμίου συνολικά και τα 30  $\mu\text{g}$  από αυτά να είναι  $\text{Cr}^{+++++}$  (Sawidis and Reiss, 1995).

### **Σίδηρος (Fe)**

Ο σίδηρος αποτελεί το σπουδαιότερο βιομηχανικό μέταλλο το οποίο υπάρχει σε αφθονία στη φύση και αποτελεί το 5% περίπου του στερεού φλοιού της γης. Η ποιότητα και ποσότητα του παραγόμενου σιδήρου παρουσιάζουν μεγάλη σημασία για την οικονομία. Ο σίδηρος ανήκει στα απαραίτητα μέταλλα για τους ζωντανούς οργανισμούς. Τα φυτά παραλαμβάνουν το σίδηρο από το έδαφος. Η έλλειψή του προκαλεί "χλώρωση" των φυτών, μια ασθένεια η οποία προκαλείται και από έλλειψη μαγνησίου και μαγγανίου (Chettri et al. 1998, Sawidis and Reiss 1995).

#### **1.13. Διαγράμματα Piper**

Τριγωναμικά διαγράμματα παρουσιάστηκαν από τον Piper (1944) (Σχ. 4). Αποτελούνται από δυο ισόπλευρα τρίγωνα και ένα ρόμβο. Τα κατιόντα και τα ανιόντα αποτυπώνονται σημειακά στα αντίστοιχα ισόπλευρα τρίγωνα και ταξινομούνται ανάλογα με την % περιεκτικότητα επί του συνόλου των κατιόντων και των ανιόντων αντίστοιχα. Τα δυο αυτά σημεία προβάλλονται στη συνέχεια στο ρόμβο.

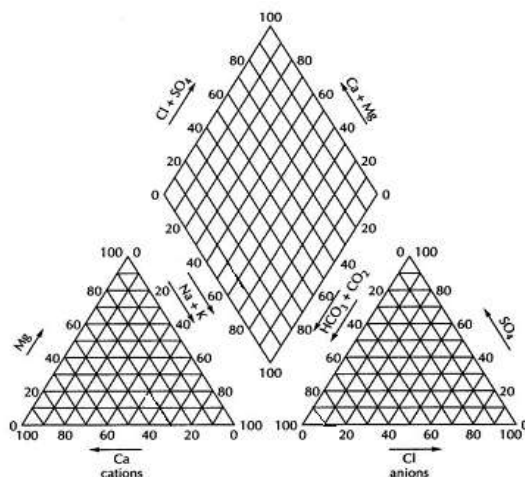
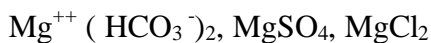
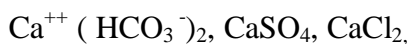
Τα Πλεονεκτήματα των διαγραμμάτων είναι:

1. Πολλές αναλύσεις μπορούν να παρασταθούν στο διάγραμμα.
2. Εύκολη ταξινόμηση.
3. Μπορεί να εντοπισθεί ανάμιξη διαφορετικής ποιότητας νερών.

Ωστόσο, όμως, έχουν το μειονέκτημα ότι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε νερά όπου άλλα κατιόντα ή ανιόντα είναι σημαντικά (π.χ.  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{---}$  κ.α.).

### 1.14. Πιθανή σύσταση αλάτων

Τα κυριότερα άλατα που βρίσκονται στο νερό είναι :



Σχήμα 4. Τριγραμμικά διαγράμματα (Piper 1944)

Τα άλατα του καλίου σπάνια βρίσκονται στο νερό και σε μικρές συγκεντρώσεις. Τα θειούχα και τα νιτρικά άλατα είναι ακόμα σπανιότερα. Πολλά από τα παραπάνω άλατα είναι τοξικά για τα φυτά. Για ίδια βάρη αλάτων, η σειρά τοξικότητας είναι:



Η τοξικότητα του  $\text{CaCl}_2$  και του  $\text{CaSO}_4$  είναι μικρότερη από τις προαναφερθείσες. Τα άλατα αυτά είναι αποδεκτό ότι, όταν βρίσκονται στο έδαφος σε μεγάλες συγκεντρώσεις, δρουν ωσμωτικά και όχι τοξικά. Πολλές φορές τα άλατα αυτά υποβιβάζουν την τοξικότητα των αλάτων του νατρίου και του μαγνησίου του νερού κατά την εφαρμογή τους στο έδαφος.

Λόγω της προαναφερθείσας τοξικότητας ορισμένων αλάτων δημιουργείται η ανάγκη πρόβλεψης των αλάτων από τα οποία έχουν προέλθει τα ιόντα τα οποία έχουν ανάλυση του αρδευτικού νερού.

Για την εκτίμηση της πιθανής σύστασης των αλάτων δεχόμαστε ότι όσον αφορά στα ανιόντα η προτεραιότητα σχηματισμού αλάτων είναι  $\text{CO}_3^{--}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{++}$ ,  $\text{Cl}^-$  και για δε τα κατιόντα  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  επομένως η ποσότητα (meq) των  $\text{CO}_3^{--}$  σχηματίζει πρώτα με το  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{CaCO}_3$  μετά με το  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{MgCO}_3$  και τέλος με το  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NaCO}_3$  εφόσον βέβαια η ποσότητα τους (meq) είναι αρκετή. Αντίστοιχα ακολουθείται η ίδια διαδικασία και για τα υπόλοιπα ανιόντα μέχρι να εξαντληθούν όλες οι ποσότητες ανιόντων και κατιόντων.

### 1.15. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθεται η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σε ότι αφορά την επίδραση της ρύπανσης στο υδάτινο περιβάλλον. Για την συγκεκριμένη περιοχή έρευνας δεν υπάρχουν πολλές εκτεταμένες και συστηματικές επιστημονικές εργασίες. Όλες οι υπάρχουσες μελέτες δείχνουν ότι το συγκεκριμένο στραγγιστικό-αρδευτικό δίκτυο, βρίσκεται διαρκώς επιβαρημένο με σημαντικό ρυπαντικό φορτίο. Απόδειξη η πολύ δυσάρεστη οσμή (ειδικότερα του καλοκαιρινούς μήνες) και ο υπερτροφισμός που παρατηρείται κυρίως κατά το διάστημα που το νερό παρουσιάζει μικρή έως ανύπαρκτη ροή. Σχετικούς ελέγχους και μετρήσεις πραγματοποίησε η Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση της Λάρισας, ωστόσο, όμως, τα αποτελέσματά τους έχουν αμφισβητηθεί από πολλούς για την αναξιοπιστία τους. Σημαντικές επιστημονικές εργασίες για «Ασμάκι», είναι αυτές των Bakoroulou and Koungolos 2004 και Αργυρόπουλου και Σαμαρά 2008. Και στις δύο εργασίες αναφέρονται σημαντικά στοιχεία που δείχνουν ότι τα νερά είναι σε πολύ μεγάλο βαθμό ρυπασμένα, ώστε να

μην υπάρχει δυνατότητα εξεύρεσης ζωής σε αυτό το ιδιαίτερα τροποποιημένο υδάτινο σώμα

Για τον Πηνειό ποταμό (κύριο τροφοδότη του «Ασμακίου»), υπάρχουν αρκετές μελέτες οι οποίες καταδεικνύουν την σημαντική ρύπανσή του. Πολύ ενδιαφέρουσα εργασία είναι αυτή των Bellos et al. (2004), στην οποία παρουσιάζονται οι επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων κατά τη διάρκεια τριών ετών παρακολούθησης σχετικά με τη διακύμανση των θρεπτικών στοιχείων κατά μήκος του Πηνειού ποταμού και των παραποτάμων του. Στην εργασία αυτή μελετήθηκαν οι εποχιακές διακυμάνσεις των θρεπτικών κατά την περίοδο 1996-1998, όπου διαπιστώθηκε ότι οι υψηλές θερμοκρασίες, από τον Ιούνιο έως τον Αύγουστο, σε συνδυασμό με την υπερβολική χρήση του νερού για αρδευτικούς σκοπούς, προκαλούν περιορισμό της ροής του, με άμεση συνέπεια την αύξηση της συγκέντρωσης θρεπτικών που έχουν ως επακόλουθο την αύξηση του ευτροφισμού. Οι υψηλές συγκεντρώσεις των θρεπτικών παρατηρήθηκαν πρώτα στη χειμερινή περίοδο κυρίως από την έκπλυση των λιπασμάτων από τα επίγεια συστήματα μετά από έντονες βροχοπτώσεις, κατά τη διάρκεια των ζεστών μηνών λόγω της χαμηλής ροής των υδάτων του ποταμού και το φθινόπωρο όταν άρχισαν να αποσυντίθενται οι φυτικοί οργανισμοί. Τα φωσφορικά άλατα είναι εντυπωσιακά αυξημένα, κυρίως μετά την πόλη της Λάρισας, όπου υπάρχουν λύματα και βιομηχανικά απόβλητα. Οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών και οργανικού άνθρακα είχαν αυξηθεί ως συνέπεια των ανθρωπογενών εισροών, ιδιαίτερα στο σημείο απόρριψης των σταθμών επεξεργασίας λυμάτων. Από την εργασία αυτή καταδεικνύεται ότι η γεωργική διαχείριση, η αστική ρύπανση, κυρίως από τη πόλη της Λάρισας, και οι κλιματολογικές συνθήκες στη λεκάνη απορροής του Πηνειού ποταμού και των παραποτάμων του επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τη χημική σύνθεση των υδάτων τους.

Ένα ακόμα σημαντικό άρθρο για τον Πηνειό ποταμό είναι αυτό των Fytianos et al. (2002), στο οποίο γίνεται εκτίμηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του Πηνειού ύστερα από συστηματικές χημικές αναλύσεις διάρκειας ενός έτους σε οκτώ σημεία δειγματοληψίας σε σημειακές και μη σημειακές πηγές ρύπανσης κατά μήκος του ποταμού. Τα σημαντικότερα ευρήματα αυτής της μελέτης έδειξαν υποβάθμιση της ποιότητας των επιφανειακών υδάτων από εκτεταμένη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων κάτι που αποδεικνύει ότι η γεωργία διαδραματίζει ένα πολύ σημαντικό ρόλο στην υποβάθμιση της ποιότητας των επιφανειακών νερών, ιδιαίτερα στην περιοχή της Θεσσαλίας, η οποία είναι η μεγαλύτερη πεδιάδα με τις μεγαλύτερες γεωργικές καλλιέργειες στην Ελλάδα (Savvides et al. 1991, Moustaka-Gouno et al.1994). Φυσικοχημικές παράμετροι όπως το pH, η αγωγιμότητα και το D.O., δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές ούτε μεταξύ των σημείων, αλλά ούτε και μεταξύ των περιόδων δειγματοληψίας. Τα Θρεπτικά (ενώσεις αζώτου και φωσφόρου) παρουσίασαν έντονες διακυμάνσεις που κατά πάσα πιθανότητα προκλήθηκαν από τις εποχιακές αλλαγές των καιρικών φαινομένων. Τα βαρέα μέταλλα (Pb, Cd, Cr, Cu, Ni) κυμάνθηκαν σε χαμηλά επίπεδα και η παρουσία τους έχει σχέση με τη γεωλογία της εξεταζόμενης περιοχής και όχι από ανθρωπογενείς πηγές. Στατιστική ανάλυση της διακύμανσης των σημαντικότερων χημικών παραμέτρων και βαρέων μετάλλων έδειξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των περιόδων δειγματοληψίας, αλλά ασήμαντες μεταξύ των σταθμών των δειγματοληψιών (Sawidis et al.1991).

Οι Dassenakis et al. (1998), παρουσιάζουν μια ενδιαφέρουσα μελέτη με αντικείμενο έρευνας τη ρύπανση από σημειακές και μη σημειακές πηγές και τις επιπτώσεις τους στην ποιότητα των νερών του Ληθαίου (παραπόταμος Πηνειού). Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων χαρακτήριζαν το Ληθαίο ως ένα μέτρια μολυσμένο ποταμό, αλλά με αυξημένα φαινόμενα ευτροφισμού και συγκέντρωσης

βαρέων μετάλλων ή / και οργανικών ρύπων σε ορισμένα τμήματα του. Οι μέσες τιμές των κυριότερων ρύπων στο Ληθαίο ήταν  $\text{NO}_3^-$  4.0 mg/ℓ,  $\text{NO}_2^-$  0.10 mg/ℓ, P 0,37 mg/ℓ, Cu 7,1 mg/ℓ, Pb 4,8 mg/ℓ, Zn 3,9 mg/ℓ, Ni 12,8 mg/ℓ, Cr 3,5 mg/ℓ.

Μια άλλη ενδιαφέρουσα εργασία για το Ληθαίο, δημοσιεύθηκε από τη Ζήση Σταυρούλα - Εύα το έτος 2007. Δείγματα νερού από τον ποταμό Ληθαίο λαμβάνονταν μηνιαία από επτά δειγματοληπτικούς σταθμούς, κατά μήκος της κοίτης του, από τον Απρίλιο έως και τον Οκτώβριο του 2005. Πιο συγκεκριμένα έγινε διαχωρισμός σε νερά σαλμονηδών, όπου αναπτύσσονται ή δύνανται να αναπτυχθούν ψάρια που ανήκουν σε είδη όπως οι σολωμοί (*Salmo salar*) και οι πέστροφες (*Salmo trutta*) και σε νερά κυπρινειδών όπου αναπτύσσονται ή δύνανται να αναπτυχθούν ψάρια που ανήκουν σε είδη, όπως ο κυπρίνος (*Cyprinus carpio*), οι πέρκες (*Perca fluviatilis*) και τα χέλια (*Anguilla anguilla*). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων οι τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων που μετρήθηκαν εμπίπτουν στα όρια της νομοθεσίας, με εξαίρεση τις τιμές των φωσφορικών αλάτων και του μολύβδου για συγκεκριμένους σταθμούς και χρονικές περιόδους. Η ποιότητα των νερών του ποταμού σύμφωνα με τα κριτήρια που τίθενται από την Οδηγία Πλαίσιο 60/2000/EK για την Πολιτική στον Τομέα των Υδάτων χαρακτηρίζεται ως μέτρια.

Στη Μεταπτυχιακή Εργασία της Νικολοπούλου Παρασκευής, (2010), υπάρχουν χρήσιμα συμπεράσματα σε ότι αφορά την ποιότητα νερού του ποταμού Σμοκοβίτη, τα οποία δείχνουν υψηλές συγκεντρώσεις των  $\text{NO}_2^-$  και των  $\text{NH}_4^+$ , ειδικά στους σταθμούς που ήταν στην πεδιάδα της Θεσσαλίας. Από τα αποτελέσματα της μελέτης φάνηκε ότι η λεκάνη απορροής του ποταμού Σοφαδίτη δέχεται σημαντικές πιέσεις, λόγω των αγροτικών χρήσεων γης και των ολικών εισροών N και P που ξεπερνούν τα όρια για τη διαβίωση των ιχθύων.



Μια ενδιαφέρουσα εργασία πραγματοποιήθηκε από το Δ/νων Σύμβουλο της «ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ Α.Ε». κ. Γιώργο Κυρατσάκη. Στην έκθεση συμπερασμάτων μηνών Αυγούστου – Σεπτεμβρίου – Οκτωβρίου – Νοεμβρίου 2010 προκύπτουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων που διενεργήθηκαν σε τρεις καθορισμένους σταθμούς δειγματοληψίας του Πηνειού ποταμού, με τα εξής συμπεράσματα: παρατηρήθηκε αύξηση των νιτρικών κατά την περίοδο του Σεπτεμβρίου, με πιθανή αιτία την έκπλυση των βεβαρημένων εδαφών με αζωτούχο λίπανση. Τα νιτρικά κυμάνθηκαν σε κανονικά επίπεδα για το πόσιμο νερό και την άρδευση. Το διαλυμένο οξυγόνο (με εξαίρεση μία περίπτωση), κυμάνθηκε σε ικανοποιητικά επίπεδα σε σχέση με τα όρια που δίνει η ΚΥΑ για το πόσιμο νερό και για τη διαβίωση των ιχθύων.. Οι συγκεντρώσεις των φωσφορικών σε όλες τις περιπτώσεις ήταν υψηλές ιδιαίτερα κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Οι τιμές του BOD<sub>5</sub> κυμάνθηκαν γενικά σε φυσιολογικά επίπεδα. Οι τιμές του COD βρέθηκαν υψηλότερες από τις τιμές του BOD<sub>5</sub> την περίοδο του Σεπτεμβρίου.

Ο Stamatis G. (1999), ύστερα από έρευνα που διενήργησε στον Πηνειό υποστηρίζει ότι η ρύπανση του ποταμού είναι εκτεταμένη με το μεγαλύτερο μέρος των ρύπων να εντοπίζεται στο κατάντη τμήμα του. Η χρήση των νερών για αρδευτικούς σκοπούς με βάση τον συντελεστή SAR και την αλατότητα είναι αποδεκτή.

Οι Fytianos et al. (1987), σε μια μελέτη για την ρύπανση από βαρέα μέταλλα σε διάφορους ποταμούς και λίμνες της Βόρειας Ελλάδας, εντόπισε υψηλές τιμές βαρέων μετάλλων στους πιο σημαντικούς ποταμούς και λίμνες της Β. Ελλάδας, κάτι που το αποδίδει σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Οι Parafilippaki et al. (2008), παρουσιάζουν ενδιαφέροντα ευρήματα σε ότι αφορά την παρουσία βαρέων μετάλλων στον Κερκίτη ποταμό στα Χανιά, κατά την υγρή και την ξηρή περίοδο, όπου οι μέσες συγκεντρώσεις στην υγρή και θερμή

περίοδο ήταν: Cu (0,88 mg/l, 6,62 mg/l), Cd (0,005 mg/l, 0,019 mg/l), Pb (0,28 mg/l, 2,59 mg/l), Cr (1,44 mg/l, 3,25 mg/l), και Zn (4 mg/l, 39 mg/l), αντίστοιχα, κάτι που φανερώνει μια σοβαρή εποχιακή διακύμανση, η οποία πιθανόν να οφείλεται είτε σε ανθρωπογενή αίτια (γεωργικές εφαρμογές κυρίως με τη χρήση των λιπασμάτων και τα βιοκτόνα ή απόρριψη υγρών αποβλήτων, ή φυσικών αιτίων, όπως η θερμοκρασία του νερού, το pH, οξειδοαναγωγική κατάσταση).

Σε εργασία της Παπαδοπούλου-Μουρκίδου Ευθυμίας (2002), υπάρχουν πολύ σημαντικά και ενδιαφέροντα στοιχεία που χαρακτηρίζουν την ποιότητα των νερών όλων των κύριων ποταμών της Μακεδονίας-Θράκης (Έβρος, Άρδας, Νέστος, Αξιός, Λουδίας, Στρυμόνας, Αλικάκμονας) και του Πηνειού. Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων προκύπτει ότι οι ποταμοί που πηγάζουν από την Βουλγαρία είχαν το υψηλότερο pH. Ο Έβρος και ο Στρυμόνας είχαν pH 8,6, ο Νέστος 8,3 και ο Άρδας 8,2. Ο Έβρος είχε και την υψηλότερη μέση θερμοκρασία όπως και υψηλότερο BOD<sub>5</sub>. Μεταξύ όλων των ποταμών που διερευνήθηκαν (με εξαίρεση το Λουδία του οποίου η μέση τιμή BOD<sub>5</sub> ήταν 7,5), σε όλους τους άλλους ποταμούς οι μέσες τιμές δεν υπερέβησαν το 5,5. Ο Έβρος είχε επίσης την υψηλότερη μέση τιμή σε χλωριούχα (21,4 mg/l), νιτρικά (9,91 mg/l) και θειικά (99 mg/l). Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις ολικών φωσφορικών την υψηλότερη μέση συγκέντρωση είχαν ο ποταμός Αξιός με 0,577 mg/l και ο Έβρος με 0,267 mg/l. Σε σύγκριση με τους υπόλοιπους ποταμούς της Μακεδονίας-Θράκης, ο Έβρος παρουσιάζει την υψηλότερη μέση τιμή SAR και την υψηλότερη μέση τιμή της συγκέντρωσης νατρίου (29 και 70 mg/l).

Από την εργασία αυτή προκύπτει ακόμη ότι ο Αξιός είναι ένας σημαντικά ρυπασμένος ποταμός. Οι συγκεντρώσεις νιτρικών, φωσφορικών και φθορίου ήταν πολύ σημαντικές και δείχνουν ξεκάθαρα την απόρριψη στον Αξιό αστικών αποβλήτων. Οι συγκεντρώσεις, όμως, των μετάλλων βρίσκονται σε ικανοποιητικά

χαμηλά επίπεδα με εξαίρεση το Al, Fe και Zn των οποίων οι τιμές είναι εξαιρετικά υψηλές. Η ποιότητα του νερού ήταν (με εξαίρεση τις οριακές συγκεντρώσεις χλωριούχων και νατρίου), ικανοποιητική για άρδευση. Ως κύρια αιτία παρουσίας των χλωριόντων και του νατρίου μπορεί να θεωρηθεί η απόρριψη αστικών λυμάτων στον Αξιό κατά τον ρου του από τα Σκόπια.

Στο άρθρο των Voutsas et al. (2000) παρουσιάζονται οι φυσικοχημικές και οργανικές παράμετροι (pH, αγωγιμότητα, ολικά αιωρούμενα στερεά, θερμοκρασία και D.O., BOD<sub>5</sub>, COD, N, P, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> και NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, σε 25 σημεία δειγματοληψίας στην κεντρική κοίτη, σε παραποτάμους, ρέματα και τάφρους όπου στραγγίζουν οι μεγάλες αγροτικές, γεωργικές, αστικές και βιομηχανικές περιοχές της Β. Ελλάδας. Η περιοχή μελέτης καλύπτει ένα ευρύ φάσμα της λεκάνης απορροής και των επιφανειακών νερών σε ποτάμια, ρέματα, παραπόταμους, χαντάκια κ.λπ. Κύρια ποτάμια συστήματα είναι αυτά του Αλιάκμονα, του Αξιού, του Λουδία, του Στρυμόνα και του Γαλλικού τα οποία αποτελούν τις πιο σημαντικές περιοχές αποστράγγισης των μεγάλων αγροτικών, γεωργικών, αστικών και βιομηχανικών περιοχών της Β. Ελλάδας με απόρριψή στο Βόρειο Αιγαίο. Εξετάσθηκε και αξιολογήθηκε ακόμα η ευτροφική κατάσταση τους.

Η ποιότητα του νερού του ποταμού Αλιάκμονα έχει επανειλημμένα εξεταστεί κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας δεδομένης της χρησιμοποίησης του για παροχή πόσιμου νερού στην πόλη της Θεσσαλονίκης (Mourkides et al., 1990, Kouimtzis 1994, Voutsas et al. 1995). Στο νερό της τάφρου έχει βρεθεί υψηλή ρύπανση από οργανικές ενώσεις ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της περιόδου μεταποίησης.

Στον Αξιό (προέρχεται από τα Σκόπια και εκβάλλει στον Θερμαϊκό κόλπο) δέχεται ρυπαντικά φορτία υγρών αποβλήτων που περιλαμβάνουν την εγχώρια, γεωργική απορροή και τα βιομηχανικά λύματα από βιομηχανίες επεξεργασίας τροφίμων, όπως τη ζάχαρη και τα γαλακτοκομικά (Fytianos et al., 1986). Ο Λουδίας

είναι αποδέκτης έντονης αποστράγγισης από γεωργικές καλλιέργειες. Στο ποτάμι αυτό βρέθηκε στο παρελθόν σχετική ρύπανση από οργανικές ουσίες και βαρέα μέταλλα που απελευθερώνονται από βιομηχανίες επεξεργασίας τροφίμων, ζάχαρης και τα γαλακτοκομικά (Fytianos et al. 1986, Voulgaropoulos et al.1987). Ο Στρυμόνας χρησιμοποιείται κυρίως για άρδευση της ευρύτερης πεδινής περιοχής, ενώ είναι και αποδέκτης γεωργικών, οικιακών και βιομηχανικών λυμάτων μέσα από μια σειρά από παραποτάμους και κανάλια (Kilikidis et al. 1992). Ο Γαλλικός ποταμός δεν χρησιμοποιείται για άρδευση, ωστόσο ενισχύει τους υδροφόρους ορίζοντες που χρησιμοποιούνται για σκοπούς ύδρευσης. Επίσης, δέχεται φορτίσεις ρύπανσης από την τοπική βιομηχανική περιοχή, την κτηνοτροφία και γεωργικές δραστηριότητες.

Σε γενικές γραμμές, η εξέταση των επιφανειακών υδάτων ήταν στην αλκαλική σειρά pH, χωρίς να παρουσιάζοντα σημαντικές διακυμάνσεις του pH. Αντίθετα σε ένα ευρύ φάσμα τιμών παρατηρήθηκε υψηλή αγωγιμότητα που φαίνεται να συνδέονται με τις απορρίψεις λυμάτων. Το D.O. παρουσίασε μεγάλες διακυμάνσεις, τόσο χωρικά και χρονικά, και μεμονωμένες τιμές κυμαίνονταν από επίπεδα σχεδόν ανοξικά (κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού) έως υπερκορεσμένα (κατά την χειμερινή περίοδο).

Στον Λουδία παρουσιάστηκαν οι χαμηλότερες τιμές D.O. μεταξύ όλων των κύριων ποταμών κάτι που εν μέρει σχετίζεται με την ομαλή ροή του ποταμού. Πολύ χαμηλές τιμές D.O. μετρήθηκαν επίσης σε ρέματα και τάφρους που δέχονται βιομηχανικά λύματα. Το BOD<sub>5</sub> βρέθηκε γενικά σε χαμηλά επίπεδα στην πλειονότητα των υδατικών συστημάτων (60% των σημείων δειγματοληψίας παρουσίασαν οι μέσες τιμές 3,0 mg/l), αλλά και εντός των ορίων που έχουν αναφερθεί για τους ευρωπαϊκούς ποταμούς (Ευρωπαϊκή Κοινότητα 1997). Οι τιμές του COD έδειξαν παρόμοια κατανομή, με το 64% των μετρήσεων να είναι κάτω από 20 mg/l που είναι παρόμοιες με την πλειοψηφία των ποταμών της Ευρώπης.

Σε ορισμένους σταθμούς οι μέσες συγκεντρώσεις αμμωνίου ήταν υψηλότερες. Οι Μέσες τιμές των νιτρικών ( $\text{NO}_2$ ) σε διάφορα σημεία δειγματοληψίας κυμάνθηκε από 0,01 έως 0,3 mg/ℓ. τερη μέση τιμή  $\text{NO}_2^-$  παρατηρήθηκε θέση λόγω των υψηλών εισροών αζώτου. Τα Νιτρώδη στα κύρια ποτάμια ήταν κάτω του 0,05 mg/ℓ με χαμηλότερες τιμές σε Αλιάκμονα και ο υψηλότερος στον Λουδία. Οι Μέσες τιμές του αμμωνίου ( $\text{NH}_4^+$ ) κυμάνθηκαν από 0,14 έως 4,46 mg/ℓ. Η μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση για το πόσιμο νερό είναι 0,39 mg/ℓ. (Meybeck 1982). Υψηλά επίπεδα που θα μπορούσαν να σχετίζονται με ανθρωπογενείς δραστηριότητες βρέθηκαν σε μικρά ρέματα καθώς και σε κύριους ποταμούς (π.χ. Στρυμόνα και Λουδία). Οι μέσες τιμές των  $\text{PO}_4^{3-}$  στους περισσότερους σταθμούς ήταν υψηλότερες από το Ηνωμένο Βασίλειο (0,1 mg/ℓ) για τα γλυκά νερά που υπόκεινται σε ευτροφισμό (Young et al. 1999).

Για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των ελληνικών ποταμών υπάρχουν πολλά σημαντικά άρθρα όπως αυτό της Kotti et al. (2005) στο οποίο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από διάφορες χημικές αναλύσεις και γίνεται αξιολόγηση της ποιότητας των νερών των ποταμών στη βορειοδυτική Ελλάδα, κυρίως σε ότι αφορά τα θρεπτικά στοιχεία, στους ποταμούς Αλιάκμονα, Λουδία, Αξιώ, Στρυμόνα, Γαλλικό Πηνιό, Άραχθο, Λούρο και Καλαμά. Πιο συγκεκριμένα αξιολογήθηκε η επίδραση της χρήσης γης στην ποιότητα των υδάτων των ποταμών η οποία και μελετήθηκε σε τρεις διαφορετικές λεκάνες απορροής που βρίσκονται στην Ήπειρο και τη Βορειοδυτική Ελλάδα. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από τον Οκτώβριο 2000 έως το Σεπτέμβριο του 2001. Τα αποτελέσματα έδειξαν υψηλά επίπεδα νιτρικών αλάτων στα επιφανειακά νερά και αυξημένη ρύπανση στις περιοχές όπου υπάρχουν σηπτικές δεξαμενές, βιομηχανική δραστηριότητα, ζωικά απόβλητα, χρήση λιπασμάτων και απορροή από

γεωργικές περιοχές. Εκτός από αυτές τις πηγές, η ατμοσφαιρική απόθεση έχει γίνει μια σημαντική πηγή νιτρικών στα επιφανειακά νερά.

Οι Karageorgis et al. (2003), κατέγραψαν φορτία θρεπτικών στοιχείων, βαρέων μετάλλων και άλλων ουσιών, που προέρχονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες εντός της λεκάνης απορροής του Αξιού ποταμού. Σε γενικές γραμμές τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η συγκέντρωση των θρεπτικών παρουσίασε ενδοετήσιες διακυμάνσεις που σχετίζονται με την γεωργική πρακτική της λεκάνης απορροής, με υψηλές συγκεντρώσεις  $\text{NO}_3^-$  το φθινόπωρο και το χειμώνα (που σχετίζονται με τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται στις αρχές της άνοιξης) και τα υψηλά επίπεδα του ολικού φωσφόρου το καλοκαίρι που αποδίδονται σε ρύπανση από σημειακές πηγές. Μακροπρόθεσμα η ετήσια διακύμανση παρουσίασε 2,5-πλάσια αύξηση στην συγκέντρωση νιτρικών ιόντων. Η ανάλυση των ιζημάτων έδειξε υψηλή τιμές για το Zn, Cr, Pb, τα οποία προέρχονται κυρίως από τα βιομηχανικά λύματα. Ένα σημαντικό μέρος των βαρέων μετάλλων στον Αξιό ποταμό προέρχεται και από την αποσάθρωση των πετρωμάτων (οφιολιθικό συγκροτήματα).

Σε ένα άλλο άρθρο των Nikolaidis et al. (2009), αναφέρεται ότι ο Αξιός ποταμός είναι ένας από τους πλέον επιβαρημένους ποταμούς του Ελληνικού χώρου, ιδιαίτερα ως προς το φωσφόρο (Skoulikidis 1993). Οι κύριες πηγές των θρεπτικών είναι η γεωργία και τα αστικά απόβλητα. Αξίζει να σημειωθεί ότι στα Σκόπια (όπου βρίσκεται το 80% της λεκάνης απορροής του Αξιού), δεν υπάρχουν ακόμα εγκατεστημένες μονάδες βιολογικού καθαρισμού αστικών λυμάτων. Ειδικά για το φωσφόρο, το εργοστάσιο παραγωγής λιπασμάτων στο Βέλες, αποτελεί μια σημαντική σημειακή πηγή ρύπανσης (Karageorgis 2003). Τα υπολείμματα της κατεργασίας των φωσφοριτών (προέλευσης Μαρόκου) σε κάποιο ποσοστό διαχέονται στον Αξιό, προκαλώντας σημαντική αύξηση των συγκεντρώσεων φωσφόρου στο νερό (ολικός

φωσφόρος μέχρι και 16 mg/ℓ). Αντίθετα, στο Ελληνικό τμήμα του ποταμού δεν υπάρχουν σημαντικές πηγές ρύπανσης, σε ότι αφορά τα θρεπτικά. Η εντατική γεωργία και η χρήση λιπασμάτων είναι η σημαντικότερη πηγή προσφοράς θρεπτικών. Πρόσφατες εκτιμήσεις υπολογίζουν το συνολικό φορτίο αζώτου και φωσφόρου που καταλήγουν στο Θερμαϊκό κόλπο από τον Αξιό ποταμό στους 5.200 και 1.900 t/yr, αντίστοιχα (Karageorgis 2003).

Οι Gikas et al. (2009), καταγράφουν ότι τα ολικά αιωρούμενα στερεά ήταν υψηλότερα στα ανάντη του ποταμού Αλιάκμονα και κατά τη διάρκεια της υψηλής και της χαμηλής ροής του. Η αγωγιμότητα του ποταμού ήταν υψηλότερη από τα επιτρεπτά ευρωπαϊκά επίπεδα (400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  - οδηγία της ΕΕ 80/778/15.07.80). Επίσης στις κατάντη περιοχές, καταγράφηκαν υψηλότερα επίπεδα θρεπτικών από τις ανάντη περιοχές λόγω των λυμάτων καθώς και των βιομηχανικών αποβλήτων. Οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών ήταν υψηλότερες κατά τη διάρκεια της χαμηλής περιόδου ροής από ότι κατά την περίοδο αιχμής της ροής.

Οι Boskidis et al. (2010), μελέτησαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ποταμού Βορβόση που βρίσκεται στην περιοχή της Κομοτηνής την περίοδο Αύγουστος 2005 - Νοέμβριος 2006. Τα αποτελέσματα της μελέτης τους δείχνουν αυξημένα θρεπτικά, COD, BOD και υψηλό βαθμό ευτροφισμού που αποδίδουν κατά κύριο λόγο σε σημειακές πηγές ρύπανσης .

Οι Gerda et al. (1994), κάνουν μια εκτενή αναφορά στην ποιότητα των νερών σε πολλά ποτάμια της Ευρώπης, καταγράφοντας τα σημαντικότερα προβλήματα που υπάρχουν. Πιο συγκεκριμένα από την μελέτη της κατάστασης της ποιότητας των νερών σε διάφορα ποτάμια της Ευρώπης προκύπτουν τα εξής:

Οι Ποταμοί της Ευρώπης παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία ως προς τα προβλήματα ρύπανσης. Η οργανική ρύπανση είναι ένα πολύ μεγάλο πρόβλημα, τόσο

περιφερειακά όσο και τοπικά, με αποτέλεσμα σε πολλές περιπτώσεις να παρατηρούνται μικροί μέσοι όροι συγκέντρωσης οξυγόνου. Υπάρχουν, όμως και περιπτώσεις, όπως είναι π.χ. τα Σουηδικά και αγγλικά ποτάμια, τα οποία παρουσιάζουν σημαντικές μειώσεις της οργανικής ρύπανσης κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας. Αντίθετα τα ποτάμια της κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης (Vistula, Odra και Elbe) αποκαλύπτουν μια πολύ μεγάλη οργανική ρύπανση. Αυτό αποδίδεται στο γεγονός ότι μόνο ένα περιορισμένο μέρος του πληθυσμού και της βιομηχανίας είναι συνδεδεμένο με εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων στις περισσότερες χώρες της Ανατολικής Ευρώπης. Για παράδειγμα, σε ολόκληρο το μήκος του ποταμού “Vistula” στην Πολωνία, υπάρχει ρίψη είτε ανεπεξεργαστων είτε ανεπαρκώς επεξεργασμένων λυμάτων.

Σημαντικό ακόμα παρουσιάζεται το πρόβλημα του ευτροφισμού. Η συγκέντρωση αμμωνίου σε τακτά χρονικά διαστήματα έφτασε σε  $>1$  mg/l, τιμή η οποία είναι εξαιρετικά υψηλή για τα επιφανειακά ύδατα (π.χ. Ρήνος). Οι ποταμοί Rhine (Γερμανία), Loire (Γαλλία) και Vistula (Πολωνία) το καλοκαίρι παρουσίασαν υψηλές ποσότητες χλωροφύλλης και αυξημένη πυκνότητα φυκών που δημιουργούσαν επιπτώσεις στα οικοσυστήματα τους και κατά πάσα πιθανότητα συνετέλεσαν στην μεγάλη παρουσία των ‘filter-feeders» (ευκαιριακών φυτοφάγων), όπως τα “*Dreissena polymorpha*” και τα “*orophiurn curvispinum*” που ήταν άφθονα στον ποταμό Ρήνο. Αυτή η σημαντική παρουσία των “filter-feeders” ήταν γενικό χαρακτηριστικό πολλών ποταμών. Ο ευτροφισμός ακόμα παρουσιάστηκε αυξημένος σε περιοχές όπου είχαν κατασκευαστεί φράγματα ή υπήρχαν φυσικά εμπόδια (π.χ. καλαμωτές).

Στην εργασία αυτή γίνεται αναφορά και στον Έβρο ποταμό, στον οποίο η ποιότητα των νερών του, έχει οδηγήσει σε αύξηση στη βιομάζα φυτοπλαγκτού και ταυτόχρονα έχει επιφέρει την παρουσία σε υψηλά επίπεδα των ειδών ‘filter-feeders’,



όπως τα “Hydropsyche” και τα “Ephoron virgo” στα κατάντη τμήματα του ποταμού. Μια άλλη διαπίστωση ήταν ότι ο ευτροφισμός δεν επηρεάζει μόνο το οικοσυστήματα του ίδιου του ποταμού, αλλά και των παρακείμενων τελμάτων καθώς και παράκτια νερά.

Κάτι παρόμοιο παρατηρείται και στα παράκτια νερά της Ολλανδίας όπου εκχύνεται ο Ρήνος ποταμός. Ευτροφισμός παρατηρήθηκε ακόμα στη Βαλτική Θάλασσα με αυξανόμενη σχέση N/P, σε αναλογίες κρίσιμες και πολύ υψηλότερες από το μέσο όρο συγκέντρωσης. Τα αποτελέσματα της ερευνάς έδειξαν σε αρκετές περιπτώσεις, πολύ αυξημένες τιμές καδμίου, με το όριο ανίχνευσης να ξεπερνά την κρίσιμη τιμή.

Οι Bowes et al. (2010), υποστηρίζουν ότι ο υπερβολικός εμπλουτισμός με θρεπτικά σε πολλά από τα ποτάμια του Ηνωμένου Βασιλείου, οφείλεται στην υψηλή πυκνότητα του πληθυσμού, στην εντατική γεωργία και στην βιομηχανική δραστηριότητα. Ειδικότερα, οι υψηλές συγκεντρώσεις φωσφόρου (P) σε αυτούς τους ποταμούς μπορεί να οδηγήσουν σε υπέρμετρη ανάπτυξη φυκιών, την απώλεια των μακρόφυτων κοινοτήτων και σε χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου που μπορεί να οδηγούν σε εκτεταμένη οικολογική υποβάθμιση.

Οι Buhvestova et al. (2007), σε έρευνα τους για τους ποταμούς και τις λίμνες της Εσθονίας βρήκαν υψηλότερες συγκεντρώσεις φωσφόρου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού όπου υπάρχουν χαμηλές ροές και πιο πολύ μικρότερες συγκεντρώσεις φωσφόρου κατά τη διάρκεια του χειμώνα και την άνοιξη όπου η ροή του νερού ήταν αυξημένη, σε αντίθεση με τις συγκεντρώσεις του αζώτου που δεν επηρεάζονται από την εποχικότητα.

Οι Surindra et al. (2010), αξιολόγησαν τις επιπτώσεις των βιομηχανικών και αστικών λυμάτων στους ποταμούς “Hindon” σε “Ghaziabad”, της Ινδίας, ως προς την

ποιότητα των νερών. Τα αποτελέσματα της έρευνας τους απέδειξαν ότι η ρύπανση των νερών είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από τα προκαθορισμένα όρια που θέτει η Εθνική Υπηρεσία Ελέγχου (CPCB) της Ινδίας. Ειδικά η ποιότητα του νερού του ποταμού “Hindon” ήταν εντελώς ακατάλληλη για οικιακή χρήση.

Σημαντικά ευρήματα παρουσιάζονται και σε άρθρο των Ali et al. (2010). Τα αποτελέσματα τη μελέτης έδειξαν ότι μεγάλες ποσότητες των αγρο-βιομηχανικών λυμάτων από την εξεργασία του ζαχαροκάλαμου και τη ρύπανση από τις βιομηχανίες κυρίως στην περιοχή του Καΐρου συνιστούσαν σοβαρή απειλή για τα επιφανειακά νερά του Νείλου. Αναφέρθηκε ακόμη ότι η ρύπανση μειώνεται σταδιακά προς τα κατάντη του ποταμού. Πολύ αυξημένες παρουσιάστηκαν οι τιμές BOD και COD, όπως και των αμμωνιακών ιόντων.

Ο Rafiu et al. (2007), αναφέρονται στο επίπεδο των τοξικών ιχνοστοιχείων (Cd, Pb, Mn, Zn, Cu και Ni) στα επιφανειακά νερά και ιζήματα κατά μήκος της αρδευτικής διώρυγας Blaauwbankspruit σε περιοχή της Νότιας Αφρικής. Η αρδευτική αυτή διώρυγα είναι δέκτης λυμάτων από σταθμούς επεξεργασίας λυμάτων και ένα ορυχείο χρυσού. Οι μέσες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων που βρέθηκαν στα δείγματα νερού που αναλύθηκαν κυμάνθηκε από 0,05 - 0,11 / 4,35 - 942,2 / 0,10 - 0,41/ 0,08 - 0,88 και 0,15 - 0,42 mg/l για το Cd, Pb, Mn, Zn, Ni, Cu, αντίστοιχα. Τα όρια αυτά ήταν κατά πολύ ανώτερα από αυτά που καθορίζονται από το Τμήμα Υδατικών Υποθέσεων και Δασών της Νότιας Αφρικής για τη χρήση των νερών.

Ο Jordao et al. (2006), αναφέρουν ότι στο ποτάμι “Turvo” της Βραζιλίας καταγράφηκαν υψηλές τιμές θρεπτικών στοιχείων, B.O.D , C.O.D, χαμηλές τιμές D.O. και pH που συνδέονταν με τις απορρίψεις λυμάτων στο νερό, την γεωργική δραστηριότητα και την εκτροφή βοοειδών στην περιοχή. Υπήρχαν ακόμα αυξημένες τιμές στα βαρέα μέταλλα που οφείλονταν σε βιομηχανική δραστηριότητα.

Ο Mandal et al. (2010), αναφέρονται στην εποχιακή ρύπανση στην διάρκεια των ετών 2000-2005, στον ποταμό “Yamuna” στο Δελχί των Ινδιών όπου και καταγράφουν υψηλές τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων, οι οποίες παρουσιάστηκαν κατά πολύ μικρότερες την εποχή των μουσώνων.

Σε άρθρο του Singh (2002) για τον ποταμό “Damodar” των Ινδιών καταγράφονται τα αποτελέσματα από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα επιφανειακά και υπόγεια δείγματα νερού που συλλέχθηκαν από διαφορετικό μέρος της λεκάνης απορροής του ποταμού. Τα αναλυτικά αποτελέσματα δείχνουν ότι το ασβέστιο και τα διττανθρακικά είναι τα κυρίαρχα κατιόντα και τα ανιόντα, αντίστοιχα, στα επιφανειακά ύδατα. Με βάση το SAR και το Na% η κατάσταση των επιφανειακών νερών εντός της λεκάνης απορροής χαρακτηρίστηκε ως άριστη, εκτός μερικών περιοχών όπου οι υψηλές τιμές Na% και SAR περιόριζαν την καταλληλότητά του για σκοπούς άρδευσης. Το Ca-Na-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ήταν το κυρίαρχο υδροχημικό στοιχείο στα επιφανειακά νερά που κυριαρχούσε κατά την διάρκεια της μελέτης.

Ο Berkant et. al. (2010), παρουσίασαν τα αποτελέσματα από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις λεκάνες απορροής των δύο ποταμών που προέρχονται από την Τουρκία και διέρχονται από τη Συρία και το Ιράκ και που είναι από τις πιο σημαντικές διασυνοριακές λεκάνες απορροής στη Μέση Ανατολή. Στην εργασία αυτή καταγράφηκαν τα μακροχρόνια δεδομένα (1971 έως 2002) από 14 σταθμούς στον ποταμό Ευφράτη και επτά σταθμούς στον ποταμό Τίγρη. Στον Άνω Ευφράτη βρέθηκαν σημαντικά χαμηλότερες τιμές του ρυθμού ροής, της θερμοκρασίας του νερού, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC), του Cl<sup>-</sup> και του SO<sub>4</sub><sup>-</sup> από ότι στο χαμηλότερο τμήμα του. Στο μέσο του Ευφράτη βρέθηκαν σημαντικά υψηλότερες τιμές Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SAR και οι χαμηλότερες τιμές EC και SO<sub>4</sub><sup>-</sup>. Στον άνω ρου του Τίγρη βρέθηκαν υψηλότερες τιμές EC, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, και SO<sub>4</sub><sup>-</sup> και στον κάτω ρου

βρέθηκε η χαμηλότερη τιμή SAR η. Το άνω ανατολικό μέρος του ποταμού Τίγρη είχε υψηλότερα  $\text{HCO}_3^-$ .

Η ρύπανση στο υδάτινο περιβάλλον (ποταμοί) έχει μελετηθεί ακόμη από ένα μεγάλο αριθμό ερευνητών παγκοσμίως μεταξύ των οποίων είναι: Korva 1967, Engwall 1971, Hore et al 1975, Morel et al 1990, Van et al. 1993, Moustaka and Nikolaidis 1994, Barankova and Ungerman 1996, Tryfon et al. 1996, Chettri and Sawidis 1997, Justic 1997, Aspate and Klavins 1998, Moutin et al. 1998, Vega et al. 1998, Neal and Robson 2000, Flogi et al. 2006, Kannel et al. 2007, Lee 2007, Heejym 2008, Kumar and Reddy 2008, Chang 2008, Sood et al. 2008, Miltner 2009, Venugopal Et al 2008, Tan et al. 2010, Keenera et al. 2009, Rixena et al. 2009, Skoulikidis 2009, Yang et al. 2010, Animoro 2009, Achudume 2009, Karami et al. 2009, Mandal et al. 2010), Sundaray 2010, Lee et al. 2010, Wakawa et al. 2010, Boskidis et al. 2010, Alia et al. 2011, Suthar et al. 2010, Johnson et al. 2010, Zhou et al. 2011, Houser et al. 2010, Yu et al. 2011, Bere and Tundisi 2010, Lopez-Lopez 2011, Stenback et al. 2011, Withers et al. 2011, Rosamond et al. 2011, Lia et al. 2011.

## 2. ΥΔΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1. Σταθμοί δειγματοληψιών

Για τις ανάγκες αυτής της μελέτης επιλέχθηκαν συνολικά 12 δειγματοληπτικοί σταθμοί (Πίν. 6, Εικ. 6, 7, 8, 9, 9 και 10, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 του παραρτήματος), από τους οποίους οι 11 βρίσκονται εντός του πεδίου μελέτης που ξεκινά από τη σήραγγα διαφυγής των νερών προς τον Παγασητικό κόλπο (δυτικά λίμνης Κάρλας) και φθάνουν έως και την περιοχή πλησίον του σφαγείου Γυρτώνης. Ένας σταθμός (Σ1) βρίσκεται εκτός του πεδίου μελέτης και πιο συγκεκριμένα Νοτιοδυτικά της λίμνης Κάρλας, πλησίον του εργοστάσιου τσιμέντων «Ηρακλής».

**Πίνακας 6 :** Σταθμοί δειγματοληψιών.

A/A	Σταθμοί	Θέση Σταθμού	Γεωγραφικό Πλάτος	Γεωγραφικό μήκος
1.	Σ1	Πλησίον εργοστασίου τσιμέντων Ηρακλής	39° 24'.085	22° 46'.951
2.	Σ2	Σήραγγα Κάρλας (1Τ)	39° 27'.044	22° 48'.608
3.	Σ3	Γέφυρα Στεφανοβικείου (1Τ)	39° 28'.825	22° 46'.816
4.	Σ4	Καλαμάκι (1Τ)	39° 33'.418	22° 43'.390
5.	Σ5	Πλασιά (Συμβολή 1Τ και 8Τ)	39° 38'.539	22° 39'.036
6	Σ6	Γέφυρα Ελευθερίου (8Τ)	39° 39'.756	22° 32'.342
7.	Σ7	Πλησίον εργοστασίου ΟΙΝΟΠΝΕΥΜΑΤΟΣ «ΧΑΤΖΗΔΗΜΑΣ» (παρακαμπτήριο 8Τ)	39° 39'.627	22° 29'.709
8.	Σ8	Πλησίον «ΠΕΛΑΣΓΙΣ Α.Ε.Β.Ε – πλυντήριο, βαφείο Υφασμάτων (παρακαμπτήριο 9Τ)	39° 41'.103	22° 29'.424
9.	Σ9	Περιοχή βιομηχανίας "INTERCOM FOODS" (παρακαμπτήριο 9Τ)	39° 41'.814	22° 29'.905
10.	Σ10	Γεντίκι 9Τ	39° 42'.289	22° 29'.987
11.	Σ11	Πλησίον σφαγείου Γυρτώνης (9Τ)	39° 44'.288	22° 28'.226
12.	Σ12	Ομορφωχώριο (6Τ)	39° 39'.897	22° 29'.267

Οι σταθμοί δειγματοληψίας επιλέχθηκαν με βάση την τάξη του αποστραγγιστικού-αρδευτικού δικτύου, την ύπαρξη σημειακών ή μη σημειακών πηγών ρύπανσης και την ευκολία πρόσβασης. Η τελευταία αυτή παράμετρος ήταν εκείνη που καθόρισε σε πολύ μεγάλο βαθμό την επιλογή των σταθμών, δεδομένου ότι εκτός των άλλων το πεδίο μελέτης βρίσκεται σε μια κατά βάση αγροτική περιοχή, με σημεία τα οποία δεν ήταν εύκολα προσβάσιμα.

## 2.2. Περιγραφή δειγματοληψίας.

Η χωρική στρατηγική δειγματοληψίας σχεδιάστηκε για να καλύψει ένα ευρύ φάσμα του πεδίου μελέτης και με τρόπο που να το καλύπτει όσο γίνεται πιο αντιπροσωπευτικά. Τα δείγματα του νερού συλλέχθηκαν σε φιάλες από PVC από τη μέση της ροής του υδάτινου ρέματος και όσο αυτό ήταν δυνατόν από το μέσο βάθους του και αποθηκεύονταν σε ένα φορητό ψυγείο, στους 4 °C. Ποσότητα ενός (2) λίτρων νερού ήταν αρκετή για τις χημικές αναλύσεις που ακολούθησαν.

Η δειγματοληψία και τα αναλυτικά πρωτόκολλα ήταν σύμφωνα με οδηγία βασισμένη στο Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater, (Eaton and Ganson 2005), ώστε να έχουν πρακτική αξία όλες οι χημικές αναλύσεις. Για το pH, την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), το διαλυμένο οξυγόνο (D.O.) και τη θερμοκρασία οι μετρήσεις έγιναν με τη χρησιμοποίηση φορητών οργάνων. Οι αναλυτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για κάθε παράμετρο ξεχωριστά φαίνονται στην παράγραφο 2.5.

## 2.3. Διάρκεια δειγματοληψιών

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιούνταν κάθε δύο μήνες και διήρκησαν δύο χρόνια (22/01/2008 έως 17/11/2009). Από κάθε δειγματοληπτικό σταθμό λήφθηκαν συνολικά 12 δείγματα (22/01/08, 18/03/08, 20/05/08, 29/07/08, 23/09/08, 21/11/08, 22/01/09, 18/03/09, 18/05/09, 21/07/09, 21/09/09, 17/11/2009). Οι δειγματοληψίες άρχιζαν νωρίς το πρωί και ολοκληρώνονταν αργά το απόγευμα. Το 2009 η ροή νερού ήταν περισσότερο αυξημένη σε σχέση με το 2008 όπου επικράτησαν συνθήκες ανομβρίας.





**A.**

**B.**

**Εικόνα 7 :** Σταθμοί δειγματοληψιών [A: Σ2 (σήραγγα Κάρλας), B: Σ3 (γέφυρα Στεφανοβικείου)]. (προσωπικό αρχείο 21/09/2009).



**A.**

**B.**

**Εικόνα 8 :** Σταθμοί δειγματοληψιών [A: Σ6 (γέφυρα Ελευθερίου), B: Σ11 (σφαγείο Γυρτώνης)] (προσωπικό αρχείο 21/09/2009).



**A.**

**B.**

**Εικόνα 9 :** Σταθμοί δειγματοληψιών [A: Σ4 (Καλαμάκι), B: Σ5 (Πλασιά)] (προσωπικό αρχείο 21/09/2009).





**A.**

**B.**

**Εικόνα 10 :** Σταθμοί δειγματοληψιών [A: Σ7 («ΧΑΤΖΗΔΗΜΑΣ»), Δ: Σ10 (Γεντίκι.)]  
(προσωπικό αρχείο 21/09/2009).

**Μετρήθηκαν οι παρακάτω φυσικοχημικές παράμετροι:**

**Φυσικές:** Η Θερμοκρασία.

**Χημικές:** Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), η ενεργός οξύτητα (pH), ιόντα ασβεστίου ( $\text{Ca}^{++}$ ), μαγνησίου ( $\text{Mg}^{++}$ ), καλίου ( $\text{K}^{+}$ ), νατρίου ( $\text{Na}^{+}$ ), αμμωνιακά ( $\text{NH}_4^{+}$ ), ιόντα χλωρίου ( $\text{Cl}^{-}$ ), θειικά ιόντα ( $\text{SO}_4^{-}$ ), νιτρικά ( $\text{NO}_3^{-}$ ), νιτρώδη ( $\text{NO}_2^{-}$ ), Φωσφορικά ( $\text{PO}_4^{-}$ ), σύνθετη και ολική αλκαλικότητα, ολική, παροδική και σύνθετη σκληρότητα., υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , φωσφόρος (P), άζωτο (N), διαλυμένο οξυγόνο (D.O.), B.O.D<sub>5</sub> και C.O.D,

Για το ίζημα: βαρέα μέταλλα (Cd, Cr, Pb, Ni, Cu), οργανικός φωσφόρος, οργανική ουσία και μηχανική σύσταση. Μετρήθηκε ακόμα το βάθος και το πλάτος στους σταθμούς δειγματοληψιών.

Η εκτίμηση της ρύπανσης με τη χρήση βιοδεικτών δεν ήταν δυνατή, αφού στην περιοχή έρευνας δεν υπήρχε ικανός αριθμός ζωντανών οργανισμών για την εφαρμογή της μεθόδου.

#### **2.4. Μέθοδοι χημικής ανάλυσης νερών**

Οι αναλύσεις νερών πραγματοποιήθηκαν στα εργαστήρια του Π.Ε.Γ.Ε.Α.Λ και βασίσθηκαν σε πρότυπες μεθόδους ISO καθώς και τροποποιημένες μεθόδους

βασισμένες στο Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater. (Eaton and Ganson 2005) Water Analysis by Atomic Absorption Spectroscopy Parker C.R. (Varian techtron, Springvale Australia 1972).

Το εργαστήριο εφαρμόζει σύστημα ποιότητας ISO 17025:

- ✓ pH: Ηλεκτροχημική μέθοδος, εφαρμογή της οδηγίας ΕΛΟΤ 658:1983.
- ✓ Αγωγιμότητα: Ηλεκτρομετρική μέθοδος, εφαρμογή της οδηγίας ΕΛΟΤ EN27888:1993.
- ✓ Ασβέστιο και μαγνήσιο: μέθοδος ατομικής απορρόφησης με φλόγα βασισμένη στην οδηγία της Varian σε περιβάλλον διαλύματος  $\text{CaCl}_2$  10 v/V
- ✓ Κάλιο: Φλογοφωτομετρική μέθοδος - εφαρμογή της οδηγίας ISO 9964-3:1993.
- ✓ Νάτριο: Φλογοφωτομετρική μέθοδος - εφαρμογή της οδηγίας ISO 9964-3:1993.
- ✓ Αμμωνιακά ιόντα: χρωματομετρική μέθοδος – τροποποιημένη μέθοδος ινδοφαινόλης σύμφωνα με το Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater. (Eaton and Ganson 2005).
- ✓ Σύνθετη αλκαλικότητα: Ποτενσιομετρική μέθοδος - εφαρμογή της οδηγίας ISO 9963-1:1996.
- ✓ Ολική αλκαλικότητα: Ποτενσιομετρική μέθοδος - εφαρμογή της οδηγίας ISO 9963-1:1996.
- ✓ Χλωροϊόντα: Αργυρομετρική (ογκομετρική) μέθοδος Mohr - εφαρμογή της οδηγίας ISO 9297:1989.
- ✓ Θεϊκά ιόντα: Θολομετρική μέθοδος  $\text{BaCl}_2^-$  σύμφωνα με το Standards Methods for the Examination of water and Wastewater, Eaton and Ganson 2005).

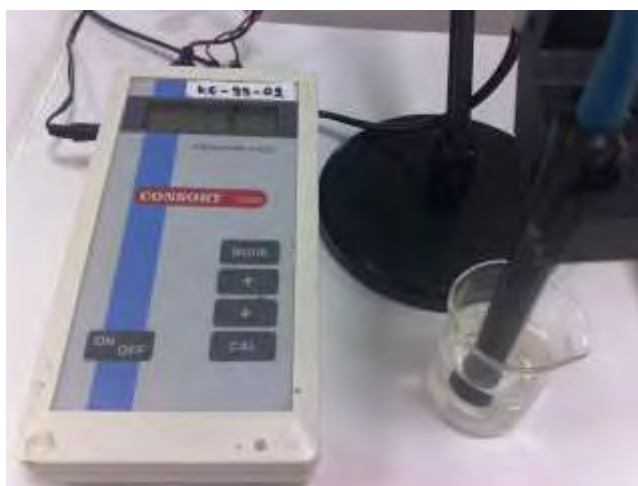
- ✓ Φωσφορικά ιόντα: Χρωματομετρική μέθοδος του ασκορβικού οξέως – σύμφωνα με το Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater. (Eaton and Ganson 2005).
- ✓ Νιτρικά ιόντα: μέθοδος αναγωγής στήλης καδμίου – σύμφωνα με το Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater. (Eaton and Ganson 2005).
- ✓ Νιτρώδη ιόντα: χρωματομετρική μέθοδος – σύμφωνα με το Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater. (Eaton and Ganson 2005).
- ✓ S.A.R.- βαθμός αλκαλίωσης (υπολογιστικά) (U.S Salinity Laboratory – 1954)
- ✓ Ολική, παροδική και μόνιμη σκληρότητα: υπολογιστικά – βασισμένη στο Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater. (Eaton and Ganson 2005).
- ✓ B.O.D<sub>5</sub>: μανομετρική μέθοδος – σύμφωνα με σύμφωνα με E.P.A. – Environmental Protection Agency, U.S.A.
- ✓ C.O.D.: μέθοδος υγρής οξειδωσης της οργανικής ύλης σύμφωνα με E.P.A. – Environmental Protection Agency, U.S.A.
- ✓ Οργανική ουσία – μέθοδος Walkley and black.
- ✓ Ολικό άζωτο – μέθοδος KJELDAHL.
- ✓ Βαρέα μέταλλα - μέθοδος Sporito.

Παρακάτω αναφέρονται οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται από τα εργαστήρια Π.Ε.Γ.Ε.Α.Λ., για τις αναλύσεις των αρδευτικών νερών.

#### **2.4.1. Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) - (σύμφωνα με ΕΛΟΤ EN27888:1993).**

Η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στα νερά μας επιτρέπει γρήγορη και άμεση εικόνα για την συνολική συγκέντρωση των ιόντων σε αυτά και κατ' επέκταση

την περιεκτικότητα σε άλατα. Η αγωγιμότητα  $K$  ορίζεται το αντίστροφο της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης “ $\rho$ ” και ως μονάδα είναι το αντίστροφο του  $\text{ohm/cm}$  δηλαδή  $\text{ohm}^{-1}/\text{cm}$  ή  $\text{mho/cm}$ . Σήμερα εκφράζεται ως  $\text{Siemens/cm}$  ( $\text{S/cm}$ ). Για τα περισσότερα νερά χρησιμοποιείται το  $\mu\text{mhos/cm}$  ( $\mu\text{S/cm}$ ). Χρησιμοποιήθηκε, αγωγιμόμετρο Consort C533 (Εικ. 11). Η αγωγιμότητα μετρείται με μια κυψελίδα που αποτελείται από δύο ηλεκτρόδια λευκόχρυσου.



**Εικόνα 11 :** Συσκευή μέτρησης της αγωγιμότητας Consort C533.

Η βαθμονόμηση γίνεται με διάλυμα  $\text{KCl}$   $0.01\text{M}$   $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  με εμβάπτιση της κυψελίδας στο διάλυμα και ενεργοποιώντας τη διαδικασία «calibration» στο όργανο. Η μέτρηση πραγματοποιείται με την εμβάπτιση της κυψελίδας στο δείγμα. Ενεργοποιώντας την διαδικασία της μέτρησης δίνεται απ’ ευθείας η ειδική αγωγιμότητα  $K_{25\text{ }^{\circ}\text{C}}$  του δείγματος ανοιγμένη στους  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

#### **2.4.2. Ενεργός Οξύτητα (pH) - (σύμφωνα με ΕΛΟΤ 658:1983).**

Ως pH ορίζεται ο αντίθετος δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου. Το pH προσδιορίστηκε με τη βοήθεια ηλεκτρονικού πεχαμέτρου CRISON KE-99-02 (Εικ. 12), που είναι εφοδιασμένο με ηλεκτρόδιο υάλου και ηλεκτροδίου αναφοράς που είναι ενσωματωμένο ως ένα ηλεκτρόδιο καθώς και με αισθητήριο θερμοκρασίας.

Η μέτρηση πραγματοποιείται ως εξής: Ξεπλένεται το ηλεκτρόδιο με το δείγμα και στην συνέχεια εμβαπτίζεται σε αυτό ώστε ενεργοποιώντας την διαδικασία της



**Εικόνα 12 :** Συσκευή μέτρησης του pH CRISON KE-99-02.

μέτρησης να ληφθεί απ' ευθείας η τιμή του pH και της θερμοκρασίας του δείγματος.

**2.4.3. Ιόντα ασβεστίου ( $\text{Ca}^{++}$ ) και μαγνήσιο ( $\text{Mg}^{++}$ ): ατομική απορρόφηση με φλόγα τροποποιημένη μέθοδος Varian σε περιβάλλον διαλύματος  $\text{LaCl}_3$  (Varian 1989).**

**Αρχή μεθόδου**

Το διάλυμα που προκύπτει νεφελοποιείται σε φλόγα αέρα-ασετυλίνης και οι ενώσεις του ασβεστίου – μαγνησίου ατμοποιούνται. Τα άτομα ασβεστίου και μαγνησίου που δημιουργούνται απορροφούν ακτινοβολία μήκους κύματος 422,7 nm και 285,2 nm αντίστοιχα, η οποία παράγεται από καθοδική λάμπα αλογόνου.

Παρεμποδίσεις : α) Οι χημικές παρεμποδίσεις είναι σημαντικές με τη χρήση αέρα ασετυλίνης. Οι παρεμποδίσεις αυτές μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με την προσθήκη λανθάνιου (8000  $\mu\text{g}/\text{ml}$ ). Απαιτείται η βέλτιστη ρύθμιση του ύψους της εστίας για την μέγιστη απαλλαγή από τις παρεμποδίσεις (Adams and Passmore, 1966).

## Αντιδραστήρια

1. Νερό: Υπερκάθαρο νερό με αγωγιμότητα  $< 1\mu\text{S}/\text{cm}$ .
2. Πυκνό υδροχλωρικό οξύ: Πυκνό υδροχλωρικό οξύ 37% (w/w) (Merck 1.3389 ή ισοδύναμο).
3. Διάλυμα HCl 0,10 mol/l: Σε ογκομετρική φιάλη των 1000 ml Class A, που περιέχει περίπου 400 ml νερό, προσθέτονται με ογκομετρικό κύλινδρο, 8,4ml π. HCl 37% (w/w) και αραιώνονται μέχρις όγκου.
4. Διάλυμα LaCl<sub>3</sub> 8000 mg La/l: Σε ογκομετρική φιάλη των 1000 ml Class B, μεταφέρεται ποσότητα 21,40 g LaCl<sub>3</sub>\*7H<sub>2</sub>O διαλύεται με νερό και προσθέτονται 8 ml πυκνό HCl με πιπέτα και αραιώστε μέχρις όγκου. Το διάλυμα διατηρείται για δύο χρόνια.
5. Πρότυπο διάλυμα Ca 1000 mg/l: Χρησιμοποιείστε Πρότυπο διάλυμα, 1000 mg Ca/l (Merck 1.19778 ή ισοδύναμο) Το διάλυμα φυλάσσεται σε φιάλη πολυαιθυλενίου και σε θερμοκρασία 2 °C - 8 °C για μέχρι την ημερομηνία λήξης.
6. Αρχικό διάλυμα Ca 100 mg/l: Σε ογκομετρική φιάλη Class A των 200 ml προσθέτονται περίπου 50 ml νερό και μεταφέρονται με σιφόνι μιας χαραγής Class A 20 ml από το πρότυπο διάλυμα ασβεστίου Ca 1000 mg/l, και αραιώστε μέχρις όγκου με διάλυμα HCl 0,1 mol/l. Το διάλυμα αποθηκεύεται σε φιάλη πολυαιθυλενίου και διατηρείται σε θερμοκρασία 2°C- 8°C για ένα χρόνο.
7. Πρότυπο διάλυμα Mg 1000 mg/l: Χρησιμοποιείται Πρότυπο διάλυμα, 1000 mgMg/l (Merck 1.19788 ή ισοδύναμο). Το διάλυμα φυλάσσεται σε φιάλη πολυαιθυλενίου και σε θερμοκρασία 2 °C- 8 °C για μέχρι την ημερομηνία λήξης.

8. Αρχικό διάλυμα Mg 10 mg/ℓ: Σε ογκομετρική φιάλη Class A των 200 ml προσθέτονται περίπου 50 ml νερό και μεταφέρονται με σιφόνι μιας χαραγής Class A 2 ml από το πρότυπο διάλυμα ασβεστίου Mg 1000 mg/ℓ, και αραιώνεται μέχρις όγκου με διάλυμα HCl 0,1 mol/ℓ. Το διάλυμα αποθηκεύεται σε φιάλη πολυαιθυλενίου και διατηρείται σε θερμοκρασία 2 °C- 8 °C για ένα χρόνο.
9. Μικτό διάλυμα βαθμονόμησης ασβεστίου-μαγνησίου: Μεταφέρονται 0 – 0,5 - 1,0 – 2,0 – 3,0 , με ρυθμιζόμενη αυτόματη πιπέττα, από το Αρχικό διάλυμα Ca, και 0-2,0-4,0-8,0-10,0 σε αντίστοιχες ογκομετρικές φιάλες των 100 ml Class A προσθέτονται με σιφόνι ή dispenser ρυθμιζόμενου όγκου, 10 ml LaCl<sub>3</sub> 8000 mg La/ℓ και αραιώνονται μέχρις όγκου με διάλυμα HCl 0,1 mol/ℓ. Τα διαλύματα βαθμονόμησης Ca<sup>++</sup> – Mg<sup>++</sup> που παρασκευάζονται με αυτόν τον τρόπο, έχουν συγκεντρώσεις 0 – 0.5 - 1,0 – 2,0 – 3,0 mg Ca/ℓ και 0 – 0,2 - 0,4 – 0,8 - 1,0 Mg mg/ℓ. Μεταφέρονται σε φιάλες πολυαιθυλενίου των 100 ml και διατηρούνται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος μέχρι ένα μήνα.
10. Ασετιλίνη υψηλής καθαρότητας: Χρησιμοποιείστε ως αέριο καύσιμο για το φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης, ασετιλίνη υψηλής καθαρότητας 99,6%.
11. Διάλυμα υδροχλωρικού οξέως περιεκτικότητας 0,5 mol/ℓ, περίπου, σε ποτήρι ζέσεων των 1000 ml τοποθετείστε με ογκομετρικό κύλινδρο Class B, περίπου 855 ml νερό και περίπου 45 ml π. HCl 37% (w/w). Το διάλυμα αυτό του υδροχλωρικού οξέος χρησιμοποιείται αποκλειστικά για τον καθαρισμό των προς χρήση σκευών. Αποθηκευμένο σε σκοτεινή

γυάλινη φιάλη και σε θερμοκρασία δωματίου, παραμένει σταθερό για μεγάλο χρονικό διάστημα.

### **Πορεία εκτέλεσης**

1. Προκατεργασία δείγματος: Το δείγμα διηθείται εάν δεν είναι διαυγές.
2. Τυφλός προσδιορισμός: Για τον τυφλό προσδιορισμό έχουμε διήθηση ίσης ποσότητας υπερκάρου νερού με αγωγιμότητα  $< 1 \mu\text{S}/\text{cm}$ .
3. Συνθήκες απευθείας μέτρησης ασβεστίου και μαγνησίου σε φασματοφωτό-μετρο ατομική απορρόφηση (Πιν. 7).

### **Προετοιμασία της ατομικής απορρόφησης για μέτρηση**

Μπαίνουν σε λειτουργία η συσκευή, η παροχή ασετιλίνης και ο συμπιεστής αέρα. Ελέγχεται η πίεση τροφοδοσίας της ασετιλίνης και την πίεση τροφοδοσίας του αέρα να είναι 0,7-1,0 bar και 40-60psi αντίστοιχα. Ενεργοποιείται το περιβάλλον εργασίας που αφορά στη μέτρηση του στοιχείου που θα προσδιορισθεί ( $\text{Ca}^{++}$  ή  $\text{Mg}^{++}$ ) το οποίο βρίσκεται αποθηκευμένο στο λογισμικό της συσκευής. Ενεργοποιείται η κατάλληλη καθοδική λυχνία. Για το ζέσταμα απαιτείται χρόνος τουλάχιστον 15 min. Η λυχνία θεωρείται κατάλληλη όταν η ένταση ρεύματος λειτουργίας της βρίσκεται στο maximum και το Gain (φωτοπολλαπλασιασμός της έντασης της ακτινοβολίας) να είναι μικρότερη ή ίση του 30%. Σε κάθε άλλη περίπτωση αντικαθίσταται η λυχνία. Παρασκευάζεται τα διαλύματα βαθμονόμησης όπως έχει περιγραφεί παραπάνω και μπαίνει σε λειτουργία η φλόγα ασετιλίνης-αέρα. Στην συνέχεια γίνεται αναρρόφηση για 10 min νερό, ώστε να καθαρίσει ο εκνεφωτής και ο λύχνος. Ρυθμίζεται η θέση του λύχνου έτσι ώστε να πραγματοποιείται η μέγιστη απορρόφηση, αναρροφώντας ένα ενδιάμεσο διάλυμα βαθμονόμησης. Βαθμονομείται η συσκευή με την χρήση νερού μεταξύ των διαλυμάτων βαθμονόμησης. Για την επαναφορά του συστήματος, λόγω ολίσθησης (drift), επαναβαθμονομείται η συσκευή μετά από κάθε δεκάδα μετρήσεων



αγνώστων δειγμάτων.

**Πίνακας 7 :** Συνθήκες απευθείας μέτρησης ασβεστίου και μαγνησίου σε AAS - Flame.

Ρυθμίσεις μέτρησης ψευδαργύρου και σιδήρου			
Μήκος κύματος Ca	422.7nm	Συγκέντρωση πρότυπων βαθμονόμησης (mgCa/l)	0 – 0,5 - 1,0 – 2,0 – 3,0
Μήκος κύματος Mg	285,2nm		
Χρόνος αναμονής	10s	Συγκέντρωση πρότυπων βαθμονόμησης (mgMg/l)	0 – 0,2 - 0,4 – 0,8 – 1,0
Χρόνος μέτρησης	3s		
Εξισοροπητής σήματος υποβάθρου	Λάμπα δευτερίου	Επαναβαθμονόμηση	Κάθε 10 δείγματα
Μέτρηση απόκρισης	integration	Αριθμός επαναλήψεων μέτρησης	3
Χάραξη καμπύλης βαθμονόμησης Ca,Mg	New rational	Εσωτερικός έλεγχος	Κάθε 10 δείγματα & μέχρι 1 φορά τη μέρα
Παροχή ακετυλενίου	2,0 l/min	Παροχή αέρα	13,5 l/min

Κριτήρια αποδοχής καμπύλης βαθμονόμησης: Ο συντελεστής συσχέτισης της καμπύλης βαθμονόμησης πρέπει να είναι  $\geq 0,995$ .

### Απευθείας μέτρηση ασβεστίου ή/και μαγνησίου

Μετρούνται τα άγνωστα δείγματα και το τυφλό χρησιμοποιώντας νερό μεταξύ των δειγμάτων και καταγράφεται η συγκέντρωση στο έντυπο μέτρησης ασβεστίου & μαγνησίου. Αν η συγκέντρωση του ασβεστίου ή/και μαγνησίου στο μετρούμενο άγνωστο δείγμα είναι εκτός καμπύλης βαθμονόμησης τότε αραιώνεται κατάλληλα και επαναλαμβάνεται η μέτρηση. Όταν ολοκληρωθούν οι μετρήσεις, τοποθετείται ο εκκνεφωτής και αναρροφούνται 10 min νερό για να καθαρισθεί και ξεπλυθεί η ατομική απορρόφηση. Απομακρύνεται ο σωλήνας από το ποτήρι με το νερό, κλείνεται η φιάλη ασετιλίνης και έως ότου σβήσει η φλόγα μόνη της. Κλείνεται ο αεροσυμπιεστής και η συσκευή ατομικής απορρόφησης.

### Υπολογισμοί – Έκφραση αποτελεσμάτων

Το ασβέστιο, υπολογίζεται από τον τύπο:

$$CCa \text{ (mg Ca/ } \ell \text{ )} = ( aZn - bZn ) \circ SZn \text{ , όπου:}$$

aZn: Η συγκέντρωση, σε mg Ca/ℓ, του δείγματος.

bZn: Η συγκέντρωση, σε mg Ca/ℓ, του τυφλού δείγματος.

SZn: Ο συντελεστής αραίωσης για περιπτώσεις που η συγκέντρωση του αγνώστου δείγματος είναι εκτός καμπύλης βαθμονόμησης.

Το αποτέλεσμα του προσδιορισμού εκφράζεται με ένα δεκαδικό ψηφίο.

Το μαγνήσιο, υπολογίζεται από τον τύπο :

$$CMg \text{ (mgMg/}\ell \text{ )} = ( aFe - bFe ) \circ SFe \circ \text{ , όπου:}$$

aFe: Η συγκέντρωση, σε mgMg/ℓ, του δείγματος.

bFe: Η συγκέντρωση, σε mgMg/ℓ, του τυφλού δείγματος.

SFe: Ο συντελεστής αραίωσης για περιπτώσεις που η συγκέντρωση του αγνώστου δείγματος είναι εκτός καμπύλης βαθμονόμησης.

#### **2.4.4. Ιόντα καλίου (K<sup>+</sup>) - (ISO 9964-3:1993)**

Η συγκέντρωση των ιόντων K<sup>+</sup>, εκφράζεται σε mg K<sup>+</sup>/ℓ δείγματος. Το δείγμα νεφελοποιείται σε φλόγα αέρα - βουτανίου, οπότε εξατμιζόμενο οι ενώσεις του καλίου ατμοποιούνται με αποτέλεσμα τα άτομα καλίου που σχηματίζονται να εκπέμπουν ακτινοβολία της οποίας η ένταση μετριέται σε μήκος κύματος 766.5 nm. Χρησιμοποιείται Φλογοφωτόμετρο Corning 410.

#### **Αντιδραστήρια – Πορεία μέτρησης - Υπολογισμοί**

Απιονισμένο – απεσταγμένο νερό: χρησιμοποιείται για την προετοιμασία όλων των διαλυμάτων καθώς και για την παρασκευή των standards διαλυμάτων.

Διάλυμα  $K^+$  (stock 1): διαλύονται 1.907 gr άνυδρου  $KCl$  σε απεσταγμένο νερό και αραιώνεται μέχρις όγκου 1000 ml. ( $1.00 \text{ ml} = 1.00 \text{ mg } K^+$ ).

Διάλυμα  $K^+$  (stock 2): μεταφέρονται 10 ml από το διάλυμα  $K^+$  (stock 1) σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml και αραιώνεται μέχρις όγκου ( $1 \text{ ml} = 0.1 \text{ mg } K^+$ ).

Σειρά standards: μεταφέρονται 0-1-2-5-8-10 ml διαλύματος  $K^+$  stock 2 σε ογκομετρικές φιάλες των 100 ml και συμπληρώνονται μέχρις όγκου με απεσταγμένο νερό. Τα "standards" διαλύματα που προκύπτουν έχουν συγκεντρώσεις 0-1-2-5-8-10 mg αντίστοιχα.

Η βαθμονόμηση του φλογοφωτομέτρου γίνεται με τα standards διαλύματα 0-1-2-5-8-10 mg. Πρώτα ρυθμίζεται το μηδέν της κλίμακας του οργάνου με το "blank" και στη συνέχεια το 10 με το πυκνότερο "standards" αρχίζοντας από το αραιότερο και κατασκευάζεται καμπύλη συγκέντρωσης – ένδειξης οργάνου. Η καμπύλη βαθμονόμησης θα πρέπει να προσεγγίζει όσο το δυνατόν περισσότερο την ευθεία.

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

Με βάση την καμπύλη που έχει κατασκευασθεί κατά τη βαθμονόμηση του οργάνου, αντιστοιχίζεται η ένδειξη του οργάνου για το άγνωστο δείγμα, με τη συγκέντρωση (σε mg). Η συγκέντρωση του  $K^+$ , σε meq  $K^+/\ell$ , δίνεται από τον τύπο:

$$[K^+] \text{ (meq } K^+/\ell) = A/39.102$$

Όπου: A = η συγκέντρωση του δείγματος σε mg  $K^+/\ell$ .

#### **2.4.5. Ιόντα νατρίου ( $Na^+$ ) - (μέθοδος κατά ISO 9964-3:1993)**

Η συγκέντρωση των ιόντων  $Na^+$ , εκφράζεται σε meq  $Na^+/\ell$  δείγματος. Το δείγμα νεφελοποιείται σε φλόγα αέρα-βουτανίου οπότε εξατμιζόμενο οι ενώσεις του νατρίου ατμοποιούνται με αποτέλεσμα τα άτομα νατρίου που σχηματίζονται να

εκπέμπουν ακτινοβολία, της οποίας η ένταση μετράται σε μήκος κύματος 589.0 nm. Χρησιμοποιείται Φλογοφωτόμετρο “Corning 410”.

### **Αντιδραστήρια - Πορεία μέτρησης - Υπολογισμοί**

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

Διάλυμα  $\text{Na}^+$  (stock 1): διαλύονται 2,542 gr ξηραθέντος NaCl στους 140 °C επί 24 ώρες και αραιώνονται μέχρι όγκου 1000 ml με απεσταγμένο νερό (1,00 ml = 1,00 mg  $\text{Na}^+$  )

Διάλυμα  $\text{Na}^+$  (stock 2) : αραιώνονται 10 ml από το stock 1 διάλυμα νατρίου μέχρι όγκου 100 ml (1,00 ml = 0,10 mg  $\text{Na}^+$  )

Σειρά standards: μεταφέρονται 0-1-2-5-8-10 ml από το διάλυμα νατρίου stock 2, μέσα σε ογκομετρικές φιάλες των 100 ml και συμπληρώνονται μέχρι όγκου με απιονισμένο - απεσταγμένο νερό. Τα standards διαλύματα που προκύπτουν έχουν συγκεντρώσεις 0-1-2-5-8-10 mg αντίστοιχα.

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 10 της κλίμακας με το πυκνότερο “standard” (10 mg). Μετρούνται τα υπόλοιπα “standards” αρχίζοντας από το αραιότερο και κατασκευάζεται καμπύλη συγκέντρωσης – ένδειξης οργάνου. Η καμπύλη βαθμονόμησης θα πρέπει να προσεγγίζει όσο το δυνατόν περισσότερο την ευθεία.

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

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

Η συγκέντρωση του  $\text{Na}^+$ , σε meq  $\text{Na}^+/\ell$  δίνεται από τον τύπο:

$$[\text{Na}^+] \quad (\text{meq Na}^+/\ell) = A/ 22.9898$$

Όπου :

A = η συγκέντρωση του δείγματος σε mg  $\text{Na}^+/\ell$

#### 2.4.6. Προσδιορισμός αμμωνιακών ( $\text{NH}_4^+$ ) (Eaton and Ganson 2005)

##### Αντιδραστήρια:

1.  $\text{Na}_2\text{EDTA}$ : 6 g από το αντιδραστήριο διαλύονται σε φιάλη 100 ml με απιονισμένο νερό
2. Sodium salicylate- Sodium nitroprusside. (S.S.):78,13 g σαλικυλικού νατρίου και 1,25 g νοτροπρουσσικού νατρίου διαλύονται σε φιάλη 1 ℓ με απιονισμένο νερό. Το διάλυμα φυλάσσεται σε σκοτεινή φιάλη και στο ψυγείο.
3. Buffer hypochlorite: 6,62 g  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  και 2,96 g  $\text{NaOH}$  διαλύονται σε 80 ml περίπου απιονισμένο νερό. Όταν διαλυθούν προστίθενται 10 ml πυκνό  $\text{NaOCl}$  και συμπληρώνεται η φιάλη των 100 ml μέχρι τη χαραγή. Το pH του διαλύματος πρέπει να είναι ίσο με 13 και η παρασκευή του γίνεται την ημέρα της ανάλυσης.
4. Stock  $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ : 0,7637g  $\text{NH}_4\text{Cl}$  διαλύονται με απιονισμένο νερό σε φιάλη 1 ℓ. Η περιεκτικότητα του διαλύματος είναι 200  $\mu\text{g}/\text{ml}$ .
5. Standard εργασίας 2  $\mu\text{g}/\text{ml}$  (2 mg): Από το μητρικό διάλυμα των 200  $\mu\text{g}/\text{ml}$   $\text{NH}_4^+ \text{-N}$  λαμβάνονται 2 ml και φέρονται σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml. Συμπληρώνονται με απιονισμένο νερό. Τα Stock διαλύματα διατηρούνται στο ψυγείο.

##### Διαδικασία:

Ποσότητα δείγματος νερού (διηθείται εάν δεν είναι διαυγές) όγκου 2-10 ml.

μεταφέρεται σε ογκομετρική φιάλη των 25 ml. Προστίθενται 1 ml διάλυμα EDTA, ανακινείται το περιεχόμενο και προστίθενται 4 ml διάλυμα S.S. (Sodium salicylate-Sodium nitroprusside), ανακινείται το περιεχόμενο και προστίθεται νερό έως περίπου τα 20 ml της φιάλης.

Τέλος προσθέτονται 2 ml Buffer και συμπληρώνεται η φιάλη μέχρι τη χαραγή με απιονισμένο νερό.

Ανακίνηση για πλήρη ανάμιξη και παραμονή για 30 min. σε υδατόλουτρο στους 37 °C προκειμένου να αναπτυχθεί το χρώμα.

#### **Καμπύλη αναφοράς:**

Από Stock διάλυμα εργασίας των 2 mg/ℓ μεταφέρεται αντίστοιχα σε κάθε ογκομετρική φιάλη των 25 ml ο παρακάτω όγκος:

	standards	απορρόφηση
1 ml	0,08 mg/ℓ	0,082
2 ml	0,16 mg/ℓ	0,167
3 ml	0,24 mg/ℓ	0,245
5 ml	0,40 mg/ℓ	0,405
10 ml	0,80 mg/ℓ	0,808
12,5 ml	1,00 mg/ℓ	0,992

Προστίθενται 1 ml διάλυμα EDTA, ανακινείται το περιεχόμενο και προστίθενται 4 ml διάλυμα S.S., ανακινείται το περιεχόμενο και προστίθεται νερό έως περίπου τα 20 ml της φιάλης.

Τέλος προσθέτονται 2 ml Buffer και συμπληρώνεται η φιάλη μέχρι τη χαραγή με απιονισμένο νερό (Keeney and Nelson 1982, Mulvaney 1996).

Ανακίνηση για πλήρη ανάμιξη και παραμονή για 30 min. σε υδατόλουτρο στους 37 °C προκειμένου να αναπτυχθεί το χρώμα. Στη συνέχεια αφήνονται να

κρυώσουν και μετράται η απορρόφηση στο φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 667 nm.

Γίνεται η βαθμονόμηση του οργάνου με τη χρήση των παραπάνω “standards” εργασίας και δημιουργείται η καμπύλη αναφοράς και εξάγεται η εξίσωση ευθείας τύπου  $y = ax+b$ .

Ακολουθεί η μέτρηση της απορρόφησης των δειγμάτων στο φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 667 nm.

#### **Υπολογισμός αποτελεσμάτων**

Ο υπολογισμός του  $\text{NH}_4^+ \text{-N}$  σε  $\mu\text{g/g}$  εδάφους δίνεται από τη σχέση:

$$\text{NH}_4^+ \text{-N} = K * (ax+b)$$

Όπου:

$K$  = ο συντελεστής αραίωσης

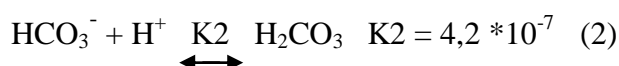
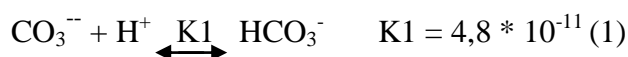
$a, b$  = οι συντελεστές της εξίσωσης ευθείας.

$x$  = η απορρόφηση στο κάθε δείγμα

Για να εκφράσουμε τη συγκέντρωση σε  $\text{NH}_4^+$  πολλαπλασιάζουμε το αποτέλεσμα με το συντελεστή 1,286.

#### **2.4.7. Ανθρακικά ιόντα ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) - (σύνθετη αλκαλικότητα – μέθοδος κατά ISO 9963-1:1996).**

Η συγκέντρωση των  $\text{CO}_3^{2-}$ , εκφράζεται σε  $\text{meqCO}_3^{2-}/\ell$  δείγματος. 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 μηδέν ισοδύναμο σημείο της (1) εμφανίζεται σε  $\text{pH} = (0,5 \text{ pK}_1 + 0,5 \text{ pK}_2) = 8,3$  και προσδιορίζεται με τη βοήθεια δείκτη φαινολοφθαλείνης, το δε ισοδύναμο σημείο της (2) εμφανίζεται σε  $\text{pH} = 3,8$  περίπου και προσδιορίζεται με τη βοήθεια δείκτη πορτοκαλοχρόου του μεθυλίου. Το άθροισμα των διαλυμένων στο δείγμα  $\text{CO}_3^{--}$  και  $\text{HCO}_3^-$  εκφράζει προσεγγιστικά τον όρο «αλκαλικότητας» του νερού.

### **Αντιδραστήρια – πορεία μέτρησης – Υπολογισμοί**

Ανυδρο  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

Δείκτης Bromocresol Green: διασπέρνεται 0,15 gr Bromocresol Green σε 100 ml αιθανόλης 96% (V/V). Προστίθενται σε σταγόνες NaOH 0.1N μέχρις ότου το κόκκινο χρώμα μετατραπεί σε σκοτεινό κόκκινο (1,5 ml περίπου). Διαλύονται με ανάδευση.

Δείκτης Methyl Red :διαλύουμε 0,1 gr methyl Red σε 100 ml αιθανόλης 96% (V/V).

Μικτός δείκτης Bromocresol Green - Methyl Red : Αναμιγνύονται σε αναλογία 1+1 τους δείκτες Bromocresol Green και Methyl Red.

Πρότυπος τιτλοδότησης  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,05 N: 1,4 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  96% (w/w), πυκνότητας  $d= 1,835$  αραιώνεται μέχρις όγκου 1000 ml με απεσταγμένο νερό.

(1 ml = 0,05 meq  $\text{HCO}_3^-$ ).

Ο συντελεστής διόρθωσης του διαλύματος αυτού  $\text{fH}_2\text{SO}_4$  προσδιορίζεται ως ακολούθως: Ζυγίζεται επακριβώς 100 mg  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , το οποίο έχει λιοστριβηθεί και ξηρανθεί στους 270 °C επί 2 ώρες και μεταφέρεται σε κωνική φιάλη των 250 ml. Διαλύεται σε 35 ml απεσταγμένου νερού και προστίθενται τρεις σταγόνες μεικτού δείκτη Bromocresol Green - Methyl Red.

Ογκομετρείται με τον πρότυπο τιτλοδότη  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,05 N μέχρις ότου το χρώμα



να μετατραπεί από πράσινο, μέσω καστανού, σε κόκκινο. Στη συνέχεια προστίθεται το διάλυμα για να απομακρυνθεί το  $\text{CO}_2$ , ψύχεται, ενώ συνεχίζεται η ογκομέτρηση μέχρις ότου το χρώμα μετατραπεί και πάλι κόκκινο ( $1 \text{ ml H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0.05 \text{ N} = 2,65 \text{ mg/ml Na}_2\text{CO}_3$ ).

Ο συντελεστής διόρθωσης  $f_{\text{H}_2\text{SO}_4}$  δίνεται από τον τύπο:  $f_{\text{H}_2\text{SO}_4} = w / (2,65 \cdot V)$ .

Όπου  $V = \text{ml}$  τιτλοδότη που καταναλώθηκαν

$W = \text{mg}$  ζυγισθέντος  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

Δείκτης φαινολοφθαλείνη : διαλύονται 500 mg αντιδραστηρίου σε 50 ml αιθυλικής αλκοόλης και προστίθενται 50 ml απεσταγμένο νερού υπό συνεχή ανάδευση. Δηθείται αν το διάλυμα δεν είναι διαυγές.

Μεταφέρονται 50 ml δείγματος σε κωνική φιάλη των 250 ml και προστίθενται τρεις σταγόνες δείκτη φαινολοφθαλείνης. Τυχόν εμφάνιση ρόδινης χροιάς αποτελεί ένδειξη παρουσίας ανθρακικών ιόντων, τα οποία προσδιορίζονται ογκομετρικά με διάλυμα  $\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,05 \text{ N}$  με τη βοήθεια μαγνητικού αναδευτήρα, μέχρι το διάλυμα να αποχρωματισθεί ( $\text{pH}=8,3$ ). Αν κατά την προσθήκη της φαινολοφθαλείνης δεν εμφανισθεί ρόδινη χροιά, αυτό δηλώνει απουσία ανθρακικών ιόντων.

Δεδομένου ότι  $1 \text{ ml H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,05 \text{ N}$  ισοδυναμεί με  $0,05 \text{ meq}$  ανθρακικών ιόντων, λαμβάνουν χώρα οι εξής υπολογισμοί με βάση τον τύπο:  $[\text{CO}_3^{--}](\text{meq/l}) = (50A / 50 \text{ ml δείγματος}) * f_{\text{H}_2\text{SO}_4}$

Όπου:  $A = \text{κατανάλωση H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,05 \text{ N}$  σε ml

$f_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \text{συντελεστής διόρθωσης του τιτλοδότη.}$

#### 2.4.8. Όξινα ανθρακικά ιόντα ( $\text{HCO}_3^-$ ) - (Ολική αλακαλικότητα - μέθοδος κατά ISO 9963-1:1996).

Η συγκέντρωση των  $\text{HCO}_3^-$ , εκφράζεται σε meq  $\text{HCO}_3^-/\ell$  δείγματος.

##### Αρχή μεθόδου – Όργανα

Ήδη έχει αναφερθεί στα ανθρακικά ιόντα (Κεφάλαιο 2.5.7.). Πρότυπος τιτλοδότης  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,05 N. Δείκτης πορτοκαλόχρουν του μεθυλίου: διαλύονται 50 mg του νατριούχου άλατος του methyl orange σε 100 ml  $\text{H}_2\text{O}$ , τα οποία περιέχουν 15,2 ml διαλύματος 0,01 N HCL. Η διάλυση επιτυγχάνεται με ήπια θέρμανση και αφού κρυώσει το διάλυμα ακολουθεί διήθηση αν δεν είναι διαυγές.

Μετά το τέλος της ογκομέτρησης των  $\text{CO}_3^{2-}$  προστίθενται στο ίδιο δείγμα τρεις σταγόνες πορτοκαλόχρουν του μεθυλίου οπότε παρουσία όξινων ανθρακικών ιόντων το διάλυμα χρωματίζεται κίτρινο. Με τη βοήθεια μαγνητικού αναδευτήρα γίνεται ογκομέτρηση με διάλυμα  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,05 N μέχρις εμφάνισης ελαφρού ερυθρού χρωματισμού. Το τελικό χρώμα προκύπτει προσθέτοντας σε κωνική φιάλη των 250 ml, 50 ml απεσταγμένο νερό, τρεις σταγόνες πορτοκαλόχρουν του μεθυλίου και 0,05 ml διαλύματος  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,05 N.

Δεδομένου ότι 1 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,05 N ισοδυναμεί με 0,05 meq όξινων ανθρακικών ιόντων έχουμε :

$$[\text{HCO}_3^-] (\text{meq}/\ell) = [50 (B-A)/50 \text{ ml δείγματος}] * f_{\text{H}_2\text{SO}_4}$$

Όπου B = κατανάλωση  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,05 N σε ml για τον προσδιορισμό των  $\text{HCO}_3^-$

A = κατανάλωση  $\text{H}_2\text{SO}_4$  X 0,05 N σε ml για τον προσδιορισμό των  $\text{CO}_3^{2-}$

$f_{\text{H}_2\text{SO}_4}$  = συντελεστής διόρθωσης του τιτλοδότη.

#### 2.4.9. Χλωροϊόντα ( $\text{Cl}^-$ ) - ( μέθοδος Mohr, κατά ISO 9297:1989)

Η συγκέντρωση των  $\text{Cl}^-$ , εκφράζεται σε meq  $\text{Cl}^-/\ell$  δείγματος. Ο

προσδιορισμός των  $\text{Cl}^-$  βασίζεται στην ογκομετρική καταβύθιση από ιόντα  $\text{Ag}^+$  της οποίας το τελικό σημείο προσδιορίζεται με τον σχηματισμό εγχρώμου ιζήματος (Mohr) λόγω των χρησιμοποιούμενων  $\text{CrO}_4^{2-}$  τα οποία καταβυθίζονται μετά τα  $\text{Cl}^-$  σαν κεραμέρυθρο ίζημα. Οι αντιδράσεις που γίνονται είναι:



Για να έχουμε ταυτόχρονη καταβύθιση  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  στο ισοδύναμο σημείο της πρώτης αντίδρασης θα πρέπει η συγκέντρωση των  $\text{CrO}_4^{2-}$  στο δείγμα να είναι 0.0141M όπως αποδεικνύεται παρακάτω :

$$[\text{Ag}^+] * [\text{Cl}^-] = K_{\text{sp}} \text{AgCl} = 1,2 \cdot 10^{-10}$$

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

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

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

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

Για να έχουμε ταυτόχρονη καταβύθιση  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  θα πρέπει :

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = [(\text{Cl}^-) / (9,2 \cdot 10^{-5})]^2 = [(1,1 \cdot 10^{-5}) / (9,2 \cdot 10^{-5})]^2 = 1,4 \cdot 10^{-2} = 0,014 \text{ mol/l.}$$

Στην πράξη όταν προστεθεί η ισοδύναμη ποσότητα  $\text{Ag}^+$  και καταβυθιστεί το σύνολο (ή καλύτερα το μεγαλύτερο μέρος) των  $\text{Cl}^-$  η επόμενη σταγόνα διαλύματος  $\text{AgNO}_3$  αντιδρά με  $\text{CrO}_4^{2-}$  και δημιουργεί το κεραμέρυθρο ίζημα  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ . Δηλαδή κατά την ογκομέτρηση, μια ποσότητα  $\text{Ag}^+$  καταναλώνεται από τα  $\text{CrO}_4^{2-}$  και για το λόγο αυτό εκτελείται τυφλός προσδιορισμός.

Το τελικό σημείο αντιστοιχεί στο απότομο σημείο καμπής της καμπύλης τιτλοδότησης  $\text{pCl}^-$  συναρτήσει  $V_{\text{AgNO}_3}$ .

Το σφάλμα της μεθόδου περιορίζεται όταν οι συνθήκες pH του δείγματος

βρίσκονται σε ελαφρά αλκαλικό περιβάλλον δηλαδή  $7 < \text{pH} < 10$ . Σε pH μεγαλύτερο από 10 γίνεται καταβύθιση  $\text{AgOH}$  ενώ σε pH μικρότερο από 7 δεν καταβυθίζεται  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ .

### Αντιδραστήρια – Πορεία μέτρησης – Υπολογισμοί

Δείκτης  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ : διαλύονται 5 gr  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  σε 100 ml απεσταγμένο νερό. Προστίθεται διάλυμα  $\text{AgNO}_3$  μέχρι να εμφανισθεί ελαφρό ερυθρό ίζημα. Παραμένει το διάλυμα για 12 ώρες, διηθείται και συμπληρώνεται στα 100 ml με απεσταγμένο νερό.

Δείκτης φαινολοφθαλείνης: διαλύονται 500 mg αντιδραστηρίου σε 50 ml αιθυλικής αλκοόλης και προστίθενται 50 ml απεσταγμένου νερού υπό συνεχή ανάδευση. Διηθείται αν το διάλυμα δεν είναι διαυγές.

Διάλυμα  $\text{NaOH}$  1N: διαλύονται 40 gr  $\text{NaOH}$  σε απεσταγμένο νερό και αραιώνεται μέχρις όγκου 1000 ml.

Διάλυμα  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1N: διαλύονται 28 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  96% σε απεσταγμένο νερό και αραιώνεται μέχρις όγκου 1000 ml.

Πρότυπο διάλυμα  $\text{NaCl}$  0,0141N : διαλύονται 0,824 gr  $\text{NaCl}$  (προξηραθέντος στους  $140^\circ\text{C}$  επί 24 ώρες) σε απεσταγμένο νερό και αραιώνεται μέχρις όγκου 1000 ml (1 ml = 0,0141 meq Cl<sup>-</sup>).

Πρότυπο διάλυμα  $\text{AgNO}_3$  0,0141N: διαλύονται 2.395 gr  $\text{AgNO}_3$  σε απεσταγμένο νερό και συμπληρώνονται μέχρις όγκου 1000 ml (1 ml = 0,0141 meq Cl<sup>-</sup>).

Ο συντελεστής διόρθωσης  $f_{\text{AgNO}_3}$  του διαλύματος αυτού προσδιορίζεται ως εξής : μεταφέρονται 20 ml προτύπου διαλύματος  $\text{NaCl}$  0.0141N σε κωνική φιάλη των 250 ml και ακολουθούμε την ακόλουθη πορεία. Οπότε :  $f_{\text{AgNO}_3} = 20 / (A-B)$

όπου:

A = ml τιτλοδότη που καταναλώθηκαν για τον προσδιορισμό.

B = ml τιτλοδότη που καταναλώθηκαν για το τυφλό.

Η πορεία εκτέλεσης είναι η εξής: Μεταφέρονται 50 ml δείγματος σε κωνική φιάλη των 250 ml και αραιώνονται μέχρι τα 100 ml περίπου. Αν το pH του αραιωμένου δείγματος δε βρίσκεται στην περιοχή 7–10, ρυθμίζεται με δείκτη φαινολοφθαλείνη και με προσθήκη σταγόνων διαλύματος NaOH 1N ή διαλύματος H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N ανάλογα.

Προστίθεται 1 ml δείκτη K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> και τιτλοδοτείται με διάλυμα AgNO<sub>3</sub> 0,0141N με τη βοήθεια μαγνητικού αναδευτήρα μέχρι εμφανίσεως κεραμέρυθρου ιζήματος Ag<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>.

Τιτλοδοτείται με AgNO<sub>3</sub> 0,0141N και ένα τυφλό που αποτελείται από 100 ml απεσταγμένο νερό και 1 ml K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>.

Οι υπολογισμοί δίνονται από τον τύπο:

$$[Cl^-] \text{ (meq /l)} = [(14,1 * (A-B)) / (\text{ml δείγματος})] * f_{\text{AgNO}_3}$$

Όπου : A = ml AgNO<sub>3</sub> 0,0141N που καταναλώθηκαν για το δείγμα.

B= ml AgNO<sub>3</sub> 0.0141N που καταναλώθηκαν για το τυφλό.

$f_{\text{AgNO}_3}$  = συντελεστής διόρθωσης του τιτλοδότη.

#### **2.4.10. Θεικά ιόντα (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) - (Νεφελοποιημένη τροποποιημένη μέθοδος χλωριούχου βαρίου (Eaton and Ganson 2005).**

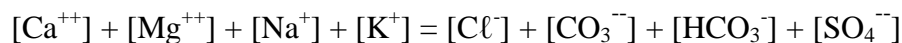
Η συγκέντρωση των SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> εκφράζεται σε meqSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/l δείγματος.

Η συγκέντρωση [SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>], προσδιορίζεται με δύο τρόπους:

1. Υπολογιστικά .
2. Με την μέθοδο (Eaton and Ganson 2005).

#### **Υπολογιστικά**

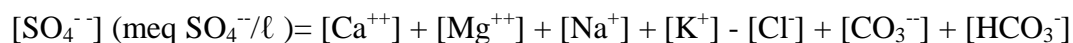
Δεδομένου ότι ισχύει η σχέση :



Όταν όλες οι συγκεντρώσεις εκφράζονται σε meq/ℓ.

### Υπολογισμοί

Η συγκέντρωση των  $\text{SO}_4^{--}$ ,  $[\text{SO}_4^{--}]$ , υπολογίζεται βάσει του τύπου :



### Αντιδραστήρια

- ✓ Μικτό αντιδραστήριο (Χλωριούχου Βαρίου Ζελατίνης). Ζυγίζονται 2,5 gr ζελατίνης και διαλύονται σε 600 ml απιονισμένο νερού στους 40° C, Προσθέτονται 60 ml HCl 1N και 20 g BaCl<sub>2</sub>\*2H<sub>2</sub>O. Συμπληρώνεται η φιάλη στα 1000 ml. Εάν το διάλυμα μας είναι θολό φιλτράρεται.
- ✓ Πρότυπο διάλυμα Θεικών (500 mg SO<sub>4</sub><sup>-</sup>/ℓ).
- ✓ Διαλύονται 0,3698 g άνυδρου Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> σε φιάλη των 500 ml.

### Τρόπος εργασίας

Καμπύλη αναφοράς

Από το stock SO<sub>4</sub><sup>-</sup> 500 mg/ℓ παρασκευάζονται St : 0- 5-10-15-20-40 mg/ℓ.

Μικρή ποσότητα του stock SO<sub>4</sub><sup>-</sup> των 500 mg/ℓ φέρεται σε ποτήρι ζέσεως και αφήνεται για λίγο σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

- ✓ Σε ογκομετρικές φιάλες των 25 ml φέρονται με σιφόνιο ή ρυθμιζόμενη πιπέτα 0- 0,25-0,5-1 και 2 ml αντίστοιχα από το Standard SO<sub>4</sub><sup>-</sup> 500 mg/ℓ.
- ✓ Προστίθεται απεσταγμένο νερό έως τα 20 ml και 5 ml Μικτό Αντιδραστήριο.
- ✓ Ανακινείτε καλά και αφήνεται σε ηρεμία για 15 λεπτά ακριβώς.
- ✓ Μετράται η απορρόφηση στα 490 nm

### Προσδιορισμός $\text{SO}_4^{2-}$ στο δείγμα

- ✓ Ποσότητα δείγματος 5 ml μεταφέρεται σε ογκομετρική φιάλη των 25 ml, προστίθεται απεσταγμένο νερό έως στα 20 ml.
- ✓ Προσθέτονται 5 ml Μικτού Αντιδραστηρίου και συμπληρώνεται η φιάλη μέχρι τη χαραγή.
- ✓ Ανακινείται ζωηρά και μετά παραμονής 15 λεπτά ακριβώς μετράται στα 490 nm.
- ✓ Παράλληλα γίνεται και λευκός προσδιορισμός.

### Παρατηρήσεις

Νιτρικά πάνω από 100 mg/ℓ και πυριτικά πάνω από 500 mg/ℓ παρεμποδίζουν τον προσδιορισμό.

Τα δείγματα αποθηκεύονται σε πλαστικές φιάλες πολυαιθυλενίου και διατηρούνται πάνω από μία εβδομάδα σε θερμοκρασία 2 -5 °C.

#### 2.4.11. Προσδιορισμός νιτρωδών ( $\text{NO}_2^-$ ) (Eaton and Ganson 2005)

##### Αρχή μεθόδου

Το χρώμα αναπτύσσεται με την επίδραση στο δείγμα,  $\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$  σε διάλυμα  $\text{HCl}$ , για τη μετατροπή των  $\text{NO}_2^-$  σε διαζωτούχο άλας και στη συνέχεια με επίδραση  $\text{N}$ -(1-naphthyl)-ethylenediamine, για τη μετατροπή του άλατος σε κόκκινη αζω-ένωση. Η μέγιστη ευαισθησία και ακρίβεια επιτυγχάνεται με τη μέτρηση της απορρόφησης του διαλύματος στα 540 nm. Όταν η οπτική διαδρομή είναι 1cm, η μέθοδος αυτή υπακούει στο νόμο του Beer στην περιοχή 0 έως 1,5 mg  $\text{NO}_2^-$  -N/ℓ.

##### Αντιδραστήρια

1. **Νερό:** Σε όλα τα στάδια της μεθόδου αυτής, χρησιμοποιείστε νερό με αγωγιμότητα < 1μS/cm.
2. **1M HCl:** Το HCl 1,0 mol/ℓ παρασκευάζεται λαμβάνοντας 83 ml πυκνό

HCl 37% και αραιώνοντας μέχρι όγκου 1ℓ.

3. Επιχαλωμένο κάδμιο
4. Πυκνό διάλυμα NH<sub>4</sub>Cl: Διαλύονται 100 g NH<sub>4</sub>Cl σε 500 ml νερό με χρήση ογκομετρικού κυλίνδρου. Αποθηκεύεται σε πλαστική ή γυάλινη φιάλη. Το διάλυμα διατηρείται για έξι μήνες.
5. Αραιό NH<sub>4</sub>Cl: Ποσότητα 50 ml πυκνό NH<sub>4</sub>Cl μεταφέρεται σε ογκομετρική των 2000 ml αραιώνεται μέχρις όγκου. Αποθηκεύεται σε πλαστική ή γυάλινη φιάλη. Το διάλυμα διατηρείται για δύο μήνες.
6. Αντιδραστήριο Diazotizing: Διαλύονται 0,5 g Sulfanilamide σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml Class A με διάλυμα HCl 2,4 mol/l και αραιώνεται μέχρις όγκου. Αποθηκεύεται σε 2 °C - 8 °C. Το διάλυμα διατηρείται για ένα μήνα. Το HCl 2,4 mol/l παρασκευάζεται λαμβάνοντας 200 ml πυκνό HCl 37 % και αραιώνοντας μέχρις όγκου 1ℓ.
7. Αντιδραστήριο Coupling: Διαλύονται 0,3 g N-(1-naphthyl)-ethylenediaminedihydrochloride σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml Class A με διάλυμα HCl 0,12 mol/l και αραιώνεται μέχρις όγκου. Αποθηκεύονται σε σκουρόχρωμη φιάλη στους 2 °C – 8 °C. Το HCl 0,12 mol/l παρασκευάζεται λαμβάνοντας 50ml HCl 2,4 mol/l και αραιώνοντας μέχρις όγκου 1ℓ.
8. Stock διάλυμα 50 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N/l: Ξεραίνεται KNO<sub>3</sub> (Merck 1.05065) στους 105 °C, για 24 ώρες. Διαλύονται 0,3609 g KNO<sub>3</sub> σε νερό, μεταφέρονται ποσοτικά σε ογκομετρική φιάλη 1000 ml Class A και



συμπληρώνεται μέχρι τη χαραγή. Προστίθενται 2 ml χλωροφόρμιο ( $\text{CHCl}_3$ , Merck 1.02445) και αποθηκεύεται το σε σκουρόχρωμη φιάλη. Το διάλυμα διατηρείται σε σκοτεινό ψυγείο για έξι μήνες. 1,00 ml = 50  $\mu\text{g}$   $\text{NO}_3^-$

9. Πρότυπο διάλυμα 2 mg  $\text{NO}_2^-$  - N/l: Μεταφέρονται 20 ml από το Stock διάλυμα 50 mg  $\text{NO}_3^-$ -N/l με σιφόνιο μιας χαραγής των 20 ml Class A, σε ογκομετρική φιάλη των 500 ml Class A. Παρασκευάζεται πάντα αμέσως πριν τη χρήση του.

### **Πρότυπα διαλύματα βαθμονόμησης $\text{NO}_3^-$ -N/l - Προετοιμασία της στήλης αναγωγής νιτρικών.**

Με την κάτω στρόφιγγα εκροής κλειστή, γεμίζεται η στήλη με αραιό  $\text{NH}_4\text{Cl}$  μέχρι τη βάση του κυλινδρικού δοχείου αποθήκευσης. Συμπληρώνεται ο Pyrex σωλήνας με επιχλωμένο κάδμιο σε ύψος 20 cm, κτυπώντας ελαφρά το σωλήνα κατά την προσθήκη του καδμίου, προκειμένου να απομακρύνονται οι φυσαλίδες αέρα. Απομακρύνεται η περίσσεια αραιού  $\text{NH}_4\text{Cl}$  από τη στρόφιγγα εκροής και στη συνέχεια ξεπλένεται η στήλη καδμίου με αραιό  $\text{NH}_4\text{Cl}$  με παροχή 8 ml/min. Αφήνεται ικανή ποσότητα διαλύματος ώστε να καλύπτεται η στήλη καδμίου τουλάχιστον κατά 1cm. Αμέσως πριν την χρήση της στήλης, προσθέτονται 1 ml πυκνό  $\text{NH}_4\text{Cl}$  στη στήλη καδμίου και περιστρέφεται η στρόφιγγα εκροής, προκειμένου να χαμηλώσει η στάθμη του υγρού μέχρι την κορυφή της στήλης. Στη συνέχεια προστίθενται 75 ml αραιό  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , με ογκομετρικό κύλινδρο των 100 ml, στο κυλινδρικό δοχείο αποθήκευσης, συνδέεται μια ογκομετρική φιάλη των 100 ml Class A στην στρόφιγγα εκροής, μέσω του ελαστικού πώματος και ενεργοποιείται η περισταλτική αντλία ρυθμίζοντας την παροχή στην τιμή 110 ml/min.

### **Παρασκευή διαλυμάτων βαθμονόμησης**

Απομακρύνεται η περίσσεια διαλύματος  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , μέχρι η στάθμη του υγρού να ταυτιστεί με την κορυφή της στήλης. Προσθέτονται 1ml πυκνό  $\text{NH}_4\text{Cl}$  στη κορυφή της στήλης καδμίου και στη συνέχεια διαδοχικά 0 - 1 - 2 - 3 - 5 - 10 ml από το Πρότυπο Διάλυμα 2 mg  $\text{NO}_3^-$  -N/l με ρυθμιζόμενη πιπέτα 0,5-5 ml και σιφόνιο μιας χαραγής των 10 ml Class A.

Συνδέεται κάθε φορά, μια ογκομετρική φιάλη των 100 ml Class A στη στρόφιγγα εκροής της στήλης και περιστρέφεται ώστε να είναι ανοικτή. Ξεπλένεται η στήλη με 2 ml αραιό  $\text{NH}_4\text{Cl}$  και προστίθενται 75 ml αραιό  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , με ογκομετρικό κύλινδρο των 100 ml, στο κυλινδρικό δοχείο αποθήκευσης.

Ενεργοποιείται η περισταλτική αντλία ρυθμίζοντας την παροχή στην τιμή 110 ml/min και όταν η στάθμη του υγρού φθάσει στην κορυφή της στήλης, κλείνεται η στρόφιγγα εκροής και απομακρύνεται η ογκομετρική φιάλη συλλογής.

Στην ογκομετρική φιάλη συλλογής των 100 ml, προστίθενται με πιπέτα των 5 ml και 2 ml αντιδραστήριο Diazotizing και αναμιγνύεται καλά.

Μετά παραμονή 5 λεπτών, προστίθενται με πιπέτα των 5 ml, 2 ml Αντιδραστήριο Coupling, αραιώνεται μέχρις όγκου με νερό και αναμιγνύεται καλά.

Τα διαλύματα που προκύπτουν στις 6 ογκομετρικές φιάλες των 100 ml, έχουν συγκεντρώσεις 0,00 - 0,02 - 0,04 - 0,06 - 0,10 και 0,20 mg  $\text{NO}_3^-$  -N/l, αντίστοιχα.

Τα Πρότυπα Διαλύματα Βαθμονόμησης  $\text{NO}_3^-$  -N παρασκευάζονται φρέσκα αμέσως πριν την βαθμονόμηση του φασματοφωτομέτρου (Σχ. 13).

#### **Αρχικό διάλυμα εσωτερικού ελέγχου I (226 mg $\text{NO}_3^-$ -N/l)**

Χρησιμοποιείται διάλυμα του εμπορίου συγκέντρωσης 1000 mg  $\text{NO}_3^-$  -N/l. Το διάλυμα φυλάσσεται στο ψυγείο μέχρι την ημερομηνία λήξης του. Μικρή ποσότητα (~50 ml) μπορεί να φυλάσσεται εκτός ψυγείου, σε σκοτεινό μέρος για

καθημερινή χρήση. Σε αυτήν την περίπτωση το διάλυμα διατηρείται για μέχρι δύο μήνες.

$$1,00 \text{ ml} = 1000 \text{ } \mu\text{g NO}_3^- = 225,8 \text{ } \mu\text{g NO}_3^- \text{ -N}$$

#### **Διάλυμα εσωτερικού ελέγχου II (QCS, 2,3 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> -N/l)**

Μεταφέρεται με ρυθμιζόμενη πιπέττα, 1,00 ml από το αρχικό διάλυμα εσωτερικού ελέγχου I σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml Class A και αραιώνεται μέχρις όγκου με νερό. Προστίθενται 2 ml χλωροφόρμιο (CHCl<sub>3</sub>, Merck 1.02445) και αποθηκεύεται σε σκουρόχρωμη φιάλη. Το διάλυμα εσωτερικού ελέγχου II παρασκευάζεται αμέσως πριν τη χρήση του.

$$1,00 \text{ ml} = 10,0 \text{ } \mu\text{g NO}_3^- = 2,3 \text{ } \mu\text{g NO}_3^- \text{ -N}$$

#### **Βαθμονόμηση φασματοφωτομέτρου μοριακής απορρόφησης**

- ✓ Μηδενίζεται το φασματοφωτόμετρο μοριακής απορρόφησης χρησιμοποιώντας το Πρότυπο Διάλυμα Βαθμονόμησης με συγκέντρωση 0,00 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/l. Στη συνέχεια εισάγονται στη συσκευή τα φρέσκα Πρότυπα Διαλύματα Βαθμονόμησης με συγκεντρώσεις 0,02 - 0,04 - 0,06 - 0,10 και 0,20 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> -N/l, μετριοούνται οι αντίστοιχες απορροφήσεις στα 540 nm. Η συσκευή αυτόματα κατασκευάζει την καμπύλη βαθμονόμησης.
- ✓ Η καμπύλη βαθμονόμησης γίνεται αποδεκτή, όταν ο συντελεστής συσχέτισης είναι  $\geq 0,995$ .

#### **Πορεία**

**Προετοιμασία:** Διηθείται το δείγμα, αν απαιτείται, και συλλέγεται το διήθημα. Αν το διήθημα δε μετρηθεί αμέσως, τότε αποθηκεύεται σε σκοτεινό ψυγείο και σε θερμοκρασία 2 °C – 8 °C.

#### **Μέτρηση**

- ✓ Ακολουθείται η πορεία για την προετοιμασία της στήλης αναγωγής των νιτρικών.



**Εικόνα 13.** Φασματοφωτόμετρο (VARIAN CARRY100).

- ✓ Προστίθενται 1ml πυκνό  $\text{NH}_4\text{Cl}$  στη κορυφή της στήλης καδμίου και στη συνέχεια  $V_s = 0,5-10,0$  ml από το δείγμα, με ρυθμιζόμενη πιπέτα 0,5-5 ml.
- ✓ Συνδέεται μία ογκομετρική φιάλη των 100 ml Class A στη στρόφιγγα εκροής της στήλης και ανοίξτε τη.
- ✓ Ξεπλένεται η στήλη με 2 ml αραιό  $\text{NH}_4\text{Cl}$  και προστίθενται 75 ml αραιό  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , με ογκομετρικό κύλινδρο των 100 ml, στο κυλινδρικό δοχείο αποθήκευσης.
- ✓ Ενεργοποιείται η περισταλτική αντλία ρυθμίζοντας την παροχή στην τιμή 110 ml/min και όταν η στάθμη του υγρού φτάσει στην κορυφή της στήλης, κλείνεται η στρόφιγγα εκροής και απομακρύνεται η ογκομετρική φιάλη συλλογής.
- ✓ Στην ογκομετρική φιάλη συλλογής των εκχυλισμάτων των δειγμάτων όγκου 100 ml, προστίθενται με πιπέτα των 5 ml και 2 ml αντιδραστήριο Diazotizing και αναμιγνύεται καλά.

- ✓ Μετά παραμονή 5 min, προστίθενται με πιπέττα των 5 ml και 2 ml αντιδραστήριο Coupling, αραιώνεται μέχρις όγκου με νερό και αναμιγνύεται καλά.
- ✓ Μετά από 20 min μετράται η απορρόφηση στα 540 nm.

#### **Εσωτερικός έλεγχος ποιότητας**

- ✓ Σε κάθε σειρά άγνωστων δειγμάτων και μέχρι μία φορά τη μέρα μετράται ένα Διάλυμα Εσωτερικού Ελέγχου. Μεταφέρονται με ρυθμιζόμενη πιπέττα 2,0 ml από το Διάλυμα Εσωτερικού Ελέγχου II στήλη αναγωγής νιτρικών.
- ✓ Η μετρούμενη συγκέντρωση του QCS σε mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/l εισάγεται στο διάγραμμα μέσης τιμής Shewhart.

#### **Υπολογισμοί – Έκφραση αποτελεσμάτων**

Η περιεκτικότητα του δείγματος σε νιτρικά, C<sub>NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N</sub>, σε mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/l, υπολογίζεται από τον τύπο :

$$C_{\text{NO}_3^- \text{-N}} (\text{mg/l}) = 100 \cdot a / V_s \text{ όπου :}$$

V<sub>s</sub>: Ο όγκος, σε ml, του δείγματος που εισάγεται στη στήλη (συνήθως 2,0 ml) και

a: Η συγκέντρωση του εκχυλίσματος, σε mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/l, στην ογκομετρική φιάλη των 100 ml.

$$C_{\text{NO}_3^-} (\text{mg/l}) = 4,429 \cdot C_{\text{NO}_3^- \text{-N}} (\text{mg/l})$$

Το αποτέλεσμα εκφράζεται με μέχρι δύο δεκαδικά ψηφία και μέχρι δύο σημαντικά ψηφία.

#### **2.4.12. Υπολειπόμενο νάτριο**

Η επίδραση των όξινων και ανθρακικών στην ποιότητα ενός αρδευτικού νερού εκφράζεται σαν υπολειπόμενο νάτριο R.S.C. ( Residual Sodium Carbonate) και δίνεται από την σχέση:

$$\text{Υπολειπόμενο νάτριο} = ([\text{CO}_3^-] + [\text{HCO}_3^-]) - ([\text{Ca}^{++}] + [\text{Mg}^{++}])$$

Όλες οι συγκεντρώσεις είναι σε meq/ℓ.

#### 2.4.13. Βαθμός αλκαλίωσης Na% (υπολογιστικά)

Ως «βαθμός αλκαλίωσης νατρίου» ορίζεται το % ποσοστό των ιόντων νατρίου στο σύνολο των κατιόντων και δίνεται από τον τύπο:

$$B.A. Na \% = [Na^+] \cdot 100 / [Ca^{++}] + [Mg^{++}] + [Na^+]$$

Όλες οι συγκεντρώσεις είναι σε meq/ℓ.

#### 2.4.14. S.A.R. (Sodium Absorption Ratio)

Η υπάρχουσα σχέση μεταξύ του διαλυτού νατρίου και των άλλων διαλυτών κατιόντων κυρίως  $[Ca^{++}]$  και  $[Mg^{++}]$  χαρακτηρίζεται ως κίνδυνος νατρίου. Η σχέση αυτή έχει επικρατήσει να ονομάζεται S.A.R και η τιμή της υπολογίζεται από τον τύπο:

$$S.A.R. = [Na^+] / \sqrt{([Ca^{++}] + [Mg^{++}]) / 2}$$

Όλες οι συγκεντρώσεις είναι σε meq/ℓ.

Κατά την εφαρμογή του αρδευτικού νερού στο έδαφος η τιμή της S.A.R. μπορεί να αλλάξει αν το νερό είναι πλούσιο σε  $HCO_3^-$  και  $CO_3^{--}$  ιόντα. Η αλλαγή αυτή οφείλεται στην καταβύθιση ιόντων  $Ca^{++}$  και  $Mg^{++}$  με αποτέλεσμα να αυξάνει την τιμή της S.A.R.

#### 2.4.15. Σκληρότητα

Η σκληρότητα την διακρίνεται σε :

1. ολική σκληρότητα
2. παροδική σκληρότητα
3. μόνιμη σκληρότητα
4. σκληρότητα ασβεστίου
5. σκληρότητα μαγνησίου

Οι μονάδες στις οποίες δίνεται η σκληρότητα είναι :

A) ppm CaCO<sub>3</sub> ( mgCaCO<sub>3</sub>/ℓνερού)

B) γερμανικοί βαθμοί °D (mg CaO/100 ml νερού)

Γ) γαλλικοί βαθμοί °F (mg CaCO<sub>3</sub>/100 ml νερού)

### **Ολική σκληρότητα**

Η ολική σκληρότητα υπολογίζεται από τους τύπους:

$$H_{\text{ολική}} (\text{ppm CaCO}_3) = ([\text{Ca}^{++}] + [\text{Mg}^{++}]) * 50 (\text{mg CaCO}_3 / \text{meq CaCO}_3)$$

$$H_{\text{ολική}} (^\circ\text{D}) = ([\text{Ca}^{++}] + [\text{Mg}^{++}]) * 28 (\text{mg CaO} / \text{meq CaO}) * 0,01(1/100 \text{ ml})$$

$$H_{\text{ολική}} (^\circ\text{F}) = ([\text{Ca}^{++}] + [\text{Mg}^{++}]) * 50(\text{mg CaCO}_3 / \text{meq CaCO}_3) * 0,01(1/100 \text{ ml})$$

Όλες οι συγκεντρώσεις είναι σε meq/ℓ.

### **Παροδική σκληρότητα**

Η παροδική σκληρότητα υπολογίζεται από τους τύπους :

$$H_{\text{παροδική}} (\text{ppm CaCO}_3) = ([\text{CO}_3^{--}] + [\text{HCO}_3^-]) * 50 (\text{mg CaCO}_3 / \text{meq CaCO}_3)$$

$$H_{\text{παροδική}} (^\circ\text{D}) = ([\text{CO}_3^{--}] + [\text{HCO}_3^-]) * 28 (\text{mg CaO} / \text{meq CaO}) * 0,01(1/100 \text{ ml})$$

$$H_{\text{παροδική}} (^\circ\text{F}) = ([\text{CO}_3^{--}] + [\text{HCO}_3^-]) * 50 (\text{mg CaCO}_3 / \text{meq CaCO}_3) * 0,01(1/100 \text{ ml})$$

Όλες οι συγκεντρώσεις είναι σε meq/ℓ.

### **Μόνιμη σκληρότητα**

Η μόνιμη σκληρότητα υπολογίζεται σαν η διαφορά της ολικής από την παροδική.

Μόνιμη σκληρότητα = ολική σκληρότητα - παροδική σκληρότητα

### **Σκληρότητα ασβεστίου**

Η σκληρότητα ασβεστίου υπολογίζεται από τους τύπους :

$$H_{\text{Ca}^{++}} (\text{ppm CaCO}_3) = [\text{Ca}^{++}] * 50 (\text{mg CaCO}_3 / \text{meq CaCO}_3)$$

$$H_{\text{Ca}^{++}} (^\circ\text{D}) = [\text{Ca}^{++}] * 28 (\text{mg CaO} / \text{meq CaO}) * 0,01(1/100 \text{ ml})$$

$$H_{\text{Ca}^{++}} (^\circ\text{F}) = [\text{Ca}^{++}] * 50 (\text{mg CaCO}_3 / \text{meq CaCO}_3) * 0,01(1/100 \text{ ml})$$

Όλες οι συγκεντρώσεις είναι σε meq/ℓ.

### Σκληρότητα μαγνησίου

Η σκληρότητα μαγνησίου υπολογίζεται από τους τύπους:

$$\text{HMg}^{++} (\text{ppm CaCO}_3) = [\text{Mg}^{++}] * 50 (\text{mg CaCO}_3 / \text{meq CaCO}_3)$$

$$\text{HMg}^{++} (^\circ\text{D}) = [\text{Mg}^{++}] * 28 (\text{mg CaO} / \text{meq CaO}) * 0,01(1/100 \text{ ml})$$

$$\text{HMg}^{++} (^\circ\text{F}) = [\text{Mg}^{++}] * 50 (\text{mg CaCO}_3 / \text{meq CaCO}_3) * 0,01(1/100 \text{ ml})$$

Όλες οι συγκεντρώσεις είναι σε meq/ℓ.

#### 2.4.16. Προσδιορισμός νιτρωδών (Eaton and Ganson 2005).

##### Αρχή μεθόδου

Το χρώμα αναπτύσσεται με την επίδραση στο δείγμα,  $\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$  σε διάλυμα  $\text{HCl}$ , για τη μετατροπή των  $\text{NO}_2^-$  σε διαζωτούχο άλας και στη συνέχεια με επίδραση  $\text{N}$  - (1-naphthyl) - (ethylenediamine), για τη μετατροπή του άλατος σε κόκκινη αζω-ένωση.

Η μέγιστη ευαισθησία και ακρίβεια επιτυγχάνεται με τη μέτρηση της απορρόφησης του διαλύματος στα 540 nm. Όταν η οπτική διαδρομή είναι 1cm, η μέθοδος αυτή υπακούει στο νόμο του Beer στην περιοχή 0 έως 1,5 mg  $\text{NO}_2^-$  -N/ℓ.

##### Αντιδραστήρια

- ✓ Νερό: Σε όλα τα στάδια της μεθόδου αυτής, χρησιμοποιείται νερό με αγωγιμότητα < 1μS/cm.
- ✓ 1M HCl: Το HCl 1,0 mol/ℓ παρασκευάζεται λαμβάνοντας 83 ml πυκνό HCl 37% και αραιώνοντας μέχρι όγκου 1 ℓ.
- ✓ Επιχαλκωμένο κάδμιο
- ✓ Πυκνό διάλυμα  $\text{NH}_4\text{Cl}$ : Διαλύονται 100 g  $\text{NH}_4\text{Cl}$  σε 500 ml νερό με χρήση ογκομετρικού κυλίνδρου. Αποθηκεύεται σε πλαστική ή γυάλινη φιάλη. Το διάλυμα διατηρείται για έξι μήνες.
- ✓ Αραιό  $\text{NH}_4\text{Cl}$ : Ποσότητα 50 ml πυκνό  $\text{NH}_4\text{Cl}$  μεταφέρεται σε ογκομετρική



των 2000 ml αραιώνεται μέχρις όγκου. Αποθηκεύεται σε πλαστική ή γυάλινη φιάλη. Το διάλυμα διατηρείται για δύο μήνες

- ✓ Αντιδραστήριο Diazotizing: Διαλύονται 0,5g Sulfanilamide σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml Class A με διάλυμα HCl 2,4 mol/l και αραιώνεται μέχρις όγκου. Αποθηκεύεται το σε 2 °C - 8 °C. Το διάλυμα διατηρείται για ένα μήνα. (το HCl 2,4 mol/l παρασκευάζεται λαμβάνοντας 200 ml πυκνό HCl 37% και αραιώνοντας μέχρις όγκου 1l).
- ✓ Αντιδραστήριο Coupling: Διαλύονται 0,3 g N-(1-naphthyl)-ethylenediaminedihydrochloride σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml Class A με διάλυμα HCl 0,12 mol/l και αραιώνεται μέχρις όγκου. Αποθηκεύεται σε σκουρόχρωμη φιάλη στους 2 °C – 8 °C. (το HCl 0,12 mol/l παρασκευάζεται λαμβάνοντας 50 ml HCl 2,4 mol/l και αραιώνεται μέχρις όγκου 1l).
- ✓ Stock διάλυμα 50 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N/l: Ξεραίνεται KNO<sub>3</sub> (Merck 1.05065) στους 105 °C, για 24 ώρες. Διαλύονται 0,3609 g KNO<sub>3</sub> σε νερό, μεταφέρονται ποσοτικά σε ογκομετρική φιάλη 1000 ml Class A και συμπληρώνεται μέχρι τη χαραγή. Προστίθενται 2 ml χλωροφόρμιο (CHCl<sub>3</sub>, Merck 1.02445) και αποθηκεύστε το σε σκουρόχρωμη φιάλη. Το διάλυμα διατηρείται σε σκοτεινό ψυγείο για έξι μήνες. 1,00 ml = 50 µg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- ✓ Πρότυπο διάλυμα 2 mg NO<sub>2</sub><sup>-</sup> -N/l: Μεταφέρονται 20 ml από το Stock διάλυμα 50 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> -N/l με σιφόνιο μιας χαραγής των 20 ml Class A, σε ογκομετρική φιάλη των 500 ml Class A και συμπληρώνεται μέχρις όγκου. Παρασκευάζεται πάντα αμέσως πριν τη χρήση του.

**Πρότυπα διαλύματα βαθμονόμησης NO<sub>3</sub><sup>-</sup> -N/l - Προετοιμασία της στήλης αναγωγής νιτρικών.**

Με την κάτω στρόφιγγα εκροής κλειστή, γεμίζεται η στήλη με αραιό  $\text{NH}_4\text{Cl}$  μέχρι τη βάση του κυλινδρικού δοχείου αποθήκευσης. Συμπληρώνεται ο Pyrex σωλήνας με επιχλακωμένο κάδμιο σε ύψος 20 cm, κτυπώντας ελαφρά το σωλήνα κατά την προσθήκη του καδμίου, προκειμένου να απομακρυνθούν οι φυσαλίδες αέρα. Απομακρύνεται η περίσσεια αραιού  $\text{NH}_4\text{Cl}$  από την στρόφιγγα εκροής και στη συνέχεια ξεπλένεται η στήλη καδμίου με αραιό  $\text{NH}_4\text{Cl}$  με παροχή 8 ml/min. Αφήνεται ικανή ποσότητα διαλύματος ώστε να καλύπτεται η στήλη καδμίου τουλάχιστον κατά 1cm. Αμέσως πριν την χρήση της στήλης, προσθέτονται 1 ml πυκνό  $\text{NH}_4\text{Cl}$  στη στήλη καδμίου και περιστρέφεται η στρόφιγγα εκροής, προκειμένου να χαμηλώσει η στάθμη του υγρού μέχρι την κορυφή της στήλης. Στη συνέχεια προστίθενται 75 ml αραιό  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , με ογκομετρικό κύλινδρο των 100 ml, στο κυλινδρικό δοχείο αποθήκευσης, συνδέεται μια ογκομετρική φιάλη των 100 ml Class A στην στρόφιγγα εκροής, μέσω του ελαστικού πόματος και ενεργοποιείται η περισταλτική αντλία ρυθμίζοντας την παροχή στην τιμή 110 ml/min.

### **Παρασκευή διαλυμάτων βαθμονόμησης**

Απομακρύνεται η περίσσεια διαλύματος  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , μέχρι η στάθμη του υγρού να ταυτιστεί με την κορυφή της στήλης. Προσθέτονται 1 ml πυκνό  $\text{NH}_4\text{Cl}$  στη κορυφή της στήλης καδμίου και στη συνέχεια διαδοχικά 0 - 1 - 2 - 3 - 5 - 10 ml από το Πρότυπο Διάλυμα 2 mg  $\text{NO}_3^-$  - N/l με ρυθμιζόμενη πιπέτα 0,5-5 ml και σιφόνιο μιας χαραγής των 10 ml Class A.

Συνδέεται κάθε φορά, μια ογκομετρική φιάλη των 100 ml Class A στη στρόφιγγα εκροής της στήλης και περιστρέφεται ώστε να είναι ανοικτή.

Ξεπλένεται η στήλη με 2 ml αραιό  $\text{NH}_4\text{Cl}$  και προστίθενται 75 ml αραιό  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , με ογκομετρικό κύλινδρο των 100 ml, στο κυλινδρικό δοχείο αποθήκευσης.

Ενεργοποιείται η περισταλτική αντλία ρυθμίζοντας την παροχή στην τιμή 110 ml/min και όταν η στάθμη του υγρού φτάσει στην κορυφή της στήλης, κλείνεται η στρόφιγγα εκροής και απομακρύνεται η ογκομετρική φιάλη συλλογής.

Στην ογκομετρική φιάλη συλλογής των 100 ml, προστίθενται με πιπέττα των 5 ml και 2 ml Αντιδραστήριο Diazotizing και αναμιγνύεται καλά.

Μετά παραμονή 5 min, προστίθενται με πιπέττα των 5 ml και 2 ml Αντιδραστήριο Coupling, αραιώνεται μέχρις όγκου με νερό και αναμιγνύεται καλά. Τα διαλύματα που προκύπτουν στις 6 ογκομετρικές φιάλες των 100 ml, έχουν συγκεντρώσεις 0,00 - 0,02 - 0,04 - 0,06 - 0,10 και 0,20 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> -N/l, αντίστοιχα. Τα Πρότυπα Διαλύματα Βαθμονόμησης NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N/l, παρασκευάζονται φρέσκα αμέσως πριν τη βαθμονόμηση του φασματοφωτομέτρου.

#### **Αρχικό διάλυμα εσωτερικού ελέγχου I (226 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> -N/l)**

Χρησιμοποιείται διάλυμα του εμπορίου συγκέντρωσης 1000 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l. Το διάλυμα φυλάσσεται στο ψυγείο μέχρι την ημερομηνία λήξης του. Μικρή ποσότητα (~50ml) μπορεί να φυλάσσεται εκτός ψυγείου, σε σκοτεινό μέρος για καθημερινή χρήση. Σε αυτήν την περίπτωση το διάλυμα διατηρείται μέχρι δύο μήνες.

$$1,00 \text{ ml} = 1000 \text{ } \mu\text{g NO}_3^- = 225,8 \text{ } \mu\text{g NO}_3^- \text{ -N/l}$$

#### **Διάλυμα εσωτερικού ελέγχου II (QCS, 2,3 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> -N/l)**

Μεταφέρεται με ρυθμιζόμενη πιπέττα, 1,00 ml από το Αρχικό διάλυμα εσωτερικού ελέγχου I σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml Class A και αραιώνεται μέχρις όγκου με νερό. Προστίθενται 2 ml χλωροφόρμιο (CHCl<sub>3</sub>, Merck 1.02445) και αποθηκεύεται σε σκουρόχρωμη φιάλη. Το διάλυμα εσωτερικού ελέγχου II παρασκευάζεται αμέσως πριν τη χρήση του.

$$1,00 \text{ ml} = 10,0 \text{ } \mu\text{g NO}_3^- = 2,3 \text{ } \mu\text{g NO}_3^- \text{ -N/l}$$

#### **Βαθμονόμηση φασματοφωτομέτρου μοριακής απορρόφησης**

Μηδενίζεται το φασματοφωτόμετρο μοριακής απορρόφησης χρησιμοποιώντας το Πρότυπο Διάλυμα Βαθμονόμησης με συγκέντρωση 0,00 mg  $\text{NO}_3^-$ -N/ℓ. Στη συνέχεια εισάγονται στη συσκευή τα φρέσκα Πρότυπα Διαλύματα Βαθμονόμησης με συγκεντρώσεις 0,02 - 0,04 - 0,06 - 0,10 και 0,20 mg  $\text{NO}_3^-$ -N/ℓ, μετριοούνται οι αντίστοιχες απορροφήσεις στα 540 nm. Η συσκευή αυτόματα κατασκευάζει την καμπύλη βαθμονόμησης. Η καμπύλη βαθμονόμησης γίνεται αποδεκτή, όταν ο συντελεστής συσχέτισης είναι  $\geq 0,995$ .

## **Πορεία:**

### **A. Προετοιμασία**

Διηθείται το δείγμα, αν απαιτείται, και συλλέγεται το διήθημα. Αν το διήθημα δεν μετρηθεί αμέσως, τότε αποθηκεύεται σε σκοτεινό ψυγείο κα σε θερμοκρασία 2 °C – 8 °C.

### **B. Μέτρηση**

- ✓ Ακολουθείται η πορεία που περιγράφεται παραπάνω για την προετοιμασία της στήλης αναγωγής των νιτρικών.
- ✓ Προστίθενται 1 ml πυκνό  $\text{NH}_4\text{Cl}$  στη κορυφή της στήλης καδμίου και στη συνέχεια  $V_s = 0,5-10,0$  ml από το δείγμα, με ρυθμιζόμενη πιπέτα 0,5-5 ml.
- ✓ Συνδέεται μία ογκομετρική φιάλη των 100 ml Class A στη στρόφιγγα εκροής της στήλης και ανοίγεται τη.
- ✓ Ξεπλένεται η στήλη με 2 ml αραιό  $\text{NH}_4\text{Cl}$  και προστίθενται 75 ml αραιό  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , με ογκομετρικό κύλινδρο των 100ml, στο κυλινδρικό δοχείο αποθήκευσης.
- ✓ Ενεργοποιείται η περισταλτική αντλία ρυθμίζοντας την παροχή στην τιμή 110 ml/min και όταν η στάθμη του υγρού φτάσει την κορυφή της στήλης, κλείνεται η στρόφιγγα εκροής και απομακρύνεται η ογκομετρική φιάλη

συλλογής.

- ✓ Στην ογκομετρική φιάλη συλλογής των εκχυλισμάτων των δειγμάτων όγκου 100 ml, προστίθεται με πιπέττα των 5 ml και 2 ml αντιδραστήριο Diazotizing και αναμιγνύεται καλά.
- ✓ Μετά παραμονή 5 min, προστίθενται με πιπέττα των 5 ml
- ✓ και 2 ml αντιδραστήριο Coupling, αραιώνεται μέχρις όγκου με νερό και αναμιγνύεται καλά. Μετά από 20 λεπτά μετράται η απορρόφηση στα 540 nm.

### Εσωτερικός έλεγχος ποιότητας

- ✓ Σε κάθε σειρά άγνωστων δειγμάτων και μέχρι μία φορά τη μέρα μετράται ένα Διάλυμα Εσωτερικού Ελέγχου. Μεταφέρονται με ρυθμιζόμενη πιπέττα 2,0 ml από το Διάλυμα Εσωτερικού Ελέγχου II στήλη αναγωγής νιτρικών.
- ✓ Η μετρούμενη συγκέντρωση του QCS σε mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/ℓ εισάγεται στο διάγραμμα μέσης τιμής Shewhart.

### Υπολογισμοί – Έκφραση αποτελεσμάτων

Η περιεκτικότητα του δείγματος σε νιτρικά, C<sub>NO<sub>3</sub>-N</sub>, σε mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/ℓ , υπολογίζεται από τον τύπο :

$$C_{\text{NO}_3\text{-N}}(\text{mg}/\ell) = 100 \cdot a / V_s \quad \text{όπου :}$$

V<sub>s</sub>: Ο όγκος σε ml, του δείγματος που εισάγεται στη στήλη (συνήθως 2,0ml) και

a : Η συγκέντρωση του εκχυλίσματος, σε mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> N/ℓ, στην ογκομετρική φιάλη των 100 ml.

$$C_{\text{NO}_3\text{-N}}(\text{mg}/\ell) = 4,429 \cdot C_{\text{NO}_3\text{-N}}(\text{mg}/\ell).$$

Το αποτέλεσμα εκφράζεται με μέχρι δύο δεκαδικά ψηφία και μέχρι δύο σημαντικά ψηφία.

### 2.4.17. Προσδιορισμός Φωσφορικών ιόντων (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) Eaton and Ganson 2005).

Τα φωσφορικά βρίσκονται σε διαφορές μορφές και συγκεντρώσεις στα νερά στα λύματα και στο έδαφος. Αυτά μπορεί να είναι σε διαλυτή και αδιάλυτη μορφή. Αυτή η μέθοδος που περιγράφεται προσδιορίζει ενώσεις στο νερό και λύματα σε μορφές: ορθοφωσφορικών ολικού φωσφόρου μετά από κατεργασία του δείγματος με οξύ. Η γραμμική περιοχή μέτρησης για τα ορθοφωσφορικά είναι από 0,01 -1 mg/ℓ

### **Αντιδραστήρια**

- ✓ Θεϊκό οξύ 2.5 M. Μεταφέρονται 140 ml πυκνό H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 18 M σε φιάλη του ενός (1) λίτρου που περιέχει περίπου 600 ml νερό. Παραμένει για μερικά λεπτά έως ότου κρυώσει το διάλυμα και συμπληρώνεται μέχρις όγκου με νερό
- ✓ Αντιδραστήριο Α: ασκορβικό οξύ (0,1M) Διαλύονται 1,76 g ασκορβικό οξύ και σε περίπου 80 ml αποσταγμένο νερό και συμπληρώνονται με νερό στα 100 ml. Παρασκευάζεται πριν από κάθε χρήση.
- ✓ Αντιδραστήριο Β: μολυβδαινικό αμμώνιο (0,01M). Διαλύονται 20 g μολυβδαινικό αμμώνιο σε περίπου 400 ml αποσταγμένο νερό και συμπληρώνονται με νερό στα 500 ml. Διατηρείται σε ψυγείο για περίπου δυο μήνες.
- ✓ Αντιδραστήριο Γ: κιτρικό καλιοαντιμόνιο [K(SbO)\*C<sub>4</sub>O<sub>6</sub>\*1/2H<sub>2</sub>O]. Διαλύονται 0,2728 g κιτρικό καλιοαντιμόνιο σε 100 ml αποσταγμένο. Διατηρείται σε ψυγείο για περίπου δυο μήνες.
- ✓ Μικτό αντιδραστήριο: Για 100 ml. Αναμειγνύονται 50 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2.5M, 15 ml μολυβδαινικό αμμώνιο (0,01M), 30 ml ασκορβικό οξύ (0,1M) και 5 ml κιτρικό καλιοαντιμόνιο. Παρασκευάζεται πριν από κάθε χρήση.
- ✓ Stock PO<sub>4</sub><sup>---</sup> 100 mg/ℓ: διαλύονται 0,1433 g ξηρού (40 °C) KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> σε 800 ml νερού, προστίθενται 10 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2,5M και συμπληρώνεται

μέχρις όγκου με νερό.

- ✓ Standard διάλυμα εργασίας 5 mg PO<sub>4</sub><sup>---</sup>/ℓ: μεταφέρονται 5 ml από το stock διάλυμα των 100mg PO<sub>4</sub><sup>---</sup>/ℓ σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml και συμπληρώνεται μέχρι τη χαραγή.

### Τρόπος εργασίας

Ποσότητα δείγματος νερού (διηθείται εάν δεν είναι διαυγές) όγκου 10-20 ml μεταφέρεται σε ογκομετρική φιάλη των 25 ml. Προστίθενται 4 ml **Μικτό διάλυμα** (Αντιδραστήριο 5) ανακινείται το περιεχόμενο και συμπληρώνεται η φιάλη μέχρι τη χαραγή με απιονισμένο νερό. Μετά πάροδο 10 λεπτών μετράται η απορρόφηση στα 880nm.

### Καμπύλη αναφοράς

Από Stock διάλυμα εργασίας των 5 mg/ℓ μεταφέρεται αντίστοιχα σε κάθε ογκομετρική φιάλη των 25 ml ο παρακάτω όγκος:

	standards
0,5ml	0,10 mg/ℓ
1 ml	0,20 mg/ℓ
2 ml	0,40 mg/ℓ
4 ml	0,80 mg/ℓ
5 ml	1,00 mg/ℓ

Προστίθενται 4 ml Μικτό διάλυμα (αντιδραστήριο 5) ανακινείται το περιεχόμενο και συμπληρώνεται η φιάλη μέχρι τη χαραγή με απιονισμένο νερό. Μετά πάροδο 10 λεπτών μετράται η απορρόφηση στα 880 λεπτών. Γίνεται η βαθμονόμηση του οργάνου με τη χρήση των παραπάνω standards εργασίας και δημιουργείται η καμπύλη αναφοράς και εξάγεται η εξίσωση ευθείας τύπου  $y = ax+b$ .

### Υπολογισμός αποτελεσμάτων

Ο υπολογισμός του PO<sub>4</sub><sup>---</sup> σε mg/ℓ εδάφους δίνεται από τη σχέση:

$$PO_4^{---} = K*(ax+b)$$

Όπου:

K= ο συντελεστής αραιώσεως

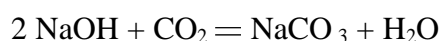
a,b = η συντελεστές της εξίσωσης ευθείας.

x = η απορρόφηση στο κάθε δείγμα

#### 2.4.18. Μέτρηση του B.O.D<sub>5</sub>

Υπάρχουν δύο κύριες μέθοδοι υπολογισμού του B.O.D<sub>5</sub> ενός διαλύματος. Η κλασική μέθοδος των αραιώσεων και η συντομότερη μανομετρική μέθοδος. Η κλασική Μέθοδος των Αραιώσεων (Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, AWWA 1990) χρησιμοποιεί μια μεγάλη σειρά δειγμάτων με διαφορετικές αραιώσεις το κάθε ένα. Στο κάθε δείγμα, μετά από 5 ημέρες, μετράται η κατανάλωση του διαλυμένου οξυγόνου στοχεύοντας να επιτευχθεί η αραιώση που θα επιτρέψει κατανάλωση μέχρι 80% - 90% του οξυγόνου που υπήρχε διαλυμένο στο διάλυμα αρχικά.

Η μανομετρική μέθοδος, αντιθέτως, έχει μεγάλη ευελιξία διότι χρησιμοποιεί όχι μόνο το οξυγόνο που υπάρχει διαλυμένο στο δείγμα αλλά και αυτό που υπάρχει στον αέρα πάνω από το δείγμα, μέσα στη φιάλη μέτρησης (21% v/v οξυγόνο). Η κατανάλωση του οξυγόνου μετράται μέσω της μείωσης της μερικής πίεσης του οξυγόνου στο εσωτερικό του σφραγισμένου χώρου της μέτρησης κατά τη διάρκεια των 5 ημερών που διαρκεί η μέτρηση. Η μείωση αυτή αντανακλάται και στη συνολική πίεση των αερίων μέσα στη φιάλη της συσκευής μέτρησης (Εικ. 2.9). Για να αποφευχθεί η επίδραση του παραγόμενου CO<sub>2</sub> στη συνολική μανομετρική πίεση του χώρου της φιάλης, η πειραματική διάταξη προβλέπει την ύπαρξη κρυστάλλων NaOH οι οποίοι απορροφούν μέσω χημικής αντίδρασης το παραγόμενο CO<sub>2</sub>:





Η ανάγνωση της συνολικής πίεσης στο εσωτερικό του δοχείου όπου τοποθετείται το δείγμα γίνεται απ' ευθείας στη προβαθμονομημένη κλίμακα του οργάνου. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων καταγράφονται ανά 24 ώρες σε ειδικό διάγραμμα.



Εικόνα 14 : Συσκευές μέτρησης B.O.D<sub>5</sub> και C.O.D.

#### Εκτέλεση (Μανομετρική μέθοδος)

Υλικά: Χρησιμοποιείται ποσότητα δείγματος ανάλογη με το ποσοστό επιβάρυνσής του. Έτσι έχουμε:

164 ml για δείγμα με επιβάρυνση έως 50 mg/l (B.O.D)

432 ml δείγμα με επιβάρυνση από 50 έως 500 mg/l (B.O.D)

Το δείγμα μπαίνει σε σκουρόχρωμη φιάλη, στην οποία στη συνέχεια τοποθετείται ο μαγνητικός αναδευτήρας και σε ειδική θήκη στο λαιμό της φιάλης τοποθετούνται τρεις κρύσταλλοι καυστικού Νατρίου (NaOH) και σφραγίζεται αεροστεγώς με το ειδικό ηλεκτρονικό μανόμετρο. Γίνεται ειδικός χειρισμός για τον μηδενισμό του μανομέτρου και ελέγχεται καθημερινά και για πέντε ημέρες η πίεση

#### Παρατηρήσεις σχετικά με τα αποτελέσματα των μετρήσεων

1. Οι μετρούμενες τιμές B.O.D μιας ημέρας πρέπει να είναι μεγαλύτερες από την προηγούμενη ημέρα.

2. Η αύξηση δεν είναι γραμμική, ο ρυθμός αύξησης κάθε ημέρας είναι μικρότερος από το ρυθμό αύξησης της προηγούμενης ημέρας.
3. Αν οι μετρούμενες τιμές δίνουν γραμμική αύξηση το δείγμα έχει υψηλότερη τιμή B.O.D από την αναμενόμενη στην αρχή της μέτρησης.
4. Αν οι μετρούμενες τιμές παρουσιάζουν ψηλό δείκτη πρόσληψης οξυγόνου, πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν σαν ενδεχόμενο η παρουσία αζωτοβακτηρίων.
5. Αν οι μετρούμενες τιμές μειώνονται στο διάστημα των 5 ημερών μέτρησης τότε υπάρχει πιθανή διαρροή στο σύστημα μέτρησης.
6. Όλες οι πιο πάνω πληροφορίες και επεξηγήσεις αναφέρονται σε συνήθη δείγματα και κάτω από φυσιολογική συμπεριφορά των βακτηρίων κατά τη μέτρηση του B.O.D. Είναι όμως δυνατή και η εμφάνιση ειδικών περιπτώσεων ως αποτέλεσμα γενικών συνθηκών. Για παράδειγμα μία μηδενική ένδειξη στο σύστημα μέτρησης μετά από 5 ημέρες μπορεί να μην οφείλεται σε διαρροή του συστήματος αλλά να προκαλείται λόγω ύπαρξης παραγόντων αναχαίτισης εντός του συστήματος. Τα βιομηχανικά απόβλητα απαιτούν συχνά ειδική μεταχείριση. Είναι δυνατόν να περιέχουν ισχυρά οξειδωτικά ή τοξικά υλικά που πρέπει να αφαιρούνται ή να εξουδετερώνονται πριν από τη μέτρηση, διαφορετικά δεν είναι δυνατή η διεξαγωγή μέτρησης. Συνήθως παράγων απενεργοποίησης της βιομάζας είναι η ύπαρξη ή προσθήκη υπολειμματικού χλωρίου στο δείγμα.

#### **2.4.19. Προσδιορισμός C.O.D.**

Το C.O.D. προσδιορίζεται, σε mg/l, ως τα mg του καταναλισκόμενου οξυγόνου ανά λίτρο δείγματος, με μεθόδους οι οποίες είναι πρότυπες (κατά EPA

(Environmental Protection Agency, USA). Οι μέθοδοι περιλαμβάνουν δύο στάδια:

1. Τη διαδικασία οξείδωσης της οργανικής ύλης,
2. Της εκτέλεσης του προσδιορισμού.

### Οξείδωση της οργανικής ύλης

Για την πλήρη οξείδωση των οργανικών ουσιών που περιέχονται στο δείγμα, χρησιμοποιείται ένα ισχυρά οξειδωτικό αντιδραστήριο: το διχρωμικό κάλιο. Τα οξειδώσιμα οργανικά συστατικά του δείγματος αντιδρούν, ανάγοντας το διχρωμικό ιόν ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) σε χρωμικό ( $\text{Cr}^{+++}$ ). Εάν παρασταθεί με  $\text{CH}_2\text{O}$  η απλούστερη οξειδώσιμη ένωση τότε έχουμε την αντίδραση (1):



Η οξείδωση γίνεται υπό θέρμανση (σε κατάλληλη συσκευή στους 150 °C, επί δύο ώρες) παρουσία θεικού οξέος, καταλύτη συνήθως αργύρου και θεικού υδραργύρου.

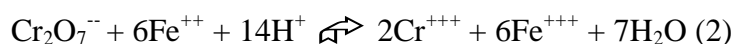
Η προσθήκη θεικού υδραργύρου δεσμεύει τα χλωριόντα που τυχόν υπάρχουν στο δείγμα και παρεμποδίζουν τον προσδιορισμό.

### Προσδιορισμός C.O.D.

Υπάρχουν δύο μέθοδοι προσδιορισμού που μπορεί να χρησιμοποιηθούν μετά την οξείδωση:

**1. Ογκομέτρηση - τιτλοδότηση:** Για την εκτέλεση αυτής της μεθόδου δεν απαιτείται φασματοφωτόμετρο. Το δείγμα, μετά την διαδικασία οξείδωσης, ογκομετρείται κλασσικά με χρήση προτύπου διαλύματος  $\text{Fe}(\text{NH}_4\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  και δείκτη φερροΐνη.

Η αντίδραση που λαμβάνει χώρα είναι η (2):



Το τελικό σημείο της ογκομέτρησης φαίνεται από την απότομη αλλαγή του χρώματος του δείκτη από μπλε-πράσινο σε πορτοκαλί-καφέ. Με τον τρόπο αυτό προσδιορίζεται η ποσότητα των ιόντων που απομένουν στο διάλυμα μετά την οξείδωση της οργανικής ύλης. Γνωρίζοντας την αρχική τους ποσότητα και αυτήν που απομένει, υπολογίζεται το C.O.D. που αντιστοιχεί, σε mg/l. Εκτελούνται παράλληλα τιτλοδοτήσεις τυφλού διαλύματος και προτύπων διαλυμάτων διχρωμικού καλίου.

Στο προς τιτλοδότηση δείγμα προστίθενται επίσης κατάλληλες ποσότητες αλάτων μετάλλων (π.χ Ag και Hg) προκειμένου να επιταχυνθεί η αντίδραση και να αποφευχθούν παρεμβολές (π.χ το άλας του Hg προστίθεται για να αποφευχθούν παρεμβολές του χλωρίου που πιθανόν να υπάρχει στο δείγμα, κατά την τιτλοδότηση).

**2. Χρωματομετρική - φασματοφωτομετρική:** Με αυτήν προσδιορίζεται η ποσότητα των ιόντων  $\text{Cr}^{6+}$  που απομένουν στο διάλυμα μετά την οξείδωση της οργανικής ύλης, φασματοφωτομετρικά σε μήκος κύματος 420 nm. Γνωρίζοντας την αρχική τους ποσότητα και αυτήν που απομένει στο διάλυμα, υπολογίζεται έμμεσα το C.O.D. που αντιστοιχεί στο δείγμα, σε mg/l. Η μέθοδος εφαρμόζεται συνήθως σε δείγματα που το αναμενόμενο C.O.D. δεν είναι πολύ υψηλό (0-150 mg/l). Για μεγαλύτερες τιμές C.O.D., (έως 15000 mg/l) κατά την εκτέλεση της χρωματομετρικής μεθόδου, προσδιορίζεται η ποσότητα του παραγομένου  $\text{Cr}^{3+}$ . Στην περίπτωση αυτή, ο προσδιορισμός εκτελείται σε μήκος κύματος 620 nm.

### **Εκτέλεση (Φασματοφωτομετρική μέθοδος)**

Ομογενοποιείται το δείγμα με ανάδευση για δυο λεπτών. Τίθεται σε

λειτουργία η ειδική συσκευή χώνευσης (επωαστήρας) C.O.D. και προθερμαίνεται στους 150 °C.. Στη συνέχεια λαμβάνεται ένα φιαλίδιο C.O.D. Αφαιρείται το πώμα και κρατιέται ο σωλήνας σε γωνία 45° και τοποθετούνται 2 ml δείγμα στο φιαλίδιο. Κοχλιώνεται το πώμα, ξεπλένεται με απιονισμένο νερό και σκουπίζεται με πετσέτα. Αναποδογυρίζεται μερικές φορές και τοποθετείται στο ήδη προθερμασμένο φασματοφωτόμετρο (επωαστήρα).

Η αρχική ποσότητα του διχρωμικού καλίου που χρησιμοποιείται είναι, για όλα τα δείγματα, σταθερή στο μίγμα των αντιδραστηρίων που περιέχει ο δοκιμαστικός σωλήνας. Το φασματοφωτόμετρο είναι προβαθμονομημένο ώστε να παρέχει απ' ευθείας ανάγνωση της ποσότητας του C.O.D. του δείγματος. Άρα, η ποσότητα του C.O.D. που αντιστοιχεί σε κάθε δείγμα, δίνεται από την απ' ευθείας ανάγνωση στο φασματοφωτόμετρο.

1. Μετά την πάροδο δύο ωρών, τοποθετούνται οι δοκιμαστικοί σωλήνες από τη συσκευή χώνευσης και αφήνονται να κρυώσουν.
2. Τίθεται σε λειτουργία το φασματοφωτόμετρο (power I - 0).
3. Επιλέγεται η μέθοδος και το κατάλληλο μήκος κύματος 420 ή 629 nm.
4. Πιέζεται το πλήκτρο Read/Enter και λαμβάνεται η ένδειξη mg/ℓ C.O.D.ℓ
5. Τοποθετείται το ειδικό στέλεχος-βάση του δοκιμαστικού σωλήνα στην υποδοχή της κυψελίδας του φασματοφωτομέτρου.
6. Καθαρίζεται με μαλακό χαρτί η εξωτερική επιφάνεια του δοκιμαστικού σωλήνα αποφεύγοντας την επαφή με τα δάκτυλα.
7. Τοποθετείται το δείγμα με το απιονισμένο νερό στην υποδοχή του φασματοφωτομέτρου έτσι ώστε να καταγράφεται η ένδειξη του οργάνου HACH.
8. Πατιέται το πλήκτρο Zero.

9. Στο όργανο, μετά από λίγα δευτερόλεπτα, εμφανίζεται η ένδειξη 0 mg/ℓ C.O.D.ℓ
10. Επαναλαμβάνονται τα στάδια 6 και 7 για τα δύο δείγματα.
11. Πιέζεται το πλήκτρο Read/Enter και μετά από λίγα δευτερόλεπτα λαμβάνεται η ένδειξη που αντιστοιχεί στο μετρούμενο δείγμα.
12. Σημειώνονται στο τετράδιο οι ενδείξεις.
13. Συγκρίνονται τα πειραματικά αποτελέσματα με τη στοιχειομετρική ποσότητα οξυγόνου που αντιστοιχεί στις συγκεντρώσεις των δύο ουσιών, όταν λαμβάνονται υπόψη οι αντιδράσεις πλήρους οξειδωσης των ουσιών.
14. Συγκρίνονται τα αποτελέσματα με αυτά που λαμβάνονται από το αντίστοιχο πείραμα του B.O.D.

## 2.5. Δειγματοληψία ιζήματος

Συλλέγεται ποσότητα 100 - 200 gr επιφανειακού ιζήματος (μέχρι βάθους 5 cm) (Εικ. 2.10) και επί τόπου, αφαιρούνται οι μεγάλες πέτρες και τα ξένα σώματα.



**Εικόνα 15 :** Δειγματολήπτης ιζήματος

Στη συνέχεια πραγματοποιείται αεροξήρανση των δειγμάτων στο εργαστήριο έως του τελικού ποσοστού υγρασίας 0 -7 %. Μετά την αεροξήρανση ακολουθεί η ξήρανση σε κλίβανο στους 60 °C μέχρι σταθερού βάρους. Γίνεται λειοτρίβηση των

ξηρών δειγμάτων σε γουδί πορσελάνης και κοσκίνισμα με κόσκινο βρογχίδας 2 mm<sup>2</sup> (Εικ. 16). Οι προδιαγραφές προετοιμασίας των δειγμάτων ιζήματος ορίζονται στο ASTM C 999 1983. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε δοχεία πολυαιθυλενίου και φυλάχτηκαν σε ξηραντήρα σε σκιερό μέρος.



Εικόνα 16 : Κοσκίνισμα με κόσκινο βρογχίδας 2 mm<sup>2</sup>

### 2.5.1. Προετοιμασία υλικού

Για τον προσδιορισμό των βαρέων μετάλλων στους φυτικούς ιστούς και στο ίζημα ακολουθούνται διάφορες τεχνικές διαλυτοποίησης του δείγματος και προσδιορισμού των βαρέων μετάλλων στο προκύπτον διάλυμα. Συνήθης μέθοδος είναι η υγρή καύση με οξέα: Από το κονιοποιημένο υλικό ζυγίζεται ποσότητα 1 gr και τοποθετείται με πλαστική σπάτουλα στη βάση ανοιχτού σωλήνα πέψης από χαλαζία. Προστίθενται 10 ml πυκνό νιτρικό οξύ (Merck) και παραμένουν σε θερμοκρασία δωματίου για μια νύκτα, όπου πραγματοποιείται η προχώνεψη. Στη συνέχεια μεταφέρονται στη συσκευή πέψης και αρχικά παραμένουν για 2 ώρες σε θερμοκρασία 50 °C. Τελικά η θερμοκρασία ρυθμίζεται στους 160 °C και επακολουθεί βρασμός για 4 ώρες. Το διάλυμα που προέκυψε διηθήθηκε σε φίλτρο Whatman τύπου 589/2 λευκής ταινίας και στο διήθημα προστέθηκε απιονισμένο νερό μέχρι τελικού όγκου 25 ml. Στο τελικό αυτό διήθημα, που μεταφέρθηκε σε πλαστικό δοχείο και διατηρήθηκε σε σκιερό μέρος, έγινε ο προσδιορισμός της Μηχανική σύστασης εδάφους, ολικού αζώτου και των βαρέων μετάλλων.

### 2.5.2. Ανάλυση ιζήματος

Παρακάτω αναφέρονται οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται από τα εργαστήρια του Περιφερειακού Εργαστηρίου Γεωργικών Εφαρμογών & Αναλύσεων Λιπασμάτων (Π.Ε.Γ.Ε.Α.Λ.), για τις αναλύσεις των εδαφών.

Για την προπαρασκευή και διατήρηση δείγματος αρχικά πραγματοποιείται ξήρανση στον αέρα. Στη συνέχεια τρίβεται το έδαφος μέσα σε γουδί και τη συσκευή κονιορτοποίησης εδαφικών δειγμάτων. Ακολουθεί κοσκίνισμα με κόσκινο που έχει οπές διαμέτρου 2 mm. Το εδαφικό δείγμα που περνά από το κόσκινο αποτελεί τη «λεπτή γη» και φυλάσσεται σε φιάλες πολυαιθυλενίου για τις αναλύσεις.

### 2.5.3. Προσδιορισμός μηχανική σύστασης εδάφους - Μέθοδος Βουγιούκου (Εικ. 17)

#### Απαραίτητα αντιδραστήρια

- ✓ Διάλυμα εξαμεταφωσφορικού νατρίου ( $\text{NaPO}_3$ )<sub>6</sub>
- ✓ Ζυγίζονται 50 gr ( $\text{NaPO}_3$ )<sub>6</sub> σε πλαστικό μπουκάλι του 1 l.
- ✓ Προστίθενται 500 ml απεσταγμένο νερό.
- ✓ Ανακίνηση για 10 λεπτά.
- ✓ Προστίθεται απεσταγμένο νερό μέχρι τη χαραγή του 1 mg/l.

Ζυγίζονται 50 gr εδάφους στο πλαστικό ποτήρι. Προστίθενται με ογκομετρικό κύλινδρο 50 ml διαλύματος εξαμεταφωσφορικού νατρίου. Ακολουθεί πολύ καλή ανάδευση με γυάλινη ράβδο ανάδευσης και αφήνεται σε ηρεμία για 24 ώρες. Μετά την παρέλευση 24 ωρών αφαιρείται προσεκτικά όλο το περιεχόμενο του ποτηριού μέσα στο μίξερ και προστίθεται νερό βρύσης. Τοποθετείται μέσα στο μίξερ το ειδικό εξάρτημα – φρένο και αναδεύεται για 5 min. Στο τέλος της ανάδευσης, όλο το περιεχόμενο τοποθετείται μέσα στον κύλινδρο Βουγιούκου.

Στη συνέχεια τοποθετείται μέσα στον κύλινδρο το πυκνόμετρο, κρατώντας το



προσεκτικά από το άκρο του. Συμπληρώνεται με νερό μέχρι την ένδειξη που είναι χαραγμένη πάνω στον κύλινδρο Βουγιούκου και απομακρύνεται το πυκνόμετρο. Με τον αναδευτήρα ανατάραξης γίνεται ανάδευση 40 φορές. Μετά την τελευταία ανάδευση σημειώνεται ο χρόνος. Τοποθετείται μέσα στον κύλινδρο το πυκνόμετρο και το θερμομέτρο. Λαμβάνεται η ένδειξη του πυκνόμετρου ακριβώς σε χρόνο 40 sec. Επίσης, σημειώνεται και η ένδειξη του θερμομέτρου. Παραμένουν οι κύλινδροι σε ηρεμία για 2 ώρες. Μετά τις 2 ώρες λαμβάνεται η νέα ένδειξη του πυκνόμετρου και της θερμοκρασίας



Α.



Β.



Γ.



Δ.

**Εικόνα 17 :** Κοκκομέτρηση.

### **Τρόπος εργασίας - Τεχνική**

### **Υπολογισμοί**

- ✓ Π<sub>1</sub>: η πρώτη μέτρηση, μετά τα 40 sec.

- ✓ Π<sub>2</sub>: η δεύτερη μέτρηση, μετά τις 2 ώρες.
- ✓ Δ<sub>1</sub>: συντελεστής διόρθωσης της πρώτης ανάγνωσης του πυκνομέτρου που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία της πρώτης μέτρησης και λαμβάνεται από τον πίνακα.
- ✓ Δ<sub>2</sub>: συντελεστής διόρθωσης της δεύτερης ανάγνωσης του πυκνομέτρου που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία της δεύτερης μέτρησης και παίρνεται από τον πίνακα.

$$\text{ΑΜΜΟΣ (S) \%} = 100 - 2 * (\Pi_1 + \Delta_1)$$

$$\text{ΑΡΓΙΛΟΣ (C) \%} = 2 * (\Pi_2 + \Delta_2)$$

$$\text{ΙΛΥΣ ( Si) \%} = 100 - (\text{άμμος} + \text{άργιλος})$$

Στη συνέχεια από το τρίγωνο προσδιορισμού κοκκομετρικής σύστασης εδαφών (κατά το αμερικάνικο σύστημα) γίνεται ο χαρακτηρισμός του εδάφους.

#### **2.5.4. Προσδιορισμός οργανικής ουσίας εδάφους (μέθοδος Walkley and Black) (Εικ. 18)**

##### **Απαραίτητα αντιδραστήρια**

- ✓ Πυκνό φωσφορικό οξύ 85% και άνω
- ✓ Πυκνό θειικό οξύ 96% και άνω
- ✓ Διάλυμα διχρωμικού καλίου 1N (παρασκευάζεται με διάλυση 49,04 gr K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> σε 1ℓ απεσταγμένου νερού)
- ✓ Διάλυμα 0,5N θειικού σιδήρου (παρασκευάζεται με διάλυση 140 gr FeSO<sub>4</sub>7H<sub>2</sub>O σε 1ℓ ζεστό νερό. Πριν τη συμπλήρωση του όγκου στην ογκομετρική φιάλη του 1ℓ απαιτείται προσθήκη 20 ml πυκνού H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)
- ✓ Δείκτης διφαινυλαμίνης 0,5% (παρασκευάζεται με διάλυση 0,5 gr διφαινυλαμίνης σε μίγμα 20 ml απεσταγμένου νερού και 100 ml πυκνού H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

##### **Τρόπος εργασίας - Τεχνική**

- ✓ Ζυγίζονται 1gr εδάφους.
- ✓ Φέρονται σε κωνική φιάλη των 500 ml.
- ✓ Προστίθενται με προχοΐδα ακριβώς 10 ml διαλύματος  $K_2Cr_2O_7$ .
- ✓ Ανάδευση πολύ ήπια της φιάλης (για να αναμιχθεί το  $K_2Cr_2O_7$  με το έδαφος).
- ✓ Προστίθενται 20 ml 1 πυκνό  $H_2SO_4$  γρήγορα υπό συνεχή ροή, με ογκομετρικό κύλινδρο.
- ✓ Αναδεύεται ήπια, με προσοχή τη φιάλη (ώστε να μην κολλήσουν τα τεμαχίδια του εδάφους στα τοιχώματα της φιάλης).
- ✓ Αφήνεται η φιάλη σε ηρεμία για 1 ώρα το ελάχιστο.
- ✓ Η ίδια τεχνική ακολουθείται και για μια δεύτερη φιάλη των 500 ml, χωρίς να προστεθεί μόνο έδαφος. (λευκός προσδιορισμός).



**A.**

**B.**

**Εικόνα 18 :** Υπολογισμός οργανικής ουσίας

**Στην συνέχεια ακολουθεί η ογκομέτρηση της περίσσειας του διαλύματος  $K_2Cr_2O_7$ .**

Η εργασία που περιγράφεται παρακάτω γίνεται πρώτα στη φιάλη του λευκού προσδιορισμού και μετά στις άλλες φιάλες που περιέχουν τα δείγματα.

Μετά την πάροδο της μιας ώρας:

- ✓ Προστίθενται 200 ml απεσταγμένο νερό με ογκομετρικό κύλινδρο.
- ✓ Προστίθενται 10 ml πυκνό  $H_3PO_4$  με ογκομετρικό κύλινδρο.

- ✓ Στη συνέχεια σε κάθε φιάλη προστίθεται 2 ml δείκτη διφαινυλαμίνης με το σταγονόμετρο.
- ✓ Το διάλυμα 0,5N FeSO<sub>4</sub> φέρεται σε προχοΐδα για να γίνει η ογκομέτρηση.
- ✓ Προστίθεται το διάλυμα 0,5N FeSO<sub>4</sub>, αναδεύοντας συνεχώς την κωνική φιάλη με περιστροφική κίνηση.

Το τέλος της ογκομέτρησης δίνεται από την απότομη μεταβολή του χρώματος του δείκτη από βαθύ μπλέ σε πράσινο. Σημειώνεται ο όγκος του διαλύματος FeSO<sub>4</sub> που καταναλώθηκε για την εξουδετέρωση.

#### **Υπολογισμοί**

- ✓  $A =$  ml διαλύματος 0,5N FeSO<sub>4</sub> που καταναλώθηκαν για το λευκό (χωρίς έδαφος) προσδιορισμό, δηλαδή για την εξουδετέρωση 10 ml διαλύματος 1N K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>.
- ✓  $B =$  ml διαλύματος 0,5N θεικού σιδήρου που καταναλώθηκαν για το δείγμα.
- ✓ Η % περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία:  $(A - B) * 0,335$

#### **2.5.5. Προσδιορισμός ολικού αζώτου κατά KJELDAHL.**

##### **Απαραίτητα Όργανα**

- ✓ Συσκευή απόσταξης αζώτου KJELDAHL
- ✓ Εστία θέρμανσης
- ✓ Προχοΐδα των 50 ml
- ✓ Κωνικές φιάλες των 250 ml
- ✓ Φιάλες KJELDAHL
- ✓ Ογκομετρικοί κύλινδροι

##### **Απαραίτητα αντιδραστήρια**

- ✓ Θεικό οξύ 95-97%
- ✓ Καταλύτης (μείγμα 95 gr Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 2 gr Se, 1,5 gr CuSO<sub>4</sub>)

- ✓ Διάλυμα θειοθειικού νατρίου (διαλύω 300 gr  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  σε 1ℓ απεσταγμένου νερού)
- ✓ Διάλυμα  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,1N (παρασκευάζεται από αμπούλα εμπορίου)
- ✓ Καυστικό νάτριο (40%) του εμπορίου
- ✓ Διάλυμα βορικού οξέος (διαλύω 40 gr  $\text{H}_3\text{BO}_3$  σε ογκομετρική φιάλη των 1000 ml. Τη θερμαίνουν στην εστία θέρμανσης. Πριν συμπληρώσω με απεσταγμένο νερό μέχρι τη χαραγή ρίχνω σταγόνες δείκτη MIXED INDICATOR 5 for ammonia titrations και αποκτά μωβ χρώμα. Το διατηρώ σε πλαστική φιάλη).

#### **Τρόπος εργασίας - Τεχνική**

- ✓ Ζυγίζονται 5gr δείγματος ιλύος στους ειδικούς σωλήνες.
- ✓ Προστίθενται με ογκομετρικό κύλινδρο 12 ml πυκνό  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
- ✓ Προσθίθενται 5 gr καταλύτη.
- ✓ Τοποθετούνται οι σωλήνες στην εστία θέρμανσης και ρυθμίζεται η θερμοκρασία στους 420 °C.
- ✓ Το λαμπάκι ένδειξης της θερμοκρασίας είναι αναμμένο. Μόλις σβήσει (πράγμα που σημαίνει ότι η θερμοκρασία έφθασε στους 420 °C), ρυθμίζεται ο χρονοδιακόπτης για 30 λεπτά
- ✓ Μόλις περάσουν τα 30 min, κλείνει ο διακόπτης (main switch).
- ✓ Αφαιρούνται οι σωλήνες από την εστία και αφήνονται να κρυώσουν. Σε λίγο αφαιρείται το καπάκι της εστίας πάνω από τους σωλήνες.
- ✓ Προστίθεται με ογκομετρικό κύλινδρο 75 ml νερό και 10 ml διαλύματος θειοθειικού νατρίου.
- ✓ Τοποθετείται ο σωλήνας στη συσκευή αζώτου KJELDAHL.
- ✓ Στο μεταξύ τίθεται με ογκομετρικό κύλινδρο 25 ml διαλύματος  $\text{H}_3\text{BO}_3$  σε

κωνική φιάλη των 250 ml. Τοποθετείται η κωνική φιάλη στη συσκευή KJELDAHL.

- ✓ Ο διακόπτης στην θέση OPERATION. (η προσθήκη καυστικού νατρίου 40% γίνεται αυτόματα από τη συσκευή).
- ✓ Αρχίζει η απόσταξη της αμμωνίας. (η αμμωνία αντιδρά με το βορικό οξύ και συγκεντρώνεται στην κωνική φιάλη). Το χρώμα του περιεχομένου της κωνικής φιάλης από μωβ γίνεται ανοικτό πράσινο.
- ✓ Στη συνέχεια τοποθετείται σε προχοΐδα το διάλυμα  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 0,1N. Ογκομετρείται το περιεχόμενο της κωνικής φιάλης με το θειικό οξύ. Το τέλος της ογκομέτρησης δίνεται από την αλλαγή του χρώματος από πράσινο σε μωβ. Σημειώνεται ο όγκος του διαλύματος του θειικού οξέος που καταναλώθηκε.

#### **Υπολογισμοί**

Αν  $\alpha$  = ml διαλύματος  $\text{H}_2\text{SO}_4$  που καταναλώθηκαν κατά την ογκομέτρηση και  $B$  = τα γραμμάρια του εδαφικού δείγματος τότε:

$$\text{ολικό άζωτο } N\% = (\alpha \cdot 0,14) / \beta$$

#### **2.5.6. Προσδιορισμός βαρέων μετάλλων**

##### **Μέτρηση των βαρέων μετάλλων**

Εφαρμόζεται η Μέθοδος ανάλυσης ιχνοστοιχείων βασισμένη στη μέθοδο Sposito (Sposito et al. 1982). Τοποθετούνται 2 g δείγματος ιλύος σε φιάλες με πόμα τύπου falcon και προσθέτονται 12,5 ml  $\text{HNO}_3$  4M. Πωματίζονται και ανακινούνται ελαφρά. Οι φιάλες τοποθετούνται σε φούρνο για 16 ώρες σε θερμοκρασία 80 °C. Τα ολικά μέταλλα Cd, Ni, Pb, Cu, Hg και Zn προσδιορίζονται στην ατομική απορρόφηση.

##### **Τεχνικές ανάλυσης**

## 1. Φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης – Υπολογισμοί

Ο ποσοτικός προσδιορισμός των βαρέων μετάλλων και των ιχνοστοιχείων απαιτεί λόγω των πολύ μικρών συγκεντρώσεων αξιόπιστη μέθοδο μέτρησης και προσεκτική συντήρηση των δειγμάτων. Ο προσδιορισμός γίνεται κατά κανόνα με τη φλογοφασματομετρία ατομικής απορρόφησης (ΦΑΑ) (AAS - Atomic Absorption Spectrometry) (Εικ. 19), μέθοδο ευαίσθητη με μικρές παρεμποδίσεις. Η φασματομετρία ατομικής απορρόφησης βασίζεται στη μέτρηση της απορρόφησης ακτινοβολίας χαρακτηριστικού μήκους κύματος.

Σύμφωνα με τη μέθοδο φασματοφωτομετρίας ατομικής απορρόφησης (AAS) μια πηγή εκπέμπει ακτινοβολία σταθερής έντασης, χαρακτηριστική του μετάλλου που ανιχνεύεται. Η ακτινοβολία αυτή διέρχεται από μια φλόγα και υφίσταται μια απορρόφηση ανάλογη με τον αριθμό ατόμων του μετάλλου που βρίσκονται στη φλόγα. Τα άτομα προέρχονται από τα ιόντα του μετάλλου που υπάρχουν στο προς εξέταση δείγμα, το οποίο αναρροφάται και εισάγεται υπό τη μορφή υγρού διαλύματος στη φλόγα. Εκεί εξατμίζεται ο διαλύτης και τα ιόντα ατομοποιούνται από ελεύθερα ουδέτερα άτομα ενός στοιχείου που βρίσκονται στη θεμελιώδη κατάσταση. Η ατομοποίηση του προσδιοριζόμενου στοιχείου γίνεται συνήθως με φλόγα (φλογοφασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης, ΦΑΑ) ή με ηλεκτρικά θερμαινόμενο κλίβανο (άφλογος φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης, ΑΦΑΑ).

Η διέγερση των ατόμων επιτελείται με απορρόφηση ακτινοβολίας, η οποία παράγεται από μια εξωτερική πηγή και διαβιβάζεται μέσα από το νέφος των ατόμων, αντιστοιχεί δε στην ενέργεια που απαιτείται για μια ηλεκτρονική μετάπτωση από τη θεμελιώδη κατάσταση σε μια διεγερμένη. Επειδή ενδιαφέρει ο αριθμός των ατόμων στη θεμελιώδη κατάσταση, ο οποίος και αντιπροσωπεύει τη μεγάλη πλειονότητα των

ατόμων μέσα στην φλόγα και όχι ο αριθμός των διεγερμένων ατόμων, η θερμοκρασία της φλόγας πρέπει να διατηρείται κατά το δυνατό χαμηλή με την προϋπόθεση όμως ότι η ενέργεια της φλόγας επαρκεί για την ατομοποίηση του προσδιοριζόμενου στοιχείου. Για ένα προκαθορισμένο μήκος κύματος εξαρτώμενο από το προσδιοριζόμενο στοιχείο και σε καθορισμένες πειραματικές συνθήκες η



**Εικόνα 19 :** Συσκευή ατομικής απορρόφησης (VARIAN 220 FS).

απορρόφηση της ακτινοβολίας είναι ανάλογη της συγκέντρωσης. Στη Φ.Α.Α. ο νόμος του Beer διατυπώνεται με τη μορφή:

$$A = \log \frac{I_0}{I_t} = \kappa \cdot L \cdot N_0$$

όπου:

$A$  = απορρόφηση.

$I_0$ : η ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στο νέφος των ατόμων.

$I_t$  : η ένταση της εξερχόμενης ακτινοβολίας μετά τη διόδο από το νέφος.

$N_0$  : η συγκέντρωση των ατόμων στο νέφος (αριθμός ατόμων ανά ml).

$L$  : το μήκος διαδρομής που διανύθηκε μέσα στο νέφος των ατόμων (cm).

$\kappa$  : σταθερά εξαρτώμενη από τον συντελεστή απορρόφησης

Επομένως, εάν μετρηθούν τις απορροφήσεις γνωστών (standard) διαλυμάτων και τοποθετηθούν σε ένα σύστημα καρτεσιανών συντεταγμένων με



τις συγκεντρώσεις παίρνουμε την καμπύλη αναφοράς και στη συνέχεια με γνωστές τις απορροφήσεις αγνώστων διαλυμάτων υπολογίζεται η συγκέντρωσή τους.

## **2.5. Στατιστική Ανάλυση (Πίν. 58 – 131 του παραρτήματος).**

Η Στατιστική Ανάλυση έγινε με τη χρήση του στατιστικού πακέτου Minitab.

Τα μέτρα θέσης που χρησιμοποιούνται για τη Στατιστική Μελέτη των δεδομένων μας είναι :

### **1. Δειγματική μέση τιμή (mean)**

Είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο μέτρο θέσης λόγω της απλότητάς του. Μειονεκτεί σε αντίθεση με τη διάμεσο γιατί επηρεάζεται από ακραίες – εξωκείμενες τιμές καθώς εξαρτάται από όλα τα δεδομένα. Στην περίπτωση μας όμως οι ακραίες – εξωκείμενες τιμές είναι αυτές οι οποίες σηματοδοτούν την έρευνά μας και είναι απόλυτα δικαιολογημένες από τις φαινομενικές τάσεις που κατά διαστήματα παρουσιάζονται στις δειγματοληψίες μας (Κουτροβέλης 1999).

### **2. Δειγματική διάμεσος (median)**

Είναι το προτιμότερο μέτρο θέσης για δεδομένα που περιέχουν ακραίες τιμές ή έχουν λοξή κατανομή και προσφέρεται περισσότερο για παρουσίαση της κεντρικής τάσης δεδομένων (Κουτροβέλης 1999).

### **3. Δειγματική τυπική απόκλιση (Standard deviation)**

Η δειγματική τυπική απόκλιση θεωρείται πιο κατανοητό μέτρο μεταβλητότητας διότι χρησιμοποιεί ίδιες μονάδες μέτρησης με τα δεδομένα σε σχέση με τη δειγματική διασπορά και με τον τρόπο αυτό γίνεται διακριτό αν οι τιμές της μεταβλητής απέχουν σημαντικά από την μέση τιμή.

### **4. Διαφορά μεταξύ μέγιστης και ελάχιστης τιμής (Range)**

Είναι η δειγματική έκταση και αφορά τη μέγιστη τιμή μείον την ελάχιστη.

$$R = x_{(n)}^{max} - x_1^{min}$$

### 5. Το πρώτο και τρίτο τεταρτημόριο ( $Q_1, Q_3$ )

Μία παρατήρηση ονομάζεται  $p$  (εκατοστιαίο σημείο όταν το  $p$  % των παρατηρήσεων είναι μικρότερες από αυτήν την παρατήρηση).

Το  $Q_1$  είναι το πρώτο τεταρτημόριο και αφορά την τιμή όπου το 25 % των μετρήσεων είναι κάτω από αυτή.

Το  $Q_3$  είναι το πρώτο τεταρτημόριο και αφορά την τιμή όπου το 75 % των μετρήσεων είναι κάτω από αυτή.

Το  $Q_3$  (third or Upper Quartile) -  $Q_1$  (First of Lower Quartile) λέγεται ενδοτεταρτημοριακό εύρος και δίνει το εύρος που καλύπτουν τα μισά δεδομένα που είναι πιο κοντά στην κεντρική τιμή (διάμεσο) (Κουτροβέλης 1999).

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 3.1. Το βάθος και το πλάτος στους 12 σταθμούς δειγματοληψίας.

Το μέγιστο βάθος (1,80 m) (Πίν. 26 του παραρτήματος και Σχ. 5) βρέθηκε στις 23/01/20009 στο σταθμό Σ10 και το μικρότερο πλάτος (X.P.\*) στις 23/09/20008 και 19/03/2009 στους σταθμούς Σ2, Σ5 και Σ12. Το μέγιστο πλάτος (20,00 m) (Πίν. 27 και Σχ. 6) βρέθηκε στις 23/01/20009 στο σταθμό Σ6 και το μικρότερο πλάτος (X.P.) στις 23/09/20008 και 21/11/2008 στους σταθμούς Σ2, Σ5 και Σ12 αντίστοιχα.

\* Το μήκος και το πλάτος αλλάζουν αναλόγως με τις εισροές από το βρόχινο νερό και κυρίως σε σχέση με την τροφοδοσία που υπάρχει από τον Πηνειό ποταμό. Αυτός είναι και ο λόγος που σε μερικές περιπτώσεις δεν υπήρχε ροή νερού (X.P.).

#### 3.2. Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (Πίν. 28 του παραρτήματος και Σχ. 7 και 9) κυμάνθηκαν από 421 έως 11700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Υψηλές αγωγιμότητες παρουσιάστηκαν στην περιοχή της Κάρλας και χαμηλότερες στις περιοχές Ομορφωχωρίου-Πλυτκάμπου-Ελευθερίου, όπου βρίσκεται το πρώτο τμήμα των αρδευτικών-αποστραγγιστικών τάφρων. Η κατανομή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας δείχνει πολύ υψηλές τιμές στους σταθμούς Σ3, Σ2, Σ4, Σ1, και Σ11. Στους υπόλοιπους σταθμούς οι τιμές είναι κατά πολύ μικρότερες. Πιο συγκεκριμένα η μικρότερη τιμή 421  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (18/3/2009) παρατηρήθηκε στον σταθμό Σ7 και η μεγαλύτερη 11700  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (29/07/2008) στον σταθμό Σ3. Ο μικρότερος μέσος όρος (M.O.) αγωγιμότητας (587,73  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) παρατηρήθηκε στον σταθμό Σ12 και ο μεγαλύτερος (6177  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) παρατηρήθηκε στον σταθμό Σ2.

#### 3.3. Ενεργός οξύτητα (pH)

Η διακύμανση της ενεργού οξύτητας (pH) (Πίν. 29 του παραρτήματος

και Σχ. 8 και 10) έδειξε πιο ψηλές τιμές στους σταθμούς Σ2, Σ6, Σ4 και Σ8 και μικρότερες στους σταθμούς Σ10 και Σ4. Η υψηλότερη τιμή 9,20 (21/07/2009) παρατηρήθηκε στον σταθμό Σ2 και η χαμηλότερη 5,7 (29/07/2008) στον σταθμό Σ10. Ο μικρότερος Μ.Ο. (7,39) παρατηρήθηκε στον σταθμό Σ9 και ο μεγαλύτερος (8,52), στον σταθμό Σ2.

### **3.4. Θερμοκρασία νερού (°C)**

Η διακύμανση της θερμοκρασίας του νερού κατά την δειγματοληψία (Πίν. 30 του παραρτήματος και Σχ. 11 και 13) είχαν σημαντικές διακυμάνσεις. Πιο συγκεκριμένα μικρότερη θερμοκρασία 6,8 °C (22-01-2008) είχαμε στον σταθμό Σ3 και μεγαλύτερη 33,0 °C (22-01-2009) στον σταθμό Σ7 (θέση αποβολής αποβλήτων εργοστασίου παραγωγής οινόπνευματος). Ο μικρότερος Μ.Ο. (16,18) παρατηρήθηκε στον σταθμό Σ1 και ο μεγαλύτερος (19,60) στον σταθμό Σ12.

### **3.5. Ιόντα ασβεστίου (Ca<sup>++</sup>)**

Υψηλότερες τιμές ιόντων ασβεστίου (Πίν. 31 του παραρτήματος και Σχ. 12 και 14) καταγράφηκαν στους σταθμούς Σ2, Σ11 και Σ4 και μικρότερες στους σταθμούς Σ7 και Σ8. Η υψηλότερη συγκέντρωση του ασβεστίου παρατηρήθηκε στον σταθμό Σ2 290 mg/l (22-01-2009) και η χαμηλότερη 15 mg/l (17-11-2008) στον σταθμό Σ7. Ο μικρότερος Μ.Ο. (33,25 mg/l) παρατηρήθηκε στον σταθμό Σ7 και ο μεγαλύτερος στον σταθμό Σ3 (135,08 mg/l).

### **3.6. Ιόντα μαγνησίου (Mg<sup>++</sup>)**

Τα ιόντα μαγνησίου (Πίν. 32 του παραρτήματος και Σχ. 15 και 17), κυμάνθηκε μεταξύ 6 mg/l (22/01/2009) στον σταθμό Σ1 και 947 mg/l (29/07/2008) στον σταθμό Σ3. Υψηλότερες τιμές καταγράφηκαν στους σταθμούς Σ3, Σ2 και Σ4 και

μικρότερες στους σταθμούς Σ1, Σ7 και Σ9. Ο μικρότερος Μ.Ο. (12,25 mg/ℓ) παρατηρήθηκε στον σταθμό Σ7 και ο μεγαλύτερος (368,25 mg/ℓ) στον σταθμό Σ2.

### 3.7. Ιόντα καλίου ( $K^+$ )

Υψηλότερες τιμές ιόντων καλίου (Πίν. 33 του παραρτήματος και Σχ. 16 και 18), παρατηρήθηκαν στους σταθμούς Σ7 και Σ10 και μικρότερες στους σταθμούς Σ9, Σ3 και Σ11. Η κατανομή των αποτελεσμάτων των μετρήσεων διακυμάνθηκε από 0,9 mg/ℓ (20/05/2008) στον σταθμό Σ9 και 430 mg/ℓ (18/05/2009) στον σταθμό Σ7. Μικρότερος Μ.Ο. (3,91 mg/ℓ) παρατηρήθηκε στον σταθμό Σ12 και ο μεγαλύτερος (46,03 mg/ℓ) στον σταθμό Σ7.

### 3.8. Ιόντα νατρίου ( $Na^+$ )

Το ιόντα νατρίου (Πίν. 34 του παραρτήματος και Σχ. 19 και 21), κυμάνθηκε μεταξύ 7,5 mg/ℓ (18/03/2008) στον σταθμό Σ12 και 1200 mg/ℓ (22/01/2009) στον σταθμό Σ3. Υψηλότερες τιμές παρουσιάστηκαν στους σταθμούς Σ3, Σ2, Σ10 και Σ4 και μικρότερες στους σταθμούς Σ12, Σ10 και Σ8. Ο μικρότερος Μ.Ο. (22,85 mg/ℓ) παρατηρήθηκε στον σταθμό Σ12 και ο μεγαλύτερος (671,82 mg/ℓ) στον σταθμό Σ2.

### 3.9. Αμμωνιακά ιόντα ( $NH_4^+$ )

Η κατανομή των αμμωνιακών (Πίν. 35 του παραρτήματος και Σχ. 20 και 22), ήταν από μηδενική (σταθμοί Σ2, Σ3, Σ4, Σ8, Σ9 και Σ10) έως 23,90 mg/ℓ (22/01/2009) στον σταθμό Σ1. Υψηλότερες τιμές παρουσιάστηκαν στους σταθμούς Σ1, Σ6 και Σ11 και μικρότερες στους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4, Σ8, Σ9 και Σ12. Ο μικρότερος Μ.Ο. 0,15 mg/ℓ παρατηρήθηκε στον σταθμό Σ3 και ο μεγαλύτερος (11,34 mg/ℓ) στον σταθμό Σ1.

### 3.10. Σύνθετη αλκαλικότητα (mmol/ℓ)

Η σύνθετη αλκαλικότητα (Πίν. 36 του παραρτήματος και Σχ. 23 και 25), ήταν από μηδενική σε όλους τους σταθμούς και 1,01 mmol/l (29/07/2008) στον σταθμό Σ2. Υψηλότερες τιμές παρουσιάστηκαν στους σταθμούς Σ2, Σ8, Σ3 και Σ6. Σε όλους τους σταθμούς βρέθηκαν και μηδενικές τιμές. Ο μικρότερος Μ.Ο. (0,00 mmol/l) παρατηρήθηκε στους σταθμούς Σ1, Σ7, Σ9, Σ10 και Σ11 και ο μεγαλύτερος στον σταθμό Σ2 (0,27 mmol/l).

### **3.11. Ολική αλκαλικότητα (mmol/l)**

Η ολική αλκαλικότητα (Πίν. 37 του παραρτήματος και Σχ. 24 και 26), κυμάνθηκε μεταξύ 1,82 mmol/l (2/07/2009) στον σταθμό Σ2 και 20,08 mmol/l (18/03/2010) στον σταθμό Σ1. Υψηλότερες τιμές βρέθηκαν στους σταθμούς Σ1, Σ11 και Σ8 και μικρότερες στους σταθμούς Σ2, Σ3 και Σ9. Ο μικρότερος Μ.Ο. (4,87 mmol/l) παρατηρήθηκε στον σταθμό Σ7 και ο μεγαλύτερος στον σταθμό Σ1 (8,64 mmol/l)

### **3.12. Ιόντα χλωρίου (Cl<sup>-</sup>)**

Τα χλωριόντα (Πίν. 38 του παραρτήματος και Σχ. 27 και 29), κυμάνθηκαν μεταξύ 5 mg/l (22/01/2008) στον σταθμό Σ11 και 2540 mg/l (29/07/2008) στον σταθμό Σ3. Υψηλότερες τιμές βρέθηκαν στους σταθμούς Σ3, Σ2 και Σ1 και μικρότερες στους σταθμούς Σ11, Σ6 και Σ12. Ο μικρότερος Μ.Ο. (18,55 mg/l ) παρατηρήθηκε στον σταθμό Σ12 και ο μεγαλύτερος στον σταθμό Σ2 (1223 mg/l ).

### **3.13. Θεϊκά ιόντα (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)**

Οι τιμές των θεϊκών (Πίν. 39 του παραρτήματος και Σχ. 28 και 30) ήταν από μηδενικές (18/05/2009) στον σταθμό Σ3 και 1930 mg/l (22/01/2009) στον ίδιο σταθμό. Υψηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στους σταθμούς Σ3, Σ2, Σ4 και Σ7 και

μικρότερες στους σταθμούς Σ3, Σ4 και Σ12. Ο μικρότερος Μ.Ο. (30,36 mg/ℓ) βρέθηκε στον σταθμό Σ12 και ο μεγαλύτερος στον σταθμό Σ2 (1166,09 mg/ℓ).

### 3.14. Νιτρικά ιόντα ( $\text{NO}_3^-$ )

Οι τιμές των νιτρικών ιόντων (Πίν. 40 του παραρτήματος και Σχ. 31 και 33), ήταν από μηδενικές σε όλους τους σταθμούς έως 199 mg/ℓ (21/11/2008) στον σταθμό Σ1. Υψηλότερες τιμές βρέθηκαν στους σταθμούς Σ1 και Σ3 και μικρότερες σε όλους τους σταθμούς (μηδενικές). Ο μικρότερος Μ.Ο. (0,44 mg/ℓ) παρατηρήθηκε στον σταθμό Σ9 και ο μεγαλύτερος στον σταθμό Σ1 (36,58 mg/ℓ).

### 3.15. Υπολειμματικό ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )

Οι τιμές του υπολειμματικού  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (Πίν. 41 του παραρτήματος και Σχ. 32 και 34), ήταν από μηδενικές για όλους τους σταθμούς (εκτός του σταθμού Σ7) και 7,3 meq/ℓ στον σταθμό Σ1. Υψηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στους σταθμούς Σ1, Σ8 και Σ7 και μικρότερες (μηδενικές) σε όλους τους σταθμούς εκτός του Σ7 (0,3 meq/ℓ). Απουσία υπολειμματικού  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  βρέθηκε στους σταθμούς Σ2, Σ3, ενώ ο μεγαλύτερος Μ.Ο. παρατηρήθηκε στον σταθμό Σ1 (2,17 meq/ℓ).

### 3.16. S.A.R. ( Sodium Absorption Ratio - αναλογία προσροφημένου νατρίου)

Το S.A.R. (Πίν. 42 του παραρτήματος και 35 και 37), κυμάνθηκε μεταξύ 0,2 στους σταθμούς Σ10 (18/03/2008) και Σ12 (20/05/2008) και 19,3 (21/11/2008) στον σταθμό Σ10. Υψηλότερες τιμές βρέθηκαν στους σταθμούς Σ10, Σ1 και Σ3 και μικρότερες στους σταθμούς Σ12 και Σ10. Ο μικρότερος Μ.Ο. (0,2) παρατηρήθηκε στον σταθμό Σ12 και ο μεγαλύτερος (19,3) στον σταθμό Σ10.

### 3.17. Ολική σκληρότητα (mg $\text{CaCO}_3$ /ℓ).

Έντονη διακύμανση παρουσίασαν και οι τιμές της ολικής σκληρότητας. Η

κατανομή της ολικής σκληρότητας (Πίν. 43 του παραρτήματος και Σχ. 36 και 38), κυμάνθηκε μεταξύ 72 mg CaCO<sub>3</sub>/ℓ (21/11/2008) στον σταθμό Σ7 και 4416 mg CaCO<sub>3</sub>/ℓ (29/07/2008) στον σταθμό Σ3. Υψηλότερες τιμές βρέθηκαν στους σταθμούς Σ2 και Σ3 και μικρότερες στους σταθμούς Σ7 και Σ9. Ο μικρότερος Μ.Ο. (132,58 mg CaCO<sub>3</sub>/ℓ) παρατηρήθηκε στον σταθμό Σ7 και ο μεγαλύτερος (1839,42 mg CaCO<sub>3</sub>/ℓ) στον σταθμό Σ2.

### **3.18. Παροδική σκληρότητα (mg CaCO<sub>3</sub>/ℓ).**

Η παροδική σκληρότητα (Πίν. 44 του παραρτήματος και Σχ. 39 και 41), κυμάνθηκε μεταξύ 19 mg CaCO<sub>3</sub>/ℓ (21/07/2009) στον σταθμό Σ5 και 642 mg CaCO<sub>3</sub>/ℓ (18/03/2008 και 21/11/2008) στους σταθμούς Σ1 και Σ11. Υψηλότερες τιμές βρέθηκαν στους σταθμούς Σ1, Σ11 και Σ5 και μικρότερες στους σταθμούς Σ5 και Σ7. Μικρότερο Μ.Ο. (132,58 mg CaCO<sub>3</sub>/ℓ) είχε ο σταθμός Σ7 και μεγαλύτερο (413,78 mg CaCO<sub>3</sub>/ℓ) ο σταθμός Σ11.

### **3.19. Μόνιμη σκληρότητα (mg CaCO<sub>3</sub>/ℓ).**

Η μόνιμη σκληρότητα (Πίν. 45 του παραρτήματος και Σχ. 40 και 42), ήταν σε όλους τους σταθμούς εκτός του Σ2 από μηδενική έως και 4128 mg CaCO<sub>3</sub>/ℓ (29/07/2008) στον Σ3. Υψηλότερες τιμές βρέθηκαν Σ3 και Σ2 και μικρότερες (μηδενικές) σε όλους τους υπόλοιπους σταθμούς εκτός των Σ3 και Σ2. Ο μικρότερος Μ.Ο. (μηδενικός) παρατηρήθηκε στον σταθμό Σ7 και ο μεγαλύτερος (1580,91 mg CaCO<sub>3</sub>/ℓ) στον σταθμό Σ2.

### **3.20. Νιτρώδη ιόντα (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)**

Η διακύμανση των τιμών των νιτρωδών (Πίν. 46 του παραρτήματος και Σχ. 43 και 45), ήταν από μηδενική (σε όλους τους σταθμούς εκτός Σ1 και Σ12) έως 0,92 mg/ℓ (17/11/2009) στον σταθμό Σ1. Ο μικρότερος Μ.Ο. (0,01 mg/ℓ) βρέθηκε



στους σταθμούς Σ4 και Σ7 και ο μεγαλύτερος (0,71 mg/ℓ) στον σταθμό Σ1.

### 3.21. Φωσφορικά ιόντα ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

Η κατανομή των φωσφορικών (Πίν. 47 του παραρτήματος και Σχ. 44 και 46), ήταν μηδενική σε όλους τους σταθμούς εκτός των Σ1, Σ8, Σ9 και Σ12. Υψηλότερη τιμή φωσφορικών (22,6 mg/ℓ). βρέθηκε στις 23/09/2008 στον σταθμό Σ1. Ο μικρότερος Μ.Ο. (0,12 mg/ℓ) παρατηρήθηκε στον σταθμό Σ2 και ο μεγαλύτερος (7,95 mg/ℓ) στον σταθμό Σ1.

### 3.22. Φωσφόρος (P)

Η διακύμανση του Φωσφόρου (Πίν. 48 του παραρτήματος και Σχ. 47 και 49), ήταν από μηδενική (σε όλους τους σταθμούς εκτός από τους Σ1, Σ9, Σ10) και 7,368 mg/ℓ (23/09/2008) στον σταθμό Σ1. Υψηλότερες τιμές παρουσιάστηκαν στους σταθμούς Σ1, Σ9 και Σ10 και μικρότερες στους σταθμούς Σ3, Σ4 και Σ6. Ο μεγαλύτερος Μ.Ο. (2,59 mg/ℓ) παρατηρήθηκε στον σταθμό Σ1 και ο μικρότερος (0,12 mg/ℓ) στον σταθμό Σ8.

### 3.23. Άζωτο (N)

Οι τιμές του αζώτου (Πίν. 49 του παραρτήματος και Σχ. 48 και 50), ήταν μηδενικές στους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4, Σ8 και Σ9 και 42,56 mg/ℓ (21/09/2019) στον σταθμό Σ1. Υψηλότερες τιμές βρέθηκαν στους σταθμούς Σ1 και Σ11 και χαμηλότερες (μηδενικές) στους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4, Σ8 και Σ9. Μικρότερο Μ.Ο. (0,55 mg/ℓ) είχαμε στον σταθμό Σ2 και ο μεγαλύτερο στον σταθμό Σ1 (18,78 mg/ℓ).

### 3.24. Βιοχημική ζήτηση οξυγόνου B.O.D. ( Biochemical Oxygen Demand)

Το B.O.D. (Πίν. 50 του παραρτήματος και Σχ. 51 και 53), κυμάνθηκε μεταξύ 3 mg/ℓ (σταθμοί Σ2, Σ4 και Σ6) και 590 mg/ℓ (29/07/2008) στον σταθμό Σ1.

Ιδιαίτερα ψηλές τιμές βρέθηκαν στους σταθμούς Σ1, Σ8, Σ10 και Σ11 και μικρότερες στους σταθμούς Σ3, Σ4 και Σ6. Ο μικρότερος Μ.Ο. (7,82 mg/ℓ) παρατηρήθηκε στον σταθμό Σ4 και ο μεγαλύτερος στον σταθμό Σ1 (182,75 mg/ℓ).

### **3.25. Χημικός απαιτούμενο Οξυγόνο C.O.D. (Chemical Oxygen Demand)**

Το C.O.D. ( Πίν. 51 του παραρτήματος και Σχ. 52 και 54), κυμάνθηκε μεταξύ 12 mg/ℓ (17/11/2009) στον σταθμό Σ7 και 826 mg/ℓ (29/07/2008) στον σταθμό Σ1. Γενικά υψηλότερες τιμές βρέθηκαν στους σταθμούς Σ1 και Σ8 και μικρότερες στους σταθμούς Σ7 και Σ4. Μικρότερο Μ.Ο. (29,42 mg/ℓ) είχαμε στον σταθμό Σ4 και μεγαλύτερο (298,42 mg/ℓ) στον σταθμό Σ1.

### **3.26. Διαλυμένο οξυγόνο (D.O.)**

Το D. O. (Πίν. 52 του παραρτήματος και Σχ. 55 και 57), κυμάνθηκε μεταξύ 0,5 mg/ℓ (21/07/2009) στον σταθμό Σ11 και 13,5 mg/ℓ (17/11/2009) στον σταθμό Σ5. Υψηλότερες τιμές βρέθηκαν στους σταθμούς Σ5, Σ3, Σ4, Σ12, και Σ2 και μικρότερες στους σταθμούς Σ11, Σ1, Σ8, Σ9 και Σ7. Ο μικρότερος Μ.Ο. (2,37 mg/ℓ) παρατηρήθηκε στον σταθμό Σ11 και ο μεγαλύτερος (8,32 mg/ℓ) στον σταθμό Σ2.

### **3.27. Βαθμός Αλκαλίωσης (Na%)**

Το (Na%) (Πίν. 53 του παραρτήματος και Σχ. 56 και 58), κυμάνθηκε μεταξύ 0,0 στον σταθμό Σ12 και 81,82 στον σταθμό Σ10. Υψηλότερες τιμές βρέθηκαν στους σταθμούς Σ10, Σ9, Σ8 και μικρότερες στους σταθμούς Σ12, Σ10 και Σ8. Ο μικρότερος Μ.Ο. (15,62) παρατηρήθηκε στον σταθμό Σ12 και ο μεγαλύτερος στον σταθμό Σ1 (53,69).

### **3.28. Οργανική ουσία ιζήματος (%)**

Αυξημένη οργανική ουσία στο ίζημα (Πίν. 54 του παραρτήματος και Σχ.

59) βρέθηκε στους σταθμούς Σ10, Σ3 και Σ7, ενώ στους σταθμούς Σ2 και Σ1 το ποσοστό της οργανικής ουσίας είναι πολύ μικρότερο. Μεγαλύτερη τιμή (8,0) βρέθηκε στην θέση Σ10 και μικρότερη στην θέση Σ2 (5,0).

### **3.29. Ολικό άζωτο**

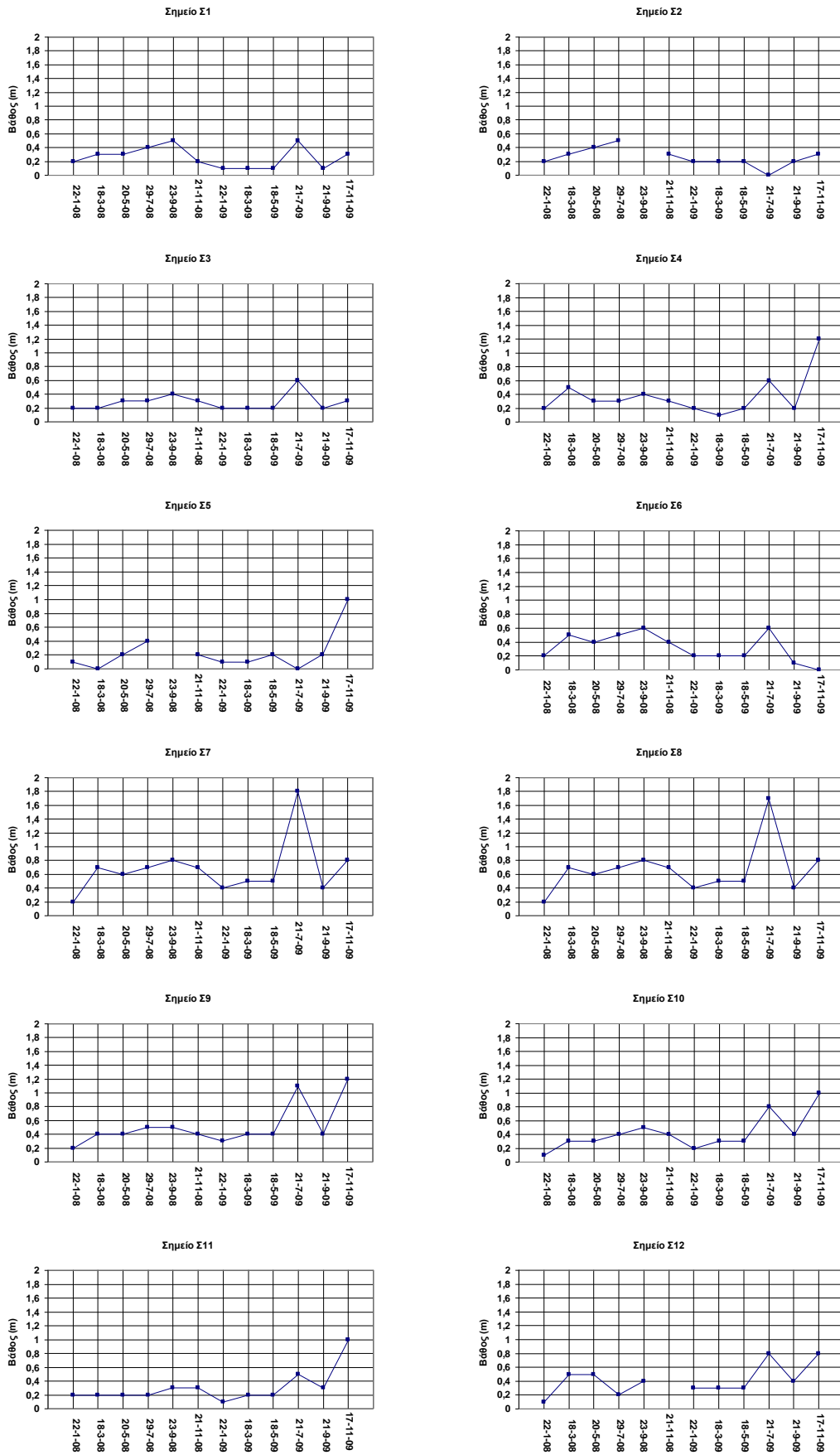
Οι αναλύσεις στο ίζημα (Πίν. 54 του παραρτήματος και Σχ. 60) έδειξαν μεγαλύτερη τιμή ολικού αζώτου στην θέση Σ10 (0,94) και μικρότερη στην θέση Σ8 (0,07).

### **3.30. Μηχανική σύσταση του ιζήματος**

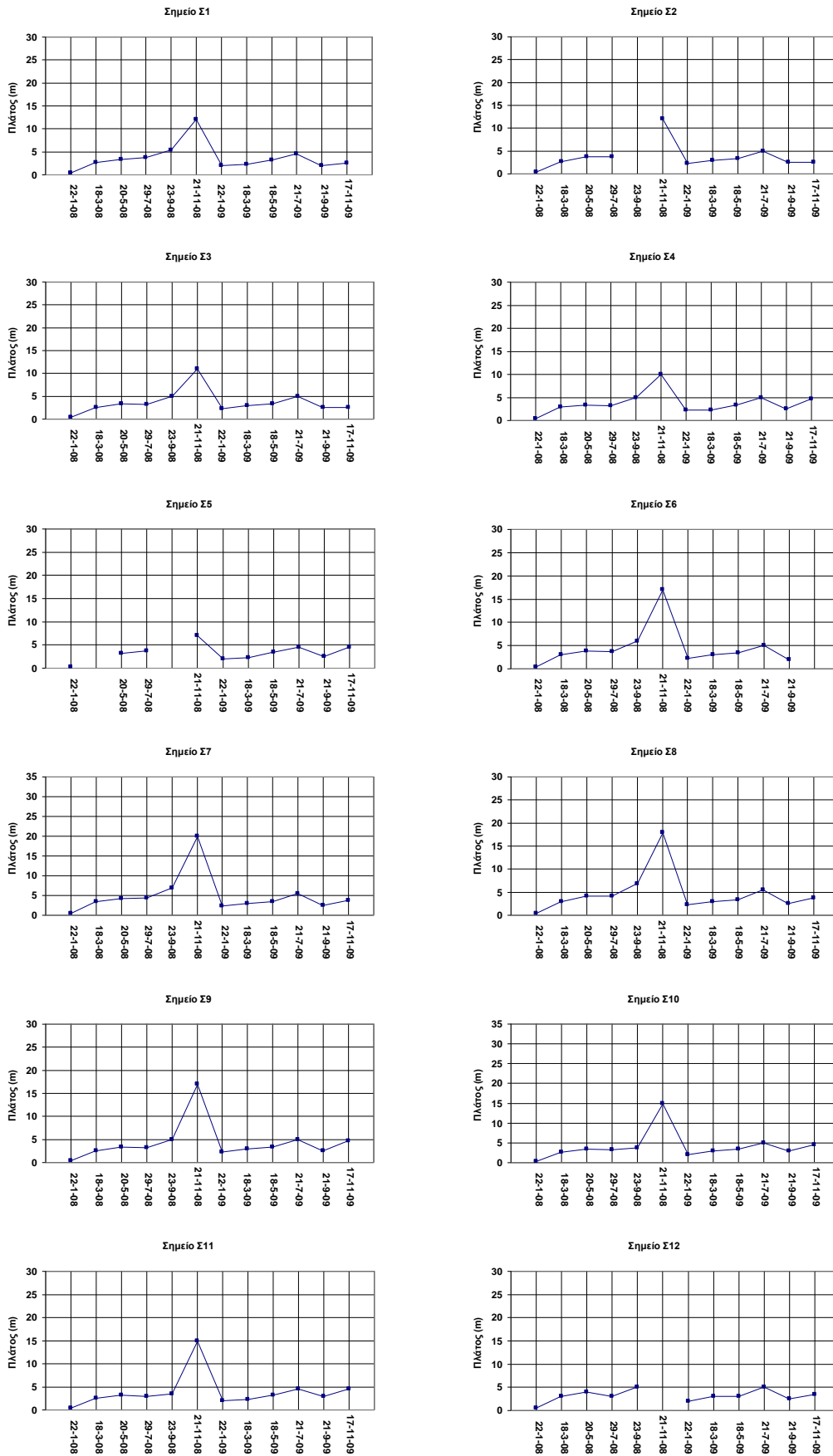
Η μηχανική σύσταση του ιζήματος (Πίν. 55 του παραρτήματος και Σχ. 61), παρουσίασε σημαντικές διαφοροποιήσεις. Στην περιοχή μελέτης υπάρχουν εδάφη αργιλώδη, αργιλλοπηλώδη, αμμοαργιλλοπηλώδη και αμμοπηλώδη.

### **3.31. Βαρέα μέταλλα**

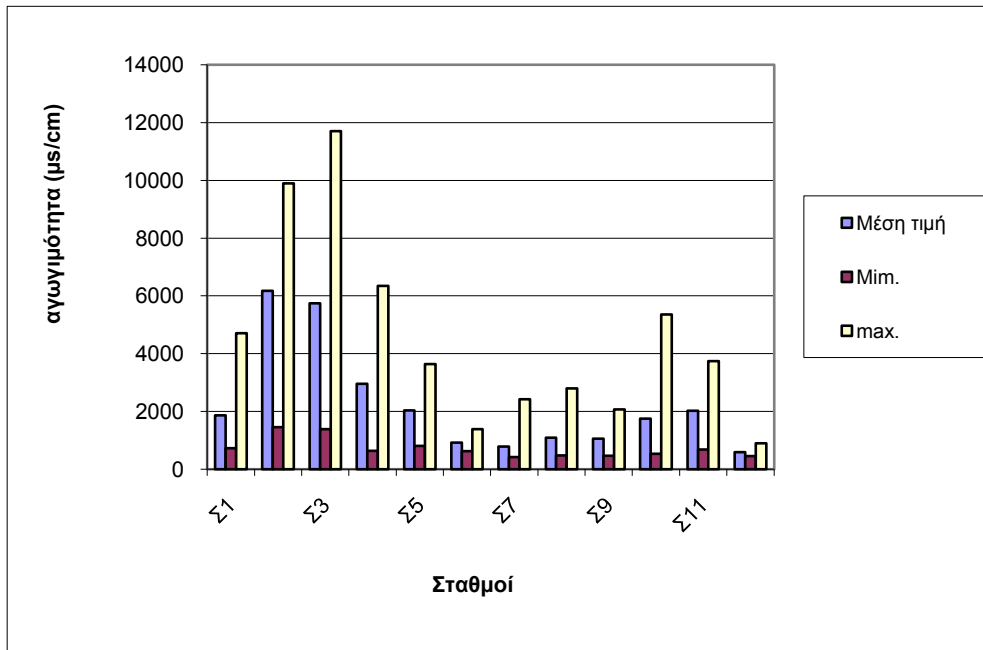
Μετρήθηκαν για τα έτη 2008 και 2009 οι τιμές πέντε βαρέων μετάλλων στο ίζημα (Cd, Cr, Pb, Ni και Cu) (Πίν. 56 και 57 του παραρτήματος και Σχ. 62 και 63). Υψηλότερη τιμή καδμίου (Cd) βρέθηκε στον σταθμό Σ7 (0,50 και 0,54 mg/kg) και χαμηλότερη στον σταθμό Σ3 (0,05 και 0,05 mg/kg). Για το χρώμιο (Cr) υψηλότερη τιμή βρέθηκε στον σταθμό Σ1 (155 και 158 mg/kg) και χαμηλότερη στον Σταθμό Σ2 (98 και 100 mg/kg). Στο σταθμό Σ7 ανιχνεύθηκε η μεγαλύτερη τιμή μολύβδου (58 και 69 mg/kg) και η χαμηλότερη στον σταθμό Σ2 (11 και 10 mg/kg). Για το νικέλιο (Ni) είχαμε υψηλότερες τιμές στους σταθμούς Σ9 (247 και 249 mg/kg) και χαμηλότερες στον Σ1 (150 και 152 mg/kg). Τέλος υψηλότερες τιμές και χαλκού (Cu) βρέθηκαν στον σταθμό Σ7 (436 και 430 mg/kg) και χαμηλότερες στον σταθμό Σ1 (35 και 36 mg/kg). Οι μεγαλύτερες τιμές βαρέων μετάλλων βρέθηκαν στον σταθμό Σ7 (Οινοπνευματοποιεία «ΧΑΤΖΗΔΗΜΑ»).



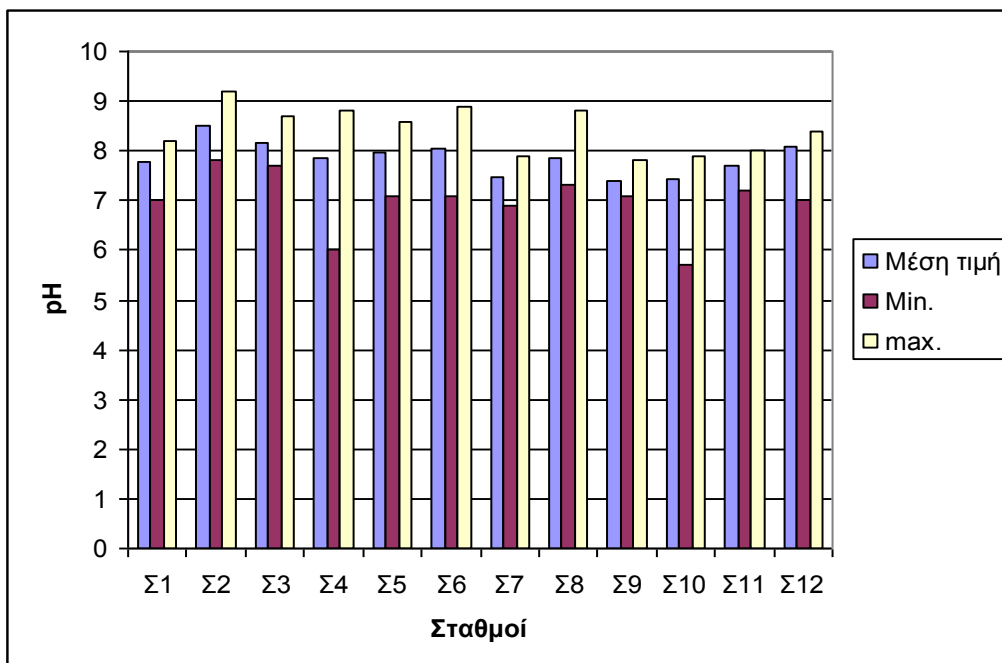
Σχήμα 5 : Το βάθος στους 12 σταθμούς δειγματοληψίας.



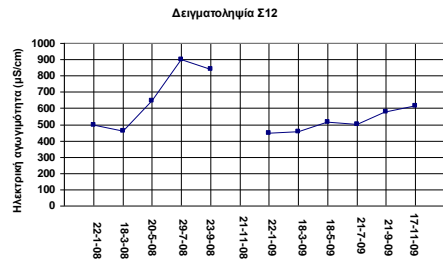
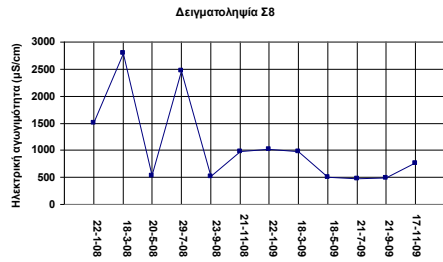
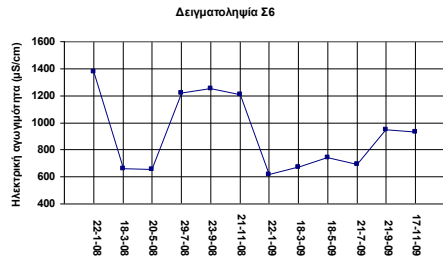
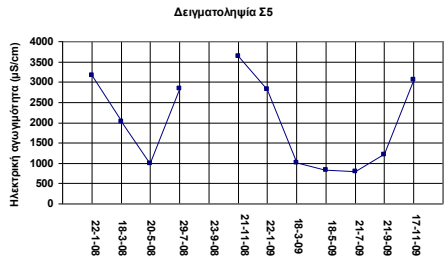
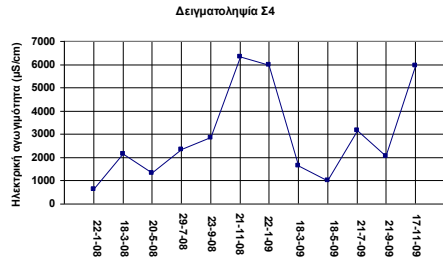
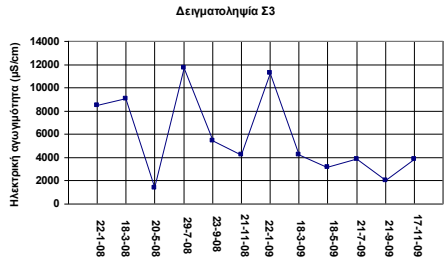
Σχήμα 6 : Το πλάτος στους 12 σταθμούς δειγματοληψίας.



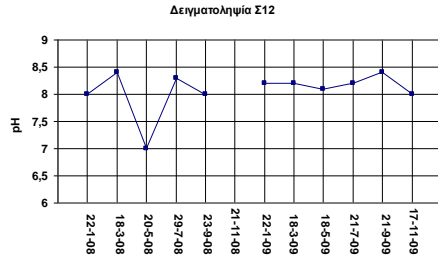
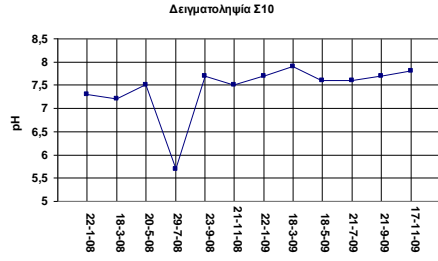
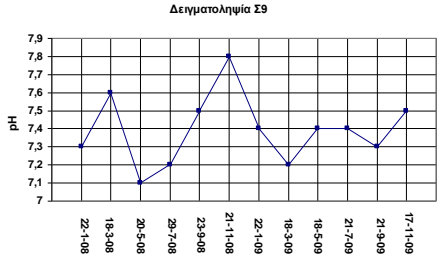
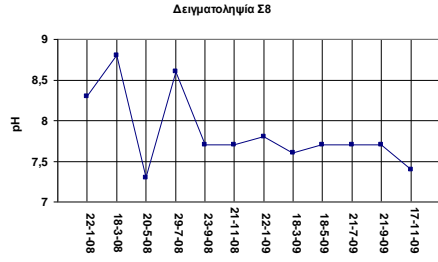
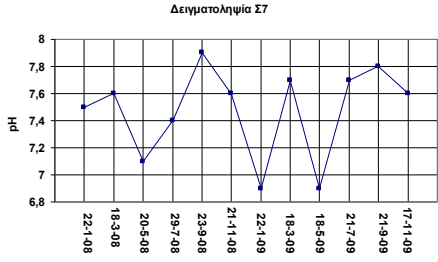
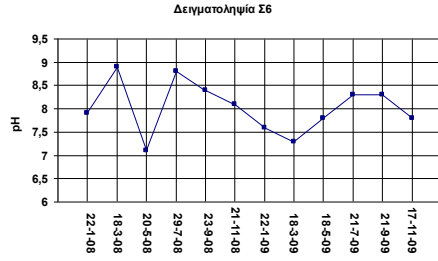
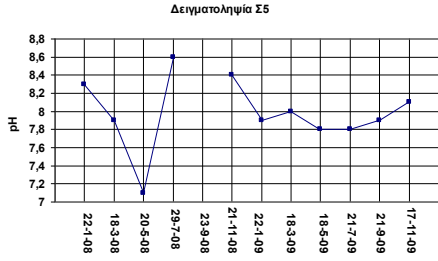
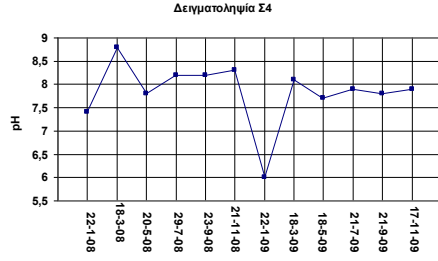
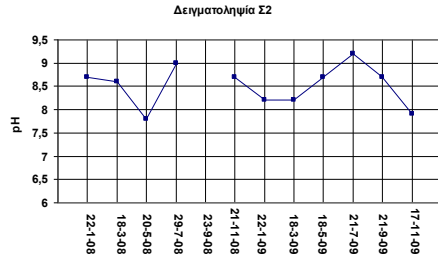
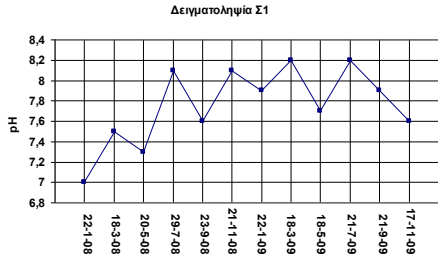
**Σχήμα 7 :** Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή της αγωγιμότητας (EC) και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες.



**Σχήμα 8 :** Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή του pH και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες.

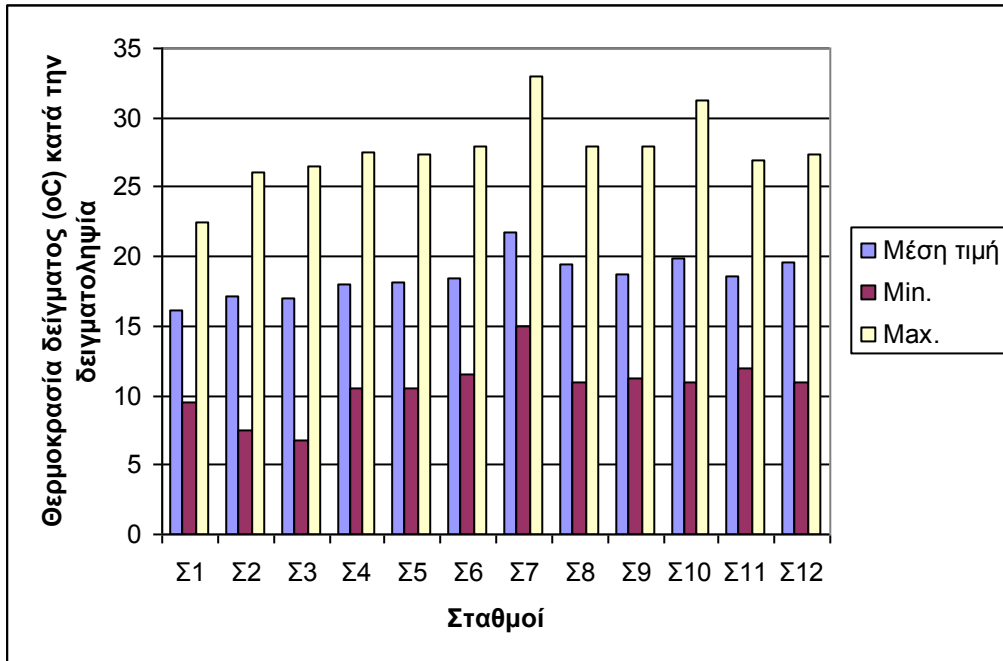


**Σχήμα 9 :** Η διακύμανση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) σε μS/cm κατά τις 12 δειγματοληψίες.

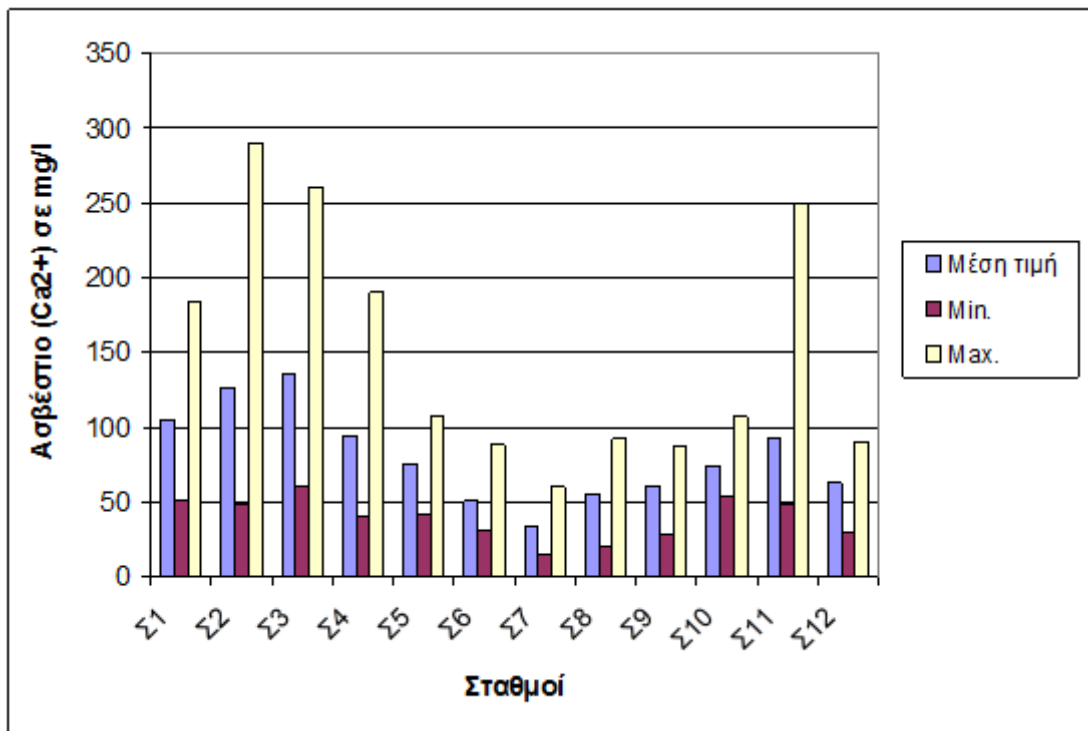


Σχήμα 10 : Η διακύμανση του pH κατά τις 12 δειγματοληψίες.

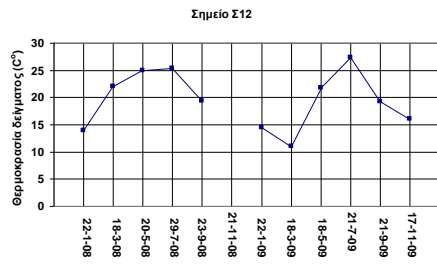
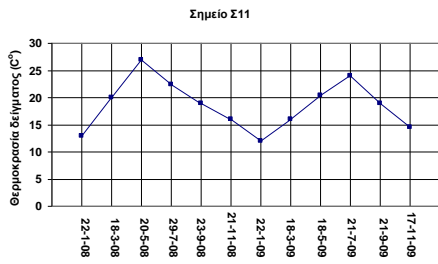
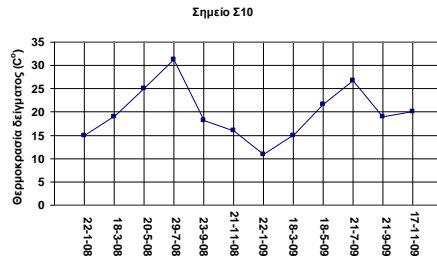
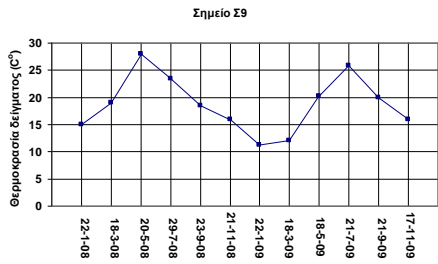
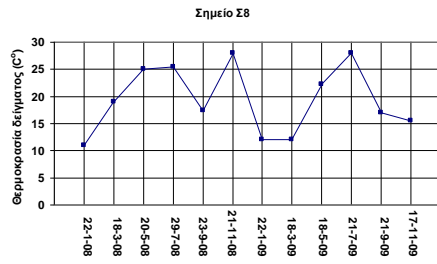
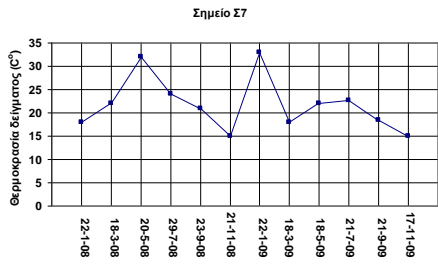
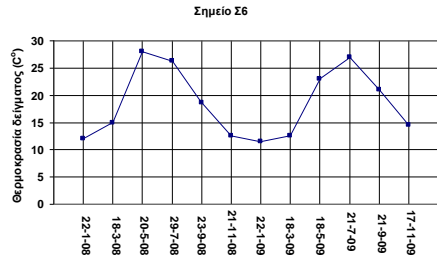
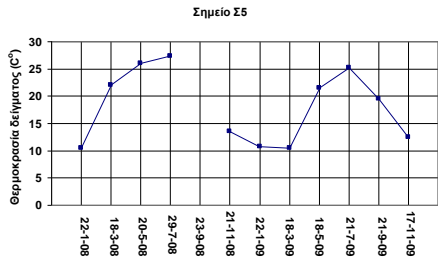
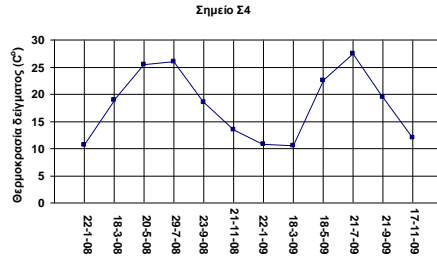
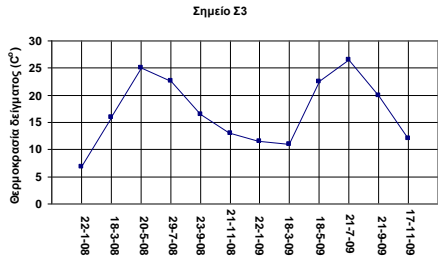
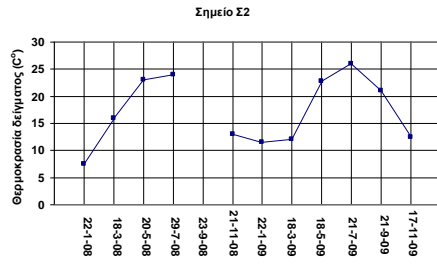
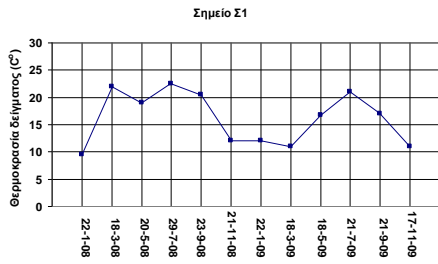




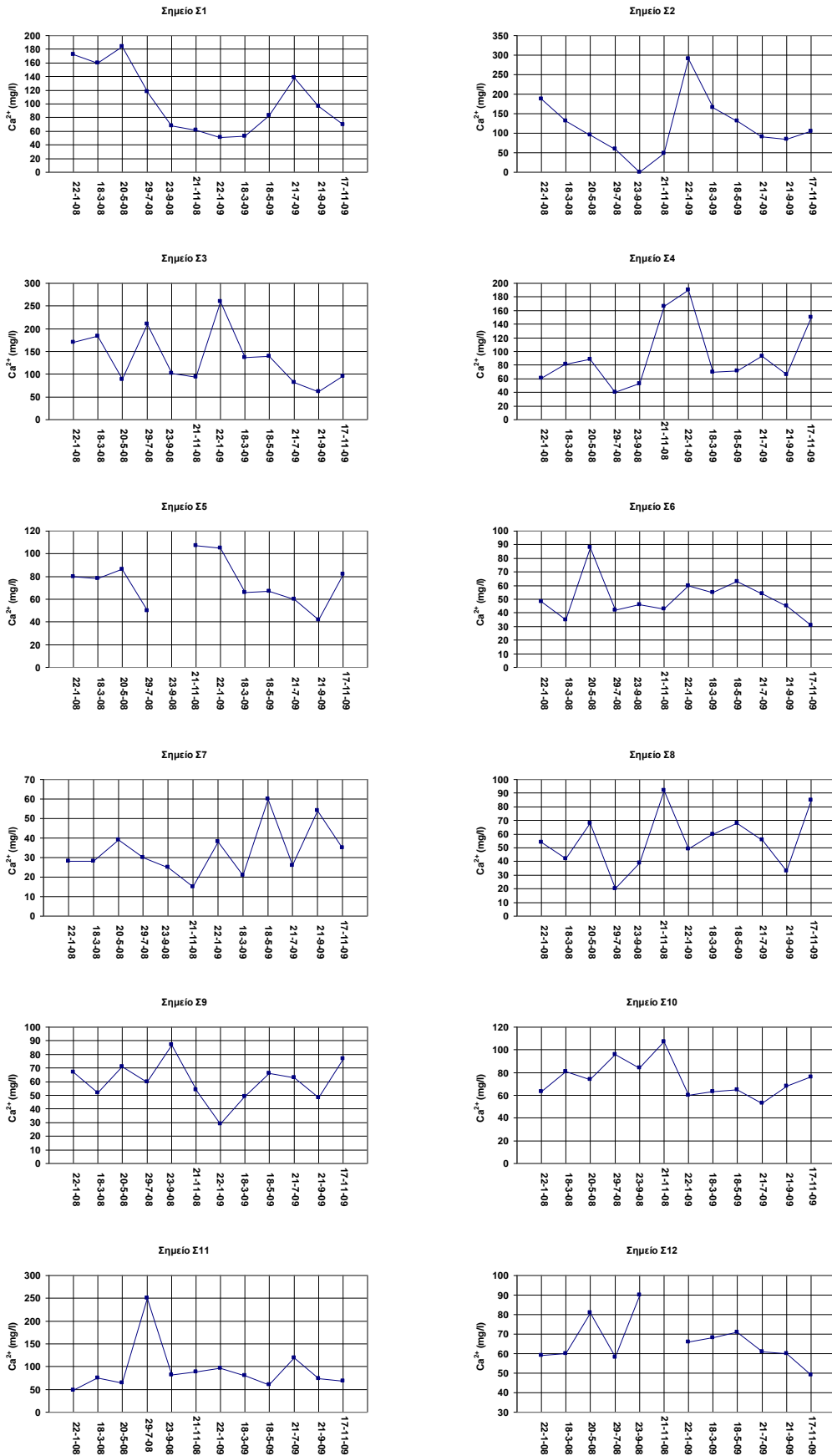
**Σχήμα 11 :** Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή θερμοκρασίας (°C) κατά την δειγματοληψία.



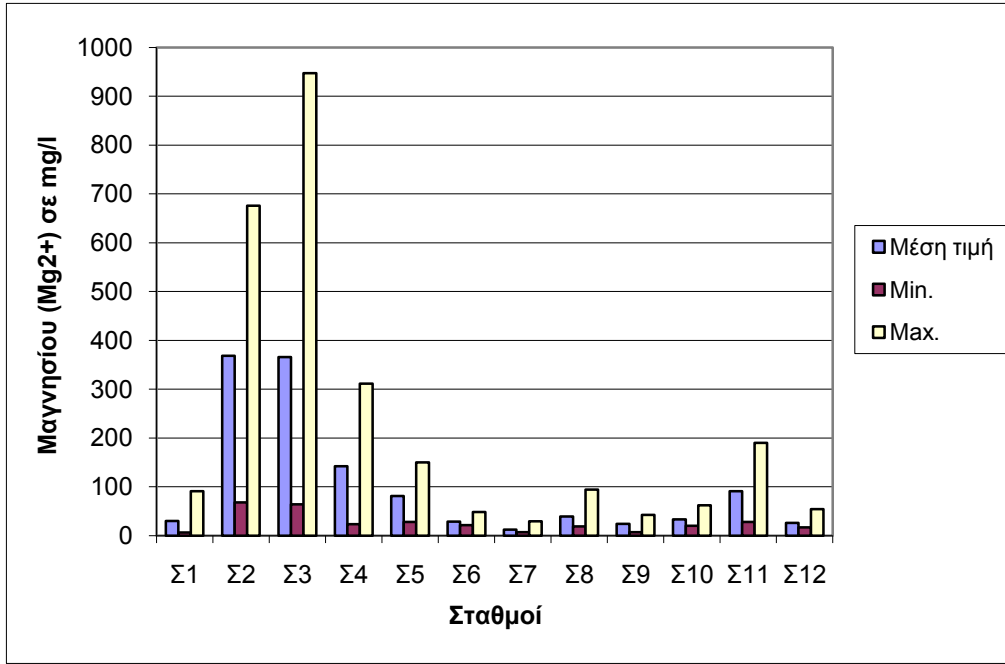
**Σχήμα 12 :** Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή τους ασβεστίου  $Ca^{++}$  σε mg/ℓ και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες.



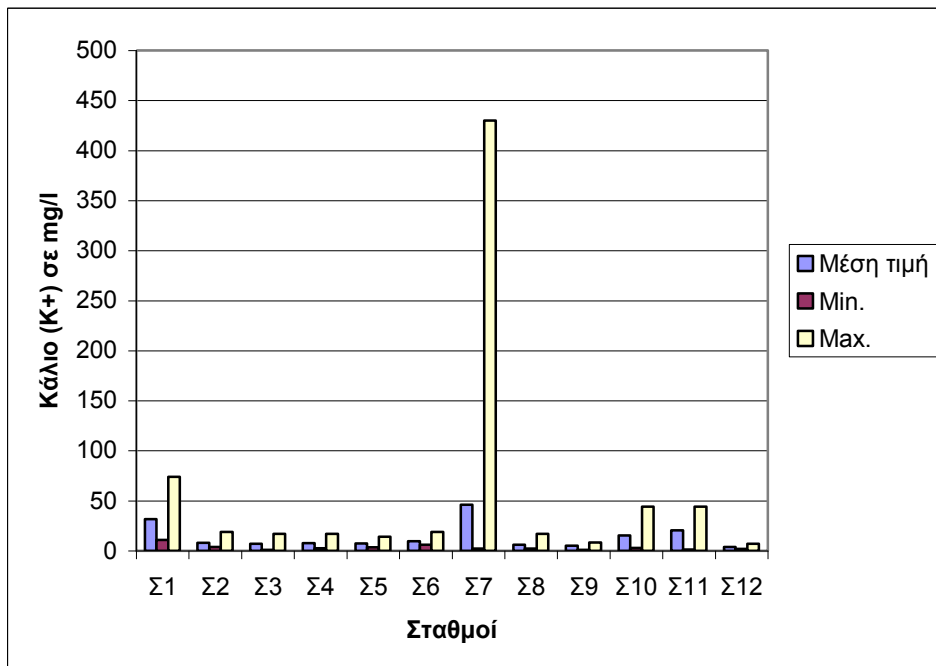
Σχήμα 13 : Η διακύμανση της θερμοκρασίας (°C) κατά την δειγματοληψία.



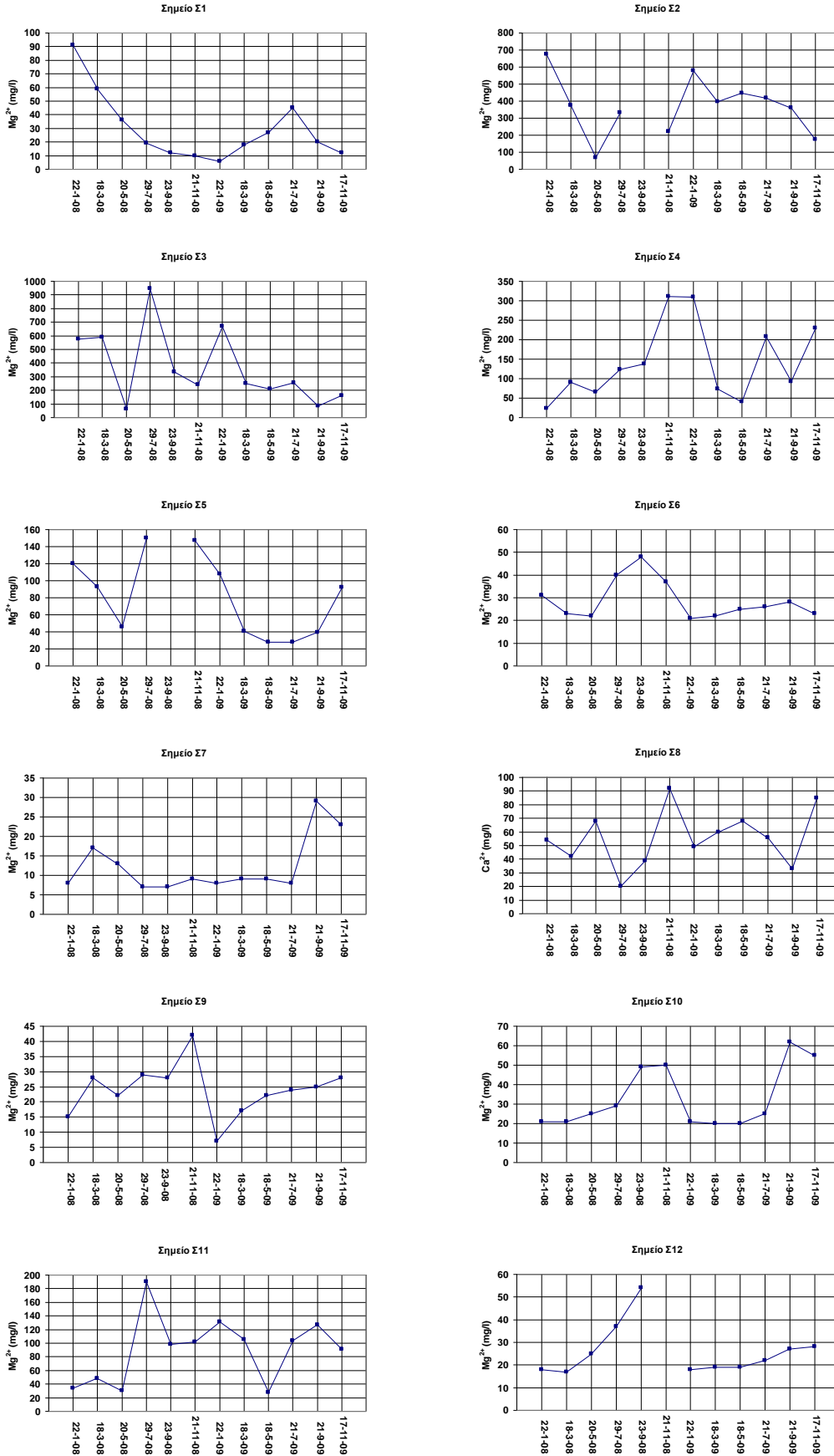
Σχήμα 14 : Η διακύμανση των ιόντων ασβεστίου (Ca<sup>++</sup>) σε mg/l κατά τις 12 δειγματοληψίες



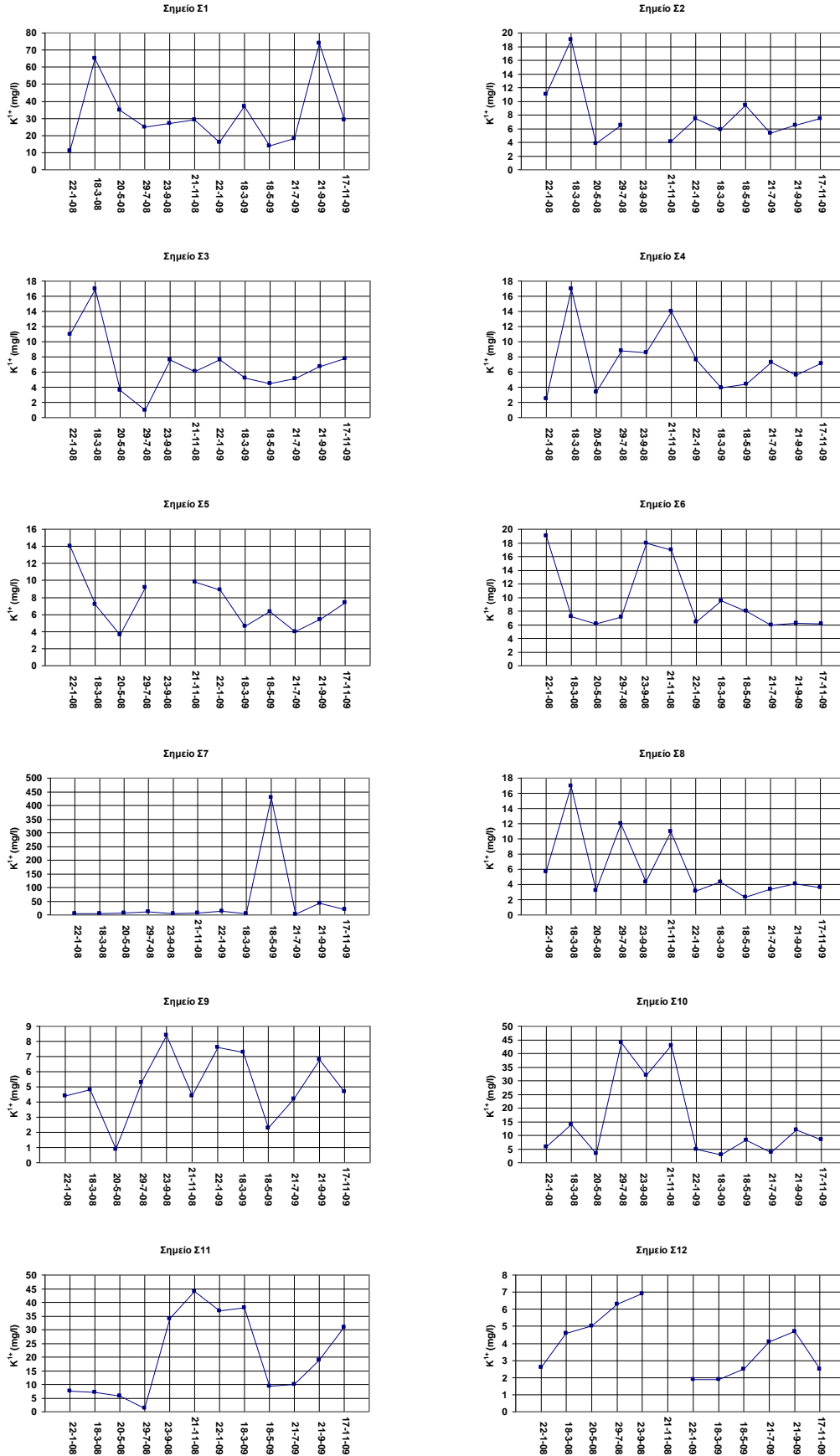
**Σχήμα 15 :** Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή των ιόντων Μαγνησίου ( $Mg^{++}$ ) και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες.



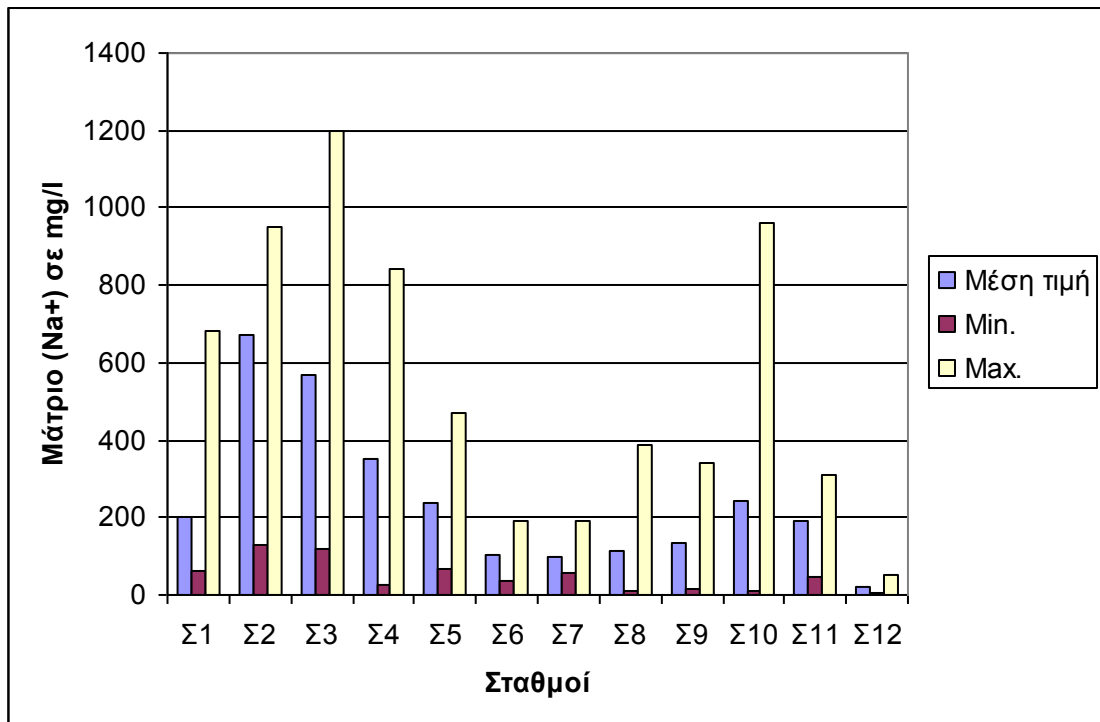
**Σχήμα 16 :** Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή των ιόντων καλίου ( $K^{+}$ ) και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες.



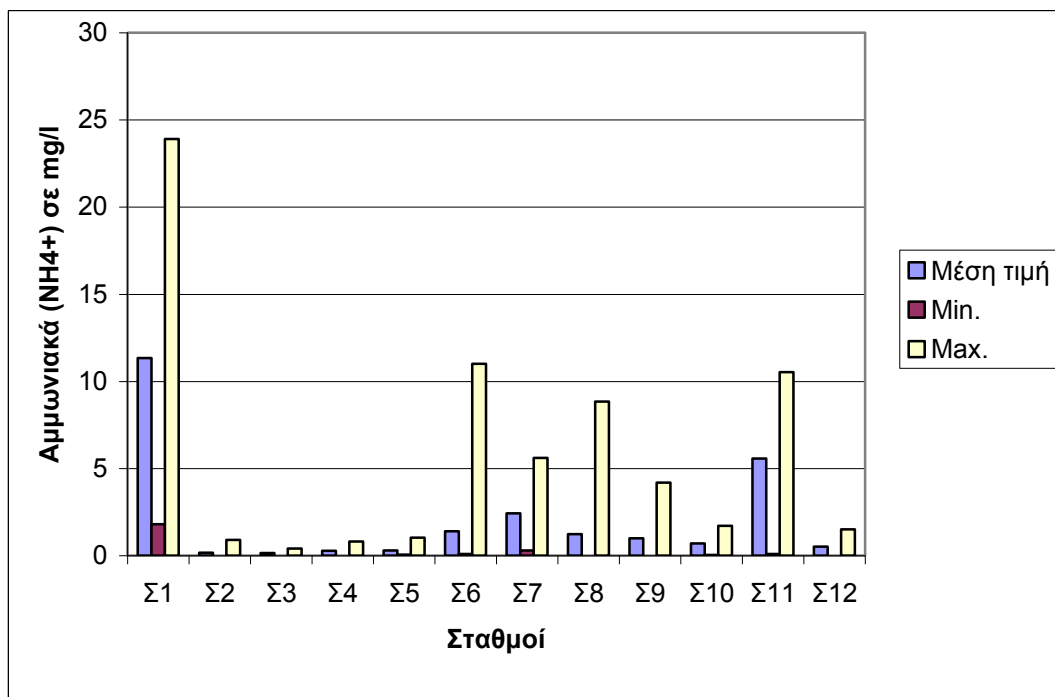
Σχήμα 17 : Η διακύμανση των ιόντων μαγνησίου ( $Mg^{++}$ ) σε mg/l κατά τις 12 δειγματοληψίες.



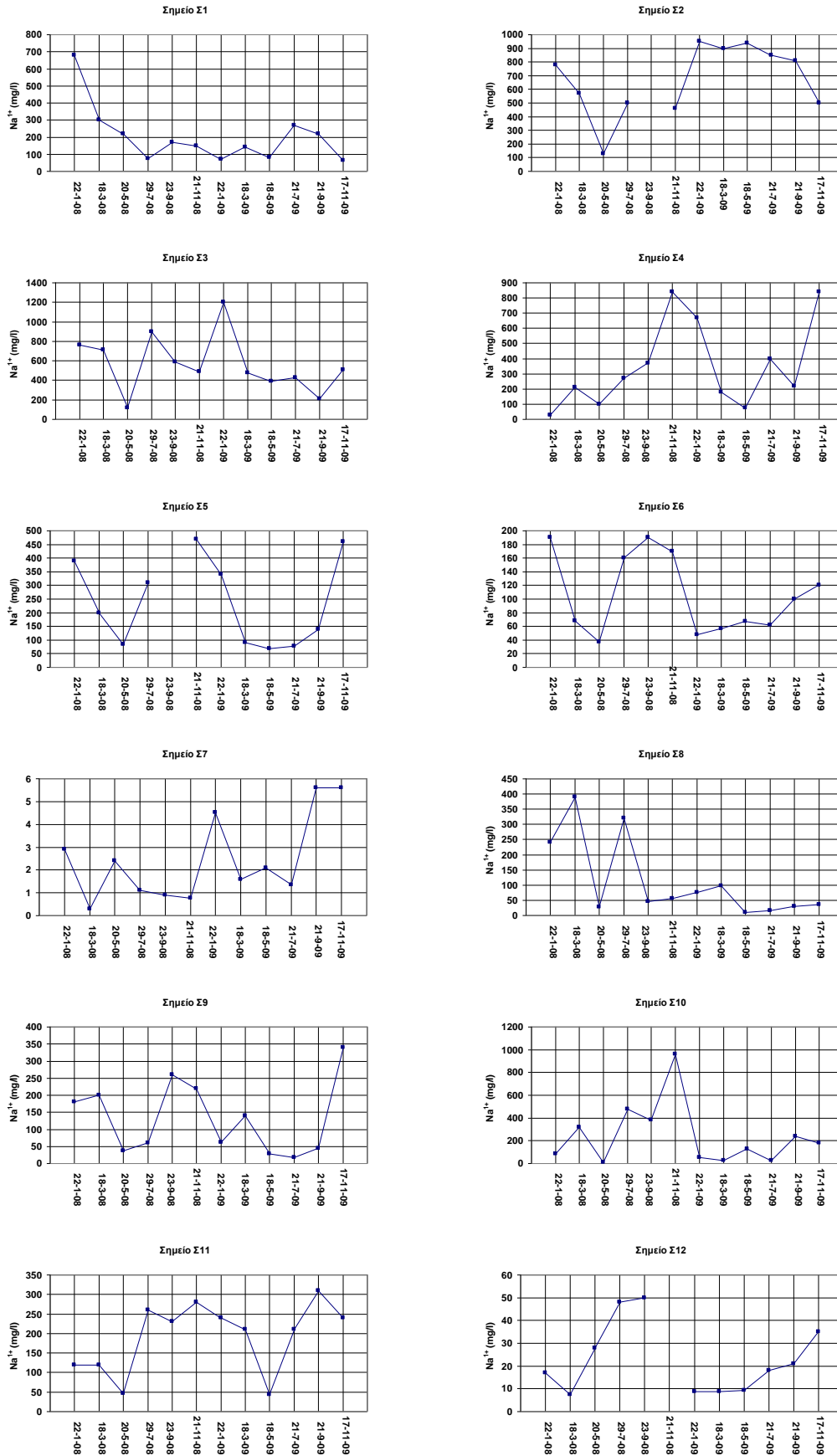
Σχήμα 18 : Η διακύμανση των ιόντων καλίου ( $K^+$ ) σε mg/l κατά τις 12 δειγματοληψίες.



**Σχήμα 19 :** Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή των ιόντων νατρίου (Na<sup>+</sup>) σε mg/ℓ και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες.

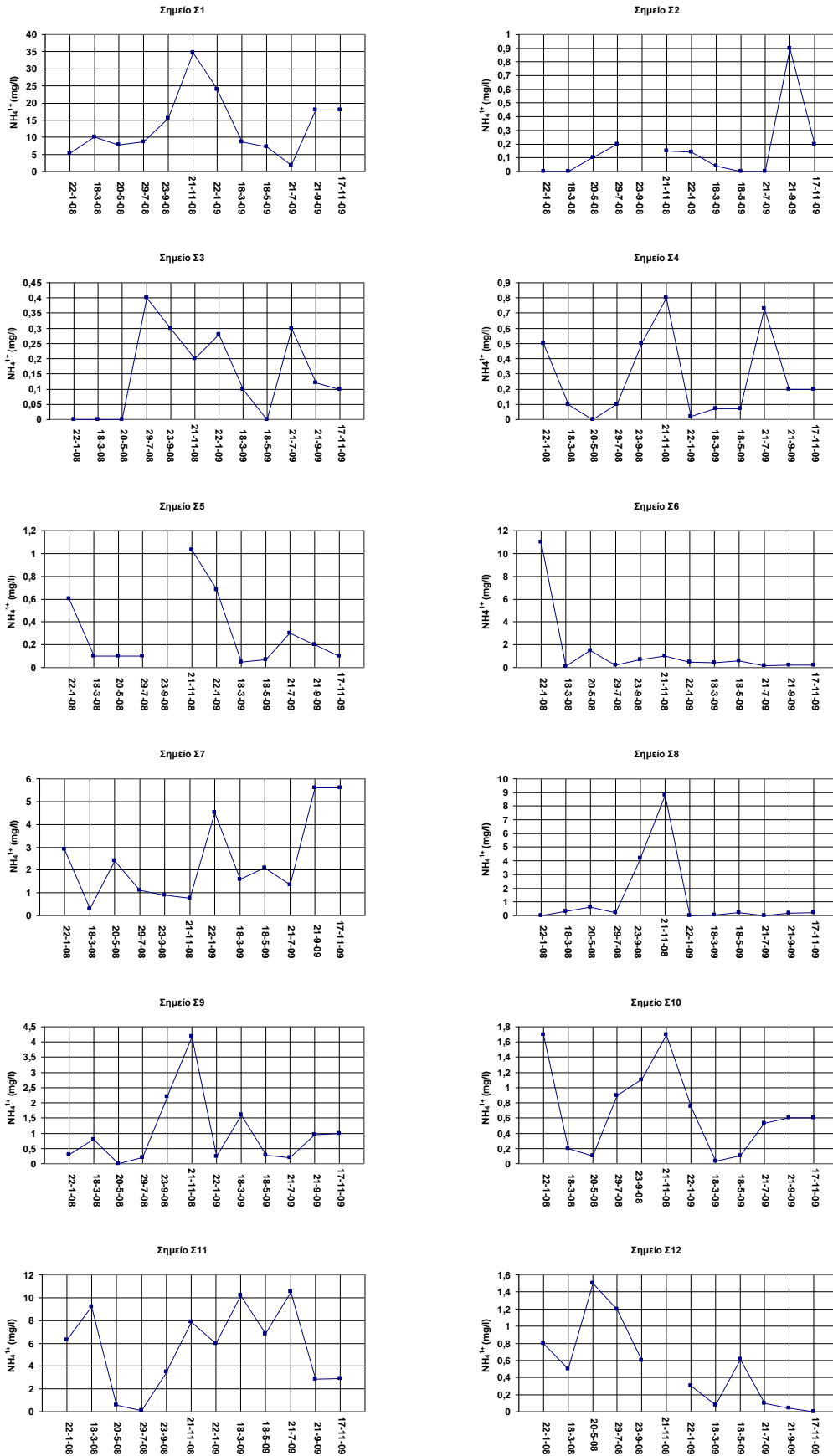


**Σχήμα 20 :** Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή των αμμωνιακών (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) σε mg/ℓ και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες.

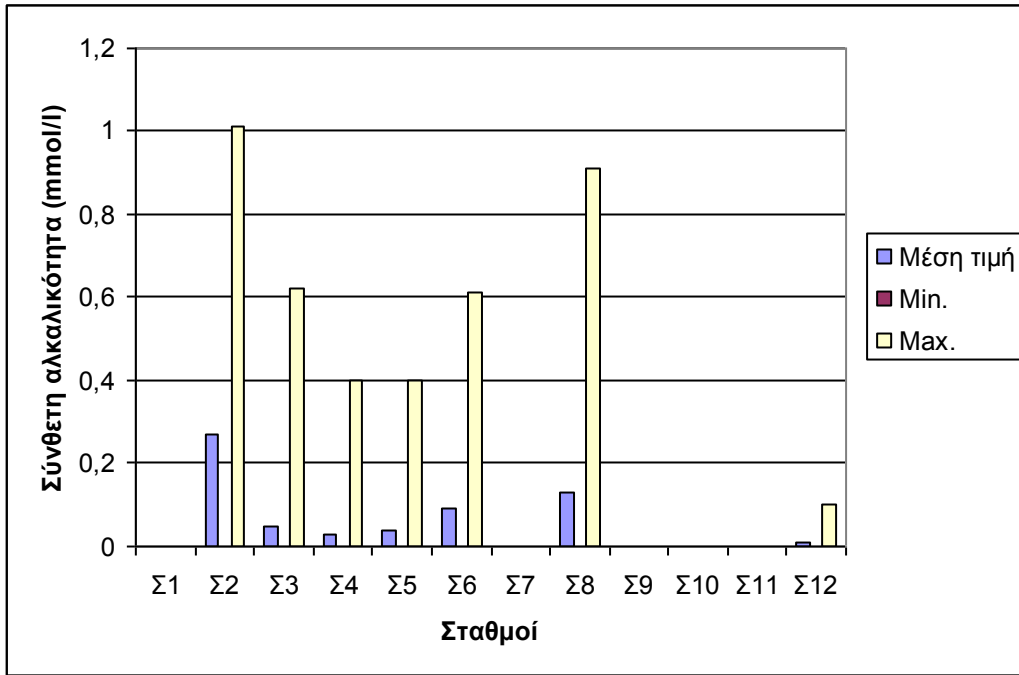


Σχήμα 21 : Η διακύμανση των ιόντων νατρίου (Na<sup>+</sup>) σε mg/l κατά τις 12 δειγματοληψίες.

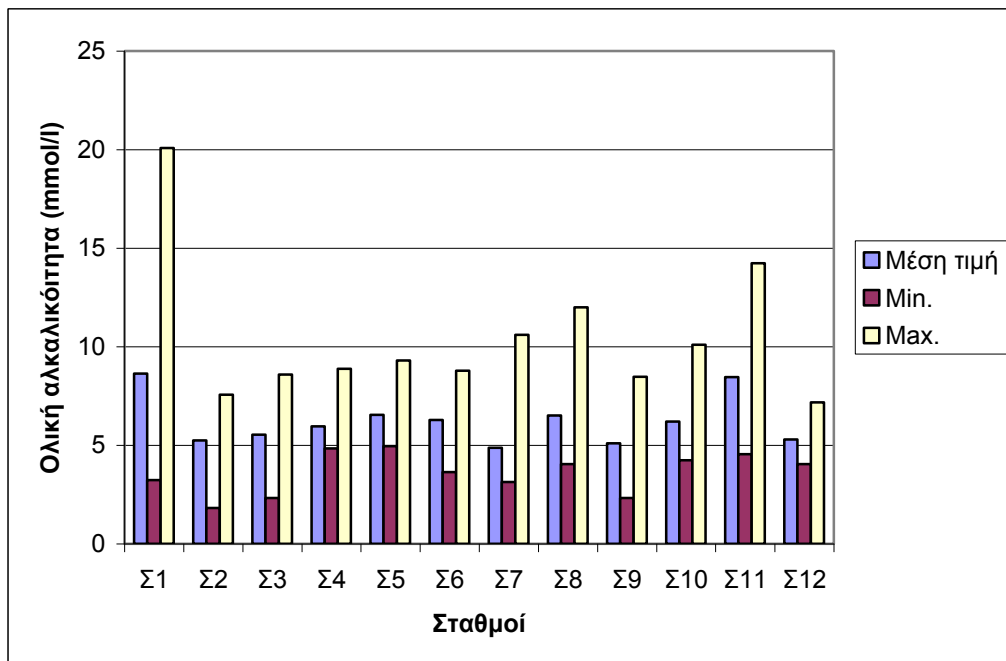




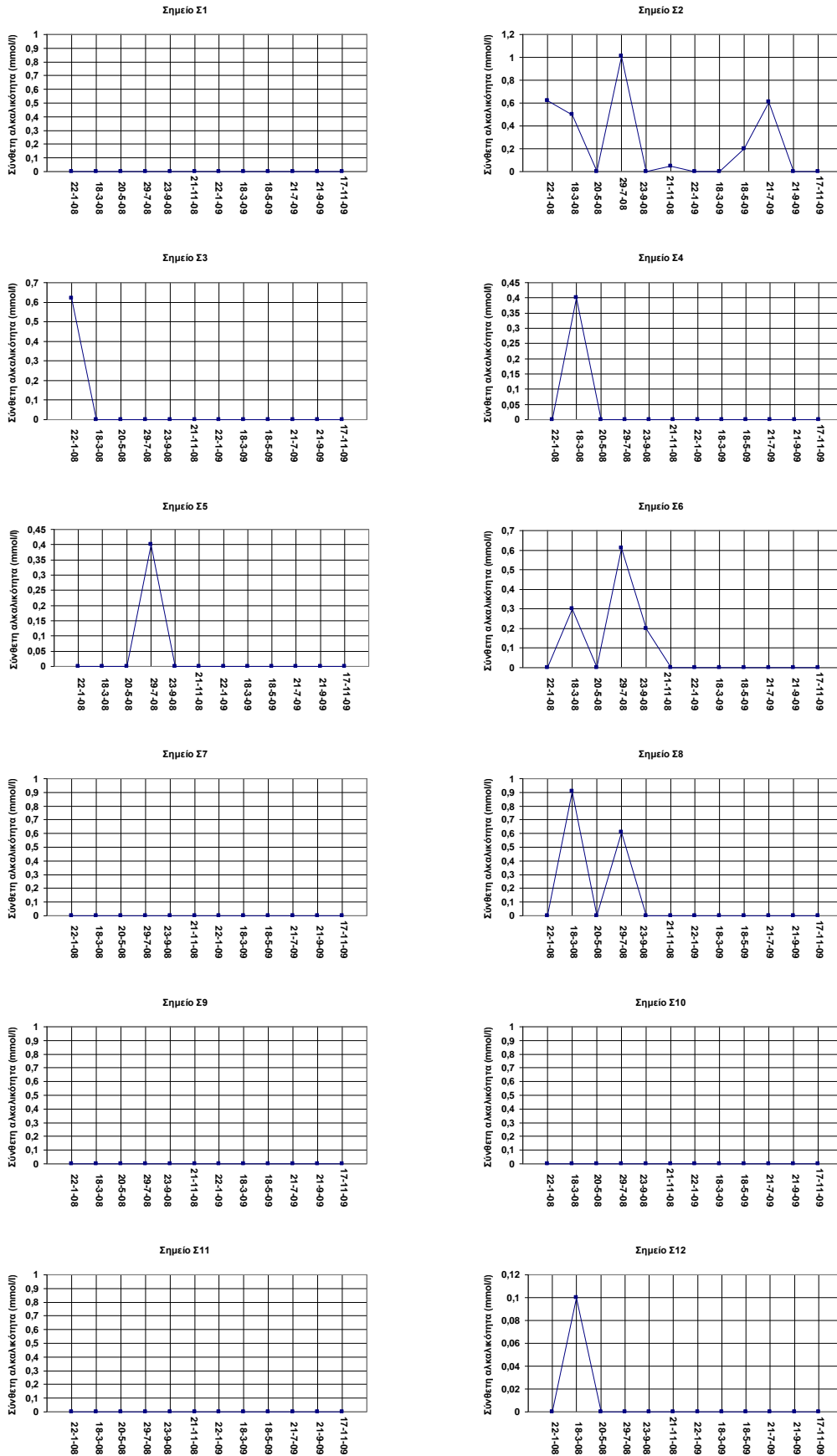
**Σχήμα 22 :** Η διακύμανση του των αμμωνιακών ιόντων ( $\text{NH}_4^+$ ) σε  $\text{mg/l}$  κατά τις 12 δειγματοληψίες.



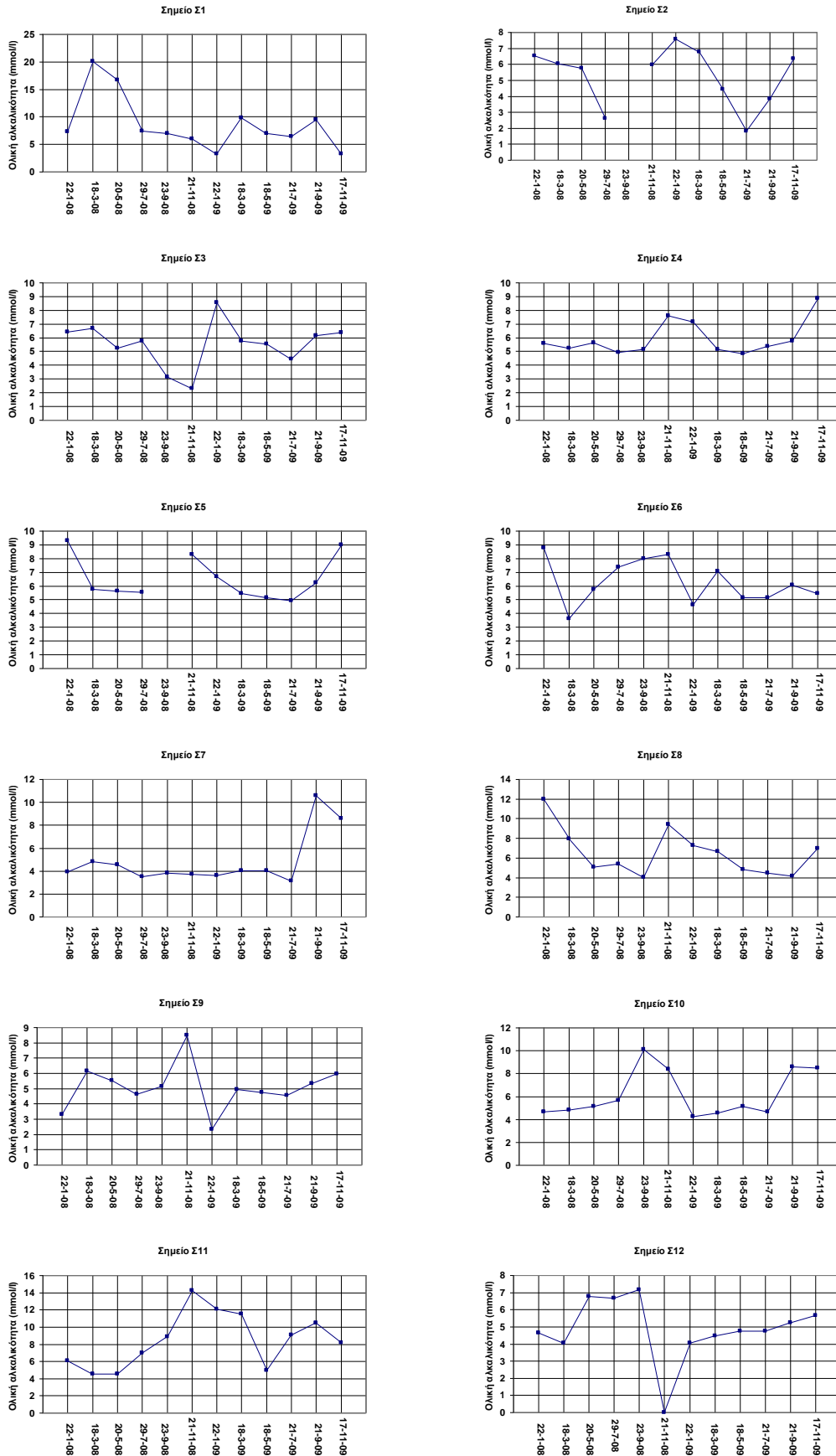
**Σχήμα 23 :** Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή της σύνθετης αλκαλικότητας (mmol/l) και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες.



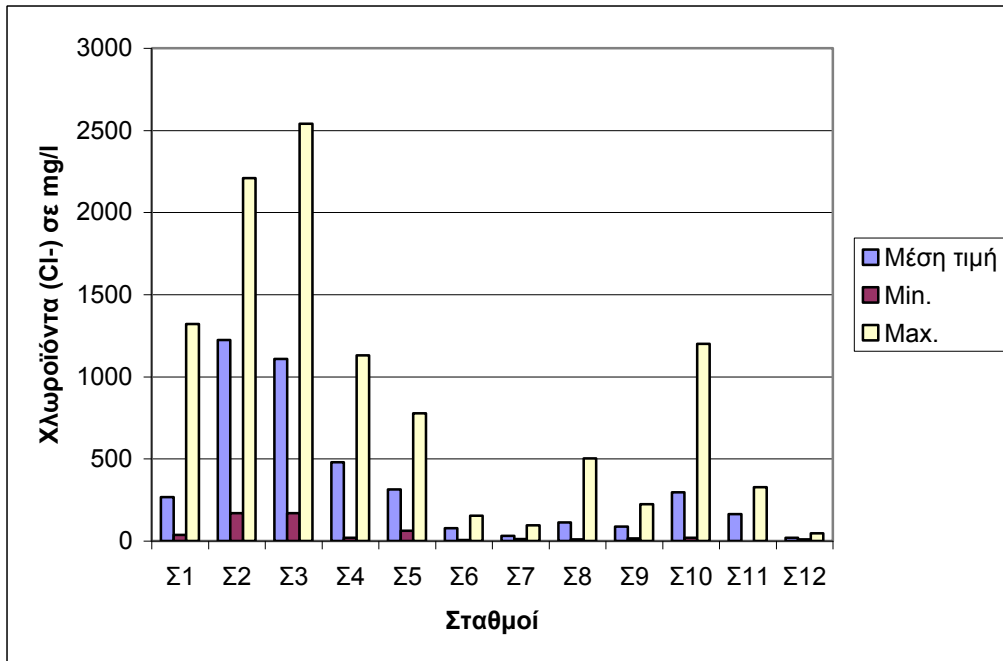
**Σχήμα 24:** Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή της ολικής αλκαλικότητας (mmol/l) και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες.



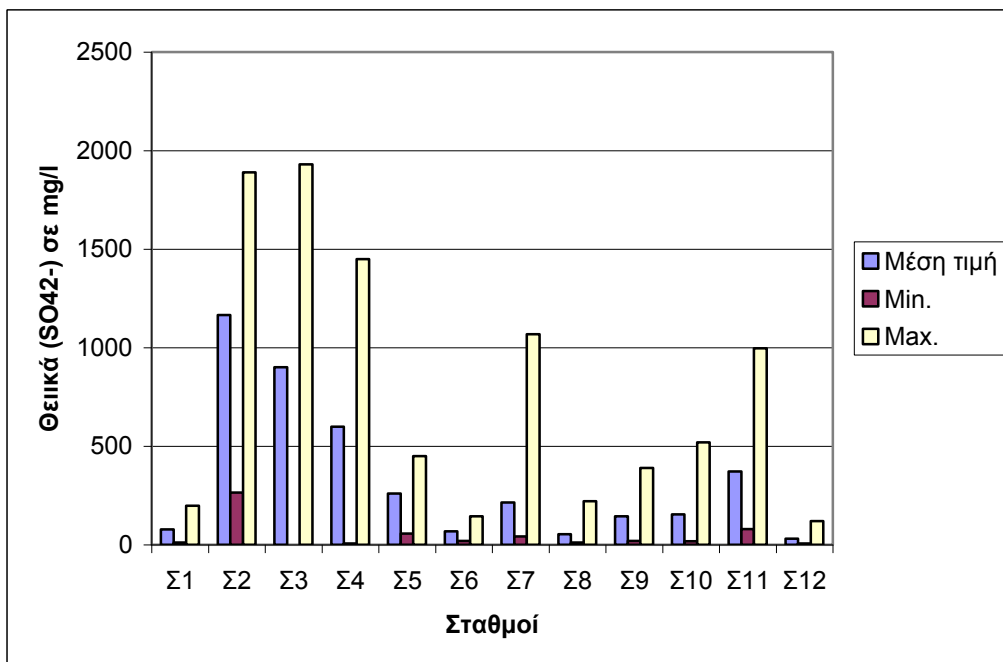
Σχήμα 25 : Η διακύμανση της σύνθετης αλκαλικότητας (mmol/ℓ) κατά τις 12 δειγματοληψίες.



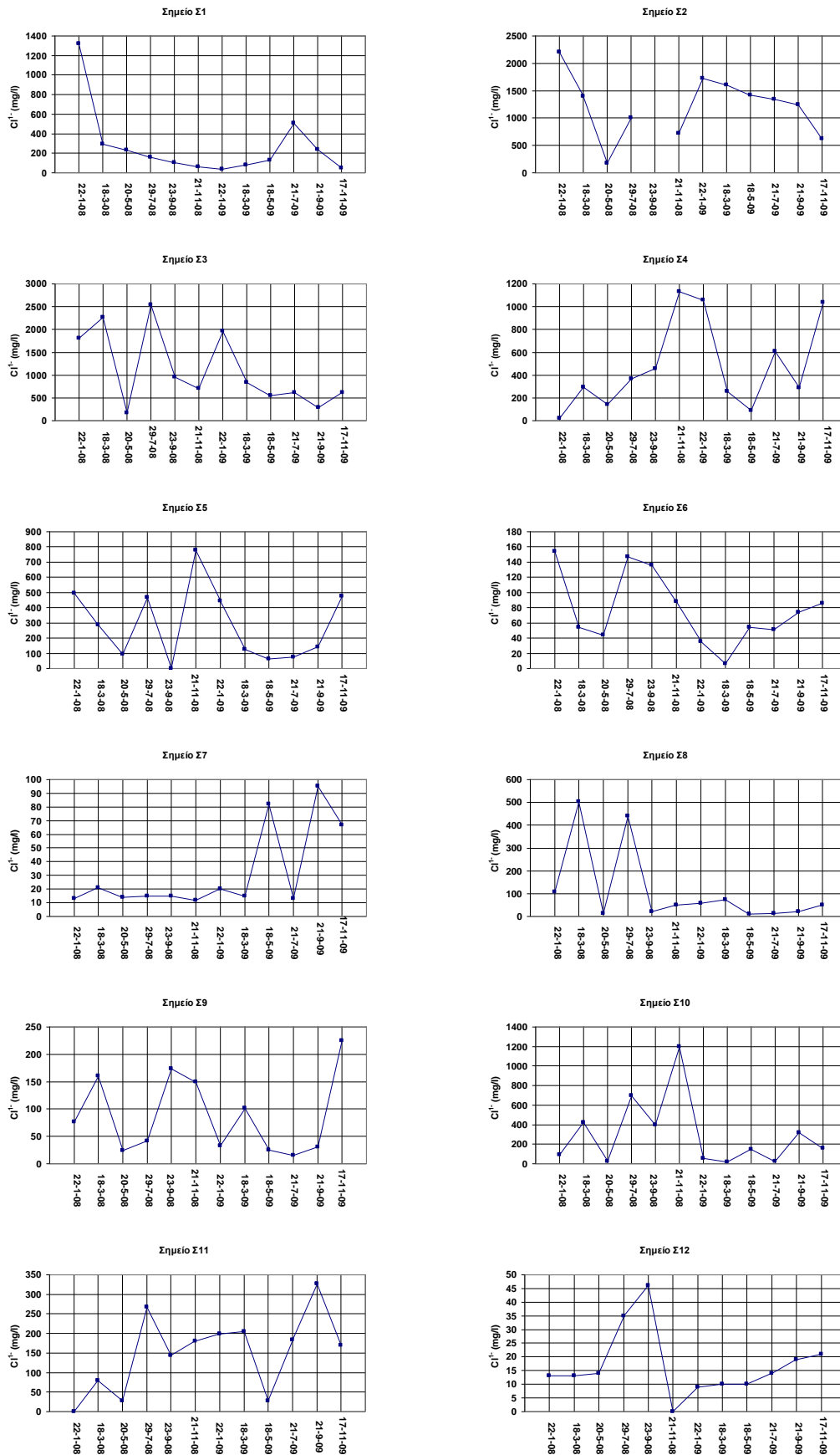
Σχήμα 26 : Η διακύμανση της ολικής αλκαλικότητας (mmol/l) κατά τις 12 δειγματοληψίες.



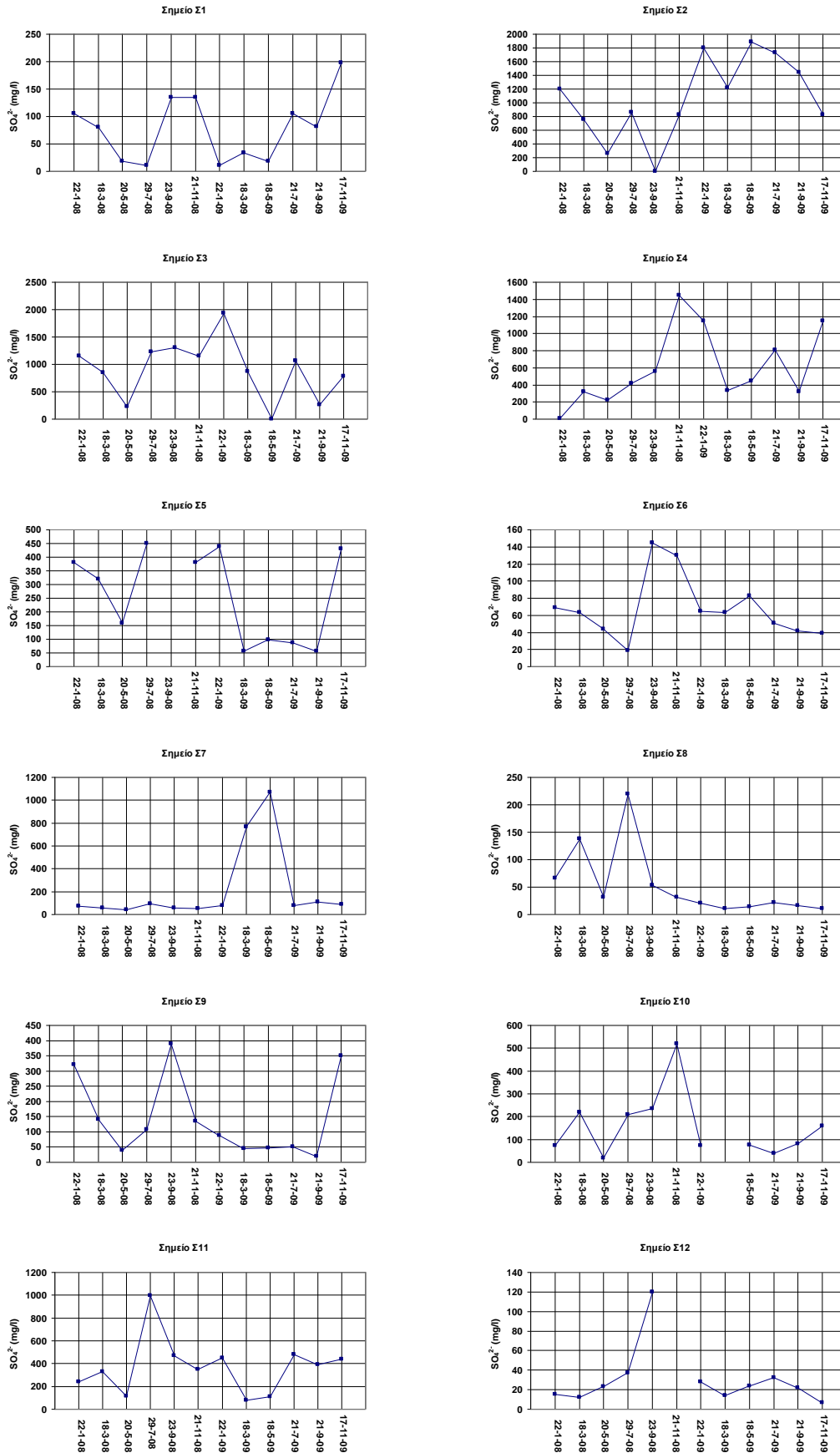
**Σχήμα 27 :** Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή των Χλωροϊόντων ( $Cl^-$ ) σε  $mg/l$  και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες.



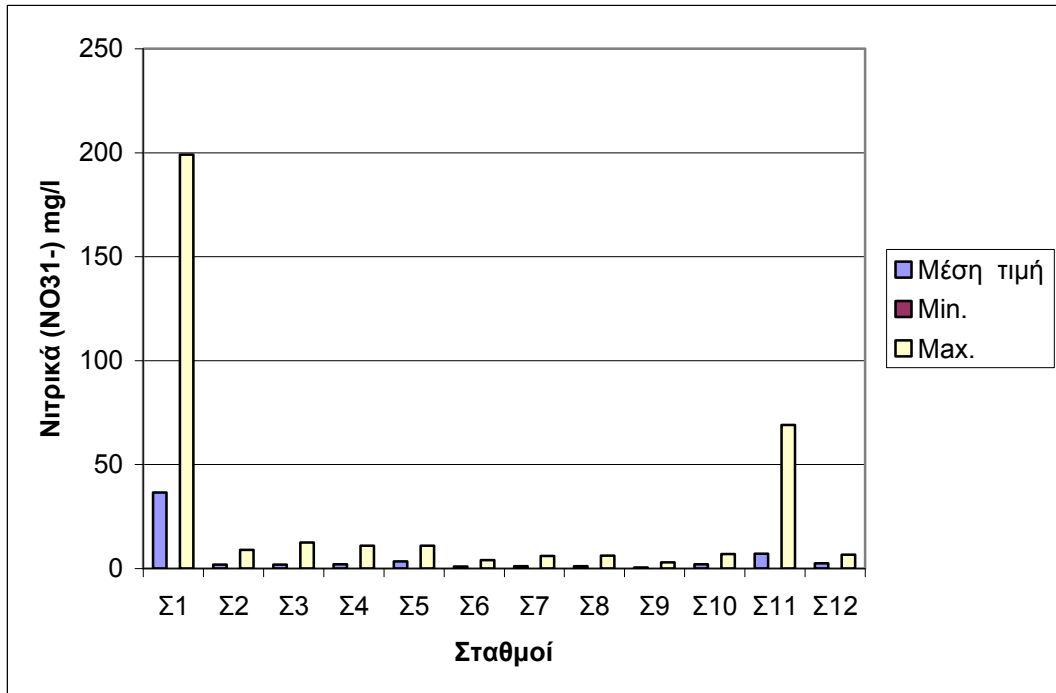
**Σχήμα 28 :** Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή των Θεικών ( $SO_4^{2-}$ ) σε  $mg/l$  και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες.



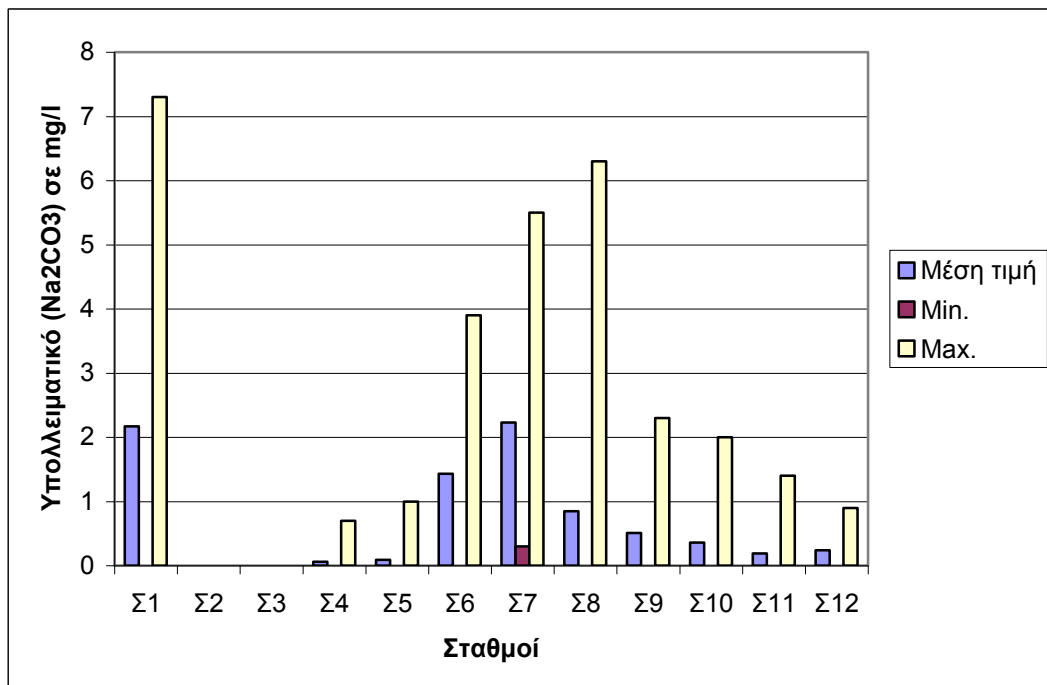
Σχήμα 29 : Η διακύμανση των Χλωροϊόντων ( $Cl^-$ ) σε mg/l κατά τις 12 δειγματοληψίες.



Σχήμα 30 : Η διακύμανση των Θεικών ( $SO_4^{2-}$ ) σε mg/l κατά τις 12 δειγματοληψίες.

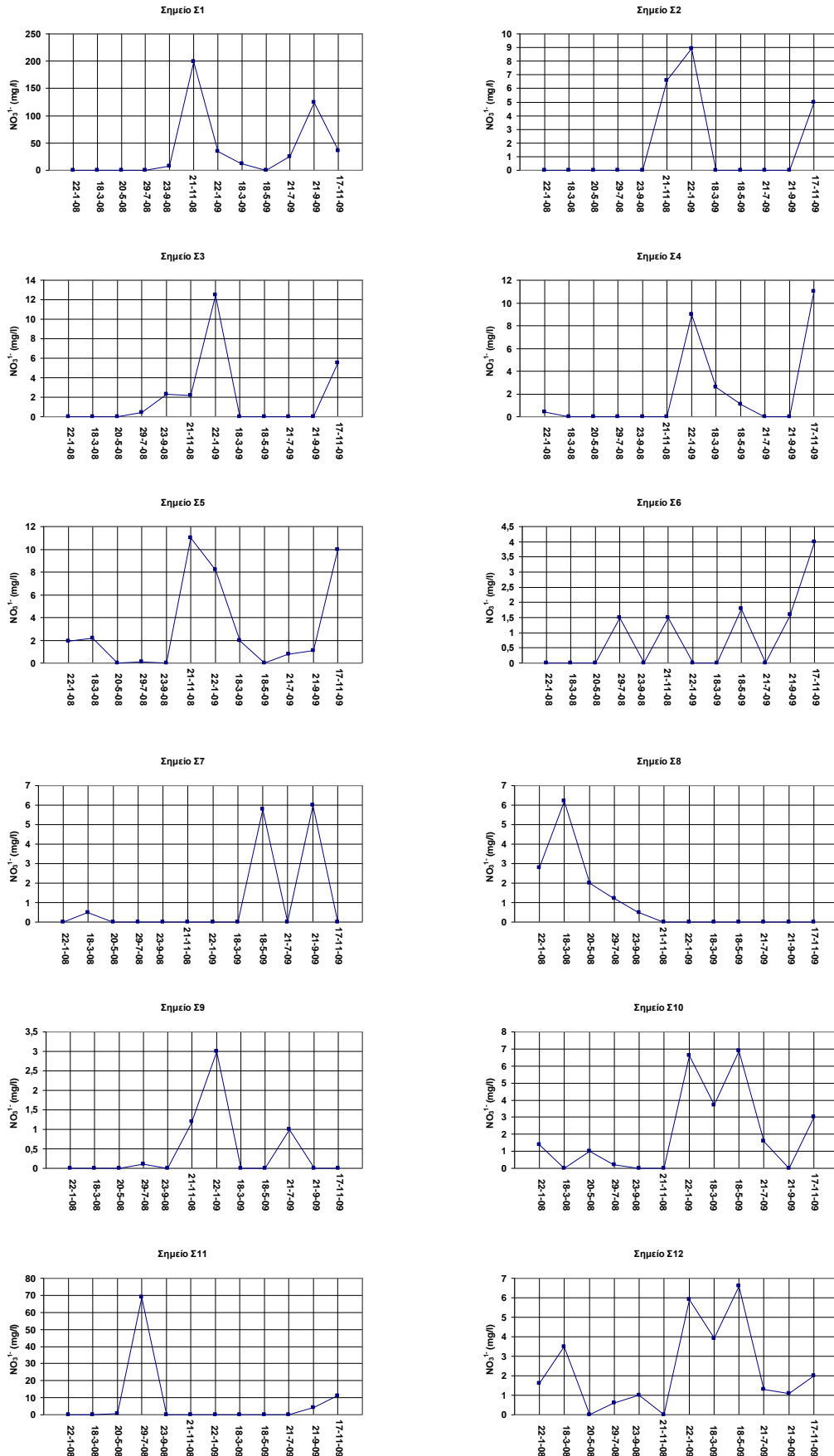


**Σχήμα 31 :** Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή των νιτρικών ( $\text{NO}_3^-$ ) σε  $\text{mg}/\ell$  και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες.

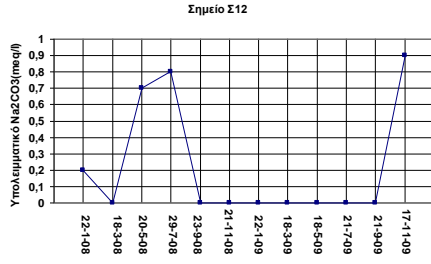
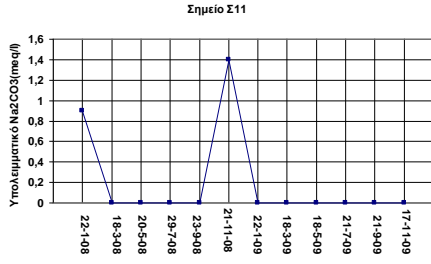
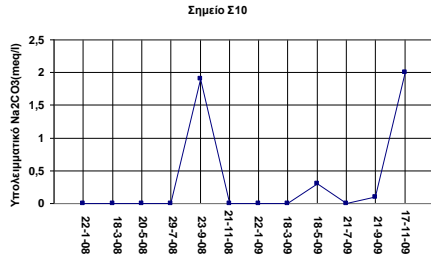
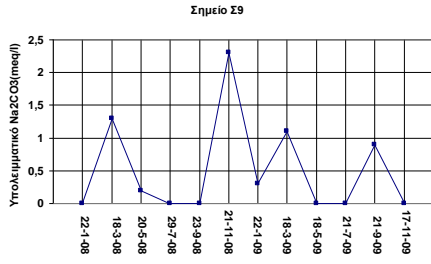
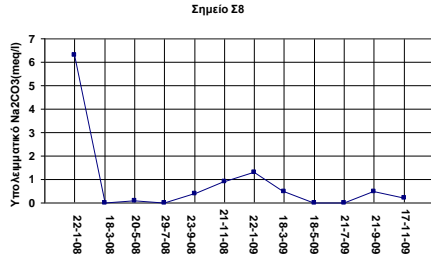
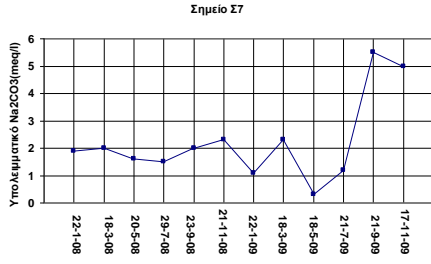
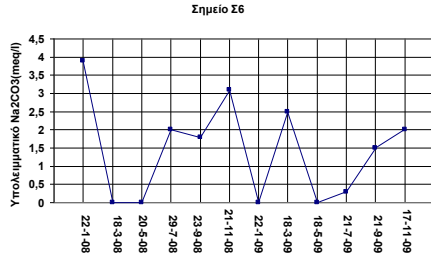
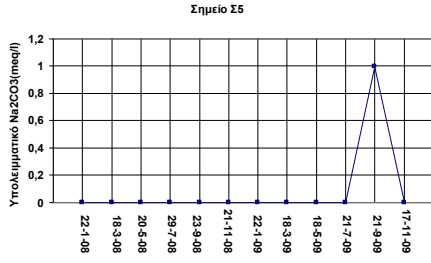
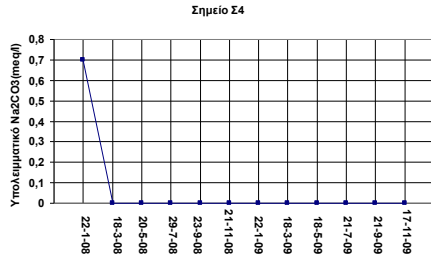
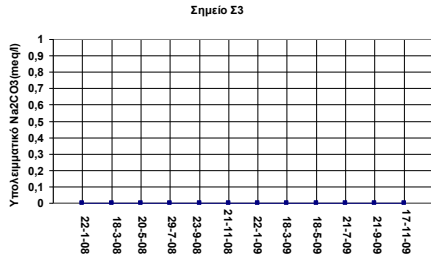
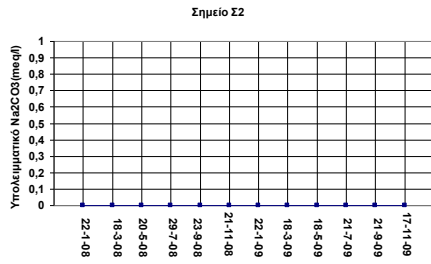
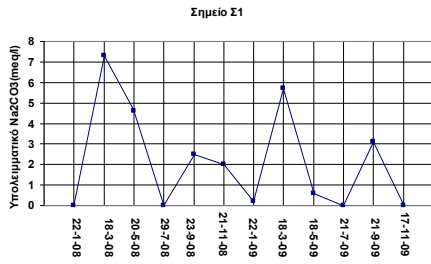


**Σχήμα 32 :** Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή του υπολειμματικού νατρίου ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) σε  $\text{mg}/\ell$  και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες.

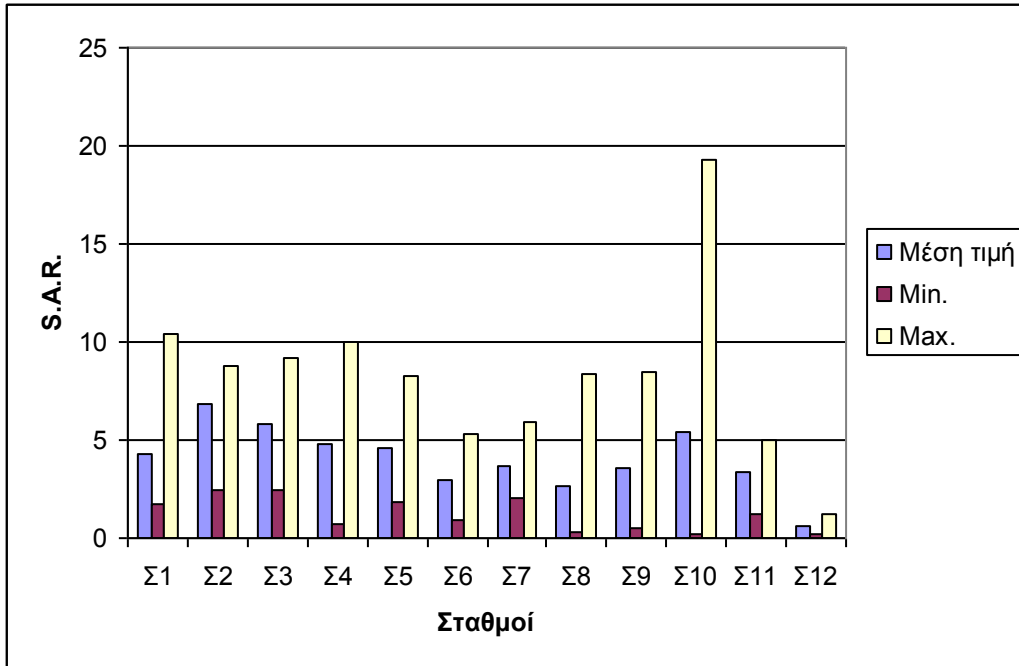




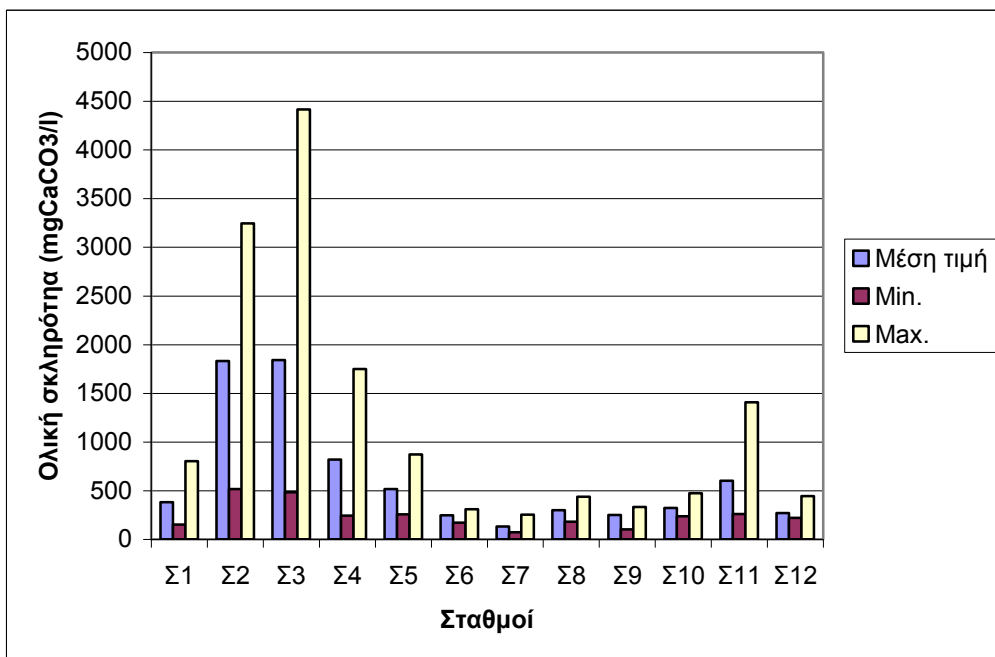
Σχήμα 33 : Η διακύμανση των Νιτρικών ( $\text{NO}_3^-$ ) σε mg/ℓ κατά τις 12 δειγματοληψίες.



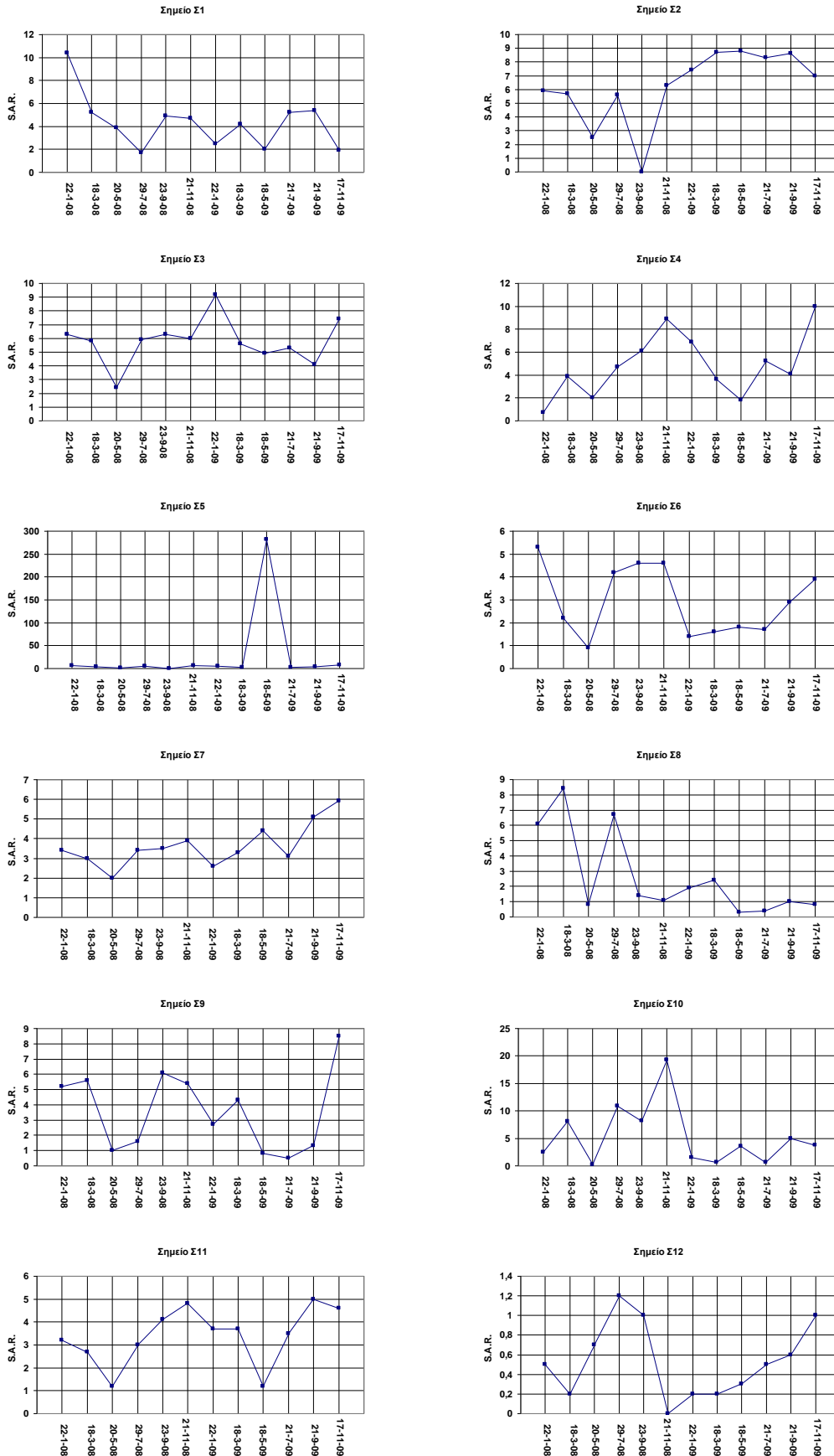
**Σχήμα 34 :** Η διακύμανση του Υπολειμματικού νατρίου Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (meq/ℓ) κατά τις 12 δειγματοληψίες.



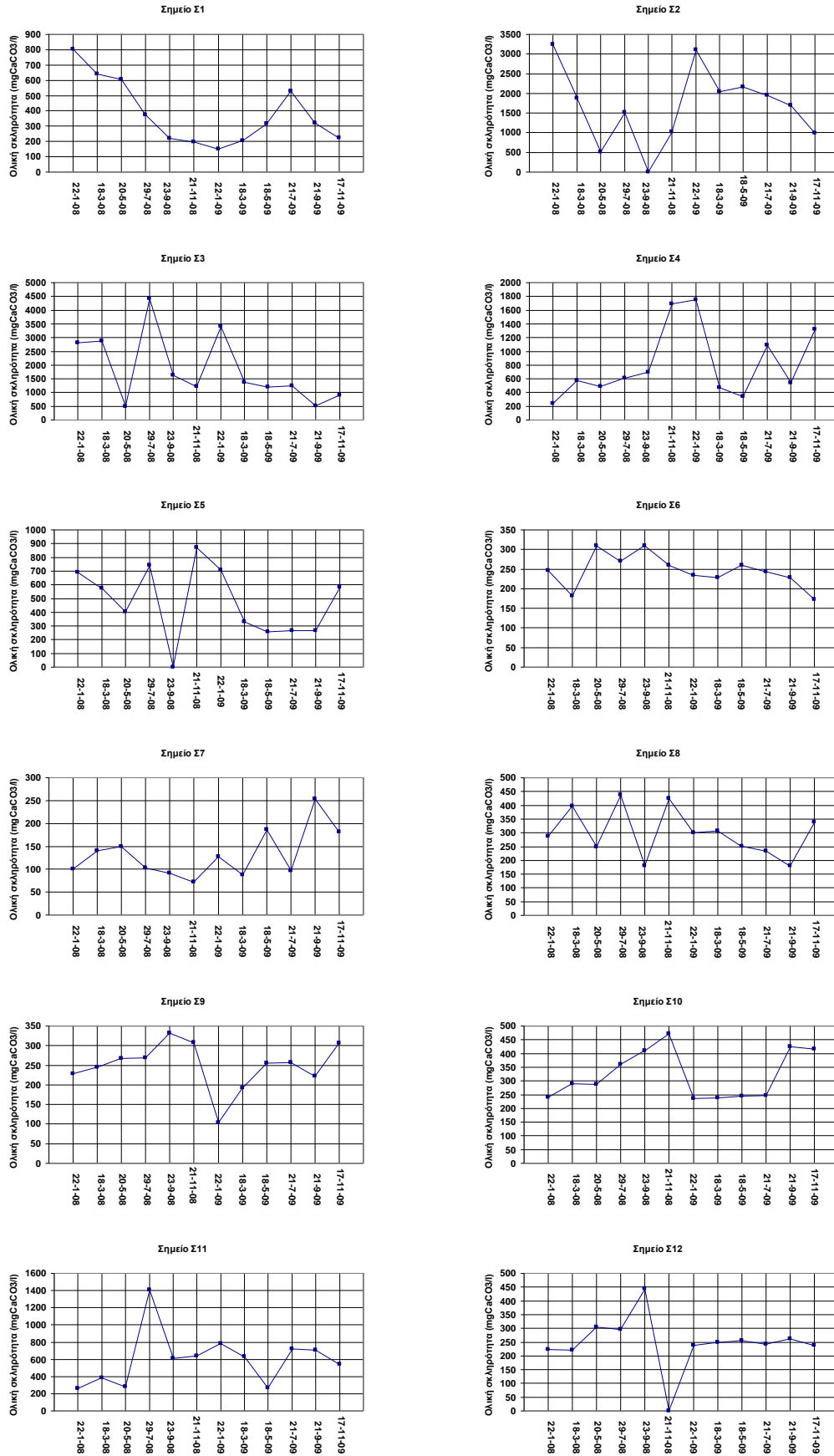
**Σχήμα 35 :** Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή του S.A.R ( Sodium Absorption Ratio) και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες.



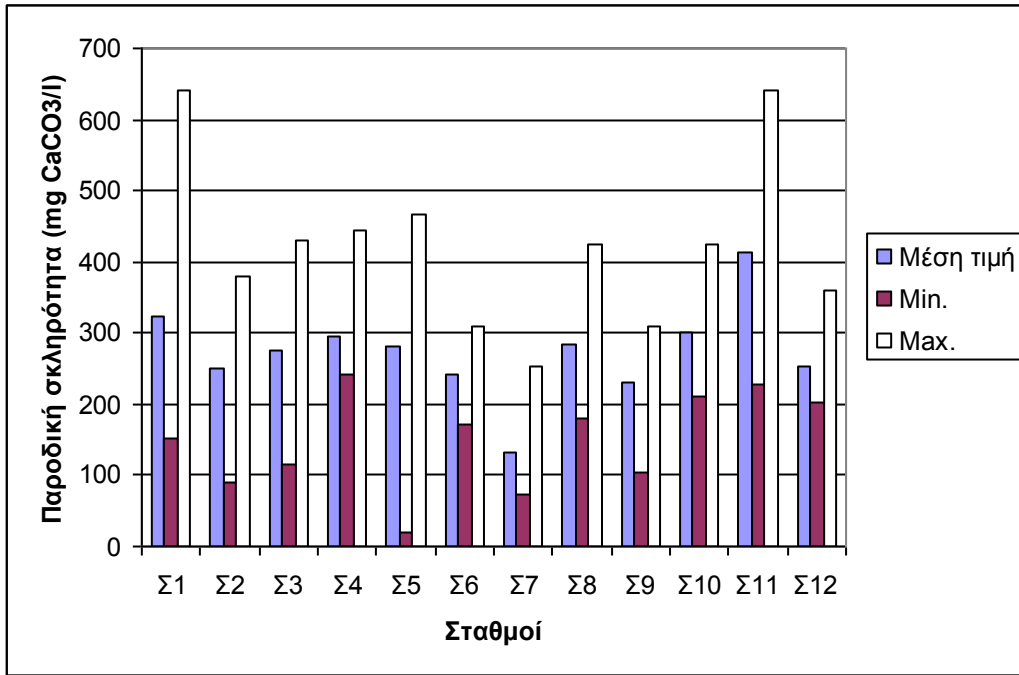
**Σχήμα 36 :** Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή της ολικής σκληρότητας (mg CaCO<sub>3</sub>/l) και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες.



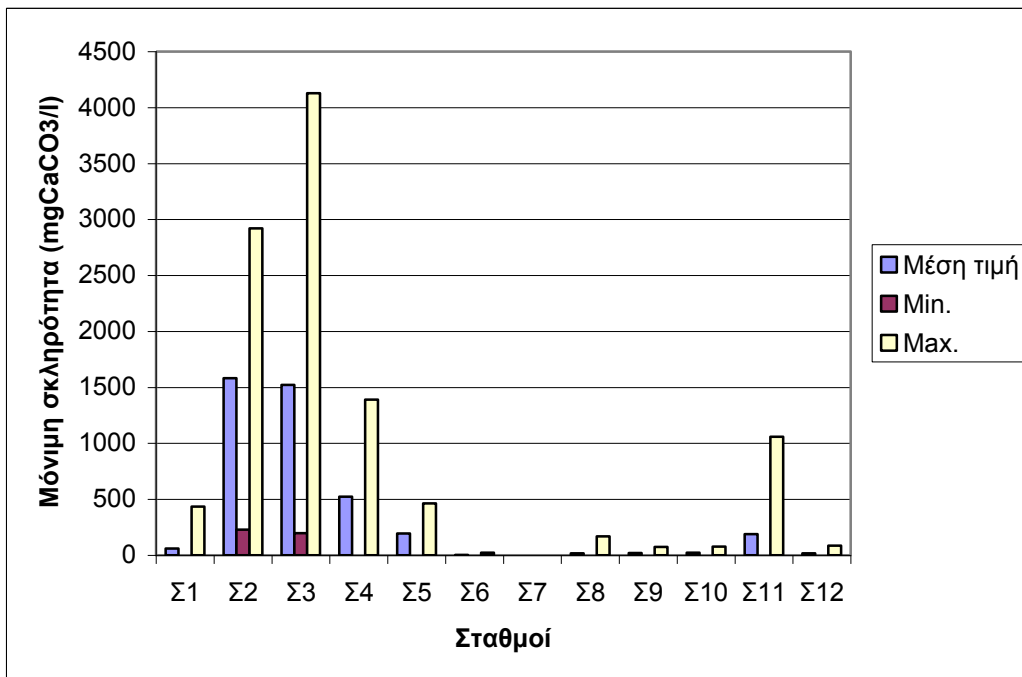
Σχήμα 37 : Η διακύμανση του (S.A.R.) στις 12 δειγματοληψίες.



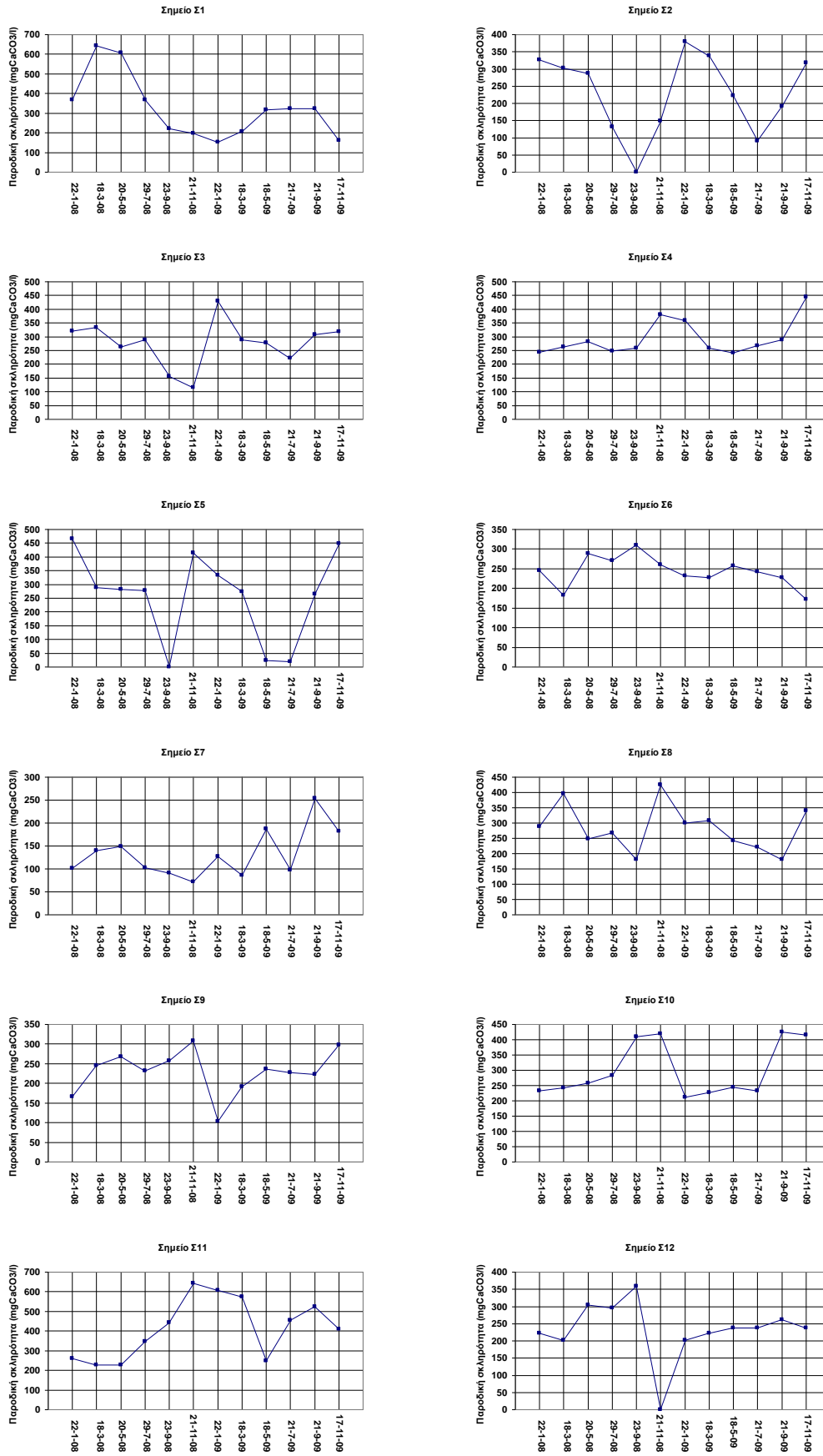
Σχήμα 38 : Η διακύμανση της Ολικής σκληρότητας (mg CaCO<sub>3</sub>/ℓ) στις 12 δειγματοληψίες.



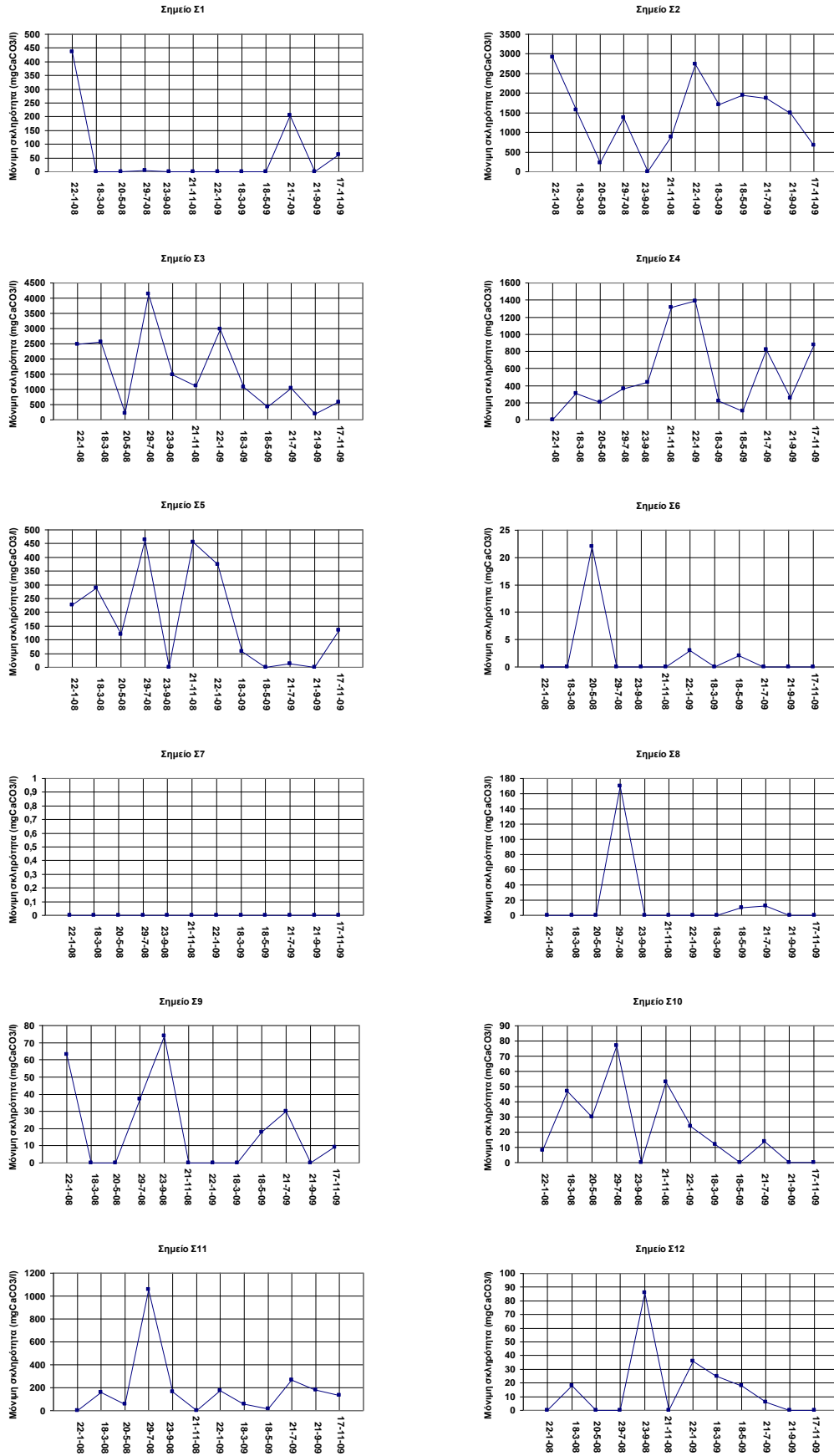
**Σχήμα 39 :** Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή της παροδικής σκληρότητας (mg CaCO<sub>3</sub>/l) και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες.



**Σχήμα 40 :** Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή της μόνιμης σκληρότητας (mg CaCO<sub>3</sub>/l) και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες.

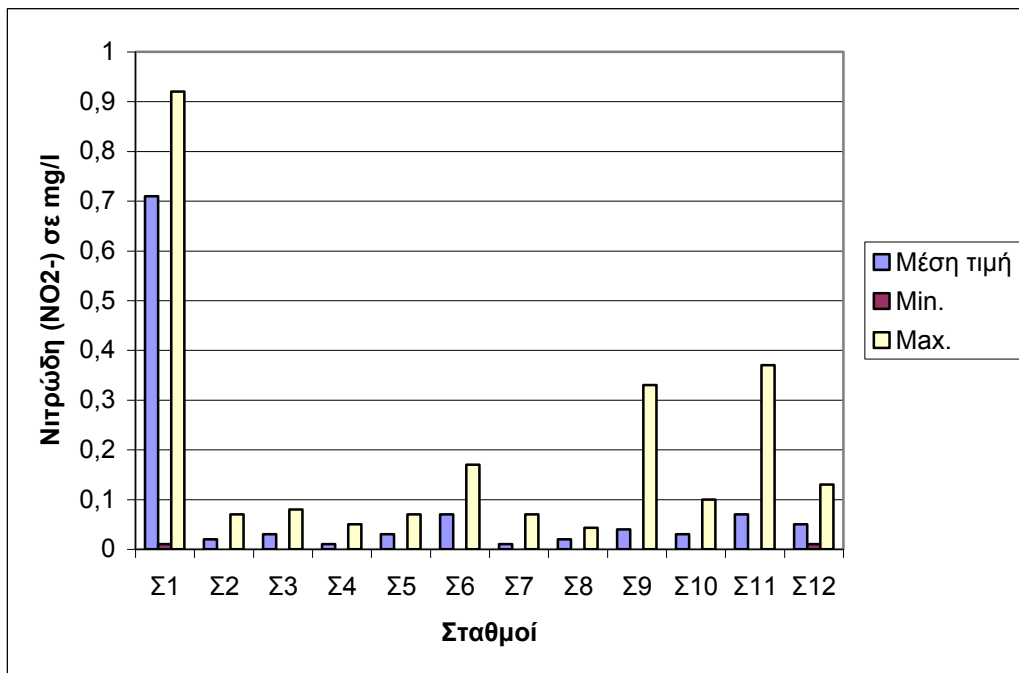


Σχήμα 41 : Η διακύμανση της παροδικής σκληρότητας (mg CaCO<sub>3</sub>/l) στις 12 δειγματοληψίες.

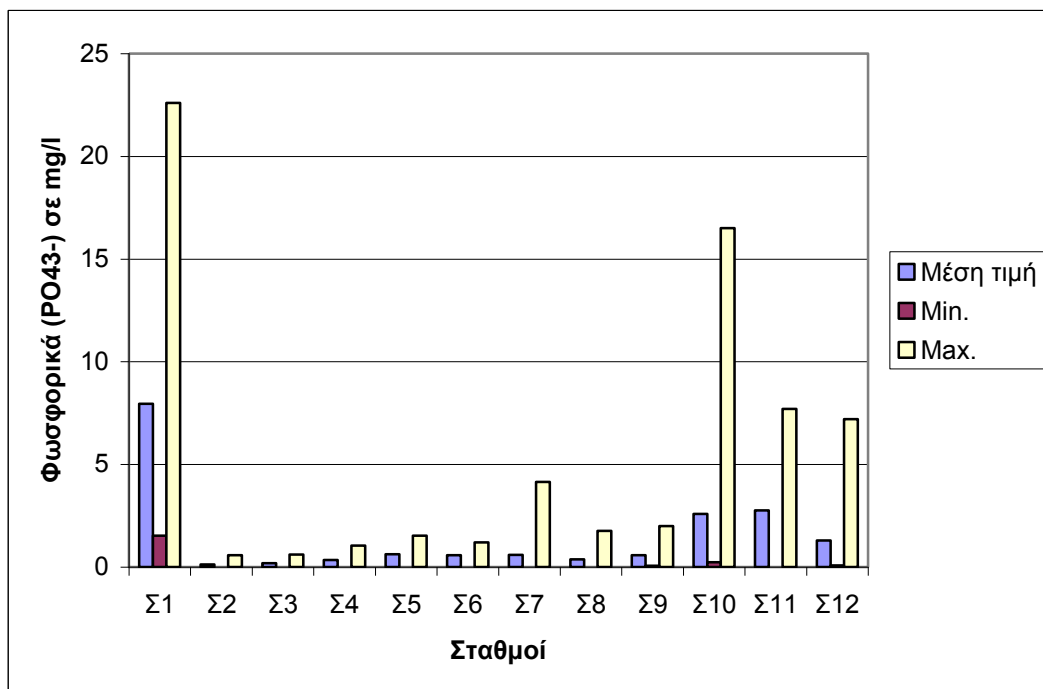


Σχήμα 42: Η διακύμανση της μόνιμης σκληρότητας (mg CaCO<sub>3</sub>/l) στις 12 δειγματοληψίες.

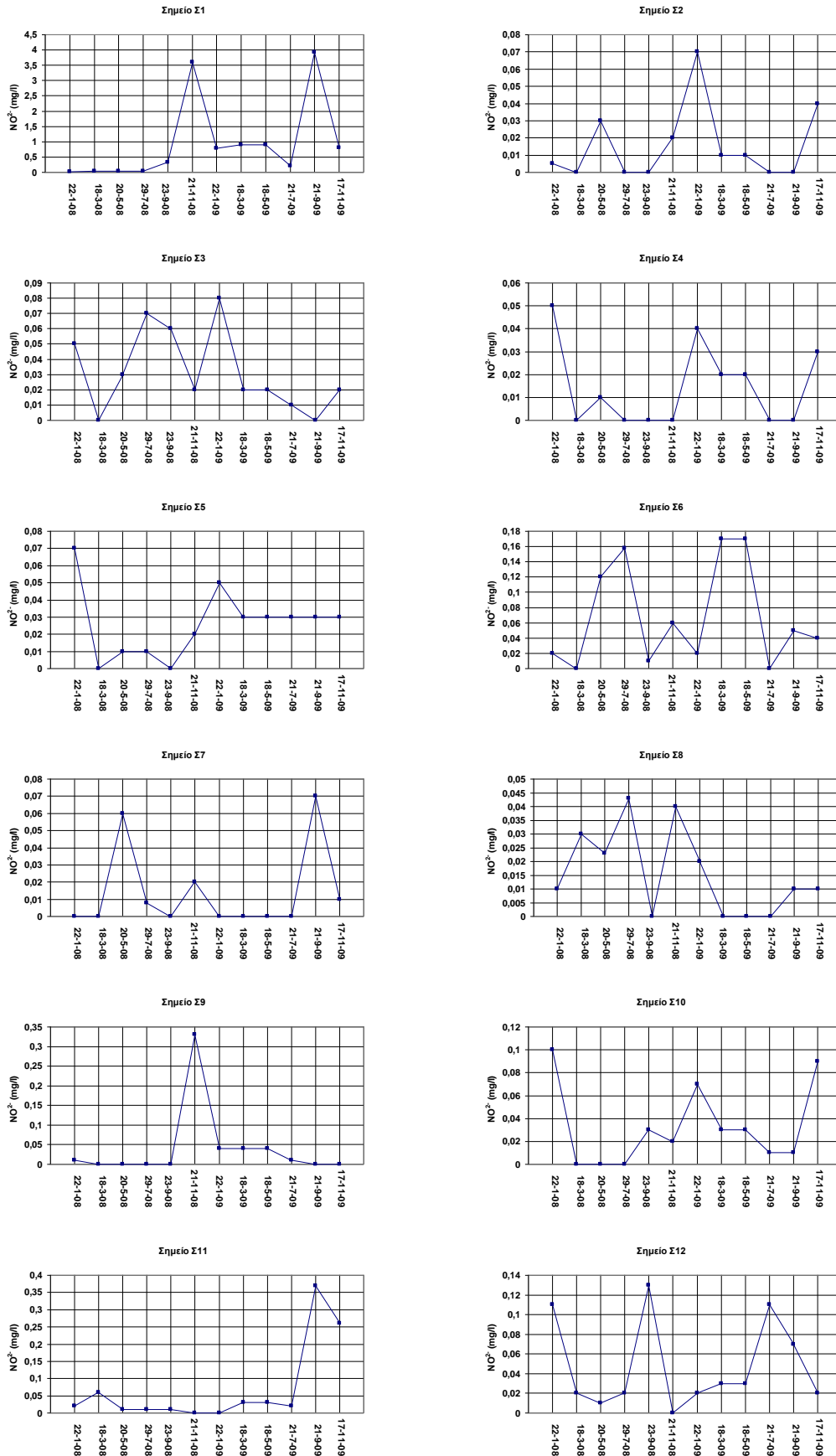




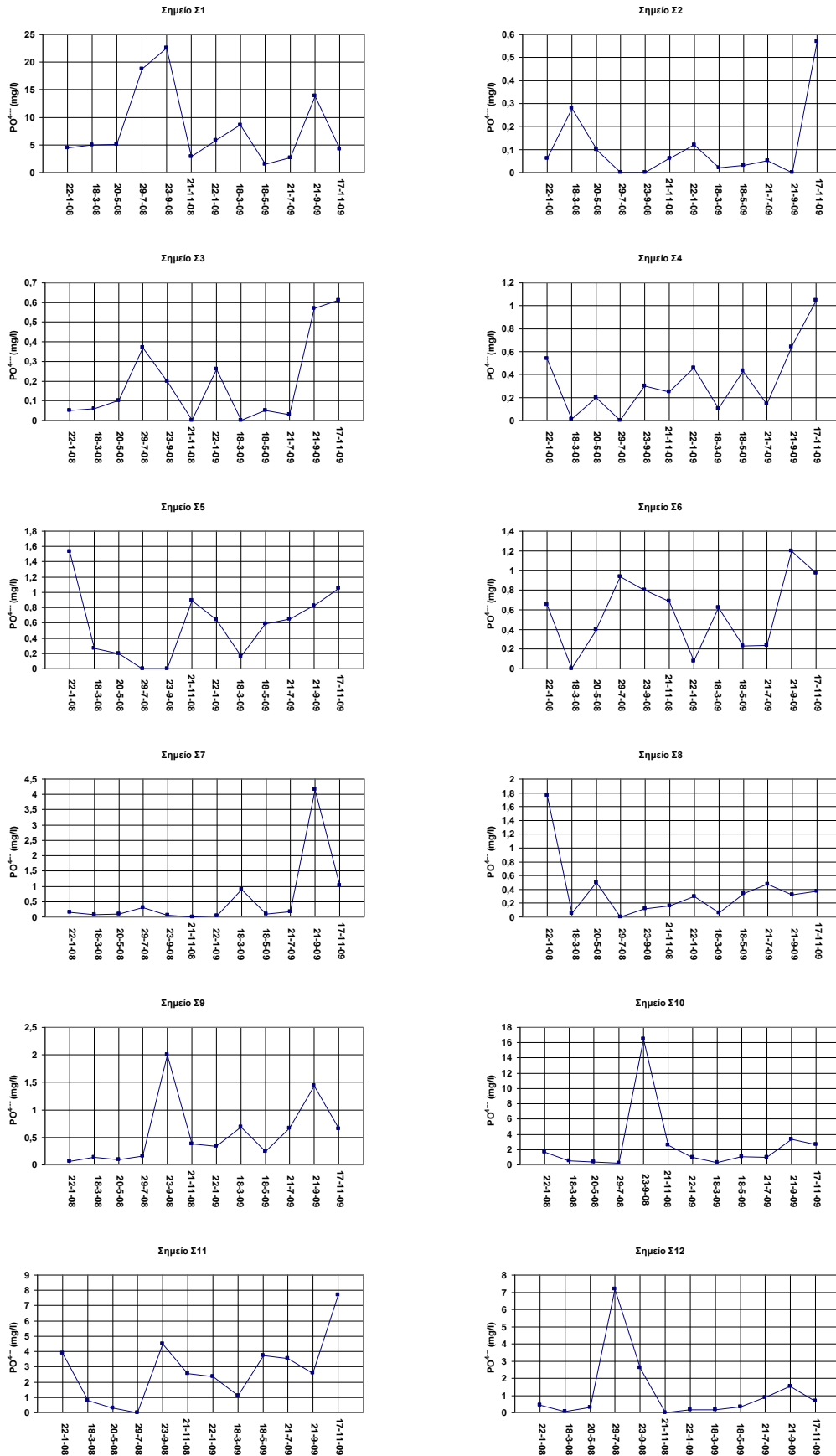
**Σχήμα 43 :** Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή των νιτρωδών ( $\text{NO}_2^-$ ) σε  $\text{mg}/\ell$  και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες.



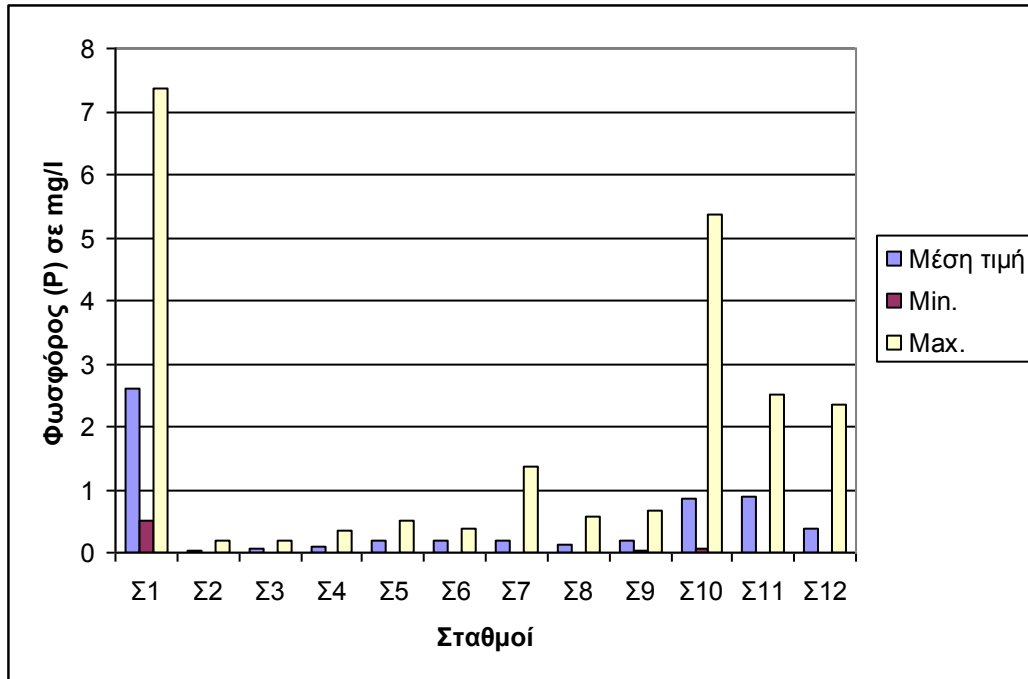
**Σχήμα 44 :** Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή των Φωσφορικών ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) σε  $\text{mg}/\ell$  και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες.



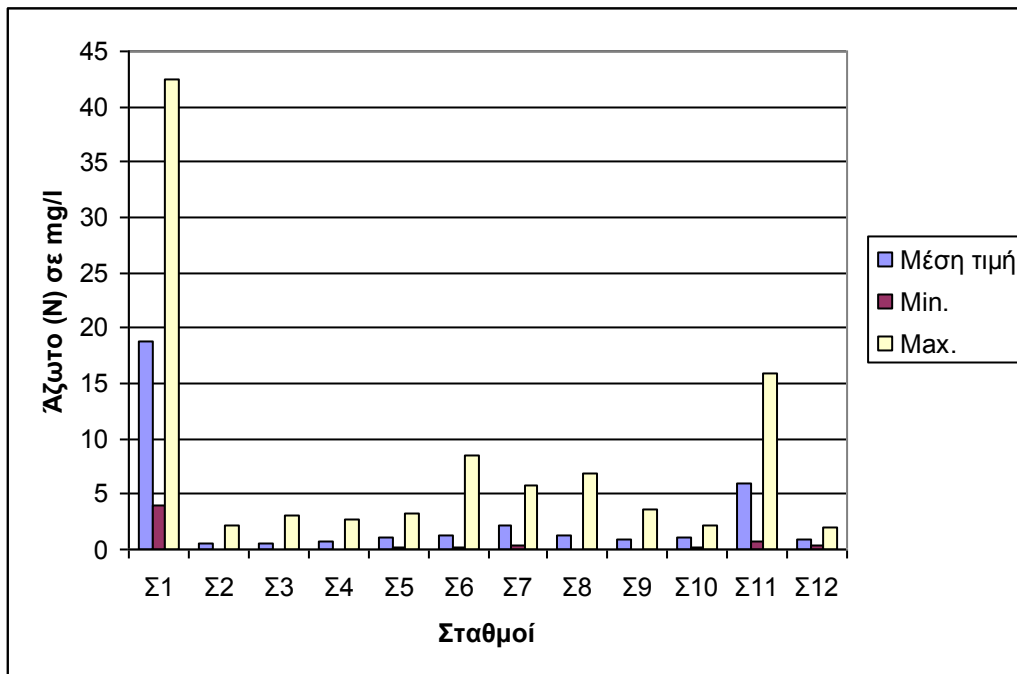
Σχήμα 45 : Η διακύμανση των νιτρικών ( $\text{NO}_2^-$ ) σε  $\text{mg/l}$  στις 12 δειγματοληψίες.



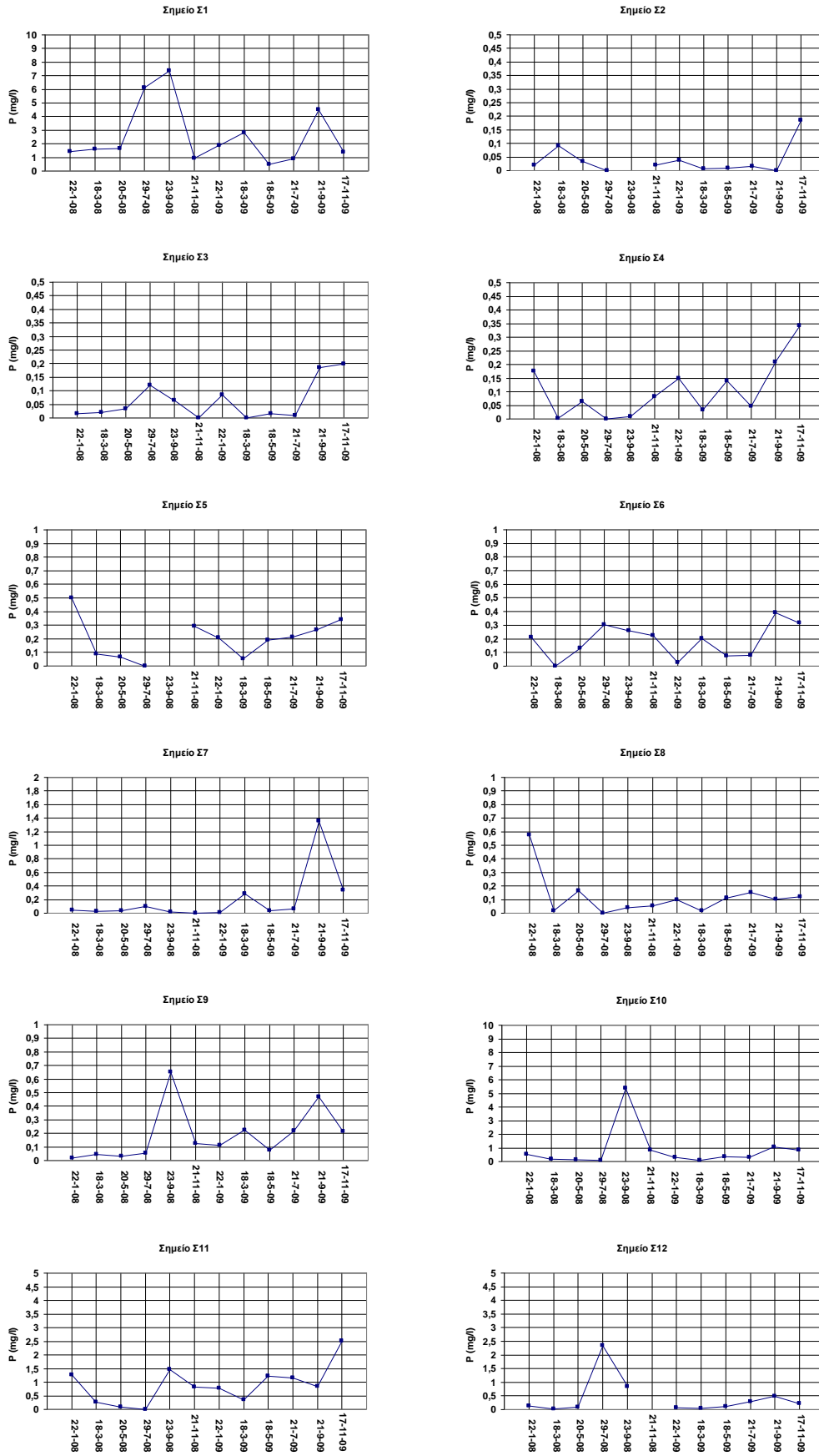
Σχήμα 46 : Η διακύμανση των Φωσφορικών ( $PO_4^{3-}$ ) σε mg/l στις 12 δειγματοληψίες.



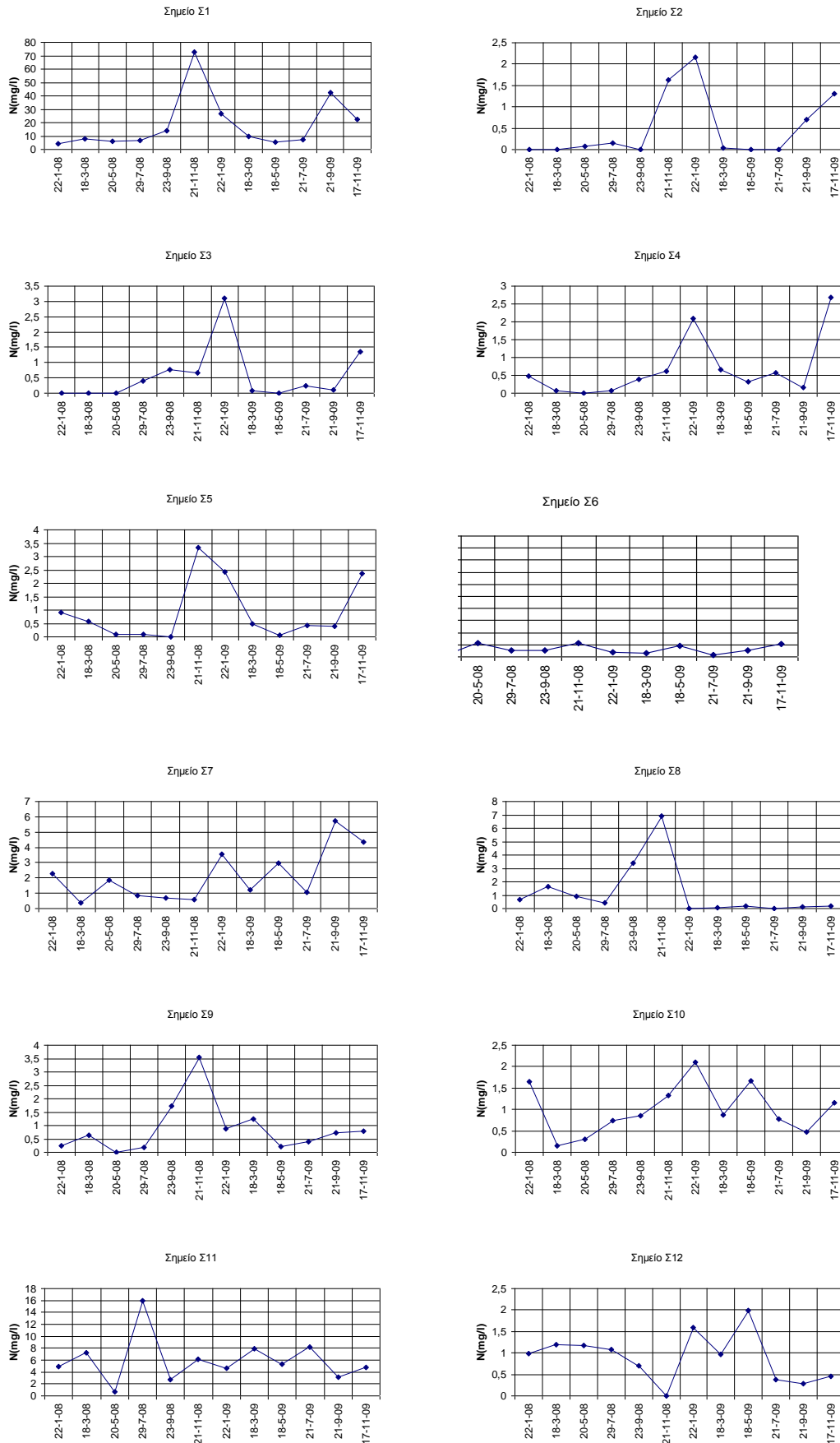
**Σχήμα 47 :** Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή του Φωσφόρου (P) σε mg/l και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες.



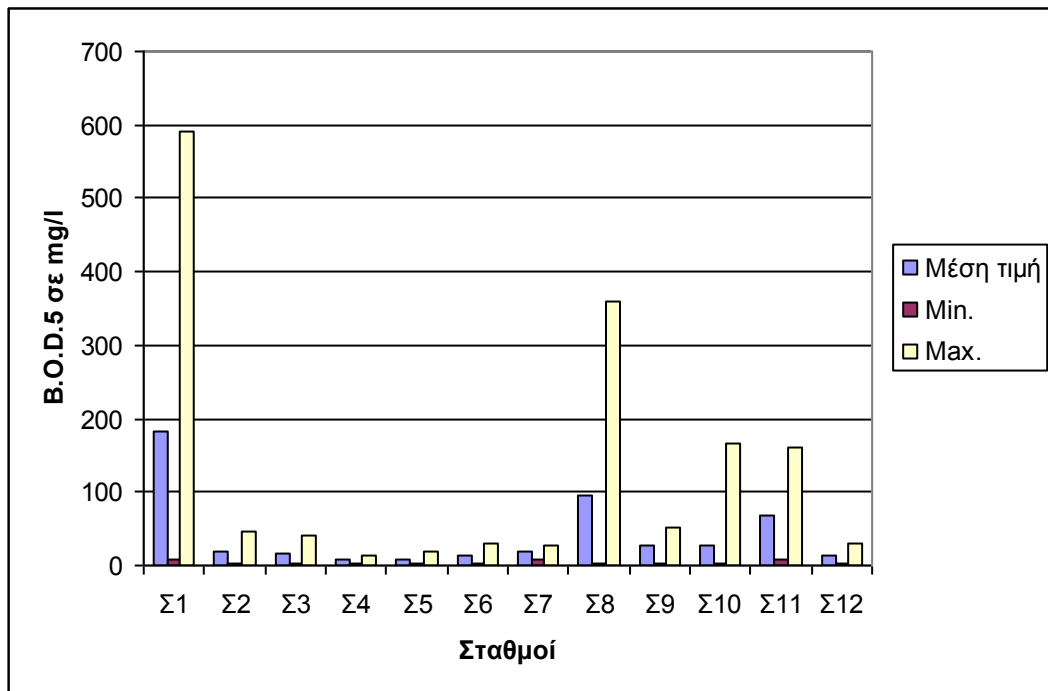
**Σχήμα 48 :** Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή του αζώτου (N) σε mg/l και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες.



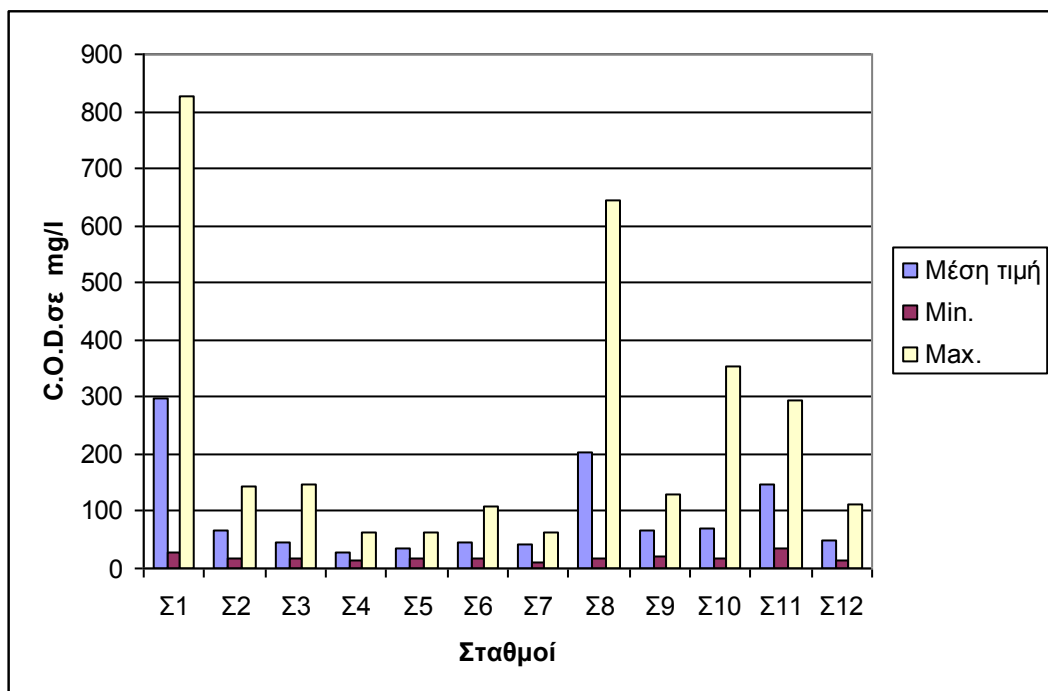
Σχήμα 49 : Η διακύμανση του φωσφόρου (P) σε mg/l στις 12 δειγματοληψίες.



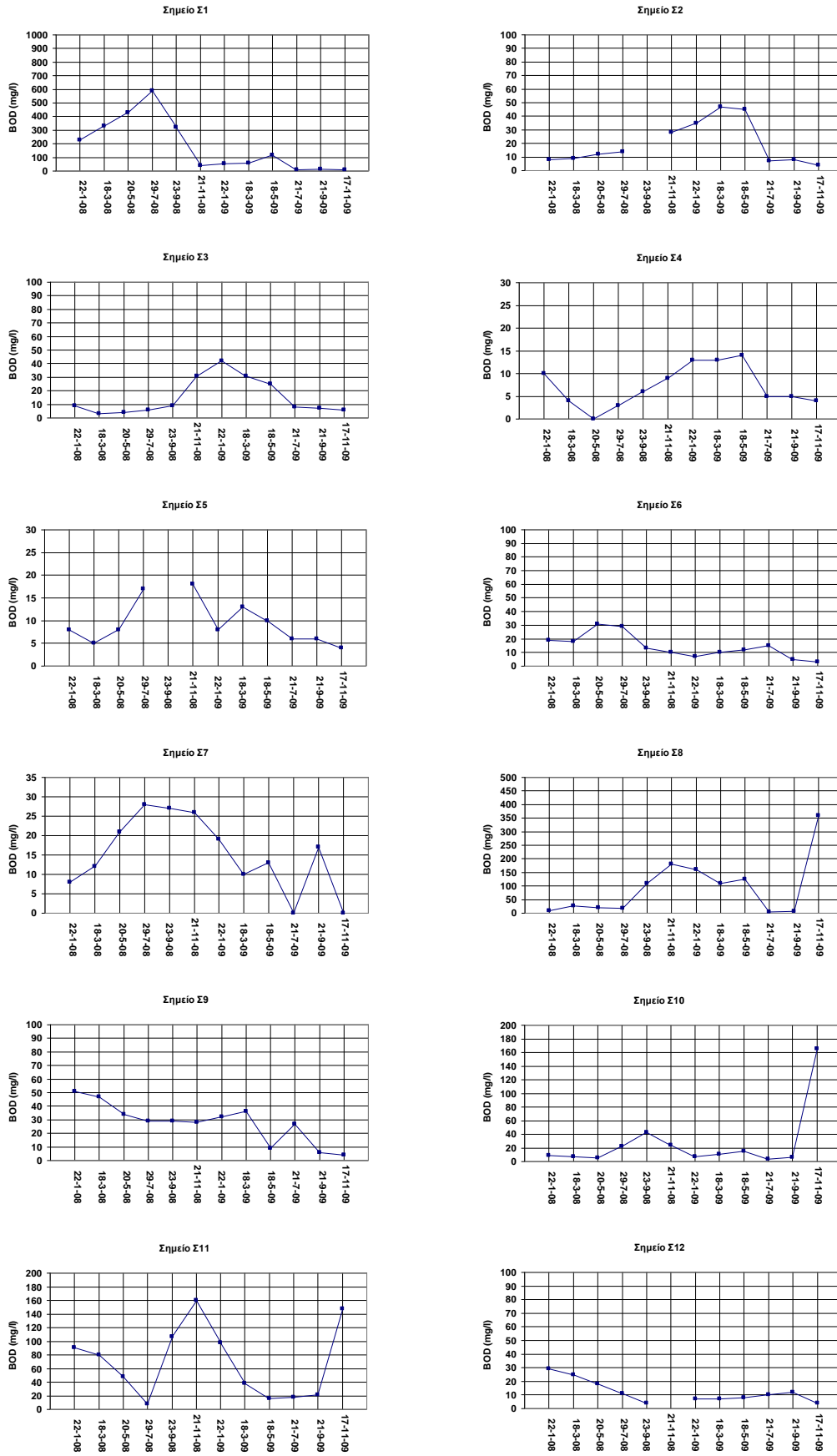
Σχήμα 50 : Η διακύμανση του αζώτου (N) σε mg/l στις 12 δειγματοληψίες.



**Σχήμα 51 :** Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή του B.O.D<sub>5</sub> σε mg/l και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες.

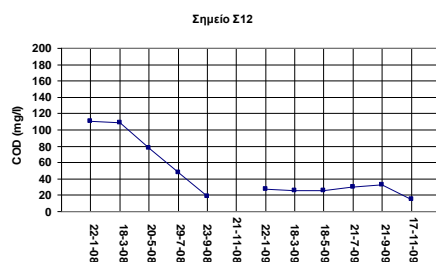
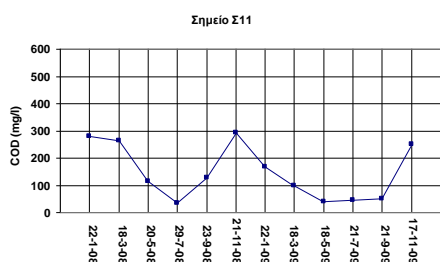
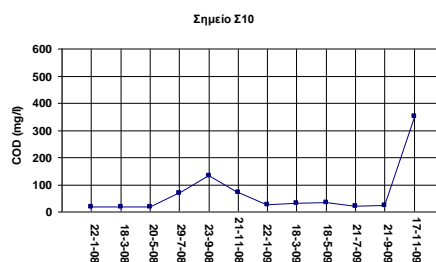
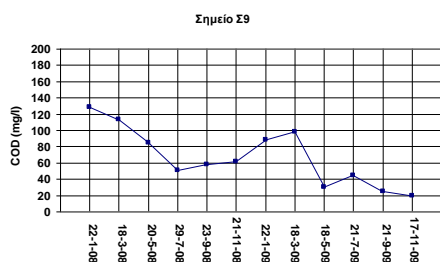
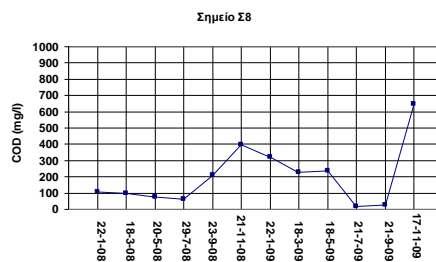
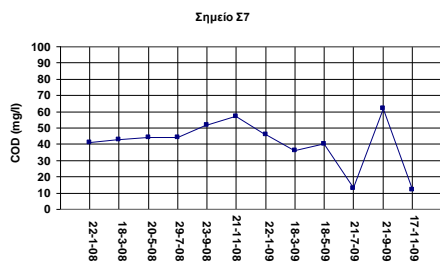
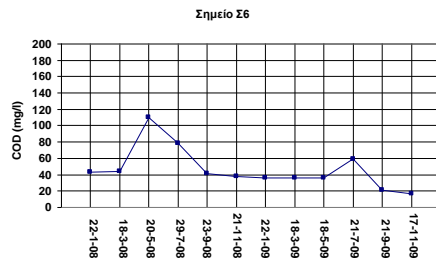
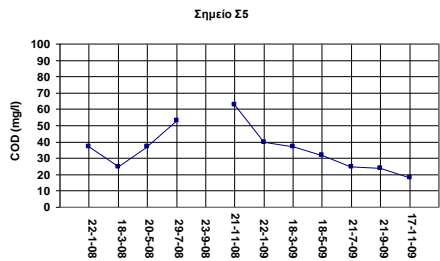
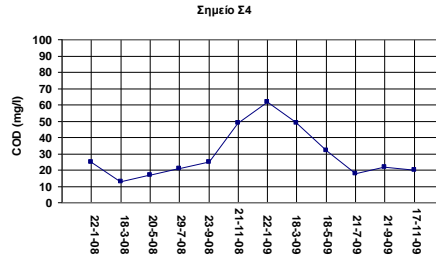
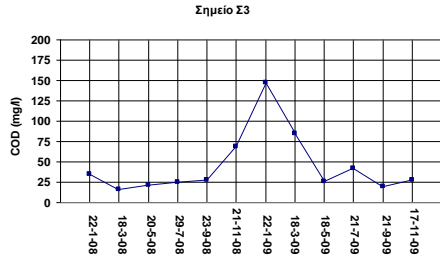
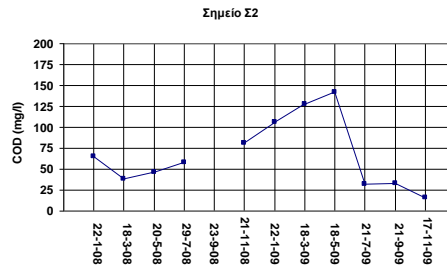
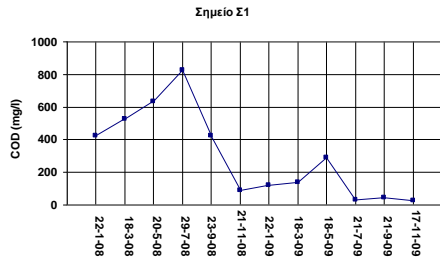


**Σχήμα 52 :** Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή του C.O.D σε mg/l και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες.

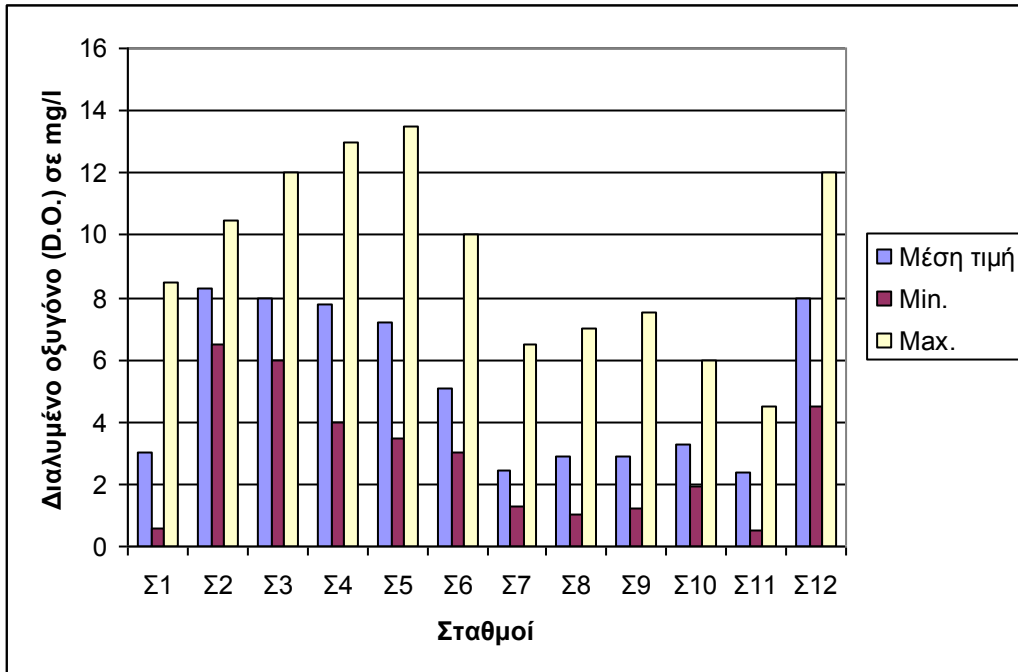


Σχήμα 53 : Η διακύμανση του B.O.D<sub>5</sub> (mg/l) στις 12 δειγματοληψίες.

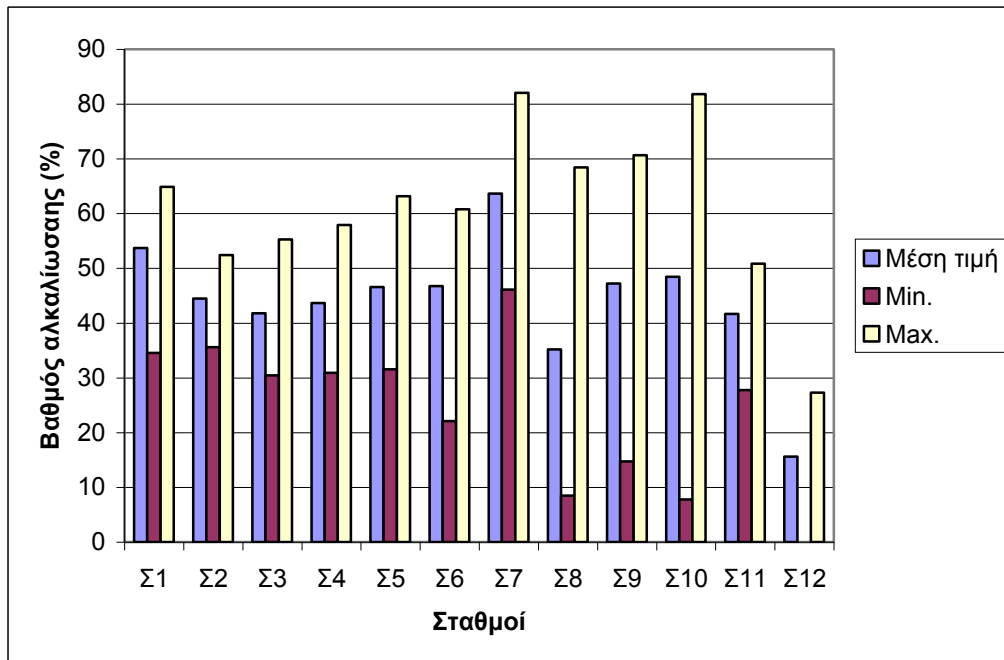




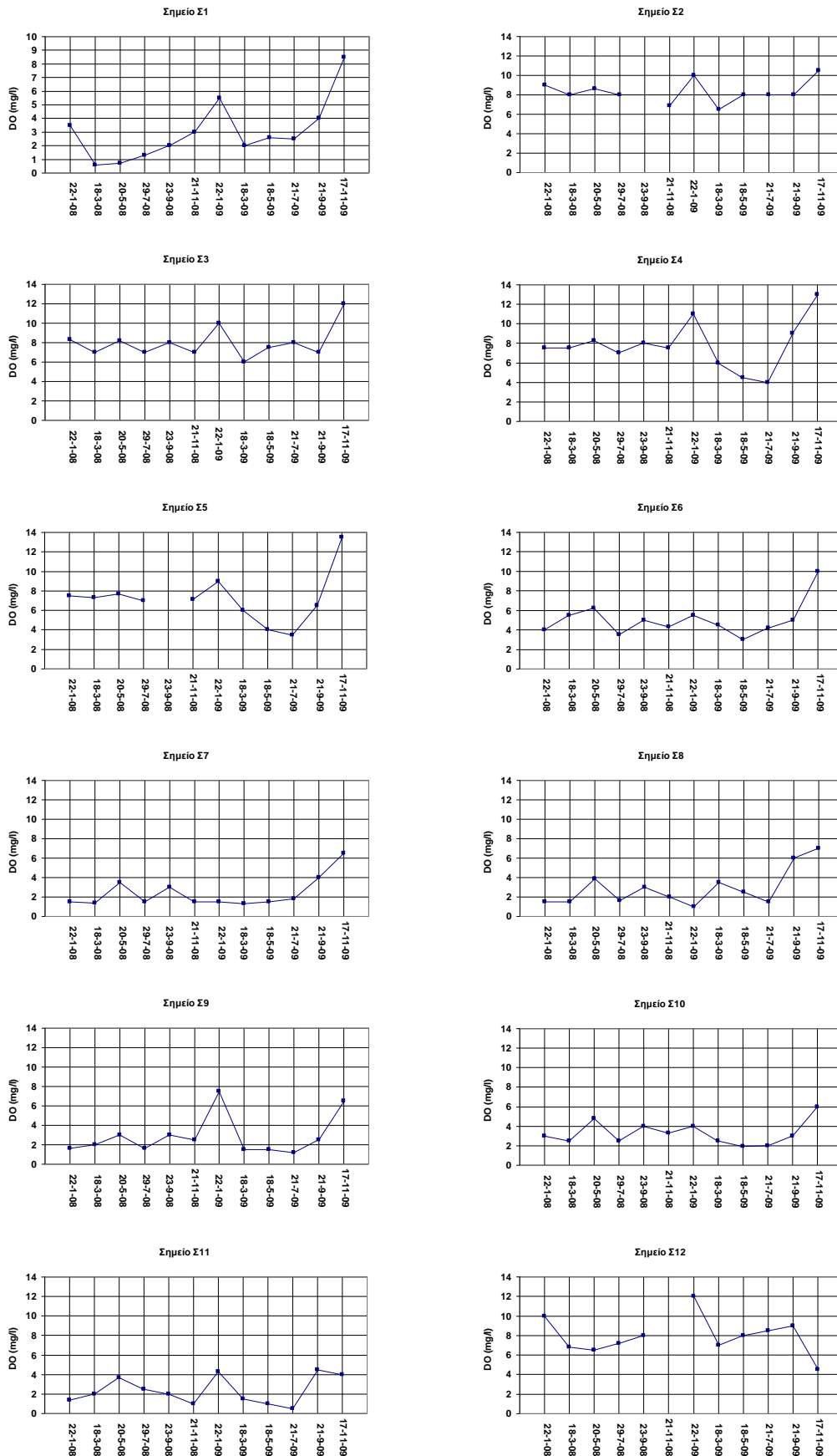
Σχήμα 54 : Η διακύμανση του C.O.D. (mg/l) στις 12 δειγματοληψίες.



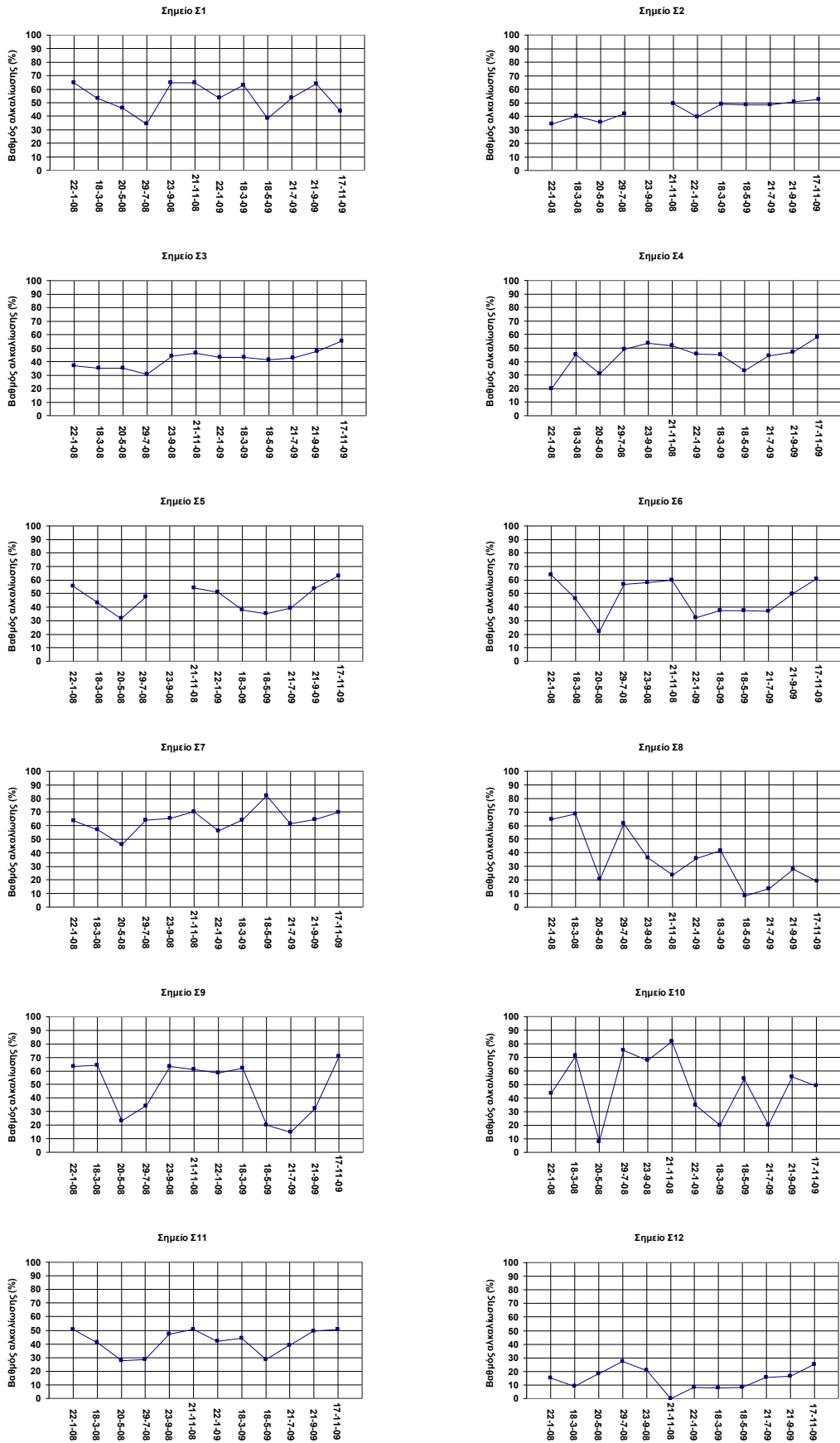
**Σχήμα 55 :** Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή του D O. σε mg/l και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες.



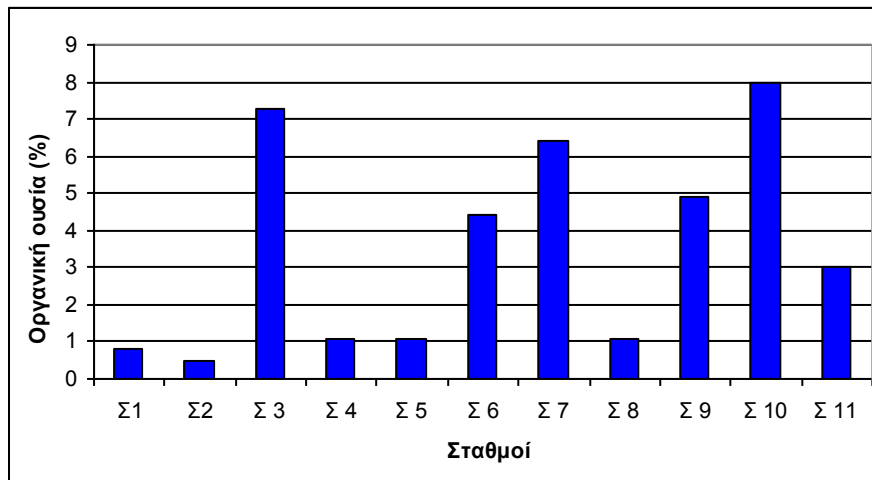
**Σχήμα 56 :** Η μέση, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή του βαθμού αλκαλιώσης (Na%) και στους δώδεκα σταθμούς κατά τις δώδεκα δειγματοληψίες.



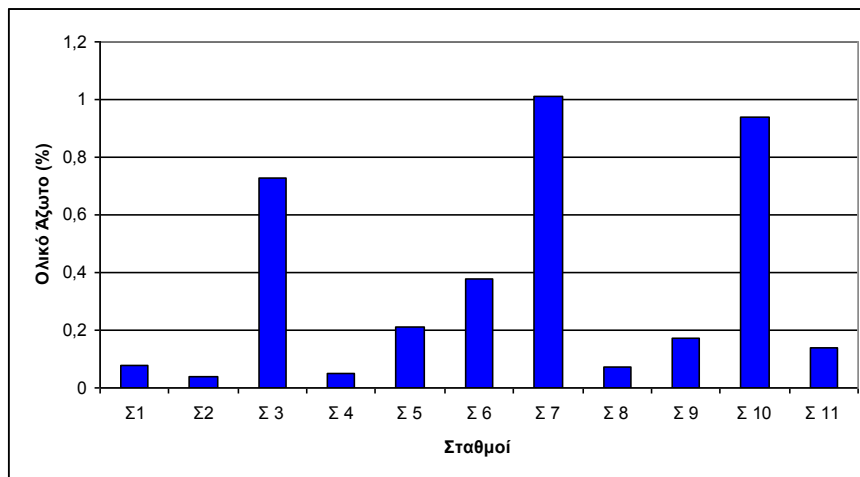
Σχήμα 57 : Η διακύμανση του διαλυμένου οξυγόνου (D.O.) σε mg/l στις 12 δειγματοληψίες.



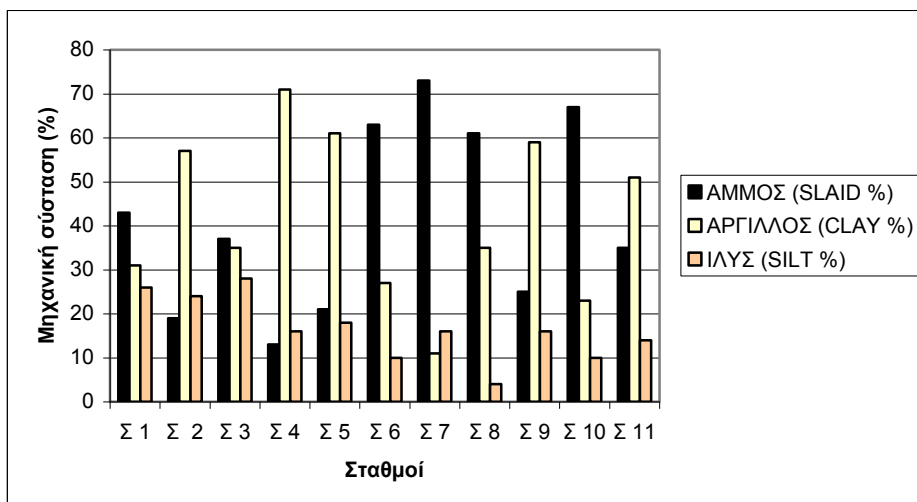
Σχήμα 58 : Η διακύμανση του βαθμού αλκαλιώσης (Na %) στις 12 δειγματοληψίες.



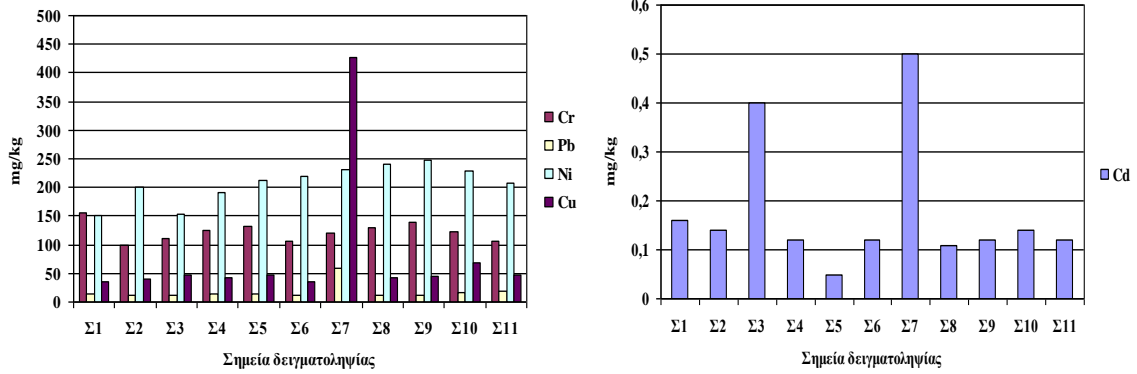
**Σχήμα 59 :** Η οργανική ουσία στο ίζημα στους 11 δειγματοληπτικούς σταθμούς (Σ12 τσιμενταύλακας).



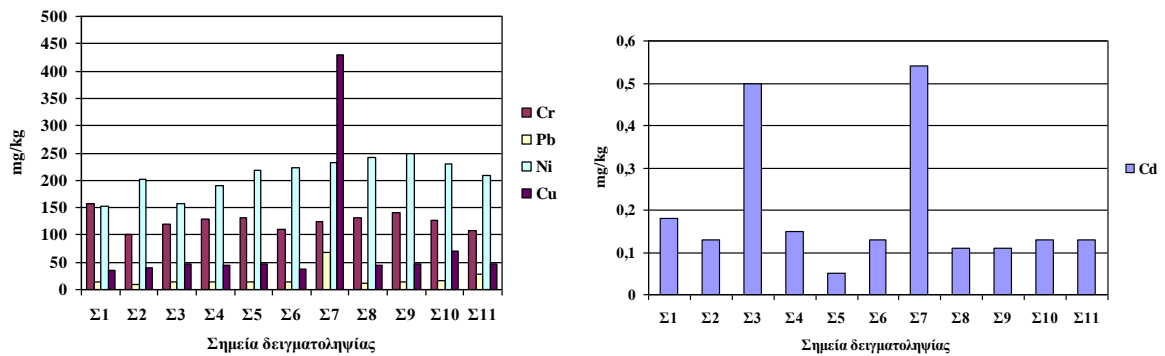
**Σχήμα 60 :** Ολικό Άζωτο στο ίζημα στους 11 δειγματοληπτικούς σταθμούς (Σ12 τσιμενταύλακας).



**Σχήμα 61 :** Η μηχανική σύσταση ιζήματος στους 11 δειγματοληπτικούς σταθμούς (Σ12 τσιμενταύλακας).



**Σχήμα 62:** Μετρηθείσες τιμές πέντε βασικών βαρέων μετάλλων στο ίζημα (mg/kg) (έτος 2008).



**Σχήμα 63 :** Μετρηθείσες τιμές πέντε βασικών βαρέων μετάλλων στο ίζημα (mg/kg) (έτος 2009).

## 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 4.1. Γενικά

Η αξιολόγηση των μετρήσεων των παραμέτρων της ποιότητας των νερών ενός επιφανειακού αποδέκτη έχει πολλαπλή σημασία. Αφενός αποσκοπεί να διερευνήσει, γενικά την ικανότητά του να επιτελέσει συγκεκριμένες παραγωγικές λειτουργίες (άρδευση, διάθεση αποβλήτων, βιομηχανική χρήση νερού, ιχθυοκαλλιέργεια κ.λπ.) και αφετέρου αποτελούν στο σύνολό τους, κριτήριο υγείας του οικοσυστήματος και δείκτη απόδοσης της περιβαλλοντικής πολιτικής που ασκείται από την Πολιτεία, αλλά και την τοπική κοινωνία ειδικότερα. Πιο συγκεκριμένα, η κατάσταση ενός υδάτινου οικοσυστήματος (και μάλιστα ιδιαίτερα τροποποιούμενου όπως είναι το «Ασμάκι») αποτελεί σαφή ένδειξη των προτεραιοτήτων που πρέπει να τίθενται από την επίσημη πολιτεία, το βαθμό συνεργασίας της με τις παραγωγικές τάξεις, την πιστή εφαρμογή της περιβαλλοντικής νομοθεσίας και εν τέλει την αποτελεσματικότητα των παρεμβάσεών της.

Σε ότι αφορά το στραγγιστικό δίκτυο «Ασμακίου», υπάρχει πολύ σοβαρή έλλειψη στοιχείων για το ιστορικό της λειτουργίας του καθώς και για τη μετέπειτα ανάπτυξη των έργων, αφού η όλη πορεία εξέλιξη τους, είχε μια άναρχη και μη προγραμματισμένη διαδικασία τόσο στον σχεδιασμό, όσο και στην κατασκευή και στη λειτουργία του. Το «Ασμάκι» δεν λειτουργεί με καμιά εκτιμητική μέθοδο και υπόβαθρο, αφού η ανάπτυξη του βασίστηκε κυρίως στην πίεση των γεωργών της περιοχής.

Για το συγκεκριμένο αποδέκτη αξιολογήθηκε η αξιοπιστία του σε δύο ουσιαστικές αποστολές. **Την αρδευτική και τη δυνατότητα διαβίωσης ψαριών**, δεδομένου ότι οι άλλες αποστολές που μπορεί να έχει ένας υδάτινος αποδέκτης είναι η χρήση των νερών για κολύμβηση, η χρήση για ύδρευση και η αισθητική αξιοποίηση και οι οποίες για το συγκεκριμένο είναι απαγορευτικές, πλην της τελευταίας για την οποία μπορούν να υπάρξουν

προτάσεις και δυνατότητες βελτίωσης. Η κατ' αρχήν αξιολόγηση είναι μονοκριτηριακή, δηλαδή αξιολογείται η κάθε παράμετρος χωριστά και προσδιορίζεται με βάση αυτή η καταλληλότητα του νερού για τις υπό συζήτηση χρήσεις. Εκείνη, όμως που δίνει σαφέστερα συμπεράσματα, είναι η πολυκριτηριακή ανάλυση των δεδομένων, καθώς μέσω αυτής μπορεί να προσεγγίζονται με μεγαλύτερη πειστικότητα και εφικτότητα οι προτεινόμενες λύσεις.

#### 4.2. Αγωγιμότητα

Στους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4, Σ5 παρουσιάστηκαν υπερβολικά υψηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας Σ2 (6176  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), Σ3 (5740  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), Σ4 (2959  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), Σ5 (2037,55  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), που πιθανόν να οφείλονται στην απόπλυση αλατούχων εδαφών της περιοχής. Κατά κανόνα, στους τρεις αυτούς σταθμούς εμφανίστηκαν και αυξημένες τιμές συγκέντρωσης ιόντων  $\text{Na}^+$  και κατά συνέπεια υψηλές τιμές SAR και βαθμού αλκαλίωσης. Οι βαθμοί αλκαλίωσης στο συγκεκριμένο τμήμα (Σ2, Σ3, Σ4) εμφανίζουν τιμές κυμαινόμενες μεταξύ ελαχίστου 30,45% και μεγίστου 57,92%. Τα δεδομένα αυτά είναι διαφορετικά για τον Πηνειό ποταμό (Stamatis 2009), όπου παρουσιάζονται στοιχεία αποδεκτά για αρδευτικούς σκοπούς. Υψηλές τιμές, εξάλλου, εμφανίζει για το συγκεκριμένο πεδίο και η συγκέντρωση ιόντων  $\text{Cl}^-$ , όπως και η συγκέντρωση των θειικών ( $\text{SO}_4^{--}$ ). Παρόμοια αποτελέσματα βρήκε και η Παπαδοπούλου-Μουρκδίδου (2002) για τον Έβρο και το Λουδία τα οποία αποδόθηκαν στην εισροή στραγγιστικών νερών.

Στο συγκεκριμένο τμήμα της τάφρου οι παραπάνω παράμετροι κρίνουν το νερό ως ακατάλληλο για αρδευτική χρήση. Εάν οι ανάγκες για νερό άρδευσης επιβάλλουν τη χρησιμοποίησή του, θα πρέπει στο συγκεκριμένο τμήμα, να εμποδιστούν οι αποπλύσεις των εδαφών αλλά και κάθε μέθοδος άρδευσης που συμβάλλει στο φαινόμενο της εξαλάτωσης. Ο



Loukas (2010) για τον Πηνειό βρήκε ότι το νερό έχει μικρή αγωγιμότητα και επομένως προκαλεί πολύ μικρά προβλήματα στις καλλιέργειες..

Στον ίδιο τομέα εμφανίσθηκαν και υψηλές τιμές ολικής σκληρότητας ( $M.O._{\Sigma_2} = 1829,78$ , και  $M.O._{\Sigma_3} = 1839,42$ ) που απέχουν σημαντικά από τους μέσους όρους των υπολοίπων τομέων (ο μέγιστος μέσος όρος εμφανίζεται στο γειτονικό σταθμό  $\Sigma_4$ ,  $M.O. = 819,17$ ). Παραπλήσια διακύμανση εμφανίζει κι η μόνιμη σκληρότητα. Και είναι αναμενόμενο, δεδομένου ότι σ' αυτή την περιοχή δειγματοληψίας, εμφανίζονται και οι μέγιστες τιμές συγκεντρώσεων των ιόντων  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ . Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν και οι Berkant et al. (2010) στους ποταμούς Τίγρη και Ευφράτη.

### 4.3. Ιόντα χλωρίου ( $Cl^-$ )

Τα ιόντα χλωρίου και νατρίου κατατάσσονται στα τοξικά στοιχεία σε ότι αφορά την καταλληλότητα του νερού για άρδευση. Πιο συγκεκριμένα, το χλώριο είναι το στοιχείο που προκαλεί τις περισσότερες επιπτώσεις τοξικότητας στα φυτά. Δε δεσμεύεται από το έδαφος, ανεξαρτήτως σύστασης, προσλαμβάνεται ελεύθερα από το φυτό και συγκεντρώνεται στα φύλλα του. Αν η συγκέντρωση στα φύλλα ξεπερνά το ανώτατο επιτρεπτό όριο για μια δεδομένη καλλιέργεια (Πίν. 4.1), τότε αναπτύσσονται προβλήματα τοξικότητας.

Τα πρώτα συμπτώματα είναι συνήθως περιφερειακά εγκαύματα και στη συνέχεια το έγκαυμα επεκτείνεται σ' ολόκληρο το φύλλο και προκαλεί την ξήρανσή του. Γενικά η ανθεκτικότητα των φυτών στα ιόντα χλωρίου είναι μικρότερη στο στάδιο της βλάστησης, απ' ότι στα άλλα στάδια ανάπτυξης του φυτού. Επίσης, για τις δενδρώδεις καλλιέργειες, το επιθυμητό πλαίσιο συγκεντρώσεων των ιόντων χλωρίου στο νερό άρδευσης, ώστε να μην υπάρχει μείωση της παραγωγής, κυμαίνεται από 180 – 600 ppm, ενώ για τα αμπέλια από 450 – 900 mg/l (Scofield 1935). Για τα λαχανικά, κατά κανόνα επιθυμητό επίπεδο είναι μέχρι τα 250 ppm, εκτός από τα αγγουράκια και τις ντομάτες που είναι 600 mg/l και τα κολοκυθάκια

που είναι 900 mg/ℓ (Scofield 1935). Ο Loukas (2010) για το Πηνειό βρήκε ότι το νερό δεν προκαλεί προβλήματα τοξικότητας.

**Πίνακας 8 :** Εκτίμηση της ποιότητας του αρδευτικού νερού, σε σχέση με την συγκέντρωσή του σε ιόντα χλωρίου (Cl<sup>-</sup>) (Κυπριακή Δημοκρατία, Υπουργείο Γεωργίας – Κατευθυντήριες γραμμές άρδευσης).

Επιφανειακή μέθοδος ποτίσματος	<140 mg/ℓ Κανένας κίνδυνος	140 – 350 mg/ℓ Μέτριος κίνδυνος	>350 mg/ℓ Σοβαρός κίνδυνος
Μέθοδος Springler	<100 mg/ℓ Κανένας κίνδυνος	>100 mg/ℓ Μέτριος έως σοβαρός κίνδυνος	

#### 4.3.1. Επίδραση του χλωρίου στα ψάρια

Η τοξική επίδραση του χλωρίου στα ψάρια, πιστεύεται ότι οφείλεται στο γεγονός ότι επηρεάζει τη λειτουργία των ενζύμων που περιέχουν την ομάδα SH 60 σουλφυδρύλιο (-SH, θειαμίνες) που είναι απαραίτητο για τη λειτουργία του κυττάρου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, τα ένζυμα αυτά να οξειδωθούν ταχύτατα, οπότε η ενζυμική δράση του κυττάρου διακόπτεται ανεπανόρθωτα (Νεοφύτου 1997).

#### 4.4. Αξιολόγηση αρδευτικού νερού με βάση τη συγκέντρωση ιόντων χλωρίου (Cl<sup>-</sup>) κατά την αρδευτική περίοδο.

**Σταθμοί Σ2- Σ3:** Αν εξαιρεθεί η δειγματοληψία της 20/05/2008 (  $C_{Cl^-} = 170$  mg/ℓ), οπότε το «Ασμάκι» τροφοδοτήθηκε με νερό του Πηνειού, σε όλη την υπόλοιπη περίοδο, η άρδευση με νερό της συγκεκριμένης ποιότητας, ενέχει σοβαρό κίνδυνο για τις καλλιέργειες. Πιο συγκεκριμένα υπήρξαν: Έτος 2008,  $M.O_{\Sigma 2} = 585$  mg/ℓ,  $M.O_{\Sigma 3} = 1221,67$  mg/ℓ. Έτος 2009,  $M.O_{\Sigma 2} = 1337$  mg/ℓ,  $M.O_{\Sigma 3} = 484,00$  mg/ℓ. Το συμπέρασμα συμφωνεί με τα αποτελέσματα των πινάκων για EC και SAR. Κατά συνέπεια και οι τρεις παράμετροι, αγωγιμότητα, απορρόφηση νατρίου και συγκέντρωση ιόντων χλωρίου, συνηγορούν στην ακαταλληλότητα του νερού για άρδευση. Σύμφωνα με το Stamatis (1999), παρά το ότι ο

Πηγειός ποταμός είναι από τα πλέον ρυπασμένα ποτάμια, εντούτοις το νερό του με βάση την EC, το SAR και την απορρόφηση νατρίου είναι κατάλληλο για άρδευση.

Στον Πίνακα 4.2 αναφέρονται, οι μέσοι όροι των τιμών συγκέντρωσης ιόντων χλωρίου ( $Cl^-$ ), σε mg/l, για κάθε σταθμό δειγματοληψίας (εκτός Σ2-Σ3). Η εκτίμηση του κινδύνου για τις καλλιέργειες (Scofield 1935), καθώς και οι παρατηρήσεις κατατείνουν στην εν αμφιβόλω αξιοπιστία του συστήματος άρδευσης για τις καλλιέργειες της περιοχής.

**Πίνακας 9 :** Οι μέσοι όροι των τιμών συγκέντρωσης ιόντων χλωρίου ( $Cl^-$ ), σε μέρη ανά εκατομμύριο (mg/l).

Σταθμοί	Μέσος όρος 2008 Εκτίμηση κινδύνου	Μέσος όρος 2009 Εκτίμηση κινδύνου
Σ1	166,33 Μέτριος κίνδυνος	290,66 Μέτριος κίνδυνος
Σ4	322,67 Μέτριος προς σοβαρό κίνδυνο	326,67 Μέτριος προς σοβαρό κίνδυνο
Σ5	281,50 Μέτριος κίνδυνος	93,30 Κανένας κίνδυνος
Σ6	109,00 Κανένας κίνδυνος	59,67 Κανένας κίνδυνος
Σ7	14,67 Κανένας κίνδυνος	63,33 Κανένας κίνδυνος
Σ8	158,67 Μέτριος κίνδυνος	14,33 Κανένας κίνδυνος
Σ9	80,00 Κανένας κίνδυνος	23,67 Κανένας κίνδυνος
Σ10	372,67 Σοβαρός κίνδυνος	162,33 Μέτριος προς σοβαρό κίνδυνο
Σ11	146,00 Μέτριος κίνδυνος	179,67 Μέτριος κίνδυνος
Σ12	31,67 Κανένας κίνδυνος	14,33 Κανένας κίνδυνος

Δεδομένου ότι οι τιμές μέτρησης είναι στιγμιαίες και με το δεδομένο, επίσης, ότι το «Ασμάκι» τροφοδοτείται με νερά του Πηγειού που είναι δυνατό να μεταβάλλουν απότομα την ποιοτική σύσταση των νερών του, οι εκτιμήσεις, είναι αναπόφευκτο να παρουσιάζουν μια αυξημένη αβεβαιότητα. Κατά συνέπεια, μόνον γενική εικόνα μπορεί να προκύψει, παρά σαφή συμπεράσματα, με τις ακόλουθες ειδικές παρατηρήσεις:

1. Ο κίνδυνος για το 2008 για το σταθμό Σ4 αποκλίνει προς σοβαρό κίνδυνο με βάση το δεδομένο ότι οι αμέσως επόμενες μετρήσεις, στις 21/11/2008 και 17/11/2009 παρουσιάζουν μεγάλη απόκλιση προς τα πάνω (457 mg/ℓ, 1040 mg/ℓ αντίστοιχα), γεγονός που τονίζει και με έναν άλλο τρόπο τη χαμηλή αξιοπιστία του συστήματος άρδευσης.
2. Η τιμή για το σταθμό Σ8 για το 2008 θεωρείται μη αντιπροσωπευτική, λόγω των μεγάλων διαφορών που παρατηρούνται στις τρεις δειγματοληψίες: 14 – 441 – 21 mg/ℓ.
3. Ο μέσος όρος στο σταθμό Σ10 είναι ακόμη μεγαλύτερος για την περίοδο 29/7/2008 – 23/9/2008 ( 545,50 mg/ℓ).
4. Ομοίως ο μέσος όρος στο σταθμό Σ10 στις δυο ακραίες τιμές 18/05/2009 και 21/09/2009, δίνουν αρκετά μεγαλύτερο μέσον όρο (232,50 mg/ℓ).
5. Οι ιδιαίτερα χαμηλές τιμές συγκέντρωσης χλωριόντων στο σταθμό Σ12 (τσιμενταύλακα) είναι δηλωτικές του γεγονότος ότι οι υψηλές τιμές συγκεντρώσεων που παρατηρούνται αλλού είναι κατά κανόνα αποτέλεσμα εκπλύσεων του εδάφους και διηθήσεων. Συμπέρασμα που συνηγορεί στην άποψη ότι υπάρχει μεγάλη δυσκολία να συνυπάρξουν στον ίδιο αποδέκτη η αρδευτική και η αποστραγγιστική του αποστολή.

Οι μετρούμενες τιμές παρουσιάζουν αυξομείωση από έτος σε έτος, πράγμα που οφείλεται κυρίως στις μεγάλες διαφορές κλιματολογικών συνθηκών που παρατηρήθηκαν μεταξύ των ετών 2008 και 2009, αλλά και ανά μήνα, αλλά ακόμη και σε μια σειρά άλλων παραγόντων, όπως ήταν η μεγάλη αυξομείωση στη ζήτηση νερού από μήνα σε μήνα, οι καιρικές συνθήκες που επεκράτησαν τη συγκεκριμένη περίοδο (π.χ. παρατεταμένη περίοδος ανομβρίας, η εισροή ή όχι νερού από τον Πηνειό, η λίπανση των καλλιεργειών, τα υδραυλικά

χαρακτηριστικά του αποδέκτη (μικρός αποθηκευτικός όγκος, χαμηλή ταχύτητα ροής έως στασιμότητα, ελάχιστη ικανότητα αποκαθαρισμού) και η έλλειψη αξιόπιστου σχεδίου διαχείρισης.

#### **4.5. Αξιολόγηση αρδευτικού νερού με βάση EC, SAR και Na% κατά την αρδευτική περίοδο.**

Λαμβάνοντας υπ' όψη τις μετρηθείσες τιμές Αγωγιμότητας (EC), το λόγο προσρόφησης νατρίου SAR (Sodium Absorption Ratio), την επικινδυνότητα του νατρίου (Na%) και εστιάζοντας στην αρδευτική περίοδο, η οποία προσδιορίζεται από τον 5<sup>ο</sup> μέχρι τον 9<sup>ο</sup> μήνα κάθε έτους, προκύπτουν οι Πίνακες αξιολόγησης 4.3 και 4.4 και τα Σχήματα 4.1 και 4.2. Ωστόσο, συνολική εκτίμηση της ποιότητας του νερού για άρδευση, μπορεί ακόμη να προκύψει, από το συγκεντρωτικό Πίνακα 4.5, που αφορά τις παραμέτρους EC, SAR, [ Cl<sup>-</sup> ], για όλο το μήκος της αρδευτικής τάφρου.

Σύμφωνα με τα Σχήματα 4.1 και 4.2, η αξιολόγηση του αρδευτικού νερού για τον κίνδυνο αλατώσεως ήταν η εξής: κατηγορία C4-S1 (πολύ μεγάλος κίνδυνος) 4 περιπτώσεις (2 το 2008 και 2 το 2009), δηλαδή 16,67 % και 16,67 %, Κατηγορία C3-S1 (μεγάλος κίνδυνος) 16 περιπτώσεις (9 το 2008 και 7 το 2009), δηλαδή 75 % και 58,33 αντίστοιχα. Κατηγορία C2-S1 (μέσος κίνδυνος) 4 περιπτώσεις ( 1 το 2008 3 το 2009) 8,33 % και 25% αντίστοιχα.

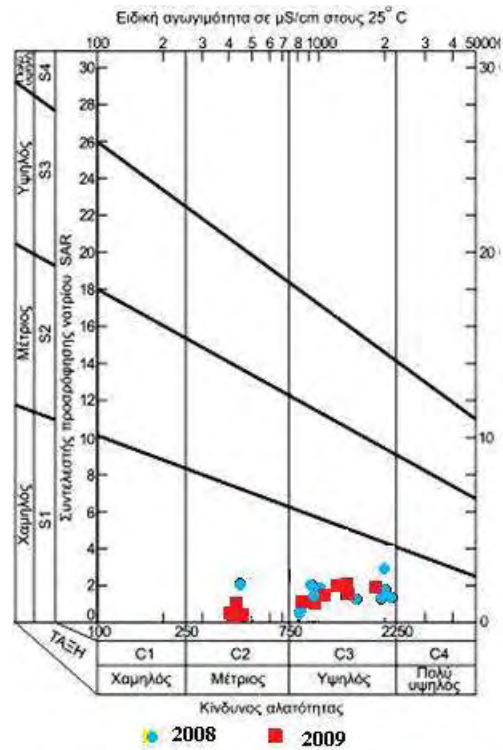
Η αξιολόγηση του αρδευτικού νερού σύμφωνα με το Na% και το EC ήταν η εξής: Κατηγορία εξαιρετικό 3 (3 το 2009) 25 %. Κατηγορία καλό μέχρι αποδεκτό 14 (9 το 2008 και 5 το 2009) 75 % και 41,33 %. Κατηγορία αμφίβολο έως ακατάλληλο 3 (1 το 2008 και 2 το 209) 8,33 % και 16,67 %. Κατηγορία ακατάλληλο 4 (2 το 2008 και 2 το 209) 16,67 % και 16,67 %.

**Πίνακας 10 :** Αξιολόγηση αρδευτικού νερού για τον κίνδυνο αλάτωσης τους εδάφους C-S. (U.S Salinity Laboratory 1954).

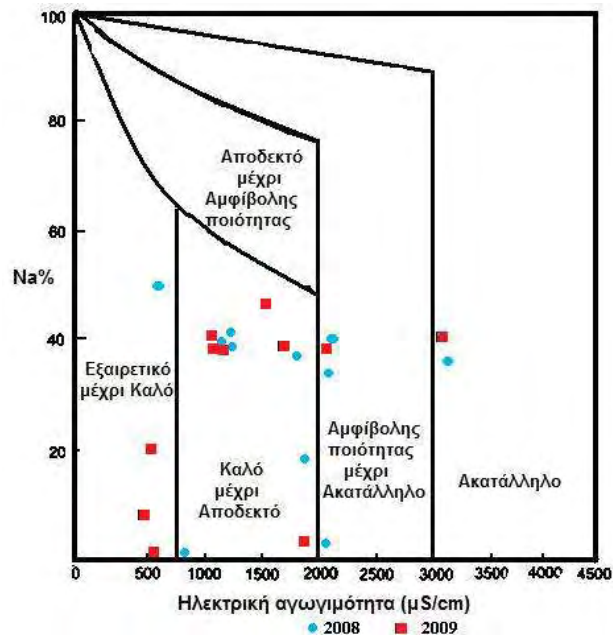
Σταθμοί	Έτος	EC	SAR	κατηγορία	κατηγορία
Σ1	2008	1677	3,5	C3--S1	μεγάλος κίνδυνος
	2009	1533	4,16	C3 – S1	μεγάλος κίνδυνος
Σ2	2008	3200	4,05	C4- S1	Πολύ μεγάλος κίνδυνος
	2009	6893	8,57	C4 – S1	Πολύ μεγάλος κίνδυνος
Σ3	2008	6186	4,87	C4 – S1	Πολύ μεγάλος κίνδυνος
	2009	3026	4,77	C4 – S1	Πολύ μεγάλος κίνδυνος
Σ4	2008	2183	4,33	C3 – S1	μεγάλος κίνδυνος
	2009	2076	3,70	C3 – S1	μεγάλος κίνδυνος
Σ5	2008	1920	3,40	C3 – S1	μεγάλος κίνδυνος
	2009	951	2,57	C3 – S1	μεγάλος κίνδυνος
Σ6	2008	1041	3,23	C3 – S1	μεγάλος κίνδυνος
	2009	794	2,47	C3 – S1	μεγάλος κίνδυνος
Σ7	2008	506	2,97	C2 – S1	Μέσος κίνδυνος
	2009	1448	4,20	C3 – S1	μεγάλος κίνδυνος
Σ8	2008	1172	2,97	C3 – S1	μεγάλος κίνδυνος
	2009	491	0,57	C2 – S1	μέσος κίνδυνος
Σ9	2008	1108	2,90	C3 – S1	μεγάλος κίνδυνος
	2009	585	0,87	C2 – S1	Μέσος κίνδυνος
Σ10	2008	2065	6,43	C3- S1	μεγάλος κίνδυνος
	2009	1209	3,10	C3 – S1	μεγάλος κίνδυνος
Σ11	2008	2194	2,7	C3 – S1	μεγάλος κίνδυνος
	2009	1823	3,23	C3 – S1	μεγάλος κίνδυνος
Σ12 (τσιμενταύλακας)	2008	795	0,97	C3 – S1	μεγάλος κίνδυνος
	2009	532	0,47	C2 – S1	μέσος κίνδυνος

**Πίνακας 11 :** Αξιολόγηση του αρδευτικού νερού Na% και το EC (Wilcox 1955).

Σταθμοί	έτος	EC	Na%	κατηγορία
Σ1	2008	1677	43,53	Καλό μέχρι αποδεκτό
	2009	1533	45,53	Καλό μέχρι αποδεκτό
Σ2	2008	3200	38,35	ακατάλληλο
	2009	6893	49,17	ακατάλληλο
Σ3	2008	6186	43,53	ακατάλληλο
	2009	3026	43,53	ακατάλληλο
Σ4	2008	2183	43,97	αμφίβολο έως ακατάλληλο
	2009	2076	40,90	αμφίβολο έως ακατάλληλο
Σ5	2008	1920	38,96	Καλό μέχρι αποδεκτό
	2009	951	41,53	Καλό μέχρι αποδεκτό
Σ6	2008	1041	43,60	Καλό μέχρι αποδεκτό
	2009	794	39,30	Καλό μέχρι αποδεκτό
Σ7	2008	506	55,10	Καλό μέχρι αποδεκτό
	2009	1448	48,97	Καλό μέχρι αποδεκτό
Σ8	2008	1172	38,13	Καλό μέχρι αποδεκτό
	2009	491	15,10	Εξαιρετικό
Σ9	2008	1108	39,20	Καλό μέχρι αποδεκτό
	2009	585	20,57	Εξαιρετικό
Σ10	2008	2065	7,53	Καλό μέχρι αποδεκτό
	2009	1209	41,70	Καλό μέχρι αποδεκτό `
Σ11	2008	2194	32,63	Καλό μέχρι αποδεκτό
	2009	1823	7,23	Καλό μέχρι αποδεκτό `
Σ12 (τσιμεντάλακας)	2008	795	0,97	Καλό μέχρι αποδεκτό
	2009	532	0,47	Εξαιρετικό



Σχήμα 64 : Διάγραμμα για την κατάταξη του νερού άρδευσης σε κατηγορίες (U.S Salinity Laboratory 1954



Σχήμα 65. Αξιολόγηση των δειγμάτων νερού σε σχέση με την αγωγιμότητα και την επικινδυνότητα του νατρίου (Wilcox 1955).



**Πίνακας 12 :** Συνολική εκτίμηση της ποιότητας του νερού για άρδευση

Σ/Δ	SAR (2008-2009)	EC (2008-2009)	Cl <sup>-</sup> (2008-2009)	Συνολική εκτίμηση
Σ1	Χαμηλός κίνδυνος	Υψηλός Κίνδυνος	Μέτριος κίνδυνος	Μικρός κίνδυνος αλκαλίωσης μέτριος κίνδυνος για τα φυτά
Σ2	Χαμηλός κίνδυνος	Πολύ μεγάλος κίνδυνος	Σοβαρός κίνδυνος	Νερό επικίνδυνο για καλλιέργειες
Σ3	Χαμηλός κίνδυνος	Πολύ μεγάλος κίνδυνος	Σοβαρός κίνδυνος	Νερό επικίνδυνο για καλλιέργειες
Σ4	Χαμηλός κίνδυνος	Υψηλός Κίνδυνος	M/T-Σ.Κ	Μικρός κίνδυνος αλκαλίωσης Νερό επικίνδυνο για καλλιέργειες
Σ5	Χαμηλός κίνδυνος	Υψηλός Κίνδυνος	M/T –KAN.K	Μικρός κίνδυνος αλκαλίωσης- μέτριος κίνδυνος για τα φυτά
Σ6	Χαμηλός κίνδυνος	Υψηλός Κίνδυνος	Κανείς κίνδυνος	Μικρός κίνδυνος αλκαλίωσης- κανείς κίνδυνος για τα φυτά
Σ7	Χαμηλός κίνδυνος	Μέτριος Κίνδυνος Υψηλός κίνδυνος	Κανείς κίνδυνος	Μικρός κίνδυνος αλκαλίωσης- κανείς κίνδυνος για φυτά
Σ8	Χαμηλός κίνδυνος	Υψηλός κίνδυνος Μέτριος Κίνδυνος-	Μέτριος έως κανείς κίνδυνος	Μέτριος – μεγάλος κίνδυνος αλκαλίωσης – μικρός κίνδυνος για φυτά
Σ9	Χαμηλός κίνδυνος	Υψηλός κίνδυνος Μέτριος Κίνδυνος	Κανείς κίνδυνος	Μικρός κίνδυνος αλκαλίωσης κανένας κίνδυνος για τα φυτά
Σ10	Χαμηλός κίνδυνος	Υψηλός κίνδυνος	Μέτριος προς σοβαρό κίνδυνο	Νερό επικίνδυνο για καλλιέργειες
Σ11	Χαμηλός κίνδυνος	Υψηλός κίνδυνος	Μέτριος κίνδυνος	Μικρός κίνδυνος αλκαλίωσης – μέτριος κίνδυνος για φυτά
Σ12	Χαμηλός κίνδυνος	Υψηλός κίνδυνος Μέτριος Κίνδυνος	Κανένας κίνδυνος	Σχετικά καλή ποιοτική σύσταση νερού.

\* M/T – Σ.Κ. μέτριος μέχρι σοβαρός κίνδυνος., M/T – KAN.K μέτριος μέχρι κανένας κίνδυνος

#### 4.6. Αξιοπιστία αρδευτικής ικανότητας του νερού του Ασμακίου.

Η αξιοπιστία του νερού που διαθέτει το «Ασμακί» για άρδευση καθορίζεται απ' τους παρακάτω παράγοντες:

Επάρκεια νερού για την αρδευτική περίοδο και σταθερότητα τροφοδοσίας.

1. Ποιότητα νερού για τη στήριξη συμβατικών καλλιεργειών.
2. Ποιότητα νερού για ποιοτικές καλλιέργειες και δυνατότητα εφαρμογής προτύπων, όπως: Ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης, AGRO 2.1 και 2.2, EUREPGAP, GLOBALGAP, Βιολογική Γεωργία.
3. Σταθερότητα - επαναληψιμότητα ποιοτικών χαρακτηριστικών.

Όπως φαίνεται από τις μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί, οι τιμές των παραμέτρων παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση.

Σε ότι αφορά το πρώτο (επάρκεια νερού), είναι γνωστό από τα προβλήματα που ανακύπτουν σε ετήσια σχεδόν βάση, ότι οι ποσότητες νερού που διατίθενται δεν επαρκούν. Οι λόγοι στους οποίους οφείλεται αυτή η διαπίστωση είναι:

1. Η σμίκρυνση του χώρου αποθήκευσης του νερού (θεωρητικά 2.750.000 m<sup>3</sup>, πρακτικά πολύ λιγότερο), λόγω του μη καθαρισμού της κοίτης επί 25 και πλέον έτη (Διεύθυνση Υδάτων Περιφέρειας Θεσσαλίας).
2. Η κατασπατάληση του νερού λόγω μη ορθολογιστικού τρόπου άρδευσης, όπως πότισμα με υψηλές θερμοκρασίες, καταιονισμό νερού κ.λπ.
3. Κατά κανόνα χρήση μεγαλύτερων ποσοτήτων απ' τις ενδεικνυόμενες.

Αν για άλλες περιοχές της χώρας επιβάλλεται η αυστηρή τήρηση των Κανόνων Πολλαπλής Συμμόρφωσης για τη Γεωργία (Κανονισμός 1782/2003/Ε.Κ.), σε ότι αφορά τη χρήση του νερού και των λιπασμάτων (ειδικά για την περιοχή των Σταθμών Σ2, Σ3, Σ4), στην εν λόγω περιοχή κάτι τέτοιο είναι εκ των ων ουκ άνευ.

Σε ότι αφορά την ποιότητα του νερού, όπως προκύπτει από τους Πίνακες 4.1, 4.2, 4.3, 4.4. και 4.5., το νερό δε πολλές περιπτώσεις τείνει να καταστεί απαγορευτικό ακόμα και για τις συμβατικές καλλιέργειες, πολλώ μάλλον για καλλιέργειες ποιότητας.

#### **4.7. Υδροχημική ταξινόμηση νερών κατά Piper**

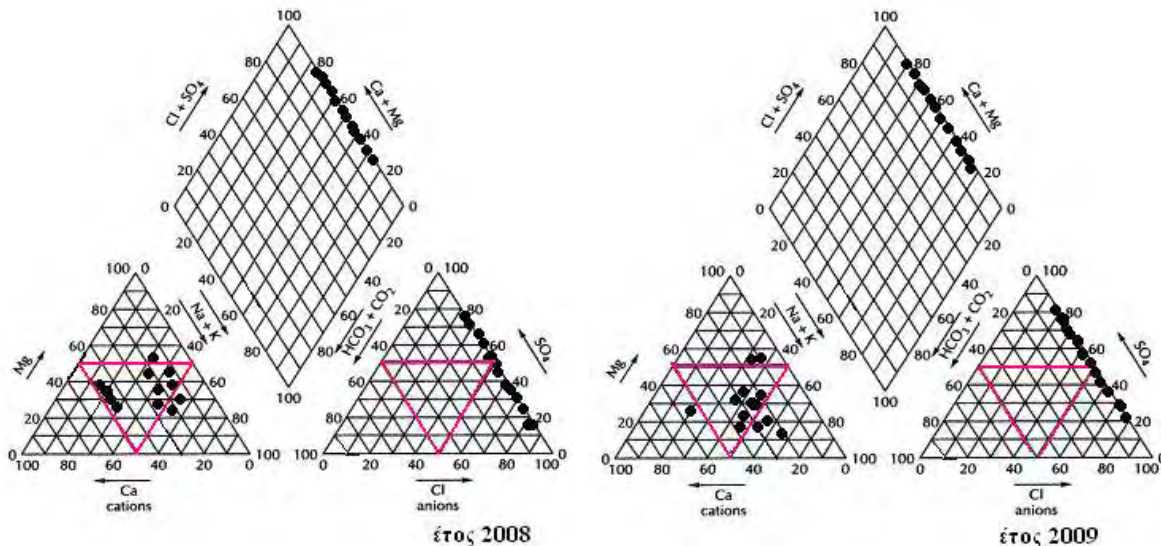
Σχεδόν σε κάθε έρευνα ή μελέτη για τα νερά περιλαμβάνεται εκτός από την ποιότητα και την ποσότητα του διαθέσιμου νερού και γραφικές παραστάσεις. Πολλά έχουν επινοηθεί για να διευκολυνθεί η ερμηνεία και παρουσίαση των χημικών αναλύσεων. Οι διαφορές στη

χημική σύνθεση του νερού από το ένα μέρος στο άλλο της ίδιας περιοχής, δείχνουν την επίδραση των γεωλογικών δομών, όπως επίσης και της ανθρώπινης δραστηριότητας.

Οι γραφικές παραστάσεις διευκολύνουν την ερμηνεία και παρουσίαση της χημικής ανάλυσης. Διαγράμματα διασποράς, ιοντικά διαγράμματα, χάρτες αποτύπωσης και διαγράμματα κατά Piper χρησιμοποιούνται πολύ συχνά (Δημητρακόπουλος 2002).

Για την περαιτέρω διερεύνηση της υδροχημικής φάσης του νερού, θεωρήθηκε σκόπιμο να κατασκευαστούν τα υδροχημικά διαγράμματα (Piper 1944). Τα τριγωναμικά διαγράμματα (Piper) των σημείων υδροληψίας για την περίοδο του 2008- 2009 φαίνονται στο Σχήμα 4.3.

Ως προς τα κατιόντα το έτος 2008 διακρίνονται τρεις κατηγορίες. Η πρώτη είναι τα νατριοκαλιούχα νερά, όπου ανήκουν 2 δείγματα. Η δεύτερη είναι τα μαγνησιούχα όπου εντάσσεται 1 δείγμα. Στην τρίτη κατηγορία, στην οποία δεν επικρατεί κάποιο ιόν ανήκουν 9 δείγματα (Πίν. 4.6).



**Σχήμα 66 :** Τα τριγωναμικά διαγράμματα (Piper) των σημείων υδροληψίας για τα έτη 2008 και 2009.

Ως προς τα κατιόντα το έτος 2009 διακρίθηκαν τέσσερις κατηγορίες. Η πρώτη είναι τα νατριοκαλιούχα νερά, όπου ανήκουν 3 δείγματα. Η δεύτερη είναι τα μαγνησιούχα όπου εντάσσεται 2 δείγματα. Η τρίτη είναι τα ασβεστούχα όπου ανήκει 1 δείγμα. Στην τέταρτη κατηγορία, στην οποία δεν επικρατεί κάποιο ιόν ανήκουν 6 δείγματα (Πίν. 4.7).

Ως προς τα ανιόντα το έτος 2008 διακρίθηκαν δύο κατηγορίες. Η πρώτη είναι τα χλωριούχα, όπου ανήκουν 8 δείγματα. Η δεύτερη είναι τα θειικά όπου εντάσσονται 4 δείγματα (Πίν. 4.8). Ως προς τα ανιόντα το 2009 διακρίθηκαν δύο κατηγορίες. Η πρώτη είναι τα χλωριούχα νερά, όπου ανήκουν 7 δείγματα. Η δεύτερη είναι τα θειικά όπου εντάσσονται 5 δείγματα (Πίν. 4.9). Με βάση τα ανιόντα και κατιόντα (ρομβικό διάγραμμα) τα νερά ταξινομούνται σύμφωνα με τον Πίνακα 4.10. Στα χλωριο - θειικά νερά ανήκουν όλα τα δείγματα και στις δυο περιόδους.

**Πίνακας 13 :** Υδροχημικές φάσεις ως προς τα κατιόντα των σημείων υδροληψίας για το έτος 2008.

Υδροχημική φάση	Σημείο υδροληψίας
Na +K ούχα νερά	Σ1, Σ7,
Mg ούχα	Σ8
Μικτής σύστασης	Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ6, Σ9, Σ10, Σ11, Σ12

**Πίνακας 14 :** Υδροχημικές φάσεις ως προς τα κατιόντα των σημείων υδροληψίας για το έτος 2009.

Υδροχημική φάση	Σημείο υδροληψίας
Νατριοκαλιούχα νερά (Na+K)	Σ1, Σ7, Σ10
Ασβεστούχα	Σ8
Μαγνησιούχα (Mg)	Σ2, Σ3
Μικτής σύστασης	Σ4, Σ5, Σ6, Σ9, Σ11, Σ12

**Πίνακας 15 :** Υδροχημικές φάσεις ως προς τα ανιόντα των σημείων υδροληψίας για το έτος 2008.

Υδροχημική φάση	Σημείο υδροληψίας
χλωριούχα νερά (Cl)	Σ1, Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ6, Σ8, Σ10,
Θειικά (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )	Σ7, Σ9, Σ1, Σ12

**Πίνακας 16 :** Υδροχημικές φάσεις ως προς τα ανιόντα των σημείων υδροληψίας για το έτος 2009.

Υδροχημική φάση	Σημείο υδροληψίας
χλωριούχα νερά	Σ1, Σ2, Σ3, Σ5, Σ6, Σ8, Σ10,
Θειικά	Σ4, Σ7, Σ9, Σ11, Σ12

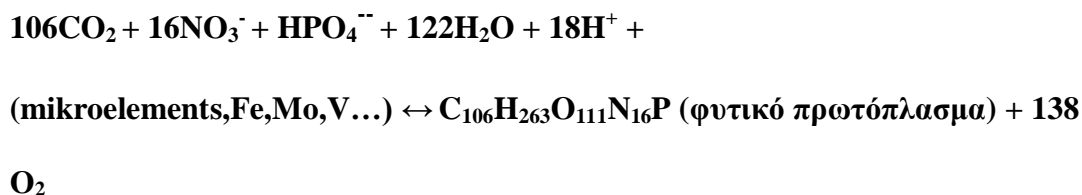
**Πίνακας 17 :** Υδροχημικές φάσεις ως προς τα κατιόντα και ανιόντα των σημείων υδροληψίας για τα έτη 2008 και 2009.

Υδροχημική φάση	Σημείο υδροληψίας
Χλωριο- θειικό	Σ1, Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ6, Σ7, Σ8, Σ9, Σ10, Σ11, Σ12

#### 4.8. Φωσφορικά ιόντα – Ευτροφισμός.

Ο ευτροφισμός είναι το πλέον χαρακτηριστικό φαινόμενο αβαθών νερών με χαμηλή ταχύτητα ροής, έως στασιμότητα. Το φαινόμενο ενισχύεται ακόμα περισσότερο όταν στα νερά του συγκεκριμένου αποδέκτη καταλήγουν τα απόβλητα βιομηχανιών που περιέχουν θρεπτικά στοιχεία και οι απορροές από τις γεωργικές καλλιέργειες (Gerda et al 1994). Δύο επί πλέον πηγές θρεπτικών στοιχείων (N,P), είναι ο ίδιος ο βυθός που επί πολλά χρόνια συγκεντρώνει ιζήματα αλλά και ο ίδιος ο Πηνειός που τροφοδοτεί την τάφρο με νερό, ήδη επιβαρημένο σε θρεπτικά άλατα (Bellos et al. 2004, Fytianos et al. 2001, Dassenakis et al. 1998).

Η στοιχειομετρία του ευτροφισμού φαίνεται στην παρακάτω εξίσωση:



Κατά την αποδόμηση των αλγών που ακολουθεί, επέρχεται ανοργανοποίηση, με την παραγωγή ιόντων αμμωνίου ( $\text{NH}_4^+$ ) και φωσφορικών ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) ενώ ταυτόχρονα εκλύεται και  $\text{CO}_2$ . Αυτό αποτελεί τη δευτερογενή παραγωγή θρεπτικών υλών και ενίσχυση του φαινομένου

του ευτροφισμού. Επειδή κατά την αποδόμηση των αλγών καταναλώνεται  $O_2$ , οι συνθήκες μετατρέπονται σε αναγωγικές με αποτέλεσμα ν' ακολουθήσει σχηματισμός  $CH_4$  και  $H_2S$ . Στην έκλυση του υδρόθειου οφείλεται και η δυσοσμία που αναδίνουν τα στάσιμα ευτροφικά νερά. Υπενθυμίζεται ότι και στα φυσικά νερά η αναλογία N/P είναι 16/1. Η παραπάνω διαδικασία, συνεπώς, ρυθμίζει κατά κάποιο τρόπο, τη φυσική σύνθεση των επιφανειακών νερών. Οι συγκεντρώσεις του φωσφόρου (P) που χαρακτηρίζουν το βαθμό ευτροφισμού των επιφανειακών νερών (σε ετήσια βάση), φαίνονται στον Πίνακα 4.11.

**Πίνακας 18 :** Οι συγκεντρώσεις του P που χαρακτηρίζουν τον βαθμό ευτροφισμού των επιφανειακών νερών (Dillon and Rigler 1975).

A/A	ΚΛΙΜΑΚΑ ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΥ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ D.P σε mg/ℓ
1	Φυσικό οικοσύστημα	$D.P \leq 0,01$
2	Χαμηλός ευτροφισμός	$0,01 < D.P \leq 0,05$
3	Σημαντικός ευτροφισμός	$0,05 < D.P \leq 0,10$
4	Υψηλός ευτροφισμός	$0,10 < D.P \leq 0,15$
5	Πολύ υψηλός ευτροφισμός	$0,15 < D.P \leq 0,20$
6	Υπερ - ευτροφισμός	$D.P > 0,20$

Γενικά, ο ευτροφισμός είναι ελεγχόμενος, εφόσον οι συγκεντρώσεις του [P] κυμαίνονται μεταξύ 0,01 mg/ℓ και 0,1 mg/ℓ. Οι μέσοι όροι των τιμών [P] που έχουν μετρηθεί για το διάστημα 2008 – 2009, ξεπερνούν το όριο των 0,1 mg/ℓ:

$$M.O._{min} = 0,035 \text{ mg/ℓ (}\Sigma 2\text{)}, \quad M.O._{max} = 0,90 \text{ mg/ℓ (}\Sigma 11\text{)}.$$

Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν οι Bellos et al. (2004) για τον Πηνειό ποταμό, οι Boskidis et al. (2010) για τον ποταμό Βορβόση και οι Gerda et al. (1993) για ποτάμια της Ευρώπης [Rhine (Γερμανία), Vistula και Odra (Πολωνία), Elbe (Τσεχία), Loire (Γαλλία), κ.α.].

**Ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα παρακάτω στοιχεία:**

- ✓ Κατά τους μήνες 7<sup>ος</sup> -11<sup>ος</sup> /2009, για τους σταθμούς Σ4 - Σ12, ο μέσος όρος των ιόντων [PO<sub>4</sub><sup>---</sup>] ήταν 1,48 mg/ℓ, δηλ. εκφραζόμενα σε [P], 0,48 mg/ℓ > 0,10 mg/ℓ, ενώ για τους σταθμούς Σ9 - Σ11, για την ίδια χρονική περίοδο, ο αντίστοιχος μέσος όρος [PO<sub>4</sub><sup>---</sup>] ήταν 2,62 mg/ℓ, δηλ. εκφραζόμενα σε [P], 0,85 mg/ℓ > 0,10 mg/ℓ. Συνεπώς οι μελετηθείσες αρδευτικές – αποστραγγιστικές τάφροι, παρουσίασαν έντονο το φαινόμενο του ευτροφισμού κατά την περίοδο του έτους που η αναγκαιότητα άρδευσης ήταν η μέγιστη. Αυτό σημαίνει ότι οι συνθήκες εργασίας των αγροτών στη συγκεκριμένη περίοδο, χαρακτηρίζονται από κινδύνους μόλυνσεων, λόγω της επαφής τους με το νερό. Οι ερχόμενοι σε επαφή με επιφανειακά νερά που παρουσιάζουν άνθηση, είναι δυνατό να εκτεθούν σε αλλεργιογόνους παράγοντες (Bellos et al 2004).
- ✓ Η τσιμενταύλακα (Σ12) παρουσίασε τιμές συγκέντρωσης [P] 1,10 mg/ℓ (μέση τιμή για τη θερμή περίοδο του 2008) η οποία παρουσίασε απότομη αύξηση από τον 5<sup>ο</sup> στον 7<sup>ο</sup> μήνα (από 0,1 σε 2,35 mg/ℓ, πράγμα που πιθανόν να οφείλεται σε εισροή νερού από τον Πηνειό, το νερό του οποίου να ήταν έντονα ευτροφικό. Κατά την αντίστοιχη περίοδο του 2009 ο μέσος όρος της συγκέντρωσης του [P] ήταν 0,30 mg/ℓ. Οι λόγοι στους οποίους εν τέλει μπορεί ν' αποδοθεί η κατάσταση μεγάλης κλίμακας

ευτροφισμού της αρδευτικής τάφρου, είναι οι παρακάτω:

1. Η τάφρος δέχεται νερό από τον Πηνειό ο οποίος μπορεί ήδη να είναι ευτροφικός (Bellos et al 2004).
2. Η τάφρος λειτουργεί και ως αποστραγγιστική, δεχόμενη διηθήσεις και στραγγίσεις από τις γειτονικές καλλιέργειες.
3. Είναι αποδέκτης βιομηχανικών αποβλήτων. Στα απόβλητα των βιομηχανιών περιέχονται απορρυπαντικά που έχουν χρησιμοποιηθεί για την έκπλυση

εγκαταστάσεων, δεξαμενών και κενών δοχείων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το νερό του σταθμού Σ11 (Σφαγεία Γυρτώνης), όπου οι μετρούμενες τιμές παραμένουν υψηλές καθ' όλη τη διάρκεια του έτους ( $M.O_{\text{έτους}} = 0,90$  mg/ℓ).

#### 4.9. Διαλυμένο Οξυγόνο ( D.O.)

Η συγκέντρωση του D.O εμφανίζεται χαμηλή, κυρίως στην περιοχή που καλύπτουν οι σταθμοί Σ7 και Σ11 (Οινοπνευματοποιία Χατζηδήμα και Σφαγεία Γυρτώνης) ( $M.O_{D.O} = 2,40$  mg/ℓ < 4,00 mg/ℓ), που δηλώνει ύπαρξη αναγωγικών συνθηκών, πράγμα που συμβαδίζει και με τις σχετικά υψηλές τιμές συγκεντρώσεων των αμμωνιακών ιόντων για το ίδιο πεδίο ( $M.O. NH_4^+ = 1,85$  mg/ℓ), σε σχέση με τον μέσον όρο των  $[NH_4^+]$  για το υπόλοιπο πεδίο ( Σ2 – Σ6) που ήταν 0,38 mg/ℓ, Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν οι Gerda et al. (1993), σε διάφορους ποταμούς της Ευρώπης, οι Fytianos et al. ( 2001) στον Πηνειό ποταμό και οι Jordao et al. (2006) στον ποταμό Turno της Βραζιλίας.

Ένα γεγονός που ανέδειξαν οι μετρήσεις του D.O είναι το ότι αυτές εμφανίζονται ιδιαίτερα χαμηλές στην περιοχή που δραστηριοποιούνται οι βιομηχανίες της περιοχής (Σ6 – Σ11). Αν και ο αριθμός των μετρήσεων δεν ήταν αρκετά μεγάλος, εν τούτοις είναι σαφές ότι καθ' όλο το μήκος αυτό, επικρατούν ανοξικές συνθήκες ( $[O_2] < 4$  mg/ℓ), πράγμα απαγορευτικό για την ασφαλή διαβίωση ψαριών, ακόμα και κυπρινιδών (Ζανάκη 2001). Στη συγκεκριμένη περιοχή, υπάρχει σαφής συσχέτιση τριών παραμέτρων ( $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ , D.O.), που εν ολίγοις δηλώνουν την ύπαρξη τέτοιων συνθηκών (Σχ. 4.4 έως 4.15), όπως:

1. Χαμηλή συγκέντρωση D.O ( $M.O. = 3,16$  mg/ℓ).
2. Χαμηλή συγκέντρωση νιτρικών,  $NO_3^-$  ( $M.O. = 2,08$  mg/ℓ).



3. Σχετικά υψηλή συγκέντρωση  $\text{NH}_4^+$  (Μ.Ο. = 2,05 mg/ℓ).

Συγκεκριμένα, οι αποδεκτές τιμές της συγκέντρωσης ιόντων αμμωνίου κατά την Ελληνική Νομοθεσία (Υ.Α 46399/1352/86 – ΦΕΚ43Β/1.β/3-7-86), είναι:

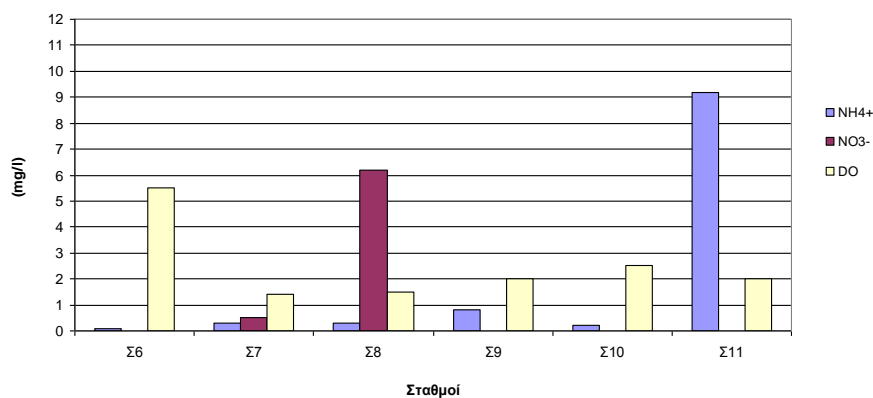
1. Επιθυμητό όριο 0,2 mg/ℓ.
2. Ανώτατο επιτρεπτό 1,00 mg/ℓ.

Η παραπάνω κατάσταση μπορεί ν' αποδοθεί στους παρακάτω παράγοντες που δρουν συνεργιστικά:

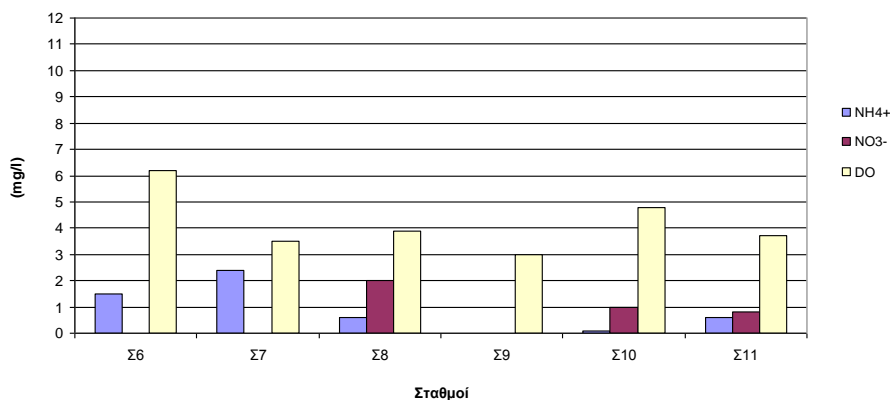
1. χαμηλή ταχύτητα ροής
2. Υψηλή θολότητα
3. Πλημμελής λειτουργία των εγκαταστάσεων διαχείρισης υγρών αποβλήτων των βιομηχανιών.
4. Αναμόχλευση της ιλύος του βυθού κατά τη ροή των αποβλήτων των βιομηχανιών.
5. «Πειρατικά» απόβλητα, π.χ. εκκένωση βυτιοφόρων.
6. Φαινόμενο ευτροφισμού στη δεύτερη φάση του, της αποδόμησης των αλγών.
7. Μεγάλος όγκος αποβλήτων σε σχέση με την παροχή του αποδέκτη.

Αντίθετα, παρουσιάστηκαν υψηλές συγκεντρώσεις D.O. εκεί όπου δεν υπήρχε αξιόλογη βιομηχανική δραστηριότητα, αλλά και άλλοι αστάθμητοι παράγοντες ρύπανσης επιφανειακών υδάτων, με απόβλητα μεγάλου οργανικού φορτίου (Σ2 – Σ5), όπου η μέση τιμή του D.O. ήταν 7,82 mg/ℓ, πράγμα που δηλώνει χαμηλό οργανικό φορτίο και που συμφωνεί εν

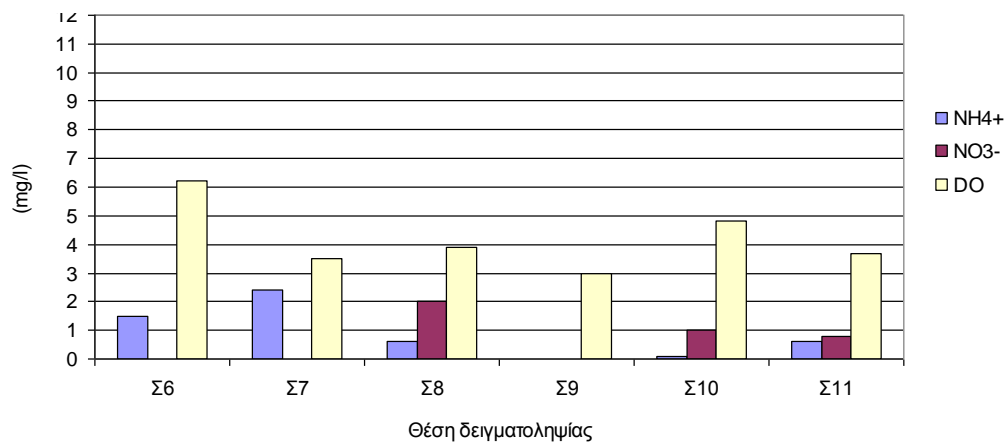
μέρει με τις τιμές του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (B.O.D<sub>5</sub>) (M.O. = 13,00 mg/ℓ). που είναι μεν απαγορευτικό για τη διαβίωση κυπρινιδών (επιθυμητό όριο 6 mg/ℓ), αλλά δε συνιστά δείκτη υψηλής οργανικής ρύπανσης. Παρόμοια αποτελέσματα βρήκε η Ζήση (2005) στο Ληθαίο ποταμό (παραπόταμος του Πηνειού), τα οποία και εμπίπτουν μέσα στα πλαίσια της νομοθεσίας.



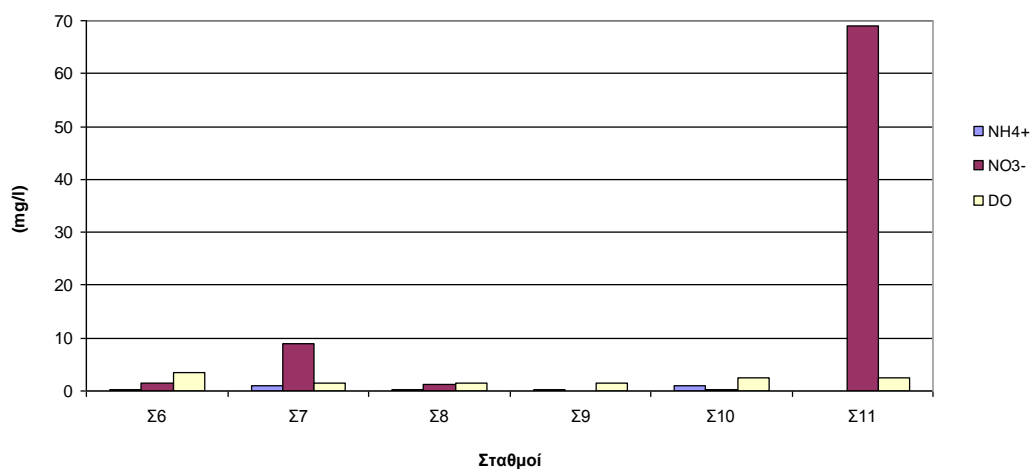
**Σχήμα 67 :** Η συγκέντρωση  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ , D.O., στους σταθμούς Σ6 – Σ11 (22/01/2008).



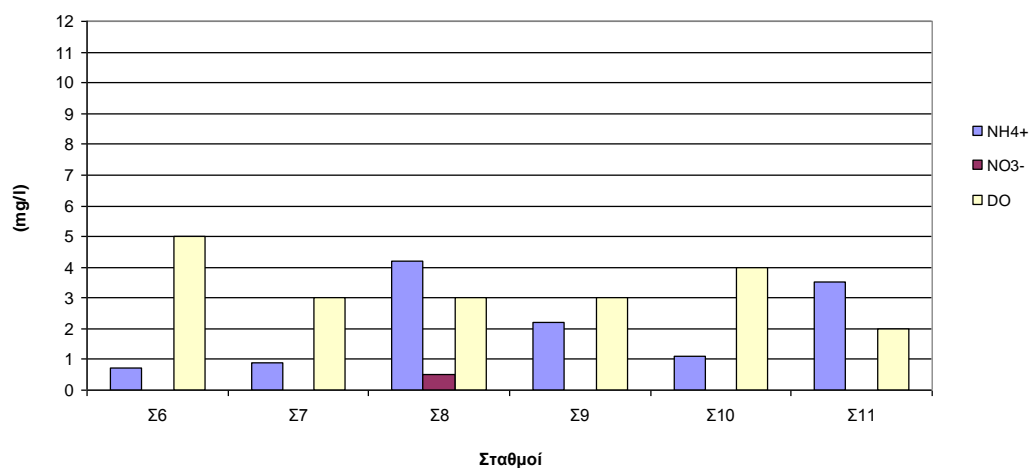
**Σχήμα 68 :** Η συγκέντρωση  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ , D.O., στους σταθμούς Σ6 – Σ11 (18/03/2008).



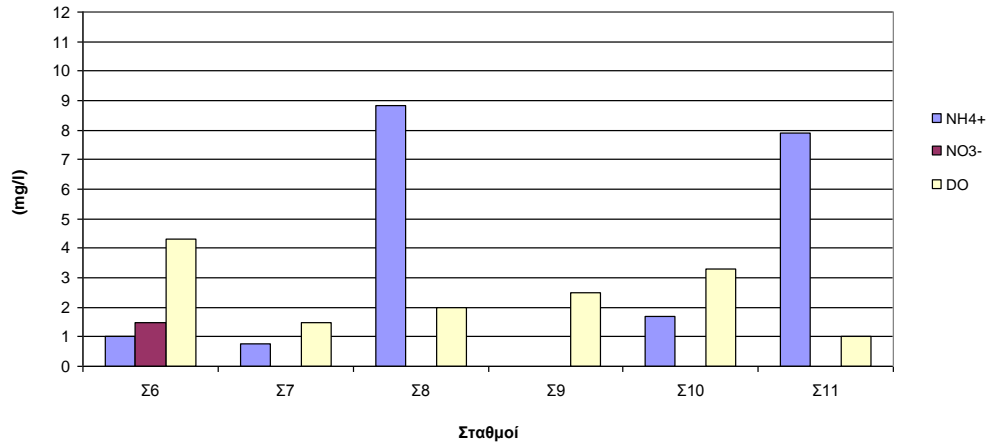
**Σχήμα 69 :** Η συγκέντρωση  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ , D.O., στους σταθμούς Σ6 – Σ11 (20/05/2008).



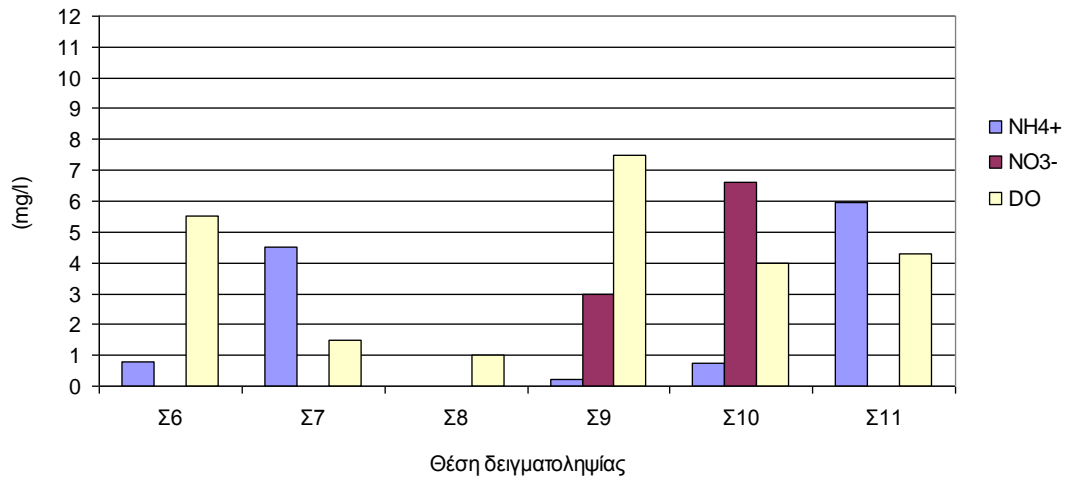
**Σχήμα 70 :** Η συγκέντρωση  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ , D.O., στους σταθμούς Σ6 – Σ11 (29/07/2008).



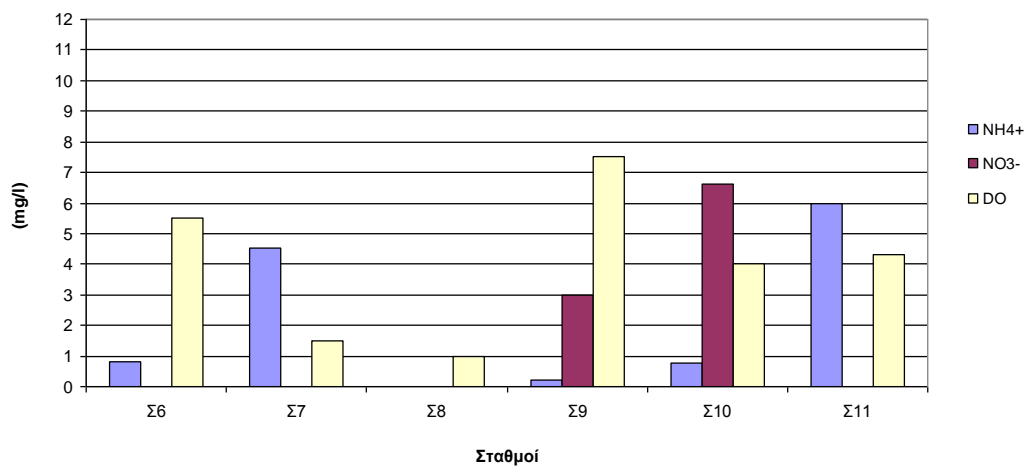
**Σχήμα 71 :** Η συγκέντρωση  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ , D.O., στους σταθμούς Σ6 – Σ11 (23/09/2008).



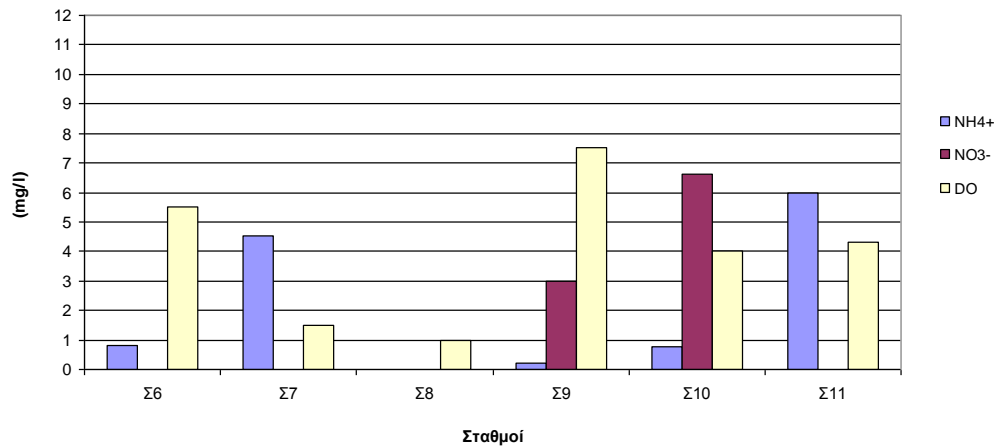
**Σχήμα 72 :** Η συγκέντρωση  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ , D.O., στους σταθμούς Σ6 – Σ11 (21/11/2008).



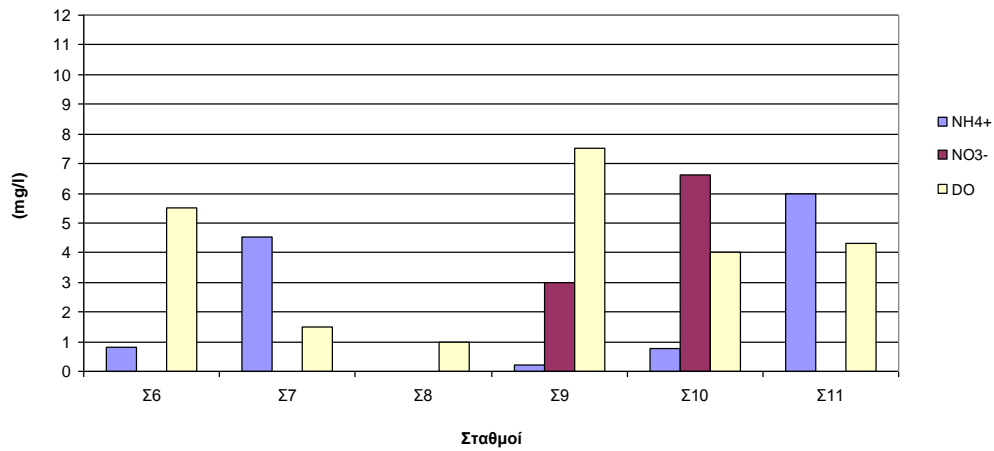
**Σχήμα 73 :** Η συγκέντρωση  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ , D.O., στους σταθμούς Σ6 – Σ11 (22/01/2009).



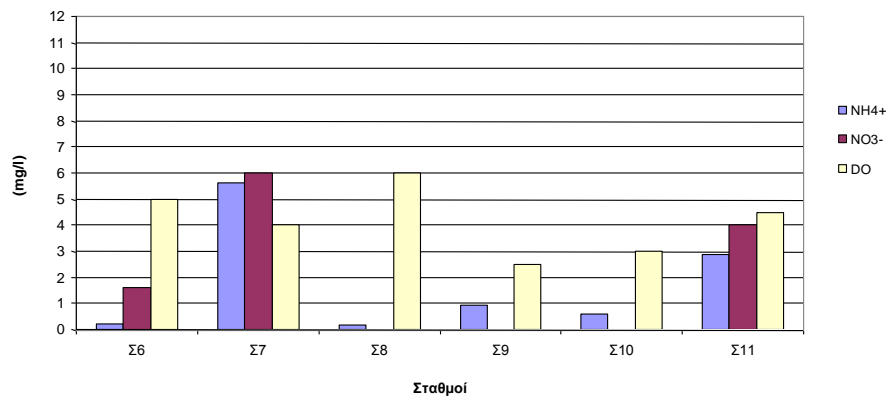
**Σχήμα 74 :** Η συγκέντρωση  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ , D.O., στους σταθμούς Σ6 – Σ11 (18/03/2009).



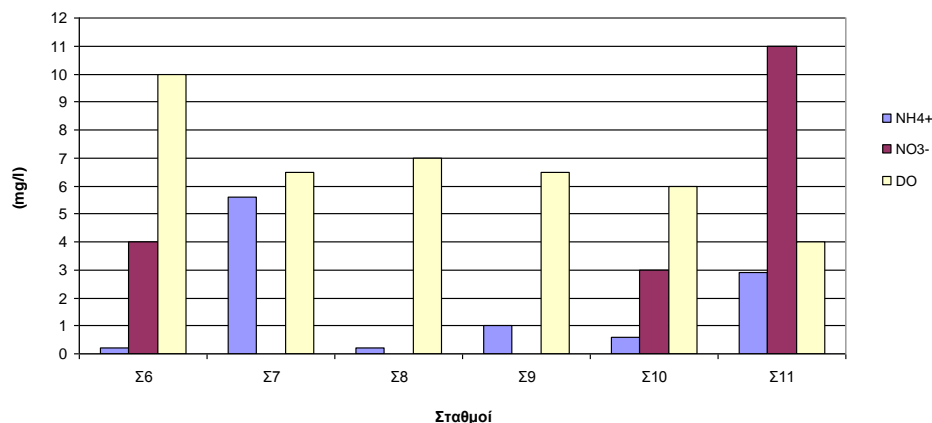
**Σχήμα 75 :** Η συγκέντρωση  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ , D.O., στους σταθμούς Σ6 – Σ11 (18/05/2009).



**Σχήμα 76 :** Η συγκέντρωση  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ , D.O., στους σταθμούς Σ6 – Σ11 (21/07/2009).



**Σχήμα 77 :** Η συγκέντρωση  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ , D.O., στους σταθμούς Σ6 – Σ11 (21/09/2009).



**Σχήμα 78 :** Η συγκέντρωση  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ , D.O., στους σταθμούς Σ6 – Σ11 (17/11/2009).

#### 4.10. Βιοχημικώς Απαιτούμενο Οξυγόνο (B.O.D<sub>5</sub>)

Οι τιμές του B.O.D<sub>5</sub> εμφάνισαν ένα σαφή διαχωρισμό ανά τομείς δραστηριότητας:

Βιομηχανικός Τομέας (B.T.) - μεγάλη βιομηχανική πυκνότητα.

Αγροτικός Τομέας (A.T.) – μικρή βιομηχανική πυκνότητα.

Στους σταθμούς Σ6 – Σ11 υπήρξε υψηλή βιομηχανική δραστηριότητα και σχετικά σημαντική κτηνοτροφική δραστηριότητα. Ακόμη υπήρξαν και μεμονωμένα μη προβλέψιμα περιστατικά ρύπανσης, λόγω της ευχερούς πρόσβασης βυτιοφόρων και άλλων βαρέων οχημάτων στην περιοχή.

B.T, -  $M.O_{B.O.D_5} = 41,70 \text{ mg/l}$  (σταθμοί Σ6 – Σ11).

A.T -  $M.O_{B.O.D_5} = 13,00 \text{ mg/l}$  (σταθμού Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ12).

Ενδεικτικές είναι οι τιμές που μετρήθηκαν κατάντη ορισμένων βιομηχανιών, όπως στον σταθμό Σ8 («Πελασγίς») όπου κατά την περίοδο 23/09/2008 – 18/05/2009 (περίπου 8μηνο) βρέθηκαν πολύ υψηλές συγκεντρώσεις ( $M.O.=137 \text{ mg/l}$ ), πράγμα που μπορεί ν' αποδοθεί, εκτός απ' την πλημμελή εφαρμογή των περιβαλλοντικών όρων λειτουργίας της βιομηχανίας και στο γεγονός της σημαντικής μείωσης των υδάτων και της χαμηλής ταχύτητας ροής. Η εξαιρετικά υψηλή τιμή της 17/11/2009,  $B.O.D_5 = 360 \text{ mg/l}$ , μπορεί ν' αποδοθεί

μόνον σε διοχέτευση ακατέργαστων ή ημικατεργασμένων βιομηχανικών αποβλήτων στον αποδέκτη. Υψηλές τιμές B.O.D<sub>5</sub>, μετρήθηκαν και στους σταθμούς Σ8 και Σ11 (Πελασγίς - Σφαγείο Γυρτώνης), όπου ο μέσος όρος ήταν 94,17 και 69,42 mg/ℓ. Πιθανότερη αιτία η μαζική διοχέτευση αποβλήτων στον αποδέκτη, που εκείνη τη χρονική στιγμή είχε ελάχιστη ροή, ενώ στο σταθμό Σ11 η εξαιρετικά υψηλή τιμή ίσως να οφείλεται και στη διοχέτευση αίματος και υγρών έκπλυσης των Σφαγείων στον αποδέκτη. Όπως είναι γνωστό, το αίμα έχει πολύ υψηλό οργανικό φορτίο. Το γεγονός μαρτυρούσε εύγλωττα και η εικόνα του αποδέκτη κατά τη διάρκεια των επισκέψεων για τις λήψεις δειγμάτων (Εικ. 2.3).

Γενικά, σε όλο το μήκος της τάφρου (εκτός ελαχίστων εξαιρέσεων), η τιμή του B.O.D<sub>5</sub> ήταν σταθερά μεγαλύτερη του ορίου των 6 mg/ℓ, που αποτελεί ανώτατο επιτρεπτό για τη διαβίωση κυπρινιδών, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (κοινοτική οδηγία 98/03/EK – Κοινοτική οδηγία 75/440/ΕΟΚ – ποιότητα επιφανειακών νερών). Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξαν η Παπαδοπούλου-Μουρκίδου (2002) για τον Αξιό και τον Έβρο, οι Boskidis et al. (2010) για το Βορβόση, οι Surindra et al. (2010) για τον ποταμό Hindon των Ινδιών και οι Ali et al. (2011) για το Νείλο. Αντίθετα, τα συμπεράσματα σύμφωνα με τον Κυρητσάκη (2010) είναι διαφορετικά για τον Πηνειό, αφού εμφανίζουν τιμές σχεδόν φυσιολογικές.

#### **4.11. Χημικώς Απαιτούμενο Οξυγόνο (C.O.D.)**

Οι τιμές του C.O.D., παρουσίασαν την ίδια σχεδόν διακύμανση μ' αυτήν που εμφάνισαν οι τιμές του B.O.D<sub>5</sub>, για τα ίδια σημεία δειγματοληψίας. Συγκεκριμένα:

**Σταθμός Σ8** (Πελασγίς): M.O.C.O.D. = 202,17.mg/ℓ. Για την αντίστοιχη περίοδο, BOD<sub>5</sub> = 94,17.mg/ℓ. Ο λόγος C.O.D./B.O.D<sub>5</sub> = 2,15 θεωρείται φυσιολογικός για βιομηχανικά απόβλητα.

Στις 17/11/2009 η τιμή του C.O.D. εμφάνισε έξαρση (C.O.D. = 646,00 mg/ℓ), γεγονός που, όπως αναφέρθηκε και πριν, οφείλεται σε πρόσφατη, πριν τη δειγματοληψία, μαζική διοχέτευση αποβλήτων στον αποδέκτη, που εκείνη τη χρονική στιγμή είχε ελάχιστη ροή.

**Σταθμός Σ9** (Περιοχή εξόδου των αποβλήτων της “INTERCOMM FOODS”): Οι τιμές κυμάνθηκαν γενικά σε χαμηλότερα επίπεδα, απ’ ότι οι αντίστοιχες για το σταθμό Σ8. Ο μέσος όρος των τιμών ήταν 67,00 mg/ℓ και ο αντίστοιχος λόγος C.O.D./B.O.D<sub>5</sub> = 2,42, ήταν φυσιολογικός για βιομηχανικά απόβλητα ( $\lambda = 2,00 - 2,50$ ) (Π.Δ. 1180/81 (ΦΕΚ 293/Α/6-10-1981)).

**Σταθμός Σ11** (Σφαγεία Γυρτώνης): Η μέση τιμή ήταν 147,67 mg/ℓ και ο λόγος C.O.D./B.O.D<sub>5</sub> = 147,67/69,42 = 2,13, που επίσης είναι αποδεκτός για βιομηχανικά απόβλητα.

Στο σταθμό αυτό είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι υπάρχει μια εποχική διακύμανση των τιμών του C.O.D. κατά την οποία παρουσιάζονται αξιόλογες εξάρσεις, όπως:

$$1^{\text{ος}} \text{ μήνας } \text{M.O} = (279+169):2 = 224,00 \text{ mg/ℓ}$$

$$11^{\text{ος}} \ll \text{M.O} = (294+250):2 = 272,00 \text{ mg/ℓ}$$

$$3^{\text{ος}} \ll \text{M.O} = (265+99):2 = 182,00 \text{ mg/ℓ}$$

$$7^{\text{ος}} \ll \text{M.O} = (36+45):2 = 40,50 \text{ mg/ℓ}$$

$$9^{\text{ος}} \ll \text{M.O} = (129+50):2 = 89,50 \text{ mg/ℓ}$$

$$5^{\text{ος}} \ll \text{M.O} = (115+41):2 = 78,00 \text{ mg/ℓ}$$

οι οποίες δεν μπορεί να αποδοθούν μόνο στη χαμηλή ταχύτητα ροής των υδάτων, αλλά στο ποιά πιθανό γεγονός της διοχέτευσης πλημμελώς κατεργασμένων ή ακατέργαστων αποβλήτων των μονάδων της περιοχής. Πιο συγκεκριμένα, για τον 11<sup>ο</sup> μήνα που η ροή ελαχιστοποιείται, όπως και ο υδάτινος όγκος, η διοχέτευση τέτοιων αποβλήτων ισοδυναμεί με το θάνατο του αποδέκτη.



Μια σημαντική διαπίστωση είναι το γεγονός ότι κατά κανόνα, για τις βιομηχανίες της περιοχής, οι εγκεκριμένοι περιβαλλοντικοί όροι, σε ότι αφορά τις προδιαγραφές ποιότητας των αποβλήτων τους, ορίζουν τα εξής:  $BOD_5 = 30 - 40 \text{ mg/l}$ ,  $COD = 120 - 180 \text{ mg/l}$ . Οι μέσοι όροι των τιμών αυτών των παραμέτρων (εξαιρούνται οι σταθμοί Σ12 τσιμενταύλακας και Σ1 εργοστάσιο Ηρακλής) ήταν:

$$B.O.D_5 = 30,72 \text{ mg/l} \text{ και } C.O.D. = 75,07 \text{ mg/l}.$$

Δηλαδή, η ποιότητα των νερών του «Ασμακίου» προσιδιάζει μ' αυτή των βιομηχανικών αποβλήτων. Κατά συνέπεια, τίθεται το ερώτημα αν μια αρδευτική τάφρος με τα χαρακτηριστικά που διαθέτει, έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιείται ως αποδέκτης βιομηχανικών αποβλήτων, υπό ένα επισφαλές και αναποτελεσματικό σύστημα ελέγχου και ταυτόχρονα να ασκείται με αξιοπιστία η αρδευτική και η οικολογική της αποστολή.

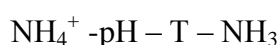
#### 4.12. Ιόντα αμμωνίου ( $NH_4^+$ )

Η αυξημένη συγκέντρωση ιόντων αμμωνίου, δηλώνει σαφώς είτε ανοξικές συνθήκες, εφόσον συνοδεύεται από χαμηλές συγκεντρώσεις  $O_2$ , είτε ρύπανση από ζωικά απόβλητα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο δειγματοληπτικός σταθμός Σ11 (Σφαγεία Γυρτώνης), όπου η μέση τιμή των ιόντων αμμωνίου [ $NH_4^+$ ] ήταν  $5,57 \text{ mg/l}$ , αρκετά υψηλότερη της τιμής  $1 \text{ mg/l}$ , που αποτελεί το ανώτατο επιτρεπτό όριο για τη διαβίωση των κυπρινιδών, ενώ ταυτόχρονα η μέση τιμή του D.O. ήταν  $2,37 \text{ mg/l}$ , μικρότερη του ορίου ασφαλείας των  $4 \text{ mg/l}$  (Κοινοτική οδηγία 2000/60/Ε.Κ.). Πολλά κυπρινοειδή μπορούν να επιβιώσουν και σε συγκεντρώσεις D.O. μικρότερες των  $3 \text{ cc/l}$  ακόμη δε και σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις D.O. (μέχρι και  $0,5 \text{ cc/l}$ , όπως η πεταλούδα (*carassinus carassius*) (Νεοφύτου 1997).

Ο υψηλότερος μέσος όρος της συγκέντρωσης των αμμωνιακών, εμφανίσθηκε το μήνα Μάρτιο (Μ.Ο.,2008,2009 =  $9,70 \text{ mg/l}$ ), αλλά η τιμή φαίνεται μάλλον στιγμιαία ή το

πιθανότερο, χαρακτηριστική της εποχής, καθόσον δεν παρουσιάζει καθ' όλο το έτος φυσιολογική διακύμανση αλλά εξάρσεις. Υπήρχαν μεγάλες διαφορές ανάμεσα στις χαμηλές τιμές ( M.O. = 1,99 mg/ℓ), τις μέσες τιμές (5,57 mg/ℓ) και τις υψηλές τιμές αντίστοιχα ( M.O. = 9,46 mg/ℓ). Αξιοσημείωτο, πάντως, ήταν το γεγονός ότι οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων αμμωνίου παραμένουν σε ετήσια βάση, μεγαλύτερες του ορίου του 1 mg/ℓ. Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξαν οι Bowes et. al. (2010) σε βρετανικά ποτάμια.

Στα υπόλοιπα σημεία δειγματοληψίας, οι μέσοι όροι των συγκεντρώσεων του  $\text{NH}_4^+$  κυμάνθηκαν σε φυσιολογικά, για επιφανειακό αποδέκτη, επίπεδα [0,15 – 1,0 mg/ℓ] (υπάρχουν 2 ακραίες τιμές Σ6 22/01/2008 11mg/ℓ και Σ8 8,33 mg/ℓ 22/11-2008) με εξαίρεση το σταθμό Σ7 (Οινοπνευματοποιία Χατζηδήμα), όπου εμφανίσθηκαν υψηλές τιμές, από 2,9 μέχρι 5,6 mg/ℓ ( M.O. = 2,43 mg/ℓ), πράγμα που μπορεί να ερμηνευτεί με βάση τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων της βιομηχανίας και στη χαμηλή ταχύτητα ροής, έως στασιμότητα του αποδέκτη στο συγκεκριμένο σημείο. Να σημειωθεί ότι τα υγρά απόβλητα της βιομηχανίας προέρχονται από τις εκπλύσεις των δεξαμενών συμπύκνωσης των οργανικών αποβλήτων της βιομηχανίας που έχουν υψηλή συγκέντρωση αζώτου.



Όπως δείχνει το παρακάτω διάγραμμα, οι μετρηθείσες τιμές pH (<9), δείχνουν ότι το αμμωνιακό άζωτο έχει σχεδόν πλήρως τη μορφή των  $\text{NH}_4^+$  παρά της  $\text{NH}_3$ . Η αμμωνία βρίσκεται σε ισορροπία με τα ιόντα αμμωνίου, σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:



$$\text{pCb} = \text{pH} - \text{pCa} - \text{pka} , \text{ όπου:}$$

$$\text{Cb} = \text{συγκέντρωση της } \text{NH}_3 \text{ ( mol/ℓ)}$$

$$\text{Ca} = \text{συγκέντρωση οξέος, } \text{NH}_4^+$$

$K_a$  = σταθερά ιοντισμού του οξέος,  $pK_a = 9,20$

Με βάση την παραπάνω εξίσωση, για τιμές  $pH \leq 8,0$ , προκύπτουν πολύ χαμηλές, έως αμελητέες τιμές συγκέντρωσης της  $NH_3$ .

#### 4.13. Σχέση θρεπτικών στοιχείων, N – P

Με βάση τις συγκεντρώσεις N-P που μετρήθηκαν και με βάση το γεγονός ότι η  $[NH_3(aq)]$  έχει αμελητέες τιμές, προκύπτει το εξής:

Ο λόγος N/P που για τα φυσικά νερά είναι 16/1, σε ελάχιστες περιπτώσεις προσεγγίζει αυτή την τιμή (Bakoroulou and Kounoulos 2004). Συγκεκριμένα, για τις ιδιαίτερα επιβαρημένες περιοχές, με  $NH_4^+$  (Σ7 και Σ11), ισχύουν τα όσα αναφέρονται στους Πίνακα 4.12 (Σταθμός Σ7) και Πίνακα 4.13. (Σταθμός Σ11).

**Πίνακας 19 :** Συγκεντρώσεις ( mmols/ℓ ) - λόγος DIN/SRP (σταθμός Σ7).

A/A	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	P-PO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	DIN/SRP
1	0,161	0,0 00	0,000	0,0016	100,6
2	0,016	0,008	0,000	0,0007	34,3
3	0,133	0,000	0,000	0,0011	120,9
4	0,061	0,000	0,000	0,0033	18,5
5	0,050	0,000	0,000	0,0006	83,0
6	0,042	0,000	0,000	0,0000	-
7	0,252	0,000	0,000	0,0030	84,0
8	0,088	0,000	0,000	0,0094	9,4
9	0,117	0,094	0,000	0,0011	106,0
10	0,074	0,000	0,000	0,0019	39,0
11	0,310	0,097	0,000	0,0470	8,7
12	0,310	0,000	0,000	0,0110	28,2

**Πίνακας 20 :** Συγκεντρώσεις ( mmols/ℓ ) - λόγος DIN/SRP (σταθμός Σ11).

A/A	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	P-PO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	DIN/SRP
1	0,350	0,000	0,0043	0,0410	8,63
2	0,510	0,000	0,0013	0,0080	63,88
3	0,030	0,013	0,0002	0,0030	14,33
4	0,005	1,110	0,0002	-	-
5	0,190	0,000	0,0002	0,0047	4,04
6	0,440	0,000	0,000	0,0270	16,30
7	0,330	0,000	0,000	0,0250	13,20
8	0,570	0,000	0,0007	0,0110	51,80
9	0,380	0,000	0,0007	0,0390	9,74
10	0,590	0,000	0,0004	0,0370	15,95
11	0,160	0,060	0,0080	0,0270	8,52
12	0,160	0,180	0,0057	0,0810	4,32

Σύμφωνα με τα παραπάνω προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

1. Υπάρχει μία μόνον αξιόλογη συγκέντρωση νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3^-$ ) απ' όλα τα σημεία δειγματοληψίας (69 mg/ℓ – 29/07/2008 – Σ11) που πιθανόν να οφείλεται σε έκπληση υψηλής συγκέντρωσης νιτρικών από την λίπανση των καλλιεργειών (βαμβάκι, καλαμπόκι, ντομάτα, κ.λπ). Το γεγονός της πρόσφατης ρύπανσης από τις απορροές γεωργικών καλλιεργειών, μπορεί να ενισχυθεί κι από τις παρακάτω μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν ταυτοχρόνως:

D.O. = 2,5 mg/ℓ,  $[\text{NH}_4^+] = 0,1 \text{ mg/ℓ}$ , B.O.D<sub>5</sub> = 8,0 mg/ℓ, COD = 36,0 mg/ℓ

και οι οποίες εμμέσως πλην σαφώς, δηλώνουν αναγωγικές συνθήκες του αποδέκτη και χαμηλό οργανικό φορτίο. Η παραπάνω αποκλίνουσα τιμή απέχει σημαντικά από το μέσον όρο όλων των τιμών των  $[\text{NO}_3^-]$  που είναι 7,07 mg/ℓ και δείχνει σαφώς το αναγωγικό περιβάλλον των νερών του αποδέκτη. Δηλ. το άζωτο, σπάνια έχει την οξειδωμένη του μορφή ενώ αντίθετα κυριαρχεί η ανηγμένη του μορφή  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ , που δηλώνει αναερόβιες συνθήκες.

2. Σε ελάχιστες περιπτώσεις ο λόγος N/P έχει τιμή που προσεγγίζει το 16, κάτι που ισχύει για τα φυσικά νερά. Στις περισσότερες, όμως, των περιπτώσεων ο λόγος είναι είτε πολύ μεγαλύτερος είτε πολύ μικρότερος γεγονός που σημαίνει αφενός σημαντική απόκλιση από τη φυσική κατάσταση του νερού και αφετέρου, ρύπανση. **Αξιοσημείωτο**, εν τούτοις είναι το γεγονός ότι και στις περιπτώσεις που ο λόγος πλησιάζει την τιμή 16, υπήρχαν τα εξής φαινόμενα:

Ρύπανση με  $\text{NH}_4^+$ , Σ11 – 7,9 mg/ℓ και έντονος ευτροφισμός,  $[\text{PO}_4^{---}] = 2,54 \text{ mg/ℓ}$ , στις 21/11/2008. Ομοίως και την 21/07/2009 – Σ11:  $[\text{NH}_4^+] = 10,53 \text{ mg/ℓ}$ ,  $[\text{PO}_4^{---}] = 3,56 \text{ mg/ℓ}$ . Τα παραπάνω σημαίνουν ότι ασφαλές κριτήριο εμφάνισης του

φαινομένου του ευτροφισμού είναι η συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων N,P και όχι ο λόγος DIN/SRP που η απόκλισή του απ' την τιμή 16 σημαίνει απλώς ρύπανση του αποδέκτη.

3. Στα δυο σημεία που έχουν παρατηρηθεί αναγωγικές συνθήκες, εμφανίζονται κάποιες ποσοτικές διαφορές που ενισχύουν το γεγονός ότι η ρύπανση του αποδέκτη έχει διαφορετικό χαρακτήρα. Πιο συγκεκριμένα:

**Σ7 – Έξοδος αποβλήτων Οινοπνευματοποιίας «Χατζηδήμα»**

$M.O_{NH_4^+} = 0,13 \text{ mmols/l}$ ,  $[NO_2^-] = 0,00 \text{ mmols/l}$   $M.O_{PO_4^{3-}} = 0,01 \text{ mmols/l}$ ,

$M.O_{D.O} = 2,42 \text{ mg/l}$ ,  $M.O_{BOD} = 18,10 \text{ mg/l}$ .

$N/P = 57,10$  (Σχ. 4.16).

**Σ11 – έξοδος αποβλήτων Σφαγείου Γυρτώνης.**

$M.O_{NH_4^+} = 0,31 \text{ mmols/l}$  ( 2,4 φορές μεγαλύτερη)

$M.O_{NO_2^-} = 0,024 \text{ mmols/l}$

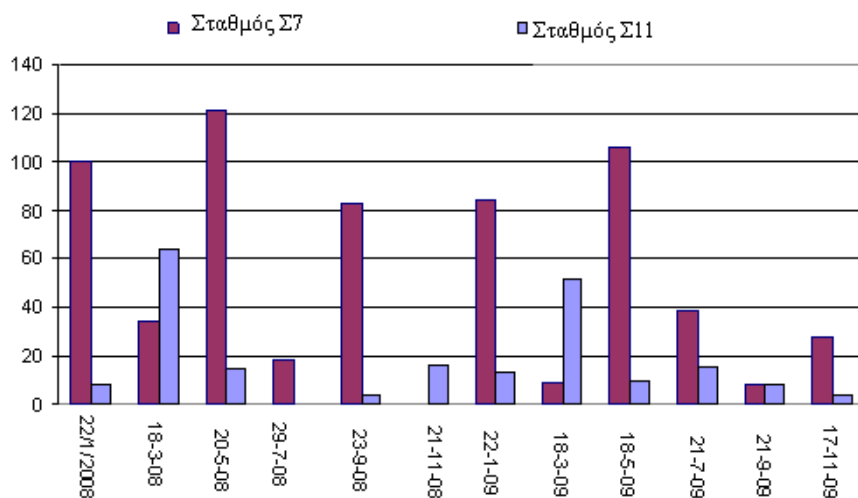
$M.O_{PO_4^{3-}} = 0,03 \text{ mmols/l}$  ( τριπλάσια συγκέντρωση)

$M.O_{D.O} = 2,37 \text{ mg/l}$ .

$M.O_{BOD} = 69,42 \text{ mg/l}$  δηλ. 3,84 φορές μεγαλύτερη συγκέντρωση

$N/P = 19,16$  (Σχ. 4.16).

Απ' τα παραπάνω φαίνεται ότι η ρύπανση στο σταθμό Σ11 ήταν εντονότερη απ' ότι στο σταθμό Σ7 και σαφώς οργανικής προέλευσης, όπως είναι τα απόβλητα ενός σφαγείου που τηρεί πλημμελώς τους περιβαλλοντικούς όρους λειτουργίας του. Η ύπαρξη, σε ετήσια βάση νιτρικών ιόντων ( $NO_2^-$ ) είναι πιθανόν να οφείλεται σε εισροή νιτρικών ιόντων ( $NO_3^-$ ) από τις καλλιέργειες, τα οποία λόγω των αναγωγικών συνθηκών που επικρατούσαν στα νερά του αποδέκτη να είχαν αναχθεί σε νιτρώδη.



Σχήμα 79 : Ιστόγραμμα [DIN/SRP] – t για τους σταθμούς Σ7 και Σ1.

#### 4.14. Θεικά ιόντα ( $\text{SO}_4^-$ )

Τα θεικά ιόντα αναφέρονται ως παράμετρος στο ΦΕΚ 438/τ.β/ 3-7-86, εφόσον το ελεγχόμενο νερό προορίζεται για πόσιμο είτε αυτούσιο είτε μετά από φυσική ή και χημική διεργασία. Το ανώτερο επιτρεπτό όριο συγκέντρωσης θεικών σ' αυτή την περίπτωση είναι 250 mg/ℓ.

Εκείνο που διαπιστώνεται άμεσα από τις μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί είναι το γεγονός ότι υπάρχει μια πιθανή συσχέτιση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC), με τα ιόντα χλωρίου (Cl) και των θεικών ιόντων ( $\text{SO}_4^-$ ).

Πολύ υψηλές συγκεντρώσεις θεικών ιόντων μετρήθηκαν στους σταθμούς Σ2 και Σ3, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, με αντίστοιχους μέσους όρους 1166,09 mg/ℓ και 901,25 mg/ℓ, πράγμα που συμβαδίζει με τις υψηλές τιμές αγωγιμότητας και χλωριούχων για την αντίστοιχη περιοχή. Η τιμή παραμένει υψηλή και στο σταθμό Σ4 (Καλαμάκι), ενώ βαίνει μειούμενη στους υπόλοιπους σταθμούς, με κάποιες ενδιάμεσες εξάρσεις στο σταθμό Σ7 (18/03/2009 – 768 mg/ℓ και 18/05/2009 – 10 mg/ℓ), τιμές που μπορούν ν' αποδοθούν στις

απορροές των γειτονικών αγρών, λόγω λίπανσης με θειικά λιπάσματα, είτε και στη χαμηλή ροή. Περιοδική αύξηση εμφανίζεται και στο σταθμό Σ11 (σφαγεία Γυρτώνης) από βιομηχανικά απόβλητα κατά τους μήνες 7<sup>ο</sup> – 11<sup>ο</sup> και το έτος 2008 και το έτος 2009.

Τελικά, φαίνεται μια αναλογικότητα στις παραμέτρους: ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) και ιόντα [Na<sup>+</sup>], [Ca<sup>++</sup>], [Mg<sup>++</sup>], [Cl<sup>-</sup>], [SO<sub>4</sub><sup>-</sup>], (Πίν. 4.14, 4.15, 4.16, και 4.17 και Σχ. 4.17, 4.18, 4.19, 4.20, 4.21, 4.22, 4.23 και 4.24).

**Πίνακας 21 :** Η αναλογικότητα των παραμέτρων EC και ιόντων [Na<sup>+</sup>], [Ca<sup>++</sup>], [Mg<sup>++</sup>], [Cl<sup>-</sup>], [SO<sub>4</sub><sup>-</sup>] (Μ.Ο. των τιμών κατά τους μήνες 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 9<sup>ο</sup> κατά τα έτος 2008 στους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ10, Σ11, και Σ12).

Παράμετρος	Σ2	Σ3	Σ4	Σ5	Σ10	Σ11	Σ12
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	2133,3	6186,6	2183,3	1280	2565,33	2194,66	795,6
ΙΟΝΤΑ ΝΑΤΡΙΟΥ	210	536,66	246,66	131,33	289,76	179	42
ΙΟΝΤΑ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ	51,56	133,33	60,33	60,33	132	132	76,33
ΙΟΝΤΑ ΜΑΓΝΗΣΙΟΥ	133,16	448,56	109,33	65,33	34,33	86,33	38,66
ΙΟΝΤΑ ΧΛΩΡΙΟΥ	390	1221,66	322,33	193,66	372,66	146	31,60
ΙΟΝΤΑ ΘΕΙΪΚΑ	375,66	920	401	203	154	527	60

**Πίνακας 22 :** Η αναλογικότητα των παραμέτρων EC και ιόντων [Na<sup>+</sup>], [Ca<sup>++</sup>], [Mg<sup>++</sup>], [Cl<sup>-</sup>], [SO<sub>4</sub><sup>-</sup>] (Μ.Ο. των τιμών κατά τους μήνες 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 9<sup>ο</sup> κατά τα έτη 2009 στους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ10, Σ11, και Σ12).

Παράμετρος	Σ2	Σ3	Σ4	Σ5	Σ10	Σ11	Σ12
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	6886	3026,6	2076,66	948,33	1209,66	1822	532,3
ΙΟΝΤΑ ΝΑΤΡΙΟΥ	866,66	343,33	232,33	232,33	131,66	188	16,1
ΙΟΝΤΑ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ	102,76	94	74,66	56,33	84	50,6	64,66
ΙΟΝΤΑ ΜΑΓΝΗΣΙΟΥ	408,53	183	113,66	31,66	35,66	96,16	22,66
ΙΟΝΤΑ ΧΛΩΡΙΟΥ	1336,66	484	326,66	93,33	162,33	179,66	14,33
ΙΟΝΤΑ ΘΕΙΪΚΑ	1656,66	765	823,33	88,66	65,33	326,60	20,33

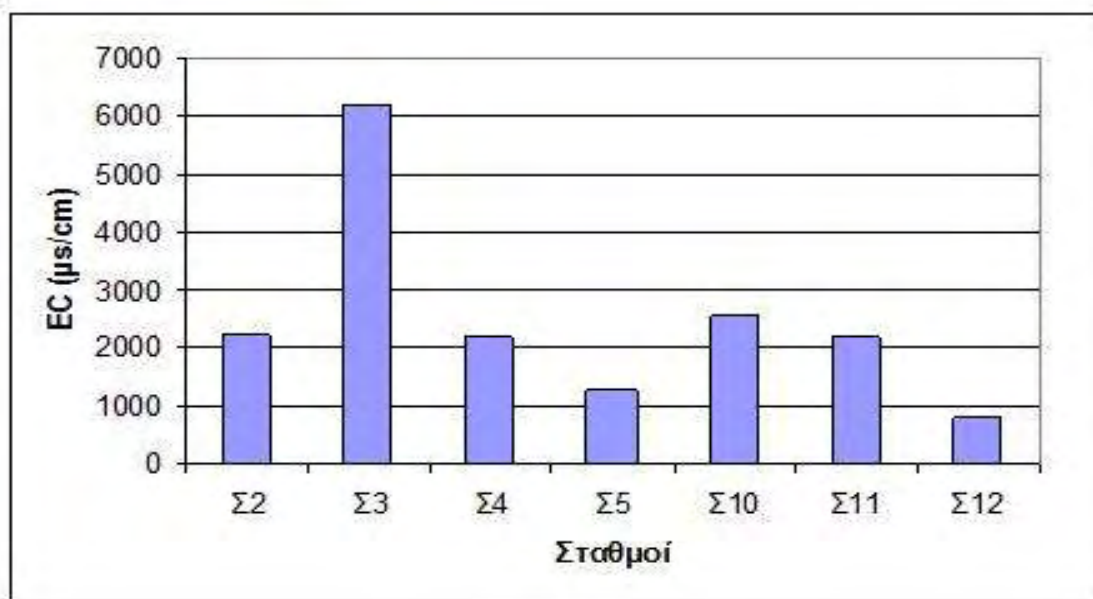
**Πίνακας 23 :** Η αναλογικότητα των παραμέτρων EC και ιόντων [Na<sup>+</sup>], [Ca<sup>++</sup>], [Mg<sup>++</sup>], [Cl<sup>-</sup>], [SO<sub>4</sub><sup>-</sup>] (Μ.Ο. των τιμών κατά τους μήνες 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 9<sup>ο</sup> κατά τα έτη 2008-2009 στους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ10, Σ11, και Σ12).

Παράμετρος	Σ2	Σ3	Σ4	Σ5	Σ10	Σ11	Σ12
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	6176,36	5740	2958,83	2037,55	1751,25	2018,58	587,73
ΙΟΝΤΑ ΝΑΤΡΙΟΥ	671,82	565,83	350,33	239,09	240,78	192,58	22,85
ΙΟΝΤΑ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ	126,41	135,98	94,08	74,82	74,17	92	62,75
ΙΟΝΤΑ ΜΑΓΝΗΣΙΟΥ	368,19	365,31	142,17	81,09	33,17	90,67	25,82
ΙΟΝΤΑ ΧΛΩΡΙΟΥ	1223	1108,42	479,17	313,55	296	164,55	18,55
ΙΟΝΤΑ ΘΕΙΪΚΑ	1166,09	981,25	598,75	259,82	157,91	371,08	30,36

**Πίνακας 24 :** Τα ιόντα  $[Na^+]$ ,  $[Ca^{++}]$ ,  $[Mg^{++}]$ ,  $[Cl^-]$ ,  $[SO_4^{--}]$  για το σύνολο των τιμών κατά τα έτη 2008-2009 στους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ10, Σ11, και Σ12).

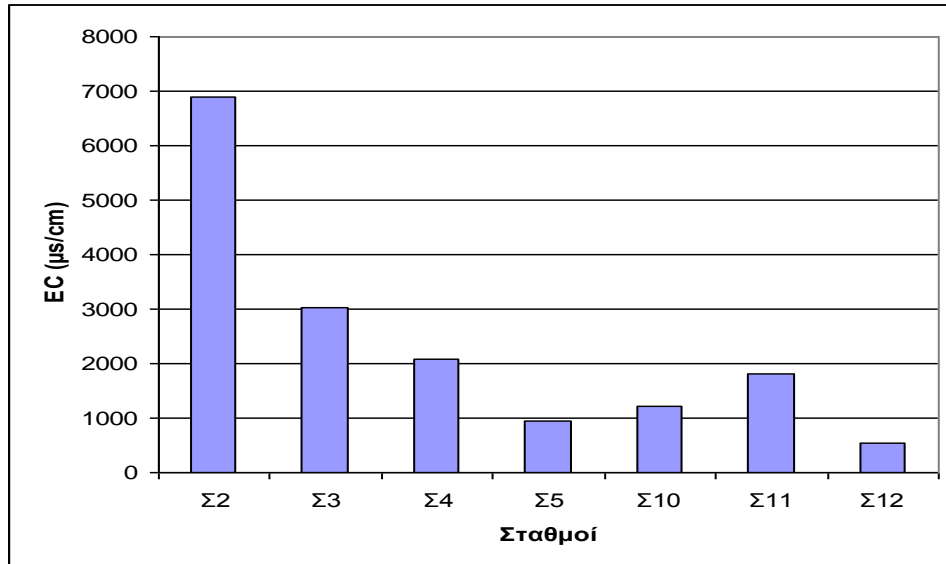
Παράμετρος	Σ2	Σ3	Σ4	Σ5	Σ10	Σ11	Σ12
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	4515	4606,66	2130	1114,16	1637,50	2008,33	624
ΙΟΝΤΑ ΝΑΤΡΙΟΥ	538,33	440	239,5	181,83	210,71	183,5	29,05
ΙΟΝΤΑ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ	77,16	113,66	67,5	58,33	108	91,6	79,5
ΙΟΝΤΑ ΜΑΓΝΗΣΙΟΥ	270,84	315,78	111,5	48,50	35	106	30,66
ΙΟΝΤΑ ΧΛΩΡΙΟΥ	863,33	852,83	324,5	143,50	267,50	162,83	23
ΙΟΝΤΑ ΘΕΪΚΑ	1016,16	842,50	462,16	145,83	109,67	426,83	40,16

Ο μέσος όρος των υπολοίπων σημείων δειγματοληψίας είναι για την EC 958,4 ( $\mu S/cm$ ), για το  $Na^+$  112,47 mg/l, για το  $Ca^{++}$  49,957 mg/l, για το  $Mg^{++}$  16,75 mg/l, για το  $Cl^-$  77,45 mg/l και για τα  $SO_4^{--}$  119,81 mg/l.

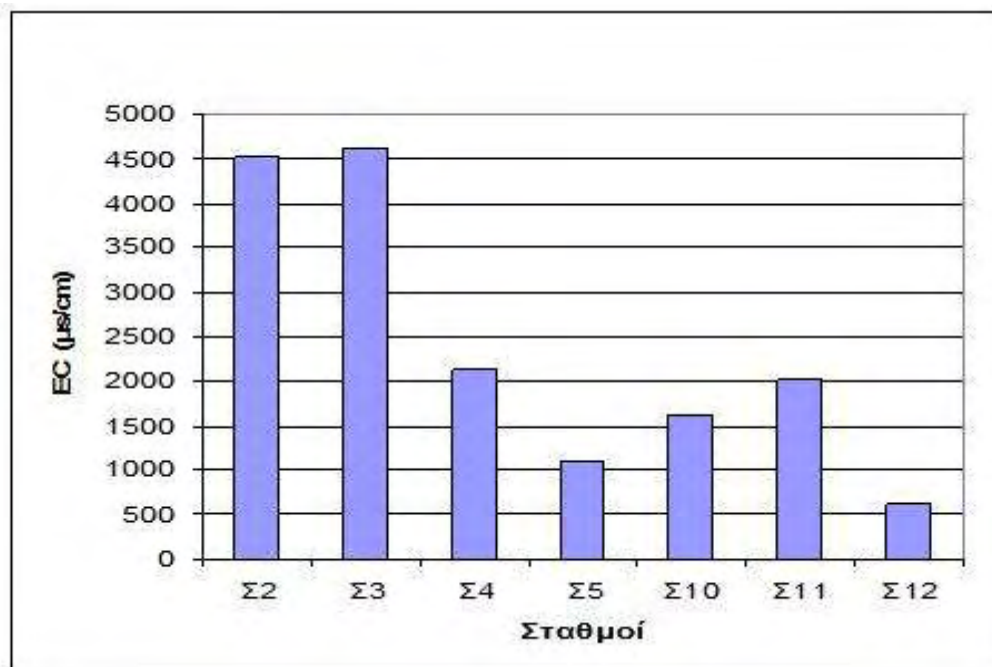


**Σχήμα 80 :** Διάγραμμα αγωγιμότητας (αφορά τον Μ.Ο. των τιμών κατά τους μήνες 5<sup>ο</sup> μέχρι 9<sup>ο</sup> κατά το έτος 2008 στους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ10, Σ11, και Σ12).

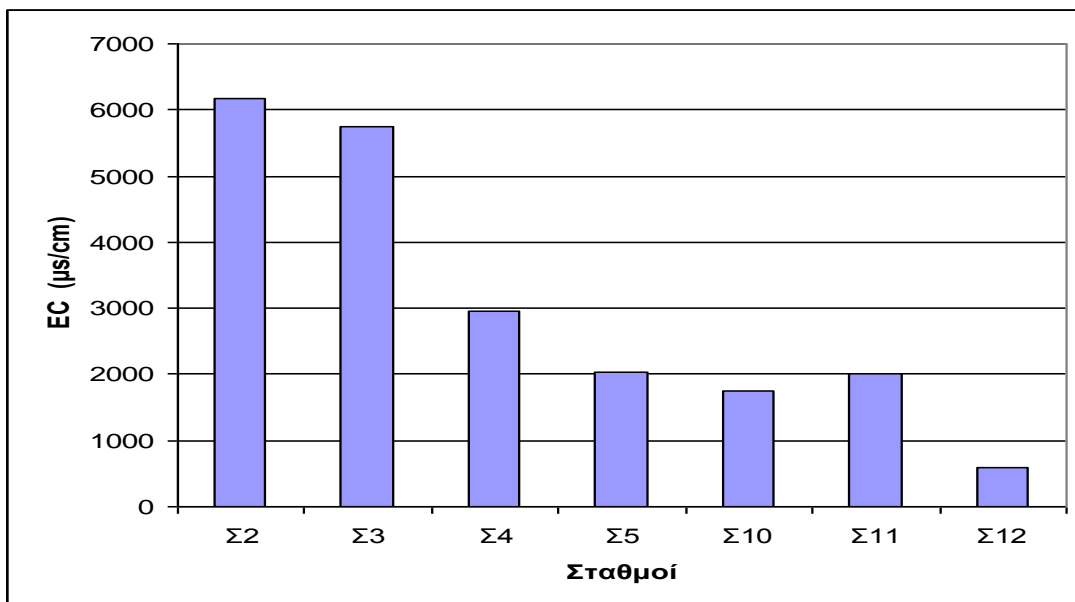




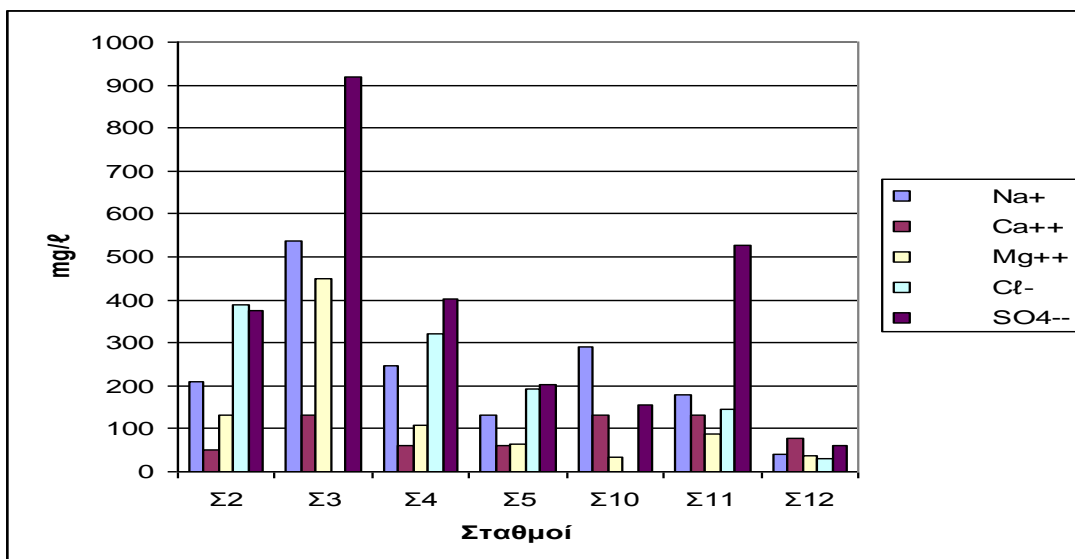
**Σχήμα 81 :** Διάγραμμα αγωγιμότητας (αφορά τον Μ.Ο. των τιμών κατά τους μήνες 5<sup>ο</sup> μέχρι 9<sup>ο</sup> κατά το έτος 2009 στους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ10, Σ11, και Σ12).



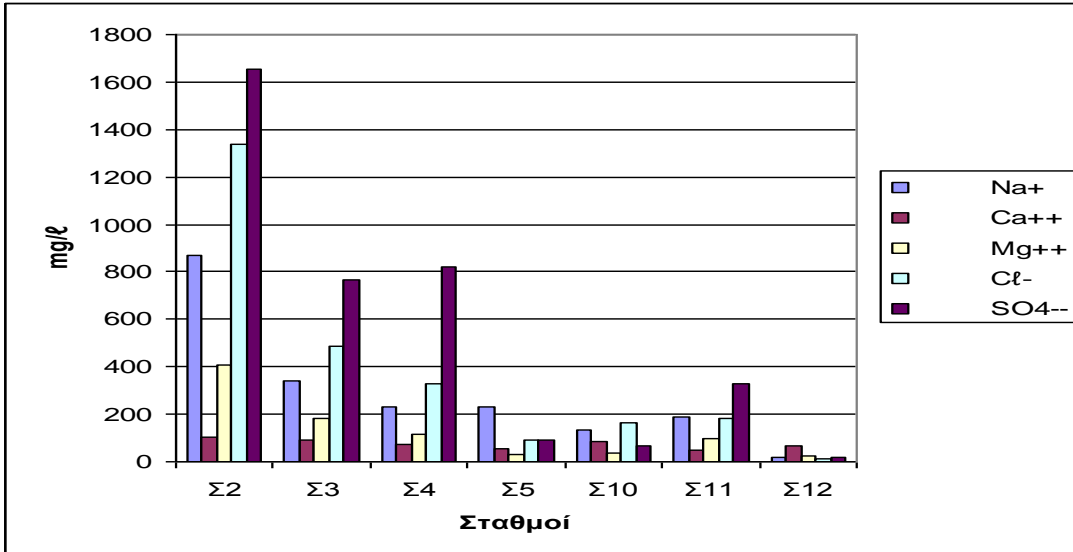
**Σχήμα 82 :** Διάγραμμα αγωγιμότητας (αφορά τον Μ.Ο. των τιμών κατά τους μήνες 5<sup>ο</sup> μέχρι 9<sup>ο</sup> κατά τα έτη 2008 - 2009 στους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ10, Σ11, και Σ12).



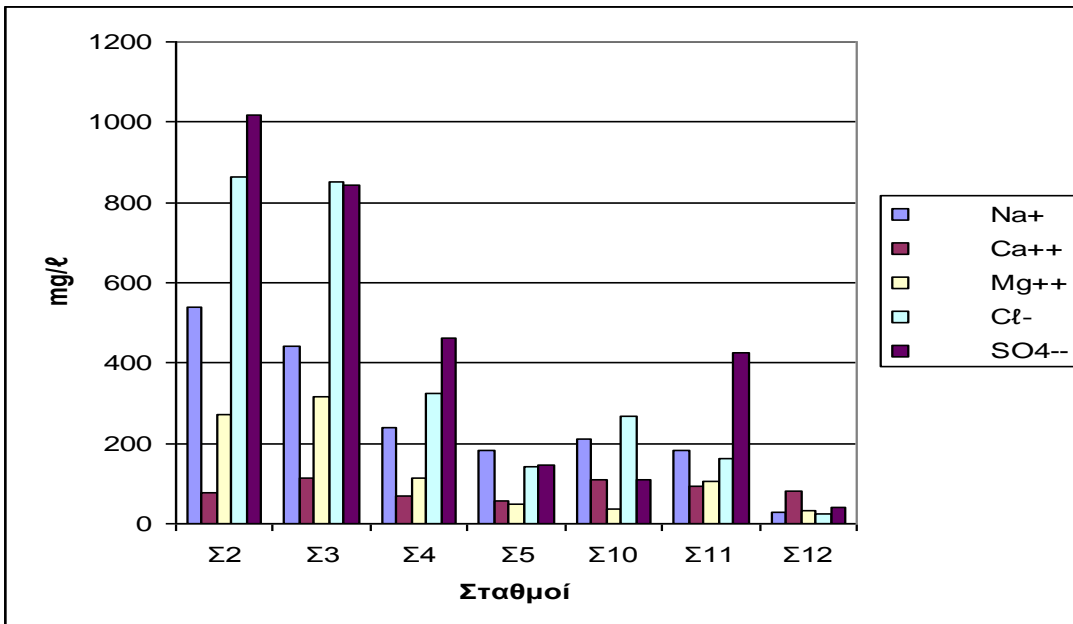
**Σχήμα 83:** Διάγραμμα αγωγιμότητας (αφορά το σύνολο των τιμών κατά τα έτη 2008 - 2009 στους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ10, Σ11, και Σ12).



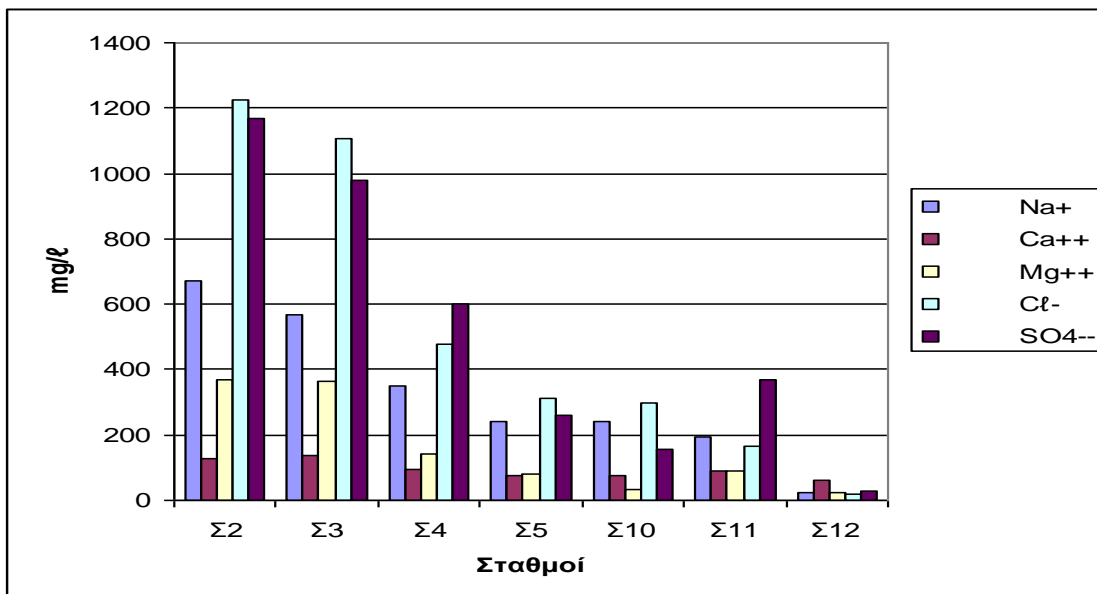
**Σχήμα 84 :** Διάγραμμα κατανομής των ιόντων  $[Na^+]$ ,  $[Ca^{++}]$ ,  $[Mg^{++}]$ ,  $[Cl^-]$ ,  $[SO_4^{--}]$  (αφορά τον Μ.Ο. των τιμών κατά τους μήνες 5<sup>ο</sup> μέχρι 9<sup>ο</sup> κάθε το έτος 2008 στους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ10, Σ11, και Σ12).



**Σχήμα 85 :** Διάγραμμα κατανομής των ιόντων [Na<sup>+</sup>], [Ca<sup>++</sup>], [Mg<sup>++</sup>], [Cl<sup>-</sup>], [SO<sub>4</sub><sup>--</sup>] (αφορά τον Μ.Ο. των τιμών κατά τους μήνες 5<sup>ο</sup> μέχρι 9<sup>ο</sup> κάθε το έτος 2009 στους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ10, Σ11, και Σ12).



**Σχήμα 86 :** Διάγραμμα κατανομής των ιόντων [Na<sup>+</sup>], [Ca<sup>++</sup>], [Mg<sup>++</sup>], [Cl<sup>-</sup>], [SO<sub>4</sub><sup>--</sup>] (αφορά τον Μ.Ο. των τιμών κατά τους μήνες 5<sup>ο</sup> μέχρι 9<sup>ο</sup> κάθε τα έτη 2008 -2009 στους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ10, Σ11, και Σ12).



**Σχήμα 87 :** Διάγραμμα κατανομής των ιόντων [Na<sup>+</sup>], [Ca<sup>++</sup>], [Mg<sup>++</sup>], [Cl<sup>-</sup>], [SO<sub>4</sub><sup>--</sup>] (αφορά τον σύνολο των τιμών κατά τους μήνες 5<sup>ο</sup> μέχρι 9<sup>ο</sup> κάθε τα έτη 2008 -2009 στους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ10, Σ11, και Σ12).

#### Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

1. Η πιο επιβαρημένη ζώνη, όσον αφορά στην ποιότητα του αρδευτικού νερού, εκτείνεται από τους σταθμούς Σ2, Σ3, Σ4 και Σ5 δηλαδή από την περιοχή της Κάρλας μέχρι την Πλασιά, για λόγους που οφείλονται στη χημική σύσταση του ίδιου του εδάφους το οποίο σε γενικές γραμμές παρουσιάζεται ως αλατούχο – αλκαλιωμένο (Φλωράς και συν. 1997).
2. Σημαντική επιβάρυνση εμφανίζει η ποιότητα του αρδευτικού νερού και στους σταθμούς Σ10 και Σ11 (Γεντίκι, Σφαγεία Γυρτώνης αντίστοιχα) όπου, περισσότερο στο δεύτερο, συνδυάζεται και με υψηλό οργανικό φορτίο (M.O. B.O.D<sub>5</sub> = 69,42 mg/ℓ – M.O. υπολοίπων σταθμών = 26,13 mg/ℓ), γεγονός που δηλώνει βιομηχανική ρύπανση. Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν οι Ali et al. (2010), στο Νείλο και οι Boskidis et al. (2010) στον ποταμό Βορβόση,

3. Οι μετρηθείσες τιμές των παραμέτρων στο σταθμό Σ12 (τσιμενταύλακας) δηλώνουν σχετικά αποδεκτή ποιότητα αρδευτικού νερού. Και τούτο οφείλεται στο γεγονός ότι το νερό στην περιοχή αυτή δεν επηρεάζεται ούτε από τη χημική σύσταση του εδάφους ούτε και από τις αποπλύσεις των καλλιεργούμενων εδαφών κατά την εποχή που πραγματοποιείται λίπανση (Φλωράς και συν. 1997). Παρόμοια αποτελέσματα για την ίδια περιοχή βρήκαν και οι Αργυρόπουλος και Σαμαρά (2008).

#### **4.15. Χαρακτηριστικά αποδέκτη κατά τμήματα.**

Έχει ενδιαφέρον, εν κατακλείδι, να διερευνηθεί, με βάση τις προηγούμενες διαπιστώσεις, το είδος του προβλήματος που εμφανίζει ο αποδέκτης κατά περιοχή, ώστε, να μπορούν να προταθούν εφικτές λύσεις των προβλημάτων και επανακαθορισμός της αποστολής του.

##### **4.15.1. Τμήμα με εμφανή βιομηχανική ρύπανση**

Το τμήμα στο οποίο εμφανίζεται αξιοσημείωτη βιομηχανική ρύπανση, αναγνωρίζεται κυρίως από τις δυο βασικές παραμέτρους: B.O.D<sub>5</sub>, C.O.D. Η πρώτη παράμετρος είναι ιδιαίτερα αυξημένη στους σταθμούς Σ8 και Σ11, όπου παρουσιάζουν κάποιες μορφές σταθερότητα (M.O., 94,17 mg/ℓ και 69,42 mg/ℓ, αντίστοιχα). Μικρή απόκλιση προς τα κάτω παρουσιάζεται στο σταθμό Σ9 (M.O. = 27,67 mg/ℓ). Και στις τρεις περιπτώσεις υπάρχει ανάντη του σημείου δειγματοληψίας βιομηχανική δραστηριότητα που ήταν η («ΠΕΛΑΣΓΙΣ», τα «Σφαγεία Γυρτώνης» και η «INTERCOMM FOODS» αντίστοιχα. Στο σταθμό Σ8 κατά τη δειγματοληψία της 17/11/2009 εμφανίζονται ιδιαίτερα αυξημένες τιμές και των δυο παραμέτρων, και κυρίως του C.O.D. (640 mg/ℓ) γεγονός που εξηγείται μόνο με μαζική διοχέτευση αποβλήτων στον αποδέκτη και στη στασιμότητα των υδάτων. Στα ίδια περίπου συμπεράσματα καταλήγουν και ο Gerda et al. (1994), για πολλά ποτάμια της Ευρώπης.

#### 4.15.2. Τμήμα με έντονα ευτροφικά φαινόμενα

Το «Άσμάκι» στο σύνολό του μπορεί να χαρακτηριστεί ένας ευτροφικός αποδέκτης. Σε κατάσταση υψηλού ευτροφισμού, με βάση πάντα τις συγκεντρώσεις θρεπτικών συστατικών, N,P , βρίσκεται το τμήμα που εκτείνεται από το Σταθμό Σ5 μέχρι και τον Σταθμό Σ12, όπου οι μέσοι όροι των  $\text{PO}_4^{---}$  παρουσιάζουν τη διακύμανση 0,57 mg/ℓ – 2,76 mg/ℓ, με μια μικρή απόκλιση προς τα κάτω στον σταθμό Σ8 (0,37 mg/ℓ). Περίπου ίδια αποτελέσματα για το «Άσμάκι» εμφανίζουν και οι Bakoroulou and Kungolos (2004) και οι Αργυρόπουλος και Σαμαρά (2008). Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν και οι Dassenakis et al. (1998) για το Ληθαίο (παραπόταμος του Πηνειού), οι Bellos et al. (2003) για τον Πηνειό και οι Bowes et al. (2009), για βρετανικά ποτάμια.

Κατά συνέπεια στον αποδέκτη υπάρχουν δυο τμήματα, ευδιάκριτα, με βάση τη συγκέντρωση των φωσφορικών ιόντων:

1. Τμήμα μετρίου έως υψηλού ευτροφισμού ( Σ2, Σ3, Σ4) ( $\text{M.O}_{\text{PO}_4^{---}} = 0,22 \text{ mg/ℓ}$  - εκφραζόμενα σε  $[\text{P}] = 0,07 \text{ mg/ℓ}$ )
2. Τμήμα πολύ υψηλού ευτροφισμού (Σ5 - Σ12) ( $\text{M.O}_{\text{PO}_4^{---}} = 1,18 \text{ mg/ℓ}$  εκφραζόμενα σε  $[\text{P}] = 0,38 \text{ mg/ℓ}$ )

#### 4.15.3. Τμήμα με υψηλή αλκαλίωση

Η υψηλή αλκαλίωση αναγνωρίζεται κυρίως από τις παραμέτρους αγωγιμότητα, SAR,  $[\text{Na}^+]$ , βαθμό αλκαλίωσης ( $\text{Na}^+/\text{Na}^++\text{Ca}^{++}+\text{Mg}^{++}$ ) και δευτερευόντως από τη συγκέντρωση χλωριόντων (Christiansen et al. 1977), (Wilcox and Magistad 1943).

Υψηλές τιμές αλκαλίωσης εμφανίζουν οι σταθμοί Σ2, Σ3 και Σ4, χωρίς ωστόσο το υπόλοιπο τμήμα να εμφανίζει ικανοποιητικές και ασφαλείς τιμές των παραπάνω παραμέτρων. Ο Stamatis (1999) για το Πηνειό ποταμό, βρήκε ότι με βάση το SAR, τον βαθμό αλκαλίωσης

(Na%) και την αλατότητα, η ποιότητα του νερού είναι αποδεκτή για αρδευτικούς σκοπούς. Ο Loukas (2010), επίσης για τον Πηνειό, βρήκε ότι η τιμή του SAR ήταν  $< 0,3$  και σε ελάχιστες περιπτώσεις έφθασε μέχρι 1,1, η δε αγωγιμότητα κυμάνθηκε από 200 – 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$  και σε ελάχιστες περιπτώσεις ήταν μεγαλύτερη από 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , κάτι που σημαίνει ότι το νερό έχει μικρή πιθανότητα σχετικά με την εμφάνιση αλατότητας, αν χρησιμοποιηθεί για άρδευση.

Η Παπαδοπούλου-Μουρκίδου (2002) βρήκε αυξημένες συγκεντρώσεις νατρίου και SAR σε πολλές περιοχές των ποταμών Έβρου και Στρυμόνα, με τον Έβρο να παρουσιάζει την μεγαλύτερη μέση τιμή SAR και την υψηλότερη τιμή συγκέντρωση νατρίου (με εξαίρεση μια περιοχή του Στρυμόνα), όπου η μέση τιμή του νατρίου ήταν 159 mg/ℓ. Οι συγκεντρώσεις αυτές είναι οι μεγαλύτερες που βρέθηκαν για τα ποτάμια της Μακεδονίας και της Θράκης. Ο Singh (2002) αξιολόγησε την ποιότητα των επιφανειακών και υπόγειων νερών της λεκάνης απορροής του ποταμού Damodar στην Ινδία και βρήκε ότι με βάση το SAR και την επικινδυνότητα του νατρίου (Na%) η κατάσταση των επιφανειακών νερών εντός της λεκάνης απορροής είναι άριστη κάτι που σημαίνει ότι το νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση χωρίς κανένα κίνδυνο.

#### **4.15.4. Τμήμα έντονων ανοξικών συνθηκών**

Οι παράγοντες που δείχνουν την οξειδωτική κατάσταση του αποδέκτη είναι αφενός η συγκέντρωση του D.O. και αφετέρου η βαθμίδα οξείδωσης κάποιων στοιχείων και συγκεκριμένα του N και του S.

Από πλευράς D.O. οι Σταθμοί Σ7 μέχρι Σ11 εμφανίζουν έντονες ανοξικές συνθήκες ( $\text{M.O}_2 = 2,77 \text{ mg}/\ell$ ) ενώ για το υπόλοιπο τμήμα που ήταν οι Σταθμοί Σ2 μέχρι Σ6, ο μέσος βαθμός κορεσμού για το D.O., δεν ξεπερνούσε το 56,80%. Κατά συνέπεια, το «Ασμάκι» μπορεί να χαρακτηριστεί στο μεγαλύτερο μέρος του ανοξικός αποδέκτης. Περίπου ίδια

αποτελέσματα για το «Άσμάκι» εμφανίζουν και οι Bakoroulou and Koungolos (2004) και Αργυρόπουλος και Σαμαρά (2008). Η Ζήση (2005) βρήκε τα επίπεδα του διαλυμένου οξυγόνου στον Ληθαίο (παραπόταμος του Πηνειού) κατάλληλα για την διαβίωση ψαριών.

Στο παραπάνω ανοξικό τμήμα εμφανίζονται έντονα και φαινόμενα αναγωγής του N σε μορφές όπου επικρατεί η οξειδωτική βαθμίδα,  $A.O. = -3$  ( $NH_4^+$ ),  $M.O_{NH_4^+} = 2,06$  mg/ℓ. Ομοίως, χαμηλή σε σχέση με το υπόλοιπο διάστημα, εμφανίζεται και η μέση συγκέντρωση των θεικών ιόντων ( $M.O. = 187,50$  mg/ℓ), ενώ για τους Σταθμούς Σ2 - Σ6, η μέση τιμή ήταν περίπου 600 mg/ℓ. Το συμπέρασμα που προκύπτει από τις τιμές που μετρήθηκαν είναι ότι μέρος των θεικών ιόντων στο ανοξικό τμήμα, έχει αναχθεί σε θειούχα ( $A.O_s = -2$ ), χωρίς αυτό να είναι ασφαλές δεδομένου ότι οι υψηλές τιμές των θεικών μπορούν να προκύψουν κι από την χρησιμοποίηση θεικών λιπασμάτων στις παρακείμενες καλλιέργειες. Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν και οι Bellos et al. (2004) στον Εννεπέα (παραπόταμος του Πηνειού).

#### **4.15.5. Τμήμα με έντονη οργανική ρύπανση.**

Το τμήμα με την υψηλή οργανική ρύπανση, ταυτίζεται συμπτωματικά με το τμήμα υψηλής βιομηχανικής ρύπανσης, δεδομένου ότι η βιομηχανική ρύπανση από τις τέσσερις αξιόλογες μονάδες της περιοχής («INTERCOMM», «ΠΕΛΑΣΓΙΣ», «ΧΑΤΖΗΔΗΜΑΣ», («ΠΕΛΑΣΓΙΣ» και «ΧΑΤΖΗΔΗΜΑΣ» έχουν διακόψει τη λειτουργία τους), Σφαγεία Γυρτώνης), όπως κι από τα ποιμνιοστάσια και βουστάσια, είναι οργανικού χαρακτήρα.

#### **4.15.6. Τμήμα κατάλληλο για διαβίωση κυπρινειδών**

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι ελάχιστες απαιτήσεις για την ασφαλή διαβίωση κυπρινειδών είναι:

$$D.O \geq 4,00 \text{ mg/l}, \quad B.O.D_5 \leq 6.00 \text{ mg/l}, \quad [NH_4^+] \leq 1,00 \text{ mg/l}.$$



Με βάση τις τιμές του D.O. που μετρήθηκαν, αποδεκτό τμήμα ήταν αυτό που συμπεριλαμβάνεται μεταξύ των σταθμών Σ2,Σ3 και Σ4.

Με βάση τις τιμές του B.O.D<sub>5</sub> δεν υπήρχε κανένα αποδεκτό τμήμα καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης.

Με βάση τέλος τις συγκεντρώσεις των ιόντων NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, θα ήταν δυνατή η διαβίωση στο τμήμα μεταξύ των Σταθμών Σ2–Σ5 (Πιν. 8.10).

Έχοντας τα προηγούμενα υπ' όψη μας, θεωρούμε ότι το Ασμάκι θα ήταν κατάλληλο για τη διαβίωση κυπρινειδών εφόσον δεν υπήρχε αυξημένη αλατότητα στο νερό (Νεοφύτου, 1997).

#### **4.15.7. Τμήμα αποδεκτό για άρδευση.**

Με βάση τον πίνακα 4.5. διαπιστώνονται τα εξής:

1. Στο 50% των δειγματοληψιών βρέθηκε νερό καλό μέχρι αποδεκτό στον κίνδυνο αλακλίωσης, 30% να ενέχει μεγάλο έως πολύ μεγάλο κίνδυνο αλκαλίωσης και 20% χωρίς ιδιαίτερο κίνδυνο αλκαλίωσης.
2. Στο 33,33% των δειγματοληψιών (Σ2, Σ3, Σ4, Σ10), βρέθηκε νερό επικίνδυνο για τις καλλιέργειες.
3. Στο 16,6% διαπιστώθηκε μέτριος κίνδυνος για τα φυτά.
4. Στο υπόλοιπο 50,00% υπάρχει μικρός έως κανένας κίνδυνος για τα φυτά..

Με λίγα λόγια μπορεί να θεωρηθεί ως μοναδικό, χωρίς κίνδυνο το νερό της τσιμενταύλακας (Σ12) και αποδεκτή για την άρδευση των καλλιεργειών, την ποιότητα του νερού στο διάστημα από Σ6 (γέφυρα Ελευθερίου) μέχρι Σ9 (INTERCOMM FOODS) χωρίς, ωστόσο, να παύει να υφίσταται ο κίνδυνος της αλκαλίωσης.

#### 4.16. Βαρέα μέταλλα

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις πέντε βασικών βαρέων μετάλλων στο ίζημα (Πιν. 5.32 και 5.33, του Παραρτήματος).

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν ότι οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στο ίζημα ήταν σημαντικά χαμηλότερες από τις οριακές τιμές για χρησιμοποίηση της ιλύος στη γεωργία που καθορίζει η οδηγία 86/278/ΕΟΚ η οποία επικυρώθηκε με την Κ.Υ.Α. 80568/4225/7-8-91 (Πιν. 4.18). Αυτό σε πολύ μεγάλο βαθμό ήταν αναμενόμενο, δεδομένου ότι στην περιοχή δεν υπάρχουν μεγάλες μονάδες των οποίων τα απόβλητα να περιέχουν σημαντικές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων. Οι συγκεντρώσεις αυτές δεν είναι ανθρωπογενούς, αλλά ορυκτολογικής προέλευσης (Fytianos et al 2001, Φλωράς και συν 1997). Παρόμοια αποτελέσματα στο «Ασμάκι» βρήκαν και οι Αργυρόπουλος και Σαμαρά (2008).

**Πίνακας 25 :** Οριακές τιμές βαρέων μετάλλων σε ιλύ και έδαφος (mg/kg) (Οδηγία 86/278/ΕΟΚ).

A/A	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΟΡΙΑΚΗ ΤΙΜΗ ΙΛΥ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ	ΟΡΙΑΚΗ ΤΙΜΗ ΓΙΑ ΕΔΑΦΟΣ N.2950/01
1.	Χαλκός (Cu)	1000-1750	50-100
2.	Κάδμιο (Cd)	20-40	-
3.	Μόλυβδος (Pb)	750-1200	50-300
4.	Νικέλιο (Ni)	300-400	30-75
5.	Υδράργυρος (Hg)	16-25	-
6.	Αρσενικό (As)		-
7.	Ψευδάργυρος (Zn)	2500-4000	160-300

\*Με την ΚΥΑ 80568/4225/91 ενσωματώθηκε στην Ελληνική νομοθεσία η Οδηγία 86/278/ΕΟΚ, χωρίς τροποποιήσεις. Έχει γίνει μόνο προσθήκη ορίων για το χρώμιο: 500 mg/kg ξηράς ουσίας για το Cr (III) και 10 mg/kg ξηρού για το Cr (VI).

Αρκετά αυξημένη σε σχέση με τους άλλους σταθμούς, παρουσιάστηκε η τιμή του Cu στον Σταθμό 7. Ο σταθμός αυτός βρίσκεται σε περιοχή όπου λειτουργούσε εργοστάσιο παραγωγής οινοπνεύματος κάτι που πιθανόν σχετίζεται με το πρόσθετο  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

(ένυδρος θειικός χαλκός) που χρησιμοποιούσε το εργοστάσιο αυτό για την παραγωγή οينوπνεύματος. Στο σταθμό αυτό παρατηρήθηκε αυξημένη οργανική ουσία που δημιουργεί συνθήκες συγκράτησης του Cu (Πίν. 8.31. και 8.32. του Παραρτήματος). Η οργανική ουσία (Πίν. 8.29) είναι από τους κύριους παράγοντες ισχυρής συγκράτησης των στοιχείων στο έδαφος, επειδή σχηματίζει σταθερές διαλυτές και αδιάλυτες ενώσεις (χηλικές ενώσεις) (Adriano 1986).

Σημειώνεται πως η απευθείας ενσωμάτωση της ιλύος στο έδαφος υπόκειται στους περιορισμούς της ΚΥΑ 80568/4225/91. Απαραίτητη προϋπόθεση ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων στο έδαφος.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της παρούσας διδακτορικής διατριβής δείχνουν ξεκάθαρα ότι το «Ασμάκι» χαρακτηρίζεται από πολύ σοβαρά χρόνια προβλήματα ρύπανσης τα οποία όχι μόνο δεν αντιμετωπίζονται αποτελεσματικά, αλλά συνεχώς αυξάνονται και μεγεθύνονται. Από μια προσεκτική μελέτη των μετρήσεων φαίνεται ότι το βασικό πρόβλημα ρύπανσης του στραγγιστικού αυτού δικτύου προέρχεται κυρίως από τα απόβλητα των βιομηχανιών και δευτερευόντως από τις κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις που λειτουργούν στην ευρύτερη περιοχή. Ακόμα το «Ασμάκι» είναι συχνά αποδέκτης ρύπανσης που προκαλείται από ανεξέλεγκτες απορρίψεις.

Ενώ λοιπόν ως βασική αποστολή του είναι η λειτουργία του ως αποδέκτη στραγγισμάτων των παρακείμενων αγρών, παράλληλα χρησιμοποιείται και ως αρδευτικό κανάλι, αλλά και ως αποδέκτης βιομηχανικών αποβλήτων με αποτέλεσμα σήμερα να αποτελεί ένα ιδιαίτερα τροποποιημένο υδάτινο σώμα με εξαιρετικά μεγάλα προβλήματα ρύπανσης, συνεπεία των οποίων προσιδιάζει περισσότερο προς αγωγό αποβλήτων παρά προς αρδευτική-στραγγιστική τάφρο. Τα φερτά υλικά που συσσωρεύτηκαν για σχεδόν τριάντα χρόνια αφότου έγινε ο τελευταίος καθαρισμός δημιούργησαν ένα αβαθή πυθμένα και χαμηλή ταχύτητα ροής (σχεδόν στασιμότητα) με αποτέλεσμα κατά τόπους να δημιουργούνται σοβαρές εστίες μόλυνσης

Το «Ασμάκι» παρουσιάζει σε πολλά σημεία εμφανή βιομηχανική ρύπανση, υψηλή αλκαλίωση, έντονες ανοξικές συνθήκες και έντονη οργανική ρύπανση. Τα παραπάνω έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην ποιότητα του νερού κυρίως σε ότι αφορά την διαβίωση των ψαριών, αλλά σε σημαντικό βαθμό και στην υποβάθμιση του αρδευτικού νερού. Ο ευτροφισμός είναι το κυρίαρχο φαινόμενο των νερών της τάφρου, κάτι που είναι εμφανές σχεδόν σε όλο το μήκος της, κυρίως στον τομέα όπου αναπτύσσεται αυξημένη βιομηχανική δραστηριότητα. Το φαινόμενο κατά κύριο λόγο

οφείλεται στη μικρή ταχύτητα ροής που αγγίζει τα όρια της στασιμότητας. Η συμπεριφορά του αποδέκτη είναι περισσότερο συμπεριφορά αβαθούς λίμνης, παρά ρέοντος ύδατος.

Επιπρόσθετα το «Ασμάκι», έχει τα χαρακτηριστικά ενός αποδέκτη ιδιαίτερα ευάλωτου στη στιγμιαία ρύπανση, καθώς:

1. Έχει σταθερά μια μόνιμη επιβάρυνση είτε λόγω της ποιότητας του νερού που δέχεται από τον Πηνειό είτε λόγω της χαμηλής ταχύτητας ροής, είτε λόγω του αβαθούς πυθμένα, που επιτρέπει την αναμόχλευσή του κατά την προσαγωγή αποβλήτων είτε λόγω θερμοκρασιακής αντιστροφής.
2. Έχει αυξομειούμενη παροχή.
3. Λόγω του μεγάλου χρονικού διαστήματος που έχει να καθαριστεί ο πυθμένας του, ο ίδιος ο βυθός του αποδέκτη είναι μια δευτερογενής αλλά μόνιμη πηγή ρύπανσης, κυρίως οργανικής, πράγμα που σημαίνει ότι οποιαδήποτε αιτία προκαλέσει την αναμόχλευσή του, ο αποδέκτης να εμφανίζει αιφνίδια οργανική ρύπανση με άμεσα συνεπακόλουθα, την κατανάλωση του διαλυμένου οξυγόνου και τη μετατροπή των συνθηκών από αερόβιες σε αναερόβιες.

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι είναι σχεδόν αδύνατο να προσδιοριστεί με ακρίβεια η πηγή της ρύπανσης του αποδέκτη, μια δεδομένη χρονική στιγμή και ν' αποδοθούν συγκεκριμένες ευθύνες. Εκείνο που μπορεί, όμως, να εκτιμηθεί είναι μια εικόνα του αποδέκτη ανά περιοχή και να προσεγγισθεί η χρόνια αιτία του προβλήματος.

Κατά συνέπεια γίνεται σαφές ότι με βάση τα χαρακτηριστικά του, όπως αυτά παρουσιάζονται μέσα απ' τις μετρήσεις, υπό τις παρούσες συνθήκες το «Ασμάκι» δεν μπορεί να ανταποκριθεί ταυτοχρόνως στις παρακάτω αποστολές:

1. Αρδευτική.
2. Στραγγιστική.
3. Αποδέκτης βιομηχανικών αποβλήτων.
4. Υγρότοπος για διαβίωση ψαριών.

Η ρύπανση στο στραγγιστικό δίκτυο «Ασμακίου» εκτός από ένα μεγάλο περιβαλλοντικό ζήτημα αιχμής, είναι κυρίως και πρόβλημα αναπτυξιακού χαρακτήρα, εφόσον, όχι μόνον αδυνατεί να στηρίξει με αξιόπιστο τρόπο τη γεωργική παραγωγή, αλλά αντιθέτως την υπονομεύει. Η δεδομένη ποιότητα του νερού αδυνατεί να στηρίξει τυχόν στροφή των παραγωγών σε εναλλακτικές καλλιέργειες, άρα στενεύουν εκ των πραγμάτων τα περιθώρια της επιβίωσης των αγροτικών νοικοκυριών που σχετίζονται άμεσα με την ύπαρξή του. Δεδομένου λοιπόν ότι το μέλλον της γεωργικής παραγωγής στην περιοχή είναι απόλυτα συνυφασμένο με την ύπαρξη και λειτουργία του «Ασμακίου», αποτελεί ύψιστη προτεραιότητα η επανεξέταση και η αναθεώρηση κάποιων ζητημάτων και να δοθούν πειστικές απαντήσεις ως προ τα εξής:

1. Το «Ασμάκι» θα πρέπει να παραμείνει ανοιχτός αγωγός;
2. Μπορεί ταυτοχρόνως να είναι αρδευτική τάφρος, στραγγιστική τάφρος και αποδέκτης βιομηχανικών αποβλήτων;
3. Μπορεί να έχει αξιόπιστη οικολογική λειτουργία;
4. Μπορεί να χρησιμοποιείται για την μεταφορά νερού από τον Πηνειό ποταμό στην Λίμνη Κάρλα;

Επισημαίνεται ακόμα ότι η συνέχιση της χρησιμοποίησης του στραγγιστικού αυτού δικτύου για αρδευτικούς σκοπούς εκτός του ότι ενέχει σοβαρούς κινδύνους για τις καλλιέργειες, αποτελεί συγχρόνως την βασική αιτία για σημαντικές απώλειες αρδευτικού νερού (έως και 70%) κυρίως από την διήθηση που προκαλείται στις

χωμάτινες τάφρους (εξαιτίας και της αυξημένης βλάστησης). Επιπρόσθετα, εφόσον το «Ασμάκι» στην σημερινή του κατάσταση εξακολουθήσει εν μέρη να χρησιμοποιείται για μεταφορά νερού στον ταμιευτήρα της πρώην λίμνης Κάρλας είναι βέβαιο ότι διαρκώς θα μεταφέρεται ρυπαντικό φορτίο στην επανασυσταθείσα λίμνη το οποίο θα είναι αυξημένο σε σχέση με το «μητρικό» φορτίο των υδάτων του Πηγειού.

**Με βάση τα παραπάνω και δεδομένου ότι το «Ασμάκι» εξυπηρετεί πολύ βασικές ανάγκες της γεωργίας, σε γενικές γραμμές προτείνονται τα εξής:**

1. Επανακαθορισμός της χρήσης και λειτουργίας του.
2. Εμπέδωση οικολογικής συνείδησης με στόχο τον προβληματισμό έτσι ώστε να μεταβληθούν στάσεις και συμπεριφορές που να επιτρέπουν τη διαμόρφωση ολοκληρωμένης περιβαλλοντικής συνείδησης.
3. Κοινωνικός διάλογος για σημαντικά ζητήματα διαχείρισης νερού αναφορικά με την ποσοτική διαχείριση και τις απολήψεις, τα τροποποιημένα υδατικά συστήματα, τη σημειακή και διάχυτη ρύπανση, τις επιπτώσεις της, την επάρκεια και την ποιότητα του αρδευτικού νερού και την ανάλυση του κόστους του.
4. Συνεργασία με όλους τους παραγωγικούς φορείς της περιοχής με σκοπό την ανάδειξη της επικινδυνότητας των ανθρωπογενών επιδράσεων στο περιβάλλον μέσα από πρακτικές διαπιστώσεις των επιπτώσεων της ρύπανσης στην ίδια την ζωή.
5. Επειδή κατά την αρδευτική περίοδο (κυρίως σε περιόδους ανομβρίας), το νερό δεν επαρκεί για τις αρδευόμενες καλλιέργειες, κρίνεται αναγκαίο όπως επανεξεταστεί η λειτουργία του δικτύου άρδευσης της περιοχής.

6. Απόλυτος διαχωρισμός του στραγγιστικού από το αρδευτικό δίκτυο. Η άποψη αυτή ενέχει ένα μεγάλο κατασκευαστικό κόστος αλλά κρίνεται απαραίτητο για οικολογικούς – περιβαλλοντικούς λόγους καθώς και για την εφαρμογή του νερού στις καλλιέργειες της περιοχής.
7. Κατάτμηση του στραγγιστικού δικτύου προς αποφυγή της διάχυσης της ρύπανσης που προκαλούν οι βιομηχανίες (διαχωρισμός του βιομηχανικού από τον αγροτικό τομέα, εφόσον διαπιστωθεί ότι είναι αδύνατος ο διαχωρισμός του στραγγιστικού από το αρδευτικό δίκτυο.
8. Επαναφορά του αποθηκευτικού χώρου στον αρχικό σχεδιασμό με απομάκρυνση των ιζημάτων, το ρυπαντικό φορτίο των οποίων θεωρείται πολύ υψηλό και κατά τις περιόδους θερμοκρασιακής αναστροφής προκαλείται πρόσθετη ρύπανση στο υδάτινο οικοσύστημα. Από αυτοψία στην περιοχή κατά την διάρκεια των επισκέψεων διαπιστώθηκε η ύπαρξη χώρων ανενεργών λατομείων που χρησιμοποιήθηκαν κατά το παρελθόν αφενός για την κατασκευή τμημάτων της ΠΑΘΕ και αφετέρου κατά την απόληψη αργίλων. Οι χώροι αυτοί χρήζουν περιβαλλοντικής αποκατάστασης. Σε ορισμένους από αυτούς μπορούν να μεταφερθούν τα υλικά εκσκαφής που θα προκύψουν από τον καθαρισμό του «Ασμακίου».
9. Εντοπισμός και περιορισμός των άδηλων πηγών ρύπανσης (ανεξέλεγκτη ρύπανση από απόρριψη λυμάτων, σκουπιδιών, φυτοφαρμάκων, κ.τλ).
10. Δημιουργία συστημάτων διαχείρισης της ρύπανσης (κατασκευή τεχνητών υγροτόπων) κυρίως στις περιοχές όπου δραστηριοποιούνται οι βιομηχανίες (τέτοιος υγρότοπος λειτουργεί ήδη στην περιοχή πλησίον της κοινότητας Ομορφοχωρίου).



11. Δραστικός έλεγχος της λειτουργίας των βιολογικών καθαρισμών των βιομηχανιών της περιοχής.
12. Εντοπισμός και κλείσιμο των κρυφών αγωγών παροχέτευσης λυμάτων στην τάφρο.
13. Επέκταση προγραμμάτων ολοκληρωμένης διαχείρισης και επέκταση των προγραμμάτων βιολογικών καλλιεργειών ARGO 2.1 και 2.2 και εφαρμογή συστημάτων γεωργίας ακριβείας.
14. Αυτόνομη τροφοδότηση της Κάρλας μέσω κλειστού αγωγού απευθείας από τον Πηγειό ποταμό.

**Σε ό,τι αφορά τους ελέγχους των βιομηχανιών προτείνεται:**

**Εκσυγχρονισμός των ελέγχων με:**

- ✓ Ηλεκτρονικός έλεγχος των βιολογικών καθαρισμών των μεγάλων βιομηχανιών, δηλαδή: για ορισμένο όγκο αποβλήτων ορισμένης σύστασης και λογιστικό έλεγχο σε ότι αφορά την κατανάλωση ενέργειας, τις πρώτες ύλες, κ.α.
- ✓ Απευθείας σύνδεση (on line) συστήματος αυτόματης καταγραφής στον αγωγό εξόδου των επεξεργασμένων λυμάτων και σύνδεση με την υπηρεσία ελέγχου (παροχόμετρο) D.O, BOD,COD, EC και σύγκριση με την άδεια λειτουργίας τους.
- ✓ Αναζήτηση τρόπων βελτίωσης της διαχείρισης των αποβλήτων (π.χ. ανακύκλωση των υπολειμμάτων του σφαγείου Γυρτώνης με μετατροπή των υπολειμμάτων σε βελτιωτικά εδάφους, λιπαντικά, βιοκαύσιμα κ.α.). Σε καμιά περίπτωση τα απόβλητα του σφαγείου (όπως λίπη, αίμα, κ.α.), δεν πρέπει να εισρέουν στον αποδέκτη.

- ✓ Τακτικός έλεγχος αν οι βιομηχανίες για τις οποίες υπάρχει σχετική πρόνοια μεταφέρουν τα απόβλητα τους στον Βιολογικό Καθαρισμό της ΔΕΥΑΛ.
- ✓ Δημιουργία δικτύου άμεσα ελεγχόμενου (δεδομένου μάλιστα ότι η βιομηχανία της περιοχής δεν είναι τόσο εκτεταμένη που να θεωρείται ανεξέλεγκτη (ήδη οι βιομηχανίες «Πελασγίς» και «ΧΑΤΣΗΔΗΜΑΣ» ανέστειλαν την λειτουργία τους).
- ✓ Σε ότι αφορά τη δημιουργία νέων βιομηχανιών να εφαρμόζονται πιστά οι κείμενες διατάξεις για εγκατάσταση τους στη βιομηχανική περιοχή Λάρισας.
- ✓ Έλεγχος των απορροών του οδικού άξονα της ΠΑΘΕ στα σημεία που αυτές καταλήγουν στο «Ασμάκι (355 Χ.Θ.).

Τέλος, με δεδομένο ότι η δημιουργία και διαχείριση του συστήματος του στραγγιστικού δικτύου Ασμακίου εξελίχθηκε στρεβλά και εξακολουθεί να στηρίζεται πάνω σε λάθος τακτικές. Εκείνο που μπορεί να λεχθεί με βεβαιότητα είναι ότι «η ισχύουσα λειτουργία σύμφωνα με την πολιτική διαχείρισης» που θα κληθεί να εφαρμοσθεί στο μέλλον, θα πρέπει να αναθεωρηθεί και να επαναπροσδιοριστεί εκ νέου. Σίγουρα σημαντικό ρόλο σε αυτό μπορεί να διαδραματίσει ο νέος φορέας Διαχείρισης υδατικών πόρων του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας στα πλαίσια πάντα επικαιροποιημένης εφαρμογής των άρθρων 5 και 6 της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Νερά (2000/60/ΕΚ).

Ακόμα προς την κατεύθυνση αυτή θετικό ρόλο μπορεί να διαδραματίσει ο Φορέας Διαχείρισης Οικοανάπτυξης Κάρλας-Μαυροβουνίου-Κεφαλόβρυσου-Βελεστίνου, καθώς επίσης και το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας μέσω των οργανωμένων παρεμβάσεων του και του εξειδικευμένου επιστημονικού προσωπικού του.

Τελικό συμπέρασμα: Αν το «Ασμάκι» συνεχίσει να εξυπηρετεί με τον ίδιο τρόπο τις σημερινές ανάγκες πάντα θα υπάρχουν σοβαρά προβλήματα. Αν, όμως, μετατραπεί αποκλειστικά σε αρδευτική τάφρο, τότε μπορεί με βεβαιότητα να λεχθεί ότι μπορεί να αναπτυχθεί με τρόπο ώστε να γίνει ένας πολύ φιλόξενος χώρος στον οποίο εξέχουσα θέση θα έχουν και οι ιχθυοκαλλιέργειες με όλες τις θετικές επιπτώσεις για τους κατοίκους της περιοχής.

## 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ξένη βιβλιογραφία

- Achudume A. (2009) The Effect of Petrochemical Effluent on the Water Quality of Ubeji Creek in Niger Delta of Nigeria. *Bulleting on Environment Contamination and Toxicology* 83, (3):410-415.
- Adema D. M. M., de Zwart D (1984) Onderzoek naar een geschikte combinatie toetsmethoden ter bepaling van de aquatische toxiciteit van milieugevaarlijke stoffen. Bijlage 2. RIVM/TNO, Rapportnr CL81/100b (RIVM 668114003).
- Adriano, D.C. (1986) Trace Elements in the Terrestrial Environment. Springer-Verlag New York Inc., p 390-420.
- Aiba., Ohtake H. (1977) Simulation of PO<sub>4</sub>-P Balance in Shallow and Polluted River. *Water Research*, 11:159-164.
- Ahl R., Oden S. (1971) Preliminary report on the transport of presumptive pollutant to the Baltic sea from Sweden. River discharges of total nitrogen, total phosphorus and organic matter. In: Soviet-Swed. Symp. on the Poll. of the Baltic, Stockholm, *Ambio*, 6:273-275.
- Ali S.M., Sabae S.Z., Fayez M., Monib M., Hegazi N.A. (2011) The influence of agro-industrial effluents on River Nile pollution. *Journal of Advanced Research*, 2 p. 85-95.
- American Water Works Association (AWWA), American Public Health (APHA), Water Pollution Control Federation (WPCF) (1976) Standard methods for the examination of water and waste water. Washigton, p 10-14.
- American Water Works Association (AWWA) (1990) Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. Standard Methods, 18th ed. American Public Health Association, Washington, p 703–711.
- American Water Works Association (AWWA) (2005) Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 21h Edition, pp 1917.
- Arimoro F. (2009) Impact of rubber effluent discharges on the water quality and macro invertebrate community assemblages in a forest stream in the Niger Delta. *Chemosphere*, 77(3):440-449.
- Aspite E. and Klavins M. (1998) Assessment of the changes of cod and colour in rivers of Latvia during the last twenty years. *Environment International*, 24 (5-6):637-643.
- Baker D. L., Shur A. (1982) Chemical and Microbiological Properties. *Agronomy Monograph No. 9*. American Society of agronomy, Madison, WI. Atomic absorption and flame emission spectrometry, p 13-27.
- Bakopoulou S. and Kungolos A. (2004) Waste management in Larissa prefecture, Greece. In 2nd International Conference on Waste Management and the Environment, p 549-558.
- Bere T., Tundisi J. G. (2010) The Effects of Substrate Type on Diatom-Based Multivariate Water Quality Assessment in a Tropical River (Monjolinho), São Carlos, SP, Brazil. *Water Air Soil Pollution*, 216:391-409.
- Bellos D., Sawidis T., Tsekos I. (2004) Nutrient chemistry of river Pinios (Thessalia, Greece). *Environment International*, 30:105-115.
- Berankova D., Ungerman J. (1996) Nonpoint sources of pollution in the Morava river basin, *Water Science and Technology*, 33: 127–135.

- Berkant O., Mustafa K. S., Fatih E. (2010) Quantifying long-term changes in water quality and quantity of Euphrates and Tigris rivers, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 170 (1-4):475-490.
- Boskidis I., Gikas G., Pisinaras V., Tsihrintzis V. (2010) Spatial and temporal changes of water quality, and SWAT modeling of Vosvozis river basin, North Greece. *Journal of Environmental Science and Health part A, Toxic/Hazardous substances and Environmental Engineering*, 45 (11):1421-1440.
- Bowes M., Neal C., Jarvie H., Smith J., Davies H. (2010) Predicting phosphorus concentrations in British rivers resulting from the introduction of improved phosphorus removal from sewage effluent. *Science of The Total Environment* Volume 408, Issue 19, p. 4239–4250.
- Buhvestova O., Kangur K., Haldna M., Möls T. (2007) Nitrogen and phosphorus in Estonian rivers discharging into Lake Peipsi. *Estonian Journal of Ecology*, p 18-38.
- Campbell C.E., Plank C.O. (1992) Plant Analysis Preference Procedures for the Southern Region of the United States, Southern cooperative Series Bulletin 468. University of Georgia, Athens. Sample preparation, p. 1.1. In: C.O. Plank (Ed), pp 68.
- Chang H. (2008) Spatial analysis of water quality trends in the Han River basin, South Korea. *Water Research*, 42 (13):3285-3304.
- Chettri M. K., Sawidis T. (1997) Impact of Heavy Metals on Water Loss from Lichen Thallus. *Ecotoxicology Environment Safety*, 37:103-111.
- Chettri M. K., Sawidis T., Zachariadis G. A., Stratis J. A. (1997) Uptake of heavy metals by living and dead *Cladonia* thalli. *Environmental and Experimental Botany*, 37: 39-52.
- Chettri M. K., Cook C. M., Vardaka E. Sawidis T., Lanaras T. (1998) The effect of Cu, Zn, and Pb on the chlorophyll content of the lichens *Cladonia convoluta* and *Cladonia rangiformis*. *Environmental and Experimental Botany*, 39:1-10.
- Christiansen J., Olsen, E.C., Willardson L.S. (1977) Irrigation water quality *Journal of the Irrigation and Drainage Division, Proceedings ASCE*, 103 (2):155-169.
- Cooper D. M., House W. A., May, L., Gannon B. (2002) The phosphorus budget of the Thame catchment, Oxfordshir, U. K.:1. Mass balance. *ScienceTotal Environment*, 282-283:233-251.
- Cox B. A. (2003) A review of dissolved oxygen modeling techniques for lowland rivers. *ScienceTotal Environment*, 314/316:303-334.
- Dassenakis M., Scoullou M., Foufa E., Krasakopoulou E., Pavlidou A., Kloukiniotou M. (1998) Effects of multiple source pollution on a small Mediterranean river *Applied Geochemistry*, 13:197-211
- De Boer A. (1981) Nutrients. In: *The Biology of Seaweeds*, Edited by C.S.Lobban and Wynne M. J., Botanical Monographs, vol. 17. Blackwell Scientific Publications», London, p 356-392.
- De Pauw N., Vanhooren G. (1983) Method for biological quality assessment of watercourses in Belgium. *Hydrobiologia*, 100 (1):153-168.
- Dillon J., Rigler H. (1975) A simple method for predicting the capacity of a lake for development based on lake trophic status. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 32: 1519-1531.
- Djngova R., Kugeff I., Renner I., Sansoni B. (1986) Br, Cu, Mn and Pb content of the leaves of *Taraxacum officinale*. *Science of the total Environment*, 50:197-208.
- Dwivedi S. (2010) Ecological study of micro flora assessment of pollution level of river water. ICCCE. International Conference on Chemistry and Chemical Engineering ,Proceeding, art No. 5560419:336-338.

- Eaton D. A., Lenore S., Eugene W., Arnold E. (2005) Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater, pp 325.
- Eaton D. A., Ganson H. M. (2005) Standard Methods for Examination Water and Wastewater 21<sup>st</sup> Edition, pp 1917.
- Engwall R. (1971) Preliminary report on the transport of presumptive pollutant to the Baltic sea from Sweden. River discharges of total nitrogen, total phosphorus and organic matter. 1. Municipal and industrial discharges in the coastal land area (1970). In: Soviet- Swed. Symp. on the poll. of the Baltic, Stockholm.
- Esener A. A., Roels J. A. and Kossen N. W. F. (1981) The influence of temperature on the maximum specific growth rate of *Klebsiella pneumonia* Biotechnology, Bioengh XXIII:1401-1405.
- European Commission (2005) The attitudes of European citizens towards environment.
- European Community, (1996) Water Policy.
- Firman R. J. (1965) Spectrochimica Acta 21, pp 341.
- Floqi T., Vezib D., Ilirian M. I. (2006) Identification and evaluation of water pollution from Albanian tanneries. Desalination, 213 (1-3):56-64.
- Fogg G. E. (1974) Nitrogen fixation in: Algal Physiology and Biochemistry. Ed. Stewart, W.D.P., Blackwell Scientific Publication, Oxford, p 560-582
- Foreman M. G., James G., Quick C. B., Hollemans P. and Wiebe E. (1997) Flow and temperature models for the Fraser and Thompson Rivers. Atmosphere –Ocean, 35 (1):109-134.
- Friedrich H. (1965) Meeresbiologie. Gebruder Borntraeger. Berlin, pp 635.
- Fytianos K., Samanidou V., T. and Agelidis T. (1986) Comparative study of heavy metals pollution in various rivers and lakes of northern Greece. Ambio, volume 15 p 42-44.
- Fytianos K., Samanidou V. and Agelidis T. (1987) Comparative study of heavy metals pollution in various rivers and lakes of northern Greece Chemosphere, volume 16 (213):455-462.
- Fytianos K., Siumka A., Zachariadis G. and Beltsios S. (2001) Assesment of the quality characteristics of Pinios river, Greece. Water air and soil prolusion, 136:317-329.
- Gerda M. V.D., Louis L., Wim A., Bert A. B., Jan J. C. (1994) Present state of the water quality of European rivers and implications for management. The Science of the Total Environment, 145:187-195
- Gikas G., Tsihrintzis V., Christos A., Haralambidis G. (2009) Water quality trends in Polyphytos reservoir, Aliakmon River, Greece. Environmental Monitoring and Assessment (28), 149:163-181.
- Hanisak M. D. (1979) Nitrogen limitation of *Codium fragile* sp. *tomentasoides* as determined by tissue analysis. Marine Biology, 50:333-37.
- Hanlon E.A. (1992a) Plant Analysis Preference Procedures for the Southern Region of the United States. Southern Cooperative Series Bullen 368. University of Georgia. Athens. Determination of potassium, calcium, and magnesium in plants by atomic absorpion techniques, In : C.O. Plank (Ed), p 33-36.
- Harding J. P. C., Whitton B. A. (1978) Zinc, cadmium and lead in water, sediments and submerged plants of the Derwevt reservoir, northern England. Wat. Res.,12: 307-316. by a rooted aquatic macrophyte (*Elodea canadensis*). Ecology, 58:1176-1180.
- Healey F. P. (1973) Inorganic nutrient uptake and deficiency in algae (C.R.C). Critical Reviews in Microbiology, 3:69-113.

- Heejun C. (2008) Spatial analysis of water quality trends in the Han River Basin, South Korea. *Water Research*, 42 (13): 3285-3304
- Henderson–Sellers B., Markland H.R. (1987) Decaying lakes. The origin and control of eutrofication, pp 254.
- Hope H.G., Gocke K., Rheinheimer G. (1975) Microbiological method in Analysis of water pollution by effluents. *Bundesmist Forsh Technol Froschungber Meeresforsch* M75-04:250.
- Houser J.N., Bierman D.W., Burdis R.M., Soeken-Gittinger L.A. (2010) Longitudinal trends and discontinuities in nutrients, chlorophyll, and suspended solids in the Upper Mississippi River: Implications for transport, processing and export by large rivers. *Hydrobiologia*, 651 (1):127-144.
- Hutchinson T. C., Fedorenko A., Fitchko J., Kuja A., Van Loon J., Lichwa J. (1975) Trace substances in Environmental Health - IX. In D. D. Hemphill (Ed), *Movement and compartmentation of nickel and copper in an aquatic ecosystem*. University of Missouri, Columbia, p 89-105.
- ISO 9964-3:1993. Water quality -- Determination of sodium and potassium - Part 3: Determination of sodium and potassium by flame emission spectrometry.
- ISO 9297:1989, Water quality -- Determination of chloride -- Silver nitrate titration with chromate indicator (Mohr's method)
- ISO 9963-1:1996, Water quality. Determination of alkalinity. Determination of total and composite alkalinity).
- ISO/IEC 17025:2005 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.
- Jenner H. A., Janssen-Mommen J. P. M. (1993) Duckweed *Lemna minor* as a tool for testing toxicity of coal residues and polluted sediments. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 25:3-11.
- Johnson D.W., Hunsaker C.T., Glassa D.W., Raua B.M. and Roath B.A. (2010) Carbon and nutrient contents in soils from the Kings River Experiment Watersheds, Sierra Nevada Mountains, California. *Geodema*, 160 (3-4):490- 502.
- Jordao C. P., Ribeiro P. R. S., Matos A. T., Bastos R. K. X. , Fernandes R. B. A., Fontes R. L. F. (2006) Environmental assessment of water courses of the Turvo River basin at the Minas Gerais State, Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 127:316-326.
- Justic D., Rabalais N. N., Turner R. E. (1996) Effects of climate change on hypoxia in coastal waters: A double CO<sub>2</sub> scenario for the northern of Mexico *Limnol Oceanogr*, 11:992-1003.
- Justic D., Rabalais N. N. , Turner R. E. (1997) Impacts of climate change on net productivity of coastal water: implications for carbon budgets and hypoxia *Climate Researc*, 8:225-237.
- Kabata-Pendias A., Dudka S. (1989) Evaluating Baseline Data for Cadmium in Soils and plants in Poland element concentration cadasters in ecosystems H., Lieth and B.Markert (Eds), VCH Weinheim. *Science of The Total Environment* Volume 122, 3:279-290.
- Kabata- Pendias, Galczynska B., Dudka S. (1989) Baseline zinc content of soils and plants in Poland. *Environmental Geochemistry and Healt*, 11 (1):9-24.
- Kalva Y. P. (1998) *Handbook of Reference Methods for Plant Analysis*, pp 287.
- Kannel P.R., Lee S., Kanel S.R., Khan,S.P. and Lee Y.S. (2007) Spatial-temporal. *Environmental Monitoring and Assessment*, 129 (1-3):433-459.

- Karageorgis P., Nikolaidis P., Karamanos H. and Skoulikidis N. (2003) Water and Sediment Quality Assessment of the Axios River and its Coastal Environment. *Continental Shelf Research*, 23:1929-1944.
- Karami B., Dhumal N., Golabi M., Jaafarzadeh N. (2009) Optimization the relationship between water quality index and physical and chemical parameters of water in Batmdeh wetland, Iran. *Journal of Applied Sciences* 9, (21):3900-3905.
- Keener V.W., Feyereisen G.W., Lall U., Jones, J.W. Bosch D.D., Lowrance R. (2009) El nino influences in Little river. *Journal of Hydrology*, 381:352-363
- Keeney D.R., Nelson D.W. (1982) *Methods of Soil Analysis. Part II. Chemical and Microbiological Properties*. 2nd edition Agron. 9 ASA and SSSA, Madison, WI. Nitrogen- inorganic forms, p 643-698.
- Kenaga E. E., Moolenaar R. J. (1979) Fish and Daphnia toxicity as surrogates for aquatic vascular plants and algae. *Environmental Science and Technology*, 13:1479-1480.
- Kilikidis S.D., Kamarianos A.P., Karamanlis X.N. (1992) Seasonal fluctuations of organochlorine compounds in the water of the Strimon River (N. Greece). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 49 (3):375-380.
- Kotti M., Vlessidis A., Athanasoulis N., Evmiridis N. (2005) Assessment of River Water Quality in Northwestern Greece *Water, Resources Management*, 19:77-94
- Koumtzis T., Samara C., Voutsas D., Zachariadis G. (1994) Evaluation on chemical parameters in Aliakmon river, Northern Greece: Part I: quality characteristics and nutrients. *Journal of Environmental Science and Health - Part A*, 29 (10):2115-2126.
- Kovda V., Yaron B., Shalhevet J. (1967) Quality of irrigation water. In: *Interactional Sourcebook on Irrigation and Drainage of Arid Lands in Relation to Salinity and Alkalinity*, FAO, 246-282.
- Kumar A.Y., Reddy M.V. (2008) Assessment of seasonal effects of municipal sewage pollution on the water quality of an urban canal- a case study of the Buckingham canal at Kalpakkam (India). *Environmental Monitoring and Assessment*, 157 (1-4): 223-234
- Lee S.H. (2007) Spatial and temporal variation and comparative assessment of water qualities of urban river system: a case study of the river Bagmati (Nepal). *Environmental Monitoring Assessment*, 129 (1-3): 433-455.
- Lee S.H., Jheong W.H., Kim T.S., Kim Y.H. (2010) Evaluation of mutagenic activity in the Nakdong river and advanced drinking water treatment processes. *Molecular and Cellular Toxicology*, 6 (3):287-293.
- Lia Y., Acharya K., Yu Z. (2011) Modeling impacts of Yangtze River water transfer on water ages in Lake Taihu, China. *Ecological Engineering*, 37 (2): 325-334.
- López-López J.A., García-Vargas M., Moreno C. (2011) A chemometric approach to the evaluation of atmospheric and fluvial pollutant inputs in aquatic systems: The Guadalquivir River estuary as a case study. *Environmental Pollution*, 159 (5):1136-1143.
- Loukas A. (2010) Surface water quantity and quality assessment in Pinios River, Thessaly, Greece. *Desalination*, 250 (1):266-273.
- Mandal P., Upadhyay R., Hasan A. (2009) Seasonal and spatial variation of Yamuna River water quality in Delhi, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 170 (1-4):661-670.
- Mandal P., Upadhyay R., Hasan A. (2010) Seasonal and spatial variation of Yamuna River water quality in Delhi, India. *Journal of applied sciences* 9 (21):661-670.
- Mason C.F. (1991) *Biology of fresh water pollution*, 2nd ed. Longman Scientific, Essex, pp 351.



- Mason C. F., Abdul – Husein M. (1991) Population dynamics and production of *Daphnia hyaline* and *Bosmina longirostris* in a shallow, eutrophic reservoir. *Freshwater Biology*, 25 (2): 243-260.
- Mayes R. A., McIntosh A. W., Anderson V. L. (1977) Uptake of cadmium and lead by a rooted aquatic macrophyte (*Elodea canadensis*). *Ecology*, 58 (5):1176-1180.
- Mayo A. W., Noike T. (1996) Effects of temperature and pH on the growth of heterotrophic bacteria in waste stabilization ponds. *Water Research*, 30:447-445.
- Metcalf J.L. (1989) Biological water quality assessment of running water based on macroinvertebrate communities *Pollution*, 60:101-139.
- Meybeck M. (1982) Carbon, nitrogen, and phosphorus transport by World Rivers. *American Journal of Science*, 282 (4):401-450.
- Miltner R. (2009) A Method and Rationale for Deriving Nutrient Criteria for Small Rivers and Streams in Ohio. *Environmental management*, 45 (4):842-855.
- Morel A., Bricaud A., Andre J. M., Pelaez-Hudlet J. (1990) Spatial temporal evolution of the Rhone river plume as seen by CZCS imagery: Consequences upon primary productions in the Gulf of Lions. In: Martin J. M. and Barth H. (Eds), *EROS 2000*. NERC, Plymouth, U. K., *Water Pollution Research representative*, 20:45-62.
- Mourkides G. A., Papadopoulou-Mourkidou E., Katsanos A. A., Kakanis P. K. (1990) Elemental Analysis of Water and Sediments By External Beam PIXE Part 4. Aliakmon River, Greece. *Chemistry and Ecology*, 4 (2):65-83.
- Munter R.C., Grande R.A. (1981) In: R.M. Barnes (Ed.), *Developments in Atomic Plasma Spectrochemical Analysis*. Heyden and Sons, London, England. Plant tissue and soil extract analysis by ICP-atomic emission spectrometry, p 653-672.
- Morse G. K., Lester J. N., Perry R. (1993) The economic and environmental impact of phosphorus removal from wastewater in the European Community. *Selper Publications*, pp 91.
- Moustaka – Gouni M., Nikolaidis G. (1994) Phytoplankton and nutrients of the River Nestos, Greece. *Fresenius Environmental Bulletin*, 3:152-157.
- Moutin T., Raimbault P., Golterman H. L., Coste B. (1998) The input of nutrients by the Rhone river into the Mediterranean Sea: recent observations and comparison with earlier data. *Hydrobiologia*, 373/374:237-246.
- Moustaka M., Nikolaidis G., Alias, C. (1992) Nutrients, Chlorophylla and Fresenius internal pull i., p 244-249.
- Mulvaney R. L. (1996) *Methods of Soil Analysis. Part III. Chemical Methods*. Agron. 5. ASA and SSSA, Madison, Wisconsin USA. Nitrogen - inorganic forms, p 1123-1184.
- Neal C., Robson A. G. (2000) A summary of river water quality data collected within the land-ocean interaction study: core data for eastern UK rivers draining to the North Sea. *Science Total Environ*, 251/252:585-665.
- Nikolaidis P., Karageorgis P., Kapsimalis V., Drakopoulou P., Skoulikidis T., Brehrendt H., Levkov Z. (2009) Management of nutrient emission of Axios river catchment: Their effect in the coastal zone of Thermaikos Gulf, Greece. *Ecological Modelling*, 220 (3):383-396.
- Newman M. C., McIntosh A. W. (1982) The influence of lead in component of freshwater ecosystem on molluscan tissue lead concentrations. *Aquatic Toxicology*, 2:1-19.
- Papafilippaki K., Kotti E., Stavroulakis G. (2008) Seasonal variations in dissolved heavy metals in the Keritis river, Chania, Greece. *Global Nest Journal*, 10 (3):320-325.

- Perkin-Elmer Corporation (1976) Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrophotometry. Perkin-Elmer Corporation, Norwalk, CT., pp 586.
- Pip E. (1990) Cadmium, copper and lead in aquatic macrophytes in Shoal Lake (Manitoba- Ontario). *Hydrobiologia*, 208:253-260.
- Piper A. (1944) A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis. *Transactions American Geophysical Union*, 25:914-928
- Piskunov L. I., Gushchyn V. M. (1981) Uptake of radionuclides by freshwater plants under natural conditions, (*Radiobiologiya*), 21 (5):730-736.
- Pott R. (1986) Die Vegetationsanfolgen unterschiedlicher Gewässertypen Nordwestdeutschlands und ihre Abhängigkeit vom Nährstoffgehalt des Wassers. *Westfälische Geographische Studien*, 42:173-189.
- Rafiu A.O., Roelien D.P., Isaac R. (2007) Influence of discharged effluent on the quality of surface water utilized for agricultural purposes. *African Journal of Biotechnology*, 6 (19):2251-2258.
- Ramakrishna, T.V. et al. (1968) *Analytica Chimica Acta*, 49:347 -352
- Ray S., White W. (1976) Selected aquatic plants as indicator species for heavy metal pollution *Journal of Environmental Science and Health part A*, 11 (12):717-725.
- Richards, I.A., U.S. Salinity Laboratory Staff (1954) Diagnosis and improvement of Saline Alkali Soils. Department of Agriculture Handbook 60, pp 160.
- Rixena T., Baum A., Sepryani H., Pohlmann T., Jose C., Samiaji J. (2010) Dissolved oxygen and its response to eutrophication in a tropical black water river. *Journal of Environmental Management*, 91 (8):1730-1737.
- Rosamond M.S., Thuss S.J., Schiff S.L., Elgood R.J. (2011) Coupled cycles of dissolved oxygen and nitrous oxide in rivers along a trophic gradient in Southern Ontario, Canada. *Journal of Environmental Quality*, 40 (1):256-270.
- Roulet M. G. (1975) Wasserlinsen (*Lemna minor L.*) als testpflanzen zur prüfung von Klarschlamm. *Schweizer Landwirtschaft - Forschung*, 14:79-82.
- Rowe E. L., Ziobro R. J., Wan C. J. K. and Dence C. W. (1982) The use of an alga *Chlorella pyrenoidosa* and a duckweed *Lemna perpusilla* as test organisms for toxicity bioassays of spent bleaching liquors and their components. *Environmental Pollution*, 27:289-296.
- Ryther J. H., Dunstan W. M. (1971) Nitrogen, phosphorus and eutrophication in the coastal marine. *Environment Science*, 171:1008-1013.
- Sawidis T., Voulgaropoulos A. N. (1986) Seasonal bioaccumulation of iron, cobalt and copper in marine algae from Thermaikos Gulf of the northern Aegean Sea, Greece. *Marine Environmental Research*, 19:39-47.
- Savvides T., Stratis J., Zachariadis G. (1991) Distribution of heavy metals in sediments and aquatic plants of the river Penaeus. *Environ*, 102:261-266.
- Sawidis T., Reiss H.D. (1995) Effects of heavy metals on pollen tube growth and ultrastructure. *Protoplasma*, 85:113-122.
- Sawidis T., Chettri M K., Zachariadis G. A., Stratis I. (1995) Heavy metals in aquatic plants and sediments from water systems in Macedonia, Greece. *Ecotoxicology and Environmental safety* 32:73-80.
- Sawidis T. (1997a) Chemical pollution monitoring of river Pinios in the Mediterranean climatic region. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 62:217-227.
- Sawidis T. (1997c) Accumulation and effects of heavy metals in *Lilium* pollen Processing Interactional Symposium on pollination. *Acta Horticulturae*, 437:153-157.

- Sawidis T., Brown M. T., Zachariadis G., Stratis I. (2001) Trace metal concentrations in marine macroalgae from different biotopes in the Aegean Sea. *Environment International*, 27:43-47.
- Scofield C. (1935) The Salinity of irrigation water. *Smithsonian Institute Annual Report*, p 275-287.
- Singh, A.K. (2002) Quality assessment of surface and subsurface water of Damodar River basin. *Indian Journal of Environmental Health*, 44 (1):41-49.
- Skoulikidis T. (2009) The environmental state of rivers in Balkans. – A review within the DPSIR framework. *Science of the Total Environment*, 407 (8):2501-2516.
- Skoulikidis T. (1993) Significance evaluation of factors controlling river water composition. *Environmental Geology*, 22:178-185.
- Spozito G. L., Land J., Chang, A. C. (1982) Trace metal Chemistry in acid-zone Field soils Amented with sewage studge. I. Gractionation of Ni, Cu, Zn, cd ahn Pd in solid phases. *Soil Science Society of America Journal*, 46:260-264.
- Stamatis G. (1999) The chemical composition of the surface system of Peneos river, Thessaly/Central Greece. *Environmental Geology*, 38 (2):126-140.
- Stratis J. A., Simeonov V., Zachariadis G., Sawidis T., Mandjukov P., Tsakovski S. (1996) Chemometrical approaches to evaluate analytical data from aquatic macrophytes and marine algae. *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*, 355:65 - 70.
- Stenback G.A., Crumpton W.G., Schilling K.E., Helmer, M.J. (2011) Rating curve estimation of nutrient loads in Iowa rivers. *Journal of Hydrology*, 396 (1-2):158-169.
- Sood A., Singh K.D., Pandey P., Sharma S. (2008) Assessment of bacterial indicators and physicochemical parameters to investigate pollution status of Gangetic river system of Uttarakhand (India). *Ecological Indicators*, 8 (5):709-717.
- Sundaray S. K. (2010) Application of multivariate statistical techniques in hydrogeochemichal studies—a case study: Brahmani-Koel river (India). *Environ Monitor Assess*, 164:297-310.
- Surindra S., Jitender S., Mayuri C., Arvind N. (2010) Water quality assessment of river Hindon at Ghaziabad, India: impact of industrial and urban wastewater. *Environmental Monitoring and Assessment*, 165 (1-4):103-112.
- Suthar S., Sharma J., Chabukdhara M., Nema A. (2010) Water quality assessment of river Hindon at Ghaziabad, India: impact of industrial and urban wastewater. *Environmental Monitory and Assessment*, p 103-112.
- Tan X., Shi X., Liu G., Xu H., Nie P. (2010) An approach to analyzing taxonomic patterns of protozoan communities for monitoring water quality in Songhua River, northeast China. *Hydrobiologia*, 638:193-201.
- Taylor J.K. (1987) *Quality Assurance of Chemical Measure ments*, pp 7585.
- Tryfon H., Moustaka – Gouni M., Nikolaidis G. (1996) Phytoplankton and Nutrients in the River Strymon, Greece. *International Revue Ges. Hydrobiology*, 8:281-292.
- Topinka J. A. and Robbins J.N. (1976) Effects of nitrate and ammonium enrichment on growth and nitrogen physiology in fungus spiralis. *Limnology and Oceanography*, 21:659-64.
- Tsouni A., Koutsoyiannis D., Kontoes C., Mamassisi N., Elias P. (2003) Application of satellite – based methods for estimating evapotranspiration in Thessalia plain, Greece. *EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, France*, 6-11 April.
- Tumas R. (2000) Evaluation and prediction of non point pollution in Lithuania. *Ecological Engineering*, 14:443-451.
- United States Salinity Laboratory Staff (1947) *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA Handbook No 60*, pp 157.

- UNEP (1994) United Nations Environment Programme.
- U.S. Salinity Laboratory Staff (1954) Diagnosis and improvement of Saline Alkali Soils. Department of Agriculture. Handbook 60, pp 160.
- Van D.G., Van Liere L., Admiraal W., Bert A, Bannink B., Cappon J. (1993) Present state of the water quality of European rivers and implications for management, *The Science of the Total Environment*. *The Science of the Total Environment*, 145:187-195.
- Varian, H.R. (1989) Chapter 10 Price discrimination. *Handbook of Industrial Organization* 1, p. 597-654.
- Vega P., Barrado E., Deban L. (1998) Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis, *Water Research*, 32:3581–3592.
- Venugopal. T., Giridharan. Z L., Jayaprakash Z M., Velmurugan A. (2008) Comprehensive Geochemical Evaluation of the Water Quality of River Adyar, India *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology* (2009), 82:211–217.
- Voulgaropoulos A., Fytianos K., Apostolopoulou A., Gounaridou X. (1987) Correlation of some organic pollution factors in water systems in northern Greece. *Water Research*, 21 (3):253-256.
- Voutsas D., Zachariadis G., Samara C., Kouimtzis T. (1995) Evaluation of chemical parameters in Aliakmon river/Northern Greece. Part II: Dissolved and particulate heavy metals. *Journal of Environmental Science and Health - Part A. Environmental Science and Engineering and Toxicology*, 30 (1):1-13.
- Voutsas D., Manoli E., Samara C., Sofoniou M., Stratis I. (2000) A study of surface water quality in Macedonia, Greece: speciation of nitrogen and phosphorus, *Water, Air, and Soil Pollution*, 129:13–32.
- Waite T., Mitchell R. (1972) The effect of nutrient fertilization on the benthic alga *Ulva lactuca*. *Botanica Marina*, 15:151-156.
- Wakawaa R. J., Uzairua A., Kagbua J.A., Balarabe M.L. (2010) Seasonal variation assessment of impact of industrial effluents on physicochemical parameters of surface water of River Challawa, Kano, Nigeria. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 92 (1):27-38.
- Walkley A., Black I.A. (1934) An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 3:29–37.
- Watson M.E., Isaac R.A. (1990) *Soil Testing and Plant Analysis*. Third edition. SSSA Book Series Number 3. Soil Science Society of America, Madison, WI. Analytical instruments for soil and plant analysis, In; R.L. Wasterman (Ed.), p 691-740.
- Welsh P., Denny P. (1980) Waterplants and recycling of heavy metals in an English lake, in D.D. Hemphill (Ed.), *Trace substances in Environmental Health*, University Missouri, Columbia, p. 217-223.
- Westbroek R., Temmerman M. (2001) In line measurement of chemical oxygen demand by means of multipulse amperometry at a rotating Pt – ring Pt / PBO<sub>2</sub> disc electrode *Analytica Chimica Acta*, 437 (1):95-105.
- Westcot D.W., Ayers R.S. (1985). *Water quality for agriculture, Irrigation and drainage paper*, FAO, 29 (1):99-10.
- Wetzel R.G. (1983) *Limnology*, Second Edition, CBS College Publishing, New York, pp 767.
- White Jr.R.T., Douthih G.E. (1985) Use of microwave oven and nitric acid/hydrogen

Peroxide digestion to prepare botanical materials for elemental analysis by inductively coupled argon plasma emission spectroscopy. *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*, 68:766-769.

Withers P.J.A., Jarvie H.P., Stoate C. (2011) Quantifying the impact of septic tank systems on eutrophication risk in rural headwaters. *Environment International*, 37 (3):644-653.

Wilcox, L.V. (1955) Classification and use of irrigation waters. Publisher Washington: U.S. Department of Agriculture (USDA), pp 19.

Wilcox L.V., Magistad O.C. (1943) Interpretation of analyses of irrigation waters and the relative tolerance of crop plants. U. S. Department of Agriculture (USDA),

Wilcox L.V. (1958) Determining the quality of irrigation water. *Agriculture Information Bulletin No.197*, U.S. Department of Agriculture (USDA), pp 6.

Wilcox L.V. (1958) Water quality from the standpoint of irrigation. *Journal American Water Works Association*, 50:650-654. NA. Riverside, California, pp 6.

Yang Y.G., He Z.L., Lin Y., Stoffella P.J. (2010) Phosphorus availability in sediments from a tidal river receiving runoff water from agricultural fields. *Agricultural Water Management*, 97 (11):1722-1730.

Young RA, Morse GK, Scrimshaw MD, Kinniburgh J.H, Mac-Leod CL., Lester J.N. (1999) The relation between phosphorus and eutrophication in the Thames catchment, UK. *Science Total Environment*, 228:157-83.

Yu J., HO W.,T., Lu H.M., Yang Y.F. (2011) Study on water quality genotoxicity of surface microlayer and subsurface water in Guangzhou section of Pearl River. *Environmental Monitoring and Assessment*, 174 (1-4):681-692.

Zhou W., Long A., Jiang T., Chen S., Huang L., Huang H., Cai C., Yan Y. (2011) Bacterioplankton dynamics along the gradient from highly eutrophic Pearl River Estuary to oligotrophic northern South China Sea in wet season: Implication for anthropogenic inputs. *Marine Pollution Bulletin*, 62 (4):726-733.

## Ελληνική βιβλιογραφία

- Αγγελίδης Μ. (1993) «Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (COD), Σημειώσεις μαθήματος -Εργαστηριακές Ασκήσεις Περιβαλλοντικής Χημείας», Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη, σελ. 88.
- Αντωνόπουλος Β. (1995) Ποιότητα Υδατικών Πόρων,» στο: Υδατικοί Πόροι: Ι, Τεχνική Υδρολογία. Γ. Τσακίρης (Υπεύθυνος έκδοσης), εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα, σελ. 579-61
- Αντωνόπουλος Ζ. (2003) Υδραυλική Περιβάλλοντος και Ποιότητα Επιφανειακών Υδάτων, Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη, σελ. 505.
- Αργυρόπουλος Ζ. και Σαμαρά Τ. (2008) Μελέτη Εξυγίανσης- Αποκατάστασης της αρδευτικής τάφρου 813 Τ – «Ασμάκι», σελ. 160
- Δημητρακόπουλος Δ. (2002) Στοιχεία και ασκήσεις υδροχημείας, Ε.Μ.Π., Σχολή Μεταλλειολόγων Μηχανικών, Αθήνα, σελ 124.
- Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων Υγροτόπων (ΕΚΒΥ) (1994) Απογραφή Ελληνικών Υγροτόπων και Φυσικών Πόρων. Σελ 587.
- ENVECO (2010) Οικολογική μελέτη βάσης για την κοιλάδα των Τεμπών και την ευρύτερη περιοχή, σελ. 362.
- Ζανάκη Κ. (2001) Έλεγχος Ποιότητας Νερού. Εκδόσεις Ίων, σελ. 508.
- Ζήση Σ. Ε. (2007) «Περιβαλλοντικοί παράγοντες και έλεγχος ποιότητας νερού του ποταμού Ληθαίου». Πτυχιακή εργασία, σελ.62.
- Κουμτζής Θ., Φυτιάνος Κ., Σαμαρά-Κωσταντίνου Σ. (1998) Χημεία Περιβάλλοντος, σελ. 376.
- Κουμτζής Θ., Φυτιάνος Κ., Σαμαρά-Κωσταντίνου Σ. (2004) Έλεγχος της ρύπανσης του Περιβάλλοντος, σελ. 385.
- Κουτρουβέλης Ι. (1999) Βασικά εργαλεία και μέθοδοι για τον έλεγχο της ποιότητας. Τόμος Α. Πιθανότητες και στατιστική Ι. Μεταπτυχιακό πρόγραμμα Διασφάλιση Ποιότητας, σελ. 147-161.
- Κ.Υ.Α 80568/4225/1991 - Μέθοδοι όροι και περιορισμοί για τη χρησιμοποίηση στη γεωργία της ύλης που προέρχεται από επεξεργασία οικιακών & αστικών λυμάτων.
- Κυπριακή Δημοκρατία, Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος οι περί ελέγχου της ρύπανσης των νερών νόμοι του 2002 μέχρι 2008 και οι περί της ολοκληρωμένης πρόληψης και ελέγχου της ρύπανσης νόμοι του 2003 μέχρι 2008.
- Κυρατσάκης Γ. (2010) Έκθεση συμπερασμάτων μηνών Αυγούστου – Σεπτεμβρίου – Οκτωβρίου – Νοεμβρίου 2010 που προκύπτουν από τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών και των δοκιμών που διενεργήθηκαν σε τρεις καθορισμένους σταθμούς δειγματοληψίας του Πηνειού ποταμού, σελ. 95.
- Κωτσόπουλος Σ., Αλεξίου Ι., Λόκκας Φ., Γραβάνης Γ., Μαγαλιός Σ. (2007) Αποτελεσματικότητα των ταμιευτήρων του Τ.Ο.Ε.Β. Πηνειού στην κάλυψη αρδευτικών αναγκών. Πρακτικά 5<sup>ου</sup> συνεδρίου Εταιρείας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος (ΕΓΜΕ), Λάρισα, σελ. 320-328.
- Μισοπολινός Ν. (1991) Προβληματικά εδάφη, σελ. 188.
- Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Γουλανδρή (2004) Ερπετά της Ελλάδας και της Κύπρου, σελ. 275,
- Νεοφύτου Χρ. (1997) Ιχθυολογία, σελ. 290.
- Νικολοπούλου Π. (2010) Οικολογική κατάσταση και ανάλυση πιέσεων στη λεκάνη απορροής του ποταμού Σοφαδίτη» Μεταπτυχιακή - Διπλωματική εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, τμημάτων Βιολογίας, Γεωλογίας και Πολιτικών Μηχανικών, σελ. 143.

Οδηγία 86/278/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 12/6/86 σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος.

Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23/10/2000 για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων (L 327 EL 22.12.2000).

Όντρια Ι. (1997) Η πανίδα της Ελλάδας – Πτηνά, σελ. 307.

Παπαδοπούλου-Μουρκίδου Ε. (2002) Πρόγραμμα Ελέγχου Ποιότητας Επιφανειακών Υδάτων στη Μακεδονία-Θράκη -τελική έκθεση αποτελεσμάτων», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, σελ. 133.

Στάμου Ι. και Βογιατζής Σ. (1994) Βασικές Αρχές και Σχεδιασμός Συστημάτων Επεξεργασίας Αποβλήτων, 2η έκδοση, ΤΕΕ, Αθήνα, 371 σ.Ταταρίδου, Α. (2007).

Μεταπτυχιακή διατριβή «προσομοίωση της ποιότητας των υδάτων ποταμών και υδατορρευμάτων. σελ. 371.

Φλωράς Σ., Σγούρας Ι., Πατέρας Δ., Ζέρβα-Καπετανάκη Γ., Μακρίδης Χ. (1997) Εδαφολογική μελέτη του Ν.Α. τμήματος Ζώνης 2 έργων εκτροπής του Αχελώου ποταμού (ευρύτερης περιοχής αποξηρανθείσας λίμνης Κάρλας). Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας (ΕΘ.Α.Γ.Ε.) Ινστιτούτο Χαρτογράφησης Εδαφών (Ι.Χ.Τ.Ε.Λ.), σελ. 108.

Χανδρινός Γ. και Δημητρακόπουλος Α. (1979) Αρπακτικά πουλιά της Ελλάδας, σελ 199.

## 7. ABSTRACT

This thesis aimed to study water quality and formulating proposals for drainage - irrigation ditch "Asmakiou" belonging to the Regional Apartments Larissa and Magnesia and extends from the point of pumping water to the river Peneus and remote areas irrigated on the outskirts of Lake Karla. This ditch is mostly drainage-irrigation ditch which is mainly used for irrigation purposes, with its central axis to a total length of about 15,5 Km. It should be noted that the total length of irrigation - drainage network in the region, reaches about four hundred kilometres (Local Agency Land Reclamation (Peneus T.O.E.V.)).

In total, twelve two-month water samples and two sediment were taken during the period 2008-2009. The data for the evaluation arose after the chemical analysis of water and sediment. Specifically, in many cases (especially in the area of Karla) too high values of electrical conductivity (EC) (which appears due to leaching of saline soils), high total hardness values, elevated concentration of  $\text{Na}^+$ , very high  $\text{BOD}_5$ , COD and low DO values were found. The "Asmaki" presented at many points obvious industrial pollution, high alkaliosi, intense anoxic conditions and high organic pollution.

Eutrophication was the dominant effect of the waters of the moat, which was evident in almost all its length, especially during the summer. The part that extends from station S5 to S12 and the station, where there are industries operating in the area was in high eutrophication. Unlike the degree of eutrophication was much lower in the agricultural sector.

The concentration of D.O. appears low, especially in the area covered by the stations S7 and S11 (Chatzidima distilleries and slaughterhouses Gyrtionis) with M.O D.O. =  $2,40 \text{ mg/l} \pm 1,692 < 4,00 \text{ mg/l}$ , a factor which indicates the existence of



reducing conditions and is consistent with the lowest prices concentrations of nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), for the same field, despite nitrate fertilizer runoff (M.O.  $\text{NO}_3^- = 0,69 \text{ mg}/\ell$ ), and the relatively high rates of ammonium ion concentrations on the same field (M  $\text{NH}_4^+ = 1,85 \pm 1,975 \text{ mg}/\ell$ , compared with average of  $[\text{NH}_4^+]$  for the remaining area (stations S2 - S6:  $0,38 \text{ mg}/\ell \pm 0,812$ ).

In contrast, high concentrations of DO were presented where there was considerable industrial activity, and other imponderable factors pollution of surface water with high organic waste load (stations S2 - S5), where the mean DO was  $7,82 \pm 1,582 \text{ mg}/\ell$ , evidence indicates low organic load and partially agrees with the values of biochemical oxygen demand (BOD5) in MO =  $13,00 \text{ mg} \pm 7,642 \text{ O}_2/\ell$ , which is prohibitive for living kyprineidon (desirable limit  $6 \text{ mg O}_2/\ell$ ) (98/03/EK EU Directive - EC Directive 75/440/EEC - Quality of surface waters). The values of COD, showed almost the same variation with that showed by prices of BOD5, for the same sampling points.

It is noteworthy that the concentrations of ammonium ions ( $\text{NH}_4^+$ ) remain on an annual basis the biggest limit of  $1 \text{ mg}/\ell$ . Also, there is only one significant concentration of nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) from all sampling points ( $69 \text{ mg}/\ell$  - 29/07/2008 - Station S11). There was a proportional relationship between conductivity (EC) and the concentration of sodium ions ( $\text{Na}^+$ ), calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ) magnesium ( $\text{Mn}^{++}$ ), chlorine ( $\text{Cl}^-$ ) and sulphate ( $\text{SO}_4^-$ ) which were found by the measurements. Very high concentrations of sulphate were measured in stations S2 and S3, throughout the year, with averages  $1166,09 \text{ mg}/\ell \pm 512$  and  $901,25 \pm 456 \text{ mg}/\ell$ , which is consistent with the high conductivity values and chlorinated for the respective area.

As shown by the analysis of five key heavy metals in the sediment values do not exceed the permissible limits of safety legislation.

The results of this study demonstrated that the "Asmaki" is characterized by chronic pollution problems and more akin to cable than to waste irrigation-drainage ditch. So under these circumstances, it can not respond simultaneously to multiple missions, mainly in irrigation and drainage function, the dual use as a recipient of industrial waste. It still can not meet the requirements of the fish or serve as a natural wetland, since the industries which flow into it do not meet the environmental conditions of operation, and the margins for its unaffected operation are close as these missions, are incompatible with each other.

Statistical analysis of the variability of chemical parameters in most cases showed significant differences between sampling periods, and between sampling stations. The exception is the Ph, the P, the  $\text{NO}_2^-$  ·  $\text{NO}_3^-$  and lesser extent the  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{--}$ , the SAR and  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  for which the statistical analysis showed smaller fluctuations.

Keywords: Water quality, drainage network, irrigation canal, hydrochemistry, irrigation channel, eutrophication.

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

**Πίνακας 26 :** Το βάθος στα σημεία των δειγματοληψιών σε m

	Σ1	Σ2	Σ3	Σ4	Σ5	Σ6	Σ7	Σ8	Σ9	Σ10	Σ11	Σ12
22/01/2008	0,30	0,30	0,30	0,40	0,50	0,20	0,10	0,10	0,10	0,50	0,10	0,30
18/03/2008	0,20	0,30	0,40	0,50	0,50	0,30	0,20	0,20	0,20	0,60	0,20	0,30
20/05/2008	0,20	0,20	0,30	0,30	0,40	0,30	0,20	0,20	0,20	0,60	0,20	0,30
29/07/2008	0,20	0,50	0,30	0,30	0,40	0,30	0,20	0,10	0,20	0,60	0,20	1,20
23/09/2008	0,10	<b>X.P.</b>	0,20	0,40	<b>X.P.</b>	0,20	0,10	0,10	0,20	0,50	0,20	1,00
21/11/2009	0,40	0,50	0,40	0,50	0,60	0,40	0,20	0,20	0,20	0,60	0,10	<b>X.P.</b>
23/01/2009	0,50	0,70	0,60	0,70	0,80	0,70	0,40	0,50	0,50	1,80	0,40	0,80
19/03/2009	0,50	0,70	0,60	0,70	0,80	0,70	0,40	0,50	0,50	1,70	0,40	0,80
18/05/2009	0,40	0,40	0,40	0,50	0,50	0,40	0,30	0,40	0,40	1,10	0,40	1,20
21/07/2009	0,30	0,30	0,30	0,40	0,50	0,40	0,20	0,30	0,30	0,80	0,40	1,00
21/09/2009	0,30	0,30	0,20	0,20	0,30	0,30	0,10	0,20	0,20	0,50	0,30	1,00
17/11/2009	0,50	0,50	0,50	0,20	0,40	0,30	0,30	0,30	0,30	0,80	0,40	0,80

**Πίνακας 27 :** Το πλάτος στα σημεία των δειγματοληψιών σε m.

	Σ1	Σ2	Σ3	Σ4	Σ5	Σ6	Σ7	Σ8	Σ9	Σ10	Σ11	Σ12
22/01/2008	1,40	2,70	3,40	3,70	5,30	12,00	2,00	2,30	3,20	4,50	2,00	2,50
18/03/2008	1,40	2,70	3,80	3,80	5,30	13,00	2,30	3,00	3,40	5,00	2,50	2,50
20/05/2008	1,30	2,50	3,40	3,20	5,00	13,00	2,30	3,00	3,40	5,00	2,50	2,50
29/07/2008	1,30	3,00	3,40	3,20	5,00	13,00	2,30	2,30	3,40	5,00	2,50	4,70
23/09/2008	1,00	<b>X.P.</b>	3,20	3,70	<b>X.P.</b>	12,00	2,00	2,30	3,40	4,50	2,50	4,50
21/11/2008	1,50	3,00	3,80	3,80	6,00	17,00	2,30	3,00	3,40	5,00	2,00	<b>X.P.</b>
23/01/2009	1,60	3,50	4,20	4,30	6,80	20,00	2,30	3,00	3,40	7,50	3,00	3,70
19/03/2009	2,60	3,50	4,20	4,20	6,80	17,00	2,30	3,50	3,40	6,50	3,00	3,70
18/05/2009	1,50	2,80	3,40	3,80	5,30	17,00	2,30	3,20	3,40	5,50	3,00	4,70
21/07/2009	1,40	2,70	3,40	3,70	3,70	17,00	2,00	3,20	3,40	5,00	3,00	4,50
21/09/2009	1,40	2,70	3,20	3,00	3,50	13,00	2,00	2,00	3,20	4,50	2,80	4,50
17/11/2009	1,60	3,00	4,00	3,00	5,00	13,00	2,00	3,20	3,00	5,50	3,00	3,70

\*X.P. = Χωρίς ροή

**Πίνακας 28 :** Η διακύμανση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΙ	22/01/08	18/03/08	20/05/08	29/07/08	23/09/08	21/11/08	22/01/09	18/03/09	18/05/09	21/07/09	21/09/09	17/11/09	M.O	Min.	Max.
1	Σ1	4710	3100	2200	1470	1240	1250	720	1200	1120	2350	2070	960	1865,83	720	4710
2	Σ2	9600	6290	1450	4950	X.P.	3890	9900	7270	7540	6700	6440	3910	6176,36	1450	9900
3	Σ3	8490	9060	1390	11700	5470	4250	11300	4270	3170	3880	2030	3870	5740,00	1390	11700
4	Σ4	636	2150	1340	2350	2860	6340	5980	1660	1020	3160	2050	5960	2958,83	636	6340
5	Σ5	3170	2030	1000	2840	X.P.	3640	2820	1010	838	805	1210	3050	2037,55	805	3640
6	Σ6	1380	659	654	1220	1250	1210	618	669	740	694	950	930	914,50	618	1380
7	Σ7	435	604	512	565	443	451	482	421	2420	424	1500	1160	784,75	421	2420
8	Σ8	1510	2790	532	2470	514	980	1020	980	508	474	491	758	1085,58	474	2790
9	Σ9	1110	1370	609	856	1860	1580	460	940	599	508	649	2070	1050,92	460	2070
10	Σ10	833	2230	576	3090	2530	5360	693	534	1130	529	1970	1540	1751,25	529	5360
11	Σ11	1200	1340	684	3740	2160	2570	2560	2320	759	2130	2580	2180	2018,58	684	3740
12	Σ12	500	460	647	900	840	X.P.	448	456	518	501	578	617	587,73	448	900
	<b>M.O.</b>	2797,83	2673,58	966,17	3012,58	1916,70	2865,55	3083,42	1810,83	1696,83	1846,25	1876,50	2250,42			

**Πίνακας 29 :** Η διακύμανση του pH (μονάδα pH) στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΙ	22/01/08	18/03/08	20/05/08	29/07/08	23/09/08	21/11/08	22/01/09	18/03/09	18/05/09	21/07/09	21/09/09	17/11/09	M.O	Min.	Max.
1	Σ1	7	7,5	7,3	8,1	7,6	8,1	7,9	8,2	7,7	8,2	7,9	7,6	7,76	7,00	8,20
2	Σ2	8,7	8,6	7,8	9	X.P.	8,7	8,2	8,2	8,7	9,2	8,7	7,9	8,52	7,80	9,20
3	Σ3	8,7	8,3	7,9	7,7	7,8	8,4	8	8,3	8,3	8,6	8	7,9	8,16	7,70	8,70
4	Σ4	7,4	8,8	7,8	8,2	8,2	8,3	6	8,1	7,7	7,9	7,8	7,9	7,84	6,00	8,80
5	Σ5	8,3	7,9	7,1	8,6	X.P	8,4	7,9	8	7,8	7,8	7,9	8,1	7,98	7,10	8,60
6	Σ6	7,9	8,9	7,1	8,8	8,4	8,1	7,6	7,3	7,8	8,3	8,3	7,8	8,03	7,10	8,90
7	Σ7	7,5	7,6	7,1	7,4	7,9	7,6	6,9	7,7	6,9	7,7	7,8	7,6	7,48	6,90	7,90
8	Σ8	8,3	8,8	7,3	8,6	7,7	7,7	7,8	7,6	7,7	7,7	7,7	7,4	7,86	7,30	8,80
9	Σ9	7,3	7,6	7,1	7,2	7,5	7,8	7,4	7,2	7,4	7,4	7,3	7,5	7,39	7,10	7,80
10	Σ10	7,3	7,2	7,5	5,7	7,7	7,5	7,7	7,9	7,6	7,6	7,7	7,8	7,43	5,70	7,90
11	Σ11	7,9	7,2	7,3	7,7	7,7	7,9	8	7,9	7,5	7,7	7,8	7,7	7,69	7,20	8,00
12	Σ12	8	8,4	7	8,3	8	X.P.	8,2	8,2	8,1	8,2	8,4	8	8,07	7,00	8,40
	<b>M.O.</b>	7,86	8,07	7,36	7,94	7,85	8,05	7,63	7,88	7,77	8,03	7,94	7,77			

X.P. = Χωρίς ροή, M.O. = Μέσος Όρος.

**Πίνακας 30 :** Η διακύμανση της θερμοκρασίας κατά την ώρα της δειγματοληψίας (°C) στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΙ	22/01/08	18/03/08	20/05/08	29/07/08	23/09/08	21/11/08	22/01/09	18/03/09	18/05/09	21/07/09	21/09/09	17/11/09	M.O	Min.	Max.
1	Σ1	9,5	22,0	19,0	22,5	20,5	12,0	12,0	11,0	16,7	21,0	17,0	11,0	16,18	9,5	22,5
2	Σ2	7,5	16,0	23,0	24,0	X.P.	13,0	11,5	12,0	22,8	26,0	21,0	12,5	17,21	7,5	26,0
3	Σ3	6,8	16,0	25,0	22,6	16,5	13,0	11,5	11,0	22,5	26,5	20,0	12,0	16,95	6,8	26,5
4	Σ4	10,7	19,0	25,5	26,0	18,5	13,5	10,8	10,5	22,6	27,5	19,5	12,0	18,01	10,5	27,5
5	Σ5	10,5	22,0	26,0	27,3	X.P.	13,5	10,8	10,5	21,5	25,2	19,5	12,5	18,12	10,5	27,3
6	Σ6	12,0	15,0	28,0	26,3	18,7	12,5	11,5	12,5	23,0	27,0	21,0	14,5	18,50	11,5	28,0
7	Σ7	18,0	22,0	32,0	24,0	20,9	15,0	33,0	18,0	22,1	22,7	18,5	15,0	21,77	15,0	33,0
8	Σ8	11,0	19,0	25,0	25,4	17,4	28,0	12,0	12,0	22,2	28,0	17,0	15,5	19,38	11,0	28,0
9	Σ9	15,0	19,0	28,0	23,4	18,5	16,0	11,2	12,0	20,2	25,9	20,0	16,0	18,77	11,2	28,0
10	Σ10	15,0	19,0	25,0	31,3	18,2	16,0	10,9	15,0	21,7	26,8	19,0	20,0	19,83	10,9	31,3
11	Σ11	13,0	20,0	27,0	22,4	19,0	16,0	12,0	16,0	20,4	24,0	19,0	14,5	18,61	12,0	27,0
12	Σ12	14,0	22,0	25,0	25,3	19,4	X.P.	14,5	11,0	21,8	27,4	19,2	16,0	19,60	11,0	27,4
	<b>M.O.</b>	11,92	19,25	25,71	25,04	18,76	15,32	13,48	12,63	21,46	25,67	19,23	14,29			

**Πίνακας 31 :** Η διακύμανση των ιόντων ασβεστίου (Ca<sup>++</sup>) σε mg/l στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΙ	22/01/08	18/03/08	20/05/08	29/07/08	23/09/08	21/11/08	22/01/09	18/03/09	18/05/09	21/07/09	21/09/09	17/11/09	M.O	Min.	Max.
1	Σ1	172	160	184	118	68	62	51	53	83	138	96	70	104,58	51,0	184,0
2	Σ2	187	132	94,7	60	X.P.	48,5	290	165	132	91,3	85	105	126,41	48,5	290,0
3	Σ3	170	183	88	210	102	94	260	137	139	82	61	95	135,08	61,0	260,0
4	Σ4	61	81	88	40	53	166	190	70	71	93	66	150	94,08	40,0	190,0
5	Σ5	80	78	86	50	X.P.	107	105	66	67	60	42	82	74,82	42,0	107,0
6	Σ6	48	35	88	42	46	43	60	55	63	54	45	31	50,83	31,0	88,0
7	Σ7	28	28	39	30	25	15	38	21	60	26	54	35	33,25	15,0	60,0
8	Σ8	54	42	68	20	39	92	49	60	68	56	33	85	55,50	20,0	92,0
9	Σ9	67	52	71	60	87	54	29	49	66	63	48	77	60,25	29,0	87,0
10	Σ10	63	81	74	96	84	107	60	63	65	53	68	76	74,17	53,0	107,0
11	Σ11	48	75	64	250	82	89	96	80	60	119	73	68	92,00	48,0	250,0
12	Σ12	59	60	81	58	90	30	66	68	71	61	60	49	62,75	30,0	90,0
	<b>M.O.</b>	86,42	83,92	85,48	86,17	67,60	75,63	107,83	73,92	78,75	74,69	60,92	76,92			

X.P. = Χωρίς ροή, M.O. = Μέσος Όρος.

**Πίνακας 32 :** Η διακύμανση των ιόντων μαγνησίου ( $Mg^{++}$ ) σε mg/ℓ στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΙ	22/01/08	18/03/08	20/05/08	29/07/08	23/09/08	21/11/08	22/01/09	18/03/09	18/05/09	21/07/09	21/09/09	17/11/09	M.O	Min.	Max.
1	Σ1	91	59	36	19	12	10	6	18	27	45	20	12	29,58	6,0	91,0
2	Σ2	676	375	67,9	331,6	X.P.	220	580	398	446	419,6	360	176	368,19	67,9	676,0
3	Σ3	578	590	64	947	334,7	241	670	250	209	254	86	160	365,31	64,0	947,0
4	Σ4	23	90	66	124	138	311	310	73	41	208	92	230	142,17	23,0	311,0
5	Σ5	120	93	46	150	X.P.	147	108	41	28	28	39	92	81,09	28,0	150,0
6	Σ6	31	23	22	40	48	37	21	22	25	26	28	23	28,83	21,0	48,0
7	Σ7	8	17	13	7	7	9	8	9	9	8	29	23	12,25	7,0	29,0
8	Σ8	37	71	19	94	20	48	43	38	20	23	24	31	39,00	19,0	94,0
9	Σ9	15,1	28	22	29	28	42	7	17	22	24	25	28	23,93	7,0	42,0
10	Σ10	21	21	25	29	49	50	21	20	20	25	62	55	33,17	20,0	62,0
11	Σ11	34	48	30	190	98	102	131	105	28	104	127	91	90,67	28,0	190,0
12	Σ12	18	17	25	37	54	X.P.	18	19	19	22	27	28	25,82	17,0	54,0
	M.O.	137,68	119,33	36,33	166,47	78,87	110,64	160,25	84,17	74,50	98,88	76,58	79,08			

**Πίνακας 33 :** Η διακύμανση των ιόντων καλίου ( $K^+$ ) σε mg/ℓ στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΙ	22/01/08	18/03/08	20/05/08	29/07/08	23/09/08	21/11/08	22/01/09	18/03/09	18/05/09	21/07/09	21/09/09	17/11/09	M.O	Min.	Max.
1	Σ1	11	65	35	25	27	29	16	37	14	18	74	29	31,67	11,0	74,0
2	Σ2	11	19	3,8	6,5	X.P.	4,1	7,5	5,9	9,4	5,3	6,5	7,5	7,86	3,8	19,0
3	Σ3	11	17	3,6	1	7,6	6,1	7,6	5,2	4,5	5,1	6,7	7,8	6,93	1,0	17,0
4	Σ4	2,5	17	3,4	8,8	8,6	14	7,6	3,9	4,4	7,3	5,6	7,1	7,52	2,5	17,0
5	Σ5	14	7,2	3,6	9,2	X.P.	9,8	8,9	4,6	6,3	4	5,4	7,4	7,31	3,6	14,0
6	Σ6	19	7,2	6,1	7,1	18	17	6,4	9,5	8	6	6,2	6,1	9,72	6,0	19,0
7	Σ7	3,9	4,8	6,3	12	5,3	6,9	14	4,1	430	2,1	42	21	46,03	2,1	430,0
8	Σ8	5,7	17	3,2	12	4,3	11	3,1	4,3	2,3	3,4	4,1	3,6	6,17	2,3	17,0
9	Σ9	4,4	4,8	0,9	5,3	8,4	4,4	7,6	7,3	2,3	4,2	6,8	4,7	5,09	0,9	8,4
10	Σ10	5,8	14	3,3	44	32	43	4,8	3	8,3	3,8	12	8,5	15,21	3,0	44,0
11	Σ11	7,6	7,2	5,8	1,3	34	44	37	38	9,3	10	19	31	20,35	1,3	44,0
12	Σ12	2,6	4,6	5	6,3	6,9	X.P.	1,9	1,9	2,5	4,1	4,7	2,5	3,91	1,9	6,9
	M.O.	8,21	15,40	6,67	11,54	15,21	17,21	10,20	10,39	41,78	6,11	16,08	11,35			

X.P. = Χωρίς ροή, M.O. = Μέσος Όρος.

**Πίνακας 34 :** Η διακύμανση των ιόντων νατρίου (Na<sup>+</sup>) σε mg/ℓ στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΙ	22/01/08	18/03/08	20/05/08	29/07/08	23/09/08	21/11/08	22/01/09	18/03/09	18/05/09	21/07/09	21/09/09	17/11/09	M.O	Min.	Max.
1	Σ1	680	300	220	76	170	150	71	140	83	270	220	64	203,67	64,0	680,0
2	Σ2	780	570	130	500	X.P.	460	950	900	940	850	810	500	671,82	130,0	950,0
3	Σ3	760	710	120	900	590	490	1200	480	390	430	210	510	565,83	120,0	1200
4	Σ4	27	210	100	270	370	840	670	180	77	400	220	840	350,33	27,0	840,0
5	Σ5	390	200	84	310	X.P.	470	340	91	68	77	140	460	239,09	68,0	470,0
6	Σ6	190	68	37	160	190	170	48	57	67	62	100	120	105,75	37,0	190,0
7	Σ7	80	83	56	79	77	77	67	71	140	71	190	180	97,58	56,0	190,0
8	Σ8	240	390	28	320	45	55	76	98	9,4	15	30	35	111,78	9,4	390,0
9	Σ9	180	200	37	61	260	220	62	140	28	18	45	340	132,58	18,0	340,0
10	Σ10	84	320	9,3	480	380	960	55	26	130	25	240	180	240,78	9,3	960,0
11	Σ11	120	120	47	260	230	280	240	210	44	210	310	240	192,58	44,0	310,0
12	Σ12	17	7,5	28	48	50	X.P.	8,8	8,8	9,3	18	21	35	22,85	7,5	50,0
	<b>M.O.</b>	295,67	264,88	74,69	288,67	236,20	379,27	315,65	200,15	165,48	203,83	211,33	292,00			

**Πίνακας 35 :** Η διακύμανση των αμμωνιακών ιόντων (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) σε mg/ℓ στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΙ	22/01/08	18/03/08	20/05/08	29/07/08	23/09/08	21/11/08	22/01/09	18/03/09	18/05/09	21/07/09	21/09/09	17/11/09	M.O	Min.	Max.
1	Σ1	5,2	10	7,8	8,7	15,5	34,7	23,9	8,6	7,2	1,8	18	18	11,34	1,80	23,90
2	Σ2	0	0	0,1	0,2	X.P.	0,15	0,14	0,04	0	0	0,9	0,2	0,16	0,00	0,90
3	Σ3	0	0	0	0,4	0,3	0,2	0,28	0,1	0	0,3	0,12	0,1	0,15	0,00	0,40
4	Σ4	0,5	0,1	0	0,1	0,5	0,8	0,02	0,07	0,07	0,73	0,2	0,2	0,27	0,00	0,80
5	Σ5	0,6	0,1	0,1	0,1	X.P.	1,03	0,68	0,05	0,07	0,3	0,2	0,1	0,30	0,05	1,03
6	Σ6	11	0,1	1,5	0,2	0,7	1,03	0,48	0,43	0,59	0,15	0,22	0,22	1,39	0,10	11,00
7	Σ7	2,9	0,3	2,4	1,1	0,9	0,76	4,53	1,59	2,1	1,34	5,6	5,6	2,43	0,30	5,60
8	Σ8	0	0,3	0,6	0,2	4,2	8,83	0,02	0,04	0,21	0	0,19	0,2	1,23	0,00	8,83
9	Σ9	0,3	0,8	0	0,2	2,2	4,19	0,23	1,61	0,28	0,2	0,95	1	1,00	0,00	4,19
10	Σ10	1,7	0,2	0,1	0,9	1,1	1,7	0,75	0,03	0,1	0,53	0,6	0,6	0,69	0,03	1,70
11	Σ11	6,3	9,2	0,6	0,1	3,5	7,9	5,96	10,2	6,8	10,53	2,86	2,9	5,57	0,10	10,53
12	Σ12	0,8	0,5	1,5	1,2	0,6	X.P.	0,3	0,08	0,61	0,1	0,04	0	0,52	0,00	1,50
	<b>M.O.</b>	2,44	1,80	1,23	1,12	2,95	2,66	3,11	1,90	1,50	1,33	2,49	2,43			

X.P. = Χωρίς ροή, M.O. = Μέσος Όρος.



**Πίνακας 36 :** Η διακύμανση της σύνθετης αλκαλικότητας (mmol/l) στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΙ	22/01/08	18/03/08	20/05/08	29/07/08	23/09/08	21/11/08	22/01/09	18/03/09	18/05/09	21/07/09	21/09/09	17/11/09	M.O	Min.	Max.
1	Σ1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0
2	Σ2	0,62	0,5	0	1,01	X.P.	0,05	0	0	0,2	0,61	0	0	0,27	0	1,01
3	Σ3	0,62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0	0,62
4	Σ4	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0	0,4
5	Σ5	0	0	0	0,4	X.P.	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0	0,4
6	Σ6	0	0,3	0	0,61	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0,09	0	0,61
7	Σ7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0
8	Σ8	0	0,91	0	0,61	0	0	0	0	0	0	0	0	0,13	0	0,91
9	Σ9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0
10	Σ10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0
11	Σ11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0
12	Σ12	0	0,1	0	0	0	X.P.	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0,1
	M.O.	0,10	0,18	0,00	0,22	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,00	0,00			

**Πίνακας 37 :** Η διακύμανση της ολικής αλκαλικότητας (mmol/l) στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΙ	22/01/08	18/03/08	20/05/08	29/07/08	23/09/08	21/11/08	22/01/09	18/03/09	18/05/09	21/07/09	21/09/09	17/11/09	M.O	Min.	Max.
1	Σ1	7,35	20,08	16,75	7,37	6,96	5,95	3,23	9,79	6,96	6,46	9,49	3,23	8,64	3,23	20,08
2	Σ2	6,52	6,06	5,75	2,62	X.P.	5,98	7,57	6,76	4,44	1,82	3,83	6,36	5,25	1,82	7,57
3	Σ3	6,41	6,66	5,25	5,75	3,13	2,32	8,58	5,75	5,55	4,44	6,16	6,36	5,53	2,32	8,58
4	Σ4	5,59	5,25	5,65	4,95	5,15	7,62	7,17	5,15	4,84	5,35	5,75	8,88	5,95	4,84	8,88
5	Σ5	9,31	5,75	5,65	5,55	X.P.	8,28	6,66	5,45	5,15	4,95	6,26	8,98	6,54	4,95	9,31
6	Σ6	8,79	3,63	5,75	7,37	7,97	8,28	4,64	7,06	5,15	5,15	6,06	5,47	6,28	3,63	8,79
7	Σ7	3,93	4,84	4,54	3,53	3,83	3,7	3,63	4,04	4,04	3,13	10,6	8,61	4,87	3,13	10,60
8	Σ8	12	7,97	5,05	5,35	4,04	9,39	7,27	6,66	4,84	4,44	4,14	6,96	6,51	4,04	12,00
9	Σ9	3,31	6,16	5,55	4,64	5,15	8,48	2,32	4,95	4,74	4,54	5,35	5,95	5,10	2,32	8,48
10	Σ10	4,66	4,84	5,15	5,65	10,09	8,38	4,24	4,54	5,15	4,64	8,58	8,48	6,20	4,24	10,09
11	Σ11	6,1	4,54	4,54	6,96	8,88	14,23	12,11	11,5	4,95	9,08	10,5	8,17	8,46	4,54	14,23
12	Σ12	4,66	4,04	6,76	6,66	7,17	X.P.	4,04	4,46	4,74	4,74	5,25	5,65	5,29	4,04	7,17
	M.O.	6,55	6,65	6,37	5,53	6,24	7,51	5,96	6,34	5,05	4,90	6,83	6,93			

X.P. = Χωρίς ροή, M.O. = Μέσος Όρος.

**Πίνακας 38 :** Η διακύμανση των ιόντων χλωρίου ( $\text{Cl}^-$ ) σε  $\text{mg/l}$  στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΙ	22/01/08	18/03/08	20/05/08	29/07/08	23/09/08	21/11/08	22/01/09	18/03/09	18/05/09	21/07/09	21/09/09	17/11/09	M.O	Min.	Max.
1	Σ1	1320	294	232	161	106	60	37	82	128	505	239	50	267,83	37	1320
2	Σ2	2210	1400	170	1000	X.P.	716	1720	1610	1420	1340	1250	617	1223	170	2210
3	Σ3	1810	2270	170	2540	955	702	1960	832	552	614	286	610	1108,42	170	2540
4	Σ4	19	294	143	368	457	1130	1060	259	87	607	286	1040	479,17	19	1130
5	Σ5	495	288	95	468	X.P.	777	443	126	63	74	143	477	313,55	63	777
6	Σ6	154	54	44	147	136	88	35	6	54	51	74	86	77,42	6	154
7	Σ7	13	21	14	15	15	12	20	15	82	13	95	67	31,83	12	95
8	Σ8	107	502	14	441	21	51	57	74	10	13	20	49	113,25	10	502
9	Σ9	76	161	24	42	174	150	33	101	25	15	31	225	88,08	15	225
10	Σ10	93	421	27	696	395	1200	53	20	145	22	320	160	296,00	20	1200
11	Σ11	<5	80	27	268	143	180	198	205	28	184	327	170	164,55	<5	327
12	Σ12	13	13	14	35	46	X.P.	9	10	10	14	19	21	18,55	9	46
	<b>M.O.</b>	573,64	483,17	81,17	515,08	244,80	460,55	468,75	278,33	217,00	287,67	257,50	297,67			

**Πίνακας 39 :** Η διακύμανση των θεικών ιόντων ( $\text{SO}_4^{--}$ ) ( $\text{mg/l}$ ) στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΙ	22/01/08	18/03/08	20/05/08	29/07/08	23/09/08	21/11/08	22/01/09	18/03/09	18/05/09	21/07/09	21/09/09	17/11/09	M.O	Min.	Max.
1	Σ1	105	80	19	11	135	135	11	34	19	105	82	198	77,83	11	198
2	Σ2	1200	760	265	862	X.P.	830	1800	1220	1890	1730	1440	830	1166,09	265	1890
3	Σ3	1150	850	230	1230	1300	1150	1930	865	965	1070	260	780	981,25	0	1930
4	Σ4	7	320	223	420	560	1450	1150	335	445	805	320	1150	598,75	7	1450
5	Σ5	380	320	159	450	X.P.	380	440	57	97	88	57	430	259,82	57	450
6	Σ6	69	63	44	19	145	130	65	63	83	51	42	39	67,75	19	145
7	Σ7	75	58	43	93	59	51	77	768	1068	77	110	91	214,17	43	1068
8	Σ8	66	138	31	220	53	31	21	11	14	22	16	11	52,83	11	220
9	Σ9	320	141	39	108	390	135	88	45	47	51	20	350	144,50	20	390
10	Σ10	74	220	18	209	235	520	72	36	75	39	82	160	157,91	18	520
11	Σ11	242	330	114	997	470	350	450	80	110	480	390	440	371,08	80	997
12	Σ12	15	12	23	37	120	X.P.	28	14	24	32	22	7	30,36	7	120
	<b>M.O.</b>	308,58	274,33	100,67	388,00	346,70	469,27	511,00	317,45	322,67	379,17	236,75	373,83			

X.P. = Χωρίς ροή, M.O. = Μέσος Όρος.

**Πίνακας 40 :** Η διακύμανση των νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3^-$ ) σε mg/ℓ στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΙ	22/01/08	18/03/08	20/05/08	29/07/08	23/09/08	21/11/08	22/01/09	18/03/09	18/05/09	21/07/09	21/09/09	17/11/09	M.O	Min.	Max.
1	Σ1	0	0,5	0	0,3	7,4	199	34,8	12,2	0	24,8	124	36	36,58	0	199
2	Σ2	0	0	0	0	X.P.	6,6	8,9	0	0	0	0	5	1,86	0	8,9
3	Σ3	0	0	0	0,4	2,3	2,2	12,5	0	0	0	0	5,5	1,91	0	12,5
4	Σ4	0,4	0	0	0	0	0	9	2,6	1,1	0	0	11	2,01	0	11
5	Σ5	1,9	2,2	0	0,1	X.P.	11	8,2	2	0	0,8	1,1	10	3,39	0	11
6	Σ6	0	0	0	1,5	0	1,5	0	0	1,8	0	1,6	4	0,87	0	4
7	Σ7	0	0,5	0	0	0	0	0	0	5,8	0	6	0	1,03	0	6
8	Σ8	2,8	6,2	2	1,2	0,5	0	0	0	0	0	0	0	1,06	0	6,2
9	Σ9	0	0	0	0,1	0	1,19	3	0	0	1	0	0	0,44	0	3
10	Σ10	1,4	0	1	0,2	0	0	6,6	3,7	6,9	1,6	0	3	2,03	0	6,9
11	Σ11	0	0	0,8	69	0	0	0	0	0	0	4	11	7,07	0	69
12	Σ12	1,6	3,5	0	0,6	1	X.P.	5,9	3,9	6,6	1,3	1,1	2	2,5	0	6,6
	M.O.	0,68	1,08	0,32	6,12	1,12	20,14	7,41	2,03	1,85	2,46	11,48	7,29			

**Πίνακας 41 :** Η διακύμανση του υπολειμματικού νατρίου ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) σε mg/ℓ στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΙ	22/01/08	18/03/08	20/05/08	29/07/08	23/09/08	21/11/08	22/01/09	18/03/09	18/05/09	21/07/09	21/09/09	17/11/09	M.O	Min.	Max.
1	Σ1	0	7,3	4,6	0	2,5	2	0,2	5,7	0,6	0	3,1	0	2,17	0	7,3
2	Σ2	0	0	0	0	X.P.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Σ3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0
4	Σ4	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,06	0	0,7
5	Σ5	0	0	0	0	X.P.	0	0	0	0	0	1	0	0,09	0	1
6	Σ6	3,9	0	0	2	1,8	3,1	0	2,5	0	0,3	1,5	2	1,43	0	3,9
7	Σ7	1,9	2	1,6	1,5	2	2,3	1,1	2,3	0,3	1,2	5,5	5	2,23	0,3	5,5
8	Σ8	6,3	0	0,1	0	0,4	0,9	1,3	0,5	0	0	0,5	0,2	0,85	0	6,3
9	Σ9	0	1,3	0,2	0	0	2,3	0,3	1,1	0	0	0,9	0	0,51	0	2,3
10	Σ10	0	0	0	0	1,9	0	0	0	0,3	0	0,1	2	0,36	0	2
11	Σ11	0,9	0	0	0	0	1,4	0	0	0	0	0	0	0,19	0	1,4
12	Σ12	0,2	0	0,7	0,8	0	X.P.	0	0	0	0	0	0,9	0,24	0	0,9
	M.O.	1,16	0,88	0,60	0,36	0,86	1,09	0,24	1,01	0,11	0,13	1,05	0,84			

X.P. = Χωρίς ροή, M.O. = Μέσος Όρος.

**Πίνακας 42 :** Η διακύμανση του S.A.R. ( Sodium Absorption Ratio) στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΙ	22/01/08	18/03/08	20/05/08	29/07/08	23/09/08	21/11/08	22/01/09	18/03/09	18/05/09	21/07/09	21/09/09	17/11/09	M.O	Min.	Max.
1	Σ1	10,4	5,2	3,9	1,7	4,9	4,7	2,5	4,2	2	5,2	5,4	1,9	4,33	1,7	10,4
2	Σ2	5,9	5,7	2,5	5,6	X.P.	6,3	7,4	8,7	8,8	8,3	8,6	7	6,8	2,5	8,8
3	Σ3	6,3	5,8	2,4	5,9	6,3	6	9,2	5,6	4,9	5,3	4,1	7,4	5,77	2,4	9,2
4	Σ4	0,7	3,9	2	4,7	6,1	8,9	6,9	3,6	1,8	5,2	4,1	10	4,83	0,7	10
5	Σ5	6,4	3,7	1,8	5	X.P.	6,9	5,5	2,2	1,8	2,1	3,8	8,3	4,57	1,8	8,3
6	Σ6	5,3	2,2	0,9	4,2	4,6	4,6	1,4	1,6	1,8	1,7	2,9	3,9	2,93	0,9	5,3
7	Σ7	3,4	3	2	3,4	3,5	3,9	2,6	3,3	4,4	3,1	5,1	5,9	3,63	2	5,9
8	Σ8	6,1	8,4	0,8	6,7	1,4	1,1	1,9	2,4	0,3	0,4	1	0,8	2,61	0,3	8,4
9	Σ9	5,2	5,6	1	1,6	6,1	5,4	2,7	4,3	0,8	0,5	1,3	8,5	3,58	0,5	8,5
10	Σ10	2,44	8,1	0,2	10,9	8,2	19,3	1,5	0,7	3,6	0,7	5	3,8	5,37	0,2	19,3
11	Σ11	3,2	2,7	1,2	3	4,1	4,8	3,7	3,7	1,2	3,5	5	4,6	3,39	1,2	5
12	Σ12	0,5	0,2	0,7	1,2	1	X.P.	0,2	0,2	0,3	0,5	0,6	1	0,58	0,2	1,2
	<b>M.O.</b>	4,65	4,54	1,62	4,49	4,62	6,54	3,79	3,38	25,99	3,04	3,91	5,26			

**Πίνακας 43 :** Η διακύμανση της ολικής σκληρότητας (mgCaCO<sub>3</sub>/l) στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΙ	22/01/08	18/03/08	20/05/08	29/07/08	23/09/08	21/11/08	22/01/09	18/03/09	18/05/09	21/07/09	21/09/09	17/11/09	M.O	Min.	Max.
1	Σ1	803	642	606	373	222	196	152	206	318	528	322	224	382,67	152	803
2	Σ2	3246	1872	516	1513	X.P.	1026	3109	2048	2164	1954	1693	986	1829,73	516	3246
3	Σ3	2801	2883	483	4416	1631	1226	3404	1370	1207	1251	506	895	1839,42	483	4416
4	Σ4	244	572	491	611	698	1694	1749	475	346	1087	543	1320	819,17	244	1749
5	Σ5	692	577	402	741	X.P.	870	707	331	282	267	266	583	517,64	258	870
6	Σ6	246	182	310	270	310	260	235	228	260	243	228	172	245,33	172	310
7	Σ7	101	140	149	103	91	72	127	88	187	97	254	182	132,58	72	254
8	Σ8	288	397	248	438	181	425	300	307	252	234	181	340	299,25	181	438
9	Σ9	229	245	268	269	332	308	103	192	255	257	223	307	249,00	103	332
10	Σ10	241	289	288	360	409	472	236	239	244	246	425	416	322,08	236	472
11	Σ11	260	385	283	1406	610	642	781	631	265	723	704	544	602,83	260	1406
12	Σ12	223	220	305	296	445	X.P.	238	248	255	243	261	238	270,18	220	445
	<b>M.O.</b>	781,17	700,33	362,42	899,67	492,90	653,73	928,42	530,25	500,92	594,17	467,17	517,25			

X.P. = Χωρίς ροή, M.O. = Μέσος Όρος.

**Πίνακας 44 :** Η διακύμανση της παροδικής σκληρότητας (mgCaCO<sub>3</sub>/ℓ) στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΙ	22/01/08	18/03/08	20/05/08	29/07/08	23/09/08	21/11/08	22/01/09	18/03/09	18/05/09	21/07/09	21/09/09	17/11/09	M.O	Min.	Max.
1	Σ1	368	642	606	369	222	196	152	206	318	323	322	162	323,83	152	642
2	Σ2	326	303	288	131	X.P	149	379	338	222	91	192	318	248,82	91	379
3	Σ3	321	333	263	288	157	116	429	288	278	222	308	318	276,75	116	429
4	Σ4	244	263	283	248	258	381	359	258	242	268	288	444	294,67	242	444
5	Σ5	466	288	283	278	X.P.	414	333	273	258	19	266	449	281,18	19	466
6	Σ6	246	182	288	270	310	260	232	228	258	243	228	172	243,08	172	310
7	Σ7	101	140	149	103	91	72	127	86	187	97	254	182	132,42	72	254
8	Σ8	288	397	248	268	181	425	300	307	242	222	181	340	283,25	181	425
9	Σ9	166	245	268	232	258	308	103	192	237	227	223	298	229,75	103	308
10	Σ10	233	242	258	283	409	419	212	227	244	232	425	416	300,00	212	425
11	Σ11	260	227	227	348	444	642	606	575	248	454	525	409	413,75	227	642
12	Σ12	223	202	305	296	359	X.P.	202	223	237	237	261	238	253	202	359
	<b>M.O.</b>	270,17	288,67	288,83	259,50	268,90	307,45	286,17	266,75	228,08	219,58	289,42	312,17			

**Πίνακας 45 :** Η διακύμανση της μόνιμης σκληρότητας (mgCaCO<sub>3</sub>/ℓ) στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΙ	22/01/08	18/03/08	20/05/08	29/07/08	23/09/08	21/11/08	22/01/09	18/03/09	18/05/09	21/07/09	21/09/09	17/11/09	M.O	Min.	Max.
1	Σ1	435	0	0	4	0	0	0	0	0	205	0	62	58,83	0	435
2	Σ2	2920	1569	228	1382	X.P.	877	2730	1710	1942	1863	1501	668	1580,91	228	2920
3	Σ3	2480	2550	220	4128	1474	1110	2975	1082	429	1029	198	577	1521,00	198	4128
4	Σ4	0	309	208	363	440	1313	1390	217	104	819	255	876	524,50	0	1390
5	Σ5	226	289	119	463	X.P.	456	374	58	24	12	0	134	193,73	0	463
6	Σ6	0	0	22	0	0	0	3	0	2	0	0	0	2,25	0	22
7	Σ7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0
8	Σ8	0	0	0	170	0	0	0	0	10	12	0	0	16,00	0	170
9	Σ9	63	0	0	37	74	0	0	0	18	30	0	9	19,25	0	74
10	Σ10	8	47	30	77	0	53	24	12	0	14	0	0	22,08	0	77
11	Σ11	0	158	56	1058	166	0	175	56	17	269	179	135	189,08	0	1058
12	Σ12	0	18	0	0	86	X.P.	36	25	18	6	0	0	17,18	0	86
	<b>M.O.</b>	511,00	411,67	73,58	640,17	224,00	346,27	642,25	263,33	211,67	354,92	177,75	205,08			

X.P. = Χωρίς ροή, M.O. = Μέσος Όρος.

**Πίνακας 46 :** Η διακύμανση των νιτροδών (NO<sub>2</sub>) σε mg/ℓ στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΙ	22/01/08	18/03/08	20/05/08	29/07/08	23/09/08	21/11/08	22/01/09	18/03/09	18/05/09	21/07/09	21/09/09	17/11/09	M.O	Min.	Max.
1	Σ1	0,01	0,03	0,04	0,03	0,33	3,6	0,78	0,9	0,9	0,21	0,8	0,92	0,71	0,01	0,92
2	Σ2	0,005	0	0,03	0	X.P.	0,02	0,07	0,01	0,01	0	0,04	0	0,02	0	0,07
3	Σ3	0,05	0	0,03	0,07	0,06	0,02	0,08	0,02	0,02	0,01	0,02	0	0,03	0	0,08
4	Σ4	0,05	0	0,01	0	0	0	0,04	0,02	0,02	0	0,03	0	0,01	0	0,05
5	Σ5	0,07	0	0,01	0,01	X.P.	0,02	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0	0,07
6	Σ6	0,02	0	0,12	0,158	0,01	0,06	0,02	0,17	0,17	0	0,04	0,05	0,07	0	0,17
7	Σ7	0	0	0,06	0,008	0	0,02	0	0	0	0	0,01	0,07	0,01	0	0,07
8	Σ8	0,01	0,03	0,023	0,043	0	0,04	0,02	0	0	0	0,01	0,01	0,02	0	0,043
9	Σ9	0,01	0	0	0	0	0,33	0,04	0,04	0,04	0,01	0	0	0,04	0	0,33
10	Σ10	0,1	0	0	0	0,03	0,02	0,07	0,03	0,03	0,01	0,09	0,01	0,03	0	0,1
11	Σ11	0,02	0,06	0,01	0,01	0,01	0	0	0,03	0,03	0,02	0,26	0,37	0,07	0	0,37
12	Σ12	0,11	0,02	0,01	0,02	0,13	X.P.	0,02	0,03	0,03	0,11	0,02	0,07	0,05	0,01	0,13
	M.O.	0,04	0,01	0,03	0,03	0,06	0,38	0,10	0,11	0,11	0,03	0,11	0,13			

**Πίνακας 47 :** Η διακύμανση των Φωσφορικών (PO<sub>4</sub><sup>---</sup>) σε mg/ℓ στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΙ	22/01/08	18/03/08	20/05/08	29/07/08	23/09/08	21/11/08	22/01/09	18/03/09	18/05/09	21/07/09	21/09/09	17/11/09	M.O	Min.	Max.
1	Σ1	4,44	4,99	5,1	18,7	22,6	2,83	5,8	8,6	1,52	2,7	13,9	4,2	7,95	1,52	22,6
2	Σ2	0,06	0,28	0,1	0	X.P.	0,06	0,12	0,02	0,03	0,05	0	0,57	0,12	0	0,57
3	Σ3	0,05	0,06	0,1	0,37	0,2	0	0,26	0	0,05	0,03	0,57	0,61	0,19	0	0,61
4	Σ4	0,54	0,01	0,2	0	0,3	0,25	0,46	0,1	0,43	0,14	0,64	1,05	0,34	0	1,05
5	Σ5	1,53	0,27	0,2	0	X.P.	0,89	0,64	0,16	0,59	0,65	0,82	1,05	0,62	0	1,53
6	Σ6	0,65	0	0,4	0,94	0,8	0,69	0,08	0,62	0,23	0,24	1,2	0,97	0,57	0	1,2
7	Σ7	0,15	0,07	0,1	0,3	0,06	0	0,03	0,89	0,1	0,18	4,15	1,03	0,59	0	4,15
8	Σ8	1,76	0,05	0,5	0	0,12	0,16	0,3	0,06	0,34	0,47	0,32	0,37	0,37	0	1,76
9	Σ9	0,06	0,14	0,1	0,16	2	0,38	0,34	0,69	0,24	0,67	1,44	0,66	0,57	0,06	2
10	Σ10	1,65	0,52	0,4	0,24	16,5	2,57	0,97	0,29	1,04	0,97	3,32	2,65	2,59	0,24	16,5
11	Σ11	3,9	0,8	0,3	0	4,5	2,54	2,37	1,09	3,73	3,56	2,61	7,7	2,76	0	7,7
12	Σ12	0,43	0,08	0,3	7,2	2,6	X.P.	0,18	0,16	0,34	0,88	1,51	0,67	1,30	0,08	7,2
	M.O.	1,27	0,61	0,65	2,33	4,97	0,94	0,96	1,06	0,72	0,88	2,54	1,79			

X.P. = Χωρίς ροή, M.O. = Μέσος Όρος.

**Πίνακας 48 :** Η διακύμανση του Φωσφόρου (P) σε mg/ℓ στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΙ	22/01/08	18/03/08	20/05/08	29/07/08	23/09/08	21/11/08	22/01/09	18/03/09	18/05/09	21/07/09	21/09/09	17/11/09	M.O	Min.	Max.
1	Σ1	1,447	1,627	1,663	6,096	7,368	0,923	1,891	2,804	0,496	0,880	4,531	1,369	2,591	0,496	7,368
2	Σ2	0,020	0,091	0,033	0,000	X.P.	0,020	0,039	0,007	0,010	0,016	0,000	0,186	0,035	0	0,186
3	Σ3	0,016	0,020	0,033	0,121	0,065	0,000	0,085	0,000	0,016	0,010	0,186	0,199	0,062	0	0,199
4	Σ4	0,176	0,003	0,065	0,000	0,010	0,082	0,150	0,033	0,140	0,046	0,209	0,342	0,105	0	0,342
5	Σ5	0,499	0,088	0,065	0,000	X.P.	0,290	0,209	0,052	0,192	0,212	0,267	0,342	0,185	0	0,499
6	Σ6	0,212	0,000	0,130	0,306	0,261	0,225	0,026	0,202	0,075	0,078	0,391	0,316	0,185	0	0,391
7	Σ7	0,049	0,023	0,033	0,098	0,020	0,000	0,010	0,290	0,033	0,059	1,353	0,336	0,192	0	1,353
8	Σ8	0,574	0,016	0,163	0,000	0,039	0,052	0,098	0,020	0,111	0,154	0,104	0,121	0,121	0	0,574
9	Σ9	0,020	0,046	0,033	0,052	0,652	0,124	0,111	0,225	0,078	0,218	0,469	0,215	0,187	0,020	0,652
10	Σ10	0,538	0,170	0,130	0,078	5,379	0,838	0,316	0,095	0,339	0,316	1,082	0,864	0,845	0,078	5,379
11	Σ11	1,271	0,261	0,098	0,000	1,467	0,828	0,773	0,355	1,216	1,161	0,851	2,510	0,899	0	2,510
12	Σ12	0,140	0,026	0,098	2,347	0,848	0,000	0,059	0,052	0,111	0,287	0,492	0,218	0,381	0	2,347
	M.O.	0,413	0,198	0,212	0,758	1,342	X.P.	0,314	0,344	0,235	0,286	0,828	0,585			

**Πίνακας 49 :** Η διακύμανση του αζώτου (N) σε mg/ℓ στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΙ	22/1/08	18/3/08	20/5/08	29/7/08	23/9/08	21/11/08	22/1/09	18/3/09	18/5/09	21/7/09	21/9/09	17/11/09	M.O.	Min.	Max.
1	Σ1	4,056	7,915	6,084	6,855	13,792	72,836	26,646	9,514	5,616	7,108	42,56	22,32	18,77517	4,056	42,56
2	Σ2	0	0	0,078	0,156	X.P.	1,635	2,1562	0,0312	0	0	0,702	1,306	0,551309	0	2,1562
3	Σ3	0	0	0	0,404	0,763	0,662	3,0934	0,078	0	0,234	0,0936	1,343	0,555917	0	3,0934
4	Σ4	0,482	0,078	0	0,078	0,39	0,624	2,0856	0,6526	0,3076	0,5694	0,156	2,686	0,675767	0	2,686
5	Σ5	0,905	0,584	0,078	0,101	X.P.	3,3334	2,4164	0,499	0,0546	0,418	0,409	2,378	1,016036	0,101	3,3334
6	Σ6	8,58	0,078	1,17	0,501	0,546	1,1484	0,3744	0,3354	0,8742	0,117	0,5396	1,0916	1,279633	0,117	8,58
7	Σ7	2,262	0,349	1,872	0,858	0,702	0,5928	3,5334	1,2402	2,972	1,0452	5,748	4,368	2,12855	0,349	5,748
8	Σ8	0,644	1,66	0,928	0,432	3,391	6,8874	0,0156	0,0312	0,1638	0	0,1482	0,156	1,204767	0	6,8874
9	Σ9	0,234	0,624	0	0,179	1,716	3,5419	0,8694	1,2558	0,2184	0,386	0,741	0,78	0,878792	0	3,5419
10	Σ10	1,648	0,156	0,308	0,748	0,858	1,326	2,103	0,8744	1,665	0,7814	0,468	1,158	1,007817	0,156	2,103
11	Σ11	4,914	7,176	0,652	15,948	2,73	6,162	4,6488	7,956	5,304	8,2134	3,1508	4,792	5,970583	0,652	15,948
12	Σ12	0,992	1,195	1,17	1,074	0,698	X.P.	1,591	0,9594	1,9938	0,377	0,2842	0,46	0,981309	0,377	1,9938
	M.O.	2,05975	1,65125	1,028333	2,277833	2,5586	8,977172727	4,127767	1,952267	1,59745	1,604117	4,583367	3,569883333			

X.P. = Χωρίς ροή, M.O. = Μέσος Όρος.

**Πίνακας 50 :** Η διακύμανση του B.O.D<sub>5</sub> (mg/ℓ) στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΙ	22/01/08	18/03/08	20/05/08	29/07/08	23/09/08	21/11/08	22/01/09	18/03/09	18/05/09	21/07/09	21/09/09	17/11/09	M.O	Min.	Max.
1	Σ1	226	330	428	590	322	42	52	60	116	8	12	7	182,75	7	590
2	Σ2	8	9	12	14	X.P.	28	35	47	45	7	8	4	19,73	4	47
3	Σ3	9	3	4	6	9	31	42	31	25	8	7	6	15,08	3	42
4	Σ4	10	4	Μη Av.	3	6	9	13	13	14	5	5	4	7,82	3	14
5	Σ5	8	5	8	17	X.P.	18	8	13	10	6	6	4	9,36	4	18
6	Σ6	19	18	31	29	13	10	7	10	12	15	5	3	14,33	3	31
7	Σ7	8	12	21	28	27	26	19	10	13	Μη Av.	17	Μη Av.	18,10	8	28
8	Σ8	9	27	21	17	109	180	160	110	126	4	7	360	94,17	4	360
9	Σ9	51	47	34	29	29	28	32	36	9	27	6	4	27,67	4	51
10	Σ10	9	7	5	22	43	24	7	11	15	4	6	165	26,50	4	165
11	Σ11	91	80	48	8	107	160	98	38	16	18	21	148	69,42	8	160
12	Σ12	29	25	18	11	4	X.P.	7	7	8	10	12	4	12,27	4	29
	M.O.	39,75	47,25	57,27	64,50	66,90	50,55	40,00	32,17	34,08	10,18	9,33	64,45			

**Πίνακας 51 :** Η διακύμανση του C.O.D. (mg/ℓ) στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΙ	22/01/08	18/03/08	20/05/08	29/07/08	23/09/08	21/11/08	22/01/09	18/03/09	18/05/09	21/07/09	21/09/09	17/11/09	M.O	Min.	Max.
1	Σ1	425	528	635	826	425	90	119	140	289	32	45	27	298,42	27	826
2	Σ2	65	38	46	58	X.P.	81	106	128	142	32	33	16	67,73	16	142
3	Σ3	35	16	21	25	28	69	147	85	26	42	20	28	45,17	16	147
4	Σ4	25	13	17	21	25	49	62	49	32	18	22	20	29,42	13	62
5	Σ5	37	25	37	53	X.P.	63	40	37	32	25	24	18	35,55	18	63
6	Σ6	43	44	110	78	41	38	36	36	36	59	21	17	46,58	17	110
7	Σ7	41	43	44	44	52	57	46	36	40	13	62	12	40,83	12	62
8	Σ8	109	96	75	64	209	399	321	227	235	18	27	646	202,17	18	646
9	Σ9	129	113	85	51	58	62	88	98	30	45	25	20	67,00	20	129
10	Σ10	18	19	20	69	134	73	28	31	35	21	23	353	68,67	18	353
11	Σ11	279	265	115	36	129	294	169	99	41	45	50	250	147,67	36	294
12	Σ12	111	109	78	48	19	X.P.	27	26	26	30	33	15	47,45	15	111
	M.O.	109,75	109,08	106,92	114,42	112,00	115,91	99,08	82,67	80,33	31,67	32,08	118,50			

X.P.= Χωρίς ροή, M.O. = Μέσος Όρος , Μη Av. = Μη ανιχνεύσιμο.



**Πίνακας 52 :** Η διακύμανση του διαλυμένου Οξυγόνου (D.O.) σε mg/ℓ στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΙ	22/01/08	18/03/08	20/05/08	29/07/08	23/09/08	21/11/08	22/01/09	18/03/09	18/05/09	21/07/09	21/09/09	17/11/09	M.O	Min.	Max.
1	Σ1	3,5	0,6	0,7	1,3	2,0	3,0	5,5	2,0	2,6	2,5	4,0	8,5	3,02	0,6	8,5
2	Σ2	9,0	8,0	8,6	8,0	X.P.	6,9	10,0	6,5	8,0	8,0	8,0	10,5	8,32	6,5	10,5
3	Σ3	8,3	7,0	8,2	7,0	8,0	7,0	10,0	6,0	7,5	8,0	7,0	12,0	8,00	6	12
4	Σ4	7,5	7,5	8,3	7,0	8,0	7,5	11,0	6,0	4,5	4,0	9,0	13,0	7,78	4	13
5	Σ5	7,5	7,3	7,7	7,0	X.P.	7,1	9,0	6,0	4,0	3,5	6,5	13,5	7,19	3,5	13,5
6	Σ6	4,0	5,5	6,2	3,5	5,0	4,3	5,5	4,5	3,0	4,2	5,0	10,0	5,06	3	10
7	Σ7	1,5	1,4	3,5	1,5	3,0	1,5	1,5	1,3	1,5	1,8	4,0	6,5	2,42	1,3	6,5
8	Σ8	1,5	1,5	3,9	1,6	3,0	2,0	1,0	3,5	2,5	1,5	6,0	7,0	2,92	1	7
9	Σ9	1,6	2,0	3,0	1,6	3,0	2,5	7,5	1,5	1,5	1,2	2,5	6,5	2,87	1,2	7,5
10	Σ10	3,0	2,5	4,8	2,5	4,0	3,3	4,0	2,5	1,9	2,0	3,0	6,0	3,29	1,9	6
11	Σ11	1,4	2,0	3,7	2,5	2,0	1,0	4,3	1,5	1,0	0,5	4,5	4,0	2,37	0,5	4,5
12	Σ12	10,0	6,8	6,5	7,2	8,0	X.P.	12,0	7,0	8,0	8,5	9,0	4,5	7,95	4,5	12
	M.O.	4,90	4,34	5,43	4,23	4,60	4,19	6,78	4,03	3,83	3,81	5,71	8,50			

**Πίνακας 53 :** Η διακύμανση του βαθμού αλκαλίωσης νατρίου ή νάτριο (%) στους σταθμούς δειγματοληψιών στην διάρκεια δύο ετών.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΙ	22/01/08	18/03/08	20/05/08	29/07/08	23/09/08	21/11/08	22/01/09	18/03/09	18/05/09	21/07/09	21/09/09	17/11/09	M.O	Min.	Max.
1	Σ1	64,84	53,25	46,17	34,52	64,75	64,88	53,42	62,90	38,27	53,39	63,93	43,93	53,69	34,52	64,88
2	Σ2	34,24	40,03	35,62	41,69	X.P.	49,20	39,77	48,68	48,44	48,41	50,81	52,41	44,48	35,62	52,41
3	Σ3	37,03	34,93	35,30	30,45	43,93	46,41	43,21	43,14	41,20	42,70	47,66	55,30	41,77	30,45	55,3
4	Σ4	19,95	45,30	30,94	49,24	53,54	51,87	45,35	45,27	33,19	44,43	46,96	57,92	43,66	30,94	57,92
5	Σ5	55,29	43,25	31,53	47,76	X.P.	54,03	51,30	37,76	35,43	39,28	53,78	63,18	46,60	31,53	63,18
6	Σ6	63,71	46,14	22,07	56,78	58,06	59,93	32,15	37,26	37,34	36,93	49,58	60,79	46,73	22,07	60,79
7	Σ7	63,39	56,99	46,12	64,24	65,52	70,15	56,04	63,94	82,03	61,49	64,60	69,52	63,67	46,12	82,03
8	Σ8	64,66	68,45	20,68	61,68	36,36	23,71	35,93	41,48	8,45	13,55	27,86	19,11	35,16	8,45	68,45
9	Σ9	63,27	64,13	23,26	33,98	63,28	60,95	58,70	61,87	19,91	14,74	32,22	70,68	47,25	14,74	70,68
10	Σ10	43,68	71,10	7,80	75,30	67,68	81,82	34,61	20,04	54,40	20,01	55,63	48,97	48,42	7,80	81,82
11	Σ11	50,84	41,07	27,78	28,58	46,99	50,67	42,01	44,21	28,74	39,11	49,52	50,55	41,67	27,78	50,84
12	Σ12	15,33	9,14	17,99	27,31	20,71	X.P.	8,25	7,97	8,36	15,38	16,45	24,90	15,62	0,0	27,31
	M.O.	48,02	47,82	28,77	45,96	52,08	55,78	41,73	42,88	36,31	35,79	46,58	51,44			

X.P.= Χωρίς ροή, M.O. = Μέσος Όρος, Μη Av. = Μη ανιχνεύσιμο.

**Πίνακας 54 :** Η Οργανική ουσία και το ολικό άζωτο στους 11 δειγματοληπτικούς σταθμούς.

Δειγματοληπτικός Σταθμός	ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ (%)	ΟΛΙΚΟ ΑΖΩΤΟ (%)
Σ1	0,8	0,08
Σ2	0,5	0,04
Σ3	7,3	0,73
Σ4	1,1	0,05
Σ5	1,1	0,21
Σ6	4,4	0,38
Σ7	6,4	1,01
Σ8	1,1	0,07
Σ9	4,9	0,17
Σ10	8,0	0,94
Σ11	3,0	0,14

**Πίνακας 55 :** Η μηχανική σύσταση ιζήματος και στους 11 δειγματοληπτικούς σταθμούς.

Δειγματοληπτικός Σταθμός	ΑΜΜΟΣ (SLAID) %	ΑΡΓΙΛΟΣ (CLAY) %	ΙΛΥΣ (SILT) %	ΚΑΤΑΤΑΞΗ
Σ1	43	31	26	CL ΑΡΓΙΛΛΟΠΗΛΩΔΕΣ
Σ2	19	57	24	C ΑΡΓΙΛΛΩΔΕΣ
Σ3	37	35	28	CL ΑΡΓΙΛΛΟΠΗΛΩΔΕΣ
Σ4	13	71	16	C ΑΡΓΙΛΛΩΔΕΣ
Σ5	21	61	18	C ΑΡΓΙΛΛΩΔΕΣ
Σ6	63	27	10	SCL ΑΜΜΟΑΡΓΙΛΛΟΠΗΛΩΔΕΣ
Σ7	73	11	16	SL ΑΜΜΟΠΗΛΩΔΕΣ
Σ8	61	35	4	SC ΑΜΜΟΑΡΓΙΛΛΩΔΕΣ
Σ9	25	59	16	C ΑΡΓΙΛΛΩΔΕΣ
Σ10	67	23	10	SCL ΑΜΜΟΑΡΓΙΛΛΟ-ΠΗΛΩΔΕΣ
Σ11	35	51	14	C ΑΡΓΙΛΛΩΔΕΣ

**Πίνακας 56 :** Μετρηθείσες τιμές πέντε βασικών βαρέων μετάλλων στο ιζημα (mg/kg) (έτος 2008).

α/α	Cd	Cr	Pb	Ni	Cu
Σ1	0,16	155	14	150	35,0
Σ2	0,14	98	11	200	40,0
Σ3	0,40	111	12	153	46,0
Σ4	0,12	126	14	190	43,0
Σ5	0,05	131	14	213	47,0
Σ6	0,12	106	11	220	36,0
Σ7	0,50	120	58	230	426,0
Σ8	0,11	130	11	241	42,0
Σ9	0,12	140	12	247	45,0
Σ10	0,14	122	16	228	69,0
Σ11	0,12	106	18	207	47,0

**Πίνακας 57 :** Μετρηθείσες τιμές πέντε βασικών βαρέων μετάλλων στο ίζημα (mg/kg) (έτος 2009).

α/α	Cd	Cr	Pb	Ni	Cu
Σ1	0,18	158	14	152	36,0
Σ2	0,13	100	10	201	40,0
Σ3	0,5	120	13	158	46,0
Σ4	0,15	129	15	191	45,0
Σ5	0,05	131	14	219	48,0
Σ6	0,13	110	13	223	37,0
Σ7	0,54	124	69	232	430,0
Σ8	0,11	131	12	242	44,0
Σ9	0,11	141	14	249	47,0
Σ10	0,13	126	17	230	71,0
Σ11	0,13	108	29	208	48,0

**Πίνακας 58 :** Στατιστική ανάλυση τιμών για το βάθος (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	12	0	0,325	0,1357	0,0184	0,1	0,2	0,3	0,475	0,5
Σ2	11	1	0,4273	0,1679	0,0282	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7
Σ3	12	0	0,375	0,1357	0,0184	0,2	0,3	0,35	0,475	0,6
Σ4	12	0	0,425	0,1658	0,0275	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7
Σ5	11	1	0,5182	0,1601	0,0256	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
Σ6	12	0	0,375	0,1658	0,0275	0,2	0,3	0,3	0,4	0,7
Σ7	12	0	0,225	0,1055	0,0111	0,1	0,125	0,2	0,3	0,4
Σ8	12	0	0,2583	0,1443	0,0208	0,1	0,125	0,2	0,375	0,5
Σ9	12	0	0,275	0,1288	0,0166	0,1	0,2	0,2	0,375	0,5
Σ10	10	2	0,9	0,483	0,233	0,5	0,575	0,7	1,25	1,8
Σ11	12	0	0,275	0,1215	0,0148	0,1	0,2	0,25	0,4	0,4
Σ12	11	1	0,791	0,345	0,119	0,3	0,3	0,8	1	1,2

**Πίνακας 59:** Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για το βάθος (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών από 22/01/08 έως 17/11/2009.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
22/1/2008	12	0	0,2667	0,1497	0,0224	0,1	0,1	0,3	0,375	0,5
18/3/2008	11	1	0,3	0,1183	0,014	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
20/5/2008	12	0	0,2833	0,1193	0,0142	0,2	0,2	0,25	0,3	0,6
29/7/2008	12	0	0,375	0,2958	0,0875	0,1	0,2	0,3	0,475	1,2
23/9/2008	9	3	0,2778	0,2863	0,0819	0,1	0,1	0,2	0,3	1
21/11/2009	11	0	0,3727	0,1737	0,0302	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6
23/1/2009	12	0	0,7	0,374	0,14	0,4	0,5	0,65	0,775	1,8
19/3/2009	12	0	0,692	0,348	0,121	0,4	0,5	0,65	0,775	1,7
18/5/2009	12	0	0,5333	0,2934	0,0861	0,3	0,4	0,4	0,5	1,2
21/7/2009	12	0	0,4333	0,2348	0,0552	0,2	0,3	0,35	0,475	1
21/9/2009	12	0	0,325	0,234	0,0548	0,1	0,2	0,3	0,3	1
17/11/2009	12	0	0,4417	0,1929	0,0372	0,2	0,3	0,4	0,5	0,8

**Πίνακας 60 :** Στατιστική ανάλυση τιμών για το πλάτος (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	12	0	1,5	0,381	0,145	1	1,325	1,4	1,575	2,6
Σ2	11	1	2,9182	0,3281	0,1076	2,5	2,7	2,8	3	3,5
Σ3	12	0	3,617	0,366	0,134	3,2	3,4	3,4	3,95	4,2
Σ4	12	0	3,617	0,43	0,185	3	3,2	3,7	3,8	4,3
Σ5	11	1	5,245	1,05	1,103	3,5	5	5,3	6	6,8
Σ6	12	0	14,75	2,667	7,114	12	13	13	17	20
Σ7	12	0	2,175	0,1545	0,0239	2	2	2,3	2,3	2,3
Σ8	12	0	2,833	0,477	0,228	2	2,3	3	3,2	3,5
Σ9	12	0	3,3333	0,1303	0,017	3	3,25	3,4	3,4	3,4
Σ10	12	0	5,292	0,891	0,794	4,5	4,625	5	5,5	7,5
Σ11	11	1	2,636	0,393	0,155	2	2,5	2,5	3	3
Σ12	11	1	3,773	0,905	0,818	2,5	2,5	3,7	4,5	4,7

**Πίνακας 61 :** Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για το πλάτος (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών από 22/01/08 έως 17/11/2009.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
22/1/2008	12	0	1,5	0,381	0,145	1	1,325	1,4	1,575	2,6
18/3/2008	11	1	2,9182	0,3281	0,1076	2,5	2,7	2,8	3	3,5
20/5/2008	12	0	3,617	0,366	0,134	3,2	3,4	3,4	3,95	4,2
29/7/2008	12	0	3,617	0,43	0,185	3	3,2	3,7	3,8	4,3
23/9/2008	11	1	5,245	1,05	1,103	3,5	5	5,3	6	6,8
21/11/2009	12	0	14,75	2,667	7,114	12	13	13	17	20
23/1/2009	12	0	2,175	0,1545	0,0239	2	2	2,3	2,3	2,3
19/3/2009	12	0	2,833	0,477	0,228	2	2,3	3	3,2	3,5
18/5/2009	12	0	3,3333	0,1303	0,017	3	3,25	3,4	3,4	3,4
21/7/2009	12	0	5,292	0,891	0,794	4,5	4,625	5	5,5	7,5
21/9/2009	11	1	2,636	0,393	0,155	2	2,5	2,5	3	3
17/11/2009	11	1	3,773	0,905	0,818	2,5	2,5	3,7	4,5	4,7

**Πίνακας 62 :** Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό για την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	12	0	1866	1131	1278263	720	1140	1360	2313	4710
Σ2	11	1	6176	2514	6320525	1450	3910	6440	7540	9900
Σ3	12	0	5740	3513	12338364	1390	3345	4260	8918	11700
Σ4	12	0	2959	2021	4084551	636	1420	2250	5260	6340
Σ5	11	1	2038	1091	1190686	805	1000	2030	3050	3640
Σ6	12	0	914,5	281,5	79254,1	618,0	661,5	835,0	1217,5	1380,0
Σ7	12	0	785	617	380583	421	437	497	1021	2420
Σ8	12	0	1086	788	620910	474	510	869	1388	2790
Σ9	12	0	1051	551	303061	460	602	898	1528	2070
Σ10	12	0	1751	1429	2040845	529	605	1335	2455	5360
Σ11	12	0	2019	880	774836	684	1235	2170	2568	3740
Σ12	11	1	587,7	154,6	23889,0	448,0	460,0	518,0	647,0	900,0

**Πίνακας 63 :** Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών από 22/01/08 έως 17/11/2009.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
22/1/2008	12	0	2798	3176	10084805	435	685	1290	4325	9600
18/3/2008	12	0	2674	2552	6514975	460	829	2090	3023	9060
20/5/2008	12	0	966	525	275497	512	584	669	1378	2200
29/7/2008	12	0	3013	3033	9201869	565	980	2410	3578	11700
23/9/2008	10	2	1917	1496	2239484	443	759	1555	2613	5470
21/11/2008	11	1	2866	1958	3833624	451	1210	2570	4250	6340
22/1/2009	12	0	3083	3872	14994773	448	516	870	5190	11300
18/3/2009	12	0	1811	2029	4117853	421	568	995	2155	7270
18/5/2009	12	0	1697	2011	4044436	508	634	929	2098	7540
21/7/2009	12	0	1846	1940	3764432	424	503	750	2958	6700
21/9/2009	12	0	1877	1595	2543376	491	724	1735	2065	6440
17/11/2009	12	0	2250	1646	2710259	617	938	1805	3665	5960

**Πίνακας 64 :** Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό για το pH, (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	12	0	7,758	0,378	0,143	7,000	7,525	7,800	8,100	8,200
Σ2	11	1	8,518	0,440	0,194	7,800	8,200	8,700	8,700	9,200
Σ3	12	0	8,1583	0,3204	0,1027	7,7000	7,9000	8,1500	8,3750	8,7000
Σ4	12	0	7,842	0,679	0,461	6,000	7,725	7,900	8,200	8,800
Σ5	11	1	7,982	0,392	0,154	7,100	7,800	7,900	8,300	8,600
Σ6	12	0	8,025	0,551	0,304	7,100	7,650	8,000	8,375	8,900
Σ7	12	0	7,4750	0,3361	0,1130	6,9000	7,1750	7,6000	7,7000	7,9000
Σ8	12	0	7,858	0,462	0,214	7,300	7,625	7,700	8,175	8,800
Σ9	12	0	7,3917	0,1929	0,0372	7,1000	7,2250	7,4000	7,5000	7,8000
Σ10	12	0	7,433	0,580	0,337	5,700	7,350	7,600	7,700	7,900
Σ11	12	0	7,6917	0,2466	0,0608	7,2000	7,5500	7,7000	7,9000	8,0000
Σ12	11	1	8,073	0,385	0,148	7,000	8,000	8,200	8,300	8,400

**Πίνακας 65 :** Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για το pH (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών από 22/01/08 έως 17/11/2009.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
22/1/2008	12	0	7,858	0,566	0,321	7,000	7,325	7,900	8,300	8,700
18/3/2008	12	0	8,067	0,640	0,410	7,200	7,525	8,100	8,750	8,900
20/5/2008	12	0	7,3583	0,3175	0,1008	7,0000	7,1000	7,3000	7,7250	7,9000
29/7/2008	12	0	7,942	0,901	0,812	5,700	7,475	8,150	8,600	9,000
23/9/2008	10	2	7,8500	0,2799	0,0783	7,5000	7,6750	7,7500	8,0500	8,4000
21/11/2008	11	1	8,045	0,380	0,145	7,500	7,700	8,100	8,400	8,700
22/1/2009	12	0	7,633	0,629	0,395	6,000	7,450	7,850	8,000	8,200
18/3/2009	12	0	7,883	0,364	0,132	7,200	7,625	7,950	8,200	8,300
18/5/2009	12	0	7,767	0,454	0,206	6,900	7,525	7,700	8,025	8,700
21/7/2009	12	0	8,025	0,505	0,255	7,400	7,700	7,850	8,275	9,200
21/9/2009	12	0	7,942	0,370	0,137	7,300	7,725	7,850	8,225	8,700
17/11/2009	12	0	7,7667	0,2103	0,0442	7,4000	7,6000	7,8000	7,9000	8,1000

**Πίνακας 66 :** Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό για τη θερμοκρασία (°C), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	12	0	16,18	4,84	23,44	9,50	11,25	16,85	20,88	22,50
Σ2	11	1	17,21	6,31	39,79	7,50	12,00	16,00	23,00	26,00
Σ3	12	0	16,95	6,31	39,76	6,80	11,63	16,25	22,58	26,50
Σ4	12	0	18,01	6,42	41,16	10,50	11,10	18,75	24,77	27,50
Σ5	11	1	18,12	6,69	44,75	10,50	10,80	19,50	25,20	27,30
Σ6	12	0	18,50	6,33	40,13	11,50	12,50	16,85	25,48	28,00
Σ7	12	0	21,77	5,79	33,48	15,00	18,00	21,45	23,68	33,00
Σ8	12	0	19,38	6,24	38,94	11,00	12,88	18,20	25,30	28,00
Σ9	12	0	18,77	5,17	26,71	11,20	15,25	18,75	22,60	28,00
Σ10	12	0	19,82	5,68	32,32	10,90	15,25	19,00	24,18	31,30
Σ11	12	0	18,61	4,52	20,45	12,00	14,88	19,00	21,90	27,00
Σ12	11	1	19,60	5,27	27,76	11,00	14,50	19,40	25,00	27,40

**Πίνακας 67 :** Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για τη θερμοκρασία (°C), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/01/08 έως 17/11/2009.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
22/1/2008	12	0	11,917	3,267	10,672	6,800	9,750	11,500	14,750	18,000
18/3/2008	12	0	19,250	2,527	6,386	15,000	16,750	19,000	22,000	22,000
20/5/2008	12	0	25,708	3,108	9,657	19,000	25,000	25,250	27,750	32,000
29/7/2008	12	0	25,042	2,545	6,475	22,400	22,800	24,650	26,225	31,300
23/9/2008	10	2	18,760	1,312	1,720	16,500	18,000	18,600	19,675	20,900
21/11/2008	11	1	15,32	4,46	19,86	12,00	13,00	13,50	16,00	28,00
22/1/2009	12	0	13,48	6,23	38,78	10,80	10,98	11,50	12,00	33,00
18/3/2009	12	0	12,625	2,413	5,824	10,500	11,000	12,000	14,375	18,000
18/5/2009	12	0	21,458	1,733	3,004	16,700	20,675	21,950	22,575	23,000
21/7/2009	12	0	25,667	2,117	4,482	21,000	24,300	26,250	27,300	28,000
21/9/2009	12	0	19,225	1,286	1,653	17,000	18,625	19,350	20,000	21,000
17/11/2009	12	0	14,292	2,491	6,203	11,000	12,125	14,500	15,875	20,000

**Πίνακας 68 :** Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό για τα ιόντα ασβεστίου (Ca<sup>++</sup>), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	12	0	104,6	48,3	2330,8	51,0	63,5	89,5	154,5	184,0
Σ2	11	1	126,4	68,5	4687,6	48,5	85,0	105,0	165,0	290,0
Σ3	12	0	135,1	60,0	3605,7	61,0	89,5	119,5	179,8	260,0
Σ4	12	0	94,1	48,0	2301,5	40,0	62,3	76,0	135,8	190,0
Σ5	11	1	74,82	20,52	421,16	42,00	60,00	78,00	86,00	107,00
Σ6	12	0	50,83	15,04	226,33	31,00	42,25	47,00	58,75	88,00
Σ7	12	0	33,25	13,05	170,39	15,00	25,25	29,00	38,75	60,00
Σ8	12	0	55,50	20,89	436,45	20,00	39,75	55,00	68,00	92,00
Σ9	12	0	60,25	15,25	232,57	29,00	49,75	61,50	70,00	87,00
Σ10	12	0	74,17	15,73	247,42	53,00	63,00	71,00	83,25	107,00
Σ11	12	0	92,0	53,0	2812,0	48,0	65,0	77,5	94,3	250,0
Σ12	12	0	62,75	15,07	227,11	30,00	58,25	60,50	70,25	90,00

**Πίνακας 69 :** Στατιστική ανάλυση τιμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για τα ιόντα ασβεστίου (Ca<sup>++</sup>), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/01/08 έως 17/11/2009.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
22/1/2008	12	0	86,4	55,8	3109,7	28,0	49,5	62,0	147,5	187,0
18/3/2008	12	0	83,9	49,5	2447,0	28,0	44,5	76,5	119,3	183,0
20/5/2008	12	0	85,48	34,51	1190,85	39,00	68,75	83,50	88,00	184,00
29/7/2008	12	0	86,2	72,8	5306,5	20,0	40,5	59,0	112,5	250,0
23/9/2008	10	2	67,60	25,50	650,04	25,00	44,25	75,00	87,75	102,00
21/11/2008	12	0	75,6	41,7	1739,2	15,0	44,4	75,5	103,8	166,0
22/1/2009	12	0	107,8	89,1	7940,7	29,0	49,5	63,0	168,8	290,0
18/3/2009	12	0	73,9	39,3	1541,4	21,0	53,5	64,5	77,5	165,0
18/5/2009	12	0	78,75	27,24	741,84	60,00	63,50	67,50	80,00	139,00
21/7/2009	12	0	74,69	31,33	981,32	26,00	54,50	62,00	92,58	138,00
21/9/2009	12	0	60,92	18,19	330,81	33,00	45,75	60,50	71,75	96,00
17/11/2009	12	0	76,92	32,08	1029,17	31,00	53,75	76,50	92,50	150,00

**Πίνακας 70 :** Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών για τα ιόντα μαγνησίου ( $Mn^{++}$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	12	0	29,58	24,90	619,90	6,00	12,00	19,50	42,75	91,00
Σ2	11	1	368,2	173,1	29972,0	67,9	220,0	375,0	446,0	676,0
Σ3	12	0	365,3	270,4	73125,9	64,0	172,3	252,0	587,0	947,0
Σ4	12	0	142,2	99,7	9938,9	23,0	67,8	108,0	224,5	311,0
Σ5	11	1	81,1	46,7	2183,9	28,0	39,0	92,0	120,0	150,0
Σ6	12	0	28,83	8,58	73,61	21,00	22,25	25,50	35,50	48,00
Σ7	12	0	12,25	7,14	50,93	7,00	8,00	9,00	16,00	29,00
Σ8	12	0	39,00	23,00	528,91	19,00	20,75	34,00	46,75	94,00
Σ9	12	0	23,92	8,65	74,83	7,00	18,25	24,50	28,00	42,00
Σ10	12	0	33,17	15,91	253,06	20,00	21,00	25,00	49,75	62,00
Σ11	12	0	90,7	48,6	2365,3	28,0	37,5	100,0	121,5	190,0
Σ12	11	1	25,82	11,11	123,36	17,00	18,00	22,00	28,00	54,00

**Πίνακας 71 :** Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για τα ιόντα μαγνησίου ( $Mn^{++}$ ), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/01/08 έως 17/11/2009.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
22/1/2008	12	0	137,7	231,9	53760,0	8,0	18,8	32,5	112,8	676,0
18/3/2008	12	0	119,3	177,8	31613,3	17,0	21,5	53,5	92,3	590,0
20/5/2008	12	0	36,33	19,74	389,85	13,00	22,00	27,50	59,50	67,90
29/7/2008	12	0	166,5	263,2	69282,4	7,0	29,0	67,0	180,0	947,0
23/9/2008	10	2	78,9	98,6	9718,4	7,0	18,0	48,5	108,0	334,7
21/11/2008	11	1	110,6	104,3	10868,9	9,0	37,0	50,0	220,0	311,0
22/1/2009	12	0	160,3	234,6	55024,4	6,0	10,5	32,0	265,3	670,0
18/3/2009	12	0	84,2	119,6	14301,2	9,0	18,3	30,0	97,0	398,0
18/5/2009	12	0	74,5	128,7	16574,8	9,0	20,0	26,0	37,8	446,0
21/7/2009	12	0	98,9	129,0	16644,4	8,0	23,3	27,0	182,0	419,6
21/9/2009	12	0	76,6	95,6	9139,0	20,0	25,5	34,0	90,5	360,0
17/11/2009	12	0	79,1	72,6	5266,1	12,0	24,3	43,0	143,0	230,0

**Πίνακας 72 :** Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό για τα ιόντα καλίου ( $K^+$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	12	0	31,67	19,53	381,33	11,00	16,50	28,00	36,50	74,00
Σ2	11	1	7,86	4,26	18,13	3,80	5,30	6,50	9,40	19,00
Σ3	12	0	6,93	4,03	16,26	1,00	4,65	6,40	7,75	17,00
Σ4	12	0	7,52	4,30	18,51	2,50	4,03	7,20	8,75	17,00
Σ5	11	1	7,309	3,063	9,381	3,600	4,600	7,200	9,200	14,000
Σ6	12	0	9,72	5,11	26,12	6,00	6,13	7,15	15,13	19,00
Σ7	12	0	46,0	121,4	14744,6	2,1	4,3	6,6	19,3	430,0
Σ8	12	0	6,17	4,61	21,24	2,30	3,25	4,20	9,68	17,00
Σ9	12	0	5,092	2,183	4,766	0,900	4,250	4,750	7,175	8,400
Σ10	12	0	15,21	15,39	236,88	3,00	4,05	8,40	27,50	44,00
Σ11	12	0	20,35	15,34	235,36	1,30	7,30	14,50	36,25	44,00
Σ12	11	1	3,909	1,754	3,075	1,900	2,500	4,100	5,000	6,900



**Πίνακας 73 :** Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για τα ιόντα καλίου ( $K^+$ ), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
22/1/2008	12	0	8,21	5,07	25,72	2,50	4,03	6,70	11,00	19,00
18/3/2008	12	0	15,40	16,59	275,08	4,60	5,40	10,60	17,00	65,00
20/5/2008	12	0	6,67	9,05	81,92	0,90	3,33	3,70	6,03	35,00
29/7/2008	12	0	11,54	11,97	143,24	1,00	5,55	7,95	12,00	44,00
23/9/2008	10	2	15,21	11,62	135,11	4,30	6,50	8,50	28,25	34,00
21/11/2008	11	1	17,21	14,80	219,13	4,10	6,10	11,00	29,00	44,00
22/1/2009	12	0	10,20	9,33	87,13	1,90	5,20	7,60	12,73	37,00
18/3/2009	12	0	10,39	12,82	164,26	1,90	3,95	4,90	8,95	38,00
18/5/2009	12	0	41,8	122,3	14959,8	2,3	3,0	7,2	9,4	430,0
21/7/2009	12	0	6,11	4,27	18,23	2,10	3,85	4,65	6,97	18,00
21/9/2009	12	0	16,08	21,13	446,56	4,10	5,45	6,60	17,25	74,00
17/11/2009	12	0	11,35	9,86	97,29	2,50	5,05	7,45	17,88	31,00

**Πίνακας 74 :** Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό για τα ιόντα νάτριο ( $Na^+$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	12	0	203,7	169,8	28831,0	64,0	77,8	160,0	257,5	680,0
Σ2	11	1	671,8	259,2	67176,4	130,0	500,0	780,0	900,0	950,0
Σ3	12	0	565,8	296,0	87626,5	120,0	400,0	500,0	747,5	1200,0
Σ4	12	0	350,3	285,8	81696,1	27,0	120,0	245,0	602,5	840,0
Σ5	11	1	239,1	159,1	25298,1	68,0	84,0	200,0	390,0	470,0
Σ6	12	0	105,8	57,8	3343,8	37,0	58,3	84,0	167,5	190,0
Σ7	12	0	97,6	45,7	2084,1	56,0	71,0	78,0	125,8	190,0
Σ8	12	0	111,8	130,0	16891,5	9,4	28,5	50,0	204,5	390,0
Σ9	12	0	132,6	106,5	11338,8	18,0	39,0	101,0	215,0	340,0
Σ10	12	0	240,8	273,3	74681,6	9,3	33,3	155,0	365,0	960,0
Σ11	12	0	192,6	88,6	7844,1	44,0	120,0	220,0	255,0	310,0
Σ12	11	1	22,85	15,55	241,90	7,50	8,80	18,00	35,00	50,00

**Πίνακας 75 :** Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για τα ιόντα νάτριο ( $Na^+$ ), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
22/1/2008	12	0	295,7	287,1	82404,4	17,0	81,0	185,0	607,5	780,0
18/3/2008	12	0	264,9	209,3	43787,6	7,5	92,3	205,0	372,5	710,0
20/5/2008	12	0	74,7	60,0	3595,2	9,3	30,3	51,5	115,0	220,0
29/7/2008	12	0	288,7	247,4	61191,0	48,0	76,8	265,0	440,0	900,0
23/9/2008	10	2	236,2	172,4	29716,6	45,0	70,3	210,0	372,5	590,0
21/11/2008	11	1	379,3	300,8	90462,8	55,0	150,0	280,0	490,0	960,0
22/1/2009	12	0	316	404	163049	9	57	74	588	1200
18/3/2009	12	0	200,2	252,7	63846,2	8,8	60,5	119,0	202,5	900,0
18/5/2009	12	0	165,5	264,3	69858,4	9,3	32,0	72,5	137,5	940,0
21/7/2009	12	0	203,8	252,6	63830,5	15,0	19,8	74,0	367,5	850,0
21/9/2009	12	0	211,3	209,7	43984,1	21,0	58,8	200,0	235,0	810,0
17/11/2009	12	0	292,0	245,5	60279,8	35,0	78,0	210,0	490,0	840,0

**Πίνακας 76 :** Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό για τα αμμωνιακά ( $\text{NH}^+$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	12	0	13,28	9,24	85,35	1,80	7,35	9,35	18,00	34,70
Σ2	11	1	0,1573	0,2592	0,0672	0,0000	0,0000	0,1000	0,2000	0,9000
Σ3	12	0	0,1500	0,1423	0,0203	0,0000	0,0000	0,1100	0,2950	0,4000
Σ4	12	0	0,2742	0,2830	0,0801	0,0000	0,0700	0,1500	0,5000	0,8000
Σ5	11	1	0,3027	0,3244	0,1053	0,0500	0,1000	0,1000	0,6000	1,0300
Σ6	12	0	1,385	3,056	9,338	0,100	0,205	0,455	0,948	11,000
Σ7	12	0	2,427	1,863	3,470	0,300	0,950	1,845	4,122	5,600
Σ8	12	0	1,232	2,663	7,090	0,000	0,025	0,200	0,525	8,830
Σ9	12	0	0,997	1,203	1,447	0,000	0,208	0,550	1,458	4,190
Σ10	12	0	0,693	0,578	0,334	0,030	0,125	0,600	1,050	1,700
Σ11	12	0	5,57	3,57	12,75	0,10	2,87	6,13	8,88	10,53
Σ12	11	1	0,521	0,493	0,244	0,000	0,080	0,500	0,800	1,500

**Πίνακας 77 :** Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για τα αμμωνιακά ( $\text{NH}^+$ ), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
22/1/2008	12	0	2,442	3,422	11,712	0,000	0,075	0,700	4,625	11,000
18/3/2008	12	0	1,80	3,65	13,35	0,00	0,10	0,25	0,73	10,00
20/5/2008	12	0	1,225	2,212	4,895	0,000	0,025	0,350	1,500	7,800
29/7/2008	12	0	1,117	2,422	5,867	0,100	0,125	0,200	1,050	8,700
23/9/2008	10	2	2,95	4,61	21,24	0,30	0,57	1,00	3,67	15,50
21/11/2008	11	1	5,57	10,13	102,68	0,15	0,76	1,03	7,90	34,70
22/1/2009	12	0	3,11	6,83	46,62	0,02	0,16	0,39	3,59	23,90
18/3/2009	12	0	1,90	3,57	12,71	0,03	0,04	0,09	1,61	10,20
18/5/2009	12	0	1,503	2,633	6,933	0,000	0,070	0,245	1,728	7,200
21/7/2009	12	0	1,332	2,950	8,700	0,000	0,113	0,300	1,188	10,530
21/9/2009	12	0	2,49	5,15	26,49	0,04	0,19	0,41	2,38	18,00
17/11/2009	12	0	2,43	5,18	26,79	0,00	0,13	0,21	2,42	18,00

**Πίνακας 78 :** Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό για την σύνθετη αλκαλικότητα ( $\text{mmol}/\ell$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	12	0	0,0000	0,000000	0,000000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Σ2	11	1	0,272	0,354	0,126	0,000	0,000	0,050	0,610	1,010
Σ3	12	0	0,0517	0,1790	0,0320	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,6200
Σ4	12	0	0,0333	0,1155	0,0133	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,4000
Σ5	11	1	0,0364	0,1206	0,0145	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,4000
Σ6	12	0	0,0925	0,1906	0,0363	0,0000	0,0000	0,0000	0,1500	0,6100
Σ7	12	0	0,0000	0,000000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Σ8	12	0	0,1267	0,3027	0,0916	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,9100
Σ9	12	0	0,0000	0,000000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Σ10	12	0	0,0000	0,000000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Σ11	12	0	0,0000	0,000000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Σ12	11	1	0,00909	0,03015	0,00091	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1000

**Πίνακας 79 :** Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για την σύνθετη αλκαλικότητα (mmol/l), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
22/1/2008	12	0	0,1033	0,2413	0,0582	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,6200
18/3/2008	12	0	0,1842	0,2909	0,0846	0,0000	0,0000	0,0000	0,3750	0,9100
20/5/2008	12	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
29/7/2008	12	0	0,219	0,350	0,123	0,000	0,000	0,000	0,558	1,010
23/9/2008	10	2	0,0200	0,0632	0,0040	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2000
21/11/2008	11	1	0,00455	0,01508	0,00023	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0500
22/1/2009	12	0	0,0000	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
18/3/2009	12	0	0,0000	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
18/5/2009	12	0	0,0167	0,0577	0,0033	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2000
21/7/2009	12	0	0,0508	0,1761	0,0310	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,6100
21/9/2009	12	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
17/11/2009	12	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

**Πίνακας 80 :** Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό για την ολική αλκαλικότητα (mmol/l), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	12	0	8,64	5,03	25,29	3,23	6,08	7,16	9,72	20,08
Σ2	11	1	5,246	1,825	3,330	1,820	3,830	5,980	6,520	7,570
Σ3	12	0	5,530	1,648	2,715	2,320	4,643	5,750	6,398	8,580
Σ4	12	0	5,946	1,261	1,589	4,840	5,150	5,470	6,815	8,880
Σ5	11	1	6,545	1,575	2,479	4,950	5,450	5,750	8,280	9,310
Σ6	12	0	6,277	1,601	2,564	3,630	5,150	5,905	7,820	8,790
Σ7	12	0	4,868	2,296	5,273	3,130	3,648	3,985	4,765	10,600
Σ8	12	0	6,509	2,405	5,785	4,040	4,540	6,005	7,795	12,000
Σ9	12	0	5,095	1,512	2,286	2,320	4,565	5,050	5,850	8,480
Σ10	12	0	6,200	2,056	4,228	4,240	4,645	5,150	8,455	10,090
Σ11	12	0	8,463	3,184	10,140	4,540	5,238	8,525	11,250	14,230
Σ12	11	1	5,288	1,119	1,252	4,040	4,460	4,740	6,660	7,170

**Πίνακας 81 :** Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για την ολική αλκαλικότητα (mmol/l), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
22/1/2008	12	0	6,553	2,498	6,239	3,310	4,660	6,255	8,430	12,000
18/3/2008	12	0	6,65	4,39	19,31	3,63	4,62	5,50	6,54	20,08
20/5/2008	12	0	6,366	3,324	11,051	4,540	5,075	5,600	5,750	16,750
29/7/2008	12	0	5,533	1,470	2,162	2,620	4,717	5,600	6,885	7,370
23/9/2008	10	2	6,237	2,330	5,429	3,130	3,988	6,055	8,197	10,090
21/11/2008	11	1	7,510	3,128	9,782	2,320	5,950	8,280	8,480	14,230
22/1/2009	12	0	5,955	2,787	7,770	2,320	3,732	5,650	7,495	12,110
18/3/2009	12	0	6,343	2,254	5,080	4,040	4,643	5,600	6,985	11,500
18/5/2009	12	0	5,046	0,714	0,510	4,040	4,740	4,895	5,150	6,960
21/7/2009	12	0	4,895	1,744	3,040	1,820	4,440	4,690	5,300	9,080
21/9/2009	12	0	6,831	2,360	5,571	3,830	5,275	6,110	9,262	10,600
17/11/2009	12	0	6,925	1,754	3,076	3,230	5,725	6,660	8,578	8,980

**Πίνακας 82 :** Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό για τα χλωριόντα (Cl<sup>-</sup>), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	12	0	268	357	127429	37	66	145	280	1320
Σ2	11	1	1223	569	323833	170	716	1340	1610	2210
Σ3	12	0	1108	811	658245	170	567	767	1923	2540
Σ4	12	0	479	394	154846	19	172	331	932	1130
Σ5	11	1	313,5	234,1	54787,7	63,0	95,0	288,0	477,0	777,0
Σ6	12	0	77,4	46,9	2195,2	6,0	45,8	64,0	124,0	154,0
Σ7	12	0	31,83	30,56	933,79	12,00	13,25	15,00	55,50	95,00
Σ8	12	0	113,3	170,3	29005,5	10,0	15,5	50,0	98,8	502,0
Σ9	12	0	88,1	72,3	5221,4	15,0	26,5	59,0	158,3	225,0
Σ10	12	0	296	353	124399	20	34	153	415	1200
Σ11	12	0	151,3	99,5	9909,7	5,0	41,0	175,0	203,3	327,0
Σ12	11	1	18,55	11,71	137,07	9,00	10,00	14,00	21,00	46,00

**Πίνακας 83 :** Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για τα χλωριόντα (Cl<sup>-</sup>) (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
22/1/2008	11	1	574	811	657827	13	19	107	1320	2210
18/3/2008	12	0	483	676	457492	13	61	291	482	2270
20/5/2008	12	0	81,2	77,8	6054,5	14,0	16,5	35,5	163,3	232,0
29/7/2008	12	0	515	702	493071	15	68	318	639	2540
23/9/2008	10	2	244,8	290,8	84540,8	15,0	39,8	139,5	410,5	955,0
21/11/2008	11	1	461	454	206195	12	60	180	777	1200
22/1/2009	12	0	469	709	502960	9	34	55	906	1960
18/3/2009	12	0	278	477	227530	6	16	92	246	1610
18/5/2009	12	0	217	406	165112	10	26	73	141	1420
21/7/2009	12	0	288	410	167838	13	14	63	582	1340
21/9/2009	12	0	257,5	334,9	112139,9	19,0	41,8	191,0	311,5	1250,0
17/11/2009	12	0	297,7	319,2	101909,5	21,0	54,3	165,0	576,8	1040,0

**Πίνακας 84 :** Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για τα Θειικά (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	12	0	77,8	60,5	3659,2	11,0	19,0	81,0	127,5	198,0
Σ2	11	1	1166	512	261822	265	830	1200	1730	1890
Σ3	12	0	982	456	207683	230	798	1018	1210	1930
Σ4	12	0	599	442	195303	7	320	433	1064	1450
Σ5	11	1	259,8	166,9	27857,2	57,0	88,0	320,0	430,0	450,0
Σ6	12	0	67,8	36,7	1349,1	19,0	42,5	63,0	79,5	145,0
Σ7	12	0	214,2	335,5	112531,6	43,0	58,3	77,0	105,8	1068,0
Σ8	12	0	52,8	63,7	4059,4	11,0	14,5	26,5	62,8	220,0
Σ9	12	0	144,5	132,4	17518,8	20,0	45,5	98,0	275,3	390,0
Σ10	11	1	154,9	142,9	20419,5	18,0	72,0	82,0	220,0	520,0
Σ11	12	0	371,1	245,4	60230,4	80,0	146,0	370,0	465,0	997,0
Σ12	11	1	30,36	31,05	963,85	7,00	14,00	23,00	32,00	120,00

**Πίνακας 85:** Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για τα Θειικά ( $\text{SO}_4^-$ ) (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
22/1/2008	12	0	309	422	177882	7	67	90	365	1200
18/3/2008	12	0	274,3	271,7	73808,8	12,0	67,3	180,5	327,5	850,0
20/5/2008	12	0	100,7	93,9	8818,8	18,0	25,0	43,5	207,0	265,0
29/7/2008	12	0	388	420	176052	11	51	215	759	1230
23/9/2008	10	2	347	379	143306	53	105	190	493	1300
21/11/2008	11	1	469	478	228573	31	130	350	830	1450
22/1/2009	12	0	511	712	506771	11	37	83	975	1930
18/3/2009	11	1	317	430	184724	11	34	63	768	1220
18/5/2009	12	0	403	598	357239	14	30	90	835	1890
21/7/2009	12	0	379	550	302177	22	42	83	724	1730
21/9/2009	12	0	237	399	159527	16	27	82	305	1440
17/11/2009	12	0	374	372	138051	7	52	274	695	1150

**Πίνακας 86 :** Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για τα Νιτρικά ( $\text{NO}_3$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	12	0	36,6	62,0	3840,3	0,0	0,1	9,8	35,7	199,0
Σ2	11	1	1,864	3,310	10,957	0,000	0,000	0,000	5,000	8,900
Σ3	12	0	1,91	3,73	13,92	0,00	0,00	0,00	2,28	12,50
Σ4	12	0	2,01	3,83	14,70	0,00	0,00	0,00	2,23	11,00
Σ5	11	1	3,39	4,20	17,61	0,00	0,10	1,90	8,20	11,00
Σ6	12	0	0,867	1,254	1,572	0,000	0,000	0,000	1,575	4,000
Σ7	12	0	1,025	2,282	5,207	0,000	0,000	0,000	0,375	6,000
Σ8	12	0	1,058	1,872	3,503	0,000	0,000	0,000	1,800	6,200
Σ9	12	0	0,441	0,909	0,827	0,000	0,000	0,000	0,775	3,000
Σ10	12	0	2,033	2,519	6,346	0,000	0,000	1,200	3,525	6,900
Σ11	12	0	7,07	19,77	390,85	0,00	0,00	0,00	3,20	69,00
Σ12	11	1	2,500	2,189	4,790	0,000	1,000	1,600	3,900	6,600

**Πίνακας 87 :** Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για τα Νιτρικά ( $\text{NO}_3$ ), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
22/1/2008	12	0	0,675	0,985	0,969	0,000	0,000	0,000	1,550	2,800
18/3/2008	12	0	1,075	1,958	3,833	0,000	0,000	0,000	1,775	6,200
20/5/2008	12	0	0,317	0,635	0,403	0,000	0,000	0,000	0,600	2,000
29/7/2008	12	0	6,12	19,81	392,40	0,00	0,03	0,25	1,05	69,00
23/9/2008	10	2	1,120	2,328	5,417	0,000	0,000	0,000	1,325	7,400
21/11/2008	11	1	20,1	59,4	3531,4	0,0	0,0	1,2	6,6	199,0
22/1/2009	12	0	7,41	9,65	93,05	0,00	0,00	6,25	8,97	34,80
18/3/2009	12	0	2,03	3,55	12,63	0,00	0,00	0,00	3,43	12,20
18/5/2009	12	0	1,850	2,831	8,017	0,000	0,000	0,000	4,800	6,900
21/7/2009	12	0	2,46	7,06	49,86	0,00	0,00	0,00	1,23	24,80
21/9/2009	12	0	11,5	35,5	1259,1	0,0	0,0	0,6	3,4	124,0
17/11/2009	12	0	7,29	9,93	98,57	0,00	0,50	4,50	10,75	36,00

**Πίνακας 88 :** Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για το υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	12	0	2,167	2,538	6,442	0,000	0,000	1,300	4,225	7,300
Σ2	11	1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Σ3	12	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Σ4	12	0	0,0583	0,2021	0,0408	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,7000
Σ5	11	1	0,0909	0,3015	0,0909	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000
Σ6	12	0	1,425	1,358	1,844	0,000	0,000	1,650	2,375	3,900
Σ7	12	0	2,225	1,525	2,326	0,300	1,275	1,950	2,300	5,500
Σ8	12	0	0,850	1,764	3,112	0,000	0,000	0,300	0,800	6,300
Σ9	12	0	0,508	0,740	0,548	0,000	0,000	0,100	1,050	2,300
Σ10	12	0	0,358	0,749	0,561	0,000	0,000	0,000	0,250	2,000
Σ11	12	0	0,192	0,460	0,212	0,000	0,000	0,000	0,000	1,400
Σ12	11	1	0,236	0,370	0,137	0,000	0,000	0,000	0,700	0,900

**Πίνακας 89 :** Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για το υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
22/1/2008	12	0	1,158	1,994	3,977	0,000	0,000	0,100	1,650	6,300
18/3/2008	12	0	0,883	2,124	4,511	0,000	0,000	0,000	0,975	7,300
20/5/2008	12	0	0,600	1,346	1,813	0,000	0,000	0,000	0,575	4,600
29/7/2008	12	0	0,358	0,697	0,486	0,000	0,000	0,000	0,600	2,000
23/9/2008	10	2	0,860	1,047	1,096	0,000	0,000	0,200	1,925	2,500
21/11/2008	11	1	1,091	1,178	1,387	0,000	0,000	0,900	2,300	3,100
22/1/2009	12	0	0,242	0,460	0,212	0,000	0,000	0,000	0,275	1,300
18/3/2009	12	0	1,008	1,740	3,026	0,000	0,000	0,000	2,000	5,700
18/5/2009	12	0	0,1000	0,1954	0,0382	0,000	0,0000	0,0000	0,2250	0,6000
21/7/2009	12	0	0,125	0,349	0,122	0,000	0,000	0,000	0,000	1,200
21/9/2009	12	0	1,050	1,677	2,814	0,000	0,000	0,300	1,375	5,500
17/11/2009	12	0	0,842	1,518	2,304	0,000	0,000	0,000	1,725	5,000

**Πίνακας 90 :** Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για το S.A.R., (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	12	0	4,333	2,370	5,615	1,700	2,125	4,450	5,200	10,400
Σ2	11	1	6,800	1,889	3,570	2,500	5,700	7,000	8,600	8,800
Σ3	12	0	5,767	1,657	2,746	2,400	5,000	5,850	6,300	9,200
Σ4	12	0	4,825	2,804	7,864	0,700	2,400	4,400	6,700	10,000
Σ5	10	2	4,570	2,223	4,942	1,800	2,175	4,400	6,525	8,300
Σ6	12	0	2,925	1,517	2,300	0,900	1,625	2,550	4,500	5,300
Σ7	12	0	3,633	1,071	1,146	2,000	3,025	3,400	4,275	5,900
Σ8	12	0	2,608	2,798	7,826	0,300	0,800	1,250	5,175	8,400
Σ9	12	0	3,583	2,609	6,805	0,500	1,075	3,500	5,550	8,500
Σ10	12	0	5,37	5,56	30,88	0,20	0,90	3,70	8,17	19,30
Σ11	12	0	3,392	1,243	1,546	1,200	2,775	3,600	4,475	5,000
Σ12	11	1	0,582	0,357	0,128	0,200	0,200	0,500	1,000	1,200

**Πίνακας 91 :** Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για το S.A.R., (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
22/1/2008	12	0	4,653	2,773	7,692	0,500	2,630	5,250	6,250	10,400
18/3/2008	12	0	4,542	2,398	5,750	0,200	2,775	4,550	5,775	8,400
20/5/2008	12	0	1,617	1,023	1,047	0,200	0,825	1,500	2,300	3,900
29/7/2008	12	0	4,492	2,696	7,268	1,200	2,025	4,450	5,825	10,900
23/9/2008	10	2	4,620	2,238	5,011	1,000	2,975	4,750	6,150	8,200
21/11/2008	11	1	6,54	4,66	21,69	1,10	4,60	5,40	6,90	19,30
22/1/2009	12	0	3,792	2,806	7,872	0,200	1,600	2,650	6,550	9,200
18/3/2009	12	0	3,375	2,291	5,248	0,200	1,750	3,450	4,275	8,700
18/5/2009	11	1	2,718	2,554	6,524	0,300	0,800	1,800	4,400	8,800
21/7/2009	12	0	3,042	2,529	6,395	0,400	0,550	2,600	5,200	8,300
21/9/2009	12	0	3,908	2,243	5,032	0,600	1,700	4,100	5,075	8,600
17/11/2009	12	0	5,258	3,074	9,452	0,800	2,375	5,250	8,075	10,000

**Πίνακας 92 :** Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για την ολική σκληρότητα ( $\text{mgCaCO}_3/\ell$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	12	0	382,7	211,7	44831,0	152,0	210,0	320,0	586,5	803,0
Σ2	11	1	1830	838	702172	516	1026	1872	2164	3246
Σ3	12	0	1839	1243	1545132	483	973	1311	2863	4416
Σ4	12	0	819	516	266247	244	479	592	1262	1749
Σ5	11	1	519,8	218,6	47792,6	266,0	282,0	577,0	707,0	870,0
Σ6	12	0	245,3	42,1	1773,2	172,0	228,0	244,5	267,5	310,0
Σ7	12	0	132,6	53,1	2820,6	72,0	92,5	115,0	173,8	254,0
Σ8	12	0	299,3	87,2	7595,5	181,0	237,5	294,0	382,8	438,0
Σ9	12	0	249,0	60,5	3659,3	103,0	224,5	256,0	297,5	332,0
Σ10	12	0	322,1	88,4	7809,9	236,0	241,8	288,5	414,3	472,0
Σ11	12	0	602,8	314,6	98976,9	260,0	308,5	620,5	718,3	1406,0
Σ12	11	1	270,2	63,9	4080,2	220,0	238,0	248,0	296,0	445,0

**Πίνακας 93 :** Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για την ολική σκληρότητα ( $\text{mgCaCO}_3/\ell$ ), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
22/1/2008	12	0	781	1071	1147653	101	232	253	775	3246
18/3/2008	12	0	700	829	686659	140	226	391	626	2883
20/5/2008	12	0	362,4	135,2	18273,0	149,0	271,8	307,5	489,0	606,0
29/7/2008	12	0	900	1194	1425520	103	277	406	1240	4416
23/9/2008	10	2	493	441	194657	91	212	371	632	1631
21/11/2008	11	1	654	500	250297	72	260	472	1026	1694
22/1/2009	12	0	928	1183	1398711	103	173	269	1507	3404
18/3/2009	12	0	530	586	343861	88	212	278	592	2048
18/5/2009	12	0	503	590	348263	187	253	263	339	2164
21/7/2009	12	0	594	565	319083	97	243	262	996	1954
21/9/2009	12	0	467	417	174181	181	235	294	534	1693
17/11/2009	12	0	517	368	135755	172	228	378	817	1320

**Πίνακας 94 :** Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για την παροδική σκληρότητα ( $\text{mgCaCO}_3/\ell$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	12	0	323,8	159,9	25562,7	152,0	198,5	320,0	368,8	642,0
Σ2	11	1	248,8	96,3	9281,4	91,0	149,0	288,0	326,0	379,0
Σ3	12	0	276,7	82,4	6782,0	116,0	232,3	288,0	320,3	429,0
Σ4	12	0	294,7	64,7	4181,3	242,0	250,5	265,5	341,3	444,0
Σ5	11	1	302,5	121,4	14730,3	19,0	266,0	283,0	414,0	466,0
Σ6	12	0	243,1	39,4	1554,4	172,0	228,0	244,5	267,5	310,0
Σ7	12	0	132,4	53,3	2837,2	72,0	92,5	115,0	173,8	254,0
Σ8	12	0	283,3	76,8	5905,3	181,0	227,0	278,0	331,8	425,0
Σ9	12	0	229,8	56,4	3176,4	103,0	199,8	234,5	265,5	308,0
Σ10	12	0	300,0	88,3	7805,6	212,0	232,3	251,0	414,3	425,0
Σ11	12	0	413,8	152,3	23198,2	227,0	251,0	426,5	562,5	642,0
Σ12	11	1	253,0	48,6	2359,2	202,0	223,0	237,0	296,0	359,0

**Πίνακας 95 :** Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για την παροδική σκληρότητα ( $\text{mgCaCO}_3/\ell$ ), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
22/1/2008	12	0	270,2	94,6	8944,3	101,0	225,5	253,0	324,8	466,0
18/3/2008	12	0	288,7	130,8	17117,2	140,0	208,3	254,0	325,5	642,0
20/5/2008	12	0	288,8	107,9	11638,3	149,0	250,5	275,5	288,0	606,0
29/7/2008	12	0	259,5	76,8	5903,4	103,0	236,0	274,0	294,0	369,0
23/9/2008	10	2	268,9	112,8	12714,3	91,0	175,0	258,0	371,5	444,0
21/11/2008	11	1	307,5	169,4	28681,7	72,0	149,0	308,0	419,0	642,0
22/1/2009	12	0	286,2	145,0	21036,9	103,0	164,5	266,0	374,0	606,0
18/3/2009	12	0	266,7	116,5	13566,0	86,0	210,3	243,0	302,3	575,0
18/5/2009	12	0	247,58	31,22	974,99	187,00	237,00	243,00	258,00	318,00
21/7/2009	12	0	219,6	113,2	12805,2	19,0	128,3	229,5	261,8	454,0
21/9/2009	12	0	289,4	98,8	9757,2	181,0	224,3	263,5	318,5	525,0
17/11/2009	12	0	312,2	105,3	11086,0	162,0	196,0	318,0	414,3	449,0

**Πίνακας 96 :** Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για την μόνιμη σκληρότητα ( $\text{mgCaCO}_3/\ell$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	12	0	58,8	132,7	17597,6	0,0	0,0	0,0	47,5	435,0
Σ2	11	1	1581	809	654555	228	877	1569	1942	2920
Σ3	12	0	1521	1244	1547412	198	466	1096	2533	4128
Σ4	12	0	525	465	216368	0	210	336	862	1390
Σ5	11	1	195,9	176,3	31079,5	0,0	24,0	134,0	374,0	463,0
Σ6	12	0	2,25	6,30	39,66	0,00	0,00	0,00	1,50	22,00
Σ7	12	0	0,0000	0,0000	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Σ8	12	0	16,0	48,7	2370,2	0,0	0,0	0,0	7,5	170,0
Σ9	12	0	19,25	26,41	697,48	0,00	0,00	4,50	35,25	74,00
Σ10	12	0	22,08	25,18	634,08	0,00	0,00	13,00	42,75	77,00
Σ11	12	0	189,1	286,5	82060,6	0,0	26,8	146,5	178,0	1058,0
Σ12	11	1	17,18	25,99	675,36	0,00	0,00	6,00	25,00	86,00



**Πίνακας 97 :** Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για την μόνιμη σκληρότητα ( $\text{mgCaCO}_3/\ell$ ), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
22/1/2008	12	0	511	1035	1071607	0	0	4	383	2920
18/3/2008	12	0	412	805	648830	0	0	33	304	2550
20/5/2008	12	0	73,6	94,1	8850,4	0,0	0,0	26,0	185,8	228,0
29/7/2008	12	0	640	1188	1412206	0	1	124	909	4128
23/9/2008	10	2	224	460	211660	0	0	37	235	1474
21/11/2008	11	1	346	512	261699	0	0	0	877	1313
22/1/2009	12	0	642	1106	1223471	0	0	30	1136	2975
18/3/2009	12	0	263	549	301550	0	0	19	177	1710
18/5/2009	12	0	214	558	310909	0	1	18	84	1942
21/7/2009	12	0	355	588	345872	0	8	22	682	1863
21/9/2009	12	0	178	427	182739	0	0	0	193	1501
17/11/2009	12	0	205,1	313,6	98356,8	0,0	0,0	35,5	466,5	876,0

**Πίνακας 98 :** Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για τα νιτρώδη ( $\text{NO}_2^-$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	12	0	0,713	0,988	0,976	0,010	0,033	0,555	0,900	3,600
Σ2	11	1	0,01682	0,02217	0,00049	0,0000	0,00000	0,01000	0,03000	0,0700
Σ3	12	0	0,03167	0,02691	0,00072	0,0000	0,01250	0,02000	0,05750	0,0800
Σ4	12	0	0,01417	0,01782	0,00032	0,0000	0,00000	0,00500	0,02750	0,0500
Σ5	11	1	0,02727	0,01954	0,00038	0,0000	0,01000	0,03000	0,03000	0,0700
Σ6	12	0	0,0682	0,0674	0,0045	0,0000	0,0125	0,0450	0,1485	0,1700
Σ7	12	0	0,01400	0,02470	0,00061	0,0000	0,00000	0,00000	0,01750	0,0700
Σ8	12	0	0,01550	0,01565	0,00024	0,0000	0,00000	0,01000	0,02825	0,0430
Σ9	12	0	0,0392	0,0932	0,0087	0,0000	0,0000	0,0050	0,0400	0,3300
Σ10	12	0	0,0325	0,0352	0,0012	0,0000	0,0025	0,0250	0,0600	0,1000
Σ11	12	0	0,0683	0,1187	0,0141	0,0000	0,0100	0,0200	0,0525	0,3700
Σ12	11	1	0,0518	0,0447	0,0020	0,0100	0,0200	0,0300	0,1100	0,1300

**Πίνακας 99 :** Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για τα νιτρώδη ( $\text{NO}_2^-$ ), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
22/1/2008	12	0	0,0379	0,0380	0,0014	0,0000	0,0100	0,0200	0,0650	0,1100
18/3/2008	12	0	0,01167	0,01946	0,00038	0,0000	0,0000	0,0000	0,02750	0,06000
20/5/2008	12	0	0,02858	0,03374	0,00114	0,0000	0,0100	0,01650	0,03750	0,12000
29/7/2008	12	0	0,0291	0,0459	0,0021	0,0000	0,0000	0,0100	0,0398	0,1580
23/9/2008	10	2	0,0570	0,1044	0,0109	0,0000	0,0000	0,0100	0,0775	0,3300
21/11/2008	11	1	0,375	1,074	1,153	0,000	0,020	0,020	0,060	3,600
22/1/2009	12	0	0,0992	0,2161	0,0467	0,0000	0,0200	0,0400	0,0700	0,7800
18/3/2009	12	0	0,1067	0,2538	0,0644	0,0000	0,0125	0,0300	0,0375	0,9000
18/5/2009	12	0	0,1067	0,2538	0,0644	0,0000	0,0125	0,0300	0,0375	0,9000
21/7/2009	12	0	0,0333	0,0636	0,0040	0,0000	0,0000	0,0100	0,0275	0,2100
21/9/2009	12	0	0,1125	0,2276	0,0518	0,0000	0,0125	0,0300	0,0775	0,8000
17/11/2009	12	0	0,1267	0,2703	0,0731	0,0000	0,0000	0,0150	0,0700	0,9200

**Πίνακας 100 :** Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για τα φωσφορικά ( $\text{PO}_4^{--}$ ), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	12	0	7,95	6,80	46,27	1,52	3,17	5,04	12,58	22,60
Σ2	11	1	0,1173	0,1695	0,0287	0,0000	0,0200	0,0600	0,1200	0,5700
Σ3	12	0	0,1917	0,2175	0,0473	0,0000	0,0350	0,0800	0,3425	0,6100
Σ4	12	0	0,3433	0,3027	0,0916	0,0000	0,1100	0,2750	0,5200	1,0500
Σ5	11	1	0,618	0,450	0,202	0,000	0,200	0,640	0,890	1,530
Σ6	12	0	0,568	0,380	0,144	0,000	0,233	0,635	0,905	1,200
Σ7	12	0	0,588	1,171	1,372	0,000	0,063	0,125	0,742	4,150
Σ8	12	0	0,371	0,468	0,219	0,000	0,075	0,310	0,445	1,760
Σ9	12	0	0,573	0,593	0,351	0,060	0,145	0,360	0,685	2,000
Σ10	12	0	2,59	4,50	20,22	0,24	0,43	1,00	2,63	16,50
Σ11	12	0	2,758	2,150	4,621	0,000	0,873	2,575	3,857	7,700
Σ12	11	1	1,305	2,094	4,384	0,080	0,180	0,430	1,510	7,200

**Πίνακας 101 :** Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για τα φωσφορικά ( $\text{PO}_4^{--}$ ), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
22/1/2008	12	0	1,268	1,499	2,247	0,050	0,082	0,595	1,733	4,440
18/3/2008	12	0	0,606	1,401	1,963	0,000	0,053	0,110	0,460	4,990
20/5/2008	12	0	0,650	1,408	1,983	0,100	0,100	0,250	0,400	5,100
29/7/2008	12	0	2,33	5,54	30,71	0,00	0,00	0,20	0,80	18,70
23/9/2008	10	2	4,97	7,94	63,11	0,06	0,18	1,40	7,50	22,60
21/11/2008	11	1	0,943	1,131	1,279	0,000	0,060	0,380	2,540	2,830
22/1/2009	12	0	0,963	1,652	2,730	0,030	0,135	0,320	0,888	5,800
18/3/2009	12	0	1,057	2,404	5,777	0,000	0,070	0,225	0,840	8,600
18/5/2009	12	0	0,720	1,043	1,088	0,030	0,133	0,340	0,927	3,730
21/7/2009	12	0	0,878	1,113	1,239	0,030	0,150	0,560	0,948	3,560
21/9/2009	12	0	2,54	3,79	14,38	0,00	0,59	1,32	3,14	13,90
17/11/2009	12	0	1,794	2,158	4,659	0,370	0,623	1,000	2,250	7,700

**Πίνακας 102 :** Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για τον φωσφόρο (P), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	12	0	2,591	2,218	4,918	0,496	1,035	1,645	4,099	7,368
Σ2	11	1	0,0384	0,0552	0,0031	0,0000	0,0070	0,0200	0,0390	0,1860
Σ3	12	0	0,0626	0,0710	0,0050	0,0000	0,0115	0,0265	0,1120	0,1990
Σ4	12	0	0,1047	0,1029	0,0106	0,0000	0,0158	0,0735	0,1695	0,3420
Σ5	11	1	0,2015	0,1467	0,0215	0,0000	0,0650	0,2090	0,2900	0,4990
Σ6	12	0	0,1852	0,1238	0,0153	0,0000	0,0757	0,2070	0,2947	0,3910
Σ7	12	0	0,192	0,382	0,146	0,000	0,021	0,041	0,242	1,353
Σ8	12	0	0,1210	0,1527	0,0233	0,0000	0,0248	0,1010	0,1457	0,5740
Σ9	12	0	0,1869	0,1931	0,0373	0,0200	0,0475	0,1175	0,2233	0,6520
Σ10	12	0	0,845	1,466	2,149	0,078	0,140	0,328	0,858	5,379
Σ11	12	0	0,899	0,701	0,491	0,000	0,284	0,839	1,257	2,510
Σ12	12	0	0,390	0,662	0,439	0,000	0,054	0,126	0,441	2,347

**Πίνακας 103 :** Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για τον φωσφόρο (P), (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
22/1/2008	12	0	0,414	0,488	0,239	0,016	0,027	0,194	0,565	1,447
18/3/2008	12	0	0,198	0,457	0,209	0,000	0,017	0,036	0,150	1,627
20/5/2008	12	0	0,212	0,459	0,211	0,033	0,033	0,082	0,130	1,663
29/7/2008	12	0	0,758	1,807	3,263	0,000	0,000	0,065	0,260	6,096
23/9/2008	10	2	1,611	2,596	6,738	0,010	0,034	0,457	2,445	7,368
21/11/2008	12	0	0,282	0,363	0,132	0,000	0,005	0,103	0,694	0,923
22/1/2009	12	0	0,314	0,539	0,290	0,010	0,044	0,105	0,289	1,891
18/3/2009	12	0	0,345	0,784	0,614	0,000	0,023	0,073	0,274	2,804
18/5/2009	12	0	0,2347	0,3401	0,1157	0,0100	0,0435	0,1110	0,3023	1,2160
21/7/2009	12	0	0,286	0,363	0,132	0,010	0,049	0,183	0,309	1,161
21/9/2009	12	0	0,828	1,236	1,528	0,000	0,192	0,430	1,024	4,531
17/11/2009	12	0	0,585	0,704	0,495	0,121	0,203	0,326	0,734	2,510

**Πίνακας 104 :** Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για τον φωσφόρο (N), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	12	0	18,78	20,49	420,04	4,06	6,28	8,71	25,56	72,84
Σ2	11	1	0,551	0,788	0,621	0,000	0,000	0,078	1,306	2,156
Σ3	12	0	0,556	0,900	0,811	0,000	0,000	0,164	0,738	3,093
Σ4	12	0	0,676	0,839	0,704	0,000	0,098	0,436	0,645	2,686
Σ5	11	1	1,016	1,141	1,302	0,055	0,101	0,499	2,378	3,333
Σ6	12	0	1,280	2,330	5,429	0,078	0,345	0,543	1,134	8,580
Σ7	12	0	2,129	1,706	2,911	0,349	0,741	1,556	3,393	5,748
Σ8	12	0	1,205	2,041	4,165	0,000	0,060	0,298	1,477	6,887
Σ9	12	0	0,879	0,972	0,944	0,000	0,222	0,683	1,159	3,542
Σ10	12	0	1,008	0,590	0,348	0,156	0,538	0,866	1,567	2,103
Σ11	12	0	5,97	3,83	14,68	0,65	3,53	5,11	7,76	15,95
Σ12	11	1	0,981	0,519	0,269	0,284	0,460	0,992	1,195	1,994

**Πίνακας 105 :** Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για το (N) (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
22/1/2008	12	0	2,060	2,587	6,695	0,000	0,296	0,949	3,607	8,580
18/3/2008	12	0	1,651	2,804	7,863	0,000	0,078	0,466	1,544	7,915
20/5/2008	12	0	1,028	1,705	2,906	0,000	0,020	0,480	1,170	6,084
29/7/2008	12	0	2,28	4,69	22,02	0,08	0,16	0,47	1,02	15,95
23/9/2008	10	2	2,56	4,07	16,60	0,39	0,66	0,81	2,90	13,79
21/11/2008	11	1	8,98	21,29	453,46	0,59	0,66	1,64	6,16	72,84
22/1/2009	12	0	4,13	7,21	51,99	0,02	1,05	2,13	3,42	26,65
18/3/2009	12	0	1,952	3,215	10,334	0,031	0,142	0,763	1,252	9,514
18/5/2009	12	0	1,597	2,035	4,142	0,000	0,082	0,591	2,727	5,616
21/7/2009	12	0	1,604	2,855	8,152	0,000	0,146	0,402	0,979	8,213
21/9/2009	12	0	4,58	12,08	145,83	0,09	0,19	0,50	2,55	42,56
17/11/2009	12	0	3,57	6,08	37,00	0,16	0,86	1,32	3,95	22,32

**Πίνακας 106 :** Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για το B.O.D<sub>5</sub>, (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	12	0	182,7	194,5	37814,0	7,0	19,5	88,0	328,0	590,0
Σ2	11	1	19,73	16,05	257,62	4,00	8,00	12,00	35,00	47,00
Σ3	12	0	15,08	13,32	177,54	3,00	6,00	8,50	29,50	42,00
Σ4	11	1	7,82	4,12	16,96	3,00	4,00	6,00	13,00	14,00
Σ5	11	1	9,36	4,72	22,25	4,00	6,00	8,00	13,00	18,00
Σ6	12	0	14,33	8,75	76,61	3,00	7,75	12,50	18,75	31,00
Σ7	10	2	18,10	7,31	53,43	8,00	11,50	18,00	26,25	28,00
Σ8	12	0	94,2	105,6	11150,3	4,0	11,0	68,0	151,5	360,0
Σ9	12	0	27,67	14,86	220,79	4,00	13,50	29,00	35,50	51,00
Σ10	12	0	26,5	45,0	2028,1	4,0	6,3	10,0	23,5	165,0
Σ11	12	0	69,4	52,4	2749,7	8,0	18,8	64,0	104,8	160,0
Σ12	11	1	12,27	8,32	69,22	4,00	7,00	10,00	18,00	29,00

**Πίνακας 107 :** Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για το B.O.D<sub>5</sub>, (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
22/1/2008	12	0	39,7	63,8	4066,8	8,0	8,3	9,5	45,5	226,0
18/3/2008	12	0	47,3	91,8	8429,1	3,0	5,5	15,0	42,0	330,0
20/5/2008	11	1	57,3	123,7	15297,8	4,0	8,0	21,0	34,0	428,0
29/7/2008	12	0	64,5	165,7	27466,5	3,0	8,8	17,0	28,8	590,0
23/9/2008	10	2	66,9	97,7	9553,2	4,0	8,3	28,0	107,5	322,0
21/11/2008	11	1	50,5	60,0	3594,7	9,0	18,0	28,0	42,0	180,0
22/1/2009	12	0	40,0	46,2	2132,9	7,0	7,3	25,5	49,5	160,0
18/3/2009	12	0	32,17	30,00	900,15	7,00	10,25	22,00	44,75	110,00
18/5/2009	12	0	34,1	41,9	1752,4	8,0	10,5	14,5	40,0	126,0
21/7/2009	11	1	10,18	7,12	50,76	4,00	5,00	8,00	15,00	27,00
21/9/2009	12	0	9,33	5,16	26,61	5,00	6,00	7,00	12,00	21,00
17/11/2009	11	1	64,5	115,4	13320,5	3,0	4,0	4,0	148,0	360,0

**Πίνακας 108 :** Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για το C.O.D., (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	12	0	298,4	267,3	71460,4	27,0	56,3	214,5	502,3	826,0
Σ2	11	1	67,7	41,7	1740,6	16,0	33,0	58,0	106,0	142,0
Σ3	12	0	45,2	38,2	1460,9	16,0	22,0	28,0	62,3	147,0
Σ4	12	0	29,42	15,50	240,27	13,00	18,50	23,50	44,75	62,00
Σ5	11	1	35,55	13,27	176,07	18,00	25,00	37,00	40,00	63,00
Σ6	12	0	46,58	25,50	650,27	17,00	36,00	39,50	55,25	110,00
Σ7	12	0	40,83	15,12	228,70	12,00	37,00	43,50	50,50	62,00
Σ8	12	0	202,2	183,8	33764,3	18,0	66,8	159,0	299,5	646,0
Σ9	12	0	67,0	35,5	1261,3	20,0	33,8	60,0	95,5	129,0
Σ10	12	0	68,7	95,9	9190,8	18,0	20,3	29,5	72,0	353,0
Σ11	12	0	147,7	100,5	10097,0	36,0	46,3	122,0	261,3	294,0
Σ12	11	1	47,5	35,3	1247,5	15,0	26,0	30,0	78,0	111,0

**Πίνακας 109 :** Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για το C.O.D., (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
22/1/2008	12	0	109,8	122,9	15096,9	18,0	35,5	54,0	124,5	425,0
18/3/2008	12	0	109,1	149,8	22429,5	13,0	20,5	43,5	112,0	528,0
20/5/2008	12	0	106,9	169,7	28805,5	17,0	25,0	60,5	103,8	635,0
29/7/2008	12	0	114,4	224,7	50499,9	21,0	38,0	52,0	67,8	826,0
23/9/2008	10	2	112,0	126,0	15886,9	19,0	27,3	55,0	152,8	425,0
21/11/2008	11	1	115,9	117,3	13751,1	38,0	57,0	69,0	90,0	399,0
22/1/2009	12	0	99,1	84,7	7173,7	27,0	37,0	75,0	140,0	321,0
18/3/2009	12	0	82,7	60,4	3648,8	26,0	36,0	67,0	120,8	227,0
18/5/2009	12	0	80,3	91,2	8324,6	26,0	30,5	35,5	116,8	289,0
21/7/2009	12	0	31,67	13,79	190,24	13,00	18,75	31,00	44,25	59,00
21/9/2009	12	0	32,08	13,41	179,90	20,00	22,25	26,00	42,00	62,00
17/11/2009	12	0	118,5	199,9	39951,7	12,0	16,3	20,0	194,5	646,0

**Πίνακας 110 :** Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για το D.O., (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	12	0	3,017	2,218	4,918	0,600	1,475	2,550	3,875	8,500
Σ2	11	1	8,318	1,181	1,396	6,500	8,000	8,000	9,000	10,500
Σ3	12	0	8,000	1,606	2,580	6,000	7,000	7,750	8,275	12,000
Σ4	12	0	7,775	2,495	6,226	4,000	6,250	7,500	8,825	13,000
Σ5	11	1	7,191	2,630	6,919	3,500	6,000	7,100	7,700	13,500
Σ6	12	0	5,058	1,797	3,230	3,000	4,050	4,750	5,500	10,000
Σ7	12	0	2,417	1,583	2,505	1,300	1,500	1,500	3,375	6,500
Σ8	12	0	2,917	1,905	3,631	1,000	1,500	2,250	3,800	7,000
Σ9	12	0	2,867	2,033	4,132	1,200	1,525	2,250	3,000	7,500
Σ10	12	0	3,292	1,216	1,479	1,900	2,500	3,000	4,000	6,000
Σ11	12	0	2,367	1,412	1,993	0,500	1,100	2,000	3,925	4,500
Σ12	11	1	7,955	1,970	3,881	4,500	6,800	8,000	9,000	12,000

**Πίνακας 111 :** Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για το D.O. (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
22/1/2008	12	0	4,900	3,310	10,958	1,400	1,525	3,750	8,100	10,000
18/3/2008	12	0	4,342	2,886	8,332	0,600	1,625	4,000	7,225	8,000
20/5/2008	12	0	5,425	2,533	6,417	0,700	3,550	5,500	8,075	8,600
29/7/2008	12	0	4,225	2,738	7,495	1,300	1,600	3,000	7,000	8,000
23/9/2008	10	2	4,600	2,503	6,267	2,000	2,750	3,500	8,000	8,000
21/11/2008	11	1	4,191	2,489	6,195	1,000	2,000	3,300	7,000	7,500
22/1/2009	12	0	6,77	3,69	13,61	1,00	4,08	6,50	10,00	12,00
18/3/2009	12	0	4,025	2,211	4,889	1,300	1,625	4,000	6,000	7,000
18/5/2009	12	0	3,833	2,616	6,844	1,000	1,600	2,800	6,750	8,000
21/7/2009	12	0	3,808	2,853	8,139	0,500	1,575	3,000	7,050	8,500
21/9/2009	12	0	5,708	2,231	4,975	2,500	4,000	5,500	7,750	9,000
17/11/2009	12	0	8,500	3,254	10,591	4,000	6,125	7,750	11,625	13,500

**Πίνακας 112 :** Στατιστική ανάλυση τιμών ανά σταθμό δειγματοληψίας για τον βαθμό αλκαλιώσης, (Na%) (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	12	0	53,69	10,95	119,91	34,52	44,49	53,41	64,55	64,88
Σ2	11	1	44,48	6,38	40,71	34,24	39,77	48,41	49,20	52,41
Σ3	12	0	41,77	6,66	44,39	30,45	35,73	42,92	45,79	55,30
Σ4	12	0	43,66	10,67	113,88	19,95	36,00	45,33	51,21	57,92
Σ5	11	1	46,60	9,88	97,54	31,53	37,76	47,76	54,03	63,18
Σ6	12	0	46,73	13,46	181,15	22,07	37,01	47,86	59,46	63,71
Σ7	12	0	63,67	8,71	75,79	46,12	58,12	64,09	68,52	82,03
Σ8	12	0	35,16	20,35	414,17	8,45	19,50	31,90	56,63	68,45
Σ9	12	0	47,25	20,59	423,81	14,74	25,50	59,83	63,28	70,68
Σ10	12	0	48,42	23,91	571,56	7,80	23,68	51,69	70,25	81,82
Σ11	12	0	41,67	8,94	79,89	27,78	31,33	43,11	50,29	50,84
Σ12	11	1	15,62	6,80	46,27	7,97	8,36	15,38	20,71	27,31

**Πίνακας 113 :** Στατιστική ανάλυση τιμών σταθμών ανά ημερομηνία δειγματοληψίας για τον βαθμό αλκαλιώσης, (Na%) (Descriptive Statistics) για τις δώδεκα ημερομηνίες δειγματοληψιών: από 22/1/08 έως 17/11/2009.

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
22/1/2008	12	0	48,02	17,89	320,15	15,33	34,94	53,06	63,63	64,84
18/3/2008	12	0	47,81	16,91	285,98	9,14	40,29	45,72	62,34	71,10
20/5/2008	12	0	28,77	11,29	127,57	7,80	21,03	29,36	35,54	46,17
29/7/2008	12	0	45,96	15,83	250,57	27,31	31,33	44,72	60,45	75,30
23/9/2008	10	2	52,08	15,17	230,15	20,71	42,04	55,80	64,94	67,68
21/11/2008	11	1	55,78	14,88	221,54	23,71	49,20	54,03	64,88	81,82
22/1/2009	12	0	41,73	13,61	185,20	8,25	34,94	42,61	52,89	58,70
18/3/2009	12	0	42,88	16,64	276,93	7,97	37,38	43,67	58,57	63,94
18/5/2009	12	0	36,31	20,20	407,97	8,36	22,12	36,39	46,63	82,03
21/7/2009	12	0	35,79	16,18	261,79	13,55	16,54	39,20	47,42	61,49
21/9/2009	12	0	46,58	14,34	205,53	16,45	35,91	49,55	55,17	64,60
17/11/2009	12	0	51,44	15,93	253,91	19,11	45,19	53,86	62,58	70,68

**Πίνακας 114 :** Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 9<sup>ο</sup> για τα έτος 2008 για την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	1637	501	251233	1240	1240	1470	2200	2200
Σ2	3200	2475	6125000	1450	*	3200	*	4950
Σ3	6187	5192	26959233	1390	1390	5470	11700	11700
Σ4	2183	774	598433	1340	1340	2350	2860	2860
Σ5	1920	1301	1692800	1000	*	1920	*	2840
Σ6	1041	336	112745	654	654	1220	1250	1250
Σ7	506,7	61,2	3742,3	443,0	443,0	512,0	565,0	565,0
Σ8	1172	1124	1263684	514	514	532	2470	2470
Σ9	1108	663	439004	609	609	856	1860	1860
Σ10	2065	1320	1741985	576	576	2530	3090	3090
Σ11	2195	1528	2335685	684	684	2160	3740	3740
Σ12	795,7	132,2	17476,3	647,0	647,0	840,0	900,0	900,0

**Πίνακας 115 :** Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 9<sup>ο</sup> για τα έτος 2009 για την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	1847	645	415633	1120	1120	2070	2350	2350
Σ2	6893	575	330533	6440	6440	6700	7540	7540
Σ3	3027	933	871033	2030	2030	3170	3880	3880
Σ4	2077	1070	1145433	1020	1020	2050	3160	3160
Σ5	951	225	50583	805	805	838	1210	1210
Σ6	794,7	136,5	18625,3	694,0	694,0	740,0	950,0	950,0
Σ7	1448	999	998032	424	424	1500	2420	2420
Σ8	491,00	17,00	289,00	474,00	474,00	491,00	508,00	508,00
Σ9	585,3	71,5	5110,3	508,0	508,0	599,0	649,0	649,0
Σ10	1210	724	523880	529	529	1130	1970	1970
Σ11	1823	949	899697	759	759	2130	2580	2580
Σ12	532,3	40,5	1636,3	501,0	501,0	518,0	578,0	578,0

**Πίνακας 116 :** Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 9<sup>ο</sup> για τα έτη 2008-2009 για την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών το έτος 2008-2009.

Variable	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	1742	529	279977	1120	1210	1770	2238	2350
Σ2	5416	2406	5788730	1450	3200	6440	7120	7540
Σ3	4607	3759	14127787	1390	1870	3525	7028	11700
Σ4	2130	837	700960	1020	1260	2200	2935	3160
Σ5	1339	855	730180	805	822	1000	2025	2840
Σ6	918	266	70802	654	684	845	1228	1250
Σ7	977	816	666542	424	438	539	1730	2420
Σ8	832	803	644718	474	487	511	1017	2470
Σ9	847	510	259705	508	576	629	1107	1860
Σ10	1638	1061	1125996	529	564	1550	2670	3090
Σ11	2009	1156	1335594	684	740	2145	2870	3740
Σ12	664,0	168,7	28448,4	501,0	513,8	612,5	855,0	900,0

**Πίνακας 117 :** Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 9<sup>ο</sup> για τα έτη 2008 για το ασβέστιο (Ca<sup>++</sup>), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	123,3	58,2	3385,3	68,0	68,0	118,0	184,0	184,0
Σ2	77,3	24,5	602,0	60,0	*	77,3	*	94,7
Σ3	133,3	66,8	4457,3	88,0	88,0	102,0	210,0	210,0
Σ4	60,3	24,8	616,3	40,0	40,0	53,0	88,0	88,0
Σ5	68,0	25,5	648,0	50,0	*	68,0	*	86,0
Σ6	58,7	25,5	649,3	42,0	42,0	46,0	88,0	88,0
Σ7	31,33	7,09	50,33	25,00	25,00	30,00	39,00	39,00
Σ8	42,3	24,2	584,3	20,0	20,0	39,0	68,0	68,0
Σ9	72,67	13,58	184,33	60,00	60,00	71,00	87,00	87,00
Σ10	84,67	11,02	121,33	74,00	74,00	84,00	96,00	96,00
Σ11	132,0	102,6	10524,0	64,0	64,0	82,0	250,0	250,0
Σ12	76,33	16,50	272,33	58,00	58,00	81,00	90,00	90,00

**Πίνακας 118 :** Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 9<sup>ο</sup> για τα έτη 2009 για το ασβέστιο (Ca<sup>++</sup>), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	105,7	28,7	826,3	83,0	83,0	96,0	138,0	138,0
Σ2	102,8	25,5	650,9	85,0	85,0	91,3	132,0	132,0
Σ3	94,0	40,4	1629,0	61,0	61,0	82,0	139,0	139,0
Σ4	76,67	14,36	206,33	66,00	66,00	71,00	93,00	93,00
Σ5	56,33	12,90	166,33	42,00	42,00	60,00	67,00	67,00
Σ6	54,00	9,00	81,00	45,00	45,00	54,00	63,00	63,00
Σ7	46,7	18,1	329,3	26,0	26,0	54,0	60,0	60,0
Σ8	52,3	17,8	316,3	33,0	33,0	56,0	68,0	68,0
Σ9	59,00	9,64	93,00	48,00	48,00	63,00	66,00	66,00
Σ10	62,00	7,94	63,00	53,00	53,00	65,00	68,00	68,00
Σ11	84,0	31,0	961,0	60,0	60,0	73,0	119,0	119,0
Σ12	64,00	6,08	37,00	60,00	60,00	61,00	71,00	71,00

**Πίνακας 119 :** Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 9<sup>ο</sup> για τα έτη 2008-2009 για το ασβέστιο (Ca<sup>++</sup>), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	114,5	42,2	1778,3	68,0	79,3	107,0	149,5	184,0
Σ2	92,6	25,9	669,7	60,0	72,5	91,3	113,3	132,0
Σ3	113,7	53,8	2898,7	61,0	76,8	95,0	156,8	210,0
Σ4	68,50	20,23	409,10	40,00	49,75	68,50	89,25	93,00
Σ5	61,00	16,91	286,00	42,00	46,00	60,00	76,50	86,00
Σ6	56,33	17,28	298,67	42,00	44,25	50,00	69,25	88,00
Σ7	39,00	14,91	222,40	25,00	25,75	34,50	55,50	60,00
Σ8	47,33	19,76	390,27	20,00	29,75	47,50	68,00	68,00
Σ9	65,83	12,92	166,97	48,00	57,00	64,50	75,00	87,00
Σ10	73,33	15,10	227,87	53,00	62,00	71,00	87,00	96,00
Σ11	108,0	72,7	5285,2	60,0	63,0	77,5	151,8	250,0
Σ12	70,17	13,01	169,37	58,00	59,50	66,00	83,25	90,00

**Πίνακας 120 :** Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 9<sup>ο</sup> για τα έτη 2008 για το μαγνήσιο (Mg<sup>+</sup>), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	22,33	12,34	152,33	12,00	12,00	19,00	36,00	36,00
Σ2	200	186	34769	68	*	200	*	332
Σ3	449	452	204646	64	64	335	947	947
Σ4	109,3	38,2	1457,3	66,0	66,0	124,0	138,0	138,0
Σ5	98,0	73,5	5408,0	46,0	*	98,0	*	150,0
Σ6	36,67	13,32	177,33	22,00	22,00	40,00	48,00	48,00
Σ7	9,00	3,46	12,00	7,00	7,00	7,00	13,00	13,00
Σ8	44,3	43,0	1850,3	19,0	19,0	20,0	94,0	94,0
Σ9	26,33	3,79	14,33	22,00	22,00	28,00	29,00	29,00
Σ10	34,33	12,86	165,33	25,00	25,00	29,00	49,00	49,00
Σ11	106,0	80,3	6448,0	30,0	30,0	98,0	190,0	190,0
Σ12	38,67	14,57	212,33	25,00	25,00	37,00	54,00	54,00



**Πίνακας 121 :** Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 9<sup>ο</sup> για τα έτη 2009 για το μαγνήσιο (Mg<sup>+</sup>), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	30,67	12,90	166,33	20,00	20,00	27,00	45,00	45,00
Σ2	408,5	44,1	1940,9	360,0	360,0	419,6	446,0	446,0
Σ3	183,0	87,0	7563,0	86,0	86,0	209,0	254,0	254,0
Σ4	113,7	85,6	7324,3	41,0	41,0	92,0	208,0	208,0
Σ5	31,67	6,35	40,33	28,00	28,00	28,00	39,00	39,00
Σ6	26,333	1,528	2,333	25,000	25,000	26,000	28,000	28,000
Σ7	15,33	11,85	140,33	8,00	8,00	9,00	29,00	29,00
Σ8	22,33	2,08	4,33	20,00	20,00	23,00	24,00	24,00
Σ9	23,667	1,528	2,333	22,000	22,000	24,000	25,000	25,000
Σ10	35,7	22,9	526,3	20,0	20,0	25,0	62,0	62,0
Σ11	86,3	51,8	2684,3	28,0	28,0	104,0	127,0	127,0
Σ12	22,67	4,04	16,33	19,00	19,00	22,00	27,00	27,00

**Πίνακας 122 :** Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 9<sup>ο</sup> για τα έτη 2008-2009 για το μαγνήσιο (Mg<sup>+</sup>), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	26,50	12,18	148,30	12,00	17,25	23,50	38,25	45,00
Σ2	325,0	150,8	22739,8	67,9	199,8	360,0	432,8	446,0
Σ3	316	326	106041	64	81	232	488	947
Σ4	111,5	59,3	3518,3	41,0	59,8	108,0	155,5	208,0
Σ5	58,2	51,9	2692,2	28,0	28,0	39,0	98,0	150,0
Σ6	31,50	10,19	103,90	22,00	24,25	27,00	42,00	48,00
Σ7	12,17	8,54	72,97	7,00	7,00	8,50	17,00	29,00
Σ8	33,3	29,8	887,1	19,0	19,8	21,5	41,5	94,0
Σ9	25,00	2,97	8,80	22,00	22,00	24,50	28,25	29,00
Σ10	35,00	16,65	277,20	20,00	23,75	27,00	52,25	62,00
Σ11	96,2	61,4	3769,0	28,0	29,5	101,0	142,8	190,0
Σ12	30,67	12,97	168,27	19,00	21,25	26,00	41,25	54,00

**Πίνακας 123 :** Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 9<sup>ο</sup> για τα έτη 2008 για το Νάτριο (Na<sup>+</sup>), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	155,3	73,1	5345,3	76,0	76,0	170,0	220,0	220,0
Σ2	315	262	68450	130	*	315	*	500
Σ3	537	393	154233	120	120	590	900	900
Σ4	246,7	136,5	18633,3	100,0	100,0	270,0	370,0	370,0
Σ5	197	160	25538	84	*	197	*	310
Σ6	129,0	81,1	6573,0	37,0	37,0	160,0	190,0	190,0
Σ7	70,67	12,74	162,33	56,00	56,00	77,00	79,00	79,00
Σ8	131,0	163,9	26863,0	28,0	28,0	45,0	320,0	320,0
Σ9	119,3	122,4	14984,3	37,0	37,0	61,0	260,0	260,0
Σ10	290	248	61496	9	9	380	480	480
Σ11	179,0	115,3	13293,0	47,0	47,0	230,0	260,0	260,0
Σ12	42,00	12,17	148,00	28,00	28,00	48,00	50,00	50,00

**Πίνακας 124 :** Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 9<sup>ο</sup> για τα έτη 2009 για το Νάτριο (Na<sup>+</sup>), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	191,0	96,8	9373,0	83,0	83,0	220,0	270,0	270,0
Σ2	866,7	66,6	4433,3	810,0	810,0	850,0	940,0	940,0
Σ3	343,3	117,2	13733,3	210,0	210,0	390,0	430,0	430,0
Σ4	232,3	161,9	26196,3	77,0	77,0	220,0	400,0	400,0
Σ5	95,0	39,2	1539,0	68,0	68,0	77,0	140,0	140,0
Σ6	76,3	20,6	426,3	62,0	62,0	67,0	100,0	100,0
Σ7	133,7	59,8	3570,3	71,0	71,0	140,0	190,0	190,0
Σ8	18,13	10,65	113,45	9,40	9,40	15,00	30,00	30,00
Σ9	30,33	13,65	186,33	18,00	18,00	28,00	45,00	45,00
Σ10	131,7	107,5	11558,3	25,0	25,0	130,0	240,0	240,0
Σ11	188,0	134,4	18052,0	44,0	44,0	210,0	310,0	310,0

**Πίνακας 125 :** Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 9<sup>ο</sup> για τα έτη 2008-2009 για το Νάτριο (Na<sup>+</sup>), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	173,2	79,2	6269,0	76,0	81,3	195,0	232,5	270,0
Σ2	646	333	110630	130	315	810	895	940
Σ3	440	280	78400	120	188	410	668	900
Σ4	239,5	134,1	17993,5	77,0	94,3	245,0	377,5	400,0
Σ5	135,8	101,4	10275,2	68,0	72,5	84,0	225,0	310,0
Σ6	102,7	60,3	3631,9	37,0	55,8	83,5	167,5	190,0
Σ7	102,2	51,8	2683,8	56,0	67,3	78,0	152,5	190,0
Σ8	74,6	120,9	14612,2	9,4	13,6	29,0	113,8	320,0
Σ9	74,8	91,9	8444,6	18,0	25,5	41,0	110,8	260,0
Σ10	210,7	191,6	36720,5	9,3	21,1	185,0	405,0	480,0
Σ11	183,5	112,1	12562,3	44,0	46,3	220,0	272,5	310,0
Σ12	29,05	16,59	275,22	9,30	15,82	24,50	48,50	50,00

**Πίνακας 126 :** Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 9<sup>ο</sup> για τα έτη 2008 για το χλωριόντα (Cl<sup>-</sup>), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών;

Variable	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	166,3	63,2	3990,3	106,0	106,0	161,0	232,0	232,0
Σ2	585	587	344450	170	*	585	*	1000
Σ3	1222	1207	1457558	170	170	955	2540	2540
Σ4	322,7	161,8	26190,3	143,0	143,0	368,0	457,0	457,0
Σ5	282	264	69565	95	*	282	*	468
Σ6	109,0	56,6	3199,0	44,0	44,0	136,0	147,0	147,0
Σ7	14,667	0,577	0,333	14,000	14,000	15,000	15,000	15,000
Σ8	159	245	59796	14	14	21	441	441
Σ9	80,0	81,9	6708,0	24,0	24,0	42,0	174,0	174,0
Σ10	373	335	112264	27	27	395	696	696
Σ11	146,0	120,5	14527,0	27,0	27,0	143,0	268,0	268,0
Σ12	31,67	16,26	264,33	14,00	14,00	35,00	46,00	46,00

**Πίνακας 127 :** Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 9<sup>ο</sup> για τα έτη 2009 για το χλωριόντα (Cl<sup>-</sup>), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών

Variable	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	291	194	37534	128	128	239	505	505
Σ2	1336,7	85,0	7233,3	1250,0	1250,0	1340,0	1420,0	1420,0
Σ3	484	174	30364	286	286	552	614	614
Σ4	327	262	68840	87	87	286	607	607
Σ5	93,3	43,4	1880,3	63,0	63,0	74,0	143,0	143,0
Σ6	59,67	12,50	156,33	51,00	51,00	54,00	74,00	74,00
Σ7	63,3	44,1	1942,3	13,0	13,0	82,0	95,0	95,0
Σ8	14,33	5,13	26,33	10,00	10,00	13,00	20,00	20,00
Σ9	23,67	8,08	65,33	15,00	15,00	25,00	31,00	31,00
Σ10	162,3	149,8	22426,3	22,0	22,0	145,0	320,0	320,0
Σ11	179,7	149,5	22364,3	28,0	28,0	184,0	327,0	327,0
Σ12	14,33	4,51	20,33	10,00	10,00	14,00	19,00	19,00

**Πίνακας 128 :** Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 9<sup>ο</sup> για τα έτη 2008-2009 για το χλωριόντα (Cl<sup>-</sup>), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	228,5	145,8	21247,5	106,0	122,5	196,5	305,5	505,0
Σ2	1036	509	259230	170	585	1250	1380	1420
Σ3	853	871	758415	170	257	583	1351	2540
Σ4	324,7	195,0	38017,1	87,0	129,0	327,0	494,5	607,0
Σ5	168,6	170,2	28953,3	63,0	68,5	95,0	305,5	468,0
Σ6	84,3	45,5	2072,3	44,0	49,3	64,0	138,8	147,0
Σ7	39,0	38,6	1487,6	13,0	13,8	15,0	85,3	95,0
Σ8	86,5	173,7	30178,7	10,0	12,3	17,0	126,0	441,0
Σ9	51,8	60,5	3661,4	15,0	21,8	28,0	75,0	174,0
Σ10	268	259	67148	22	26	233	470	696
Σ11	162,8	122,9	15096,6	27,0	27,8	163,5	282,8	327,0
Σ12	23,00	14,28	204,00	10,00	13,00	16,50	37,75	46,00

**Πίνακας 129 :** Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 9<sup>ο</sup> για τα έτη 2008 για τα Θεικά (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	55,0	69,4	4816,0	11,0	11,0	19,0	135,0	135,0
Σ2	564	422	178205	265	*	564	*	862
Σ3	920	599	358300	230	230	1230	1300	1300
Σ4	401,0	169,3	28663,0	223,0	223,0	420,0	560,0	560,0
Σ5	305	206	42341	159	*	305	*	450
Σ6	69,3	66,7	4450,3	19,0	19,0	44,0	145,0	145,0
Σ7	65,0	25,5	652,0	43,0	43,0	59,0	93,0	93,0
Σ8	101,3	103,4	10682,3	31,0	31,0	53,0	220,0	220,0
Σ9	179	186	34581	39	39	108	390	390
Σ10	154,0	118,5	14041,0	18,0	18,0	209,0	235,0	235,0
Σ11	527	444	197359	114	114	470	997	997

**Πίνακας 130 :** Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 9<sup>ο</sup> για τα έτη 2009 για τα Θεϊκά (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	68,7	44,5	1982,3	19,0	19,0	82,0	105,0	105,0
Σ2	1687	228	52033	1440	1440	1730	1890	1890
Σ3	443	558	311433	0	0	260	1070	1070
Σ4	523	252	63408	320	320	445	805	805
Σ5	80,7	21,0	440,3	57,0	57,0	88,0	97,0	97,0
Σ6	58,7	21,5	464,3	42,0	42,0	51,0	83,0	83,0
Σ7	418	563	316822	77	77	110	1068	1068
Σ8	17,33	4,16	17,33	14,00	14,00	16,00	22,00	22,00
Σ9	39,33	16,86	284,33	20,00	20,00	47,00	51,00	51,00
Σ10	65,3	23,1	532,3	39,0	39,0	75,0	82,0	82,0
Σ11	327	193	37233	110	110	390	480	480
Σ12	26,00	5,29	28,00	22,00	22,00	24,00	32,00	32,00

**Πίνακας 131 :** Στατιστική ανάλυση τιμών για τους μήνες 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 9<sup>ο</sup> για τα έτη 2008-2009 για τα Θεϊκά (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), (Descriptive Statistics) για τους δώδεκα σταθμούς δειγματοληψιών.

Variable	Mean	StDev	Variance	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
Σ1	61,8	52,7	2775,4	11,0	17,0	50,5	112,5	135,0
Σ2	1237	670	449019	265	564	1440	1810	1890
Σ3	682	580	336057	0	173	665	1248	1300
Σ4	462,2	203,3	41318,2	223,0	295,8	432,5	621,3	805,0
Σ5	170,2	160,7	25835,7	57,0	72,5	97,0	304,5	450,0
Σ6	64,0	44,7	2000,0	19,0	36,3	47,5	98,5	145,0
Σ7	242	406	164443	43	55	85	350	1068
Σ8	59,3	80,0	6396,7	14,0	15,5	26,5	94,8	220,0
Σ9	109,2	140,7	19798,2	20,0	34,3	49,0	178,5	390,0
Σ10	109,7	90,5	8187,9	18,0	33,8	78,5	215,5	235,0
Σ11	427	325	105877	110	113	430	609	997
Σ12	43,0	38,2	1457,6	22,0	22,8	28,0	57,8	120,0

### Οι δώδεκα δειγματοληπτικοί Σταθμοί (Goggle Earth)



Εικόνα 20 : Η περιοχή μελέτης.



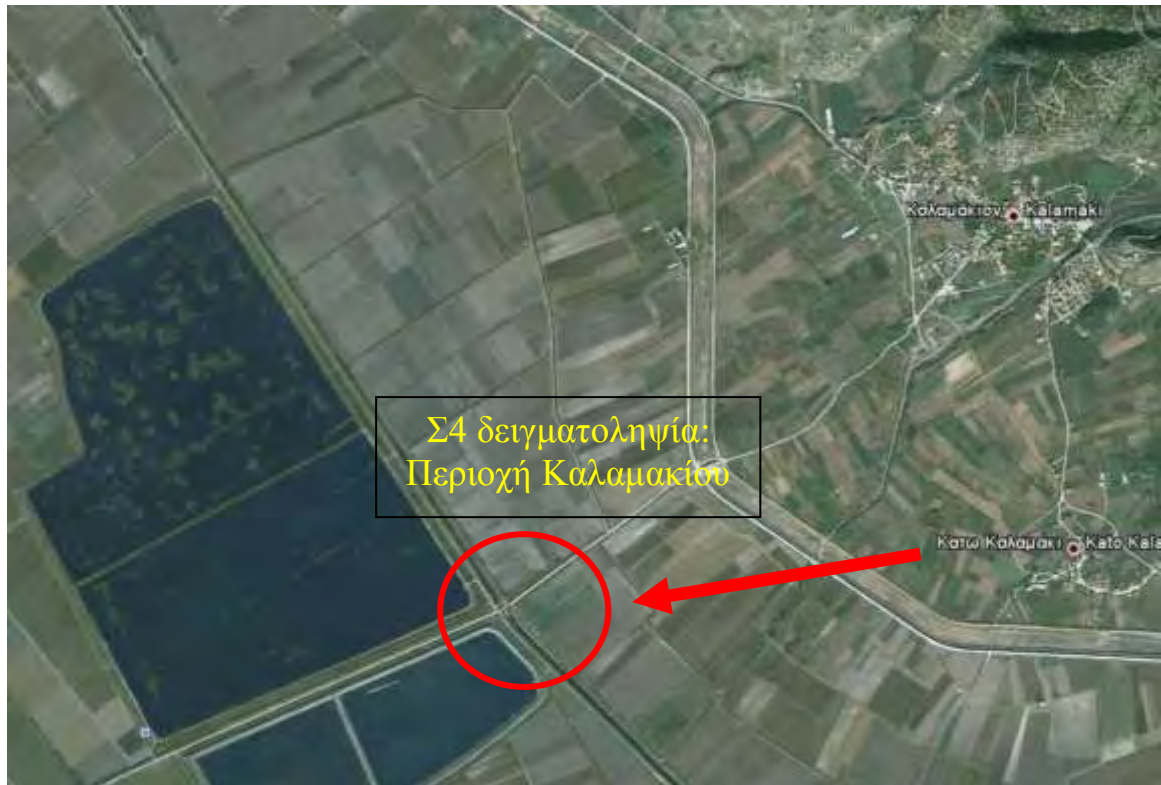
Εικόνα 21 : Περιοχή τσιμέντων ΗΡΑΚΛΗΣ.



**Εικόνα 22 :** Περιοχή λίμνης Κάρλα.



**Εικόνα 23 :** Περιοχή Στεφανοβικείου.



Εικόνα 24 : Περιοχή Καλαμακίου.



Εικόνα 25 : Περιοχή Πλασιάς.



**Εικόνα 26 :** Περιοχή γέφυρας Ελευθερίου.

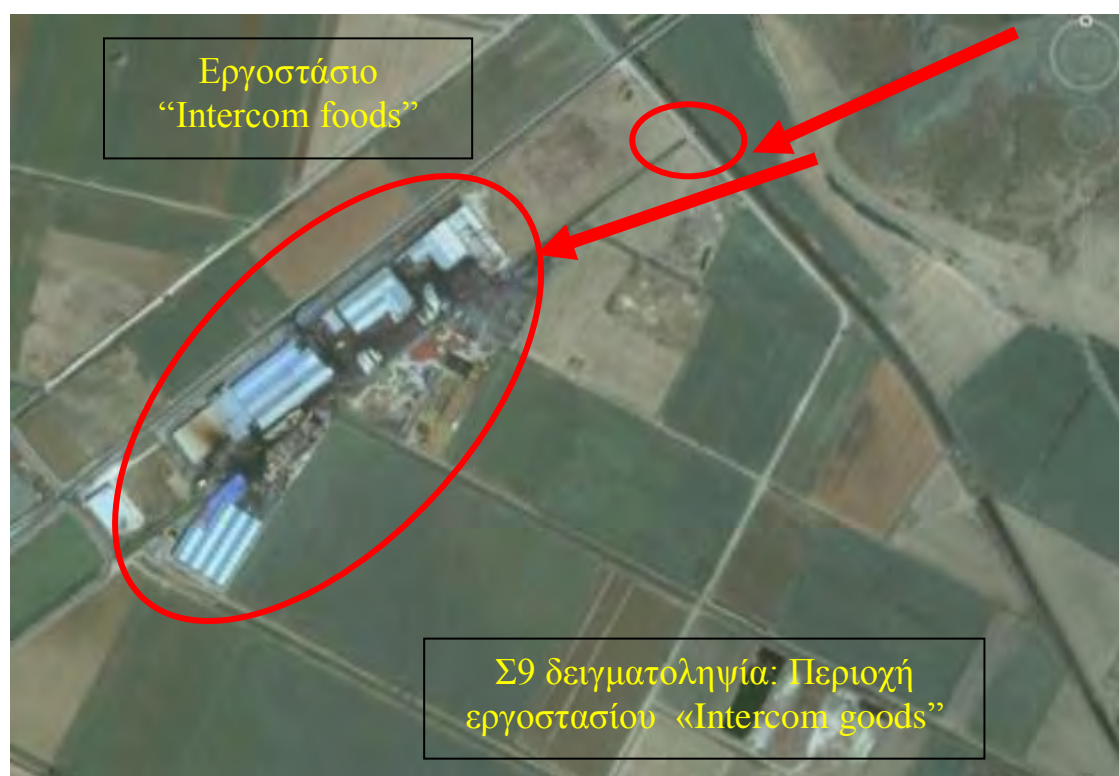


**Εικόνα 27 :** Περιοχή Οινοπνευματοποιείας «ΧΑΤΖΗΔΗΜΑ».





**Εικόνα 28 :** Περιοχή πλησίον εργοστασίου «ΠΕΛΑΣΓΙΣ».



**Εικόνα 29 :** Περιοχή πλησίον εργοστασίου “Intercom”.



Εικόνα 30 : Γεντίκι.

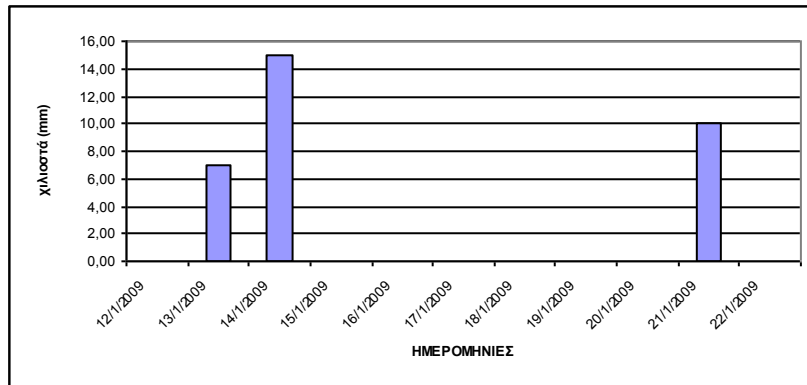


Εικόνα 31 : Περιοχή πλησίον σφαγείου Γυτρώνης.

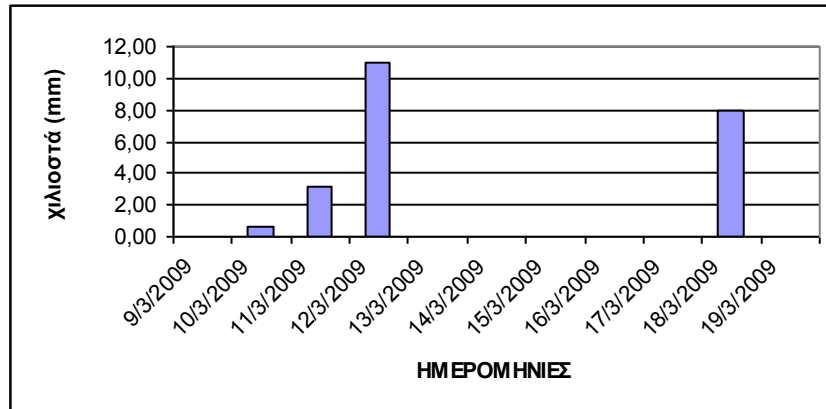


**Εικόνα 32 :** Αρδευτική τσιμενταύλακα Ομορφορίου - Πλατυκάμπου.

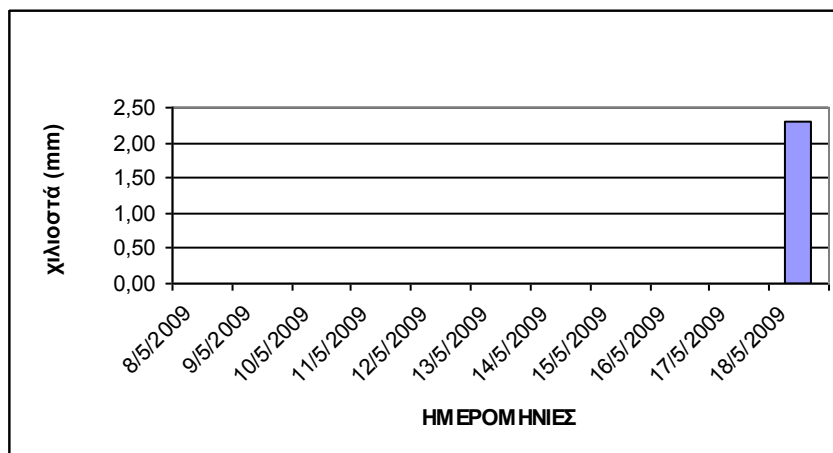
**Τα δεκαήμερα βροχής ( Ε.Μ.Υ. Μετεωρολογικός σταθμός Αρχηγείου Τακτικής Αεροπορίας (Α.Τ.Α.) Λάρισας**



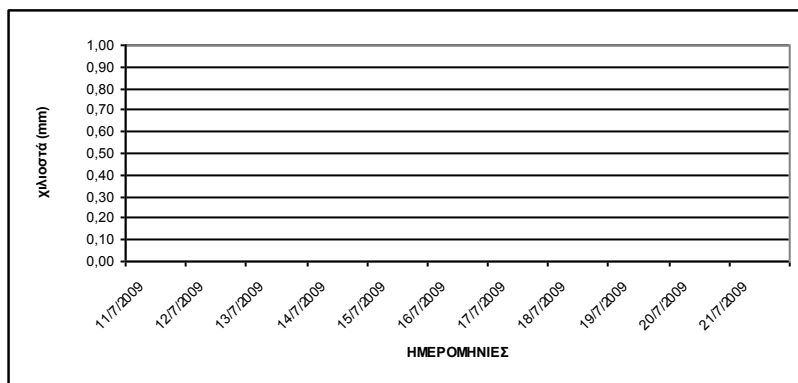
**Σχήμα 88 :** Βροχόπτωση στο δεκαήμερο πριν την 1<sup>η</sup> δειγματοληψία (21-01-2008).



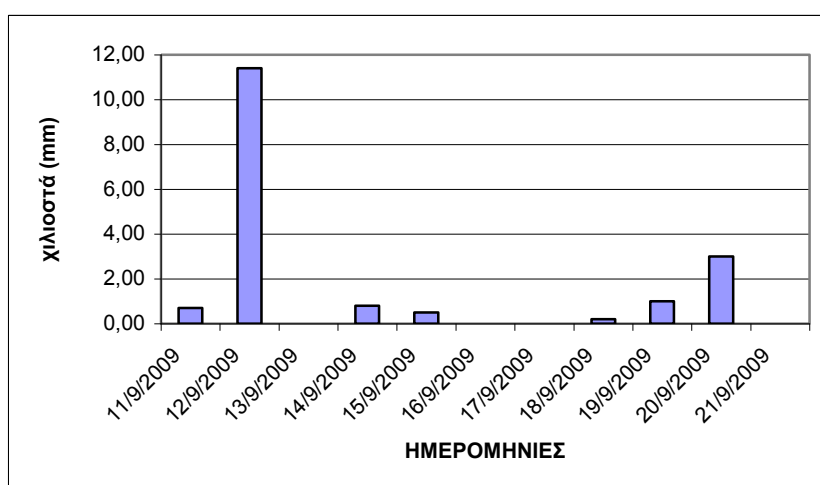
**Σχήμα 89 :** Βροχόπτωση στο δεκαήμερο πριν την 2<sup>η</sup> δειγματοληψία (18-03-2008).



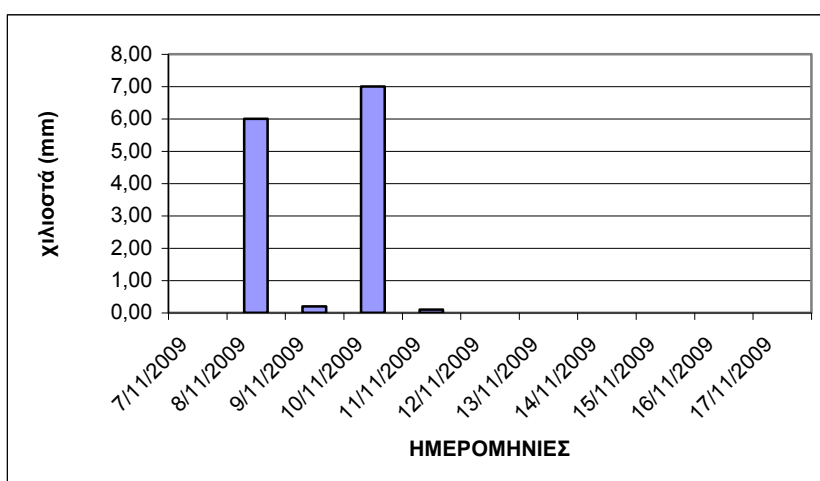
**Σχήμα 90 :** Βροχόπτωση στο δεκαήμερο πριν την 3<sup>η</sup> δειγματοληψία (20-05-2008).



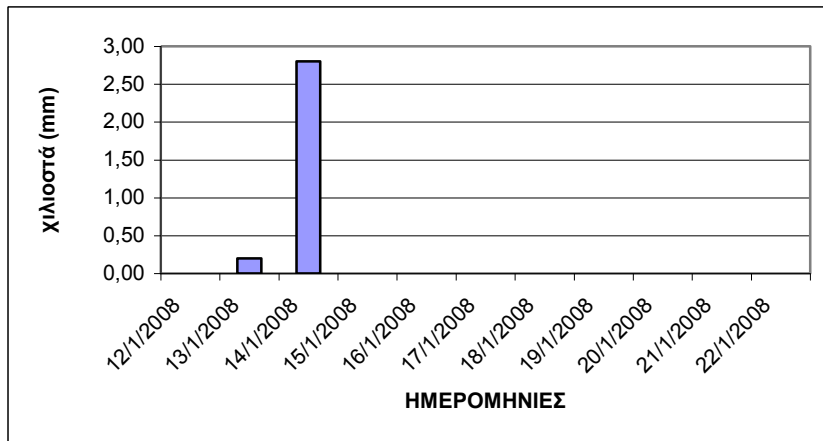
**Σχήμα 91** :Βροχόπτωση στο δεκαήμερο πριν την 4<sup>η</sup> δειγματοληψία (29-07-2008).



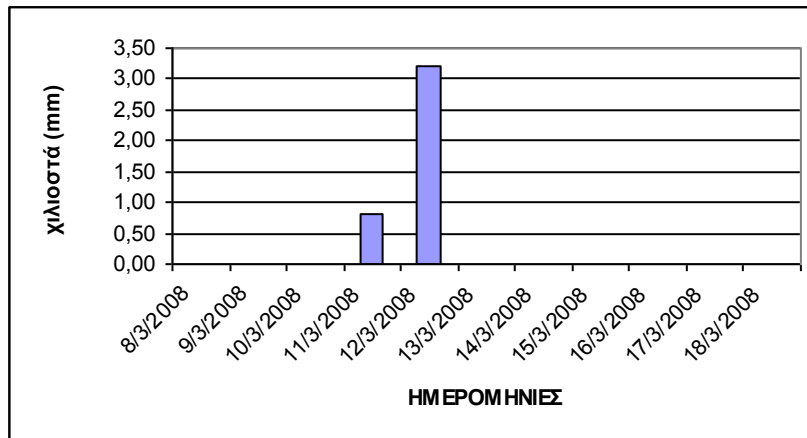
**Σχήμα 92** ; Βροχόπτωση στο δεκαήμερο πριν την 5<sup>η</sup> δειγματοληψία (23-09-2008).



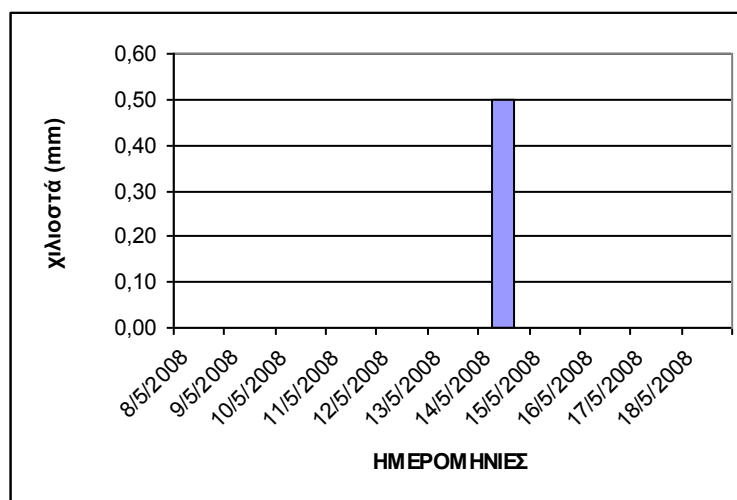
**Σχήμα 93** : Βροχόπτωση στο δεκαήμερο πριν την 6<sup>η</sup> δειγματοληψία (21-11-2008).



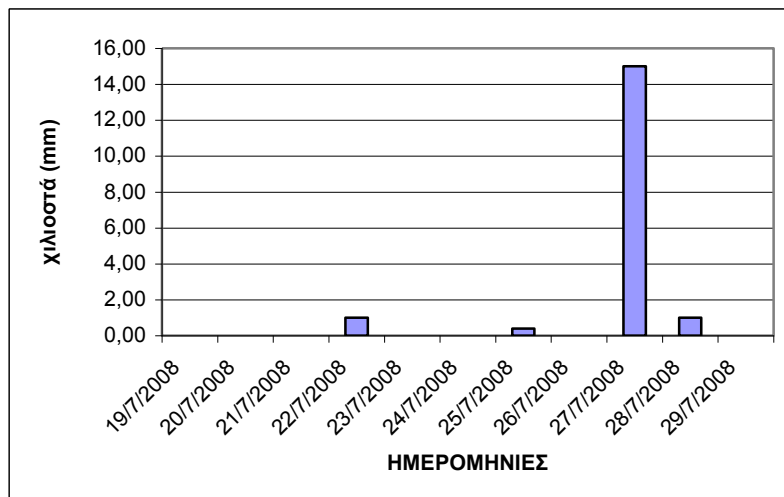
**Σχήμα 94 :** Βροχόπτωση στο δεκαήμερο πριν την 7<sup>η</sup> δειγματοληψία (22-01-2009).



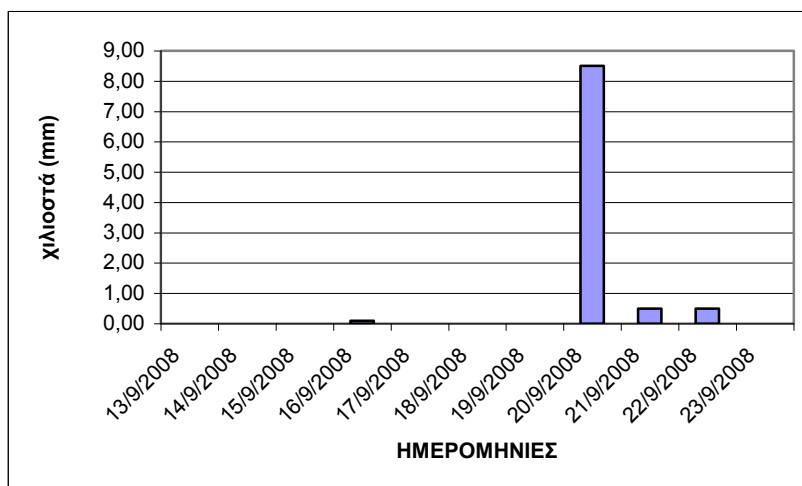
**Σχήμα 95 :** Βροχόπτωση στο δεκαήμερο πριν την 8<sup>η</sup> δειγματοληψία (19-03-2009).



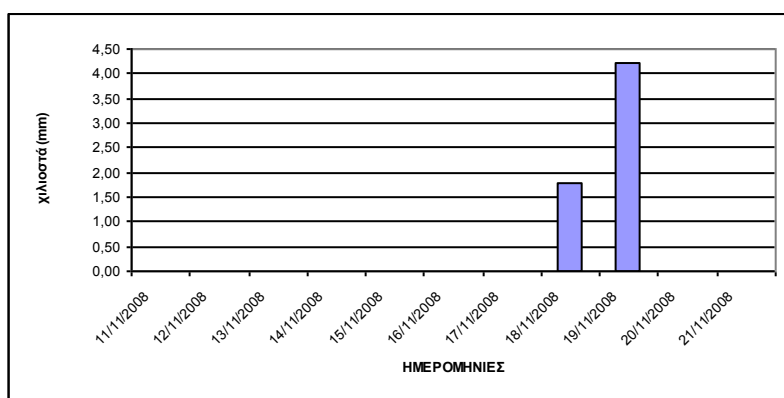
**Σχήμα 96 :** Βροχόπτωση στο δεκαήμερο πριν την 9<sup>η</sup> δειγματοληψία (18-05-2009)



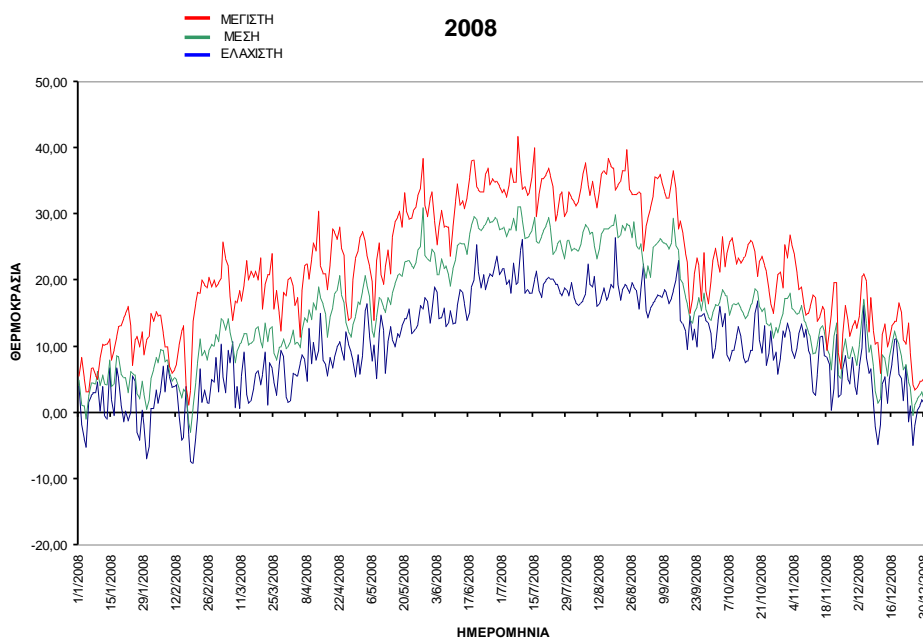
**Σχήμα 97 :** Βροχόπτωση στο δεκαήμερο πριν την 10<sup>η</sup> δειγματοληψία (21-07-2009).



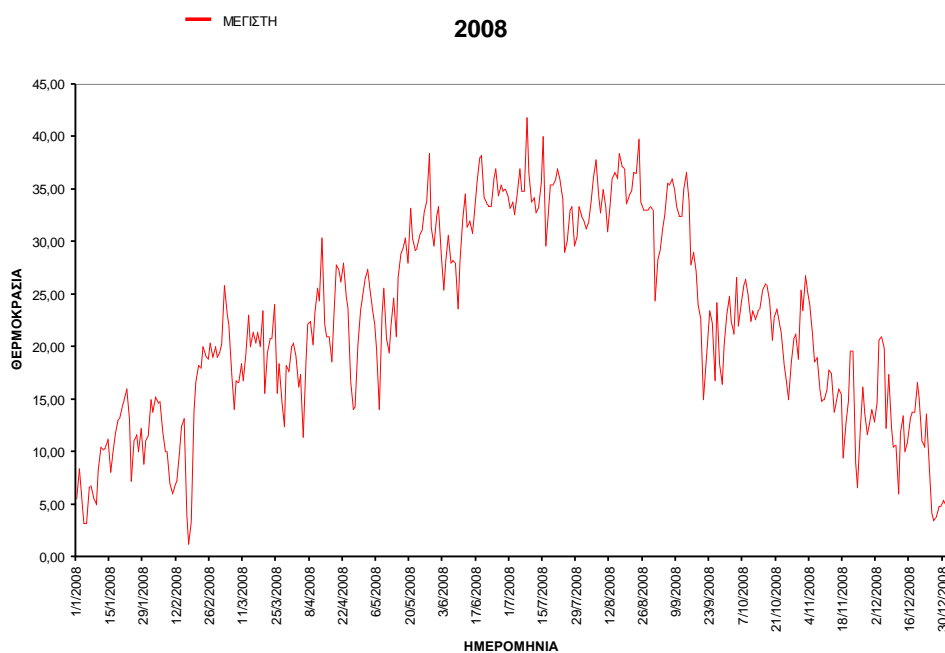
**Σχήμα 98 :** Βροχόπτωση στο δεκαήμερο πριν την 11<sup>η</sup> δειγματοληψία (21-09-2009).



**Σχήμα 99 :** Βροχόπτωση στο δεκαήμερο πριν την 12<sup>η</sup> δειγματοληψία (17-11-2009).

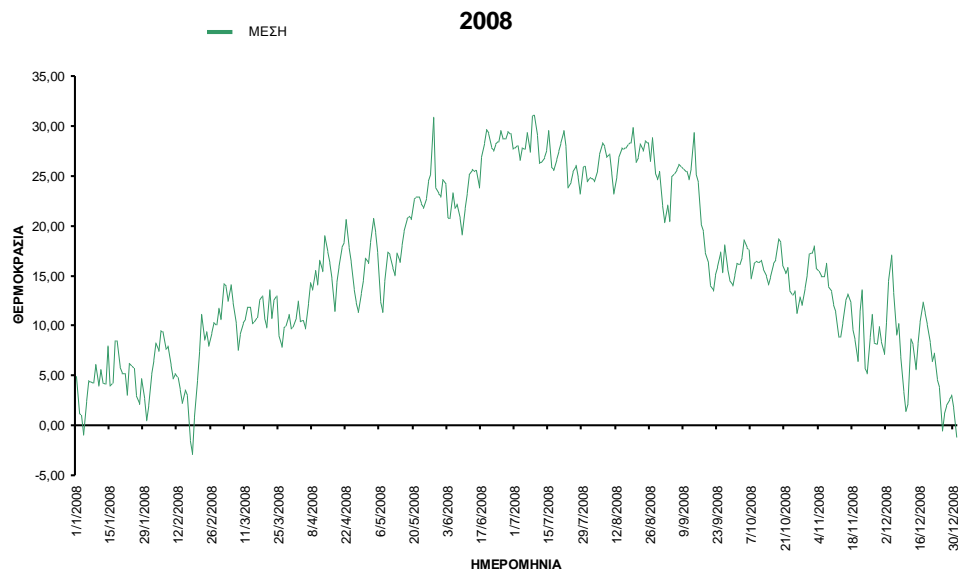


**Σχήμα 100 :** Η διακύμανση της θερμοκρασίας (°C).

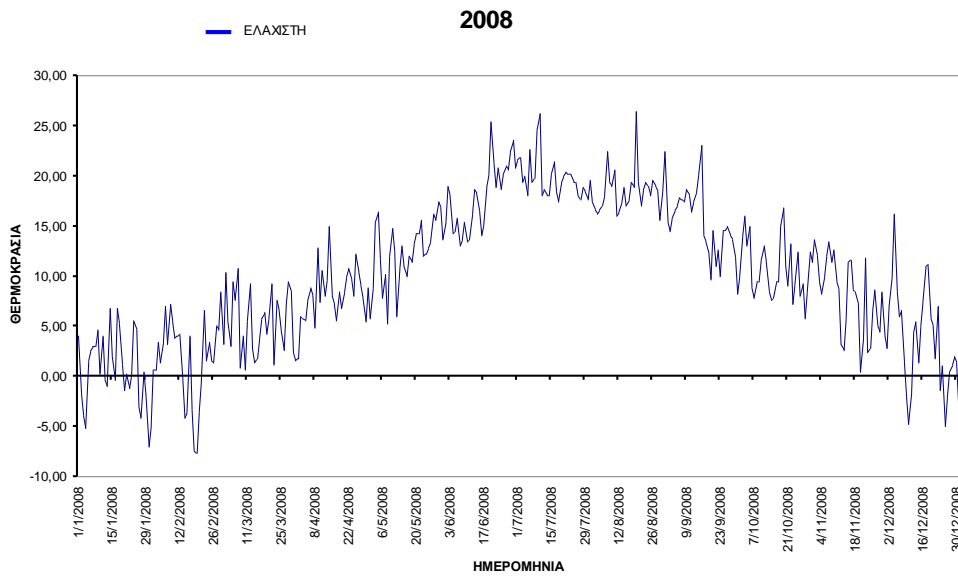


**Σχήμα 101 :** Η μέγιστη θερμοκρασία (°C).





**Σχήμα 102 :** Η μέση θερμοκρασία (°C).



**Σχήμα 103 :** Η ελαχίστη θερμοκρασία (°C) .