

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΝΕΡΩΝ ΣΤΑ ΠΟΤΑΜΙΑ ΤΗΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: κ. ΚΩΣΤΑΣ ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ : ΘΕΟΔΩΡΑΤΟΥ ΧΡΙΣΤΙΝΑ, ΑΕΜ: 3555

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2006

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	Πρόλογος	2
2.	Εισαγωγή.....	3
3.	Υδρογραφικό δίκτυο Μακεδονίας.....	4
4.	Γεωλογία της περιοχής μελέτης.....	9
5.	Ποιοτικοί χαρακτήρες των επιφανειακών νερών.....	14
5.1	Πηγές ρύπανσης των επιφανειακών νερών.....	14
5.2	Παράμετροι των χημικών αναλύσεων.....	20
6.	Αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων.....	23
6.1.1	Ανάλυση των χαρακτηριστικών του νερού για τον ποταμό Αλιάκμονα.....	23
6.1.2	Ανάλυση των χαρακτηριστικών του νερού για τον ποταμό Λουδία.....	34
6.1.3	Ανάλυση των χαρακτηριστικών του νερού για τον ποταμό Αξιό.....	42
6.1.4	Ανάλυση των χαρακτηριστικών του νερού για τον ποταμό Γαλλικό.....	57
7.	Συμπεράσματα.....	62
8.	Βιβλιογραφία.....	65
	Παράρτημα.....	66

1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στα πλαίσια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας, μου ανατέθηκε η μελέτη των χαρακτηριστικών της ποιότητας των επιφανειακών νερών των ποταμών της Βόρειας Ελλάδας.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον **κ. Κώστα Βουδούρη**, λέκτορα του τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου της Θεσσαλονίκης, που μου ανέθεσε τη διπλωματική μου εργασία και με βοήθησε στην επιτυχή ολοκλήρωση της.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την **κ. Λαζάρου** και την **κ. Πούλου**, υπεύθυνες για τη διαχείριση υδάτινων πόρων στο υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, που με βοήθησαν στη συλλογή στοιχείων που αφορούν στις χημικές αναλύσεις των επιφανειακών νερών των ποταμών που εξετάζονται στην παρούσα εργασία.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αναλυτικά, στα πλαίσια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας μελετήθηκαν οι ποιοτικοί χαρακτήρες των νερών των ποταμών Αλιάκμονα, Λουδία, Αξιού και Γαλλικού που αποτελούν τους μεγαλύτερους ποταμούς της Βόρειας Ελλάδας. Σκοπός της εργασίας είναι να μελετηθούν και να εντοπισθούν οι κυριότερες πηγές ρύπανσης των επιφανειακών τους νερών.

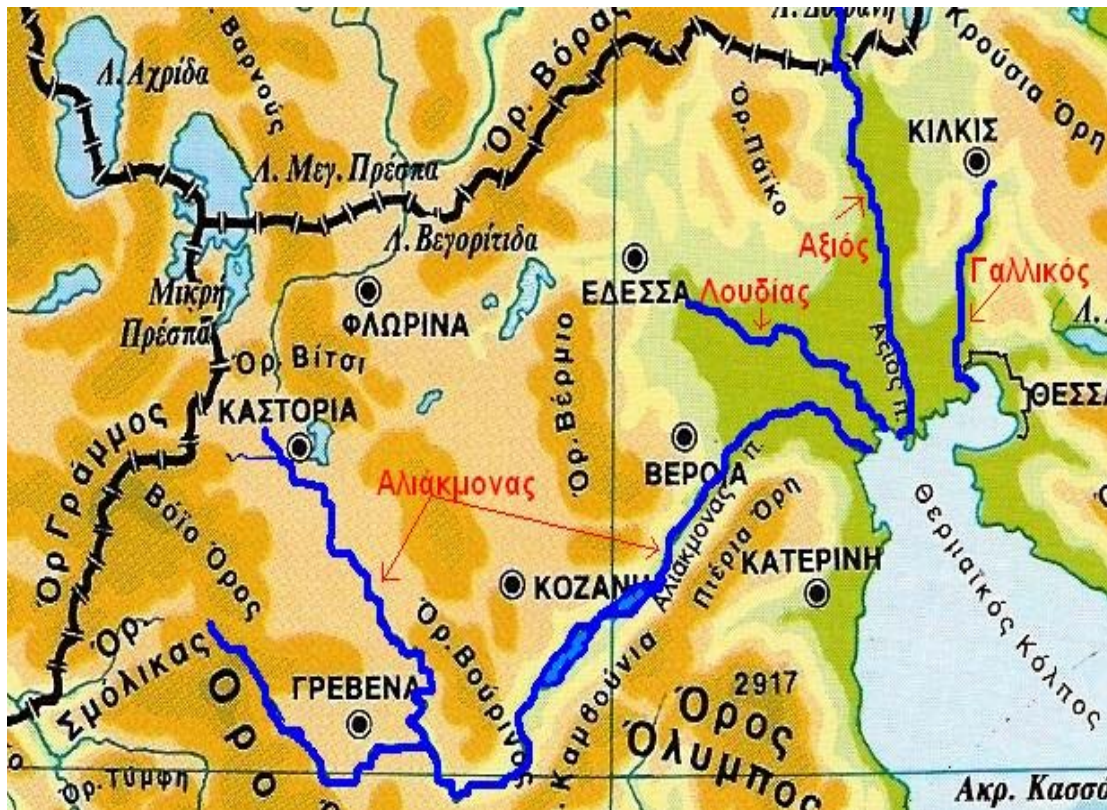
Δείγματα νερού συλλέχθηκαν από διάφορες τοποθεσίες κατά μήκος των ποταμών στο χρονικό διάστημα Ιανουάριος 2000 έως και Νοέμβριος 2002. Οι παράμετροι που προσδιορίστηκαν είναι οι παρακάτω: βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD), χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD), διαλυμένο οξυγόνο (DO), νιτρικά ανιόντα (NO_3^-), ενεργός οξύτης (pH) και συνολική περιεκτικότητα σε αμμώνιο (NH_4^+).

Στην εργασία αυτή γίνεται προσπάθεια να εξετασθεί πιθανή σχέση των χαρακτηριστικών ποιότητας των νερών με ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Ειδικότερα, στην προσπάθεια εκπόνησης της εργασίας μου, πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω εργασίες:

- συλλογή στοιχείων από το Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ που αφορούν στις χημικές αναλύσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών των νερών των ποταμών.
- παρουσίαση των παραπάνω στοιχείων σε ηλεκτρονική μορφή.
- επεξεργασία των χημικών αναλύσεων και εξαγωγή αποτελεσμάτων.
- γραφική παρουσίαση των αποτελεσμάτων με τη χρησιμοποίηση του προγράμματος EXCEL.
- Στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων με τη χρησιμοποίηση του προγράμματος SPSS.
- Σύγκριση των αποτελεσμάτων με αποτελέσματα άλλων ερευνητικών εργασιών.

3. ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



Χάρτης 1. Γεωφυσικός χάρτης στον οποίο παρουσιάζεται η περιοχή μελέτης

Η Μακεδονία, λόγω της ποικίλης εδαφικής της μορφολογίας, εμφανίζει διάφορες λεκάνες μέσω της αποχέτευσης των οποίων σχηματίζονται αντίστοιχοι ποταμοί.

Στο δυτικό άκρο της δυτικής Μακεδονίας, η λεκάνη Καστοριάς-Γρεβενών αποχετεύεται μέσω του Αλιάκμονα. Ο Αλιάκμονας συγκεντρώνει τα ύδατα όλης της λεκάνης, ακόμη και της λίμνης της Καστοριάς όταν αυτή υπερχειλίζει, και ακολουθεί τη νοτιοανατολική διεύθυνση των στρωμάτων. Τη διεύθυνση αυτή ακολουθεί μέχρι το σημείο εκείνο όπου συναντά εμπόδιο από την ανάδυση του υποβάθρου (Καμβούνια), όπου κάμπτεται ανατολικά και βορειο-ανατολικά, μολονότι η συνέχεια των στρωμάτων βρίσκεται νοτιότερα της υδροκριτικής γραμμής. Στην περιοχή αυτή τα Καμβούνια εφάπτονται με το βορειότερο τμήμα του Βούρινου και ο ποταμός δημιουργήθηκε στη μεταξύ τους διόδο σε σημείο που ήταν ευπαθές από παλαιότερη διάβρωση. Μέσω της διόδου αυτής εισέρχεται στην λεκάνη της Κοζάνης και ρέει με κατεύθυνση

βόρειο-ανατολική στο νότιο άκρο της και βορείως της λεκάνης των Σερβίων, δεχόμενος συγχρόνως τα ύδατα και των δύο. Στην συνέχεια διασχίζει την ανατολική οροσειρά της λεκάνης και δημιουργώντας στενή και φαραγγώδη κοιλάδα μεταξύ των ορέων Βερμίου και Πιερίων, εισέρχεται στην πεδιάδα της Θεσσαλονίκης. Στην ευρεία αυτή πεδιάδα της Θεσσαλονίκης δέχεται τα ύδατα των ανατολικών κλιτύων του Βερμίου τα οποία παλαιότερα πλημμύριζαν την πεδιάδα. Το γεγονός αυτό έκρινε αναγκαία τη κατασκευή έργων, ένα από τα οποία είναι και το φράγμα εκτροπής κοντά στο χωριό Αγία Βαρβάρα. Χάρη σ' αυτό το φράγμα, το μήκος του οποίου φτάνει τα 400 m, αρδεύονται περίπου 360.000 στρ. Συγχρόνως αποχετεύει μέρος της λεκάνης της Πτολεμαΐδας, της οποίας τα ύδατα συγκεντρώνονται στη λίμνη Βεγορίτιδα. Τα ύδατα της Βεγορίτιδας διαφεύγουν μέσω καταβόθρων και εμφανίζονται υπό μορφή πηγών στο βόρειο-ανατολικό τμήμα του Βερμίου, οι οποίες τροφοδοτούν τον ποταμό Εδεσσαίο που χύνεται στη διώρυγα. Στην ίδια διώρυγα εκβάλλει και ο Μογλενίσσας μέσω του οποίου αποχετεύονται τα ύδατα της κλειστής λεκάνης της Αριδαίας που συγκεντρώνονται από τις γύρω οροσειρές (Πάϊκο και Βόρας).

Κατ' αυτόν τον τρόπο ο Αλιάκμονας συγκεντρώνει σχεδόν όλα τα ύδατα της δυτικής Μακεδονίας, πλην της λεκάνης της Φλώρινας, που ρέουν προς Βορρά και χύνονται στον Αξιό. Ο Αλιάκμονας έχει μήκος 297 km και είναι ο μεγαλύτερος ελληνικός ποταμός. Χύνεται στο Θερμαϊκό κόλπο όπου δια των υλών που μεταφέρει έχει σχηματίσει δέλτα. Οι κυριότεροι παραπόταμοι του είναι οι Σιατιστινός, Βέλος, Πραμόριτσας, Γρεβενίτικος, Βενέτικος ή Βελονιάς, Εδεσσαίος, Λιβαδοπόταμος, Στραβοπόταμος. Μαζί με τους παραπόταμους αυτούς δημιουργεί μια εύφορη πεδινή παραποτάμια περιοχή. Ωστόσο, οι όχθες του Αλιάκμονα, με εξαίρεση την περιοχή των Γρεβενών, ήταν άδεντρες και γι' αυτό έχει αρχίσει συστηματική δεντροφύτευση τους, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια.

Το Δέλτα του μαζί με το Δέλτα του Αξιού αποτελούν υγρότοπο διεθνούς σημασίας και προστατεύονται από τη συνθήκη Ραμσάρ. Εκεί βρίσκουν καταφύγιο σπάνια και απειλούμενα είδη πουλιών ενώ τα μεταναστευτικά πτηνά σταματούν για ξεκούραση ή διαχείμαση. Επιπλέον, τα έλη που υπήρχαν κάποτε στην περιοχή του Δέλτα, σήμερα έχουν αποστραγγιστεί και έχουν δημιουργηθεί αρδευτικά έργα και υδροηλεκτρικά έργα. Ένα από τα πιο

σημαντικά έργα είναι ο υδροηλεκτρικός σταθμός του Πολύφυτου ο οποίος κατασκευάστηκε τη δεκαετία του 1970 στα πλαίσια ενός γενικότερου προγράμματος της αξιοποίησης του υδροδυναμικού του ποταμού για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στα μέσα της δεκαετίας του 1980 σχεδιάστηκε η λειτουργία άλλων δύο σταθμών , του σταθμού των Ασωμάτων και του σταθμού της Σφηκιάς.

Γενικά ο Αλιάκμονας έχει υποστεί αλλοιώσεις που οφείλονται σε επιχωματώσεις, αμμοληψίες καθώς και στην κατασκευή φραγμάτων ή άλλων εγκαταστάσεων συγκράτησης ή αποθήκευσης υδάτων. Δέχεται επίσης ρύπους από οικισμούς και βιοτεχνίες καθώς και γεωργική και κτηνοτροφική ρύπανση.

Βορείως των εκβολών του Αλιάκμονα εκβάλει ο Λουδίας ο οποίος αποχετεύει τμήμα της λεκάνης του Πάϊκου. Ο Λουδίας διασχίζοντας τον κάμπο των Γιαννιτσών περνά και από το χώρο όπου εκτεινόταν η αβαθής και ελώδης λίμνη, η οποία και αποξηράθηκε περίπου πριν από 70 χρόνια.

Παλαιότερα οι πηγές του εντοπιζόνταν στο όρος Βόρας ενώ νότια από τα Γιαννιτσά δημιουργούσε μια λιμνοβαλτώδη περιοχή, τη λεγόμενη λίμνη των Γιαννιτσών.

Η κατασκευή υδραυλικών έργων, η λαθροθηρία, τα απόβλητα οικισμών, βιοτεχνιών, στάβλων και εκτροφείων και η μη σημειακή ρύπανση από γεωργικές δραστηριότητες αποτελούν τα σημαντικότερα αίτια αλλοιώσεως του ποταμού.

Ανατολικά του Αλιάκμονα ρέει ο Αξιός, που είναι ο μεγαλύτερος ποταμός της Μακεδονίας. Οι πηγές του βρίσκονται στις βουνοπλαγιές του όρους Σκάρδου της Γιουγκοσλαβίας. Το συνολικό μήκος του Αξιού ποταμού είναι 335 km και από αυτά μόνον τα 76 km βρίσκονται σε ελληνικό έδαφος.

Ο Αξιός, ο επονομαζόμενος Βαρδάρης, όπως αναφέρεται ο ποταμός από τα μεσαιωνικά χρόνια και μετά, μαζί με τον ανατολικό γείτονα του, τον Στρυμόνα, αποτελούν τα μοναδικά ανοίγματα του Ελληνικού γεωγραφικού χώρου προς το βορρά. Δια μέσου αυτών των περασμάτων πραγματοποιούνταν οι μεταναστεύσεις των λαών κατά μήκος της Βαλκανικής χερσονήσου.

Έχοντας διατρέξει 300 km από τις πηγές του στο Σερβοαλβανικό όρος Σκάδρο, διαμέσου της κοιλάδας των Σκοπίων, μπαίνει στο Ελληνικό έδαφος, διασχίζει την Μακεδονία, για να εκβάλλει στο Θερμαϊκό κόλπο. Το μήκος του

στον Ελλαδικό χώρο είναι μόλις 70 km. Καθώς ρέει ανάμεσα στην Αξιούπολη και το Πολύκαστρο, συνεχίζει νοτιότερα προς την περιοχή του Ευρωπού. Εκεί το τοπίο συνθέτουν λευκώνες, βαμβακοφυτείες, και καλαμπόκια, ενώ στην κοίτη η βλάστηση είναι πιο πυκνή, αποτελούμενη από πλατάνια, λεύκες και ιτιές. Στο παραποτάμιο δάσος που έχει διασωθεί βρίσκουν καταφύγιο ερπετά, μικρά τρωκτικά και πουλιά. Δυτικά της κοιλάδας του Αξιού βρίσκεται το Πάικο, με κορυφή γύρω στα 1600 m., το οποίο αποτελεί μια από τις καλύτερες τοποθεσίες για να παρατηρήσει κανείς τη ροή του ποταμού από ψηλά.

Το 1934 πραγματοποιήθηκαν αντιπλημμυρικά έργα στον Αξιό, ενώ ο κίνδυνος να κλείσει το λιμάνι της Θεσσαλονίκης από προσχώσεις, οδήγησε στην εκτροπή της κοίτης του. Το παλιό Δέλτα διαβρώθηκε από τη θάλασσα, αλλά η ανάμειξη του αλμυρού με το γλυκό νερό δημιούργησαν ένα καινούργιο Δέλτα, που σήμερα τείνει να θεωρείται ένας από τους σημαντικότερους υδροτόπους της Ευρώπης. Στο Δέλτα του Αξιού λοιπόν, το γλυκό νερό του ποταμού παλεύει με το αλμυρό νερό της θάλασσας για την τελική επικράτηση. Στο εσωτερικό του Δέλτα κυριαρχούν τα αλμυρικά και οι θαμνώνες ενώ όταν αυτό συναντά τον Θερμαϊκό, τα αλμυρικά γίνονται όλο και πιο χαμηλά. Σ' αυτούς τους βιότοπους η πανίδα είναι εξαιρετικά πλούσια. Περίπου 215 είδη πουλιών φωλιάζουν, ξεχειμωνιάζουν ή και σταθμεύουν για λίγο πριν ξεκινήσουν το ταξίδι τους προς τον νότο, ενώ μεγάλος είναι και ο αριθμός των αρπακτικών.

Αν και το Δέλτα προστατεύεται από τις διεθνείς συμβάσεις του Ραμσάρ και της Βέρνης, το γεγονός ότι αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα γεννά ανησυχίες. Η ιστορία επαναλαμβάνεται και ο άνθρωπος πρωταγωνιστεί στη σταδιακή υποβάθμιση ενός ακόμα φυσικού πλούτου, εξαιτίας της αδιαφορίας, της προχειρότητας και της αλαζονείας του. Η μόλυνση των υδάτων του Δέλτα από βιομηχανικά απόβλητα, η λαθροθηρία, η άναρχη γεωργική και κτηνοτροφική εκμετάλλευση, οι αμμοληψίες, που κάνουν το ποτάμι να θυμίζει βιομηχανική εγκατάσταση και οι πολυάριθμες παράγκες ψαράδων και κυνηγών, μαρτυρούν την ανθρώπινη ματαιοδοξία αλλά και την αδράνεια και την ανικανότητα της πολιτείας, που για μια φορά ακόμη έχει έλλειμμα σωστού σχεδιασμού.

Ωστόσο, η κυριότερη απειλή για το Δέλτα καθώς και για ολόκληρο τον Αξιό βρίσκεται πέρα από τα σύνορα μας, στα Σκόπια. Οι κάτοικοι της κοιλάδας των

Σκοπίων, οι οποίοι εκμεταλλεύονται και το 91% της λεκάνης απορροής, χρησιμοποιούν τον Αξιό για την ύδρευση των πόλεων τους και την άρδευση των καλλιεργειών τους. Επίσης, στην Ελλάδα μελετώνται έργα άρδευσης της κοιλάδας του ποταμού. Αν γίνει κάτι τέτοιο θα πληγεί ανεπανόρθωτα η οικολογία της περιοχής και ο Αξιός θα κινδυνέψει να χαθεί μέσα στα επόμενα 10-15 χρόνια!

Ανατολικά του Αξιού εκβάλλει ο Γαλλικός. Ο Γαλλικός είναι ποταμός της Μακεδονίας που σχηματίζεται από τη συμβολή δυο άλλων ποταμών, του Σπανού και του Κοκκινιά. Στην κοίτη του υπάρχουν ψήγματα προσχωματικού χρυσού που κατά το παρελθόν έγιναν απόπειρες εκμετάλλευσης τους χωρίς όμως αποτέλεσμα.

Ο Γαλλικός αποχετεύει την περιοχή των Κρουσίων από τα οποία και πηγάζει και το μήκος του είναι 65 km. Η λεκάνη του ποταμού έχει συνολική έκταση 750 km² και περιλαμβάνει τμήματα που ανήκουν στα διοικητικά όρια των δήμων Γαλλικού, Κρουσίων, Κιλκίς, Καλλιθέας, Ασσήρου και Λαχανά. Οι καλλιεργούμενες εκτάσεις βρίσκονται κυρίως στο νότιο-νοτιοανατολικό τμήμα της και ανέρχονται σε 14.460 στρέμματα, εκ των οποίων 8.330 στρέμματα είναι αρδευόμενες. Η κάλυψη των υδατικών αναγκών γίνεται από την εκμετάλλευση κυρίως των υπόγειων υδροφορέων, με μεγάλο αριθμό γεωτρήσεων, οι περισσότερες από τις οποίες βρίσκονται κατά μήκος της κοίτης των ποταμοχειμάρρων.

Οι αμμοληψίες, οι υπεραντλήσεις, η λαθροθηρία, και η κατασκευή φραγμάτων ή άλλων εγκαταστάσεων συγκράτησης ή αποθήκευσης υδάτων συμβάλλουν στη ρύπανση και αλλοίωση του ποταμού.

4. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Το μεγαλύτερο τμήμα του ποταμού Αλιάκμονα βρίσκεται στην Πελαγονική ζώνη. Αυτή συγκροτείται κυρίως από κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα πάνω στα οποία υπάρχουν Μεσοζωικά ιζήματα.

Οι σύγχρονες απόψεις θεωρούν την Πελαγονική ένα μεγάλο ηπειρωτικό τέμαχος, τμήμα της Κιμμερικής ηπείρου, που αποσπάσθηκε από την Godwana και εκατέρωθεν του οποίου αναπτύχθηκαν δύο ωκεάνιες περιοχές της Πάλαιο-Τηθύος (ζώνη Αξιού) και Νέο-Τηθύος (ζώνη Υποπελαγονικής-Πίνδου) από τις οποίες προήλθαν με επώθηση οι οφειόλιθοι (Μουντράκης 1983).

Η Πελαγονική ζώνη με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ εκτείνεται από τη Γιουγκοσλαβία προς τους Ελληνικούς ορεινούς όγκους του Βόρα, του Βέρνου, του Βέρμιου, των Πιερίων, του Ολύμπου, του Πηλίου και της Βόρειας Εύβοιας, στην συνέχεια κάμπτεται προς τις Σποράδες και περιλαμβάνει τα νησιά Σκιάθος, Σκόπελος, Σκύρος. Πιθανή προέκταση της Πελαγονικής στο Αιγαίο είναι τα νησιά Οινούσες από όπου η ζώνη περνάει στη Βόρεια Μικρά Ασία.

Η Πελαγονική ζώνη συγκροτείται από το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο, τους γνευσιωμένους γρανίτες, τα ημιμεταμορφωμένα Περμο-Τριαδικά πετρώματα, τα δύο ανθρακικά καλύμματα Τριαδικού-Ιουρασικού, τους οφειόλιθους και τα Ανωκρητιδικά επικλυσιογενή ιζήματα.

Το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο αποτελεί το κύριο δομικό στοιχείο της ζώνης. Αυτό αποτελείται από γνευσίους, σχιστόλιθους και αμφιβολίτες Παλαιοζωικής ή ακόμη και Προκάμβριας ηλικίας.

Μέσα στα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα του υποβάθρου σε όλη την έκταση της Πελαγονικής παρατηρούνται μεγάλοι γρανιτικοί όγκοι. Οι γρανίτες αυτοί είναι μαγματικές διεισδύσεις μέσα στο υπόβαθρο. Στη μεγαλύτερη μάζα τους οι γρανίτες εμφανίζονται γνευσιωμένοι διότι υπέστησαν την αλπική μεταμόρφωση στο Άνω Ιουρασικό-Κάτω Κρητιδικό, σε συνθήκες χαμηλής πραιοσχοστολιτικής φάσης.

Πάνω στους γρανιτικούς όγκους του Άνω Λιθανθρακοφόρου αποτέθηκε μια κλαστική ιζηματογενής σειρά πάχους περίπου 200 m μέσα στην οποία

παρεμβάλλονται ορισμένα ηφαιστειακά υλικά, όξινες και βασικές λάβες και τόφφοι.

Η κύρια Αλπική ιζηματογένεση της Πελαγονικής ζώνης είναι νηριτική ανθρακική στη διάρκεια Τριαδικού-Ιουρασικού. Το σύνολο των ανθρακικών αυτών ιζημάτων συνηθίστηκε να ονομάζεται «Μεσοζωικό ανθρακικό κάλυμμα της Πελαγονικής» και στην ουσία πρόκειται για δύο ξεχωριστά ανθρακικά καλύμματα που αποτέθηκαν στο ανατολικό και δυτικό περιθώριο της Πελαγονικής στη διάρκεια Τριαδικού-Ιουρασικού. Το δυτικό κάλυμμα είναι αυτόχθονο, αποτέθηκε από το Μέσο Τριαδικό μέχρι το Κάτω Κρητιδικό πάνω στα μετακλαστικά ιζήματα Περμίου-Κάτω Τριαδικού. Αποτελείται από ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους λευκούς, τεφρούς, μαύρους και ελάχιστες λεπτές παρεμβολές πηλινικών ενστρώσεων. Το ανατολικό ανθρακικό κάλυμμα είναι πάρα-αυτόχθονο και συνίσταται από ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους, μάρμαρα, σιπολίνες και δολομίτες και χαρακτηρίζεται καθαρά νηριτικό.

Στα δύο περιθώρια της ζώνης παρατηρούνται σημαντικές οφειολιθικές μάζες. Οι οφειόλιθοι της Πελαγονικής είναι αλλόχθονοι και προέρχονται από τις δύο ωκεάνιες περιοχές των ζωνών Αξιού και Υποπελαγονικής που βρίσκονται εκατέρωθεν της Πελαγονικής. Οι οφειολιθικές αυτές μάζες αποτελούνται από όλα τα πετρώματα της οφειολιθικής ακολουθίας, δηλαδή από σερπενινιωμένους δουνίτες, χαρτσβουργίτες και άλλα υπερβασικά, γάβρους, νορίτες και άλλα βασικά πετρώματα, pillow lavas, διαβάσεις και άλλα βασικά ηφαιστειακά και τόφφους. Τα συνοδά ιζήματα είναι ραδιολαριτικοί κερατόλιθοι, αργιλικοί σχιστόλιθοι, ασβεστιτικοί πυριτιόλιθοι, πελαγικοί ασβεστόλιθοι και κλαστικά ιζήματα με υλικά προερχόμενα από βασικά μαγματικά πετρώματα.

Πάνω στα προϋπάρχοντα ανθρακικά πετρώματα τοποθετούνται με ασυμφωνία τα επικλυσιογενή ιζήματα Μέσου-Άνω Κρητιδικού.

Ο Λουδίας και ο Αξιός ποταμός βρίσκονται στην ζώνη Αξιού. Συγκεκριμένα ο Λουδίας ποταμός βρίσκεται στην ζώνη Πάϊκου και ο Αξιός ποταμός στην ζώνη Παιονίας, που αποτελούν δύο ανεξάρτητες ζώνες της παλιάς ζώνης Αξιού.

Η ζώνη Αξιού αρχίζει από την περιοχή των Σκοπίων της Γιουγκοσλαβίας, επεκτείνεται μέχρι τον Θερμαϊκό κόλπο και το Αιγαίο, όπου περιλαμβάνει

ορισμένα από τα νησιά των Βόρειων Σποράδων και κάμπτεται στη συνέχεια κατά διεύθυνση Δ-Α προς τη Μικρά Ασία.

Βασικό χαρακτηριστικό της ζώνης Αξιού είναι οι μεγάλες οφειολιθικές μάζες που έχουν εξάπλωση σε όλο τον χώρο της και συνιστούν στο σύνολο τους την «εσωτερική οφειολιθική λωρίδα» της Ελλάδας γνωστή με το όνομα “IRO”.

Η ζώνη Πάϊκου, στην οποία ανήκει ο Λουδίας ποταμός, περιλαμβάνει την ορεινή μάζα του Πάϊκου στην κεντρική Μακεδονία, καθώς και τα βουνά Τζένα και Πίνοβο που θεωρούνται το δυτικό τμήμα της μεγάλης οροσειράς του Βόρα.

Οι σχηματισμοί της ζώνης αυτής είναι από τους αρχαιότερους προς τους νεώτερους οι παρακάτω:

- μεταμορφωμένη σειρά που αποτελείται από μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και σιπολίνες, Τριαδικής ηλικίας.
- μεταμορφωμένη, ανθρακική κυρίως, ιζηματογενής σειρά που συνίσταται από μάρμαρα, σιπολίνες, κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους και σχιστόλιθους, Τριαδικής έως Ιουρασικής ηλικίας.
- ημιμεταμορφωμένα ιζήματα, χλωριτικούς σχιστόλιθους, κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, ψαμμίτες, σχιστόλιθους και ηφαιστειακά υλικά που συνιστούν μια παλιά ηφαιστειοϊζηματογενή σειρά ηλικίας Μέσο-Άνω Ιουρασικού.
- ανθρακική σειρά από μαρμαροειδείς ασβεστόλιθους και σιπολίνες με απολιθώματα ηλικίας Άνω Ιουρασικού.
- ορίζοντας πράσινων σχιστολίθων
- ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά που αποτελείται από σπιλίτες και κερατοφύρες και υποθαλάσσια ηφαιστειακά πετρώματα ηλικίας Άνω Ιουρασικού.
- ασβεστολιθικός ορίζοντας ηλικίας Ιουρασικού-Κρητιδικού
- τυπικός σχηματισμός φλύσχη αποτελούμενος από ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, πηλίτες και ασβεστόλιθους ηλικίας Κάτω κρητιδικού.

Ο Αξιός ποταμός βρίσκεται στην ζώνη Παιονίας. Βασικό χαρακτηριστικό της ζώνης αυτής είναι η λεπιοειδής τεκτονική.

Η ζώνη της Παιονίας διακρίνεται σε δύο επιμέρους ενότητες πετρωμάτων:

α) τις δυτικές (Προπαιονικές) ενότητες

β) τις ανατολικές ενότητες

Ο Αξίος ποταμός ανήκει στις δυτικές ενότητες και συγκεκριμένα στην ενότητα Γευγελής, που αποτελείται από τα παρακάτω πετρώματα από τα αρχαιότερα προς τα νεώτερα:

- ασβεστόλιθος με απολιθώματα, ηλικίας Τριαδικού
- ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά
- ασβεστόλιθοι με απολιθώματα ηλικίας Κιμμεριδίου του Ανωτέρου Ιουρασικού.
- φυλλίτες, μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι και ασβεστιτικοί σχιστόλιθοι
- πυριγενής όγκος, ηλικίας Ανωτέρου Ιουρασικού, που συνίσταται από την οφειολιθική ακολουθία και τον γρανίτη Φανού-Αξιουπόλεως.
- ασβεστόλιθοι και ψαμμίτες ηλικίας Τιθωνίου-Βασικού Κρητιδικού.

Ο Γαλλικός ποταμός ανήκει στις γεωτεκτονικές ζώνες της Παιονίας, της Περιροδοπικής και της Σερβομακεδονικής.

Στην ζώνη Παιονίας συναντώνται λεπτόκοκκα ως χονδρόκοκκα κροκαλοπαγή μικρού πάχους, ηλικίας Ανωτέρου Ιουρασικού, σε εναλλαγές με ψαμμίτες και αργιλικούς σχιστόλιθους.

Η Περιροδοπική ζώνη υποδιαιρείται σε διάφορες ενότητες και οι κύριοι σχηματισμοί τους που απαντούν στην περιοχή έρευνας είναι:

- ομάδα Σβούλας, που αποτελείται κυρίως από ασβεστιτικό φλύσχη που είναι εναλλαγές ασβεστιτικών ψαμμιτών, κλαστικών ασβεστολίθων και αργιλικών σχιστολίθων και από φυλλίτες που είναι εναλλαγές σχιστολίθων και γνευσίων. Έχουν ηλικία Τριαδικού-Μέσου Ιουρασικού.
- ασβεστόλιθοι από διάφορες ενότητες που ενοποιήθηκαν και έχουν ηλικία Ανωτέρου, Μέσου και κατώτερου Τριαδικού
- ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά της ενότητας Ντεβέ Κοράν-Δουμπίων, που αποτελείται από χαλαζίτες σε εναλλαγές με σχιστόλιθους και έχουν ηλικία Κατώτερου Τριαδικού.
- Σχηματισμός Εξαμιλίου, ο οποίος αποτελείται από χαλαζίτες που εναλλάσσονται με ψαμμίτες και κροκαλοπαγή. Έχει ηλικία Περμίου-Κατώτερου Τριαδικού.

Στην Σερβομακεδονική μάζα ανήκουν γνεύσιοι, που είναι διμαρμαρυγικοί με ενστρώσεις γρανατούχων διμαρμαρυγικών σχιστολίθων και βιοτιτικών

γενευσίων. Οι γενεύσιοι αυτοί ανήκουν στον σχηματισμό Βερτίσκου και η ηλικία τους είναι Παλαιοζωϊκή ή και παλαιότερη.

5. ΠΟΙΟΤΙΚΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΝΕΡΩΝ

5.1 ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΝΕΡΩΝ

Ρύπανση θεωρείται οποιαδήποτε υποβάθμιση της φυσικής ποιότητας του νερού.

Ρυπαντής είναι κάθε διαλυτή ή αδιάλυτη στο νερό, ουσία, η οποία όταν εισάγεται στο περιβάλλον από ανθρώπινες δραστηριότητες, προκαλεί δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Ανάμεσα στους ρυπαντές που με διάφορους τρόπους καταλήγουν στα νερά είναι (Βουδούρης 2006) :

- 1) Βαρέα μέταλλα (Hg, Pd, Cd κ.α.)
- 2) Τοξικά στοιχεία και ενώσεις (As, Se, κ.α.)
- 3) Ανόργανες ενώσεις (NO_3^- , PO_4^{3-} , NO_2^- κ.α.)
- 4) Οργανικές ενώσεις (φαινόλες, χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, απορρυπαντικά, παρασιτοκτόνα, χρώματα βαφής, προϊόντα πετρελαίου κ.α.)
- 5) Ραδιενεργές ουσίες
- 6) Παθογόνοι μικροοργανισμοί (βακτήρια και ιοί)

Οι πηγές ρύπανσης ταξινομούνται ανάλογα με την γεωμετρία σε:

- i) Σημειακές: είναι διακριτές μικρής κλίμακας πηγές, π.χ. διαρροές από δεξαμενές επιφανειακές και υπόγειες αλλά και του στραγγίσματος από χωματερές.
- ii) Μη σημειακές ή διάχυτες: προκαλούν εκτεταμένα, σχετικά διάχυτη, ρύπανση που προέρχεται από περισσότερες μικρότερες πηγές που η θέση τους συχνά δεν είναι διακριτή, όπως π.χ. η όξινη βροχή, ή νιτρορρύπανση γεωργικής προέλευσης κ.ά.

και ανάλογα με τον ρυθμό εκπομπής σε:

- i) συνεχούς εκπομπής: όταν η πηγή εκπέμπει συνεχώς και αδιαλείπτως ρύπους, γεγονός που έχει ως συνέπεια να παραμένει σταθερή η συγκέντρωση ρύπου με το χρόνο.
- ii) στιγμιαίας εκπομπής: όταν ο ρύπος εκπέμπεται μια και μόνη φορά, π.χ. από δεξαμενή ή χώρο αποθήκευσης, η δε διάρκεια εκπομπής είναι μικρή,

με αποτέλεσμα να παράγεται σταθερή συγκέντρωση ρύπου αλλά για πολύ μικρό χρονικό διάστημα.

Μερικές πιθανές πηγές ρύπανσης των επιφανειακών νερών είναι οι παρακάτω:

Οικιακά λύματα: ονομάζονται γενικά τα υγρά απόβλητα των κατοικιών, ιδρυμάτων ή άλλων εγκαταστάσεων μιας περιοχής, που είναι συνδεδεμένες με τις λειτουργίες της πόλης. Αποτελούνται κατά μεγάλο ποσοστό από νερό, που περιέχει οργανικά και ανόργανα προϊόντα. Τα οργανικά υλικά στα λύματα είναι συνήθως χαρτιά, ούρα, κόπρανα, σαπούνια, απορρυπαντικά, υπολείμματα τροφών, έλαια, λίπη κ.α. Η διάθεση λυμάτων στους αποδέκτες δημιουργεί έντονα προβλήματα ρύπανσης, όπως ευτροφισμό, ελάττωση της ικανότητας αυτοκαθαρισμού του νερού, καταστροφή των βιοκοινωνιών τους κ.α. Ως βλαβερά συστατικά των λυμάτων θεωρούνται τα αιωρούμενα στερεά, τα οργανικά συστατικά, οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και τα θρεπτικά στοιχεία.

Βιομηχανικά απόβλητα: ονομάζονται τα υγρά απόβλητα διάφορων βιομηχανιών, που δεν περιέχουν απόβλητα από χώρους εξυπηρέτησης του προσωπικού. Τα απόβλητα είναι αποτέλεσμα της χρήσης νερού στη βιομηχανία, που έχει εμπλουτισθεί με διάφορα συστατικά σε μικρές ή μεγάλες συγκεντρώσεις και διακρίνονται σε βιολογικά και μη βιολογικά.

Τα βιολογικά περιλαμβάνουν τα απόβλητα των εργοστασίων παραγωγής τροφίμων, παραγωγής χαρτιού και επεξεργασίας υφαντικών ινών.

Τα μη βιολογικά είναι απόβλητα χημικών βιομηχανιών και περιέχουν ρυπαντές όπως οξέα, βάσεις, άλατα, χλώριο, κυανιούχα, μέταλλα, υδρογονάνθρακες, φωσφορικά.

Αστικά απορρίματα: αποτελούνται από τρόφιμα, χαρτί, γυαλί, πλαστικά, φυτικές ύλες, υφάσματα, ξύλο, ελαστικά κ.α. Πιθανόν πολλές φορές να περιέχουν και μικρές ποσότητες επικίνδυνων αποβλήτων, όπως χρώματα, ορυκτέλαια, απορρυπαντικά.

Απόβλητα μεταλλευτικής δραστηριότητας: παράγονται κατά την εξόρυξη ορυκτών πόρων σε ανθρακωρυχεία, μεταλλεία και αποτελούνται από ένα ετερογενές μίγμα νερού και κονιορτοποιημένου ορυκτού και πιθανά περιέχουν και βαρέα μέταλλα, ως παραπροϊόντα.

Με τις διαδικασίες αποκάλυψης των μεταλλευμάτων αφαιρείται ο προστατευτικός εδαφικός μανδύας και έτσι οι πιθανοί ρύποι οδηγούνται κατευθείαν στους υδροφόρους ορίζοντες.

Απόβλητα γεωργό-κτηνοτροφικής δραστηριότητας: το νερό που επιστρέφει από τις αρδεύσεις διηθείται παρασέρνοντας διαλυμένες ουσίες στα υπόγεια νερά. Έτσι στοιχεία που περιέχονται στα λιπάσματα οδηγούνται στο υπόγειο νερό. Η αλόγιστη χρήση λιπασμάτων, εντομοκτόνων και παρασιτοκτόνων έχει σαν αποτέλεσμα την κατακόρυφη αύξηση των νιτρικών ιόντων.

Όξινη βροχή: το νερό της είναι πλούσιο σε οξείδια του θείου και του αζώτου ενώ τα αποτελέσματα της στα χερσαία οικοσυστήματα και στις βιοκοινωνίες των εσωτερικών υδάτων είναι ποικίλα.

Η όξινη βροχή καταστρέφει τους οργανισμούς με τους εξής τρόπους:

- Με την οξίνιση των λιμνών. Προκαλείται άμεσος θάνατος των φυκών, των ασπόνδυλων, των αμφιβίων και τελικά και των ψαριών. Το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία λίμνης με κρυστάλλινο καθαρό νερό, η οποία όμως είναι νεκρή.
- Με την απομάκρυνση των θρεπτικών του εδάφους. Η όξινη βροχή διαλύει τα βασικά θρεπτικά και μαζί το ασβέστιο και το κάλιο, τα απομακρύνει από το έδαφος και τα στερεί από την χερσαία χλωρίδα. Καταστρέφει επίσης τους μικροοργανισμούς και μηδενίζει έτσι την αποσύνθεση, που εμπλουτίζει το έδαφος με θρεπτικά.
- Με τη διάλυση τοξικών μετάλλων, όπως το αργίλιο και ο υδράργυρος, τα οποία διαφορετικά θα ήταν αδιάλυτα και συνεπώς ακίνδυνα. Η διάλυση επιτρέπει στα φυτά και στους μικροοργανισμούς να απορροφούν τοξικά μέταλλα, τα οποία έτσι εισέρχονται στην τροφική αλυσίδα. Τα φυτά, από την μία στερούνται θρεπτικών και από την άλλη δηλητηριάζονται. Αλλά και αν ακόμη αυτό δεν τα θανατώνει, τα ευαισθητοποιεί σε μόλυνση από βακτήρια και μύκητες αλλά και στις επιθέσεις από έντομα.
- Με την προσθήκη αζώτου. Η όξινη βροχή σε μερικές περιπτώσεις συμβάλλει κατά 25% στην αύξηση του αζώτου στο νερό.

Νιτρορρύπανση: πηγές ρύπανσης του εδάφους από ενώσεις του αζώτου είναι η νιτρορρύπανση γεωργικής-κτηνοτροφικής προέλευσης ή οι διαρροές από συστήματα και αγωγούς αποχέτευσης. Η γεωργία αποτελεί την κύρια πηγή της νιτρορρύπανσης των νερών, δοθέντος ότι εκτιμάται ότι το 60% του συνολικού αζώτου μεταναστεύει στο νερό. Η έκπλυση του αζώτου από τα

λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για την λίπανση των καλλιεργειών, είναι συνάρτηση: α) της περιόδου εφαρμογής της λίπανσης, β) του είδους της φυτοκάλυψης ή φυτοκαλλιέργειας και της διαχείρισης τους, γ) της χρήσης γης, δ) της απορροής, ε) του πορώδους και της υδροπερατότητας του εδάφους, στ) της μεθόδου λίπανσης και της ποσότητας του λιπάσματος που χρησιμοποιείται κατά την λίπανση, και ζ) της μεθόδου άρδευσης και της ποσότητας του νερού που χρησιμοποιείται στην άρδευση.

Άλλες πιθανές αιτίες ρύπανσης του νερού είναι τα ρευστά από τα νεκροταφεία που χαρακτηρίζονται από αυξημένες συγκεντρώσεις χλωριόντων, θειικών, ενώσεων αζώτου (NO_3 , NH_4 , NO_2), COD και παθογόνων μικροοργανισμών, το θερμό νερό από τους ενεργειακούς σταθμούς κ.α.

Γενικά η ρύπανση ανιχνεύεται με έναν ή συνδυασμό περισσότερων τρόπων, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι:

- Από την περιεκτικότητα σε διαλυμένα άλατα

Μεγάλες συγκεντρώσεις αλάτων δημιουργούν προβλήματα στους χρήστες (αλλοίωση της γεύσης, αύξηση της διαβρωτικότητας, δυσμενείς επιπτώσεις στην καλλιέργεια κ.α.)

- Από την περιεκτικότητα σε παθογόνους μικροοργανισμούς

Τα απόβλητα κυρίως αστικής και κτηνοτροφικής προέλευσης είναι φορείς παθογόνων μικροοργανισμών, που είναι υπεύθυνοι για τη διάδοση επικίνδυνων λοιμώξεων.

- Από τα αιωρούμενα στερεά

Τα αιωρούμενα και κολλοειδή στερεά υλικά μειώνουν τη διέλευση του ηλιακού φωτός, συμβάλλοντας έτσι στη δημιουργία αναερόβιων συνθηκών. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αδυναμία επιβίωσης της υδρόβιας πανίδας και χλωρίδας. Τα αιωρούμενα στερεά υλικά προκαλούν επίσης σημαντικά προβλήματα στα δίκτυα μεταφοράς του νερού και στις δεξαμενές.

- Από την περιεκτικότητα σε διαλυμένο οξυγόνο

Συχνά, στα επιφανειακά νερά συναντάται οργανικό φορτίο, που βιοδιασπάται εύκολα. Το φορτίο προέρχεται από λύματα ή βιομηχανικά απόβλητα, που απορρίπτονται σε επιφανειακούς αποδέκτες, με αποτέλεσμα να αυξάνει η απαίτηση διαλυμένου οξυγόνου στον αποδέκτη, γεγονός που θεωρείται ως η πιο συχνή και πιο σημαντική μορφή της ρύπανσης των

επιφανειακών νερών. Η ποσότητα του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου, συχνά προκαλεί τοξικές δράσεις πάνω στα ψάρια αλλά και στην υπόλοιπη υδάτινη ζωή.

- Από το φαινόμενο του ευτροφισμού

Ευτροφισμός είναι η συνθήκη που επικρατεί σε εμπλουτισμένα με θρεπτικά συστατικά επιφανειακά υδροσυστήματα, στα οποία παρατηρείται υπερβολική βιολογική δραστηριότητα, ελάττωση του διαλυμένου οξυγόνου και αύξηση των φυκών και αλγών του νερού.

- Από την περιεκτικότητα σε τοξικά μέταλλα και ενώσεις

Η παρουσία τοξικών στοιχείων στα νερά σχετίζεται με ανθρώπινες δραστηριότητες. Περιεκτικότητες των στοιχείων αυτών άνω των επιτρεπτών ορίων έχει ως αποτέλεσμα το θάνατο της υδρόβιας ζωής ή τη συσσωρευτική συγκέντρωση στους υδρόβιους οργανισμούς και διαμέσου της τροφικής αλυσίδας την άμεση επίδραση στον άνθρωπο.

Πηγή τοξικών μετάλλων είναι τα φυτοφάρμακα, τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα και τα λιπάσματα. Πολλά από τα τελευταία περιέχουν Cr, Cu, Fe, Mn, Ni και Zn. Ορισμένα παρασιτοκτόνα περιέχουν Hg. Τα αερολύματα από τα φυτοφάρμακα είναι μια άλλη επίσης πηγή ρύπανσης των υδρορευμάτων από τοξικά μέταλλα. Τα βαρέα μέταλλα μεταφέρονται στα υδρορεύματα ως διαλυμένα είδη στο νερό, ως αιωρούμενα αδιάλυτα χημικά στερεά και ως στοιχεία των αιωρούμενων στερεών. Όλες αυτές οι μορφές συγκεντρώνονται στα ιζήματα του πυθμένα των υδατορευμάτων.

- Από τη θερμική ρύπανση

Η μεταβολή της θερμοκρασίας των επιφανειακών νερών μεταβάλλει την πυκνότητα, το ιξώδες, την πίεση των ατμών, την επιφανειακή τάση, τη διαλυτότητα των αερίων και το ρυθμό της διάχυσης των αερίων. Η αύξηση της θερμοκρασίας επιταχύνει τη διαδικασία με την οποία οι αερόβιοι μικροοργανισμοί διασπούν την οργανική ύλη, γεγονός που συνεπάγεται την αύξηση της απαίτησης οξυγόνου, ενώ παράλληλα προκαλείται μείωση της ικανότητας του νερού να συγκρατεί το διαλυμένο οξυγόνο. Το αποτέλεσμα είναι η ταχεία αύξηση του BOD και συνεπώς και μείωση του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό.

Αυτό συνεπάγεται την κατανάλωση όλης της διαθέσιμης ποσότητας του διαλυμένου, στο νερό, οξυγόνου και το θάνατο όλων των υδρόβιων

οργανισμών. Η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί, επίσης, αύξηση της ανάγκης που έχουν τα ψάρια σε οξυγόνο για να επιβιώσουν και μείωση του χρόνου που απαιτείται, προκειμένου αυτά να αντιδράσουν στα νέα, χαμηλά, επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου, καθώς και αύξηση της αναπαραγωγής των αζωτοβακτηριδίων και κατά συνέπεια πρόσθετη αύξηση της ζήτησης του οξυγόνου.

- Από την περιεκτικότητα σε ραδιενεργές ουσίες

Οι πυρηνικές δοκιμές, οι εναέριες δοκιμές και χρήσεις ατομικών όπλων, οι πυρηνικές εφαρμογές στη βιομηχανία και την ιατρική αποτελούν τις σημαντικότερες πηγές απελευθέρωσης ραδιενεργών ουσιών στο περιβάλλον.

- Υφαλμύριση των παράκτιων υδροφόρων οριζόντων

Οι παράκτιοι υδροφόροι ορίζοντες, κάτω από φυσικές συνθήκες, αποστραγγίζονται προς τη θάλασσα. Οι έντονες αντλήσεις στις παράκτιες περιοχές ελαττώνουν ή αναστρέφουν τη φυσική υδραυλική βαθμίδα προς τη θάλασσα με συνέπεια τη διείσδυση του θαλασσινού νερού προς την ενδοχώρα.

5.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΧΗΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

Οι χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα ποτάμια που μελετώνται βασίστηκαν στις παρακάτω παραμέτρους:

- *Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD_5)*: είναι η ποσότητα οξυγόνου που καταναλώνεται από τους μικροοργανισμούς για την βιολογική αποικοδόμηση των οργανικών ενώσεων που περιέχονται στα νερά, σε διάστημα 5 ημερών και σε θερμοκρασία 20 °C. Οι τιμές του BOD δίνουν χρήσιμες πληροφορίες για την ολική φόρτιση των νερών σε οργανικές ενώσεις.
- *Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)*: είναι η ποσότητα του οξυγόνου που καταναλώνεται για την χημική οξείδωση των οργανικών ενώσεων οι οποίες βρίσκονται στα νερά.
- *Διαλυμένο οξυγόνο (DO)*: η παρουσία οξυγόνου στο νερό, υποδηλώνει πρόσφατη έκθεση του νερού στην επίδραση της ατμόσφαιρας. Μικρές τιμές περιεκτικότητας σε οξυγόνο παρατηρούνται σε παλαιά νερά που δεν ανανεώνονται, ενώ αντίθετα μεγάλες συγκεντρώσεις συναντώνται σε νερά, τα οποία δεν παραμένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα στους υδροφόρους ορίζοντες και ανανεώνονται συνεχώς. Μικρές τιμές του διαλυμένου οξυγόνου φανερώουν έντονα ρυπασμένα νερά με οργανικές ουσίες.

Γενικά η περιεκτικότητα του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό, εξαρτάται από:

1. Τη θερμοκρασία. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του νερού, τόσο μικρότερη είναι η περιεκτικότητα σε οξυγόνο.
2. Την ποσότητα της οργανικής ύλης, η οποία αποσυντίθεται στο νερό.
3. Την παρουσία ή απουσία φυτών, τα οποία μπορούν να κάνουν φωτοσύνθεση.
4. Τον βαθμό της διείσδυσης του φωτός, που εξαρτάται από το βάθος. Η συγκέντρωση του οξυγόνου μειώνεται με το βάθος. Η μείωση αυτή είναι εκθετική και σπάνια περιέχεται διαλυμένο οξυγόνο σε βάθη μεγαλύτερα των 20 m από την υδροστατική επιφάνεια. Στα στάσιμα νερά η περιεκτικότητα σε οξυγόνο

μεταβάλλεται με το βάθος και την εποχή. Το θέρος, η περιεκτικότητα οξυγόνου στα μεγάλα βάθη ελαττώνεται και μπορεί να μηδενισθεί.

- *Νιτρικά ιόντα (NO_3^-):* τα νιτρικά ιόντα είναι το τελικό προϊόν της φυσικής αποσύνθεσης οργανικών αζωτούχων ενώσεων, όπως φυτικής και ζωικής πρωτεΐνης. Μπορεί να προέρχεται από ζωικά περιττώματα, λιπάσματα ή προηγούμενη χρήση του νερού από τον άνθρωπο. Μεγάλη περιεκτικότητα σε νιτρικό ανιόν υποδηλώνει την παρουσία βιολογικών ρύπων ή επίδραση ή ανάμειξη με νερά άρδευσης από λιπαινόμενες γαίες. Το ανώτατο όριο συγκέντρωσης νιτρικών στο πόσιμο νερό είναι 50 mg/L, ενώ το επιθυμητό όριο είναι 25 mg/L. Αυξημένες συγκεντρώσεις σε νιτρικά ιόντα προκαλούν βλάβες στον οργανισμό. Συγκεκριμένα κατηγορούνται για την πρόκληση διαφόρων μορφών καρκινογένεσης και για την κοινά ονομαζόμενη ασθένεια των « μπλε παιδιών ».
- *Ενεργός οξύτης (pH):* είναι η συγκέντρωση των ιόντων H_3O^+ που περιέχεται στο διάλυμα και εκφράζεται με το pH , δηλ. με τον αρνητικό δεκαδικό λογάριθμο της συγκέντρωσης των ιόντων H_3O^+ . Το pH των νερών γενικά μειώνεται όσο η υδάτινη μάζα ενηλικιώνεται. Μια νέα υδάτινη μάζα είναι συνήθως αλκαλική ($\text{pH} > 7$) και σιγά σιγά με τον χρόνο γίνεται όξινη ($\text{pH} < 7$). Αυτό οφείλεται κυρίως στη συγκέντρωση οργανικού υλικού, που εκλύει CO_2 όταν αποσυντίθεται. Τα επιθυμητά όρια του pH στο πόσιμο νερό κυμαίνονται από 6,5 < pH < 9,5.
- *Συνολική περιεκτικότητα σε αμμώνιο (T.ammonium):* είναι η ποσότητα του αμμωνίου που περιέχεται σε ένα λίτρο νερού. Τα επιθυμητά όρια του στο πόσιμο νερό είναι μέχρι 0,50 mg/l.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι ενδεικτικές τιμές των παραμέτρων του πόσιμου νερού. Η παραμετρική τιμή αναφέρεται στη συγκέντρωση καταλοίπων μονομερούς στο νερό, όπως υπολογίζεται σύμφωνα με τις προδιαγραφές περί μέγιστης μετανάστευσης εκ του αντίστοιχου πολυμερούς, όταν βρίσκεται σε επαφή με το νερό.

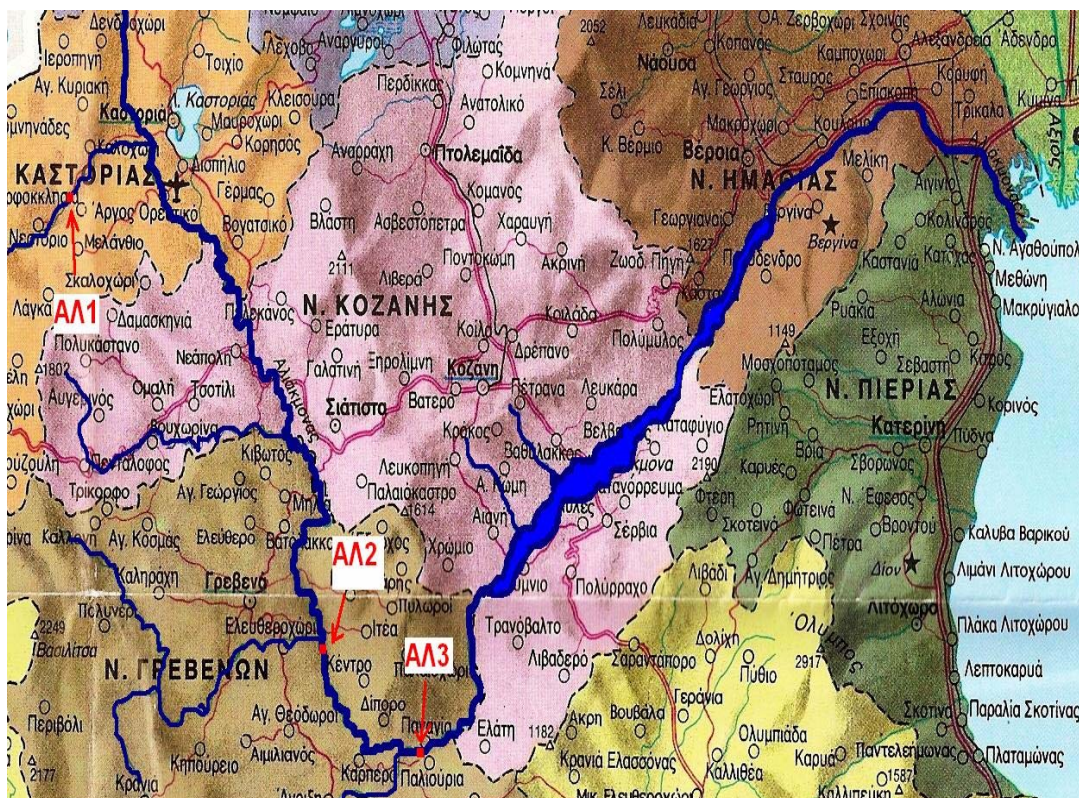
Πιν. 1. Παρουσίαση ενδεικτικών τιμών των παραμέτρων του πόσιμου νερού

α/α	Παράμετρος	Μονάδα έκφρασης αποτελεσμάτων	Παραμετρική Τιμή
1	Ιόντα υδρογόνου	μονάδα pH	6.5<pH<9.5
2	Αγωγιμότητα	μS/cm	2500
3	Χλωριούχα άλατα	mg/l	250
4	Θειικά άλατα	mg/l	250
5	Νάτριο	g/l	200
6	Αργίλιο	μg/l	200
7	Νιτρικά άλατα	mg/l	50
8	Νιτρώδη άλατα	mg/l	0,50
9	Βρώμικα άλατα	mg/l	10
10	Κυανιούχα άλατα	μg/l	50
11	Αμμώνιο	mg/l	0,50
12	Φθοριούχα άλατα	mg/l	1,5
13	Σίδηρος	μg/l	200
14	Μαγγάνιο	μg/l	50
15	Χαλκός	Mg/l	2,0
16	Αρσενικό	μg/l	10
17	Χρώμιο	μg/l	50
18	Υδράργυρος	μg/l	1,0
19	Μόλυβδος	μg/l	10
20	Νικέλιο	μg/l	20
21	Κάδμιο	μg/l	5,0

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

6.1.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΟΤΑΜΟ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ

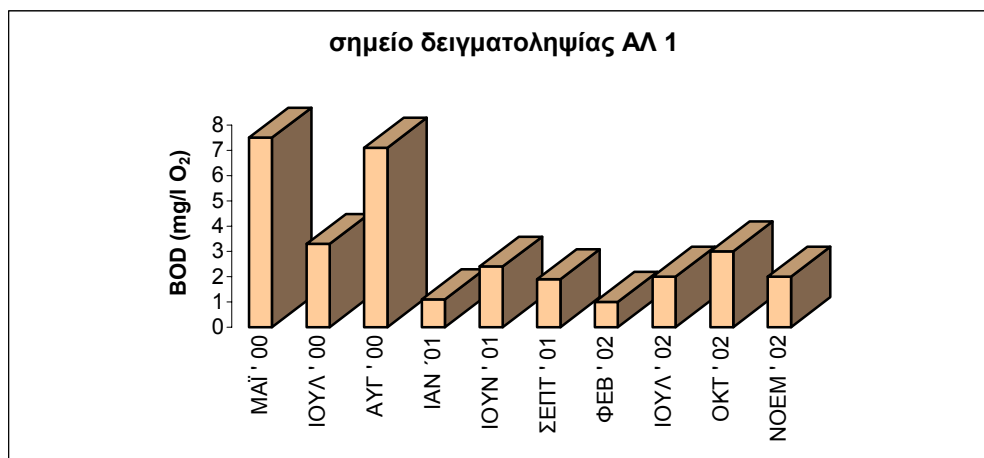
Τα δείγματα του νερού από τον ποταμό Αλιάκμονα, συλλέχθηκαν από τρία διαφορετικά σημεία τα οποία θα αναλυθούν ξεχωριστά στην συνέχεια. Το πρώτο σημείο βρίσκεται στο Άργος-Ορεστικό (ΑΛ 1), το δεύτερο βρίσκεται λίγο μετά τις εκβολές του ποταμού Γρεβενίτη (ΑΛ 2) και το τρίτο βρίσκεται στο μοναστήρι του Ιλαρίονα (ΑΛ 3). Η δειγματοληψία αφορά τα έτη 2000, 2001 και 2002.



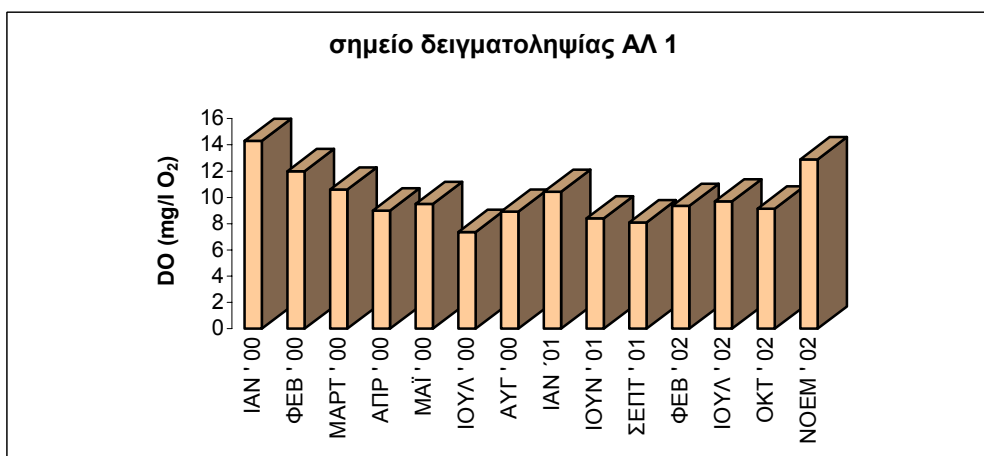
Χάρτης 2. Σημεία δειγματοληψίας επιφανειακών νερών στον ποταμό Αλιάκμονα

Οι χημικές αναλύσεις του νερού που πραγματοποιήθηκαν στον συγκεκριμένο ποταμό βασίστηκαν στις εξής παραμέτρους: βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD_5), διαλυμένο οξυγόνο (DO), νιτρικά ιόντα (NO_3^-), ενεργός οξύτης (pH) και συνολική περιεκτικότητα σε αμμώνιο (NH_4^+).

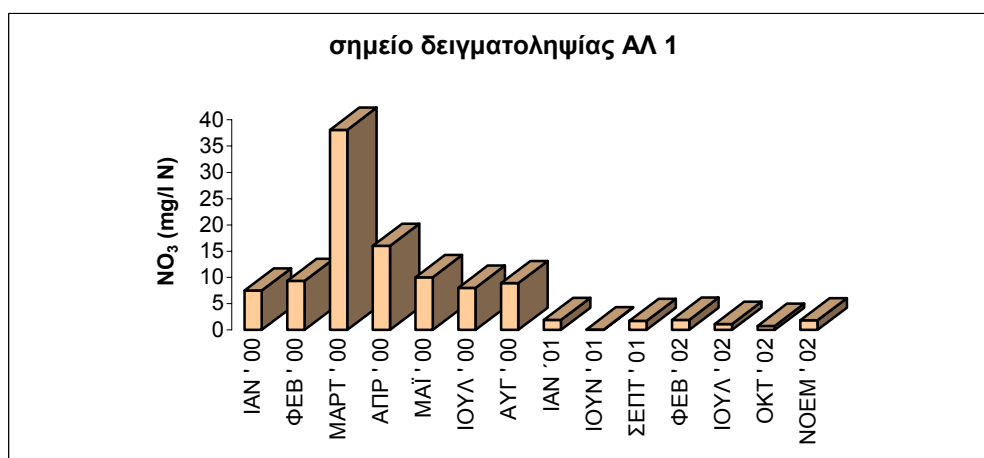
- Για τη θέση στην οποία βρίσκεται το Άργος-Ορεστικό (ΑΛ 1), τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρουσιάζονται παρακάτω:



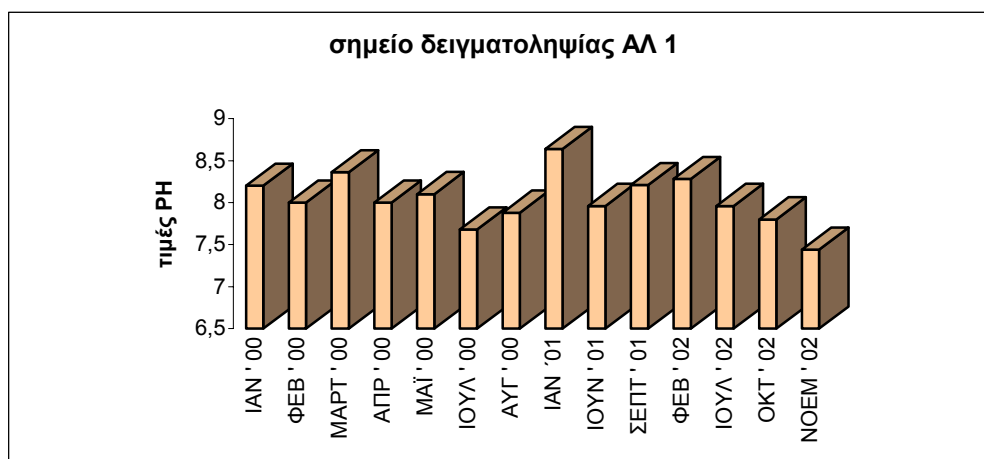
Σχ. 1. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε BOD (mg/l O₂) στη θέση ΑΛ 1



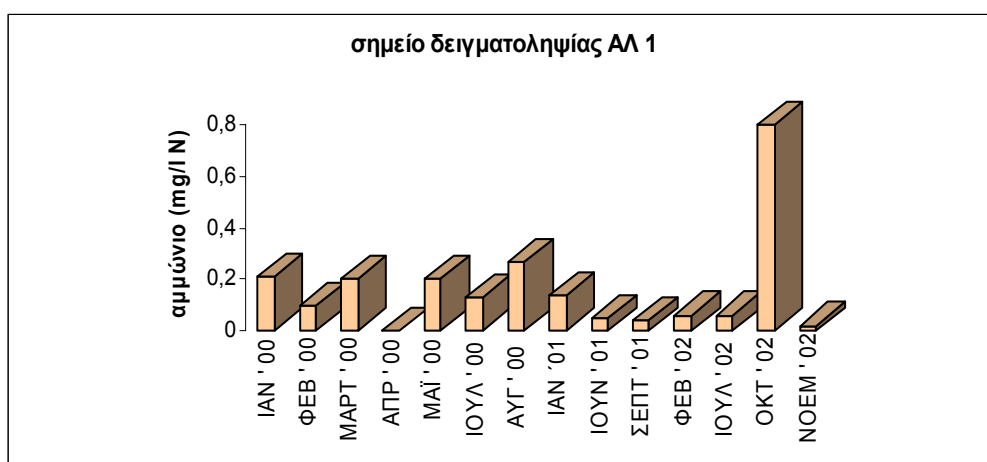
Σχ. 2. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε DO (mg/l O₂) στη θέση ΑΛ 1



Σχ. 3. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε NO₃⁻ (mg/l N) στη θέση ΑΛ 1



Σχ. 4. Διακύμανση τιμών pH νερού στη θέση ΑΛ 1



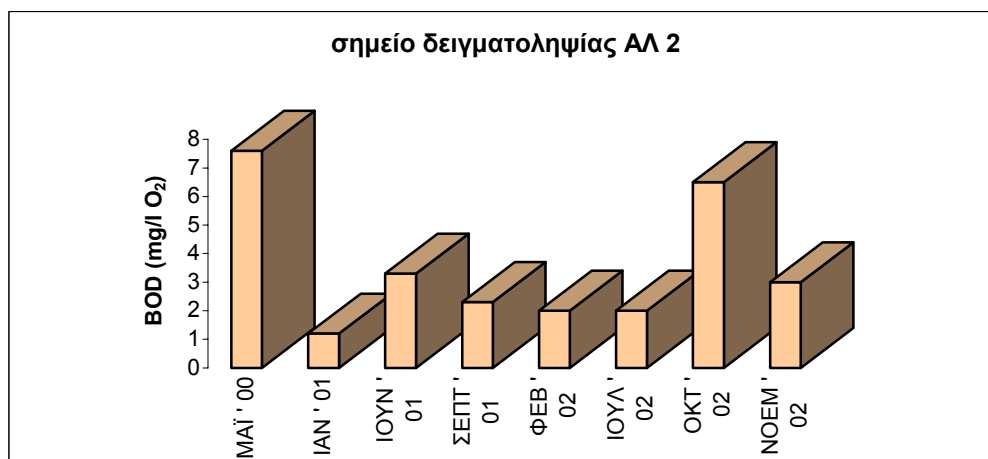
Σχ. 5. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε αμμώνιο (mg/l N) στη θέση ΑΛ 1

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι:

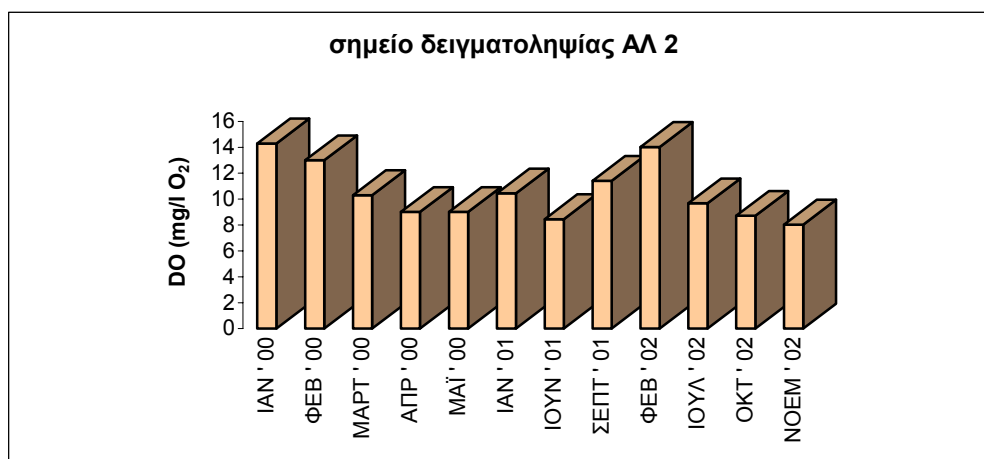
- Οι τιμές της περιεκτικότητας του νερού σε βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο παρουσιάζουν κάποιες ελλείψεις τους χειμερινούς μήνες του 2000, γενικά όμως δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερη ανομοιομορφία. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εμφανίζεται τον Μάιο του 2000 και είναι ίση με 7,5 mg/l O₂. Η μέση τιμή είναι 3,1 mg/l O₂ και η τυπική απόκλιση είναι 2,2.
- Οι τιμές της περιεκτικότητας του νερού σε διαλυμένο οξυγόνο παρουσιάζουν ιδιαίτερη ομοιομορφία και είναι αρκετά μεγάλες οπότε συμπεραίνεται ότι τα νερά ανανεώνονται διαρκώς. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εντοπίζεται τον Ιανουάριο του 2000 και είναι ίση με

14,3 mg/l O₂. Η μέση τιμή είναι 9,9 mg/l O₂ και η τυπική απόκλιση ίση με 1,8.

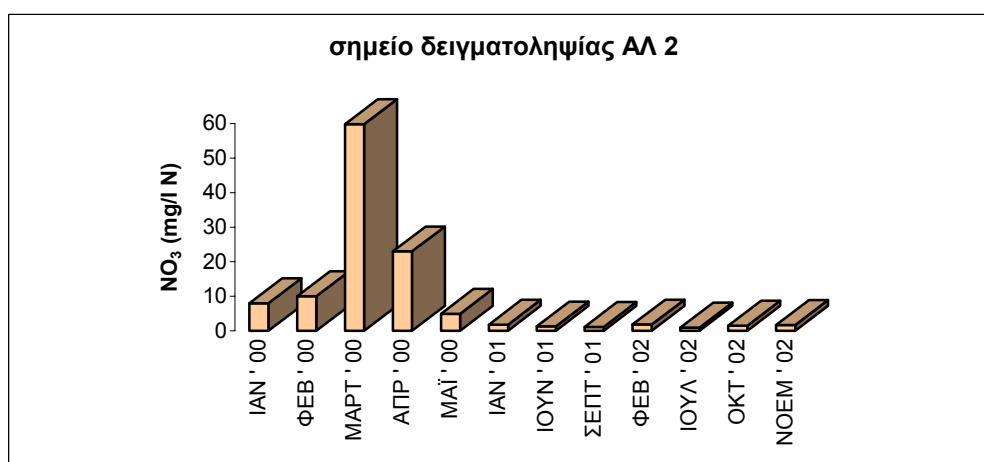
- Η περιεκτικότητα του νερού σε νιτρικά ανιόντα εμφανίζει ομοιόμορφες τιμές με εξαίρεση αυτή του Μαρτίου του 2000 που είναι ίση με 38,1 mg/l N και αποτελεί και τη μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς. Η τιμή αυτή βρίσκεται μέσα στα επιτρεπτά όρια, ξεπερνώντας βέβαια λίγο τα επιθυμητά που είναι μέχρι 25 mg/l N, αλλά συγκρινόμενη με τις υπόλοιπες δείχνει ότι ο ποταμός εκείνη την περίοδο ήταν πλούσιος σε βιολογικούς ρύπους ή τα νερά του είχαν αναμειχθεί με νερά άρδευσης από λιπαινόμενες γαίες. Παρατηρείται επίσης και μια γενική μείωση των τιμών με το πέρασμα των χρόνων. Η μέση τιμή είναι 7,6 mg/l N και η τυπική απόκλιση είναι ίση με 9,6 .
 - Οι τιμές του pH του νερού βρίσκονται όλες μέσα στα επιθυμητά όρια. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εμφανίζεται τον Ιανουάριο του 2001 και είναι ίση με 8,64. Η μέση τιμή είναι 8,0 και η τυπική απόκλιση είναι 0,3.
 - Η συνολική περιεκτικότητα του νερού σε αμμώνιο εμφανίζει και πάλι αρκετά μικρές τιμές που βρίσκονται όλες μέσα στα επιθυμητά όρια. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εμφανίζεται τον Αύγουστο του 2000 και είναι ίση με 0,27 mg/l N. Η μέση τιμή είναι 0,1 mg/l N και η τυπική απόκλιση είναι 0,2.
- Για τη θέση στην οποία βρίσκονται οι εκβολές του ποταμού Γρεβενίτη (ΑΛ 2), τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρουσιάζονται παρακάτω:



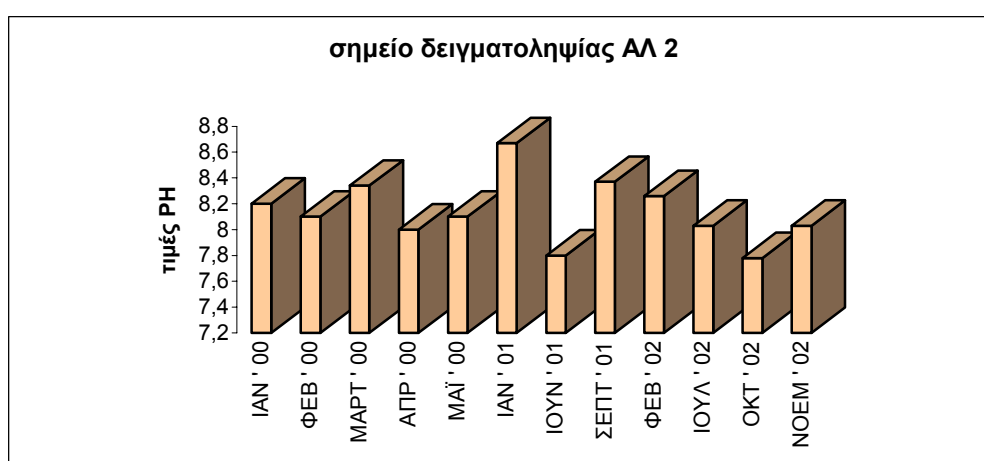
Σχ. 6. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε BOD (mg/l O₂) στη θέση ΑΛ 2



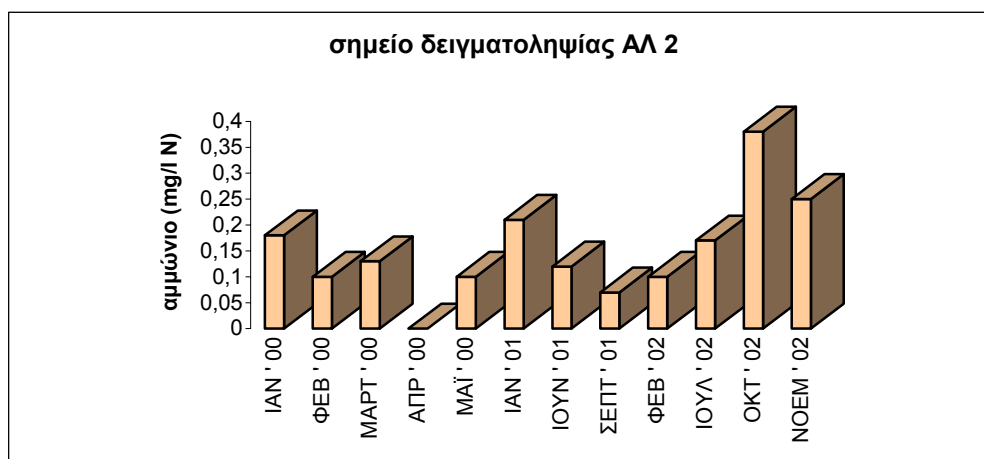
Σχ. 7. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε DO (mg/l O₂) στη θέση ΑΛ 2



Σχ. 8. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε NO₃⁻ (mg/l N) στη θέση ΑΛ 2



Σχ. 9. Διακύμανση τιμών pH νερού στη θέση ΑΛ 2



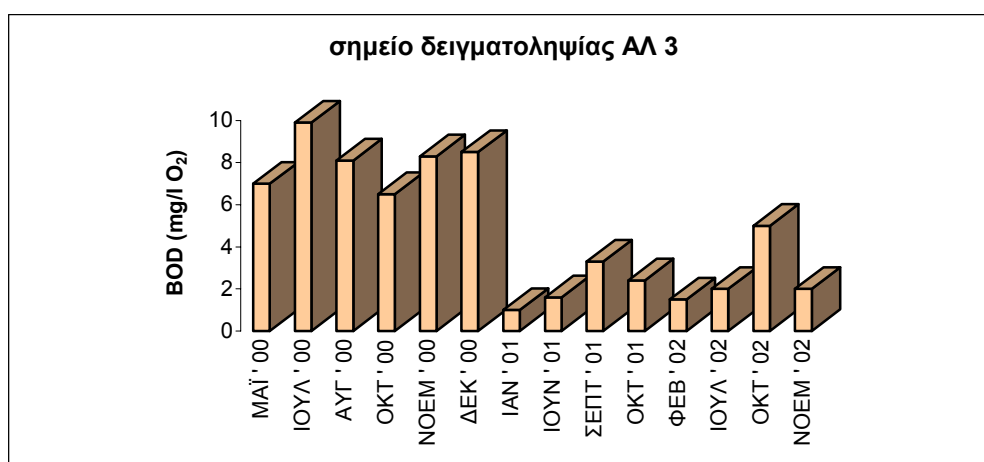
Σχ. 10. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε αμμώνιο (mg/l N) στη θέση ΑΛ 2

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι:

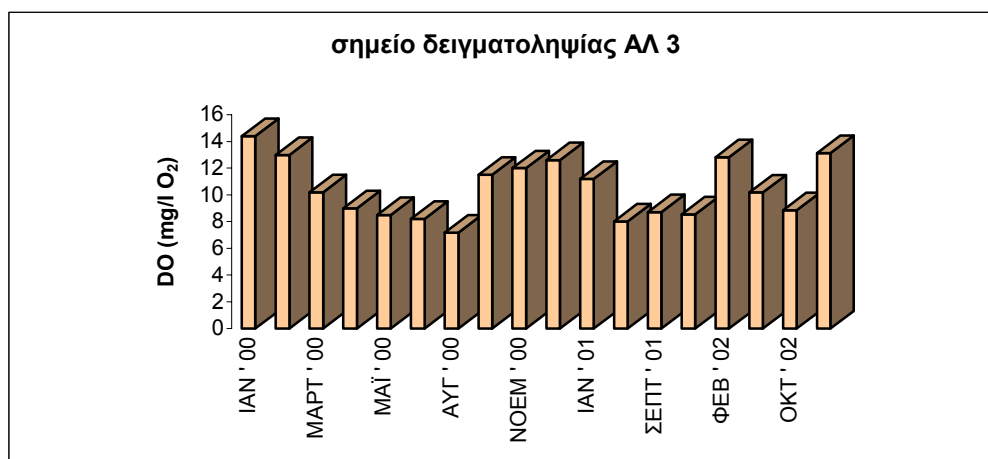
- Οι μετρήσεις των τιμών της περιεκτικότητας του νερού σε βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο παρουσιάζουν και πάλι κάποιες ελλείψεις τους πρώτους μήνες του έτους 2000. Γενικά δεν παρατηρείται κάποια ιδιαίτερη ανομοιομορφία ενώ η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εμφανίζεται τον Μάιο του 2000 και είναι ίση με 7,6 mg/l O₂. Η μέση τιμή είναι 3,5 mg/l O₂ και η τυπική απόκλιση είναι ίση με 2,1.
- Η περιεκτικότητα του νερού σε διαλυμένο οξυγόνο παρουσιάζει ομοιομορφία ενώ γενικά οι τιμές είναι αρκετά μεγάλες, δηλαδή τα νερά είναι ανανεούμενα. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εμφανίζεται τον Ιανουάριο του 2000 και είναι ίση με 14,3 mg/l O₂. Η μέση τιμή είναι 10,5 mg/l O₂ και η τυπική απόκλιση είναι 2,1.
- Οι τιμές της περιεκτικότητας του νερού σε νιτρικά ανιόντα παρουσιάζουν ιδιαίτερη ανομοιομορφία. Παρατηρείται μια γενική μείωση των τιμών με το πέρασμα των χρόνων ενώ η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εντοπίζεται τον Μάρτιο του 2000 και είναι ίση με 59,8 mg/l N. Η τιμή αυτή είναι πολύ μεγάλη και ξεπερνά τα επιτρεπόμενα όρια, πράγμα που σημαίνει ότι τα νερά περιέχουν βιολογικούς ρύπους εφόσον τα νιτρικά ανιόντα μπορεί να προέρχονται από ζωικά περιττώματα, λιπάσματα κ.α. Οι υπόλοιπες τιμές βρίσκονται μέσα στα επιτρεπόμενα όρια. Η μέση τιμή είναι 9,6 mg/l N και η τυπική απόκλιση είναι ίση με 16,3 τιμή πολύ μεγάλη που όμως δικαιολογείται εφόσον η

περιεκτικότητα του νερού σε νιτρικά ανιόντα τον Μάρτιο του 2000 είναι πολύ μεγαλύτερη από τις υπόλοιπες τιμές.

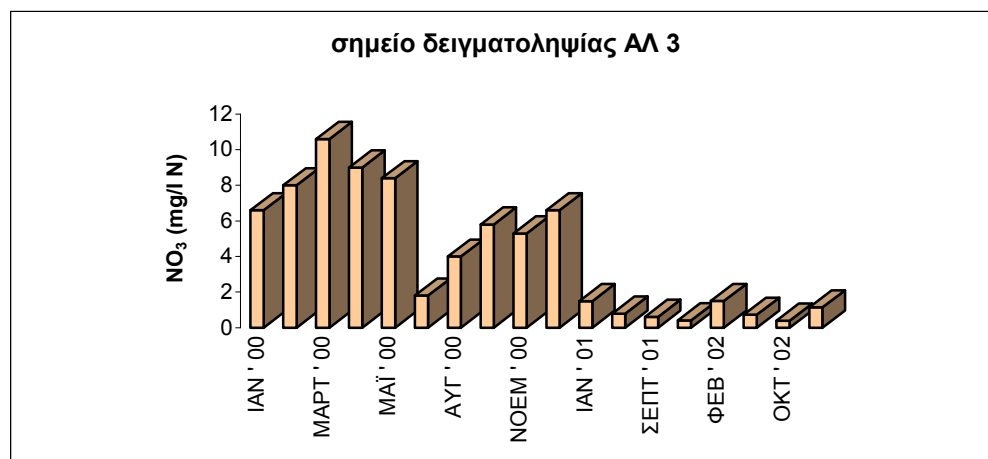
- Οι τιμές του pH εμφανίζουν και πάλι ιδιαίτερη ομοιομορφία. Όλες οι τιμές βρίσκονται μέσα στα επιθυμητά όρια ενώ η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εντοπίζεται τον Ιανουάριο του 2001 και είναι ίση με 8,67. Η μέση τιμή είναι 8,14 και η τυπική απόκλιση είναι ίση με 0,2.
- Η συνολική περιεκτικότητα του νερού σε αμμώνιο εμφανίζει αρκετά μικρές τιμές που όλες βρίσκονται μέσα στα επιθυμητά όρια. Γενικά παρατηρείται μια μικρή αύξηση των τιμών το έτος 2002, ενώ η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εμφανίζεται τον Οκτώβριο του 2002 και είναι ίση με 0,38 mg/l N.
- Για τη θέση στην οποία βρίσκεται το μοναστήρι του Ιλαρίονα (ΑΛ 3), τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρουσιάζονται παρακάτω:



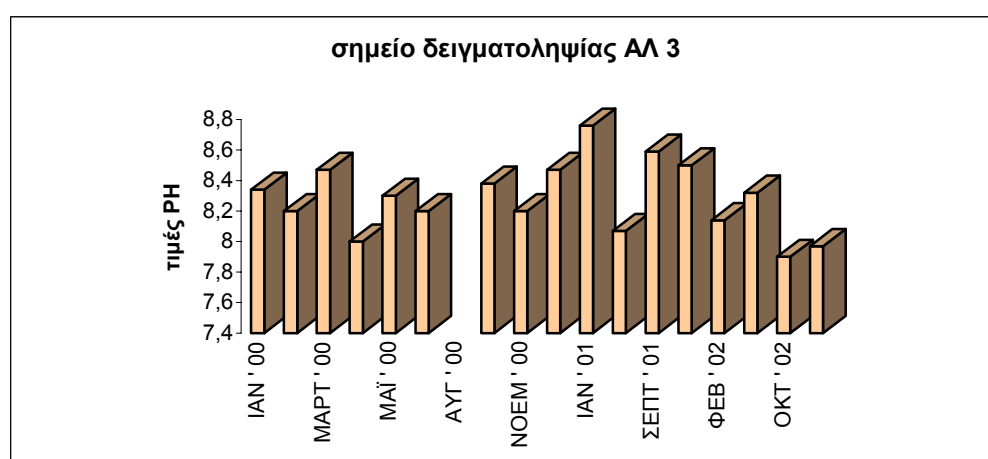
Σχ. 11. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε BOD (mg/l O₂) στη θέση ΑΛ 3



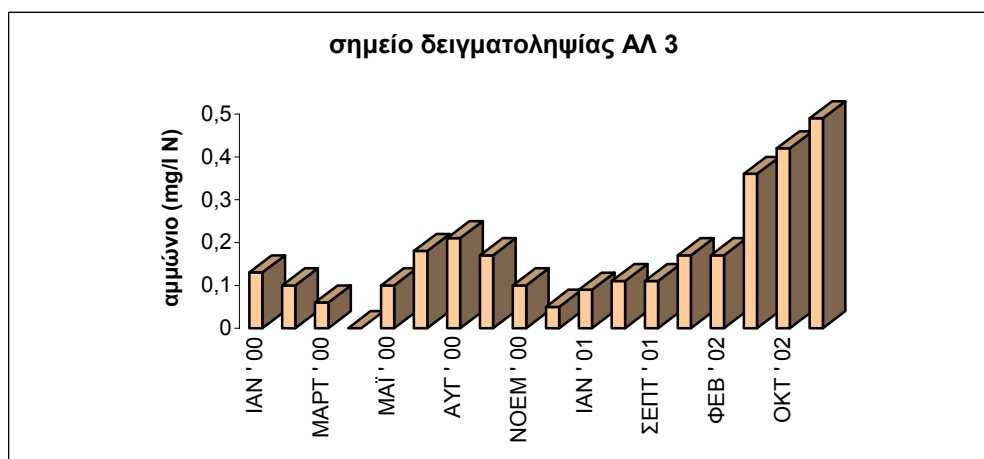
Σχ. 12. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε DO (mg/l O₂) στη θέση ΑΛ 3



Σχ. 13. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε NO₃⁻ (mg/l N) στη θέση ΑΛ 3



Σχ. 14. Διακύμανση τιμών pH νερού στη θέση ΑΛ 3



Σχ. 15. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε αμμώνιο (mg/l N) στη θέση ΑΛ 3

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε ότι:

- Οι τιμές της περιεκτικότητας του νερού σε βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο παρουσιάζουν κάποιες ελλείψεις τους πρώτους μήνες του 2000 και γενικά παρατηρείται μια μείωση των τιμών από έτος σε έτος. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εντοπίζεται τον Ιούλιο του 2000 και είναι ίση με 9,9 mg/l O₂. Η μέση τιμή είναι 4,8 mg/l O₂ και η τυπική απόκλιση είναι 3,0.
- Οι τιμές της περιεκτικότητας του νερού σε διαλυμένο οξυγόνο παρουσιάζουν ιδιαίτερη ομοιομορφία. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εμφανίζεται τον Ιανουάριο του 2000 και είναι ίση με 14,4 mg/l O₂. Η μέση τιμή είναι 10,4 mg/l O₂ και η τυπική απόκλιση είναι 2,1.
- Η περιεκτικότητα του νερού σε νιτρικά ανιόντα παρουσιάζει μια μείωση με το πέρασμα των χρόνων ενώ γενικά όλες οι τιμές βρίσκονται μέσα στα επιθυμητά όρια. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εμφανίζεται τον Μάρτιο του 2000 και είναι ίση με 10,6 mg/l N. Η μέση τιμή είναι 4,1 mg/l N και η τυπική απόκλιση είναι 3,9.
- Οι τιμές του pH παρουσιάζουν και πάλι ιδιαίτερη ομοιομορφία και η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εμφανίζεται τον Ιανουάριο του 2001 και είναι ίση με 8,76. Η μέση τιμή είναι 7,8 και η τυπική απόκλιση είναι 1,9.
- Η συνολική περιεκτικότητα του νερού σε αμμώνιο παρουσιάζει μια μικρή αύξηση από έτος σε έτος ενώ γενικά οι τιμές βρίσκονται μέσα στα επιθυμητά όρια εκτός από την μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς

που εντοπίζεται τον Νοέμβριο του 2002 και είναι ίση με 0,49 mg/l N. Η τιμή αυτή είναι αρκετά οριακή εφόσον το ανώτατο όριο είναι το 0,50 mg/l N.

Γενικά, τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού του ποταμού Αλιάκμονα βρέθηκαν παρόμοια με αυτά που αναφέρονται σε μελέτη που έγινε πριν από περίπου είκοσι χρόνια (G. A. Moukrides and E. Papadopoulou-Mourkidou). Το γεγονός αυτό δείχνει ότι δεν υπήρξε σημαντική αλλαγή στο φυσικοχημικό χαρακτήρα των νερών τις δύο τελευταίες δεκαετίες. Η μελέτη αυτή στηρίχθηκε σε δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του χρονικού διαστήματος Σεπτέμβριος 1982 έως Απρίλιος 1984.

Επίσης, τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού του ποταμού Αλιάκμονα βρέθηκαν παρόμοια και με αυτά που αναφέρονται σε μελέτη που έγινε πριν από 10 περίπου χρόνια (Δ. Βουτσά, Γ. Ζαχαριάδης, Κ. Σαμαρά, Θ. Κουιμτζής, Σ. Σκλαβούνος). Στην εργασία αυτή, πραγματοποιήθηκαν οκτώ σειρές δειγματοληψιών κατά τη διάρκεια του χρονικού διαστήματος Οκτώβριος 1990 έως Φεβρουάριος 1993 και συλλέχθηκαν δείγματα νερών από εννιά θέσεις δειγματοληψίας.

Συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα της παραπάνω μελέτης έδειξαν ότι το pH κυμαίνεται από 7.5 έως 8.8, δηλαδή δεν παρουσιάζει αξιοσημείωτες διαφορές κατά μήκος του ποταμού. Οι συγκεντρώσεις του διαλυμένου οξυγόνου κυμάνθηκαν από 5.2 έως 14.6 mg/l O₂, ενώ οι συγκεντρώσεις των νιτρικών κυμάνθηκαν από 0.01 έως 1.47 mg/l N.

Στην συγκεκριμένη δειγματοληψία που μελετάται, τα συνολικά αποτελέσματα έδειξαν ότι το pH κυμαίνεται από 7.4 έως 8.7 και οι συγκεντρώσεις του διαλυμένου οξυγόνου από 7.18 έως 14.4 mg/l O₂. Παρατηρείται δηλαδή συγγένεια των αποτελεσμάτων με εξαίρεση τις συγκεντρώσεις των νιτρικών οι οποίες κυμάνθηκαν από 0.07 έως 59 mg/l N αν και η μέση τιμή είναι 7.1 mg/l N. Οι υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών παρατηρήθηκαν κυρίως στους ανοιξιότικους μήνες του χρόνου, δηλαδή μετά από δυνατές βροχοπτώσεις ως αποτέλεσμα των μεγαλύτερων εισροών που καταλήγουν στο ποτάμι από τη γύρω γεωργική περιοχή.

Στη συνέχεια ακολουθεί πίνακας στον οποίο παρουσιάζεται το εύρος των τιμών των χημικών αναλύσεων του νερού καθώς και ο μέσος όρος τους στα διάφορα σημεία της δειγματοληψίας

Πιν. 2. Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων του νερού στον ποταμό Αλιάκμονα

	BOD (mg/l O ₂)	DO (mg/l O ₂)	NO ₃ ⁻ (mg/l N)	pH	T.AM (mg/l N)
ΑΛ. 1	1.0-7.5 (3.13)	7.37-14.3 (9.98)	0.07-38.1 (7.65)	7.44-8.64 (8.04)	0.0-0.8 (0.16)
ΑΛ. 2	1.2-7.6 (3.49)	8.03-14.3 (10.52)	0.95-59.8 (9.65)	7.78-8.67 (8.14)	0.0-0.38 (0.15)
ΑΛ. 3	1.0-9.9 (4.79)	7.18-14.4 (10.44)	0.39-10.6 (4.06)	7.9-8.76 (8.23)	0.0-0.49 (0.16)

Από τα παραπάνω παρατηρούμε ότι το pH του ποταμού δεν μεταβάλλεται σημαντικά κατά την διάρκεια των δύο ετών. Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών παρουσιάζουν σημαντική διακύμανση και περιστασιακά παρατηρούνται αρκετά υψηλές τιμές, συνήθως μετά από βροχοπτώσεις ως αποτέλεσμα των μεγαλύτερων εισροών που καταλήγουν στο ποτάμι από την γύρω περιοχή. Το οργανικό φορτίο του ποταμού είναι σχετικά χαμηλό. Οι συγκεντρώσεις του διαλυμένου οξυγόνου και του αμμωνίου κυμαίνονται σε φυσιολογικά επίπεδα.

6.1.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΟΤΑΜΟ ΛΟΥΔΙΑ

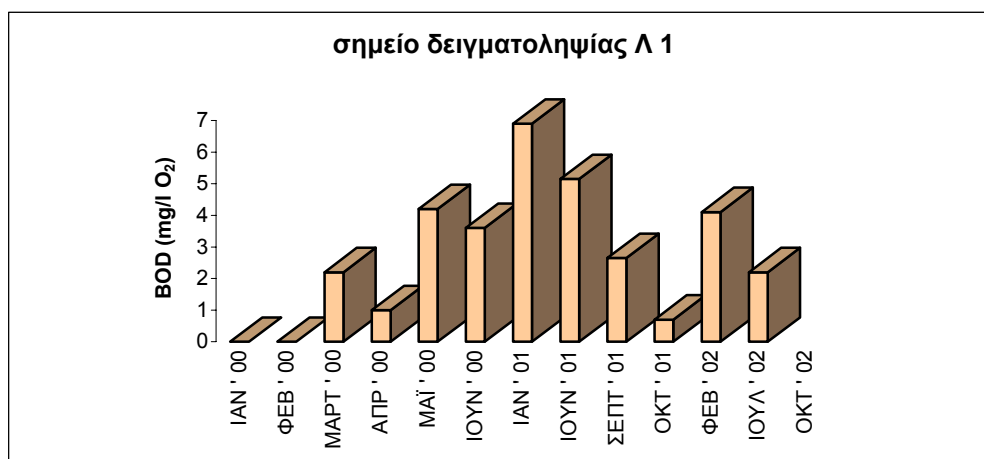
Τα δείγματα του νερού από τον Λουδία ποταμό συλλέχθηκαν από δύο διαφορετικά σημεία τα οποία θα αναλυθούν ξεχωριστά παρακάτω. Το πρώτο σημείο βρίσκεται στα σύνορα του νομού Πέλλας με τον νομό Ημαθίας (Λ 1) και το δεύτερο βρίσκεται στις εκβολές του ποταμού (Λ 2). Η δειγματοληψία αφορά τα έτη 2000, 2001 και 2002.



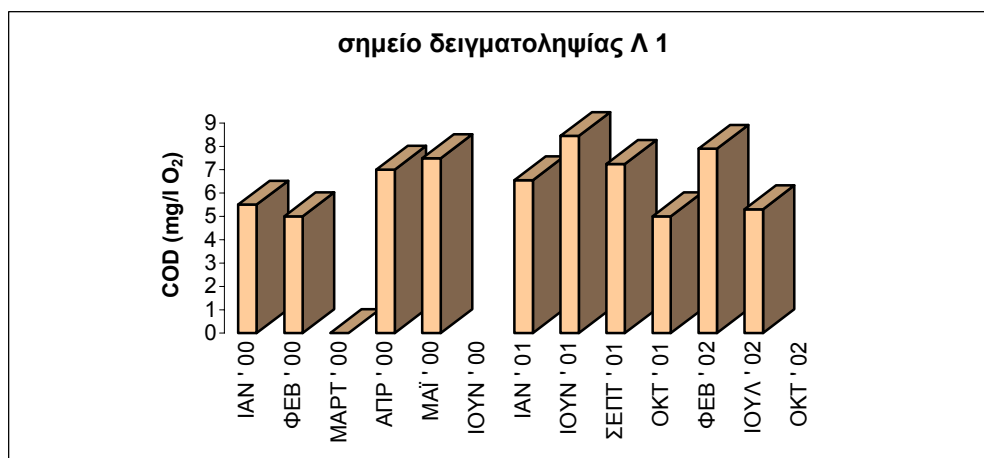
Χάρτης 3. Σημεία δειγματοληψίας επιφανειακών νερών στον ποταμό Λουδία

Οι χημικές αναλύσεις του νερού που πραγματοποιήθηκαν στον συγκεκριμένο ποταμό βασίστηκαν στις εξής παραμέτρους: βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD_5), χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD), διαλυμένο οξυγόνο (DO), νιτρικά ιόντα (NO_3^-), ενεργός οξύτης (pH) και συνολική περιεκτικότητα σε αμμώνιο.

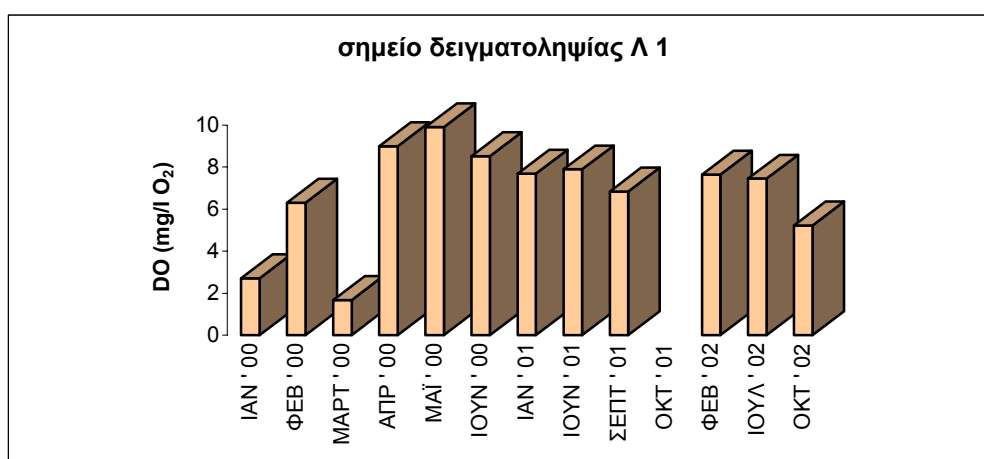
- Για τη θέση η οποία βρίσκεται στα σύνορα του νομού Πέλλας και Ημαθίας (Λ 1), τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρουσιάζονται παρακάτω:



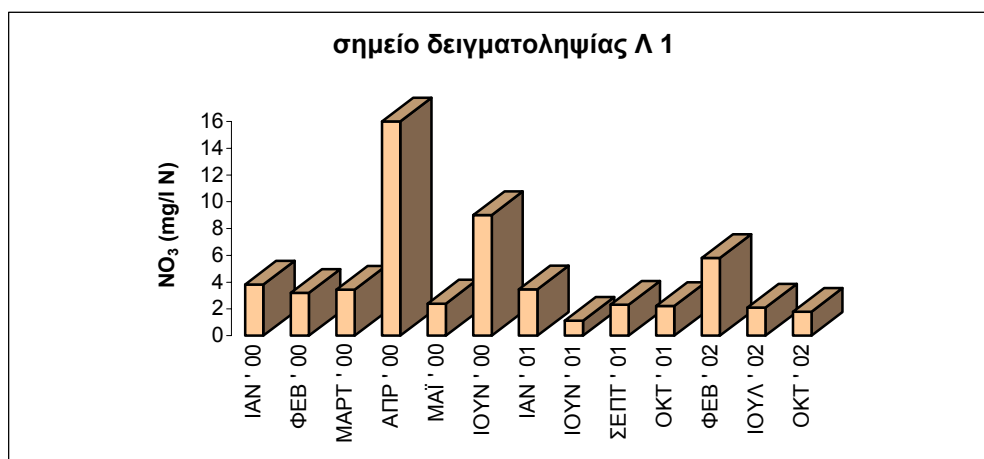
Σχ. 16. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε BOD (mg/l O₂) στη θέση Λ 1



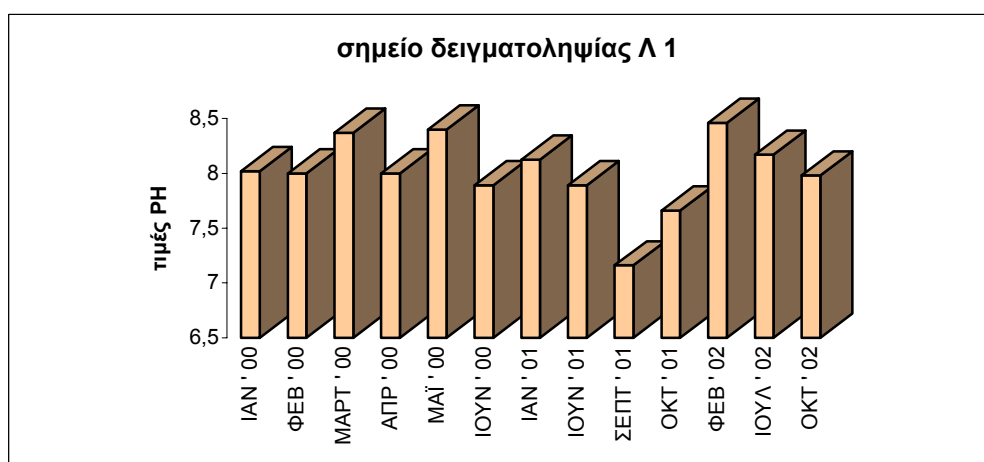
Σχ. 17. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε COD (mg/l O₂) στη θέση Λ 1



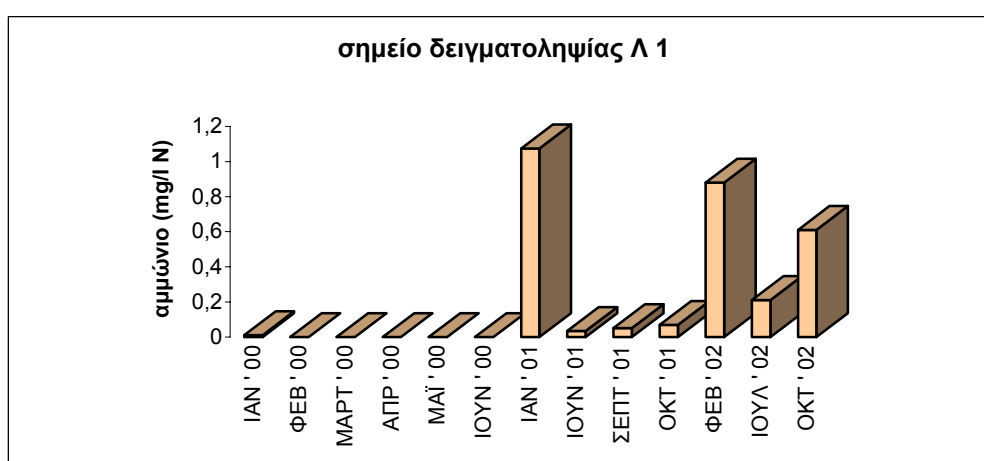
Σχ. 18. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε DO (mg/l O₂) στη θέση Λ 1



Σχ. 19. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε NO₃⁻ (mg/l N) στη θέση Λ 1



Σχ. 20. Διακύμανση τιμών pH νερού στη θέση Λ 1

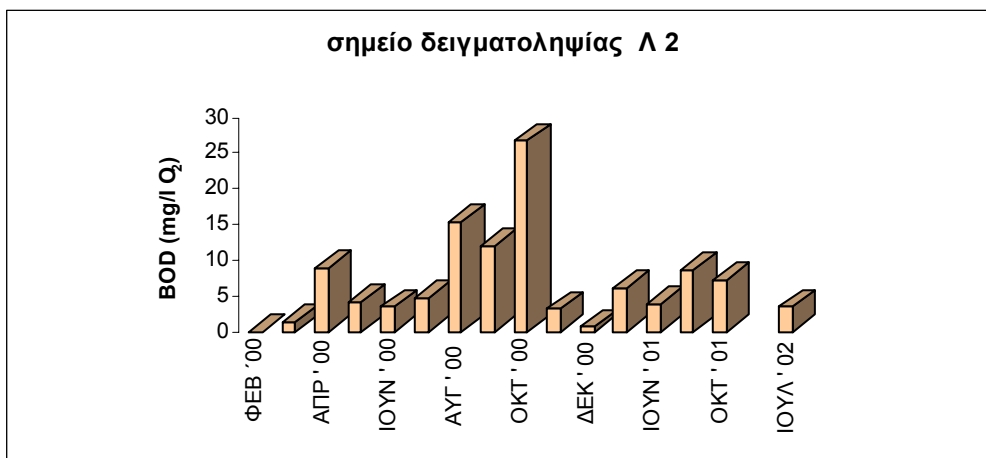


Σχ. 21. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε αμμώνιο (mg/l N) στη θέση Λ 1

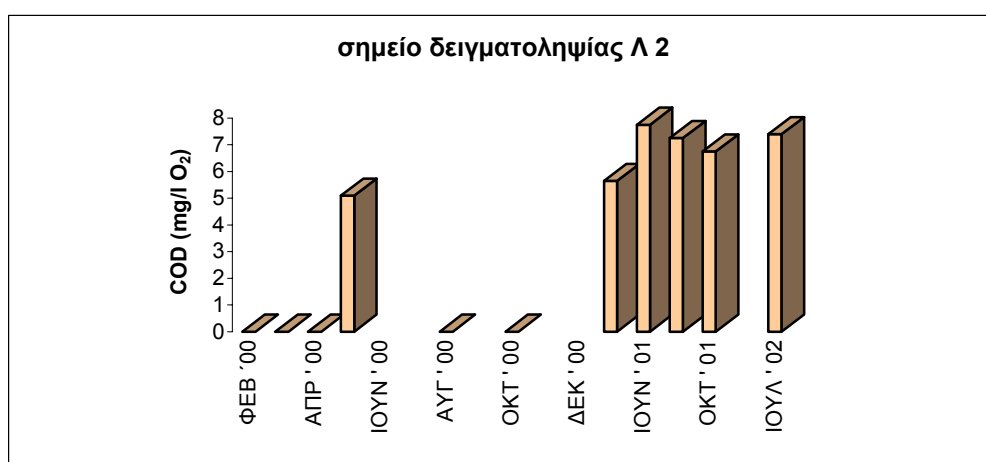
Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι:

- Η περιεκτικότητα του νερού σε βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο παρουσιάζει ανόμοιες τιμές και δεν εμφανίζει κάποια ιδιαίτερη ομοιομορφία. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εμφανίζεται τον Ιανουάριο του 2001 και είναι ίση με 6,9 mg/l O₂. Η μέση τιμή είναι 2,7 mg/l O₂ και η τυπική απόκλιση είναι 2,1.
- Η περιεκτικότητα σε χημικά απαιτούμενο οξυγόνο με εξαίρεση τη μηδενική τιμή τον Μάρτιο του 2000 εμφανίζει σχετική ομοιομορφία. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εντοπίζεται τον Ιούνιο του 2001 και είναι ίση με 8,45 mg/l O₂. Η μέση τιμή είναι ίση με 5,9 mg/l O₂ και η τυπική απόκλιση είναι 2,2.
- Οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου ποικίλλουν κατά τη διάρκεια των ετών. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εντοπίζεται τον Μάιο του 2000 και είναι ίση με 9,9 mg/l O₂. Η μέση τιμή είναι 6,7 mg/l O₂ και η τυπική απόκλιση είναι 2,3.
- Οι τιμές της περιεκτικότητας του νερού σε νιτρικά ανιόντα παρουσιάζουν μία σχετική ομοιομορφία με εξαίρεση τον Απρίλιο και τον Ιούνιο του 2000 όπου οι τιμές παρουσιάζουν μια ιδιαίτερη αύξηση. Συγκεκριμένα τον Απρίλιο του 2000 εντοπίζεται και η μέγιστη τιμή της χρονοσειράς που είναι ίση με 16 mg/l N.
- Οι τιμές του pH δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εντοπίζεται τον Φεβρουάριο του 2002 και είναι ίση με 8,46. Η μέση τιμή είναι 8 και η τυπική απόκλιση είναι 0,3.
- Η συνολική περιεκτικότητα του νερού σε αμμώνιο παρουσιάζει γενικά πολύ μικρές τιμές με εξαίρεση τον Ιανουάριο του 2001, τον Φεβρουάριο και τον Οκτώβριο του 2002 όπου οι τιμές παρουσιάζουν απότομη αύξηση. Συγκεκριμένα τον Ιανουάριο του 2001 εντοπίζεται και η μέγιστη τιμή της χρονοσειράς που είναι ίση με 1,07 mg/l N η οποία ξεπερνά αρκετά τα επιθυμητά όρια, αφού το όριο είναι τα 0,50 mg/l O₂. Από αυτή την τιμή καταλαβαίνουμε ότι το νερό είναι πλούσιο σε οργανικές ενώσεις. Η μέση τιμή είναι 0,2 mg/l N και η τυπική απόκλιση είναι ίση με 0,4.

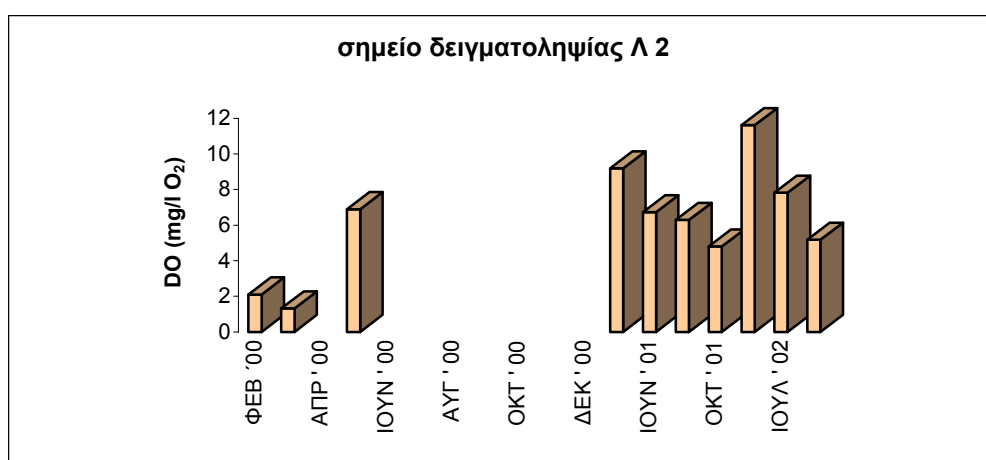
- Για την θέση στην οποία βρίσκονται οι εκβολές του ποταμού Λουδία (Λ 2), τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρουσιάζονται παρακάτω:



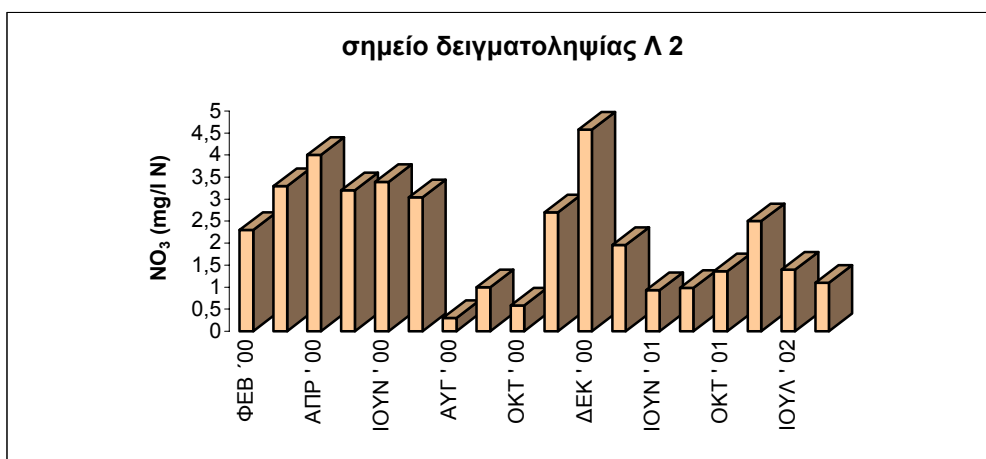
Σχ. 22. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε BOD (mg/l O₂) στη θέση Λ 2



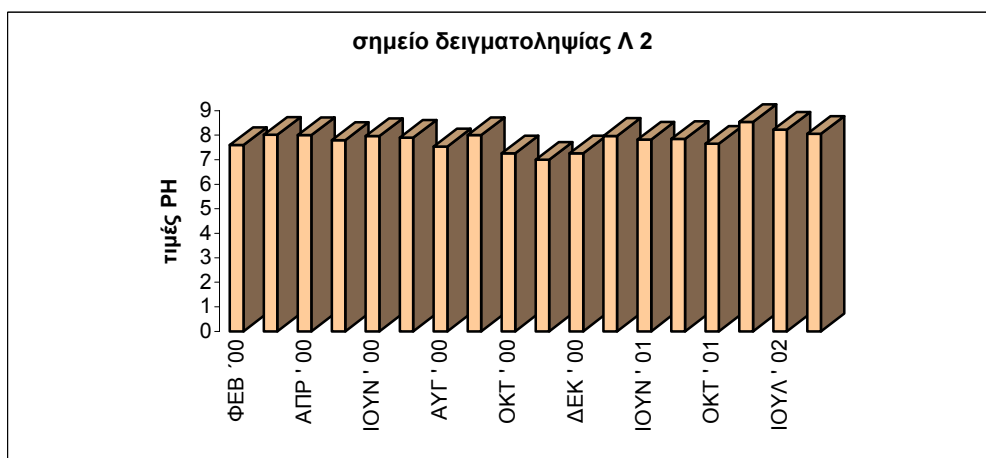
Σχ. 23. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε COD (mg/l O₂) στη θέση Λ 2



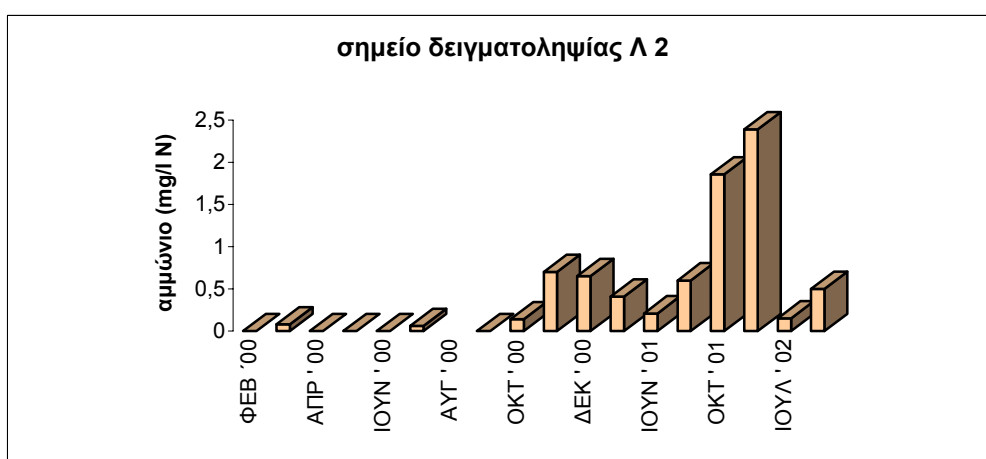
Σχ. 24. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε DO (mg/l O₂) στη θέση Λ 2



Σχ. 25. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε NO₃⁻ (mg/l N) στη θέση Λ 2



Σχ. 26. Διακύμανση τιμών pH νερού στη θέση Λ 2



Σχ. 27. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε αμμώνιο (mg/l N) στη θέση Λ 2

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι:

- Η περιεκτικότητα του νερού σε βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο παρουσιάζει ιδιαίτερη ανομοιομορφία εφόσον οι τιμές κυμαίνονται από πολύ μικρές μέχρι και πολύ μεγάλες. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εμφανίζεται τον Οκτώβριο του 2000 και είναι ίση με 26,7 mg/l O₂. Από την τιμή αυτή συμπεραίνουμε ότι η ολική φόρτιση των νερών με οργανικές ενώσεις ήταν ιδιαίτερα αυξημένη εκείνη την περίοδο. Η μέση τιμή είναι 6,9 mg/l O₂ και η τυπική απόκλιση είναι ίση με 6,5 εφόσον το εύρος των τιμών είναι αρκετά μεγάλο.
- Οι μετρήσεις της περιεκτικότητας του νερού σε χημικά απαιτούμενο οξυγόνο παρουσιάζουν ελλείψεις ειδικά κατά την διάρκεια του έτους 2000 ενώ παρατηρείται αύξηση με το πέρασμα των χρόνων. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εντοπίζεται τον Ιούνιο του 2001 και είναι ίση με 7,75 mg/l O₂. Η μέση τιμή είναι 3,6 mg/l O₂ και η τυπική απόκλιση είναι ίση με 3,4.
- Οι μετρήσεις της περιεκτικότητας του νερού σε διαλυμένο οξυγόνο παρουσιάζουν και αυτές αρκετές ελλείψεις το έτος 2000 ενώ και εδώ παρατηρείται αύξηση των τιμών με το πέρασμα των χρόνων. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εντοπίζεται τον Φεβρουάριο του 2002 και είναι ίση με 11,62 mg/l O₂ ενώ στις οι μετρήσεις βρίσκονται μέσα στα επιθυμητά όρια. Η μέση τιμή είναι 6,1 mg/l O₂ και η τυπική απόκλιση είναι 2,9.
- Οι μετρήσεις της περιεκτικότητας του νερού σε νιτρικά ανιόντα είναι πλήρεις. Δεν παρατηρείται ιδιαίτερη ανομοιομορφία παρά μόνο κάποια ελάττωση της περιεκτικότητας στις θερινούς μήνες του 2000. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εντοπίζεται τον Δεκέμβριο του 2000 και είναι ίση με 4,58 mg/l N. Οι τιμές κυμαίνονται μέσα στα επιθυμητά όρια. Η μέση τιμή είναι 2,1 mg/l N και η τυπική απόκλιση είναι 1,2.
- Οι τιμές του pH παρουσιάζουν ιδιαίτερη ομοιομορφία και βρίσκονται μέσα στα επιθυμητά όρια. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εντοπίζεται τον Φεβρουάριο του 2002 και είναι ίση με 8,54. Η μέση τιμή είναι 7,8 και η τυπική απόκλιση πολύ μικρή και ίση με 0,4.
- Οι τιμές στις συνολικής περιεκτικότητας του νερού σε αμμώνιο είναι πολύ μικρές κατά την διάρκεια του έτους 2000 ενώ παρατηρείται μια

απότομη αύξηση τα επόμενα έτη. Η μεγαλύτερη τιμή στις χρονοσειράς παρατηρείται και πάλι τον Φεβρουάριο του 2002 και είναι ίση με 2,39 mg/l N, τιμή που ξεπερνά κατά πολύ τα επιθυμητά όρια που είναι μέχρι 0,50 mg/L. Από τα παραπάνω καταλαβαίνουμε ότι το νερό περιέχει μεγάλες ποσότητες οργανικής ύλης. Η μέση τιμή είναι 0,4 mg/l N και η τυπική απόκλιση είναι 0,6.

Στην συνέχεια ακολουθεί πίνακας στον οποίο παρουσιάζεται το εύρος των τιμών των χημικών αναλύσεων του νερού καθώς και ο μέσος όρος τους στα διάφορα σημεία στις δειγματοληψίας

Πιν. 3. Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων του νερού στον ποταμό Λουδία

	BOD (mg/l O ₂)	COD (mg/l O ₂)	DO (mg/l O ₂)	NO ₃ ⁻ (mg/l N)	pH	T.AM (mg/l N)
Λ. 1	0.0-6.9 (2.72)	0.0-8.45 (5.95)	8.52-9.9 (6.73)	1.12-16.0 (4.36)	7.16-8.46 (8.01)	0.01-1.07 (0.23)
Λ. 2	0.8-26.7 (6.93)	0.0-7.75 (3.63)	1.32-11.6 (6.20)	0.3-4.58 (2.14)	7.0-8.54 (7.80)	0.0-2.39 (0.45)

Από τα παραπάνω παρατηρούμε ότι το pH δεν παρουσιάζει σημαντικές μεταβολές. Το οργανικό φορτίο του ποταμού είναι σχετικά χαμηλό ενώ οι συγκεντρώσεις των νιτρικών δεν παρουσιάζουν σημαντική διακύμανση. Οι συγκεντρώσεις του διαλυμένο οξυγόνου και του αμμωνίου κυμαίνονται σε φυσιολογικά επίπεδα.

6.1.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΟΤΑΜΟ ΑΞΙΟ

Τα δείγματα του νερού από τον Αξιό ποταμό συλλέχθηκαν από τέσσερα διαφορετικά σημεία τα οποία θα αναλυθούν ξεχωριστά παρακάτω. Το πρώτο σημείο βρίσκεται στη θέση όπου ενώνεται ο Αξιός με τον Τριπόταμο (ΑΞ 1). Τα υπόλοιπα σημεία βρίσκονται κοντά σε τρεις γέφυρες: τη γέφυρα της Αξιούπολης (ΑΞ 2), τη γέφυρα των Κουφαλίων (ΑΞ 3) και τη γέφυρα της Χαλάστρας (ΑΞ 4). Η δειγματοληψία αφορά τα έτη 2000, 2001 και 2002.

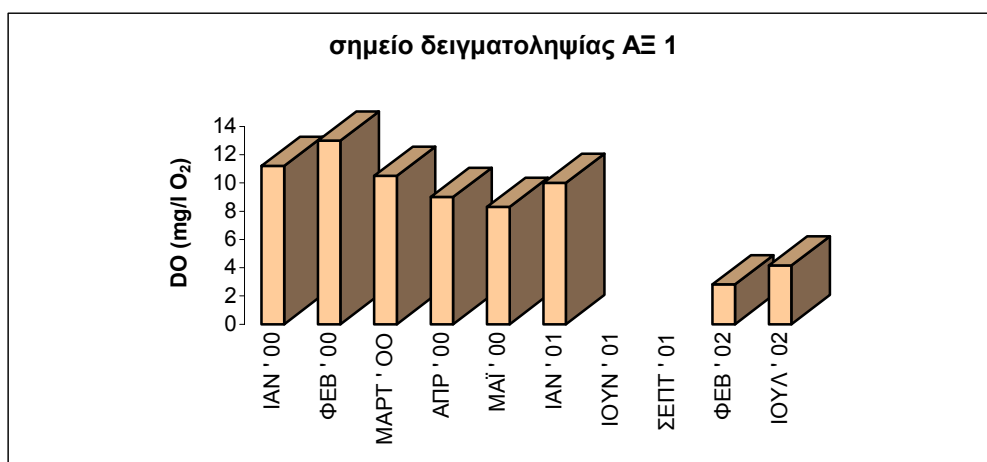


Χάρτης 4. Σημεία δειγματοληψίας επιφανειακών νερών στον ποταμό Αξιό

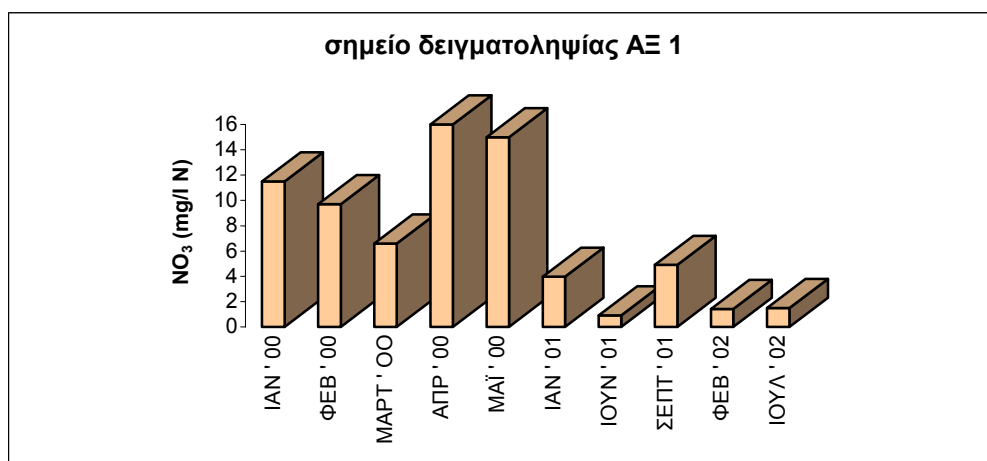
Οι χημικές αναλύσεις του νερού που πραγματοποιήθηκαν στο συγκεκριμένο ποταμό βασίστηκαν στις εξής παραμέτρους: βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD_5), χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD), διαλυμένο οξυγόνο (DO), νιτρικά ιόντα (NO_3^-), ενεργός οξύτης (pH), συνολική περιεκτικότητα σε

αμμώνιο. Στο σημείο ΑΞ 1, εξαιτίας έλλειψης στοιχείων, η χημική ανάλυση δεν περιλαμβάνει την παράμετρο του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου και αυτή του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου.

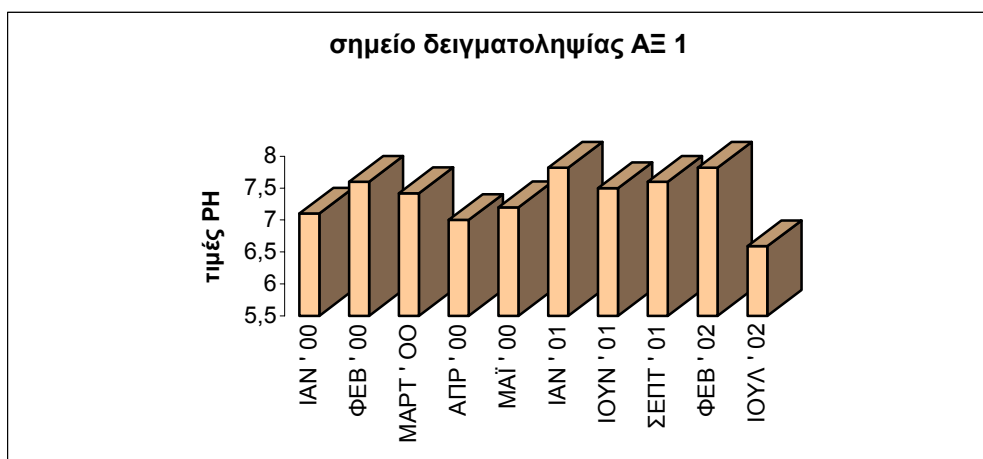
- Για την θέση στην οποία έχουμε συνένωση του Αξιού ποταμού με τον Τριπόταμο (ΑΞ 1) , τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρουσιάζονται παρακάτω:



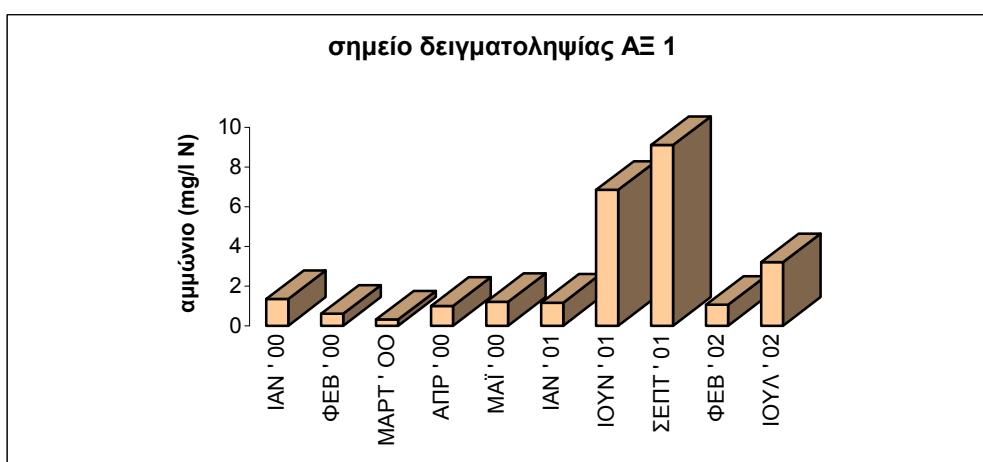
Σχ. 28. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε DO (mg/l O₂) στη θέση ΑΞ 1



Σχ. 29. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε NO₃⁻ (mg/l N) στη θέση ΑΞ 1



Σχ. 30. Διακύμανση τιμών pH νερού στη θέση ΑΞ 1



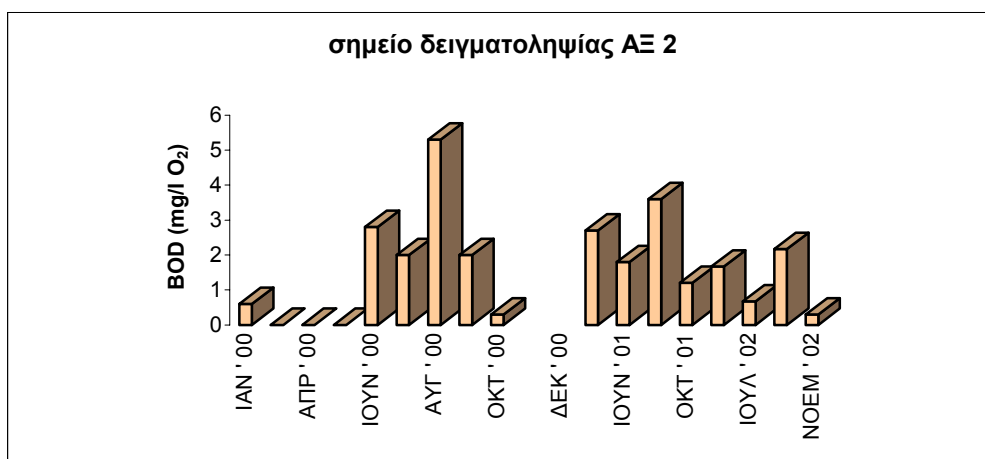
Σχ. 31. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε αμμώνιο (mg/l N) στη θέση ΑΞ 1

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι:

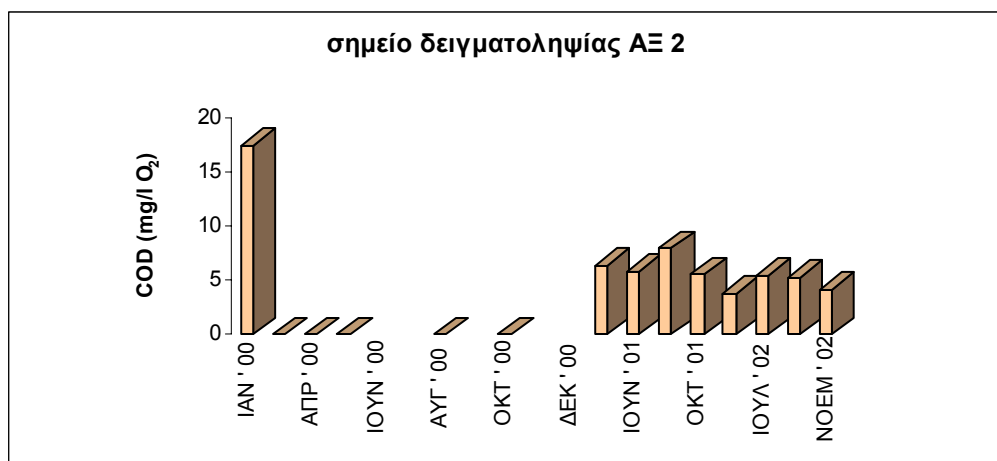
- Η περιεκτικότητα του νερού σε διαλυμένο οξυγόνο παρουσιάζει γενικά υψηλές τιμές, ειδικά τα έτη 2000 και 2001. Αυτό σημαίνει ότι τα νερά δεν παραμένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα στις υδροφόρους ορίζοντες και ανανεώνονται συνεχώς. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εμφανίζεται τον Φεβρουάριο του 2000 και είναι ίση με 13 mg/l O₂. Η μέση τιμή είναι 8,6 mg/l O₂ και η τυπική απόκλιση είναι ίση με 3,3.
- Η περιεκτικότητα του νερού σε νιτρικά ανιόντα παρουσιάζει ένα αρκετά μεγάλο εύρος τιμών. Το 2000 οι τιμές είναι αρκετά αυξημένες ενώ το 2001 και 2002 η πτώση τους είναι αρκετά σημαντική, πράγμα που σημαίνει ότι η ποιότητα του νερού βελτιώθηκε σημαντικά. Η

μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εμφανίζεται τον Απρίλιο του 2000 και είναι ίση με 16 mg/l N. Βρίσκεται δηλαδή μέσα στα επιθυμητά όρια όπως και οι υπόλοιπες τιμές. Η μέση τιμή είναι 7,1 mg/l N και η τυπική απόκλιση είναι ίση με 5,3, τιμή αρκετά μεγάλη που όμως δικαιολογείται από το μεγάλο εύρος τιμών.

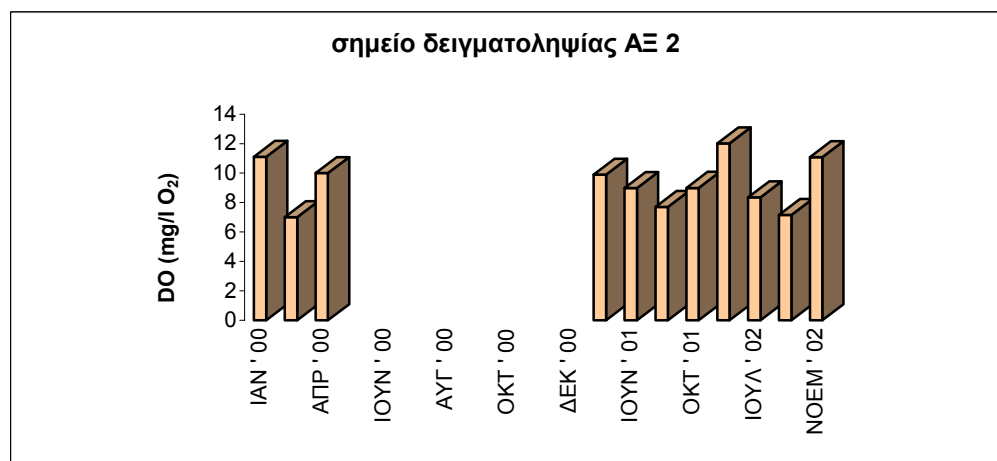
- Οι τιμές του pH δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εμφανίζεται δύο φορές, τον Ιανουάριο του 2001 και τον Φεβρουάριο του 2002 και είναι ίση με 7,8. Η μέση τιμή είναι 7,4 mg/l N και η τυπική απόκλιση είναι ίση με 0,3.
- Η συνολική περιεκτικότητα του νερού σε αμμώνιο παρουσιάζει γενικά χαμηλές τιμές με εξαίρεση τον Ιούνιο και τον Σεπτέμβριο του 2001 όπου οι τιμές παρουσιάζουν απότομη αύξηση. Ειδικότερα τον Ιούνιο η περιεκτικότητα είναι ίση με 6,85 mg/l N και τον Σεπτέμβριο 9,1 mg/l N που αποτελεί και τη μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς. Η μέση τιμή είναι 2,6 mg/l N και η τυπική απόκλιση είναι ίση με 2,8.
- Για την θέση στην οποία βρίσκεται η γέφυρα της Αξιούπολης (ΑΞ 2), τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρουσιάζονται παρακάτω:



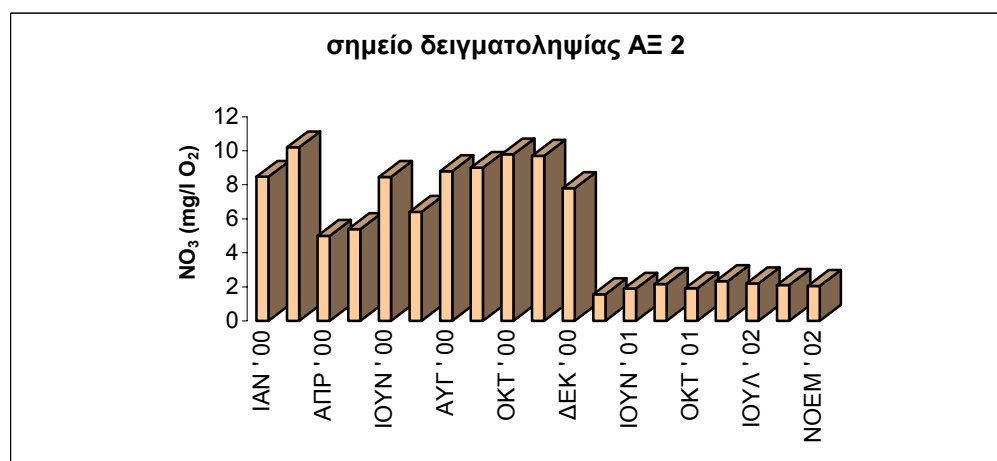
Σχ. 32. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε BOD (mg/l O₂) στη θέση ΑΞ 2



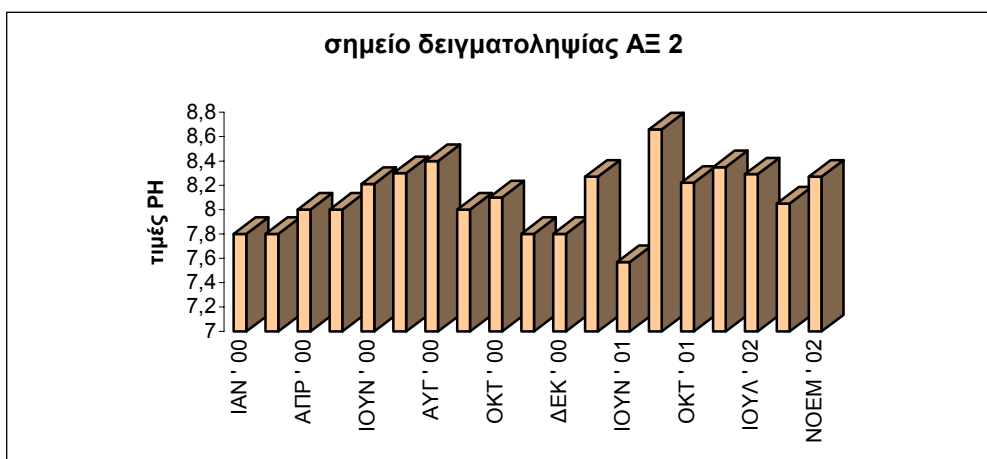
Σχ. 33. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε COD (mg/l O₂) στη θέση ΑΞ 2



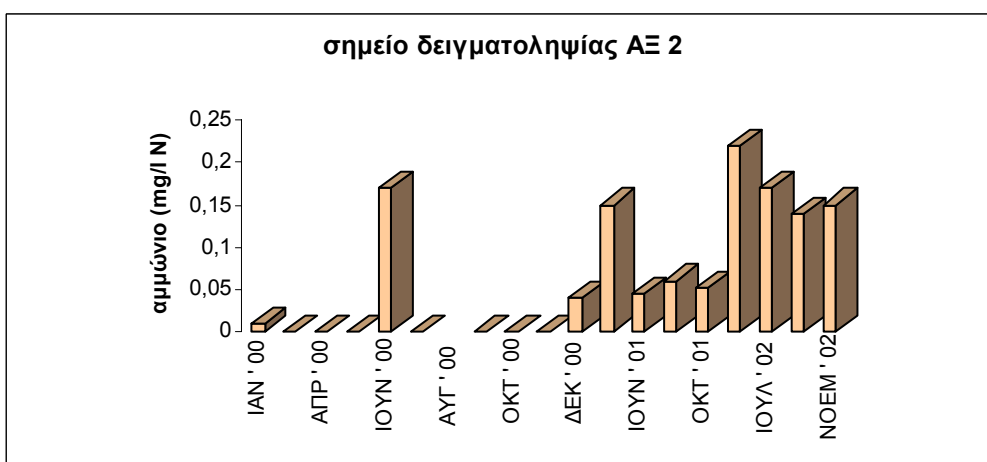
Σχ. 34. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε DO (mg/l O₂) στη θέση ΑΞ 2



Σχ. 35. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε NO₃⁻ (mg/l N) στη θέση ΑΞ 2



Σχ. 36. Διακύμανση τιμών pH νερού στη θέση ΑΞ 2

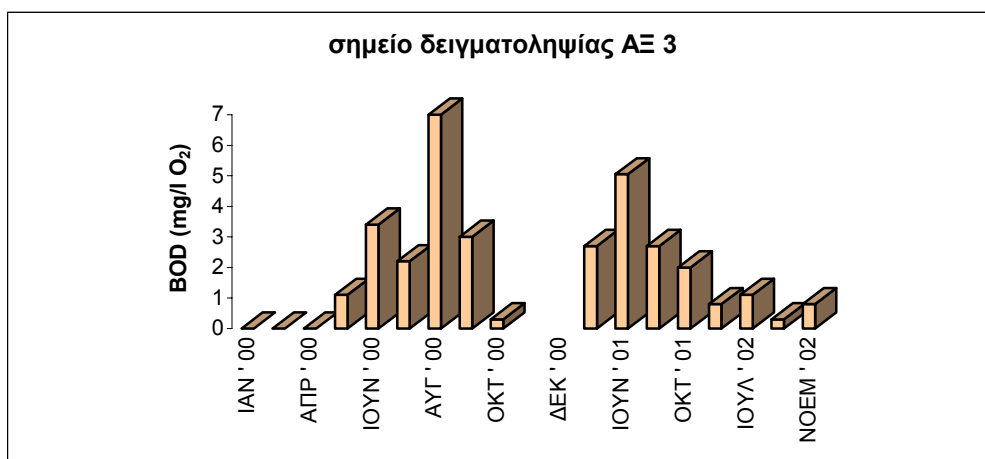


Σχ. 37. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε αμμώνιο (mg/l N) στη θέση ΑΞ 2

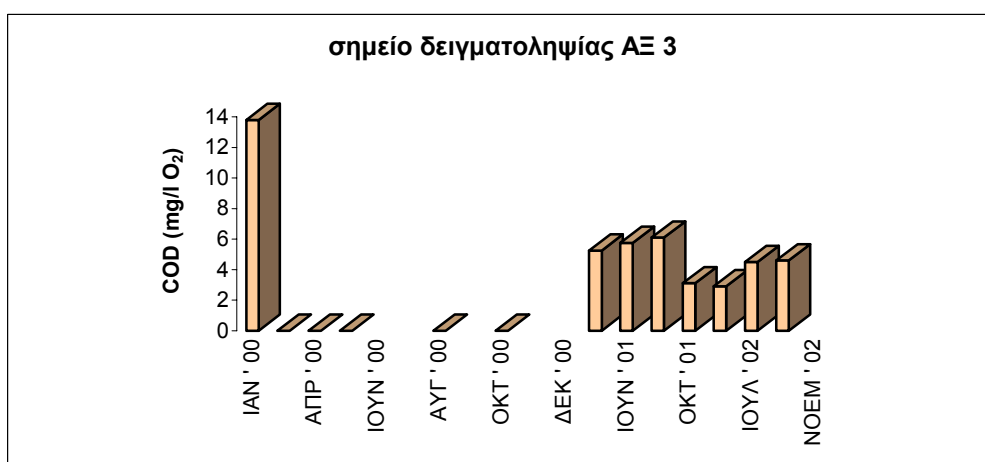
Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι:

- Η περιεκτικότητα του νερού σε βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο είναι σχετικά μικρή σε όλη την διάρκεια των ετών, ενώ η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εμφανίζεται τον Αύγουστο του 2000 και είναι ίση με 5,3 mg/l O₂. Τον Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο του 2000 η τιμή του είναι μηδενική. Η μέση τιμή είναι 1,6 mg/l O₂ και η τυπική απόκλιση είναι ίση με 1,4.
- Η περιεκτικότητα του νερού σε χημικά απαιτούμενο οξυγόνο παρουσιάζει μηδενικές τιμές σχεδόν σε όλη τη διάρκεια του 2000 με εξαίρεση τον Ιανουάριο που εμφανίζεται η μέγιστη τιμή της χρονοσειράς και είναι ίση με 17,5 mg/l O₂. Τα δύο επόμενα έτη οι τιμές

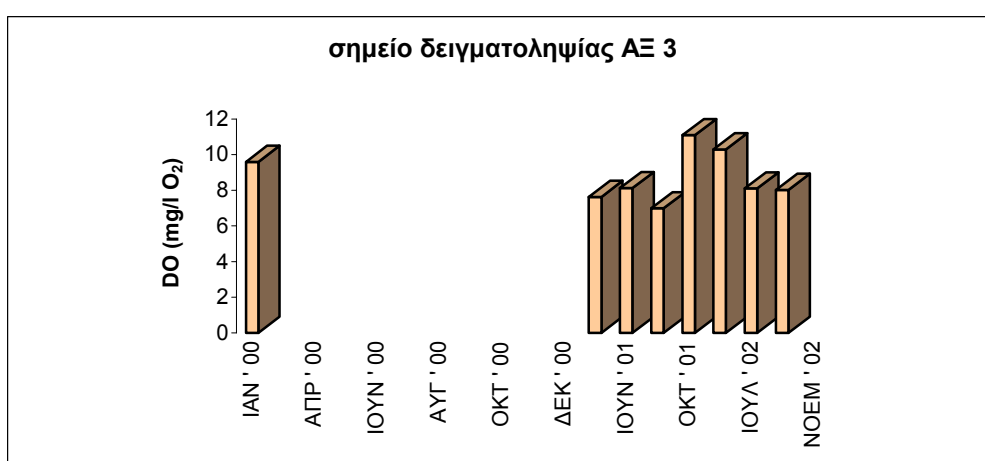
- αυξάνονται, δηλαδή ο ποταμός εμπλουτίζεται με οργανικό υλικό. Η μέση τιμή είναι 4,4 mg/l O₂ και η τυπική απόκλιση είναι ίση με 4,5.
- Οι τιμές της περιεκτικότητας του νερού σε διαλυμένο οξυγόνο παρουσιάζουν μια σχετική ομοιομορφία αν και για το έτος 2000 υπάρχουν αρκετές ελλείψεις στοιχείων. Παρ' όλα αυτά παρατηρούμε ότι οι τιμές είναι αρκετά μεγάλες πράγμα που σημαίνει ότι τα νερά ανανεώνονται συχνά, ενώ η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εντοπίζεται τον Φεβρουάριο του 2002 και είναι ίση με 12,02 mg/l O₂. Η μέση τιμή είναι 9,3 mg/l O₂ και η τυπική απόκλιση είναι 1,6.
 - Για την περιεκτικότητα του νερού σε νιτρικά ανιόντα έχουμε πλήρεις μετρήσεις. Παρατηρείται μείωση της συγκέντρωσης με το πέρασμα του χρόνου. Το 2000 οι τιμές είναι εμφανώς μεγαλύτερες από τα έτη που ακολουθούν, ενώ η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εντοπίζεται τον Οκτώβριο του 2000 και είναι ίση με 9,79 mg/l N. Οι τιμές βρίσκονται μέσα στα επιτρεπτά όρια. Η μέση τιμή είναι 5,54 mg/l N και η τυπική απόκλιση είναι ίση με 3,2.
 - Οι τιμές του pH δεν παρουσιάζουν και πάλι σημαντικές διαφορές. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εντοπίζεται τον Σεπτέμβριο του 2001 και είναι ίση με 8,6. Η μέση τιμή είναι 8,1 και η τυπική απόκλιση είναι ίση με 0,3, τιμή πολύ μικρή που δικαιολογείται εφόσον υπάρχει ομοιομορφία τιμών.
 - Οι τιμές της συνολικής περιεκτικότητας του νερού σε αμμώνιο, αντίθετα με τις τιμές σε νιτρικά ανιόντα αυξάνονται με το πέρασμα του χρόνου. Το έτος 2000 παρατηρούνται σχεδόν μηδενικές τιμές με εξαίρεση τον μήνα Ιούνιο, ενώ το 2001 και 2002 οι τιμές αυξάνονται. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εντοπίζεται τον Φεβρουάριο του 2002 και είναι ίση με 0,22 mg/l N, βρίσκεται δηλαδή μέσα στα επιθυμητά. Η μέση τιμή είναι 0,1 mg/l N και η τυπική απόκλιση και πάλι 0,1.
- Για τη θέση στην οποία βρίσκεται η γέφυρα των Κουφαλίων (ΑΞ 3), τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρουσιάζονται παρακάτω:



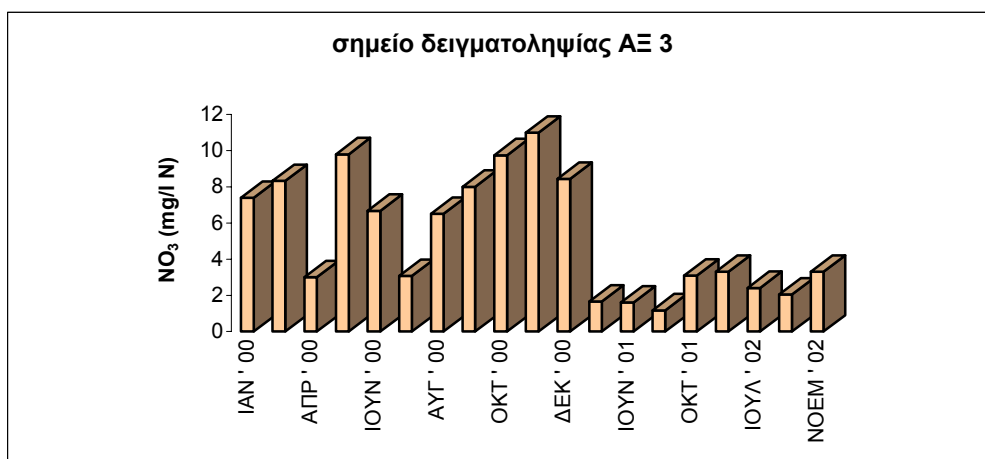
Σχ. 38. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε BOD (mg/l O₂) στη θέση ΑΞ 3



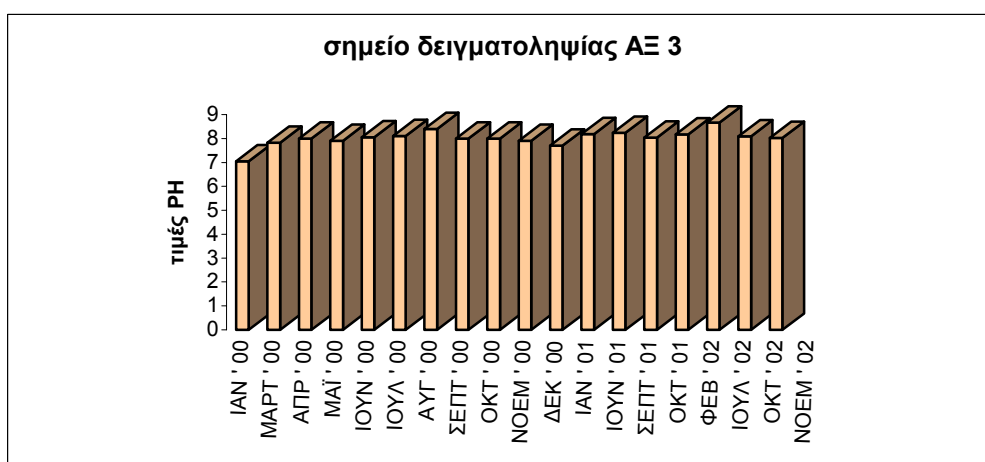
Σχ. 39. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε COD (mg/l O₂) στη θέση ΑΞ 3



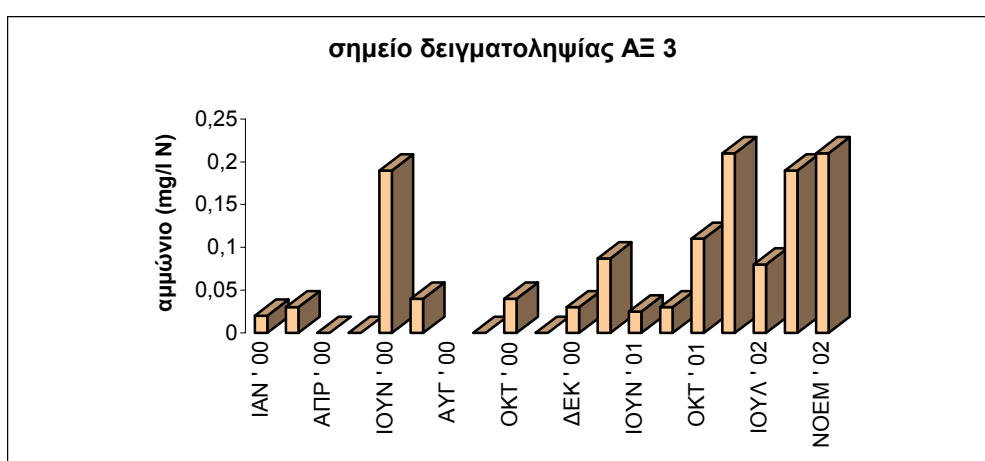
Σχ. 40. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε DO (mg/l O₂) στη θέση ΑΞ 3



Σχ. 41. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε NO₃⁻ (mg/l N) στη θέση ΑΞ 3



Σχ. 42. Διακύμανση τιμών pH νερού στη θέση ΑΞ 3



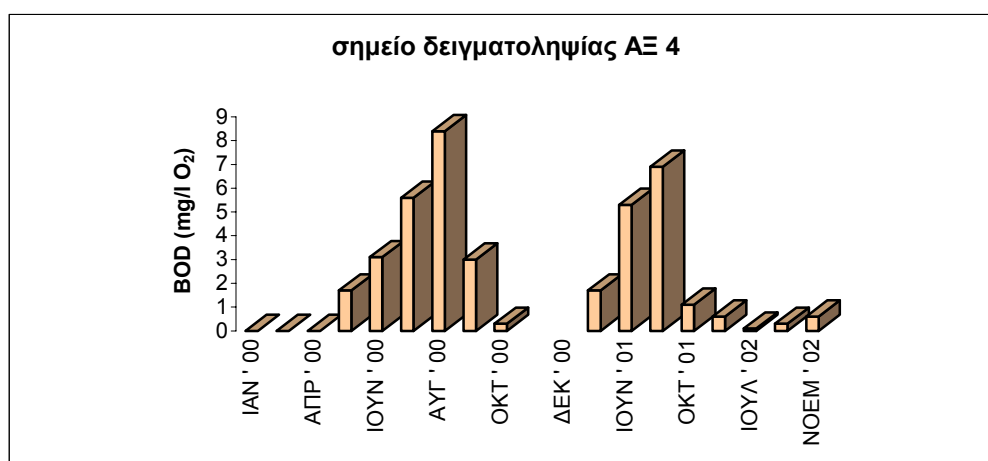
Σχ. 43. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε αμμώνιο (mg/l N) στη θέση ΑΞ 3

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε ότι:

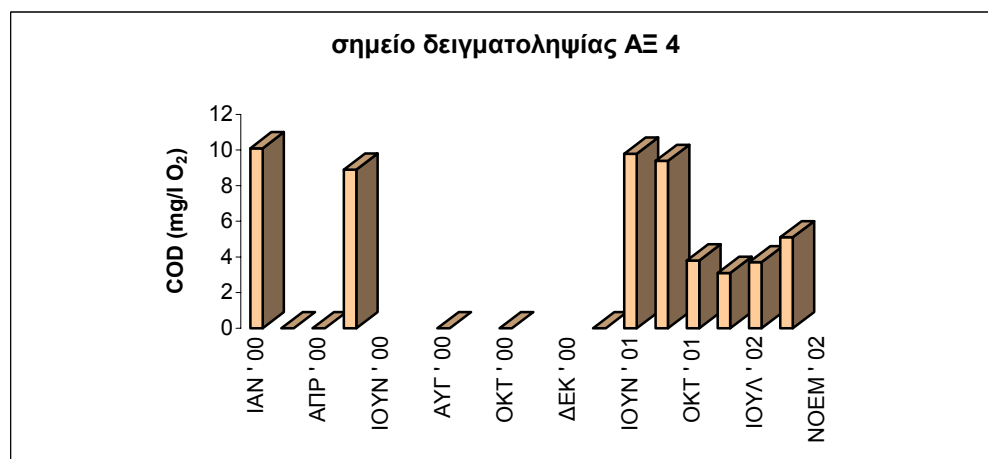
- Η περιεκτικότητα του νερού σε βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο παρουσιάζει γενικά ομοιόμορφες τιμές με εξαίρεση τους μήνες Ιανουάριο, Μάρτιο και Απρίλιο του 2000 όπου οι τιμές είναι μηδενικές. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εντοπίζεται τον Ιούνιο του 2001 και είναι ίση με 5,05 mg/l O₂. Η μέση τιμή είναι 1,9 mg/l O₂ και η τυπική απόκλιση είναι και πάλι 1,9.
- Η περιεκτικότητα του νερού σε χημικά απαιτούμενο οξυγόνο διαφοροποιείται με την πάροδο των ετών. Συγκεκριμένα οι τιμές το 2000 είναι μηδενικές με εξαίρεση τον Ιανουάριο όπου παρατηρείται η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς που είναι ίση με 13,8 mg/l O₂. Τα έτη 2001 και 2002 οι περιεκτικότητες αυξάνονται, δηλαδή έχουμε αύξηση της οργανικής ύλης. Η μέση τιμή είναι 3,5 mg/l O₂ και η τυπική απόκλιση είναι ίση με 3,8.
- Το 2000 υπάρχει σαφής έλλειψη στοιχείων σχετικά με την περιεκτικότητα του νερού σε διαλυμένο οξυγόνο, παρ' όλα αυτά παρατηρείται μια σχετική ομοιομορφία στις τιμές σε όλη την διάρκεια των τριών ετών. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εντοπίζεται τον Οκτώβριο του 2001 και είναι ίση με 11,1 mg/l O₂. Η μέση τιμή είναι 8,7 mg/l O₂ και η τυπική απόκλιση είναι ίση με 1,3.
- Τα στοιχεία για την ποσότητα των νιτρικών ανιόντων στο νερό είναι πλήρη. Παρατηρείται μείωση της ποσότητας τους με την πάροδο των ετών. Οι τιμές το 2000 είναι σαφώς υψηλότερες από εκείνες του 2001 και 2002. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εντοπίζεται τον Μάιο του 2000 και είναι ίση με 9,8 mg/l N, δηλαδή βρίσκεται μέσα στα επιθυμητά όρια. Η μέση τιμή είναι 5,3 mg/l N και η τυπική απόκλιση είναι ίση με 3,2.
- Οι τιμές του pH είναι ιδιαίτερα ομοιόμορφες και βρίσκονται όλες μέσα στα επιθυμητά όρια. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εντοπίζεται τον Αύγουστο του 2000 και είναι ίση με 8,4. Η μέση τιμή είναι 8,0 και η τυπική απόκλιση είναι 0,3, τιμή πολύ μικρή που όμως δικαιολογείται εξαιτίας της ομοιομορφίας των τιμών.
- Οι τιμές της συνολικής περιεκτικότητας του νερού σε αμμώνιο αυξάνονται με την πάροδο των ετών. Εμφανίζονται ιδιαίτερα αυξημένες

το 2002 αλλά βρίσκονται πάντα μέσα στα επιθυμητά όρια. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εντοπίζεται τον Νοέμβριο του 2002 και είναι ίση με 0,21 mg/l N. Η μέση τιμή είναι 0,1 mg/l N και η τυπική απόκλιση πολύ μικρή και ίση και πάλι με 0,1.

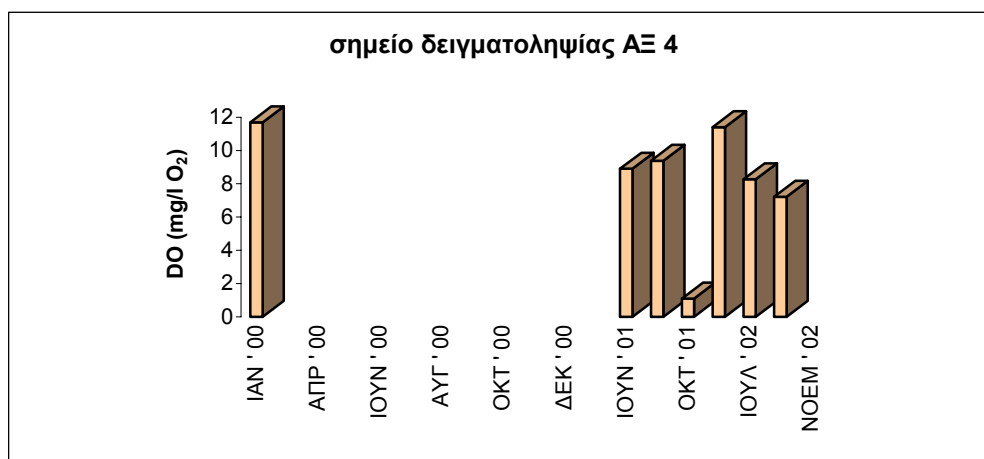
- Για τη θέση η οποία βρίσκεται στη γέφυρα στις Χαλάστρας (ΑΞ 4), τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρουσιάζονται παρακάτω:



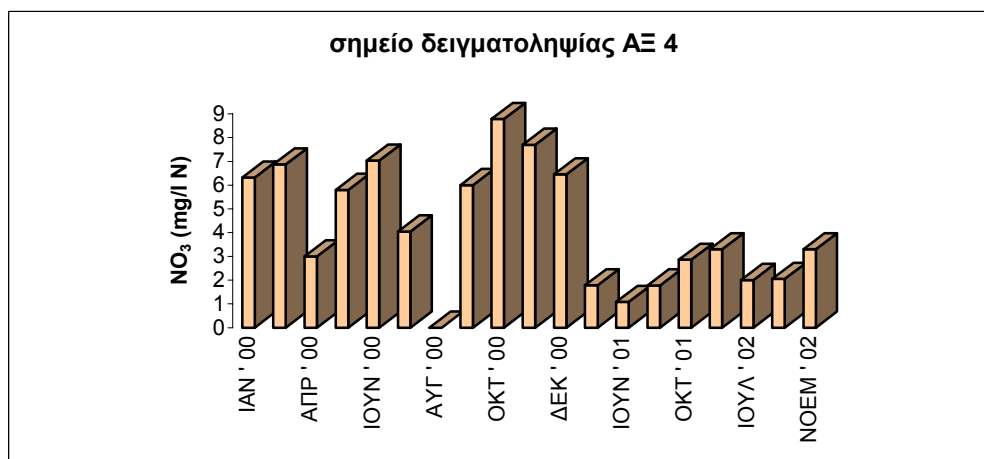
Σχ. 44. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε BOD (mg/l O₂) στη θέση ΑΞ 4



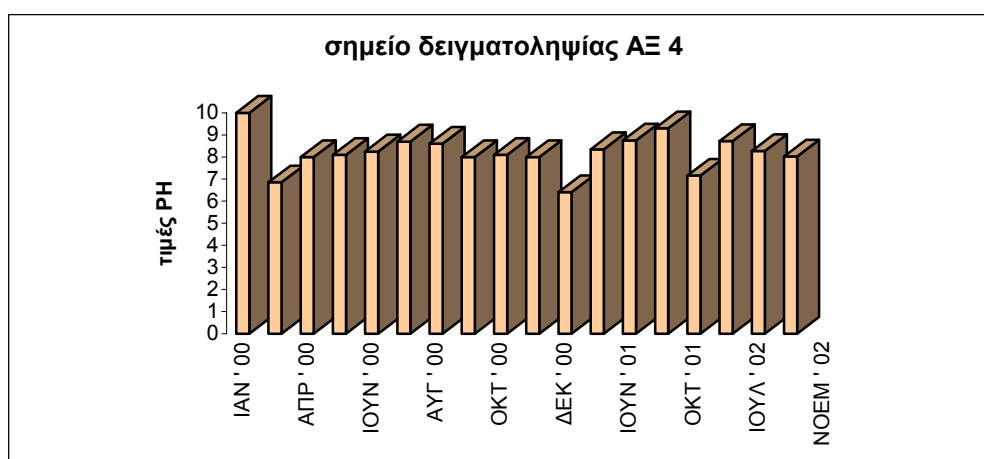
Σχ. 45. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε COD (mg/l O₂) στη θέση ΑΞ 4



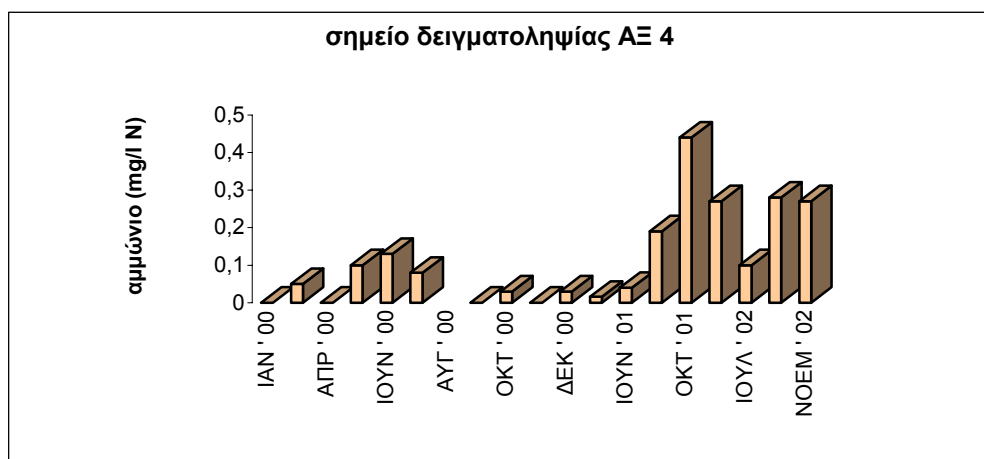
Σχ. 46. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε DO (mg/l O₂) στη θέση ΑΞ 4



Σχ. 47. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε NO₃⁻ (mg/l N) στη θέση ΑΞ 4



Σχ. 48. Διακύμανση τιμών pH του νερού στη θέση ΑΞ 4



Σχ. 49. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε αμμώνιο (mg/l N) στη θέση ΑΞ 4

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε ότι:

- Η περιεκτικότητα του νερού σε βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο μειώνεται με την πάροδο του χρόνου με εξαίρεση τον Ιανουάριο, Μάρτιο και Απρίλιο του 2000 όπου εμφανίζει μηδενικές τιμές. Τα έτη 2000 και 2001 οι τιμές είναι περισσότερο αυξημένες από αυτές του έτους 2002, δηλαδή παρατηρείται μείωση στις ολικής φόρτισης των νερών με οργανικές ενώσεις. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εντοπίζεται τον Αύγουστο του 2000 και είναι ίση με 8,4 mg/l O₂. Η μέση τιμή είναι 2,1 mg/l O₂ και η τυπική απόκλιση είναι 2,4.
- Η περιεκτικότητα του νερού σε χημικά απαιτούμενο οξυγόνο παρουσιάζει γενικά ανομοιομορφία. Οι περισσότερες μετρήσεις το 2000 είναι μηδενικές με εξαίρεση τον Ιανουάριο και τον Μάιο όπου παρατηρούνται αρκετά αυξημένες τιμές, ενώ τον Ιανουάριο εντοπίζεται και η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς που είναι ίση με 10,1 mg/l O₂. Οι μετρήσεις παραμένουν αυξημένες και το 2001 ενώ το 2002 μειώνονται αισθητά. Η μέση τιμή είναι 5,0 mg/l O₂ και η τυπική απόκλιση είναι ίση με 3,2.
- Το έτος 2000 οι μετρήσεις της περιεκτικότητας του νερού σε διαλυμένο οξυγόνο παρουσιάζουν αρκετές ελλείψεις. Συγκεκριμένα υπάρχει μόνο μία μέτρηση τον Ιανουάριο όπου αποτελεί και την μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς και είναι ίση με 11,7 mg/l O₂. Τα υπόλοιπα έτη οι τιμές συνεχίζουν να είναι αρκετά υψηλές με εξαίρεση τον Οκτώβριο του 2001

όπου εντοπίζεται αισθητή πτώση. Η μέση τιμή είναι 7,7 mg/l O₂ και η τυπική απόκλιση είναι 2,5.

- Η περιεκτικότητα του νερού σε νιτρικά ανιόντα μειώνεται με την πάροδο του χρόνου και η περιεκτικότητα σε βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο. Οι τιμές είναι υψηλότερες το 2000 συγκριτικά με τα επόμενα έτη, ενώ η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εντοπίζεται τον Οκτώβριο του 2000 και είναι ίση με 8,78 mg/l N. Η μέση τιμή είναι 4,2 mg/l N και η τυπική απόκλιση είναι 2,5.
- Οι τιμές του pH παρουσιάζουν και πάλι ομοιομορφία και βρίσκονται στις μέσες στα επιθυμητά όρια με εξαίρεση τον Ιανουάριο του 2000 όπου εμφανίζεται η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς που είναι ίση με 10, τιμή που ξεπερνά κατά ένα μικρό ποσοστό τα επιτρεπόμενα όρια. Η μέση τιμή είναι 9,3 και η τυπική απόκλιση είναι 0,7.
- Οι τιμές της συνολικής περιεκτικότητας του νερού σε αμμώνιο παρουσιάζουν αύξηση με το πέρασμα του χρόνου. Οι τιμές το 2000 είναι φανερά μικρότερες από τις τιμές των επόμενων ετών. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εντοπίζεται τον Οκτώβριο του 2001 και είναι ίση με 0,44 mg/l N. Η μέση τιμή είναι 0,1 mg/l N όπως και η τυπική απόκλιση.

Στην συνέχεια ακολουθεί πίνακας στον οποίο παρουσιάζεται το εύρος των τιμών των χημικών αναλύσεων του νερού καθώς και ο μέσος όρος τους στα διάφορα σημεία της δειγματοληψίας

Πιν. 4. Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων του νερού στον ποταμό Αξιό

	BOD (mg/l O ₂)	COD (mg/l O ₂)	DO (mg/l O ₂)	NO ₃ ⁻ (mg/l N)	pH	T.AM (mg/l N)
AΞ. 1	-	-	4.16-13.0 (8.62)	0.9-16.0 (7.15)	6.59-7.82 (7.36)	0.32-9.1 (2.58)
AΞ. 2	0.0-5.3 (1.59)	0.0-17.5 (4.41)	7.0-12.02 (9.30)	1.56-10.2 (5.54)	7.57-8.66 (8.10)	0.0-0.22 (0.07)
AΞ. 3	0.0-7.0 (1.91)	0.0-13.8 (3.54)	6.99-11.1 (8.73)	1.17-9.8 (5.29)	7.05-8.66 (8.02)	0.0-0.21 (0.07)

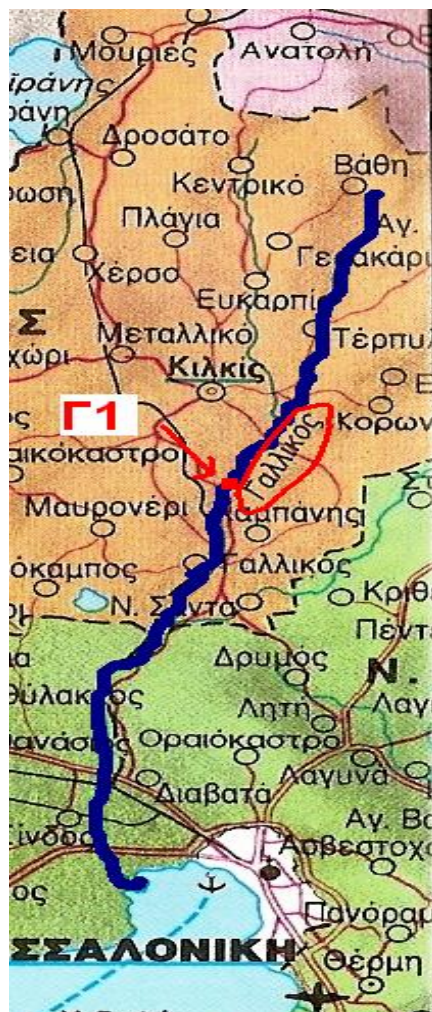
ΑΞ. 4	0.0-8.4 (2.07)	0.0-10.1 (4.98)	1.1-11.7 (7.71)	0.0-8.78 (4.22)	6.85-10.0 (8.1)	0.0-0.44 (0.14)
-------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Από τα παραπάνω παρατηρούμε ότι το pH του νερού δεν παρουσιάζει σημαντικές μεταβολές και κυμαίνεται πάντα γύρω στο οκτώ. Το οργανικό φορτίο παρουσιάζει αρκετά χαμηλές τιμές ενώ οι τιμές της περιεκτικότητας σε διαλυμένο οξυγόνο βρίσκονται σε φυσιολογικά επίπεδα. Οι τιμές των νιτρικών δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερες διακυμάνσεις.

Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων για τον ποταμό Αξιό είναι παρόμοια με τα αποτελέσματα μιας μελέτης που πραγματοποιήθηκε το 2000 (Poulos et al). Συγκεκριμένα η μέση τιμή της περιεκτικότητας του νερού σε νιτρικά είναι ίση με 4,9 mg/l N, δηλαδή λίγο μικρότερη από τις τιμές που παρουσιάζονται κατά το χρονικό διάστημα 2000-2002. Αυτό ίσως να οφείλεται στη διαφορετική συχνότητα και στην ένταση των βροχοπτώσεων.

6.1.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΟΤΑΜΟ ΓΑΛΛΙΚΟ

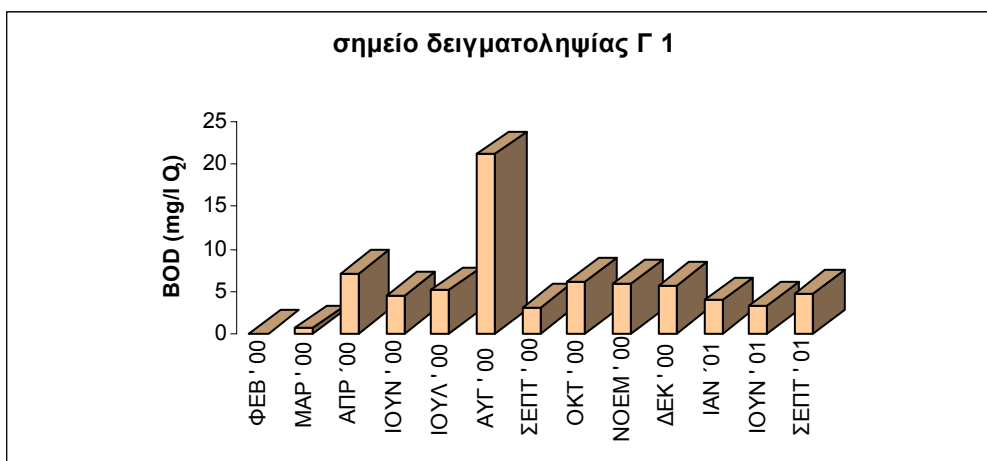
Τα δείγματα του νερού από τον Γαλλικό ποταμό, συλλέχθηκαν από την θέση στην οποία γίνεται η συνένωση του Γαλλικού ποταμού με τον Ξηροπόταμο (Γ 1). Η δειγματοληψία αφορά τα έτη 2000 και 2001.



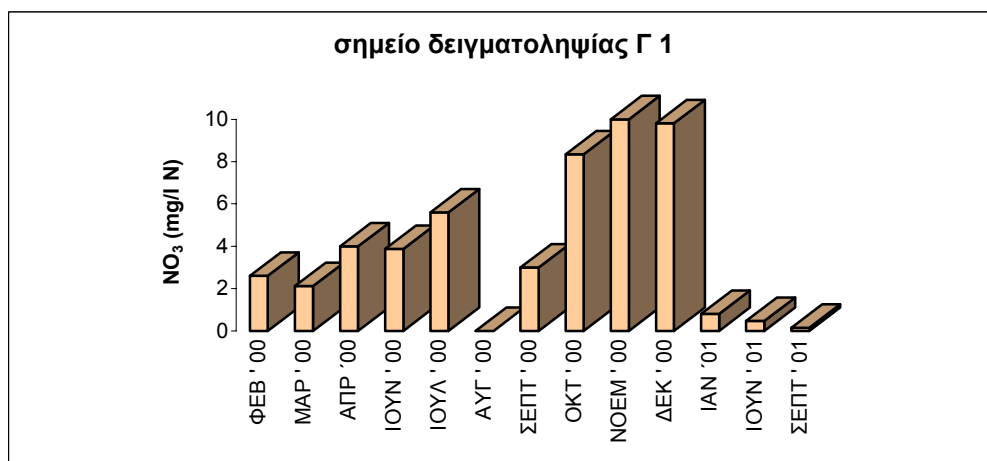
Χάρτης 5. Σημεία δειγματοληψίας επιφανειακών νερών στον ποταμό Γαλλικό

Οι χημικές αναλύσεις του νερού που πραγματοποιήθηκαν στον συγκεκριμένο ποταμό, βασίστηκαν στις εξής παραμέτρους: βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD_5), νιτρικά ιόντα (NO_3^-), ενεργός οξύτης (pH) , συνολική περιεκτικότητα σε αμμώνιο.

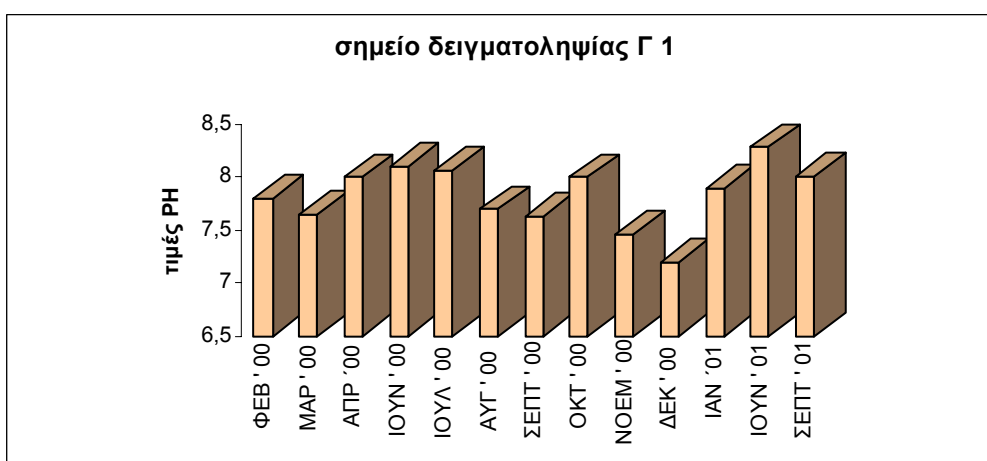
Τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρουσιάζονται παρακάτω:



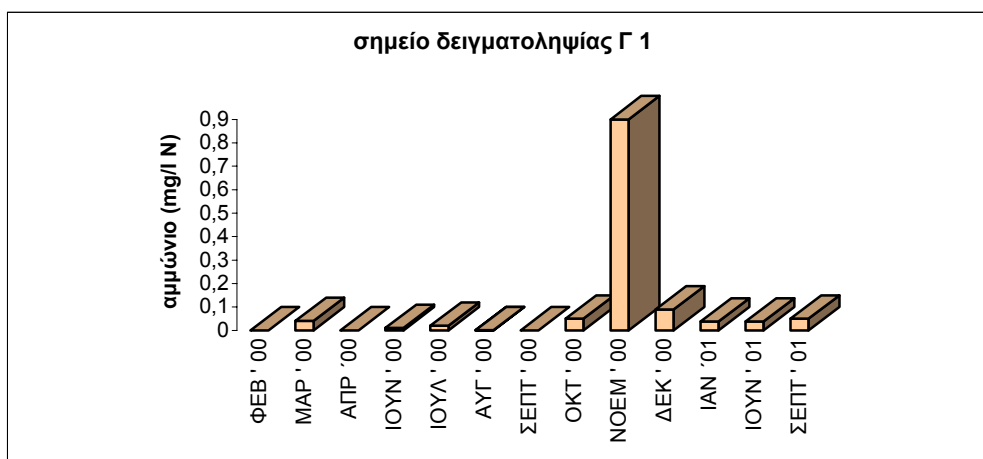
Σχ. 50. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε BOD (mg/l O₂) στη θέση Γ 1



Σχ. 51. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε NO₃⁻ (mg/l O₂) στη θέση Γ 1



Σχ. 52. Διακύμανση τιμών pH νερού στη θέση Γ 1



Σχ. 53. Διακύμανση περιεκτικότητας νερού σε αμμώνιο (mg/l N) στη θέση Γ 1

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι:

- Η περιεκτικότητα του νερού σε βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο παρουσιάζει ένα αρκετά μεγάλο εύρος τιμών. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εμφανίζεται τον Αύγουστο του 2000 και είναι ίση με 21,1 mg/l O₂. Από την τιμή αυτή συμπεραίνουμε ότι η ολική φόρτιση των νερών με οργανικές ενώσεις ήταν ιδιαίτερα αυξημένη εκείνη την περίοδο. Η μέση τιμή είναι ίση με 5,47 mg/l O₂ και η τυπική απόκλιση είναι 4,92, τιμή αρκετά μεγάλη που όμως δικαιολογείται εφόσον υπάρχει μεγάλο εύρος τιμών.
- Η περιεκτικότητα του νερού σε νιτρικά ανιόντα παρουσιάζει και πάλι ένα σχετικά μεγάλο εύρος τιμών. Παρατηρούνται σχεδόν μηδενικές τιμές στο έτος 2001 σε σχέση με το 2000, ενώ σε αντίθεση με την υψηλή τιμή του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου τον Αύγουστο του 2000, εδώ η τιμή των νιτρικών ανιόντων βρίσκεται στο απόλυτο μηδέν. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς υπολογίστηκε το Νοέμβρη του 2000 και είναι ίση με 10 mg/l N, τιμή η οποία βρίσκεται μέσα στα επιθυμητά όρια. Η μέση τιμή είναι 3,91 mg/l N και η τυπική απόκλιση είναι ίση με 3,41.
- Οι τιμές του pH δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς υπολογίστηκε τον Ιούνιο του 2001 και είναι ίση με 8,28. Η μέση τιμή είναι 7,83 και η τυπική απόκλιση παρουσιάζει πολύ μικρή τιμή και είναι ίση με 0,28.

- Η συνολική περιεκτικότητα του νερού σε αμμώνιο παρουσιάζει το 2000 και το 2001 σχεδόν μηδενικές τιμές με μόνη εξαίρεση το Νοέμβρη του 2000 όπου παρατηρείται η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς που είναι ίση με 0,9 mg/l N. Τον ίδιο μήνα είχε παρατηρηθεί και η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς ως αναφορά την περιεκτικότητα του νερού σε νιτρικά ανιόντα. Η μέση τιμή είναι 0,10 mg/l N και η τυπική απόκλιση είναι ίση με 0,23.

Στη συνέχεια ακολουθεί πίνακας στον οποίο παρουσιάζεται το εύρος των τιμών των χημικών αναλύσεων του νερού καθώς και ο μέσος όρος τους στη θέση της δειγματοληψίας

Πιν. 5. Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων του νερού στον ποταμό Γαλλικό

	BOD (mg/l O ₂)	NO ₃ ⁻ (mg/l N)	pH	T.AM (mg/l N)
Γ. 1	0.0-21.1 (5.47)	0.0-10.0 (3.90)	7.2-8.28 (7.83)	0.0-0.9 (0.10)

Από τα παραπάνω παρατηρούμε ότι και πάλι οι τιμές του pH κυμαίνονται γύρω στο οκτώ. Οι τιμές των νιτρικών δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερη διακύμανση σε αντίθεση με την περιεκτικότητα του νερού σε οργανικό φορτίο όπου το εύρος των τιμών είναι αρκετά μεγάλο.

Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων για τον Γαλλικό ποταμό είναι παρόμοια με τα αποτελέσματα μιας μελέτης πραγματοποιήθηκε το 1999 (Poulos et al). Συγκεκριμένα η μέση τιμή της περιεκτικότητας του νερού σε νιτρικά βρισκόταν γύρω στο 3,7 mg/l N ενώ η μέση τιμή της περιεκτικότητας του νερού σε διαλυμένο οξυγόνο βρισκόταν σχεδόν στα ίδια περίπου επίπεδα. Μία μικρή διαφορά παρατηρείται στην συγκέντρωση του οργανικού φορτίου η οποία στη συγκεκριμένη μελέτη εμφανίζει μεγαλύτερο εύρος διακύμανσης των τιμών της.

Μία ακόμη πολύ πρόσφατη μελέτη πραγματοποιήθηκε στον Γαλλικό ποταμό το 2006 (Mattas et al) και είχε ως στόχο τον καθορισμό των ποιοτικών χαρακτηριστικών των νερών του ποταμού. Εδώ τα δείγματα νερού

συλλέχθηκαν στο τέλος των ξηρών και υγρών περιόδων των ετών 2004 και 2005. Συγκεκριμένα τα δείγματα συλλέχθηκαν από 14 διαφορετικά σημεία δειγματοληψίας κατά μήκος του ποταμού και προσδιορίστηκαν τα κύρια ιόντα, οι ενώσεις του αζώτου, BOD₅, COD, τα βαρέα μέταλλα και το βόριο, ενώ επιτόπου προσδιορίστηκαν το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα και η θερμοκρασία. Επιπλέον η ποιότητα των επιφανειακών νερών συσχετίστηκε με αυτήν των υπόγειων νερών.

Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης έδειξαν ότι το pH των επιφανειακών νερών κυμαίνεται μεταξύ 7.42-9.01. Οι τιμές της περιεκτικότητας του νερού σε διαλυμένο οξυγόνο κυμαίνονται σε λογικά επίπεδα όπως και οι τιμές του οργανικού φορτίου. Συγκεκριμένα η περιεκτικότητα του νερού σε COD κυμαίνεται από 0.0 έως 87.1 mg/l O₂ και σε BOD από 2.4 έως 3.0 mg/l O₂, δηλαδή παρατηρείται μια μικρή διαφορά σε σχέση με τη μέση τιμή της περιεκτικότητας του νερού σε BOD στην παρούσα εργασία. Οι τιμές των νιτρικών ιόντων κυμαίνονται από 0.5-21.0 mg/l ενώ η μέση τιμή είναι ίση με 10.1 mg/l, δηλαδή λίγο περισσότερο αυξημένη σε σχέση με αυτήν που έχει προσδιοριστεί στην συγκεκριμένη εργασία. Αυτή η διαφορά μπορεί να οφείλεται σε αυξημένη γεωργική δραστηριότητα σε κάποιες περιοχές την περίοδο δειγματοληψίας.

Εκτός από τη μελέτη των επιφανειακών υδάτων πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες και στο υπόγειο νερό σε 8 διαφορετικά σημεία με σκοπό να συσχετισθεί η ποιότητα των επιφανειακών νερών με αυτή των υπόγειων. Τα αποτελέσματα αυτών των δειγματοληψιών έδειξαν ότι το pH κυμαίνεται από 6.86-7.96, δηλαδή τα υπόγεια νερά είναι πιο όξινα ενώ η περιεκτικότητα του νερού σε νιτρικά ιόντα είναι πολύ χαμηλή και κυμαίνεται από 0.0 έως 0.06 mg/l. Οι τιμές της περιεκτικότητας του νερού σε διαλυμένο οξυγόνο είναι χαμηλότερες από εκείνες των νερών της επιφάνειας και κυμαίνονται από 1.35-9.95 mg/l O₂. Μείωση παρατηρείται και στη περιεκτικότητα του νερού σε οργανικό φορτίο εφόσον οι τιμές του BOD βρίσκονται κάτω από 2.4 mg/l O₂ και οι τιμές του COD κυμαίνονται από 0.0-9.5 mg/l O₂.

Από τις παραπάνω αναλύσεις του νερού καταλαβαίνουμε ότι η μη σωστή επεξεργασία των βιομηχανικών αποβλήτων και των οικιακών λυμάτων συμβάλει στην υποβάθμιση της ποιότητας των υπόγειων νερών.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή εξετάσθηκε η ποιότητα των επιφανειακών νερών των ποταμών Αλιάκμονα, Λουδία, Αξιού και Γαλλικού.

Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν παραχωρήθηκαν από το Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ και καλύπτουν τη χρονική περίοδο 2000-2002. Οι χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν βασίστηκαν στις παρακάτω παραμέτρους: βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD_5), χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD), διαλυμένο οξυγόνο (DO), νιτρικά ανιόντα (NO_3^-), ενεργός οξύτης (pH) και συνολική περιεκτικότητα σε αμμώνιο ($T.ammonium$).

Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων του νερού για κάθε ποταμό παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω :

Για τον ποταμό Αλιάκμονα, τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων σε όλα τα σημεία της δειγματοληψίας έδειξαν ότι :

- Η μέση τιμή της περιεκτικότητας του νερού σε BOD είναι ίση με 3,8 mg/l O_2 . Οι μεγαλύτερες τιμές της χρονοσειράς εμφανίζονται γύρω στα μέσα του έτους 2000.
- Η μέση τιμή της περιεκτικότητας του νερού σε COD είναι ίση με 10,3 mg/l O_2 και οι μεγαλύτερες τιμές της χρονοσειράς εμφανίζονται τον Ιανουάριο του 2000.
- Η μέση τιμή της περιεκτικότητας του νερού σε νιτρικά ιόντα είναι ίση με 7,1 mg/l N και οι μεγαλύτερες τιμές της χρονοσειράς εμφανίζονται και πάλι τους χειμερινούς μήνες του 2000 εξαιτίας των εισροών νερού που καταλήγουν στο ποτάμι από την γύρω περιοχή. Υπάρχει μεγάλη διακύμανση τιμών.
- Η μέση τιμή της περιεκτικότητας του νερού σε αμμώνιο είναι ίση με 0,16 mg/l N. Εδώ οι μεγαλύτερες τιμές της χρονοσειράς εμφανίζονται τους χειμερινούς μήνες του 2002 και έρχονται σε αντίθεση με τα παραπάνω στοιχεία εφόσον σε όλες τις προηγούμενες αναλύσεις σε αυτό το χρονικό διάστημα εμφανίζονται οι μικρότερες τιμές της χρονοσειράς.
- Το pH κυμαίνεται σε όλες τις περιοχές γύρω στο 8.

Για τον ποταμό Λουδία, τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων σε όλα τα σημεία της δειγματοληψίας έδειξαν ότι :

- Η μέση τιμή της περιεκτικότητας του νερού σε οργανικά είναι ίση με 4,8 mg/l O₂. Οι μεγαλύτερες τιμές της χρονοσειράς εμφανίζονται τους χειμερινούς μήνες. Γενικά δεν υπάρχει σημαντική διακύμανση των τιμών.
- Η μέση τιμή της περιεκτικότητας του νερού σε διαλυμένο οξυγόνο είναι ίση με 6,4 mg/l O₂, βρίσκεται δηλαδή μέσα στα επιθυμητά όρια. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονοσειράς εμφανίζεται το Φεβρουάριο του 2002.
- Η μέση τιμή της περιεκτικότητας του νερού σε νιτρικά ιόντα είναι ίση με 3,2 mg/l N, ενώ η συνολική περιεκτικότητα σε αμμώνιο είναι ίση με 0,3 mg/l N
- Οι τιμές του pH κυμαίνονται και πάλι γύρω στο οκτώ.

Για τον ποταμό Αξιό τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων σε όλα τα σημεία της δειγματοληψίας έδειξαν ότι:

- Η μέση περιεκτικότητα του νερού σε BOD είναι ίση με 1,8 mg/l O₂ και σε COD ίση με 4,3 mg/l O₂. Για τον υπολογισμό τους χρησιμοποιήθηκαν μόνο τα σημεία ΑΞ 2, ΑΞ 3, ΑΞ 4.
- Η μέση περιεκτικότητα του νερού σε διαλυμένο οξυγόνο είναι ίση με 8,6 mg/l O₂ και οι μεγαλύτερες τιμές της χρονοσειράς εμφανίζονται κατά την διάρκεια χειμερινών μηνών.
- Η μέση περιεκτικότητα του νερού σε νιτρικά είναι ίση με 5,5 mg/l N.
- Η μέση περιεκτικότητα σε αμμώνιο είναι ίση με 0,71 mg/l N. Εδώ παρατηρείται τοπική μεταβολή της μέσης τιμής της περιεκτικότητας. Συγκεκριμένα στη θέση ΑΞ 1 η μέση τιμή της συγκέντρωσης του νερού είναι ίση με 2,5 mg/l N και ενώ στις άλλες θέσεις δειγματοληψίας είναι περίπου ίση με 0,1 mg/l N.
- Οι τιμές του pH κυμαίνονται και πάλι γύρω στο οκτώ.

Για τον ποταμό Γαλλικό, τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων στο σημείο της δειγματοληψίας έδειξαν ότι :

- Η μέση περιεκτικότητα του νερού σε οργανικά είναι 5,5 mg/l O₂ ενώ γενικά παρατηρείται μια αρκετά μεγάλη διακύμανση των τιμών κατά τη διάρκεια των δύο ετών.

- Η μέση περιεκτικότητα του νερού σε νιτρικά είναι ίση με 3,9 mg/l N ενώ η μέση τιμή της συνολικής περιεκτικότητας σε αμμώνιο είναι ίση με 0,09 mg/l N.
- Οι τιμές του pH κυμαίνονται και γύρω στο οκτώ.

Τα παραπάνω στοιχεία παρουσιάζονται συνοπτικά και στον παρακάτω πίνακα :

Πιν. 6. Συνοπτική παρουσίαση της μέσης τιμής των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων του νερού σε όλους τους ποταμούς που μελετώνται

	BOD (mg/l O ₂)	COD (mg/l O ₂)	DO (mg/l O ₂)	NO ₃ ⁻ (mg/l N)	pH	T.AM (mg/l N)
Αλιάκμονας	3,8	-	10,3	7,1	8,0	0,16
Λουδίας	4,8	4,7	6,4	3,2	8,0	0,33
Αξιός	1,8	4,3	8,6	5,5	8,0	0,71
Γαλλικός	5,5	-	-	3,9	8,0	0,10

Από τα παραπάνω καταλαβαίνουμε ότι η συστηματική και συνεχής παρακολούθηση της ποιότητας των επιφανειακών νερών των ανωτέρω ποταμών, κρίνεται απαραίτητη για την ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων των λεκανών απορροής τους. Επίσης έχοντας ως δεδομένο ότι τα επιφανειακά νερά τροφοδοτούν και τους υπόγειους υδροφορείς, θα πρέπει να είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί για την αποφυγή κάθε είδους μόλυνσης του υπόγειου νερού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Κ. Βουδούρης (2004), Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη.
- Δ. Βουτσά, Γ. Ζαχαριάδης, Κ. Σαμαρά, Θ. Κουϊμτζής, Σ. Σκλαβούνος, 1994,
“ Χαρακτηριστικά της ποιότητας των νερών του ποταμού Αλιάκμονα “. Ελλάδα,
95-101.
- Δ. Δημητράκος, Παγκόσμιος Γεωγραφία Άτλας, Ελλάς, 8, 71-95.
- Τ. Kouimtzis, 2001, “ Quality of surface water and groundwater in Macedonia
region “. Proc. Of Conf. Hydrogeology and Environment. Hellenic Committee
of Hydrogeology. Athens, 153-171.
- Κ. Μάττας, Γ. Σουλίου, Γ. Διμοπούλου, Ι. Διαμαντίς, Α. Παναγιώπουλος, Κ.
2005, “ Groundwater Quality in Gallikos basin, Prefecture of Kilkis “. Proc. Of 7th
Hellenic Conference on Hydrogeology (eds. Γ. Στουρνάρας), Athens, 311-320.
- Κ. Μάττας, Γ. Σουλίου, Α. Παναγιώπουλος, Κ. Βουδούρης, Α. Πανώρας, 2006,
“ Hydrochemical characteristics of the Gallikos river water, Prefecture of Kilkis “.
Proc. International Conference, Protection and Restoration of the Environment
VIII, (eds. Ε. Γιδάρακος, Ν. Νικολαΐδης, Κ. Χριστοδουλάτος), Chania-Crete-
Greece, July 3-7
- Δ. Μ. Μουντράκης (1985), Γεωλογία της Ελλάδος, Θεσσαλονίκη.
- Γ. Α. Μουρκίδης και Ε. Παπαδοπούλου-Μουρκίδου, 1990, “ Elemental analysis of
water and sediments by external beam pxe “. Part 4. Aliakmon River, Greece,
Chemistry and Ecology, 4, 65-83
- Σ. Ε. Πούλος, Γ. Θ. Χρονίς, Μ. Β. Κόλλινς, Β. Λυκούσης, 2000, “ Thermaikos gulf
Coastal System, NW Aegean Sea : an overview of water/sediment fluxes in
relation to air-land-ocean interactions and human activities “. Journal of Marine
Systems, 25, 2000, 47-76.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

ΑΛΙΑΚΜΟΝΑΣ ΠΟΤΑΜΟΣ

ΑΛ 1	BOD	DO	NO3	PH	T.AMMON
ΙΑΝ ' 00	-	14,30	7,50	8,20	0,21
ΦΕΒ ' 00	-	12,00	9,30	8,00	0,10
ΜΑΡΤ ' 00	-	10,60	38,10	8,36	0,20
ΑΠΡ ' 00	-	9,00	16,00	8,00	0,00
ΜΑΪ ' 00	7,50	9,50	10,00	8,10	0,20
ΙΟΥΛ ' 00	3,30	7,37	8,00	7,68	0,13
ΑΥΓ ' 00	7,10	8,92	8,90	7,88	0,27
ΙΑΝ ' 01	1,10	10,42	1,89	8,64	0,14
ΙΟΥΝ ' 01	2,40	8,40	0,07	7,96	0,05
ΣΕΠΤ ' 01	1,90	8,10	1,70	8,21	0,04
ΦΕΒ ' 02	1,00	9,35	1,91	8,28	0,06
ΙΟΥΛ ' 02	2,00	9,69	1,11	7,96	0,06
ΟΚΤ ' 02	3,00	9,15	0,76	7,80	0,80
ΝΟΕΜ ' 02	2,00	12,9	1,82	7,44	0,02
average	3,13	9,98	7,65	8,04	0,16
stdevp	2,19	1,85	9,60	0,29	0,19

ΑΛ 2	BOD	DO	NO3	PH	T.AMMON
ΙΑΝ ' 00	-	14,30	8,00	8,20	0,18
ΦΕΒ ' 00	-	13,00	10,00	8,10	0,10
ΜΑΡΤ ' 00	-	10,30	59,80	8,34	0,13
ΑΠΡ ' 00	-	9,00	23,00	8,00	0,00
ΜΑΪ ' 00	7,60	9,00	4,90	8,10	0,10
ΙΑΝ ' 01	1,20	10,43	1,80	8,67	0,21
ΙΟΥΝ ' 01	3,30	8,45	1,26	7,80	0,12
ΣΕΠΤ ' 01	2,30	11,40	1,11	8,37	0,07
ΦΕΒ ' 02	2,00	14,02	1,82	8,26	0,10
ΙΟΥΛ ' 02	2,00	9,67	0,95	8,03	0,17
ΟΚΤ ' 02	6,50	8,70	1,49	7,78	0,38
ΝΟΕΜ ' 02	3,00	8,03	1,70	8,03	0,25
Average	3,49	10,52	9,65	8,14	0,15
Stdevp	2,16	2,09	16,31	0,24	0,09

ΑΛ 3	BOD	DO	NO3	PH	T.AMMON
ΙΑΝ ' 00	-	14,40	6,60	8,34	0,13
ΦΕΒ ' 00	-	13,00	8,00	8,20	0,10
ΜΑΡΤ ' 00	-	10,20	10,60	8,47	0,06
ΑΠΡ ' 00	-	9,00	9,00	8,00	0,00
ΜΑΪ ' 00	7,00	8,50	8,40	8,30	0,10
ΙΟΥΛ ' 00	9,90	8,20	1,80	8,20	0,18
ΑΥΓ ' 00	8,10	7,18	4,00	-	0,21
ΟΚΤ ' 00	6,50	11,5	5,80	8,38	0,17
ΝΟΕΜ ' 00	8,30	12,00	5,30	8,20	0,10
ΔΕΚ ' 00	8,50	12,60	6,60	8,47	0,05
ΙΑΝ ' 01	1,00	11,20	1,49	8,76	0,09

ΙΟΥΝ ' 01	1,60	8,01	0,79	8,07	0,11
ΣΕΠΤ ' 01	3,30	8,70	0,61	8,59	0,11
ΟΚΤ ' 01	2,40	8,54	0,41	8,50	0,17
ΦΕΒ ' 02	1,50	12,82	1,50	8,14	0,17
ΙΟΥΛ ' 02	2,00	10,18	0,73	8,32	0,36
ΟΚΤ ' 02	5,00	8,85	0,39	7,90	0,42
ΝΟΕΜ ' 02	2,00	13,14	1,14	7,97	0,49
average	4,79	10,44	4,06	3,72	0,17
stdevp	3,04	2,12	3,38	4,08	0,13

ΛΟΥΔΙΑΣ ΠΟΤΑΜΟΣ

Λ 1	BOD	COD	DO	NO3	PH	T.AMMON
ΙΑΝ ' 00	0,00	5,50	2,71	3,81	8,02	0,01
ΦΕΒ ' 00	0,00	5,00	6,30	3,20	8,00	0,00
ΜΑΡΤ ' 00	2,20	0,00	1,68	3,44	8,37	0,00
ΑΠΡ ' 00	1,00	7,00	9,00	16,0	8,00	0,00
ΜΑΪ ' 00	4,20	7,50	9,90	2,40	8,40	0,00
ΙΟΥΝ ' 00	3,60	-	8,52	9,00	7,89	0,00
ΙΑΝ ' 01	6,90	6,55	7,68	3,47	8,12	1,07
ΙΟΥΝ ' 01	5,15	8,45	7,89	1,12	7,89	0,03
ΣΕΠΤ ' 01	2,65	7,25	6,83	2,32	7,16	0,05
ΟΚΤ ' 01	0,70	5,00	-	2,21	7,66	0,07
ΦΕΒ ' 02	4,10	7,90	7,64	5,80	8,46	0,88
ΙΟΥΛ ' 02	2,20	5,30	7,45	2,10	8,17	0,21
ΟΚΤ ' 02	-	-	5,22	1,80	7,98	0,61
Average	2,72	5,95	6,73	4,36	8,01	0,23
Stdevp	2,05	2,20	2,35	3,89	0,33	0,36

Λ 2	BOD	COD	DO	NO3	PH	T.AMMON
ΦΕΒ ' 00	0,00	0,00	2,10	2,30	7,60	0,00
ΜΑΡΤ ' 00	1,40	0,00	1,32	3,30	8,02	0,08
ΑΠΡ ' 00	9,00	0,00	-	4,00	8,00	0,00
ΜΑΪ ' 00	4,20	5,10	6,90	3,20	7,80	0,00
ΙΟΥΝ ' 00	3,60	-	-	3,39	7,96	0,00
ΙΟΥΛ ' 00	4,80	-	-	3,04	7,90	0,06
ΑΥΓ ' 00	15,4	0,00	-	0,30	7,54	-
ΣΕΠΤ ' 00	12,0	-	-	1,00	8,00	0,00
ΟΚΤ ' 00	26,7	0,00	-	0,58	7,26	0,14
ΝΟΕΜ ' 00	3,30	-	-	2,70	7,00	0,70
ΔΕΚ ' 00	0,80	-	-	4,58	7,26	0,65
ΙΑΝ ' 01	6,20	5,65	9,19	1,96	7,97	0,41
ΙΟΥΝ ' 01	3,95	7,75	6,73	0,93	7,82	0,21
ΣΕΠΤ ' 01	8,70	7,25	6,30	0,98	7,85	0,60
ΟΚΤ ' 01	7,30	6,75	4,80	1,36	7,65	1,85
ΦΕΒ ' 02	-	-	11,62	2,50	8,54	2,39
ΙΟΥΛ ' 02	3,60	7,40	7,82	1,40	8,22	0,15
ΟΚΤ ' 02	-	-	5,18	1,10	8,06	0,50
average	6,93	3,63	6,20	2,14	7,80	0,45
stdevp	6,46	3,39	2,92	1,22	0,36	0,66

ΑΞΙΟΣ ΠΟΤΑΜΟΣ

ΑΞ 1	DO	NO3	PH	T.AMMON
ΙΑΝ ' 00	11,20	11,50	7,10	1,35
ΦΕΒ ' 00	13,00	9,70	7,60	0,60
ΜΑΡΤ ' 00	10,50	6,60	7,42	0,32
ΑΠΡ ' 00	9,00	16,00	7,00	1,00
ΜΑΪ ' 00	8,30	15,00	7,20	1,20
ΙΑΝ ' 01	10,00	3,98	7,82	1,16
ΙΟΥΝ ' 01	-	0,90	7,50	6,85
ΣΕΠΤ ' 01	-	4,90	7,60	9,10
ΦΕΒ ' 02	2,82	1,41	7,82	1,05
ΙΟΥΛ ' 02	4,16	1,50	6,59	3,20
average	8,62	7,15	7,36	2,58
Stdevp	3,26	5,33	0,35	2,83

ΑΞ 2	BOD	COD	DO	NO3	PH	T.AMMON
ΙΑΝ ' 00	0,60	17,5	11,10	8,47	7,80	0,01
ΜΑΡΤ ' 00	0,00	0,00	7,00	10,20	7,80	0,00
ΑΠΡ ' 00	0,00	0,00	10,00	5,00	8,00	0,00
ΜΑΪ ' 00	0,00	0,00	-	5,40	8,00	0,00
ΙΟΥΝ ' 00	2,80	-	-	8,46	8,21	0,17
ΙΟΥΛ ' 00	2,00	-	-	6,42	8,30	0,00
ΑΥΓ ' 00	5,30	0,00	-	8,80	8,40	-
ΣΕΠΤ ' 00	2,00	-	-	9,00	8,00	0,00
ΟΚΤ ' 00	0,30	0,00	-	9,79	8,10	0,00
ΝΟΕΜ ' 00	-	-	-	9,70	7,80	0,00
ΔΕΚ ' 00	-	-	-	7,80	7,80	0,04
ΙΑΝ ' 01	2,70	6,40	9,90	1,56	8,27	0,15
ΙΟΥΝ ' 01	1,80	5,80	8,97	1,89	7,57	0,04
ΣΕΠΤ ' 01	3,60	8,00	7,70	2,16	8,66	0,06
ΟΚΤ ' 01	1,20	5,50	8,99	1,91	8,22	0,05
ΦΕΒ ' 02	1,67	3,77	12,02	2,34	8,35	0,22
ΙΟΥΛ ' 02	0,67	5,47	8,34	2,20	8,29	0,17
ΟΚΤ ' 02	2,17	5,23	7,15	2,11	8,05	0,14
ΝΟΕΜ ' 02	0,30	4,15	11,09	2,05	8,27	0,15
Average	1,59	4,41	9,27	5,54	8,10	0,07
Stdevp	1,42	4,56	1,60	3,26	0,26	0,07

ΑΞ 3	BOD	COD	DO	NO3	PH	T.AMMON
ΙΑΝ ' 00	0,00	13,8	9,60	7,39	7,05	0,02
ΜΑΡΤ ' 00	0,00	0,00	-	8,32	7,82	0,03
ΑΠΡ ' 00	0,00	0,00	-	3,00	8,00	0,00
ΜΑΪ ' 00	1,10	0,00	-	9,80	7,90	0,00
ΙΟΥΝ ' 00	3,40	-	-	6,67	8,05	0,19
ΙΟΥΛ ' 00	2,20	-	-	3,07	8,10	0,04
ΑΥΓ ' 00	7,00	0,00	-	6,50	8,40	-
ΣΕΠΤ ' 00	3,00	-	-	8,00	8,00	0,00
ΟΚΤ ' 00	0,30	0,00	-	9,75	8,00	0,04
ΝΟΕΜ ' 00	-	-	-	11,00	7,90	0,00
ΔΕΚ ' 00	-	-	-	8,44	7,70	0,03
ΙΑΝ ' 01	2,70	5,25	7,63	1,65	8,19	0,08
ΙΟΥΝ ' 01	5,05	5,75	8,12	1,60	8,23	0,02

ΣΕΠΤ ' 01	2,70	6,10	6,99	1,17	8,04	0,03
ΟΚΤ ' 01	2,00	3,10	11,10	3,09	8,17	0,11
ΦΕΒ ' 02	0,80	2,90	10,30	3,30	8,66	0,21
ΙΟΥΛ ' 02	1,10	0,50	8,10	2,41	8,09	0,08
ΟΚΤ ' 02	0,30	4,60	8,02	2,05	8,02	0,19
ΝΟΕΜ ' 02	0,80	-	-	3,30	-	0,21
Average	1,91	3,54	8,73	5,29	8,02	0,07
stdevp	1,88	3,78	1,34	3,18	0,31	0,07

ΑΞ 4	BOD	COD	DO	NO3	PH	T.AMMON
ΙΑΝ ' 00	0,00	10,10	11,70	6,32	10,00	0,00
ΜΑΡΤ ' 00	0,00	0,00	-	6,87	6,85	0,05
ΑΠΡ ' 00	0,00	0,00	-	3,00	8,00	0,00
ΜΑΪ ' 00	1,70	8,90	-	5,80	8,10	0,10
ΙΟΥΝ ' 00	3,10	-	-	7,03	8,25	0,13
ΙΟΥΛ ' 00	5,60	-	-	4,05	8,70	0,08
ΑΥΓ ' 00	8,40	0,00	-	0,00	8,60	-
ΣΕΠΤ ' 00	3,00	-	-	6,00	8,00	0,00
ΟΚΤ ' 00	0,30	0,00	-	8,78	8,10	0,03
ΝΟΕΜ ' 00	-	-	-	7,70	8,00	0,00
ΔΕΚ ' 00	-	-	-	6,45	6,40	0,03
ΙΑΝ ' 01	1,70	0,00	-	1,78	8,35	0,02
ΙΟΥΝ ' 01	5,30	9,80	8,90	1,08	8,75	0,04
ΣΕΠΤ ' 01	6,90	9,39	9,39	1,77	9,30	0,19
ΟΚΤ ' 01	1,10	3,80	1,10	2,86	7,16	0,44
ΦΕΒ ' 02	0,60	3,10	11,40	3,30	8,72	0,27
ΙΟΥΛ ' 02	0,10	3,70	8,27	2,00	8,27	0,10
ΟΚΤ ' 02	0,30	5,10	7,22	2,05	8,03	0,28
ΝΟΕΜ ' 02	0,60	-	-	3,30	-	0,27
Average	2,07	4,98	7,71	4,22	8,1	0,14
Stdevp	2,40	3,25	3,21	2,48	0,73	0,14

ΓΑΛΛΙΚΟΣ ΠΟΤΑΜΟΣ

Γ 1	BOD	NO3	PH	T.AMMON
ΦΕΒ ' 00	0,00	2,60	7,80	0,00
ΜΑΡ ' 00	0,60	2,12	7,65	0,04
ΑΠΡ ' 00	7,00	4,00	8,00	0,00
ΙΟΥΝ ' 00	4,50	3,88	8,10	0,01
ΙΟΥΛ ' 00	5,10	5,60	8,07	0,02
ΑΥΓ ' 00	21,10	0,00	7,70	0,001
ΣΕΠΤ ' 00	3,00	3,00	7,63	0,00
ΟΚΤ ' 00	6,20	8,35	8,00	0,05
ΝΟΕΜ ' 00	5,90	10,0	7,46	0,90
ΔΕΚ ' 00	5,60	9,81	7,20	0,09
ΙΑΝ ' 01	3,90	0,81	7,90	0,04
ΙΟΥΝ ' 01	3,40	0,47	8,28	0,04
ΣΕΠΤ ' 01	4,80	0,15	8,01	0,05
average	5,47	3,91	7,83	0,09
stdevp	4,92	3,41	0,28	0,23