

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ –
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ν. ΜΟΥΔΑΝΙΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΛΙΕΙΑΣ ΚΑΙ
ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

ΖΗΣΗ ΣΤΑΥΡΟΥΛΑ – ΕΥΑ

**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΑΙ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΩΝ ΤΟΥ
ΠΟΤΑΜΟΥ ΛΗΘΑΙΟΥ**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΝΕΑ ΜΟΥΔΑΝΙΑ (2007)

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ –
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ν. ΜΟΥΔΑΝΙΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΛΙΕΙΑΣ ΚΑΙ
ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

**ΖΗΣΗ ΣΤΑΥΡΟΥΛΑ – ΕΥΑ
ΕΠΟΠΤΗΣ: Δρ. ΑΜΑΛΙΑ ΜΩΡΙΚΗ**

**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΑΙ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΩΝ ΤΟΥ
ΠΟΤΑΜΟΥ ΛΗΘΑΙΟΥ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΝΕΑ ΜΟΥΔΑΝΙΑ (2007)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|--|---------|
| ΠΡΟΛΟΓΟΣ | σελ. 1 |
| 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ | σελ. 2 |
| 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ | σελ. 7 |
| 2.1.ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ | σελ 8 |
| 2.2.ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΕΔΙΟΥ | σελ 11 |
| 2.3.ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ | σελ 11 |
| 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ | σελ. 15 |
| 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ | σελ. 46 |
| 5. ΠΕΡΙΛΗΨΗ | σελ. 55 |
| 6. SUMMARY | σελ. 56 |
| 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | σελ. 57 |

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πτυχιακή αυτή εργασία αποτελεί μια ερευνητική μελέτη της ποιότητας των νερών του ποταμού Ληθαίου που διασχίζει την πόλη των Τρικάλων. Οι απαραίτητες εργαστηριακές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο διαπιστευμένο Εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας Νερού και Εδάφους του κ. Δημήτριου Λάβδα στα Τρίκαλα.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου Δρ. Αμαλία Μωρίκη για την καθοδήγηση και το επιστημονικό υλικό το οποίο μου προσέφερε. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Δημήτρη Λάβδα, για την ευγενική παραχώρηση του εργαστηρίου του, την καθοδήγησή του στις μεθόδους μέτρησης καθώς και για τις πληροφορίες που προσέφερε για τον ποταμό Ληθαίο. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον πατέρα μου Παναγιώτη Ζήση, γεωπόνο, για τη βοήθεια που προσέφερε στις εργασίες πεδίου καθώς και για την υλική και ηθική στήριξη κατά την διάρκεια των σπουδών μου. Τέλος, ευχαριστώ την μητέρα μου Έλσα Ζήση για την αμέριστη συμπαράσταση και τις φροντίδες της.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χημική σύνθεση των επιφανειακών υδάτων εξαρτάται κυρίως από τη χημική σύσταση των πετρωμάτων και του εδάφους, μέγεθος και σχήματος της λεκάνης απορροής, τις κλιματικές αλλαγές και την υπάρχουσα πανίδα και χλωρίδα και τις ανθρώπινες δραστηριότητες (Stamatis, 1999).

Σύμφωνα με την Οδηγία Πλαίσιο για την Πολιτική στον Τομέα των Υδάτων 60/2000 της Ε.Ε., όλα τα κράτη-μέλη είναι υποχρεωμένα να ιδρύσουν εθνικά συστήματα ελέγχου και να καθορίσουν την «οικολογική κατάσταση» της ποιότητας των νερών, που αναφέρονται τόσο στα βιολογικά στοιχεία του οικοσυστήματος όσο και στην φυσικοχημική ποιότητα των νερών του ενδιαιτήματος.

Τα ποτάμια είναι αγωγοί υπερχειλίσης, στους οποίους το νερό που στιγμιαία είναι τοπικό περίσσειμα διοχετεύεται κατηφορικά (Deming, 1975), ή αλλιώς σύστημα εσωτερικών υδάτων το οποίο ρέει, κατά το πλείστον, στην επιφάνεια του εδάφους αλλά το οποίο μπορεί, για ένα μέρος της διαδρομής του, να ρέει και υπογείως (Οδηγία 2000/60/ΕΚ). Οι ποταμοί τροφοδοτούνται από τα νερά των βροχών, τις πηγές, και την τήξη του χιονιού και των παγετώνων. Το νερό των βροχών συνεισφέρει κατά πολύ στον σχηματισμό των ποταμών, εκτός από τις περιοχές όπου μεγάλο τμήμα της λεκάνης απορροής του ποταμού καλύπτεται από λίμνες. Οι απώλειες του νερού των ποταμών οφείλονται κυρίως στην εξάτμιση, αλλά και στην τροφοδότηση των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων. Το νερό που τελικά παραμένει στην κοίτη του ποταμού είναι η διαφορά της ποσότητας που εισέρχεται και εκείνης που χάνεται. Τα ποτάμια κρατούν οριζοντίως και συνεχώς ένα σημαντικό ποσοστό ύλης σε διαλυμένη και σωματιδιακή μορφή από φυσικές και ανθρωπογενείς πηγές. (Calow & Petts, 1994). Αυτό το υλικό κινείται κατάδρομα και υπόκειται σε έντονες βιολογικές και χημικές διεργασίες. Αυτές οι μεταφορές μπορεί να επηρεαστούν από μορφολογικούς και υδρολογικούς παράγοντες (Sawidis, 1997).

Τα ποτάμια είναι σημαντικές οδοί για τη ροή της ενέργειας, ύλης και οργανισμών μέσω του ανάγλυφου του εδάφους. Σε μια εκτεταμένη ακτίνα δράσης, οι ανθρώπινες δραστηριότητες στην λεκάνη απορροής του ποταμού, μπορεί να οδηγήσουν σε επιδείνωση των νερών των ποταμών. Ωστόσο, η εκτίμηση των μεταβολών στις ποτάμιες κοινότητες ως αποτέλεσμα της επίδρασης της ρύπανσης είναι ένα ενδιαφέρον θέμα μέσα στο πλαίσιο της οικολογίας των νερών και της αποτίμησης της ποιότητάς τους (Lekka *et al.*, 2004).

Τα επιφανειακά και τα υπόγεια ύδατα θεωρούνται ανανεώσιμοι φυσικοί πόροι. Ιδίως, η εξασφάλιση καλής κατάστασης των επιφανειακών υδάτων επιβάλλει έγκαιρη δράση και σταθερό μακροπρόθεσμο σχεδιασμό μέτρων προστασίας ώστε να αναστραφεί η ανοδική τάση συγκέντρωσης οποιουδήποτε ρύπου. (Οδηγία 2000/60/EK).

Η ίδρυση δικτύου ελέγχου στα κύρια ποτάμια της Ευρώπης οδήγησε σε μια εκτεταμένη βάση δεδομένων, που καλύπτει χρονικές και χωρικές αποκλίσεις των ρυπογόνων ενώσεων. Αντίθετα, οι περισσότερες Μεσογειακές χώρες (συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας), στερούνται μιας συστηματικής μεθόδου ελέγχου της ποιότητας των επιφανειακών υδάτων (Greek Oceanographers Association, 1994; Dassenakis *et al.*, 1998; Lekka *et al.*, 2004) αν και παρατηρήθηκαν πολλά προβλήματα ρύπανσης (Dassenakis *et al.*, 1998). Τα ελληνικά ποτάμια συστήματα, εν τούτοις, όπως και αρκετά άλλα μεσογειακά συστήματα, χαρακτηρίζονται από μια εκτεταμένη καλοκαιρινή περίοδο ξηρασίας, κατά την οποία εντατικοί τρόποι χρήσης της γης επηρεάζουν την βιοτική ζωή του ποταμού (Lekka *et al.*, 2004).

Η διαχείριση των ποτάμιων συστημάτων χρειάζεται μια ολιστική, ποτάμιας λεκάνης κλίμακα αξιολόγησης περιβαλλοντικών προβλημάτων με σκοπό να παρέχει ένα περισσότερο κατάλληλο πλαίσιο εργασίας για τη διαχείριση των επιπτώσεων των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων. Δεδομένα από συστήματα με διαφορετική γεωλογία, κλιματολογία και φυσική γεωγραφία, όπως επίσης και ποικίλες ανθρωπογενείς επιδράσεις, χρειάζονται για την καλύτερη αποτίμηση των φυσικών διακυμάνσεων να παρέχουν και μια βάση διάκρισης φυσικών από ρυπασμένα επίπεδα συγκεντρώσεων. Η κατανόηση των χημικών διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα σε ποτάμια που παρουσιάζουν προβλήματα ρύπανσης από διάφορες πηγές είναι σημαντική για την ποιότητα των νερών, αλλά αποτελεί δύσκολη αποστολή. Αυτές οι διαδικασίες είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες σε αλλαγές στις περισσότερες φυσικοχημικές μεταβλητές όπως το pH, τις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις ή ιοντικές δυνάμεις και επίσης σε υδροδυναμικές διαδικασίες που επηρεάζουν τη μεταφορά ιζημάτων, προσρρόφηση ρύπων σε αιωρούμενα σωματίδια, σχηματισμό συσσωματωμάτων και συμπλόκων και αλληλεπιδράσεις σωματιδίων/διαλυμάτων (Howard, 1998). Αλλαγές σε αυτές τις παραμέτρους μπορεί να είναι σημαντικές στα μικρά ποτάμια, τα οποία είναι συστήματα σε κίνδυνο περιβαλλοντικής ή οικολογικής υποβάθμισης, χωρίς την αναγκαία διαχείριση (Dassenakis *et al.*, 1998).

Τα ποτάμια έχουν χρησιμοποιηθεί από τα αρχαία χρόνια για μεταφορά και απόσπαση νερού, αλλά επίσης ως αποθήκη αποβλήτων. Επειδή η ανθρωπότητα αναπτύχθηκε κοντά στα γλυκά νερά, διαχείριση ποταμών υπήρχε από την αρχαιότητα. Η διαχείριση των ποταμών, σύμφωνα με την παράδοση, συνδυάζεται συχνά με μια ποικιλία παρεμβάσεων στο ποτάμιο σύστημα που αποσκοπεί να μεγιστοποιήσει τους υδάτινους πόρους, να επιτύχει προστασία από πλημμύρα, να αναπτύξει την αλιευτική δυνατότητα και αργότερα να βελτιώσει τις ευκολίες αναψυχής. Ωστόσο, αυτού του είδους διαχείριση ποταμών συχνά οδηγεί σε επιδείνωση του ποτάμιου οικοσυστήματος, στην ποιότητα των νερών, την μετακίνηση της χλωρίδας, την εκδάσωση, την αφαίρεση των υδάτων, τη ρύθμιση της ροής και την ανάπτυξη των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων στην ποτάμια λεκάνη. Οι περισσότερες δραστηριότητες οδηγούν σε ρύπανση των νερών των ποταμών από ακραίες και μη ακραίες πηγές ρύπανσης (Angelidis *et al.*, 1995).

Η σταθερότητα του ποτάμιου οικοσυστήματος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από εξωτερικούς παράγοντες όπως αστικά και βιομηχανικά απόβλητα, αγροτικά λιπάσματα και εντομοκτόνα. Από την άλλη μεριά ειδικά στις μεσογειακές περιοχές, με το ευμετάβλητο εύκρατο κλίμα, που χαρακτηρίζεται από υψηλές θερμοκρασίες και αραιές βροχοπτώσεις, δημιουργείται μια ποικιλία διαδικασιών όπως διακυμάνσεις στην επιφανειακή ροή, ευτροφισμός και πλημμύρες. Επιπλέον, η απώλεια της επιφανειακής βλάστησης λόγω συχνών πυρκαγιών και υπερβόσκησης προκαλεί διαδικασίες διάβρωσης και ερημοποίησης της περιοχής. Υπό αυτές τις συνθήκες, τα προϊόντα της διάβρωσης είναι βασικός παράγοντας εισαγωγής ανόργανου αζώτου και φωσφόρου. Έτσι στη μεσόγειο τα ποτάμια είναι πιο ευαίσθητα σε εξωτερικούς παράγοντες από άποψη εισαγωγής ρύπων και αλλαγής κλιματικών αλλαγών (Sawidis, 1997).

Η ποιότητα των επιφανειακών νερών είναι ένα ευαίσθητο θέμα. Ανθρωπογενείς επιδράσεις (αστικές, βιομηχανικές και αγροτικές δραστηριότητες, υπερκατανάλωση των υδάτινων πηγών) όπως και φυσικές διεργασίες (μεταβολές στο ίζημα, διάβρωση των εδαφών) αλλοιώνουν τα επιφανειακά νερά και καταστρέφουν τη χρησιμότητά τους για πόση, για βιομηχανικές, αγροτικές, ψυχαγωγικές ή άλλες χρήσεις (Simeonov, 2003).

Η περιβαλλοντική ρύπανση διακρίνεται από τις υψηλές συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στο νερό και τα υδάτινα ιζήματα σε ιδιαίτερα βιομηχανοποιημένες και πυκνοκατοικημένες περιοχές. (Samanidou and Fytianos, 1987; Angelidis and

Albanis, 1995). Τα περισσότερα ιζήματα είναι εμπλουτισμένα με βαρέα μέταλλα από αστικά και βιομηχανικά απόβλητα. Η χημεία των ρυπασμένων ιζημάτων είναι από τη φύση της σύνθετη, αφού η αναλογία των μετάλλων ποικίλει σημαντικά (Samanidou and Fytianos, 1987).

Οι μεταφερόμενοι ρύποι περιλαμβάνουν οργανική ύλη, θρεπτικά υλικά, εντομοκτόνα και βαρέα μέταλλα. Η ρύπανση από τα εντομοκτόνα και τα βαρέα μέταλλα μπορεί να δημιουργήσουν σοβαρά προβλήματα στο οικοσύστημα του υγροτόπου λόγω των τοξικών επιδράσεων και της βιοαποικοδόμησης τους στη χλωρίδα και πανίδα του συστήματος (Angelidis and Albanis, 1995). Τα αιωρούμενα σωματίδια μπορεί να περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων, ωστόσο οι επιπτώσεις τους στους οργανισμούς, εξαρτώνται από τη διαθεσιμότητα, τις χημικές μορφές των μετάλλων, τον χρόνο παραμονής και τις γεωχημικές διεργασίες (Samanidou and Fytianos, 1987). Η εξόρυξη μεταλλευμάτων έχει οδηγήσει σε συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων σε πολλά ποτάμια συστήματα στον κόσμο, που ξεπερνούν κατά πολύ τα φυσικά, γνωστά επίπεδα (Burton *et al.*, 2001).

Η έρευνα μικρών ποτάμιων συστημάτων είναι γενικώς περιορισμένη, αν και πολλά από αυτά είναι πολύ επιβαρημένα και έχουν αξιοσημείωτη οικολογική σημασία. (Dassenakis *et al.*, 1998). Στην εργασία αυτή έγινε συστηματική παρακολούθηση των φυσικοχημικών παραμέτρων ποιότητας κατά μήκος του ποταμού Ληθαίου, για επτά μήνες, με στόχο την εκτίμηση της περιβαλλοντικής ποιότητας των νερών του.

Ο Ληθαίος ποταμός της Βόρειας Θεσσαλίας διασχίζει την πόλη των Τρικάλων, η οποία οφείλει ένα μεγάλο μέρος του φυσικού κάλλους στο γραφικό αυτό ποταμό. Πηγάζει από τα Αντιχάσια όρη σε υψόμετρο 500m και έχει δύο παραποτάμους εκ των οποίων το ένα πηγάζει από το χωριό Νέα Ζωή και το άλλο από το χωριό Πλάτανος. Διασχίζει την πόλη των Τρικάλων διαγωνίως από βορειοδυτικά (ΒΔ) προς νοτιοανατολικά (ΝΑ) και τελικά εκβάλλει στον Πηνειό λίγο πιο έξω από την πόλη των Τρικάλων (Μοράκης, 2004), σε υψόμετρο 108m. Το μήκος του ανέρχεται σε 36 km και η λεκάνη απορροής του καλύπτει επιφάνεια 35 km². Τροφοδοτείται από τα υδατορέματα Πλατάνου και Ξηροπόταμου, η δε μέση παροχή στη γέφυρα Τρικκαίογλου σε m³/sec είναι για: το μήνα Απρίλιο 1,687, Μάιο 1,352, Ιούνιο 0,878, Ιούλιο 0,728, Αύγουστο 0,598 και Σεπτέμβριο 0,608. Με τα νερά του ποταμού Ληθαίου αρδεύονται περίπου 14.000 στρέμματα. (<http://www.minagric.gr/greek/2.9.3.LITHEOS.html>, 2004). Η λεκάνη απορροής της

Θεσσαλίας έχει γίνει θέμα πολλών υδρογεωλογικών μελετών λόγω της μεγάλης έκτασης και του γόνιμου εδάφους της, όσο και για τις γεωργικές δυνατότητες της (Stamatis, 1999). Σύμφωνα με αυτές τις μελέτες, το ιδιαίτερο γεωλογικό ανάγλυφο της πεδιάδας της Θεσσαλίας, η οποία περιβάλλεται από βουνά που εμποδίζουν την κυκλοφορία του αέρα, δέχεται σημαντικές επιδράσεις από τις κλιματικές μεταβολές (Stamatis, 1999). Εκτός από τις κλιματικές αλλαγές, εντατικές αγροτικές εργασίες, αστικά λύματα και βιομηχανικά απόβλητα επηρεάζουν ιδιαίτερα το ποτάμι (Sawidis, 1997). Η ενδημική υδρόβια πανίδα του Ληθαίου ποταμού περιλαμβάνει κυρίως είδη που ανήκουν στην Υπόταξη Κυπρινοειδείς (Cyprinoidea) και συγκεκριμένα στην οικογένεια Κυπρινίδαι (Cyprinidae) (Μοράκης, 2004). Μετρήσεις θρεπτικών αλάτων και βαρέων μετάλλων που έχουν γίνει στον ποταμό Ληθαίο, τον χαρακτηρίζουν σαν ένα μεσαία ρυπασμένο ποτάμι, με την εμφάνιση κάποιων υψηλών συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων και /ή οργανικών ρύπων σε συγκεκριμένα σημεία του ποταμού (Dassenakis *et al.*, 1998). Ωστόσο, οι μετρήσεις αυτές είναι αποσπασματικές και περιορισμένες και δεν υπάρχει συστηματική παρακολούθηση της ποιότητας των νερών του ποταμού.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Ο ποταμός Ληθαίος πηγάζει από την ορεινή περιοχή των Αντιχασίων και αφού διασχίσει την πόλη των Τρικάλων εκβάλλει στον Πηνειό ποταμό. Στην περιοχή του Νομού Τρικάλων (εικόνα 2) και της λεκάνης απορροής του ποταμού υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός βιομηχανικών-βιοτεχνικών μονάδων τα απόβλητα των οποίων στην πλειονότητα τους δεν υφίστανται καμιά επεξεργασία. Η κατάσταση αυτή οδηγεί πιθανότατα σε παράνομη διάθεση τόσο των υγρών αποβλήτων όσο και των “λασπών” που δημιουργούνται μέσα στις δεξαμενές συλλογής. Στην ίδια περιοχή καλλιεργούνται βαμβάκι, δημητριακά, οπωροκηπευτικά και μηδική και αρδεύονται περί τα 385.000 στρέμματα. Στο ποτάμι καταλήγουν αγωγοί συλλογής ομβρίων, στους οποίους φαίνεται ότι έχουν συνδεθεί παράνομα αγωγοί αστικών λυμάτων, ενώ αποστραγγιστικά κανάλια μεταφέρουν νερά προερχόμενα από αποπλύσεις εδαφών. Στον Ληθαίο αποχετεύονται και τα επεξεργασμένα αστικά λύματα του βιολογικού καθαρισμού της πόλης που καλύπτει το 20% περίπου του συνόλου των λυμάτων. (Παπανικολάου-Γούναρης 1990; Σκούλλος κ.α. 1993).

2.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Το πεδίο μελέτης είναι ο ποταμός Ληθαίος (Εικόνα 1). Δείγματα νερού συλλέχθηκαν με κατάλληλο δοχείο (δειγματολήπτη) από επτά συνολικά σημεία δειγματοληψίας κατά μήκος του ποταμού. Τα σημεία (σταθμοί) δειγματοληψίας επελέγησαν έτσι ώστε να καλύψουν όλο το μήκος του ποταμού. Οι θέσεις των σημείων δειγματοληψίας παρουσιάζονται στις εικόνες 3, 4.



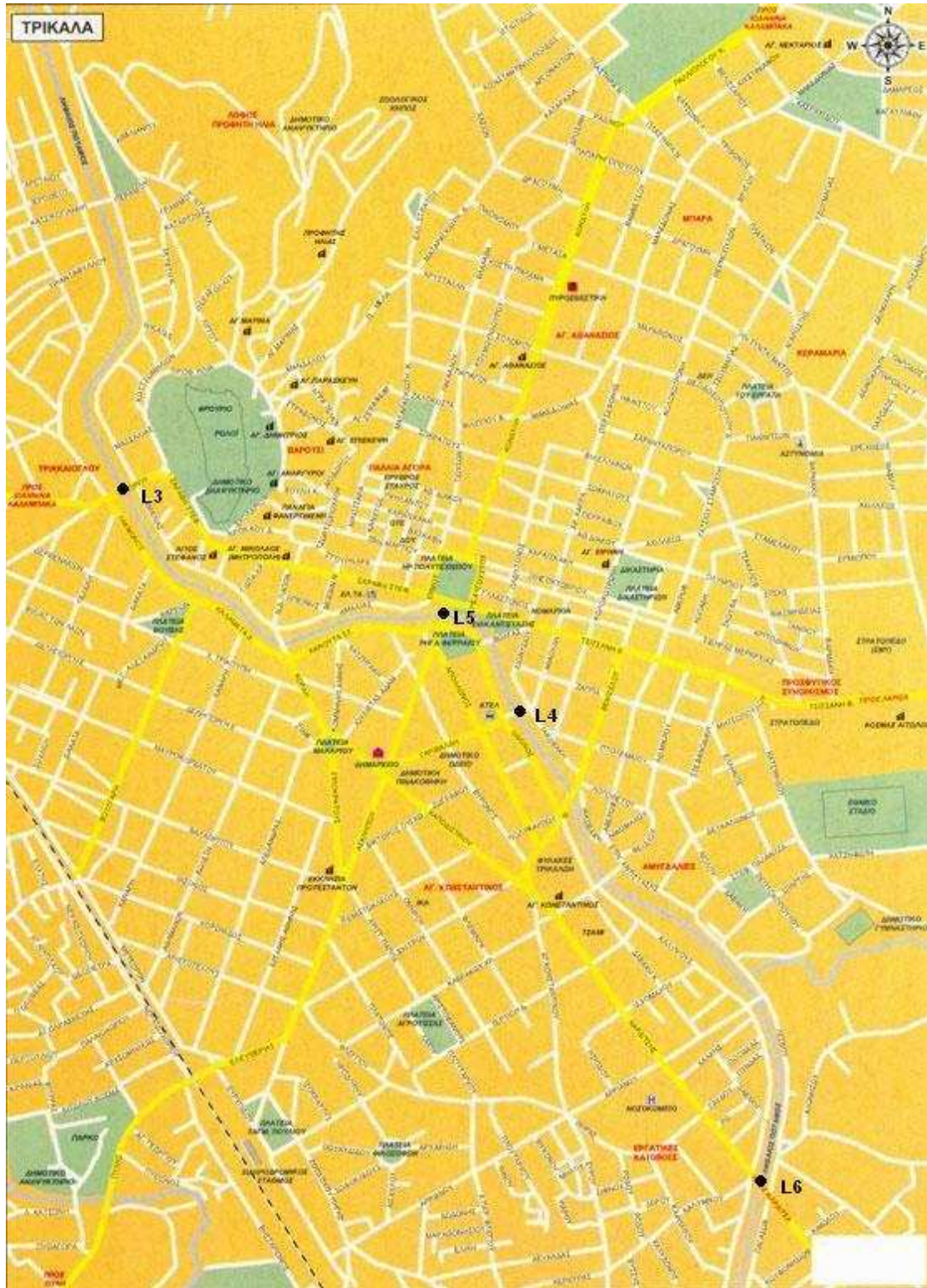
Εικόνα 1: Άποψη του ποταμού Ληθαίου και της πόλης των Τρικάλων.



Εικόνα 2: Το σημείο στο οποίο βρίσκεται ο ποταμός Ληθαίος.



Εικόνα 3: Χάρτης με τα σημεία δειγματοληψίας L1, L2 και L7.



Εικόνα 4: Χάρτης με τις θέσεις των σημείων δειγματοληψίας L3, L4, L5 και L6.

2.2 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΕΔΙΟΥ

Δείγματα νερού από τον ποταμό Ληθαίο λαμβάνονταν μηνιαία από τα επτά σημεία δειγματοληψίας, από τον Απρίλιο έως και τον Οκτώβριο του 2005. Τα δείγματα λαμβάνονταν από την επιφάνεια και με κατάλληλα προσαρμοσμένο πλαστικό δοχείο. Η θερμοκρασία καταγράφονταν στο πεδίο, ενώ η αγωγιμότητα, το pH και το διαλυμένο οξυγόνο αμέσως μετά την μεταφορά των δειγμάτων στο εργαστήριο, σε διάστημα μιας ώρας. Στη συνέχεια το περιεχόμενο του δειγματολήπτη συλλέγονταν σε πλαστικά δοχεία, για τον προσδιορισμό των θρεπτικών αλάτων και των βαρέων μετάλλων. Η καταγραφή της θερμοκρασίας του νερού γινόταν από ενσωματωμένο στο δειγματολήπτη θερμομέτρο. Χρησιμοποιήθηκαν πρότυπα διαλύματα της Merck για τον προσδιορισμό των νιτρικών, νιτρωδών, αμμωνιακών και φωσφορικών αλάτων.

2.3 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

Αγωγιμότητα

Αρχή μεθόδου μέτρησης

Μετράται η ειδική αντίσταση ή η ειδική αγωγιμότητα ενός κύβου νερού, ίσου με 1cm^3 , που βρίσκεται μεταξύ δύο παράλληλων ηλεκτροδίων πλατίνας (ή καλυμένων με μαύρο πλατίνας). Ο βαθμός αντίστασης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των αγωγίμων συστατικών του εξεταζόμενου δείγματος. (Ζανάκη, 2001)

Η μέτρηση της αγωγιμότητας γίνεται με ειδικά όργανα γνωστά ως αγωγιμόμετρα. Τα όργανα αυτά μετρούν την αντίσταση του διαλύματος ή την τάση του εναλλασσόμενου ρεύματος. Τα αγωγιμόμετρα, συνήθως, αποτελούνται από μια πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος, γέφυρα Wheatstone και κύτταρο αγωγιμότητας και δίνουν κατευθείαν την τιμή της αγωγιμότητας. (Ζανάκη, 2001)

pH

Το pH ενός δείγματος νερού προσδιορίζεται ηλεκτρομετρικά με τη χρήση ειδικού οργάνου, γνωστού ως πεχάμετρο. Το όργανο αυτό αποτελείται από ποτενσιόμετρο, με αισθητήριο από ηλεκτροδίου υάλου και ηλεκτρόδιο αναφοράς ή σύνθετο ηλεκτρόδιο. (Ζανάκη, 2001)

Διαλυμένο οξυγόνο

Η ηλεκτροχημική μέθοδος βασίζεται στη μέτρηση του ρυθμού διάχυσης του μοριακού οξυγόνου, διαμέσου μεμβράνης. Η μέτρηση γίνεται με τη χρήση κατάλληλου ηλεκτροδίου, συνδεδεμένου με συσκευή που μετατρέπει τα προσλαμβανόμενα ηλεκτροχημικά σήματα σε αριθμητική ένδειξη. Το όργανο μέτρησης του οξυγόνου (ηλεκτρόδιο και ηλεκτρική συσκευή) είναι γνωστό ως οξυγονόμετρο. (Ζανάκη, 2001)

Νιτρικά NO_3^{-1}

Μέθοδος

Σε πυκνό θειικό οξύ νιτρικά ιόντα αντιδρούν με παράγωγα βενζοϊκού οξέος για το σχηματισμό ενός ερυθρού αζωτούχου συμπλόκου που προσδιορίστηκε φασματοφωτομετρικά σε φασματοφωτομέτρο της εταιρείας merck. Η ευαισθησία της μεθόδου για τα νιτρικά ιόντα είναι 2,2 mg/l.

Νιτρώδη NO_2^{-1}

Μέθοδος

Σε όξινο διάλυμα, νιτρώδη ιόντα αντιδρούν με σουλφανιλικό οξύ για να σχηματίσουν διαζωνιακό άλας, το οποίο με τη σειρά του αντιδρά με διυδροχλωρίδιο N-(1-ναφθυλ)αιθυλενοδιαμίνης για το σχηματισμό ενός ερυθρού-ιώδους αζωχρώματος. Αυτό το χρώμα προσδιορίστηκε φασματοφωτομετρικά σε φασματοφωτομέτρο της εταιρείας merck. Η ευαισθησία της μεθόδου για τα νιτρώδη ιόντα είναι 0,007 mg/l.

Η μέθοδος είναι ανάλογη της EPA 354.1, US Standard Methods 4500-NO₂-B, και EN 26 777.

Αμμωνιακά NH_4^{+}

Μέθοδος

Το αμμωνιακό άζωτο (NH_4-N) απαντάται εν μέρει στο σχηματισμό αμμωνιακών ιόντων και εν μέρει ως αμμωνία. Μεταξύ των δύο αυτών μορφών επιτυγχάνεται μια ισορροπία εξαρτημένη από το pH. Σε ισχυρά αλκαλικά διαλύματα το αμμωνιακό άζωτο παρουσιάζεται σχεδόν ολοκληρωτικά ως αμμωνία η οποία αντιδρά με υποχλωριώδες οξύ για το σχηματισμό μονοχλωραμίνης. Αυτή με τη σειρά της αντιδρά με τη θυμόλη για να σχηματίσει ένα κυανό παράγωγο ινδοφαινόλης, το οποίο

προσδιορίστηκε φασματοφωτομετρικά σε φασματοφωτομέτρο της εταιρείας merck.

Η ευαισθησία της μεθόδου για τα αμμωνιακά ιόντα είναι 0,013 mg/l.

Η μέθοδος που ακολουθήθηκε είναι σύμφωνη με τα πρότυπα EPA 350.1, APHA 4500-NH₃ D, και ISO 7150/1.

Φωσφορικά PO₄⁻³

Μέθοδος

Σε θεικό διάλυμα ορθοφωσφορικά ιόντα αντιδρούν με ιόντα μολυβδαινίου (molybdate ions) για το σχηματισμό μολυβδοφωσφορικού οξέος. Το ασκορβικό οξύ το ανάγει σε κυανό φωσφομολυβδαινικό σύμπλοκο (PMB), το οποίο προσδιορίστηκε φασματοφωτομετρικά σε φασματοφωτομέτρο της εταιρείας merck. Η ευαισθησία της μεθόδου για τα φωσφορικά ιόντα είναι 0,03 mg/l.

Η μέθοδος είναι ανάλογη της EPA 365.2+3, US Standard Methods 4500-P E, ISO 6878/1, και EN 1189.

(Ξένος & Ξένου, 2005)

Μαγγάνιο Mn

Μέθοδος

Σε αλκαλικό διάλυμα, ιόντα μαγγανίου (II) αντιδρούν με μία οξίμη για να σχηματίσουν ένα ερυθροκάστανο σύμπλοκο ιόν, το οποίο προσδιορίστηκε φασματοφωτομετρικά σε φασματοφωτομέτρο της εταιρείας merck. Η ευαισθησία της μεθόδου για το μαγγάνιο είναι 0,01 mg/l.

Νικέλιο Ni

Μέθοδος

Ιόντα νικελίου οξειδώνονται από ιώδιο και στη συνέχεια μετατρέπονται με τη βοήθεια της διμεθυλογλυοξίμης μέσα σε ένα αμμωνιακό διάλυμα σε ένα κοκκινοκάστανο σύμπλοκο το οποίο προσδιορίζεται φασματοφωτομετρικά σε φασματοφωτομέτρο της εταιρείας merck. Η ευαισθησία της μεθόδου για το νικέλιο είναι 0,02 mg/l.

Η μέθοδος είναι ανάλογη των US Standard Methods 3500-Ni E.

Κάδμιο Cd

Μέθοδος

Σε αλκαλικό διάλυμα, ιόντα καδμίου αντιδρούν με τον παράγοντα cadion που είναι το εμπορικό όνομα της 1-(4-νιτροφαινυλ)-3-(4-φαινυλαζοφαινυλ)τριαζίνης {1-(4-nitrophenyl)-3-(4-phenylazophenyl)triazene} για το σχηματισμό κόκκινου συμπλόκου που προσδιορίστηκε φασματοφωτομετρικά σε φασματοφωτομέτρο της εταιρείας merck. Η ευαισθησία της μεθόδου για το κάδμιο είναι 0,002 mg/l.

Μόλυβδος Pb

Μέθοδος

Σε αλκαλικό διάλυμα, ιόντα Pb^{2+} αντιδρούν με ρεζορκινόλη για το σχηματισμό ερυθρού συμπλόκου που προσδιορίστηκε φασματοφωτομετρικά σε φασματοφωτομέτρο της εταιρείας merck. Η ευαισθησία της μεθόδου για τον μόλυβδο είναι 0,01 mg/l.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

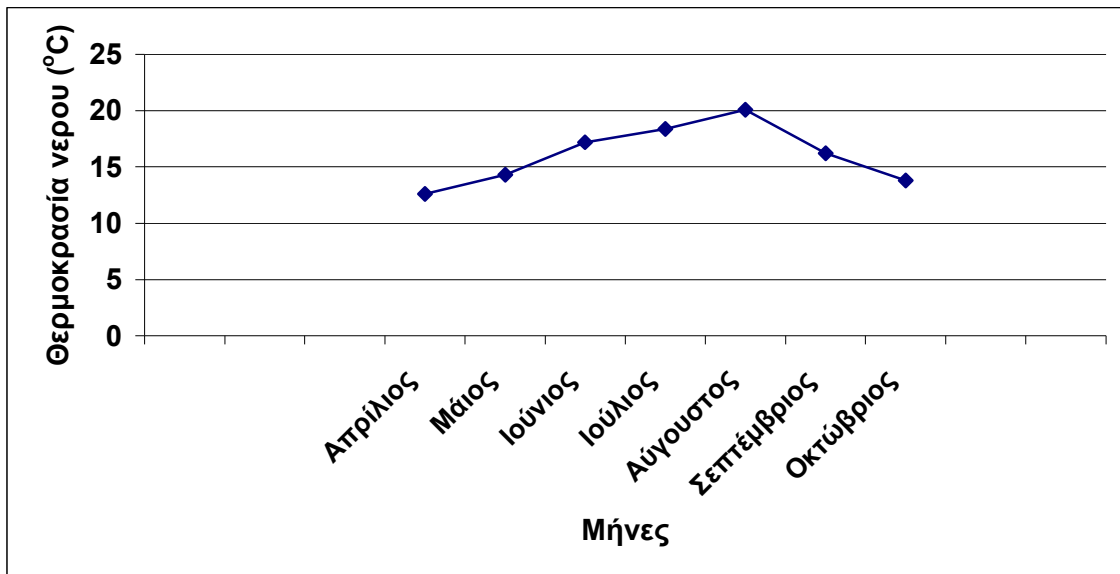
Στον πίνακα 1 δίνονται οι τιμές θερμοκρασίας νερού (°C), ηλεκτρικής αγωγιμότητας (μmhos/cm), pH, κορεσμού του οξυγόνου (%), συγκεντρώσεων νιτρικών (mg/l), νιτρωδών (mg/l), αμμωνιακών (mg/l) και φωσφορικών ιόντων (mg/l), όπως και τιμές συγκεντρώσεων μαγγανίου (mg/l), καδμίου (mg/l), μολύβδου (mg/l) και νικελίου (mg/l). στους σταθμούς δειγματοληψίας στη γέφυρα Σωτήρα (L3) και τη γέφυρα Θεόπετρας (L1).

Πίνακας 1: Τιμές θερμοκρασίας νερού, ηλεκτρικής αγωγιμότητας, pH, κορεσμού του οξυγόνου, συγκεντρώσεων νιτρικών, νιτρωδών, αμμωνιακών και φωσφορικών ιόντων, όπως και τιμές συγκεντρώσεων μαγγανίου, καδμίου, μολύβδου και νικελίου στους σταθμούς δειγματοληψίας στη γέφυρα Σωτήρα (L2) και τη γέφυρα Θεόπετρας (L1).

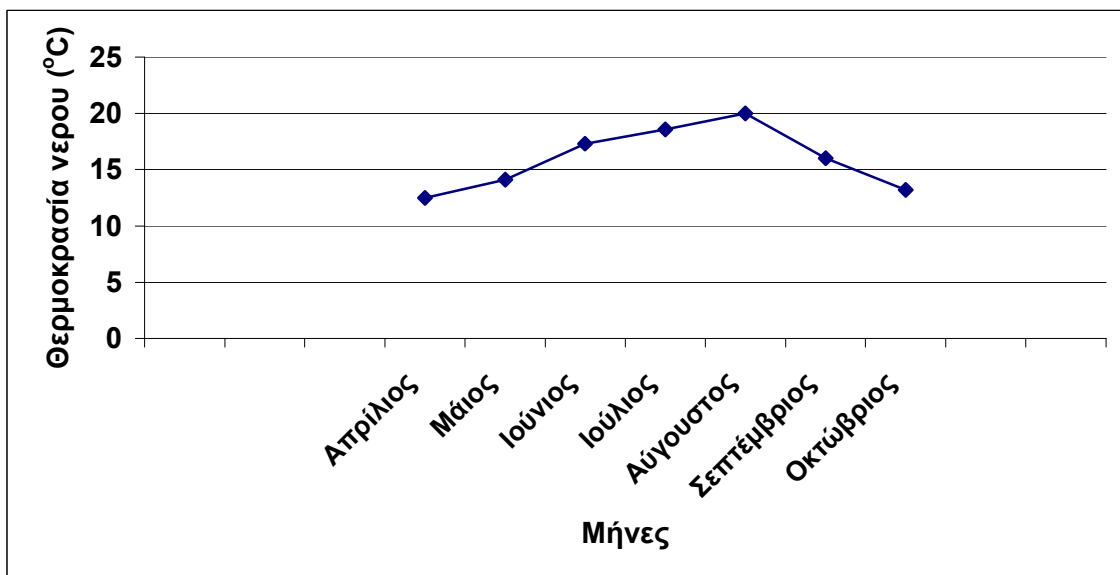
| Παράμετροι | Μονάδες έκφρασης | Γέφυρα Σωτήρα (L2) | | Γέφυρα Θεόπετρας (L1) | |
|---------------------|------------------|-------------------------------------|--------|-----------------------|---------|
| | | Ημερομηνία ενέργειας δειγματοληψίας | | | |
| | | Απρίλιος | Μάιος | Απρίλιος | Μάιος |
| Θερμοκρασία νερού | °C | 10 | 12,5 | 10,1 | 12,4 |
| Ηλεκτρ. Αγωγιμότητα | μmhos/cm | 841 | 835 | 520 | 517 |
| pH | | 7,79 | 7,64 | 7,97 | 7,64 |
| Οξυγόνο | % | 94 | 90 | 95 | 93 |
| Νιτρικά | mg/l | 12,1 | 8,8 | 31,6 | 32,2 |
| Νιτρώδη | mg/l | <0,007 | 0,045 | 0,1 | 0,05 |
| Αμμωνιακά | mg/l | 0,043 | 0,088 | 0,11 | 0,062 |
| Φωσφορικά | mg/l | 1,16 | 0,14 | <0,03 | <0,03 |
| Μαγγάνιο | mg/l | 0,03 | 0,03 | 0,12 | 0,03 |
| Κάδμιο | mg/l | 0,00612 | <0,002 | <0,002 | 0,01496 |
| Μόλυβδος | mg/l | <0,01 | <0,01 | 0,075 | <0,01 |
| Νικέλιο | mg/l | 0,2 | 1,88 | 0,18 | 0,14 |

Στην εικόνα 5 δίνονται οι τιμές της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια επτά μηνών (από Απρίλιο έως Οκτώβριο) του έτους 2005 στους πέντε σταθμούς δειγματοληψιών. Η θερμοκρασία παρουσίασε την ελάχιστη τιμή της 12,5 °C στο σταθμό L6 τον Απρίλιο και τη μέγιστη 22,2 °C στο σταθμό L4 τον Αύγουστο.

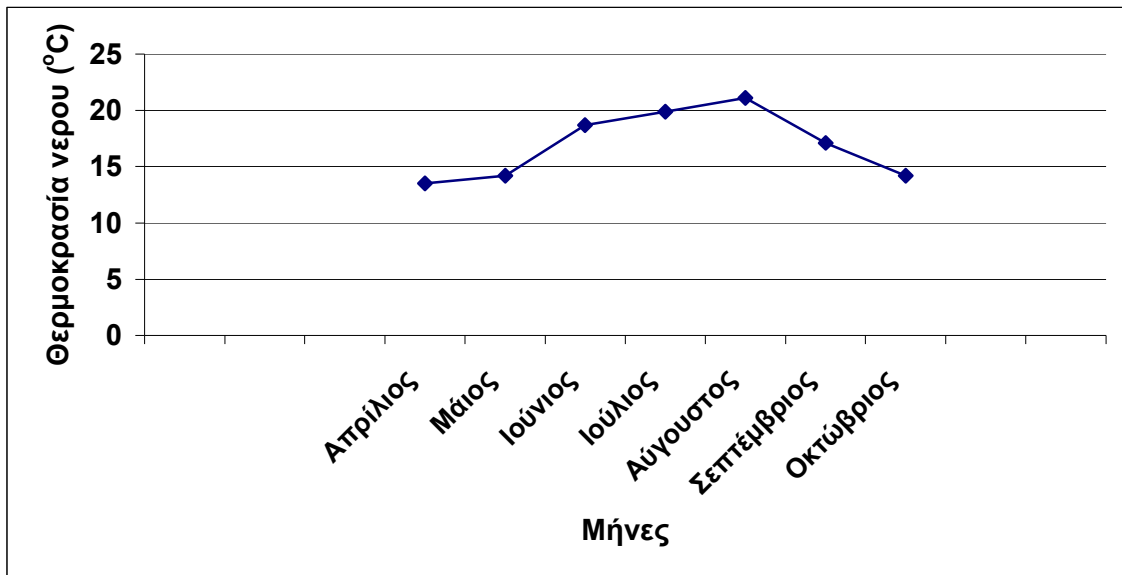
α)



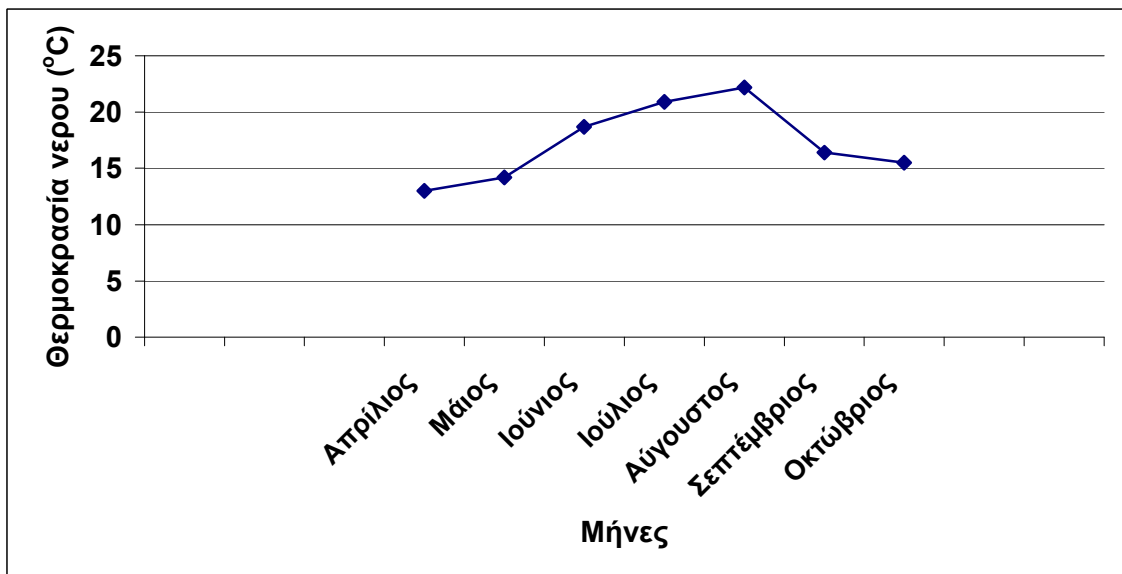
β)



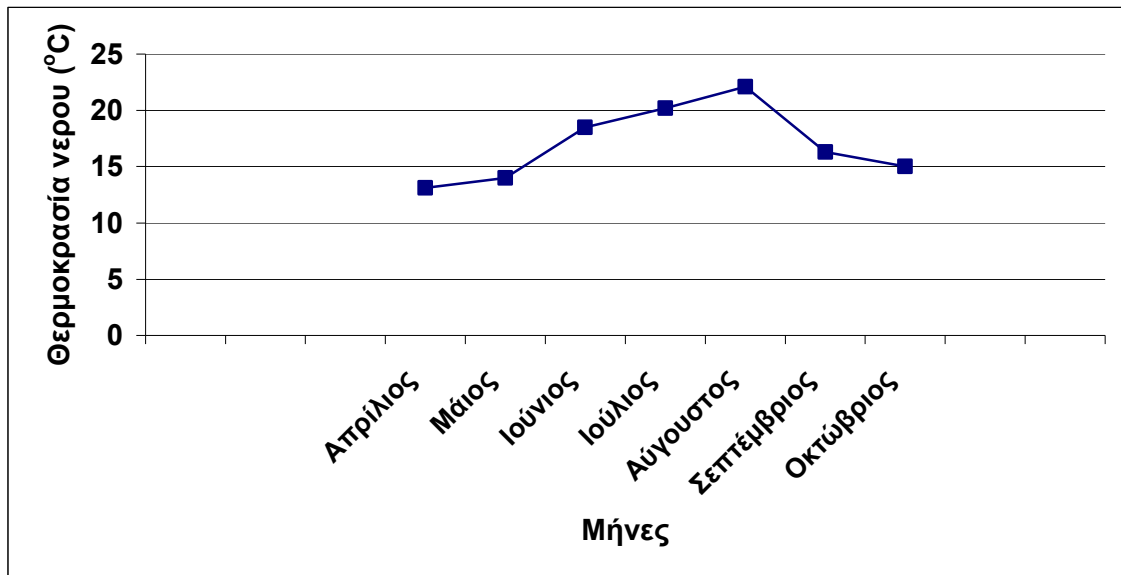
γ)



δ)



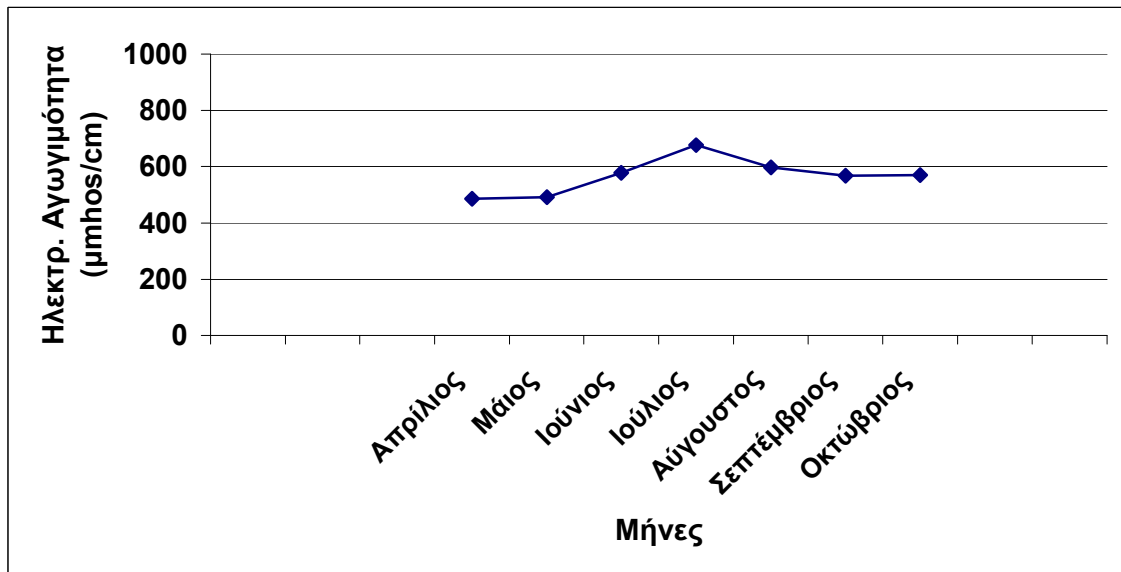
ε)



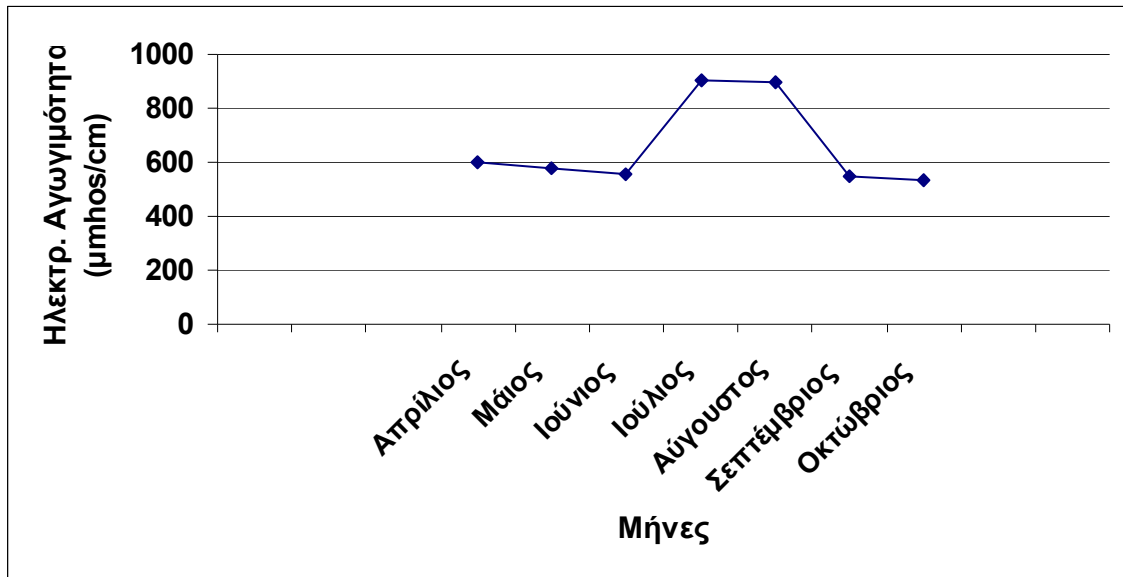
Εικόνα 5: Διακύμανση της θερμοκρασίας του νερού στους σταθμούς δειγματοληψίας: α) Μεγάλα Καλύβια (L7) β) απόβλητα εργοστασίου γάλακτος (L6), γ) γέφυρα ΚΤΕΛ δ) γέφυρα Ασκληπιού (L4), ε) γέφυρα Τρικκαίογλου (L3).

Η αγωγιμότητα στα νερά του ποταμού Ληθαίου βρέθηκε μεταξύ 405 και 904 $\times 10^{-6}$ $\mu\text{hos} \cdot \text{cm}^{-1}$. Η ελάχιστη τιμή (405 $\mu\text{hos/cm}$) παρουσιάστηκε στο σταθμό L3 το Μάιο και η μέγιστη (904 $\mu\text{hos/cm}$) τον Ιούλιο στο σταθμό L6 (εικόνα 6).

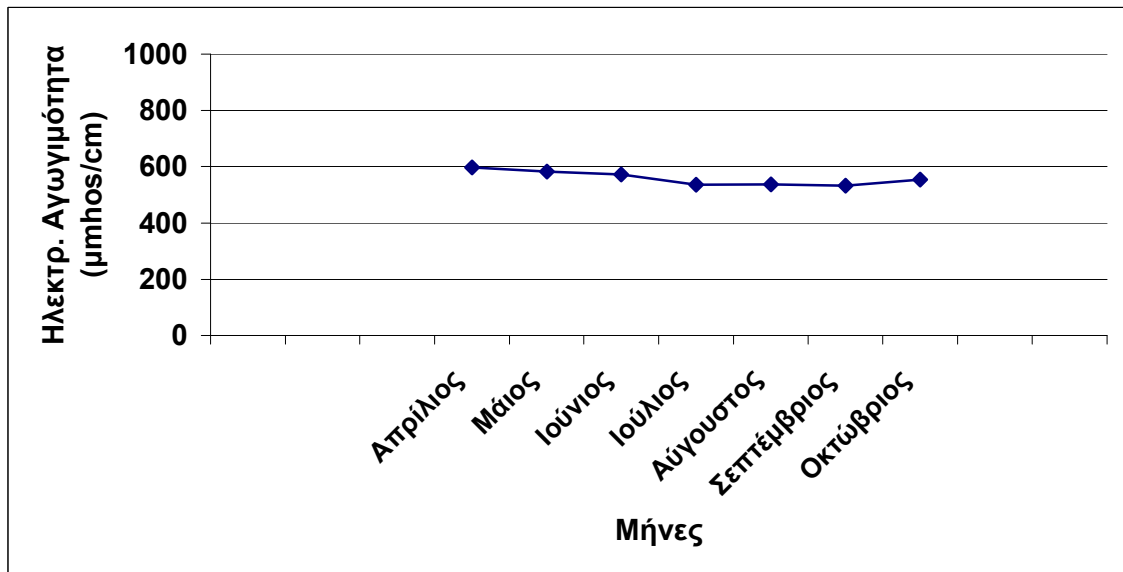
α)



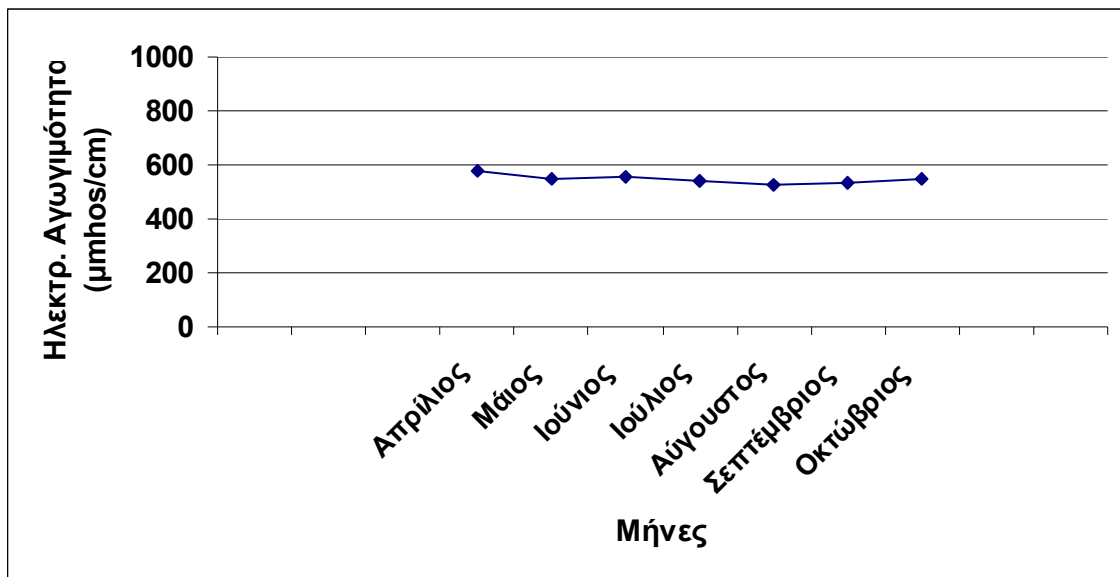
β)



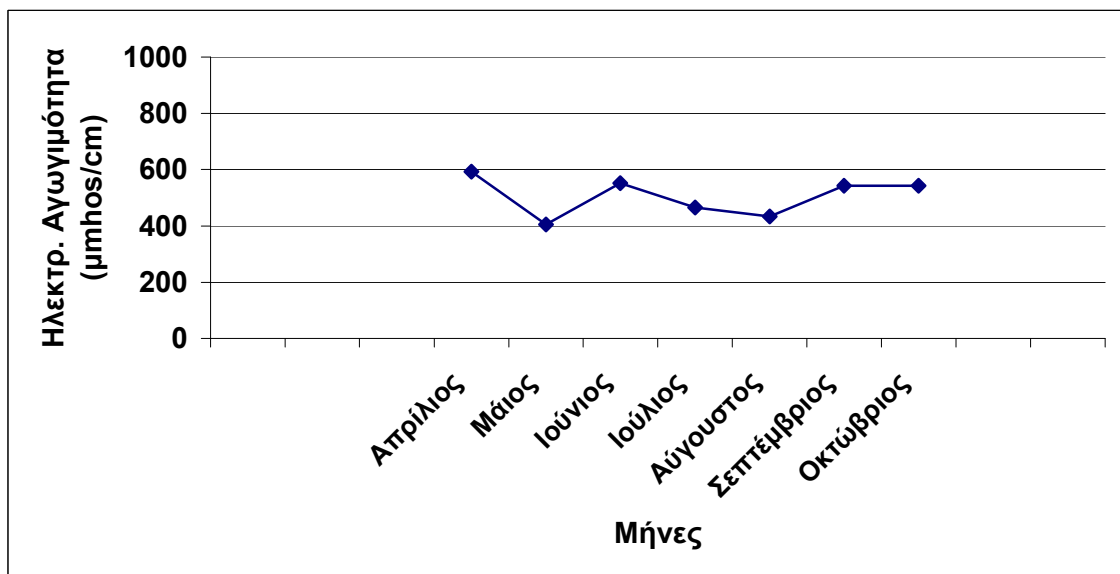
γ)



δ)



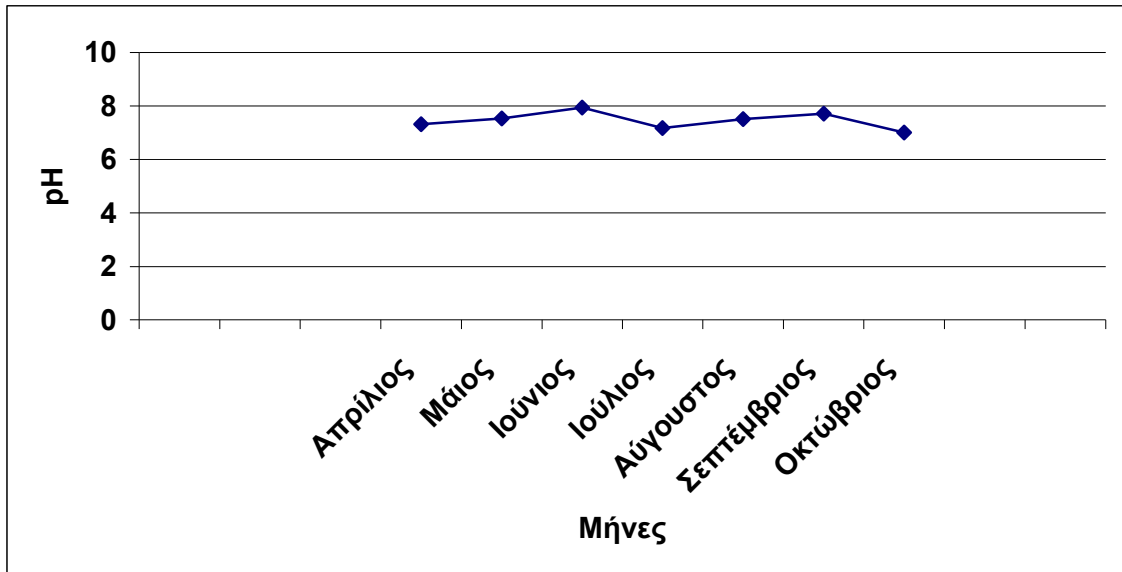
ε)



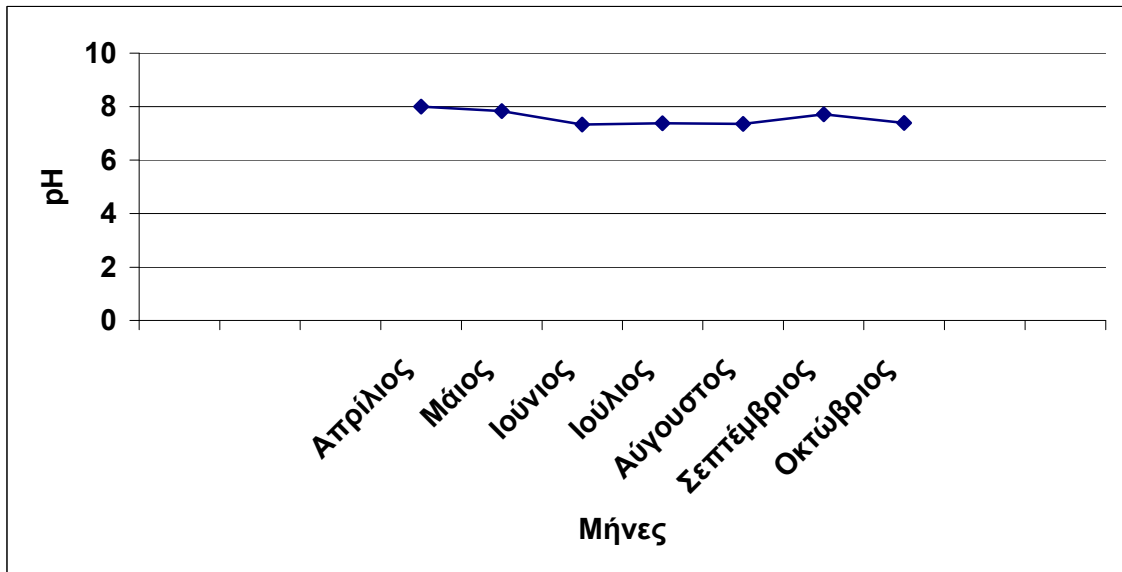
Εικόνα 6: Διακύμανση των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (μmhos/cm) στους σταθμούς δειγματοληψιών: α) Μεγάλα Καλύβια (L7) β) απόβλητα εργοστασίου γάλακτος (L6), γ) γέφυρα ΚΤΕΛ δ) γέφυρα Ασκληπιού (L4), ε) γέφυρα Τρικκαίογλου (L3).

Στο Ληθαίο ποταμό, η τιμή του pH κυμάνθηκε μεταξύ 6,79 το Μάιο στο σταθμό L5 και 8,2 τον Αύγουστο στο σταθμό L4.

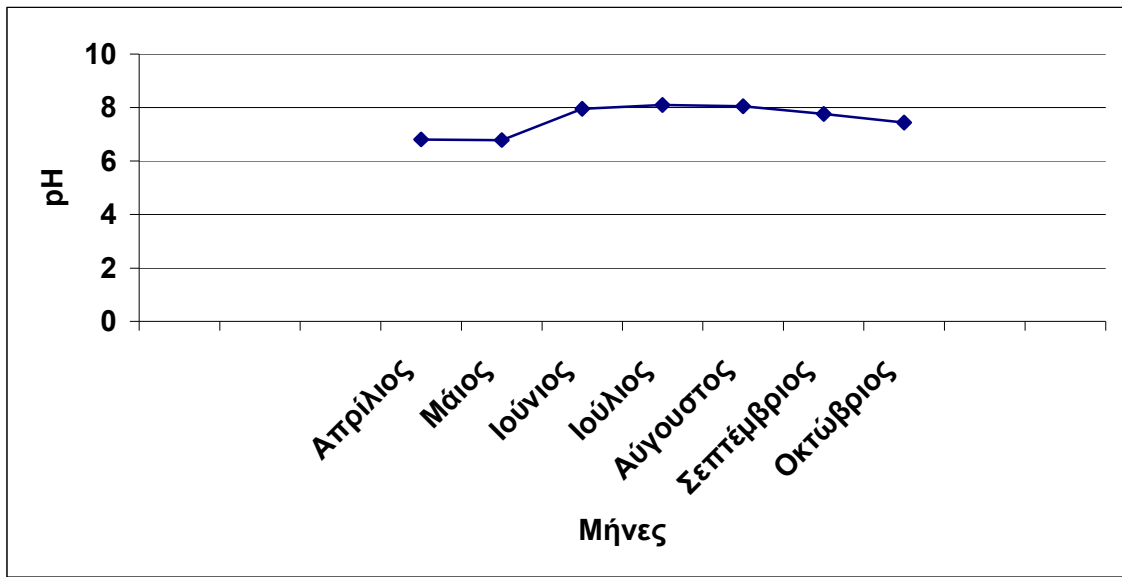
α)



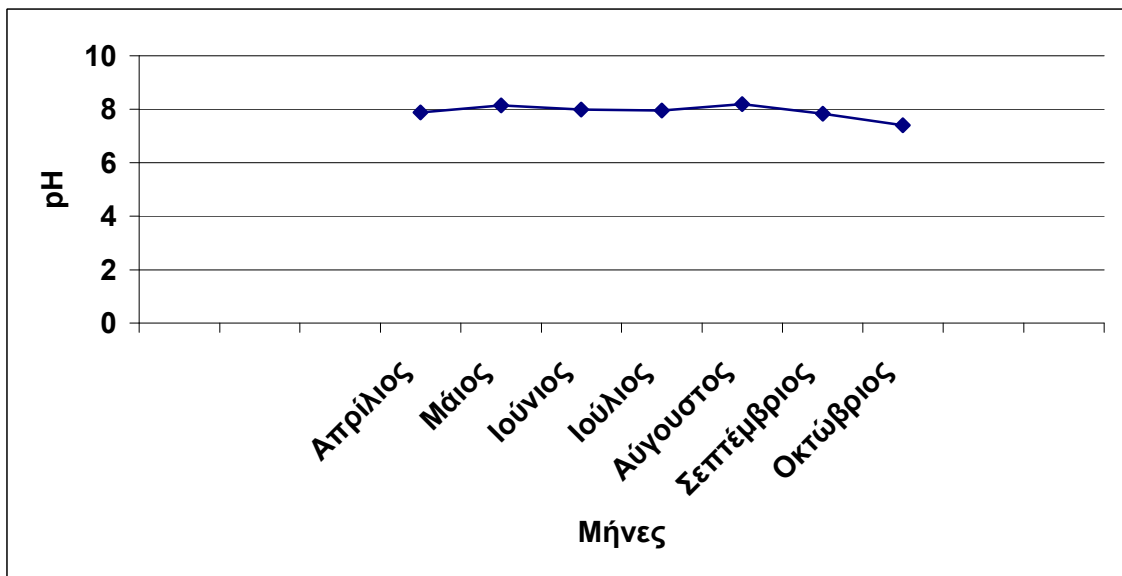
β)



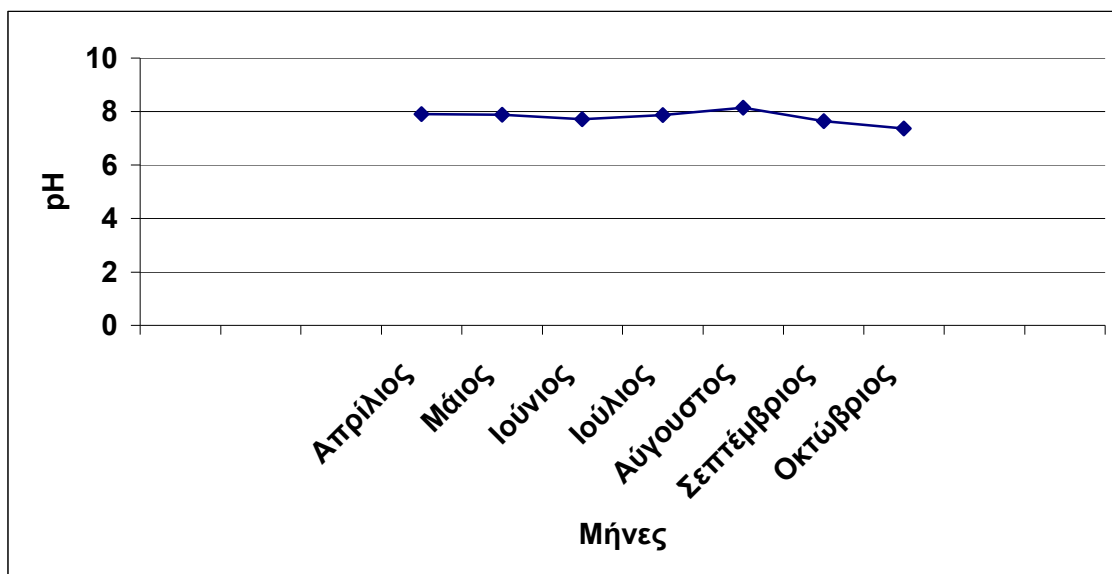
γ)



δ)



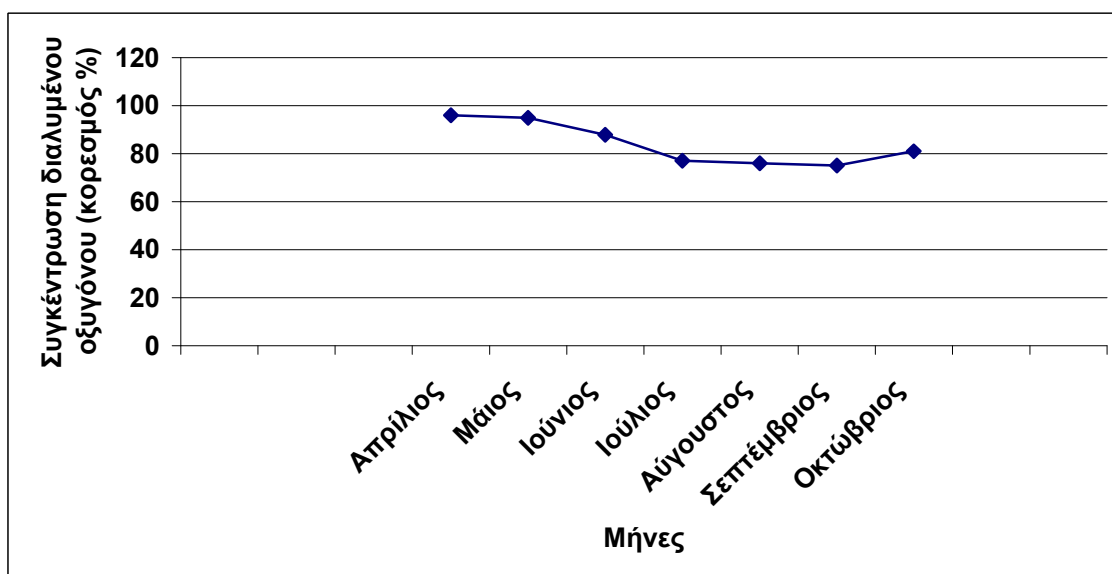
ε)



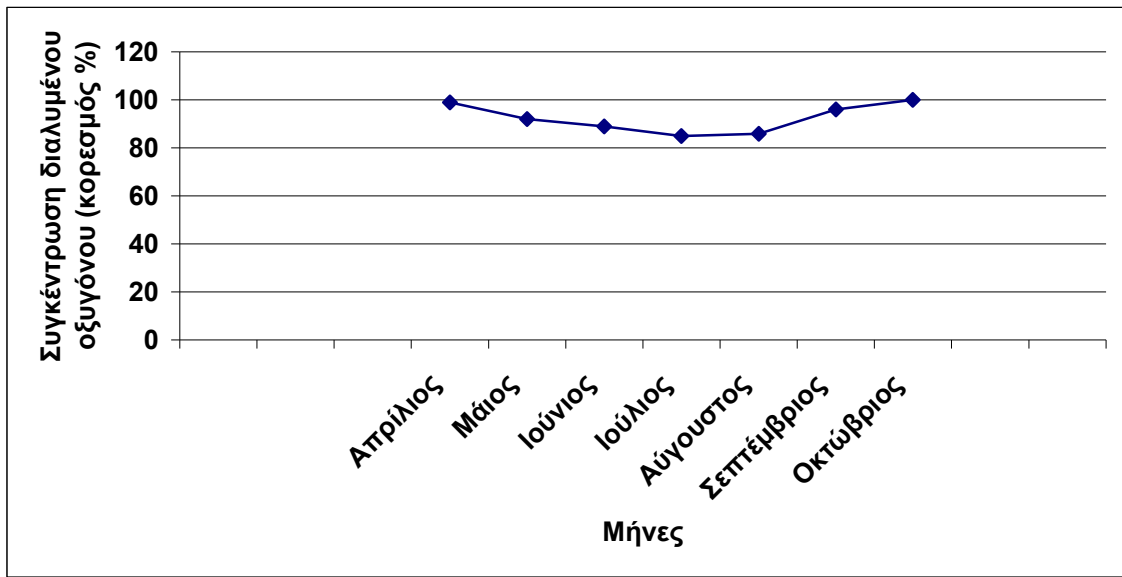
Εικόνα 7: Διακύμανση των τιμών του pH στους σταθμούς δειγματοληψιών: α) Μεγάλα Καλύβια (L7) β) απόβλητα εργοστασίου γάλακτος (L6), γ) γέφυρα ΚΤΕΛ δ) γέφυρα Ασκληπιού (L4), ε) γέφυρα Τρικκαιογλου (L3).

Το ποσοστό κορεσμού του οξυγόνου βρέθηκε στους πέντε σταθμούς από 75% στο σταθμό L7 το Σεπτέμβριο έως 100% τον Οκτώβριο στους σταθμούς L6, L5 και για τους μήνες Απρίλιο στους σταθμούς L5 και L3 και Μάιο για το σταθμό L3 (εικόνα 8).

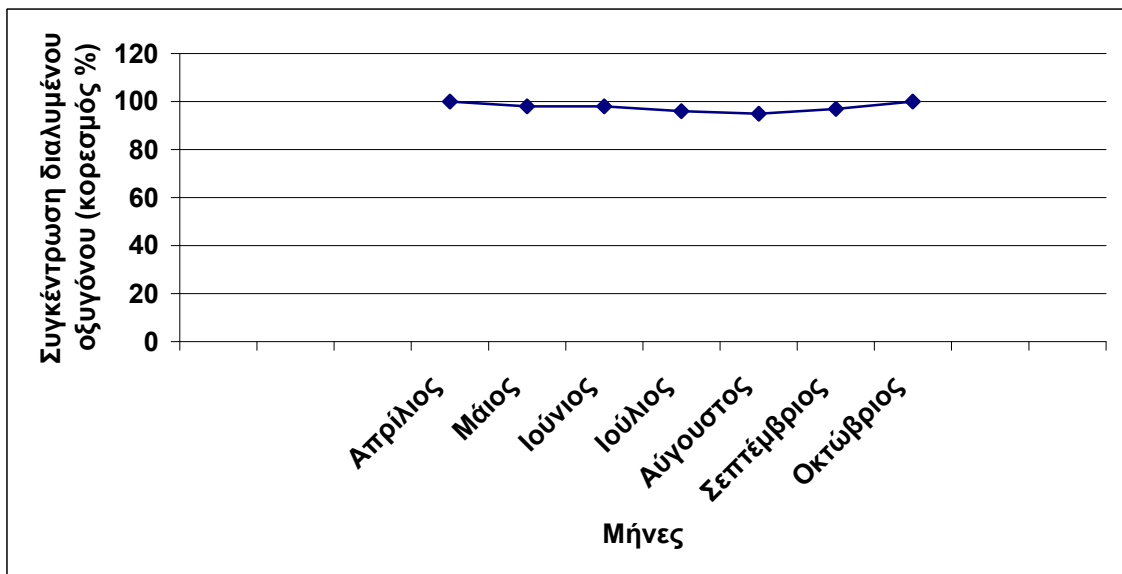
α)



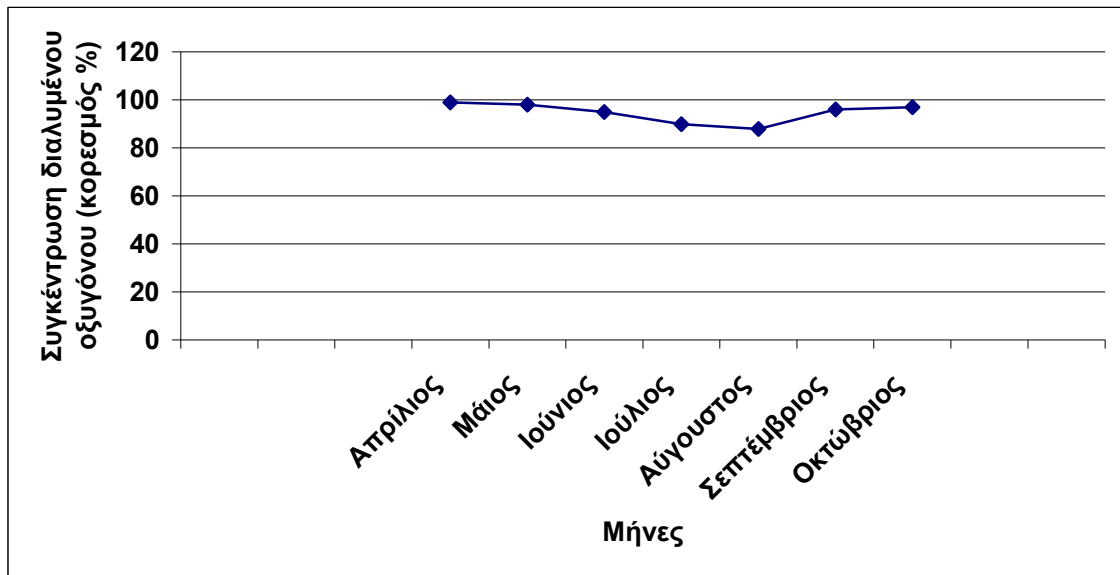
β)



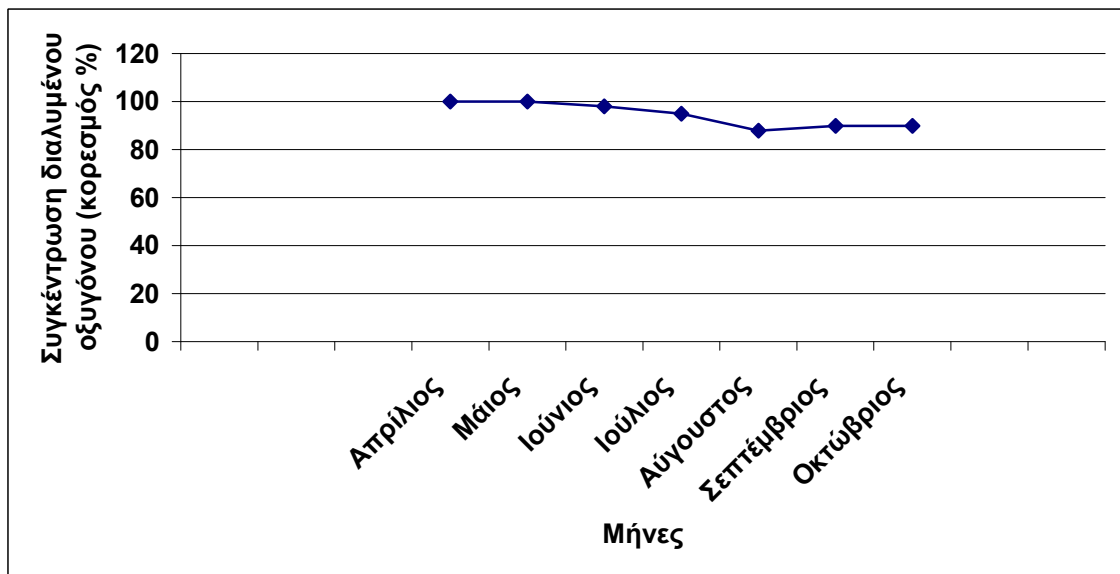
γ)



δ)



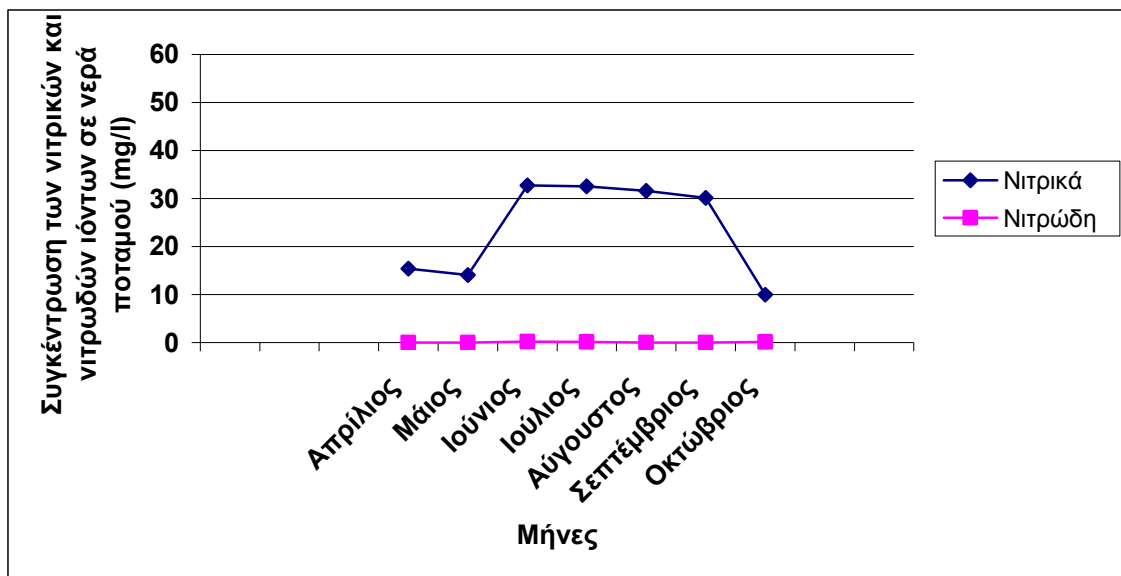
ε)



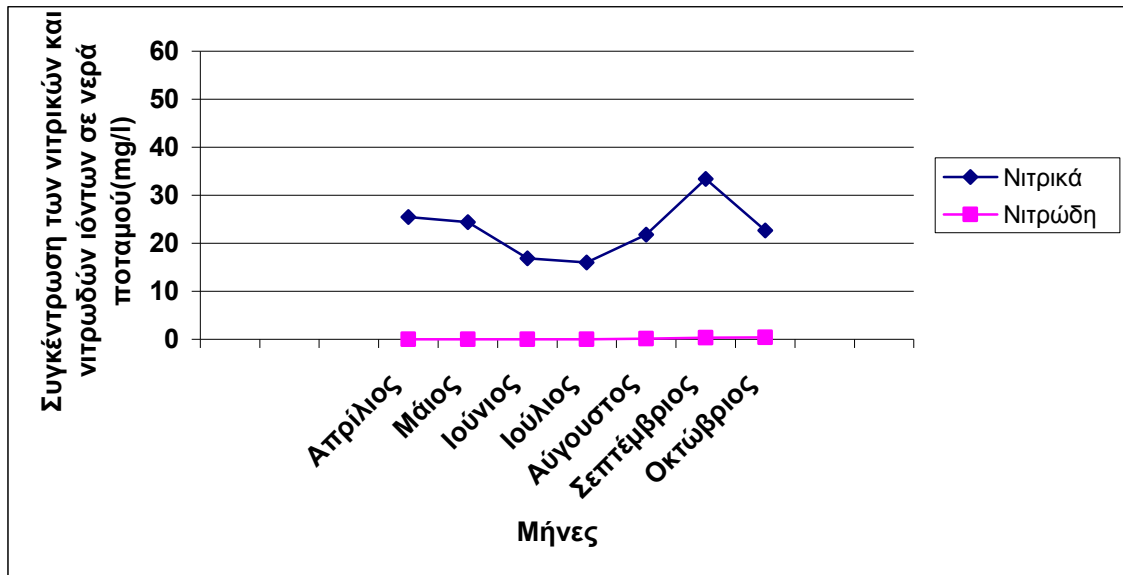
Εικόνα 8: Διακύμανση του διαλυμένου οξυγόνου (κορεσμός %) στους σταθμούς δειγματοληψιών: α) Μεγάλα Καλύβια (L7) β) απόβλητα εργοστασίου γάλακτος (L6), γ) γέφυρα ΚΤΕΛ δ) γέφυρα Ασκληπιού (L4), ε) γέφυρα Τρικκαίογλου (L3).

Στην εικόνα 9 παρουσιάζονται οι τιμές των συγκεντρώσεων νιτρικών και των νιτρωδών ιόντων στον ποταμό Ληθαίο. Η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων παρουσίασε την ελάχιστη τιμή της (10 mg/L) στο σταθμό L7 τον Οκτώβριο και τη μέγιστη (55 mg/L) στο σταθμό L4 τον Αύγουστο. Η συγκέντρωση των νιτρωδών ιόντων παρουσίασε την ελάχιστη τιμή της (<0,007 mg/L) σε όλους τους σταθμούς L7, L6, L5, L4, L3. Η ελάχιστη τιμή για το σταθμό L7 εμφανίζεται τους μήνες Απρίλιο, Μάιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο, για το σταθμό L6 από το μήνα Απρίλιο έως Ιούλιο, για το σταθμό L5 τους μήνες Ιούνιο και Σεπτέμβριο, για το σταθμό L4 από το μήνα Ιούνιο έως και τον Αύγουστο και στο σταθμό L3 δεν υπάρχει καθόλου παρουσία νιτρωδών ιόντων εκτός από το μήνα Ιούνιο. Η μέγιστη τιμή των νιτρικών (55 mg/L) φαίνεται στο σταθμό L4 τον Αύγουστο, ενώ των νιτρωδών (0,42 mg/L) στο σταθμό L4 το Σεπτέμβριο.

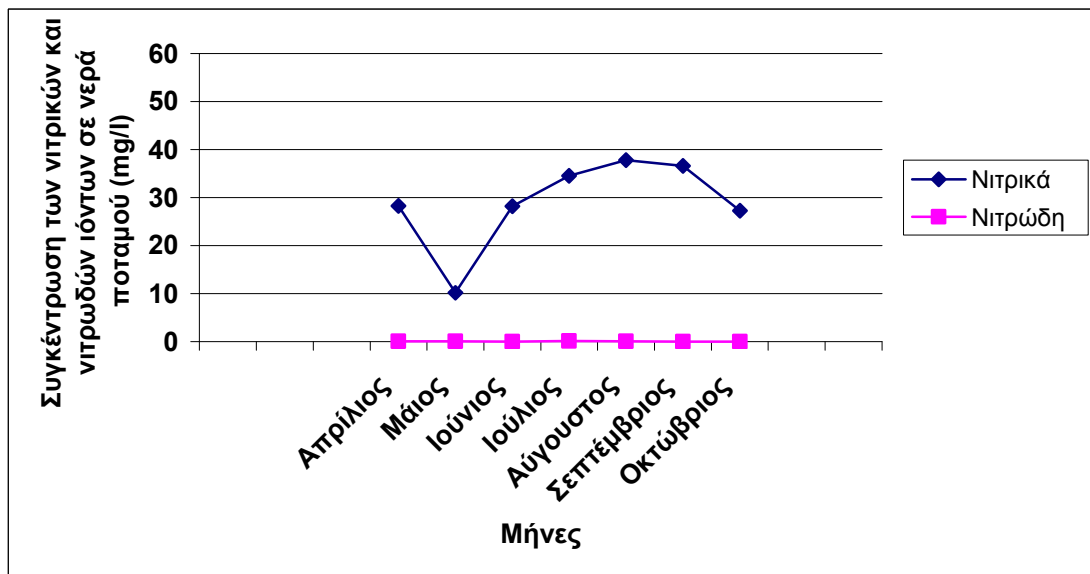
α)



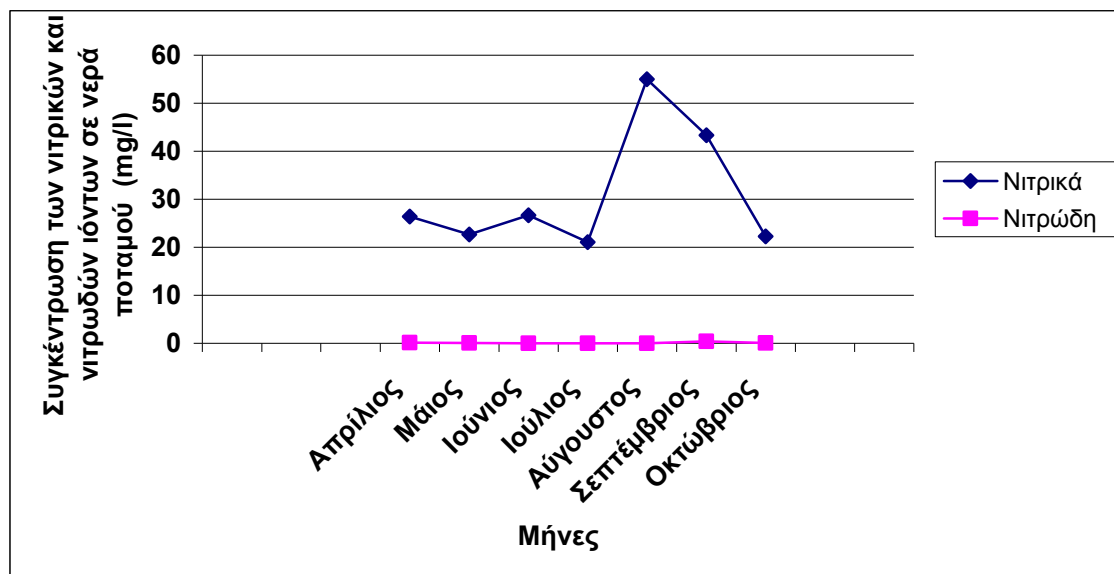
β)



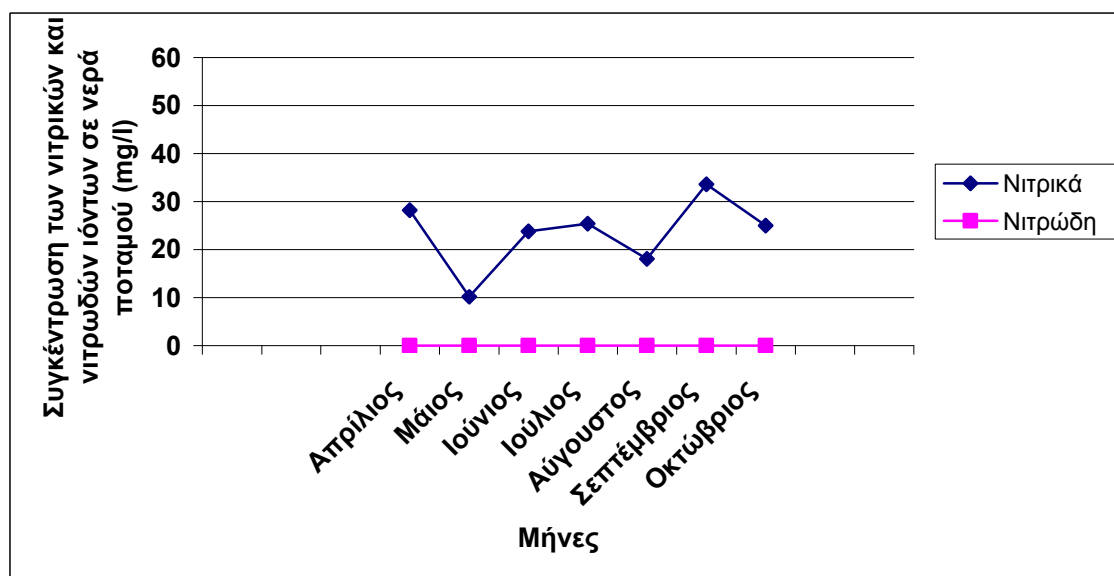
γ)



δ)



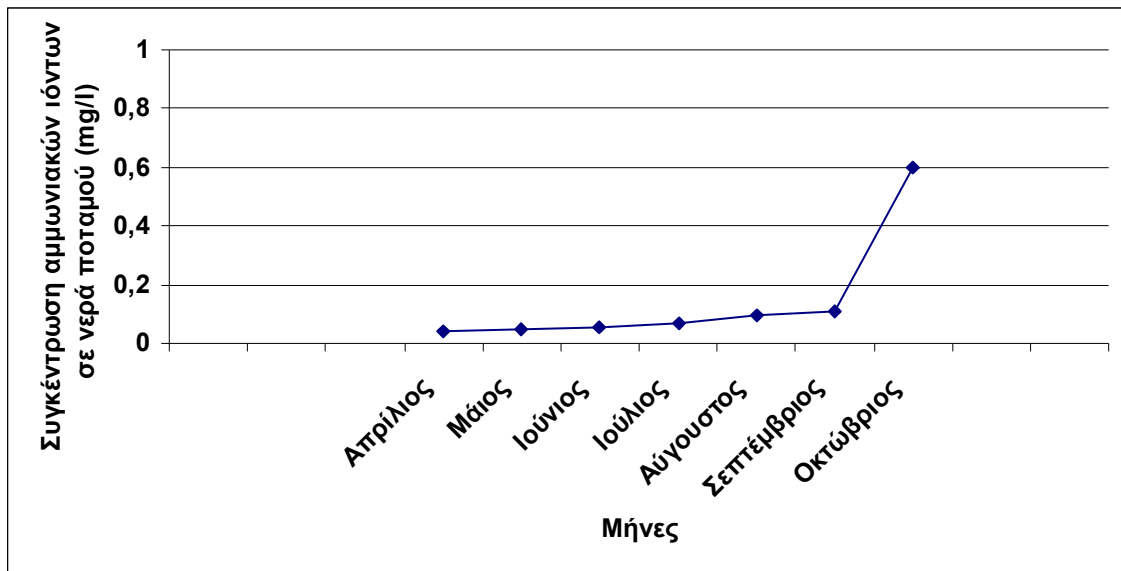
ε)



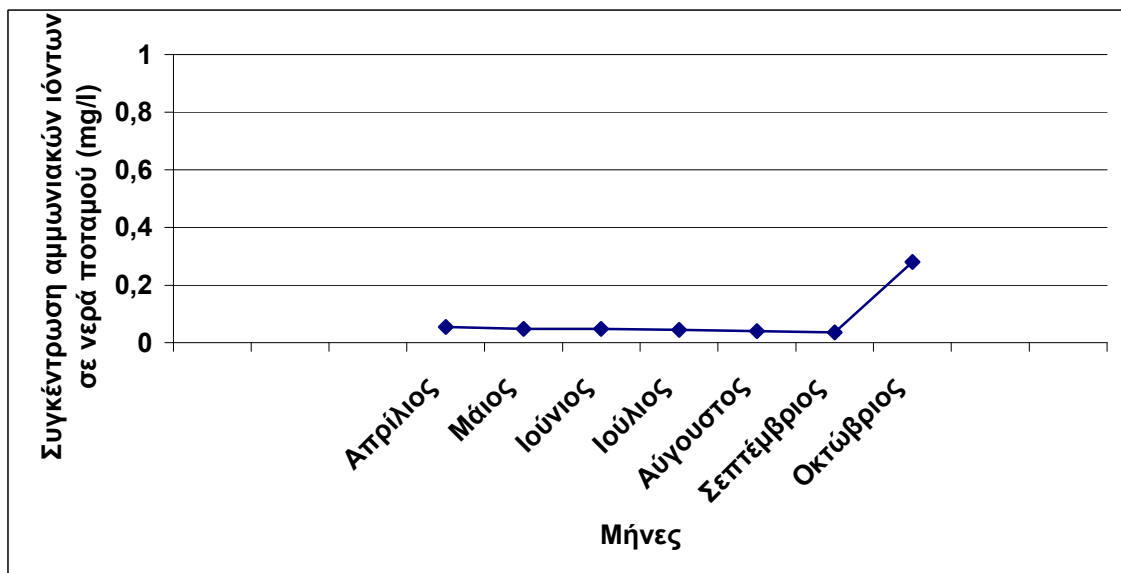
Εικόνα 9 : Η διακύμανση των νιτρικών και των νιτρωδών ιόντων στους σταθμούς δειγματοληψίας: α)Μεγάλα Καλύβια (L7) β) απόβλητα εργοστασίου γάλακτος (L6), γ) γέφυρα ΚΤΕΛ δ) γέφυρα Ασκληπιού (L4), ε) γέφυρα Τρικκαίογλου (L3).

Στην εικόνα 10 παρουσιάζονται οι τιμές των αμμωνιακών ιόντων στον ποταμό Ληθαίο. Η συγκέντρωση των αμμωνιακών ιόντων παρουσίασε την ελάχιστη τιμή της (0,01 mg/L) στο σταθμό L4 τον Ιούνιο και τη μέγιστη (0,6 mg/L) στο σταθμό L7 τον Οκτώβριο.

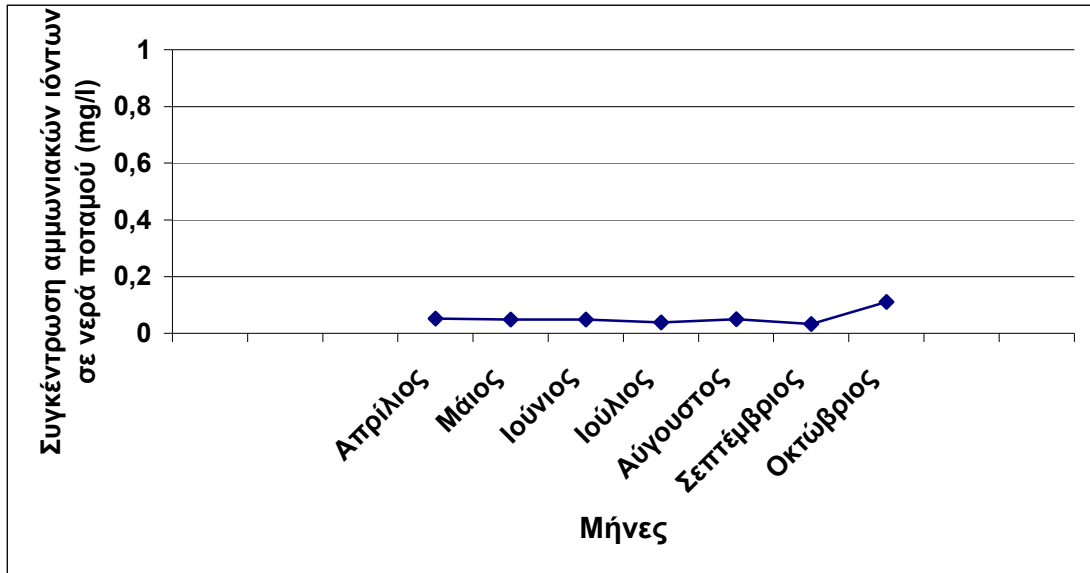
α)



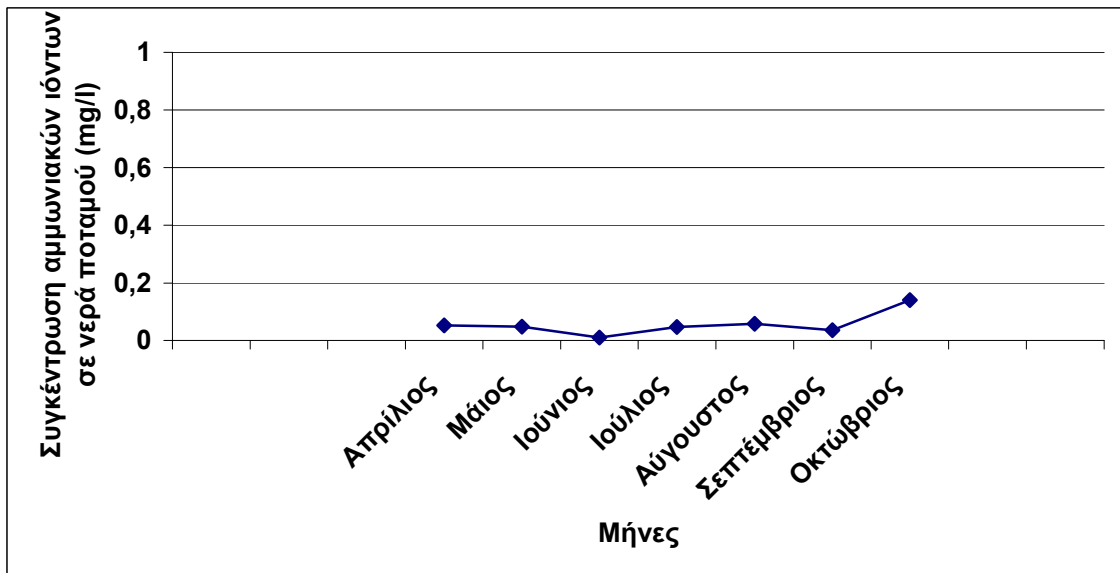
β)



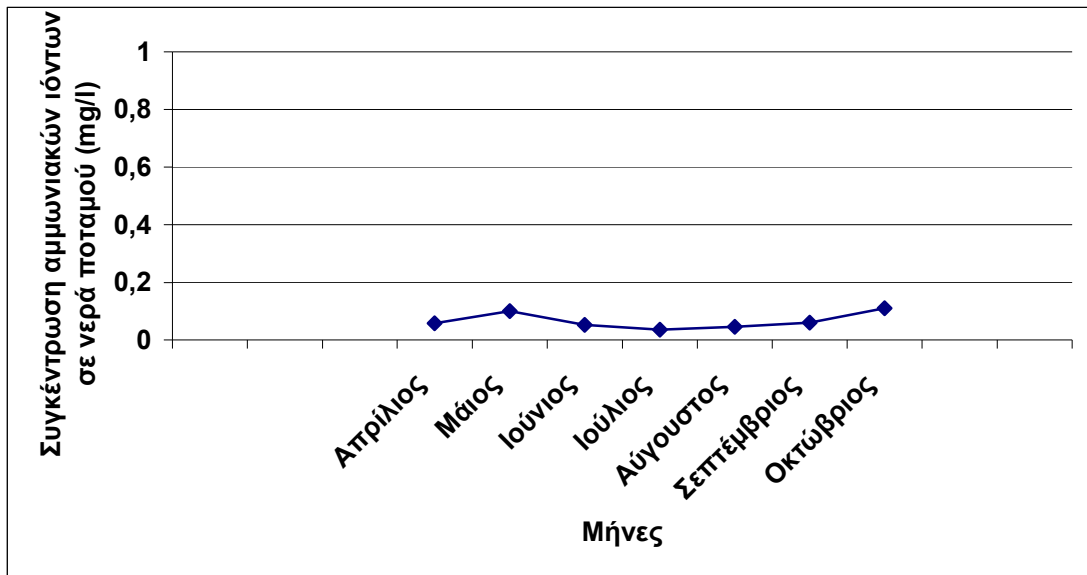
γ)



δ)



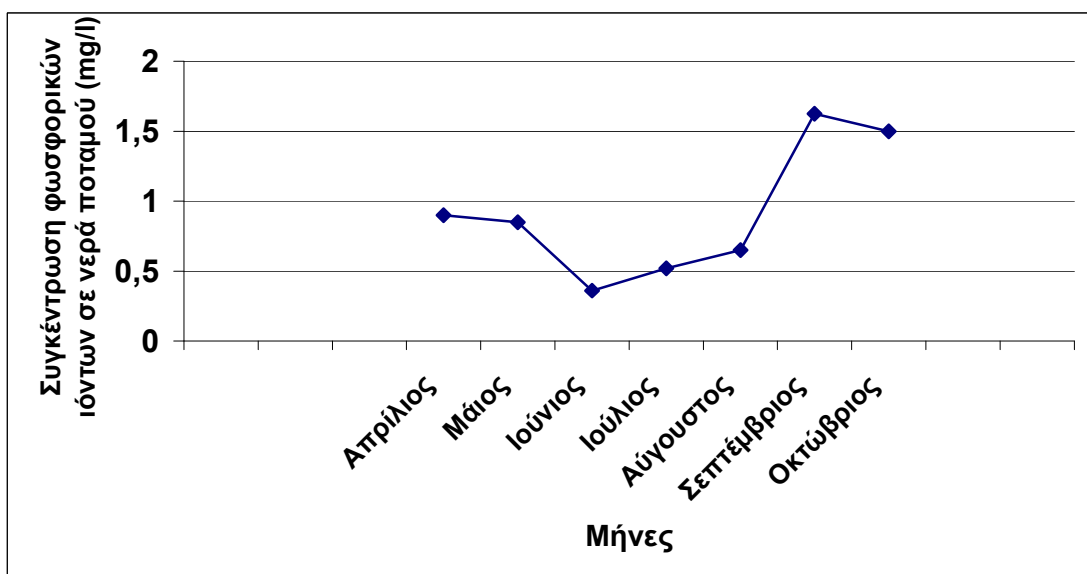
ε)



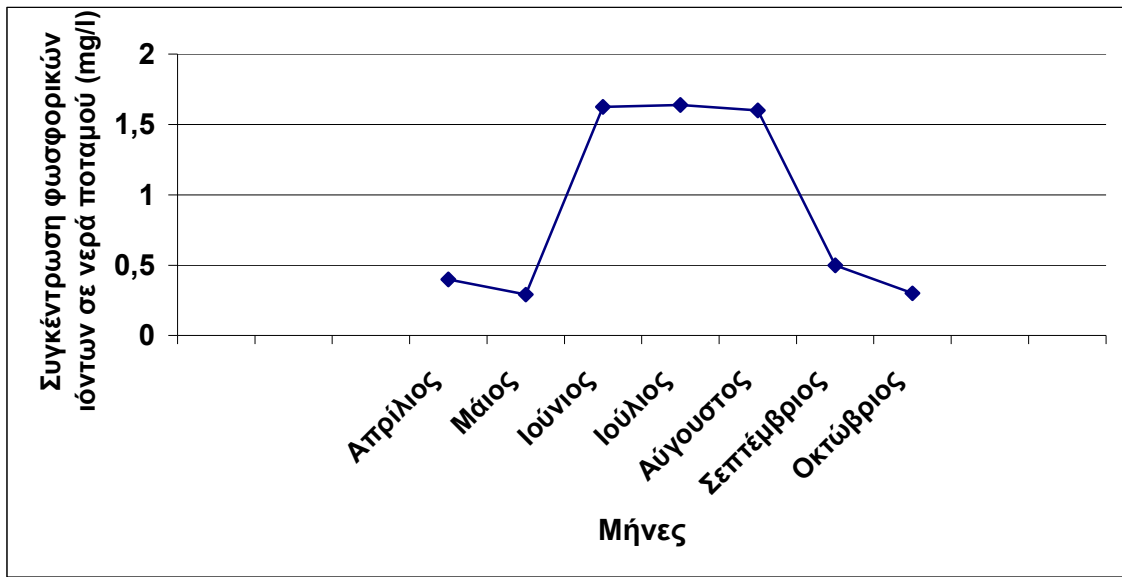
Εικόνα 10 : Η διακύμανση των αμμωνιακών ιόντων στους σταθμούς δειγματοληψίας: α) Μεγάλα Καλύβια (L7) β) απόβλητα εργοστασίου γάλακτος (L6), γ) γέφυρα ΚΤΕΛ δ) γέφυρα Ασκληπιού (L4), ε) γέφυρα Τρικκαίογλου (L3).

Στην εικόνα 11 παρουσιάζονται οι τιμές των συγκεντρώσεων των φωσφορικών ιόντων στον ποταμό Ληθαίο. Η συγκέντρωση των φωσφορικών ιόντων παρουσίασε την ελάχιστη τιμή της (<0,03 mg/L) στο σταθμό L4 τον Αύγουστο και τη μέγιστη (1,64 mg/l) στο σταθμό L6 τον Ιούλιο.

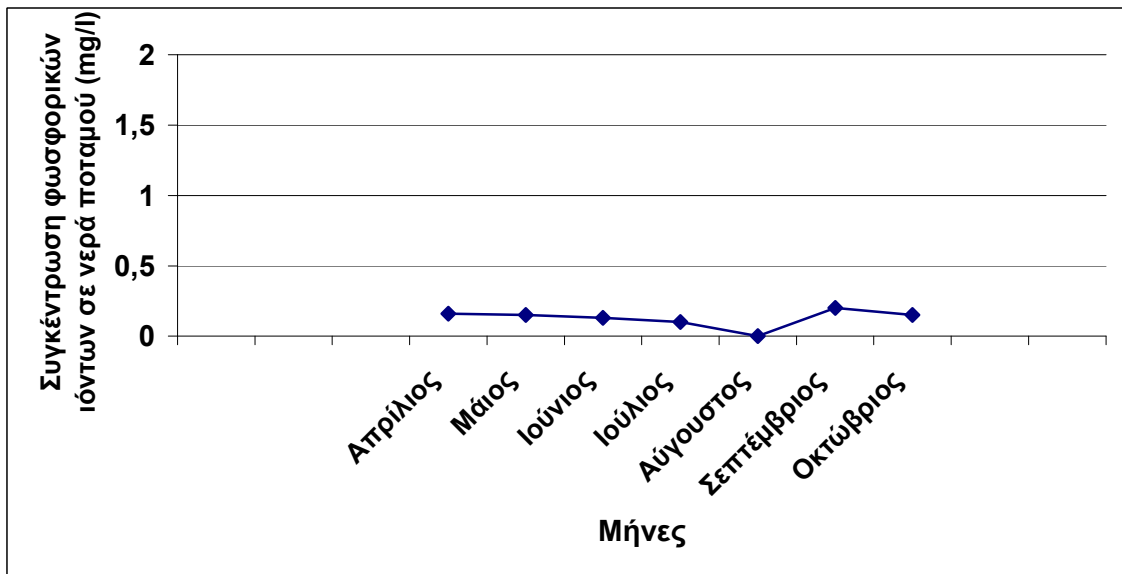
α)



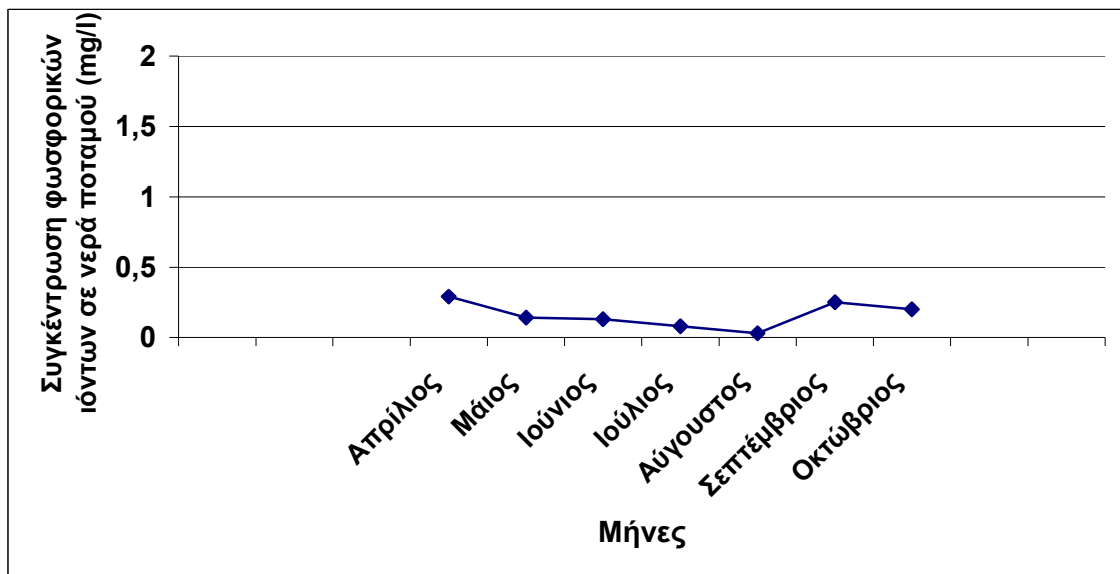
β)



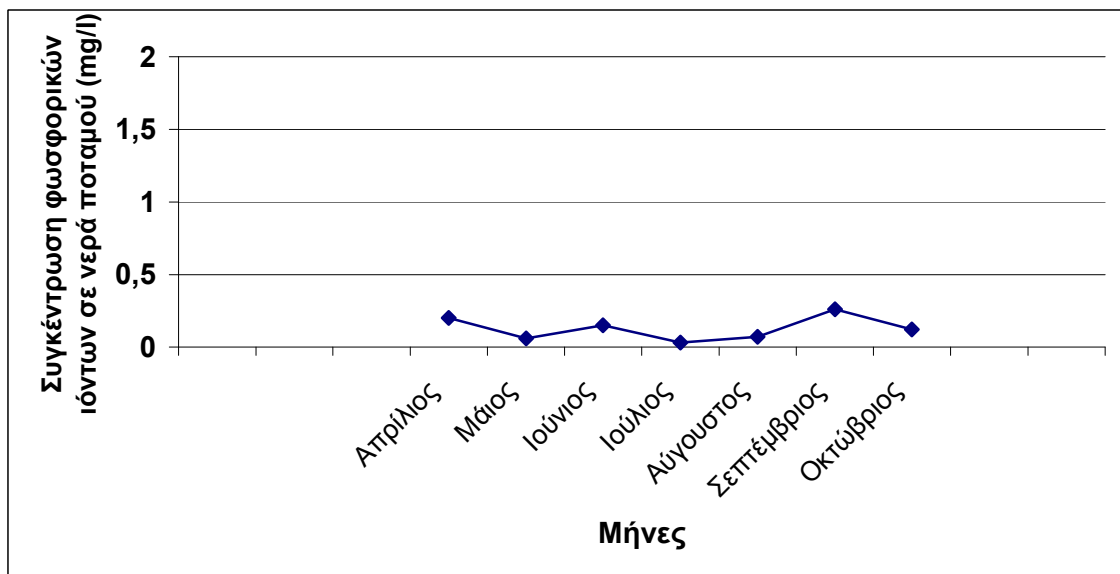
γ)



δ)



ε)

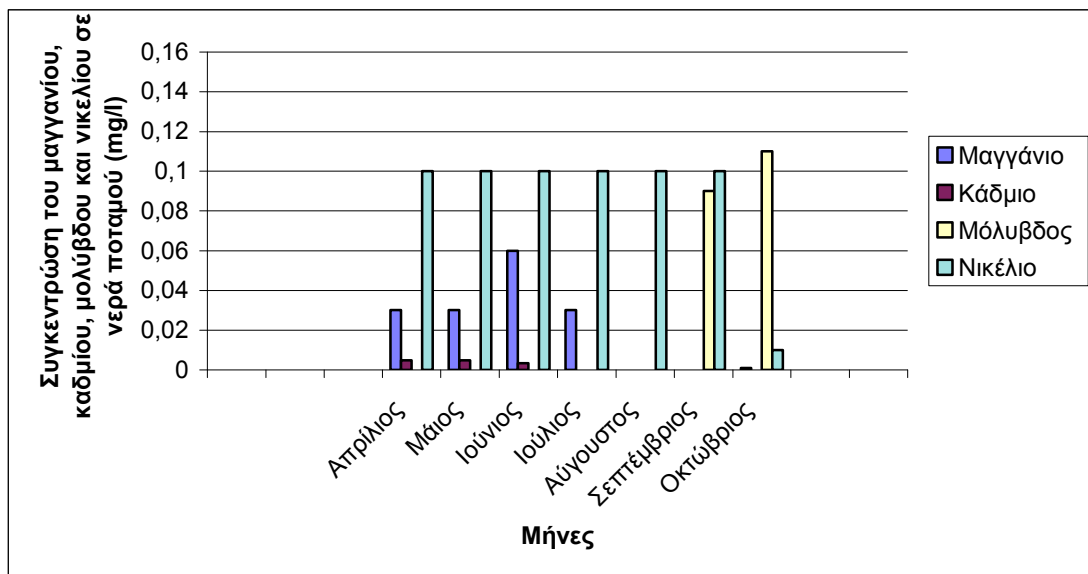


Εικόνα 11: Η διακύμανση των φωσφορικών ιόντων στους σταθμούς δειγματοληψίας: α) Μεγάλα Καλύβια (L7) β) απόβλητα εργοστασίου γάλακτος (L6), γ) γέφυρα ΚΤΕΛ δ) γέφυρα Ασκληπιού (L4), ε) γέφυρα Τρικκαίογλου (L3).

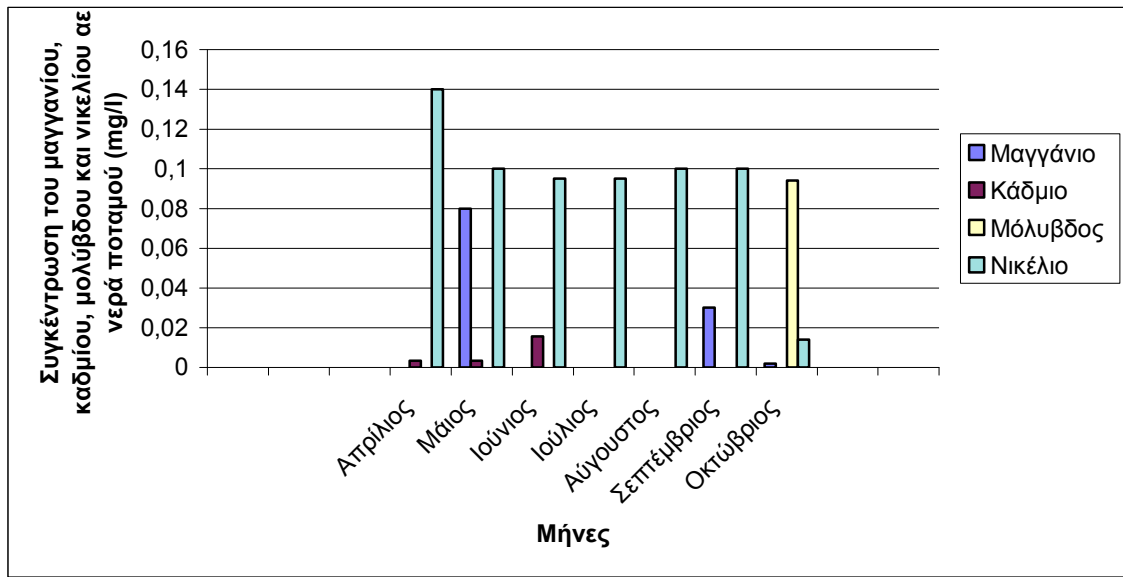
Στην εικόνα 12 παρουσιάζονται οι τιμές των συγκεντρώσεων του μαγγανίου, του καδμίου, του μολύβδου και του νικελίου στον ποταμό Ληθαίο. Η συγκέντρωση του μαγγανίου παρουσίασε την ελάχιστη τιμή της (<0,01 mg/l) στο σταθμό L7 τον Αύγουστο και Σεπτέμβριο, στο σταθμό L6 τον Απρίλιο και από Ιούνιο έως και

Αύγουστο, στο σταθμό L5 το μήνα Αύγουστο, στο σταθμό L4 τους μήνες Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο, στο σταθμό L3 τους μήνες Απρίλιο, Μάιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Οκτώβριο. Η μέγιστη τιμή (0,13 mg/l) φαίνεται τον Απρίλιο στους σταθμούς L5 και L4. Η συγκέντρωση του καδμίου παρουσίασε την ελάχιστη τιμή της (<0,002 mg/l) στο σταθμό L7 από Ιούλιο έως και Οκτώβριο, στο σταθμό L6 από Ιούλιο έως και Οκτώβριο, στο σταθμό L5 τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο, στο σταθμό L4 τους μήνες Ιούλιο, Αύγουστο και Οκτώβριο και στο σταθμό L3 από το μήνα Αύγουστο έως και τον Οκτώβριο. Μέγιστη τιμή (0,055 mg/l) εμφανίστηκε στο σταθμό L5 τον Ιούνιο. Η συγκέντρωση του μολύβδου παρουσίασε την ελάχιστη τιμή της (<0,01 mg/l) στο σταθμό L7 από το μήνα Απρίλιο έως και τον Αύγουστο, στο σταθμό L6, L5, L4 και L3 τους μήνες από Απρίλιο έως και Σεπτέμβριο. Η συγκέντρωση του νικελίου παρουσίασε την ελάχιστη τιμή της (0,001 mg/l) στο σταθμό L3 τον Οκτώβριο και τη μέγιστη (0,14 mg/l) τον Απρίλιο στους σταθμούς L6, L4 και L3.

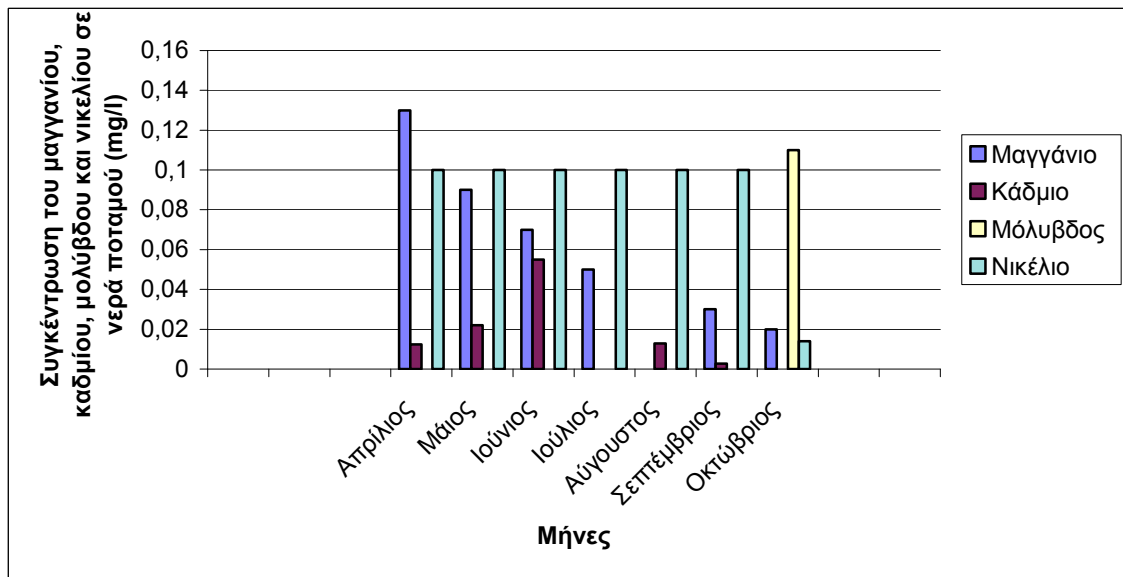
α)



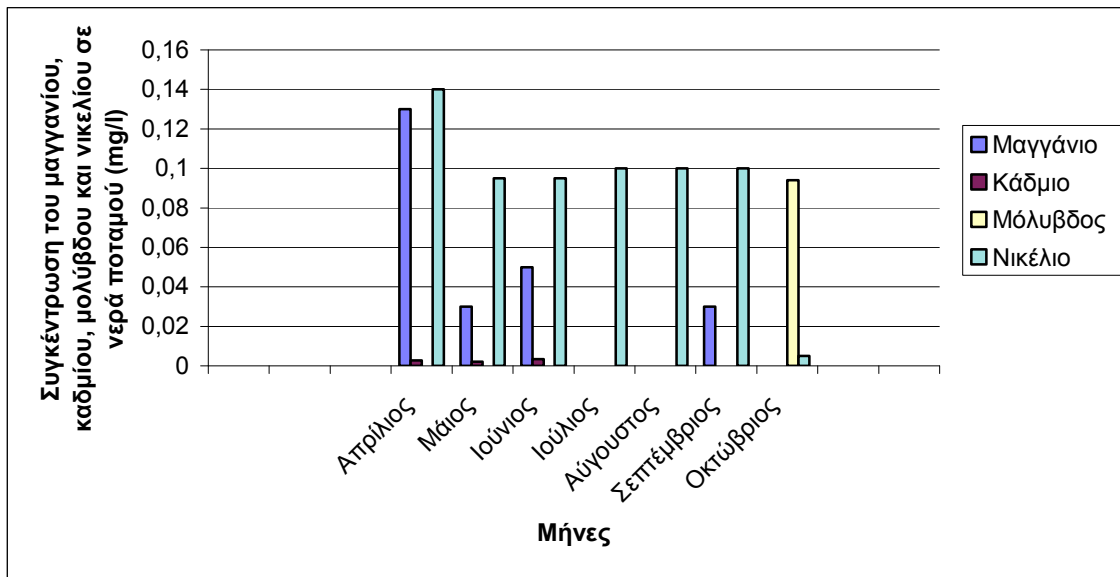
β)



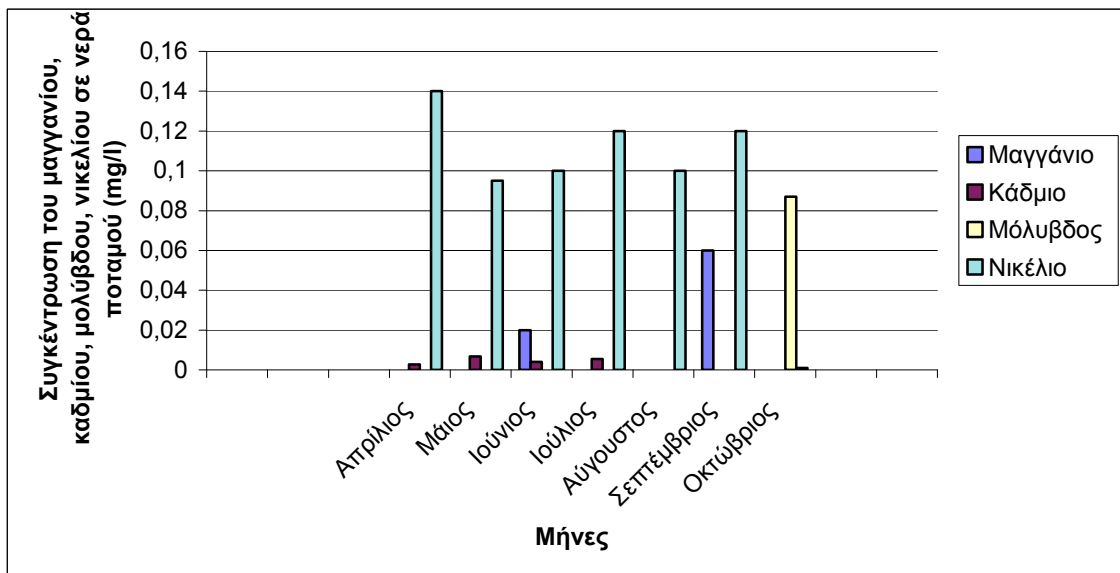
γ)



δ)

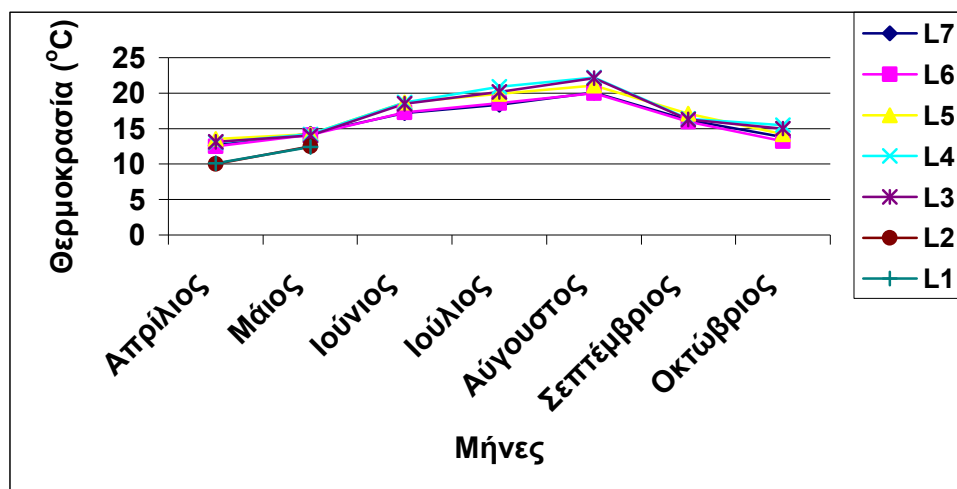


ε)



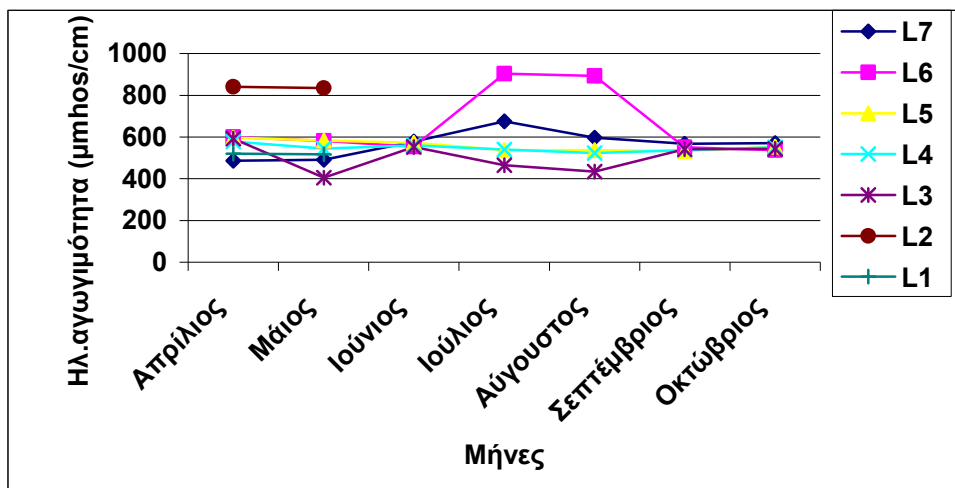
Εικόνα 12 : Η διακύμανση των συγκεντρώσεων του μαγγανίου, του καδμίου, του μολύβδου και του νικελίου στους σταθμούς δειγματοληψίας: α)Μεγάλα Καλύβια (L7) β) απόβλητα εργοστασίου γάλακτος (L6), γ) γέφυρα ΚΤΕΛ δ) γέφυρα Ασκληπιού (L4), ε) γέφυρα Τρικκαίογλου (L3).

Στην εικόνα 13 δίνονται οι τιμές της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια επτά μηνών (από Απρίλιο έως Οκτώβριο) του έτους 2005 στους επτά σταθμούς δειγματοληψιών. Η θερμοκρασία παρουσίασε την ελάχιστη τιμή της 10 °C στο σταθμό L2 τον Απρίλιο και τη μέγιστη 22,2 °C στο σταθμό L4 τον Αύγουστο.



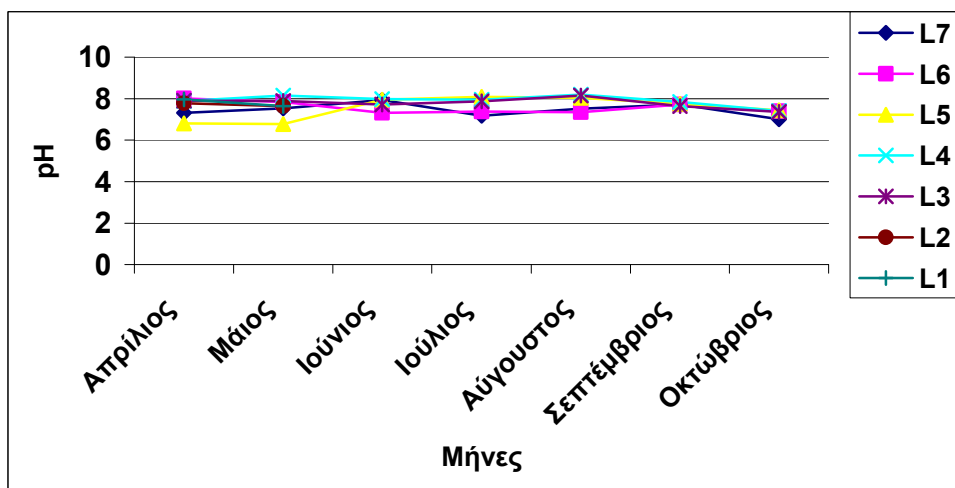
Εικόνα 13: Διακύμανση της θερμοκρασίας του νερού στους σταθμούς δειγματοληψίας: Μεγάλα Καλύβια (L7), απόβλητα εργοστασίου γάλακτος (L6), γέφυρα ΚΤΕΛ (L5), γέφυρα Ασκληπιού (L4), γέφυρα Τρικκαίογλου (L3), γέφυρα Σωτήρα (L2) και γέφυρα Θεόπετρας (L1).

Η αγωγιμότητα στα νερά του ποταμού Ληθαίου βρέθηκε μεταξύ 405 και 904 $\times 10^{-6}$ mhos \cdot cm⁻¹. Η ελάχιστη τιμή (405 μ mhos/cm) παρουσιάστηκε στο σταθμό L3 το Μάιο και η μέγιστη (904 μ mhos/cm) τον Ιούλιο στο σταθμό L6.



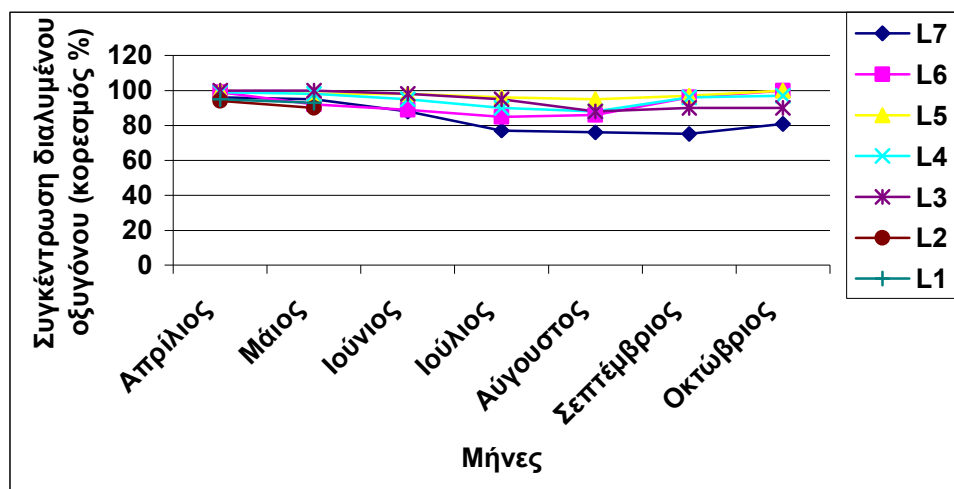
Εικόνα 14: Διακύμανση των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (μmhos/cm) στους σταθμούς δειγματοληψιών: Μεγάλα Καλύβια (L7), απόβλητα εργοστασίου γάλακτος (L6), γέφυρα ΚΤΕΛ (L5), γέφυρα Ασκληπιού (L4), γέφυρα Τρικκαίογλου (L3), γέφυρα Σωτήρα (L2) και γέφυρα Θεόπετρας (L1).

Στο Ληθαίο ποταμό, η τιμή του pH κυμάνθηκε μεταξύ 6,79 το Μάιο στο σταθμό L5 και 8,2 τον Αύγουστο στο σταθμό L4.



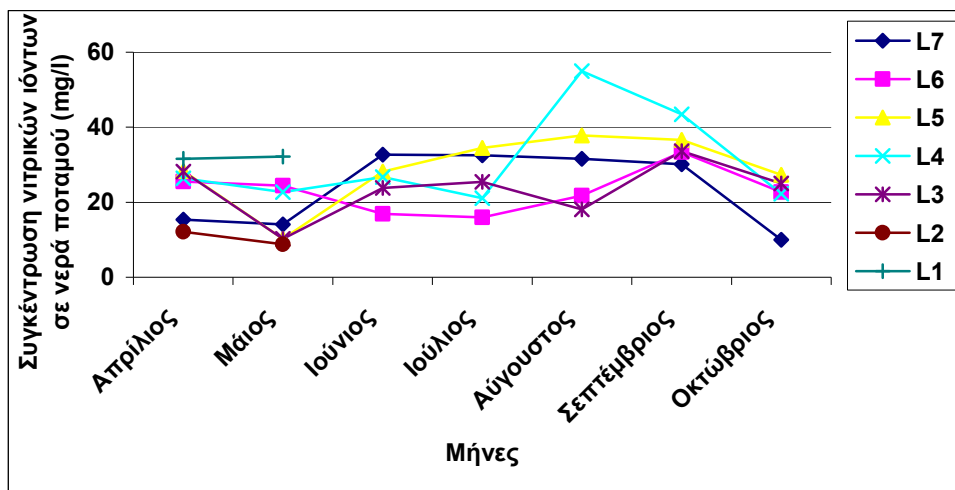
Εικόνα 15: Διακύμανση των τιμών του pH στους σταθμούς δειγματοληψιών: Μεγάλα Καλύβια (L7), απόβλητα εργοστασίου γάλακτος (L6), γέφυρα ΚΤΕΛ (L5), γέφυρα Ασκληπιού (L4), γέφυρα Τρικκαίογλου (L3), γέφυρα Σωτήρα (L2) και γέφυρα Θεόπετρας (L1).

Το ποσοστό κορεσμού του οξυγόνου βρέθηκε στους πέντε σταθμούς από 75% στο σταθμό L7 το Σεπτέμβριο έως 100% τον Οκτώβριο στους σταθμούς L6, L5 και για τους μήνες Απρίλιο στους σταθμούς L5 και L3 και Μάιο για το σταθμό L3 (εικόνα 16).



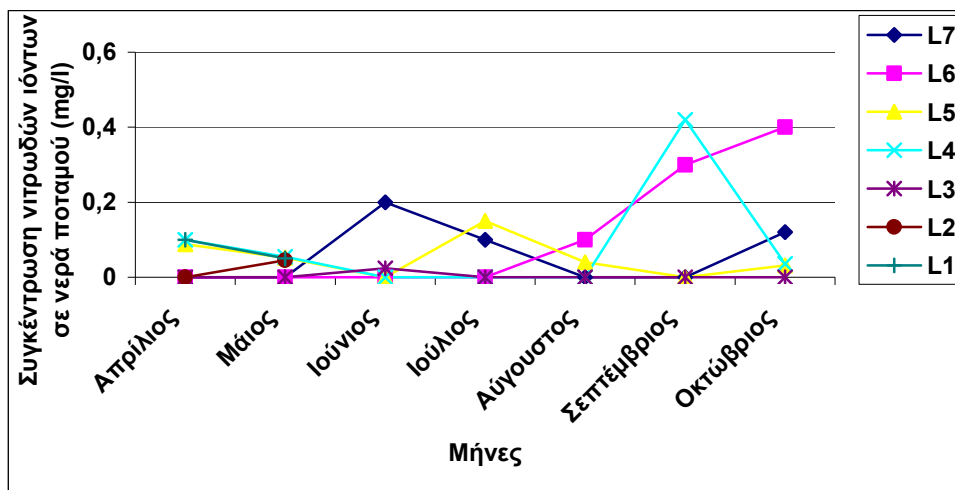
Εικόνα 16: Διακύμανση του διαλυμένου οξυγόνου (κορεσμός %) στους σταθμούς δειγματοληψιών: Μεγάλα Καλύβια (L7), απόβλητα εργοστασίου γάλακτος (L6), γέφυρα ΚΤΕΛ (L5), γέφυρα Ασκληπιού (L4), γέφυρα Τρικκαίογλου (L3), γέφυρα Σωτήρα (L2) και γέφυρα Θεόπετρας (L1).

Στην εικόνα 17 παρουσιάζονται οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων στον ποταμό Ληθαίο. Η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων παρουσίασε την ελάχιστη τιμή της (8,8 mg/l) στο σταθμό L2 το Μάιο και τη μέγιστη (55 mg/l) στο σταθμό L4 τον Αύγουστο.



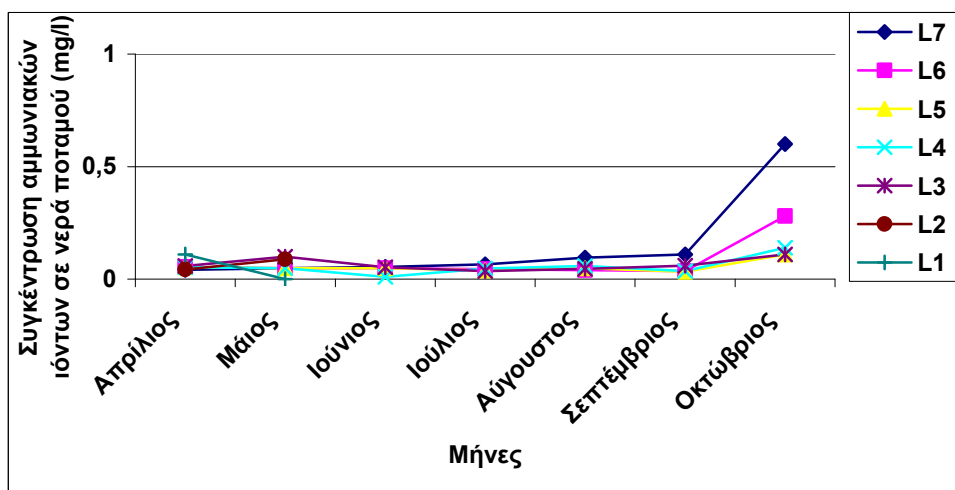
Εικόνα 17 : Η διακύμανση της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων στους σταθμούς δειγματοληψίας: Μεγάλα Καλύβια (L7), απόβλητα εργοστασίου γάλακτος (L6), γέφυρα ΚΤΕΛ (L5), γέφυρα Ασκληπιού (L4), γέφυρα Τρικαίογλου (L3), γέφυρα Σωτήρα (L2) και γέφυρα Θεόπετρας (L1).

Στην εικόνα 18 παρουσιάζονται οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων στον ποταμό Ληθαίο. Η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων παρουσίασε την ελάχιστη τιμή της (<0,007 mg/l) σε όλους τους σταθμούς L7, L6, L5, L4, L3, L2. Η ελάχιστη τιμή για το σταθμό L7 εμφανίζεται τους μήνες Απρίλιο, Μάιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο, για το σταθμό L6 από το μήνα Απρίλιο έως και Ιούλιο, για το σταθμό L5 τους μήνες Ιούνιο και Σεπτέμβριο, για το σταθμό L4 από το μήνα Ιούνιο έως και τον Αύγουστο, στο σταθμό L3 δεν υπάρχει καθόλου παρουσία νιτρικών ιόντων εκτός από το μήνα Ιούνιο και στο σταθμό L2 η ελάχιστη τιμή εμφανίζεται τον Απρίλιο. Η μέγιστη τιμή (0,42 mg/l) φαίνεται στο σταθμό L4 το Σεπτέμβριο.



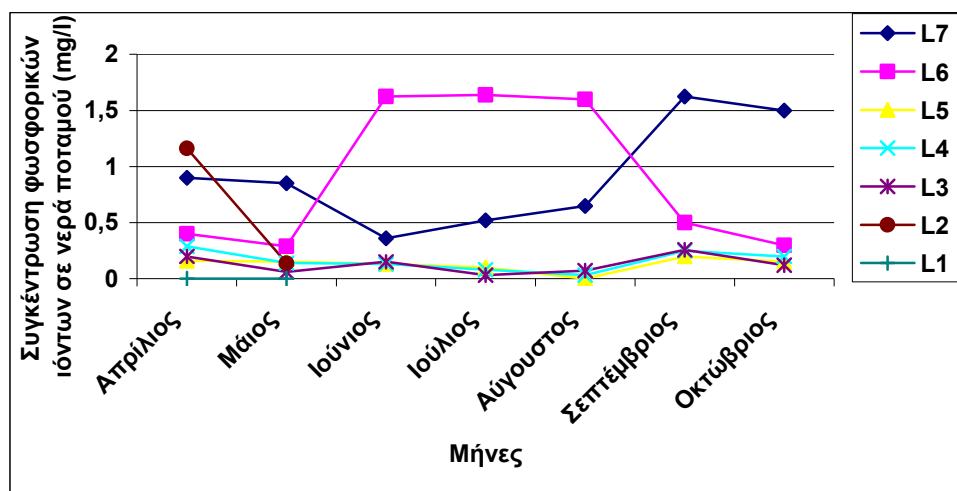
Εικόνα 18 : Η διακύμανση της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων στους σταθμούς δειγματοληψίας: Μεγάλα Καλύβια (L7), απόβλητα εργοστασίου γάλακτος (L6), γέφυρα ΚΤΕΛ (L5), γέφυρα Ασκληπιού (L4), γέφυρα Τρικκαίογλου (L3), γέφυρα Σωτήρα (L2) και γέφυρα Θεόπετρας (L1).

Στην εικόνα 19 παρουσιάζονται οι τιμές της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων στον ποταμό Ληθαίο. Η συγκέντρωση των αμμωνιακών ιόντων παρουσίασε την ελάχιστη τιμή της (<0,013 mg/l) στο σταθμό L1 το Μάιο και τη μέγιστη (0,6 mg/l) στο σταθμό L7 τον Οκτώβριο.



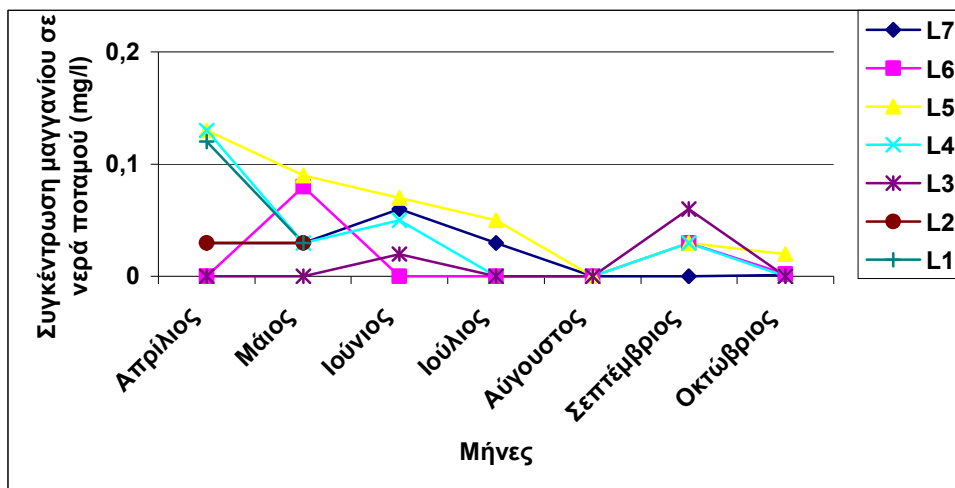
Εικόνα 19 : Η διακύμανση της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων στους σταθμούς δειγματοληψίας: Μεγάλα Καλύβια (L7), απόβλητα εργοστασίου γάλακτος (L6), γέφυρα ΚΤΕΛ (L5), γέφυρα Ασκληπιού (L4), γέφυρα Τρικκαίογλου (L3), γέφυρα Σωτήρα (L2) και γέφυρα Θεόπετρας (L1).

Στην εικόνα 20 παρουσιάζονται οι τιμές των φωσφορικών ιόντων στον ποταμό Ληθαίο. Η συγκέντρωση των φωσφορικών ιόντων παρουσίασε την ελάχιστη τιμή της (<0,03 mg/l) στους σταθμούς L4 τον Αύγουστο και L2 τον Απρίλιο και Μάιο και τη μέγιστη (1,64 mg/l) στο σταθμό L6 τον Ιούλιο.



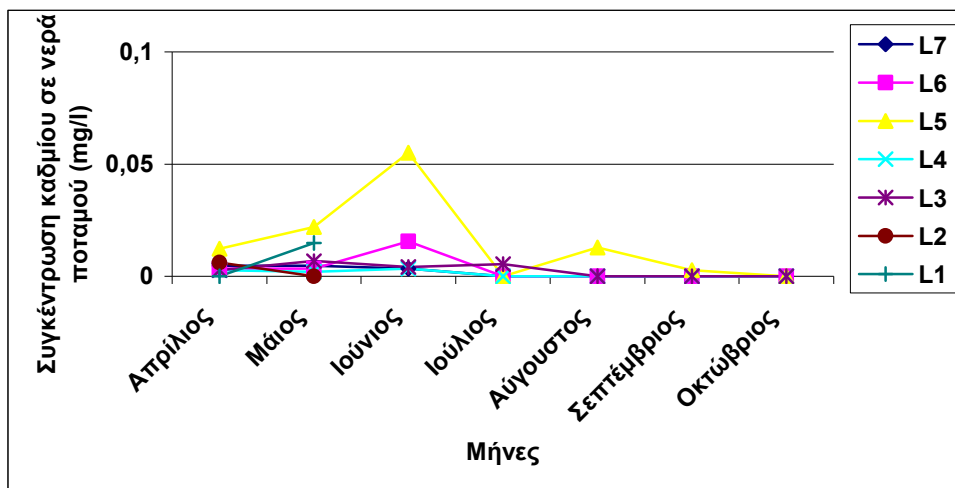
Εικόνα 20 : Η διακύμανση της συγκέντρωσης των φωσφορικών ιόντων στους σταθμούς δειγματοληψίας: Μεγάλα Καλύβια (L7), απόβλητα εργοστασίου γάλακτος (L6), γέφυρα ΚΤΕΛ (L5), γέφυρα Ασκληπιού (L4), γέφυρα Τρικκαίογλου (L3), γέφυρα Σωτήρα (L2) και γέφυρα Θεόπετρας (L1).

Στην εικόνα 21 παρουσιάζονται οι τιμές της συγκέντρωσης του μαγγανίου στον ποταμό Ληθαίο. Η συγκέντρωση του μαγγανίου παρουσίασε την ελάχιστη τιμή της (<0,01 mg/l) στο σταθμό L7 τον Αύγουστο και Σεπτέμβριο, στο σταθμό L6 τον Απρίλιο και από Ιούνιο έως και Αύγουστο, στο σταθμό L5 το μήνα Αύγουστο, στο σταθμό L4 τους μήνες Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο, στο σταθμό L3 τους μήνες Απρίλιο, Μάιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Οκτώβριο. Η μέγιστη τιμή (0,13 mg/l) φαίνεται τον Απρίλιο στους σταθμούς L5 και L4.



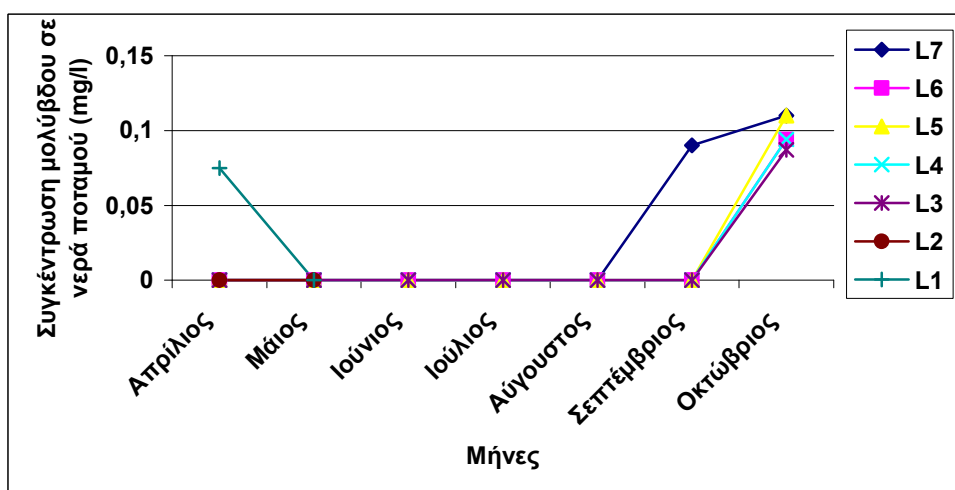
Εικόνα 21 : Η διακύμανση της συγκέντρωσης του μαγγανίου στους σταθμούς δειγματοληψίας: Μεγάλα Καλύβια (L7), απόβλητα εργοστασίου γάλακτος (L6), γέφυρα ΚΤΕΛ (L5), γέφυρα Ασκληπιού (L4), γέφυρα Τρικκαίογλου (L3), γέφυρα Σωτήρα (L2) και γέφυρα Θεόπετρας (L1).

Στην εικόνα 22 παρουσιάζονται οι τιμές της συγκέντρωσης του καδμίου στον ποταμό Ληθαίο. Η συγκέντρωση του καδμίου παρουσίασε την ελάχιστη τιμή της (<0,002 mg/l) στο σταθμό L7 από Ιούλιο έως και Οκτώβριο, στο σταθμό L6 από Ιούλιο έως και Οκτώβριο, στο σταθμό L5 τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο, στο σταθμό L4 τους μήνες Ιούλιο, Αύγουστο και Οκτώβριο, στο σταθμό L3 από το μήνα Αύγουστο έως και τον Οκτώβριο στο σταθμό L2 το Μάιο και στο σταθμό L1 τον Απρίλιο. Μέγιστη τιμή (0,055 mg/l) εμφανίστηκε στο σταθμό L5 τον Ιούνιο.



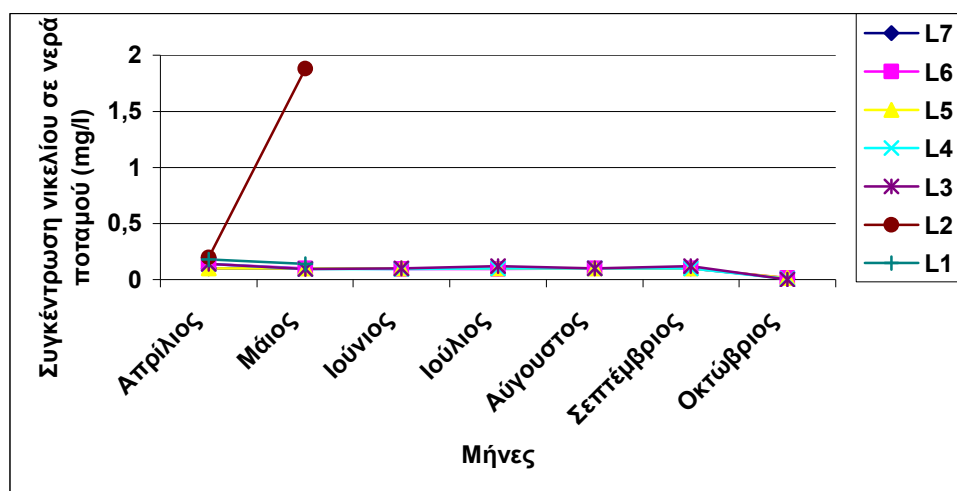
Εικόνα 22 : Η διακύμανση της συγκέντρωσης του καδμίου στους σταθμούς δειγματοληψίας: Μεγάλα Καλύβια (L7), απόβλητα εργοστασίου γάλακτος (L6), γέφυρα ΚΤΕΛ (L5), γέφυρα Ασκληπιού (L4), γέφυρα Τρικκαίογλου (L3), γέφυρα Σωτήρα (L2) και γέφυρα Θεόπετρας (L1).

Στην εικόνα 23 παρουσιάζονται οι τιμές της συγκέντρωσης του μολύβδου στον ποταμό Ληθαίο. Η συγκέντρωση του μολύβδου παρουσίασε την ελάχιστη τιμή της (<0,01 mg/l) στο σταθμό L7 από το μήνα Απρίλιο έως και τον Αύγουστο, στο σταθμό L6, L5, L4 και L3 τους μήνες από Απρίλιο έως και Σεπτέμβριο, στο σταθμό L2 τους μήνες Απρίλιο και Μάιο και στο σταθμό L1 το μήνα Μάιο.



Εικόνα 23 : Η διακύμανση της συγκέντρωσης του μολύβδου στους σταθμούς δειγματοληψίας: Μεγάλα Καλύβια (L7), απόβλητα εργοστασίου γάλακτος (L6), γέφυρα ΚΤΕΛ (L5), γέφυρα Ασκληπιού (L4), γέφυρα Τρικκαίογλου (L3), γέφυρα Σωτήρα (L2) και γέφυρα Θεόπετρας (L1).

Στην εικόνα 24 παρουσιάζονται οι τιμές της συγκέντρωσης του νικελίου στον ποταμό Ληθαίο. Η συγκέντρωση του νικελίου παρουσίασε την ελάχιστη τιμή της (0,001 mg/l) στο σταθμό L3 τον Οκτώβριο και τη μέγιστη (0,14 mg/l) τον Απρίλιο στους σταθμούς L6, L4 και L3.



Εικόνα 24 : Η διακύμανση της συγκέντρωσης του νικελίου στους σταθμούς δειγματοληψίας: Μεγάλα Καλύβια (L7), απόβλητα εργοστασίου γάλακτος (L6), γέφυρα Ασκληπιού (L4), γέφυρα Τρικκαίογλου (L3), γέφυρα Σωτήρα (L2) και γέφυρα Θεόπετρας (L1).

4.ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα επιφανειακά ρέοντα υδάτινα συστήματα είναι ανανεώσιμοι φυσικοί πόροι, αποτελούν όμως συχνά αποδέκτες αστικών, βιομηχανικών και γεωργικών αποβλήτων με συνέπεια τη διατάραξη της φυσικοχημικής τους σύστασης. Η εξασφάλιση καλής κατάστασης των επιφανειακών υδάτων επιβάλλει έγκαιρη δράση και σταθερό μακροπρόθεσμο σχεδιασμό μέτρων προστασίας, λόγω της φυσικής καθυστέρησης στο σχηματισμό και την ανανέωσή τους. Η θέσπιση μέτρων για την επίτευξη καλής κατάστασης των επιφανειακών υδάτων και αναστροφής κάθε σημαντικής και επίμονης ανοδικής τάσης συγκέντρωσης οποιουδήποτε ρύπου, στηρίζεται στην αναγνώριση της φυσικοχημικής και οικολογικής ποιότητας, μέσω της συστηματικής παρακολούθησης της (Οδηγία 2000/60/ΕΚ).

Υδρολογικές διεργασίες κινούν φυσικά το νερό που περιέχει διαλυμένα ή μη συστατικά που συμμετέχουν σε φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες. Οι διεργασίες αυτές περιλαμβάνουν ιοντικές μετατροπές, απορρόφηση και αποδέσμευση, αφομοίωση διαμέσου του μεταβολισμού των έμβιων όντων. Τα χημικά συστατικά μπορεί να μεταφέρονται από την υδάτινη στήλη στην κοίτη του ποταμού. Κάποιες από αυτές τις ουσίες θα προσληφθούν για να ενσωματωθούν στους ζωντανούς οργανισμούς, ενδεχομένως να μεταφερθούν σε άλλους οργανισμούς και διαδοχικά να ελευθερωθούν κατά την απέκκριση ή την αποσύνθεση στην υδάτινη στήλη και να συνεχίσουν τη κίνησή τους προς την κατεύθυνση του ρεύματος. (Wetzel, 2001).

Οι φυσικοχημικές συνθήκες που επικρατούν και η συμπεριφορά των διαφόρων ιόντων και οργανικών ουσιών στα ρέοντα ύδατα δεν διαφέρουν από τα άλλα υδάτινα συστήματα. Ωστόσο, τα ρέοντα ύδατα διαφέρουν από τις λίμνες ως προς τη σύσταση, τη συγκέντρωση και την κατανομή των διαφόρων υλικών κατά μήκος του ρεύματος. Οι βροχοπτώσεις καθώς και η φύση του πυθμένα, επηρεάζουν επίσης σημαντικά τη σύσταση των υδάτων μικρών ρευμάτων. Το γεγονός αυτό έχει σαν συνέπεια την εμφάνιση βασικών διαφορών σε ρεύματα της ίδιας περιοχής. Αντίθετα, τα ύδατα μεγάλων ρευμάτων τυπικά τουλάχιστον παρουσιάζουν μια γενική ομοιογένεια της συστάσεως τους, έτσι ώστε να παρέχεται η δυνατότητα εκφράσεως των μέσων όρων των χαρακτηριστικών τους (Παπουτσόγλου, 1992). Η ποιότητα των ποτάμιων νερών μπορεί να ποικίλει ανάλογα με τη γεωμορφολογία, τη βλάστηση και

δραστηριότητες στη λεκάνη απορροής, όπως και στη θέση δειγματοληψίας, είτε αντίθετα προς το ρεύμα στα βουνά είτε χαμηλότερα στο ίδιο τμήμα της ποτάμιας πορείας (Fytianos *et al.*, 2001).

Η ποιότητα των λυμάτων και αποβλήτων που διατίθενται σε επιφανειακά νερά καθορίζεται με νομοθετικές πράξεις εξειδικευμένες για κάθε αποδέκτη. Οι όροι που διέπουν τη διάθεση των λυμάτων και αποβλήτων σε λίμνες, ποτάμια, χείμαρρους ή τη θάλασσα προσδιορίζονται με επιμέρους νομαρχιακές ή διανομαρχιακές αποφάσεις, ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες κάθε περιοχής. Σε γενικές γραμμές όμως παρουσιάζεται σύγκλιση πολλών νομαρχιακών αποφάσεων στην τήρηση των ορίων απόρριψης υγρών αποβλήτων (Ζανάκη, 2001). Στην Ελλάδα, η ποιότητα των νερών που προορίζονται για κολύμβηση, διαβίωση ψαριών σε γλυκά νερά και καλλιέργεια και αλιεία οστρακοειδών, καθορίζεται από τη Διϋπουργική Απόφαση αρ.οικ.46399/1352 (ΦΕΚ 438 Β', 3-7-1986) σε συμμόρφωση με τις σχετικές Οδηγίες του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. Στην Απόφαση αυτή, καθορίζονται τα ανώτατα επιτρεπτά όρια που πρέπει να διαθέτουν τα ύδατα, ανάλογα με τη χρήση τους (κολύμβηση, διαβίωση ψαριών κ.α, Ζανάκη, 2001).

Τα νερά που προορίζονται για τη διαβίωση ψαριών κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με το είδος των ψαριών που μπορούν να επιβιώσουν και να αναπαραχθούν στο εξεταζόμενο νερό, σε νερά σαλμονιδών όπου αναπτύσσονται ή δύνανται να αναπτυχθούν ψάρια που ανήκουν σε είδη, όπως οι σολωμοί (*Salmo salar*) και οι πέστροφες (*Salmo Trutta*) ή σε νερά κυπρινιδών όπου αναπτύσσονται ή δύνανται να αναπτυχθούν ψάρια που ανήκουν σε είδη, όπως τα είδη κυπρίνος (*Cyprinus carpio*), οι πέρκες (*Perca fluviatilis*) και τα χέλια (*Anguilla anguilla*). Τα πρότυπα ποιότητας γλυκών υδάτων για τη διαβίωση σαλμονιδών είναι το ανώτατο επιτρεπτό όριο για τη θερμοκρασία είναι 21,5 °C, για το διαλυμένο οξυγόνο 50% δειγμάτων >9 mg/l, 100% δειγμάτων >7 mg/l, το επιθυμητό όριο για το pH είναι από 6,5 έως 8,5 και το ανώτατο επιτρεπτό όριο από 6,0 έως 9,0, το επιθυμητό όριο για τα νιτρώδη 0,01 mg/l και η ολική αμμωνία mg/l NH₄ 0,04 mg/l και το ανώτατο επιτρεπτό όριο 1 mg. Τα πρότυπα ποιότητας γλυκών υδάτων για τη διαβίωση κυπρινιδών είναι το επιθυμητό όριο για τη θερμοκρασία είναι 25 °C, το ανώτατο επιτρεπτό όριο για τη θερμοκρασία είναι 28 °C, για το διαλυμένο οξυγόνο το επιθυμητό όριο είναι 50% δειγμάτων >8 mg/l, 100% δειγμάτων >5 mg/l. το ανώτατο επιτρεπτό όριο 50% δειγμάτων >5 mg/l, 100% δειγμάτων >4 mg/l, το επιθυμητό όριο για το pH είναι από 5,5 έως 8,5 και το ανώτατο επιτρεπτό όριο από 6,0 έως 9,0, το

επιθυμητό όριο για τα νιτρώδη 0,03 mg/l και η ολική αμμωνία mg/l NH₄ 0,4 mg/l και το ανώτατο επιτρεπτό όριο 1 mg/l.

Με απόφαση του Νομαρχιακού Συμβουλίου Τρικάλων (1938/26-5-2003), τα όρια των συγκεντρώσεων των παραμέτρων ποιότητας των νερών των ποταμών του νομού, δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Όρια αποδέκτη βάσει απόφασης Νομαρχιακού Συμβουλίου Τρικάλων 1938/26-5-2003 για θερμοκρασία νερού, αγωγιμότητα, pH, κορεσμό οξυγόνου, συγκεντρώσεις νιτρικών, νιτρωδών, αμμωνιακών και φωσφορικών ιόντων, όπως και για συγκεντρώσεις μαγγανίου και μολύβδου.

| ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ | ΟΡΙΑ | |
|-------------------|---|---|
| | για διαβίωση ψαριών* | για άρδευση* |
| Θερμοκρασία | 21-28 °C | 22-30 °C |
| Αγωγιμότητα | | 2500 μS/cm |
| pH | 6,5-8,5 | 6,5-9,5 |
| Διαλυμένο Οξυγόνο | >50% (κορεσμός) | |
| Νιτρικά | | 50 mg/l NO ₃ ⁻ |
| Νιτρώδη | 0,01-0,03 mg/l NO ₂ ⁻ | 0,5 mg/l NO ₂ ⁻ |
| Αμμωνία | 0,04-1 mg/l NH ₄ ⁺ | 1-1,5 mg/l NH ₄ ⁺ |
| Φωσφορικά | 0,2-0,4 mg/l PO ₄ ⁻ | 5 mg/l P ₂ O ₅ |
| Μαγγάνιο | | 0,05 mg/l Mn |
| Κάδμιο | | |
| Μόλυβδος | | <0,05 mg/l Pb |
| Νικέλιο | | |

* όρια αποδέκτη βάσει απόφασης Νομαρχιακού Συμβουλίου Τρικάλων 1938/26-5-2003

Η θερμοκρασία είναι ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά των υδάτινων μαζών γιατί επηρεάζει τις φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες. Αποτελεί μία από τις παραμέτρους συστηματικής παρακολούθησης της φυσικοχημικής ποιότητας. Για τη θερμοκρασία τα όρια αποδέκτη βάσει απόφασης Νομαρχιακού Συμβουλίου Τρικάλων 1938/26-5-2003 για τη διαβίωση ψαριών 21-28°C. Οι τιμές της θερμοκρασίας που μετρήθηκαν στον ποταμό Ληθαίο ανταποκρίνονται στις αναμενόμενες εποχιακές μεταβολές και κυμάνθηκαν από 10 έως 22,2 °C. Σύμφωνα με την εργασία των Σκούλλος κ.ά., (1993), η θερμοκρασία των νερών του ποταμού Ληθαίου το διάστημα από τον Ιούνιο του 1991 έως τον Ιούλιο του 1992 τους θερινούς μήνες ήταν >17 °C με μέγιστες τιμές >25 °C.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι ένας απλός και γρήγορος τρόπος για την εκτίμηση της συγκέντρωσης των διαλυμένων ανόργανων αλάτων. Η μέθοδος είναι χρήσιμη σε σχετικά καθαρά νερά ποταμών, λιμνών και πηγών. Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης οργανικών ενώσεων γιατί αυτές δίστανται σε ιόντα και αποτελούν κακούς αγωγούς το ηλεκτρισμού. Η αγωγιμότητα μετράται σε Siemens/m, σε milliSiemens/m. Το απεσταγμένο νερό έχει αγωγιμότητα 0,1-0,2 milliSiemens/m η οποία αυξάνεται όταν παραμένει εκτεθειμένο στον ατμοσφαιρικό αέρα λόγω της απορρόφησης διοξειδίου του άνθρακα. Τα περισσότερα φυσικά νερά έχουν αγωγιμότητα 5-50 mS/m και μπορεί να φθάσει μέχρι τα 100 ή και τα 1000 mS/m σε περιπτώσεις ρύπανσης (Μωρίκη, 2006, Ξένος και Ξένου, 2005). Στην παρούσα εργασία η αγωγιμότητα μετρήθηκε σε μmhos/cm (όπου 1 Siemen = 1 mho = 1 (ohm)⁻¹).

Σε μετρήσεις αγωγιμότητας που αναφέρονται στη βιβλιογραφία (Κρικέλης κ.ά., 1989) για τον Πηνειό ποταμό και τους παραποτάμους του, οι υψηλότερες τιμές αγωγιμότητας εμφανίζονται στο Ληθαίο ποταμό, 500-600 μS/cm, λόγω χαμηλής παροχής και υψηλής φόρτισης. Στην παρούσα εργασία, οι τιμές της αγωγιμότητας κυμάνθηκαν για την ηλεκτρική αγωγιμότητα από 405 έως 904 μmhos/cm εντός των ορίων αποδέκτη βάσει απόφασης Νομαρχιακού Συμβουλίου Τρικάλων 1938/26-5-2003 για άρδευση που είναι τα 1200 μS/cm. Η κοινή απόφαση νομαρχών Σερρών και Δράμας Αριθ. 6550/81 (ΦΕΚ 580B/23-9-81) περί καθορισμού χρήσεως των νερών, ορίζει ως επιθυμητό όριο για την αγωγιμότητα μετρημένη σε μS/cm σε 20 °C το 1000. Οι τιμές του ποταμού Ληθαίου εμπίπτουν στα όρια της νομοθεσίας.

Η διακύμανση στη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου καθορίζεται από βιολογικές διεργασίες όπως η φωτοσύνθεση και η αναπνοή των ψαριών, αλλά και

παραμέτρους όπως το βάθος και η θερμοκρασία (Σίνης, 2001). Σε φυσιολογικές συνθήκες τα ύδατα των ρευμάτων τυπικά περιέχουν μεγάλη συγκέντρωση οξυγόνου, που τείνει προς το σημείο κορεσμού (Παπουτσόγλου, 1992). Τα νερά μη ρυπασμένων ποταμών είναι περίπου 100% κορεσμένα σε οξυγόνο, εξαιτίας της σταθερής εναλλαγής αερίων μεταξύ της ατμόσφαιρας και του νερού ενισχυμένη από την ανατάραξη (Lampert & Sommer, 1997). Οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου που μετρήθηκαν στον ποταμό Ληθαίο κυμάνθηκαν από 75-100 %. Οι μικρότερες τιμές παρατηρήθηκαν στο σταθμό L7 τους θερινούς μήνες. Ο σταθμός αυτός βρίσκεται κοντά στο σημείο που ο ποταμός εισρέει στον Πηνειό ποταμό. Σύμφωνα με την νομοθεσία το επιθυμητό όριο του διαλυμένου οξυγόνου για διαβίωση ψαριών και για αναψυχή, είναι 80-120 % της τιμής κορεσμού ή στην περίπτωση του νομού Τρικάλων >50% (Ζανάκη, 2001).

Τα ενδεικτικά επίπεδα του pH που αναφέρονται στη νομοθεσία για τη διαβίωση κυπρινιδών σε γλυκά νερά είναι 5,5-8,5 (Ζανάκη, 2001). Τα καθορισμένα πρότυπα ποιότητας νερών για κολύμβηση, όσον αφορά το pH είναι: 6,6 -8,5. Με βάση τα όρια αποδέκτη βάσει απόφασης Νομαρχιακού Συμβουλίου Τρικάλων 1938/26-5-2003, οι τιμές του pH πρέπει να κυμαίνονται από 6,5-8,5 για τη διαβίωση ψαριών και 6,5-9,5 για άρδευση. Οι τιμές του pH στον ποταμό Ληθαίο από τον Απρίλιο μέχρι και τον Οκτώβριο του 2005 κυμαίνονται από 6,8 έως 8,2, επομένως εμπίπτουν στα όρια της νομοθεσίας. Η τιμή του pH μεταβάλλεται αντίστροφα ανάλογα με την τιμή της συγκέντρωσης του CO₂ και ανάλογα με τη συγκέντρωση του HCO₃⁻. Η κρίσιμη τιμή του pH που συνδέεται με την απουσία ή την παρουσία του CO₂ είναι 8, πάνω απ' αυτή τα ύδατα δεν περιέχουν CO₂. Η απουσία του CO₂ δεν περιορίζει τη φωτοσύνθεση ορισμένων φυκών καθώς και ανώτερων φυτών, τα οποία έχουν προσαρμοσθεί στη χρησιμοποίηση αντί του CO₂, των CO₃²⁻, κάτω από έντονα αλκαλικές συνθήκες (Παπουτσόγλου, 1992).

Οι αποκλίσεις του pH και του επιπέδου του διαλυμένου οξυγόνου, διαδοχικά, ρυθμίζουν τις περισσότερες από τις βιοχημικές και χημικές αντιδράσεις που επηρεάζουν τη σύνθεση του νερού. Έτσι, μια αύξηση στον πληθυσμό του φυτοπλαγκτού επιφέρει αύξηση στις τιμές του pH και του οξυγόνου (Sawidis, 1997).

Τα θρεπτικά άλατα (nutrients) είναι ανόργανες ενώσεις που χρησιμοποιούνται από τα βακτήρια και τους φυτικούς οργανισμούς για τη σύνθεση του οργανικού τους υλικού. Στα θρεπτικά άλατα περιλαμβάνονται τα φωσφορικά (PO₄⁻³), νιτρικά (NO₃⁻), πυριτικά (SiO₂) και αμμωνιακά (N-NH₄⁺) άλατα (Wetzel,

2001). Τα θρεπτικά άλατα καταναλώνονται και ανακυκλώνονται με γρήγορους ρυθμούς και κινούνται προς μία κατεύθυνση στα ρέοντα νερά. Οι διαλυμένες ουσίες οι οποίες κινούνται προς την κατεύθυνση του ρεύματος, μπορεί να δεσμευθούν ή να αφομοιωθούν για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, και αργότερα να ελευθερωθούν για επιπλέον αποικοδόμηση. Αποτελούν συστατικά που ανακυκλώνονται μεταξύ βιοτικών και αβιοτικών παραμέτρων του ποτάμιου οικοσυστήματος και μεταφέρονται προς την κατεύθυνση του ρεύματος με μια ελικοειδή διαδικασία που μοιάζει με σπείρα (spiral) και ονομάζεται nutrient spiraling. Αν και κινήσεις των θρεπτικών αντίθετα προς το ρεύμα μπορεί να απαντηθούν στο κέντρο των δινών, στη μετανάστευση των ψαριών και στο πέταγμα ενήλικων υδρόβιων ψαριών, η τελική τους ροή είναι προς την κατεύθυνση του ρεύματος (Wetzel, 2001).

Οι αζωτούχες ενώσεις συνήθως παρουσιάζουν έντονες εποχιακές διακυμάνσεις και από απόψεως ποσότητας και από απόψεως είδους, στα μικρά κυρίως ρεύματα. Το ποσό του $\text{NO}_3\text{-N}$ και $\text{NO}_2\text{-N}$ επηρεάζεται πολύ έντονα από την παροχή του ρεύματος. Άζωτο με μορφή αμμωνίας παρέχεται στα ύδατα αυτά με την αποσύνθεση οργανικών ουσιών. Στα μη ρυπασμένα ρεύματα η ρύπανση είναι μικρή, συνήθως μικρότερη από 1 ppm. Η ρύπανση αυξάνει τη συγκέντρωση των αμμωνιακών ενώσεων, γεγονός που μέχρι ενός ορισμένου σημείου, αυξάνει την βιολογική δραστηριότητα. Όταν όμως η συγκέντρωση αυτή υπερβεί το όριο αυτό, οι παραπάνω ενώσεις καθίστανται τοξικές για τους οργανισμούς των ρευμάτων. Μεγάλες συγκεντρώσεις αζώτου παρατηρούνται κατά τη διάρκεια του χειμώνα και της ανοίξεως, περίοδοι κατά τις οποίες ο φυτικός πληθυσμός των υδάτων παρουσιάζει την μικρότερη του ανάπτυξη. Σε ρεύματα που κατά κάποιο τρόπο, παρουσιάζουν σταθερές συνθήκες, η ποσότητα του αζώτου μειώνεται κατά την περίοδο χρησιμοποίησεως του από τους φυτικούς οργανισμούς (μέσα ανοίξεως, έως τέλος του θέρους). Η σημαντικότερη πηγή αζωτούχων ενώσεων στα περισσότερα ρεύματα είναι η ρύπανση που προέρχεται από γεωργικές περιοχές και τα ανθρώπινα απόβλητα. Αυτοί οι παράγοντες παρέχουν, τυπικά, μεγάλες ποσότητες αζωτούχων ουσιών και είναι δυνατόν να επηρεάζουν πολύ έντονα τους πληθυσμούς των ρευμάτων, ποιοτικά και ποσοτικά (Παπουτσόγλου, 1992).

Η οξειδωση της αμμωνίας από βακτήρια παράγει νιτρώδη, το οποία με τη σειρά τους οξειδώνονται σε νιτρικά (τα οποία δεν έχουν τοξικότητα), αλλά συνήθως υπάρχουν σε μικροποσότητες στα φυσικά νερά (Heath, 1995). Τα νιτρώδη είναι

δείκτης ρύπανσης των νερών, και εμφανίζονται σε αυξημένες συγκεντρώσεις όταν επικρατούν αναγωγικές συνθήκες και έλλειψη οξυγόνου (Κρικέλης κ.ά., 1989).

Τα νιτρώδη, από τη βακτηριακή αναγωγή των νιτρικών, εισάγονται στα βράγχια των ψαριών μέσω του μηχανισμού μεταφοράς χλωριδίου (chloride-transporting mechanism) και μπορούν να συσσωρευτούν στο πλάσμα του αίματος (Heath, 1995).

Το εύρος των τιμών των συγκεντρώσεων των παραμέτρων που μετρήθηκαν κατά τους μήνες Απρίλιο έως και Δεκέμβριο του 2005 στους επτά σταθμούς δειγματοληψίας κυμαίνονται για τα νιτρικά ιόντα από 8,8 έως 55 mg/l και για τα νιτρώδη από <0,007 έως 0,42 mg/l. Στην παρούσα εργασία οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών βρίσκονται εντός ορίων της απόφασης του Νομαρχιακού Συμβουλίου Τρικάλων (1938/26-5-2003) με ανώτατη συγκέντρωση τα 50 mg/l, με εξαίρεση τον Αύγουστο στον σταθμό L4. Για τα νιτρικά τα όρια είναι 0,01-0,03 mg/l NO_3^{2-} για διαβίωση ψαριών και 0,5 mg/l NO_3^{2-} για άρδευση. Η μείωση των $\text{NO}_2\text{-N}$ και $\text{NO}_3\text{-N}$ μπορεί επίσης να είναι αποτέλεσμα αυξημένης μικροβιακής νιτροποίησης, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Άλλος λόγος είναι ο ελάχιστος εξωτερικός εφοδιασμός σε νερό αυτή την εποχή (Sawidis, 1997). Οι τιμές των νιτρικών αλάτων που αναφέρονται στην βιβλιογραφία για τον ποταμό Ληθαίο, είναι 20 mg/l (Κρικέλης κ.ά., 1989).

Οι τιμές της συγκέντρωσης των αμμωνιακών κυμαίνονται από 0,01 έως 0,6 mg/l. Τα ανώτατα όρια αποδέκτη βάσει απόφασης Νομαρχιακού Συμβουλίου Τρικάλων 1938/26-5-2003 για άρδευση είναι από 1-1,5 mg/l. Τα αμμωνιακά κυμαίνονται σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα όπως και στην εργασία των Dassenakis *et al.*, (1998), όπου τα αμμωνιακά είναι 0,23 mg N/l.

Η εποχιακή διακύμανση της συγκέντρωσης του φωσφόρου παρουσιάζεται έντονη κατά μήκος του ρεύματος. Ωστόσο, η συνεχής ανάμιξη των υδάτων των ρευμάτων και η μεγαλύτερη αναλογία ύδατος ως προς το φυτοπλαγκτόν (Παπουτσόγλου, 1992) εμποδίζουν την έντονη ελάττωση του φωσφόρου, παρόμοια με εκείνη των επιφανειακών στρωμάτων των λιμνών, κατά τη διάρκεια βιολογικά έντονης περιόδου. Οι ενώσεις του φωσφόρου που απαντώνται στα ρεύματα προέρχονται από βιολογικές και χημικές διαδικασίες καθ' όλο το μήκος των ρευμάτων. Κατά τη διάρκεια του θέρους η συγκέντρωση του ανόργανου φωσφόρου (P-PO_4) είναι δυνατόν να παρουσιάσει κάποια αύξηση, γεγονός που οφείλεται στη βιολογική δραστηριότητα. Η αύξηση της επιφανειακής ροής των ρευμάτων συντελεί

στην αύξηση της συγκεντρώσεως του φωσφόρου, εξαιτίας της εισαγωγής αλλόχθονων φωσφορούχων ενώσεων (Παπουτσόγλου, 1992).

Οι τιμές των φωσφορικών που μετρήθηκαν στο σταθμό κοντά στο εργοστάσιο γάλακτος ήταν αρκετά υψηλές, ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες κάτι που υποδηλώνει μεγάλες διακυμάνσεις στις εισαγωγές φωσφόρου κυρίως από πηγές ρύπανσης και από φερτές ύλες (Karageorgis *et al.*, 2003; Skoulikidis, 2002) Παρουσιάστηκαν αυξημένες τιμές ($\min \Rightarrow 1,5 \text{ mg/l}$, $\max = 1,64 \text{ mg/l}$), κατά τους φθινοπωρινούς μήνες, των συγκεντρώσεων των φωσφορικών, αλλά και αμμωνιακών ιόντων στο σταθμό L7 (κοντά στο σημείο που ο ποταμός συνδέεται με τον Πηνειό) με ταυτόχρονη μείωση των τιμών του διαλυμένου οξυγόνου στην ίδια περιοχή, ενισχύει την υπόθεση της μεταφοράς ουσιών πλούσιων σε οργανικό υλικό. Οι τιμές των συγκεντρώσεων των φωσφορικών αλάτων στη νομοθεσία σύμφωνα με τα όρια αποδέκτη βάσει απόφασης Νομαρχιακού Συμβουλίου Τρικάλων 1938/26-5-2003 για διαβίωση ψαριών είναι $0,2-0,4 \text{ mg/l PO}_4^{3-}$. Αν εξαιρεθούν οι σταθμούς L6 (εργοστάσιο γάλακτος), L7 (ένωση με Πηνειό), οι υπόλοιπες τιμές είναι εντός των ορίων. Τα αποτελέσματα είναι συγκρίσιμα με άλλες μελέτες με $\max = 1085 \mu\text{g PO}_4\text{-P l}^{-1}$, $\min = 42 \mu\text{g PO}_4\text{-P l}^{-1}$ (Moustaka-Gouni *et al.*, 1992).

Οι συγκεντρώσεις από τα βιολογικά διαθέσιμα άζωτο και φωσφόρο παίζουν σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της οικολογικής κατάστασης του υδάτινου συστήματος. Αυτά τα θρεπτικά συστατικά όταν βρίσκονται σε περίσσεια μπορεί να οδηγήσουν σε διάφορα προβλήματα όπως άνθιση τοξικού φυτοπλαγκτού, απώλεια οξυγόνου, θνησιμότητα ψαριών, μείωση στη βιοποικιλότητα, κ.α. Ο εμπλουτισμός με θρεπτικά άλατα υποβαθμίζει ιδιαίτερα τα υδάτινα οικοσυστήματα και βλάπτει τη χρήση του νερού ως πόσιμο, στη βιομηχανία, στη γεωργία, για αναψυχή και άλλους σκοπούς (Voutsas *et al.*, 2001).

Το εύρος των τιμών των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων που μετρήθηκαν κατά τους μήνες Απρίλιο έως και Δεκέμβριο του 2005 στους επτά σταθμούς δειγματοληψίας κυμαίνονται ως εξής: για το μαγγάνιο από $<0,01$ έως $0,13 \text{ mg/l}$, για το κάδμιο από $<0,002$ έως $0,055 \text{ mg/l}$, για το μόλυβδο από $<0,01$ έως $0,11 \text{ mg/l}$ και για το νικέλιο από $<0,02$ έως $1,88 \text{ mg/l}$. Στην παρούσα εργασία οι τιμές της συγκέντρωσης του μαγγανίου βρίσκονται εντός ορίων της απόφασης του Νομαρχιακού Συμβουλίου Τρικάλων (1938/26-5-2003) για άρδευση, που είναι $0,05 \text{ mg/l Mn}$ με εξαίρεση το σταθμό L5 το μήνα Ιούνιο, παράλληλα οι τιμές της συγκέντρωσης του μολύβδου άνοιξη και καλοκαίρι κυμαίνονται σε επίπεδα που

τείουν στο μηδέν με μια εξαίρεση του L1 τον Απρίλιο ξεπερνάνε το όριο $<0,05 \text{ mg/l}$ Pb τους φθινοπωρινούς μήνες σε όλους τους σταθμούς. Σύμφωνα με τη Ζανάκη (2001), σε γενικές γραμμές συγκλίνουν οι νομαρχιακές αποφάσεις στην τήρηση των ορίων για την ποιότητα λυμάτων και αποβλήτων που διατίθενται σε επιφανειακά νερά σύμφωνα με τα οποία όρια, οι συγκεντρώσεις του μαγγανίου και του νικελίου δεν πρέπει να υπερβούν τα 2 mg/l , ενώ οι συγκεντρώσεις του καδμίου και του μολύβδου τα $0,1 \text{ mg/l}$. Στην παρούσα εργασία, με εξαίρεση τις τιμές του μολύβδου τον Οκτώβριο που προσεγγίζουν και σε κάποια σημεία ξεπερνούν οριακά τα $0,1 \text{ mg/l}$, όλες οι άλλες συγκεντρώσεις κυμαίνονται σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα από αυτά των ορίων.

Οι κυριότερες πηγές των βαρέων μετάλλων είναι τα βιομηχανικά και αστικά λύματα, όπως και γεωργικά απόβλητα. Τα τοξικά μέταλλα, που είναι από τους πιο ισχυρούς ρυπαντές, μετακινούνται από τα υδάτινα οικοσυστήματα με διάφορες διαδικασίες και μέσω της βιολογικής αλυσίδας συσσωρεύονται στους οργανισμούς, όπου ενδέχεται να προκαλέσουν χρόνιες ή οξείες βλάβες. (Fytianos *et al.*, 2001). Η αύξηση των υδρόβιων οργανισμών συνδέεται κατευθείαν από ιχνοστοιχεία στα φυσικά νερά όπως και βαρέα μέταλλα, όπως το Mn, το οποίο είναι σημαντικό για την αύξηση, μπορεί να προκαλέσει όμως τοξικές επιπτώσεις σε υψηλές συγκεντρώσεις. (Ramessur *et al.*, 2001). Η απορρόφηση του Zn στα βιολογικά συστήματα είναι διαφορετική από του Pb, ο οποίος απορροφάται και τα δύο μέταλλα πέφτουν κάτω ως σουλφίδια σε ανοξικά ιζήματα (Ramessur *et al.*, 2001). Τα ιόντα των μετάλλων συνδέονται σε κατάλληλες φυσικοχημικές συνθήκες με οργανικές ενώσεις, με αποτέλεσμα τη δημιουργία οργανομεταλλικών ενώσεων, γεγονός που επηρεάζει την βιοδιαθεσιμότητα και την τοξικότητα τους για τους οργανισμούς. (Heath, 1995).

Οι τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων που μετρήθηκαν στον ποταμό Ληθαίο εμπίπτουν στα όρια της νομοθεσίας, με εξαίρεση τις τιμές των φωσφορικών αλάτων και του μολύβδου σε συγκεκριμένους σταθμούς και χρονικές περιόδους. Η ποιότητα των νερών του ποταμού χαρακτηρίζεται ως μέτρια σύμφωνα με τα κριτήρια που τίθενται από την Οδηγία 60/2000. Για να αποφευχθεί η επιδείνωση της ποιότητας των νερών του ποταμού Ληθαίου απαιτείται η συστηματική παρακολούθηση της ποιότητας και η εναρμόνιση με την Οδηγία 60/2000.

5. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην πτυχιακή αυτή εργασία έγινε συστηματική παρακολούθηση των περιβαλλοντικών παραμέτρων ποιότητας των νερών του ποταμού Ληθαίου (νομός Τρικάλων), για χρονική περίοδο επτά μηνών (Απρίλιο έως και Οκτώβριο του 2005), με σκοπό να εκτιμηθεί η περιβαλλοντική επιβάρυνση του. Οι παράμετροι που εξετάστηκαν ήταν οι οριζόμενες από την νομοθεσία και την Οδηγία Πλαίσιο 60/2000 για την εκτίμηση της φυσικοχημικής ποιότητας των νερών. Δείγματα νερού συλλέγονταν σε μηνιαία βάση από επτά σημεία δειγματοληψίας κατά μήκος του ποταμού και μεταφέρονταν στο εργαστήριο για άμεση ανάλυση και συντήρηση. Οι παράμετροι που προσδιορίστηκαν ήταν: Θερμοκρασία, pH, ηλεκτρική αγωγιμότητα, διαλυμένο οξυγόνο, νιτρικά, νιτρώδη, αμμωνιακά και φωσφορικά ιόντα, καθώς και τα βαρέα μέταλλα μαγγάνιο, κάδμιο, μόλυβδος και νικέλιο. Το εύρος των τιμών των παραμέτρων που μετρήθηκαν ήταν το εξής: Θερμοκρασία 10 έως 22,2 °C, ηλεκτρική αγωγιμότητα 405 έως 904 $\mu\text{mhos/cm}$, pH 6,79 έως 8,2, διαλυμένο οξυγόνο 75 έως 100 %, νιτρικά ιόντα 8,8 έως 55 mg/l, νιτρώδη <0,007 έως 0,42 mg/l, αμμωνιακά 0,01 έως 0,6 mg/l, φωσφορικά <0,03 έως 1,64 mg/l, μαγγάνιο <0,01 έως 0,13 mg/l, κάδμιο <0,002 έως 0,055 mg/l, μόλυβδος <0,01 έως 0,11 mg/l, νικέλιο <0,02 έως 1,88 mg/l.

Τα χαρακτηριστικά ποιότητας των νερών των ρεόντων υδάτων συζητώνται ως προς την φυσικοχημική τους σημασία και γίνεται εκτενής αναφορά στα όρια που τίθενται από την ελληνική νομοθεσία. Οι τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων που μετρήθηκαν στον ποταμό Ληθαίο εμπίπτουν στα όρια της νομοθεσίας, με εξαίρεση τις τιμές των φωσφορικών αλάτων και του μολύβδου σε συγκεκριμένους σταθμούς και χρονικές περιόδους. Η ποιότητα των νερών του ποταμού χαρακτηρίζεται ως μέτρια σύμφωνα με τα κριτήρια που τίθενται από την Οδηγία Πλαίσιο 60/2000 για την Πολιτική στον Τομέα των Υδάτων. Η συστηματική παρακολούθηση της ποιότητας των νερών του ποταμού, είναι απαραίτητη για την αποφυγή περαιτέρω υποβάθμισης και την εναρμόνιση των περιβαλλοντικών ελέγχων με την κοινοτική Οδηγία.

6. SUMMARY

Environmental quality monitoring of the waters of the river Lithaios (Trikala, Greece) took place for a seven month period (April to October 2005) in this work, in order to assess the physicochemical status of the river. The research was in the context of the European Union Framework Directive (60/2000).

Water samples were collected monthly from seven sampling points along the river. Immediate measurement of the necessary parameters was performed in the laboratory, while the rest of the samples were appropriately treated for subsequent analysis. The measured parameters were: Temperature, conductivity, pH, dissolved oxygen, nutrients, manganese, cadmium, lead and nickel, and their values ranged as follows: Temperature 10-22.2 °C, conductivity 405-904 µmhos/cm, pH 6.8 – 8.2, dissolved oxygen saturation 75 to 100 %, nitrate 8.8 -55 mg/l, nitrite <0,007 - 0.42 mg/l, ammonium 0.01-0.6 mg/l, phosphate <0,03 -1.64 mg/l, manganese <0.01-0.13 mg/l, cadmium <0.002-0.055 mg/l, lead <0.01-0.11 mg/l and nickel <0.02-1.88 mg/l. All the above values fall within the acceptable range set by the national Greek legislation, with the exception of phosphate and lead values in particular sampling sites and time periods. According to the European water framework directive, the waters of the river Lithaios are classified as of moderate quality in terms of physicochemical parameters. The importance of the measured parameters for the aquatic environment of rivers and legislation limits are discussed.

Systematic surveillance and conformity to the EU Water Framework Directive 60/2000 is indicated in order to avoid the deterioration of the water quality of Lithaios river.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενογλώσση βιβλιογραφία

- Angelidis, M. O., Markantonatos, P. and Bacalis, N. Ch. (1995). Impact of Human Activities on the Quality of River Water: the Case of Evrotas River Catchment Basin, Greece. *Environmental Monitoring and Assessment* **35**, 137-153.
- Burton, S. M., Rundle, S. D., Jones, M. B. (2001). The Relationship Between Trace Metal Contamination and Stream Meiofauna. *Environmental Pollution* **111**, 159-167.
- Calow, P., and Petts G. E. (1996). *The river handbook*, vol 2, “Water Quality Monitoring”, Blackwell Science, pp. 523.
- Dassenakis, M., Scoullou, M., Foufa, E., Krasakopoulou, E., Pavlidou, A. Kloukiniotou, M. (1998). Effects of multiple source pollution on a small Mediterranean river. *Applied Geochemistry*, **13**: 197-211.
- Fytianos, K., Siumka, A., Zachariadis, G., Beltsios, S. (2001). Assessment of the Quality Characteristics of Pinios River, Greece. *7th International Conference on Environmental Science and Technology, Ermoupolis, Syros island, Greece*, 89-96.
- Heath, A. G. (1995). *Water Pollution and Fish Physiology*. Second Edition. Lewis Publishers. 359 pp.
- Karageorgis, A. P., Nikolaidis, N. P., Karamanos, H., Skoulikidis, N. (2003). Water and Sediment Quality Assessment of the Axios River and its Coastal Environment. *Continental Shelf Research* **23**, 1929-1944.
- Lampert, W., Sommer, U., Haney, J.F. (1997). *Limnoecology : the ecology of lakes and streams*. Oxford University Press. New York. p. 382.
- Lekka, E., Kagalou, I., Lazaridou-Dimitriadou M., Albanis, T., Dakos, V., Lambropoulou, D., Sakkas, V. (2004). Assessment of the Water and Habitat Quality of a Mediterranean River (Kalamas, Epirus, Hellas), in Accordance with the EU Water ‘Framework Directive. *Acta hydrochim. Hydrobiol.* **32 (3)**, 175-188.

- Moustaka-Gouni, M., Nikolaidis, G., Alias, H. (1992). Nutrients, Chlorophyll – A and Phytoplankton Composition of Axios River, Macedonia, Greece. *Fresenius Envir. Bull.* **1**, 244-249.
- Ramessur, R. T., Parry, S. J., Ramjeawon, T. (2001). The relationship of dissolved Pb to some dissolved trace metals (Al, Cr, Mn and Zn) and to dissolved nitrate and phosphate in a freshwater aquatic system in Mauritius. *Environment International* **26**, 223-230.
- Samanidou, V., and Fytianos, K. (1987). Partitioning of Heavy Metals into Selective Chemical Fractions in Sediments from Rivers in Northern Greece. *The Science of the Total Environment* **67**, 279-285.
- Sawidis, T. (1997). Chemical Pollution Monitoring of River Pinios in the Mediterranean Climatic Region. *Toxicological and Environmental Chemistry* **62**, pp. 217-227.
- Simeonov, V., Stratis, J. A., Samara, C., Zachariadis, G., Voutsas, D., Anthemidis, A., Sofoniou, M., Kouimtzis, Th. (2003). *Water Research* **37**, 4119-4124.
- Skoulikidis, N. T. (2002). Hydrochemical Character and Spatiotemporal Variations in a Heavily Modified River of Western Greece. *Environmental Geology* **36** (1/2), 1-24.
- Stamatis, G. (1999). The Chemical Composition of the Surface System of Peneos River, Thessaly/ Central Greece. *Environmental Geology* **38** (2), 126-140.
- Voutsas, D., Manoli, E., Samara, C., Sofoniou, M., Stratis, I. (2001). A Study of Surface Water Quality in Macedonia, Greece : Speciation of Nitrogen and Phosphorus. *Water, Air and Soil Pollution* **129**, 13-32.
- Wetzel R.G. (2001). *Limnology: Lake and River Ecosystems*. Third Edition. 1006 pp.

Ελληνική βιβλιογραφία

- Ζανάκη, Κ. (2001). Έλεγχος Ποιότητας Νερού. Εκδόσεις Ίων, σελ. 508.
- Κρικέλης, Β., Μπέλτσιος, Σ., Παπακωνσταντίνου, Α., (1989). Έλεγχος της Ρύπανσης του Πηνειού Ποταμού. *Συνέδριο Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας*, 271-279.

- Μοράκης, Γ. και Τσιούρης, Σ. (2004). Εργασία στο μάθημα Υγρότοποι και Γεωργία: Ποταμός Ληθαίος. Τμήμα Γεωπονίας, Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Μωρίκη, Α. (2006). Έλεγχος Ποιότητας Επιφανειακών Νερών. Τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών, ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης.
- Ξένος, Κ. και Ξένου Ε. (2005). Ρύπανση και Τεχνικές Ελέγχου Ποιότητας Νερού. Εκδόσεις Ίων, σελ. 109-315.
- Παπουτσόγλου, Σ. (1996). Το Υδάτινο Περιβάλλον και οι Οργανισμοί του. Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Πειραιάς. Σελ.354.
- Οδηγία 2000/60/ΕΚ για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων.
- Σίνης, Α. (2001). Λιμνολογία. Τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών. ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης.
- Σκούλλος, Μ., Δασενάκης, Μ., Φούφα, Ε., Κρασακοπούλου, Ε., Παυλίδου, Α., Κλουκινιώτου, Μ.(1993). Επίδραση Ανθρωπίνων Δραστηριοτήτων Στην Ποιότητα Νερών του Ποταμού Ληθαίου. *Πρακτικά 4^ο Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας*, Ρόδος, σελ. 336-339.