

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΔΕΙΦΟΡΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΤΜΗΜΑ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Παρακολούθηση και Αποτίμηση της Ποιότητας του Νερού του Ποτάμιου  
Οικοσυστήματος του Πηνειού»**

**Ονοματεπώνυμο**

**Δημητρίου Δήμητρα**

**ΒΟΛΟΣ 2015**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

1) κ. Ψηλοβίκος Άρης : Αναπληρωτής Καθηγητής του τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος.

2) κα. Κάγκαλου Ιφιγένεια : Καθηγήτρια του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης.

3) κα. Παναγιωτάκη : Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν στο να φέρω σε πέρας την παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα της εργασίας αυτής, κ. Ψηλοβίκο Άρη για την πολύτιμη βοήθειά του και τη διαρκή υποστήριξή του, τόσο κατά τη διεξαγωγή του πειράματος, όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας, καθώς και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής μου, αποτελούμενη από τους

1)κα. Κάγκαλου Ιφιγένεια, για τις χρήσιμες συμβουλές τους και την καθοδήγησή τους καθ' όλα τα στάδια διεκπεραίωσης της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και προ πάντων κατανόηση και ανοχή καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μελέτη αποτελεί τη Διπλωματική Διατριβή στα πλαίσια των Μεταπτυχιακών μου σπουδών. Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η εκτίμηση της ποιότητας των υδάτων του ποτάμιου οικοσυστήματος του Πηνειού, με δείκτες αιφορίας, βάση της Οδηγίας Πλαίσιο 2000/60.

Αναλυτικότερα, η παρούσα εργασία διαρθρώνεται σε πέντε κεφάλαιο. Το πρώτο κεφάλαιο αποτελεί την εισαγωγή, η οποία εισάγει τον αναγνώστη στις έννοιες του ποτάμιου οικοσυστήματος, της ρύπανσης των ποτάμιων οικοσυστημάτων και την αξία των ποταμών για τον άνθρωπο. Επιπρόσθετα, αναλύεται η Οδηγία 2000/60 και εφαρμογή της στην Ευρώπη και την Ελλάδα. Τέλος, στο ίδιο κεφάλαιο γίνεται μια πρώτη προσέγγιση του ποτάμιου οικοσυστήματος του ποταμού Πηνειού.

Στο δεύτερο κεφάλαιο με τίτλο «Υλικά και Μέθοδος», περιγράφεται η μεθοδολογία της εργασίας. Αναλυτικότερα, περιγράφεται η επιλογή της θέσης των μετρήσεων, οι μετρήσεις θερμοκρασίας, οι μετρήσεις αγωγιμότητας, μετρήσεις pH, μετρήσεις COD (Chemical Oxygen Demand) και μετρήσεις BOD (Biochemical Oxygen Demand). Επίσης, στο τέλος του κεφαλαίου περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία των δειγματοληψιών του πειράματος.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρατίθενται τα αποτελέσματα των μετρήσεων και ακολουθεί η συζήτηση και τα συμπεράσματα στο τέταρτο και πέμπτο κεφάλαιο, αντίστοιχα.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Πηνειός, Ποτάμιο οικοσύστημα, δείκτες αιφορίας, Οδηγία 200/60.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1.1 Το ποτάμιο οικοσύστημα – Εννοιολογικός προσδιορισμός.....	7
1.2 Ποταμός και άνθρωπος : Χρήσεις και αξίες.....	10
1.3 Ρύπανση των ποτάμιων οικοσυστημάτων.....	11
1.4 Προστασία των ποταμών: Η Οδηγία 2000/60.....	13
1.4.1 Η εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60 στην Ευρώπη.....	14
1.4.2 Εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60 στην Ελλάδα.....	18
2.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	22
2.1 Μεθοδολογία.....	22
2.1.1 Επιλογή της θέσης των μετρήσεων.....	23
2.1.2 Εξεταζόμενες παράμετροι.....	25
2.1.2.1 Μετρήσεις Θερμοκρασίας.....	25
2.1.2.2 Μετρήσεις Αγωγιμότητας.....	27
2.1.2.3 Μετρήσεις pH.....	29
2.1.2.4 Μετρήσεις COD (Chemical Oxygen Demand).....	31
2.1.2.5 Μετρήσεις BOD (Biochemical Oxygen Demand).....	32
2.2 Εκτέλεση διαδικασίας δειγματοληψιών.....	34
2.3 Η περίπτωση του ποταμού Πηνειού.....	40
2.3.1 Οι ανθρωπογενείς πιέσεις και οι συνθήκες ρύπανσης του Πηνειού.....	43

2.3.1.1 Η εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60 στην περίπτωση του ποταμού Πηνειού.....	47
3.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	52
ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	66
ABSTRACT.....	74
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	75
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	84

## 1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Το ποτάμιο οικοσύστημα – Εννοιολογικός προσδιορισμός

Ως ποταμός ορίζεται η επιμήκης υδατοσυλλογή με τρεχούμενο συνήθως γλυκό νερό, το οποίο ρέει προς τα κατάντη με τη βαρύτητα προς έναν ωκεανό, μια λίμνη, μια θάλασσα ή έναν άλλο ποταμό. Το νερό των ποταμών προέρχεται κυρίως απευθείας από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα ή συλλογή των οποίων πραγματοποιείται μέσω της επιφανειακής απορροής και του υπόγειου υδροφορέα. Η τροφοδοσία των ποταμών σε ορισμένες περιπτώσεις προέρχεται και από το λιώσιμο του αποθηκευμένου νερού σε χιόνια και προϊστορικούς παγετώνες (Σκουλικίδης 1997). Σύμφωνα με ένα άλλο ορισμό ως ποταμοί ορίζονται τα υδάτινα ρεύματα που έχουν μόνιμη ροή ενώ ως χείμαρροι εκείνα που παρουσιάζουν εποχικές διακυμάνσεις της ροής τους, λόγω του ότι δέχονται νερό μόνο από τις βροχοπτώσεις και συνεπώς χαρακτηρίζονται από μη μόνιμη ροή (Μοντεσάντου, 1999).

Ως λεκάνη απορροής ποταμού ορίζεται η εδαφική έκταση από την οποία συγκεντρώνεται το σύνολο της απορροής μέσω διαδοχικών ρεμάτων, ποταμών και πιθανώς λιμνών και παροχετεύεται στη θάλασσα ή σε λίμνη με ενιαίο στόμιο ποταμού, εκβολές ή δέλτα (Οδηγία 2000/60/ΕΚ). Αν ένας ποταμός είναι παραπόταμος κάποιου άλλου μεγαλύτερου, τότε και η λεκάνη απορροής του είναι υπολεκάνη κάποιας ευρύτερης που αντιστοιχεί στο μεγαλύτερο ποταμό (Brewer et al., 1998). Η λεκάνη απορροής αποτελείται από τρεις ζώνες (Εικόνα 1):

- Κανάλι ροής: περιλαμβάνει οποιοδήποτε ρεύμα, ποταμό, λίμνη, ή εκβολή.

- Παρόχθια ζώνη: η μη-καλλιεργήσιμη περιοχή μεταξύ της κοίτης και της στάθμης των πλημμυρών. Η ζώνη αυτή περιλαμβάνει συχνά υγρότοπους που συνορεύουν με το κανάλι ροής.
- Ζώνη των υψιπέδων. το έδαφος επάνω από ένα σημείο υψηλής στάθμης νερού (Brewer et al. 1998).

Επιπρόσθετα, ο φυσικός αγωγός στον οποίο κινείται ο ποταμός αποτελεί την κοίτη του, στην οποία συμπεριλαμβάνεται ο πυθμένας και τα πρανή. Η κοίτη είναι αποτέλεσμα της συνεχούς διαβρωτικής δράσης του νερού καθώς κινείται και ρέει προς τα κάτω. Αναπόσπαστο κομμάτι του ποταμού αποτελούν και οι παρόχθιες περιοχές και οι πλημμυρικές επιφάνειες. Η λωρίδα της γης που εφάπτεται στην κοίτη του ποταμού ονομάζεται παρόχθια, στην οποία αναπτύσσεται η παρόχθια βλάστηση, σημαντικό στοιχείο στη λειτουργικότητα ενός ποταμού. ζώνη (Jeffris & Mills 1990).

Όσον αφορά στον ορισμό του ποτάμιου οικοσυστήματος, αρχικά πρέπει να αναφερθεί ότι για να χαρακτηριστεί κάτι ως αυτοτελές οικοσύστημα θα πρέπει να υπάρχει κάποιο όριο που το διαχωρίζει από τα άλλα συστήματα, αλλά και να χαρακτηρίζεται από ροή ενέργειας και ύλης. Όσον αφορά λοιπόν το οικοσύστημα το ποταμών προκύπτει μια δυσκολία στον ορισμό, διότι τα ποτάμια είναι κυρίως ετερότροφα λειτουργικά συστήματα, διότι ένα ποτάμι δεν μπορεί να υπάρξει χωρίς την ενέργεια που παρέχεται από τη λεκάνη απορροής του, εξαρτάται δηλαδή ενεργειακά από αυτήν. Επί πλέον, η αποικοδόμηση είναι δυνατόν να πραγματοποιείται και εκτός του ποταμού. Επομένως, αυτή η εξάρτηση είναι μονόπλευρη και δεν μπορούμε να θεωρούμε μια μονόπλευρα εξαρτώμενη δομή ως ένα ανεξάρτητο σύστημα. Συμπερασματικά τα ποτάμια είναι εξαρτημένα από τη λεκάνη απορροής όσον αφορά τη ροή ενέργειας και την κίνηση του υλικού και συνεπώς θα πρέπει να τα θεωρούμε ως



ένα μέρος του συστήματος της λεκάνης απορροής. Επομένως, ο ορισμός ενός οικοσυστήματος ως ένα αυτορυθμιζόμενο σύστημα (self-regulating system) δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ικανοποιητικά στην περίπτωση των ποταμών, αλλά η αναφορά στα ποτάμια ως οικοσυστήματα πρέπει να περιορίζεται στην περιγραφή του συστήματος των αλληλεπιδράσεων των βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων (Μοντεσάντου 1999). Επιπρόσθετα, σύμφωνα με τον Χατζηνικολάου (2001) το ποτάμιο οικοσύστημα είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ αβιοτικών και βιοτικών παραγόντων και χαρακτηρίζεται από μια συνεχή μεταφορά συστατικών από τα εδάφη της λεκάνης απορροής σε όλη τη διαδρομή του ποταμού. Αβιοτικοί παράγοντες είναι οι φυσικοχημικές συνθήκες του νερού, τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του ποταμού και η δομή και η σύσταση του εδάφους. Από την άλλη πλευρά, βιοτικοί παράγοντες είναι το σύνολο χλωρίδας και της πανίδας που ζει και αναπτύσσεται στο οικοσύστημα του ποταμού (αποικοδομητές, φυτοπλαγκτό και ζωοπλαγκτό, βένθος, ψάρια, αμφίβια, φύκη ή διάφορα μακρόφυτα και η παρόχθια βλάστηση όπως πόες, θάμνοι και διάφορα δέντρα (πλατάνια, λεύκες, ιτιές). (Σκουλικίδης 1997).

Τέλος, το ποτάμιο οικοσύστημα στην πορεία της ροής του δημιουργεί βιοτόπους στους οποίους βρίσκουν καταφύγιο και άλλοι οργανισμοί (πουλιά ή θηλαστικά). Σύμφωνα και με τον ευρύτερα αποδεκτό ορισμό της «Σύμβασης για τους Υγροτόπους Διεθνούς Σημασίας Ραμσάρ» (1971) οι ποταμοί ανήκουν στους υγροτόπους. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι το Δέλτα του Έβρου, του Νέστου, του Αξιού, του Λουδία και του Αλιάκμονα ανήκουν στον κατάλογο Ραμσάρ των ειδικών προστατευόμενων περιοχών της Ελλάδας, σύμφωνα με την οδηγία 79/409 της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Σκουλικίδης 1997).

## 1.2 Ποταμός και άνθρωπος: Χρήσεις και Αξίες

Από πολύ παλιά ο άνθρωπος συνέδεσε τη ζωή του με τους ποταμούς και ανέπτυξε κοινωνίες και πολιτισμούς κοντά στις όχθες τους. Ενδεικτικά αναφέρεται ο πολιτισμός της Μεσοποταμίας αλλά και στην Ελλάδα προϊστορικοί οικισμοί βρέθηκαν κατά μήκος του Πηνειού. Όσον αφορά στη Ελληνική μυθολογία, ο Ωκεανός παρουσιάζεται ως η αρχή του ρευστού στοιχείου με τις διάφορες μορφές του. Στον Ηράκλειτο αναφέρεται ως «η πρώτη αρχή, το πλαστουργό των πάντων στοιχείο». Στον ελλαδικό χώρο, όλοι σχεδόν οι ποταμοί θεοποιήθηκαν από τους ανθρώπους, όπως για παράδειγμα ο Ίναχος, ο Ασωπός, ο Κηφισός, ο Πηνειός, ο Αλφειός, ο Ιλισός, ενώ ο μεγαλύτερος ποτάμιος θεός ήταν ο Αχελώος, ενώ τιμές θεών απέδιδαν οι Έλληνες και στους ξένους ποταμούς Νείλο, Φάσι, Ίστρο, Ηριδανό (Δίκτυο ΜΕΣΟΓΕΙΟΣ SOS) (Εικόνα 2).

Ο ποταμός έδινε πολλά οφέλη στον άνθρωπο όπως νερό, τροφή, μετακίνηση, φυσική άμυνα από εχθρούς, εύφορη γη και για όλους τους παραπάνω λόγους συνηθίζεται σε πολλές πόλεις να βρίσκονται κατά μήκος κάποιου ποταμού όπως του Τάμεση στο Λονδίνο, του Δούναβη στη Βουδαπέστη, του Νείλου στην Αλεξάνδρεια κ.α.

Από τους αρχαίους χρόνους μέχρι και σήμερα τα ποτάμια συνεχίζουν να προσφέρουν αγαθά στον άνθρωπο όπως (<http://www.bio.auth.gr/river/river/theory/unit4.htm#1>):

- Νερό για ύδρευση
- Νερό για άρδευση

- Νερό για βιομηχανική χρήση
- Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
- Μεταφορές
- Εύφορη γη
- Αναψυχη-Ψυχαγωγία

Τέλος, οι ποταμοί ως υγρά τοποί επιτελούν ποικίλες φυσικές λειτουργίες.

Από τις λειτουργίες αυτές απορρέουν για τον άνθρωπο αξίες, όπως για παράδειγμα η απορρόφηση του διοξειδίου του άνθρακα της ατμόσφαιρας από το νερό (αξία κλιματική και υγιεινή) που δεν χρειάζεται προσπάθεια για να ωφεληθούμε απ' αυτήν, αλλά και η στήριξη τροφικών αλυσίδων (αξία ιχθυοπονική, οικολογική) (<http://www.bio.auth.gr/river/river/theory/unit4.htm#1>).

### **1.3 Ρύπανση των ποτάμιων οικοσυστημάτων**

Το παραδοσιακό μοντέλο διαχείρισης των υδατικών πόρων, στηρίζεται στην τεχνοκρατική αντίληψη, η οποία στοχεύει στην οικονομική ανάπτυξη και την τεχνολογική πρόοδο. Το αποτέλεσμα της μακροχρόνιας εφαρμογής του μοντέλου αυτού εκδηλώνεται τα τελευταία χρόνια, ιδιαίτερα στις αναπτυγμένες περιοχές, με την ανεπάρκεια νερού, λόγω της αύξησης των απαιτήσεων σε νερό και της υποβάθμισης της ποιότητάς του.

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες η ποιότητα των υδατικών πόρων μεταβλήθηκε σημαντικά εξ' αιτίας των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και χρήσεων του

νερού. Αναλυτικότερα, στα μέσα του εικοστού αιώνα στα μεγάλα ποτάμια της Ευρώπης και Β. Αμερικής εμφανίστηκε το πρόβλημα της σοβαρής εποχιακής μείωσης του οξυγόνου, λόγω της υπερφόρτωσης των ποταμών με αποικοδομούμενα οργανικά λύματα. Ακολούθησε ο ευτροφισμός, η συσσώρευση βαρέων μετάλλων και οργανικών μικρορύπων, η οξίνιση και τέλος η αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών. Κατά τη δεκαετία του 1970 παρατηρείται το φαινόμενο της βιοσυσσώρευσης στα ψάρια, η ατμοσφαιρική μεταφορά των αερίων ρύπων από τις καύσεις των ορυκτών καυσίμων, η οξίνιση και η μεταφορά των ρύπων αυτών στα υπόγεια νερά (Αντωνόπουλος, 2001).

Παράλληλα, εμφανίστηκε το πρόβλημα του ευτροφισμού, που οφείλεται στις εισροές κυρίως φωσφόρου και αζώτου (Εικόνα 3). Ο έλεγχος του ευτροφισμού επιτεύχθηκε με την μείωση του φώσφορου, ενός από τα βασικά θρεπτικά συστατικά, αν και η αποκατάσταση των λιμνών και ταμιευτήρων γίνεται βραδέως και για την πλήρη αποκατάστασή τους απαιτείται αρκετός χρόνος (Τσιούρης, 2001).

Από τα πρώτα χρόνια της δεκαετίας του ογδόντα παρατηρήθηκε ότι τα νιτρικά στα υπόγεια και επιφανειακά νερά σε πολλές περιπτώσεις υπερβαίνουν τα συνιστώμενα όρια. Η αιτία είναι η εκτεταμένη χρήση των αζωτούχων λιπασμάτων και των στερεών αποβλήτων (ζώων και λάσπης βιολογικών σταθμών).

Η ρύπανση και η μόλυνση των υδατικών πόρων απασχολεί επί δεκαετίες τη διεθνή κοινότητα. Η μόλυνση του νερού από παθογόνους μικροοργανισμούς είναι το κύριο πρόβλημα στις περισσότερες υπανάπτυκτες και αναπτυσσόμενες χώρες, ενώ η χημική ρύπανση του νερού έχει ανακύψει σαν εξίσου σοβαρή απειλή σ' όλες τις χώρες με γεωργική και βιομηχανική ανάπτυξη (Τσιούρης, 2001).

#### 1.4 Προστασία των ποταμών: Η Οδηγία 2000/60

Όπως προαναφέρθηκε και παραπάνω σήμερα υπάρχουν προβλήματα, λόγω της υποβάθμισης της ποιότητας των υδάτων και της πίεσης που ασκείται στα υδατικά αποθέματα, λόγω της αυξανόμενης ζήτησης καλής ποιότητας ύδατος. Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών στην Ευρωπαϊκή Ένωση εκδόθηκε η Οδηγία 2000/60 ΕΕ, η οποία θέτει το πλαίσιο της κοινοτικής δράσης όσον αφορά στην πολιτική των υδάτων (Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, Οδηγία 200/60/ΕΚ, 2000).

Αναλυτικότερα, η Οδηγία 2000/60 υιοθετεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την διαχείριση και προστασία των υδάτων (επιφανειακών και υπόγειων αλλά και των υδροτοπικών τους οικοσυστημάτων) της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έτσι ώστε εντός 15 ετών να υπάρχει μια «καλή οικολογική ποιότητα» σε όλα της τα ύδατα, αλλά και επάρκεια καλής ποιότητας νερού για τις διάφορες παραγωγικές χρήσεις. Παράλληλα, αντιμετωπίζει συνολικά όλες οι χρήσεις και υπηρεσίες νερού, και ενισχύει τη συμμετοχή του κοινού με τη δημιουργία συστηματικών και ουσιαστικών διαδικασιών διαβούλευσης. Επίσης, προωθεί την αειφόρο και ολοκληρωμένη διαχείριση των διασυνοριακών λεκανών απορροής ποταμών και εισάγει νέες προσεγγίσεις στην αντιμετώπιση κινδύνων από τις πλημμύρες και την ξηρασία

Συνοψίζοντας, η Οδηγία 2000/60 για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων τέθηκε σε ισχύ στις 22 Δεκεμβρίου 2000 με σκοπό να συνδυάσει ποιοτικούς, οικολογικούς και ποσοτικούς στόχους για την

προστασία υδάτινων οικοσυστημάτων και την καλή κατάσταση όλων των υδατικών πόρων. Ως κεντρική ιδέα θέτει την ολοκληρωμένη διαχείριση τους στη γεωγραφική κλίμακα των Λεκανών Απορροής Ποταμών και επαναπροσδιορίζει την έννοια της Λεκάνης Απορροής, η οποία περιλαμβάνει τα εσωτερικά επιφανειακά (ποταμοί, λίμνες), τα υπόγεια ύδατα, τα μεταβατικά (δέλτα, εκβολές ποταμών) και τα παράκτια οικοσυστήματα. Για κάθε περιοχή Λεκάνης Απορροής Ποταμού καθορίζει, μια σειρά από απαραίτητες ενέργειες που θα πρέπει να υλοποιηθούν εντός των καθορισμένων προθεσμιών, έτσι ώστε να έχει επιτευχθεί μια καλή κατάσταση των υδάτων της Ευρώπης μέχρι το 2015 (Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, Οδηγία 2000/60/ΕΚ, 2000).

#### **1.4.1 Η εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60 στην Ευρώπη**

Η Οδηγία 2000/60 καθιερώνει το νομικό πλαίσιο, το οποίο εγγυάται τη διάθεση επαρκών ποσοτήτων ύδατος ικανοποιητικής ποιότητας ανά την Ευρώπη. Βασικοί στόχοι της Οδηγίας είναι η διερεύνηση της προστασίας των υδάτων, η επίτευξη μιας καλής κατάστασης των υδάτων της Ευρώπης μέχρι το 2015, η επίτευξη του συνδυασμού των οριακών τιμών εκπομπής με τα ποιοτικά πρότυπα, η αποδοτική χρήση των υδατικών πόρων, η μεγαλύτερη συμμετοχή των πολιτών και η απλοποίηση του νομικού πλαισίου (Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2007).

Βάσει του άρθρου 5 της WFD, τα κράτη μέλη υποχρεούνταν να υποβάλουν περιβαλλοντική και οικονομική ανάλυση μέχρι τον τέλος του 2004. Τα κράτη μέλη

είχαν πρωτίστως την υποχρέωση να απαντήσουν στην εξής ερώτηση: «Ποιος είναι ο κίνδυνος να μην επιτευχθούν οι περιβαλλοντικοί στόχοι της WFD μέχρι το 2015, βάσει των σημερινών δεδομένων;» Η αξιολόγηση των εκθέσεων από την Επιτροπή αφορούσε κυρίως στο άρθρο 3, το άρθρο 5, τη συμμόρφωση της νομοθετικής μεταφοράς και τη συνολική επίδοση.

Αναλυτικότερα, ως προς τη νομοθετική μεταφορά, δυστυχώς μέχρι το τέλος του 2003 ελάχιστα από τα κράτη-μέλη μετέφεραν το νόμο πλαίσιο στην εθνική τους νομοθεσία και η ποιότητα της μεταφοράς ήταν χαμηλή. Επιπρόσθετα, ως προς τις διοικητικές ρυθμίσεις, ο χαρακτηρισμός των περιοχών των λεκανών απορροής των ποταμών και ο ορισμός των αρμόδιων αρχών (Άρθρο 3) έλαβε χώρα έγκαιρα από τα περισσότερα κράτη-μέλη. Επίσης, τα κράτη-μέλη που συμμετέχουν σε διεθνείς περιοχές λεκανών απορροής ποταμών σύναψαν τις αναγκαίες συμφωνίες και κατέληξαν στις απαραίτητες συντονιστικές ρυθμίσεις. Όσον αφορά στην περιβαλλοντική και οικονομική ανάλυση (Άρθρο 5), η οποία περιλαμβάνει την γενική αξιολόγηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον λόγω ανθρώπινων δραστηριοτήτων καθώς και την οικονομική ανάλυση των χρήσεων του ύδατος, τα περισσότερα από τα κράτη-μέλη υπέβαλλαν τις εκθέσεις εγκαίρως και η Επιτροπή κίνησε διαδικασίες για την αντιμετώπιση σχετικών παραβάσεων δυο κρατών-μελών. Δημιουργήθηκε έτσι μια βάση πληροφοριών που δεν υπήρχε προηγουμένως, η οποία βέβαια βασίστηκε στις εκθέσεις που ποικίλουν στην ποιότητα και στις λεπτομέρειες των πληροφοριών που παρείχαν. Αναλυτικότερα, τα περισσότερα κράτη-μέλη συνέταξαν ικανοποιητική έκθεση, ωστόσο σε κάποιες περιπτώσεις υπήρχαν κενά δεδομένων που πρέπει να αντιμετωπιστούν, με κύρια αδυναμία την οικονομική ανάλυση (ορθό χαρακτηρισμό των υπηρεσιών και των

χρήσεων ύδατος, αξιολόγηση του επιπέδου ανάκτησης του κόστους) (Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2007).

Τα κράτη-μέλη έπρεπε να ολοκληρώσουν τα πρώτα σχέδια διαχείρισης των λεκανών απορροής των ποταμών έως το 2009 και την πολιτική τιμολόγησης ως το 2010. Για το λόγο αυτό η Επιτροπή προέτρεψε τα κράτη-μέλη να εστιάσουν το ενδιαφέρον τους κυρίως στα εξής (Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2007):

- Πλήρης εφαρμογή της σχετικής νομοθεσίας της ΕΕ
- Προσδιορισμός των οικονομικών μέσων που απαιτεί η οδηγία (τιμολόγηση, ανάκτηση του κόστους των υπηρεσιών ύδατος, του περιβαλλοντικού κόστους και του κόστους των πόρων καθώς και εφαρμογή της αρχής ο ρυπαίνων πληρώνει).
- Βελτίωση των μεθοδολογιών που αφορούν καθοριστικής σημασίας θέματα (όπως ο χαρακτηρισμός υδατίνων μαζών που έχουν υποστεί σοβαρές αλλαγές, κριτήρια για την αξιολόγηση των κινδύνων ή την αντιμετώπιση του θέματος της ποσοτικής κατάστασης των υπογείων υδάτων) και βελτίωση της συγκρισιμότητας μεταξύ των κρατών μελών, ιδίως σε επίπεδο διεθνών λεκανών απορροής ποταμών.
- Περιορισμός των υφιστάμενων κενών και των παρατηρούμενων αδυναμιών όσον αφορά στα δεδομένα για το Άρθρο 5.
- Η μέριμνα ώστε τα έργα υποδομής και τα έργα για την αειφόρο ανάπτυξη του ανθρώπου, που εγκυμονούν κινδύνους υποβάθμισης του υδατικού περιβάλλοντος, να αποτελούν αντικείμενο της δέουσας αξιολόγησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων.



- Εξασφάλιση της διάθεσης της δέουσας χρηματοδότησης (βέλτιστη δυνατή αξιοποίηση των δυνατοτήτων που προσφέρουν τα χρηματοδοτικά μέσα σε εθνικό επίπεδο και σε επίπεδο ΕΕ όπως η Κοινή Γεωργική Πολιτική και η Πολιτική Συνοχής).
- Πλήρη συμμετοχή του κοινού

Συνοψίζοντας, οι εκθέσεις βάσει της οδηγίας πλαίσιο για το νερό περιέχουν ενθαρρυντικά αποτελέσματα, παρά τις αδυναμίες που παρατηρήθηκαν. Ως μεγαλύτερα προβλήματα στην πρώτη φάση επισημάνθηκαν η μέτρια μεταφορά στο εθνικό δίκαιο και η έλλειψη οικονομικών αναλύσεων. Επιπρόσθετα, ενώ σε πολλές περιπτώσεις όπως στο Δούναβη έλαβαν χώρα ουσιαστικές βελτιώσεις ως προς τη διεθνή συνεργασία, υπάρχει ανάγκη βελτίωσης δε άλλες περιοχές. Επίσης τομείς που χρειάζονται βελτίωση είναι η ενσωμάτωση της πολιτικής για το νερό σε άλλες πολιτικές, η αξιολόγηση των επιπτώσεων της αλλαγής του κλίματος στον κύκλο του νερού ώστε να επιτευχθεί μακροπρόθεσμα η αποτελεσματική εφαρμογή της βιώσιμης διαχείρισης των υδάτων ανά την ΕΕ. Τέλος, η πρώτη φάση της εφαρμογής της Οδηγίας αποκαλύπτει ότι έχει γίνει σοβαρή πρόοδος ως προς την «Αειφόρο Διαχείριση του Ύδατος στην Ευρωπαϊκή Ένωση», η οποία σε συνδυασμό με τις υπόλοιπες οδηγίες σχετικά με το νερό παρέχει τα απαραίτητα εργαλεία για να επιτευχθεί πραγματικά η αειφόρος διαχείριση των υδάτων στην ΕΕ κατά τα επόμενα χρόνια (Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2007).

#### 1.4.2 Εφαρμογή της Οδηγίας –Πλαίσιο 2000/60 στην Ελλάδα

Οι περισσότεροι ποταμοί της Ελλάδας είναι χειμαρρώδεις και προκαλούν διαβρώσεις στα εδάφη. Οι ορεινές ροές αποτελούν ένα αξιόλογο πόρο εμπλουτισμού των εσωτερικών υδάτων με θρεπτικά συστατικά, αλλά και οργανισμούς. Θα πρέπει λοιπόν να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη διαχείρισή τους (Σκουλικίδης 1997).

Πίνακας 1. Τα ποτάμια της Ελλάδας (Εικόνα 4).

Ποταμός	Μήκος (χλμ)	Κύριες Πηγές	Εκβολές
Αλιάκμονας	297	Γράμμος	Θερμαϊκός
Αχελώος	220	Βόρεια Πίνδος	Ιόνιο
Πηνειός	205	Βόρεια Πίνδος	Θερμαϊκός
Έβρος	204	Ρίλα, Βουλγαρία	Θρακικό
Νέστος	130	Ρίλα, Βουλγαρία	Θρακικό
Στρυμόνας	118	Βιτόσα, Βουλγαρία	Κόλπος Ορφανού
Θύαμις	115	Δούσκο	Ιόνιο
Αλφειός	110	Πάρνωνας	Ιόνιο
Άραχθος	110	Βόρεια Πίνδος	Αμβρακικός
Ενιπέας	84	Όθρυς	Πηνειός
Ευρώτας	82	Πάρνωνας	Λακωνικός
Λούρος	80	Τόμαρος	Αμβρακικός
Σπερχειός	80	Τυμφρηστός	Μαλιακός

<b>Εύηνος</b>	80	Βαρδούσια	Πατραϊκός
<b>Ταυρωπός</b>	78	Άγραφα	Αχελώος
<b>Αξιός</b>	76	Σκάρδος	Θερμαϊκός
<b>Αώος</b>	70	Λύγκος, Βόρεια Πίνδος	Αδριατική
<b>Γαλλικός</b>	70	Κρούσια Όρη	Θερμαϊκός
<b>Λάδωνας</b>	70	Αροάνια	Αλφειός
<b>Μόρνος</b>	70	Οίτη	Κορινθιακός
<b>Πηνειός</b>	70	Ερύμανθος	Ιόνιο
<b>Κομψάτος</b>	68	Δυτική Ροδόπη	Βιστονίδα
<b>Λουδίας</b>	60	Βόρρας	Θερμαϊκός
<b>Κηφισός</b>	60	Γκιώνα	Υλίκη
<b>Λίσσος</b>	58	Ανατολική Ροδόπη	Όρμος Ανοιχτό, Θρακικό
<b>Ασωπός</b>	57	Κιθαιρώνας	Νότιος Ευβοϊκός
<b>Βοζβόζης</b>	55	Παπίκιο	Όρμος Ανοιχτό, Θρακικό
<b>Κόσυνθος</b>	55	Κούλα	Βιστονίδα

(Πηγή: <http://el.wikipedia.org>).

Σύμφωνα με την Οδηγία – Πλαίσιο 2000/60 η Ελλάδα θα έπρεπε να έχει καταφέρει τη θεσμική εναρμόνιση μέχρι το 2003 και έπειτα να προσδιορίσει και να χαρακτηρίσει τα υδάτινα διαμερίσματα καθώς και να καθιερώσει το εθνικό δίκτυο παρακολούθησης.

Η θεσμική εναρμόνιση έγινε με τα παρακάτω:

- δημοσίευση του Νόμου (ΦΕΚ 280/A/9-12-2003, Ν. 3199/2003) για την προστασία και διαχείριση των υδάτων, που έχει ψηφιστεί στη Βουλή στις 12 Νοεμβρίου 2003
- πέντε Υπουργικές Αποφάσεις του 2005 για τη συγκρότηση και τον τρόπο λειτουργίας του Εθνικού Συμβουλίου Υδάτων, τις κατηγορίες αδειών χρήσης υδάτων και εκτέλεσης έργων αξιοποίησής τους, τη διάρθρωση της Διεύθυνσης Υδάτων της Περιφέρειας και την οργάνωση της Κεντρικής Υπηρεσίας υδάτων του ΥΠΕΧΩΔΕ)
- το ΠΔ 51/2007 (ΦΕΚ 54/A/08-03-2007) για τον καθορισμό μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2000/60/EK για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων.

Παρά τις παραπάνω κινήσεις, δεν υποβλήθηκαν οι αναφορές εφαρμογής των άρθρων 3 και 5 και η Επιτροπή δρομολόγησε διαδικασίες επί παραβάσει (Ανακοινωθέν τύπου της Επιτροπής IP/05/1303 της 18 Οκτωβρίου 2005). Το Ιούνιο 2006 η Ελλάδα απέστειλε μία αναφορά, αλλά η Επιτροπή την θεώρησε γενικόλογη και προσέφυγε (υπόθεση C-264/07) στο Ευρωπαϊκό Δικαστήριο (έβδομο τμήμα), το οποίο καταδίκασε την Ελληνική Δημοκρατία στις 31-1-2008, και αυτή οφείλει να πληρώσει τα δικαστικά έξοδα (Ioannou, et al, 2008).

Επίσης, ο Ν. 3199/2003 έρχεται σε αντίθεση, διότι θεωρεί ως μονάδα εφαρμογής των διατάξεων τις διοικητικές περιφέρειες και όχι τις λεκάνες απορροής. Επιπλέον, δεν υπάρχει πρόβλεψη για τα διασυνοριακά υδάτινα σώματα. Συνεπώς, στην Ελλάδα εκκρεμεί ο χαρακτηρισμός των λεκανών απορροής, ο οποίος πρέπει να περιλαμβάνει τα εξής:

- την υφιστάμενη ποιοτική κατάσταση των επιφανειακών και υπογείων υδάτων
- τις περιβαλλοντικές πιέσεις των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων
- τις επιπτώσεις των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων
- την οικονομική ανάλυση.

Τέλος, πρέπει να καθοριστούν τα στοιχεία παρακολούθησης των υδάτινων σωμάτων στο άμεσο μέλλον και η εφαρμογή της Οδηγίας – Πλαίσιο για τα νερά στην Ελλάδα από αποσπασματική με τις κατάλληλες δράσεις να γίνει πλήρης (Ioannou, et al, 2008).

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1 Μεθοδολογία της εργασίας

Η παρούσα μελέτη, απαρτίζεται από δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος, το οποίο και προηγήθηκε, παρουσιάζεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση, ενώ το δεύτερο αποτελεί το πειραματικό μέρος. κομμάτι. Όσον αφορά στη βιβλιογραφική επισκόπηση, αποτελεί μια μέθοδο στην οποία γίνεται αρχικά η συλλογή αρχείων πάνω στο συγκεκριμένο θέμα, δηλαδή η μελέτη της υπάρχουσας βιβλιογραφίας. Η βιβλιογραφία αυτή ανακτήθηκε από βιβλία και ηλεκτρονικά περιοδικά, κάποια από τα οποία βρέθηκαν σε βιβλιοθήκες, ενώ τα υπόλοιπα από το διαδίκτυο. Στη δεύτερη περίπτωση η αναζήτηση πραγματοποιήθηκε με τις εξής μηχανές αναζήτησης:

- <http://scholar.google.gr/>
- <http://www.scirus.com/>

Όλο το υλικό που συλλέχθηκε από το διαδίκτυο, αλλά και από τη βιβλιοθήκη, αρχικά μελετήθηκε, ταξινομήθηκε με βάση τα κεφάλαια της εργασίας και ακολούθησε η σύνθεση όλων αυτών των γνώσεων με σκοπό τη δημιουργία του πρώτου μέρους της παρούσας εργασίας, το οποίο εισάγει τον αναγνώστη στο θέμα, έτσι ώστε να μπορεί να κατανοήσει πλήρως και το πειραματικό μέρος.

Το δεύτερο μέρος της εργασίας αποτελεί το πειραματικό μέρος, το οποίο και περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω.

### 2.1.1 Επιλογή της θέσης των μετρήσεων

Καθώς η ποιότητα του νερού αλλάζει με το χρόνο είναι αναγκαία η επαναλαμβανόμενη μέτρηση των παραμέτρων του νερού για τον χαρακτηρισμό της μεταβλητότητας της ποιότητας. Φυσικοχημικές μετρήσεις σε υδατικά περιβάλλοντα μπορούν να πραγματοποιηθούν σε διακριτά μικρά χρονικά διαστήματα έτσι ώστε να παρουσιάζονται σαν μια συνεχή καταγραφή της ποιότητας του νερού στη περιοχή ενδιαφέροντος. Σημαντικότερος παράγοντας κατά τη παρακολούθησης-μέτρησης της ποιότητας του νερού, αποτελεί κατάλληλη επιλογή της θέσης.

Κατά τη μέτρηση της ποιότητας του νερού η επιλογή της κατάλληλης θέσης δειγματοληψίας σχετίζεται με το σκοπό της μέτρησης αλλά και με την επιθυμητή ποιότητα των δεδομένων. Τόσο τα χαρακτηριστικά του ποταμού, όσο και η επιθυμητή ακρίβεια καταγραφής δεδομένων καθορίζουν τα σημεία καταγραφής ή δειγματοληψίας. Ο ορισμός των θέσεων βέλτιστων μετρήσεων αποτελεί μια ιδιαίτερα δύσκολη διαδικασία και είναι απόλυτα εξαρτημένος και από το είδος της μέτρησης (Ζανάκη, 2001).

Αναλυτικότερα, εάν μετράται η θολερότητα του ποταμού θα πρέπει να επιλεγεί σημείο δειγματοληψίας όπου για μήκος χιλιομέτρων δεν υπάρχει αναμόχλευση υλικού. Συνεπώς, ανάλογα τη μέτρηση μπορεί να απαιτούνται διαφορετικές συνθήκες και συνεπώς και διαφορετικό σημείο δειγματοληψίας. Γενικά, οι μετρήσεις πρέπει να λαμβάνονται με σκοπό τον έλεγχο της σωστής κυκλοφορίας των υλικών αλλά και της μη σημαντικής μεταβλητότητας των παραμέτρων κατά μήκος της τομής στην περιοχή ενδιαφέροντος.

Σύμφωνα με τους Rantz (1982) για την επιλογή της βέλτιστης θέσης υπολογισμού υδραυλικών παραμέτρων ενός ποταμού, είναι οι παρακάτω:

- ❖ η πορεία ροής του πρέπει να είναι ευθεία για περίπου 300 μέτρα πριν και μετά τη θέση μέτρησης.
- ❖ Το σύνολο της ροής θα πρέπει να πραγματοποιείται σε ένα κανάλι (που εκτελείται η μέτρηση), στο οποίο δεν θα υπάρχουν υπόγειες ροές που να παρακάμπτουν το σημείο μέτρησης.
- ❖ Η κοίτη του ποταμού δεν πρέπει να υπόκειται σε έκπλυση ή γέμισμα από φερτά υλικά.
- ❖ Η κοίτη του ποταμού θα πρέπει να παρουσιάζει αρκετά υψηλή ροή χωρίς θολερότητα.
- ❖ Οι όχθες του ποταμού θα πρέπει να είναι μόνιμες
- ❖ Ο σταθμός θα πρέπει να είναι σχετικά μακριά από περιοχές όπου συναντάται συμβολή άλλων ρεμάτων ή μεταβολές της στάθμης (πλημμύρες) λόγω αύξησης της παροχής, ώστε να αποφευχθεί οποιαδήποτε καταστροφή στο όργανο καταγραφής και τον αισθητήρα.
- ❖ Η θέση μέτρησης θα πρέπει να είναι προσβάσιμη για εύκολη εγκατάσταση και τεχνική υποστήριξη.
- ❖ Η θέση λειτουργίας πρέπει να είναι ανεξάρτητη και μακριά από όποιες ανθρώπινες ενέργειες (Gordon & Katzenbach, 1983).

Συνοψίζοντας, ως δειγματοληψία νοούνται όλες οι διαδικασίες επιλογής, συλλογής, διατήρησης και μεταφοράς προς ανάλυση μιας ενδεικτικής ποσότητας ενός υλικού. Η ποσότητα αυτή, αποτελεί το δείγμα και πρέπει να ανταποκρίνεται στα



χαρακτηριστικά του προς ανάλυση υλικού, έτσι ώστε να μπορεί να γίνει αναγωγή των παραμέτρων που θα προσδιοριστούν στο δείγμα.

Για να είναι το δείγμα αντιπροσωπευτικό θα πρέπει να εξασφαλίζονται τόσο τα κατάλληλα σημεία, όσο και ο κατάλληλος χρόνος και συχνότητα δειγματοληψίας. Επίσης, θα πρέπει οι μετρήσεις να είναι επαναλήψιμες (το σημείο δειγματοληψίας σε υδάτινους αποδέκτες πρέπει να ορίζονται σε σχέση με σταθερά σημεία) και η συλλογή και μεταφορά του δείγματος στο εργαστήριο πρέπει να εξασφαλίζουν τη διατήρηση χαρακτηριστικών του δείγματος και να αποκλείουν την αλλοίωση του (καθαρές φιάλες και εάν πρόκειται και για μικροβιολογικές παραμέτρους αποστειρωμένες φιάλες) (Σταυρουλάκης, 2005).

## **2.1.2 Οι εξεταζόμενες παράμετροι**

### **2.1.2.1 Μετρήσεις Θερμοκρασίας**

Η θερμοκρασία μαζί με το διαλυμένο οξυγόνο αποτελούν τις βασικότερες παραμέτρους που επηρεάζουν τη ζωή των υδρόβιων οργανισμών. Όλοι οι υδρόβιοι οργανισμοί μπορούν να ζήσουν σε πολύ συγκεκριμένο εύρος θερμοκρασιών, το ξεπέραςμα του οποίου επιφέρει, αρχικά στρες και στη συνέχεια θάνατο. Γι' αυτό η μέτρηση θερμοκρασίας πρέπει να συνοδεύει κάθε δειγματοληψία, με οποιοδήποτε καλό υδραργυρικό θερμόμετρο Κελσίου (Σταυρουλάκης, 2005).

Η θερμοκρασία έχει σημαντική επιρροή στην πυκνότητα του νερού, στην διαλυτότητα των συστατικών στο νερό, στο pH, στην αγωγιμότητα, στο ρυθμό των χημικών αντιδράσεων και στην βιολογική δράση που αναπτύσσεται στο νερό (Radtko et

al., 1998). Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη και η πιο ακριβής κλίμακα για την μέτρηση της θερμοκρασίας νερού είναι η κλίμακα των βαθμών Κελσίου.

Οι αισθητήρες για συνεχή μέτρηση ποιότητας νερού συνήθως μετρούν την θερμοκρασία με ένα θερμίστορ, το οποίο ουσιαστικά είναι ένα ημιαγώγιμο υλικό με αντιστάσεις που αλλάζουν με την θερμοκρασία. Τα θερμίστορ είναι όργανα αξιόπιστα, ακριβή και ανθεκτικά και απαιτούν πολύ μικρή τεχνική υποστήριξη ενώ το κόστος τους είναι πολύ μικρό. Τα σύγχρονα θερμίστορ μπορούν εύκολα να μετρήσουν θερμοκρασία με ακρίβεια της τάξης του  $\pm 0.1$  βαθμών Κελσίου ( $^{\circ}\text{C}$ ), αλλά πρέπει πάντα ο εκάστοτε χρήστης ανάλογα με την εκάστοτε εφαρμογή, να γνωρίζει τα εργοστασιακά τεχνικά χαρακτηριστικά του οργάνου και τις βέλτιστες θερμοκρασίες λειτουργίας αυτού. Συνήθως, η ακρίβεια καταγραφής της θερμοκρασίας είναι της τάξης του  $0.5^{\circ}\text{C}$  και αυτό επειδή το θερμίστορ τοποθετείται σε ένα σημείο, το οποίο μπορεί να μην είναι αντιπροσωπευτικό του χώρου στον οποίο εκτελείται η μέτρηση (Radtke et al., 1998).

Τα γραφεία ελέγχου του εξοπλισμού της USGS ελέγχουν και βαθμονομούν τα θερμόμετρα με τα βαθμονομημένα θερμόμετρα του Εθνικού Ινστιτούτου Βαθμονόμησης και Τεχνολογίας (National Institute of Standards and Technology - NIST) και επιδιώκουν να έχουν ακρίβεια  $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ . Για τα θερμίστορ και για το θερμόμετρο με υγρό απαιτείται μια ετήσια θερμοκρασιακή βαθμονόμηση σε 5 θερμοκρασίες από  $0-40^{\circ}\text{C}$ . Για τον ετήσιο έλεγχο των 5 σημείων απαιτείται ο ανάλογος εργαστηριακός εξοπλισμός. Επιπλέον, ο έλεγχος δυο βαθμονομημένων σημείων για όργανα που έχουν ξεπεράσει τα αποδεκτά όρια θερμοκρασίας πρέπει να γίνονται τρεις ή περισσότερες φορές για τα θερμίστορ και δυο ή περισσότερες φορές για το υγρό θερμόμετρο. Στα βαθμονομημένα θερμόμετρα και θερμίστορ πρέπει να σημειώνετε η ημερομηνία που έγινε η βαθμονόμηση (Radtke et al., 1998).

### 2.1.2.2 Μετρήσεις Αγωγιμότητας

Αγωγιμότητα είναι η μέτρηση της ικανότητας του νερού να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα και είναι συνάρτηση των ποσοτήτων των διαφόρων ουσιών που είναι διαλυμένες στο νερό (Radtken, et al, 1998). Όσο η συγκέντρωση των διαλυμένων ιόντων αυξάνεται, τόσο και η αγωγιμότητα του νερού αυξάνει. Οι μετρήσεις αγωγιμότητας είναι μια καλή ένδειξη των διαλυμένων στερεών και ιόντων, αλλά παρόλα αυτά δεν υπάρχει μια γενική γραμμική σχέση που να συνδέει την ποσότητα των διαλυμένων στερεών με την αγωγιμότητα. Η συνεχής καταγραφή της αγωγιμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με χημικές αναλύσεις που έχουν πραγματοποιηθεί στην περιοχή έρευνας για τον συνολικό υπολογισμό των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών μιας περιοχής έρευνας (Christensen et al., 2000).

Για τις μετρήσεις αγωγιμότητας υπάρχουν δύο τύποι αισθητήρων. Οι αισθητήρες με ηλεκτρόδια και αυτοί χωρίς ηλεκτρόδια. Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για συνεχή μέτρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού, έχουν ηλεκτρόδια έτσι ώστε να είναι δυνατόν η επιλογή καταγραφής αγωγιμοτήτων που βρίσκονται μέσα στο αναμενόμενο διάστημα που κυμαίνονται οι αγωγιμότητες στο χώρο έρευνας. Πολυπαραμετρικά συστήματα μετρήσεων συνήθως περιλαμβάνουν αυτόματα συστήματα / κυκλώματα μέτρησης της αγωγιμότητας και αναγωγής αυτής στους 25°C. Όλα τα νέα συστήματα παρακολούθησης είναι σχεδιασμένα για μετρήσεις αγωγιμότητας του νερού που κυμαίνεται από 100 έως 2.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  στους 25 °C. Γενικά, τα όργανα μέτρησης της αγωγιμότητας είναι αξιόπιστα, ακριβής και ανθεκτικά

αλλά είναι ευαίσθητα στη διάβρωση από τη συνδυασμένη δράση των υδρόβιων οργανισμών και των ιζημάτων.

Ο ορισμός των ορίων μέσα στα οποία θα πρέπει βρίσκονται οι τιμές μέτρησης της αγωγιμότητας χρησιμοποιείται ως τρόπος βαθμονόμησης των συσκευών μέτρησης της αγωγιμότητας στις συνθήκες υπαίθρου. Η βαθμονόμηση εκτελείται επιτόπου στη θέση μέτρησης και τα όρια αυτής σχετίζονται και με την θερμοκρασία του νερού στο οποίο θα εκτελεστεί η μέτρηση. Η ακρίβεια της μέτρησης, για αγωγιμότητες μικρότερες ή ίσες των 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , πρέπει να είναι στο 5%, ενώ για αγωγιμότητες πάνω από 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  η ακρίβεια πρέπει να βρίσκεται στο 3% (Radtken, Danis & Wilde, 1998).

Αναλυτικότερα, κατά τη μέτρηση της αγωγιμότητας, μετράται η ειδική αντίσταση ενός κύβου νερού, ίσου με  $1\text{cm}^3$ , που βρίσκεται μεταξύ δύο παράλληλων ηλεκτροδίων πλατίνας. Ο βαθμός αντίστασης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά αγώγιμων συστατικών του εξεταζόμενου δείγματος. Τα αγωγιμόμετρα, συνήθως αποτελούνται από μια πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος γέφυρα Wheatstone και κύτταρο αγωγιμότητας και δίνουν κατευθείαν τιμή της αγωγιμότητας. Κατά την πειραματική διαδικασία, λαμβάνεται ικανοποιητική ποσότητα δείγματος σε ποτήρια ζέσεως των 100 ml, έτσι ώστε να καλύπτεται ο αισθητήρας του ηλεκτροδίου και αναδεύεται συνεχώς και στη συνέχεια σημειώνεται η ένδειξη του οργάνου (Σταυρουλάκης, 2005).

Για την πραγματοποίηση της μέτρησης απαιτούνται τα εξής:

- Απιονισμένο νερό με ειδική αγωγιμότητα μικρότερη από 1  $\mu\text{mhos}/\text{cm}$ , στους 20 °C.

- Πρότυπα διαλύματα χλωριούχου καλίου (παρασκευάζονται τρία πρότυπα διαλύματα χλωριούχου καλίου με συγκεντρώσεις 0,1mol/L , 0,01mol/L και 0,001 mol/L σε χλωριούχο κάλιο.
- Αγωγιμόμετρο (τα περισσότερα έχουν διάταξη αυτόματης αντιστάθμισης της θερμοκρασίας, η οποία επιτρέπει την άμεση ανάγνωση, με πολύ καλή προσέγγιση, της ειδικής αντίστασης στη θερμοκρασία αναφοράς.
- Στοιχείο μέτρησης (αποτελείται από δυο ηλεκτρόδια καλυμμένα με πλατίνα, που απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση και βρίσκονται μέσα σε γυάλινη θήκη. Το στοιχείο μέτρησης ξεπλένεται, πολλές φορές με απιονισμένο νερό και μετά τουλάχιστον δύο φορές με το δείγμα που πρόκειται να εξεταστεί. Αν το όργανο δεν διαθέτει διάταξη αυτόματης αντιστάθμισης της θερμοκρασίας, η θερμοκρασία του δείγματος ρυθμίζεται στους  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,10\text{ }^{\circ}\text{C}$  και βυθίζεται το στοιχείο του οργάνου στο δείγμα. Στη συνέχεια, γίνονται μετρήσεις, κάθε φορά με νέο δείγμα , ώσπου οι τιμές να μην διαφέρουν περισσότερο από 0,2%) (Σταυρουλάκης, 2005).

### 2.1.2.3 Μετρήσεις pH

Το pH ενός υδατικού διαλύματος ελέγχεται από αλληλοεπιδρώμενες χημικές αντιδράσεις που παράγουν ή καταναλώνουν ιόντα (Hem, 1989). Το pH ενός διαλύματος είναι η μέτρηση της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου. Πιο συγκεκριμένα, το pH είναι η μέτρηση του αρνητικού δεκαδικού λογαρίθμου των ιόντων υδρογόνου σε ένα διάλυμα σε moles (γραμμομόριο) ανά λίτρο. Διαλύματα που έχουν pH κάτω από 7

χαρακτηρίζονται ως όξινα, διαλύματα με pH πάνω από 7 χαρακτηρίζονται ως βασικά ή αλκαλικά. Διαλυμένα αέρια, όπως διοξείδιο του άνθρακα, υδρόθειο και αμμωνία κατά γενική ομολογία επηρεάζουν το pH. Η αποβολή των αερίων (για παράδειγμα, απώλεια διοξειδίου του άνθρακα) ή υγροποίηση μιας στερεής φάσης (για παράδειγμα ανθρακική ρίζα) και άλλες χημικές, φυσικές και βιολογικές αντιδράσεις, μπορούν να προκαλέσουν αλλαγές στο pH ενός υδατικού δείγματος απευθείας μετά την δειγματοληψία (Radtke et al., 1998).

Η ηλεκτρομετρική μέθοδος μέτρησης του pH χρησιμοποιεί ένα ηλεκτρόδιο ιόντων υδρογόνου, που συνήθως χρησιμοποιείται με αισθητήρες pH για συνεχή μέτρηση ποιότητας νερού (Εικόνα 5). Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση σε υδατικό περιβάλλον, είναι ηλεκτρόδια αδιάβροχα και πρωτονικά τα οποία είναι γεμάτα με υδατικό διάλυμα με ουδέτερο pH ( $\text{pH}=7$ ). Ένα επιχάλκωμένο καλώδιο βυθίζεται εντός του γυάλινου δοχείου με το ουδέτερο υδατικό διάλυμα και αποτελεί το ηλεκτρόδιο αναφοράς. Τα πρωτόνια και στις δύο μεριές του γυάλινου ηλεκτροδίου του pH αλληλεπιδρούν επιλεκτικά με το γυαλί δημιουργώντας μια εξωτερική βαθμίδα δυναμικού εγκάρσια της εξωτερικής γυάλινης μεμβράνης. Επειδή η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου εντός του ηλεκτροδίου είναι σταθερή ( $\text{pH}=7$ ), η εξωτερική διαφορά δυναμικού η οποία δίνεται και ως συνάρτηση του εσωτερικού ηλεκτροδίου αναφοράς, είναι ανάλογη του pH του διαλύματος. Ένας σωστά βαθμονομημένος αισθητήρας υπολογισμού του pH, μπορεί να μετρήσει με ακρίβεια της τάξης των  $\pm 0.2$  μονάδες pH. Ωστόσο, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι οι αισθητήρες παρουσιάζουν σχετικά μεγάλη επιδεκτικότητα στη φθορά και στη μόλυνση (Radtke et al., 1998).

Ο προσδιορισμός του pH θα πρέπει να γίνεται αμέσως μετά τη δειγματοληψία και η μεταφορά του δείγματος στο εργαστήριο θα πρέπει να γίνεται το συντομότερο δυνατό, με τα δοχεία δειγματοληψίας σφραγισμένα μέχρι τη στιγμή της μέτρησης. Επίσης, πριν από κάθε μέτρηση, θα πρέπει να γίνεται βαθμονόμηση του πεχαμέτρου, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Η βαθμονόμηση γίνεται σε δύο τουλάχιστον τιμές, μεταξύ των οποίων βρίσκεται το pH του δείγματος οι οποίες απέχουν τρεις ή περισσότερες μονάδες pH μεταξύ τους. Στη συνέχεια τοποθετείται σε μαγνητικό αναδευτήρα ποτήρι ζέσεως, που περιέχει τόση ποσότητα από το δείγμα ή το ρυθμιστικό διάλυμα, ώστε να καλύπτονται τα ευαίσθητα μέρη του ηλεκτροδίου και να είναι δυνατή η κίνηση της μαγνητικής ράβδου. Πριν από κάθε μέτρηση τα ηλεκτρόδια θα πρέπει να ξεπλένονται με αποσταγμένο νερό να και σκουπίζονται μαλακά με απορροφητικό χαρτί. Στη συνέχεια, βυθίζονται σε ποτήρι ζέσεως που περιέχει το δείγμα και τίθεται σε λειτουργία ο μαγνητικός αναδευτήρας. Ο ρυθμός ανάδευσης πρέπει να μην επιτρέπει τη μεταφορά αέρα από την ατμόσφαιρα στο δείγμα (Σεφέρου, 2005).

Τέλος, το pH, μπορεί να προσδιοριστεί στο ύπαιθρο και χρωματομετρικά με τη χρησιμοποίηση δεικτών (Εικόνα 6) που αλλάζουν χρώμα σε διαφορετικά πεδία pH. Η σύγκριση του δημιουργούμενου χρώματος με πρότυπη χρωματική κλίμακα δίνει την τιμή του pH (Σεφέρου, 2005).

#### **2.1.2.4 Μετρήσεις COD (Chemical Oxygen Demand)**

Το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο αποτελεί την ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται για την πλήρη χημική οξείδωση της οργανικής ύλης σε διοξείδιο του

άνθρακα και νερό (Βασιλάτος, 2010). Για τη μέτρηση του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου, χρησιμοποιείται συνήθως ημιποσοτική φωτομετρική μέθοδος. Αναλυτικότερα, κατά τη διαδικασία μέτρησης του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου ακολουθείται η εξής διαδικασία: Προστίθεται στο τυποποιημένο φιαλίδιο, προσεκτικά, με πιπέτα, 3ml δείγματος, βιδώνεται το καπάκι και αναδεύεται καλά. (Εικόνα 7).

Στη συνέχεια, το φιαλίδιο τοποθετείται στους 148°C, σε ειδικό θερμοριάκτορα (εικ.20β) για 120 min. Αφού περάσει η προκαθορισμένη ώρα, βγαίνει από τον θερμοριάκτορα και τοποθετείται στο πλέγμα στήριξης για να κρυώσει. Αφού περάσουν 10 min και το φιαλίδιο είναι χλιαρό, ανακινείται και τοποθετείται ξανά στη πλέγμα στήριξης έως ότου κρυώσει καλά. Για να μετρηθεί το COD χρησιμοποιούμε το φωτόμετρο MERCK Spectroquant® NOVA 60. Ανοίγουμε το καπάκι για να τεθεί σε λειτουργία το όργανο και τοποθετούμε το φιαλίδιο στην υποδοχή με την κατακόρυφη γραμμή να δείχνει την εγκοπή μετά από λίγα δευτερόλεπτα εμφανίζετε στην οθόνη το αποτέλεσμα (Σεφέρου, 2005).

#### **2.1.2.5 Μετρήσεις BOD (Biochemical Oxygen Demand)**

Αποτελεί τη μέτρηση του οργανικού φορτίου των λυμάτων και των ρυπασμένων υδάτων. Σύμφωνα με τον ορισμό ως BOD χαρακτηρίζεται η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου που χρησιμοποιούν οι μικροοργανισμοί για την πλήρη βιοχημική οξείδωση των οργανικών τους υλών.

Η μέτρηση του BOD αποτελεί μια χρονοβόρα μέτρηση, η οποία για να ολοκληρωθεί απαιτούνται 20 ημέρες. Για το λόγο αυτό πολλές φορές χρησιμοποιείται



το BOD<sub>5</sub>, το οποίο είναι το βιοχημικώς απαιτούμενο οξυγόνο για τις πρώτες 5 ημέρες του πειράματος σε θερμοκρασία 20°C.

Η μεγάλη αξία αυτής της μέτρησης έγκειται στο ότι μετρά άμεσα το κυριότερο ρυπαντικό αποτέλεσμα της οργανικής ύλης, δηλαδή την κατανάλωση διαλυμένου οξυγόνου που πραγματοποιούν οι μικροοργανισμοί κατά την οξείδωσή της (Βασιλάτος, 2010).

Κατά την πειραματική διαδικασία της μέτρησης του BOD, το δείγμα τοποθετείται σε σφραγισμένη φιάλη και μετριέται, μονομετρικά ανά μία ώρα περίπου, η κατανάλωση του οξυγόνου ενώ γίνεται δέσμευση του παραγόμενου διοξειδίου του άνθρακα από υδροξείδιο του λιθίου (Βασιλάτος, 2010).

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται οι απαιτούμενες ποσότητες του δείγματος για τον προσδιορισμό του BOD.

**Πίνακας 2.** Απαιτούμενη ποσότητα δείγματος, ανάλογα με το εκτιμώμενο εύρος τιμών, για τον προσδιορισμό του BOD με τη συσκευή HACH BODTrack.

Εύρος BOD mg/L	Όγκος δείγματος ml
0-35	420
0-70	355
0-350	160
0-700	95

## 2.2 Εκτέλεση διαδικασίας δειγματοληψιών

Στην παρούσα υποπαράγραφο, παρουσιάζεται αναλυτικά ο τρόπος που διενεργήθηκαν οι δειγματοληψίες.

Αρχικά, ο αριθμός των δειγμάτων ήταν 12, με κάθε δειγματοληψία να πραγματοποιείται ανά μεγάλα χρονικά διαστήματα (περίπου ένα μήνα), αλλά και πάντα σε περιόδους βροχόπτωσης. Αυτός είναι και ο λόγος που παρατηρείται μεγάλη χρονική διαφορά συχνότητας κατά τις τελευταίες δειγματοληψίες.

Σαν μέσο δειγματοληψίας χρησιμοποιήθηκε ειδικό πλαστικό μπουκάλι, το οποίο πλενόταν πολύ καλά με απιονισμένο νερό πριν από κάθε δειγματοληψία. Λόγω του ότι ο τόπος δειγματοληψίας ήταν δύσβατος, το μπουκάλι ριχνόταν στο ποτάμι, κατ' εκτίμηση στο ίδιο σημείο. Έπειτα πραγματοποιούταν η μέτρηση της θερμοκρασίας και για τις υπόλοιπες φυσικοχημικές παραμέτρους τα δείγματα μεταφέρονταν στο εργαστήριο.

Οι παράμετροι που εξετάστηκαν ήταν οι εξής:

1. Θερμοκρασία
2. PH
3. Αγωγιμότητα
4. BOD
5. COD

Τα στιγμιαία δείγματα που πάρθηκαν (Grab samples) συλλέχθηκαν από συγκεκριμένο σημείο και βάθος για μικρή χρονική περίοδο (δευτερόλεπτα ή λεπτά) (Εικόνα 8,9,10,11). Γενικά, κάθε δείγμα αντιπροσωπεύει τη σύνθεση του αποβλήτου

στο σημείο από το οποίο λήφθηκε και τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή συλλογής του. Στις περιπτώσεις που το απόβλητο έχει σχετικά σταθερή σύσταση για ένα εκτεταμένο χρονικό διάστημα, τότε το στιγμιαίο δείγμα μπορεί να θεωρηθεί αντιπροσωπευτικό.

Σημαντικός παράγοντας κατά τη διενέργεια της δειγματοληψίας είναι η λήψη δειγμάτων τέτοιων που να εξασφαλίζεται η αντιπροσωπευτικότητα της ποιότητας των αποβλήτων. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού λήφθηκαν υπόψη τα παρακάτω:

- Εξασφάλιση και επιβεβαίωση της καλής λειτουργίας του δειγματολήπτη
- Διενέργεια δειγματοληψιών από έμπειρο προσωπικό (όπου είναι δυνατό να χρησιμοποιείται ο ελάχιστος αριθμός ατόμων)
- Σωστή προετοιμασία για τη δειγματοληψία (έλεγχος και κατάλληλη συντήρηση του εξοπλισμού, καθαρότητα δοχείων συλλογής δειγμάτων).

Όσον αφορά στις διαδικασίες που ακολουθήθηκαν κατά την εκτέλεση των αναλύσεων των φυσικοχημικών παραμέτρων, η μέτρηση της θερμοκρασίας πραγματοποιήθηκε επί τόπου στο σημείο όπου γίνεται η δειγματοληψία με τη χρήση ειδικού θερμόμετρου και είναι τριπλή, όπως και η δειγματοληψία, με εύρεση συνάμα του μέσου όρου των τιμών.

Η μέτρηση του PH πραγματοποιήθηκε στο χώρο του εργαστηρίου με τη χρήση ειδικού ηλεκτρονικού (ποτενσιομετρικού) οργάνου, του PH-μετρου. Αφού ομογενοποιηθεί το δείγμα, σε ένα ποτήρι ζέσεως 250ml παίρνεται μια ποσότητα και με την μικρή ανάδευση, βυθίζεται το ηλεκτρόδιο για περίπου ένα λεπτό, χρόνος για να σταθεροποιηθεί η ένδειξη, η οποία και στη συνέχεια καταγράφεται. Ακρίβεια που

μπορεί να χαρακτηριστεί ικανοποιητική στην περίπτωση του νερού είναι αυτή του  $\pm 0,1$  PH.

Για τη μέτρηση της αγωγιμότητας, χρησιμοποιήθηκε το αγωγιμόμετρο, το οποίο αποτελείται από το ηλεκτρόδιο και το κυρίως όργανο. Το ηλεκτρόδιο είναι κατασκευασμένο από πλαστικό και περιέχει τη κυψελίδα μέτρησης με δυο μεταλλικά ηλεκτρόδια επιφανείας (S) και σε απόσταση (I). Ο λόγος I/S, αποτελεί τη σταθερά του ηλεκτρόδιου, που για την περίπτωση των νερών, πρέπει να είναι από 0,1 έως 1 cm<sup>-1</sup>. Το κυρίως όργανο περιλαμβάνει μια γέφυρα Wheatstone, που συνδέεται ηλεκτρικά με την κυψελίδα. Η γέφυρα, τροφοδοτείται με εναλλασσόμενο ρεύμα υψηλής συχνότητας, περίπου 1000Hz, για να αποφευχθεί η ηλεκτρόλυση στα ηλεκτρόδια κατά την μέτρηση. Για την ρύθμιση του οργάνου, χρησιμοποιείται πρότυπο διάλυμα 0,01 M KCl, του οποίου η  $k=1413$   $\mu\text{s/cm}$ , στους 25°C. Για την μέτρηση της αγωγιμότητας του ομογενοποιημένου δείγματος, βυθίζεται το ηλεκτρόδιο στο δείγμα, το οποίο αναδεύεται σε ποτήρι ζέσεως για την αποφυγή δημιουργίας φυσαλίδων αέρα στην κυψελίδα. Η ακρίβεια του οργάνου κυμαίνεται από 0,1-10  $\mu\text{s/cm}$ , κάνοντας αντιστάθμιση της θερμοκρασίας στους 20 ή 25°C.

Για την επίτευξη της μέτρησης του BOD επιλέγεται ο κατάλληλος όγκος δείγματος του εξεταζόμενου νερού που πρέπει να τοποθετηθεί στις δυο της συσκευής BOD ειδικές φιάλες. Για την παρούσα ανάλυση του ποταμού Πηνειού, μια δόση μικροθρεπτικών συστατικών καθώς και από ένας αναδευτήρας. Ενώ έχει ρυθμιστεί η ειδική κεφαλή, αφήνεται το δείγμα για πέντε, με καταγραφή της τιμής ανά ημέρα. Αφού περάσει αυτό το χρονικό διάστημα υπάρχει η δυνατότητα της παροχής της τελικής τιμής.

Αναλυτικότερα, η ακριβής διαδικασία που ακολουθήθηκε για τη μέτρηση του BOD είναι η εξής:

- Θερμαίνουμε το δείγμα στους 20 βαθμούς C.
- Χρησιμοποιούμε ένα καθαρό ογκομετρικό κύλινδρο, ρίχνουμε τη σωστή ποσότητα δείγματος μέσα σε φιάλη του δείγματος BOD.
- Τοποθετούμε ένα 3-8 cm μαγνητική ράβδο σε κάθε φιάλη με το δείγμα
- Εφαρμόζουμε στρόφιγγα γράσο στο χείλος σφράγισης του κάθε φιάλη και στην κορυφή του κάθε κυπέλλου σφραγίσεως
- Τοποθετούμε ένα «κύπελλο σφραγίδα» στο λαιμό κάθε φιάλης
- Τοποθετούμε τα μπουκάλια σε κάθε θέση συνδέουμε το κατάλληλο σωλήνα στη φιάλη του δείγματος και σφίγγουμε καλά το κύπελλο. Κάθε σωλήνας έχει ετικέτα με την εγκατάσταση του αριθμού του καναλιού που θα πρέπει να αντικατοπτρίζεται στον πίνακα ελέγχου
- Τοποθετούμε το όργανο στη θέση του
- Ξεκινάμε το όργανο (συνδέουμε στη πρίζα)
- Βεβαιωνόμαστε ότι όλες οι ράβδοι ανάδευσης περιστρέφονται. αν μια ράβδος ανάδευσης δεν περιστρέφεται σηκώνουμε το μπουκάλι μακριά από τη μονάδα και απαλά το ξανά τοποθετούμε. Μέχρι να καταλάβουμε ότι ανάδευση γίνεται σωστά.

- Επιλέγουμε διάρκεια της δοκιμής, πατώντας ταυτόχρονα και κρατώντας πατημένο το πλήκτρο «αριστερά και το δεξί πλήκτρο βέλους έως ότου εμφανιστεί το μενού του χρόνου.
- Πατάμε το πλήκτρο καναλιού 6 για να ενεργοποιήσετε την παράμετρο μήκους δοκιμής. Χρησιμοποιούμε τα πλήκτρα βέλους για να επιλέξουμε ένα τεστ 5ημερών (μήκος δοκιμής φαίνεται στην τελευταία γραμμή της οθόνης). Πατάμε για να αποθηκεύσουμε τις επιλογές και να βγουμε από το μενού.
- Για να ξεκινήσουμε μια δοκιμασία, πατάμε τον αριθμό του καναλιού που αντιστοιχεί στο μπουκάλι.
- Πατάμε το πλήκτρο για ένα μενού για την επιλογή του εύρους του bod θα εμφανιστεί.
- Για 0-35 φάσμα mg/l, πατάμε το (αριστερό) πλήκτρο <0,70 mg/l, πιέστε το <πλήκτρο για δεύτερη φορά.
- Πατάμε και κρατάμε πατημένο το πλήκτρο για να ξεκινήσει μια δοκιμασία. Ένα γράφημα θα εμφανιστεί. Για να ακυρώσουμε μια δοκιμή, πατάμε off.
- Διαβάζουμε τα αποτελέσματα BOD απευθείας από την οθόνη του οργάνου πατώντας το πλήκτρο που αντιστοιχεί σε κάθε δείγμα.

Επιπρόσθετα, για τη μέτρηση COD, χρησιμοποιήθηκε αντιδραστήριο για περιοχή τιμών από 25-150 ppm (mg/l COD). Στην αρχή πραγματοποιήθηκε ομογενοποίηση του μείγματος με ανάδευση. Στη συνέχεια ανάδευση του αντιδραστήριου στην κυψέλη και προσθήκη 2ml από το δείγμα πάντα κρατώντας το

σιφώνιο υπό κλήση λόγω εξώθερμης αντίδρασης, αφήνοντας το δείγμα να στάξει στα τοιχώματα της κυψέλης. Βιδώνοντας το καπάκι καλά στην κυψέλη και κρατώντας το, γίνεται καλή ανάδευση του δείγματος. Έπειτα θερμαίνεται η κυψέλη για 2 ώρες στους 148°C και αφού κρυώσει σε θερμοκρασία δωματίου μετράται σε φασματοφωτόμετρο η ένδειξη της ποσότητας COD σε mg/l.

Πιο συγκεκριμένα, η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τη μέτρηση του COD έχει ως εξής:

- Ομογενοποιούμε 500 ml του δείγματος για 2 λεπτά στο μπλέντερ
- Ενεργοποιούμε τον αντιδραστήρα. Προθερμαίνουμε το όργανο στους 150 βαθμούς C. Τοποθετούμε το πλαστικό κάλυμμα στο μπροστινό μέρος του αντιδραστήρα.
- Αφαιρούμε το καπάκι από το φιαλίδιο αντιδραστήριου, κρατάμε το φιαλίδιο σε μια γωνία 45 μοιρών και με πιπέτα 2,00 ml για το εύρος 0-150 mg / l προσθέτουμε το δείγμα στο αντιδραστήριο.
- Τοποθετούμε καλά το καπάκι του φιαλιδίου, ξεπλένουμε εξωτερικά το φιαλίδιο με απιονισμένο νερό και το σκουπίζουμε με ένα κομμάτι χαρτοπετσέτας.
- Κρατάμε το φιαλίδιο με το καπάκι πάνω από ένα νεροχύτη. Αναποδογυρίζουμε απαλά και αρκετές φορές ήπια το φιαλίδιο μέχρι να αναμειχθεί τα περιεχόμενα.
- Προετοιμάζουμε το πρότυπο δείγμα επαναλαμβάνοντας την ίδια διαδικασία υποκαθιστώντας 2,00 ml (2 για το 150 mg / l) δείγματος, με 2 ml απιονισμένο νερό και με αυτό το τρόπο παρασκευάσαμε το πρότυπο διάλυμα.
- Θερμάνουμε τα φιαλίδια για 2 ώρες.
- Περιμένουμε περίπου 20 λεπτά για να κρυώσουν τα φιαλίδια κ η θερμοκρασία του οργάνου να πέσει στους 120 βαθμούς C το λιγότερο.

- Αναποδογυρίζουμε κάθε φιαλίδιο αρκετές φορές, ενώ είναι ακόμη ζεστό. Τοποθετούμε τα φιαλίδια σε ένα ράφι, μέχρι να κρυώσουν σε θερμοκρασία δωματίου.
- Για τη μέτρηση COD χρησιμοποιούμε αναλυτική τεχνική . τη χρωματομετρική μέθοδο 0-150 mg/ l .
- Στη συνέχεια προσαρμόζουμε στο όργανο ένδειξης των αποτελεσμάτων τον περιστρέφοντα προσαρμογέα.
- Καθαρίζουμε εξωτερικά το πρότυπο δείγμα που παρασκευάσαμε με μια χαρτοπετσέτα.
- Τοποθετούμε το πρότυπο διάλυμα στον προσαρμογέα κ έπειτα καλύπτουμε το φιαλίδιο με το καπάκι του οργάνου.
- Πατάμε το «zero». Ο κέρσορας θα μετακινηθεί προς τα δεξιά, στη συνέχεια, στην οθόνη θα δείξει 0 mg / l.
- Αφαιρούμε το πρότυπο διάλυμα και αφού σκουπίσουμε εξωτερικά το δείγμα που θέλουμε να μετρήσουμε το τοποθετούμε στο όργανο και το καλύπτουμε με το καπάκι.
- Πατάμε το read ο κέρσορας θα μετακινηθεί προς τα δεξιά τότε το όργανο θα δείξει τη μέτρηση του δείγματος σε mg/l.

### 2.3 Ποταμός Πηνειός

Ο ποταμός Πηνειός ή Σαλαμβρίας (Δινήης κατά τον Όμηρο) έλαβε τη σημερινή του μορφή μετά την απομάκρυνση, μετά την απομάκρυνση των υδάτων της άλλοτε μεγάλης Θεσσαλικής λίμνης, από ρήγμα που δημιουργήθηκε στην κοιλάδα των



Τεμπών. Το μήκος του φθάνει τα 205 km και είναι ο 3ος σε μήκος ποταμός της Χώρας. Η λεκάνη απορροής του καλύπτει έκταση 10.700 km<sup>2</sup>, το ύψος της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης είναι 779 mm, ο μέσος ετήσιος όγκος υετού 7.965 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> και η μέση ετήσια απορροή εκτιμάται σε 3.500 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. Με τα νερά του αρδεύονται περί τα 80.000 στρέμματα και παράλληλα υδροδοτούνται οικισμοί της Θεσσαλίας.

Κατά τη μυθολογία ο Πηνειός ήταν γιος του Ωκεανού και της Τιθύος και πατέρας της νύμφης Δάφνης, ιέρειας της Μητέρας Γης. Επιπρόσθετα, ο Πηνειός ήταν ο πατέρας του βασιλιά των Λαπιθών Υψέα (<http://www.minagric.gr>).

Αναλυτικότερα, ο Πηνειός είναι ο μεγάλος ποταμός που δέχεται όλα τα νερά των εσωτερικών θεσσαλικών πεδιάδων. Πηγάζει από την Πίνδο, στην κομβική ορεινή διάβαση του Μετσόβου και εκβάλλει στο Θερμαϊκό κόλπο, νότια της περιοχής του Πλαταμώνα.. Με την είσοδό του στην πεδιάδα, δέχεται από τα αριστερά όλα τα νερά των Χασίων, τα οποία φέρνουν σ' αυτόν ο Μουργκάνης (Ιων), ο Τρικαλινός (Λιθαίος) και ο Νεοχωρίτης. Ένας παραπόταμός του από τα αριστερά είναι επίσης αυτός της Αγίας Μονής (Αγιαμονίτης) και ο Κουμέρκης, ο οποίος πηγάζει από τους βάλτους δυτικά των Τρικάλων. Από τα νότια χύνονται σε αυτόν τα ρέματα της Πίνδου και της Όθρυος (Stahlin, 2002).

Στο Βορειοδυτικό άκρο της Λάρισας, ο ποταμός διχάζεται σε δύο κλάδους (Εικόνα 12), τον δεξιό, ο οποίος αποτελεί την παλαιά κοίτη του ποταμού και διασχίζει το βόρειο τμήμα της Λάρισας και ο αριστερός, (εξωτερικός κλάδος), ο οποίος είναι σχεδόν ευθύγραμμος και κατασκευάστηκε τη δεκαετία του '30 για την αντιπλημμυρική προστασία της πόλης (Γκόφας & Κουτσοδάκης, 1998).

Όσον αφορά στη βλάστηση, είναι ανομοιογενής κατά μήκος του ποταμού, με εναλλαγή γυμνών και πλούσιων σε βλάστηση περιοχών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα περιοχής με πλούσια βλάστηση αποτελεί η περιοχή του Αλκαζάρ, ενώ η πιο φτωχή βλάστηση παρατηρείται στην υπόλοιπη περιοχή μέχρι τη γέφυρα της ΔΕΥΑΛ. Κατά μήκος του ποταμού απαντώνται συστάδες υδροχαρούς δενδρώδους βλάστησης με λεύκες, πλατάνια και ιτιές (Γκόφας, & Κουτσοδάκης, 1998). Στα αβαθή του ποταμού η δενδρώδης βλάστηση εναλλάσσεται με καλαμιώνες, ενώ ο κισσός και η αγράμπελη έχουν αναρριχηθεί σε πολλά σημεία πάνω στα δέντρα. Τέλος, πέρα από τη φυσική βλάστηση, στην παραποτάμια περιοχή πραγματοποιούνται και φυτοκομικές διαμορφώσεις και καλύψεις γυμνών σημείων, κυρίως με πλατάνια.

Όσον αφορά στην πανίδα της περιοχής, είναι πλούσια με κυρίαρχα είδη τα κυπρινοειδή (κυπρίνος, γληνί, τσιρώνάκι κα.) καθώς και τα αρπακτικά (γουλιανός). Επίσης, υπάρχουν αμφίβια (σαλαμάνδρες, βατράχια), ερπετά (χελώνες, γουστέρες, σαϊτες, σπιτόφιδα, γατόφιδα), πτηνά (πάπιες, ορτύκι, πετροπέρδικα, μπεκάτσα, αγριοπερίστερο, τρυγόνι, κούκος, αηδόνι, δρυοκολάπτης) και θηλαστικά (σκαντζόχοιρους, ποντίκια, αρουραίους) (Γκόφας, & Κουτσοδάκης, 1998).

Δυστυχώς, ο Πηνειός δέχεται σημαντική ρύπανση από αστικά και βιομηχανικά απόβλητα καθώς και από την εντατική γεωργική και κτηνοτροφική δραστηριότητα που χαρακτηρίζει τη Θεσσαλική πεδιάδα. Έχει υποστεί σημαντικές αλλοιώσεις από τον εγκυβωτισμό της κοίτης του, την κατασκευή αρδευτικών δικτύων, των προσωρινών φραγμάτων και τις υπεραντλήσεις. Κατά τους θερινούς μήνες, που οι απαιτήσεις σε νερό είναι μεγάλες και υπάρχει και μείωση της παροχής του ποταμού, οι συνέπειες από την ρύπανση είναι πλέον εμφανείς και έντονες (<http://www.minagric.gr>).

### 2.3.1 Οι ανθρωπογενείς πιέσεις και οι συνθήκες ρύπανσης του Πηνειού

Αναλυτικότερα, οι κυριότερες πιέσεις στο περιβάλλον που αφορούν το ευρύτερο παραποτάμιο οικοσύστημα του Πηνειού είναι η αστική, γεωργική, κτηνοτροφική και βιομηχανική ρύπανση, καθώς επίσης και οι νόμιμες και παράνομες εκχερσώσεις, υλοτομήσεις, επιχωματώσεις, αντλήσεις κλπ. (Γκόφας, & Κουτσοδάκης, 1998).

Η γενικότερη κατάσταση στο χερσαίο περιβάλλον κρίνεται καλή, με εξαίρεση κάποια σημεία με σκουπίδια και μπάζα. Στο υδάτινο όμως περιβάλλον υπάρχει υλική επιβάρυνση, καθώς και διάφορες καταγγελίες για ρύπανση από βιομηχανικά και αστικά λύματα. Η ρύπανση είναι ιδιαίτερα έντονη τους καλοκαιρινούς μήνες, όπου η παροχή του Πηνειού και των παραποτάμων του μειώνεται λόγω έλλειψης βροχοπτώσεων και αυξημένης ζήτησης νερού για άρδευση (Χατζηευθυμίου, 2013).

Αναλυτικότερα ο Σύλλογος των Φύλων του Πηνειού σύμφωνα με μετρήσεις που έκανε, διαπίστωσε υπαρκτή, πολύμορφη και δύσκολα ελεγχόμενη ρύπανση. Ειδικότερα η ρύπανση του Πηνειού περιλαμβάνει διάθεση αστικών υγρών αποβλήτων τόσο από μονάδες επεξεργασίας λυμάτων όσο και από τους χιλιάδες απορροφητικούς βόθρους από τα γύρω χωριά και οικισμούς. Επιπρόσθετα, από τις αγροτικές χρήσεις εντοπίζεται στον Πηνειό νιτρορύπανση, οργανοφωσφορικές ενώσεις καθώς και λύματα κτηνοτροφικών μονάδων. Τέλος, τα βιομηχανικά απόβλητα αποτελούν μια ακόμη πηγή ρύπανσης του Πηνειού. Η ρύπανση είναι ιδιαίτερα έντονη τους καλοκαιρινούς μήνες, όπου η παροχή του Πηνειού και των παραποτάμων του μειώνεται λόγω έλλειψης βροχοπτώσεων και αυξημένης ζήτησης νερού για άρδευση. Το πρόβλημα εντείνεται κι

από το γεγονός ότι το καλοκαίρι λειτουργούν πολλές εποχικές βιομηχανίες οι οποίες απορρίπτουν τα απόβλητά τους στον Πηνειό (Χατζηευθυμίου, 2013).

Από το 1988, το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης της Ποιότητας των Επιφανειακών Νερών, το οποίο έχει οργανωθεί από το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, παρακολουθεί συστηματικά την ποιότητα των επιφανειακών νερών της Χώρας, κυρίως ως προς τη χημική τους κατάσταση. Στην Υδατική Περιφέρεια της Θεσσαλίας το Δίκτυο περιλαμβάνει 42 σημεία δειγματοληψίας που καλύπτουν ένα μεγάλο τμήμα της συνολικής έκτασης του Πηνειού Ποταμού και των παραπόταμών του. Το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης της Ποιότητας των Επιφανειακών Νερών προσφέρει μια εκτίμηση της χημικής κατάστασης και της χρονικής διακύμανσης ορισμένων ποιοτικών δεικτών, αλλά δεν συμπεριλαμβάνει βιολογικούς δείκτες ποιότητας με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η ταξινόμηση των νερών.

Το Δίκτυο αυτό επανασχεδιάστηκε και να αναπροσαρμόστηκε σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Οδηγίας-Πλαίσιο 2000/60/ΕΕ για τα νερά και η παρακολούθηση οικολογικών δεικτών ποιότητας, έτσι ώστε να είναι δυνατή η εκτίμηση της οικολογικής και χημικής κατάστασης των επιφανειακών νερών σε κάθε Λεκάνη Απορροής Ποταμού της Χώρας.

Το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης της Ποιότητας των Υπογείων Νερών προσφέρει μια αξιόπιστη εκτίμηση της χημικής κατάστασης των υπόγειων νερών στην Υδατική Περιφέρεια της Θεσσαλίας. Ο συνολικός αριθμός των σημείων δειγματοληψίας είναι 30 και η συχνότητα δειγματοληψίας είναι εποχιακή (4 φορές ανά

έτος). Συμπληρωματικές μετρήσεις γίνονται ακόμη (με έμφαση στην παρακολούθηση ποσοτικών παραμέτρων) από το Υπουργείο Γεωργίας (ΕΘΙΑΓΕ) και το Ι.Γ.Μ.Ε.

Αναλυτικότερα σύμφωνα με τις μετρήσεις των παραπάνω φορέων στον ποταμό Πηνειό προέκυψαν οι εξής διαπιστώσεις:

- Η ποιότητα των επιφανειακών νερών είναι γενικά σε καλή κατάσταση. Σε λίγα μόνο σημεία δειγματοληψίας οι συγκεντρώσεις των νιτρωδών υπερβαίνουν τα επιτρεπτά όρια για το πόσιμο νερό, λόγω των καλλιεργειών που αναπτύσσονται στις περιοχές που βρίσκονται τα συγκεκριμένα σημεία. Επίσης, σε λίγα σημεία δειγματοληψίας, οι συγκεντρώσεις των φυτοφαρμάκων παρουσιάζουν αυξημένες τιμές.
  
- Η ποιότητα των υπόγειων νερών, ως προς τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών (νιτρικών, νιτρωδών και αμμωνίας), παρακολουθείται σε πολλά σημεία δειγματοληψίας που βρίσκονται στην πεδιάδα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των παρακολουθήσεων, σε πολλές περιπτώσεις οι συγκεντρώσεις των νιτρικών και σε μερικές περιπτώσεις και της αμμωνίας, υπερβαίνουν τα κρίσιμα όρια για το πόσιμο νερό. Οι αυξημένες τιμές στις συγκεντρώσεις των νιτρικών και της αμμωνίας οφείλονται στις ανθρώπινες δραστηριότητες που αναπτύσσονται στην περιοχή (γεωργία και κτηνοτροφία). Ως αποτέλεσμα, σύμφωνα με την Οδηγία 91/676/ΕΟΚ «για την προστασία των υδάτων από την ρύπανση που προκαλείται από γεωργικές δραστηριότητες», ο Θεσσαλικός Κάμπος έχει χαρακτηριστεί ως ευαίσθητη ζώνη (ΚΥΑ 19652/1906/99), έτσι ώστε να ληφθούν όλα τα απαραίτητα μέτρα για την

προστασία της περιοχής και έχουν επίσης θεσπισθεί «Κώδικες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής» καθώς και Πρόγραμμα Δράσης για την προώθηση και εφαρμογή τους.

- Το συνολικό υδατικό δυναμικό της Λεκάνης Πηνειού είναι περίπου 3.140 hm<sup>3</sup> και αποτελείται από 2.558 hm<sup>3</sup> επιφανειακών νερών και 590 hm<sup>3</sup> υπόγειων. Το υπόγειο νερό βρίσκεται στους καρστικούς και προσχωματικούς υδροφορείς της περιοχής.
- Οι κύριες οικονομικές δραστηριότητες που αναπτύσσονται στην περιοχή είναι η γεωργία, η βιομηχανία, ο τουρισμός, η κτηνοτροφία και η δασοπονία. Η συνολική κατανάλωση νερού στην Υδατική Περιφέρεια της Θεσσαλίας είναι 1.634,2 hm<sup>3</sup>/έτος. Η ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται για άρδευση είναι 1.568,7 hm<sup>3</sup>/έτος (96%), για ύδρευση 53,7 hm<sup>3</sup>/έτος (3,3%) (22,6 hm<sup>3</sup> κατά την διάρκεια της θερινής περιόδου) και για την κτηνοτροφία 11,8 hm<sup>3</sup>/έτος (0,7%). Η ποσότητα του νερού που καταναλώνεται από την βιομηχανία είναι αμελητέα.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, οι σημαντικότερες πιέσεις στον ποταμό Πηνειό είναι οι σημειακές και διάχυτες πηγές ρύπανσης όπως η γεωργία, η κτηνοτροφία, τα αστικά απόβλητα και η βιομηχανία, η υπερεκμετάλλευση του υπόγειου ύδατος κατά τους θερινούς μήνες, η ρύθμιση των πλημμύρων και η τουριστική υποδομή στις παράκτιες περιοχές (Ioannou, Chatzinikolaou & Lazaridou, 2008) (Εικόνα 13).

### 2.3.1.1 Η εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60 στην περίπτωση του

#### ποταμού Πηνειού

Το χρονοδιάγραμμα που είχε ορισθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή για την εφαρμογή της οδηγίας 2000/60 στον ποταμό Πηνειό φαίνεται παρακάτω. Αναλύοντας το παρακάτω διάγραμμα διαπιστώνει κανείς ότι υπήρχαν σημαντικοί στόχοι που έπρεπε να ικανοποιηθούν κυρίως από το 2003 έως το 2006 και αφορούσαν τόσο στη συλλογή και ανάλυση των σχετικών δεδομένων και πληροφοριών όσο και στο συντονισμό των δράσεων.

Πίνακας 3. Το χρονοδιάγραμμα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για τον ποταμό Πηνειό

No	ACTIVITIES	2003												2004				2005				2006							
		JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	COORDINATION OF ACTIVITIES	→																											
1.1	Establishment of a Coordination Working Group																												
1.2	Organisation of the public, the local stakeholders and the NGOs participation																												
1.3	Cooperation with technical consultants and establishment of Expert Groups for the different activities																												
2	INFORMATION EXCHANGE	→																											
2.1	Design of a website																												
2.2	Operation of the website																												
2.3	Organisation of Workshops																												
3	COLLECTION AND ANALYSIS OF EXISTING INFORMATION	→																											
3.1	Collection of existing data																												
3.2	Analysis of existing data																												
4	TESTING OF THE GUIDANCE DOCUMENTS	- - - - - →																											
4.1	First evaluation of the Guidance Documents (key issues on which the testing will be focused)																												
4.2	Testing related to Article 5 commitment																												
4.2.1	General description of the river basin																												
4.2.2	Establishment of reference conditions																												
4.2.3	Identification of significant pressures and assessment of their impacts																												
4.2.4	Economic analysis of water uses																												
4.3	Production of maps/GIS-layers																												
4.4	Intentification of significant physical and hydromorphological changes																												
4.5	Development of new monitoring programs																												
4.6	Development of classification systems for inland surface and coastal waters																												
4.7	Intercalibration exercise																												
4.8	Assessment of the groundwater quality and quantity status																												
4.9	Economic analysis (water pricing policies, recovery of costs, etc.)																												
4.10	Evaluation of programme of measures and development of RBMP																												
5	DISSEMINATION OF RESULTS	→																											
5.1	Intermediate and comprehensive reports to European Commission																												
5.2	Demonstration of the experience gained																												

τε Πακέτα Εργασιών που θα ε  
έργειες:

- Συντονισμός δράσεων
- Ανταλλαγή πληροφοριών
- Συλλογή και ανάλυση δεδομένων
- Εφαρμογή και αξιολόγηση των Guidance Documents
- και Κοινοποίηση των αποτελεσμάτων.

Όσον αφορά τον συντονισμό των δράσεων, ορίστηκαν ως συντονιστές του Προγράμματος το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων μαζί τη Διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης της Περιφέρειας Θεσσαλίας. Μετά την έναρξη ισχύος του Νομοσχεδίου «*Προστασία και διαχείριση των υδάτων Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60 της Ευρωπαϊκής Ένωσης*», η Διεύθυνση Υδάτων της Περιφέρειας Θεσσαλίας ανέλαβε τον συντονισμό της υλοποίησης της Πιλοτικής Μελέτης στον Πηνειό, σε συνεργασία βέβαια με εμπλεκόμενες Υπηρεσίες στην περιοχή (Οργανισμός Διαχείρισης της Λίμνης Κάρλας, Επιτροπές για την εφαρμογή των Προγραμμάτων του Άρθρου 7 της Οδηγίας 76/464/ΕΕ και των Προγραμμάτων Δράσεων για τα νιτρικά αγροτικής προέλευσης). Τέλος, ορίστηκε και μια Επιτροπή Παρακολούθησης από αντιπροσώπους των σχετικών Υπουργείων και Περιφερειών, για την επίβλεψη του Προγράμματος, ενώ για την υλοποίηση της Πιλοτικής Μελέτης στον Πηνειό είχαν εξασφαλιστεί 668.000€.

Η συμμετοχή Μη κυβερνητικών Οργανώσεων κρίθηκε απαραίτητη για την ολοκλήρωση του Προγράμματος. Από την αρχή των διαδικασιών ένας μεγάλος αριθμός Μη Κυβερνητικών Οργανώσεων όπως η WWF Ελλάς, ΕΚΒΥ, MedWet αλλά



και Ερευνητικών Ιδρυμάτων όπως το Πολυτεχνείο Αθηνών, το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης και το Α.Τ.Ε.Ι Λάρισας εκδήλωσαν το ενδιαφέρον τους για συμμετοχή στην εξέλιξη του Προγράμματος. Σύμφωνα με την Οδηγία – Πλαίσιο 2000/60 προβλέπονται οι εξής τρόποι συμμετοχής τους:

- Ενεργός συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων
- Διαβούλευση κατά τα στάδια υλοποίησης της Πιλοτικής Μελέτης
- και Ανταλλαγή πληροφοριών όσον αφορά στην εξέλιξη του Προγράμματος.

Όσον αφορά στην ανταλλαγή πληροφοριών, δημιουργήθηκε ένας μηχανισμός ανταλλαγής πληροφοριών για το Πρόγραμμα και την εξέλιξή του, τις επιμέρους δράσεις και την Οδηγία - Πλαίσιο 2000/60. Τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν για το σκοπό αυτό ήταν τα εξής:

- ιστοσελίδα στο διαδίκτυο ([www.minenv.gr/pinios\\_river.html](http://www.minenv.gr/pinios_river.html))
- ενημερωτικά φυλλάδια
- συναντήσεις και συνέδρια

Όσον αφορά στη συλλογή και αξιοποίηση των υφιστάμενων δεδομένων έγινε από τα εξής:

- άλλα σχετικά με το θέμα Προγράμματα που υλοποιούνται ή θα υλοποιηθούν

- την Εθνική Τράπεζα Υδρολογικών και Μετεωρολογικών Πληροφοριών (ΕΤΥΜΠ)
- το Εθνικό Δίκτυο Πληροφοριών Περιβάλλοντος (ΕΔΠΠ)
- άλλες σχετικές μελέτες

Επιπρόσθετα, όσον αφορά στην μελέτη και αξιολόγηση των Guidance Documents, λαμβάνει χώρα μια σειρά σχετικών δράσεων για την πιλοτική λεκάνη απορροής του Ποταμού Πηνειού Θεσσαλίας σύμφωνα βέβαια με το πλαίσιο αναφοράς (Terms of Reference) που έχει συνταχθεί για το σκοπό αυτό από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Joint Research Centre). Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην υλοποίηση των επιμέρους δράσεων και την αξιολόγηση των αντίστοιχων Κειμένων Κατευθυντήριων Γραμμών που αφορούν στις υποχρεώσεις της χώρας μας, σύμφωνα με το Άρθρο 5 της Οδηγίας 2000/60/ΕΕ.

Τέλος, ως προς την κοινοποίηση αποτελεσμάτων, λαμβάνει χώρα μια γνωστοποίηση των αποτελεσμάτων του Προγράμματος με ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των Κρατών – Μελών και της Επιτροπής της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με στόχο την σύνταξη μιας συνολικής αναφοράς από τον συντονιστή του Προγράμματος (JRC). Οι ενέργειες που λαμβάνουν χώρα στο στάδιο αυτό είναι οι εξής:

- Γνωστοποίηση των αποτελεσμάτων των επιμέρους σταδίων και του Προγράμματος σε κάθε ενδιαφερόμενο
- Συνεργασία με τις υπόλοιπες χώρες – ανταλλαγή εμπειριών
- Διαβίβαση αποτελεσμάτων, εκθέσεων και αναφορών στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή
- Προτάσεις για βελτίωση των Κειμένων Κατευθυντήριων Γραμμών.

Συνοψίζοντας, οι επιπτώσεις από την εφαρμογή της Οδηγίας στη χώρα μας αναμένεται να είναι ιδιαίτερα θετικές. Η αποτελεσματική εφαρμογή της Οδηγίας θα δημιουργήσει τις απαραίτητες συνθήκες για τη στήριξη μιας πολιτικής που θα οδηγήσει στην ικανοποιητική και αποτελεσματική προστασία καθώς και στην ορθολογική διαχείριση και αξιοποίηση των πολύτιμων υδατικών μας πόρων, η οποία μέχρι σήμερα δεν είχε οργανωμένη πολιτική αντιμετώπισης με αποτέλεσμα να υποβαθμίζονται οι υδάτινοι πόροι της χώρας μας.

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Κατά την παρούσα έρευνα πάρθηκαν 44 δείγματα, από διάφορα σημεία. Τα σημεία δειγματοληψίας φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα.

**Πίνακας 4.** Σημεία δειγματοληψίας

<b>ΣΗΜΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ</b>	
<b>Δείγμα 1</b>	ΓΕΦΥΡΑ ΟΜΟΡΦΟΧΩΡΙΟΥ
<b>Δείγμα 2</b>	ΓΕΦΥΡΑ ΣΙΚΟΥΡΙΟΥ
<b>Δείγμα 3</b>	ΓΕΦΥΡΑ ΓΛΑΥΚΗΣ
<b>Δείγμα 4</b>	ΠΛΑΤΥΚΑΜΠΟΣ
<b>Δείγμα 5</b>	ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ
<b>Δείγμα 6</b>	ΤΕΜΠΗ

Τα αποτελέσματα της έρευνας για το pH φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα.

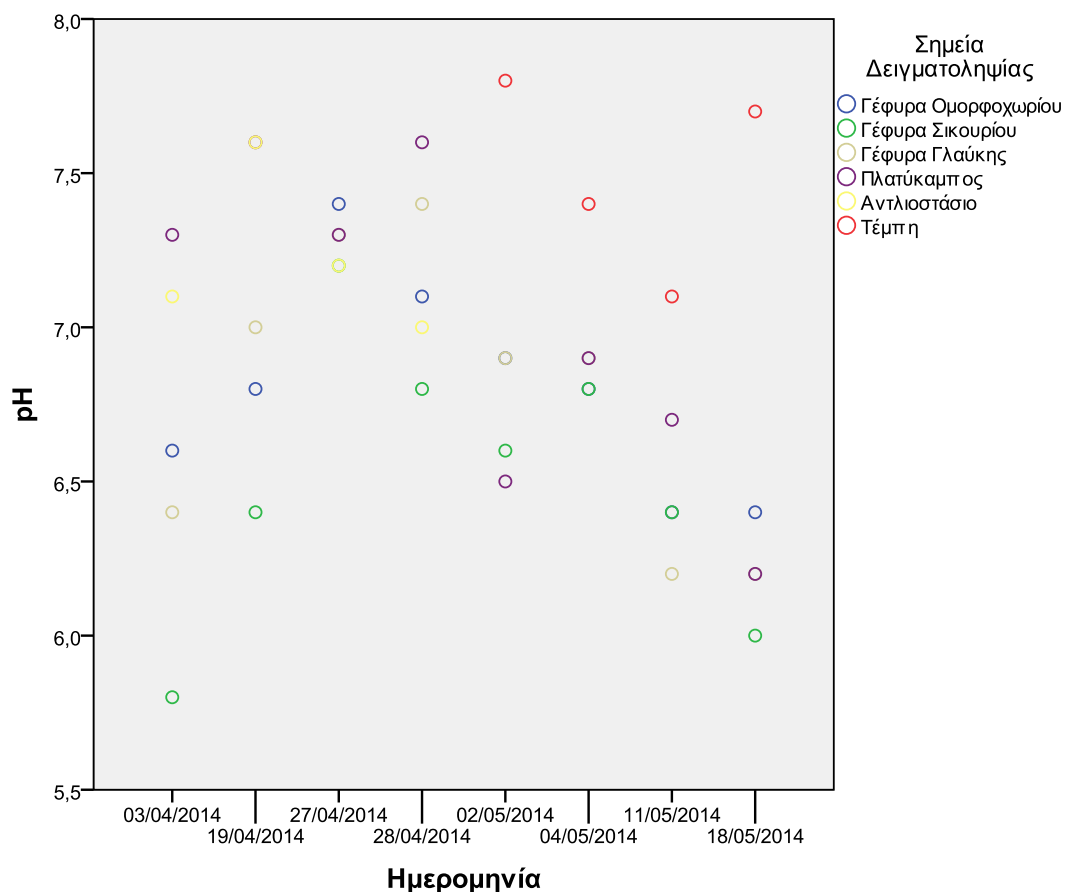
**Πίνακας 5.** Αποτελέσματα για το pH

<b>ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ</b>	<b>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ</b>	<b>PH</b>
<b>Δείγμα 1</b>	03/04/2014	6,6

<b>Δείγμα 2</b>	03/04/2014	5,8
<b>Δείγμα 3</b>	03/04/2014	6,4
<b>Δείγμα 4</b>	03/04/2014	7,3
<b>Δείγμα 5</b>	03/04/2014	7,1
<b>Δείγμα 1</b>	19/04/2014	6,8
<b>Δείγμα 2</b>	19/04/2014	6,4
<b>Δείγμα 3</b>	19/04/2014	7
<b>Δείγμα 4</b>	19/04/2014	7,6
<b>Δείγμα 5</b>	19/04/2014	7,6
<b>Δείγμα 1</b>	27/04/2014	7,4
<b>Δείγμα 2</b>	27/04/2014	7,2
<b>Δείγμα 3</b>	27/04/2014	7,3
<b>Δείγμα 4</b>	27/04/2014	7,3
<b>Δείγμα 5</b>	27/04/2014	7,2
<b>Δείγμα 1</b>	28/04/2014	7,1
<b>Δείγμα 2</b>	28/04/2014	6,8
<b>Δείγμα 3</b>	28/04/2014	7,4
<b>Δείγμα 4</b>	28/04/2014	7,6
<b>Δείγμα 5</b>	28/04/2014	7
<b>Δείγμα 1</b>	02/05/2014	6,9
<b>Δείγμα 2</b>	02/05/2014	6,6
<b>Δείγμα 3</b>	02/05/2014	6,9
<b>Δείγμα 4</b>	02/05/2014	6,5
<b>Δείγμα 6</b>	02/05/2014	7,8
<b>Δείγμα 1</b>	04/05/2014	6,8

<b>Δείγμα 2</b>	04/05/2014	6,8
<b>Δείγμα 3</b>	04/05/2014	6,9
<b>Δείγμα 4</b>	04/05/2014	6,9
<b>Δείγμα 6</b>	04/05/2014	7,4
<b>Δείγμα 1</b>	11/05/2014	6,4
<b>Δείγμα 2</b>	11/05/2014	6,4
<b>Δείγμα 3</b>	11/05/2014	6,2
<b>Δείγμα 4</b>	11/05/2014	6,7
<b>Δείγμα 6</b>	11/05/2014	7,1
<b>Δείγμα 1</b>	18/05/2014	6,4
<b>Δείγμα 2</b>	18/05/2014	6
<b>Δείγμα 3</b>	18/05/2014	6,2
<b>Δείγμα 4</b>	18/05/2014	6,2
<b>Δείγμα 6</b>	18/05/2014	7,7

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η χαμηλότερη τιμή pH που σημειώθηκε είναι 5,8, η υψηλότερη 7,8, ενώ η μέση τιμή για τα 44 δείγματα είναι 6.9. Ο Πίνακας 5 απεικονίζεται στο παρακάτω Σχήμα.



Σχήμα 1. Αποτελέσματα για το pH

Τα αποτελέσματα της έρευνας για τη θερμοκρασία φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα και απεικονίζονται στο Σχήμα 2.

Πίνακας 6. Αποτελέσματα για τη θερμοκρασία

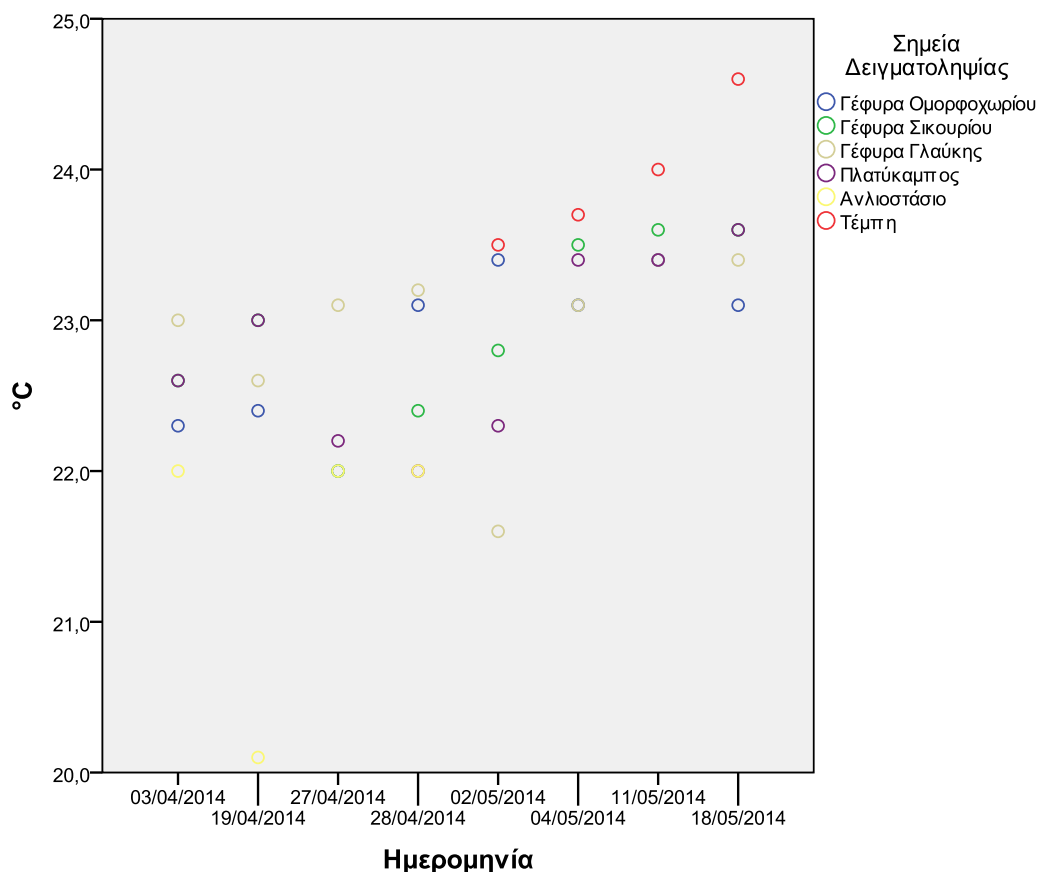
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C
Δείγμα 1	03/04/2014	22,3
Δείγμα 2	03/04/2014	22,6
Δείγμα 3	03/04/2014	23
Δείγμα 4	03/04/2014	22,6

<b>Δείγμα 5</b>	03/04/2014	22
<b>Δείγμα 1</b>	19/04/2014	22,4
<b>Δείγμα 2</b>	19/04/2014	23
<b>Δείγμα 3</b>	19/04/2014	22,6
<b>Δείγμα 4</b>	19/04/2014	23
<b>Δείγμα 5</b>	19/04/2014	20,1
<b>Δείγμα 1</b>	27/04/2014	22
<b>Δείγμα 2</b>	27/04/2014	22
<b>Δείγμα 3</b>	27/04/2014	23,1
<b>Δείγμα 4</b>	27/04/2014	22,2
<b>Δείγμα 5</b>	27/04/2014	22
<b>Δείγμα 1</b>	28/04/2014	23,1
<b>Δείγμα 2</b>	28/04/2014	22,4
<b>Δείγμα 3</b>	28/04/2014	23,2
<b>Δείγμα 4</b>	28/04/2014	22
<b>Δείγμα 5</b>	28/04/2014	22
<b>Δείγμα 1</b>	02/05/2014	23,4
<b>Δείγμα 2</b>	02/05/2014	22,8
<b>Δείγμα 3</b>	02/05/2014	21,6
<b>Δείγμα 4</b>	02/05/2014	22,3
<b>Δείγμα 6</b>	02/05/2014	23,5
<b>Δείγμα 1</b>	04/05/2014	23,1
<b>Δείγμα 2</b>	04/05/2014	23,5
<b>Δείγμα 3</b>	04/05/2014	23,1
<b>Δείγμα 4</b>	04/05/2014	23,4



<b>Δείγμα 6</b>	04/05/2014	23,7
<b>Δείγμα 1</b>	11/05/2014	23,4
<b>Δείγμα 2</b>	11/05/2014	23,6
<b>Δείγμα 3</b>	11/05/2014	23,4
<b>Δείγμα 4</b>	11/05/2014	23,4
<b>Δείγμα 6</b>	11/05/2014	24
<b>Δείγμα 1</b>	18/05/2014	23,1
<b>Δείγμα 2</b>	18/05/2014	23,6
<b>Δείγμα 3</b>	18/05/2014	23,4
<b>Δείγμα 4</b>	18/05/2014	23,6
<b>Δείγμα 6</b>	18/05/2014	24,6

Η μέση θερμοκρασία των 44 δειγμάτων είναι 22,8, ενώ η κατώτερη και ανώτερη θερμοκρασία είναι 20,1 και 24,6 αντίστοιχα.



**Σχήμα 2.** Αποτελέσματα για τη θερμοκρασία

Τα αποτελέσματα της έρευνας για την αγωγιμότητα φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα και απεικονίζονται στο Σχήμα 3.

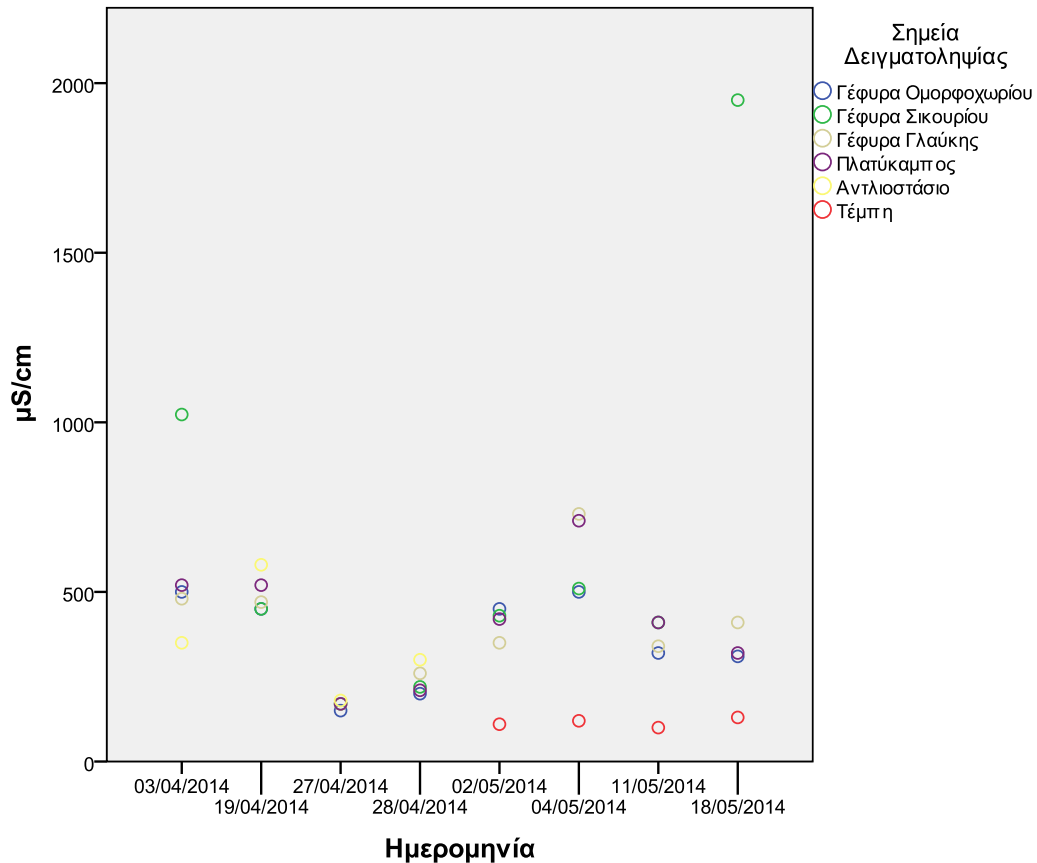
**Πίνακας 7.** Αποτελέσματα για την αγωγιμότητα

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ μS/cm
Δείγμα 1	03/04/2014	500
Δείγμα 2	03/04/2014	1023
Δείγμα 3	03/04/2014	480
Δείγμα 4	03/04/2014	520
Δείγμα 5	03/04/2014	350

<b>Δείγμα 1</b>	19/04/2014	450
<b>Δείγμα 2</b>	19/04/2014	450
<b>Δείγμα 3</b>	19/04/2014	470
<b>Δείγμα 4</b>	19/04/2014	520
<b>Δείγμα 5</b>	19/04/2014	580
<b>Δείγμα 1</b>	27/04/2014	150
<b>Δείγμα 2</b>	27/04/2014	170
<b>Δείγμα 3</b>	27/04/2014	170
<b>Δείγμα 4</b>	27/04/2014	170
<b>Δείγμα 5</b>	27/04/2014	180
<b>Δείγμα 1</b>	28/04/2014	200
<b>Δείγμα 2</b>	28/04/2014	220
<b>Δείγμα 3</b>	28/04/2014	260
<b>Δείγμα 4</b>	28/04/2014	210
<b>Δείγμα 5</b>	28/04/2014	300
<b>Δείγμα 1</b>	02/05/2014	450
<b>Δείγμα 2</b>	02/05/2014	430
<b>Δείγμα 3</b>	02/05/2014	350
<b>Δείγμα 4</b>	02/05/2014	420
<b>Δείγμα 6</b>	02/05/2014	110
<b>Δείγμα 1</b>	04/05/2014	500
<b>Δείγμα 2</b>	04/05/2014	510
<b>Δείγμα 3</b>	04/05/2014	730
<b>Δείγμα 4</b>	04/05/2014	710
<b>Δείγμα 6</b>	04/05/2014	120

<b>Δείγμα 1</b>	11/05/2014	320
<b>Δείγμα 2</b>	11/05/2014	410
<b>Δείγμα 3</b>	11/05/2014	340
<b>Δείγμα 4</b>	11/05/2014	410
<b>Δείγμα 6</b>	11/05/2014	100
<b>Δείγμα 1</b>	18/05/2014	310
<b>Δείγμα 2</b>	18/05/2014	1950
<b>Δείγμα 3</b>	18/05/2014	410
<b>Δείγμα 4</b>	18/05/2014	320
<b>Δείγμα 6</b>	18/05/2014	130

Η μέση αγωγιμότητα των 44 δειγμάτων είναι 410 $\mu$ S/cm, ενώ η κατώτερη κι η ανώτερη τιμή αγωγιμότητας βρέθηκαν 100 και 1023  $\mu$ S/cm, αντίστοιχα.



Σχήμα 3. Αποτελέσματα για την αγωγιμότητα

Τα αποτελέσματα της έρευνας για το BOD & COD φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα και απεικονίζονται στα γραφήματα 4 και 5, αντίστοιχα.

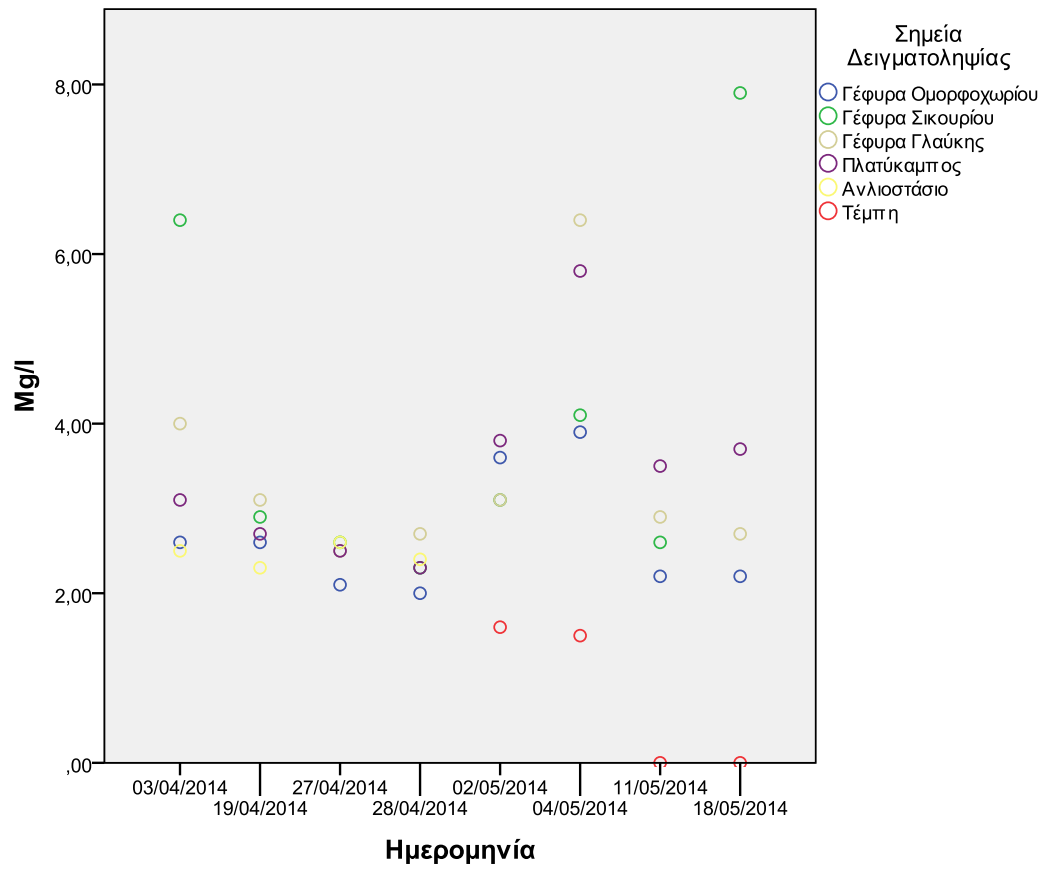
Πίνακας 8. Αποτελέσματα για το BOD & COD

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	BODmg/l	CODmg/l
Δείγμα 1	03/04/2014	2,6	5,5
Δείγμα 2	03/04/2014	6,4	13,2
Δείγμα 3	03/04/2014	4	8,6
Δείγμα 4	03/04/2014	3,1	6,5
Δείγμα 5	03/04/2014	2,5	6

<b>Δείγμα 1</b>	19/04/2014	2,6	5,9
<b>Δείγμα 2</b>	19/04/2014	2,9	6,5
<b>Δείγμα 3</b>	19/04/2014	3,1	6,7
<b>Δείγμα 4</b>	19/04/2014	2,7	6,1
<b>Δείγμα 5</b>	19/04/2014	2,3	5,1
<b>Δείγμα 1</b>	27/04/2014	2,1	4,5
<b>Δείγμα 2</b>	27/04/2014	2,6	4,9
<b>Δείγμα 3</b>	27/04/2014	2,5	5,1
<b>Δείγμα 4</b>	27/04/2014	2,5	5,4
<b>Δείγμα 5</b>	27/04/2014	2,6	5,8
<b>Δείγμα 1</b>	28/04/2014	2	4,2
<b>Δείγμα 2</b>	28/04/2014	2,3	4,7
<b>Δείγμα 3</b>	28/04/2014	2,7	4,8
<b>Δείγμα 4</b>	28/04/2014	2,3	4,5
<b>Δείγμα 5</b>	28/04/2014	2,4	4,5
<b>Δείγμα 1</b>	02/05/2014	3,6	5,9
<b>Δείγμα 2</b>	02/05/2014	3,1	6,5
<b>Δείγμα 3</b>	02/05/2014	3,1	6,7
<b>Δείγμα 4</b>	02/05/2014	3,8	7,6
<b>Δείγμα 6</b>	02/05/2014	1,6	3,5
<b>Δείγμα 1</b>	04/05/2014	3,9	7,4
<b>Δείγμα 2</b>	04/05/2014	4,1	8,6
<b>Δείγμα 3</b>	04/05/2014	6,4	12,8
<b>Δείγμα 4</b>	04/05/2014	5,8	11,6
<b>Δείγμα 6</b>	04/05/2014	1,5	3,5

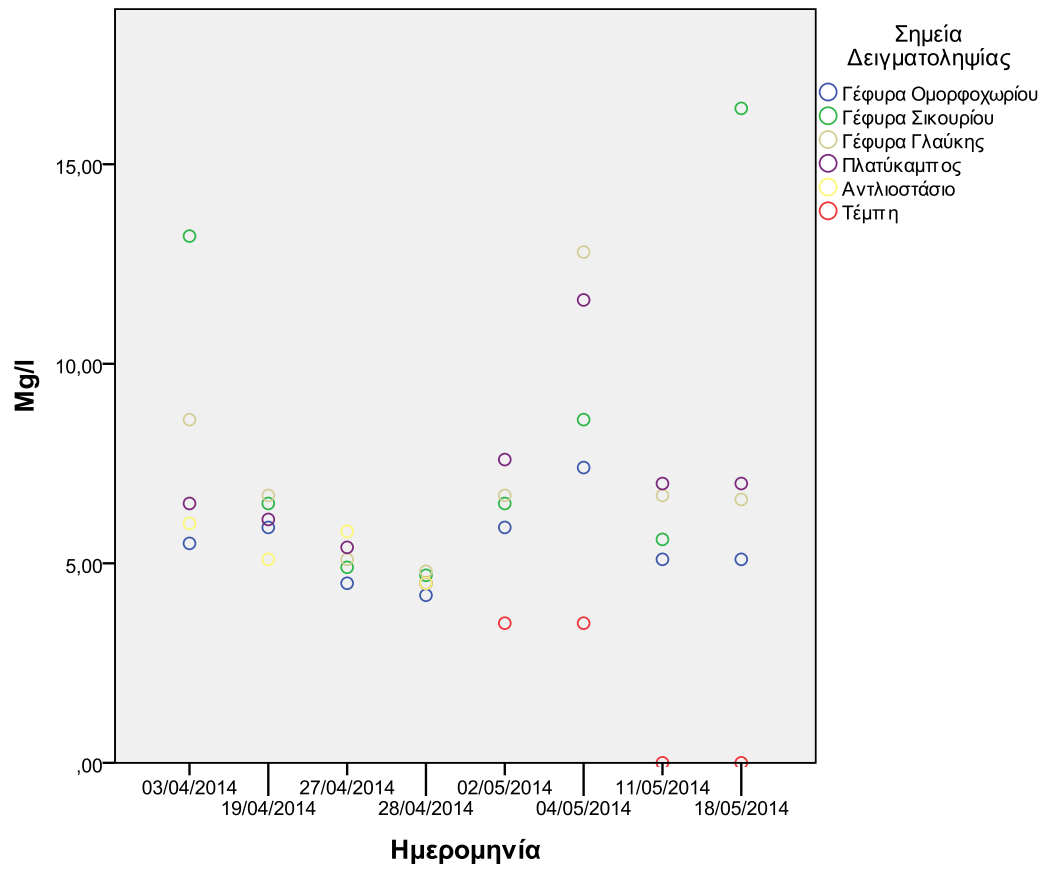
<b>Δείγμα 1</b>	11/05/2014	2,2	5,1
<b>Δείγμα 2</b>	11/05/2014	2,6	5,6
<b>Δείγμα 3</b>	11/05/2014	2,9	6,7
<b>Δείγμα 4</b>	11/05/2014	3,5	7
<b>Δείγμα 6</b>	11/05/2014	0	0
<b>Δείγμα 1</b>	18/05/2014	2,2	5,1
<b>Δείγμα 2</b>	18/05/2014	7,9	16,4
<b>Δείγμα 3</b>	18/05/2014	2,7	6,6
<b>Δείγμα 4</b>	18/05/2014	3,7	7
<b>Δείγμα 6</b>	18/05/2014	0	0

Η εικόνα του BOD παρουσιάζεται βρίσκεται στο 3mg/l (μέση τιμή), ενώ η κατώτερη και ανώτερη τιμή βρέθηκαν 0 και 7,9 αντίστοιχα. Όσον αφορά το COD, η μέση τιμή βρέθηκε 6,3, ενώ η κατώτερη και ανώτερη τιμή βρέθηκαν 0 και 16,4 αντίστοιχα.



Σχήμα 4. Αποτελέσματα για το BOD





Σχήμα 5. Αποτελέσματα για το COD

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα φυσικοχημικά στοιχεία που μετρήθηκαν με 44 δείγματα στον ποταμό Πηνειό, μπορούν να μας δώσουν μια εικόνα για την ποιότητα των υδάτων του.

Αρχικά, όσον αφορά στις μετρήσεις του pH, αποτελούν ένα σημαντικό δείκτη της ποιότητας των υδάτων του ποταμού, διότι το pH επηρεάζει τόσο χημικές όσο και βιολογικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στο ποτάμιο οικοσύστημα. Γενικά στα ύδατα των ποταμών φυσιολογικές τιμές pH θεωρούνται οι τιμές από 6,5 έως και 8,5. Στην παρούσα έρευνα, διαπιστώθηκε ως μέση τιμή pH το 6,9, το οποίο βρίσκεται μέσα στα φυσιολογικά πλαίσια τιμών.

Όσον αφορά στη θερμοκρασία ενός ποταμού, αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα, οι διακυμάνσεις του οποίου επηρεάζουν την οικολογική ισορροπία σε μεγάλο βαθμό και πολλαπλούς μηχανισμούς (θερμοκρασιακό εύρος των οργανισμών που κατοικούν, διαλυτότητα αερίων, μορφή συστατικών του νερού κ.α.). Εάν οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του ποταμού ήταν μεγάλες, θα διαταράσσονταν το ποτάμιο οικοσύστημα και δεν θα ευνοούταν η ανάπτυξη της ζωής (Αργυρόπουλος & Δασενάκης, 1997).

Στην παρούσα εργασία παρατηρήθηκε μεταξύ των 44 δειγμάτων, τα οποία λήφθηκαν πάρθηκαν από 3 Απριλίου έως 18 Μαΐου σε έξι διαφορετικά σημεία δειγματοληψίας, μικρή διακύμανση των τιμών από 20,1 έως 24,6. Στον ποταμό Πηνειό διαπιστώθηκε ότι οι θερμοκρασίες ύδατος είναι αντιπροσωπευτικές της εποχής και δεν παρουσιάζουν έντονη διακύμανση, κατά το χρονικό διάστημα των δειγματοληψιών.

Επιπρόσθετα, σχετικά με την αγωγιμότητα, όπως έχει ήδη αναφερθεί εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε διαλυμένα ιόντα. Από τις μετρήσεις της παρούσας μελέτης, φάνηκε ως μέση τιμή τα 410μS/cm, ενώ η κατώτερη κι η ανώτερη τιμή αγωγιμότητας βρέθηκαν 100 και 1023 αντίστοιχα. Από τα αποτελέσματα αυτά, γίνεται σαφές ότι υπάρχει έντονη διακύμανση τιμών αγωγιμότητας, κάτι που μπορεί να θεωρηθεί φυσιολογικό, εάν λάβει κανείς υπόψη ότι κάποιες αυξημένες τιμές

αγωγιμότητας, μπορεί να οφείλονται σε επίδραση από το θαλασσινό ή υφάλμυρο νερό (Αργυρόπουλος & Δασενάκης, 1997). Επιπρόσθετα, σύμφωνα με το Σχέδιο Διαχείρισης της Λεκάνης Απορροής του Πηνειού (σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60 /ΕΚ , κατ' εφαρμογή του Ν3199/2003 και του Π.Δ51/2007) ο Πηνειός ανήκει στην κατηγορία ποταμού NgL1. Οι ποταμοί αυτοί είναι πεδικοί πολύ μεγάλοι ποταμοί στην ηπειρωτική χώρα με ικανή κλίση καναλιού (>1,2 ‰), ώστε να διατηρούν ταχύροα τμήματα ακόμη και όταν η παροχή είναι χαμηλή. Το νερό σε αυτό του είδους τους ποταμούς είναι θολό, με πράσινο χρώμα που εμποδίζει το φως να περάσει, ενώ το pH είναι ελαφρά μεγαλύτερο από ότι στον τύπο NgL0. Επίσης, η αγωγιμότητα είναι μικρή και τα θρεπτικά είναι σχετικά χαμηλά.

Επίσης, σχετικά με το βιολογικός και χημικός απαιτούμενο οξυγόνο, βρέθηκε ως μέση τιμή BOD 3mg/l (με κατώτερη και ανώτερη τιμή βρέθηκαν 0 και 7,9 αντίστοιχα) και ως μέση τιμή COD βρέθηκε 6,3 (με η κατώτερη και ανώτερη τιμή 0 και 16,4 αντίστοιχα).

Παρακάτω ακολουθεί ο Πίνακας με τα επιτρεπτά όρια για τιμές BOD και COD.

**Πίνακας 9.** Τιμές BOD και COD σε διάφορα νερά και απόβλητα.

Προέλευση	BOD (mg/L)	COD (mg/L)
Νερά ποταμών χωρίς ρύπανσης	-	<1
Νερά ποταμών που έχουν ρυπανθεί	-	>10
Νερά αποβλήτων μετά την κατεργασία	-	10-20
Νερά οικιακών ή	-	300-5000

<b>βιομηχανικών αποβλήτων</b>		
<b>Επιτρεπτά όρια στη Β. Ελλάδα (1978)</b>	90	30
<b>Επιτρεπτά όρια στη Β. Ελλάδα (1983)</b>	250	80
<b>Ακατέργαστα οικιακά λύματα</b>	420	360

Πηγή: Λουκάς, 2007.

Σύμφωνα λοιπόν με τον παραπάνω πίνακα οι τιμές BOD και COD που βρέθηκαν από τα 44 δείγματα στον ποταμό Πηνειό, είναι ενθαρρυντικές και βρίσκονται μέσα στα επιτρεπτά όρια.

Εκ κατακλείδι, τα φυσικοχημικά στοιχεία για τον ποταμό Πηνειό δείχνουν καλή ποιότητα υδάτων με μέση τιμή pH 6,9 (φυσιολογικά επίπεδα), φυσιολογικές τιμές θερμοκρασίας με μικρή διακύμανση, φυσιολογική τιμή αγωγιμότητας με μεγάλη διακύμανση, η οποία πιθανώς οφείλεται σε επίδραση από το θαλασσινό ή υφάλμυρο νερό και τιμές BOD και COD εντός των φυσιολογικών ορίων.

Τέλος, ανάλογες έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί στην Ελλάδα και άλλοτε τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά και άλλοτε απογοητευτικά. Πιο συγκεκριμένα η έρευνα του Κουτσομήτρου (2013), αξιολογεί την υφιστάμενη κατάσταση της ποιότητας του υδάτων του ποταμού Κηφισού στην Αττική. Τα σημεία δειγματοληψίας ήταν 4 και οι χρόνοι των δειγματοληψιών ήταν 2 (χειμώνας και άνοιξη). Μετρήθηκαν η θερμοκρασία (αέρα και νερού), το pH, η αγωγιμότητα, τα νιτρικά, τα νιτρώδη και τα φωσφορικά ιόντα, το BOD5 και το COD. Επίσης συλλέχθηκε μακροασπόνδυλη πανίδα, τα άτομα της οποίας ταυτοποιήθηκαν ως προς το γένος, την οικογένεια ή το είδος. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, το υδάτινο οικοσύστημα του Κηφισού, διατηρώντας σε μεγάλο βαθμό αναλλοίωτα ή ελαφρώς επιβαρυμένα τα φυσικά του

χαρακτηριστικά, παραμένει σαφέστατα σε καλύτερη μοίρα από το κατάντη τμήμα έως τις εκβολές του, όπου η κατάσταση θεωρείται μη αντιστρέψιμη. Από τα βόρεια της Αττικής έως το Φάληρο, οι εικόνες του Κηφισού είναι τόσο διαφορετικές που φαίνονται να αφορούν σε δύο διαφορετικά ποτάμια οικοσυστήματα. Τα αποτελέσματα οδήγησαν σε προτάσεις για τη διαχείριση του ποταμού ως ενιαίο οικοσύστημα, ενταγμένο στον αστικό ιστό.

Επιπρόσθετα, μια ακόμα μελέτη που έλαβε χώρα, είναι η μελέτη Τσιχριντζή (2008), στην οποία μελετήθηκε η διασυννοριακή λεκάνη του Νέστου. Η έρευνα αυτή, έχει ως σκοπό να συμβάλει στη διαχείριση τόσο της ποσότητας όσο και της ποιότητας των υδάτων του κάτω ρου του ποταμού Νέστου. Για το λόγο αυτό τοποθετήθηκαν αυτογραφικοί σταθμοί παρακολούθησης, πραγματοποιήθηκαν συστηματικές δειγματοληψίες και αναπτύχθηκε σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS) για την καταγραφή των δεδομένων ποσότητας και ποιότητας των υδάτων του Νέστου. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του προγράμματος αυτού που έλαβε χώρα από το 2006 έως το 2008, οι τιμές του pH βρέθηκαν στην αλκαλική περιοχή, με μικρές διακυμάνσεις, η ηλεκτρική αγωγιμότητα βρέθηκε στο σημείο ΣΜ 2 151  $\mu\text{S}/\text{cm}$  και στο σημείο ΣΜ 5 281  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Οι συγκεντρώσεις του διαλυμένου οξυγόνου (DO) έδειξαν εποχιακές διακυμάνσεις. Οι συγκεντρώσεις κυμάνθηκαν από 4.3 mg/L (ΣΜ3) έως 14.5 mg/L (ΣΜ 1). Οι τιμές της θερμοκρασίας του νερού, όπως και του διαλυμένου οξυγόνου, παρουσίασαν χωρικές και εποχιακές διακυμάνσεις. Υψηλότερες διακυμάνσεις παρατηρήθηκαν στο σημείο ΣΜ 2, επειδή ο παραπόταμος Αρκουδόρεμα επηρεάζεται πιο εύκολα από τις κλιματικές συνθήκες.

Μια ακόμη μελέτη, αποτελεί η έρευνα της Ζήση (2007), η οποία μελετά τις περιβαλλοντικές παραμέτρους ποιότητας των νερών του ποταμού Ληθαίου (νομός Τρικάλων), για χρονική περίοδο επτά μηνών. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, το εύρος των τιμών των παραμέτρων που μετρήθηκαν ήταν το εξής: Θερμοκρασία 10 έως 22,2  $^{\circ}\text{C}$ , ηλεκτρική αγωγιμότητα 405 έως 904  $\mu\text{mhos}/\text{cm}$ , pH 6,79 έως 8,2, διαλυμένο οξυγόνο 75 έως 100 %, νιτρικά ιόντα 8,8 έως 55 mg/l, νιτρώδη <0,007 έως 0,42mg/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. Οι τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων που μετρήθηκαν στον ποταμό

Ληθαίο εμπíπτουν 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.

Επίσης, σημαντική είναι και η έρευνα των Psilovikos, Margoni & Psilovikos (2006), η οποία έλαβε χώρα στη Λίμνη της Καστοριάς και μελετά την ποιότητα των υδάτων της με χρήση GIS. Οι παράμετροι που μελετήθηκαν είναι η θερμοκρασία, το BOD, το COD, το pH, την πυκνότητα του νερού και νιτρικά, τα σημεία δειγματοληψίας ήταν 5 και η διάρκεια των μετρήσεων ήταν δύο χρόνια. Με τα αποτελέσματα φτιάχτηκαν οι αντίστοιχοι χάρτες και προσδιορίστηκαν οι σημαντικότερες πιέσεις που δέχεται η λίμνη της Καστοριάς.

Αντίστοιχη είναι και η έρευνα των Psilovikos & Sentas (2009) που μελετά την ποιότητα των υδάτων σε δυο τηλεμετρικούς σταθμούς στον ποταμό Νέστο, κοντά στη Χρυσούπολη και κοντά στα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα. Στη μελέτη αυτή ερευνώνται διάφοροι παράγοντες τόσο ποιοτικοί όσο και ποσοτικοί, που επηρεάζουν την ποιότητα των υδάτων και εξετάζεται η σημαντικότητα του σε επίπεδο 5%. Από τους παράγοντες που εξετάστηκαν το επίπεδο του νερού και η ηλεκτρική αγωγιμότητα παρουσίασαν μια τάση. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας στον σταθμό «Νέστος» το επίπεδο του νερού και η θερμοκρασία νερού παρουσιάζουν κανονική κατανομή, ενώ στο σταθμό «Παγονέρι» καμία παράμετρος δεν παρουσίασε κάποια κατανομή.

Στο ίδιο πλαίσιο ανήκει και η έρευνα των Kagalou & Psilovikos (2013), η οποία στοχεύει στον προσδιορισμό των παραμέτρων ποιότητας των υδάτων σε δύο λίμνες της Μεσογείου (Ζιρού και Καστοριά). Βάση των χαρακτηριστικών του αναγνωρίστηκε ο τύπος των λιμνών και το τροφικό τους επίπεδο. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας η λίμνη της Καστοριάς χαρακτηρίζεται ως ευτροφική με τάση υπερτροφικότητας. Από την άλλη η Λίμνη Ζιρού χαρακτηρίστηκε ως μεσοτροφική με τάση ευτροφικότητας. Και τα δύο οικοσυστήματα βρίσκονται σε κίνδυνο μη ικανοποίησης των περιβαλλοντικών στόχων WFD, λόγω των ανθρωπογενών πιέσεων.

Επιπρόσθετα, η έρευνα του Σέντα (2007) αναλύει χρονοσειρές ποιοτικών και ποσοτικών παραμέτρων των υδάτων ποταμών και υδατορευμάτων με τη χρήση μοντέλων ARIMA. Αναλυτικότερα, για την εκτίμηση της φυσικοχημικής κατάστασης των υδάτων του ποταμού Πηνειού στους σταθμούς δειγματοληψίας Υδατόπυργου και Πυργετού εκλέχθηκαν 9 παράμετροι (παροχή, ηλεκτρική αγωγιμότητα, ενεργός οξύτητα, συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου, συγκέντρωση των νιτρικών, συγκέντρωση του ολικού φωσφόρου, θερμοκρασία των υδάτων, ποσοστό κορεσμού του διαλυμένου οξυγόνου και αμμωνιακά). Με τα γραμμικά μοντέλα ARIMA έγινε έλεγχος τάσης με προσαρμογή ευθείας παλινδρόμησης, αναζητήθηκαν συσχετίσεις μεταξύ των παραμέτρων και τέλος ένα από τα παραπάνω μοντέλα χρησιμοποιήθηκε για πρόβλεψη.

Στο ίδιο πλαίσιο ανήκει και η έρευνα του Μάλλιου (2010), στην οποία γίνεται εκτίμηση της ποιότητας των υδάτων του ποταμού Ληθαίου. Οι παράμετροι που μελετήθηκαν ήταν η παροχή, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, η ενεργός οξύτητα, η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου, η θερμοκρασία των υδάτων, το ποσοστό κορεσμού του διαλυμένου οξυγόνου, η θερμοκρασία περιβάλλοντος και τα χλωριόντα. Με τη στατιστική ανάλυση έγινε έλεγχος τάσης με ευθεία παλινδρόμηση, με το συντελεστή συσχέτισης Spearman και με το συντελεστή συσχέτισης Kendall. Σύμφωνα με τα όρια αποδέκτη βάση της απόφασης του Νομαρχιακού Συμβουλίου Τρικάλων 4391/8-11-2004 οι τιμές των ποιοτικών παραμέτρων που διερευνήθηκαν στην παρούσα έρευνα είναι εντός των ορίων που προβλέπονται για υδροληψία πόσιμου νερού, άρδευση και διαβίωση ψαριών.

Ειδικότερα, όσον αφορά στις έρευνες για τον ποταμό Πηνειό, σύμφωνα με τον Οικονόμου (2005) ο ποταμός Πηνειός, δέχεται έντονες πιέσεις κατά τις τελευταίες δεκαετίες, τόσο από τις έντονες ανθρώπινες δραστηριότητες για γεωργική χρήση όσο και για δόμηση.

Αναλυτικότερα, σύμφωνα με την έρευνα των Papadaki et al (2006), στην οποία εκτιμήθηκε η ποιότητα των υδάτων του Πηνειού με βενθικά μακροσπόνδυλα και φυσικοχημικές παραμέτρους από 29 σταθμούς στην λεκάνη απορροής του ποταμού, η σημαντικότερη παράμετρος που επηρεάζει το βένθος την περίοδο χαμηλής ροής είναι η θερμοκρασία του νερού, ενώ αντίθετα κατά την περίοδο υψηλής ροής είναι η

συγκέντρωση του αζώτου των αμμωνιακών ιόντων. Επιπρόσθετα, η ποιότητα των νερών βρέθηκε από κακή έως καλή και οι ανθρώπινες δραστηριότητες φάνηκε να ασκούν πιέσεις επηρεασμού της ποιότητας των υδάτων.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι βάση του Σχεδίου Διαχείρισης της Λεκάνης Απορροής του Πηνειού σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60 /ΕΚ , κατ' εφαρμογή του Ν3199/2003 και του Π.Δ51/2007 ισχύουν τα εξής:

- Η έκταση της λεκάνης απορροής του Πηνειού είναι σε μεγάλο ποσοστό καλλιεργήσιμη (51%). Το συνολικό ετήσιο φορτίο αζώτου που απορρέει επιφανειακά προς τα αναγνωρισμένα υδάτινα σώματα ανέρχεται σε 21042103.8 tn, ενώ το ετήσιο φορτίο φωσφόρου, ανέρχεται σε 372.2 tn.
- Το ετήσιο φορτίο που απορρέει οφειλόμενο στην κτηνοτροφική δραστηριότητα είναι 11124 BOD (tn/έτος), 3999N (tn/έτος) και 156,4P (tn/έτος). Η εντονότερη κτηνοτροφική δραστηριότητα παρατηρείται στις υπολεκάνες του ρέματος Σμολιώτικο της τεχνητής λίμνης Αργυροπουλίου και του ποταμού Πορταϊκού, όπου καταλήγουν και τα μεγαλύτερα ρυπαντικά φορτία ανά εκτάριο υπολεκάνης.
- Το συνολικό ετήσιο φορτίο που απορρέει επιφανειακά στον Πηνειό όσον αφορά το BOD είναι 861633 kg/έτος από αστικά λύματα και 11.124.422 kg/έτος από την κτηνοτροφία, το N είναι 246.181 kg/έτος από αστικά λύματα, 3.998.866 kg/έτος από την κτηνοτροφία και 2.103.842 kg/έτος από τη γεωργία, το P είναι 8.248 kg/έτος από αστικά λύματα, 156.395 kg/έτος από την κτηνοτροφία και 372.218 kg/έτος από τη γεωργία.
- Στις υπολεκάνες των ποταμών και λιμνών της λεκάνης απορροής Πηνειού παρατηρείται υπέρβαση της εκτιμώμενης συγκέντρωσης οργανικού άνθρακα σε 36 υπολεκάνες (σε σύνολο 66 υπολεκανών), του αζώτου σε 18 υπολεκάνες και του φωσφόρου σε 22 υπολεκάνες. Υπέρβαση των συγκεντρώσεων και των τριών παραμέτρων παρατηρείται σε 6 υπολεκάνες.
- Η υποβάθμιση της χημικής ποιότητας των υπόγειων υδατικών συστημάτων απαντάται, με την αύξηση των αζωτούχων ενώσεων, αύξηση των τιμών της



ηλεκτρικής αγωγιμότητας και των συγκεντρώσεων ιόντων χλωρίου, η οποία συνδέεται με αστικά απόβλητα.

- Από το σύνολο των 26 υπογείων υδατικών συστημάτων τις υδρολογικής λεκάνης του Πηνειού, στα 9 πραγματοποιούνται υπεραντλήσεις που έχουν ως αποτέλεσμα τη σταδιακή μείωση των μονίμων υπογείων αποθεμάτων.

Συμπερασματικά, φάνηκε από τη μελέτη του ποτάμιου οικοσυστήματος του Ποταμού Πηνειού, ότι οι σημαντικότερες πιέσεις είναι οι σημειακές και διάχυτες πηγές ρύπανσης όπως η γεωργία, η κτηνοτροφία, τα αστικά απόβλητα και η βιομηχανία, η υπερεκμετάλλευση του υπόγειου ύδατος κατά τους θερινούς μήνες, η ρύθμιση των πλημμύρων και η τουριστική υποδομή στις παράκτιες περιοχές.

Από τις μετρήσεις που έλαβαν χώρα αξιολογήθηκαν οι εξής παράμετροι:

1. Θερμοκρασία
2. PH
3. Αγωγιμότητα
4. BOD
5. COD

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων για τον ποταμό Πηνειό δείχνουν καλή ποιότητα υδάτων με μέση τιμή pH 6,9 (φυσιολογικά επίπεδα), φυσιολογικές τιμές θερμοκρασίας με μικρή διακύμανση, φυσιολογική τιμή αγωγιμότητας με μεγάλη διακύμανση, η οποία πιθανώς οφείλεται σε επίδραση από το θαλασσίνο ή υφάλμυρο νερό, τιμές BOD και COD εντός των φυσιολογικών ορίων.

## **ABSTRACT**

This study is the Diploma Thesis under my Postgraduate studies. The purpose of this study is to assess the water quality of the river ecosystem Pinios, with sustainability indicators, based on the framework Direction 2000/60.

Specifically, this work is divided in five chapters. The first chapter is the introduction, which introduces the reader to the concepts of the river ecosystem, pollution of river ecosystems and the value of rivers to man. Additionally, analyzes the Direction 2000/60 and its implementation in Europe and Greece. Finally, in the same chapter there is a first approximation of the riparian ecosystem of the river Pinios.

The second chapter, entitled "Materials and Methods", describes the methodology of work. Specifically, describes the choice of measurements, temperature measurements, conductivity measurements, measurements of pH, measurements of COD (Chemical Oxygen Demand) and VOD measurements (Biochemical Oxygen Demand). Also, at the end of the chapter the process of sampling experiment is described in details.

The third chapter presents the results of measurements followed by discussion and conclusions in the fourth and fifth chapter, respectively.

**KEYWORDS:** Pinios river, river ecosystem sustainability indicators, Direction 200/60.

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## Ελληνική

Αντωνόπουλος Β., (2001). *Ποιότητα και Ρύπανση Υπόγειων Νερών*, Θεσσαλονίκη:

Εκδόσεις Ζήτη.

Αργυρόπουλος Δ., & Δασενάκης Μ., (1997). *Ποτάμια: Η ρύπανση των νερών και η*

*αντιμετώπιση*, Γενική Διεύθυνση Ευρωπαϊκής Ένωσης για την εκπαίδευση,

Τρίκαλα: ΔΕΚΑ Τρικάλων.

Βασιλάτος Χ.. (2010). *Προσδιορισμός φυσικοχημικών παραμέτρων υγρών αποβλήτων*

*και υδάτων (DO - BOD - COD - TOC)*, Τομέας Οικονομικής Γεωλογίας και

Γεωχημείας, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Αθήνα: Πανεπιστήμιο

Αθηνών.

Γκόφας Θ., & Κουτσοδάκης Δ., (1998). *Προμελέτη Υδραυλικού Έργου Παλαιάς και*

*Νέας Κοίτης Ποταμού Πηνειού Λάρισας, Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων*,

Λάρισα: Δήμος Λάρισας.

Δίκτυο Μεσόγειος SOS. (2013). *Εξοικονόμηση νερού, Ολοκληρωμένο εκπαιδευτικό*

*πρόγραμμα για τα σχολεία της Νότιας Ευρώπης. Διαθέσιμο 12/11/14 στο*

δικτυακό τόπο: <http://www.watersave.gr/site/images/stories/PDFs/05ekp.pdf>

Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. (2007). Ανακοίνωση της επιτροπής στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο, Προς την αειφόρο διαχείριση του νερού στην Ευρωπαϊκή Ένωση, Πρώτο στάδιο της εφαρμογής της οδηγίας πλαίσιο για το νερό 2000/60/EK –[SEC(2007) 362], [SEC(2007) 363].

Ζανάκη Κ., (2001). *Έλεγχος Ποιότητας Νερού*. Αθήνα: Εκδόσεις Ίων.

Ζήση Σ., (2007). Περιβαλλοντικοί παράγοντες και έλεγχος ποιότητας των νερών του ποταμού Ληθαίου. Πτυχιακή εργασία στο Α.Τ.Ε.Ι Θεσσαλονίκης, Τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών. Χαλκιδική.

Κουτσομήτρου Δ., (2013). Εκτιμώντας την ποιότητα των ποταμών, Φυσικοχημικοί και βιολογικοί δείκτες για την εκτίμηση της κατάστασης του Αττικού Κηφισού. Διπλωματική μελέτη στο Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Οικιακή Οικονομίας και Οικολογίας. Αθήνα.

Λουκάς Α., (2007). Ποιότητα του νερού στους ταμειωτήρες, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. Λάρισα.

Μάλλιος Β., (2010). Διερεύνηση των τάσεων και της ποιότητας των υδάτων του ποταμού Ληθαίου. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Μοντεσάντου Β., (1999). *Σημειώσεις Λιμνολογίας: Ποτάμια Υδροσυστήματα*, Τμήμα Βιολογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών, Αθήνα.

Οικονόμου, (2005). Η Παράκτια Ζώνη του Δέλτα Πηνειού Ποταμού: Ανάπτυξη και Προστασία Περιβάλλοντος, *Τεχν. Χρον. Επιστ. Έκδ. ΤΕΕ, II*, 1-2: 37-47.

Σέντας Α., (2007). *Ανάλυση χρονοσειρών των ποιοτικών και ποσοτικών παραμέτρων των υδάτων ποταμών και υδατορευμάτων με τη χρήση των μοντέλων ARIMA*. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Σεφέρου Π., (2005). *Οδηγίες εκτέλεσης μετρήσεων φυσικοχημικών παραμέτρων σε υδατικούς πόρους*, ΤΕΙ Κρήτης, Χανιά.

Σκουλικίδης Ν., (1997). Περιβαλλοντική κατάσταση των Ελληνικών ποταμών. Στο: Βιώσιμη Ανάπτυξη με την Περιβαλλοντική Αγωγή, Έκδοση Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Αιτωλοακαρνανίας και Υ.ΠΕ.Χ.Ω.Δ.Ε., Μεσολόγγι, 58-99.

Σταυρουλάκης Γ., (2005). *Εκπαιδευτικό υλικό: Έλεγχος Ποιότητας Νερού*, Τ.Ε.Ι Κρήτης, Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος, Χανιά.

Σχεδίο Διαχείρισης της Λεκάνης Απορροής του Πηνειού σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60 /ΕΚ , κατ' εφαρμογή του Ν3199/2003 και του Π.Δ51/2007

Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο:

[http://wfd.ypeka.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=38&Itemid=12](http://wfd.ypeka.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=38&Itemid=12) [5/2/2015].

Τσιούρης Σ., (2001). *Θέματα Προστασίας Περιβάλλοντος*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Γαρταγάνη.

Τσιχριντζής Β., (2008). Σύνοψη ερευνητικού προγράμματος: πιλοτικό σύστημα παρακολούθησης διασυνοριακής λεκάνης ποταμού Νέστου, Εργαστήριο οικολογικής μηχανικής & τεχνολογίας τμήμα μηχανικών περιβάλλοντος Πολυτεχνική Σχολή, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.

Χατζηνικολάου Γ., (2001): Παρακολούθηση της οικολογικής ποιότητας των νερών του ποταμού Αξιού. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία στο Τμήμα Βιολογίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

Χατζηευθυμίου Δ., (2013). Πηνειός. Ποτάμι ή αγωγός αποβλήτων; Διαθέσιμο 12/11/2013 στον δικτυακό τόπο: <http://www.eleftheria.gr/index.asp?cat=7&aid=36730#.Ury66Z2TtWw>

## Ξενόγλωσση

Brewer, R., Sekela, M., Sylvestre, S., Tuominen, T., & Moyle, G. (1998). Contaminants in Bed Sediments from 15 Reaches of the Fraser River Basin. Aquatic and Atmospheric Sciences Division, Environment Canada, Vancouver, B.C. DOE FRAP 1997-37.

Christensen, V.G., Jian, X., & Ziegler, A.C. (2000). *Regression analysis and real-time water-quality monitoring to estimate constituent concentrations, loads, and yields in the Little Arkansas River, South- Central Kansas, 1995–99*: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 00-4126, 36 p.

Hem, J.D. (1989). Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water: U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2254, 264 p.

Gordon, A.B., & Katzenbach, M. (1983). Guidelines for use of water-quality monitors, *U.S. Geological Survey Open-File Report*, 83-681, 94 p.

Ioannou, A., Chatzinikolaou, L., & Lazaridou, M. (2008). A preliminary pressure–impact analysis applied in the Pinios river basin (Thessaly, Central Greece). *Water and Environment Journal* (DOI: 10.1111/j.1747-6593.2008.00130.x).

Jeffries M. & Mills, D. (1990). *Freshwater Ecology*. London: Belhaven Press, p. 285.

Jorgensen B. & Richardson K. (1996). *Eutrophication; definition, history and effects in eutrophication in coastal, marine ecosystems, coastal and estuarine studies*, Elsevier.

Kagalou, I., & Psilovikos, A. (2013). Assessment of the Typology and the Trophic Status of two Mediterranean Lake Ecosystems (NW Greece). *Water Resources*, Vol. 41, No 3, pp 335 – 343.

Papadaki, K., Chatzinikolaou, Γ., Lazaridou, M., Ioannou, A., Artemiadou, V. (2006). Water quality evaluation of the middle and lower reaches of Pinios river based on benthic macroinvertebrates and physicochemical parameters during the low flow and high flow season, *8ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας* 897.

Parsons, R., Maita, Y., Lalli, M. (1984). *A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis*. London: Pergamon Press.

Psilovikos, A., Margoni, S., & Psilovikos, A. (2006). Simulation and Trend Analysis of the Water Quality Monitoring Daily Data in Nestos River Delta. Contribution to the Sustainable Management and Results for the years 2000 – 2002. *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol 116, No 1 – 3, pp 543 – 562.

Psilovikos, A., & Sentas, A. (2009). Comparison and Assessment of the Monitoring Data of two R.E.MO.S. Stations in Nestos and Pagoneri for the Year 2004. The



Base for an Integrated Water Management. *Desalination*, Vol 248, Issues 1–3, pp. 1016–1028.

Rantz, S.E. (1982). *Measurement and computation of streamflow*, Volume 1. Measurement of stage and discharge: U.S. Geological Survey Water- Supply Paper 2175, 284 p.

Radtke, D. B., Busenberg, E., Wilde, F. D., & Kurklin, J. K. (1998). *pH*, in Wilde, F.D., and Radtke, D.B., eds., 1998, *Field measurements, in National field manual for the collection of water-quality data*: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, book 9, chap. A6.4, 27 p.

Radtke, D. B., Davis, J. V., & Wilde, F.D. (1998). Specific electrical conductance, in Wilde, F.D., and Radtke, D.B., eds., 1998, *Field measurements, in National field manual for the collection of water-quality data*: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, book 9, chap. A6.3, 22 p.

Radtke, D. B., Kurklin, J. K., & Wilde, F.D. (1998). *Temperature*, in Wilde, F.D., and Radtke, D.B., eds., 1998, *Field measurements, in National field manual for the collection of water-quality data*: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, book 9, chap. A6.1, 15 p.

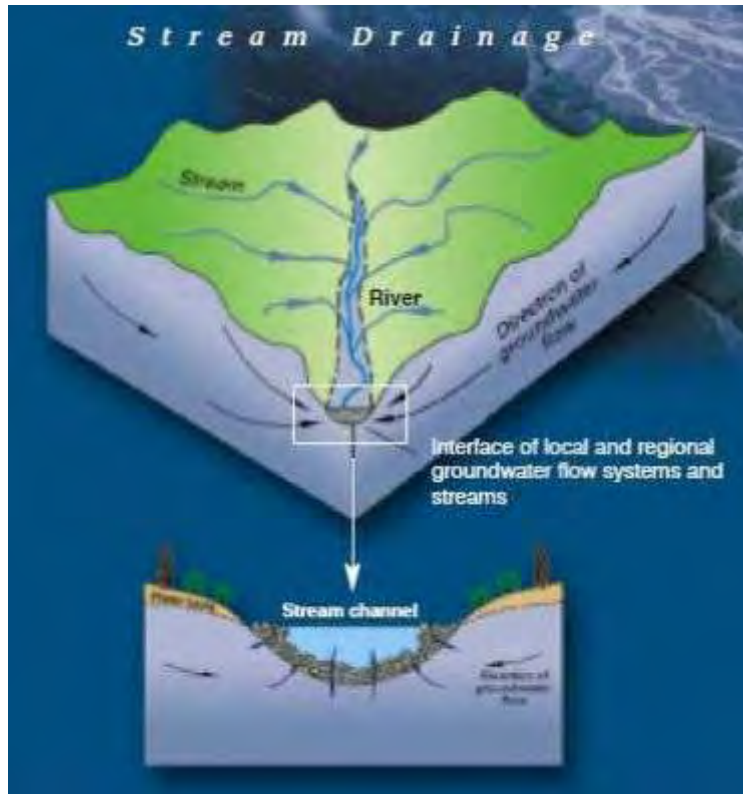
Stalin, F. (2002). *Η αρχαία Θεσσαλία*, Μετάφραση: Γιώργος Παπασωτηρίου & Αναστασία Θανοπούλου, Θεσσαλονίκη: Εκδοτικός οίκος Αδελφών Κυριακίδη Α.Ε.

## **Πηγές από το διαδίκτυο**

<http://www.bio.auth.gr/river/river/theory/unit4.htm#1> στις 9/11/13.

<http://www.minagric.gr>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



**Εικόνα 1.** Σχηματική απεικόνιση της λεκάνης απορροής  
(Πηγή: <http://www.prosodol.gr/?q=el/node/220>)



**Εικόνα 2.** Νόμισμα με το κεφάλι του αρχαίου Έλληνα θεού Αχελώου.

(Πηγή: [http://www.forumancientcoins.com/moonmoth/coins/oiniadai\\_001.html](http://www.forumancientcoins.com/moonmoth/coins/oiniadai_001.html))



**Εικόνα 3.** Ρύπανση ποταμών



Εικόνα 4. Τα σημαντικότερα ποτάμια της Ελλάδας



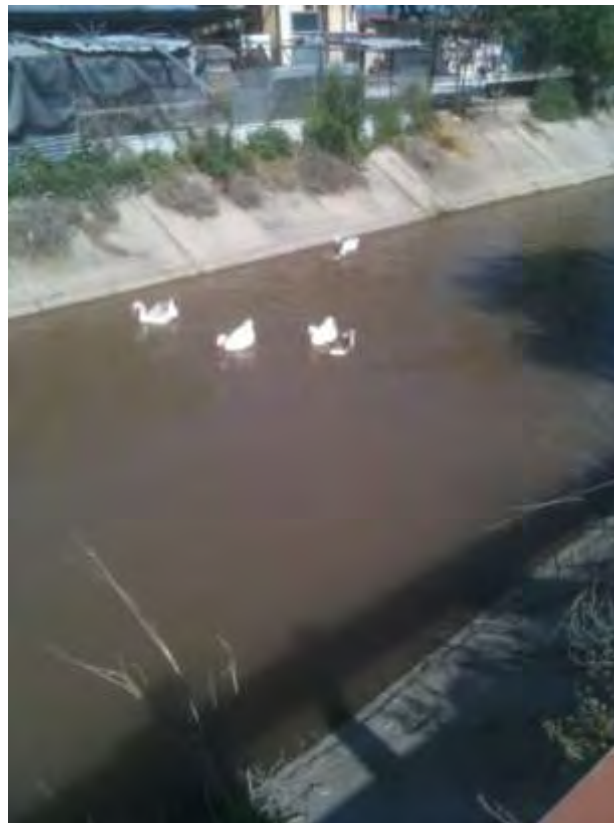
**Εικόνα 5.** Ηλεκτρονικό πεχάμετρο



**Εικόνα 6.** Χρωματικοί δείκτες pH.



**Εικόνα 7.** Στάδια της διαδικασίας προετοιμασίας για την μέτρηση του COD

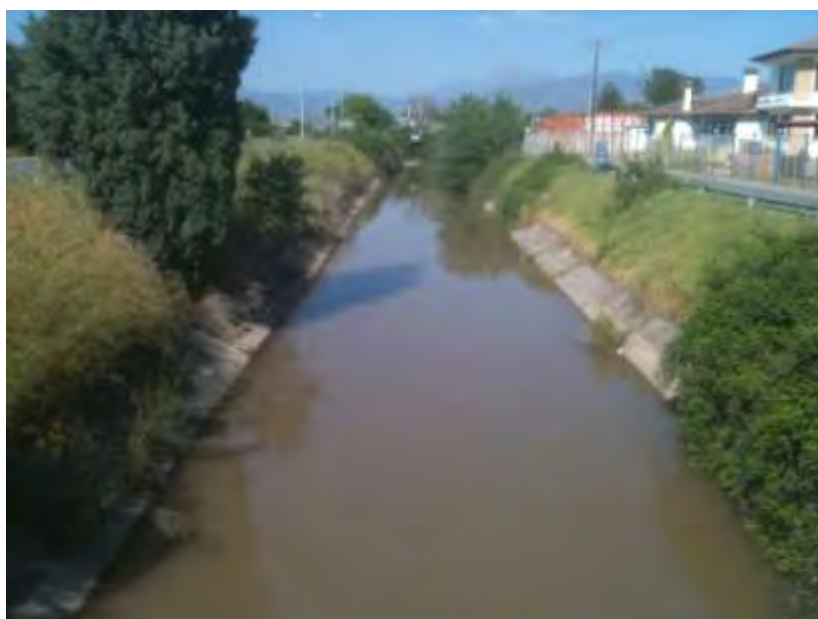


**Εικόνα 8.** Σημείο δειγματοληψίας (Γέφυρα Ομορφχωρίου)





**Εικόνα 9.** Σημείο δειγματοληψίας (Γέφυρα Σικουρίου)



**Εικόνα 10.** Σημείο δειγματοληψίας (Γέφυρα Γλαύκης)



**Εικόνα 11.** Σημείο δειγματοληψίας (Αντλιοστάσιο)



**Εικόνα 12.** Χάρτης με τους δύο κλάδους του Πηνειού ποταμού (Google maps)



**Εικόνα 13.** Εικόνα έντονης ρύπανσης του ποταμού Πηνειού