

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**«Υδατοκαλλιέργειες» -**

**«Παθολογικά Προβλήματα Εκτρεφόμενων Υδρόβιων Οργανισμών»**

**ΣΕ ΣΥΜΠΡΑΞΗ ΜΕ ΤΟ ΤΜΗΜΑ ΙΧΘΥΟΚΟΜΙΑΣ-ΑΛΙΕΙΑΣ ΤΟΥ Τ.Ε.Ι. ΗΠΕΙΡΟΥ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:**

**«Μελέτη φυσικοχημικών και μικροβιολογικών παραμέτρων**

**και εκτίμηση της τροφικής κατάστασης**

**της Λίμνης Ζηρού»**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΣ ΦΟΙΤΗΤΗΣ**

Σταυρούλα Ιωάννου

**ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

Ιφιγένεια Κάγκαλου

ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑ 2010





UNIVERSITY OF THESSALY  
SCHOOL OF HEALTH SCIENCES  
FACULTY OF VETERINARY MEDICINE

**POSTGRADUATE STUDIES PROGRAM**

***“Aquaculture” – “Aquatic Animal Health”***

***IN COLLABORATION WITH  
THE DEPARTMENT OF AQUACULTURE & FISHERIES, TEI OF EPIRUS***

**Thesis:**

**“The study of physicochemical and microbiological parameters  
and the valuation of the trophic state  
of Lake Ziros ”**

**POSTGRADUATE STUDENT  
Stavroula Ioannou**

**SUPERVISOR  
Ifigenia Kagalou**

IGOUMENITSA 2010



*Στον αγαπημένο μου Άρη  
και την λατρεμένη μου κορούλα Μαρία.*



## Περίληψη

Αντικείμενο της μελέτης αποτελεί η μελέτη των φυσικοχημικών και βιολογικών παραμέτρων και η εκτίμηση της τροφικής κατάστασης της λίμνης Ζηρού. Η λίμνη Ζηρού αποτελεί μια βαθιά λίμνη βάθους περίπου 70μ και έκτασης 470 στρ. που βρίσκεται στα ανατολικά του Νομού Πρέβεζας, τροφοδοτείται από καρστικές πηγές και αποτελεί τμήμα της υδρολογικής λεκάνης απορροής του ποταμού Λούρου, που εκβάλλει στον Αμβρακικό Κόλπο.

Η λίμνη δεν έχει αποτελέσει αντικείμενο συστηματικής μελέτης γεγονός που καθιστά την έρευνα αυτή ιδιαίτερα χρήσιμη για την εξακρίβωση της παρούσας οικολογικής της κατάστασης.

Η έρευνα υλοποιήθηκε κατά το χρονικό διάστημα από Φεβρουάριο 2009 έως Ιανουάριο 2010, μηνιαίως και πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ως προς τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά: θερμοκρασία, pH, συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου, συγκεντρώσεις των νιτρικών, νιτρωδών, φωσφορικών αλάτων, αμμωνίας και χλωροφύλλης –α. Ως προς το μικροβιολογικό φορτίο ελέγχθηκαν οι μικροβιακοί δείκτες: Ολικά κολοβακτηριοειδή (*Total coliforms*), Κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή ή Κολοβακτηριοειδή κοπρανώδους προέλευσης (*Faecal coliforms*), Κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι (*Faecal streptococci*).

Όλες οι μετρήσεις έγιναν βάση των προτεινομένων μεθόδων και τα πρωτόκολλα που προτείνονται από την APHA, 1998. Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των ανόργανων θρεπτικών συστατικών και της χλωροφύλλης–α έγινε φωτομετρικά με φασματοφωτόμετρο ενώ ο μικροβιακός έλεγχος των δειγμάτων έγινε με τη μέθοδο της διήθησης δια μικροβιοκρατών μεμβρανών.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας προκύπτει ότι υπάρχουν αυξημένα επίπεδα θρεπτικών αλάτων και ιδιαίτερα των φωσφορικών καθώς επίσης και υψηλές συγκεντρώσεις χλωροφύλλης –α, γεγονός που αποδεικνύει μια επιβάρυνση στην τροφική κατάσταση της λίμνης.

Οι μετρήσεις του μικροβιακού φορτίου έδειξαν ότι στην λίμνη Ζηρού ο βαθμός ρύπανσης κυμαίνεται γενικά σε μέτρια επίπεδα και κατά περιοχές μπορεί να είναι ελάχιστος έως ανύπαρκτος με μια περιστασιακή αύξηση των κολοβακτηριοειδων κοπράνων που ξεπερνούν μάλιστα τα επιθυμητά όρια. Η αύξηση αυτή του μικροβιακού φορτίου υποδηλώνει προέλευση από ανθρωπογενείς δραστηριότητες και γεωργοκτηνοτροφικές μονάδες. Η περιοδική μείωση του φορτίου οφείλεται στην αφομοιωτική ικανότητα των νερών.



## **SUMMARY**

The objective of the present project was the study of physicochemical and biological parameters and the estimation of the trophic state of Lake Ziros. The lake Ziros which is a deep lake, with a maximum depth of almost 70m, and occupies an area of 0,47 km<sup>2</sup> is located in the east part of the Preveza prefecture, it is supplied of karstic springs and consists the part of the watershed of the river Louros, which flows in the Ambrakikos Gulf.

The lake has never been studied systematically, which makes this project especially useful for the determination of the present ecology situation of the lake.

The project took place over February 2009 to January 2010, montly, and the samples were examined for the physicochemical parameters: water temperature, pH, concentration of dissolved oxygen, nutrients and chlorophyll-a concentrations. For the microbiological quality, Total coliforms, Fecal coliforms, Fecal Streptococci were examined.

Chemical analysis followed the laboratory standard methods suggested by APHA , 1998. Nutrients and Chlorophyll -a concentrations were determined photometrically while for the microbiological examination of water samples the membrane filtration technique was used.

The results of the investigation indicate that the concentrations of nutrients and particularly orthophosphate, as well as the chlorophyll -a concentration, display high values. These results demonstrate a burden of the trophic level of the lake.

The measurements of bacterial load showed that in lake Ziros the degree of pollution is generally modest and in areas may be minimal or non-existent with an occasional increase in faecal coliforms which exceed, in some cases, the desired limits. This increase in bacterial load suggests origin from anthropogenic activities and farming units. The periodic reduction of the load is due to the absorbent capacity of water.



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών «Υδατοκαλλιέργειες-Παθολογικά Προβλήματα Εκτρεφόμενων Υδρόβιων Οργανισμών» μας έδωσε την ευκαιρία για μια βαθύτερη προσέγγιση διαφόρων γνωστικών αντικειμένων σχετικά με τον κλάδο των υδατοκαλλιεργειών, της βιολογίας αλλά και της οικολογίας γενικότερα. Η μελέτη του υδάτινου περιβάλλοντος και ιδιαίτερα του, άγνωστου για μένα, λιμναίου οικοσυστήματος υπήρξε ο τομέας που ξεχώρισα από την αρχή και θεώρησα ιδιαίτερος ενδιαφέρον.

Με εφιαλτήριο το γεγονός αυτό και με αφορμή πρόσφατες ανησυχητικές μελέτες που έκαναν λόγο για παρουσία τοξικών κυανοβακτηρίων στη Λίμνη Ζηρού, που εγκυμονούν κινδύνους τόσο για τους υδρόβιους οργανισμούς όσο και για τους ανθρώπους που βρίσκονται σε άμεση επαφή με τον συγκεκριμένο βιότοπο, θεώρησα ιδιαίτερα επίκαιρη οποιαδήποτε μελέτη θα μπορούσε να προσφέρει αποτύπωση της υπάρχουσας οικολογικής κατάστασης της λίμνης και να αποτελέσει τη βάση για περαιτέρω έρευνα.

Η Λίμνη Ζηρού, αν και αποτελεί ένα οικοσύστημα απaráμιλλης φυσικής ομορφιάς και πόλο έλξης πολλών επισκεπτών, δεν υπήρξε ποτέ μέχρι τώρα αντικείμενο συστηματικής έρευνας. Αντιθέτως ο τόπος αυτός, που αντιπροσωπεύει σημαντικό σημείο αναφοράς για την νεότερη ιστορία της ευρύτερης περιοχής, έχει αποτελέσει αντικείμενο σύγκρουσης. Από τη μια πλευρά, η επιθυμία ενεργών πολιτών για αξιοποίησή της ως χώρο αναψυχής και εναλλακτικού τουρισμού και από την άλλη, οι οικολογικές απόψεις για προστασία και διατήρηση του παρθένου φυσικού περιβάλλοντος. Δυστυχώς μέσα σε όλα αυτά, χρόνια τώρα, οι πολιτικές αρχές αδυνατούσαν να συμβάλλουν ουσιαστικά στην διευθέτηση σημαντικών θεμάτων που αφορούσαν τον χώρο.

Δεδομένης της καταγωγής μου από την περιοχή, που εντείνει τον προβληματισμό μου για την διατήρηση και σωστή διαχείριση του πολύτιμου αυτού βιοτόπου, βρήκα ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα της πρόταση της επιβλέπουσας καθηγήτριάς μου για την έρευνα αυτή.

Ευχαριστώ, λοιπόν θερμά, την κα Ιφιγένεια Κάγκαλου, όχι μόνο για την επιλογή του θέματος αλλά και την πολύτιμη καθοδήγησή της, τις σημαντικές

υποδείξεις της και την ουσιαστική συμβολή της στην συγγραφή της διπλωματικής μου. Την ευχαριστώ για την άριστη οργάνωση της όλης διαδικασίας, την κατανόησή της για τις δυσκολίες μου αλλά και την πολύ εποικοδομητική συνεργασία μας.

Θέλω επίσης να ευχαριστήσω τον κ. Ιωάννη Λεονάρδο, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Βιολογικών Εφαρμογών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων για την παραχώρηση του Εργαστηρίου Ζωολογίας και την χρησιμοποίηση των απαραίτητων οργάνων.

Θα ήθελα ιδιαίτερα να ευχαριστήσω την υποψήφια διδάκτορα του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Δότη Παπαδημητρίου, χωρίς την συμβολή της οποίας δεν θα είχα καταφέρει να αντεπεξέλθω στις απαιτήσεις αυτής της έρευνας. Την ευχαριστώ πολύ όχι μόνο για την συνεισφορά της στις δειγματοληψίες και τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο αλλά κυρίως για την πάντα καλή διάθεση και προθυμία της για βοήθεια.

Κλείνοντας θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου που, όπως πάντα στη ζωή μου, έτσι και τώρα, στάθηκαν δίπλα μου αμέριστοι συμπαραστάτες.

Κυρίως όμως, και πάνω απ' όλους, χρωστάω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον σύζυγό μου Άρη που με τόση προθυμία συνέβαλε ουσιαστικά με την συμμετοχή του σε όλους τους τομείς, καθ' όλη την διάρκεια των δύο ετών του Μεταπτυχιακού Προγράμματος. Με την αντοχή του τις ώρες που έπρεπε να λείπω από το σπίτι, με την εξολοκλήρου οργάνωση και τέλεση των δειγματοληψιών και κυρίως με την ηθική του υποστήριξη. Απέδειξε ότι είναι σύζυγος πραγματικός με αγάπη και κατανόηση στα δύσκολα.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## **ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

Μέρος Πρώτο

## **ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ ΛΙΜΝΩΝ-**

## **ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

<b>1. Γενικά</b>	<b>3</b>
1.1 Οι λίμνες ως οικοσυστήματα	3
1.2 Προέλευση και ταξινόμηση λιμνών	4
1.3 Οι λίμνες σε αριθμούς	5
1.4 Οι λίμνες στον Ελλαδικό χώρο	11
<b>2. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά λιμνών</b>	
2.1 Γενικά	12
2.2. Φυσικοί παράγοντες	13
2.2.1 Θερμοκρασία	13
2.2.2 Θερμική στρωμάτωση	14
2.3. Χημικοί παράγοντες	17
2.3.1. Διαλυμένο οξυγόνο	17
2.3.2. Ενεργός οξύτητα (pH)	18
2.3.3. Θρεπτικά άλατα	19
2.3.4. Χλωροφύλλη	21
<b>3. Βιολογικά χαρακτηριστικά λιμνών</b>	<b>21</b>
3.1 Ευτροφισμός	21
3.2 Κυανοφύκη	25
3.3. Βακτήρια	25
3.3.1 Παθογόνοι μικροοργανισμοί στο υδάτινο περιβάλλον	25
3.3.2 Υδατογενώς μεταδιδόμενοι παθογόνοι μικροοργανισμοί	27

3.3.3 Υδατογενείς λοιμώξεις	30
3.3.4. Μικροβιολογικοί δείκτες	31
Μέρος Δεύτερο	
<b>ΛΙΜΝΗ ΖΗΡΟΥ</b>	<b>33</b>
<b>1.Ιστορικά στοιχεία</b>	<b>33</b>
<b>2.Γεωγραφική θέση</b>	<b>34</b>
<b>3. Αβιοτικό περιβάλλον</b>	<b>34</b>
3.1 Γενικά	34
3.2 Γεωμορφολογία	35
3.3 Γεωλογία	37
3.4 Ορυκτοί πόροι- κοιτάσματα	38
3.5 Σεισμικότητα	38
3.6 Υδρολογία	38
3.7 Πηγές	39
3.8 Υπόγεια νερά- Επιρροές από άλλα συστήματα	41
3.9 Γεωτρήσεις- Υδροφόροι ορίζοντες	42
3.10 Κίνηση υπόγειων νερών	43
3.11 Κλιματολογικά στοιχεία	44
3.12 Στοιχεία ποιότητας ατμόσφαιρας	44
3.13 Αξιολόγηση κατάστασης της ευρύτερη περιοχής, ιδιαίτερα χαρακτηριστικά	44
<b>4. Βιοτικό περιβάλλον</b>	<b>47</b>
4.1 Οικολογικά στοιχεία ευρύτερης περιοχής	47
4.2 Βλάστηση	48
4.3 Σημαντικοί Βιότοποι	50
4.4 Πανίδα	51
4.4.1 Πτηνά-Θηλαστικά	51
4.4.2 Αμφίβια	51

4.4.3 Ερπετά	52
4.4.4 Ιχθύες	52
<b>5. Ανθρωπογενές περιβάλλον</b>	<b>52</b>
5.1 Δημογραφικά στοιχεία	52
5.2 Παραγωγική δραστηριότητα	53
5.2.1 Γεωργοκτηνοτροφία	53
5.2.2 Δασοπονία	54
<b>6. Χρήσεις γης</b>	
6.1 Οικιστική χρήση	54
6.2 Γεωργική χρήση	55
6.3 Οδικό δίκτυο	56

## **ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

<b>1. Σκοπός και σημασία της παρούσας εργασίας</b>	<b>58</b>
<b>2. Υλικά και Μεθοδολογία</b>	<b>61</b>
2.1 Περιοχή μελέτης	59
2.2. Περιγραφή δειγματοληψίας και μεταφορά δειγμάτων	60
2.3. Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο	60
2.4 Προσδιορισμός συγκέντρωσης χημικών συστατικών	61
2.5 Προσδιορισμός μικροβιακού φορτίου	61
<b>3. Αποτελέσματα</b>	
<b>Πίνακες –Γραφικές Παραστάσεις</b>	<b>64</b>
3.1. Φυσικοχημικές Παράμετροι	64
3.1.1 Θερμοκρασία	64
3.1.2 Διαλυμένο Οξυγόνο (D.O.)	65
3.1.3 ΡΗ- Ενεργός Οξύτητα	66
3.1.4 Θρεπτικά Άλατα	67
3.1.4.α Αζωτούχα Ιόντα	67
3.1.4.β. Φωσφορικά ιόντα	70

3.1.5 Χλωροφύλλη –α	72
3.2. Μικροβιολογικές Παράμετροι	73
3.2.1. Ολικά κολοβακτηριοειδή (Total coliforms)	73
3.2.2. Κολοβακτηριοειδή κοπράνων (Faecal coliforms)	74
3.2.3. Κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή (Faecal Streptococci)	75
<b>4. Συζήτηση και Συμπεράσματα</b>	<b>77</b>
4.1. Φυσικοχημικές Παράμετροι	77
4.1.1 Θερμοκρασία	77
4.1.2 Διαλυμένο Οξυγόνο (D.O.)	77
4.1.3 ΡΗ- Ενεργός Οξύτητα	77
4.1.4 Θρεπτικά Άλατα	78
4.1.4.α Αζωτούχα Ιόντα	78
4.1.4.β Φωσφορικά ιόντα	78
4.1.5 Χλωροφύλλη –α	82
4.1.5α Δείκτες ευτροφισμού	82
4.2 Μικροβιολογικές Παράμετροι	87
4.3 Συμπεράσματα	89
4.4 Προτάσεις Ανάδειξης & Διαχείρισης	91
<b>Βιβλιογραφία</b>	<b>93</b>
<b>Παράρτημα I</b>	
Φωτογραφικό υλικό	103
<b>Παράρτημα II</b>	
Χάρτες	111



# **ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**



## ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ ΛΙΜΝΩΝ- ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

### 1. Γενικά

#### 1.1 Οι λίμνες ως οικοσυστήματα

Ο Welch (1952) όρισε τη λίμνη ως υδάτινη μάζα με γυμνή, σαρωμένη από κύματα ακτή. Αποδεκτός ίσως είναι ο ορισμός της λίμνης ως μεγάλης και βαθιάς υδάτινης μάζας της ξηράς, οποιουδήποτε μεγέθους ή βάθους ή αλατότητας με άμεση ή έμμεση σύνδεση ή χωρίς σύνδεση με τη θάλασσα και η οποία λόγω μεγέθους εμφανίζει μικρότερους ρυθμούς στις μεταβολές των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών της και συνεπώς παρουσιάζει πιο σταθερό περιβάλλον από το θαλασσινό.

Τα λιμναία συστήματα, με την εναλλαγή των εποχών κατά τη διάρκεια του έτους, εμφανίζουν σημαντικές μεταβολές των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών τους (Goldman 1983). Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το ότι η πλειονότητα των οργανισμών στα συστήματα αυτά είναι μικροσκοπικού μεγέθους με υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης οδηγεί σε γρήγορη διαδοχή των ειδών, φαινόμενο γνωστό ως περιοδικότητα του φυτοπλαγκτού και ζωοπλαγκτού (Golterman 1975).

Οι λίμνες, τα λιμνίδια και οι άλλες υδατοσυλλογές είναι τύποι μιας εξαιρετικά πολυποίκιλης ομάδας υγροτόπων που διαφέρουν σε μέγεθος, σχήμα, υδρολογία, χημισμό, ηλικία, βιοτικούς παράγοντες και άλλα χαρακτηριστικά. Όμως όλα συνιστούν σημαντικά τμήματα του περιβάλλοντος χώρου και αντιδρούν αισθητά σε κάθε αλλαγή του. Η συνειδητοποίηση του γεγονότος αυτού έχει διαφοροποιήσει σήμερα την παλαιότερη αντιμετώπιση της λίμνης ως μικρόκοσμου απομονωμένου από το υπόλοιπο περιβάλλον (Forbes 1887). Ένα λιμναίο οικοσύστημα περιλαμβάνει και τη λεκάνη απορροής, η οποία ανάλογα με τη γεωμορφολογία, τη γεωλογία της και τις

υπάρχουσες καλλιεργούμενες εκτάσεις επηρεάζει το χημισμό της λίμνης (Moss 1980, Frey 1990).

Τα εσωτερικά ύδατα είναι συνήθως γλυκά και φτωχά σε ηλεκτρολύτες. Η συγκέντρωση των διαλυμένων σε αυτά ουσιών εμπλουτίζεται με την διήθηση των βρόχινων υδάτων μέσω του εδάφους. Γενικά, τα φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά μιας λίμνης επηρεάζονται τόσο από τη λεκάνη απορροής όσο και από ένα σύνθετο σύνολο παραγόντων, όπως γεωγραφική θέση, υψόμετρο, κλιματολογικές συνθήκες κ.ά., που αλληλοεπηρεαζόμενα διαμορφώνουν τελικό την φυσιογνωμία της, καθορίζοντας την τροφική κατάσταση και την παραγωγικότητά της. Τα χημικά χαρακτηριστικά των λιμναίων υδάτων είναι πολύ περισσότερο ευμετάβλητα από αυτά των ωκεανών. Πιστεύεται εξάλλου ότι όσο πιο σταθερό είναι το χημικό περιβάλλον ενός υδάτινου συστήματος τόσο πιο περιορισμένος είναι ο αριθμός των ειδών που συμμετέχουν στη σύνθεση των βιοκοινωνιών του (Patrick, 1977, Round, 1981)

## 1.2 Προέλευση και ταξινόμηση λιμνών

Η δημιουργία μιας λίμνης, δηλαδή ο σχηματισμός της λιμναίας λεκάνης και ο αφανισμός της δηλαδή η πλήρωση με ιζήματα ή η καταστροφή της λεκάνης οφείλονται κυρίως σε γεωλογικές διεργασίες. Μερικές φορές σχετίζονται με καταστροφικό γεγονός, όπως η δράση των παγετώνων, των ηφαιστειών και των σεισμών (Cole 1983).

Τα φυσικά αίτια που οδήγησαν στη δημιουργία πλήθους υδάτινων μαζών στο πλανήτη μας, αποτελούν μία βάση ταξινόμησης των λιμνών. Ο Hutchinson (1957) ταξινομεί τις λίμνες βάσει του τρόπου σχηματισμού τους σε 76 τύπους ομαδοποιημένους σε 11 κατηγορίες, που απλοποιημένα διακρίνονται ως: τεκτονικής προέλευσης, ηφαιστειακής προέλευσης, παγετώδους προέλευσης, καρστικής προέλευσης και ποικίλης προέλευσης (όπως από κατολισθήσεις, άνεμο, δράση ποταμών κ.ά.)

Ο τρόπος της γεωλογικής διαμόρφωσης μιας λίμνης καθορίζει τη μορφολογία της, συνεπώς το χρόνο ανανέωσης των υδάτων και κατ' επέκταση τον χημισμό της. Θα μπορούσε να θεωρηθεί επομένως ότι κυρίως ο

τρόπος προέλευσης μιας λίμνης διαμορφώνει τα φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά της. Αυτό όμως δεν ισχύει ακόμη και για λίμνες της ίδιας περιοχής, των οποίων η προέλευση αποδίδεται στα ίδια φυσικά αίτια. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο χαρακτήρας ενός λιμναίου συστήματος επηρεάζεται από πλήθος αλληλεπιδρώντων παραγόντων. Μεταξύ αυτών είναι και η διάβρωση των γύρω εδαφών, που σχετίζεται στενά με τη γεωγραφική θέση της λίμνης και με τα φυσικά και ανθρωπογενή χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής της. Από τη διάβρωση επηρεάζεται η θολότητα ή διαύγεια και η συγκέντρωση θρεπτικών αλάτων της υδάτινης μάζας, τα οποία με την σειρά τους ελέγχουν την παραγωγικότητα του συστήματος ( Golterman 1975, Ergashew 1979, Dulma 1979).

### 1.3 Οι λίμνες σε αριθμούς

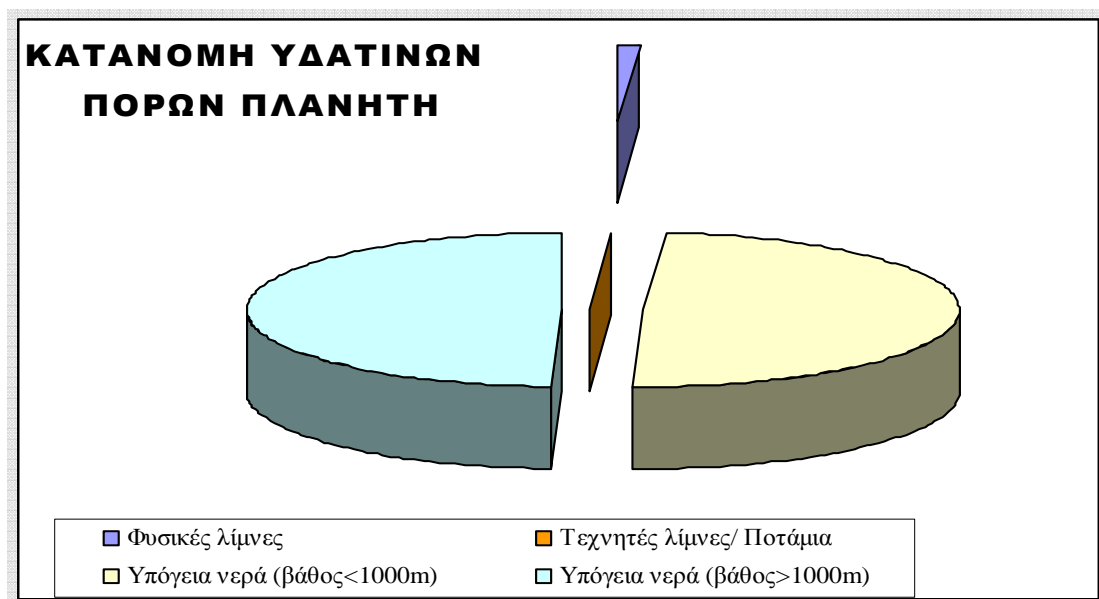
Οι υδάτινοι πόροι στον πλανήτη μας κατανέμονται κυρίως στις φυσικές λίμνες που συγκεντρώνουν γύρω στα 200.000 Km<sup>3</sup> νερό, στις τεχνητές λίμνες και στα ποτάμια που υπολογίζεται ότι έχουν 1200-1300 Km<sup>3</sup> νερό και στα υπόγεια νερά που υπολογίζεται ότι έχουν 8.4 X 10<sup>6</sup> Km<sup>3</sup> αποθηκευμένο ή μετακινούμενο νερό -στα ανώτερα 1000 μέτρα του φλοιού της γης, ενώ άλλα τόσα κυβικά χιλιόμετρα νερό βρίσκονται βαθύτερα.

Πίνακας 1: Κατανομή υδάτινων πόρων του πλανήτη

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ ΠΛΑΝΗΤΗ (σε Km <sup>3</sup> )	
Φυσικές λίμνες	200.000
Τεχνητές λίμνες/ Ποτάμια	1.300
Υπόγεια νερά (βάθος<1000m)	8.400.000
Υπόγεια νερά (βάθος>1000m)	8.400.000

Ζαλίδης Γ., Μαντζαβέλας Α., (1994)

Διάγραμμα 1: Κατανομή υδάτινων πόρων του πλανήτη



Ζαλίδης Γ., Μαντζαβέλας Α., (1994)

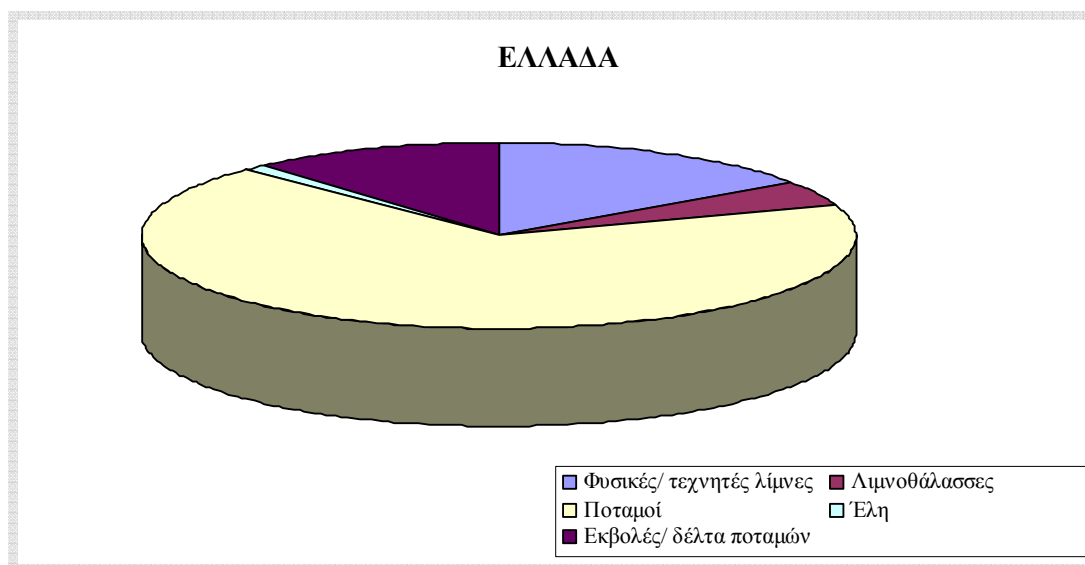
Στην Ελλάδα, οι φυσικές και τεχνητές λίμνες καλύπτουν σε έκταση περίπου 956 Km<sup>2</sup>, οι λιμνοθάλασσες περίπου 288 Km<sup>2</sup>, οι ποταμοί έχουν μήκος περίπου 4.268 Km, τα έλη περίπου 58 Km<sup>2</sup> και οι εκβολές και τα δέλτα των ποταμών περίπου 723 Km<sup>2</sup>.

Πίνακας 2: Κατανομή υδάτινων πόρων στην Ελλάδα

ΕΛΛΑΔΑ (σε Km <sup>2</sup> )	
Φυσικές/ τεχνητές λίμνες	956
Λιμνοθάλασσες	288
Ποταμοί	4268
Έλη	58
Εκβολές/ δέλτα ποταμών	723

Ζαλίδης Γ., Μαντζαβέλας Α., (1994)

Διάγραμμα 2: Κατανομή υδάτινων πόρων στην Ελλάδα



Ζαλίδης Γ., Μαντζαβέλας Α., (1994)

Οι υδάτινοι πόροι συνήθως διακρίνονται σε στάσιμα, τρεχούμενα και αποθηκευμένα νερά, όπως και σε γλυκά, υφάλμυρα και αλμυρά νερά. Στα στάσιμα νερά συγκαταλέγονται οι λίμνες, τα έλη, οι παροδικά ή μόνιμα κατακλυζόμενες εκτάσεις. Οι ποταμοί και οι χείμαρροι ανήκουν στα τρεχούμενα νερά, ενώ οι πηγές και τα πηγάδια στο αποθηκευμένο υπόγειο νερό.

Οι περισσότερες από τις πλέον βαθιές λίμνες στον κόσμο τοποθετούνται με το βαθύτερο σημείο της λεκάνης τους, πολύ κάτω από τη στάθμη της θάλασσας και τα βυθίσματά τους ονομάζονται "κρυπτοβυθίσεις". Στην Ελλάδα, σε κρυπτοβύθισμα, βρίσκονται οι λίμνες της Αιτωλοακαρνανίας, Τριχωνίδα και Αμβρακία, αφού το βαθύτερο τμήμα της λιμναίας λεκάνης τους βρίσκεται κάτω από τη μέση στάθμη της επιφάνειας της θάλασσας.

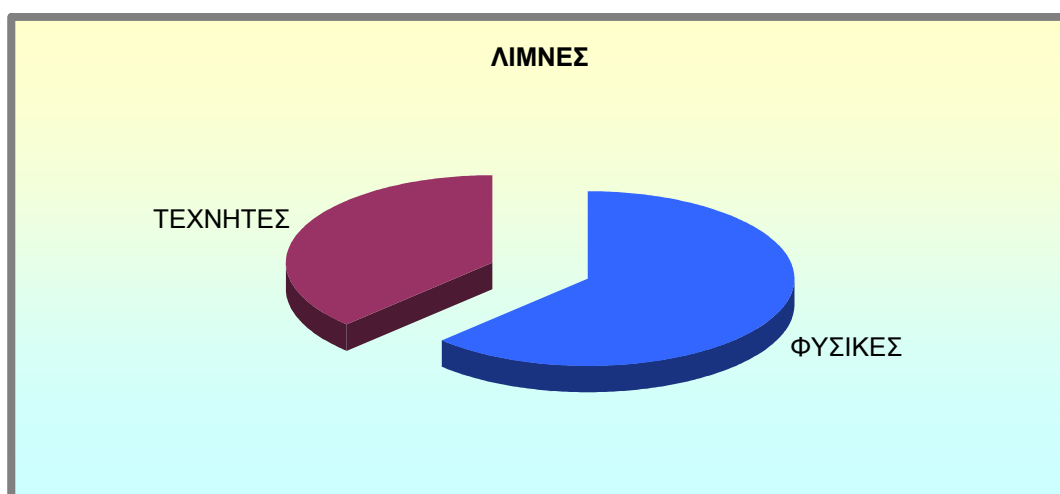
Οι φυσικές λίμνες στην Ελλάδα που είναι 56 καταλαμβάνουν έκταση περίπου 29.5% (600 τ.χλμ) από το σύνολο των επιφανειακών εσωτερικών υδάτων της χώρας (2026 τ.χλμ), ενώ οι τεχνητές λίμνες που είναι 25 καλύπτουν το 17.7% (358 τ.χλμ).

Πίνακας 7: Λίμνες της Ελλάδας

ΛΙΜΝΕΣ	ΕΚΤΑΣΗ
ΦΥΣΙΚΕΣ	29,50%
ΤΕΧΝΗΤΕΣ	17,70%

Ζαλίδης Γ., Μαντζαβέλας Α., (1994)

Διάγραμμα 7: Λίμνες της Ελλάδας



Ζαλίδης Γ., Μαντζαβέλας Α., (1994)

Στην Ελλάδα, η λίμνη Τριχωνίδα στην Αιτωλοακαρνανία είναι η μεγαλύτερη σε έκταση λίμνη (98.6 Km<sup>2</sup>), με όγκο  $2900 \times 10^3 \text{ m}^3$  και μέγιστο βάθος 58 μέτρα. Δεύτερη σε έκταση είναι η Βόλβη στη Μακεδονία με 68 Km<sup>2</sup>, με όγκο  $940 \times 10^3 \text{ m}^3$  και μέγιστο βάθος 23 μέτρα, ενώ η Βεγορίτιδα στη Μακεδονία είναι η βαθύτερη ελληνική λίμνη με 70 μέτρα περίπου, τρίτη σε έκταση (53 Km<sup>2</sup>) και δεύτερη σε όγκο ( $1530 \times 10^3 \text{ m}^3$ ). Η Μεγάλη Πρέσπα που δεν είναι αποκλειστικά ελληνική λίμνη, έχει έκταση 266 Km<sup>2</sup> και μέγιστο βάθος 55 μέτρα περίπου.

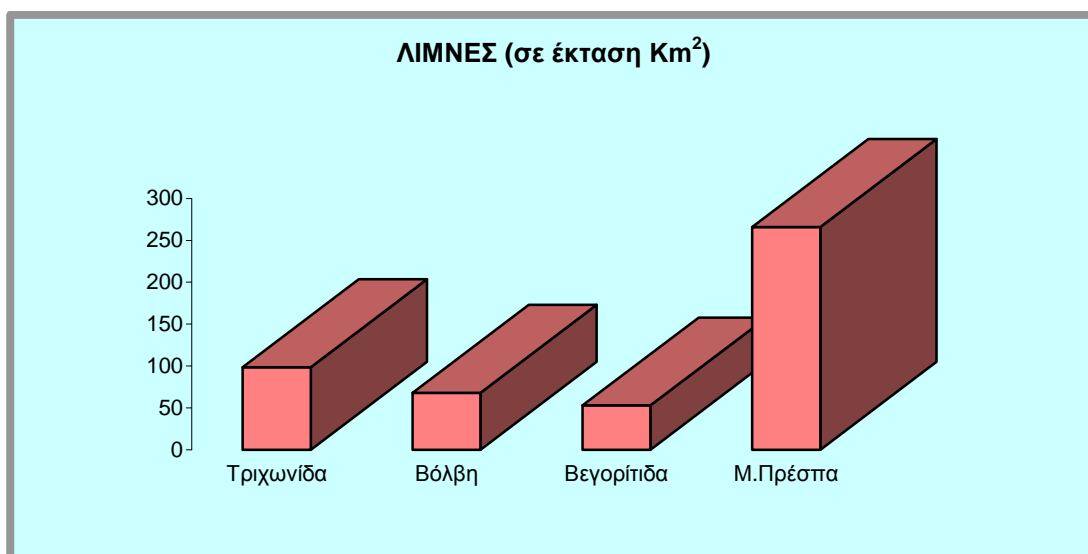
ΛΙΜΝΕΣ (σε έκταση Km<sup>2</sup>)



Τριχωνίδα	98,6
Βόλβη	68
Βεγορίτιδα	53
Μ.Πρέσπα	266

Πίνακας 8: Κατανομή μερικών λιμνών της Ελλάδας σε έκταση  
 Ζαλίδης Γ., Μαντζαβέλας Α., (1994)

Διάγραμμα 8: Κατανομή λιμνών σε έκταση (Κm<sup>2</sup>)



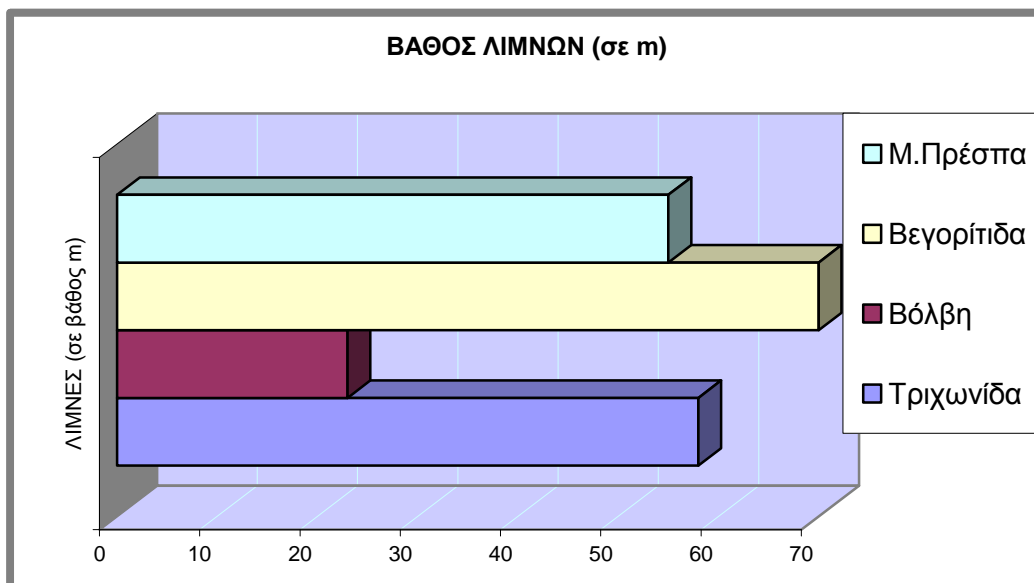
Ζαλίδης Γ., Μαντζαβέλας Α., (1994)

Πίνακας 9: Κατανομή μερικών λιμνών της Ελλάδας σε βάθος

<b>ΛΙΜΝΕΣ (σε βάθος m)</b>	
Τριχωνίδα	58
Βόλβη	23
Βεγορίτιδα	70
Μ.Πρέσπα	55

Ζαλίδης Γ., Μαντζαβέλας Α., (1994)

Διάγραμμα 9: Κατανομή μερικών Ελληνικών λιμνών σε βάθος



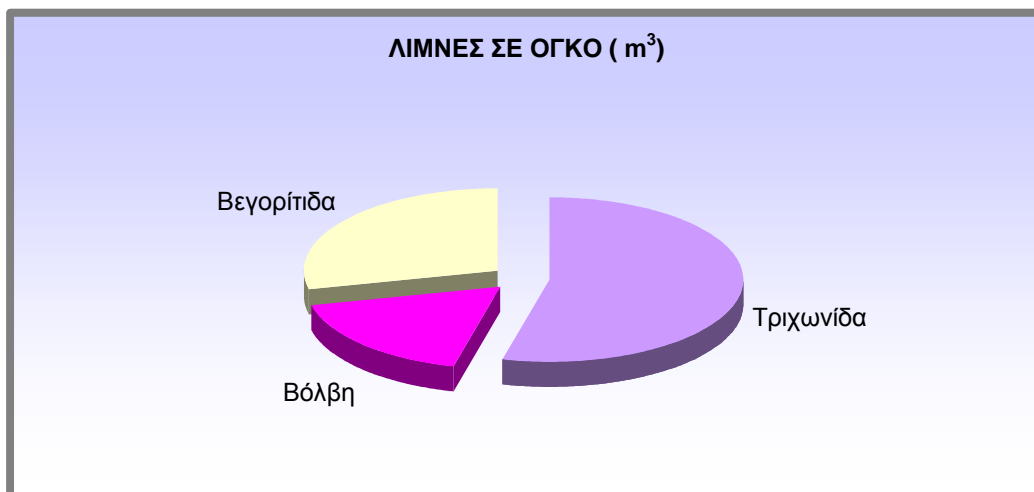
*Ζαλίδης Γ., Μαντζαβέλας Α., (1994)*

*Πίνακας 10: Κατανομή μερικών Ελληνικών λιμνών σε όγκο (m<sup>3</sup>)*

	<b>ΛΙΜΝΕΣ (σε όγκο m<sup>3</sup>)</b>
Τριχωνίδα	2.900.000
Βόλβη	940.000
Βεγορίτιδα	1.530.000

*Ζαλίδης Γ., Μαντζαβέλας Α., (1994)*

*Διάγραμμα 10: Κατανομή μερικών Ελληνικών λιμνών σε όγκο (m<sup>3</sup>)*



*Ζαλίδης Γ., Μαντζαβέλας Α., (1994)*

#### **1.4 Οι λίμνες στον Ελλαδικό χώρο**

Οι περισσότερες από τις λίμνες της Ελλάδας βρίσκονται στα δυτικά και βόρεια της χώρας, όπου η βροχόπτωση υπερβαίνει τα 1.000 χιλιοστά ετησίως. Λαμβάνοντας υπόψη το ύψος τους, οι λίμνες μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες, στις λίμνες που βρίσκονται μεταξύ 0 και 145 μ πάνω από την μέση στάθμη της θάλασσας και σε αυτές που βρίσκονται ψηλότερα από 470μ πάνω από την μέση στάθμη της θάλασσας. Δεκαέξι σε σύνολο σαράντα λιμνών είναι μικρότερες από 2 km<sup>2</sup> , ενώ μόλις επτά είναι μεγαλύτερες από 40km<sup>2</sup>. Μόνο τρεις λίμνες φθάνουν το βάθος των 50 μέτρων, ενώ πολλές ρηχές χαρακτηρίζονται ως προσωρινές (Skoulikidis et al, 1998).

Σημάδια υποβάθμισης της ποιότητας των νερών των λιμνών έχουν εμφανιστεί εδώ και δεκαετίες (Kousouris, 1984). Από την στιγμή που πολλές ελληνικές λίμνες αποτελούν τους τελικούς αποδέκτες των αγροτικών απορροών και των οικιστικών και βιομηχανικών υγρών αποβλήτων, έχουν εμπλουτιστεί με θρεπτικά, ιζήματα (Kousouris et al, 1985) και βαρέα μέταλλα (Fytianos et al, 1985).

Τα επίπεδα των θρεπτικών παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον λόγω της στενής σχέσης τους με τον ευτροφισμό. Στην πλειοψηφία των ελληνικών λιμνών η ολική συγκέντρωση φωσφόρου υπερβαίνει τα 20 mg/lit, φανερώνοντας, σύμφωνα με τους Stanner & Bourdeau (1995), ότι υπάρχει ανθρωπογενής επίδραση στην λεκάνη της λίμνης. Αντίθετα, η μέση τιμή του ανόργανου αζώτου ξεπερνά τα 0,5 mg N/lit που θεωρείται ότι είναι το ανώτατο όριο για την χρήση καθαρού νερού μιας λίμνης (Skoulikidis et al, 1998). Οι αγροτικές απορροές και η απόρριψη ανεπεξέργαστων λυμάτων αποτελούν τις πιο σημαντικές αιτίες εμπλουτισμού με θρεπτικά συστατικά στις ελληνικές λίμνες.

Για την πλειοψηφία των ελληνικών λιμνών, ο λόγος N/P που διέπει την πρωτογενή παραγωγικότητα είναι πάνω από 12 κατά την διάρκεια της ανοιξιότικης ανατροπής. Αυτή η τιμή φανεώνει, σύμφωνα με το OECD (1983) (Skoulikidis et al, 1998), ότι από τα θρεπτικά συστατικά, αυτός που αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξης των φυκών είναι ο φώσφορος.

## **2. Φυσικοχημικά Χαρακτηριστικά Λιμνών**

## 2.1 Γενικά

Τα ύδατα των ποικίλων υδατοσυλλογών που συνολικά καλύπτουν το 70% της επιφάνειας του πλανήτη μας, έχουν μοναδικές φυσικοχημικές ιδιότητες (Hutchinson, 1957), στις οποίες αποδίδεται σημαντικότατος βιολογικός ρόλος. Μια από τις φυσικοχημικές ιδιότητες του μέσου αυτού είναι η άριστη διαλυτική του ικανότητα εξ' αιτίας της οποίας τα φυσικά ύδατα έχουν την δυνατότητα να περιέχουν ποιοτικώς και ποσοτικώς άφθονες διαλυμένες ουσίες με την μορφή ηλεκτρολυτών και μη ηλεκτρολυτών. Τα εσωτερικά όμως ύδατα είναι συνήθως γλυκά και φτωχά σε ηλεκτρολύτες.

Η κατάσταση και η εξέλιξη των οικοσυστημάτων γλυκού νερού επηρεάζονται από μια ποικιλία από βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες, καθώς και από φυσικές και ανθρωπογενείς διαδικασίες που μπορεί να διαφέρουν σε διάρκεια και ένταση. Τα λιμναία οικοσυστήματα τείνουν να διατηρούν μια κατάσταση ισορροπίας, αλλά η χημική τους ανθεκτικότητα (chemical resilience) εξαρτάται από ορισμένους παράγοντες και διεργασίες που χαρακτηρίζουν κάθε φορά τον συγκεκριμένο χώρο (Carpenter et al., 1999).

Οι μείζονες κινητήριες δυνάμεις που ρυθμίζουν την χημική σύνθεση των φυσικών υδάτων είναι οι μακράιωνες διαδικασίες των βροχοπτώσεων, της διάβρωσης και διάλυσης, της εξάτμισης και της καθίζησης (Goldman and Horne, 1983)

Τα ακριβή ποιοτικά και ποσοτικά χημικά χαρακτηριστικά μιας λίμνης μεταβάλλονται αισθητά με τον χρόνο και τον τόπο, επηρεαζόμενα από διάφορους παράγοντες, κυρίως από το γεωλογικό υπόστρωμα, την φύση των γύρω εδαφών, τον τύπο της βλάστησης, και το κλίμα της περιοχής. Σε περιοχές μάλιστα με ελάχιστα κατακρημνίσματα και μεγάλη εξάτμιση, έχουν δημιουργηθεί αλμυρές λίμνες που περιέχουν άλατα σε περιεκτικότητα που μπορεί να υπερβεί εκείνη του θαλάσσιου ύδατος, με διαφορετική όμως σύνθεση ιόντων.

Πιστεύεται εξάλλου ότι όσο πιο σταθερό είναι το χημικό περιβάλλον ενός υδάτινου συστήματος τόσο πιο περιορισμένος είναι ο αριθμός των ειδών

που συμμετέχουν στη σύνθεση των βιοκοινωνιών του (Patrick 1977, Round,1981)

## **2.2 Φυσικοί παράγοντες**

### **2.2.1 Θερμοκρασία**

Η θερμοκρασία είναι ένας από τους κυριότερους αβιοτικούς παράγοντες και επιδρά σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής. Καθορίζει τη μεταβολική διαδικασία σε σημαντικό βαθμό. Οι μεταβολές της θερμοκρασίας επηρεάζουν ολόκληρη την λειτουργία ενός υδάτινου οικοσυστήματος (Hutchinson, 1975). Επηρεάζονται οι χημικοί παράγοντες (π.χ. το διαλυμένο οξυγόνο) αλλά και όλες οι βιολογικές διεργασίες (π.χ. η αποσύνθεση των οργανικών ενώσεων, η φωτοσύνθεση κλπ) (Jones, 1970).

Σε πολλές περιπτώσεις, οι μεταβολές της θερμοκρασίας δρουν σαν ένας “σηματοδότης” δηλαδή ως ένα φυσικό ερέθισμα που καθορίζει την έναρξη μερικών διαδικασιών, όπως: αναπαραγωγή, ανάπτυξη, αύξηση, μετακίνηση, μετανάστευση κτλ. των οργανισμών (Σίνης, 2005).

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

Η μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την αξιολόγησή του. Από τις τιμές μπορεί να υπολογισθεί ο κορεσμός του σε ό,τι αφορά το ανθρακικό ασβέστιο και να βρεθεί η πηγή προέλευσής του. Όσο χαμηλή είναι η θερμοκρασία, τόσο ευκολότερα διαλύεται το οξυγόνο (Esener et al. 1981).

Εκτός από τα θηλαστικά και τα πτηνά όλα τα υπόλοιπα ζώα είναι ψυχρόαιμα (ποικιλόθερμα) δηλαδή δε ρυθμίζουν τη θερμοκρασία του σώματός τους. Αυτό σημαίνει ότι η θερμοκρασία τους είναι περίπου εκείνη του περιβάλλοντος, είτε βρίσκονται στον αέρα είτε στο νερό. Οι μικροοργανισμοί, επίσης, δεν έχουν τη δυνατότητα να ρυθμίζουν την εσωτερική τους

θερμοκρασία, οπότε η σύνθεση και ο ρυθμός ανάπτυξής τους εξαρτάται άμεσα από αυτή (Esener et al. 1981).

Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος δεν είναι σταθερή νύχτα και μέρα, χειμώνα και καλοκαίρι, έτσι η θερμοκρασία του σώματος των ζώων αυξομειώνεται. Η μεταβολή της θερμοκρασίας είναι μικρότερη στο νερό παρά στην ξηρά και το ποσό της μεταβολής μειώνεται, όσο αυξάνεται το μέγεθος της υδάτινης έκτασης, αφού μεγάλοι όγκοι νερού χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να θερμανθούν ή να ψυχθούν.

Παρόλο που τα όρια θερμοκρασίας για πολλά είδη δεν είναι επακριβώς καθορισμένα, είναι παραδεκτό ότι οι χαμηλές θερμοκρασίες μειώνουν τον ρυθμό μεταβολισμού, ενώ οι υψηλές τον αυξάνουν καταναλώνοντας έτσι γρήγορα το ενεργειακό τους απόθεμα (Foreman et al. 1997).

Με την αύξηση της θερμοκρασίας τα ζώα γίνονται περισσότερο ενεργητικά, αναπτύσσονται ταχύτερα και πολλαπλασιάζονται με ταχύτερο ρυθμό. Πολλά από αυτά πολλαπλασιάζονται τόσο γρήγορα, ώστε μερικές εβδομάδες ζεστού καιρού αυξάνουν αισθητά τον αριθμό τους.

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

### **2.2.2 Θερμική στρωμάτωση**

Η γεωγραφική θέση και το βάθος μιας λίμνης αποτελούν τους βασικούς παράγοντες που καθορίζουν τη θερμική συμπεριφορά της, επιτρέποντας η παρεμποδίζοντας τη θερμική στρωμάτωση των υδάτων. Οι παράγοντες αυτοί συμβάλλουν και στην εναλλαγή της στρωμάτωσης από περιόδους κυκλοφορίας σε τακτό ή μη διαστήματα. Ο πιο πολύπλοκος ετήσιος κύκλος θερμικής συμπεριφοράς παρατηρείται σε σχετικά βαθιές λίμνες της εύκρατης ζώνης. Στις λίμνες αυτές η θερμοκρασία των υδάτων κατά τη διάρκεια του χειμώνα μπορεί να κατέρχεται στους 4 °C (θερμοκρασία μέγιστης πυκνότητας

του ύδατος) ή και πιο κάτω, ενώ κατά το θέρος η άνοδος της θερμοκρασίας οδηγεί στη στρωμάτωση της υδάτινης στήλης.

Η σταδιακή θέρμανση ή ψύξη των επιφανειακών υδάτινων στρωμάτων κατά την άνοιξη ή το φθινόπωρο έχει ως αποτέλεσμα την εξομοίωση της πυκνότητας σε όλο τον όγκο της λίμνης και την κάθετη ανάμειξη των υδάτινων στρωμάτων με την ελάχιστη δυνατή ενέργεια.

Η σταδιακά αυξανόμενη θερμοκρασία των επιφανειακών υδάτων που παρατηρείται κατά την άνοιξη σε μία θεωρητικά τελείως αδιατάρακτη λίμνη, θα μπορούσε να έχει ως αποτέλεσμα εκθετική κατανομή της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το βάθος. Οι παράγοντες που εμποδίζουν σε φυσικά υδάτινα συστήματα αυτή την εκθετική κατανομή είναι: α) ο άνεμος που προκαλεί ρεύματα και τυρβώδεις κινήσεις στα ύδατα συμβάλλοντας στη μεταφορά θερμότητας στα κατώτερα υδάτινα στρώματα και β) η εξάτμιση που προκαλεί θερμικές απώλειες στα αντίστοιχα επιφανειακά υδάτινα στρώματα (Hutchinson, 1957).

Η θερμική στρωμάτωση μίας λίμνης είναι αποτέλεσμα της συνδυασμένης επίδρασης της αιολικής ενέργειας και της θερμικής ακτινοβολίας του ηλίου. Η συμβολή του ανέμου, του οποίου η δράση στην κίνηση των υδάτων είναι αρκετά πολύπλοκη είναι σημαντική για την πλήρη ανάμειξη μιας υδάτινης μάζας.

Την περίοδο της αναθέρμανσης θα δημιουργηθεί μια θερμική στρωμάτωση που είναι ένα από τα πιο χαρακτηριστικά φαινόμενα που μπορούμε να συναντήσουμε σε λίμνες, ιδίως στην εύκρατη ζώνη. Θα είναι γενικά δυνατό, σε θερμή εποχή, να διαφοροποιηθούν σε:

Ένα επιφανειακό στρώμα ή επιλίμνιο, θερμό, όπου τα ρεύματα που παράγονται από τον άνεμο στην επιφάνεια μπορούν ελεύθερα να μετακινηθούν και όπου η διαβάθμιση της θερμοκρασίας είναι μικρή, αν και μεταβαλλόμενη.

Ένα στρώμα βαθύ, συνήθως παχύ, ψυχρό, φτάνοντας ως τον πυθμένα που ονομάζεται υπολίμνιο, γενικά αρκετά ήρεμο και όπου η μεταβολή της θερμοκρασίας είναι σχεδόν απροσδιόριστη.

Ανάμεσα σε αυτά τα δυο στρώματα υπάρχει το μεταλίμνιο, χαρακτηριζόμενο από ένα φανερό θερμόκλινο δηλαδή από μια ζώνη με θερμική διαβάθμιση πολύ έντονη.

Το επιλίμνιο μπορεί να κυμαίνεται από 2 έως περισσότερο από 20 μέτρα, το θερμοκλινές να έχει πάχος αρκετών μέτρων και, ανάλογα με το βάθος της λίμνης, το υπολίμνιο μπορεί να είναι μεγάλο ή μικρό (Golterman, 1975).

Η σταθερότητα της θερμικής στρωμάτωσης, πολύ ευκρινής κατά το τέλος του καλοκαιριού μέσα στις αρκετά βαθιές λίμνες, αποδίδεται στις φυσικές ιδιότητες του νερού και συγκεκριμένα στη διαφορά πυκνότητας μεταξύ των διαφορετικής θερμοκρασίας υδάτινων στρωμάτων. Ο ρυθμός μεταβολής της πυκνότητας μιας υδάτινης μάζας με την θερμοκρασία αυξάνει όσο αυξάνει η θερμοκρασία (Golterman, 1975).

Ακολουθώντας το υψόμετρο, το γεωγραφικό πλάτος, τη θερμική συμπεριφορά και τις διαστάσεις των λιμνών, μπορούμε να διακρίνουμε, σύμφωνα με τους Hutchinson (1957) και Loffler (1956), τους παρακάτω τύπους λιμνών:

- Διμεικτικές λίμνες, με χειμερινή και θερινή θερμική στρωμάτωση και με δύο περιόδους πλήρους κυκλοφορίας ανά έτος.
- Θερμές μονομεικτικές λίμνες, με μία θερινή θερμική στρωμάτωση, μόνο μία πλήρη κυκλοφορία τον χειμώνα και θερμοκρασία υδάτων ποτέ κάτω από τους 4 °C.
- Ψυχρές μονομεικτικές λίμνες, με χειμερινή θερμική στρωμάτωση από την επικάλυψή τους με πάγο, μόνο μία περίοδο κυκλοφορίας το καλοκαίρι και θερμοκρασία υδάτων ποτέ πάνω από τους 4 °C.
- Αμεικτικές λίμνες, με μόνιμη επικάλυψη πάγου, απομονωμένες από τις μεταβολές που σημειώνονται στην επιφάνεια της γης.
- Ολιγομεικτικές λίμνες, με θερμοκρασία πάντα πάνω από τους 4 °C και με σπάνιες περιόδους κυκλοφορίας, σε άτακτο χρονικά διαστήματα.
- Πολυμεικτικές λίμνες, με ποικίλο βάθος και συνεχώς σε κυκλοφορία με θερμοκρασία υδάτων λίγο μεγαλύτερη από 4 °C

Τη θερμική στρωμάτωση ενός λιμναίου οικοσυστήματος ακολουθεί και η χημική στρωμάτωση, με ανάλογες επιπτώσεις στις βιοτικές συνιστώσες του. (Golterman, 1975).



## **2.3 Χημικοί Παράγοντες**

### **2.3.1 Διαλυμένο Οξυγόνο**

Η βιολογική σημασία του διαλυμένου οξυγόνου είναι καθοριστική για τους υδρόβιους οργανισμούς. Η χαμηλή συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου στα υδάτινα οικοσυστήματα άρχισε να καταγράφεται ως πρόβλημα μόλις τον προηγούμενο αιώνα.

Το μεγαλύτερο ποσοστό του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό και ιδιαίτερα στα επιφανειακά στρώματα προέρχεται από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Ακόμα, η φωτοσύνθεση από τους φυτικούς οργανισμούς είναι πηγή οξυγόνου για το υδάτινο οικοσύστημα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, στα επιφανειακά στρώματα, εξαιτίας της έντονης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου υπερβαίνει εκείνης του ατμοσφαιρικού αέρα, με αποτέλεσμα να παρατηρείται το φαινόμενο του υπερκορεσμού (Cox, 2003).

Αντίθετα, εξάντληση του διαλυμένου οξυγόνου προκαλείται από την οξείδωση του οργανικού φορτίου και από την κατανάλωση του από τους υδρόβιους οργανισμούς κατά την αναπνοή. Χαμηλές τιμές διαλυμένου οξυγόνου και χαμηλό pH στο νερό, σε συνδυασμό με υψηλές τιμές διοξειδίου του άνθρακα και θερμοκρασίας, υποδηλώνουν μικροβιακή δραστηριότητα, που συνοδεύεται από δυσοσμία και αντιαισθητική εικόνα (Tait 1971, Rheinheimer 1975, Cox 2003).

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

Η διακύμανση στη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου καθορίζεται από τις βιολογικές διεργασίες αλλά και από παραμέτρους όπως το βάθος και η θερμοκρασία (Σίνης, 2005).

Η διαλυτότητα του οξυγόνου εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την πίεση και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού. Στα γλυκά νερά (ποτάμια, λίμνες) η ποσότητα του οξυγόνου εκφράζεται σε mg/l. Αν είναι μικρότερη των

3 mg/l σημαίνει ότι έχουμε κατάσταση ανοξίας που συνεπάγεται μείωση της βιολογικής δραστηριότητας, μετανάστευση ή θάνατο ψαριών και νέκρωση της ζωής (Cox 2003).

Σύμφωνα με τον Wetzel (1983), η δυναμική της κατανομής του οξυγόνου στο νερό των λιμνών περιλαμβάνει ένα ισοζύγιο ανάμεσα σε αυτό που διαλύεται από την ατμόσφαιρα ή παράγεται φωτοσυνθετικά και σε αυτό που καταναλώνεται στις χημικές και βιοτικές οξειδώσεις.

Κατά τους Goldman και Horne (1983), πολύ κρύο νερό περιέχει λιγότερο από το 5% της συγκέντρωσης του οξυγόνου που περιέχεται σε παρόμοιο όγκο αέρα. Η ποσότητα μειώνεται ραγδαία όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του νερού. Η περιεκτικότητα των νερών σε οξυγόνο είναι τόσο μικρή λόγω της σχετικά χαμηλής μερικής πίεσης του οξυγόνου στην ατμόσφαιρα και της σχετικά μικρής διαλυτότητας του. Η έλλειψη του οξυγόνου στο νερό, σε σχέση με την ατμόσφαιρα, σημαίνει ότι μειώνεται εύκολα από την αναπνοή και την αποικοδόμηση εάν δεν αναπληρώνεται συνεχώς από τον ατμοσφαιρικό αέρα.

Οι βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες διακυμάνσεις του διαλυμένου οξυγόνου στις λίμνες και τα ποτάμια δίνουν ένα καλό μέτρο της τροφικής τους κατάστασης. Τα oligοτροφικά νερά εμφανίζουν μικρή διακύμανση από τον κορεσμό ενώ τα ευτροφικά μπορεί να κυμαίνονται από την απόλυτη ανοξία στο 250% του κορεσμού. Το οργανικό φορτίο από φυσικές πηγές ή από αστικά και βιομηχανικά λύματα μπορεί να καταλήξει σε σημαντική μείωση του διαλυμένου οξυγόνου και όταν αυτό συμβαίνει για μεγάλο χρονικό διάστημα, οι περισσότεροι υδάτινοι οργανισμοί χάνονται ή αντικαθίστανται από ελάχιστους ανεκτικούς σε χαμηλό οξυγόνο (Goldman and Horne, 1983).

### **2.3.2 Ενεργός Οξύτητα (pH)**

Η ενεργός οξύτητα (pH) εκφράζει την ενεργό συγκέντρωση των κατιόντων υδρογόνου ( $H^+$ ), δηλαδή είναι ένας δείκτης που μας δείχνει πόσο όξινο ή αλκαλικό είναι το νερό. Καθαρό νερό έχουμε όταν  $pH = 7$ . Όταν το pH έχει τιμές 4-7 το νερό είναι όξινο, δηλαδή θα περιέχει ρυπαντικές ουσίες όπως

$\text{NO}^{-1}_2$ ,  $\text{NO}^{-2}_3$ ,  $\text{SO}^{-2}_4$ ,  $\text{PO}^{-3}_4$ . Όταν το pH έχει τιμές 7–14 το νερό θα περιέχει οργανοχλωριούχες ενώσεις, πετρελαιοειδή, απορρυπαντικά, χρώματα κ.λ.π.

Η τιμή pH καθορίζει τον ρυθμό μεταβολισμού, τη δράση των ετερότροφων βακτηρίων και το σύστημα μεταφοράς ιόντων στους υδρόβιους οργανισμούς (Mayo and Noike 1994). Για να υπάρχει ζωή στα ποτάμια και στις λίμνες πρέπει το pH να κυμαίνεται μεταξύ 6 και 8. Το pH των περισσότερων φυσικών υδάτων κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 4–9 (Mayo and Noike, 1996).

Η σχέση της τιμής pH με την ποσότητα του διαλυμένου διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) στο νερό είναι η πιο σημαντική παράμετρος από βιολογική σκοπιά σ' όλο το φάσμα των αλληλεπιδράσεων με τους υπόλοιπους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Η τιμή του pH είναι καθοριστικής σημασίας για τις φυσιολογικές λειτουργίες των υδρόβιων φυτικών οργανισμών, όπως η πρόσληψη των θρεπτικών αλάτων, ο μεταβολισμός, η δραστηριότητα των ενζύμων κ.λ.π. Μεγάλες τιμές pH στο νερό (αλκαλικό) συνοδεύομενες από μεγάλες τιμές οξυγόνου είναι ένδειξη ευτροφισμού (Sawidis, 1997, b).

### 2.3.3 Θρεπτικά Άλατα

Τα θρεπτικά άλατα (nutrients) είναι ανόργανες ενώσεις που χρησιμοποιούνται από τα βακτήρια και τους φυτικούς οργανισμούς για τη σύνθεση του οργανικού τους υλικού. Στα θρεπτικά άλατα περιλαμβάνονται τα φωσφορικά ( $\text{PO}_4^{-3}$ ), νιτρικά ( $\text{NO}_3^-$ ), πυριτικά ( $\text{SiO}_2^-$ ) και αμμωνιακά ( $\text{N-NH}_4^+$ ) άλατα (Wetzel, 1983).

Από πολλούς ερευνητές, το άζωτο και ο φωσφόρος αναφέρονται ως περιοριστικοί παράγοντες για την ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών (Ryther and Dunstan 1971, Topinka and Robbins 1976, Jackson 1977).

Το άζωτο σε μοριακή μορφή ( $\text{N}_2$ ) βρίσκεται σε ποσοστό 77,1 % στον ατμοσφαιρικό αέρα και η άμεση πρόσληψή του από τα φυτά είναι αδύνατη, με εξαίρεση ορισμένα κυανοφύκη και βακτήρια (Fogg 1974). Η πρόσληψη του αζώτου από τα ανώτερα φυτά γίνεται υπό μορφή ιόντων, όπως νιτρικά, νιτρώδη και αμμωνιακά (De Boer, 1981).

Η υπερσυγκέντρωση φωσφόρου οδηγεί σε υπερτροφισμό των υδάτων και ο εντοπισμός της προέλευσής του είναι το πρώτο βήμα για την αποφυγή αυτών των δυσάρεστων καταστάσεων των υδάτινων οικοσυστημάτων. Εκτιμάται ότι το 45% της προέλευσης των φωσφορικών είναι τα οικιακά λύματα, το 45% οι γεωργικές δραστηριότητες και το υπόλοιπο τα βιομηχανικά απόβλητα (Morse et al., 1993).

Το άζωτο και ο φωσφόρος βρίσκονται στο νερό υπό μορφή διαλυμένων ανόργανων αλάτων, οι συγκεντρώσεις των οποίων ποικίλλουν τόσο μεταξύ των διαφόρων βιοτόπων στο ίδιο οικοσύστημα όσο και στον ίδιο βιότοπο, δηλαδή στην κάθετη κατανομή τους.

Η προέλευση των νιτρικών και φωσφορικών αλάτων αυτών εντοπίζεται στη διάβρωση πετρωμάτων, στη χρήση των λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων στις γεωργικές καλλιέργειες όπως επίσης στα αστικά λύματα και βιομηχανικά απόβλητα (Moustaka-Gouni et al. 1992, Moustaka-Gouni and Nikolaidis 1994, Tryfon et al. 1996). Η έκπλυση των εδαφών είναι η πλέον σημαντική πηγή θρεπτικών που απειλεί τα υδάτινα οικοσυστήματα (UNER 1994, Rawlins et al. 1998) ενώ η είσοδος των θρεπτικών αλάτων, μέσω των ποταμών, ανατρέπει την πρωτογενή παραγωγή και στο θαλάσσιο οικοσύστημα (Morel et al. 1990, Moutin et al. 1998).

Μέχρι μια ορισμένη συγκέντρωση τα άλατα του αζώτου προκαλούν ευεργετικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη των υδρόβιων φυτικών οργανισμών, αντίθετα υψηλές τιμές μπορεί να επιδράσουν τοξικά (Healey 1973). Φαινόμενα, όπως αύξηση του φυτοπλαγκτού και ανάπτυξη φυκών με ασυνήθιστες ή τοξικές ιδιότητες είναι αναμενόμενα (Justic et al. 1995).

Όταν η περιεκτικότητα σε θρεπτικά άλατα οφείλεται στη διάβρωση των πετρωμάτων οι τιμές παραμένουν σε κάποιο βαθμό σταθερές. Όταν όμως τα άλατα προέρχονται από την έκπλυση λιπασμάτων οι τιμές θα κυμαίνονται ανάλογα με τις γεωργικές δραστηριότητες. Μεγάλες τιμές θρεπτικών αλάτων αναμένονται μετά από βροχόπτωση όταν μάλιστα αυτή ακολουθεί πρόσφατη λίπανση των καλλιεργειών. Οι φυσικοχημικές ιδιότητες αλλά και ο τύπος των εδαφών καθορίζουν το βαθμό συγκράτησης αλλά και ευκολία έκπλυσης των θρεπτικών αλάτων. Το γεωγραφικό ανάγλυφο και οι κλιματολογικές συνθήκες της λεκάνης απορροής επιδρούν ακόμα στον εμπλουτισμό των λιμνών με θρεπτικά άλατα (Tomas, 2000).

### **2.3.4 Χλωροφύλλη**

Η χλωροφύλλη-α εκτός του ότι είναι η κύρια φωτοσυνθετική χρωστική των φυκών, είναι και η πρώτη βιολογική παράμετρος που έχει χρησιμοποιηθεί με τέτοια συχνότητα και διάρκεια για την εκτίμηση της βιομάζας και της παραγωγικότητας του φυτοπλαγκτού και την εκτίμηση της τροφικής κατάστασης ενός υδάτινου οικοσυστήματος (Κούγκολος, 2007).

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης-α αποτελεί δείκτη-κλειδί για την παρακολούθηση της κατάστασης των υδάτινων οικοσυστημάτων. Το γεγονός ότι οι μικροσκοπικοί χλωροφυλλούχοι οργανισμοί των υδάτινων οικοσυστημάτων αποτελούν έναν από τους κυριότερους πυρήνες απορρόφησης του ατμοσφαιρικού CO<sub>2</sub> (Smil, 1997) καταδεικνύει τη σπουδαιότητα μέτρησης της χλωροφύλλης στα υδάτινα οικοσυστήματα.

Όμως το περιεχόμενο των φυτοπλαγκτονικών οργανισμών σε χλωροφύλλη ποικίλλει ανάλογα με το είδος, το μέγεθος των κυττάρων, τις συνθήκες φωτισμού στη στήλη και τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών (Παπούτσογλου, 1992). Επομένως δε μπορεί να είναι πάντοτε αξιόπιστη η εκτίμηση της φυτοπλαγκτικής βιομάζας με τη μέτρηση της χλωροφύλλης, η οποία αποτελεί μόνο εκτιμήρια παράμετρο. Εντούτοις χρησιμοποιείται ευρύτατα λόγω της ευκολίας μέτρησης της, ενώ αντίθετα η μέτρηση της φυτοπλαγκτικής βιομάζας είναι διεργασία πολύ χρονοβόρα και προαπαιτεί πολύ εξειδικευμένο προσωπικό.

Η χλωροφύλλη-α ως δείκτης της φυτοπλαγκτικής βιομάζας, αποτελεί και δείκτη ευτροφισμού. Οι συγκεντρώσεις της που χρησιμοποιούνται ως βάση για να χαρακτηριστεί μια υδάτινη μάζα ως ευτροφική ποικίλλουν στη διεθνή βιβλιογραφία.

## **3. Βιολογικά χαρακτηριστικά λιμνών**

### **3.1 Ευτροφισμός**

Ο όρος ευτροφισμός προτάθηκε αρχικά, για να περιγράψει το φυσικό φαινόμενο της αύξησης της παραγωγής στις λίμνες (Wetzel 1983) ενώ

σήμερα ευτροφισμός ονομάζεται το φαινόμενο κατά το οποίο παρατηρείται εμπλουτισμός των νερών σε θρεπτικά συστατικά αζώτου και φωσφόρου, ως συνέπεια της υπέρμετρης αστικοποίησης και της μειωμένης περιβαλλοντικής παιδείας, ανατρέποντας τη φυσιολογική ροή της τροφικής αλυσίδας και δημιουργώντας εκρηκτική αύξηση των αλγών και κυρίως των κυανοπράσινων αλγών ή αλλιώς κυανοβακτηρίων (Chorus and Bartram, 1999).

Κατά την αποικοδόμηση των αστικών λυμάτων από τα βακτήρια, εκτός από το διοξείδιο του άνθρακα και νερό, απελευθερώνονται άζωτο και φωσφόρος με ανόργανη μορφή. Τα στοιχεία αυτά προέρχονται από τα πρωτεϊνικά συστατικά των φυτικών και ζωικών οργανισμών. Όπως είναι γνωστό, τα νιτρικά, φωσφορικά και άλλα ιόντα αποτελούν απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη των φυτών. Η ανακύκλωση της ύλης στη φύση, λειτουργεί μόνο όταν τα θρεπτικά άλατα απελευθερώνονται σε αδιάκοπη βάση. Η εισαγωγή τους όμως σε υπερβολικές ποσότητες δημιουργεί προβλήματα.

Τα θρεπτικά άλατα που μεταφέρονται μέσω των ποταμών επηρεάζουν τις βιοτικές δραστηριότητες στα υδάτινα οικοσυστήματα και προκαλούν σημαντική αύξηση στην πρωτογενή παραγωγή (Howarth et al. 1998). Μεγάλες ποσότητες θρεπτικών, που προέρχονται από την χέρσο, είναι αποτέλεσμα της χρήσης λιπασμάτων και απορρυπαντικών (Nixon 1995, Justic et al., 1995, Anderson et al., 2002). Ανάμεσα στα θρεπτικά, κυρίως το άζωτο θεωρείται καίριας σημασίας για την πρόκληση ευτροφικών επεισοδίων και εξάρσεων (Hecky and Kilham, 1988, Justic et al., 1995, Anderson et al., 2002).

Ενώ ο ευτροφισμός, υπό την στενή έννοια του όρου δεν αποτελεί μορφή ρύπανσης, εν τούτοις οι επιπτώσεις του είναι εξ ίσου σημαντικές με εκείνες που οφείλονται σε ρυπογόνους ή τοξικούς παράγοντες. Επιπροσθέτως επειδή οι μεταβλητές που προκαλούν τον ευτροφισμό δηλαδή τα ανόργανα άλατα του αζώτου και του φωσφόρου καθώς και η χλωροφύλλη αποτελούν φυσικώς απαντώμενα στοιχεία του οικοσυστήματος είναι δύσκολος ο διαχωρισμός του ευτροφικού φορτίου που οφείλεται στον ανθρώπινο παράγοντα από τις συγκεντρώσεις που φυσικώς απαντώνται στο οικοσύστημα.

Οι δυσκολίες εκτίμησης ευτροφικών επιπέδων οφείλονται τόσο σε εγγενή προβλήματα που σχετίζονται με τη δομή και την δυναμική του οικοσυστήματος όσο και την ικανοποίηση των παραδοχών που διέπουν την εφαρμογή των στατιστικών μεθόδων (Ignatiades, 2002a)

Στον ελληνικό χώρο φαινόμενα ευτροφισμού άρχισαν να παρατηρούνται τη δεκαετία του '60 τη μεταπολεμική περίοδο και μέχρι σήμερα οι περισσότερες λίμνες της Ελλάδος χαρακτηρίζονται εύτροφες, ενώ μόνο οι βαθύτερες λίμνες, όπως η Τριχωνίδα, χαρακτηρίζονται ως ολιγομεσότροφες (Zacharias et al., 2002).

Στον πίνακα παρουσιάζονται οι διάφορες τροφικές καταστάσεις των λιμνών με τις αντίστοιχες τιμές που λαμβάνουν οι κυριότεροι δείκτες ευτροφισμού.

Παράμετρος– (Ετήσιος Μ.Ο.)	Τροφική κατάσταση			
	Ολιγοτροφική	Μεσοτροφική	Ευτροφική	Υπερτροφική
Φωσφόρος (mg/l)	3,0-17,7	10,9-95,6	16-386	750-1200
Άζωτο (mg/l)	307-1630	361-138	393-6100	---
Χλωροφύλλη α	0,3-4,5	3-11	3-78	100-150

*Γενική κατάταξη των λιμνών σε σχέση με τον φώσφορο, το άζωτο και χλωροφύλλη α (Wetzel, 1983)*

Ο υπερτροφισμός επιφέρει μεταβολές, οι οποίες αφορούν αλλαγές στη σύνθεση και την αφθονία της μακροφυτικής βλάστησης και οδηγούν πολλές φορές στη μονοεπικράτηση ορισμένων ανθεκτικών ειδών.

Αυτή η υπεραύξηση των μακρόφυτων δημιουργεί προβλήματα φράζοντας αρδευτικά κανάλια, τάφρους απορροής, φράγματα ή εμποδίζοντας σε λίμνες την κίνηση με βάρκες, την αλιεία ή άλλες δραστηριότητες. Από οικολογικής απόψεως η πυκνή υπερανάπτυξη των μακροφύτων έχει μεγάλη σημασία γιατί αυτά:

- α. εμποδίζουν το φως να φτάσει στα βαθύτερα στρώματα.

β. εμποδίζουν την επαφή του νερού με την ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα τη δημιουργία κάτω από το νερό αναερόβιων συνθηκών και

γ. καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες οξυγόνου κατά την αποικοδόμηση της.

Αυτό οδηγεί σε αναερόβιες αποικοδομητικές διαδικασίες, έκλυση τοξικών αερίων (μεθάνιο, υδρόθειο κ.ά.) και δημιουργία ανοξικών καταστάσεων.

Η εξάντληση των συγκεντρώσεων του οξυγόνου στο υπολίμνιο, στις λίμνες που παρουσιάζουν στρωμάτωση κατά το καλοκαίρι, δημιουργεί δυσμενείς συνθήκες για την ανάπτυξη σε κάποιο βαθμό του ζωοπλαγκτού και σε μεγαλύτερο βαθμό των ψαριών. Έτσι μειώνεται το βάθος της λίμνης που είναι διαθέσιμο για την διαβίωσή τους και τελικά επικρατούν τα είδη των ψαριών που έχουν μεγαλύτερη αντοχή στις υψηλότερες θερμοκρασίες των επιφανειακών στρωμάτων, οδηγώντας σε αλλαγές της σύνθεσης των ιχθυοπληθυσμών (Lagler, 1972). Σε μερικές περιπτώσεις τα φαινόμενα αυτά προκαλούν τελικά μαζικό θάνατο των ψαριών (Kohler and Labus 1983).

Επίσης σημαντική είναι η επίδραση του ευτροφισμού στη σύνθεση του φυτοπλαγκτού. Παρατηρείται μείωση της ποικιλότητας των ειδών φυτοπλαγκτού ενώ κατά το καλοκαίρι επικρατούν τα κυανοφύκη σε βάρος των άλλων φυκών. Η επικράτηση των κυανοφυκών έχει αρκετές δυσμενείς συνέπειες, διότι η υπερβολική τους ανάπτυξη, η άνθηση, όπως λέγεται, προσδίδει δυσάρεστη όψη, οσμή και γεύση στο νερό. Επιπλέον έχουν αναφερθεί είδη κυανοφυκών που ελευθερώνουν τοξίνες οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν θανάτους ψαριών ή και ζώων (Moore, 1975- Golterman, 1975)

Εκτός αυτού τα κυανοφύκη, λόγω του μεγέθους των νημάτων ή των αποικιών τους δεν μπορούν να αποτελέσουν τροφή για το μικρού μεγέθους ζωοπλαγκτό ενώ το μεγαλύτερο μεγέθους ζωοπλαγκτό απορρίπτει την τροφή που περιέχει κυανοφύκη (Websters and Peters, 1978). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, και στην περίπτωση αυτή, την μείωση του πληθυσμού του ζωοπλαγκτού και των ψαριών που τρέφονται αποκλειστικά από αυτό.



## 3.2 Κυανοφύκη

Τα κυανοβακτήρια ή μπλε-πράσινα φύκη (blue- green algae) συναντώνται στο περιβάλλον ως πλαγκτόν, ως περίφυτα και ως νημάτια (Mur et al., 1999). Η πλειοψηφία των κυανοβακτηρίων είναι αερόβιοι φωτοαυτότροφοι οργανισμοί. Στα εσωτερικά ύδατα της Ευρώπης έχουν καταγραφεί διάφορα είδη κυανοβακτηρίων όπως τα είδη *Microcystis sp.*, *Anabaena sp.*, και *Aphanizomenon sp.*, τα οποία χρωματίζουν πράσινο το χρώμα του νερού. Επιπλέον το είδος *Planktothrix rubescens* το οποίο έχει καταγραφεί σε βαθιές λίμνες, χρωματίζει το νερό κόκκινο (Huisman et al., 2005).

Τα κυανοβακτήρια παράγουν κυανοτοξίνες οι οποίες, λόγω της μεγάλης τους χημικής σταθερότητας και της μεγάλης τους διαλυτότητας στο νερό, επικρατούν στο περιβάλλον τους και προκαλούν δυσάρεστες επιπτώσεις στους οργανισμούς της τροφικής αλυσίδας (Chorus, 2001). Επιπλέον αυτές αποτελούν απειλή και για τον ανθρώπινο οργανισμό, καθώς η μακροχρόνια κατανάλωση νερού ή υδρόβιου οργανισμού, μολυσμένου με κυανοτοξίνες, μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρές ηπατικές ασθένειες, ακόμα και στην επαγωγή όγκων (Fujiki, 1992).

## 3.3 Βακτήρια

### 3.3.1 Παθογόνοι μικροοργανισμοί στο υδάτινο περιβάλλον

Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί, που υπάρχουν στο φυσικό υδάτινο περιβάλλον προέρχονται από τρεις πηγές: τον άνθρωπο, τα διάφορα είδη ζώων και το ίδιο το περιβάλλον.

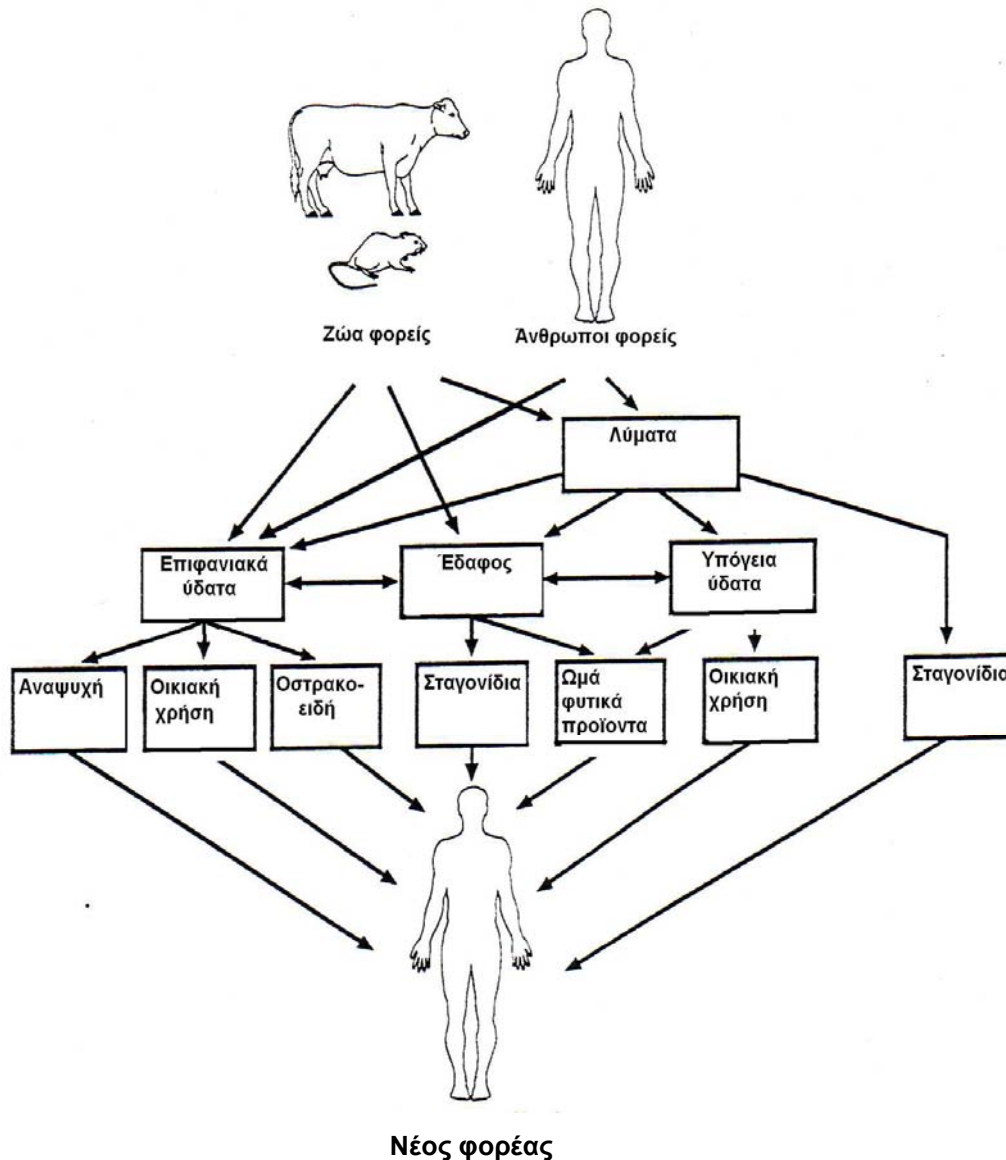
Όμως ο μεγαλύτερος ρυπαντής του περιβάλλοντος θεωρείται ο άνθρωπος (Grimes 1991, Hurst 1997). Η ανθρωπογενής ρύπανση του περιβάλλοντος οφείλεται σε απόρριψη ανεπεξέργαστων αστικών λυμάτων στο υδάτινο περιβάλλον και σε ανθρώπινες δραστηριότητες π.χ. ψυχαγωγικές (κολύμπι, υδάτινα σπορ κτλ), απευθείας αποδεύσεις σε υδατοσυλλογές

(ποτάμια, λίμνες, θάλασσα) και σε απόρριψη ανεπεξέργαστων βιομηχανικών λυμάτων (από βιομηχανίες τροφίμων, σφαγεία, κτηνοτροφικές μονάδες κτλ).

Όταν η επιβάρυνση ενός υδάτινου οικοσυστήματος με λύματα και κατά επέκταση με λυματικούς μικροοργανισμούς είναι μεγαλύτερη από την δυνατότητα αυτοκαθαρισμού αυτού του υδάτινου περιβάλλοντος τότε δημιουργείται μικροβιακή ρύπανση του νερού (Wheeler, 1990).

Η επεξεργασία (βιολογικός καθαρισμός) των λυμάτων ανθρώπινης ή βιομηχανικής προέλευσης μπορεί να βοηθήσει στην μείωση των προβλημάτων δημόσιας υγείας, που προκαλούνται από την ρίψη λυμάτων στα επιφανειακά νερά (ποτάμια, λίμνες, θάλασσα) και κατά συνέπεια στη μείωση των περιστατικών (σποραδικών ή επιδημικών) υδατογενών λοιμώξεων σε κολυμβητές και σε καταναλωτές νερού και μολυσμένων θαλασσινών τροφίμων (Σχήμα 1).

Παράλληλα αυτή η επεξεργασία των λυμάτων θα συντελέσει και στην μείωση της μόλυνσης των ιχθυοκαλλιεργειών, των υδατοκαλλιεργειών (ορυζοκαλλιεργειών), των φυτικών καλλιεργειών, που ποτίζονται με επιφανειακά γλυκά νερά (λίμνες, ποτάμια), αλλά και των παραγωγικών ζώων (βοοειδή, αιγοπρόβατα) τα οποία συχνά ποτίζονται από λίμνες και ποτάμια (Hurst και Murphy, 1998).



*Σχήμα 1. Περιβαλλοντικές πορείες του νερού δια μέσου των οποίων μολυσματικοί παράγοντες μεταδίδονται στον άνθρωπο (Πηγή: Hurst, 1997)*

### 3.3.2 Υδατογενώς μεταδιδόμενοι παθογόνοι μικροοργανισμοί

Η υδατογενής μετάδοση αποτελεί ένα ταχύτατο και δραστικό μέσο εξάπλωσης λοιμογόνων παραγόντων σε ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού. Υδατογενείς επιδημίες, οι οποίες προσέβαλαν εκατοντάδες ή χιλιάδες

ανθρώπους αναφέρονται από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα σε όλες τις ηπείρους (Παπαπετροπούλου και Μαυρίδου, 1995, Παπαδοπούλου 2000a,b). Ο τυφοειδής πυρετός, η χολέρα και η δυσεντερία είναι μερικά από τα πιο γνωστά υδατογενή νοσήματα, τα οποία παλαιότερα ταλάνιζαν μεγάλο μέρος του πληθυσμού της γης (Havelaar και συν. 1985, Hunter 1997).

Μετά την εφαρμογή της χλωρίωσης του πόσιμου νερού τα νοσήματα αυτά έχουν εξαφανιστεί τουλάχιστον στις αναπτυγμένες χώρες, ενώ παραμένουν στις λιγότερο αναπτυγμένες περιοχές (Ασία, Αφρική, Ν. Αμερική). Όμως, οι υδατογενείς επιδημίες από άλλα αίτια (ιός ηπατίτιδας, κρυπτοσπορίδια, γκιάρντια κ.ά.) δεν έχουν εξαφανιστεί και συχνά προκαλούν μεγάλες επιδημίες ακόμη και στις πλέον αναπτυγμένες χώρες, όπως η επιδημία κρυπτοσποριδίασης του 1993 στο Milwaukee (Wisconsin) των ΗΠΑ, στην διάρκεια της οποίας υπολογίζεται ότι προσβλήθηκαν 403.000 άτομα (Mac Kenzie και συν., 1994).

Η υδατογενής μετάδοση των μικροοργανισμών γίνεται με κατάποση, με επαφή και με εισπνοή σταγονιδίων μολυσμένου νερού. Οι συνήθεις εκδηλώσεις των υδατογενών λοιμώξεων είναι: γαστρεντερίτιδα (συχνά απειλητική για την ζωή), ηπατίτιδα, δερματικές αλλοιώσεις, επιμολύνσεις τραυμάτων, επιπεφυκίτιδες, αναπνευστικές λοιμώξεις και γενικευμένες λοιμώξεις (Παπαπετροπούλου και Μαυρίδου 1995, Παπαδοπούλου 2000a,b, 2001).

Οι υδατογενώς μεταδιδόμενοι μικροοργανισμοί μπορεί να είναι: παθογόνοι, ευκαιριακά παθογόνοι και ορισμένοι μπορεί να είναι τοξινογόνοι. Ο συνολικός αριθμός των δυνητικά παθογόνων μικροοργανισμών, που μεταδίδονται μέσω του υδάτινου περιβάλλοντος είναι άγνωστος, ενώ συνέχεια αναγνωρίζονται νέα παθογόνα (αναδυόμενοι παθογόνοι μικροοργανισμοί). Ορισμένοι μικροοργανισμοί, που προκαλούν υδατογενείς λοιμώξεις (*Legionella* spp., *Vibrio* spp., *Aeromonas hydrophila*, *Pseudomonas aeruginosa*) αποτελούν μέρος της φυσιολογικής χλωρίδας του υδάτινου περιβάλλοντος (ενδογενείς μικροοργανισμοί).

Οι περισσότεροι όμως από τους μικροοργανισμούς, που ανευρίσκονται στο υδάτινο περιβάλλον και στα τρόφιμα, που προέρχονται από αυτό το περιβάλλον, αποτελούν μέρος της εντερικής χλωρίδας του ανθρώπου και των

ζώνων, η δε παρουσία τους οφείλεται στην ρύπανση με λύματα ανθρώπινης ή ζωικής προέλευσης (Μοε, 1997).

Οι σημαντικότεροι μικροοργανισμοί, που προκαλούν υδατογενείς λοιμώξεις αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 1. Υδατογενώς μεταδιδόμενοι παθογόνοι μικροοργανισμοί

Ιοί	Βακτήρια	Παράσιτα	Άλγες
<i>Μετάδοση με κατάποση μολυσμένου νερού</i>			
		<b>Πρωτόζωα</b>	<b>Κυανοβακτήρια</b>
Ιός <i>Astro</i>	<i>A. hydrophila</i>	<i>Balantidium coli</i>	<i>Anabaena</i>
Ιός <i>Calici</i>	<i>Campylobacter jejuni</i>	<i>Cryptosporidium</i> spp.	<i>Aphanizomenon</i>
Εντεροϊοί <i>Polio, Echo</i> <i>Coxsackie</i>	<i>Escherichia coli</i> O157:H7	<i>Entamoeba histolytica</i>	<i>Microcystis</i> spp.
Ιός Ηπατίτιδας Α	<i>Plesiomonas shigelloides</i>	<i>Giardia lamblia</i>	
Ιός Ηπατίτιδας Ε	<i>Salmonella</i> spp	<b>Έλμινθες</b>	
Ιοί Norovirus και συγγενείς ιοί Snow Mountain, Hawai, Southampton, Taunton, Toronto	<i>Shigella</i> spp	<i>Dranculus medinensis</i>	
Ιοί Rota ομάδες Α & Β	<i>Vibrio cholerae</i> O1		
	<i>Non-O1 V. cholerae</i>		
	<i>Yersinia enterocolitica</i>		
<i>Μετάδοση από κολυμβητικά νερά</i>			

		Πρωτόζωα	Κυανοβακτήρια
Αδενοϊοί Ορότυποι 1,3,4,7,14	<i>A. hydrophila</i>	<i>Acanthamoeba</i> spp.	<i>Anabaena</i>
	<i>Legionella</i> spp	<i>Naegleria fowleri</i>	<i>Aphanizomenon</i>
	<i>Mycobacterium</i> spp. <i>M. marinum</i> , <i>M. balnei</i> , <i>M. plavy</i> , <i>M. kansasii</i> , <i>M. szylgai</i>	<b>Έλμινθες</b>	<i>Microcystis</i> spp.
	<i>Pseudomonas</i> spp.	<i>Schistosoma</i> spp.	
	<i>Vibrio</i> spp <i>V. alginolyticus</i> <i>V. parahaemolyticus</i> , <i>V. vulnificus</i> , <i>V. mimicus</i>		

### 3.3.3 Υδατογενείς λοιμώξεις

Οι υδατογενείς λοιμώξεις οφείλονται στη χρήση νερού (για πόση, παρασκευή τροφίμων, προσωπική υγιεινή, κολύμβηση κτλ) μολυσμένου με παθογόνους μικροοργανισμούς. Η ταξινόμηση των υδατογενών λοιμώξεων από τον Bradley (1987), η οποία βασίστηκε σε επιδημιολογικά δεδομένα, έχει βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση τους. Σύμφωνα με την ταξινόμηση του Bradley οι λοιμώξεις που σχετίζονται με το νερό διακρίνονται σε:

1) *Λοιμώξεις οφειλόμενες σε κατανάλωση μολυσμένου πόσιμου νερού.*

Οι λοιμώξεις αυτές μεταδίδονται με την κατάποση ακατάλληλου νερού, το οποίο θεωρείται φορέας του υπεύθυνου λοιμογόνου παράγοντα. Κλασικές υδατογενείς λοιμώξεις είναι η χολέρα και ο τυφοειδής πυρετός. Πολλά

νοσήματα που οφείλονται σε βακτήρια, ιούς, πρωτόζωα και έλμιθες μπορεί να μεταδοθούν εύκολα με το πόσιμο νερό.

#### *2) Λοιμώξεις που οφείλονται σε ελλιπή παροχή ή χρήση νερού*

Οι λοιμώξεις αυτές σχετίζονται με ελλιπείς συνθήκες υγιεινής και ελλιπή παροχή νερού για πλύσιμο, προσβάλλουν συνήθως οφθαλμούς και δέρμα (επιπεφυκίτιδες, τράχωμα) και το γαστρεντερικό σύστημα (γαστρεντερίτιδες, διαρροϊκά σύνδρομα). Οι γαστρεντερίτιδες αυτές μεταδίδονται από άνθρωπο σε άνθρωπο εξαιτίας των κακών συνθηκών υγιεινής (άπλυτα χέρια, ρύπανση τροφών).

#### *3) Λοιμώξεις οφειλόμενες σε παθογόνους μικροοργανισμούς, που ζουν στο υδάτινο περιβάλλον ή περνούν μέρος του βιολογικού κύκλου τους σε αυτό.*

Στις λοιμώξεις αυτές ανήκουν παρασιτικές νόσοι, όπως η σχιστοσωμίαση και η δρακοντίαση, οι οποίες ενδημούν σε περιοχές με υγρό και θερμό κλίμα.

#### *4) Λοιμώξεις μεταδιδόμενες με έντομα, τα οποία διαβιούν στο υδάτινο περιβάλλον.*

Οι λοιμώξεις αυτές (π.χ. κίτρινος πυρετός, πυρετός Δ. Νείλου, φιλαρίαση, ελονοσία) οφείλονται σε διάφορους παθογόνους μικροοργανισμούς (ιοίς, βακτήρια, παράσιτα), που μεταδίδονται στον άνθρωπο με δήγματα εντόμων (π.χ. κουνούπια, σκνίπες).

Επίσης οι υδατογενείς λοιμώξεις διακρίνονται ανάλογα με τον τρόπο πρόκλησης τους σε:

*α) λοιμώξεις από κατάποση μολυσμένου νερού*

*β) λοιμώξεις από επαφή με μολυσμένο νερό αναψυχής, είτε σε φυσικό περιβάλλον (θάλασσα, λίμνες, ποτάμια) είτε σε τεχνητό (κολυμβητήρια, κέντρα υδροθεραπείας, spa, jakouzi)*

*γ) λοιμώξεις από εισπνοή μολυσμένων σταγονιδίων νερού*

### **3.3.4 Μικροβιολογικοί δείκτες**

Η μικροβιολογική καταλληλότητα των υδάτων, είτε αυτά είναι πόσιμα (δικτύου, εμφιαλωμένα, μεταλλικά), είτε νερά αναψυχής (κολυμβητικά), είτε

επιφανειακά νερά (ποταμοί, λίμνες, θάλασσες), καθορίζεται με την καταμέτρηση συγκεκριμένων μικροοργανισμών, των μικροβιακών δεικτών.

Οι μικροβιακοί δείκτες είναι αλλόχθονοι μικροοργανισμοί, οι οποίοι διαβιούν παροδικά μέσα στο υδάτινο περιβάλλον προερχόμενοι συνήθως από το γαστρεντερικό σωλήνα ανθρώπων και ζώων. Οι κυριότεροι μικροβιακοί δείκτες ρύπανσης των υδάτων είναι τα ολικά κολοβακτηριοειδή, τα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή και οι εντερόκοκκοι, ενώ υπάρχουν και συμπληρωματικοί δείκτες ρύπανσης οι οποίοι διαφέρουν ανάλογα με την κατηγορία των υδάτων, που ελέγχεται (ΑΡΗΑ, 1998).

A. Ολικά κολοβακτηριοειδή (Total coliforms): περιλαμβάνονται όλα τα αερόβια και προαιρετικά αναερόβια μη σπορογόνα Gram-αρνητικά βακτήρια τα οποία ζυμώνουν τη λακτόζη με παραγωγή αερίου μετά από επώαση 48 h στους  $36\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

B. Κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή ή κολοβακτηριοειδή κοπρανώδους προέλευσης (Faecal coliforms): έχουν τις ίδιες ιδιότητες με τα κολοβακτηριοειδή, αλλά μπορούν να πολλαπλασιαστούν στους  $44,5\pm 0,2^{\circ}\text{C}$  μετά από επώαση 48 h (θερμοανθεκτικοί μικροοργανισμοί). Η *E. coli* είναι το πιο τυπικό είδος της ομάδας των κοπρανωδών κολοβακτηριοειδών και παράγει ινδόλη από την τρυπτοφάνη στους  $44,5\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ . Τόσο τα κολοβακτηριοειδή κοπρανών όσο και οι εντερόκοκκοι βρίσκονται στον γαστρεντερικό σωλήνα του ανθρώπου και των θερμόαιμων ζώων και η παρουσία τους στο νερό υποδεικνύει ρύπανση κοπρανώδους προέλευσης και πιθανή παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών. Η επιβίωσή τους στο νερό ποικίλλει από ώρες έως και εβδομάδες (Wiggins, 1996).

Γ. Εντερόκοκκοι ή κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι (Faecal streptococci): είναι Gram-θετικοί, καταλάση-αρνητικοί κόκκοι, που απαντούν ανά ζεύγη ή μικρές αλυσίδες, ανήκουν σε ορισμένα είδη του γένους *Streptococcus* (*S. faecalis*, *S. faecium*, *S. avium*, *S. bovis*, *S. equinus*, *S. gallinarum*) και διαθέτουν το αντιγόνο της ομάδας D κατά Lancefield. Ορισμένα είδη εντεροκόκκων (π.χ. *S. faecalis*) απαντώνται συχνότερα στα κόπρανα του ανθρώπου, ενώ άλλα είδη είναι συχνότερα στα κόπρανα των ζώων.



## ΛΙΜΝΗ ΖΗΡΟΥ

### 1. Ιστορικά στοιχεία

Στις όχθες αυτής της όμορφης λίμνης, είχε χτιστεί από Αυστριακούς αρχιτέκτονες το 1950-1955 η "Παιδόπολη του Ζηρού" ("Ζηρόπολη"), με αντικείμενο την περίθαλψη των ορφανών παιδιών του 2<sup>ου</sup> Παγκοσμίου Πολέμου και του Εμφυλίου Πολέμου, με πρωτοβουλία της τότε Βασίλισσας Φρειδερίκης. Από το 1955 μέχρι το 1965 η Ζηρόπολη αποτέλεσε ένα σημαντικό εκπαιδευτικό, πολιτιστικό και οικονομικό πυρήνα της περιοχής (Γκούβας, 1998).

Το 1965 μετά από ισχυρό σεισμό, πολλά λιθόκτιστα κτίρια υπέστησαν ανεπανόρθωτες ζημιές και η πόλη πέρασε σε παρακμή, συνεπικουρούμενη και από το γεγονός ότι πολλά ορφανά παιδιά ενηλικιώνονταν και έφευγαν. Το 1992 οι εγκαταστάσεις της "Ζηρόπολης" χρησιμοποιήθηκαν για την στέγαση 2000 Αλβανών οικονομικών προσφύγων.

Το 1994-1995 η λίμνη Ζηρού χρησιμοποιήθηκε παράνομα για αγώνες σκι, με ταχύπλοα σκάφη, από τον Ναυτικό Όμιλο Ιωαννίνων. Μετά από διαμαρτυρίες και δικαστικά ασφαλιστικά μέτρα της "Περιβαλλοντολογικής Εταιρείας Πρέβεζας" οι αγώνες δεν επαναλήφθηκαν (Γκούβας, 1998).

Στις 25 Μαΐου 1997 έγινε κυκλική διάπλευση της λίμνης με κωπήλατο σουηδικό Canoe Incas και πλήρης φωτογράφιση των παραλίμνιων ακτών από τους ιδιώτες Χαράλαμπο Γκούβα και Γρηγόρη Κατσίλη, όπως επίσης και βυθομέτρηση της λίμνης (Παρ. 2, Φώτο 8). Στη λίμνη Ζηρού συναντώνται τρεις φυσικοί οικότοποι Κοινοτικού ενδιαφέροντος που έχουν ενταχθεί στο Δίκτυο Natura 2000 σύμφωνα με την Οδηγία 92/43/ΕΟΚ (παράρτημα Ι).

Σήμερα οι εγκαταστάσεις της πρώην "Παιδόπολης Ζηρού", μετά από εργασίες πλήρους ανακαίνισης, λειτουργούν σαν Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης κατόπιν κοινών ενεργειών της Ν.Α. Πρέβεζας και του Δήμου Φιλιππιάδας.

## **2. Γεωγραφική Θέση**

Η Λίμνη Ζηρού βρίσκεται στα ανατολικά του Νομού Πρέβεζας, 2 χλμ δυτικά της εθνικής οδού Άρτας - Φιλιππιάδας - Ιωαννίνων απέναντι από το Δημοτικό Διαμέρισμα Παντάνασσας Άρτας. Διοικητικά και γεωγραφικά ανήκει σε τρεις Δήμους: Φιλιππιάδας (Ν. Πρέβεζας), Θεσπρωτικού (Ν. Πρέβεζας) και Ξηροβουνίου (Ν. Άρτας) (Παρ. ΙΙ, Χάρτης 4).

Η περιοχή της Λίμνης του Ζηρού βρίσκεται σε άμεση γειτνίαση με την περιοχή του Αμβρακικού, και σε μικρή απόσταση από τις περιοχές των ποταμών Καλαμά και Αχέροντα και της οροσειράς της Πίνδου.

Το όνομά της λίμνης "Ζηρός" έχει Σλαβική προέλευση (Ozero = λίμνη στα Ρωσικά, Σέρβικα κ.α.), προφανώς κατάλοιπο μεσαιωνικής εποίκησης της περιοχής από Σλαβικά φύλα (Γκούβας, 1998).

Αποτελεί ένα σημαντικό αξιοθέατο για την περιοχή και παρουσιάζει πλούσιο οικολογικό ενδιαφέρον αφού αποτελεί σημαντικό βιότοπο για πολλούς φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς και για τον λόγο αυτό είναι ενταγμένη σε ευρωπαϊκούς καταλόγους και δίκτυα που σχετίζονται με την προστασία του περιβάλλοντος.

Το πλούσιο φυσικό της περιβάλλον, με άφθονα δάση, μοναδική χλωρίδα και πανίδα και σπάνια φυσική ομορφιά προσελκύει τα τελευταία χρόνια ολοένα και αυξανόμενο τουριστικό ενδιαφέρον με αποτέλεσμα την σταδιακή αξιοποίησή της. Παράλληλα, τα τελευταία χρόνια έχουν αυξηθεί οι δράσεις των τοπικών φορέων για την προστασία του οικοσυστήματος της λίμνης.

## **3. Αβιοτικό περιβάλλον**

### **3.1 Γενικά**

Η περιοχή ανήκει στην Ιόνιο γεωτεκτονική ζώνη, έτσι η γεωμορφολογία, γεωλογία και η τεκτονική δομή της έχουν τα χαρακτηριστικά της ζώνης αυτής.

Η Ιόνιος ζώνη εκτείνεται από την Αλβανία καταλαμβάνει όλη τη Δυτική Ελλάδα και καταλήγει στην ΒΔ Πελοπόννησο. Αποτελούσε μια υποθαλάσσια αύλακα που παρεμβαλλόταν ανάμεσα στα υποθαλάσσια υβώματα της Απουλίας - Παξών και της ζώνης Γαβρόβου - Τρίπολης στα ανατολικά (Μουντράκης, 1985)

### 3.2 Γεωμορφολογία

Η λεκάνη απορροής της λίμνης - που περιλαμβάνει τις εκτάσεις των Δήμων Φιλιππιάδας, Θεσπρωτικού και την κοινότητα Παντάνασσας - νομού Άρτας, χαρακτηρίζεται ως ημιορεινή, με αφθονία επιφανειακών υδάτων και αποτελεί τμήμα της υδρολογικής λεκάνης απορροής του ποταμού Λούρου που εκβάλλει στον Αμβρακικό Κόλπο.

Η λίμνη Ζηρού, με έκταση 470 στρεμμάτων, τροφοδοτείται από καρστικές πηγές και η επιφάνειά της βρίσκεται σε, μικρό σχετικά, υψόμετρο 60 μέτρων. Το σχήμα της λίμνης είναι ελλειπτικό, η διάμετρός της είναι περίπου 1.000 μέτρα και το πλάτος της φθάνει τα 500 μέτρα. Το μέγιστο βάθος της λίμνης έχει βρεθεί στα 70 μέτρα (Γκούβας, 1997) ενώ στη βόρεια όχθη το άμεσο βάθος στα βράχια είναι 9 μέτρα. Η νότια όχθη "σβήνει" σταδιακά σε ρηχή αμμουδιά.

Η τοπική λεκάνη, η οποία τροφοδοτεί την λίμνη, έχει έκταση περίπου 2 τετραγωνικά χιλιόμετρα και συνολική απόδοση περίπου  $1,25 \cdot 10^6$  κυβικά μέτρα νερού. Πέρα από αυτό, η λίμνη δεν αποκλείεται να δέχεται και νερό που προέρχεται από ψηλότερες περιοχές του ασβεστόλιθου του Παντοκράτορα και από το ποτάμι (Λεοντιάδης, 1994).

Στη λίμνη δεν παρατηρείται κάποια επιφανειακή απορροή, έτσι η εξάτμιση και η υπόγεια απορροή είναι οι μόνοι δυνατοί τρόποι απορροής της. Η στάθμη της μένει σχεδόν σταθερή μακροπρόθεσμα, με εποχιακή διακύμανση περίπου 2,5 μέτρα. Το μεγαλύτερο ύψος της στάθμης παρατηρείται κατά το τέλος της χειμερινής περιόδου, όταν η εισροή αρχίζει να μειώνεται και οι ρυθμοί της εξάτμισης να αυξάνονται (ETANAM, 1999).

Η δημιουργία της λίμνης Ζηρού φαίνεται να οφείλεται στην τεκτονοκαρστική δραστηριότητα της περιοχής. Οι γεωλόγοι πιστεύουν ότι η

λίμνη αποτελούσε λιμναίο σπήλαιο, αλλά η οροφή κατέρρευσε προ 10.000 ετών περίπου. Η περιοχή γύρω από την λίμνη είναι πλούσια σε ποικιλία πετρωμάτων. Στη βόρεια πλευρά της, η οποία έχει υποστεί καρστική διάβρωση, παρατηρούνται εκτάσεις με ασβεστολιθικά πετρώματα. Στα ανατολικά και νότια της λίμνης εμφανίζονται τεταρτογενείς εναποθέσεις πεδιάδων, προσχώσεις και ελώδεις αποθέσεις. Δυτικά της λίμνης υπάρχουν αποθέσεις φερτών υλικών που προέρχονται από παλαιό χείμαρρο της περιοχής. Στην ανατολική πλευρά της λίμνης και σε μικρότερη απόσταση από αυτή, εμφανίζεται και μικρό έλος. Το υπέδαφος είναι πλούσιο σε μη μεταλλικά ορυκτά.

Ο ορεινός όγκος της δυτικής όχθης του Λούρου μπορεί να θεωρηθεί ότι σχηματίζει δυο κύριους υδροφόρους ορίζοντες απομονωμένους μεταξύ τους. Ο πρώτος που τροφοδοτεί τις πηγές του Τερόβου, Μουσωτίτσας και Μελιγγών Δωδώνης και ένας δεύτερος υδροφόρος ορίζοντας που τροφοδοτεί τις πηγές Κουκλέσι, Κεράσωβο, Κεφαλόβρυσο Παιδόπολης και αντλιοστάσιο Ριζοβουνίου. Από τον ίδιο αυτό ορίζοντα τροφοδοτείται κυρίως η λίμνη Ζηρού, της οποίας η ετήσια τροφοδοσία εκτιμάται να κυμαίνεται από 13,1 έως 17,4 εκατομμύρια κυβικά μέτρα (Λεοντιάδης, 1984).

Στην περιοχή περιλαμβάνονται οι πεδινές εκτάσεις του κάμπου του Θεσπρωτικού, της Μπάνας ή Έξω Κάμπου και της περιοχής Μπόϊδα- Μαυρή.

Σύμφωνα με στοιχεία του ΙΓΜΕ (1991), η γεωμορφολογία της περιοχής έχει επηρεαστεί σε σημαντικό βαθμό από τις τεκτονικές δομές που κυριαρχούν στην περιοχή. Αυτές οι τεκτονικές δομές είναι το σύγκλινο των Δερβίζιανων μέσα στο οποίο αναπτύσσεται ο χείμαρρος Ξηροπόταμος και το αντίκλινο του Θεσπρωτικού που διαμορφώνει τα Θεσπρωτικά όρη.

Η περιοχή του Θεσπρωτικού περιλαμβάνει την υδρολογική λεκάνη της μικρής Λάκκας Σουλίου και αποτελεί ουσιαστικά μια κοιλάδα που περιβάλλεται δυτικά από την κορυφογραμμή των Θεσπρωτικών ορέων και ανατολικά από τα όρη Κακουρί, Ζαρκοράχη, Προφήτη Ηλίας, Παπαδάτων, που αποτελούν την δυτική κορυφογραμμή της κοιλάδας που σχηματίζει ο ποταμός Λούρος.

Η περιοχή του Δήμου Φιλιππιάδας περιλαμβάνει ένα τμήμα της κοιλάδας του ποταμού Λούρου, από το σημείο όπου ο ποταμός εισέρχεται στα διοικητικά όρια του νομού Πρέβεζας, ενώ νότια φτάνει μέχρι την περιοχή

του Αμβρακικού κόλπου. Ο Λούρος, σχηματίζει, μετά την είσοδο του στο νομό Πρέβεζας, μικρά φαράγγια και κοιλάδες.

Η κοιλάδα του Λούρου και ο Δήμος Φιλιππιάδας οριοθετούνται ανατολικά από τον ορεινό όγκο του Ξηροβουνίου με μέγιστο ύψος 1.470 μέτρα (Σμυρνιώτης, 1991).

Στο ύψος των πηγών Αγίου Γεωργίου, σε χαρακτηριστικό στένωμα της κοίτης έχει κατασκευαστεί από τη δεκαετία του '50 υδροηλεκτρικό φράγμα της Δ.Ε.Η.

Η περιοχή γειτνιάζει στο νότιο τμήμα της με τον ορεινό όγκο του Προφήτη Ηλία, και το έλος της Πέτρας, ένα από τα μεγαλύτερα έλη γλυκού νερού της Ελλάδας με χαρακτηριστικές εκτάσεις καλαμώνων, τμήμα του προστατευόμενου από τη Σύμβαση Ramsar, υγροτόπου του Αμβρακικού.

### **3.3 Γεωλογία**

Η περιοχή μελέτης, στο σύνολό της, παρουσιάζει μια αρκετά διαφορετική εικόνα από τις νοτιότερες περιοχές του Νομού όπου παρατηρούνται σχεδόν αποκλειστικά προσχώσεις και ελώδεις αποθέσεις.

Σύμφωνα με καταγραφή του Σμυρνιώτη (1991), γύρω από τη λίμνη του Ζηρού εμφανίζεται μια ποικιλία πετρωμάτων, ενώ στο Ζηροβούνι, τον ορεινό όγκο που βρίσκεται βόρεια της λίμνης Ζηρού, υπάρχουν ασβεστόλιθοι Σινιών δηλαδή ασβεστόλιθοι υπογραφικοί φαιοί καλώς στρωμένοι(Παρ.ΙΙ-Χάρτης 5).

Στο ανατολικό άκρο της λίμνης, αλλά και σε τμήματα νότια αυτής παρατηρούνται τεταρτογενείς αποθέσεις πεδιάδων, προσχώσεις και ελώδεις αποθέσεις.

Στη δυτική πλευρά της λίμνης, στην Περιοχή Τσιροπόλεως υπάρχουν παλιές χειμαρρώδεις αποθέσεις με πυρόχροους άμμους και κροκαλοπαγή πετρώματα. Στο δυτικότερο άκρο εμφανίζεται μικροκρυσταλλική λευκή γύψος με ταινίες ερυθρές και στη νοτιοδυτική πλευρά συμπαγή λατυποπαγή πετρώματα αποτελούμενα από υλικά εκ καρνιολών, δολομιτικών, ασβεστολίθων, δολομίτου, μαύρων υπολιθογραφικών ασβεστολίθων, μαύρων μαργών κ.λ.π.

Στα νότια τέλος παράλια της λίμνης παρατηρείται Νεογενές Αρχαγγέλου: μικτή σειρά χερσαίων κροκαλοπαγών και αργιλούχων άμμων, λευκών μαργών και θαλασσίου αργίλου.

### **3.4 Ορυκτοί πόροι-κοιτάσματα**

Στην υπό μελέτη περιοχή, δεν υπάρχουν ορυκτά εκτός από την γύψο, στη νότια πλευρά της λίμνης Ζηρού, η οποία δεν είναι εκμεταλλεύσιμη λόγω κρυσταλλικότητας. Ο κύριος πλούτος της περιοχής είναι το νερό, σύμφωνα με τεχνική έκθεση του ΙΓΜΕ (Κανάρης 1., Πίτσικος Λ. 1993)

### **3.5 Σεισμικότητα**

Ο ευρύτερος χώρος της Δυτικής Ελλάδας παρουσιάζει έντονη σεισμικότητα η οποία εκφράζεται από πολλούς και μεγάλους σεισμούς. Η κύρια αιτία εκδήλωσης αυτών των σεισμών και εν γένει η έντονη νεοτεκτονική δραστηριότητα οφείλεται στη σύγκλιση της καταβυθιζόμενης Απουλίας πλάκας και της πλάκας του Αιγαίου κατά μήκος του Ελληνικού τόξου καθώς επίσης και στα φαινόμενα διαπυρισμού των εβαποριτών της Ιονίου ζώνης.

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης ανήκει στην κατηγορία ΙΙΙ των ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας στις οποίες χωρίσθηκε ο ελληνικός χώρος με πρόταση των τεσσάρων σεισμολογικών φορέων της χώρας (Τομέας Γεωφυσικής και Γεωθερμίας Πανεπιστημίου Αθηνών, Τομέας Γεωφυσικής Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Γεωδυναμικό Ινστιτούτο Αστεροσκοπείου Αθηνών και Ινστιτούτο Τεχνικής Σεισμολογίας και Αντισεισμικών Κατασκευών) (Μουντράκης Δ., 1985)

### **3.6 Υδρολογία**

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης, όπως αναφέρθηκε, αποτελεί τμήμα της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Λούρου.

Σύμφωνα με την μελέτη του Λεοντιάδη (1984), διακρίνονται επιμέρους οι λεκάνες του ποταμού Ξηροπόταμου, η υδρολογική υπολεκάνη του Αυλακόμυλου, η υδρολογική υπολεκάνη της λίμνης του Ζηρού και του βυθίσματος Πριάλας.

Ο χειμάρρος Ξηροπόταμος, διαρρέει την δυτική λεκάνη της περιοχής Λάκκας Σουλίου, και με κατεύθυνση από βορρά προς νότο καταλήγει μετά από διώρυγα που έχει κατασκευαστεί το 1965 στην περιοχή Κομμένου, στον ποταμό Λούρο. Μετά τη διευθέτηση του χειμάρρου και την κατασκευή νέας κοίτης δεν παρατηρούνται υπερχειλίσσεις.

Κατά την περίοδο των βροχοπτώσεων τα υπόγεια νερά παρατηρούνται σε βάθος 1,8 μέτρων, ενώ το καλοκαίρι εμφανίζονται σε βάθος 4-5 μέτρα.

Στην περιοχή Μπόϊδας -Μαυρής, υπήρχε λίμνη η οποία αποξηράνθηκε το 1955.

Οι Πηγές της Πριάλας δημιουργούν μικρό υδρογραφικό δίκτυο με ρέμα μήκους 600 μέτρων και πλάτους 4-5 μέτρων, το οποίο καταλήγει στον υδατοφράκτη, στο αντλιοστάσιο ή στον τσιμενταύλακα που χρησιμοποιείται για άρδευση.

Στο νότιο μέρος της ευρύτερης περιοχής βρίσκεται η λίμνη Βρώμα. Πρόκειται για πηγή τα νερά της οποία λίμναζαν. Το χαρακτηριστικό της όνομα (Βρώμα) προήλθε από την μυρωδιά των νερών της που οφείλεται στην διέλευση των υδάτων της από κοιτάσματα γύψου.

### **3.7 Πηγές**

Οι σημαντικότερες Πηγές στην ευρύτερη περιοχή, σύμφωνα με στοιχεία του ΙΓΜΕ, είναι:

#### Πηγή Ριζοβούνι

Εκδηλώνεται στην τοποθεσία Πηγή Ριζοβούνι της Κοινότητας Ριζοβουνίου σε υψόμετρο περίπου 125 μ. Η παροχή της είναι 5 l/sec και χρησιμοποιείται για ύδρευση της Κοινότητας Ριζοβουνίου καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

#### Πηγή Αρχή Πριάλας

Εκδηλώνεται στην αρχή του συστήματος των Πηγών Πριάλας της Κοινότητας Ριζοβουνίου σε υψόμετρο περίπου 28 μ. Ο μηχανισμός λειτουργίας της είναι υπερπλήρωσης και η παροχή της κυμαίνεται από 25-107 l/sec. Χρησιμοποιείται για ύδρευση, άρδευση και κτηνοτροφία.

#### Πηγή στην Μέση Πριάλα

Εκδηλώνεται στην τοποθεσία Μέση Πριάλα της Κοινότητας Ριζοβουνίου σε υψόμετρο περίπου 25 μ.

Ο μηχανισμός λειτουργίας της είναι υπερπλήρωσης και εκδηλώνεται σε μέτωπο εντός της ρεματιάς. Έχει παροχή που κυμαίνεται από 235-438 l/sec και χρησιμοποιείται για ύδρευση, άρδευση και κτηνοτροφία.

#### Πηγή στο Τέλος Πριάλας

Αυτή η πηγή εκδηλώνεται στην τοποθεσία Τέλος Πριάλας της Κοινότητας Ριζοβουνίου σε υψόμετρο περίπου 25 μ. Πρόκειται για πηγή υπερπλήρωσης η οποία εκδηλώνεται σε μέτωπο εντός ρεματιάς. Η παροχή της κυμαίνεται από 285-1050 l/sec και χρησιμοποιείται για ύδρευση, άρδευση και κτηνοτροφία.

#### Πηγή Βάδιζα

Εκδηλώνεται στην τοποθεσία Βάδιζα της Κοινότητας Ριζοβουνίου σε υψόμετρο περίπου 24 μ. Πρόκειται για πηγή υπερπλήρωσης η οποία εκδηλώνεται σε μέτωπο εντός ρέματος και η παροχή της κυμαίνεται από 34-115 l/sec. Χρησιμοποιείται για ύδρευση, άρδευση και κτηνοτροφία.

#### Πηγή Κεφαλόβρυση Πριάλας

Εκδηλώνεται στην τοποθεσία Κεφαλόβρυση Πριάλας της Κοινότητας Ριζοβουνίου σε υψόμετρο περίπου 42 μ. Ο μηχανισμός λειτουργίας της είναι υπερπλήρωσης. Η παροχή της είναι 100 l/sec και χρησιμοποιείται για άρδευση.

#### Πηγή Λίμνης Βρώμας

Εκδηλώνεται στην τοποθεσία λίμνη Βρώμας της Κοινότητας Ρωμιά. Η λίμνη Βρώμας δεν έχει άμεση σχέση με τα υπόγεια νερά τα οποία βρίσκονται 8-10 μ. κάτω από τον πυθμένα της. Η πηγή αυτή είναι η εκφόρτιση των νερών που περιέχονται στις χειμαρρώδεις αποθέσεις.



### Πηγές στη λίμνη Ζηρού

Εκδηλώνονται σε περισσότερα από ένα σημεία μέσα στην λίμνη Ζηρού (μέτωπο εκδήλωσης) και πρόκειται για πηγές υπερπλήρωσης. Δεν γίνεται καμία χρήση. Μέγιστο βάθος της λίμνης Ζηρού 60 μ. περίπου.

### **3.8 Υπόγεια νερά - Επιρροές από άλλα συστήματα**

Σύμφωνα με τα συμπεράσματα της Ισοτοπικής Υδρολογικής έρευνας του Καρστικού Υδροφόρου Ορίζοντα της λεκάνης του Λούρου (Λεοντιάδης, 1984), στην τροφοδοσία του Λούρου συμμετέχει και ο καρστικός ορίζοντας του ορεινού όγκου που δεσπόζει της ανατολικής του όχθης. Ο ορίζοντας αυτός τροφοδοτεί τις παρόχθιες πηγές του Λούρου στις θέσεις Βαθύ, Συκιές, Ομορφάδα και ενδεχόμενα στον Άγιο Γεώργιο. Επίσης από τον ορίζοντα αυτό τροφοδοτούνται οι πηγές Καμπής και Χανόπουλου.

Ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας των Θεσπρωτικών βουνών δεν είναι απομονωμένος αλλά δέχεται νερό και από περιοχές με μεγαλύτερο υψόμετρο.

Ο ορεινός όγκος της δυτικής όχθης του Λούρου μπορεί να θεωρηθεί ότι σχηματίζει δύο κύριους υδροφόρους ορίζοντες απομονωμένους μεταξύ τους. Αυτός που τροφοδοτεί τις πηγές του Τερόβου, Μουσιωτίτσας και Μελιγγών Δωδώνης εμπλουτίζεται από τον ασβεστόλιθο Παντοκράτορος που σχηματίζει την κορυφή του βουνού Τόμαρος. Ένας δεύτερος υδροφόρος ορίζοντας που τροφοδοτεί τις Πηγές Κουκλέσι, Κεράσοβο, Κεφαλόβρυσο Παιδόπολης και αντλιοστάσιο Ριζοβουνίου, εμπλουτίζεται από τον υπόλοιπο ασβεστολιθικό όγκο, με υψόμετρο μεγαλύτερο από 700 περίπου μέτρα. Από τον ίδιο αυτό ορίζοντα τροφοδοτείται κυρίως η λίμνη Ζηρού, της οποίας η ετήσια τροφοδοσία εκτιμάται ότι κυμαίνεται από 13,1 έως 17,4 εκατομμύρια κυβικά μέτρα.

Ο ορίζοντας αυτός, με βάση τα ισοτοπικά δεδομένα, δεν μπορεί να αποκλειστεί από την συμμετοχή του στην τροφοδοσία των Πηγών Αγίου Γεωργίου ή/και Σκάλας Λούρου. Σε αυτή όμως την περίπτωση, συνολικά το 1/3 περίπου της ποσότητας του υπογείου αυτού νερού πρέπει να προέρχεται από ανακύκλωση του νερού του ποταμού. Τέλος, τμήματα του ασβεστολιθικού όγκου αυτής της πλευράς του ποταμού με χαμηλότερα

υψόμετρα τροφοδοτούν την λίμνη Βρώμα, την πηγή Κεφαλόβруσο Πριάλας και ενδεχομένως τον ποταμό Λούρο με πλευρική διήθηση.

Γενικά, σύμφωνα πάντα με την μελέτη Λεοντιάδη (1984), η περιοχή τροφοδοσίας των καρστικών υδροφόρων οριζόντων της λεκάνης του Λούρου δεν συμπίπτει με τον επιφανειακό υδροκρίτη, αλλά επεκτείνεται πέρα από αυτόν περιλαμβάνοντας το σύνολο των περατών σχηματισμών που δεσπόζουν στις όχθες του ποταμού.

Όσον αφορά την επιρροή του λεκανοπεδίου Ιωαννίνων, δεν φαίνεται να υπάρχει σύνδεση της λίμνης των Ιωαννίνων και των καταβόθρων του νότιου τμήματος του με τις πηγές του ποταμού Λούρου και τις πεδιάδες της Αρτας.

### **3.9 Γεωτρήσεις -Υδροφόροι ορίζοντες**

Σύμφωνα με την υδρογεωλογική μελέτη του Σμυρνιώτη (1991), από γεώτρηση η οποία έχει ανορυχθεί 80 μ. περίπου δυτικά της λίμνης Ζηρού με απόλυτο υψόμετρο 79,68 μ. η στάθμη των υπόγειων νερών έχει μετρηθεί σε βάθος 3133 μ. με απόλυτο υψόμετρο 47,7μ. (01-1996). Αυτό υποδηλώνει ότι σε αυτή την περιοχή, δυτικά της λίμνης, η στάθμη των υπογείων υδάτων βρίσκεται σχεδόν στο ίδιο επίπεδο με την στάθμη της λίμνης που στις 13-01-1996 ήταν 47,4 μ.

Στην νοτιοδυτική πλευρά της λίμνης Ζηρός γεώτρηση που έγινε από τα 8 μ. μέχρι τα 120 μ. έχει διατηρήσει μόνο γύψο και δεν έδωσε υδροφορία.

Στην ανατολική πλευρά του βυθίσματος Πριάλας έχουν ανορυχθεί δύο ακόμα γεωτρήσεις με βάθος περίπου 53μ. και 80μ. αντίστοιχα και πιο συγκεκριμένα μεταξύ της λίμνης Ζηρού και των Πηγών Πριάλας. Αυτές οι γεωτρήσεις διατήρησαν μόνο παλαιές χειμαρρώδεις αποθέσεις και τα υπόγεια νερά στην περιοχή αυτή έχουν αρτεσιανό χαρακτήρα.

Βόρεια του βυθίσματος της Πριάλας και βορειοδυτικά από τη λίμνη Ζηρός έχει ανορυχθεί άλλη γεώτρηση και η περιοχή χαρακτηρίζεται από μεγάλη υδροφορία και από την παρουσία αρτεσιανού υδροφόρου ορίζοντα. Από τα παραπάνω στοιχεία των γεωτρήσεων αλλά και από τις δοκιμαστικές αντλήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί φαίνεται ότι η περιοχή του βυθίσματος Πριάλας χαρακτηρίζεται από σημαντική ποσότητα υπόγειων νερών. Οι πηγές

Πριάλας είναι πηγές υπερπλήρωσης ενώ μια πολύ σημαντική ποσότητα υπογείων νερών κατευθύνεται προς νότο. Οι δοκιμαστικές αντλήσεις που πραγματοποιήθηκαν απέδειξαν τις μεγάλες δυνατότητες του υδροφόρου ορίζοντα της περιοχής.

### **3.10 Κίνηση υπόγειων υδάτων**

Κατά τον Λεοντιάδη (1994), η περιοχή των πηγών Πριάλας βρίσκεται μέσα στο καρστικό σύστημα του ποταμού Λούρου. Η περιοχή του καρστικού συστήματος είναι ενεργά τεκτονική ζώνη με πολλά ρήγματα. Τα ρήγματα και οι ρωγμές γίνονται αγωγοί των υπογείων υδάτων.

Από την τεκτονική δομή της ευρύτερης περιοχής του έργου αναμένεται μεγάλη ροή των υπόγειων νερών από τα βορειανατολικά προς τα νοτιοδυτικά. Κατόπιν η κίνηση του νερού γίνεται Ν. ΝΔ σύμφωνα με τον υδρογεωλογικό ρόλο που παίζουν τα ρήγματα διεύθυνσης ΝΝΔ-ΒΒΑ στην τελική έξοδο των πηγών Πριάλας δυτικά του υδατοφράχτη της τάφρου Πριάλας.

Κατόπιν λόγω του κατακερματισμού των ασβεστόλιθων του Παντοκράτορα στη θέση της Μέσης Πριάλας τα υπόγεια νερά που κινούνται με διευθύνσεις ΒΒΑ, ΒΑ προς ΝΝΔ, ΝΔ αλλάζουν την διεύθυνση κίνησής τους σε Ν, ΝΑ, ΝΔ.

Τα ρήγματα στην βόρεια πλευρά της λίμνης Ζηρού με διευθύνσεις ΒΑ-ΝΔ, ΒΒΑ-ΝΝΔ, μπορεί να είναι οι αγωγοί των υπογείων νερών που δημιουργούν τις Πηγές της λίμνης Ζηρού που ουσιαστικά συμβάλλουν στην δημιουργία της ομώνυμης λίμνης.

Γενικά τα υπόγεια νερά κινούνται από Βορρά προς Νότο. Η κίνηση αυτή γίνεται κυρίως μέσα στους καρστικούς αγωγούς οι οποίοι αναπτύσσονται σε διαφορετικά βάθη μέσα στους καρστικοποιημένους και έντονα κατακερματισμένους ασβεστολιθικούς σχηματισμούς. Ρήγματα όμως δευτερεύουσας σημασίας μπορούν να αλλάζουν την διεύθυνση της κίνησης των νερών από αυτή τη γενική διεύθυνση.

### **3.11 Κλιματολογικά στοιχεία**

Η ευρύτερη περιοχή της Λίμνης Ζηρού, εντάσσεται στο θαλάσσιο μεσογειακό τύπο κλίματος. Ο τύπος αυτός επικρατεί στις δυτικές ακτές της Ελλάδας. Κατά τη χειμερινή περίοδο εμφανίζονται χαρακτηριστικά εύκρατου κλίματος με συχνές βροχές από το Σεπτέμβριο μέχρι το Μάρτιο, ήπιες θερμοκρασίες και σχετικά σπάνια εμφάνιση παγετών, χιονοπτώσεων και ισχυρών ανέμων (Περγαντής, 2000).

Στη συγκεκριμένη περιοχή δεν υπάρχει μετεωρολογικός σταθμός που να λειτουργεί σήμερα.

### **3.12 Στοιχεία ποιότητας ατμόσφαιρας**

Η ποιότητα της ατμόσφαιρας στην περιοχή μελέτης είναι άριστη (φυσική). Δεν υπάρχουν αξιές λόγου πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Επιπλέον, οι χρήσεις γης είναι περιορισμένες, οι υφιστάμενοι οικισμοί μικροί και το οδικό δίκτυο αραιό. Η μικρή κυκλοφορία αυτοκινήτων στον επαρχιακό δρόμο δεν αλλοιώνει καθόλου τα ποιοτικά ατμοσφαιρικά στοιχεία στην περιοχή μελέτης. Δεν παρατηρούνται επομένως σημαντικές πηγές ρύπανσης της ατμόσφαιρας (Περγαντής, 2000).

### **3.13 Αξιολόγηση κατάστασης στην ευρύτερη περιοχή, ιδιαίτερα χαρακτηριστικά**

Η ευρύτερη περιοχή, σύμφωνα με την μελέτη του Περγαντή (2000), δεν παρουσιάζει έντονη επίδραση από τον άνθρωπο και αυτό διότι η μεν βιομηχανική και βιοτεχνική δραστηριότητα εξακολουθεί να παραμένει περιορισμένη και σημειακή, η δε γεωργική δραστηριότητα εφαρμόζεται κυρίως στις πεδιάδες που είναι μικρές και περιορισμένες ενώ σε αξιόλογο ποσοστό του συνόλου της είναι ήπια (ξηρικές καλλιέργειες σιτηρών σε ικανή έκταση, κυρίως στις χαμηλές και ομαλότερες λοφώδεις ζώνες). Επίσης σε πολλές

μικρές κοιλάδες ή επιμέρους πεδινές λεκάνες, οι καλλιέργειες παρουσιάζουν μεγάλη μωσαϊκότητα ως προς την κατάτμηση των αγροτεμαχίων, ως προς τη διατήρηση φυσικών συστάδων και θαμνοφραχτών αλλά και ως προς το είδος της καλλιέργειας.

Το μεγαλύτερο μέρος της ευρύτερης περιοχής είναι λοφώδες και ως εκ τούτου χρησιμοποιείται κυρίως για κτηνοτροφική χρήση και εκτατική (βόσκηση). Σε αυτή τη λοφώδη ζώνη φαίνεται κάποια εντονότερη ανθρώπινη επίδραση κυρίως λόγω της βόσκησης και των πυρκαγιών. Η διείσδυση του ανθρώπου στα δασικά οικοσυστήματα μέσω της καλλιέργειας της γης δεν φαίνεται να είναι ιδιαίτερα βεβαρημένη αφού ακόμη εξακολουθούν να υπάρχουν πολλά και ικανής έκτασης συμπαγή δρυοδάση ή έντονα ανεπτυγμένοι θαμνώνες μακκίας ή ψευδομακκίας. Γενικότερα η περιοχή δεν έχει δεχθεί έντονη επίδραση από τον άνθρωπο και εξακολουθεί να διατηρεί σε μεγάλο βαθμό τη φυσικότητά της σε αρμονία με ήπια και παραδοσιακά γεωργοκτηνοτροφικά στοιχεία. Υπάρχουν μάλιστα εκτενείς φυσικές ζώνες ποικίλου τύπου οικοσυστήματος που παρουσιάζουν μεγάλο φυσικό και τοπικό ενδιαφέρον και σύμφωνα με τον Περγαντή (2000) είναι οι εξής:

- Βόρεια - Λοφώδεις περιοχές με δάση υπεραιώνόβιων δρυών και πυκνά δάση μακκίας.
- Βορειοανατολικά και ανατολικά- Η ποτάμια και παραποτάμια ζώνη του Λούρου συμπεριλαμβανομένου του φράγματος της ΔΕΗ όπου έχει δημιουργηθεί ένας πολύ ενδιαφέρον μικρός υγρότοπος. Επίσης μέρος του εύφορου κάμπου της Φιλιππιάδας.
- Νότια- Η υγροτοπική ζώνη της κοίτης πλημμυρισμού του Λούρου καθώς και τμήμα των εκτενών καλαμώνων της λιμνοθάλασσας της Ροδιάς. Σε αυτό το υγροτοπικό τμήμα δεσπόζει ο λοφώδης όγκος του Προφήτη Ηλία με ενδιαφέροντα στοιχεία αναγλύφου αλλά και βλάστησης.
- Δυτικά- Ένα πλέγμα μικρών κοιλάδων, λοφίσκων και πεδινών λεκανών με καλλιέργειες ή υποκαλλιεργούμενες εκτάσεις που συγκροτούν μαζί ένα ενδιαφέρον εναλλασσόμενο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον.
- Τέλος, κεντρικά, αυτή καθαυτή η περιοχή μελέτης, δηλαδή η ίδια η λίμνη Ζηρού με τα περιβάλλοντα δρυοδάση, αποτελεί ένα πολύ ενδιαφέρον οικοσύστημα, μοναδικής αισθητικής ομορφιάς.

Η περιοχή μελέτης περιλαμβάνεται στην Ευρωπαϊκή λίστα που καταρτίστηκε στο πλαίσιο του προγράμματος CORINE και η οποία παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα. Σημειώνεται, ωστόσο, ότι το προαναφερόμενο πρόγραμμα συμπληρώθηκε και επικαλύφθηκε θεσμικά από την Οδηγία 92/43/ΕΕ και το NATURA 2000.

Κωδικός CORINE	Κωδ. ευρ. περιοχής CORINE	Όνομασία περιοχής	Όνομασία ευρ. περιοχής CORINE	Νομός	Έκταση (Ha)
A00010034		ΕΚΒΟΛΗ ΚΑΙ ΣΤΕΝΑ ΑΧΕΡΟΝΤΑ		Πρέβεζας	3500
A00010036	A00010036	ΑΜΒΡΑΚΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ	ΑΜΒΡΑΚΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ	Πρέβεζας Άρτας	25000
A00010037		ΒΟΥΝΑ ΖΑΛΟΓΓΟΥ		Πρέβεζας	2400
A00010038		ΑΘΑΜΑΝΙΚΑ ΟΡΗ ΤΖΟΥΜΕΡΚΑ		Άρτας	69000
A00010210		ΣΤΕΝΑ ΛΟΥΡΟΥ ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΕΡΑΣΩΝΑΣ		Πρέβεζας	1000
A00010211		ΘΕΣΠΡΩΤΙΚΑ ΟΡΗ		Πρέβεζας	4000
<b>A00010212</b>		<b>ΛΙΜΝΗ ΖΗΡΟΥ ΚΑΙ ΚΟΙΛΑΔΑ ΛΟΥΡΟΥ ΣΤΗ ΦΙΛΙΠΠΙΑΔΑ</b>		<b>Πρέβεζας</b>	<b>1000</b>

## **4. Βιοτικό Περιβάλλον**

### **4.1 Οικολογικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής**

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης βρίσκεται μέσα στη λεκάνη απορροής του ποταμού Λούρου που εκβάλλει στον Αμβρακικό κόλπο, η περιοχή του οποίου κατατάσσεται στις πιο αξιόλογες όχι μόνο της Ελλάδας, αλλά και της Ευρώπης, λόγω των εξαιρετικής σημασίας υδροτοπικών συστημάτων που υπάρχουν σε αυτή.

Συγκεκριμένα μέρος του νότιου τμήματος της ευρύτερης περιοχής βρίσκεται στα όρια της ζώνης Προστασίας Γ΄ του προστατευόμενου, σύμφωνα με το πρόγραμμα οριοθέτησης υδροβιότοπων της διεθνούς σύμβασης Ramsar, συμπλέγματος υδροβιότοπων του Αμβρακικού κόλπου και συγκεκριμένα σε πολύ μικρή απόσταση από τον ποταμό Λούρο.

Η ευρύτερη περιοχή (Παρ. ΙΙ Χάρτης 6.), όπως περιγράφεται στην Ειδική Περιβαλλοντική Μελέτη περιοχής Λίμνης Ζηρού, (2000) καταλαμβάνει τα ακόλουθα οικοσυστήματα:

- Γεωργικά οικοσυστήματα (καλλιέργειες καλαμποκιού, κτηνοτροφικών φυτών)
- Δασικά οικοσύστημα (υψηλή δενδρώδης και θαμνώδης βλάστηση)
- Βοσκότοπους
- Παρόχθια οικοσυστήματα (ποταμού Λούρου, χειμάρρου Θεσπρωτικού)
- Το Λιμναίο οικοσύστημα της λίμνης Ζηρού
- Τα Παραποτάμια οικοσυστήματα στις όχθες των ποταμών Λούρου-Αράχθου και Παραποτάμων
- Το έλος Πέτρας

Τα αγροοικοσυστήματα εκτείνονται στις επίπεδες και μικρών κλίσεων εκτάσεις της ευρύτερης περιοχής και αποτελούνται κυρίως από καλλιέργειες καλαμποκιού, φθινοπωρινών σιτηρών, εσπεριδοειδών, οσπρίων, κηπευτικών, πατάτας, λαχανικών και κτηνοτροφικών φυτών όπως μηδικής και τριφυλλιού. Στις καλλιέργειες αυτές στηρίζεται κατά το πλείστον, το γεωργικό εισόδημα της περιοχής. Οι βιότοποι στα όρια των καλλιεργούμενων εκτάσεων, των

αυλάκων, των καναλιών είναι σημαντικοί και φιλοξενούν σημαντικό αριθμό φυτικών και ζωικών ειδών.

Το δασικό οικοσύστημα της ευρύτερης περιοχής αποτελείται από υψηλή δενδρώδη, μακκία και θαμνώδη βλάστηση, Σύντομη είναι η παρουσία των χαρακτηριστικών αείφυλλων - σκληρόφυλλων θάμνων των μεσογειακών οικοσυστημάτων. Από τα πιο σημαντικά είδη που συναντώνται αναφορικά είναι τα: πουρνάρι, είδη δρυός, κρανιές και πεύκα. Το δασικό οικοσύστημα δεν αποτελείται από παραγωγικά δάση και χρησιμοποιείται μόνο για υλοτόμηση καυσόξυλων από τους κατοίκους της περιοχής.

Οι βοσκότοποι εκτείνονται σε περιοχές μικρών ή μεγάλων κλίσεων, στα ορεινά ή ημιορεινά τμήματα, στις πλαγιές των Θεσπρωτικών ορέων και των διακλαδώσεων τους, σε εδάφη αβαθή, πετρώδη, διαβρωμένα και ελάχιστα γόνιμα (Παρ. ΙΙ, Χάρτης 7). Η βλάστηση των βοσκοτόπων είναι φτωχή και η φυτοκάλυψη αραιή, λόγω του ότι πρόκειται για παλιές δασικές εκτάσεις που υποβαθμίστηκαν από την έντονη υπερβόσκηση και τις πυρκαγιές. Επικρατούν θαμνώδη και πρεμνοφυή είδη: αγρωστώδη, ψυχανθή και σύνθετα αλλά και πουρνάρια, παλιούρια, βάτα κλπ.

Τα παρόχθια οικοσυστήματα αναπτύσσονται κατά μήκος του ποταμού Λούρου και εν μέρει, του χειμάρρου Θεσπρωτικού και αποτελούνται από χαρακτηριστικά είδη παρόχθιας βλάστησης, όπως πλατάνια, λεύκες, ιτιές, λυγαριές κ.α.

## **4.2 Βλάστηση**

Η περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από σχετικά ομοιόμορφο διαμελισμό με μικρό εύρος υψομέτρων. Οι διαφορετικές όμως εκθέσεις, οι πολλοί τύποι εδαφών, η αντίθεση του αναγλύφου, συνδυαζόμενα με την έντονη ύπαρξη του υγρού στοιχείου και τις κλιματικές συνθήκες, δημιουργούν μια ποικιλία μικροπεριβαλλόντων στα οποία αναπτύσσονται διάφοροι τύποι βλάστησης με σημαντικό χλωριδικό πλούτο. Η βλάστηση της περιοχής μπορεί να διακριθεί σε δυο ενότητες, όπως παρουσιάζονται από τον Περγαντή (2000):



1. Ζωνική βλάστηση (βιοκλιματικά καθοριζόμενη), η οποία βρίσκεται σε ισορροπία με τις εδαφικές και βιοκλιματικές συνθήκες η αλλιώς υπόκειται κύρια σε βιοκλιματικό καθορισμό

2. Αζωνική βλάστηση η οποία δεν είναι βιοκλιματικά καθοριζόμενη, καθώς δεν συνδέεται με συγκεκριμένες βιοκλιματικές ζώνες. Πρόκειται για μια κατηγορία βλάστησης που δημιουργείται κατά κανόνα σε ακραία περιβάλλοντα, όπου δηλαδή τοπικά ξεχωρίζει η σημασία ενός παράγοντα του περιβάλλοντος (όπως ειδικές εδαφικές συνθήκες, στάθμη του υπόγειου ύδατος, κατακλυζόμενα εδάφη, τοπογραφική θέση, κ.λπ).

Οι δύο παραπάνω γενικές ενότητες βλάστησης που απαντούν στην περιοχή μελέτης, βρίσκονται σε μεγάλο βαθμό σε αντιστοιχία με τη διάκριση των οικοσυστημάτων ανάλογα με τους παράγοντες που συντελούν στη δημιουργία, εξέλιξη και ισορροπία τους, ακολουθώντας την ορολογία που χρησιμοποιείται από τον Ντάφη ( Ντάφης 1973 ) σε οικοσυστήματα «κλίμαξ» ή τελικά οικοσυστήματα που υπόκεινται σε βιοκλιματικό καθορισμό και σε οικοσυστήματα σταθερά ή διαρκή που υπόκεινται σε εδαφικό καθορισμό.

Στα πλαίσια της διακρινόμενης ζωνικής βλάστησης απαντά στην περιοχή μελέτης η ζώνη μικτών αειφύλλων και φυλλοβόλων πλατυφύλλων η οποία ανάλογα με τις ιδιαίτερες συνθήκες (εδαφικές, τοπογραφικές, έκθεση κ.λ.π) που επικρατούν περιμετρικά της λίμνης διακρίνεται σε δύο υποζώνες που διαφέρουν μεταξύ τους φυσιολογικά, χλωριδικά και οικολογικά.

Σύμφωνα με τους Ντούρο και Λάμπρη (1993), από φυσιολογική άποψη η περιοχή μελέτης παρουσιάζει τις παρακάτω διαπλάσεις (Παρ. II, Χάρτης 8):

- Μικτούς θαμνώνες αειφύλλων και φυλλοβόλων πλατυφύλλων οι οποίοι καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος της βόρειας πλευράς της λίμνης Ζηρού
- Δάσος φυλλοβόλων δρυών το οποίο καταλαμβάνει ολόκληρη σχεδόν τη Νότια και ανατολική πλευρά της λίμνης
- Αμιγείς συστάδες χαλεπίου πεύκης (διάπλαση ξηροθερμοβίων κωνοφόρων) που καταλαμβάνουν το βορειοανατολικό και νοτιοδυτικό τμήμα της λίμνης και οι οποίες έχουν ιδρυθεί τεχνητά (προϊόντα αναδάσωσης)
- Ασφακώνες που καλύπτουν σημαντική έκταση στο Βόρειο τμήμα της λίμνης και συγκεκριμένα γύρω από την κορυφή Ζηροβούνι.

Πέρα από τον βιοκλιματικό καθορισμό των παραπάνω ζωνών, ένας σημαντικός παράγοντας που επέδρασε αποφασιστικά στην σημερινή εμφάνιση της βλάστησης της περιοχής είναι ο άνθρωπος. Η μακροχρόνια δράση του, κυρίως με εκχερσώσεις και βόσκηση, είχε ως αποτέλεσμα τη διάσπαση και υποβάθμιση των δρυοδασών που βιοκλιματικά κυριαρχούσαν στην περιοχή και τη δημιουργία μιας ιδιόμορφης βλάστησης η οποία δεν διαχωρίζεται σαφώς σε ζώνες αειφύλλων και φυλλοβόλων πλατυφύλλων. Στο γεγονός αυτό συμβάλλει και το έντονο ανάγλυφο που επικρατεί κυρίως στο βόρειο τμήμα της λίμνης αλλά και η ύπαρξη και εναλλαγή στην περιοχή όλων των εκθέσεων ως προς τον ορίζοντα.

Στην αζωνική βλάστηση εντάσσεται το παρόχθιο οικοσύστημα που καταλαμβάνει μια στενή λωρίδα βλάστησης περιμετρικά της λίμνης.

#### 4.3 Σημαντικοί βιότοποι

Με βάση την Οδηγία 92/43/Ε.Ο.Κ. του Συμβουλίου της 21<sup>ης</sup> Μαΐου 1992 «Για την διατήρηση φυσικών οικοτόπων καθώς και της άγριας πανίδας και χλωρίδας», που είναι γνωστή και ως Οδηγία των οικοτόπων (ενδιαιτημάτων) και έχει ως σκοπό να συμβάλλει στη διατήρηση της βιολογικής ποικιλότητας, μέσω της διατήρησης των φυσικών οικοτόπων και της αυτοφυσούς χλωρίδας και άγριας πανίδας στην Επικράτεια των Κρατών Μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι ακόλουθοι τύποι φυσικών οικοτόπων Κοινοτικού ενδιαφέροντος (περιλαμβάνονται στο παράρτημα Ι της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ) απαντούν στην περιοχή μελέτης:

α. Τα δάση φυλλοβόλων δρυών με *Quercus frainetto* (πλατύφυλλη δρυς) και *Quercion frainetto* [ NATURA 2000, CODE: 9280]

β. Δάση και υψηλοί θαμνώνες αείφυλλων σκληρόφυλλων με *Quercus ilex* (αριά). Περιλαμβάνονται εδώ και οι βοσκούμενοι θαμνώνες με *Quercus coccifera* [ NATURA 2000, CODE: 9340,6310]

γ. Παρόχθια δάση ανατολικής πλατάνου (*Platanus orientalis*) της συνένωσης *Platanion orientalis* όπου συμμετέχουν και άλλα υγρόφιλα είδη όπως *Flaxinus ornus*, *Crataegus monogyna*, *Vitex agnus-castus*, *Populus sp.*, *Hedera helix*, *Rubus sp.*, κ.α. [ NATURA 2000, CODE: 9260]

Το γεγονός ότι σε μια έκταση σχετικά μικρή όπως αυτή που καταλαμβάνει το οικοσύστημα της λίμνης Ζηρού, υπάρχουν τρεις φυσικοί οικοτύποι Κοινοτικού ενδιαφέροντος, σε συνδυασμό και με το απaráμιλλο αισθητικά τοπίο καταδεικνύουν την σπουδαιότητά της περιοχής και επιβάλλουν την προστασία της.

#### **4.4 Πανίδα**

Παλαιότερα στη λίμνη ψάρευαν τυλινάρια και κυπρίνους. Στην περιοχή συναντώνται επίσης αμφίβια και ερπετά. Τα είδη αυτά προστατεύονται από το Προεδρικό Διάταγμα 66/81, αναφέρονται στη σύμβαση της Βέρνης, όπως άλλωστε και στην οδηγία 92/42/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 21/5/92 για την διατήρηση των φυσικών οικοτόπων και της άγριας χλωρίδας και πανίδας (ETANAM, 2000).

##### **4.4.1 Πτηνά- Θηλαστικά**

Τα πτηνά με την πιο συχνή παρουσία στην περιοχή είναι τα νεροβουτηχτάρια (*Tachybaptus ruficollis*), ο φιδαιτός (*Circaetus gallicus*), η πέρδικα (*Alectoris graeca*), ο δρυοκολάπτης (*Dendrocopos sp.*), ο κοκκινόλαιμης (*Erithacus rubecula*). Από θηλαστικά στην περιοχή υπάχουν σκίουροι (*Sciurus vulgaris*), αγριόγατες (*Felis silvestris*), βίδρες (*Lutra lutra*), κουνάβια (*Martes foina*), ασβοί (*Meles meles*), νυφίτσες (*Mustela nivalis*) κ.α. (ETANAM, 2000)

##### **4.4.2 Αμφίβια**

Στα είδη των αμφιβίων της λίμνης περιλαμβάνονται με βεβαιότητα δύο είδη φρύνων ο Κοινός (*Bufo bufo*) και ο Παρασινόφρυνος (*Bufo viridis*) και τέσσερα είδη βατράχων ο Βάτραχος Δυτ. Ελλάδας (*Rana epeirotica*), ο Παρασινοβάτραχος (*Rana ridibunda*), ο Δαλματοβάτραχος (*Rana dalmatina*)

και Δεντροβάτραχος (*Hyla arborea*). Οι δύο φρύνοι, ο Δαλματοβάτραχος και Δεντροβάτραχος απαντώνται και στην ευρύτερη ζώνη της λίμνης ενώ ο Βάτραχος Δυτ. Ελλάδας και Πρασινοβάτραχος κυρίως στον παράκτιο χώρο της λίμνης (ETANAM, 2000).

#### 4.4.3 Ερπετά

Στην περιοχή απαντώνται τουλάχιστον 23 είδη ερπετών, από τα οποία τα τρία είναι χελώνες, τα έντεκα είναι σαύρες και σαμιαμίδια και τα εννέα είναι φίδια. Από αυτά οι χελώνες Βαλτοχελώνα (*Emys orbicularis*), Ποταμοχελώνα (*Mauremys caspica*) και Λιβαδοχελώνα (*Testudo hermanni*) και δύο φίδια Σπιτόφιδο (*Elaphe situla*) και Νερολαφιάτης (*Elaphe quatuorlineata*) ανήκουν στο παράρτημα II της οδηγίας 92/43/ΕΟΚ. Οι νεροχελώνες απαντώνται στα ρηγά και πιο στάσιμα νερά της λίμνης (ETANAM, 2000).

#### 4.4.4 Ιχθύες

Είναι σίγουρη η παρουσία της Δρομίτσας (*Rutilus ylikiensis*) και του Στροσιδιού (*Barbus albanicus*). Πολύ πιθανή θεωρείται η παρουσία του Τυλιναριού (*Leuciscus cephalus*), της Τσίμας (*Paraphoxinus epiroticus*), της Ντάσκας (*Pseudophoxinus stymphalicus*) και της Λουροβελονίτσας (*Cobitis hellenica*) (ETANAM, 2000).

### 5. Ανθρωπογενές περιβάλλον

#### 5.1 Δημογραφικά στοιχεία

Η περιοχή μελέτης ανήκει ως επί το πλείστον στο Δήμο Φιλιππιάδας (κοινότητα Ρωμιάς και Δ.Δ. Φιλιππιάδας), κατά ένα μικρό μέρος στο Δήμο Θεσπρωτικού (Δ.Δ. Ριζοβουνίου) και στο Δήμο Ξηροβουνίου Άρτας (Δ.Δ. Παντάνασσας). Συγκεκριμένα, ο πληθυσμός και η εξέλιξή του τις δεκαετίες

1971-1981 και 1981-1991 και 1991-2001 στο Νομό Πρεβέζης, αλλά και στους Δήμους Θεσπρωτικού και Φιλιππιάδας όπου ανήκει η περιοχή μελέτης παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

	1981	1991	2001	% Μεταβολή 1981-1991	% Μεταβολή 1991-2001
<b>Δ. Φιλιππιάδας</b>	10.125	11.064	8.429	9,3	-23,8
<b>Δ. Θεσπρ/κου</b>	7.357	6.806	5.474	-7,5	-19,6
<b>Ν.Πρέβεζας</b>	55.915	58.628	59.356	4,9	1,2

ΠΗΓΗ ΕΣΥΕ (2001)

Όπως φαίνεται από τον πίνακα, ο πληθυσμός του Δήμου Θεσπρωτικού την δεκαετία 1991- 2001 μειώθηκε σημαντικά κατά 19,6%. Για το Δήμο Φιλιππιάδας, που αποτελεί και τον μεγαλύτερο σε πληθυσμό Δήμο στην περιοχή μελέτης, παρατηρούμε ότι την δεκαετία 1991- 2001 υπήρξε ακόμα πιο ραγδαία μείωση του πληθυσμού κατά 23,8%.

Αντίθετα στο Νομό Πρέβεζας παρατηρείται ποσοστιαία αύξηση του συνολικού πληθυσμού κατά 1,2%.

Όπως βλέπουμε από τον παραπάνω πίνακα, σύμφωνα με την τελευταία απογραφή του 2001 ο Δήμος Φιλιππιάδας είναι ο μεγαλύτερος σε πληθυσμό στην περιοχή μελέτης.

## 5.2 Παραγωγική δραστηριότητα

### 5.2.1 Γεωργοκτηνοτροφία

Η οικονομία της περιοχής βασίζεται κατά κύριο λόγο στον πρωτογενή τομέα. Οι δύο άλλοι παραγωγικοί τομείς συμμετέχουν σε μικρότερο βαθμό στην διάρθρωση της οικονομίας της ευρύτερης περιοχής.

Οι γεωργικές καλλιέργειες που ευδοκιμούν είναι κυρίως αυτές του καλαμποκιού, της μηδικής και των εσπεριδοειδών. Είναι καλλιέργειες αρδεύσιμες και ποτίζονται από τον ποταμό Λούρο και τους μαιάνδρους του.

Στην ευρύτερη περιοχή και ιδιαίτερα στο Δήμο Φιλιππιάδας, ο τομέας της κτηνοτροφίας παρουσιάζει ολοένα και αυξητικούς ρυθμούς ανάπτυξης, με σημαντικότερο τον κλάδο της χοιροτροφίας και δευτερευόντως τον κλάδο της πτηνοτροφίας. Αντίστοιχα οι υπόλοιπες περιοχές ενασχολούνται με την οικόσιτη προβατοτροφία.

Ως άμεσο επακόλουθο των ανωτέρω οι δραστηριότητες στον δευτερογενή τομέα σχετίζονται με την κατεργασία των τοπικών προϊόντων και κυρίως των κρεάτων.

### **5.2.2 Δασοπονία**

Στην κτηματική περιοχή των κοινοτήτων που βρίσκονται στην περιοχή μελέτης υπάρχουν, σύμφωνα με τα στοιχεία της Ε.Σ.Υ.Ε 12.100 στρέμματα που έχουν χαρακτηριστεί ως δάση.

Αυτά υπάρχουν κυρίως στην περιοχή της λίμνης Ζηρού και σε κάποια τμήματα των Θεσπρωτικών ορέων.

Είναι κατά το πλείστον δάση πρεμνοφυούς βλάστησης κυρίως από πουρνάρια με διάσπαρτες συστάδες από δρυς, κρانيές και πεύκα . Τα δάση αυτά δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως παραγωγικά και χρησιμοποιούνται μόνο για υλοτόμηση καυσόξυλων 1 .500-2.000 τόνοι ετησίως.

Συνεπώς στον τομέα της δασοπονίας η οικονομική δραστηριότητα θεωρείται ασήμαντη (Ντούρος, Λαμπίρης, 1993)

## **6. Χρήσεις γης**

### **6.1 Οικιστική χρήση**

Στην ευρύτερη περιοχή μελέτης το οικιστικό δίκτυο οργανώνεται σε δυο Δήμους, οι έδρες των οποίων είναι το Θεσπρωτικό με 1.775 κατοίκους και η

Φιλιππιάδα με 4.196 κατοίκους, σύμφωνα με την τελευταία απογραφή του 2001 (ΕΣΥΕ, 2001).

Στον Δήμο Θεσπρωτικού ανήκουν τα Δημοτικά Διαμερίσματα Θεσπρωτικού, Άσσου, Γαλατά, Μελιανών, Νικολιτσίου, Παπαδατών, Πολυστάφυλου και Ριζοβουνίου ενώ στον Δήμο Φιλιππιάδς ανήκουν τα Δημοτικά Διαμερίσματα Φιλιππιάδας, Αγίου Γεωργίου, Γυμνοτόπου, Δρυοφύτου, Κερασώνος, Κλεισούρας, Νέας Κερασούντας, Παναγιάς, Πέτρας και Ρωμιάς .

Η οικιστική δραστηριότητα μέσα στην περιοχή μελέτης είναι περιορισμένη και δεν έχει αλλοιώσει το χώρο.

## 6.2 Γεωργική χρήση

Η περιοχή μελέτης δεν διαφοροποιείται από την ευρύτερη περιοχή, όσον αφορά την κατανομή των χρήσεων. Τα δυο βασικά χαρακτηριστικά της περιοχής είναι η κυριαρχία των δημοτικών βοσκοτόπων και καλλιεργούμενων εκτάσεων σε σύγκριση με όλες τις υπόλοιπες χρήσεις και το μικρό ποσοστό δασών.

Η περιοχή, σύμφωνα με στοιχεία της ΕΣΥΕ (2001) έχει συνολική έκταση που προσεγγίζει τα 78.700 στρέμματα. από τα οποία 43.500 είναι βοσκότοποι, 18.600 είναι καλλιεργήσιμη γη, 12.100 αποτελεί το άλσος με την παραλίμνια ζώνη και μόνο 2.800 στρέμματα είναι οικοδομημένη περιοχή.

Το ποσοστό των βοσκοτόπων στην περιοχή μελέτης (37,2%) είναι μικρότερο από το αντίστοιχο ποσοστό της ευρύτερης περιοχής (47,9%). Ιδιαίτερα περιορισμένες είναι οι δασικές εκτάσεις, στην ευρύτερη περιοχή μελέτης (13,3%), ενώ στην υπό μελέτη περιοχή είναι ακόμη λιγότερες (8,3%). Μια σύγκριση μεταξύ της περιοχής μελέτης και της ευρύτερης περιοχής δίνει μια εικόνα ομοιογένειας, σε ότι αφορά το μεγάλο ποσοστό των δημοτικών βοσκοτόπων και των καλλιεργειών.

### 6.3 Οδικό δίκτυο

Το αγροτικό και δασικό δίκτυο στην περιοχή μελέτης (Παρ.ΙΙ. Χάρτης 4) αν και σε μέτρια κατάσταση θεωρείται ιδιαίτερα πυκνό για την έκταση της περιοχής (Περγαντής, 2000). Η πιθανή βελτίωση-ασφαλτόστρωση του κεντρικότερου δρόμου που διατρέχει την περιοχή μελέτης, ο οποίος συνδέει την Εθνική Ιωαννίνων - Πρέβεζας με την Παιδόπολη και στη συνέχεια οδηγεί στην οδό Φιλιππιάδας – Ριζοβουνίου θα οδηγούσε σε αυξημένη χρήση του με συνέπεια την σημαντική υποβάθμιση στα οικοσυστήματα της περιοχής γύρω από τη λίμνη και την διατάραξη της ηρεμίας και γαλήνης του τοπίου.



# **ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

## **1. Σκοπός και σημασία της παρούσας εργασίας**

Η Λίμνη Ζηρού αποτελεί ένα κλειστό υδρολογικό σύστημα της νοτιοδυτικής Ελλάδας. Χρησιμοποιείται για ψυχαγωγικούς σκοπούς (ETANAM, 2000). Παρόλα αυτά οι μελέτες που αφορούν την τροφική της κατάσταση, την παρουσία μικροβιακού φορτίου και τοξικών κυανοβακτηρίων είναι ελάχιστες και συγκεχυμένες.

Τα τελευταία έτη, παρατηρήθηκαν φαινόμενα χρωματισμού της λίμνης, κατά τους χειμερινούς μήνες, τα οποία αποδόθηκαν στην παρουσία του τοξικού κυανοβακτηρίου *Planktothrix rubescens* (Vareli et al., 2009). Η παρουσία αυτού του στελέχους εγκυμονεί κινδύνους για το τροφικό επίπεδο της λίμνης, την παρουσία κυανοτοξινών στο νερό αλλά και στους υδρόβιους οργανισμούς. Επιπλέον, πιθανή μεταφορά των κυανοτοξινών στον άνθρωπο μέσω της κατανάλωσης ιχθύων, αποτελεί απειλή για τη δημόσια υγεία (Huisman et al., 2005).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη των φυσικοχημικών και μικροβιολογικών παραμέτρων και η εκτίμηση του τροφικού επιπέδου της Λίμνης Ζηρού, έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένα πρώτο επίπεδο βασικής πληροφορίας (baseline). Φιλοδοξία της εργασίας είναι να αποτυπώσει την παρούσα κατάσταση της λίμνης αλλά και να αποτελέσει έναυσμα για περαιτέρω μελέτη. Είναι σαφές ότι η μελέτη των λιμναίων συστημάτων απαιτεί την διεπιστημονική προσέγγιση και με αυτή την έννοια πιστεύουμε ότι η ερμηνεία και διάδοση των αποτελεσμάτων μας θα συμβάλλει στην μελέτη της υδρολογίας, της γεωχημείας και των βιοκοινωνιών του οικοσυστήματος.

## 2. Υλικά και Μεθοδολογία

### 2.1 Περιοχή μελέτης

Περιοχή της παρούσας μελέτης αποτελεί η Λίμνη Ζηρού (Εικόνα 1). Η λίμνη έχει βάθος περίπου 60 μέτρων και η επιφάνεια της φτάνει τα 0,5 km<sup>2</sup>. Η τοπική λεκάνη, η οποία τροφοδοτεί τη λίμνη έχει έκταση έκταση περίπου 2km<sup>2</sup>. Πέρα από αυτό η λίμνη δεν αποκλείεται να δέχεται και νερό που προέρχεται από ψηλότερες περιοχές του ασβεστόλιθου του Παντοκράτορα και από τον ποταμό Λούρο (Λεοντιάδης, 1984).



Εικόνα 1. Λίμνη Ζηρού και σταθμοί δειγματοληψίας

Σύμφωνα με μελέτες της ETANAM (2000), οι διάφορες γνωστές συμβατικές δραστηριότητες που γεννούν προβλήματα στο περιβάλλον της Ζηρού είναι οι αυξανόμενες καλλιέργειες, η οικιστική δραστηριότητα, η κτηνοτροφία και οι συνεχώς αναπτυσσόμενες παραγωγικές μονάδες.

## 2.2 Περιγραφή δειγματοληψίας και μεταφορά δειγμάτων

Για την μελέτη των φυσικοχημικών και βιολογικών παραμέτρων και την εκτίμηση του μεγέθους του ευτροφισμού της Λίμνης Ζηρού, επιλέχθηκαν τέσσερις παράκτιοι σταθμοί δειγματοληψίας στη Νότια περιοχή της λίμνης (Εικόνα 1). Η επιλογή των σταθμών έγινε σύμφωνα με την προσβασιμότητα τους, αλλά και τη χρήση τους για ψυχαγωγικούς σκοπούς.

Οι δειγματοληψίες νερού παραγματοποιούνταν μηνιαία κατά το χρονικό διάστημα από τον Φεβρουάριο του 2009 έως τον Ιανουάριο του 2010, τις πρωινές ώρες 10:00πμ έως 12:00μμ. Λαμβάνονταν δείγμα από βάθος  $\approx 50\text{cm}$  από την επιφάνεια.

Με τη χρήση δοχείων συλλέγονταν κατάλληλος όγκος δειγμάτων νερού (4,5lt) που προορίζονταν για τις χημικές αναλύσεις, ενώ για τις μικροβιολογικές αναλύσεις το νερό συλλέγονταν σε αποστειρωμένες φιάλες και η μεταφορά τους στο εργαστήριο γινόταν αμέσως μετά την δειγματοληψία, ώστε να αποκλείεται η αλλοίωσή του. Για τον λόγο αυτό, κατά τη μεταφορά, οι φιάλες με τα δείγματα τοποθετούνταν σε ισοθερμικό δοχείο (φορητό ψυγείο), με παγοκύστες.

Ταυτόχρονα πραγματοποιούνταν και επιτόπιες μετρήσεις φυσικοχημικών παραμέτρων, όπως η θερμοκρασία, το pH και το διαλυμένο οξυγόνο, με τη χρήση ειδικών συσκευών πεδίου.

## 2.3 Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο

Στο εργαστήριο, πραγματοποιούνταν άμεσα οι μετρήσεις των θρεπτικών συστατικών όπως των νιτρικών ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), του διαλυμένου ενεργού φωσφόρου (SRP), της αμμωνίας ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) και των νιτρωδών ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ).

Επιπλέον πραγματοποιήθηκε η μέτρηση της χλωροφύλλης-α (Chl-a) αλλά και η διερεύνηση του επιπέδου ρύπανσης των υδάτων από βιολογικούς ρύπους με τον μικροβιολογικό έλεγχο των νερών προσδιορίζοντας τους μικροβιολογικούς δείκτες: Total coliforms, Faecal coliforms, Faecal Streptococci.

## Επεξεργασία δειγμάτων και μεθοδολογία μετρήσεων

### 2.4 Προσδιορισμός συγκέντρωσης χημικών συστατικών

Για τον ποσοτικό προσδιορισμό των ανόργανων θρεπτικών συστατικών 200ml νερού διηθήθηκαν με φίλτρα Millipore (0.45μm). Έπειτα ο προσδιορισμός έγινε φωτομετρικά με τη βοήθεια φασματοφωτόμετρου. Για τον προσδιορισμό των  $\text{NO}_3^-$ -N χρησιμοποιήθηκε η Diazotization Method, για τον προσδιορισμό των  $\text{NO}_2^-$ -N χρησιμοποιήθηκε η Cadmium Reduction Method, για τον προσδιορισμό  $\text{NH}_3$ -N χρησιμοποιήθηκε η Nessler Method και για τον προσδιορισμό SRP χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του ασκορβικού οξέος PhosVer3 (Ascorbic Acid) Method.

Ακολουθήθηκε η αναλυτική μεθοδολογία που προτείνεται από την A.P.H.A. (1989) ενώ για τον φασματοφωτομετρικό προσδιορισμό χρησιμοποιήθηκε φασματοφωτόμετρο HACH DR/2000.

Για τον προσδιορισμό της χλωροφύλλης 500ml νερού διηθήθηκαν χρησιμοποιώντας φίλτρα Whatman GF/C και προστέθηκε 1ml ανθρακικού μαγνησίου. Η εκχύλιση της χλωροφύλλης-α από το φίλτρο έγινε με 95% ακετόνη και ο ποσοτικός προσδιορισμός της χλωροφύλλης έγινε φωτομετρικά σύμφωνα με τη μέθοδο A.P.H.A. (1989).

### 2.5 Προσδιορισμός μικροβιακού φορτίου

Ο μικροβιολογικός έλεγχος έγινε με τη μέθοδο διήθησης του νερού διαμέσου μικροβιοκρατών μεμβρανών (47 mm, 0,45 μm, Millipore HAWG 047S1) κατά ΑΡΗΑ/ΑWWA.

Η μέθοδος της διήθησης δια μικροβιοκρατών μεμβρανών (Membrane Filtration) βασίζεται στη διήθηση κατάλληλου όγκου νερού μέσω μεμβράνης κατασκευασμένης από διάφορα υλικά (εστέρες κυτταρίνης, νάιλον κ.τ.λ.) με διάμετρο πόρων τόση, ώστε να κατακρατεί τους προς έλεγχο μικροοργανισμούς. (ΑΡΗΑ, 2001).

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, το δείγμα διηθείται μέσω αποστειρωμένης, μεμβράνης (φίλτρου) με διάμετρο πόρων 0.45μm υπό πίεση

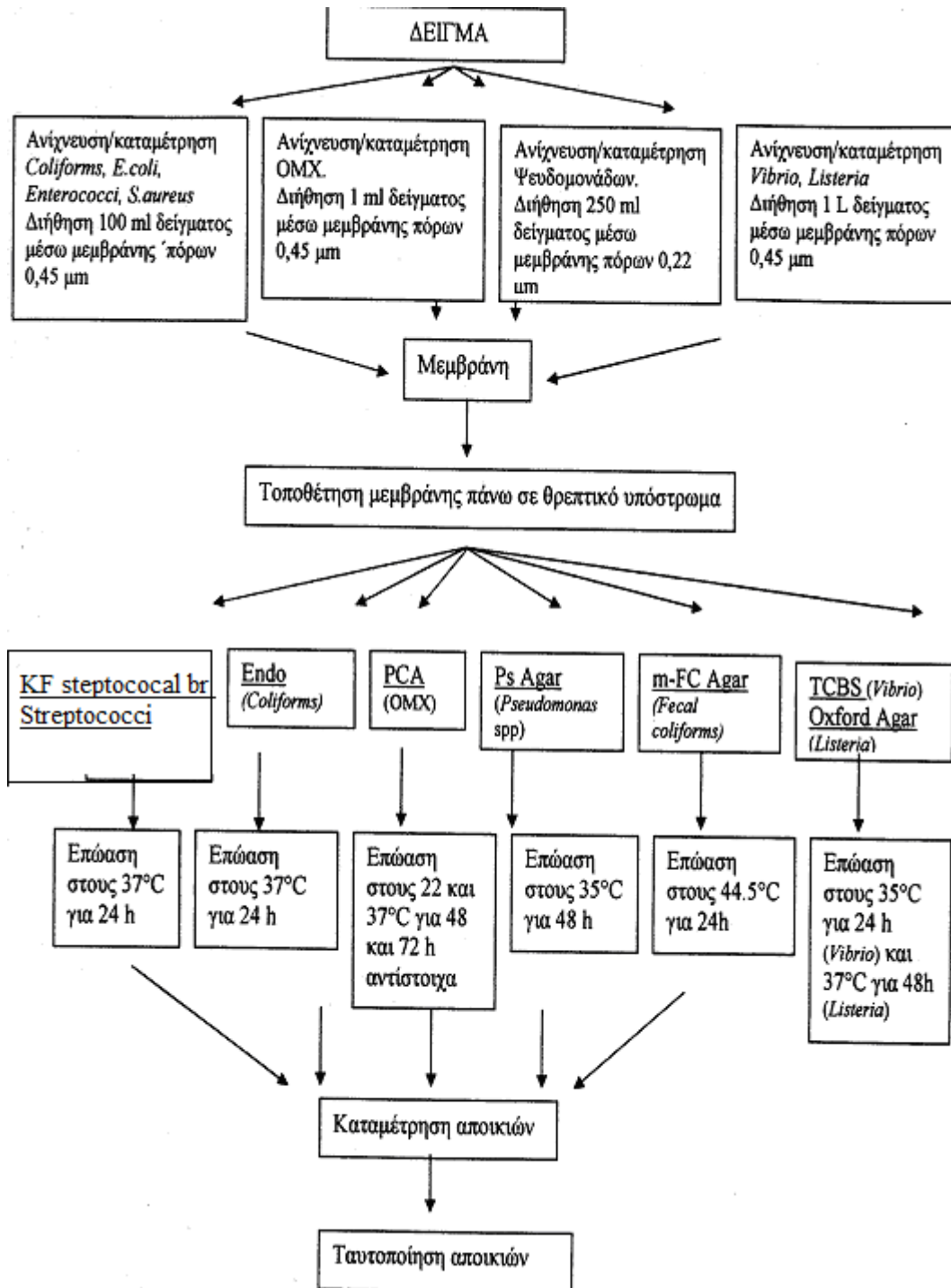
κενού. Το φίλτρο τοποθετείται πάνω σε κατάλληλο μέσο καλλιέργειας το οποίο βρίσκεται μέσα στο τρυβλίο και στη συνέχεια το τρυβλίο τοποθετείται σε συγκεκριμένη θερμοκρασία για επώαση και για καθορισμένο χρόνο (24 – 48 ώρες). Τα θρεπτικά συστατικά ανέρχονται, με τη βοήθεια τριχοειδών φαινομένων, στην επιφάνεια του τριβλίου και υποστηρίζουν την ανάπτυξη των βιώσιμων αποικιών (Μπαλατσούρας, 1990). Μετά την επώαση καταμετρούνται οι αποικίες και ο αριθμός τους αναφέρεται στον όγκο νερού που διηθήθηκε.

Για την ανάπτυξη των ολικών κολοβακτηριοειδών χρησιμοποιήθηκε το εκλεκτικό υπόστρωμα m-Endo Agar, εκλεκτικό για την ανάπτυξη ολικών κολοβακτηριοειδών τα οποία σχηματίζουν αποικίες πορφυρού χρώματος με χαρακτηριστική μεταλλική ανταύγεια. Η επώαση διαρκεί 24 ώρες σε 37 °C

Για την ανάπτυξη των κολοβακτηριοειδών κοπρανώδους προέλευσης χρησιμοποιήθηκε το εκλεκτικό mFC agar, υπόστρωμα εκλεκτικό για την ανάπτυξη κολοβακτηριοειδών κοπρανώδους προέλευσης τα οποία σχηματίζουν αποικίες κυανού χρώματος. Η επώαση διαρκεί 24 ώρες σε 44°C.

Για την ανάπτυξη της ομάδας των στρεπτόκοκκων χρησιμοποιήθηκε το KF streptococal br υπόστρωμα εκλεκτικό για την ανάπτυξη στρεπτόκοκκων τα οποία σχηματίζουν εμφανείς αποικίες. Η επώαση διαρκεί 24 ώρες σε 37°C.

Διάγραμμα 1. Πρωτόκολλο μικροβιολογικής εξέτασης νερού  
(μέθοδος των μικροβιοκρατών μεμβρανών)



### 3. Αποτελέσματα Πίνακες- Γραφικές Παραστάσεις

Στη συνέχεια δίνονται οι πίνακες με τις μετρήσεις για όλες τις παραμέτρους που ελέχθησαν καθώς και οι γραφικές παραστάσεις των διακυμάνσεων των τιμών τους, παραθέτοντας ταυτόχρονα μια σχετική περιγραφή των αποτελεσμάτων.

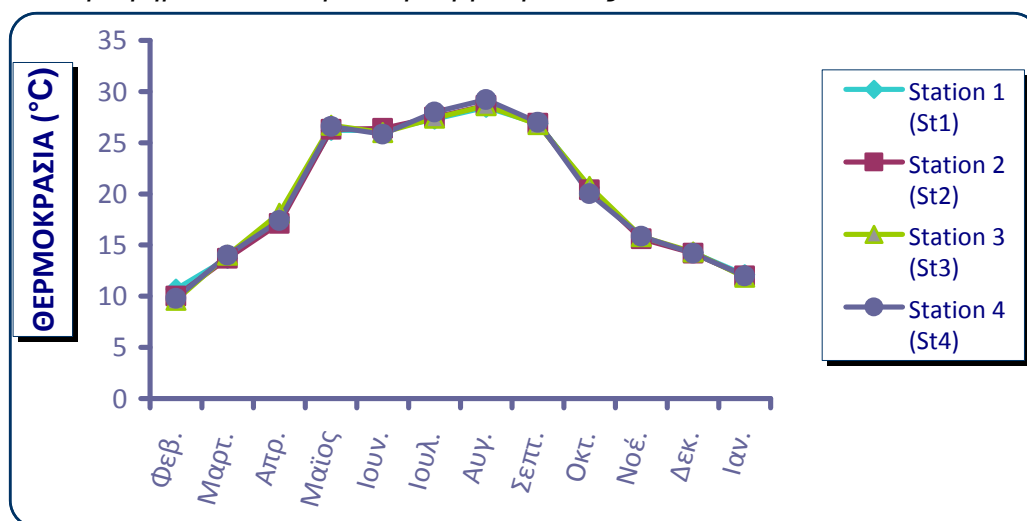
#### 3.1 Φυσικοχημικές παράμετροι

##### 3.1.1 Θερμοκρασία

Πίνακας 1. Μετρήσεις θερμοκρασίας

Τ (°C)	Station 1 (St1)	Station 2 (St2)	Station 3 (St3)	Station 4 (St4)
Φεβ.	10,70	10,00	9,60	9,80
Μάρτ.	13,70	13,70	14,00	14,00
Απρ.	17,70	17,10	18,10	17,40
Μάιος	26,20	26,30	26,70	26,60
Ιουν.	26,20	26,41	26,00	25,83
Ιουλ.	27,30	27,50	27,40	28,00
Αυγ.	28,45	28,66	28,62	29,20
Σεπτ.	26,87	26,90	26,76	27,00
Οκτ.	20,62	20,38	20,75	20,03
Νοέ.	15,70	15,60	15,82	15,85
Δεκ.	14,27	14,21	14,31	14,20
Ιαν.	12,10	11,98	11,86	11,98

Γράφημα 1. Διακύμανση θερμοκρασίας





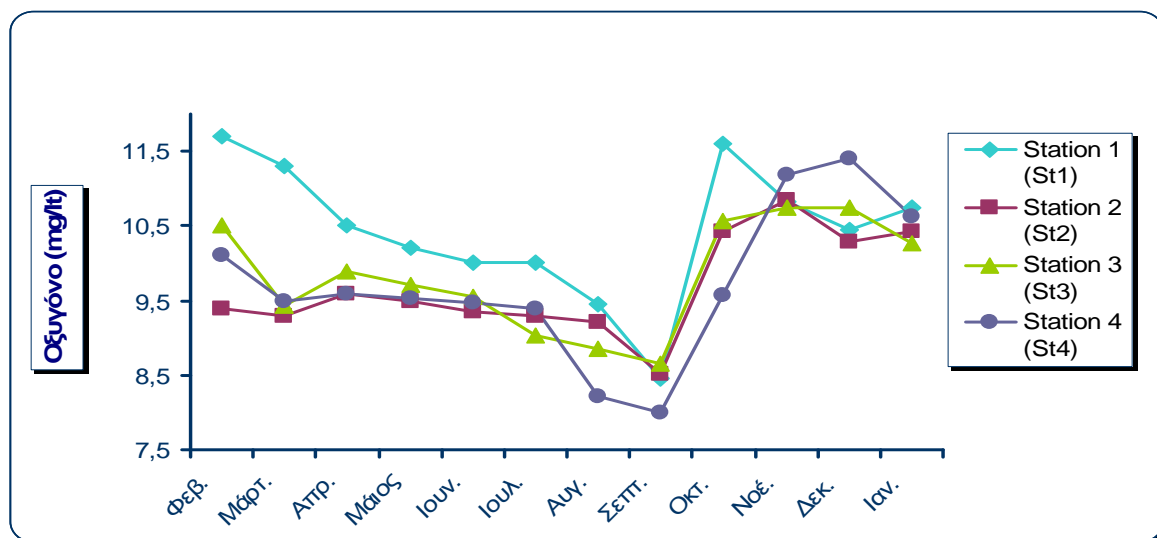
Οι μεγαλύτερες τιμές της θερμοκρασίας σημειώθηκαν και για τους τέσσερις σταθμούς τον Αύγουστο, με υψηλότερη το 29,2 °C στον St1, και οι μικρότερες τιμές τον Φεβρουάριο και για τους τέσσερις σταθμούς, με χαμηλότερο το 9,6 °C στον St 3.

### 3.1.2 Διαλυμένο Οξυγόνο (D.O.)

Πίνακας 2. Μετρήσεις Διαλυμένου Οξυγόνου

DO (mg/l)	Station 1 (St1)	Station 2 (St2)	Station 3 (St3)	Station 4 (St4)
Φεβ.	11,70	9,40	10,50	10,10
Μάρτ.	11,30	9,30	9,43	9,50
Απρ.	10,50	9,59	9,89	9,60
Μάιος	10,20	9,50	9,72	9,54
Ιουν.	10,00	9,36	9,55	9,48
Ιουλ.	10,00	9,30	9,03	9,40
Αυγ.	9,46	9,22	8,85	8,22
Σεπτ.	8,45	8,52	8,66	8,00
Οκτ.	11,61	10,43	10,56	9,57
Νοέ.	10,82	10,85	10,74	11,18
Δεκ.	10,44	10,29	10,75	11,41
Ιαν.	10,75	10,42	10,27	10,62

Γράφημα 2. Διακύμανση Οξυγόνου



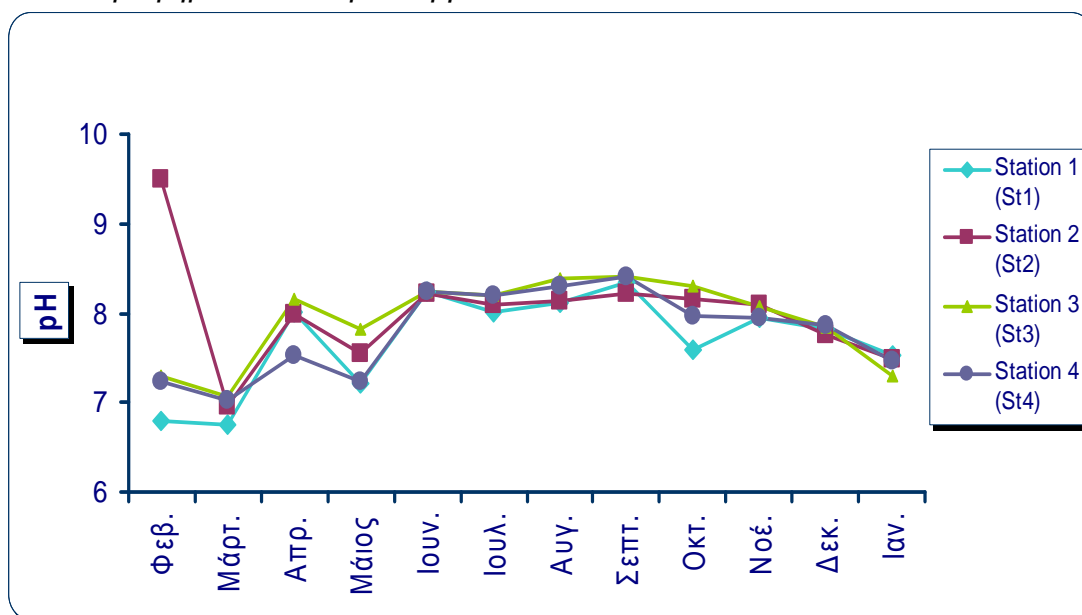
Οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου που παρατηρήθηκαν στη Λίμνη Ζηρού κατά τη διάρκεια της μελέτης ήταν υψηλές κατά τους χειμερινούς μήνες (Οκτώβρη- Φεβρουάριο) και χαμηλές κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ενώ η ελάχιστη τιμή των 8 mg/l σημειώθηκε τον Σεπτέμβριο στον St4 και η μέγιστη τιμή, 11,70 mg/l, σημειώθηκε τον Φεβρουάριο στον St1.

### 3.1.3 PH- Ενεργός Οξύτητα

Πίνακας 3. Μετρήσεις pH

pH (pH)	Station 1 (St1)	Station 2 (St2)	Station 3 (St3)	Station 4 (St4)
Φεβ.	6,80	9,50	7,30	7,24
Μάρτ.	6,75	6,97	7,06	7,02
Απρ.	8,02	7,98	8,15	7,52
Μάιος	7,22	7,55	7,82	7,24
Ιουν.	8,25	8,21	8,25	8,25
Ιουλ.	8,01	8,10	8,20	8,20
Αυγ.	8,12	8,14	8,39	8,30
Σεπτ.	8,35	8,23	8,41	8,40
Οκτ.	7,59	8,15	8,31	7,96
Νοέ.	7,95	8,10	8,07	7,95
Δεκ.	7,83	7,75	7,84	7,86
Ιαν.	7,53	7,49	7,30	7,46

Γράφημα 3. Διακύμανση pH



Στη Λίμνη Ζηρού κατά τη διάρκεια μελέτης, το pH εμφάνισε χαμηλότερες τιμές τους μήνες με χαμηλότερη θερμοκρασία, ενώ εμφάνισε μεγαλύτερες τιμές τους θερμότερους μήνες,

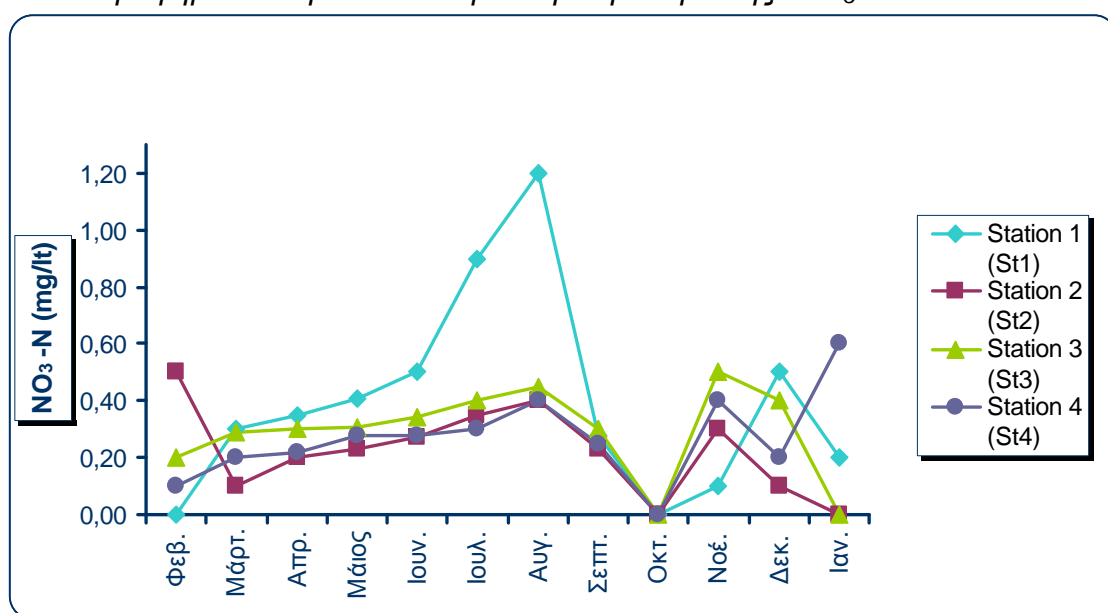
### 3.1.4 Θρεπτικά άλατα

#### 3.1.4.α Αζωτούχα Ιόντα

Πίνακας 4. Μετρήσεις  $NO_3-N$

$NO_3-N$ (mg/l)	Station 1 (St1)	Station 2 (St2)	Station 3 (St3)	Station 4 (St4)
Φεβ.	0,00	0,50	0,20	0,10
Μάρτ.	0,30	0,10	0,29	0,20
Απρ.	0,35	0,20	0,30	0,22
Μάιος	0,41	0,23	0,31	0,28
Ιουν.	0,50	0,27	0,34	0,28
Ιουλ.	0,90	0,35	0,40	0,30
Αυγ.	1,20	0,40	0,45	0,40
Σεπτ.	0,28	0,23	0,30	0,25
Οκτ.	0,00	0,00	0,00	0,00
Νοέ.	0,10	0,30	0,50	0,40
Δεκ.	0,50	0,10	0,40	0,20
Ιαν.	0,20	0,00	0,00	0,60

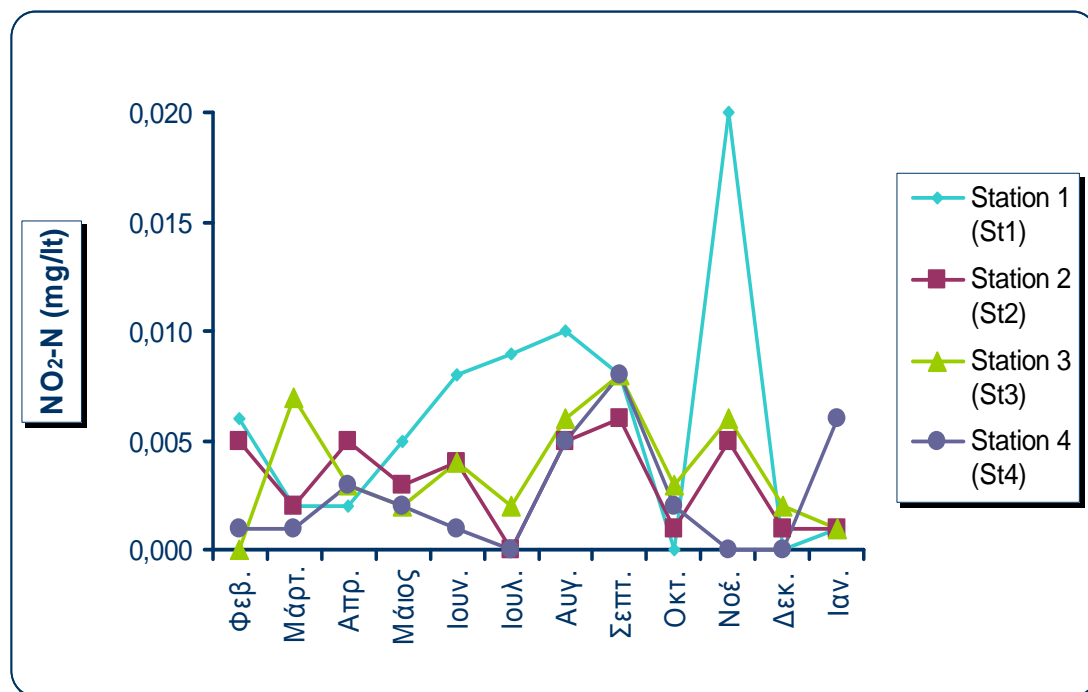
Γράφημα 4. Μηνιαία Διακύμανση Συγκέντρωσης  $NO_3-N$



Πίνακας 5. Μετρήσεις NO<sub>2</sub> -N

NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	Station 1 (St1)	Station 2 (St2)	Station 3 (St3)	Station 4 (St4)
Φεβ.	0,006	0,005	0,000	0,001
Μάρτ.	0,002	0,002	0,007	0,001
Απρ.	0,002	0,005	0,003	0,003
Μάιος	0,005	0,003	0,002	0,002
Ιουν.	0,008	0,004	0,004	0,001
Ιουλ.	0,009	0,000	0,002	0,000
Αυγ.	0,010	0,005	0,006	0,005
Σεπτ.	0,008	0,006	0,008	0,008
Οκτ.	0,000	0,001	0,003	0,002
Νοέ.	0,020	0,005	0,006	0,000
Δεκ.	0,000	0,001	0,002	0,000
Ιαν.	0,001	0,001	0,001	0,006

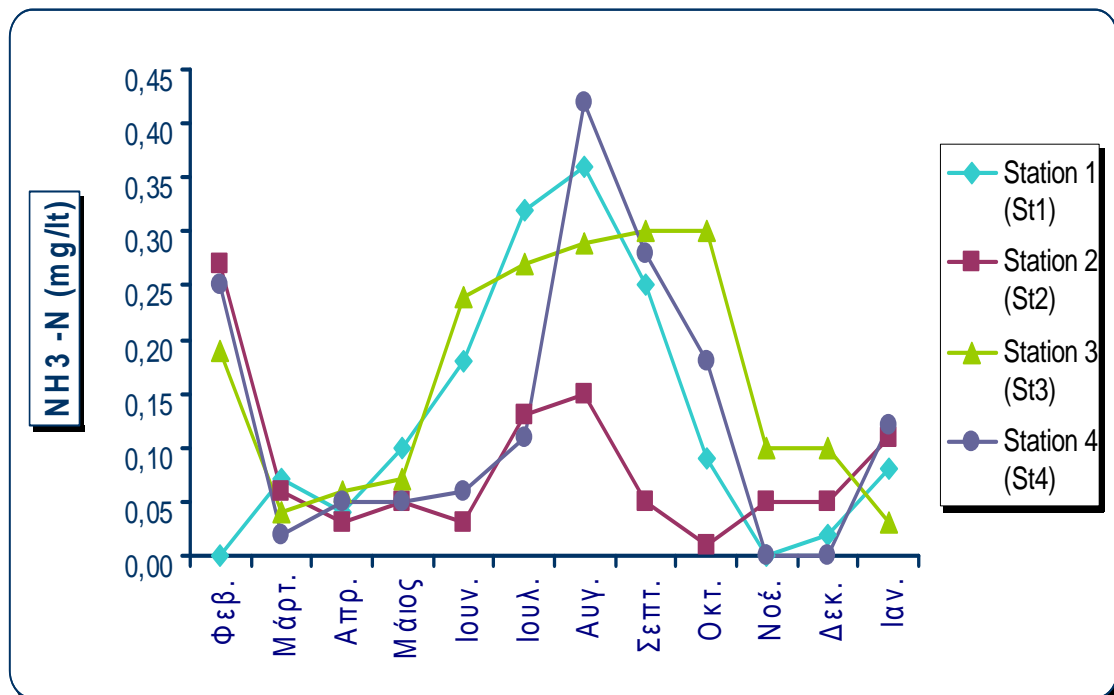
Γράφημα 5. Μηνιαία Διακύμανση Συγκέντρωσης NO<sub>2</sub> -N



Πίνακας 6. Μετρήσεις  $\text{NH}_3\text{-N}$

$\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/l)	Station 1 (St1)	Station 2 (St2)	Station 3 (St3)	Station 4 (St4)
Φεβ.	0,00	0,27	0,19	0,25
Μάρτ.	0,07	0,06	0,04	0,02
Απρ.	0,04	0,03	0,06	0,05
Μάιος	0,10	0,05	0,07	0,05
Ιουν.	0,18	0,03	0,24	0,06
Ιουλ.	0,32	0,13	0,27	0,11
Αυγ.	0,36	0,15	0,29	0,42
Σεπτ.	0,25	0,05	0,30	0,28
Οκτ.	0,09	0,01	0,30	0,18
Νοέ.	0,00	0,05	0,10	0,00
Δεκ.	0,02	0,05	0,10	0,00
Ιαν.	0,08	0,11	0,03	0,12

Γράφημα 6. Μηνιαία Διακύμανση Συγκεντρώσεων  $\text{NH}_3\text{-N}$



Στη λίμνη Ζηρού η μέγιστη τιμή των νιτρικών ιόντων είναι 1,20 mg/lit τον Αύγουστο στον St1 και η μικρότερη 0 mg/lit σε όλους τους σταθμούς τον μήνα Οκτώβριο. Ενώ για τους υπόλοιπους σταθμούς ακολουθείται μια σχετική ομοιομορφία στις τιμές των νιτρικών, καθ' όλη την διάρκεια του έτους, από τον Μάρτιο έως τον Αύγουστο ο St1 παρουσιάζει ιδιαίτερα υψηλές τιμές.

Ο St1 παρουσιάζει στα νιτρώδη ιόντα την ιδιαίτερα υψηλή τιμή 0,02 mg/lit τον Νοέμβριο, ενώ σε σχέση με τους υπόλοιπους σταθμούς, παρουσιάζει υψηλότερες τιμές τους καλοκαιρινούς μήνες (Μάιο έως Σεπτέμβριο). Σε γενικές γραμμές οι υπόλοιποι τρεις σταθμοί παρουσιάζουν μια ομοιομορφία στις τιμές των νιτρωδών με μέγιστες τιμές τους μήνες Αύγουστο- Σεπτέμβριο.

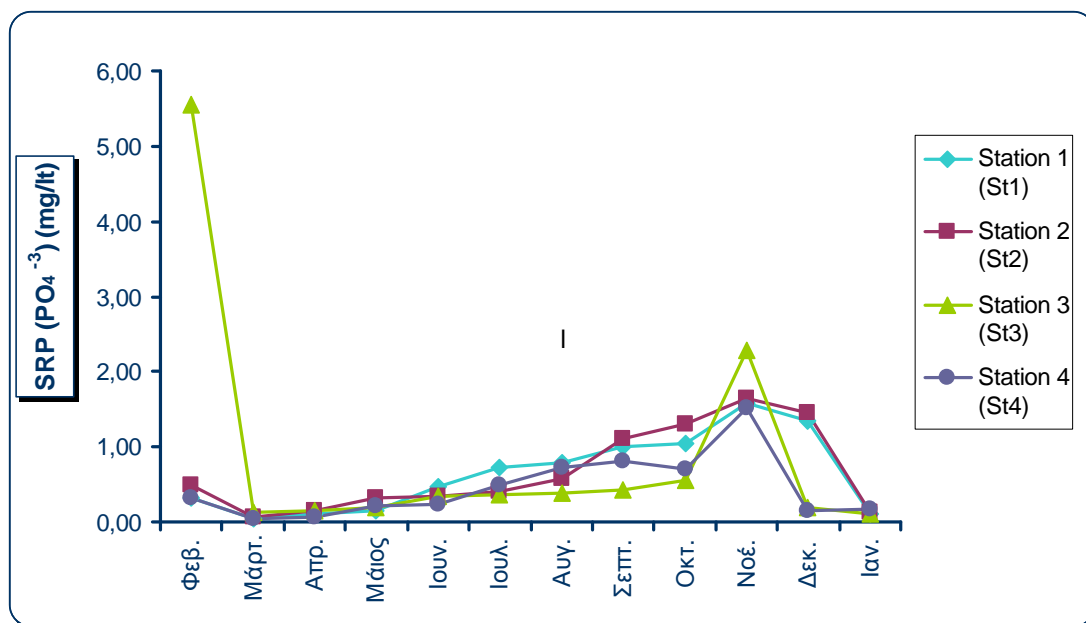
Οι τιμές των αμμωνιακών ιόντων παρουσιάζονται υψηλές κατά τους θερινούς μήνες (Ιούνιο έως Οκτώβριο) με μέγιστη τιμή 0,42 mg/lit τον Αύγουστο στον St4. Ιδιαίτερα ασυνήθιστα, για την εποχή, υψηλές τιμές παρουσιάζουν οι St2, St3, St4 τον Φεβρουάριο όταν ο St1 παρουσιάζει μηδενική τιμή.

### 3.1.4.β Φωσφορικά ιόντα

Πίνακας 7. Μετρήσεις PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>

SRP PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/lit	Station 1 (St1)	Station 2 (St2)	Station 3 (St3)	Station 4 (St4)
Φεβ.	0,31	0,50	5,56	0,33
Μάρτ.	0,04	0,06	0,13	0,05
Απρ.	0,10	0,15	0,15	0,06
Μάιος	0,14	0,32	0,19	0,21
Ιουν.	0,48	0,34	0,34	0,24
Ιουλ.	0,73	0,40	0,36	0,49
Αυγ.	0,78	0,57	0,39	0,72
Σεπτ.	1,00	1,10	0,42	0,82
Οκτ.	1,05	1,30	0,55	0,70
Νοέ.	1,59	1,65	2,28	1,52
Δεκ.	1,35	1,45	0,20	0,15
Ιαν.	0,10	0,13	0,10	0,17

Γράφημα 7. Μηνιαία Διακύμανση Συγκέντρωσης  $PO_4^{3-}$



Στη Λίμνη Ζηρού, οι τιμές του διαλυμένου ενεργού φωσφόρου κυμάνθηκαν από 0,04 mg/l έως 2,28 mg/l, με εξαίρεση την τιμή του Φεβρουαρίου για τον St3 που βρέθηκε 5,56 mg/l. Δίπλα στο σημείο εκείνο στον χωμάτινο δρόμο που περιβάλλει την λίμνη, την συγκεκριμένη χρονική στιγμή της δειγματοληψίας, γινόντουσαν εργασίες με σκαπτικά μηχανήματα, γεγονός που μπορεί να επέδρασε στην επαναιώρηση του φωσφόρου από τον αναταρασσόμενο πυθμένα.

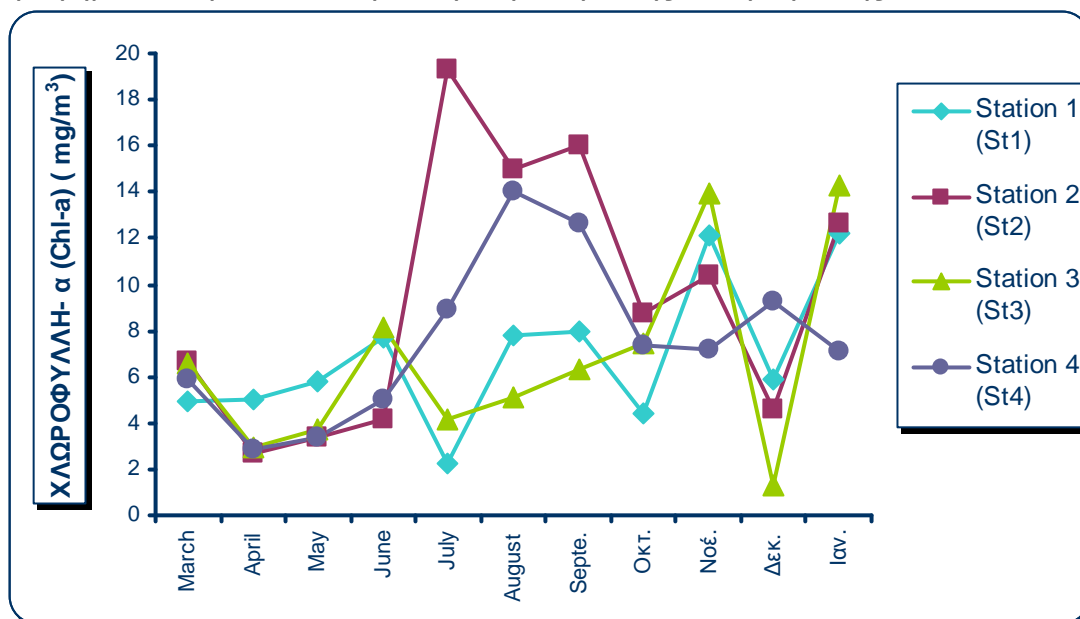
Γενικότερα οι υψηλές τιμές, για όλους τους σταθμούς, παρατηρήθηκαν από Ιούλιο έως Νοέμβριο με αποκορύφωμα τον Νοέμβριο (από 1,52 έως 2,28 mg/l).

### 3.1.5 Χλωροφύλλη –α

Πίνακας 8. Μετρήσεις συγκέντρωσης χλωροφύλλης – α, Chla -a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

Chla -a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	Station 1 (St1)	Station 2 (St2)	Station 3 (St3)	Station 4 (St4)
Μάρτ.	4,97	6,63	6,62	5,88
Απρ.	5,05	2,66	2,94	2,87
Μάιος	5,76	3,37	3,73	3,37
Ιουν.	7,73	4,17	8,1	4,99
Ιουλ.	2,25	19,34	4,12	8,95
Αυγ.	7,81	14,98	5,09	14
Σεπτ.	7,96	15,98	6,34	12,68
Οκτ.	4,41	8,75	7,48	7,34
Νοέ.	12,08	10,41	13,94	7,21
Δεκ.	5,87	4,6	1,32	9,29
Ιαν.	12,23	12,63	14,31	7,09

Γράφημα 8. Μηνιαία Διακύμανση Συγκέντρωσης Χλωροφύλλης –α



Οι τιμές της χλωροφύλλης –α παρουσιάζουν μεγάλο εύρος με μικρότερη την τιμή  $4,6 \text{ mg}/\text{m}^3$  τον Δεκέμβριο στον St3 και υψηλότερη την τιμή  $19,34 \text{ mg}/\text{m}^3$  τον Ιούλιο στον St2. Οι σταθμοί St2 και St4 εμφανίζουν τις υψηλότερες τιμές τους μήνες Ιούλιο έως Σεπτέμβριο ενώ οι σταθμοί St1 και St3 Νοέμβριο και Ιανουάριο. Κατά το διάστημα μελέτης, η συγκέντρωση της



χλωροφύλλης εμφανίζεται ιδιαίτερα αυξημένη παρουσιάζοντας τιμές  $>10\text{mg}/\text{m}^3$  τους περισσότερους μήνες του έτους.

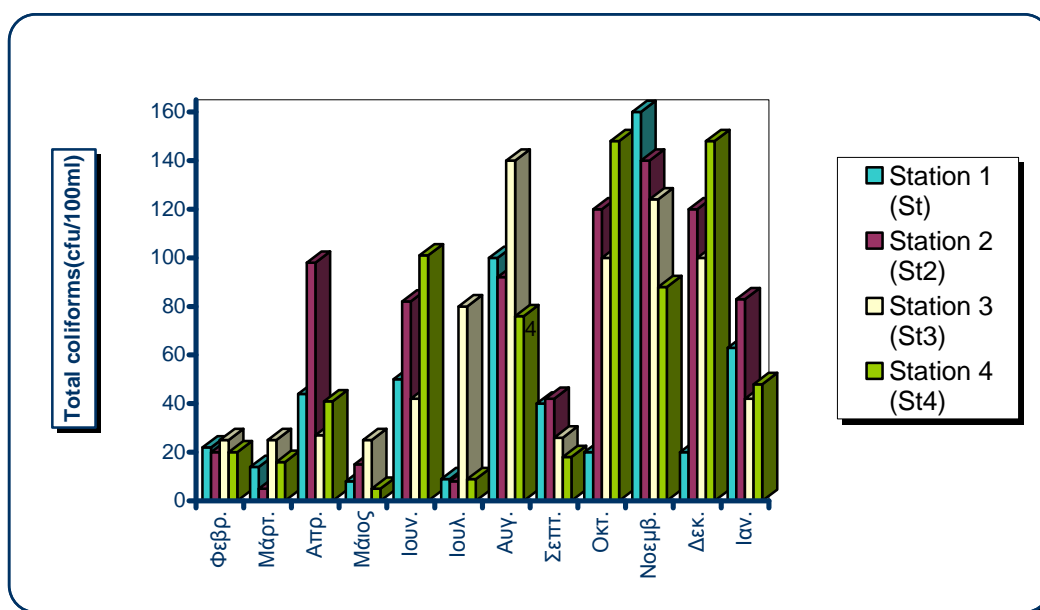
### 3.2 Μικροβιολογικές Παράμετροι

#### 3.2.1 Ολικά κολοβακτηριοειδή (Total coliforms)

Πίνακας 9. Μετρήσεις Total coliforms

Total coliforms	Station 1 (St1)	Station 2 (St2)	Station 3 (St3)	Station 4 (St4)
Φεβρ.	22	20	25	20
Μάρτ.	14	5	25	16
Απρ.	44	98	27	41
Μάιος	8	15	25	5
Ιουν.	50	82	42	101
Ιουλ.	9	8	80	9
Αυγ.	100	92	140	76
Σεπτ.	40	42	26	18
Οκτ.	20	120	100	148
Νοεμβ.	160	140	124	88
Δεκ.	20	120	100	148
Ιαν.	63	83	42	48

Γράφημα 9. Γράφημα Διακύμανσης φορτίου ολικών κολοβακτηριοειδών

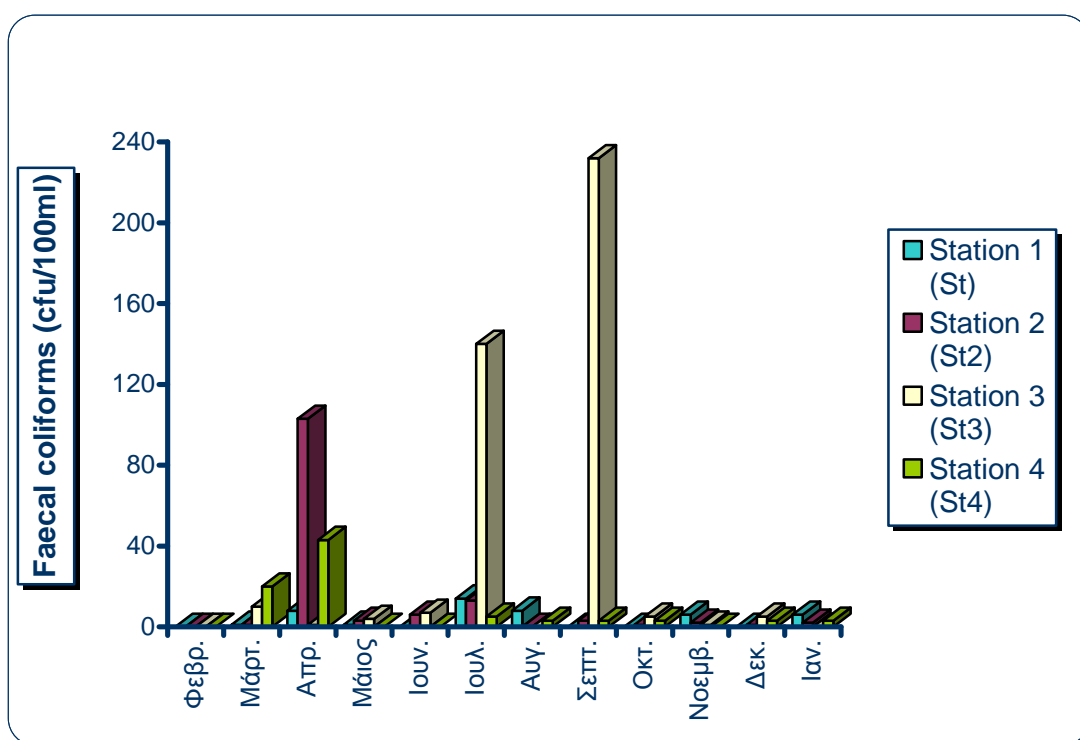


### 3.2.2.Κολοβακτηριοειδή κοπράνων (Faecal coliforms)

Πίνακας 10. Μετρήσεις Faecal coliforms

Faecal coliforms	Station 1 (St)	Station 2 (St2)	Station 3 (St3)	Station 4 (St4)
Φεβρ.	0	0	0	0
Μάρτ.	1	1	10	20
Απρ.	8	103	1	43
Μάιος	1	3	4	0
Ιουν.	0	6	7	0
Ιουλ.	14	13	140	5
Αυγ.	8	0	0	3
Σεπτ.	0	3	232	3
Οκτ.	0	1	5	3
Νοεμβ.	6	2	1	0
Δεκ.	0	1	5	3
Ιαν.	6	2	0	3

Γράφημα 10. Γράφημα διακύμανσης φορτίου Faecal coliforms

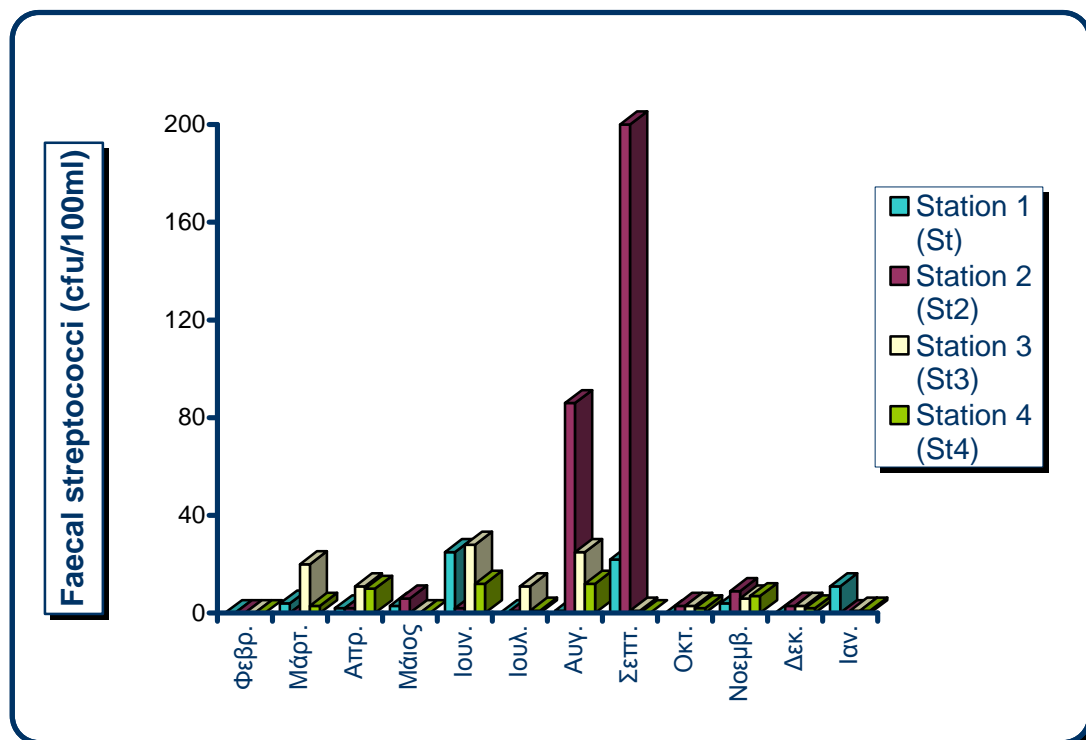


### 3.2.3 Κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή (Faecal Streptococci)

Πίνακας 11. *Faecal streptococci*

F.Streptococci	Station 1 (St)	Station 2 (St2)	Station 3 (St3)	Station 4 (St4)
Φεβρ.	0	0	0	0*
Μάρτ.	4	0	20	3
Απρ.	2	2	11	10
Μάιος	3	6	0	0
Ιουν.	25	2	28	12
Ιουλ.	0	1	11	1
Αυγ.	1	86	25	12
Σεπτ.	22	200	1	0
Οκτ.	0	3	3	2
Νοεμβ.	4	9	6	7
Δεκ.	0	3	3	2
Ιαν.	11	0	1	1

Γράφημα 11. Γράφημα διακύμανσης φορτίου *Faecal streptococci*



Στη λίμνη Ζηρού, η μέγιστη τιμή για τα ολικά κολοβακτηριοειδή παρατηρήθηκε τον Νοέμβριο για τον St1 160 cfu/100ml και η μικρότερη τον Μάρτιο για τον St2 5 cfu/100ml, ενώ γενικότερα παρατηρήθηκαν διακυμάνσεις στις τιμές.

Η μέγιστη τιμή για τα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή εμφανίζεται τον Σεπτέμβριο στον St3 232 cfu/100ml αλλά η πλειοψηφία των μετρήσεων εμφανίστηκαν μηδενικές ή σχεδόν μηδενικές και για τους τέσσερεις σταθμούς.

Οι μετρήσεις για τους στρεπτόκοκκους απέδειξαν πολύ χαμηλές τιμές σε όλους τους σταθμούς με εξαίρεση την τιμή 200 cfu/100ml που παρατηρήθηκε τον Σεπτέμβριο στον St2.

## **4. Συζήτηση και Συμπεράσματα**

### **4.1 Φυσικοχημικές Παράμετροι**

#### **4.1.1 Θερμοκρασία**

Η μεταβολή της θερμοκρασίας που παρατηρήθηκε στη Λίμνη Ζηρού σε σχέση με τους μήνες κυμαίνεται σε φυσιολογικά επίπεδα, χωρίς να παρατηρείται σημαντική διαφορά ανάμεσα στους σταθμούς, και δεν επηρεάζει αρνητικά τη φυσιολογική λειτουργία του οικοσυστήματος.

#### **4.1.2 Διαλυμένο Οξυγόνο (D.O.)**

Οι συγκεντρώσεις του διαλυμένου οξυγόνου στο επιφανειακό στρώμα των λιμνών μεταβάλλονται εξαιτίας της βιολογικής παραγωγής και κατανάλωσής του, καθώς και της ανταλλαγής του αερίου με την ατμόσφαιρα (Αντωνόπουλος, 2003).

Δεδομένου ότι το D.O. σχετίζεται με την θερμοκρασία και οι τιμές του είναι αντιστρόφως ανάλογες με αυτή, οι μεταβολές στις τιμές του διαλυμένου οξυγόνου, που παρατηρήθηκαν στη λίμνη Ζηρού, θεωρούνται αναμενόμενες σε σχέση με τη μηνιαία μεταβολή της θερμοκρασίας.

#### **4.1.3 pH- Ενεργός Οξύτητα**

Είναι γνωστό ότι το νερό εκτός από τα χαρακτηριστικά της ρευστότητας του και της διαπερατότητας του από το φως τα οποία είναι προφανούς σημασίας για τα φυσικά και βιολογικά φαινόμενα λόγω της υψηλής διαλυτικής ικανότητας, περιέχει διαλυμένα συστατικά τα οποία και στηρίζουν την ανάπτυξη των ζωντανών οργανισμών σε ένα υδάτινο οικοσύστημα.

Η σύνθεση του νερού που συγκεντρώνεται στη λεκάνη μιας λίμνης είναι κυρίως το αποτέλεσμα των τριών παραγόντων: των φορτίων κατακρίμνησης

και του υδρολογικού κύκλου στη λεκάνη απορροής, της γεωλογικής σύνθεσης και του γεωμορφολογικού αναγλύφου της λεκάνης απορροής (Βατάλης, 2002).

Πέφτοντας η βροχή στο έδαφος είναι ήδη ένα ασθενές διάλυμα νατρίου, χλωρίου και θειικών ιόντων και το σημαντικό περιεχόμενο σε όξινα ανθρακικά ιόντα μειώνει το pH του στο 5,5. Έτσι το νερό της βροχής αντιδρά με τα πετρώματα του εδάφους τείνοντας να διαλύσει βασικά οξείδια και υδροξείδιο. Το pH των νερών των λιμνών μπορεί να ποικίλει από πολύ χαμηλές τιμές (4, όξινη περιοχή) έως και πολύ υψηλές (>10, αλκαλική περιοχή). Συνήθως όμως κυμαίνεται από 6 μέχρι 9.

Η φωτοσυνθετική απομάκρυνση του ελεύθερου διοξειδίου του άνθρακα έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του pH. Αυτό αντισταθμίζεται από την ελευθέρωση διοξειδίου του άνθρακα από τα διϊσταμένα διττανθρακικά ιόντα τα οποία αν και είναι διαλυμένα ρυθμίζουν το διοξείδιο σε χαμηλότερο από 8,8 pH (Κουιμτζής, 1994).

Στη Λίμνη Ζηρού κατά τη διάρκεια μελέτης, το pH, κυμάνθηκε σε φυσιολογικά επίπεδα ενώ η εποχιακή διακύμανσή του δεν διέφερε σημαντικά ανάμεσα στους σταθμούς. Αλκαλικές τιμές εμφανίστηκαν τους θερμούς μήνες.

Μικρότερες τιμές εμφανίστηκαν τους μήνες με χαμηλότερη θερμοκρασία και αλκαλικές τιμές τους θερμότερους μήνες, όπου η παρουσία των φωτοσυνθετικών οργανισμών είναι εντονότερη.

#### **4.1.4 Θρεπτικά Άλατα**

##### **4.1.4.α Αζωτούχα Ιόντα**

Αρκετές είναι οι ενώσεις του αζώτου που μπορεί να αποτελούν διαθέσιμες πηγές για τα πλαγκτικά φύκη. Τέτοιες πηγές είναι τα νιτρικά, νιτρώδη και αμμωνιακά ιόντα και σε μερικές περιπτώσεις ορισμένες διαλυτές οργανικές ενώσεις. Μερικά είδη κυανοφυκών μπορούν να δεσμεύουν το διαλυμένο στο νερό ατμοσφαιρικό άζωτο (Παπούτσογλου, 1992).

Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων στις λίμνες ποικίλλουν πολύ, σε σχέση με το αν αυτές δέχονται απόβλητα, αποπλύσεις γεωργικών καλλιεργειών και είσοδο υπόγειων νερών. Χωρίς τέτοιους εμπλουτισμούς σε άζωτο, οι μέγιστες συγκεντρώσεις μπορεί να κυμαίνονται από 10 έως 1000 μg

N/l.

Τα νιτρώδη ιόντα βρίσκονται γενικά σε χαμηλές συγκεντρώσεις αν και μπορεί να αυξάνουν σε περιοχές με μικρή περιεκτικότητα σε οξυγόνο. Τα αμμωνιακά ιόντα σε επιφανειακά νερά χωρίς ρύπανση, βρίσκονται σε συγκεντρώσεις μικρότερες από 150 μg N/l. Πολύ υψηλές τιμές μπορούν να αναπτύσσονται σε ανοξικά υπολίμνια εύτροφων λιμνών (Κουιμτζής , 1994)

Στη λίμνη Ζηρού, οι υψηλές τιμές των νιτρωδών που εμφανίζονται τους μήνες Αύγουστο- Σεπτέμβριο οφείλονται στο γεγονός ότι κατά τους καλοκαιρινούς μήνες πραγματοποιείται αποικοδόμηση οργανικών ενώσεων και μετατροπή τους σε νιτρώδη.

Γενικώς, τα νιτρικά και αμμωνιακά ιόντα κυμαίνονται σε υψηλές τιμές, ιδίως τους καλοκαιρινούς μήνες, αποδεικνύοντας αύξηση του ρυπαντικού φορτίου της λίμνης.

#### **4.1.4.β Φωσφορικά ιόντα**

Τα πλαγκτικά φύκη προτιμούν τα ορθοφωσφορικά ιόντα από τους διάφορους τύπους του φωσφόρου στο νερό. Η ικανότητα τους να χρησιμοποιούν και άλλες ενώσεις φωσφόρου όπως πολυφωσφορικά και οργανικές ενώσεις είναι γνωστή από πειράματα σε καλλιέργειες. Ο φώσφορος είναι συνήθως ο περιοριστικός παράγοντας της πρωτογενούς παραγωγής και ως εκ τούτου, παράγοντας-κλειδί για την αποκατάσταση της οικολογικής ισορροπίας μιας λίμνης (Παπούτσογλου, 1992).

Και αυτό γιατί αν και ο φώσφορος ταξινομείται στα έξι κύρια θρεπτικά στοιχεία τα οποία αποτελούν το καθένα περισσότερο από 0,5 της νωπής βιομάζας του υγιούς κυττοπλάσματος, είναι από όλα αυτά τα στοιχεία το πιο σπάνιο στο φλοιό της γης. Είναι ακόμη σχετικά αδιάλυτος και καθιζάνει εύκολα με σίδηρο, αργίλιο και ασβέστιο, ενώ ταυτόχρονα δεν διαθέτει αέρια δεξαμενή στην ατμόσφαιρα, όπως το άζωτο (Κουιμτζής , 1994). Με τη χρήση όμως των απορρυπαντικών και των λιπασμάτων και τις μεταφορές τους στις λίμνες τις τελευταίες δεκαετίες, η συγκέντρωση του φωσφόρου έχει αυξηθεί.

Η συγκέντρωση των φωσφορικών ιόντων στο νερό εξαρτάται από τις εποχιακές διακυμάνσεις της τροφοδοσίας (εξωτερική και εσωτερική), τη

βιολογική πρόσληψη και τις χημικές και βιολογικές μετατροπές που υφίστανται στο υδάτινο οικοσύστημα. Σε φυσικές και τεχνητές λίμνες χωρίς εμπλουτισμούς και ανθρώπινες δραστηριότητες ο διαλυτός ενεργός φώσφορος κυμαίνεται συνήθως από 0,004 mg/l έως 0,01 mg/l (Κούγκολος, 2007).

Οι τιμές που παρατηρήθηκαν στη λίμνη Ζηρού, κατά την διάρκεια της έρευνας, θεωρούνται ιδιαίτερες υψηλές και αποδεικνύουν ότι πλέον το επίπεδο ευτροφισμού της λίμνης δεν είναι ολιγοτροφικό.

Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν τη χειμερινή περίοδο, πιθανώς λόγω της μεταφοράς του φωσφόρου στην επιφάνεια του νερού, μέσω της μετακίνησης των κυανοβακτηρίων από τα βαθύτερα στρώματα στην επιφάνεια ή ακόμα και λόγω έκπλυσης των γύρω εδαφών.

Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται οι τιμές των φυσικοχημικών παραγόντων που μετρήθηκαν στη λίμνη Ζηρού κατά το χρονικό διάστημα από 12/2007 έως 6/2008 στα πλαίσια ερευνητικής εργασίας των Κάγκαλου και Χύτη, (2009).

ΜΗΝΑΣ	Station	PH	T (°C)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> P (mg/l)	NH <sub>3</sub> <sup>-</sup> N (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N(mg/l)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> N (mg/l)
							*
<b>Δεκ.</b>	St1	8,28	16,2	0,01mg/L	0,07mg/L	0,8mg/L	0,007mg/L
	St2	8,27	15,7	0,01mg/L	0,13mg/L	0,9mg/L	0,004mg/L
	St3	8,28	16,3	0,02mg/L	0,08mg/L	0,9mg/L	0,006mg/L
	St4	8,05	16	0,00mg/L	0,16mg/L	1,2mg/L	0,003mg/L
<b>Ιαν.</b>	St1	8,09	11,5	0,08mg/L	0,08mg/L	0,6mg/L	0,003mg/L
	St2	8,1	11,8	0,05mg/L	0,14mg/L	0,8mg/L	0,002mg/L
	St3	8,07	13	0,03mg/L	0,01mg/L	0,8mg/L	0,004mg/L



	St4	7,49	14,7	0,00mg/L	0,08mg/L	0,9mg/L	0,002mg/L
<b>Φεβ.</b>	St1	7,87	10,6	0,06mg/L	0,33mg/L	0,4mg/L	0,005mg/L
	St2	8,14	10,7	0,04mg/L	0,15mg/L	0,7mg/L	0,012mg/L
	St3	8,09	10,9	0,02mg/L	0,00mg/L	0,6mg/L	0,004mg/L
	St4	7,7	14,4	0,02mg/L	0,00mg/L	1,3mg/L	0,010mg/L
<b>Μαρτ.</b>	St1	8,26	14,8	0,13mg/L	0,04mg/L	0,0mg/L	0,005mg/L
	St2	8,45	15,8	0,03mg/L	0,00mg/L	0,3mg/L	0,005mg/L
	St3	8,29	15,2	0,03mg/L	0,03mg/L	0,1mg/L	0,007mg/L
	St4	7,8	14,4	0,00mg/L	0,16mg/L	1,2mg/L	0,005mg/L
<b>Απρ.</b>	St1	8,31	17,1	0,06mg/L	0,03mg/L	0,6mg/L	0,013mg/L
	St2	8,4	17,5	0,05mg/L	0,02mg/L	0,9mg/L	0,002mg/L
	St3	8,38	17,7	0,12mg/L	0,00mg/L	0,7mg/L	0,003mg/L
	St4	7,77	14,4	0,19mg/L	0,00mg/L	1,4mg/L	0,005mg/L
<b>Μάιος</b>	St1	8,24	22,4	0,24mg/L	0,04mg/L	1,4mg/L	0,001mg/L
	St2	8,3	22,2	0,36mg/L	0,08mg/L	1,2mg/L	0,001mg/L
	St3	8,35	23,1	0,02mg/L	0,10mg/L	2,0mg/L	0,001mg/L
	St4	7,77	14,3	0,13mg/L	0,05mg/L	1,4mg/L	0,006mg/L
<b>Ιουν.</b>	St1	8,17	26,3	0,09mg/L	0,04mg/L	0,7mg/L	0,002mg/L
	St2	8,13	26,8	0,14mg/L	0,02mg/L	0,7mg/L	0,004mg/L
	St3	8,05	27	0,14mg/L	0,03mg/L	0,8mg/L	0,003mg/L
	St4	7,19	14,3	0,15mg/L	0,01mg/L	1,1mg/L	0,003mg/L

Από την σύγκριση των τιμών προκύπτει η ραγδαία αύξηση της συγκέντρωσης των φωσφορικών ενώσεων σε διάστημα ενός έτους. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει την ταχύτατη τροφική επιβάρυνση των υδάτων.

#### **4.1.5 Χλωροφύλλη –α**

Η χλωροφύλλη-α ως δείκτης της φυτοπλαγκτικής βιομάζας, αποτελεί και δείκτη ευτροφισμού. Οι συγκεντρώσεις της που χρησιμοποιούνται ως βάση για να χαρακτηριστεί μια υδάτινη μάζα ως ευτροφική ποικίλλουν στη διεθνή βιβλιογραφία.

Πάντως όταν η μέγιστη συγκέντρωση της είναι μεγαλύτερη των 20 mg/m<sup>3</sup> θεωρείται ότι η υδάτινη μάζα είναι ευτροφική. Ο Likens (1975) χαρακτηρίζει τα νερά εύτροφα όταν η μέγιστη συγκέντρωση της χλωροφύλλης-α βρίσκεται στην περιοχή 10-500 mg/m<sup>3</sup>.

Στη λίμνη Ζηρού, οι τιμές της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης κυμάνθηκαν σε υψηλά επίπεδα, ξεπερνώντας τις περισσότερες φορές το όριο των 10 mg/m<sup>3</sup> φτάνοντας τον Ιούλιο την τιμή 19,34 mg/m<sup>3</sup>, πλησιάζοντας πολύ κοντά και στο όριο των 20 mg/m<sup>3</sup>, αποδεικνύοντας την επιβάρυνση του τροφικού επιπέδου της Λίμνης.

Η θερμή περίοδος χαρακτηρίζεται από τις υψηλότερες τιμές χλωροφύλλης-α, όπως αναμένεται από την θερμοκρασιακά ελεγχόμενη ανάπτυξη των φωτοσυνθετικών οργανισμών.

Σχετικά υψηλές τιμές χλωροφύλλης-α παρατηρήθηκαν τον Ιανουάριο και Φεβρουάριο που πιθανώς οφείλονται στην ανάπτυξη του κυανοβακτηρίου *Planktothrix* sp. και στη μετακίνηση του στην επιφάνεια.

#### **4.1.5.α Δείκτες ευτροφισμού**

Στη βιβλιογραφία συναντώνται αρκετές μέθοδοι για τον προσδιορισμό της τροφικής κατάστασης ενός συστήματος όπως η μέθοδος OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) χρησιμοποιεί ως δείκτες για την ταξινόμηση ενός συστήματος τις μέσες και οριακές τιμές

ορισμένων παραμέτρων της ποιότητας του νερού [10]

Οι περισσότερες, όμως, μελέτες για το λιμναίο ευτροφισμό χρησιμοποιούν δύο μεθόδους (Cai, 1997): χρήση μονο-παραμετρικών δεικτών, συμπεριλαμβανομένων της αξιολόγησης χαρακτήρων, της αξιολόγησης παραμέτρων, του δείκτη τροφικής κατάστασης (trophic state index – TSI) και του δείκτη βιολογικού χαρακτήρα (biological character index – BCI) και χρήση πολυ-παραμετρικών μεθόδων συμπεριλαμβανομένων της αξιολόγησης συναρτήσεων, της στατιστικής μεθόδου, της πλήρους αξιολόγησης και της ιεραρχικής ανάλυσης (HA). Ένας μονο-παραμετρικός δείκτης είναι πολύ πιο εύκολος στη χρήση. Οι πολυπαραμετρικές προσεγγίσεις μπορούν να προσφέρουν πιο ακριβή αποτελέσματα, αλλά είναι πολύπλοκες και απαιτούν λεπτομερή δεδομένα παρακολούθησης.

Πολλές προσπάθειες για την εκτίμηση των τροφικών επιπέδων των λιμνών με τη χρήση τηλεπισκόπησης έχουν γίνει. Κάποιοι επιστήμονες δημιούργησαν ένα σύνολο μοντέλων για την ποσοτική συσχέτιση δεδομένων Landsat με τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης-α και έπειτα εκτίμηση της τροφικής κατάστασης του νερού. (Lillesand et al., 1983; Wu et al., 1991; Ekstrand, 1992; Lavery, 1993; She et al., 1996).

Ένας δείκτης τροφικής κατάστασης (TSI) προσδιορίζεται με βάση ποικίλους χημικούς, φυσικούς και βιολογικούς δείκτες, ειδικά στον τύπο κατά Carlson, ο οποίος είναι ο καταλληλότερος για τον υπολογισμό του ευτροφισμού στις λίμνες (Carlson, 1977).

Ο Δείκτης Τροφικής Κατάστασης κατά Carlson (TSI) αποτελεί ένα από τα διαθέσιμα μέσα για να εξεταστεί η σχέση μεταξύ του ολικού φωσφόρου, της χλωροφύλλης-α και της ανάγνωσης του δίσκου Secchi σε μια λίμνη σε συνάρτηση με την παραγωγικότητά της.

Ο όρος "τροφικό επίπεδο" αναφέρεται στο επίπεδο της παραγωγικότητας σε μια λίμνη που σχετίζεται με τις μετρήσεις των συγκεντρώσεων φωσφορικών αλάτων, την αφθονία αλγών και το βάθος διείσδυσης του φωτός. Ο Δείκτης Τροφικής Κατάστασης κατά Carlson Μεμονωμένες τιμές TSI μπορούν να υπολογιστούν από τις ακόλουθες εξισώσεις:

- Total phosphorus TSI (TSIP) =  $14.42 \cdot [\ln(\text{TP average})] + 4.15$
- Chlorophyll-a TSI (TSIC) =  $9.81 \cdot [\ln(\text{Chlorophyll-a average})] + 30.6$
- Secchi disk TSI (TSIS) =  $60 - (14.41 \cdot [\ln(\text{Secchi average})])$

Οι τιμές ολικού φωσφόρου και χλωροφύλλης μετρώνται σε μικρογραμμάρια ανά λίτρο (μg/L) και η διαφάνεια με δίσκο Secchi μετριέται σε μέτρα.

Carlson' s Trophic State Index (TSI)				
TSI	SDD (m)	TP (μg/l)	Chl-a (μg/l)	Χαρακτηριστικά
<30	>8	<6	<0,94	Ολιγοτροφική: Καθαρό νερό, οξυγόνο στο υπολίμνιο στη διάρκεια του έτους
30-40	8-4	6-12	0,94-2,6	Έλλειψη οξυγόνου στο υπολίμνιο ρηχών λιμνών
40-50	4-2	12-24	2,6-6,4	Μεσοτροφική: Μέτρια καθαρό νερό αλλά πιθανή αύξηση ανοξικών συνθηκών στη διάρκεια του καλοκαιριού
50-60	2-1	24-48	6,4-20	Ευτροφική: Ανοξικές συνθήκες στο υπολίμνιο
60-70	0,5-1	48-96	20-56	Κυριαρχία των κυανοβακτηρίων, επιπλέον φυτοπλαγκτόν και προβλήματα μακρόφυτων
70-80	0,25-0,5	96-192	56-154	Υπερτροφική: Μεγάλη ποσότητα φυτοπλαγκτού και μακρόφυτα
>80	<0,25	192-384	>154	Επιπλέον φυτοπλαγκτό, λίγα μακρόφυτα

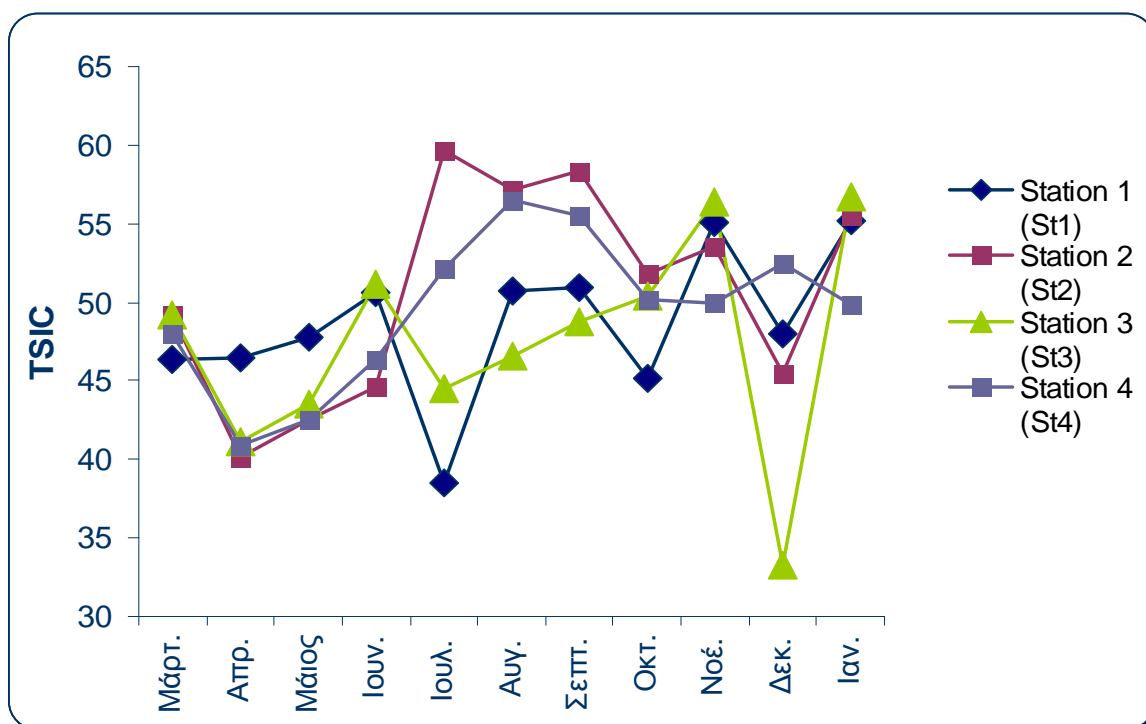
Πηγή: Carlson' s Trophic State Index, 1977

Ο υπολογισμός του Δείκτη Τροφικού Επιπέδου κατά Carlson υπολογίστηκε με βάση τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης και έδωσε τα παρακάτω αποτελέσματα.

### Πίνακας TSIC

TSIC	Station 1 (St1)	Station 2 (St2)	Station 3 (St3)	Station 4 (St4)
Μάρτ.	46,33	49,15	49,14	47,97
Απρ.	46,48	40,19	41,17	40,94
Μάιος	47,77	42,51	43,51	42,51
Ιουν.	50,66	44,6	51,12	46,36
Ιουλ.	38,55	59,65	44,48	52,1
Αυγ.	50,7	57,15	46,56	56,48
Σεπτ.	50,9	58,3	48,71	55,51
Οκτ.	45,15	51,8	50,34	50,15
Νοέ.	55,04	53,5	56,44	49,93
Δεκ.	47,96	45,5	33,32	52,46
Ιαν.	55,16	55,47	56,71	49,81

Γράφημα: Τιμές δείκτη τροφικού επιπέδου



Ο δείκτης του τροφικού επιπέδου κατά Carlson που υπολογίστηκε με βάση τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης κυμάνθηκε από 33,32 έως 59,65.

Σύμφωνα με τις τιμές του δείκτη, στις διάφορες εποχές, η Λίμνη Ζηρού κατατάσσεται στο **μεσοτροφικό επίπεδο** (40-50), με μέτρια καθαρό νερό και πιθανή αύξηση ανοξικών συνθηκών αλλά και **εύτροφο επίπεδο** κατά την διάρκεια του καλοκαιριού (50-60) με ανοξικές συνθήκες στο υπολίμνιο.

## 4.2 Μικροβιολογικές Παράμετροι

Τα οικιακά λύματα, που ακατέργαστα τις περισσότερες φορές, ή με ανεπαρκή επεξεργασία καταλήγουν στο περιβάλλον, είναι πηγή παθογόνων οργανισμών που είναι δυνατόν να προκαλέσουν σημαντικά προβλήματα υγείας στους πληθυσμούς.

Οι σημαντικότεροι, για την ανθρώπινη υγεία, παθογόνοι μικροοργανισμοί είναι βακτήρια (*vibrio cholerae*, *salmonella sp.*, *shigella*, *clostridium*, *staphylococcus aureus*), όμως είναι αδύνατον να αναζητηθούν στα δείγματα όλοι οι πιθανοί παθογόνοι μικροοργανισμοί.

Οι μικροβιακοί δείκτες κοπρανώδους ρύπανσης που χρησιμοποιούνται σήμερα απλώς υποδεικνύουν την πιθανότητα παρουσίας παθογόνων μικροοργανισμών. Οι επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου από τη μικροβιακή μόλυνση εξαρτώνται από παράγοντες όπως η παρουσία και ενδημικότητα, οι τροφικές συνήθειες των πληθυσμών που ζουν εκεί.

Τόσο τα κολοβακτηριοειδή κοπράνων όσο και οι εντερόκοκκοι βρίσκονται στο γαστρεντερικό σωλήνα του ανθρώπου και των άλλων θερμόαιμων ζώων και η παρουσία τους στο νερό υποδεικνύει ρύπανση κοπρανώδους προέλευσης και πιθανή παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών.

Από τη σχέση των κοπρανωδών στρεπτόκοκκων προς τα κολοβακτηριοειδή κοπράνων δυνατόν να ληφθούν πολύτιμες πληροφορίες για την πηγή ρύπανσης.

Τα ολικά κολοβακτηριοειδή, τα κολοβακτηριοειδή κοπράνων και κυρίως το *Escherichia coli* είναι ένδειξη πολύ πρόσφατης ρύπανσης ανθρωπογενούς προέλευσης. Οι στρεπτόκοκκοι κοπράνων είναι πιο ανθεκτικοί στο περιβάλλον και κατά συνέπεια μπορεί να θεωρηθεί ως δείκτης όχι πρόσφατης ρύπανσης.

Προκειμένου να προβούμε σε αξιολόγηση των δεδομένων που συλλέξαμε, χρησιμοποιήσαμε ως σημείο αναφοράς τον παρακάτω πίνακα που ορίζει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των επιφανειακών υδάτων.

*Πίνακας. Μικροβιολογικοί παράμετροι νερών κολύμβησης/αναψυχής*

Μικροβιολογικοί Παράμετροι	Επιθυμητό όριο σε cfu	Ανώτατο επιτρεπόμενο όριο σε cfu
ΟΜΧ 35-3 <sup>7</sup> °C (48 h)	-	-
ΟΜΧ 20-25 °C (72h)	-	-
Ολικά Κολοβακτηριοειδή	500/100ml	10.000/100 ml
Κολοβακτηριοειδή κοπράνων	100/100ml	500/100ml
<i>Streptococcus faecalis</i>	100/100ml	-
Σαλμονέλλες	0/1000ml	0/1000ml
Εντεροϊοί, PFU	0/10ml	0/10ml
<i>Mycobacterium</i> spp.		
Μύκητες παθογόνοι		

(Πηγή: 46399/1352/ΦΕΚ438 Β'Β/86)

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στην λίμνη Ζηρού ο βαθμός ρύπανσης γενικά κυμαίνεται σε μέτρια επίπεδα και κατά διαστήματα και σημεία δειγματοληψίας μπορεί να είναι ελάχιστος έως ανύπαρκτος αλλά και να ξεπερνά τα επιθυμητά όρια. Η σχετική διακύμανση των τιμών που παρατηρήθηκαν οφείλονται, κατά περίπτωση, στην παρουσία ή απουσία ρυπογόνων πηγών και /ή εκροών.

Στα ίδια συμπεράσματα κατέληξε έρευνα που πραγματοποιήθηκε το χρονικό διάστημα 2001-2004 και αφορούσε την διερεύνηση της μικροβιολογικής ρύπανσης του υδάτινου περιβάλλοντος στη ΒΔ Ελλάδα (Ζάκας και συν., 2004), σύμφωνα με την οποία η λίμνη Ζηρού φαίνεται να παρουσιάζει ικανότητα αυτοκαθαρισμού, αφού η συνολική μικροβιολογική εικόνα της ποιότητας των νερών της κρίνεται πολύ ικανοποιητική.



### 4.3 Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα της έρευνας αυτής ανάγονται σε δύο επίπεδα, α) την εκτίμηση της τροφικής κατάστασης της λίμνης Ζηρού και β) την διερεύνηση του επιπέδου μόλυνσης των υδάτων από ανθρωπογενείς ρύπους .

α) Οι σχετικά υψηλές τιμές των συγκεντρώσεων των θρεπτικών συστατικών αλλά και της χλωροφύλλης –α, που μετρήθηκαν κατά την διάρκεια της έρευνας, αποδεικνύουν ότι υπάρχει ρυπαντικό οργανικό φορτίο που επιβαρύνει την λίμνη τόσο ώστε να οδηγεί σε συσσώρευση των θρεπτικών συστατικών με αποτέλεσμα την ευτροφία του συστήματος. Συνέπεια της ευτροφίας αποτελεί η αύξηση της πρωτογενούς παραγωγής που εκφράζεται με υψηλές συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης –α.

Σύμφωνα με παλαιότερες μελέτες, η Λίμνη Ζηρού χαρακτηρίζονταν ως μια oligοτροφική λίμνη (ETANAM, 2000), με συνέπεια, για πολλά χρόνια μέχρι σήμερα να μη γίνεται έλεγχος της τροφικής κατάστασης της λίμνης. Από τα αποτελέσματα της έρευνας όμως προκύπτει ότι το σύστημα έχει περάσει από τον oligοτροφικό χαρακτήρα, στον μεσοτροφικό με έντονη τάση προς τον ευτροφικό χαρακτήρα.

Οι μελέτες της ETANAM, που αφορούσαν την περιοχή της λίμνης Ζηρού και οι οποίες έλαβαν χώρα το 2000, έδειξαν ότι η ανθρωπογενής δραστηριότητα με τη μεγαλύτερη βαρύτητα ως προς τις αρνητικές περιβαλλοντικές συνέπειες, είναι η γεωργική δραστηριότητα. Η χρήση λιπασμάτων στις καλλιέργειες που εντοπίζονται στη λεκάνη απορροής της λίμνης και η εισροή υπολλειμάτων τους μέσα σε αυτή ενδεχομένως να είναι από τους πιο σημαντικούς παράγοντας επιβάρυνσης του τροφικού επιπέδου της Λίμνης Ζηρού.

β) Με βάση τα αποτελέσματα των μικροβιακών αναλύσεων, παρατηρείται κατά διαστήματα μια βαθμιαία αύξηση του αριθμού των ολικών κολοβακτηριοειδών αλλά και μια περιστασιακή αύξηση των κολοβακτηριοειδων κοπράνων που ξεπερνούν μάλιστα τα επιθυμητά όρια. Η παραπάνω αύξηση του μικροβιακού φορτίου υποδηλώνει ανθρωπογενή προέλευση με δεδομένη την προσέλευση επισκεπτών καθ' όλη την διάρκεια

του έτους ενώ η μείωση του μικροβιακού φορτίου που παρατηρείται, αποδίδεται στην δυσκολία επιβίωσης των μικροοργανισμών σε αντίξοες συνθήκες (ακτινοβολία, θερμοκρασία, φυσικοχημικές παράμετροι , ικανότητα αυτοκαθαρισμού) κατά την περίοδο αυτή.

Η αύξηση του ρυπαντικού φορτίου που αφορά τους στρεπτόκοκκους κοπράνων, όπου ξεπερνά περιστασιακά τα επιθυμητά όρια, είναι φανερό ότι προέρχεται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, γεωργοκτηνοτροφικές μονάδες και ενισχύεται με πρόσθετα φορτία από διάφορες εποχιακές δραστηριότητες. Η περιοδική μείωση του φορτίου οφείλεται στην αφομοιωτική ικανότητα των νερών.

#### 4.4 Προτάσεις Ανάδειξης & Διαχείρισης

Η λίμνη Ζηρού αποτελεί ένα οικοσύστημα με αισθητική ομορφιά και οικολογική αξία εφάμιλλη των πολύ σημαντικών οικοσυστημάτων του Αμβρακικού Κόλπου και του ποταμού Λούρου. Το γεγονός ότι παραμένει σχετικά άγνωστη, όχι μόνο στους επισκέπτες της περιοχής αλλά και στους κατοίκους του νομού, έχει αποτρέψει από το να έχει δεχθεί έντονη ανθρωπογενή παρέμβαση και γι' αυτό διατηρεί σχεδόν αναλλοίωτα σήμερα τα φυσικά της χαρακτηριστικά.

Οι παρεμβάσεις όμως που πραγματοποιούνται τα τελευταία χρόνια, με πιο πρόσφατες την ολοκλήρωση των εργασιών για την ίδρυση του Κέντρου Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης, είναι σίγουρο πως θα προσελκύσουν πλήθος επισκεπτών, γι' αυτό και πρέπει οι όποιες διαχειριστικές ενέργειες πραγματοποιηθούν να ακολουθούν συγκεκριμένους κανόνες με σκοπό την προστασία του φυσικού τοπίου.

Από την άλλη πλευρά, τα ερευνητικά στοιχεία, που ήρθαν στο φως της δημοσιότητας και αφορούσαν την παρουσία του τοξικού κυανοβακτηρίου *Planktothrix rubescens* (Vareli et al., 2009) θα πρέπει να προβληματίσουν τις αρμόδιες αρχές και να προχωρήσουν σε συνεχή παρακολούθηση της τοξικότητας των νερών της λίμνης αλλά και της συγκεντρώσεως της τοξίνης στα αλιεύματα, σε βάθος χρόνου.

Τέλος, σύμφωνα με τα συμπεράσματα της δικής μας έρευνας, πρέπει να ληφθεί σημαντικά υπόψη η τροφική κατάσταση της λίμνης Ζηρού η οποία αποδεικνύεται ότι ακολουθεί μια επιβαρυντική εξέλιξη, πλησιάζοντας ευτροφικά επίπεδα. Για τον λόγο αυτό αποτελεί επιτακτική ανάγκη η αποφυγή εντατικοποίησης της γεωργικής δραστηριότητας και εγκατάστασης επιπλέον κτηνοτροφικών και πτηνοτροφικών μονάδων τουλάχιστον στην άμεση περιοχή της λίμνης.

Παρεμβάσεις που θα επιφέρουν μικροβιολογική ρύπανση των υδάτων, όπως για παράδειγμα σημειακές πηγές ρύπανσης και μόλυνσης, απορρίψεις στερεών (σκουπιδιών) και υγρών αποβλήτων επιβάλλεται επίσης να αποφευχθούν.

Προκύπτει σαφώς ότι η λίμνη Ζηρού οφείλει να «ακολουθήσει» το πρότυπο της ήπιας ανάπτυξης. Για τον λόγο αυτό θεωρείται απαραίτητη η εκτίμηση της οικοχωρητικότητας και της φέρουσας ικανότητας της ευρύτερης περιοχής έτσι ώστε να αποφευχθούν υπερβολές οι οποίες θα υποθηκεύσουν την πορεία του οικοσυστήματος.

Τα αποτελέσματα αυτής της εργασίας, η οποία έχει τα χαρακτηριστικά μιας μελέτης καταγραφής και αποτύπωσης της υπάρχουσας κατάστασης, φιλοδοξούμε να συμβάλλουν καθοριστικά σε αυτή την κατεύθυνση και να αποτελέσουν το έναυσμα και τη βάση περαιτέρω συστηματικής έρευνας, με σκοπό την προστασία και διατήρηση του πολύτιμου βιότοπου της λίμνης Ζηρού.



## Βιβλιογραφία

- American Public Health Association (APHA), Water Pollution Control Federation (1989) "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", (eds. Clesceri L.S., Greenberg A.E., Trussell R.R), APHA
- Anderson, D.M., Glibert, P.M. and Burkholder, J.M. (2002). "Harmful algal blooms and eutrophication: Nutrient sources, composition, and consequences", *Estuaries*, 25, 704-726.
- Bradley, D.J. (1987). Health problems of water management. *J. Trop. Med. Hyg.* 73:286-289
- Carlson, E. Robert (1977). A trophic state index for Lakes. *Limnology and*
- Carpenter, S., Ludwig, D., Brock, W., (1999). Management of eutrophication for lakes subject to irreversible change. *Ecological Applications* 9:751–771.
- Chorus, I. (2001). Cyanotoxin occurrence in freshwaters-a summary of survey results from different countries. In: Chorus I, (Ed). *Cyanotoxins: Occurrence, causes, consequences*. Berlin: Springer. p 75-78.
- Chorus, I., Bartram, J. (1999). *Toxic Cyanobacteria in Water*. First Edition. World Health Organization, E. & F.N. Spon, London and New York, 416p
- Cole, G.A. (1983). *Textbook of Limnology- 3ed edition*. Mosby Company, St. Louis, 401 pp.
- Cooper, D. M., House, W. A., May, L. and Gannon, B. (2002). The phosphorus budget of the Thame catchment, Oxfordshire, U. K. : 1. Mass balance. *Sci. Total Environ.* 282-283: 233-251
- Cox, B. A. (2003). A review of dissolved oxygen modeling techniques for low land rivers. *Sci. Tot. Environ.* 314/316 : 303-334
- De Boer, J. A. (1981). Nutrients. In: *The Biology of Seaweeds*, pp:356-392. Edited by C. S.Lobban and Wynne M. J., *Botanical Monographs*, vol. 17. Blackwell Scientific Publications, London
- Dulma, A.. (1979). Hydrobiological outline of the Mongolian lakes. - *Int. Revueges. Hydrobiol.* 64, 6:709-736E

- Ergashev, A.E. (1979). The origin and typology of the central Asian lakes and their algal flora.- *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 64, 5:629-642
- Esener, A. A., Roels, J. A. and Kossen, N. W. F., (1981). The influence of temperature on the maximum specific growth rate of *Klebsiella pneumoniae*. *Biotechnol. Bioengng*, XXIII: 1401 – 1405.
- Fogg, G. E., (1974). Nitrogen fixation in: *Algal Physiology and Biochemistry*. Ed. Stewart W.D.P., Blackwell Scientific Publication, Oxford, pp.: 560-582
- Foreman, M. G. G., James, C. B., Quick, M. C., Hollemans, P. and Wiebe, E., (1997). Flow and temperature models for the Fraser and Thompson Rivers. *Atmosphere – ocean* 35(1), pp.: 109 –134
- Frey, D.G., (1990). What is a lake? *Verh. Int. Verein. Limnolo.*, Stuttgart, 24:1-5
- Friedrich, H., (1965). *Meeresbiologie*. Gebruder Borntraeger. Berlin
- Fujiki, H., (1992) Is the inhibition of protein phosphatase 1 and 2A activities a general mechanism of tumor promotion in human cancer development? *Mol Carcinog* 5:91-94
- Fytianos, K., Samanidou, B., Aggelidis, T., (1985). Pollution of the major rivers and lakes in northern Greece by heavy metals. In: *Union of Greek Chemists (ed) proc 10th Panhellenic Chemical Conference*. Athens. 389-393
- Goldman, C.R., Horne, A.J., (1983). *Limnology*. McGraw-Hill Book Company, London. 464 pp.
- Golterman, H.L., (1975). *Physiological Limnology*. Elsevier Scientific Publishing Co., New York, pp. 489
- Grimes, D.J., (1991). Ecology of estuarine bacteria capable of causing human disease: a review. *Estuaries* 14:345-360.
- Hanisak, M. D., (1979). Nitrogen limitation of *Codium fragile* sp. *tomentasoides* as determined by tissue analysis. *Mar. Biol.* 50: 333-37.
- Havelaar, A.H., During, M., Delfgou-Van Asch, H.M., (1985). Comparative study of membrane filtration and enrichment media for the isolation and enumeration of *P.aeruginosa* from sewage, surface water, and swimming pools. *Can. J. Microbiol.* 31:686–692.

- Healey, F. P.,(1973). Inorganic nutrient uptake and deficiency in algae (C.RC).  
Crit Rev. Microbiol. 3: 69-113.
- Hecky, R.E., and Kilham, P., (1988). Nutrient Limitation of Phytoplankton in  
Fresh-Water and Marine Environments - A Review of Recent-  
Evidence on the Effects of Enrichment, Limnology and  
Oceanography, 33, 796-822.
- Howarth, R. W., Carpenter, S. R., Caraco, N. F., Smith, V. H., (1998)  
Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen.  
Ecological Applications: Vol. 8, No. 3, pp. 559-568.
- Huisman, J., Matthijs, H.C.P., Visser, P.M. (Eds.), (2005). Harmful  
Cyanobacteria. Kluwer, Dordrecht.
- Hunter, P.R., (1997). Drinking water and waterborne diseases. In Hunter PR,  
editor. Waterborne Disease: Epidemiology and Ecology. New  
York.Wiley:27–41
- Hurst, C.J, Murphy, P.A., (1998). The Transmission and Prevention of  
Infectious Disease, Modelling Disease Transmission and Its  
Prevention by Disinfection. In Cambridge University UK:3-54.
- Hutchinson, E., (1975). A treatise on limnology, Vol. I,III. Wiley, New York
- Hutcinson, G. E., (1975). Introduction to Lake Biology and the Limnoplankton,  
1115p.p; vol. III. Limnological Botany, 660pp. Wiley, New York
- Ignatiades, L., (2002a). 'Statistical applications in marine phytoplanktonic  
studies : Part II. Parametric and non parametric Statistical Analyses.  
In : Subba Rao (ed). Pelagic ecology methodology. A.A. Balkema  
Publishers, Tokyo.
- Jackson, G. A., (1977). Nutrients and production of giant kelp, *Macrocystis  
pyrifera* of southern California. Limnol. Oceanogr. 22: 979-95.
- Jones, J.G., (1970): Studies on freshwater bacteria: Association with algae  
and alkaline phosphase activity. Fresh Water Biol. (1971):59-75
- Jones, J.G., (1970): Studies on freshwater factors which influence the  
population and its activity. F.W Biol.:593-613
- Justic, D., Rabalais, N.N., Turner, R.E. and Dortch, Q., (1995). Changes in  
nutrient structure of river-dominated coastal waters: stoichiometric  
nutrient balance and its consequences. Estuar. Coast. Shelf Sci. 40:  
339-356.

- Justic, D., Rabalais, N.N., and Turner R.E., (1995). "Stoichiometric Nutrient Balance and Origin of Coastal Eutrophication", *Marine Pollution Bulletin*, 30, 41-46.
- Kagalou, I., Chyti, E., (2009). Evaluation of the trophic state of Ziros lake – NW Greece. In CEMEPE-SECOTOX Proc. (In press).
- Kohler, A. & Labus, B. C., (1983). Eutrophication processes and pollution of freshwater ecosystems including waste heat. *Encycl. Plant Physiol.*, 12: 413-462
- Kousouris, T., (1984). Wetlands problems in Greece. In: Ministry of Agriculture (ed) Proc Conf Management of national parks and other protected areas. Ministry of Agriculture, Athens, 82-94
- Kousouris, T., Diapoulis, A., Fotis, G., (1985). For the development and protection of freshwater resources in Greece. II Kastoria. Spec Pub 10, Institute of Oceanographic and Fisheries Research, Athens, 112.
- Lagler, K.F., (1972). *Freshwater fishery biology*. Second Edition, Wm. C. Brown Co. Dubuque, U.S.A. 421p.p.
- Larkin, P.A., (1969). Fish as indices of Eutrophication. In: *Eutrophication: Causes, Consequences, Correctives*. Nat. Acad. Sci., Washington, D.C.
- Likens, G. E., (1975). Primary production of inland aquatic ecosystems. in: Lieth, H. & Whittaker, R. H. eds. *Primary productivity of the biosphere*. Springer-Verlag, Inc. New York.
- Mac Kenzie, W.R., Hoxie, N.J., Proctor, M.E., Gradus, M.S., Blair, K.A., Peterson, D.E., Kazmierczak, J.J., Addiss, D.G., Fox, K.R., (1994). A massive outbreak in Milwaukee of *Cryptosporidium* infection transmitted through the public water supply. *N. Engl. J. Med.* 331(15):1035.
- Mayo, A.W. and Noike, T., (1994). Effects of glucose loading on growth behavior of *Chlorella vulgaris* and heterotrophic bacteria in mixed culture. *Wat. Res.* 28: 1001–1008.



- Mayo, A.W. and Noike, T. (1996). Effects of temperature and pH on the growth of heretrophic bacteria in waste stabilization ponds. *Wat. Res.* 30, pp. 447 – 445.
- Mayo A. W. and Noike T., 1996. Effects of temperature and pH on the growth of heretrophic bacteria in waste stabilization ponds. *Wat. Res.* 30, pp. 447 – 445.
- Moe, C.L., (1997). Waterborne transmission of infectious agents. In. *Manual of Environmental Microbiology* 3(15):136-152.
- Moore, R.E., (1975). Toxins from Blue-Green Algae. *Bioscience* 27:797-801
- Morel, A., Bricaud, A., Andre, J. M. and Pelaez-Hudlet, J., (1990). Spatial temporal evolution of the Rhoene river plume as seen by CZCS imagery: Consequences upon primary productions in the Gulf of Lions. In: Martin J. M. and Barth H. (Eds), *EROS 2000*.
- Morel, A., Bricaud, A., Andre, J. M. and Pelaez-Hudlet, J., (1990). Spatial temporal evolution of the Rhoene river plume as seen by CZCS imagery: Consequences upon primary productions in the Gulf of Lions. In: Martin J. M. and Barth H. (Eds), *EROS 2000*. NERC, Plymouth, U. K., *Wat. Pollut. Res. Rep.* 20: 45-62.
- Morse, G.K., Lester, J.N. and Perry, R., (1993). The economic and environmental impact of phosphorus removal from wastewater in the European Community. *Selper Publications*
- Moss, B., (1980). *Ecology of freshwaters-* Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 332
- Moustaka–Gouni, M. and Nikolaidis, G., (1994). Phytoplankton and nutrients of the River Nestos, Greece. *Fresenius Envir. Bull.* 3: 152 - 157
- Moustaka–Gouni, M., Nikolaidis, G. and Allias, H., (1992). Nutrients, chlorophyll –A and phytoplankton composition of Axios River, Macedonia, Greece. *Fresenius Envir. Bull.* 1:244 – 249
- Moutin, T., Raimbault, P., Golterman, H. L. and Coste, B., (1998). The input of nutrients by the Rhone river into the Mediterranean Sea: recent observations and comparison with earlier data. *Hydrobiologia*, 373/374: 237-246
- Mur, L.R., Skulberg, O.M., Utkilen, H., (1999) Cyaynobacteria in the environment. In: Chorus I, Bartram J (Eds) *Toxic Cyanobacteria in*

- Water, World Health Organization, E & FN Spon, London, pp 179-209.
- Nixon, S.W., (1995). "Coastal Marine Eutrophication - A Definition, Social Causes, and Future Concerns", *Ophelia*, 41, 199-219.
- OECD, (1982). *Eutrophication of Waters. Monitoring, Assessment and Control, Final Report*. Paris
- Paschalski, J., (1964). Circulation types of lakes. *Polsk. Arch. Hydrobiolo.*, 12(3):383-408.
- Patrick, R., (1977). *Ecology of fresh water diatom communities. - The biology of Diatoms* (Ed. D. Werner). Blackwell Scientific Publications, Oxford
- Rawlins, B.G., Ferguson, A.J., Chilton, P.J., Arthurton, R.S., Grees ,J., (1998). *Marine Pollution Bulletin*, 36.: 658 – 668
- Rheinheimer, G., (1975). *Mikrobiologie der Gewasser*. Gustav-Fischer Verlag, Stuttgart-NewYork.
- Ryther, J.H., and Dunstan, W.M., (1971). Nitrogen, phosphorus and eutrophication in thecoastal marine environment. *Science*, 171: 1008-1013
- Sawidis, T., (1996). Radioactive pollution in freshwater ecosystems from Macedonia,Greece. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 30: 100-106.
- Sawidis, T., (1997b). Chemical pollution monitoring in freshwater systems from Macedonia,Greece: A comparative study. *Toxicol. Environ. Chem.* 63: 215-226.
- Skoulikidis, N.T., Bertahas, I., Kousouris, T., 1998. The environmental state of freshwater resources in Greece. (rivers and lakes). *Environmental Geology*, 36, 1-2
- Sudhira, H. S., & Kumar, V. S., (2000). Monitoring of lake water quality in Mysore City. In T.V. Ramachandra, M.C. Rajasekara, & N. Ahalya (Eds.), *International Symposium on Restoration of Lakes and Wetlands: Proceedings of Lake 2000* (pp. 1-10). Bangalore, India: Centre for Ecological Sciences, Indian Institute of Science
- Tait, R. V., (1971). *Meeresokologie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

- Topinka, J. A., and Robbins, J.N., (1976). Effects of nitrate and ammonium enrichment on growth and nitrogen physiology in fungus spiralis. *Limnol. Oceanogr.* 21: 659-64.
- Tryfon, H., Moustaka–Gouni, M. and Nikolaidis G., (1996). Phytoplankton and Nutrients in the River Strymon, Greece. *Int. Revue Ges. Hydrobiol.* 81: 281 – 292.
- Tumas, R., (2000). Evaluation and prediction of non point pollution in Lithuania. *Ecol. Engineering.* 14: 443-451.
- UNER, (1994). Regional overview of land-based sources of pollution in the wider Caribbean region. Caribbean Environment Programme Technical Report 33. UNER, Kingston
- Vareli, K., Briasoulis, E., Pilidis, G., Sainis I., (2009). Molecular confirmation of *Planktothrix rubescens* as the cause of intense, microcystin—Synthesizing cyanobacterial bloom in Lake Ziros, Greece. *Harmful Algae* 8 , 447–453.
- Webster, K. E. and Peters, R. H., (1978) Some Size-Dependent Inhibitions of Larger Cladoceran Filterers in Filamentous Suspensions. *Limnology and Oceanography*, Vol. 23, No. 6, pp. 1238-1245
- Wetzel, R., (1983). *Limnology*. CBS College Publishing U.S.A
- Wheeler, D., (1990). The real risks of bathing in water contaminated by sewage. *Environ. Health* 98(10):285-287.
- Wiggins, BA., (1996). Discriminant analysis of antibiotic resistance patterns in fecal streptococci, a method to differentiate human and animal sources of fecal pollution in natural waters. *Appl. Environ. Microbiol.* 62:3997-4002.
- Zacharias, I., Bertachas, I., Skoulikidis, N., Koussouris, T., (2002). Greek Lakes: Limnological overview. *Lakes and Reservoirs*, 7.: 55-62
- Αντωνόπουλος, Β., (2003). Υδραυλική Περιβάλλοντος και Ποιότητα Επιφανειακών Υδάτων . Εκδόσεις Γιαχούδη , Θεσσαλονίκη.
- Βατάλης, Κ., Μανωλιάδης, Ο., Δεσινιώτης Η., (2002). Περιβαλλοντική Γεωτεχνολογία. Εκδόσεις Ίων, Κοζάνη.
- Γκούβας Χαράλαμπος, <http://prevezamuseum.spaces.live.com>
- ETANAM , (2000). Μελέτη της ευρύτερης περιοχής της Λίμνης Ζηρού.
- ETANAM, (1993). Τοπικό Αναπτυξιακό πρόγραμμα περιοχής Λάκκας Σουλίου

- Ζάκας, Γ., Γκεσούλη, Ε., Σαλαμούρα, Α., Ντόντορου, Α., Αποστόλου, Ι., Φιλιούσης, Γ., Λεβειδιώτου, Σ., Παπαδοπούλου, Χ., (2004). Απομόνωση ανθεκτικών στα αντιβιοτικά στελεχών βακτηρίων από νερά και από ιχθυηρά στη ΒΔ Ελλάδα. 3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συμπόσιο Υγιεινής & Τεχνολογίας Τροφίμων. Τόμος 2<sup>ος</sup>,σελ:514-517
- Ζαλίδης, Γ. Χ. και Μαντζαβέλας, Α. Λ., (συντ. έκδ.), (1994). Απογραφή των ελληνικών υγροτόπων ως φυσικών πόρων (πρώτη προσέγγιση). Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων (ΕΚΒΥ).
- Ιούλιος, Χ., (1982). Γενική Υδρολογία. Έκδοση ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη
- Καλαϊτζής, Ξ., Σταρένιος, Β., Στартηγέας, Ν. (1996). Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων του έργου "Αρδευτικό Δίκτυο Μπόιδα- Μαυρή Ν. Πρέβεζας", Υπ. Γεωργίας
- Κανάρης, Ι.Ρ., Πίτσικος, Λ. (1993). Το κοίτασμα αργίλων περιοχής Αγ. Γεωργίου Ριζοβουνίου Ν. Πρέβεζας. Έκθεση. ΙΓΜΕ. Αθήνα
- Κούγκολος, Α.Γ., (2007). Εισαγωγή στην Περιβαλλοντική Μηχανική , Αέρια Ρύπανση, Ποιότητα νερών, Οικοτοξικολογία, Επεξεργασία υγρών αποβλήτων , Διαχείριση απορριμμάτων. Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα.
- Κουιμτζής, Θ.,Α. (1994). Χημεία Περιβάλλοντος. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Λεοντιάδης, Ι.Λ., (1984). Ιστοτοπική υδρολογική έρευνα του καρστικού υδροφόρου ορίζοντα της λεκάνης του Λούρου. Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας, Κέντρον Πυρηνικών Ερευνών, Δημόκριτος, Αθήνα.
- Μουντράκης, Δ., (1985). Γεωλογία της Ελλάδας .University Studio Press. Θεσσαλονίκη
- Ντούρος, Ι., Λάμπρης, Γ., (1993). Γενικό Σχέδιο Δασοπονικής Ανάπτυξης Ν. Πρέβεζας
- Παπαδοπούλου, Χ., (2000b). Τροφογενείς και υδατογενείς ιώσεις. Ελληνική Ιολογία 5(1): 3-9.
- Παπαπετροπούλου, Μ., Μαυρίδου, Α., (1995). Μικροβιολογία του υδάτινου περιβάλλοντος. 1η έκδοση. Εκδόσεις Τραυλός
- Παπαπετροπούλου, Μ., Μαυρίδου, Α., (1998). Μικροβιολογία του υδάτινου περιβάλλοντος. 2η έκδοση. Εκδόσεις Τραυλός
- Παπούτσογλου, Σ.Ε.,(1992). Το υδάτινο περιβάλλον και οι οργανισμοί του. Εκδόσεις Α.Σταμούλης, Πειραιάς

- Περγαντής, Φ., Βρεπού, Ε., Φαρίδης, Ε., Χατζημελετίου, Ι., (2000). Ειδική περιβαλλοντική μελέτη περιοχής λίμνης Ζηρού. ETANAM
- Σίνης, Α.Ι., (2005). Λιμνολογία. University Studio Press. 327.σελ.
- Σμυρνιώτης, Χ., (1991). Προκαταρκτική Έκθεση Υδρογεωλογικής Μελέτης του Καρστικού Συστήματος Λούρου. ΙΓΜΕ. Πρέβεζα
- Χριστούλας, Δ.Γ, (1991). Ρύπανση των υδάτων και αντιρρυπαντική τεχνολογία. Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα.



# **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι**

## **Φωτογραφικό υλικό**

## ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ



Φώτο 1: ΛΙΜΝΗ ΖΗΡΟΥ. Air Helicopter Photo 1998.



Φώτο 2: Πανοραμική φωτογραφία από το νότιο άκρο της λίμνης





*Φώτο 3: Από την Νότια όχθη της λίμνης Ζηρού*



*Φώτο 4 : Η Νότια όχθη της λίμνης Ζηρού*



Φώτο 5: Άποψη της δυτικής πλευράς της λίμνης



Φώτο 6: Άποψη της βόρειοδυτικής πλευράς της λίμνης



*Φώτο 7: Άποψη της Βορειανατολικής όχθης της λίμνης*



*Φώτο 8: Η μοναδική βυθομέτρηση της λίμνης με Canoe Incas, 1997.*

(Γκούβας Χ.- Κατσίλης Γρ.)



Φώτο 9: Άποψη της νοτιοδυτικής πλευράς. Διακρίνεται το μοναδικό αναψυκτήριο- εστιατόριο που λειτουργεί στην περιοχή



Φώτο 10 :Άποψη από το καφέ- εστιατόριο



*Φώτο 11: Επαρχιακός χωμάτινος δρόμος που διανύει την νότια και ανατολική πλευρά της λίμνης*



*Φώτο 12. Μονοπάτια πεζοπορίας κατά μήκος της ανατολικής όχθης.*



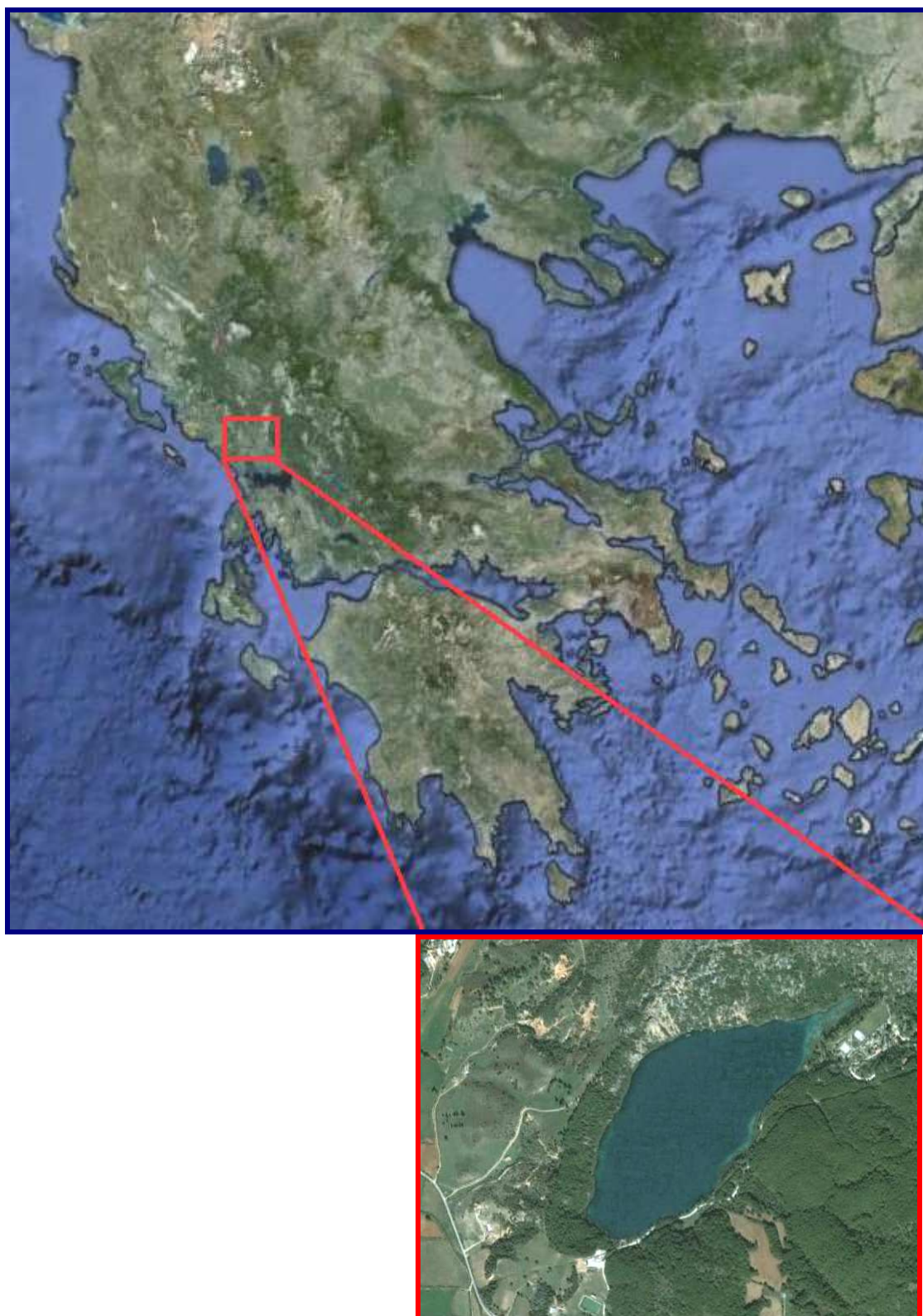
## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2**

### **Χάρτες**





Χάρτης 1: Γεωγραφική θέση Λίμνης Ζηρού  
Satellite Photo, 2010



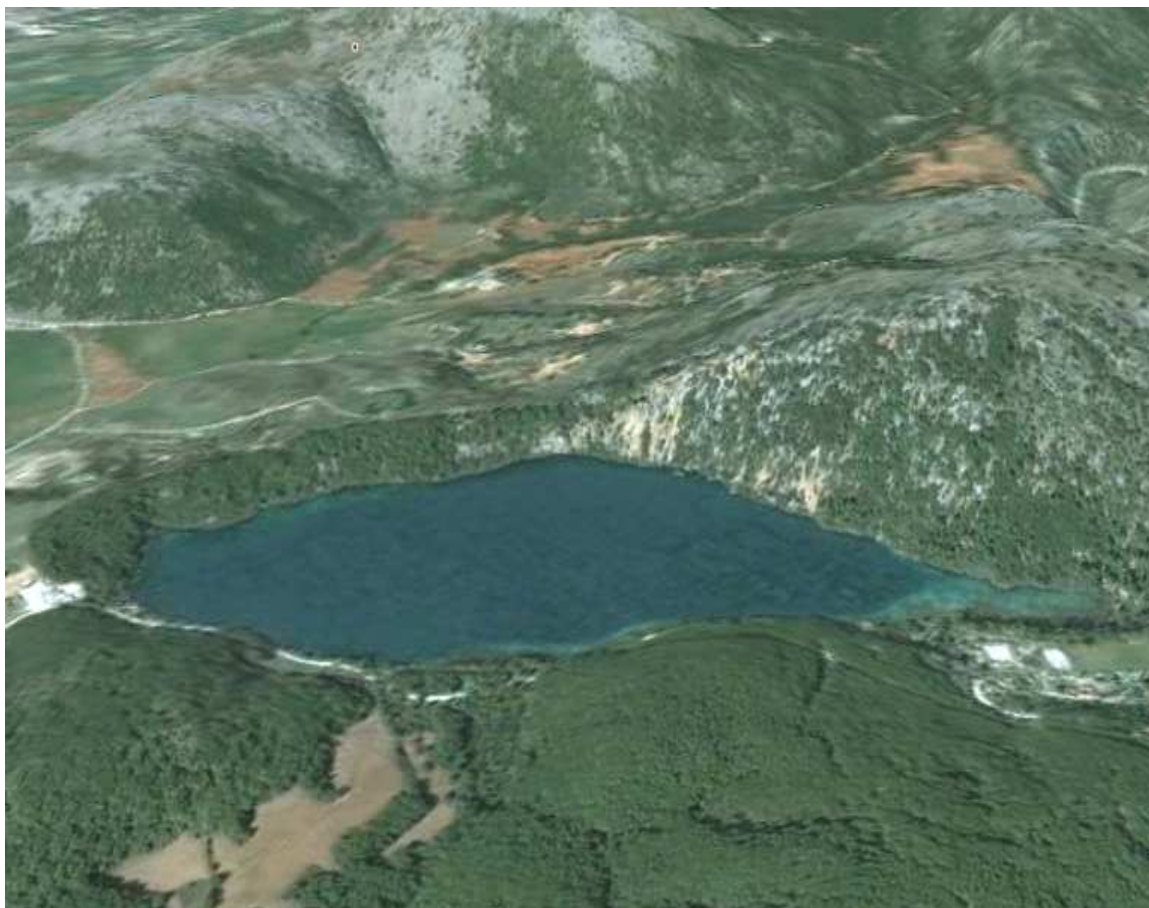
*Χάρτης 2: Η ευρύτερη περιοχή της Λίμνης Ζηρού, Satellite Photo , 2010.*



*Άποψη από την βόρεια πλευρά.*

*Διακρίνονται το Υδροηλεκτρικό φράγμα στον ποταμό Λούρου, η Εθνική Οδός Ιωαννίνων- Πρέβεζας, η πόλη της Φιλιππιάδας κατά μήκος της Εθνικής, η κάλυψη γης και τα οικοσυστήματα της περιοχής.*

*Χάρτης 3: Αποψη από την ανατολική πλευρά της λίμνης.*



*Διακρίνονται στην βορειοανατολική όχθη οι εγκαταστάσεις της πρώην "Παιδόπολης" Ζηρού, όπου σήμερα λειτουργεί το Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης*