

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ν. ΜΟΥΔΑΝΙΩΝ ΤΜΗΜΑ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΛΙΕΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΥ ΚΥΡΙΑΚΗ

**ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΚΥΑΝΟΒΑΚΤΗΡΙΩΝ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Δρ Ε. Βαρδάκα

ΝΕΑ ΜΟΥΔΑΝΙΑ (2008)

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ν. ΜΟΥΔΑΝΙΩΝ ΤΜΗΜΑ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΛΙΕΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΥ ΚΥΡΙΑΚΗ

**ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΚΥΑΝΟΒΑΚΤΗΡΙΩΝ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Δρ Ε. Βαρδάκα

ΝΕΑ ΜΟΥΔΑΝΙΑ (2008)

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ν. ΜΟΥΔΑΝΙΩΝ ΤΜΗΜΑ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΛΙΕΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΥ ΚΥΡΙΑΚΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Δρ. ΕΛΙΣΑΒΕΤ ΒΑΡΔΑΚΑ

**ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΚΥΑΝΟΒΑΚΤΗΡΙΩΝ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΝΕΑ ΜΟΥΔΑΝΙΑ(2008)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	6
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1.1 ΛΙΜΝΑΙΟ ΦΥΤΟΠΛΑΓΚΤΟ.....	7
1.2 ΚΥΑΝΟΒΑΚΤΗΡΙΑ.....	7
1.2.1 Γενικά χαρακτηριστικά.....	7
1.2.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά.....	8
1.2.3 Παρουσία στη φύση.....	9
1.2.4 Κυανοβακτηριακός ανθός.....	9
1.3 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	11
1.3.1 Γενικά γνωρίσματα της λίμνης Καστοριάς.....	11
1.3.2 Υφιστάμενο νομικό καθεστώς περιβαλλοντικής προστασίας.....	13
1.4 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	15
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	16
2.1 ΠΕΡΙΟΧΗ, ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ, ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΩΝ.....	16
2.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ - ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ.....	17
2.3 ΤΑΞΙΝΟΜΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΥΑΝΟΒΑΚΤΗΡΙΩΝ.....	19
2.4 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	19
2.5 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.....	19
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	21
3.1 ΤΑΞΙΝΟΜΙΚΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΙ.....	21
3.2 ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ.....	23
3.2.1 Φυσικές παράμετροι νερού.....	23
Θερμοκρασία νερού.....	23
3.2.2 Μετεωρολογικοί παράγοντες.....	24
Θερμοκρασία αέρα.....	24
Ηλιοφάνεια.....	24
Ύψος βροχής.....	25

Ατμοσφαιρική πίεση.....	26
3.2.3 Κυανοβακτήρια.....	27
Αριθμός ειδών κυανοβακτηρίων.....	27
Αριθμός ειδών εν δυνάμει τοξικών κυανοβακτηρίων.....	29
Σύνθεση των κυανοβακτηρίων.....	30
3.3 ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΦΑΣΕΙΣ.....	35
3.3.1 Διάκριση χρονικών φάσεων με βάση την παρουσία / απουσία των ειδών.....	35
3.3.2 Θερμοκρασία νερού – Μετεωρολογικοί παράγοντες και χρονικές φάσεις.....	38
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	41
4.1 ΤΑΞΙΝΟΜΙΚΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΙ.....	41
4.2 ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ.....	41
4.2.1 Αριθμός ειδών κυανοβακτηρίων.....	41
4.2.2 Τοξικά κυανοβακτήρια.....	42
4.2.3 Σύνθεση ειδών.....	42
4.2.4 Περιβαλλοντικοί παράγοντες.....	44
4.2.5 Χρονικές Φάσεις.....	44
5. ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	48
6. ABSTRACT.....	49
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	50

Στους γονείς μου

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια των σπουδών μου στο Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης, στο τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας και Υδατοκαλλιέργειών στα Νέα Μουδανιά Χαλκιδικής.

Αφορμή και αιτία για την πραγματοποίηση αυτής της εργασίας στάθηκε, τόσο η καθηγήτρια μου Δρ. Ελισάβετ Βαρδάκα που πρότεινε την διαπραγμάτευση αυτού του θέματος, όσο και η καταγωγή μου. Η βοήθεια που μου δόθηκε ήταν πολύτιμη απ'όπου και αν προήλθε.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου Δρ. Ελισάβετ Βαρδάκα για την επιστημονική καθοδήγηση, το επιστημονικό υλικό και τις γνώσεις της πάνω στο αντικείμενο που μου προσέφερε κατά την διεκπεραίωση της εργασίας μου, καθώς και την εμπιστοσύνη που έδειξε προς το πρόσωπο μου. Θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης τον υπεύθυνο του κέντρου Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης του Δήμου Καστοριάς κ. Θ. Μαρδίρη για την βοήθεια του στην συλλογή της κατάλληλης και απαιτούμενης βιβλιογραφίας αλλά και για την παραχώρηση οργάνων μέτρησης για να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις στο πεδίο έρευνας στη λίμνη της Καστοριάς.

Ιδιαίτερα όμως θα ήθελα να ευχαριστήσω μέσα από την καρδιά μου την οικογένεια μου και ιδιαίτερα τους γονείς μου για την αμέριστη ηθική και υλική συμπαράσταση τους καθώς και την υπομονή που έδειξαν όλα τα χρόνια των σπουδών μου.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τους εκάστοτε διευθυντές του τμήματος, τους καθηγητές, την γραμματεία της σχολής και τους συνάδελφους φοιτητές, αλλά και τις φίλες μου Διαμαντή Ζωή, Μετζάκη Σοφία, Παπαχρίστου Νικολέτα για την αρωγή που μου προσέφεραν όλα αυτά τα χρόνια.

Πετροπούλου Κυριακή

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΛΙΜΝΑΙΟ ΦΥΤΟΠΛΑΓΚΤΟ

Μια από τις σημαντικότερες διαμορφώσεις των εσωτερικών υδάτων του πλανήτη μας είναι οι λίμνες οι οποίες χαρακτηρίζονται ως μικρόκοσμος που φιλοξενούν μεγάλη ποικιλία φυτικών και ζωικών οργανισμών (Willen & Willen 1978, Γεράκης 1990, Παπαναστάσης 1990, Παπαγιάννης 1990).

Η πρωτογενής παραγωγή των λιμνών στηρίζεται στα φύκη, στα μακρόφυτα και στα φωτοσυνθετικά βακτήρια. Η κοινωνία του φυτοπλαγκτού αποτελεί την σημαντικότερη ομάδα φωτοσυνθετικών οργανισμών στην πελαγική ζώνη των λιμνών και αποδίδει το 70% περίπου του παραγόμενου στην ατμόσφαιρα της γής οξυγόνου. (Golterman 1975, Reynolds 1984).

Το φυτοπλαγκτό συνίσταται από μικροσκοπικά φύκη με παθητική μετακίνηση μέσω του ανέμου ή των ρευμάτων, προσαρμοσμένα να ζουν σε αιώρηση, επίπλευση ή κολύμβηση στα υδάτινα συστήματα. Το φυτοπλαγκτό των λιμνών αποτελείται από κυανοβακτήρια και από φύκη σχεδόν κάθε κύριας ομάδας (χλωροφύκη, διάτομα, απτοφύκη, κρυπτοφύκη, ξανθοφύκη, δινοφύκη, ευγληνοφύκη και χρυσοφύκη) (Wetzel 1983, Reynolds 2006).

1.2 ΚΥΑΝΟΒΑΚΤΗΡΙΑ

1.2.1. Γενικά χαρακτηριστικά

Τα κυανοβακτήρια ή κυανόφυτα ή κυανοπράσινα βακτήρια είναι μια πολυάριθμη ομάδα μονοκύτταρων ή πολυκύτταρων φωτοσυνθετικών, προκαρυωτικών οργανισμών, με ευρεία εξάπλωση. Αποτελούν την μεγαλύτερη και πιο διαδεδομένη ομάδα φωτοσυνθετικών οργανισμών. Περιλαμβάνουν περισσότερα από 150 γένη και 2000 είδη (Hoeck et al. 1995, Chorus and Bartram 1999).

Τα περισσότερα κυανοβακτήρια είναι αερόβια και φωτοαυτότροφα. Υπάρχουν και ορισμένα είδη που μπορούν να επιζήσουν σε απόλυτο σκοτάδι αλλά και κάποια που δείχνουν ικανότητα ετεροτροφισμού (Chorus and Bartram 1999).

1.2.2. Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Τα κυανοβακτήρια περιλαμβάνουν μονοκύτταρα αλλά και αποικιακά είδη. Οι αποικίες που σχηματίζουν τα κυανοβακτήρια μπορεί να είναι διαφόρων τύπων όπως νηματοειδείς, φυλλοειδείς ή κυκλικές. Σε πολλές νηματοειδείς αποικίες μπορούμε να εντοπίσουμε κύτταρα διαφόρων τύπων, τα τυπικά φωτοσυνθετικά κύτταρα (**βλαστητικά κύτταρα**), τα **ακινέτια** τα οποία είναι ανθεκτικές μορφές κυττάρων που σχηματίζονται σε μη ευνοϊκές κλιματολογικές συνθήκες και εκβλαστάνουν όταν οι συνθήκες γίνουν πάλι ευνοϊκές και τέλος τα **ετεροκύττα** που περιέχουν το ένζυμο νιτρογενάση που απαιτείται για τη δέσμευση του μοριακού αζώτου και τη μετατροπή του σε αμμώνιο (Fogg et al.1973, Fay 1983).

Τα κυανοβακτήρια διαθέτουν κυτταρικό τοίχωμα βασισμένο σε ένα στρώμα πεπτιδογλυκάνης, που τα κατατάσσει στα αρνητικά κατά Gram βακτήρια (Castenholz 2001 από Γκέλης 2006). Πολλά κυανοβακτήρια διαθέτουν ένα φάκελο εξωτερικά της κυτταρικής μεμβράνης που ονομάζεται θήκη, γλυκοκάλυκας ή κάψουλα. Πρόκειται για λεπτά ή παχιά, διακριτικά μορφολογικά βλενώδη στρώματα περιφερειακά των κυττάρων ή των τριχωμάτων τα οποία εκκρίνονται από τα κύτταρα και δεν αποτελούν μέρος του κυτταρικού τοιχώματος. (Komarek and Anagnostidis 1999).

Τα **αεροτόπια** είναι ομάδες κυστιδίων αέρα ορατές στα κύτταρα ως φαιόχρωμες, διαθλαστικές ακανόνιστες δομές που δίνουν στα κυανοβακτήρια τη δυνατότητα να ρυθμίζουν την πλευστότητα τους. (Komarek and Anagnostidis 1999). Παρέχουν στα πλαγκτικά είδη έναν οικολογικά σημαντικό μηχανισμό που τα επιτρέπει να ρυθμίζουν την αιώρηση τους σε συγκεκριμένο επιθυμητό βάθος της στήλης του νερού ή να επιπλέουν στην επιφάνεια συμμετέχοντας στο φαινόμενο της άνθισης του νερού (Komarek and Anagnostidis 1999).

Το χρώμα των κυανοβακτηρίων ποικίλει από κυανό-πράσινο έως ιώδες-κόκκινο, ανάλογα με τη σύνθεση και τις αναλογίες των διαφόρων χρωστικών που υπάρχουν στο κύτταρο (Mur et al. 1999).

Η αναπαραγωγή των κυανοβακτηρίων είναι φυλετική, και ανάλογα με τη μορφολογία τους μπορεί να γίνεται με απλή διχοτόμηση, απόσπαση τριχώματος ή και δημιουργία ορμογονίων (Mur et al. 1999).

1.2.3. Παρουσία στη φύση

Τα κυανοβακτήρια ήταν ανάμεσα στους πρωτοπόρους οργανισμούς της γης. Λόγω της φωτοσυνθετικής τους ικανότητας, αυτοί οι μικροοργανισμοί, ήταν πιθανόν οι πρώτοι πρωτογενείς παραγωγή της οργανικής ύλης και οι πρώτοι οργανισμοί που απελευθέρωσαν στοιχειακό οξυγόνο στην πρωτόγονη ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα τη μετάβαση σε έναν αερόβιο τρόπο ζωής (Mur et al. 1999).

Τα κυρίαρχα περιβάλλοντα που απαντούν τα κυανοβακτήρια είναι τα λιμναία και θαλάσσια οικοσυστήματα. Ακμάζουν σε νερά αλμυρά, υφάλμυρα ή γλυκά, ψυχρές και θερμές πηγές, και σε περιβάλλοντα όπου κανένα άλλο μικροφύκος δεν μπορεί να επιζήσει (Mur et al. 1999). Τα κυανοβακτήρια έχουν μια εκπληκτική ικανότητα να αποικούν σε άγονα υποστρώματα όπως ηφαιστειακή τέφρα, άμμο ερήμου και βράχια. Άλλο αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό τους είναι ότι επιβιώνουν σε εξαιρετικά υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες. Είναι άποικοι θερμών πηγών, ακριτικών και ανταρκτικών λιμνών, χιονιού και πάγου (Mur et al. 1999).

1.2.4. Κυανοβακτηριακός ανθός

Η άνθιση του νερού ή κυανοβακτηριακός ανθός χαρακτηρίζεται από τους Reynolds & Walsdy το 1975 ως μαζική συσσώρευση πλαγκτικών κυανοβακτηρίων στο επιφανειακό στρώμα του νερού κατά την διάρκεια της περιόδου που σχηματίζουν σημαντικούς πληθυσμούς.

Κατά την διάρκεια του κυανοβακτηριακού ανθού είναι δυνατόν εξαιτίας του κυματισμού του νερού να γίνει μια συσσώρευση στην ακτή σχηματίζοντας μια επιφανειακή κυανοπράσινη κρούστα (Εικόνα 1), (Reynolds & Walsdy 1975).



Εικόνα 1. Κυανοβακτηριακή κρούστα στη λίμνη της Καστορίας (Φωτο: Ε. Βαρδάκα).

Ο σχηματισμός ενός κυανοβακτηριακού ανθού οφείλεται σε έναν συνδυασμό αβιοτικών και βιοτικών παραγόντων. Στους αβιοτικούς παράγοντες ανήκουν η υψηλή θερμοκρασία του νερού, τα αυξημένα φορτία θρεπτικών ουσιών, η στρωμάτωση της στήλης του νερού, ο χαμηλός λόγος αζώτου, φωσφόρου καθώς και το υψηλό pH, ενώ στους βιοτικούς παράγοντες αναφερόμαστε στις ιδιότητες των ίδιων των κυανοβακτηρίων όπως η επιλεκτική θήρευση που ασκεί το ζωοπλαγκτό, η παραγωγή τοξινών κ.α. (Reynolds & Walsby 1975, Whitton & Potts 2000).

Οι κυανοβακτηριακές ανθίσεις του νερού μειώνουν την αξία του οικοσυστήματος στο οποίο εμφανίζονται και δημιουργούν οικολογικά προβλήματα, προβλήματα δημόσιας υγείας και οικονομικά προβλήματα (Carmichael 1994). Ένας μεγάλος αριθμός κυανοβακτηρίων που συμμετέχουν στην άνθιση του νερού έχει την ικανότητα να παράγει τοξίνες ως προϊόντα του μεταβολισμού του (Sivonen and Jones, 1999).

1.3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

1.3.1. Γενικά γνωρίσματα της λίμνης Καστοριάς

Η λίμνη Καστοριάς, γνωστή και ως λίμνη Ορεστιάς, βρίσκεται στο νομό Καστοριάς, στη Βορειο-Δυτική Ελλάδα ($40^{\circ}31'N, 21^{\circ}18'E$) (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Θέση Καστοριάς στο χάρτη της Ελλάδας

Είναι μια λίμνη γλυκού νερού ανάμεσα σε μερικούς δασωμένους λόφους, με υγρά λιβάδια, καλαμιώνες και έλη, παραλίμνιο δάσος και φυτοφράκτες από θάμνους.

Η λίμνη της Καστοριάς που βρίσκεται ανάμεσα στα όρη Βέρνο, Άσκιο, Κορησός και Βίγλα και σε υψόμετρο 630 μέτρων, εντάσσεται στο οροπέδιο των λιμνών της ΒΔ Μακεδονίας και έχει σχήμα νεφροειδές το οποίο οφείλεται στην εισχώρηση της λοφώδους χερσονήσου του «Βουνού» (Εικόνα 3).

Η χερσόνησος , η οποία διαιρεί τη λίμνη σε δυο κύριες επιμέρους λεκάνες, τη Βόρεια και τη Νότια λεκάνη (el. wikipedia. org).



Εικόνα 3. Χάρτης της ευρύτερης περιοχής του Ν. Καστοριάς

Στον ισθμό της χερσονήσου αυτής είναι κτισμένη η πόλη της Καστοριάς. Η λίμνη αποτελεί ένα κατάλοιπο παλιάς εκτεταμένης λίμνης με έκταση 164Km και μέγιστο βάθος μεγαλύτερο από 50m (Τεταρτογενές). Η λίμνη της Καστοριάς αποτελεί καρστική μορφή τεκτονικής προέλευσης και υπολογίζεται ότι σχηματίστηκε πριν από 10.000.000 έτη. (Stankovic 1931).

Η αρχική λίμνη έχει μειωθεί αρκετά και η σημερινή της έκταση είναι 26 με 28 km², ενώ το βάθος υπολογίζεται περίπου στα 8,3 με 9,5 m, το μέσο της είναι 4 m και ο όγκος του νερού 100 Km³. Το υψόμετρο της μέσης στάθμης της βρίσκεται στα 629,50 m και η περίμετρος της πλησιάζει τα 31 km. (Mourkides & Tsiouris 1984).

Το ανάγλυφο του νομού είναι ορεινό και το κλίμα ηπειρωτικό με ψυχρούς χειμώνες και θερμά καλοκαίρια. Η θερμοκρασία παρουσιάζει μεγάλες διαφορές μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού, και το χειμώνα κατεβαίνει πολλές φορές κάτω από το μηδέν με αποτέλεσμα τα νερά της λίμνης να παγώνουν.

Η λίμνη τροφοδοτείται από τα όμβρια νερά που πέφτουν στους γύρω ορεινούς όγκους, τα οποία εισρέουν στο χώρο της ως επιφανειακά, ως πηγαία και ως υπόγεια ύδατα, κυρίως στο βόρειο και ανατολικό τμήμα της. Στην

περιοχή, όπου και οφείλει την ύπαρξη της η λίμνη, υπάρχουν 9 ρέματα που καταλήγουν στη λίμνη της Καστοριάς. (Mourkides & Tsiouris 1984).

Η λίμνη, εκτός από τα ρέματα και το νερό της βροχής, τροφοδοτείται και από πολλές υπολίμνιες πηγές. Ο όγκος των νερών της είναι περίπου 100.000.000Km³ και το ανάπτυγμα των ακτών της είναι 30,8Km.

Γύρω από την λίμνη αναπτύσσονται έντονες γεωργικές δραστηριότητες. Η λίμνη χρησιμοποιείται για άρδευση, για ψάρεμα και αποτελεί θέση αναπαραγωγής, τροφής ή πόσης ζώων. Στη λίμνη λαμβάνουν χώρα έντονες δραστηριότητες αναψυχής.

Η λίμνη της Καστοριάς αποτελεί ένα από τα σπουδαιότερα παραδοσιακά αλιευτικά κέντρα της ενδοχώρας, μετά τη λίμνη των Ιωαννίνων και την Κερκίνη. Η αλιεία αποτελεί σημαντική δραστηριότητα, γιατί εκτός από την επαγγελματική αλιεία, σε μεγάλο βαθμό ασκείται και ερασιτεχνική, αν και η εκμετάλλευσή της γίνεται κυρίως από επαγγελματίες αλιείς.

Στη λίμνη υπάρχουν πολλές ποσότητες πολλών ειδών ψαριών και προσφέρεται για ψάρεμα τόσο με τις παραδοσιακές βάρκες στα βαθιά νερά όσο και με καλάμι στις ακρολίμνιες περιοχές. Τα είδη των ψαριών που υπάρχουν στη λίμνη είναι ο κυπρίνος, το περκί, το τσιρώνι, τα γριβάδια, οι πεταλούδες, το γλίνι, ο γουλιανός η τούρνα και η πεταλούδα (εισήχθη στη λίμνη το 1985), (Mourkides & Tsiouris 1984).

1.3.2 Υφιστάμενο νομικό καθεστώς περιβαλλοντικής προστασίας

Η κυριότητα της λίμνης (όπως και όλων των λιμνών της χώρας) ανήκει στο Υπουργείο Γεωργίας, ενώ την διαχείριση της την έχει αναλάβει ο Δήμος Καστοριάς με το Π.Δ. 569/75.

Η λίμνη και η πόλη της Καστοριάς είναι άρρηκτα δεμένες εδώ και πολλούς αιώνες. Η λίμνη αποτελεί φυσικό πόρο και καθορίζει τη φυσιογνωμία της πόλης, που χαρακτηρίζεται από τα πολλά αρχοντικά της και τις εξάισιες βυζαντινές εκκλησίες της (Βαφειάδης Π. 1983).

Η λίμνη και η ευρύτερη περιοχή της αποτελεί ένα πολύ σημαντικό οικοσύστημα με ποικίλους και σπάνιους επιμέρους οικοτόπους, που

υποστηρίζουν μεγάλη βιοποικιλότητα στην οποία περιλαμβάνονται πολλά και σπάνια απειλούμενα είδη (Εικόνα 4).



Εικόνα 4. Σπάνια απειλούμενα είδη

Είναι πραγματικά αξιόλογη η υποστήριξη μιας μεγάλης βιοποικιλότητας φυτών και ζώων δίπλα σε ναι πόλη η οποία είναι αρκετά αναπτυγμένη.

Βέβαια, εκτός από τον ιδιαίτερα μεγάλο αριθμό πουλιών που φιλοξενεί, πρέπει να σημειωθεί ότι είναι η μοναδική φυσική λίμνη στην Ελλάδα στην οποία εξακολουθούν να υπάρχουν σημαντικής έκτασης παρόχθια δάση υδρόφιλων δένδρων, που συνιστούν σήμερα έναν από τους σπανιότερους οικότοπους του Ευρωπαϊκού χώρου (Βαφειάδης Π. 1983).

Η μορφή και οι ρυθμοί ανάπτυξης των τελευταίων δεκαετιών έπληξαν την οικολογική ισορροπία της λίμνης, η οποία μολύνθηκε από αστικά λύματα, από λιπάσματα και στερεά απόβλητα. Με τη λειτουργία του βιολογικού καθαρισμού το 1990, για την αποχέτευση της πόλης, έγινε ένα μεγάλο βήμα για την εξυγίανση και ισορροπία της λίμνης. Βέβαια, υπάρχουν προβλήματα και από τις προσχώσεις των παραλίμνιων περιοχών, από τα διάφορα ρέματα που εκβάλλουν. Σύμφωνα με μελετητές ειδικών, αν δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα, η λίμνη σε 60 χρόνια θα χωριστεί σε δυο μέρη.

Η λίμνη της Καστοριάς έχει χαρακτηριστεί ως τόπος ιδιαίτερου φυσικού κάλλους από το Υπουργείο Πολιτισμού (1974) και έχει ενταχθεί στο Ευρωπαϊκό Δίκτυο (Φύση 2000), καταχωρημένη με τον κωδικό GR 1310001.

Σύμφωνα με την οδηγία 92/43/ΕΟΚ θα πρέπει για την περιοχή αυτή να γίνει ειδικό διαχειριστικό σχέδιο για να διασφαλιστεί η καλή οικολογική κατάσταση διατήρησης των τύπων οικοτόπων και των ειδών χλωρίδας και πανίδας που απαντούν στην περιοχή.

Σε όλη την έκταση της απαγορεύεται το κυνήγι καθώς και η Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρία την έχει συμπεριλάβει στον κατάλογο των Σημαντικών Περιοχών για τα πουλιά της Ελλάδας (ο κατάλογος αυτός συντάχθηκε από Διεθνείς Οργανώσεις οι οποίες ασχολούνται με την προστασία της ορνιθοπανίδας όπως ICBP και IWRB).

Περιλαμβάνεται στον κατάλογο των βιοτόπων του CORINE (το πρόγραμμα περιλαμβάνει τους σημαντικότερους Ευρωπαϊκούς βιότοπους).

Έχει επίσης χαρακτηριστεί ως καταφύγιο άγριας ζωής, βάσει του Νόμου 2637/98, ζώνη ειδικής προστασίας, βάσει της Οδηγίας 79/409/ΕΟΚ, προτεινόμενος τόπος κοινοτικού ενδιαφέροντος και περιοχή προστασίας της φύσης βάσει της Ζ.Ο.Ε. (Ζώνη Οικιστικού Ελέγχου) της λίμνης Καστοριάς (el.wikipedia.org).

1.4. ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στη εργασία αυτή μελετήθηκε στη λίμνη της Καστοριάς, κατά την περίοδο από 13 Αυγούστου το 2007 μέχρι 3 Μαρτίου το 2008:

- α) η χρονική διακύμανση της σύνθεσης των κυανοβακτηρίων του φυτοπλαγκτού. Τα κυανοβακτήρια μελετήθηκαν σε επίπεδο πληθυσμών (είδη) και έγινε έλεγχος παρουσίας εν δυνάμει τοξικών οργανισμών.
- β) οι χρονικές μεταβολές του αριθμού των ειδών.
- γ) η απόκριση της σύνθεσης των κυανοβακτηρίων στις μεταβολές παραμέτρων του περιβάλλοντος.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. ΠΕΡΙΟΧΗ, ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ, ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΩΝ

Η παρούσα μελέτη έλαβε χώρα στη λίμνη της Καστοριάς, (Εικόνα 5) κατά τους μήνες Αύγουστο 2007 έως Μάρτιο 2008. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν τριάντα δειγματοληψίες: α) σε μεγάλη χρονική κλίμακα (8 Μηνών) την περίοδο από 13 Αυγούστου 2007 έως 3 Μαρτίου 2008, β) με εβδομαδιαία δειγματοληψία και γ) τις πρωινές ώρες μεταξύ 11:00 – 13:00 π.μ.



Εικόνα 5. Λίμνη Καστοριάς

Ο σταθμός συλλογής δειγμάτων επιλέχθηκε στη παράκτια ζώνη της λίμνης στην Βόρεια πλευρά της πόλης (Εικόνα 6).

Το βάθος της στήλης του νερού στο σταθμό είναι μικρότερο από 1m. Ο δειγματοληπτικός σταθμός βρίσκεται σε οικιστική περιοχή όπου υπάρχει πρόσβαση στη λίμνη για ανθρώπους.



Εικόνα 6. Φωτογραφία της λίμνης Καστοριάς, όπου φαίνεται ο δειγματοληπτικός σταθμός απ' όπου την χρονική περίοδο 13 Αυγούστου 2007 έως 3 Μαρτίου 2008 συλλέχθηκαν τα δείγματα (φώτο Κ. Πετροπούλου).

2.2. ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ - ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΛΙΟ

Η συλλογή δειγμάτων φυτοπλαγκτού, έγινε από το επιφανειακό στρώμα νερού της λίμνης (Εικόνα 7), με πλαστικό δοχείο χωρητικότητας 5L το οποίο προσδέθηκε με σχοινί μήκους 2m, ώστε να πετιέται σε κάποια απόσταση από την ακτή.



Εικόνα 7. Συλλογή δείγματος στο επιφανειακό στρώμα του νερού της λίμνης Καστοριάς.

Τα δείγματα συλλέγονταν σε πλαστικά μπουκάλια χωρητικότητας 0,50L όπου γινόταν *in situ* στερέωση των δειγμάτων με διάλυμα Lugol (Εικόνα 8).



Εικόνα 8. Πλαστικά μπουκάλια νερού 0,50 L όπου μεταφέρονταν τα δείγματα που συλλέγονταν με τον κουβά και στην συνέχεια ακολουθούσε *in situ* στερέωση των δειγμάτων με διάλυμα Lugol. (φώτο Κ.Πετροπούλου)

Στην συνέχεια τα δείγματα για τον ταξινομικό προσδιορισμό των κυανοβακτηρίων τα τοποθετούσαμε σε σκοτεινό και δροσερό μέρος όπου μεταφέρονταν στο εργαστήριο.

Παράλληλα γινόταν μέτρηση της θερμοκρασίας του επιφανειακού νερού της λίμνης με υδραργυρικό θερμόμετρο καθώς και παρατήρηση των καιρικών φαινομένων.

2.3. ΤΑΞΙΝΟΜΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΥΑΝΟΒΑΚΤΗΡΙΩΝ

Η παρατήρηση και η αναγνώριση των κυανοβακτηρίων έγινε σε οπτικό μικροσκόπιο Olympus τύπου Bx40.F4 (Japan), από δείγματα συντηρημένα με Lugol.

Η λήψη των φωτογραφιών των κυανοβακτηρίων έγινε με τη χρήση ψηφιακής φωτογραφικής βιντεοκάμερας τύπου NIKON, DS-5M-L1 (Japan), η οποία ήταν συνδεδεμένη στο ανάστροφο μικροσκόπιο NIKON TE2000-U.

Για την ταυτοποίηση των κυανοβακτηρίων χρησιμοποιήθηκαν τα ταξινομικά συγγράμματα των Anagnostidis and Komarek (1985, 1988), Komarek and Anagnostidis (1986a, 1986b, 1999), Huder-Pestalozzi (1938), Tikkanen (1986) και John et al. (2002). Επίσης χρησιμοποιήθηκαν οι επιστημονικές εργασίες ταξινομικού χαρακτήρα των Komarek and Kovacic (1989), Hindak and Moustaka – Gouni (1988), Li et al. (2000a), Li et al. (2000b), Hindak (2000), Komarkova-Legnerova & Eloranda (1992), Komarek (1991, 2003) and Horecka and Komarek (1979).

Για την λήψη φωτογραφιών στο πεδίο μελέτης χρησιμοποιήθηκαν ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές τύπου OLYMBUS 5.0 MP.

2.4 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Τα μετεωρολογικά στοιχεία (θερμοκρασία αέρα, ημέρες βροχής, ένταση ανέμου, ηλιοφάνεια και βροχόπτωση) στη ευρύτερη περιοχή της Καστοριάς για την περίοδο από 20 Αυγούστου του 2007 έως 3 Μαρτίου του 2008, παραχωρήθηκαν από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία του Ν. Καστοριάς.

2.5. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Για την αριθμητική περιγραφή των μεταβλητών χρησιμοποιήθηκε ως μέτρο κεντρικής τάσης η διάμεσος και ως μέτρα μεταβλητότητας το εύρος των μετρήσεων και τα ποσοστιαία σημεία (Πετρίδης 2000).

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έγινε σε Η/Υ τύπου PC, με τη χρήση του προγράμματος SPSS 11.0.1. for Windows και περιελάμβανε

έλεγχος έλεγχος με Ομαδοποίηση Ανάλυση (Cluster Analysis, Legendre & Legendre 1998). Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε σε Η/Υ τύπου PC, με τη χρήση των προγραμμάτων Excell 2002 της Microsoft και SPSS 11.0.1. από τα Windows.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. ΤΑΞΙΝΟΜΙΚΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΙ

Από την μικροσκοπική ανάλυση των δειγμάτων νερού που συλλέχθηκαν από το επιφανειακό στρώμα της λίμνης Καστοριάς κατά την χρονική περίοδο 13 Αυγούστου 2007 έως 3 Μαρτίου 2008, αναγνωρίστηκαν 19 είδη κυανοβακτηρίων (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Κατάλογος πλαγκτικών κυανοβακτηρίων που αναγνωρίστηκαν στη λίμνη Καστοριάς κατά τη χρονική περίοδο 13 Αυγούστου 2007 έως 3 Μαρτίου 2008.

Chroococcales

1. *Aphanocapsa elachista*
2. *Aphanocapsa endophytica*
3. *Microcystis aeruginosa*
4. *Microcystis flos-aquae*
5. *Microcystis ichthyoblabe*
6. *Microcystis novacekii*
7. *Microcystis wesenbergii*
8. *Pannus spumosus*
9. *Snowella lacustris*

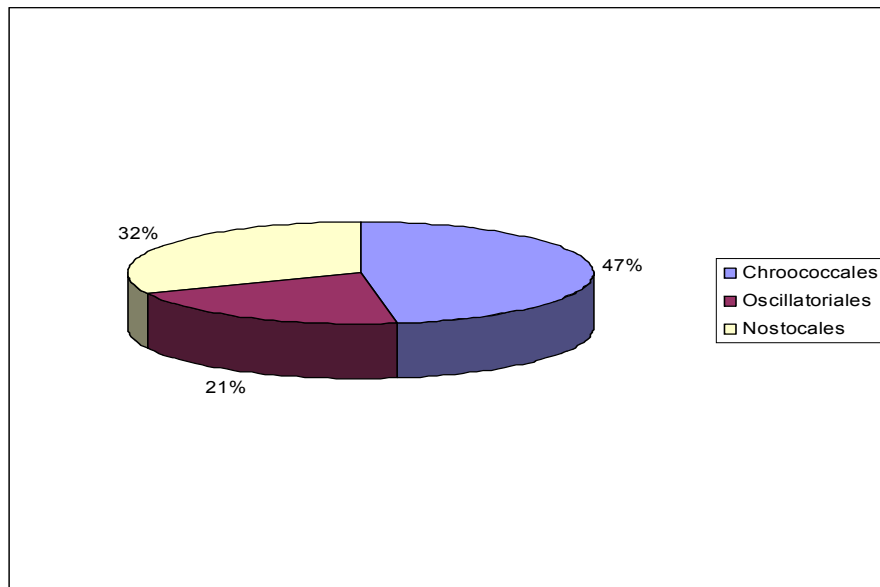
Oscillatoriales

1. *Limnothrix redekei*
2. *Planktolyngbya contorta*
3. *Planktolyngbya limnetica*
4. *Pseudanabaena musicula*

Nostocales

1. *Anabaena bergii*
2. *Anabaena affinis*
3. *Anabaena flos-aquae*
4. *Aphanizomenon issatschenkoi*
5. *Aphanizomenon flos-aquae*
6. *Cylindrospermopsis raciborskii*

Από το σύνολο των ειδών, στην τάξη Chroococcales ανήκουν 9 είδη (47%), στην τάξη Oscillatoriales 4 είδη (21%) και στην τάξη Nostocales 6 είδη (32%), (Πίνακας 1, Εικόνα 9).



Εικόνα 9. Κυκλικό διάγραμμα ποσοστιαίας συμμετοχής των τριών τάξεων κυανοβακτηρίων που αναγνωρίστηκαν στη λίμνη Καστοριάς, τη χρονική περίοδο 13 Αυγούστου 2007 έως 3 Μαρτίου 2008.

Από τα 19 είδη, τα επτά (*Microcystis aeruginosa*, *Microcystis ichthyoblabe*, *Microcystis novacekii*, *Microcystis wesenbergii*, *Anabaena flos-aquae*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Cylindrospermopsis raciborskii*)

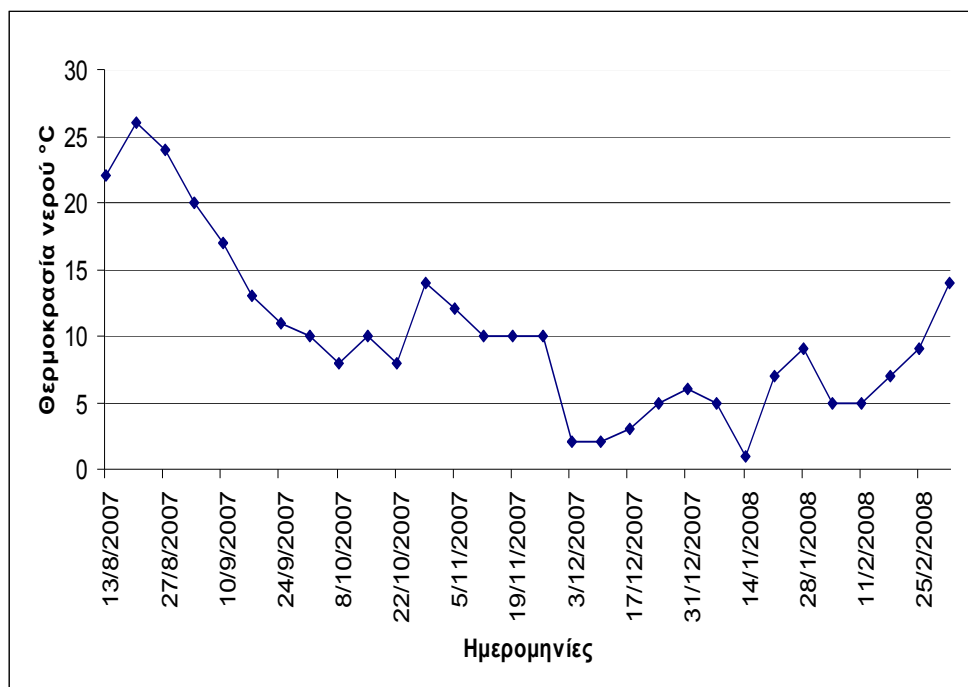
αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως εν δυνάμει τοξικά (Lanaras et al., 1989, Ostuka et al., 1999, Sivonen and Jones, 1999).

3.2 ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ

3.2.1 Φυσικές παράμετροι νερού

Θερμοκρασία νερού

Οι χρονικές μεταβολές της θερμοκρασίας του νερού την χρονική περίοδο από 13 Αυγούστου 2007 έως 3 Μαρτίου 2008 στη λίμνη Καστοριάς δίνονται στη Εικόνα 10. Η θερμοκρασία νερού στο επιφανειακό στρώμα της στήλης του νερού κυμάνθηκε μεταξύ 1° C έως 26°C. Η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε το μήνα Ιανουάριο 2008 και ήταν 1°C ενώ η υψηλότερη τιμή το μήνα Αύγουστο 2007 και ήταν 26°C.

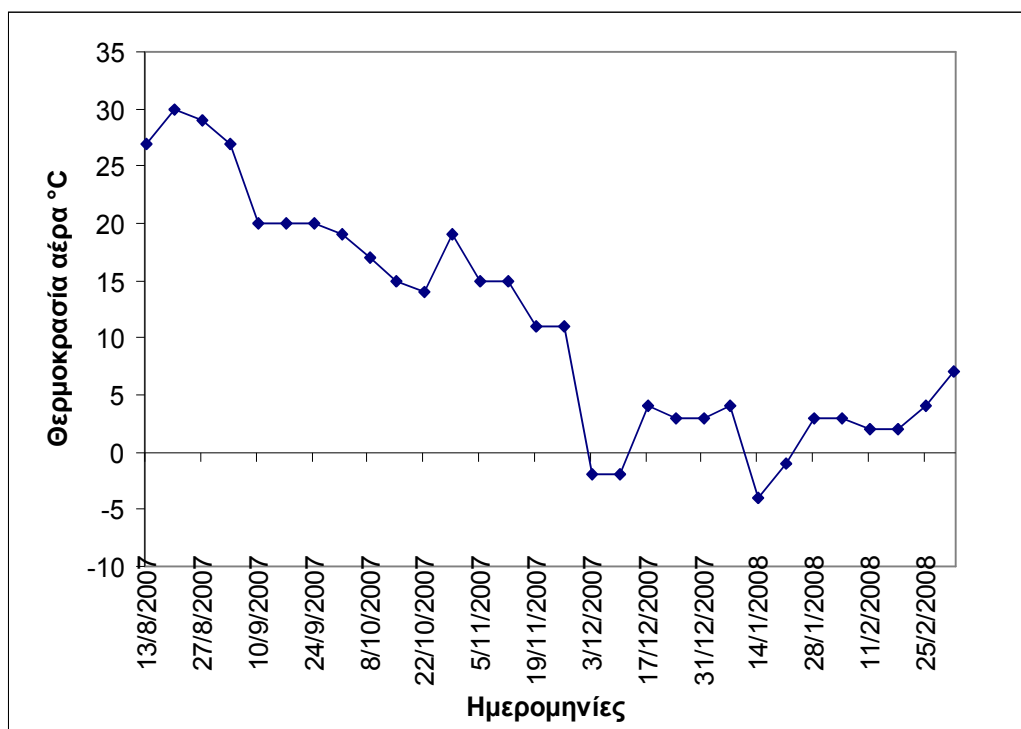


Εικόνα 10. Χρονικές μεταβολές της θερμοκρασίας του νερού στο επιφανειακό στρώμα νερού στη λίμνη Καστοριάς τη χρονική περίοδο από 13 Αυγούστου 2007 έως 3 Μαρτίου 2008.

3.2.2 Μετεωρολογικοί παράγοντες

Θερμοκρασία αέρα

Η μέση μηνιαία τιμή της θερμοκρασίας του αέρα σύμφωνα με τα στοιχεία που παραχωρήθηκαν από τη (Ε.Μ.Υ.) του Ν. Καστοριάς κατά την χρονική περίοδο από 13 Αυγούστου 2007 έως 3 Μαρτίου 2008 κυμάνθηκε μεταξύ -4°C έως 30°C (Εικόνα 11). Η χαμηλότερη τιμή της θερμοκρασίας αέρα καταγράφηκε το μήνα Ιανουάριο 2008 (-4°C) και η υψηλότερη τιμή το μήνα Αύγουστο 2007 (30°C).

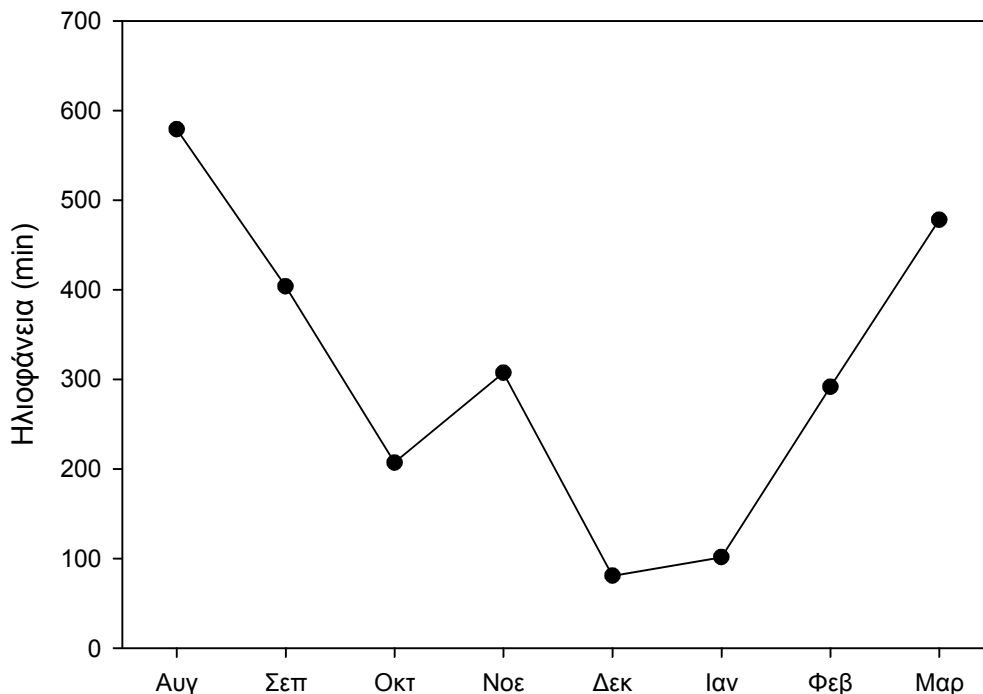


Εικόνα 11. Χρονικές μεταβολές της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας αέρα τη χρονική περίοδο από 13 Αυγούστου 2007 έως 3 Μαρτίου 2008.

Ηλιοφάνεια

Οι τιμές της μέσης μηνιαίας ηλιοφάνειας που καταγράφηκαν στον Ν. Καστοριάς κατά τη χρονική περίοδο από 13 Αυγούστου 2007 έως 3 Μαρτίου 2008 κυμάνθηκε μεταξύ 578,9 min έως 80,7 min (Εικόνα 12). Η

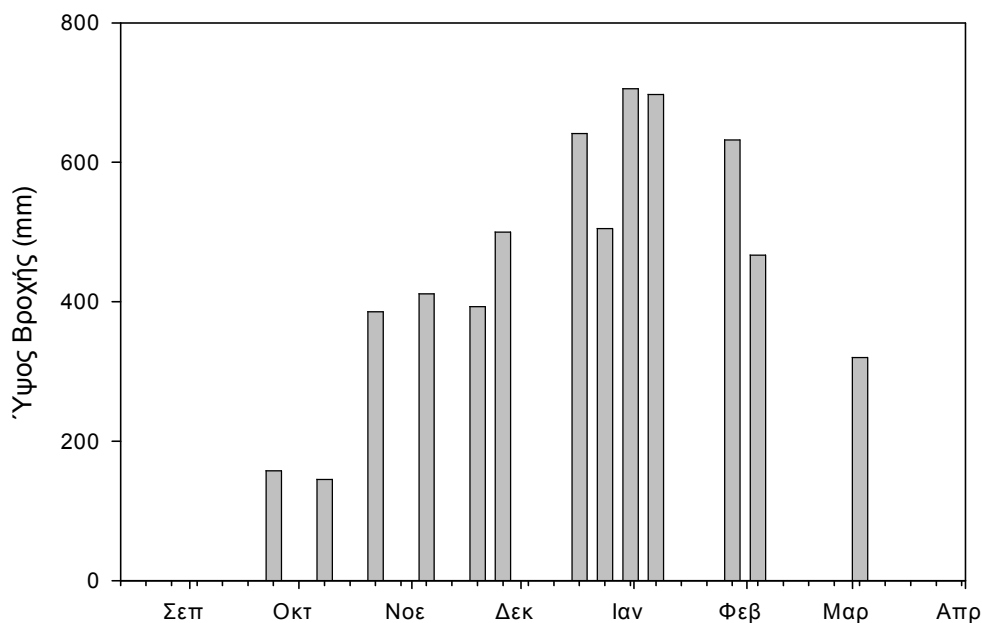
υψηλότερη τιμή καταγράφηκε το μήνα Αύγουστο 2007 (578,9 min) και η χαμηλότερη το μήνα Δεκέμβριο 2007 (80,7 min).



Εικόνα 12. Χρονικές μεταβολές της μέσης μηνιαίας ηλιοφάνειας τη χρονική περίοδο από 13 Αυγούστου 2007 έως 3 Μαρτίου 2008.

Ύψος βροχής

Οι τιμές της μέσης ημερήσιας βροχόπτωσης που καταγράφηκαν στον Ν. Καστοριάς κατά τη χρονική περίοδο από 13 Αυγούστου 2007 έως 3 Μαρτίου 2008 κυμάνθηκε μεταξύ 705,9 mm έως 145,3 mm (Εικόνα 13). Οι υψηλότερες τιμές καταγράφηκαν τους μήνες Δεκέμβριο 2007, Ιανουάριο και Φεβρουάριο 2008 (705,9 mm) και οι χαμηλότερες τους μήνες Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Νοέμβριο 2007 και Μάρτιο 2008 (145,3mm).

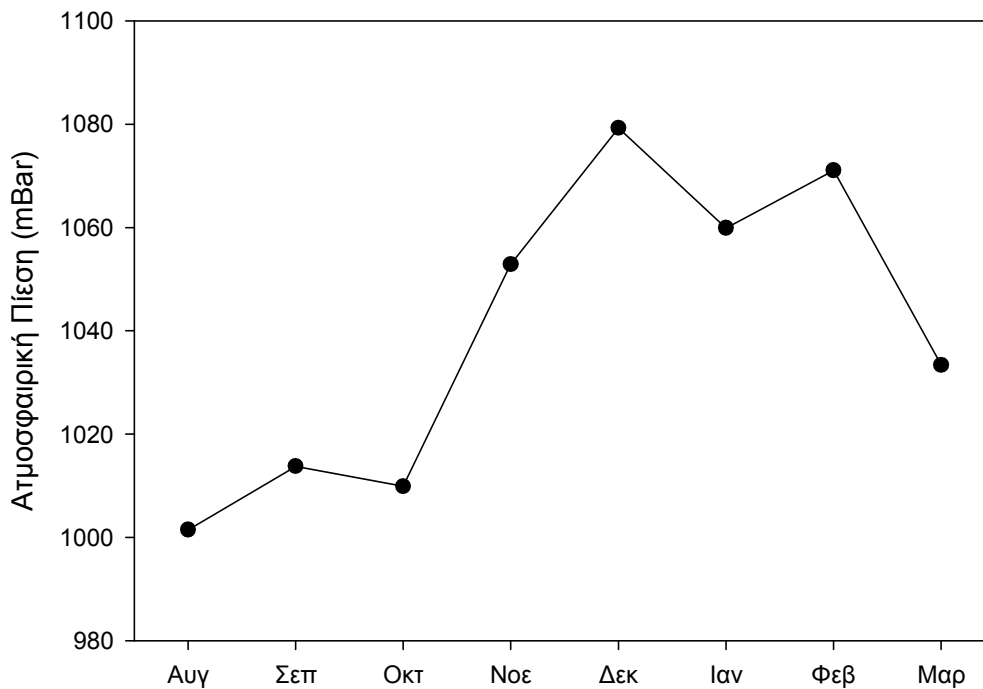


Εικόνα 13. Χρονικές μεταβολές της μέσης ημερήσιας βροχόπτωσης τη χρονική περίοδο από 13 Αυγούστου 2007 έως 3 Μαρτίου 2008.

Ατμοσφαιρική Πίεση

Οι τιμές της ατμοσφαιρικής πίεσης που καταγράφηκαν στον Ν. Καστοριάς κατά τη χρονική περίοδο από 13 Αυγούστου 2007 έως 3 Μαρτίου 2008 κυμάνθηκε μεταξύ 1079,3 mBar έως 1001,5 mBar (Εικόνα 14).

Οι υψηλότερες τιμές καταγράφηκαν τους μήνες Νοέμβριο, Δεκέμβριο, Ιανουάριο και Φεβρουάριο 2008 (1079,3 mBar) και οι χαμηλότερες τους μήνες Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο 2007 και Μάρτιο 2008 (1001,5 mBar).



Εικόνα 14. Χρονικές μεταβολές της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας αέρα τη χρονική περίοδο από 13 Αυγούστου 2007 έως 3 Μαρτίου 2008.

3.2.3 Κυανοβακτήρια

Αριθμός ειδών κυανοβακτηρίων

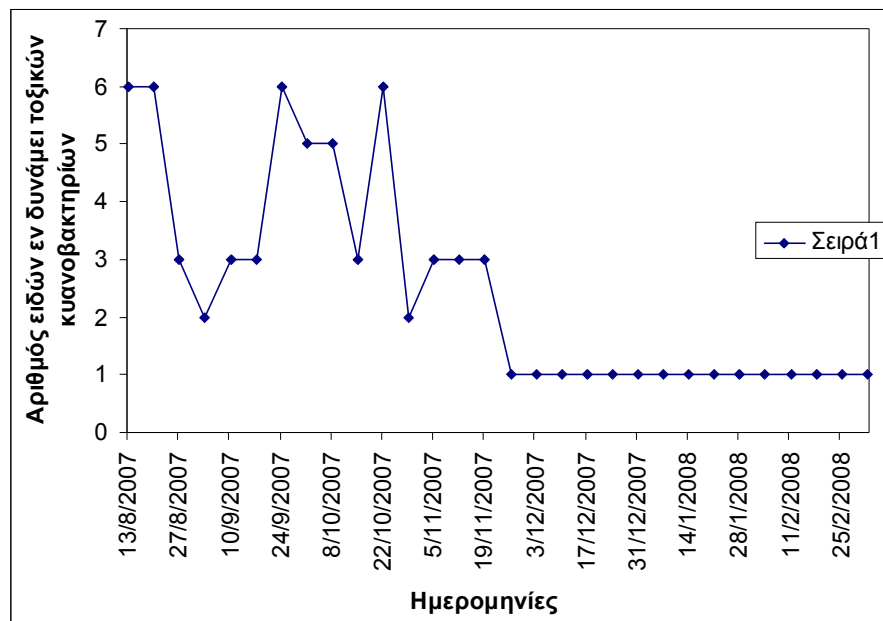
Η μεταβολή του αριθμού των κυανοβακτηριακών ειδών για κάθε μία τάξη χωριστά (Chroococcales, Oscillatoriales, Nostocales), δίνεται στην Εικόνα 15. Ο αριθμός των ειδών και των τριών τάξεων παρουσιάζει αυξομειώσεις.

Μέγιστες τιμές σημειώθηκαν για τα Chroococcales την περίοδο 20 Αυγούστου 2007 (9 είδη, Εικόνα 15α) για τα Oscillatoriales την περίοδο 24 Σεπτεμβρίου, 15 Οκτωβρίου και 22 Οκτωβρίου 2007 (4 είδη, Εικόνα 15β), και τέλος για τα Nostocales την περίοδο 20 Αυγούστου, 10 Σεπτεμβρίου και 24 Σεπτεμβρίου 2007 (5 είδη, Εικόνα 15γ).

Ελάχιστες τιμές σημειώθηκαν για τα Chroococcales την περίοδο από 26 Νοεμβρίου 2007 έως 3 Μαρτίου 2008 (1 είδος, Εικόνα 15α) εκτός από την ημερομηνία 28 Ιανουαρίου που εμφανίστηκαν 2 είδη. Για τα Oscillatoriales την περίοδο 26 Νοεμβρίου και 3 Δεκεμβρίου 2007 (0 είδη, Εικόνα 15β), και για τα Nostocales την περίοδο από 26 Νοεμβρίου 2007 έως 3 Μαρτίου 2008 (0 είδη, Εικόνα 15γ).

Αριθμός ειδών εν δυνάμει τοξικών κυανοβακτηρίων

Στην Εικόνα 16, δίδεται η μεταβολή του αριθμού των ειδών των εν δυνάμει τοξικών κυανοβακτηρίων, καθόλη τη διάρκεια των δειγματοληψιών. Ο αριθμός των εν δυνάμει τοξικών ειδών κυμάνθηκε από 1 έως βείδη.



Εικόνα 16. Αριθμός ειδών εν δυνάμει τοξικών κυανοβακτηρίων που παρατηρήθηκε σε δείγματα πλαγκτού που συλλέχθηκαν από το επιφανειακό στρώμα της Λίμνης Καστοριάς, τη χρονική περίοδο 13 Αυγούστου 2007 έως 3 Μαρτίου 2008.

Οι υψηλότερες τιμές σημειώνονται την περίοδο 13 Αυγούστου, 20 Αυγούστου, 24 Σεπτεμβρίου και 22 Οκτωβρίου 2007 (εμφάνιση 6 ειδών), και

οι χαμηλότερες τιμές σημειώνονται την περίοδο από 26 Νοεμβρίου 2007 έως 3 Μαρτίου 2008 (εμφάνιση 1 είδους).

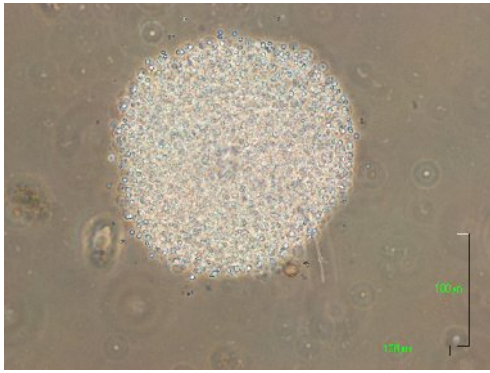
Σύνθεση των κυανοβακτηρίων

Στον Πίνακα 2 δίνεται αναλυτικά η παρουσία-απουσία του κάθε είδους σε κάθε ημέρα δειγματοληψίας ξεχωριστά. Παρατηρούμε ότι η απουσία – παρουσία των ειδών εμφανίζει μεταβολές κατά την χρονική περίοδο της παρούσας έρευνας. Με βάση τη συχνότητα εμφάνισης των ειδών κατά την διάρκεια της έρευνας διακρίθηκαν τρεις ομάδες κυανοβακτηρίων:

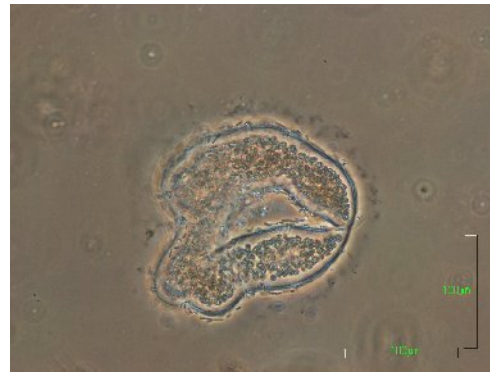
Είδη τα οποία ήταν παρόντα στα δείγματα σε ποσοστό μεγαλύτερο του 80%. Τα είδη αυτά χαρακτηρίστηκαν ως **κυρίαρχα** και είναι μόνο το κυανοβακτήριο *Microcystis aeruginosa* (Εικόνα 17α). Σημειώνεται ότι το *Microcystis aeruginosa*, είναι εν δυνάμει τοξικό.

Είδη τα οποία ήταν παρόντα σε ποσοστό που κυμαινόταν από 21-80%. Τα είδη αυτά χαρακτηρίστηκαν ως **ενδιάμεσα** και είναι τα εξής:

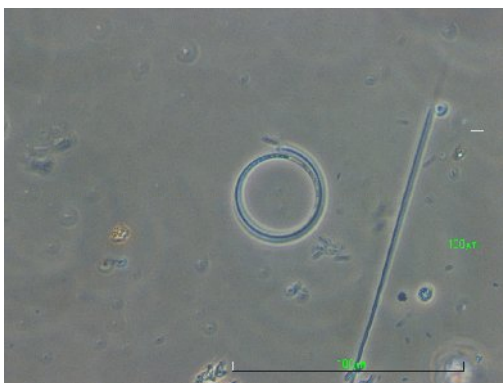
- 1. *Aphanocapsa elachista***
- 2. *Aphanocapsa endophytica***
- 3. *Microcystis flos-aquae***
- 4. *Microcystis ichthyoblabe***
- 5. *Microcystis novacekii***
- 6. *Microcystis wesenbergii*** (Εικόνα 17β)
- 7. *Snowella lacustris***
- 8. *Limnothrix redekeii*** (Εικόνα 17δ)
- 9. *Planktolyngbya contorta*** (Εικόνα 17γ)
- 10. *Planktolyngbya limnetica*** (Εικόνα 17γ)
- 11. *Pseudanabaena musicula***
- 12. *Anabaena bergii***
- 13. *Anabaena affinis***
- 14. *Anabaena flos-aquae*** (Εικόνα 17ε)
- 15. *Aphanizomenon flos-aquae***
- 16. *Aphanizomenon issatchenkoi***



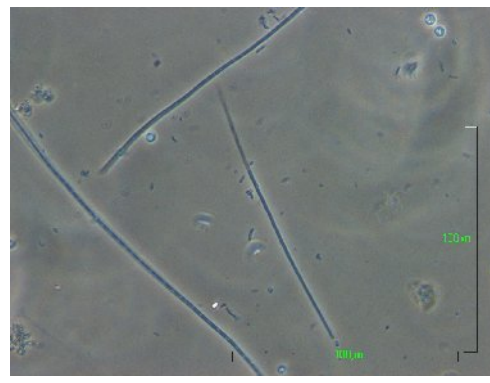
α. *Microcystis aeruginosa* (Φώτο: Κ. Πετροπούλου)



β. *Microcystis wesenbergii* (Φώτο: Κ. Πετροπούλου)



γ. *Planktolyngbya contorta* και *P. limnetica* (Φώτο: Κ. Πετροπούλου)



δ. *Limnothrix redekeii* (Φώτο: Κ. Πετροπούλου)



ε. *Anabaena flos-aquae* (Φώτο: Κ. Πετροπούλου)



στ. *Cylandrospermopsis raciborskii* (Φώτο: Κ. Πετροπούλου)

Εικόνα 17. Είδη κυανοβακτηρίων των τάξεων Chroococales (α, β), Oscillatoriales (γ, δ) και Nostocales (ε, στ), που παρατηρήθηκαν στη λίμνη της Καστοριάς κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας.

Σημειώνεται ότι 5 από τα παραπάνω είδη, τα: *Microcystis ichthyoblabe*, *Microcystis novacekii*, *Microcystis wesenbergii*, (Εικόνα 17β) *Anabaena flos-aquae* (Εικόνα 17α) και *Aphanizomenon flos-aquae* είναι εν δυνάμει τοξικά.

Είδη τα οποία ήταν παρόντα στα δείγματα σε ποσοστό μικρότερο του 20%. Τα είδη αυτά χαρακτηρίστηκαν ως **σπάνια** και είναι τα *Pannus spumousus* και *Cylindrospermopsis raciborskii* (Εικόνα 17στ). Σημειώνεται ότι το *Cylindrospermopsis raciborskii* είναι εν δυνάμει τοξικό.

Ο αριθμός ειδών των κυρίαρχων ήταν 1 είδος, των ενδιάμεσων κυμάνθηκε από 2 έως 16 είδη ενώ των σπάνιων από 1 έως 2 είδη.

	3/12/07	10/12/07	17/12/07	24/12/07	31/12/07	7/1/08	14/1/08	21/1/08	28/1/08	4/2/08	11/2/08	18/2/08	25/2/08	3/3/08	Ποσοστό %	Κατηγορία
Chroococcales															36,6	Ε
<i>Alphanocapsa elachista</i>															23,3	Ε
<i>Alphanocapsa endophytica</i>															43,3	Ε
<i>Microcystis aeruginosa</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	Κ
<i>Microcystis flos-aquae</i>									1						20	Ε
<i>Microcystis ichthyoblabe</i>															30	Ε
<i>Microcystis novacekii</i>															33,3	Ε
<i>Microcystis wesenbergii</i>															3,3	Σ
<i>Pannus spumousus</i>															30	Ε
<i>Snowella lacustris</i>															30	Ε
Oscillatoriales																
<i>Limnothrix redekei</i>															66,6	Ε
<i>Planktolyngbya contorta</i>		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	63,3	Ε
<i>Planktolyngbya limnetica</i>		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20	Ε
<i>Pseudanabaena musicola</i>															46,6	Ε
Nostocales																
<i>Anabaena bergii</i>															20	Ε
<i>Anabaena affinis</i>															20	Ε
<i>Anabaena flos-aquae</i>															50	Ε
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>															26,6	Ε
<i>Aphanizomenon issatchenkoi</i>															3,3	Σ
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>																

3.3 ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΦΑΣΕΙΣ

3.3.1 Διάκριση Χρονικών Φάσεων με βάση την παρουσία/απουσία των ειδών

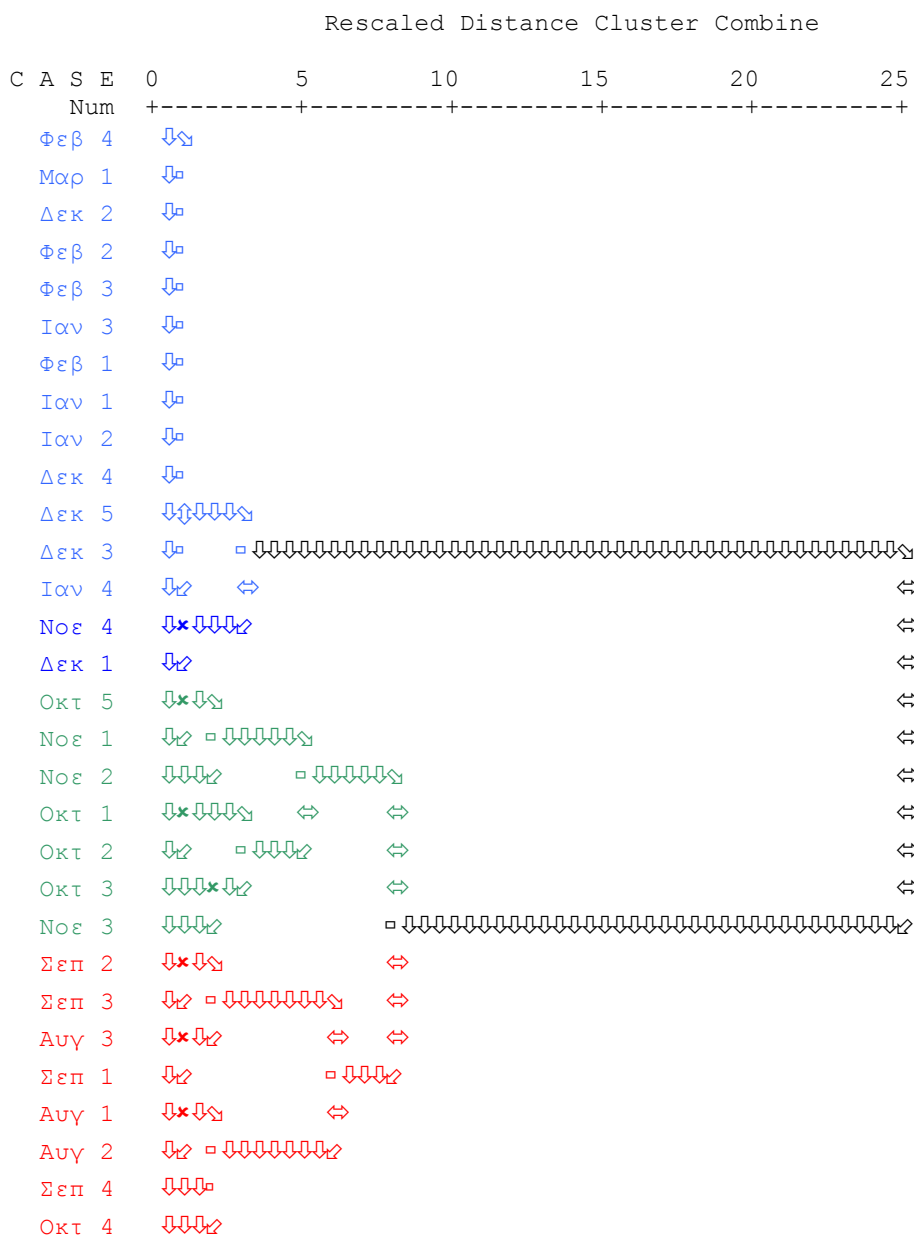
Εφαρμόστηκε η Ομαδοποιός Ανάλυση (Cluster Analysis) για να ελεγχθεί εάν είναι δυνατή η ομαδοποίηση των 30 ημερών δειγματοληψίας (13 Αυγούστου 2007 έως 3 Μαρτίου 2008) με βάση την παρουσία – απουσία των ειδών των κυανοβακτηρίων.

Στο δενδρόγραμμα που προέκυψε (Εικόνα 18) παρατηρήθηκαν τρεις ομάδες δεδομένων (Φάση I, II και III) όπου οι ημέρες δειγματοληψίας φαίνεται να ακολουθούν μία χρονική σειρά. Η Φάση I φαίνεται να διαρκεί από τον Αύγουστο έως τέλος Σεπτεμβρίου (από τις 13/8/07 - 24/9/07 ή Αυγ1 – Σεπ4), η Φάση II φαίνεται να διαρκεί από αρχές Οκτωβρίου έως τα μέσα του Νοεμβρίου (από τις 1/10/07 – 19/11/07 ή Οκτ1 – Νοε3) και η Φάση III φαίνεται να διαρκεί από τέλη Νοεμβρίου έως αρχές Μαρτίου (από τις 26/11/07 - 3/3/08 ή Δεκ1 – Μαρ1). Εξαιρέση αποτελεί η ημέρα δειγματοληψίας με τον κωδικό Οκτ4 (Εικόνα 18) η οποία αν και χρονικά ανήκει στη Φάση II εντούτοις ομαδοποιείται με τις ημέρες της Φάσης I. Προκειμένου να ακολουθηθεί η χρονική σειρά των ημερών δειγματοληψίας, η ημέρα δειγματοληψίας Οκτ4 εντάχθηκε στη Φάση II και όχι στη Φάση I.

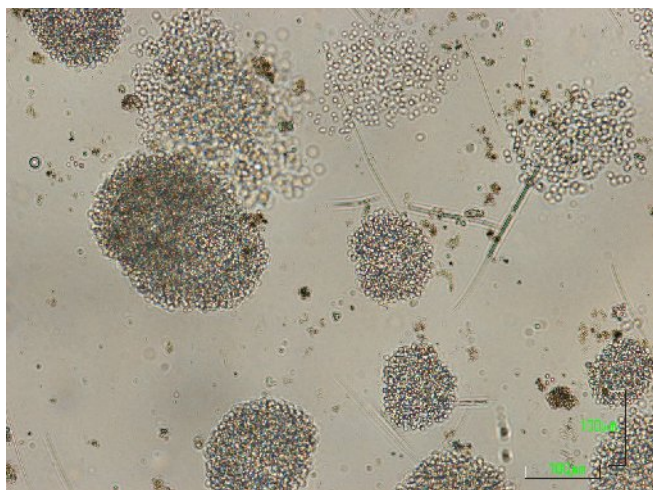
Εάν υπολογίσουμε το αριθμό των κυανοβακτηριακών ειδών και τη σύνθεση του φυτοπλαγκτού σε κάθε μία χρονική Φάση ξεχωριστά, παρατηρούμε ότι:

Η Φάση I χαρακτηρίζεται από: α) υψηλό συνολικό αριθμό κυανοβακτηριακών ειδών (συνολικός αριθμός 18, Πίνακας 2), β) ο αριθμός ειδών της τάξης των Chroococcales (9 είδη) ήταν μεγαλύτερος έναντι των Nostocales (5 είδη) και των Oscillatoriales (4 είδη), γ) ο αριθμός των εν δυνάμει τοξικών ήταν 6 είδη. Στο φυτοπλαγκτό κατά τη διάρκεια της Φάσης I επικρατούν τα κυανοβακτήρια (άνθιση του νερού) σε σχέση με τις υπόλοιπες ταξινομικές ομάδες (π.χ. Χλωροφύκη, Διάτομα), (Εικόνα 19).

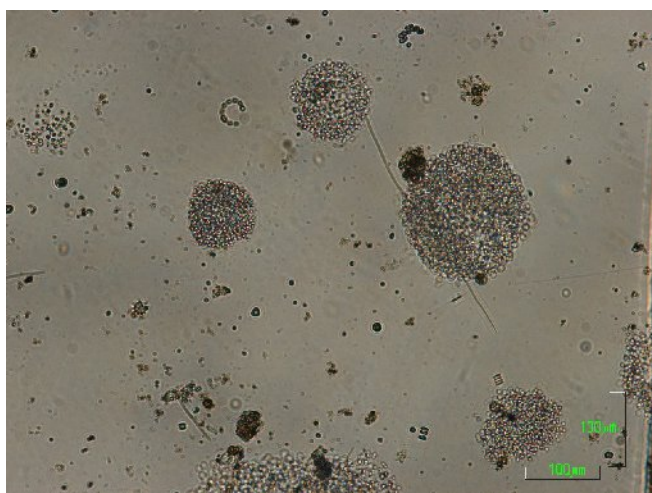
Dendrogram using Ward Method



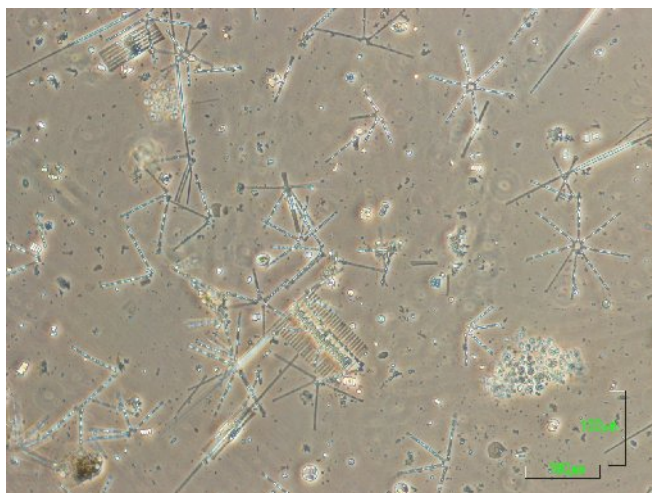
Εικόνα 18. Δενδρόγραμμα των 30 ημερών δειγματοληψίας (Αυγ1 – Μαρ1) που προέκυψε μετά την εφαρμογή της Ομαδοποιούς ανάλυσης. Η διάρκεια των τριών χρονικών Φάσεων (I, II και III) δίνεται με διαφορετικά χρώματα (κόκκινο, πράσινο και μπλε για τη Φάση I, II και III, αντίστοιχα).



Φάση I



Φάση II



Φάση III

Εικόνα 19. Φυτοπλαγκτό κατά τη διάρκεια των τριων χρονικών Φάσεων στη λίμνη της Καστοριάς (Φωτο: Κ. Πετροπούλου).

Η Φάση II χαρακτηρίζεται από: α) τον ίδιο με τη Φάση I συνολικό αριθμό κυανοβακτηριακών ειδών (συνολικός αριθμός 18, Πίνακας 2), β) ο αριθμός ειδών της τάξης των Chroococcales (8 είδη), και των Nostocales (6 είδη) ήταν μεγαλύτερος έναντι των Oscillatoriales (4 είδη), γ) ο αριθμός των εν δυνάμει τοξικών ήταν 7 είδη. Στο φυτοπλαγκτό κατά τη διάρκεια της Φάσης II επικρατούν και πάλι τα κυανοβακτήρια σε σχέση με τις υπόλοιπες ταξινομικές ομάδες (π.χ. Χλωροφύκη, Διάτομα), ωστόσο μειώνεται η αφθονία τους (Εικόνα 19).

Η Φάση III χαρακτηρίζεται από: α) μείωση του συνολικού αριθμού των κυανοβακτηριακών ειδών (συνολικός αριθμός 4 είδη) σε σχέση με τις Φάσεις I και II, β) ο αριθμός ειδών της τάξης των Chroococcales και Oscillatoriales μειώνεται σε σχέση με τις Φάσεις I και II (2 είδη, για κάθε μία τάξη ξεχωριστά) ενώ απουσίαζαν είδη της τάξης των Nostocales (0 είδη), γ) ο αριθμός των εν δυνάμει τοξικών ήταν 1 είδος. Στο φυτοπλαγκτό, κατά τη διάρκεια της Φάσης III, μειώνεται σημαντικά η αφθονία των κυανοβακτηρίων ενώ επικρατούν είδη που ανήκουν στα Διάτομα (Εικόνα 19).

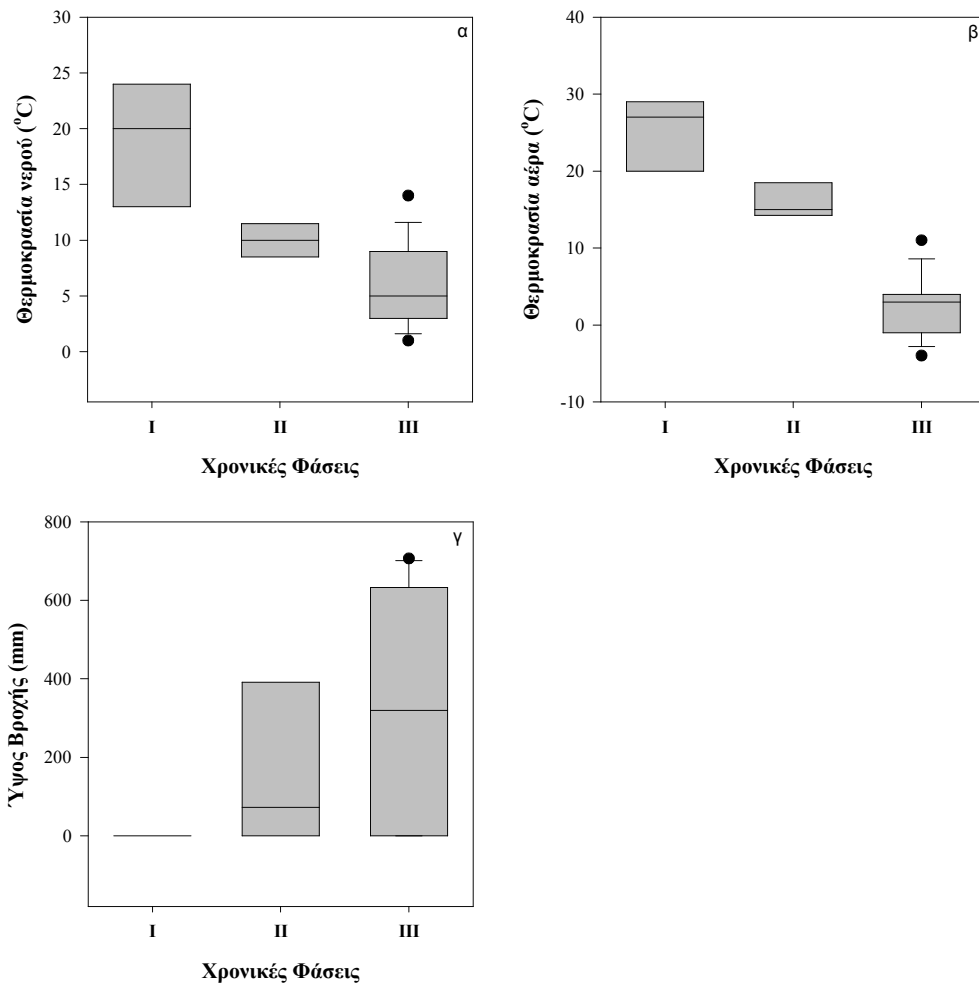
3.3.2 Θερμοκρασία νερού – Μετεωρολογικοί παράγοντες και Χρονικές Φάσεις

Οι τιμές της θερμοκρασίας του νερού και των μετεωρολογικών παραγόντων θερμοκρασία αέρα, ηλιοφάνεια, ύψος βροχής, ατμοσφαιρική πίεση φαίνεται να διαφοροποιούνται μεταξύ των τριών χρονικών Φάσεων. Ειδικότερα:

Φάση I: Οι τιμές της θερμοκρασίας του νερού κυμάνθηκαν από 11 έως 26 °C (Εικόνα 20α), της θερμοκρασία αέρα από 20 έως 30 °C (Εικόνα 20β) ενώ δεν υπήρχε καθόλου βροχόπτωση (Εικόνα 20γ). Η ηλιοφάνεια ήταν υψηλή (Εικόνα 12) και οι τιμές της ατμοσφαιρικής πίεσης σχετικά χαμηλές (Εικόνα 14).

Φάση II: Οι τιμές της θερμοκρασίας του νερού και της θερμοκρασία του αέρα μειώνονται σε σχέση με τη Φάση I και κυμαίνονται από 8 έως 14 °C

(Εικόνα 20α) και από 11 έως 19 °C (Εικόνα 20β), αντίστοιχα. Στη Φάση II παρατηρούνται βροχοπτώσεις (Εικόνες 13 και 20γ) με συχνότητα 1 βροχόπτωση ανά 15 περίπου ημέρες. Η χρονική διάρκεια της ηλιοφάνειας μειώνεται (Εικόνα 12) ενώ οι τιμές της ατμοσφαιρικής πίεσης αυξάνονται σημαντικά (Εικόνα 14).



Εικόνα 20. Διάμεσος, 10^ο, 25^ο, 75^ο και 90^ο ποσοστιαίο σημείο και ακραίες τιμές (Box και whisker plot) των τιμών: α) της θερμοκρασίας του νερού β) της θερμοκρασίας του αέρα και γ) του ύψους βροχής τη χρονική περίοδο από 13 Αυγούστου 2007 έως 3 Μαρτίου 2008.

Φάση III: Οι τιμές της θερμοκρασίας του νερού και της θερμοκρασία του αέρα μειώνονται σε σχέση με τις Φάσης I και II και κυμαίνονται από 1 έως 14 °C (Εικόνα 20α) και από -4 έως 7 °C (Εικόνα 20β), αντίστοιχα. Στη Φάση III οι βροχοπτώσεις είναι εντονότερες και με μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης σε σχέση με τη Φάση II (Εικόνες 13 και 20γ). Η χρονική διάρκεια της ηλιοφάνειας αρχικά μειώνεται και παρατηρείται αύξηση το Μάρτιο 2008 (Εικόνα 12) ενώ οι τιμές της ατμοσφαιρικής πίεσης αρχικά αυξάνονται και παρατηρείται μείωση το Μάρτιο 2008 (Εικόνα 14).

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 ΤΑΞΙΝΟΜΙΚΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΙ

Στην παρούσα έρευνα προσδιορίστηκαν 19 είδη κυανοβακτηρίων (Εικόνα 9), εκ των οποίων 9 είδη (47%) ανήκουν στην τάξη Chroococcales, 4 είδη (21%) στην τάξη Oscillatoriales και 6 είδη (32%) στην τάξη Nostocales.

Πληροφορίες σχετικά με τη σύνθεση ή και τη δυναμική των κυανοβακτηρίων στη λίμνη της Καστοριάς υπάρχουν από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα έως το 2005 (Stancovic 1931, Skuja 1937, Ovevski et al. 1975, Lanaras et al. 1989, Hindak 1992, Vardaka et al. 2000, Cook et al. 2004, Vardaka et al. 2005, Moustaka-Gouni et al. 2006, Moustaka-Gouni et al. 2007, Κατσιάπη 2007). Όλα τα κυανοβακτήρια που παρατηρήθηκαν στο φυτοπλαγκτό της λίμνης Καστοριάς κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας έχουν αναφερθεί από τους παραπάνω ερευνητές.

Από το σύνολο των ειδών που αναγνωρίστηκαν κατά την διάρκεια της παρούσας έρευνας στη λίμνη Καστοριάς, τα *Microcystis aeruginosa* (Εικόνα 17β), *Microcystis ichthyoblabe*, *Microcystis novacekii*, *Microcystis wesenbergii* (Εικόνα 17β), *Anabaena flos-aquae* (Εικόνα 17ε), *Aphanizomenon flos-aquae*, *Cylindrospermopsis raciborskii* (Εικόνα 17στ) αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως εν δυνάμει τοξικά (Sivonen & Jones 1999 Lanaras et al., 1989, Ostuka et al., 1999).

4.2 ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ

4.2.1 Αριθμός ειδών κυανοβακτηρίων

Η μεταβολή του αριθμού των κυανοβακτηριακών ειδών για κάθε μία τάξη χωριστά (Chroococcales, Oscillatoriales, Nostocales), στη λίμνη Καστοριάς παρουσίασε μεταβολές κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας (Πίνακα 2). Ο αριθμός ειδών της τάξης των Chroococcales παρουσίασε μέγιστο 9 είδη το μήνα Αύγουστο (20/08/07) (Εικόνα 15α), των Oscillatoriales

4 είδη τους μήνες Σεπτέμβριο, Οκτώβριο (24/09/07, 15/10/17) (Εικόνα 15β) ενώ των Nostocales 5 είδη τους μήνες Αύγουστο, Σεπτέμβριο (20/08/07, 10/09/07, 24/09/07) (Εικόνα 15γ).

4.2.2 Τοξικά κυανοβακτήρια

Η παρουσία των τοξικών κυανοβακτηρίων σε υδάτινα οικοσυστήματα που χρησιμοποιούνται για ύδρευση και αναψυχή αντιμετωπίζεται σοβαρά σε παγκόσμια κλίμακα και απασχολεί τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (Π.Ο.Υ), (Falconer et al., 1999).

Ο αριθμός των εν δυνάμει κυανοβακτηριακών ειδών, στη λίμνη Καστοριάς, παρουσίασε μεταβολές κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας (Εικόνα 16). Ο αριθμός 6 είδη ήταν ο μέγιστος και ο αριθμός 1 είδος ήταν ο ελάχιστος. Κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας εν δυνάμει τοξικά είδη κυανοβακτηρίων ήταν παρόντα στη στήλη του νερού τόσο κατά την περίοδο καλοκαίρι-φθινόπωρο, η οποία χαρακτηρίζεται από την επικράτηση των κυανοβακτηρίων στο λιμναίο φυτοπλαγκτό (Reynolds 1993, Reynolds et al. 2002) αλλά επίσης και την περίοδο του χειμώνα (Πίνακας 2). Η παρουσία τοξικών κυανοβακτηρίων καθώς και κυανοβακτηριακών τοξινών καθόλη τη διάρκεια του έτους διαπιστώθηκε στη λίμνη της Καστοριάς και από άλλους ερευνητές (Βαρδάκα 2001)

Οι παρατηρήσεις αυτές οδηγούν στην διαπίστωση της παρουσίας ενός παράγοντα κινδύνου με συνεχή παρουσία τόσο τη θερινή αλλά ακόμη και την χειμερινή περίοδο στη λίμνη Καστοριάς και ενισχύουν την αναγκαιότητα παρακολούθησης της δυναμικής των εν δυνάμει τοξικών κυανοβακτηρίων καθόλη τη διάρκεια του έτους.

4.2.3 Σύνθεση Ειδών

Η σύνθεση ειδών των κυανοβακτηρίων κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας παρουσίασε μεταβολές. Με βάση τη συχνότητα εμφάνισης των ειδών κατά τη διάρκεια της έρευνας διακρίθηκαν τρεις ομάδες κυανοβακτηρίων, 1 είδος ήταν κυρίαρχο, 16 είδη ήταν ενδιάμεσα και 2 είδη σπάνια.

Σημειώνεται ότι από τα εν δυνάμει τοξικά κυανοβακτήρια 1 είδος ήταν

κυρίαρχο (*Microcystis aeruginosa*) (Εικόνα 17α), 5 είδη ήταν ενδιάμεσα (*Microcystis ichthyoblabe*, *Microcystis novacekii*, *Anabaena flos-aquae* (Εικόνα 17ε), *Aphanizomenon flos-aquae*, *Cylinodrospermopsis raciborskii* (Εικόνα 17στ) και 1 σπάνιο (*Microcystis wesenbergii*) (Εικόνα 17β).

Το κυρίαρχο είδος *Microcystis aeruginosa* (Εικόνα 17α) ευνοείται τόσο σε συνθήκες στρωμάτωσης όσο και σε συνθήκες ανάμειξης της στήλης του νερού (Μουστάκα 1988, Tryfon et al. 1997, Vardaka et al. 2000).

Από τα ενδιάμεσα είδη τα *Snowella lacustris*, *Planktolyngbya contorta* (Εικόνα 17γ) και *Planktolyngbya limnetica* (Εικόνα 17γ) ευνοούνται κυρίως σε συνθήκες ανάμειξης για να ρυθμίζουν τη θέση τους στη στήλη του νερού διότι δεν φέρουν αεροτόπια στα κύτταρα τους, ωστόσο μειώνουν στο ελάχιστο τη ταχύτητα βύθισης σε συνθήκες στρωμάτωσης είτε επειδή διαθέτει βλεννώδη θήκη η αποικία τους είτε διότι έχουν μεμονωμένα νήματα με μικρό μέγεθος (Μουστάκα 1988).

Το είδος *Limnothrix redekeii* (Εικόνα 17δ) χαρακτηρίζεται από την ικανότητα ρύθμισης της πλευστότητάς του με αεροτόπια, είναι ανθεκτικό στην ανάμειξη, στη σκίαση και τη βόσκηση από το ζωοπλαγκτό και έχει την ικανότητα ανάπτυξης σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών (Reynolds et al. 2002).

Τα είδη του γένους *Aphanizomenon* είναι ευαίσθητα σε συνθήκες ανάμειξης και χαμηλού φωτός και ευνοούνται σε υψηλές θερμοκρασίες (Μουστάκα 1988, Τρύφων 1994, Reynolds et al. 2002). Τα νηματοειδή *Anabaena flos-aquae* (Εικόνα 17ε) και *Cylindrospermopsis raciborskii* (Εικόνα 17στ) διαθέτουν αεροτόπια, τα οποία τους δίνουν τη δυνατότητα να ρυθμίζουν τη θέση του στη στήλη του νερού και ευνοούνται κυρίως σε υψηλές τιμές θερμοκρασίας και φωτός και όταν δεν επικρατεί ανάμειξη της στήλης. Επιπρόσθετα, οι βροχοπτώσεις έχουν ανασταλτική επίδραση στη ανάπτυξη τους ενώ πτώση των πληθυσμών τους παρατηρείται με μείωση της θερμοκρασίας του νερού (Μουστάκα 1988, Τρύφων 1994, Vardaka et al. 2000, Reynolds et al. 2002).

4.2.4 Περιβαλλοντικοί παράγοντες

Κατά τη διάρκεια της παρούσας εργασίας παρατηρήθηκαν μεταβολές των παραγόντων του κλίματος. Συγκεκριμένα, η θερμοκρασία του αέρα παρουσίασε σταδιακή μείωση από 30 έως -4 και το πρότυπο μεταβολής της ήταν παρόμοιο με αυτό της θερμοκρασίας του νερού (Εικόνες 10, 11). Ο χρόνος ηλιοφάνειας κυμάνθηκε σε υψηλές τιμές κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ενώ οι χαμηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν τις ημέρες που σημειώθηκε βροχόπτωση (Εικόνες 12,13).

Οι χαμηλότερες τιμές της ατμοσφαιρικής πίεσης παρατηρήθηκαν τις ημέρες που σημειώθηκε υψηλή βροχόπτωση (Εικόνες 14, 13). Η ατμοσφαιρική πίεση σχετίζεται αντιστρόφως ανάλογα και με ένα άλλο παράγοντα του κλίματος, την ταχύτητα των ανέμων. Συνήθως σε χαμηλές τιμές ατμοσφαιρικής πίεσης παρατηρείται αύξηση της ταχύτητας του ανέμου (Μουστάκα-Γούνη 1997). Βροχοπτώσεις σημειώθηκαν από τον Οκτώβρη 2007 μέχρι τον Μάρτιο 2008, οι οποίες ήταν εντονότερες και με μεγαλύτερη συχνότητα κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου (Εικόνες 13). Οι βροχοπτώσεις που έχουν ως αποτέλεσμα μεγαλύτερες εισροές στη λίμνη σε συνδυασμό με τον κυματισμό λόγω ανέμων, μπορούν να δημιουργήσουν ανααιώρηση του ιζήματος, περισσότερο αιωρούμενο υλικό και μείωση της διαπερατότητας του φωτός στο νερό ρηχών περιοχών (βάθος στο σημείο δειγματοληψίας στην παρούσα έρευνα < 1 m) και επακόλουθη απελευθέρωση θρεπτικών στην εύφωτη ζώνη (Μουστάκα 1988, Reynolds et al. 2002).

4.2.5 Χρονικές φάσεις

Είναι γνωστό ότι οι φυτοπλαγκτικοί οργανισμοί, κυρίως λόγω του μικρού χρόνου γενεάς τους, μπορούν και αποκρίνονται άμεσα σε μεταβολές των παραγόντων του κλίματος. Η απόκριση αυτή μπορεί να εκφραστεί με την εμφάνιση αλλαγών σε επίπεδο σύνθεσης, αφθονίας και βιομάζας των φυτοπλαγκτικών ειδών (Sommer et al. 1993, Rojo & Alvarez-Cobelas 2001).

Στην παρούσα εργασία έγινε προσπάθεια να ελεγχθεί εάν η σύνθεση των ειδών μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο απόκρισης των κυανοβακτηρίων σε μεταβολές των μετεωρολογικών παραγόντων.

Με βάση τη παρουσία – απουσία των ειδών (Πίνακας 2) παρατηρήθηκαν 3 διακριτές χρονικές Φάσεις (Φάση I, II και III) με διάρκεια 2 μηνών (Αύγουστος – Σεπτέμβριος), 1 μήνας και 19 ημέρες (Οκτώβριος – μέσα Νοεμβρίου) και 3 μήνες και 15 ημέρες (μέσα Νοεμβρίου έως αρχές Μαρτίου), αντίστοιχα. Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της κάθε Φάσης δίνονται στον πίνακα 3.

Πίνακας 3. Κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα (βιολογικοί και μετεωρολογικοί παράγοντες) των τριών χρονικών Φάσεων που διακρίθηκαν με βάση την παρουσία – απουσία των ειδών των κυανοβακτηρίων κατά τη κατά τη χρονική περίοδο 13/8/07 έως 3/3/08 στη λίμνη Καστοριάς. Με βέλη συμβολίζονται οι σχετικές τάσεις αύξησης (↑), μείωσης (↓) ή μη μεταβολής (→) των παραγόντων καθώς μεταβαίνουμε από την μία φάση στην επόμενη. Η απουσία βέλους συμβολίζει ότι οι τιμές του παράγοντα ήταν μηδενικές. Η παρουσία διπλού βέλους τα ίδιας φοράς δηλώνει υψηλή αύξηση (↑↑) ή μείωση (↓↓), αντίστοιχα. Η παρουσία διπλού βέλους τα αντίθετης φοράς δηλώνει είτε αύξηση και στη συνέχεια μείωση (↑ - ↓) είτε μείωση και στη συνέχεια αύξηση (↓ - ↑).

Χαρακτηριστικά γνωρίσματα	ΦΑΣΗ I	ΦΑΣΗ II	ΦΑΣΗ III
Chroococcales	↑	→	↓↓
Oscillatoriales	↑	→	↓
Nostocales	↑	→	
Εν δυνάμει τοξικά είδη	↑	↑	↓
Θερμοκρασία νερού	↑	↓	↓
Θερμοκρασία αέρα	↑	↓	↓↓
Ύψος βροχής		↑	↑↑
Ατμοσφαιρική πίεση	↑	↑↑	↑ - ↓
Ηλιοφάνεια	↑	↓	↓ - ↑

Παρατηρούμε ότι στη Φάση I όπου σημειώνονται οι υψηλότερες τιμές θερμοκρασίες νερού, δεν υπάρχουν βροχοπτώσεις, η ατμοσφαιρική πίεση και η ηλιοφάνεια είναι υψηλές, στο φυτοπλαγκτό υπάρχουν κυρίως είδη κυανοβακτηρίων της τάξης των Chroococcales (κυρίως είδη του γένους *Microcystis*), τα οποία είναι ανταγωνιστικά τόσο σε συνθήκες στρωμάτωσης όσο και σε συνθήκες ανάμειξης της στήλης του νερού (Μουστάκα 1988, Tryfon et al. 1997, Vardaka et al. 2000, Reynolds et al. 2002). Χαρακτηριστικό είναι ότι η αφθονία των παραπάνω ειδών ήταν υψηλή με αποτέλεσμα να παρατηρηθεί το φαινόμενο της άνθισης του νερού (Εικόνα 19α). Στη Φάση I παρόντα στη στήλη του νερού ήταν επίσης είδη: α) τόσο της τάξης των Nostocales, τα οποία είναι ανταγωνιστικά σε συνθήκες ανάμειξης και υψηλού φωτός (π.χ. *Anabaena flos-aquae*, Reynolds et al. 2002), όσο β) και είδη της τάξης Oscillatoriales (π.χ. *Limnothrix redekei*) τα οποία έχουν την ικανότητα ανάπτυξης σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών και είναι ανθεκτικά σε συνθήκες ανάμειξης (Reynolds et al. 2002). Στη Φάση I παρατηρήθηκαν 6 εν δυνάμει τοξικά κυανοβακτήρια που ανήκουν και στις τρεις τάξεις (Πίνακας 3).

Στη Φάση II όπου εμφανίζονται οι βροχοπτώσεις παρατηρείται μείωση της θερμοκρασίας σχετικά με τη Φάση I. Ο αριθμός ειδών και των τριών τάξεων δεν μεταβάλλεται σημαντικά (Πίνακας 3) ωστόσο μεταβάλλεται η συχνότητα εμφάνισης των ειδών στη στήλη του νερού (Πίνακας 2). Για παράδειγμα: α) τα είδη *Microcystis aeruginosa* και *Aphanizomenon flos-aquae* εμφανίζουν συνεχή παρουσία στη στήλη του νερού όπως και στη Φάση I, β) τα είδη *Aphanocapsa endophytica* και *Aphanizomenon issatchenkoi* ενώ εμφανίζουν συνεχή παρουσία στη στήλη του νερού κατά τη διάρκεια της Φάσης I είναι σπάνια κατά τη Φάση II, ενώ γ) τα είδη *Microcystis novacekii* και *Pseudanabaena musicola* ενώ εμφανίζουν συνεχή παρουσία στη στήλη του νερού κατά τη διάρκεια της Φάσης II είναι σπορασική η εμφάνισή τους στο φυτοπλαγκτό κατά τη Φάση I (Πίνακας 2). Στη Φάση II ο αριθμός των εν δυνάμει τοξικών κυανοβακτηρίων ήταν 7 είδη.

Στη Φάση III όπου μειώνεται ακόμα περισσότερο η θερμοκρασία του νερού και σημειώνονται περισσότερες βροχοπτώσεις παρατηρείται μείωση

του αριθμού των κυανοβακτηρίων που ανήκουν στις τάξεις των Chroococcales και Oscillatoriales ενώ δεν παρατηρήθηκαν στη στήλη του νερού είδη της τάξης των Nostocales. Τα κυανοβακτήρια που ήταν παρόντα στη στήλη του νερού (π.χ. *Planktolyngbya contorta* και *Planktolyngbya limnetica*) είναι ανθεκτικά σε συνθήκες ανάμειξης και χαμηλού φωτισμού (Reynolds et al. 2002). Ο αριθμός των εν δυνάμει τοξικών μειώνεται και αυτός σε 1 μόνο είδος.

5. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη εργασία αυτή μελετήθηκε στη λίμνη της Καστοριάς, κατά την περίοδο από 13 Αυγούστου το 2007 μέχρι 3 Μαρτίου το 2008: α) η χρονική διακύμανση της σύνθεσης των κυανοβακτηρίων του φυτοπλαγκτού. Τα κυανοβακτήρια μελετήθηκαν σε επίπεδο πληθυσμών (είδη) και έγινε έλεγχος παρουσίας εν δυνάμει τοξικών οργανισμών, β) οι χρονικές μεταβολές του αριθμού των ειδών, γ) η απόκριση της σύνθεσης των κυανοβακτηρίων στις μεταβολές παραμέτρων του περιβάλλοντος.

Προσδιορίστηκαν 19 είδη κυανοβακτηρίων, εκ των οποίων 9 είδη (47%) ανήκουν στην τάξη Chroococcales, 4 είδη (21%) στην τάξη Oscillatoriales και 6 είδη (32%) στην τάξη Nostocales. Από το σύνολο των παραπάνω κυανοβακτηρίων ένα υψηλό ποσοστό (7 στα 19 είδη) αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως εν δυνάμει τοξικά.

Ο αριθμός των κυανοβακτηρίων των τριών τάξεων και η σύνθεση των ειδών παρουσίασαν μεταβολές κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας. Οι μεταβολές αυτές των κυανοβακτηρίων φαίνεται να επηρεάζονται τόσο από μεταβολές φυσικών παραμέτρων του νερού (π.χ. θερμοκρασία νερού) όπως και από μεταβολές μετεωρολογικών παραγόντων (π.χ. βροχόπτωση).

6. ABSTRACT

In the present work was studied in the lake of Kastoria, at the period at 13 August in 2007 up to 3 March in 2008: a) the fluctuation time of cyanobacteria composition of phytoplankton. The cyanobacteria were studied in population level (species) and became control of presence of potential toxic organisms, b) the transition time of number of types, g) the divergence composition of cyanobacteria in the transitions on parameters of environment.

Were determined 19 types cyanobacteria, from which 9 types (47%) belong in the order Chroococcales, 4 types (21%) in the order Oscillatoriales and 6 types (32%) in the order Nostocales. By the total a high percentage (7 in the 19 types) they are reported in the bibliography as potential toxic.

The number of the cyanobacteria at the three classes and the composition of experts presented changes at the duration of presented research. These transitions of cyanobacteria appear to be influenced so much from changes of natural parameters of water (e.g temperature of water) changes of meteorological factors (e.g rainfall).

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Anagnostidis, K and Komarek, J. (1985). Modern approach to the classification system of cyanophyte. 1-Introduction. -Arch. Hydrobiol. Suppl. **71**. 291-302.

Anagnostidis, K and Komarek, J. (1988). Modern approach to the classification system of cyanophyte. 3-Oscillatoriales. -Arch. Hydrobiol. Suppl. **80**. 327-472.

Bartram, J., Burch, M., Falconer, I.R., Jones, G., Kuiper-Goodman, T. (1999). Situation Assessment, Planning and Management. In Chorus, I. and Bartram, J. (Eds), Toxic Cyanobacteria in Water. First Edition. World Health Organization, E.& F.N. Spon, London and New York, pp. 179-209.

Carmichael, W. W. (1994). The toxins of cyanobacteria. – Scientific American **270**. 64-72.

Chorus, .I. and Bartram, J. (1999). Toxic cyanobacteria in water. E & FN Spon, London, New York.

Cook, CM. Vardaka, E. and Lanaras T. (2004) Toxic cyanobacteria in Greek freshwaters, 1987-2000. Occurrence, toxicity, and impacts in the Mediterranean region. Acta hydrochim. Hydrobiol. **32**. 107-124.

Fay, P. (1983). The blue-greens (Cyanophyta-Cyanobacteria). Arnold, E., London.

Falconer, I.R., Bartram, J., Chorus, I., Kuiper-Goodman, T., Utkilen, H., Burch, M and Codd, G.A. (1999). Safe levels and safe practices. –in. Chorus, I. and Batram, J. (eds). Toxic cyanobacteria in water. E & FN Spon, London and New York, pp. 155-178.

Hindak, F. (1993). To the taxonomy of the Chroococcal genus *Pannus* Hichel 1991 (Cyanophyta/ Cyanobacteria). *Algol. Stud.*, **67**. 3-19.

Hindak, F. (2000). Morphological Variation of four planktic nostocalean Cyanophytes – members of the genus *Aphanizomenon* or *Anabaena*. *Hydrobiologia*. **438**. 107-116.

Huber – Pestalozzi, G. (1938). Das Phytoplankton des Susswassers. Systematic and Biologie. Allgemeiner Teil, Blauagen, Pilze. In Die Binnengewasser, Band XVI, Teil I. (ed. A. Thienemann), p. 342. Schweizerbrat'sche Verlagsbuchhandlung (Enwin Nagele), Stuttgart.

Horeck, M. and Komarek, J. (1979). Taxonomic position of three Planktonic blue- green algae from the genera *Aphanizomenon* and *Cyldrospermopsis*. *Presia, Praha*, **51**. 289-312.

John, D. M., Whitton, B.A. and Brook, A.J. (2002). The freshwater Algal Flora of the British Isles. An identification guide to freshwater and terrestrial algae. The Natural History Museum and the British Phycological Society. P. 702. Cambridge University Press, London.

Komarek, J. (1991). A review of water – bloom forming *Microcystis* species, with regard to populations from Japan. *Algological Studies* **64**, 115-127.

Komarek, J. and Anagnostidis, K. (1986a). Modern approach to the classification system of cyanophytes. 2- Choococales. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* **73**. 157-226.

Komarek, J. and Anagnostidis, K. (1986b). Modern approach to the classification system of cyanophytes. 4- Nostocales. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* **82.(3)**, 247-345.

Komarek, J. and Anagnostidis, K. (1999). Cyanoprocaryota. 1. Teil. Chroococcales. In *Subwasseflora von Mitteleuropa*, Band 19/1(ends

Ettl, Gartner, G., Heynig, H. and Mollenhauer),p. 548. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin.

Komarek, J. (2003). Planktic oscillatorialean cyanoprokaryotes (short review according to combined phenotype and molecular aspects). *Hydrobiologia* **502**. 367-382.

Komarkova-Lergenova, J. and Eloranda, P. (1992). Planktic blue-green algae (Cyanophyta) from Central Finland (Jyvaskyla region) with special reference to the genus *Anabaena*. *Algol. Stud.* **67**, 103-133.

Legendre, P. and Legendre, L. (1998). Numerical ecology, 2nd English Edition. Developments in Environmental Modeling 20, p. 870 Elsevier, Amsterdam.

Li, R., Watanabe M. and Watanabe M. M. (2000). Taxonomic studies of planktic species of *Anabaena* based on morphological characteristics in cultured strains. *Hydrobiologia* **438**. 117-138.

Li, R., Carmichael., W. W., Liu Y. and Watanabe M. M. (2000). Taxinomic revaluation of *Aphanizomenon flos-aquae* NH-5 based on morphology and 16S Rrna gene sequences. *Hydrobiologia* **438**. 99-105.

Mourkides, G. A. & Tsiouris, S. (1984). The lakes of Northern Greece. The tropic stadus of the lake Kastoria. – Agricultural Research **8**. 317-334. (In Greek with English summary).

Moustaka – Gouni M., Vardaka E., Tryfon E. (2006). Phytoplankton species succession in shallow Mediterranean lake (L. Kastoria, Greece). Steady-state dominance of *Limnothrix redekeii*, *Microcystis aeruginosa* and *Cylindrospermopsis raciborskii*. *Hydrobiologia* **575**. 129-140.

Ostuca, S., Suda, S., Li, R., Watanabe, M., Oyaizu, H., Matsumoto, S. and Watanabe, M.M. (1999). Phylogenetic relationships between toxic

and non toxic strains of the genus *Microcystis* based on 16S to 23S internal transcribed spacer sequence. *FEMS Microbiol. Lett.* **172**, 15-21.

Rennui, L. Masayaki W. and Makoto M.W. (2000). Taxonomic studies of planktic species of *Anabaena* based on morphological characteristics in cultured strains. *Hydrobiologia* **438**. 117-138.

Rennui, L., Wayne, W. C., Yongding, L. and Makoto, M.W. (2000). Taxonomic reevaluation of *Aphanizomenon flos-aquae* NH -5 based on morphology and 16 sr RNA gene sequences. *Hydrobiologia* **438**. 99-105.

Reynolds, C.S. (1993). Scales of disturbance and their role in plankton ecology. *Hydrobiologia* **249**. 157-171.

Reynolds, C.S., Huszar, V., Kruk, C., Naselli-Flores, L., and Melo, S. (2002). Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of plankton research* **24**. 417-428.

Rojo, C, Alvarez-Cobelas, M. (2001). Phytoplankton structure and dynamics at a daily temporal scale. Response to the thermal overturn. *Arch. Hydrobiol.* **151(4)**. 549-569

Rott, E. (1981). Some results from phytoplankton counting intercalibrations-*Schweiz Z. Hydrol.* **43**. 34-62.

Tryfon, E., Moustaka-Gouni, M. and Nikolaidis, G. (1997). Planktic cyanophytes and their ecology in the shallow Lake Mikri Prespa, Greece. *Nord. J. Bot.***17**. 439-448.

Vardaka, E., Moustaka-Gouni, M. and Lanaras, T. (2000). Temporal and spatial distribution of planktic cyanobacteria in Lake Kastoria, Greece, a shallow, urban lake. *Nor. J. Bot.* **20**. 501-511.

Vardaka, E., Moustaka-Gouni, M., Cook, C.M. and Lanaras, T. (2005). Cyanobacterial blooms and water quality in Greek waterbodies. *J. appl. Phycol.* (in press).

Ελληνική βιβλιογραφία

Βαρδάκα, Ε. (2001). Τοξικά κυανοβακτήρια και κυανοβακτηριακές τοξίνες στη λίμνη Καστοριάς και σε υδάτινα οικοσυστήματα της Ελλάδας. Διδακτορική Διατριβή. Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Βιολογίας της Σχολής Θετικών Επιστημών. Παράρτημα, Θεσσαλονίκη, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Βαφειάδης, Π. (1983). Υδρολογική μελέτη της λεκάνης Καστοριάς. Διδ. Διατρ. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Γκέλης, Σ. (2000). Παρουσία τοξικών κυανοβακτηρίων σε λίμνες της Ελλάδας. Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Γκέλης, Σ. (2006). Πλαγκτικά κυανοβακτήρια. Χαρακτηρισμός και παραγόμενα βιοδραστικά πεπτίδια. Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Καραπέτσα, Ι. (2007). Μορφολογική ποικιλότητα των πλαγκτονικών κυανοβακτηρίων *Anabaena* και *Aphanizomenon* στη λίμνη Κερκίνη. Πτυχιακή εργασία, Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης, Παράρτημα Ν. Μουδανιών.

Κατσιάπη, Σ.. (2007). Διερεύνηση των μεταβολών της φυτοπλαγκτικής κοινωνίας της λίμνης Καστοριάς σε σχέση με το σχεδιασμό αποκατάστασης της λίμνης. Μεταπτυχιακή Εργασία. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Πετρίδης, Δ. (2000). Εφαρμοσμένη Στατιστική (με έμφαση στην επιστήμη των τροφίμων). Όμηρος Εκδοτική, Θεσσαλονίκη.

Σκιαδάς, Γ. (2006). Εποχιακή διακύμανση του φυτοπλαγκτού στη τεχνητή λίμνη Κερκίνη. Πτυχιακή εργασία, Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης, Παράρτημα Ν. Μουδανιών.

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

‘<http://el.Wikipedia.Org/wiki/%CE%9A%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%81%CE%B9%CE%AC>’