



ΜΟΥΣΕΙΟ ΓΟΥΛΑΝΔΡΗ ΦΥΣΙΚΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ  
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΒΙΟΤΟΠΩΝ - ΥΓΡΟΤΟΠΩΝ



**Έργο LIFE-Nature : Διατήρηση-Διαχείριση των λιμνών Χειμαδίτιδα-  
Ζάζαρη  
(LIFE00/GR/NAT/7242)**

**Μελέτη  
«Μελέτη του φυτοπλαγκτού & των φυσικοχημικών παραμέτρων  
των υγροτόπων  
Χειμαδίτιδας και Ζάζαρης Ν. Φλώρινας»**

**Γεώργιος Νικολαΐδης & Αικ. Αλυγιάκη**

**Τμήμα Βιολογίας Α.Π.Θ.**

**ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ**

**ΙΟΥΛΙΟΣ 2003**

**ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΒΟΤΑΝΙΚΗΣ**

**«Μελέτη του φυτοπλαγκτού των υγροτόπων  
Χειμαδίτιδας και Ζάζαρης Ν. Φλώρινας»**

**Ερευνητικό πρόγραμμα Επιτροπής Ερευνών Α.Π.Θ.  
Κωδ. Έργου: 21136**

**Επιστημονικώς Υπεύθυνος:  
Γεώργιος Νικολαΐδης, Αν. Καθηγητής Υδροβοτανικής Α.Π.Θ.**

**Θεσσαλονίκη  
Ιούλιος 2003**

## **Πρόλογος**

Το ερευνητικό έργο με τίτλο «Μελέτη του φυτοπλαγκτού των υγροτόπων Χειμαδίτιδας και Ζάζαρης του Ν. Φλώρινας» εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Βοτανικής του Τμήματος Βιολογίας του Α.Π.Θ., με επιστημονικώς υπεύθυνο τον Αν. Καθηγητή Υδροβοτανικής κ. Γεώργιο Νικολαΐδη.

Αντικείμενο και στόχος του έργου είναι:

- ο προσδιορισμός των επικρατούντων φυτοπλαγκτικών ειδών
- ο προσδιορισμός της αφθονίας και της βιομάζας αυτών κατά τη διάρκεια ενός ετήσιου κύκλου
- η συσχέτιση των μεταβολών του φυτοπλαγκτού με τις φυσικοχημικές παραμέτρους και
- η σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ των σταθμών των επιμέρους υγροτόπων και με άλλους υγροτόπους με παρόμοιες οικολογικές συνθήκες.

Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα της μελέτης των φυσικών και χημικών παραμέτρων των υγροτόπων Χειμαδίτιδα και Ζάζαρη (Αλιγιζάκη 2003), που εκπονήθηκε ταυτόχρονα με την παρούσα μελέτη από το Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων.

Στην υλοποίηση του έργου, εκτός από τον επιστημονικό υπεύθυνο, συμμετείχε η Αλιγιζάκη Αικατερίνη, MSc Βιολόγος, Τομέας Βοτανικής, Τμήμα Βιολογίας, Α.Π.Θ.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	σελίδα
Γενικά	5
Σκοπός μελέτης	6
1. Υλικά και Μέθοδοι	7
1.1. Περιγραφή της Περιοχής Έρευνας	7
1.2. Δειγματοληψίες και εργασίες πεδίου	8
1.3. Μετρήσεις εργαστηρίου	11
1.3.1 Ποσοτικός προσδιορισμός ανόργανων θρεπτικών ιόντων	11
1.3.2 Ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός του φυτοπλαγκτού	11
1.3.3 Προσδιορισμός συγκέντρωσης χλωροφύλλης και αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού	12
1.3.4 Στατιστική Επεξεργασία	12
1.3.4.1 Δείκτες ποικιλότητας	12
1.3.4.2 Ομαδοποίηση - Συσχετίσεις	13
2. Αποτελέσματα Φυσικοχημικών Παραμέτρων	14
2.1. Λίμνη Χειμαδίτιδα	14
2.1.1. Φυσικοχημικές παράμετροι	14
2.1.1.1. Θερμοκρασία νερού	14
2.1.1.2. Διαλυμένο Οξυγόνο	15
2.1.1.3. pH	16
2.1.2. Ανόργανα Θρεπτικά Ιόντα	17
2.1.2.1. Άζωτο	18
2.1.2.2. Φώσφορος	22
2.1.2.3. Πυρίτιο	23
2.1.3 Διαφάνεια νερού	24
2.1.4 Αιωρούμενο Σωματιδιακό Υλικό	25
2.2. Λίμνη Ζάζαρη και Ποταμός Σκλήθρος	27
2.2.1. Φυσικοχημικές παράμετροι	27
2.2.1.1. Θερμοκρασία νερού	27
2.2.1.2. Διαλυμένο Οξυγόνο	27
2.2.1.3. pH	29
2.2.2. Ανόργανα Θρεπτικά Ιόντα	29
2.2.2.1. Άζωτο	30
2.2.2.2. Φώσφορος	34
2.2.2.3. Πυρίτιο	35
2.2.3 Διαφάνεια νερού	35
2.2.4 Αιωρούμενο Σωματιδιακό Υλικό	36
3. Αποτελέσματα Βιολογικών Παραμέτρων	39
3.1. Λίμνη Χειμαδίτιδα	39
3.1.1. Χλωροφύλλη α	39
3.1.2 Σύνθεση φυτοπλαγκτικής κοινότητας	40

3.1.3 Αφθονία φυτοπλαγκτού	43
3.1.4 Βιομάζα φυτοπλαγκτού	53
3.2. Λίμνη Ζάζαρη και χειμάρρος Σκλήθρος	63
3.2.1. Χλωροφύλλη α	63
3.2.2 Σύνθεση φυτοπλαγκτικής κοινότητας στη λίμνη Ζάζαρη	64
3.2.3 Αφθονία φυτοπλαγκτού στη λίμνη Ζάζαρη	67
3.2.4 Βιομάζα φυτοπλαγκτού στη λίμνη Ζάζαρη	73
3.2.5 Σύνθεση φυτοπλαγκτικής κοινότητας στο χειμάρρο Σκλήθρο	78
3.2.6 Αφθονία φυτοπλαγκτού στο χειμάρρο Σκλήθρο	79
3.2.7 Βιομάζα φυτοπλαγκτού στο χειμάρρο Σκλήθρο	83
3.3 Χρονικές μεταβολές της φυτοπλαγκτικής κοινότητας – Διαδοχή	86
3.3.1 Λίμνη Χειμαδίτιδα	86
3.3.2 Λίμνη Ζάζαρη	93
3.3.3 Χειμάρρος Σκλήθρος	97
3.4 Δείκτες ποικιλότητας	100
3.5 Στατιστική Επεξεργασία	105
3.5.1 Αποτελέσματα Ομαδοποίησης	105
3.5.2 Συσχετίσεις	109
4. Συζήτηση	111
4.1 Δείκτες ποικιλότητας	111
4.2 Σύγκριση αποτελεσμάτων των λιμνών Χειμαδίτιδα και Ζάζαρη	112
4.2.1 Λίμνη Χειμαδίτιδα	112
4.2.2 Λίμνη Ζάζαρη	113
4.2.3 Λίμνες Χειμαδίτιδα - Ζάζαρη	114
4.3 Σύγκριση των υγροτόπων Χειμαδίτιδας και Ζάζαρης με άλλα παρόμοια υδάτινα συστήματα	115
5. Βιβλιογραφία	120

## Γενικά

Ως φυτοπλαγκτό ορίζεται το σύνολο των μικροσκοπικών μονοκύτταρων φυτικών οργανισμών, οι οποίοι είναι προσαρμοσμένοι να ζουν σε αιώρηση στο νερό και υπόκεινται σε παθητική μετακίνηση. Το φυτοπλαγκτό αποτελεί μια εξαιρετικά ετερογενή ομάδα, καθώς περιλαμβάνει τόσο προκαρυωτικούς (κυανοφύκη και προχλωρόφυτα) όσο και ευκαρυωτικούς οργανισμούς. Ορισμένοι φυτοπλαγκτικοί οργανισμοί σχηματίζουν αποικίες και νήματα ποικίλων διαστάσεων.

Οι περισσότεροι φυτοπλαγκτικοί οργανισμοί είναι φωτοαυτότροφοι και η αύξησή τους εξαρτάται από τα διαλυμένα στο νερό ανόργανα θρεπτικά ιόντα και από το φως. Οι συνθήκες φωτός στο νερό είναι ευνοϊκές στην εύρωτη ζώνη και για το λόγο αυτό οι φυτοπλαγκτικοί οργανισμοί έχουν αναπτύξει διάφορους μηχανισμούς αιώρησης ή μετακίνησης με τους οποίους επιτυγχάνουν τη διατήρησή τους για κάποιο χρονικό διάστημα σε αυτήν. Τέτοιοι μηχανισμοί είναι η ρύθμιση της πυκνότητας του κυττάρου (π.χ. με αεροτόπια, αποθήκευση λιπιδίων), η μορφή και το σχήμα του κυττάρου, το μικρό μέγεθος και η κατοχή μαστιγίων.

Η ποιοτική σύνθεση, η αφθονία και η εποχιακή περιοδικότητα του φυτοπλαγκτού εξαρτάται από ένα σύνολο παραγόντων που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Σύμφωνα με τον Reynolds (1984), οι παράγοντες αυτοί είναι φυσικοί (θερμοκρασία, ανάμιξη του νερού, φως), βιολογικοί (θήρευση και παρασιτισμός) και χημικοί (συγκέντρωση των ανόργανων θρεπτικών ιόντων).

Χαρακτηριστική ιδιότητα του φυτοπλαγκτού είναι το λεγόμενο «παράδοξο του πλαγκτού», η παρουσία δηλαδή μεγάλου αριθμού ειδών σε μικρό όγκο νερού (Hutchinson, 1961). Το παραπάνω φαινόμενο βρίσκεται σε αντίθεση με την αρχή του ανταγωνιστικού αποκλεισμού, σύμφωνα με την οποία ο αριθμός των συνυπαρχόντων ειδών είναι ίσος ή μικρότερος από τον αριθμό των περιοριστικών για τα είδη αυτά παραγόντων (Sommer *et al.*, 1993).

Θεωρείται ότι οι πρώτες μεταβολές στα υδάτινα συστήματα, εξαιτίας του αυξανόμενου ανθρωπογενούς (Reynolds, 1984) ευτροφισμού, εμφανίζονται με επιπτώσεις στη σύνθεση, την αφθονία και την ποικιλότητα του φυτοπλαγκτού (Proulx *et al.*, 1996). Για το λόγο αυτό η μελέτη της δομής και της δυναμικής της φυτοπλαγκτικής κοινότητας θεωρείται χρήσιμο εργαλείο για την εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης των υδάτινων

οικοσυστημάτων (Viličić, 1989). Επιπρόσθετα, ο προσδιορισμός της ποικιλότητας (του φυτοπλαγκτού) με τη χρήση κατάλληλων δεικτών ποικιλότητας θεωρείται εξαιρετικά σημαντικός καθώς η ποικιλότητα των μικροοργανισμών φαίνεται να είναι στενά συνδεδεμένη με τη λειτουργία των οικοσυστημάτων (Finlay *et al.*, 1997).

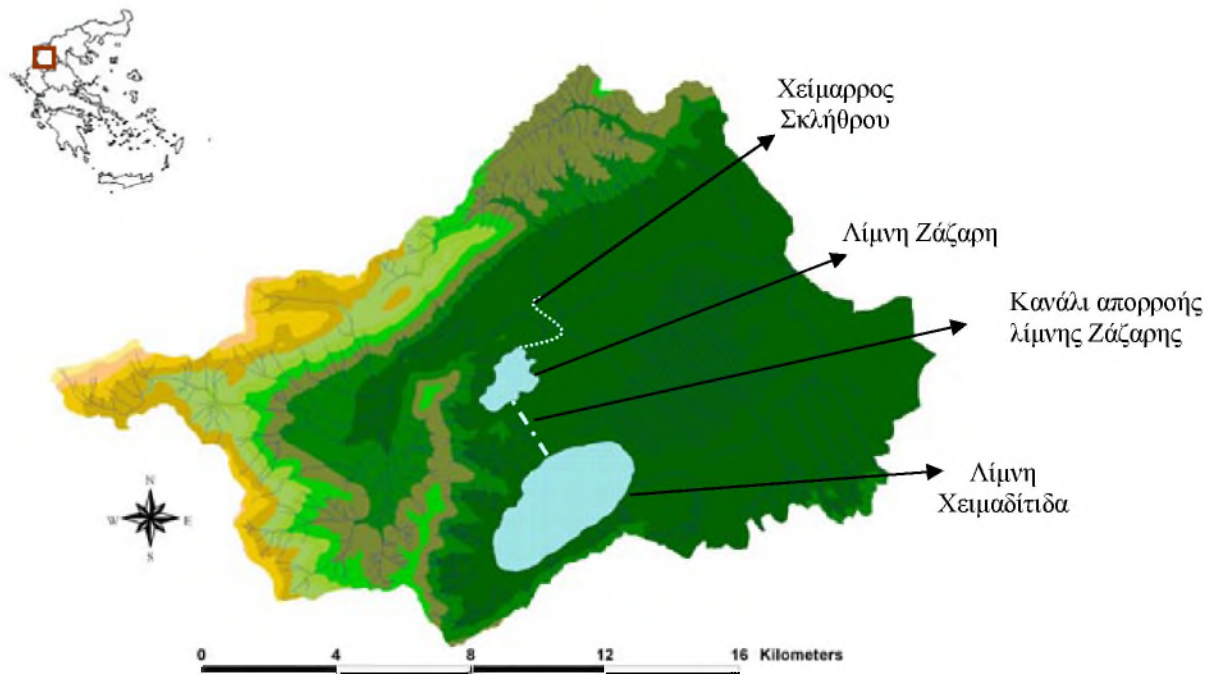
### **Σκοπός της παρούσας μελέτης**

Προκειμένου να διαπιστωθεί η οικολογική κατάσταση των υδροβιοτόπων Ζάζαρης – Χειμαδίτιδας – Σκλήθρου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις αφθονίας και βιομάζας φυτοπλαγκτού σε έναν ετήσιο κύκλο. Στη διάρκεια του ετήσιου αυτού κύκλου προσδιορίστηκε επίσης η συγκέντρωση των ανόργανων θρεπτικών ιόντων και της χλωροφύλλης-α και μετρήθηκαν η θερμοκρασία, το διαλυμένο στο νερό οξυγόνο και το pH του νερού. Για την πληρέστερη προσέγγιση της κατάστασης των παραπάνω οικοσυστημάτων προσδιορίστηκε και η ποικιλότητα του φυτοπλαγκτού χρησιμοποιώντας τους κατάλληλους δείκτες.

## 1. Υλικά και Μέθοδοι

### 1.1. Περιγραφή της Περιοχής Έρευνας

Οι λίμνες Χειμαδίτιδα και Ζάζαρη και ο χείμαρρος Σκλήθρου βρίσκονται στο Νομό Φλώρινας στη Βόρεια Ελλάδα. Οι δύο λίμνες είναι καρστικές, αποτελούν κατάλοιπο της άλλοτε λίμνης Εορδαίας και σχηματίστηκαν από γεωλογική καθίζηση της περιοχής (Cvijic, 1911). Ο χείμαρρος Σκλήθρου καταλήγει στη λίμνη Ζάζαρη, η οποία έχει έκταση  $1,9 \text{ km}^2$  και βρίσκεται σε υπερθαλάσσιο ύψος  $602 \text{ m}$ . Τροφοδοτείται από την ευρύτερη λεκάνη απορροής που έχει έκταση περίπου  $108 \text{ km}^2$ . Η Ζάζαρη αποτελεί το υψηλότερο σημείο του συστήματος των τεσσάρων λιμνών (Χειμαδίτιδα, Πετρών, Βεγορίτιδα), οι οποίες επικοινωνούν μεταξύ τους. Η λίμνη Χειμαδίτιδα καταλαμβάνει επιφάνεια  $10,8 \text{ km}^2$  και βρίσκεται σε υπερθαλάσσιο ύψος  $593 \text{ m}$ , δηλαδή χαμηλότερα της Ζάζαρης, της οποίας τα νερά δέχεται μέσω μιας διώρυγας (Εικ. 1.1). Η λεκάνη απορροής της Χειμαδίτιδας υπολογίζεται ότι έχει έκταση περίπου  $229 \text{ km}^2$ . Η Χειμαδίτιδα επικοινωνεί με τη λίμνη Πετρών μέσω διώρυγας στο βορειοανατολικό της τμήμα, ενώ μεγάλη έκταση της Χειμαδίτιδας καλύπτεται από καλαμώνες στο νότιο νοτιοανατολικό τμήμα της (Εικ. 1.2).



Εικόνα 1.1. Οι λίμνες Ζάζαρη και Χειμαδίτιδα και ο χείμαρρος Σκλήθρου.





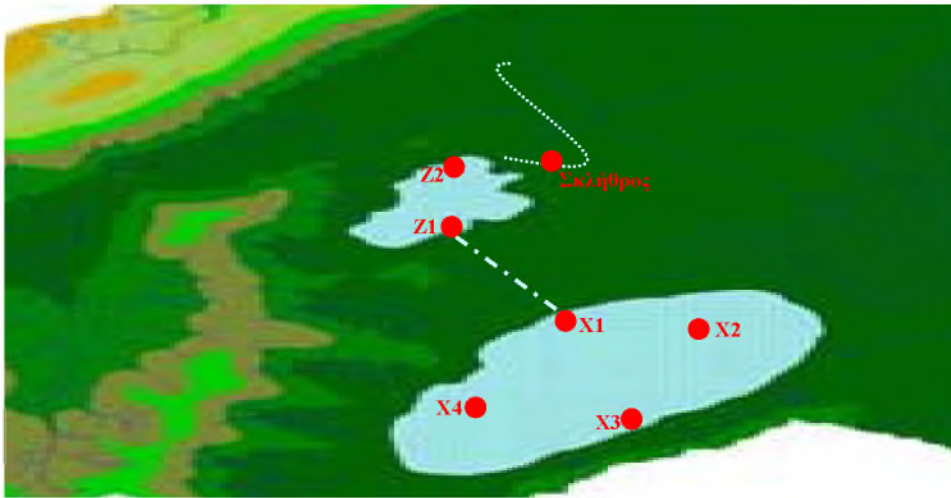
**Εικόνα 1.2.** Άποψη των καλαμώνων στη λίμνη Χειμαδίτιδα.

Η σημασία της ευρύτερης περιοχής των λιμνών οφείλεται στην παρουσία τουλάχιστον δέκα διαφορετικών οικοτόπων και ποικίλων ειδών χλωρίδας και πανίδας. Οι λίμνες Ζάζαρη και Χειμαδίτιδα περιλαμβάνονται στο δίκτυο NATURA 2000 (δίκτυο προστατευόμενων περιοχών για τη διατήρηση των φυσικών οικοτόπων, της άγριας πανίδας και της αυτοφυούς χλωρίδας).

### **1.2. Δειγματοληψίες και εργασίες πεδίου**

Στο χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003 πραγματοποιήθηκαν με μηνιαία συχνότητα 12 δειγματοληψίες υλικού και μετρήσεις πεδίου στις λίμνες Ζάζαρη και Χειμαδίτιδα και το χείμαρρο Σκλήθρο.

Οι δειγματοληψίες και οι μετρήσεις έλαβαν χώρα σε τέσσερις (X1, X2, X3 & X4) σταθμούς στη λίμνη Χειμαδίτιδα, δύο (Z1 & Z2) στη λίμνη Ζάζαρη και ένα (1) στο χείμαρρο Σκλήθρου (Εικ. 1.3). Καθώς στη λίμνη Ζάζαρη δεν υπήρχε η δυνατότητα χρήσης πλωτού μέσου όλα τα δείγματα (σταθμοί Z1 & Z2) ελήφθησαν από παραλίμνια σημεία. Τα δείγματα νερού λαμβάνονταν με δειγματολήπτη τύπου Ruttner (Εικ. 1.4) από όλο το μήκος της στήλης του νερού (μέσο μήκος στήλης στους σταθμούς X1, X2, X3: 50-60 cm, στους σταθμούς Z1 & Z2: 70 cm) με εξαίρεση το σταθμό της λίμνης Χειμαδίτιδας με το μεγαλύτερο βάθος (X4, μέσο ετήσιο βάθος 180 cm), στον οποίο λαμβάνονταν δύο δείγματα, ένα από την επιφάνεια και ένα από τον πυθμένα.



**Εικόνα 1.3.** Σταθμοί δειγματοληψίας στις λίμνες Ζάζαρη και Χειμαδίτιδα και στον χείμαρρο Σκλήθρου.



**Εικόνα 1.4.** Λήψη δείγματος νερού με δειγματολήπτη τύπου Ruttner.

Τα δείγματα στο χείμαρρο Σκλήθρου λαμβάνονταν με πλαστικό δοχείο από το μέσο της κοίτης του. Δείγματα νερού λαμβάνονταν για τον προσδιορισμό α) της αφθονίας και της βιομάζας του φυτοπλαγκτού, β) της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης-α (Chl-*a*), γ) της συγκέντρωσης του αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού και δ) της συγκέντρωσης των ανόργανων θρεπτικών ιόντων. Τα δείγματα νερού που προορίζονταν για τις μετρήσεις του φυτοπλαγκτού μεταφέρονταν σε πλαστικές φιάλες 200 ml και μονιμοποιούνταν αμέσως με την προσθήκη 1,5 % κατά όγκο διαλύματος Lugol (Rott, 1981).

Οι ποσότητες του νερού που προορίζονταν για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης της Chl-*a*, του αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού και των ανόργανων θρεπτικών ιόντων

μεταγγίζονταν σε φιάλες πολυαιθυλενίου (1 L) και μεταφέρονταν με φορητό ψυγείο στο εργαστήριο για περαιτέρω επεξεργασία.

Ταυτόχρονα με τις δειγματοληψίες νερού πραγματοποιούνταν μετρήσεις που αφορούσαν στη θερμοκρασία του νερού ( $^{\circ}\text{C}$ ), το pH και τη συγκέντρωση του διαλυμένου στο νερό οξυγόνο (mg/L). Οι μετρήσεις των παραπάνω παραμέτρων πραγματοποιήθηκαν με φορητές συσκευές του οίκου W.T.W. Για τον προσδιορισμό της διαφάνειας (διαπερατότητας) του νερού χρησιμοποιήθηκε ο δίσκος Secchi (Εικ. 1.5).



**Εικόνα 1.5.** Προσδιορισμός της διαφάνειας (διαπερατότητας) του νερού με τη χρήση του δίσκου Secchi.

Δειγματοληψίες νερού και μετρήσεις δεν πραγματοποιήθηκαν το Δεκέμβριο στους σταθμούς X2, X3, X4, Z2 και στο χείμαρρο Σκλήθρου λόγω παγετού και τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο στο χείμαρρο Σκλήθρου λόγω αποξήρανσης του χείμαρρου. Τον Αύγουστο, λόγω μεγάλης πτώσης της στάθμης του νερού στη λίμνη Ζάζαρη, δείγματα λήφθηκαν μόνο στο σταθμό Z2.

### **1.3. Μετρήσεις εργαστηρίου**

#### **1.3.1 Ποσοτικός Προσδιορισμός Ανόργανων Θρεπτικών Ιόντων**

Τα δείγματα νερού που συλλέχθηκαν για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης των ανόργανων θρεπτικών ιόντων διηθήθηκαν σε ηθμούς GF – Whatmann ( $0,45\mu\text{m}$

διάμετρος πόρων). Το διηθημένο νερό στη συνέχεια μεταγγίστηκε σε φιάλες πολυαιθυλενίου όγκου 200 ml, όπου και διατηρήθηκε σε συνθήκης ψύξης μέχρι την ανάλυσή του.

Τα ανόργανα θρεπτικά ιόντα που προσδιορίστηκαν ήταν τα νιτρικά ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), τα νιτρώδη ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ), τα αμμωνιακά ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ), τα πυριτικά ( $\text{SiO}_2\text{-Si}$ ), και τα φωσφορικά ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ). Τα αμμωνιακά ιόντα προσδιορίστηκαν σύμφωνα με τη μέθοδο Liddicoat *et al.* (1976), ενώ τα νιτρικά και τα νιτρώδη ιόντα, καθώς και οι ανόργανες ενώσεις φωσφόρου και πυριτίου μετρήθηκαν σύμφωνα με μεθόδους που περιγράφονται από τους Strickland & Parsons (1968). Η συγκέντρωση όλων των θρεπτικών ιόντων στο νερό προσδιορίστηκε φωτομετρικά με φασματοφωτόμετρο τύπου LKB Ultrospec II της εταιρείας Biochrom.

### 1.3.2 Ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός φυτοπλαγκτού

Για την ταυτοποίηση των φυτοπλαγκτικών οργανισμών χρησιμοποιήθηκε κυρίως συμπυκνωμένο υλικό που συλλέχθηκε με ειδική συσκευή (πλαγκτοσυλλέκτη, διάμετρος πόρων 30  $\mu\text{m}$ ) (Εικ. 1.6).



**Εικόνα 1.6.** Συλλογή συμπυκνωμένου υλικού με πλαγκτοσυλλέκτη (διάμετρος πόρων 30  $\mu\text{m}$ )

Η αναγνώριση και ταξινόμηση των φυτοπλαγκτικών οργανισμών έγινε με βάση τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά τους και με τη χρήση κατάλληλων συγγραμμάτων των: Schiller (1937), Huber- Pestalozzi (1938, 1941, 1942, 1950, 1955, 1983), Tikkanen (1986), Komárek & Anagnostidis (1985, 1986, 1988, 1989) και Nygaard (2001).

Για τον προσδιορισμό της αφθονίας του φυτοπλαγκτού χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος καθίζησης των κυττάρων σε ειδικούς θαλάμους κατά Utermöhl (1958). Οι μετρήσεις αφθονίας έγιναν σε ανάστροφο μικροσκόπιο (Zeiss ID 03). Η βιομάζα των φυτοπλαγκτικών οργανισμών έγινε με βάση τον προσδιορισμό του κυτταρικού όγκου των οργανισμών χρησιμοποιώντας κατάλληλους γεωμετρικούς τύπους (Edler, 1979). Για τον προσδιορισμό των διαστάσεων των κυττάρων μετρήθηκαν τουλάχιστον 30 κύτταρα για κάθε είδος. Θεωρήθηκε δεδομένο ότι η μέση ειδική πυκνότητα του κυττάρου είναι  $1 \text{ g/cm}^3$ .

### 1.3.3 Προσδιορισμός συγκέντρωσης χλωροφύλλης-α (Chl-a) και αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού

Για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης της Chl-a, διηθήθηκε δείγμα νερού (όγκου 200 – 1000 ml, ανάλογα με την πυκνότητα του σωματιδιακού υλικού) σε ηθμούς GF-Whatmann διαμέτρου 0,45  $\mu\text{m}$ . Οι ηθμοί στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε διάλυμα μεθανόλης (90%), όπου παρέμειναν για 24 ώρες απουσία φωτός στους  $4^\circ\text{C}$  μέχρι τελικής εκχύλισης της Chl-a. Ο υπολογισμός της συγκέντρωσης της Chl-a έγινε σύμφωνα με τη φασματοφωτομετρική μέθοδο των Strickland & Parsons (1968). Για τον υπολογισμό του αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού και το διαχωρισμό του σε ανόργανο και οργανικό χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των Strickland & Parsons (1968).

### 1.3.4 Στατιστική επεξεργασία

#### 1.3.4.1 Δείκτες ποικιλότητας

Για την εκτίμηση της ποικιλότητας του φυτοπλαγκτού χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθοι δείκτες ποικιλότητας: Αριθμός ειδών (Species richness, S), ομοιογένεια κατανομής ειδών (Evenness, J') και οι δείκτες των Shannon (H') και Gleason (d). Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης Simpson (D) για την εκτίμηση της επικράτησης των ειδών (Margalef 1958, Pielou 1975, Odum 1980) (Πίνακας I).

**Πίνακας I.** Εξισώσεις δεικτών ποικιλότητας.

<b>J'</b>	$\frac{H'u}{H'\max}, \frac{H'b}{H'\max}$	<b>d</b>	$\frac{S-1}{\ln N}, \frac{S-1}{\ln B}$
<b>H'</b>	$-\sum_{i=1}^{i=s} \frac{ni}{N} \times \log_2 \frac{ni}{N}, -\sum_{i=1}^{i=s} \frac{bi}{B} \times \log_2 \frac{bi}{B}$	<b>D</b>	$\sum_{i=1}^{i=s} \left(\frac{ni}{N}\right)^2, \sum_{i=1}^{i=s} \left(\frac{bi}{B}\right)^2$

όπου,  $ni$  και  $bi$  είναι η αφθονία και η βιομάζα του κάθε είδους  $I$  αντίστοιχα,  $N$  και  $B$  είναι η συνολική αφθονία και βιομάζα του φυτοπλαγκτού αντίστοιχα και  $S$  ο συνολικός αριθμός ειδών.

#### 1.3.4.2 Ομαδοποίηση - Συσχετίσεις

Οι σταθμοί δειγματοληψίας ομαδοποιήθηκαν μεταξύ τους με βάση τις φυσικοχημικές και τις βιολογικές παραμέτρους, που μετρήθηκαν, με την ανάλυση ομαδοποίησης (Cluster Analysis). Επιπλέον, ο έλεγχος της συσχέτισης των μεταβολών της αφθονίας και της βιομάζας του φυτοπλαγκτού με τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των λιμνών έγινε με το μη παραμετρικό τεστ Spearman (Euclidean distances).

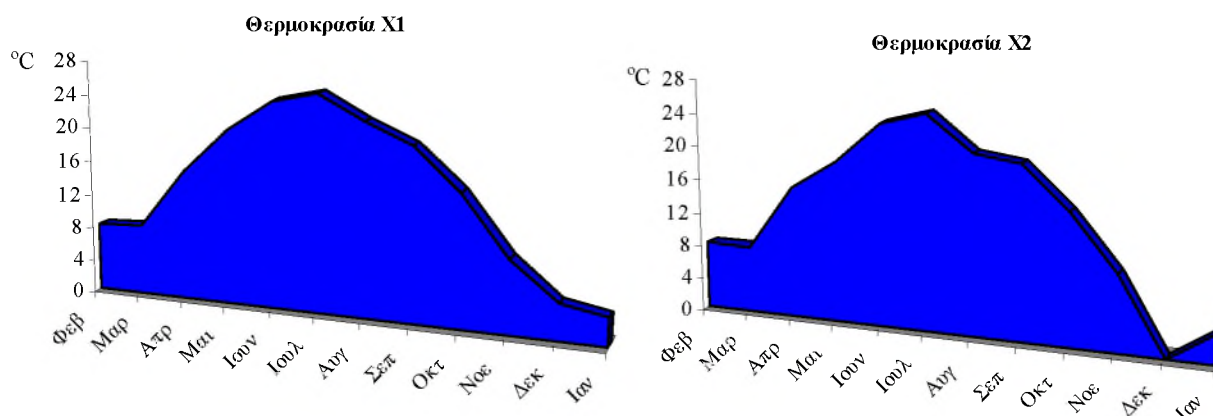
## 2. Αποτελέσματα φυσικοχημικών παραμέτρων

### 2.1. Λίμνη Χειμαδίτιδα

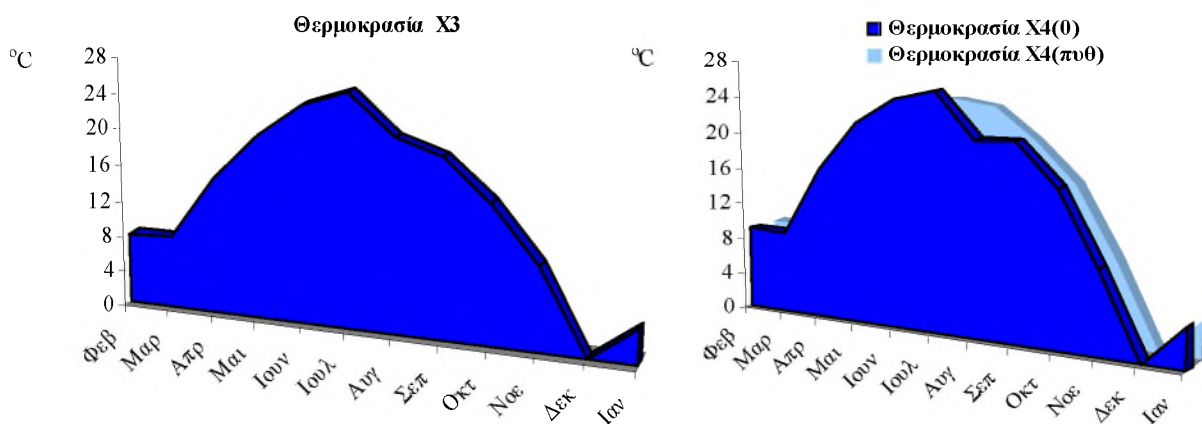
#### 2.1.1. Φυσικοχημικές παράμετροι

##### 2.1.1.1. Θερμοκρασία νερού

Η θερμοκρασία του νερού αποτελεί μια ιδιαίτερα σημαντική φυσική παράμετρο, καθώς επιδρά στις υδροβιολογικές διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα σε ένα υδάτινο οικοσύστημα. Η θερμοκρασία του νερού στη λίμνη Χειμαδίτιδα κυμάνθηκε μεταξύ 3,4 και 25,9 °C στη διάρκεια του ετήσιου κύκλου μετρήσεων. Οι χαμηλότερες τιμές θερμοκρασίας σε όλους τους σταθμούς μετρήθηκαν το μήνα Δεκέμβριο (2002), σε συνθήκες παγετού των υδροτόπων, και τον Ιανουάριο (2003), και οι υψηλότερες τον Ιούλιο. Το μικρό βάθος της λίμνης (40- 70 cm) δεν επιτρέπει τη θερμική στρωμάτωση της λίμνης, με εξαίρεση το σταθμό X4 στον οποίο το βάθος ήταν κατά μέσο όρο 1,8 m. Η διαφορά της θερμοκρασίας του νερού μεταξύ επιφάνειας και πυθμένα (σταθμός X4) κυμάνθηκε από 0,1 ως 1,7 °C με τις υψηλότερες τιμές στο επιφανειακό στρώμα νερού, ενώ μόνο τον Αύγουστο η θερμοκρασία του νερού ήταν υψηλότερη (κατά 2,9 °C) στο στρώμα νερού κοντά στον πυθμένα. Αναλυτικά, οι χρονικές μεταβολές της θερμοκρασίας του νερού σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας στη λίμνη Χειμαδίτιδα παρουσιάζονται στα διαγράμματα των εικόνων 2.1 και 2.2.



**Εικόνα 2.1.** Χρονικές μεταβολές της θερμοκρασίας του νερού (°C) στη λίμνη Χειμαδίτιδα κατά το χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003 (σταθμοί X1 και X2).

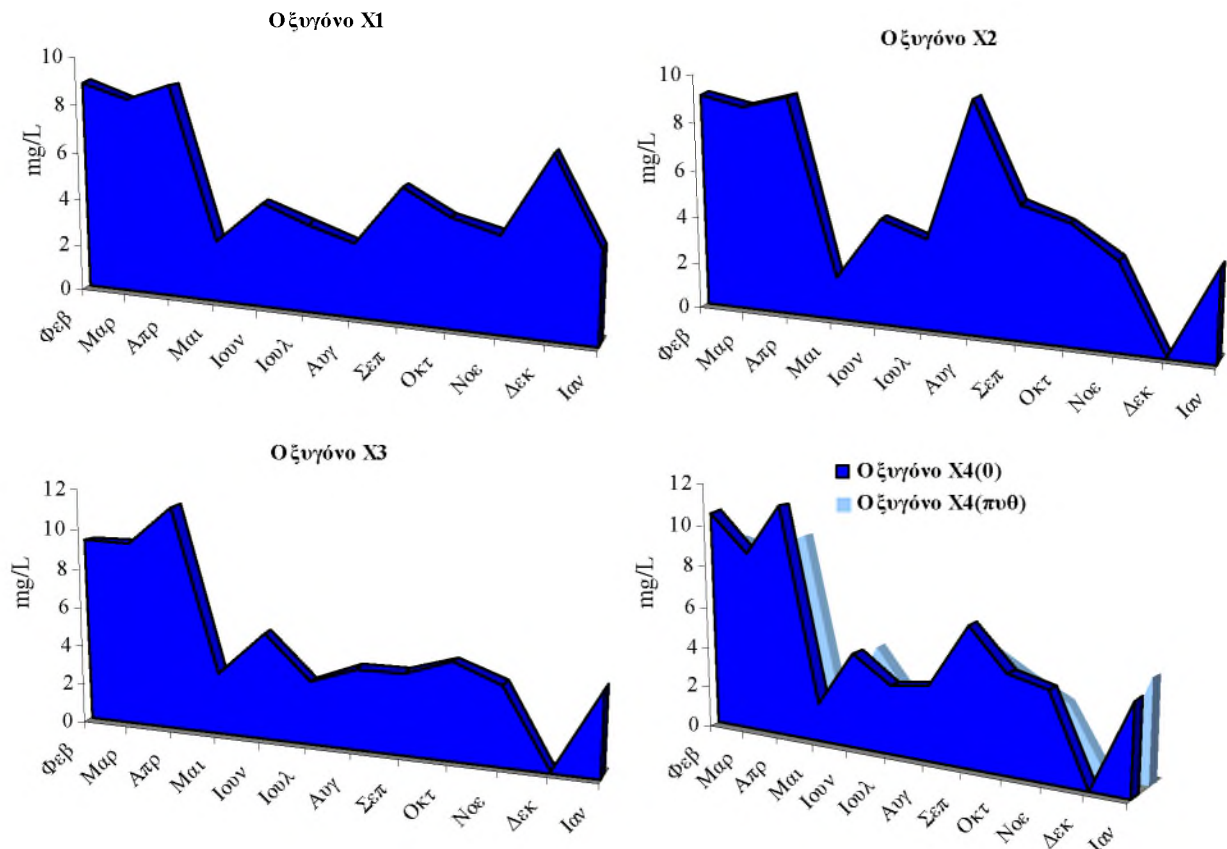


**Εικόνα 2.2.** Χρονικές μεταβολές της θερμοκρασίας του νερού (°C) στη λίμνη Χειμαδίτιδα κατά το χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003 (σταθμοί X3 και X4).

### 2.1.1.2. Διαλυμένο Οξυγόνο

Η συγκέντρωση του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου παρουσίασε μεγάλες μεταβολές κατά τη διάρκεια του έτους. Οι χαμηλότερες τιμές διαλυμένου οξυγόνου (0,78 – 3,06 mg/L) μετρήθηκαν σε όλους τους σταθμούς το Μάιο, ενώ οι υψηλότερες (8,98 – 11,30 mg/L) τον Απρίλιο, με εξαίρεση το σταθμό X2, όπου οι μέγιστες τιμές καταγράφηκαν τον Αύγουστο. Όπως φαίνεται στα διαγράμματα της εικόνας 2.3, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου μετρήθηκαν στη χειμερινή περίοδο και στην αρχή της εαρινής περιόδου, ενώ οι χαμηλότερες στη θερμή περίοδο, γεγονός που πιθανότατα σχετίζεται με τη μειωμένη διαλυτότητα του οξυγόνου λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας.

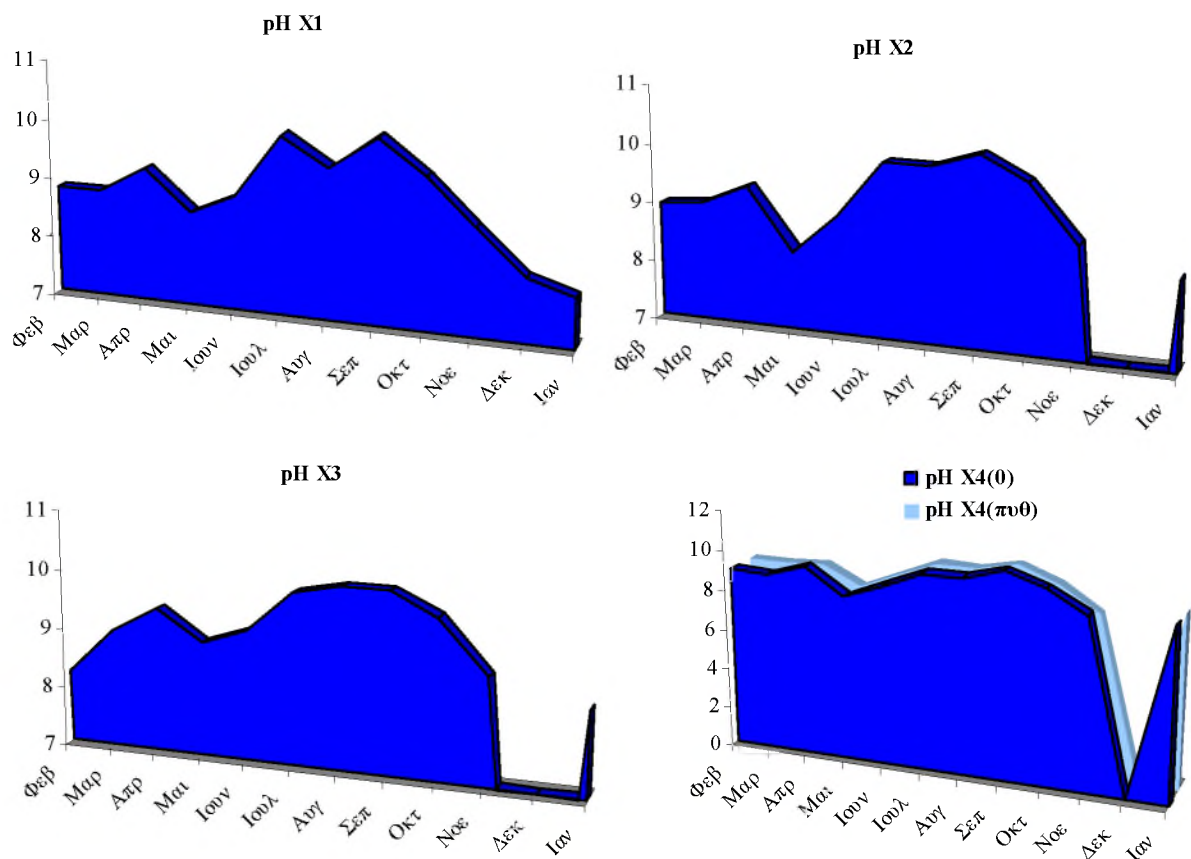




**Εικόνα 2.3.** Χρονικές μεταβολές του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου (mg/L) στη λίμνη Χειμαδίτιδα κατά το χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003.

### 2.1.1.3. pH

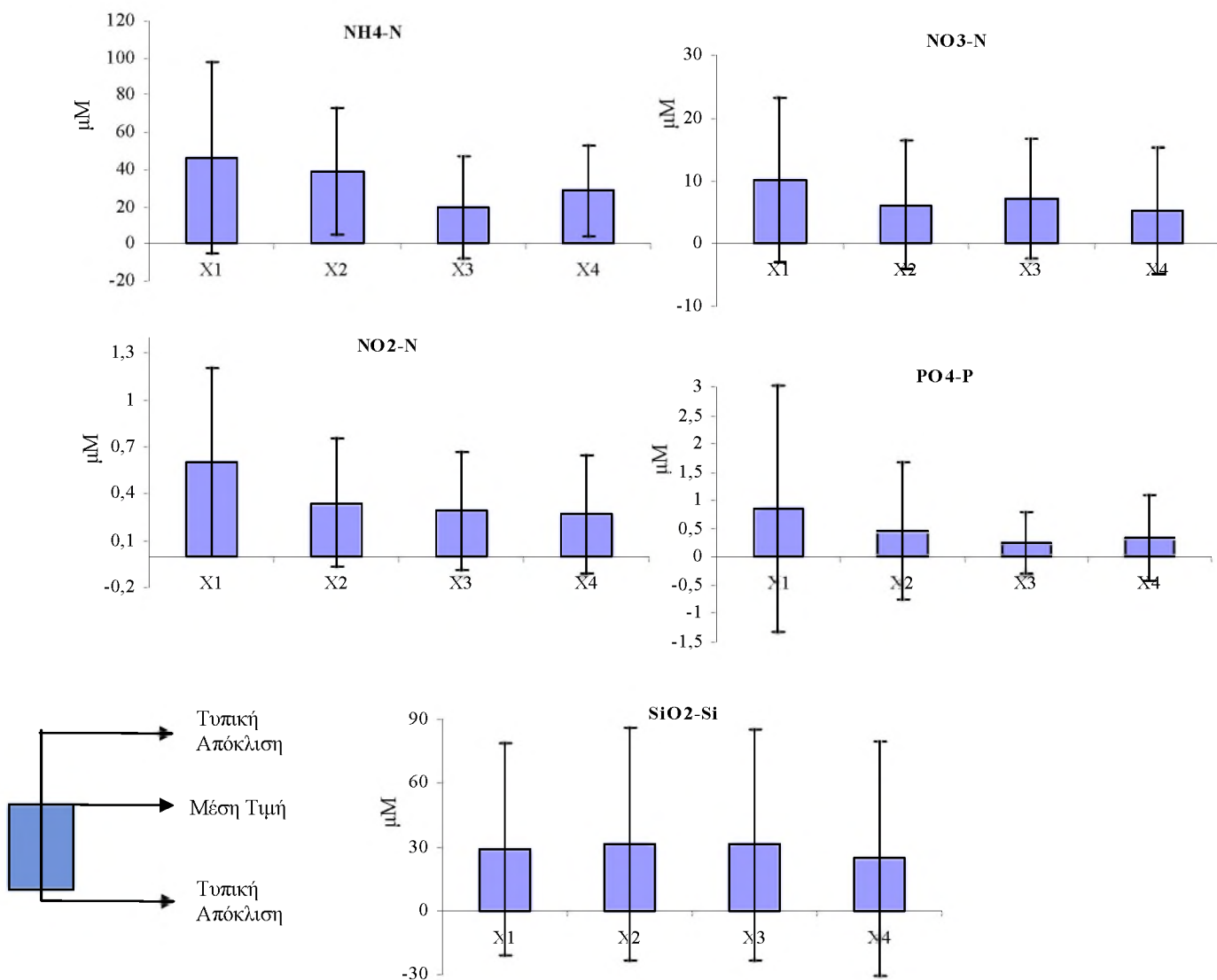
Το pH, όπως και το διαλυμένο οξυγόνο, συνιστούν ιδιαίτερα σημαντικές παραμέτρους, καθώς οι τιμές τους σχετίζονται άμεσα με τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φωτοαυτότροφων οργανισμών. Οι τιμές του pH στο χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003 κυμάνθηκαν μεταξύ 7,85 και 10,30. Όπως φαίνεται στα διαγράμματα της εικόνας 2.4, οι υψηλότερες τιμές (10,05 – 10,30) μετρήθηκαν σε όλους τους σταθμούς το Σεπτέμβριο, ενώ οι χαμηλότερες το Μάιο στους σταθμούς X2 και X4, τον Ιανουάριο στο σταθμό X1 και το Φεβρουάριο στο σταθμό X3. Ωστόσο, στους δύο τελευταίους σταθμούς παρατηρήθηκαν χαμηλές τιμές και το Μάιο.



Εικόνα 2.4. Χρονικές μεταβολές του pH στη λίμνη Χειμαδίτιδα κατά το χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003.

### 2.1.2. Ανόργανα θρεπτικά ιόντα

Μεταξύ των σταθμών, οι υψηλότερες μέσες ετήσιες τιμές των ενώσεων ανόργανου αζώτου και φωσφόρου μετρήθηκαν στο σταθμό X1, ο οποίος βρίσκεται πλησίον του σημείου εκβολής υδάτινων μαζών από το κανάλι σύνδεσης των λιμνών Ζάζαρης και Χειμαδίτιδας. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις πυριτίου μετρήθηκαν στο σταθμό X2 (Εικ. 2.5).



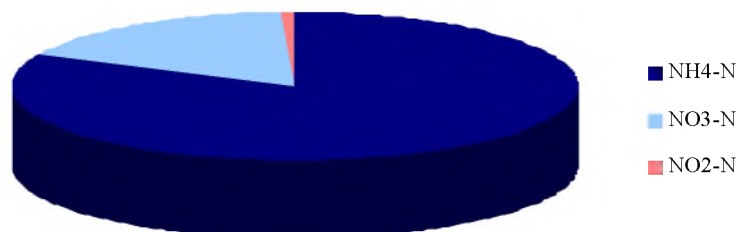
**Εικόνα 2.5.** Μέσες ετήσιες τιμές (μM) και τυπική απόκλιση των τιμών των συγκεντρώσεων των ανόργανων θρεπτικών ιόντων (NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, SiO<sub>2</sub>-Si) στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας στη λίμνη Χειμαδίτιδα.

### 2.1.2.1. Άζωτο

Το άζωτο λαμβάνεται από τους φυτικούς οργανισμούς κυρίως με τη μορφή ανόργανων ιόντων, ενώ προκαρυωτικοί οργανισμοί, όπως τα κυανοβακτήρια, έχουν τη δυνατότητα δέσμευσης του ατμοσφαιρικού αζώτου. Τα νιτρικά (NO<sub>3</sub>-N), νιτρώδη (NO<sub>2</sub>-N) και αμμωνιακά (NH<sub>4</sub>-N) ιόντα αποτελούν τις κύριες ανόργανες ενώσεις του αζώτου που αξιοποιούνται από τους υδρόβιους αυτότροφους (φωτοσυνθετικούς) οργανισμούς. Οι συγκεντρώσεις των παραπάνω ανόργανων ενώσεων του αζώτου σε ένα λιμναίο σύστημα συνήθως εξαρτώνται από εξωτερικές παροχές (απόβλητα, αποπλύσεις γεωργικών καλλιεργειών, υπόγειες εισροές), τη βακτηριακή αποικοδόμηση του οργανικού υλικού, τις βιολογικές διεργασίες των ζωικών

οργανισμών καθώς και από τη χημική (οξειδοαναγωγική) ισορροπία μεταξύ των νιτρικών, νιτρωδών και αμμωνιακών ιόντων.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων (Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003) οι συγκεντρώσεις των ανόργανων ενώσεων του αζώτου παρουσίασαν αξιοσημείωτες μεταβολές κατά τη διάρκεια του έτους. Όπως φαίνεται στην εικόνα 2.6, τα αμμωνιακά ιόντα αποτέλεσαν τη σημαντικότερη μορφή ανόργανου αζώτου (82% του ολικού ανόργανου αζώτου), ενώ ακολούθησαν τα νιτρικά (17%) και τα νιτρώδη (1%).

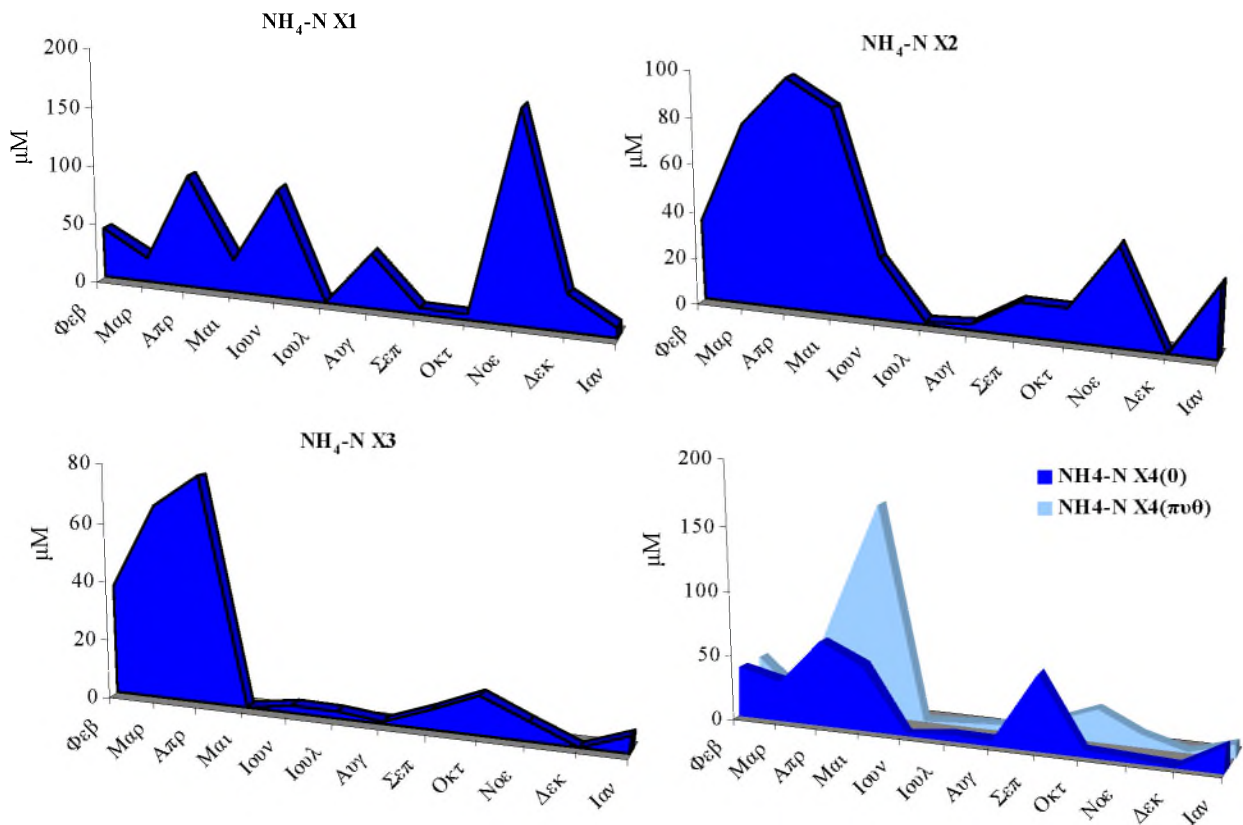


**Εικόνα 2.6.** Ποσοστιαία συμμετοχή των NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N και NO<sub>2</sub>-N στο συνολικό ανόργανο άζωτο στη λίμνη Χειμαδίτιδα.

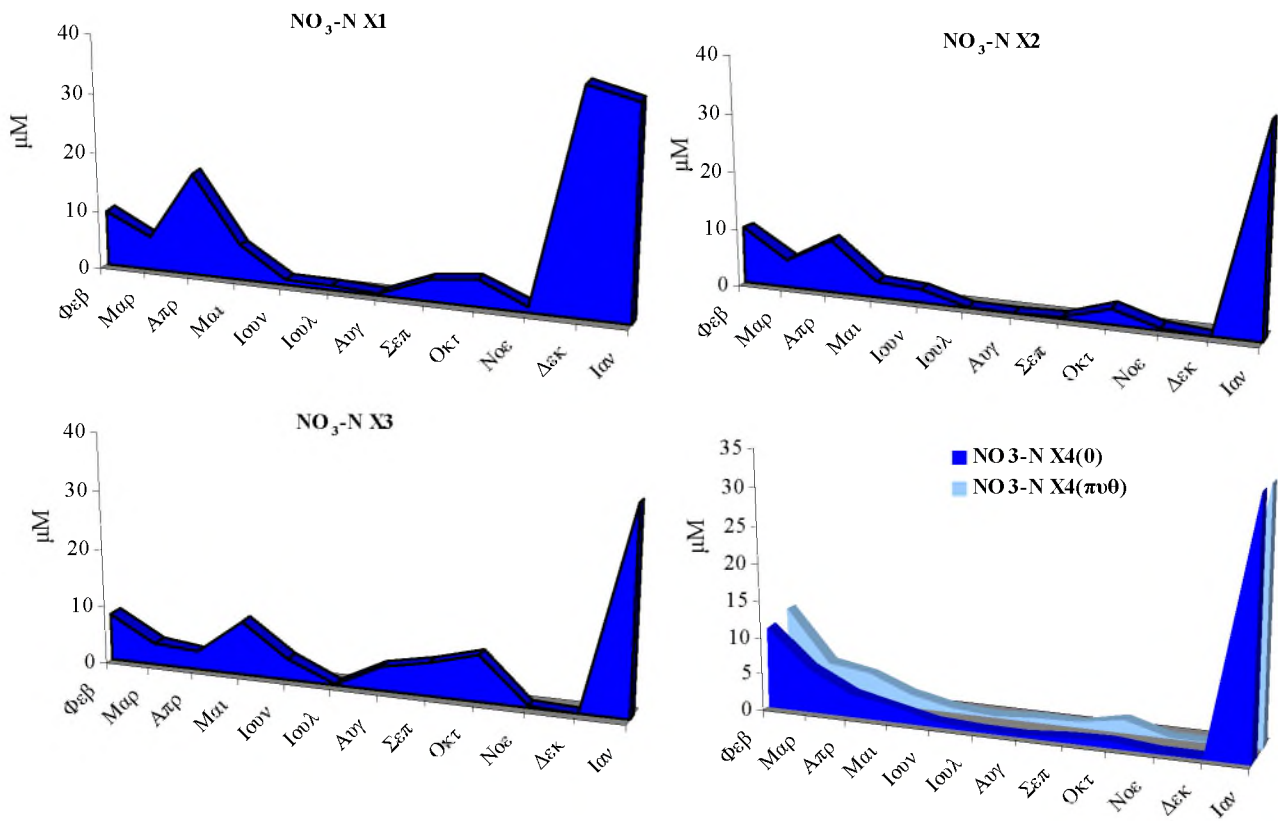
Οι συγκεντρώσεις των αμμωνιακών ιόντων για όλους τους σταθμούς της λίμνης Χειμαδίτιδας κυμάνθηκαν μεταξύ μη ανιχνεύσιμων τιμών και 174,94 μM. Οι υψηλότερες τιμές καταγράφηκαν το μήνα Απρίλιο, με εξαίρεση το σταθμό X1, όπου η μέγιστη τιμή μετρήθηκε το Νοέμβριο. Οι χαμηλότερες τιμές της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων καταγράφηκαν κατά τη θερινή περίοδο (Εικ. 2.7).

Κατά τη διάρκεια του έτους οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων στη λίμνη Χειμαδίτιδα κυμάνθηκαν από μη ανιχνεύσιμες τιμές ως 37,07 μM. Οι υψηλότερες τιμές μετρήθηκαν το μήνα Δεκέμβριο στο σταθμό X1 και το μήνα Ιανουάριο στους υπόλοιπους σταθμούς. Σημειώνεται ότι το μήνα Δεκέμβριο η λίμνη Χειμαδίτιδα ήταν παγωμένη και λήφθηκε μόνο ένα δείγμα πλησίον του σταθμού X1, όπου η πρόσβαση ήταν εφικτή. Οι χαμηλότερες τιμές νιτρικών ιόντων καταγράφηκαν, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.8, κατά τη θερινή περίοδο (κυρίως τον Ιούλιο).

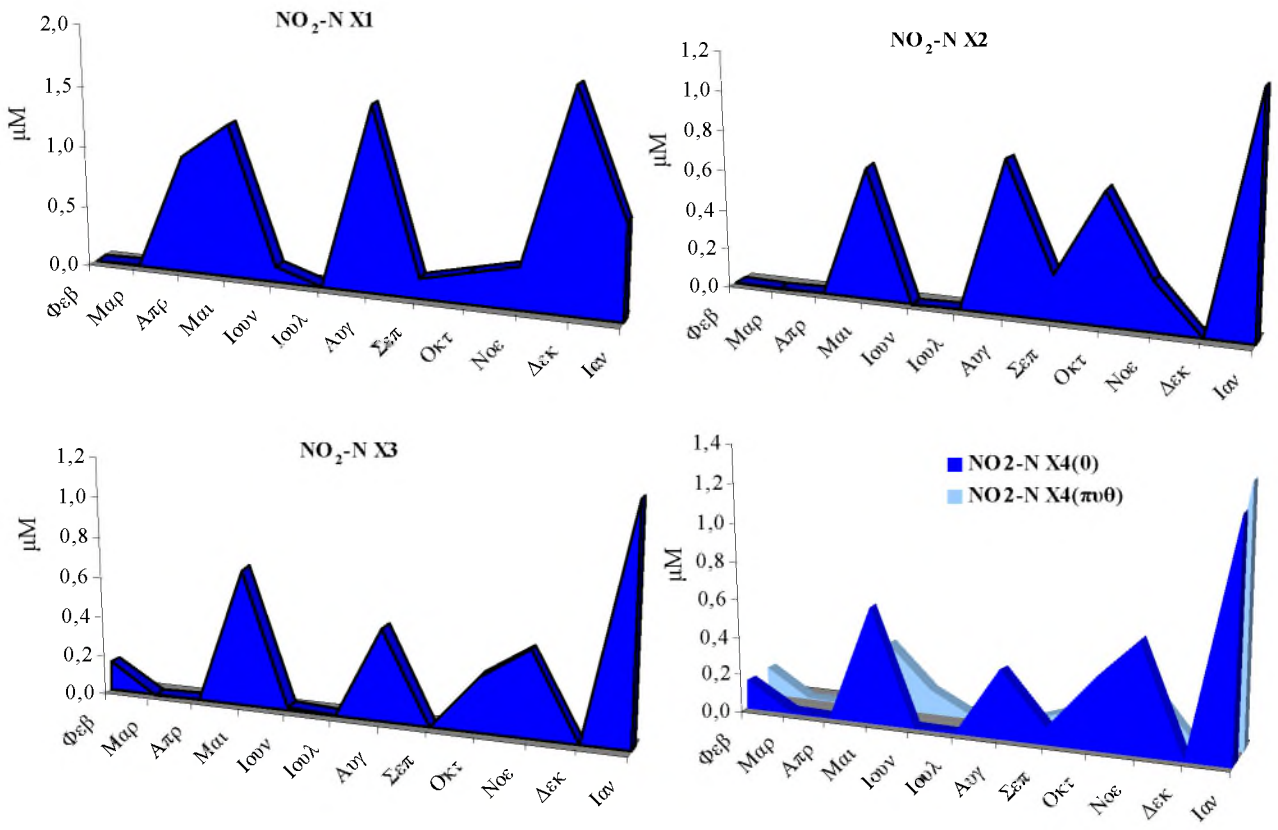
Όπως και στην περίπτωση των νιτρικών ιόντων, οι μέγιστες συγκεντρώσεις των νιτρωδών ιόντων (1,79 μM) μετρήθηκαν το μήνα Δεκέμβριο στο σταθμό X1 και το μήνα Ιανουάριο στους υπόλοιπους σταθμούς. Μη ανιχνεύσιμες ήταν οι συγκεντρώσεις των νιτρωδών ιόντων στην αρχή της εαρινής και θερινής περιόδου (Εικ. 2.9).



**Εικόνα 2.7.** Χρονικές μεταβολές της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων (μM) στη λίμνη Χειμαδίτιδα κατά το χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003.



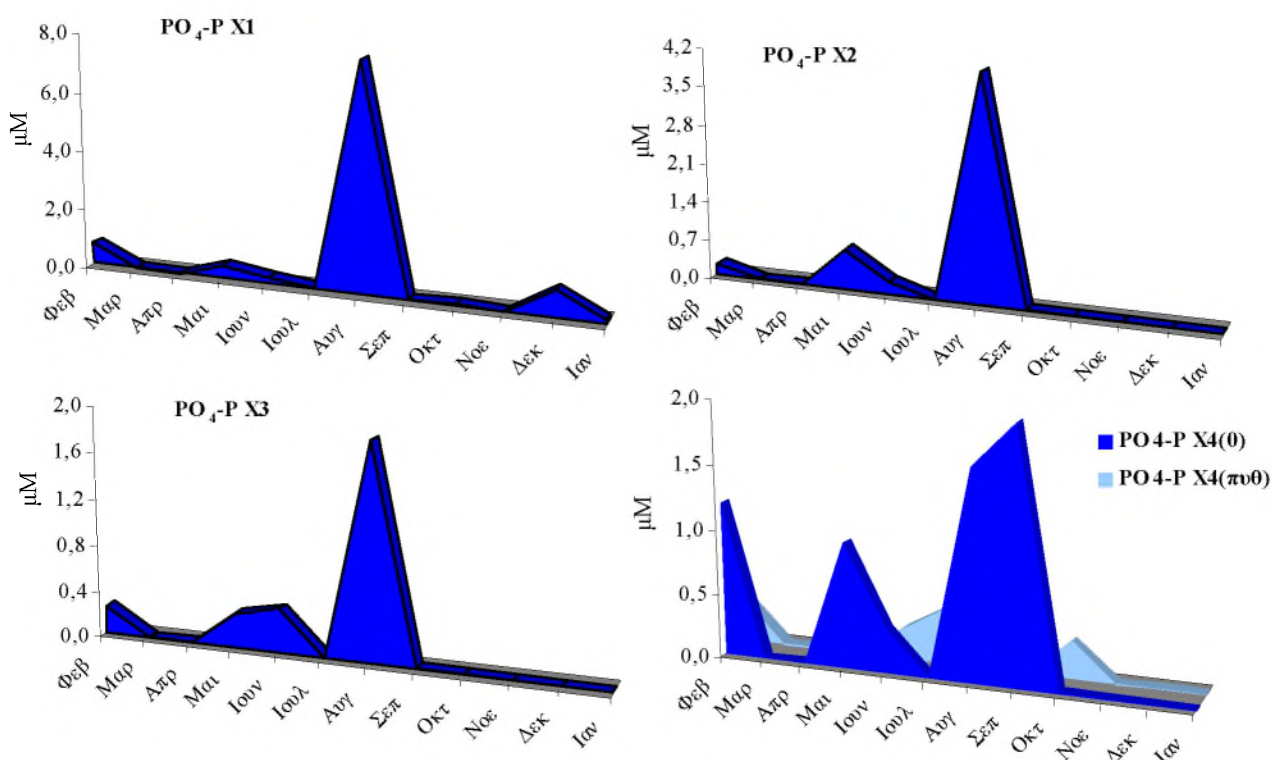
**Εικόνα 2.8.** Χρονικές μεταβολές της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων ( $\mu\text{M}$ ) στη λίμνη Χειμαδίτιδα κατά το χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003.



**Εικόνα 2.9.** Χρονικές μεταβολές της συγκέντρωσης των νιτρωδών ιόντων ( $\mu\text{M}$ ) στη λίμνη Χειμαδίτιδα κατά το χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003.

### 2.1.2.2. Φώσφορος

Ο φώσφορος αποτελεί έναν από τους περιοριστικούς παράγοντες για την ανάπτυξη του φυτοπλαγκτού στα υδάτινα οικοσυστήματα. Τα πλαγκτικά μικροφύκη προτιμούν τα ορθοφωσφορικά ιόντα ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) από τις υπόλοιπες ενώσεις φωσφόρου που υπάρχουν στο νερό. Οι συγκεντρώσεις των ορθοφωσφορικών παρουσίασαν αξιοσημείωτες μεταβολές κατά τη διάρκεια του έτους, με τις τιμές να κυμαίνονται μεταξύ μη ανιχνεύσιμων και  $7,68 \mu\text{M}$ . Στους σταθμούς X1, X2 και X3 οι μέγιστες συγκεντρώσεις καταγράφηκαν τον Αύγουστο, ενώ στο σταθμό X4 μέγιστες τιμές παρατηρήθηκαν το Σεπτέμβριο στο επιφανειακό στρώμα νερού και τον Ιούλιο στο στρώμα νερού κοντά στον πυθμένα (περίπου 1,5 m). Μη ανιχνεύσιμες ήταν οι συγκεντρώσεις των ορθοφωσφορικών ιόντων τους εαρινούς μήνες Μάρτιο και Απρίλιο σε όλους τους σταθμούς. Επιπλέον, μηδενικές ήταν οι τιμές των ορθοφωσφορικών το φθινόπωρο στους σταθμούς X1, X2 και X3, τον Οκτώβριο και το Νοέμβριο στο επιφανειακό δείγμα του σταθμού X4 και τους μήνες Σεπτέμβριο και Νοέμβριο στο δείγμα πυθμένα του τελευταίου σταθμού (Εικ. 2.10).

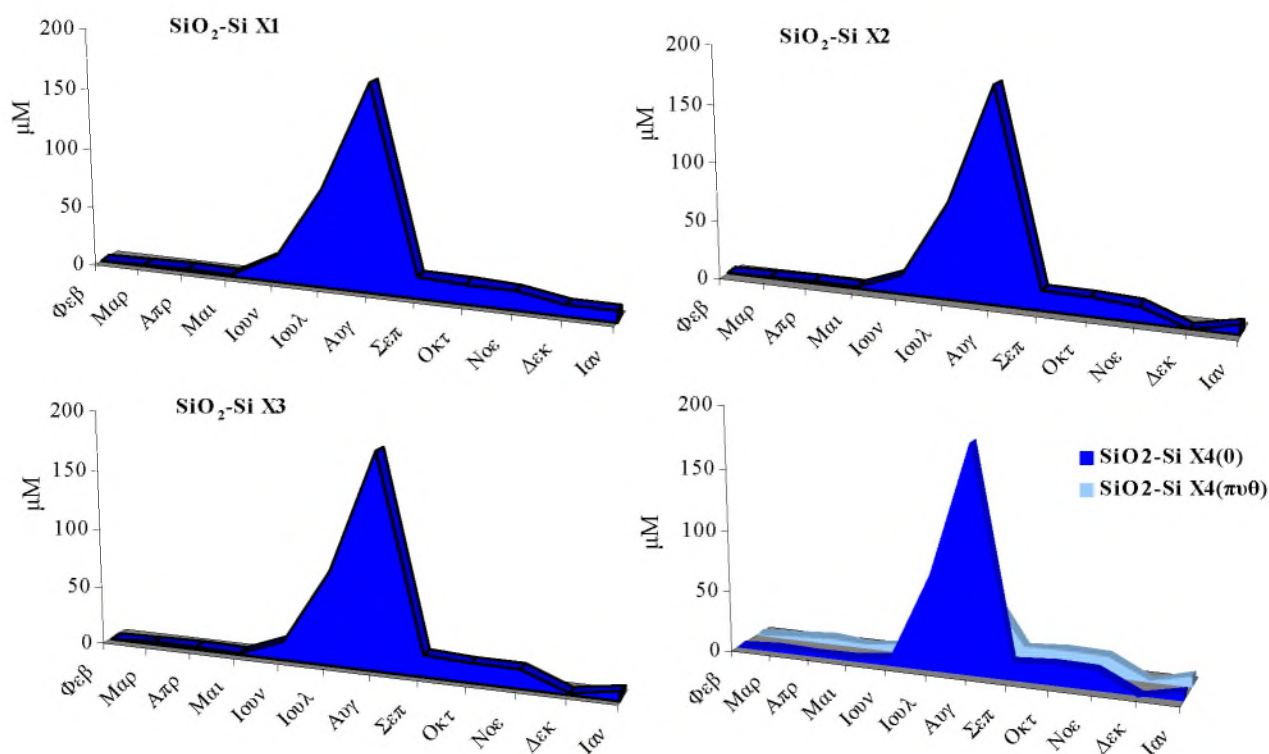


Εικόνα 2.10. Χρονικές μεταβολές της συγκέντρωσης του φωσφόρου ( $\mu\text{M}$ ) στη λίμνη Χειμαδίτιδα κατά το χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003.

### 2.1.2.3. Πυρίτιο

Εκτός από τις ενώσεις του αζώτου και του φωσφόρου, σημαντικό ρόλο στην παραγωγικότητα των υδάτινων οικοσυστημάτων διαδραματίζει το πυρίτιο, το οποίο αποτελεί δομικό συστατικό του κυτταρικού τοιχώματος των Διατόμων και Πυριτιομαστιγωτών. Βασική πηγή τροφοδοσίας πυριτίου αποτελεί ο φλοιός της γης, και για το λόγο αυτό οι συγκεντρώσεις του πυριτίου είναι σχετικά υψηλές σε περιοχές που δέχονται νερά από τη διάβρωση εδάφους.

Στη λίμνη Χειμαδίτιδα οι συγκεντρώσεις του πυριτίου παρουσίασαν σημαντικές μεταβολές και κυμάνθηκαν μεταξύ μη ανιχνεύσιμων και 180,78  $\mu\text{M}$ . Όπως φαίνεται στην εικόνα 2.11, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις μετρήθηκαν κατά τη θερινή περίοδο (κυρίως τον Αύγουστο), ενώ οι χαμηλότερες το μήνα Φεβρουάριο.

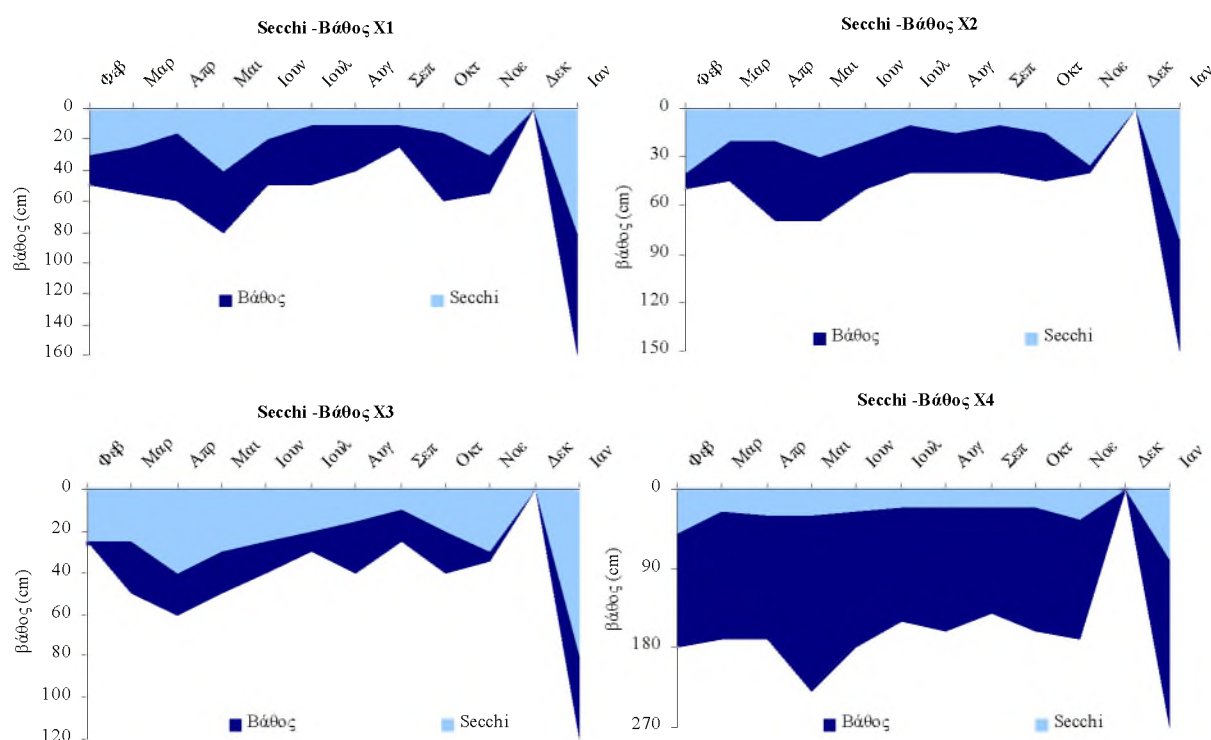


Εικόνα 2.11. Χρονικές μεταβολές της συγκέντρωσης του πυριτίου ( $\mu\text{M}$ ) στη λίμνη Χειμαδίτιδα κατά το χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003.



### 2.1.3 Διαφάνεια νερού

Η στάθμη (βάθος) της λίμνης Χειμαδίτιδας παρουσίασε αξιοσημείωτες μεταβολές (25 -270 cm) κατά τη διάρκεια του ετήσιου κύκλου (Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003) (Εικ. 2.12). Η διαφάνεια του νερού περιορίστηκε κατά μέσο όρο στο 40% περίπου του μήκους της στήλης του νερού σε όλους τους σταθμούς. Όπως φαίνεται στα διαγράμματα της εικόνας 2.12, η μεγαλύτερη διαφάνεια του νερού (ως και 100% της στήλης) παρατηρήθηκε κατά τους χειμερινούς μήνες, ενώ μικρότερη ήταν η διαφάνεια του νερού (12,5%) κατά τη θερινή περίοδο και τις αρχές του φθινοπώρου.

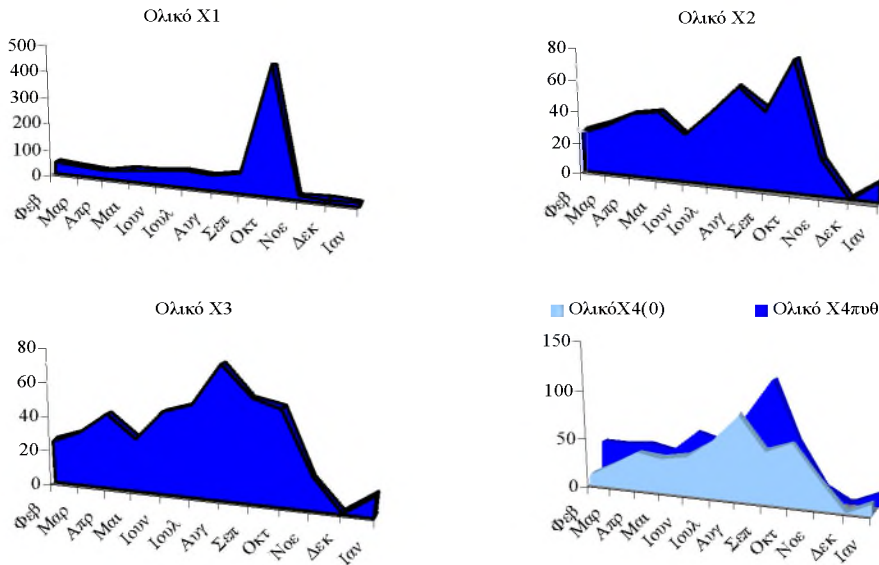


**Εικόνα 2.12.** Τα βάθη των σταθμών και οι τιμές διαφάνειας (τιμές δίσκου Secchi, cm) στη λίμνη Χειμαδίτιδα.

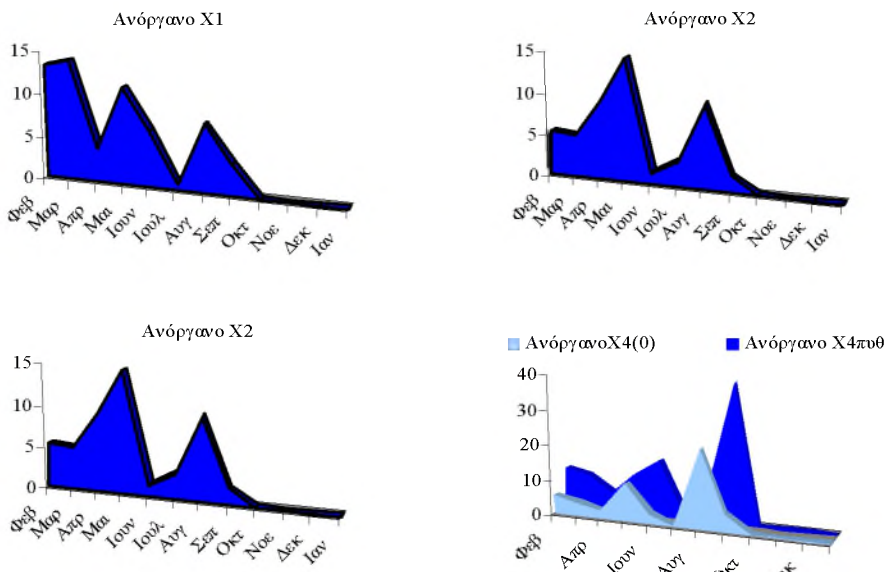
### 2.1.4 Αιωρούμενο σωματιδιακό υλικό

Στη λίμνη Χειμαδίτιδα το αιωρούμενο σωματιδιακό υλικό συνίστατο σε ποσοστό περίπου 11,6% από ανόργανο και 88,4% από οργανικό σωματιδιακό υλικό. Οι τιμές του ολικού αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού κυμάνθηκαν μεταξύ 10 και 476,2 mg/L, του ανόργανου μεταξύ 0 και 38,75 mg/L και του οργανικού μεταξύ 4,67 και 476,2 mg/L. Οι υψηλότερες τιμές αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού καταγράφηκαν στο σταθμό X1, ενώ στους υπόλοιπους σταθμούς οι τιμές κυμάνθηκαν σε χαμηλότερα επίπεδα. Τα μέγιστα του ολικού σωματιδιακού υλικού παρατηρήθηκαν το μήνα

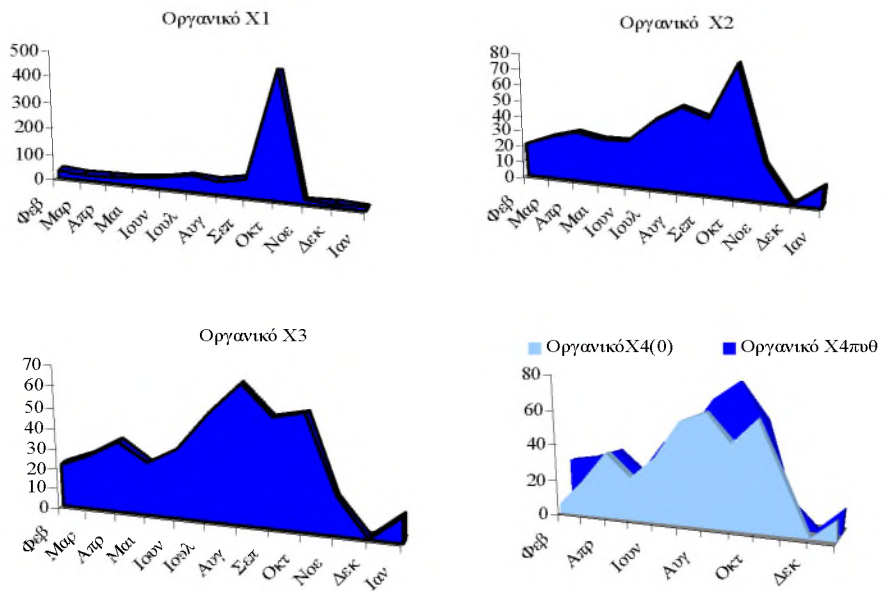
Οκτώβριο στους σταθμούς X1 και X2 και συνέπιπταν με τα μέγιστα του οργανικού υλικού. Αντίθετα, στους σταθμούς X3 και X4 τα μέγιστα του ολικού σωματιδιακού υλικού παρατηρήθηκαν τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο και συνέπιπταν με τις μέγιστες τιμές τόσο του οργανικού όσο και του ανόργανου σωματικού υλικού. Οι χρονικές μεταβολές του αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού παρουσιάζονται στις εικόνες 2.13, 2.14 και 2.15.



**Εικόνα 2.13.** Χρονικές μεταβολές της συγκέντρωσης (mg/L) του ολικού αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού στους σταθμούς της λίμνης Χειμαδίτιδας.



**Εικόνα 2.14.** Χρονικές μεταβολές της συγκέντρωσης (mg/L) του ανόργανου αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού στους σταθμούς της λίμνης Χειμαδίτιδας.



**Εικόνα 2.15.** Χρονικές μεταβολές της συγκέντρωσης (mg/L) του οργανικού αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού στους σταθμούς της λίμνης Χειμαδίτιδας.

## 2.2. Λίμνη Ζάζαρη και Χείμαρρος Σκλήθρου

### 2.2.1. Φυσικοχημικές παράμετροι

#### 2.2.1.1. Θερμοκρασία νερού

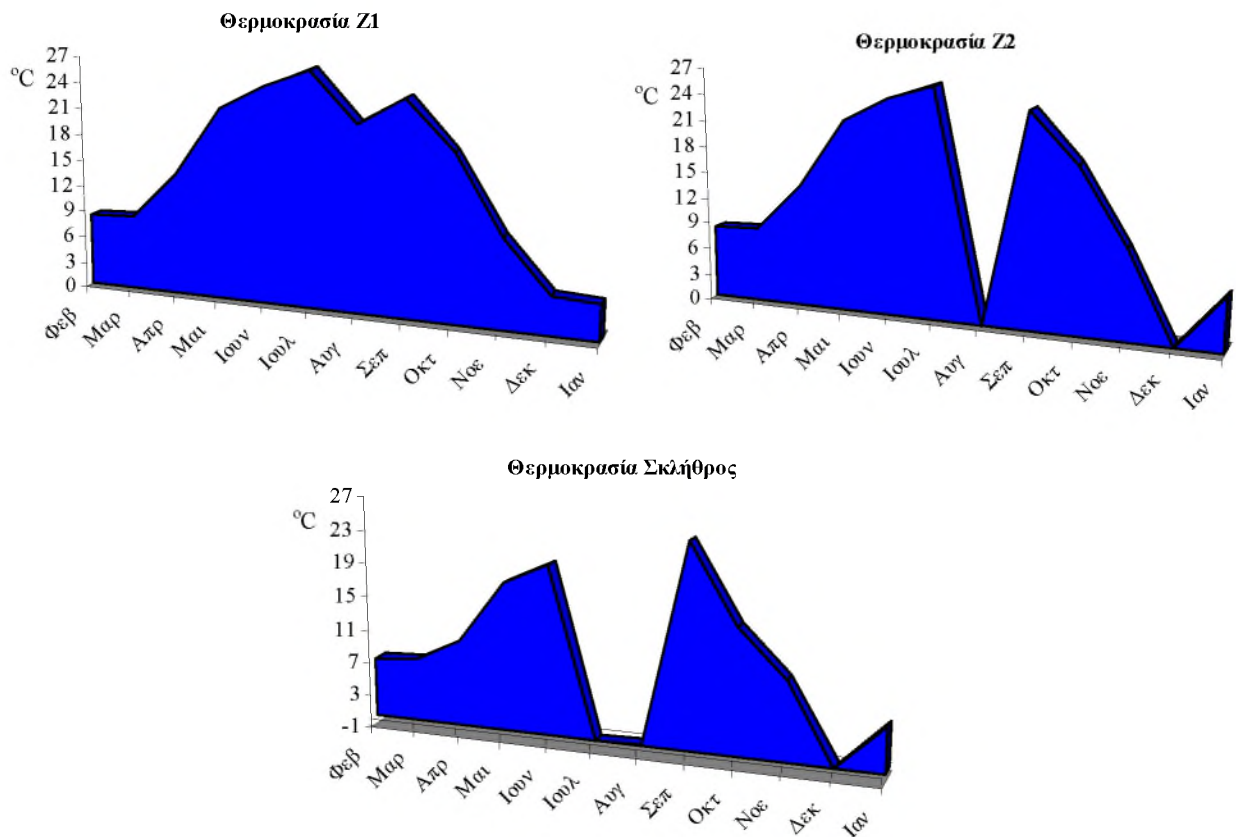
Η θερμοκρασία του νερού στη λίμνη Ζάζαρη κυμάνθηκε μεταξύ 4,2 και 26,9 °C. Οι χαμηλότερες τιμές θερμοκρασίας σε όλους τους σταθμούς καταγράφηκαν το Δεκέμβριο (2002), όταν λίμνη ήταν παγωμένη, και τον Ιανουάριο (2003), ενώ οι υψηλότερες τιμές μετρήθηκαν τον Ιούλιο. Η θερμοκρασία του νερού στο χείμαρρο Σκλήθρου κυμάνθηκε μεταξύ 5,5 και 24,2 °C, τιμές οι οποίες καταγράφηκαν τους μήνες Ιανουάριο και Σεπτέμβριο αντίστοιχα. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο χείμαρρος Σκλήθρου ήταν παγωμένος το μήνα Δεκέμβριο, όταν στις λίμνες Χειμαδίτιδα και Ζάζαρη καταγράφηκαν οι ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας και πλήρως αποξηραμένος τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο (Εικ. 2.16), όταν στις λίμνες καταγράφηκαν οι μέγιστες τιμές θερμοκρασίας. Για το λόγο αυτό πιθανότατα, το εύρος τιμών θερμοκρασίας στο χείμαρρο Σκλήθρου κατά τη διάρκεια του ετήσιου κύκλου παρουσιάστηκε μικρότερο. Οι μηνιαίες μεταβολές της θερμοκρασίας του νερού σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας στη λίμνη Ζάζαρη και το χείμαρρο Σκλήθρου παρουσιάζονται στα διαγράμματα της εικόνας 2.17.

**Εικόνα 2.16.** Αποξηραμένος ο χείμαρρος Σκλήθρου τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο.

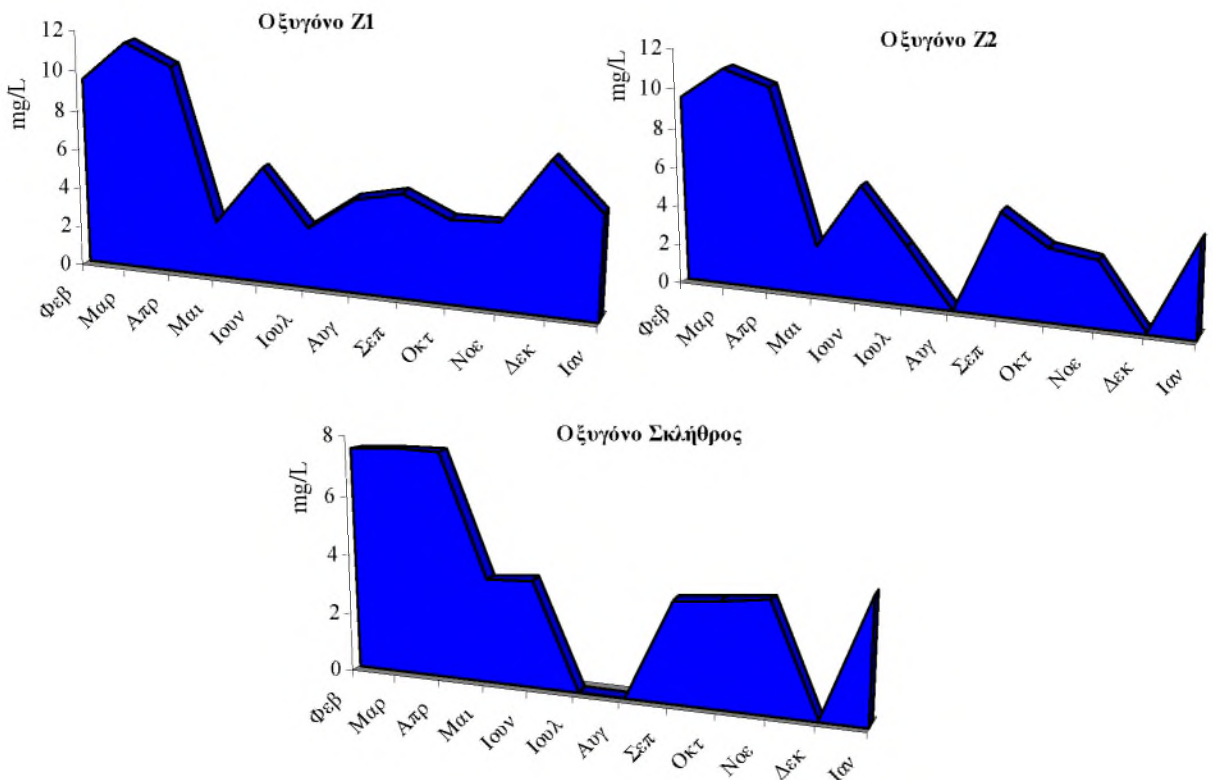


#### 2.2.1.2. Διαλυμένο Οξυγόνο

Η συγκέντρωση του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου παρουσίασε μεγάλες μεταβολές κατά τη διάρκεια του έτους στη λίμνη Ζάζαρη και μικρότερες αλλά αξιοσημείωτες στο χείμαρρο Σκλήθρου. Οι χαμηλότερες τιμές διαλυμένου οξυγόνου στους δύο σταθμούς της λίμνης Ζάζαρης (2,48 – 2,84 mg/L) μετρήθηκαν το Μάιο, ενώ οι υψηλότερες (11,02 – 11,45 mg/L) το Μάρτιο (Εικ. 2.18). Οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου στο χείμαρρο Σκλήθρου κυμάνθηκαν μεταξύ 3,4 και 7,6 mg/L. Όπως φαίνεται στα διαγράμματα της εικόνας 2.17, οι υψηλότερες τιμές καταγράφηκαν κατά το τέλος της χειμερινής περιόδου και τις αρχές της εαρινής, ενώ οι χαμηλότερες κατά τη θερμή περίοδο (Μάιος – Οκτώβριος).



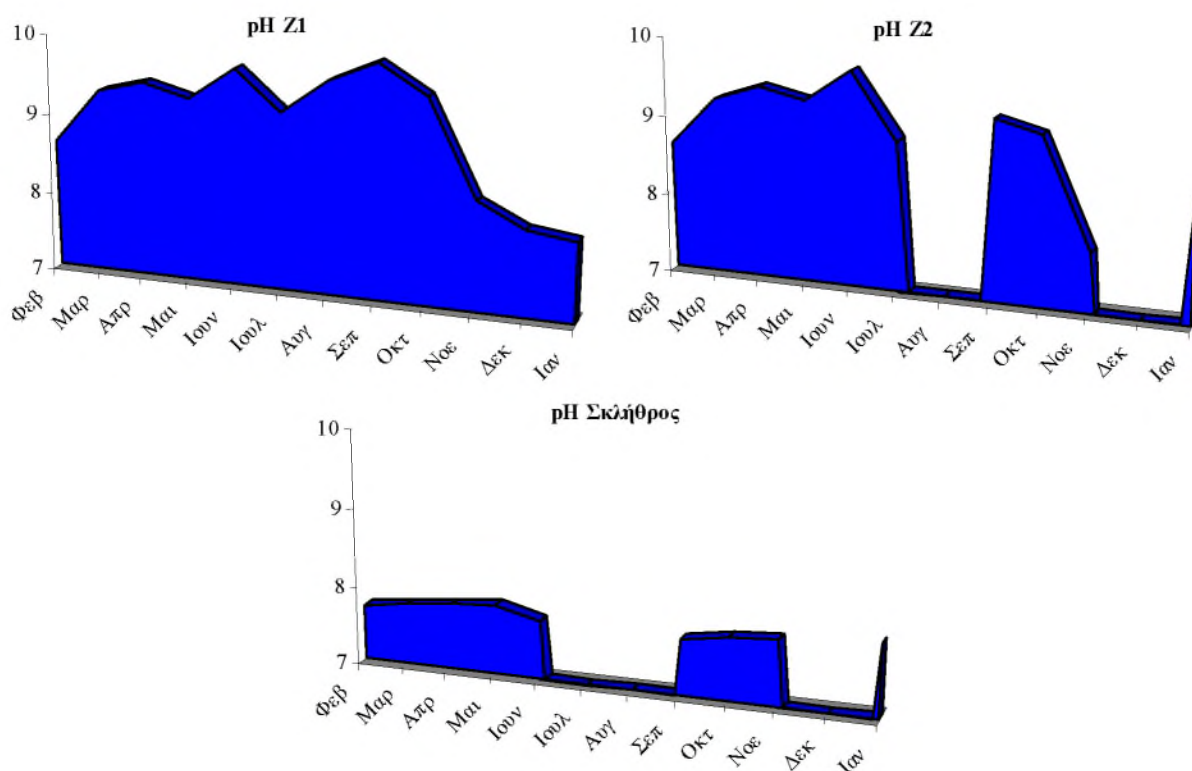
**Εικόνα 2.17.** Χρονικές μεταβολές της θερμοκρασίας νερού (°C) στη λίμνη Ζάζαρη και το χείμαρρο Σκλήθρου κατά το χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003.



**Εικόνα 2.18.** Χρονικές μεταβολές του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου (mg/L) στη λίμνη Ζάζαρη και το χείμαρρο Σκλήθρου κατά το χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003.

### 2.2.1.3. pH

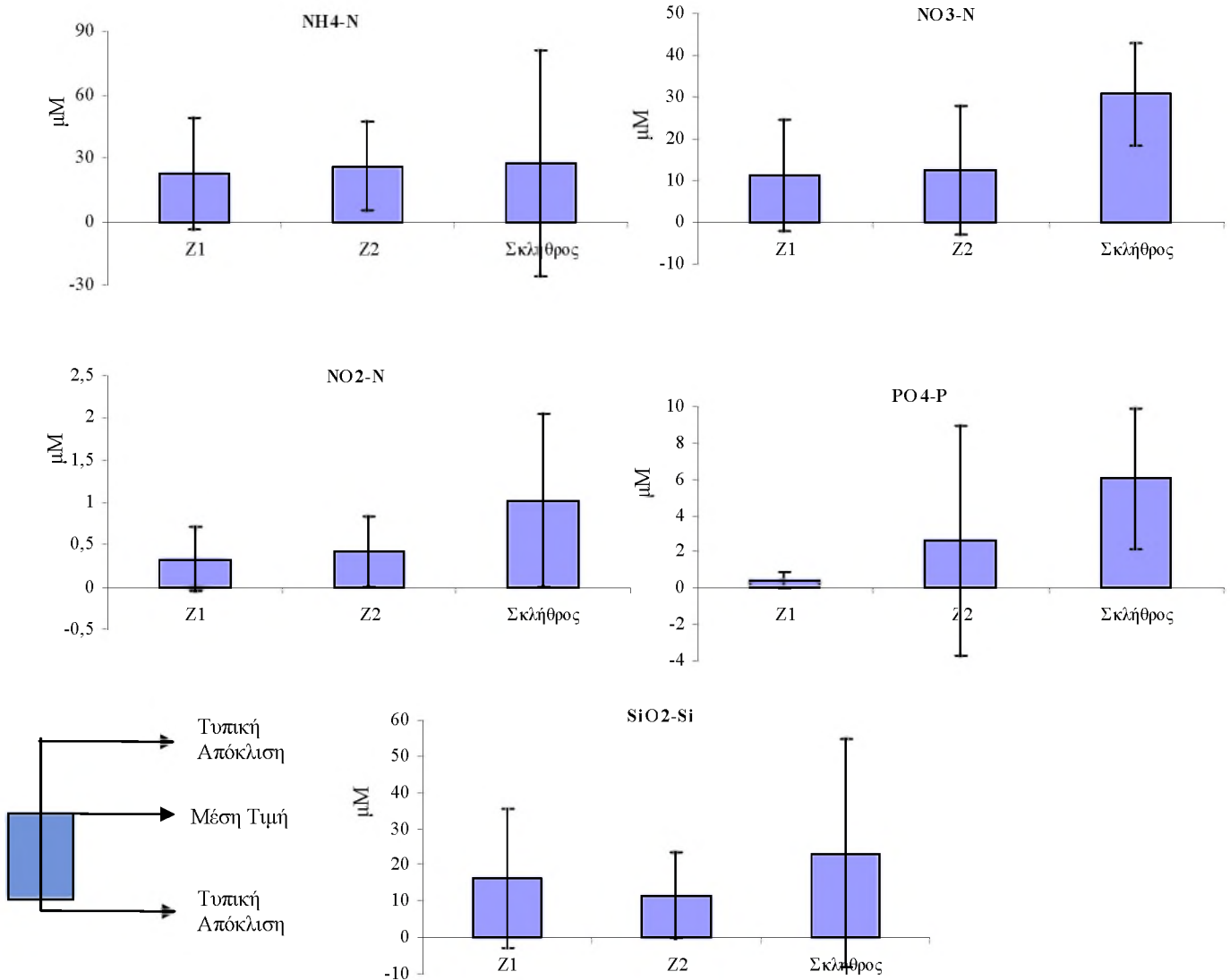
Οι τιμές του pH στη λίμνη Ζάζαρη κυμάνθηκαν σε χαμηλότερα επίπεδα (7,75 - 9,91) σε σχέση με τη λίμνη Χειμαδίτιδα. Όπως φαίνεται στα διαγράμματα της εικόνας 2.15, οι υψηλότερες τιμές μετρήθηκαν το καλοκαίρι και στις αρχές του φθινοπώρου, ενώ οι χαμηλότερες κατά τα τέλη του φθινοπώρου και κατά τη χειμερινή περίοδο. Οι μεταβολές των τιμών pH στο χείμαρρο Σκλήθρου ήταν μικρότερες (7,71 – 7,91) σε σχέση με τις λίμνες Ζάζαρη και Χειμαδίτιδα κατά τη διάρκεια του ετήσιου κύκλου (Εικ. 2.19).



Εικόνα 2.19. Χρονικές μεταβολές του pH στη λίμνη Ζάζαρη και τον χείμαρρο Σκλήθρου κατά το χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003.

### 2.2.2. Ανόργανα Θρεπτικά Ιόντα

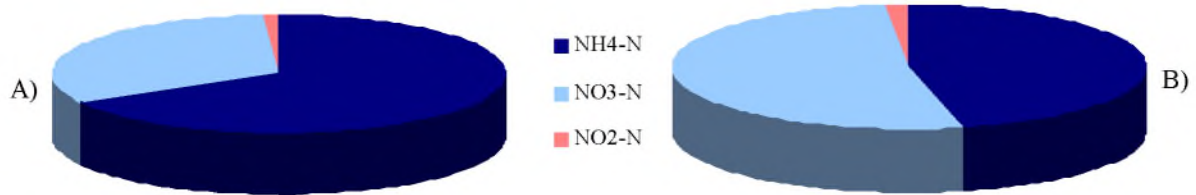
Οι μέσες ετήσιες τιμές των ανόργανων θρεπτικών ιόντων καταγράφηκαν υψηλότερες στο χείμαρρο Σκλήθρου συγκριτικά με τη λίμνη Ζάζαρη. Όσον αφορά στους δύο σταθμούς της λίμνης Ζάζαρης, με την εξαίρεση των πυριτικών ιόντων, οι συγκεντρώσεις των ανόργανων μορφών του αζώτου και του φωσφόρου παρουσιάστηκαν υψηλότερες στο σταθμό Z2, ο οποίος βρίσκεται πλησίον του Σκλήθρου (Εικ. 2.20).



**Εικόνα 2.20.** Μέσες ετήσιες τιμές (mM) και τυπική απόκλιση των συγκεντρώσεων των ανόργανων θρεπτικών ιόντων (NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, SiO<sub>2</sub>-Si) στη λίμνη Ζάζαρη και το χειμάρρο Σκλήθρο.

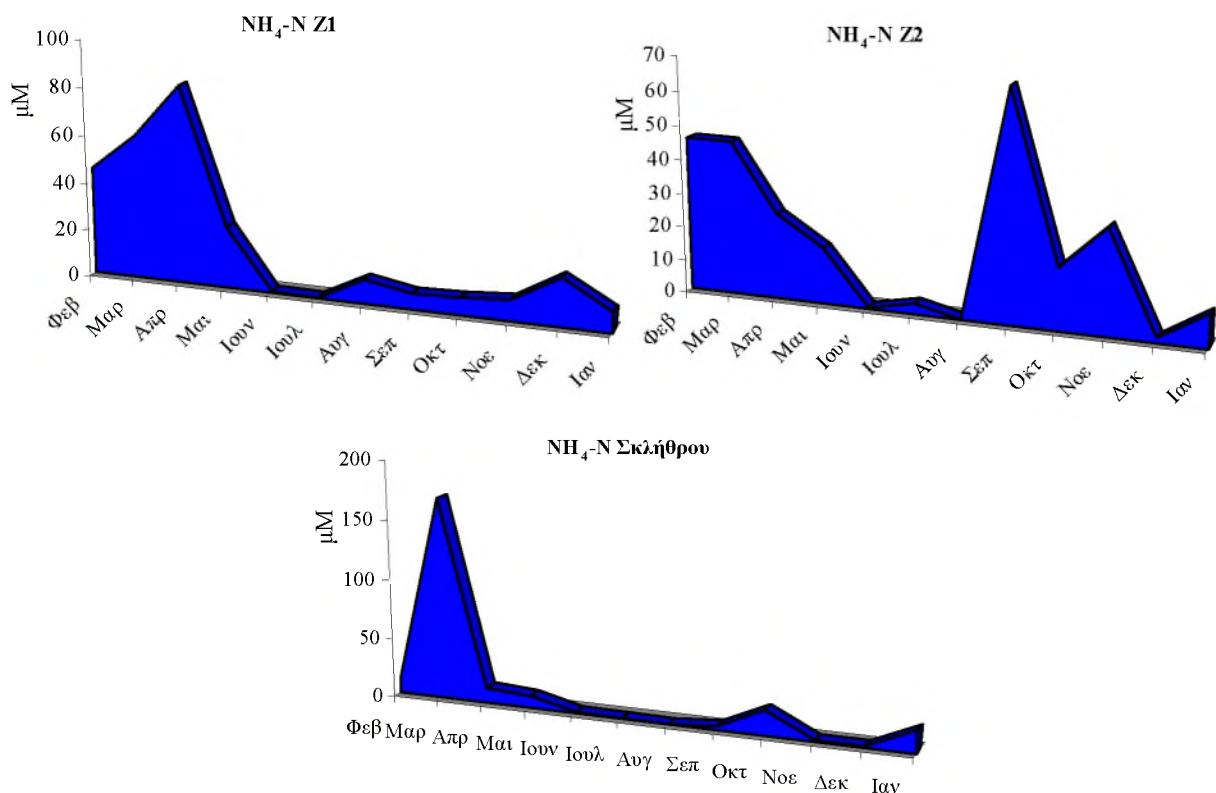
### 2.2.2.1. Άζωτο

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων κατά το χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003, οι συγκεντρώσεις των ανόργανων ενώσεων του αζώτου παρουσίασαν αξιοσημείωτες μεταβολές κατά τη διάρκεια του έτους. Στη Ζάζαρη, όπως και στη Χειμαδίτιδα, τα αμμωνιακά ιόντα αποτέλεσαν τη σημαντικότερη μορφή ανόργανου αζώτου (67% του ολικού ανόργανου αζώτου), ενώ ακολούθησαν τα νιτρικά (32%) και τα νιτρώδη (1%) (Εικ. 2.21Α). Αντίθετα, στο χειμάρρο Σκλήθρου σημαντικότερη μορφή ανόργανου αζώτου αποτέλεσαν τα νιτρικά ιόντα (52% του ολικού ανόργανου αζώτου) και ακολούθησαν τα αμμωνιακά (46,3%) και τα νιτρώδη (2%) (Εικ. 2.21Β).



**Εικόνα 2.21.** Ποσοστιαία συμμετοχή των  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  και  $\text{NO}_2\text{-N}$  στο συνολικό ανόργανο άζωτο  
A) στη λίμνη Ζάζαρη και B) στο χείμαρρο Σκλήθρου.

Οι συγκεντρώσεις των αμμωνιακών ιόντων στους σταθμούς της λίμνης Ζάζαρης κυμάνθηκαν μεταξύ μη ανιχνεύσιμων τιμών και  $82,7 \mu\text{M}$ . Οι υψηλότερες τιμές στο σταθμό Z1 καταγράφηκαν το μήνα Απρίλιο και στο σταθμό Z2 το Σεπτέμβριο, ενώ οι ελάχιστες τιμές μετρήθηκαν τον Ιούνιο και το Δεκέμβριο αντίστοιχα (Εικ. 2.22). Οι μεταβολές της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων στο χείμαρρο Σκλήθρου ήταν μεγαλύτερες ( $0,50 - 169,13 \mu\text{M}$ ) σε σχέση με τη λίμνη Ζάζαρη (Εικ. 2.22). Χαμηλές ήταν οι συγκεντρώσεις των αμμωνιακών ιόντων την υπόλοιπη περίοδο.

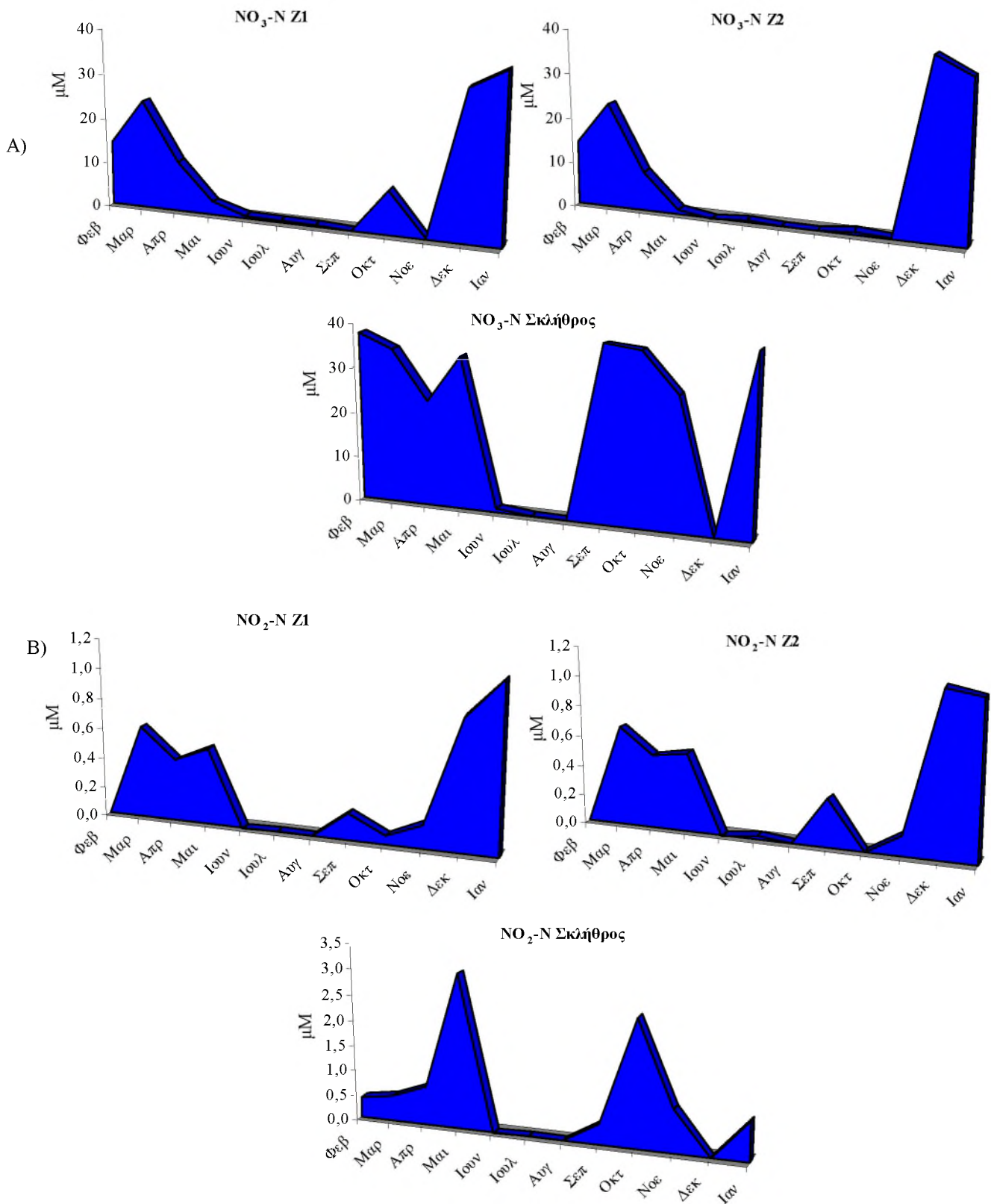


**Εικόνα 2.22.** Χρονικές μεταβολές της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων ( $\mu\text{M}$ ) στη λίμνη Ζάζαρη και το χείμαρρο Σκλήθρου κατά το χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003.



Τα νιτρικά ιόντα μετρήθηκαν σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονταν από 0 ως 39,47  $\mu\text{M}$  στη λίμνη Ζάζαρη, και από 0,96 ως 39,76  $\mu\text{M}$  στο χείμαρρο Σκλήθρου κατά τη διάρκεια του ετήσιου κύκλου. Οι υψηλότερες τιμές νιτρικών ιόντων μετρήθηκαν κατά τη χειμερινή περίοδο (Δεκέμβριο και Ιανουάριο), όπως και στη λίμνη Χειμαδίτιδα. Όπως φαίνεται στην εικόνα 2.23A, οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις καταγράφηκαν το Σεπτέμβριο στη λίμνη Ζάζαρη και τον Ιούνιο στο χείμαρρο Σκλήθρου.

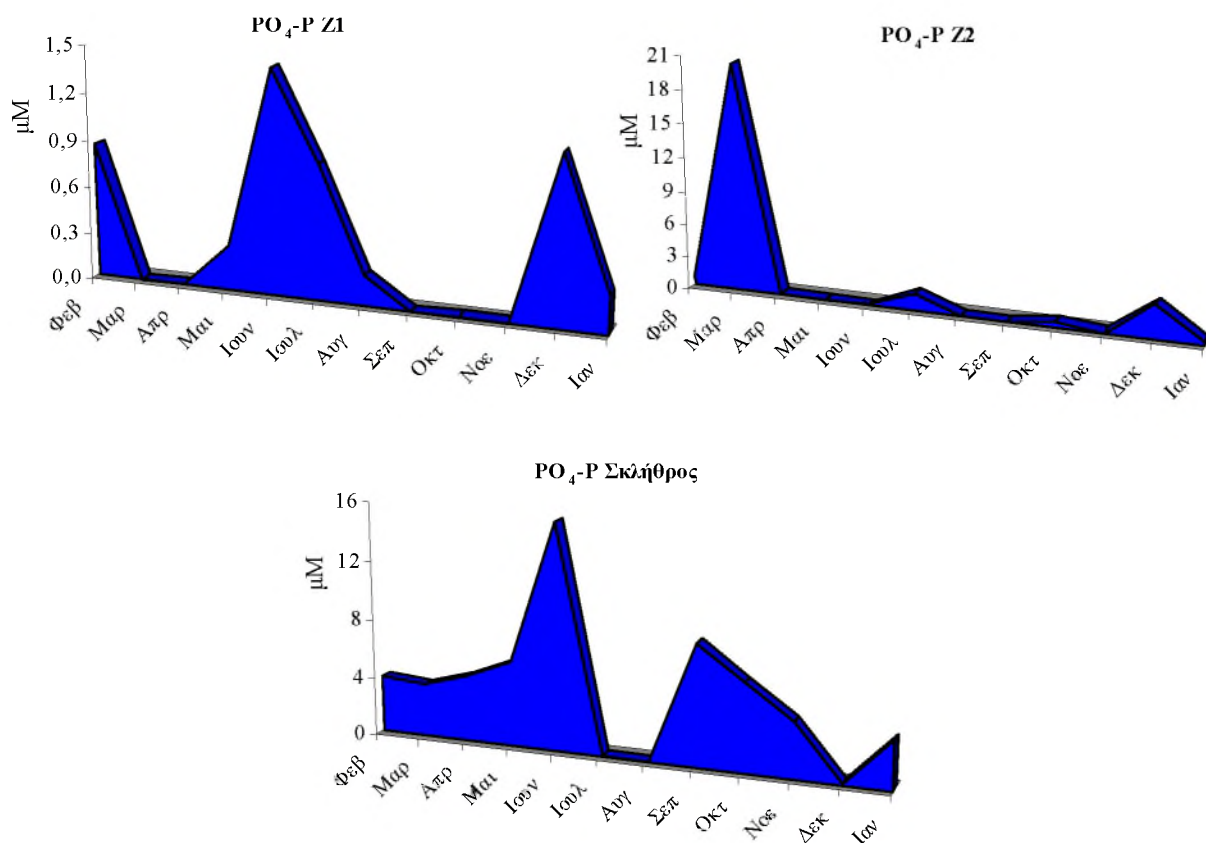
Οι συγκεντρώσεις των νιτρωδών ιόντων κυμάνθηκαν μεταξύ μη ανιχνεύσιμων τιμών και 1,11  $\mu\text{M}$  στη λίμνη Ζάζαρη και μεταξύ μη ανιχνεύσιμων τιμών και 3,02  $\mu\text{M}$  στο χείμαρρο Σκλήθρου. Όπως φαίνεται στην εικόνα 2.23B, οι μέγιστες τιμές στις συγκεντρώσεις των νιτρωδών ιόντων καταγράφηκαν τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο στη λίμνη Ζάζαρη και το Μάιο στο χείμαρρο Σκλήθρου. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των νιτρωδών ιόντων μετρήθηκαν κυρίως κατά τη θερινή περίοδο τόσο στη λίμνη Ζάζαρη όσο και στο χείμαρρο Σκλήθρου.



**Εικόνα 2.23.** Χρονικές μεταβολές της συγκέντρωσης (μM) των A) νιτρικών και B) νιτρωδών ιόντων στη λίμνη Ζάζαρη και το χειμάρρο Σκλήθρου κατά το χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003.

### 2.2.2.2. Φώσφορος

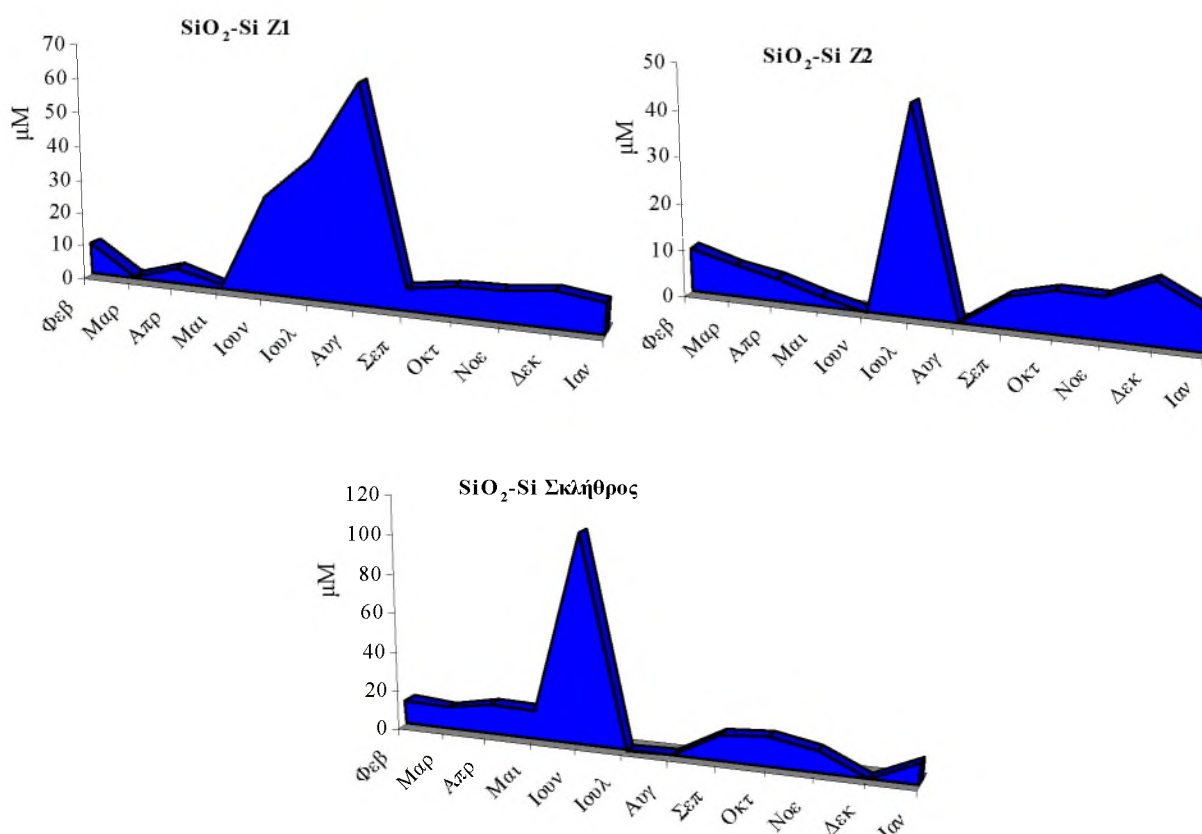
Οι συγκεντρώσεις των ορθοφωσφορικών παρουσίασαν αξιοσημείωτες μεταβολές στη λίμνη Ζάζαρη κατά τη διάρκεια του έτους με τις τιμές να κυμαίνονται μεταξύ μη ανιχνεύσιμων και 20,41  $\mu\text{M}$ . Μικρότερο ήταν το εύρος των τιμών στο χείμαρρο Σκλήθρου (3,25 – 15,35  $\mu\text{M}$ ). Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις καταγράφηκαν στο σταθμό Z2 το μήνα Μάρτιο και στο σταθμό Z1 και το χείμαρρο Σκλήθρου το μήνα Ιούνιο. Μη ανιχνεύσιμες ήταν οι συγκεντρώσεις του φωσφόρου στη λίμνη Ζάζαρη κατά τη φθινοπωρινή περίοδο. Οι μηνιαίες μεταβολές της συγκέντρωσης των ορθοφωσφορικών ιόντων στη λίμνη Ζάζαρη και το χείμαρρο Σκλήθρου παρουσιάζονται στην εικόνα 2.24.



**Εικόνα 2.24.** Χρονικές μεταβολές της συγκέντρωσης ( $\mu\text{M}$ ) του φωσφόρου στη λίμνη Ζάζαρη και το χείμαρρο Σκλήθρου κατά το χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003.

### 2.2.2.3. Πυρίτιο

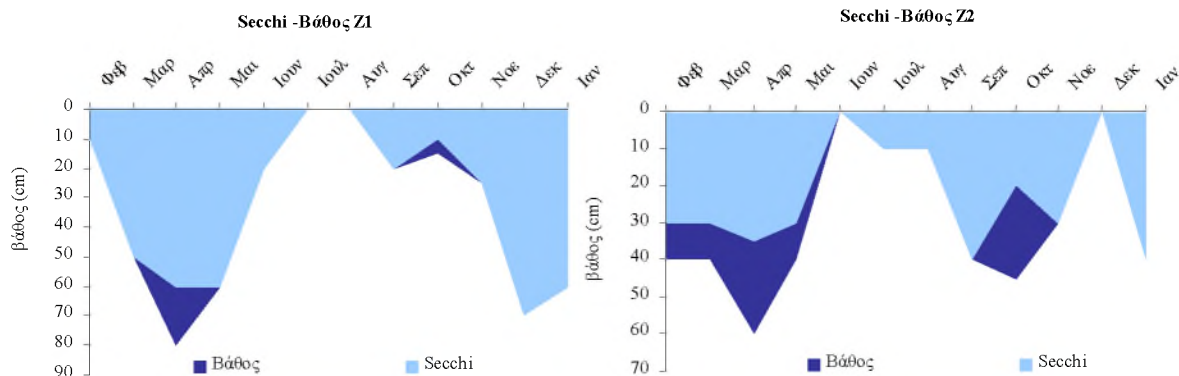
Οι συγκεντρώσεις του πυριτίου στο χειμάρρο Σκλήθρου κυμάνθηκαν σε σχετικά υψηλότερα επίπεδα (0,52 – 106,37  $\mu\text{M}$ ) σε όλη τη διάρκεια του έτους σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές που καταγράφηκαν για τη λίμνη Ζάζαρη (0,52 – 63,98  $\mu\text{M}$ ). Όπως φαίνεται στην εικόνα 2.25, τόσο στη Ζάζαρη όσο και στο χειμάρρο Σκλήθρου μέγιστες τιμές πυριτικών ιόντων μετρήθηκαν κατά τη θερινή περίοδο και χαμηλότερες κατά τα τέλη της χειμερινής και τις αρχές της εαρινής περιόδου.



Εικόνα 2.25. Χρονικές μεταβολές της συγκέντρωσης ( $\mu\text{M}$ ) του πυριτίου στη λίμνη Ζάζαρη και το χειμάρρο Σκλήθρου κατά το χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003.

### 2.2.3 Διαφάνεια νερού

Στους δύο σταθμούς δειγματοληψίας στη λίμνη Ζάζαρη η διαφάνεια, όπως προέκυψε από τις τιμές του δίσκου Secchi, κυμάνθηκε μεταξύ 50 και 100% του συνολικού μήκους της στήλης του νερού. Όπως φαίνεται στα διαγράμματα της εικόνας 2.26, η μεγαλύτερη διαφάνεια του νερού παρατηρήθηκε κατά τους χειμερινούς μήνες, ενώ μικρότερη ήταν η διαφάνεια του νερού κατά την εαρινή περίοδο.

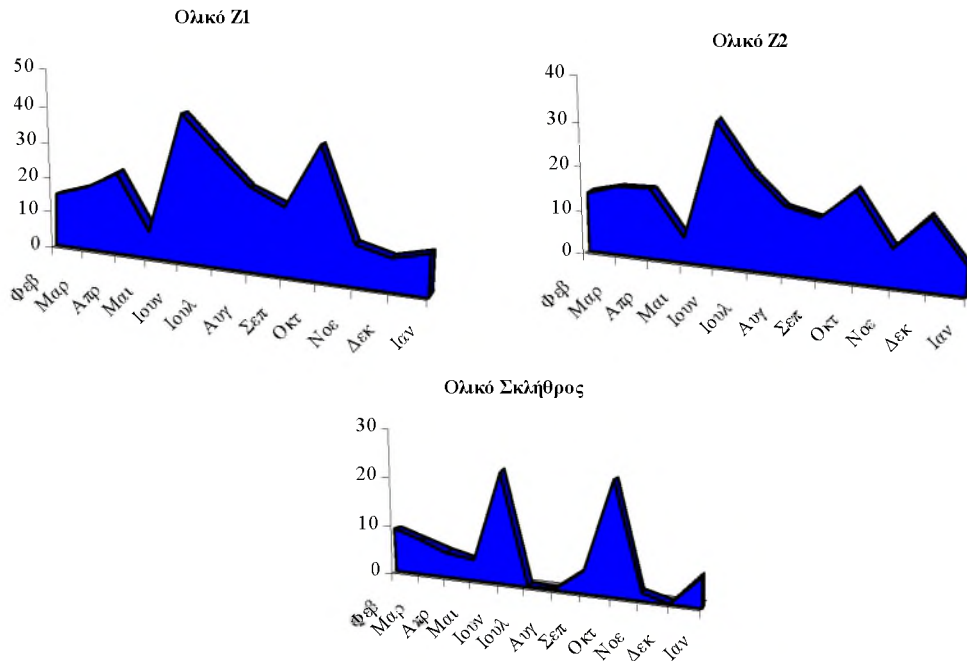


**Εικόνα 2.26.** Τα βάθη των σταθμών και οι τιμές διαφάνειας (τιμές δίσκου Secchi, cm) στη λίμνη Ζάζαρη.

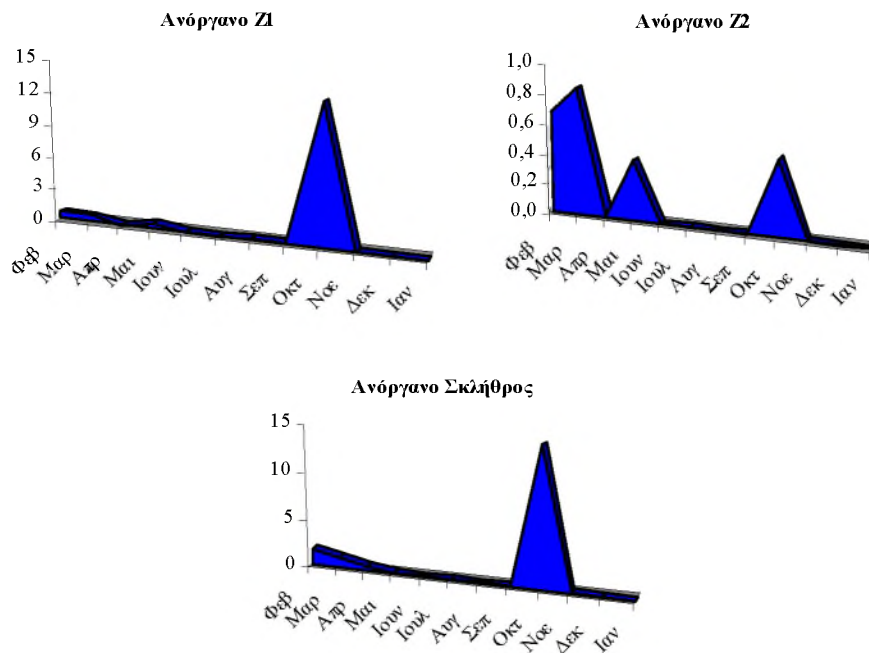
### 2.2.4 Αιωρούμενο Σωματιδιακό υλικό

Στη λίμνη Ζάζαρη το αιωρούμενο σωματιδιακό υλικό συνίστατο σε ποσοστό περίπου 4% από ανόργανο και 96% από οργανικό σωματιδιακό υλικό. Μεταξύ των σταθμών της λίμνης Ζάζαρης δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στα επίπεδα των τιμών του αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού. Οι τιμές του ολικού αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού κυμάνθηκαν μεταξύ 5,6 και 40,7 mg/L, του ανόργανου μεταξύ 0 και 12,78 mg/L και του οργανικού μεταξύ 5,2 και 40,7 mg/L. Στο χειμάρρο Σκλήθρου το ανόργανο σωματιδιακό υλικό αποτελούσε το 23,3% του ολικού σωματιδιακού υλικού και οι τιμές του κυμάνθηκαν μεταξύ 0 και 14,5 mg/L. Το οργανικό σωματιδιακό υλικό συνιστούσε το 76,7% του ολικού σωματιδιακού υλικού, ενώ οι τιμές του κυμάνθηκαν από 1,5 ως 15,52 mg/L. Το ολικό σωματιδιακό υλικό στο χειμάρρο Σκλήθρου καταγράφηκε στη διάρκεια του ετήσιου κύκλου σε τιμές που κυμαίνονταν από 1,5 ως 23 mg/L.

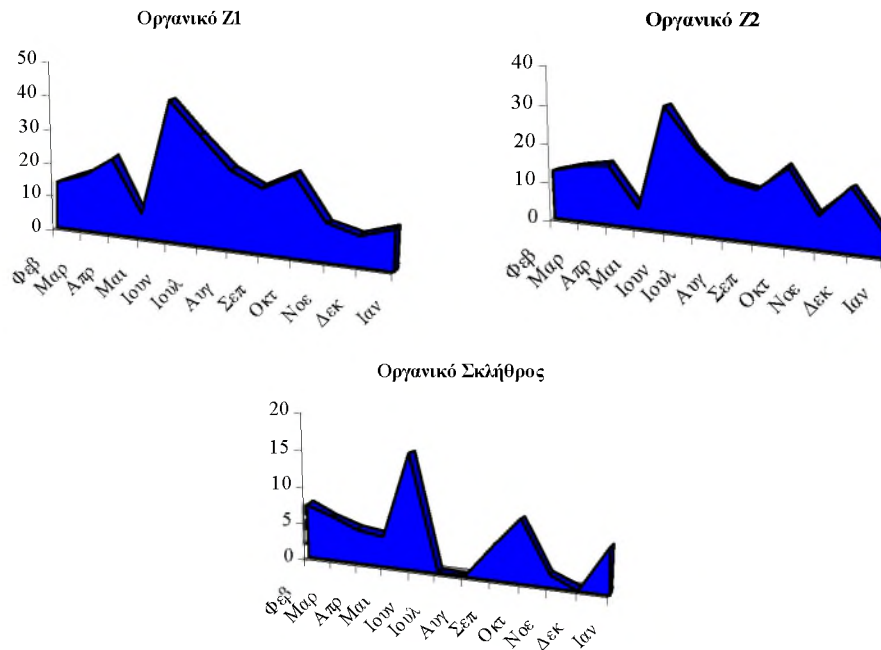
Στους δύο σταθμούς δειγματοληψίας στη λίμνη Ζάζαρη καθώς και στο χειμάρρο Σκλήθρου μέγιστες τιμές ολικού αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού παρατηρήθηκαν το μήνα Ιούνιο, ενώ ένα δεύτερο μέγιστο καταγράφηκε το μήνα Οκτώβριο. Όπως φαίνεται στα διαγράμματα των εικόνων 2.27, 2.28 και 2.29, οι μέγιστες τιμές του ολικού σωματιδιακού υλικού παρατηρήθηκαν ταυτόχρονα με τις υψηλότερες τιμές του ανόργανου και ιδιαίτερα του οργανικού αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού.



**Εικόνα 2.27.** Χρονικές μεταβολές της συγκέντρωσης (mg/L) του ολικού αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού στους σταθμούς της λίμνης Ζάζαρης και το χειμάρρο Σκλήθρου.



**Εικόνα 2.28.** Χρονικές μεταβολές της συγκέντρωσης (mg/L) του ανόργανου αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού στους σταθμούς της λίμνης Ζάζαρης και το χειμάρρο Σκλήθρου.



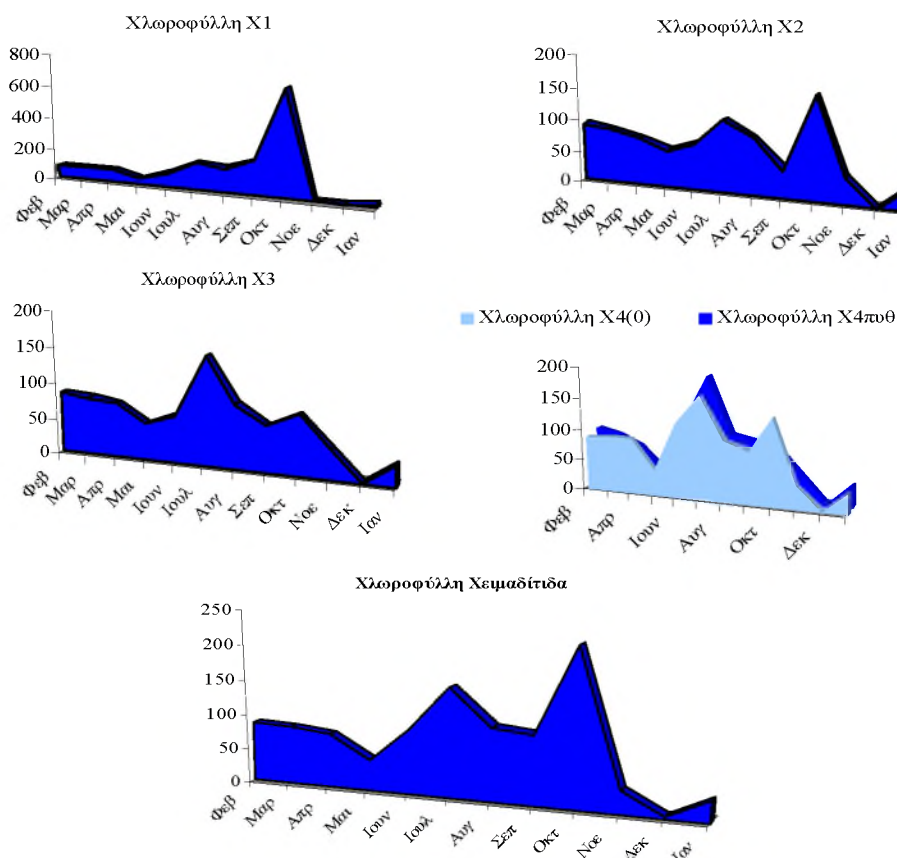
**Εικόνα 2.29.** Χρονικές μεταβολές της συγκέντρωσης (mg/L) του οργανικού αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού στους σταθμούς της λίμνης Ζάζαρης και το χείμαρρο Σκλήθρου.

### 3. Αποτελέσματα βιολογικών παραμέτρων

#### 3.1 Λίμνη Χειμαδίτιδα

##### 3.1.1 Χλωροφύλλη-α (Chl-a)

Οι τιμές της συγκέντρωσης της Chl-a στη λίμνη Χειμαδίτιδα κυμάνθηκαν από 2,085 ως 671,833  $\mu\text{g/L}$ . Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις Chl-a μετρήθηκαν στο σταθμό X1 τον Οκτώβριο, ενώ στους υπόλοιπους σταθμούς οι τιμές κυμαίνονταν σε χαμηλότερα επίπεδα (έως 188,2  $\mu\text{g/L}$ ). Οι μέγιστες τιμές Chl-a δεν καταγράφηκαν ταυτόχρονα σε όλους τους σταθμούς. Όπως φαίνεται στα διαγράμματα της εικόνας 3.1, οι υψηλότερες τιμές Chl-a καταγράφηκαν το μήνα Οκτώβριο στους σταθμούς X1 και X2 και το μήνα Ιούλιο στους σταθμούς X3 και X4. Αντίθετα, οι χαμηλότερες τιμές της Chl-a σε όλους τους σταθμούς μετρήθηκαν κυρίως κατά τη χειμερινή περίοδο (το Δεκέμβριο στο σταθμό X1 και τον Ιανουάριο στους υπόλοιπους σταθμούς). Επιπλέον, στο σταθμό X4 δεν παρατηρήθηκε διαφοροποίηση στις τιμές της συγκέντρωσης της Chl-a μεταξύ επιφάνειας και πυθμένα. Στην εικόνα 3.1 παρουσιάζονται οι χρονικές μεταβολές της συγκέντρωσης της Chl-a στους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας της λίμνης Χειμαδίτιδας καθώς και της μέσης τιμής Chl-a σε όλους τους σταθμούς.



Εικόνα 3.1. Χρονικές μεταβολές της συγκέντρωσης ( $\mu\text{g/L}$ ) Chl-a στους σταθμούς της λίμνης Χειμαδίτιδας και της μέσης τιμής Chl-a στη λίμνη Χειμαδίτιδα.



### 3.1.2 Σύνθεση φυτοπλαγκτικής κοινότητας

Στο χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003 αναγνωρίστηκαν στη λίμνη Χειμαδίτιδα συνολικά 114 taxa φυτοπλαγκτού (Πιν. II). Από αυτά 46 ανήκουν στην κλάση των Χλωροφυκών (Chlorophyceae), 30 στην κλάση των Κυανοφυκών (Cyanophyceae), 16 στην κλάση των Διατόμων (Bacillariophyceae), 5 στην κλάση των Χρυσοφυκών (Chrysophyceae), 7 στην κλάση των Κρυπτοφυκών (Cryptophyceae), 4 στην κλάση των Δινοφυκών (Dinophyceae), 4 στην κλάση των Ευγληνοφυκών (Euglenophyceae) και 2 στην κλάση των Απτοφυκών (Haptophyceae) (Εικ. 3.2).

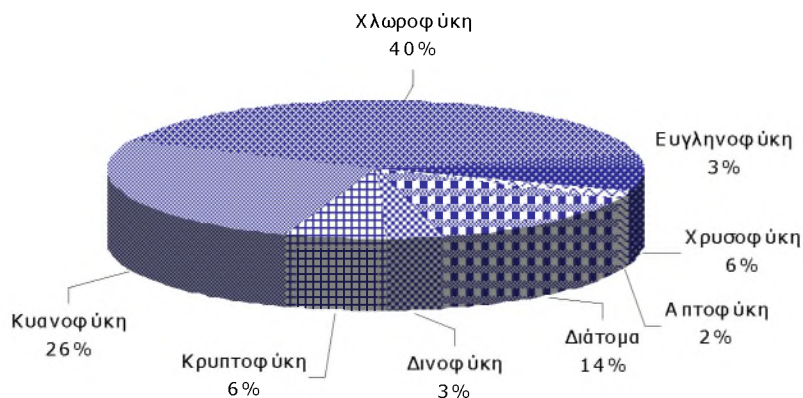
**Πίνακας II.** Κατάλογος φυτοπλαγκτικών οργανισμών που αναγνωρίστηκαν στη λίμνη Χειμαδίτιδα (Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003).

<b>Κυανοφύκη (Cyanophyceae)</b>
<i>Anabaena circinalis</i> Rabenhorst
<i>Anabaena minderi</i> Huber-Pestalozzi
<i>Anabaena spiroides</i> Klebahn
<i>Anabaena variabilis</i> Kützing
<i>Anabaenopsis</i> sp1.
<i>Anabaenopsis</i> sp2.
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (Linné) Ralfs
<i>Aphanizomenon issatschenkoi</i> (Usačev) Proškina-Lavrenko
<i>Aphanizomenon</i> sp1.
<i>Aphanocapsa</i> cf. <i>planctonica</i> (G.M. Smith) Komárek & Anagnostidis
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> West
<i>Chroococcus dispersus</i> (Keissler) Lemmermann
<i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli
<i>Dictyosphaerium subsolitarium</i> van Goor
<i>Gomphospaeria lacustris</i> Chodat
<i>Iaaginema</i> sp.
<i>Planktolyngbya subtilis</i> (W. West) Anagnostidis & Komárek
<i>Merismopedia</i> cf. <i>tenuissima</i> Lemmermann
<i>Merismopedia punctata</i> Meyen
<i>Merismopedia elegans</i> A.Braun
<i>Microcystis aeruginosa</i> Kützing
<i>Microcystis wesenbergii</i> (Komárek) Starmach
<i>Aphanocapsa holsatica</i> (Lemmermann) Cronberg & Komárek
<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek
<i>Phormidium chalybeum</i> (Mertens ex Gomont) Anagnostidis & Komárek
<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmermann) Komárek
<i>Oscillatoria limosa</i> C.A. Agardh
<i>Limnothrix</i> cf. <i>redekei</i> (van Goor) Meffert

<i>Planktothrix rubescens</i> (Dc. ex Gomont) Anagnostidis & Komárek
<i>Pseudoanabaena constricta</i> (Szafer) Lauterborn
<b>Χλωροφύκη</b>
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim
<i>Ankistrodesmus spiralis</i> (Turner) Lemmermann
<i>Chlorogonium elongatum</i> (Dangeard) Dangeard
<i>Chlorogonium maximum</i> Skuja
<i>Closterium acutum</i> Brébisson
<i>Closterium diana</i> Ehrenberg
<i>Coelastrum astroideum</i> de Notaris
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli
<i>Cosmarium abbreviatum</i> Raciborskii
<i>Crucigenia apiculata</i> (Lemmermann) Schmidle
<i>Elakatothrix gelatinosa</i> Wille
<i>Keratococcus suecicus</i> Hindák
<i>Kierchnieriella subcapitata</i> Koršikov
<i>Lagerheimia subsalsa</i> Lemmermann
<i>Micractinium pusillum</i> Fresenius
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Koršikov) Hindák
<i>Monoraphidium concertum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová
<i>Oocystis</i> sp.
<i>Pediastrum boryanum</i> (Turpin) Meneghini
<i>Pediastrum dublex</i> Meyen
<i>Pediastrum kawraiskyi</i> Schmidle
<i>Pediastrum simplex</i> Meyen
<i>Pediastrum tetras</i> (Ehrenberg) Ralfs
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat
<i>Scenedesmus armatus</i> Chodat
<i>Scenedesmus</i> cf. <i>spinosus</i> Chodat
<i>Scenedesmus communis</i> Hegew.
<i>Scenedesmus ellipticus</i> Corda
<i>Scenedesmus obtusus</i> Meyen
<i>Scenedesmus opoliensis</i> P. Richter
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson
<i>Scenedesmus sempervirens</i> Chodat
<i>Scenedesmus</i> sp.
<i>Schroederia robusta</i> Koršikov
<i>Staurastrum anatinum</i> Cooke & Wills
<i>Staurastrum chaetoceras</i> (Schröder) G.M. Smith
<i>Staurastrum</i> cf. <i>arachne</i> Ralfs
<i>Staurastrum</i> sp.
<i>Staurodesmus dejectus</i> (Brébisson) Teiling

<i>Tetradesmus wiscosinensis</i> G.M. Smith
<i>Tetraedron caudatum</i> (Corda) Hansgirg
<i>Tetraedron minimum</i> (A. Braun) Hansgirg
<i>Tetraedron pentaedricum</i> W. & G.S. West
<i>Tetraedron triangulare</i> Koršikov
<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i> (Schröder) Lemmermann
<b>Ευγληνοφύκη</b>
<i>Euglena</i> sp1.
<i>Euglena</i> sp2.
<i>Phacus</i> sp1.
<i>Phacus</i> sp2.
<b>Χρυσοφύκη</b>
<i>Chrysocapsa planctonica</i> (West/West) Pash
<i>Dinobryon sertularia</i> Ehrenberg
<i>Dinobryon sociale</i> Ehrenberg
<i>Mallomonas</i> sp1.
<i>Mallomonas</i> sp2.
<b>Απτοφύκη</b>
<i>Chrysochromulina parva</i> Lackey
<i>Chrysochromulina</i> sp.
<b>Διάτομα</b>
<i>Asterionella formosa</i> Hassall
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Ralfs
<i>Aulacoseira islandica</i> O. Müller
<i>Cyclotella chaetoceras</i> Lemmermann
<i>Cyclotella operculata</i> Hantzsch
<i>Cymatopleura solea</i> (Brébisson) W. Smith
<i>Fragilaria construens</i> (Ehrenberg) Grunow
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton
<i>Nitzschia acicularis</i> W. Smith
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow
<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kützing) Grunow
<i>Surirella cuspidata</i> Hust.
<i>Surirella linearis</i> W. Smith
<i>Surirella tenuissima</i> Hust.
<i>Synedra ulna</i> (Nizsch) Ehrenberg
<b>Δινοφύκη</b>
<i>Peridiniopsis</i> cf. <i>quadridens</i> (Stein) Bourrelly
<i>Peridiniopsis</i> sp.
<i>Peridinium</i> sp1.
<i>Peridinium</i> sp2.
<b>Κρυπτοφύκη</b>

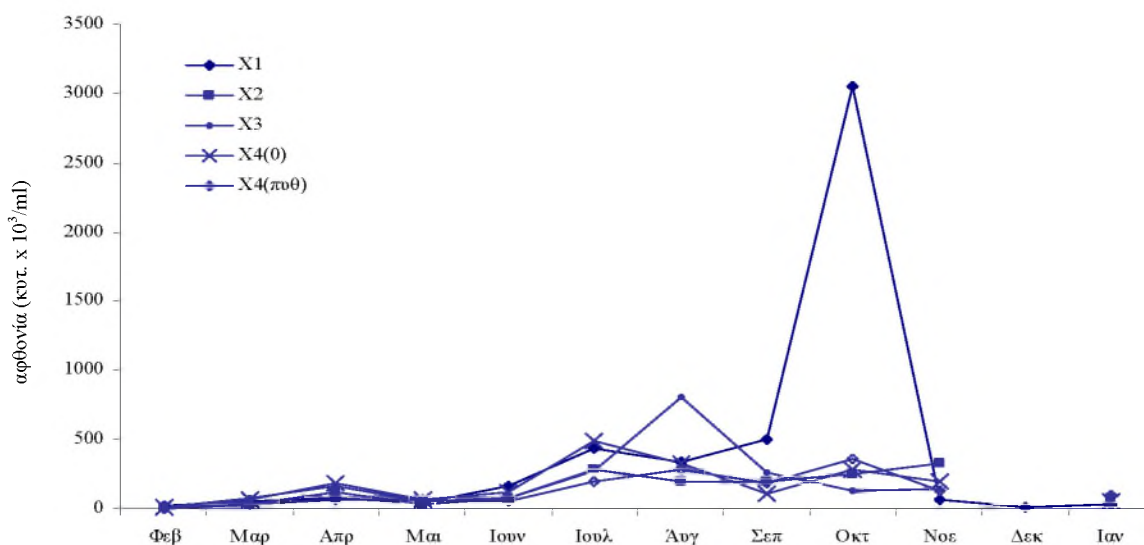
<i>Chroomonas</i> sp.
<i>Cryptomonas</i> sp1.
<i>Cryptomonas</i> sp2.
<i>Rhodomonas</i> cf. <i>lens</i> Pascher & Ruttner
<i>Rhodomonas</i> cf. <i>tenuis</i> Skuja
<i>Rhodomonas</i> sp1.
<i>Rhodomonas</i> sp2.



**Εικόνα 3.2.** Ποσοστιαία συμμετοχή (αριθμός ειδών) των κλάσεων φυτοπλαγκτού στη λίμνη Χειμαδίτιδα (Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003).

### 3.1.3 Αφθονία Φυτοπλαγκτού

Η αφθονία του φυτοπλαγκτού στη λίμνη Χειμαδίτιδα παρουσίασε αξιοσημείωτες μεταβολές κατά τη διάρκεια του ετήσιου κύκλου μετρήσεων (Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003) (Εικ. 3.3). Οι υψηλότερες τιμές αφθονίας καταγράφηκαν κατά τη θερινή και φθινοπωρινή περίοδο, ενώ οι χαμηλότερες κατά τη χειμερινή.



**Εικόνα 3.3.** Χρονικές μεταβολές της συνολικής αφθονίας (κύτταρα x 10<sup>3</sup>/ml) του φυτοπλαγκτού στους σταθμούς της λίμνης Χειμαδίτιδας.

Αξιοσημείωτες ήταν επίσης οι διαφορές που παρατηρήθηκαν μεταξύ των σταθμών (Πιν. ΙΙΙ). Οι υψηλότερες τιμές συνολικής αφθονίας εντοπίστηκαν στο σταθμό X1 ( $3052,9 \times 10^3$  κυτ. /ml) και οι χαμηλότερες στο σταθμό X4 (πυθμένας,  $4,9 \times 10^3$  κυτ./ml).

**Πίνακας ΙΙΙ.** Τιμές συνολικής φυτοπλαγκτικής αφθονίας στους σταθμούς της λίμνης Χειμαδίτιδας

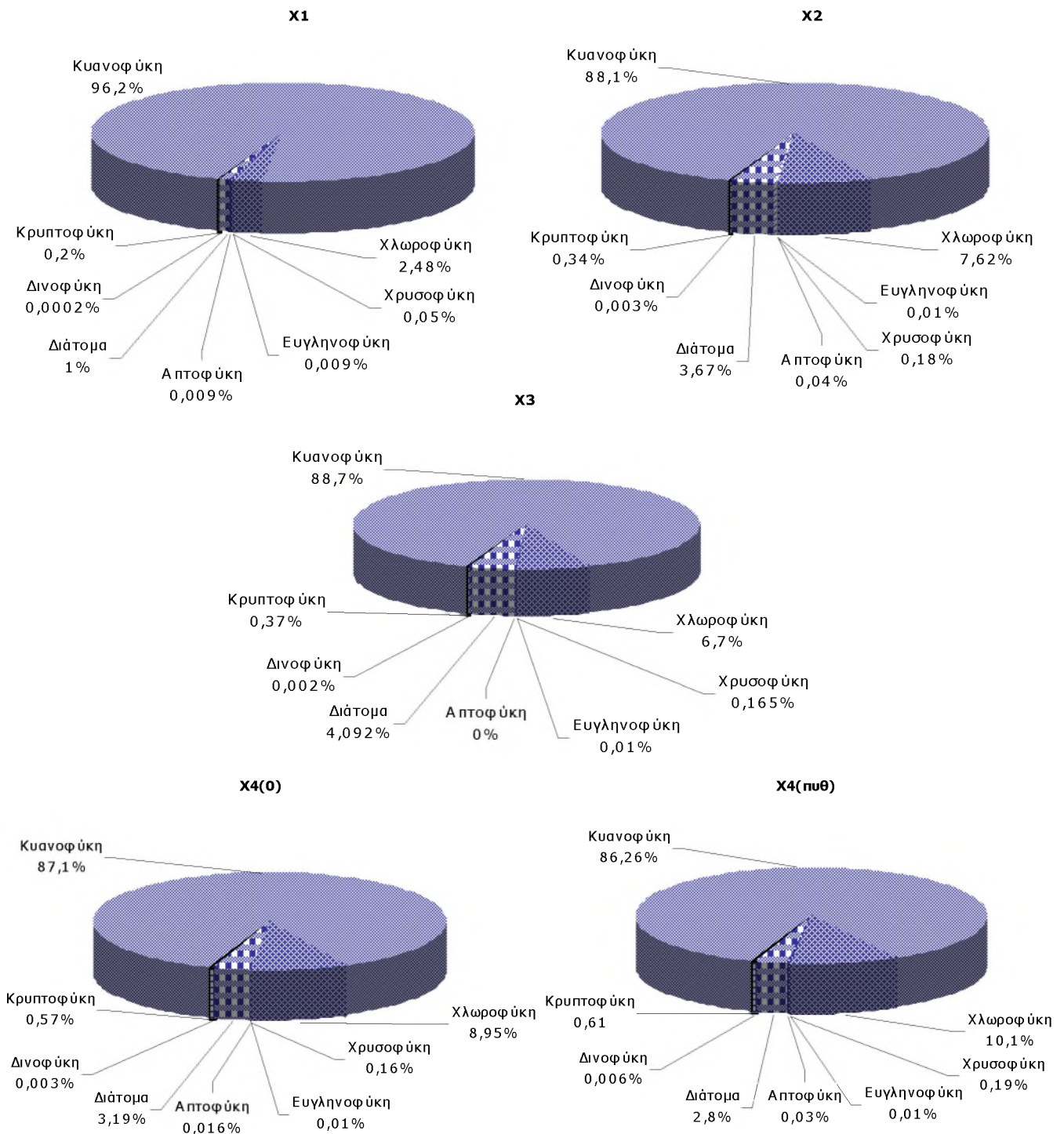
Αφθονία (κύτταρα $\times 10^3$ /ml)				
N=12	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Τυπική Απόκλιση
X1	7,3	3052,9	399,1	853,2
X2	8,2	322,7	144,3	108,5
X3	6,4	810,9	186,4	223,8
X4(επιφάνεια)	5,5	492,7	172,3	145,7
X4(πυθμένας)	4,9	362,0	135,8	112,2

Τις υψηλότερες τιμές αφθονίας σε όλους τους σταθμούς της λίμνης Χειμαδίτιδας παρουσίασαν τα κυανοφύκη, συμμετέχοντας σε υψηλό ποσοστό (86,3 – 96,2%) στη συνολική φυτοπλαγκτική αφθονία, ενώ ακολούθησαν τα χλωροφύκη (2,48 – 10,1%) και τα διάτομα (1 – 4%) (Εικ. 3.4 & 3.5).

Τα κυανοφύκη, που εκπροσωπήθηκαν κυρίως από είδη των γενών *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Aphanocapsa* και *Microcystis*, παρουσίασαν τις υψηλότερες τιμές αφθονίας ( $3045,79 \times 10^3$  κυτ. /ml) το μήνα Οκτώβριο στο σταθμό X1. Στους υπόλοιπους σταθμούς τα επίπεδα αφθονίας των κυανοφυκών κυμάνθηκαν σε χαμηλότερα επίπεδα. Στο σταθμό X2 η αφθονία των κυανοφυκών δεν ξεπέρασε τα  $320,74 \times 10^3$  κυτ. /ml, στο σταθμό X3 τα  $798,54 \times 10^3$  κυτ. /ml, στο σταθμό X4επιφ. τα  $305,37 \times 10^3$  κυτ. /ml και στο σταθμό X4πυθ. τα  $345,87 \times 10^3$  κυτ. /ml. Οι μικρότερες τιμές αφθονίας κυανοφυκών σε όλους τους σταθμούς καταγράφηκαν το Φεβρουάριο.

Τα χλωροφύκη, που εκπροσωπήθηκαν κυρίως από είδη των γενών *Monoraphidium*, *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Tetrastrum* και *Staurastrum*, παρουσίασαν υψηλές τιμές αφθονίας κατά την εαρινή και φθινοπωρινή περίοδο, ενώ μειώθηκε αισθητά η αφθονία τους κατά τη χειμερινή περίοδο. Οι υψηλότερες τιμές αφθονίας καταγράφηκαν στους σταθμούς X3 ( $45,50 \times 10^3$  κυτ. /ml) και X4 ( $46,46 \times 10^3$  κυτ. /ml) το μήνα Μάιο, ενώ η χαμηλότερη μετρήθηκε στο σταθμό X1 το μήνα Δεκέμβριο ( $0,02 \times 10^3$  κυτ. /ml).

Η τρίτη με βάση την αφθονία κλάση φυκών στη λίμνη Χειμαδίτιδα ήταν τα διάτομα, τα οποία παρουσίασαν τις υψηλότερες τιμές αφθονίας τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο, Ιούνιο και Ιανουάριο. Τα διάτομα εκπροσωπήθηκαν κυρίως από είδη των γενών *Asterionella*, *Aulacoseira*, *Fragilaria* και *Cyclotella*. Οι υψηλότερες τιμές αφθονίας ( $43,19 \times 10^3$  κυτ. /ml) βρέθηκαν στο σταθμό X3 το μήνα Μάρτιο.



**Εικόνα 3.4.** Μέση ετήσια ποσοστιαία συμμετοχή των κλάσεων του φυτοπλαγκτού στη συνολική αφθονία στους σταθμούς της λίμνης Χειμαδίτιδας.

Τα κρυπτοφύκη παρουσίασαν τις υψηλότερες τιμές αφθονίας τους μήνες Μάιο και Ιανουάριο και τις χαμηλότερες τον Ιούνιο. Οι υψηλότερες τιμές αφθονίας ( $3,06 \times 10^3$  κυτ./ml) καταγράφηκαν στο σταθμό X1. Η κλάση των κρυπτοφυκών αντιπροσωπεύονταν κυρίως από είδη των γενών *Cryptomonas* και *Rhodomonas*.

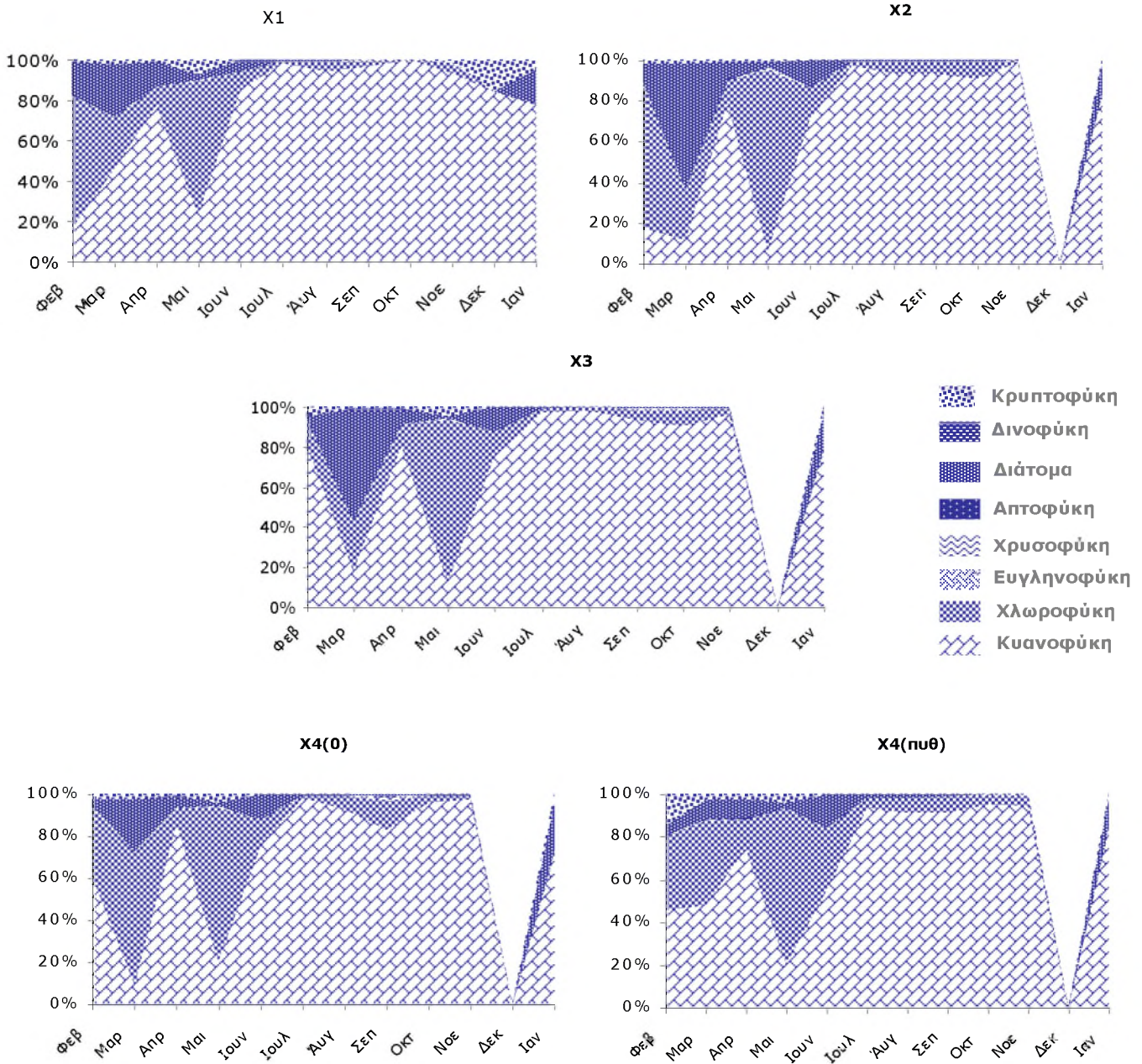
Οι υψηλότερες τιμές αφθονίας των χρυσοφυκών, που εκπροσωπούσαν κυρίως από είδη των γενών *Mallomonas* και *Dinodryon*, καταγράφηκαν το μήνα Σεπτέμβριο σε όλους τους σταθμούς εκτός από το σταθμό X4 (επιφάνεια και πυθμένα), όπου τα μέγιστα της αφθονίας των χρυσοφυκών παρουσιάστηκαν τους μήνες Απρίλιο, Μάιο και Οκτώβριο. Μεταξύ των σταθμών την υψηλότερη αφθονία ( $1,83 \times 10^3$  κυτ./ml) σε χρυσοφύκη παρουσίασε ο σταθμός X3, ενώ ακολούθησε ο σταθμός X1 ( $1,36 \times 10^3$  κυτ./ml).

Τα ευγληνοφύκη αντιπροσωπεύτηκαν από είδη των γενών *Euglena* και *Phacus* και ήταν μη ανιχνεύσιμα κατά τη χειμερινή περίοδο. Η αφθονία των ευγληνοφυκών έφτασε τα  $2,06 \times 10^3$  κυτ./ml στο σταθμό X4 επιφ. το μήνα Σεπτέμβριο. Χαμηλότερα ήταν τα επίπεδα αφθονίας των ευγληνοφυκών στους υπόλοιπους σταθμούς (μέχρι και  $0,99 \times 10^3$  κυτ./ml) και καταγράφηκαν σε διαφορετική για κάθε σταθμό περίοδο.

Τα απτοφύκη (είδη του γένους *Chrysochromulina*) καταγράφηκαν σε υψηλά επίπεδα αφθονίας ( $0,42 \times 10^3$  κυτ./ml) στο σταθμό X2 το μήνα Απρίλιο, ενώ η αφθονία τους ήταν μη ανιχνεύσιμη στο σταθμό X3. Στους υπόλοιπους σταθμούς σχετικά υψηλές ήταν οι τιμές αφθονίας κυρίως την εαρινή περίοδο, εκτός από το σταθμό X4(επιφ.) όπου οι υψηλότερη αφθονία ( $0,30 \times 10^3$  κυτ./ml) καταγράφηκε το μήνα Ιανουάριο.

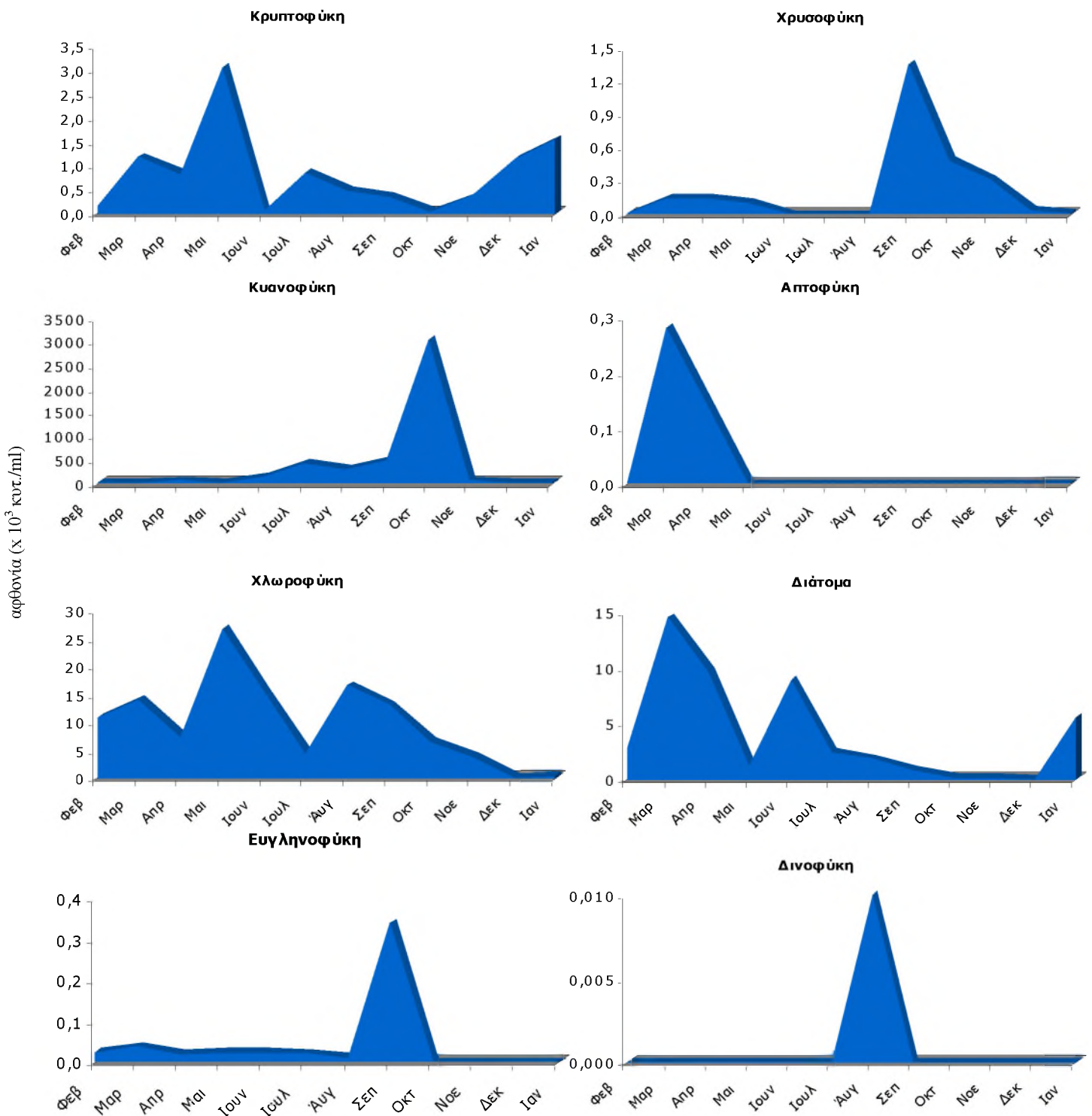
Από τα δινοφύκη, είδη των γενών *Peridinium* και *Peridiniopsis* καταγράφηκαν σε σχετικά υψηλά επίπεδα αφθονίας κατά τη θερινή και φθινοπωρινή περίοδο. Τα υψηλότερα επίπεδα αφθονίας ( $0,02 - 0,04 \times 10^3$  κυτ./ml) μετρήθηκαν στους σταθμούς X2 και X4 (πυθ.).

Στα διαγράμματα των εικόνων 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 & 3.10 παρουσιάζονται οι χρονικές μεταβολές της αφθονίας των επιμέρους ομάδων φυτοπλαγκτού στους σταθμούς της λίμνης Χειμαδίτιδας.

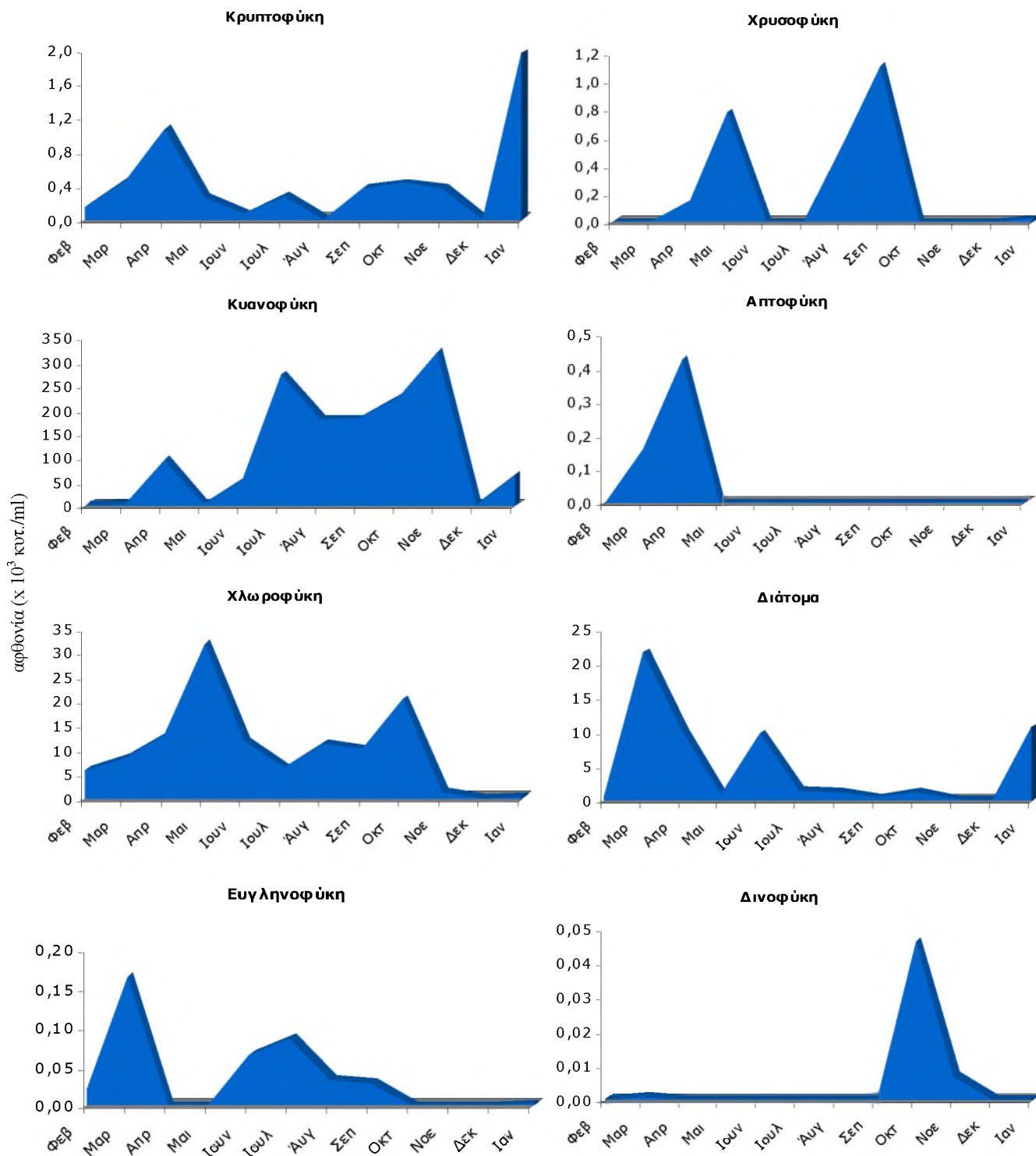


**Εικόνα 3.5.** Χρονικές μεταβολές της ποσοστιαίας συμμετοχής των κλάσεων φυτοπλαγκτού στη συνολική αφθονία στους σταθμούς της λίμνης Χειμαδίτιδας

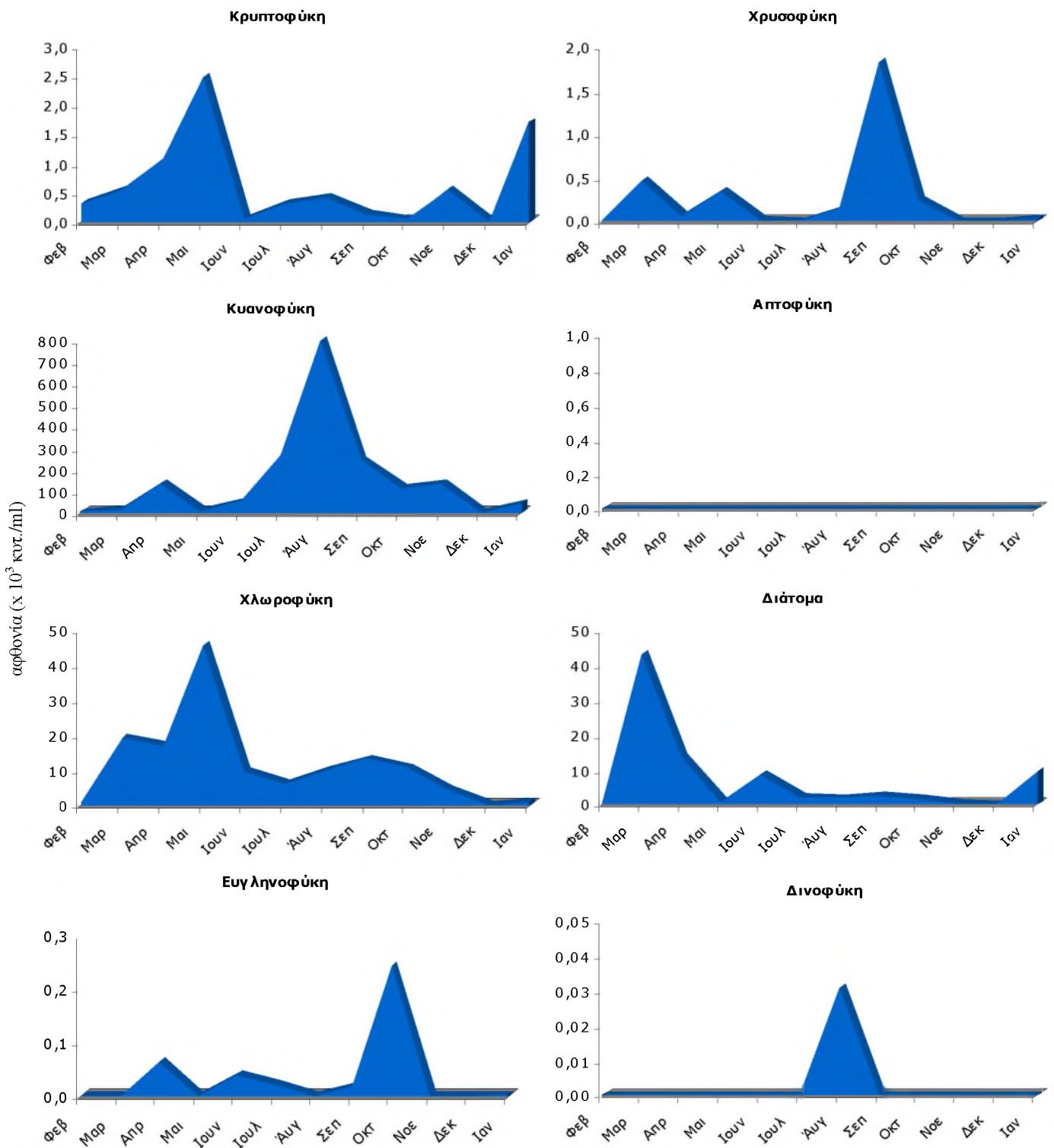




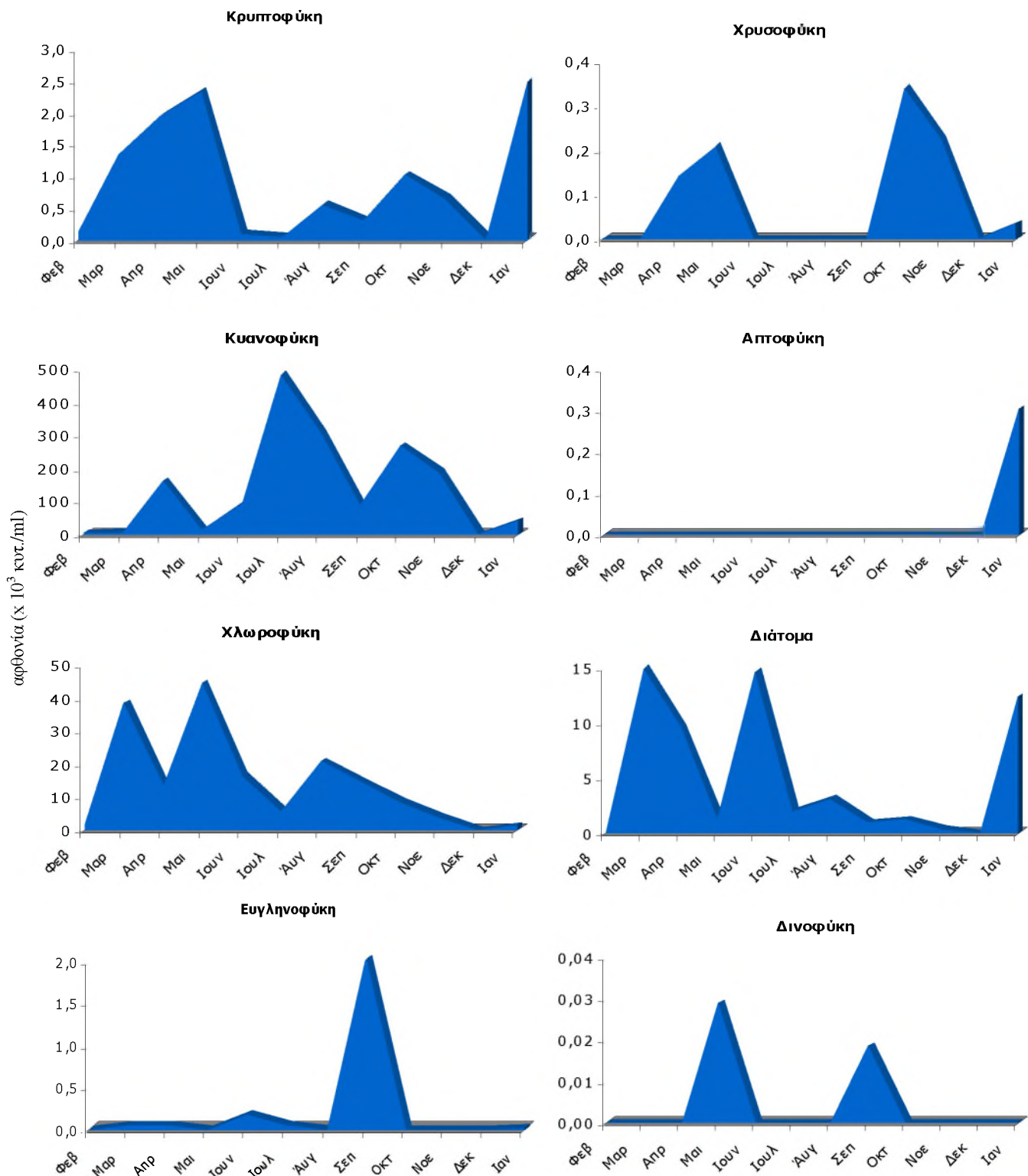
**Εικόνα 3.6.** Χρονικές μεταβολές της αφθονίας (x 10<sup>3</sup> κύτταρα/ml) των επιμέρους κλάσεων του φυτοπλαγκτού στο σταθμό X1 της λίμνης Χειμαδίτιδας.



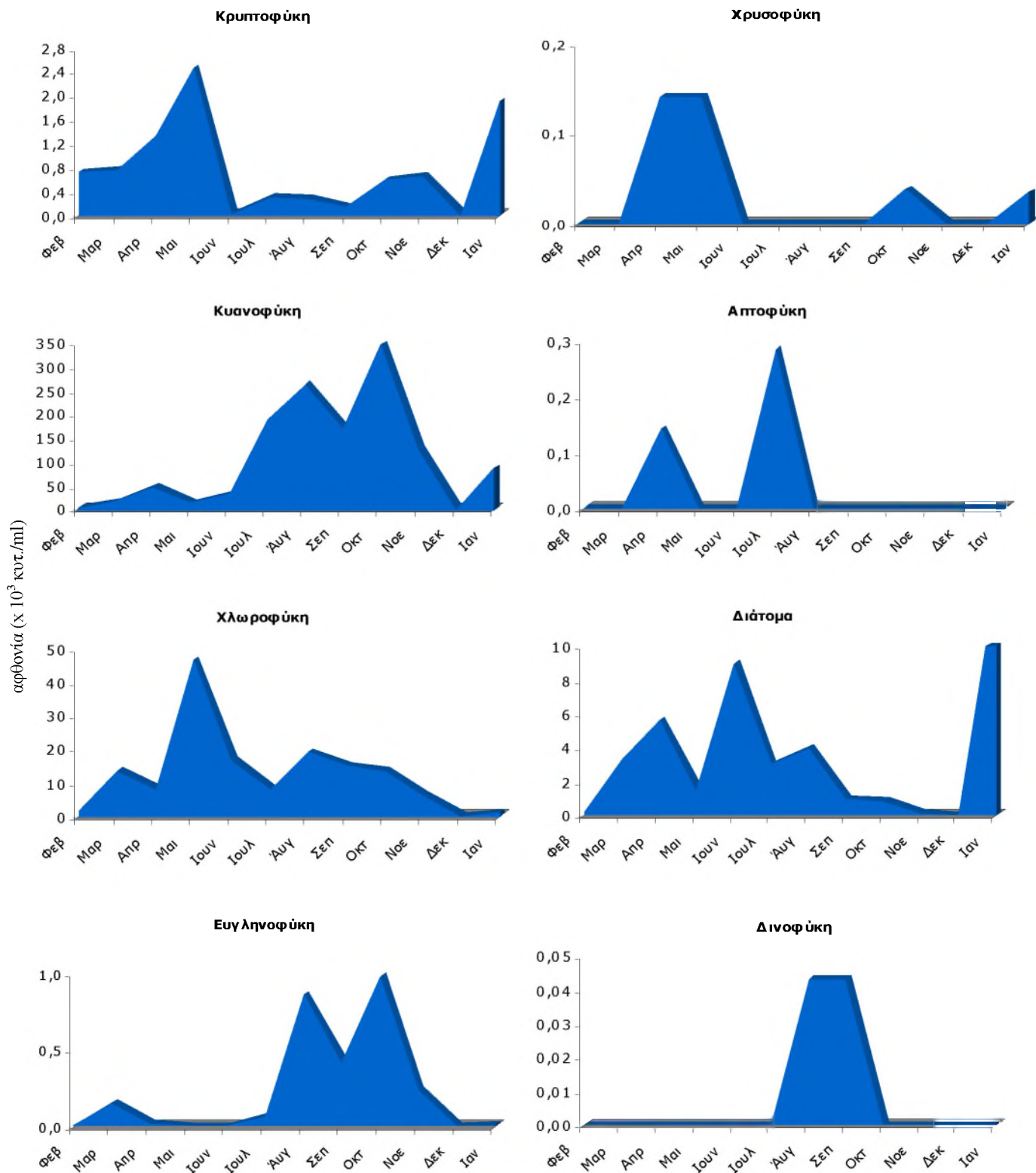
**Εικόνα 3.7.** Χρονικές μεταβολές της αφθονίας ( $\times 10^3$  κύτταρα/ml) των επιμέρους κλάσεων του φυτοπλαγκτού στο σταθμό X2 της λίμνης Χειμαδίτιδας.



**Εικόνα 3.8.** Χρονικές μεταβολές της αφθονίας ( $\times 10^3$  κύτταρα/ml) των επιμέρους κλάσεων του φυτοπλαγκτού στο σταθμό Χ3 της λίμνης Χειμαδίτιδας.



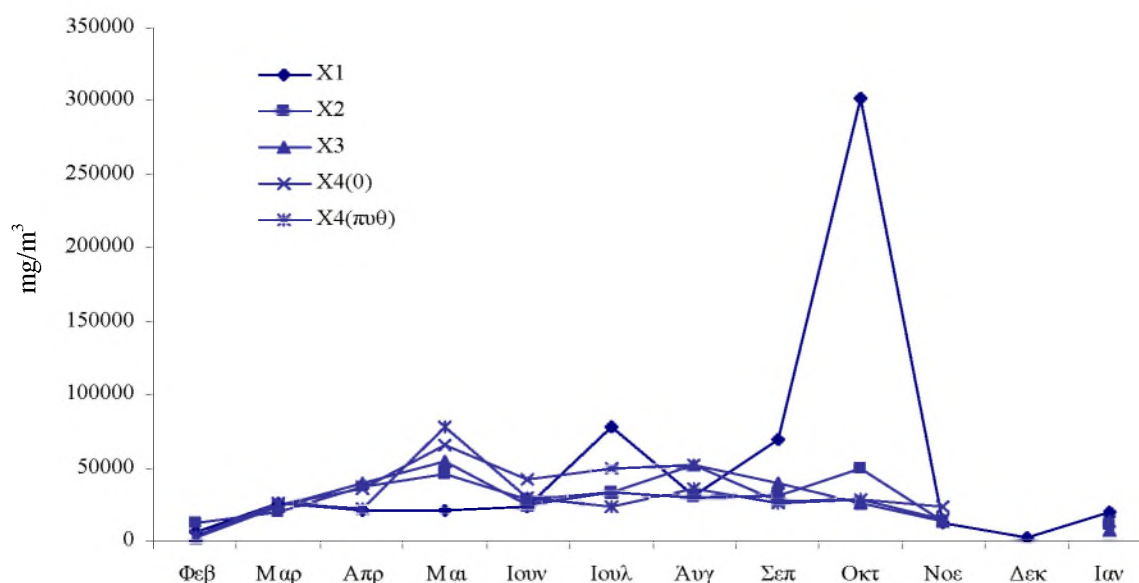
**Εικόνα 3.9.** Χρονικές μεταβολές της αφθονίας ( $\times 10^3$  κύτταρα/ml) των επιμέρους κλάσεων του φυτοπλαγκτού στο σταθμό X4 (επιφάνεια) της λίμνης Χειμαδίτιδας.



**Εικόνα 3.10.** Χρονικές μεταβολές της αφθονίας ( $\times 10^3$  κύτταρα/ml) των επιμέρους κλάσεων του φυτοπλαγκτού στο σταθμό X4 (πυθμένας) της λίμνης Χειμαδίτιδας.

### 3.1.4 Βιομάζα Φυτοπλαγκτού

Η βιομάζα του φυτοπλαγκτού στη λίμνη Χειμαδίτιδα παρουσίασε αξιοσημείωτες μεταβολές κατά τη διάρκεια του χρονικού διαστήματος Φεβρουάριος 2002 ως Ιανουάριος 2003 (Εικ. 3.11). Οι υψηλότερες τιμές συνολικής βιομάζας φυτοπλαγκτού παρατηρήθηκαν κυρίως το μήνα Οκτώβριο. Σχετικά υψηλές τιμές βιομάζας καταγράφηκαν επίσης τους μήνες Μάιο και Ιούλιο. Οι χαμηλότερες τιμές βιομάζας μετρήθηκαν κατά τη χειμερινή περίοδο: το Δεκέμβριο στο σταθμό X1, τον Ιανουάριο στο σταθμό X2 και το Φεβρουάριο στους υπόλοιπους σταθμούς.



**Εικόνα 3.11.** Χρονικές μεταβολές της συνολικής βιομάζας ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) του φυτοπλαγκτού στους σταθμούς της λίμνης Χειμαδίτιδας.

Ο σταθμός X1 παρουσίασε την υψηλότερη τιμή βιομάζας ( $3,02 \times 10^5 \text{ mg}/\text{m}^3$ ), ενώ ακολούθησε ο σταθμός X4(πυθ.) ( $0,78 \times 10^5 \text{ mg}/\text{m}^3$ ). Η χαμηλότερη τιμή βιομάζας μετρήθηκε στο σταθμό X3 ( $0,02 \times 10^5 \text{ mg}/\text{m}^3$ ) (Πιν. IV).

**Πίνακας IV.** Τιμές συνολικής φυτοπλακτικής βιομάζας στους σταθμούς της λίμνης Χειμαδίτιδας

Βιομάζα ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )				
N=12	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Τυπική Απόκλιση
X1	2553,4	301916,2	51204,3	82200,6
X2	11072,4	49728,2	28332,1	13163,1
X3	2032,5	54546,2	28744,6	16905,1
X4(επιφάνεια)	4280,5	65043,2	33201,5	17758,3
X4(πυθμένας)	4262,3	77925,7	27495,0	18878,5

Επικρατέστερη ομάδα μεταξύ των επιμέρους κλάσεων φυκών από άποψη βιομάζας στη λίμνη Χειμαδίτιδα ήταν τα χλωροφύκη με μέσο ετήσιο ποσοστό συμμετοχής στη συνολική βιομάζα που κυμαινόταν από 52,9 (σταθμός X1) ως 72% (σταθμός X4πυθ.) και ακολούθησαν τα κυανοφύκη με ποσοστό μεταξύ 12,8 (σταθμός X4πυθ.) ως 39% (σταθμός X1). Τα διάτομα και τα κρυπτοφύκη συμμετείχαν στη συνολική βιομάζα με ποσοστό από 3,2 (σταθμός X1) ως 8,57% (σταθμός X4πυθ.) και 1,9 (σταθμός X2) ως 4,1 % (σταθμός X4πυθ.), αντίστοιχα. Οι ομάδες των χρυσοφυκών, ευγληνοφυκών, απτοφυκών και δινοφυκών συμμετείχαν στη συνολική βιομάζα με ποσοστό που σε καμία περίπτωση δεν ξεπέρασε το 4% για την κάθε μία (Εικ. 3.12 & 3.13).

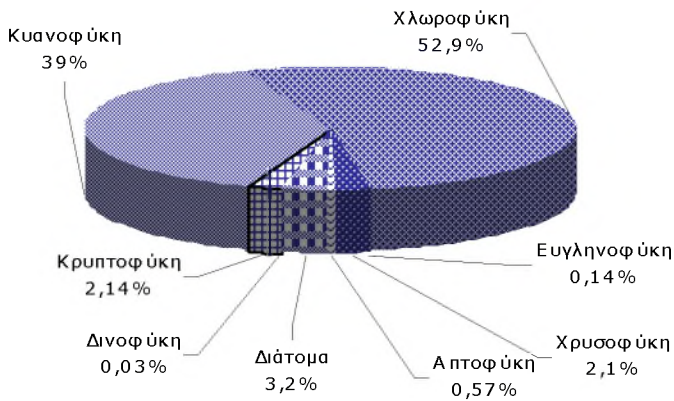
Τα χλωροφύκη παρουσίασαν τις υψηλότερες τιμές βιομάζας ( $151027,2 \text{ mg/m}^3$ ) στο σταθμό X1 το μήνα Οκτώβριο. Αντίθετα, στους υπόλοιπους σταθμούς τα μέγιστα της βιομάζας των χλωροφυκών ( $44391,6 - 70322,5 \text{ mg/m}^3$ ) καταγράφηκαν το μήνα Μάιο, ενώ το μήνα Οκτώβριο παρατηρήθηκε ένα δεύτερο μικρότερο μέγιστο ( $14821,9 - 38790,8 \text{ mg/m}^3$ ). Σε χαμηλότερα επίπεδα κυμαινόταν η βιομάζα των χλωροφυκών το μήνα Ιούνιο και ιδιαίτερα κατά τη χειμερινή περίοδο. Στη βιομάζα των χλωροφυκών κυρίως συμμετείχε σε ποσοστό έως και 92% (Φεβρουάριος) το είδος *Pediastrum boryanum*.

Οι μέγιστες τιμές βιομάζας των κυανοφυκών καταγράφηκαν σε διαφορετικούς μήνες για κάθε σταθμό στη διάρκεια της θερινής και της φθινοπωρινής περιόδου. Στα θερινά μέγιστα της βιομάζας των κυανοφυκών συμμετείχαν σε ποσοστό έως και 66% είδη του γένους *Anabaena*, ενώ στο μέγιστο του Οκτωβρίου συμμετείχαν σε ποσοστό έως και 86,3% είδη του γένους *Microcystis*. Στο σταθμό X1 οι υψηλότερες τιμές βιομάζας ( $148323 \text{ mg/m}^3$ ) μετρήθηκαν το μήνα Οκτώβριο, ενώ στο σταθμό X4πυθ. ένα μέγιστο βιομάζας ( $9304,1 \text{ mg/m}^3$ ) κυανοφυκών καταγράφηκε επίσης το μήνα Οκτώβριο και ένα δεύτερο ( $7880,5 \text{ mg/m}^3$ ) το μήνα Ιούλιο. Τον ίδιο μήνα παρατηρήθηκαν οι υψηλότερες τιμές βιομάζας κυανοφυκών στους σταθμούς X2 ( $21484,1 \text{ mg/m}^3$ ) και X4(επιφ.) ( $37144,7 \text{ mg/m}^3$ ), ενώ στο σταθμό X3 οι μέγιστες τιμές ( $33323,2 \text{ mg/m}^3$ ) καταγράφηκαν τον Αύγουστο. Χαμηλότερες ( $<2901,62 \text{ mg/m}^3$ ) εμφανίστηκαν οι τιμές βιομάζας των κυανοφυκών κατά τους χειμερινούς μήνες.

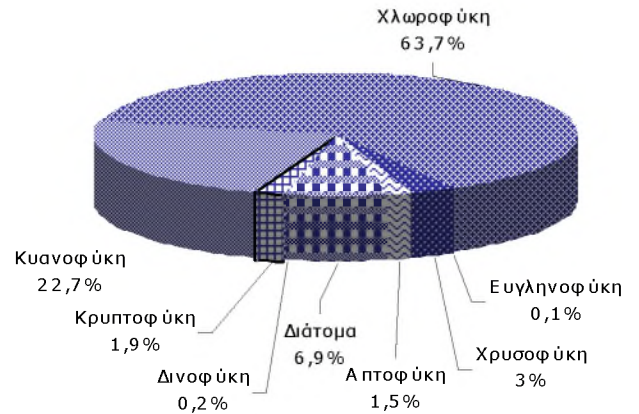
Τα διάτομα, εκπροσωπούμενα κυρίως από τα είδη *Asterionella formosa*, *Cyclotella operculata* και *Aulacoseira granulata*, παρουσίασαν τις υψηλότερες τιμές βιομάζας κατά το μήνα Ιανουάριο, καθώς και στην εαρινή και στις αρχές της θερινής περιόδου. Στο σταθμό X3 τα μέγιστα της βιομάζας των διατόμων ( $5100,3 \text{ mg/m}^3$ )

καταγράφηκαν το μήνα Μάρτιο, ενώ στους υπόλοιπους σταθμούς (5070,0 – 8864,2 mg/m<sup>3</sup>) το μήνα Ιανουάριο. Σε χαμηλότερα επίπεδα κυμάνθηκε η βιομάζα των διατόμων κατά τα τέλη της θερινής και τις αρχές της χειμερινής περιόδου, καθώς και κατά τους φθινοπωρινούς μήνες .

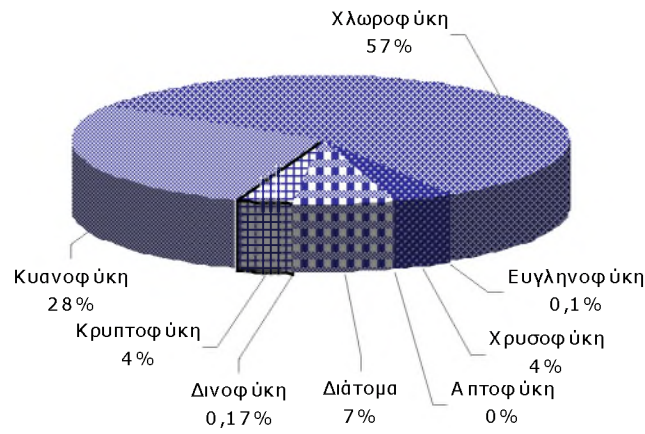
**X1**



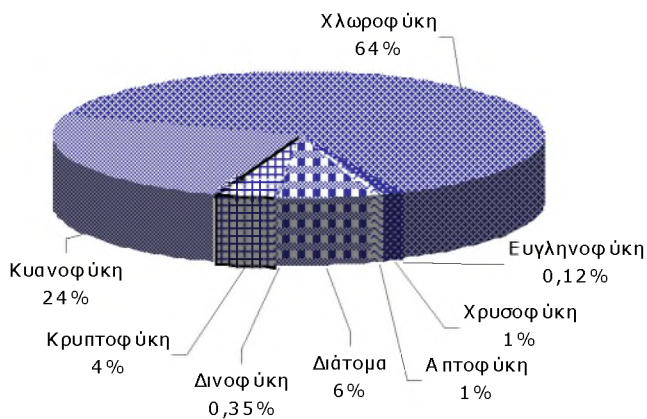
**X2**



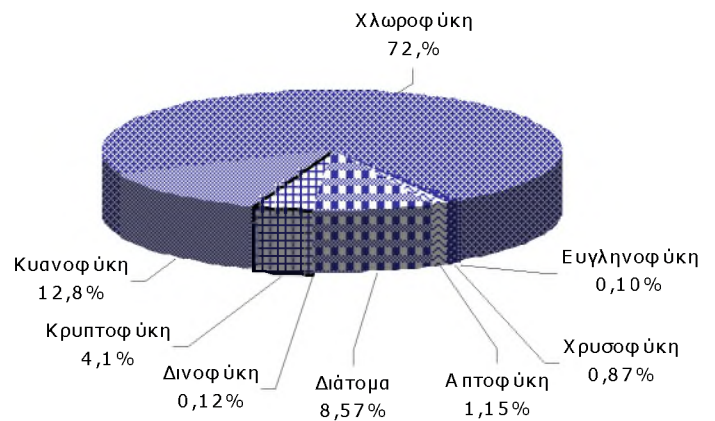
**X3**



**X4(0)**



**X4(πυθ)**



**Εικόνα 3.12 . Μέση ετήσια ποσοστιαία συμμετοχή των κλάσεων του φυτοπλαγκτού στη συνολική φυτοπλαγκτική βιομάζα στους σταθμούς της λίμνης Χειμαδίτιδας.**



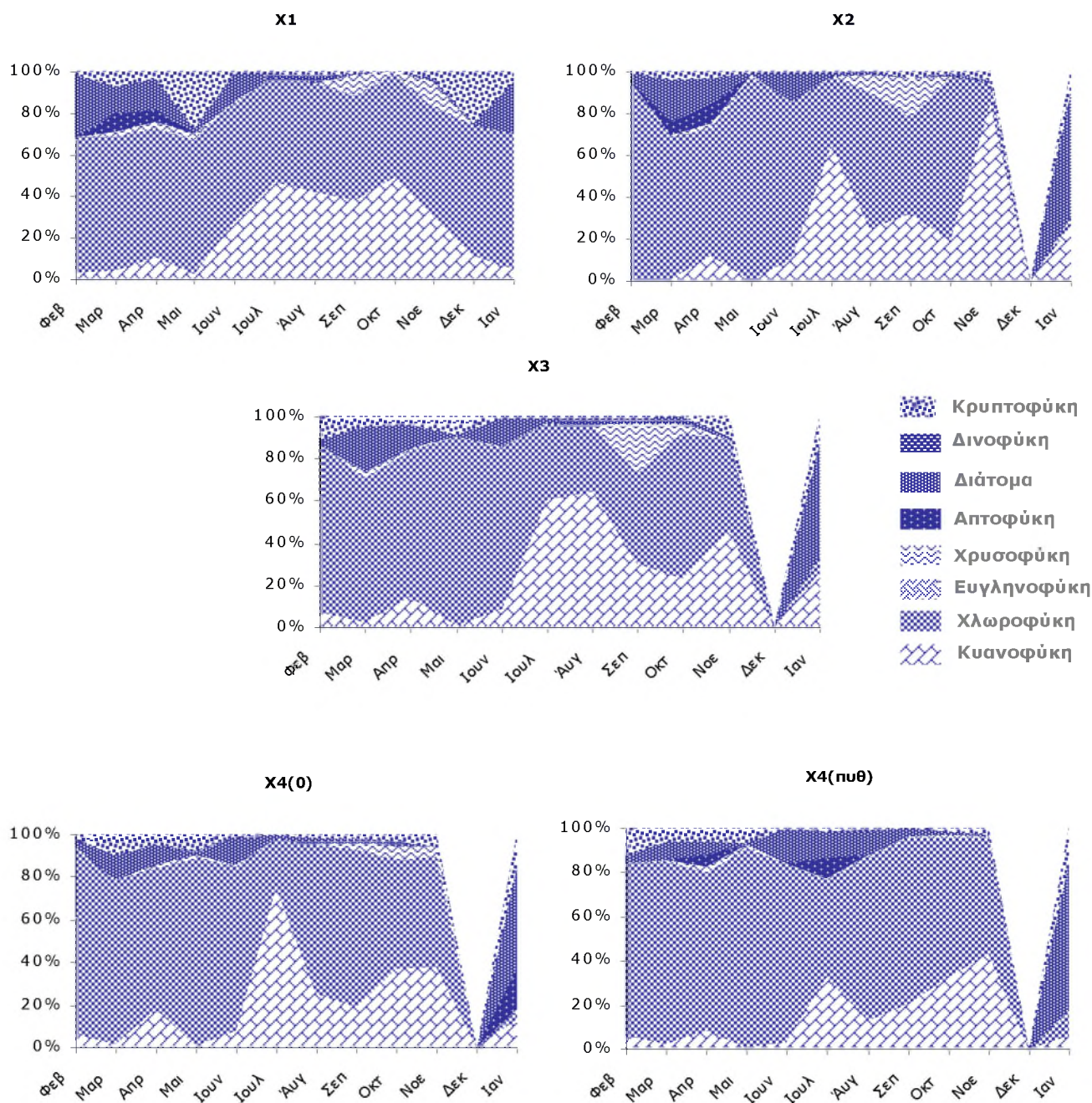
Η υψηλότερη τιμή βιομάζας των κρυπτοφυκών ( $5972,6 \text{ mg/m}^3$ ) καταγράφηκε κατά την εαρινή περίοδο στο σταθμό X1. Τα κρυπτοφύκη την περίοδο αυτή εκπροσωπούνταν κυρίως από είδη των γενών *Cryptomonas*. Η ίδια εικόνα αναφορικά της βιομάζας των κρυπτοφυκών παρατηρήθηκε και στους υπόλοιπους σταθμούς, με εξαίρεση το σταθμό X2, όπου τα επίπεδα της βιομάζας των κρυπτοφυκών ήταν χαμηλότερα ( $<1247 \text{ mg/m}^3$ ), αλλά σχετικά υψηλές τιμές καταγράφηκαν εκτός από την εαρινή περίοδο και κατά τη φθινοπωρινή και χειμερινή περίοδο.

Τα χρυσοφύκη καταγράφηκαν σε σχετικά υψηλά επίπεδα βιομάζας ( $9162,5 \text{ mg/m}^3$ ) κυρίως κατά τη φθινοπωρινή περίοδο και δευτερευόντως κατά την εαρινή (είδη του γένους *Mallomonas*). Οι υψηλότερες τιμές βιομάζας παρατηρήθηκαν στο σταθμό X3, ενώ ακολούθησε ο σταθμός X1.

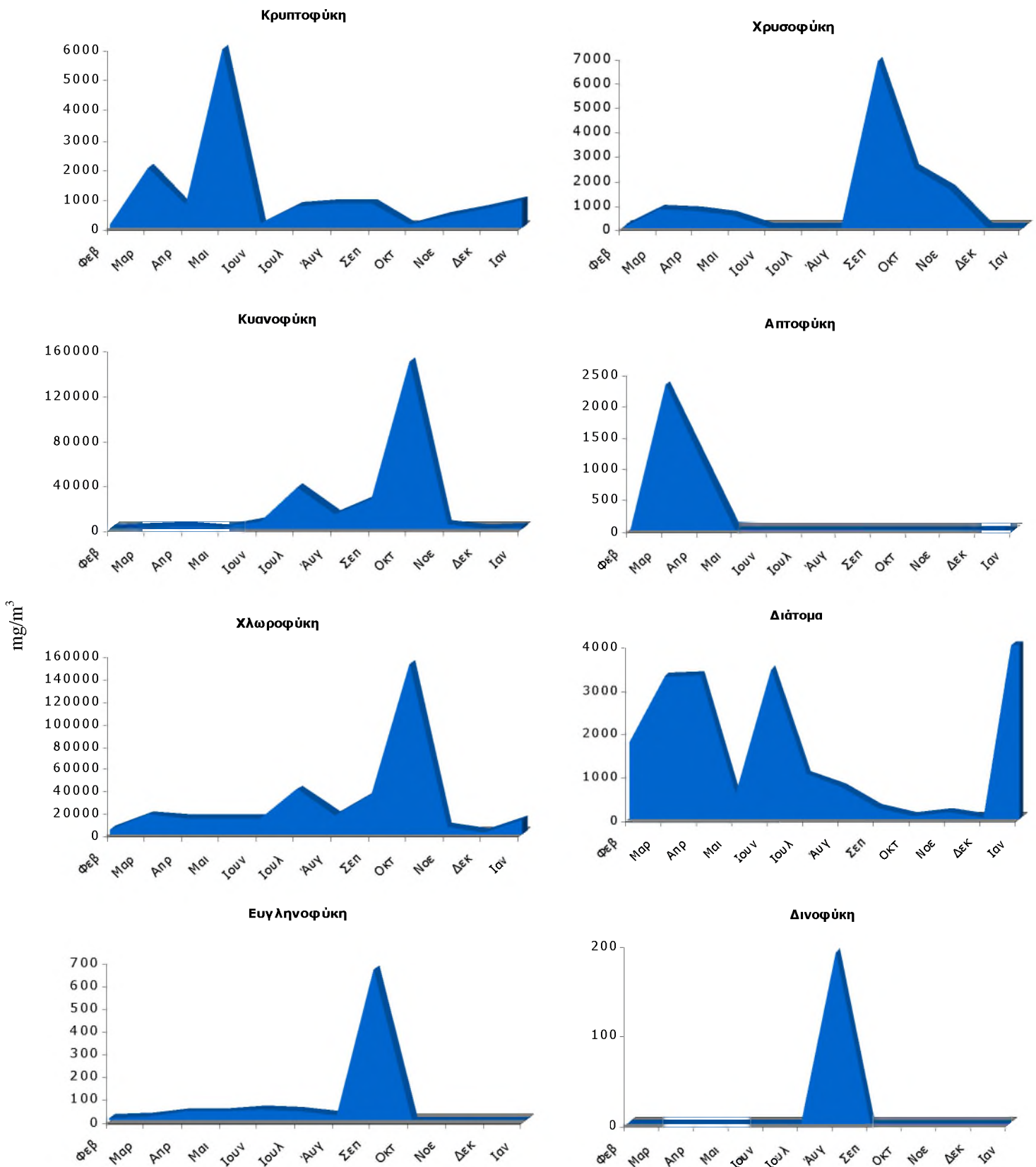
Τα αλποφύκη, που αντιπροσωπεύονταν από είδη του γένους *Chrysochromulina*, παρουσίασαν υψηλότερες τιμές βιομάζας στους σταθμούς X1 και X2 ( $1157,8$  και  $3473,6 \text{ mg/m}^3$  αντίστοιχα) κατά την εαρινή περίοδο, στο σταθμό X4επιφ. ( $2481,2 \text{ mg/m}^3$ ) το μήνα Ιανουάριο και στο σταθμό X4πυθ. ( $2315,7 \text{ mg/m}^3$ ) το μήνα Ιούλιο. Την υπόλοιπη περίοδο η βιομάζα των αλποφυκών, όπως και η αφθονία τους, κυμαινόταν σε πολύ χαμηλά ως μη ανιχνεύσιμα επίπεδα ( $<9,42 \text{ mg/m}^3$ ).

Οι υψηλότερες τιμές βιομάζας των δινοφυκών (είδη των γενών *Peridinium* και *Peridiniopsis*) καταγράφηκαν στο σταθμό X4(επιφ.) το μήνα Μάιο ( $890,3 \text{ mg/m}^3$ ). Στους υπόλοιπους σταθμούς οι μέγιστες τιμές βιομάζας των δινοφυκών κυμάνθηκαν σε χαμηλότερα επίπεδα ( $190,9 - 545,5 \text{ mg/m}^3$ ) και παρατηρήθηκαν τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο, ενώ στο σταθμό X2 τον Οκτώβριο.

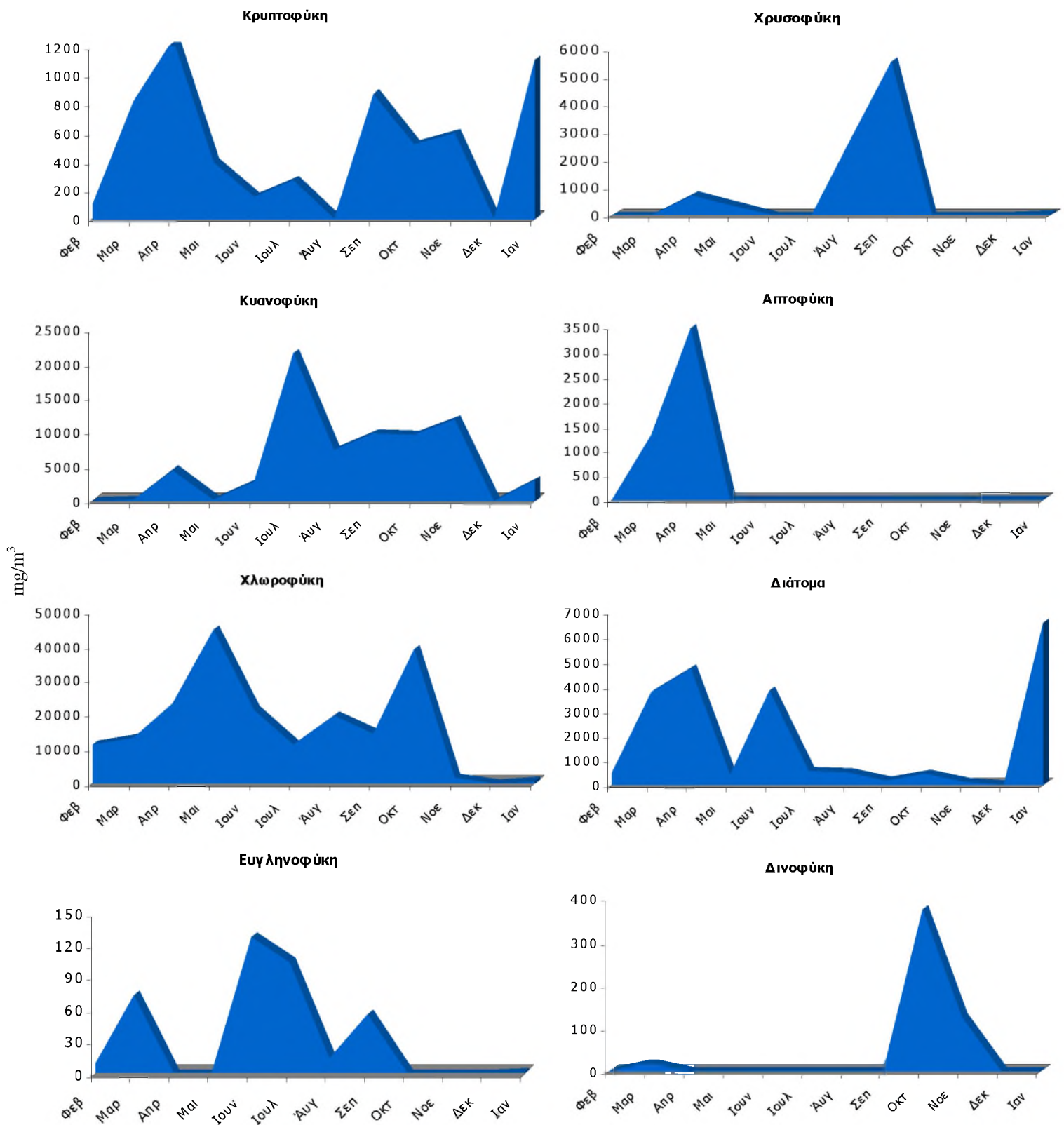
Η βιομάζα των ευγληνοφυκών (είδη των γενών *Phacus* και *Euglena*) δεν ξεπέρασε τα  $909,5 \text{ mg/m}^3$  (σταθμός X4επιφάνεια, μήνας Σεπτέμβριος) στη διάρκεια του ετήσιου κύκλου μετρήσεων. Όπως φαίνεται και στα διαγράμματα των εικόνων 3.14, 3.15, 3.16, 3.17 και 3.18, η βιομάζα των ευγληνοφυκών παρουσίασε μέγιστα σε διαφορετικές περιόδους ανάλογα με το σταθμό, ενώ ελάχιστα ήταν επίπεδα της σε όλους τους σταθμούς κατά τη χειμερινή περίοδο.



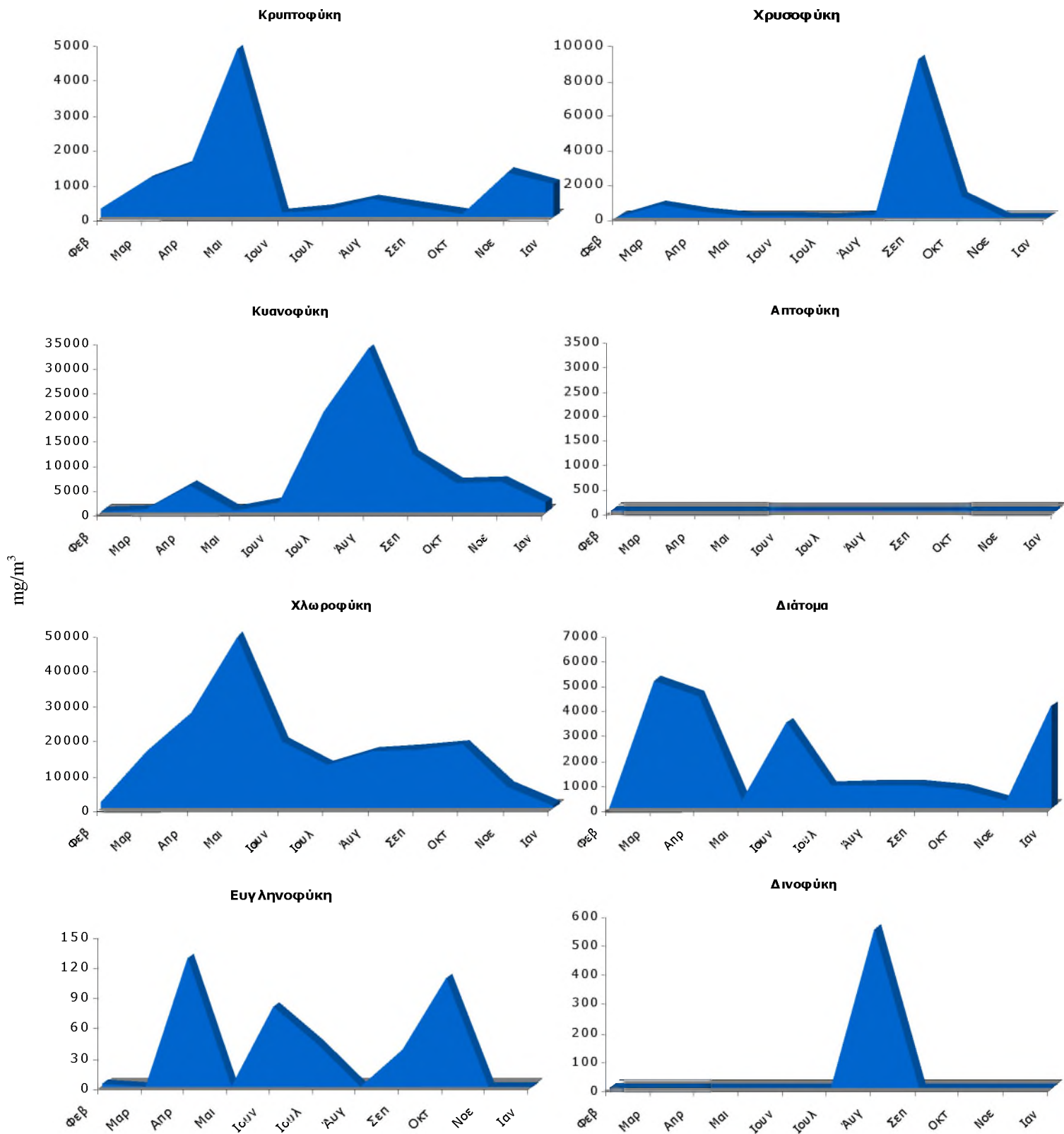
**Εικόνα 3.13.** Χρονικές μεταβολές της ποσοστιαίας συμμετοχής των κλάσεων φυτοπλαγκτού στη συνολική βιομάζα στους σταθμούς της λίμνης Χειμαδίτιδας



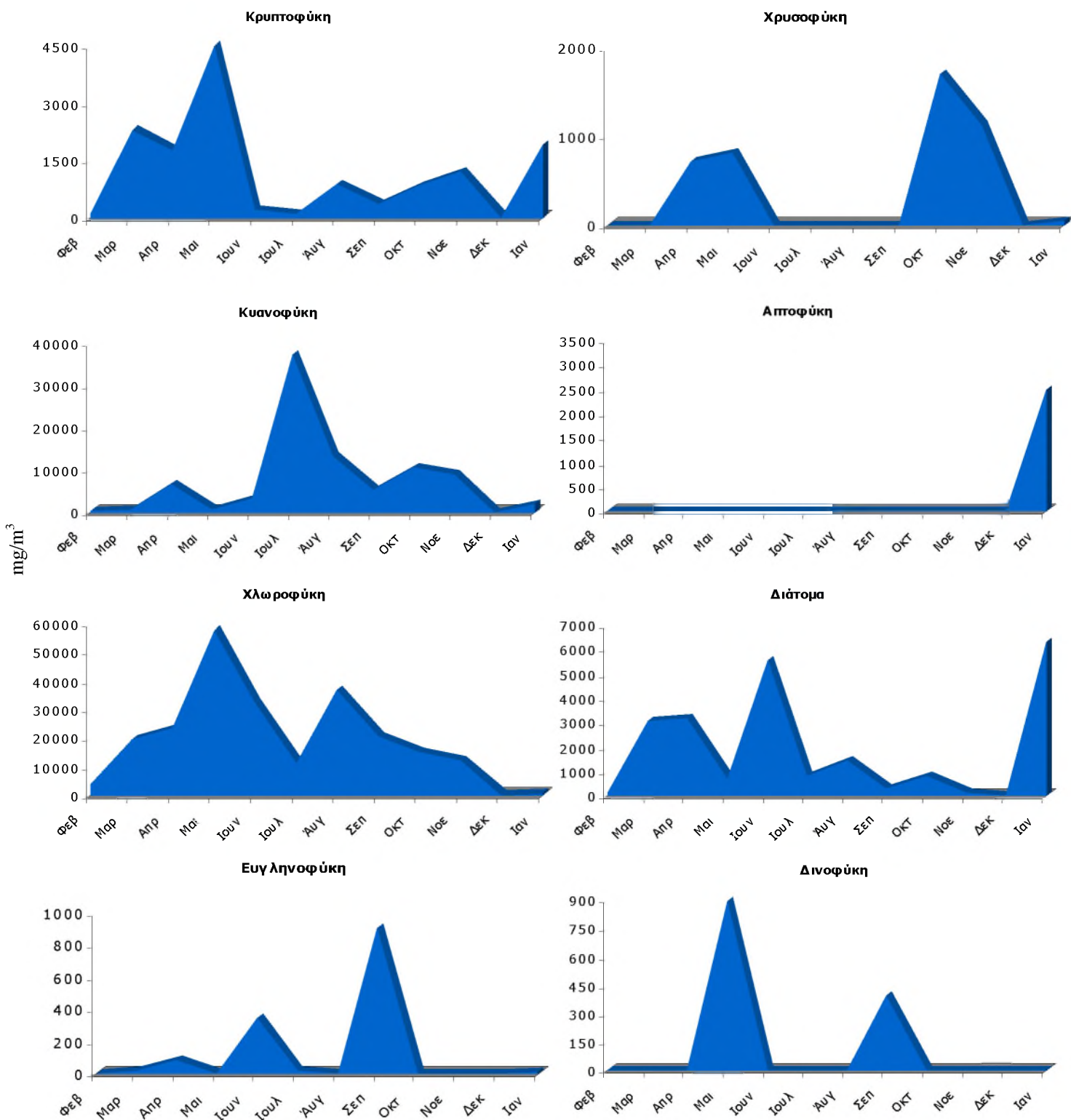
Εικόνα 3.14. Χρονικές μεταβολές της βιομάζας ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) των επιμέρους κλάσεων του φυτοπλαγκτού στο σταθμό X1 της λίμνης Χειμαδίτιδας.



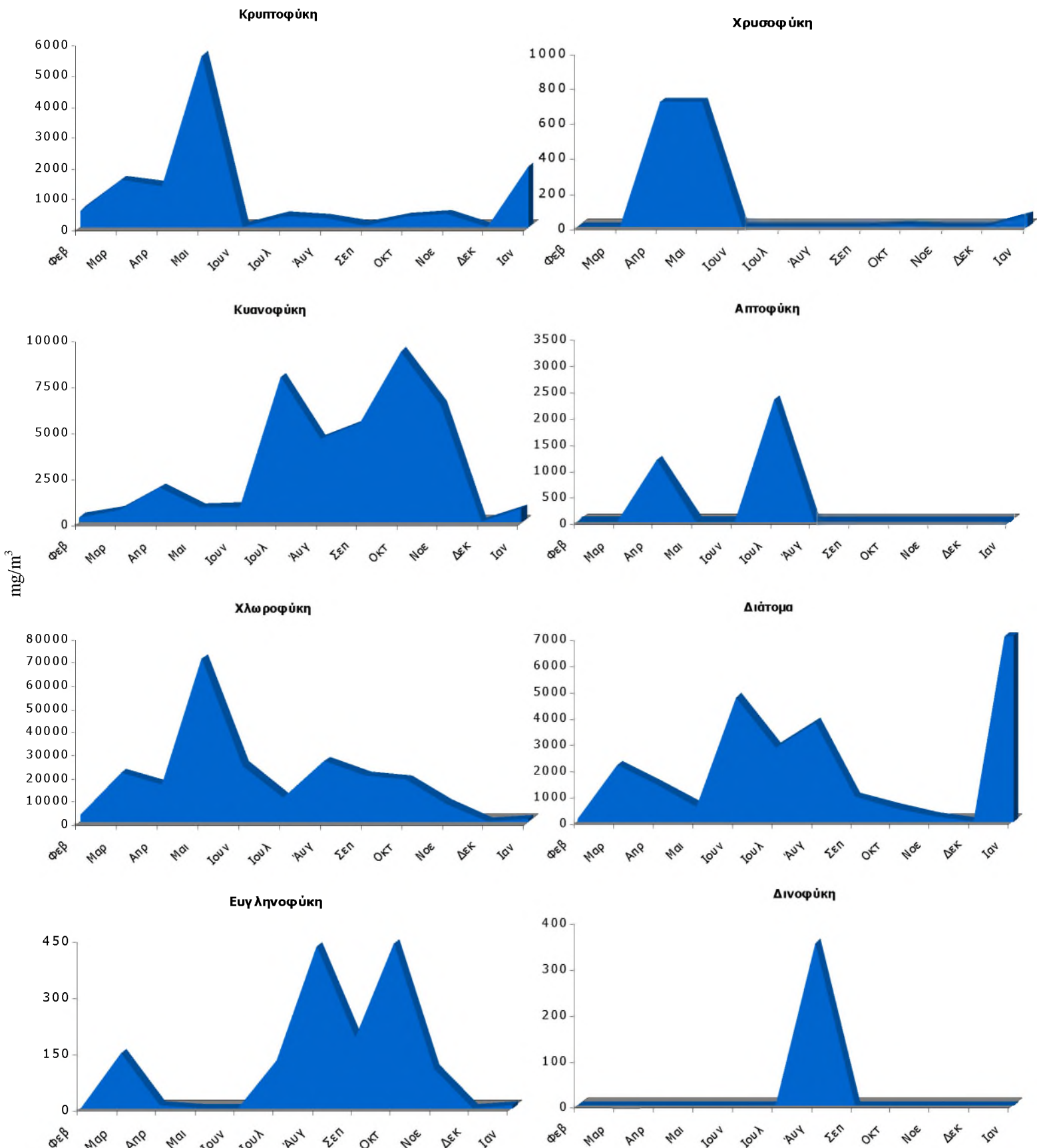
**Εικόνα 3.15.** Χρονικές μεταβολές της βιομάζας ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) των επιμέρους κλάσεων του φυτοπλαγκτού στο σταθμό X2 της λίμνης Χειμαδίτιδας.



**Εικόνα 3.16.** Χρονικές μεταβολές της βιομάζας ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) των επιμέρους κλάσεων του φυτοπλαγκτού στο σταθμό X3 της λίμνης Χειμαδίτιδας.



Εικόνα 3.17. Χρονικές μεταβολές της βιομάζας ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) των επιμέρους κλάσεων του φυτοπλαγκτού στο σταθμό X4(επιφάνεια) της λίμνης Χειμαδίτιδας.

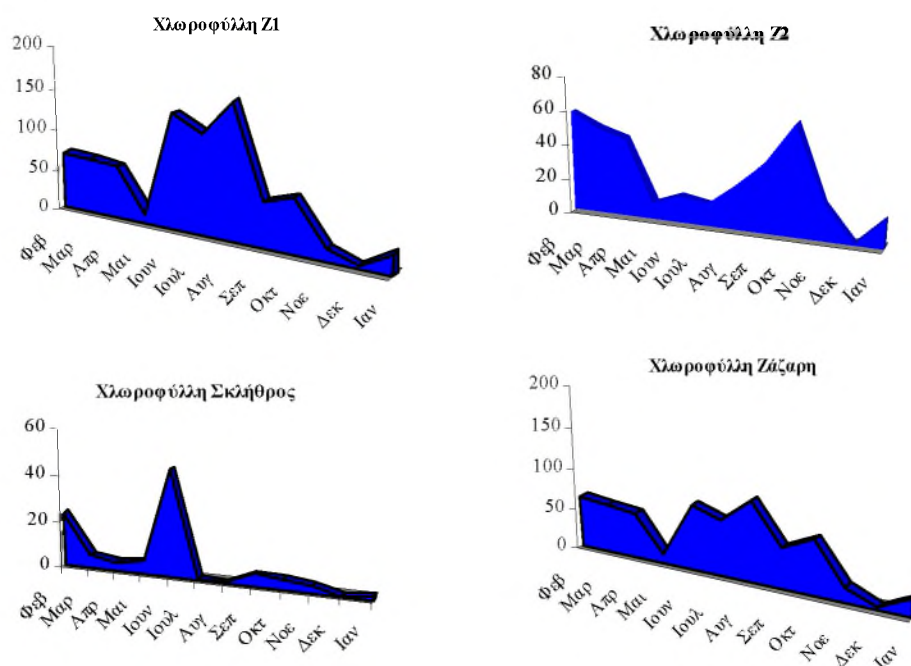


**Εικόνα 3.18.** Χρονικές μεταβολές της βιομάζας ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) των επιμέρους κλάσεων του φυτοπλαγκτού στο σταθμό X4(πυθμένας) της λίμνης Χειμαδίτιδας.

### 3.2 Λίμνη Ζάζαρη και χείμαρρος Σκλήθρου

#### 3.2.1 Χλωροφύλλη-α (Chl- *a*)

Οι τιμές της συγκέντρωσης της Chl- *a* στη λίμνη Ζάζαρη κυμάνθηκαν από 0,46 ως 164,83  $\mu\text{g/L}$  και στο χείμαρρο Σκλήθρου μεταξύ 1,7 και 45,6  $\mu\text{g/L}$ . Στο σταθμό Z1 οι τιμές της Chl- *a* κυμάνθηκαν σε υψηλότερα επίπεδα (μέση ετήσια 66,75  $\mu\text{g/L}$ ) συγκριτικά με το σταθμό Z2 (μέση ετήσια τιμή 29,77  $\mu\text{g/L}$ ). Όπως φαίνεται στα διαγράμματα της εικόνας 3.19, οι υψηλότερες τιμές Chl- *a* καταγράφηκαν το μήνα Οκτώβριο και κατά τις αρχές της εαρινής περιόδου στο σταθμό Z2, και κατά τους θερινούς μήνες στο σταθμό Z1 και το χείμαρρο Σκλήθρου. Στη εικόνα 3.19 παρουσιάζονται οι χρονικές μεταβολές της συγκέντρωσης της Chl- *a* στους δύο σταθμούς της λίμνης Ζάζαρης και το χείμαρρο Σκλήθρου.



**Εικόνα 3.19.** Χρονικές μεταβολές της συγκέντρωσης ( $\mu\text{g/L}$ ) χλωροφύλλη-*a* στους σταθμούς της λίμνης Ζάζαρης και το χείμαρρο Σκλήθρου και της μέσης τιμής χλωροφύλλης στη λίμνη Ζάζαρη.



### 3.2.2 Σύνθεση φυτοπλαγκτικής κοινότητας στη λίμνη Ζάζαρη

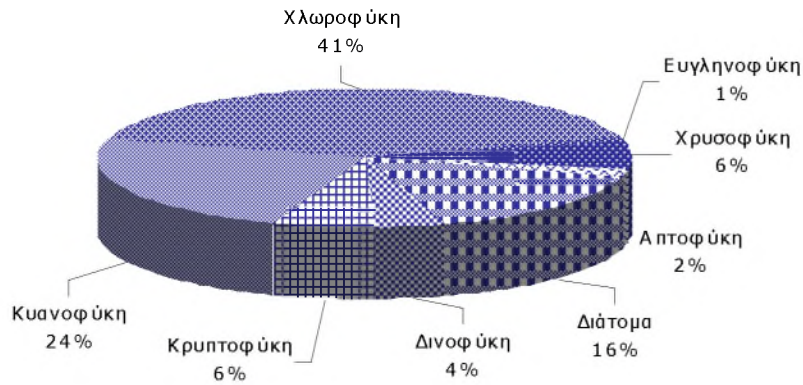
Στο χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003 αναγνωρίστηκαν στη λίμνη Ζάζαρη συνολικά 96 taxa φυτοπλαγκτού (Πιν. V). Από αυτά 39 ανήκουν στην κλάση των Χλωροφυκών (Chlorophyceae), 23 στην κλάση των Κυανοφυκών (Cyanophyceae), 15 στην κλάση των Διατόμων (Bacillariophyceae), 5 στην κλάση των Χρυσοφυκών (Chrysophyceae), 6 στην κλάση των Κρυπτοφυκών (Cryptophyceae), 4 στην κλάση των Δινοφυκών (Dinophyceae), 2 στην κλάση των Απτοφυκών (Haptophyceae) και 2 στην κλάση των Ευγληνοφυκών (Euglenophyceae) (Εικ. 3.20).

**Πίνακας V.** Κατάλογος φυτοπλαγκτικών οργανισμών που αναγνωρίστηκαν στη λίμνη Ζάζαρη (Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003).

<b>Κυανοφύκη</b>
<i>Anabaena circinalis</i> Rabenhorst
<i>Anabaena minderi</i> Huber-Pestalozzi
<i>Anabaena spiroides</i> Klebahn
<i>Anabaena variabilis</i> Kützing
<i>Anabaenopsis</i> sp1.
<i>Anabaenopsis</i> sp2.
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (Linné) Ralfs
<i>Aphanizomenon issatschenkoi</i> (Usačev) Proškina-Lavrenko
<i>Aphanizomenon</i> sp1.
<i>Aphanocapsa</i> cf. <i>planctonica</i> (G.M. Smith) Komárek & Anagnostidis
<i>Chroococcus dispersus</i> (Keissler) Lemmermann
<i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli
<i>Dictyosphaerium subsolitarium</i> van Goor
<i>Gomphosphaeria lacustris</i> Chodat
<i>Iaaginema</i> sp.
<i>Limnothrix</i> cf. <i>redekei</i> (van Goor) Meffert
<i>Merismopedia</i> cf. <i>tenuissima</i> Lemmermann
<i>Merismopedia elegans</i> A.Braun
<i>Microcystis aeruginosa</i> Kützing
<i>Microcystis wesenbergii</i> (Komárek) Starmach
<i>Planktolyngbya subtilis</i> (W. West) Anagnostidis & Komárek
<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmermann) Komárek
<i>Pseudoanabaena constricta</i> (Szafer) Lauterborn
<b>Χλωροφύκη</b>
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim
<i>Closterium acutum</i> Brébisson
<i>Closterium diana</i> Ehrenberg
<i>Coelastrum astroideum</i> de Notaris

<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli
<i>Cosmarium abbreviatum</i> Raciborskii
<i>Crucigenia apiculata</i> (Lemmermann) Schmidle
<i>Elakatothrix gelatinosa</i> Wille
<i>Keratococcus suecicus</i> Hindák
<i>Kierchnieriella subcapitata</i> Koršikov
<i>Lagerheimia subsalsa</i> Lemmermann
<i>Micractinium pusillum</i> Fresenius
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Koršikov) Hindák
<i>Monoraphidium concertum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová
<i>Oocystis</i> sp.
<i>Pediastrum boryanum</i> (Turpin) Meneghini
<i>Pediastrum dublex</i> Meyen
<i>Pediastrum kawraiskyi</i> Schmidle
<i>Pediastrum simplex</i> Meyen
<i>Pediastrum tetras</i> (Ehrenberg) Ralfs
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat
<i>Scenedesmus armatus</i> Chodat
<i>Scenedesmus communis</i> Hegew.
<i>Scenedesmus ellipticus</i> Corda
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson
<i>Scenedesmus sempervirens</i> Chodat
<i>Scenedesmus</i> sp.
<i>Schroederia robusta</i> Koršikov
<i>Staurastrum anatinum</i> Cooke & Wills
<i>Staurastrum chaetoceras</i> (Schröder) G.M. Smith
<i>Staurastrum</i> cf. <i>arachne</i> Ralfs
<i>Staurastrum</i> sp.
<i>Staurodesmus dejectus</i> (Brébisson) Teiling
<i>Tetradesmus wiscosinensis</i> G.M. Smith
<i>Tetraedron caudatum</i> (Corda) Hansgirg
<i>Tetraedron minimum</i> (A. Braun) Hansgirg
<i>Tetraedron triangulare</i> Koršikov
<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i> (Schröder) Lemmermann
<b>Ευγληνοφύκη</b>
<i>Euglena</i> sp1.
<i>Phacus</i> sp.
<b>Χρυσοφύκη</b>
<i>Chrysocapsa planctonica</i> (West/West) Pash
<i>Chrysocapsa</i> sp.
<i>Dinobryon sertularia</i> Ehrenberg
<i>Mallomonas</i> sp.

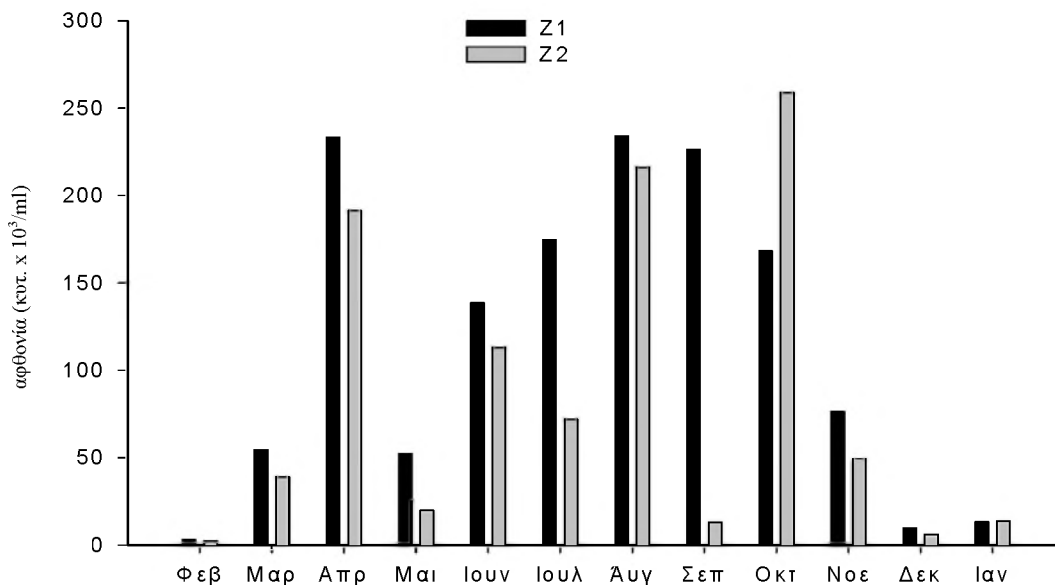
<i>Ochromonas</i> sp.
<b>Απτοφύκη</b>
<i>Chrysochromulina parva</i> Lackey
<i>Chrysochromulina</i> sp.
<b>Διάτομα</b>
<i>Asterionella formosa</i> Hassall
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Ralfs
<i>Aulacoseira islandica</i> O. Müller
<i>Cyclotella chaetoceras</i> Lemmermann
<i>Cyclotella operculata</i> Hantzsch
<i>Fragilaria construens</i> (Ehrenberg) Grunow
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton
<i>Nitzschia acicularis</i> W. Smith
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow
<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kützing) Grunow
<i>Surirella cuspidata</i> Hust.
<i>Surirella linearis</i> W. Smith
<i>Surirella tenuissima</i> Hust.
<i>Synedra ulna</i> (Nizsch) Ehrenberg
<b>Δινοφύκη</b>
<i>Peridiniopsis</i> cf. <i>quadridens</i> (Stein) Bourrelly
<i>Peridiniopsis</i> sp.
<i>Peridinium</i> sp1.
<i>Peridinium</i> sp2.
<b>Κρυπτοφύκη</b>
<i>Chroomonas</i> sp.
<i>Cryptomonas</i> sp1. (30 μm)
<i>Cryptomonas</i> sp2. (15-20 μm)
<i>Rhodomonas</i> cf. <i>lens</i> Pascher & Ruttner
<i>Rhodomonas</i> cf. <i>tenuis</i> Skuja
<i>Rhodomonas</i> sp1. (25-30 μm)
<i>Rhodomonas</i> sp2. (15-20 μm)



**Εικόνα 3.20.** Ποσοστιαία συμμετοχή (αριθμός ειδών) των κλάσεων φυτοπλαγκτού στη λίμνη Ζάζαρη (Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003).

### 3.2.3 Αφθονία φυτοπλαγκτού στη λίμνη Ζάζαρη

Η αφθονία του φυτοπλαγκτού στη λίμνη Ζάζαρη παρουσίασε αξιοσημείωτες μεταβολές κατά τη διάρκεια του ετήσιου κύκλου μετρήσεων (Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003). Τρία μέγιστα αφθονίας καταγράφηκαν, ένα την άνοιξη ( $233,14 \times 10^3/\text{ml}$ , σταθμός Z1), ένα το καλοκαίρι ( $233,93 \times 10^3/\text{ml}$ , σταθμός Z1) και ένα το φθινόπωρο ( $259 \times 10^3/\text{ml}$ , σταθμός Z2), ενώ κατά τη χειμερινή περίοδο οι τιμές της συνολικής φυτοπλαγκτικής αφθονίας κυμαίνονταν σε χαμηλότερα επίπεδα (έως  $13,63 \times 10^3/\text{ml}$ ) (Εικ. 3.21).



**Εικόνα 3.21.** Χρονικές μεταβολές της συνολικής αφθονίας (κύτταρα  $\times 10^3/\text{ml}$ ) του φυτοπλαγκτού στους σταθμούς της λίμνης Ζάζαρης.

Υψηλότερα ήταν τα επίπεδα της μέσης ετήσιας τιμής της φυτοπλαγκτικής αφθονίας στο σταθμό Z1 (Πιν. VI). Ωστόσο, η μέγιστη τιμή αφθονίας ( $259 \times 10^3$  κυτ./ml) το μήνα Οκτώβριο καταγράφηκε στο σταθμό Z2.

**Πίνακας VI.** Τιμές συνολικής αφθονίας φυτοπλαγκτού στη λίμνη Ζάζαρη

Αφθονία ( $\times 10^3$ κύτταρα /ml)				
N=12	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Τυπική Απόκλιση
Z1	3,10	233,90	115,40	90,70
Z2	6,10	259,00	73,70	89,90

Τα κυανοφύκη ήταν η ομάδα του φυτοπλαγκτού που επικρατούσε από άποψη αφθονίας στη λίμνη Ζάζαρη (3.22). Συγκεκριμένα, τα κυανοφύκη συμμετείχαν στη συνολική φυτοπλαγκτική αφθονία με μέσο ετήσιο ποσοστό 91,2 και 87% για τους σταθμούς Z1 και Z2 αντίστοιχα. Ακολούθησαν τα διάτομα με αντίστοιχα ποσοστά 5,1 και 8% και τα χλωροφύκη με 2,8 και 4%. Η συμμετοχή για κάθε μία από τις υπόλοιπες ομάδες φυτοπλαγκτού δεν ξεπέρασε το 1% (Εικ.3.22 & 3.23).

Οι υψηλότερες τιμές αφθονίας των κυανοφυκών (είδη του γένους *Microcystis*) ( $257,6 \times 10^3$  κυτ./ml) καταγράφηκαν το μήνα Οκτώβριο στο σταθμό Z2 της λίμνης Ζάζαρης, ενώ σε υψηλά επίπεδα ( $>100 \times 10^3$  κυτ./ml) κυμαίνονταν η αφθονία των κυανοφυκών (κυρίως είδη των γενών *Anabaena* και *Aphanizomenon*) τους εαρινούς (κυρίως Απρίλιο) και θερινούς μήνες (κυρίως Αύγουστο) στο σταθμό Z1 (Εικ.3.24 & 3.25).

Τα διάτομα εμφανίστηκαν σε υψηλά επίπεδα αφθονίας κυρίως κατά την εαρινή περίοδο και σε ελαφρώς χαμηλότερα επίπεδα το μήνα Ιανουάριο, ενώ εξαιρετικά χαμηλές ήταν οι τιμές αφθονίας των διατόμων κατά την εαρινή και φθινοπωρινή περίοδο (Εικ.3.24 & 3.25). Οι υψηλότερες τιμές αφθονίας των διατόμων ( $38,5 \times 10^3$  κυτ./ml) καταγράφηκαν στο σταθμό Z1 το μήνα Απρίλιο. Κύριοι εκπρόσωποι των διατόμων την περίοδο αυτή ήταν τα είδη *Asterionella formosa*, *Cyclotella operculata* και *Fragilaria crotonensis*.

Τα χλωροφύκη παρουσίασαν, όπως και τα διάτομα, τις υψηλότερες τιμές αφθονίας τους κατά την εαρινή περίοδο, ενώ το υπόλοιπο χρονικό διάστημα του ετήσιου κύκλου η αφθονία τους κυμαίνονταν σε χαμηλότερα επίπεδα (Εικ.3.24 & 3.25). Τα μέγιστα επίπεδα της αφθονίας των χλωροφυκών ( $18,42 \times 10^3$  κυτ./ml) καταγράφηκαν το μήνα Απρίλιο στο σταθμό Z1. Στην συνολική αφθονία των χλωροφυκών συμμετείχαν κυρίως είδη των γενών *Actinastrum*, *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Micractinium* και *Tetrastrum*.

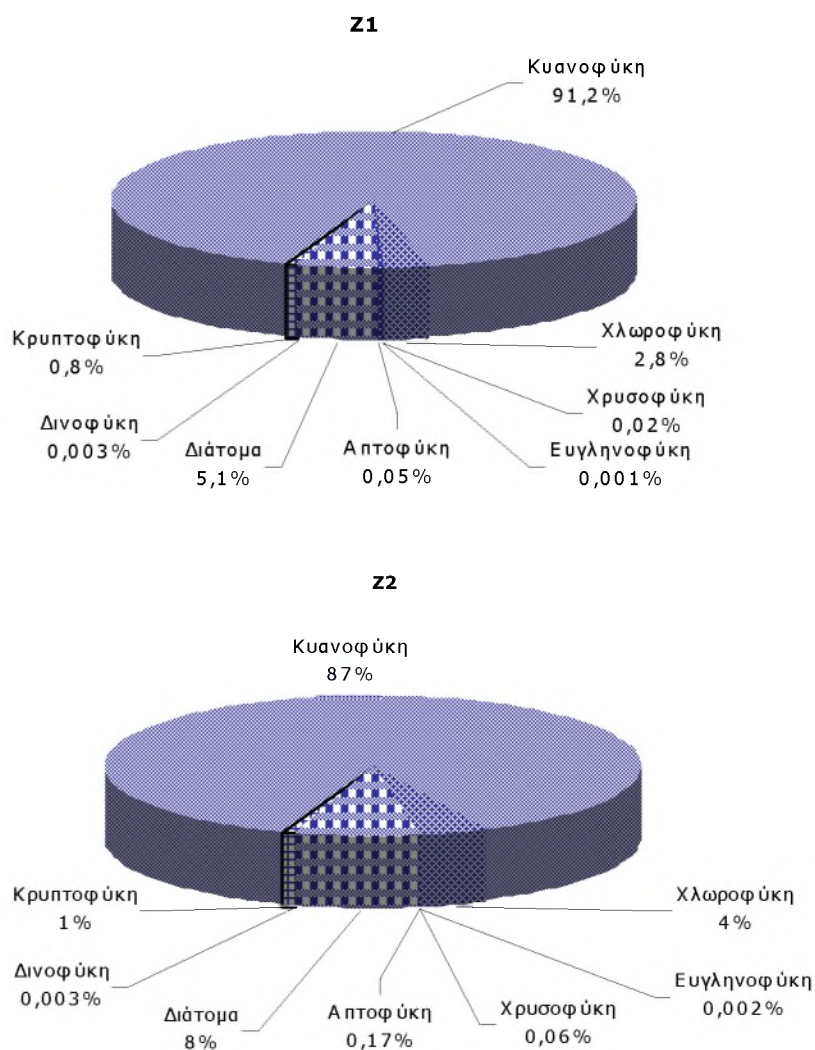
Τα κρυπτοφύκη, που εκπροσωπούνταν κυρίως από είδη των γενών *Rhodomonas* και *Cryptomonas*, εμφανίστηκαν σε υψηλά επίπεδα αφθονίας ( $3,25 \times 10^3$  κυτ./ml) στο σταθμό Z1 κυρίως κατά την εαρινή περίοδο, ενώ σχετικά υψηλές ήταν οι τιμές της αφθονίας των κρυπτοφυκών κατά τα τέλη της φθινοπωρινής και τις αρχές της χειμερινής περιόδου (Εικ.3.24 & 3.25).

Τα αποφύκη (είδη του γένους *Chrysochromulina*) καταγράφηκαν σε υψηλά επίπεδα αφθονίας το μήνα Μάιο ( $0,5$  και  $0,18 \times 10^3$  κυτ./ml για τους σταθμούς Z2 και Z1 αντίστοιχα). Σχετικά υψηλές τιμές αφθονίας παρατηρήθηκαν επίσης τους μήνες Νοέμβριο, Δεκέμβριο και Ιανουάριο. Μη ανιχνεύσιμα ήταν τα επίπεδα αφθονίας των αποφυκών κατά τη θερινή περίοδο.

Τα χρυσοφύκη παρουσίασαν υψηλά επίπεδα αφθονίας το μήνα Απρίλιο. Η μέγιστη τιμή αφθονίας των χρυσοφυκών ( $0,14 \times 10^3$  κυτ./ml), που εκπροσωπούνταν κυρίως από είδη των γενών *Mallomonas* και *Dinodryon*, καταγράφηκε ταυτόχρονα και στους δύο σταθμούς (Εικ.3.24 & 3.25).

Τα ευγληνοφύκη (είδη των γενών *Euglena* και *Phacus*) ανιχνεύθηκαν στο σταθμό Z1 το μήνα Ιούλιο και στο σταθμό Z2 το μήνα Οκτώβριο σε επίπεδα αφθονίας που δεν ξεπέρασαν τα  $0,04 \times 10^3$  κυτ./ml (Εικ.3.24 & 3.25).

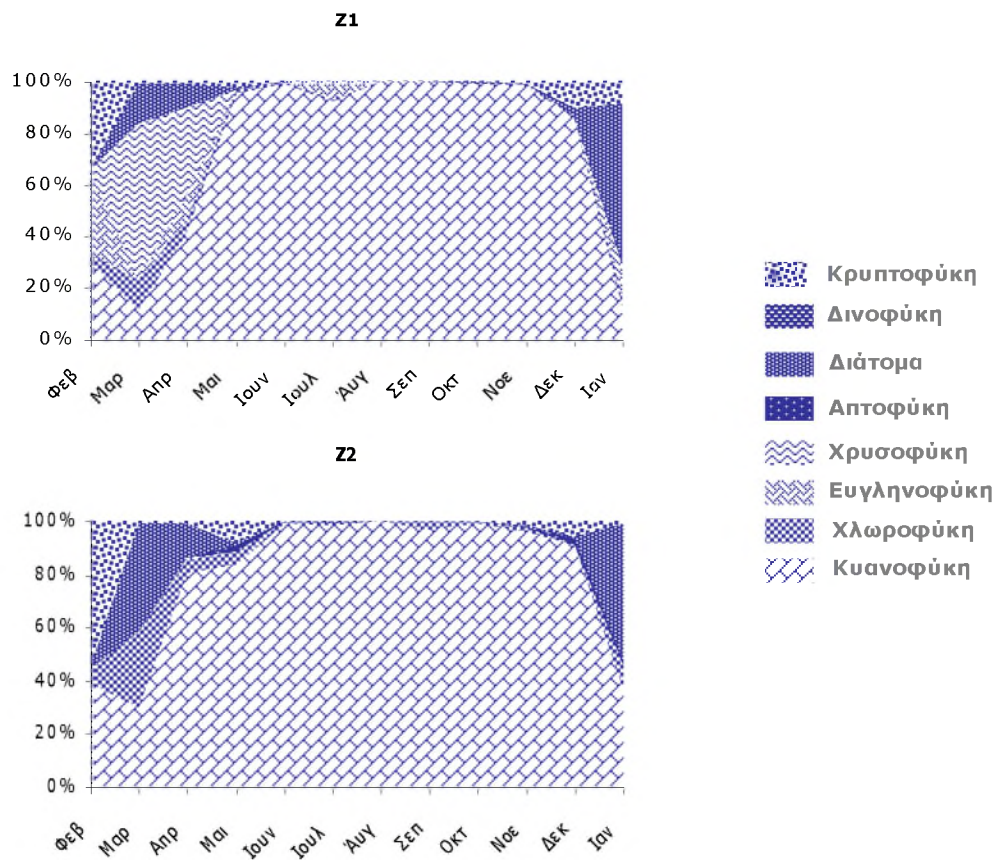
Τα δινοφύκη (είδη των γενών *Peridiniopsis* και *Peridinium*) παρατηρήθηκαν στα νερά της λίμνης Ζάζαρης στα τέλη της θερινής και αρχές της φθινοπωρινής περιόδου.



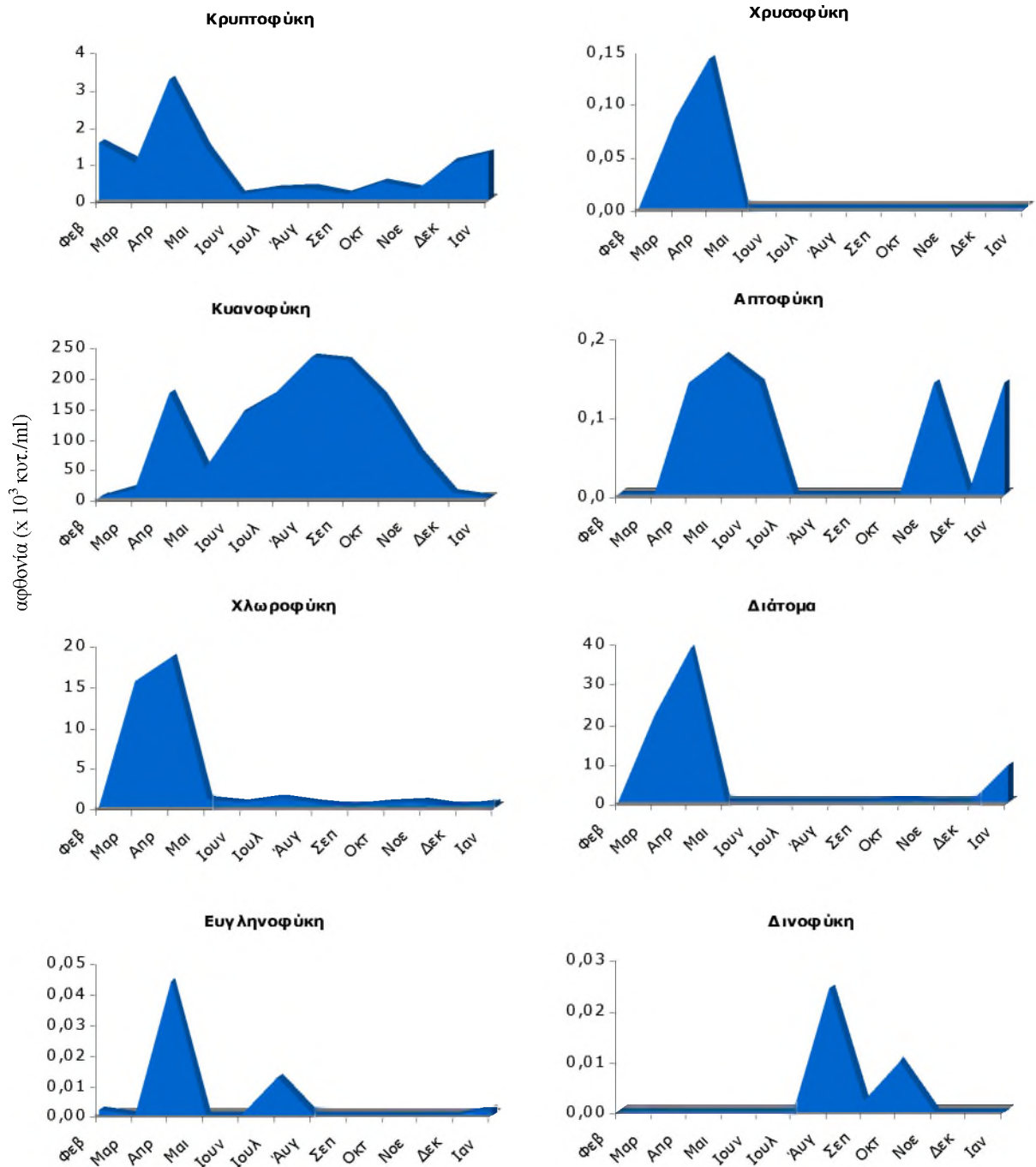
**Εικόνα 3.22.** Μέση ετήσια ποσοστιαία συμμετοχή των κλάσεων του φυτοπλαγκτού στη συνολική αφθονία στους σταθμούς της λίμνης Ζάζαρης.

Οι υψηλότερες τιμές αφθονίας ( $0,02 \times 10^3$  κυτ./ml) καταγράφηκαν το μήνα Ιούλιο στο σταθμό Z2 και τον Αύγουστο στο σταθμό Z1 (Εικ.3.24 & 3.25).

α

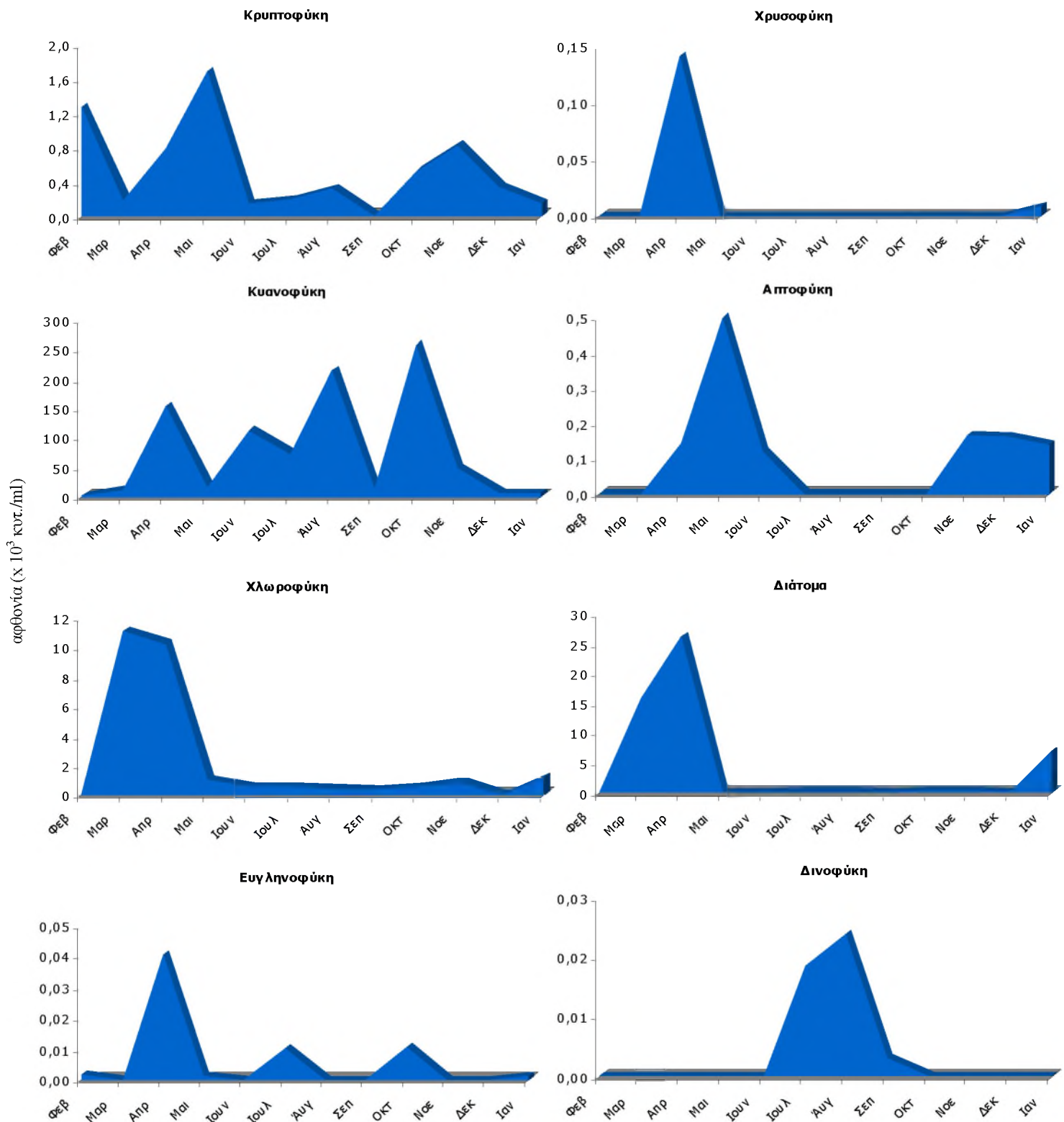


**Εικόνα 3.23.** Χρονικές μεταβολές της ποσοστιαίας συμμετοχής των κλάσεων φυτοπλαγκτού στη συνολική αφθονία στους σταθμούς της λίμνης Ζάζαρης



**Εικόνα 3.24.** Χρονικές μεταβολές της αφθονίας (x 10<sup>3</sup> κύτταρα/ml) των επιμέρους κλάσεων του φυτοπλαγκτού στο σταθμό Ζ1 της λίμνης Ζάζαρης.

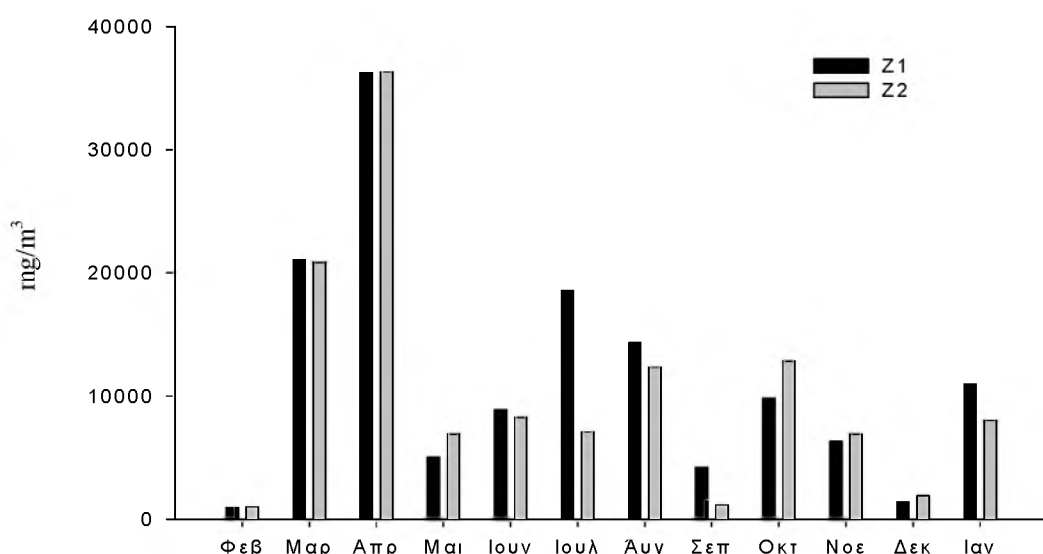




**Εικόνα 3.25.** Χρονικές μεταβολές της αφθονίας ( $\times 10^3$  κύτταρα/ml) των επιμέρους κλάσεων του φυτοπλαγκτού στο σταθμό Z2 της λίμνης Ζάζαρης.

### 3.2.4 Βιομάζα Φυτοπλαγκτού στη λίμνη Ζάζαρη

Η βιομάζα του φυτοπλαγκτού στη λίμνη Ζάζαρη παρουσίασε αξιόλογες αυξομειώσεις στη διάρκεια του χρονικού διαστήματος Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003. Οι υψηλότερες τιμές βιομάζας φυτοπλαγκτού καταγράφηκαν το μήνα Απρίλιο και στους δύο σταθμούς δειγματοληψίας (36269,5 και 37466,7 mg/m<sup>3</sup> για τους σταθμούς Z1 και Z2 αντίστοιχα) και οι χαμηλότερες το Φεβρουάριο ( (Εικ. 3.26).



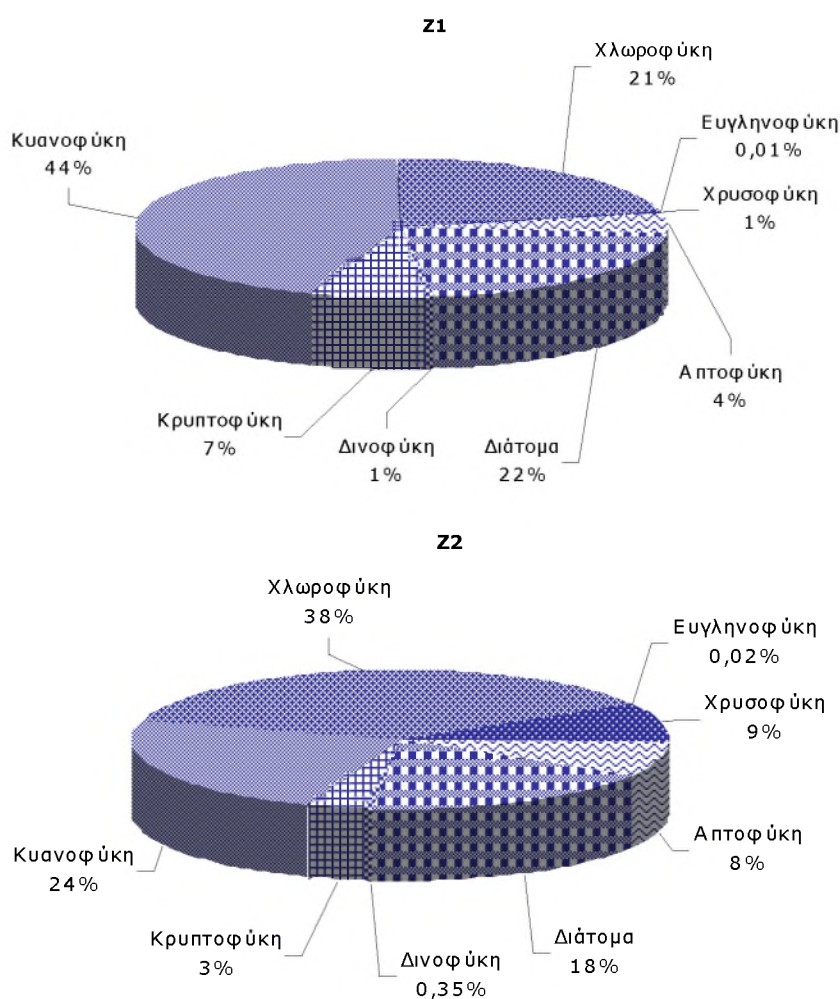
**Εικόνα 3.26.** Χρονικές μεταβολές της συνολικής βιομάζας (mg/m<sup>3</sup>) του φυτοπλαγκτού στους σταθμούς της λίμνης Ζάζαρης.

Οι τιμές βιομάζας στο σταθμό Z2 κυμάνθηκαν σε ελαφρώς υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με το σταθμό Z1 (Πιν. VII).

**Πίνακας VII.** Τιμές συνολικής φυτοπλαγκτικής βιομάζας στη λίμνη Ζάζαρη

Βιομάζα (mg/m <sup>3</sup> )				
N=12	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Τυπική Απόκλιση
Z1	941,00	36269,57	11487,02	10035,18
Z2	1161,10	37466,75	12340,22	11001,06
Σκλήθρος	41,03	5057,78	1355,26	1650,95

Ενώ τα επίπεδα της συνολικής βιομάζας στους δύο σταθμούς ήταν παρόμοια, ωστόσο αξιοσημειώτες ήταν οι διαφορές όσον αφορά στη συμμετοχή των διαφόρων κλάσεων στη συνολική βιομάζα του φυτοπλαγκτού μεταξύ των δύο σταθμών (Εικ. 3.27). Στο σταθμό Z1 επικρατέστερη ομάδα από άποψη βιομάζας ήταν τα κυανοφύκη (44%) και ακολουθούσαν τα διάτομα (22%) και τα χλωροφύκη (21%). Αντίθετα, στο σταθμό Z2 επικρατέστερη ομάδα ήταν τα χλωροφύκη

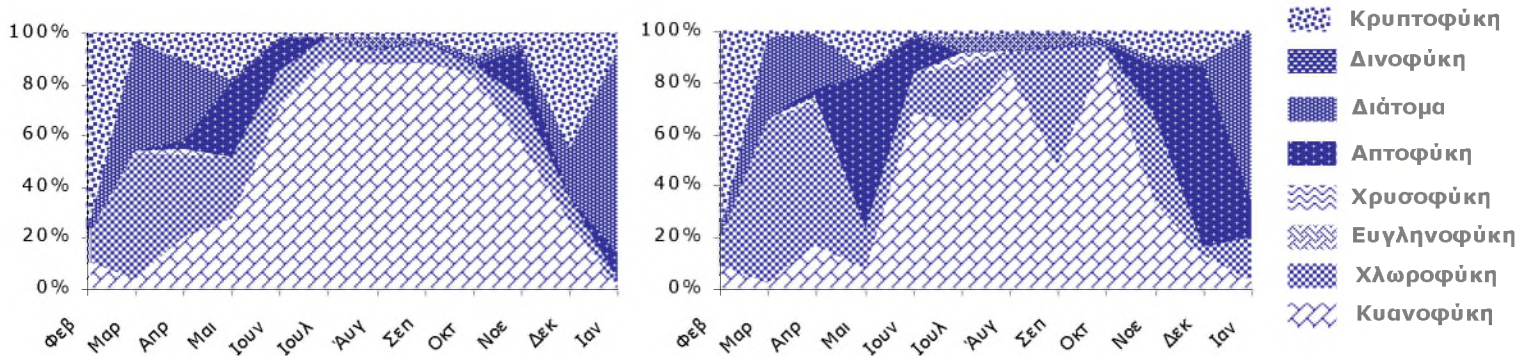


**Εικόνα 3.27.** Μέση ετήσια ποσοστιαία συμμετοχή των κλάσεων του φυτοπλαγκτού στη συνολική βιομάζα στους σταθμούς της λίμνης Ζάζαρης.

(38%) και ακολουθούσαν τα κυανοφύκη (24%) και τα διάτομα (18%). Επιπλέον, όπως φαίνεται στα διαγράμματα της εικόνας 3.28, αξιόλογες ήταν οι διαφοροποιήσεις μεταξύ των σταθμών αναφορικά και των άλλων ομάδων με μικρότερο ποσοστό συμμετοχής στη συνολική βιομάζα.

Οι υψηλές τιμές βιομάζας που παρατηρήθηκαν το μήνα Απρίλιο και στους δύο σταθμούς της λίμνης Ζάζαρης (36269,5 και 37466,7 mg/m<sup>3</sup> για τους σταθμούς Z1 και Z2 αντίστοιχα) ήταν το αποτέλεσμα της ταυτόχρονης εμφάνισης μεγίστων βιομάζας των χλωροφυκών (των γενών *Actinastrum*, *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Micractinium* και *Tetrastrum*) (11736,8 και 20202,1 mg/m<sup>3</sup> για τους σταθμούς Z1 και Z2 αντίστοιχα) και των διατόμων (κυρίως τα είδη *Asterionella formosa*, *Cyclotella operculata* και *Fragilaria crotonensis*) (11460,9 και 7516,7 mg/m<sup>3</sup> για τους σταθμούς Z1 και Z2 αντίστοιχα) το μήνα αυτό. Επιπλέον, και τα κυανοφύκη (κυρίως είδη των γενών *Anabaena* και *Aphanizomenon*) τον ίδιο μήνα παρουσίασαν σχετικά υψηλές

τιμές βιομάζας (7245,9 και 6061,4 mg/m<sup>3</sup> για τους σταθμούς Z1 και Z2 αντίστοιχα). Τα διάτομα, πέρα από τις μέγιστες τιμές βιομάζας που παρουσίασαν κατά την εαρινή περίοδο, εμφάνισαν ένα δεύτερο μέγιστο βιομάζας το μήνα Ιανουάριο. Τα κυανοφύκη καταγράφηκαν σε μέγιστα επίπεδα βιομάζας το μήνα Ιούλιο στο σταθμό Z1 (16705,2 mg/m<sup>3</sup>), ενώ στο σταθμό Z2 το μήνα Οκτώβριο (11646,9 mg/m<sup>3</sup>) (Εικ.3.28).



**Εικόνα 3.28.** Χρονικές μεταβολές της ποσοστιαίας συμμετοχής των κλάσεων φυτοπλαγκτού στη συνολική βιομάζα στους σταθμούς της λίμνης Ζάζαρης.

Τα κρυπτοφύκη, που στο σταθμό Z1 ήταν η τέταρτη κατά σειρά βιομάζας ομάδα φυκών και εκπροσωπούνταν κυρίως από είδη των γενών *Rhodomonas* και *Cryptomonas*, παρουσίασαν μέγιστες τιμές (3940,8 mg/m<sup>3</sup>) το μήνα Απρίλιο συμβάλλοντας σημαντικά στη συνολική φυτοπλαγκτική βιομάζα. Στο σταθμό Z2 τα κρυπτοφύκη εμφάνισαν δύο ακμές στη βιομάζα τους, μία το μήνα Μάιο (1091,9 mg/m<sup>3</sup>) και μία μικρότερη το μήνα Νοέμβριο (730,5 mg/m<sup>3</sup>) (Εικ.3.29 & 3.30).

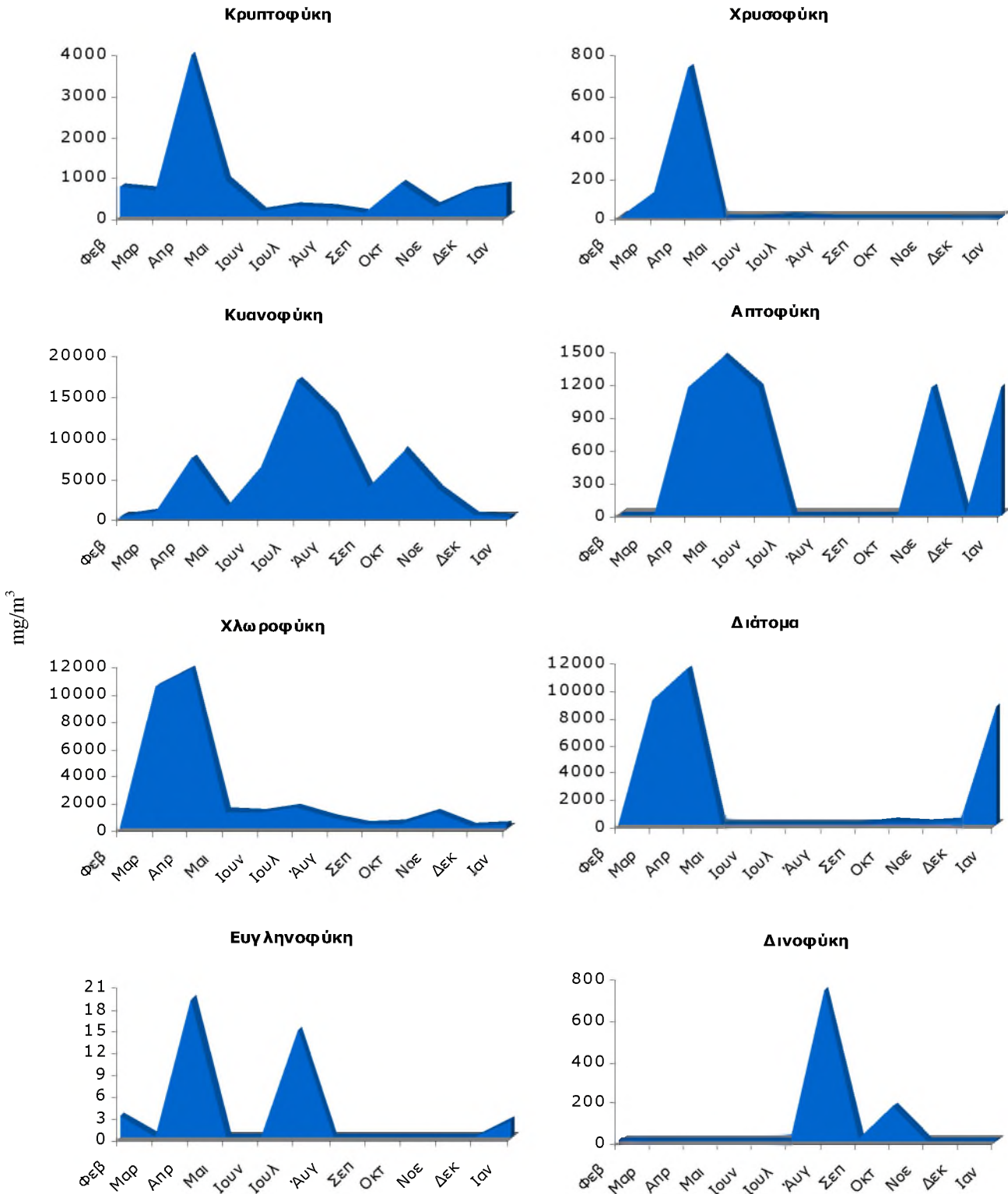
Τα απτοφύκη (είδη του γένους *Chrysochromulina*) παρουσίασαν τις υψηλότερες τιμές βιομάζας το μήνα Μάιο στο σταθμό Z2 (4086,7 mg/m<sup>3</sup>), ενώ σχετικά υψηλές τιμές βιομάζας καταγράφηκαν τον ίδιο μήνα στο σταθμό Z1 (1438,5 mg/m<sup>3</sup>), καθώς και κατά τη χειμερινή περίοδο και στους δύο σταθμούς (Εικ.3.29 & 3.30).

Οι υψηλότερες τιμές βιομάζας των χρυσοφυκών (κυρίως είδη του γένους *Mallomonas*) καταγράφηκαν το μήνα Απρίλιο (708 mg/ m<sup>3</sup> και για τους δύο σταθμούς), ενώ στο σταθμό Z2 εμφανίστηκε κι ένα δεύτερο μέγιστο τον Ιούλιο (κυρίως είδη του γένους *Ochromonas*, 377,6 mg/m<sup>3</sup>) (Εικ.3.29 & 3.30).

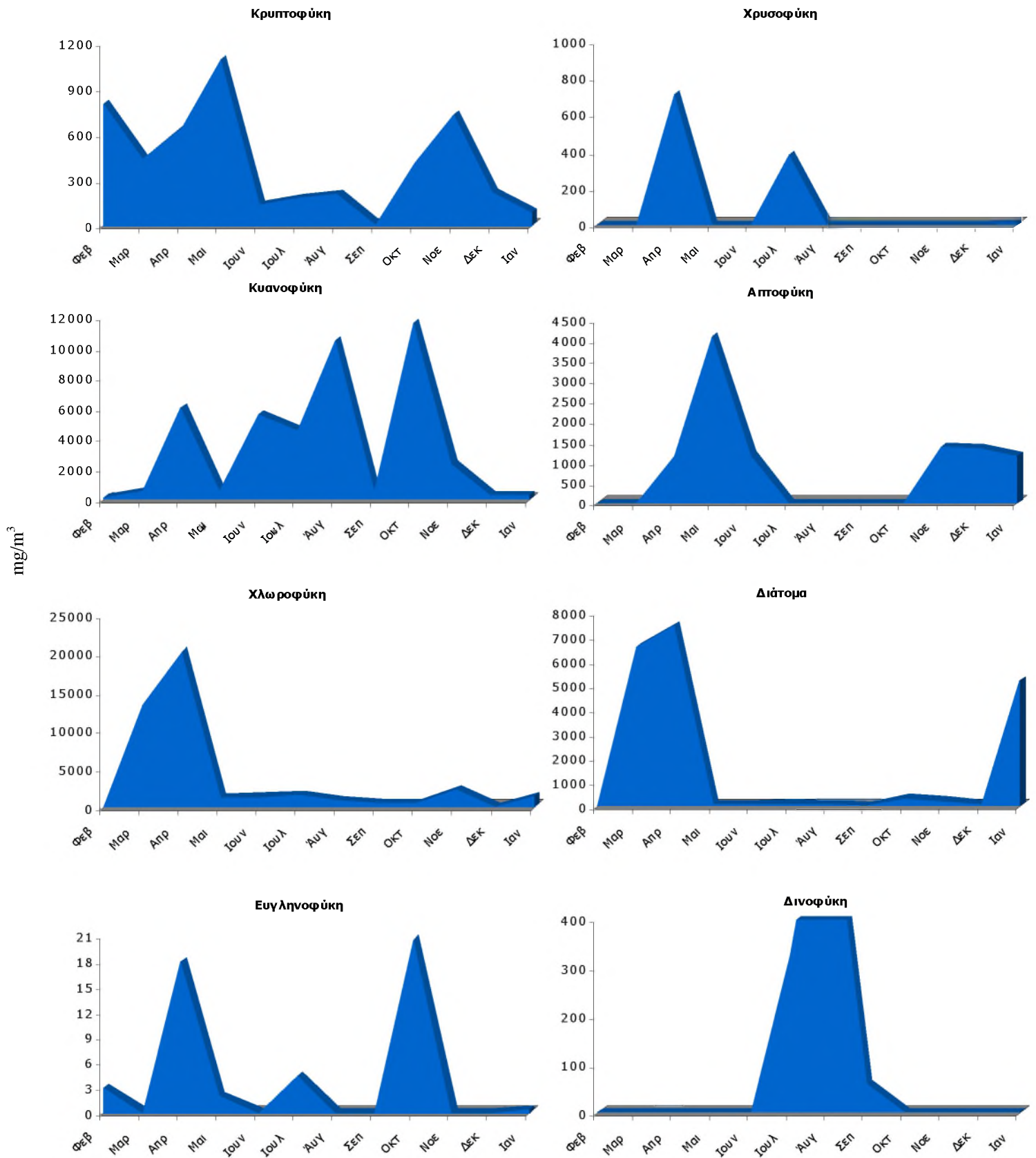
Τα ευγληνοφύκη παρουσίασαν δύο μέγιστα στα επίπεδα της βιομάζας τους, τους μήνες Απρίλιο και Ιούλιο στο σταθμό Z1 και τους μήνες Απρίλιο και Οκτώβριο στο σταθμό Z2. Η υψηλότερη τιμή βιομάζας ευγληνοφυκών καταγράφηκε το μήνα Οκτώβριο στο σταθμό Z2 (*Euglena* sp., 20,5 mg/m<sup>3</sup>) (Εικ.3.29 & 3.30).

Τα δινοφύκη παρουσιάστηκαν σε επίπεδα βιομάζας που κυμαίνονταν μεταξύ 58,2 και 737,6 mg/m<sup>3</sup> στη διάρκεια της φθινοπωρινής και της θερινής περιόδου. Στο σταθμό

Z1 οι τιμές βιομάζας των δινοφυκών (είδη των γενών *Peridiniopsis* και *Peridinium*) ήταν σχεδόν διπλάσιες από τις αντίστοιχες στο σταθμό Z2 (Εικ.3.29 & 3.30).



Εικόνα 3.29. Χρονικές μεταβολές της βιομάζας ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) των επιμέρους κλάσεων του φυτοπλαγκτού στο σταθμό Z1 της λίμνης Ζάζαρης.



Εικόνα 3.30. Χρονικές μεταβολές της βιομάζας ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) των επιμέρους κλάσεων του φυτοπλαγκτού στο σταθμό Z2 της λίμνης Ζάζαρης.

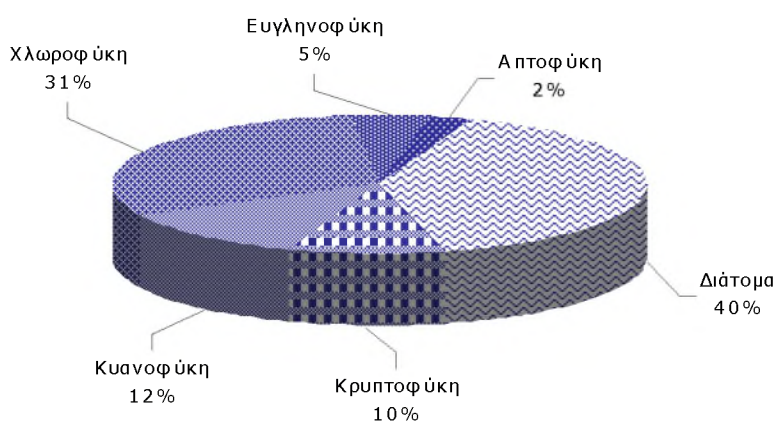
### 3.2.5 Σύνθεση Φυτοπλαγκτικής κοινότητας στο χείμαρρο Σκλήθρου

Στο χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003 αναγνωρίστηκαν στο χείμαρρο Σκλήθρου συνολικά 42 taxa φυτοπλαγκτού (Πιν. VIII). Από αυτά 17 ανήκουν στην κλάση των Διατόμων (Bacillariophyceae), 13 στην κλάση των Χλωροφυκών (Chlorophyceae), 5 στην κλάση των Κυανοφυκών (Cyanophyceae), 4 στην κλάση των Κρυπτοφυκών (Cryptophyceae), 2 στην κλάση των Ευγληνοφυκών (Euglenophyceae) και 1 στην κλάση των Απτοφυκών (Haptophyceae) (Εικ. 3.31).

**Πίνακας VIII.** Κατάλογος φυτοπλαγκτικών οργανισμών που αναγνωρίστηκαν στο χείμαρρο Σκλήθρου.

<b>Κυανοφύκη</b>
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (Linné) Ralfs
<i>Gomphospaeria lacustris</i> Chodat
<i>Microcystis wesenbergii</i> (Komárek) Starmach
<i>Pseudoanabaena constricta</i> (Szafer) Lauterborn
<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmermann) Komárek
<b>Χλωροφύκη</b>
<i>Closterium acutum</i> Brébisson
<i>Closterium diana</i> Ehrenberg
<i>Coelastrum astroideum</i> de Notaris
<i>Keratococcus suecicus</i> Hindák
<i>Kierchnieriella subcapitata</i> Koršikov
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Koršikov) Hindák
<i>Monoraphidium concertum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová
<i>Pediastrum tetras</i> (Ehrenberg) Ralfs
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat
<i>Scenedesmus communis</i> Hegew.
<i>Schroederia robusta</i> Koršikov
<i>Tetraedron minimum</i> (A. Braun) Hansgirg
<b>Ευγληνοφύκη</b>
<i>Euglena</i> sp.
<i>Phacus</i> sp.
<b>Απτοφύκη</b>
<i>Chrysochromulina</i> sp.
<b>Διάτομα</b>
<i>Asterionella formosa</i> Hassall
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Ralfs
<i>Aulacoseira islandica</i> O. Müller
<i>Aulacoseira</i> sp.
<i>Cyclotella chaetoceras</i> Lemmermann
<i>Cyclotella operculata</i> Hantzsch
<i>Fragilaria construens</i> (Ehrenberg) Grunow
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton
<i>Nitzschia acicularis</i> W. Smith
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow
<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kützing) Grunow

<i>Surirella cuspidata</i> Hust.
<i>Surirella linearis</i> W. Smith
<i>Surirella tenuissima</i> Hust.
<i>Synedra ulna</i> (Nizsch) Ehrenberg
<i>Surirella linearis</i> W. Smith
<b>Κρυπτοφύκη</b>
<i>Rhodomonas</i> cf. <i>tenuis</i> Skuja
<i>Cryptomonas</i> cf. <i>erosa</i> Ehrenberg
<i>Rhodomonas</i> sp.
<i>Cryptomonas</i> sp.

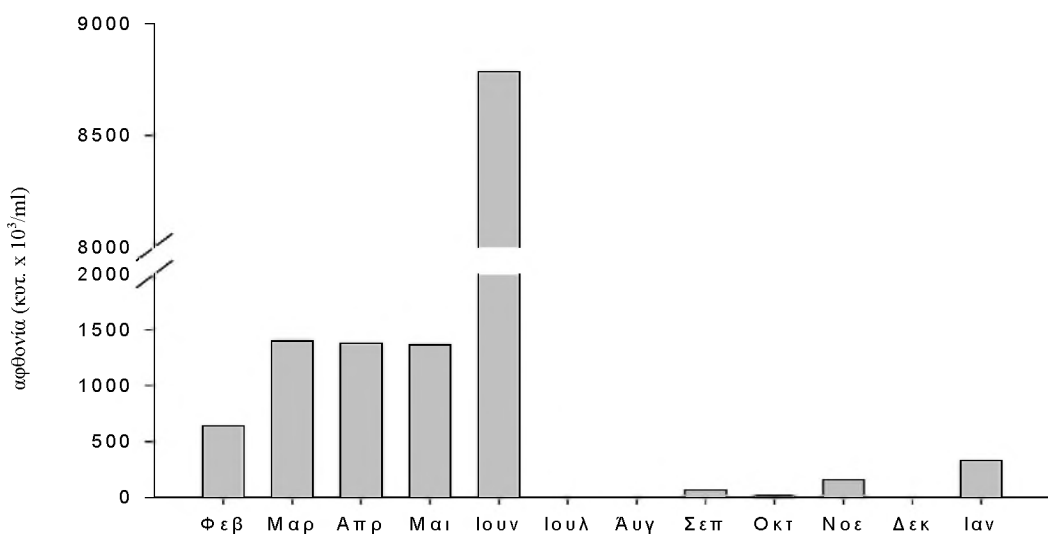


**Εικόνα 3.31.** Ποσοστιαία συμμετοχή (αριθμός ειδών) των κλάσεων φυτοπλαγκτού στο χειμάρρο Σκλήθρου (Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003).

### 3.2.6 Αφθονία Φυτοπλαγκτού

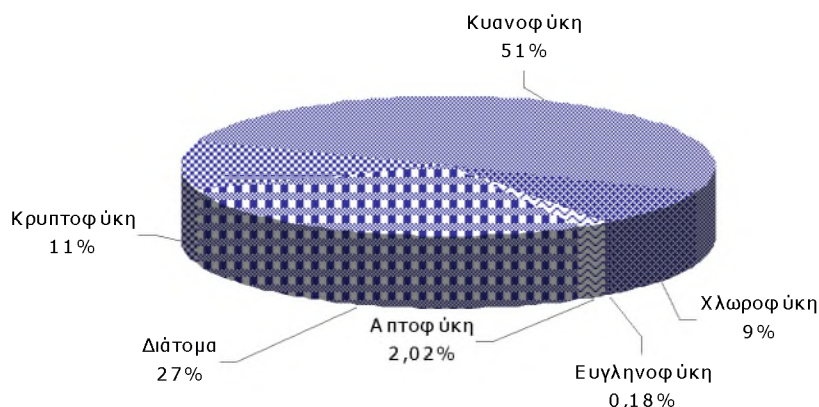
Η αφθονία του φυτοπλαγκτού στο χειμάρρο Σκλήθρου παρουσίασε αξιόλογες μεταβολές στη διάρκεια του ετήσιου κύκλου μετρήσεων κυμαινόμενη από  $22 \times 10^3$  ως  $8784 \times 10^3$  κυτ./ml. Οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αφθονίας καταγράφηκαν τους μήνες Ιούνιο και Οκτώβριο αντίστοιχα. Οι χρονικές μεταβολές της συνολικής αφθονίας του φυτοπλαγκτού στο χειμάρρο Σκλήθρου παρουσιάζονται στην εικόνα 3.32.





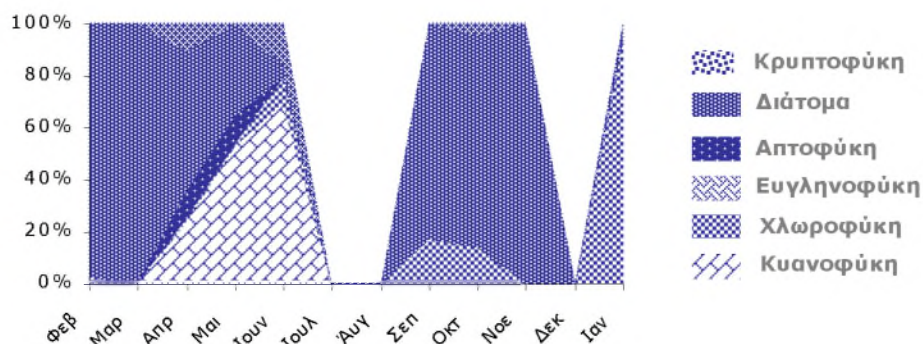
**Εικόνα 3.32.** Χρονικές μεταβολές της συνολικής αφθονίας (κύτταρα x 10<sup>3</sup>/ml) του φυτοπλαγκτού στο χειμάρρο Σκλήθρου.

Κατά το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στο χειμάρρο Σκλήθρου επικρατούσαν τα διάτομα ως προς τον αριθμό ειδών ανά κλάση (Εικ. 3.31). Με βάση την αφθονία ωστόσο επικρατέστερη ομάδα ήταν τα κυανοφύκη (Εικ. 3.33). Κατά το τέλος της εαρινής περιόδου και τις αρχές του



**Εικόνα 3.33.** Μέση ετήσια ποσοστιαία συμμετοχή των κλάσεων του φυτοπλαγκτού στη συνολική αφθονία στο χειμάρρο Σκλήθρου.

καλοκαιριού, στα νερά του χειμάρρου παρατηρήθηκαν σε ανιχνεύσιμα επίπεδα αφθονίας φυτοπλαγκτικοί οργανισμοί από τις ομάδες των κυανοφυκών, χλωροφυκών, κρυπτοφυκών και ευγληνοφυκών. Το παραπάνω γεγονός πιθανότατα σχετίζεται με τη μείωση της ροής του χειμάρρου και τη μετέπειτα ξήρανση του στα τέλη του μηνός Ιουνίου (Εικ. 3.34).



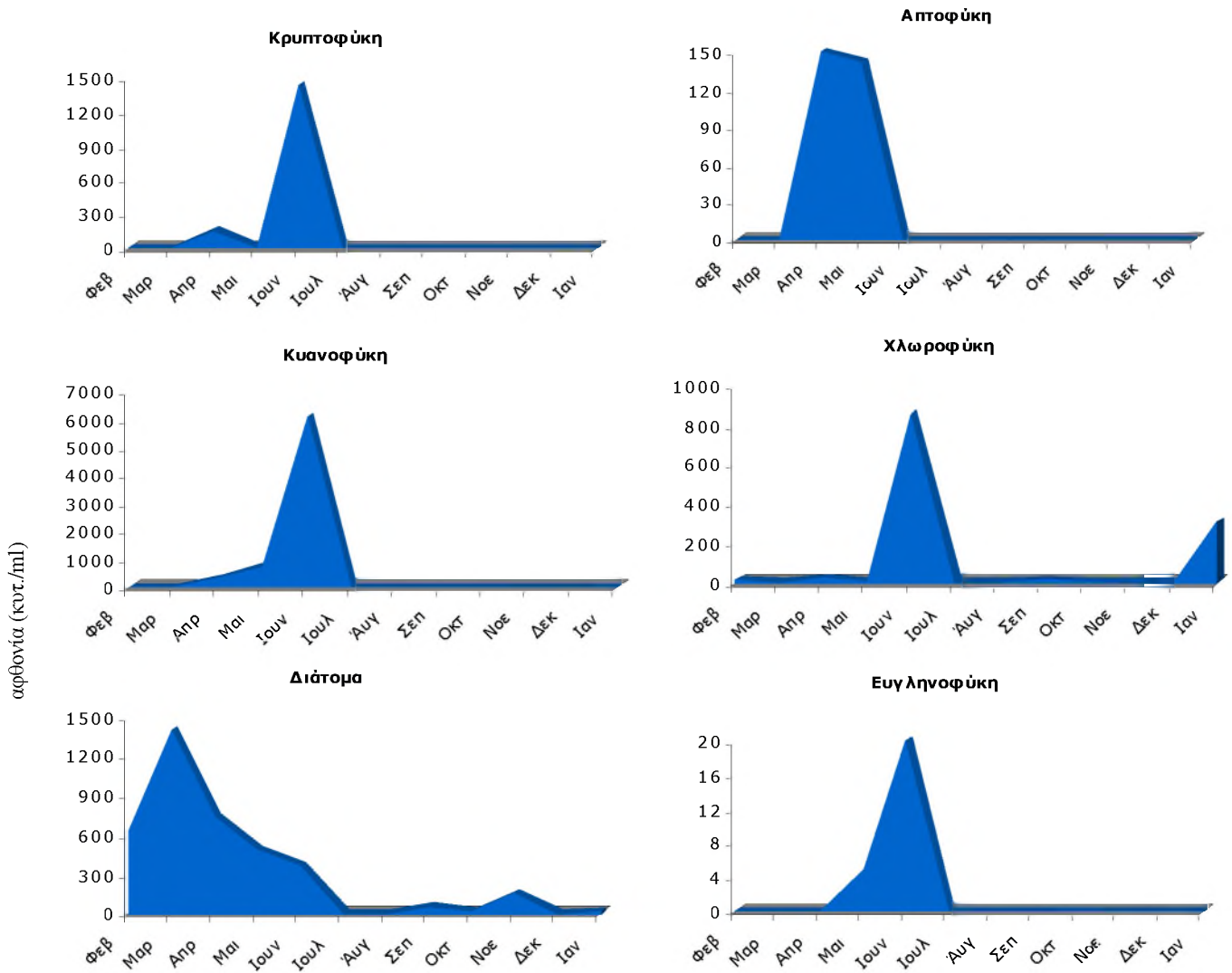
**Εικόνα 3.34.** Χρονικές μεταβολές της ποσοστιαίας συμμετοχής των κλάσεων φυτοπλαγκτού στη συνολική αφθονία στο χείμαρρο Σκλήθρου.

Τα κυανοφύκη εμφανίστηκαν στο χείμαρρο Σκλήθρου κατά το τέλος της εαρινής περιόδου και τις αρχές της θερινής, ενώ παρουσίασαν τις υψηλότερες τιμές αφθονίας (6110 κυτ./ml) το μήνα Ιούνιο (Εικ.3.35). Τα κυανοφύκη την περίοδο αυτή εκπροσωπούσαν κυρίως από είδη των γενών *Microcystis* και *Aphanizomenon*.

Τα χλωροφύκη, που αντιπροσωπεύθηκαν κυρίως από είδη των γενών *Scenedesmus*, *Monoraphidium*, *Closterium* και *Schroederia*, καταγράφηκαν σε υψηλά επίπεδα αφθονίας κυρίως το μήνα Ιούνιο (885 κυτ./ml). Τον ίδιο μήνα παρουσίασαν μέγιστες τιμές αφθονίας τα κρυπτοφύκη (1433 κυτ./ml), που εκπροσωπούσαν από είδη των γενών *Cryptomonas* και *Rhodomonas*, και τα ευγληνοφύκη (20 κυτ./ml) με κύριους αντιπροσώπους από τα γένη *Phacus* και *Euglena* (Εικ.3.35).

Τα απτοφύκη παρουσίασαν μέγιστες τιμές αφθονίας (150 κυτ./ml) το μήνα Απρίλιο, ενώ σε ελαφρώς χαμηλότερα επίπεδα κυμάνθηκε η αφθονία τους το μήνα Μάιο.

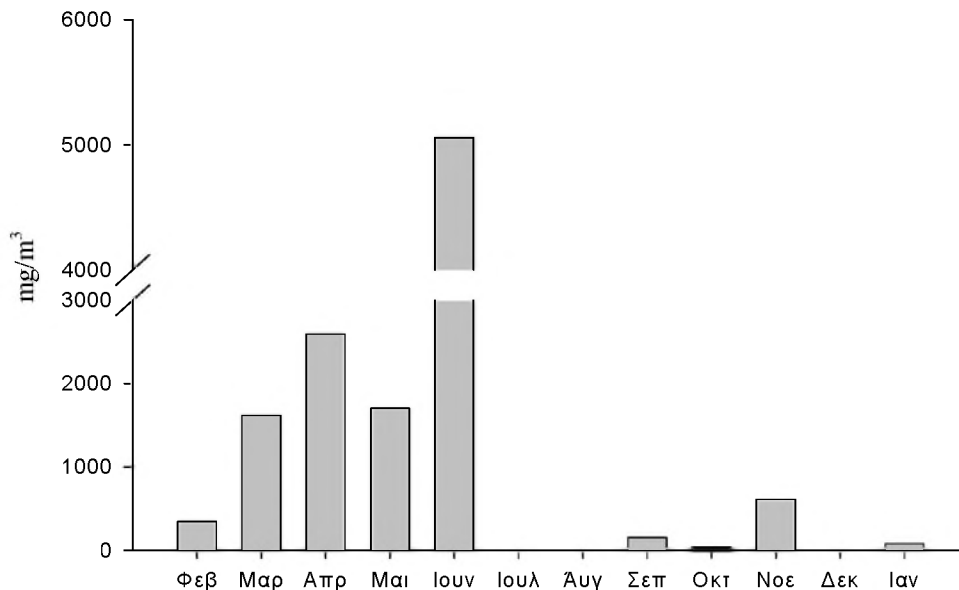
Τα διάτομα, η ομάδα φυκών που είχε συνεχή παρουσία στα νερά του χείμαρρου Σκλήθρου, παρουσίασε τις μέγιστες τιμές αφθονίας κατά τις αρχές της εαρινής περιόδου (μήνας Μάρτιος, 1401 κυτ./ml) (Εικ.3.35). Τα διάτομα που ανιχνεύθηκαν σε υψηλότερα επίπεδα αφθονίας στο χείμαρρο Σκλήθρου ανήκαν στα γένη *Nitzschia*, *Surirella* και *Aulacoseira*.



**Εικόνα 3.35.** Χρονικές μεταβολές της αφθονίας των επιμέρους κλάσεων του φυτοπλαγκτού στο χειμάρρο Σκλήθρου.

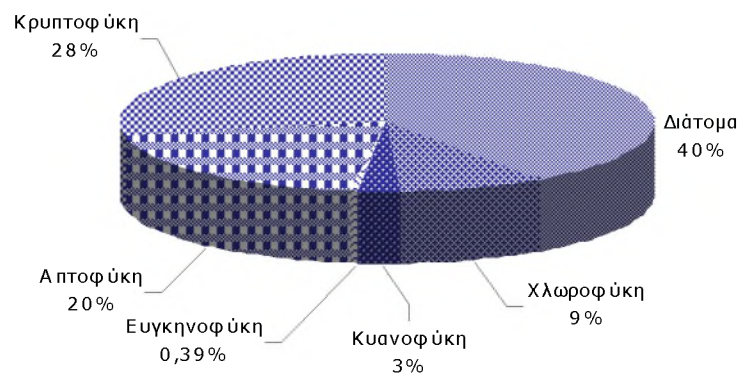
### 3.2.7 Βιομάζα Φυτοπλαγκτού στο χείμαρρο Σκλήθρου

Οι τιμές της βιομάζας του φυτοπλαγκτού στο χείμαρρο Σκλήθρου κυμάνθηκαν μεταξύ 41,03 και 5057,78 mg/m<sup>3</sup>. Οι χρονικές μεταβολές της βιομάζας ακολούθησαν τις μεταβολές της αφθονίας του φυτοπλαγκτού στο χείμαρρο Σκλήθρου με τις υψηλότερες τιμές βιομάζας να εμφανίζονται τον Ιούνιο και τις χαμηλότερες τον Οκτώβριο (Εικ. 3.36).



Εικόνα 3.36. Χρονικές μεταβολές της συνολικής βιομάζας (mg/m<sup>3</sup>) του φυτοπλαγκτού στο χείμαρρο Σκλήθρου.

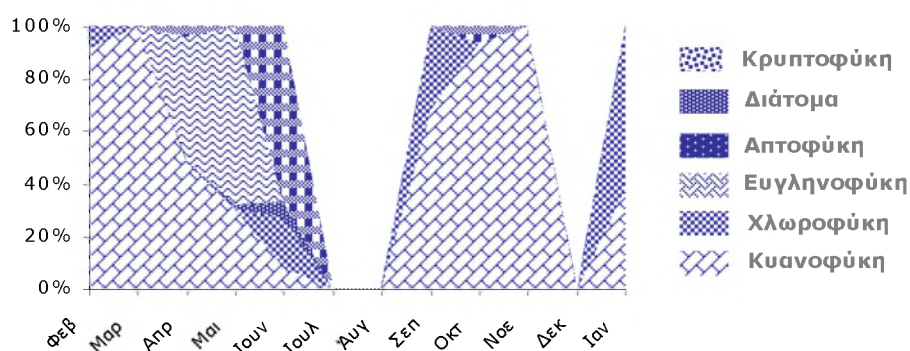
Με βάση τη βιομάζα, επικρατέστερη ομάδα φυκών ήταν τα διάτομα, και ακολουθούν κατά σειρά τα κρυτοφύκη, τα αποφύκη, τα χλωροφύκη, τα κυανοφύκη και τέλος τα ευγληνοφύκη (Εικ. 3.37 & Εικ. 3.38). Τα υψηλότερα επίπεδα βιομάζας εμφάνισε το μήνα Ιούνιο η ομάδα των κρυτοφυκών (3359,8 mg/m<sup>3</sup>). Στον πίνακα



Εικόνα 3.37. Μέση ετήσια ποσοστιαία συμμετοχή των κλάσεων του φυτοπλαγκτού στη συνολική φυτοπλαγκτική βιομάζα στο χείμαρρο Σκλήθρου.

IX παρουσιάζονται οι τιμές βιομάζας των διαφόρων ομάδων φυτοπλαγκτού στο

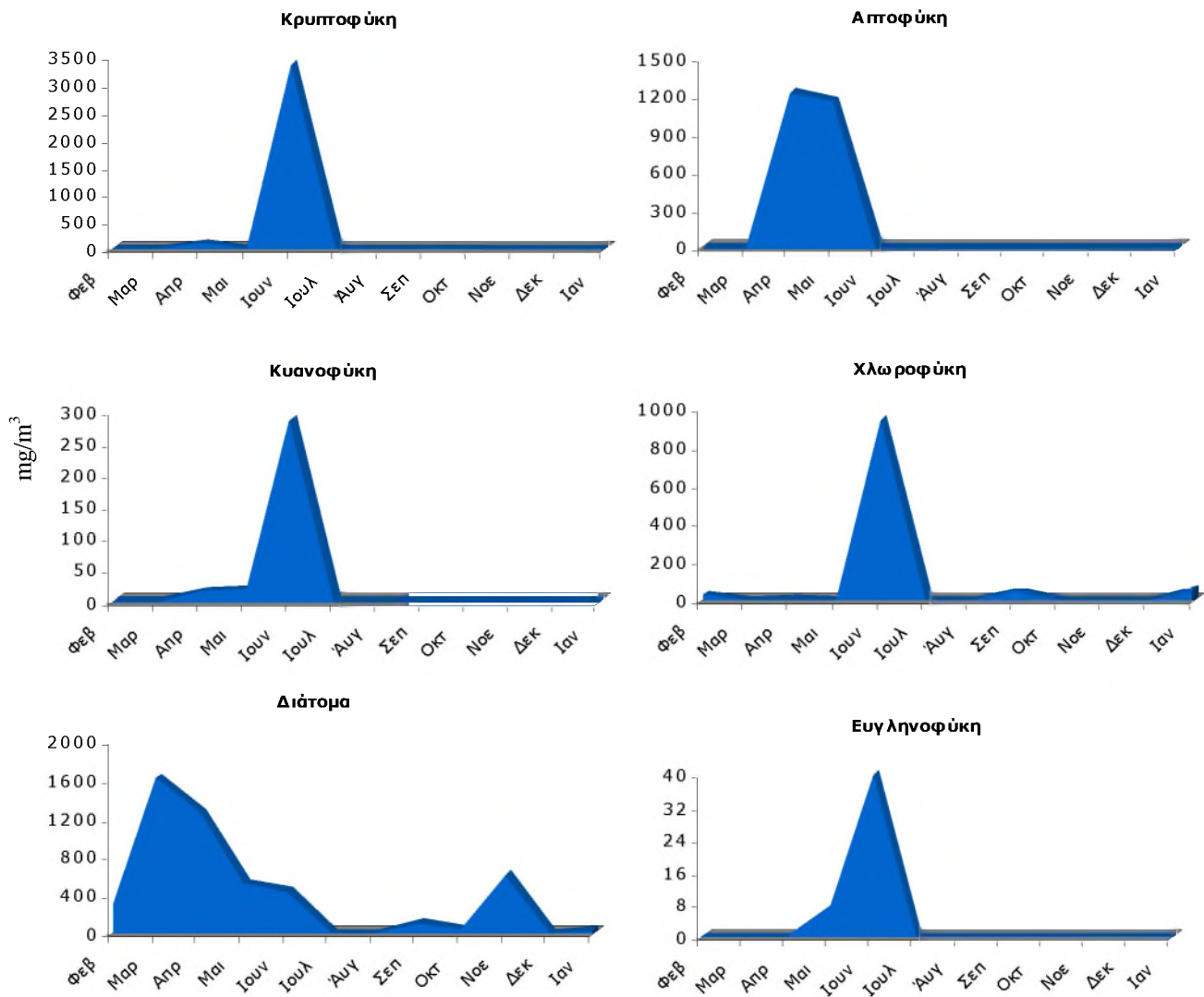
χειμάρρο Σκλήθρου, ενώ στην εικόνα 3.39 οι χρονικές μεταβολές της βιομάζας κάθε κλάσης φυτοπλαγκτού κατά τη διάρκεια του ετήσιου κύκλου μετρήσεων.



**Εικόνα 3.38.** Χρονικές μεταβολές της ποσοστιαίας συμμετοχής των κλάσεων φυτοπλαγκτού στη συνολική αφθονία στο χειμάρρο Σκλήθρου.

**Πίνακας ΙΧ.** Τιμές βιομάζας των κλάσεων φυτοπλαγκτού στο χειμάρρο Σκλήθρου.

N=9	Βιομάζα (mg/m <sup>3</sup> )			
	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Τυπική Απόκλιση
Διάτομα	30,9	1617,1	546,2	551,3
Χλωροφύκη	0	940,8	118,9	308,9
Κυανοφύκη	0	285,7	35,6	94,1
Ευγληνοφύκη	0	39,7	5,3	13,2
Αποφύκη	0	1226,6	264,9	526,0
Κρυπτοφύκη	0	3359,8	384,5	1116,2

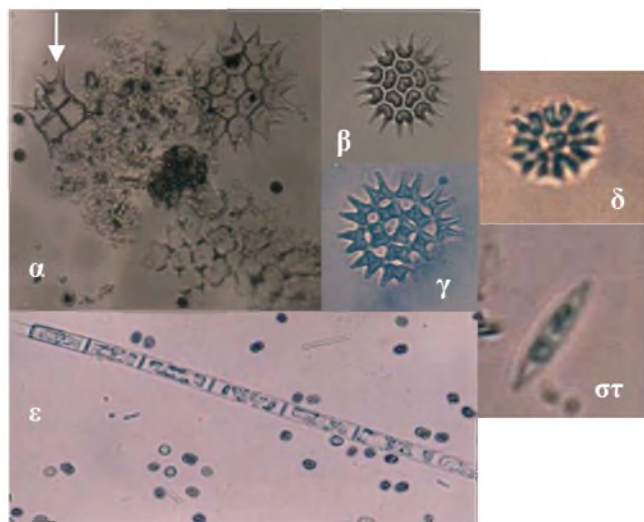


**Εικόνα 3.39.** Χρονικές μεταβολές της βιομάζας ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) των επιμέρους κλάσεων του φυτοπλαγκτού στο σταθμό Z2 στο χείμαρρο Σκλήθρου.

### 3.3 Χρονικές μεταβολές της φυτοπλαγκτικής κοινότητας – Διαδοχή

#### 3.3.1 Λίμνη Χειμαδίτιδα

Η φυτοπλαγκτική κοινότητα της λίμνης Χειμαδίτιδας το Φεβρουάριο του 2002 χαρακτηρίστηκε κατά κύριο λόγο (σε ποσοστό 89,9% της συνολικής φυτοπλαγκτικής βιομάζας) από την επικράτηση χλωροφυκών του γένους



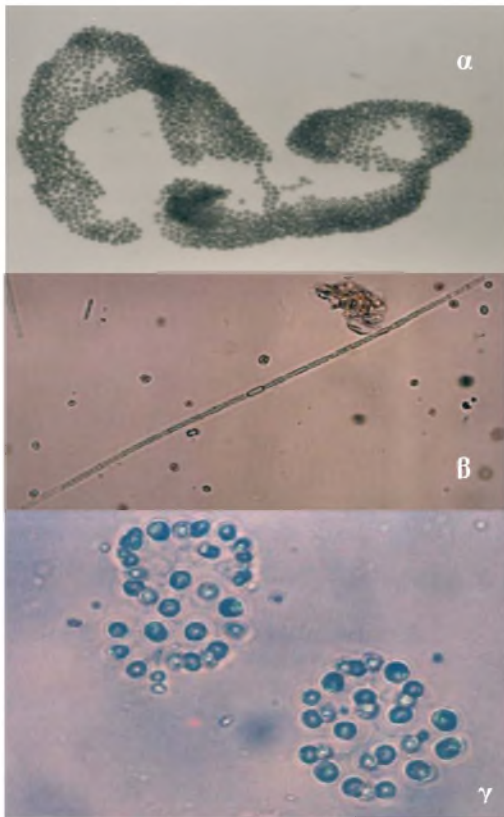
Εικόνα 3.40. Φωτογραφίες σε οπτικό μικροσκόπιο των α) ειδών του γένους *Pediastrum* (το βέλος *P.kawraiskyi*) β) *Pediastrum boryanum* γ) *Pediastrum dublex* δ) *Pediastrum tetras* ε) *Aulacoseira granulata* στ) *Nitzschia amphibia*.

*Pediastrum* (Εικ. 3.40α,β,γ,δ). Συγκεκριμένα, το είδος *Pediastrum boryanum* συνέβαλε σε ποσοστό 83,3% στη συνολική βιομάζα του φυτοπλαγκτού. Επιπλέον, στη φυτοπλαγκτική κοινότητα συμμετείχαν (σε ποσοστό περίπου 4%) διάτομα του γένους *Aulacoseira* (Εικ. 3.40ε). Από τα κυανοφύκη ξεχώρισαν είδη του γένους *Chroococcus*, *Iaaginema* και *Arhanocapsa* (ποσοστό

περίπου 1%).

Το Μάρτιο παρατηρήθηκε αλλαγή στη σύνθεση της φυτοπλαγκτικής κοινότητας με την εμφάνιση περισσότερων κυανοφυκών, όπως είναι είδη των γενών *Anabaenopsis* και *Gomphosphaeria* (Εικ. 3.41γ) σε ποσοστό που έφτασε το 3% της συνολικής βιομάζας, ενώ εξακολούθησαν να επικρατούν τα χλωροφύκη του γένους *Pediastrum* (ποσοστό 68,5%). Το χλωροφύκος *Tetrastrum staurigeniaeforme* συνέβαλε σε ποσοστό 0,4% στη συνολική φυτοπλαγκτική βιομάζα. Από την κλάση των διατόμων σε σχετικά υψηλά επίπεδα βιομάζας εμφανίστηκαν είδη του γένους *Nitzschia* (ποσοστό 7%) (Εικ. 3.40στ), Επιπλέον, στη φυτοπλαγκτική κοινότητα συμμετείχαν και κρυπτοφύκη από τα γένη *Cryptomonas* και *Rhodomonas* (ποσοστό 6%). Τον επόμενο μήνα (Απρίλιο) στη σύνθεση της φυτοπλαγκτικής κοινότητας συνέχισαν να επικρατούν χλωροφύκη από τα γένη *Pediastrum* (σε ποσοστό 42%) και *Staurastrum* (σε ποσοστό 7%), ενώ αυξήθηκε η ποσοστιαία συμμετοχή εκπροσώπων από τις κλάσεις των κυανοφυκών και των διατόμων στη συνολική βιομάζα του φυτοπλαγκτού. Από

τα κυανοφύκη ξεχώρισαν είδη των γενών *Aphanizomenon* (8,7%) (Εικ. 3.41β) και *Microcystis* (2,6%) (Εικ. 3.41α), ενώ από τα διάτομα το είδος *Asterionella formosa* (4,3%) (Εικ. 3.42α, 3.47β) και

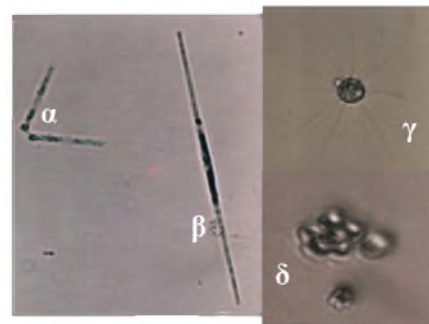


είδη του γένους *Fragilaria* (7,7%) (Εικ. 3.42β).

Το Μάιο στη φυτοπλαγκτική κοινωνία της λίμνης Χειμαδίτιδας συνεχίστηκε η επικράτηση των Χλωροφυκών. Εκτός από τα είδη των γενών *Pediastrum* (52,3%), σε σχετικά υψηλά επίπεδα αφθονίας εμφανίστηκαν είδη των γενών *Scenedesmus* (5,3%), *Monoraphidium* (1,7%) (Εικ. 3.42δ) και *Coelastrum* (1,1%). Επιπλέον, το μήνα αυτό παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της βιομάζας των κρυπτοφυκών που

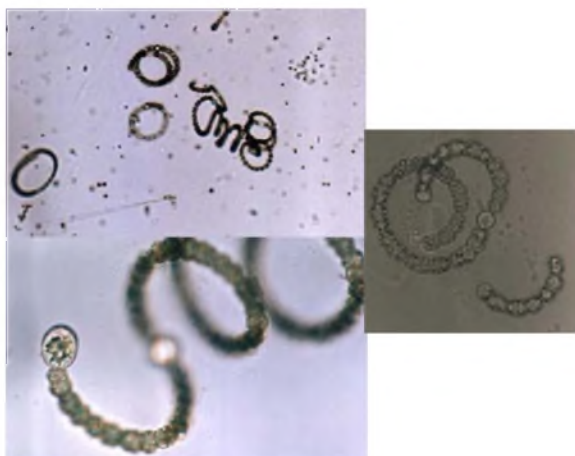
Εικόνα 3.41. Φωτογραφίες σε οπτικό μικροσκόπιο κυανοφυκών των γενών α) *Microcystis* β) *Aphanizomenon* και γ) *Gomphosphaeria*.

εκπροσωπήθηκαν από είδη των γενών *Cryptomonas* και *Rhodomonas* (ποσοστό 13,7% στη συνολική βιομάζα) και των χρυσοφυκών (1,1%), που εκπροσωπήθηκαν από είδη των γενών *Mallomonas* (Εικ. 3.42γ) και *Dinobryon*.



Εικόνα 3.42. Φωτογραφίες σε οπτικό μικροσκόπιο των α) *Asterionella formosa* β) *Fragilaria crotonensis* γ) *Mallomonas* sp. δ) *Coelastrum astroideum*.

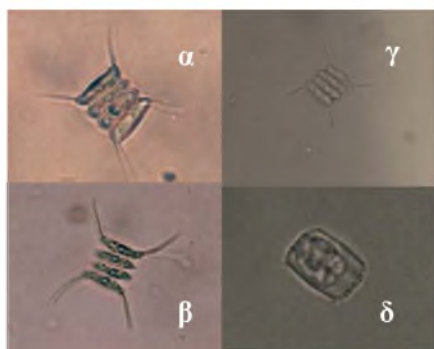
Τον επόμενο μήνα (Ιούνιο) παρατηρήθηκε αύξηση της βιομάζας των κυανοφυκών, κατάσταση η οποία παρατηρήθηκε μέχρι και τα τέλη της φθινοπωρινής περιόδου. Από τα κυανοφύκη, που αποτέλεσαν το



Εικόνα 3.43. Φωτογραφίες σε οπτικό μικροσκόπιο κυανοφυκών του γένους *Anabaena*.



18,4% της συνολικής βιομάζας φυτοπλαγκτού, ξεχώρισαν είδη των γενών *Microcystis* (17,5%) και *Anabaena* (0,3%) (Εικ.3.43). Ωστόσο, επικρατέστερη ταξινομική ομάδα εξακολουθούσαν να είναι τα χλωροφύκη, εκπροσωπούμενα



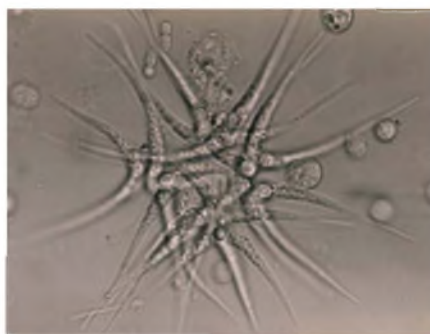
Εικόνα 3.44. Φωτογραφίες σε οπτικό μικροσκόπιο χλωροφυκών του γένους *Scenedesmus* α) *S. armatus* β) *S. quadricauda* γ) *Scenedesmus* sp. και δ) του διατόμου *Cyclotella operculata*

από τα γένη *Pediastrum* (60,5%) και *Scenedesmus* (10,7%) (Εικ. 3.44α,β,γ). Επιπλέον, τον Ιούνιο στη φυτοπλαγκτική κοινωνία της λίμνης σε υψηλά επίπεδα βιομάζας εμφανίστηκε το διάτομο *Aulacoseira granulata* (σε ποσοστό 9,1%).

Το μήνα Ιούλιο από τα κυανοφύκη, η βιομάζα των οποίων αυξήθηκε ακόμη περισσότερο φτάνοντας το 73,7% της συνολικής φυτοπλαγκτικής βιομάζας, ξεχώρισαν είδη των γενών *Anabaena* (56%),

*Aphanizomenon* (7,7%) και *Microcystis* (7,2%). Τον ίδιο μήνα παρατηρήθηκε αισθητή μείωση της βιομάζας των χλωροφυκών σε σχέση με τους προηγούμενους μήνες, καθώς συμμετείχαν στη συνολική βιομάζα σε ποσοστό μόλις 15%. Η συμμετοχή των διατόμων στη φυτοπλαγκτική κοινωνία της λίμνης το μήνα Ιούλιο συνεχίστηκε κυρίως με τα είδη του γένους *Cyclotella* (0,3%) (Εικ. 3.44δ) και *Aulacoseira* (1,8%), η βιομάζα των οποίων μειώθηκε αισθητά σε σχέση με τον προηγούμενο μήνα, ενώ τα κρυπτοφύκη επανεμφανίστηκαν με εκπροσώπηση των γενών *Cryptomonas* και *Rhodomonas* σε ποσοστό που δεν ξεπέρασε το 1,5%.

Τον επόμενο μήνα (Αύγουστο) από την κλάση των χλωροφυκών αυξήθηκε σε σχέση με τον προηγούμενο μήνα η βιομάζα των γενών *Staurastrum* (2,4%) και *Pediastrum* (67%), ενώ σε χαμηλά επίπεδα βιομάζας συγκριτικά με τα υπόλοιπα είδη, εμφανίστηκαν το είδος *Ankistrodesmus spiralis* (ποσοστό 0,1%) (Εικ. 3.45) και είδη του γένους *Tetraedron* (ποσοστό 0,6%). Η βιομάζα των κυανοφυκών μειώθηκε σε σχέση με τον προηγούμενο μήνα, καθώς είδη των γενών *Anabaena* και *Microcystis* συμμετείχαν στη συνολική φυτοπλαγκτική



Εικόνα 3.45. Φωτογραφίες σε οπτικό μικροσκόπιο του χλωροφύκου *Ankistrodesmus spiralis*.

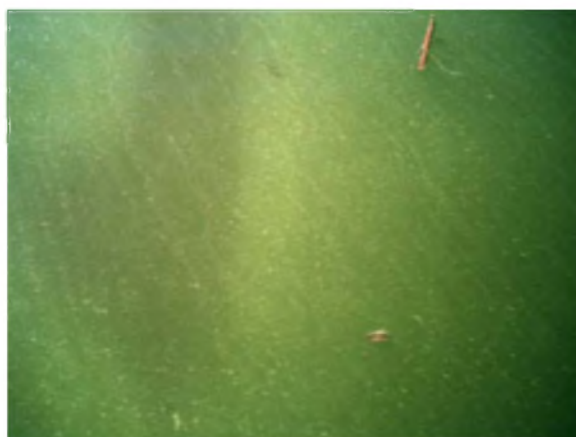
βιομάζα σε ποσοστά 4,2 και 21,4% αντίστοιχα. Από την κλάση των διατόμων σε χαμηλότερα επίπεδα βιομάζας συγκριτικά με τον προηγούμενο μήνα συμμετείχαν είδη του γένους *Aulacoseira* (1,1%), ενώ δεν εντοπίστηκαν σε μετρήσιμα επίπεδα αφθονίας είδη του γένους *Cyclotella*.

Επιπλέον, τον Αύγουστο για πρώτη φορά συμμετείχαν στη φυτοπλαγκτική κοινωνία δινοφύκη με εκπροσώπους από τα γένη *Peridiniopsis* και *Peridinium* σε επίπεδα βιομάζας που φτάνει το 0,4% της συνολικής.

Το μήνα Σεπτέμβριο στη φυτοπλαγκτική κοινωνία της λίμνης παρατηρήθηκε μείωση της συμμετοχής των διατόμων στη συνολική βιομάζα (έως 0,4%), ενώ η συμμετοχή των χλωροφυκών παρέμεινε στα ίδια περίπου επίπεδα βιομάζας, με τα είδη του γένους *Pediastrum* να συμμετέχουν σε ποσοστό 57,6% στη συνολική βιομάζα του φυτοπλαγκτού. Το μήνα αυτό συμμετείχαν σε αξιοσημείωτα ποσοστά χρυσοφύκη που εκπροσωπήθηκαν από είδη του γένους *Mallomonas* (11,6%) και ευγληνοφύκη από το γένος *Euglena* (1,2%). Επιπλέον, η βιομάζα των κυανοφυκών των γενών *Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Anabaena* και *Merismopedia* κυμάνθηκε σε υψηλά επίπεδα (ποσοστό 44% της συνολικής βιομάζας), ενώ συνεχίστηκε η παρουσία των δινοφυκών που εντοπίστηκαν τον προηγούμενο μήνα.

Ο μήνας Οκτώβριος θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως περίοδος άνθισης των κυανοφυκών (Εικ.3.46) στη λίμνη Χειμαδίτιδα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η βιομάζα ειδών του γένους *Microcystis* αποτελούσε το 86,3% της συνολικής βιομάζας του φυτοπλαγκτού. Επιπρόσθετα, η συμμετοχή των χλωροφυκών στη συνολική βιομάζα το μήνα αυτό ήταν από τις μικρότερες (7%) που καταγράφηκαν στη διάρκεια ολόκληρου του ετήσιου κύκλου.

Το Νοέμβριο παρατηρήθηκε απότομη μείωση της αφθονίας των κυανοφυκών και ειδικότερα ειδών του γένους *Microcystis* (4,3%), ενώ αυξήθηκε η αφθονία ειδών του γένους *Aphanizomenon* (9,2%) και *Oscillatoria* (17,1%). Αντίθετα, τα



Εικόνα 3.46. Εικόνα της επιφάνειας της λίμνης Χειμαδίτιδας το μήνα Οκτώβριο εξαιτίας της υπέρμετρης αύξησης των κυανοφυκών («άνθιση νερού»).

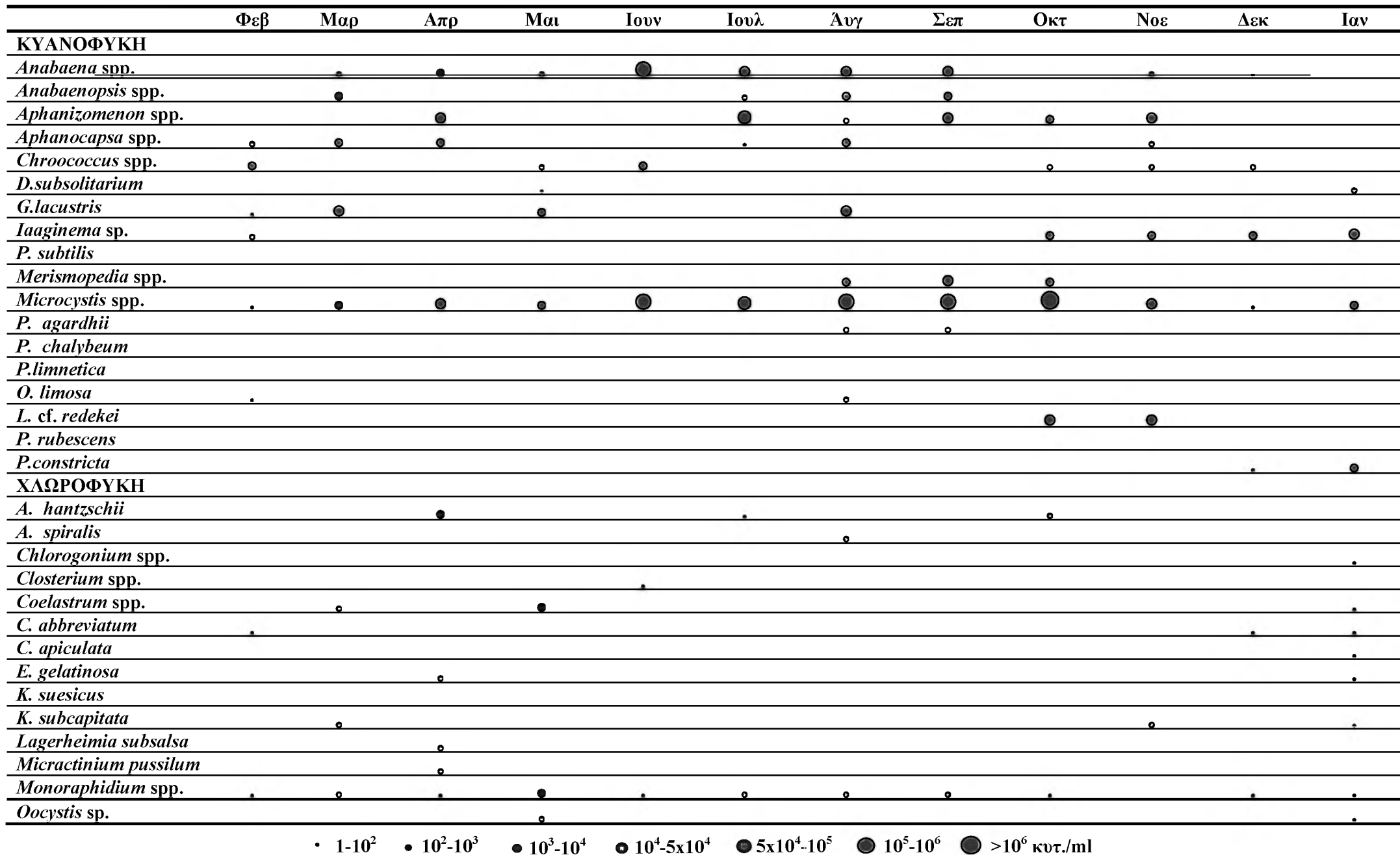
χλωροφύκη των γενών *Pediastrum*, *Staurastrum* και *Scenedesmus* επικρατούσαν και πάλι συμμετέχοντας στη συνολική βιομάζα του φυτοπλαγκτού με ποσοστά 35,2, 12,44 και 2,3%, αντίστοιχα.

Το μήνα Δεκέμβριο, όταν η λίμνη ήταν παγωμένη και το δείγμα νερού που εξετάστηκε λήφθηκε κάτω από το στρώμα πάγου, επικρατούντες οργανισμοί ήταν κρυπτοφύκη, που εκπροσωπήθηκαν από είδη των γενών *Chroomonas*, *Cryptomonas* και *Rhodomonas* και συμμετείχαν σε ποσοστό έως και 59% στη συνολική βιομάζα του φυτοπλαγκτού. Επιπλέον, στη φυτοπλαγκτική βιομάζα συμμετείχε σε αξιοσημείωτα επίπεδα (22%) το κυανοφύκος *Iaaginema* sp., ενώ τα χλωροφύκη αποτελούσαν μόλις το 1,6% της συνολικής βιομάζας.

Τον επόμενο μήνα, Ιανουάριο, αυξήθηκε η βιομάζα των διατόμων, που εκπροσωπήθηκαν από είδη των γενών *Asterionella* (3,3%) (Εικ. 3.42α και 3.47β) και *Cyclotella* (64,2%). Από τις υπόλοιπες κλάσεις, μειώθηκε αισθητά η συμμετοχή των κυανοφυκών, τόσο σε επίπεδο αριθμού ειδών, όσο και σε επίπεδο βιομάζας (12,9%) και των κρυπτοφυκών (11,6%), ενώ αυξήθηκε η συμμετοχή των χλωροφυκών στη συνολική φυτοπλαγκτική βιομάζα (6,1%).

Στον πίνακα X παρουσιάζεται σε κλίμακα αφθονίας το σύνολο των φυτοπλαγκτικών οργανισμών που αναγνωρίστηκαν στη λίμνη Χειμαδίτιδα στη διάρκεια του ετήσιου κύκλου μετρήσεων.

Πίνακας X. Εμφάνιση σε επίπεδο αφθονίας των φυτοπλαγκτικών οργανισμών στη λίμνη Χειμαδίτιδα κατά το χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος



• 1-10<sup>2</sup>   • 10<sup>2</sup>-10<sup>3</sup>   • 10<sup>3</sup>-10<sup>4</sup>   • 10<sup>4</sup>-5x10<sup>4</sup>   • 5x10<sup>4</sup>-10<sup>5</sup>   • 10<sup>5</sup>-10<sup>6</sup>   • >10<sup>6</sup> κντ./ml

Πίνακας Χ. Εμφάνιση σε επίπεδο αφθονίας των φυτοπλαγκτικών οργανισμών στη λίμνη Χειμαδίτιδα κατά το χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003

	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Ιαν
<i>Pediastrum</i> spp.	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	.	.
<i>Scenedesmus</i> spp.	.	.	.	●	●	.	●	.	.	●	.	.
<i>S. robusta</i>		.										
<i>Staurastrum</i> spp.			.	●			.		.	.		.
<i>S. dejectus</i>						.						
<i>T. wiscosinensis</i>												
<i>Tetraedron</i> spp.	.	.	.	.	●	.	●	●	.	.		
<i>T. staurogeniaeforme</i>		●	.	●	.	●		●				.
<b>ΕΥΓΛΗΝΟΦΥΚΗ</b>												
<i>Euglena</i> spp.			.	.	.	.	.	●				
<i>Phacus</i> spp.	.	.		.								.
<b>ΧΡΥΣΟΦΥΚΗ</b>												
<i>C. planctonica</i>											.	
<i>Dinobryon</i> spp.				.								.
<i>Mallomonas</i> spp.		.	●	.				●	.	●		
<b>ΑΠΤΟΦΥΚΗ</b>												
<i>Chrysochromulina</i> spp.		.	●									
<b>ΔΙΑΤΟΜΑ</b>												
<i>A. formosa</i>			●	●							.	●
<i>Aulacoseiras</i> spp.	●	.	.	●	●	●	●	●	.	●		.
<i>Cyclotella</i> spp.			●	●	.	●				.	.	●
<i>C. solea</i>	.											.
<i>Fragilaria</i> spp.		.	●	.							.	.
<i>Nitzschia</i> spp.	.	●	.		●	●	●	●	.	.	.	.
<i>Surirella</i> spp.	.	.		.								.
<i>Synedra ulna</i>		.										
<b>ΔΙΝΟΦΥΚΗ</b>												
<i>Peridiniopsis</i> spp.												
<i>Peridinium</i> spp.							●					
<b>ΚΡΥΠΤΟΦΥΚΗ</b>												
<i>Chroomonas</i> sp.			●								●	●
<i>Cryptomonas</i> spp.		.	.	●	.	.	.	●	.	.	.	.
<i>Rhodomonas</i> spp.	.	.	.	.		.	.			●	●	●

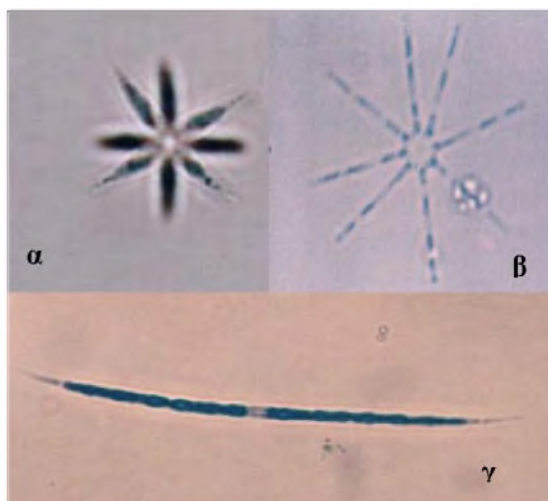
· 1-10<sup>2</sup>   ● 10<sup>2</sup>-10<sup>3</sup>   ● 10<sup>3</sup>-10<sup>4</sup>   ● 10<sup>4</sup>-5x10<sup>4</sup>   ● 5x10<sup>4</sup>-10<sup>5</sup>   ● 10<sup>5</sup>-10<sup>6</sup>   ● >10<sup>6</sup> κστ./ml

### 3.3.2 Λίμνη Ζάζαρη

Στη λίμνη Ζάζαρη δεν παρατηρήθηκαν αξιοσημείωτες διαφορές μεταξύ των σταθμών αναφορικά της συμμετοχής εκπροσώπων των επιμέρους κλάσεων φυκών στη σύνθεση της φυτοπλαγκτικής κοινότητας (Πιν. XI). Διαφορές εντοπίστηκαν στο χρόνο εμφάνισης των μεγίστων ανάπτυξης των κρυπτοφυκών και δινοφυκών. Ενώ στο σταθμό Z1 το μέγιστο ανάπτυξης των κρυπτοφυκών εμφανίστηκε το μήνα Απρίλιο, στο σταθμό Z2 το μέγιστο της ανάπτυξης παρατηρήθηκε τον επόμενο μήνα (Μάιο). Επίσης, το μέγιστο της ανάπτυξης των δινοφυκών στο σταθμό Z1 εντοπίστηκε τους μήνες Αύγουστο και Οκτώβριο, ενώ στο σταθμό Z2 αντίστοιχα ένα μήνα πριν (Ιούλιο και Σεπτέμβριο).

Τους χειμερινούς μήνες Φεβρουάριο και Δεκέμβριο επικρατέστερη ομάδα φυκών βάσει της βιομάζας ήταν τα κρυπτοφύκη των γενών *Chroomonas* (ποσοστό έως και 16,3%) και *Rhodomonas* (έως και 61,5%). Το Δεκέμβριο σημαντική ήταν η παρουσία του κυανοφύκου *Laaginema* sp. (21,8%) και του διατόμου *Cyclotella operculata* (14,6%). Τον επόμενο μήνα

(Ιανουάριο), επικρατέστερη ομάδα ήταν τα διάτομα, που εκπροσωπούσαν κυρίως από τα είδη *Cyclotella operculata* (73,1%) και *Asterionella formosa* (3,6%). Κατά τη χειμερινή περίοδο τα χλωροφύκη, που αντιπροσωπεύονταν από τα είδη *Actinastrum hantzchii* (Εικ. 3.47α), *Keratococcus suecicus*, *Pediastrum* spp., *Scenedesmus* spp. και *Monoraphidium griffithii* (Εικ. 3.47γ), συμμετείχαν σε μικρό ποσοστό (<9,5%) στη συνολική φυτοπλαγκτική βιομάζα.



Εικόνα 3.47. Φωτογραφία σε οπτικό μικροσκόπιο των α) *Actinastrum hantzchii* β) *Asterionella formosa* και γ) *Monoraphidium griffithii*.

Επικρατέστερη ομάδα φυκών το μήνα Μάρτιο στη λίμνη Ζάζαρη ήταν τα χλωροφύκη που εκπροσωπούσαν από τα είδη *Pediastrum boryanum* (18%), *Staurastum chaetoceras* (18%) (Εικ. 3.48α,β), *Lagerheimia subsalsa* (5%) (Εικ.3.48δ) και *Micractinium pussillum* (1,2%) (Εικ. 3.48γ). Τον ίδιο μήνα τα διάτομα *Fragilaria crotonensis*, *Asterionella formosa* και *Cyclotella operculata* αποτελούσαν το 4,4, 8,7 και 21,62% αντίστοιχα της συνολικής βιομάζας του φυτοπλαγκτού. Τον επόμενο

μήνα (Απρίλιο) διατηρήθηκε η ίδια περίπου εικόνα, με μικρότερα ωστόσο τα ποσοστά συμμετοχής των διατόμων και των χλωροφυκών και αυξήθηκε η βιομάζα των χρυσοφυκών από τα γένη *Dinobryon* (0,6%) και *Mallomonas* (2%), ενώ τα κυανοφύκη παρουσίασαν το πρώτο μέγιστο ανάπτυξης και στους δύο σταθμούς το μήνα αυτό εκπροσωπούμενα από είδη των γενών *Aphanizomenon* και *Anabaena*, αποτελώντας το 15,33 και 3,74% της συνολικής φυτοπλαγκτικής βιομάζας αντίστοιχα. Τον προηγούμενο μήνα (Μάρτιο) από τα κυανοφύκη συμμετείχε σε σχετικά υψηλό ποσοστό το είδος *Pseudoanabaena constricta* (3,2%), ενώ το μήνα Μάιο το είδος *Pseudoanabaena limnetica* (19,2%). Ταυτόχρονα, το Μάιο αξιόλογο ποσοστό της φυτοπλαγκτικής βιομάζας αποτελούσαν τα αλγοφύκη που εκπροσωπήθηκαν από το μοναδικό γένος *Chrysochromulina* (27,6%) και τα κρυπτοφύκη των γενών *Cryptomonas* (4,5%) και *Rhodomonas* (12,4%).

Κατά τη διάρκεια της θερινής και φθινοπωρινής περιόδου στη φυτοπλαγκτική κοινότητα της λίμνης Ζάζαρης επικρατούσαν είδη του γένους *Microcystis* (σε ποσοστό 54% τον Ιούνιο και 75,4% τον Οκτώβριο) και είδη των γενών *Anabaena* (79% τον Ιούλιο και 30% τον Αύγουστο), *Iaaginema* (49,4% τον Ιούλιο και 15,5% τον Αύγουστο) και *Aphanocapsa* (67% το Σεπτέμβριο). Επιπλέον, κατά την περίοδο αυτή εμφανίστηκαν σε μετρήσιμα μεγέθη (έως και 5,2% της συνολικής φυτοπλαγκτικής βιομάζας) οργανισμοί από την ομάδα των δινοφυκών (από τα γένη *Peridiniopsis* και *Peridinium*).

Πίνακας XI. Εμφάνιση σε επίπεδο αφθονίας των φυτοπλαγκτικών οργανισμών στη λίμνη Ζάζαρη κατά το χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003

	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Ιαν
<b>ΚΥΑΝΟΦΥΚΗ</b>												
<i>Anabaena</i> spp.			●	●		●	●		●	●	●	
<i>Anabaenopsis</i> spp.										●		
<i>Aphanizomenon</i> spp.	●	●	●	●	●	●		●				
<i>Aphanocapsa</i> spp.		●	●	●	●			●	●		●	●
<i>Chroococcus</i> spp.	●	●			●				●	●	●	●
<i>D.subsolitarium</i>				●							●	●
<i>Iaaginema</i> sp.			●				●	●		●	●	●
<i>P. subtilis</i>				●		●						
<i>Merismopedia</i> spp.							●					
<i>Microcystis</i> spp.	●		●	●	●	●	●		●	●	●	●
<i>P. agardhii</i>					●	●	●		●	●		●
<i>P. limnetica</i>				●								
<i>L. cf. redekei</i>	●								●	●		
<i>P. rubescens</i>												
<i>P.constricta</i>	●	●										●
<b>ΧΛΩΡΟΦΥΚΗ</b>												
<i>A. hantzschii</i>		●	●									
<i>Coelastrum</i> spp.	●	●	●	●	●		●	●		●	●	●
<i>C. abbreviatum</i>				●								
<i>C. apiculata</i>												●
<i>E. gelatinosa</i>				●								●
<i>K. suesicus</i>	●											
<i>K. subcapitata</i>		●	●	●					●			●
<i>L. subsalsa</i>		●	●									
<i>M. pussilum</i>		●	●									
<i>Monoraphidium</i> spp.	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Oocystis</i> sp.		●				●						●
<i>Pediastrum</i> spp.		●	●	●	●	●		●	●	●	●	●
<i>Scenedesmus</i> spp.	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>S. robusta</i>	●											
<i>Staurastrum</i> spp.	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

● 1-10<sup>2</sup> ● 10<sup>2</sup>-10<sup>3</sup> ● 10<sup>3</sup>-10<sup>4</sup> ● 10<sup>4</sup>-5x10<sup>4</sup> ● 5x10<sup>4</sup>-10<sup>5</sup> ● 10<sup>5</sup>-10<sup>6</sup> κστ./ml



Πίνακας XI. Εμφάνιση σε επίπεδο αφθονίας των φυτοπλαγκτικών οργανισμών στη λίμνη Ζάζαρη κατά το χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003

	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Ιαν
<i>S. dejectus</i>				.	.							
<i>T.wiscosinensis</i>												
<i>Tetraedron spp.</i>	.	.	.	.	.		.	.	.	.		
<i>T.staurogeniaeforme</i>	.	o	o	.	.					.		.
<b>ΕΥΓΛΗΝΟΦΥΚΗ</b>												
<i>Euglena sp.</i>	.					.						.
<i>Phacus sp.</i>						.						.
<b>ΧΡΥΣΟΦΥΚΗ</b>												
<i>Dinobryon spp.</i>		.										
<i>Mallomonas spp.</i>			o									
<b>ΑΠΤΟΦΥΚΗ</b>												
<i>Chrysochromulina spp.</i>			.	.	.					.		.
<b>ΔΙΑΤΟΜΑ</b>												
<i>A. formosa</i>		●	●								.	●
<i>Aulacoseira spp.</i>	.	o	o	.	.	.	.	.	o	o	.	.
<i>Cyclotella spp.</i>		o	o	.	.	.		.		.	o	●
<i>Fragilaria spp.</i>	.	o	o	.	.	.		.		.	.	o
<i>Nitzschia spp.</i>	.	o	o	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Surirella spp.</i>	.	o			.	.		.	.	.		.
<i>S. ulna</i>		.	o								.	.
<b>ΔΙΝΟΦΥΚΗ</b>												
<i>Peridiniopsis spp.</i>							.					
<i>Peridinium spp.</i>								.	.			
<b>ΚΡΥΠΤΟΦΥΚΗ</b>												
<i>Chroomonas sp.</i>	o	o	o	o							o	o
<i>Cryptomonas spp.</i>		o	●	o	o	o		.	o	.	.	o
<i>Rhodomonas spp.</i>	o	o	●	●			o	o	o	o	o	o

• 1-10<sup>2</sup>   ● 10<sup>2</sup>-10<sup>3</sup>   ● 10<sup>3</sup>-10<sup>4</sup>   ● 10<sup>4</sup>-5x10<sup>4</sup>   ● 5x10<sup>4</sup>-10<sup>5</sup>   ● 10<sup>5</sup>-10<sup>6</sup>   κυτ./ml

### 3.3.3 Χειμάρρος Σκλήθρου

Στη μικροφυτική κοινότητα του χειμάρρου Σκλήθρου επικρατούσαν τα διάτομα, καθώς αποτέλεσαν τη σημαντικότερη από άποψη βιομάζας και αριθμού ειδών κλάση φυκών και η παρουσία τους ήταν συνεχής σε όλη τη διάρκεια του ετήσιου κύκλου. Το μέγιστο ανάπτυξης των διατόμων ήταν το μήνα Μάρτιο (πιν. XII), όποτε και αποτελούσαν το 100% της φυτοπλαγκτικής βιομάζας στο χειμάρρο. Απόλυτη επικράτηση των διατόμων καταγράφηκε επίσης το μήνα Νοέμβριο, ενώ το μικρότερο ποσοστό συμμετοχής των διατόμων στη συνολική βιομάζα (8,5%) μετρήθηκε τον Ιούνιο.

Η ομάδα των χλωροφυκών ακολούθησε τα διάτομα όσον αφορά στη χρονική διάρκεια ανίχνευσης των αντιπροσώπων της στο χειμάρρο Σκλήθρου. Το ποσοστό συμμετοχής των χλωροφυκών στη συνολική βιομάζα κυμάνθηκε από 0% (Μάρτιο και Νοέμβριο) ως 62% (Ιανουάριο).

Τα κυανοφύκη, που εκπροσωπήθηκαν από είδη των γενών *Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Pseudoanabaena* και *Gomphospaeria* και αποτέλεσαν τη σημαντικότερη ομάδα φυκών με βάση την αφθονία, ανιχνεύθηκαν στα νερά του χειμάρρου τους μήνες Απρίλιο, Μάιο και Ιούνιο, και εκδήλωσαν μέγιστο ανάπτυξης τον Ιούνιο, συμμετέχοντας σε ποσοστό 5,7% στη συνολική βιομάζα. Τους μήνες Μάιο και Ιούνιο επικρατέστερες ομάδες ήταν απτοφύκη και τα κρυπτοφύκη, συμβάλλοντας σε ποσοστό 68,1 και 66,4% στη συνολική φυτοπλαγκτική βιομάζα. Τα ευγληνοφύκη συμμετείχαν στη φυτοπλαγκτική κοινότητα τους μήνες αυτό σε ποσοστό που δεν ξεπέρασε το 0,8% της συνολικής βιομάζας.

Πίνακας XII. Εμφάνιση σε επίπεδο αφθονίας των φυτοπλαγκτικών οργανισμών στο χείμαρρο Σκλήθρου κατά το χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003.

	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Ιαν
<b>ΔΙΑΤΟΜΑ</b>												
<i>A. formosa</i>												.
<i>Aulacoseira</i> sp.			.					.	.			
<i>A. granulata</i>	.			.								
<i>C. operculata</i>			.		.			.		.		.
<i>Fragilaria</i> spp.	.	.	.					.		.		.
<i>Navicula</i> sp.								.	.			
<i>Nitzschia</i> spp.	.	●	.	.	.			.	.	.		.
<i>Surirella</i> spp.			.	.	.			.	.	.		.
<i>S. ulna</i>	.	.	.	.				.		.		.
<b>ΧΛΩΡΟΦΥΚΗ</b>												
<i>K. subcapitata</i>						.						.
<i>Closterium</i> spp.	.					.		.				
<i>Monoraphidium</i> spp.	.		.	.	.			.	.			
<i>S. robusta</i>	.											
<i>K. sueticus</i>						.						
<i>P. tetras</i>					.							
<del>Πίνακας XIII. Εμφάνιση σε επίπεδο αφθονίας των φυτοπλαγκτικών οργανισμών στο χείμαρρο Σκλήθρου κατά το χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003 (συνέχεια).</del>												
<i>T. minimum</i>					.							
<i>C. astroides</i>												
<b>ΚΥΑΝΟΦΥΤΗ</b>												
<i>Microcystis</i> spp.						●						
<i>Lyngbya</i> sp.					.	.						
<i>C. lacustris</i>				.	.	.						
<i>Phaeocystis</i> sp.				.	.	.						
<b>ΔΙΤΟΦΥΚΗ</b>												
<i>P. constricta</i>				.	.	.						
<i>Chrysochromulina</i> sp.			.	.	.	.						
<i>Chlorella</i> spp.						●						
<b>ΚΡΥΠΤΟΦΥΚΗ</b>												
<i>Rhodomonas</i> spp.												
<i>Cryptomonas</i> spp.		•	•	•	•	•	•					

• 1-10<sup>2</sup> • 10<sup>2</sup>-5x10<sup>2</sup> ● 5x10<sup>2</sup>-10<sup>3</sup> ● 10<sup>3</sup>-5x10<sup>3</sup> κυτ./ml



### 3.4. Δείκτες ποικιλότητας

Οι τιμές των δεικτών ποικιλότητας υπολογίστηκαν σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας για τις λίμνες Χειμαδίτιδα και Ζάζαρη. Ωστόσο, για πρακτικούς λόγους στους πίνακες XIII και XIV παρουσιάζονται οι μέσες (από όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας) μηνιαίες τιμές των δεικτών για κάθε λίμνη.

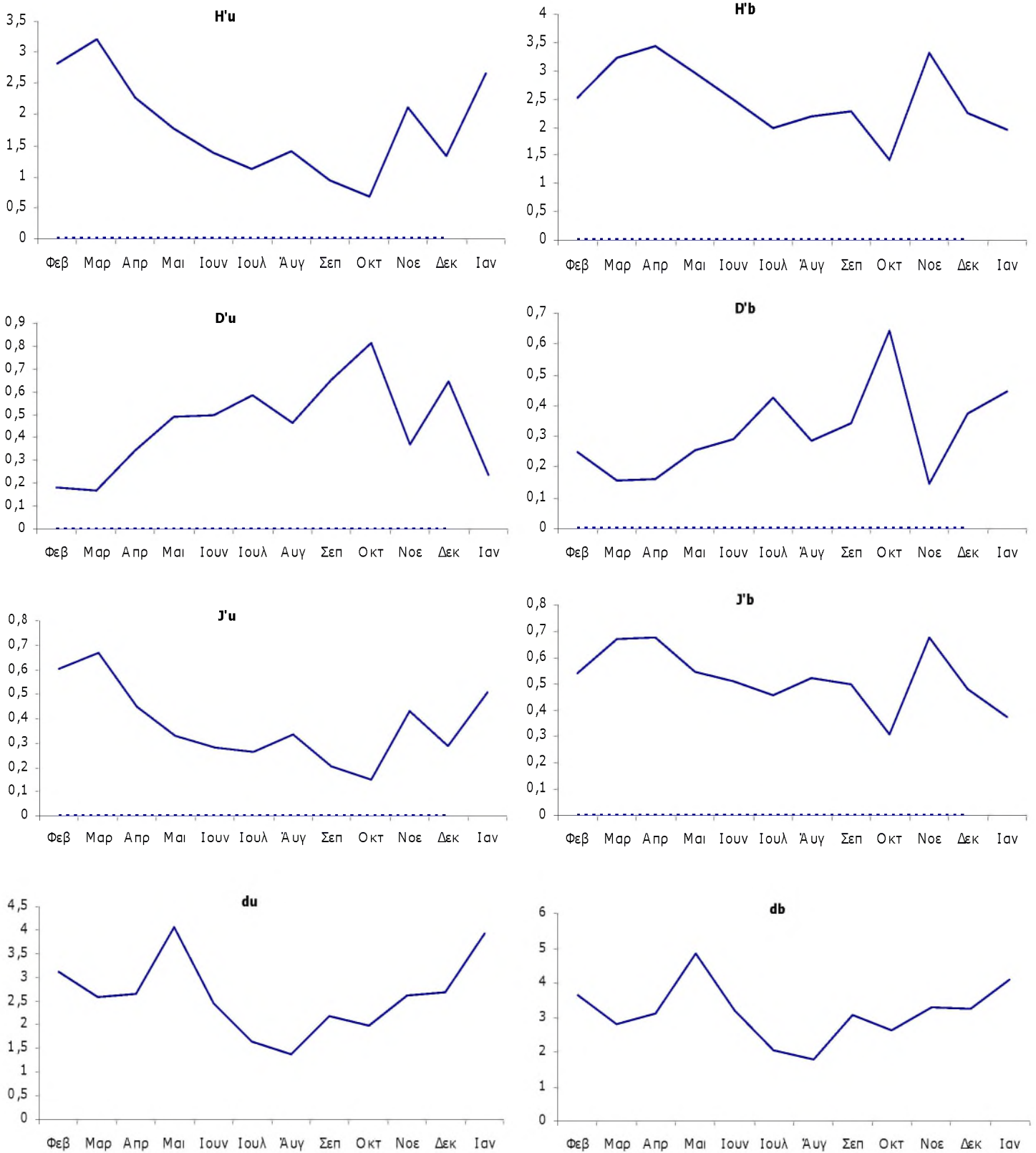
Πίνακας XIII. Τιμές των δεικτών ποικιλότητας στη λίμνη Ζάζαρη (Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003)

	Λίμνη Ζάζαρη								
	H'u	H'b	J'u	J'b	du	db	Du	Db	S
Φεβρουάριος	2,83	2,52	0,60	0,54	3,11	3,65	0,18	0,25	26
Μάρτιος	3,21	3,24	0,67	0,67	2,60	2,81	0,17	0,15	29
Απρίλιος	2,28	3,43	0,45	0,68	2,65	3,10	0,35	0,16	34
Μάιος	1,77	2,97	0,33	0,55	4,06	4,84	0,49	0,26	43
Ιούνιος	1,38	2,49	0,28	0,51	2,45	3,19	0,50	0,29	30
Ιούλιος	1,13	1,98	0,26	0,46	1,64	2,04	0,58	0,42	20
Αύγουστος	1,40	2,18	0,34	0,52	1,38	1,78	0,46	0,28	18
Σεπτέμβριος	0,94	2,29	0,21	0,50	2,17	3,06	0,65	0,34	25
Οκτώβριος	0,69	1,41	0,15	0,31	1,99	2,62	0,81	0,64	26
Νοέμβριος	2,11	3,32	0,43	0,68	2,63	3,30	0,37	0,14	30
Δεκέμβριος	1,33	2,25	0,29	0,48	2,67	3,25	0,64	0,37	25
Ιανουάριος	2,67	1,95	0,51	0,37	3,95	4,09	0,24	0,45	39
Ελάχιστη τιμή	0,69	1,41	0,15	0,31	1,38	1,78	0,17	0,14	18
Μέγιστη τιμή	3,21	3,43	0,67	0,68	4,06	4,84	0,81	0,64	43
Μέση τιμή	1,81	2,50	0,38	0,52	2,61	3,14	0,45	0,31	29
Τυπική απόκλιση	0,81	0,62	0,16	0,11	0,81	0,83	0,20	0,14	7

Στη λίμνη Ζάζαρη (Εικ. 3.48) ο δείκτης ποικιλότητας Shannon και η ομοιογένεια της κατανομής των ειδών (Evenness) παρουσίασαν μέγιστες τιμές το μήνα Μάρτιο, όταν υπολογίστηκαν με βάση την αφθονία, και το μήνα Απρίλιο, όταν υπολογίστηκαν με βάση τη βιομάζα. Ελάχιστες ήταν οι τιμές των παραπάνω δεικτών το μήνα Οκτώβριο. Αντίθετα, οι υψηλότερες τιμές του δείκτη Gleason καταγράφηκαν το μήνα Μάιο και οι χαμηλότερες το μήνα Αύγουστο.

Η διαφοροποίηση αναφορικά της περιόδου στην οποία προκύπτουν οι υψηλότερες τιμές των δεικτών ποικιλότητας οφείλεται στη φύση του κάθε δείκτη ποικιλότητας. Ο δείκτης Gleason, με βάση την εξίσωση από την οποία

υπολογίζεται, λαμβάνει υπόψη ως επί το πλείστον τον αριθμό των ειδών που ανιχνεύονται στη λίμνη (ή γενικά σε



Εικόνα 3.48. Χρονικές μεταβολές των δεικτών ποικιλότητας στη λίμνη Ζάζαρη (μέσες τιμές των σταθμών) (Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003)

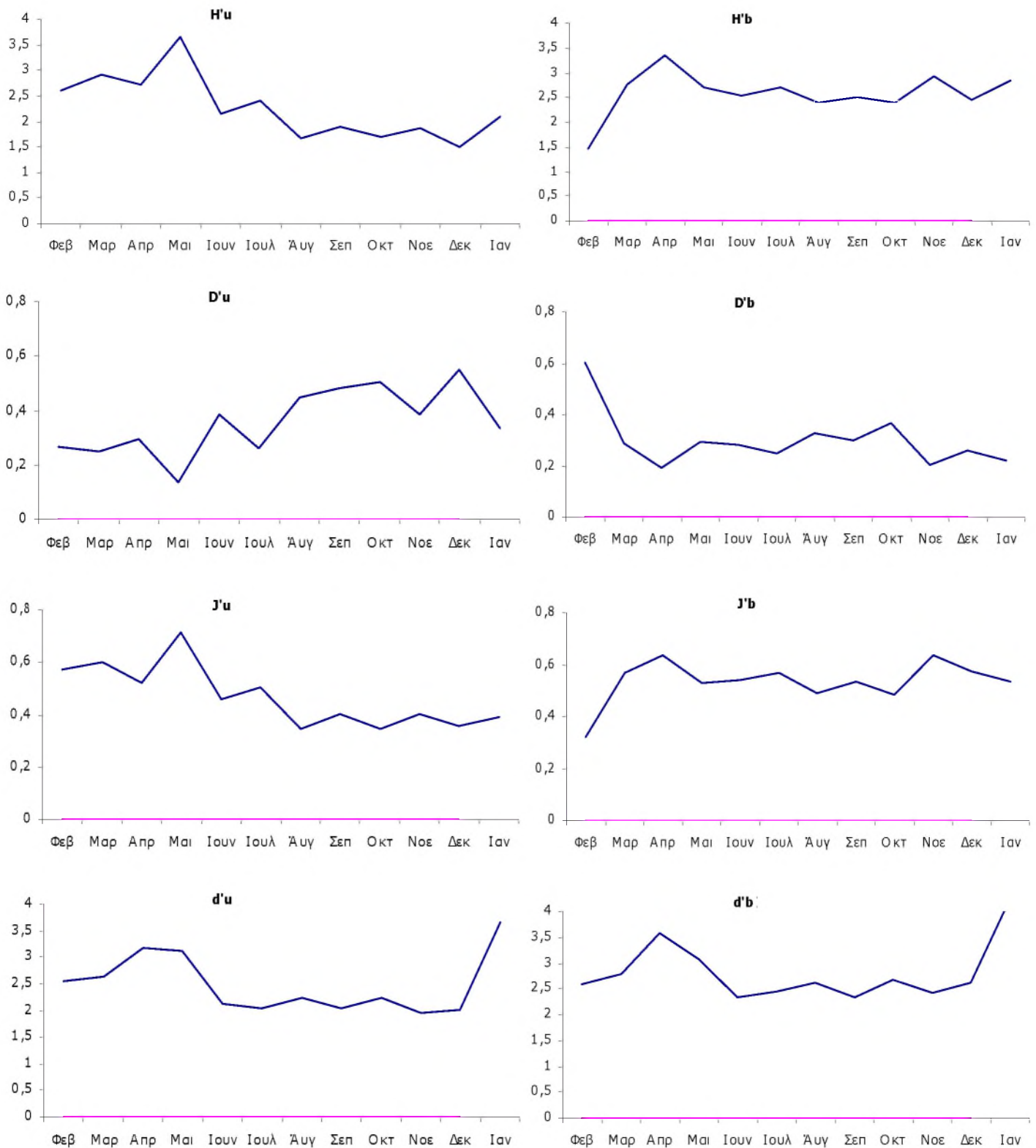
ένα σύστημα) κάθε φορά, ενώ ο δείκτης ποικιλότητας Shannon και η ομοιογένεια της κατανομής των ειδών (Evenness) λαμβάνουν υπόψη τόσο τον αριθμό των ειδών αλλά και τη συνεισφορά του κάθε είδους στο σύνολο. Για το λόγο αυτό οι υψηλότερες τιμές του δείκτη Gleason υπολογίστηκαν όταν ο αριθμός ειδών που καταμετρήθηκε στη λίμνη ήταν μέγιστος, ενώ ο δείκτης ποικιλότητας Shannon και η ομοιογένεια της κατανομής των ειδών (Evenness) είχαν μέγιστες τιμές όταν αφενός ο αριθμός των ειδών ήταν σχετικά μεγάλος και αφετέρου σχετικά πολλά είδη συμμετείχαν στη συνολική αφθονία και βιομάζα. Ο δείκτης επικράτησης Simpson, επειδή εκφράζει την επικράτηση μικρού αριθμού ειδών, εμφανίστηκε σε υψηλές τιμές όταν ο δείκτης ποικιλότητας Shannon και η ομοιογένεια της κατανομής των ειδών είχαν ελάχιστες τιμές και το αντίστροφο.

Πίνακας XIV. Τιμές των δεικτών ποικιλότητας στη λίμνη Χειμαδίτιδα (Φεβρουάριος)

	Λίμνη Χειμαδίτιδα								
	H'u	H'b	J'u	J'b	du	db	Du	Db	S
Φεβρουάριος	2,60	1,45	0,57	0,32	2,55	2,60	0,27	0,60	24
Μάρτιος	2,93	2,77	0,60	0,57	2,63	2,79	0,25	0,29	29
Απρίλιος	2,73	3,34	0,52	0,64	3,18	3,58	0,29	0,19	38
Μάιος	3,65	2,70	0,71	0,53	3,12	3,08	0,14	0,30	35
Ιούνιος	2,15	2,52	0,46	0,54	2,14	2,33	0,38	0,28	25
Ιούλιος	2,41	2,71	0,51	0,57	2,06	2,45	0,26	0,25	27
Αύγουστος	1,68	2,39	0,34	0,49	2,23	2,63	0,45	0,33	29
Σεπτέμβριος	1,89	2,51	0,40	0,54	2,04	2,34	0,48	0,30	26
Οκτώβριος	1,69	2,39	0,34	0,49	2,26	2,69	0,50	0,36	30
Νοέμβριος	1,87	2,92	0,41	0,64	1,95	2,41	0,39	0,20	24
Δεκέμβριος	1,51	2,45	0,35	0,58	2,02	2,62	0,55	0,26	19
Ιανουάριος	2,09	2,85	0,39	0,53	3,65	4,26	0,34	0,22	41
Ελάχιστη τιμή	1,51	1,45	0,34	0,32	1,95	2,33	0,14	0,19	19
Μέγιστη τιμή	3,65	3,34	0,71	0,64	3,65	4,26	0,55	0,60	41
Μέση τιμή	2,27	2,58	0,47	0,54	2,48	2,81	0,36	0,30	29
Τυπική απόκλιση	0,62	0,45	0,12	0,08	0,56	0,58	0,12	0,11	6

Στη λίμνη Χειμαδίτιδα (Εικ. 3.49) ο δείκτης ποικιλότητας Shannon και η ομοιογένεια της κατανομής των ειδών (Evenness) παρουσίασαν μέγιστες τιμές το μήνα Μάιο όταν υπολογίστηκαν με βάση την αφθονία, και το μήνα Απρίλιο όταν

υπολογίστηκαν με βάση τη βιομάζα. Χαμηλές ήταν οι τιμές των παραπάνω δεικτών υπολογισμένων



Εικόνα 3.49. Χρονικές μεταβολές των δεικτών ποικιλότητας στη λίμνη Χειμαδίτιδα (μέσες τιμές των σταθμών) (Φεβρουάριος 2002 – Ιανουάριος 2003)



βάσει της αφθονίας τους μήνες Οκτώβριο, Νοέμβριο και Δεκέμβριο, και το μήνα Φεβρουάριο όταν οι δείκτες ήταν υπολογισμένοι βάσει της βιομάζας. Παρατηρείται ότι οι τιμές των παραπάνω δεικτών επηρεάζονται τόσο από τον αριθμό των ειδών (π.χ. H'u, Δεκέμβριος) όσο και από τη επικράτηση λίγων μόνο ειδών στη φυτοπλαγκτική κοινωνία, όπως για παράδειγμα συνέβη με κάποια είδη κυανοβακτηρίων το μήνα Οκτώβριο, όταν παράλληλα οι τιμές του δείκτη επικράτησης Simpson, υπολογισμένου βάσει της αφθονίας, ήταν υψηλές. Ο δείκτης ποικιλότητας Gleason ακολούθησε τις μεταβολές του αριθμού των ειδών και έτσι υψηλές τιμές παρουσίασε το μήνα Ιανουάριο όταν ήταν μέγιστος ο αριθμός των ειδών που αναγνωρίστηκαν. Πράγματι, στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση ( $r=0,94$ ,  $p<0.05$ ,  $N=56$ ) προέκυψε μεταξύ του δείκτη ποικιλότητας Shannon και της ομοιογένειας κατανομής των ειδών, καθώς και μεταξύ του δείκτη ποικιλότητας Gleason και του αριθμού των ειδών φυτοπλαγκτού ( $r=0,89$ ,  $p<0.05$ ,  $N=56$ ). Στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση προέκυψε ανάμεσα στην ομοιογένεια κατανομής των ειδών και το δείκτη Simpson ( $r=-0,93$ ,  $p<0.05$ ,  $N=56$ ), γεγονός αναμενόμενο καθώς πρόκειται για δείκτη επικράτησης.

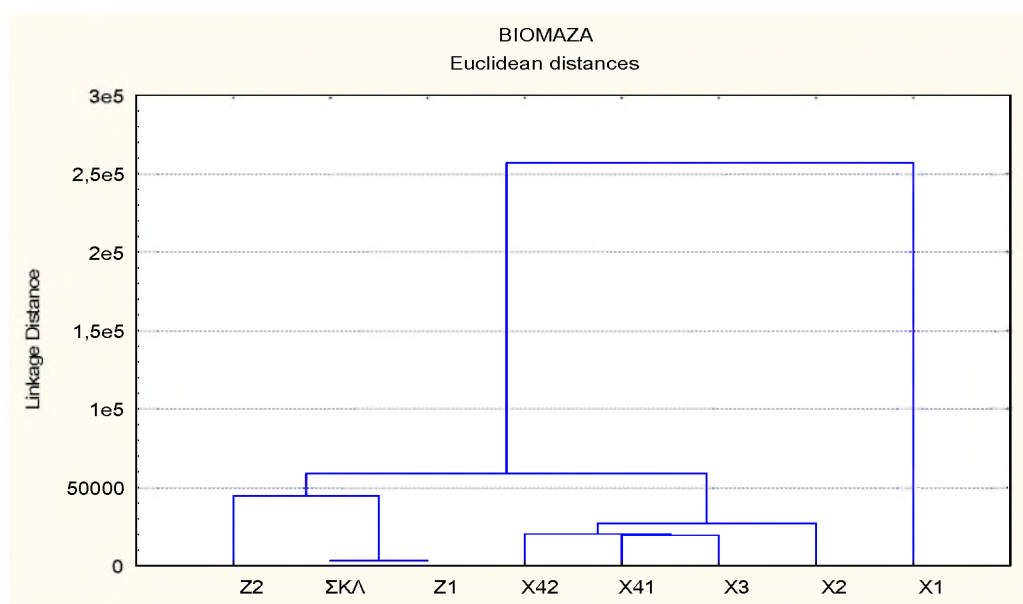
### 3.5 Στατιστική Επεξεργασία

#### 3.5.1 Αποτελέσματα Ομαδοποίησης

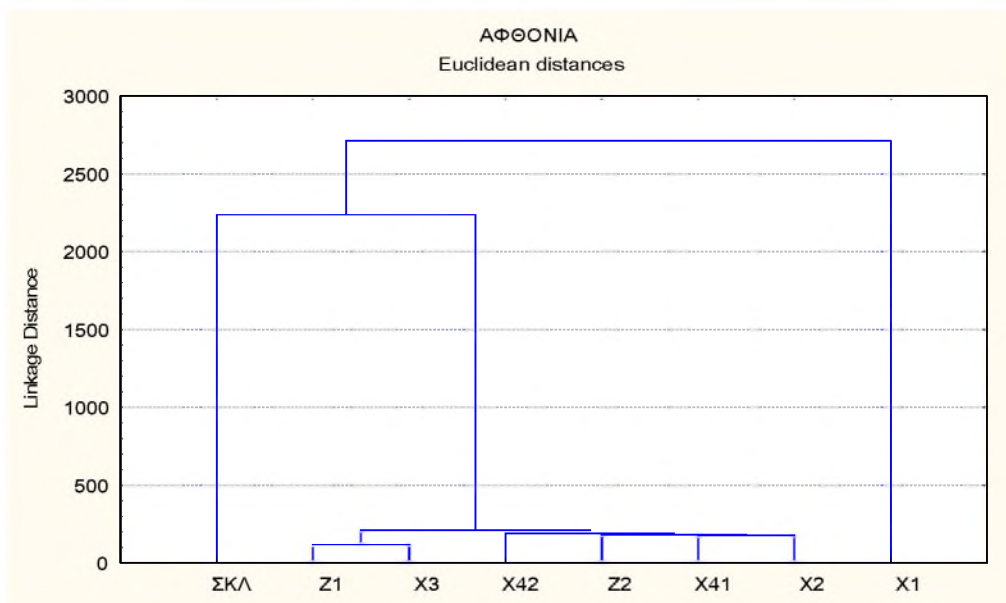
Η ανάλυση ομαδοποίησης των σταθμών των λιμνών Ζάζαρης και Χειμαδίτιδας και του χειμάρρου Σκλήθρου πραγματοποιήθηκε με βάση τις τιμές των συγκεντρώσεων των ανόργανων θρεπτικών ιόντων, της χλωροφύλλης-*a*, της αφθονίας και της βιομάζας του φυτοπλαγκτού.

Με βάση την ομαδοποίηση, όπως προέκυψε από την α) αφθονία, β) τη βιομάζα του φυτοπλαγκτού και γ) τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης-*a*, ο σταθμός X1 διαχωρίζεται από τους υπόλοιπους σταθμούς της λίμνης Χειμαδίτιδας (Εικ. 3.50, 3.51, 3.52).

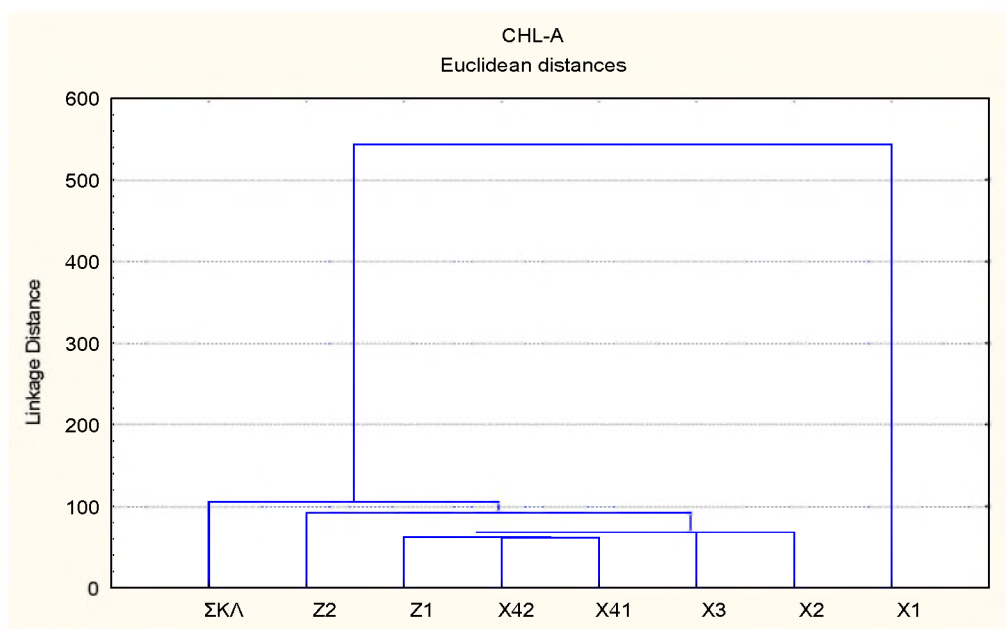
Η ομαδοποίηση που προέκυψε με βάση τις τιμές βιομάζας του φυτοπλαγκτού διαχωρίζει τους σταθμούς της λίμνης Χειμαδίτιδας από τους αντίστοιχους της λίμνης Ζάζαρης και το χειμάρρο Σκλήθρο (Εικ. 3.50). Αντίθετα, με βάση τη χλωροφύλλη-*a* και την αφθονία του φυτοπλαγκτού, πέρα από το σταθμό X1, οι υπόλοιποι σταθμοί της λίμνης Χειμαδίτιδας ομαδοποιούνται μαζί με τους σταθμούς της λίμνης Ζάζαρης. Ο χειμάρρος Σκλήθρος με βάση τη χλωροφύλλη-*a* και την αφθονία του φυτοπλαγκτού δεν ομαδοποιείται μαζί με τους σταθμούς των δύο λιμνών (Εικ. 3.51, 3.52).



Εικόνα 3.50. Ομαδοποίηση των σταθμών των λιμνών Χειμαδίτιδας και Ζάζαρης και του χειμάρρου Σκλήθρου με βάση τις τιμές βιομάζας φυτοπλαγκτού.

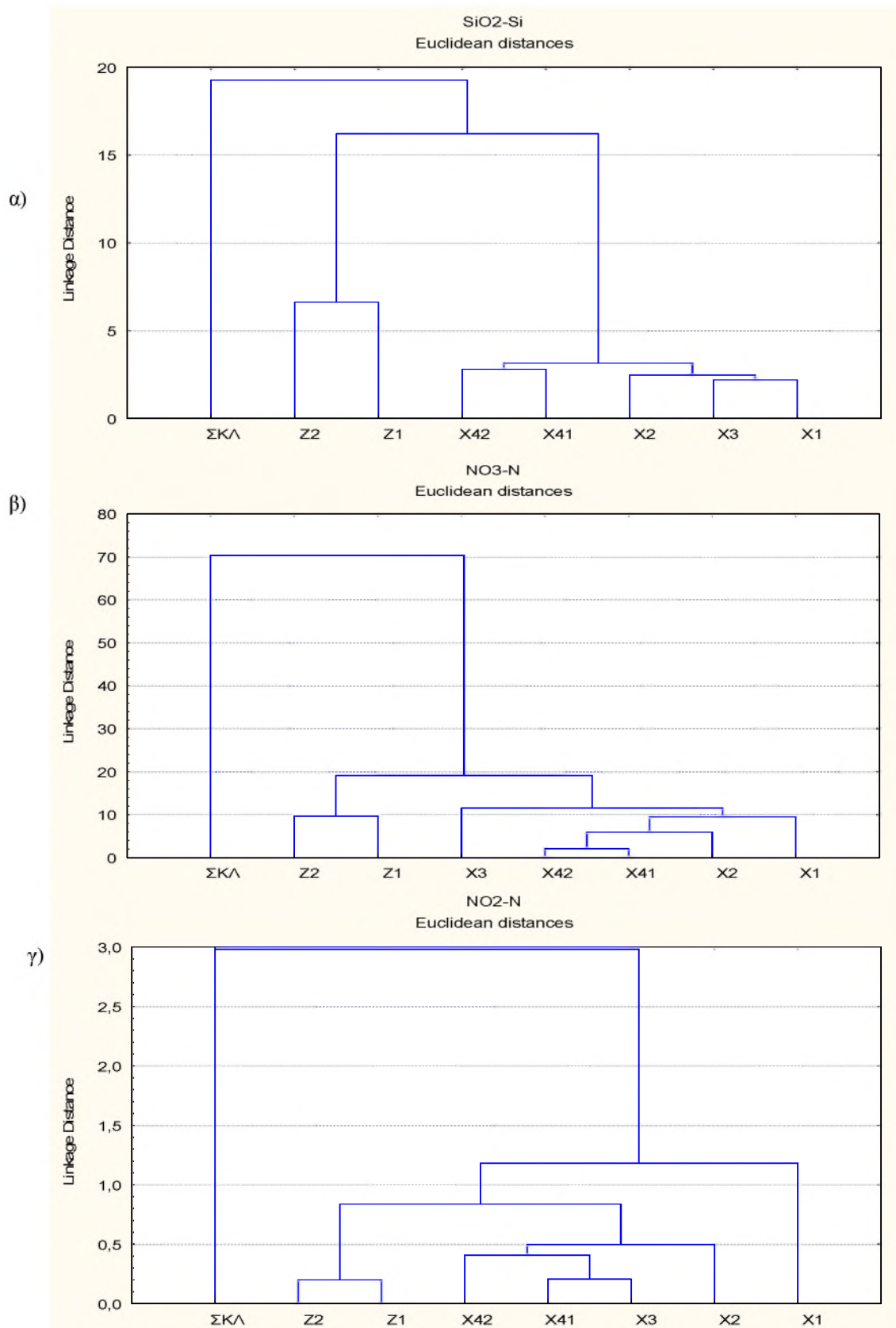


Εικόνα 3.51. Ομαδοποίηση των σταθμών των λιμνών Χειμαδίτιδας και Ζάζαρης και του χειμάρρου Σκλήθρου με βάση τις τιμές αφθονίας φυτοπλαγκτού.



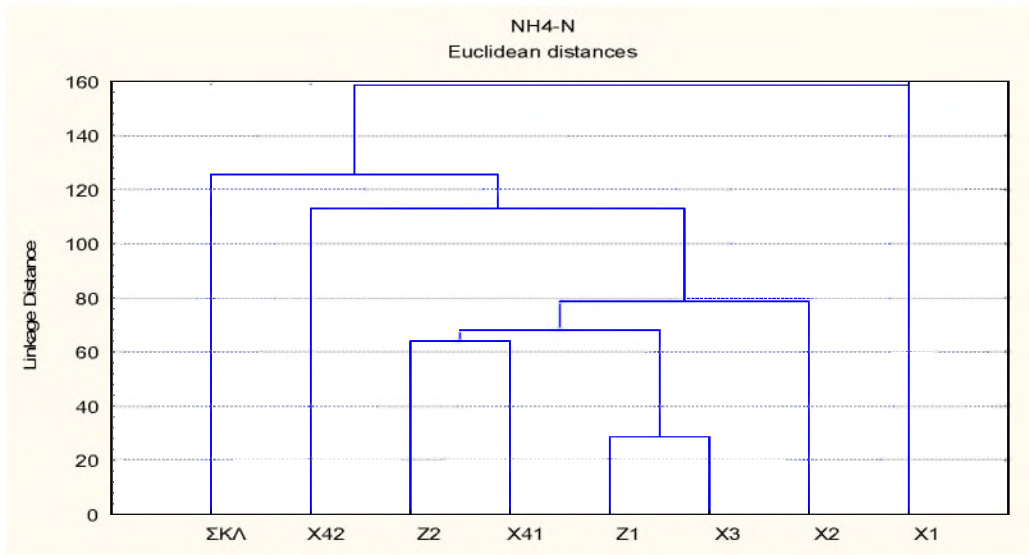
Εικόνα 3.52. Ομαδοποίηση των σταθμών των λιμνών Χειμαδίτιδας και Ζάζαρης και του χειμάρρου Σκλήθρου με βάση τις τιμές της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης.

Η ομαδοποίηση με βάση τις συγκεντρώσεις α) του πυριτίου, β) των νιτρικών και γ) των νιτρικών ιόντων ουσιαστικά διαχώρισε τους σταθμούς των λιμνών από το χείμαρρο Σκλήθρου, ενώ διαχώρισε σε δύο υποομάδες τους σταθμούς κάθε λίμνης (Εικ. 3.53.).



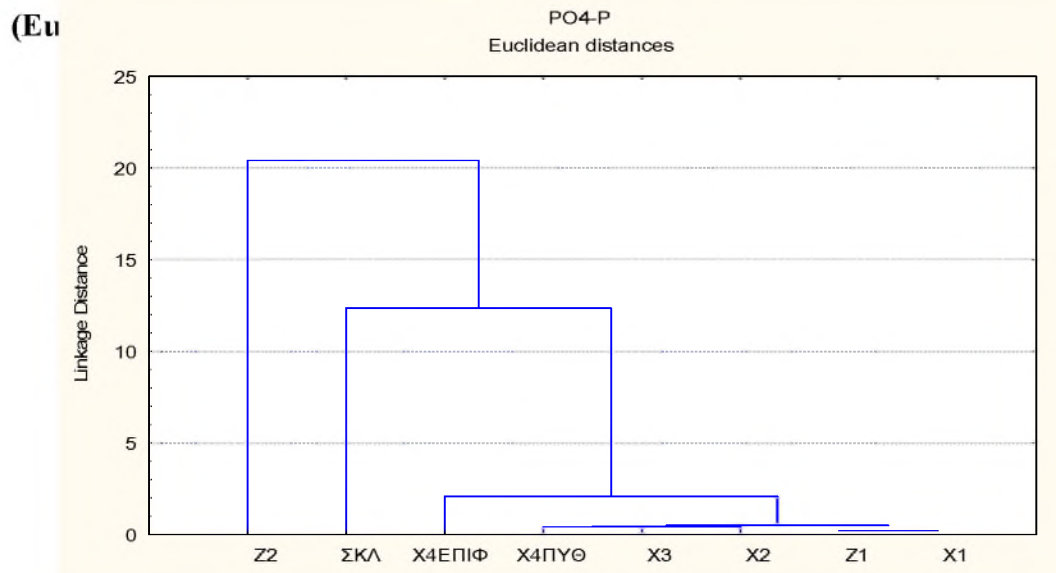
Εικόνα 3.53. Ομαδοποίηση των σταθμών των λιμνών Χειμαδίτιδας και Ζάζαρης και του χειμάρρου Σκλήθρου με βάση τις τιμές των συγκεντρώσεων των α) πυριτίου β) νιτρικών ιόντων και γ) νιτρωδών ιόντων.

Αντίθετα, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.54, η ανάλυση ομαδοποίησης με βάση τα αμμωνιακά ιόντα διαχώρισε μόνο το σταθμό X1, δευτερευόντως το χείμαρρο Σκλήθρου, ενώ οι υπόλοιποι σταθμοί της λίμνης Χειμαδίτιδας ομαδοποιήθηκαν μαζί με τους σταθμούς της λίμνης Ζάζαρης.



Εικόνα 3.54. Ομαδοποίηση των σταθμών των λιμνών Χειμαδίτιδας και Ζάζαρης και του χείμαρρου Σκλήθρου με βάση τις τιμές της συγκέντρωσης των αμμωνιακών

Αξιοσημείωτη είναι η ομαδοποίηση που προκύπτει με βάση τον ανόργανο φώσφορο, καθώς σε μια ομάδα εμφανίζονται οι σταθμοί X1 και Z1, οι οποίοι αποτελούν, μέσω ενός καναλιού, τα σημεία επικοινωνίας μεταξύ των δύο λιμνών



Εικόνα 3.55. Ομαδοποίηση των σταθμών των λιμνών Χειμαδίτιδας και Ζάζαρης και του χείμαρρου Σκλήθρου με βάση τις τιμές της συγκέντρωσης του φωσφόρου.

### 3.5.2 Συσχετίσεις

Ο έλεγχος συσχέτισης των μεταβολών της αφθονίας και της βιομάζας του φυτοπλαγκτού με τις φυσικοχημικές παραμέτρους ήταν εφικτός μόνο στη λίμνη Χειμαδίτιδα. Λόγω μικρότερου αριθμού δεδομένων δεν ήταν δυνατή η στατιστική επεξεργασία στη λίμνη Ζάζαρη και το χείμαρρο Σκλήθρου.

Στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση προέκυψε ανάμεσα στη αφθονία του φυτοπλαγκτού και τη θερμοκρασία ( $R=0,58$ ,  $p<0,01$ ,  $N=56$ ), όπως επίσης και ανάμεσα στη βιομάζα του φυτοπλαγκτού και τη θερμοκρασία ( $R=0,70$ ,  $p<0,01$ ,  $N=56$ ). Τα αποτελέσματα αυτά πιθανότατα σχετίζονται με την αύξηση του αριθμού των κυανοφυκών κατά τη θερινή περίοδο καθώς θετική ήταν η συσχέτιση που προέκυψε ανάμεσα στην αφθονία και τη βιομάζα των κυανοφυκών με τη θερμοκρασία ( $R=0,55$ ,  $p<0,01$ ,  $N=56$  και  $R=0,53$ ,  $p<0,01$ ,  $N=56$  αντίστοιχα). Στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση προέκυψε ανάμεσα στη διαφάνεια του νερού και την αφθονία ( $R=-0,68$ ,  $p<0,01$ ,  $N=56$ ) και τη βιομάζα του φυτοπλαγκτού ( $R=-0,60$ ,  $p<0,01$ ,  $N=56$ ), αποτέλεσμα αναμενόμενο καθώς η αύξηση του φυτοπλαγκτού και ιδιαίτερα στα επιφανειακά στρώματα νερού συνεπάγεται αύξηση του ολικού σωματιδιακού υλικού και επομένως μείωση του μήκους της στήλης του νερού όπου μπορεί να διεισδύσει το φως.

Επιπλέον, προέκυψε στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση ανάμεσα στην αφθονία του φυτοπλαγκτού και τις συγκεντρώσεις του πυριτίου ( $R=0,82$ ,  $p<0,01$ ,  $N=56$ ) και αρνητική συσχέτιση μεταξύ της αφθονίας του φυτοπλαγκτού και των νιτρικών ιόντων ( $R=-0,63$ ,  $p<0,01$ ,  $N=56$ ). Ανάλογα ήταν τα αποτελέσματα της συσχέτισης της αφθονίας των κυανοφυκών με το πυρίτιο ( $R=0,86$ ,  $p<0,01$ ,  $N=56$ ) και τα νιτρικά ιόντα ( $R=-0,60$ ,  $p<0,01$ ,  $N=56$ ). Οι αρνητικές συσχετίσεις όσον αφορά στο ανόργανο άζωτο πιθανότατα σχετίζονται με την ικανότητα των κυανοβακτηρίων να δεσμεύουν ατμοσφαιρικό άζωτο.

## 4. Συζήτηση

### 4.1. Δείκτες ποικιλότητας

Οι τιμές των δεικτών ποικιλότητας στις λίμνες Ζάζαρη και Χειμαδίτιδα κυμαίνονται σε υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με τη λίμνη Καστοριά, όπου ο αριθμός των φυτοπλαγκτικών ειδών που αναγνωρίστηκαν ήταν χαμηλότερος (67) (Tryfon *et al.*, 2001). Μεγαλύτερες επίσης ήταν οι μέσες τιμές των δεικτών ποικιλότητας στις λίμνες Ζάζαρη και Χειμαδίτιδα συγκριτικά με τη λίμνη Βόλβη, όπου ο αριθμός ειδών ήταν μεγαλύτερος (140) (Moustaka-Gouni, 1993). Στη λίμνη Μικρή Πρέσπα (Τρύφων, 1994) αναγνωρίστηκαν επίσης περισσότερα είδη φυτοπλαγκτού (138) σε σχέση με τις λίμνες Ζάζαρη και Χειμαδίτιδα. Ωστόσο, οι δείκτες ποικιλότητας (Du, Db, Hu, Hb) στις λίμνες αυτές κυμαίνονταν στα ίδια επίπεδα, ενώ η ομοιογένεια κατανομής των ειδών στις λίμνες Ζάζαρη και Χειμαδίτιδα κυμαίνονταν σε υψηλότερα επίπεδα (Τρύφων, 1994).

Ο μεγάλος αριθμός ειδών σε μια λίμνη θεωρείται ένδειξη ευτροφισμού (Eloranta, 1986). Αντίθετα, σύμφωνα με τον Margalef (1964), μικρότερος αριθμός ειδών φυτοπλαγκτού εντοπίζεται σε εύτροφες λίμνες σε σχέση με oligότροφες. Αυτό όμως φαίνεται να αληθεύει μόνο στην περίπτωση των υπερέυτροφων λιμνών (Bailey-Watts & Duncan, 1981). Με βάση τα παραπάνω και σε συνδυασμό με τον αριθμό των φυτοπλαγκτικών ειδών που αναγνωρίστηκαν, οι λίμνες Ζάζαρη και Χειμαδίτιδα θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως εύτροφες και όχι υπερέυτροφες.

Σύμφωνα με τον Odum (1980), τα συστήματα που βρίσκονται σε συνθήκες οικολογικής ισορροπίας και δεν υπόκεινται σε συνθήκες καταπόνησης ή ρύπανσης ή ανθρωπογενούς επίδρασης έχουν μετρίως υψηλή ποικιλότητα (0,6 – 0,8 σε κλίμακα 0 – 1). Οι αντίστοιχες τιμές ποικιλότητας του φυτοπλαγκτού στη λίμνη Ζάζαρη ήταν 0,15-0,67 με βάση την αφθονία και 0,31-0,68 με βάση τη βιομάζα, ενώ στη λίμνη Χειμαδίτιδα 0,34-0,71 και 0,32-0,64 αντίστοιχα. Παίρνοντας υπόψη τις αντιλήψεις του Odum (1980) οι ανωτέρω τιμές δείχνουν ότι οι δύο λίμνες βρίσκονται υπό συνθήκες κάποιου βαθμού καταπόνησης. Η καταπόνηση στην προκειμένη περίπτωση μπορεί να προέρχεται από διάφορους παράγοντες, όπως η εισροή μη σημειακών ρύπων, η υπερβολική πτώση της στάθμης ιδίως κατά το θέρος κ.λπ, ή σε συνδυασμό παραγόντων που δρουν συνεργιστικά.



## 4.2 Σύγκριση αποτελεσμάτων μεταξύ των λιμνών Χειμαδίτιδας και Ζάζαρης

### 4.2.1 Λίμνη Χειμαδίτιδα

Βάσει των αποτελεσμάτων της μελέτης, με εξαίρεση το σταθμό X1, μικρές μόνο διαφορές αποτυπώθηκαν μεταξύ των σταθμών της λίμνης Χειμαδίτιδας οι οποίες αφορούσαν κυρίως σε ποσοτικά μεγέθη, όπως στην αφθονία και τη βιομάζα του φυτοπλαγκτού, καθώς και στη χρονική διαφοροποίηση εκδήλωσης των μεγίστων ανάπτυξης αφθονίας και βιομάζας.

Τα υψηλά επίπεδα αφθονίας και βιομάζας φυτοπλαγκτού που εντοπίστηκαν το μήνα Οκτώβριο στο σταθμό X1, διαφοροποίησαν το σταθμό αυτό από τους υπόλοιπους. Πιθανόν το αποτέλεσμα αυτό να είναι συμπτωματικό και να οφείλεται στη μηχανική συσσώρευση της φυτοπλαγκτικής βιομάζας στο σημείο αυτό μέσω της δράσης ανέμων, καθώς τα κυανοφύκη που επικρατούσαν την περίοδο αυτή (είδη του γένους *Microcystis*) φέρουν αεροτόπια για τη ρύθμιση της πλευστότητάς τους και είναι εύκολο, εφόσον συσσωρεύονται κυρίως στα επιφανειακά στρώματα νερού, να υπόκεινται σε παθητική μετακίνηση από τους πνέοντες ανέμους. Η μέση ετήσια ποσοστιαία αφθονία των κυανοφυκών στο σταθμό X1 υπερτερούσε περίπου κατά 10% έναντι των άλλων σταθμών, τα αντίστοιχα ποσοστά των οποίων είναι 86,2 - 88,1 %. Ο σταθμός X1 διέφερε έναντι των υπολοίπων και ως προς τη μέση ετήσια ποσοστιαία αφθονία των χλωροφυκών. Ενώ η μέση ετήσια τιμή για τα χλωροφύκη στους σταθμούς X2, X3, X4 (επιφάνεια και πυθμένα) κυμαίνονταν μεταξύ 6,7 και 10,1%, η αντίστοιχη τιμή για το σταθμό X1 ήταν κατά πολύ μικρότερη: 2,48%.

Παρόμοιες διαφορές παρατηρήθηκαν και στην αφθονία των διατόμων. Η χαμηλότερη μέση ετήσια τιμή της ποσοστιαίας συμμετοχής των διατόμων στη συνολική αφθονία βρέθηκε στο σταθμό X1 (1%), ενώ οι αντίστοιχες τιμές των υπόλοιπων σταθμών κυμάνθηκαν σε υψηλότερα επίπεδα (2,8 – 4,09%).

Αντίστοιχη ήταν η εικόνα που προέκυψε μεταξύ των σταθμών λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές βιομάζας. Αισθητή ήταν η διαφορά στη μέση ποσοστιαία τιμή της βιομάζας των κυανοφυκών μεταξύ του σταθμού X1 (39%) και των υπόλοιπων σταθμών (18,8 – 28%).

Διαφορές μεταξύ των σταθμών παρατηρήθηκαν στο χρόνο εκδήλωσης των μεγίστων αφθονίας και βιομάζας κυρίως των κυανοφυκών, καθώς και των δινοφυκών και ευγληνοφυκών.

Όσον αφορά στα ανόργανα θρεπτικά ιόντα, οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις των νιτρικών και πυριτικών κυμάνθηκαν σε όλους τους σταθμούς της λίμνης Χειμαδίτιδας στα ίδια περίπου επίπεδα. Αντίθετα, οι συγκεντρώσεις των αμμωνιακών, νιτρωδών και φωσφορικών ιόντων ήταν υψηλότερες στο σταθμό X1, ενώ στους υπόλοιπους σταθμούς κυμάνθηκαν σε χαμηλότερα επίπεδα. Η παραπάνω διαφοροποίηση είναι πιθανό να σχετίζεται με τα υψηλότερα επίπεδα αφθονίας, βιομάζας και χλωροφύλλης-α στο σταθμό X1. Ωστόσο, από τη στατιστική επεξεργασία δεν προέκυψε συσχέτιση ανάμεσα στην αφθονία, τη βιομάζα και τη χλωροφύλλη-α με τις συγκεντρώσεις των αμμωνιακών, νιτρωδών και φωσφορικών ιόντων.

#### **4.2.2 Λίμνη Ζάζαρη**

Στη λίμνη Ζάζαρη δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές μεταξύ των σταθμών. Σε επίπεδο αφθονίας ο σταθμός Z1 υπερτερούσε έναντι του σταθμού Z2, ενώ το αντίστροφο παρατηρήθηκε σε επίπεδο βιομάζας. Μικρές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των σταθμών και στη μέση ποσοστιαία ετήσια τιμή της αφθονίας των επιμέρους ταξινομικών ομάδων φυτοπλαγκτού. Στο σταθμό Z1 η μέση ετήσια ποσοστιαία τιμή της αφθονίας των κυανοφυκών ήταν κατά 4% υψηλότερη από το σταθμό Z2. Αντίθετα, στο σταθμό Z2 οι μέσες ετήσιες ποσοστιαίες τιμές της αφθονίας των χλωροφυκών και των διατόμων ήταν κατά 1,2 και 2,9% αντίστοιχα μεγαλύτερες συγκριτικά με το σταθμό Z1. Αναφορικά του χρόνου εμφάνισης των μεγίστων της βιομάζας των επιμέρους ομάδων φυτοπλαγκτού, με εξαίρεση τα δινοφύκη, δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των σταθμών.

Όσον αφορά στα ανόργανα θρεπτικά ιόντα, οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις των αμμωνιακών κυμαίνονταν και στους δύο σταθμούς της λίμνης Ζάζαρης καθώς και στο χείμαρρο στα ίδια περίπου επίπεδα. Οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις των νιτρικών, νιτρωδών και φωσφορικών ήταν υψηλότερες στο σταθμό Z2 σε σχέση με το σταθμό Z1. Επιπλέον, οι αντίστοιχες τιμές στο χείμαρρο Σκλήθρο κυμαίνονταν σε ακόμη υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με το σταθμό Z2. Το γεγονός αυτό ενδεχομένως φανερώνει τη επίδραση του χείμαρρου Σκλήθρου στη λίμνη Ζάζαρη, καθώς ο σταθμός Z2 βρίσκεται πλησίον του σημείου απορροής του χείμαρρου στη λίμνη. Ωστόσο, η παραπάνω υπόθεση δε στηρίζεται από τις μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις

των πυριτικών ιόντων, οι οποίες καταγράφηκαν υψηλότερες στο σταθμό Z1, ο οποίος είναι απομακρυσμένος σχετικά από το χείμαρρο Σκλήθρο.

#### **4.2.3 Λίμνες Χειμαδίτιδα – Ζάζαρη**

Στη λίμνη Χειμαδίτιδα αναγνωρίστηκαν 28 επιπλέον taxa φυτοπλαγκτού σε σχέση με τη λίμνη Ζάζαρη. Ωστόσο, σε ποσοστιαία βάση δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο λιμνών αναφορικά με την εκπροσώπηση των επιμέρους ομάδων φυτοπλαγκτού. Διαφορές παρατηρήθηκαν σε επίπεδο μέσης ετήσιας συνολικής αφθονίας και βιομάζας, καθώς στη λίμνη Χειμαδίτιδα οι τιμές αυτές ήταν υψηλότερες. Στη διάρκεια του ετήσιου κύκλου μετρήσεων, οι τιμές αφθονίας και βιομάζας φυτοπλαγκτού καθώς και χλωροφύλλης-*a* ήταν υψηλότερες στο σταθμό X1 ενώ ακολουθούσαν οι υπόλοιποι σταθμοί της λίμνης Χειμαδίτιδας και ο σταθμός Z1 της λίμνης Ζάζαρης (στα ίδια ή ελαφρώς χαμηλότερα επίπεδα). Ακόμη χαμηλότερες τιμές καταγράφηκαν στο σταθμό Z2, που δέχεται άμεσα τα νερά από το χείμαρρο Σκλήθρο, όπου τα επίπεδα αφθονίας και βιομάζας του φυτοπλαγκτού και χλωροφύλλης-*a* ήταν σαφώς χαμηλότερα.

Επιπλέον, διαφορές παρατηρήθηκαν στις μέσες ετήσιες ποσοστιαίες τιμές βιομάζας των χλωροφυκών, που ήταν χαμηλότερες στη λίμνη Ζάζαρη και των διατόμων, που ήταν σε όλη τη διάρκεια του ετήσιου κύκλου χαμηλότερες στη λίμνη Χειμαδίτιδα. Αξίζει στο σημείο αυτό να σημειωθεί ότι στη λίμνη Χειμαδίτιδα επικρατέστερη ομάδα με βάση τη βιομάζα ήταν τα χλωροφύκη με ποσοστό συμμετοχής στη συνολική βιομάζα που κυμαινόταν από 40 ως 90%. Εξάιρεση αποτέλεσαν ο μήνας Οκτώβριος, κατά τον οποίο τα κυανοφύκη συνιστούσαν το 90% της συνολικής βιομάζας, ο Δεκέμβριος (60% κρυπτοφύκη) και ο Ιανουάριος (70% διάτομα). Αντίθετα, στη λίμνη Ζάζαρη τα χλωροφύκη επικράτησαν μόνο το μήνα Μάρτιο συνιστώντας το 49% της συνολικής βιομάζας του φυτοπλαγκτού, ποσοστό που ήταν το μέγιστο για τη συμμετοχή των χλωροφυκών κατά τη διάρκεια του ετήσιου κύκλου. Τα κυανοφύκη, με ποσοστά 57 ως 90% της συνολικής βιομάζας, ήταν η επικρατέστερη ομάδα στη λίμνη Ζάζαρη για το διάστημα Ιούνιος – Νοέμβριος. Το μήνα Φεβρουάριο επικρατούσαν τα κρυπτοφύκη (78%) και το μήνα Ιανουάριο τα διάτομα (79%), ενώ το υπόλοιπο χρονικό διάστημα διάτομα, χλωροφύκη, αποφύκη, κυανοφύκη και κρυπτοφύκη συμμετείχαν στη συνολική φυτοπλαγκτική βιομάζα στον

ίδιο περίπου βαθμό. Οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές των ανόργανων θρεπτικών ιόντων παρατηρήθηκαν ταυτόχρονα στις δύο λίμνες. Οι συγκεντρώσεις των πυριτικών, νιτρωδών, νιτρικών και φωσφορικών εμφανίστηκαν σε παρόμοια επίπεδα στις δύο λίμνες, ενώ αντίθετα οι συγκεντρώσεις των αμμωνιακών ιόντων ήταν υψηλότερες στη λίμνη Ζάζαρη.

#### **4.3 Σύγκριση των υγροτόπων Ζάζαρης και Χειμαδίτιδας με άλλα παρόμοια υδάτινα συστήματα**

Είναι προφανές ότι σύγκριση φυσικοχημικών και βιολογικών χαρακτηριστικών των υγροτόπων Ζάζαρης και Χειμαδίτιδας μπορεί να γίνει μόνο με παρόμοια υδάτινα συστήματα, δηλαδή με ρηχές λίμνες, όπου επικρατούν ανάλογες περιβαλλοντικές συνθήκες και υπάρχουν διαθέσιμα συγκριτικά στοιχεία.

Παρόμοια με τους ανωτέρω υγροτόπους υδάτινα συστήματα από τα οποία υπάρχουν βιβλιογραφικά δεδομένα είναι κυρίως οι ρηχές λίμνες Μικρή Πρέσπα, Δοϊράνη, και δευτερευόντως οι λίμνες Καστοριάς και Παμβώτιδα. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι οι δύο τελευταίες λίμνες διαφοροποιούνται έναντι των υπολοίπων εξαιτίας της άμεσης γειτνίασης με αστικά κέντρα καθόσον για πολλές δεκαετίες, και μερικώς ακόμη μέχρι και σήμερα, λειτουργούσαν ως αποδέκτες ακατέργαστων αστικών και βιοτεχνικών λυμάτων. Επιπλέον, όλες οι παραπάνω λίμνες λόγω της γειτνίασης τους με αγροτικές περιοχές δέχονται την επίδραση γεωργικών λυμάτων που συνήθως είναι πλούσια σε άζωτο και φώσφορο.

Για μια αποτελεσματικότερη συγκριτική ανάγνωση των βασικότερων φυσικοχημικών και βιολογικών χαρακτηριστικών των ανωτέρω συγκρινόμενων υγροτόπων συντάχθηκε ο πίνακας XV.

**Πίνακας XV.** Φυσικοχημικές και βιολογικές παράμετροι (ελάχιστη – μέγιστη τιμή) σε 6 λίμνες στη Βόρεια Ελλάδα

	Χειμαδίτιδα*	Ζάζαρη*	Δοϊράνη (1)	Μ. Πρέσπα (2)	Καστοριά (3)	Παμβώτιδα (4)
Βάθος (m)	0,25-2,7	0,5-6	0,5-5	0,5-7	0,5-8,5	0,5-8
Θερμοκρασία (°C)	3,4-25,9	4,2-26,9	5-28	0-26,6	0-28,3	6-27,1
Διαλυμένο οξυγόνο (mg/L)	0,8-11,3	2,5-11,5	-	0,1-14,6	3,9-12,7	3,5-11,9
pH	7,9-10,3	7,8-9,9	8,5-9,1	7,9-8,8	8,4-10,1	7,5-8,7
Chl- <i>a</i> (μg/L)	2,1-671,8	0,5-161	-	3,5-61,6	7,6-114,7	5,1-64
TIN (μg/L)	9-2470	0-1319	40-90	0-830	1,1-600	220-1600
PO <sub>2</sub> -P (μg/L)	0-238,1	0-632,7	20-90	0-55	0-185	6-350
SiO <sub>2</sub> -Si (μg/L)	0-6570	18,7-2300	5000-11000	0-5550	240-450	330-1490
Συνολική βιομάζα (g/m <sup>3</sup> )	2-300	0,9-37	0,3-30	1,2-38	2,2-350	0,9-60

(\*: Παρούσα μελέτη, 1: Temponeras *et al.*, 2000, 2: Tryfon *et al.*, 1994, 3: Μουστάκα-Γούνη, 2000, 4: Kangelou *et al.*, 2001)

Σύμφωνα με τον Vollenweider (1968) στην κατηγορία των εύτροφων υδάτινων οικοσυστημάτων κατατάσσονται λίμνες των οποίων τα μέγιστα μικροφυτικής βιομάζας ξεπερνούν τα 10 g/m<sup>3</sup>. Βάση της κατηγοριοποίησης αυτής οι υγρότοποι Ζάζαρη και Χειμαδίτιδα κατατάσσονται στα εύτροφα συστήματα.

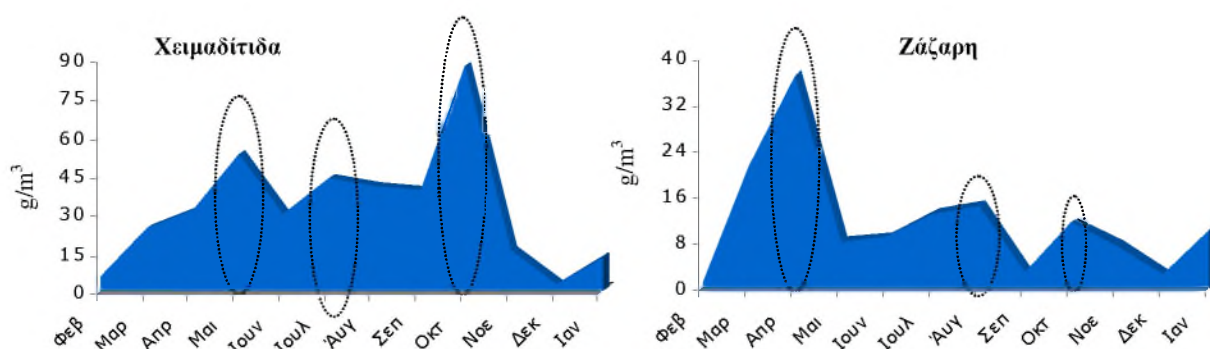
Η τροφική κατάσταση μιας λίμνης είναι δυνατό να εκτιμηθεί και με βάση την ποιοτική σύνθεση της φυτοπλαγκτικής κοινότητας (Reynolds, 1998). Στον πίνακα XVI παρουσιάζονται οι οργανισμοί που είναι δυνατό να απαντώνται σε υδάτινα (λιμναία) συστήματα με χαρακτήρα από ολιγότροφο ως υπερέυτροφο. Με βάση τη σύνθεση της φυτοπλαγκτικής κοινότητας στις λίμνες Ζάζαρη και Χειμαδίτιδα και τον πίνακα XVI παρατηρείται ότι στις εν λόγω λίμνες απαντώνται οργανισμοί που χαρακτηρίζουν

τόσο ολιγότροφα όσο και υπερέυτροφα συστήματα. Η πλειονότητα ωστόσο των φυτοπλαγκτικών οργανισμών που αναγνωρίστηκαν στις λίμνες Ζάζαρη και Χειμαδίτιδα (από τα γένη *Pediastrum*, *Staurastrum*, *Asterionella*, *Fragilaria*, *Aulacoseira*, *Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Gomphospaeria*, *Planktothrix*, *Coelastrum*, *Rhodomonas*, *Cryptomonas*, *Peridinium*) με βάση τον πίνακα XVI χαρακτηρίζουν μεσότροφα ως εύτροφα συστήματα. Με βάση τα παραπάνω είναι δυνατό να υποστηριχθεί ότι οι λίμνες Ζάζαρη και Χειμαδίτιδα αποτελούν εύτροφα συστήματα, που στη διάρκεια του ετήσιου κύκλου και ανάλογα με φυσικούς, χημικούς και βιολογικούς παράγοντες (Reynolds, 1984), μπορεί να έχουν από μεσότροφο ως υπερέυτροφο χαρακτήρα.

**Πίνακας XVI.** Φυτοπλαγκτικοί οργανισμοί που απαντώνται σε λιμναία οικοσυστήματα ανάλογα με την τροφική τους κατάσταση (από Reynolds, 1998)

Trophic status	ULTRAOLIGOTROPHIC.....HYPER-EUTROPHIC
nutrient supply	strongly deficient.....adequate.....saturating
alkalinity	acid.....alkaline.....calcareous
clarity	clear.....turbid
Diatoms	<i>C. glomerata/C. comensis</i> ... <i>C. meneghiniana</i> ... <i>S. minutulus</i> ... <i>S. neoastraea</i> ... <i>S. rotula</i> ... <i>S. hantzschii</i> ... <i>Urosolenia</i> ..... ... <i>Tabellaria</i> ..... <i>Asterionella</i> ..... <i>Fragilaria</i> ..... <i>Diatoma</i> ..... ... <i>Aulacoseira distans</i> ... <i>A. subarctica</i> ..... <i>A. ambigua</i> ... <i>A. granulata</i> ..... ..... <i>Melosira varians</i> .....
Chlorophytes	..... <i>Chlorella spp.</i> ..... ..... <i>Chlamydomonas</i> ..... ..... <i>Scenedesmus</i> ..... <i>Gonium</i> ... <i>Eudorina</i> ... <i>Pandorina</i> ..... <i>Coelastrum</i> , <i>Pediastrum</i> ..... <i>Sphaerocystis</i> , <i>Gemellcystis</i> ..... ... <i>Staurodesmus</i> ..... <i>Cosmarium</i> ..... <i>Staurastrum</i> ..... <i>Closterium</i> .....
Cyanobacteria	... <i>Merismopedia</i> , <i>Gloeotrichia</i> , <i>Coelosphaerium</i> ... <i>Planktothrix</i> , <i>Limnothrix/Pseudanabaena</i> ... <i>A. solitaria</i> ..... <i>Gomphospaeria</i> ..... <i>Microcystis</i> ..... ... <i>A. lemmermanni</i> ..... <i>A. flos-aquae/A. circinalis</i> ..... ... <i>Aphanizomenon</i> ...
Dinoflagellates	..... <i>Peridinium</i> , <i>Cerutium</i> .....
Cryptophytes	..... <i>Rhodomonas</i> ..... <i>Cryptomonas</i> .....
Chrysophyceae	<i>Dinobryon</i> ... <i>Uroglena</i> ..... <i>Mallomonas</i> ..... <i>Synura</i> ..... <i>Chryso-sphaerella</i> ...
Euglenoids	<i>Euglena</i> <i>Phacus</i> <i>Lepocinclis</i>

Το τριακμικό πρότυπο των ετήσιων μεταβολών της μέσης τιμής (από το σύνολο των σταθμών) της μικροφυτικής βιομάζας (Εικ. 3.56) που παρατηρήθηκε στους υγρότοπους Ζάζαρη (Απρίλιος, Αύγουστος, Οκτώβριος) και Χειμαδίτιδα (Μάιος, Ιούλιος, Οκτώβριος), με την εμφάνιση μιας πρώιμης θερινής ακμής από τα χλωροφύκη συνηγορεί περαιτέρω για τον εύτροφο χαρακτήρα των υγροτόπων σύμφωνα με το PEG μοντέλο (Sommer *et al.*, 1986).



**Εικόνα 3.56.** Χρονικές μεταβολές της μέσης (από όλους τους σταθμούς) φυτοπλαγκτικής βιομάζας στις λίμνες Χειμαδίτιδα και Ζάζαρη. Σημειώνονται τα μέγιστα της βιομάζας στη διάρκεια του ετήσιου κύκλου.

Το τριακμικό πρότυπο μεταβολών της μικροφυτικής βιομάζας παρουσιάζει και η λίμνη Δοϊράνη (Temponeras *et al.*, 2000), το οποίο όμως διαφέρει ως προς τη θερινή ακμή η οποία οφείλεται στα δινοφύκη. Αντίθετα, στη λίμνη Μικρή Πρέσπα (Tryfon *et al.*, 1994) παρατηρήθηκε διακμικό πρότυπο μεταβολών της μικροφυτικής βιομάζας.

Οι υγρότοποι Ζάζαρη και Χειμαδίτιδα διαφοροποιούνται έναντι των λιμνών Δοϊράνη και Μ. Πρέσπα κυρίως στη σύσταση της συνολικής βιομάζας από τις επιμέρους ομάδες μικροφυκών. Ενώ η μέση ετήσια ποσοστιαία συμμετοχή των χλωροφυκών στις λίμνες Δοϊράνη και Μ. Πρέσπα κυμαίνεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα, το αντίστοιχο ποσοστό στους υγροτόπους Ζάζαρη και Χειμαδίτιδα ανέρχεται σε 30 και 60% αντίστοιχα και με μέγιστες τιμές που ενίοτε ανέρχονται σε 150 g/m<sup>3</sup>.

Μια επιπλέον διαφοροποίηση των συγκρινόμενων οικοσυστημάτων αφορά στη συμμετοχή των διατόμων στην σύσταση της συνολικής μικροφυτικής βιομάζας. Στους υγροτόπους Ζάζαρη και Χειμαδίτιδα τα διάτομα κατέχουν την τρίτη θέση μετά τα κυανοφύκη, όπως και στη λίμνη Δοϊράνη, ενώ στη Μικρή Πρέσπα τη δεύτερη θέση.

Αναφορικά με τις περιόδους εκδήλωσης των μεγίστων ανάπτυξης από τις επιμέρους ταξινομικές ομάδες διαπιστώνεται καθολική ταύτιση μόνο στα διάτομα και τα κυανοφύκη.

Τέλος, ενδιαφέρον παρουσιάζει και η ποσοστιαία συμμετοχή των επιμέρους ταξινομικών ομάδων στη σύνθεση των ειδών. Τη μεγαλύτερη σε αριθμό ειδών ταξινομική ομάδα σε όλες τις λίμνες αποτελούν τα χλωροφύκη, η συμμετοχή των οποίων κυμαίνεται από 37 ως 46% με υψηλότερη τιμή (46%) στον υγρότοπο της Χειμαδίτιδας και χαμηλότερη τιμή (37%) στη λίμνη Μικρή Πρέσπα. Η συμμετοχή των κυανοφυκών κυμαίνεται μεταξύ 23 (λίμνη Μικρή Πρέσπα και Δοϊράνη) και 33% (υγρότοπος Ζάζαρη). Η τρίτη σε αριθμό ειδών ταξινομική ομάδα είναι τα διάτομα, των οποίων η συμμετοχή κυμαίνεται από 8,4 (Δοϊράνη) ως 15,6% (υγρότοπος Ζάζαρη).

Ιδιαίτερης σημασίας είναι το γεγονός ότι στις λίμνες Χειμαδίτιδα και Ζάζαρη ανιχνεύθηκαν κυανοφύκη τα οποία ευθύνονται για την παραγωγή τοξινών. Η παρατήρηση αυτή αποκτά ακόμη περισσότερη βαρύτητα με βάση τις τιμές αφθονίας και βιομάζας στις οποίες καταγράφηκαν κυανοφύκη των γενών *Anabaena*, *Aphanizomenon* και *Microcystis*. Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά τη φθινοπωρινή ακμή των κυανοφυκών, όταν παρατηρήθηκε άνθιση του νερού (waterbloom) με το σχηματισμό επιφανειακής κυανοπράσινης κρούστας (scum) (Εικ. 3.46), είδη του γένους *Microcystis* έφτασαν σε επίπεδο βιομάζας τα 140 g/m<sup>3</sup>. Η παρουσία κυανοβακτηρίων σε παρόμοια και ακόμη υψηλότερα επίπεδα έχει συνδυαστεί με την παρουσία τοξινών (Βαρδάκα, 2001), ενώ η παρουσία τέτοιων κυανοφυκών έχει αναφερθεί και παλιότερα τόσο στις λίμνες Ζάζαρη και Χειμαδίτιδα όσο και σε άλλες λίμνες στην Ελλάδα (Ορεστιάς, Παμβώτιδα, Κρεμαστών, Μ. Πρέσπα κ.α.) (Gkelis *et al.* 2000, Gkelis *et al.* 2001, Vardaka *et al.* 2000, Βαρδάκα 2001).

Επιπλέον, υπάρχουν δεδομένα για τη συσσώρευση κυανοβακτηριακών τοξινών σε υδρόβιους οργανισμούς π.χ. ψάρια (Magalhães *et al.*, 2001), καθώς και για την τοξίνωση ανθρώπων από κυανοβακτηριακές τοξίνες από την πόση ή τη χρήση νερού για αναψυχή (Falconer, 1999).

Δεδομένου ότι οι λίμνες Ζάζαρη και Χειμαδίτιδα αποτελούν τόπο αλιείας και φυσικούς οικοτόπους για διάφορα είδη πανίδας και χλωρίδας, και το νερό τους χρησιμοποιείται ευρύτατα για άρδευση, η παρουσία κυανοβακτηρίων (συχνά σε υψηλά επίπεδα αφθονίας και βιομάζας) στις λίμνες αυτές απαιτεί παρακολούθηση και περαιτέρω μελέτη.



## 5. Βιβλιογραφία

- BAILEY-WATTS A.E. & DUNCAN P., 1981. The phytoplankton. *Monographiae Biologicae*, 44: 91 – 118.
- CVIJIĆ K., 1911. L' ancient lac egeen. *Ann. Geogr.*, 20: 233 – 259.
- EDLER, L., 1979. Recommendations on methods for marine biological studies in the Baltic Sea, Phytoplankton and Chlorophyll. The Baltic Marine Biologists, pub. 5, p. 38. Dept. of Marine Botany, Univ. of Lund, Sweden.
- ELORANTA P., 1986. Phytoplankton structure in different lake types in central Finland. *Holarctic Ecology*, 9: 214- 224.
- FINLAY, B.J., MABERLY, S.C., & COOPER, J.I., 1997. Microbial diversity and ecosystem function. *Oikos*, 80: 209-213.
- FALCONER I.R., 1999. An overview of problems caused by toxic blue-green algae (cyanobacteria) in drinking and recreational water, *Envir. Toxicol.*, 14(1): 5-12.
- GKELIS S., VARDAKA E. & LANARAS T., 2000. The presence of *Microcystis* species in some Greek lakes. *Eurocyan Workshop*, Toulouse, France.
- GKELIS S., VARDAKA E., MOUSTAKA-GOUNI M. & LANARAS T., 2001. Tracing the guilty: The two most abundant toxic cyanophytes in Greek lakes and their impact on water quality. *7<sup>th</sup> International Phycological congress*, Thessaloniki, Greece.
- HUBER- PESTALOZZI G., 1950. Das phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie. Cryptophyceen, Chloromonaden, Peridineen. Stuttgart. p. 310.
- HUBER- PESTALOZZI G., 1983. Das phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie. Chlorophyceae. Ordnung: Chlorococcales. Stuttgart. p. 1044.
- HUBER- PESTALOZZI G., 1938. Das phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie. Allgemeiner Teil. Blaualgen. Bakterien. Pilze. Stuttgart. p. 342.
- HUBER- PESTALOZZI G., 1941. Das phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie. Chrysophyceae. Farblose Flagellaten Heterokonten. Stuttgart. p. 365.
- HUBER- PESTALOZZI G., 1942. Das phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie. Diatomeen. Stuttgart. p. 549.
- HUBER- PESTALOZZI G., 1955. Das phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie. Euglenophyceen. Stuttgart. p. 1135.
- HUTCHINSON, G.E., 1961. The paradox of the plankton. *Am. Nat.*, 95:137-145.

- KANGALOU I., TSIMARAKIS G. & PATSIAS P., 2001. Phytoplankton dynamics and physical-chemical features of a shallow lake (Lake Pamvotis, Greece). *Fres. Envir. Bull.*, 10: 845 – 849.
- KOMÁREK J. & ANAGNOSTIDIS K., 1985. Modern approach to the classification system of Cyanophytes – 1 – Introduction. 71(1/2): 291 – 302.
- KOMÁREK J. & ANAGNOSTIDIS K., 1986. Modern approach to the classification system of Cyanophytes – 2 – Chroococcales. 73 (2): 157 – 226.
- KOMÁREK J. & ANAGNOSTIDIS K., 1988. Modern approach to the classification system of Cyanophytes – 3 – Oscillatoriales. 80 (1-4): 327 – 472.
- KOMÁREK J. & ANAGNOSTIDIS K., 1989. Modern approach to the classification system of Cyanophytes – 1 – Nostocales. 82(3): 247 – 345.
- LIDDICOAT M.I., TIBBITS S. & BUTTER M.I., 1976. The determination of ammonia in natural waters. *Water Res.*, (10): 567 – 568.
- MAGALHÃES V.F., SOARES R.M. & AZEVEDO S.M.F.O., 2001. Microcystin contamination in fish from the Jacarepaguá Lagoon (Rio de Janeiro, Brazil): ecological implication and human health risk, *Toxicon*, 39: 1077-1085.
- MARGALEF, R., 1958. Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. In: *Perspectives in Marine Biology*, ed. A.A. Buzzati-Traverso, Berkeley, Univ. of California Press: 323-349.
- MOUSTAKA-GOUNI M., 1993. Phytoplankton succession and diversity in a warm monomictic, relatively shallow lake: Lake Volvi, Macedonia, Greece. *Hydrobiologia*, 249: 33 – 42.
- NYGAARD G., 2001. *Dansk Planteplankton*. Gyldendal. Copenhagen. p. 36.
- ODUM, E.P., 1980. *Ecology*, 2<sup>nd</sup> ed., Hold Rinehart & Winston, London, p. 244.
- PIELOU, E.C., 1975. *Ecological Diversity*. J. Wiley, New York, p. 165.
- PROULX, M., PICK, F.R., MAZUMDER, A., HAMILTON, P.B., & LEAN, D.R.S., 1996. Experimental evidence for interactive impacts of human activities on lake algal species richness. *Oikos*, 76: 191-195.
- Reynolds G.S., 1984. *The ecology of freshwater phytoplankton*. Cambridge University, Cambridge.
- REYNOLDS G.S., 1984. *The ecology of freshwater phytoplankton*. Cambridge University, Cambridge.
- ROTT E., 1981. Some results from phytoplankton counting intercalibration. *Schweiz. Z. Hydrol.*, 43:34-62.

- SOMMER U., GLIWICZ Z.M., LAMPERT W. & DUNCAN A., 1986. The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh waters. *Arch. Hydrobiol.*, 106: 433-471.
- SCHILLER J., 1937. Dinoglagellatae (Peridineae). In: Kryptogamen – Flora. (Ed.: Rabenhorst's L.). Akademische Verlagsgesellschaft M.B.H., Leizing. p. 589.
- STRICKLAND, J., D., H. & PARSONS, T.,R., 1968. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* 167: 1 – 311.
- TEMPONERAS M., KRISTIANSEN J. & MOUSTAKA-GOUNI M., 2000. Seasonal variation in phytoplankton composition and physical-chemical features of the shallow Lake Doirani, Macedonia, Greece. *Hydrobiologia.*, 424: 109 - 122.
- TIKKANEN T., 1986. Kasviplanktonopas.Suomen Luonnonsuojelun Tuki Oy. Helsinki. p. 278.
- TRYFON E., ALIGIZAKI K., MOUSTAKA-GOUNI M., 2001. Phytoplankton species composition and diversity in the shallow lake Kastoria, an urban Mediterranean lake. 7<sup>th</sup> International Phycological Congress. 18-25 August. Thessaloniki.
- TRYFON E., MUSTAKA-GOUNI M., NIKOLAIDIS G. & TSEKOS I., 1994. Phytoplankton and physical-chemical features of the shallow Lake Mikri Prespa, Macedonia, Greece. *Arch. Hydrobiol.*, 131 (4): 477 – 494.
- VARDAKA E., MOUSTAKA-GOUNI M. & LANARAS T., 2000. Temporal and spatial distribution of planktic cyanobacteria In Lake Kastoria, Greece, a shallow urban lake. *Nord. J. Bot.*, 20: 501-511.
- VILIČIĆ, D., 1989. Phytoplankton population density and volume as indicators of eutrophication in the eastern part of the Adriatic Sea. *Hydrobiologia*, 174:117-132.
- VOLLENWEIDER R., 1968. Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters with particular reference to nitrogen and phosphorous as factors in eutrophication. Paris.OECD.p. 159.
- ΒΑΡΔΑΚΑ Ε., 2001. Τοξικά Κυανοβακτήρια και κυανοβακτηριακές τοξίνες στη λίμνη Καστοριάς και σε άλλα υδάτινα οικοσυστήματα της Ελλάδας. Διδακτορική Διατριβή. Α.Π.Θ. σελ. 251.
- ΜΟΥΣΤΑΚΑ –ΓΟΥΝΗ Μ., 2000. Διερεύνηση Υδροβιολογικών παραμέτρων στη λίμνη Καστοριάς. Επιλογή βέλτιστης μεθόδου αποκατάστασης της οικολογικής ισορροπίας. Ερευνητικό Πρόγραμμα Ε.Ε. του Α.Π.Θ., σελ. 227.
- ΤΡΥΦΩΝ Ε., 1994. Δομή και δυναμική των φυτοπλαγκτικών της λίμνης Μικρής Πρέσπας. Διδακτορική Διατριβή. Α.Π.Θ. σελ. 259.