

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**<<ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΗΘΜΩΝ GFF ΚΑΙ GFC ΣΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΤΗΣ
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΤΟΠΛΑΓΚΤΙΚΩΝ ΧΡΩΣΤΙΚΩΝ>>**

ΤΑΣΙΟΠΟΥΛΟΥ ΣΟΦΙΑ

ΒΟΛΟΣ 2020

**Σύγκριση των ηθμών τύπου GFF και GFC στον προσδιορισμό της
συγκέντρωσης των φυτοπλαγκτικών χρωστικών**

Εξεταστική επιτροπή:

1. **Κωνσταντίνος Κορμάς**, Καθηγητής, Μικροβιακή οικολογία υδάτινου περιβάλλοντος, Τμήμα Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Επιβλέπων**
2. **Ήρα Καραγιάννη**, Επίκουρη Καθηγήτρια, Υδροβιολογία, Τμήμα Βιολογικών Εφαρμογών και Τεχνολογιών, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, **Μέλος**
3. **Ελισάβετ Βαρδάκα**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Βιολογία υδρόβιων μικροοργανισμών με έμφαση στα τοξικά και φωτοσυνθετικά βακτήρια, Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος, **Μέλος**

Στην οικογένειά μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα της πτυχιακής εργασίας μου κ. Κωνσταντίνο Κορμά για την βοήθειά του, την εμπιστοσύνη και υπομονή που υπέδειξε κατά τις δειγματοληψίες, τη διεξαγωγή του πειράματος αλλά και τη συγγραφή της παρούσας εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής κ. Ήρα Καραγιάννη και κ. Ελισάβετ Βαρδάκα.

Ακόμη, ευχαριστώ θερμά τη Δρ. Ελένη Νικούλη για την βοήθειά της κατά τη διεξαγωγή του πειράματος.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την στήριξη και την συμπαράσταση όλα τα χρόνια της φοίτησής μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι παράκτιες περιοχές είναι το σημείο αλληλεπίδρασης μεταξύ του χερσαίου και θαλάσσιου τμήματος της γης. Χαρακτηρίζονται από υψηλή παραγωγικότητα αλλά και από μεγάλη βιοποικιλότητα ειδών, εντούτοις οι πληροφορίες σχετικά με τη δομή αυτών των οργανισμών είναι περιορισμένες. Η εκτίμηση της σύνθεσης της φυτοπλαγκτονικής κοινότητας είναι απαραίτητη γνώση για την κατανόηση της δομής και της δυναμικής των θαλάσσιων οικοσυστημάτων. Για αυτό λόγο, κρίνεται αναγκαίο η διεύρυνση της ασφαλέστερης και αποτελεσματικότερης χρησιμοποίησης κατάλληλου ηθμού. Σκοπός την παρούσας εργασίας ήταν η πραγματοποίηση συγκρίσεων μεταξύ ηθμών τύπου GFC και GFF για να εκτιμηθεί η μηνιαία διακύμανση των κύριων φυτοπλαγκτικών χρωστικών της παράκτιας περιοχής κοντά στο πάρκο του Αγίου Κωνσταντίνου του Βόλου. Μελετώντας τα δείγματα δεν φανερώθηκε διάφορα ανάμεσα στους ηθμούς GFC και GFF. Από αυτή τη μελέτη προτείνεται η χρησιμοποίηση φίλτρων GFF λόγω της μικρότερης τυπικής απόκλισης που παρατηρηθήκαν ανάμεσα στις τιμές των φυτοχρωστικών καθώς και πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1.1. Παράκτιες περιοχές.....	8
1.2.Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά θαλάσσιων υδάτων.....	8
1.2.1.Κύματα.....	8
1.2.2.Θερμοκρασία.....	8
1.2.3.pH.....	9
1.2.4.Θολρότητα.....	9
1.2.5.Αγωγιμότητα.....	9
1.3.Φωτοσυνθετικές ενώσεις.....	10
1.4.Σκοπός.....	14
2.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	15
2.1.Περιοχή δειγματοληψίας.....	15
2.2.Πειραματική διαδικασία στην περιοχή δειγματοληψίας.....	15
2.3. Διαδικασία διήθησης και αποθήκευση των φίλτρα.....	15
2.3. Διαδικασία διήθησης και αποθήκευση των φίλτρων.....	16
2.3 Στατιστική ανάλυση.....	17
3.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	18
4.ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	48
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	53
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	55

Κεφάλαιο 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Παράκτιες περιοχές

Οι παράκτιες περιοχές είναι το σημείο αλληλεπίδρασης μεταξύ του χερσαίου και θαλάσσιου τμήματος της γης. Χαρακτηρίζονται από υψηλή παραγωγικότητα αλλά και από μεγάλη βιοποικιλότητα ειδών. Οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων και του διαλυμένου οξυγόνου στα παράκτια νερά διαφέρουν σημαντικά από αυτές της ανοιχτής θάλασσας. Στις περιοχές αυτές οι χερσαίες διεργασίες επηρεάζουν άμεσα τις θαλάσσιες διεργασίες και χρήσεις και αντίστροφα. Σε όλες τις Ευρωπαϊκές χώρες, οι παράκτιες περιοχές έχουν χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία λιμανιών και πάρκων αναψυχής. Επιπλέον, εξαιτίας του υπερπληθυσμού, της ρύπανσης, της εκμετάλλευσης των θαλασσών δημιουργούνται οικολογικά προβλήματα με αποτέλεσμα να υποβαθμίζονται τα παράκτια συστήματα. Η κλιματική αλλαγή, ο ευτροφισμός και η εξαφάνιση ενδιαιτημάτων είναι μερικά από τα οικολογικά προβλήματα της παράκτιας ζώνης.

1.2. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά θαλάσσιων υδάτων

1.2.1. Κύματα

Οι κινήσεις που δημιουργούνται υπό την επίδραση ειδικών τοπικών συνθηκών χαρακτηρίζονται ως κύματα. Χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες: τα επιφανειακά, τα στάσιμα και τα παλιρροϊκά κύματα. Στην ωκεάνια ζώνη, εξαιτίας των κυμάτων επηρεάζονται η διείσδυση του φωτός και η ανάμειξη των υδάτων. Επίσης, λόγω των κυμάτων επηρεάζεται και η μορφολογία των οργανισμών. Σημαντικό ρόλο στα σχήματα των οργανισμών παίζει και η ένταση του κύματος. Με την ανάδευση που προκαλείται από τον κυματισμό έχουμε καλύτερη οξυγόνωση του νερού.

1.2.2. Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία επηρεάζει τη διαλυτότητα του οξυγόνου και άλλων συστατικών και γι αυτό είναι καθοριστικός παράγοντας ελέγχου της ποιότητας και της λειτουργίας των υδάτινων οικοσυστημάτων. Τα επιφανειακά νερά επηρεάζονται από τις ημερήσιες αλλαγές της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας αλλά αντιδρούν με κάποια καθυστέρηση. Για το λόγο αυτό, το μέγιστο παρατηρείται γύρω στις 14:00, ενώ το ελάχιστο στη 01:00. Οι μεγαλύτερες

τιμές, όσον αφορά την εποχή παρατηρούνται το καλοκαίρι, όσον αφορά το γεωγραφικό πλάτος στις τροπικές περιοχές και όσον αφορά την απόσταση από την ξηρά στις παράκτιες περιοχές. Οι εποχιακές αλλαγές της θερμοκρασίας μειώνονται όσο πάμε προς τον Ισημερινό και στους πόλους. Στον Ισημερινό οι εποχιακές διακυμάνσεις δεν υπερβαίνουν τους 3 °C και στους πόλους τους 2 °C.

Η θερμοκρασία της θάλασσας μειώνεται με το βάθος. Στα επιφανειακά στρώματα η μείωση της θερμοκρασίας γίνεται απότομα, ενώ στα βαθύτερα γίνεται βραδύτερα. Την άνοιξη η επιφανειακή θερμοκρασία αυξάνει με την απορρόφηση ενέργειας και εμφανίζεται ένα μόνιμο θερμοκλίνας. Στα 1500 m η θερμοκρασία δεν ξεπερνά τους 4 °C (Ridgway, 1969).

1.2.3. pH

Το pH καθορίζει τη διαλυτότητα και τη χημική μορφή των περισσότερων ουσιών που βρίσκονται στο θαλάσσιο οικοσύστημα. Η φωτοσύνθεση και η αναπνοή των οργανισμών του θαλάσσιου οικοσυστήματος έχουν άμεση σχέση με την αύξηση ή τη μείωση του pH. Επιπλέον, άμεση συνδεδεμένη με το pH είναι και η παραγωγικότητα της βιομάζας. Στη θάλασσα οι φυσιολογικές τιμές του pH κυμαίνονται από 6 έως 9. Εάν η τιμή του pH είναι μικρότερη από 5 τότε όλα τα ζώα και τα φυτά πεθαίνουν.

1.3.4. Θολερότητα

Η θολερότητα καθορίζει την ικανότητα διέλευσης του ηλιακού φωτός μέσα στο νερό. Προκαλείται από τη διάβρωση ή την αποσύνθεση οργανισμών μετά το θάνατο ή από τα αιωρούμενα στερεά που περιέχονται στα λύματα και στα βιομηχανικά απόβλητα. Ο βαθμός θολερότητας των νερών είναι μέτρο εκτίμησης του βαθμού της ρύπανσης (Chang et al. 2002). Όσο μεγαλύτερη είναι η θολερότητα τόσο οργανισμοί που έχουν αυξημένες ανάγκες σε φως, πεθαίνουν.

1.2.5. Αγωγιμότητα

Η αγωγιμότητα του θαλασσινού νερού έχει άμεση σχέση τόσο με την αλατότητα όσο και με την θερμοκρασία και την πίεση. Όταν η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται, αυξάνεται και η αγωγιμότητα. Για παράδειγμα όταν η

θάλασσα ζεσταίνεται από τον ήλιο, η αγωγιμότητα αυξάνεται, ενώ τη νύχτα η αγωγιμότητα μειώνεται αφού μειώνεται και η θερμοκρασία. Αυτό οφείλεται στην αυξανόμενη κινητικότητα των ιόντων και στην αύξηση της διαλυτότητας πολλών αλάτων και οξειδίων.

1.3. Φωτοσυνθετικές ενώσεις

Με τον όρο φωτοσυνθετικές ενώσεις χαρακτηρίζονται οι ενώσεις που μπορούν να απορροφούν ακτινοβολία στο ορατό φάσμα του φωτός. Στο υδάτινο περιβάλλον, η χλωροφύλλη α, η οποία είναι η κυριότερη χρωστική, συναντάται σε όλους τους φυτικούς οργανισμούς. Με βάση τη χημική δομή τους, οι φωτοσυνθετικές χρωστικές χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες:

- Χλωροφύλλες
Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι ενώσεις:
Χλωροφύλλη α
Χλωροφύλλη β
Χλωροφύλλη γ 1
Χλωροφύλλη γ 2
Χλωροφύλλη γ 3
Διβυνιλοχλωροφύλλη α
Διβυνιλοχλωροφύλλη β
- Καροτένια:
Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι ενώσεις:
α καροτένιο, β καροτένιο, γ καροτένιο, ε καροτένιο, λυποπένιο
- Ξανθοφύλλες
Είναι η μεγαλύτερη κατηγορία χρωστικών και περιλαμβάνει 25 ενώσεις.

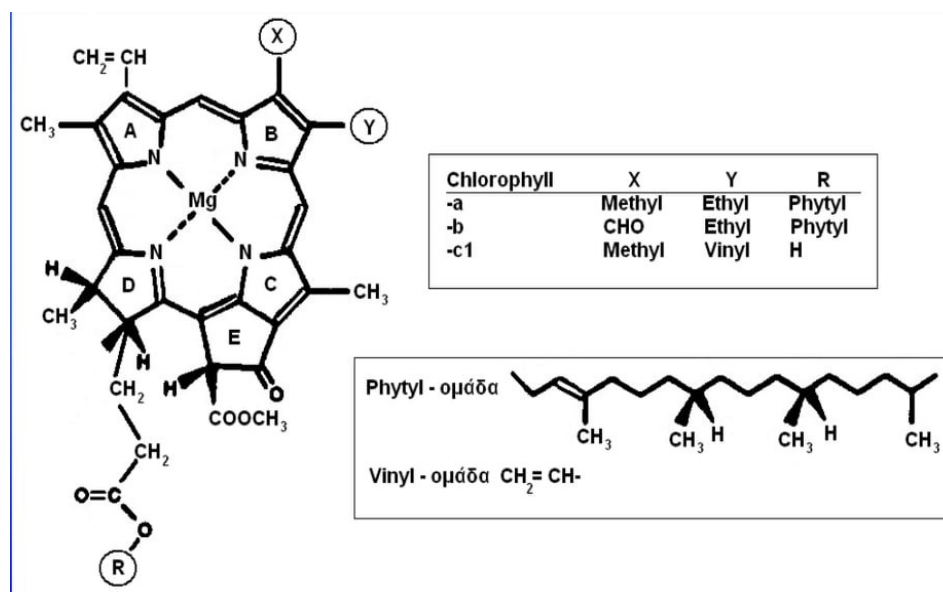
Αλλοξανθίνη
Ανθεραξανθίνη
Αστραξανθίνη
Εχινενόνη
Κανθαροξανθίνη
Φουκοξανθίνη
Λουτεΐνη
Νεοξανθίνη
Πρασινοξανθίνη
Βιολαξανθίνη

Ζεαξανθίνη

- Βιλπροτεΐνες
Αλλοφυκοκυανίνη
Φυκοκυανίνη
Φυκοερυθρίνη

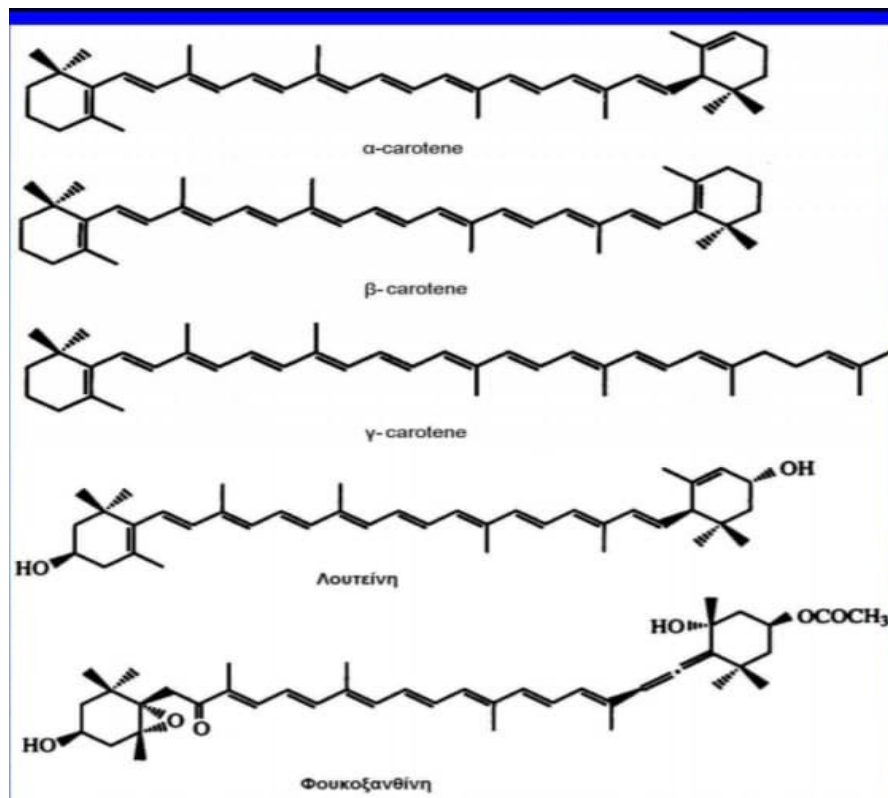
Οι χλωροφύλλες είναι κυκλικές τετραπυρόλες με ένα άτομο Mg στο κέντρο του δακτυλίου. Πολλά προϊόντα αποικοδόμησης είναι γνωστά:

1. Φαιοφυτίνες (χωρίς Mg στο κέντρο του τετραπυρολικού δακτυλίου)
2. Χλωροφυλλίνες (με Mg στο κέντρο του τετραπυρολικού δακτυλίου αλλά χωρίς φυτική αλυσίδα)
3. Φαιοφορβίδια (χωρίς Mg και χωρίς φυτική αλυσίδα).



Εικόνα 1. Συντακτικός τύπος των χρωστικών της ομάδας των χλωροφυλλών (Δασενάκης 2015).

Τα καροτένια και οι ξανθοφύλλες είναι πολυισοπrenoειδείς ενώσεις με ποικιλία δομών κυρίως στο θαλασσινό περιβάλλον.



Εικόνα 2. Συντακτικός τύπος των Καροτενίων, και των Ξανθοφυλλών Λουτεΐνη και Φουκοξανθίνη (Δασενάκης 2015).

Η κύρια φωτοσυνθετική χρωστική για τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς που εκλύουν οξυγόνο, είναι η χλωροφύλλη α. Η συγκεκριμένη χλωροφύλλη βρίσκεται σε όλα τα κυανοβακτήρια, φύκη καθώς και σε άλλους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς εκτός από τα φωτοσυνθετικά θειοβακτήρια.

Χαρακτηριστικά της χλωροφύλλης α:

- Απορροφάται σε μήκη κύματος που αντιστοιχούν περισσότερο στο κόκκινο χρώμα του φάσματος (κοντά στα 650-700 nm) και λιγότερο στο μπλε-μωβ χρώμα (κοντά στα 450nm).
- Βρίσκεται στους φυτοπλαγκτικούς οργανισμούς που ζουν στα κατώτερα μέρη της εύφωτης ζώνης.
- Δίνει πολύτιμες πληροφορίες για την εκτίμηση της βιομάζας του φυτοπλαγκτού σε ένα υδάτινο σύστημα.
- Η συγκέντρωσή της αποτελεί δείκτη διατάραξης ενός θαλάσσιου οικοσυστήματος από ευτροφισμό.

Πίνακας 1. Η φυσική παρουσία των κύριων χρωστικών της ομάδας των χλωροφυλλών (Δασενάκης 2015).

Χλωροφύλλη α	Όλα τα φωτοσυνθετικά βακτήρια (εκτός από προχλωρόφυτα) και φυτά
Χλωροφύλλη β	Φυτά, Πρασινοβακτήρια, Συμβιωτικά προχλωρόφυτα
Χλωροφύλλη γ (6 μέλη)	Χρωμοφύκη, Διάφορα θαλάσσια φύκη
Χλωροφυλλίνη α	Γηρασμένοι ιστοί, Διάτομα centrales, Ζωοπλαγκτονικές Ψ
Χλωροφυλλίνη β	Γηρασμένοι ιστοί, Ζωοπλαγκτονικές περιττωματικές πελέτες
Φαιοφυτίνη α	Φωτοσυνθετικά κέντρα μεγάλων φυτών, Υπολείμματα φυκών και φυτών
Φαιοφυτίνη β	Υπολείμματα χερσαίων φυτών, περιττωματικές πελέτες πρωτοζώων
Φαιοφορβίδιο α	Υπολείμματα θαλάσσιων φυτών, περιττωματικές πελέτες πρωτοζώων και ζωοπλαγκτόν
Φαιοφορβίδιο β	Υπολείμματα χερσαίων φυτών, περιττωματικές πελέτες πρωτοζώων

Η χλωροφύλλη β έχει παρόμοια δομή με την χλωροφύλλη α. Η χλωροφύλλη β μεταφέρει την απορροφημένη φωτεινή ενέργεια προς την χλωροφύλλη α για τις κύριες φωτοχημικές αντιδράσεις. Απορροφάται σε μήκη κύματος που αντιστοιχούν κοντά στα 645nm και στα 435nm.

Η χλωροφύλλη γ αποτελείται από τρία φασματικώς διακριτά συστατικά. Απορροφάται σε μήκη κύματος που αντιστοιχούν κοντά στα 630-635nm, στα 583-586nm και στα 444-452nm.

Οι ξανθοφύλλες είναι οξυγονομένα παράγωγα των καροτινών. Η καροτίνη β είναι η πιο διαδεδομένη από τις καροτίνες.

1.4.Σκοπός

Βασικός σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να ελέγξει εάν υπάρχουν διαφορές στη μηνιαία διακύμανση των κύριων φυτοπλαγκτικών χρωστικών (χλωροφύλλη α, χλωροφύλλη β, χλωροφύλλη γ, καροτενοειδή και φαιοφυτίνες) της παράκτιας περιοχής κοντά στο πάρκο του Αγίου

Κωνσταντίνου του Βόλου ανάμεσα σε ηθμό τύπου GFC και σε ηθμό τύπου GFF. Για την πιο αξιόπιστη σύγκριση, έγιναν μετρήσεις των φυτοχρωστικών σε διάφορες χρονικές περιόδους στο λιμάνι του Βόλου το έτος 2018.

Κεφάλαιο 2.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Περιοχή δειγματοληψίας

Η περιοχή που πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία, είναι στο λιμάνι του Βόλου και συγκεκριμένα μπροστά από το πάρκο του Άγιου Κωνσταντίνου, το οποίο βρίσκεται στον Παγασητικό Κόλπο. Ο Παγασητικός Κόλπος είναι ένας ημίκλειστος κόλπος που περιβάλλεται από τις ορεινές περιοχές του Πηλίου. Στο ανατολικό τμήμα του εμφανίζεται το μέγιστο βάθος του που είναι 102 m. Επίσης, η επιφάνεια του είναι 520km και ο μέσος όγκος του είναι 36 km³(Petihakis et al., 2002).

2.2. Δειγματοληψία

Συνολικά έγιναν 6 δειγματοληψίες νερού από το μήνα Απρίλιο (26/4/2018) έως το μήνα Δεκέμβριο (13/12/2018). Σε κάθε δειγματοληψία έγινε συνολική λήψη 8 L θαλασσινού νερού σε αδιαφανής πλαστικά δοχεία. Κατά τη διάρκεια κάθε δειγματοληψίας, καταγράφονταν η ώρα δειγματοληψίας, η θερμοκρασία του νερού και οι καιρικές συνθήκες. Στη συνέχεια, τα δοχεία μεταφέρονταν στο εργαστήριο.

2.3. Διαδικασία διήθησης και αποθήκευση των φίλτρων

Στο εργαστήριο έγινε μέτρηση του pH με πεχαμετρικό χαρτί και μέτρηση της αγωγιμότητας και της θερμοκρασίας με συσκευή μέτρησης αγωγιμότητας. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε διήθηση 1 λίτρου νερού με τη χρήση αντλίας κενού και χρησιμοποιήθηκαν 3 φίλτρα GFF και 3 φίλτρα GFC.



Εικόνα 3.Συσκευή διήθησης(προσωπικό αρχείο).

Όταν τελειώσει κάθε διήθηση, το κάθε φίλτρο τοποθετείται σε αλουμινόχαρτο διπλωμένο στη μέση. Πάνω στο αλουμινόχαρτο γράφουμε την ημερομηνία, πόσα λίτρα διηθήθηκαν από το φίλτρο και τον τύπο του φίλτρου. Τέλος τα φίλτρα αποθηκεύονται στην κατάψυξη στους -20 °C.

2.4. Διαδικασία εκχύλισης και φωτομέτρηση

Κάθε φίλτρο τοποθετούνταν σε σωλήνα φυγοκέντρησης των 10 ml στον οποίο προστέθηκαν 5ml ακετόνης 90% και με μία γυάλινη ράβδο πιέζουμε τα τοιχώματα του σωλήνα για να εκχυλιστεί οτιδήποτε έχει πάνω του το φίλτρο στην ακετόνη. Ύστερα κλείνουμε με parafilm για να κλείσει αεροστεγώς και βάζουμε τα δείγματα στο ψυγείο στους -4 °C. Μετά από 24 ώρες βγάζουμε τα δείγματα από το ψυγείο ώστε να ξεκινήσει η διαδικασία της φυγόκεντρον. Σημειώνουμε τον τρόπο που τα έχουμε τοποθετήσει και βάζουμε τη φυγόκεντρο σε πρόγραμμα για 24 λεπτά με θερμοκρασία 25 °C στις 4000 rpm. Όταν τελειώσει η φυγοκέντρηση βγάζουμε τα δείγματα από τη φυγόκεντρο χωρίς να τα κουνήσουμε καθόλου. Στο φωτόμετρο κάθε φορά τοποθετούμε ένα δείγμα. Καθαρίζουμε τις δύο κυψελίδες μήκους 1 cm και στη μία βάζουμε για μάρτυρα 3 ml ακετόνης 90 % και στην άλλη το δείγμα μας τόσα ml όσα και ο μάρτυρας. Τοποθετώ το μάρτυρα στο φωτόμετρο, επιλέγω μήκος κύματος, μηδενίζω, βγάζω μάρτυρα και βάζω δείγμα. Τέλος καταγράφω τη μέτρηση και βγάζω το δείγμα. Τα μήκη κύματος που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής : 750, 664, 647, 510, 480 nm. Στη συνέχεια προσθέτονταν στο δείγμα 2 σταγόνες HCL 10% και πραγματοποιείται φωτομέτρηση ξανά σε μήκη κύματος 750 και 664 nm για τον προσδιορισμό των φαιοφυτίνων. Τέλος υπολογίστηκαν οι φυτοχρωστικές με την χρήση των εξισώσεων των Jeffrey & Humphrey (1975).

Πίνακας 2. Μήκη κύματος.

750nm	Θολερότητα
664nm	Χλωροφύλλη-α
647nm	Χλωροφύλλη-β
630nm	Χλωροφύλλη-γ
510nm	Καροτενοειδή
480nm	Καροτενοειδή
750nm HCL	Φαιοφυτίνες
664nm HCL	Φαιοφυτίνες

Πίνακας 3. Εξισώσεις υπολογισμού φωτοχρωστικών.

Χλωροφύλλη α	11,85*(E664)-1,54*(E647)-0,08*(E630)
Χλωροφύλλη β	21,03*(E647)-5,43*(E664)-2,66*(E630)
Χλωροφύλλη γ	24,52*(E630)-1,67*(E664)-7,60*(E647)

Ολικά καροτενοειδή	$7,6*(E480-(1,49*E510))$
Φαιοφυτίνες	$26,7*(1,7*(E664,HLC) - (E664))$

όπου E664,647,630 = απορρόφηση στα αντίστοιχα μήκη κύματος-απορρόφηση στα 750 nm (E750)

E510= απορρόφηση στα 510

E480 = απορρόφηση στα 480 nm

E664, HLC = απορρόφηση στα 664 nm μετά την προσθήκη του οξέως

v = ο όγκος της ακετόνης που χρησιμοποιήθηκε (ml)

V= ο όγκος του θαλασσινού νερού που διηθήθηκε (l)

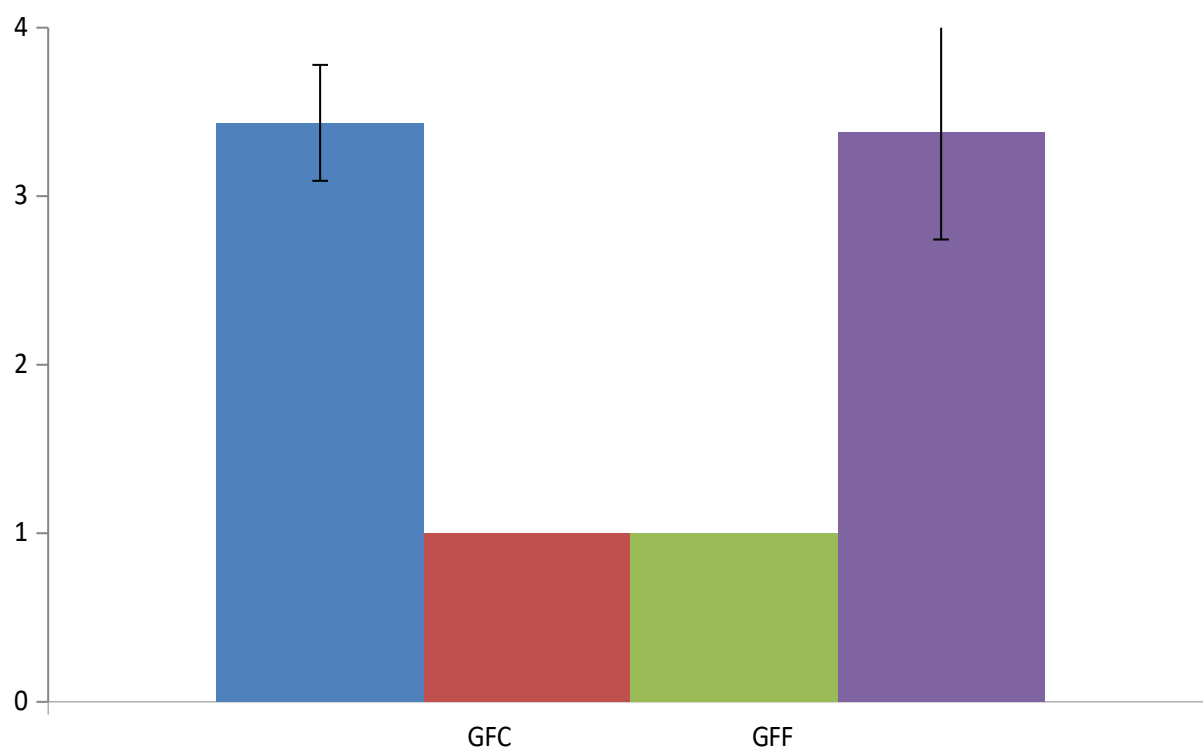
l = το μήκος της κυψελίδας (cm)

2.5 Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε με το στατιστικό πρόγραμμα S.P.S.S. με τη μέθοδο της ανάλυσης της διακύμανσης (Analysis of Variance - ANOVA). Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση της διακύμανσης για να ελέγχουν πως διαφοροποιούνται οι τιμές των φυτοχρωστικών ανάλογα με τον διαφορετικό ηθμό που χρησιμοποιήθηκε σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας που ορίστηκε στο $p < 0.05$.

Κεφάλαιο 3.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

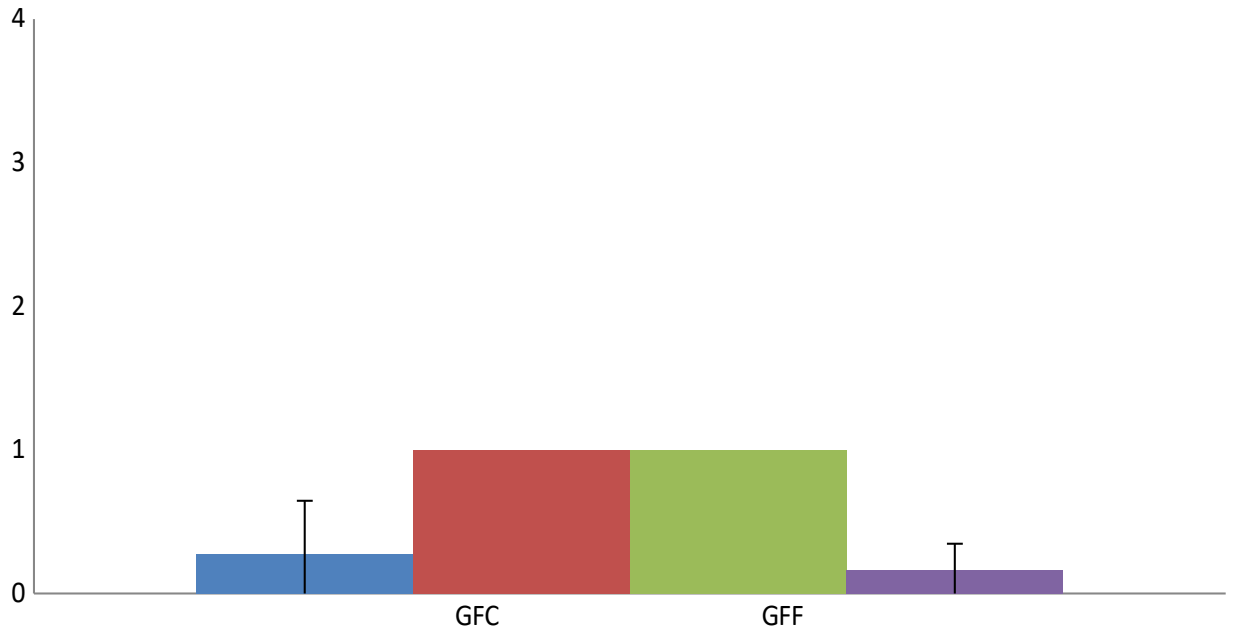
Στο σχήμα 1 φαίνονται οι μέσες τιμές της χλωροφύλλης α κατά τη δειγματοληψία του Απριλίου. Η μέση τιμή της χλωροφύλλης α ήταν $3,435 \pm 0,344$ $\mu\text{g/l}$ από τη χρησιμοποίηση φίλτρων GFC. Επιπλέον, η μέση τιμή της χλωροφύλλης α ήταν $3,380 \pm 0,637$ $\mu\text{g/l}$ από τη χρησιμοποίηση φίλτρων GFF.



Σχήμα 1. Διακύμανση της χλωροφύλλης α κατά την δειγματοληψία του Απριλίου.

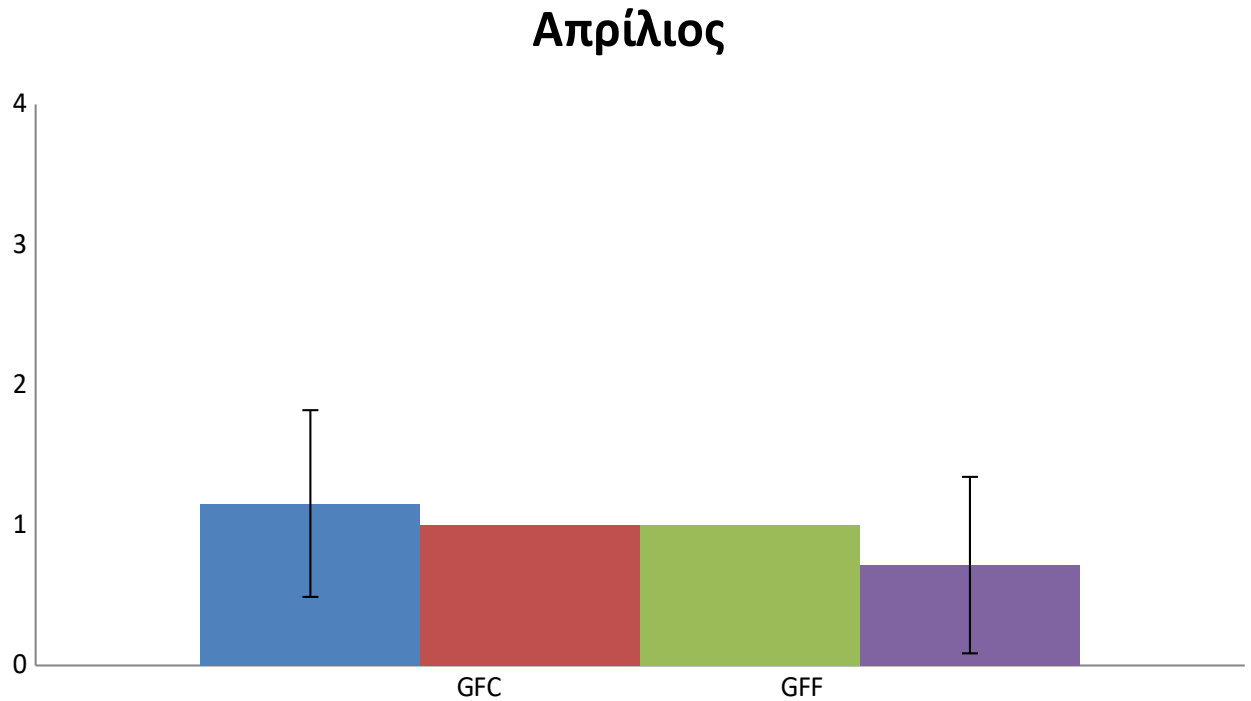
Στο σχήμα 2 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της χλωροφύλλης β κατά τη δειγματοληψία του Απριλίου. Η μέση τιμή της χλωροφύλλης β που παρατηρήθηκε από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFC ήταν $0,276 \pm 0,369$ $\mu\text{g/l}$ ενώ από την χρησιμοποίηση των φίλτρων GFF ήταν $0,167 \pm 0,180$ $\mu\text{g/l}$.

Απρίλιος



Σχήμα 2. Διακύμανση της χλωροφύλλης β κατά την δειγματοληψία του Απριλίου.

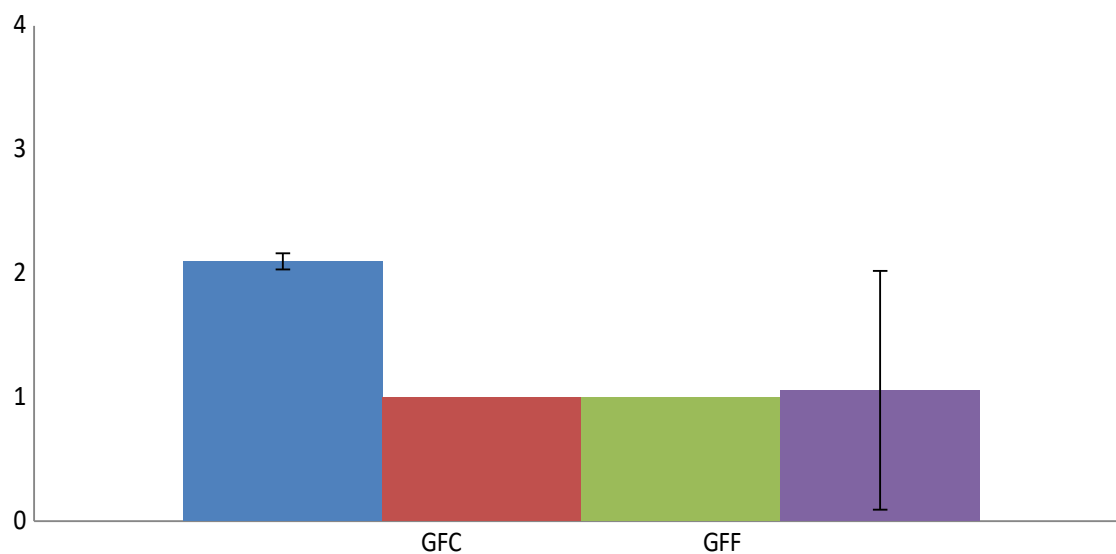
Στο σχήμα 3 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της χλωροφύλλης γ κατά τη δειγματοληψία του Απριλίου. Η μέση τιμή της χλωροφύλλης γ ήταν $1,154 \pm 0,666 \mu\text{g/l}$ από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFC και η τιμή της χλωροφύλλης γ που προέκυψε από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFF ήταν $0,715 \pm 0,629 \mu\text{g/l}$.



Σχήμα 3. Διακύμανση της χλωροφύλλης γ κατά την δειγματοληψία του Απριλίου.

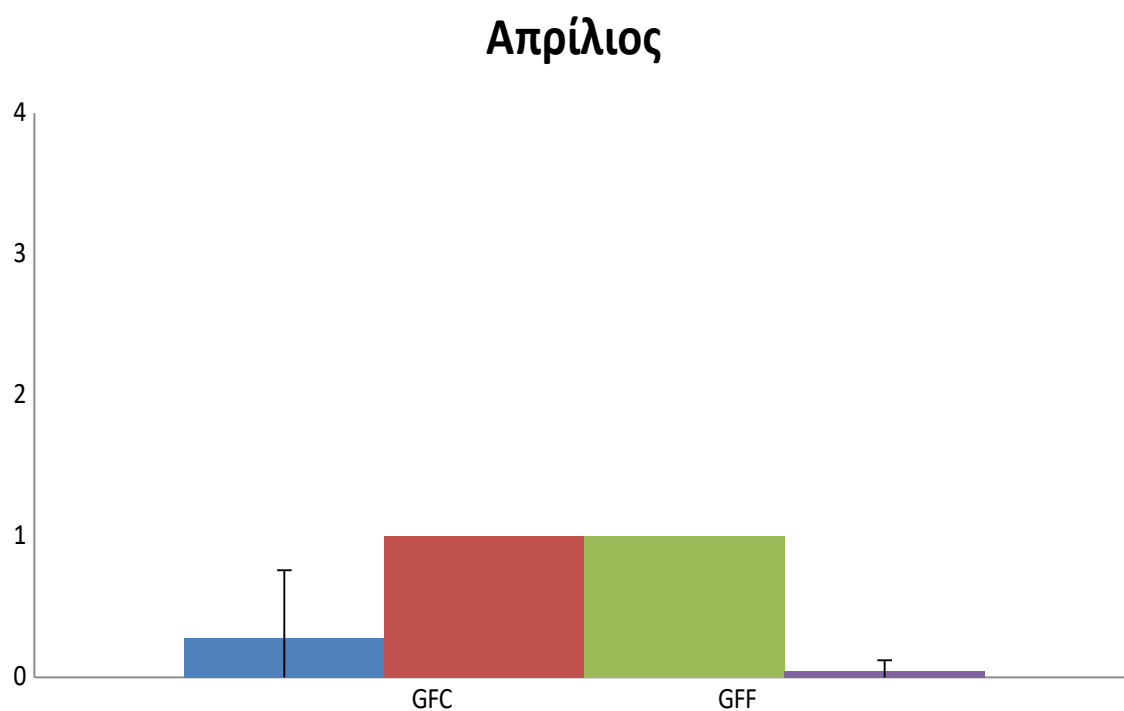
Στο σχήμα 4 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των καροτενοειδών κατά τη δειγματοληψία του Απριλίου. Η μέση τιμή των καροτενοειδών ήταν $2,098 \pm 0,065$ $\mu\text{g/l}$ από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFC και η μέση τιμή των καροτενοειδών που προέκυψε από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFF ήταν $1,056 \pm 0,964$ $\mu\text{g/l}$.

Απρίλιος



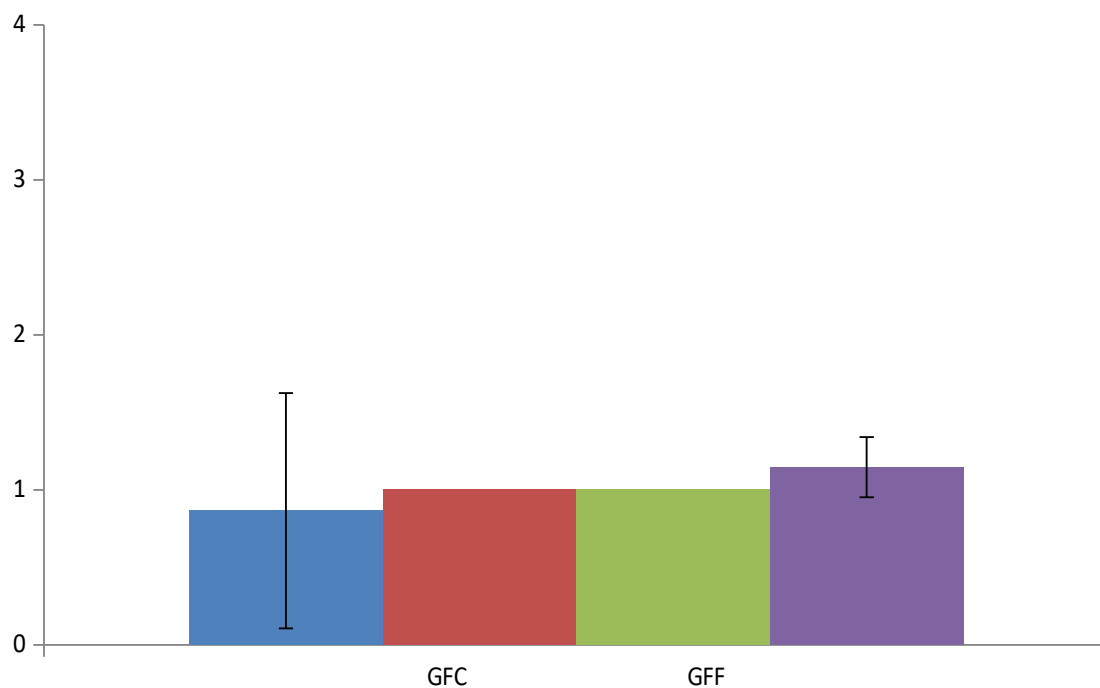
Σχήμα 4. Διακύμανση των καροτενοειδών κατά την δειγματοληψία του Απριλίου.

Στο σχήμα 5 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των φαιοφυτίνων κατά τη δειγματοληψία του Απριλίου. Η μέση τιμή των φαιοφυτίνων ήταν $0,278 \pm 0,481 \mu\text{g/l}$ από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFC και η μέση τιμή των καροτενοειδών που προέκυψε από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFF ήταν $0,044 \pm 0,076 \mu\text{g/l}$.



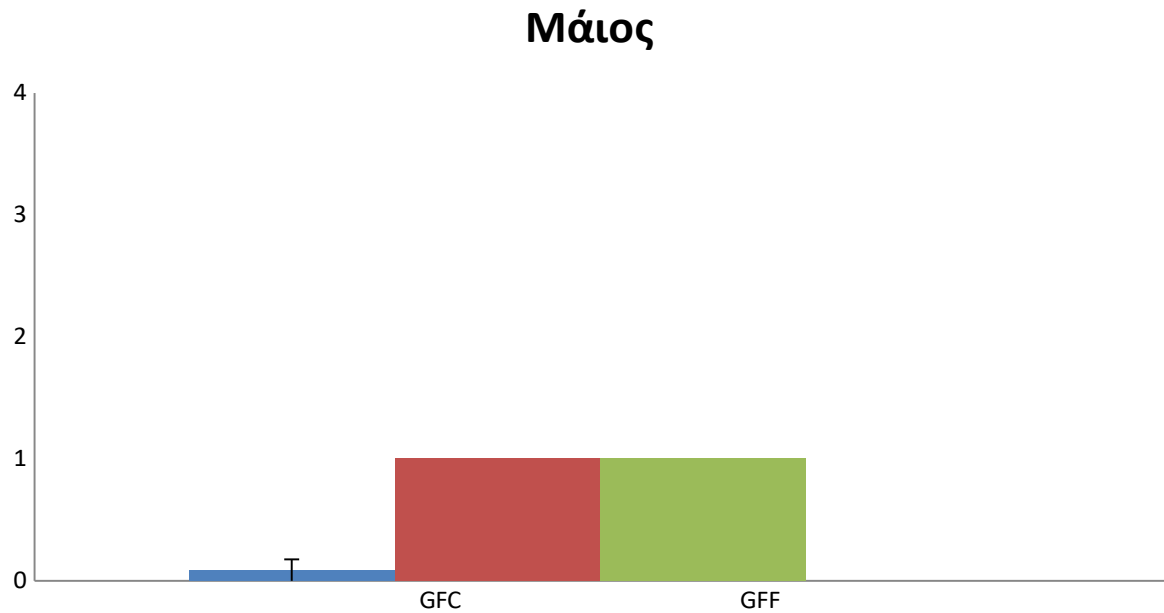
Σχήμα 5. Διακύμανση των φαιοφυτίνων κατά την δειγματοληψία του Απριλίου.

Στο σχήμα 6 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της χλωροφύλλης α κατά τη δειγματοληψία του Μαΐου. Η μέση τιμή της χλωροφύλλης α ήταν $0,866 \pm 0,759$ $\mu\text{g/l}$ από τη χρησιμοποίηση φίλτρων GFC. Επιπλέον, η μέση τιμή της χλωροφύλλης α ήταν $1,146 \pm 0,194$ $\mu\text{g/l}$ από τη χρησιμοποίηση φίλτρων GFF.



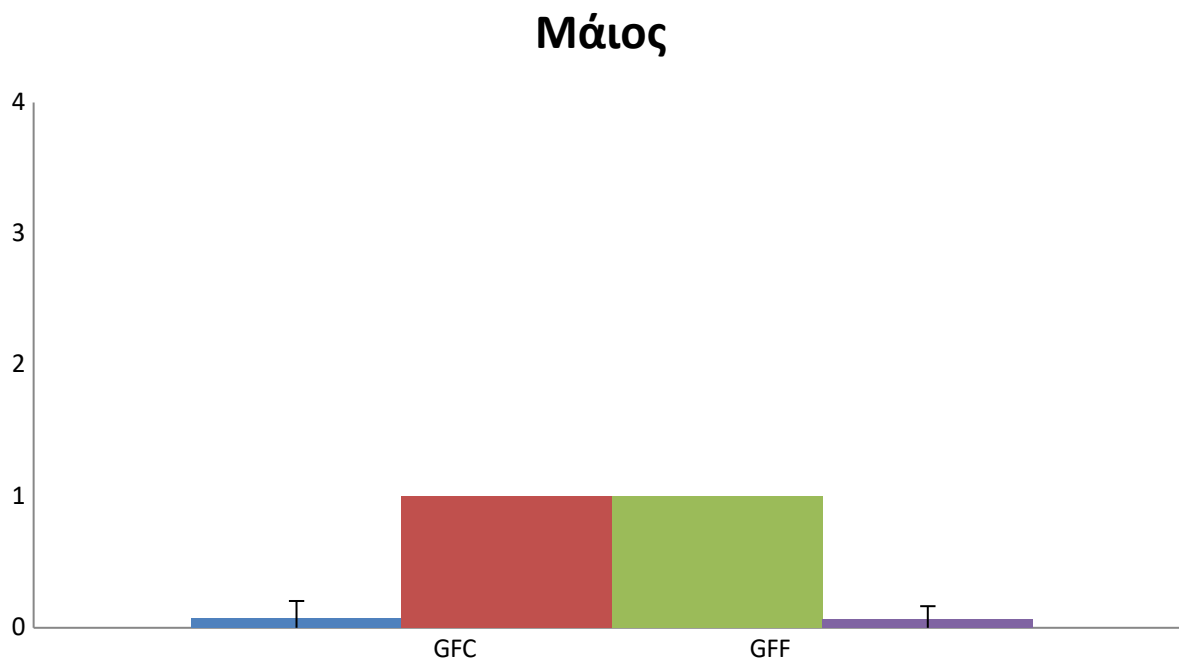
Σχήμα 6. Διακύμανση της χλωροφύλλης α κατά την δειγματοληψία του Μαΐου.

Στο σχήμα 7 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της χλωροφύλλης β κατά τη δειγματοληψία του Μαΐου. Η μέση τιμή της χλωροφύλλης β που παρατηρήθηκε από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFC ήταν $0,087 \pm 0,089$ $\mu\text{g/l}$ ενώ από την χρησιμοποίηση των φίλτρων GFF ήταν $0,0 \pm 0,0$ $\mu\text{g/l}$.



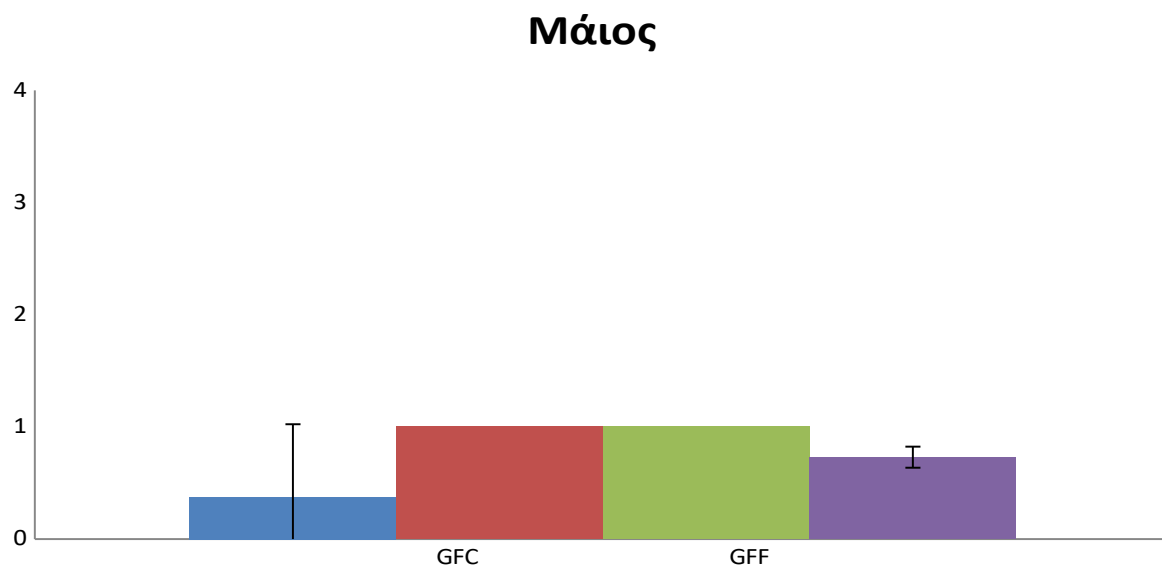
Σχήμα 7. Διακύμανση της χλωροφύλλης β κατά την δειγματοληψία του Μαΐου.

Στο σχήμα 8 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της χλωροφύλλης γ κατά τη δειγματοληψία του Μαΐου. Η μέση τιμή της χλωροφύλλης γ ήταν $0,074 \pm 0,129$ μονάδες από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFC και η μέση τιμή της χλωροφύλλης γ που προέκυψε από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFF ήταν $0,06 \pm 0,104$ $\mu\text{g/l}$.



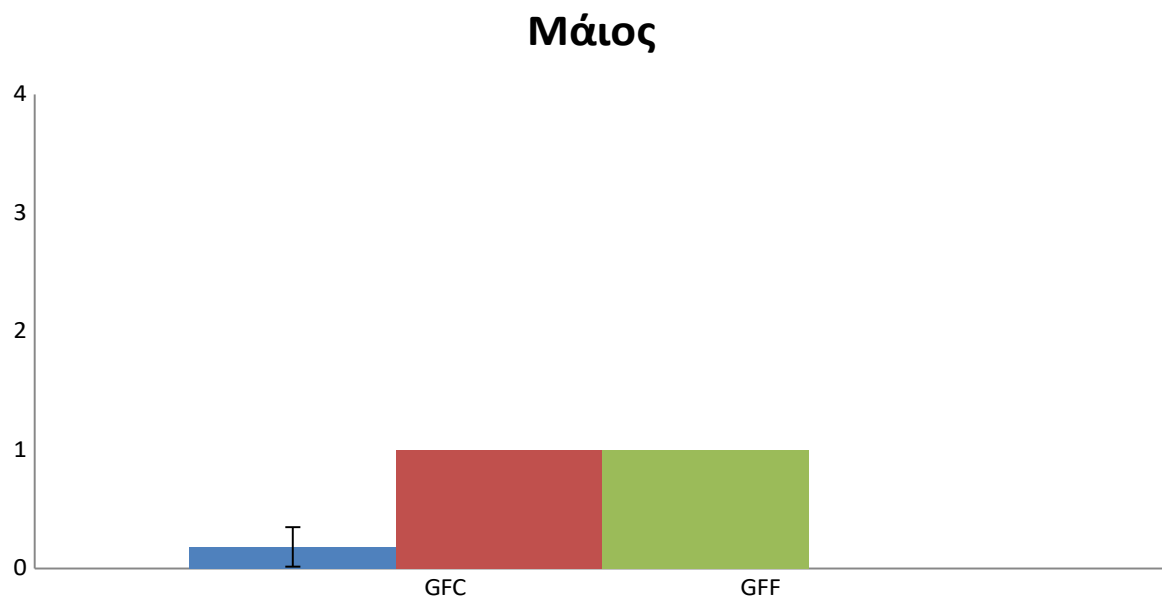
Σχήμα 8. Διακύμανση της χλωροφύλλης γ κατά την δειγματοληψία του Μαΐου.

Στο σχήμα 9 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των καροτενοειδών κατά τη δειγματοληψία του Απριλίου. Η μέση τιμή των καροτενοειδών ήταν $0,375 \pm 0,649$ από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFC και η μέση τιμή των καροτενοειδών που προέκυψε από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFF ήταν $0,730 \pm 0,094$ $\mu\text{g/l}$.



Σχήμα 9. Διακύμανση των καροτενοειδών κατά την δειγματοληψία του Μαΐου.

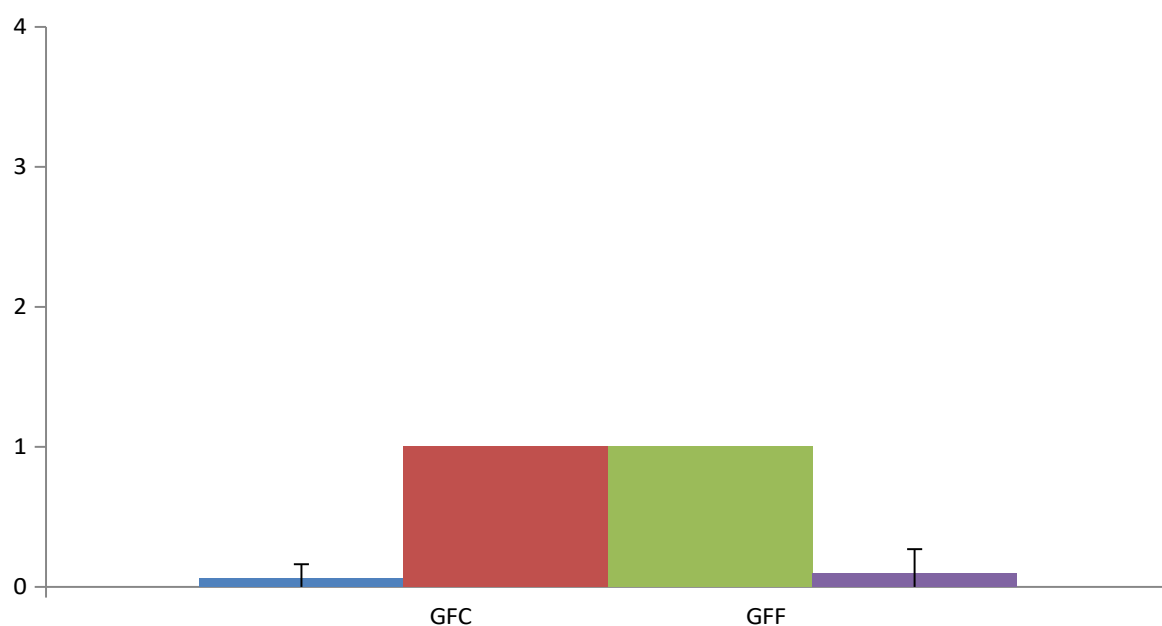
Στο σχήμα 10 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των φαιοφυτίνων κατά τη δειγματοληψία του Απριλίου. Η μέση τιμή των φαιοφυτίνων ήταν $0,183 \pm 0,167$ από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFC και η μέση τιμή των καροτενοειδών που προέκυψε από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFF ήταν $0,0 \pm 0,0$ $\mu\text{g/l}$.



Σχήμα 10. Διακύμανση των φαιοφυτίνων κατά την δειγματοληψία του Μαΐου.

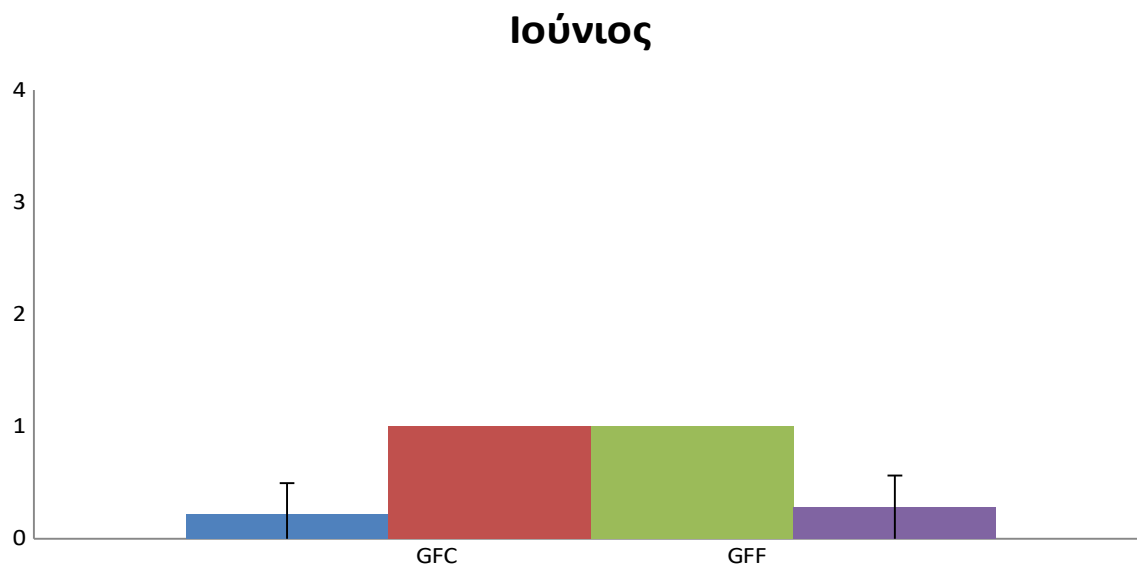
Στο σχήμα 11 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της χλωροφύλλης α κατά τη δειγματοληψία του Ιουνίου. Η μέση τιμή της χλωροφύλλης α ήταν $0,059 \pm 0,103$ $\mu\text{g/l}$ από τη χρησιμοποίηση φίλτρων GFC. Επιπλέον, η μέση τιμή της χλωροφύλλης α ήταν $0,099 \pm 0,171$ $\mu\text{g/l}$ από τη χρησιμοποίηση φίλτρων GFF. Οι μέσες τιμές της χλωροφύλλης β κατά τη δειγματοληψία του Ιουνίου ήταν μηδενικές.

Οι μέσες τιμές της χλωροφύλλης γ κατά τη δειγματοληψία του Ιουνίου ήταν μηδενικές.



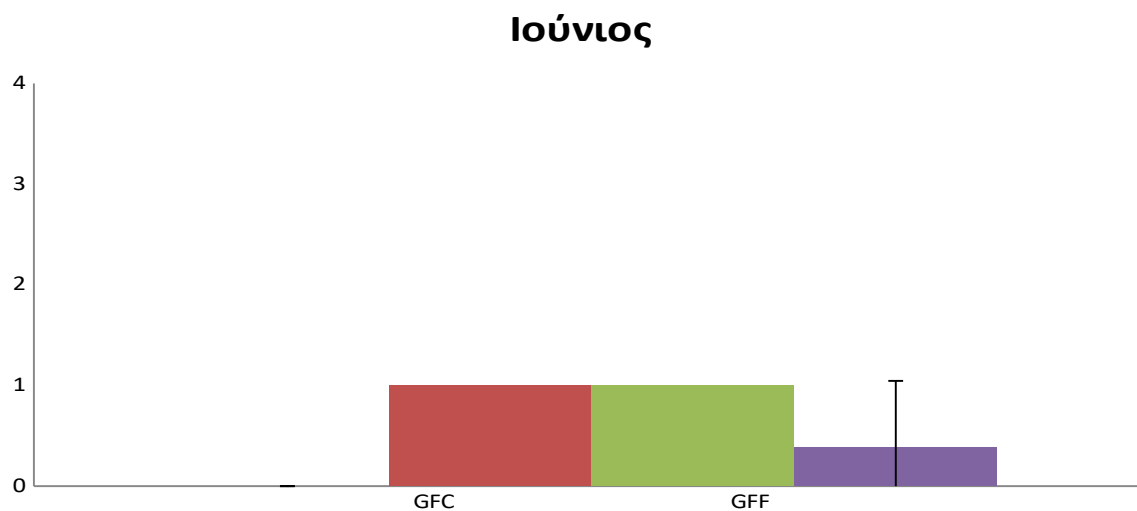
Σχήμα 11. Διακύμανση της χλωροφύλλης α κατά την δειγματοληψία του Ιουνίου.

Στο σχήμα 12 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των καροτενοειδών κατά τη δειγματοληψία του Απριλίου. Η μέση τιμή των καροτενοειδών ήταν $0,215 \pm 0,280$ από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFC και η μέση τιμή των καροτενοειδών που προέκυψε από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFF ήταν $0,279 \pm 0,285$ $\mu\text{g/l}$.



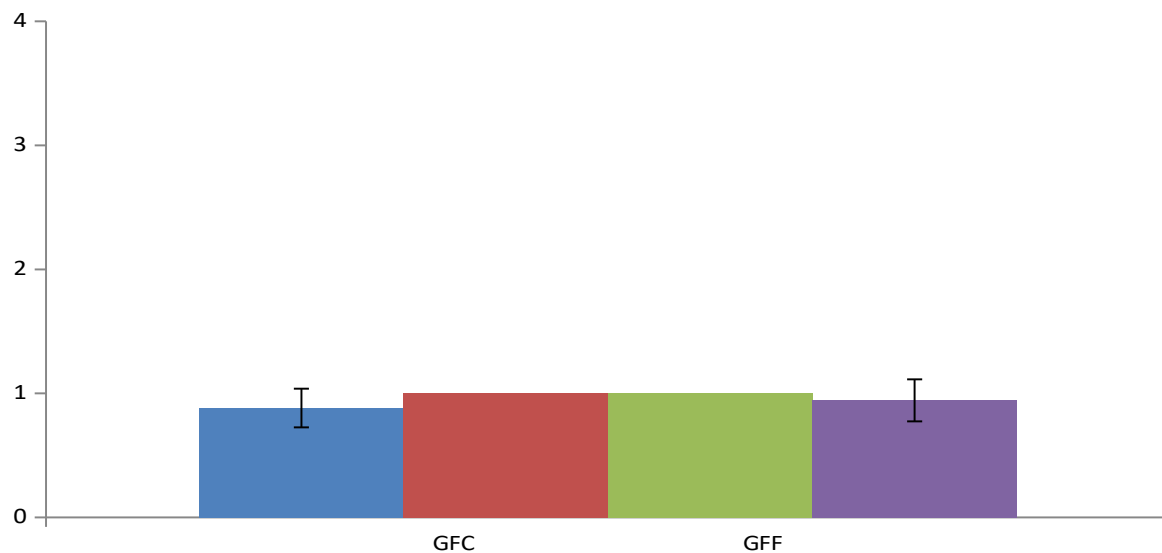
Σχήμα 12. Διακύμανση των καροτενοειδών κατά την δειγματοληψία του Ιουνίου.

Στο σχήμα 13 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των φαιοφυτίνων κατά τη δειγματοληψία του Απριλίου. Η μέση τιμή των φαιοφυτίνων ήταν $0,0 \pm 0,0$ από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFC και η μέση τιμή των καροτενοειδών που προέκυψε από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFF ήταν $0,383 \pm 0,663$ $\mu\text{g/l}$.



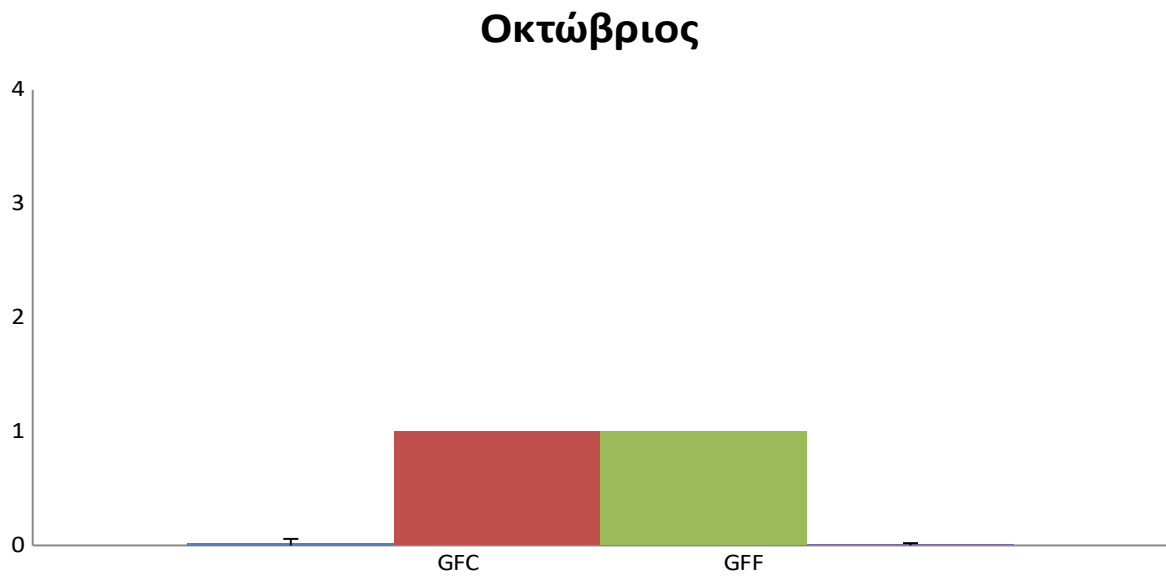
Σχήμα 13. Διακύμανση των φαιοφυτίνων κατά την δειγματοληψία του Ιουνίου.

Στο σχήμα 14 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της χλωροφύλλης α κατά τη δειγματοληψία του Οκτωβρίου. Η μέση τιμή της χλωροφύλλης α ήταν $0,882 \pm 0,156$ $\mu\text{g/l}$ από τη χρησιμοποίηση φίλτρων GFC. Επιπλέον, η μέση τιμή της χλωροφύλλης α ήταν $0,944 \pm 0,169$ $\mu\text{g/l}$ από τη χρησιμοποίηση φίλτρων GFF.



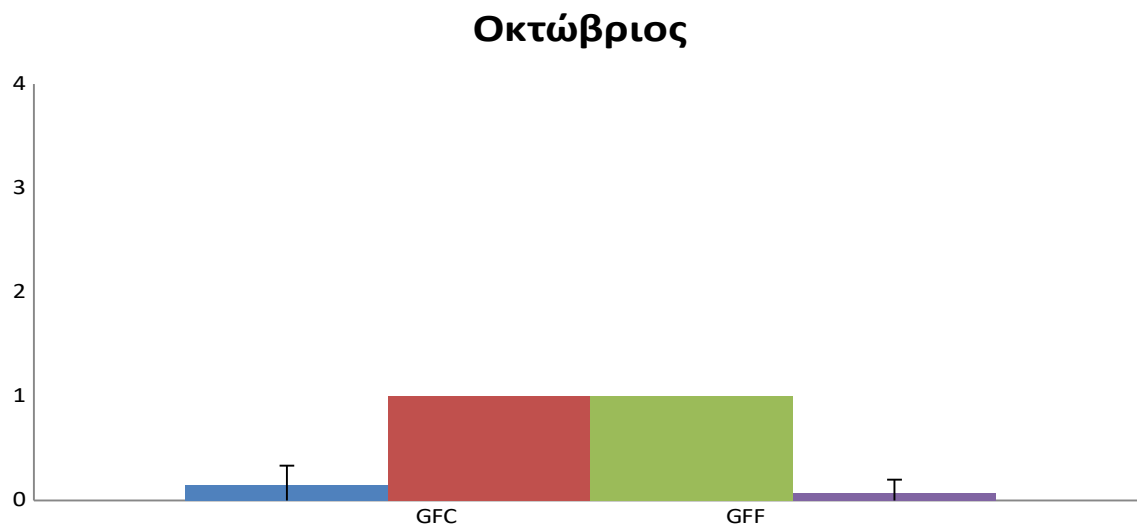
Σχήμα 14. Διακύμανση της χλωροφύλλης α κατά την δειγματοληψία του Οκτωβρίου.

Στο σχήμα 15 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της χλωροφύλλης β κατά τη δειγματοληψία του Οκτωβρίου. Η μέση τιμή της χλωροφύλλης β που παρατηρήθηκε από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFC ήταν $0,021 \pm 0,036$ $\mu\text{g/l}$ ενώ από την χρησιμοποίηση των φίλτρων GFF ήταν $0,007 \pm 0,012$ $\mu\text{g/l}$.



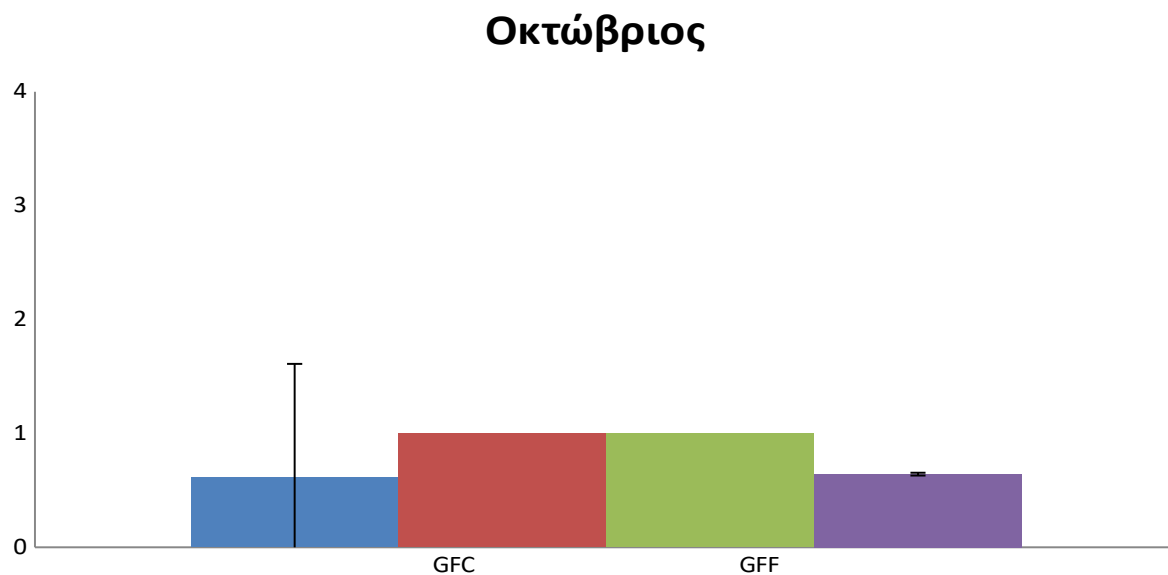
Σχήμα 15. Διακύμανση της χλωροφύλλης β κατά την δειγματοληψία του Οκτωβρίου.

Στο σχήμα 16 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της χλωροφύλλης γ κατά τη δειγματοληψία του Οκτωβρίου. Η μέση τιμή της χλωροφύλλης γ ήταν $0,146 \pm 0,187$ από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFC και η μέση τιμή της χλωροφύλλης γ που προέκυψε από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFF ήταν $0,073 \pm 0,126$ $\mu\text{g/l}$.



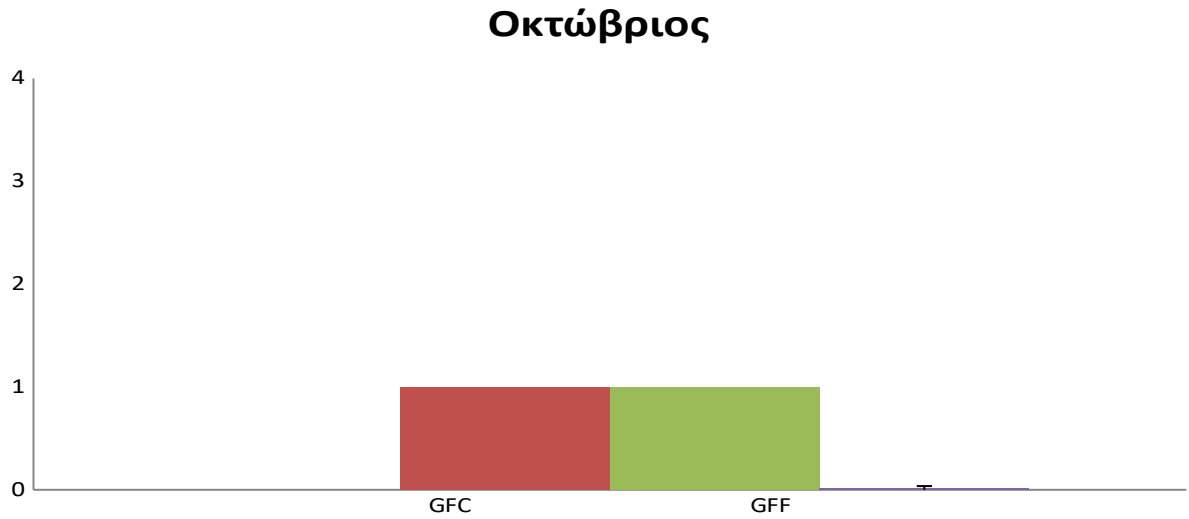
Σχήμα 16. Διακύμανση της χλωροφύλλης γ κατά την δειγματοληψία του Οκτωβρίου.

Στο σχήμα 17 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των καροτενοειδών κατά τη δειγματοληψία του Απριλίου. Η μέση τιμή των καροτενοειδών ήταν $0,610 \pm 0,115$ από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFC και η μέση τιμή των καροτενοειδών που προέκυψε από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFF ήταν $0,642 \pm 0,012$ $\mu\text{g/l}$.



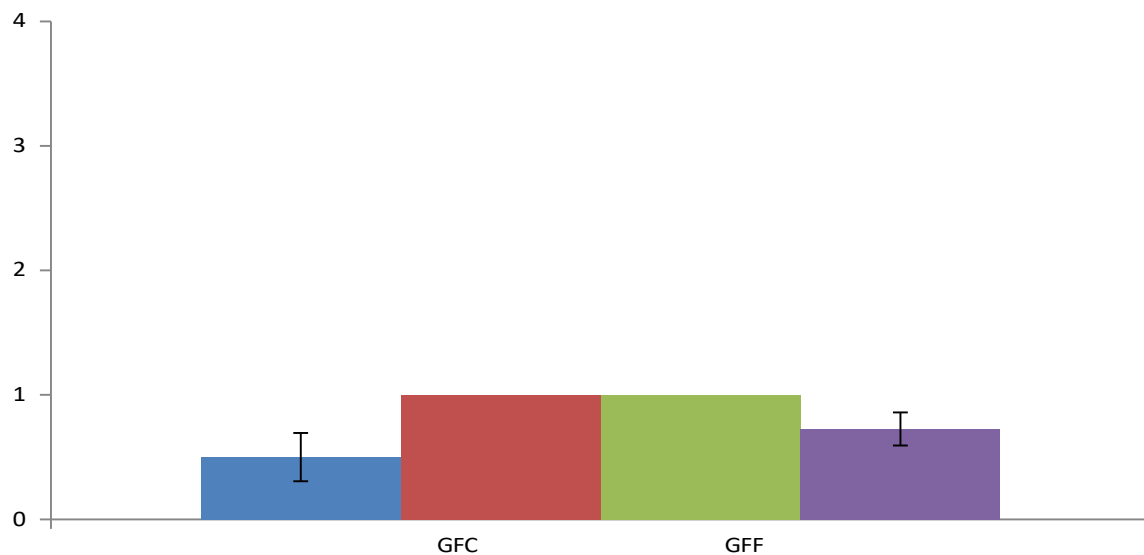
Σχήμα 17. Διακύμανση των καροτενοειδών κατά την δειγματοληψία του Οκτωβρίου.

Στο σχήμα 18 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των φαιοφυτίνων κατά τη δειγματοληψία του Απριλίου. Η μέση τιμή των φαιοφυτίνων ήταν $0,0 \pm 0,0$ από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFC και η μέση τιμή των καροτενοειδών που προέκυψε από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFF ήταν $0,013 \pm 0,023$ $\mu\text{g/l}$.



Σχήμα 18. Διακύμανση των φαιοφυτίνων κατά την δειγματοληψία του Οκτωβρίου.

Στο σχήμα 19 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της χλωροφύλλης α κατά τη δειγματοληψία του Νοεμβρίου. Η μέση τιμή της χλωροφύλλης α ήταν $0,5 \pm 0,194$ $\mu\text{g/l}$ από τη χρησιμοποίηση φίλτρων GFC. Επιπλέον, η μέση τιμή της χλωροφύλλης α ήταν $0,726 \pm 0,133$ $\mu\text{g/l}$ από τη χρησιμοποίηση φίλτρων GFF.



Σχήμα 19. Διακύμανση της χλωροφύλλης α κατά την δειγματοληψία του Νοεμβρίου.

Στο σχήμα 20 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της χλωροφύλλης β κατά τη δειγματοληψία του Νοεμβρίου. Η μέση τιμή της χλωροφύλλης β που παρατηρήθηκε από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFC ήταν $0,016 \pm 0,028$ $\mu\text{g/l}$ ενώ από την χρησιμοποίηση των φίλτρων GFF ήταν $0,035 \pm 0,061$ $\mu\text{g/l}$.



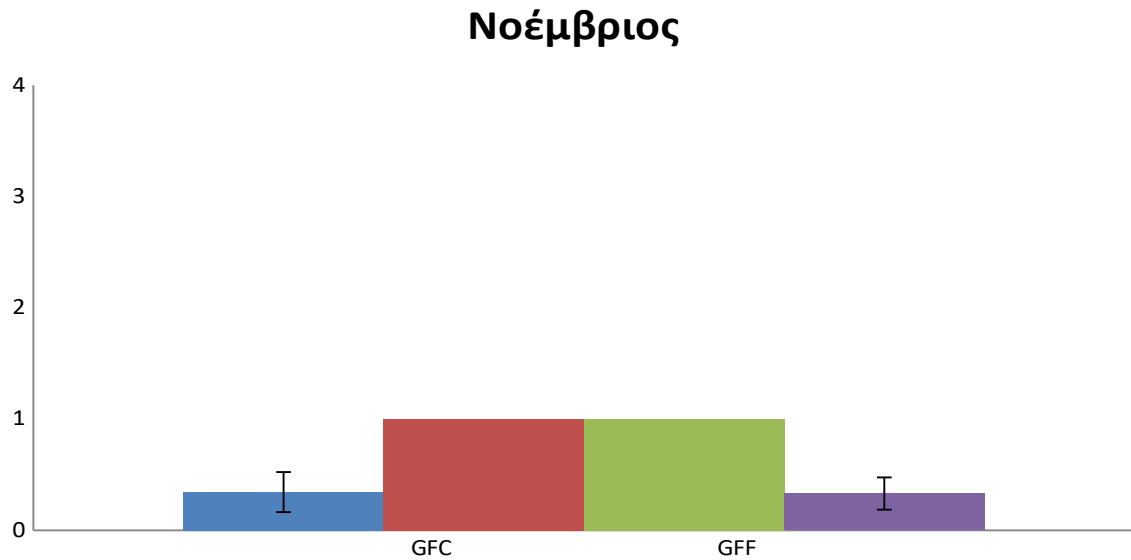
Σχήμα 20. Διακύμανση της χλωροφύλλης β κατά την δειγματοληψία του Νοεμβρίου.

Στο σχήμα 21 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της χλωροφύλλης γ κατά τη δειγματοληψία του Νοεμβρίου. Η μέση τιμή της χλωροφύλλης γ ήταν $0,071 \pm 0,065$ από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFC και η μέση τιμή της χλωροφύλλης γ που προέκυψε από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFF ήταν $0,148 \pm 0,146$ $\mu\text{g/l}$.



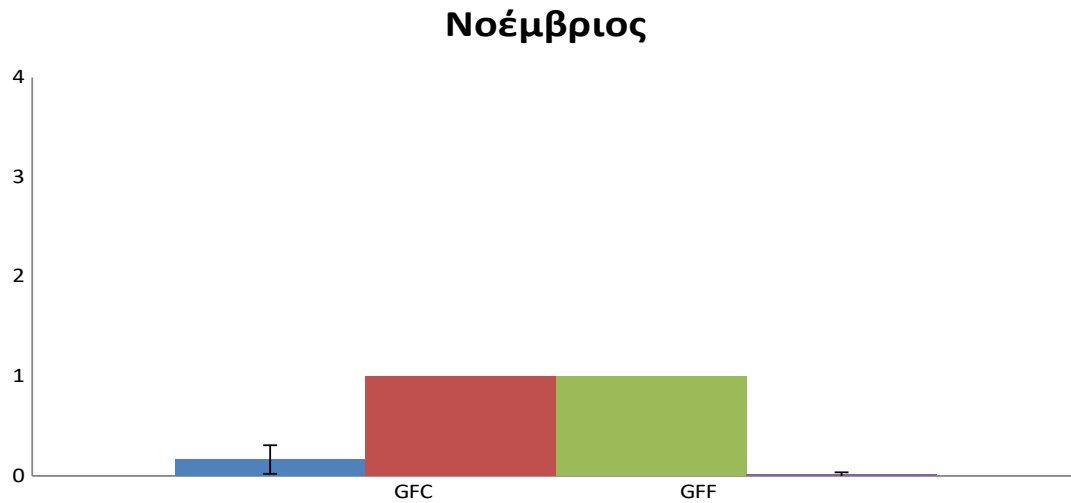
Σχήμα 21. Διακύμανση της χλωροφύλλης γ κατά την δειγματοληψία του Νοεμβρίου.

Στο σχήμα 22 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των καροτενοειδών κατά τη δειγματοληψία του Απριλίου. Η μέση τιμή των καροτενοειδών ήταν $0,343 \pm 0,180$ από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFC και η μέση τιμή των καροτενοειδών που προέκυψε από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFF ήταν $0,330 \pm 0,145$ $\mu\text{g/l}$.



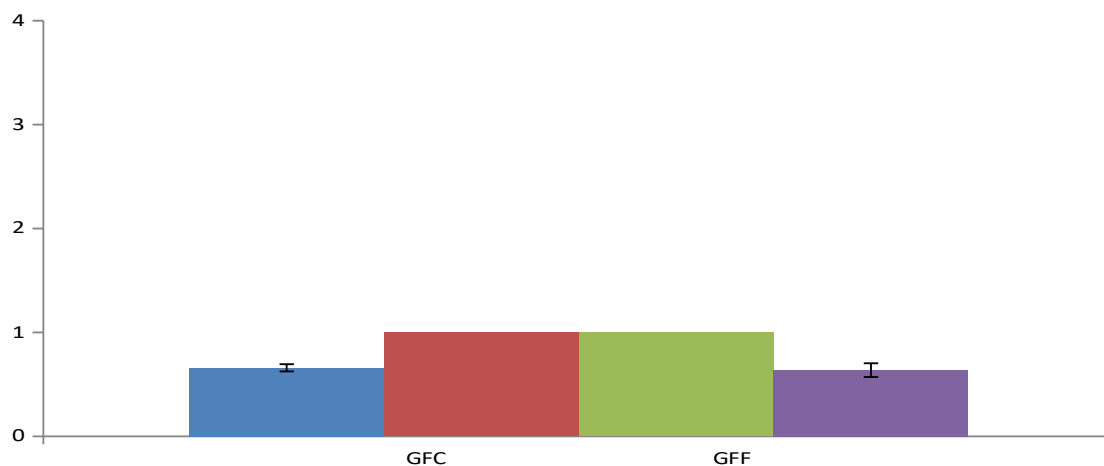
Σχήμα 22. Διακύμανση των καροτενοειδών κατά την δειγματοληψία του Νοεμβρίου.

Στο σχήμα 23 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των φαιοφυτίνων κατά τη δειγματοληψία του Απριλίου. Η μέση τιμή των φαιοφυτίνων ήταν $0,165 \pm 0,143$ από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFC και η μέση τιμή των καροτενοειδών που προέκυψε από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFF ήταν $0,013 \pm 0,023$ $\mu\text{g/l}$.



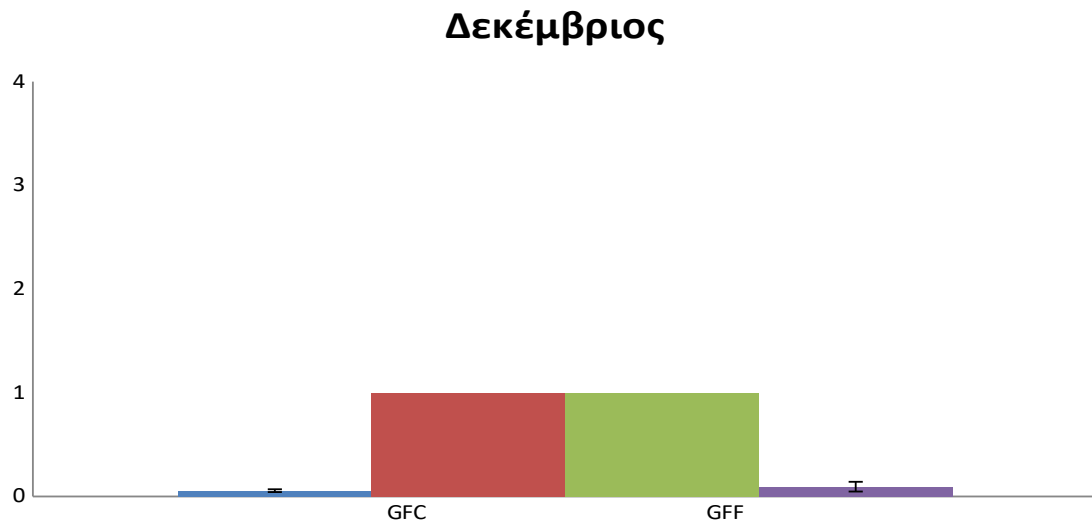
Σχήμα 23. Διακύμανση των φαιοφυτίνων κατά την δειγματοληψία του Νοεμβρίου.

Στο σχήμα 24 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της χλωροφύλλης α κατά τη δειγματοληψία του Δεκεμβρίου. Η μέση τιμή της χλωροφύλλης α ήταν $0,659 \pm 0,035$ $\mu\text{g/l}$ από τη χρησιμοποίηση φίλτρων GFC. Επιπλέον, η μέση τιμή της χλωροφύλλης α ήταν $0,637 \pm 0,066$ $\mu\text{g/l}$ από τη χρησιμοποίηση φίλτρων GFF.



Σχήμα 24. Διακύμανση της χλωροφύλλης α κατά την δειγματοληψία του Δεκεμβρίου.

Στο σχήμα 25 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της χλωροφύλλης β κατά τη δειγματοληψία του Δεκεμβρίου. Η μέση τιμή της χλωροφύλλης β που παρατηρήθηκε από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFC ήταν $0,055 \pm 0,014$ $\mu\text{g/l}$ ενώ από την χρησιμοποίηση των φίλτρων GFF ήταν $0,095 \pm 0,047$ $\mu\text{g/l}$.



Σχήμα 25. Διακύμανση της χλωροφύλλης β κατά την δειγματοληψία του Δεκεμβρίου.

Στο σχήμα 26 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της χλωροφύλλης γ κατά τη δειγματοληψία του Δεκεμβρίου. Η μέση τιμή της χλωροφύλλης γ ήταν $0,2 \pm 0,073$ από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFC και η μέση τιμή της χλωροφύλλης γ που προέκυψε από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFF ήταν $0,231 \pm 0,096$ $\mu\text{g/l}$.

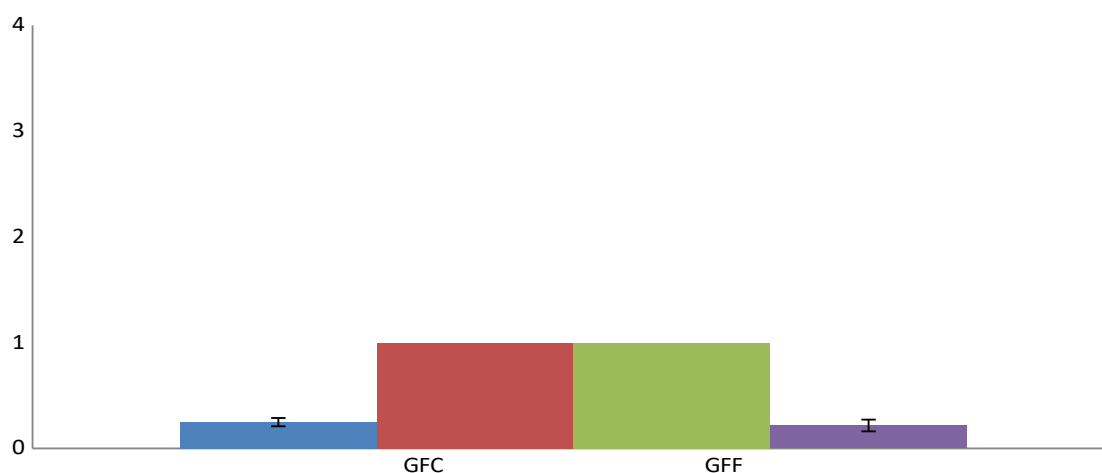


Σχήμα 26. Διακύμανση της χλωροφύλλης γ κατά την δειγματοληψία του Δεκεμβρίου.

Στο σχήμα 27 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των καροτενοειδών κατά τη δειγματοληψία του Απριλίου. Η μέση τιμή των καροτενοειδών ήταν $0,248 \pm 0,039$ από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFC και η μέση τιμή των καροτενοειδών που προέκυψε από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFF ήταν $0,217 \pm 0,055$ $\mu\text{g/l}$.

Οι μέσες τιμές των φαιοφυτίνων κατά τη δειγματοληψία του Απριλίου ήταν μηδενικές και από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFC καθώς και από τη χρησιμοποίηση των φίλτρων GFF.

Δεκέμβριος



Σχήμα 27. Διακύμανση των καροτενοειδών κατά την δειγματοληψία του Δεκεμβρίου.

Ανάλυση της Διακύμανσης

Στους Πίνακες (Πίνακας 1, 2, 3, 4, 5, 6) του Παραρτήματος φαίνονται τα αποτελέσματα την ανάλυσης της διακύμανσης (Analysis of Variance – ANOVA). Αναλυτικότερα, πραγματοποιήθηκαν έλεγχοι για κάθε δειγματοληψία ως προς τις διαφορές των αποτελεσμάτων που πάρθηκαν από τους δυο τύπους ηθμών που χρησιμοποιήθηκαν.

Τα αποτελέσματα για την δειγματοληψία του Απριλίου έδειξαν ότι οι τιμές των φυτοχρωστικών δεν διέφεραν στατιστικά μεταξύ τους ως προς τους διαφορετικούς ηθμούς που χρησιμοποιήθηκαν. Συγκεκριμένα, οι τιμές της χλωροφύλλης α ($F_{4,5} = 0,017$, $p = 0,903$), της χλωροφύλλης β ($F_{4,5} = 0,214$, $p = 0,668$), της χλωροφύλλης γ ($F_{4,5} = 0,688$, $p = 0,453$), των καροτενοειδών ($F_{4,5} = 3,493$, $p = 0,135$) και των φαιοφυτίνων ($F_{4,5} = 0,693$, $p = 0,452$) δεν διέφεραν στατιστικά μεταξύ τους.

Τα αποτελέσματα για την δειγματοληψία του Μαΐου έδειξαν ότι οι τιμές της χλωροφύλλης α ($F_{4,5} = 0,385$, $p=0,569$), της χλωροφύλλης β ($F_{4,5} = 2,862$, $p=0,166$), της χλωροφύλλης γ ($F_{4,5} = 0,023$, $p=0,888$), των καροτενοειδών ($F_{4,5} = 0,883$, $p=0,401$) και των φαιοφυτίνων ($F_{4,5} = 3,593$, $p=0,131$) δεν διέφεραν στατιστικά μεταξύ τους. Άρα, σε αυτή την δειγματοληψία δεν παραιτηθήκαν στατιστικές διαφορές ανάμεσα στους ηθμούς GFC και GFF στον προσδιορισμό των φυτοχρωστικών.

Τα αποτελέσματα για την δειγματοληψία του Ιουνίου έδειξαν ότι οι τιμές της χλωροφύλλης α ($F_{4,5} = 0,117$, $p=0,750$), των καροτενοειδών ($F_{4,5} = 0,075$, $p=0,797$) και των φαιοφυτίνων ($F_{4,5} = 1,000$, $p=0,374$) δεν διέφεραν στατιστικά μεταξύ τους. Οι τιμές της χλωροφύλλης β καθώς και οι τιμές της χλωροφύλλης γ σε αυτή τη δειγματοληψία ήταν μηδενικές.

Τα αποτελέσματα για την δειγματοληψία του Οκτωβρίου έδειξαν ότι οι τιμές των φυτοχρωστικών δεν διέφεραν στατιστικά μεταξύ τους ως προς τους διαφορετικούς ηθμούς που χρησιμοποιήθηκαν. Οι τιμές της χλωροφύλλης α ($F_{4,5} = 0,220$, $p=0,664$), της χλωροφύλλης β ($F_{4,5} = 0,320$, $p=0,602$), της χλωροφύλλης γ ($F_{4,5} = 0,392$, $p=0,565$), των καροτενοειδών ($F_{4,5} = 0,225$, $p=0,660$) και των φαιοφυτίνων ($F_{4,5} = 1,000$, $p=0,374$) δεν διέφεραν στατιστικά μεταξύ τους.

Τα αποτελέσματα για την δειγματοληψία του Νοεμβρίου έδειξαν ότι οι τιμές της χλωροφύλλης α ($F_{4,5} = 2,793$, $p=0,170$), της χλωροφύλλης β ($F_{4,5} = 0,696$, $p=0,651$), της χλωροφύλλης γ ($F_{4,5} = 0,248$, $p=0,644$), των καροτενοειδών ($F_{4,5} = 0,009$, $p=0,927$) και των φαιοφυτίνων ($F_{4,5} = 3,284$, $p=0,144$) δεν διέφεραν στατιστικά μεταξύ τους. Άρα, σε αυτή την δειγματοληψία δεν παραιτηθήκαν στατιστικές διαφορές ανάμεσα στους ηθμούς GFC και GFF στον προσδιορισμό των φυτοχρωστικών.

Τα αποτελέσματα για την δειγματοληψία του Δεκεμβρίου έδειξαν ότι οι τιμές της χλωροφύλλης α ($F_{4,5} = 0,262$, $p=0,636$), της χλωροφύλλης β ($F_{4,5} = 0,194$, $p=0,682$), της χλωροφύλλης γ ($F_{4,5} = 1,929$, $p=0,237$), των καροτενοειδών ($F_{4,5} = 0,660$, $p=0,462$) δεν διέφεραν στατιστικά μεταξύ τους. Οι τιμές των φαιοφυτίνων σε αυτή τη δειγματοληψία ήταν μηδενικές. Άρα, σε αυτή την δειγματοληψία δεν παραιτηθήκαν στατιστικές διαφορές ανάμεσα στους ηθμούς GFC και GFF στον προσδιορισμό των φυτοχρωστικών.

Κεφάλαιο 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα πτυχιακή μελέτη έγινε προσπάθεια σύγκρισης των ηθμών τύπου GFF και GFC στον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των φυτοπλαγκτικών χρωστικών. Συγκεκριμένα συγκριθήκαν οι ηθμοί τύπου GFF και GFC στην εκτίμηση της χλωροφύλλης α, χλωροφύλλης β, χλωροφύλλης γ, καροτενοειδών και φαιοφυτίνες. Για ασφαλέστερα αποτελέσματα πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των συγκεκριμένων φυτοχρωστικών σε διάφορες χρονικές περιόδους.

Συμπερασματικά, σε καμία δειγματοληψία δεν παρατηρηθήκαν διάφορες στις τιμές των φυτοχρωστικών (χλωροφύλλη α, χλωροφύλλη β, χλωροφύλλη γ, καροτένια και φαιοφυτίνες) που προέκυψαν από τους διαφορετικούς ηθμούς που χρησιμοποιήθηκαν και τη πειραματική διαδικασία. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέλεξαν και οι Moran X et al. (1999), η μελέτη των οποίων δεν έδειξε διάφορες ανάμεσα σε φίλτρα GFC και GFF στον προσδιορισμό της χλωροφύλλης α (Moran X et al., 1999).

Οι διάφορες ανάμεσα στα φίλτρα οφείλεται στη διάφορα ως προς το μέγεθος των πόρων. Η διαφορά στα μεγέθη των πόρων των δυο ηθμών αντικατοπτρίζει τη διαφορετική συγκράτηση μικροοργανισμών (Moran X et al., 1999). Γεγονός που φανερώνεται από τη μελέτη των Venrick et al. (1987) που στα αποτελέσματα τους παρατήρησαν μια σημαντική απώλεια από τη χρήση φίλτρων GFC σε ολιγοτροφικό περιβάλλον (Venrick et al., 1987).

Συμφώνα με αυτή τη μελέτη προτείνεται η χρήση ηθμών GFF λαμβάνοντας υπόψη την τυπική απόκλιση που παρουσίασαν οι τιμές των φυτοχρωστικών. Παρατηρήθηκε μεγαλύτερη ομοιογένεια μεταξύ των τιμών και μικρότερη τυπική απόκλιση στις τιμές των φυτοχρωστικών που προέκυψαν όταν χρησιμοποιήθηκαν φίλτρα GFF.

Η χρήση ηθμών GFF είναι συνηθέστερη στη βιβλιογραφία λόγω των προτερημάτων που παρουσιάζουν. Μερικά εκ των οποίων είναι η γρήγορη διήθηση, το χαμηλό κόστος και η μικρή ή/και καθόλου απώλεια μικροοργανισμών (Xose et al., 1999). Επιπλέον, τα φίλτρα GFF θεωρούνται πιο ασφαλή όταν η διήθηση που πραγματοποιείται είναι σε χαμηλά επίπεδα, ως προς όγκο νερού που διηθείται, ώστε να αποφεύγονται οι απώλειες των μικρότερων σε μέγεθος φυτοπλαγκτικών βακτηρίων (Yentsch 1983, Gasol & Moran 1999).

Καταλήγοντας, θα πρέπει να γίνει σαφές μέσα από μελέτες το είδος του ηθμού που χρειάζεται στον προσδιορισμό των φυτοχρωστικών. Διαφορετικά υπάρχει ο

κίνδυνος να συγκριθούν αποτελέσματα από μελέτες που διαφέρουν μεταξύ τους καθώς και η δημιουργία δεδομένων τα οποία δεν γίνεται να συγκριθούν μεταξύ τους.

Συγκρίσεις στη διακύμανση των συγκεντρώσεων της χλωροφύλλης *a*

Στις περισσότερες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στον Παγασητικό κόλπο χρησιμοποιήθηκαν φίλτρα GFF. Για το λόγο αυτό οι συγκρίσεις αυτής της μελέτης με της υπόλοιπες μελέτες θα γίνουν στις τιμές των φυτοχρωστικών και κυρίως στις τιμές της χλωροφύλλης *a* που πάρθηκαν από τα φίλτρα GFF.

Η χλωροφύλλη *a* δίνει πολύτιμες πληροφορίες της βιομάζας του φυτοπλαγκτού σε ένα υδάτινο σύστημα, έχοντας το σημαντικότερο ρόλο στη φωτοσύνθεση. Ανάλογα με τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης *a*, τα υδάτινα συστήματα μπορούν να χαρακτηριστούν ως ολιγότροφα, μεσότροφα και εύτροφα (Βρυώνης 2013). Η κατηγοριοποίηση των συστημάτων ως προς τον ευτροφισμό γίνεται όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται οι μηνιαίες μέσες τιμές της χλωροφύλλης *a* που βρεθήκαν στη παρούσα μελέτη καθώς και το επίπεδο ευτροφισμού του συστήματος.

Η παρούσα μελέτη κατά την άνοιξη (δειγματοληψία Απρίλιου και Μάιου) χαρακτήρισαν το σύστημα ως ευτροφικό και υψηλό μεσοτροφικό αντίστοιχα. Γεγονός που συμφωνεί με τη μελέτη της Παπαδήμου 2017 την περίοδο της άνοιξης έδειξε ότι η μέση τιμή της χλωροφύλλης *a* είναι $0,5 \pm 0,21$ $\mu\text{g/l}$, χαρακτηρίζοντας το υδάτινο σύστημα ως χαμηλό μεσοτροφικό. Στις μελέτες των Τζιώγα (2018) και Κουκουβίνου (2019) αναφέρεται ότι την ίδια εποχή στο Λιμάνι του Βόλου η μέση τιμή της ήταν $0,7 \pm 0,40$ $\mu\text{g/l}$ και $1,774 \pm 1,34$ $\mu\text{g/l}$ αντίστοιχα, χαρακτηρίζοντας το σύστημα ως υψηλό μεσοτροφικό. Ενώ η μελέτη της Παπίας 2019 χαρακτήρισε το σύστημα ως ολιγοτροφικό. Η μελέτη των Kormas et al. (2014) έδειξε ότι κατά την άνοιξη οι συνθήκες που επικρατούν στο κεντρικό και εξωτερικό τμήμα της περιοχής του Παγασητικού είναι μέσο ολιγοτροφικές. Κατά τη περίοδο του καλοκαιριού (δειγματοληψία Ιουνίου), η παρούσα μελέτη χαρακτηρίζει το σύστημα ως ολιγοτροφικό που συμφωνεί με τη μελέτη της Παπαδήμου (2017) και της Παπίας (2019). Κατά τη περίοδο του φθινοπώρου (δειγματοληψία Οκτωβρίου και Νοεμβρίου) αυτή η μελέτη χαρακτηρίζει το σύστημα ως υψηλό μεσοτροφικό. Το ίδιο συμπέρασμα αναφέρεται και σε μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στο Λιμάνι του Βόλου (Πάσχου 2016; Κουκουβίνου 2019) καθώς και στο χώρο που προσαράζουν

αλιευτικά σκάφη (Αγγελόπουλος 2016) κατά την ίδια εποχή. Ενώ η μελέτη της Παπαδήμου (2017) χαρακτήρισε το σύστημα ως χαμηλό μεσοτροφικό. Κατά τη περίοδο του χειμώνα (δειγματοληψία Δεκεμβρίου) αυτή η μελέτη χαρακτήρισε το σύστημα ως υψηλό μεσοτροφικό. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι μελέτες των Παπαδήμου (2017) και Παπία (2019).

Πίνακας 4: Επίπεδα ευτροφισμού σύμφωνα με τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης-α (τροποποιημένο από Karydis 1999 και Pagou et al. 2002), τροποποιήθηκαν από τους Simboura et al. 2005, για να συνάδει με την κλίμακα ποιότητας που ορίζει η Οδηγία 2000/60/ΕΚ). (τροποποιημένο από Karydis 1999 και Pagou et al. 2002) ,τροποποιήθηκαν από τους Simboura et al. 2005, για να συνάδει με την κλίμακα ποιότητας που ορίζει η Οδηγία 2000/60/ΕΚ).

Επίπεδα ευτροφισμού	Συγκέντρωση χλωροφύλλης α (μg/l)
Ολιγοτροφικό	<0,1
Χαμηλό μεσοτροφικό	0,1-0,6
Υψηλό μεσοτροφικό	0,6-2,21
Ευτροφικό	>2,21

Πίνακας 5: Μηνιαία διακύμανση χλωροφύλλης α.

Μήνας	Μέση τιμή χλωροφύλλης α (μg/l)	Επίπεδο ευτροφισμού
Απρίλιος	3,380	Ευτροφικό
Μάιος	1,146	Υψηλό Μεσοτροφικό
Ιούνιος	0,099	Ολιγοτροφικό
Οκτώβριος	0,944	Υψηλό Μεσοτροφικό
Νοέμβριος	0,726	Υψηλό Μεσοτροφικό
Δεκέμβριος	0,637	Υψηλό Μεσοτροφικό

Παράρτημα

Πίνακας 1: Έλεγχος των τιμών των φυτοχρωστικών ως προς τους ηθμούς GFC και GFF κατά τον Απρίλιο (Αποτελέσματα Ανάλυση της Διακύμανσης).

Μήνας	Χρωστική	F	p-value
-------	----------	---	---------

Δειγματοληψίας			
Απρίλιος	Χλωροφύλλη α	0,017	0,903
	Χλωροφύλλη β	0,214	0,668
	Χλωροφύλλη γ	0,688	0,453
	Καροτένια	3,493	0,135
	Φαιοφυτίνες	0,693	0,452

Πίνακας 2: Έλεγχος των τιμών των φυτοχρωστικών ως προς τους ηθμούς GFC και GFF κατά τον Μάιο (Αποτελέσματα Ανάλυση της Διακύμανσης).

Μήνας Δειγματοληψίας	Χρωστική	F	p-value
Μάιος	Χλωροφύλλη α	0,385	0,569
	Χλωροφύλλη β	2,862	0,166
	Χλωροφύλλη γ	0,023	0,888
	Καροτένια	0,883	0,401
	Φαιοφυτίνες	3,593	0,131

Πίνακας 3: Έλεγχος των τιμών των φυτοχρωστικών ως προς τους ηθμούς GFC και GFF κατά τον Ιούνιο(Αποτελέσματα Ανάλυση της Διακύμανσης).

Μήνας Δειγματοληψίας	Χρωστική	F	p-value
Ιούνιος	Χλωροφύλλη α	0,117	0,750
	Χλωροφύλλη β	-	-
	Χλωροφύλλη γ	-	-
	Καροτένια	0,075	0,797
	Φαιοφυτίνες	1,000	0,374

Πίνακας 4: Έλεγχος των τιμών των φυτοχρωστικών ως προς τους ηθμούς GFC και GFF κατά τον Οκτώβριο (Αποτελέσματα Ανάλυση της Διακύμανσης).

Μήνας Δειγματοληψίας	Χρωστική	F	p-value
Οκτώβριος	Χλωροφύλλη α	0,220	0,664
	Χλωροφύλλη β	0,320	0,602
	Χλωροφύλλη γ	0,392	0,565
	Καροτένια	0,225	0,660
	Φαιοφυτίνες	1,000	0,374

Πίνακας 5: Έλεγχος των τιμών των φυτοχρωστικών ως προς τους ηθμούς GFC και GFF κατά τον Νοέμβριο (Αποτελέσματα Ανάλυση της Διακύμανσης).

Μήνας Δειγματοληψίας	Χρωστική	F	p-value
Νοέμβριος	Χλωροφύλλη α	2,793	0,170
	Χλωροφύλλη β	0,696	0,541
	Χλωροφύλλη γ	0,248	0,644
	Καροτένια	0,009	0,927
	Φαιοφυτίνες	3,284	0,144

Πίνακας 6: Έλεγχος των τιμών των φυτοχρωστικών ως προς τους ηθμούς GFC και GFF κατά τον Δεκέμβριο (Αποτελέσματα Ανάλυση της Διακύμανσης).

Μήνας Δειγματοληψίας	Χρωστική	F	p-value
Δεκέμβριος	Χλωροφύλλη α	0,262	0,636
	Χλωροφύλλη β	0,194	0,682
	Χλωροφύλλη γ	1,929	0,237
	Καροτένια	0,660	0,462
	Φαιοφυτίνες	-	-

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική βιβλιογραφία

- Αγγελακόπουλος Ρ. (2016) Ημερήσια διακύμανση φυτοχρωστικών στο λιμάνι αλιευτικών σκαφών του Βόλου. Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Βρυώνης (2013) Μελέτη των πεδίων ανάμειξης γλυκού και αλμυρού νερού με βάση εποχιακές μεταβολές φυσικοχημικών παραμέτρων. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Τμήμα γεωολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο 2000, Οδηγία 2000/60/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000 για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων.
- Θεοδώρου Ι. Α.(2004) Ωκεανογραφία: Εισαγωγή στο Θαλάσσιο Περιβάλλον. Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε, Αθήνα pp 712 Καλαϊτζάκη Ο.
- Κουκουβίνου Δ. (2019) Ημερήσια διακύμανση φυτοχρωστικών στο λιμάνι του Βόλου κατά τη φθινοπωρινή και εαρινή περίοδο. Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,
- Μάρκου Μ. (2017) Χρονική κατανομή των φυτοχρωστικών στη θαλάσσια περιοχή κοντά στην έξοδο του ρεύματος Μπουρμπουλήθρα, Βόλος, Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Παβέλη Α. (2006) Ανάλυση περιβαλλοντικών παραγόντων στον Παγασητικό κόλπο. Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Παπαδήμου Σ. (2017) Εποχική διακύμανσης φυτοχρωστικών στα Κάτω Λεχώνια Μαγνησίας, Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Παπία Κ. (2019) Επίδραση του διηθούμενου όγκου νερού στον υπολογισμό της συγκέντρωσης των φυτοπλαγκτικών χρωστικών Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Πάσχου Μ. (2016) Ημερήσια διακύμανση φυτοχρωστικών στο λιμάνι του Βόλου. Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Σαββάκης Ε. (2014) Πληθυσμιακή κατανομή των καβουριών *Liocarnicus depurator* και *Goneplax rhomboids* στον Παγασητικό κόλπο. Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

- Τζιώγα Ι. (2018) Εβδομαδιαία διακύμανση φυκοκυανίνης στο λιμάνι του Βόλου. Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Aberle, N., Lengfellner, K., Sommer, U., 2007. Spring bloom succession, grazing impact and herbivore selectivity of ciliate communities in response to winter warming. *Oecologia* 150, 668-681.
- Agrawal, M., Agrawal, M.K., 2011. Cyanobacteria-herbivore interaction in freshwater ecosystem. *J. Microbiol. Biotechnol. Res.* 1, 52-66.
- Boyer J. N., Kelble C. R., Ortner P. B., Rudnick D. T., 2009 Phytoplankton bloom status: Chlorophyll a biomass as an indicator of water quality condition in the southern estuaries of Florida, USA. *Elsevier*, 9:56-67
- Calbet, A., Landry, M.R., 1999. Mesozooplankton influences on the microbial food web: direct and indirect trophic interactions in the oligotrophic open ocean. *Limnol. Oceanogr.* 44,1370-1380.
- Calbet, A., Landry, M.R., 2004. Phytoplankton growth, microzooplankton grazing, and carbon cycling in marine systems. *Limnol. Oceanogr.* 49,51-57.
- Calbet, A., Landry, M.R., 2004. Phytoplankton growth, microzooplankton grazing, and carbon cycling in marine systems. *Limnol. Oceanogr.* 49,51-57.
- Carrillo, P., Cruz-Pizarro, L., Sanchez-Castillo, P., 1990. Analysis of phytoplankton- zooplankton relationships in an oligotrophic lake under natural and manipulated conditions. *Hydrobiologia* 200-201, 49-58.
- Carrillo, P., Cruz-Pizarro, L., Sanchez-Castillo, P., 1990. Analysis of phytoplankton- zooplankton relationships in an oligotrophic lake under natural and manipulated conditions. *Hydrobiologia* 200-201, 49-58.
- Castro R., Huber E. M., 2010 *Marine biology*, Επιμέλεια Ελληνικής Έκδοσης Κούκουρας Θ., Βουλτσιάδου Ε.
- Colella Simone, Falcini Federico, Rinaldi Eleonora, Sammartino Michela, Santoleri Rosalia, 2016 *Mediterranean Ocean Colour Chlorophyll Trends*. *PLOS ONE*, 1-16.
- Domingues, R.B., Anselmo, T.P., Barbosa, A.B., Sommer, U., Galvao, H.M., 2011a. Nutrient limitation of phytoplankton growth in the freshwater tidal zone of a turbid, Mediter-ranean estuary. *Estuar. Coast. ShelfSci.* 91,282-297.

- Domingues, R.B., Anselmo, T.P., Barbosa, A.B., Sommer, U., Galvao, H.M., 2011b. Light as a driver of phytoplankton growth and production in the freshwater tidal zone of a turbid estuary. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 91, 526-535.
- Domingues, R.B., Anselmo, T.P., Barbosa, A.B., Sommer, U., Galvao, H.M., 2011c. Ammonium, nitrate and phytoplankton interactions in a freshwater tidal estuarine zone: potential effects of cultural eutrophication. *Aquat. Sci.* 73, 331-343.
- Domingues, R.B., Barbosa, A., Galvao, H., 2005. Nutrients, light and phytoplankton succession in a temperate estuary (the Guadiana, south-western Iberia). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 64, 249-260.
- Domingues, R.B., Barbosa, A., Galvao, H., 2008. Constraints on the use of phytoplankton as a biological quality element within the Water Framework Directive in Portuguese waters. *Mar. Pollut. Bull.* 56, 1389-1395.
- Duarte, C.M., Gasol, J.M., Vaque, D., 1997. Role of experimental approaches in marine microbial ecology. *Aquat. Microb. Ecol.* 13, 101-111.
- Gasol J.M., Moran X.A.G. (1999) Effects of filtration on bacterial activity and picoplankton community structure as assessed by flow cytometry. *Aquat Microb Ecol* 16: 251-264.
- Kormas Ar. Konstantinos, Karayanni Hera, Christaki Urania, Giannakourou Antonia, Assimakopoulou Georgia, Gotsis-Skretas Olympia (2014) Microbial Food Web Structure and Its Impact on Primary Production in a MesoOligotrophic Coastal Area (Pagasitikos Gulf, Aegean Sea). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 14: 527-537.
- Kormas K.A., Kapiris, K., Thessalou-Legaki M. and Nicolaidou A. (1998) Quantitative relationships between phytoplankton, bacteria and protists in an Aegean semi-enclosed embayment (Maliakos Gulf, Greece). *Aquatic Microbial Ecology*, 15: 255-264
- Moran X., Gasol J., Arin L., Estrada M. (1999) A comparison between glass fiber and membrane filters for the estimation of phytoplankton POC and DOC production. *Marine Ecology Progress Series* 187: 31-41.
- Venrick E.L., Cummings S.L. Kemper C.A. (1987) Picoplankton and the resulting bias in chlorophyll retained by traditional glass-fiber filters. *Deep-Sea Res* 34:1951-1956.

- Yentsch C.S. (1983) A note on the fluorescence characteristics of particles that pass through glass-fiber filters *Limnol Oceanogr* 28:597-599.

ABSTRACT

COMPARISON OF GFC AND GFF FILTERS FOR THE MEASUREMENT OF PHYTOPIGMENTS

The coastal regions are the point of interaction between terrestrial and marine section of the earth. They are characterized by high productivity, in addition, high species richness, nonetheless the knowledge regarding the structure of these organisms is limited. It is essential to evaluate the phytoplankton synthesis society, in order to comprehend both the structure and the marine ecosystem dynamics. Consequently, it deems necessary to dilate the safest and most effective utilization of the proper filter. The ultimate aim of this presentation is to accomplish the comparison between type GFC filter and GFF, so as to achieve the appraisal of the monthly fluctuation regarding the main phytoplankton pigment alongshore area close by Saint. Constantine's Park in Volos. After the examination between the GFC and GFF filters no difference has occurred. Based on this study it is suggested the utilization of GFF filter due to minor standard divergence that have been observed between the phytopigments rates as well as the advantages they present.

