



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

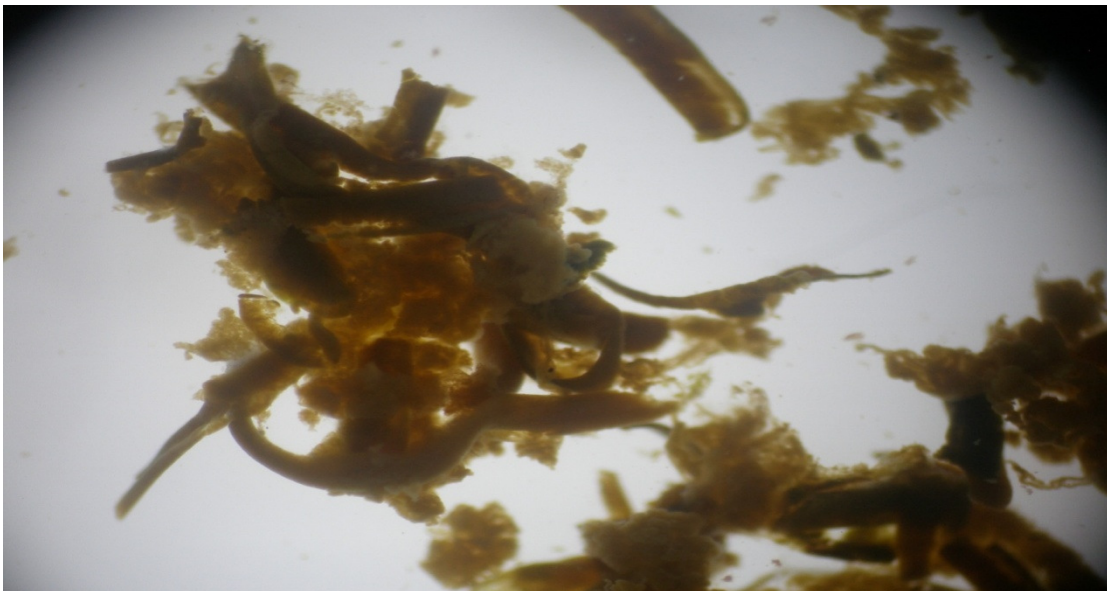
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ - ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΛΙΕΙΑΣ - ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τίτλος

« ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΑΠΟΒΟΛΗΣ ΤΩΝ ΨΕΥΔΟΚΟΠΡΑΝΩΝ (PSEYDOFEACES)»



ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:
ΖΑΪΜΑΚΗ ΜΑΡΙΑ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
ΘΕΟΔΩΡΟΥ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2015

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	2
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	4
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.1 Μυδοκαλλιέργειες	6
1.2 Είδη συστημάτων εκτροφής	6
1.2.1 Καλλιέργεια βυθού	7
1.2.2 Καλλιέργεια στη στήλη του νερού	7
1.2.3 Το Πασσαλωτό (pole)	7
1.2.4 Σύστημα με σχεδίες (raft)	8
1.2.5 Το πλωτό σύστημα (longline)	9
1.3 Η Μυδοκαλλιέργεια στην Ελλάδα	10
1.4 Εκτρεφόμενα είδη μυδιών	13
1.4.1 <i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck , 1819	13
1.4.2 Ψευδοκόπρανα (Pseudofeces)	14
1.5 Σκοπός	16
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	17
2.1 Μικροφύκη	18
2.2 Υπολογισμός υγρού και ξηρού βάρους μικροφυκών	19
2.3 Πείραμα παραγωγής ψευδοκοπράνων του μυδιού (<i>M.galloprovincialis</i>) παρουσία βαθμιδωτών συγκεντρώσεων φυτοπλαγκτού	20
2.4 Πειραματικός σχεδιασμός	22
2.5 Υπολογισμός υγρού και ξηρού βάρους ψευδοκοπράνων	26
2.6 Ανάλυση δεδομένων	27

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	30
3.1 Υπολογισμός υγρού και ξηρού βάρους μικροφυκών	31
3.2 Επίδραση της συγκέντρωσης φυτοπλαγκτού στην παραγωγή ψευδοκοπράνων ...	31
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	47
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	50

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η ολοκλήρωση αυτής της πτυχιακής εργασίας υλοποιήθηκε με την υποστήριξη ενός αριθμού ανθρώπων στους οποίους θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου. Πρώτα από όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υπεύθυνο καθηγητή της πτυχιακής μου εργασίας Θεοδώρου Ιωάννη. Τον κ. Μιχάλη Παπαδάκη , προϊστάμενο του ενυδρείου Κρήτης όπου εκτέλεσα την πρακτική μου άσκηση. Στην Δρ. Ασπασία Στεριώτη υπεύθυνη της ενυδρειολογίας . Ένα μεγάλο Ευχαριστώ στην Χρύσα Κ. Δόξα για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε κατά την διάρκεια των πειραμάτων. Στον Διευθυντή του Ινστιτούτου Υδατοκαλλιεργειών Δρ. Pascal Divanach για την σχεδίαση και οργάνωση των πειραμάτων αλλά για την εξαιρετική βοήθεια που μου προσέφερε. Τέλος στα εργαστήρια του Ινστιτούτου Υδατοκαλλιεργειών όπου πραγματοποιήθηκαν όλες οι αναλύσεις των πειραμάτων.

1. Εισαγωγή

1.1 Μυδοκαλλιέργειες

Τα δίθυρα μαλάκια (οστρακοειδή) είναι διηθηματοφάγοι οργανισμοί με παγκόσμια εξάπλωση και με ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην οικολογία των θαλάσσιων βιοκοινωνιών. Ο γρήγορος ρυθμός αύξησης και η μεγάλη θρεπτική αξία των οστρακοειδών αποτέλεσαν σημαντικά κίνητρα για την καλλιέργειά τους. Τα μύδια είναι από τα πιο ευρέως καλλιεργούμενα οστρακόδερμα σε πολλές περιοχές στον κόσμο (Εικ.1) και κυρίως τα είδη *Mytilus edulis* και *Mytilus galloprovincialis*. Οι μεγαλύτεροι παραγωγοί μυδιών είναι η Κίνα, η Ισπανία, η Ολλανδία, η Δανία, η Ιταλία και η Ελλάδα.



Εικόνα 1: Παγκόσμια γεωγραφική εξάπλωση του *Mytilus galloprovincialis* (FAO Fishery Statistics 2002).

1.2. Είδη συστημάτων εκτροφής

Η μυδοκαλλιέργεια είναι μια μη εντατική μορφή εκτροφής που στηρίζεται στις φυσικές διαδικασίες για την προμήθεια γόνου και τροφής (Inglis 2000) . Η επιλογή της μεθόδου καλλιέργειας ανά τον κόσμο εξαρτάται από τη θέση, το κόστος και την λειτουργία της εγκατάστασης. Σήμερα τα πιο διαδεδομένα συστήματα εκτροφής που χρησιμοποιούνται είναι τα εξής:

1.2.1 Καλλιέργεια βυθού

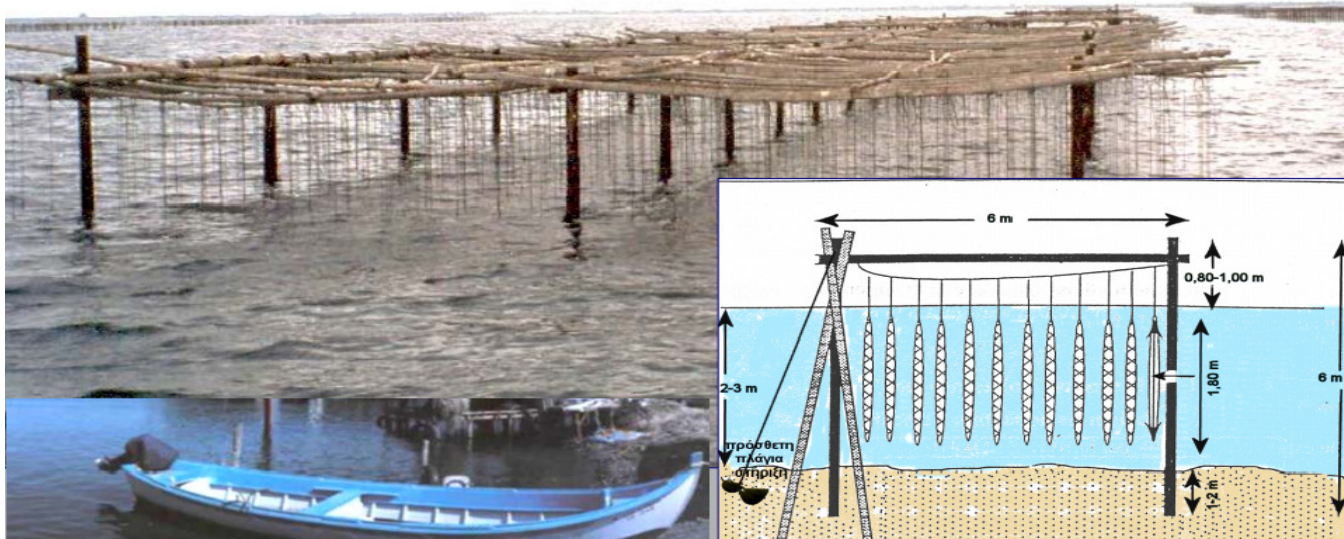
Βασικό χαρακτηριστικό αυτής της καλλιέργειας είναι η συγκομιδή του γόνου από φυσικά αποθέματα και η μεταφορά του, σε περιοχές που προορίζονται για τη καλλιέργειά του (<http://www.bluseedproject.com/index.php/44/shellfish-farming>) . Στην καλλιέργεια βυθού δραστηριοποιούνται οι παραγωγοί στην Ολλανδία, στη Γερμανία, και σε μικρότερο βαθμό στην Ιρλανδία και τη Μ. Βρετανία. Συνολικά, αυτού του είδους η καλλιέργεια αντιπροσωπεύει το 15 % της συνολικής δραστηριότητας (Spencer 2002).

1.2.2 Καλλιέργεια στη στήλη του νερού

Το 85 % της καλλιέργειας εφαρμόζεται με τη συγκεκριμένη μέθοδο. Ο λόγος του μεγάλου αυτού ποσοστού είναι κάποια βασικά πλεονεκτήματα, όπως η καλύτερη πρόσβαση στην τροφή που μεταφέρεται από τα ρεύματα και την προστασία των μυδιών από τους θηρευτές (Spencer 2002).

1.2.3 Το Πασσαλωτό (pole)

Είναι η πιο παλιά μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε στην Ευρώπη έχοντας την καταγωγή της στην Γαλλία. Πραγματοποιείται με τη βύθιση ξύλινων πασσάλων στο πυθμένα της θάλασσας πάνω στους οποίους τυλίγονται ελικοειδείς αρμαθίες με τα όστρακα (στα γαλλικά bouchot) (Εικ. 2) . Τοποθετούνται στη μεσοπαραλιακή ζώνη έτσι ώστε να είναι 2-3 m πάνω από το πυθμένα . Αυτή η μέθοδος καλλιέργειας μπορεί να αποτελείται από 125 πασσάλους και να έχει μήκος πάνω από 50 m (Hurlburt & Hurlburt, 1980 από Hickman in Gosling 1992). Για τη συλλογή του γόνου οι πάσσαλοι τοποθετούνται στις αρχές του χρόνου. Ο γόνος αρμαθιάζεται σε κυλινδρικά δίχτυα μήκους 3-5 m που δένονται γύρω από τον πάσσαλο . Τα μύδια σε κάποιες περιπτώσεις χρειάζονται αραίωση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Στην μέθοδο του πασσαλωτού στη Γαλλία στον Ατλαντικό για την εκτροφή του *Mytilus edulis* η παραγωγή φτάνει το εμπορεύσιμο μέγεθος (>4 cm) σε 12-18 μήνες και από κάθε πάσσαλο αλιεύονται 25 kg /έτος (Gosling 2003)



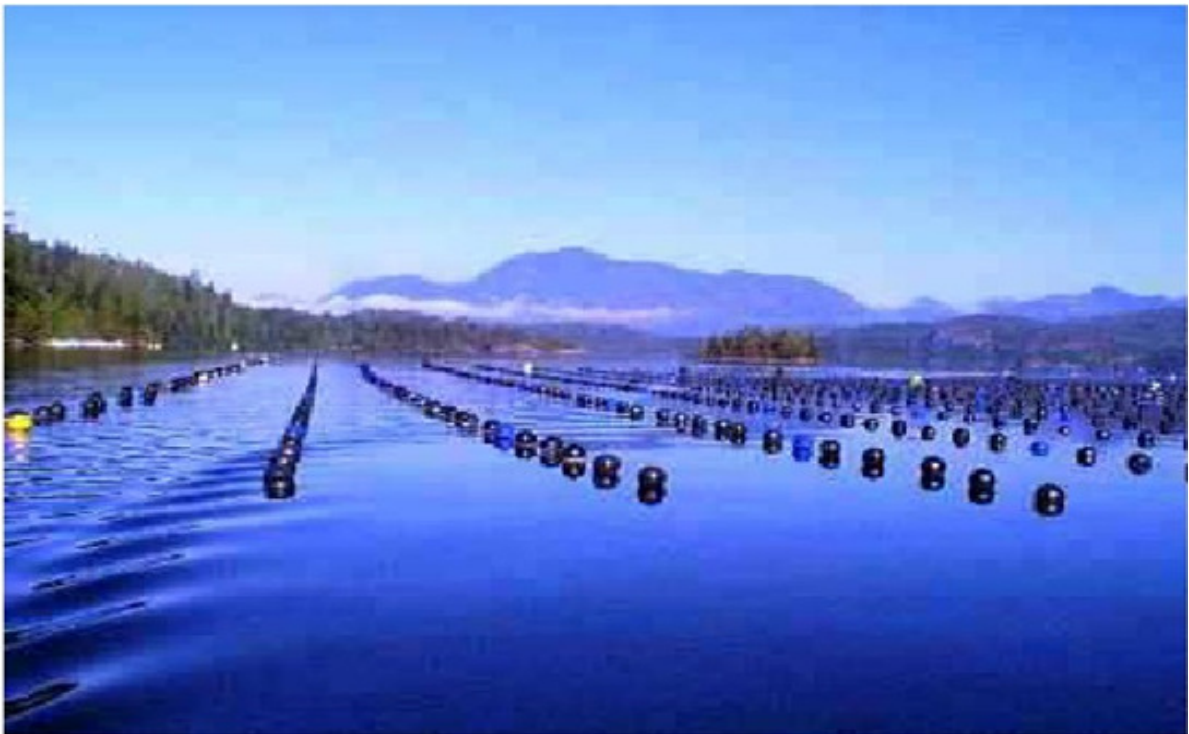
Εικόνα 2 : Πασσαλωτό (pole) σύστημα μυδοκαλλιέργειας.

1.2.4 Σύστημα με σχεδίες (raft)

Το σύστημα αυτό βασίζεται στην κατασκευή σχεδίας με πλωτήρες από πλαστικό ή ξύλο επενδυμένο με τσιμέντο ή fiberglass για προστασία . Το πλαίσιο αποτελείται από παράλληλα ξύλινα δοκάρια από ευκάλυπτο και έτσι κατασκευάζεται μια τετράγωνη σχεδία 20 m από όπου κρέμονται 500 σχοινιά, τοποθετημένα σε απόσταση 50 cm μεταξύ τους πάνω σε δοκάρια που απέχουν 50 cm μεταξύ τους. Μια τέτοια κατασκευή παράγει 60 t/έτος (Mason 1972 από Spencer 2002). Η Ισπανία είναι η δεύτερη μεγαλύτερη παραγωγός χώρα μυδιών στην Ευρώπη και παράγει με την μέθοδο της σχεδίας το είδος *Mytilus edulis* στην βορειοδυτική ακτή (Vigo, Arosa). Συνολικά υπάρχουν 3.000 σχεδίες σε όλη την περιοχή και η παραγωγή το 1999 ήταν 262.000 t. Τα μύδια φτάνουν στο εμπορεύσιμο μέγεθος 8-10 cm σε 13-16 μήνες. Παλιότερα που η πυκνότητα στις σχεδίες ήταν μικρότερη, ο χρόνος για την επίτευξη του εμπορεύσιμου μεγέθους ήταν 8-9 μήνες (Gosling 2003). Οι κατασκευές αυτές επειδή τοποθετούνται σε περιοχές με μεγάλο εύρος παλίρροιας χρειάζονται βάθος νερού αρκετά μέτρα μεγαλύτερο από το μήκος των αρμαθιών, έτσι ώστε κατά την άμπωτη να μην ακουμπούν οι αρμαθίες στον βυθό και γίνονται ευάλωτες στους θηρευτές.

1.2.5 Το πλωτό σύστημα (longline)

Αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται σε Νέα Ζηλανδία, Ιταλία, Σουηδία, Αμερική και στην χώρα μας με τις κατάλληλες προσαρμογές (Veverica 1982) . Αποτελείται από ένα οριζόντιο σχοινί από πολυπροπυλένιο (μάννα) που επιπλέει στην επιφάνεια ή 1,5-3 m κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας με την βοήθεια πλωτήρων, (Εικ. 3) από όπου κρέμονται σχοινιά με μύδια, σε απόσταση 50 cm μεταξύ τους. Σε ισχυρά ρεύματα, τοποθετούνται βαρίδια στα σχοινιά για να διατηρούνται κάθετα . Ο αριθμός και το μέγεθος των πλωτήρων εξαρτάται από το βάρος που πρόκειται να σηκώσουν (π.χ. ένα σχοινί μήκους 200 m και διαμέτρου 18-30 mm στηρίζεται σε 25-30 πλωτήρες που έχουν απόσταση μεταξύ τους 0,5-1,5 m). Τα κάθετα σχοινιά είναι μήκους 4-6 m και διαμέτρου 14-18 mm. Τοποθετούνται κατά μήκος των σχοινιών ξύλινες σφήνες μήκους 25 mm κάθε 25-40 cm, για να εμποδίσουν τα μύδια να «χυθούν», πρακτική που ακολουθείται και στις σχεδίες (Spencer 2002).



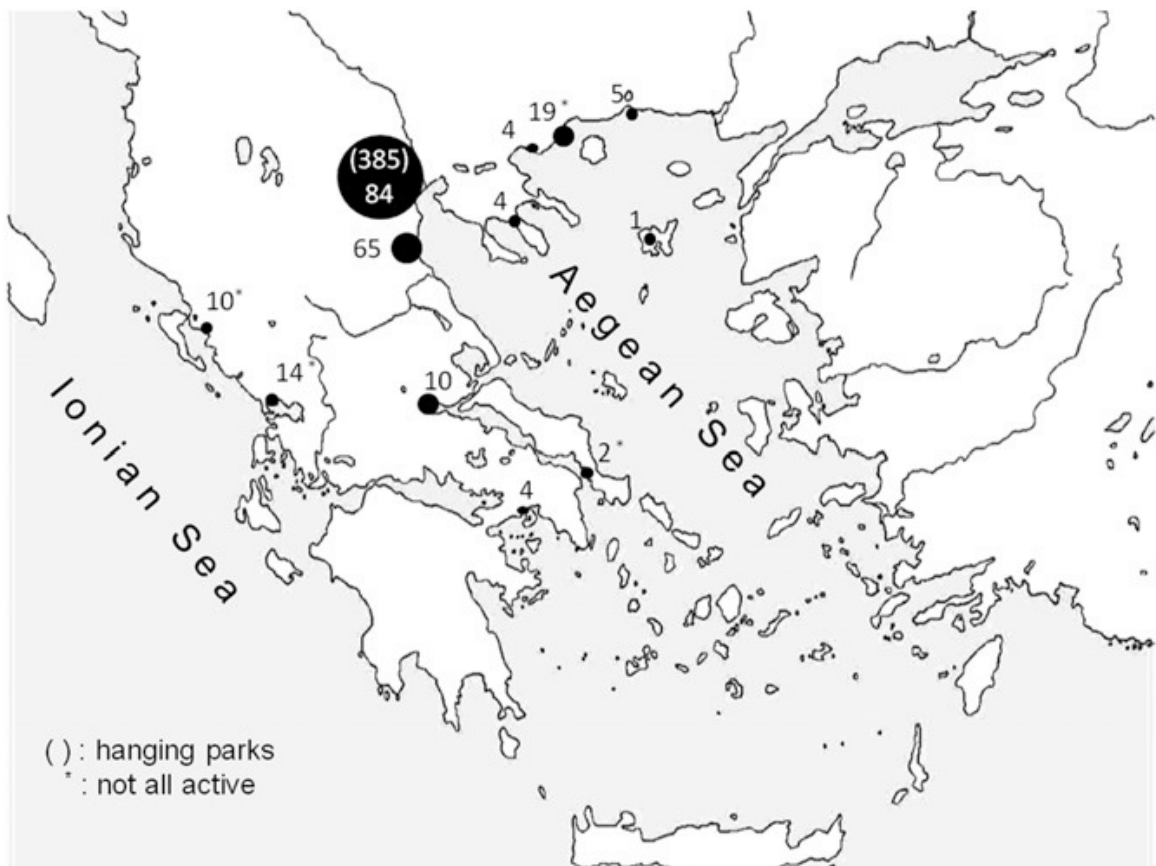
Εικόνα 3 :Καλλιέργεια μυδιών με πλωτό σύστημα (longline) (<http://www.dfo-mpo.gc.ca/aquaculture/multimedia/fig9.jpg>)

1.3. Η Μυδοκαλλιέργεια στην Ελλάδα

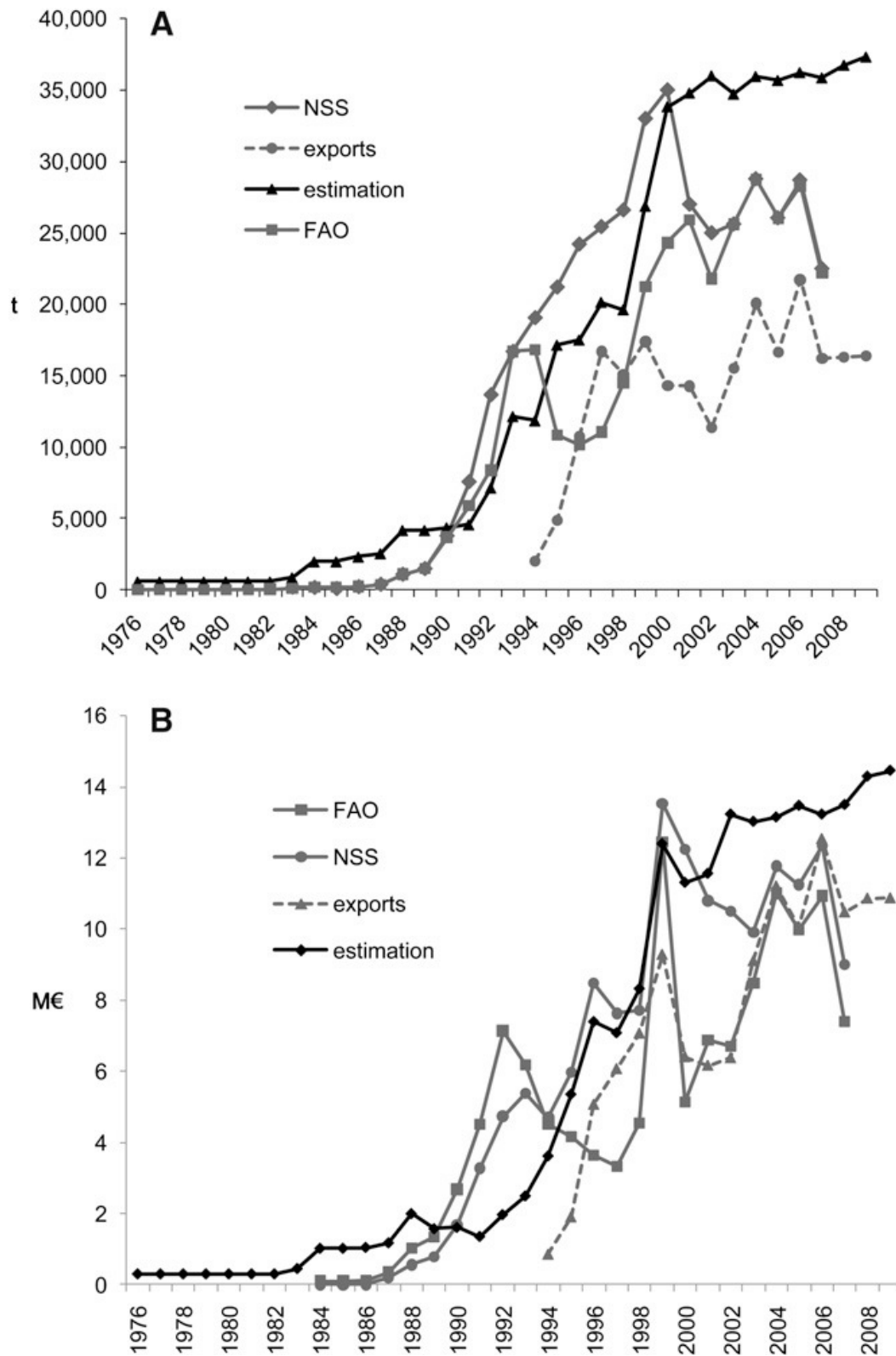
Η καλλιέργεια του Μεσογειακού μυδιού *Mytilus galloprovincialis*, Lamarck 1819, είναι ο πρώτος και σχεδόν αποκλειστικός τομέας οστρακοκαλλιέργειας στην Ελλάδα. Η εκτροφή δίθυρων μαλακίων στην Ελλάδα χρονολογείται από τον 5^ο αιώνα, με τα αρχεία να αναφέρονται στο τέλος της Ρωμαϊκής περιόδου (Basurco & Lovatelli, 2003 από Theodorou *et al.*, 2011). Τα πρόσφατα ιστορικά στοιχεία δείχνουν ότι η εξέλιξη της βιομηχανίας των μυδοκαλλιεργειών ξεκίνησε στα μέσα της δεκαετίας του 1980, ακολουθώντας τους πρωτοπόρους στη Μεσόγειο καλλιεργητές μυδιών στη στήλη του νερού στην Ιταλία τη δεκαετία του 1950 και στη Γαλλία στα μέσα της δεκαετίας του 1970 (Danioux *et al.* 2000 από Theodorou *et al.*, 2011). Οι Theodorou *et al.* (2011), χωρίζουν την ανάπτυξη της ελληνικής οστρακοκαλλιέργειας σε τέσσερις φάσεις, την R&D φάση (1950-1977), την προ-ανάπτυξης φάση (1985-1999), την φάση ανάπτυξης (1991-2000) και τη φάση ωρίμανσης (2001-σήμερα).

Στην Ελλάδα απαντώνται δύο μέθοδοι εκτροφής μυδιών, το παραδοσιακό πασσαλωτό (hanging parks), που περιορίζεται σε πολύ ευτροφικές ρηχές περιοχές βάθους 4-5,5m, και το πλωτό σύστημα (longline) που είναι το πιο διαδεδομένο και ενδείκνυται για βαθύτερες περιοχές (>5,5μ) (Theodorou *et al.*, 2011). Οι μονάδες εκτροφής μυδιών απαντώνται κυρίως στο Βόρειο Αιγαίο (Εικ. 4) με το 90% αυτών να βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή του Θερμαϊκού Κόλπου, αντιπροσωπεύοντας το 80-90% της ετήσιας παραγωγής (Zanou & Anagnostou 2001, Galinou-Mitsoudi *et al.* 2006a, Galinou-Mitsoudi *et al.* 2006b).

Το 2011 σύμφωνα με τους Theodorou *et al.* Υπήρχαν περίπου 218 επίσημα αδειοδοτημένες μονάδες εκτροφής μυδιών που κάλυπταν περίπου 375,5ha. Όλες αυτές οι μονάδες χρησιμοποιούν το πλωτό σύστημα εκτροφής, καθώς οι 305 υπάρχουσες μονάδες που χρησιμοποιούν το πασσαλωτό σύστημα βρίσκονται σε προστατευμένες παράκτιες περιοχές και οι άδειές τους έχουν ανακληθεί. Η πραγματική παραγωγή μυδιών στην Ελλάδα διαφέρει από τα δεδομένα που καταγράφονται από τις αρμόδιες αρχές (Εθνική στατιστική υπηρεσία-NSS, FAO κ.α.) καθώς τα δεδομένα που παρέχουν οι καλλιεργητές είτε είναι υποεκτιμημένα ή υπερεκτιμημένα. Η εκτιμώμενη ετήσια παραγωγή μυδιών από το 2000 και μετά φαίνεται να ξεπερνά τους 35000 τόνους με την αξία τους το 2008 να ξεπερνά τα 14 εκατομμύρια ευρώ (Εικ. 5) (Theodorou *et al.*, 2011).



Εικόνα 4. Εξάπλωση μονάδων παραγωγής μυδιών στην Ελλάδα



Εικόνα 5: Εξέλιξη της ελληνικής παραγωγής μυδιών σε όγκο (A) και αξία (B)

1.4. Εκτρεφόμενα είδη μυδιών

Τα εμπορικά είδη που εκτρέφονται στον κόσμο είναι: το κοινό ή μπλε μύδι *Mytilus edulis*, το Μεσογειακό μύδι *Mytilus galloprovincialis* και κάποια είδη τροπικά, υποτροπικά του γένους *Perna* όπως το *P. viridis* στην Ινδία και Άπω Ανατολή (Ινδονησία, Μαλαισία, Φιλιππίνες, Σιγκαπούρη, Ταϊλάνδη), *P. canaliculus* στη Ν. Ζηλανδία και το είδος *P. perna* σε Βενεζουέλα, Εκουαδόρ, Βραζιλία, Ν. Αφρική (Spencer 2002). Επίσης τα είδη *Mytilus chilensis* στην Χιλή, *M. smaragdinus* σε Ταϊλάνδη και Φιλιππίνες, το *M. planatulus* στην Αυστραλία και *M. coruscus* στην Κορέα (FAO 1999) .

1.4.1 *Mytilus galloprovincialis* Lamarck , 1819

Συστηματική κατάταξη

Φύλο: *Mollusca*

Κλάση: *Bivalvia*

Οικογένεια: *Mytilidae*

Γένος: *Mytilus*

Είδος: *Mytilus galloprovincialis*



Εικόνα 6: *Mytilus galloprovincialis*

Το χρώμα του *Mytilus galloprovincialis* είναι σκούρο μπλε ή καστανόχρωμο, σχεδόν μαύρο-ιώδες. Οι δύο θύρες είναι σχεδόν τριγωνικές και αποστρογγυλέμενες. Η μορφή του κελύφους ποικίλλει ανά περιοχή. Τείνει επίσης να γίνει μεγαλύτερο από τα υπόλοιπα είδη της ίδιας οικογένειας, μέχρι 15 cm, αν και χαρακτηριστικό του μέγεθος είναι από 5 – 8 cm (Εικ 6). Το *M. galloprovincialis* μπορεί να βρεθεί από εκτεθειμένες βραχώδεις περιοχές μέχρι και σε αμμώδεις ακτογραμμές. Σε αντίθεση με άλλα είδη εμφανίζει μεγάλη ανοχή στον έντονο υδροδυναμισμό και στις επιδράσεις τις παλίρροιας. Το εμπορεύσιμο μέγεθος είναι μεγαλύτερο των 5 cm (Π.Δ. 86/1998 όπως τροποποιήθηκε από το Π.Δ. 227/2003). Το σώμα του *M. galloprovincialis* περικλείεται στο όστρακο και έχει δίλοβο μανδύα. Ο μανδύας εξωτερικά είναι προσκολλημένος στο εσωτερικό των θυρίδων . Στο μανδύα

βρίσκονται και οι γονάδες . Φέρει δύο ζεύγη βραγχίων, τα οποία είναι τα όργανα αναπνοής του και εξυπηρετούν στην τροφοληψία διότι συμβάλουν στο διαχωρισμό των κατάλληλων, από άποψη μεγέθους, μεριδίων τροφής , προωθώντας τα στο στόμα. Επίσης υπάρχει το πόδι με το βύσσο . Στην βάση του μανδύα (περιοχή συνδέσμου - ένωση των θυρίδων) , βρίσκεται η σπλαχνική μάζα (Gosling 2003).

1.4.2 Ψευδοκόπρανα (Pseudofeces)

Τα Δίθυρα έχουν δύο σιφώνες ή ανοίγματα στο οπίσθιο άκρο της κοιλότητας του μανδύα τους: ένα σιφώνα εισόδου, και ένα σιφώνα εξόδου ή άνοιγμα (Εικ 10,11). Το νερό κυκλοφορεί από την δράση των βραγχίων . Συνήθως το νερό εισέρχεται στον μανδύα μέσω του σιφώνα εισόδου , κινείται πάνω από τα βράγχια, και φεύγει μέσω του σιφώνα εξόδου. Το τρεχούμενο νερό χρησιμοποιείται για την αναπνοή, αλλά επίσης και για τη σίτιση και την αναπαραγωγή .Τα δίθυρα χρειάζονται φυτοπλαγκτόν ως πηγή τροφής τους, αλλά το νερό που κυκλοφορεί μέσα από τα δίθυρα περιέχει επίσης συνήθως και άλλα σωματίδια, όπως μικροί κόκκοι της άμμου, κ.α.

Τα φύκη είναι οι πρώτοι υδρόβιοι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί που εμφανίστηκαν στη Γη πριν από 3,5 δισε-κατομμύρια χρόνια

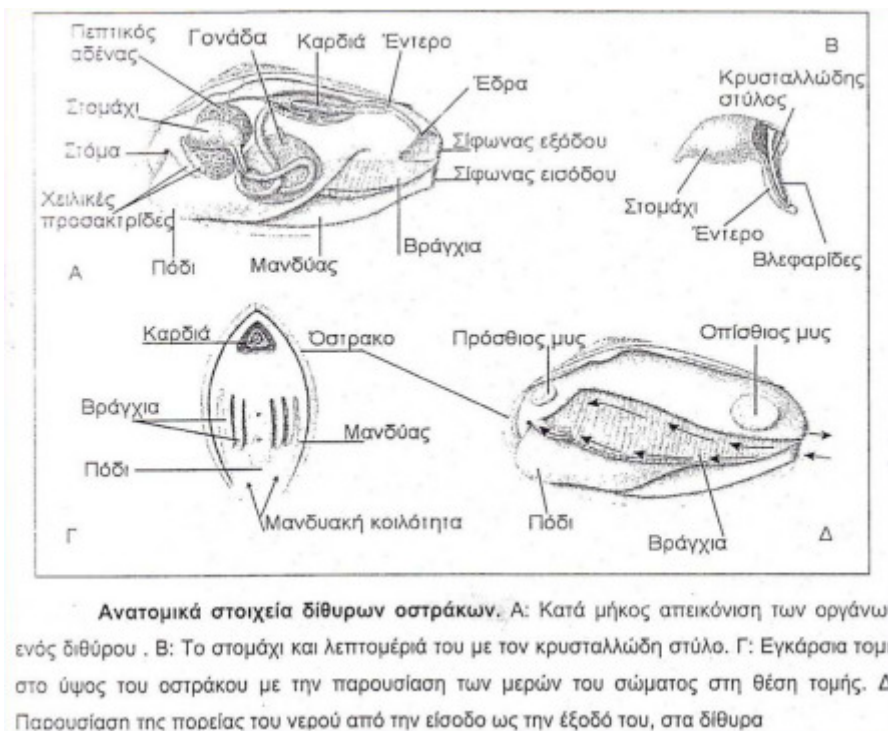
Οι φυτοπλαγκτονικοί οργανισμοί είναι συνήθως μικροσκοπικοί μονοκύτταροι φωτοσυνθετικοί φυτικοί οργανισμοί που, σε μερικά είδη, σχηματίζουν νήματα ή αθροίσματα κυττάρων (θαλλούς).

Το φυτοπλαγκτόν αποτελεί την βασική πηγή τροφής που εφοδιάζει με ενέργεια όλο το θαλάσσιο οικοσύστημα και αναπτύσσεται χρησιμοποιώντας ανόργανα άλατα (κυρίως νιτρικά και φωσφορικά), ηλιακή ακτινοβολία και φυσικά CO₂ .

Τα μύδια διηθούν το θαλασσινό νερό με ταχύτητα ανάλογη του μεγέθους του και της θερμοκρασίας του νερού, συγκρατώντας έτσι τα κατάλληλα μερίδια τροφής διαστάσεων 1-25 μm, αποβάλλοντας τα υπόλοιπα ως ψευδοκόπρανα (Γαληνού-Μητσούδη 2003). Τα σωματίδια αυτά απορρίπτονται τυλιγμένα σε βλέννα, και εξωθούνται χωρίς να έχουν περάσει διαμέσου της πεπτικής οδού. Έτσι, αν και μοιάζουν πολύ δεν είναι πραγματικά περιττώματα .



Εικόνα 7 : Το εσωτερικό του μυδιού



Εικόνα 8: Ανατομικά στοιχεία του μυδιού.

Τα ψευδοκόπρανα συσσωρεύονται και φαίνονται πολύ παρόμοια, με τα πραγματικά κόπρανα στον πυθμένα της κοιλότητας μανδύα. Το ανεπιθύμητο υλικό εκτινάσσεται περιοδικά (συνήθως μέσω του σιφώνα εισόδου) από συσπάσεις των προσαγωγών μυών, όπου ανοιγο-κλείνουν τις δυο θυρίδες του κελύφους (Εικ 7,8), ωθώντας το περισσότερο από

το νερό έξω από την κοιλότητα του μανδύα και βιαίως αποβάλλουν τόσο τα περιττώματα όσο και τα ψευδοκόπρανα .

Τα δίθυρα που εμφανίζουν αυτή τη συμπεριφορά είναι πολυάριθμα και περιλαμβάνουν τα στρείδια της οικογένειας *Ostreidae* (π.χ γένος *Crassostrea*) και τα ψευδομύδια της οικογένειας *Dreissenidae* (π.χ. γένος *Dreissena*). Εκτός από τα δίθυρα, υπάρχουν και διθηματοφάγα γαστερόποδα (π.χ. γένος *Batillaria*) και πεταλίδες της οικογένειας *Lepetodrilidae*.

Κάτω από ιδανικές θερμοκρασιακές συνθήκες τα δίθυρα έχουν την τάση να φιλτράρουν σε ένα μέγιστο ποσοστό . Όμως σε μη ιδανικές περιβαλλοντικές συνθήκες, συμπεριλαμβανομένων των χαμηλών ή πολύ υψηλών συγκεντρώσεων φυκών, ο ρυθμός διήθησης μειώνεται . Η ανώτερη συγκέντρωση φυκών (*Rhodomonas salina*) στην οποία το μπλε μύδι, *Mytilus edulis*, παρουσιάζει την μέγιστη ικανότητα διήθησης επί παρατεταμένο χρονικό διάστημα, ταυτοποιήθηκε μέσω βαθμιδωτής αύξησης της συγκέντρωσης φυκών, υπό σταθερές συνθήκες. Η χρονική διάρκεια πριν από την αρχόμενη μείωση κορεσμού μειώθηκε με την αύξηση της συγκέντρωσης φυκών, και η μείωση της δραστηριότητας κορεσμού διήθησης βρέθηκε να είναι μεταξύ περίπου 5000 και 8000 κύτταρα mL⁻¹, που αντιστοιχεί σε 6,3 και 10,0 μg CHL/L, αντίστοιχα. Η παραγωγή ψευδοκοπράνων αποκάλυψε ότι η συγκέντρωση ενεργοποίησης για το σχηματισμό των ψευδοκοπράνων ήταν περίπου 12.000 κύτταρα mL⁻¹. Τα ψευδοκόπρανα που παράγονται από κορεσμένα μύδια αποτελούνταν από στενά συσκευασμένα αχώνευτα κύτταρα φυκών, υποδεικνύοντας σοβαρή υπερφόρτωση του πεπτικού συστήματος που προκαλείται από της υψηλές συγκεντρώσεις φυτοπλαγκτού που τα μύδια δεν είναι προσαρμοσμένα για να το αντιμετωπίσουν (Riisgård 2011) .

1.5. Σκοπός

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης διαφορετικών συγκεντρώσεων φυτοπλαγκτού (*Chlorella sp.* & *Nannochloropsis sp.*) υπό ελεγχόμενες συνθήκες φωτισμού στην παραγωγή ψευδοκοπράνων στα μύδια του γένους *Mytilus galloprovincialis*. Επίσης περεταίρω αξιοποίηση του αποτελέσματος ώστε να χρησιμοποιηθεί ως φίλτρο για τον καθαρισμό του νερού κλειστών κυκλωμάτων (βιοφίλτρα).

2. Υλικά και Μέθοδοι

Για το πείραμα παραγωγής ψευδοκοπράνων παρουσία βαθμιδωτής συγκέντρωσης 2 ειδών μικροφυκών (*Chlorella sp.* & *Nannochloropsis sp.*) με 9 επαναλήψεις για το φυτοπλαγκτονικό είδος *Chlorella sp.* και μια σειρά συγκεντρώσεων για το φυτοπλαγκτονικό είδος & *Nannochloropsis sp.* .Χρησιμοποιήθηκε το είδος του μυδιού *M. galoprovincialis* .

Πριν την έναρξη του πειράματος υπολογίστηκε το υγρό και το ξηρό βάρος των 2 ειδών μικροφυκών προκειμένου να σχεδιαστεί το πείραμα και να υπολογιστεί ο όγκος φυτοπλαγκτού που θα χρησιμοποιούνταν (για την κάθε συγκέντρωση και επανάληψη).

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε από 22/2/2012 έως 26/4/2012

Στο χώρο των κρύων καραντίνων (CWQ) του ενυδρείου Κρήτης υπό ελεγχόμενες συνθήκες φωτισμού και θερμοκρασίας.

Η φωτοπερίοδος κατά την διάρκεια του πειράματος ήταν : 12 ώρες φώς / 12 ώρες σκοτάδι .

Η θερμοκρασία ήταν : $18^{\circ} \text{C} \pm 1^{\circ} \text{C}$, η αλατότητα κυμαινόταν από 25% στην μεγαλύτερη συγκέντρωση κάθε επανάληψης έως 35 % στις υπόλοιπες συγκεντρώσεις και το pH ήταν :8 έως 8,30.

2.1 Μικροφύκη

Τα φυτοπλαγκτονικά είδη που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη της παραγωγής ψευδοκοπράνων ήταν τα εξής :

- *Chlorella sp.* Είναι γένος μονοκύτταρου μαστιγωτού φύκου το οποίο ανήκει στην οικογένεια Oocystaceae με σφαιρικό ελλειψοειδές σχήμα 2-8mm σε διάμετρο. Αποτελεί συνήθως σημαντικό ποσοστό του φυτοπλαγκτού των λιμνών και των τεχνητών δεξαμενών. Περιέχουν 50% πρωτεΐνη, λίπος και βιταμίνες Α, Β, D, E και Κ, επιπροσθέτως έχουν πολύ πράσινη χρωστική ουσία (χλωροφύλλη), που χρησιμεύει ως καταλύτης στην διαδικασία της φωτοσύνθεσης.
- *Nannochloropsis sp.* είναι γένος μονοκύτταρου μαστιγωτού φύκου, 2-4 mm σε διάμετρο, που χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία της υδατοκαλλιέργειας για την καλλιέργεια μικρών ζωοπλαγκτονικών οργανισμών, όπως τροχόζωα , κωπήποδα , δάφνιες και αρτέμιες . Επίσης, χρησιμοποιείται ευρέως σε δεξαμενές σκοπέλων για την τροφοδοσία κοραλλιών SPS και άλλων διηθηματοφάγων που απαιτούν εξαιρετικά μικρό φυτοπλαγκτόν να αναπτυχθούν.

2.2 Υπολογισμός υγρού και ξηρού βάρους μικροφυκών

Μετρήθηκε τόσο το υγρό όσο και το ξηρό βάρος των 2 ειδών μικροφυκών που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα.

Τα υλικά και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό του υγρού και ξηρού βάρους ήταν τα ακόλουθα :

- 1 ml Φυτοπλαγκτόν (*Chlorella sp.* & 1 ml *Nannochloropsis sp.*)
- Αντλία κενού



- Πώμα γυάλινο, εσφυρισμένο
- Κωνική Φιάλη κενού
- Φιάλες διήθησης υπό κενό
- Αυτόματες πιπέτες Eppendorf
- Glass Microfiber filters Circle, whatman, Βαθμού Gf/c circles 25 mm
- Απιονισμένο νερό
- Τσιμπίδα Λεπτή
- Τρυβλία Petri
- Σωληνάρια Eppendorf
- Σωληνάρια κωνικά τύπου FALCON
- Μικροσκόπιο (OLYMPUS BX 41)
- Κλίβανος ξήρανσης (Heraeus Instruments)
- Ζυγός ακριβείας (KERN ABJ)

Μέτρηση υγρού βάρους

Για τον υπολογισμό του υγρού βάρους των δύο ειδών μικροφυκών που χρησιμοποιήθηκαν μετρήθηκε αρχικά η συγκέντρωση των κυττάρων με τη χρήση αιμοκυτταρόμετρου (Malassez) στο μικροσκόπιο. Δείγμα Τοποθετήθηκε στην πλάκα (Malassez) και εν συνεχεία στο μικροσκόπιο όπου παρέμεινε (με σβηστό φως) περίπου 5 λεπτά για την καθίζηση των κυττάρων πριν την μέτρηση. Στη συνέχεια, αφού άρθηκε το απόβαρο από τα φίλτρα που χρησιμοποιήθηκαν (Glass Microfiber filters Circle, whatman, Βαθμού Gf/c circles 25 mm), τοποθετήθηκαν στην αντλία κενού και φιλτραρίστηκε 1ml φυτοπλαγκτού με την βοήθεια της αντλίας κενού και ξεπλύθηκε με 10ml απεσταγμένου νερού. Μετά την απομάκρυνση του νερού, αφαιρέθηκε το φίλτρο που περιείχε μόνο τα κύτταρα του φυτοπλαγκτού και ζυγίστηκε.

Μέτρηση ξηρού βάρους

Αφού υπολογίστηκε το υγρό βάρος των κυττάρων, τα φίλτρα τοποθετήθηκαν σε κλίβανο ξήρανσης ώστε να απομακρυνθεί υγρασία, διπλωμένα μέσα σε κωνικό σωληνάριο τύπου FALCON για ένα τουλάχιστον 24ωρο στους 50°C, και μετά την απομάκρυνση από τον κλίβανο ζυγίστηκαν ξανά για το υπολογισμό του ξηρού βάρους.

2.3 Πείραμα παραγωγής ψευδοκοπράνων του μυδιού (*M.galloprovincialis*) παρουσία βαθμιδωτών συγκεντρώσεων φυτοπλαγκτού.

Τα υλικά και εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα ακόλουθα :

A. Βιολογικά υλικά

- Φυτοπλαγκτόν (*Chlorella sp.* & *Nannochloropsis sp.*)
- 200 Μύδια (*Mytilus galloprovincialis*)

Για την πραγματοποίηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν 200 άτομα μυδιών του είδους *Mytilus galloprovincialis* μεγέθους $MO \pm 24.5$ gr και $MO \pm 6.56$ cm

B. Αναλώσιμα υλικά

- Glass Microfiber filters Circle, whatman, Βαθμού Gf/c circles 25 mm
- Σωληνάρια Eppendorf
- Malassez , Καλυπτρίδες
- Κυψελίδες Φασματοφωτόμετρου (κυβέτες)
- Ποτήρια ζέσεως Πλαστικά (beakers) όγκου 2&1 λίτρων
- Ημικύκλιο πλαστικό δίχτυ (βάση για τα μύδια)
- Διάφανος σωλήνας παροχής αέρα 4mm
- Αυτόματες πιπέτες Eppendorf
- Γυάλινες, βαθμονομημένες πιπέτες
- Πιπέτες πλαστικές
- Ογκομετρικοί κύλινδροι
- Μπουκαλάκια πλαστικά 10 ml
- Τσιμπίδα Λεπτή
- Τρυβλία Petri

Γ.Επιστημονικός εξοπλισμός

- Κλίβανος ξήρανσης, φούρνος (Heraeus Instruments)
- Ζυγός ακριβείας (KERN ABJ)
- Φασματοφωτόμετρο (UV-1700 PharmaSpec, Shimadzu UV-VIS Spectrophotometer)
- Φυγόκεντρος (Heraeus instruments Megafuge 1.0)
- Μικροσκόπιο (OLYMPUS BX 41)
- Στερεοσκόπιο (OLYMPUS SZ)
- Αντλία κενού
- pHmetro-θερμόμετρο (pH- Meters WTW Model 330i)
- Οξυγονόμετρο (OxyGuard)
- Φωτόμετρο (NOVA 60 MERK)
- Διαθλασόμετρο (μέτρηση αλατότητας)

2.4 Πειραματικός σχεδιασμός

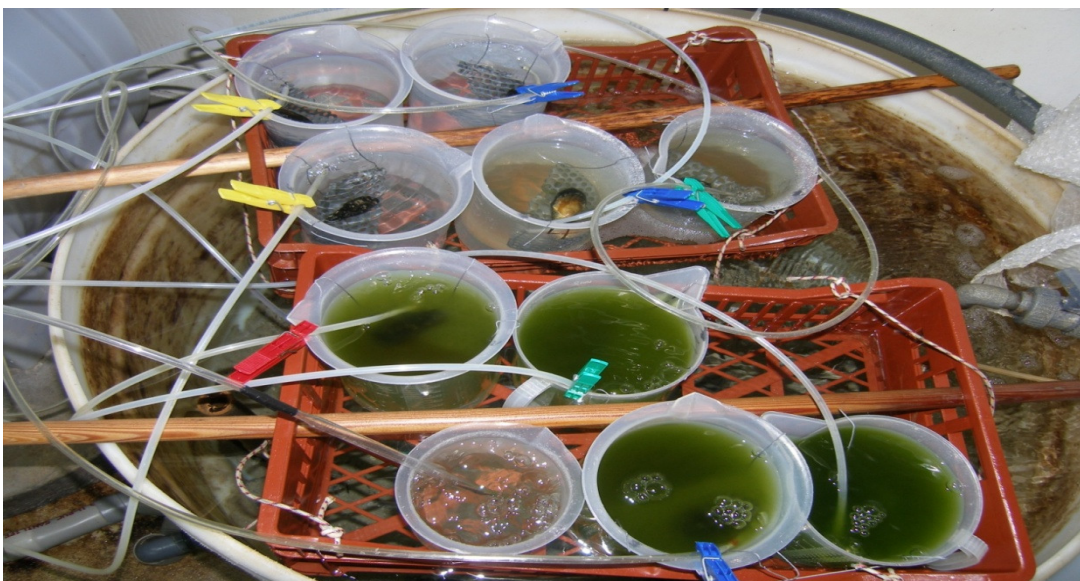
Χρησιμοποιήθηκαν 8 πλαστικά ποτήρια ζέσεως (beaker) χωρητικότητας 2L στα οποία τοποθετήθηκαν τα μύδια (ένα ανά δοχείο) και 1 πλαστικό ποτήρι ζέσεως χωρητικότητας 1L χωρίς μύδια που λειτούργησε ως μάρτυρας. Στα 8 πλαστικά ποτήρια ζέσεως χωρητικότητας 2L προσαρτήθηκε διάτρητη πλαστική βάση για την τοποθέτηση του μυδιού και σωληνάκι αερισμού (Εικ. 12) για την ανάδευση και την αιώρηση των κυττάρων φυτοπλαγκτού.



Εικόνα 12. Άτομο Μυδιού (*Mytilus galloprovincialis*) μέσα σε beaker κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Προκειμένου να διατηρηθεί σταθερή η θερμοκρασία του νερού (Εικ. 13) σε όλα τα δοχεία, τοποθετήθηκαν σε δεξαμενή χωρητικότητας 500L υποβασταζόμενα σε πλαστικά τελάρα (μέθοδος του μπεν μαρι bain marie). Πραγματοποιήθηκε μια σειρά 9 επαναλήψεων στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν 6-9 διαφορετικές συγκεντρώσεις φυτοπλαγκτού (από 0,025 – 250 mg/L υγρού βάρους) του είδους *Chlorella sp.* και μια σειρά συγκεντρώσεων (από 0,025 – 50 mg/L υγρού βάρους) του είδους *Nannochloropsis sp.* (Πιν. 1,2). Σε κάθε δοκιμή χρησιμοποιούνταν ένα μύδι πάνω στη διάτρητη πλαστική βάση και την απαραίτητη ποσότητα φυτοπλαγκτού σε κάθε πλαστικό δοχείο. Ο συνολικός χρόνος διάρκειας της κάθε δοκιμής ήταν 48 ώρες. Οι περιβαλλοντικές παράμετροι (Θερμοκρασία, pH, αλατότητα, ο

κορεσμός του νερού σε οξυγόνο και η φωτεινότητα) καταγράφονταν σε κάθε δοχείο σε καθημερινή βάση.



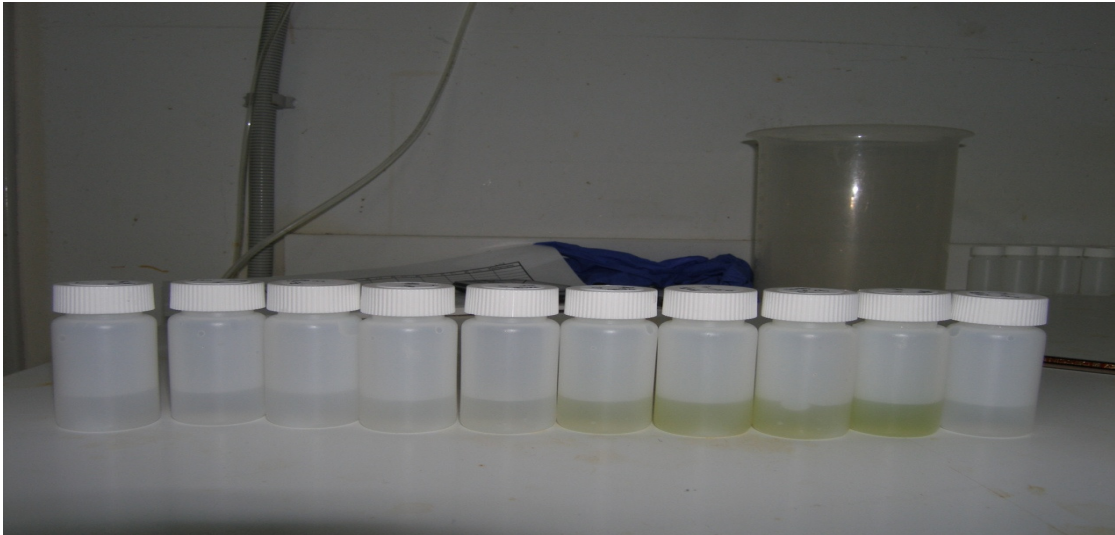
Εικόνα 13. Οργάνωση πειράματος μελέτης παραγωγής ψευδο-κοπράνων των μυδιών *Mytilus galloprovincialis* παρουσία διαφορετικών συγκεντρώσεων φυτοπλαγκτού υπό ελεγχόμενες συνθήκες

ΜΕΘΟΔΟΙ

A. Φυτοπλαγκτόν (Εικ. 14)

Από το κάθε πλαστικό δοχείο λαμβάνονταν με τη χρήση πιπέτας δείγμα νερού (όγκου 5 ml) δύο φορές ημερησίως (πρωί, απόγευμα) για :

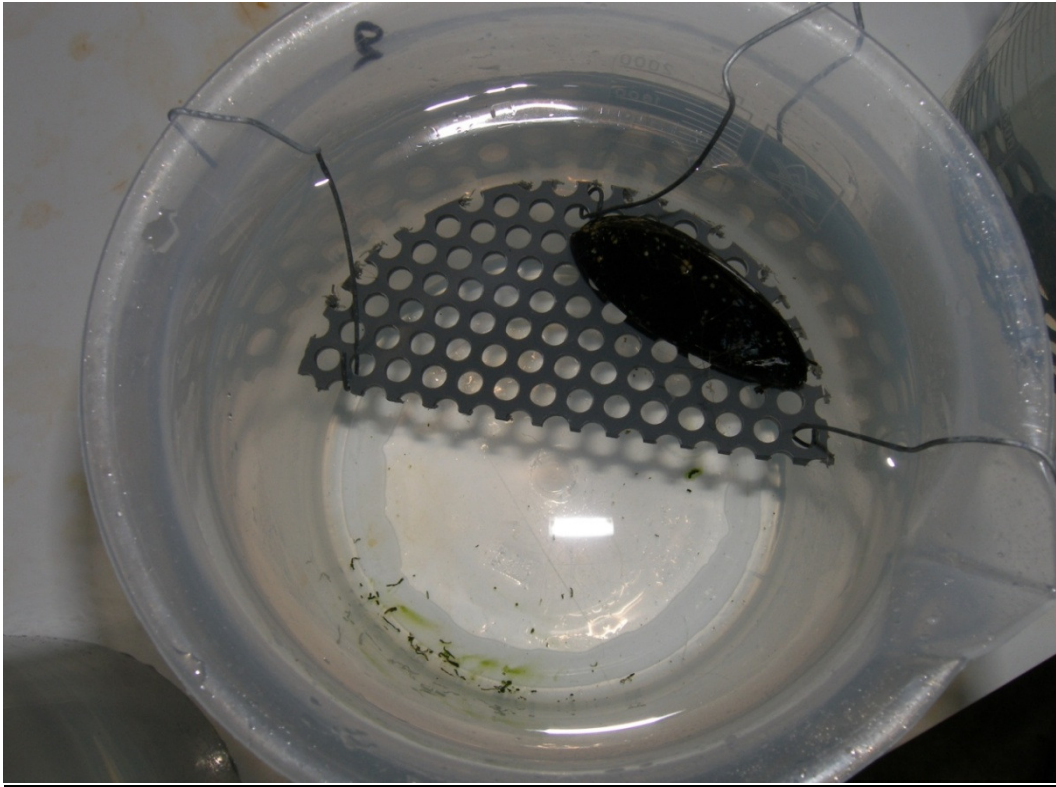
- 1) Παρατήρηση και μέτρηση κυττάρων φυτοπλαγκτού στο μικροσκόπιο,
- 2) Μέτρηση του όγκου των κυττάρων του φυτοπλαγκτού με φυγοκέντρηση (γραμμές φυτοπλαγκτού)
- 3) Μέτρηση της πυκνότητας του φυτοπλαγκτού με φασματοφωτόμετρηση.



Εικόνα 14. Δείγματα πειράματος φυτοπλαγκτού για την μέτρηση φυτοπλαγκτού (μέτρηση σε μικροσκόπιο , φυγοκέντρηση , φωτομέτρηση).

Β. Ψευδοκόπρανα (Εικ. 15)

Τα ψευδοκόπρανα συλλέγονταν συνολικά 2 φορές για κάθε δοκιμή έπειτα από την πάροδο 24 και 48 ωρών από την έναρξη της κάθε δοκιμής οπότε και η δοκιμή τελείωνε. Η συλλογή γινόταν με την χρήση πιπέτας από τη βάση των πλαστικών δοχείων ,στη συνέχεια τα ψευδοκόπρανα τοποθετούνταν σε πλαστικά μπουκαλάκια 20ml και έπειτα τοποθετούνταν στο ψυγείο μέχρι να φιλτραριστούν. Μετά το τέλος της κάθε δοκιμής τα μύδια ζυγίζονταν και μετρούνταν (cm) ζωντανά ενώ στη συνέχεια βράζονταν και ζυγίζονταν η σάρκα (ψίχα) και το κέλυφος χωριστά .



Εικόνα 15. Μύδι μέσα σε δοχείο κατά τη διάρκεια πειράματος και ψευδο-κόπρανα στον πυθμένα του δοχείου.

Πίνακας 1: Συγκεντρώσεις και είδος φυτοπλαγκτού που χρησιμοποιήθηκαν (mg/Lt) ανά πειραματική επανάληψη.

Αριθμός Επανάληψης	Είδος Φυτοπλαγκτού	Συγκέντρωση φυτοπλαγκτού (mg/Lt)									
		0,025	0,05	0,05	2,5	5	25	50	246		
Επανάληψη 1	<i>Chlorella sp</i>	0,025	0,05	0,05	2,5	5	25	50	246		
Επανάληψη 2	<i>Chlorella sp</i>	0,025	0,05	0,05	2,5	5	25	50	161		
Επανάληψη 3	<i>Chlorella sp</i>	0,025	0,05	0,05	2,5	5	25	50	250		
Επανάληψη 4	<i>Chlorella sp</i>	0,025	0,05	0,05	2,5	5	25	50	125		
Επανάληψη 5	<i>Nannochlorops is sp (με καυσαέρια)</i>	0,025	0,05	0,05	2,5	5	12,5	25	37,5	50	

Επανάληψη 6	<i>Chlorella sp</i> (με καυσαέρια)	0,025	0,05	0,05	2,5	5	12,5	25	37,5	50
Επανάληψη 7	<i>Chlorella sp</i>	0,025	0,05	0,05	2,5	5	12,5	25	37,5	50
Επανάληψη 8	<i>Chlorella sp</i>	0,025	0,05	0,05	2,5	5	12,5			
Επανάληψη 9	<i>Chlorella sp</i>	0,025	0,05	2,5	5	12,5	25	37,5		
Επανάληψη 10	<i>Chlorella sp</i>	0,025	0,05	0,05	2,5	5	12,5	25		

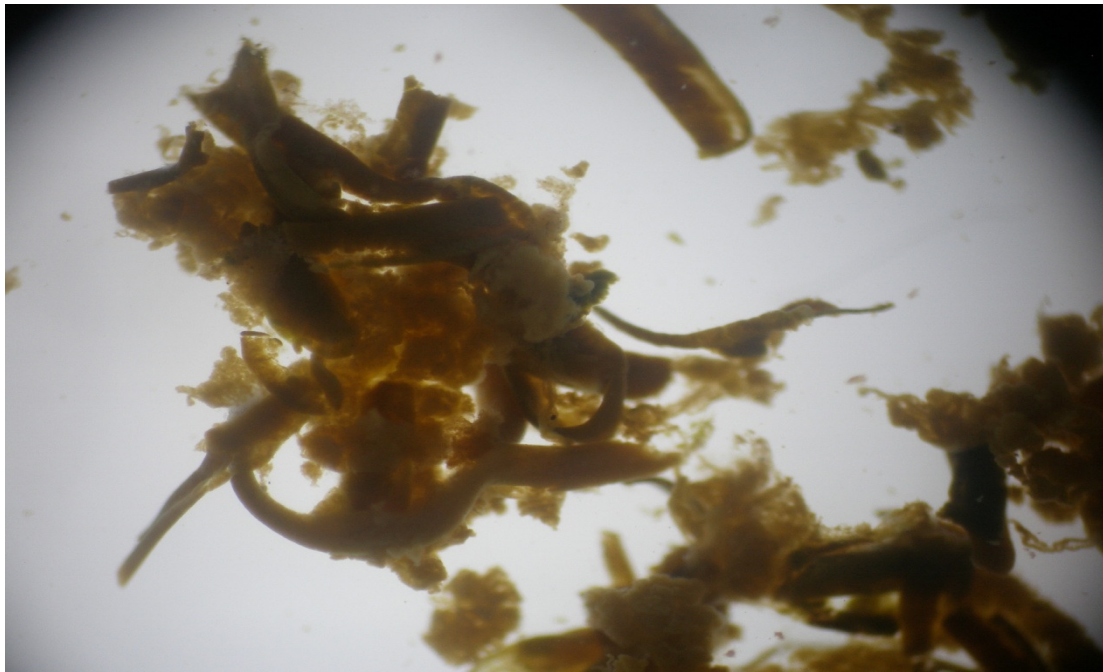
Πίνακας 2: Συγκεντρώσεις και είδος φυτοπλαγκτού που χρησιμοποιήθηκαν ($\times 10^6/\text{ml}$) ανά πειραματική επανάληψη

Είδος φυτοπλαγκτού	Συγκέντρωση φυτοπλαγκτού ανα Επανάληψη(εκατ/ml)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Chlorella sp</i>	362	237	50	53			140	24	90	49
<i>Chlorella sp</i> (με καυσαέρια)						101				
<i>Nannochloropsis sp</i> (με καυσαέρια)					166					

2.5 Υπολογισμός υγρού και ξηρού βάρους ψευδοκοπράνων

Τα δείγματα με τα ψευδοκόπρανα που είχαν αποθηκευτεί στο ψυγείο αρχικά φωτογραφίζονταν κάτω από το στερεοσκόπιο (Εικ. 16-18). Για τον υπολογισμό του υγρού και ξηρού βάρους των ψευδοκοπράνων, αρχικά πάρθηκε το απόβαρο από τα φίλτρα που χρησιμοποιήθηκαν (Glass Microfiber filters Circle, whatman, Βαθμού Gf/c circles 25 mm), τοποθετήθηκαν στην αντλία κενού και αφού φιλτραρίστηκε το σύνολο των ψευδοκοπράνων, ξεπλύθηκαν με άφθονο απεσταγμένο νερό. Μετά την απομάκρυνση του νερού, αφαιρέθηκε το φίλτρο που περιείχε μόνο τα ψευδοκόπρανα και ζυγίστηκε. Αφού υπολογίστηκε το υγρό βάρος όπως περιγράφηκε παραπάνω, τα φίλτρα τοποθετήθηκαν σε κλίβανο ξήρανσης, διπλωμένα μέσα σε κωνικό σωληνάριο τύπου FALCON για ένα τουλάχιστον 24ωρο στους

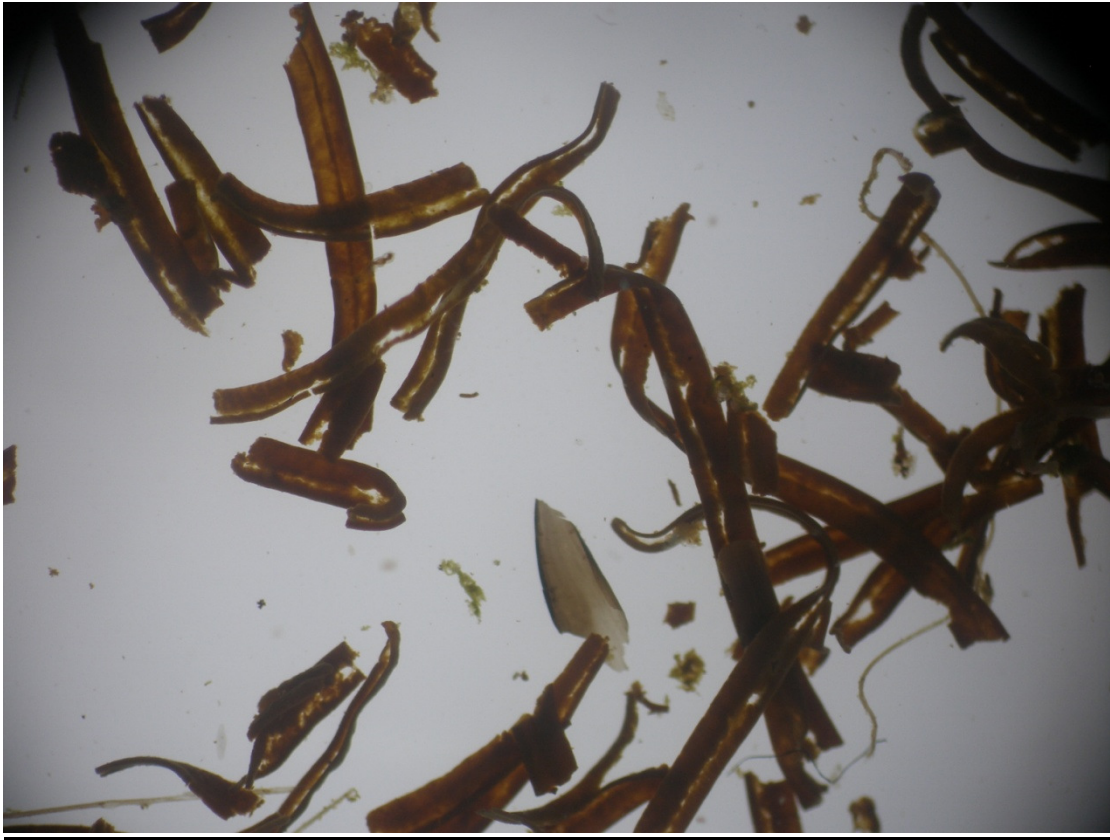
50°C, και μετά την απομάκρυνση από τον κλίβανο ζυγίστηκαν ξανά και ξανά τοποθετήθηκαν στον κλίβανο (αρκετές φορές ώστε να σταθεροποιηθεί το τελικό βάρος) για το υπολογισμό του ξηρού τους βάρους. Έπειτα, επαναφωτογραφήθηκαν (Εικ. 19) και φυλάχθηκαν σε σωληνάρια τύπου Eppendorf για περαιτέρω αναλύσεις.



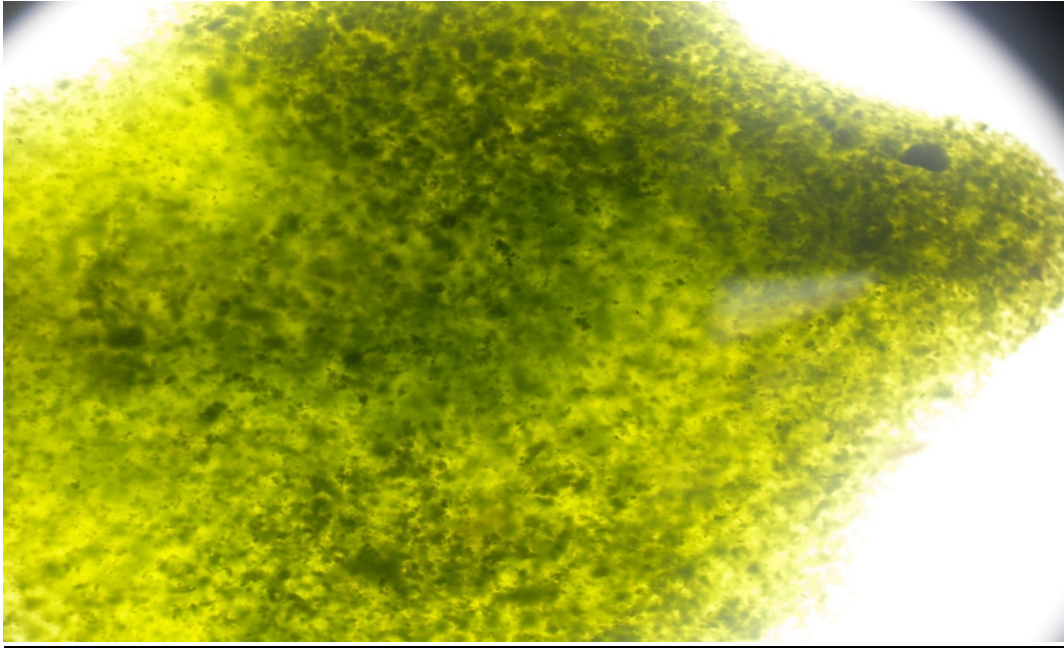
Εικόνα 16. Παρατήρηση Ψευδο-κοπράνων μυδιού (*Mytilus galloprovincialis*) κάτω από μεγάλη μεγέθυνση (x45) σε στερεοσκόπιο.

2.6 Ανάλυση δεδομένων

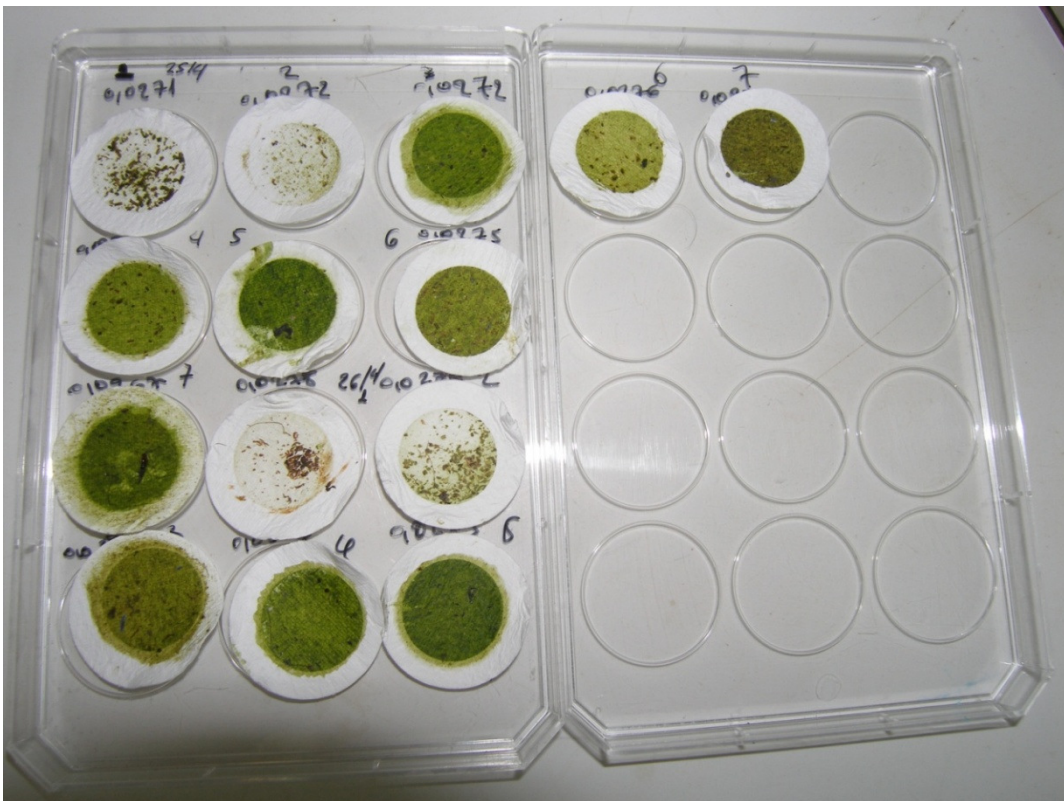
Στο τέλος των πειραμάτων έγινε εισαγωγή των αποτελεσμάτων σε φύλλα εργασίας (excel) για την ανάλυση και την παρουσίαση τους με την μορφή διαγραμμάτων. Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε με το πρόγραμμα SigmaStat. Επειδή μετά τον έλεγχο της κανονικότητας της κατανομής και της ισότητας των διασπορών των δεδομένων δεν πληρούνταν οι προϋποθέσεις για διπαραγοντική ανάλυση διασποράς πραγματοποιήθηκε t-test (ή Mann-Whitney u test όταν δεν πληρούνταν οι προϋποθέσεις) για κάθε συγκέντρωση για να ελεγχθεί αν διέφερε η παραγωγή ψευδοκοπράνων μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης ημέρας. Αφού τα δεδομένα ελέγχθηκαν για την κανονικότητα της κατανομής και την ισότητα των διασπορών πραγματοποιήθηκε μονοπαραγοντική ανάλυση διασποράς (1-way ANOVA) για να ελεγχθεί αν οι παρατηρούμενες διαφορές στην παραγωγή ψευδοκοπράνων επηρεάστηκε σημαντικά από την συγκέντρωση φυτοπλαγκτού.



Εικόνα1 7. Παρατήρηση Ψευδοκοπράνων μυδιού (*Mytilus galloprovincialis*) κάτω από μεγάλη μεγέθυση (x45) σε στερεοσκόπιο.



Εικόνα 18. Ψευδοκόπρανα μυδιού (*Mytilus galloprovincialis*) παρατήρηση κάτω από μεγάλη μεγέθυση (x45) σε στερεοσκόπιο παρουσία πολύ μεγάλης συγκέντρωσης φυτοπλαγκτού (mg).



Εικόνα 19. Αφυδατωμένα Ψευδοκόπρανα μυδιού (*Mytilus galloprovincialis*) πάνω σε φίλτρα μετά από διήθηση σε αντλία κενού και αποξήρανση στο φούρνο(50° για 24 ώρες)

3. Αποτελέσματα

3.1 Υπολογισμός υγρού και ξηρού βάρους μικροφυκών

Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι το υγρό βάρος 1 ml *Chlorella* συγκέντρωσης 250×10^6 cells/ml ανέρχεται στα 0,1701mg ενώ 1 ml *Nanochloropsis sp*, συγκέντρωσης 166m cells/ml ανέρχεται στα 0,1156mg. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, 1×10^6 κύτταρα *Chlorella sp* να ζυγίζει 0,6804μg ενώ 1×10^6 κύτταρα *Nanochloropsis sp* να ζυγίζει 0,6964μg (Πιν. 3). Βάση αυτών των τιμών υπολογίστηκε η ποσότητα του φυτοπλαγκτού που χρησιμοποιήθηκε στα πειράματα.

Πίνακας 3. Αποτελέσματα υπολογισμού του φυτοπλαγκτού σε mg/ml.

Είδος φυτοπλαγκτου	Συγκέντρωση φυτοπλαγκτού /ml	Υγρό βάρος(mg/ml)	Υγρό βάρος (μg ανά 1×10^6 κύτταρα)
<i>Chlorella sp</i>	250×10^6 /ml	0,1701	0,6804
<i>Nannochloropsis sp</i> (με καυσαέρια)	166×10^6 /ml	0,1156	0,6964

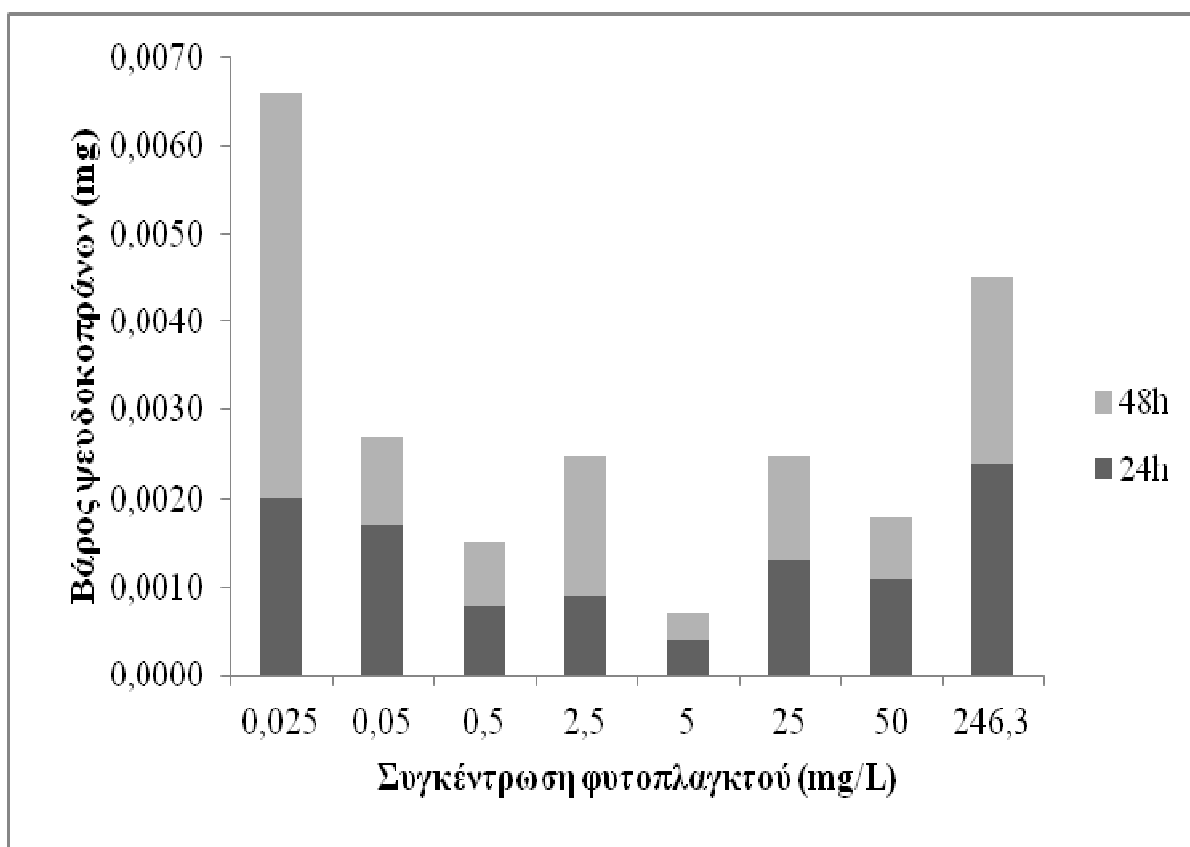
3.2 Επίδραση της συγκέντρωσης φυτοπλαγκτού στην παραγωγή ψευδοκοπράνων

Από τα αποτελέσματα των 10 επαναλήψεων που προέκυψαν παρατηρούμε μια βαθμιαία αύξηση της παραγωγής ψευδοκοπράνων με την αύξηση της συγκέντρωσης του φυτοπλαγκτού μέχρι τα 5mg/L ενώ σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις η παραγωγή ψευδοκοπράνων σταδιακά μειώνεται. Παρακάτω παρατίθενται αναλυτικά τα αποτελέσματα της κάθε επανάληψης .

1^η Επανάληψη

Πίνακας 3.1 Συγκέντρωση φυτοπλάκτου *Chlorella sp* (mg/Lt) και ποσότητα ψευδο-κοπράνων (mg) ανά ημέρα και συνολική

Υγρό βάρος φυτοπλάκτου(mg/Lt)	0,025	0,05	0,5	2,5	5	25	50	246,3
22/2 (24H)	0.0020	0.0017	0.0008	0.0009	0.0004	0.0013	0.0011	0.0024
23/2 (48H)	0.0046	0.0010	0.0007	0.0016	0.0003	0.0012	0.0007	0.0021
Συνολική ποσότητα παραγωγής ψευδο-κοπράνων (mg)	0.0066	0.0027	0.0015	0.0025	0.0007	0.0025	0.0018	0.0045

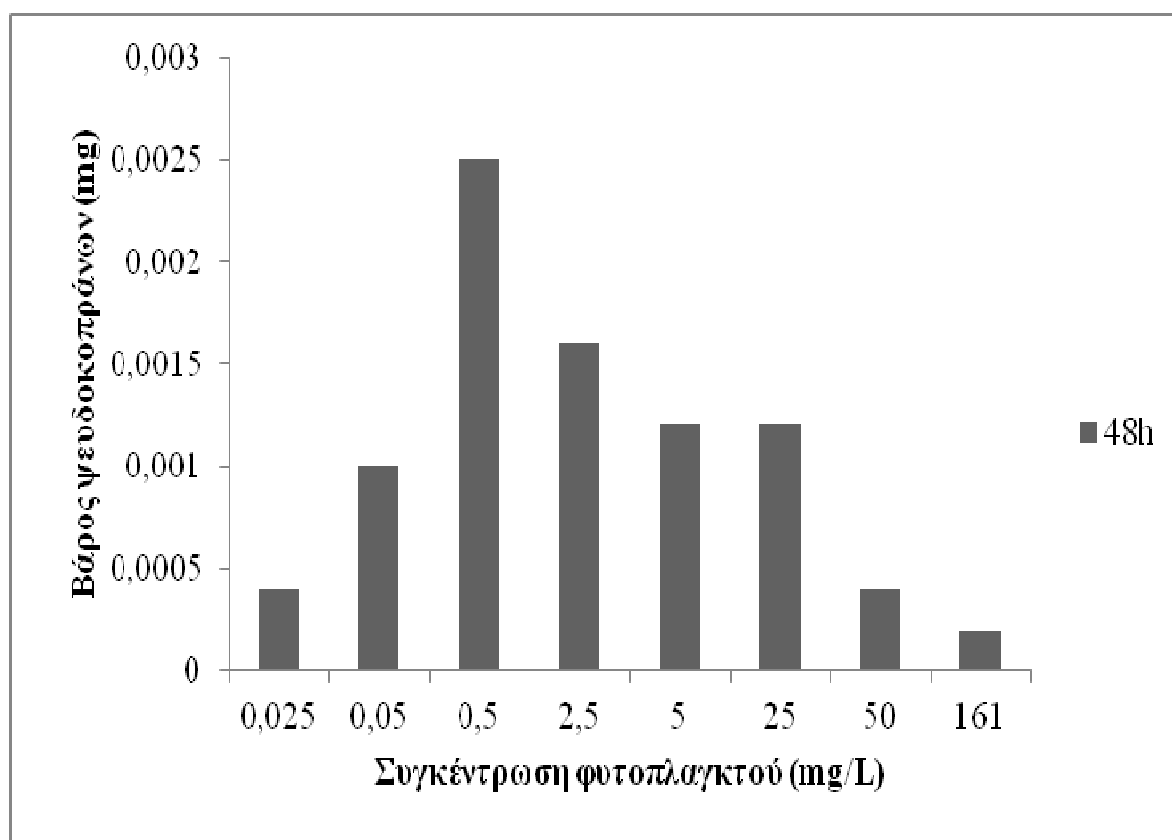


Εικόνα 20 : Παραγωγή ψευδο-κοπράνων μυδιού (mg) ανά χρησιμοποιούμενου φυτοπλάκτου (mg/Lt) στις 24 και 48 ώρες.

2^η Επανάληψη

Πίνακας 3.2 Συγκέντρωση φυτοπλάγκτου *Chlorella sp* (mg/Lt) και ποσότητα ψευδο-κοπράνων (mg) ανά ημέρα

Υγρό βάρος φυτοπλάγκτου(mg/Lt)	0,025	0,05	0,5	2,5	5	25	50	161
01/03/12(48H)	0.0004	0.0010	0.0025	0.0016	0.0012	0.0012	0.0004	0.0002

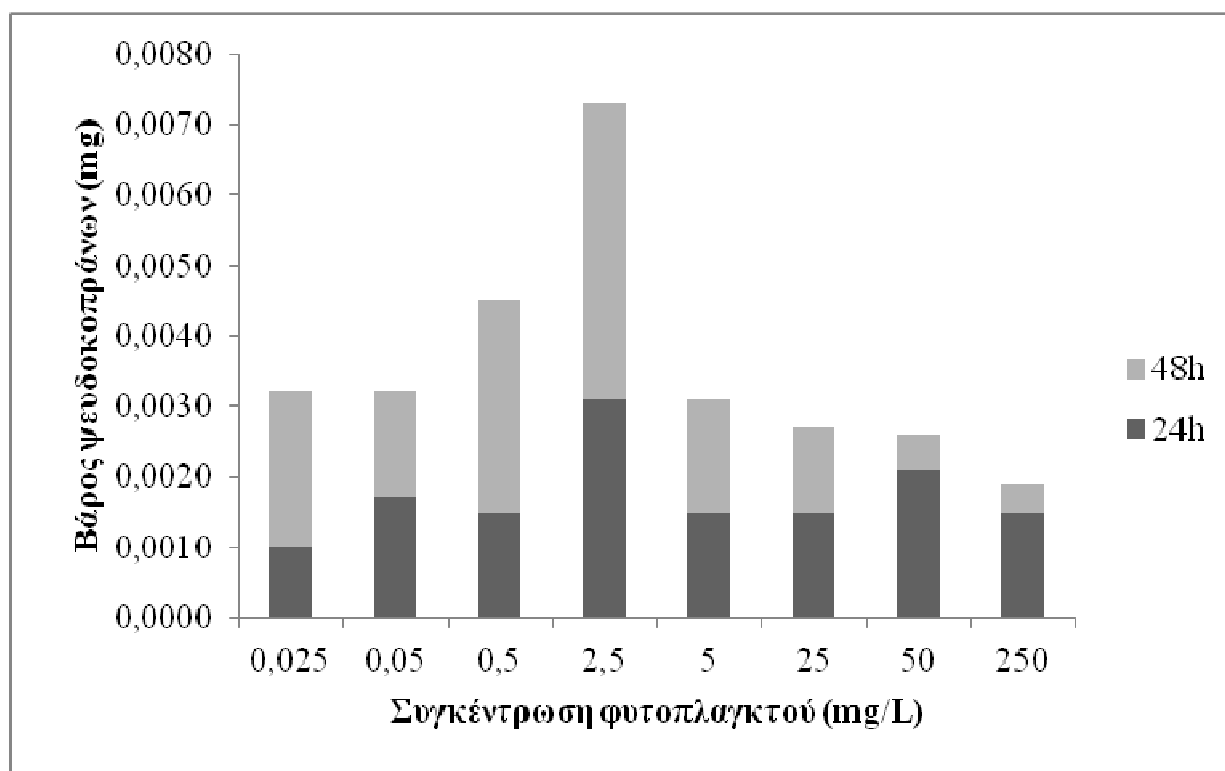


Εικόνα 21 : Παραγωγή ψευδο-κοπράνων μυδιού(mg) ανά χρησιμοποιούμενου φυτοπλάγκτου (mg) στις 24 ώρες.

3^η Επανάληψη

Πίνακας 3.3 Συγκέντρωση φυτοπλάγκτου *Chlorella sp* (mg/Lt) και ποσότητα ψευδο-κοπράνων (mg) ανά ημέρα και συνολική.

Υγρό βάρος φυτοπλάγκτου(mg/Lt)	0,025	0,05	0,5	2,5	5	25	50	250
06/03 (24H)	0.0010	0.0017	0.0015	0.0031	0.0015	0.0015	0.0021	0.0015
07/03(48H)	0.0022	0.0015	0.0030	0.0042	0.0016	0.0012	0.0005	0.0004
Συνολική ποσότητα παραγωγής ψευδο-κοπράνων (mg)	0.0032	0.0032	0.0045	0.0073	0.0031	0.0027	0.0026	0.0019

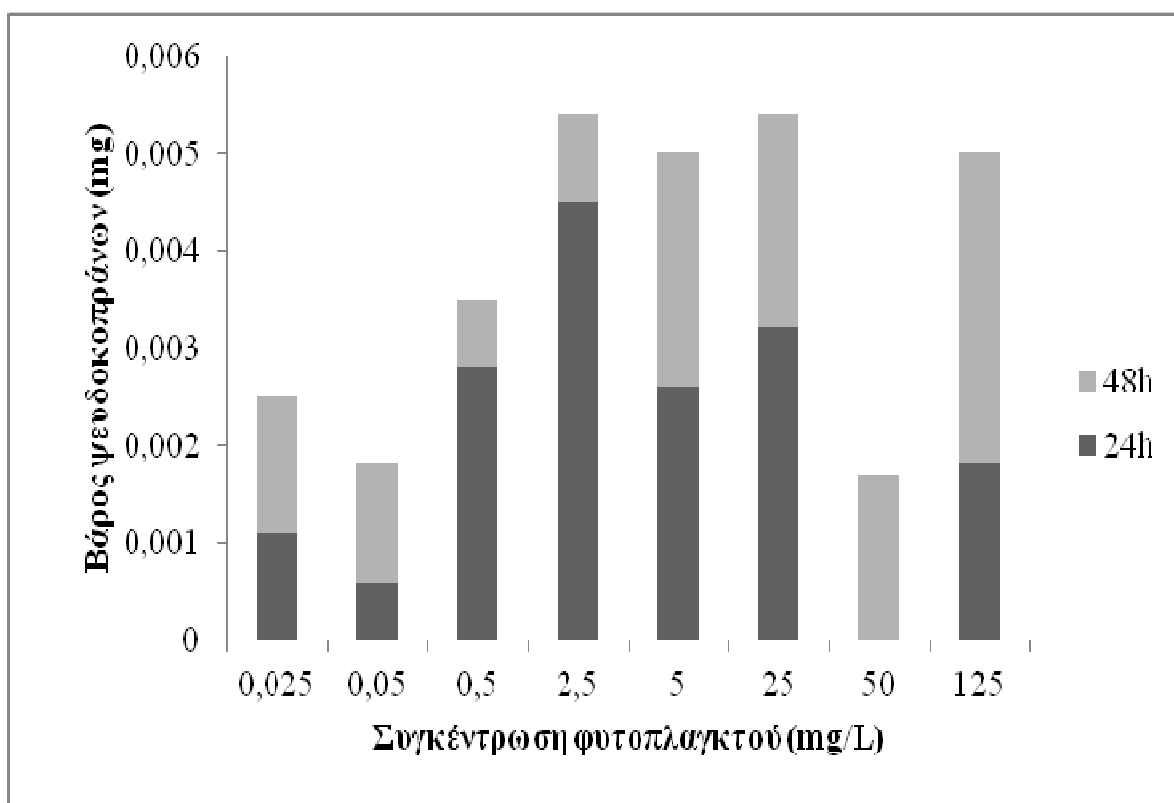


Εικόνα 22 : Παραγωγή ψευδο-κοπράνων μυδιού(mg) ανά χρησιμοποιούμενου φυτοπλάγκτου(mg) στις 24 και 48 ώρες.

4^η Επανάληψη

Πίνακας 3.4 Συγκέντρωση φυτοπλαγκτού *Chlorella sp* (mg/Lt) και ποσότητα ψευδο-κοπράνων (mg) ανά ημέρα και συνολική

Υγρό βάρος φυτοπλαγκτού(mg/Lt)	0,025	0,05	0,5	2,5	5	25	50	125
09/03(24H)	0.0011	0.0006	0.0028	0.0045	0.0026	0.0032	0	0.0018
10/03 (48H)	0.0014	0.0012	0.0007	0.0009	0.0024	0.0022	0.0017	0.0032
Συνολική ποσότητα παραγωγής ψευδο-κοπράνων (mg)	0.0025	0.0018	0.0035	0.0054	0.005	0.0054	0.0017	0.005

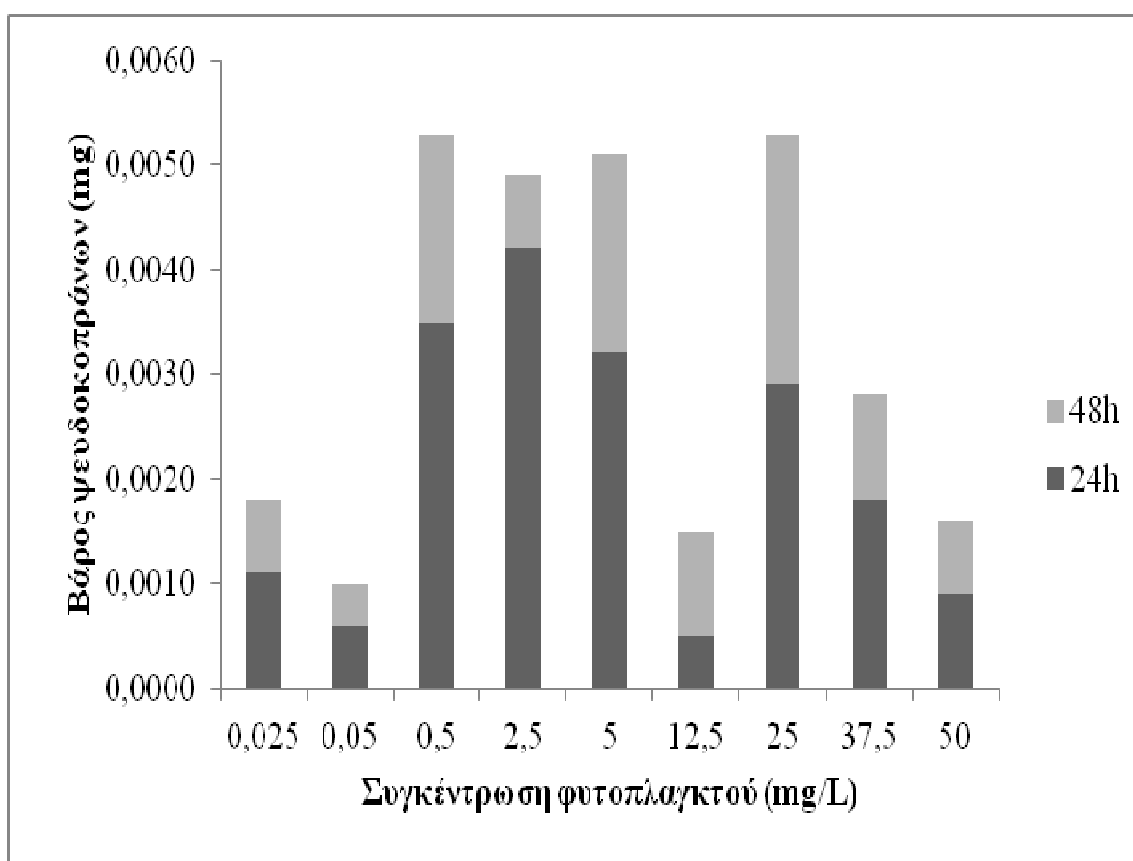


Εικόνα 23 : Παραγωγή ψευδο-κοπράνων μυδιού(mg) ανά χρησιμοποιούμενου φυτοπλαγκτού(mg) στις 24 και 48 ώρες.

5^η Επανάληψη

Πίνακας 3.5 Συγκέντρωση φυτοπλάκτου *Nannochloropsis sp* (mg/Lt) και ποσότητα ψευδο-κοπράνων (mg) ανά ημέρα και συνολική

Υγρό βάρος φυτοπλάκτου(mg/Lt)	0,025	0,05	0,5	2,5	5	12,5	25	37,5	50
20/3(24H)	0.0011	0.0006	0.0035	0.0042	0.0032	0.0005	0.0029	0.0018	0.0009
21/3 (48H)	0.0007	0.0004	0.0018	0.0007	0.0019	0.0010	0.0024	0.0010	0.0007
Συνολική ποσότητα παραγωγής ψευδο-κοπράνων (mg)	0.0018	0.0010	0.0053	0.0049	0.0051	0.0015	0.0053	0.0028	0.0016

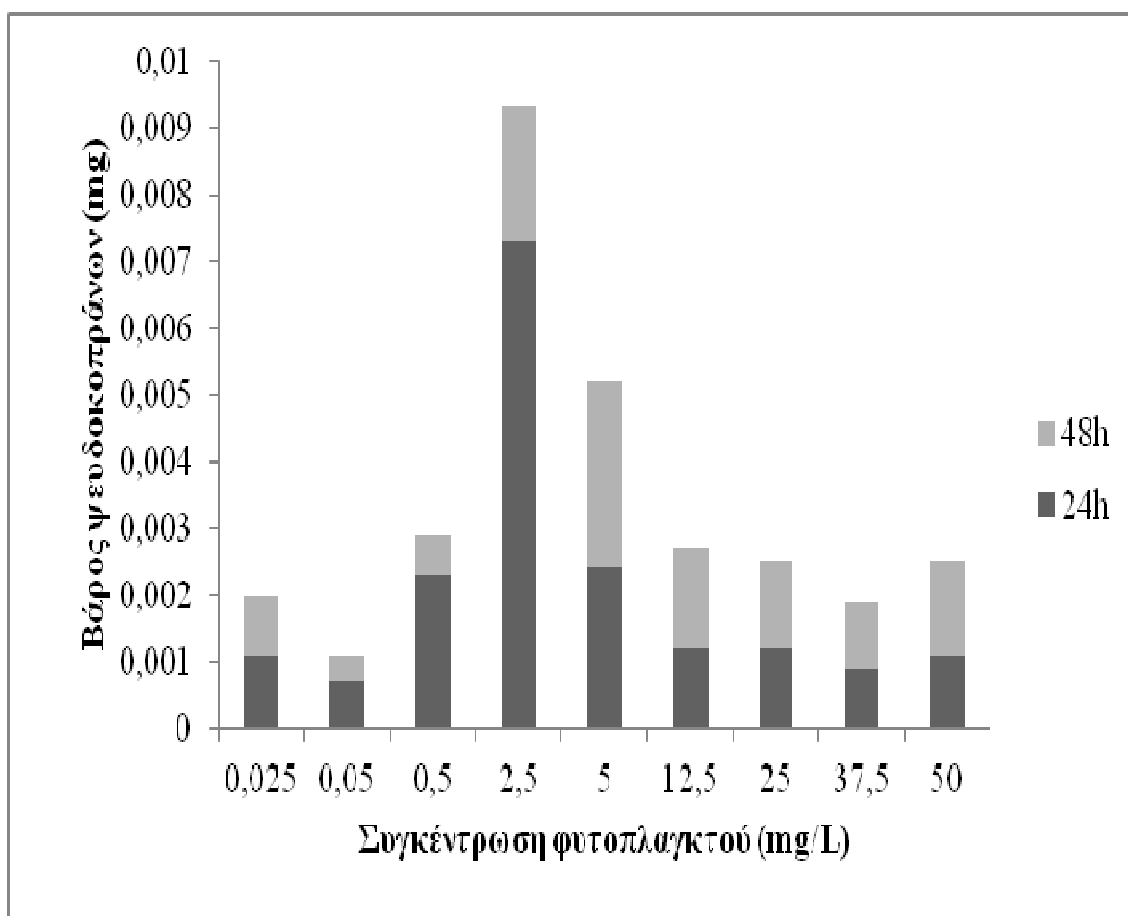


Εικόνα 24 : Παραγωγή ψευδο-κοπράνων μυδιού(mg) ανά χρησιμοποιούμενου φυτοπλάκτου *Nannochloropsis sp.* (mg) στις 24 και 48 ώρες.

6^η Επανάληψη

Πίνακας 3.6 Συγκέντρωση φυτοπλάκτου *Chlorella sp* (mg/Lt) και ποσότητα ψευδο-κοπράνων (mg) ανά ημέρα και συνολική

Υγρό βάρος φυτοπλάκτου(mg/Lt)	0,025	0,05	0,5	2,5	5	12,5	25	37,5	50
28/3(24H)	0.0011	0.0007	0.0023	0.0073	0.0024	0.0012	0.0012	0.0009	0.0011
29/3 (48H)	0.0009	0.0004	0.0006	0.0020	0.0028	0.0015	0.0013	0.0010	0.0014
Συνολική ποσότητα παραγωγής ψευδο-κοπράνων (mg)	0.0020	0.0011	0.0029	0.0093	0.0052	0.0027	0.0025	0.0019	0.0025

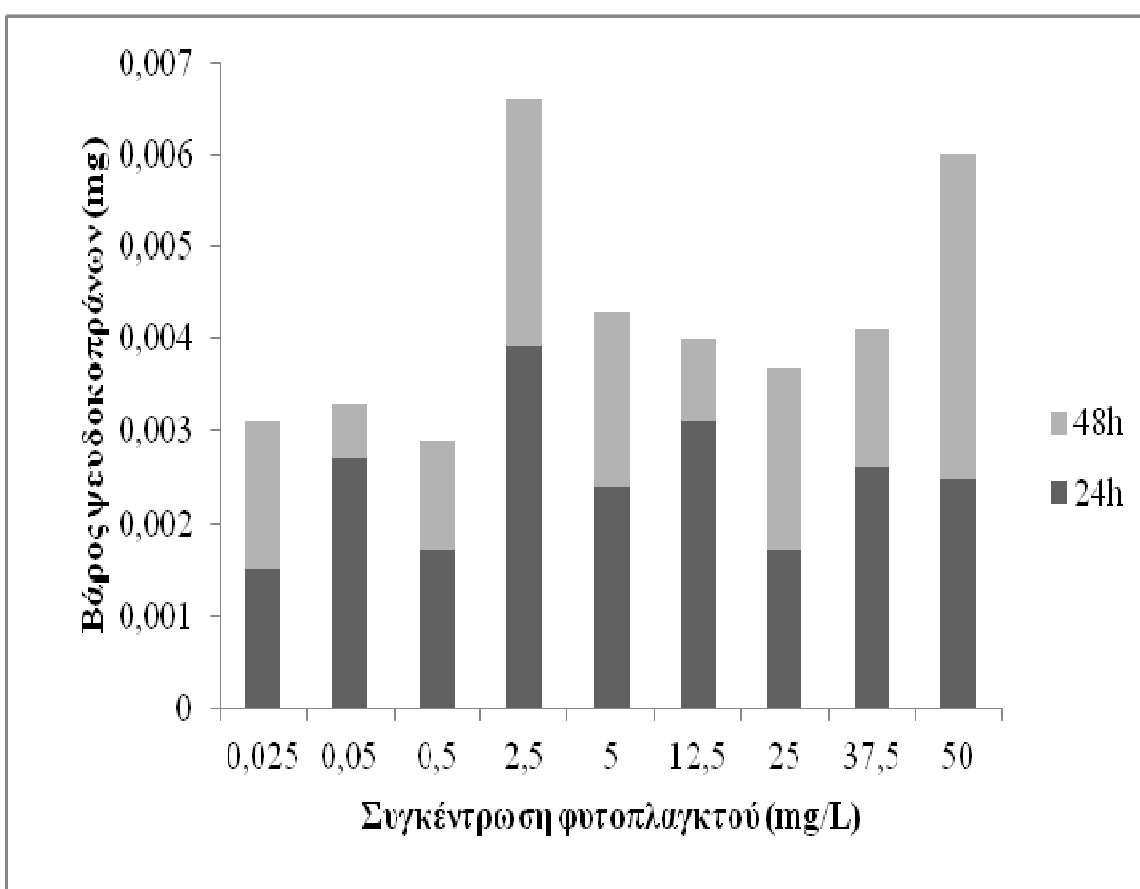


Εικόνα 25 : Παραγωγή ψευδο-κοπράνων μυδιού(mg) ανά χρησιμοποιούμενου φυτοπλάκτου *Chlorella sp.* (mg/L) στις 24 και 48 ώρες.

7^η Επανάληψη

Πίνακας 3.7 Συγκέντρωση φυτοπλάγκτου *Chlorella sp* (mg/Lt) και ποσότητα ψευδο-κοπράνων (mg) ανά ημέρα και συνολική

Υγρό βάρος φυτοπλάγκτου(mg/Lt)	0,025	0,05	0,5	2,5	5	12,5	25	37,5	50
02/04(24H)	0.0015	0.0027	0.0017	0.0039	0.0024	0.0031	0.0017	0.0026	0.0025
03/04 (48H)	0.0016	0.0006	0.0012	0.0027	0.0019	0.0009	0.0020	0.0015	0.0035
Συνολική ποσότητα παραγωγής ψευδο-κοπράνων (mg)	0.0031	0.0033	0.0029	0.0066	0.0043	0.004	0.0037	0.0041	0.0060

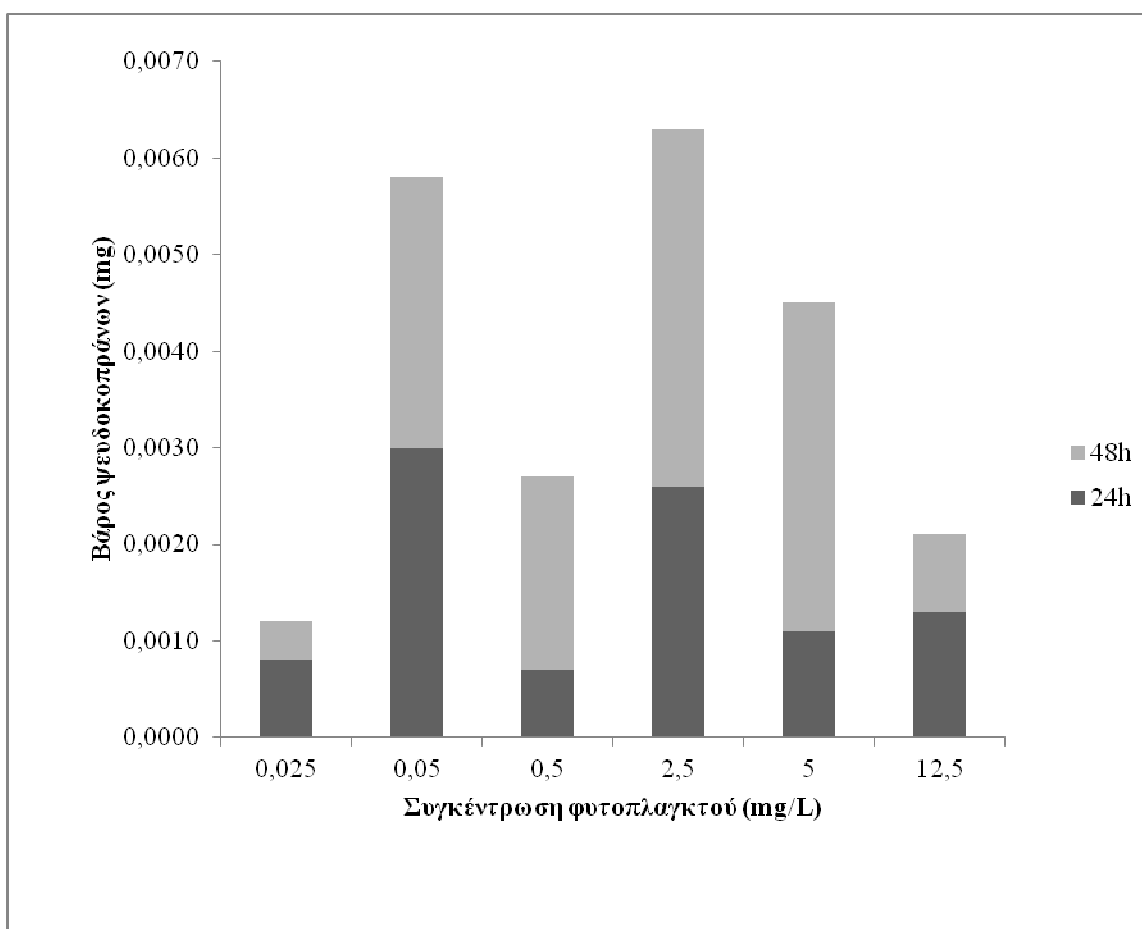


Εικόνα 26 : Παραγωγή ψευδο-κοπράνων μυδιού(mg) ανά χρησιμοποιούμενου φυτοπλάγκτου *Chlorella sp.* (mg/L) στις 24 και 48 ώρες.

8^η Επανάληψη

Πίνακας 3.8 Συγκέντρωση φυτοπλάγκτου *Chlorella sp.* (mg/Lt) και ποσότητα ψευδο-κοπράνων (mg) ανά ημέρα και συνολική

Υγρό βάρος φυτοπλάγκτου(mg/Lt)	0,025	0,05	0,5	2,5	5	12,5
09/04(24H)	0.0008	0.0030	0.0007	0.0026	0.0011	0.0013
10/04(48H)	0.0004	0.0028	0.0020	0.0037	0.0034	0.0008
Συνολική ποσότητα παραγωγής ψευδο-κοπράνων (mg)	0.0012	0.0058	0.0027	0.0063	0.0045	0.0021

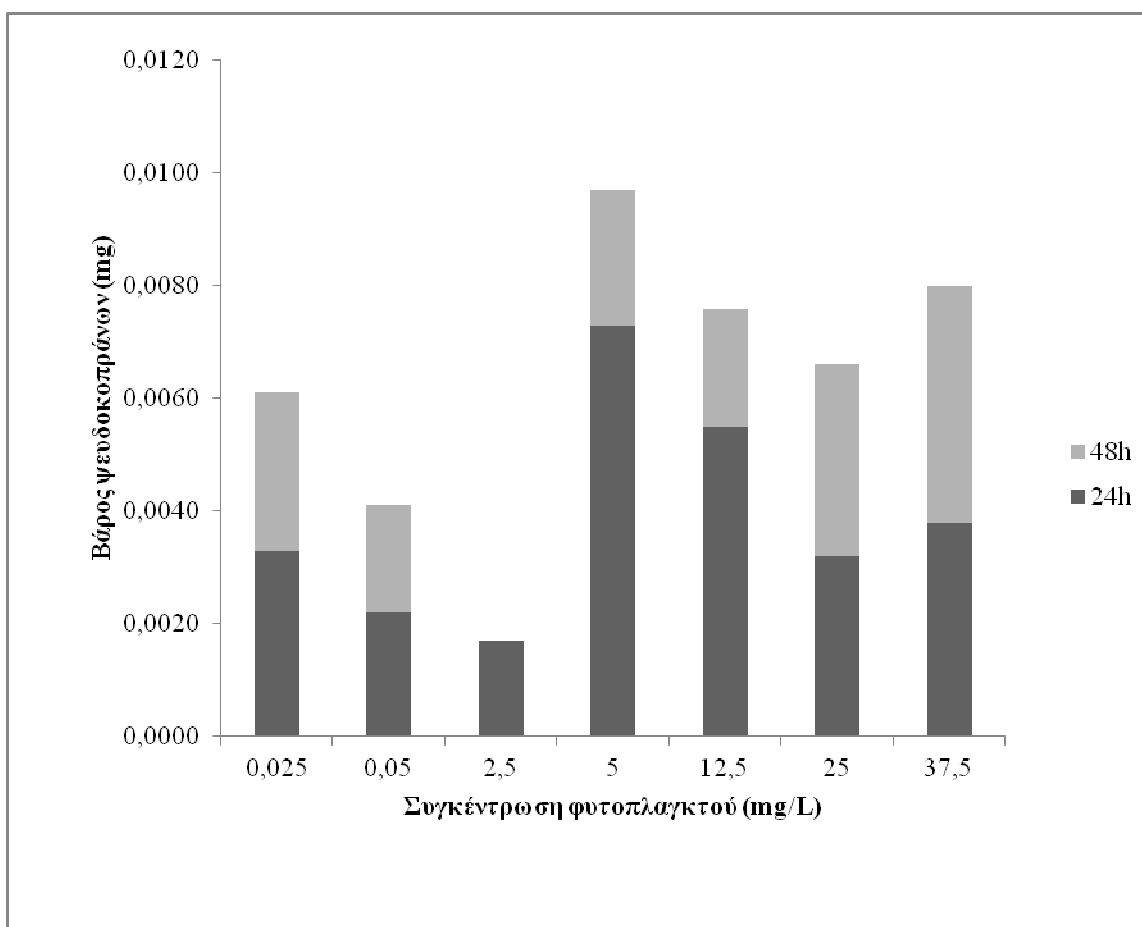


Εικόνα 27 : Παραγωγή ψευδο-κοπράνων μυδιού(mg) ανά χρησιμοποιούμενου φυτοπλάγκτου *Chlorella sp.* (mg/L) στις 24 και 48 ώρες.

9^η Επανάληψη

Πίνακας 3.9 Συγκέντρωση φυτοπλάγκτου *Chlorella sp.* (mg/Lt) και ποσότητα ψευδο-κοπράνων (mg) ανά ημέρα και συνολική

Υγρό βάρος φυτοπλάγκτου(mg/Lt)	0,025	0,05	2,5	5	12,5	25	37,5
21/4(24H)	0.0033	0.0022	0.0017	0.0073	0.0055	0.0032	0.0038
22/4 (48H)	0.0028	0.0019		0.0024	0.0021	0.0034	0.0042
Συνολική ποσότητα παραγωγής ψευδο-κοπράνων (mg)	0.0061	0.0041	0.0017	0.0097	0.0076	0.0066	0.0080

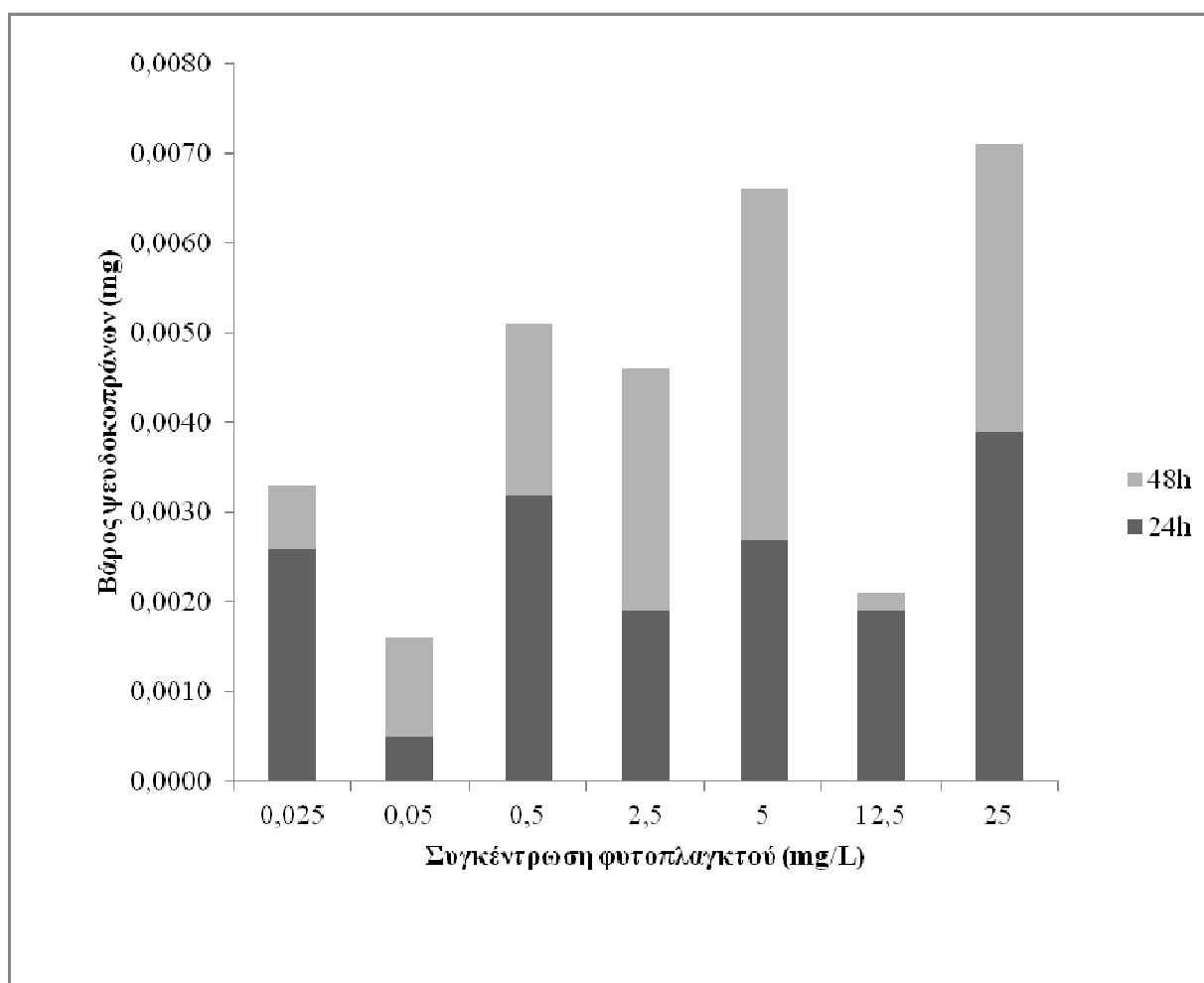


Εικόνα 28 : Παραγωγή ψευδο-κοπράνων μυδιού(mg) ανά χρησιμοποιούμενου φυτοπλάγκτου *Chlorella sp.*(mg/L) στις 24 και 48 ώρες.

10^η Επανάληψη

Πίνακας 3.10 Συγκέντρωση φυτοπλάγκτου *Chlorella sp* (mg/Lt) και ποσότητα ψευδο-κοπράνων (mg) ανά ημέρα και συνολική

Υγρό βάρος φυτοπλάγκτου(mg/Lt)	0,025	0,05	0,5	2,5	5	12,5	25
25/4(24H)	0.0026	0.0005	0.0032	0.0019	0.0027	0.0019	0.0039
26/4 (48H)	0.0007	0.0011	0.0019	0.0027	0.0039	0.0002	0.0032
Συνολική ποσότητα παραγωγής ψευδο-κοπράνων (mg)	0.0033	0.0016	0.0051	0.0046	0.0066	0.0021	0.0071



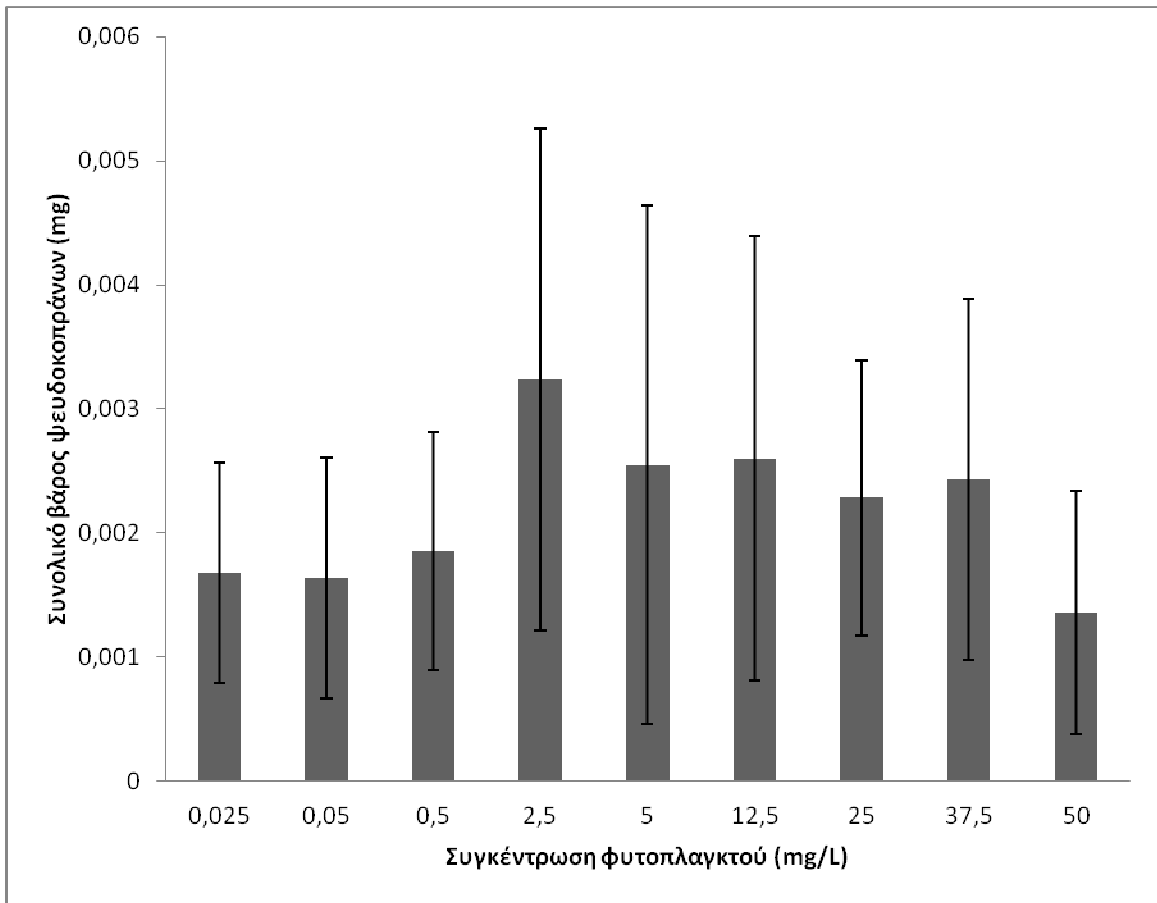
Εικόνα 29 : Παραγωγή ψευδο-κοπράνων μυδιού(mg) ανά χρησιμοποιούμενου φυτοπλάγκτου *Chlorella sp.*(mg/L) στις 24 και 48 ώρες.

Συγκεντρωτικά αποτελέσματα

Στους πίνακες που ακολουθούν παραθέτονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα παραγωγής ψευδοκοπράνων (mg) σε σχέση με τη συγκέντρωση φυτοπλαγκτού *Chlorella sp.* για όλες τις επαναλήψεις, για την πρώτη ημέρα, για την δεύτερη ημέρα και αθροιστικά (Πιν. 3.11-3.13). Την πρώτη ημέρα (24h) παρατηρείται μια αύξηση της παραγωγής ψευδοκοπράνων μέχρι την συγκέντρωση φυτοπλαγκτού των 2,5mg/L και μετά η παραγωγή ψευδοκοπράνων μειώνεται (Εικ. 30) αλλά οι παρατηρούμενες διαφορές δεν είναι στατιστικά σημαντικές (1-way ANOVA, $p=0,122$). Την δεύτερη ημέρα (48h) παρατηρείται το ίδιο πρότυπο με την παραγωγή ψευδοκοπράνων να εμφανίζει μέγιστο στην συγκέντρωση 5 mg/L (Εικ. 31) αλλά και πάλι οι παρατηρούμενες διαφορές δεν είναι στατιστικά σημαντικές (1-way ANOVA, $p=0,325$). Αντίστοιχα είναι και τα αποτελέσματα της αθροιστικής παραγωγής ψευδοκοπράνων που εμφανίζουν μέγιστο στα 2,5 mg/L (Εικ. 32) αλλά και πάλι οι διαφορές δεν είναι στατιστικά σημαντικές (1-way ANOVA, $p=0,123$). Οι διαφορές στην παραγωγή ψευδοκοπράνων την πρώτη και δεύτερη ημέρα δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά σε καμία συγκέντρωση φυτοπλαγκτού (Εικ. 33) ενώ τα p -value ανά συγκέντρωση παραθέτονται στην πίνακα 3.14.

Πίνακας 3. 11 Συγκέντρωση φυτοπλάγκτού *Chlorella sp.* (mg/Lt) και ποσότητα ψευδο-κοπράνων 1^{95} ημέρας ανά πείραμα

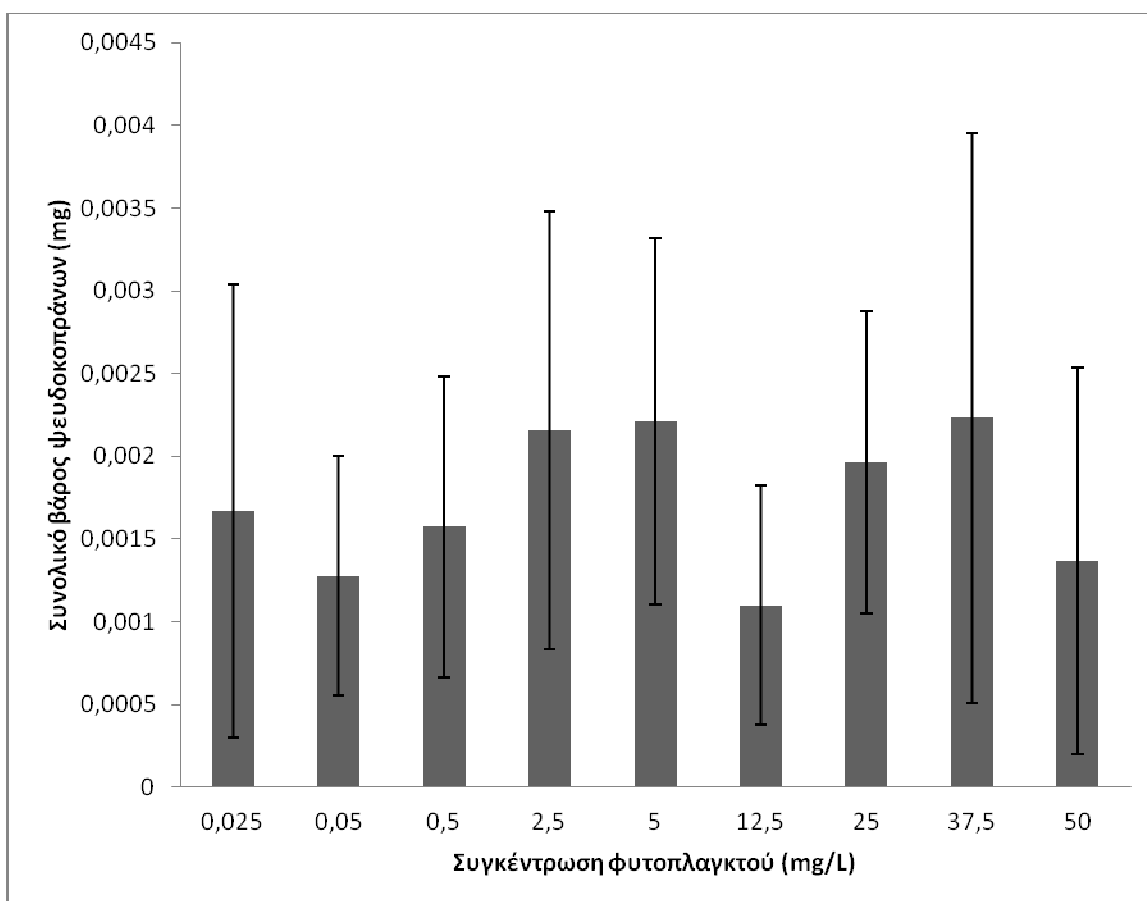
Συγκέντρωση φυτοπλαγκτού(mg/Lt)	1	3	4	6	7	8	9	10	Μέσος Όρος	Τυπική απόκλιση
0,025	0,0020	0,001	0,0011	0,0011	0,0015	0,0008	0,0033	0,0026	0,0017	0,000888
0,05	0,0017	0,0017	0,0006	0,0007	0,0027	0,003	0,0022	0,0005	0,0016	0,000968
0,5	0,0008	0,0015	0,0028	0,0023	0,0017	0,0007		0,0032	0,0019	0,000957
2,5	0,0009	0,0031	0,0045	0,0073	0,0039	0,0026	0,0017	0,0019	0,0032	0,002021
5	0,0004	0,0015	0,0026	0,0024	0,0024	0,0011	0,0073	0,0027	0,0026	0,002086
12,5				0,0012	0,0031	0,0013	0,0055	0,0019	0,0026	0,001789
25	0,0013	0,0015	0,0032	0,0012	0,0017		0,0032	0,0039	0,0023	0,00111
37,5				0,0009	0,0026		0,0038		0,0024	0,001457
50	0,0011	0,0021	0	0,0011	0,0025				0,0014	0,000979
125			0,0018							
161										
246,3	0,0024									
250		0,0015								



Εικόνα 30: Μέσο βάρος ψευδοκοπράνων (mg) πρώτης ημέρας (24h) ανά συγκέντρωση χρησιμοποιούμενου φυτοπλαγκτού *Chlorella sp.* (mg/L)

Πίνακας 3. 12 Συγκέντρωση φυτοπλάγκτου *Chlorella sp.* (mg/L) και ποσότητα ψευδο-κοπράνων (mg) 2^{ης} ημέρας ανά πείραμα

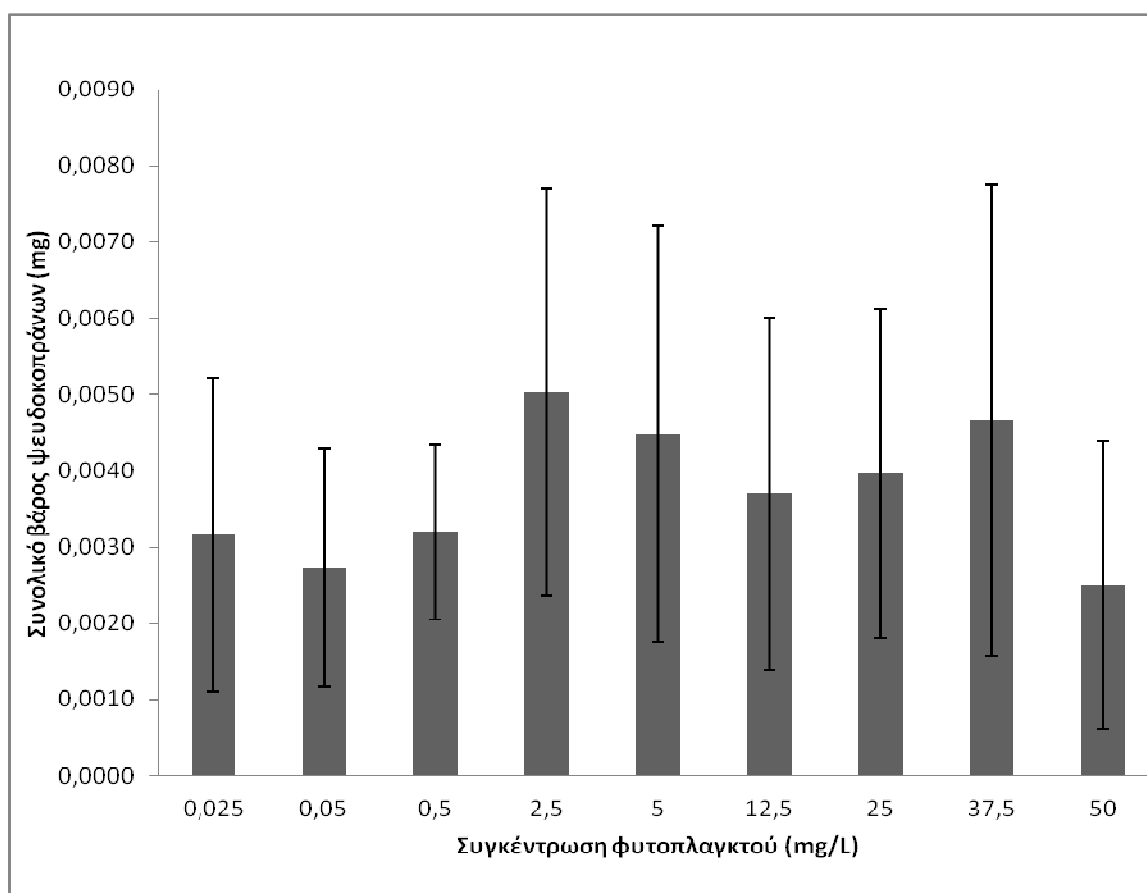
Συγκέντρωση φυτοπλάγκτου(mg/Lt)	1	2	3	4	6	7	8	9	10	Μέσος Όρος	Τυπική απόκλιση
0,025	0,0046	0,0004	0,0022	0,0014	0,0009	0,0016	0,0004	0,0028	0,0007	0,0017	0,001368
0,05	0,0010	0,0010	0,0015	0,0012	0,0004	0,0006	0,0028	0,0019	0,0011	0,0013	0,000722
0,5	0,0007	0,0025	0,003	0,0007	0,0006	0,0012	0,002		0,0019	0,0016	0,00091
2,5	0,0016	0,0016	0,0042	0,0009	0,0020	0,0027	0,0037	0	0,0027	0,0022	0,001324
5	0,0003	0,0012	0,0016	0,0024	0,0028	0,0019	0,0034	0,0024	0,0039	0,0022	0,001108
12,5					0,0015	0,0009	0,0008	0,0021	0,0002	0,0011	0,000725
25	0,0012	0,0012	0,0012	0,0022	0,0013	0,002		0,0034	0,0032	0,0020	0,000913
37,5					0,0010	0,0015		0,0042		0,0022	0,001721
50	0,0007	0,0004	0,0005	0,0017	0,0014	0,0035				0,0014	0,001166
125				0,0032							
161		0,0002									
246,3	0,0021										
250			0,0004								



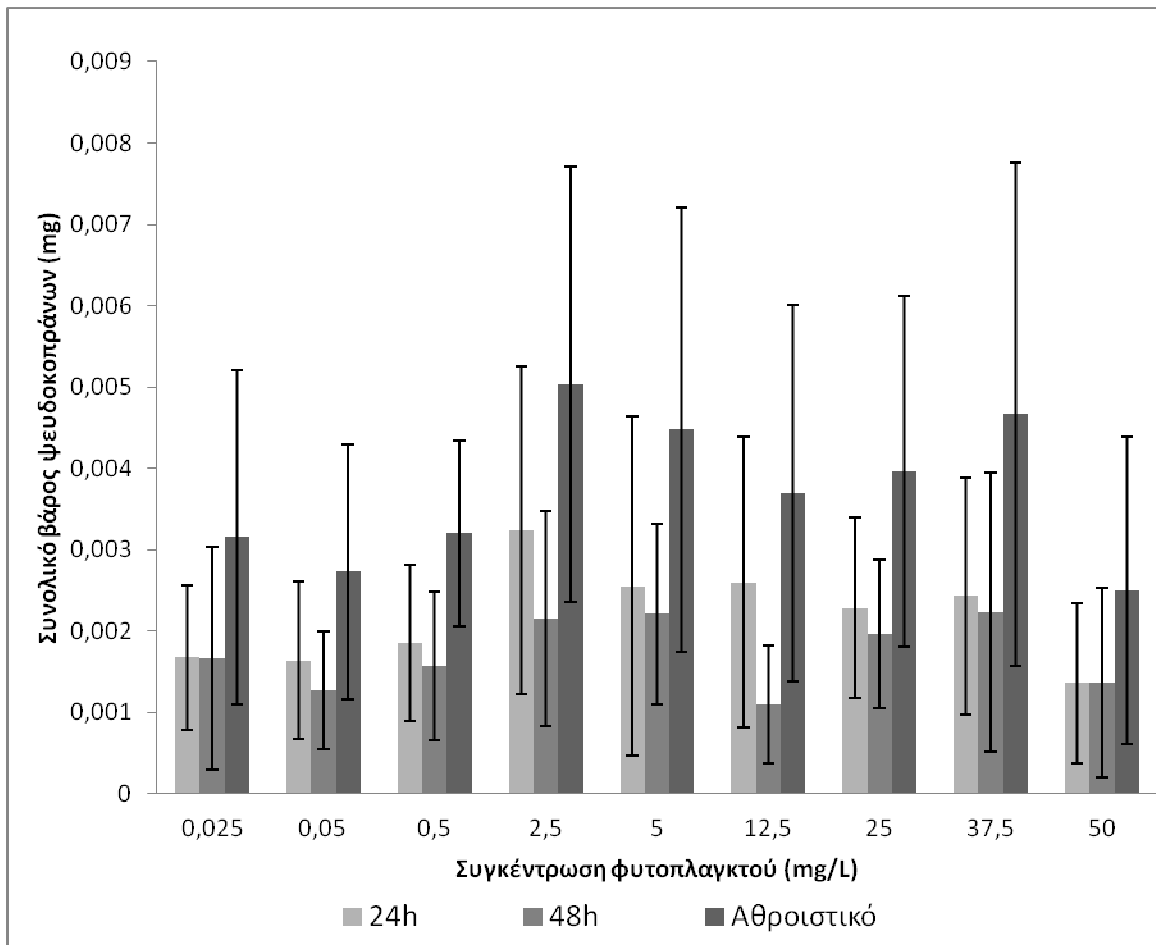
Εικόνα 31: Μέσο βάρος ψευδοκοπράνων (mg) δεύτερης ημέρας (48h) ανά συγκέντρωση χρησιμοποιούμενου φυτοπλάγκτου *Chlorella sp.* (mg/L)

Πίνακας 3. 13 Βάρος φυτοπλάγκτου *Chlorella sp* (mg/L) και συνολική ποσότητα ψευδο-κοπράνων (mg) ανά πείραμα

Συγκέντρωση φυτοπλάγκτου(mg/Lt)	1	2	3	4	6	7	8	9	10	Μέσος Όρος	Τυπική απόκλιση
0,025	0,0066	0,0004	0,0032	0,0025	0,002	0,0031	0,0012	0,0061	0,0033	0,0032	0,002054
0,05	0,0027	0,0010	0,0032	0,0018	0,0011	0,0033	0,0058	0,0041	0,0016	0,0027	0,001567
0,5	0,0015	0,0025	0,0045	0,0035	0,0029	0,0029	0,0027		0,0051	0,0032	0,001146
2,5	0,0025	0,0016	0,0073	0,0054	0,0093	0,0066	0,0063	0,0017	0,0046	0,0050	0,00267
5	0,0007	0,0012	0,0031	0,005	0,0052	0,0043	0,0045	0,0097	0,0066	0,0045	0,002728
12,5					0,0027	0,004	0,0021	0,0076	0,0021	0,0037	0,002314
25	0,0025	0,0012	0,0027	0,0054	0,0025	0,0037		0,0066	0,0071	0,0040	0,002153
37,5					0,0019	0,0041		0,008		0,0047	0,003089
50	0,0018	0,0004	0,0026	0,0017	0,0025	0,006				0,0025	0,001887
125				0,005							
161		0,0002									
246,3	0,0045										
250			0,0019								



Εικόνα 32: Μέσο αθροιστικό βάρος ψευδοκοπράνων (mg) (πρώτης και δεύτερης ημέρας) ανά συγκέντρωση χρησιμοποιούμενου φυτοπλάγκτου *Chlorella sp.* (mg/L)



Εικόνα 33: Συγκριτική απεικόνιση αποτελεσμάτων πρώτης, δεύτερης ημέρας και αθροιστικό.

Πίνακας 3. 14 Διαφορές στην παραγωγή ψευδοκυανών μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης μέρας ανάλογα με την συγκέντρωση φυτοπλαγκτού *Chlorella sp.*.

Συγκέντρωση (mg/L)	Test	p-value
0,025	mann whitney u test	0,487
0,05	mann whitney u test	0,486
0,5	t-test	0,335
2,5	t-test	0,093
5	t-test	0,542
12,5	t-test	0,169
25	mann whitney u test	0,466
37,5	t-test	0,734
50	t-test	0,983

4. Συζήτηση και Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν μια βαθμιαία αύξηση της παραγωγής ψευδοκοπράνων με την αύξηση της συγκέντρωσης φυτοπλαγκτού μέχρι τα 5 mg φυτοπλαγκτού όπου παρατηρείται η μέγιστη παραγωγή καθώς μετά σταδιακά η παραγωγή τους μειώνεται. Στις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις που εξετάστηκαν, διαπιστώθηκε ότι τα μύδια βρίσκονταν σε τόσο πυκνό φυτοπλαγκτό που δεν μπορούσαν να φιλτράρουν την πυκνή μάζα (“μπουκώνουν” και δεν μπορούν να αναπνεύσουν). Τα αποτελέσματα συμφωνούν με τους Riisgård et al (2011) που υποστηρίζουν ότι η παραγωγή ψευδοκοπράνων χαρακτηρίζει την σοβαρή υπερφόρτωση και του πεπτικού συστήματος αλλά και της τροχοφόρας-βραγχιακής αντλίας που προκλήθηκε από αφύσικα υψηλές συγκεντρώσεις φυτοπλαγκτού τις οποίες τα διηθηματοφάγα δίθυρα δεν είναι εξελικτικά προσαρμοσμένα να αντιμετωπίζουν. Σε άλλες περιπτώσεις, όπου η συγκέντρωση φυτοπλαγκτού κυμαίνεται σε φυσιολογικά επίπεδα αλλά υπάρχει υψηλή ποσότητα λάσπης, προκύπτει κορεσμός του πεπτικού συστήματος και συνεπώς μειωμένος ρυθμός φιλτραρίσματος αλλά η παραγωγή ψευδοκοπράνων μπορεί να είναι υψηλή. Σύμφωνα με τον Jørgensen (1981), οι συγκεντρώσεις φυτοπλαγκτού που οδηγούν στην παραγωγή ψευδοκοπράνων είναι περίπου $1\text{mm}^3\text{L}^{-1}$, ίσο περίπου με 5800 κύτταρα του είδους *Rhodomonas salina*, ποσότητα μικρότερη από αυτή που αναφέρουν οι Riisgård et al (2011) που ανέρχεται σε περίπου 12,000 κύτταρα ανα ml.

Τα αποτελέσματα των πειραμάτων δείχνουν ότι τα *Mytilus galloprovincialis* φιλτράρουν το νερό του περιβάλλοντος τους σε ένα μέγιστο ποσοστό φυτοπλαγκτού 2,5-5 mg/L όπως θα δούμε στους παραπάνω πίνακες, μετά επέρχεται κορεσμός (εικόνα 7, πολύ υψηλή συγκέντρωση φυτοπλαγκτού χωρίς παραγωγή ψευδο-κοπράνων). Σε υψηλές συγκεντρώσεις φυτοπλαγκτού, κακής ποιότητας (όπως προσθήκη καυσαερίων, όπου το φυτοπλαγκτόν δεν είναι πολύ καθαρό) και η κακή ποιότητα του νερού μπορεί οδηγήσει σε μερικό κλείσιμο των βαλβίδων και να μειωθεί στη συνέχεια το ποσοστό διήθησης. (Riisgard and Mohlenberg, 1979). Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα μας, αυτή εξήγηση φαίνεται να είναι εξαιρετικά πιθανή. Το παρατηρούμενο μοτίβο της δραστηριότητας μυδιών-διήθησης σε σχέση με τη συγκέντρωση φυτοπλαγκτού συμφωνεί με την πειραματική εργασία του Riisgård et al. (2003) και επιβεβαιώνει ότι τα μύδια προσαρμόζονται στο συνεχές φίλτρο σίτισης σε φυσικά χαμηλά επίπεδα συγκεντρώσεων φυτοπλαγκτού (Jørgensen et al. 1986, Riisgård & Larsen 1995, 2001, Riisgård 2001a, b). Σύμφωνα με τους

Riisgård et al (2011) δεν υπάρχει συμφωνία ως προς τον φυσιολογικό έλεγχο του φιλτραρίσματος νερού από τα διηθηματοφάγα δίθυρα σε σχέση με τις αλλαγές στην συγκέντρωση οργανικών και ανόργανων σωματιδίων στο νερό. Υπό βέλτιστες συνθήκες, τα διηθηματοφάγα δίθυρα φιλτράρουν το νερό στο μέγιστο ρυθμό. Όμως, υπό μη βέλτιστες συνθήκες, όπου η συγκέντρωση του φυτοπλαγκτού είναι πολύ υψηλή ή πολύ χαμηλή, το άνοιγμα της βαλβίδας μειώνεται και οι άκρες του μανδύα αποσύρονται.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τα μύδια μπορούν να λειτουργήσουν σαν βιοφίλτρα, αφού μπορούν να απομακρύνουν όχι μόνο το φυτοπλαγκτόν από τη στήλη του νερού καταναλώνοντάς το σαν τροφή αλλά και τα αιωρούμενα φερτά υλικά με τη μορφή ψευδοκοπράνων.

5. Βιβλιογραφία

Διεθνή Βιβλιογραφία

- Basurco, B. & A. Lovatelli (2003). The aquaculture situation in the Mediterranean Sea: predictions for the future. Presented at the Proceedings of the International Conference on Sustainable Development of the Mediterranean and Black Sea Environment, May 29–31, Thessaloniki, Greece
- Danioux, C., X. Bompais, C. Loste & P. Paquotte. 2000. Offshore mollusc production in the Mediterranean basin. *Cahiers Opt. Medit.* 30:115–140
- Galinou-Mitsoudi, S., Y. Savvidis & X. Dimitriadis. 2006a. Interaction between mussel culture and hydrodynamics: a preliminary study in the gulfs of Thessaloniki and Thermaikos, Greece. *J. Biol. Res.* 6: 139–145
- Galinou-Mitsoudi, S., G. Vlahavas & O. Papoutsis. 2006b. Population study of the protected bivalve *Pinna nobilis* (Linnaeus 1758) in Thermaikos Gulf (North Aegean Sea). *J. Biol. Res.* 5:47–53
- Gosling E.M. (2003) Fisheries and Management of Natural Populations. In: *Bivalve Molluscs: biology, Ecology and Culture*. Blackwell, Oxford, 6, 439 pp
- Inglis G.J., Hayden B.J., Ross A.H. (2000) An overview of factors affecting the carrying capacity of coastal embayments for mussel culture. Client Report: CHC00/69, Project No. MFE00505, Ministry for Environment, 31 pp
- Jørgensen, C. B. (1981). Feeding and cleaning mechanisms in the suspension feeding bivalve *Mytilus edulis*. *Marine Biology*, 65(2), 159–163
- Karageorgis A. P., Skourtos M. S., Kapsimalis V., Kontogianni A. D., Skoulikidis, N.Th., Pagou K., Nikolaidis N.P., Drakopoulou P., Zanou B., Karamanos H., Levkov Z., Anagnostou Ch. (2004) An integrated approach to watershed management within

the DPSIR framework: Axios River catchment and Thermaikos Gulf. Regional Environmental Change, Springer-Verlag, 2004

Mason J. (1972) The cultivation of the European mussel, *Mytilus edulis* Linnaeus, (ed. H. Barnes), Oceanography and Marine Biology an Annual Review, 10, 437- 460

Riisgård HU and F. Mohlenberg 1979 .An Improved Automatic Recording Apparatus for Determining the Filtration Rate of *Mytilus edulis* as a Function of Size and Algal Concentration. Marine Biology 52, 61-67

Riisgård HU, Kittner C, Seerup DF (2003) Regulation of opening state and filtration rate in filter-feeding bivalves(*Cardium edule*, *Mytilus edulis*, *Mya arenaria*) in response to low algal concentration. J Exp Mar Biol Ecol 284: 105–127

Riisgård HU, Parnuna P. Egede, and Isabel Barreiro Saavedra (2011) Feeding Behaviour of the Mussel, *Mytilus edulis* : New Observations, with a Minireview of Current Knowledge. Journal of Marine Biology 2011

Spencer, B.E., (2002). Molluscan Shellfish Farming. Fishing News Books, Oxford.

Theodorou J.A., Viaene J., Sorgeloos P. & Tzovenis I. (2011). Production and marketing trends of the cultured Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* Lamark 1819, in Greece. Journal of Shellfish Research. 30(3): 859-874

Veverica K. (1982) Culture of Mussels: A Review of the Status, Techniques, Problems, and Possibilities Karen Veverica Department of Fisheries and Wildlife Oregon State University A research paper to fulfill part of the requirements for the degree of Master of Agriculture Completed 1982, 65 pp

Zanou B, Anagnostou Ch. (2001) Integrated management in the drainage basin of the Thermaikos Gulf (NW-Aegean Sea) methodological steps and proposed measures, according to the win-win policy. Europ. Water Manage, 4(6): 33–42

Ελληνική Βιβλιογραφία

Γαληνού-Μητσούδη Σ. (2003) Εκτροφή Οστράκων, Σημειώσεις Θεωρίας Τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας και Υδατοκαλλιέργειών, ΤΕΙ Θεσσαλονίκης Ν. Μουδανιά. 110 σελίδες.

Μωρίκη Α. (2007) Κυκλοφορία του νερού σε Περιοχές Οργανωμένης Ανάπτυξης Υδατοκαλλιέργειών/μυδοκαλλιέργειών (ΠΟΑΥ) και Διαχειριστικές Παρεμβάσεις Χωροταξικής και Περιβαλλοντικής Βελτίωσης. Α. Τ. Ε. Ι. Θ. Ενδιάμεση Έκθεση, 164 σελίδες..

Παπαθανασίου Ε. (2001) Διαχειριστική Μελέτη των Ζωνών Παραγωγής Μυδιών των Κόλπων Θεσσαλονίκης και Θερμαϊκού. Ε.Κ.Θ.Ε. Τελική Τεχνική Έκθεση για ΝΑΘ, Δ/ση αλιείας.146 σελίδες.

Διαδικτυακές τοποθεσίες

www.FAO.org

[http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=1090,30070682,1090_33076576
&_dad=portal&_schema=PORTAL](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=1090,30070682,1090_33076576&_dad=portal&_schema=PORTAL)