

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΑΤΙΝΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

«ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ»

“ Η επίδραση του ολοθουρίου *Holothuria polii* στη μείωση του οργανικού φορτίου από την εκτροφή ψαριών σε εργαστηριακές συνθήκες”

Ασημάκη Αδαμαντία

ΒΟΛΟΣ 2017

UNIVERSITY OF THESSALY
SCHOOL OF AGRICULTURAL SCIENCES
DEPARTMENT OF ICHTHYOLOGY AND AQUATIC
ENVIRONMENT

POSTGRADUATE MASTER'S THESIS

**“EFFECTS OF SEA CUCUMBER *Holothuria polii* ON ORGANIC
LOAD REDUCTION FROM FISH FARMING OPERATION IN
LABORATORY CONDITIONS”**

Asimaki Adamantia

VOLOS 2017

«Η επίδραση του ολοθουρίου *Holothuria polii* στη μείωση του οργανικού φορτίου από την εκτροφή ψαριών σε εργαστηριακές συνθήκες»

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή :

- 1. Νικόλαος Νεοφύτου**, Επίκουρος Καθηγητής, Υδατοκαλλιέργειες και Περιβάλλον, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Επιβλέπων***.
- 2. Δημήτριος Βαφείδης**, Καθηγητής, Βιοποικιλότητα των Θαλάσσιων Βενθικών Ασπονδύλων και άμεση - έμμεση χρησιμότητά τους, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος***.
- 3. Ιωάννης Καραπαναγιωτίδης**, Επίκουρος Καθηγητής, Διατροφή Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος***.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν στο να φέρω εις πέρας την παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα της εργασίας αυτής, κ. Νίκο Νεοφύτου για την πολύτιμη βοήθειά του και τη διαρκή υποστήριξή του, τόσο κατά τη διεξαγωγή του πειράματος όσο και κατά την συγγραφή της παρούσας εργασίας, καθώς και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής μου, αποτελούμενη από τον κ. Ιωάννη Καραπαναγιωτίδη, και τον κ. Δημήτριο Βαφείδη, για τις χρήσιμες συμβουλές τους και την καθοδήγησή τους καθ' όλα τα στάδια διεκπεραίωσης της διατριβής.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τη διδακτορική φοιτήτρια Ραφαηλία Συβρή για την πολύτιμη βοήθειά της, κατά τη διάρκεια των αναλύσεων. Επιπλέον, θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον διδακτορικό φοιτητή Πιερ Ψωφάκη που ήταν παρόν καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος δίνοντας μου τις συμβουλές και τη βοήθειά του, όπως επίσης την φίλη μου Μάρω Φλώρου και στην οικογένεια μου για την άπλετη συμπαράσταση, βοήθεια και προ πάντων κατανόηση και ανοχή σε όλο το χρονικό διάστημα του πειράματος.

Τέλος, θα ήθελα να αφιερώσω την μεταπτυχιακή διπλωματική μου εργασία στον φίλο μου Μιχάλη Τριανταφύλλου, ο οποίος αν και έφυγε νωρίς, θα είναι πάντα στις καρδιές μας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία είχε ως σκοπό τη μελέτη της επίδρασης του ιζηματοφάγου βενθικού οργανισμού *Holothuria polii* στην ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των υδατοκαλλιεργειών στο υπόστρωμα. Για το σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκε εργαστηριακό πείραμα σε ειδικά διαμορφωμένα ενυδρεία, στα οποία έγινε προσπάθεια προσομοίωσης των συνθηκών που επικρατούν στο φυσικό περιβάλλον των υδατοκαλλιεργειών.

Για τις ανάγκες του πειράματος κατασκευάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν τρία ζεύγη κλειστών συστημάτων ενυδρείων (250 ℓ ανά ενυδρείο). Τα ενυδρεία πληρώθηκαν με τεχνητό θαλασσινό νερό (35 psu) που φτιάχτηκε στις εγκαταστάσεις του εργαστηρίου. Σε όλα τα ενυδρεία τοποθετήθηκε υπόστρωμα από κοσκινισμένη άμμο (1 mm) βάθους 5 cm. Στο ένα ενυδρείο του κάθε συστήματος τοποθετήθηκαν πέντε άτομα του είδους *H. polii* μέσης συνολικής βιομάζας $564,57 \pm 64,30$ g, ενώ το άλλο χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας (χωρίς ολοθούρια). Σε κάθε ενυδρείο τοποθετήθηκαν άτομα τσιπούρας μέσης συνολικής βιομάζας $270,83 \pm 0,48$ g.

Το εργαστηριακό πείραμα ξεκίνησε τον Ιούλιο του 2016 και είχε διάρκεια 30 ημερών. Στο διάστημα αυτό, τα ιχθύδια τσιπούρας σιτίστηκαν καθημερινά (δύο φορές), με προκαθορισμένο πρόγραμμα σίτισης και συγκεκριμένο τύπο ιχθυοτροφής τύπου πελέτας. Η σίτιση των ιχθυδίων πραγματοποιήθηκε με μεγάλη προσοχή, ώστε να δίνεται χρόνος στα ψάρια να καταναλώσουν το σύνολο της τροφής με σκοπό τις όσο το δυνατό λιγότερες απώλειες τροφής στον πυθμένα των ενυδρείων. Κατά τη διάρκεια του πειράματος καταγράφηκαν σε τακτά χρονικά διαστήματα διάφορες φυσικοχημικές παράμετροι του νερού (θερμοκρασία, αλατότητα, ενεργός οξύτητα, αμμωνία, νιτρώδη, νιτρικά).

Για τον προσδιορισμό του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα στα ενυδρεία, πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες στην αρχή και στο τέλος του πειράματος (ημέρα 1^η & 30^η). Από κάθε ενυδρείο πάρθηκαν τρία επαναληπτικά δείγματα. Το ποσοστό μείωσης του οργανικού υλικού κυμάνθηκε μεταξύ 50,03-161,56% και του οργανικού άνθρακα μεταξύ 49,00-57,45%.

Επίσης, πραγματοποιήθηκε ανάλυση του περιεχόμενου οργανικού υλικού και οργανικού άνθρακα στο έντερο των ολοθουρίων, όπου αυτό ήταν δυνατό, καθώς και προσδιορισμός της θρεπτικής σύστασης των ολοθουρίων και των ψαριών. Η απορροφητικότητα του εντερικού σωλήνα των ολοθουρίων έφτασε στο 46,60% για το οργανικό υλικό και στο 49,93% για τον οργανικό άνθρακα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της σύστασης η θρεπτική αξία του *H.polii* είναι αρκετά υψηλή.

Η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (one-way ANOVA), έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές μόνο στα ποσοστά του οργανικού άνθρακα μεταξύ των ενυδρείων με και χωρίς ολοθούρια.

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας έδειξαν ότι τα ολοθούρια *H. polii* συμβάλουν σημαντικά στη μείωση του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα. Με βάση τα παραπάνω καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το μελετούμενο είδος θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως ένα φυσικό διαχειριστικό μέσο για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων των ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων στο υπόστρωμα.

Λέξεις κλειδιά: υδατοκαλλιέργειες, περιβάλλον, *Holothuria polii*, οργανικό φορτίο, απορροφητική ικανότητα, θρεπτική σύσταση

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1.	Υδατοκαλλιέργειες στη Μεσόγειο	2
1.2.	Υδατοκαλλιέργειες στην Ελλάδα	3
1.3.	Περιβαλλοντικές επιπτώσεις υδατοκαλλιεργειών	4
1.4.	Ολοθούρια.....	7
1.4.1.	Γενικά.....	7
1.4.2.	Γενικά στοιχεία της βιολογίας του είδους <i>Holothuria polii</i>	12
1.4.3.	Εμπορική σημασία.....	14
1.4.4.	Εκτροφή ολοθουρίων.....	17
1.5.	Σκοπός της έρευνας.....	19
2.	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	20
2.1.	Σχεδιασμός πειράματος	20
2.2.	Οργανικό υλικό και οργανικός άνθρακας	24
2.2.1.	Ίζημα.....	24
2.2.2.	Έντερο των ολοθουρίων	26
2.3.	Θρεπτική σύσταση ολοθουρίων και ψαριών	27
2.3.1.	Ολοθούρια.....	27
2.3.1.1.	Προσδιορισμός υγρασίας/ ξηρής ουσίας	28
2.3.1.2.	Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων	28
2.3.1.3.	Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών.....	30
2.3.1.4.	Προσδιορισμός τέφρας	31
2.3.2.	Ψάρια	32
2.3.2.1.	Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής από τα ψάρια	32
3.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	35
3.1.	Οργανικό υλικό και οργανικός άνθρακας στο ίζημα.....	35
3.2.	Απορροφητική ικανότητα του εντέρου των ολοθουρίων.....	40
3.3.	Θρεπτική σύσταση ολοθουρίων	43
3.4.	Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής των ψαριών.....	47
4.	ΣΥΖΗΤΗΣΗ	48
4.1.	Οργανικό υλικό και οργανικός άνθρακας στο ίζημα.....	48
4.2.	Απορροφητική ικανότητα του εντέρου των ολοθουρίων.....	50
4.3.	Θρεπτική σύσταση ολοθουρίων	53
4.4.	Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής των ψαριών.....	56
5.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	58
6.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	60
	ABSTRACT	67

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο όρος “υδατοκαλλιέργειες” αφορά στη δια των αιώνων ελεγχόμενη εκτροφή υδρόβιων ζωικών οργανισμών ή καλλιέργεια φυτικών οργανισμών. Οι υδατοκαλλιέργειες εμφανίζουν μια συνεχώς αυξανόμενη ανάπτυξη κατά τις τελευταίες δεκαετίες (FAO 2016). Ειδικά τα τελευταία 40 χρόνια οι υδατοκαλλιέργειες έχουν αναπτυχθεί εντυπωσιακά. Σήμερα, ένα σημαντικό ποσοστό των βρώσιμων ψαριών προέρχεται από τις ιχθυοκαλλιέργειες και αναμένεται να αυξηθεί τις επόμενες δεκαετίες προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες του αυξανόμενου πληθυσμού, διότι τα ψάρια και τα προϊόντα τους αποτελούν πλούσια πηγή πρωτεϊνών, βιταμινών, ιχνοστοιχείων και άλλων θρεπτικών στοιχείων που χρειάζεται ο ανθρώπινος οργανισμός (FAO 2009). Από τη δεκαετία του '60, η παγκόσμια παραγωγή υδατοκαλλιέργειας αυξάνεται ταχύτατα με μέσο ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης που κυμαίνεται στο 6%. Την περίοδο 1980-2012 ο μέσος ρυθμός ανάπτυξης ανήλθε στο 8,6% και το 2013 στο 7,67%. Με μια παραγωγή < 0,8 εκατομμυρίων τόνων και αξίας < 400.000 € το 1951, έφθασε το 2013 στους 97 εκατομμύρια τόνους με συνολική αξία >125,64 δισ. € (FAO 2014).

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του Παγκόσμιου Οργανισμού Τροφίμων (FAO 2014), οι υδατοκαλλιέργειες έφτασαν να συνεισφέρουν σήμερα κατά 50% στη συνολική κατανάλωση ψαριών παγκοσμίως, ενώ αναμένεται μέχρι το 2030 πάνω από το 65% των αλιευτικών προϊόντων να προέρχεται από την υδατοκαλλιέργεια.

Η παγκόσμια αύξηση της ζήτησης για ψάρια, βοηθάει τη ραγδαία ανάπτυξη και βελτίωση της τεχνολογίας της ιχθυοκαλλιέργειας. Η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, η βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων καθώς και ο εμπλουτισμός της υπάρχουσας γραμμής προϊόντων με νέα είδη θα αποτελέσουν ουσιαστικά βήματα για την διατήρηση της ανταγωνιστικότητας, της παραγωγικότητας και της βιωσιμότητας του κλάδου των

ιχθυοκαλλιέργειών. Το 2013 καταγράφηκαν συνολικά 400 διαφορετικά είδη υδατοκαλλιέργειας (ψάρια, μαλάκια, καρκινοειδή, φύκια, ασπόνδυλα, αμφίβια και ερπετά) τα οποία καλλιεργήθηκαν ανά τον κόσμο σε διαφορετικά συστήματα και τεχνολογίες εκτροφής, στη θάλασσα ή σε εσωτερικά νερά. Προβλέπεται πως για την κάλυψη της αγοράς ο ευρύτερος τομέας της υδατοκαλλιέργειας θα πρέπει να διπλασιάσει την παραγωγή του μέσα στα επόμενα 20 χρόνια, καθώς η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού θα απαιτεί επιπλέον 37 εκατομμύρια τόνους ψαριού ετησίως.

1.1. Υδατοκαλλιέργειες στη Μεσόγειο

Τα τελευταία χρόνια στη Μεσόγειο έχει παρατηρηθεί μεγάλο ενδιαφέρον για τις υδατοκαλλιέργειες κάθε τύπου και μορφής, εξαιτίας κυρίως μιας σημαντικής ερευνητικής προσπάθειας στα πεδία της αναπαραγωγής, της καλλιέργειας του γόνου, της παραγωγής ιχθυοτροφών και της γενετικής μηχανικής (FAO 2009).

Η σύγχρονη Μεσογειακή υδατοκαλλιέργεια περιλαμβάνει την καθιερωμένη από χρόνια καλλιέργεια μαλακίων και στρειδιών, πέστροφας και θαλάσσιων ιχθύων. Αν και τα τελευταία χρόνια έχει γίνει εκτεταμένη και πολλά υποσχόμενη έρευνα για εκτροφή γόνου πολλών νέων ειδών, εν τούτοις η παραγωγή εστιάζεται περισσότερο σε είδη υψηλής αξίας και ζήτησης όπως η τσιπούρα (gilthead seabream, *Sparus aurata* L.) και το λαυράκι (European sea bass, *Dicentrarchus labrax* L.)

Συγκεκριμένα, το 2015 παράχθηκαν 358.412 τόνοι τσιπούρας και λαβρακιού σημειώνοντας αύξηση 8% σε σχέση με το 2014 (330.540 τόνοι). Η αύξηση αυτή των τελευταίων ετών προέρχεται κυρίως από την Τουρκία, ενώ οι μεταβολές που παρατηρούνται στις υπόλοιπες μεσογειακές χώρες είναι μικρές. Αναλυτικότερα, το 85% της παραγωγής τσιπούρας και λαβρακιού προέρχεται από 5 χώρες, την Τουρκία (125.000 τόνοι), την Ελλάδα (110.000 τόνοι), την Ισπανία (37.554 τόνοι), την Αίγυπτο

(30.000 τόνοι) και την Ιταλία (13.810 τόνοι). Αξίζει να σημειωθεί πώς το 66% της παραγωγής παγκοσμίως πραγματοποιείται σε 2 χώρες της ανατολικής Μεσογείου, την Ελλάδα και την Τουρκία (ΣΕΘ 2016).

1.2. Υδατοκαλλιέργειες στην Ελλάδα

Η Ελλάδα είναι χώρα με παράδοση στην παραγωγή ιχθύων υψηλής ποιότητας καθώς υπάρχουν αναφορές για τεχνικές συντηρήσεως των ψαριών σε πέτρινες δεξαμενές τόσο στη Μινωική Κρήτη όσο και σε νησιά του βορειοανατολικού Αιγαίου (Λέσβος). Στην αρχαία Ελλάδα αναφέρεται επίσης και η καλλιέργεια οστράκων, όπως η Πίνα (Pinna) από τον Αριστοτέλη (Καστρίτση – Καθαρίου 1990).

Σήμερα, οι υδατοκαλλιέργειες αποτελούν έναν από τους πιο γρήγορα αναπτυσσόμενους βιομηχανικούς κλάδους στην Ελλάδα, ενώ τα προϊόντα από τις ελληνικές ιχθυοκαλλιέργειες αναγνωρίζονται παγκοσμίως. Στην ανάπτυξη του κλάδου στην Ελλάδα συνέβαλαν σημαντικά οι κλιματολογικές και γεωμορφολογικές συνθήκες της χώρας που ευνοούν την καλλιέργεια ευρύαλων ψαριών, το ανθρώπινο δυναμικό, η μείωση των αλιευτικών αποθεμάτων και οι περιορισμοί που έχουν επιβληθεί τα τελευταία χρόνια στην αλιεία. Σήμερα, εκτός από την πλήρη κάλυψη των αναγκών της ελληνικής αγοράς, ένα μεγάλο μέρος της παραγωγής εξάγεται στις αγορές του εξωτερικού, με κυριότερες χώρες προορισμού την Ιταλία, την Ισπανία, τη Γαλλία, την Τουρκία, την Αγγλία και την Πορτογαλία.

Στην Ελλάδα, η ραγδαία αύξηση της παραγωγής, η θεαματική διεύρυνση στις διεθνείς αγορές, η παραγωγή και η εξαγωγή τεχνογνωσίας συντέλεσαν στην καθιέρωση του κλάδου ως μια παραγωγική δραστηριότητα με μεγάλη σημασία για την εθνική οικονομία. Ενδεικτικό της κατάστασης είναι ότι ενώ το 1985 υπήρχαν 12 μονάδες με συνολική παραγωγή περίπου 100 τόνους, ενώ μετά από τρεις δεκαετίες η παραγωγή

είχε αυξηθεί κατά 1000%, ξεπερνώντας τους 100.000 τόνους και τις μονάδες εκτροφής να ανέρχονται στις 336 (ΣΕΘ 2015).

1.3. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις υδατοκαλλιεργειών

Η σημαντική ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών σε παγκόσμιο επίπεδο έχει δημιουργήσει σοβαρές ανησυχίες όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που μπορούν να έχουν στις παράκτιες περιοχές, τόσο στη στήλη του νερού όσο και στα θαλάσσια ιζήματα. Η ανάπτυξη αυτή επιφέρει περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις, ενώ αναμένεται να αυξηθεί στο μέλλον, εξαιτίας των συνεχώς μειούμενων αλιευτικών αποθεμάτων.

Οι ιχθυοκαλλιέργειες στο θαλάσσιο περιβάλλον (ιχθυοκλωβοί) αποτελούν ανοικτά συστήματα εκτροφής και ως εκ τούτου έχουν μεγαλύτερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε σχέση με τα υπόλοιπα συστήματα.

Τα δίκτυα των εγκαταστάσεων εκτροφής ψαριών έχει αποδειχθεί ότι επιδρούν στην κίνηση του νερού μέσα στους ιχθυοκλωβούς, από το περιβάλλον προς αυτούς και το αντίθετο. Το μέγεθος των ιχθυοκλωβών, η μορφή, ο τύπος και το υλικό των δικτύων, ο ρυθμός επικάθισης επιπανίδας και επιχλωρίδας στα δίκτυα, το είδος των εκτρεφόμενων ψαριών, η θερμοκρασία του νερού και η τροφική κατάσταση του περιβάλλοντος, είναι μερικές παράμετροι που επηρεάζουν την κίνηση των υδάτινων μαζών και το ρυθμό ανανέωσής τους (Kilikidis 1992).

Η υπέρμετρη χρήση χημικών ουσιών και φαρμάκων (π.χ. πράσινο του μαλαχίτη, φορμόλη, υαμίνη, χλωραμίνες, οξυτετρακυλίνη, κυανό του μεθυλενίου, υποχλωριώδη άλατα, κ.ά.) για την καταπολέμηση ασθενειών μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στο περιβάλλον. Είναι όμως εξαιρετικά δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν τα μεγέθη της επίδρασης αυτής. Επειδή βέβαια η μεταχείριση αυτή μέσα στο ίδιο το

υδάτινο περιβάλλον είναι πολυδάπανη, για το λόγο αυτό προτιμάται να γίνεται χρήση χημικών ουσιών και φαρμάκων, έξω από τις εγκαταστάσεις σε κλειστά συστήματα, οπότε σ' αυτή την περίπτωση οι επιπτώσεις τους στο περιβάλλον ελαχιστοποιούνται (Πνευματικάτος 1982).

Σε συνθήκες εκτροφής η συχνότητα και η ένταση εμφάνισης ασθενειών είναι μεγαλύτερη από ότι στους άγριους ιχθυοπληθυσμούς λόγω των υψηλών ιχθυοπυκνοτήτων και της έκθεσης των εκτρεφόμενων οργανισμών σε στρεσογόνους παράγοντες. Η επεξεργασία των αποβλήτων τους είναι πολυδάπανη και πολλές φορές δεν είναι εφικτή. Έτσι μπορεί να υπάρξουν ευνοϊκές προϋποθέσεις για τη μετάδοση ασθενειών σε φυσικούς πληθυσμούς του ίδιου ή συγγενικού είδους. Πάρα το γεγονός ότι η μετάδοση ασθενειών στους φυσικούς πληθυσμούς σπάνια αναφέρεται, διάφορα παράσιτα μπορούν να εισαχθούν στα εκτρεφόμενα είδη από τους άγριους πληθυσμούς μιας περιοχής ή και από το πλαγκτό, όταν αυτό αποτελεί τροφή για τα εκτρεφόμενα είδη και ενδιάμεσο ξενιστή παρασίτων (Collins 1983).

Το μεγαλύτερο ποσοστό των επιπτώσεων των ιχθυοκαλλιεργειών προέρχεται κυρίως από τα προϊόντα μεταβολισμού των εκτρεφόμενων ψαριών και από τα υπολείμματα των τροφών που διαφεύγουν από τους ιχθυοκλωβούς και μπορούν να προκαλέσουν ευτροφισμό, αύξηση της οργανικής ουσίας στο υπόστρωμα, μείωση του διαλυμένου οξυγόνου και σε ακραίες περιπτώσεις (ανοξικές συνθήκες στην επιφάνεια του ιζήματος) μέχρι και εξαφάνιση των βενθικών οργανισμών (αζωικές συνθήκες) (Holmer *et al.* 2008).

Τα απόβλητα των υδατοκαλλιεργειών αποτελούνται κυρίως από αποσυντιθέμενες και αναλώσιμες ουσίες. Γενικά, το θαλάσσιο περιβάλλον μπορεί να δεχθεί οργανικά απόβλητα, εφόσον η ποσότητά τους δεν ξεπερνάει τη “φέρουσα ικανότητα” αυτού. Σε περίπτωση που τα όρια αυτά ξεπεραστούν τότε ανατρέπεται η

φυσική ισορροπία του περιβάλλοντος με δυσάρεστες συνέπειες για τους υδρόβιους οργανισμούς, εκτρεφόμενους και μη. Η ένταση του φαινομένου του οργανικού εμπλουτισμού εξαρτάται από τις πρακτικές εκτροφής, καθώς και από τα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά της εκάστοτε περιοχής (Black *et al.* 1996).

Η μεγαλύτερη επίπτωση των ιχθυοκαλλιεργειών αφορά τον οργανικό εμπλουτισμό των ιζημάτων που είναι αποτέλεσμα της καθίζησης διαφυγούσας ιχθυοτροφής και περιττωμάτων των εκτρεφόμενων ψαριών. Η συσσώρευση οργανικού υλικού κάτω από τους ιχθυοκλωβούς έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση ενός χαλαρού μαύρου στρώματος ιζήματος κάτω από αυτούς (Holmer 1991). Αυτό χαρακτηρίζεται από χαμηλές τιμές οξειδοαναγωγικού δυναμικού (Hargrave *et al.* 1993), υψηλή περιεκτικότητα σε οργανικό υλικό και συσσώρευση ενώσεων αζώτου και φωσφόρου (Hall *et al.* 1990, Holby & Hall 1991, Karakassis *et al.* 1998).

Οι απώλειες της τροφής έχουν μια σημαντική επίδραση στο βένθος της περιοχής, γιατί μεταξύ των άλλων έχει αποδειχθεί ότι οι τροφές σχεδόν αναλλοίωτες προστίθενται και εμπλουτίζουν το ίζημα του πυθμένα (Collins 1983).

Η εκτροφή σε πλωτούς ιχθυοκλωβούς, ενισχύει σημαντικά την παραγωγή οργανικής ύλης από τις απώλειες τροφής και τα περιττώματα των ψαριών. Το οργανικό υλικό που απελευθερώνεται από μια μονάδα ιχθυοκαλλιέργειας επιδρά στην οικολογία των οργανισμών που ζουν στο βένθος. Λόγω της συνεχούς συσσώρευσης οργανικού υλικού κάτω από τους ιχθυοκλωβούς μπορεί να παρατηρηθούν αζωικές περιοχές. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μην συναντώνται εδραίοι οργανισμοί παρά μόνον οργανισμοί που μετακινούνται συνεχώς για την εξεύρεση τροφής (Stewart 1984).

1.4. Ολοθούρια

1.4.1. Γενικά

Τα ολοθούρια ή κοινώς, αγγούρια της θάλασσας, αποτελούν μία ιδιαίτερα ποικιλόμορφη ομάδα θαλάσσιων βενθικών ασπόνδυλων, τα οποία παρουσιάζουν έντονο οικολογικό, οικονομικό αλλά και επιστημονικό ενδιαφέρον.

Οι οργανισμοί αυτοί ανήκουν στα ανώτερα ασπόνδυλα και ταξινομικά, κατατάσσονται στο φύλο Εχινόδερμα, μαζί με τους αχινούς, τους αστερίες, τους οφίουρους και τα κρινοειδή. Σε αντίθεση, όμως, με τις υπόλοιπες κλάσεις των Εχινόδερμων, τα ολοθούρια έχουν γενικά μαλακό, μυώδες σώμα, με δερματώδη υφή, σχήμα επίμηκες κυλινδρικό με αμφίπλευρη συμμετρία, ενώ δε φέρουν άκανθες (Tortonese & Vadon 1987). Η γεωγραφική τους εξάπλωση είναι παγκόσμια αφού τα συναντάμε από τους πόλους μέχρι και τις τροπικές περιοχές. Η βαθυμετρική τους κατανομή είναι ευρύτατη, καθώς απαντώνται από την ανώτερη υποπαραλιακή ζώνη μέχρι και τις αβυσσαίες περιοχές, σε βάθη μεγαλύτερα των 10.000 μέτρων (Gonzalez-Wanguemert *et al.* 2014)

Τα περισσότερα είδη ολοθουρίων συγκαταλέγονται στους βενθικούς οργανισμούς, καθώς ελάχιστα είδη είναι πελαγικά. Ζουν σε διάφορους τύπους υποστρωμάτων, τόσο σε βραχώδεις ή κοραλλιογενείς πυθμένες όσο και σε αμμώδεις, άμμο-ιλυώδεις και ιλυώδεις πυθμένες (Mezali *et al.* 2003). Έχουν έντονη κρυπτική συμπεριφορά, καθώς κατά τη διάρκεια της ημέρας, παραμένουν σχεδόν ακίνητα ακουμπώντας στον πυθμένα με την κοιλιακή τους επιφάνεια, ενώ δραστηριοποιούνται κυρίως τη νύχτα. Ανάλογα με το είδος, το σωματικό τους μέγεθος κυμαίνεται από 1-2 cm μέχρι κάποια μέτρα. Ο εξωτερικός τους χρωματισμός περιλαμβάνει αρκετές αποχρώσεις, αν και τα περισσότερα ολοθούρια έχουν αποχρώσεις του μαύρου, του καφέ ή του λευκού (Vafidis *et al.* 2008).

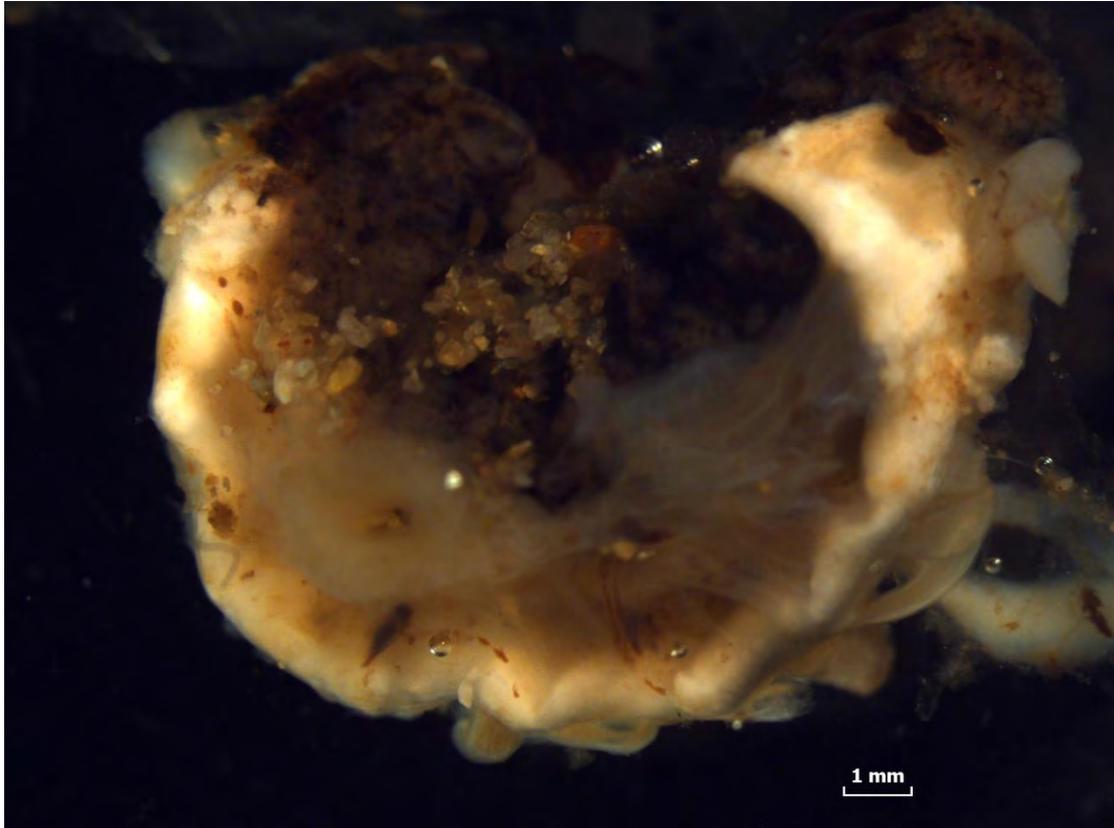
Τα ολοθούρια έχουν σώμα σακοειδές ή σκωληκοειδές, επίμηκες κυλινδρικό, με αμφίπλευρη συμμετρία, της οποίας το επίπεδο περνάει από το στόμα και την έδρα που βρίσκονται συνήθως στα δύο άκρα του ζώου. Το σώμα τους είναι γενικά μαλακό, μυώδες με δερματώδη υφή και δε φέρει άκανθες. Το σκελετικό τους σύστημα περιορίζεται στην ύπαρξη πολυάριθμων ασβεστιτικών σκληριτών εντός του δέρματος, διαφόρων σχημάτων (άγκυρες, ραβδία, βοστρυχοειδή, κάνιστρα, πυργοειδή, πλάκες, πλακίδια, ροζέτες, τροχοί), που αποτελούν και βασικό ταξινομικό χαρακτηριστικό στην αναγνώριση των διαφόρων ειδών (Tortonese & Vadon 1987).

Για την προσκόλληση του ζώου στο υπόστρωμα εξέρχονται από τους υδροφορικούς σωλήνες βαδιστικοί ποδίσκοι, οι οποίοι στην κοιλιακή πλευρά φέρουν μυζητικό δίσκο, ενώ στη νωτιαία αισθητήρια φύματα. Οι βαδιστικοί ποδίσκοι είναι ιδιαίτερα αναπτυγμένοι στα είδη που ζουν σε σκληρά υποστρώματα, ενώ ατροφούν στα ενδογαμμικά είδη (Hickman 1981).

Η μετακίνηση των ολοθουρίων πραγματοποιείται από τους βαδιστικούς ποδίσκους, καθώς και από ισχυρές συσπάσεις των κυκλικών και επιμήκων μυών τους. Όταν ερεθίζονται, συστέλλονται τροποποιώντας το σχήμα τους. Το στόμα περιβάλλεται από 10-30 στοματικές κεραίες (τροποποιημένοι βαδιστικοί ποδίσκοι) που μπορούν να τραβηχτούν στο εσωτερικό της σωματικής κοιλότητας και ενίοτε βοηθάνε στη μετακίνηση του ζώου (Tortonese & Vadon 1987).

Η μορφή των κεραιών λειτουργεί ως ταξινομικό γνώρισμα (πελτοειδής, δενδροειδής, πτεροειδής, δακτυλοειδής). Με τη βοήθεια αυτών των κεραιών συλλέγουν πλαγκτό και θρύμματα (σωματιδιακό οργανικό υλικό) από τη στήλη του νερού ή το ίζημα (Hickman 1981). Επίσης, ταξινομικό γνώρισμα των ειδών αποτελεί

η ύπαρξη δέκα ασβεστιτικών πλακών στον πεπτικό σωλήνα γύρω από το φάρυγγα, ο λεγόμενος “φαρυγγικός δακτύλιος” (Εικ.1.1).



Εικόνα 1.1: Φαρυγγικός δακτύλιος του είδους *Holothuria polii* (φωτο συγγραφέα)

Στην πλειοψηφία τους, τα ολοθούρια είναι ιζηματοφάγοι οργανισμοί που καταπίνουν μεγάλες ποσότητες άμμου και λάσπης και καταναλώνουν πλαγκτόν ή βιογενή θρύμματα (σωματιδιακό οργανικό υλικό, detritus). Διαδραματίζουν έτσι σημαντικό ρόλο στην αναμόχλευση του ιζήματος και στην ανακύκλωση των θρεπτικών συστατικών του. Ακόμα, εξισορροπούν σε μεγάλο βαθμό την ανάπτυξη του βακτηριακού φορτίου και ενισχύουν την πρωτογενή παραγωγή, μετατρέποντας τα οργανικά θρύμματα σε αζωτούχες ενώσεις (Amon & Herndl 1991, Coulon & Jangoux 1993, Meysman *et al.* 2006, MacTavish *et al.* 2012).

Το έντερο σχηματίζει βρόχο και καταλήγει στην έδρα. Στην έδρα, που καθώς συστέλλεται και διαστέλλεται προκαλεί την είσοδο/έξοδο του νερού, καταλήγει επίσης

ένα ζεύγος δενδροειδών υδροφόρων πνευμόνων, τα αναπνευστικά δέντρα, Αυτά αποτελούνται από δυο επιμήκεις, διακλαδισμένους σωλήνες και λειτουργούν ως βράγχια εξυπηρετώντας τις αναπνευστικές απαιτήσεις του ζώου, καθώς παρέχουν μεγάλη επιφάνεια για την ανταλλαγή αερίων (Εικ. 1.2). Η ανταλλαγή αερίων πραγματοποιείται επίσης και διάμεσου του σωματικού τοιχώματος και των βαδιστικών ποδίσκων (Beirne *et al.* 2001).



Εικόνα 1.2: Αναπνευστικά δένδρα του είδους *Holothuria polii* (φωτο συγγραφέα).

Μερικά είδη φέρουν σωληνοειδείς, κολλώδεις δομές που εκβάλλουν στη βάση των υδροφόρων πνευμόνων, τα όργανα του Cuvier (Εικ. 1.3). Όταν το ζώο δεχτεί κάποιο έντονο ερέθισμα, τα όργανα του Cuvier μαζί με νερό εξωθούνται μέσω της κλοάκης προς άμυνα. Πολλά είδη ολοθουρίων μπορούν, όταν ερεθιστούν ή εκτεθούν σε δυσμενείς συνθήκες, να αποβάλουν μέρος των σπλάγχνων τους ή και ολόκληρο τον πεπτικό τους σωλήνα, διαδικασία γνωστή ως «εξεντερισμός». Τόσο τα όργανα του

Cuvier όσο και ο πεπτικός σωλήνας μπορούν να αναγεννηθούν από το ζώο σε σύντομο χρονικό διάστημα (Tortonese & Vadon 1987).



Εικόνα 1.3: Τα όργανα του Cuvier κατά των εξεντερισμό του είδους *Holothuria forskali* (www.marinespecies.org).

Μέχρι σήμερα έχουν περιγραφεί περίπου 1.150 είδη ολοθουρίων. Από αυτά, 47 είδη έχουν αναφερθεί στη Μεσόγειο, με τα περισσότερα είδη να είναι βρώσιμα (Chakly *et al.* 2004, Aydin 2008). Ειδικότερα στις ελληνικές θάλασσες απαντώνται 34 είδη που ανήκουν σε 17 γένη. Τουλάχιστον 66 είδη ολοθουρίων αλιεύονται σε περισσότερες από 40 χώρες, τα οποία στην πλειοψηφία τους εξάγονται στην αγορά της Ασίας εφόσον έχει προηγηθεί επεξεργασία (Purcell 2010, Purcell *et al.* 2013,2014).

1.4.2. Γενικά στοιχεία της βιολογίας του είδους *Holothuria polii*

Η συστηματική κατάταξη του είδους *Holothuria polii* (Delle Chiaje 1823) έχει ως εξής:

Φύλο: Echinodermata

Κλάση: Holothurioidea

Τάξη: Aspidochirota

Οικογένεια: Holothuriidae

Γένος: *Holothuria*

Είδος: *polii*

Το ολοθούριο *Holothuria polii* είναι γνωστό με την κοινή ονομασία “white spot cucumber” (Εικ. 1.4 & 1.5). Το είδος αυτό θεωρείται ένας πολύ σημαντικός οργανισμός στο θαλάσσιο οικοσύστημα της Μεσογείου, καθώς συγκαταλέγεται ανάμεσα στα πιο κοινά είδη της Μεσογείου μαζί με τα *H. tubulosa* και *H. forskalii* (Ocana & Tocino 2005).

Το *H. polii* μπορεί να επιβιώσει σε νερά με υψηλές αλατότητες και είναι το μόνο είδος του γένους *Holothuria* στη Μεσόγειο που είναι σε θέση να εντοπιστεί σε υπεράλμυρα ύδατα (Vergara-Chen *et al.* 2010).

Το *H. polii*, όπως και τα περισσότερα είδη ολοθουρίων είναι γονοχωριστικό και η αναπαραγωγή του είναι, κατά κανόνα, εγγενής και συνήθως ακολουθεί ετήσιο κύκλο. Έχει μία μόνο γονάδα, δενδροειδούς μορφής, που φέρει πολυάριθμα τυφλά και εκβάλλει στη γεννητική οπή που βρίσκεται μεταξύ δύο κεραιών, πιο συχνά κοντά στην κοντύτερη από αυτές (Vafidis *et al.* 2008).



Εικόνα 1.4 : Γεωγραφική εξάπλωση του *Holothuria polii* (www.gbif.org).



Εικόνα 1.5: Το είδος *Holothuria polii* (φωτο συγγραφέα).

Η αναπαραγωγή ακολουθεί συνήθως ετήσιο κύκλο και η απελευθέρωση των γαμετών (Εικ. 1.6) γίνεται κατά τη διάρκεια της θερμότερης περιόδου του έτους, ενώ η γονιμοποίηση πραγματοποιείται στην υδάτινη στήλη. Μεταξύ της γονιμοποίησης και του νεαρού ατόμου, παρεμβάλλονται διαφορετικές πλαγκτονικές προνύμφες

ανάλογα με το είδος. Η μεταμόρφωση σε νεαρό ολοθούριο ολοκληρώνεται πριν την εγκατάστασή του στο υπόστρωμα (Tortonese & Vadon 1987).



Εικόνα 1.6: Γονάδες θηλυκού ολοθουρίου του είδους *Holothuria polii* (φωτο συγγραφέα).

Πάρα την υψηλή οικολογική και οικονομική του σημασία υπάρχει έλλειψη δημοσιευμένων επιστημονικών δεδομένων για τη γενετική ποικιλότητα, τη συμπεριφορά καθώς και για τα αποθέματα του είδους.

1.4.3. Εμπορική σημασία

Οι θαλάσσιοι οργανισμοί αποτελούν πολύτιμες πηγές θρεπτικών συστατικών, καθώς περιέχουν βιολογικά ενεργά συστατικά, ιδίως βιοενεργά πεπτίδια, αντιμικροβιακές, αντιφλεγμονώδεις και αντικαρκινικές ουσίες (Bordbar *et al.* 2011).

Τα ολοθούρια εκτός από την καθοριστική συμβολή στην ανακύκλωση της οργανικής ύλης και τη διατήρηση της ισορροπίας των βενθικών οικοσυστημάτων, έχουν και μεγάλο οικονομικό ενδιαφέρον.

Τα «αγγούρια της θάλασσας» είναι οργανισμοί που χρησιμοποιούνται ως τρόφιμο από τον άνθρωπο, ιδιαίτερα σε ορισμένες περιοχές της Ασίας. Ένα μεγάλο ποσοστό των ειδών έχει αξιοποιηθεί για τον σκοπό αυτό, καθώς η παγκόσμια ζήτηση συνεχώς αυξάνεται. Τα ολοθούρια πωλούνται στο εμπόριο, ιδίως στις ασιατικές

αγορές, με κύρια δραστηριότητα στην Κίνα, στην Κορέα, στην Ινδονησία και στην Ιαπωνία. Από την άλλη πλευρά, πραγματοποιούνται εξαγωγές σε σημαντικές ποσότητες σε μέρη των Ηνωμένων Πολιτειών και της Βόρειας Αυστραλίας (Shiell 2006).

Η μεταποιητική διαδικασία περιλαμβάνει την αφαίρεση των εντοσθίων, το βράσιμο και την αποξήρανση του σωματικού περιβλήματος του ζώου ή και το κάπνισμα του. Στη συνέχεια το προϊόν σχίζεται και βράζεται ώστε να διογκωθεί και να γίνει ζελατινώδες προτού καταναλωθεί (Vafidis *et al.* 2008).

Το τοίχωμα του σώματος των ολοθουρίων ως προϊόν διατροφής είναι γνωστό παγκοσμίως με διάφορες ονομασίες. Στη Γαλλία ονομάζεται “bêche-de-mer, trepang” στην Ινδονησία, “namako” στην Ιαπωνία, ενώ στη Μαλαισία αναφέρεται ως “gamat” (Lovatelli and Conand 2004). Εδώδιμα είναι και άλλα τμήματα του ζώου. Πιο συγκεκριμένα, οι γονάδες τρώγονται είτε αποξηραμένες “komoko” είτε αλατισμένες, ενώ εδώδιμα είναι και το έντερο “konowata” και το αναπνευστικό δέντρο “minowata” (Conand 1990).

Από θρεπτική άποψη, τα ολοθούρια είναι ιδανικά και έχουν ένα εντυπωσιακό προφίλ θρεπτικών συστατικών υψηλής αξίας, όπως βιταμίνη Α, βιταμίνη Β1 (θειαμίνη), βιταμίνη Β2 (ριβοφλαβίνη), βιταμίνη Β3 (νιασίνη), και σε μέταλλα, κυρίως ασβέστιο, μαγνήσιο, σίδηρο και ψευδάργυρο (Chen 2003). Αποτελεί πολύ εύπεπτη τροφή και θεωρείται αφροδισιακό στην Ιαπωνία και στην Κίνα (Vafidis *et al.* 2008).

Εκτός του οικονομικού ενδιαφέροντος που παρουσιάζουν τα ολοθούρια, ως πηγή τροφής, ιδιαίτερο ερευνητικό και εμπορικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν κάποια είδη ως πηγή βιοδραστικών ουσιών. Ο όρος βιοδραστικότητα καλύπτει ένα ευρύ φάσμα δράσεων, όπως η παρεμπόδιση της ανάπτυξης μικροοργανισμών, οι τοξικές επιδράσεις σε άλλους οργανισμούς, καθώς και όλες οι φαρμακευτικές δράσεις που

μπορεί να εμφανίζει μία ουσία (αντιμικροβιακή, αντιμυκητιακή, κυτοτοξική, αντικαρκινική, αντι-ϊική, ανοσορυθμιστική και αντιφλεγμονώδη δράση) (Chen *et al.* 2004).

Τα ολοθούρια είναι πηγή πρωτεϊνών και έχουν ευεργετικές επιδράσεις στα επίπεδα των τριγλυκεριδίων (Taboada *et al.* 2003). Το τοίχωμα του σώματος, είναι πλούσιο σε γλυκίνη, γλουταμινικό οξύ και αργινίνη. Η γλυκίνη μπορεί να τονώσει την παραγωγή και την απελευθέρωση των αντισωματικών κυττάρων IL-2 και B και, επομένως, συμβάλλει στην ενίσχυση της φαγοκυττάρωσης. Λόγω των αμινοξέων που περιέχονται στο σώμα τους, τα ολοθούρια έχουν αξιοσημείωτη λειτουργία στη ρύθμιση του ανοσοποιητικού συστήματος του ανθρώπου (Qin *et al.* 2008).

Επίσης, ένα σημαντικό ποσοστό (περίπου 70 %) του σωματικού τοιχώματος των ολοθουρίων αποτελείται από κολλαγόνο. Το κολλαγόνο αναγνωρίζεται ως συστατικό των συνδετικών ιστών. Αρκετές φαρμακευτικές εταιρίες έχουν συμπεριλάβει τα ολοθούρια σε καλλυντικά προϊόντα ως μια εναλλακτική λύση για τη χρήση των ζωικών προϊόντων στα καλλυντικά (Saito *et al.* 2002).

Σε αρκετά νησιά του Ειρηνικού χρησιμοποιείται ομογενοποίηση του είδους *H. atra* στην αλιεία, καθώς η ισχυρή κυττοτοξική δράση των σαπωνινών που περιέχει λειτουργεί ως αναισθητικό για τα ψάρια (Vafidis *et al.* 2008).

Πρόσφατα, στην Ελλάδα έχει ξεκινήσει η στοχευμένη αλιεία των ολοθουρίων, με σκοπό την εξαγωγή του ως μεταποιημένο προϊόν πλέον. Ήδη υπάρχουν τέσσερις μονάδες μεταποίησης, μία στη Λαμία και τρεις στη Χαλκιδική. Λόγω της παρουσίας των συγκεκριμένων μονάδων μεταποίησης, έχει αναπτυχθεί μια έντονη αλιευτική δραστηριότητα, τόσο στον Θερμαϊκό κόλπο και στους κόλπους της Χαλκιδικής, όσο και στον Μαλιακό και στον Βόρειο Ευβοϊκό (Νεοφύτου 2014).

Οι αλιείς καταδύονται σε μικρά βάθη (~10 m) με σύστημα συνεχόμενης παροχής αέρα από το σκάφος (ναργιλέ) και συλλέγουν τα ζώα με το χέρι. Η πρώτη μεταχείριση γίνεται πάνω στο σκάφος από τους ίδιους τους αλιείς, όπου αφαιρούν το νερό και τα εντόσθια από τα ζώα. Στη συνέχεια, παραλαμβάνονται και μεταφέρονται νωπά στις εγκαταστάσεις της μονάδας μεταποίησης, όπου υφίστανται την κατάλληλη επεξεργασία και κατόπιν, προωθούνται για εξαγωγή, συσκευασμένα και κατεψυγμένα (Νεοφύτου2014).

1.4.4. Εκτροφή ολοθουρίων

Τα αποθέματα των ολοθουρίων είναι υπεραλιευμένα σε πολλές χώρες, σαν αποτέλεσμα της συνεχώς αυξανόμενης ζήτησης της αγοράς, της ανεξέλεγκτης εκμετάλλευσης και της ανεπαρκούς διαχείρισης της αλιείας (Conand 2004, 2008). Τα χαρακτηριστικά του κύκλου ζωής των ολοθουρίων τα κάνουν ιδιαίτερα ευάλωτα στην υπεραλίευση λόγω της αργής ανάπτυξης, των μικρών πυκνοτήτων αναπαραγωγής και της αργής αναπαραγωγικής ωρίμανσης (Uthicke *et al.* 2005).

Με εξαίρεση την Κίνα, όπου ένα μεγάλο μέρος της παραγωγής των ολοθουρίων προέρχονται από τις υδατοκαλλιέργειες (περίπου 10.000 τόνοι ξηρού βάρους / έτος), σε άλλες χώρες, η παραγωγή προέρχεται κατά κύριο λόγο, αν όχι αποκλειστικά, από την αλιεία (Choo 2008). Οι Φιλιππίνες και η Ινδονησία αν και αποτελούν μεγάλες χώρες παραγωγής ολοθουρίων, υστερούν σε θέματα που αφορούν σε ειδικά μετρά διαχείρισης αλιείας των ολοθουρίων. Εκτός αυτού, η έλλειψη επαρκών στατιστικών στοιχείων, η απώλεια ενδιατημάτων, η υπερβολική και ανεξέλεγκτη χρήση είναι μερικές ακόμη απειλές για τη διατήρηση των αλιευτικών αποθεμάτων του είδους (Choo 2008).

Με εξαίρεση ορισμένες εύκρατες περιοχές του βόρειου ημισφαιρίου, οι πληθυσμοί βρίσκονται υπό εντατική εκμετάλλευση σε όλο τον κόσμο (Conand & Byrne 1993, Uthicke 2005, Kinch *et al.* 2008, Mmbaga *et al.* 2004).

Τα ολοθούρια εκτρέφονται στην Κίνα από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 και ακολουθούν η Μαλαισία, η Κορέα και η Ιαπωνία (Akamine 2004). Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής εξάγεται κατά κύριο λόγο στην αγορά της Ασίας, με την Κίνα και το Χονγκ Κονγκ να είναι οι κυριότεροι προορισμοί των εξαγωγών (Chen 2003).

Κατά την περίοδο 1983-1990, η ισχυρή αύξηση της ζήτησης για τα ολοθούρια είχε ως συνέπεια την αύξηση του ενδιαφέροντος για την εκτροφή τους (Morgan *et al.* 1999). Καθώς η ζήτηση για τα προϊόντα των ολοθουρίων έχει αυξηθεί, η εκτροφή νέων ειδών έχει θεωρηθεί αναγκαία (Conand 2004). Πλέον τα ολοθούρια εκτρέφονται στην Τανζανία, στην Παπούα Νέα Γουινέα, στην Αυστραλία, στις Σεϋχέλλες, στα νησιά Γκαλαπάγκος, Σολομώντα και Νότιας Θάλασσας της Κίνας, στην Κούβα, στη Μαδαγασκάρη, στην Αίγυπτο, στις Φιλιππίνες, στη Μαλαισία, στην Ινδονησία και στην Ιαπωνία (Gamboa *et al.* 2004, Conand 2008).

Υπάρχουν περισσότερα από 134 βρώσιμα είδη κατά μήκος της ακτής της Κίνας που έχουν εμπορικό ενδιαφέρον. Το είδος *Apostichopus japonicus* είναι το κύριο είδος εκτροφής, αλλά περισσότερα από 30 είδη με μικρότερη εμπορική αξία έχουν γίνει αντικείμενο μελέτης και εκμετάλλευσης (Chen *et al.* 2004).

1.5. Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η χρησιμοποίηση του ολοθούριου *Holothuria polii* για την ανάπτυξη και εφαρμογή μιας νέας πρακτικής στον κλάδο των υδατοκαλλιεργειών στην Ελλάδα με γνώμονα την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων στο υπόστρωμα. Το ολοθούριο *H. polii* μπορεί να αποτελέσει ένα μέσο εξυγίανσης του υποστρώματος των ιχθυοκαλλιεργειών, με την απομάκρυνση του ρυπαντικού τους φορτίου μέσω της κατανάλωσης. Επίσης, η έρευνα αυτή μας δίνει τη δυνατότητα να εμπλουτίσουμε τις γνώσεις μας σχετικά με την συμπεριφορά του μελετούμενου είδους σε εργαστηριακές συνθήκες.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Σχεδιασμός πειράματος

Κατά την παρούσα έρευνα έγινε προσπάθεια προσομοίωσης των συνθηκών που επικρατούν στο υδάτινο περιβάλλον κάτω από τους ιχθυοκλωβούς, με σκοπό τον όσο το δυνατόν καλύτερο υπολογισμό της ικανότητας αφαίρεσης οργανικού υπολείμματος από τα ολοθούρια σε ελεγχόμενες εργαστηριακές συνθήκες. Επίσης, πραγματοποιήθηκε μελέτη της χημικής σύστασης του σώματος των ολοθουρίων με σκοπό τον χαρακτηρισμό της θρεπτικής τους αξίας ως πιθανό μελλοντικό τρόφιμο ή συστατικό ζωοτροφών.

Το πείραμα εκτροφής διεξήχθη σε έξι (6) γυάλινα ενυδρεία (χωρητικότητας 250 ℓ το κάθε ένα, Εικ. 2.1) κλειστού κυκλώματος θαλασσινού νερού, τα οποία χωρίστηκαν σε 3 ζεύγη (συστήματα). Κάθε σύστημα ενυδρείων διέθετε φίλτρο μηχανικής και βιολογικής διήθησης του νερού (Εικ. 2.2) και προετοιμάστηκε κατάλληλα ώστε η ποιότητα του νερού να είναι ενδεδειγμένη για τον εγκλεισμό τόσο των ολοθουρίων όσο και των ατόμων τσιπούρας. Η ποιότητα του νερού καθορίστηκε ώστε η θερμοκρασία του νερού να είναι 20-21 °C, το διαλυμένο οξυγόνο 6,5 mg/l, το pH ≈8, και η αλατότητα 35‰ (με προσθήκη ειδικού συνθετικού άλατος του εμπορίου σε γλυκό νερό όσμωσης). Οι περιεκτικότητες της ολικής αμμωνίας και των νιτρικών ιόντων διατηρήθηκαν σε συγκεντρώσεις <0,1 mg/l, μέσω χρησιμοποίησης ειδικών νιτροποιητικών διαλυμάτων βακτηρίων του εμπορίου.

Η ποιότητα του νερού παρακολουθήθηκε σε εβδομαδιαία βάση μέσω ειδικών φορητών ηλεκτρονικών οργάνων (οξυγονόμετρο, αλατόμετρο, πεχάμετρο) και ειδικών εμπορικών τέστ μέτρησης ολικής αμμωνίας, νιτρικών, νιτρικών ιόντων και ολικής σκληρότητας νερού.

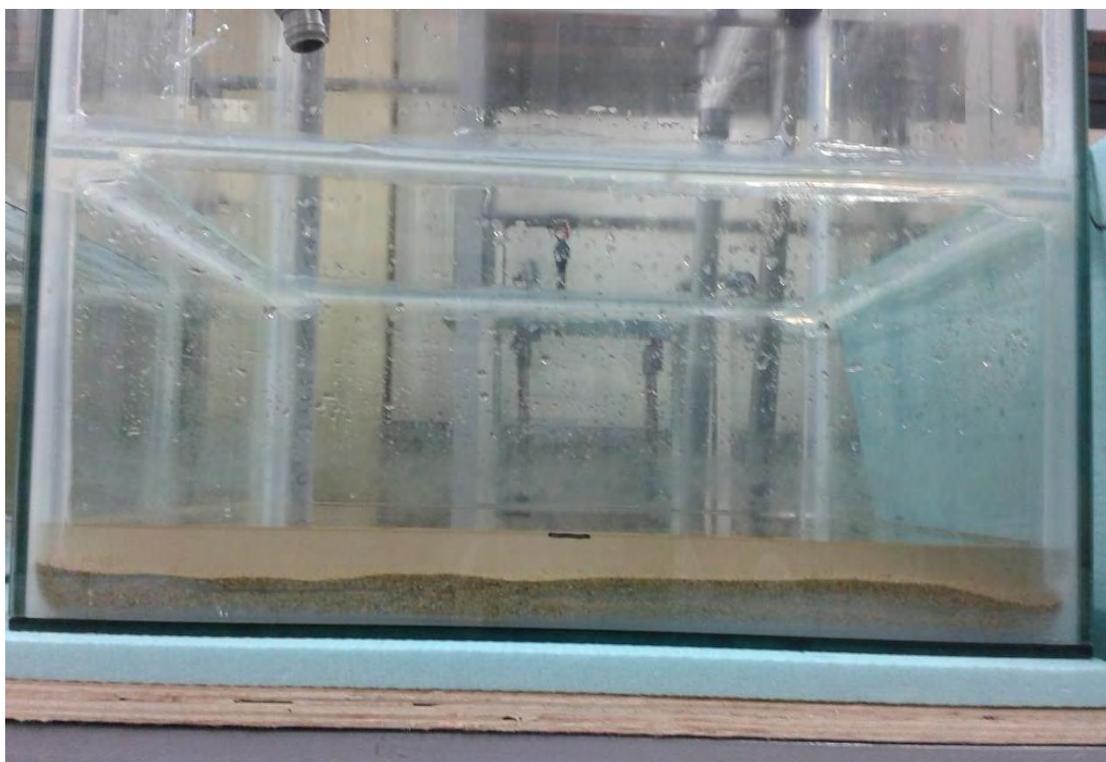


Εικόνα 2.1: Άποψη των 6 ενυδρείων (3 συστήματα) που χρησιμοποιήθηκαν για την παρούσα έρευνα (Neofitou *et al.* 2016).



Εικόνα 2.2: Άποψη του εξωτερικού φίλτρου (μηχανικού & βιολογικού) που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας (Neofitou *et al.* 2016).

Σε κάθε ενυδρείο τοποθετήθηκε ένα στρώμα μαλακού υποστρώματος 5 cm (άμμος, Εικ. 2.3), το οποίο προήλθε από το θαλάσσιο περιβάλλον συλλογής των ολοθουρίων, ώστε να προσομοιάζει το φυσικό τους περιβάλλον. Η άμμος αυτή, προτού τοποθετηθεί στα ενυδρεία κοσκινίσθηκε σε κόσκινο 1 mm. Σε κάθε ενυδρείο και σε ύψος 20 cm από τον πάτο του ενυδρείου, τοποθετήθηκε ειδική διαχωριστική επιφάνεια (πλαστική σίτα με τετράγωνο μάτι 10 mm), έτσι ώστε να μην υπάρχει η δυνατότητα κατανάλωσης οργανικού υλικού του ιζήματος από τα εκτρεφόμενα ψάρια και να αποφεύγεται τυχόν όχληση μεταξύ των ψαριών και των ολοθουρίων (Εικ. 2.4). Έπειτα, ένας συνολικός αριθμός 15 ολοθουρίων συλλέχτηκε από το θαλάσσιο περιβάλλον του Παγασητικού κόλπου (εγγύς περιοχή ιχθυοκαλλιέργειας) μέσω αυτόνομης κατάδυσης και αφού τοποθετήθηκαν σε δοχεία θαλασσινού νερού με παρεχόμενη οξυγόνωση, μεταφέρθηκαν στον ιχθυογεννητικό σταθμό του Τμήματος.



Εικόνα 2.3: Άποψη του κοσκινισμένου ιζήματος πάχους 5 cm που τοποθετήθηκε στα ενυδρεία για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας (Neofitou *et al.* 2016).



Εικόνα 2.4: Άποψη των ενυδρείων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα με τη διαχωριστική σίτα στο μέσο, τα εκτρεφόμενα ψάρια στο άνω τμήμα και τα ολοθούρια με το ίζημα στο κάτω τμήμα (φωτο συγγραφέα).

Πριν την τοποθέτηση των ολοθουρίων στα ενυδρεία, καταγράφηκε το ολικό μήκος και βάρος σώματος του καθενός, αφού προηγουμένως αφέθηκαν για 48 ώρες σε λεκάνες θαλασσινού νερού ώστε να αδειάσει το περιεχόμενο του στομάχου τους πριν τη διεξαγωγή του πειράματος. Σε κάθε ένα από τα 3 συστήματα των ενυδρείων τοποθετήθηκαν από 5 ολοθούρια μέσης συνολικής βιομάζας $564,57 \pm 64,30$ g (ανά σύστημα). Κατόπιν, σε όλα τα ενυδρεία τοποθετήθηκαν τσιπούρες μέσης συνολικής βιομάζας $270,83 \pm 0,48$ g (ανά ενυδρείο). Τα ψάρια αυτά προήλθαν από ιχθυογεννητικό σταθμό.

Τα εκτρεφόμενα ψάρια σιτίστηκαν καθημερινά με ιχθυοτροφή του εμπορίου (προϊόν Iniciorplus), διαμέτρου πελέτας 1,5 mm, (περιεκτικότητας 54% σε ολικές

πρωτεΐνες, 18% σε ολικά λιπίδια και 21,7 Mj/Kg σε ολική ενέργεια). Η σίτιση των ψαριών ήταν καθημερινή σε ποσοστό 3% επί της συνολικής βιομάζας του ενυδρείου.

Για τον σκοπό αυτό καθημερινά ζυγίστηκε για κάθε ενυδρείο η αντίστοιχη ποσότητα της τροφής η οποία κατόπιν τοποθετήθηκε σε ειδικό αεροστεγές δοχείο και αποθηκεύθηκε στους 4°C μέχρι την χορήγησή της. Η σίτιση πραγματοποιήθηκε σε καθημερινή βάση, σε δύο (2) ισόποσα γεύματα (ώρες 10:00 και 16:00). Η σίτιση των ψαριών πραγματοποιήθηκε με ιδιαίτερη προσοχή ώστε να δίνεται χρόνος στα ψάρια να αποδεχθούν και να καταναλώσουν το σύνολο της τροφής, με σκοπό τις όσο το δυνατόν λιγότερες απώλειες τροφής στον πυθμένα των ενυδρείων. Η στρατηγική αυτή είναι η ενδεδειγμένη για τη σίτιση των ψαριών υδατοκαλλιέργειας και θα πρέπει να υιοθετείται και στις μονάδες εκτροφής. Στις περιπτώσεις εκείνες που παρατηρήθηκε μειωμένη όρεξη των ψαριών, η σίτιση διακόπηκε και η προζυγισθήσα ποσότητα τροφής επαναζυγίστηκε με σκοπό την ακριβή καταγραφή της χορηγηθείσας ποσότητας.

Η διάρκεια της πειραματικής εκτροφής ήταν 30 ημέρες. Στο τέλος της πειραματικής εκτροφής, όλα τα ψάρια επαναζυγίστηκαν ατομικά για την καταγραφή του τελικού σωματικού τους βάρους. Τέλος όλα τα ολοθούρια (15 άτομα), τοποθετήθηκαν στην κατάψυξη (-40°C), με σκοπό τη μέτρηση και τη χημική ανάλυση της θρεπτικής σύστασης του σώματός τους.

2.2. Οργανικό υλικό και οργανικός άνθρακας

2.2.1. Ίζημα

Από τον πυθμένα των έξι ενυδρείων πάρθηκαν 3 επαναληπτικά δείγματα ιζήματος στην αρχή και στο τέλος του πειράματος (ημέρα 1η & 30η) για τον προσδιορισμό του ποσοστού του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα (σύνολο 36 δείγματα). Η συλλογή των δειγμάτων ιζήματος έγινε με αποστειρωμένο

πλαστικό δοχείο διαμέτρου 3 cm από επιφανειακό ίζημα που συλλέχθηκε με το χέρι. Τα δείγματα καταψύχθηκαν στους -20°C μέχρι την ανάλυσή τους στο εργαστήριο.

Το παγωμένο ίζημα τοποθετήθηκε σε πορσελάνινη κάψα και αποξηράνθηκε σε κλίβανο στους 60°C . Το αποξηραμένο μέχρι ξηρού βάρους ίζημα λειοτριβήθηκε και κοσκινίστηκε με κόσκινο διαμέτρου 0,212 mm. Συγκεκριμένη ποσότητα ιζήματος (2-5 g) τοποθετήθηκε σε κλίβανο στους 500°C για 4 ώρες, σε προζυγισμένη και ελεύθερη οργανικών υλικών πορσελάνινη κάψα. Το ποσοστό του περιεχόμενου οργανικού υλικού προσδιορίστηκε από τη διαφορά βάρους πριν και μετά την καύση (Byers *et al.* 1978). Συγκεκριμένη ποσότητα ιζήματος (0,5 g) χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση του ποσοστού του περιεχόμενου οργανικού άνθρακα. Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην υγρή οξείδωση των οργανικών ουσιών με διχρωμικό κάλιο (Walkey & Black 1934).

Η διαφορά του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα στο ίζημα των ενυδρείων με και χωρίς ολοθούρια, υπολογίστηκε από την αφαίρεση τελικού-αρχικού ποσοστού. Το ποσοστό μείωσης του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα στο ίζημα των ενυδρείων υπολογίστηκε από τον τύπο:

$$R(\%) = \frac{(C_2 - C_1) - (H_2 - H_1)}{C_2 - C_1} \times 100$$

όπου:

C_2 = το τελικό ποσοστό ΟΥ ή ΟΑ στον μάρτυρα

H_2 = το τελικό ποσοστό ΟΥ ή ΟΑ στα ολοθούρια

C_1 = το αρχικό ποσοστό ΟΥ ή ΟΑ στον μάρτυρα

H_1 = το αρχικό ποσοστό ΟΥ ή ΟΑ στα ολοθούρια

Για τη στατιστική σύγκριση του περιεχόμενου οργανικού υλικού και οργανικού άνθρακα στο ίζημα (τελικό-αρχικό) μεταξύ των ενυδρείων με και χωρίς ολοθούρια

χρησιμοποιήθηκε η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (one-way ANOVA) (Zar 1986).

2.2.2. Έντερο των ολοθουρίων

Με την ολοκλήρωση της πειραματικής διαδικασίας τα ολοθούρια θανατώθηκαν και τεμαχίστηκαν για τον προσδιορισμό της θρεπτικής τους σύστασης. Επίσης, αφαιρέθηκε ο πεπτικός σωλήνας των ολοθουρίων (έντερο), για τον υπολογισμό της πεπτικής τους ικανότητας. Ο πεπτικός σωλήνας αποθηκεύτηκε σε κατάψυξη αφού πρώτα διαχωρίστηκε σε 3 τμήματα:

1. Πρόσθιο
2. Μεσαίο και
3. Οπίσθιο τμήμα.

Πριν την αποθήκευση των πεπτικών σωλήνων στην κατάψυξη αφαιρέθηκε το ίζημα που περιείχε το κάθε τμήμα αυτού και στη συνέχεια ακολούθησε η διαδικασία προσδιορισμού του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα, ξεχωριστά για κάθε τμήμα του εντερικού σωλήνα (Εικ 2.5). Ο προσδιορισμός του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα στο περιεχόμενο ίζημα του εντερικού σωλήνα έγινε με την ίδια ακριβώς διαδικασία που περιεγράφηκε για τα δείγματα ιζήματος (§ 2.2.1).

Ο προσδιορισμός της απορροφητικής ικανότητας του εντέρου των ολοθουρίων στο οργανικό υλικό και στον οργανικό άνθρακα υπολογίστηκε από τον παρακάτω τύπο (Conover 1966, Mercier *et al.* 1999):

$$U' = \frac{F' - T'}{(1 - T') * F'} * 100$$

Όπου:

F': το κλάσμα του ΟΥ ή ΟΑ στο πρόσθιο τμήμα του εντέρου

T': το κλάσμα του ΟΥ ή ΟΑ στο οπίσθιο τμήμα του εντέρου



Εικόνα 2.5: Η διαδικασία αφαίρεσης του ιζήματος από τον εντερικό σωλήνα των ολοθουρίων (φωτο συγγραφέα).

Σημειώνεται ότι σε μερικά ολοθούρια δεν υπήρχε επαρκής ποσότητα ιζήματος ή δεν υπήρχε καθόλου ίζημα στους εντερικούς σωλήνες, έτσι ώστε να μπορεί να γίνει η διαδικασία προσδιορισμού του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα.

2.3. Θρεπτική σύσταση ολοθουρίων και ψαριών

2.3.1. Ολοθούρια

Στο τέλος της πειραματικής διαδικασίας λήφθηκαν δείγματα από το σωματικό τοίχωμα των ολοθουρίων (σύνολο 13 δείγματα), ώστε να πραγματοποιηθούν μετρήσεις για τη χημική ανάλυση της θρεπτικής σύστασης του σώματός τους. Για τη στατιστική σύγκριση μεταξύ της θρεπτικής σύστασης με τα μορφομετρικά στοιχεία των ολοθουρίων χρησιμοποιήθηκε η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (one-way

ANOVA) (Zar 1986). Η στατιστική ανάλυση έγινε με τη χρήση του λογισμικού προγράμματος MINITAB.

2.3.1.1. Προσδιορισμός υγρασίας/ ξηρής ουσίας

Ο προσδιορισμός υγρασίας/ξηρής ουσίας πραγματοποιήθηκε με τη συλλογή αντιπροσωπευτικών δειγμάτων, βάρους 5 g και ακολούθως με ξήρανση των δειγμάτων σε φούρνο για 24 ώρες στους 105°C (AOAC 1995). Στη συνέχεια, τα δείγματα βγήκαν από το φούρνο και τοποθετήθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου για 5min ώστε να ψυχθούν. Το ποσοστό της υγρασίας/ ξηρής ουσίας υπολογίστηκε ως εξής:

$$W_{\text{ξηρής ουσίας}} = W_{\text{δει/τος μετά την ξήρανση μαζί με το δισκίο}} - W_{\text{δισκίου}}$$

$$\text{Ξηρή ουσία \%} = (W_{\text{ξηρής ουσίας}} \times 100) / W_{\text{δει/τος}}$$

Όμοια,

$$W_{\text{υγρασία}} = W_{\text{δει/τος}} - (W_{\text{δει/τος μετά την ξήρανση}} - W_{\text{δισκίου}})$$

$$\text{Υγρασία \%} = (W_{\text{υγρασία}} \times 100) / W_{\text{δει/τος}}$$

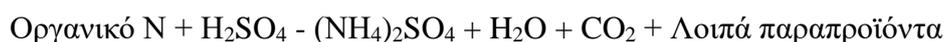
Όπου:

W: Το βάρος των δειγμάτων σε g

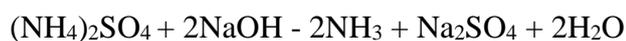
2.3.1.2. Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων

Ο προσδιορισμός των ολικών αζωτούχων ουσιών πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Kjeldahl (AOAC 1995). Η διαδικασία προσδιορισμού των αζωτούχων ενώσεων πραγματοποιήθηκε ως εξής:

Σε ζυγό ακριβείας τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων ζυγίστηκαν δείγματα βάρους 0,2 g και μεταφέρθηκαν σε δοκιμαστικούς σωλήνες πέψης. Προστέθηκαν 2 ταμπλέτες καταλύτη Kjeltabs (5 g Potassium Sulphate K_2SO_4 και 5 g copper (II) Sulphate $CuSO_4 \cdot 5H_2O$) για να επιταχυνθεί η αντίδραση της πέψης. Στη συνέχεια, προστέθηκαν στα δείγματα 15 ml πυκνού θειικού οξέως (H_2SO_4) και τοποθετήθηκαν στη συσκευή πέψης (Kjeltec 2000). Η διαδικασία της πέψης πραγματοποιήθηκε στους $150^\circ C$ για 85min. Με τη συσκευή πέψης επιτεύχθηκε το βράσιμο των δειγμάτων και με τη βοήθεια του πυκνού θειικού οξέως πραγματοποιήθηκε διάσπαση των αζωτούχων ενώσεων. Το αδέσμευτο άζωτο (N) δεσμεύεται με την μορφή θειικού αμμωνίου (άλας), με την εξής αντίδραση:



Αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία της πέψης τα δείγματα αφέθηκαν να κρυώσουν για 15 min. Κατόπιν, τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε συσκευή απόσταξης, στην οποία προστέθηκαν 100 ml αποσταγμένου H_2O , 80 ml NaOH και 50 ml H_3BO_3 . Η διαδικασία διήρκησε 6 min. Το θειικό αμμώνιο, που παράχθηκε κατά τη διαδικασία της πέψης, αντέδρασε με υδροξείδιο του νατρίου (NaOH) και αποδεσμεύθηκε αμμωνία (σε αέρια μορφή) και θειικό νάτριο (Na_2SO_4). Η αμμωνία (NH_4) έπειτα αντέδρασε με το βορικό οξύ (H_3BO_4) και το άζωτο του δείγματος δεσμεύθηκε σε μορφή βορικού αμμωνίου, σύμφωνα με τις εξής αντιδράσεις:



Το βορικό αμμώνιο συγκεντρώθηκε σε κωνική φιάλη που περιείχε 4 σταγόνες ερυθρού του μεθυλενίου (δείκτη pH). Στο τελικό στάδιο της διαδικασίας έχουμε την

τιτλοδότηση του διαλύματος βορικού αμμωνίου με αραιό διάλυμα υδροχλωρικού οξέως (0,1N) υπό καθεστώς συνεχής κίνησης σύμφωνα με την αντίδραση:



Η συγκέντρωση (σε moles) των ιόντων υδρογόνου που απαιτούνται για να καταλύσουν την αντίδραση έως το τελικό σημείο, ισοδυναμεί με τη συγκέντρωση του αζώτου που περιέχει το δείγμα. Η αλλαγή του χρώματος του δείκτη, από κίτρινο σε σκούρο ροζ, καταδεικνύει το τελικό σημείο της αντίδρασης. Η περιεκτικότητα του δείγματος σε άζωτο (N %) υπολογίστηκε από τη σχέση:

$$\text{N \%} = [(\text{ml HCl} - \text{ml τυφλού}) \times 0,8754] / W_{\text{δειγ/τος}}$$

Όπου:

W: Το βάρος των δειγμάτων σε g

2.3.1.3. Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών

Ο προσδιορισμός των ολικών λιπαρών ουσιών έγινε με την μέθοδο εκχύλισης Soxhlet (AOAC 1995). Σε γυάλινα δοχεία εκχύλισης προστέθηκαν 3 πέτρες βρασμού και καταγράφηκε το βάρος τους σε ζυγό ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων. Στη συνέχεια εφαρμόστηκαν στα δοχεία χάρτινοι ηθμοί. Ζυγίστηκε ποσότητα δείγματος βάρους 2 g και μεταφέρθηκε στο χάρτινο δοχείου ηθμού. Το δείγμα του ιστού και της τροφής πρέπει να είναι ξηραμένα και αλεσμένα. Η ξήρανση πραγματοποιείται σε φούρνο στους 105°C για περίπου 24h (μέχρι σταθεροποίησης του βάρους του δείγματος). Στο γυάλινο δοχείο εκχύλισης προστέθηκαν 150 ml πετρελαϊκού αιθέρα, στο οποίο εμβαπτίστηκαν τα χάρτινα δοχεία ηθμού με το δείγμα. Τα γυάλινα δοχεία εκχύλισης μαζί με τους χάρτινους ηθμούς μεταφέρθηκαν σε ειδική συσκευή εκχύλισης λιπαρών ουσιών

(συσκευή Soxhlet). Κατά τη διαδικασία της εκχύλισης, τα δείγματα θερμάνθηκαν στους 150°C υπό την παρουσία του οργανικού διαλύτη, όπου έλαβε χώρα το πρώτο στάδιο της εκχύλισης. Έπειτα, ο οργανικός διαλύτης απορροφήθηκε και εκπλύθηκε στο δείγμα για 1,5h, όπου έλαβε χώρα το δεύτερο στάδιο της εκχύλισης. Κατόπιν, απορροφήθηκε ο διαλύτης για 15 min με αποτέλεσμα τα ολικά λιπίδια του δείγματος να παραμείνουν στον πάτο του δοχείου εκχύλισης. Για την απομάκρυνση των υπολειμμάτων πετρελαικού αιθέρα τα δοχεία (χωρίς τους χάρτινους ηθμούς) μεταφέρθηκαν στο φούρνο για 15 min στους 105°C. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε αφυγραντήρα για τουλάχιστον 1h και πάρθηκαν οι μετρήσεις βάρους. Το καθαρό βάρος των λιπαρών ουσιών δίνεται από τον τύπο:

$$\text{Ολικά λιπίδια \%} = (W_{\text{τελικό δοχείο εκχύλισης}} - W_{\text{αρχικό δοχείο εκχύλισης}}) \times 100$$

Όπου:

W: Το βάρος των δειγμάτων σε g

2.3.1.4. Προσδιορισμός τέφρας

Σε πυρίμαχα δοχεία ζυγίστηκαν δείγματα πρώτων υλών και ιχθυοτροφών βάρους 1,5 g σε ζυγό ακρίβειας 4 δεκαδικών ψηφίων. Στη συνέχεια, τοποθετήθηκαν τα δείγματα σε αποτεφρωτήρα στους 600°C για 3h (AOAC 1990). Μετά το πέρας 24h τα δείγματα παραμένουν για 1h εκτός αποτεφρωτήρα ώστε να κρυώσουν. Στη συνέχεια πάρθηκαν μετρήσεις βάρους των δειγμάτων. Η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε τέφρα (%) υπολογίζεται με τον εξής τύπο:

$$\text{Τέφρα (\%)} = (W_{\text{τέφρας}} \times 100) / W_{\text{δείγματος}}$$

Όπου:

W: Το βάρος των δειγμάτων σε g

2.3.2. Ψάρια

Στην έναρξη καθώς και στην λήξη της πειραματικής διαδικασίας λήφθηκαν δείγματα από τα εκτρεφόμενα ψάρια. Το μήκος και το βάρος των ιχθύων μετρήθηκε την πρώτη και την τελευταία ημέρα του πειράματος. Για την αναισθητοποίηση των ψαριών χρησιμοποιήθηκε φαινοξυθανόλη σε συγκέντρωση 0,10 ml/l. Στη συνέχεια, ζυγίστηκε ατομικά κάθε ιχθύδιο σε ζυγό ακριβείας 2 δεκαδικών ψηφίων (0,01 g) και μετρήθηκε το μήκος με ιχθυόμετρο (ακρίβεια 0,1 cm). Στη λήξη του πειράματος τα ψάρια θανατώθηκαν παρατείνοντας την παραμονή τους στο αναισθητικό αυξάνοντας τη δοσολογία και τοποθετώντας τους σε πάγο. Πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις μήκους και βάρους και στη συνέχεια επιλέχθηκαν τυχαία 3 ψάρια από κάθε ενυδρείο (σύνολο 18 δείγματα), αποθηκεύτηκαν και συντηρήθηκαν στους -20⁰C με σκοπό τη χημική ανάλυση της θρεπτικής σύστασης του σώματός τους (ολόκληρο σώμα).

2.3.2.1. Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής από τα ψάρια

Θνησιμότητα

Η καταγραφή της θνησιμότητας πραγματοποιήθηκε σε καθημερινή βάση για κάθε δεξαμενή ξεχωριστά. Ο τύπος υπολογισμού της είναι:

Θνησιμότητα % = $(\text{τελικός αριθμός ψαριών} - \text{αρχικός αριθμός ψαριών}) * 100 / \text{τελικό αριθμό ψαριών}$

Αύξηση ολικού βάρους ψαριών

Η αύξηση του ολικού βάρους είναι το καθαρό βάρος του σώματος των ψαριών που αποκτήθηκε κατά τη διάρκεια του πειράματος και υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$\text{Αύξηση ολικού βάρους} = W_t (\text{τελικό βάρος}) - W_a (\text{αρχικό βάρος})$$

Όπου:

W: Το βάρος των δειγμάτων σε g

Ποσοστό αύξησης του ολικού βάρους

Το ποσοστό αύξησης του ολικού βάρους αντιπροσωπεύει την εκατοστιαία (%) αύξηση του βάρους σώματος και υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Ποσοστό αύξησης βάρους (\%)} = [(W_{\text{τελικό}} - W_{\text{αρχικό}}) / W_{\text{αρχικό}}] * 100$$

Όπου:

W: Το βάρος των δειγμάτων σε g

Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης

Ο ημερήσιος ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (specific growth rate, SGR) εκφράζει την ημερήσια ποσοστιαία αύξηση του ολικού βάρους του ψαριού στο χρονικό διάστημα που σιτίστηκε και δίνεται από τη σχέση:

$$\text{SGR (\% / ημέρα)} = \{100 \times [\text{Ln} (W_2) - \text{Ln} (W_1)] / \text{ημέρες σίτισης}\}$$

Όπου:

$\text{Ln} (W_2)$ = ο φυσικός λογάριθμος του τελικού ολικού βάρους

$\text{Ln} (W_1)$ = ο φυσικός λογάριθμος του αρχικού ολικού βάρους

Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής

Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (food conversion ratio, FCR) εκφράζει το βαθμό αξιοποίησης της τροφής από τα ψάρια και δίνεται από τον λόγο της ποσότητας της τροφής που χορηγήθηκε προς την αύξηση του ολικού βάρους τους. Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{FCR} = \text{τροφή που χορηγήθηκε (g)} / \text{αύξηση βιομάζας των ζωντανών ιχθύων (g)}.$$

Συντελεστής αποδοτικότητας πρωτεϊνών

Ο συντελεστής αποδοτικότητας των πρωτεϊνών (protein efficiency ratio, PER) εκφράζει την αναλογία μεταξύ της αύξησης βάρους των ψαριών και της πρωτεΐνης που καταναλώθηκε. Ο συντελεστής υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{PER} = \text{αύξηση βάρους (g)} / \text{πρωτεΐνη που καταναλώθηκε (g)}$$

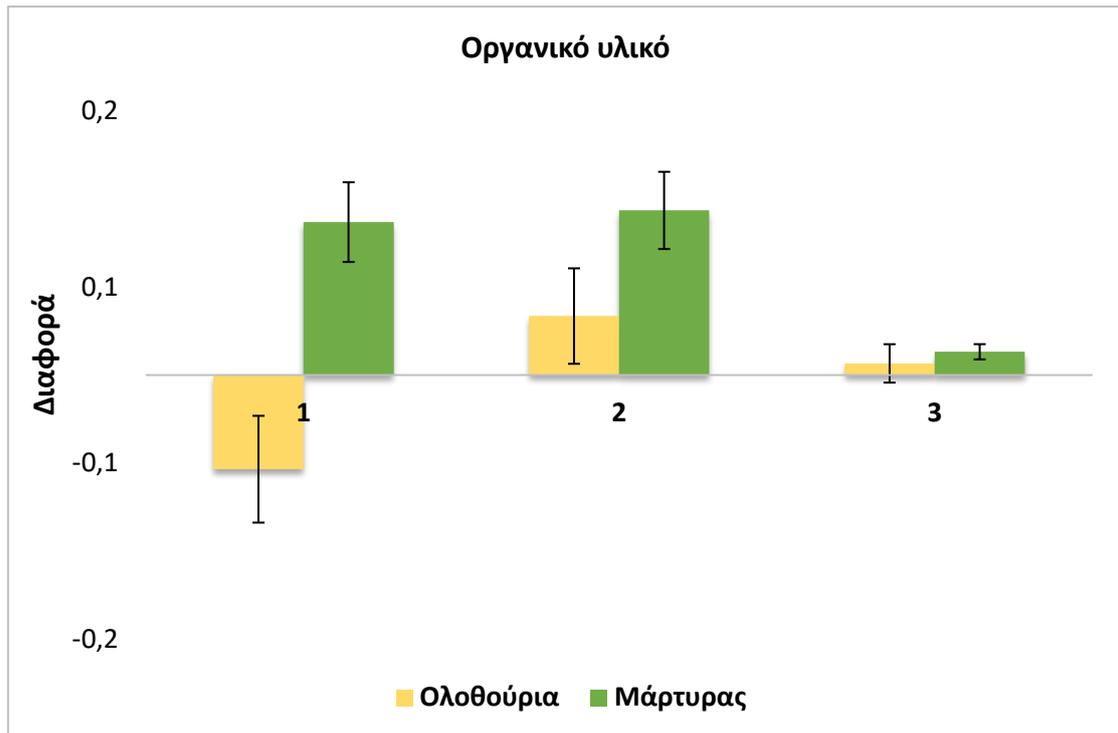
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. Οργανικό υλικό και οργανικός άνθρακας στο ίζημα

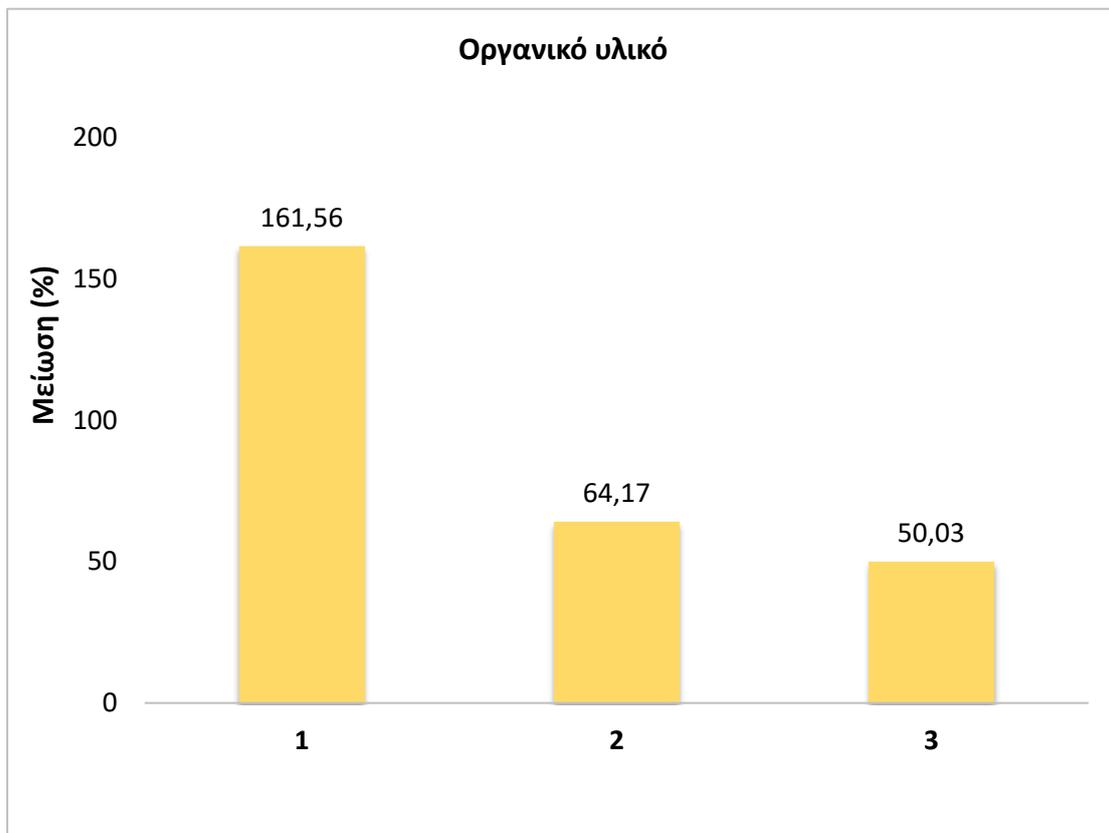
Στον Πίνακα 3.1 δίνονται το εύρος, η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση του αρχικού και τελικού ποσοστού του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα στο ίζημα των ενυδρείων. Στο Σχήμα 3.1 δίνεται η διαφορά του οργανικού υλικού (τελικό-αρχικό) στο ίζημα των ενυδρείων με και χωρίς ολοθούρια, ενώ στο Σχήμα 3.2 δίνεται το ποσοστό μείωσης αυτού στο ίζημα των ενυδρείων με και χωρίς ολοθούρια.

Πίνακας 3.1. Εύρος, μέση τιμή (Μ.Τ) και τυπική απόκλιση (Τ.Α) του αρχικού και τελικού ποσοστού του οργανικού υλικού και οργανικού άνθρακα στο ίζημα των ενυδρείων.

	Ολοθούρια		Μάρτυρας	
	Αρχικό	Τελικό	Αρχικό	Τελικό
Οργανικό υλικό (%)				
Εύρος	0,96-1,08	0,92-1,10	0,86-1,08	0,94-1,10
Μ.Τ. ± Τ.Α.	1,02±0,18	1,01±0,06	0,98±0,07	1,04±0,06
Οργανικός άνθρακας (%)				
Εύρος	0,03-0,18	0,06-0,23	0,03-0,18	0,21-0,25
Μ.Τ. ± Τ.Α.	0,10±0,06	0,15±0,07	0,10±0,05	0,22±0,01



Σχήμα 3.1. Διαφορά του οργανικού υλικού (τελικό-αρχικό) στο ίζημα των τριών συστημάτων ενυδρείων με και χωρίς ολοθούρια.



Σχήμα 3.2. Ποσοστό μείωσης του οργανικού υλικού στο ίζημα των τριών συστημάτων ενυδρείων.

Το αρχικό ποσοστό του οργανικού υλικού στα ενυδρεία με και χωρίς ολοθούρια ήταν παρόμοιο, ενώ το τελικό ποσοστό αυτού ήταν χαμηλότερο στα ενυδρεία με τα ολοθούρια σε σχέση με τους μάρτυρες (Πιν. 3.1).

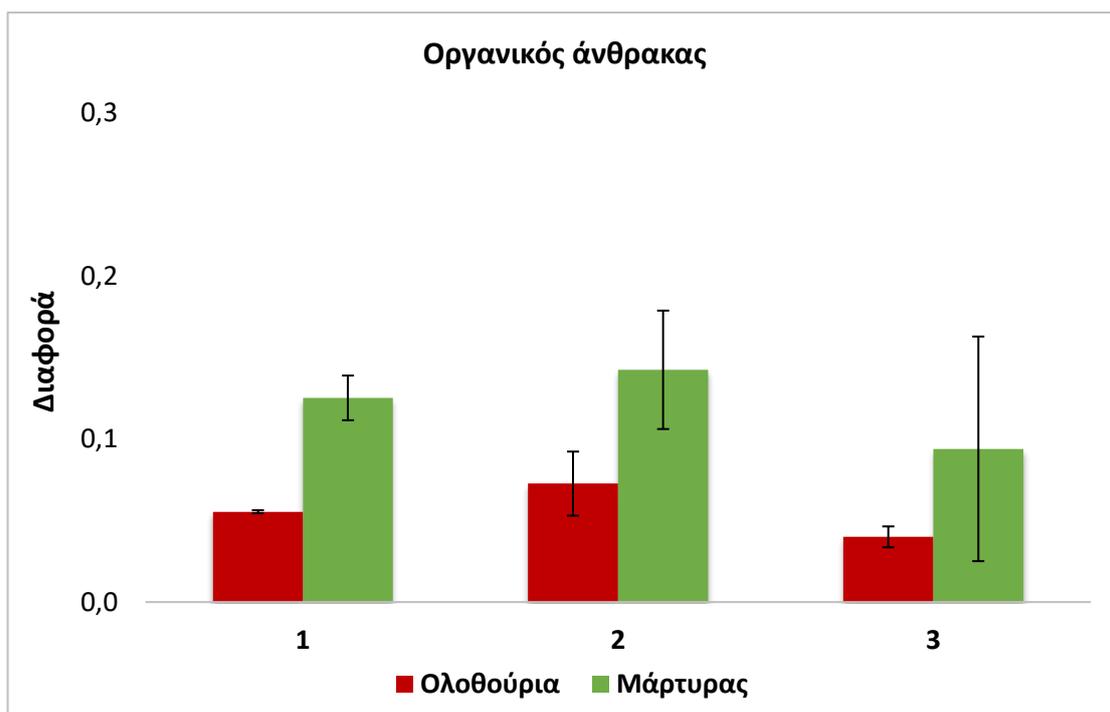
Από το Σχήμα 3.1 προκύπτει ότι στο ενυδρείο με τα ολοθούρια του συστήματος 1 η κατανάλωση του οργανικού υλικού αυτό ξεπέρασε το 100%. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι τα ολοθούρια κατανάλωσαν το σύνολο του οργανικού υλικού που αποτέθηκε κατά τη διάρκεια του πειράματος, καθώς και ένα ποσοστό της αρχικής ποσότητας.

Το ποσοστό μείωσης του οργανικού υλικού κυμάνθηκε μεταξύ 50,03-161,56%. Το υψηλότερο ποσοστό καταγράφηκε στο σύστημα 1, ενώ το χαμηλότερο στο σύστημα 3 (Σχ. 3.2). Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά την διάρκεια του πειράματος καταγράφηκαν και ορισμένες απώλειες στον αριθμό των ολοθουρίων, λόγω του φαινομένου του "εξεντερισμού" (από ένα άτομο στα συστήματα 2 και 3, αντίστοιχα). Το τελικό ποσοστό επιβίωσης των ολοθουρίων έφθασε στο 86,66%.

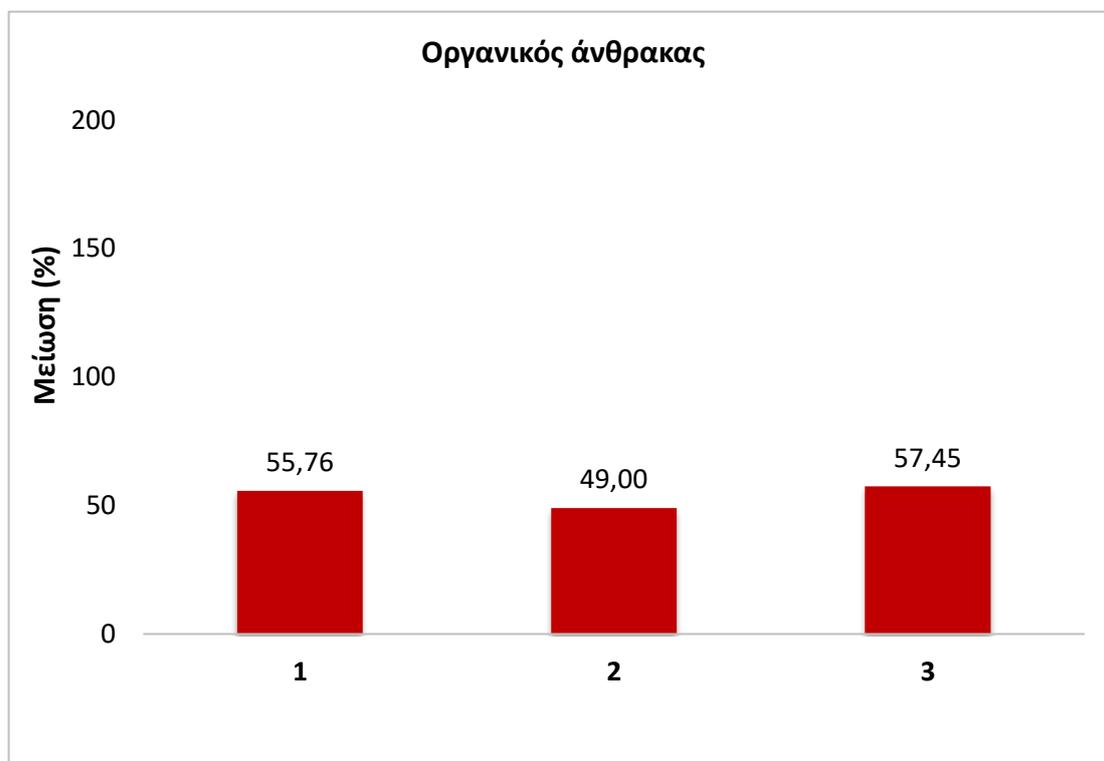
Στο Σχήμα 3.3 δίνεται η διαφορά του οργανικού άνθρακα (τελικό-αρχικό) στο ίζημα των ενυδρείων με και χωρίς ολοθούρια, ενώ στο Σχήμα 3.4 δίνεται το ποσοστό μείωσης αυτού στο ίζημα των ενυδρείων με και χωρίς ολοθούρια.

Το αρχικό ποσοστό του οργανικού άνθρακα στα ενυδρεία με και χωρίς ολοθούρια ήταν παρόμοιο, ενώ το τελικό ποσοστό αυτού ήταν χαμηλότερο στα ενυδρεία με τα ολοθούρια σε σχέση με τους μάρτυρες (Πιν. 3.1).

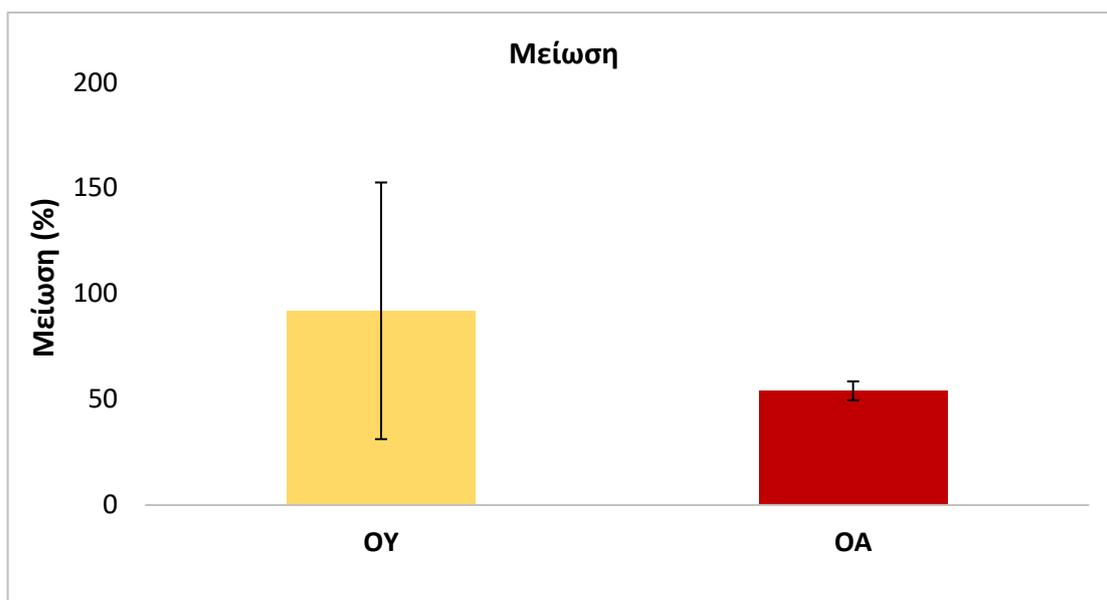
Το ποσοστό μείωσης του οργανικού άνθρακα κυμάνθηκε μεταξύ 49,00-57,45%. Το υψηλότερο ποσοστό καταγράφηκε στο σύστημα 3, ενώ το χαμηλότερο στο 2 (Σχ. 3.4). Στο Σχήμα 3.5 δίνονται οι μέσοι όροι του ποσοστού μείωσης του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα που έφτασαν στο 68,23% και 31,54%, αντίστοιχα.



Σχήμα 3.3. Διαφορά του οργανικού άνθρακα (τελικό-αρχικό) στο ίζημα των τριών συστημάτων ενυδρείων με και χωρίς ολουθούρια.



Σχήμα 3.4. Ποσοστό μείωσης του οργανικού άνθρακα στο ίζημα των τριών συστημάτων ενυδρείων.



Σχήμα 3.5. Μέσος όρος μείωσης ποσοστού οργανικού υλικού (OY) και οργανικού άνθρακα (OA) στο ίζημα των ενυδρείων

Στον Πίνακα 3.2 δίνεται η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (one-way ANOVA) του περιεχόμενου οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα (τελικό-αρχικό) στο ίζημα μεταξύ των ενυδρείων με και χωρίς ολοθούρια.

Πίνακας 3.2. Σύγκριση του περιεχόμενου οργανικού υλικού και οργανικού άνθρακα στο ίζημα μεταξύ των ενυδρείων (ολοθούρια & μάρτυρας) (d.f.: Βαθμοί ελευθερίας, F: Λόγος, P level: Επίπεδο σημαντικότητας).

Μεταβλητή	d.f.	Ενυδρείο	
		F	P level
Οργανικό υλικό (%)	5	3,6	ΜΣ
Οργανικός άνθρακας (%)	5	14,35	*

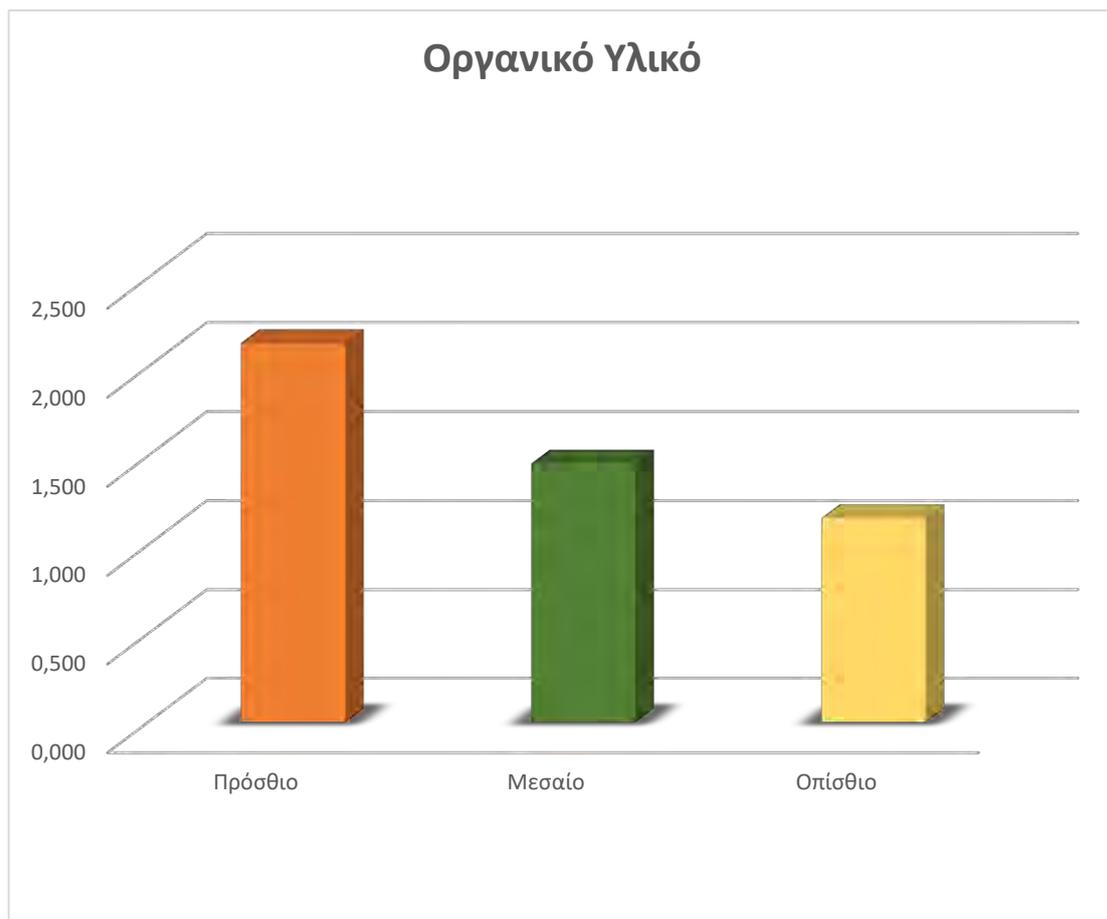
* $P < 0,05$, ΜΣ: Μη σημαντικό

Η στατιστική ανάλυση έδειξε σημαντικές διαφορές μόνο στα ποσοστά του οργανικού άνθρακα μεταξύ των ενυδρείων με και χωρίς ολοθούρια (Πιν 3.2).

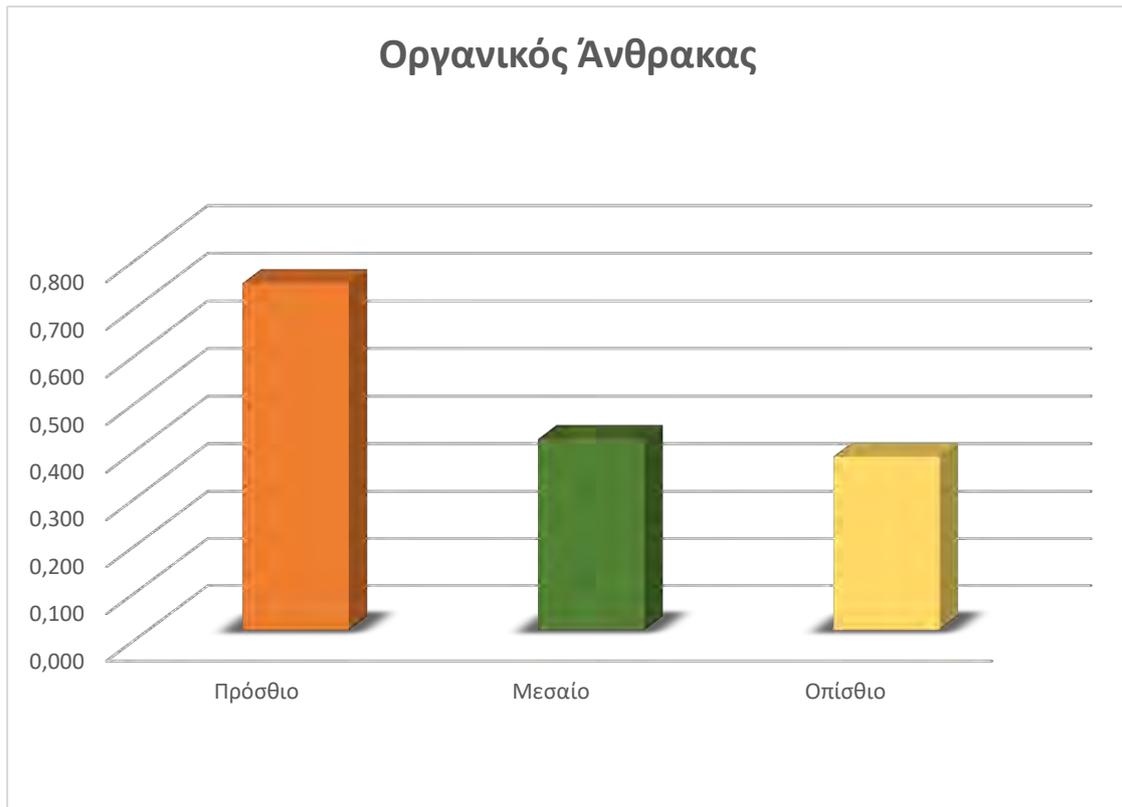
3.2. Απορροφητική ικανότητα του εντέρου των ολοθουρίων

Στα Σχήματα 3.6 και 3.7 δίνεται το ποσοστό του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα στα τρία τμήματα (πρόσθιο, μεσαίο, οπίσθιο) του εντερικού σωλήνα του ολοθουρίου *H.polii*, ενώ στο Σχήμα 3.8 δίνεται η απορροφητική του ικανότητα.

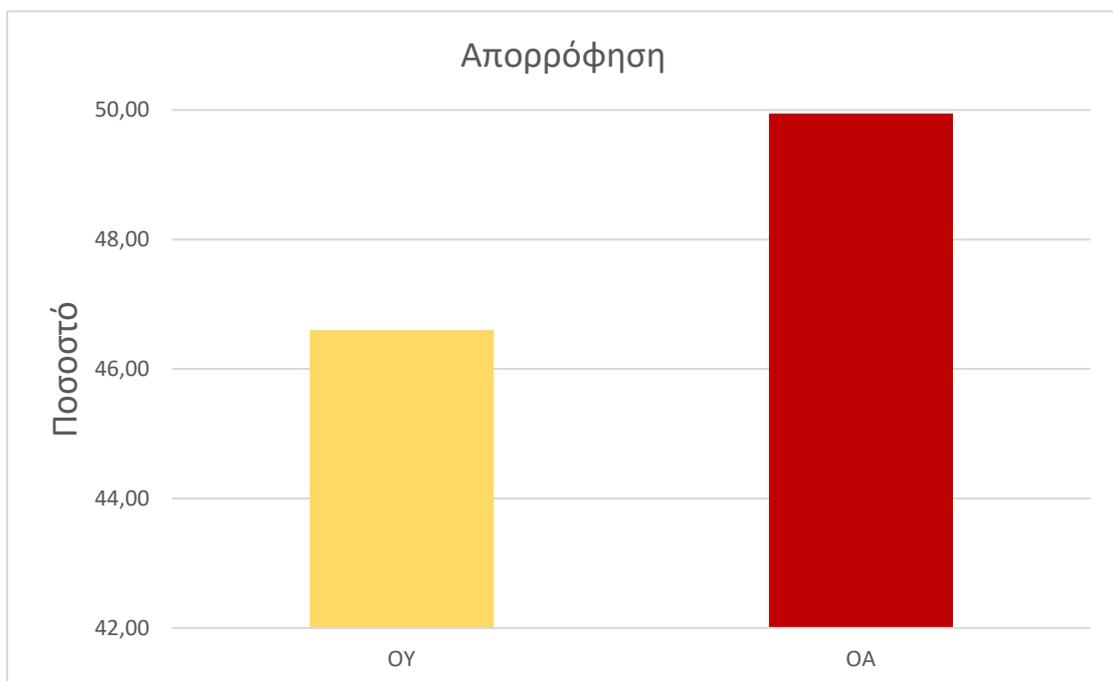
Σημειώνεται ότι μόνο σε ένα άτομο υπήρξε επαρκής ποσότητα ιζήματος για τον διαχωρισμό του εντερικού σωλήνα σε τρία τμήματα, ώστε να μπορεί να ελεγχθεί η απορροφητική ικανότητα του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα στο έντερο. Η απορροφητική ικανότητα έφθασε στο 46,60% για το οργανικό υλικό και στο 49,93% για τον οργανικό άνθρακα (Σχ. 3.8).



Σχήμα 3.6. Το ποσοστό οργανικού υλικού στο πρόσθιο, μεσαίο και οπίσθιο τμήμα του εντέρου του ολοθουρίου *H. polii*.

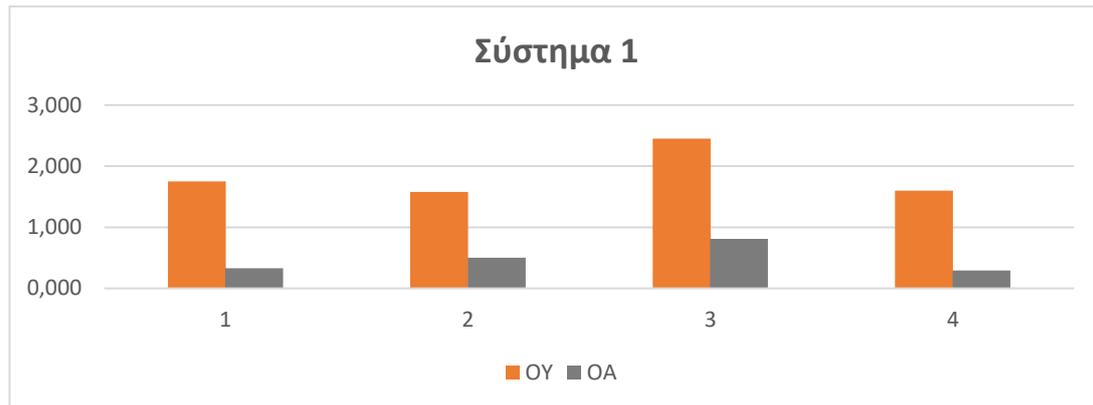


Σχήμα 3.7. Το ποσοστό οργανικού άνθρακα στο πρόσθιο, μεσαίο και οπίσθιο τμήμα του εντέρου του ολοθουρίου *H. polii*



Σχήμα 3.8. Απορροφητική ικανότητα του εντέρου του ολοθουρίου *H. polii* (OY: οργανικό υλικό, OA: οργανικός άνθρακας).

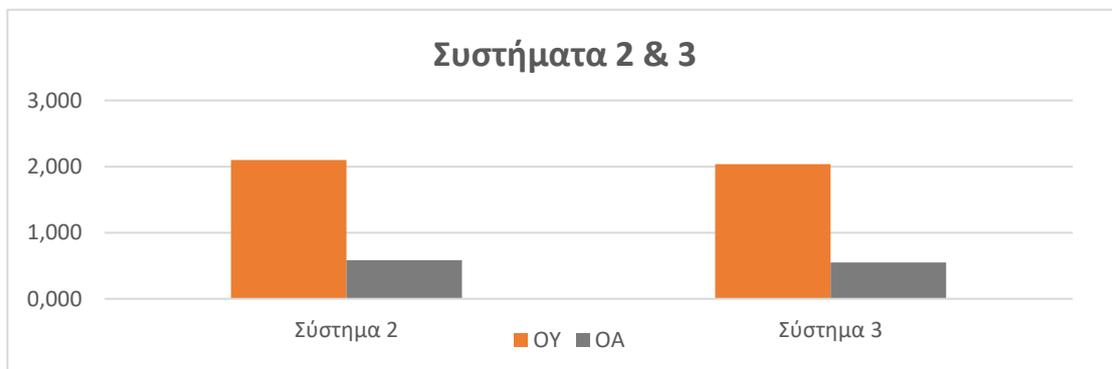
Στα Σχήματα 3.9 και 3.10 δίνεται το ποσοστό του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα στο σύνολο του εντερικού σωλήνα των ολοθουρίων σε κάθε ένα από τα 3 συστήματα. Στο σύστημα 1 βρέθηκαν 4 ολοθούρια με ποσότητα ιζήματος στο έντερο τους, ενώ στα συστήματα 2 και 3 βρέθηκε μόλις από ένα ολοθούριο (Σχ. 3.9). Τα υπόλοιπα ολοθούρια ήταν μεν ζωντανά αλλά με άδειο τον εντερικό σωλήνα.



Σχήμα 3.9. Το ποσοστό οργανικού υλικού (OY) & οργανικού άνθρακα (OA) στο σύνολο του εντερικού σωλήνα των ολοθουρίων στο σύστημα 1.

Το ποσοστό του οργανικού υλικού στον εντερικό σωλήνα των ολοθουρίων στο σύστημα 1 κυμάνθηκε από 1,58 - 2,45% και του οργανικού άνθρακα από 0,29 - 0,81%.

Το ποσοστό του οργανικού υλικού στον εντερικό σωλήνα των ολοθουρίων στο σύστημα 2 ήταν 2,10% και του οργανικού άνθρακα 0,58%, ενώ στο σύστημα 3 ήταν 2,04% και 0,55%, αντίστοιχα (Σχ. 3.10).



Σχήμα 3.10. Το ποσοστό οργανικού υλικού (OY) & οργανικού άνθρακα (OA) στο σύνολο του εντερικού σωλήνα των ολοθουρίων στα συστήματα 2 & 3.

3.3. Θρεπτική σύσταση ολοθουρίων

Στον Πίνακα 3.3 δίνεται συνοπτικά η σύσταση του σωματικού τοιχώματος των ολοθουρίων στα διάφορα μακροθρεπτικά συστατικά σε νωπό και σε ξηρό βάρος. Στο Σχήμα 3.11 δίνεται το μέσο ποσοστό των μακροθρεπτικών συστατικών του σωματικού τοιχώματος των ολοθουρίων σε ξηρό βάρος.

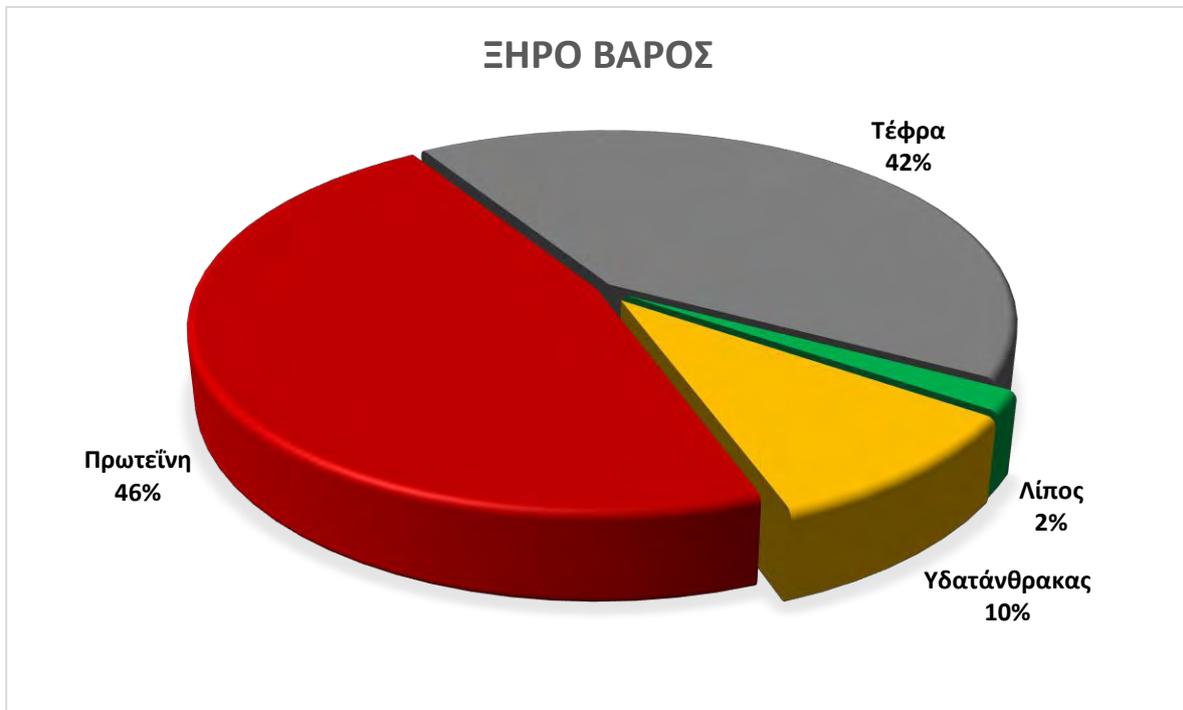
Η περιεκτικότητα του *H. polii* σε υγρασία κυμάνθηκε μεταξύ 79,02-83,28% (Πιν. 3.3). Οι πρωτεΐνες έφθασαν στο 10,47% επί του νωπού βάρους και 53,39% επί του ξηρού (Πιν. 3.3, Σχ 3.11). Η περιεκτικότητα του είδους σε λίπη ήταν 1,15-2,53% επί του ξηρού βάρους και 0,23-0,38% επί του νωπού βάρους (Σχ. 3.11, Πιν. 3.3).

Αναφορικά με την τέφρα, το είδος παρουσίασε περιεκτικότητα που έφθασε μέχρι το 10,99% επί νωπού βάρους και το 52,39% επί ξηρού βάρους (Σχ. 3.11, Πιν. 3.3). Η περιεκτικότητα του είδους σε υδατάνθρακες ήταν 0,54-3,43% επί νωπού βάρους και 2,90-17,67% επί ξηρού (Πιν. 3.3).

Αξίζει να επισημανθεί ότι δε βρέθηκε σημαντική παραλλακτικότητα στις συγκεντρώσεις των θρεπτικών συστατικών στα συνολικά δεκατρία (13) ολοθούρια ($P > 0.05$). Παράλληλα, η στατιστική επεξεργασία (correlation) της θρεπτικής σύστασης με τα μορφομετρικά στοιχεία (Πιν. 3.4) δεν έδειξε κάποια ισχυρή συσχέτιση ($R^2 < 0,5$) μεταξύ οποιουδήποτε θρεπτικού συστατικού με κάποιο από τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά.

Πίνακας 3.3. Το εύρος τιμών, μέση τιμή (Μ.Τ) και τυπική απόκλιση (Τ.Α) θρεπτικών συστατικών των ολοθουρίων.

Μακροθρεπτικά Συστατικά					
	Υγρασία %	Πρωτεΐνη %	Λίπος %	Τέφρα %	Υδατάνθρακας %
Επί νωπού βάρους					
Εύρος	79,02-83,28	7,38-10,47	0,23-0,38	5,82-10,99	0,54-3,43
Μ.Τ ± Τ.Α	81,32± 1,65	8,66±0,87	0,32±0,07	7,85±1,51	1,85±0,77
Επί ξηρού βάρους					
Εύρος	79,02-83,28	37,14-53,39	1,15-2,53	33,87-52,39	2,90-17,67
Μ.Τ ± Τ.Α	81,32± 1,65	46,67±5,86	1,71±0,40	41,76±5,18	9,86±3,74

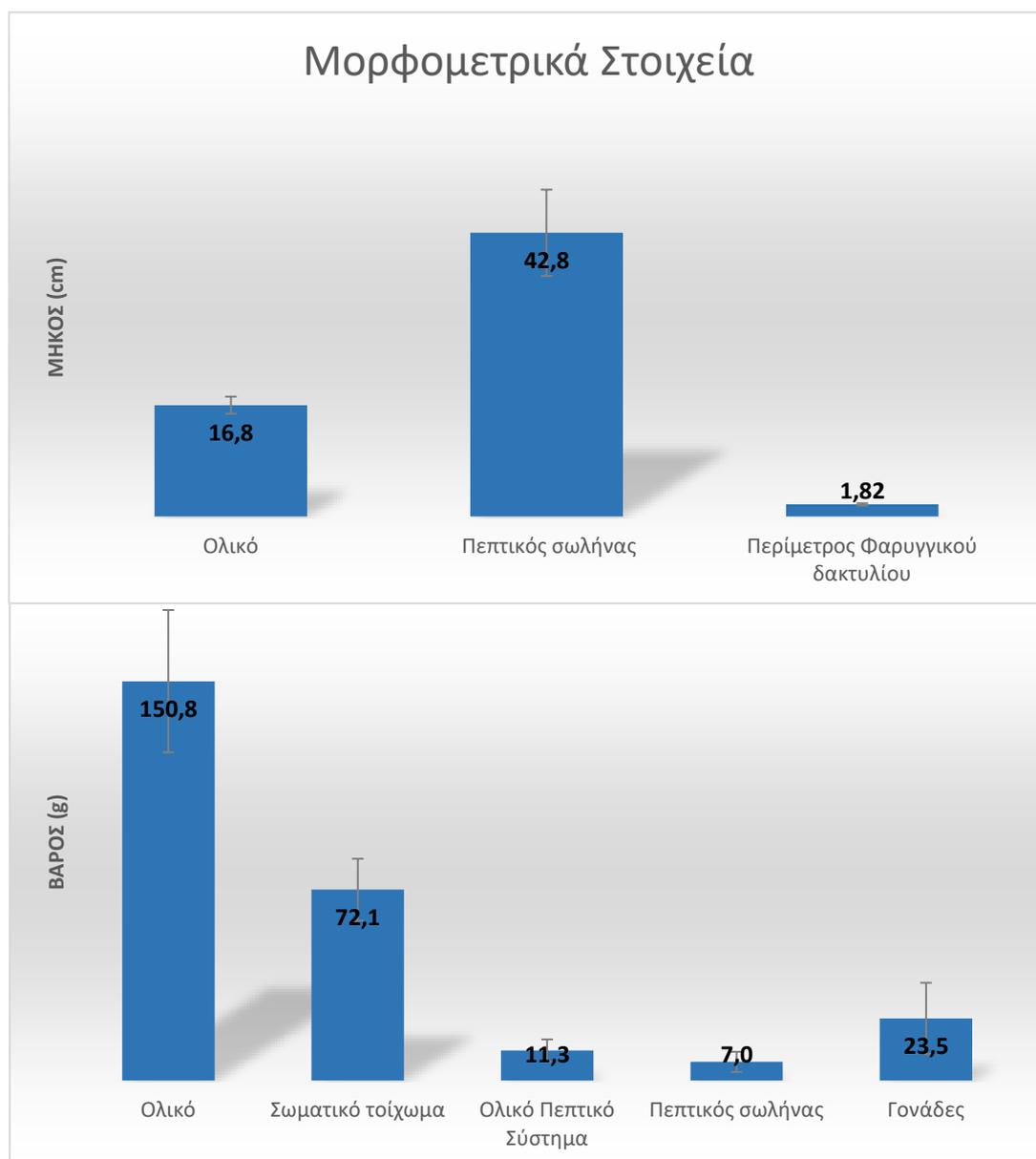


Σχήμα 3.11. Μέσο ποσοστό μακροθρεπτικών συστατικών στο σωματικό τοίχωμα των ολοθουρίων.

Πίνακας 3.4. Μορφομετρικά στοιχεία ολοθουρίων.

Ενυδρείο	Δείγμα	Ολικό Μήκος (cm)	Ολικό Βάρος (g)	Καθαρό Σωματικό Βάρος (g)	Ολικό Βάρος Πεπτικού συστήματος (g)	Μήκος Πεπτ. Σωλήνα (cm)	Βάρος Πεπτ. Σωλήνα (g)	Περίμετρος Φαρυγγ. Δακτυλίου (mm)	Βάρος Γονάδων (g)	Φύλο
1a	1a1	16,5	155,20	74,53	14,72	36,5	9,64	18,76	13,20	A
1a	1a2	16,0	153,45	65,57	10,14	43,8	5,37	16,72	33,69	Θ
1a	1a3	18,5	179,05	77,69	16,77	45,2	12,72	19,05	39,97	Θ
1a	1a4	17,0	127,83	63,21	14,35	42,1	9,26	16,81	4,94	A
1a	1a5	16,0	160,19	74,35	19,17	58,0	14,79	18,83	32,17	Θ
2a	2a1	17,0	154,37	73,62	12,17	38,00	8,58	18,67	15,57	A
2a	2a2	18,0	194,72	90,88	11,19	46,4	6,77	22,42	33,06	A
2a	2a3	17,0	156,87	87,35	10,80	46,8	4,30	16,83	32,65	A
2a	2a4	14,5	86,70	47,61	4,90	30,4	2,46	15,13	4,95	A
2a	2a5	18,0	59,95	56,41	–	–	–	16,42	–	–
3a	3a1	14,5	145,01	81,84	11,31	45,9	6,75	17,57	13,07	Θ
3a	3a2	17,5	138,67	63,60	7,20	39,0	3,86	18,61	8,73	Θ
3a	3a3	18,0	176,01	75,25	8,88	43,0	4,04	19,74	40,05	A
3a	3a4	18,0	132,71	61,66	5,62	41,5	2,86	17,65	32,85	Θ
3a	3a5	20,0	89,56	–	–	–	–	–	–	–

Στο Σχήμα 3.12 δίνεται η μέση τιμή των μορφομετρικών στοιχείων των ολοθουρίων που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα εκτροφής. Η μέση τιμή του ολικού μήκους τους ήταν $16,8 \pm 1,3$ cm και του ολικού βάρους $150,8 \pm 26,9$ g. Το βάρος του σωματικού τους τοιχώματος ήταν $72,1 \pm 11,7$ g.



Σχήμα 3.12. Μέση τιμή ± τυπική απόκλιση μορφομετρικών στοιχείων των ολοθουρίων.

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έδειξε ότι δεν υπήρξε διαφοροποίηση ($P>0,05$) στις μορφομετρικές παραμέτρους που εξετάστηκαν και παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.4 σε σχέση με το φύλο (Αρσενικό-Θηλυκό).

3.4. Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής των ψαριών

Κατά την έναρξη του πειράματος το μέσο μήκος και βάρος των ψαριών στο σύνολο των ενυδρείων ήταν $7,45\pm 0,63$ cm και $6,45\pm 0,14$ g, ενώ στο τέλος ήταν $9,47\pm 0,73$ cm και $12,77\pm 0,62$ g, αντίστοιχα (Πίν 3.5).

Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) ήταν $0,98\pm 0,06$, ενώ η μέση τιμή του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης (SGR) ήταν $2,53\pm 0,15\%$ /ημέρα. Ο συντελεστής αποδοτικότητας της πρωτεΐνης (PER) ήταν $1,86\pm 0,11$ (Πίν 3.5).

Το μέσο ποσοστό της πρωτεΐνης που υπολογίστηκε στα αρχικά και τελικά δείγματα των ψαριών ήταν $66,49\pm 0,00\%$ και $54,29\pm 2,06$, αντίστοιχα. Η αύξηση στην περιεκτικότητα της πρωτεΐνης στο σώμα των ψαριών στο τέλος του πειράματος ήταν $2,65\pm 0,52$, ενώ η κατακράτηση της πρωτεΐνης στο σώμα των ψαριών έφθασε το $78,07\pm 13,40\%$ (Πίν 3.5).

Η στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στις παραμέτρους ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής των ψαριών μεταξύ των δυο μεταχειρίσεων του πειράματος (ενυδρεία με και χωρίς ολοθουρία), δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P>0,05$). Για τον λόγο αυτό οι τιμές απ' όλα τα ενυδρεία ενοποιήθηκαν και ακολούθησε η επεξεργασία των δεδομένων που δίνονται στον Πίνακα 3.5.

Πίνακας 3.5. Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης τροφής των ψαριών (οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους \pm τυπική απόκλιση).

	Ενυδρεία
Επιβίωση (%)	86,12 \pm 3,76
Αρχικό Βάρος (g)	6,45 \pm 0,14
Τελικό Βάρος (g)	12,77 \pm 0,62
Αρχικό μήκος (cm)	7,45 \pm 0,63
Τελικό μήκος (cm)	9,47 \pm 0,73
Αύξηση βάρους (WG, g)	6,32 \pm 0,55
Κατανάλωση τροφής (g/ιχθύ)	6,15 \pm 0,17
FCR	0,98 \pm 0,06
SGR (%/ημέρα)	2,53 \pm 0,15
PER	1,86 \pm 0,11
Αρχική πρωτεΐνη σώματος (%)	66,49 \pm 0,00
Τελική πρωτεΐνη σώματος (%)	54,29 \pm 2,06
Αύξηση πρωτεΐνης στο σώμα (PG)	2,65 \pm 0,52
Κατακράτηση πρωτεΐνης (%)	78,07 \pm 13,40

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1. Οργανικό υλικό και οργανικός άνθρακας στο ίζημα

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι το ποσοστό μείωσης του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα κυμάνθηκε μεταξύ 50,03-161,56% και 49,00-57,45%, αντίστοιχα. Ο Αντωνίου (2016), σε παρόμοια έρευνα που πραγματοποίησε για το είδος *Holothuria tubulosa*, αναφέρεται ότι το ποσοστό μείωσης του οργανικού υλικού κυμάνθηκε μεταξύ 92,78-172,91%, ενώ του οργανικού άνθρακα 50,00-114,85%.

Σε παλαιότερη δημοσιευμένη ερευνά, για το είδος *Stichopus japonicus*, διαπιστώθηκε ότι τα επίπεδα του οργανικού άνθρακα στο ίζημα των ενυδρείων με ολοθούρια ήταν ελαφρώς χαμηλότερα από ότι στους μάρτυρες. Στη συγκεκριμένη έρευνα, πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις στα 0,5, 1,0 και 1,5 cm ιζήματος, και δε διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο περιεχόμενο του οργανικού άνθρακα μεταξύ των στρωμάτων του ιζήματος 1,0 και 1,5 cm για τα ενυδρεία με και χωρίς ολοθούρια (Kitano *et al.* 2003). Επίσης, οι ίδιοι συγγραφείς αναφέρουν ότι τα ολοθούρια μέσω της διατροφικής τους δραστηριότητας αυξάνουν τη συγκέντρωση του οξυγόνου στο ίζημα.

Καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος, στο σύστημα 1 παρατηρήθηκε ότι όλα τα ολοθούρια βρισκόντουσαν στην επιφάνεια του ιζήματος καθώς και λίγο κάτω από αυτήν. Η συμπεριφορά αυτή, είχε ως αποτέλεσμα στο σύστημα 1 να παρατηρηθεί η υψηλότερη μείωση του οργανικού υλικού. Το αποτέλεσμα αυτό συμπίπτει με εκείνο των Kitano *et al.* (2003), όπου αναφέρουν ότι η επίδραση των ολοθούριων στη μείωση του οργανικού φορτίου λαμβάνει χώρα από την επιφάνεια του ιζήματος έως και 3 εκατοστά κάτω από αυτή.

Στα συστήματα 2 και 3 παρατηρήθηκε μικρότερη μείωση του οργανικού υλικού σε σύγκριση με το σύστημα 1. Στο σύστημα 3, η μείωση του οργανικού υλικού ήταν περίπου 3 φορές μικρότερη από ότι στο σύστημα 1. Η διαφοροποίηση αυτή πιθανόν να οφείλεται στην απώλεια ενός ατόμου σε κάθε ένα από τα συστήματα 2 και 3 (λόγω εξεντερισμού). Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται και στην έρευνά του Αντωνίου (2016), όπου το χαμηλότερο ποσοστό στη μείωση του οργανικού υλικού καταγράφηκε στο σύστημα που παρατηρήθηκε το φαινόμενο του εξεντερισμού.

Οι Nikolaou et al. (2015), σε προκαταρκτική έρευνα που διεξήχθη σε δύο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες αναφέρουν ότι το ποσοστό μείωσης του οργανικού υλικού έφθασε στο 40% και 38% στην περιοχή της Μηλίνας και στις Νίες, ενώ του οργανικού άνθρακα έφθασε στο 55% και 42%, αντίστοιχα.

Ο Mahmoud (2011), πραγματοποίησε έρευνα πεδίου, τοποθετώντας κλωβούς με διαφορετικούς αριθμούς ατόμων ολοθουρίων (60, 9 και 0 άτομα) με σκοπό τη μελέτη της επίδρασης του ολοθουρίου *Actinopyga mauritiana* στο οργανικό φορτίο της περιοχής. Ο μέσος ορός του οργανικού άνθρακα στους κλωβούς με 60 και 9 άτομα ήταν 3.22 mg C g^{-1} και 4.62 mg C g^{-1} , αντίστοιχα, ενώ για τους κλωβούς που δεν περιείχαν ολοθούρια τα επίπεδα του οργανικού άνθρακα ήταν 5.24 mg C g^{-1} .

Παρόμοιες προσπάθειες πειραματικής εκτροφής του είδους *Holothuria tubulosa* σε ελεγχόμενες εργαστηριακές συνθήκες με σκοπό την εκτίμηση της ανακύκλωσης του οργανικού υλικού έχουν πραγματοποιηθεί κατά το παρελθόν από διάφορους επιστήμονες (Isgoren-Emiroglu & Gunay 2007, Costa et al. 2014). Σύμφωνα με τους Costa et al. (2014), τα ολοθούρια του είδους *H. tubulosa* μπορούν να καταναλώσουν από 30% μέχρι και 100% από τα θρύμματα που παράγονται σε λειμώνες Ποσειδωνίας. Επηρεάζουν δηλαδή σε σημαντικό βαθμό την εναπόθεση οργανικού υλικού σε επιφανειακά ιζήματα προερχόμενο από τα λιβάδια Ποσειδωνίας.

Οι Coulon & Jangoux (1993), αναφέρουν ότι ενήλικα άτομα του είδους *H. Tubulosa*, μέσω του τρόπου διατροφής τους μπορούν να καταναλώσουν >17 Kg ξηρού βάρους ιζήματος/έτος.

Τα ολοθούρια θεωρούνται ιδανικοί οργανισμοί μοντέλα για τη μελέτη της ανακύκλωσης του οργανικού υλικού στο περιβάλλον, καθώς επιλεκτικά αφαιρούν-καταναλώνουν οργανικά σωματίδια από τα ανώτερα στρώματα του ιζήματος (Hudson *et al.* 2005), καταναλώνοντας μεγάλες ποσότητες οργανικής ύλης που είναι αποθηκευμένη σε αυτό (Moriarty 1982).

4.2. Απορροφητική ικανότητα του εντέρου των ολοθουρίων

Στην παρούσα έρευνα μόνο σε ένα άτομο υπήρξε επαρκής ποσότητα ιζήματος για τον διαχωρισμό του εντερικού σωλήνα σε τρία τμήματα (Σύστημα 1). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η απορροφητική ικανότητα έφθασε στο 46,60% για το οργανικό υλικό και στο 49,93% για τον οργανικό άνθρακα. Η απορρόφηση της οργανικής ύλης από το ίζημα στον εντερικό σωλήνα του ολοθουρίου είναι εμφανής και χαρακτηρίζεται από βαθμιαία αφομοίωση σε κάθε τμήμα του.

Η απορροφητικότητά τους αυτή δικαιολογεί και τα ποσοστά του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα που βρέθηκαν στο ίζημα των ενυδρείων (σε ορισμένες περιπτώσεις η κατανάλωση ξεπέρασε το 100% του οργανικού φορτίου που αποτέθηκε κατά τη διάρκεια του πειράματος). Ίσως, η ονομασία «σκούπα της θάλασσας» να είναι ο ακριβέστερος χαρακτηρισμός για τον οργανισμό αυτό.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην παρούσα έρευνα, σε 6 από τα 13 ολοθούρια του πειράματος υπήρξε ποσότητα ιζήματος στον εντερικό σωλήνα, η οποία όμως δεν ήταν επαρκής ώστε να πραγματοποιηθεί διαχωρισμός σε 3 τμήματα. Το ποσοστό του

οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα που βρέθηκε στο σύνολο του εντερικού σωλήνα αυτών των ατόμων ήταν παρόμοιο με το ποσοστό του οργανικού υλικού και οργανικού άνθρακα που υπήρχε στο πρόσθιο τμήμα του εντέρου του ολοθουρίου που βρέθηκε με γεμάτο τον εντερικό σωλήνα. Το γεγονός αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η ποσότητα αυτή πιθανόν να προέρχεται από το πρόσθιο τμήμα του εντέρου.

Παρόμοια αποτελέσματα με την παρούσα έρευνα, αναφέρει ο Αντωνίου (2016), όπου η απορροφητικότητα του εντερικού σωλήνα των ολοθουρίων έφτασε στο 43.07% για το οργανικό υλικό και στο 55.81% για τον οργανικό άνθρακα. Η διαδικασία της απορρόφησης λαμβάνει χώρα κυρίως στο μεσαίο και στο οπίσθιο τμήμα του εντερικού σωλήνα των ολοθουρίων. Τα αποτελέσματα επίσης είναι σύμφωνα με αυτά παρόμοιας έρευνας που διεξήχθη σε εργαστηριακές συνθήκες για το είδος *Holothuria scabra*, όπου η απορροφητικότητα του εντερικού σωλήνα έφθασε στο 50% (Mercier *et al.* 1999). Επιπλέον, έχει αναφερθεί ότι το ποσοστό του οργανικού άνθρακα στα περιττώματα του είδους *Holothuria atra* ήταν τρεις φορές χαμηλότερο από ότι στο ιζήμα (Webb *et al.* 1977). Αντίθετα, στην έρευνα των Zamora & Jeffs (2011) για το είδος *Australostichopus mollis*, όπου χρησιμοποιήθηκαν ιζήματα με διαφορετικά επίπεδα οργανικού φορτίου για τη διατροφή ολοθουρίων, αναφέρεται ότι τα επίπεδα του οργανικού φορτίου στο πρόσθιο τμήμα του εντέρου ήταν υψηλότερα σε σχέση με αυτά του ιζήματος. Επιπλέον, η μέση τιμή του οργανικού υλικού στο οπίσθιο τμήμα και στα περιττώματα δεν είχε σημαντικές διαφορές. Ως εκ τούτου, το μεγαλύτερο ποσοστό της απορρόφησης του οργανικού υλικού πραγματοποιείται μεταξύ του εμπρόσθιου και του μέσου τμήματος του έντερου. Επιπρόσθετα, η ανάλυση του περιεχόμενου του εντέρου του είδους *A. mollis* έδειξε την ύπαρξη βακτηριακών πληθυσμών στο πρόσθιο τμήμα του εντέρου (Deming & Colwell 1982, Sibuet *et al.* 1982), καθώς και στον οισοφάγο (Deming & Colwell 1982, Ralijaona 1982).

Οι Kitano et al. (2003), αναφέρουν ότι το είδος *Stichopus japonicus* μπορεί να προσλαμβάνει τμήματα του ιζήματος επιλεκτικά. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ερευνάς αυτής τα περιττώματα περιείχαν χαμηλότερα ποσοστά οργανικού υλικού από το μέσο όρο των ιζημάτων στα ενυδρεία. Παρόλο που η απορροφητική ικανότητα του εντέρου του *S. japonicus* για τον οργανικό άνθρακα αναφέρεται ότι φτάνει στο 51% (Choe 1963), τα ποσοστά του οργανικού άνθρακα ήταν υψηλότερα στα ενυδρεία με ολοθουρία από ότι στους μάρτυρες. Το οργανικό φορτίο του ιζήματος είναι πιθανό να μειώνεται από την διατροφική δραστηριότητα του *S. Japonicus*, καθώς τα ποσοστά του οργανικού άνθρακα στα περιττώματα ήταν χαμηλότερα από εκείνα των ιζημάτων.

Τα αποτελέσματα τις παρούσας έρευνας έδειξαν ότι στα συστήματα 2 και 3 μόνο σε ένα άτομο, από τα πέντε που είχαν επιλεγεί αρχικά, βρέθηκε ποσότητα ιζήματος στον εντερικό σωλήνα. Το γεγονός ότι υπήρξε από ένα νεκρό άτομο στα συστήματα αυτά σε συνδυασμό με τον περιορισμένο χώρο του ενυδρείου είναι πολύ πιθανό να προκάλεσε πίεση στα υπόλοιπα ολοθούρια με αποτέλεσμα να σταματήσουν τη διατροφική τους δραστηριότητα. Έχει αναφερθεί ότι τα ολοθούρια του είδους *Apostichopus japonicus*, όταν εκτίθενται σε στρεσογόνους παράγοντες, όπως η αλλαγή θερμοκρασίας, είναι πιθανό να παρουσιάσουν μείωση της μεταβολικής τους δραστηριότητας, απώλεια βάρους, καθώς επίσης και εκφυλισμό του εντερικού τους σωλήνα (Dong et al. 2008a,b).

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην έναρξη του πειράματος δεν ήταν δυνατός ο διαχωρισμός ανάλογα με το φύλο, καθώς τα ολοθούρια δεν παρουσιάζουν φυλετικό διμορφισμό (Pérez-Ruzafa 1987). Το φύλο τους καταγράφηκε μετά την ολοκλήρωση της πειραματικής διαδικασίας και τον τεμαχισμό τους. Η αναλογία του φύλου σε κάθε ενυδρείο είναι πιθανό να επηρέασε τη διατροφική δραστηριότητα των ολοθουρίων. Στο σύστημα 1 και 3 υπήρξαν άτομα και των δυο φύλων. Από τα αποτελέσματα φαίνεται

ότι και στα δυο συστήματα τα άτομα που τρεφόντουσαν περισσότερο ήταν θηλυκά. Συμπερασματικά, σε μεγαλύτερες πυκνότητες από αυτές που εμφανίζονται στο φυσικό περιβάλλον, τα θηλυκά φαίνεται να έχουν συγκριτικό πλεονέκτημα σε σχέση με τα αρσενικά. Ίσως τα θηλυκά χρειάζονται μεγαλύτερη ποσότητα τροφής για την ωρίμανση των γονάδων, καθώς και την αναπαραγωγική διαδικασία. Στο σύστημα 2 όλα τα άτομα ήταν του ίδιου φύλου (αρσενικά). Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το άτομο που τρεφόταν περισσότερο ήταν αυτό με το μεγαλύτερο μέγεθος. Συμπερασματικά, θα μπορούσαμε να αναφέρουμε ότι η πυκνότητα και η αναλογία του φύλου επηρεάζουν τη διατροφική δραστηριότητα των ολοθουρίων. Ωστόσο, επειδή ο αριθμός των ζώων που χρησιμοποιήθηκαν είναι μικρός το συμπέρασμα αυτό εξάγεται με μεγάλη επιφύλαξη και θα πρέπει οι μελλοντικές έρευνες να διερευνήσουν και αυτήν την παράμετρο.

4.3. Θρεπτική σύσταση ολοθουρίων

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας έδειξαν ότι η περιεκτικότητα του ολοθουρίου *Holothuria polii* σε υγρασία ήταν $81,32 \pm 1,65\%$, που θεωρείται χαρακτηριστική των ολοθουρίων. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν αναφερθεί σε παλαιότερες δημοσιευμένες εργασίες για το ίδιο είδος, όπου και εκεί το ποσοστό της υγρασίας στο σωματικό τοίχωμα ήταν $81,24 \pm 0,4\%$ (Aydın *et al.* 2008). Η περιεκτικότητα αυτή είναι σύμφωνη και με άλλες έρευνες σε διάφορα είδη ολοθουρίων (Bordbar *et al.* 2011). Για το είδος *Holothuria tubulosa* η περιεκτικότητα σε υγρασία ήταν $83,19 \pm 1,03\%$ (Αντωνίου 2016). Ο Omran (2013), αναφέρει πως το ποσοστό της υγρασίας στο σωματικό τοίχωμα των ειδών *Actinopyga mauritiana*, *Holothuria scarba*, *Bohadschia marmorata* και *Holothuria leucospilota* ήταν $84,47 \pm 0,7\%$, $85,76 \pm 0,3\%$, $83,17 \pm 0,2\%$ και $81,41 \pm 0,6\%$, αντίστοιχα. Σύμφωνα με τους Vergara & Rodríguez

(2015), που πραγματοποίησαν χημικές αναλύσεις για τη θρεπτική σύσταση άγριων πληθυσμών του είδους *Isostichopus*, τα ποσοστά υγρασίας είναι πιθανό να επηρεάζονται από την εποχή, από περιβαλλοντικούς παράγοντες ή από την διατροφική δραστηριότητα των ολοθουρίων.

Οι Aydın et al. (2011), αναφέρουν ότι το ποσοστό των πρωτεϊνών στο σωματικό τοίχωμα του είδους *H. polii* ήταν $8.66 \pm 1.2\%$ επί του νωπού βάρους. Το αποτέλεσμα αυτό επιβεβαιώνεται και από την παρούσα εργασία, καθώς το μέσο ποσοστό των πρωτεϊνών βρέθηκε να είναι $8,66 \pm 0,87\%$ επί του νωπού βάρους και $46,67 \pm 5,86\%$ επί του ξηρού. Για το είδος *Holothuria tubulosa* οι πρωτεΐνες έφθασαν στο 10% επί νωπού βάρους και σχεδόν στο 60% επί ξηρού (Αντωνίου 2016). Οι τιμές αυτές επιβεβαιώνουν την υψηλή περιεκτικότητα των ολοθουρίων σε πρωτεΐνες (Wen et al. 2010, Bordbar et al. 2011), ενώ υπάρχουν αναφορές ότι μπορεί να φθάσει έως το 83% επί του ξηρού βάρους (Chen 2003).

Το μέσο ποσοστό σε λίπη ήταν αρκετά χαμηλό ($0,32 \pm 0,07\%$ επί του νωπού βάρους και $1,71 \pm 0,40\%$ επί του ξηρού βάρους), γεγονός το οποίο συμφωνεί με άλλες έρευνες στο ίδιο είδος (Wen et al. 2010), καθώς σε άλλα είδη ολοθουρίων (Aydın et al. 2011, Bordbar et al. 2011, Αντωνίου 2016).

Αναφορικά με την τέφρα, το είδος παρουσιάζει αξιοσημείωτα υψηλή περιεκτικότητα, καθώς η μέση τιμή της ήταν $7,85 \pm 1,51\%$ επί νωπού βάρους και $41,76 \pm 5,18\%$ επί ξηρού βάρους. Αυτό είναι σύμφωνο με άλλες έρευνες όπου αναφέρονται ποσοστά έως 40% (Wen et al. 2010). Αυτό δείχνει την υψηλή περιεκτικότητα του είδους σε διάφορα ανόργανα στοιχεία όπως πιθανώς σε Ca, Mg, Fe, Zn. Επιπλέον, η υψηλή περιεκτικότητα σε τέφρα είναι πιθανό να οφείλεται στο γεγονός ότι μέσα στο δέρμα του ζώου περιέχονται μικροσκοπικοί ασβεστιτικοί σκληρίτες (Λαζαρίδου 1992).

Αξίζει να επισημανθεί ότι δε βρέθηκε σημαντική παραλλακτικότητα στις συγκεντρώσεις των θρεπτικών συστατικών στα συνολικά δεκατρία (13) ολοθούρια ($P>0.05$). Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι τα ολοθούρια έχουν μια σχετικά «σταθερή» θρεπτική αξία, η οποία δεν επηρεάζεται από παραμέτρους όπως το φύλο και το σωματικό μέγεθος. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται σε έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί για το είδος *H. tubulosa* (Neofitou 2016). Πιθανώς αυτό να οφείλεται στο γεγονός πως τα ολοθούρια έχουν χαμηλό ρυθμό μεταβολισμού, ο οποίος οδηγεί σε αργή κινητοποίηση θρεπτικών συστατικών στο σώμα τους.

Ως τρόφιμο, τα ολοθούρια υπόκεινται επεξεργασίας και συνήθως χρησιμοποιούνται σε ξηρή μορφή. Συχνά για αυτά χρησιμοποιείται ο όρος «beche-de-me» και κατηγοριοποιούνται ως προϊόντα «υψηλής», «μέσης» και «χαμηλής» εμπορικής αξίας ανάλογα το είδος, την αφθονία, την εμφάνιση, την οσμή και το χρώμα, το πάχος του σωματικού τοιχώματός τους και φυσικά τη ζήτηση της αγοράς (Lo 2005).

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας δείχνουν ότι η θρεπτική αξία του ολοθουρίου *Holothuria polii* είναι αρκετά υψηλή όπως όλων των υδρόβιων ζωικών οργανισμών. Αποτελεί τρόφιμο υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες και ανόργανα στοιχεία και είναι ιδανικό για δίαιτα χαμηλής θερμιδικής αξίας, λόγω του χαμηλού επιπέδου του λίπους που περιέχει. Αυτή η χαμηλή λιποπεριεκτικότητά του είναι ιδιαίτερα αξιοσημείωτη, και είναι ακόμα χαμηλότερη από αυτήν πολλών ειδών ιχθύων του γλυκού νερού (όπως π.χ. τιλάπια, γατόψαρο κ.ά). Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας είναι παρόμοια με τη βιβλιογραφία, όπου γενικά οι ολικές πρωτεΐνες κυμαίνονται μεταξύ 39,8-60,2%, το λίπος 1,2-2,4% και η τέφρα 17,9-44,5% (Aydin *et al.* 2011).

Συμπερασματικά, το ολοθούριο *H. polii* πέραν του ότι θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στις Ελληνικές υδατοκαλλιέργειες ως ένα φυσικό μέσο για την

ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στο υπόστρωμα, θα μπορούσε παράλληλα να αποτελέσει και ένα τρόφιμο υψηλής θρεπτικής αξίας για τον άνθρωπο, λόγω κυρίως της υψηλής περιεκτικότητάς του σε πρωτεΐνες, μιας και η ζήτηση αυτών των προϊόντων είναι ιδιαίτερα υψηλή. Άλλωστε, σύμφωνα με τους Gonzalez-Wanguemert et al. (2014), το 2012 από τα παράλια της Τουρκίας αλιεύτηκαν γύρω στους 555 τόνους ολοθουρίων, εκ των οποίων το 80% ήταν του είδους *H. polii* και εξήχθησαν στην αγορά της Ασίας.

Παράλληλα, λαμβάνοντας υπόψη την ισχυρή ζήτηση που υπάρχει για πρωτεΐνες ζωικής προέλευσης στον κλάδο παρασκευής τεχνητών ιχθυοτροφών, το ολοθούριο *H. polii* θα μπορούσε να μελετηθεί μελλοντικά και ως προς την καταλληλότητά του ως συστατικό υψηλής ζωικής θαλάσσιας πρωτεΐνης στις ιχθυοτροφές. Σαφώς, περαιτέρω έρευνα είναι αναγκαία τόσο σχετικά με τη φυσιολογία θρέψης και τη διατροφή των οργανισμών αυτών, όσο και με την αναλυτικότερη θρεπτική τους σύσταση και πως αυτή μεταβάλλεται, ώστε το τελικό εμπορεύσιμο προϊόν να είναι κατάλληλο για πώληση.

4.4. Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής των ψαριών

Στην παρούσα εργασία, για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν άτομα τσιπούρας, καθώς το συγκεκριμένο είδος αποτελεί ένα από τα κυριότερα είδη εκτροφής στην Ελληνική αλλά και παγκόσμια υδατοκαλλιέργεια (ΣΕΘ 2016).

Η τσίπουρα είναι ανθεκτικό είδος, καθώς στο φυσικό περιβάλλον παρουσιάζει μεγάλη αντοχή στις μεταβολές της θερμοκρασίας και της αλατότητας. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας η επιβίωση των ψαριών, κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες, έφτασε το $86,12 \pm 3,76\%$.

Με την αξιοποίηση της τροφής από το συγκεκριμένο είδος αποδείχθηκε ότι οι συνθήκες που επικρατούσαν στα ενυδρεία κατά τη διάρκεια του πειράματος προσομοίωναν όσο το δυνατόν περισσότερο εκείνες των ιχθυοκαλλιέργειών, καθώς ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) βρέθηκε να είναι $0,98 \pm 0,06$. Στον FAO (2013), αναφέρεται ότι στις εντατικές εκτροφές, για το στάδιο ανάπτυξης που μελετήθηκε, ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) είναι 1,5 – 2.

Η παρουσία των ολοθουρίων φαίνεται ότι δεν επηρέασε την ανάπτυξη των ψαριών. Συγκρίνοντας τα ενυδρεία με και χωρίς ολοθούρια, παρατηρήθηκε ότι το ποσοστό ανάπτυξης των ψαριών δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές ($P > 0,05$). Συγκεκριμένα, στα ενυδρεία με ολοθούρια ο μέσος όρος αύξησης ήταν $6,4 \pm 0,82$ g, ενώ στα ενυδρεία χωρίς ολοθούρια ήταν $6,26 \pm 0,26$ g.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, από τον υπολογισμό των παραμέτρων ανάπτυξης (FCR, SGR) αποδεικνύεται ότι ο μεταβολικός ρυθμός των ψαριών δεν επηρεάστηκε από τη συμβίωση τους με τα ολοθούρια, παρά την εγγύτητα που είχαν στα πειραματικά ενυδρεία, οπότε μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το οργανικό υλικό που εναποτέθηκε κατά τη διάρκεια του πειράματος ήταν παρόμοιο σε όλα τα ενυδρεία.

Συμπερασματικά, το ολοθούριο *H. polii* θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε πολυκαλλιέργεια, καθώς όχι μόνο δεν δημιουργεί προβλήματα στους εκτρεφόμενους οργανισμούς αλλά συμβάλει θετικά και στην εξυγίανση του περιβάλλοντος (Isgoren-Emiroglu & Gunay 2007).

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Ο εγκλεισμός των ολοθουρίων σε εργαστηριακές συνθήκες εκτροφής (ενυδρεία) αποδείχτηκε ότι ήταν αρκετά επιτυχής (86,6% επιβίωση).
- Από τα αποτελέσματα είναι εμφανές ότι οι οργανισμοί αυτοί αφαιρούν ένα μεγάλο ποσοστό ρυπαντικού φορτίου από το ίζημα των ενυδρείων (το ποσοστό μείωσης του οργανικού υλικού έφθασε στο 161,56%, ενώ το ποσοστό του οργανικού άνθρακα έφθασε στο 57,45%).
- Ο εντερικός σωλήνας του ολοθουρίου φαίνεται ότι έχει υψηλή απορροφητική ικανότητα στο οργανικό υλικό (46,60%) και στον οργανικό άνθρακα (49,93%).
- Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας είναι αρκετά ενθαρρυντικά και άρα η εμπειρία και η τεχνογνωσία που αποκτήθηκε κατά τη διάρκειά της μπορεί να αποτελέσει ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο προς την κατεύθυνση της αειφορικής διαχείρισης του κλάδου των υδατοκαλλιεργειών.
- Το είδος αυτό εκτός από τη χρησιμοποίησή του για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των υδατοκαλλιεργειών στο υπόστρωμα θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως προϊόν εμπορίας (εξαγωγή σε χώρες που το καταναλώνουν όπως η Κίνα και η Ιαπωνία) και απομόνωσης διαφόρων βιοδραστικών ουσιών (για τη θεραπεία διαφόρων παθήσεων), ως ιχθυοτροφή για τα εκτρεφόμενα ψάρια (λειτουργώντας ως ένα προϊόν ανακύκλωσης) και ως βιοκαύσιμο.
- Τέλος, σε μελλοντικό χρόνο θα πρέπει να γίνει προσπάθεια να τοποθετηθούν ολοθούρια του μελετούμενου είδους κάτω από μονάδες εκτροφής ψαριών σε πιλοτικό επίπεδο, έτσι ώστε να δούμε εάν πρακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο οργανισμός αυτός ως ένα μέσο εξυγίανσης του περιβάλλοντος από τη λειτουργία των μονάδων αυτών. Φυσικά, για να μπορέσει να υλοποιηθεί αυτό

το σχέδιο θα πρέπει πρώτα να μελετηθεί και να ολοκληρωθεί η εντατική εκτροφή του είδους, έτσι ώστε να μην χρειάζεται να το συλλέγουμε από το φυσικό περιβάλλον και άρα να μειώνουμε τα φυσικά αποθέματα των πληθυσμών του.

- Η χρησιμοποίησή του ως μια νέα – σύγχρονη πρακτική για την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των υδατοκαλλιεργειών με ταυτόχρονη προσπάθεια εκτροφής του θα οδηγήσει μερικώς στην προστασία του συγκεκριμένου είδους από την ανεξέλεγκτη αλιεία.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική βιβλιογραφία

Αντωνίου Κ. (2016) Η επίδραση του ολοθούριου *Holothuria tubulosa* στη μείωση του οργανικού φορτίου από την εκτροφή ψαριών σε εργαστηριακές συνθήκες. Προπτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.39-48

Καστρίτση – Καθαρίου Ι. (1990) Σύγχρονα δεδομένα για τις υδατοκαλλιέργειες. Εκδόσεις Πανεπιστήμιου Αθηνών.

Λαζαρίδου-Δημητριάδου Μ. (1992) Δευτεροστόμια Επιθηλιονευρά στο: Γενική ζωολογία. Γιαχούδι, Θεσσαλονίκη:307-319

Νεοφύτου Ν. (2014) Πληθυσμιακή δομή του ολοθούριου *Holothuria tubulosa* σε θαλάσσιες περιοχές. Προκαταρκτική Έρευνα – Μελέτη 5 σελ.

Πνευματικάτος Γ. (1982) Ιχθυοτροφία και ιχθυοπαθολογία. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Κτηνιατρικής.

ΣΕΘ (2016) (Σύνδεσμος Ελληνικών Θαλασσοκαλλιεργειών): Ελληνική Υδατοκαλλιέργεια, Αθήνα:80

Διεθνής βιβλιογραφία

Akamine J. (2004) Historical overview on holothurian exploitation, utilization and trade in Japan. In A. Lovatelli, C. Conand, S. Purcell, S. Uthicke, J.-F. Hamel & A. Mercier, eds. Advances in sea cucumber aquaculture and management. FAO, Rome. Fisheries Technical Paper No. 463:425.

Amon R.M.W., Herndl G.J. (1991) Deposit feeding and sediment: I. Interrelationship between *Holothuria tubulosa* (Holothuroidea, Echinodermata) and the sediment microbial community. Marine Ecology, 12:163-174.

AOAC (1990) Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.

AOAC (1995) Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.

Aydin M. (2008) The commercial sea cucumber fishery in Turkey. SPC Beche de Mer Inf. Bull., 28: 40–41.

- Aydin M.,** H. Sevgili B. Tufan Y. Emre & Kose S. (2011) Proximate composition and fatty acid profile of three different fresh and dried commercial sea cucumbers from Turkey. *International Journal of Food Science and Technology* 46:500–508.
- Beirne L.,** K. Fitzmier, M. Miller. 2001. "Holothuroidea". *Biological Diversity* 2001.
- Black K.D.,** Kiemer, M.C.B., Ezzi, I.A., (1996) The relationships between hydrodynamics, the concentration of hydrogen sulfide production by polluted sediments and fish health at several marine cage farms in Scotland and Ireland. *J. Appl. Ichthyol.* 12:15–20.
- Bordbar S.,** Anwar F., Saari N (2011) High-value components and bioactives from sea cucumbers for functional foods—a review. *Mar Drugs* 9:1761–1805.
- Cakly S.,** Cadun A., Kislak D., Dincer T. (2004) Determination of quality characteristics of *Holothuria tubulosa*, (Gmelin, 1788) in Turkish Sea (Aegean Region) depending on sun drying process step used in Turkey. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 13:69-78.
- Chen J.** (2003) Overview of sea cucumber farming and sea ranching practices in China. *SPC Beche-de-mer Inf. Bull.* 18:18–23.
- Chen J. X.** (2004) Present status and prospects of sea cucumber industry in China, pp. 25–32. In: *Advances in sea cucumber aquaculture and management*. Rome: FAO.
- Choe S.** (1963) Study of sea cucumber, morphology. Ecology and propagation of sea cucumber, Kaibundou. 219pp.
- Choo P.S.** (2008) Population Status, Fisheries and Trade of Sea Cucumbers in Asia. In *Sea Cucumbers. A Global Review of Fisheries and Trade*; Toral-Granda V., Lovatelli A., Vasconcellos M., Eds.; FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 516; FAO: Rome, Italy, 2008.
- Collins I.** (1983). A study on the environmental impact of particulate matter derived from a salmonid cage culture system on Loch Fad, Isle of Bute, Scotland. BSc Thesis, University of Stirling, 92 p.
- Conand C.** (1990) The fishery resources of Pacific island countries, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, p. 143, No. 272.2.
- Conand C.** (2004) Present status of world sea cucumber resources and utilisation: An international overview. *Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management*. FAO Fisheries Technical Paper, No. 463. FAO, Rome: 13–24.
- Conand C.** (2008) Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in Africa and the Indian Ocean. In ToralGranda, V., A. Lovatelli & M. Vasconcellos (eds), *Sea Cucumbers: A Global Review of Fisheries and Trade*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 516, Vol. 516. FAO, Rome: 143–193.
- Conand C.,** Byrne, M., (1993) A review of recent developments in the world sea cucumber fisheries. *Mar. Fish. Rev.* 55:1–13.
- Conover R.J.** (1966) Assimilation of organic matter by zooplankton. *Limnol. Oceanogr.* 11:338–345

- Costa V.**, Mazzola A., Vizzini S. (2014) *Holothuria tubulosa* Gmelin 1791 (Holothuroidea, Echinodermata) enhances organic matter recycling in Posidonia oceanica meadows. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 461:226-232.
- Coulon P.** & Jangoux M. (1993) Feeding rate and sediment reworking by the holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) in a Mediterranean seagrass bed off Ischia Island, Italy. *Marine Ecology Progress Series*, 92:201-204.
- Deming J. W.**, & Colwell R. S. (1982) Barophilic bacteria associated with the digestive tract of abyssal holothurians. *Applied and Environmental Microbiology*, 44:1222–1230.
- Dong Y.**, Dong S., Ji T., (2008a). Effect of different thermal regimes on growth and physiological performance of the sea cucumber *Apostichopus japonicus* Selenka. *Aquaculture* 275:329–334.
- Dong Y.**, Dong S., Meng X., (2008b) Effects of thermal and osmotic stress on growth, osmoregulation and Hsp70 in sea cucumber (*Apostichopus japonicus* Selenka). *Aquaculture* 276:179–186.
- FAO** (2014). The State of World Fisheries and Aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy
- FAO** (2016) Sea cucumbers: a global review of fisheries and trade. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper* 516:1–317.
- Gamboa R.**, Gomez A.L. and Nievaes M.F. (2004). The status of sea cucumber fishery and mariculture in the Philippines. *FAO Fisheries Technical Paper No. 463*:69–78. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome.
- Gonzalez-Wanguemert M.** & C. Vergara-Chen, 2014. Environmental variables, habitat discontinuity and life history shaping the genetic structure of *Pomatoschistus marmoratus*. *Helgoland Marine Research*, 68:357–371.
- Hargrave B.T.**, Duplisea D.E., Pheiffer E., Wildish D.J., (1993) Seasonal changes in benthic fluxes of dissolved oxygen and ammonium associated with marine cultured Atlantic salmon. *Mar. Ecol.: Prog. Ser.* 96:249–257.
- Hickman C.S.**, (1981) Selective deposit-feeding by the deep-sea archaeogastropod *Bathybembix aeola*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 6:339–342.
- Holby O.** & Hall P J. (1991) Chemical fluxes and mass balance in a marine fish cage farm. II. Phosphorus. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 70:263-272.
- Holmer M.**, Black C.M., Duarte N., Marbà & I. Karakassis. (2008) *Aquaculture in the Ecosystem*. Springer, UK, 326 p.
- Hudson I.R.**, Wigham B.D., Solan M., Rosenberg R., (2005) Feeding behavior of deep sea dwelling holothurians: inferences from a laboratory investigation of shallow fjordic species. *J. Mar. Syst.* 57:201–218.
- Isgoren-Emiroglu D.**, Gunay D. (2007). The effect of sea cucumber *Holothuria tubulosa* G. 1788 on nutrient and organic matter contents of bottom sediment of oligotrophic and hypereutrophic shores. *Fresenius Environ. Bull.* 16:290–294.

- Karakassis I.**, Tsapakis M. and Hatziyanni E. (1998) Seasonal variability in sediment profiles beneath fish farm cages in the Mediterranean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 162: 243-252.
- Kilikidis S.**, Kamarianos A., Karamanlis X., Delis S., Koussouris T. & Fotis G., (1992) Water quality and trophic status evaluation of the Polyfyto reservoir, N. Greece. *Toxicol. Envir. Chem.*, 36:169-179.
- Kinch J.**, Purcell S., Uthicke S. and Friedman K. (2008) "Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in the Western Central Pacific". In *Sea cucumbers. A global review of fisheries and trade*, Rome: FAO. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 51:67–55
- Kitano M.**, Kurata K., Kozuki Y., Murakami H., Yamasaki T., Yoshida H. and Sasayama H. (2003) Effects of deposit feeder *Stichopus japonicus* on algal bloom and organic matter contents of bottom sediments of the Enclosed Sea, *Mar. Pollution Bul.*, 47: 118-125.
- Lo T.H.** (2005) Valuation of sea cucumber attributes through laddering. *SPC Beche-de-Mer Info Bull*, 20:34–37.
- MacTavish T.**, Stenton-Dozey J., Vopel K., Savage C. (2012) Deposit-feeding sea cucumbers enhance mineralization and nutrient cycling in organically-enriched coastal sediments. *PloS one* 7:e50031.
- Mahmoud H.** (2011) A study on the effect of the sea cucumber *Actinopyga mauritiana* (Echinodermata: Holothuroidea) on the sediment characteristics at El-Gemsha Bay, Red Sea coast, Egypt. *International Journal of Environmental Science And Engineering (Ijese)* Vol. 2: 35-44.
- Mercier A.**, Battaglene SC., Hamel JF. (1999) Daily burrowing cycle and feeding activity of juvenile sea cucumbers *Holothuria scabra* in response to environmental factors. *J Exp Mar Biol Ecol* 239: 125–156.
- Meysman F.J.**, Middelburg J.J., Heip C.H. (2006) Bioturbation: a fresh look at Darwin's last idea. *Trends in Ecology & Evolution*, 21:688-695.
- Mezali K.**, Chekaba B., Zupo V., Asslah B. (2003) Comportement alimentaire de cinq especes D'holothuries aspidochiotes (Holothuroidea: Echinodermata) de la presqu'île de Sidi-Fredj (Algerie). *Bulletin de la Societe zoologique de France* 128:46-62.
- Mmbaga T.K.** & Mgaya Y.D. (2004) Sea cucumber fishery in Tanzania: identifying the gaps in resource inventory and management In: *Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management*, A. Lovatelli, C. Conand, S. Purcell, S. Uthicke, J.F. Hamel and A. Mercier (Editors), pp 193-203. Geneva: FAO Fisheries Technical Paper
- Morgan A.** & Archer J. (1999) Overview: Aspects of sea cucumber industry research and development in the south Pacific. *SPC Beche-de-mer Inf. Bull.* 1:15–17.
- Moriarty D.J.W.** (1982) Feeding of *Holothuria atra* and *Stichopus chloronotus* on bacteria, organic carbon and organic nitrogen in sediments of the great Barrier Reef. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 33:255–263.

- Neofitou N.**, Vafidis D., Karapanagiotidis I., Lolas A., Syvri R., Tziantziou L. (2016) Approach of new-contemporary practices for minimization of environmental impacts of aquaculture on sediment : The case of sea cucumber *Holothuria tubulosa*. Ministry of Agricultural Development and Food, Operational Program for Greek Fisheries for the period 2007 – 2013, Final Technical Report, Greece, 75 p.
- Nikolaou M.**, Neofitou N., Lolas A., Syvri R., Tziantziou L. (2015) A preliminary study on the impact of feeding activity of sea cucumber (*Holothuria tubulosa*) on fish farm depositions. Cutting Edge Science in Aquaculture. Aquaculture 2015. Montpellier, France, 23-26 August.
- Ocana A.** & Sanchez Tocino L. (2005) Spawning of *Holothuria tubulosa* (Holothurioidea, Echinodermata) in the Alboran Sea (Mediterranean Sea). Zool. Baetica, 16:147–150.
- Omran N.S.** (2013) Nutritional Value of Some Egyptian Sea Cucumbers. African Journal of Biotechnology, 12:54-66.
- Pérez-Ruzafa A.**, & Marcos C. (1987) Observaciones sobre la actividad diaria y la ecología de algunas holoturias (Echinodermata: Holothuroidea) litorales. Anales de Biología, 12:79-90.
- Purcell S. W.**, (2014) Value, market preferences and trade of beche-de-mer from pacific Island sea cucumbers. PLoS One 9: e95075.
- Purcell S. W.**, A. Mercier, C. Conand, J. F. Hanel, V. ToralGranda, A. Lovatelli & S. Uthicke, (2013) Sea cucumber fisheries: global analysis of stocks, management measures and drivers of overfishing. Fish and Fisheries 14:34–59.
- Purcell S.**, (2010) Managing Sea Cucumber Fisheries with an Ecosystem Approach. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 520. FAO, Rome.
- Qin Z.**, Jing-feng W., Yong X., Yi W., Sen G., Min L., Chang-hu X. (2008) Comparative study on the bioactive components and immune function of three species of sea cucumber. J. Fish. Sci. China.
- Ralijaona C.**, & Bianchi A. (1982) Comparaison de la structure et des potentialités métaboliques des communautés bactériennes du contenu du tractus digestif D'holothuries Abyssales et du sédiment environment. Bulletin de la Centre Etudes et recherches scientifiques de Biarritz, 14:199–214.
- Saito M.**, Kunisaki N., Urano N. (2002) Collagen as the major edible component of sea cucumber. J. Food Sci., 67:1319–1322.
- ShiellvG.R.** & Uthicke S. (2006) Reproduction of the commercial sea cucumber *Holothuria whitmaei* [Holothuroidea: Aspidochirotida] in the Indian and Pacific Ocean regions of Australia. Marine Biology, 148: 973-986.
- Sibuet M.**, Khripounoff A., Deming J., Colwell R., & Dinot, A. (1982) Modification of the gut contents in the digestive tract of abyssal holothurians. In J. M. Lawrence, Echinoderms: proceedings of the international conference, Tampa Bay (pp. 421–428). Rotterdam: Balkema.
- Stewart K.I.**, (1984) A study on the environmental impact of fish cage culture on an enclosed sea lough. M.Sc. Thesis, Univ. Stirling, 45 p.

- Taboada M.C.**, Gonzalez M., Rodriguez E. (2003) Value and effects on digestive enzymes and serum lipids of the marine invertebrate *Holothuria forskali*. *Nutr. Res.*, 23:1661–1670.
- Tortonese E.** & Vadon C. (1987) Oursins et Holothuries. In: Fischer W., Bouchon M.L., Schneider M. (eds) Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche (révision I) - Méditerranée et Mer Noire. Zone de pêche 37. FAO Rome, p. 743-760.
- Uthicke S.** & C. Conand. (2005) Local examples of beche-de-mer overfishing: An initial summary and request for information. *SPC Beche-de-mer Information Bulletin* 21:9-14
- Vafidis D.**, Tsagridis A., Chintiroglou C., Stamatis N., Antoniadou C. (2008) Fisheries, processing and trade of the South Aegean holothurian stocks. Ministry of Agricultural Development and Food, Operational Programme for Greek fisheries for the period 2000-2006, Final Technical Report, Greece, 83 p.
- Vergara W.** & Rodríguez A. (2015) Histology of the Digestive Tract of Three Species of Sea Cucumber *Isostichopus badionotus*, *Isostichopus* sp. and *Stichopus hermanni* (Aspidochirotida: Stichopodidae). *Revista de Biología Tropical*, 63:1021-1033.
- Vergara-Chen C.**, M. Gonzalez-Wanguemert C., Marcos & Perez-Ruzafa A. (2010) Genetic diversity and connectivity remain high in *Holothuria polii* (Delle Chiaje 1823) across a coastal lagoon-open sea environmental gradient. *Genetica* 138: 895–906
- Walkley A.** & Black I.A. (1934) An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37:29-38.
- Webb K.L.**, Delia C.F., Dupaul W.D. (1977) Biomass and nutrition flux measurements on *Holothuria atra* populations on windward reef flats at Enewetak, Marshall Islands. In: Taylor, D.L. (Ed.), *Proceedings of the Third International Coral Reef Symposium*, vol. 1. Miami pp. 410–415.
- Wen J.**, Hu C., Fan S. (2010) Chemical composition and nutritional quality of sea cucumbers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(14):2469-2474.
- Zamora L.** and Jeffs A. (2011) Feeding, selection, digestion and absorption of the organic matter from mussel waste by juveniles of the deposit-feeding sea cucumber, *Australostichopus mollis*. *Aquaculture* 317: 223–228.
- Zar J.H.** (1984) *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, New Jersey, 718 p.

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

- <http://www.gbif.org>
- www.marinespecies.org

ABSTRACT

This Thesis was designed to study the efficiency of sea cucumber *Holothuria polii* to the reduction of the organic load from aquaculture on the substrate. For this purpose, a laboratory experiment was taken place in specially designed aquariums, which were manufactured in order to approach environmental conditions of aquaculture.

Double systems of sea water aquariums (250 ℓ per aquarium) were used for the present study. Five individuals of *H. polii* were placed in one aquarium of each system, while the other one was used as a control. Furthermore, individuals of sea bream were placed and fed in these systems during one month.

Sediment samples were collected from the bottom of holothurian aquariums and control for analysis of organic matter and organic carbon. Furthermore, the desorption efficiency of OM and OC during transit in the intestine and the nutritional compositions of *H. polii* were calculated.

The reduction of organic matter and organic carbon in the sediment was 50.03-161.56% and 49.00-57.45%, respectively. The absorption efficiency of the intestine of *H. polii* reached 46.60% for the organic matter and 49.93% for the organic carbon. According to the results of the present study the nutritional composition of *H. polii* was quite high.

Univariate analysis of variance (one-way ANOVA) showed statistically significant differences only for organic carbon between the holothurian aquariums and control.

The results of this study showed that sea cucumbers *H. polii* contributes significantly to the reduction of organic matter and organic carbon. Based on the above we conclude that *H. polii* could be used as a management tool in order to minimize the impact of aquaculture to the substrate.

Keywords: aquaculture, environment, *Holothuria polii*, organic load, absorption efficiency, nutritional composition