

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΛΙΕΙΑΣ & ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΦΘΟΝΙΑΣ ΤΩΝ ΑΧΙΝΩΝ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ
Paracentrotus lividus ΣΤΟΝ ΑΜΒΡΑΚΙΚΟ ΚΟΛΠΟ.



Ακριβός Βασίλης

Εισηγητής: Ράμφος Αλέξιος

Μεσολόγγι 2017

Στον Παππού και Την Γιαγιά Μου

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους στάθηκαν κοντά μου και με βοήθησαν στο να ολοκληρώσω τις σπουδές μου. Συγκεκριμένα θα ήθελα να ευχαριστήσω με την σειρά τους καθηγητές μου κ. Αλέξιο Ράμφο που με βοήθησε σε αυτο το ταξίδι γνώσεων και στάθηκε κοντά μου με υπομονή και επιμονή σαν καθήγητής αλλά και σαν άνθρωπος και συνεχίζει να μου δίνει ευκαιρίες! Τον κ. Γεώργιο Κατσέλη που μου έδωσε την ευκαιρία και το κίνητρο να συνεχίσω με ζήλο και να κυνηγάω τις ευκαιρίες, και τον κ. Νικόλαο Βλάχο που με τις έμπειρες συμβουλές του και την καθοδήγηση του κατάφερα να ολοκληρώσω τις σπουδές μου με περισσότερες γνώσεις. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα. Κριμπένη για τις πολύτιμες συμβουλές της.

Δεν θα μπορούσα να μην αναφερθώ στην οικογένεια μου που βρίσκεται μακριά, γνωρίζοντας οτι με στηρίζουν με κάθε τρόπο σε κάθε μου επιλογή και βήμα που κάνω.

Περίληψη

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της αφθονίας του αχινού *Paracentrotus lividus* και η κατανομή του σε σχέση με τις ζώνες βάθους στην ανώτερη υποπαριακική ζώνη (0 – 6m) του Αμβρακικού Κόλπου. Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν το καλοκαίρι του 2016 σε τέσσερις θέσεις. Λήφθηκαν ψηφιακές φωτογραφίες για την εκτίμηση της αφθονίας και του μεγέθους των αχινών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στη ζώνη 0 - 2m η μέση αφθονία ήταν 215,5 άτομα/m² και ήταν περίπου δύο φορές υψηλότερη συγκριτικά με την ζώνη 2 - 4m (106,4 άτομα/m²) και έξι φορές υψηλότερη συγκριτικά με τη ζώνη 4 - 6m (38,4 άτομα/m²). Τα μεγαλύτερα σε μέγεθος άτομα βρέθηκαν στη θέση «Παναγιά» με μέση διάμετρο 17.1mm, ενώ μεταξύ των άλλων περιοχών δεν παρατηρήθηκαν έντονες διαφορές στο μέσο μέγεθος των ατόμων, με μέση διάμετρο 13.9mm, 14.4mm και 14.7mm στις θέσεις «Άγιος Θωμάς», «Κέφαλος» και «Δρυμός». Για την εκτίμηση μορφομετρικών σχέσεων (διάμετρος κελύφους - νωπό βάρος και ύψος κελύφους - νωπό βάρος), συλλέχθηκαν 112 άτομα αχινών. Το εύρος των διαμέτρων κελύφους του δείγματος ήταν μεταξύ 11.9mm και 34.1mm, ενώ αντίστοιχα το βάρος ήταν μεταξύ 0.856g και 15.5g. Τα δύο μεγέθη παρουσίασαν πολύ καλή συσχέτιση μεταξύ τους. Ισχυρές συσχετίσεις παρατηρήθηκαν επίσης στις σχέσεις, [Υψος κελύφους] – [Νωπό βάρος] και [Διάμετρος κελύφους] – [Υψος κελύφους]. Τα άτομα του δείγματος φωτογραφήθηκαν με σκοπό τη διερεύνηση της χρήσης της επιφάνειας των αχινών για την εκτίμηση της διαμέτρου και του βάρους. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η επιφάνεια του αχινού όπως αποτυπώνεται στην ψηφιακή φωτογραφία συσχετίζεται ικανοποιητικά τόσο με τη διάμετρο του κελύφους όσο και με το βάρος.

Abstract

The purpose of the current work was the study of the abundance of the purple sea urchin *Paracentrotus lividus* and the distribution relative to the depth zones at the upper littoral zone (0 – 6m). Sampling was carried out in August 2016 at Amvrakikos Gulf in four sites. Underwater digital images were taken in order to estimate the abundance. Results showed higher abundance in the depth zone of 0 – 2m with average abundance of 215.5 ind./m² which was about two times higher compared to depth zone 2 – 4m (106.4 ind./m²) and six times higher compared to depth zone 4 – 6m (38.4 ind./m²). The largest individuals were found at «Panagia» with average diameter 17.1mm, compared to the other places that were almost the same, with average diameters of 13.95mm, 14.95mm and 14.74mm at «Agios Thomas», «Kefalos» and «Drimos», respectively. A sample of 112 individuals of purple sea urchin were collected for the estimation of morphometric parameters (i.e. test diameter – wet weight and test height – wet weight). The range of test diameter of the sample was between 11.9mm and 34.1mm, and respectively, for the weight was between 0.86g and 15.5g. The two parameters presented high correlation. Strong correlations were also observed between [Test height] – [Wet weight] and [Test diameter] – [Test height]. In order to investigate the potential use of sea urchin surface from digital images, all individuals of the sample were photographed and their digital surface estimated. Results showed that digital surface was correlated satisfactorily with both test diameter and wet weight in the purple sea urchin.

Contents

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
1.1. Συστηματική κατάταξη.....	6
1.2. Γεωγραφική εξάπλωση.....	6
1.3. Μορφολογία και Ανατομία.....	7
1.3.1 Σκελετός.....	7
1.3.2 Πεπτικό σύστημα.....	8
1.3.3 Νευρικό σύστημα.....	9
1.3.4 Κοιλοματικό σύστημα.....	9
1.3.5 Αναπνευστικά όργανα.....	9
1.3.6 Γονάδες.....	9
1.4 Αναπαραγωγή.....	10
1.5 Οικολογία και Διατροφή.....	11
1.6 Περιοχή μελέτης.....	12
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	13
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	19
3.1. Αφθονία.....	19
3.2. Σωματομετρικές σχέσεις.....	20
3.3. Σωματομετρικές σχέσεις από ψηφιακές εικόνες.....	27
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	28
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	31

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Συστηματική κατάταξη

Το είδος *Paracentrotus lividus* ανήκει στην Συνομοταξία Εχινόδερμα, Υποσυνομοταξία Ελευθερόζωα, Ομοταξία Εχινοειδή, Υφομοταξία Ενδοκυκλικά, Υπέρταξη Εχινόμορφα, Τάξη Καμερόδοντα, Οικογένεια *Echinidae* (Εχινίδες), Γένος *Paracentrotus*.

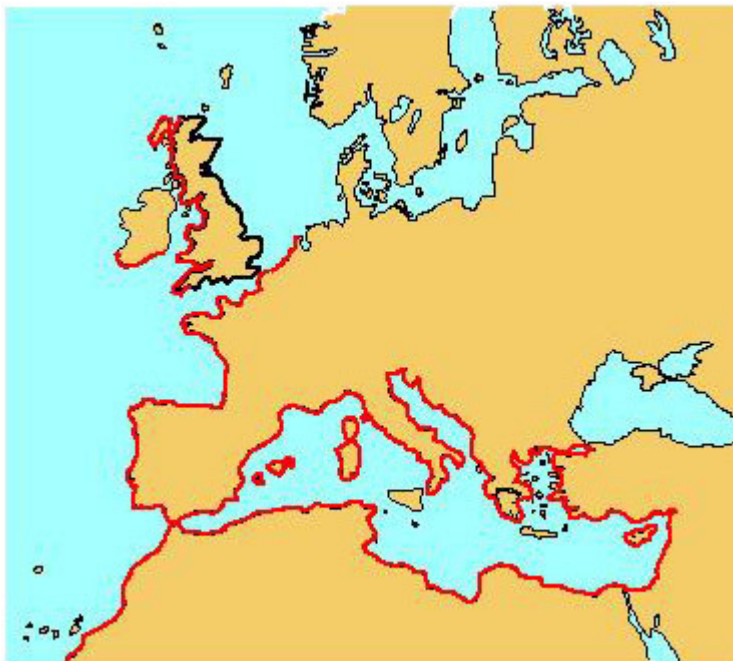
1.2. Γεωγραφική εξάπλωση

Ο αχινός *P. lividus* ζει κυρίως σε θάλασσες με βραχώδη υποστρώματα αλλά και στη λάσπη του βυθού ή σε μέρη με μακροφύκη ή λιβάδια φανερόγαμων, σε σχετικά μικρά βάθη 0 – 20m (Turon et al., 1995). Επιλέγει τα συγκεκριμένα υποστρώματα διότι είναι κατάλληλα για τον κύκλο ζωής του καθώς και για την προστασία από θηρευτές (Boudouresque & Verlaque, 2001). Γενικά οι αχινοί σε περιοχές με βραχώδεις ακτές, παρουσιάζουν συμπεριφορά φωλιάσματος. Οι φυσικές κρυψώνες στους βράχους, τους προστατεύουν από τα κύματα και από τους φυσικούς θηρευτές (Grosjean 2001).

Τον συναντάμε σε όλες τις ελληνικές θάλασσες σε αφθονία, και ευρύτερα στον Ατλαντικό ωκεανό, στην Μεσόγειο θάλασσα, στις Ιρλανδικές και Σκοτσέζικες ακτές, βορειοδυτικά της Αφρικής καθώς και στον Ατλαντικό Ωκεανό (Abdellatif Bayed et al., 2005).

Η αλατότητα και η θερμοκρασία παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ζωή του αχινού *P. lividus*. Η επιβίωση του εξαρτάται από την αλατότητα καθώς και ο ρυθμός ανάπτυξης και η αναπαραγωγή (Fernandez et al., 2006; Kashenko, 2007; Nissling et al., 2006). Το εύρος ανοχής του είδους στην αλατότητα κυμαίνεται από 7‰ (Catherine Fernandez et al., 2006) έως 40‰ (Προσωπική παρατήρηση). Εκτός των παραπάνω ορίων αλατότητας παρατηρείται αυξημένη θνησιμότητα του είδους (Catherine Fernandez et al., 2006).

Η ανοχή του στην θερμοκρασία κυμαίνεται από 3°C στη Νοτιοδυτική Μεσόγειο και στις ακτές του Ισραήλ μεταξύ 30.5°C - 31.5 °C (Erez Yeruham, 2015).



Εικόνα 1: Γεωγραφική εξάπλωση του αχινού *P. lividus* στη Μεσόγειο, στην Β. Αφρική και στα δυτικά της Αφρικής, καθώς και στη Β. Ευρώπη και δυτικά της Μεγάλης Βρετανίας – Ιρλανδίας.

1.3. Μορφολογία και Ανατομία

Ο αχινός έχει πεντακτινωτή συμμετρία, η οποία προκύπτει δευτερογενώς μετά από μια περίοδο αμφίπλευρης συμμετρίας κατά την πρώιμη οντογένεση και αναπτύσσεται από τη λάρβα η οποία φέρει αμφίπλευρη συμμετρία (Barnes, 1980, Castro Peter, Huber Michael, 2015). Το σώμα του είναι ημισφαιρικό, πεπλατυσμένο στους δύο πόλους (κάψα) και φέρει κινητές, σκληρές άκανθες, μεταξύ των οποίων υπάρχουν οι βαδιστικοί ποδίσκοι και οι ποδολαβίδες. Οι άκανθες κινούνται με μικρούς μύες που βρίσκονται γύρω από τις βάσεις τους.

Κάτω από το εξωδερμικό περίβλημα υπάρχει ο ενδοδερμικός σκελετός που αποτελείται από ασβεστολιθικά πινακίδια. Τα Εχινόδερμα δεν παρουσιάζουν κεφαλοποίηση, αλλά έχουν στοματικό – αντιστοματικό άξονα. Στο κέντρο της στοματικής επιφάνειας βρίσκεται το στόμα, που περιβάλλεται από πέντε συγκλίνοντα δόντια. Η έδρα, οι γεννητικοί πόροι και η μητροπόρος πλάκα βρίσκονται στην αντιστοματική, την περιπρωκτική περιοχή.

1.3.1 Σκελετός Το σωματικό περίβλημα αποτελείται από μία βλεφαριδοφόρα επιδερμίδα και ένα δέρμα, που περιέχει σκελετική πλάκα. Ο σκελετός αποτελείται από ασβεστώδεις πλάκες που είναι συγκολλημένες η μία με την άλλη, με τα χείλη τους. Οι πλάκες αποτελούνται κυρίως από ασβεστίτη. Είναι διαταγμένες σε 10

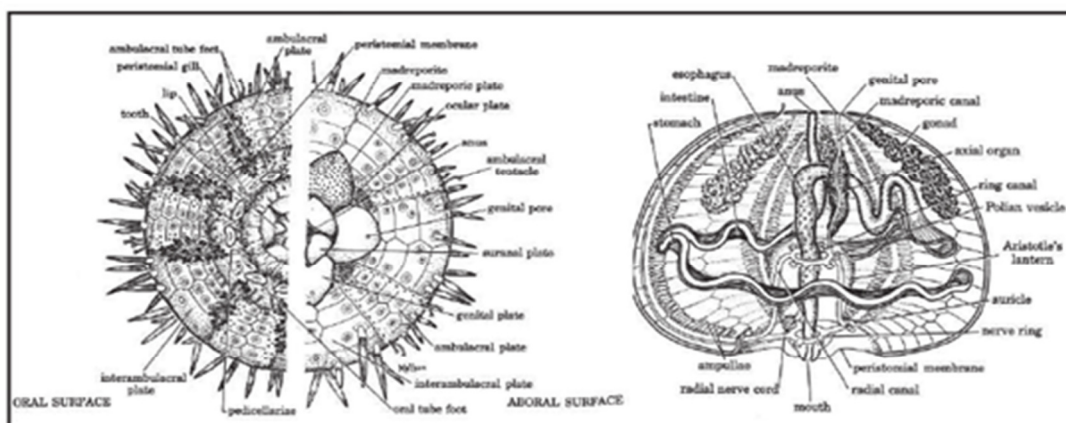
ζώνες και κάθε μια αποτελείται από 2 σειρές πλακών, 5 περιπατητικές ζώνες με πλάκες διάτρητες από βαδιστικούς πόρους και 5 μεσοπεριπατητικές οι οποίες έχουν μόνο άκανθες (Κριμπένη Αικ. 2006). Το περίβλημα αυτό παρουσιάζει άκανθες καθώς επίσης ποδολαβίδες και σφαιρίδια.

Οι άκανθες είναι άνισα αναπτυγμένες και οι μεγαλύτερες απ' αυτές χρησιμεύουν και για την μετακίνηση. Η βάση τους έχει μεταμορφωθεί σε επιγονατίδα, που αρθρώνεται σε μία θηλή των πλακών του σκελετού όπου με την βοήθεια μιάς διπλής στεφάνης λείων μυϊκών ινών επιτυγχάνεται η κίνηση.

Οι ποδολαβίδες είναι καλά ορατές στον ζωντανό αχινό και υπάρχουν πολλοί τύποι. Κάθε ποδολαβίδα παρουσιάζει ένα μακρύ μίσχο, ο οποίος περιέχει ένα μικρό ασβεστώδες στέλεχος και απολήγει σε μία λαβίδα με 3 χαλινούς.

Τα σφαιρίδια βρίσκονται στους βραχίονες, κοντά στο περιστόμιο και είναι μικρές ασβεστώδεις σφαίρες.

Μεταξύ των ακανθών στους βραχίονες διακρίνουμε τα βαδιστικά πόδια που είναι εξαρτήματα του υδροφορικού συστήματος (Κριμπένη Αικ. 2006).



Εικόνα 2: Μορφολογία και ανατομία του αχινού *P. lividus*

1.3.2 Πεπτικό σύστημα περιλαμβάνει ένα μακρύ σωλήνα με περιπλοκή διαδρομή. Από το στόμα αρχίζει ο οισοφάγος που φθάνει μέχρι το επίπεδο του ισημερινού όπου και κάμπτεται κατά ορθή γωνία. Στο σημείο αυτό ένα μικρό τυφλό σημειώνει την αρχή του στομάχου. Ο στόμαχος διαγράφει κατά την φορά των δεικτών του ρολογιού έναν πλήρη γύρο και κατόπιν πηγαίνει αντίθετα. Στο σημείο αυτό αρχίζει το έντερο που διαγράφει ένα γύρο κατά την αντίθετη φορά και καταλήγει στην έδρα. Ο στόμαχος συνοδεύεται από ένα παράπλευρο σωλήνα, με μικρή διάμετρο το σίφωνα, μέσω του οποίου το νερό πηγαίνει κατευθείαν από τον οισοφάγο στο έντερο χωρίς να αραιώσει τα γαστρικά ένζυμα. Οι παράκτιοι αχινοί είναι φυτοφάγοι.

Το στόμα του αχινού είναι ένα πολύπλοκο μασητικό σύστημα που περιβάλλει την πρόσθια περιοχή του οισοφάγου και ονομάζεται λύχνος του Αριστοτέλη. Έχει την εμφάνιση μιας πενταγωνικής πυραμίδας που κάθε πλευρά αντιστοιχεί σε μία γνάθο. Κάθε γνάθος περιέχει ένα δόντι που αποτελείται από ασβεστόλιθο και το οποίο χάρη στο σχήμα και σε ειδικούς μύες είναι κινητό, γεγονός που δίνει την δυνατότητα για σύλληψη και μάσηση της τροφής (Κριμπένη Αικ. 2006).

1.3.3 Νευρικό σύστημα Υπάρχει 1) ένας περιοισοφαγικός νευρικός δακτύλιος ή στοματικός δακτύλιος όπως και 5 βραχιόνια νεύρα που βρίσκονται κάτω από το κέλυφος μλεσα στους βραχιόνες, 2) ένας αντιστοματικός νευρικός δακτύλιος που νευρώνει τις γονάδες, 3) ένα υποτυπώδες βαθύ νευρικό σύστημα που νευρώνει την μασητική συσκευή (Κριμπένη Αικ. 2006). Η ύπαρξη ενός νευρικού δικτύου που συντονίζει τις κινήσεις των βαδιστικών ποδίσκων και των ακανθών, καθώς ο εγκέφαλος απουσιάζει, θυμίζει τα κνιδόζωα. Ωστόσο, η ανάπτυξη περισσότερο πολύπλοκων συμπεριφορών, όπως η επαναφορά του σώματος μετά από αναποδογύρισμα και η παραλλαγή με κομμάτια διαφόρων υλικών στους αχινούς, δείχνουν ότι το νευρικό σύστημα μπορεί να μην είναι τόσο απλό όσο φαίνεται επιφανειακά (Castro Peter, Huber Michael, 2015).

1.3.4 Κουλοματικό σύστημα Αυτό αποτελείται 1) από μια ευρεία κουλοματική κοιλότητα γεμάτη κατά το μισό από το πεπτικό σύστημα και τις γονάδες 2) από ένα υδροφορικό σύστημα με ένα υδροφορικό δακτύλιο που περισφίγγει τον οισοφάγο, πάνω από το λύχνο του Αριστοτέλη. Από αυτόν ξεκινούν 5 περιπατητικοί σωλήνες που διέρχονται ανάμεσα από τις γνάθους και τις επιγονατίδες, κατέρχονται κατά μήκος του λύχνου του Αριστοτέλη, και ακολουθούν τους βραχιόνες μέχρι τους τελικούς πόρους. Από τον υδροφορικό δακτύλιο ξεκινάει ο υδροφορικός σωλήνας ο οποίος φθάνει σε μια φύσιγγα, που βρίσκεται κάτω από το μαδρεπορίτη. Ο μαδρεπορίτης φέρει πολυάριθμους πόρους, οι οποίοι απολήγουν στην φύσιγγα κι έτσι αυτή συγκοινωνεί με το νερό της θάλασσας. 3) Από ένα σύστημα κόλπων με βραχιόνιους κόλπους. 4) Από ένα σύστημα κενών πολύ αναπτυγμένο γύρω από τις γονάδες και τον πεπτικό σωλήνα (Κριμπένη, 2006).

1.3.5 Αναπνευστικά όργανα Υπάρχουν 5 ζεύγη βραγχίων γύρω από το στόμα και ένας αναπνευστικός δακτύλιος που συνδέεται με τα βαδιστικά πόδια, γύρω από τον οισοφάγο (Κριμπένη, 2006).

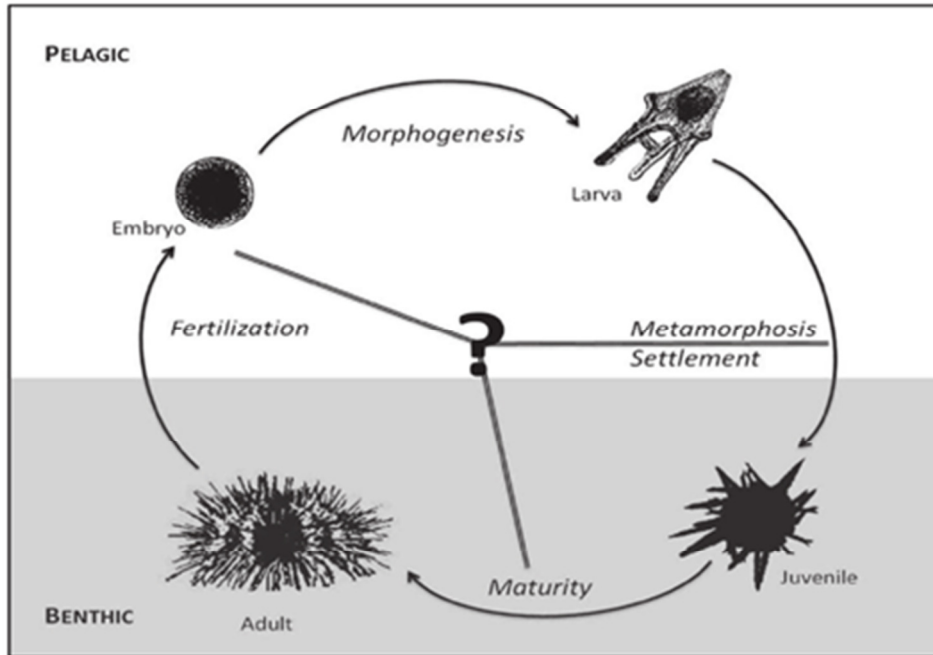
1.3.6 Γονάδες Αντιπροσωπεύονται από 5 ογκώδεις βοφρυοειδείς αδένες, που βρίσκονται στον κορυφαίο πόλο, κάτω από τους μεσοβραχιόνες. Από αυτούς

αναχωρεί ένας βραχύς βλεφαριδοφόρος σωλήνας, ο οποίος διατρύπα το κέλυφος και ανοίγεται σε ένα γεννητικό πόρο (Κριμπένη, 2006).

1.4 Αναπαραγωγή

Γενικά τα αρσενικά με τα θηλυκά δεν διαφέρουν. Η γονιμοποίηση του θηλυκού γίνεται από τα γεννητικά προϊόντα που βγάζει μέσα στο νερό το αρσενικό. Τα αυγά επίσης τα γεννούν μέσα στο νερό. Τα φύλα είναι χωρισμένα και γενικά δεν μπορούμε να τα αναγνωρίσουμε με εξωτερικούς χαρακτήρες. Ορισμένες φορές οι αρσενικές γονάδες εμφανίζονται με χρώμα κιτρινοπορτοκαλί ενώ οι θηλυκές με χρώμα ωχρό κίτρινο (Grosjean, 2001).

Ο αχινός είναι γονοχωριστικό είδος αν και έχουν παρατηρηθεί περιπτώσεις ερμαφροδιτισμού. Η σεξουαλική ωρίμανση συμβαίνει όταν το άτομο έχει 13 - 20mm διάμετρο και κάθε χρόνο συμβαίνει ένας κύκλος γαμετογένεσης αν και μπορούν σε ορισμένες περιπτώσεις να παρατηρηθούν και δύο. Κατά την αναπαραγωγή, αρσενικοί και θηλυκοί αχινοί συγκεντρώνονται και απελευθερώνουν σχεδόν ταυτόχρονα τους γαμέτες τους για να συμβεί εξωτερική γονιμοποίηση. Τα γεγονότα απελευθέρωσης των γαμετών μάλλον πυροδοτούνται από την φωτοπερίοδο και τη θερμοκρασία. Γι' αυτόν το λόγο η περίοδος της ωοτοκίας σχετίζεται άμεσα με την περιοχή διαβίωσης του αχινού. Στην Ελλάδα οι γεννητικά ώριμοι αχινοί συλλέγονται μεταξύ Νοεμβρίου και Μαΐου οπότε και έχουν ώριμες γονάδες που μπορούν να δώσουν γαμέτες (Boudouresque & Verlaque 2001).



Εικόνα 3: Ο *P. lividus* έχει τέσσερις φάσεις στον κύκλο ζωής του. Στις δύο πρώτες φάσεις ζει ως πελαγικός οργανισμός και στις άλλες δύο ως βενθικός. Μετά την αναπαραγωγή, στην πρώτη φάση της ζωής του ζει ως έμβρυο. Στη συνέχεια πραγματοποιείται η μορφογένεση όπου μπαίνει στη λαρβική φάση. Έπειτα μεταμορφώνεται σε νεαρό άτομο και στην τελική του μορφή που ενηλικιώνεται και ζει ως ώριμο άτομο.

1.5 Οικολογία και Διατροφή

Ο αχίνος *P. lividus*, αποτελεί εδώδιμο είδος, το οποίο προστατεύεται σε Ευρωπαϊκό και Διεθνές επίπεδο. Σύμφωνα με τη σύμβαση της Βέρνης 98/746/ΕΚ, το είδος κρίθηκε και επίσημα προστατευόμενο. Η μείωση των πληθυσμών του συγκεκριμένου είδους, στα διάφορα ενδιαίτηματα, μπορεί να προκαλέσει μεγάλες συνέπειες στις κοινωνίες του βένθους.

Η γενική εικόνα που παρατηρείται και από μαρτυρίες, από επαγγελματίες και ερασιτέχνες ψαράδες, καθώς και από κατοίκους διαφόρων περιοχών, είναι ότι το συγκεκριμένο είδος αχινού, παρουσιάζει μείωση στους πληθυσμούς του, σε διάφορες περιοχές, καθώς αλιεύεται ανεξέλεγκτα και παράνομα, ανάλογα με την περιοχή που βρίσκεται καθώς και την ευκολία της πρόσβασης σε αυτή. Λίγοι κανόνες υπάρχουν για να περιοριστεί η υπερεκμετάλλευση της αλιείας των αχινών. Το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι ότι οι αχινοί συλλέγονται λίγο πριν φτάσουν σε πλήρη γεννητική ωριμότητα, και έτσι δεν έχουν την ευκαιρία να γεννήσουν (Grosjean, 2001). Επιπλέον, η αφαίρεση ενήλικων αχινών από τις τοποθεσίες τους, πιθανό να έχει και αρνητικό αντίκτυπο στην επιβίωση των νεαρών ατόμων. Τα

νεαρά άτομα μπορεί να είναι περισσότερο ευαίσθητα στους θηρευτές τους διότι δεν προστατεύονται από το ισχυρά ασβεστοποιημένο, με ισχυρές άκανθες, κάλυμμα των ενηλίκων ατόμων (Tegner & Dayton, 1977).

Επίσης τον συναντάμε και σε λιβάδια θαλάσσιων φανερόγαμων όπως τα *Posidonia oceanica* και *Zostera marina* σε περίπτωση απουσίας βραχώδους υποστρώματος. Προτιμά τα βραχώδη υποστρώματα για να προφυλάσσεται. Σε αυτές τις περιοχές συνήθως τρέφεται το βράδυ με μονοκύτταρα και πολυκύτταρα φύκη και διάφορα μέρη του φυτού *Posidonia*.

Οι Boudouresque & Verlaque (2001), αναφέρουν ότι, άτομα του *P. lividus* έτρωγαν νεκρά άτομα ψαριών που βρίσκονταν στον πυθμένα. Οι σπόγγοι, τα υδρόζωα, τα κωπήπωδα, ζωοπλαγκτόν, κ.α μπορεί να βρεθούν στο εσωτερικό του στομαχικού περιεχομένου (Regis 1978).

1.6 Περιοχή μελέτης

Ο Αμβρακικός Κόλπος είναι μια ημίκλειστη υδάτινη λεκάνη που από πλευράς τροφικής κατάστασης έχει χαρακτηριστεί από μεσότροφη έως εύτροφη (Kountoura & Zacharias, 2011). Το μήκος της λεκάνης είναι περίπου 35km και το πλάτος της από 6 έως 15km. Έχει μέγιστο βάθος 65m στο κεντρικό και ανατολικό τμήμα. Η επικοινωνία με το Ιόνιο Πέλαγος πραγματοποιείται από το διάυλο Άκτιο-Πρέβεζα ο οποίος έχει πλάτος περίπου 2km και βάθος από 2 έως 10m. Στον Αμβρακικό Κόλπο εκβάλλουν οι ποταμοί Άραχθος και Λούρος με μέση ετήσια παροχή 2002 και 61 εκατομμύρια κυβικά μέτρα, αντίστοιχα (Ferentinos et al., 2010). Συνολικά ο Κόλπος έχει θετικό ισοζύγιο νερού, το οποίο προέρχεται από τους ποταμούς, τις εκπλύσεις και τη βροχόπτωση και εκτιμάται σε 2063 εκατομμύρια κυβικά μέτρα ετησίως (Ferentinos et al., 2010).

Η υδάτινη στήλη παρουσιάζει στρωμάτωση σε βάθος από 5 έως 10m καθόλη τη διάρκεια του έτους κυρίως λόγω του γλυκού νερού που βρίσκεται στην επιφάνεια (Ferentinos et al., 2010). Το επιφανειακό στρώμα νερού έχει αλατότητα που κυμαίνεται μεταξύ 31 και 33psu και θερμοκρασία μεταξύ 10 και 27°C.

Το υπόστρωμα στην ανώτερη υποπαραλιακή ζώνη (0-3m) είναι κυρίως βραχώδες κατά μήκος της νότιας, ανατολικής και δυτικής ακτογραμμής και αμμώδες κατά μήκος της βόρειας ακτογραμμής όπου υπάρχουν και τα συμπλέγματα των

λιμνοθαλασσών στην περιοχή. Βαθύτερα των 3m το υπόστρωμα είναι αμμώδες και σταδιακά γίνεται ιλυώδες (Ferentinos et al., 2010).

Σκοπός της εργασίας ήταν η μελέτη της αφθονίας και κατανομής του συγκεκριμένου είδους αχινού *P. lividus* στο ανώτερο τμήμα (0-6m) της υποπαραλιακής ζώνης του Αμβρακικού Κόλπου. Στην περιοχή του Αμβρακικού Κόλπου, το είδος *P. lividus* βρίσκεται σε πολύ υψηλή αφθονία δημιουργώντας απογυμνωμένες βραχώδεις εκτάσεις (barrens), ενώ ο πληθυσμός του χαρακτηρίζεται από άτομα μικρού μεγέθους συγκριτικά με τη γειτονική περιοχή του Ιονίου Πελάγους (Pancucci & Panayiotides, 1994). Στην παρούσα εργασία, πραγματοποιείται η μελέτη της αφθονίας και της σύνθεσης του πληθυσμού του είδους 30 περίπου χρόνια μετά την αρχική μελέτη των Pancucci & Panayiotides (1994) χρησιμοποιώντας παραδοσιακές και σύγχρονες τεχνικές μέτρησης των πληθυσμιακών και βιομετρικών χαρακτηριστικών του είδους.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

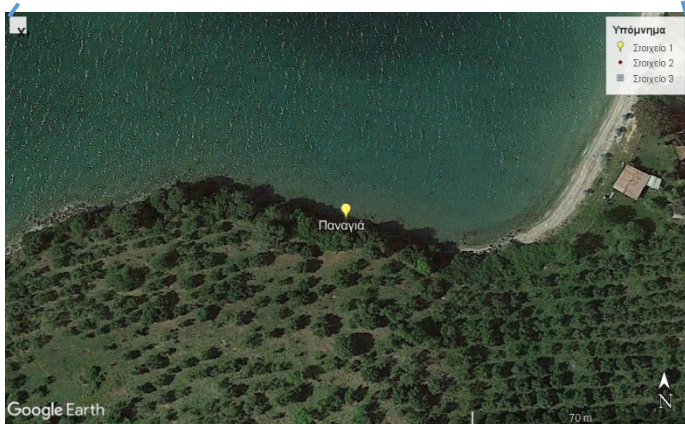
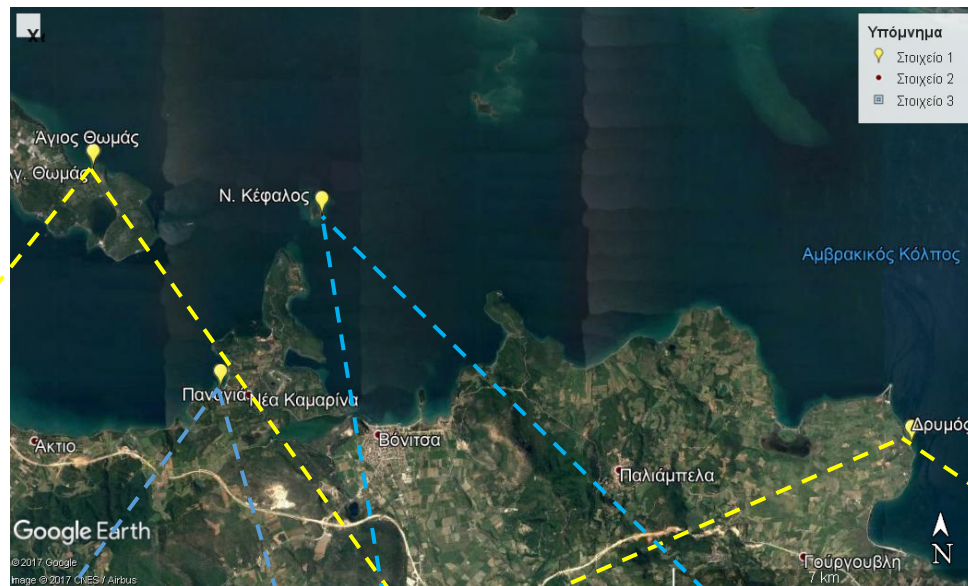
Οι δειγματοληψίες για τη μελέτη του είδους *P. lividus* στον Αμβρακικό Κόλπο πραγματοποιήθηκαν στις 14/8/2016 και 15/8/2016. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες σε τέσσερις θέσεις στη νότια και δυτική ακτογραμμή του Κόλπου (Εικόνα 4, Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Στοιχεία των θέσεων όπου πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία του είδους *P. lividus* στην περιοχή μελέτης.

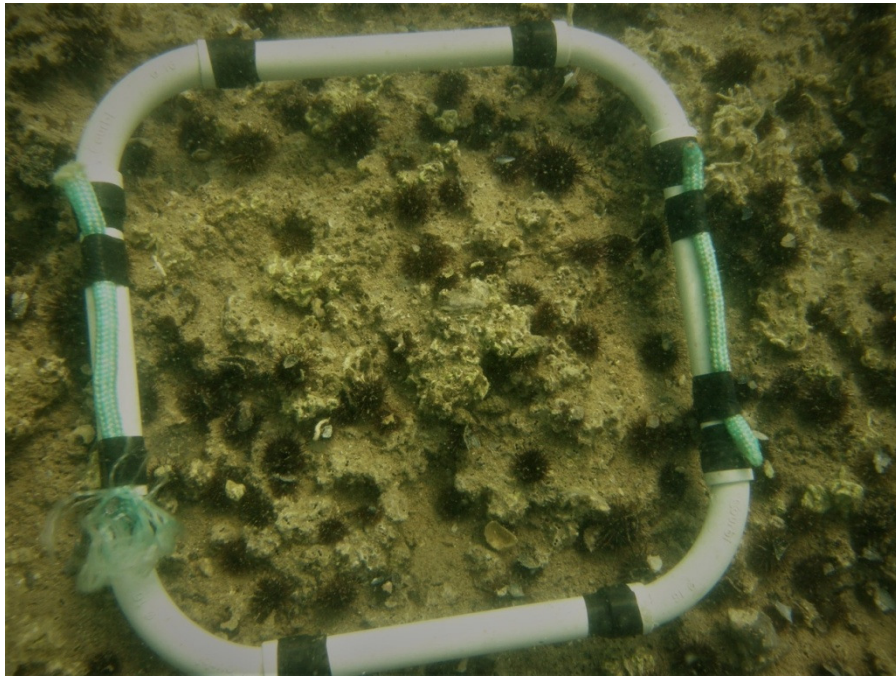
Θέση	Ημερομηνία	Ώρα	Γεωγρ. Πλάτος	Γεωγρ. Μήκος	Βάθος δειγμ/ψίας
Αμβρακικός Κόλπος					
Άγιος Θωμάς	15/08/2016	12:01	3858.258	2048.481	0-4m
Παναγιά	14/08/2016	15:02	3855.424	2050.497	0-6m
Ν. Κέφαλος	15/08/2016	13:31	3857.508	2052.262	0-4m
Δρυμός	14/08/2016	12:22	3855.072	2110.489	0-6m

Κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών και κατά την επεξεργασία των δειγμάτων πραγματοποιήθηκαν τα ακόλουθα:

1. Λήψη φωτογραφιών του υποστρώματος με αυτόνομη κατάδυση στη ζώνη βάθους 0-6m. Για τη μελέτη της αφθονίας των αχινών, καθώς και για την ψηφιακή μέτρηση των διαστάσεων των αχινών από τις φωτογραφίες, φωτογραφήθηκε πλαστικό πλαίσιο διαστάσεων 20x20cm (Εικόνα 5) το οποίο τοποθετούνταν αρχικά τυχαία και κατόπιν ανά ένα μέτρο στον πυθμένα. Η φωτογράφιση πραγματοποιήθηκε με υποβρύχια φωτογραφική μηχανή τύπου Olympus 550UZ. Συνολικά λήφθηκαν 388 φωτογραφίες (Πίνακας 2). Ακολούθως, σε κάθε φωτογραφία μετρήθηκε ο αριθμός των αχινών που βρίσκονταν εντός του πλαισίου για την εκτίμηση της αφθονίας σε άτομα/m². Επίσης σε κάθε φωτογραφία μετρήθηκε η διάμετρος του κελύφους των ατόμων, σε όλα τα άτομα που βρίσκονταν κατά τη στιγμή της λήψης σε κατάλληλη θέση. Η μέτρηση της διαμέτρου του κελύφους έγινε με εξειδικευμένο λογισμικό απευθείας επάνω στην ψηφιακή φωτογραφία χρησιμοποιώντας ως κλίμακα το πλαστικό πλαίσιο (Εικόνες 6 & 7).



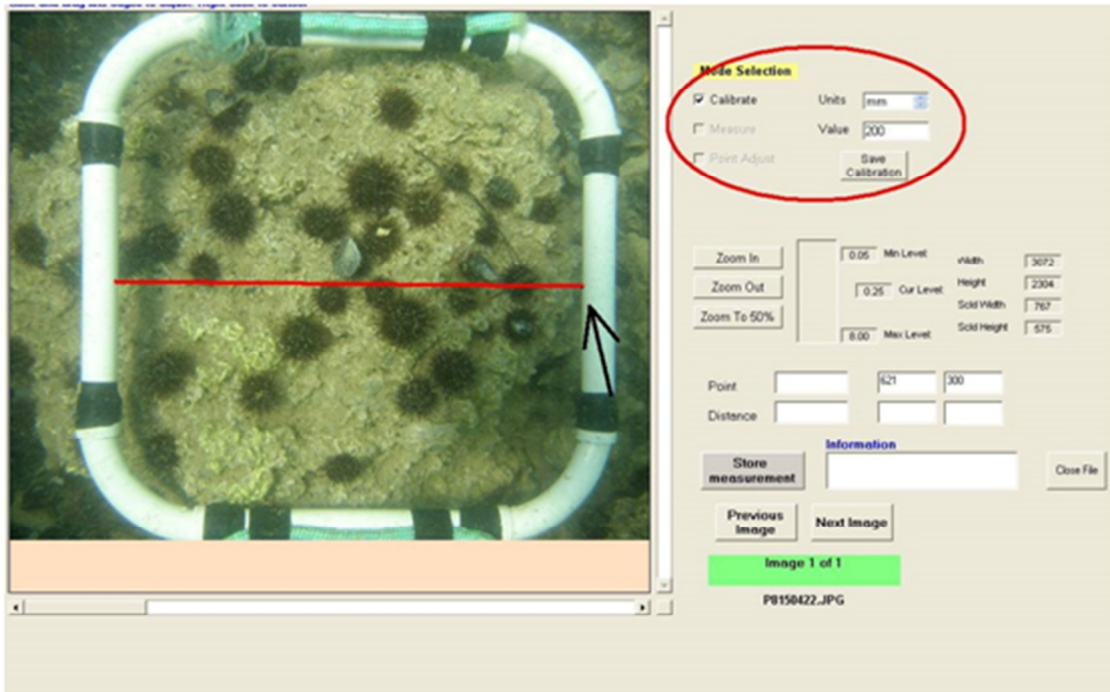
Εικόνα 4: Στις παραπάνω εικόνες παρουσιάζονται οι θέσεις των τεσσάρων περιοχών στις οποίες έγιναν οι δειματοληψίες του αχινού *P. lividus*.



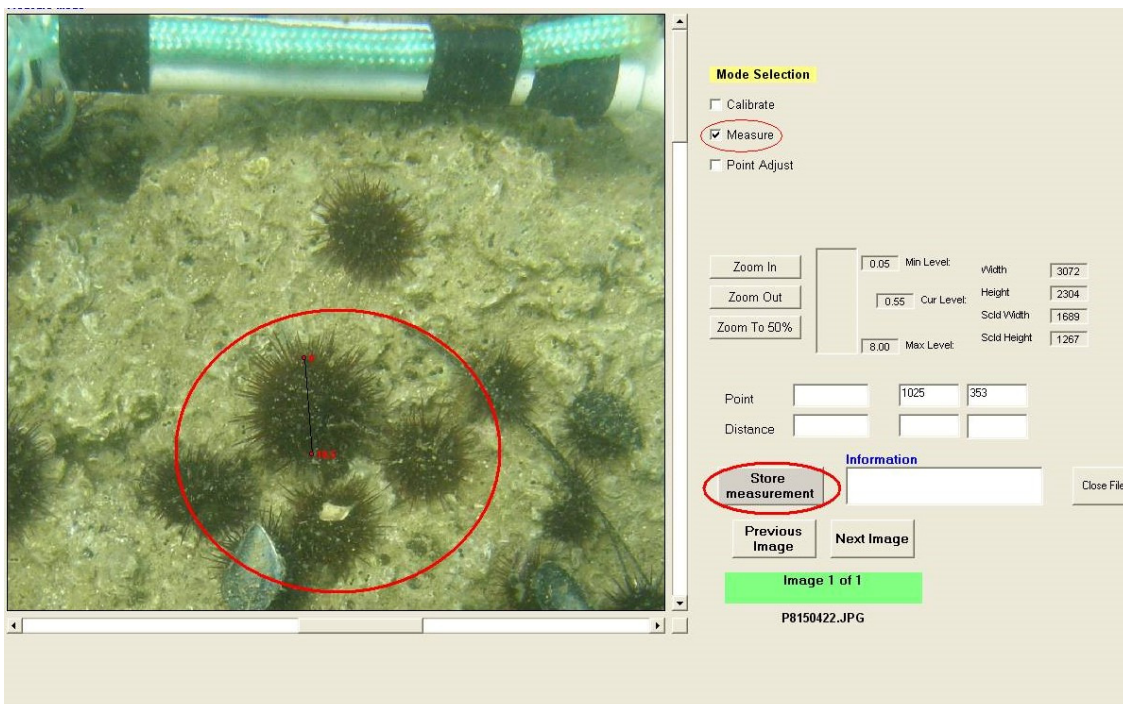
Εικόνα 5: Το πλαίσιο διαστάσεων 20x20cm τοποθετημένο σε βραχώδες υπόστρωμα, που χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της αφθονίας των αχινών.

Πίνακας 2: Αριθμός των φωτογραφιών που λήφθηκαν για την εκτίμηση της αφθονίας των αχινών σε κάθε περιοχή και ζώνη βάθους.

Περιοχή	Ζώνη βάθους	Αριθμός φωτογραφιών
Άγιος Θωμάς	0-2m	23
	3-4m	42
Σύνολο		65
Δρυμός	0-2m	42
	3-4m	26
	5-6m	46
Σύνολο		114
Κέφαλος	0-2m	16
	3-4m	62
Σύνολο		78
Παναγιά	0-2m	58
	3-4m	26
	5-6m	47
Σύνολο		131
Γενικό σύνολο		388



Εικόνα 6: Βαθμονόμηση στο λογισμικό FishMorpho. Η εσωτερική διάσταση του πλαισίου (20cm) χρησιμοποιήθηκε ως κλίμακα για τη μετατροπή από pixels σε χιλιοστόμετρα.



Εικόνα 7: Ψηφιακή μέτρηση της διαμέτρου του αχινού στην ψηφιακή φωτογραφία.

2. Με σκοπό την εκτίμηση της σχέσης [διάμετρου κελύφους] – [νωπού βάρους] και [ύψος κελύφους] – [νωπού βάρους] του αχινού, συλλέχθηκαν άτομα από όλο το διαθέσιμο εύρος μεγεθών που βρέθηκε σε συγκεκριμένες περιοχές. Τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο όπου μετρήθηκε με ηλεκτρονικό παχύμετρο η διάμετρος και το ύψος του κελύφους (ακρίβεια

0.1mm) και το ολικό νωπό βάρος κάθε ατόμου σε ηλεκτρονικό ζυγό (ακρίβεια 0.1g). Συνολικά πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε 112 άτομα.

3. Με σκοπό τη διερεύνηση της χρήσης ψηφιακών εικόνων για την εκτίμηση μορφομετρικών παραμέτρων στους αχινούς του είδους, φωτογραφήθηκαν τα 112 άτομα αχινών (Εικόνα 8) που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση της σχέσης [διάμετρος κελύφους] – [Νωπό βάρος] (βλ. προηγούμενη παράγραφο). Η επεξεργασία των ψηφιακών φωτογραφιών πραγματοποιήθηκε με τη μεθοδολογία που περιγράφεται από τους Ramfos et al. (2012). Από την επεξεργασία των ψηφιακών εικόνων προσδιορίστηκε η ψηφιακή επιφάνεια κάθε αχινού και πραγματοποιήθηκε σύγκριση της με την πραγματική επιφάνεια καθώς και με τη διάμετρο του κελύφους όπως αυτή είχε μετρηθεί με το χέρι. Η πραγματική επιφάνεια του αχινού εκτιμήθηκε από τη σχέση $E=\pi r^2$ όπου E: Η πραγματική επιφάνεια του αχινού, r: Η ακτίνα του κελύφους του αχινού. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν τελικά 84 από τα 112 άτομα, κυρίως λόγω προβλημάτων στο φωτισμό των φωτογραφιών.



Εικόνα 8: Ενδεικτική φωτογραφία αχινών φωτογραφημένων σε λευκό φόντο με κλίμακα για την εκτίμηση της ψηφιακής επιφάνειας.

4. Τέλος, η σχέση [διάμετρος κελύφους] – [Νωπό βάρος] χρησιμοποιήθηκε για τη μετατροπή της διαμέτρου κελύφους που μετρήθηκε στις ψηφιακές εικόνες (βλ. παρ.1, & Εικόνα 8) σε νωπό βάρος. Από τις τιμές νωπού βάρους που προέκυψαν, πραγματοποιήθηκε εκτίμηση της βιομάζας των αχινών ανά τετραγωνικό μέτρο.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. Αφθονία

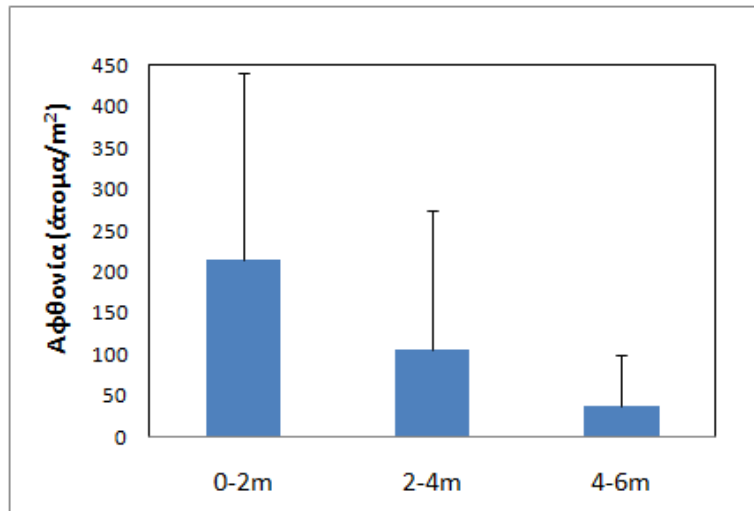
Η μέση αφθονία του αχινού *P.lividus* στον Αμβρακικό Κόλπο παρουσίασε μείωση με το βάθος. Στη ζώνη 0-2m η μέση αφθονία ήταν 215,5 άτομα/m² και ήταν περίπου δύο φορές υψηλότερη συγκριτικά με την ζώνη 2-4m (106,4 άτομα/m²) και έξι φορές υψηλότερη συγκριτικά με τη ζώνη 4-6m (38,4 άτομα/m²) (Πίνακας 3, Εικόνα 9).

Η ελάχιστη τιμή των αχινών που μετρήθηκαν στις φωτογραφίες ήταν σε όλες τις ζώνες βάθους ίση με το μηδέν (Πίνακας 3). Παρ' όλα αυτά, ο αριθμός των πλαισίων στα οποία δεν βρέθηκαν αχινοί παρουσίασε αύξηση με το βάθος (Εικόνα 10). Στη ζώνη 0-2m το ποσοστό των πλαισίων χωρίς αχινούς ήταν 15% ενώ στη ζώνη 4-6m το αντίστοιχο ποσοστό ήταν 39%.

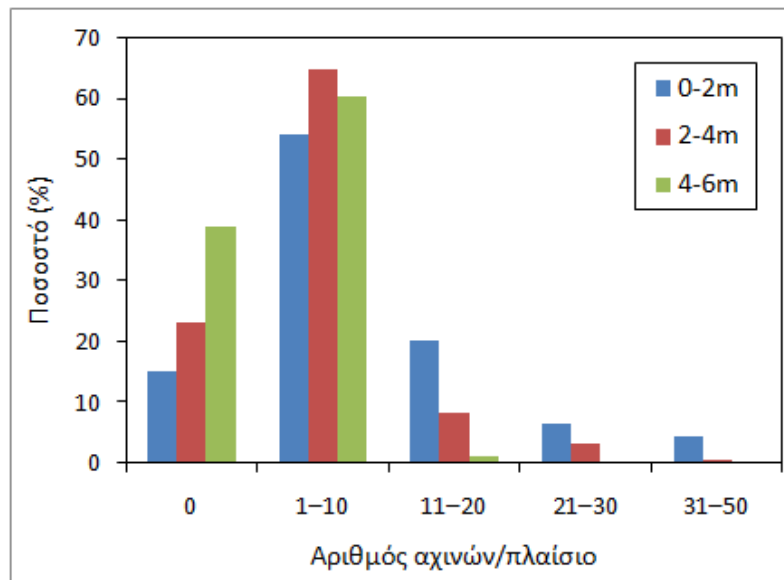
Σε όλες τις ζώνες βάθους, στα περισσότερα πλαίσια μετρήθηκαν από 1 έως 10 αχινοί (25–250 άτ./m²), ενώ η υψηλότερη αφθονία σε πλαίσιο βρέθηκε στη ζώνη 2-4m και ήταν ίση με 1250 άτομα/m² (Πίνακας 3).

Πίνακας 3: Μέση αφθονία (ατ./m²), τυπική απόκλιση (SD), ελάχιστη, μέγιστη αφθονία και αριθμός μετρήσεων (N) του αχινού *P. lividus*, για τις τρεις ζώνες βάθους σε όλες τις περιοχές και για τις τέσσερις περιοχές σε όλες τις ζώνες βάθους, στον Αμβρακικό Κόλπο το καλοκαίρι του 2016.

Ζώνη βάθους	Αφθονία (ατ./m ²)	SD (ατ./m ²)	Ελάχιστο (ατ./m ²)	Μέγιστο (ατ./m ²)	N
0-2m	215,5	224,4	0,0	975,0	139,0
2-4m	106,4	168,3	0,0	1250,0	156,0
4-6m	38,4	60,7	0,0	450,0	93,0
Σύνολο	129,2	187,2	0,0	1250,0	388,0
Περιοχή	Αφθονία (ατ./m ²)	SD (ατ./m ²)	Ελάχιστο (ατ./m ²)	Μέγιστο (ατ./m ²)	N
Άγιος Θωμάς	320,0	273,0	0,0	1250,0	65,0
Δρυμός	71,5	140,0	0,0	850,0	114,0
Κέφαλος	119,2	167,4	0,0	850,0	78,0
Παναγιά	90,6	106,2	0,0	500,0	131,0



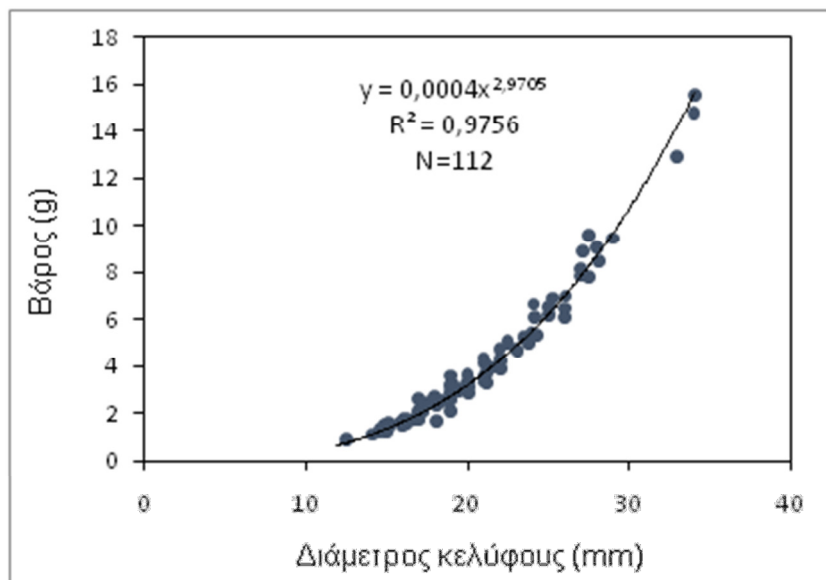
Εικόνα 9: Μέση αφθονία (οι κάθετες γραμμές δείχνουν την τυπική απόκλιση) του αχινού *P. lividus* στις τρεις ζώνες βάθους στον Αμβρακικό Κόλπο το καλοκαίρι του 2016.



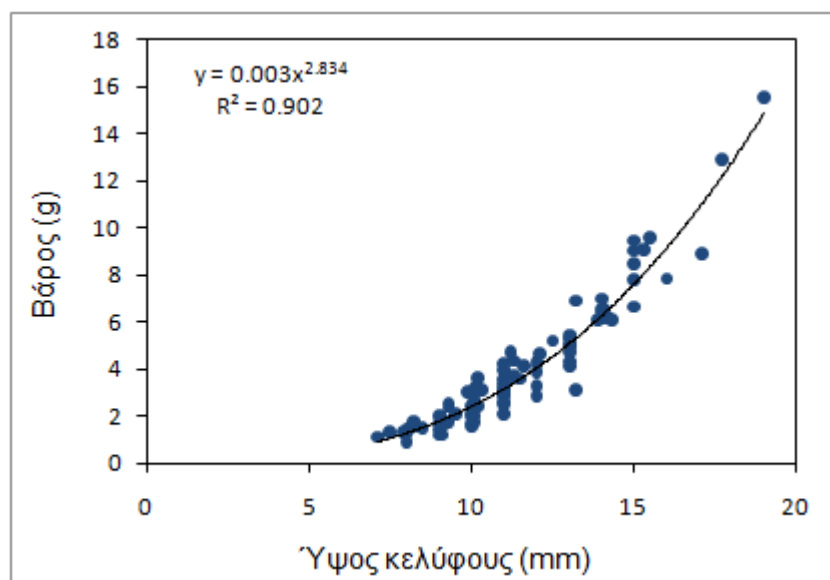
Εικόνα 10: Κατανομή του αριθμού των αχιών που μετρήθηκαν στις ψηφιακές φωτογραφίες, για τις τρεις ζώνες βάθους.

3.2. Σωματομετρικές σχέσεις

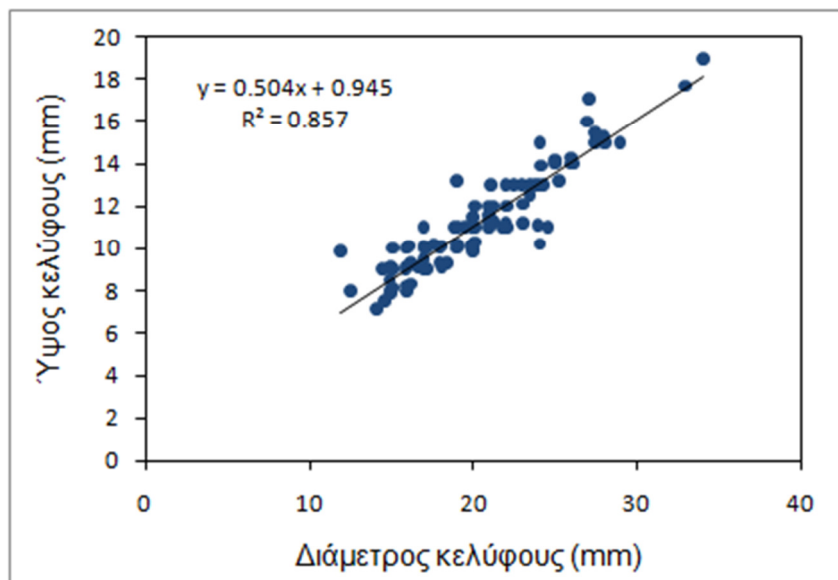
Η σχέση [Διαμέτρου κελύφους] – [Νωπού βάρους] του αχινού *P. lividus* παρουσιάζεται στην Εικόνα 11. Το εύρος των διαμέτρων κελύφους του δείγματος ήταν μεταξύ 11.9mm και 34.1mm, ενώ αντίστοιχα το βάρος ήταν μεταξύ 0,856g και 15.5g. Τα δύο μεγέθη παρουσίασαν πολύ καλή συσχέτιση μεταξύ τους (Εικόνα 11). Ισχυρές συσχετίσεις παρατηρήθηκαν επίσης στις σχέσεις, [Υψος κελύφους] – [Νωπό βάρος] και [Διάμετρος κελύφους] – [Υψος κελύφους] (Εικόνες 12 & 13).



Εικόνα 11: Σχέση [Διαμέτρου κελύφους] – [Νωπού βάρους] του αχινού *P. lividus* στον Αμβρακικό Κόλπο το καλοκαίρι του 2016.



Εικόνα 12: Σχέση [Ύψους κελύφους] – [Νωπού βάρους] του αχινού *P. lividus* στον Αμβρακικό Κόλπο το καλοκαίρι του 2016.



Εικόνα 13: Σχέση [Διαμέτρου κελύφους] – [Ύψους κελύφους] του αχινού *P. lividus* στον Αμβρακικό Κόλπο το καλοκαίρι του 2016.

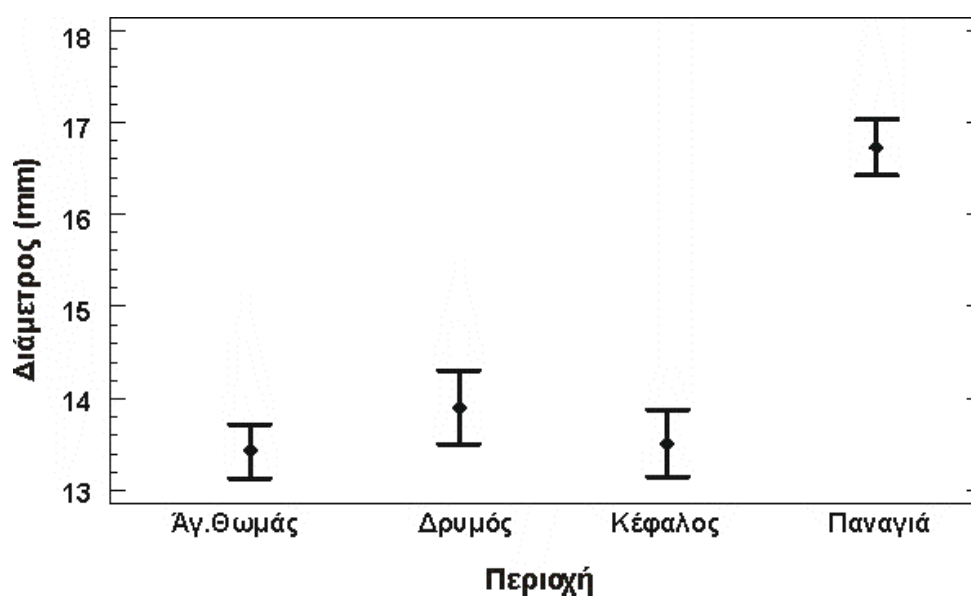
Η μέση διάμετρος των αχινών, όπως προέκυψε από τις μετρήσεις στις ψηφιακές φωτογραφίες παρουσίασε διαφορές τόσο μεταξύ των περιοχών δειγματοληψίας όσο και μεταξύ των ζωνών βάθους.

Μεταξύ των περιοχών, τα μεγαλύτερα άτομα βρέθηκαν στη θέση «Παναγιά» με μέση διάμετρο 17.05mm, ενώ μεταξύ των άλλων περιοχών δεν παρατηρήθηκαν έντονες διαφορές στο μέσο μέγεθος των ατόμων, με μέση διάμετρο 13.95mm, 14.43mm και 14.74mm στις θέσεις «Άγιος Θωμάς», «Κέφαλος» και «Δρυμός», αντίστοιχα (Πίνακας 4, Εικόνα 14). Η ελάχιστη διάμετρος που μετρήθηκε στο σύνολο των ατόμων ήταν 6.1mm (θέση «Άγιος Θωμάς») και η μέγιστη 38.7mm (θέση «Παναγιά») (Πίνακας 4). Ο στατιστικός έλεγχος για τον εντοπισμό διαφορών στη μέση διάμετρο μεταξύ των περιοχών (multifactor ANOVA, LSD test), έδειξε στατιστικά υψηλότερη μέση διάμετρο στην περιοχή «Παναγιά», ενώ δεν υπήρχαν διαφορές μεταξύ των άλλων περιοχών.

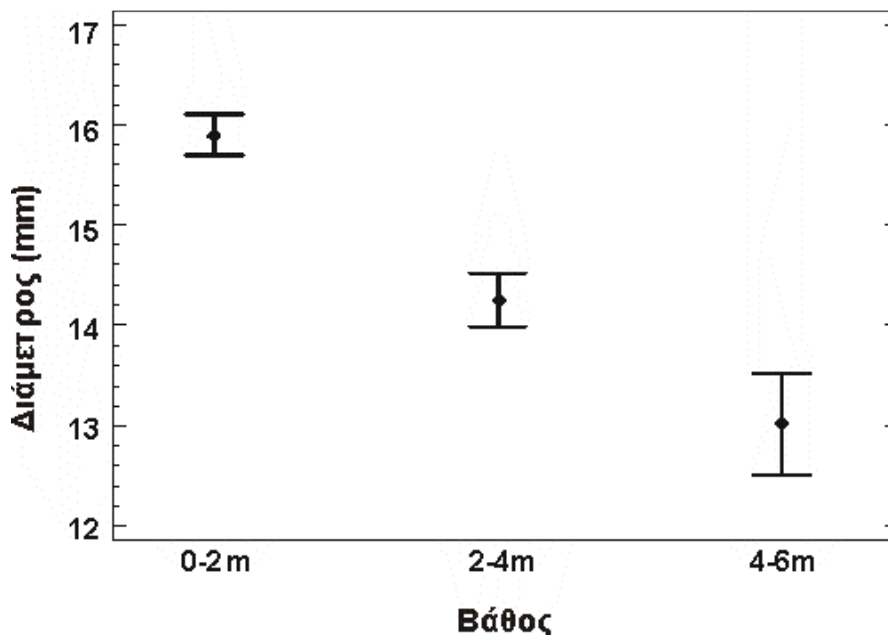
Σημαντικές διαφορές βρέθηκαν επίσης στο μέγεθος των αχινών σε σχέση με το βάθος. Οι μεγαλύτεροι σε μέγεθος αχινοί βρέθηκαν στο βραχώδες υπόστρωμα της επιφανειακής ζώνης (0 – 2m) και οι μικρότεροι στη βαθύτερη ζώνη βάθους (4 – 6m) (Εικόνα 15). Η μέση διάμετρος ήταν 15.9mm, 14.3mm και 13.0mm στις ζώνες 0–2m, 2–4m και 4–6m, αντίστοιχα. Ο στατιστικός έλεγχος για τον εντοπισμό διαφορών στη μέση διάμετρο μεταξύ των ζωνών βάθους (multifactor ANOVA, LSD test), έδειξε ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών ζωνών βάθους.

Πίνακας 4: Μέση διάμετρος του κελύφους (mm), τυπική απόκλιση (SD), ελάχιστη, μέγιστη διάμετρος και πλήθος μετρήσεων, από τις ψηφιακές φωτογραφίες για το είδος *Paracentrotus lividus* ανά περιοχή και ζώνη βάθους στον Αμβρακικό Κόλπο το καλοκαίρι του 2016.

Περιοχή	Μέση Διάμετρος	SD	Ελάχιστη Διάμετρος	Μέγιστη Διάμετρος	Πλήθος Μετρήσεων
Άγιος Θωμάς	13.95	4.09	6.13	32.66	609.00
0-2m	15.63	4.26	8.26	32.66	246.00
2-4m	12.82	3.55	6.13	27.41	363.00
Δρυμός	14.74	3.01	7.81	25.75	205.00
0-2m	14.79	3.15	8.70	25.75	141.00
2-4m	14.15	2.70	7.81	19.84	38.00
5-6m	15.34	2.58	9.34	21.89	26.00
Κέφαλος	14.43	3.57	7.12	29.05	306.00
0-2m	13.82	3.45	7.12	23.85	197.00
2-4m	15.55	3.53	8.57	29.05	109.00
Παναγιά	17.05	4.86	6.62	38.66	341.00
0-2m	19.09	4.87	10.66	38.66	180.00
2-4m	14.87	4.36	7.19	25.16	47.00
5-6m	14.71	3.39	6.62	22.51	114.00
Σύνολο	14.89	4.23	6.62	38.66	1461.00



Εικόνα 14: Μέση διάμετρος του κελύφους των αχινών *Paracentrotus lividus* στον Αμβρακικό Κόλπο το καλοκαίρι του 2016, ανά περιοχή δειγματοληψίας. Οι κάθετες γραμμές δείχνουν τα διαστήματα εμπιστοσύνης (95%).

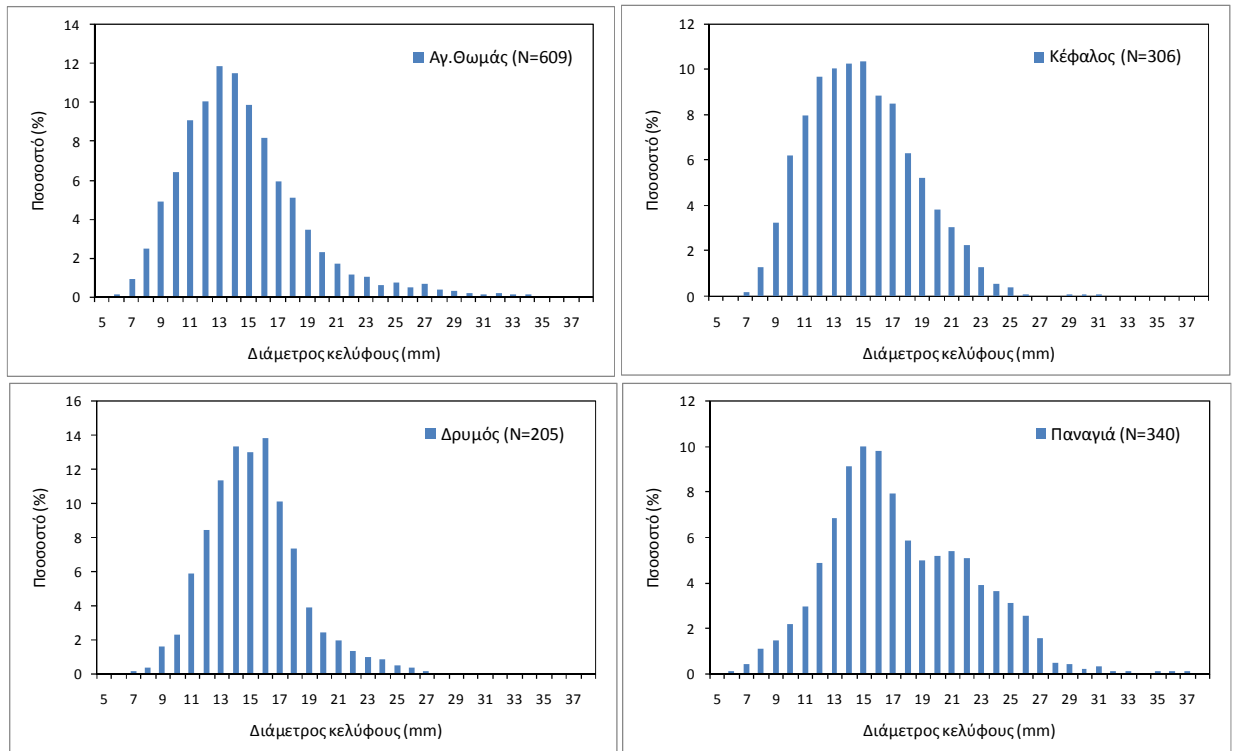


Εικόνα 15: Μέση διάμετρος του κελύφους των αχινών *Paracentrotus lividus* στον Αμβρακικό Κόλπο το καλοκαίρι του 2016, ανά ζώνη βάθους. Οι κάθετες γραμμές δείχνουν τα διαστήματα εμπιστοσύνης (95%).

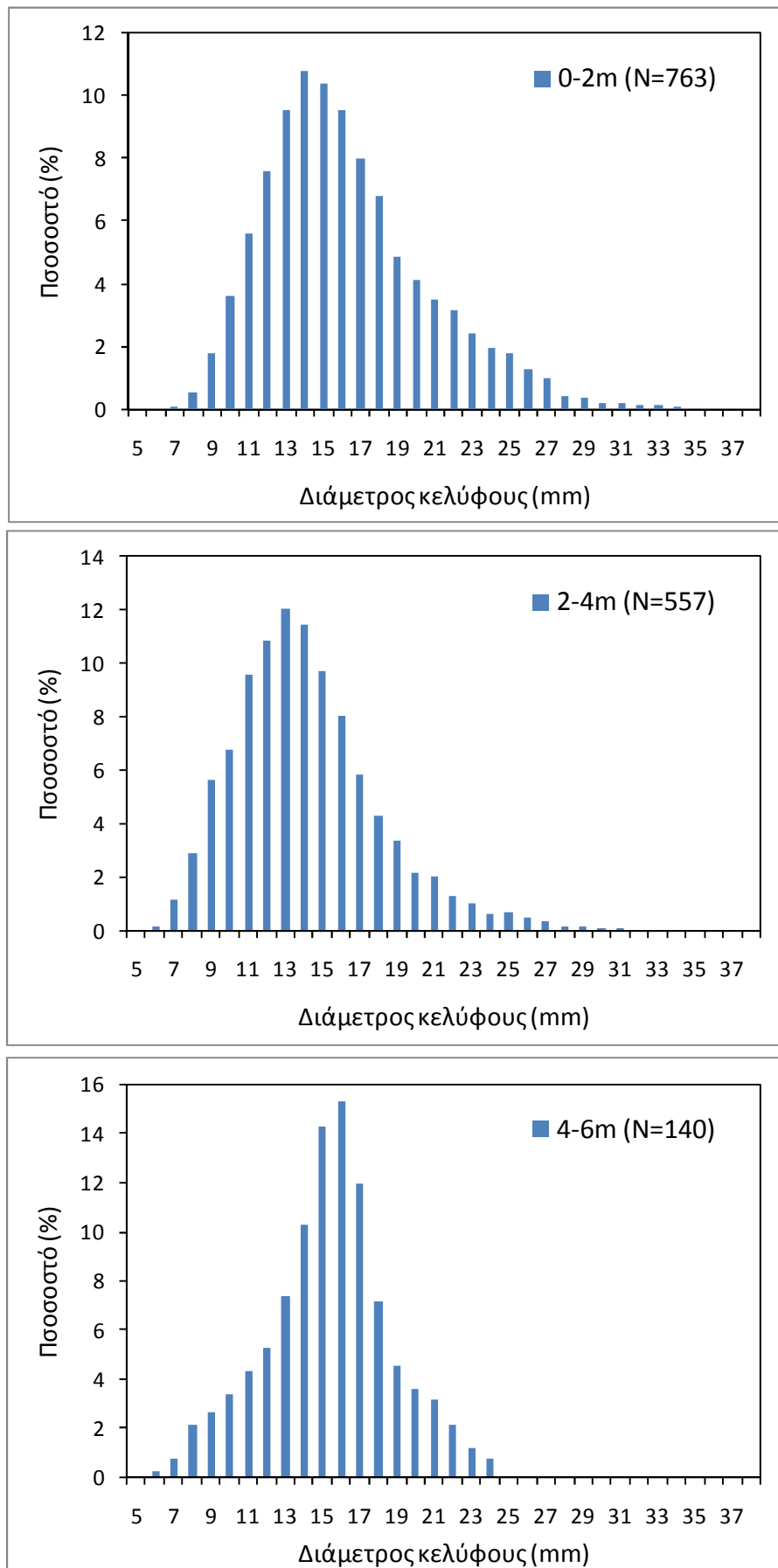
Οι κατανομές της διαμέτρου του κελύφους σε κάθε περιοχή και σε κάθε ζώνη βάθους παρουσιάζονται στις Εικόνες 16 και 17, αντίστοιχα.

Μεταξύ των περιοχών, οι κατανομές της διαμέτρου παρουσίασαν διαφορές μεταξύ των χαρακτηριστικών τους. Η επικρατούσα τιμή βρέθηκε μικρότερη στην περιοχή του Αγ. Θωμά (13mm) και υψηλότερη στην περιοχή «Δρυμός» (16mm), ενώ ενδιάμεσες τιμές είχε στις περιοχές «Κέφαλος» και «Παναγιά» (15mm). Αντίστοιχα, η διάμεσος βρέθηκε υψηλότερη στη θέση «Παναγιά» (16-17mm), χαμηλότερη στη θέση «Αγ. Θωμάς» (13-14mm) και ενδιάμεση στις άλλες δύο θέσεις με διάμεσο στην κλάση 14-15mm.

Μεταξύ των ζωνών βάθους, οι κατανομές της διαμέτρου επίσης εμφάνισαν διαφορές μεταξύ των χαρακτηριστικών τους. Η επικρατούσα τιμή βρέθηκε μικρότερη στην ενδιάμεση ζώνη βάθους 2-4m (13mm) και υψηλότερη στη ζώνη βάθους 4-6m (16mm), ενώ ενδιάμεση τιμή είχε στην επιφανειακή ζώνη 0-2m (14mm). Αντίστοιχα, η διάμεσος βρέθηκε υψηλότερη στην επιφανειακή ζώνη (16-17mm), χαμηλότερη στην ενδιάμεση ζώνη (13-14mm) και με ενδιάμεση τιμή στη βαθύτερη ζώνη (14-15mm).



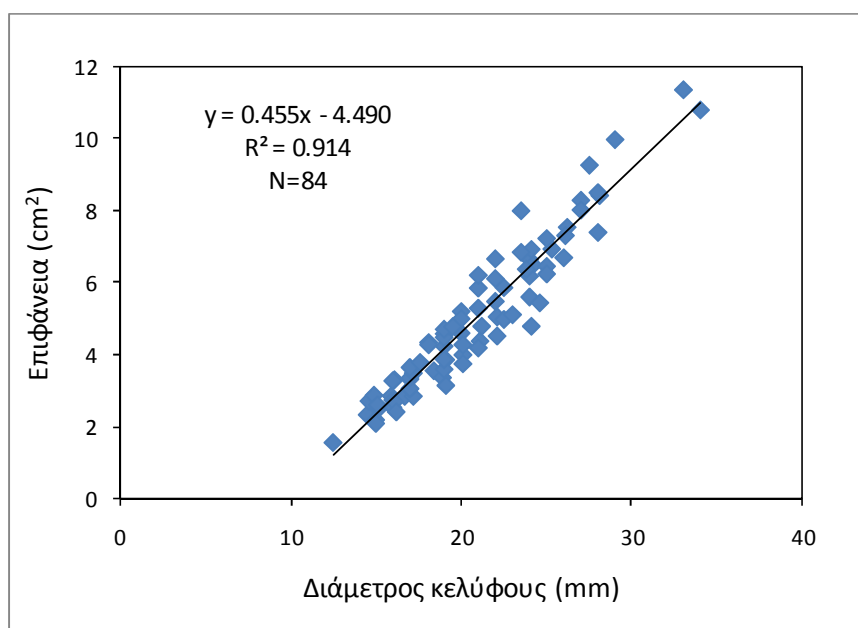
Εικόνα 16: Ποσοστιαία κατανομή διαμέτρων κελύφους του αχινού *P. lividus* ανά περιοχή στον Αμβρακικό Κόλπο, το καλοκαίρι 2016.



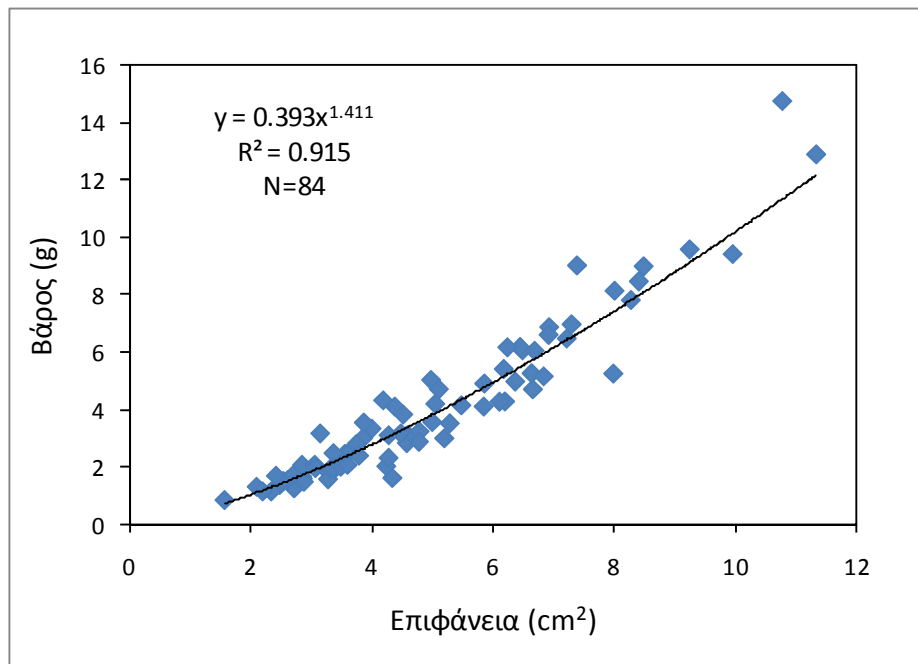
Εικόνα 17: Ποσοστιαία κατανομή διαμέτρων κελύφους του αχινού *P. lividus* ανα ζώνη βάθους στον Αμβρακικό Κόλπο, το καλοκαίρι 2016.

3.3. Σωματομετρικές σχέσεις από ψηφιακές εικόνες.

Από τις ψηφιακές φωτογραφίες του δείγματος των αχιών, εκτιμήθηκε η επιφάνεια του κάθε ατόμου όπως φαινόταν στην ψηφιακή φωτογραφία. Η συσχέτιση μεταξύ της επιφάνειας και της πραγματικής διαμέτρου και του πραγματικού βάρους κάθε ατόμου, παρουσιάζεται στις εικόνες 18 και 19 αντίστοιχα. Τόσο η διάμετρος του κελύφους, όσο και το βάρος φάνηκαν να συσχετίζονται ικανοποιητικά με την επιφάνεια των αχιών όπως αυτή προσδιορίζεται από την ψηφιακή εικόνα. Η σχέση [Διάμετρος κελύφους – Επιφάνεια] φάνηκε ότι είναι γραμμική ενώ η σχέση [Βάρος – Επιφάνεια] περιγράφεται από εξίσωση δύναμης.



Εικόνα 18: Σχέση διαμέτρου κελύφους και επιφάνειας αχινού από ψηφιακές φωτογραφίες του είδους *P. lividus* στον Αμβρακικό Κόλπο, το καλοκαίρι 2016.



Εικόνα 19: Σχέση βάρους και επιφάνειας αχινού από ψηφιακές φωτογραφίες του είδους *P. lividus* στον Αμβρακικό Κόλπο, το καλοκαίρι 2016.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η υψηλή αφθονία του αχινού *P. lividus* στον Αμβρακικό Κόλπο όπως αναφέρεται από τους Pancucci & Panayiotidis (1994) επιβεβαιώθηκε από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας και είναι πιθανό ότι η αφθονία του είδους στην ανώτερη υποπαραλιακή ζώνη (0-2m) έχει αυξηθεί τα τελευταία 30 έτη. Οι Pancucci & Panayiotidis (1994) αναφέρουν μέγιστη μέση αφθονία στην περιοχή του Κόλπου της Πρέβεζας ίση με 76 άτομα/m² στη ζώνη βάθους 0-1m, ενώ στην παρούσα μελέτη η μέση αφθονία στη ζώνη 0-2m ήταν σχεδόν τριπλάσια (215 άτομα/m²). Η αφθονία του αχινού στο βραχώδες υπόστρωμα του Αμβρακικού Κόλπου είναι από τις υψηλότερες που αναφέρονται στη βιβλιογραφία. Οι αχινοί ως κυρίως φυτοφάγοι οργανισμοί, μπορούν να μεταβάλλουν την εικόνα των παράκτιων οικοσυστημάτων καταναλώνοντας σημαντικές ποσότητες μακροφυκών και σε κάποιες περιπτώσεις απογυμνώνουν το σκληρό υπόστρωμα δημιουργώντας αφυτικές ζώνες (barrens) (Guidetti & Dulcic, 2007 και αναφορές σε αυτούς). Η γενική εικόνα της σχεδόν ολοκληρωτικής απουσίας μακροφυκών στο βραχώδες υπόστρωμα της υποπαραλιακής ζώνης, σε όλη την περιοχή του Κόλπου, είναι γνωστή από το 1991 (Pancucci & Panayotides, 1994) και αποδίδεται στην ιδιαίτερα υψηλή αφθονία των αχινών του είδους *Paracentrotus lividus*. Οι παραπάνω συγγραφείς αποδίδουν την υψηλή πυκνότητα του πληθυσμού του είδους, στην προσαρμογή του στις εύτροφες

συνθήκες της περιοχής καθώς και σε μεταβολή των διατροφικών συνηθειών του. Η προσαρμογή αυτή, επέτρεψε την αρχική επιτυχημένη εγκατάσταση του είδους στην περιοχή και την επικράτηση είτε λόγω έλλειψης ανταγωνισμού με τα άλλα είδη είτε λόγω αδυναμίας προσαρμογής των άλλων ειδών στις ιδιαίτερες συνθήκες της περιοχής (Pancucci & Panayotides, 1994). Από τη μοναδική καταγραφή της κατάστασης των Pancucci & Panayotides (1994) πριν από 26 έτη (τα στοιχεία συλλέχθηκαν το 1991), μέχρι την καταγραφή της παρούσας μελέτης, η εικόνα που παρατηρείται στο βραχώδες υπόστρωμα της περιοχής φαίνεται να είναι αμετάβλητη. Φαίνεται συνεπώς, ότι η ιδιαίτερα υψηλή πυκνότητα των αχινών του είδους *P. lividus* στην περιοχή αποτελεί μια παγιωμένη κατάσταση αρκετών δεκαετιών, και η θηρευτική πίεση των ατόμων του είδους στη μακροφυτική χλωρίδα δεν επιτρέπει την ανάπτυξη των μακροφυκών.

Στην παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά εκτίμηση της αφθονίας του είδους και σε βάθη μεγαλύτερα των 2m, όπου το υπόστρωμα δεν είναι βραχώδες αλλά κυρίως αμμώδες/χαλικώδες. Και σε αυτό το υπόστρωμα, που συνήθως δεν προτιμάται από το είδος *P. lividus* η αφθονία ήταν υψηλή, αν και σημαντικά χαμηλότερη συγκριτικά με το βραχώδες υπόστρωμα. Οι Bonaviri et al. (2009) αναφέρουν επίσης μείωση της αφθονίας του είδους με το βάθος σε περιοχή με βραχώδες υπόστρωμα.

Εκτός από την ιδιαίτερα υψηλή αφθονία, ο αχινός *P. lividus* στον Αμβρακικό Κόλπο χαρακτηρίζεται και από μικρό μέγεθος. Τα στοιχεία της παρούσας μελέτης βρίσκονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των Pancucci & Panayotides (1994) οι οποίοι αποδίδουν το μικρό μέγεθος των ατόμων του είδους στον Αμβρακικό Κόλπο στη διατροφή. Η έλλειψη της προτιμώμενης τροφής (μακροφύκη) φαίνεται ότι έχει αναγκάσει το είδος να διατρέφεται με μικρά φυτικά είδη (π.χ. ασβεστολιθικά φύκη) καθώς και ζωικούς οργανισμούς (μύδια) δαπανώντας έτσι περισσότερη ενέργεια και συνεπώς έχει μικρότερο ρυθμό αύξησης (Pancucci & Panayotides, 1994). Αντίστοιχα αποτελέσματα βρήκαν και οι Turon et al. (1995) όταν συνέκριναν τους πληθυσμούς του *P. lividus* σε δύο περιοχές της Μεσογείου με διαφορετικά υδρολογικά χαρακτηριστικά και διαφορετική διαθεσιμότητα τροφής. Οι συγγραφείς αναφέρουν ότι στην περιοχή με έντονες διακυμάνσεις στα υδρολογικά χαρακτηριστικά και με περιορισμένη τροφή, τα άτομα του *P. lividus* αναπτύσσονται πιο αργά και επενδύουν περισσότερο στην αναπαραγωγή με αποτέλεσμα την πιο αργή ανάπτυξη και το μικρότερο τελικό μέγεθος.

Τέλος, η μεθοδολογία που δοκιμάστηκε για τη συσχέτιση της επιφάνειας του αχινού (όπως μπορεί να εκτιμηθεί από ψηφιακή φωτογραφία) με τα βιομετρικά χαρακτηριστικά (διάμετρος κελύφους, νωπό βάρος) έδειξε αρκετά καλά

αποτελέσματα. Η επιφάνεια που εκτιμάται από την ψηφιακή φωτογραφία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη μετατροπή σε διάμετρο κελύφους και σωματικό βάρος σε περιπτώσεις μελετών όπου απαιτούνται μετρήσεις σε μεγάλο αριθμό ατόμων, αφού όμως φτιαχτούν πρώτα πρότυπες καμπύλες από μικρότερο αριθμό ατόμων για τη συγκεκριμένη περιοχή και εποχή.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Abdellatif Bayed, Françoise Quiniou, Ali Benrha and Monique Guillou, 2005, The *Paracentrotus lividus* populations from the northern Moroccan Atlantic coast: growth, reproduction and health condition. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 85, 999-1007 Printed in the United Kingdom

Barnes, R. D., 1980, *Invertebrate Zoology*, Published by Saunders.

Chiara Bonaviri, Tomás Vega Fernández, Fabio Badalamenti, Paola Gianguzza, Manfredi Di Lorenzo, Silvano Riggio, 2009, Fish versus starfish predation in controlling sea urchin populations in Mediterranean rocky shores

Boudouresque, C.F. & Verlaque, M., 2001. Ecology of *Paracentrotus lividus*. In *Edible sea urchins biology and ecology* (ed. J.M. Lawrence), pp. 177-216. Amsterdam: Elsevier Sciences B.V.

Boudouresque, C.F. & Verlaque, M., 2013. Ecology of *Paracentrotus lividus*. In *Edible sea urchins biology and ecology* (ed. J.M. Lawrence), pp. 177-216. Amsterdam: Elsevier Sciences B.V.

Castro, P., Huber, E., M., *Θαλάσσια Βιολογία*. Utopia Εκδόσεις ΕΠΕ. Αθήνα 2015.
Catherine Fernandez, Vanina Pasqualini, Charles-Francois Boudouresque, Monique Johnson, Lila Ferrat, Angela Caltagirone, David Mouillot

Erez Yeruham, Gil Rilov, Muki Shpigel & Avigdor Abelson, 2015, Collapse of the echinoid *Paracentrotus lividus* populations in the Eastern Mediterranean - result of climate change?

Flukes E.B., Johnson C.R. & Ling S.D. 2012. Forming sea urchin barrens from the inside-out: an alternative pattern of overgrazing. *Marine Ecology Progress Series*, 464: 179-194.

Grosjean, P., 2001. Growth model of the reared sea urchin *Paracentrotus Lividus* (Lamarck, 1816). *Universite Libre de Bruxelles*.

Guidetti P. & Dulcic J. (2007). Relationships among predatory fish, sea urchins and barrens in Mediterranean rocky reefs across a latitudinal gradient. *Marine Environmental Research*, 63: 168-184

Guidetti P. & Sala E. 2007. Community-wide effects of marine reserves in the Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 335: 43-56.

Mortense, T, 1943, *A Monograph of the Echinoidea*, III.3 Camarodonta. II. Echinidae, Strongylocentrotidae, Parasaleniididae, Echinometridae. C.A.Reitzel, Copenhagen.

Orfanidis S, Panayotidis P, Stamatis N. (2001). Ecological evaluation of transitional and coastal waters: a marine benthic macrophytes model. *Mediterranean Marine Science* 2(2): 46-65.

Orfanidis S, Panayotidis P, Stamatis N. (2003). An insight to the ecological evaluation index (EEI). *Ecological Indicators* 3: 27-33.

Pancucci M.A. & Panayotides P. (1994). Impact of eutrophication on the sea-urchin populations of the Amvrakikos Gulf (Ionian Sea Greece). Final reports on research programs dealing with eutrophication problems. MAP Technical Reports, Series No.78, pp. 75-90.

Ramfos A., et al., 2012, A NEW METHOD FOR THE MEASUREMENT OF BIOMETRICS IN SEAGRASS LEAVES FROM DIGITAL IMAGES. TEI of Messolongi.

Regis, M.-B. & R. Arfi, 1978. Etude comparee de la croissance de trois populations de *Paracentrotus lividus* (Lamarck), occupant des biotopes differents, dans le golfe de Marseille. C. R. Acad. Sc. Paris D, 286:1211-1214.

Sala E., Boudouresque C.F. & Harmelin-Vivien M. 1998. Fishing, trophic cascades, and the structure of algal assemblages: evaluation of an old but untested paradigm. *Oikos*, 82: 425-439.

Sala E., Ballesteros E. et al. (2012). The structure of Mediterranean Rocky reef ecosystems across environmental and human gradients, and conservation implications. *PlosOne*, 7(2): 1-13.

Tegner, M. J. & P. K. Dayton, 1977. Sea urchin recruitment patterns and implication of commercial Fishing. *Science*, 196:324-326.

Turon, X., Giribert, G., Lòpez, S., Palacin, C., 1995. Growth and population structure of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in two contrasting habitats. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 122, 193–204.

Κριμπένη Αικ. Μεσολόγγι 2006. Σημειώσεις του Μαθήματος Στοιχεία Βιολογίας Θαλάσσιων Οργανισμών.