



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΕΑΕΚ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Η ΠΑΙΔΕΙΑ ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Εκπαίδευσης και Αρχικής
Επαγγελματικής Κατάρτισης

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ – ΥΔΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Παραλλακτικότητα των πληθυσμών αχινού στον
Παγασητικό κόλπο και στις Σποράδες



ΛΟΛΑΣ ΑΛΕΞΙΟΣ

ΒΟΛΟΣ 2008

**«ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ ΑΧΙΝΟΥ ΣΤΟΝ
ΠΑΓΑΣΗΤΙΚΟ ΚΟΛΠΟ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΣΠΟΡΑΔΕΣ»**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

- **Χρήστος Νεοφύτου**, Καθηγητής

Ιχθυολογία – Υδροβιολογία, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Επιβλέπων

- **Δημήτριος Βαφείδης**, Επίκουρος Καθηγητής

Βιοποικιλότητα Θαλάσσιων Βενθικών Ασπόνδυλων και Άμεση-Έμμεση Χρησιμότητά τους, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μέλος

- **Αθανάσιος Εξαδάκτυλος**, Επίκουρος Καθηγητής

Γενετική Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μέλος

*Στους γονείς μου Πέτρο και Αναστασία,
στην αδερφή μου Δώρα
και στην υπέροχη οικογένειά της*

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πρώτα απ' όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα αυτής της διπλωματικής εργασίας, Καθηγητή και Κοσμήτορα της Σχολής κ. Χρήστο Νεοφύτου, τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Δημήτριο Βαφείδη και τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Αθανάσιο Εξαδάκτυλο για τις συμβουλές τους, τις παρεμβάσεις τους και την αμέριστη βοήθεια τους κατά τη διεξαγωγή της έρευνας αλλά και της συγγραφής της εργασίας αυτής.

Ακόμα, θεωρώ υποχρέωσή μου να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Ιωάννη Θεοδοσίου, την Επίκουρη Καθηγήτρια κα Ελένη Μεντέ, τη Λέκτορα κα Στεριανή Ματσιώρη, τον Ερευνητή κ. Ιωάννη Καραπαναγιωτίδη και τη διδάσκουσα με το Π.Δ 407/80 κα Μαριάνθη Χατζηγιάννου, τον πολύ καλό μου φίλο Χρήστο Ντούγκα, το μεταπτυχιακό φοιτητή Νίκο Ζαροκανέλλο και τον προπτυχιακό φοιτητή Γιώργο Καζανίδη, για τη σημαντική βοήθεια και την υποστήριξη που μου παρείχαν σε καίρια σημεία της έρευνας αυτής.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τη φίλη, συνάδελφο και συμφοιτήτρια μου Άννα Δεσποτοπούλου για την άριστη και συνεχή συνεργασία μας σε όλη τη διάρκεια της έρευνας αλλά και της πολύτιμης βοήθειας κατά τη συγγραφή της διατριβής αυτής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας ήταν ο εντοπισμός των διαφορών μεταξύ των πληθυσμών του αχινού (*Paracentrotus lividus*) στον Παγασητικό κόλπο και τις Β. Σποράδες. Σαν μέτρο σύγκρισης, χρησιμοποιήθηκαν τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά των πληθυσμών από διαφορετικές τοποθεσίες της εξεταζόμενης περιοχής.

Οι μετρήσεις έγιναν σε 7 σταθμούς δειγματοληψίας και ολοκληρώθηκαν σε 2 δειγματοληψίες που έλαβαν χώρα την άνοιξη και το φθινόπωρο του 2007. Από τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά που καταγράφηκαν, βρέθηκε ότι η μέση τιμή για τη μέγιστη σταθερή διάμετρο (D) των αχινών ήταν $56,42 \pm 6,14$ mm, για το μέγιστο σταθερό ύψος (L) ήταν $31,18 \pm 3,38$ mm, για το ολικό υγρό βάρος του σώματος (W_i) ήταν $70,58 \pm 20,54$ g, για το βάρος των γονάδων (W_g) βρέθηκε $2,523 \pm 1,672$ g και για το καθαρό βάρος του κελύφους (W_c) των αχινών υπολογίστηκε στα $34,51 \pm 8,90$ g. Έγινε ακόμα ταυτοποίηση του φύλου και υπολογίστηκε ο γοναδοσωματικός δείκτης (GSI) η μέση τιμή του οποίου βρέθηκε $3,41 \pm 2,07\%$.

Όλοι οι πληθυσμοί που εξετάστηκαν διέφεραν στατιστικά σημαντικά ($P < 0,05$) στα μορφομετρικά χαρακτηριστικά και στο γοναδοσωματικό δείκτη. Τα θηλυκά άτομα ήταν περισσότερα και δεν επιβεβαιώθηκε η ύπαρξη φυλετικού διμορφισμού για κανένα χαρακτηριστικό ($P > 0,05$).

Παράλληλα με τις μετρήσεις, έγινε προσπάθεια εκτίμησης της δυναμικής των πληθυσμών του αχινού στην περιοχή, εξετάζοντας το πρότυπο χωροδιάταξης και υπολογίζοντας την κατά τόπους πληθυσμιακή του πυκνότητα.



Διαπιστώθηκε ότι η μέση πυκνότητα των πληθυσμών φτάνει τα 9,14 άτομα/m², ενώ η κατανομή των πληθυσμών είναι είτε τυχαία είτε κανονική, ανάλογα με την περιοχή και την εποχή.

Από την Ιεραρχική Ανάλυση Ομάδων και την Πολυδιάστατη Κλιμακοποίηση που πραγματοποιήθηκε, βρέθηκε ότι με βάση τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά ενδεχομένως να μπορεί να γίνει ομαδοποίηση των πληθυσμών σε δύο ή τρεις ευρύτερους πληθυσμούς εσωτερικά και εξωτερικά του Παγασητικού κόλπου.

Λέξεις κλειδιά: *Paracentrotus lividus*, μορφομετρικές μετρήσεις, γοναδοσωματικός δείκτης, παραλλακτικότητα



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Αντικείμενο και στόχοι της έρευνας	2
1.2 Το είδος <i>Paracentrotus lividus</i>	3
1.3 Βιολογία του <i>Paracentrotus lividus</i>	7
1.3.1 Εξωτερική Μορφολογία	
1.3.2 Υδροφορικό σύστημα	9
1.3.3 Κίνηση και συμπεριφορά	10
1.3.4 Διατροφή και Πέψη	11
1.3.5 Αναπαραγωγή	12
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	16
2.1 Δειγματοληψίες	
2.2 Πυκνότητα πληθυσμού και χωροδιάταξη	19
2.3 Μορφομετρικές μετρήσεις	22
2.4 Ιστολογική Ανάλυση.....	26
2.4.1 Τεχνική Χρώσης Ιστολογικών Παρασκευασμάτων	27
Α. Εγκλεισμός ιστών σε παραφίνη.....	
Β. Κοπή των δειγμάτων	28
Γ. Αποπαραφίνωση και Χρώση	
2.4.2 Παρατήρηση και Καταγραφή.....	30
2.5 Στατιστική Επεξεργασία Δεδομένων	32
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	34
3.1 Αβιοτικές παράμετροι.....	
3.2 Πληθυσμιακή πυκνότητα.....	35
3.3 Πρότυπο χωροδιάταξης.....	36
3.4 Μορφομετρικές μετρήσεις	37
3.4.1 Κλάσεις μεγέθους.....	39



3.4.2 Αλλομετρικές σχέσεις	48
Α. Σχέση διαμέτρου (D) – ύψους (L)	
Β. Σχέση διαμέτρου (D) – Ολικού Βάρους (W_t)	56
3.5 Γοναδοσωματικός Δείκτης (GSI)	65
3.6 Ιστολογική Ανάλυση	67
3.7 Στατιστική Επεξεργασία	70
3.7.1 Πρώτη Δειγματοληψία	
Α. Ολικό Σωματικό Βάρος (W_t)	
Β. Μέγιστο ύψος (L)	71
Γ. Μέγιστη διάμετρος (D)	72
Δ. Ολικό βάρος γονάδων (W_g)	73
Ε. Βάρος Κελύφους (W_c)	74
ΣΤ. Γοναδοσωματικός δείκτης (GSI)	75
3.7.2 Δεύτερη Δειγματοληψία	77
Α. Ολικό Σωματικό Βάρος (W_t)	
Β. Μέγιστο ύψος (L)	78
Γ. Μέγιστη διάμετρος (D)	79
Δ. Ολικό βάρος γονάδων (W_g)	80
Ε. Βάρος Κελύφους (W_c)	81
ΣΤ. Γοναδοσωματικός δείκτης (GSI)	82
3.7.3 Ανάλυση Διακύμανσης κατά σταθμό και δειγματοληψία	83
3.7.4 Ομαδοποίηση των σταθμών δειγματοληψίας	84
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	86
4.1 Αβιοτικές Παράμετροι	
4.2 Δυναμική Πληθυσμών	87
4.2.1 Πληθυσμιακή πυκνότητα	
4.2.2 Πρότυπο χωροδιάταξης	89
4.3 Μορφομετρικές μετρήσεις	
4.3.1 Αλλομετρικές Σχέσεις	91
Α. Σχέση διαμέτρου (D) – ύψους (L)	



B. Σχέση διαμέτρου (D) – Ολικού Βάρους (W_t)	92
4.4 Αναλογία φύλων	
4.5 Γοναδοσωματικός δείκτης - Αναπαραγωγή	
4.6 Ομαδοποίηση – Διαφοροποίηση πληθυσμών	94
4.7 Συμπεράσματα	96
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	99
5.1 Διεθνής Βιβλιογραφία.....	
5.2 Ελληνική Βιβλιογραφία.....	111
5.3 Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία	112
6. ABSTRACT.....	113



1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα θαλάσσια οικοσυστήματα αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της εξέλιξης του πλανήτη μας, αφού είναι γνωστό ότι οι πρώτοι ζωντανοί οργανισμοί εμφανιστήκαν στο νερό και μέχρι τις μέρες μας, τα υδάτινα οικοσυστήματα γενικότερα και ειδικότερα οι θάλασσες, χαρακτηρίζονται από μεγάλη βιοποικιλότητα.

Εξίσου σημαντικό είναι και το γεγονός ότι τα θαλάσσια οικοσυστήματα έχουν τον πρωταρχικό ρόλο στη διαμόρφωση των κλιματικών και καιρικών συνθηκών του πλανήτη, ενώ αποτελούν και σημαντική πηγή για ένα ευρύ φάσμα βασικών αγαθών και υπηρεσιών για τον άνθρωπο, όπως τροφή, ενέργεια, ψυχαγωγία.

Ωστόσο, στην εποχή μας, τα θαλάσσια οικοσυστήματα υποβαθμίζονται συνεχώς εξαιτίας της αλόγιστης εκμετάλλευσής τους από τον άνθρωπο, την οποία πολλοί ερευνητές έχουν συνδέσει με την αλλοίωση ή καταστροφή ολόκληρων βιοκοινωνιών (Steneck, 1998: Turner *et al.*, 1999). Η υπεραλίευση οδηγεί στη δραματική μείωση των φυσικών αποθεμάτων η οποία με τη σειρά της επιδρά αρνητικά έμμεσα και άμεσα σε όλο το θαλάσσιο οικοσύστημα, κυρίως μέσα από την τροφική αλυσίδα (Pinnegar & Polunin, 2004), ενώ και άλλες ανθρώπινες επεμβάσεις (κυρίως η ρύπανση) έχουν ανάλογη επίδραση.

Μεταξύ των ειδών που επηρεάζονται από την ανθρώπινη δραστηριότητα είναι και οι αχινοί που ανήκουν στο γένος *Paracentrotus* όπου ανήκει και ο κοινός αχινός. Παρόλο που το είδος αυτό αλιεύεται από τα αρχαία χρόνια (υπάρχουν σχέδια αχινών σε τοιχογραφίες της Κνωσού), τις τελευταίες



δεκαετίες η έντονη αλίευσή του έχει οδηγήσει στη μείωση των φυσικών του αποθεμάτων (Allain, 1975: Conand & Sloan, 1989, Hagen 1996, Grosjean, 2001). Γενικά, η αλόγιστη χρήση των φυσικών πόρων από τον άνθρωπο έχει δημιουργήσει αρκετά προβλήματα στη φυσική ισορροπία και τον έχει οδηγήσει σε μία αναγκαστική αλλαγή της στρατηγικής του, από την «εκμετάλλευση» στη «διαχείριση» τους.

Για την επιτυχημένη, όμως, διαχείριση, στην προκειμένη περίπτωση του αχινού, είναι χρήσιμο να υπάρχει καταρχήν μια μελέτη, καταγραφή και εκτίμηση των φυσικών αποθεμάτων του είδους. Όμως, παρόλο που στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετές μελέτες στον Ατλαντικό, τη Βόρεια Ευρώπη και την ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου (Fenaux, 1968: Crapp & Willis, 1975: Byrne, 1990: Lozano *et al.*, 1995: Fernandez & Boudouresque, 1997: Sanchez – Espana *et al.*, 2004: Sellem & Guillou, 2007), εντούτοις στις ελληνικές θάλασσες και ειδικότερα στο Κεντρικό Αιγαίο, αυτές είναι περιορισμένες (Pancucci, 1996: Portocali *et al.*, 1996: Οικονομίδης, 2003: Σαραντίδης, 2003: ΕΘΙΑΓΕ, 2005: Παπαγεωργίου, 2006: Antoniadou *et al.*, 2007).

1.1 Αντικείμενο και στόχοι της έρευνας

Στην παρούσα διατριβή, αντικείμενο μελέτης ήταν ο κοινός αχινός (*Paracentrotus lividus*, Lamarck, 1816) (Echinodermata: Echinoidea) με πεδίο έρευνας ο Παγασητικός κόλπος και τα νησιά των Β. Σποράδων (Σκιάθος και Αλόνησος).

Οι στόχοι της έρευνας ήταν α) Να καταγραφεί η αφθονία των πληθυσμών του αχινού στην περιοχή, β) να μελετηθεί η χωροδιάταξή του, γ) να εξεταστεί η



δομή των πληθυσμών και να αναζητηθούν οι τυχόν διαφορές μεταξύ τους και δ) να γίνει περιγραφή του κύκλου ζωής και της αναπαραγωγής του είδους.

Τα αποτελέσματα που θα προκύψουν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για την κατάσταση του αποθέματος του *P. lividus* στην περιοχή του Κεντρικού Αιγαίου σε μία προσπάθεια καταγραφής και κατανόησης της δυναμικής των πληθυσμών και του βιολογικού κύκλου του είδους στην περιοχή. Ακόμα, μπορεί να δώσουν πληροφορίες που ενδεχομένως να βοηθήσουν στη διαχείριση και τη διατήρηση αυτού του σημαντικού για τη φύση αλλά και εμπορεύσιμου θαλάσσιου ασπόνδυλου.

1.2 Το είδος *Paracentrotus lividus*

Ο κοινός αχινός (*Paracentrotus lividus*, Lamarck, 1816), είναι από τα πιο γνωστά είδη Εχινοειδών της Μεσογείου (Lozano *et al.*, 1995: Boudouresque & Verlaque, 2001). Η συστηματική κατάταξη του σύμφωνα με τις 7 βασικές ταξινομικές κατηγορίες περιγράφεται στον Πίνακα 1.1.

Πίνακας 1.1. Συστηματική κατάταξη του αχινού (τροποποίηση από *Integrated Taxonomic Information System, ITIS, 2008*)

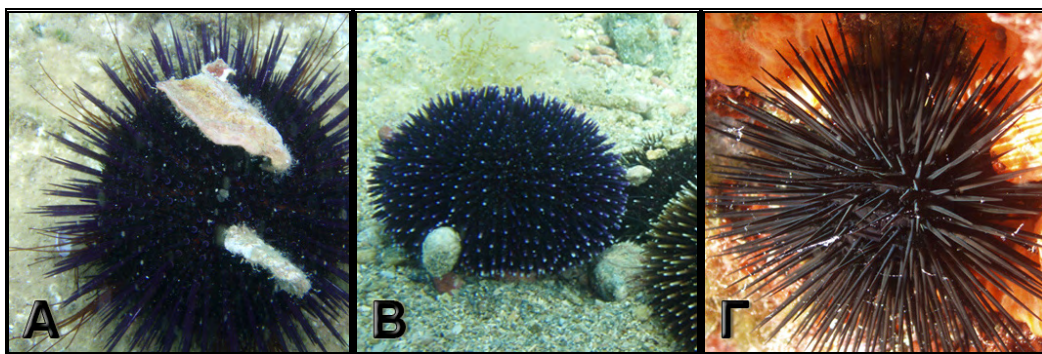
Βασίλειο	Animalia		Kingdom
Φύλο	Echinodermata (Klein, 1734)	Εχινόδερμα	Phylum
Κλάση	Echinoidea (Leske, 1778)	Εχινοειδή	Class
Τάξη	Echinoidea (Claus, 1876)		Order
Οικογένεια	Echinidae (Gray, 1825)		Family
Γένος	<i>Paracentrotus</i>		Genus
Είδος	<i>Paracentrotus lividus</i> (Lamarck, 1816)		Species

Είναι πάρα πολύ κοινός στις ελληνικές θάλασσες και μαζί με τους αχινούς *Arbacia lixula* και *Sphaerechinus granularis* (Εικ. 1.1), απαντά σχεδόν



σε ολόκληρη τη μεσογειακή παραλιακή και υποπαραλιακή ζώνη. Τα εχινοειδή αυτά θεωρείται ότι ασκούν σημαντική επίδραση στη διαμόρφωση και την εξέλιξη των βενθικών κοινωνιών (Pancucci, 1996) και αποτελούν καθοριστικό παράγοντα για την αφθονία και την εξάπλωση των φυτών στα θαλάσσια αβαθή περιβάλλοντα (Lawrence, 1975).

Εκτός από τη λεκάνη της Μεσογείου, ο *P. lividus* απαντάται και στον Ατλαντικό ωκεανό, από τα Κανάρια νησιά και τις ακτές του Μαρόκου (Duran *et al.*, 2004), τα Ισπανικά και Γαλλικά παράλια (Grosjean, 2001) μέχρι την Ιρλανδία και τη Σκωτία (Moylan *et al.*, 1998).



Εικόνα 1.1. Α. *Paracentrotus lividus* Β. *Sphaerechinus granularis* Γ. *Arbacia lixula*

Αν και είναι βενθικός οργανισμός που προτιμά τα σκληρά υποστρώματα της παραλιακής ζώνης και τα λιβάδια Ποσειδωνίας (*Posidonia oceanica*) (Fernandez, 1996), εντούτοις, έχει βρεθεί και σε βάθος 80 m (Tortonese, 1965) ενώ στην Αδριατική αναφέρεται μεταξύ 1 και 6 m με μέγιστο βάθος τα 32 m (Zavodnik, 1987).

Ως εδωδιμο είδος, ο αχινός παρουσιάζει παγκοσμίως έντονο οικονομικό ενδιαφέρον, αφού οι γονάδες του αποτελούν είδος πολυτελείας σε Ασία και



Νότια Ευρώπη όπου και καταναλώνονται ωμές ή μαγειρεμένες, πετυχαίνοντας ιδιαίτερα ψηλές τιμές (Turon *et al.*, 1995: Grosjean *et al.*, 1998: Palacin *et al.*, 1998: Lawrence, 2001). Ο κύριος αποδέκτης των αλιευμάτων του αχινού είναι η Ιαπωνική αγορά, ενώ σημαντική είναι και η κατανάλωση στη Γαλλία (Fernandez, 1996).

Η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση, για την ικανοποίηση της αγοράς, έχει οδηγήσει στη βαθμιαία μείωση των αλιευτικών αποθεμάτων του είδους αλλά και άλλων εδώδιμων ειδών, σε παγκόσμια και σε τοπική κλίμακα. Χαρακτηριστικά, η μέγιστη παραγωγή στην αλιεία του αχινού, κορυφώθηκε πριν από 20 σχεδόν χρόνια στην Ευρώπη και πριν από 10 περίπου χρόνια στις ΗΠΑ (Robinson *et al.*, 1999) και από τότε παρατηρείται μια συνεχής πτώση στις ποσότητες που συλλέγουν οι κυρίαρχες παραγωγικά χώρες (Keesing & Hall, 1998)

Ειδικότερα, στη λεκάνη της Μεσογείου η κατάσταση ποικίλει. Στις ακτές της Γαλλίας η έντονη αλίευση του είδους οδήγησε στην εξάντληση των φυσικών αποθεμάτων (Walker & Lesser, 1997), ενώ στην Ελλάδα και τις ακτές της Β. Αφρικής έχει υποστεί πολύ λιγότερη επίδραση από την ανθρώπινη εκμετάλλευση (Sellem & Guillou, 2007).

Η συνεχής μείωση των αλιευτικών αποθεμάτων του αχινού λόγω της έντονης εκμετάλλευσής του, οδήγησε στη λήψη μέτρων για τη διατήρηση και την προστασία του. Έτσι, έχουν θεσπιστεί νομικά πλαίσια με στόχο να περιοριστούν οι ποσότητες των αλιευμάτων όσο και η έκταση των αλιευτικών πεδίων, ώστε να είναι εφικτή η φυσική ανάκαμψη των πληθυσμών από το απόθεμα ή μέσα από τη μετανάστευση (San Martin, 1987: Botsford *et al.*, 1999: Yokota *et al.*, 2002), ενώ παρουσιάζεται και έντονο ενδιαφέρον για την



ανάπτυξη της αχينوκαλλιέργειας (Cellario & Fenaux, 1990: Fernadhez, 1996: Hagen, 1996: Keesing & Hall, 1998: Spirlet *et al.*, 2000, 2001)

Ο *P. lividus*, παρουσιάζει και έντονο οικολογικό ενδιαφέρον, διότι θεωρείται το πιο σημαντικό βενθικό φυτοφάγο είδος στη Μεσόγειο (Kempf, 1962: Verlaque, 1987). Υπάρχουν άλλωστε αναφορές για την καταστροφή ολόκληρων φυτοκοινωνιών από την υπερβόσκηση αχινών και μετατροπή λειβαδιών από μακροφύκη σε άγονες εκτάσεις, με αντίστοιχη επίδραση στη βιοποικιλότητα (Verlaque, 1987: Sala *et al.*, 1998b: Boudouresque & Verlaque, 2001: Hereu *et al.*, 2004).

Εξίσου, σημαντικό είναι το επιστημονικό ενδιαφέρον που προσδίδει στον αχινό η δυνατότητα χρήσης του ως βιολογικού δείκτη χημικής και μικροβιακής ρύπανσης του νερού της θάλασσας, αφού απαντάται σε ρυπασμένες και μη περιοχές και οι μικροβιακές του συγκεντρώσεις, θεωρούνται αντιπροσωπευτικές της μικροβιολογικής ποιότητας του νερού (Dinnel *et al.*, 1987,1988: Portocali *et al.*, 1996).



1.3 Βιολογία του *Paracentrotus lividus*

1.3.1 Εξωτερική Μορφολογία

Το σώμα του αχινού είναι σφαιρικό, νωτοκοιλιακά πεπλατυσμένο και περικλείεται μέσα σε ένα σκελετό ασβεστολιθικής σύστασης και μεσοδερμικής προέλευσης. Ο σκελετός είναι ασυνεχής, αποτελείται από συνενωμένα πλακίδια, άλλα με οπές (διάτρητα), άλλα δίχως οπές (αδιάτρητα) και φέρει αρθρωτές κινούμενες άκανθες που αποτελούνται από μονοκρυσταλλικό ασβεστίτη και συγκρατούνται στη θέση τους με οργανικής σύστασης ιστό, ο οποίος μετά το θάνατο του ζώου καταστρέφεται και οι άκανθες αποσπώνται.

Ο εξωτερικός χρωματισμός του αχινού, οφείλεται στην επιδερμίδα που καλύπτει το σκελετό του και προσδίδει μία ποικιλία χρωμάτων. Τα πιο συνηθισμένα είναι μωβ, κόκκινο-καφέ, πράσινο και μαύρο (Εικ. 1.2). Οι διαφορετικές αποχρώσεις του είδους δεν έχουν ταξινομική σημασία αλλά μόνο εμπορική.



Εικόνα 1.2. Διαφορετικοί χρωματισμοί του αχινού *Paracentrotus lividus*

Το κέλυφος αποτελείται από 10 επιμήκεις εναλλασσόμενες ομάδες πλακιδίων, ανά δύο όμοιες. Οι πέντε ομάδες αποτελούνται από διάτρητα πλακίδια και ονομάζονται υδροφορικά πεδία (*ambulacrum*), ενώ οι άλλες πέντε

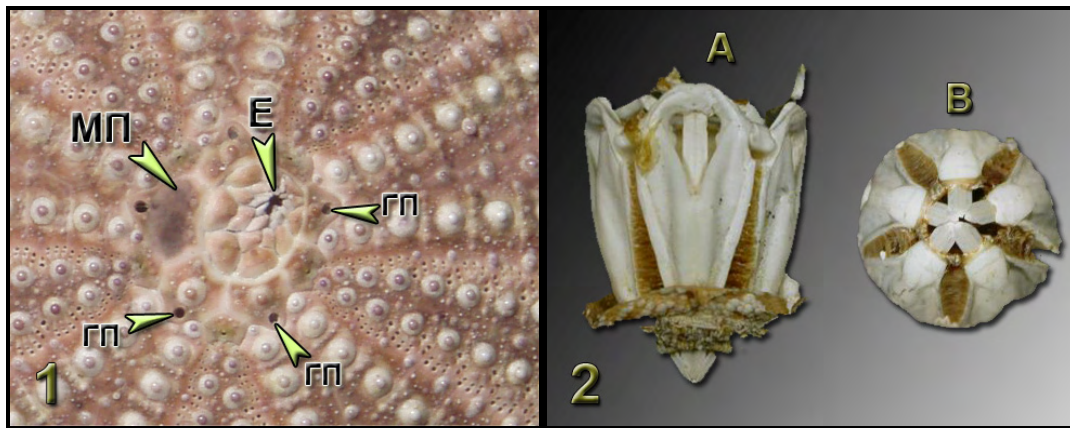


ομάδες αποτελούνται από αδιάτρητα πλακίδια και ονομάζονται μεσοϋδροφορικά πεδία (interambulacrum). Η εναλλαγή των ομάδων αυτών, δίνει τη χαρακτηριστική ακτινωτή συμμετρία στον αχινό, συμμετρία που διατηρεί και στο εσωτερικό του, όπως και τα περισσότερα εχινοειδή.

Στην κορυφή του κελύφους βρίσκεται η έδρα, η οποία και περιβάλλεται από μία πλάκα, την περιεδρική, το σχήμα της οποίας αποτελεί ταξινομικό χαρακτήρα. Επίσης, περιφερειακά της περιεδρικής πλάκας, εντοπίζεται μια ομάδα πλακιδίων απ' όπου ξεκινά η ακτινωτή διάταξη των υδροφορικών πεδίων. Πέντε από τα πλακίδια αυτά φέρουν γεννητικούς πόρους και ονομάζονται γεννητικά, ενώ το ένα έχει μετατραπεί σε ηθμοειδή πλάκα, τη μαδρεπορική πλάκα, (Εικ. 1.3.1) η οποία αποτελεί την είσοδο του υδροφορικού συστήματος, πολύ σημαντικού χαρακτηριστικού των εχινοδέρμων.

Στην κάτω πλευρά του κελύφους, υπάρχει η στοματική περιοχή η οποία καλύπτεται από ένα μαλακό μυώδη ιστό, την περιστοματική μεμβράνη. Ο ιστός αυτός είναι το μόνο μαλακό σημείο στην εξωτερική επιφάνεια του αχινού και συνήθως αποτελεί το στόχο των θηρευτών του. Η εύκαμπτη αυτή επιφάνεια περιβάλλει και βοηθά τη λειτουργία της μασητικής συσκευής του αχινού, το Λύχνο του Αριστοτέλη (Εικ. 1.3.2), που πήρε το όνομά της από τον Έλληνα Φιλόσοφο, ο οποίος πρώτος την περιέγραψε με μεγάλη επιστημονική ακρίβεια, τον 4^ο αιώνα π.Χ. στο σύγγραμμά του «Ιστορία των Ζώων». Είναι μία πολύπλοκη κατασκευή η οποία αποτελείται από πολλά ασβεστολιθικά τμήματα τα οποία σχηματίζουν 5 ακτινωτά (συμμετρικά) διαταγμένες σιαγόνες με ισάριθμα επιμήκη ασβεστολιθικά δόντια.





Εικόνα 1.3. (1) Η κορυφή του κελύφους του αχινού. Διακρίνονται η έδρα *E*, η μαδρεπορική πλάκα *ΜΠ* και οι γονοπόροι *ΓΠ* (2) Ο λύχνος του Αριστοτέλη, (*A*) σε πλάγια όψη και (*B*) σε κάτοψη

1.3.2 Υδροφορικό σύστημα

Το υδροφορικό σύστημα σχετίζεται άμεσα με πάρα πολλές πτυχές της βιολογίας όλων των εχινόδερμων. Πρόκειται για ένα υδραυλικό δίκτυο από αγωγούς, οι οποίοι κατανέμονται στο εσωτερικό του σώματος και είναι υπεύθυνο για την κίνηση των ποδίσκων. Η αρχή της λειτουργίας του βασίζεται στη διαχείριση του θαλασσινού νερού ως μέσο για να μεταβάλλει την πίεση μέσα στο σύστημα των αγωγών και έτσι να πετυχαίνει την υδραυλική κίνηση των ποδίσκων.

Η είσοδος του θαλασσινού νερού στο σύστημα πραγματοποιείται από τη μαδρεπορική πλάκα και μέσα από έναν κάθετο αγωγό, καταλήγει στη βάση του κελύφους, σε ένα κυκλικό αγωγό (ring canal) που περιβάλλει τη μασητική συσκευή (λύχνος του Αριστοτέλη). Από αυτό το «δαχτυλίδι» ξεκινούν πέντε αγωγοί που καταλήγουν ο καθένας σε ένα από τα ισάριθμα υδροφορικά πεδία (ambulacrum). Οι ποδίσκοι, ξεκινούν από τα υδροφορικά πεδία και εκβάλλουν στο εξωτερικό περιβάλλον του αχινού μέσα από τις οπές που υπάρχουν στο



σκελετό του και εξυπηρετούν μια σειρά από λειτουργίες, όπως αισθητήριο όργανο, προσκόλληση στο υπόστρωμα, κίνηση, σύλληψη και μεταφορά της τροφής και εναλλαγή αερίων.

Να σημειωθεί ότι το υγρό που κυκλοφορεί μέσα στο υδροφορικό δίκτυο δεν είναι καθαρό θαλασσινό νερό. Περιέχει πολλά οργανικά μόρια (π.χ. πρωτεΐνες) και μια σχετικά μεγάλη συγκέντρωση ιόντων K^+ . Αυτός είναι και ο λόγος που πολλοί αμφισβήτησαν ότι τελικά εισέρχεται θαλασσινό νερό από τη μαδρεπορική πλάκα. Παρόλα αυτά, με τη χρήση ραδιενεργών δεικτών ο Ferguson (1984) έδειξε ότι πράγματι το θαλασσινό νερό εισέρχεται στο υδροφορικό σύστημα μέσω της μαδρεπορικής πλάκας.

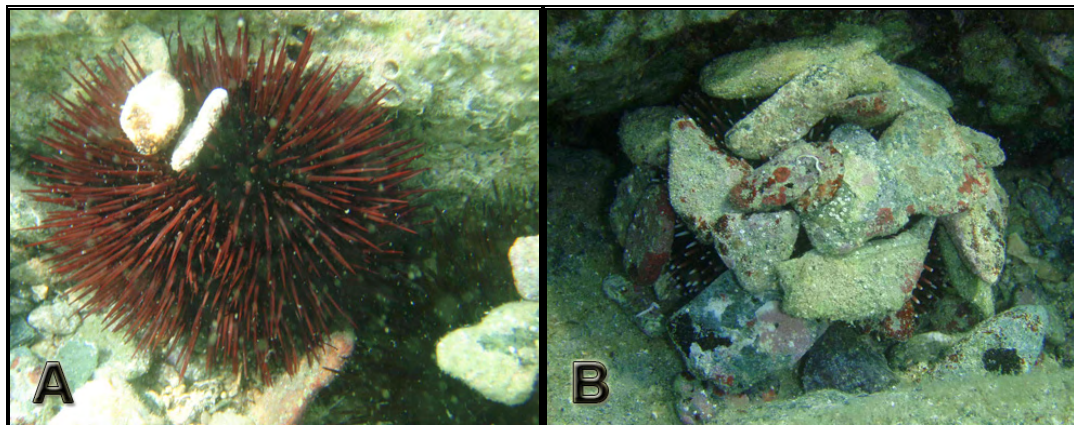
1.3.3 Κίνηση και συμπεριφορά

Ο αχινός μπορεί να φαίνεται ακίνητο ζώο αλλά στην πραγματικότητα κινείται και μάλιστα μπορεί να διανύσει σημαντικές αποστάσεις εντός της οικοθέσης του (Hereu B., 2005). Οι κινήσεις του είναι αργές και είναι το αποτέλεσμα μιας συνδυασμένης κίνησης των ποδίσκων και των ακάνθων της κοιλιακής επιφάνειας. Από τις σημαντικότερες αιτίες μετακίνησης είναι η διαθεσιμότητα και αναζήτηση της τροφής (Mattison *et al.*, 1977: Andrew & Stocker, 1986) και λιγότερο η επίδραση των θηρευτών (Barnes & Crook, 2001).

Από τα πιο χαρακτηριστικά φαινόμενα της συμπεριφοράς του *P. lividus* αλλά και πολλών άλλων εχινοειδών, είναι αυτό της κάλυψης (covering behavior) (Dix, 1970: Amsler *et al.*, 1999: Adams 2001). Πρόκειται για το αποτέλεσμα μιας ακόμα δράσης των ποδίσκων, οι οποίοι συλλέγουν αντικείμενα από το περιβάλλον του αχινού, όπως πέτρες και όστρακα και κατόπιν, τα τοποθετούν



και τα συγκρατούν πάνω στο κέλυφος του (Millot, 1956) (Εικ. 1.4). Παρόλο που η συμπεριφορά αυτή αποτελεί σχεδόν τον κανόνα για τους πληθυσμούς του *P. lividus*, εντούτοις η λειτουργική σημασία αυτής, παραμένει ακόμα αντικείμενο έντονης αναζήτησης. Οι επικρατέστερες θεωρίες το εξηγούν ως (i) τρόπο διατήρησης στο υπόστρωμα λόγω της αύξησης της μάζας του σώματος (Millot, 1975), (ii) αποφυγή της ξήρανσης του δέρματος από τις ακραίες θερμοκρασίες ή τη φωτεινή ακτινοβολία (Sharp & Gray, 1962) και (iii) απόκρυψη (camouflage) από τους θηρευτές (Milligan, 1915). Πάντως, η συμπεριφορά αυτή δεν φαίνεται να αποτελεί χαρακτηριστικό μόνο κάποιου φύλου αλλά υιοθετείται από τυχαία άτομα μέσα στον πληθυσμό (Crook, 2003).



Εικόνα 1.4. (A) Αχινός *Paracentrotus lividus* που έχει ξεκινήσει να καλύπτεται (B) Πλήρης κάλυψη από τον αχινό *Sphaerechinus granularis*. (Φωτογραφίες στο φυσικό τους ενδιαίτημα, Άγιος Στέφανος, Βόλος, βάθος 2,5m)

1.3.4 Διατροφή και Πέψη

Ο αχινός *P. lividus* είναι κατά κανόνα φυτοφάγος (Verlaque, 1987) αν και υπό ορισμένες συνθήκες μπορεί να μετατραπεί σε παμφάγο (Fernandez & Caltagirone 1998). Ο τρόπος διατροφής χαρακτηρίζεται ως βοσκητικός (grazing) και πραγματοποιείται ουσιαστικά από την πολύπλοκη μασητική



συσκευή που διαθέτει, το Λύχνο του Αριστοτέλη, την οποία χρησιμοποιεί για να κόβει την τροφή του στο κατάλληλο μέγεθος για κατάποση ή να «ξύνει» το σκληρό υπόστρωμα για φυτικά (ενίοτε και ζωικά) υπολείμματα.

Το πεπτικό σύστημα του αχινού είναι ουσιαστικά ένας απλός πεπτικός σωλήνας, που ξεκινά από το στόμα και καταλήγει στην έδρα. Μπορεί να χωριστεί σε τρία επιμέρους τμήματα. Το πρώτο τμήμα, περιλαμβάνει το φάρυγγα και τον οισοφάγο και εξέρχεται ακριβώς από το κέντρο του λύχνου. Συνεχίζοντας, ο πεπτικός σωλήνας αυξάνει σε μέγεθος διατομής και ουσιαστικά οριοθετεί το δεύτερο τμήμα, το στομάχι. Εδώ παράγονται τα πεπτικά ένζυμα και γίνεται η διάσπαση των τροφών. Το τρίτο κομμάτι του πεπτικού, περιλαμβάνει ένα μικρό μέρος του στομάχου και το έντερο, το οποίο είναι στενότερο από το στομάχι και οδηγεί στην έδρα. Το έντερο, στα κύτταρα του οποίου υπάρχουν πολλά μιτοχόνδρια, πραγματοποιείται ουσιαστικά η απορρόφηση των απαραίτητων θρεπτικών συστατικών των τροφών (Jangoux, 1982)

1.3.5 Αναπαραγωγή

Όπως σχεδόν όλα τα Εχινοειδή, ο αχινός είναι είδος γονοχωριστικό, έχει δηλαδή ξεχωριστά αρσενικά και θηλυκά άτομα, υπάρχουν όμως και αναφορές για περιπτώσεις ερμαφρόδιτων ατόμων, αλλά είναι εξαιρετικά σπάνιες (Allain, 1975: Byrne, 1990: Gago *et al.*, 2003).

Το αναπαραγωγικό σύστημα του αχινού, είναι εξίσου απλό. Αποτελείται ουσιαστικά από 5 γονάδες οι οποίες επικοινωνούν με το περιβάλλον μέσω αγωγών που οδηγούν στους γονοπόρους, οι οποίοι βρίσκονται περιμετρικά της έδρας (Εικ. 1.3.1).



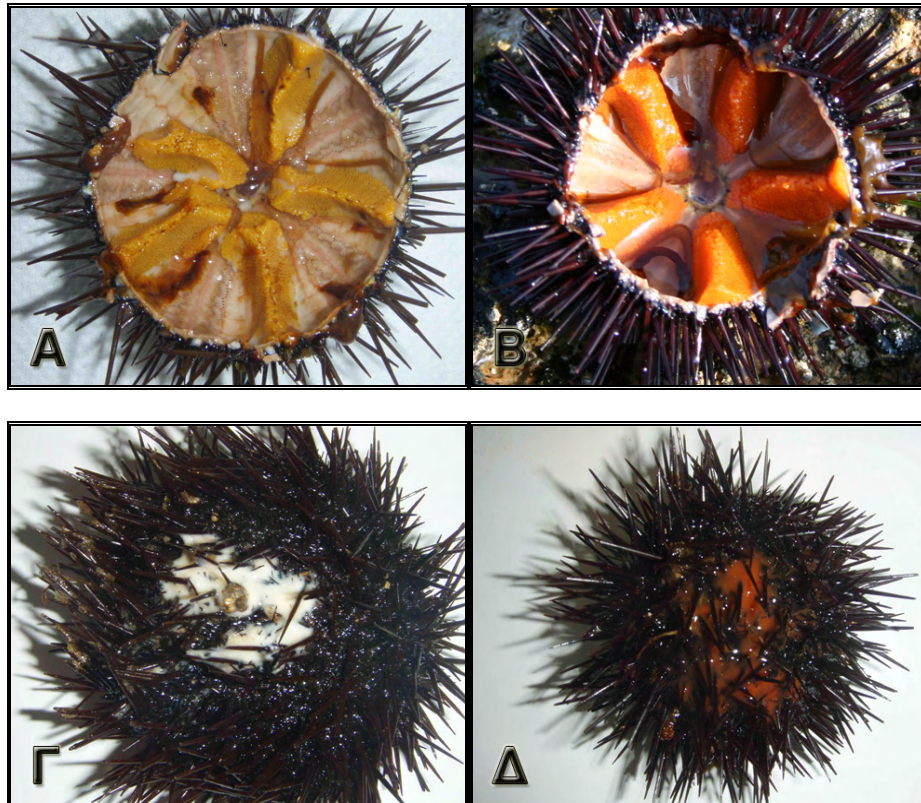
Δεν υπάρχει σαφής φυλετικός διμορφισμός με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατός ο διαχωρισμός των φύλων εξωτερικά. Το κυριότερο χαρακτηριστικό που διαχωρίζει τα δύο φύλα είναι το χρώμα των γονάδων και κατ' επέκταση το χρώμα του γεννητικού εκκρίματος (Εικ. 1.5). Έτσι, στα αρσενικά άτομα οι γονάδες παρουσιάζουν ένα φαιοκίτρινο χρωματισμό με χαρακτηριστικό άσπρο γεννητικό έκκριμα ενώ τα θηλυκά, έχουν έντονο πορτοκαλί-κόκκινο χρώμα γονάδων με παρόμοιο γεννητικό έκκριμα (Gago *et al.*, 2003). Ο χρωματισμός των γονάδων στα εχινοειδή είναι αποτέλεσμα της αφομοίωσης και μετατροπής των καροτενοειδών που απορροφούν από τις τροφές (Shrigel *et al.*, 2004).

Ο όγκος των γονάδων μεταβάλλεται ανάλογα με το στάδιο του κύκλου αναπαραγωγής. Έτσι, στην αρχή, οι γονάδες αυξάνουν σε όγκο, αφού τα σωματικά κύτταρα αποθηκεύουν θρεπτικά συστατικά τα οποία καταναλώνουν αργότερα τα γεννητικά κύτταρα, για να αναπτυχθούν και να ωριμάσουν. Όταν οι συνθήκες είναι κατάλληλες, οι γονάδες αδειάζουν το περιεχόμενό τους στο περιβάλλον και ο κύκλος ξαναρχίζει.

Διάφορες μελέτες έχουν καταλήξει ότι ο αχινός έχει μία περίοδο αναπαραγωγής, την άνοιξη (Byrne, 1990: Lozano *et al.*, 1995: Spirlet *et al.*, 1998: Bayed *et al.*, 2005) ή δύο, άνοιξη και φθινόπωρο (Fenaux, 1968: Crapp & Willis, 1975: Fernandez, 1996: Guetaff *et al.*, 2000)

Η γονιμοποίηση των αυγών πραγματοποιείται στην υδάτινη στήλη και οι λάρβες που προκύπτουν είναι πλαγκτονικοί οργανισμοί που δεν ομοιάζουν καθόλου με τα ενήλικα (Εικ. 1.6.A). Το προνυμφικό στάδιο διαρκεί λίγες εβδομάδες κατά τη διάρκεια των οποίων οι προνύμφες αναπτύσσουν 4,6 και 8 άκρα (Grosjean, 2001).

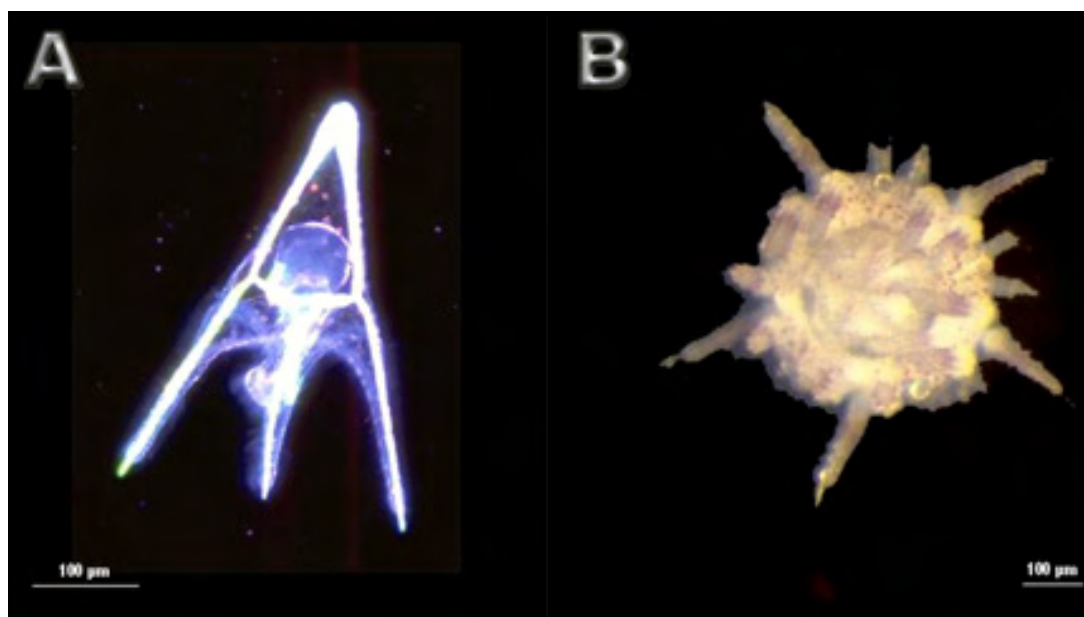




Εικόνα 1.5. Χαρακτηριστικά διαχωρισμού των φύλων σε άτομα του αχινού. **Α.** Αρσενικό άτομο με χαρακτηριστικό το φαιοκίτρινο χρώμα των γονάδων **Β.** Θηλυκό άτομο με κόκκινο-πορτοκαλί χρώμα γονάδες. **Γ.** γεννητικό έκκριμα αρσενικού **Δ.** γεννητικό έκκριμα θηλυκού

Στο τέλος αυτής της περιόδου, η προνύμφη αναζητά σκληρό υπόστρωμα όπου προσκολλάται και λαμβάνει χώρα μια μεταμόρφωση η οποία διαρκεί λιγότερο από μία ώρα. Η προνύμφη αλλάζει μορφή και παίρνει το χαρακτηριστικό σχήμα του ενηλίκου αλλά σε πολύ μικρές διαστάσεις (Εικ. 1.6.B), ενώ απουσιάζουν το στόμα και η έδρα (Gosselin & Jangoux, 1996). Η ανάπτυξη ολοκληρώνεται σε μία βδομάδα, οπότε το νεαρό άτομο αναπτύσσει πλήρως το πεπτικό σύστημα και ξεκινά τη φυσιολογική διατροφή.





Εικόνα 1.6. (A) Πλαγκτονική λάρβα (*Echinopluteus*) (B) αμέσως μετά τη μεταμόρφωση (τροποποίηση από *Grosjean, 2001*)

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Δειγματοληψίες

Το σχέδιο των δειγματοληψιών περιελάμβανε αρχικά την επισκόπηση περιοχών κατά μήκος της ακτογραμμής του Παγασητικού κόλπου. Η επισκόπηση αυτή πραγματοποιήθηκε με αυτόνομη και ελεύθερη κατάδυση, στη διάρκεια της οποίας γινόταν παρατήρηση και φωτογράφιση του πυθμένα. Βασικός στόχος της δραστηριότητας αυτής ήταν η επιλογή των κατάλληλων τοποθεσιών (πρόσβαση, παρουσία αχινών, ασφάλεια κατάδυσης) ως σταθμών δειγματοληψίας για τη μελέτη. Επειδή δεν υπήρχε αντίστοιχη δυνατότητα για τα νησιά Σκιάθο και Αλόνησο, η επιλογή των αντίστοιχων σταθμών, έγινε κατόπιν υπόδειξης από τους τοπικούς φορείς (Λιμενικό, ντόπιοι ψαράδες, εργαζόμενοι στο Φορέα Διαχείρισης Εθνικού Θαλάσσιου Πάρκου Αλοννήσου).

Τελικά, από τα στοιχεία που προέκυψαν από τις προκαταρκτικές επισκοπήσεις, ορίστηκαν πέντε σταθμοί, περιμετρικά του Παγασητικού κόλπου και από ένας σταθμός στα νησιά των Β. Σποράδων, Σκιάθο και Αλόνησο.

Πραγματοποιήθηκαν δύο σειρές εποχικών δειγματοληψιών. Η πρώτη (Α) ολοκληρώθηκε για όλους τους σταθμούς μέσα στο διάστημα από 4/5/2007 μέχρι 8/6/2007, ενώ η δεύτερη (Β) στο διάστημα μεταξύ 8/9/2007 και 24/11/2007. Οι θέσεις των σταθμών δειγματοληψίας φαίνονται στο χάρτη της ευρύτερης περιοχής (Εικ. 2.1), ενώ η ονομασία, το στίγμα της κάθε τοποθεσίας και η ημερομηνία της δειγματοληψίας φαίνονται στον Πίνακα 2.1.

Η επιλογή των δύο περιόδων έγινε για να ελεγχθεί αν στην περιοχή μελέτης ο αχινός έχει μία ή δύο περιόδους αναπαραγωγής όπως προκύπτει



από τη βιβλιογραφία για άλλες περιοχές της Μεσογείου και του Ατλαντικού.

Όλες οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν με αυτόνομη κατάδυση (SCUBA) και σε κάθε μία γινόταν *in situ* τα ακόλουθα:

- I. Μέτρηση αβιοτικών παραμέτρων (pH, θερμοκρασία νερού, συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου, αλατότητα και αγωγιμότητα του νερού).
- II. Καταμέτρηση του αριθμού των ατόμων για την εκτίμηση της πληθυσμιακής πυκνότητας και του προτύπου χωροδιάταξης, μέσω της μεθόδου των τυχαία τοποθετημένων πλαισίων (quadrant plots)
- III. Συλλογή 40 ατόμων από τον πληθυσμό

Οι μετρήσεις των φυσικών παραμέτρων της υδάτινης στήλης (pH, θερμοκρασία νερού, συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου, αλατότητα και αγωγιμότητα του νερού) πραγματοποιήθηκαν στο πεδίο, σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας με φορητές συσκευές μετρήσεων. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν τα όργανα LF 330 (για την αγωγιμότητα) και pH 330 (για το pH) της εταιρίας WTW και το οξυγονόμετρο HI 9143 της Hanna Instruments. Το μέγιστο βάθος και θερμοκρασία του νερού σε κάθε δειγματοληψία, προσδιορίστηκε από ειδικό καταδυτικό όργανο (dive wrist computer) και πιο συγκεκριμένα το μοντέλο D6 της εταιρίας SUUNTO. (Εικ. 2.2)



Πίνακας 2.1. Ονομασία και γεωγραφικό στίγμα (GPS) των σταθμών δειγματοληψίας

Σταθμός	Ονομασία	Στίγμα	Ημερομηνία Δειγματοληψίας
ST01	Άγιος Στέφανος	N 39° 17' 883" E 22° 56' 515"	A: 4/5/2007 B: 8/9/2007
ST02	Κάτω Γατζέα	N 39° 18' 457" E 23° 05' 869"	A: 10/5/2007 B: 13/10/2007
ST03	Αγχίαλος	N 39° 16' 871" E 22° 50' 125"	A: 17/5/2007 B: 6/10/2007
ST04	Καναπίτσα (Σκιάθος)	N 39° 08' 173" E 23° 27' 685"	A: 20/5/2007 B: 22/11/2007
ST05	Κυρά Παναγιά (Αλόνησος)	N 39° 19' 441" E 24° 05' 593"	A: 22/5/2007 B: 24/11/2007
ST06	Μηλίνα	N 39° 10' 814" E 23° 13' 185"	A: 1/6/2007 B: 9/9/2007
ST07	Νηές	N 39° 08' 204" E 22° 54' 754"	A: 8/6/2007 B: 7/10/2007

Εικόνα 2.1. Σταθμοί δειγματοληψίας του αχνού *P. lividus* στον Παγασητικό κόλπο και τα νησιά Σκιάθο και Αλόνησο



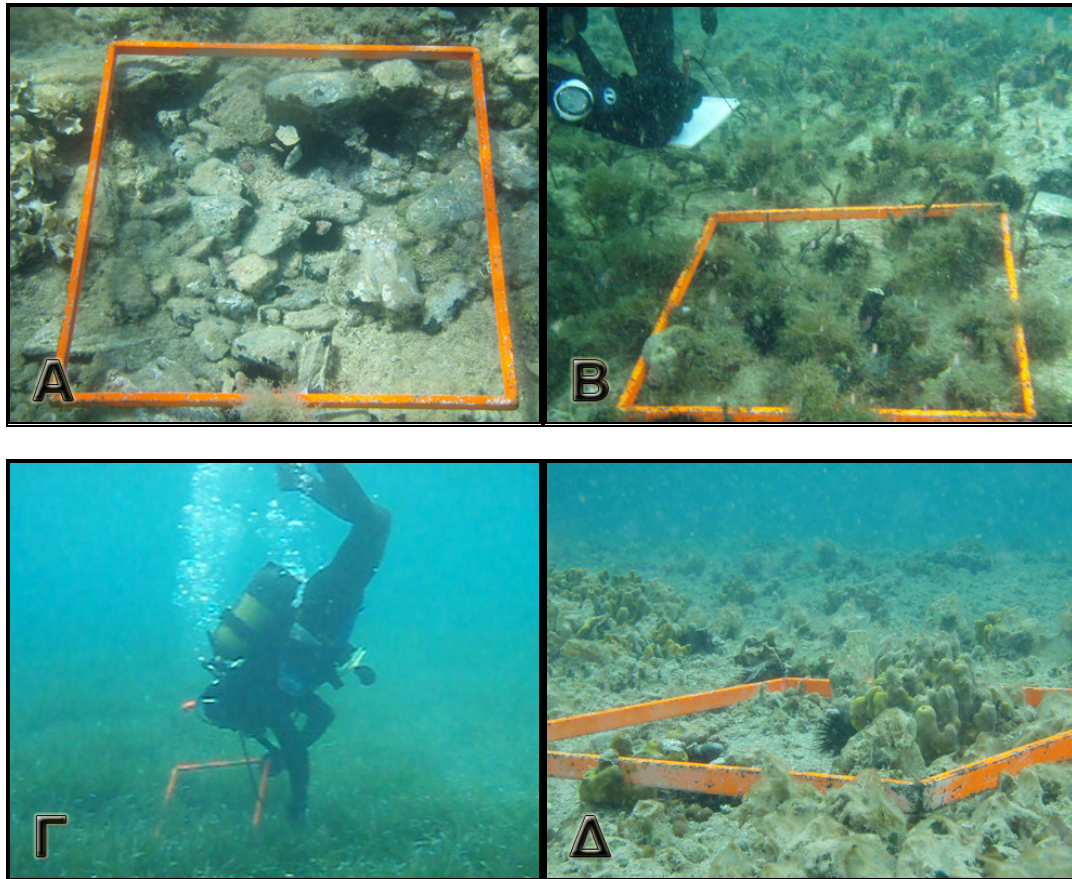
Εικόνα 2.2. Συσκευές μέτρησης των αβιοτικών παραμέτρων στο πεδίο (Α) Αγωγιμόμετρο, (Β) pH μετρο, (Γ) Οξυγονόμετρο, (Δ) καταδυτικό computer D6

2.2 Πυκνότητα πληθυσμού και χωροδιάταξη

Ο προσδιορισμός της πληθυσμιακής πυκνότητας και το πρότυπο χωροδιάταξης εκτιμήθηκαν μέσω της μεθόδου των τυχαία τοποθετημένων πλαισίων (Bakus, 1990) η οποία ενδείκνυται για την καταμέτρηση του αχινού *in-situ*, αφού είναι επιβενθικό είδος (Antoniadou *et al.*, 2006). Συγκεκριμένα, σε κάθε δειγματοληψία καταμετρήθηκε ο αριθμός των ατόμων που βρίσκονταν



εντός ενός μεταλλικού πλαισίου διαστάσεων 50x50 cm, τυχαία μετατοπισμένου σε 10 επαναλήψεις (Εικ. 2.3).



Εικόνα 2.3. Προσδιορισμός του προτύπου χωροδιάταξης και της πυκνότητας των πληθυσμών του αχινού με τη μέθοδο των τυχαία τοποθετημένων πλαισίων. (Α) ST03 Αγκιάλος, (Β) ST02 Κάτω Γατζέα, (Γ) ST04 Σκιάθος, (Δ) ST07 Νηές

Κατόπιν, έγινε αναγωγή στο τετραγωνικό μέτρο (άτομα/m²). Για την εκτίμηση της χωροταξικής κατανομής του είδους, χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης Morisita (I_{δ}) (Morisita, 1959), ο οποίος εκφράζεται από τον τύπο:

$$I_{\delta} = S \frac{\sum_{i=1}^S n_i (n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Όπου:

- n_i = Ο αριθμός ατόμων στο i δειγματοληπτικό πλαίσιο
- N = ο συνολικός αριθμός όλων των ατόμων
- S = ο συνολικός αριθμός πλαισίων

Σύμφωνα με τη θεωρία στην οποία στηρίζεται ο δείκτης του Morisita, η χωροταξική κατανομή ενός είδους θεωρείται (Elliot, 1977):

- Κανονική αν $I_{\delta} < 1$
- Τυχαία αν $I_{\delta} = 1$
- Συσσωματική αν $I_{\delta} > 1$

Όσο μεγαλύτερη της μονάδας είναι η τιμή του δείκτη I_{δ} , τόσο αυξάνεται η συσσωματική κατανομή των πληθυσμών.

Η χρήση του συγκεκριμένου δείκτη έχει το πλεονέκτημα της ανεξαρτησίας του από το μέγεθος του δείγματος και κατά συνέπεια θεωρείται ως ο καταλληλότερος για τον καθορισμό της χωροδιάταξης (Grassle *et al.*, 1975; Bakus, 1990).

Ο έλεγχος της απόκλισης της πραγματικής τιμής του δείκτη από την τυχειότητα ($I_{\delta}=1$) έγινε με το κριτήριο χ^2 (Elliot, 1977; Bakus, 1990; Antoniadou *et al.*, 2006). Η τιμή του χ^2 για κάθε περίπτωση υπολογίστηκε σύμφωνα με τον τύπο (Elliot, 1977; Dale *et al.*, 2002):

$$\chi^2 = \frac{s^2(n-1)}{\bar{x}}$$



Όπου:

- s^2 = η τιμή της διακύμανσης του πλήθους των ατόμων εντός των δειγματοληπτικών πλαισίων
- n = ο αριθμός των δειγματοληπτικών πλαισίων
- \bar{X} = μέση τιμή του πλήθους των ατόμων εντός των δειγματοληπτικών πλαισίων

2.3 Μορφομετρικές μετρήσεις

Από κάθε σταθμό και σε κάθε δειγματοληψία, συλλέχθηκαν 40 άτομα. Η μεταφορά τους στο Εργαστήριο Βενθικών Ασπόνδυλων του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος για τη μέτρηση των μορφομετρικών χαρακτηριστικών, έγινε σε κλειστό δοχείο σταθερού όγκου 35 lt (Εικ. 2.4.Δ) γεμάτο με θαλασσινό νερό και οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν εντός 6 h από τη δειγματοληψία, ώστε να διατηρηθούν όσο το δυνατόν πιο φρέσκα τα άτομα. Οι μορφομετρικοί χαρακτήρες που προσδιορίστηκαν ήταν οι εξής:

- I. Το μέγιστο σταθερό ύψος (L) του σώματος του αχινού, το οποίο περιγράφει την απόσταση του στόματος από την έδρα, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τα αγκάθια (Εικ. 2.4.A).
- II. Η μέγιστη διάμετρος του σώματος (D), η οποία περιγράφει τη διάμετρο του σώματος του αχινού στο σημείο που αυτή παίρνει τη μέγιστη τιμή της, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τα αγκάθια (Εικ. 2.4.B).

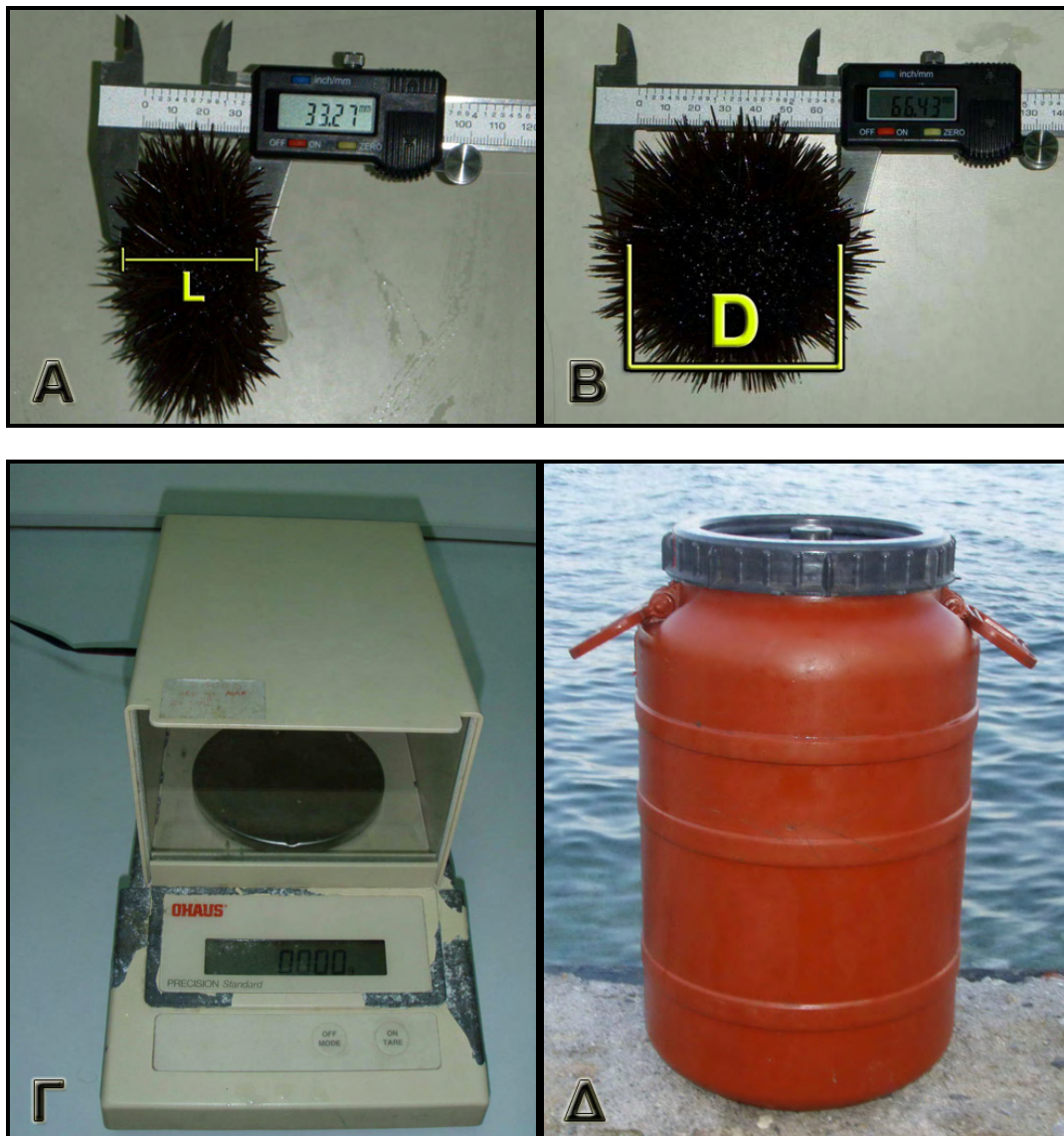


- III. Το ολικό νωπό βάρος (W_t) του ατόμου, το οποίο περιγράφει το βάρος του μόλις αυτό βγήκε από το δοχείο μεταφοράς.
- IV. Το καθαρό βάρος των γονάδων (W_g), το οποίο περιγράφει το συνολικό βάρος των 5 γονάδων του ατόμου μετά την τομή και τον καθαρισμό του κελύφους.
- V. Το καθαρό βάρος του κελύφους (W_c) το οποίο περιγράφει το βάρος του, αφού αφαιρεθούν οι γονάδες και τα εσωτερικά όργανα (ο λύχνος του Αριστοτέλη δεν αφαιρέθηκε).

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση ψηφιακού παχυμέτρου με ακρίβεια 0,01 mm (500-267U/CDL-20CP/Mitutoyo ABSolute digimatic Caliper) (Εικ. 2.4.A & 2.4.B.) και ηλεκτρονικό ζυγό με ακρίβεια 0,001g (OHAUS Precision TS 400D) (Εικ. 2.4.Γ).

Κατά την καταγραφή των μορφομετρικών χαρακτήρων, έγινε και η ταυτοποίηση του φύλου από την οπτική αναγνώριση του χρώματος των γονάδων και του γεννητικού εκκρίματος. Κατόπιν οι γονάδες από αρσενικά και θηλυκά άτομα, τοποθετήθηκαν σε αριθμημένα φιαλίδια που περιείχαν μονιμοποιητικό διάλυμα φορμαλδεΰδης προκειμένου να αποθηκευτούν και να διατηρηθούν μέχρι να πραγματοποιηθεί η διαδικασία της ιστολογικής μελέτης.





Εικόνα 2.4. (Α) Μέτρηση του ύψους L του αχινού με το ψηφιακό παχύμετρο ακριβείας, (Β) μέτρηση της μέγιστης διαμέτρου D, (Γ) ο ηλεκτρονικός ζυγός ακριβείας, (Δ) το δοχείο μεταφοράς από το πεδίο στο εργαστήριο

Οι μορφομετρικοί χαρακτήρες που προσδιορίστηκαν, είναι άμεσα συνδεδεμένοι μεταξύ τους και περιγράφουν τη σωματική ανάπτυξη του ατόμου και κατά προέκταση τη δυναμική των πληθυσμών του αχινού. Τα αποτελέσματα των βιομετρικών αυτών μετρήσεων, χρησιμοποιήθηκαν για να υπολογιστούν οι παρακάτω παράμετροι:

I. **Κλάσεις μεγέθους.** Για κάθε σταθμό και για κάθε δειγματοληψία οι πληθυσμοί κατατάχθηκαν με κριτήριο τη μέγιστη σταθερή διάμετρό τους (D) σε ομάδες των 5 mm (Οικονομίδης, 2003). Γενικά, στη μελέτη της μορφολογίας των αχινών, η διάμετρος των ατόμων αποτελεί ενδεικτικό στοιχείο για την ηλικία τους (Barnes & Crook, 2001) και για αυτό θεωρείται η κύρια παράμετρος για την παρακολούθηση της εξέλιξης ενός πληθυσμού (Pancucci, 1996).

II. **Αλλομετρικές σχέσεις.** Οι αλλομετρικές σχέσεις περιγράφουν τον τρόπο ανάπτυξης ενός οργανισμού, συσχετίζοντας την αύξηση ενός μορφομετρικού χαρακτήρα με την αύξηση κάποιου άλλου. Αυτή η αύξηση, μπορεί να είναι ανάλογη οπότε να υπάρχει κάποια συσχέτιση μεταξύ των χαρακτήρων ή να μην υπάρχει καθόλου συσχέτιση. Η εφαρμογή των μοντέλων της παλινδρόμησης μέσω γραμμικών ($y = bx + a$) ή εκθετικών ($y = ax^b$) εξισώσεων, καθορίζει εάν η σχέση μεταξύ δύο μορφομετρικών χαρακτήρων είναι *ισομετρική* (αρμονική αύξηση των δύο) ή *αλλομετρική* (η αύξηση του ενός μορφομετρικού χαρακτήρα δεν ακολουθείται από αντίστοιχη αύξηση του άλλου).

Για τον αχινό, αναζητήθηκε η σχέση μεταξύ της διαμέτρου (D) και του ύψους (L) και μεταξύ του ολικού βάρους (W_t) και της διαμέτρου (D), διότι αυτοί οι μορφομετρικοί χαρακτήρες ορίζουν ουσιαστικά και την ανάπτυξή του. Για την περιγραφή της σχέσης της σωματικής διαμέτρου (D) και του ύψους (L), χρησιμοποιήθηκε το γραμμικό μοντέλο, το οποίο αν και έδειξε αρκετά χαμηλή συσχέτιση, εντούτοις αυτή ήταν ισχυρότερη από το εκθετικό. Αντίθετα, για την περιγραφή της σχέσης της σωματικής διαμέτρου (D) και του



ολικού βάρους (W_i), χρησιμοποιήθηκε το εκθετικό μοντέλο διότι αυτό αποδίδει καλύτερα τη συσχέτιση μεταξύ των δύο αυτών μορφομετρικών χαρακτήρων.

III. **Γοναδοσωματικός δείκτης (GSI)**. Ο γοναδοσωματικός δείκτης περιγράφει την αναπαραγωγική κατάσταση των ατόμων του πληθυσμού και προκύπτει από το συσχετισμό του βάρους των γονάδων ως προς το υπόλοιπο σώμα του ατόμου και εκφράζεται σαν ποσοστό επί τοις εκατό (%). Υπάρχουν περιπτώσεις όπου το βάρος των γονάδων συσχετίζεται με τη μέγιστη διάμετρο του κελύφους (W_g/D) (Guetaff *et al.*, 2000; Bayed *et al.*, 2005), αλλά συνήθως, ο συσχετισμός γίνεται ως προς το ολικό βάρος του ατόμου (W_g/W_i). Ο τύπος που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή τη μελέτη για τον υπολογισμό του γοναδοσωματικού δείκτη, ήταν:

$$GSI = \frac{W_g}{W_t} \times 100$$

2.4 Ιστολογική Ανάλυση

Προκειμένου να διαπιστωθεί το στάδιο ωρίμανσης των ατόμων που συλλέχθηκαν, έγινε ποιοτική εκτίμηση της παρουσίας των διαφόρων σταδίων των γαμετών (ωοκύτταρα, σπερματοκύτταρα), μετά από χρώση των ιστολογικών παρασκευασμάτων των γονάδων που είχαν συντηρηθεί σε φορμαλδεΰδη και παρατήρηση στο μικροσκόπιο.



2.4.1 Τεχνική Χρώσης Ιστολογικών Παρασκευασμάτων

Η μέθοδος χρώσης που χρησιμοποιήθηκε ήταν η προοδευτική χρώση (progressive stain) Αιματοξυλίνης / Ηωσίνης (Lee, 1960: Brown, 2002). Με τη μέθοδο αυτή, η Αιματοξυλίνη βάφει τους πυρήνες με μπλε χρώμα, ενώ η Ηωσίνη βάφει το κυτταρόπλασμα και τα κυτταρικά συστατικά σε διάφορες αποχρώσεις του ροζ. Η μέθοδος απαρτίζεται από τα εξής στάδια:

A. Εγκλεισμός ιστών σε παραφίνη

Για τον επιτυχή εγκλεισμό του ιστού στην παραφίνη, πρέπει προηγουμένως να έχει αφαιρεθεί από τον ιστό όλη η ποσότητα του περιεχόμενου νερού. Έτσι τα δείγματα, αφού επισημάνθηκαν πέρασαν διαδοχικά από 3 διαλύματα αλκοόλης προκειμένου να αφυδατωθούν. Με το τέλος της διαδικασίας της αλκοολικής αφυδάτωσης, τα δείγματα πέρασαν από διάλυμα ξυλόλης προκειμένου να γίνει αντικατάσταση του υδατικού διαλύτη (αιθανόλη) με έναν οργανικό ώστε να είναι δυνατή η εμπότιση των ιστών με την παραφίνη.

Ο εμπότισμός πραγματοποιήθηκε μέσα σε κλίβανο (Εικ. 2.5.A) ο οποίος λειτουργούσε σαν «**θερμοστάτης**», ώστε η θερμοκρασία να παραμένει σταθερή, λίγο πάνω από το σημείο τήξεως της παραφίνης (~60 °C). Το σημείο τήξεως της παραφίνης έχει ιδιαίτερη σημασία και εξαρτάται από το κλίμα της περιοχής εργασίας. Σε εύκρατα κλίματα, όπως της Ελλάδας, καταλληλότερες θεωρούνται οι παραφίνες σημείου τήξεως 56 – 58 °C.



Ο εγκλεισμός των γονάδων σε παραφίνη έγινε μέσα σε καλούπια κατάλληλων διαστάσεων, στα οποία χυνόταν λιωμένη παραφίνη. Στη συνέχεια η παραφίνη ψυχόταν και στερεοποιούνταν, σταθεροποιώντας έτσι και τον ιστό που ήταν έτσι έτοιμος για κοπή.

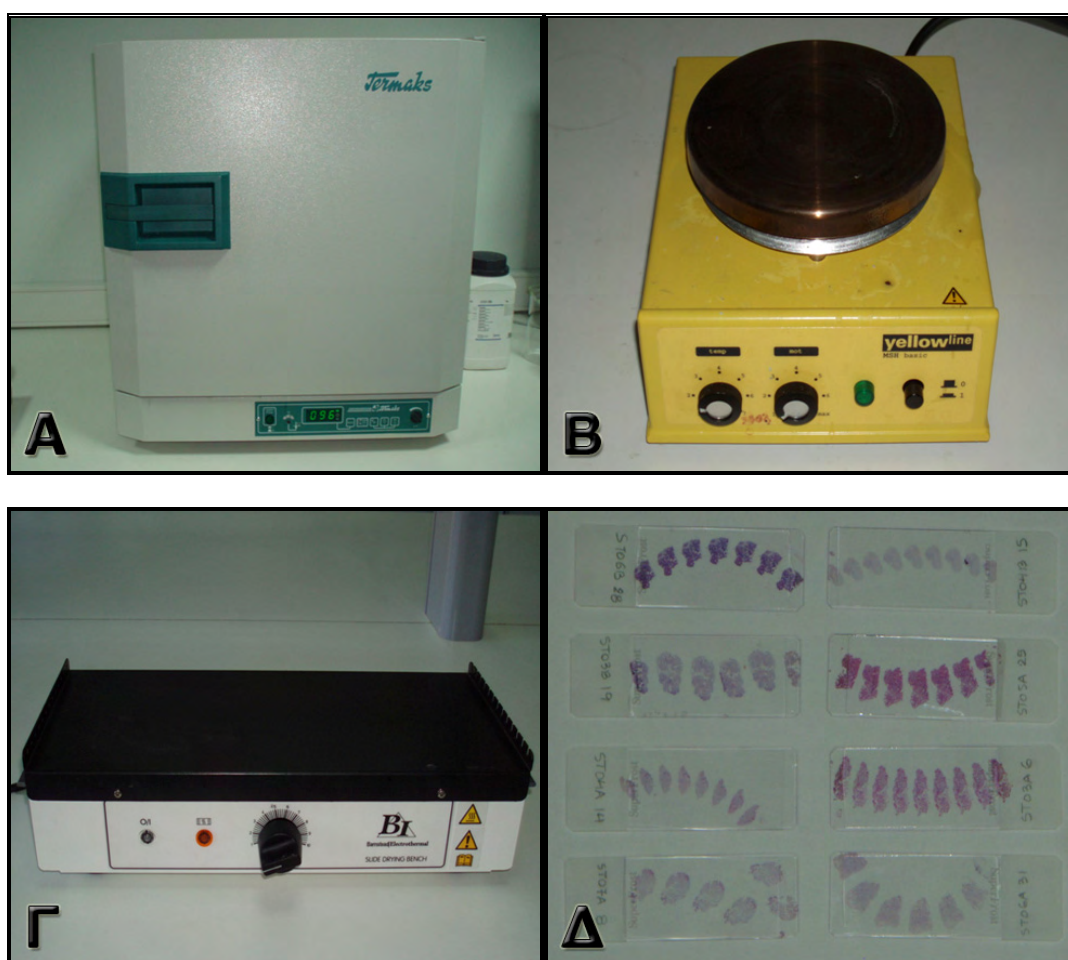
B. Κοπή των δειγμάτων

Η κοπή των δειγμάτων έγινε σε μικροτόμο, με πάχος τομής 7 μ m (Byrne, 1990: Spirlet *et al.*, 1998a). Μετά την κοπή, οι τομές τοποθετήθηκαν στην επιφάνεια νερού που διατηρούταν σε θερμοκρασία ~40°C με τη βοήθεια ενός θερμοαναδευτήρα (Εικ. 2.5.B), για να απλωθούν και στη συνέχεια συλλέχθησαν με αντικειμενοφόρους πλάκες, έτσι ώστε να απλωθούν στην επιφάνειά τους. Κατόπιν οι αντικειμενοφόροι τοποθετήθηκαν σε θερμαινόμενη πλάκα (Εικ. 2.5.Γ) για να στεγνώσουν.

Γ. Αποπαραφίνωση και χρώση

Με τη διαδικασία της αποπαραφίνωσης επιδιώκεται η απομάκρυνση της παραφίνης που είναι εμποτισμένη στη τομή, έτσι ώστε να είναι αποτελεσματική η χρώση. Για να επιτευχθεί αυτό, οι αντικειμενοφόροι πέρασαν από μία σειρά διαλυμάτων ξυλόλης και αιθανόλης πριν την εμβάπτισή τους στα διαλύματα της Αιματοξυλίνης και της Ηωσίνης.





Εικόνα 2.5. (Α) Ο κλίβανος τοποθέτησης των γονάδων σε παραφίνη κατά το στάδιο της παραφίνωσης, (Β) Θερμοαναδευτήρας, (Γ) Θερμαινόμενη πλάκα για την εξάτμιση του διαλύτη από τις αντικειμενοφόρους, (Δ) Τελική μορφή των παρασκευασμάτων

Το τελικό στάδιο, ήταν το στάδιο της ανάρτησης, δηλαδή η τοποθέτηση DPX επάνω στις τομές και κάλυψή τους με καλυπτρίδες. Το DPX είναι αρχικά ρευστό και στη συνέχεια στερεοποιείται και έτσι δίνει τη δυνατότητα στις τομές να καλύπτονται με ένα μέσο με κατάλληλο δείκτη διάθλασης για πολύ καιρό.

Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας, τα δείγματα ήταν έτοιμα (Εικ. 2.5.Δ) για την παρατήρηση στο μικροσκόπιο.

2.4.2 Παρατήρηση και Καταγραφή

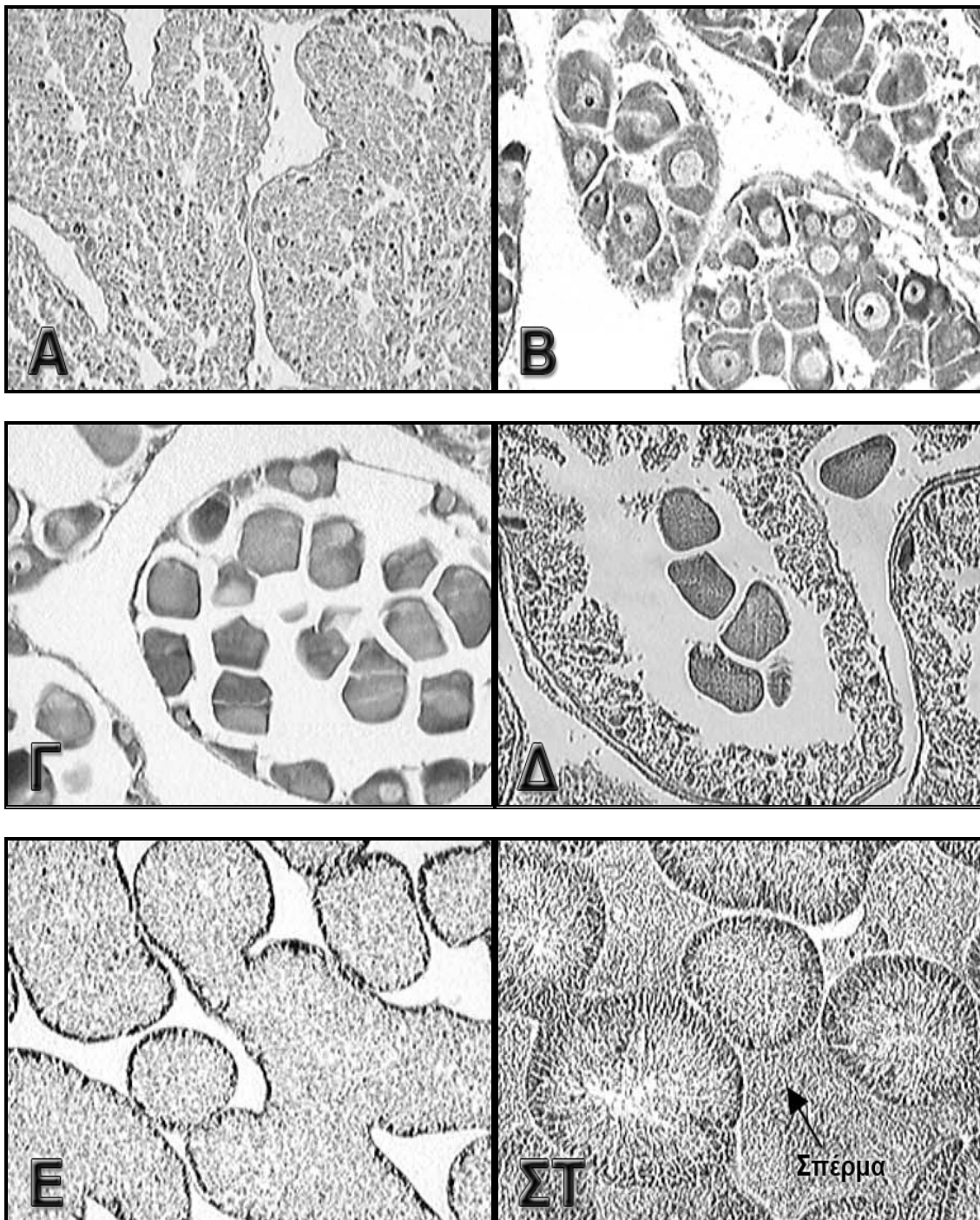
Η παρατήρηση των τομών της γονάδας έγινε σε μικροσκόπιο με ενσωματωμένη ψηφιακή φωτογραφική μηχανή (ProgRes C10 Plus 2.1 και η λήψη των φωτογραφιών έγινε σε ηλεκτρονικό υπολογιστή συνδεδεμένο με το μικροσκόπιο, με το πρόγραμμα ProgRes CapturePro 2.1 (Εικ. 2.6).



Εικόνα 2.6. Το μικροσκόπιο και ο Η/Υ που χρησιμοποιήθηκε για την παρατήρηση και τη λήψη των φωτογραφιών των ιστολογικών παρασκευασμάτων

Το στάδιο ωριμότητας των γονάδων εκτιμήθηκε σύμφωνα με τα στάδια που καθόρισαν οι Sanchez-Espana *et al.* (2004). Συγκεκριμένα, για τα θηλυκά άτομα περιγράφονται 4 στάδια: **H1**, όπου οι γονάδες είναι κενές (spent condition), **H2**, στάδιο αρχικής ωρίμανσης των ωοκυττάρων (oocyte maturation), **H3**, ώριμα ωάρια (mature state with ova) και **H4**, στάδιο αναδιοργάνωσης της γονάδας (gonadal reconstitution). Τα αρσενικά άτομα διακρίνονται απλώς με βάση το αν είχαν ή δεν είχαν ώριμα σπερματοκύτταρα, **M1** και **M0** αντίστοιχα.(Εικ. 2.7).





Εικόνα 2.7. Στάδια ωριμότητας των γονάδων του αχινού (**Θηλυκά:** Α. Η1, Β. Η2, Γ. Η3, Δ. Η4, **Αρσενικά:** Ε. Μ0, ΣΤ. Μ1). Τροποποίηση από Sanchez-Espana *et al.* (2004)

2.5 Στατιστική Επεξεργασία Δεδομένων

Πριν από τη στατιστική επεξεργασία, επιβεβαιώθηκε η υπόθεση ότι τα δεδομένα είναι παραμετρικά, ότι ακολουθούν δηλαδή κανονική κατανομή και έχουν ίσες διακυμάνσεις, με τον έλεγχο των Kolmogorov-Smirnov. Έτσι, δεν χρειάστηκε να γίνει κάποια μετατροπή ή να γίνει μη παραμετρικός έλεγχος.

Καταρχήν εξετάστηκε η πιθανή διαφοροποίηση των μορφομετρικών χαρακτήρων ως προς το φύλο με τη χρήση του t-κριτηρίου (t-test) (Zar, 1984). Ο έλεγχος αυτός έγινε ώστε να αποκλειστεί η πιθανότητα ύπαρξης φυλετικού διμορφισμού.

Επίσης, πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης κατά ένα παράγοντα (one-way ANOVA) με στάθμη σημαντικότητας 95%, για τη σύγκριση των μορφομετρικών χαρακτηριστικών μεταξύ όλων των σταθμών, για την ίδια χρονική περίοδο. Σκοπός του ελέγχου αυτού, ήταν να αξιολογηθεί ο ισχυρισμός ότι για τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο, οι πληθυσμοί των διαφορετικών περιοχών του Παγασητικού κόλπου και των Β. Σποράδων, ήταν όμοιοι. Για τον εντοπισμό των επιμέρους διαφοροποιήσεων πραγματοποιήθηκε έλεγχος Tukey – Kramer HSD.

Τέλος, εφαρμόστηκε η ανάλυση διακύμανσης κατά δύο παράγοντες, το σταθμό και τη χρονική περίοδο (two-way ANOVA) σύμφωνα με το γενικευμένο γραμμικό μοντέλο (GLM) (Zar, 1984). Ο έλεγχος αυτός έγινε για την ανίχνευση της επίδρασης των δύο ανεξάρτητων αυτών παραγόντων, στα μορφομετρικά χαρακτηριστικά του κάθε πληθυσμού.



Οι μετρήσεις από κάθε δειγματοληψία καταχωρήθηκαν σε φύλλα του λογιστικού προγράμματος Microsoft® Excel 2003, ενώ οι στατιστικές αναλύσεις έγιναν με τη χρήση των στατιστικών προγραμμάτων SPSS® 13.0 και JMP® 6.0.

Για την ανίχνευση των ομοιοτήτων μεταξύ των σταθμών σε κάθε περίοδο δειγματοληψίας και την ομαδοποίησή τους με βάση τις ομοιότητες αυτές, χρησιμοποιήθηκαν η μέθοδος της Ιεραρχικής Ανάλυσης Ομάδων (Hierarchical Cluster Analysis - HCA) και η Πολυδιάστατη Κλιμακοποίηση (Multidimensional Scaling - MDS) (Clarke & Warwick, 1994). Η HCA, κατέταξε τους σταθμούς με βάση την «απόσταση» μεταξύ τους με κριτήριο το ποσοστό ομοιότητας τους. Η MDS τους «τοποθέτησε» στο επίπεδο και τους ομαδοποίησε με βάση τις λιγότερες διαφορές, λαμβάνοντας υπόψη και την απόσταση από την HCA.

Η ανάλυση των δεδομένων σύμφωνα με τις HCA και MDS, έγινε με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος Primer 5, σύμφωνα με το συντελεστή απόστασης Bray-Curtis (Bray & Curtis, 1957).

Τα γραφήματα που προέκυψαν από τα στατιστικά προγράμματα, τροποποιήθηκαν γραφικά στο πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνων Adobe Photoshop για την καλύτερη οπτική απόδοση των αποτελεσμάτων.



3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Αβιοτικές παράμετροι

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων των αβιοτικών παραμέτρων αποδίδονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα. 3.1.

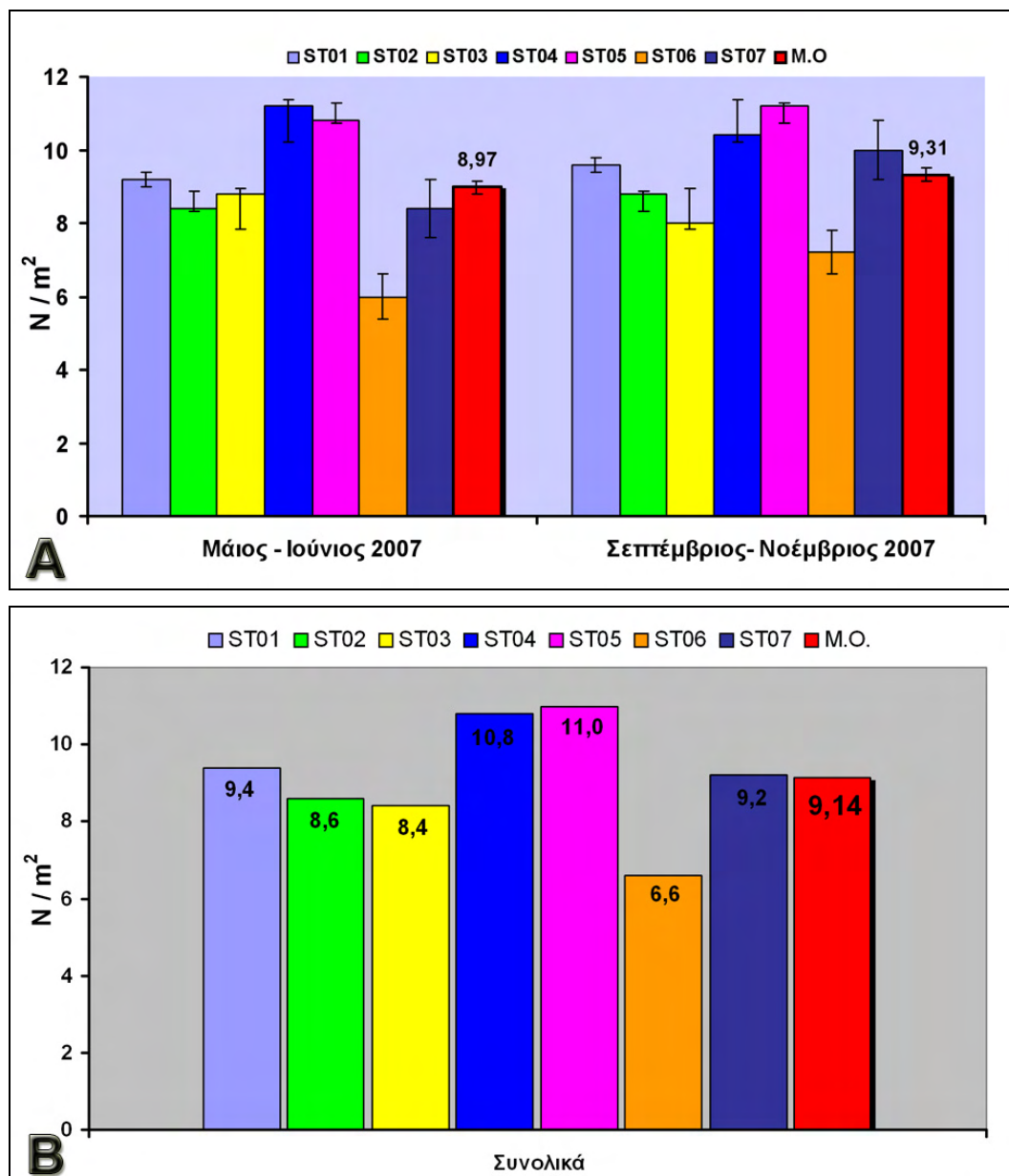
Πίνακας 3.1. Αποτελέσματα μετρήσεων αβιοτικών παραμέτρων σε κάθε σταθμό για κάθε δειγματοληψία

Σταθμός Δειγματοληψίας	Βάθος (m)	Θερμοκρασία (°C)	pH	Αγωγιμότητα (mS/cm)	O ₂ (mg/l)	Αλατότητα
Μάιος – Ιούνιος 2007						
ST01 Άγιος Στέφανος	4,2	23	8,08	55,20	6,56	38,3
ST02 Κάτω Γατζέα	3,5	22	8,05	52,40	6,22	37,7
ST03 Αγχίαλος	2,0	23	8,10	51,17	7,90	40,0
ST04 Καναπίτσα	2,8	20	8,11	54,40	8,69	38,4
ST05 Κυρά Παναγιά	2,9	20	8,11	52,80	8,01	39,2
ST06 Μηλίνα	4,0	23	8,11	55,70	6,85	37,5
ST07 Νηές	3,9	23	8,14	53,80	7,32	37,4
Μέση τιμή ± απόκλιση		22±1,4	8,10±0,03	53,6±1,6	7,36±0,88	38,4±0,96
Σεπτέμβριος – Νοέμβριος 2007						
ST01 Άγιος Στέφανος	4,0	26	8,09	57,20	6,32	37,0
ST02 Κάτω Γατζέα	4,0	23	8,09	55,50	6,45	37,4
ST03 Αγχίαλος	3,0	23	8,11	54,10	6,78	38,1
ST04 Καναπίτσα	3,2	17	8,09	54,90	7,96	38,1
ST05 Κυρά Παναγιά	3,5	17	8,05	53,10	7,73	37,8
ST06 Μηλίνα	3,8	26	8,17	57,30	6,42	37,5
ST07 Νηές	4,8	22	8,06	55,40	7,43	37,6
Μέση τιμή ± απόκλιση		22±3,7	8,09±0,04	55,4±1,5	7,01±0,68	37,6±0,40



3.2 Πληθυσμιακή πυκνότητα

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την πληθυσμιακή πυκνότητα του αχινού, ανά σταθμό και ανά δειγματοληψία, φαίνονται στον Πίνακα 3.2, ενώ γραφικά απεικονίζονται στα ιστογράμματα της Εικόνας 3.1.



Εικόνα 3.1. (Α) Πληθυσμιακή πυκνότητα του αχινού ανά εποχή δειγματοληψίας και ανά σταθμό (Β) μέση τιμή της πληθυσμιακής πυκνότητας ανά σταθμό και για τις δύο δειγματοληψίες



Πίνακας 3.2. Πληθυσμιακή πυκνότητα (άτομα/m²) του αχινού σε κάθε σταθμό, για κάθε δειγματοληψία και συνολικά

ST01 Άγιος Στέφανος	ST02 Κάτω Γατζέα	ST03 Αγχίαλος	ST04 Καναπίτσα	ST05 Κυρά Παναγιά	ST06 Μηλίνα	ST07 Νηές	Μέση Πυκνότητα
Μάιος – Ιούνιος 2007							
9,2	8,4	8,8	11,2	10,8	6,0	8,4	8,97
Σεπτέμβριος – Νοέμβριος 2007							
9,6	8,8	8,0	10,4	11,2	7,2	10,0	9,31
Συνολικά							
9,4	8,6	8,4	10,8	11,0	6,6	9,2	9,14

3.3 Πρότυπο χωροδιάταξης

Το πρότυπο χωροδιάταξης προσδιορίστηκε ανά σταθμό και περίοδο δειγματοληψίας. Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα. 3.3.

Πίνακας 3.3. Πρότυπο χωροδιάταξης του αχινού *Paracentrotus lividus*, ανά σταθμό και περίοδο δειγματοληψίας (I_{δ} = Δείκτης Morisita, \bar{X} = μέση τιμή, s^2 = διακύμανση, χ^2 = τιμή της δοκιμασίας χ^2)

Σταθμός Δειγματοληψίας	I_{δ}	\bar{X}	s^2	χ^2	Κατανομή
Μάιος – Ιούνιος 2007					
ST01 Άγιος Στέφανος	0,988	2,3	2,23	8,74	Τυχαία
ST02 Κάτω Γατζέα	0,714	2,1	0,77	3,29	Κανονική
ST03 Αγχίαλος	0,909	2,2	1,73	7,09	Τυχαία
ST04 Καναπίτσα	0,926	2,8	2,18	7,00	Τυχαία
ST05 Κυρά Παναγιά	0,769	2,7	0,90	3,00	Κανονική
ST06 Μηλίνα	0,667	1,5	0,72	4,33	Κανονική
ST07 Νηές	0,905	2,1	1,66	7,10	Τυχαία
Σεπτέμβριος – Νοέμβριος 2007					
ST01 Άγιος Στέφανος	0,833	2,4	1,38	5,17	Κανονική
ST02 Κάτω Γατζέα	0,779	2,2	1,07	4,36	Κανονική
ST03 Αγχίαλος	0,842	2,0	1,33	6,00	Κανονική
ST04 Καναπίτσα	0,862	2,6	1,60	5,54	Κανονική
ST05 Κυρά Παναγιά	0,820	2,8	1,29	4,14	Κανονική
ST06 Μηλίνα	0,915	1,8	1,51	7,56	Τυχαία
ST07 Νηές	0,833	2,5	1,39	5,00	Κανονική



3.4 Μορφομετρικές μετρήσεις

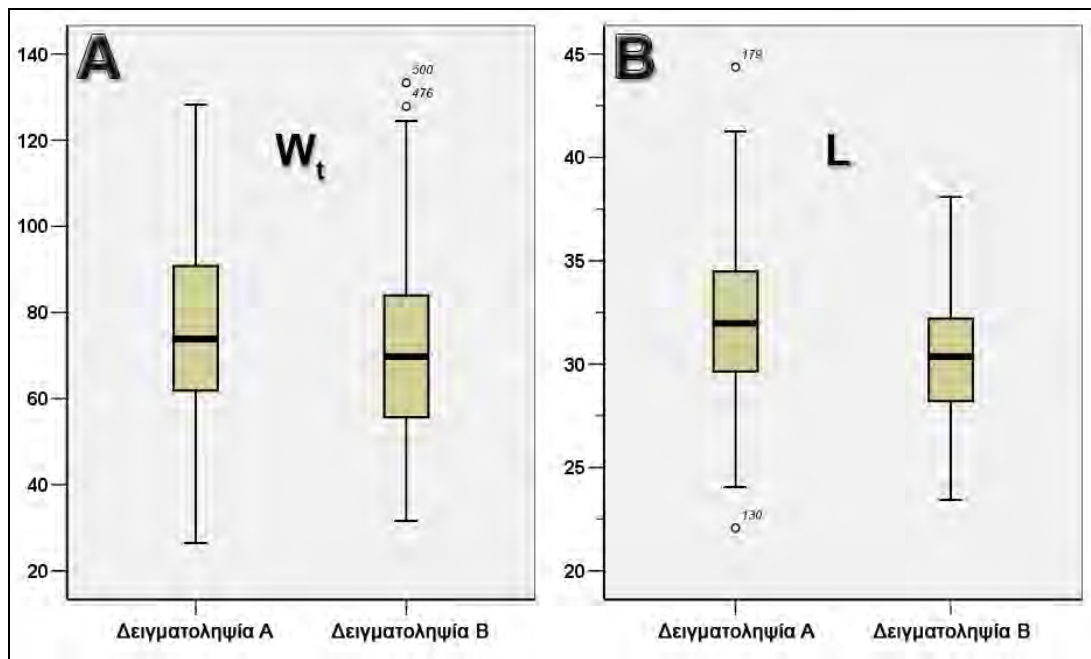
Συνολικά, εξετάστηκαν 550 άτομα από τα οποία τα 220 ήταν αρσενικά και τα 330 θηλυκά. Από τον έλεγχο που έγινε με το t-κριτήριο (t-test), δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των φύλων ως προς κάθε χαρακτηριστικό ($P > 0,05$). Δηλαδή, δεν εμφανίστηκε φυλετικός διμορφισμός ως προς κάποιο από τα χαρακτηριστικά. Έτσι, στις συγκρίσεις που έγιναν μεταξύ των πληθυσμών, δε λήφθηκε υπόψη ο παράγοντας φύλο.

Συγκεντρωτικά, τα αποτελέσματα των μορφομετρικών μετρήσεων φαίνονται στον Πίνακα 3.4 ενώ στις Εικόνες 3.2 – 3.4 αποδίδονται σε ιστογράμματα οι κατανομές των χαρακτηριστικών, για κάθε μία από τις δειγματοληπτικές περιόδους.

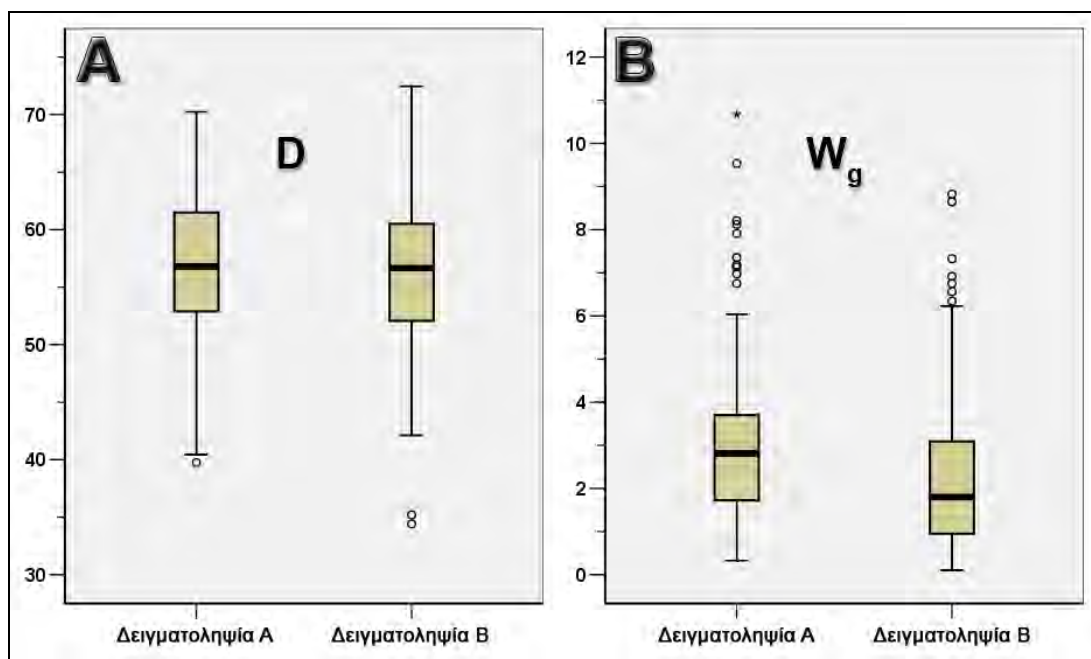
Πίνακας 3.4. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα των μορφομετρικών μετρήσεων του αχινού από όλους τους σταθμούς, για κάθε δειγματοληψία.

	W_t (g)	L (mm)	D (mm)	W_g (g)	W_c (g)	GSI (%)
Μάιος – Ιούνιος 2007						
Ελάχιστη Τιμή (Min)	26,46	22,08	39,74	0,330	13,29	0,64
Μέγιστη τιμή (Max)	128,20	44,37	70,24	10,671	56,14	13,68
Μέση τιμή (\bar{x})	75,26	32,04	56,71	2,897	35,71	3,84
Τυπική Απόκλιση(\pm)	21,23	3,50	6,06	1,646	9,15	1,98
Σεπτέμβριος – Νοέμβριος 2007						
Ελάχιστη Τιμή (Min)	31,57	23,42	34,42	0,107	13,69	0,27
Μέγιστη τιμή (Max)	133,34	38,08	72,47	8,823	58,55	10,87
Μέση τιμή (\bar{x})	70,58	30,34	56,14	2,162	33,35	3,00
Τυπική Απόκλιση(\pm)	19,62	3,04	6,21	1,619	8,52	2,07
Συνολικά						
Ελάχιστη Τιμή (Min)	26,46	22,08	34,42	0,107	13,29	0,27
Μέγιστη τιμή (Max)	133,34	44,37	72,47	10,671	58,55	13,68
Μέση τιμή (\bar{x})	72,88	31,18	56,42	2,523	34,51	3,41
Τυπική Απόκλιση(\pm)	20,54	3,38	6,14	1,672	8,90	2,07

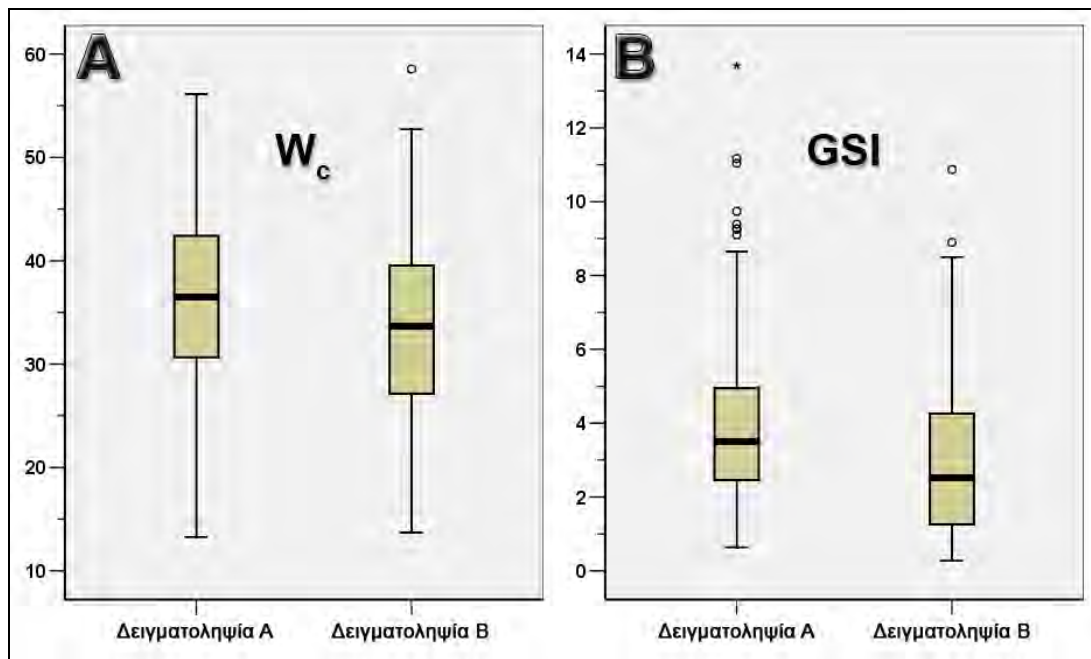




Εικόνα 3.2. Ιστόγραμμα (A) του ολικού νωπού βάρους (W_t) και (B) του μέγιστου σταθερού μήκους (L), συνολικά, για κάθε περίοδο δειγματοληψίας



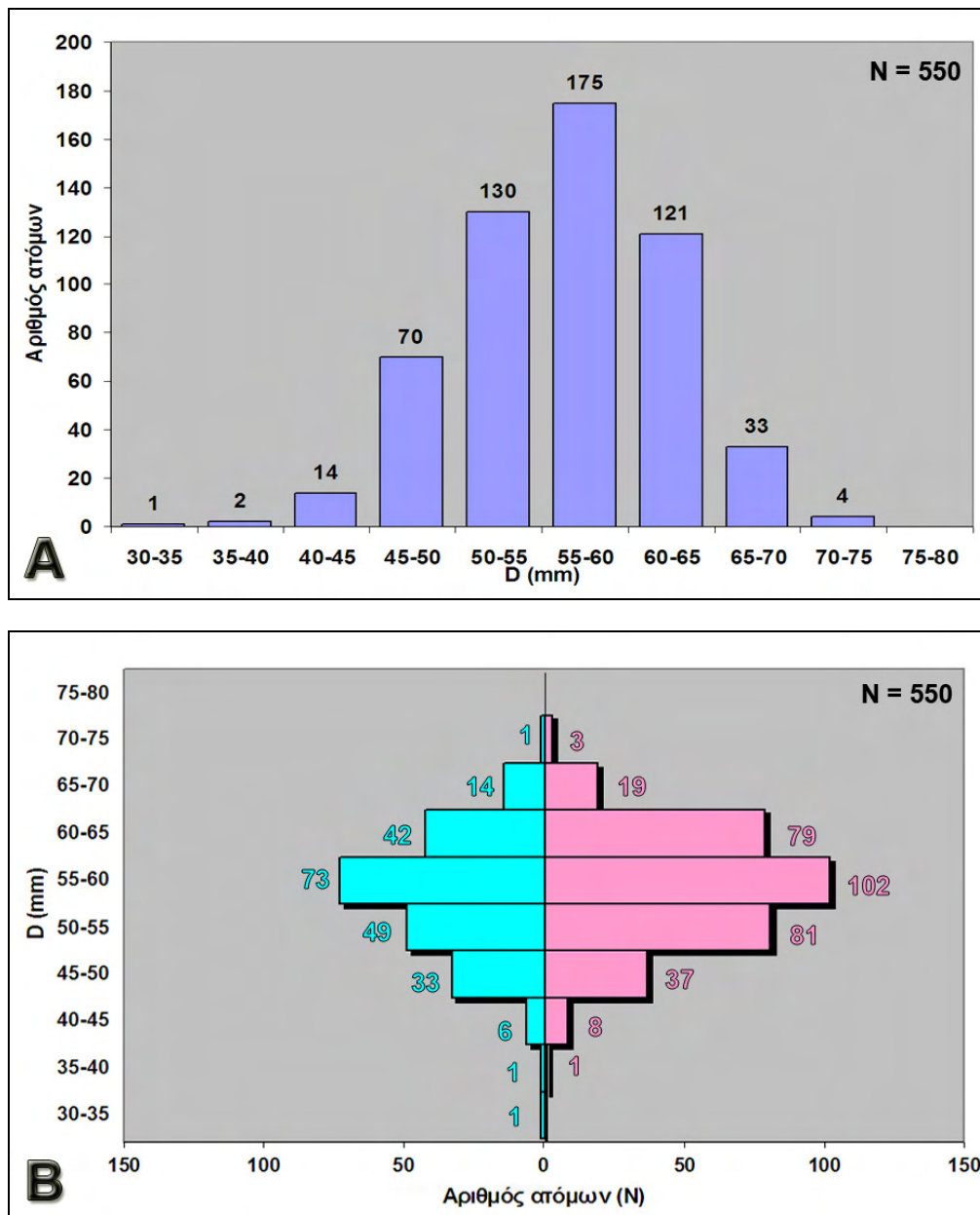
Εικόνα 3.3. Ιστόγραμμα (A) της μέγιστης σταθερής διαμέτρου (D) και (B) του καθαρού βάρους των γονάδων (W_g), συνολικά, για κάθε περίοδο δειγματοληψίας



Εικόνα 3.4. Ιστόγραμμα (A) του καθαρού βάρους του κελύφους (W_c) και (B) του γοναδοσωματικού δείκτη (GSI), συνολικά, για κάθε περίοδο δειγματοληψίας

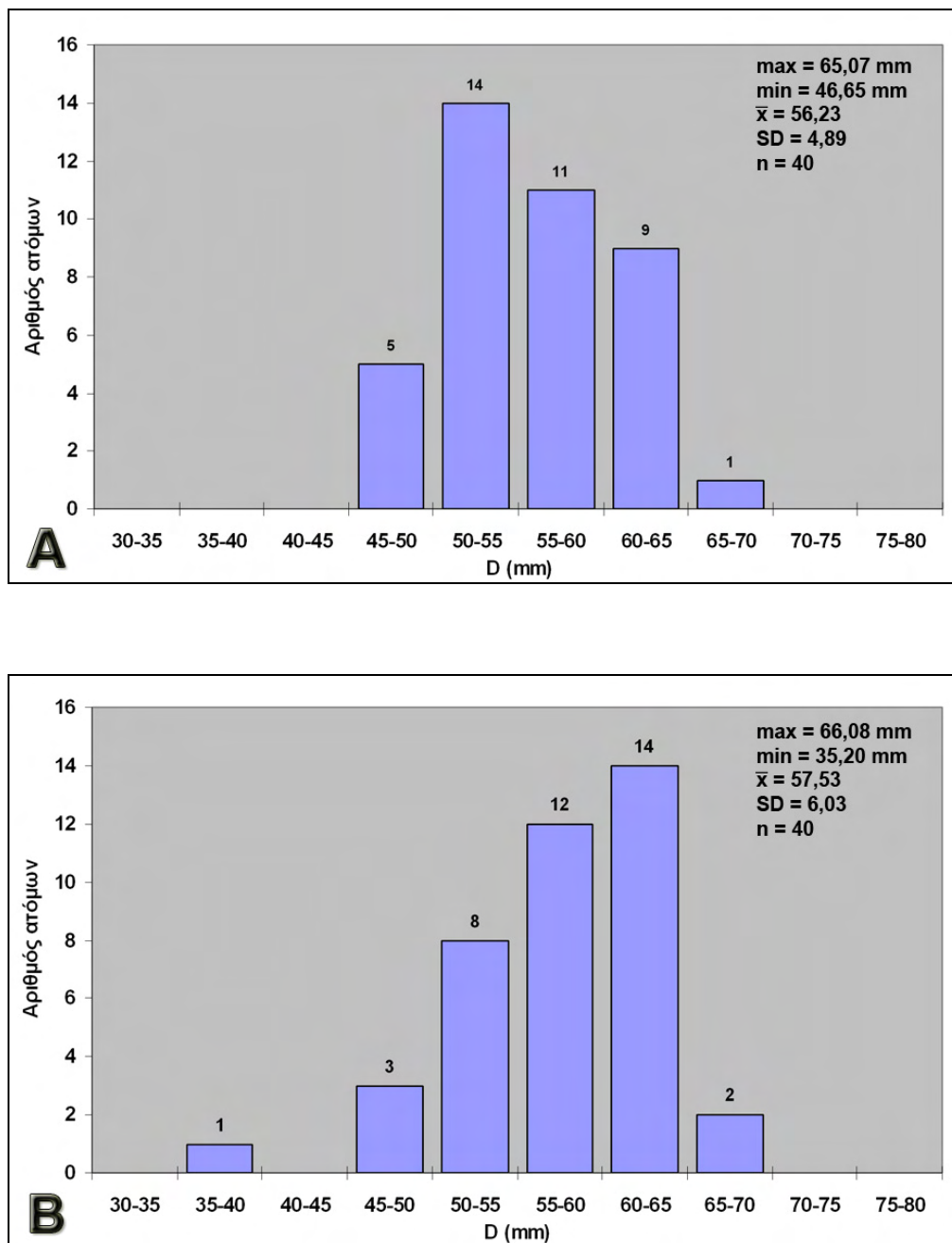
3.4.1 Κλάσεις μεγέθους

Στην Εικόνα 3.5 φαίνεται η κατανομή των ατόμων του αχινού σε κλάσεις μεγέθους για το συνολικό πληθυσμό (Εικ. 3.5.A) και για κάθε φύλο ξεχωριστά (Εικ. 3.5.B) και από τις δύο δειγματοληπτικές περιόδους. Η κατανομή των κλάσεων μεγέθους των πληθυσμών του αχινού για κάθε σταθμό και κάθε δειγματοληψία ξεχωριστά, αποδίδεται στις Εικόνες 3.6 – 3.12.



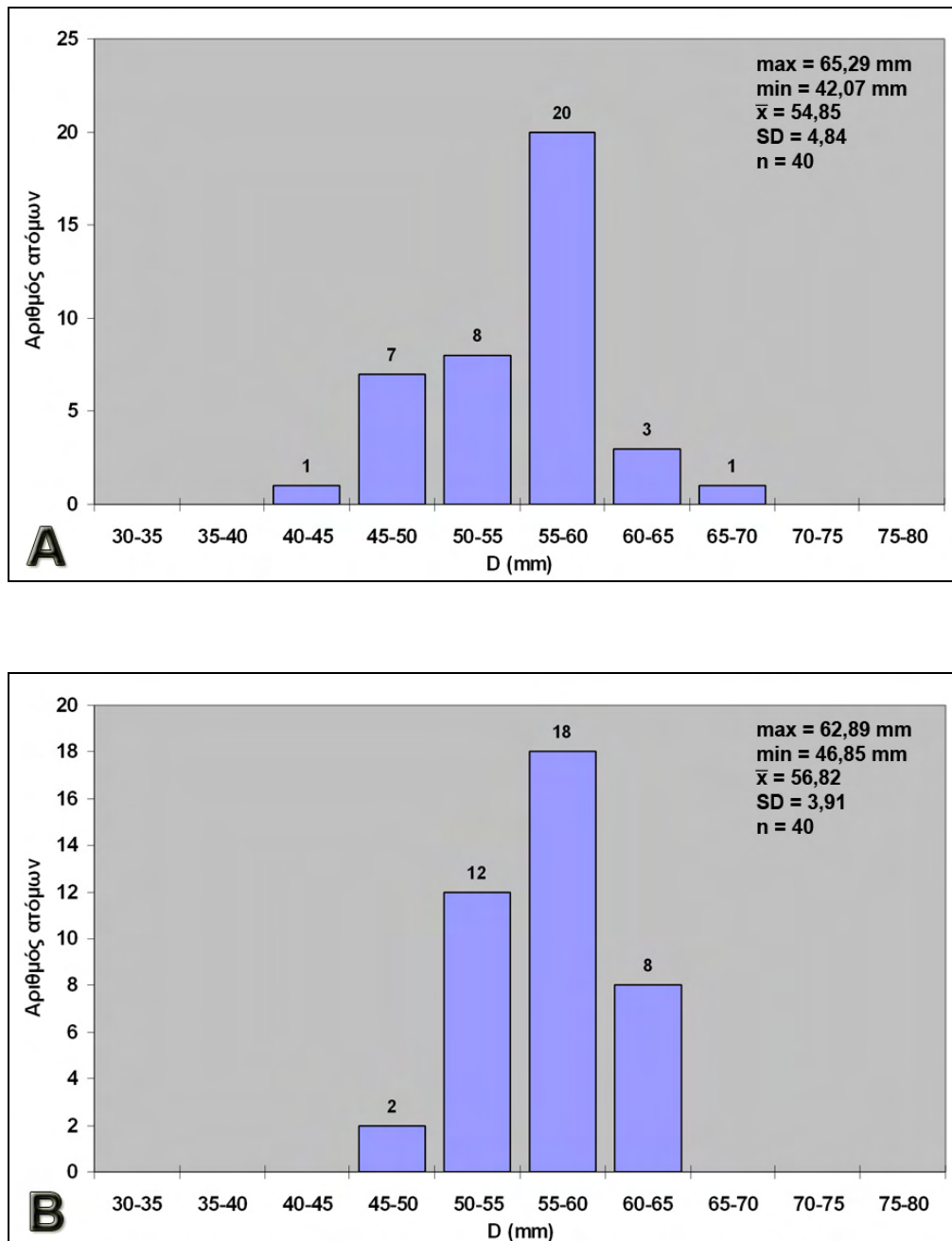
Εικόνα 3.5. Κατανομή των κλάσεων μεγέθους του αχινού με βάση τη σωματική διάμετρο **A.** του συνολικού πληθυσμού **B.** Ανά φύλο.





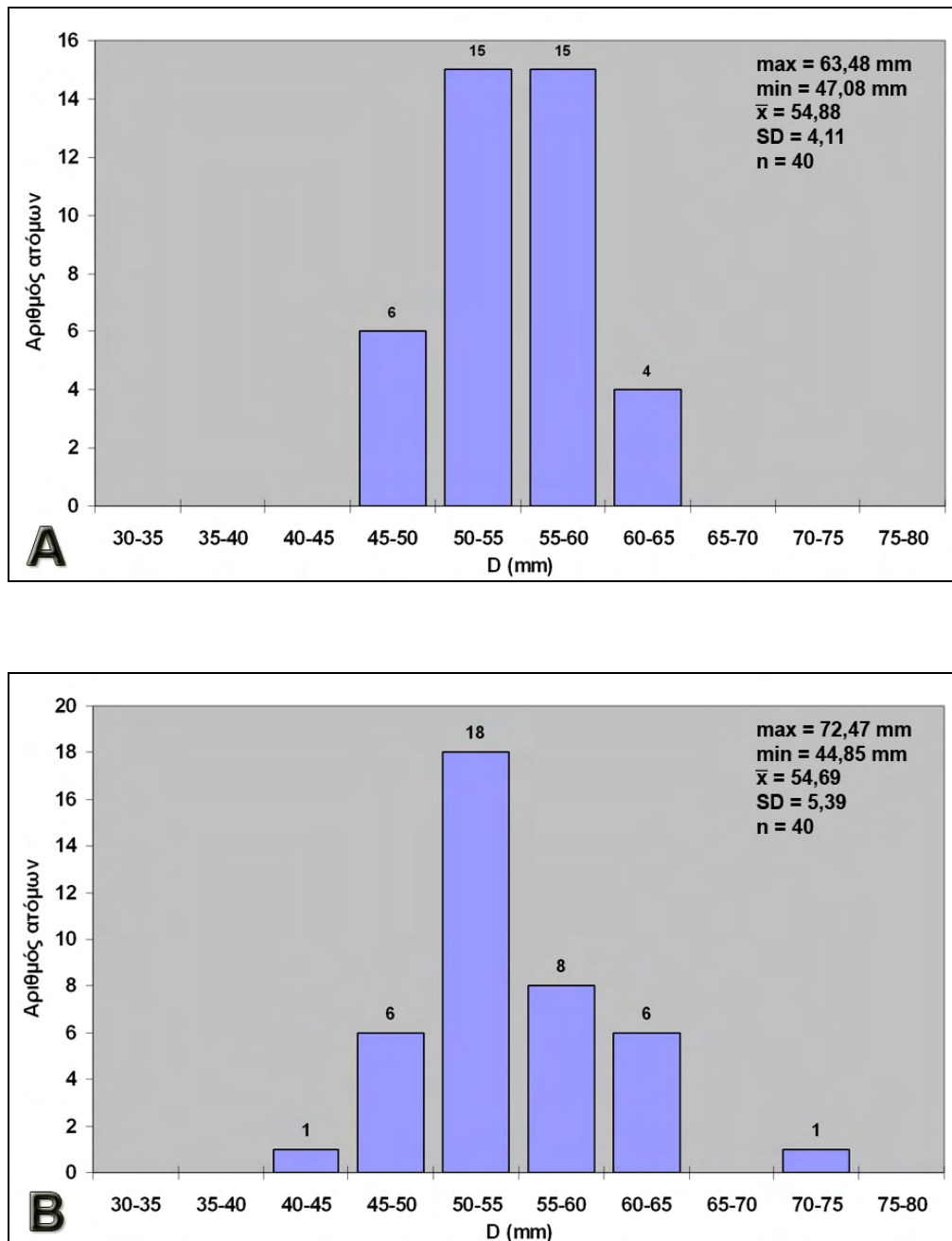
Εικόνα 3.6. Κατανομή των κλάσεων μεγέθους των πληθυσμών του αχινού με βάση τη σωματική διάμετρο (D) του σταθμού δειγματοληψίας ST01 Άγ. Στέφανος, (**A**) για την πρώτη δειγματοληψία και (**B**) για τη δεύτερη. (**max** = μέγιστη τιμή, **min** = ελάχιστη τιμή, \bar{x} = μέση τιμή, **SD** = τυπική απόκλιση, **n** = αριθμός ατόμων)





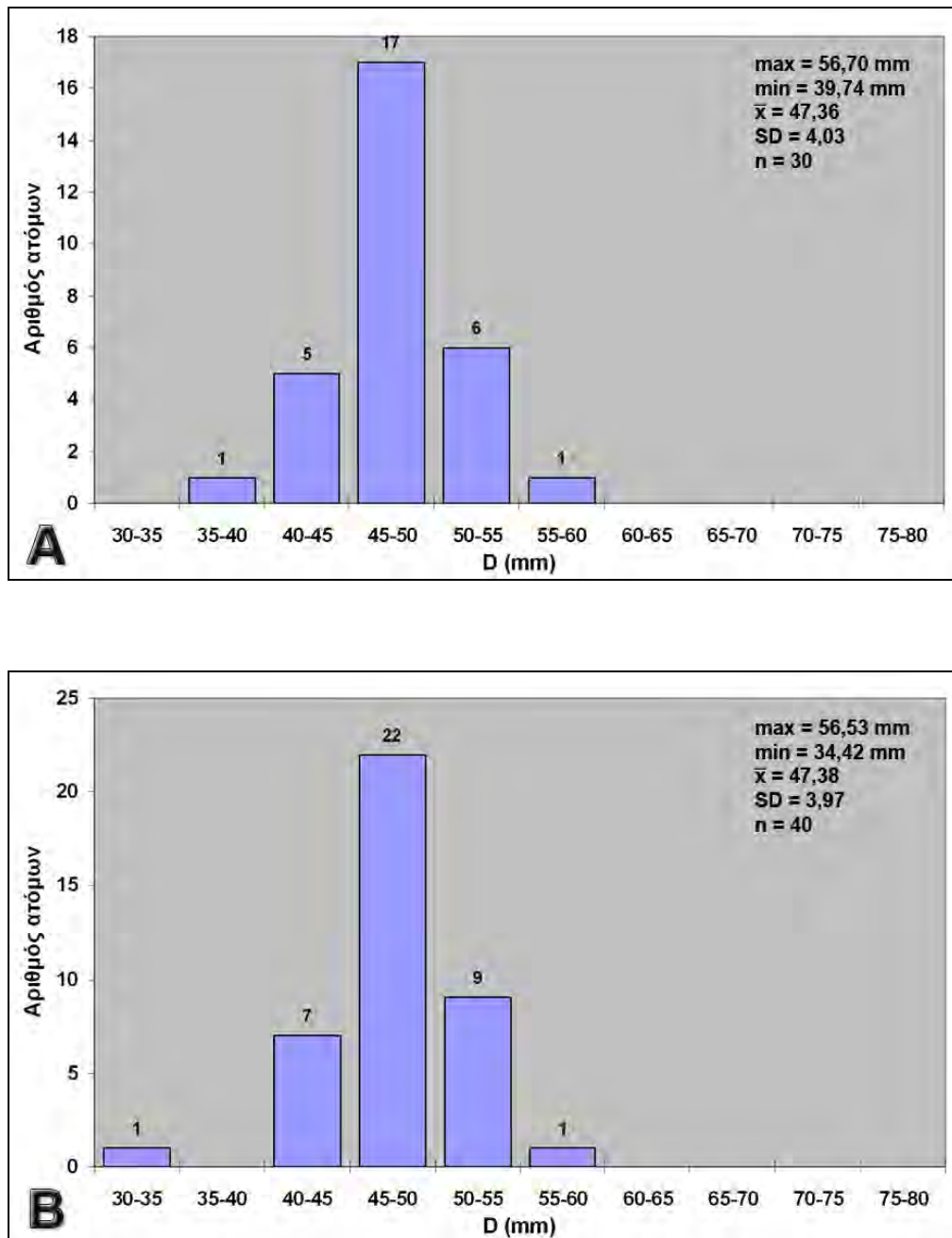
Εικόνα 3.7. Κατανομή των κλάσεων μεγέθους των πληθυσμών του αχινού με βάση τη σωματική διάμετρο (D) του σταθμού δειγματοληψίας ST02 Κάτω Γατζέα, (A) για την πρώτη δειγματοληψία και (B) για τη δεύτερη. (**max** = μέγιστη τιμή, **min** = ελάχιστη τιμή, \bar{x} = μέση τιμή, **SD** = τυπική απόκλιση, **n** = αριθμός ατόμων)





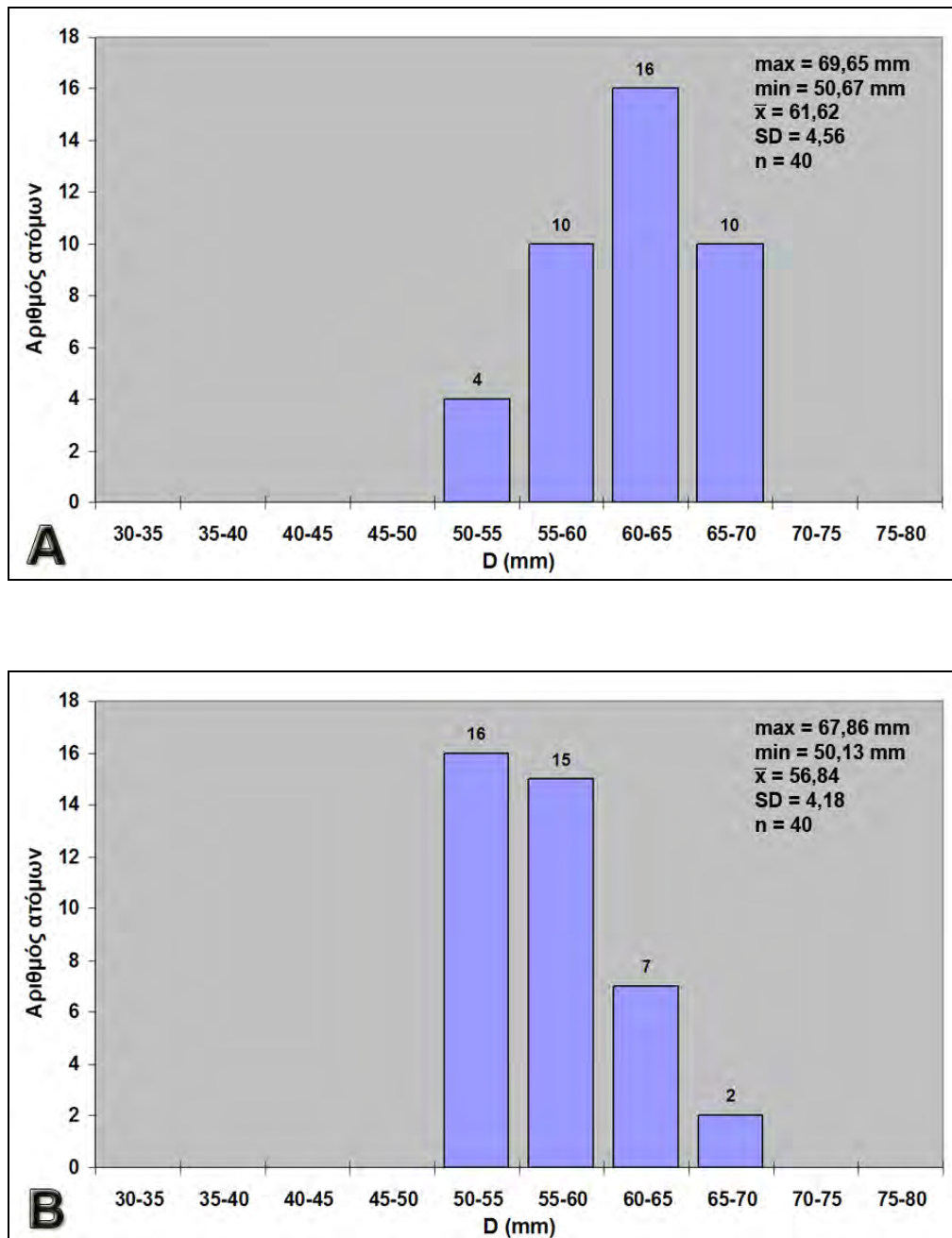
Εικόνα 3.8. Κατανομή των κλάσεων μεγέθους των πληθυσμών του αχινού με βάση τη σωματική διάμετρο (D) του σταθμού δειγματοληψίας ST03 Αγχιάλος, **(A)** για την πρώτη δειγματοληψία και **(B)** για τη δεύτερη. (**max** = μέγιστη τιμή, **min** = ελάχιστη τιμή, \bar{x} = μέση τιμή, **SD** = τυπική απόκλιση, **n** = αριθμός ατόμων)





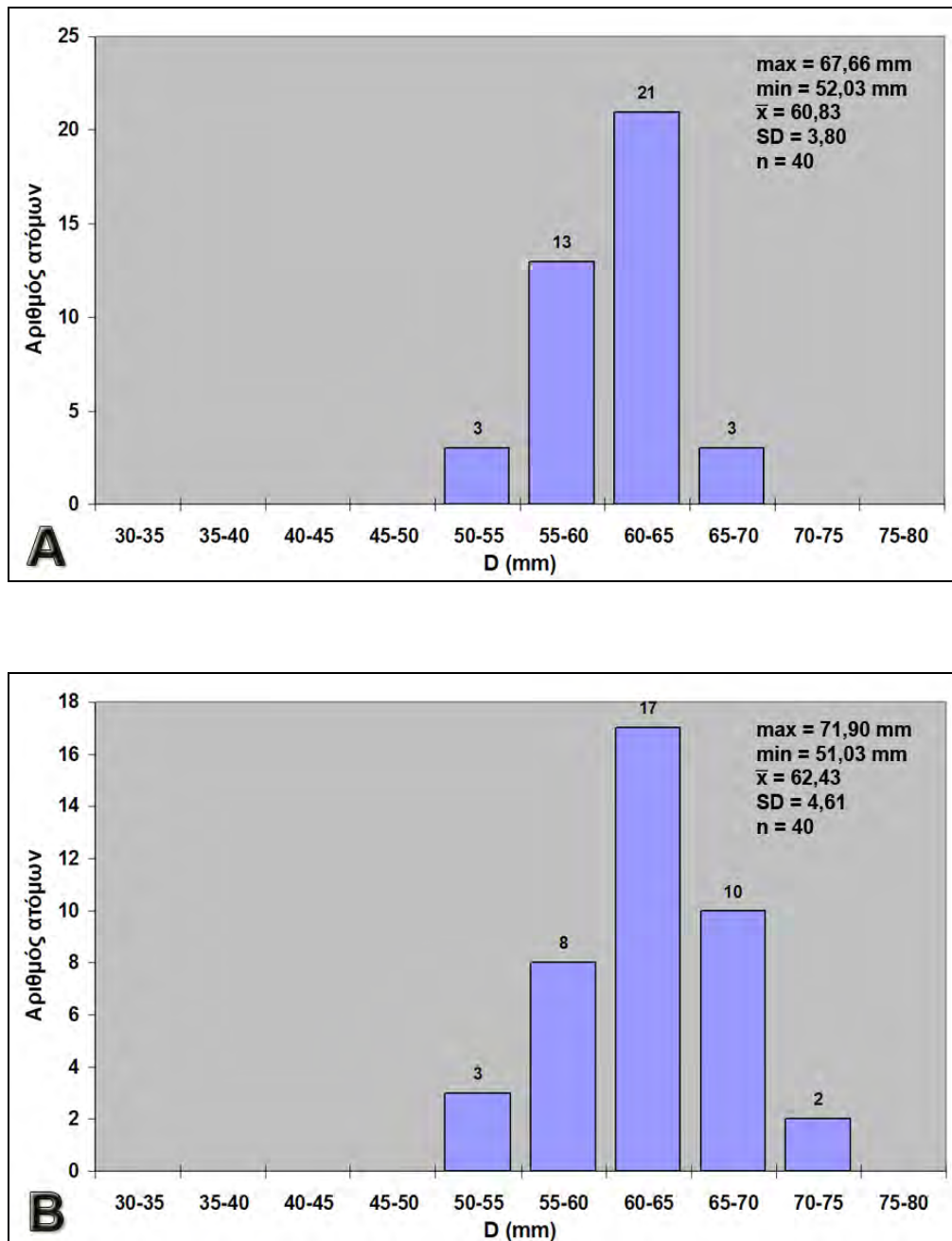
Εικόνα 3.9. Κατανομή των κλάσεων μεγέθους των πληθυσμών του αχινού με βάση τη σωματική διάμετρο (D) του σταθμού δειγματοληψίας ST04 Σκιάθος, **(A)** για την πρώτη δειγματοληψία και **(B)** για τη δεύτερη. (**max** = μέγιστη τιμή, **min** = ελάχιστη τιμή, \bar{x} = μέση τιμή, **SD** = τυπική απόκλιση, **n** = αριθμός ατόμων)



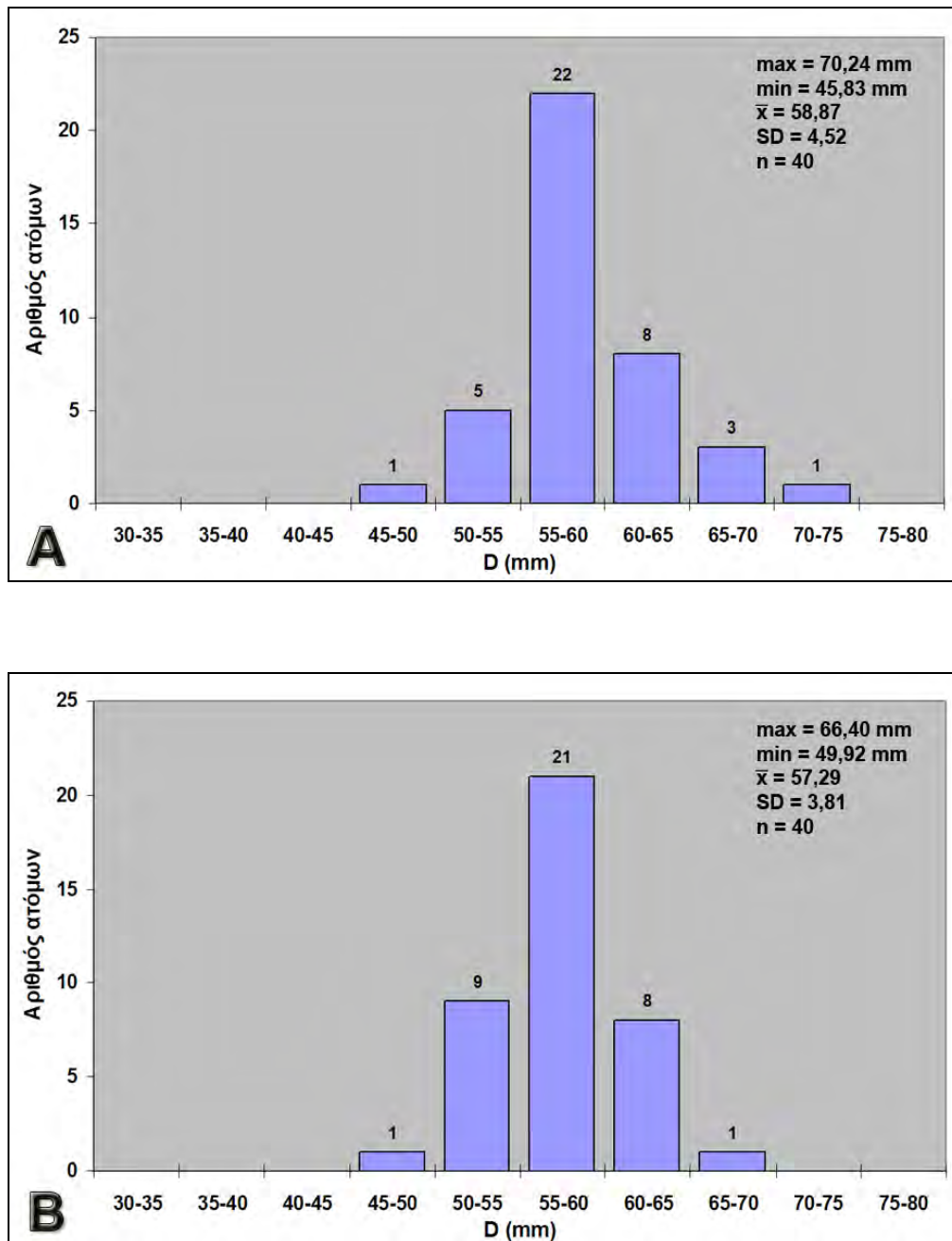


Εικόνα 3.10. Κατανομή των κλάσεων μεγέθους των πληθυσμών του αχινού με βάση τη σωματική διάμετρο (D) του σταθμού δειγματοληψίας ST05 Αλόνησος, **(A)** για την πρώτη δειγματοληψία και **(B)** για τη δεύτερη. (**max** = μέγιστη τιμή, **min** = ελάχιστη τιμή, \bar{x} = μέση τιμή, **SD** = τυπική απόκλιση, **n** = αριθμός ατόμων)





Εικόνα 3.11. Κατανομή των κλάσεων μεγέθους των πληθυσμών του αχινού με βάση τη σωματική διάμετρο (D) του σταθμού δειγματοληψίας ST06 Μηλίνα, **(A)** για την πρώτη δειγματοληψία και **(B)** για τη δεύτερη. (**max** = μέγιστη τιμή, **min** = ελάχιστη τιμή, \bar{x} = μέση τιμή, **SD** = τυπική απόκλιση, **n** = αριθμός ατόμων)



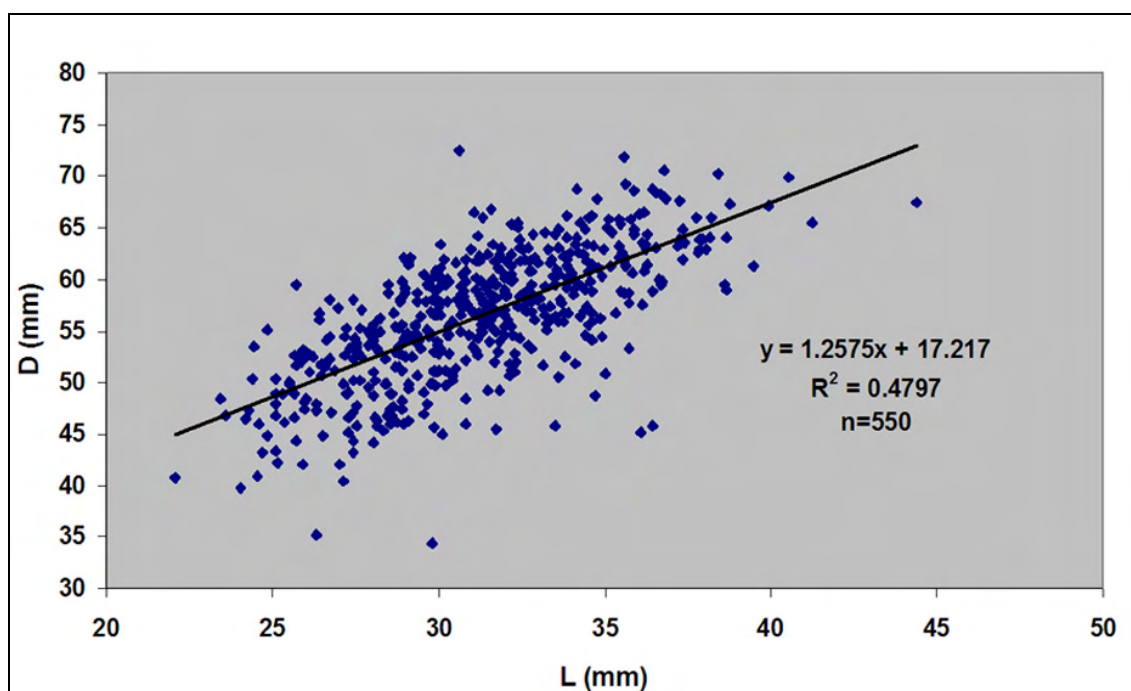
Εικόνα 3.12. Κατανομή των κλάσεων μεγέθους των πληθυσμών του αχινού με βάση τη σωματική διάμετρο (D) του σταθμού δειγματοληψίας ST07 Νηές, **(A)** για την πρώτη δειγματοληψία και **(B)** για τη δεύτερη. (**max** = μέγιστη τιμή, **min** = ελάχιστη τιμή, \bar{x} = μέση τιμή, **SD** = τυπική απόκλιση, **n** = αριθμός ατόμων)



3.4.2 Αλλομετρικές σχέσεις

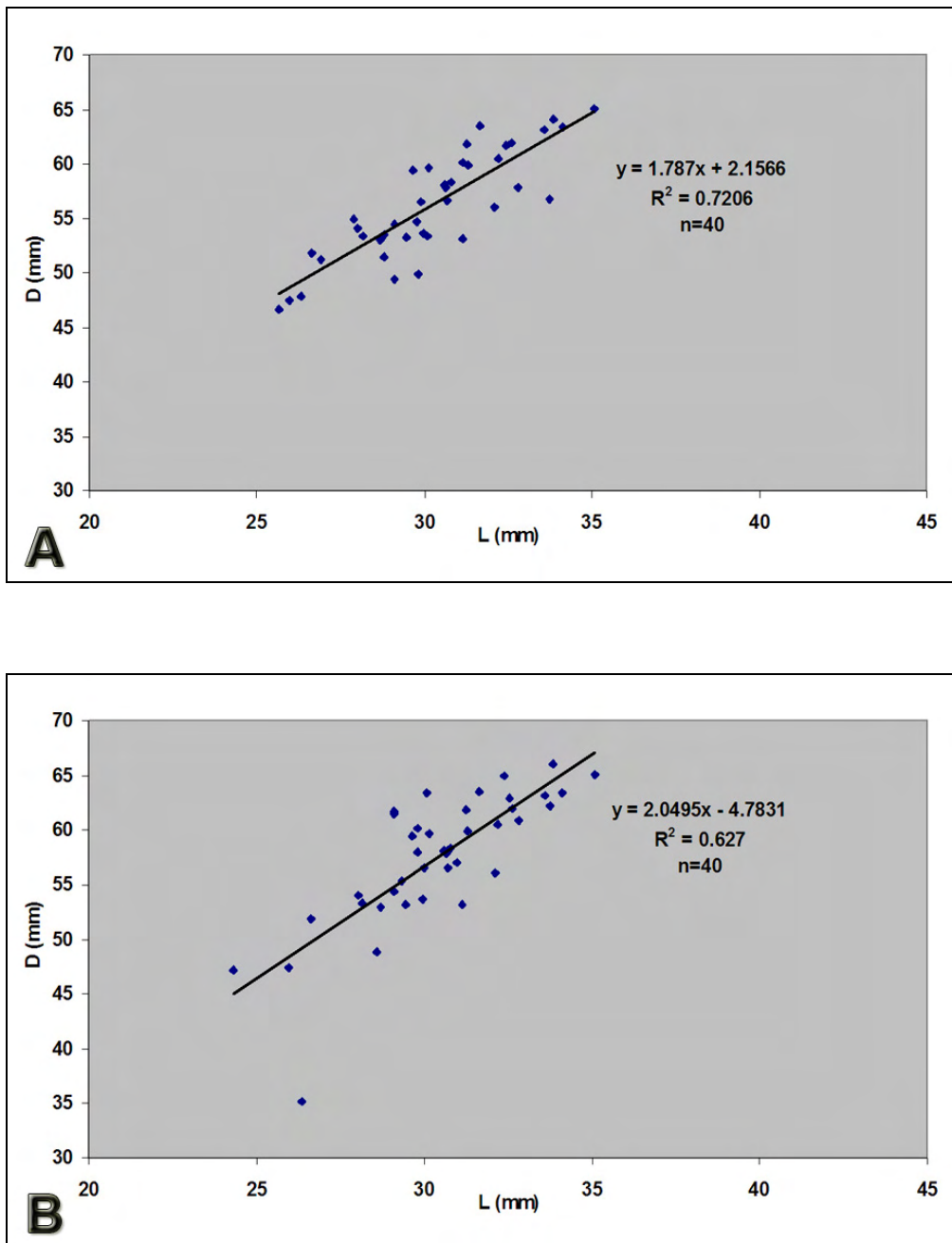
Α. Σχέση διαμέτρου (D) – ύψους (L)

Η σχέση μεταξύ της μέγιστης διαμέτρου (D) και του ύψους για κάθε σταθμό και κάθε δειγματοληψία ξεχωριστά απεικονίζεται γραφικά στις Εικόνες 3.14 – 3.21, ενώ για ολόκληρο τον πληθυσμό, στην Εικόνα 3.13. Τα αποτελέσματα όλων των συσχετίσεων φαίνονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 3.5.



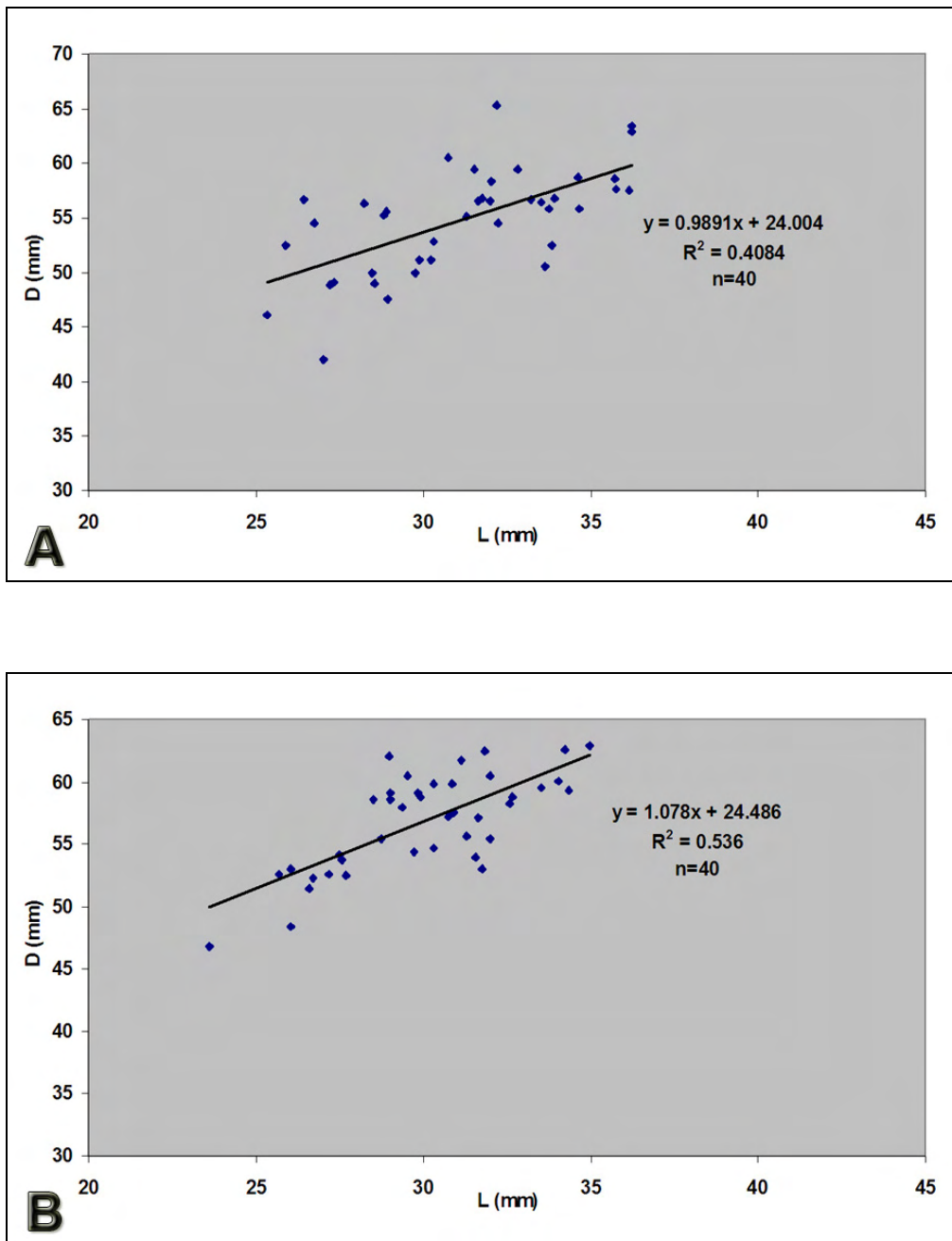
Εικόνα 3.13. Σχέση σωματικής διαμέτρου (D) και ύψους (L) για τον συνολικό πληθυσμό του αχινού από όλους τους σταθμούς και για τις δύο δειγματοληψίες





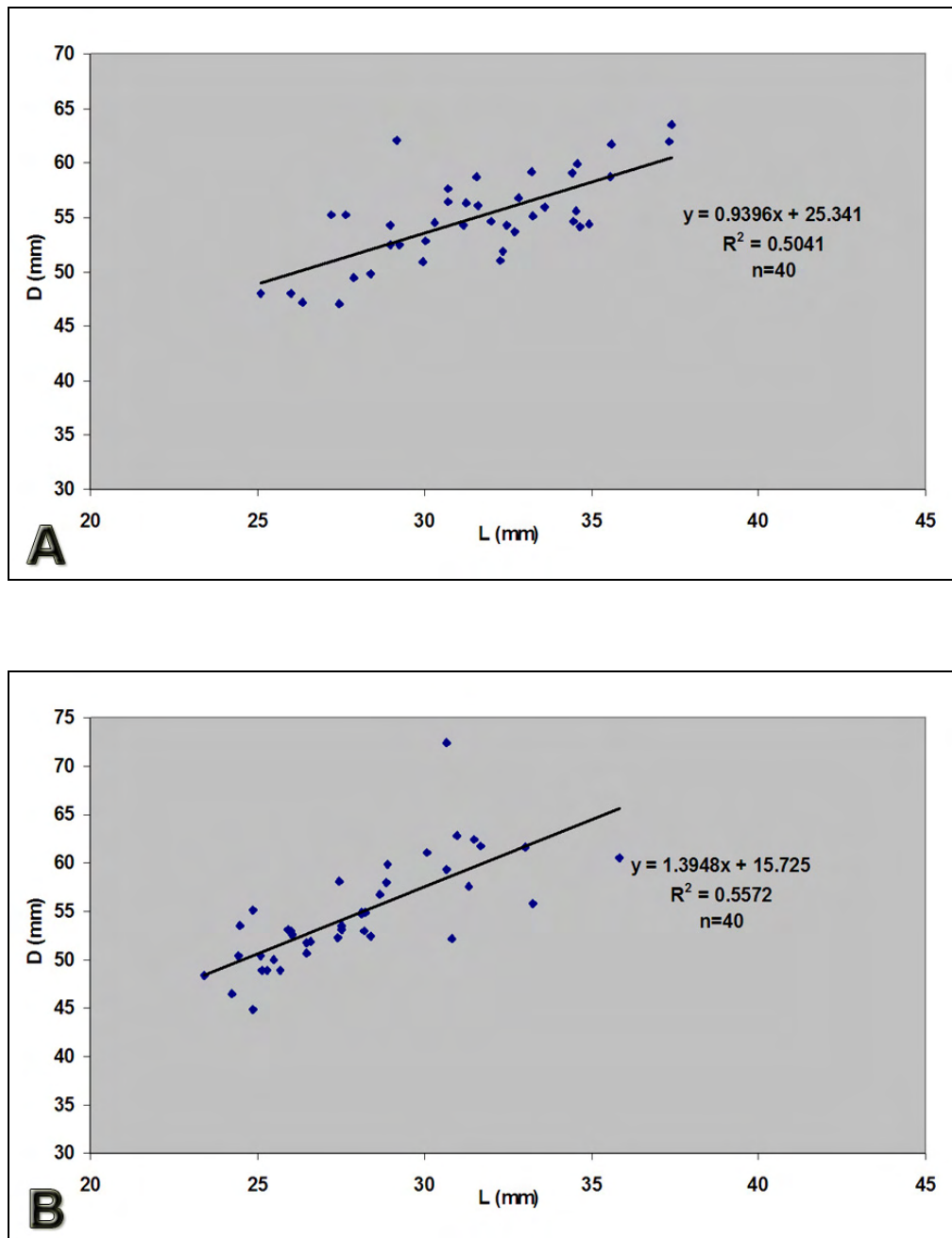
Εικόνα 3.14. Σχέση σωματικής διαμέτρου (D) και ύψους (L) του αχινού για τον πληθυσμό του σταθμού δειγματοληψίας ST01 Αγ. Στέφανος, (A) για την πρώτη δειγματοληψία και (B) για τη δεύτερη





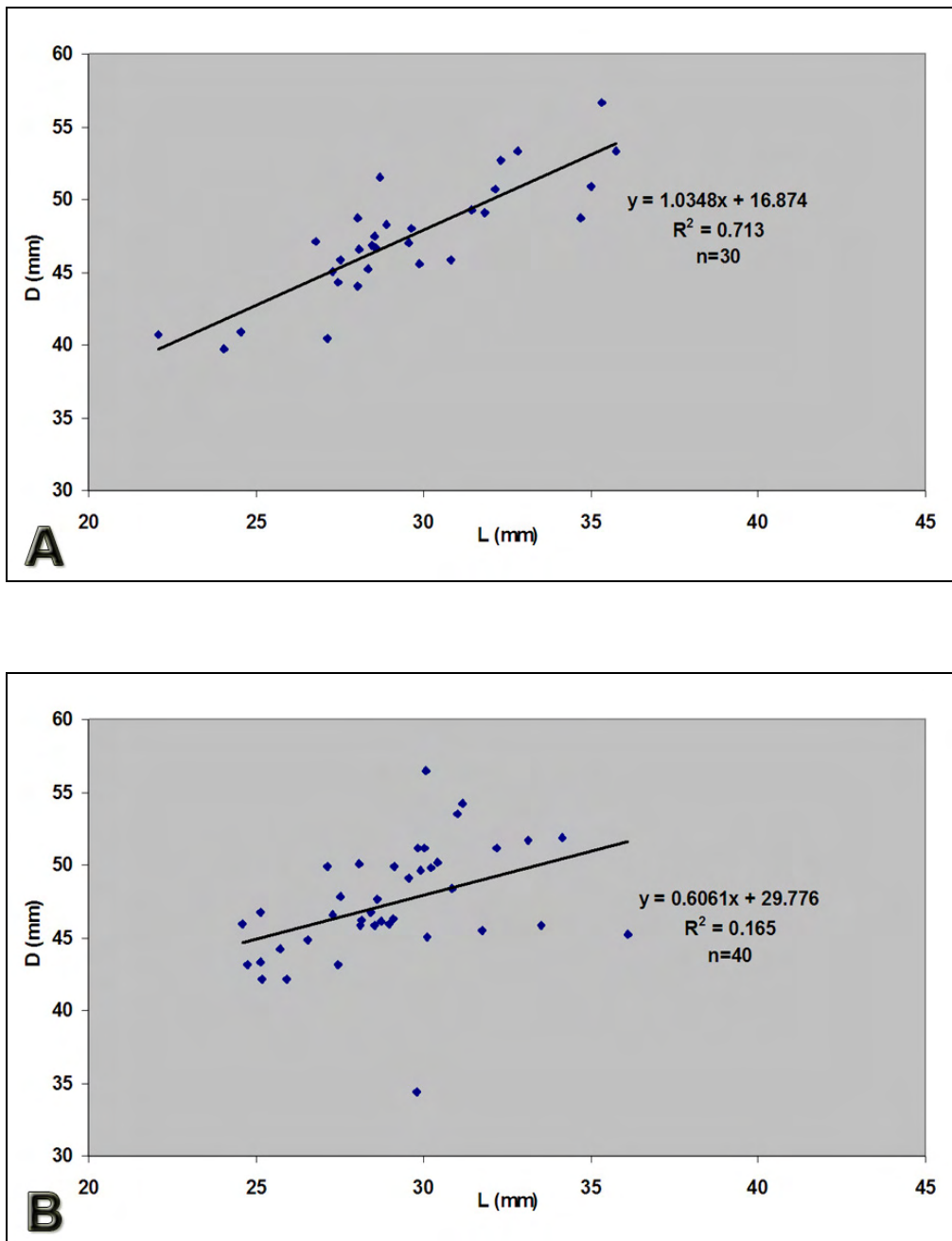
Εικόνα 3.15. Σχέση σωματικής διαμέτρου (D) και ύψους (L) του αχινού για τον πληθυσμό του σταθμού δειγματοληψίας ST02 Κάτω Γατζέα, (A) για την πρώτη δειγματοληψία και (B) για τη δεύτερη



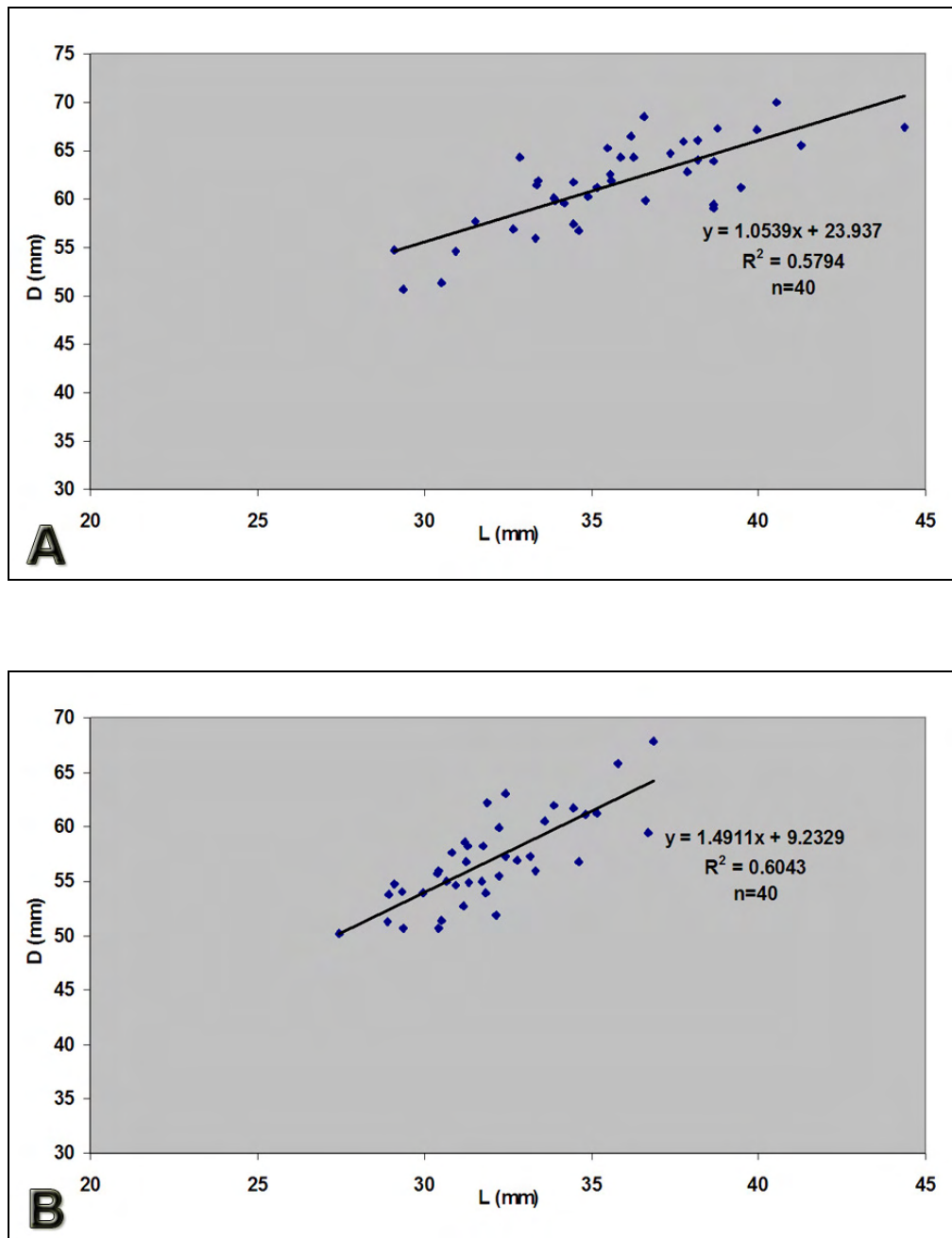


Εικόνα 3.16. Σχέση σωματικής διαμέτρου (D) και ύψους (L) του αχινού για τον πληθυσμό του σταθμού δειγματοληψίας ST03 Αγχιάλος, (A) για την πρώτη δειγματοληψία και (B) για τη δεύτερη



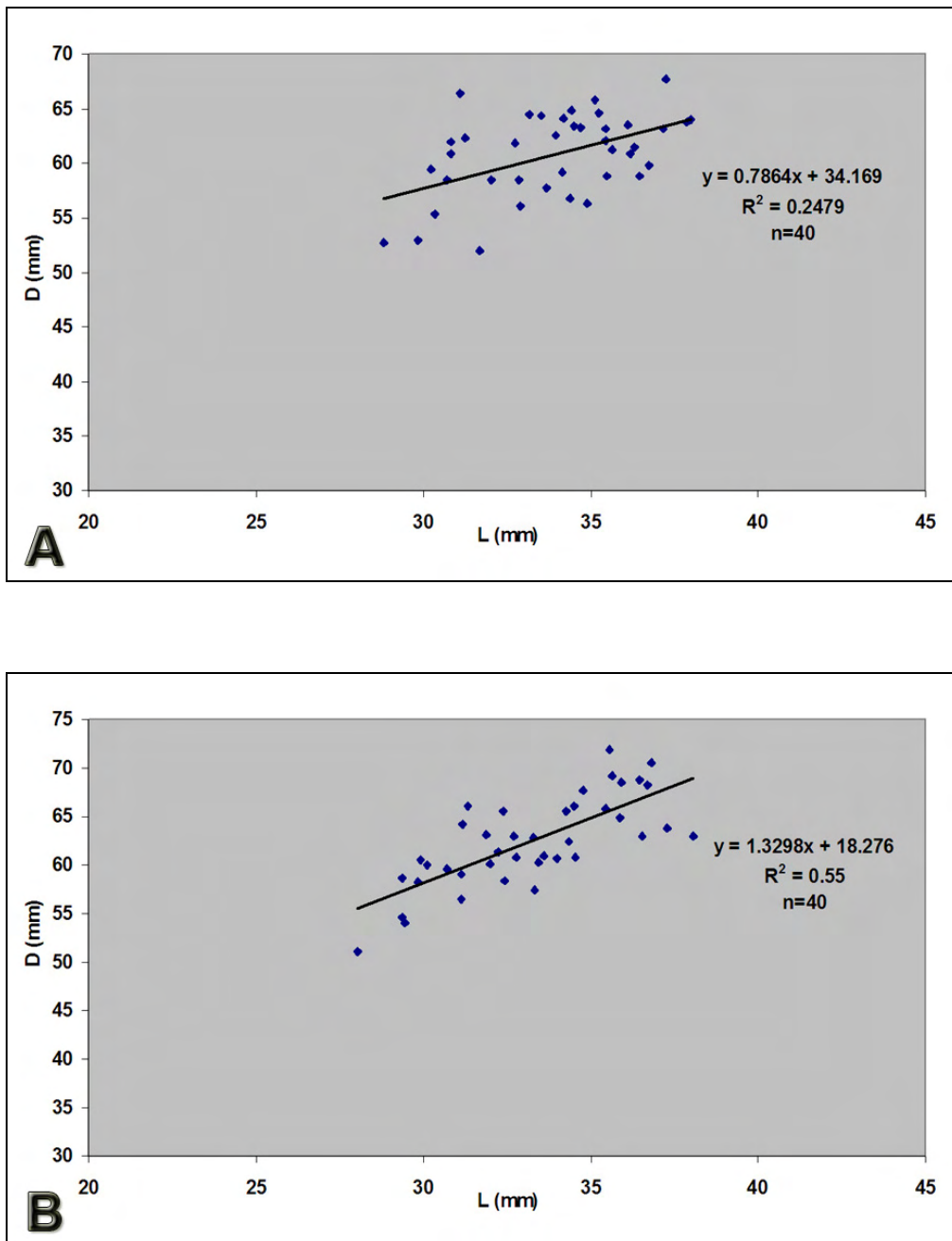


Εικόνα 3.17. Σχέση σωματικής διαμέτρου (D) και ύψους (L) του αχινού για τον πληθυσμό του σταθμού δειγματοληψίας ST04 Σκιάθος, (A) για την πρώτη δειγματοληψία και (B) για τη δεύτερη



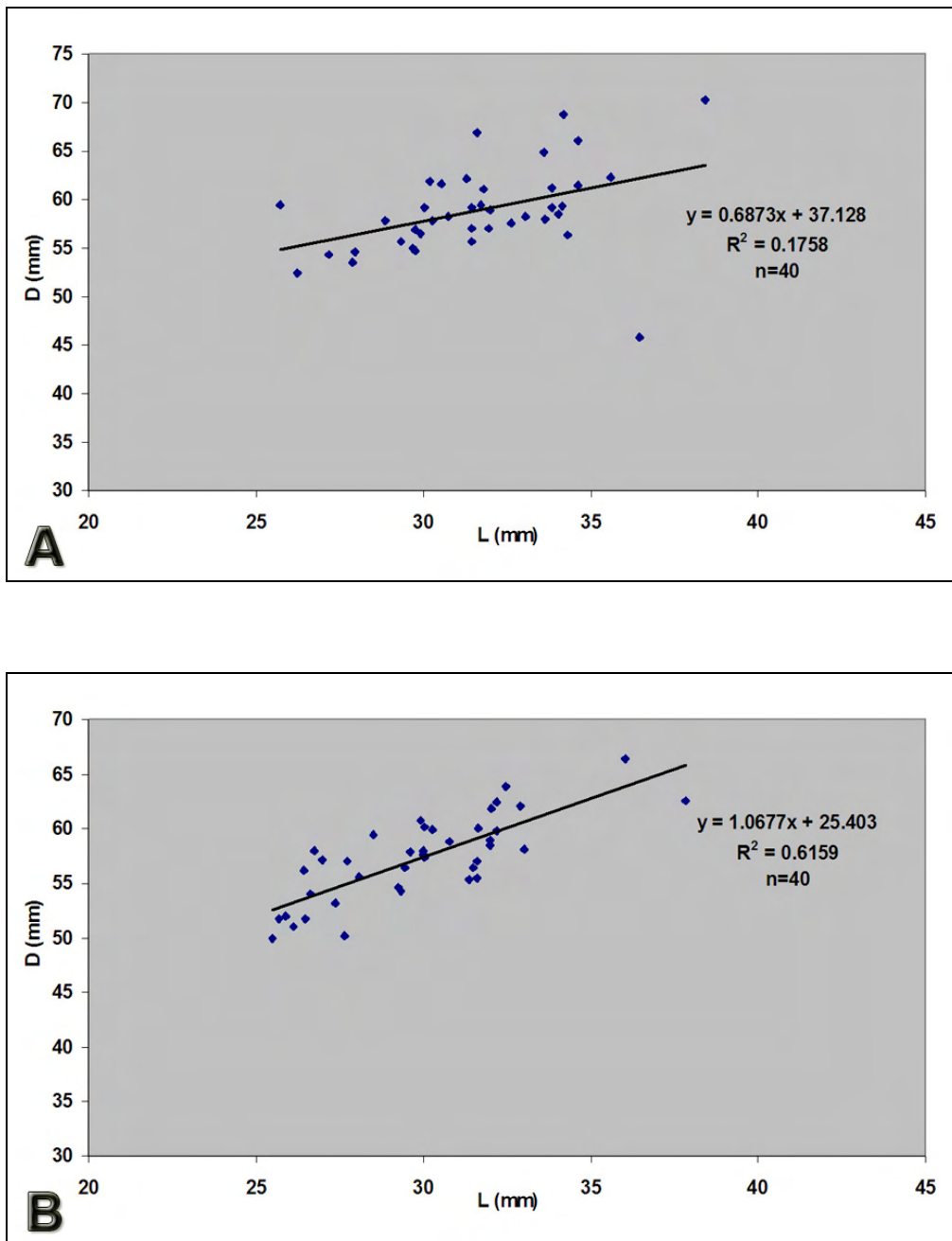
Εικόνα 3.18. Σχέση σωματικής διαμέτρου (D) και ύψους (L) του αχινού για τον πληθυσμό του σταθμού δειγματοληψίας ST05 Αλόνησος, (A) για την πρώτη δειγματοληψία και (B) για τη δεύτερη





Εικόνα 3.19. Σχέση σωματικής διαμέτρου (D) και ύψους (L) του αχινού για τον πληθυσμό του σταθμού δειγματοληψίας ST06 Μηλίνα, (A) για την πρώτη δειγματοληψία και (B) για τη δεύτερη





Εικόνα 3.20. Σχέση σωματικής διαμέτρου (D) και ύψους (L) του αχινού για τον πληθυσμό του σταθμού δειγματοληψίας ST07 Νηές, **(A)** για την πρώτη δειγματοληψία και **(B)** για τη δεύτερη



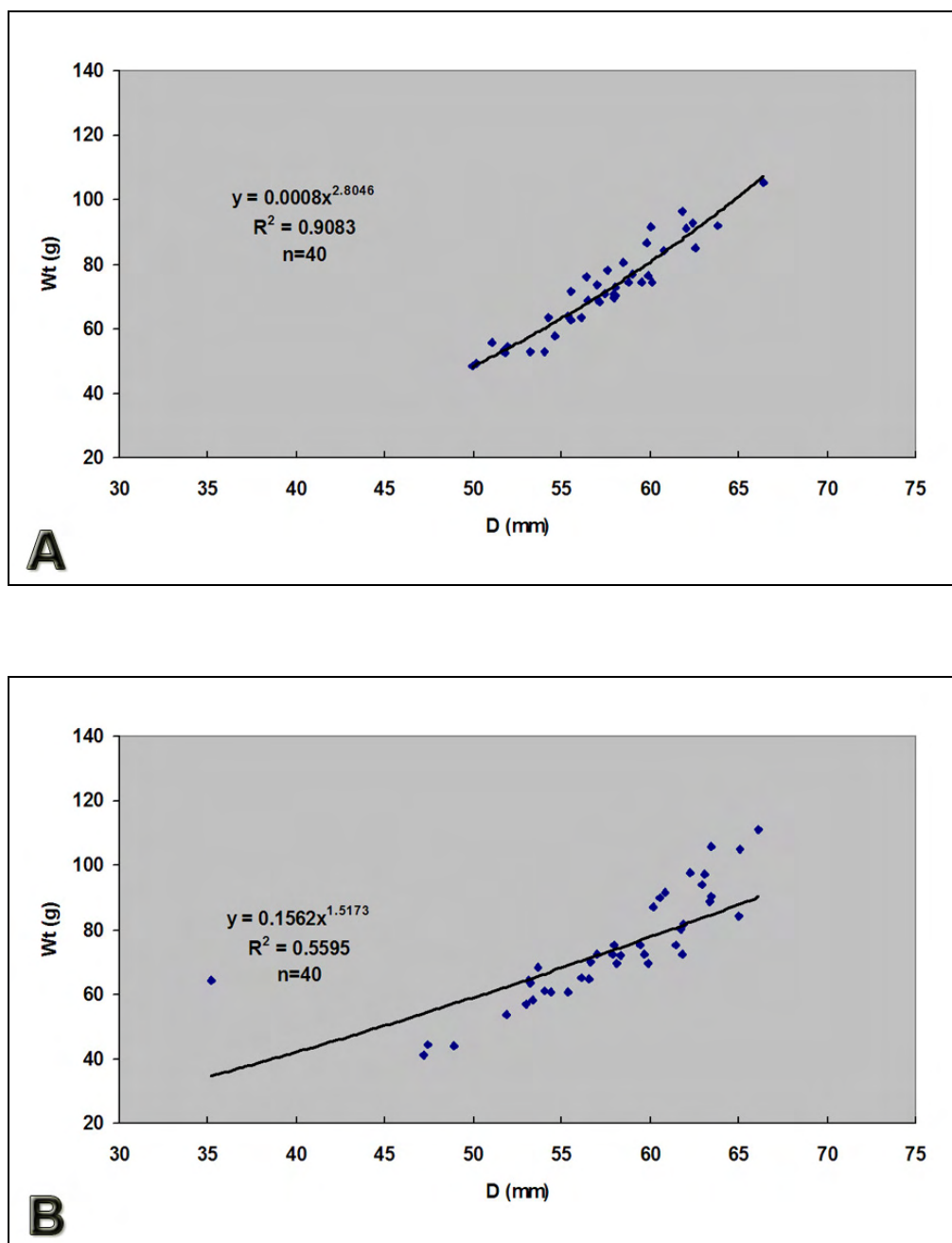
Πίνακας 3.5. Εξισώσεις και συντελεστές συσχέτισης της σχέσης σωματικής διαμέτρου (D) – ύψους (L) για όλους τους σταθμούς και τις δειγματοληψίες.

Μάιος - Ιούνιος 2007					
Σταθμός Δειγματοληψίας	Εξίσωση	R²	b	N	
ST01	Άγιος Στέφανος	$y = 1,787x + 2,1566$	0,7206	1,787	40
ST02	Κάτω Γατζέα	$y = 0,9891x + 24,004$	0,4084	0,9891	40
ST03	Αγχίαλος	$y = 0,9396x + 25,341$	0,5041	0,9396	40
ST04	Καναπίτσα	$y = 1,0348x + 16,874$	0,7130	1,0348	30
ST05	Κυρά Παναγιά	$y = 1,0539x + 23,937$	0,5794	1,0539	40
ST06	Μηλίνα	$y = 0,7864x + 34,169$	0,2479	0,7864	40
ST07	Νηές	$y = 0,6873x + 37,128$	0,1758	0,6873	40
Σεπτέμβριος - Νοέμβριος 2007					
Σταθμός Δειγματοληψίας	Εξίσωση	R²	b	N	
ST01	Άγιος Στέφανος	$y = 2,0495x - 4,7831$	0.6270	2,0495	40
ST02	Κάτω Γατζέα	$y = 1,078x + 24,486$	0.5360	1,078	40
ST03	Αγχίαλος	$y = 1,3948x + 15,725$	0.5572	1,3948	40
ST04	Καναπίτσα	$y = 0,6061x + 29,776$	0.1650	0,6061	40
ST05	Κυρά Παναγιά	$y = 1,4911x + 9,2329$	0.6043	1,4911	40
ST06	Μηλίνα	$y = 1,3298x + 18,276$	0.5500	1,3298	40
ST07	Νηές	$y = 1,0677x + 25,403$	0.6159	1,0677	40

B. Σχέση διαμέτρου (D) – Ολικού Βάρους (W_t)

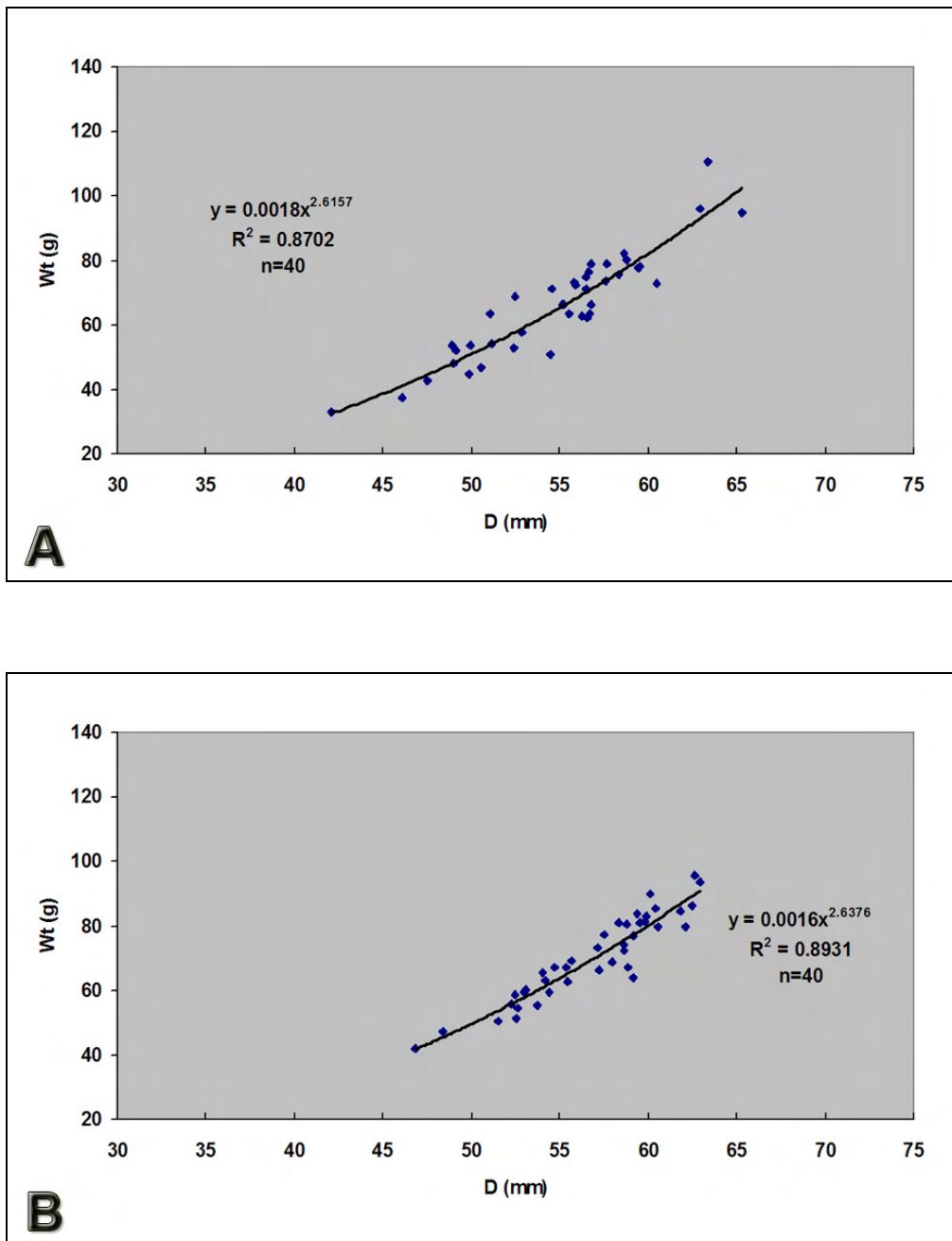
Η σχέση μεταξύ της μέγιστης διαμέτρου (D) και ολικού βάρους (W_t) συνολικά για κάθε σταθμό και κάθε δειγματοληψία ξεχωριστά, απεικονίζεται γραφικά στις Εικόνες 3.21 – 3.27, ενώ για ολόκληρο τον πληθυσμό φαίνεται στην Εικόνα 3.28. Τα αποτελέσματα όλων των συσχετίσεων φαίνονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 3.6.





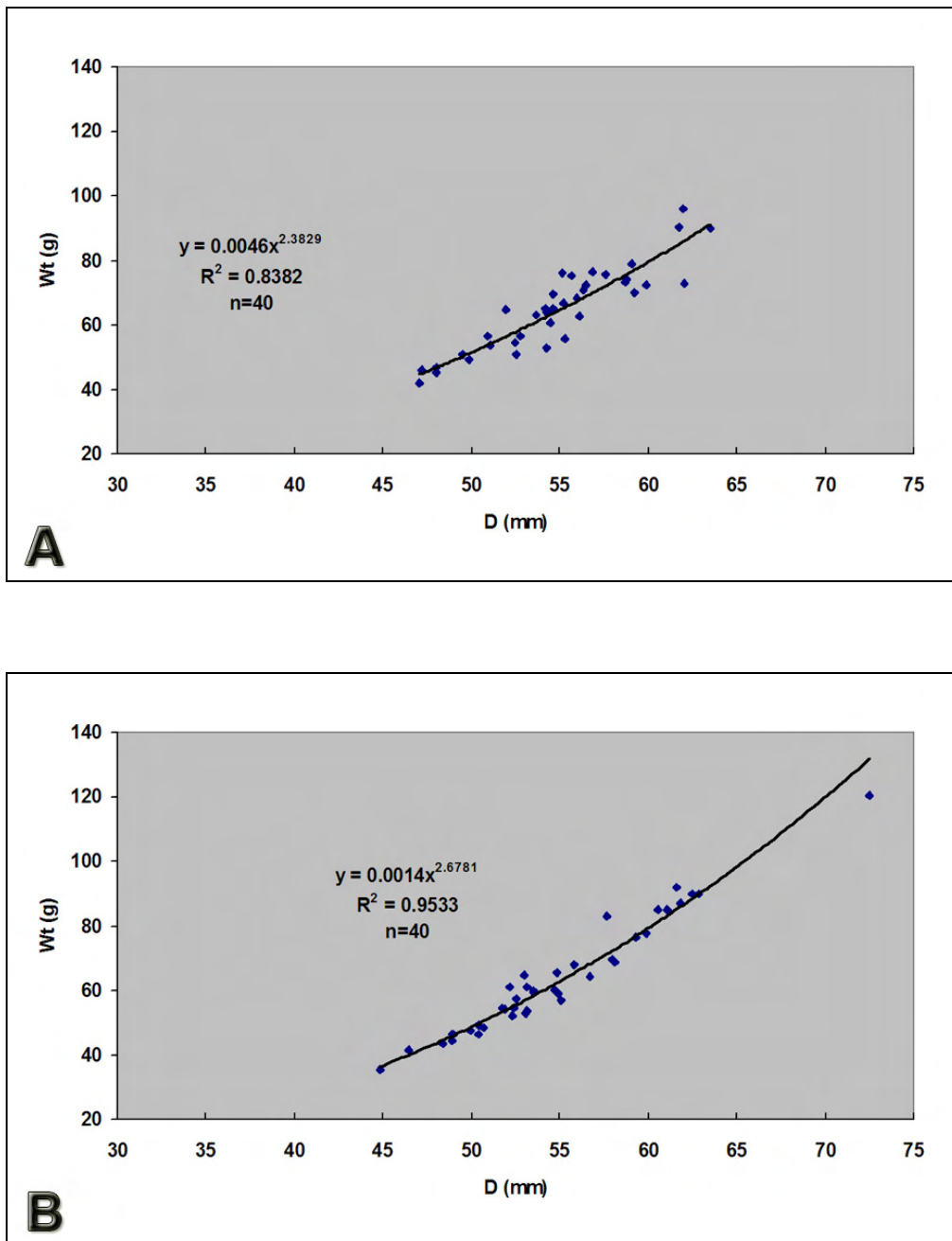
Εικόνα 3.21. Σχέση ολικού βάρους σώματος (Wt) και σωματικής διαμέτρου (D) για τον πληθυσμό του σταθμού δειγματοληψίας ST01 Άγ. Στέφανος, **(A)** για την πρώτη δειγματοληψία και **(B)** για τη δεύτερη





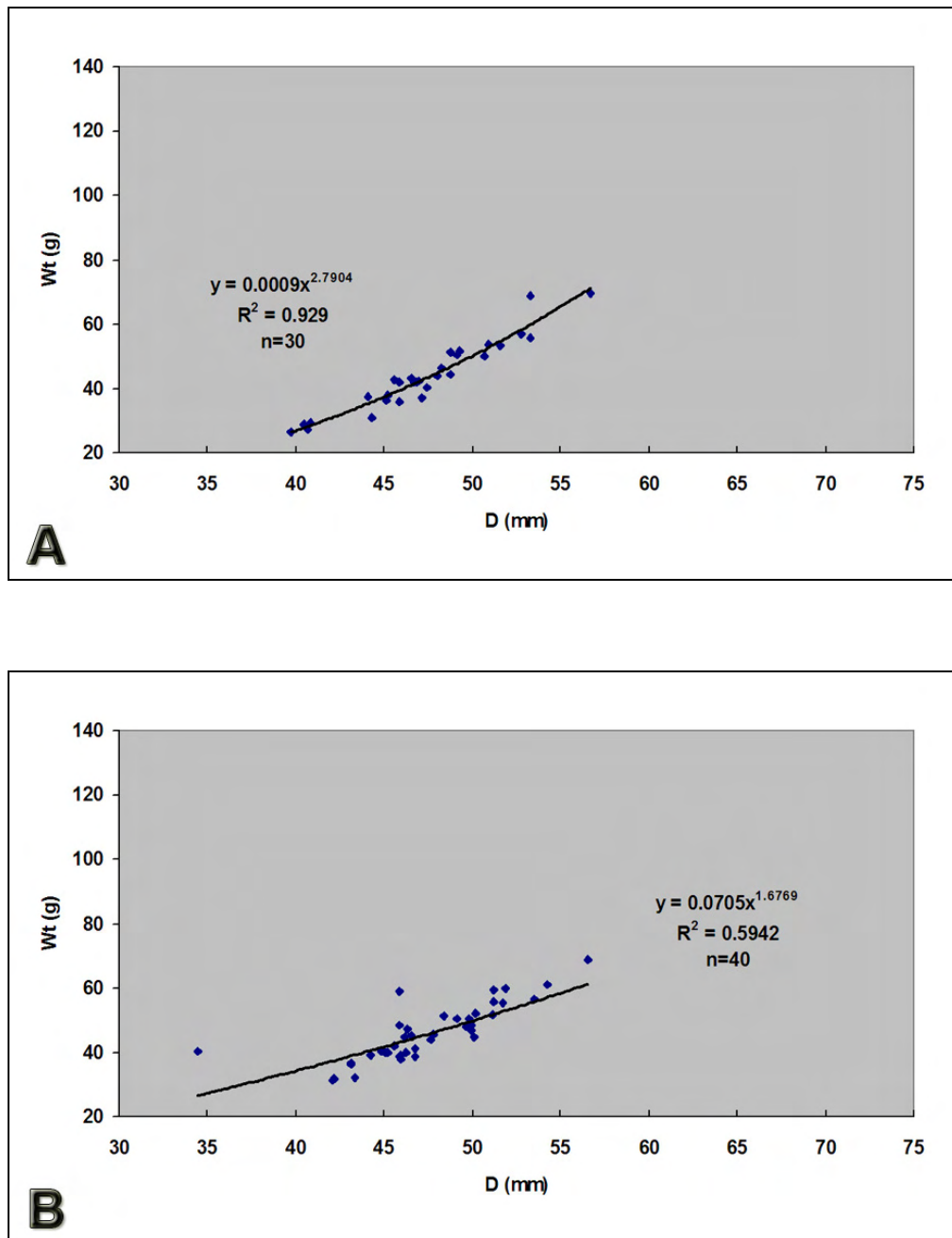
Εικόνα 3.22. Σχέση ολικού βάρους σώματος (Wt) και σωματικής διαμέτρου (D) για τον πληθυσμό του σταθμού δειγματοληψίας ST02 Κάτω Γατζέα, **(A)** για την πρώτη δειγματοληψία και **(B)** για τη δεύτερη





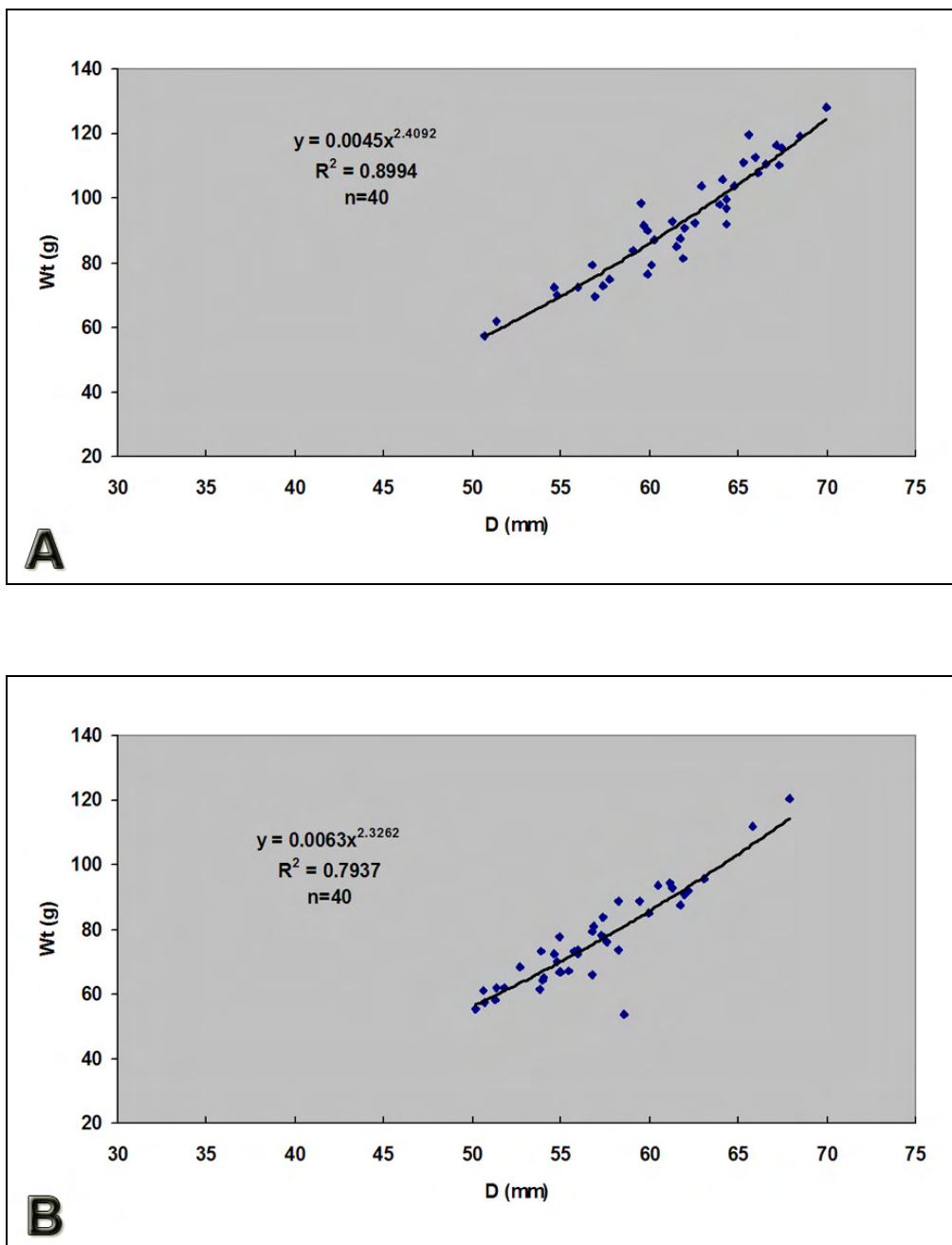
Εικόνα 3.23. Σχέση ολικού βάρους σώματος (Wt) και σωματικής διαμέτρου (D) για τον πληθυσμό του σταθμού δειγματοληψίας ST03 Αργιάλος, (A) για την πρώτη δειγματοληψία και (B) για τη δεύτερη



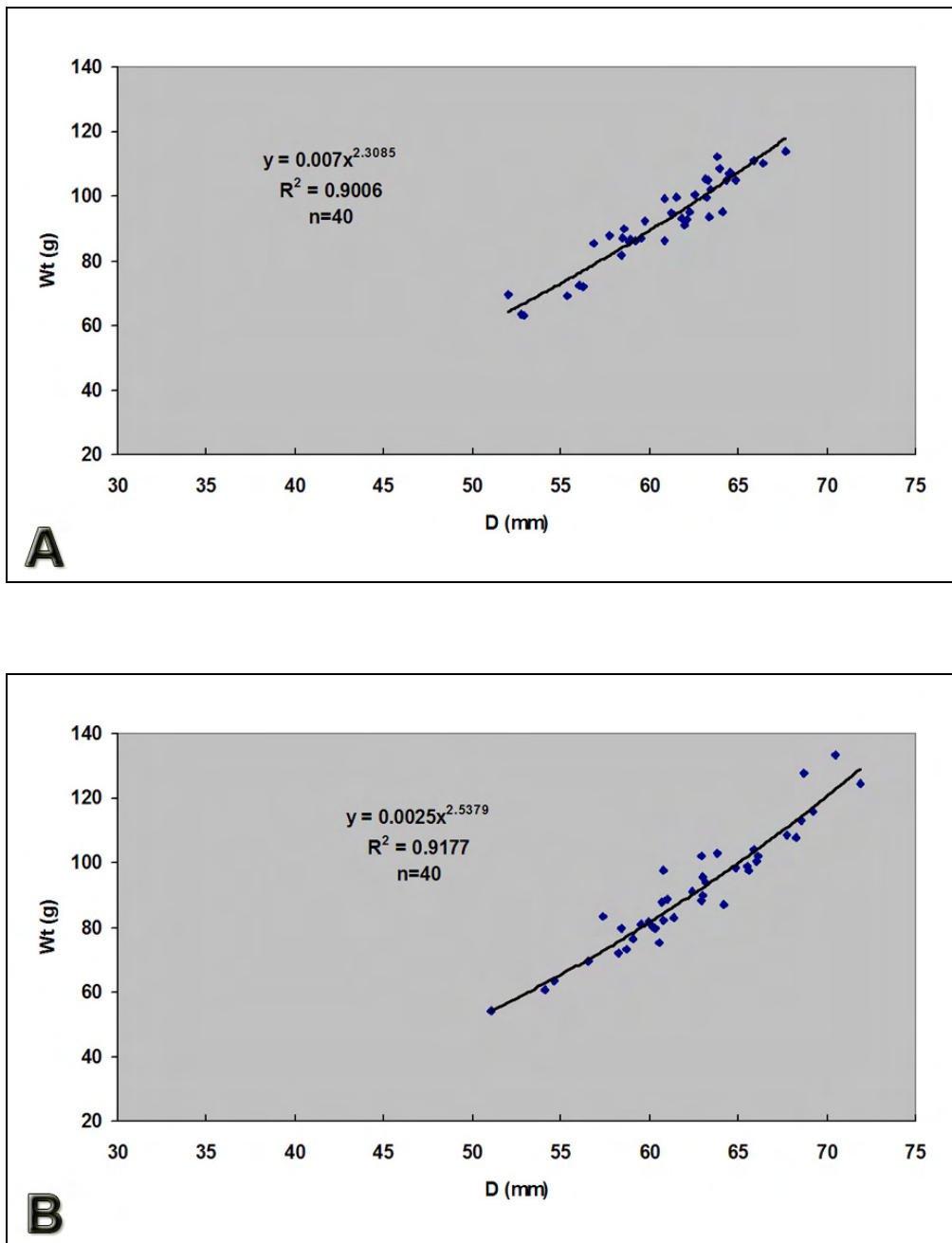


Εικόνα 3.24. Σχέση ολικού βάρους σώματος (Wt) και σωματικής διαμέτρου (D) για τον πληθυσμό του σταθμού δειγματοληψίας ST04 Σκιάθος, (A) για την πρώτη δειγματοληψία και (B) για τη δεύτερη



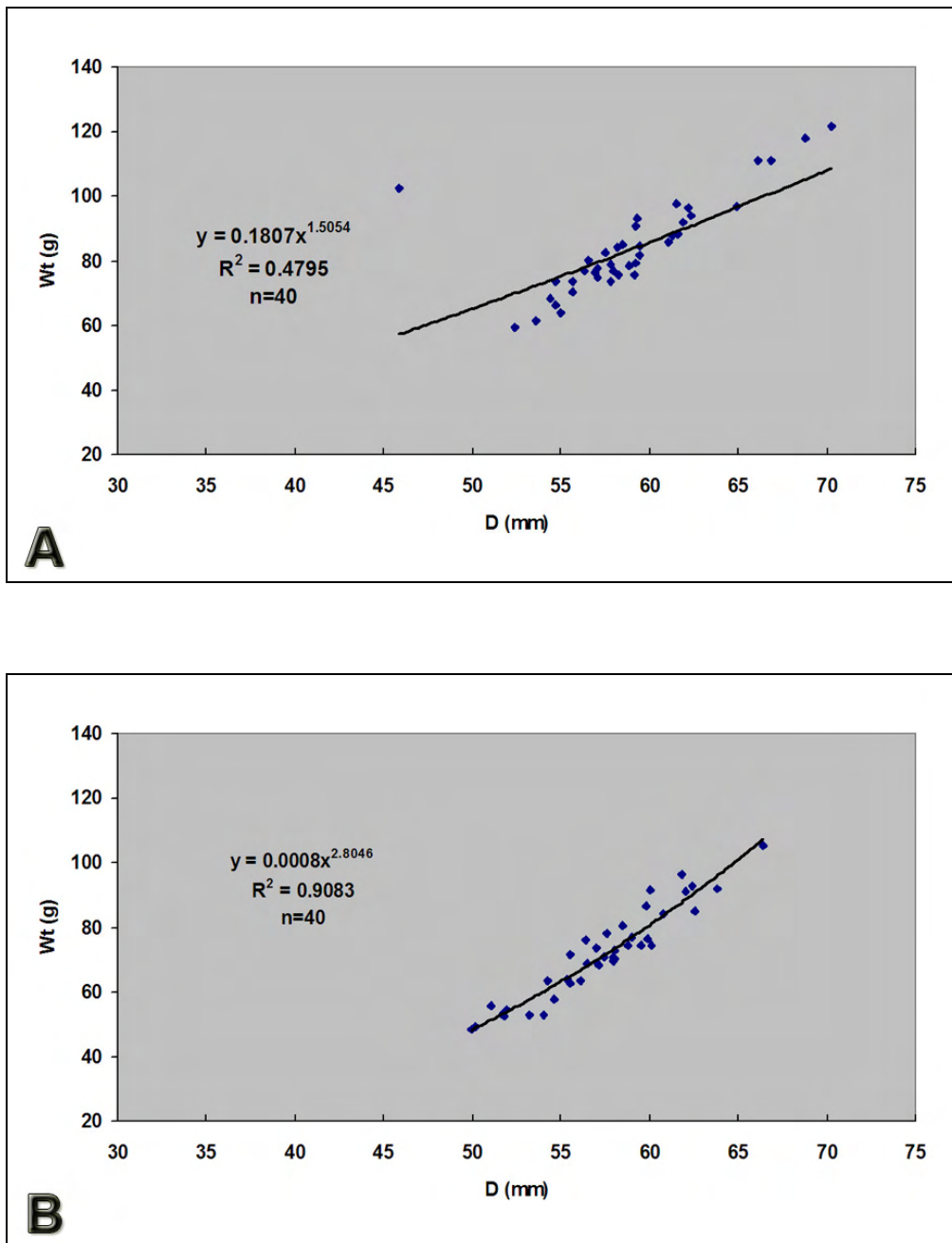


Εικόνα 3.25. Σχέση ολικού βάρους σώματος (Wt) και σωματικής διαμέτρου (D) για τον πληθυσμό του σταθμού δειγματοληψίας ST05 Αλόνησος, **(A)** για την πρώτη δειγματοληψία και **(B)** για τη δεύτερη

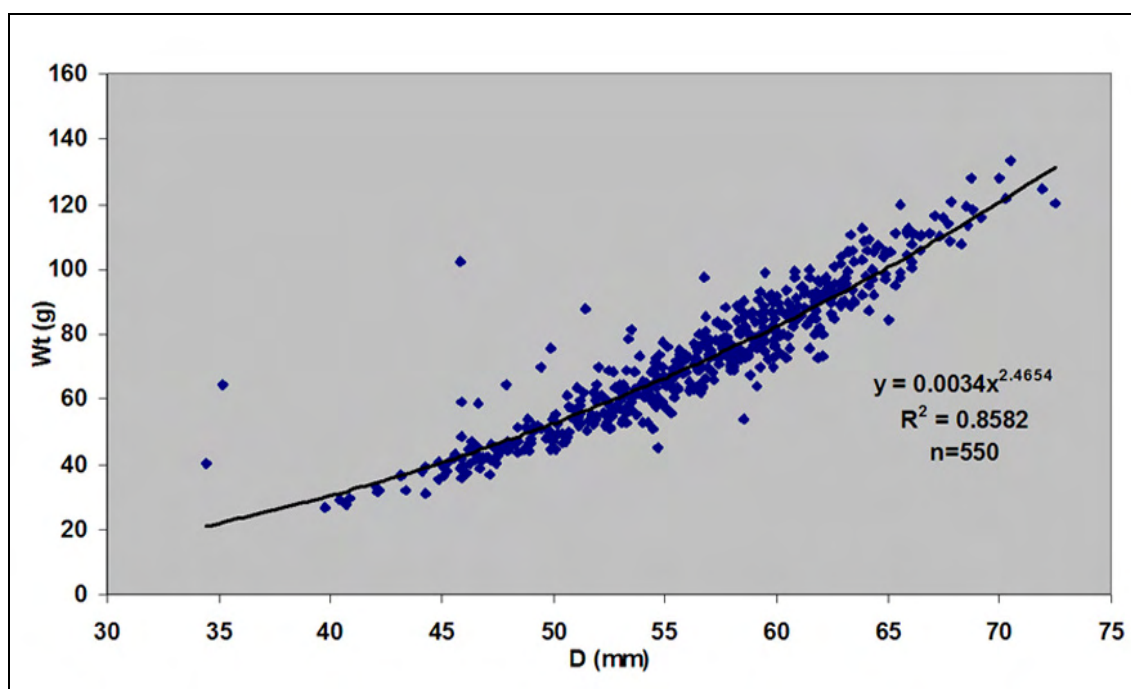


Εικόνα 3.26. Σχέση ολικού βάρους σώματος (Wt) και σωματικής διαμέτρου (D) για τον πληθυσμό του σταθμού δειγματοληψίας ST06 Μηλίνα, (A) για την πρώτη δειγματοληψία και (B) για τη δεύτερη





Εικόνα 3.27. Σχέση ολικού βάρους σώματος (Wt) και σωματικής διαμέτρου (D) για τον πληθυσμό του σταθμού δειγματοληψίας ST07 Νηές, (A) για την πρώτη δειγματοληψία και (B) για τη δεύτερη



Εικόνα 3.28. Σχέση ολικού βάρους σώματος (Wt) και σωματικής διαμέτρου (D) για τον συνολικό πληθυσμό του αχινού από όλους τους σταθμούς και για τις δύο δειγματοληψίες

Πίνακας 3.6. Εξισώσεις και συντελεστές συσχέτισης της σχέσης ολικού βάρους σώματος (Wt) - σωματικής διαμέτρου (D) για όλους τους σταθμούς και τις δειγματοληψίες..

Μάιος - Ιούνιος 2007					
Σταθμός Δειγματοληψίας	Εξίσωση	R ²	b	N	
ST01	Άγιος Στέφανος	$y = 0,0808x^{1,687}$	0,4716	1,687	40
ST02	Κάτω Γατζέα	$y = 0,0018x^{2,6157}$	0,8702	2,6157	40
ST03	Αγχιάλος	$y = 0,0046x^{2,3829}$	0,8382	2,3829	40
ST04	Καναπίτσα	$y = 0,0009x^{2,7904}$	0,9290	2,7904	30
ST05	Κυρά Παναγιά	$y = 0,0045x^{2,4092}$	0,8994	2,4092	40
ST06	Μηλίνα	$y = 0,007x^{2,3085}$	0,9006	2,3085	40
ST07	Νηές	$y = 0,1807x^{1,5054}$	0,4795	1,5054	40
Σεπτέμβριος - Νοέμβριος 2007					
Σταθμός Δειγματοληψίας	Εξίσωση	R ²	b	N	
ST01	Άγιος Στέφανος	$y = 0,1562x^{1,5173}$	0,5595	1,5173	40
ST02	Κάτω Γατζέα	$y = 0,0016x^{2,6376}$	0,8931	2,6376	40
ST03	Αγχιάλος	$y = 0,0014x^{2,6781}$	0,9533	2,6781	40
ST04	Καναπίτσα	$y = 0,01x^{2,1859}$	0,7399	2,1859	40
ST05	Κυρά Παναγιά	$y = 0,0063x^{2,3262}$	0,7937	2,3262	40
ST06	Μηλίνα	$y = 0,0025x^{2,5379}$	0,9177	2,5379	40
ST07	Νηές	$y = 0,0008x^{2,8046}$	0,9083	2,8046	40



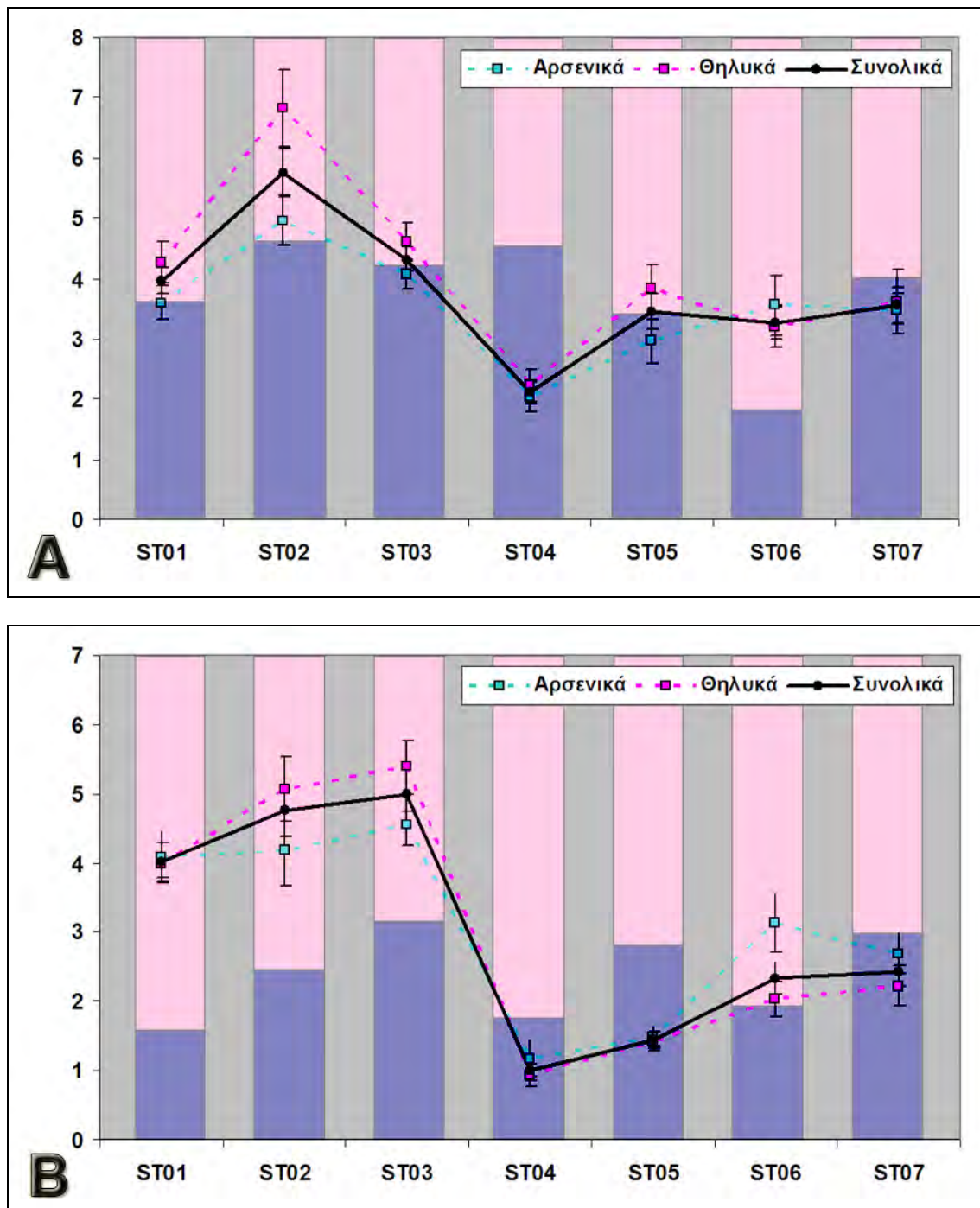
3.5 Γοναδοσωματικός Δείκτης (GSI)

Στον Πίνακα 3.7 φαίνεται η μέση τιμή του γοναδοσωματικού δείκτη (GSI) για κάθε σταθμό και κάθε δειγματοληψία, ενώ στις Εικόνες 3.29 – 3.30 απεικονίζεται γραφικά η μεταβολή του δείκτη ανά σταθμό δειγματοληψίας καθώς και η σχέση αρσενικών – θηλυκών ατόμων (sex ratio).

Πίνακας 3.7. Οι τιμές του γοναδοσωματικού δείκτη για κάθε σταθμό ανά δειγματοληψία και συνολικά. (GSI = μέση τιμή του δείκτη, S.D. = Τυπική απόκλιση, Αρσενικά = Αριθμός αρσενικών ατόμων, Θηλυκά = αριθμός θηλυκών ατόμων)

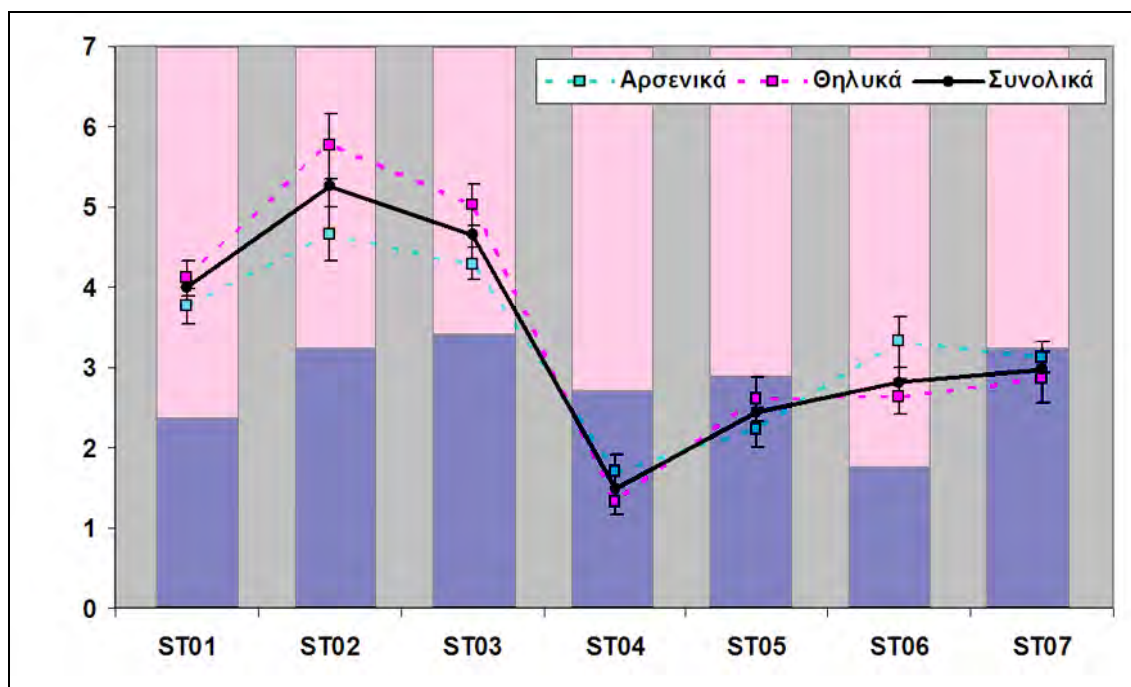
	ST01	ST02	ST03	ST04	ST05	ST06	ST07
Μάιος – Ιούνιος 2007							
GSI	3,96	5,75	4,32	2,12	3,46	3,28	3,55
S.D	1,42	2,47	1,26	0,99	1,83	1,76	1,86
Αρσενικά	18	23	21	17	17	9	20
GSI	3,59	4,96	4,06	2,04	2,96	3,55	3,49
S.D (±)	1,19	2,02	1,11	1,01	1,53	1,47	1,11
Θηλυκά	22	17	19	13	23	31	20
GSI	4,26	6,83	4,60	2,22	3,83	3,20	3,60
S.D (±)	1,55	2,66	1,38	0,99	1,97	1,86	2,41
Σεπτέμβριος – Νοέμβριος 2007							
GSI	4,02	4,75	5,00	1,01	1,45	2,34	2,42
S.D (±)	1,52	2,25	1,63	0,87	0,66	1,46	1,31
Αρσενικά	9	14	18	10	16	11	17
GSI	4,09	4,18	4,55	1,18	1,48	3,13	2,69
S.D (±)	1,05	1,92	1,28	0,87	0,59	1,41	1,20
Θηλυκά	31	26	22	30	24	29	23
GSI	4,00	5,06	5,38	0,94	1,43	2,04	2,23
S.D (±)	1,64	2,40	1,81	0,88	0,72	1,38	1,38
Συνολικά							
GSI	3,99	5,25	4,66	1,48	2,45	2,81	2,99
S.D (±)	1,46	2,40	1,49	1,07	1,70	1,68	1,69
Αρσενικά	27	37	39	27	33	20	37
GSI	3,76	4,66	4,29	1,70	2,24	3,32	3,12
S.D (±)	1,15	2,00	1,20	1,03	1,38	1,42	1,21
Θηλυκά	53	43	41	43	47	60	43
GSI	4,11	5,76	5,02	1,34	2,60	2,64	2,87
S.D (±)	1,60	2,62	1,65	1,08	1,89	1,73	2,03





Εικόνα 3.29. Μεταβολή της μέσης τιμής του γοναδοσωματικού δείκτη ανά σταθμό, για το συνολικό πληθυσμό και ξεχωριστά για τα αρσενικά και τα θηλυκά άτομα καθώς και η αναλογία αρσενικών – θηλυκών. (A) για την πρώτη δειγματοληψία (B) για τη δεύτερη δειγματοληψία.





Εικόνα 3.30. Μεταβολή της μέσης τιμής του γοναδοσωματικού δείκτη ανά σταθμό δειγματοληψίας, για το συνολικό πληθυσμό και ξεχωριστά για τα αρσενικά και τα θηλυκά άτομα καθώς και η αναλογία αρσενικών – θηλυκών.

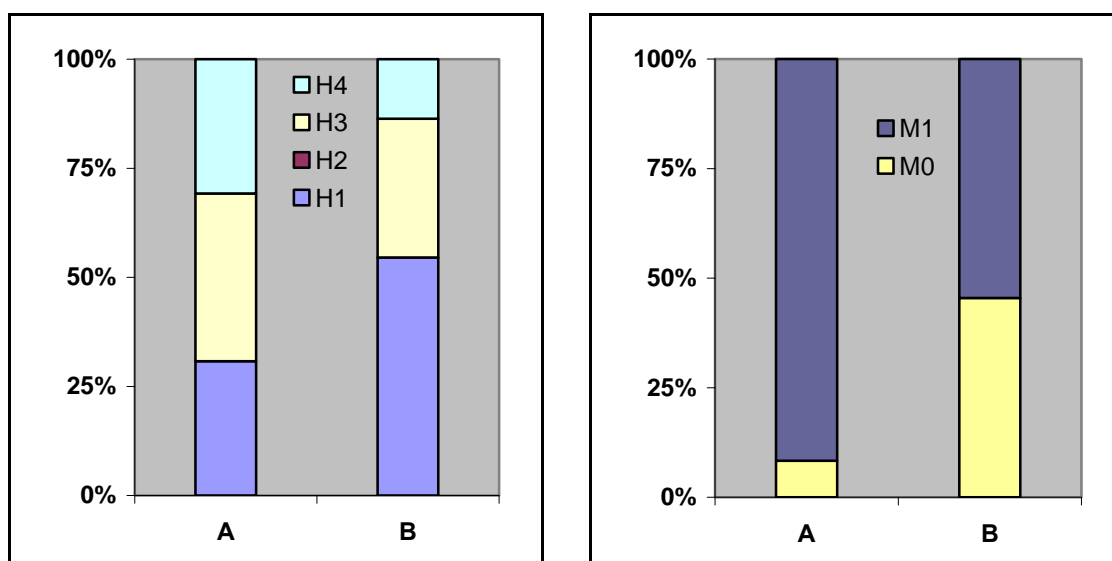
3.6 Ιστολογική Ανάλυση

Συνολικά στο μικροσκόπιο παρατηρήθηκαν τα δείγματα από 58 άτομα, 35 θηλυκά και 23 αρσενικά. Στον Πίνακα 3.8 φαίνονται τα αποτελέσματα της καταγραφής των σταδίων ωριμότητας, ενώ στην Εικόνα 3.31 αποδίδεται γραφικά η κατανομή των σταδίων, ανάλογα με την περίοδο δειγματοληψίας και το φύλο

Πίνακας 3.8. Καταγραφή των σταδίων ωριμότητας των γονάδων ανά εποχή δειγματοληψίας και ανά φύλο (H1-H4 Θηλυκά, M0-M1 Αρσενικά)

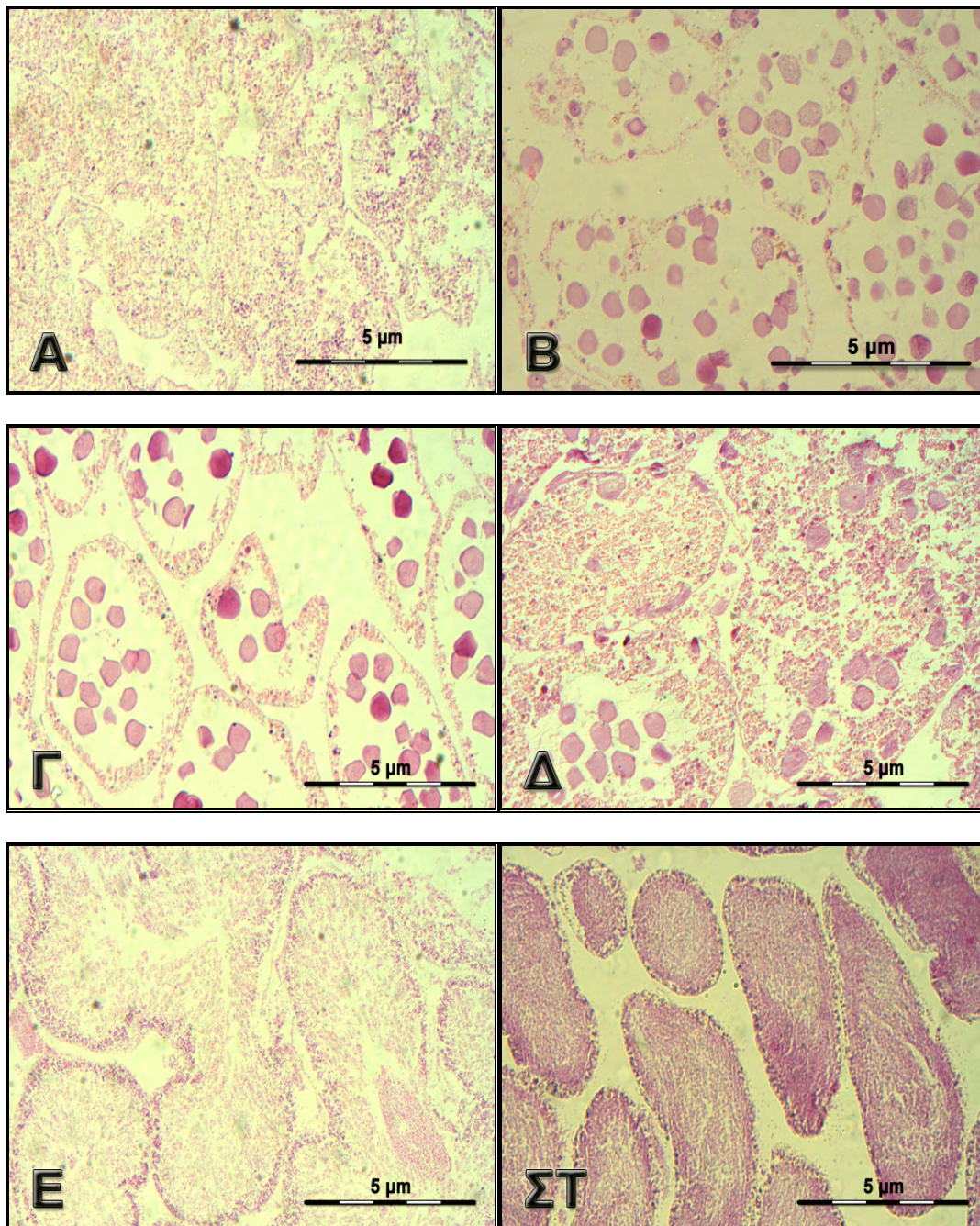
Δειγματοληψία	H1	H2	H3	H4	M0	M1
Μάιος – Ιούνιος 2007	4	0	5	4	1	11
Σεπτέμβριος – Οκτώβριος 2007	12	0	7	3	5	6





Εικόνα 3.31. Κατανομή των σταδίων ωριμότητας των γονάδων του αχινού ανάλογα με την εποχή (A: Μάιος – Ιούνιος 2007, B: Σεπτέμβριος – Νοέμβριος 2007) και το φύλο (H1-H4 Θηλυκά, M0-M1 Αρσενικά)

Στην Εικόνα 3.32 φαίνονται ενδεικτικά φωτογραφίες που λήφθηκαν από το μικροσκόπιο και αποδίδουν τα διαφορετικά στάδια ωριμότητας των γονάδων, όπως αυτά αναγνωρίστηκαν σύμφωνα με τα στάδια που καθόρισαν οι Sanchez-España *et al.* (2004). Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 3.8, δεν βρέθηκαν θηλυκά άτομα να διαθέτουν γονάδες στο στάδιο H2 γι' αυτό και δεν υπάρχει αντίστοιχη φωτογραφία.



Εικόνα 3.32. Φωτογραφίες από το μικροσκόπιο που αποδίδουν τα στάδια ωριμότητας των γονάδων του αχινού όπως αυτά αναγνωρίστηκαν (**Θηλυκά:** Α. Η1, Β, Γ. Η3, Δ. Η4, **Αρσενικά:** Ε. Μ0, ΣΤ. Μ1)

3.7 Στατιστική Επεξεργασία

Η σύγκριση των μορφομετρικών χαρακτηριστικών μεταξύ των σταθμών της πρώτης δειγματοληψίας (Μάιος – Ιούνιος 2007) και μεταξύ των σταθμών της δεύτερης δειγματοληψία (Σεπτέμβριος – Νοέμβριος 2007), έγινε με τον παραμετρικό έλεγχο Ανάλυσης Διακύμανσης κατά ένα παράγοντα (one way ANOVA), με επίπεδο σημαντικότητας 95% (Πιν. 3.15 και Πιν. 3.22).

3.7.1 Πρώτη Δειγματοληψία

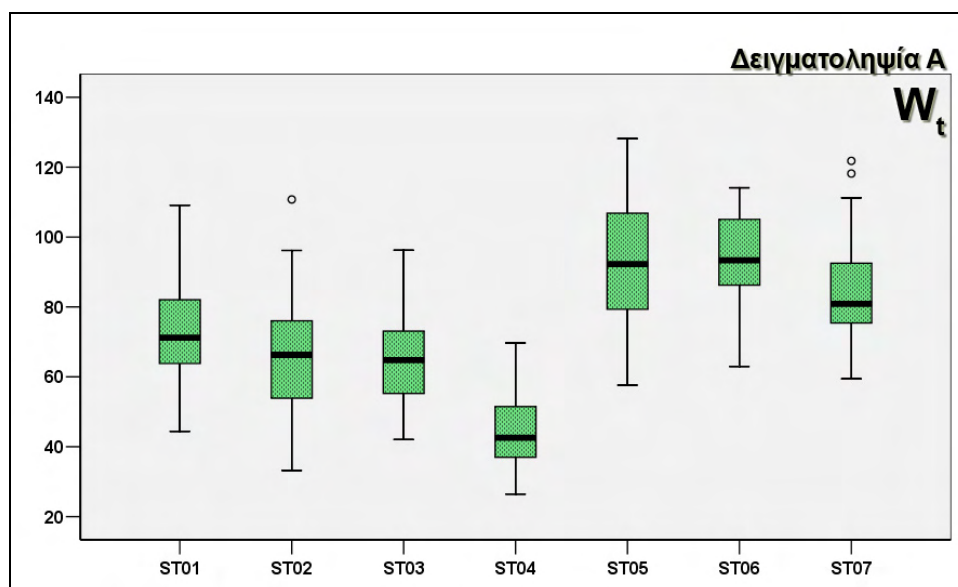
A. Ολικό Σωματικό Βάρος (W_t)

Η σύγκριση των πληθυσμών με βάση το ολικό σωματικό βάρος (W_t) έδειξε ότι μεταξύ όλων των σταθμών υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά (Πιν. 3.9). Τα βαρύτερα ζώα βρέθηκαν στους σταθμούς ST05, ST06 και ST07, ενώ τα πιο ελαφριά ζώα προέρχονταν από το σταθμό ST04. Στην Εικόνα 3.33, φαίνεται ο τρόπος που κατανεμήθηκαν οι τιμές του ολικού βάρους των αχινών σε κάθε σταθμό.

Πίνακας 3.9. Αποτελέσματα της Ανάλυσης Διακύμανσης κατά ένα παράγοντα για το ολικό σωματικό βάρος

	B.E.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο τετράγωνο	F	Πιθανότητα
Μεταξύ Σταθμών	6	64722,35	10787,1	50,1488	<0,0001
Μεταξύ Ζώων	263	56571,57	215,1		
Σύνολο	269	121293,9			





Εικόνα 3.33. Ιστόγραμμα του ολικού νωπού σωματικού βάρους (W_t) για όλους τους σταθμούς κατά την πρώτη δειγματοληπτική περίοδο.

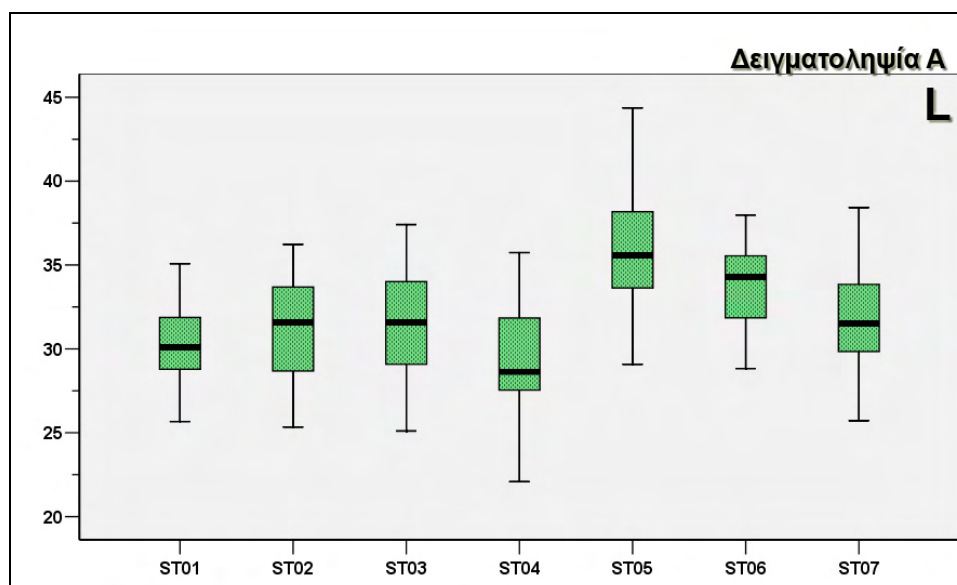
B. Μέγιστο ύψος (L)

Ανάλογα αποτελέσματα βρέθηκαν και με τη σύγκριση των πληθυσμών ως προς το μέγιστο ύψος (L). Συγκεκριμένα η επεξεργασία έδειξε ότι οι σταθμοί διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους (Πιν. 3.10). Οι σταθμοί που ξεχώρισαν ήταν οι ST05 και ST06, όπου και παρατηρήθηκε ο μεγαλύτερος μέσος όρος και ο ST04, ο οποίος παρουσίασε ζώα με το μικρότερο ύψος κελύφους. Η κατανομή των τιμών του ύψους των αχινών σε κάθε σταθμό φαίνεται στην Εικόνα 3.34.

Πίνακας 3.10. Αποτελέσματα της Ανάλυσης Διακύμανσης κατά ένα παράγοντα για το μέγιστο ύψος

	B.E.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο τετράγωνο	F	Πιθανότητα
Μεταξύ Σταθμών	6	1067,733	177,956	21,0241	<0,0001
Μεταξύ Ατόμων	263	2226,124	8,464		
Σύνολο	269	3293,857			





Εικόνα 3.34. Ιστόγραμμα του μέγιστου σταθερού ύψους (L) του κελύφους, για όλους τους σταθμούς κατά την πρώτη δειγματοληπτική περίοδο.

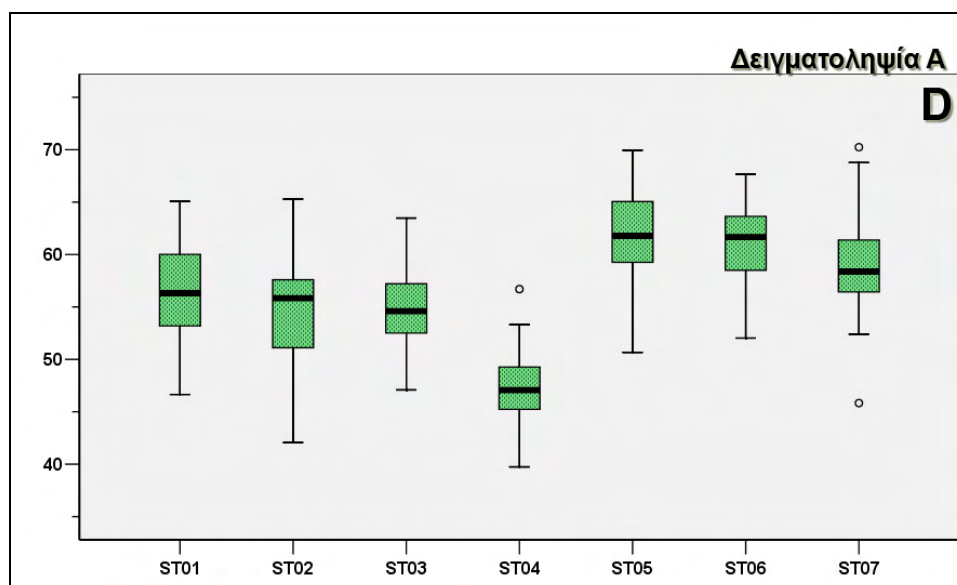
Γ. Μέγιστη διάμετρος (D)

Οι πληθυσμοί έδειξαν σημαντική διαφοροποίηση και ως προς τη μέγιστη διάμετρο του κελύφους, η οποία βρέθηκε ότι διέφερε στατιστικά σημαντικά μεταξύ των σταθμών (Πιν. 3.11). Τα μεγαλύτερα σε μέγεθος άτομα βρέθηκαν στους σταθμούς ST05 και ST06 ενώ τα μικρότερα στο σταθμό ST04. Ο τρόπος που κατανέμονται οι τιμές της διαμέτρου του κελύφους των πληθυσμών φαίνεται στην Εικόνα 3.35.

Πίνακας 3.11. Αποτελέσματα της Ανάλυσης Διακύμανσης κατά ένα παράγοντα για τη μέγιστη διάμετρο.

	Β.Ε.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο τετράγωνο	F	Πιθανότητα
Μεταξύ Σταθμών	6	4734,294	789,049	40,3391	<0,0001
Μεταξύ Ατόμων	263	5144,391	19,56		
Σύνολο	269	9878,685			





Εικόνα 3.35. Ιστόγραμμα της μέγιστης σταθερής διαμέτρου (D) του κελύφους, για όλους τους σταθμούς κατά την πρώτη δειγματοληπτική περίοδο.

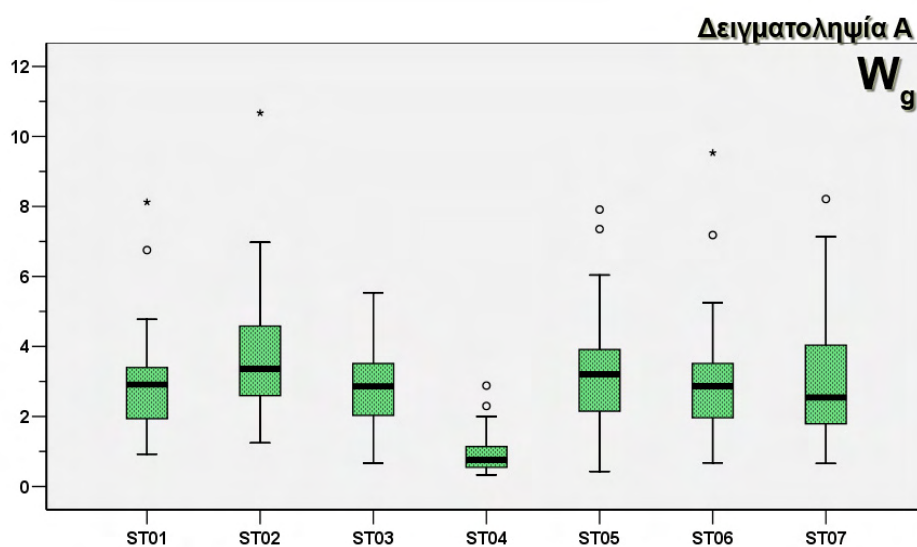
Δ. Ολικό βάρος γονάδων (W_g)

Ως προς το ολικό νωπό βάρος των γονάδων (W_g), η στατιστική επεξεργασία έδειξε ότι οι πληθυσμοί διαφέρουν μεταξύ τους (Πιν. 3.12). Όπως φαίνεται και στο ιστόγραμμα της Εικόνας 3.36, ο σταθμός ST04 είχε το μικρότερο μέσο όρο ενώ οι υπόλοιποι σταθμοί παρουσίασαν μικρές διαφορές ως προς το μέσο όρο, αλλά σημαντικές ως προς την κατανομή των τιμών του κάθε ατόμου του πληθυσμού ξεχωριστά.

Πίνακας 3.12. Αποτελέσματα της Ανάλυσης Διακύμανσης κατά ένα παράγοντα για ολικό νωπό βάρος των γονάδων

	B.E.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο τετράγωνο	F	Πιθανότητα
Μεταξύ Σταθμών	6	145,1971	24,1995	10,8983	<0,0001
Μεταξύ Ατόμων	263	583,9868	2,2205		
Σύνολο	269	729,1839			





Εικόνα 3.36. Ιστόγραμμα του ολικού νωπού βάρους (W_g) των γονάδων, για όλους τους σταθμούς κατά την πρώτη δειγματοληπτική περίοδο.

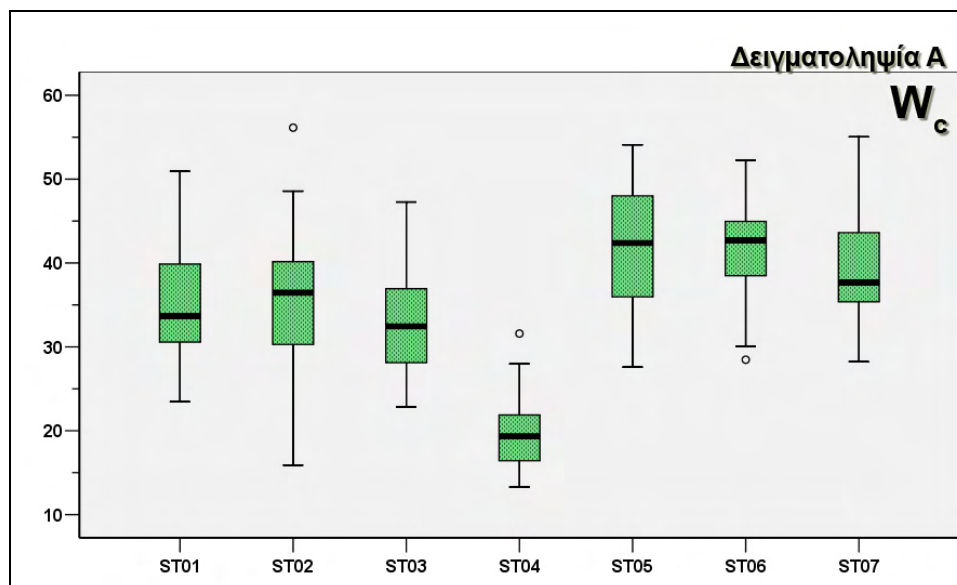
Ε. Βάρος Κελύφους (W_c)

Το βάρος κελύφους διέφερε στατιστικά σημαντικά μεταξύ των σταθμών (Πιν. 3.13) με το μεγαλύτερο μέσο όρο να παρουσιάζεται στους σταθμούς ST05 και ST06 και το μικρότερο μέσο όρο στο σταθμό ST04 (Εικ. 3.37)

Πίνακας 3.13. Αποτελέσματα της Ανάλυσης Διακύμανσης κατά ένα παράγοντα για καθαρό βάρος του κελύφους.

	Β.Ε.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο τετράγωνο	F	Πιθανότητα
Μεταξύ Σταθμών	6	11726,12	1954,35	47,6109	<0,0001
Μεταξύ Ατόμων	263	10795,74	41,05		
Σύνολο	269	22521,86			





Εικόνα 3.37. Ιστόγραμμα του καθαρού βάρους (W_c) του κελύφους, για όλους τους σταθμούς κατά την πρώτη δειγματοληπτική περίοδο.

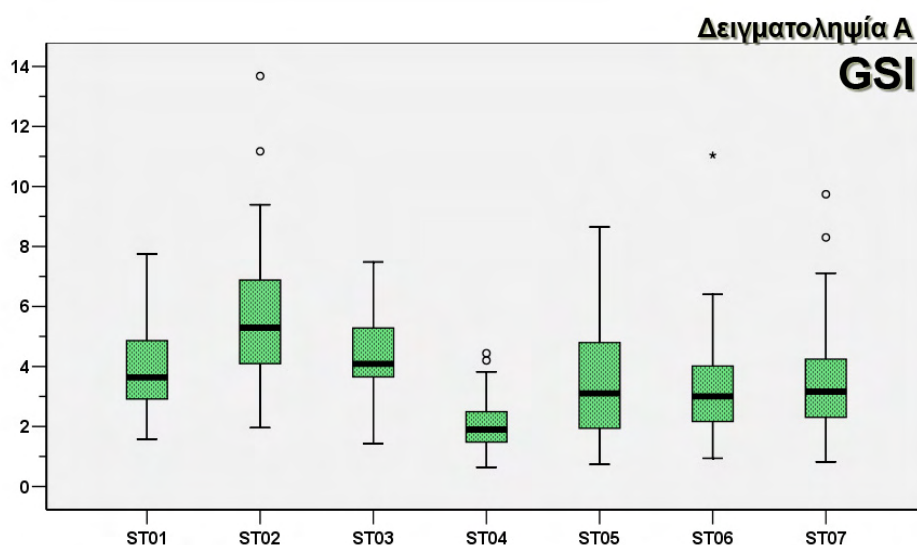
ΣΤ. Γοναδοσωματικός δείκτης (GSI)

Και ο γοναδοσωματικός δείκτης εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των σταθμών (Πιν. 3.14). Ο σταθμός που ξεχώρισε ήταν ο ST02 ο οποίος παρουσίασε το μεγαλύτερο μέσο όρο από όλους τους άλλους και με το σταθμό ST04 να εμφανίζει το μικρότερο (Εικ. 3.38).

Πίνακας 3.14. Αποτελέσματα της Ανάλυσης Διακύμανσης κατά ένα παράγοντα για γοναδοσωματικό δείκτη.

	B.E.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο τετράγωνο	F	Πιθανότητα
Μεταξύ Σταθμών	6	267,1881	44,5313	14,7768	<0,0001
Μεταξύ Ατόμων	263	792,5752	3,0136		
Σύνολο	269	1059,763			





Εικόνα 3.38. Ιστόγραμμα του γοναδοσωματικού δείκτη (GSI), για όλους τους σταθμούς κατά την πρώτη δειγματοληπτική περίοδο.

Συγκεντρωτικά, στον Πίνακα 3.15 φαίνονται οι μέσοι όροι για κάθε χαρακτηριστικό και για κάθε σταθμό, ενώ τονίζονται και τα σημεία που εντοπίζονται οι διαφορές μεταξύ των σταθμών, όπως αυτές υπολογίστηκαν από την ANOVA.

Πίνακας 3.15. Μέσοι όροι (\bar{x}) και τυπική απόκλιση (standard deviation) των μορφομετρικών χαρακτήρων από κάθε σταθμό, για την πρώτη δειγματοληψία (N= αριθμός ατόμων δείγματος)

ΣΤΑΘΜΟΣ	W_t (g)	L (mm)	D (mm)	W_a (g)	W_c (g)	GSI	N
ST01	73,65±15,81 ^b	30,26±2,32 ^{b,c}	56,23±4,89 ^{b,c}	2,962±1,408 ^a	35,17±7,04 ^{b,c}	3,96±1,42 ^b	40
ST02	66,30±16,06 ^b	31,18±3,12 ^{b,c}	54,85±4,84 ^c	3,711±1,684 ^a	35,06±7,90 ^c	5,75±2,47 ^a	40
ST03	65,13±12,61 ^b	31,44±3,11 ^{b,c}	54,88±4,11 ^c	2,874±1,136 ^a	33,02±5,92 ^c	4,32±1,26 ^b	40
ST04	44,01±10,87 ^c	29,46±3,29 ^c	47,36±4,03 ^d	0,958±0,610 ^b	19,56±4,30 ^d	2,12±0,99 ^c	30
ST05	92,82±17,28 ^a	35,76±3,29 ^a	61,62±4,56 ^a	3,217±1,750 ^a	42,02±7,09 ^a	3,46±1,83 ^b	40
ST06	92,89±13,57 ^a	33,90±2,41 ^a	60,83±3,80 ^a	3,047±1,660 ^a	41,73±5,59 ^a	3,28±1,76 ^{b,c}	40
ST07	84,24±14,58 ^a	31,64±2,76 ^b	58,87±4,52 ^{a,b}	3,028±1,664 ^a	39,37±5,89 ^{a,b}	3,55±1,86 ^b	40

a, b & c: Οι μέσες τιμές σε κάθε γραμμή με διαφορετικό εκθέτη, διαφέρουν ($P < 0,05$), με ANOVA.



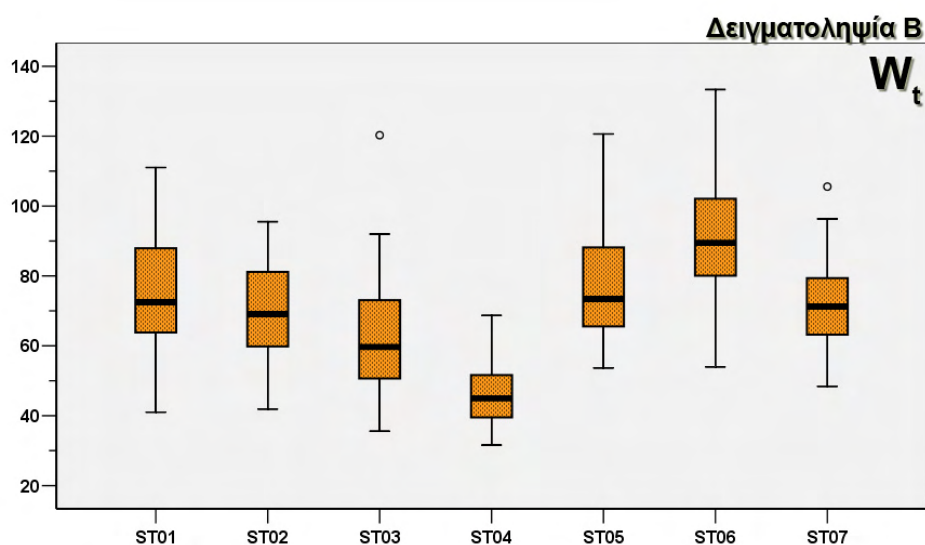
3.7.2 Δεύτερη Δειγματοληψία

A. Ολικό Σωματικό Βάρος (W_t)

Και για τη δεύτερη δειγματοληψία η σύγκριση των πληθυσμών ως προς το ολικό σωματικό βάρος (W_t) έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά (Πιν. 3.16). Όπως φαίνεται και από το ιστόγραμμα της Εικόνας 3.39, ο σταθμός ST06 ήταν αυτός όπου βρέθηκαν τα βαρύτερα άτομα, ενώ όλοι οι άλλοι σταθμοί έδειξαν να έχουν άτομα με παραπλήσιο βάρος εκτός από το σταθμό ST04, όπου βρέθηκε ο πληθυσμός με τα λιγότερο βαριά άτομα.

Πίνακας 3.16. Αποτελέσματα της Ανάλυσης Διακύμανσης κατά ένα παράγοντα για το ολικό σωματικό βάρος

	Β.Ε.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο τετράγωνο	F	Πιθανότητα
Μεταξύ Σταθμών	6	45516,66	7586,11	33,4858	<0,0001
Μεταξύ Ζώων	273	61847,36	226,55		
Σύνολο	279	107364			



Εικόνα 3.39. Ιστόγραμμα του ολικού νωπού σωματικού βάρους (W_t) για όλους τους σταθμούς κατά τη δεύτερη δειγματοληπτική περίοδο.

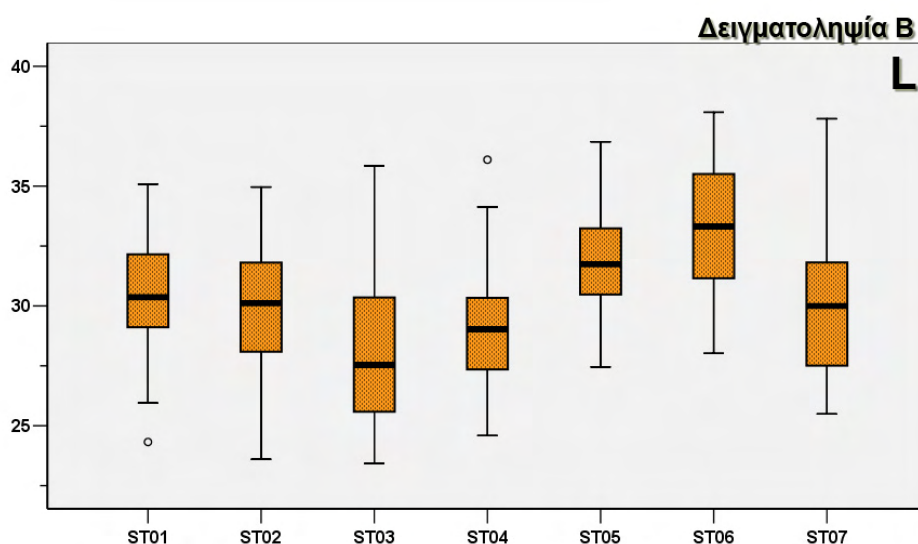


B. Μέγιστο ύψος (L)

Ως προς το μέγιστο ύψος (L), η σύγκριση έδειξε ότι και εδώ οι πληθυσμοί διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ των σταθμών (Πιν. 3.17). Ο μεγαλύτερος μέσος όρος εμφανίστηκε στο σταθμό ST06, ο οποίος και ξεχωρίζει όπως φαίνεται στην κατανομή στο ιστόγραμμα της Εικόνας 3.40. Οι υπόλοιποι πληθυσμοί φαίνεται να έχουν άτομα με παραπλήσιο ύψος, εκτός από το σταθμό ST03 όπου καταγράφηκαν οι μικρότερες τιμές.

Πίνακας 3.17. Αποτελέσματα της Ανάλυσης Διακύμανσης κατά ένα παράγοντα για το μέγιστο ύψος

	B.E.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο τετράγωνο	F	Πιθανότητα
Μεταξύ Σταθμών	6	740,6935	123,449	18,3458	<0,0001
Μεταξύ Ατόμων	273	1837,022	6,729		
Σύνολο	279	2577,716			



Εικόνα 3.40. Ιστόγραμμα του μέγιστου σταθερού ύψους (L) του κελύφους, για όλους τους σταθμούς κατά τη δεύτερη δειγματοληπτική περίοδο.

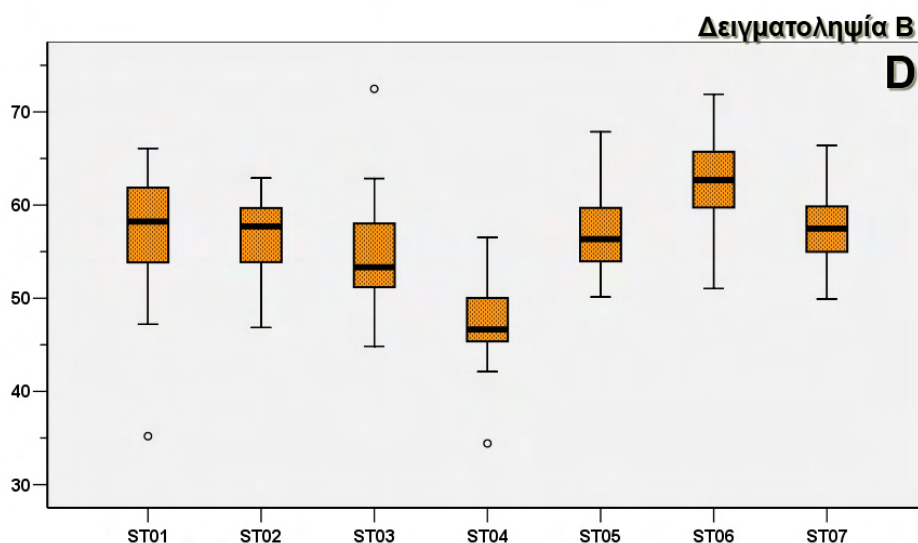


Γ. Μέγιστη διάμετρος (D)

Και η μέγιστη διάμετρος βρέθηκε ότι διέφερε στατιστικά σημαντικά μεταξύ των πληθυσμών (Πιν. 3.18). Τα μεγαλύτερα σε μέγεθος άτομα βρέθηκαν στο σταθμό ST06 ($62,43 \pm 4,61$ mm) και τα μικρότερα στο σταθμό ST04 ($47,38 \pm 3,97$ mm), ενώ στους υπόλοιπους σταθμούς, οι πληθυσμοί φαίνεται να είχαν άτομα με παρόμοιο μέγεθος (Εικ. 3.41)

Πίνακας 3.18. Αποτελέσματα της Ανάλυσης Διακύμανσης κατά ένα παράγοντα για τη μέγιστη διάμετρο.

	B.E.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο τετράγωνο	F	Πιθανότητα
Μεταξύ Σταθμών	6	4902,959	817,16	38,199	<0,0001
Μεταξύ Ατόμων	273	5840,071	21,392		
Σύνολο	279	10743,03			



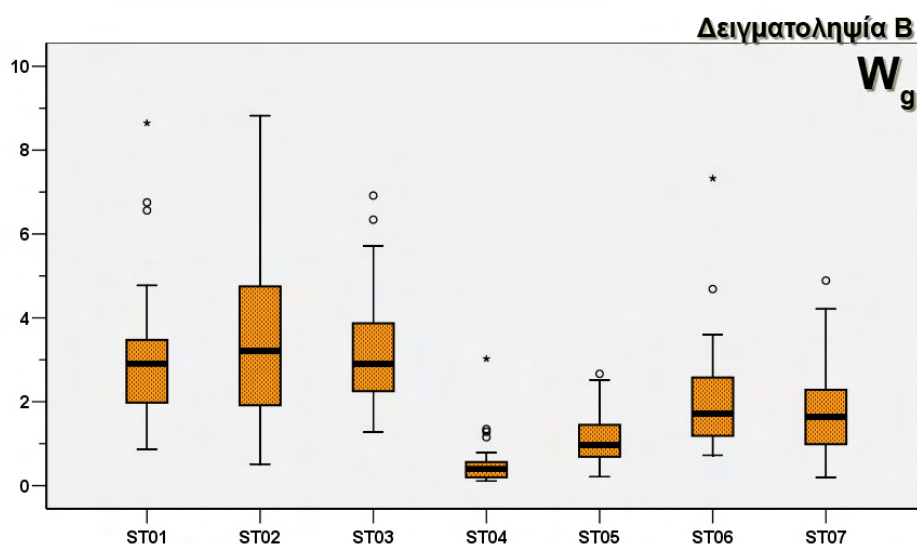
Εικόνα 3.41. Ιστογράμμο της μέγιστης σταθερής διαμέτρου (D) του κελύφους, για όλους τους σταθμούς κατά τη δεύτερη δειγματοληπτική περίοδο.

Δ. Ολικό βάρος γονάδων (W_g)

Η σύγκριση των πληθυσμών ως προς το ολικό βάρος γονάδων (W_g) έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των σταθμών (Πιν. 3.19). Η κατανομή των τιμών (Εικ. 3.42) έδειξε ότι οι πληθυσμοί των σταθμών ST01, ST02 και ST03 είχαν άτομα με μεγαλύτερες γονάδες, ενώ υπόλοιποι πληθυσμοί είχαν άτομα με μικρότερες γονάδες και τα μικρότερα από όλα βρέθηκαν στο σταθμό ST04 ($0,49 \pm 0,51$ g).

Πίνακας 3.19. Αποτελέσματα της Ανάλυσης Διακύμανσης κατά ένα παράγοντα για ολικό βάρος των γονάδων

	B.E.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο τετράγωνο	F	Πιθανότητα
Μεταξύ Σταθμών	6	298,6542	49,7757	31,4357	<0,0001
Μεταξύ Ατόμων	273	432,2713	1,5834		
Σύνολο	279	730,9255			



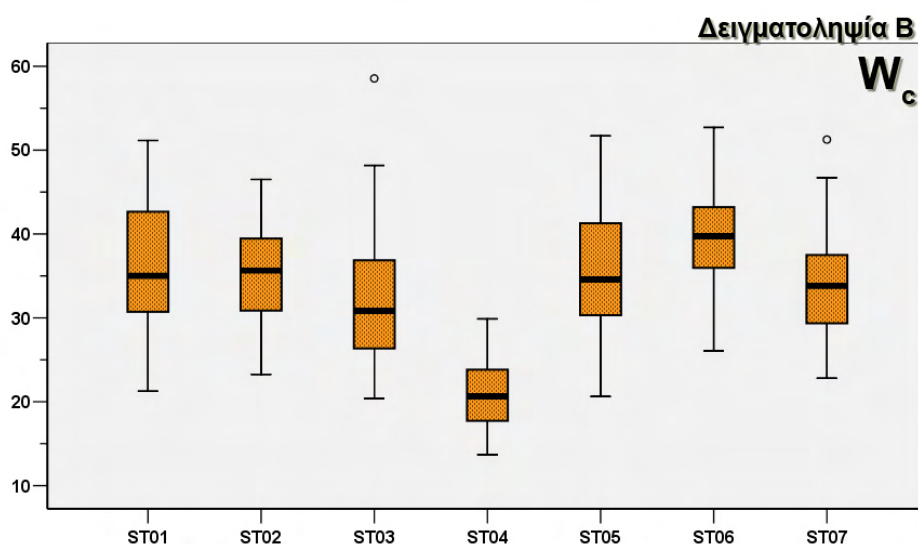
Εικόνα 3.42. Ιστόγραμμα του ολικού νεπού βάρους (W_g) των γονάδων, για όλους τους σταθμούς κατά τη δεύτερη δειγματοληπτική περίοδο.

Ε. Βάρος Κελύφους (W_c)

Ανάλογα αποτελέσματα βρέθηκαν και από τη σύγκριση των πληθυσμών με βάση το καθαρό βάρος κελύφους. Η επεξεργασία των δεδομένων έδειξε ότι υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των σταθμών (Πιν. 3.20) με το μεγαλύτερο μέσο όρο να εμφανίζεται στο σταθμό ST06 ($39,63 \pm 6,11$ g) και το μικρότερο μέσο όρο στο σταθμό ST04 ($20,77 \pm 3,88$ g) με τους υπόλοιπους πληθυσμούς να εμφανίζουν παρόμοιες κατανομές των τιμών (Εικ. 3.43).

Πίνακας 3.20. Αποτελέσματα της Ανάλυσης Διακύμανσης κατά ένα παράγοντα για βάρος του κελύφους.

	Β.Ε.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο τετράγωνο	F	Πιθανότητα
Μεταξύ Σταθμών	6	8609,535	1434,92	33,6688	<0,0001
Μεταξύ Ατόμων	273	11634,91	42,62		
Σύνολο	279	20244,45			



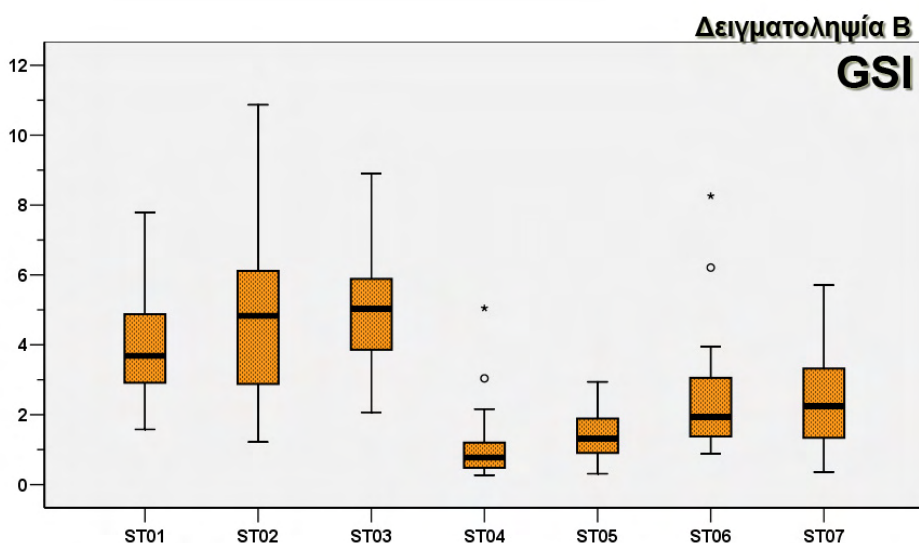
Εικόνα 3.43. Ιστόγραμμα του καθαρού βάρους (W_c) του κελύφους, για όλους τους σταθμούς κατά τη δεύτερη δειγματοληπτική περίοδο.

ΣΤ. Γοναδοσωματικός δείκτης (GSI)

Τέλος και ο ως προς το γοναδοσωματικό δείκτη, οι πληθυσμοί βρέθηκε να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Πιν. 3.21). Το μεγαλύτερο τιμές παρουσίασαν οι σταθμοί ST02 και ST03 και τις μικρότερες οι σταθμοί ST04 και ST05 ενώ και οι υπόλοιποι σταθμοί δείχνουν να έχουν διαφορές μεταξύ τους, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.44.

Πίνακας 3.21. Αποτελέσματα της Ανάλυσης Διακύμανσης κατά ένα παράγοντα για γοναδοσωματικό δείκτη.

	B.E.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο τετράγωνο	F	Πιθανότητα
Μεταξύ Σταθμών	6	610,8116	101,802	47,2548	<0,0001
Μεταξύ Ατόμων	273	588,1287	2,154		
Σύνολο	279	1198,94			



Εικόνα 3.44. Ιστόγραμμα του γοναδοσωματικού δείκτη (GSI), για όλους τους σταθμούς κατά τη δεύτερη δειγματοληπτική περίοδο.

Όπως και για την πρώτη δειγματοληψία, στον Πίνακα 3.22 φαίνονται συγκεντρωτικά οι μέσοι όροι για κάθε χαρακτηριστικό και για κάθε σταθμό. Και



εδώ υπογραμμίζονται και τα σημεία όπου εντοπίζονται οι διαφορές μεταξύ των σταθμών, όπως αυτές υπολογίστηκαν από την ANOVA.

Πίνακας 3.22. Μέσοι όροι (\bar{x}) και τυπική απόκλιση (standard deviation) των μορφομετρικών χαρακτήρων από κάθε σταθμό, για τη δεύτερη δειγματοληψία (N= αριθμός ζώων δείγματος)

ΣΤΑΘΜΟΣ	W_t (g)	L (mm)	D (mm)	W_g (g)	W_c (g)	GSI	N
ST01	74,36±16,92 ^b	30,41±2,33 ^{b,c}	57,53±6,03 ^b	3,05±1,56 ^a	36,19±7,80 ^{a,b}	4,02±1,52 ^b	40
ST02	70,42±13,24 ^{b,c}	29,99±2,66 ^c	56,82±3,91 ^b	3,44±1,85 ^a	35,00±5,63 ^b	4,75±2,25 ^{a,b}	40
ST03	63,38±17,59 ^c	27,94±2,88 ^d	54,69±5,39 ^b	3,16±1,36 ^a	32,24±7,93 ^b	5,00±1,63 ^a	40
ST04	46,06±8,77 ^d	29,05±2,66 ^{c,d}	47,38±3,97 ^c	0,49±0,51 ^d	20,77±3,88 ^c	1,01±0,87 ^e	40
ST05	76,57±15,06 ^b	31,93±2,18 ^{a,b}	56,84±4,18 ^b	1,11±0,57 ^{c,d}	35,62±6,91 ^{a,b}	1,45±0,66 ^{d,e}	40
ST06	91,39±17,75 ^a	33,21±2,57 ^a	62,43±4,61 ^a	2,08±1,25 ^b	39,63±6,11 ^a	2,34±1,46 ^{c,d}	40
ST07	71,88±14,00 ^{b,c}	29,86±2,80 ^c	57,29±3,81 ^b	1,79±1,11 ^{b,c}	33,97±6,55 ^b	2,42±1,31 ^c	40

a, b, c, d & e: Οι μέσες τιμές σε κάθε γραμμή με διαφορετικό εκθέτη, διαφέρουν ($P < 0,05$), με ANOVA.

3.7.3 Ανάλυση Διακύμανσης κατά σταθμό και δειγματοληψία

Η σύγκριση των δεδομένων των μορφομετρικών χαρακτηριστικών ως προς τον παράγοντα «δειγματοληψία» (χρόνος) και τον παράγοντα «σταθμό» (χώρος), έγινε με την Ανάλυση Διακύμανσης κατά δύο παράγοντες (two- way analysis of variances, 2-Way ANOVA) με το Γενικευμένο Γραμμικό Μοντέλο (GLM) (Πιν. 3.23)

Βρέθηκε ότι ο παράγοντας «σταθμός» επηρεάζει όλα τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά στατιστικά σημαντικά (two- way ANOVA, $P < 0,0001$, B.E.= 6).

Επίσης, ως προς την επίδραση του παράγοντα «δειγματοληψία» βρέθηκε ότι είναι στατιστικά σημαντική για όλα τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά (two- way ANOVA, $P < 0,05$, B.E.= 6) εκτός από τη μέγιστη διάμετρο (D) του κελύφους (two- way ANOVA, $F = 0,372$, $P = 0,5420$, B.E.= 6).



Ο συνδυαστικός παράγοντας «σταθμός x δειγματοληψία» βρέθηκε ότι επηρεάζει όλα τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά (two- way ANOVA, $P < 0,0001$, B.E.= 6).

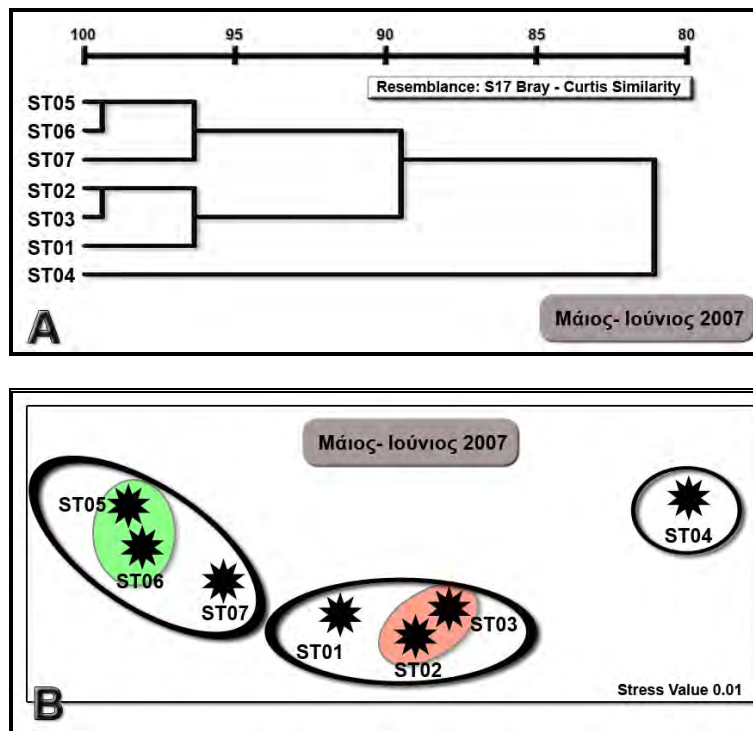
Πίνακας 3.23. Αποτελέσματα της Ανάλυσης Διακύμανσης κατά τους παράγοντες «σταθμός» και «δειγματοληψία» που έγινε με το Γενικευμένο Γραμμικό Μοντέλο ($\alpha = 0,05$)

Χαρακτηριστικό	Άθροισμα Τετραγώνων	B.E.	Μέσο Τετράγωνο	F	Πιθανότητα
«Σταθμός»					
Wt	103852,4	6	17308,74	78,345	<0,0001
L	1549,302	6	258,22	34,063	<0,0001
D	8895,247	6	1482,54	72,342	<0,0001
Wg	360,3706	6	60,06	31,678	<0,0001
Wc	19432,35	6	3238,73	77,392	<0,0001
GSI	774,0782	6	129,01	50,086	<0,0001
«Δειγματοληψία»					
Wt	1742,21	1	1742,21	7,886	0,0052
L	353,3285	1	353,33	46,610	<0,0001
D	7,631479	1	7,63	0,372	0,5420
Wg	60,74958	1	60,75	32,041	<0,0001
Wc	435,8837	1	435,88	10,416	0,0013
GSI	82,73867	1	82,74	32,121	<0,0001
«Σταθμός x Δειγματοληψία»					
Wt	7000,816	6	1166,80	5,281	<0,0001
L	277,5145	6	46,25	6,102	<0,0001
D	663,5433	6	110,59	5,396	<0,0001
Wg	83,0615	6	13,84	7,301	<0,0001
Wc	1081,356	6	180,23	4,307	<0,0001
GSI	93,14842	6	15,52	6,027	<0,0001

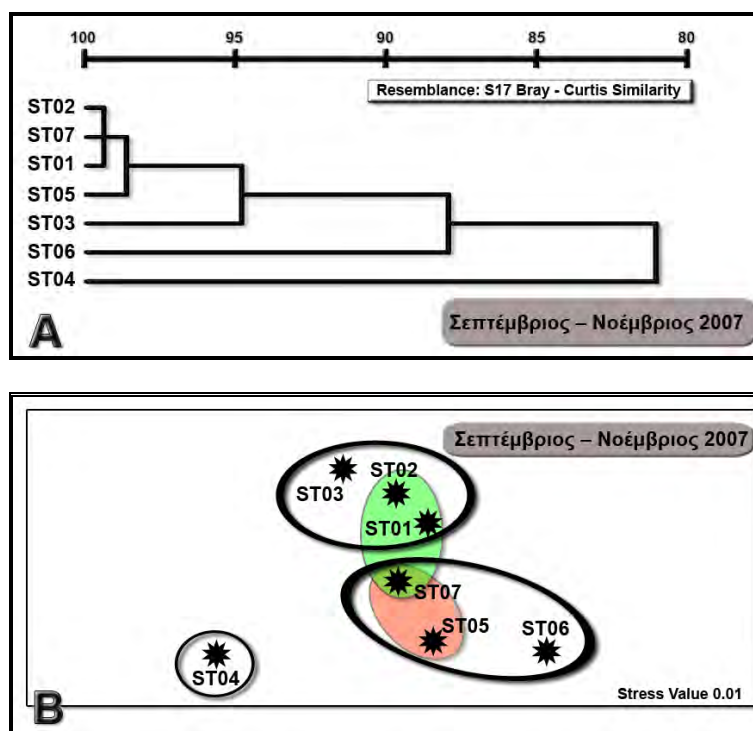
3.7.4 Ομαδοποίηση των σταθμών δειγματοληψίας

Η ομαδοποίηση των σταθμών έγινε με βάση όλα τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά, με την Ιεραρχική Ανάλυση Ομάδων και την Πολυδιάστατη Κλιμακοποίηση, χωρίς να ληφθεί υπόψη το φύλο (Εικ.3.45 – 3.46).





Εικόνα 3.45. Ομαδοποίηση των σταθμών της πρώτης δειγματοληψίας (Α) Ιεραρχική Ανάλυση Ομάδων (HCA) (Β) Πολυδιάστατη Κλιμακοποίηση (MDS)



Εικόνα 3.46. Ομαδοποίηση των σταθμών της δεύτερης δειγματοληψίας (Α) Ιεραρχική Ανάλυση Ομάδων (HCA) (Β) Πολυδιάστατη Κλιμακοποίηση (MDS)



4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 Αβιοτικές Παράμετροι

Κατά την πρώτη δειγματοληπτική περίοδο (Μάιος-Ιούνιος 2007), οι μέσες τιμές των παραμέτρων είναι: α) Θερμοκρασία $22\pm 1,4$ °C, β) pH $8,10\pm 0,03$, γ) Αγωγιμότητα $53,6\pm 1,6$ mS/cm, δ) Διαλυμένο οξυγόνο $7,36\pm 0,88$ mg/l και ε) Αλατότητα $38,4\pm 0,96$.

Κατά την δεύτερη δειγματοληπτική περίοδο δειγματοληψία (Σεπτέμβριος – Νοέμβριος 2007), οι μέσες τιμές των παραμέτρων είναι: α) Θερμοκρασία $22\pm 3,7$ °C, β) pH $8,09\pm 0,04$, γ) Αγωγιμότητα $55,4\pm 1,5$ mS/cm, δ) Διαλυμένο οξυγόνο $7,01\pm 0,68$ mg/l και ε) Αλατότητα $37,6\pm 0,40$.

Από την ανάλυση των μετρήσεων, προκύπτει ότι οι απόλυτες τιμές κάθε χαρακτηριστικού παρουσιάζουν πολύ μικρές διακυμάνσεις μεταξύ των σταθμών και έτσι δεχόμαστε ότι υπάρχει ομοιογένεια των σταθμών ως προς τα βασικά φυσικά τους χαρακτηριστικά, τα οποία και ουσιαστικά αποτελούν τα χαρακτηριστικά του Παγασητικού κόλπου.

Οι δύο σταθμοί στις Σποράδες παρουσιάζουν φυσιολογικά τις χαμηλότερες θερμοκρασίες, αφού έχουν καλύτερη ανάμιξη με τα νερά του Αιγαίου. Η μεγαλύτερη πτώση που παρατηρήθηκε στη δεύτερη δειγματοληψία, οφείλεται στο γεγονός ότι πραγματοποιήθηκε στα τέλη Νοεμβρίου οπότε είχε ήδη αρχίσει η ψύξη των επιφανειακών υδάτων.



4.2 Δυναμική Πληθυσμών

Κατά τη διάρκεια της μελέτης αυτής, έγινε μια προσπάθεια εκτίμησης της δυναμικής που έχουν οι πληθυσμοί του αχινού εκτιμώντας δύο σημαντικές παραμέτρους, την πυκνότητα του κάθε πληθυσμού και το πρότυπο χωροδιάταξης του.

4.2.1 Πληθυσμιακή πυκνότητα

Παρατηρήθηκαν μικρές μεταβολές, τόσο σε σχέση με το σταθμό όσο και με την περίοδο δειγματοληψίας. Η μέση τιμή ανά δειγματοληψία βρέθηκε στα 8,97 άτομα/m² για την πρώτη (Μάιος-Ιούνιος 2007) και 9,31 άτομα/m² για τη δεύτερη (Σεπτέμβριος-Νοέμβριος 2007). Η μέση τιμή για το σύνολο του δείγματος υπολογίστηκε στα 9,14 άτομα/m².

Τη μικρότερη τιμή παρουσίασε ο σταθμός ST06 στη Μηλίνα, με 6,0 και 7,2 άτομα/m² για κάθε περίοδο δειγματοληψίας, ενώ τις μεγαλύτερες τιμές παρουσίασαν οι δύο σταθμοί στις Β. Σποράδες. Ενδεικτικά, ο ST04 στον κόλπο Καναπίτσα της Σκιάθου παρουσίασε τη μέγιστη τιμή για την πρώτη δειγματοληψία (Μάιος – Ιούνιος 2007) με 11,2 άτομα/m², ενώ η ίδια τιμή πληθυσμιακής πυκνότητας (11,2 άτομα/m²) βρέθηκε και στο σταθμό ST05 στο νησί Κυρά Παναγιά της Αλοννήσου, για τη δεύτερη δειγματοληψία (Σεπτέμβριος – Νοέμβριος 2007).

Ενδεικτικά, στην έρευνα του ΕΘΙΑΓΕ (2005) στην Αστυπάλαια, η μέγιστη τιμή για την πυκνότητα υπολογίστηκε στα 18 άτομα/m² (Νοέμβριος 2003), ενώ οι Alves *et al.* (2001) στη νήσο Madeira του Ατλαντικού, υπολόγισαν την πληθυσμιακή πυκνότητα στα 2 άτομα/m² για ένα μέσο βάθος 1,8 m.



Αυτό που έχει ενδιαφέρον δεν είναι τόσο το να συγκριθούν τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας με τα ευρήματα άλλων όσο το να αναζητηθούν οι αιτίες αυτών των διαφορών. Άλλωστε, η πυκνότητα του πληθυσμού του αχινού, εκτός από πάρα πολλούς άλλους παράγοντες, εξαρτάται και από το φυσικό του ενδιαίτημα (Maggiore *et al.*, 1987). Έτσι, είναι λογικό να παρατηρούνται διαφορές τόσο ανάμεσα σε πληθυσμούς μιας ευρύτερης περιοχής όπως ο Παγασητικός, όσο και μεταξύ των πληθυσμών διαφορετικών περιοχών.

Η μικρότερη τιμή που παρουσίασε ο σταθμός ST06 στη Μηλίνα, (6 και 7,2 άτομα/m² για κάθε περίοδο δειγματοληψίας) είναι πολύ πιθανό να οφείλεται στο διαφορετικό ανάγλυφο του βυθού του συγκεκριμένου σταθμού. Πιο συγκεκριμένα, ενώ όλοι οι υπόλοιποι σταθμοί είχαν σχεδόν επίπεδο βυθό ή πολύ μικρή κλίση, στο σταθμό ST06 το υπόστρωμα ήταν βραχώδες με έντονες κλίσεις. Από τη βιβλιογραφία (Kempf, 1962: Regis, 1978: Bulleri *et al.*, 1999: Chelazzi *et al.*, 1999) προκύπτει ότι ο αχινός *Paracentrotus lividus* προτιμά τα ομαλά υποστρώματα ενώ ο αχινός *Arbacia lixula* προσαρμόζεται καλύτερα στις μεγάλες κλίσεις. Είναι γεγονός ότι στο συγκεκριμένο σταθμό η παρουσία των αχινών *A. lixula* και *Sphaerechinus granularis* ήταν πιο έντονη από κάθε άλλο σταθμό (προσωπική παρατήρηση).

Αντίστοιχα, αναμενόμενες ήταν και οι μεγαλύτερες τιμές που παρουσίασαν οι δύο σταθμοί στις Β. Σποράδες. Ο σταθμός ST05 βρισκόταν μέσα στη Ζώνη Απαγόρευσης του Εθνικού Θαλάσσιου Πάρκου Αλοννήσου και έτσι δεν είχε την επίδραση της άμεσης ανθρώπινης παρέμβασης (ψάρεμα) και έμμεσης (ρύπανση, επιβάρυνση, υποβάθμιση). Ο σταθμός ST04 είχε το



πλεονέκτημα ότι ενώ βρισκόταν σε ένα νησί με έντονη τουριστική δραστηριότητα, η συγκεκριμένη περιοχή δεν ήταν τόσο δημοφιλής όσο άλλες, οπότε η άμεση επίδραση από τις ανθρώπινες δραστηριότητες ήταν σχεδόν ασήμαντη.

4.2.2 Πρότυπο χωροδιάταξης

Για την πρώτη δειγματοληψία (Μάιος – Ιούνιος 2007) οι σταθμοί ST01, ST03 και ST04 φαίνεται να ακολουθούν το τυχαίο πρότυπο χωροδιάταξης. Αντίστοιχα, οι σταθμοί ST02, ST05, ST06 και ST07 φαίνεται να ακολουθούν το κανονικό πρότυπο.

Για τη δεύτερη δειγματοληψία (Σεπτέμβριος – Νοέμβριος 2007), μόνο ο σταθμός ST06 φαίνεται να ακολουθεί το τυχαίο πρότυπο χωροδιάταξης, ενώ όλοι οι υπόλοιποι σταθμοί ακολουθούν το κανονικό πρότυπο.

Το πρότυπο χωροδιάταξης προσδιορίστηκε σαν ένα κομμάτι της ευρύτερης μελέτης της δυναμικής των πληθυσμών της περιοχής. Αποτελεί σημαντικό χαρακτηριστικό της συμπεριφοράς του αχινού και χρησιμοποιήθηκε σα μια ακόμα παράμετρος για τη σύγκριση των πληθυσμών. Για να είναι δυνατό να εξαχθούν περισσότερα συμπεράσματα από τη μελέτη της χωροδιάταξης, αυτή πρέπει να συσχετιστεί και με διάφορους άλλους βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες. Κάτι τέτοιο ξεπερνούσε τα όρια των δυνατοτήτων αυτής της μελέτης.

4.3 Μορφομετρικές μετρήσεις

Οι μορφομετρικοί χαρακτήρες (ύψος, διάμετρος) και οι άλλες σωματικές παράμετροι (ολικό σωματικό βάρος, βάρος γονάδων, γοναδοσωματικός



δείκτης) που υπολογίστηκαν για τα άτομα του αχινού, αποτελούν σημαντικούς δείκτες της δυναμικής των πληθυσμών του. Ουσιαστικά, τα δεδομένα από τις μετρήσεις αυτών των παραμέτρων ήταν τα κριτήρια με τα οποία αναζητήθηκε η ενδεχόμενη παραλλακτικότητα των πληθυσμών του αχινού.

Από τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων, φάνηκε ότι οι πληθυσμοί διέφεραν μεταξύ τους για κάθε χαρακτηριστικό (Πιν. 3.15 και Πιν. 3.22) αλλά εκείνα που έχουν περισσότερο ενδιαφέρον είναι η διάμετρος του κελύφους (D) γιατί αποτελεί έναν αξιόπιστο δείκτη για την ηλικία του ζώου (Pancucci, 1996: Barnes & Crook, 2001) και το βάρος των γονάδων (W_g) διότι πέρα από τη σημασία του για την αναπαραγωγική κατάσταση του πληθυσμού, ουσιαστικά είναι το «οικονομικά εκμεταλλεύσιμο» κομμάτι του αχινού.

Οι πληθυσμοί της εξεταζόμενης περιοχής, με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής και σύμφωνα με το διαχωρισμό των Barnes & Crook (2001), κρίνονται ως «μεσαίου» προς «μεγάλου» μεγέθους ("Medium→ 35 – 50 mm", "Large" →>50 mm) αφού η μέση τιμή της διαμέτρου για κάθε πληθυσμό ήταν πάνω από 50 mm με εξαίρεση τον πληθυσμό του ST04, ο οποίος και στις δύο περιόδους δειγματοληψίας είχε τα μικρότερα άτομα.

Από ανάλογη μελέτη που έκανε η Παπαγεωργίου (2006) για πληθυσμούς αχινού από 4 περιοχές της Ελλάδας (Αμβρακικός, Αστυπάλαια, Παγασητικός, Χαλκιδική), για τον πληθυσμό του Παγασητικού ($n = 75$) υπολόγισε τη μέση τιμή της διαμέτρου σε $49,75 \pm 4,87$ mm ενώ τα μεγαλύτερα άτομα βρέθηκαν στον πληθυσμό της Αστυπάλαιας ($56,55 \pm 4,48$ mm, $n = 19$).



4.3.1 Αλλομετρικές Σχέσεις

A. Σχέση διαμέτρου (D) – ύψους (L)

Διαπιστώνεται ότι στις περισσότερες περιπτώσεις υπάρχει σχετικά καλή συσχέτιση μεταξύ των δύο χαρακτήρων, καθώς ο συντελεστής προσαρμοστικότητας R^2 παίρνει τιμές μεγαλύτερες ή πολύ κοντά στο 0,5. Για την πρώτη δειγματοληψία η μεγαλύτερη συσχέτιση $R^2=0,7206$ παρουσιάζεται στο σταθμό ST01 ενώ η μικρότερη $R^2=0,1758$ στο σταθμό ST07. Για τη δεύτερη δειγματοληψία η μεγαλύτερη συσχέτιση $R^2=0,6270$ παρουσιάζεται στο σταθμό ST01 ενώ η μικρότερη $R^2=0,165$ στο σταθμό ST04. Συνολικά, για ολόκληρο τον πληθυσμό, η συσχέτιση φαίνεται να είναι σχετικά ασθενής, με συντελεστή $R^2=0,4797$.

Οι τιμές του συντελεστή b (κλίση της ευθείας) κυμάνθηκαν από 0,6873 (ST07) μέχρι 1,787 (ST01) για την πρώτη δειγματοληψία, για τη δεύτερη δειγματοληψία από 0,6061 (ST04) μέχρι 2,0495 (ST01), ενώ για το συνολικό πληθυσμό ο συντελεστής b υπολογίστηκε 1,2575.

Οι τιμές αυτές δείχνουν ότι τα μεγέθη αυξάνονται αλλομετρικά, καθώς η αύξηση της σωματικής διαμέτρου δεν συνοδεύεται από αντίστοιχη αύξηση του ύψους του αχινού.



B. Σχέση διαμέτρου (D) – Ολικού Βάρους (W_t)

Η συσχέτιση μεταξύ της διαμέτρου και του ολικού σωματικού βάρους παρουσιάζεται ισχυρή και μάλιστα ισχυρότερη από την αντίστοιχη συσχέτιση διαμέτρου-ύψους. Πιο συγκεκριμένα, οι τιμές του R^2 κυμάνθηκαν από 0,4716 (ST01) μέχρι 0,929 (ST04), για τη δεύτερη δειγματοληψία από 0,5595 (ST01) μέχρι 0,9533 (ST03), ενώ συνολικά, για ολόκληρο τον πληθυσμό, η συσχέτιση φαίνεται να είναι αρκετά ισχυρή, με συντελεστή $R^2=0,8582$.

Ο συντελεστής b βρέθηκε 2,4654 για το συνολικό πληθυσμό, για την πρώτη δειγματοληψία κυμάνθηκε από 1,5054 (ST07) μέχρι 2,7904 (ST04) ενώ για τη δεύτερη δειγματοληψία από 1,5173 (ST01) μέχρι 2,8046 (ST07).

Το γενικό συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι οι δύο χαρακτήρες αυξάνονται αλλομετρικά, καθώς η αύξηση της σωματικής διαμέτρου δεν συνοδεύεται από αντίστοιχη αύξηση ολικού βάρους του σώματος του αχινού.

4.4 Αναλογία φύλων

Από την ταυτοποίηση του φύλου, προέκυψε ότι τα θηλυκά άτομα ήταν περισσότερα από τα αρσενικά. Η αναλογία που βρέθηκε ήταν 1.5:1. Υπάρχουν μελέτες που έχουν δείξει κυριαρχία των θηλυκών με μεγαλύτερες αναλογίες, της τάξης του 2:1 ή και 3:1 (Guetaff *et al.*, 2000).

4.5 Γοναδοσωματικός δείκτης - Αναπαραγωγή

Όπως ήδη αναφέρθηκε, ο γοναδοσωματικός δείκτης περιγράφει την αναπαραγωγική κατάσταση των ατόμων ενός πληθυσμού αφού συσχετίζει το βάρος των γονάδων με το βάρος του σώματος (ή τη διάμετρο). Από την



εποχική παρατήρησή του μπορούν να καθοριστούν με οι περίοδοι αναπαραγωγής του αχινού, αφού συνήθως πριν από την αναπαραγωγή παρατηρείται μία αύξηση του δείκτη, αφού ουσιαστικά αυξάνει το βάρος των γονάδων και μειώνεται απότομα μετά την αναπαραγωγή, αφού οι γονάδες έχουν απελευθερώσει τους γαμέτες στην υδάτινη στήλη.

Απαιτείται βέβαια προσοχή στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων των μετρήσεων του γοναδοσωματικού δείκτη αφού μπορεί να οδηγήσουν σε λανθασμένα συμπεράσματα. Επειδή ο δείκτης επηρεάζεται και από το μέγεθος των ατόμων (βάρος ή διάμετρο, ανάλογα με τη μέθοδο υπολογισμού) ενδεχομένως να συντρέχουν άλλοι παράγοντες που να επηρέασαν την άλλη παράμετρο και όχι το βάρος των γονάδων και έτσι μια αύξηση/μείωση του δείκτη να μην ανταποκρίνεται σε αναπαραγωγική δραστηριότητα (Lozano *et al.*, 1995). Έτσι κρίνεται απαραίτητη και η ιστολογική μελέτη των γονάδων ώστε να προσδιοριστεί το ακριβές αναπαραγωγικό στάδιο.

Ένας από τους παράλληλους στόχους της συγκεκριμένης μελέτης, εκτός από την αναζήτηση της παραλλακτικότητας των πληθυσμών, ήταν να ελεγχθεί η υπόθεση ότι ο αχινός στον Παγασητικό κόλπο έχει δύο ξεχωριστές περιόδους αναπαραγωγής, την άνοιξη και το φθινόπωρο. Ως κριτήριο επιλέχθηκε αρχικά ο γοναδοσωματικός δείκτης. Σύμφωνα με τη μεθοδολογία όμως που ήταν προσανατολισμένη στη σύγκριση των πληθυσμών, δεν ήταν δυνατόν να ελεγχθεί ο δείκτης περισσότερες φορές πέρα από τις δύο δειγματοληψίες. Έτσι, δεν ήταν ασφαλές να βγάλουμε κάποιο συμπέρασμα μόνο με αυτές τις δύο τιμές. Η παρατήρηση των ιστολογικών παρασκευασμάτων των γονάδων ήταν τελικά η μέθοδος που βοήθησε να εξαχθούν κάποια συμπεράσματα.



Από ότι φάνηκε λοιπόν από την ιστολογική ανάλυση, σε καμία από τις δύο περιόδους δε βρέθηκαν γονάδες θηλυκών στο στάδιο H2 (αρχική ωρίμανση ωοκυττάρων). Αντίθετα, βρέθηκαν πολλές κενές και αρκετές με ώριμα ωάρια γεγονός που υποδηλώνει ότι είχε προηγηθεί ή ήταν σε εξέλιξη η αναπαραγωγική διαδικασία (Byrne, 1990: Lozano *et al.*, 1995: Spirlet *et al.*, 1998a).

4.6 Ομαδοποίηση – Διαφοροποίηση πληθυσμών

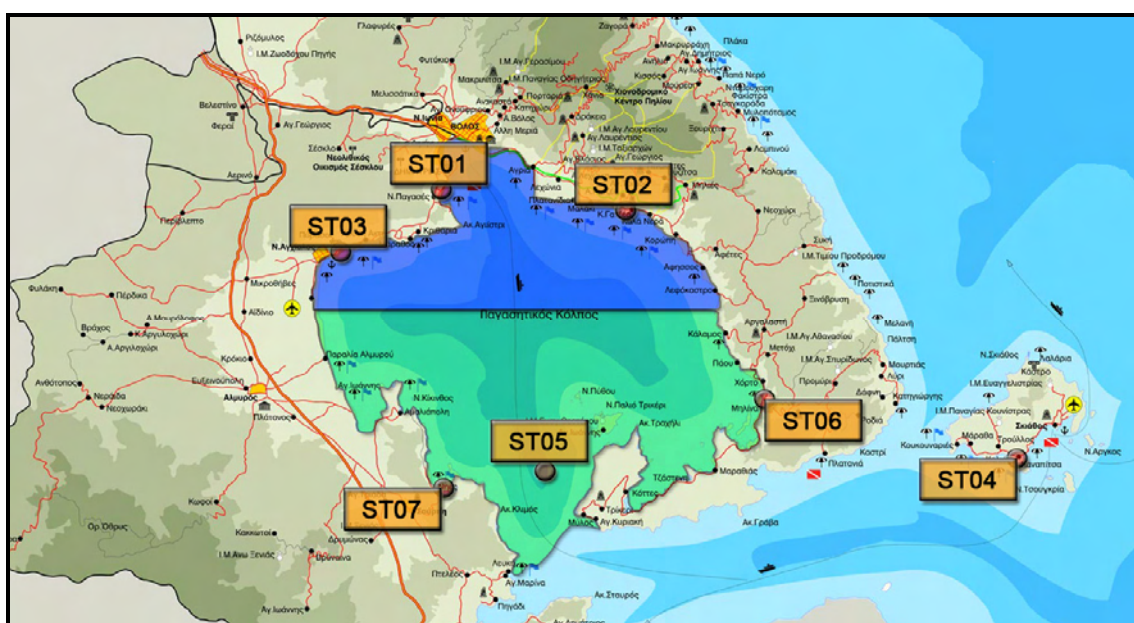
Αυτό που τελικά προέκυψε από την επεξεργασία των δεδομένων και τη σύγκριση των αποτελεσμάτων ήταν ότι οι πληθυσμοί διέφεραν μεταξύ τους με βάση τα μορφομετρικά τους χαρακτηριστικά. Μάλιστα, η στατιστική έδειξε ότι και για στον ίδιο δειγματοληπτικό σταθμό οι πληθυσμοί είχαν διαφορές μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης δειγματοληψίας. Με την πολυδιάστατη ανάλυση, έγινε μία απόπειρα να ομαδοποιηθούν οι διαφορετικοί πληθυσμοί με βάση τις μεγαλύτερες ομοιότητες τους.

Έτσι, όπως φαίνεται και στις Εικόνες 3.43 και 3.44, προκύπτει μία ενδιαφέρουσα ομαδοποίηση. Συγκεκριμένα, και για τις δύο δειγματοληψίες προκύπτουν φαινομενικά τρεις πληθυσμοί. Καταρχήν, τα άτομα του σταθμού ST04 αποτελούν έναν ξεχωριστό πληθυσμό, ενώ οι πληθυσμοί των σταθμών ST05, ST06, ST07 από τη μία και των σταθμών ST01, ST02 και ST03 από την άλλη, αποτελούν τους άλλους δύο ευρύτερους πληθυσμούς.

Το ενδιαφέρον σε αυτή την ομαδοποίηση είναι το ότι, αν παρατηρήσει κάποιος την Εικόνα 3.1 όπου απεικονίζονται οι τοποθεσίες των σταθμών δειγματοληψίας, θα δει ότι ουσιαστικά ο η ομαδοποίηση των πληθυσμών



χωρίζει τον Παγασητικό κόλπο σε δύο διακριτούς τομείς: α) τον «εσωτερικό» που είναι κοντά στο πολεοδομικό συγκρότημα της πόλης του Βόλου, με ό,τι επιρροές μπορεί αυτό να ασκεί και β) τον «εξωτερικό» που περιλαμβάνει τις περιοχές που είναι πιο κοντά προς την έξοδο του κόλπου προς το Αιγαίο και το Β. Ευβοϊκό. Ο υποθετικός αυτός διαχωρισμός αποδίδεται στην Εικόνα 4.1.



Εικόνα 4.1. Υποθετικός διαχωρισμός του Παγασητικού σε «εσωτερικό» και «εξωτερικό» από τα αποτελέσματα της Πολυδιάστατης Κλιμακοποίησης (MDS).

Με αυτή την ομαδοποίηση, είναι πολύ ενδιαφέρον και το γεγονός ότι ενώ ο πληθυσμός της Αλοννήσου (ST05) εντάσσεται στον «εξωτερικό» τομέα του Παγασητικού, ο πληθυσμός της Σκιάθου (ST04) αποτελεί έναν τρίτο, ξεχωριστό πληθυσμό. Κάτι τέτοιο ήταν ίσως αναμενόμενο, αφού και από την στατιστική επεξεργασία, ο ST04 συνεχώς έδειχνε να διαφέρει από όλους τους πληθυσμούς των άλλων σταθμών. Αυτό που ενδεχομένως να παίζει σημαντικό ρόλο σε αυτή τη διαφοροποίηση είναι το γεγονός ότι ο ST04 είχε εντελώς διαφορετικό υπόστρωμα από τους υπόλοιπους. Ενώ όλοι οι υπόλοιποι

πληθυσμοί προέρχονταν από σταθμούς με βραχώδες κυρίως υπόστρωμα και μικρή παρουσία φαιοφύκων και χλωροφυκών, ο πληθυσμός του ST04 συλλέχθηκε από λιβάδι ποσειδωνίας.

4.7 Συμπεράσματα

Από την επεξεργασία των δεδομένων και την ανάλυση των αποτελεσμάτων, μπορούν να εξαχθούν τα παρακάτω πρωτογενή συμπεράσματα:

1. Τα φυσικά αποθέματα του αχινού στον Παγασητικό δείχνουν να βρίσκονται σε ικανοποιητικό επίπεδο, αφού ακόμα δε φαίνεται να απειλούνται, σε μεγάλο βαθμό από την ανθρώπινη δραστηριότητα. Η πληθυσμιακή πυκνότητα βρέθηκε να είναι 9,14 άτομα/m² και σε συνδυασμό με το μέγεθος των αχινών που εντοπίστηκαν, κρίνεται ικανοποιητική.
2. Οι πληθυσμοί του Παγασητικού φαίνεται να ακολουθούν κυρίως το κανονικό πρότυπο χωροδιάταξης αλλά και το τυχαίο. Το κανονικό πρότυπο οποίο εντοπίστηκε στις 9 από τις 14 περιπτώσεις συνολικά και ειδικά στη δεύτερη δειγματοληπτική περίοδο, εντοπίστηκε στις 6 από τις 7 περιπτώσεις. Αντίστοιχα, το τυχαίο πρότυπο εντοπίστηκε στις 4 από τις 7 περιπτώσεις της πρώτης δειγματοληπτικής περιόδου και σε 5 συνολικά. Να σημειωθεί ότι δεν εντοπίστηκε σε καμία περίπτωση η συσσωματική χωροδιάταξη.
3. Ως προς τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά, οι πληθυσμοί μεταξύ των σταθμών φάνηκε να διαφέρουν για όλα τα χαρακτηριστικά τους



γεγονός που επαληθεύει τον ισχυρισμό ότι η βιολογία του αχινού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το περιβάλλον του ενδιαιτήματός του στο οποίο και προσαρμόζεται. Η μέση τιμή για τη μέγιστη σταθερή διάμετρο (D) των αχινών βρέθηκε $56,42 \pm 6,14$ mm, για το μέγιστο σταθερό ύψος (L) $31,18 \pm 3,38$ mm, για το ολικό υγρό βάρος του σώματος (W_i) ήταν $70,58 \pm 20,54$ g, για το βάρος των γονάδων (W_g) βρέθηκε $2,523 \pm 1,672$ g και για το καθαρό βάρος του κελύφους (W_c) των αχινών υπολογίστηκε στα $34,51 \pm 8,90$ g, ενώ τέλος η μέση τιμή του γοναδοσωματικού δείκτη (GSI) βρέθηκε $3,41 \pm 2,07\%$. Καταγράφηκαν πάρα πολλά άτομα που είχαν διάμετρο μεγαλύτερη των 40 mm που είναι το εμπορικό μέγεθος του αχινού (Guidetti *et al.*, 2004). Αυτό το γεγονός ίσως να υποδηλώνει ότι ο αχινός δεν δέχεται ακόμα έντονες αλιευτικές πιέσεις, τουλάχιστον στον Παγασητικό κόλπο.

4. Με βάση τις μικρότερες διαφορές μεταξύ των πληθυσμών, ο Παγασητικός μπορεί να χωριστεί υποθετικά, σε δύο διακριτούς τομείς, έναν «εσωτερικό» και έναν «εξωτερικό». Επομένως, για πιθανές μελλοντικές μελέτες αχινού στην περιοχή, ίσως να είναι αρκετό να ληφθούν δείγματα από μία περιοχή από κάθε τομέα και όχι από ολόκληρο τον κόλπο.
5. Είναι πολύ πιθανό ο αχινός στον Παγασητικό να έχει δύο περιόδους αναπαραγωγής. Από προκύπτει από την ιστολογική παρατήρηση των γονάδων των θηλυκών ατόμων του αχινού. Το γεγονός ότι και για τις δύο περιόδους δειγματοληψιών βρέθηκαν πολλές κενές γονάδες και αρκετές με ώριμα ωάρια, αλλά καμία στο στάδιο της αρχικής ωρίμανσης των



ωοκυττάρων, αποτελεί μία σημαντική ένδειξη για την αναπαραγωγική κατάσταση των πληθυσμών. Όμως, για να ισχυροποιηθεί αυτό το συμπέρασμα βέβαια, είναι απαραίτητη μια εξειδικευμένη μελέτη με στόχο τον προσδιορισμό του αναπαραγωγικού κύκλου και η οποία θα περιλαμβάνει εποχικές μετρήσεις του γοναδοσωματικού δείκτη και ιστολογική ανάλυση πολύ περισσότερων ατόμων.



5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

5.1 Διεθνής Βιβλιογραφία

- **Adams N. L., (2001).** UV radiation evokes negative phototaxis and covering behaviour in the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Marine Ecology Progress Series*, 213:87–95.
- **Allain J. Y., (1975).** Structures des populations de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) (Echinodermata, Echinoidea) soumises à la pêche sur les côtes de Bretagne, *Revue des Travaux d' Institut des Pêches Maritimes*, 39(2):171-212.
- **Alves F. M. A., Chícharo L. M., Serrao E. & Abreu A. D. (2001).** Algal cover and sea urchin spatial distribution at Madeira island (NE Atlantic). *Scientia Marina*, 65(4):383-392
- **Amsler C. D., McClintock J. B. & Baker B. J. (1999).** An Antarctic feeding triangle: defensive interactions between macroalgae, sea urchins and sea anemones. *Marine Ecology Progress Series*, 183:105–114.
- **Andrew N. L. (1993).** Spatial heterogeneity, sea urchin grazing, and habitat structure on reefs in temperate Australia. *Ecology*, 74:292–302.
- **Andrew N. L. & Stocker L. J. (1986).** Dispersion and phagokinesis in the echinoid *Evechinus chloroticus* (Val). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 100:11–23.
- **Antoniadou C., Voultziadou E. & Chintiroglou C. (2006).** Sublittoral megabenthos along cliffs of different profile (Aegean Sea, Eastern Mediterranean). *Belgian Journal of Zoology*, 136(1):69–79.



- **Antoniadou C., Vafidis D., Voultziadou E., Chintiroglou C., Papageorgiou V., Gkafas G. & Exadactylos A. (2007).** Density, dispersion and genetic structure of *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) natural stocks in the South Aegean. *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions Commission Internationale pour l'Exploration de la Mer Méditerranée*, 38:418.
- **Bakus G. J. (1990).** Quantitative ecology and marine biology. AA Balkema, Rotterdam. 157pp
- **Barnes D. K. A. & Crook A. C. (2001).** Quantifying behavioural determinants of the coastal sea urchin *P. lividus*. *Marine Biology*, 138:1205-1212
- **Bayed A., Quiniou F., Benhra A. & Guillou M. (2005).** The *Paracentrotus lividus* populations from the northern Moroccan Atlantic coast: growth, reproduction and health condition. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 85, 999-1007.
- **Botsford L. W., Morgan L. E., Lockwood D. R. & Wilen J. E. (1999).** Marine reserves and management of the northern California red sea urchin fishery. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports*, 40:87–93.
- **Boudouresque C. F., Verlaque M. (2001).** Ecology of *Paracentrotus lividus*. In: *Edible Sea Urchins: Biology and Ecology* (Ed. Lawrence, J. M.), Elsevier, Amsterdam:177–216.



- **Bray J. R. & Curtis J. T., (1957).** An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27(4): 326–349
- **Bulleri F., Benedetti-Cecchi L. & Cinelli F. (1999).** Grazing by the sea urchins *Arbacia lixula* L. and *Paracentrotus lividus* Lam. in the Northwest Mediterranean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 241:81-95
- **Byrne M. (1990).** Annual reproductive cycles of the commercial sea urchin *Paracentrotus lividus* from an exposed intertidal and a sheltered subtidal habitat on the west coast of Ireland. *Marine Biology*, 104:275–289.
- **Cellario C. & Fenaux L. (1990).** *Paracentrotus lividus* in culture (larval and benthic phases): Parameters of growth observed during two years following metamorphosis. *Aquaculture*, 84:173-188.
- **Chelazzi G., Serra G. & Bucciarelli G. (1997).** Zonal recovery after displacement in two sea urchins co-occurring in the Mediterranean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 212:1-7
- **Clarke K. R. & Warwick R. M. (1994).** Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. 1st edition: Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, UK, 144pp
- **Conand, C., Sloan N. A. (1989).** World fisheries for echinoderms. *In:* Marine Invertebrate Fisheries: Their assessment and management. (Ed. Caddy J. F.). John Wiley and Sons, New York: 647–663.



- **Crapp, G. B. and Willis M. E. (1975).** Age determination in the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck), with notes on the reproduction cycle. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 20:157-178.
- **Crook A. (2003).** Individual variation in the covering behaviour of the shallow water sea urchin *Paracentrotus lividus*. *Marine Ecology*, 24(4):275–287
- **Dale M. R. T., Dixon P., Fortin M. J., Legendre P., Myers D. E. & Rosenberg M. S. (2002).** Conceptual and mathematical relationships among methods for spatial analysis. *Ecography*, 25: 558-557.
- **Dinnel P. A., Link J. & Stober Q. (1987).** Improved methodology for sea urchin sperm cell bioassay for marine waters. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 16, 23-32
- **Dinnel P. A., Pagano G. G. & Oshida P. S. (1988).** A sea urchin test system for marine environmental monitoring. *In: Echinoderm Biology* (Ed Burke *et al.*), Rotterdam, A. A. Balkema, pp. 611-619
- **Dix T. G., 1970.** Covering response of the echinoid *Evechinus chloroticus* (Val.). *Pacific Science*, 4:187–194.
- **Duran S.; Palacin C., Becerro M., Turon X. & Giribet G. (2004).** Genetic diversity and population structure of the commercially harvested sea urchin *Paracentrotus lividus*. *Molecular Ecology*, 13 (11):3317-3328.
- **Elliot J. M. (1977).** Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates, 2nd Edition. Freshwater Biological Association. Toulouse. 156pp.



- **Fenaux L. (1968).** Maturation des gonades et cycle saisonnier des larves chez *Arbacia lixula* (L.), *Paracentrotus lividus* et *Psammechinus macrolltberculnrus* (Echinides) à Villefranche-sur-Mer. *Vie et Milieu*, 19:1-52.
- **Fernandez C. (1996).** Croissance et nutrition de *Paracentrotus lividus* dans le cadre d'un projet aquacole avec alimentation artificielle. These de doctorat, Universite de Corse, 278 pp.
- **Fernandez C. & Boudouresque C. F. (1997).** Phenotypic plasticity of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in a lagoonal environment. *Marine Ecology Progress Series*, 152:145-154.
- **Fernandez C. & Caltagirone A. (1998).** Comportement alimentaire de *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) en milieu lagunaire. *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions Commission Internationale pour l'Exploration de la Mer Méditerranée*, 35:538–539.
- **Ferguson J. C. (1984).** Translocative functions of the enigmatic organs of starfish – the axial organ, hemal vessels, Tiedemann's bodies and rectal caeca – an autoradiographic study. *The Biological Bulletin*, 166:140–155.
- **Gago J., Range P. & Luis O. (2003).** Growth, reproductive biology and habitat selection of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in the coastal waters of Cascais, Portugal. *In: Echinoderm Research 2001: proceedings of the 6th European Conference on Echinoderm Research, Banyuls-sur-mer, 3-7 September 2001.* (Ed. Féral, J.-P.; David, B.) pp. 269-276.



- **Grosjean P. (2001).** Growth model of the reared sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816). Ph. D. Thesis, Universite Libre De Bruxelles. 272pp
- **Grosjean P., Spirlet C. & Jangoux M. (1998).** Comparison of three body – size measurements for echinoids. *In: Echinoderm research. Proceedings of the Fifth European Echinoderm Conference, Milan, September 1998. (Candia Carnevali and Bonasoro), pp 31-35. Rotterdam: A. A. Balkema.*
- **Guettaf M., San Martin G. A. & Francour P. (2000).** Interpopulation variability of the reproductive cycle of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in the south-western Mediterranean. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 80:899-907.
- **Guidetti P., Terlizzi A. & Boero F. (2004).** Effects of the edible sea urchin, *Paracentrotus lividus*, fishery along the Apulian rocky coast (SE Italy, Mediterranean Sea). *Fisheries Research*, 66:287–297.
- **Hagen N. T. (1996).** Echinoculture: from fishery enhancement to closed cycle cultivation. *World Aquaculture* 27(4): 6–19.
- **Hereu B. (2005).** Movement patterns of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in a marine reserve an unprotected area in the NW Mediterranean. *Marine Ecology*, 26:54–62.
- **Hereu B., Linares C., Zabala M. & Sala E. (2004).** The effects of predator abundance and habitat structural complexity on survival of juvenile sea urchins. *Marine Biology*, 146:293–299.



- **Jangoux M. (1982).** Excretion. *In: Echinoderm nutrition*, M. Jangoux & J. M. Lawrence (eds.), A.A. Balkema Publ., Rotterdam: 437-445.
- **Keesing J. K. & Hall K. C. (1998).** Review of harvests and status of world sea urchin fisheries points to opportunities for aquaculture. *Journal of Shellfish Research*, 17:1597-1604
- **Kempf M. (1962).** Recherches d'écologie comparée sur *Paracentrotus lividus* (Lmk) et *Arbacia lixula* (L.). *Recueil du Travaux de la Station Marine d' Endoume*, 25:47–115.
- **Lawrence J.M. (1975).** The relationship between echinoids and marine plants. *Oceanography and Marine Biology: an annual review.* 13:213–286.
- **Lawrence J.M. (2001).** Edible Sea Urchins: Biology and Ecology, Elsevier, Amsterdam.
- **Lozano J., Galera J., Lopez S., Turon X., Palacin C. & Morera G. (1995).** Biological cycles and recruitment of *Paracentrotus lividus* in 2 contrasting habitats. *Marine Ecology Progress Series*, 122:179-191.
- **Maggiore F., Berthon J. F., Boudouresque C.F. & Lawrence J. M. (1987).** Données préliminaires sur les relations entre *Paracentrotus lividus*, *Arbacia lixula* et le phytobenthos dans la baie de Port-Cros (Var, France, Méditerranée). *In: Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles* (Ed. Boudouresque, C.F.) GIS Posidonie Publ., Marseille, pp. 65–82.



- **Martinez I., Garcia F. J., Sanchez A. I., Daza J. L. & Castillo F. (2003).** Biometric parameters and reproductive cycle of *Paracentrotus lividus* (Lamarck) in three habitats of southern Spain. *In: Echinoderm Research 2001: proceedings of the 6th European Conference on Echinoderm Research, Banyuls-sur-mer, 3-7 September 2001.* (Ed. Féral, J.-P.; David, B.) pp. 269-276.
- **Mattison J. E., Trent J. D., Shanks A. L., Akin T. B. & Pearse J. S. (1977).** Movement and feeding activity of red sea urchins (*Strongylocentrotus franciscanus*) adjacent to a kelp forest. *Marine Biology*, 39:25–30.
- **Milligan H. N. (1915).** Observations on the foreign objects carried by the purple sea urchin. *Zoologist*, 894:441-453.
- **Millott N. (1956).** The covering reaction of sea urchins: I. A preliminary account of covering in the tropical echinoid *Lytechinus variegatus* (Lamarck), and its relation to light. *Journal of Experimental Biology*, 33:508-523.
- **Millott N. (1975).** The photosensitivity of echinoids. *Advances in Marine Biology*, 13:1–52
- **Morisita M. (1959).** Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns. *Memoirs of the Faculty of Science Kochi University*, Series E 2 215-235.
- **Moylan E. M., Sides E. M. & Byrne M. (1998).** The fishery and cultivation of *Paracentrotus lividus* in Ireland. *In: Echinoderms: San Francisco* (ed. R. Mooi and M. Telford),. Rotterdam: A.A. Balkema: 761



- **Palacin G., Giribet G., Carner S., Dantart, L. & Turon X. (1998).** Low densities of sea urchins influence the structure of algal assemblages in the western Mediterranean. *Journal of Sea Research*, 39:281-290.
- **Pinnegar J. K. & Polunin N. V. C.(2004).** Predicting indirect effects of fishing in Mediterranean rocky littoral communities using a dynamic simulation model. *Ecological Modelling*, 172:249–267.
- **Portocali P., Iliopoulou-Georgoudaki J., Catsiki V. A. & Papapetropoulou M. (1996).** The role of Echinoderms as bioindicators of seawater pollution: A case study from Patraikos and Corinthiacos Gulf, N. Peloponnesus, Greece. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 59:293-303.
- **Regis M. B. (1978).** Croissance de deux echinoides du golfe de Marseille (*Paracentrotus lividus* (Lmk.) et *Arbacia lixula* L.). Aspects écologiques de la microstructure du squelette et de l'évolution des indices physiologiques Thèse Doct. Sci. Université St. Jerome, Aix-Marseille I, Fr., 221 pp.
- **Robinson S. M. C., Wildish D. J., Page F. H., Landry T. & Sephton T. W. (1999).** Carrying capacity research in the nearshore environment: Planned shellfish work for the Canadian Department of Fisheries and Oceans Science Strategic Research Program on Coastal Oceanography for Sustainable Aquaculture Development (COSAD). *Bulletin of the Aquaculture Association of Canada*, 99(2):17–22



- **Sala E., Ribes M., Hereu B., Zabala M., Alva V., Coma R. & Garrabou J. (1998b).** Temporal variability in patterns of abundance of the sea urchins *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula* in the north western Mediterranean: a comparison between a marine reserve and an unprotected area. *Marine Ecology Progress Series*, 168:135-145
- **San Martin G. (1987).** L'oursin *Loxechinus albus* au Chili: Biologie, ecologie et exploitation. *In: Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles* (Ed. Boudouresque, C.F.) GIS Posidonie Publ., Marseille, pp. 377–390.
- **Sanchez-Espana A. I., Martinez-Pita I. & Garcia F. J. (2004).** Gonadal growth and reproduction in the commercial sea urchin *Paracentrotus lividus* from southern Spain. *Hydrobiologia*, 519:61-72.
- **Sellem F. & Guillou M. (2007).** Reproductive biology of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in two contrasting habitats of northern Tunisia (south-east Mediterranean). *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 87:763-767.
- **Sharp D. T. & Gray I. E. (1962).** Studies on factors affecting the local distribution of two sea urchins, *Arbacia punctulata* and *Lytechinus variegatus*. *Ecology*, 43:309-313.
- **Shpigel M. McBride S. C. Marciano S. & Lupatsch I. (2004).** The effect of photoperiod and temperature on the reproduction of European sea urchin *Paracentrotus lividus*. *Aquaculture*, 232:343-355.



- **Spirlet C., Grosjean P. & Jangoux M. (1998a).** Reproductive cycle of the echinoid *Paracentrotus lividus*: analysis by means of maturity index. *Invertebrate Reproduction and Development*, 34:69-81.
- **Spirlet C., Grosjean P. & Jangoux M. (2000).** Optimization of gonad growth by manipulation of temperature and photoperiod in cultivated sea urchins (*Paracentrotus lividus*). *Aquaculture*, 185:85-99.
- **Spirlet C., Grosjean P. & Jangoux M. (2001).** Cultivation of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) on extruded feeds: digestive efficiency, somatic and gonadal growth. *Aquaculture Nutrition*, 7:91–99.
- **Steneck R. S. (1998).** Human influences on coastal ecosystem: does overfishing create trophic cascades? *Trends in Ecology & Evolution*, 13:429–430
- **Tomas F., Romero J. & Turon X. (2004).** Settlement and recruitment of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in two contrasting habitats in the Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series*, 282:173–184
- **Tortonese E. (1965).** Echinodermata. *Fauna d'Italia*. Ed. Calderini, Bologna.
- **Turner S. J., Thrush S. F., Hewitt J. E., Cummings V. J. & Funnell, G. (1999).** Fishing impacts and the degradation or loss of habitat structure. *Fisheries Management and Ecology*, 6:40–420.
- **Turon X., Giribet G., Lopez S. & Palacin C. (1995).** Growth and population structure of *Paracentrotus lividus* in two contrasting habitats. *Marine Ecology Progress Series*, 122:193 – 204.



- **Verlaque M. (1987).** Contribution à l'étude du phytobenthos d'un ecosystème photophile thermophile marin en Méditerranée occidentale. Etude structurale et dynamique du phytobenthos et analyse des relations faune-flore. Ph.D. Thesis, University of Aix Marseille II, France.
- **Walker C. W. & Lesser M. P. (1997).** Prepared food coupled with manipulation of photoperiod yield an out-of-season crop for the green sea urchin. *Bulletin of the Aquaculture Association of Canada*, 97(1):31–34
- **Yokota Y., Matranga V. & Smolenicka Z. (2002).** The Sea Urchin: From Basic Biology to Aquaculture. Balkema Publ., Rotterdam.
- **Zar J. H. (1984).** Biostatistical Analysis, 2nd edn. Prentice Hall, London.
- **Zavodnik D. (1987).** Synopsis on the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) in the Adriatic Sea. *In: Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles* (Ed. Boudouresque, C.F.), GIS Posidonie Publ., Marseille : pp. 221-240



5.2 Ελληνική Βιβλιογραφία

- **ΕΘΙΑΓΕ (2005).** Ερευνητική μελέτη αξιοποίησης των ειδών *P. nobilis* (πίνα), *M. sabatieri* (φούσκα) και *P. lividus* (αχινός) από τη θαλάσσια περιοχή της Περιφέρειας Ν. Αιγαίου, σε πιλοτική βάση. Ενδιάμεση Έκθεση Προόδου, Περιφερειακό Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ν. Αιγαίου (2000 – 2006). Σελ. 165
- **Οικονομίδης Ν. (2003).** Μελέτη των φυσικών αποθεμάτων του αχινού *Paracentrotus lividus* Lamarck στον κόλπο της Καβάλας. Πρακτική Άσκηση. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Βιολογίας. Σελ. 52
- **Rancucci – Παπαδοπούλου Μ. Α. (1996).** Οικολογία και εξάπλωση των εχινόδερμων της Ελλάδας. Διερεύνηση του φαινομένου νανισμού του εχινόειδους *Paracentrotus lividus* (Lamarck) ως οικολογικής προσαρμογής. Διδακτορική διατριβή. Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Βιολογίας, Τομέας Ζωολογίας – Θαλάσσιας Βιολογίας.
- **Παπαγεωργίου Β. (2006).** Παραλλακτικότητα πληθυσμών αχινού (*Paracentrotus lividus*, Lamarck, 1816) στο Αιγαίο και Ιόνιο Πέλαγος. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος. Σελ. 134
- **Σαραντίδης Σ. (2003).** Μελέτη των φυσικών αποθεμάτων του αχινού *Paracentrotus lividus* Lamarck στον κόλπο της Καβάλας. Πρακτική Άσκηση. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Βιολογίας. Σελ. 37



5.3 Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία

- **Anonymous (2007).** Integrated Taxonomic Information System (ITIS).
http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=157942
- **Brown H. S, (2002).** “Hematoxylin & Eosin” (The routine stain).
<http://www.sigmaaldrich.com/img/assets/7361/Primer-H&Emay04.pdf>
- **Lee G. (1960).** Routine Mayer's Hematoxylin and Eosin Stain (H&E)
http://ccm.ucdavis.edu/bcancercd%20/52/prcl_HandE.html



6. ABSTRACT

The population diversity of the common sea urchin (*Paracentrotus lividus*) was studied in the Pagastikos Bay and the N. Sporades. The differences in the morphometric characteristics between the populations were the evaluation criteria.

A total of 550 sea urchins were obtained by SCUBA diving, in two samplings, spring and autumn 2007, from 5 locations around Pagasitikos and from 2 locations in Sporades. The measuring of the most important biometric characteristics, showed that the average value of the maximum diameter of the test (D) was 56.42 ± 6.14 mm, the maximum height (L) was 31.18 ± 3.38 mm, for the total wet weight (W_t) was 70.58 ± 20.54 g, for the total weight of the gonads (W_g) was 2.523 ± 1.672 g and for the net weight of the test (W_c) it was calculated 34.51 ± 8.90 g. The sex determined from the gonad color and the mean gonadosomatic index (GSI) was calculated $3.41 \pm 2.07\%$.

The statistical analysis showed significant differences between the different populations for every characteristic ($P < 0.05$). The females were more abundant than males but no significant differences were observed between the sexes ($P > 0.05$).

The mean population density of the sea urchin in the study area was estimated to 9.14 ind/m^2 , while the spatial distribution was either random or even, depending on the location and the sampling period.

The data were also analyzed using Hierarchical Cluster Analysis and the Multi-Dimensional Scaling techniques and it was revealed that Pagasitikos Bay



could be divided in two hypothetical areas, the “inner” and the “outer” and the populations may be grouped in two “localized” populations, those coming from the “inner” bay and those from the “outer” bay.

Key Words: *Paracentrotus lividus*, morphometrics, gonadosomatic index, GSI, diversity

