

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗΝ ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΚΟΛΙΟΥ

(*Scomber japonicus* Houttuyn, 1782)

ΣΤΙΣ ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΘΑΛΑΣΣΕΣ

Διατριβή Μεταπτυχιακού Τίτλου Ειδίκευσης

Κυπαρίσσης Σωτήρης

Ηράκλειο 1998

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΤΣΙΜΕΝΙΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ (Επιβλέπων)

ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΚΕΝΤΟΥΡΗ ΜΑΡΟΥΛΙΩ

Π Ρ Ο Λ Ο Γ Ο Σ

Η έλλειψη γνώσης γύρω από την βιολογία και την αλιευτική κατάσταση του κολιού (*Scomber japonicus colias*) στις Ελληνικές θάλασσες, παρά την εμπορική του σημασία, αποτέλεσε το βασικό κίνητρο για την εκπόνηση αυτής της μελέτης. Το θέμα της παρούσας εργασίας επιλέχθηκε μετά από αρκετή συζήτηση και προβληματισμό λόγω της ιδιαιτερότητας του αντικειμένου. Ο προβληματισμός προήλθε από την δυσκολία που διαφαινόταν στην οργάνωση των δειγματοληψιών. Τελικά, τα προβλήματα ξεπεράστηκαν με την υποστήριξη και παρέμβαση του καθηγητή Ν. Τσιμενίδη. Ελπίζω ότι τα ενδιαφέροντα στοιχεία που προέκυψαν από αυτή την έρευνα, θα μπορέσουν να βοηθήσουν οποιονδήποτε ερευνητή θελήσει στο μέλλον να μελετήσει πιο επισταμένα το συγκεκριμένο είδος, στις Ελληνικές θάλασσες.

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η παρούσα μελέτη, συνέβαλλαν με ποικίλους τρόπους διάφοροι συνεργάτες, και φίλοι, για τους οποίους το λιγότερο που μπορώ να κάνω, είναι να εκφράσω τις ευχαριστίες μου.

Πρώτα απ' όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, οι οποίοι μου παρείχαν οικονομική και ηθική υποστήριξη όσες φορές χρειάστηκε, καθ' όλη την περίοδο της παραμονής μου στην Κρήτη. Το ίδιο θερμά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον φίλο και συνάδελφο Δρ. Γιώργο Τσερπέ για την πολύ καλή διάθεση που επέδειξε απέναντι μου, τις συνεχείς συμβουλές και παρατηρήσεις του, τον πολύτιμο χρόνο που αφιέρωσε για διορθώσεις του κειμένου, καθώς και για την υπομονή που επέδειξε στις αδιάκοπες ενοχλήσεις που έγιναν από μέρους μου.

Ιδιαίτερα υποχρεωμένος αισθάνομαι απέναντι στον Καθηγητή μου Ν. Τσιμενίδη για το πολύ εγκάρδιο πνεύμα με το οποίο με αντιμετώπισε στην πρώτη γνωριμία μας, γεγονός που συνέβαλε καθοριστικά στο να έρθω στην Κρήτη για την συνέχιση των σπουδών μου. Επίσης τον ευχαριστώ για την σχεδόν πατρική αντιμετώπιση που επέδειξε σε όλους τους φοιτητές του, συμπεριλαμβανομένου και του εαυτού μου, για την εμπιστοσύνη του στην ανάθεση του θέματος της διπλωματικής εργασίας μου, για την ηθική συμπαράσταση του και την επιστημονική επίβλεψη που άσκησε καθ' όλο το διάστημα αυτής της μελέτης.

Ευχαριστώ επίσης την Καθηγήτρια Κεντούρη Μαρουδιώ για τις πολύτιμες παρατηρήσεις της επί του κειμένου.

Ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στον καθηγητή Π. Οικονομίδη και τον Δρ. Α. Καλλιανιώτη για την παραχώρηση των εργαστηρίων τους για την επεξεργασία των δειγμάτων, κατά την περίοδο των δειγματοληψιών μου στην Θεσσαλονίκη και την Καβάλα αντίστοιχα.

Πολύ σημαντική ήταν η βοήθεια που είχα εκ μέρους των συναδέλφων των εποπτειών αλιείας: Καβάλας, Θεσσαλονίκης, Ηρακλείου και Χανίων, καθώς και των συναδέλφων του αλιευτικού εργαστηρίου Πειραιά, οι οποίοι συνέλεξαν και συντήρησαν τα δείγματα μέχρι την επεξεργασία τους.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την πολύ αγαπημένη φίλη και συνάδελφο Δρ. Έλενα Χατζηχαραλάμπους για την πολύτιμη βοήθεια της στην κατανόηση της γραφικής μεθόδου του Harding, για τις συνεχείς παρατηρήσεις της στο σύνολο του κειμένου, καθώς και για την πολύ καλή μαγειρική της.

Επίσης ιδιαίτερα ευχαριστώ την πολύ αγαπημένη φίλη Βάσω Τσαούση για τις πολύ εύστοχες αν και καυστικές παρατηρήσεις της επί του κειμένου.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω θερμότατα την αδερφή μου Δώρα και την πολύ καλή μου φίλη Βαγγελίτσα Γεροπούλου, για την ιδιαίτερα εγκάρδια φιλοξενία που μου προσέφεραν, κατά τις περιπλανήσεις μου για την συλλογή των δειγμάτων.

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

<i>Περίληψη</i>	1
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
1.1 Γενικά	3
1.2 Σκοπός της μελέτης	4
1.3 Χαρακτηριστικά του είδους	4
Ταξινόμηση.....	4
Κατανομή.....	5
Υποείδη.....	6
Διατροφή.....	6
Αύξηση - Γεννητική Ωριμότητα.....	7
Αναπαραγωγή.....	8
Διάρκεια Ζωής.....	8
Συνευρέσεις.....	9
Αλιεία.....	9
2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	10
2.1 Χαρακτηριστικά δειγματοληψίας	10
Συλλογή Υλικού.....	10
Μετρήσεις.....	10
2.2 Ανάλυση Δεδομένων	12
Προσδιορισμός Ηλικιακών Κλάσεων.....	12
Ανάλυση Προσαύξησης του περιθωρίου.....	15
Μέθοδος Ανάδρομου Υπολογισμού Μηκών.....	15
Αναλογία Φύλου.....	17
Προσδιορισμός των Παραμέτρων αύξησης.....	17
Ανάλυση Βάρους.....	19
Χρήση Λογισμικού.....	20
3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	21
3.1 Ανάλυση της Ηλικιακής Δομής	21
Ανατομική Μέθοδος.....	21

Στατιστική προσέγγιση.....	23
3.2 Ανάλυση Προσαύξησης του Περιθωρίου.....	27
3.3 Συσχέτιση Μήκους Σώματος με Ακτίνα Ωτολίθου.....	30
3.4 Ανάδρομος Υπολογισμός Μηκών.....	32
3.5 Αναλογία Φύλου.....	33
3.6 Περιγραφή της Αύξησης.....	38
Καμπύλη αύξησης Bertalanffy.....	38
Κατανομή μηκών.....	39
Σύγκριση Μέσων Μηκών ανά Ηλικία.....	40
3.7 Συσχετίσεις Βάρους.....	40
Σχέση Μήκους-Βάρους.....	40
Εποχιακότητα Μέσου Βάρους.....	42
4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	43
Ηλικιακή δομή.....	43
Ηλικία - Αύξηση.....	46
Στρατολόγηση.....	50
Αναλογία Φύλου.....	51
Ανάλυση Βάρους.....	52
Αλιεία.....	53
Μέθοδος Δειγματοληψίας.....	54
5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	55
6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	57

Π Ε Ρ Ι Λ Η Ψ Η

Ο κολιός (*Scomber japonicus* Houttuyn, 1782) είναι ένα κοσμοπολίτικο πελαγικό είδος, με κύρια περιοχή εξάπλωσης τις παράκτιες θαλάσσιες περιοχές των τροπικών, υποτροπικών και εύκρατων ζωνών. Ανήκει στα μεσαίου μεγέθους πελαγικά ψάρια, κατανέμεται στην πελαγική ζώνη μέχρι βάθος 300 m (κυρίως μεταξύ των 50 έως 150 m) και σχηματίζει κοπάδια με άλλα μεσαίου και μικρού μεγέθους πελαγικά ψάρια, με βάση το μέγεθός του. Οι πληθυσμοί του παρουσιάζουν πολύπλοκη ενδοειδική δομή, με υποείδη του να βρίσκονται ακόμη και σε γειτονικές περιοχές. Στις περιοχές κατανομής του αλιεύεται εντατικά, συνεισφέροντας σε μεγάλο ποσοστό στη συνολική αλιευτική παραγωγή. Ο ρυθμός αύξησής του, καθώς και η γεννητική του ωρίμανση, διαφέρουν ανάλογα με το υποείδος και την περιοχή εξάπλωσης.

Η παρούσα μελέτη αναφέρεται στη δημογραφία του υποείδους του κολιού (*Scomber japonicus colias*) που απαντά στις Ελληνικές θάλασσες. Για το σκοπό αυτό επιλέχθηκαν τρεις περιοχές δειγματοληψίας, το Βόρειο Αιγαίο, ο Σαρωνικός κόλπος και το Κρητικό πέλαγος. Η δειγματοληψίες διήρκεσαν δέκα μήνες.

Από τη μελέτη των δεδομένων ηλικίας, φάνηκε ότι η ηλικιακή κλάση 0 υφίσταται συνεχή αλιευτική πίεση από την αρχή της στρατολόγησής της τον μήνα Αύγουστο. Τον μήνα Οκτώβριο η κλάση αυτή αποτελούσε το μεγαλύτερο ποσοστό των αλιευμάτων του είδους στο Β Αιγαίο και τον Σαρωνικό κόλπο. Στο Κρητικό πέλαγος δεν υπάρχει παρουσία των μικρών ηλικιακών κλάσεων. Αλιεύονται μεγάλα άτομα και αυτό οφείλεται κυρίως στην περιοδική εμφάνιση του είδους στην περιοχή τους καλοκαιρινούς μήνες. Η εμφάνιση αυτή πιθανότατα σχετίζεται με μεταναστευτικές κινήσεις.

Οι ωτόλιθοι τους παρουσιάζουν περιοδική εναλλαγή ενός αδιαφανούς και ενός διαφανούς δακτυλίου, οι οποίοι μαζί αποτελούν έναν ετήσιο δακτύλιο. Η περίοδος σχηματισμού νέου ετήσιου δακτυλίου είναι ο μήνας Απρίλιος, οπότε και παρουσιάζονται αδιαφανή άκρα στο μεγαλύτερο ποσοστό των ωτολίθων.

Ο ρυθμός αύξησης του κολιού στη ΒΑ Μεσόγειο, εμφανίζεται λίγο πιο αργός από το ρυθμό αύξησης των κολιών στα ΒΔ Αφρικανικά παράλια (οι οποίοι ανήκουν στο

ίδιο υποείδος), γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στις διαφορετικές κλιματικές συνθήκες των δύο περιοχών.

Από την κατά μήκος σύνθεση κάθε φύλου ανά μήνα, καθώς και από την γραφική μέθοδο του Harding φάνηκε ότι η στρατολόγηση γίνεται τον μήνα Αύγουστο. Η αναλογία φύλου στο σύνολο των δειγμάτων βρέθηκε ότι είναι 1:1, με ελάχιστες εξαιρέσεις στα δείγματα των στρατολογούμενων ατόμων.

Από την γραφική παράσταση της μεταβολής του ολικού βάρους ανά μήνα, προσδιορίστηκε ότι η περίοδος ωρίμανσης των γονάδων σ' αυτό το τμήμα της Μεσογείου, είναι από τον μήνα Μάρτιο έως τον Μάιο, και η περίοδος όπου απελευθερώνονται οι γαμέτες από τον μήνα Μάιο, έως τον Ιούλιο, με αιχμή της αναπαραγωγικής περιόδου τον μήνα Ιούνιο.

1.1 Γενικά

Η ορθολογική διαχείριση των αλιευτικών αποθεμάτων αποτελεί σήμερα παγκόσμια αναγκαιότητα, που γίνεται ολοένα και πιο έντονα αντιληπτή, λόγω της διαρκούς μείωσης που παρατηρείται στα αποθέματα των εμπορικών κυρίως ειδών ψαριών. Για την ορθολογική διαχείριση ενός ιχθυοαποθέματος, απαιτείται καλή γνώση της δυναμικής και γενικότερα της βιολογίας του είδους καθώς και των παραμέτρων που επηρεάζουν το συγκεκριμένο απόθεμα. Η αύξηση, μαζί με την θνησιμότητα και την στρατολόγηση, είναι οι κύριες παράμετροι της δημογραφίας ενός είδους, που επηρεάζουν την διαθέσιμη στην αλιεία βιομάζα.

Ο κολιός (*Scomber japonicus*) είναι ένα κοσμοπολίτικο πελαγικό είδος, με κυριότερη περιοχή εξάπλωσης τις εύκρατες, υποτροπικές και τροπικές περιοχές του Ατλαντικού, του Ινδικού και του Ειρηνικού Ωκεανού. Ανήκει στα μεσαίου μεγέθους πελαγικά ψάρια και σε ορισμένες χώρες όπως στο Περού, στο Μεξικό και στις Κανάριους Νήσους, αποτελεί μεγάλο μέρος του συνολικού αλιεύματος που φθάνει στις ιχθυόσκαλες (στην περιοχή των Καναρίων νήσων αποτελεί το 53% της συνολικής βιομάζας των πελαγικών παράκτιων ψαριών και το 60% των συνολικών αλιευμάτων που φθάνουν στις ιχθυόσκαλες) (Schaefer 1980, Kotlyar and Abramov 1982, Castro and Lorenzo 1991). Στην Αργεντινή, ο κολιός αποτελεί βασικό είδος για την κονσερβοβιομηχανία (Perrotta 1992). Ωστόσο, παρά τη μεγάλη συμμετοχή του στη παγκόσμια αλιευτική παραγωγή και τη μεγάλη οικονομική του σημασία, ελάχιστες μελέτες έχουν γίνει που να αφορούν στη βιολογία του. Οι υπάρχουσες εργασίες παρέχουν μόνο αποσπασματικά στοιχεία της βιολογίας καθώς και της γενικότερης κατάστασης των αποθεμάτων του σε παγκόσμιο επίπεδο. Τα περισσότερα στοιχεία για το είδος προέρχονται από μελέτες που έχουν γίνει στον Ειρηνικό Ωκεανό. Σ' όλη την επικράτεια εξάπλωσής του, το είδος αυτό ζει γενικά σε μικρούς, γενετικά απομονωμένους πληθυσμούς οι οποίοι σήμερα ταξινομούνται ως υποείδη (Kotlyar and Abramov 1982). Για την περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου, δεν υπάρχουν συγκεκριμένες αναφορές.

1.2 Σκοπός της μελέτης

Παρά την μεγάλη οικονομική σημασία του είδους για την εμπορική αλιεία, η κατάσταση των αλιευτικών αποθεμάτων του στην Ανατολική Μεσόγειο καθώς και τα χαρακτηριστικά της βιολογίας του σ' αυτή την περιοχή παραμένουν άγνωστα, γεγονός που δυσχεραίνει τη λήψη μέτρων ορθολογικής διαχείρισης. Συγκεκριμένα, άγνωστες παραμένουν βασικές δημογραφικές παράμετροι των μεσογειακών αποθεμάτων όπως η αύξηση, η θνησιμότητα και η στρατολόγηση.

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να διερευνηθούν τα κύρια στοιχεία της δημογραφίας του είδους στην περιοχή, όπως η ηλικιακή δομή και η φυλετική σύνθεση του αλιευόμενου τμήματος των πληθυσμών του, το μέσο μήκος κάθε ηλικιακής κλάσης και ειδικότερα ο ρυθμός αύξησης του είδους. Ο ρυθμός αύξησης - όπως εξάλλου η θνησιμότητα και η στρατολόγηση - είναι βασική παράμετρος στην δυναμική των πληθυσμών των ψαριών και καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την διαθέσιμη στην αλιεία βιομάζα ενός αποθέματος. Επίσης, διαφορές στους ρυθμούς αύξησης στους πληθυσμούς διαφόρων περιοχών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ένδειξη για την ύπαρξη διαφορετικών αποθεμάτων. Το πρότυπο εκμετάλλευσης που πρέπει να εφαρμοστεί για κάθε απόθεμα, καθορίζεται κυρίως από συμπεράσματα που συνάγουμε για αυτή την παράμετρο.

1.3 Χαρακτηριστικά του είδους

Ταξινόμηση

Η συστηματική κατάταξη του είδους έχει υποστεί τροποποιήσεις τα τελευταία χρόνια, ώστε τελικά να συμπεριλάβει ως υποείδη ομάδες που σε παλαιότερες κατατάξεις χαρακτηριζόταν ως ξεχωριστά είδη. Η τελευταία κατάταξη του είδους σύμφωνα με την Λαζαρίδου (1984) (μέχρι το επίπεδο της οικογένειας) και τους Collete και Nauen (FAO 1983) (μέχρι το επίπεδο του είδους), είναι η ακόλουθη:

Φύλο: Chordata (Χορδωτά)

Ομάδα: Craniata ή Vertebrata (Σπονδυλωτά)

Υποφύλο: Gnathostomata (Γναθοστόματα)

Υπερκλάση: Pisces (Ψάρια)

Κλάση: Osteichthyes (Οστεϊχθύες)

Υποκλάση: Actinopterygii (Ακτινοπτερύγιοι)

Ανθυποκλάση: Teleostei (Τελεόστεοι)

Τάξη: Percomorphi (Περκόμορφα)

Οικογένεια: Scombridae (Σκομβροειδή)

Υποοικογένεια: Scombrinae

Φυλή: Scombrini

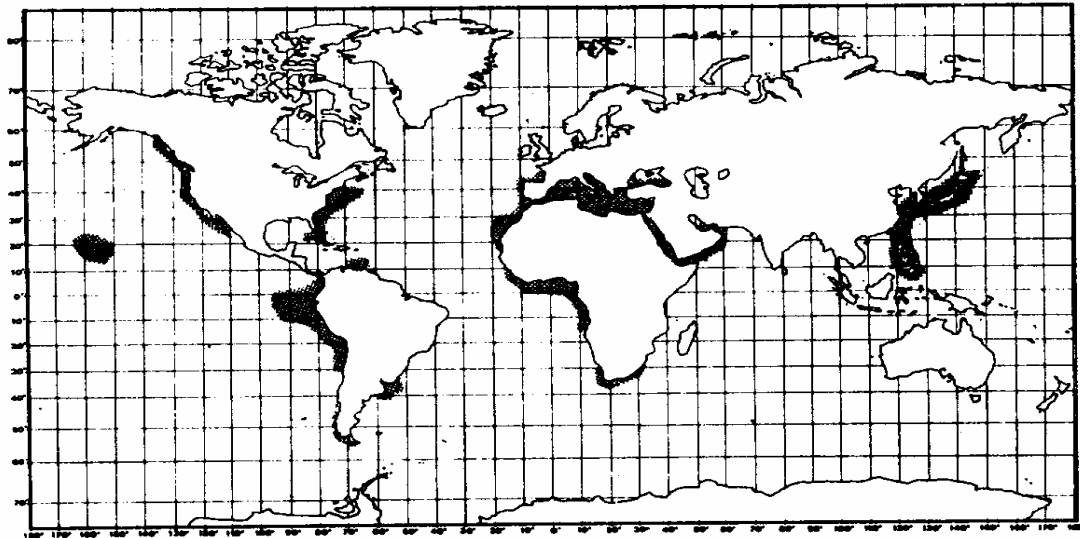
Γένος: Scomber

Είδος: Scomber japonicus (Κολιός)

Κατανομή

Ο κολιός ανήκει στα μεσαίου μεγέθους πελαγικά ψάρια που σχηματίζουν κοπάδια, με μέγιστο αναφερόμενο μήκος 50cm και βάρος 1200g (Kotlyar and Abramov 1982, Collete and Nauen 1983). Έχει αναφερθεί κολιός συνολικού μήκους 63,5 cm και βάρους 2,8 kg (Kramer 1956), αλλά πρόκειται για εξαιρετικά ασυνήθιστη περίπτωση). Εντοπίζεται κυρίως στην πελαγική ζώνη ως 300m βάθος (συνήθως μεταξύ 50 και 150 m), πάνω από την υφαλοκρηπίδα και την ηπειρωτική κατωφέρεια. Γενικότερα, ο κολιός εκτείνεται στις πλησίον των ακτών θαλάσσιες περιοχές, στις εύκρατες, υποτροπικές και στην τροπική ζώνη των τριών ωκεανών (εικ. 1.1). Πλησιάζει ιδιαίτερα στις παράκτιες περιοχές κατά τους καλοκαιρινούς μήνες για εξεύρεση τροφής (King 1995).

Στον ΒΔ Ειρηνικό, η μέγιστη απόσταση από την ακτή όπου έχουν βρεθεί ώριμα άτομα είναι 80 ναυτικά μίλια, ενώ αυγά και προνύμφες του έχουν βρεθεί έως 170 ναυτικά μίλια από την ακτή (Kotlyar and Abramov 1982). Στον ΒΑ Ειρηνικό, η κατανομή του εκτείνεται από τη θαλάσσια περιοχή νότια της Αλάσκας έως τον κόλπο της Καλιφόρνιας, ενώ στον ΝΑ Ειρηνικό εκτείνεται από τον Παναμά έως τη Χιλή, συμπεριλαμβανομένων και των νησιών Γκαλαπάγκος. Στον Δ Ειρηνικό, η κατανομή του εκτείνεται από τις Κουρίλες νήσους στα βόρεια, ως τις Φιλιππίνες νοτιότερα. Δεν συναντάται στον κεντρικό Ινδικό (Schaefer 1980). Τέλος, συναντάται στη θαλάσσια περιοχή ΒΔ της Αφρικής και σ' όλες τις περιοχές της Μεσογείου.



Εικόνα 1.1: Περιοχές εξάπλωσης του *Scomber japonicus*

Υποείδη

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του είδους είναι η πολύπλοκη ενδοειδική δομή του, με απομονωμένους γενετικά υποπληθυσμούς του να βρίσκονται σ' όλους τους ωκεανούς. Αρχικά, οι διάφοροι υποπληθυσμοί στις περιοχές εξάπλωσής του είχαν χαρακτηριστεί ως είδη (*S. japonicus*, *S. colias*, *S. diego*, *S. grex*, *S. peruanus*, και *S. tarpeinocephalus*), (Matsui 1967). Σήμερα πολλά από τα παραπάνω είδη θεωρούνται υποείδη του είδους *S. japonicus*. Σύμφωνα με τους Kotlyar και Abramov (1982), στις διάφορες περιοχές εξάπλωσης του είδους, υπάρχουν τα εξής υποείδη: *S. japonicus peruanus* στην θαλάσσια περιοχή του Περού, *S. japonicus marplatensis* στην θαλάσσια περιοχή της Αργεντινής, *S. japonicus japonicus* στον ΒΔ Ειρηνικό, *S. japonicus diego* στη θαλάσσια περιοχή γύρω από την Ιαπωνία και *S. japonicus colias* για τον Αφρικάνικο κολιό. Οι πληθυσμοί των διαφόρων αυτών υποειδών, διατηρούν διαφορετικά πεδία ωτοκίας, αναπαραγωγής και διατροφής και αναμιγνύονται σε πολύ μικρό ποσοστό, ακόμα και όταν υπάρχει γειτνίαση, όπως τα υποείδη *S. japonicus japonicus* και *S. japonicus diego* (Schaefer 1980).

Διατροφή

Ο κολιός είναι ενεργητικός θηρευτής και παρουσιάζει μεγάλη μεταβλητότητα στις διατροφικές του συνήθειες. Πολύ σημαντικό ρόλο στην διατροφή του παίζουν τα καρκινοειδή και ιδιαίτερα τα ευφωσιώδη, καθώς και οι προνύμφες ή τα ενήλικα άτομα άλλων ψαριών. Οι προνύμφες καλλιεργούμενων κολιών, βρέθηκε ότι

τρέφονται με μεγάλα ποσοστά κωπηπόδων (59% του συνολικού ημερήσιου σιτηρεσίου) (Hunter and Kimbrell 1980). Στα νεαρά άτομα (juveniles) (6-13cm), τα καρκινοειδή αποτελούν τα 3/4 του συνόλου των θηρευόμενων οργανισμών, ενώ σημαντικό ποσοστό (9,9%), αποτελούν τα ψάρια, το ποσοστό των οποίων μειώνεται σημαντικά στα μεταγενέστερα στάδια ωριμότητας των νεαρών ατόμων, φθάνοντας το 4,7% (Castro and Lorenzo 1991). Χαρακτηριστική επίσης είναι η μεταβολή της προτίμησης των νεαρών ατόμων στα μυσιδώδη, κατά τα διάφορα στάδια της αύξησης τους. Στα αρχικά στάδια των νεαρών ατόμων, τα μυσιδώδη συμμετέχουν σε πολύ μικρό ποσοστό στην διαίτα τους, ενώ στα μεταγενέστερα στάδια η συμμετοχή τους φθάνει μέχρι και στο 36,2% του συνόλου της διαίτας τους (Castro and Lorenzo 1991). Σε δεξαμενές καλλιέργειας οι προνύμφες των κολιών έδειξαν μεγάλη τάση προς κανιβαλισμό όταν έφθαναν σε μήκος 8 mm, κάτι που έπαυε όταν έφθαναν σε μέγεθος 15 mm και άρχιζαν να ομαδοποιούνται (Schaefer 1980).

Αύξηση - Γεννητική Ωριμότητα

Ο ρυθμός αύξησης των διαφόρων υποειδών του κολιού παρουσιάζει μικρές διαφορές, με τα υποείδη *S. japonicus peruanus* και *S. japonicus japonicus* να έχουν παρόμοιους ρυθμούς αύξησης, τα υποείδη *S. japonicus diego* και *S. japonicus marplatensis* να έχουν όμοιους ρυθμούς αύξησης μεταξύ τους, αλλά ταχύτερους από τα δύο προηγούμενα υποείδη και το *S. japonicus colias* να παρουσιάζει τον χαμηλότερο ρυθμό αύξησης (Kotlyar and Abramov 1982). Γενικά ο κολιός εμφανίζει πολύ γρήγορο ρυθμό αύξησης κατά το πρώτο έτος της ηλικίας του, σχετικά γρήγορο κατά το δεύτερο έτος, ενώ στα επόμενα έτη εμφανίζει σημαντική επιβράδυνση. Η γεννητική του ωριμότητα επίσης εμφανίζει διαφορές κατά τόπους. Στη θαλάσσια περιοχή του Περού κατά το πρώτο έτος, γεννητική ωριμότητα έχουν αποκτήσει το 60-80% των ατόμων με μήκος 18-19cm, ενώ κατά το δεύτερο έτος το 90% (Kotlyar and Abramov 1982). Αντίθετα, στη θαλάσσια περιοχή της Καλιφόρνιας, η γεννητική ωριμότητα αρχίζει από το δεύτερο έτος (Kramer 1969). Στον ΒΔ Ειρηνικό (*S. japonicus japonicus* και *S. japonicus diego*), γεννητική ωριμότητα επέρχεται κυρίως στο τρίτο έτος σε μήκος 28cm. Παρομοίως και ο κολιός στα ΒΔ παράλια της Αφρικής (*S. japonicus colias*), ωριμάζει γεννητικά κατά το τρίτο έτος, σε μήκος 27-31cm (Kotlyar and Abramov 1982).

Αναπαραγωγή

Ο κολιός είναι γονοχωριστικό είδος και δεν εμφανίζει φυλετικό διμορφισμό (Kramer 1969). Δεδομένα από την τροπική περιοχή του Περού δείχνουν ότι ο κολιός (*S. japonicus peruanus*) έχει εκτεταμένη αναπαραγωγική περίοδο (αναπαράγεται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους) με μέγιστα αναπαραγωγής που διαφέρουν ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος. Ωστόσο, όπως και στις υποτροπικές και εύκρατες περιοχές, αυτά τα μέγιστα παρατηρούνται κυρίως την άνοιξη και το καλοκαίρι (Kotlyar and Abramov 1982). Σε μεγαλύτερα πλάτη (κόλπος Vizcaino, Β. Μεξικό), η αναπαραγωγική περίοδος είναι επίσης εκτεταμένη αλλά πιο περιορισμένη χρονικά, από Φεβρουάριο-Μάρτιο έως Ιούνιο-Αύγουστο, γεγονός που δείχνει ότι ο κολιός σ' αυτή την περιοχή έχει μόνο μια αναπαραγωγική περίοδο ανά έτος (Gluycas-Millan 1994). Από στοιχεία που συλλέχθηκαν στον κόλπο Vizcaino, φαίνεται ότι η κορυφή της αναπαραγωγικής περιόδου σ' αυτό το γεωγραφικό πλάτος είναι τον μήνα Ιούνιο. Στον ΒΔ Ειρηνικό και τα ΒΔ Αφρικανικά παράλια, έχει δειχθεί ότι ο κολιός εμφανίζει πολλαπλή ωοαπόθεση. Η απόθεση των αυγών γίνεται σε ομάδες των 250 ως 300 αυγών/g ψαριού, με συνολική παραγωγή αυγών ανά θηλυκό, περίπου 100.000 με 400.000 αυγά (Collete and Nauen 1983). Ο Watanabe (1970), αναφέρει ότι η ωοαπόθεση στην Ιαπωνική θάλασσα διαρκεί από 2.000 ως 2.400 ώρες και προκειμένου να αρχίσει απαιτείται θερμοκρασία νερού τουλάχιστον 10 °C και συννηθέστερα συμβαίνει σε θερμοκρασίες μεταξύ 15-20 °C (Uda 1970). Η μέγιστη συγκέντρωση προνυμφών στον κόλπο της Καλιφόρνιας, παρατηρήθηκε στις ισόθερμους μεταξύ 20,5 και 21,5 °C ενώ δεν βρέθηκαν καθόλου προνύμφες σε θερμοκρασίες άνω των 22 °C (Olvera Limas 1975). Οι Hunter και Kimbrell (1980), αναφέρουν ότι οι ελεύθερες προνύμφες έχουν έντονο μεταβολικό ρυθμό, ολοκληρώνοντας την μεταμόρφωση τους σε μήκος 15mm σε 2 με 3 εβδομάδες και σε εύρος θερμοκρασίας 16,8-22,1 °C, ενώ παρουσιάζουν συναθροιστική συμπεριφορά (schooling) όταν φθάσουν σε μέγεθος 30 mm.

Διάρκεια Ζωής

Η διάρκεια ζωής των αρσενικών και των θηλυκών ατόμων είναι η ίδια. Η μέγιστη ηλικία που αναφέρθηκε από τους Kotlyar και Abramov στην θαλάσσια περιοχή του Περού (1982) καθώς και από τους Belyaev και Ryabov στον ΒΔ Ειρηνικό (1987), ήταν 6 έτη. Από τον Lorenzo (1995), στην θαλάσσια περιοχή της ΒΔ Αφρικής (Κανάριοι Νήσοι) η μέγιστη παρατηρηθείσα ηλικία ήταν 7 έτη, ενώ η μέγιστη

αναφερόμενη ηλικία από ανάγνωση ωτολίθων προέρχεται από τον Fitch (1951) και ήταν 11 έτη.

Συνευρέσεις

Ο κολιός σχηματίζει ομάδες με κριτήριο το μέγεθος των ψαριών (Kramer 1969). Συνήθως σχηματίζουν κοπάδια με άλλα πελαγικά είδη, ανάλογα με το στάδιο αύξησης που βρίσκονται. Ενήλικα άτομα στον Ειρηνικό Ωκεανό, έχουν βρεθεί μαζί με τα είδη *Trachurus symmetricus* και *Sardinops sagax caeruleus* (Schaefer 1980), ενώ νεαρά άτομα (juveniles) στις Καναρίους νήσους σχηματίζουν συνευρέσεις με τα είδη *Sardina pilchardus* και *Atherina presbyter* (Castro and Lorenzo 1991).

Αλιεία

Ο κολιός αλιεύεται με πολλά αλιευτικά εργαλεία, αλλά το εργαλείο το οποίο κατ'εξοχήν χρησιμοποιείται στην επαγγελματική αλιεία για τη σύλληψη του είναι το γρι-γρί (προσελκύεται από το φως πιθανότερα λόγω διατροφικού ενστίκτου παρά λόγω φωτόταξης (Schaefer 1980)) και σε πολύ μικρότερο ποσοστό η τράτα βυθού. Σε μερικές περιπτώσεις στον Ατλαντικό και στον Ειρηνικό Ωκεανό χρησιμοποιείται και η πελαγική τράτα.

Η παγκόσμια αλιεία του κολιού παρουσιάζει σταδιακή μείωση. Το 1978 τα παγκόσμια αλιεύματα που αναφέρθηκαν έφθαναν συνολικά τους 2.861.264 μετρικούς τόννους, το 1980 λίγο περισσότερο από 2.000.000 μετρικούς τόννους και το 1981 1.765.024 μετρικούς τόννους. Το μεγαλύτερο ποσοστό αλιεύματος προέρχεται από την Ιαπωνία, ακολουθεί η πρώην Σοβιετική Ένωση ενώ την τρίτη και τέταρτη θέση στην παγκόσμια κατάταξη καταλαμβάνουν η Χιλή και το Περού αντίστοιχα (Collete and Nauen 1983).

2

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Χαρακτηριστικά δειγματοληψίας

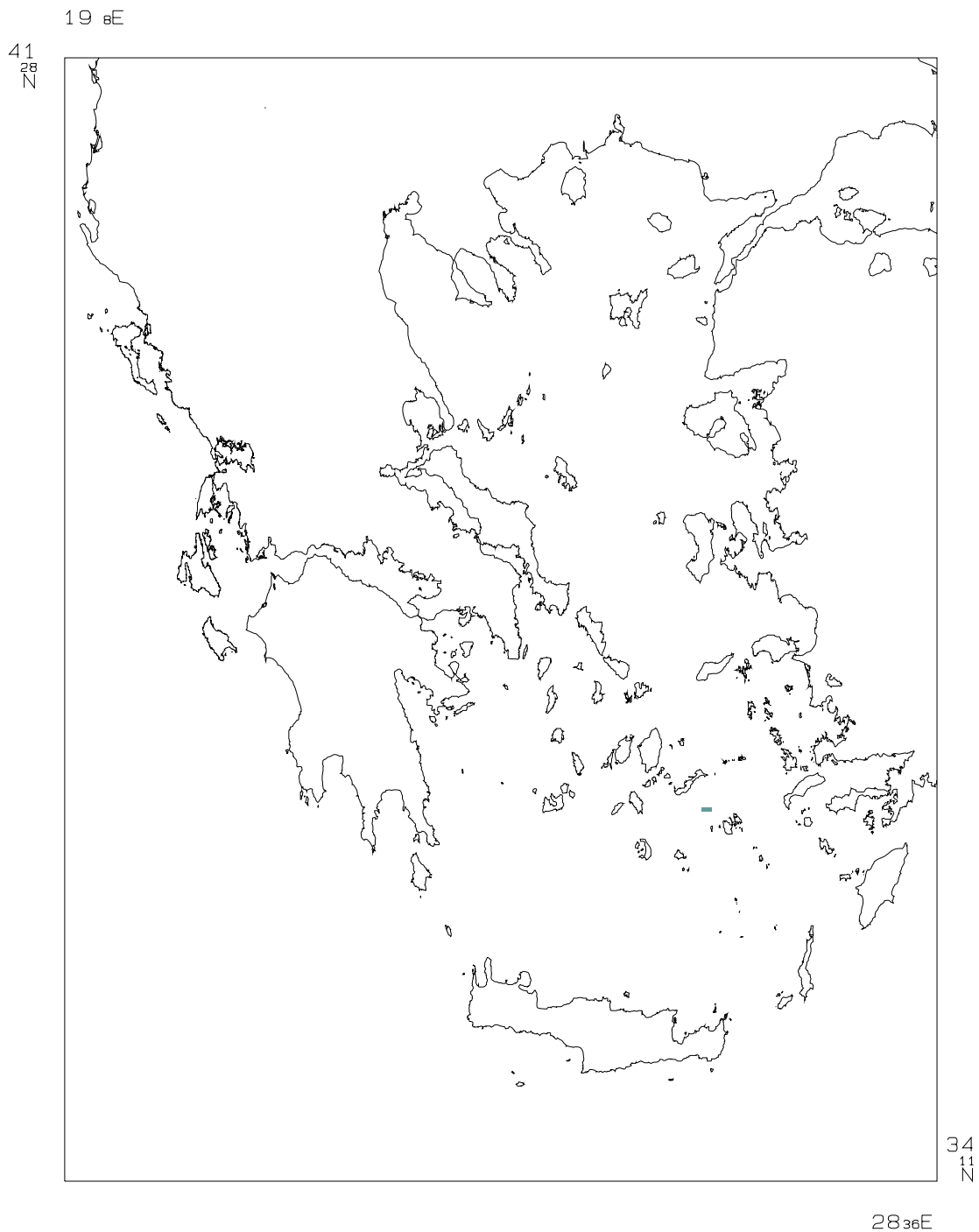
Συλλογή υλικού

Όλες οι δειγματοληψίες έγιναν στα πλαίσια του προγράμματος “Biological Sampling of commercially important small and middle sized fishes on landing and auction sites” (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Γενική Διεύθυνση XIV). Τα δείγματα αποτελούν τμήματα των αλιευμάτων που έφθαναν στις ιχθυόσκαλες από επαγγελματικά αλιευτικά σκάφη (γρι-γρί). Συγκεκριμένα, πάρθηκαν δείγματα από τις ιχθυόσκαλες της Καβάλας, της Θεσσαλονίκης, του Πειραιά, των Χανίων και του Ηρακλείου. Οι θαλάσσιες περιοχές απ’ όπου προήλθαν τα δείγματα είναι το Β. Αιγαίο (ιχθυόσκαλες Καβάλας και Θεσσαλονίκης), ο Σαρωνικός κόλπος (ιχθυόσκαλα Πειραιά) και το Κρητικό πέλαγος (ιχθυόσκαλες Ηρακλείου και Χανίων) (εικ. 2.1). Από τις ιχθυόσκαλες της Κρήτης, υπάρχουν δείγματα μόνο για δύο μήνες (Ιούνιο και Αύγουστο), λόγω της απουσίας αυτού του είδους τους υπόλοιπους μήνες, στα αλιεύματα που προήλθαν από το Κρητικό πέλαγος. Τα δείγματα συλλεγόταν σε μηνιαία βάση κατά το έτος 1996 για όλους τους μήνες του έτους, εκτός των μηνών Ιανουαρίου και Δεκεμβρίου (αυτούς τους δύο μήνες δεν ήταν δυνατόν να αποκτηθεί δείγμα, λόγω της απαγόρευσης της λειτουργίας των γρι-γρί). Μετά την συλλογή τους, τα δείγματα καταψύχονταν στους -20 °C. Αποφεύχθηκε η συντήρηση των δειγμάτων σε διάλυμα φορμόλης, διότι αυτή προκαλεί διάβρωση στους ωτόλιθους των ψαριών (Jearld A. 1983).

Κάθε δύο μήνες, γινόταν επίσκεψη σ’ όλες τις συνεργαζόμενες Εποπτείες Αλιείας, συλλογή των δειγμάτων και επιτόπια επεξεργασία τους.

Μετρήσεις

Τα μεγέθη που μετρήθηκαν για κάθε άτομο, ήταν το Μεσουραίο μήκος (από το άκρο του ρύγχους του, ως το τέλος των μεσαίων ακτίνων του ουριαίου πτερυγίου) και το βάρος, ενώ επίσης προσδιορίστηκε μακροσκοπικά και το φύλο του. Για τις μετρήσεις του μήκους χρησιμοποιήθηκε ιχθυόμετρο με διαβαθμίσεις χιλιοστού και



Εικόνα 2.1: Περιοχές δειγματοληψίας του *S. japonicus* στη ΒΑ Μεσόγειο

για τις μετρήσεις του βάρους χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικός ζυγός με ακρίβεια εκατοστού του γραμμαρίου. Οι μετρήσεις μήκους και βάρους έγιναν με τις αντίστοιχες ακρίβειες. Συνολικά μετρήθηκαν 1138 ψάρια και από τις τρεις περιοχές δειγματοληψίας. Σε κάθε περίπτωση που υπήρχε αμφιβολία για το φύλο (ανώριμα άτομα) οι γονάδες παρατηρήθηκαν μικροσκοπικά. Ωστόσο, κακή συντήρηση ορισμένων δειγμάτων δυσχέρανε σημαντικά την αναγνώριση του φύλου. Αυτές οι

περιπτώσεις, δεν συμπεριλήφθηκαν στη δημογραφική ανάλυση του πληθυσμού, για να μην εισαχθούν αμφίβολα δεδομένα στη μελέτη. Συνολικά, προσδιορίστηκε το φύλο σε 831 άτομα (73% των συνολικών ατόμων) απ' όλες τις ηλικιακές κλάσεις.

2.2 Ανάλυση δεδομένων

Προσδιορισμός ηλικιακών κλάσεων

Η ανάλυση της ηλικιακής δομής του αλιευόμενου πληθυσμού στις περιοχές δειγματοληψίας, έγινε με δύο μεθόδους: α) με άμεσο προσδιορισμό της ηλικίας των ψαριών, βάσει των δακτυλίων που σχηματίζονται στους ωτόλιθους τους κατά την αύξηση (ανατομική μέθοδος) και β) με έμμεσο προσδιορισμό της ηλικίας των ψαριών, βάσει της μαθηματικής ανάλυσης των μηνιαίων ιστογραμμάτων συχνότητας μήκους (στατιστική προσέγγιση).

Α) *Ανατομική μέθοδος*: Προκειμένου να προσδιοριστεί η ηλικία κάθε ψαριού με την ανατομική μέθοδο, αφαιρέθηκαν οι ωτόλιθοι κάθε ατόμου (ζεύγος), καθαρίστηκαν και φυλάχθηκαν σε ειδικά φακελάκια. Κρατήθηκαν μόνο οι ωτόλιθοι “sagitta”, οι οποίοι είναι μεγαλύτεροι από τους άλλους δύο (lapillus και asteriscus) και γενικά πιο κατάλληλοι για ανάγνωση σε όλους τους Οστεϊχθύες εκτός των Ostariophysean (Secor, Dean and. Laban 1992). Οπουδήποτε στο κείμενο αναφέρεται ο όρος ωτόλιθος, εννοείται ο sagitta εκτός εάν διευκρινίζεται αλλιώς.

Η ανάγνωση των ωτολίθων που συλλέχθηκαν έγινε στο Πανεπιστήμιο Κρήτης, στο εργαστήριο Αλιευτικής Βιολογίας. Έγινε ανάγνωση και των δύο ωτολίθων κάθε ψαριού (αριστερού και δεξιού). Μετά από στατιστικό έλεγχο (*t*-test) των μέσων τιμών των ακτίνων των αριστερών και των δεξιών ωτολίθων, επιλέχθηκαν οι αριστεροί, στους οποίους βασίστηκαν τελικά όλες οι επακόλουθες αναλύσεις. Για την ανάγνωση χρησιμοποιήθηκε στερεοσκόπιο εφοδιασμένο με μικρομετρικό φακό και μεγέθυνση 50x, με πλάγιο φωτισμό. Με τη χρήση δισκίου petri με μαύρο πυθμένα και πλάγιο προσπίπτοντα φωτισμό, οι ζώνες οι οποίες σχηματίζονται την περίοδο της ταχείας αύξησης φαίνονται σαν λευκοί-αδιαφανείς δακτύλιοι (opaque), ενώ οι ζώνες που σχηματίζονται κατά την περίοδο της βραδείας αύξησης, φαίνονται ως διαφανείς δακτύλιοι (translucent). Η χρήση διερχόμενου φωτισμού δίνει την ακριβώς αντίστροφη εικόνα και χρωματισμό στους δακτυλίους. Προτιμήθηκε η χρήση πλάγιου

προσπίπτοντος φωτισμού διότι: α) παρουσιάζει με μεγαλύτερη ευκρίνεια όλες τις ορατές λεπτομέρειες των σχηματισμών των ωτόλιθων και β) αποφεύγεται η σύγχυση στους όρους διαφανής και αδιαφανής δακτύλιος κατά τη σύγκριση των αποτελεσμάτων με αυτά άλλων ερευνητών, εφ' όσον αυτός ο τρόπος φωτισμού χρησιμοποιείται στη συντριπτική πλειονότητα των προσδιορισμών ηλικίας από ωτόλιθους. Κατά την διάρκεια της ανάγνωσής τους, οι ωτόλιθοι παρέμεναν βυθισμένοι σε αλκοόλη 90° σε μαύρο φόντο. Η αλκοόλη αυξάνει την ευκρίνεια των σχηματισμών στους ωτόλιθους, γεγονός που επέτρεψε την ευκολότερη ανάγνωσή τους. Κάθε ωτόλιθος διαβάστηκε δύο φορές, με χρονική απόσταση δύο μηνών από την προηγούμενη ανάγνωση. Όλοι οι ωτόλιθοι για τους οποίους υπήρξε ασυμφωνία στις δύο αναγνώσεις, εξαιρέθηκαν από την ανάλυση δεδομένων. Συνολικά προσδιορίστηκε η ηλικία σε 1026 ωτόλιθους, δηλαδή στο 90,3% του συνολικού αριθμού τους. Σε κάθε ωτόλιθο μετρήθηκε : α) η συνολική ακτίνα από το κέντρο του (focus) ως το άκρο της μέγιστης διαμέτρου του, β) ο αριθμός των εμφανών δακτυλίων και γ) το πλάτος κάθε δακτυλίου (διαφανούς και αδιαφανούς). Ως ετήσιος σχηματισμός, θεωρήθηκε η διαδοχή ενός αδιαφανούς και ενός διαφανούς δακτυλίου. Για την επεξεργασία των δεδομένων, έγινε αναγωγή των μετρήσεων σε χιλιοστά του μέτρου.

B) *Στατιστική προσέγγιση*: Για την μαθηματική ανάλυση των ιστογραμμάτων συχνότητας μηκών των ψαριών (size frequency histograms), χρησιμοποιήθηκε η γραφική μέθοδος πιθανοτήτων, όπως διαμορφώθηκε από τον Harding (1949). Για τον σκοπό αυτό, κατασκευάστηκαν ιστογράμματα συχνότητας μήκους από τα δεδομένα κάθε μήνα, για κάθε περιοχή δειγματοληψίας. Η στατιστική μέθοδος βασίζεται στην παραδοχή του Petersen (1891), ότι κάθε κορυφή (mode) στο ιστογράμμα συχνότητας μήκους αντιπροσωπεύει μία ηλικιακή κλάση. Σε κάθε ηλικιακή κλάση, η συχνότητα των μηκών θεωρείται ότι ακολουθεί κανονική κατανομή (Ricker 1979). Με τη στατιστική μέθοδο, τα ιστογράμματα συχνότητας μηκών αναλύονται σε επιμέρους κανονικές κατανομές (οι οποίες αντιπροσωπεύουν τις ηλικιακές κλάσεις), ενώ υπολογίζονται τα μέσα μήκη και οι τυπικές αποκλίσεις κάθε ηλικιακής κλάσης. Οι παραπάνω υπολογισμοί πραγματοποιούνται με την χρήση πιθανολογικού χαρτιού (probability paper), όπου κάθε ηλικιακή κλάση διαχωρίζεται από την επόμενη, βάση της αλλαγής στην κλίση της καμπύλης των αθροιστικών συχνοτήτων μήκους (Ricker 1979). Ο συνολικός αριθμός των ηλικιακών κλάσεων που εμφανίζονται κατά την

διάρκεια του έτους, μπορεί να προσδιοριστεί με τη γραφική απεικόνιση των μέσων μηκών κάθε κλάσης για όλους τους μήνες.

Τα συνολικά μέσα μήκη των ψαριών από κάθε περιοχή δειγματοληψίας, ελέγχθηκαν στατιστικά για ομοιότητα με τη μη παραμετρική μέθοδο ανάλυσης διασποράς των Kruskal-Wallis (Zar 1996). Η μέθοδος αυτή είναι εξαιρετικά χρήσιμη για τον έλεγχο της ομοιότητας ανεξάρτητων δειγμάτων που προέρχονται από πληθυσμούς οι οποίοι δεν έχουν κανονική κατανομή (Siegel and Castellan 1989).

Το εύρος κλάσης μήκους που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα ιστογράμματα συχνότητας μηκών, παρ' όλο που στις περισσότερες περιπτώσεις επαφίεται στην κρίση του ερευνητή, μπορεί να υπολογιστεί με διάφορες μεθόδους όπως η μέθοδος του Sturges (Μαρκάκης 1993) ή η μέθοδος του Goulden (Cansela da Fonseca 1966). Στη συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιήθηκε η δεύτερη μέθοδος διότι έδωσε μικρότερο εύρος κλάσης, γεγονός που συνεπάγεται καλύτερη απεικόνιση των δεδομένων.

Γενικά, η γραφική μέθοδος της ανάλυσης των συχνοτήτων μήκους για τον προσδιορισμό της ηλικιακής δομής ενός πληθυσμού, δεν είναι τόσο αξιόπιστη όσο η ανατομική, αλλά χρησιμοποιείται κυρίως ως μέθοδος επικύρωσης των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την πρώτη (Casselman 1987). Για τον λόγο αυτό, η ανάλυση των ποσοστών συμμετοχής κάθε ηλικιακής κλάσης στα συνολικά αλιεύματα, βασίστηκε στα δεδομένα ηλικίας από την ανάγνωση των ωτολίθων.

Η τρίτη μέθοδος για τον προσδιορισμό της ηλικίας στα ψάρια -η οποία θεωρείται και η πιο ακριβής- είναι η μέθοδος της άμεσης παρατήρησης. Αυτή η μέθοδος δεν ήταν δυνατόν να εφαρμοστεί, διότι στα πλαίσια του προγράμματος το οποίο υποστήριξε την μελέτη, δεν μπορούσαν να εφαρμοστούν ούτε μέθοδοι σύλληψης και σήμανσης αλλά ούτε και υπήρχε δυνατότητα καλλιέργειας αυτών των ψαριών.

Ανάλυση Προσαύξησης του Περιθωρίου (Marginal Increment Analysis)

Η μέθοδος της ανάλυσης της προσαύξησης του περιθωρίου εφαρμόζεται προκειμένου να αποδειχθεί ο χρόνος σχηματισμού και η περιοδικότητα των δακτυλίων που εμφανίζονται στους ωτόλιθους και οι οποίοι χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της ηλικίας στα ψάρια. Με τον τρόπο αυτό εξακριβώνεται ο

αριθμός των δακτυλίων (διαφανείς και αδιαφανείς) που σχηματίζονται κατά την διάρκεια ενός ημερολογιακού έτους, καθώς και η χρονική περίοδος σχηματισμού των αδιαφανών δακτυλίων (περίοδος ταχείας αύξησης). Για την ανάλυση αυτή, ακολουθήθηκαν δύο συμπληρωματικές μέθοδοι:

α) Πρώτα ελέγχθηκαν τα ποσοστά αδιαφανών και διαφανών σχηματισμών που παρατηρούνται στα άκρα των ωτολίθων κάθε μήνα. Από την ανάλυση των ποσοστών, μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με τον αριθμό αδιαφανών και διαφανών δακτυλίων που σχηματίζονται ανά έτος.

β) Έπειτα ελέγχθηκε το πλάτος της συνολικής προσαύξησης (“+” σχηματισμός), που παρατηρείται κάθε μήνα αμέσως μετά τον τελευταίο ετήσιο δακτύλιο. Η περίοδος κατά την οποία αρχίζει ο σχηματισμός νέου δακτυλίου αντιπροσωπεύεται από το μικρότερο πλάτος του “+” σχηματισμού. Έλεγχος της περιοδικότητας έγινε για κάθε ηλικιακή κλάση ξεχωριστά (οι ηλικίες 4 και 5 δεν συμπεριλήφθηκαν λόγω ανεπαρκούς αριθμού ατόμων). Προκειμένου να περιοριστεί η πιθανότητα σφάλματος στην ανάλυση, που οφείλεται στην ποικιλότητα του μεγέθους των ωτολίθων (και κατά συνέπεια του πλάτους των διαφόρων δακτυλίων) λόγω διαφορετικής ανάπτυξης σε άτομα της ίδιας ηλικίας, χρησιμοποιήθηκε το σχετικό πλάτος του περιθωρίου, το οποίο υπολογίζεται από τον λόγο της περιθωριακής αύξησης (marginal increment ratio, MIR). Ο λόγος της περιθωριακής αύξησης αποδίδεται από την σχέση:

$$MIR = (R - R_n) / R \text{ όπου:}$$

R = η συνολική ακτίνα του ωτολίθου

R_n = η ακτίνα του τελευταίου ετήσιου δακτυλίου

Μέθοδος ανάδρομου υπολογισμού μηκών (Backcalculation)

Οι δακτύλιοι οι οποίοι σχηματίζονται στους ωτόλιθους κατά την διάρκεια της ζωής των ψαριών μπορούν να μας δώσουν πολύτιμες πληροφορίες για το μέγεθος των ψαριών αυτών σε προηγούμενα έτη της ζωής τους. Η μέθοδος με την οποία υπολογίζονται τα μήκη των ψαριών σε προηγούμενα έτη, λέγεται μέθοδος του ανάδρομου υπολογισμού μηκών ανά ηλικία (backcalculation) και στηρίζεται στην υπόθεση ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του μήκους του ψαριού και της ακτίνας του ωτόλιθου του καθ’ όλη την διάρκεια της ζωής του (Jearld 1983). Ο τύπος αυτής της συσχέτισης πρέπει να ελέγχεται πάντα πριν γίνει εφαρμογή οποιουδήποτε τύπου

ανάδρομο υπολογισμού (Jearld 1983, Wooton 1990). Ο τύπος αυτής της σχέσης ελέγχθηκε στατιστικά με την εφαρμογή γραμμικής και εκθετικής παλινδρόμησης στα δεδομένα. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν όλα τα δεδομένα μήκους (1137 μετρήσεις), ανεξάρτητα από το αν είχε προσδιοριστεί η ηλικία στα ψάρια. Τελικά χρησιμοποιήθηκε η σχέση που περιγράφεται καλύτερα από τις παραμέτρους της παλινδρόμησης που υπολογίσθηκαν.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον ανάδρομο υπολογισμό μηκών ανά ηλικία. Πλήρης ανασκόπηση αυτών των μεθόδων, δίνεται από τον Francis (1990). Στην συγκεκριμένη μελέτη, χρησιμοποιήθηκε ο τύπος του Monastyrsky ο οποίος προϋποθέτει εκθετική σχέση μεταξύ της αύξησης του μήκους σώματος του ψαριού και της ακτίνας του ωτόλιθου του. Σύμφωνα με τον τύπο αυτό, το μήκος των ψαριών σε προηγούμενες ηλικίες υπολογίζεται από την σχέση:

$$L_i = (S_i/S_c)^v * L_c \text{ όπου:}$$

L_i = Το ζητούμενο μήκος του ψαριού σε ηλικία i

S_i = Η ακτίνα του ωτόλιθου που αντιστοιχεί σε ηλικία i

S_c = Η ακτίνα του ωτόλιθου κατά την σύλληψη, και

L_c = Το μήκος του ψαριού κατά την σύλληψη

Ο εκθέτης v , υπολογίζεται από την παλινδρόμηση του μήκους του ψαριού στην ακτίνα του ωτολίθου του (*b-intercept*).

Με την χρήση του ανάδρομου υπολογισμού μηκών, τελικά επιτυγχάνουμε την αύξηση του αριθμού των δεδομένων (και έμμεσα του δείγματος) στις προηγούμενες ηλικίες.

Τα δεδομένα μηκών που προέκυψαν από τον ανάδρομο υπολογισμό, ελέγχθηκαν στατιστικά για την εμφάνιση του φαινομένου Rosa-Lee, κατά το οποίο, ανάδρομα υπολογισμένα μήκη από ψάρια μεγάλων ηλικιακών κλάσεων τείνουν να έχουν μικρότερο μέσο μήκος από αυτά που υπολογίζονται από νεαρότερα άτομα. Ο στατιστικός έλεγχος έγινε με εφαρμογή της μεθόδου της ανάλυσης διασποράς (ANOVA), στις ομάδες μηκών που προέκυψαν για κάθε κλάση ηλικίας

Αναλογία φύλου

Μία σημαντική παράμετρος για την δημογραφία ενός αλιευόμενου πληθυσμού η οποία ελέγχθηκε, ήταν η αναλογία φύλου. Ο έλεγχος έγινε ξεχωριστά για κάθε ηλικιακή κλάση, σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας. Η αναλογία φύλου για κάθε περιοχή ελέγχθηκε στατιστικά με τον έλεγχο καλής προσαρμογής χ^2 . Προκειμένου να αποφασιστεί αν τα δεδομένα όλων των μηνών μπορούν να χρησιμοποιηθούν συνολικά σε κάθε περιοχή, προηγήθηκε ο έλεγχος ετερογένειας χ^2 για κάθε μήνα. Ο έλεγχος καλής προσαρμογής εκτιμήθηκε με την διόρθωση του Yates (Zar 1996).

Προσδιορισμός των παραμέτρων αύξησης

Ο προσδιορισμός του ρυθμού αύξησης έγινε με εφαρμογή στα δεδομένα ηλικίας-μήκους ανά μήνα, του μοντέλου αύξησης von Bertalanffy το οποίο χρησιμοποιείται ευρύτατα στην Αλιευτική Βιολογία και περιγράφεται από την εξίσωση:

$$L_t = L_{\infty} * (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

Ο προσδιορισμός των παραμέτρων του μοντέλου (L_{∞} (ασυμπτωτικό μήκος), k (συντελεστής αύξησης) και t_0 (η ηλικία σε θεωρητικό μήκος 0)), έγινε με δύο ανεξάρτητες μεθόδους: α) Με χρήση του λογισμικού πακέτου FISAT (Gayanilo et al. 1994) και β) Με την μέθοδο των επαναληπτικών προσεγγίσεων (iterations) και την χρήση του αλγόριθμου ελαχιστοποίησης Simplex (Wilkinson 1988).

α) Από το λογισμικό πακέτο FISAT, διατίθενται διαδικασίες (routines) για τον υπολογισμό των παραμέτρων αύξησης L_{∞} και k , κατευθείαν από την κατανομή μηκών των συνολικών δεδομένων χωρίς να χρειάζεται να προηγηθεί προσδιορισμός της ηλικίας των ατόμων. Για τις δύο παραμέτρους (L_{∞} και k) δίνεται ένα εύρος τιμών μέσα στο οποίο περιέχονται οι πραγματικές τιμές που περιγράφουν την αύξηση του μελετούμενου πληθυσμού. Η ακρίβεια των υπολογισμών ελέγχεται από τον παράγοντα R_n , ο οποίος δείχνει το καλύτερο εύρος τιμών (ή σε ιδανικές συνθήκες την καλύτερη τιμή) για τις δύο παραμέτρους. Ο παράγοντας αυτός υπολογίζεται με την διαδικασία ELEFAN (Electronic Length Frequency Analysis), η οποία συμπεριλαμβάνεται στο λογισμικό πακέτο FISAT και συνίσταται στην ομαδοποίηση των δεδομένων συχνότητας μήκους, όπου και αναλύονται οι κορυφές και οι πτώσεις που σχηματίζονται (Gayanilo et al. 1994). Η τιμή του παράγοντα R_n υπολογίζεται από την σχέση:

$$R_n = 10^{ESP/ASP} / 10 \text{ όπου:}$$

ASP = το άθροισμα των καλύτερων τιμών των σχηματιζόμενων κορυφών, και
 ESP = το άθροισμα όλων των κορυφών και πτώσεων που τέμνονται από μια καμπύλη αύξησης της μορφής : $L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)} + S_{ts} + S_{t0})$, όπου:

$$S_{ts} = (CK/2\pi) * \sin(2\pi(t-t_s))$$

$$S_{t0} = (CK/2\pi) * \sin(2\pi(t_0-t_s))$$

Η ερμηνεία των παραμέτρων S_{ts} και S_{t0} , δίνεται από τον Moreau (1987) και αφορά στην εποχικότητα που εμφανίζει η αύξηση των ψαριών, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί με συνημιτονοειδή ή ημιτονοειδή ταλάντευση στην καμπύλη αύξησης Bertalanffy (seasonalized Bertalanffy), (Pitcher and Macdonald 1976).

Συγκεκριμένα, η παράμετρος t_s εκφράζει το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από την γέννηση του ψαριού, ως την έναρξη της πρώτης ταλάντωσης στην αύξηση του. Η ταλάντωση αυτή περιγράφεται από μια ημιτονοειδή καμπύλη στο χρονικό διάστημα ενός έτους, ενώ η παράμετρος C εκφράζει το μέγεθος της ταλάντωσης που εμφανίζει ο ρυθμός αύξησης. Χαρακτηριστικές τιμές που μπορεί να πάρει η παράμετρος C είναι η τιμή 0, όταν δεν εμφανίζεται ταλάντωση (οπότε και η εξίσωση αύξησης μεταπίπτει στην αρχική μορφή της εξίσωσης Bertalanffy) και 1, όταν η ταλάντωση του ρυθμού αύξησης επιφέρει μία πτώση ανά έτος (π.χ. τον χειμώνα)

β) Η μέθοδος των επαναληπτικών προσεγγίσεων, συνίσταται σε μια πρώτη εκτίμηση τιμών των παραμέτρων L_∞ , k και t_0 , οι οποίες στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό καλύτερων τιμών για τις παραμέτρους αυτές. Οι νέες τιμές χρησιμοποιούνται ως καινούργια ομάδα δεδομένων για νέο υπολογισμό καλύτερων εκτιμήσεων κ.ο.κ. (Zar 1996). Στόχος των επαναλαμβανόμενων δοκιμών είναι η εξεύρεση των παραμέτρων που ελαχιστοποιούν το άθροισμα τετραγώνων των κάθετων αποστάσεων των δεδομένων από την καμπύλη αύξησης που περιγράφεται από αυτές. Σαν εκτιμητής της καλής προσαρμογής του μοντέλου στα δεδομένα θεωρήθηκε ο συντελεστής R^2 .

Για την απόδοση ηλικίας σε κάθε ψάρι προκειμένου να υπολογιστεί η καμπύλη απόλυτης αύξησης von Bertalanffy, ορίστηκε ως συμβατική ημερομηνία γέννησης η 1^η Ιουνίου. Αυτόν τον μήνα παρατηρείται η μέγιστη συγκέντρωση προνυμφών κολιού στο Β. Αιγαίο (Σωμαράκης, προσωπική επικοινωνία).

Ο ρυθμός αύξησης υπολογίστηκε για κάθε φύλο ξεχωριστά και έγινε σύγκριση τους, πριν την εφαρμογή του μοντέλου αύξησης στα συνολικά δεδομένα. Για τη

σύγκριση των καμπυλών αύξησης των δύο φύλων, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του Ratkowsky (1983), όπως αποδίδεται από τους Chen et al. (1992). Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην σύγκριση του αθροίσματος των τετραγώνων των σφαλμάτων (residual sum of squares) της καμπύλης που προέρχεται από τα συνολικά δεδομένα, με αυτό που προέρχεται από την άθροιση των αποτελεσμάτων των καμπυλών των δύο φύλων. Η σύγκριση έγινε με τον εκτιμητή F , ο οποίος αποδίδεται από την σχέση:

$$F = [(RSS_p - RSS_s) / 3 * (K-1)] / (RSS_s / N - 3 * K) \quad \text{όπου:}$$

RSS_p = το άθροισμα των τετραγώνων των σφαλμάτων της καμπύλης αύξησης που προέρχεται από τα συνολικά δεδομένα

RSS_s = το άθροισμα του αθροίσματος των τετραγώνων των καμπυλών αύξησης κάθε φύλου.

N = ο αριθμός ατόμων του συνολικού δείγματος και

K = ο αριθμός των ομάδων δεδομένων που ελέγχθηκαν

Ανάλυση Βάρους

Η μεταβολή που παρατηρείται στο μέσο βάρος των ψαριών κάθε μήνα, χρησιμοποιήθηκε ως ένδειξη για την περίοδο ωρίμανσης των γονάδων και απελευθέρωσης των γεννητικών προϊόντων. Φυσιολογικά, αναμένεται σταδιακή αύξηση του μέσου βάρους κάθε μήνα. Απότομη αύξηση του μέσου βάρους σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα, είναι μια ένδειξη της έναρξης της αύξησης των γονάδων. Αυτή η απότομη αύξηση πρέπει να ακολουθείται από μια εξίσου απότομη μείωση του μέσου βάρους επίσης σε σύντομο χρονικό διάστημα, η οποία μείωση αντιστοιχεί στην περίοδο σταδιακής απελευθέρωσης των γεννητικών προϊόντων. Τα συμπεράσματα που μπορούμε να συνάγουμε από ένα τέτοιο πρότυπο είναι ποικίλα. Πρώτον μπορούμε να υπολογίσουμε την ηλικία στην οποία ωριμάζουν γεννητικά τα ψάρια (χωρίς όμως να υπάρχει δυνατότητα υπολογισμού του ποσοστού και των σταδίων αυτής της ωρίμανσης για κάθε ηλικία). Δεύτερον μπορούμε να υπολογίσουμε κατά προσέγγιση την χρονική περίοδο που αρχίζει η ωρίμανση των γονάδων, καθώς και αυτή όπου απελευθερώνονται τα γεννητικά προϊόντα. Τέλος, η μορφή της καμπύλης μπορεί να μας δώσει κατά προσέγγιση το πρότυπο ωοαπόθεσης, εξετάζοντας τον αριθμό των αυξήσεων και πτώσεων, καθώς και την κλίση αυτών των καμπυλών.

Χρήση Λογισμικού

Όλα τα δεδομένα των μετρήσεων αποθηκεύτηκαν στο πρόγραμμα Excel 7, με τη χρήση του οποίου έγινε και μέρος της στατιστικής επεξεργασίας. Το κύριο μέρος της στατιστικής επεξεργασίας καθώς και ο προσδιορισμός της καμπύλης αύξησης Bertalanffy, έγινε με το στατιστικό πακέτο Systat 5.02 for Windows (Wilkinson 1988). Παράμετροι της καμπύλης Bertalanffy υπολογίστηκαν και με τη χρήση του λογισμικού πακέτου FISAT.

3

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Ανάλυση της ηλικιακής δομής

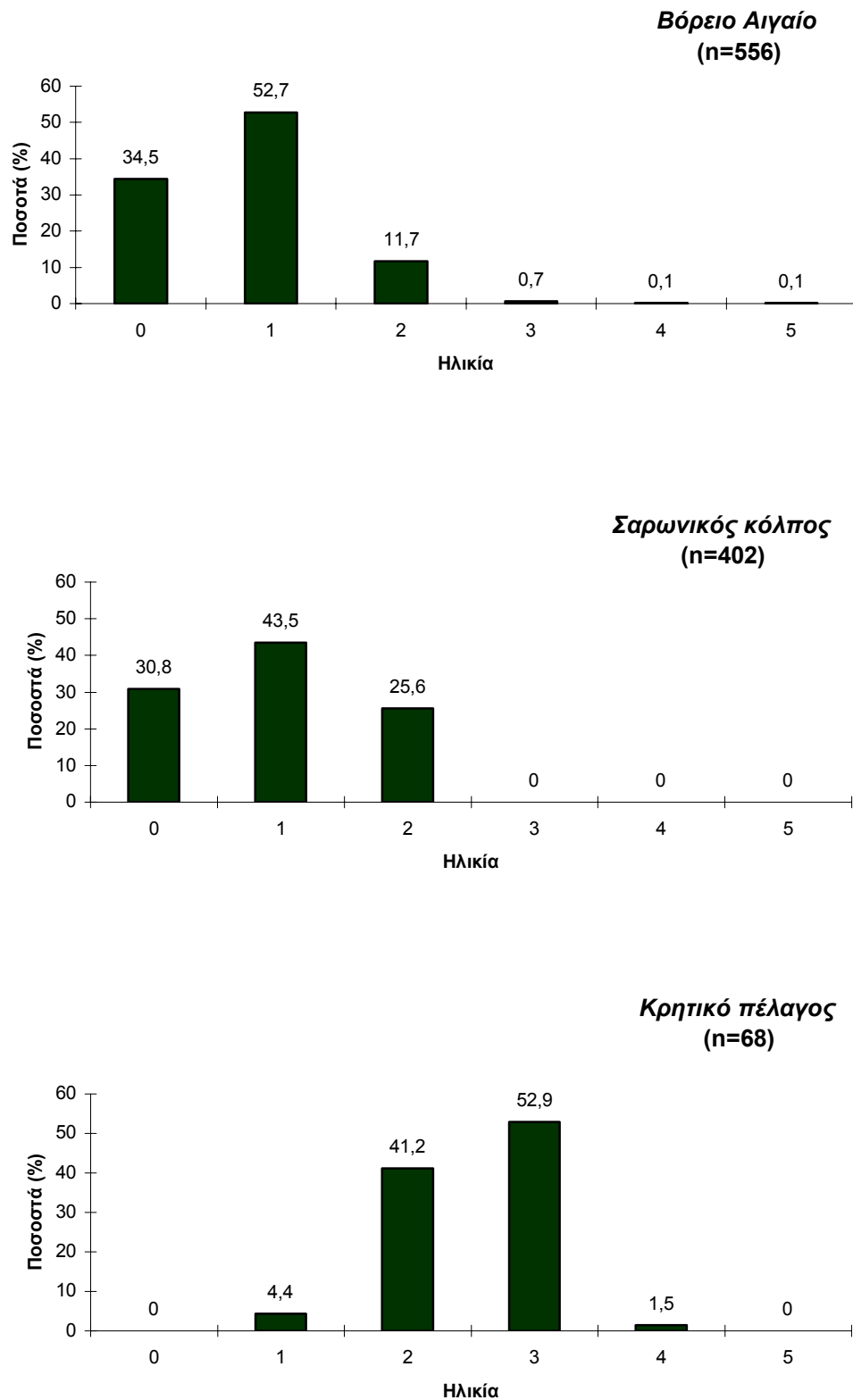
Ανατομική Μέθοδος

Όλες οι πληροφορίες σχετικά με την ηλικία, προέρχονται από τους αριστερούς ωτόλιθους των ψαριών που μετρήθηκαν. Η επιλογή των αριστερών ωτολίθων βασίστηκε στον στατιστικό έλεγχο (*t*-test) των ακτινών των αριστερών και των δεξιών ωτολίθων, ο οποίος έδειξε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους, δίνοντας τιμή για το $p = 0,627$ ($p > 0,05$). Τελικά, επιλέχθηκαν οι αριστεροί ωτόλιθοι διότι υπήρξε μεγαλύτερος αριθμός ευανάγνωστων αριστερών (1027) απ' ότι δεξιών (1021) ωτολίθων, συνεπώς μεγαλύτερο δείγμα.

Από την ανάγνωση των ωτολίθων των ψαριών από τις τρεις περιοχές δειγματοληψίας, προσδιορίστηκαν οι ακόλουθες ηλικιακές κλάσεις: α) Για το Βόρειο Αιγαίο, οι ηλικιακές κλάσεις 0 έως 5, β) Για τον Σαρωνικό κόλπο, οι ηλικιακές κλάσεις 0 έως 2 και γ) Για το Κρητικό πέλαγος, οι κλάσεις 1 έως 4 (σχήμα 3.1). Τα ποσοστά συμμετοχής κάθε ηλικιακής κλάσης στα αλιεύματα που προέρχονται από τις τρεις περιοχές δειγματοληψίας, καθώς και η συμμετοχή τους στο συνολικό αλιεύμα δίνονται στον πίνακα 3.1. Στα αλιεύματα που προήλθαν από το Βόρειο

Πίνακας 3.1: Εκατοστιαία αναλογία κάθε ηλικιακής κλάσης στις τρεις περιοχές δειγματοληψίας, καθώς και στο σύνολο των αλιευμάτων (συνολικός αριθμός ατόμων $n=1026$)

Ηλικιακή κλάση	Περιοχές δειγματοληψίας			Σύνολο
	Β Αιγαίο	Σαρωνικός κόλπος	Κρητικό	
0	34,5	30,8	0	30,1
1	52,7	43,5	4,4	45,9
2	11,7	25,6	41,2	19,1
3	0,7	0	52,9	3,9
4	0,1	0	0	0,2
5	0,1	0	0	0,1



Σχήμα 3.1: Ηλικιακή δομή και ποσοστά συμμετοχής κάθε ηλικιακής κλάσης στα αλιεύματα των τριών περιοχών δειγματοληψίας

Αιγαίο και από τον Σαρωνικό κόλπο, το μεγαλύτερο ποσοστό των ατόμων ανήκε στις ηλικιακές κλάσεις 0 και 1 (με επικρατούσα την ηλικιακή κλάση 1), ενώ στα αλιεύματα που προήλθαν από το Κρητικό πέλαγος, το μεγαλύτερο ποσοστό ανήκε στις ηλικιακές κλάσεις 2 και 3 (με επικρατούσα την ηλικιακή κλάση 3).

Τα μέσα μήκη και οι τυπικές αποκλίσεις όλων των ηλικιακών κλάσεων σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας, δίνονται στον πίνακα 3.2, όπου φαίνεται ότι το μέσο μήκος κάθε κλάσης αυξάνει, όσο πιο νότια είναι η περιοχή δειγματοληψίας.

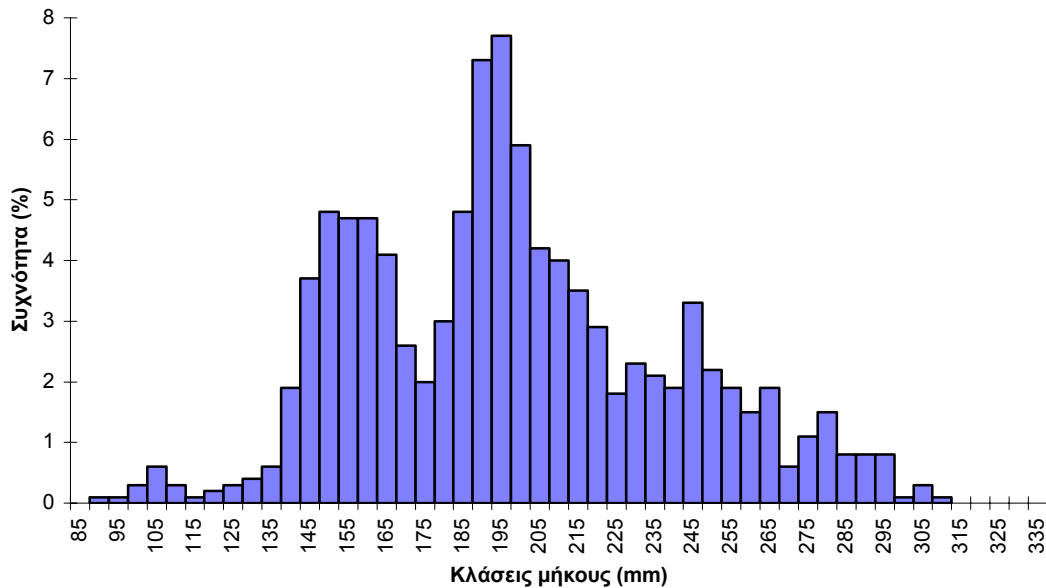
Πίνακας 3.2: Μέσο μήκος κάθε ηλικιακής κλάσης από τις τρεις περιοχές δειγματοληψίας.

Ηλικιακές κλάσεις	Περιοχές					
	Β Αιγαίο		Σαρωνικός κόλπος		Κρητικό πέλαγος	
	Μέσο μήκος	Sd	Μέσο μήκος	Sd	Μέσο μήκος	Sd
0	150,43	17,80	158,66	12,79		
1	195,70	12,82	208,91	23,35		
2	207,85	16,25	245,96	16,91	265,79	11,34
3	228,18	6,86			288,38	8,52

Στατιστική προσέγγιση

Από την εφαρμογή του τύπου του Goulden (Cansela da Fonseca 1966), προσδιορίστηκε ότι το εύρος κλάσης στα ιστογράμματα συχνότητας μηκών, συνιστάται να είναι ως 1cm. Δοκιμές με μικρότερο εύρος κλάσης έδειξαν ότι το κατώτερο εύρος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί, ώστε να έχουμε ικανοποιητική απεικόνιση των δεδομένων, είναι 0,5cm.

Το εύρος μήκους όλων των ατόμων και από τις τρεις περιοχές δειγματοληψίας ήταν 91-310 mm (σχήμα 3.2). Για κάθε περιοχή δειγματοληψίας ξεχωριστά, το εύρος μήκους που μετρήθηκε, ήταν: α) Για το Βόρειο Αιγαίο 91-266 mm β) Για τον Σαρωνικό κόλπο 138-293 mm και γ) Για το Κρητικό πέλαγος 239-310 mm (σχήμα 3.3).



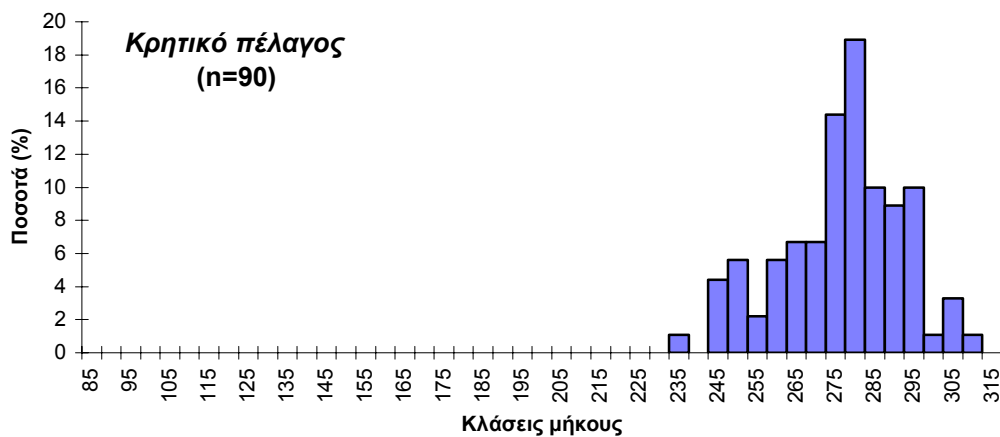
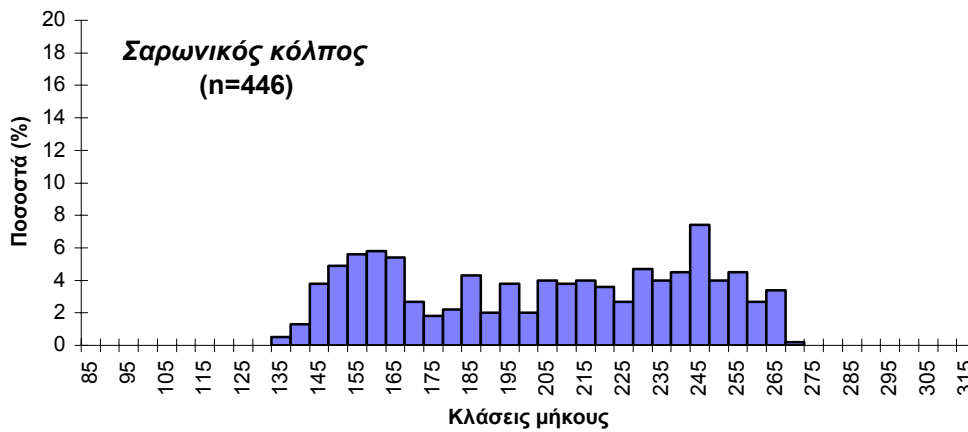
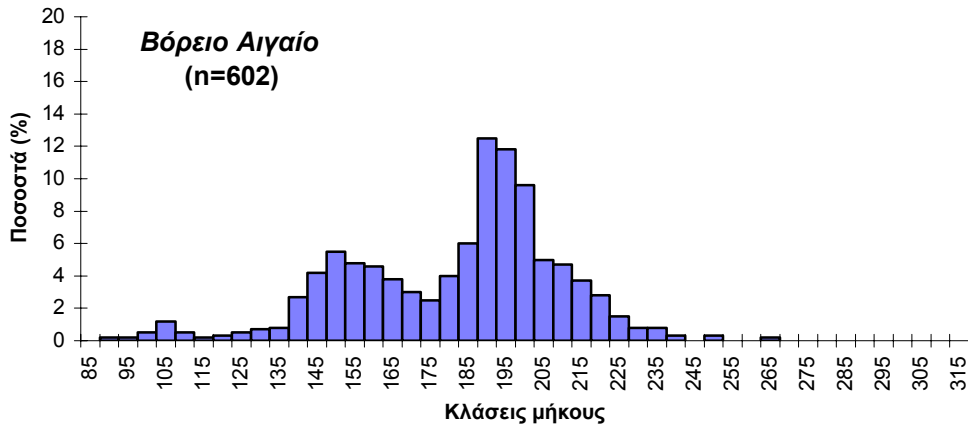
Σχήμα 3.2 : Συνολική κατά μήκος σύνθεση του *S. jaronicus* στις Ελληνικές θάλασσες.

Ο χωριστός έλεγχος για τη σύγκριση των μέσων μηκών κάθε περιοχής δειγματοληψίας (Β Αιγαίο, Σαρωνικός κόλπος, Κρητικό πέλαγος) (πίνακας 3.3, σχήμα 3.4), με τη μη παραμετρική μέθοδο ανάλυσης διασποράς των Kruskal-Walis, έδειξε ότι τα μέσα μήκη των ατόμων από αυτές τις περιοχές διέφεραν στατιστικά σημαντικά ($p \ll 0,001$).

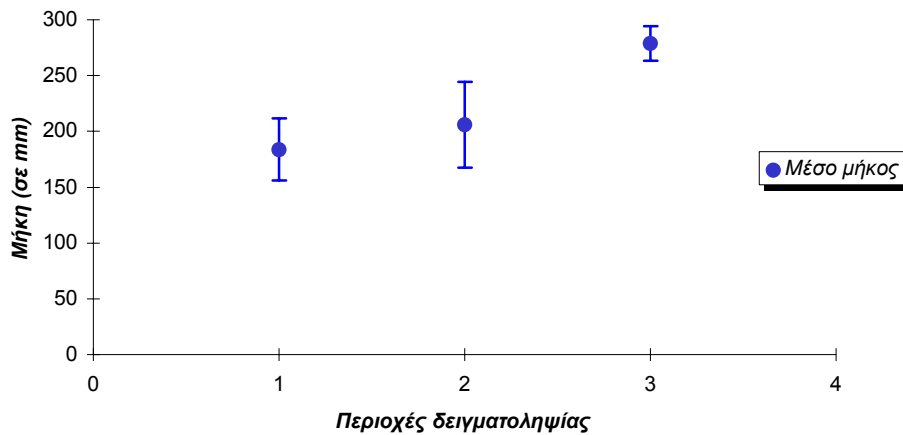
Πίνακας 3.3: Μέσα κεφαλουραία μήκη του *S. jaronicus* στις τρεις περιοχές δειγματοληψίας.

Περιοχές	Στατιστικά μεγέθη		
	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση (Sd)	n
Βόρειο Αιγαίο	183,79	27,85	602
Σαρωνικός κόλπος	205,94	38,40	446
Κρητικό πέλαγος	278,67	15,43	90

Τα αποτελέσματα από την ανάλυση της ηλικιακής δομής των πληθυσμών των περιοχών δειγματοληψίας, με την γραφική μέθοδο πιθανοτήτων απεικονίζεται στο σχήμα 3.5. Η ανάλυση των δειγμάτων του Βορείου Αιγαίου έδωσε τρεις ευδιάκριτες ηλικιακές κλάσεις και μία τέταρτη, η οποία δεν αλιεύθηκε σε όλους τους μήνες της δειγματοληψίας (η κλάση αυτή εμφανίζεται μόνο τον Μάρτιο και τον Μάιο). Από



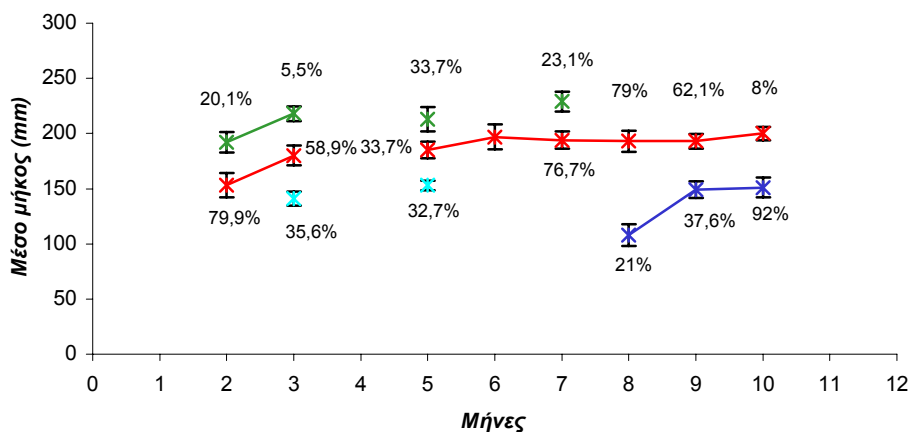
Σχήμα 3.3 : Συνολική κατά μήκος σύνθεση των αλιευθέντων ατόμων σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας από τον Φεβρουάριο έως τον Νοέμβριο 1996.



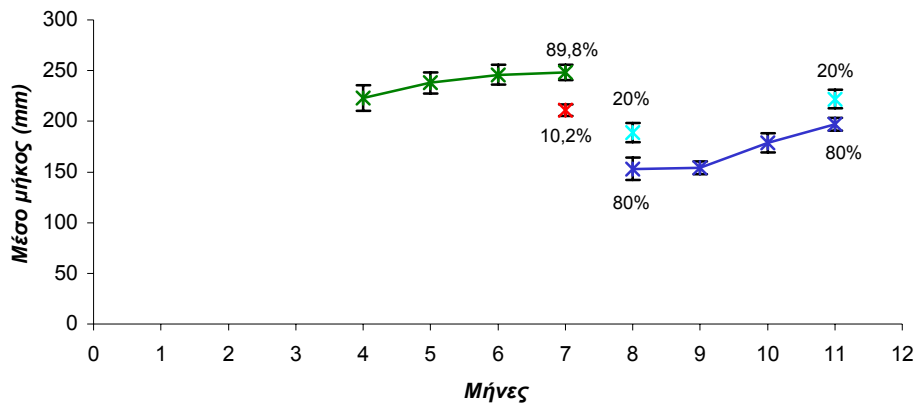
Σχήμα 3.4: Μέσα κεφαλουραία μήκη και οι τυπικές αποκλίσεις τους για τις τρεις περιοχές δειγματοληψίας (1= Βόρειο Αιγαίο, 2= Σαρωνικός κόλπος, 3= Κρητικό πέλαγος)

την ανάλυση των δειγμάτων του Σαρωνικού κόλπου εντοπίστηκαν ευδιάκριτα δύο ηλικιακές κλάσεις ενώ υπάρχουν άλλες δύο οι οποίες αντιπροσωπεύονται στο αλίευμα μόνο τους μήνες Ιούλιο η μία και Αύγουστο και Νοέμβριο, η άλλη. Τα ποσοστά με τα οποία κάθε ηλικιακή κλάση συμμετείχε στο δείγμα, κατά τους μήνες που συνυπήρχαν στο αλίευμα, αναγράφονται στα διαγράμματα των μέσων μηνιαίων μηκών των κλάσεων κατά την διάρκεια του έτους. Από το Κρητικό πέλαγος υπάρχουν δεδομένα μόνο για δύο μήνες (Ιούνιο και Αύγουστο). Τον Ιούνιο εμφανίστηκαν δύο ηλικιακές κλάσεις, με μέσα μήκη $254 \pm 7,5$ mm και 284 ± 11 mm και ποσοστά συμμετοχής 45,9% και 54,1% αντίστοιχα. Τον Αύγουστο, τα μέσα μήκη

Βόρειο Αιγαίο



Σαρωνικός κόλπος



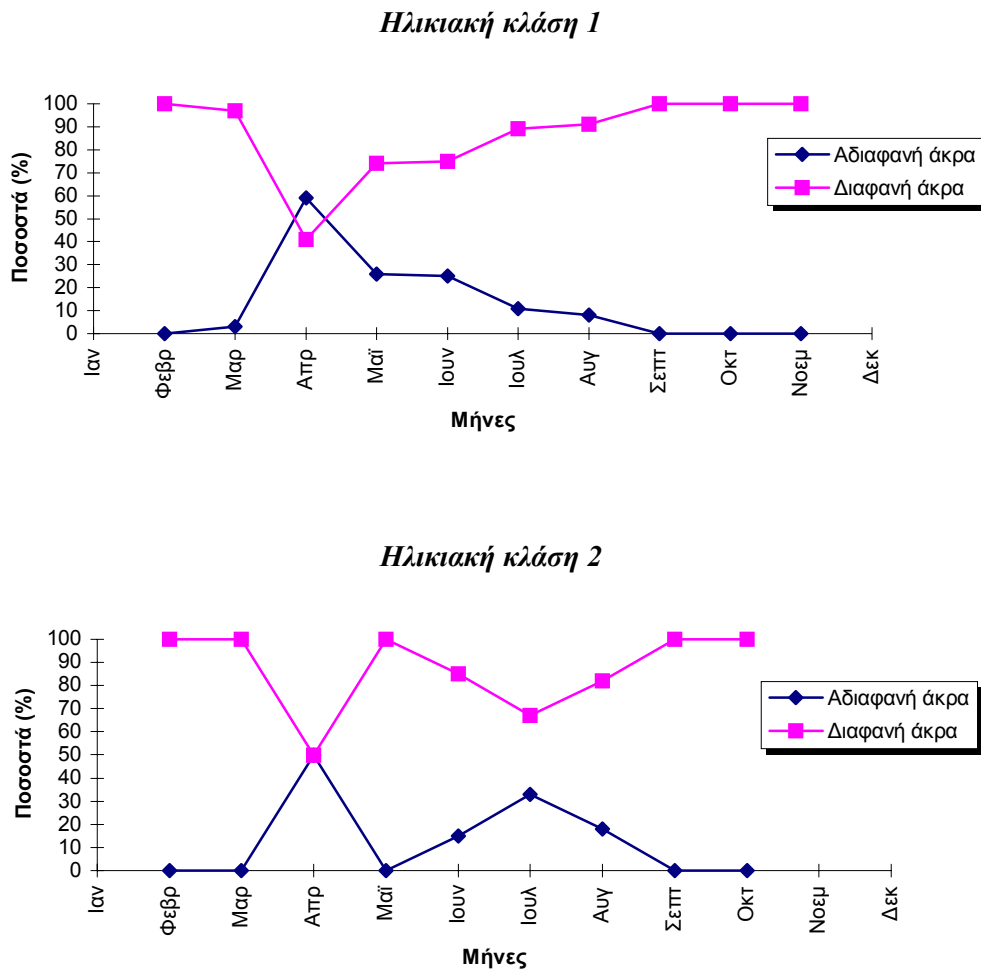
Σχήμα 3.5: Γραφική απεικόνιση των ηλικιακών κλάσεων βασισμένη στα μέσα μήκη των ψαριών από κάθε μήνα δειγματοληψίας. (Ο υπολογισμός των μέσων μηκών και των τυπικών αποκλίσεων έγινε με την γραφική μέθοδο του Harding. Για κάθε μήνα, αναφέρεται στο διάγραμμα το ποσοστό συμμετοχής κάθε κλάσης. Όπου δεν αναφέρεται, το σύνολο του αλιεύματος ανήκει σε μία κλάση ηλικίας (100% συμμετοχή στο αλιεύμα). Οι μήνες στο διάγραμμα αναγράφονται αριθμητικά).

των δύο κλάσεων ήταν $261 \pm 5,5$ mm και $283 \pm 7,5$ mm με ποσοστά συμμετοχής 47,7% και 52,3% αντίστοιχα.

Από την γραφική απεικόνιση των ηλικιακών κλάσεων και στις δύο περιοχές (B Αιγαίο, Σαρωνικός κόλπος), φαίνεται ότι τον μήνα Αύγουστο εμφανίστηκε μία καινούργια κλάση, η οποία ενδέχεται να αντιπροσωπεύει τα νεοεισερχόμενα άτομα στο αλιευτικό απόθεμα των δύο περιοχών (στρατολόγηση).

3.2 Ανάλυση προσαύξησης του περιθωρίου

Από την ανάλυση των ποσοστών (%) των αδιαφανών και διαφανών άκρων που παρατηρούνται στους ωτόλιθους κάθε μήνα σε κάθε ηλικιακή κλάση, γίνεται εμφανές ότι διαφανή άκρα παρατηρήθηκαν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, ενώ αδιαφανή άκρα δεν παρατηρήθηκαν κατά τους μήνες Σεπτέμβριο μέχρι και Φεβρουάριο (σχήμα 3.6) (για τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο, δεν υπάρχουν στοιχεία). Τον Μάρτιο άρχισαν να εμφανίζονται αδιαφανή άκρα -που αντιπροσωπεύουν την περίοδο ταχείας αύξησης- σε πολύ μικρό ποσοστό (3%) και μόνο σε άτομα της ηλικιακής κλάσης 1. Το μεγαλύτερο ποσοστό αδιαφανών άκρων στις ηλικιακές κλάσεις 1 και 2 παρατηρήθηκε τον μήνα Απρίλιο και είναι για την κλάση 1: 59% και για την κλάση 2:



Σχήμα 3.6 : Εκατοστιαία αναλογία αδιαφανών και διαφανών άκρων ανά μήνα για τις ηλικιακές κλάσεις 1 και 2

50% (πίνακας 3.4). Η συνολική περίοδος όπου σχηματίζονται αδιαφανή άκρα και που συμπίπτει με τον σχηματισμό ετήσιου δακτυλίου στους ωτόλιθους, ήταν για την ηλικιακή κλάση 1 από τον Μάρτιο ως τον Αύγουστο, για την ηλικιακή κλάση 2 από τον Απρίλιο ως τον Αύγουστο, ενώ για στην ηλικιακή κλάση 3 αδιαφανή άκρα δεν παρατηρήθηκαν πριν από τον μήνα Αύγουστο. Αυτούς τους μήνες υπολογίσθηκε και το μικρότερο σχετικό πλάτος του περιθωρίου των ωτολίθων (σχετικό πλάτος “+” σχηματισμού) (πίνακας 3.5), με τις μικρότερες τιμές να εμφανίζονται τον μήνα Απρίλιο για τις κλάσεις 1 και 2, με αντίστοιχες τιμές 0,112 και 0,062 και τον μήνα Ιούλιο για την κλάση 3, με τιμή 0,041.

Πίνακας 3.4: Εκατοστιαία αναλογία Αδιαφανών και Διαφανών άκρων στους ωτόλιθους για κάθε μήνα, για τις τρεις πρώτες ηλικιακές κλάσεις

<i>Ηλικία 1</i>					
	Σύνολο	Με λευκά άκρα	Με μαύρα άκρα	% με λευκά	% με μαύρα
Φεβρουάριος	10	0	10	0	100
Μάρτιος	39	1	38	3	97
Απρίλιος	17	10	7	59	41
Μάιος	89	23	66	26	74
Ιούνιος	138	34	104	25	75
Ιούλιος	94	10	84	11	89
Αύγουστος	96	9	87	9	91
Σεπτέμβριος	33	0	33	0	100
Οκτώβριος	6	0	6	0	100
Νοέμβριος	7	0	7	0	100

<i>Ηλικία 2</i>					
	Σύνολο	Με λευκά άκρα	Με μαύρα άκρα	% με λευκά	% με μαύρα
Φεβρουάριος	5	0	5	0	100
Μάρτιος	5	0	5	0	100
Απρίλιος	4	2	2	50	50
Μάιος	8	0	8	0	100
Ιούνιος	20	3	17	15	85
Ιούλιος	15	5	10	33	67
Αύγουστος	17	3	14	18	82
Σεπτέμβριος	3	0	3	0	100
Οκτώβριος	2	0	2	0	100
Νοέμβριος	-	-	-	-	-

<i>Ηλικία 3</i>					
	Σύνολο	Με λευκά άκρα	Με μαύρα άκρα	% με λευκά	% με μαύρα
Φεβρουάριος	1	0	1	0	100
Μάρτιος	-	-	-	-	-
Απρίλιος	-	-	-	-	-
Μάιος	1	0	1	0	100
Ιούνιος	4	0	-	0	100
Ιούλιος	2	0	2	0	100
Αύγουστος	12	1	11	8	92
Σεπτέμβριος	-	-	-	-	-
Οκτώβριος	-	-	-	-	-
Νοέμβριος	-	-	-	-	-

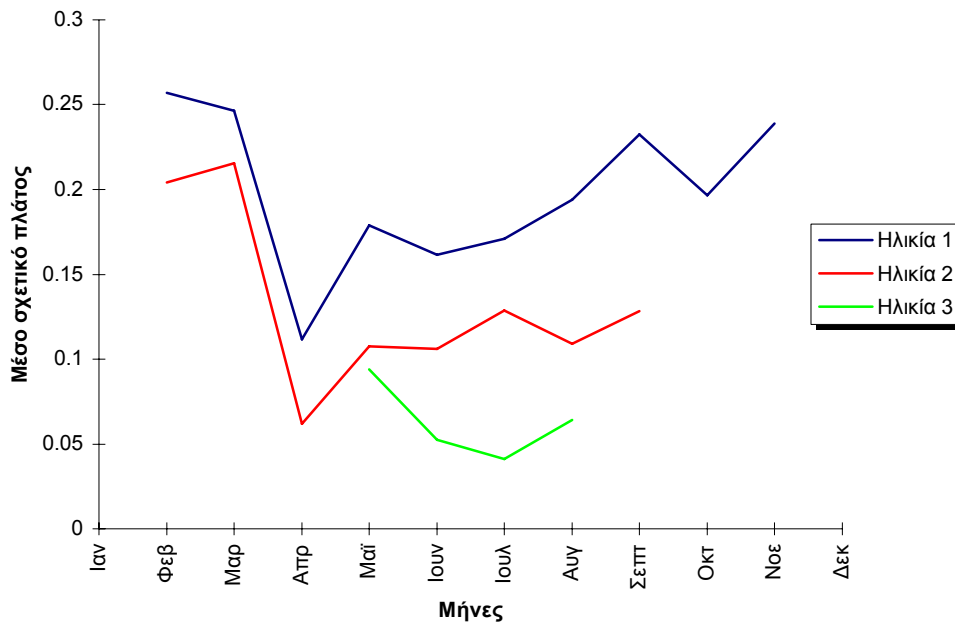
Πίνακας 3.5: Μέσα σχετικά πλάτη του περιθωρίου των ωτολίθων συνολικά (υπολογισμένα από το άκρο του τελευταίου ετήσιου δακτυλίου)

Μήνες	Ηλικία 1			Ηλικία 2			Ηλικία 3		
	Σχετικό πλάτος	n	sd	Σχετικό πλάτος	n	sd	Σχετικό πλάτος	n	sd
Ιανουάριος	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Φεβρουάριος	0,2571	10	0,0587	0,2040	5	0,0286	0,0879	1	*
Μάρτιος	0,2464	38	0,0584	0,2154	5	0,0727	*	*	*
Απρίλιος	0,1118	16	0,1149	0,0618	4	0,0218	*	*	*
Μάιος	0,1788	87	0,0943	0,1077	8	0,0507	0,0941	1	*
Ιούνιος	0,1614	137	0,0654	0,1060	19	0,0718	0,0525	4	0,0052
Ιούλιος	0,1711	94	0,0519	0,1288	15	0,0745	0,0413	2	0,0152
Αύγουστος	0,1938	95	0,0536	0,1089	17	0,0733	0,0640	12	0,0260
Σεπτέμβριος	0,2324	32	0,0603	0,1284	3	0,0995	*	*	*
Οκτώβριος	0,1967	7	0,0561	0,0778	2	0,0012	*	*	*
Νοέμβριος	0,2387	7	0,0570	*	*	*	*	*	*
Δεκέμβριος	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Από τη γραφική παράσταση των μέσων σχετικών πλατών για τις ηλικιακές κλάσεις 1, 2 και 3 (σχήμα 3.7), γίνεται εμφανές ότι κατά την διάρκεια του έτους υπήρξε μόνο μία σημαντική πτώση της καμπύλης, η οποία αντιστοιχεί στην περίοδο σχηματισμού της νέας προσαύξησης, που ακολουθεί το τέλος κάθε ετήσιου δακτυλίου. Συνεπώς, σε κάθε ημερολογιακό έτος πρέπει να αναμένουμε τον σχηματισμό μόνο ενός διαφανούς και ενός αδιαφανούς δακτυλίου.

3.3 Συσχέτιση μήκους σώματος με ακτίνα ωτολίθου

Σύμφωνα με την υπόδειξη του Francis (1990), για τον προσδιορισμό της σχέσης που διέπει το μήκος του σώματος των ψαριών και της ακτίνας των ωτολίθων τους, ως εξαρτημένη μεταβλητή θεωρήθηκε το μήκος του σώματος. Τα δύο αυτά μεγέθη συσχετίζονται καλύτερα με εκθετικό τρόπο (σχήμα 3.8), όπως έδειξε η αντιπαράθεση

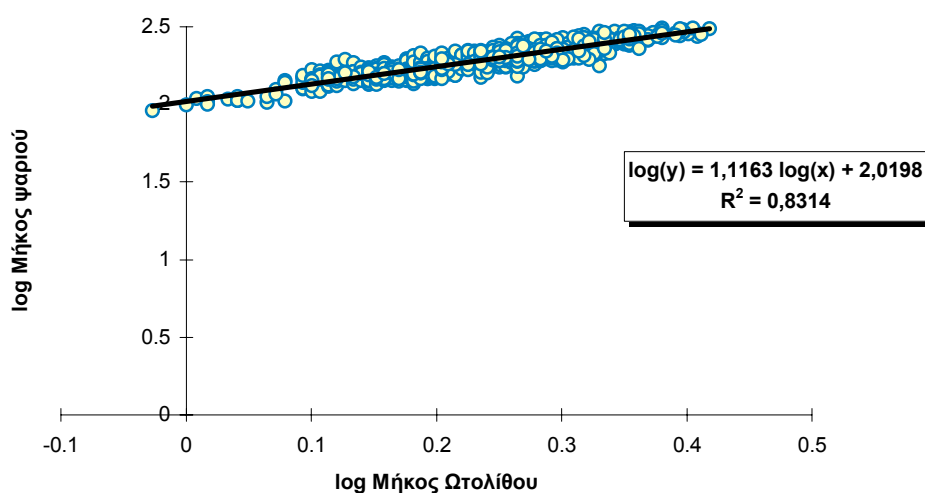


Σχήμα 3.7 : Μέσο σχετικό πλάτος (+) σχηματισμού

των αποτελεσμάτων της γραμμικής και της εκθετικής παλινδρόμησής τους (πίνακας 3.6). Η εκθετική συσχέτιση των δύο μεγεθών ήταν ισχυρή, με τον συντελεστή προσδιορισμού να έχει τιμή: $R^2 = 0,8314$.

Συνεπώς, η εξίσωση η οποία περιγράφει καλύτερα την συσχέτιση, είναι:

$$\log(FL) = \log(a) + v \cdot \log(S) \Rightarrow \log(FL) = 2,0198 + 1,1163 \cdot \log(S)$$



Σχήμα 3.8: Γραμμική Παλινδρόμηση του λογάριθμου του Μήκους σώματος στον λογάριθμο της Ακτίνα του ωτολίθου

ή στην εκθετική της μορφή:

$$FL = 104,67 * S^{1,1163} \quad \text{όπου:}$$

FL = Κεφαλουραίο μήκος του ψαριού, και

S = Ακτίνα του ωτολίθου

Πίνακας 3.6: Αποτελέσματα εκθετικής και γραμμικής παλινδρόμησης του μήκους σώματος στην ακτίνα του ωτολίθου

Παράμετροι		Εκθετική Συσχέτιση	Γραμμική Συσχέτιση	
Εξίσωση		$\log(Y)=2,0198+1,1163 \log(X)$	$Y=119,1527-11,4697X$	
Αριθμός Παρατηρήσεων		1084	1084	
Συντελεστής Προσδιορισμού (R^2)		0,8313	0,7810	
Adjusted R^2		0,8313	0,7880	
Multiple R		0,91184	0,88374	
Standard Error		0,03661	18,9515	
ANOVA	Regression	SS	7,1549778	1388410,251
		MS	7,1549778	1388410,251
		F	5337,302117	3865,702438
	Sign. F	0	0	
Residual	SS	1,45048675	389330,7196	
	MS	0,001340561	359,1611804	

3.4 Ανάδρομος υπολογισμός μηκών (Backcalculation)

Ο εκθέτης ν στον τύπο του Monastyrsky, όπως υπολογίστηκε από την παλινδρόμηση του λογαρίθμου του μήκους σώματος στον λογάριθμο της ακτίνας του ωτολίθου, είχε την τιμή $\nu = 1,116$ (πίνακας 3.6). Στον πίνακα 3.7, παραθέτονται τα μέσα μήκη κάθε ηλικιακής κλάσης στο τέλος κάθε ετήσιου δακτυλίου και οι τυπικές αποκλίσεις τους, όπως υπολογίστηκαν από τις ομάδες δεδομένων μήκους ανά ηλικία (length at age) που προέκυψαν με τον ανάδρομο υπολογισμό.

Από την ανάλυση διασποράς (ANOVA) με την οποία ελέγχθηκαν στατιστικά οι ομάδες μηκών που προέκυψαν από τον ανάδρομο υπολογισμό για την παρουσία ή μη του Rosa-Lee φαινομένου, προέκυψε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική

Πίνακας 3.7: Μέσα μήκη (mm) για κάθε ηλικία από ανάδρομο υπολογισμό των μεγαλύτερων ηλικιακών κλάσεων

Ηλικία (σε έτη)	Μέσα ανάδρομα υπολογισμένα μήκη κατά το τέλος κάθε ετήσιου δακτυλίου							
	1	Sd	2	Sd	3	Sd	4	Sd
1	175,23	36,09						
2	168,17	42,88	212,97	41,87				
3	199,18	28,12	241,86	25,58	257,45	23,83		
4	165,32	30,51	197,11	28,48	212,52	24,33	227,27	28,77

διαφορά ($p > 0,05$) (πίνακας 3.8), γεγονός που συνηγορεί υπέρ της μη εμφάνισης του φαινομένου.

Πίνακας 3.8: Αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς στις ομάδες των ανάδρομα υπολογισθέντων μηκών κάθε ηλικιακής κλάσης, για τον έλεγχο του φαινομένου Rosa-Lee.

Ομάδες ανάδρομα υπολογισμένων μηκών	Στατιστικά μεγέθη Ανάλυσης Διασποράς		
	F	F _{critical}	p-value
Ομάδα μηκών ηλικίας 1	1,6789	2,6240	0,17068
Ομάδα μηκών ηλικίας 2	1,60948	3,21448	0,21181
Ομάδα μηκών ηλικίας 3	4,193581	4,74221	0,063114

3.5 Αναλογία Φύλου

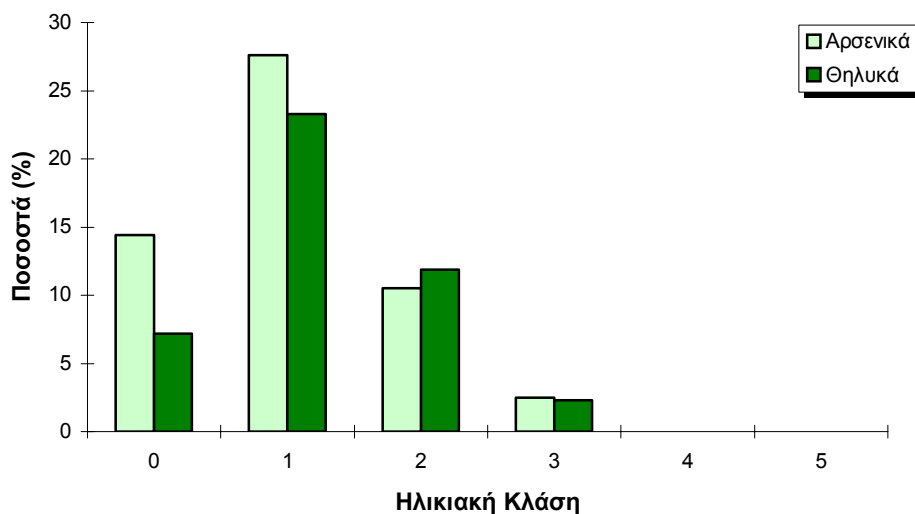
Η αναλογία των δύο φύλων στο σύνολο των αλιευμάτων (σχήμα 3.9), ελέγχθηκε στατιστικά για κάθε περιοχή δειγματοληψίας με τον έλεγχο καλής προσαρμογής χ^2 .

Από τον έλεγχο χ^2 για ετερογένεια που έγινε στα δεδομένα κάθε μήνα για κάθε ηλικιακή κλάση και για κάθε περιοχή δειγματοληψίας (πίνακας 3.9), προέκυψε ότι σε όλες τις ηλικιακές κλάσεις και για όλους τους μήνες η αναλογία αρσενικών προς θηλυκά, ήταν 1:1. Εξαιρέση αποτέλεσαν οι μήνες Αύγουστος και Οκτώβριος για την ηλικιακή κλάση 0 και ο μήνας Ιούλιος για την ηλικιακή κλάση 1 από τα δείγματα του Β Αιγαίου, καθώς και ο μήνας Νοέμβριος για την ηλικιακή κλάση 0 από τα δείγματα του Σαρωνικού κόλπου.

Πίνακας 3.9 : Δεδομένα φύλων ανά περιοχή και μήνα για έλεγχο ετερογένειας χ^2

Α/Θ	Β Αιγαίο					Σαρωνικός κόλπος					Κρητικό πέλαγος				
	Ηλικιακή κλάση					Ηλικιακή κλάση					Ηλικιακή κλάση				
	0	1	2	3	Σύνολο	0	1	2	3	Σύνολο	0	1	2	3	Σύνολο
Φεβρουάριος	12/17	5/5	3/2	0/1	20/25	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Μάρτιος	19/21	18/10	1/1	*	38/32	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Απρίλιος	*	*	*	*	*	15/23	8/9	2/3	*	25/35	*	*	*	*	*
Μάιος	3/2	18/20	5/1	1/0	27/23	1/0	18/29	1/1	*	20/30	*	*	*	*	*
Ιούνιος	4/0	37/28	3/0	*	44/28	1/0	23/23	1/2	*	25/25	*	12/14	8/7	3/1	23/22
Ιούλιος	0/1	24/29	1/12	2/0	27/42	2/1	21/19	0/2	*	23/22	*	*	*	*	*
Αύγουστος	15/0	38/41	2/2	*	55/43	4/5	*	0/1	*	59/49	*	8/8	4/7	5/9	17/24
Σεπτέμβριος	5/3	15/16	2/1	*	22/20	22/17	0/1	*	*	44/38	*	*	*	*	*
Οκτώβριος	42/3	2/0	2/0	*	46/3	25/18	4/1	*	*	75/22	*	*	*	*	*
Νοέμβριος	*	*	*	*	*	39/4	5/2	*	*	43/6	*	*	*	*	*

* : Δεν υπάρχει δείγμα



Σχήμα 3.9 : Αναλογία φύλου στις ηλικιακές κλάσεις 0 ως 3

Περαιτέρω ανάλυση για την αναλογία φύλου, έδειξε ότι η στατιστικά αποδεκτή αναλογία αρσενικών προς θηλυκά γι' αυτούς τους μήνες είναι:

- | | | |
|---------------------|------------------|-----------------|
| 1) Ηλικιακή κλάση 0 | : Β Αιγαίο | Αύγουστος : 6:1 |
| | | Οκτώβριος : 5:1 |
| | Σαρωνικός κόλπος | Νοέμβριος : 4:1 |
| 2) Ηλικιακή κλάση 2 | : Β Αιγαίο | Ιούλιος : 1:3 |

Επιπλέον έλεγχος ετερογένειας χ^2 έγινε για κάθε ηλικιακή κλάση σε κάθε περιοχή, όπου διαπιστώθηκε η αναλογία 1:1 για τα δύο φύλα. Τελικά, στον έλεγχο καλής προσαρμογής χ^2 για κάθε περιοχή δειγματοληψίας επιβεβαιώθηκε η προηγούμενη αναλογία.

Η κατά μήκος σύνθεση του συνολικού δείγματος για κάθε φύλο ανά μήνα, δίνεται στο σχήμα 3.10.

3.6 Περιγραφή της αύξησης

Καμπύλη αύξησης Bertalanffy

A) Με την μέθοδο των επαναληπτικών προσεγγίσεων (iterations), προσδιορίστηκαν οι τιμές των παραμέτρων αύξησης L_{∞} , k και t_0 , της καμπύλης von Bertalanffy, οι οποίες είναι: $L_{\infty} = 47,596$ cm, $k = 0,154$ και $t_0 = -2,177$.

Η καμπύλη αύξησης που περιγράφεται από τις παραπάνω παραμέτρους (σχήμα 3.11), είχε πολύ καλή εφαρμογή στα δεδομένα όπως εκτιμάται από την τιμή του συντελεστή προσδιορισμού της καμπύλης ($R^2 = 0,988$). Ξεχωριστή ανάλυση για τα δύο φύλα έδωσε τις παρακάτω τιμές για τις παραμέτρους αύξησης:

Αρσενικά : $L_{\infty} = 46,406$ $k = 0,157$ $t_0 = -1,882$

Θηλυκά : $L_{\infty} = 34,548$ $k = 0,303$ $t_0 = -1,531$

με συντελεστές προσδιορισμού $R^2 = 0,989$ και $R^2 = 0,987$ για τα αρσενικά και τα θηλυκά αντίστοιχα.

Σχήμα 3.11: Καμπύλη αύξησης von Bertalanffy του Κεφαλουραίου μήκους (σε mm) ανά ηλικία (σε έτη) υπολογισμένη με την μέθοδο των επαναληπτικών προσεγγίσεων

Η σύγκριση των καμπυλών αύξησης των δύο φύλων (Chen et al. 1992) έδωσε για τον παράγοντα F , την τιμή $F=0,7390558$. Οι βαθμοί ελευθερίας για την F κατανομή με επίπεδο σημαντικότητας 0,05, ήταν $3*(K-1) = 3$ και $N-3k = 1017$ για τον αριθμητή και τον παρονομαστή αντίστοιχα και το κρίσιμο σημείο αυτής της κατανομής υπολογίστηκε σε $F_{(0,05, 3, 1017)} = 2,61$. Συνεπώς, εφ' όσον δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά δεν μπορούμε να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση της ομοιότητας των καμπυλών αύξησης.

Β) Η ανάλυση της κατά μήκους σύνθεσης για τον υπολογισμό των παραμέτρων αύξησης της καμπύλης von Bertalanffy με την χρήση του λογισμικού πακέτου FISAT, έδωσε τα ακόλουθα εύρη τιμών:

- α) Για την παράμετρο L_{∞} (ασυμπτωτικό μήκος) 47,6 ως 49,3 cm, και
 β) Για την παράμετρο k (συντελεστής αύξησης) 0,17 ως 0,18.

Κατανομή μηκών

Τα συνολικά δεδομένα εύρους μηκών για τις ηλικιακές κλάσεις 0 έως 3, καθώς και το μέσο μήκος κάθε κλάσης, δίνονται στον πίνακα 3.10

Πίνακας 3.10: Εύρη μηκών και μέσα μήκη (σε mm) κάθε ηλικιακής κλάσης κατά την σύλληψη

	<i>Ηλικία 0</i>	<i>Ηλικία 1</i>	<i>Ηλικία 2</i>	<i>Ηλικία 3</i>
<i>Εύρος μήκους (mm)</i>	91 - 247	100 - 309	202 - 310	211 - 306
<i>Μέσο μήκος (mm)</i>	170,9	217,17	233,12	261,6
<i>Τυπική απόκλιση (Sd)</i>	27,23	32,24	36,7	37,88

Όπως φαίνεται και από τα δεδομένα του πίνακα, υπάρχει μεγάλη αλληλοεπικάλυψη μηκών μεταξύ των διαδοχικών ηλικιακών κλάσεων, με πλήρη επικάλυψη μεταξύ των ηλικιών 2 και 3.

Σύγκριση μέσων μηκών ανά ηλικία υπολογισμένα από την καμπύλη αύξησης von Bertalanffy και από την μέθοδο του ανάδρομου υπολογισμού μηκών.

Τα θεωρητικά μέσα μήκη ανά ηλικία σε προηγούμενες ηλικίες, προσδιορίστηκαν με την μέθοδο του ανάδρομου υπολογισμού μηκών (backcalculation), καθώς και με την καμπύλη αύξησης Bertalanffy. Κατά τον προσδιορισμό των μέσων μηκών με την μέθοδο του ανάδρομου υπολογισμού, υπολογίσθηκαν και οι τυπικές αποκλίσεις (πίνακας 3.10).

Πίνακας 3.11: Μέσα μήκη κάθε ηλικιακής κλάσης υπολογισμένα ανάδρομα με δύο μεθόδους.

	<i>Καμπύλη αύξησης Bertalanffy</i>	<i>Μέθοδος ανάδρομου υπολογισμού μηκών</i>
	<i>Μέσο μήκος (mm)</i>	<i>Μέσο μήκος ± Διάστημα Εμπιστοσύνης (mm)</i>
<i>Ηλικία 1</i>	184,2	175,1 ± 3,02
<i>Ηλικία 2</i>	225,7	217,9 ± 8,06
<i>Ηλικία 3</i>	261,5	248,1 ± 11,96

Οι προσδιορισμοί των μέσων μηκών από τις δύο μεθόδους έδωσαν παρόμοια αποτελέσματα. Για τις ηλικιακές κλάσεις 2 και 3, τα υπολογισθέντα από την εξίσωση von Bertalanffy μήκη ανά ηλικία, βρίσκονται μέσα στα εύρη μηκών (που προέκυψαν από τα μέσα μήκη ± τα διαστήματα εμπιστοσύνης τους) τα οποία εκτιμήθηκαν με την μέθοδο ανάδρομου υπολογισμού. Πολύ μικρή απόκλιση εμφάνισε μόνο το μέσο μήκος της ηλικιακής κλάσης 1, η οποία όμως μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα.

3.7 Συσχετίσεις Βάρους

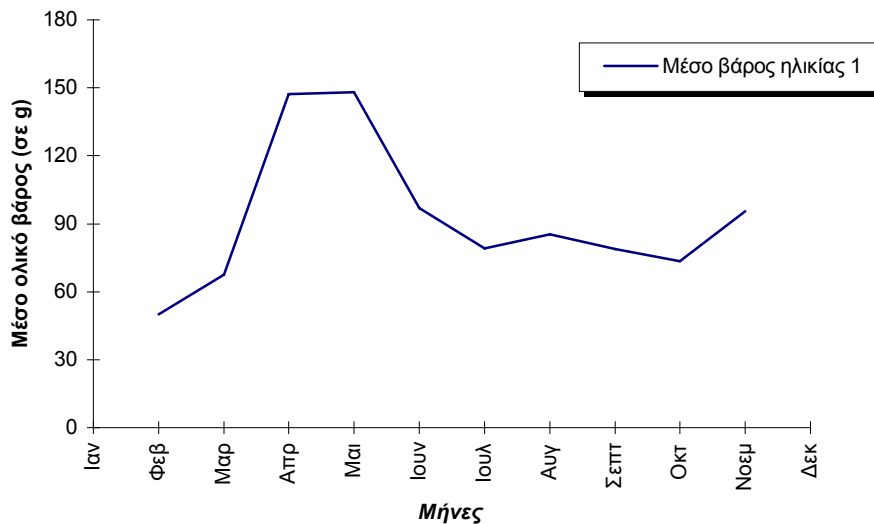
Σχέση μήκους - βάρους

Από τη συσχέτιση των δεδομένων ολικού βάρους (g) και κεφαλουραίου μήκους σώματος (mm) των ψαριών και των τριών περιοχών δειγματοληψίας, βρέθηκε ότι τα δύο αυτά μεγέθη σχετίζονταν ισχυρά ($R^2 = 0,97$), με τις σχέσεις:

Πίνακας 3.11: Μέσα βάρη και τυπικές αποκλίσεις ανά ηλικία και μήνα

	Ηλικία 0				Ηλικία 1				Ηλικία 2				Ηλικία 3			
	Μέση τιμή	Sd	SE	n	Μέση τιμή	Sd	SE	n	Μέση τιμή	Sd	SE	n	Μέση τιμή	Sd	SE	n
Φεβρουάριος	35,99	7,70	1,481	27	50,09	13,06	3,622	13	70,49	0,41	0,29	2	*	*	*	*
Μάρτιος	36,74	10,75	1,700	40	67,49	16,38	3,153	27	85,77	8,669	6,13	2	*	*	*	*
Απρίλιος	*	*	*	*	147,29	39,59	7,111	31	*	*	*	*	*	*	*	*
Μάιος	45,2	1,15	0,810	2	148,05	37,89	4,435	73	199,72	46,68	16,505	8	*	*	*	*
Ιούνιος	*	*	*	*	96,98	25,56	3,299	60	192,68	50,29	6,336	63	353,69	43,46	9,718	20
Ιούλιος	*	*	*	*	79,23	16,47	4,117	16	138,92	50,26	5,484	84	135,43	19,55	13,82	2
Αύγουστος	15,35	5,79	1,329	19	85,30	39,76	4,39	82	215,52	89,11	20,44	19	311,36	29,48	7,370	16
Σεπτέμβριος	37,37	5,22	0,787	44	78,94	13,58	2,401	32	*	*	*	*	*	*	*	*
Οκτώβριος	42,87	10,58	1,595	44	73,44	14,80	2,137	48	137,10	74,35	52,56	2	*	*	*	*
Νοέμβριος	114,4	6,43	3,713	3	95,51	17,47	2,763	40	113,86	6,97	3,484	4	*	*	*	*

* : Δεν υπάρχει δείγμα



Σχήμα 3.13: Μεταβολή του μέσου ολικού βάρους ανά μήνα στην ηλικιακή κλάση 1.

$$\log W = 3,462 \log L - 6,0151 \Rightarrow W = 9,65 * 10^{-7} * L^{3,5} \quad \text{και}$$

$$\log L = 0,2812 \log W + 1,7522 \Rightarrow L = 56,5 * W^{0,28}$$

Εποχικότητα μέσου βάρους

Από το σύνολο των δεδομένων βάρους των τριών περιοχών δειγματοληψίας και για κάθε ηλικιακή κλάση, πλήρης αντιπροσώπευση υπήρχε μόνο από την κλάση ηλικίας 1 (πίνακας 3.11). Για τον παραπάνω λόγο, πλήρης απεικόνιση της καμπύλης της μεταβολής του ολικού μέσου βάρους ανά μήνα (σχήμα 3.13), υπάρχει μόνο απ' αυτή την κλάση.

Από την καμπύλη γίνεται εμφανές ότι παρατηρήθηκε απότομη αύξηση στο μέσο βάρος του σώματος των ψαριών του δείγματος από τον μήνα Μάρτιο έως τον Απρίλιο. Στην συνέχεια το βάρος παρέμεινε σταθερό ως τον μήνα Μάιο. Στη συνέχεια, στους επόμενους δύο μήνες παρατηρήθηκε απότομη μείωση του μέσου βάρους, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στη σταδιακή απελευθέρωση των γεννητικών προϊόντων.

Ηλικιακή δομή

Η εκτίμηση της ηλικιακής δομής του πληθυσμού έγινε με δύο μεθόδους προκειμένου να υπάρξει επαλήθευση των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα που έδωσε η μέθοδος της στατιστικής προσέγγισης (γραφική μέθοδος του Harding), χρησιμοποιήθηκαν για επαλήθευση των προσδιορισμών ηλικίας που έγιναν με την ανατομική μέθοδο. Τα αποτελέσματα που έδωσαν οι δύο μέθοδοι είναι σύμφωνα σε μεγάλο βαθμό. Συγκεκριμένα:

α) Για το Βόρειο Αιγαίο, με την ανατομική μέθοδο προσδιορίστηκαν 6 ηλικιακές κλάσεις (οι κλάσεις 0 έως 5), εκ των οποίων, οι ηλικιακές κλάσεις 3 έως 5 αντιπροσωπεύονται σε πολύ μικρό ποσοστό, στο συνολικό δείγμα (*σχήμα 3.1*). Με τη γραφική μέθοδο προσδιορίστηκαν 4 καμπύλες, οι οποίες αντιστοιχούν σε 3 ηλικιακές κλάσεις (*σχήμα 3.5*). Η γραφική μέθοδος του Harding (η οποία διακρίνει τις ηλικιακές κλάσεις με βάση τις συχνότητες των μέσων μηκών), απαιτεί να υπάρχει μεγάλος αριθμός ατόμων από κάθε κλάση και το μέσο μήκος κάθε κλάσης να απέχει 2,5 έως 3 φορές την τυπική απόκλιση της προηγούμενης (Grant 1989), προκειμένου να υπάρξει διάκριση της. Για αυτόν τον λόγο, με την γραφική μέθοδο δεν μπορεί να γίνει διάκριση των ηλικιακών κλάσεων 4 και 5 (όπως προσδιορίστηκαν με την ανατομική μέθοδο), οι οποίες αντιπροσωπεύονται από πολύ μικρό αριθμό ατόμων με σχετικά μικρό μήκος. Τους μήνες Μάρτιο και Μάιο, καθώς και από τον Αύγουστο ως τον Οκτώβριο, η καμπύλη που σχηματίζεται από τα μικρότερα μέσα μήκη, αντιπροσωπεύει τα άτομα της ηλικιακής κλάσης 0. Οι άλλες δύο καμπύλες, κόκκινου και πράσινου χρώματος, αντιστοιχούν στις ηλικίες 1 και 2 αντίστοιχα.

β) Για τον Σαρωνικό κόλπο, με την ανατομική μέθοδο προσδιορίστηκαν 3 ηλικιακές κλάσεις (οι κλάσεις 0 έως 2), ενώ με την γραφική μέθοδο προσδιορίστηκαν 2 ηλικιακές κλάσεις. Η καμπύλη που σχηματίζεται από τα μικρότερα μέσα μήκη αντιστοιχεί στην ηλικιακή κλάση 0. Η δεύτερη καμπύλη (πράσινου χρώματος), αντιστοιχεί στην ηλικιακή κλάση 1. Η ηλικιακή κλάση 2 δεν προσδιορίστηκε πιθανόν λόγω της μεγάλης αλληλοεπικάλυψης των μηκών στα ψάρια των ηλικιών 1 και 2. Η

μικρότερη τιμή μέσου μήκους τον μήνα Ιούλιο, πιθανόν αντιπροσωπεύει τα μικρά άτομα της κλάσης 1, ενώ οι μεγαλύτερες μέσες τιμές μήκους του Αυγούστου και του Νοεμβρίου, πιθανόν αντιστοιχούν στα μεγαλύτερα άτομα της ηλικιακής κλάσης 0.

γ) Για το Κρητικό πέλαγος, με την ανατομική μέθοδο προσδιορίστηκαν 4 ηλικιακές κλάσεις (οι κλάσεις 1 έως 4), ενώ με την γραφική μέθοδο προσδιορίστηκαν 2 ηλικιακές κλάσεις. Όπως και στην περίπτωση των δειγμάτων του Βορείου Αιγαίου, οι ηλικιακές κλάσεις 1 και 4 αντιπροσωπεύονται από πολύ μικρό αριθμό ατόμων, και συνεπώς δεν μπορούν να ανιχνευτούν με τη γραφική μέθοδο. Οι δύο κλάσεις που προσδιορίστηκαν με την γραφική μέθοδο αντιστοιχούν στις ηλικίες 2 και 3.

Από τις παραπάνω συγκρίσεις συμπεραίνουμε ότι υπάρχει αρκετή αντιστοιχία μεταξύ των δύο μεθόδων, ώστε να εμπιστευθούμε τους προσδιορισμούς ηλικίας που έχουν γίνει. Λόγω της “τραχύτητας” της στατιστικής προσέγγισης η οποία εμφανίζει δυσκολία στην διάκριση ηλικιακών κλάσεων που αντιπροσωπεύονται από μικρό αριθμό ατόμων και στην αδυναμία απόδοσης ηλικίας σε κάθε άτομο ξεχωριστά, προτιμήθηκε η ανατομική μέθοδος η οποία γενικότερα θεωρείται πιο ακριβής.

Από την ανάλυση της ηλικιακής δομής των αλιευμάτων των περιοχών δειγματοληψίας (σχήμα 3.1), βλέπουμε ότι η συμμετοχή των ατόμων της ηλικιακής κλάσης 0 στο Βόρειο Αιγαίο και τον Σαρωνικό κόλπο, είναι μικρότερη απ’ αυτήν της ηλικιακής κλάσης 1. Αυτό είναι αντίθετο με την σύνθεση ηλικιών που συναντάμε στους φυσικούς πληθυσμούς οι οποίοι παρουσιάζουν αυξητική τάση, όπου όσο μικρότερη είναι μια ηλικιακή κλάση, τόσο μεγαλύτερη είναι και η αφθονία της. Τα παραπάνω δεδομένα δείχνουν ότι στην ηλικιακή κλάση 0 (η οποία σε περίπτωση αμερόληπτης δειγματοληψίας θα έπρεπε να είναι η πιο άφθονη στα δείγματα), ασκείται αλιευτική επιλογή προς τα μεγάλα άτομα, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει πλήρης αντιπροσώπευσή της στα δείγματα. Στις επόμενες ηλικιακές κλάσεις, παρατηρείται η αναμενόμενη κατανομή, με επικρατούσα κλάση και στις δύο περιοχές δειγματοληψίας την κλάση 1 και το ποσοστό συμμετοχής κάθε ηλικίας στο συνολικό αλίευμα να μειώνεται από την μικρότερη προς την μεγαλύτερη. Το γεγονός ότι όλες οι υπόλοιπες κλάσεις εμφανίζουν την αναμενόμενη στους φυσικούς πληθυσμούς κατανομή, δείχνει ότι ο κολιός στις μελετούμενες περιοχές εντάσσεται στον αλιεύόμενο πληθυσμό, μετά την συμπλήρωση του πρώτου έτους ηλικίας.

Από τα δείγματα του Σαρωνικού κόλπου, λείπουν τελείως οι ηλικιακές κλάσεις 3, 4 και 5. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι όλα τα δείγματα του Σαρωνικού, πάρθηκαν μέσα στον κόλπο (εικ. 2.1), σε κοντινές αποστάσεις από τις ακτές. Γενικότερα στα πελαγικά καθώς και στα βενθικά είδη, υπάρχει η τάση τα μεγαλύτερα άτομα να βρίσκονται σε μεγαλύτερη απόσταση από τις ακτές απ' ό,τι τα μικρότερα άτομα του είδους τους (Macpherson and Duarte 1991). Συνεπώς, είναι αναμενόμενο μέσα στον κόλπο να αλιεύονται κυρίως νεαρά άτομα. Τα δείγματα του Β Αιγαίου πάρθηκαν επίσης από περιοχές σχετικά κοντά στις ακτές, γεγονός που και σ' αυτή την περίπτωση εξηγεί την πολύ μικρή συμμετοχή των μεγαλύτερων ηλικιών στο συνολικό αλίευμα.

Μία δεύτερη αιτία που μπορεί να εξηγήσει την πλήρη απουσία ή και την παρουσία πολύ μικρού αριθμού ατόμων από τις μεγάλες ηλικίες στα δείγματα των δύο περιοχών, είναι η περίπτωση της υπεραλίευσης του είδους στις συγκεκριμένες περιοχές. Σ' αυτή την περίπτωση, αναμένεται μείωση της αφθονίας των μεγάλων ηλικιακών κλάσεων και κατά συνέπεια, μείωση της αντιπροσώπευσής τους στα δείγματα. Προκειμένου να εξακριβωθεί αυτή η περίπτωση, θα πρέπει να συγκεντρωθούν δεδομένα σειράς ετών, για την αλιεία και την ηλικιακή σύνθεση των πληθυσμών του είδους στις περιοχές αυτές.

Τα δείγματα που προέρχονται από το Κρητικό πέλαγος εμφανίζουν διαφορετική ηλικιακή δομή από τις προηγούμενες δύο περιοχές. Υπάρχει παντελής έλλειψη των ηλικιών 0 και 5, ενώ επικρατεί η ηλικία 3 (σχήμα 3.1). Η παρουσία των κολιών σ' αυτή τη θαλάσσια περιοχή είναι εποχιακή. Κολιοί στο Κρητικό πέλαγος εμφανίζονται μόνο τους καλοκαιρινούς μήνες όπως δείχνει και η κατανομή των δειγμάτων από αυτή την περιοχή (πίνακας 3.9). Το γεγονός της εποχιακής εμφάνισης τους στην περιοχή, σε συνδυασμό με την απουσία της ηλικιακής κλάσης 0 και της πολύ μικρής παρουσίας της κλάσης 1, δείχνουν ότι δεν υπάρχει μόνιμος πληθυσμός του είδους στο Κρητικό πέλαγος. Η επικράτηση μεγάλων ηλικιών την περίοδο της εμφάνισης τους στην περιοχή, δείχνει ότι η παρουσία τους στο Κρητικό πέλαγος σχετίζεται με τις μεταναστευτικές τους κινήσεις. Η προέλευση των ψαριών του Κρητικού πελάγους δεν είναι γνωστή, αλλά πιθανόν να προέρχεται από το νότιο τμήμα της ανατολικής Μεσογείου (ΒΑ Αφρική, Μέση Ανατολή), ακολουθώντας το ίδιο πρότυπο εποχιακής μετανάστευσης που έχει παρατηρηθεί στη ΒΔ Αφρική, όπου κατά τους

καλοκαιρινούς μήνες οι κολιοί μεταναστεύουν σε βορειότερες περιοχές (Holzlohner and Kloxin 1982). Το πρότυπο μετανάστευσης που παρουσιάζεται στην περιοχή μπορεί να είναι αρκετά πολύπλοκο εάν επηρεάζεται και από την πυκνότητα που έχουν οι πληθυσμοί τους στην περιοχή προέλευσής τους. Παράδειγμα τέτοιας εξάρτησης της απόστασης που γίνεται η μετανάστευση από την πυκνότητα των πληθυσμών του είδους, είναι η περίπτωση των κολιών της Ιαπωνικής θάλασσας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η απόσταση της μετανάστευσης που εκτελούσαν τους καλοκαιρινούς μήνες προς τα βόρεια όρια της εξάπλωσής τους (κόλπος De Castri (52° N)), περιορίστηκε μετά από την σημαντική μείωση του πληθυσμού τους στην Ιαπωνική θάλασσα πριν από την δεκαετία του '60. Η έκταση της μετανάστευσης επανήλθε στα αρχικά όρια της, μετά από μία σειρά πετυχημένων αναπαραγωγικά ετών, που ακολούθησαν στην δεκαετία του '60 και οι οποίες αποκατέστησαν την αρχική αφθονία του πληθυσμού τους (Novikov 1986). Μία παρόμοια κατάσταση στην περίπτωση των κολιών που μεταναστεύουν στο Κρητικό πέλαγος, μπορεί να συντελέσει σε μεγάλη διακύμανση της αφθονίας τους στην περιοχή, ανάλογα με την αναπαραγωγική επιτυχία και την αλίευση στην οποία υπόκεινται κατά τα διάφορα έτη, στις περιοχές προέλευσής τους. Η περιοχή προέλευσής τους, μπορεί να βρεθεί με διαδικασίες σήμανσης και επανασύλληψης των ψαριών, καθώς και με παρασιτολογική ή γενετική σύγκριση, με άτομα άλλων περιοχών στην Ανατολική Μεσόγειο. Η μέθοδος της παρασιτολογικής σύγκρισης, έχει δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα στη διάκριση αποθεμάτων κολιού στον ΒΔ Ειρηνικό (Pozdnyakov and Vasilenko 1994).

Ηλικία - Αύξηση

A) Σχηματισμός δακτυλίων

Από την ανάλυση προσαύξησης του περιθωρίου των ωτολίθων των ψαριών που ανήκουν στις ηλικιακές κλάσεις 1 έως 3 (σχήμα 3.6, σχήμα 3.7), μπορούμε να συμπεράνουμε τα ακόλουθα:

α) Κατά την διάρκεια ενός ημερολογιακού έτους, σχηματίζεται μία διαφανής (translucent) και μία αδιαφανής (opaque) ζώνη. Οι δύο ζώνες μαζί αντιπροσωπεύουν έναν ετήσιο δακτύλιο και από τον αριθμό αυτών των δακτυλίων μπορεί να προσδιοριστεί η ηλικία των ψαριών.

β) Στους ωτόλιθους των κολιών που ανήκουν στις ηλικιακές κλάσεις 1 και 2, αδιαφανή άκρα εμφανίζονται από τον μήνα Μάρτιο έως τον Σεπτέμβριο, ενώ στα άτομα της ηλικιακής κλάσης 3, αδιαφανή άκρα πρωτοεμφανίζονται τον μήνα Αύγουστο. Αυτό συμφωνεί με το πρότυπο αύξησης των περισσότερων ειδών, κατά το οποίο, τα νεαρότερα άτομα εισέρχονται σε φάση ταχείας αύξησης (και κατά συνέπεια σε σχηματισμό αδιαφανούς δακτυλίου στους ωτόλιθους τους), νωρίτερα από τα πιο ηλικιωμένα (Τσιμενίδης 1995). Η διαφανής ζώνη στα άκρα παρατηρείται καθ' όλη την διάρκεια του έτους με ποσοστά που ποικίλουν ανάλογα με την εποχή. Ο σχηματισμός διαφανών άκρων σχετίζεται με την περίοδο βραδείας αύξησης. Αποκλειστικά διαφανή άκρα στα δείγματα, εμφανίζονται μόνο κατά την διάρκεια του χειμώνα όπου επικρατούν δυσμενείς, για την αύξηση συνθήκες. Από τα παραπάνω επιβεβαιώνεται ότι ο σχηματισμός των διαφανών και αδιαφανών ζωνών στους ωτόλιθους είναι εποχιακό φαινόμενο, με τις αδιαφανείς ζώνες να αντιστοιχούν στην περίοδο ταχείας αύξησης, η οποία παρατηρείται κατά τους εαρινούς και θερινούς μήνες. Αυτό το πρότυπο εποχιακής αύξησης, που αντικατροπτίζεται στον εποχιακό σχηματισμό ζωνών στους ωτόλιθους, παρατηρείται στην πλειονότητα των πελαγικών και βενθικών ειδών στις εύκρατες περιοχές και οφείλεται κυρίως στις ευνοϊκές για την αύξηση περιβαλλοντικές συνθήκες, κυρίως στην αύξηση της μέσης θερμοκρασίας των επιφανειακών νερών, καθώς και την αύξηση της διαθέσιμης τροφής.

γ) Από την ανάλυση της προσαύξησης του περιθωρίου των ωτολίθων μετά τον τελευταίο ετήσιο δακτύλιο, προκύπτει ότι ο μήνας σχηματισμού νέου ετήσιου δακτυλίου, είναι για την πλειονότητα των ψαριών που ανήκουν στις ηλικιακές κλάσεις 1 και 2, ο Απρίλιος. Αυτό αποδεικνύεται από το μέσο σχετικό πλάτος του περιθωρίου των ωτολίθων, το οποίο έχει την μικρότερη τιμή του αυτόν τον μήνα. Για τα άτομα της ηλικιακής κλάσης 3, παρά την έλλειψη δεδομένων για όλους τους μήνες, φαίνεται ότι ο σχηματισμός του νέου δακτυλίου αρχίζει από τον Ιούλιο.

δ) Ο σχηματισμός ετήσιων δακτυλίων προηγείται της αναπαραγωγικής περιόδου (η αιχμή της οποίας είναι τον μήνα Ιούνιο), γεγονός που υποδηλώνει ότι ο σχηματισμός δακτυλίων στους ωτόλιθους των κολιών ηλικίας 1 και 2 ετών, δεν επηρεάζεται από την αναπαραγωγική διαδικασία. Προκειμένου να ελεγχθεί κατά πόσο ο σχηματισμός δακτυλίου στους ωτόλιθους των ψαριών της ηλικιακής κλάσης 3

σχετίζεται με την αναπαραγωγή, θα πρέπει να εντοπιστεί η περίοδος που αναπαράγονται τα άτομα αυτής της κλάσης (σε περίπτωση που διαφέρει).

B) Ρυθμός αύξησης

Από την μελέτη του ρυθμού αύξησης των κολιών στο Βόρειο Αιγαίο και το Σαρωνικό κόλπο, φαίνεται ότι αυτός περιγράφεται ικανοποιητικά από το μοντέλο von Bertalanffy. Αυτό συνάγεται:

α) Από την πολύ καλή εφαρμογή του μοντέλου στα δεδομένα ($R^2 = 0,99$).

β) Από την συμφωνία των τιμών των παραμέτρων του μοντέλου, οι οποίες εκτιμήθηκαν με την μέθοδο των επαναληπτικών προσεγγίσεων και με τις διαδικασίες του λογισμικού πακέτου FISAT (το οποίο βασίζεται μόνο στην κατά μήκος σύνθεση των πληθυσμών). Οι τιμές των παραμέτρων που προσδιορίστηκαν με την μέθοδο των επαναληπτικών προσεγγίσεων θεωρήθηκαν πιο ακριβείς.

γ) Από την συμφωνία στον υπολογισμό των μέσων μηκών ανά ηλικία, όπως προσδιορίστηκαν από την καμπύλη αύξησης von Bertalanffy, και από την μέθοδο του ανάδρομου υπολογισμού μηκών.

Οι τιμές των παραμέτρων του μοντέλου Bertalanffy, όπως εκτιμήθηκαν με την μέθοδο των επαναληπτικών προσεγγίσεων ($L_{\infty} = 47,6$ cm και $k = 0,154$), προσεγγίζουν σε μεγάλο βαθμό τις εκτιμήσεις αυτών των παραμέτρων για τους κολιούς στην ΒΔ Αφρική (για την Μαυριτανία $L_{\infty} = 48,8$ cm και $k = 0,20$, για το Μαρόκο $L_{\infty} = 51,2$ cm $k = 0,20$) (Martins and Serrano Gordo 1984), όπου συναντάται το ίδιο υποείδος. Οι κολιοί στην θαλάσσια περιοχή της Αργεντινής φαίνεται ότι πλησιάζουν το ασυμπτωτικό μήκος των κολιών των Ελληνικών θαλασσών, αλλά με ταχύτερο ρυθμό ($L_{\infty} = 44,5$ και $k = 0,32$), (Perrotta 1992).

Ο ρυθμός αύξησης του κολιού στην ΒΑ Μεσόγειο, όπως εκτιμήθηκε με το μοντέλο von Bertalanffy, βρέθηκε ότι είναι πολύ υψηλός κατά το πρώτο έτος της ηλικίας του. Σ' αυτό το διάστημα, φθάνει σε μήκος που αντιστοιχεί στο 38,7 % του ασυμπτωτικού του μήκους. Αυτό το ποσοστό είναι ελαφρώς μικρότερο από αυτό που έχει παρατηρηθεί στα ΒΔ Αφρικανικά παράλια (Κανάριοι νήσοι), όπου οι κολιοί κατά το πρώτο έτος της ζωής τους, φθάνουν το 40% του ασυμπτωτικού τους μήκους (Lorenzo et al. 1995). Η μικρή διαφορά στους ρυθμούς αύξησης στις δύο περιοχές είναι αναμενόμενη, λόγω των διαφορετικών κλιματικών συνθηκών αυτών των

περιοχών. Η υψηλότερη μέση θερμοκρασία των επιφανειακών νερών στις Κανάριες νήσους, ευνοεί σε μεγαλύτερο βαθμό την παραγωγικότητα και κατ' επέκταση την αύξηση των οργανισμών.

Εμφανής διαφορά στον ρυθμό αύξησης συναντάται στους κολιούς που βρίσκονται στην θαλάσσια περιοχή της Αργεντινής (η οποία βρίσκεται σε αντίστοιχο γεωγραφικό πλάτος με το Αιγαίο πέλαγος στο Νότιο Ημισφαίριο). Σ' αυτή την περιοχή, τα ψάρια κατά το πρώτο έτος της ηλικίας τους, ξεπερνούν το 50% του ασυμπτωτικού τους μήκους (Perrotta 1992), γεγονός που μπορεί να αποδοθεί τόσο σε περιβαλλοντικές όσο και σε ενδοειδικές διαφορές. Συγκριτικές έρευνες του ρυθμού αύξησης από τις διάφορες περιοχές εξάπλωσης του είδους έδειξαν ότι τα υποείδη του Ειρηνικού Ωκεανού (*S. japonicus peruanus*, *S. japonicus diego* και *S. japonicus japonicus*) φθάνουν το ασυμπτωτικό τους μήκος συντομότερα από τα υποείδη της ΒΔ Αφρικής (*S. japonicus colias*) και του Ατλαντικού (*S. japonicus marplatensis*), τα οποία όμως παρουσιάζουν παρόμοιους ρυθμούς αύξησης μεταξύ τους (Rodriguez-Roda 1982, Morales-Nin 1988).

Ο ρυθμός αύξησης των κολιών στις Ελληνικές θάλασσες μειώνεται τα επόμενα δύο έτη, φθάνοντας συνολικά το 47,5 % και το 55 % του ασυμπτωτικού τους μήκους το δεύτερο και τρίτο έτος αντίστοιχα.

Γ) Κατανομή μηκών

Αναφορικά με το μέσο μήκος των ψαριών, οι τρεις περιοχές δειγματοληψίας εμφανίζουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική διαφορά, με αύξηση του μέσου μήκους όσο πιο νότια είναι η περιοχή δειγματοληψίας (πίνακας 3.2). Διαφορές στο μέσο μήκος ψαριών από διαφορετικές περιοχές γενικά υποδηλώνουν διαφορετικούς ρυθμούς αύξησης. Διαφορετικοί ρυθμοί αύξησης και θνησιμότητας, καθώς και διαφορετικές αναπαραγωγικές περιόδους, ταυτοποιούν την ύπαρξη διαφορετικών αποθεμάτων (stock). Προκειμένου να εξακριβωθεί η ύπαρξη διαφορετικών αποθεμάτων κολιού στο Β Αιγαίο και τον Σαρωνικό κόλπο, θα πρέπει αφ' ενός να ελεγχθεί εκτενέστερα ο ρυθμός αύξησης του είδους στις δύο περιοχές με δείγματα που θα περιλαμβάνουν όλες τις ηλικιακές κλάσεις (οι δειγματοληψίες θα πρέπει να γίνουν πλησίον καθώς και σε μεγάλη απόσταση από τις ακτές), αφ' ετέρου να εντοπιστούν οι περίοδοι αναπαραγωγής, τα πεδία ωτοκίας και η θνησιμότητα που παρατηρείται σε κάθε περιοχή. Η ύπαρξη διαφορετικών αποθεμάτων στο Βόρειο

Αιγαίο και στον Σαρωνικό κόλπο, ενδεχομένως απαιτεί διαφορετικό πρότυπο διαχείρισης, συνεπώς διαφορετική αλιευτική πολιτική. Γενικότερα, στο συγκεκριμένο είδος, η ύπαρξη διαφορετικών αποθεμάτων, ακόμη και διαφορετικών υποειδών σε γειτονικές περιοχές, είναι συνηθισμένο φαινόμενο, όπως φαίνεται και από την περίπτωση των πληθυσμών του στο Μαρόκο και την Μαυριτανία (Lorenzo et al. 1995), καθώς και στην Ιαπωνική θάλασσα (Kotlyar and Abramov 1982).

Στρατολόγηση

Σύμφωνα με τις περισσότερες ενδείξεις, η στρατολόγηση¹ των νεαρών ατόμων στο Βόρειο Αιγαίο και τον Σαρωνικό κόλπο, αρχίζει τον μήνα Αύγουστο. Αυτό συνάγεται τόσο από την κατά μήκος σύνθεση κάθε φύλου ανά μήνα (σχήμα 3.10), όπου πολύ μικρά άτομα πρωτοεμφανίζονται τον Αύγουστο, όσο και από την γραφική μέθοδο του Harding (σχήμα 3.5), η οποία παρουσιάζει μία νέα κλάση να εμφανίζεται στους αλιευόμενους πληθυσμούς των δύο αυτών περιοχών, αυτόν τον μήνα. Εξάλλου, η στρατολόγηση των νεαρών ατόμων τον Αύγουστο έπεται κατά δύο μήνες της κορυφής της αναπαραγωγικής περιόδου του, που εντοπίζεται τον μήνα Ιούνιο. Αυτό το διάστημα των δύο μηνών, είναι αρκετό ώστε τα νεοεκκολαφθέντα άτομα να μπουνε σε φάση στρατολόγησης, καθώς και να φθάσουν στο μήκος πρώτης αλιείας². Ωστόσο, λόγω της επιλεκτικότητας του εργαλείου (πολύ μικρά άτομα συνήθως δεν αλιεύονται), υπάρχει κάποια πιθανότητα η παραπάνω εκτίμηση να μην ανταποκρίνεται απόλυτα στην ακριβή περίοδο που αρχίζει η στρατολόγηση, αλλά αυτή να ξεκινά νωρίτερα.

Από την στιγμή της εμφάνισης της, η νέα κλάση υφίσταται συνεχή αλίευση και στις δύο περιοχές, με το ποσοστό συμμετοχής της στο αλίευμα να αυξάνει κάθε μήνα, καθώς αυξάνει το μέσο μήκος της (σχήμα 3.5). Στον Σαρωνικό κόλπο τα ψάρια αυτής της κλάσης αρχίζουν να αλιεύονται από 153 mm μέσο μήκος (ελάχιστο μήκος που αλιεύθηκε = 138 mm), συμμετέχοντας με υψηλό ποσοστό στο συνολικό αλίευμα του είδους στην περιοχή (80%). Στο Βόρειο Αιγαίο, η αλιεία αυτών των ψαριών αρχίζει από μέσο μήκος 108 mm (ελάχιστο μήκος που αλιεύθηκε = 91 mm) και με μικρή συμμετοχή (21%) στο συνολικό αλίευμα. Το ποσοστό συμμετοχής της κλάσης αυξάνει σταδιακά με την αύξηση του μέσου μήκους της, φθάνοντας τον Οκτώβριο το

¹ Στρατολόγηση: Η είσοδος νέων ατόμων στο αλιευόμενο απόθεμα

92% των αλιευόμενων κολιών. Και στις δύο περιοχές, είναι προφανές ότι ασκείται σημαντική αλιευτική πίεση στη νεοεμφανιζόμενη κλάση.

Αναλογία Φύλου

Η αναλογία φύλου που διαπιστώθηκε και στις τρεις περιοχές δειγματοληψίας ήταν 1:1, αναλογία που έχει διαπιστωθεί σ' όλους τους πληθυσμούς αυτού του είδους στις περιοχές εξάπλωσης του (Schaefer 1980). Οι παρεκκλίσεις από αυτή την αναλογία οι οποίες παρατηρήθηκαν σε δύο μήνες για την ηλικιακή κλάση 0 (Αύγουστος και Οκτώβριος) στο δείγμα του Β Αιγαίου, μπορούν να αποδοθούν στην στρατολόγηση νέων ατόμων. Η απόκλιση από την αναλογία 1:1 που παρατηρήθηκε τον Ιούλιο για την ηλικιακή κλάση 2 στο Β Αιγαίο, μπορεί να αποδοθεί σε τυχαίο σφάλμα λόγω της μικρής αντιπροσώπευσης αυτής της κλάσης στο δείγμα.

Όσον αφορά στην αναλογία φύλου των στρατολογούμενων ατόμων, σημαντική παρέκκλιση από την αναλογία 1:1 φάνηκε στα νεαρά άτομα του Βορείου Αιγαίου. Η εισαγωγή αυτών των ατόμων στο αλιευτικό απόθεμα της περιοχής έγινε τον μήνα Αύγουστο (σχήμα 3.5) και η νέα αυτή κλάση έχει συνεχή παρουσία στα αλιεύματα της περιοχής ως τον Οκτώβριο. Η αναλογία αρσενικών προς θηλυκά αυτούς τους μήνες είναι: 6:1 τον Αύγουστο και 5:1 τον Οκτώβριο. Από τον μήνα Νοέμβριο υπάρχει πολύ μικρό δείγμα (πίνακας 3.9) ώστε να εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα για την αναλογία φύλου, ενώ μετά τον Οκτώβριο δεν υπάρχουν δείγματα, λόγω της απαγόρευσης της λειτουργίας των γρι-γρί, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η παρακολούθηση της κλάσης τους επόμενους μήνες.

Πιθανή ερμηνεία της υπερίσχυσης των αρσενικών στην στρατολογούμενη κλάση του Βορείου Αιγαίου, μπορεί να είναι το γεγονός της ασύγχρονης εισόδου αρσενικών και θηλυκών στον πληθυσμό, με τα αρσενικά άτομα να προηγούνται. Επαλήθευση αυτής της υπόθεσης μπορεί να γίνει με έλεγχο του ρυθμού αύξησης των δύο φύλων στα πολύ νεαρά στάδια της ζωής τους, ως την περίοδο που αρχίζει η στρατολόγησή τους. Εάν τα αρσενικά άτομα στα αρχικά στάδια εμφανίζουν ταχύτερους ρυθμούς αύξησης, θα φθάνουν πριν τα θηλυκά σε αλιεύσιμο μέγεθος και κατά συνέπεια θα υπάρχει μεγαλύτερη αντιπροσώπευση τους στο τμήμα της ηλικιακής κλάσης 0 το

² Μήκος πρώτης αλιείας: Το μήκος μετά το οποίο τα ψάρια είναι πλήρως ευάλωτα στην αλιεία.

οποίο αλιεύεται. Συνεπώς, η αναλογία φύλου στα νεαρά αυτά στάδια, θα πρέπει να είναι υπέρ των αρσενικών.

Ανάλυση Βάρους

Ενδείξεις για την περίοδο κατά την οποία ωριμάζουν οι γονάδες των κολιών καθώς και για την περίοδο που απελευθερώνονται τα γεννητικά τους προϊόντα, μπορούμε να πάρουμε από την κατανομή του μέσου ολικού τους βάρους ανά μήνα (σχήμα 3.13). Πλήρη δεδομένα βάρους υπάρχουν μόνο για την ηλικιακή κλάση 1, συνεπώς τα συμπεράσματα που έχουν εξαχθεί αφορούν μόνο αυτή την ηλικιακή κλάση. Η απότομη αύξηση του μέσου βάρους της κλάσης στην αρχή της άνοιξης (Μάρτιο ως Απρίλιο) και η επίσης απότομη μείωση του τους πρώτους καλοκαιρινούς μήνες (Ιούνιο ως Ιούλιο), αποτελούν σημαντική ένδειξη για την περίοδο ωρίμανσης των γονάδων και για την περίοδο απελευθέρωσης των γαμετών αντίστοιχα. Τα γενικά συμπεράσματα στα οποία μπορούμε να καταλήξουμε από την γραφική παράσταση της μεταβολής του μέσου μήκους ανά μήνα (σχήμα 3.13), είναι τα ακόλουθα:

α) Γεννητική ωριμότητα στους κολιούς στην ΒΑ Μεσόγειο επέρχεται ήδη από το πρώτο έτος ηλικίας των ψαριών, κάτι που δεν συναντάμε στους κολιούς της ΒΔ Αφρικής οι οποίοι ανήκουν στο ίδιο υποείδος (*Scomber japonicus colias*) και αρχίζουν να ωριμάζουν γεννητικά από το τρίτο έτος της ηλικίας τους, σε μήκος 270-310 mm (Kotlyar and Abramov 1982). Παρόμοια γεννητική ωρίμανση εμφανίζει μόνο το υποείδος *Scomber japonicus peruanus*, το οποίο ωριμάζει επίσης κατά το πρώτο έτος ηλικίας του, σε μήκος 180-190 mm και εξαπλώνεται στην τροπική και υποτροπική ζώνη του Α Ειρηνικού (Kotlyar and Abramov 1982).

β) Η αύξηση του βάρους των γονάδων, η οποία οφείλεται στην ωρίμανση τους, αρχίζει από τον μήνα Μάρτιο και συνεχίζεται έως τον Μάιο. Η απελευθέρωση των γεννητικών προϊόντων φαίνεται ότι αρχίζει από τον μήνα Μάιο με αιχμή τον μήνα Ιούνιο όπου παρατηρείται η μεγαλύτερη πτώση του μέσου σωματικού (ολικού) βάρους των ψαριών. Η πτώση αυτή συνεχίζεται ως τον Ιούλιο, όπου και σταθεροποιείται, γεγονός που δηλώνει και το τέλος της αναπαραγωγικής περιόδου. Περαιτέρω μελέτη για τη γονιμότητα του είδους με προσδιορισμό των σταδίων ωρίμανσης των γονάδων κάθε μήνα, μπορεί να επαληθεύσει τις παραπάνω εκτιμήσεις. Επίσης, από την μελέτη της γονιμότητας μπορούμε να προσδιορίσουμε το

ποσοστό των γεννητικά ώριμων ατόμων κάθε ηλικιακής κλάσης. Το μέσο μήκος της ηλικιακής κλάσης 1, από τα δεδομένα μήκους κατά την σύλληψη, είναι 217 mm (πίνακας 3.2), ενώ το μέσο μήκος τους τον μήνα Ιούνιο κατά την αιχμή της περιόδου απελευθέρωσης των γαμετών, είναι 204 mm.

γ) Η κλίση της καμπύλης που αντιστοιχεί στην απελευθέρωση των γεννητικών προϊόντων, είναι σχετικά απότομη και μπορεί να εξηγηθεί από τους εξής τρόπους ωοαπόθεσης: i) κάθε ψάρι απελευθερώνει όλους τους γαμέτες του συνολικά αλλά ασύγχρονα με τα άλλα ψάρια, σε μία περιορισμένη χρονική περίοδο, ii) είτε κάθε ψάρι ωριμάζει και απελευθερώνει σταδιακά τμήματα των γονάδων του (στρατηγική που εφαρμόζουν τα περισσότερα πελαγικά ψάρια), στην ίδια χρονική περίοδο. Δεδομένα από τον ΒΔ Ειρηνικό και τα ΒΔ Αφρικανικά παράλια, τα οποία έδειξαν ότι αυτό το είδος είναι πολλαπλός ωοαποθέτης (Collete and Nauen 1983), συνηγορούν υπέρ της δεύτερης εκδοχής. Επίσης, το σχήμα της καμπύλης μεταβολής του μέσου ολικού βάρους, δείχνει ότι σ' αυτό το τμήμα της Μεσογείου η αναπαραγωγική περίοδος των ψαριών είναι σχετικά περιορισμένη χρονικά.

Αλιεία

Από τα δεδομένα ηλικίας που έχουμε για τους κολιούς του Βόρειου Αιγαίου και του Σαρωνικού κόλπου, φαίνεται ότι το είδος υπόκειται σε αλιευτική πίεση στις μικρές ηλικιακές κλάσεις. Μελέτες θνησιμότητας για το είδος φαίνεται ότι είναι απαραίτητες, προκειμένου να προσδιοριστεί το ποσοστό θανάτων που οφείλεται στην αλιεία και κατά πόσο αυτό το ποσοστό επιδρά στην συνολική κατάσταση των αποθεμάτων της περιοχής.

Το γεγονός ότι οι πληθυσμοί του κολιού δεν έχουν υποστεί δραστική μείωση, παρά το γεγονός ότι τα ψάρια αλιεύονται πριν φθάσουν σε γεννητική ωριμότητα, οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο γεγονός ότι αυτό το είδος δεν αποτελεί πρωτεύοντα στόχο για την επαγγελματική αλιεία στις περιοχές που μελετήθηκαν. Επίσης, το γεγονός της γρήγορης γεννητικής ωρίμανσης που εμφανίζει το είδος στις περιοχές που μελετήθηκαν, εξαλείφει εν μέρει τις αρνητικές επιπτώσεις από την αλίευση που υφίσταται η ηλικιακή κλάση 0. Στο Κρητικό πέλαγος, η εμφάνιση του είδους είναι εποχιακή και το αλίευμα απαρτίζεται από μεγάλες ηλικιακές κλάσεις, συνεπώς δεν

αναμένεται να υπάρχουν αρνητικές επιπτώσεις στην αφθονία του είδους από την αλιεία του σ' αυτή την περιοχή.

Μέθοδος δειγματοληψίας

Προκειμένου να υπάρξουν αξιόπιστα δεδομένα για την δημογραφική ανάλυση ενός πληθυσμού, θα πρέπει η δειγματοληψία να γίνει με μη επιλεκτικό δειγματολήπτη, όπως π.χ. είναι η τράτα βυθού. Στην περίπτωση των γρι-γρί, ασκείται επιλεκτική αλιεία με βάση το μέγεθος των ψαριών, γεγονός που σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένα συμπεράσματα σχετικά με την δημογραφία του μελετούμενου είδους.

Αναφορικά με τον κολιό, το γεγονός ότι αυτό το ψάρι εμφανίζει πολύ γρήγορο ρυθμό αύξησης κατά το πρώτο έτος της ηλικίας του, φθάνοντας πολύ νωρίς σε αλιεύσιμο μέγεθος (όπως φαίνεται από την μεγάλη συμμετοχή της ηλικιακής κλάσης 0 στα αλιεύματα), επιτρέπει την εξαγωγή συμπερασμάτων για την δημογραφία των πληθυσμών του είδους, χωρίς να υπάρχει μεγάλη πιθανότητα λάθους. Σε περίπτωση που υπάρξει σφάλμα, αυτό περιορίζεται μόνο στην πρώτη κλάση ηλικίας (ηλικία-0), από την οποία αλιεύονται κυρίως τα μεγάλα άτομα. Το σφάλμα που προκύπτει από την επιλεκτική αλιεία, μπορεί να υπερκεραστεί αν δεν λάβουμε υπόψη την ηλικιακή κλάση 0 στην εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν στην δημογραφία του είδους.

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, μπορούμε να καταλήξουμε σε ορισμένα συμπεράσματα σχετικά με τη δημογραφία του είδους και τις ιδιαιτερότητες που εμφανίζει στην ΒΑ Μεσόγειο. Συγκεκριμένα:

Δύο διαδοχικές ζώνες στους ωτόλιθους τους, μία αδιαφανής και μία διαφανής, σχηματίζουν έναν ετήσιο δακτύλιο, σύμφωνα με την ανάλυση προσαύξησης του περιθωρίου.

Η ανάγνωση της ηλικίας από τον αριθμό των ετήσιων δακτυλίων στους ωτόλιθους δίνει αξιόπιστες εκτιμήσεις, όπως επαληθεύθηκε από τον προσδιορισμό της ηλικίας των ψαριών με δύο διαφορετικές μεθόδους.

Η ηλικιακή κλάση 0 αντιπροσωπεύεται σε μεγάλο ποσοστό στα αλιεύματα του Βορείου Αιγαίου και του Σαρωνικού κόλπου, παρόλο που αυτή η κλάση ηλικίας αλιεύεται επιλεκτικά (αποφεύγεται η αλιεία των μικρών ατόμων). Οι επιπτώσεις από την αλίευση αυτής της κλάσης θα πρέπει να ελεγχθούν, προκειμένου να εκτιμηθεί η επίδραση της στην αφθονία του είδους στην περιοχή.

Για το Βόρειο Αιγαίο και τον Σαρωνικό κόλπο βρέθηκε διαφορά στο μέσο μήκος των ψαριών, γεγονός που μπορεί να υποδηλώνει την ύπαρξη διαφορετικών αποθεμάτων. Προκειμένου να επαληθευθεί η παραπάνω υπόθεση, πρέπει να εξακριβωθούν τα πεδία φωτοκίας των δύο πληθυσμών και να εκτιμηθεί ο ρυθμός θνησιμότητας σε κάθε περιοχή. Επίσης, παρασιτολογική ή γενετική σύγκριση ψαριών που προέρχονται από αυτές τις περιοχές, μπορεί να αποδείξει πιθανή απομόνωση των πληθυσμών τους.

Στο Κρητικό πέλαγος οι κολιοί εμφανίζονται τους καλοκαιρινούς μήνες. Η εμφάνιση τους σχετίζεται με την μετανάστευση τους και η περιοχή προέλευσης αυτών των κολιών πιθανόν να είναι η Νότια Μεσόγειος.

Η στρατολόγηση στο Βόρειο Αιγαίο και στον Σαρωνικό κόλπο φαίνεται να αρχίζει τον Αύγουστο για αυτό το είδος. Η νεοεμφανιζόμενη κλάση υφίσταται συνεχή αλίευση με αύξηση του ποσοστού σύλληψης καθώς αυξάνει το μέσο μήκος της κλάσης.

Ο ρυθμός αύξησης των αρσενικών και των θηλυκών δεν εμφανίζει διαφορές. Διαφορές στον ρυθμό αύξησης παρατηρούνται με τους πληθυσμούς αυτού του είδους από τις άλλες περιοχές εξάπλωσης του. Ο ρυθμός αύξησης τους φαίνεται ότι επηρεάζεται από περιβαλλοντικούς αλλά και γενετικούς παράγοντες.

Η αναλογία φύλου που βρέθηκε σ' όλες τις περιοχές δειγματοληψίας, είναι 1:1.

Η περίοδος αναπαραγωγής εκτιμάται ότι για την ηλικιακή κλάση 1 είναι τους μήνες Μάιο έως Ιούλιο με αιχμή τον μήνα Ιούνιο. Αυτή η εκτίμηση συμφωνεί με δεδομένα αναπαραγωγής του είδους από άλλες περιοχές εξάπλωσης του που βρίσκονται στο ίδιο γεωγραφικό πλάτος, καθώς και με τις παρατηρήσεις από μελέτες ιχθυοπλαγκτού που έχουν γίνει στο Βόρειο Αιγαίο.

Τα παραπάνω αποτελέσματα προέκυψαν από την μελέτη που εκπονήθηκε κατά το έτος 1996. Ωστόσο, θα πρέπει να επακολουθήσει περαιτέρω έρευνα προκειμένου να υπάρξει επικύρωση των ανωτέρω αποτελεσμάτων. Πιθανόν ορισμένα από τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του είδους όπως προσδιορίστηκαν στην παρούσα μελέτη, να οφείλονται σε ιδιαιτερότητες της χρονιάς που έγιναν οι δειγματοληψίες. Αυτό μπορεί να εξακριβωθεί με συνέχιση της έρευνας στις ίδιες περιοχές και τα επόμενα έτη. Επίσης έρευνα σχετικά με την δημογραφία του είδους στις υπόλοιπες περιοχές της Μεσογείου κρίνεται απαραίτητη, προκειμένου να ολοκληρωθεί η εικόνα του είδους στο ανατολικό τμήμα της.

6

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Belyaev V.A. and V.S. Ryabov, 1987.** Population structure of Chub Mackerel, *Scomber japonicus*, in the Northwestern Pacific Ocean. *Journal of Ichthyology*, vol. 27, 3: 73-79.
- Bertalanffy von L., 1938.** A quantitative theory of organic growth. II. Inquires on growth laws. *Human Biol.*, 10: 181-213.
- Cancela da Fonseca J., 1965.** L'outil statistique en biologie du sol: I. Distributions de frequences et tests de signification. *Rev. Ecol. Biol. Sol. T.*, II(3): 299-332.
- Casselman M.J., 1987.** Determination of age and growth. In: The biology of fish growth. A.H. Weatherly and H.S. Gill, Academic Press Inc., London LTD, pp. 209-241.
- Castro J.J. and J.M. Lorenzo, 1991.** Outstanding aspects of the biology of Chub Mackerel (*Scomber japonicus*) during its first year of life in the Canary Islands waters. *International Council for the Exploration of the Sea*, C.M.1991/H:26, Pelagic Fish Committee.
- Chen Y., D.A. Jackson and H.H. Harvey, 1992.** A comparison of von Bertalanffy and polynomial functions in modeling fish growth data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49: 1228-1235.
- Collete B.B. and C.E. Nauen, 1983.** FAO Species Catalogue: Vol. 2 Scombrids of the World. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. FAO Fish. Synop., (125)vol. 2, 137 p.
- Fitch E.J., 1951.** Age composition of the Southern California catch of pacific mackerel 1939-40 to 1950-51. *Calif. dep. Fish. and Game*, Fish. Bull. No. 83: 1-77.
- Francis R., 1990.** Backcalculation of fish length: a critical review. *Journal of Fish Biology*, 36: 883-902.
- Gayanilo Jr., P. Sparre and D. Pauly, 1994.** The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FiSAT) User's Guide. FAO Computerized Information Series. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Gluycas-Millan M.G., 1994.** Reproducton, age and length of first maturity of Pacific Mackerel *Scomber japonicus* (HOUTTUYN, 1872) in Vizcaino Bay. *Ciencias Marinas*, 20(3): 409-419.
- Grant A., 1989.** The use of graphical methods to estimate demographic parameters. *Journal of Marine Biology Ass. U.K.*, 69: 367-371.
- Harding J. P., 1949.** The use of probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distributions. *Journal of Marine Biology Ass. U.K.*, 28: 141-153.

- Holzlohner S. and Kloxin G., 1982.** On the species composition and the length-age structure of the important pelagic fishes off North West Africa 1981. *International Council for the Exploration of the Sea, C.M.* 1982 / 4:55, Pelagic Fish Committee.
- Hunter R.J. and C.A. Kimbrell, 1980.** Early life history of pacific Mackerel, *Scomber japonicus*. *Fishery Bulletin*: Vol. 78(1): 89-101.
- Jearld Ambrose Jr., 1983.** Age determination. In: Fishery Techniques, L.A. Nielsen and D.L. Johnson eds, The American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA, pp. 301-324.
- King M., 1995.** Fisheries Resources. In: Fisheries Biology, Assessment and Management. Fishing News Books, Blackwell Science Ltd, 338 p.
- Kotlyar N.A. and A.A. Abramov, 1982.** Some biological properties of Peruvian Mackerel, *Scomber japonicus peruanus* (Scombridae). *Journal of Ichthyology*, vol. 22(6): 91-101.
- Kramer D., 1969.** Synopsis of the biological data on the Pacific mackerel *S. japonicus* Houttuyn (Northeast Pacific). *U.S. Fish and Wildlife Serv., Circ.* 302: 18 p.
- Λαζαρίδου-Δημητριάδου Μ., 1984.** Γενική Ζωολογία. Εκδόσεις Αφων Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη, 447 σελ.
- Lorenzo M.J., J.G. Pajuelo and A.G. Ramos, 1995.** Growth of the chub mackerel *Scomber japonicus* (Pisces:Scombridae) off the Canary Islands. *Scientia Marina*, 59(3-4): 287-291.
- Macpherson E. and C. M. Duarte, 1991.** Bathymetric trends in demersal fish size: is there a general relationship?. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 71: 103-112.
- Μαρκάκης Γ., 1993.** Στατιστική. Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Πανεπιστήμιο Κρήτης, 175 σελ.
- Martins M.M. and S. Gordo, 1984.** On the comparison of spanish mackerel (*Scomber japonicus* Houttuyn, 1782) from Gorringe Bank and Peniche. *International Council for the Exploration of the Sea C.M.*, 1984/H:50, 14p.
- Matsui T., 1967.** Review of the Mackerel genera *Scomber* and *Rastrelliger* with description of a new species of *Rastrelliger*. *Copeia*, 1: 71-83.
- Morales-Nin B., 1988.** Crecimiento de *Scomber japonicus* (Houttuyn, 1782) (Pisces: Scombridae) y *Sardinops sagax* (Jenyns, 1923) (Pisces: Clupeidae) en aguas ecuatorianas. *Inv. Pesq.*, 52(4): 483-500.
- Moreau J., 1987.** Mathematical and biological expression of growth in fishes: Recent trends and further developments. In: The Age and Growth of Fish, R.C. Summerfelt and G.E. Hall (eds). The Iowa State University Press, 544 p.
- Novikov V. Yu., 1986.** Some trends of distribution and migration of common pelagic fishes of the Northwestern Pacific Ocean. *Journal of Ichthyology*, vol. 26(2): 161-172.

- Olvera Limas R.M., 1975.** Distribucion de larvas de macarela (*Scomber japonicus* Houttuyn) en las sur y central del Golfo de California, en abril de 1972. Mexico, Inst. Nat. Pesca, Serie Cient., INP/SC: 12: 15 p.
- Perrorra G. R., 1992.** Growth of Mackerel (*Scomber japonicus* Houttuyn, 1782) from the Buenos Aires-north patagonian region (Argentine Sea). *Scientia Marina*, 56(1): 7-16.
- Petersen C. G. J., 1891.** Eine Methode zur bestimmung des Alters und Wuchses der Fische. *Mitt. Deut. Seefisch*, 11: 226-235.
- Pitcher T. J. and P. D. M. Macdonald, 1973.** Two models for seasonal growth in fishes. *Journal of Applied Ecology*, 10: 599-606.
- Pozdnyakov S. E. and A. V. Vasilenko, 1994.** Distribution migration and the Helminth fauna of the Japanese mackerel *Scomber japonicus* in the northwestern Pacific Ocean. *Journal of Ichthyology*, vol. 34(4): 74-91.
- Ricker E. W., 1979.** Growth rates and models. In: Fish Physiology, volume VIII: Bioenergetics and Growth. W. S. Hoar, D. J. Randall and J. R. Brett eds. Academic Press Inc, pp 678-743.
- Rodriguez-Roda J., 1982.** Biología de la caballa (o estornino), *Scomber (Pneumatophorus) japonicus* Houttuyn (1782) del golfo de Cadiz. *Inv. Pesq.*, 46(1): 143-159.
- Schaefer M.K., 1980.** Synopsis of biological data on the chub mackerel, *Scomber japonicus* Houttuyn, 1782, in the Pacific Ocean. In: Synopsis of biological data on Eight Species of Scombrids. Bayliff W. H. (ed). *Spec. Rep. inter-Am. trop. Tuna Commn 2*: 395-446.
- Secor H.D., J. M. Dean and E.H. Laban, 1992.** Manual for Otolith Removal and Preparation for Microstructural Examination. Electric Power Research Institute and the Belle W. Baruch Institute for Marine Biology and Coastal Research, 77p.
- Siegel S. and N.J. Castellan Jr., 1989.** The case of k independent samples. In: Nonparametric Statistics for the behavioral sciences. McGraw-Hill International Editions, Statistics series, Second edition, pp.190-223.
- Τσιμενίδης Ν., 1995.** Ηλικία και Ανάπτυξη. Από: Σημειώσεις Αλιευτικής Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Κρήτης, σελ. 73-130.
- Uda M., 1970.** Advances in fisheries oceanography of japan from 1967 to 1969. *Jap. Soc. Fish. Ocean.*, Advances Fish. Ocean., 3: 1-15.
- Watanabe T., 1970.** Morphology and ecology of early stages of life in Japanese common mackerel, *Scomber japonicus* Houttuyn, with special reference to fluctuation of population. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, 62: 283 p.
- Wilkinson L., 1988.** Systat for Windows 5.02: The system for statistics. Evanston, IL: Systat Inc.
- Wootton R.J., 1990.** Growth. In: Ecology of Teleost Fishes, Chapman and Hall, pp.117-158.
- Zar H.J., 1996.** Biostatistical Analysis, Third Edition. Prentice-Hall Inc., USA, 662 p.

