

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΑΤΙΝΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών "Μεσογειακή
Υδατοκαλλιέργεια"



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Μορφομετρική μελέτη του ωτόλιθου του λεοντόψαρου (*Pterois*
miles) στο νότιο Αιγαίο Πέλαγος»**



Κουλοχέρη Ζωή

Βόλος, 2024

**«Otolith morphometric study of the devil firefish (*Pterois miles*)
in the south Aegean Sea»**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

1) Δημήτριος Κλαουδάτος, Αναπληρωτής Καθηγητής-Αλιεία, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας & Υδάτινου περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Επιβλέπων*.

2) Παναγιώτα Παναγιωτάκη, Καθηγήτρια-Υδατοκαλλιέργειες, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας & Υδάτινου περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Μέλος*.

3) Νικόλαος Νεοφύτου, Αναπληρωτής Καθηγητής-Υδατοκαλλιέργειες και Περιβάλλον, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας & Υδάτινου περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Μέλος*.

*Στην αγαπημένη οικογένεια μου και στους
πολύτιμους συνεργάτες, που βοήθησαν στην
πραγμάτωση κι ολοκλήρωσή της εργασίας.*

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

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

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Νεοφύτου Νικόλαο για την άμεση κι ανιδιοτελή βοήθειά του, όσον αφορά την προμήθεια εργαστηριακού υλικού, τον Υδροβιολογικό Σταθμό της Ρόδου (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.) κι ειδικότερα τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Κονδυλάτο Γεράσιμο και τους συνεργάτες του για την παροχή πολύτιμων ερευνητικών δειγμάτων και δεδομένων, καθώς και την προπτυχιακή φοιτήτρια κ. Καραγιαούροβα Θεοδώρα για την αμέριστη βοήθεια και συμπαράστασή της κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου, για την αμέριστη βοήθεια και προ πάντων κατανόηση κι ανοχή καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το είδος *Pterois miles* χαρακτηρίζεται ως ξενικό χωροκατακτητικό κι ανήκει στους λεσεψιανούς μετανάστες, όπου εξαιτίας ποικίλων φυσικών, βιολογικών κι ανθρωπογενών παραγόντων έχει πρόσφατα επιτυχώς εξαπλωθεί από τον Ινδικό Ωκεανό στην ανατολική λεκάνη της Μεσογείου θάλασσας. Οι ωτόλιθοι *Sagittae sagittae* από τα 363 αλιευμένα θηλυκά (184) κι αρσενικά (179) άτομα του λεοντόψαρου *Pterois miles* (Bennett, 1828) από 3 αλιευτικές περιοχές της νήσου Ρόδου, μετρήθηκαν, ζυγίστηκαν και τα μορφομετρικά τους χαρακτηριστικά αξιολογήθηκαν. Οι αριστεροί ωτόλιθοι παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο πλάτος. Εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του πλάτους και του βάρους των θηλυκών και αρσενικών ωτόλιθων στους δεξιούς ωτόλιθους και του συνολικού πλάτους στους αριστερούς ωτόλιθους, με τους ωτόλιθους των αρσενικών να παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές και στις δύο περιπτώσεις σε αντιστοιχία με τα μεγαλύτερα αρσενικά. Χωρικά στην περιοχή 3 (μικρότερη συγκριτικά αλιευτική πίεση) παρουσιάστηκαν οι μεγαλύτεροι ωτόλιθοι ενώ χρονικά τον Χειμώνα οι μικρότεροι ωτόλιθοι, με τα μεγέθη των ωτολίθων να σχετίζονται άμεσα με τα αντίστοιχα σωματικά χαρακτηριστικά του λεοντόψαρου. Η πλειοψηφία των ωτολίθων δεν παρουσίαζε κρυσταλλοποίηση, ενώ η σχέση μήκους ωτολίθων και ολικού μήκους των ατόμων εμφάνισε ισομετρία. Ο ηλικιακός προσδιορισμός μέσω της ανάγνωσης ετήσιων δακτυλίων από τους ωτόλιθους δεν κατέστη εφικτός με τη χρήση των πρωτοκόλλων που δοκιμάστηκαν στην παρούσα εργασία. Η παρούσα μελέτη διερεύνησε τις μορφομετρικές σχέσεις των ωτολίθων του λεοντόψαρου με σκοπό να συμβάλει στην περαιτέρω κατανόηση της βιολογίας του είδους στην περιοχή μελέτης.

Λέξεις κλειδιά: ξενικά είδη, *Pterois miles*, ωτόλιθοι *sagittae*, μορφομετρικές σχέσεις

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1. ΞΕΝΙΚΑ ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ.....	1
1.1.1. Ορισμός.....	1
1.1.2. Λεσεψιανοί Μετανάστες.....	1
1.1.2.1. Καταγραφές.....	2
1.1.2.2. Απειλές.....	2
1.2. ΤΟ ΕΙΔΟΣ <i>Pterois miles</i> (Bennett, 1828).....	4
1.2.1. Ταξινόμηση και Μορφολογία.....	5
1.2.1.1. Συστηματική Ταξινόμηση	5
1.2.1.2. Μορφολογικά Χαρακτηριστικά	6
1.2.2. Βιολογικά Χαρακτηριστικά και Γεωγραφική Εξάπλωση.....	7
1.2.2.1. Διατροφή	7
1.2.2.2. Αναπαραγωγή.....	8
1.2.2.3. Βιογεωγραφία	8
1.2.2.4. Φυσικές Απειλές	9
1.3. ΩΤΟΛΙΘΟΙ SAGITTAE.....	10
1.3.1. Ακουστικό σύστημα τελεόστεων ιχθύων	10
1.3.2. Ωτόλιθοι.....	11
1.3.2.1. Δημιουργία	11
1.3.2.2. Λειτουργία.....	12
1.3.2.3. Κατηγορίες.....	12
1.3.3. Ιδιαίτερα Χαρακτηριστικά Ωτολίθων	15
1.3.3.1. Μέγεθος και Σχήμα.....	15
1.3.3.2. Αραγωνίτης και Βατερίτης.....	17
1.3.3.3. Δακτύλιοι	17
1.3.4. Τρόποι χρήσης των Ωτολίθων Sagittae	18
1.4. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	20
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	21
2.1. ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	21
2.1.1. Χρόνος Αλιείας.....	21
2.1.2. Περιοχή Αλιείας	21
2.1.3. Συνθήκες Αλιείας.....	23
2.1.4. Τρόπος Αλιείας.....	24

2.2. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ.....	24
2.3. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....	26
2.3.1. Ηλεκτρονική Απεικόνιση και Μέτρηση.....	26
2.3.2. Μέτρηση Βάρους	28
2.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	28
2.4.1. Περιγραφική Στατιστική	28
2.4.2. Επαγωγική Στατιστική	28
2.4.3. Αλλομετρία-Ισομετρία.....	30
2.4.4. Αναλογία Αραγωνίτη:Βατερίτη	30
2.4.5. Υπολογισμός Ηλικίας	31
2.4.5. Χρησιμοποιούμενο Λογισμικό	31
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	32
3.1. ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΩΤΟΛΙΘΩΝ.....	32
3.1.1. Αριστεροί-Δεξιοί Ωτόλιθοι.....	32
3.1.2. Ωτόλιθοι ανά Φύλο	36
3.1.3. Ωτόλιθοι ανά Αλιευτικό Πεδίο	41
3.1.4. Ωτόλιθοι ανά Εποχή	44
3.1.5. Ωτόλιθοι ανά Υλικό Σύστασης	47
3.1.6. Γενικευμένα Γραμμικά Μοντέλα (GLM)	52
3.2. ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΛΕΟΝΤΟΨΑΡΟΥ ΚΙ ΩΤΟΛΙΘΩΝ.....	54
3.3. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΚΑΤΑ PEARSON.....	55
3.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΗΛΙΚΙΑΣ	55
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	58
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	64
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	65
6.1. ΕΛΛΗΝΙΚΗ.....	65
6.2. ΞΕΝΗ	65
7. ABSTRACT	85

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΞΕΝΙΚΑ ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ

1.1.1. Ορισμός

Ξενικά είδη χαρακτηρίζονται οι οργανισμοί, που έχουν εισαχθεί φυσικά ή με πρόθεση ή τυχαία σε περιοχές εκτός των φυσικών τους ενδιαιτημάτων, έχοντας την ικανότητα εύκολης προσαρμογής, εγκατάστασης, γρήγορης αναπαραγωγής, επικράτησης και κυριαρχίας επί των αυτόχθονων ειδών (εισβολικά/χωροκατακτητικά/επεμβατικά κ.ά. ξενικά είδη) (Λεγάκις & Μαραγκού, 2009).

Σε πολλές χώρες τα εισβολικά ξενικά είδη χαρακτηρίζονται το υπ' αριθμόν δύο οικολογικό πρόβλημα μετά την απώλεια των ενδιαιτημάτων, καθώς τροποποιούν και διαταράσσουν τα καινούργια οικοσυστήματα εποίκισμού τους, προκαλώντας παράλληλα κοινωνικό-οικονομικά ζητήματα (Λεγάκις & Μαραγκού, 2009; NOAA, 2019; Kleitou et al., 2022; Rutledge et al., 2022; Rafferty, 2023).

1.1.2. Λεσεψιανοί Μετανάστες

Στην θαλάσσια περιοχή της Μεσογείου, παρατηρείται το φαινόμενο των λεσεψιανών μεταναστών, περιλαμβάνοντας τα θαλάσσια ξενικά είδη, που μεταναστεύουν μέσω της Διώρυγας του Σουέζ κυρίως από την Ερυθρά Θάλασσα στην Μεσόγειο (σπάνια το αντίστροφο).

1.1.2.1. Καταγραφές

Η Μεσόγειος Θάλασσα αντιπροσωπεύει περίπου το 0,82% της έκτασης και το 0,3% του όγκου του παγκόσμιου ωκεανού, περιέχοντας το 4-18% (περίπου 17 χιλ. είδη) των περιγραφόμενων θαλάσσιων ειδών (Coll et al., 2010; Katsanevakis et al., 2014). Περισσότερα από 1000 μη ενδημικά θαλάσσια είδη έχουν εισαχθεί, με το ποσοστό εγκατάστασής τους να έχει αυξηθεί κατά 40% την τελευταία δεκαετία (Galil et al., 2018; Zenetos et al., 2022a; Zenetos et al., 2022b). Στις Ελληνικές θάλασσες μέχρι σήμερα και σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα στοιχεία, έχουν καταγραφεί 45 ξενικά είδη οστεϊχθύων (τα 40 είναι λεσεψιανοί μετανάστες) και τα 22 από αυτά έχουν χαρακτηριστεί εισβολικά ξενικά είδη (Zenetos et al., 2020; Arianoutsou et al., 2023).

Από τα γνωστότερα είδη ιχθύων που χαρακτηρίζονται λεσεψιανοί μετανάστες, θεωρείται το κοινό λεοντόψαρο (*Pterois miles*), με την πρώτη καταγραφή ενός ατόμου του είδους στη Μεσόγειο Θάλασσα να συμβαίνει στις ακτές του Ισραήλ το έτος 1991 και μετά από αρκετά χρόνια δύο δείγματα συνελήφθησαν στις ακτές του Λιβάνου το 2012, άλλα δυο στα ανοικτά της Κύπρου το 2012, ένα στην θαλάσσια περιοχή της Ελλάδας (Ρόδος) το 2015, ένα στις ακτές της Τουρκίας, στην Τυνησία, στη Συρία και στη νότια Ιταλία το 2016 (Golani & Sonin, 1992; Bariche et al., 2013; Turan et al., 2014; Crocetta et al., 2015; Iglésias & Frotté, 2015; Oray et al., 2015; Ali et al., 2016; Azzurro et al., 2017). Ακόμη πιο πρόσφατα, αναφέρθηκαν αρκετές καταγραφές του στη νότια Τουρκία, υποδεικνύοντας μια δυτική μετανάστευση του είδους προς το Αιγαίο Πέλαγος (Πίν. 1.1.) (Turan & Öztürk, 2015).

1.1.2.2. Απειλές

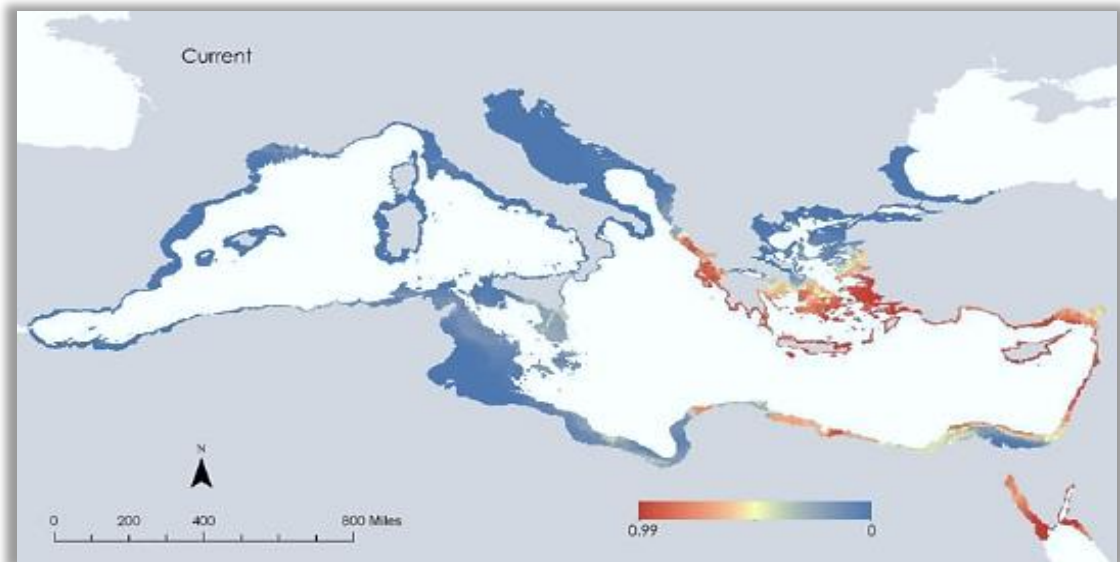
Τα μεσογειακά θαλάσσια οικοσυστήματα αντιμετωπίζουν πολλαπλές ανθρωπογενείς απειλές όπως η κλιματική αλλαγή, η αλιεία, οι εισβολές ξενικών ειδών

κ.ά., όπου με τις θερμοκρασίες των θαλάσσιων υδάτων να αυξάνονται σταθερά και τη διεύρυνση των τεχνητών θαλάσσιων διόδων, τα θερμόφιλα ξενικά είδη εξαπλώνονται κυρίως στην ανατολική λεκάνη της μέσω της Διώρυγας του Σουέζ, υπολογίζοντας πως το συγκεκριμένο πρόβλημα θα επιδεινωθεί, αφού ο αριθμός των καταγεγραμμένων εισαγωγών είναι πολύ υψηλότερος εκεί απ' ό,τι σε άλλες ευρωπαϊκές θάλασσες (Lejeune et al., 2010; Kletou & Hall-Spencer, 2012; Katsanevakis et al., 2014; Nunes et al., 2014; Galil et al., 2015; Montefalcone et al., 2015).

Όσον αφορά τα είδη ιχθύων που ανήκουν στους λεσεψιανούς μετανάστες, αυτά αυξάνονται ραγδαία κι ειδικότερα το *P. miles* (Bennett, 1828) αποτελεί ένα από τα πιο πρόσφατα κι επιτυχημένα ξενικά είδη προερχόμενο από τον Ινδικό-Ειρηνικό Ωκεανό και την Ερυθρά Θάλασσα, όντας σοβαρή απειλή για τα θαλάσσια οικοσυστήματα των περιοχών της ανατολικής Μεσογείου κι όχι μόνο (νότιο-ανατολικός Ατλαντικός Ωκεανός). Η επιτυχής εξάπλωση και πολλαπλασιασμός των κοινών λεοντόψαρων αποδίδεται στην υπερθέρμανση της Μεσογείου Θάλασσας, στα εξωτερικά βιολογικά χαρακτηριστικά, στην ευρεία οικοφυσιολογική ανοχή, την υψηλή γονιμότητα, στην ταχεία ανάπτυξη, στις γενικευμένες διατροφικές συνήθειες και στις άμυνες ενάντια στους θηρευτές τους (Πίν. 1.1.) (Côté & Smith, 2018). Ωστόσο, παρατηρείται κάποια μείωση της πυκνότητας των πληθυσμών τους, σε περιοχές που εισέβαλαν για πρώτη φορά, καθώς κι ότι η επιτυχής εισβολή τους σε ολόκληρη τη Μεσόγειο Θάλασσα θεωρείται αμφίβολη, λόγω των δυσμενών ωκεανογραφικών συνθηκών που περιορίζουν την ευρεία διασπορά των προνυμφών των λεοντόψαρων (Schofield, 2009; Côté et al., 2013; Johnston & Purkis, 2014; Johnson & Swenarton, 2016; Kletou et al., 2016; Côté & Smith, 2018; Froese & Pauly, 2019).

Εφόσον το λεοντόψαρο ως χωροκατακτητικό είδος προκαλεί περιβαλλοντικά ζητήματα, κρίνεται απαραίτητη η λήψη μέτρων μείωσης κι ελέγχου των πληθυσμών

του στην Μεσόγειο Θάλασσα. Κάποια από αυτά τα μέτρα θεωρούνται η αλιεία ατόμων του είδους, συνδυαστικά με τη μείωση της αλιείας ειδών που αποτελούν φυσικούς θηρευτές των λεοντόψαρων και ειδών που βρίσκονται στο Κόκκινο Βιβλίο -και παράλληλα πλήττονται από τα λεοντόψαρα (Mumby et al., 2011). Με βάση όλα τα παραπάνω θεωρείται σημαντική η ολοένα και περισσότερη έρευνα και μελέτη, διαφόρων και περεταίρω πτυχών της βιολογίας κι οικολογίας του είδους *P. miles* στις συνθήκες της Μεσογείου Θάλασσας, κατανοώντας κι αξιολογώντας καλύτερα το φαινόμενο και τη δυναμική της εισβολής του (Micheli et al., 2013; Boero, 2015).



Εικόνα 1.1. Δυνητική γεωγραφική κατανομή του λεοντόψαρου υπό τις παρούσες συνθήκες (2000-2014) (Poursanidis et al., 2022).

1.2. ΤΟ ΕΙΔΟΣ *Pterois miles* (Bennett, 1828)

Με την ονομασία «λεοντόψαρο» η επιστημονική κοινότητα αναφέρεται στα δύο είδη του γένους *Pterois*, πιο συγκεκριμένα τα *P. miles* και *P. volitans* (Farquhar, 2016). Τα δύο αυτά είδη φαινοτυπικά κι ηθολογικά φαίνονται παρόμοια, με τις μόνες φαινοτυπικές διαφορές να εντοπίζονται στο σχήμα της κάτω γνάθου και στον αριθμό των μαλακών ακτινών του ραχιαίου και του εδρικού πτερυγίου, συνδυαστικά με το διαφορετικό γεωγραφικό εύρος εξάπλωσης, ενώ σε γενετικό επίπεδο οι διαφορές είναι

πιο ξεκάθαρες, διαχωρίζοντας οριστικά τα δύο αυτά είδη (Schultz, 1986; Farquhar, 2016).

Όσον αφορά το *P. miles* είναι ένα θαλάσσιο, χωροκατακτητικό, σαρκοφάγο-αδηφάγο, αρπακτικό, γονοχωριστικό και δηλητηριώδες είδος τελεόστεου ιχθύος (Εικ. 1.2.) (Motomura et al., 2018).



Εικόνα 1.2. Το είδος *P. miles* (Πηγή: Clarke, 2023).

1.2.1. Ταξινόμηση και Μορφολογία

1.2.1.1. Συστηματική Ταξινόμηση

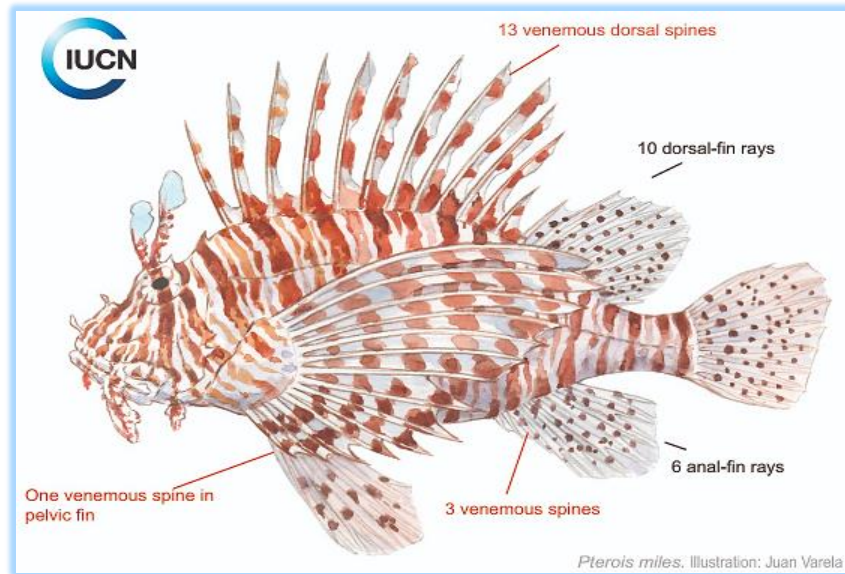
Το είδος *P. miles* (Bennett, 1828) ταξινομείται στις εξής κατηγορίες: Animalia: Chordata: Vertebrata: Gnathostomata: Actinopterygii: Actinopteri: Teleostei: Scorpaeniformes: Scorpaenoidei: Scorpaenidae: Pteroinae: Pterois: *Pterois miles* και κατατάσσεται στην κατηγορία κινδύνου 'Least Concern' (LC) (Πίν. 1.1.) (IUCN, 2023). Το συγκεκριμένο είδος αναφέρεται και με τις κοινές ονομασίες κοινό λεοντόψαρο, lionfish, devil firefish κ.ά. (Motomura et al., 2018; NOAA, 2023).

Πίνακας 1.1. Συστηματική ταξινόμηση του λεοντόψαρου (IUCN, 2023).

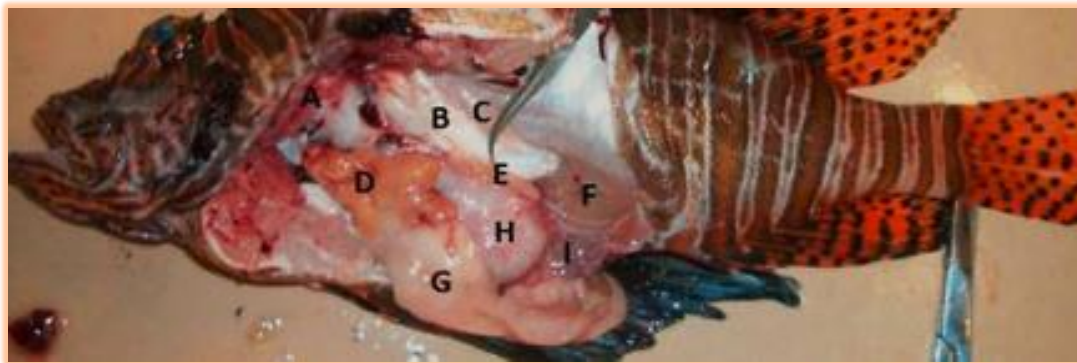
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ	
Kingdom	Animalia
Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata
Infraphylum	Gnathostomata
Gigaclass	Actinopterygii
Superclass	Actinopteri
Class	Teleostei
Order	Scorpaeniformes
Suborder	Scorpaenoidei
Family	Scorpaenidae
Subfamily	Pteroinae (Kaup, 1873)
Genus	Pterois (Oken, 1817)
Species	<i>Pterois miles</i> (Bennett, 1828)

1.2.1.2. Μορφολογικά Χαρακτηριστικά

Στην εξωτερική μορφολογία το είδος *P. miles* παρουσιάζει συνδυασμό λευκών και κοκκινωπών ή καστανών ή γκρι χρωματισμών με τη μορφή πολλών λεπτών σκούρων ραβδώσεων στο σώμα και στο κεφάλι, τα λέπια έχουν κυκλοειδή μορφή κι αποτελείται συνολικά από 2 ελαφρά κλιμακωτές σαρκώδεις προεξοχές πάνω από την οφθαλμική κοιλότητα και κάτω από την κάτω γνάθο, 13 μακριές, δυνατές και δηλητηριώδεις σκληρές ακτίνες και 10 μαλακές ακτίνες στο ραχιαίο πτερύγιο, 14 σκληρές ακτίνες στα πλευρικά πτερύγια, 3 μακριές και δηλητηριώδεις σκληρές ακτίνες κι 6 μαλακές ακτίνες στο εδρικό πτερύγιο, 1 δηλητηριώδη σκληρή ακτίνα και 5 πλατιές, λείες ακτίνες στο θωρακικό πτερύγιο και 10 ακτίνες στο ουραίο πτερύγιο (Εικ. 1.3), ενώ τα ενήλικα άτομα αναπτύσσουν και μια ζώνη μικρών σκληρών ακτινών κατά μήκος του μάγουλου και μικρές κηλίδες στα πλευρικά πτερύγια (Eschmeyer, 1986; Kuiter & Tono-zuka, 2001; Froese & Pauly, 2019; NOAA, 2023). Ενήλικα άτομα έχουν παρατηρηθεί με ολικό μήκος 25-46 cm και νεαρά ιχθύδια με μήκος 3 cm (Poss, 1999; Froese & Pauly, 2019; NOAA, 2023).



Εικόνα 1.3. Εξωτερική μορφολογία του είδους *P. miles* (IUCN, 2016).



Εικόνα 1.4. Εσωτερική μορφολογία του λεοντόψαρου: (A) Βράγχια, (B) Νηκτική κύστη, (C) Μυϊκός ιστός νηκτικής κύστης, (D) Συκώτι, (E) Γονάδες, (F) Ουρογεννητικός πόρος, (G) Περισπλαχνικό λίπος, (H) Στομάχι, (I) Έντερο (Green et al., 2012).

1.2.2. Βιολογικά Χαρακτηριστικά και Γεωγραφική Εξάπλωση

1.2.2.1. Διατροφή

Η διατροφή του λεοντόψαρου ποικίλει και προσαρμόζεται με βάση τον τύπο του οικοτόπου και την διαθεσιμότητα των θηραμάτων, περιλαμβάνοντας κυρίως άλλα είδη μικρών ιχθύων -κυρίως βενθικών- αλλά και καρκινοειδών και κρυπτικής πανίδας, με τις ιδανικότερες ώρες σίτισης να χαρακτηρίζονται οι πρώτες πρωινές (Fishelson, 1975; Motomura et al., 2018).

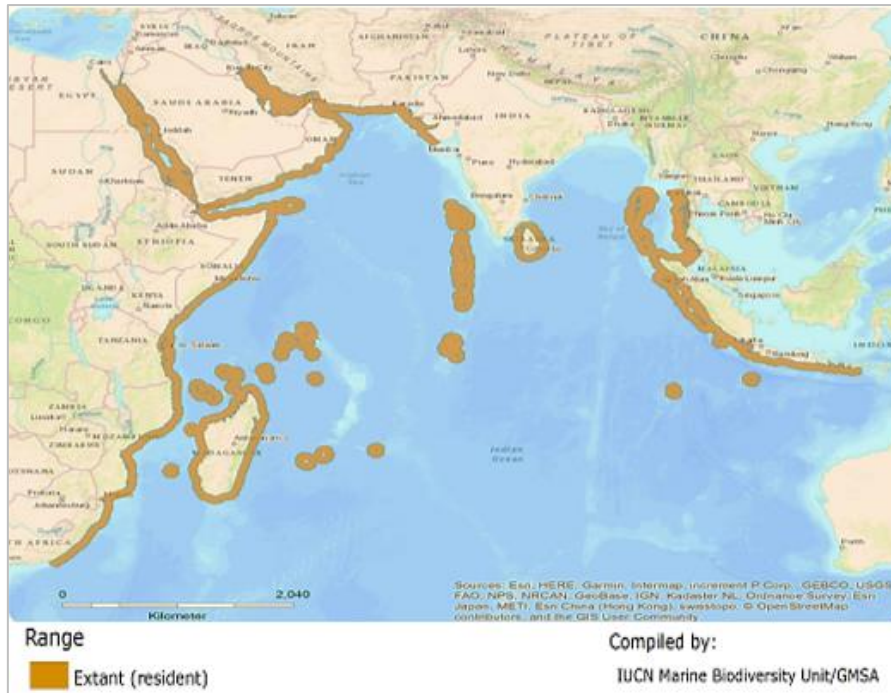
1.2.2.2. Αναπαραγωγή

Ο αναπαραγωγικός κύκλος των ατόμων του είδους παραμένει κατά βάση άγνωστος ωστόσο είναι γνωστή η πρόιμη γενετική ωρίμανση τους πριν από τον πρώτο χρόνο ζωής τους (θηλυκά: ωριμάζουν σε ολικό μήκος περίπου 170 mm, αρσενικά: ωριμάζουν σε ολικό μήκος περίπου 100 mm), η δυνατότητα αναπαραγωγής όλο τον χρόνο κυρίως τις απογευματινές-βραδινές ώρες κι ο μικρός σεξουαλικός διμορφισμός στα αρσενικά και στα θηλυκά μόνο κατά την αναπαραγωγή (Fishelson 1975; Morris et al., 2009).

Η ωοτοκία τους συμβαίνει εξωτερικά και κορυφώνεται το καλοκαίρι, απελευθερώνοντας περίπου 2 εκ. ζελατινώδη ωάρια και σπερματοζώαρια και σχηματίζοντας τα αυγά τα οποία είναι πελαγικά και μπορούν να διασκορπιστούν σε μεγάλες αποστάσεις, με το μέγεθος των προνυμφών κατά την εκκόλαψη να είναι περίπου 1,5 mm και τη πλαγκτονική διάρκεια τους να εκτιμάται μεταξύ 25-40 ημερών (Washington et al., 1984; Leis & Rennis 2000; Morris et al., 2009).

1.2.2.3. Βιογεωγραφία

Οι οικότοποι του λεοντόψαρου περιλαμβάνουν κυρίως υφάλους αλλά και παράκτια, βραχώδη και λασπώδη ενδιαιτήματα με εύρος βάθους τα 2-80 m με συχνότερες εμφανίσεις έως 50 m (Eschemeyer, 1986; Turan et al., 2014). Γεωγραφικά είναι ευρέως διαδεδομένο στον Ινδικό Ωκεανό την Ερυθρά Θάλασσα και τον Περσικό Κόλπο (Εικ. 1.5.) (Motomura et al., 2018). Πλέον έχει επεκταθεί και στον Ατλαντικό Ωκεανό και στην Ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα (Turan et al., 2014; Motomura et al., 2018).



Εικόνα 1.5. Γεωγραφική κατανομή του *P. miles* (Motomura et al., 2018).

1.2.2.4. Φυσικές Απειλές

Σημαντικές απειλές για το είδος μέχρι στιγμής δεν υπάρχουν, με εξαίρεση λίγους φυσικούς θηρευτές (π.χ. είδη καρχαριών), λόγω των δηλητηριωδών άκανθών τους και της εξωτερικής μορφολογίας τους (Morris et al., 2009). Αξίζει να σημειωθούν οι μεμονωμένες παρατηρήσεις ενήλικων λεοντόπαρων, να σιτίζονται με ιχθύδια του ίδιου είδους (Fishelson, 1997).

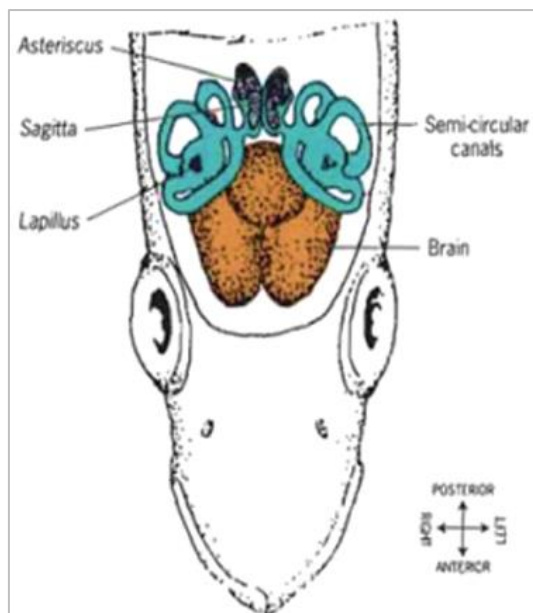
Όσον αφορά τα πληθυσμιακά δεδομένα, δεν υπάρχουν λεπτομερώς, ωστόσο έχει σταθερή άφθονη παρουσία στις περιοχές καταγωγής του καθ' όλο τον χρόνο, με τις παραμέτρους που μπορούν να το επηρεάσουν, να είναι η εποχή, η τοπική φέρουσα ικανότητα, η αλιευτική πίεση κ.ά. (Motomura et al., 2018).

1.3. ΩΤΟΛΙΘΟΙ SAGITTAE

1.3.1. Ακουστικό σύστημα τελεόστεων ιχθύων

Το ακουστικό σύστημα των τελεόστεων ιχθύων αποτελείται από το εσωτερικό αυτί (στέρηση ενδιάμεσου κι εξωτερικού λαβυρίνθου) και τους αγωγούς, οι οποίοι σχηματίζουν το σύμπλεγμα της πλευρικής γραμμής (Oxman et al., 2007; Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2015).

Ο λαβύρινθος βρίσκεται στην κρανιακή κοιλότητα κι απ' τις δύο μεριές του εγκεφάλου, είναι οστέινος κι υμενώδης και περικλείεται μέσα σε μια κάψα (Secor et al., 1992; Oxman et al., 2007; Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2015). Ο υμενώδης λαβύρινθος αποτελείται από το κυστίδιο και το σακίδιο και χωρίζονται από μια περίσφιξη (Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2015). Από το κυστίδιο αποσπώνται οι τρεις θάλαμοι, που περικλείουν τους τρεις ημικυκλικούς αγωγούς (Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2015). Στο κάτω μέρος των αγωγών αυτών υπάρχουν τρεις διογκώσεις, οι οποίες ονομάζονται ακουστικές κηλίδες (sacculus, lagena και utricle) (Oxman et al., 2007; Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2015). Κάθε ακουστική κηλίδα αποτελείται από κύτταρα, που φέρουν αισθητήριες ίνες, πάνω στις οποίες βρίσκονται τοποθετημένοι τρεις μικροί ασβεστολιθικοί κρύσταλλοι, οι οποίοι καλούνται ωτόλιθοι (τοξοειδής, βελοειδής και χαλικοειδής) (Εικ. 1.8.) (Oxman et al., 2007; Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2015).



Εικόνα 1.8. Θέση των ωτολίθων, εντός του εσωτερικού αυτιού στους τελεόστεους ιχθύες. Ραχιαία όψη, του εσωτερικού αυτιού σε ένα τυπικό είδος τελεόστεου ιχθύος, το πάνω μέρος του κρανίου είναι κομμένο (μετωπιαίο τμήμα). (Ast: asteriscus, Lag: lagena, Lap: lapillus, Sac: sacculus, Sag: sagittae, Utr: utriculus) (Secor et al., 1992).

1.3.2. Ωτόλιθοι

Οι ωτόλιθοι είναι πολύπλοκα, συμπαγή και υψηλής καθαρότητας οστάρια αποτελούμενα με πάνω από 90% ανόργανο υλικό, όπως είναι οι κρύσταλλοι ανθρακικού ασβεστίου και ειδικά αραγωνίτη, οι οποίοι βρίσκονται μέσα σε οργανικό υλικό πρωτεϊνικής σύστασης ινώδους μορφής, που είναι γνωστή ως ωτολίνη και βοηθάει στην διαδικασία της ανοργανοποίησης (Borelli et al., 2003; Oxman et al., 2007, Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2015).

1.3.2.1. Δημιουργία

Η δημιουργία τους έγκειται στην εξωκύττωσή τους από επιθηλιακά κύτταρα του εσωτερικού αυτιού και εξαρτάται από τους εσωτερικούς μεταβολικούς ρυθμούς του ασβεστίου και των αμινοξέων (Mann et al., 1983). Παρουσιάζονται γενικά πλευρικά

συμπιεσμένοι και συμμετρικά αριστερά-δεξιά, με τον ωτόλιθο να έχει τρία επίπεδα προσανατολισμού, ακολουθώντας αυτά των ψαριών (ραχιαία, μετωπικά, εγκάρσια) (Panfili, 2002).

Επιπλέον, η δημιουργία τους χρονικά πραγματοποιείται στη μεταγενέστερη φάση του σταδίου του αυγού στους ιχθύες κι αναπτύσσονται σε έναν κεντρικό πυρήνα, τρισδιάστατα, συνεχώς και χωρίς εμφανή αυξητική προσαύξηση, με τον χρόνο έναρξης της σταδιακής απόκτησης δακτυλίων να διαφέρει ανά είδος (Panfili, 2002).

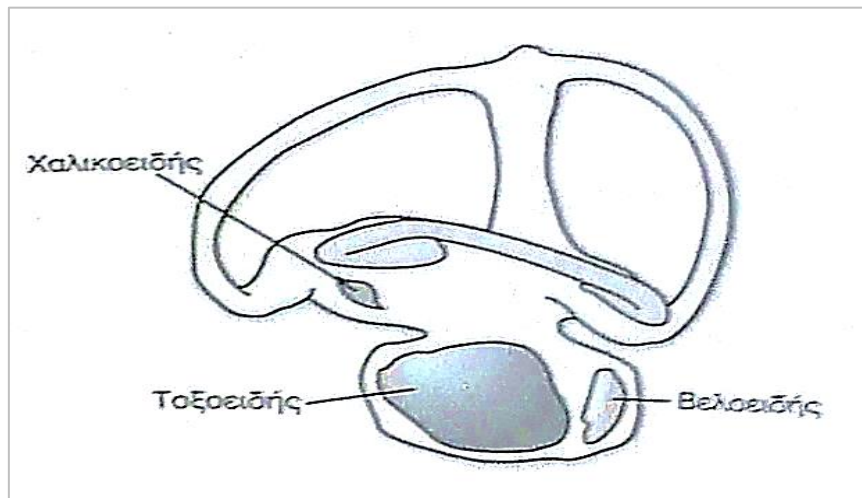
1.3.2.2. Λειτουργία

Ο ρόλος τους είναι η λήψη ήχων, η βοήθεια στην ισορροπία και στον προσανατολισμό (αντίληψη βάθους) (Morat, 2011; Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2015). Ειδικότερα, η πυκνότερη σύσταση του ωτόλιθου σχετικά με το υπόλοιπο σώμα του ιχθύος, συμβάλει στην κίνηση του ωτόλιθου, με διαφορετικό πλάτος και φάση από την αισθητήρια ωχρά κηλίδα και το σώμα, έτσι ώστε η πηγή του ήχου να διεγείρει άμεσα το εσωτερικό αυτί (Panfili, 2002). Συνδυαστικά, επειδή η νηκτική κύστη περιέχει λιγότερα πυκνά αέρια από το σώμα, τα τοιχώματα της δονούνται, παράγοντας έμμεση διέγερση μέσω της μετατόπισης του ωτόλιθου (Popper & Lu, 2000).

1.3.2.3. Κατηγορίες

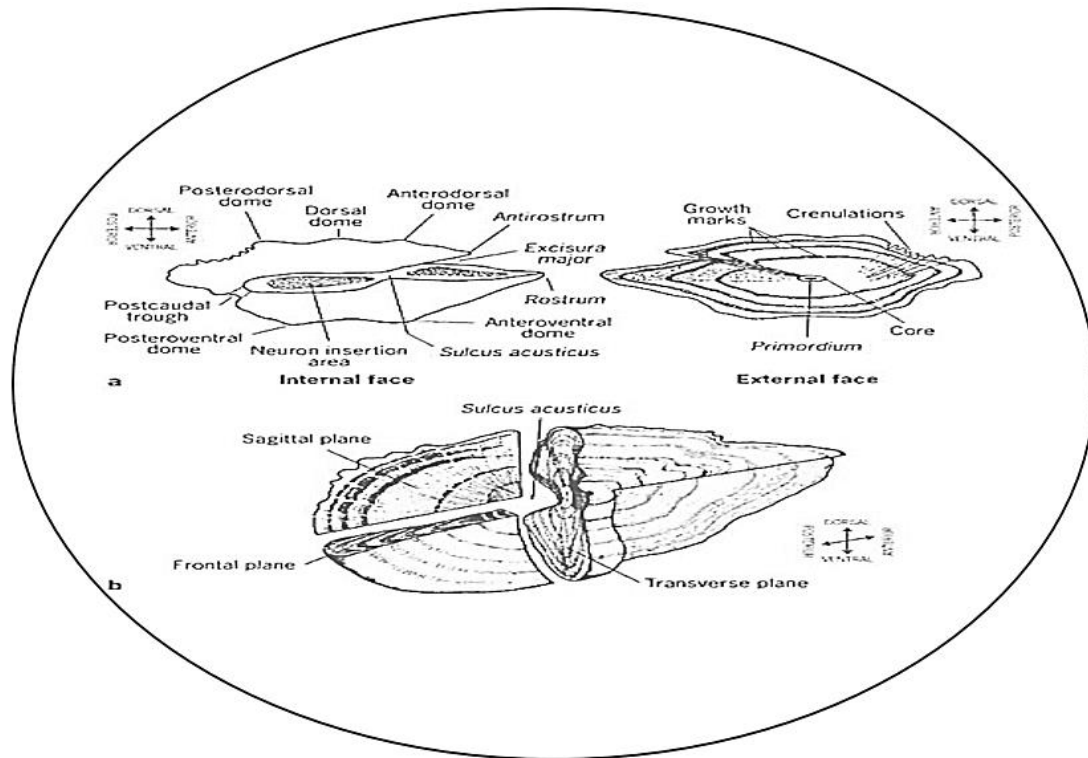
Οι ωτόλιθοι αριθμούν τρία ζεύγη, που ονομάζονται τοξοειδείς (sagittae), βελοειδείς (asteriscus) και χαλικοειδείς (lapillus) κι όλα μαζί εναλλακτικά συσκευή του Weber (Εικ. 1.9.) (Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2015). Η κάθε κατηγορία ωτολίθων έχει διαφορετικό σχήμα, μέγεθος, λειτουργίες και σύσταση και πιο συγκεκριμένα στον sagittae και στον lapillus εμφανίζονται κρύσταλλοι ανθρακικού ασβεστίου υπό τη μορφή αραγωνίτη κι επίσης στον sagittae (σε μικρότερες συχνότητες) και στον

asteriscus με μια διαυγή κρυσταλλωμένη μορφή που ονομάζεται βατερίτης (Campana, 1999; Panfili, 2002; Falini et al., 2005; Oxman et al., 2007; Trojette et al., 2014).



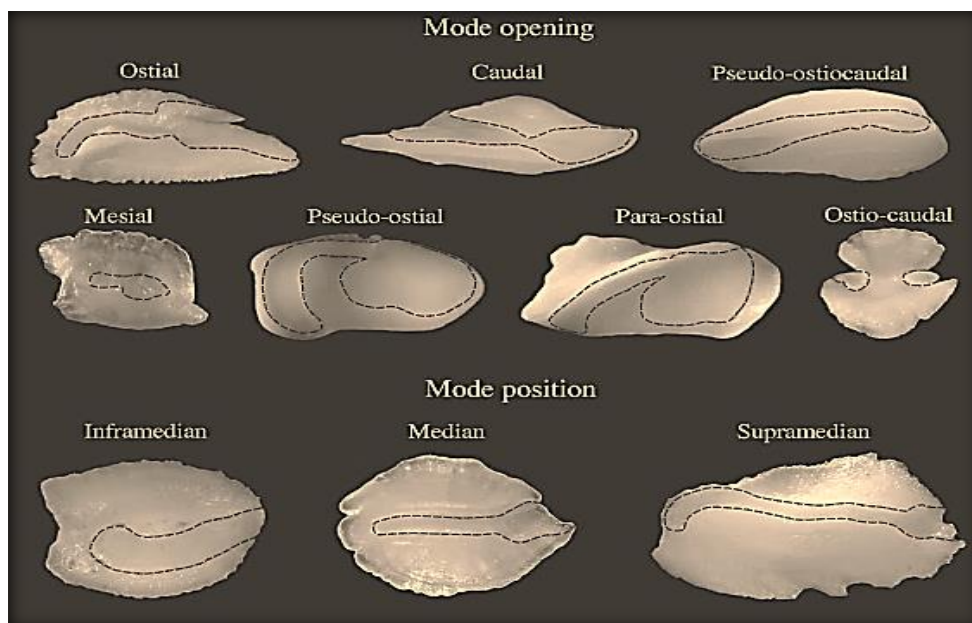
Εικόνα 1.9. Σχηματική αναπαράσταση του λαβύρινθου του εσωτερικού αυτιού τελεόστεων ιχθύων, επισημαίνοντας τις τρεις κατηγορίες ωτολίθων (Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2015).

Ο ωτόλιθος sagittae μορφολογικά είναι ελλειπτικός και πιο μυτερός στο πρόσθιο τμήμα, συμπίεζεται στον εσωτερικό-εξωτερικό άξονά του με μια κυρτή εγγύτητα, μια κοίλη κι έναν κύριο άξονα ανάπτυξης προσανατολισμένο στην πρόσθια-οπίσθια κατεύθυνση, στο εσωτερικό τμήμα περιέχει μια αυλάκωση (sulcus acusticus), ενώ το εξωτερικό τμήμα γενικά στερείται ιδιαίτερων χαρακτηριστικών (Εικ. 1.10.) (Dunkelberger et al., 1980; Fay, 1980; Plart & Popper, 1981; Panfili, 2002). Επιπλέον, είναι ο μεγαλύτερος και χρησιμοποιείται στην εκτίμηση της ηλικίας του ψαριού (Oxman et al., 2007; Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2015).



Εικόνα 1.10. Διατομή τυπικού ωτόλιθου sagittae με εικονιζόμενα τα συστατικά μέρη του. (a) Εσωτερική κι εξωτερική όψη ενός ωτόλιθου sagittae, (b) Τα τρία επίπεδα προσανατολισμού ενός ωτόλιθου sagittae (Panella, 1980).

Ένα σημαντικό μέρος στον ωτόλιθο sagittae θεωρείται η sulcus acusticus, η οποία είναι ένα ακουστικό κανάλι ή αυλάκωση, που βρίσκεται κατά μήκος της εσωτερικής όψης του ωτόλιθου. Μορφολογικά το πρόσθιο τμήμα της ονομάζεται ostium και το οπίσθιο cauda, με δυνατότητα πλήρους επέκτασής τους στα αντίστοιχα πρόσθια κι οπίσθια περιθώρια του ωτόλιθου και το σημείο συνάντησης τους ονομάζεται collum (Chollet-Villalpando et al., 2019). Η sulcus acusticus ταξινομείται με βάση τον τύπο ανοίγματος, τη θέση και την σχέση μεταξύ του ostium και του cauda (σχήμα, θέση, καμπυλότητα), καθώς ποικίλλει ανά είδος (Εικ. 1.11.) (Lemos et al., 1992/93; Nolf, 1993; Smale et al., 1995; Campana, 2004; Tuset et al., 2008).



Εικόνα 1.11. Όροι που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή διαφορετικών τύπων sulcus acusticus (περιορίζεται από μια ασυνεχή γραμμή) (Tuset et al., 2008).

Λειτουργικά επιτρέπει την επαφή με το αισθητήριο επιθήλιο του σάκου, το οποίο ελέγχει τις αντιλήψεις του εσωτερικού αυτιού (Popper & Coombs, 1982; Nolf, 1993). Ακόμα ένα διακριτό μορφολογικό χαρακτηριστικό είναι το rostrum, το οποίο βρίσκεται στο πρόσθιο κοιλιακό τμήμα του ωτόλιθου, ενώ το anti-rostrum είναι γενικά μικρότερο και τοποθετείται ραχιαία στο rostrum.

1.3.3. Ιδιαίτερα Χαρακτηριστικά Ωτολίων

1.3.3.1. Μέγεθος και Σχήμα

Οι ωτόλιθοι σχετικά με το σχήμα και τη καμπυλότητα τους είναι συγκεκριμένοι για κάθε είδος και πληθυσμό ψαριών -με κάποια να είναι ιδιαίτερα-, αξίζει να σημειωθεί η ποικιλία κι η διαφορά τους μεταξύ των οικογενειών και του σταδίου ανάπτυξης των ιχθύων, ωστόσο είδη που ανήκουν στο ίδιο γένος, παρουσιάζουν ομοιότητες στους ωτόλιθους, συνεπάγοντας έτσι υψηλή γενετική επίδραση στην ανάπτυξη των ωτολίων.

(Εικ. 1.12.) (Borelli et al., 2003; Campana, 2004; Mériço et al., 2007; Morat et al., 2008b; Trojette et al., 2014).

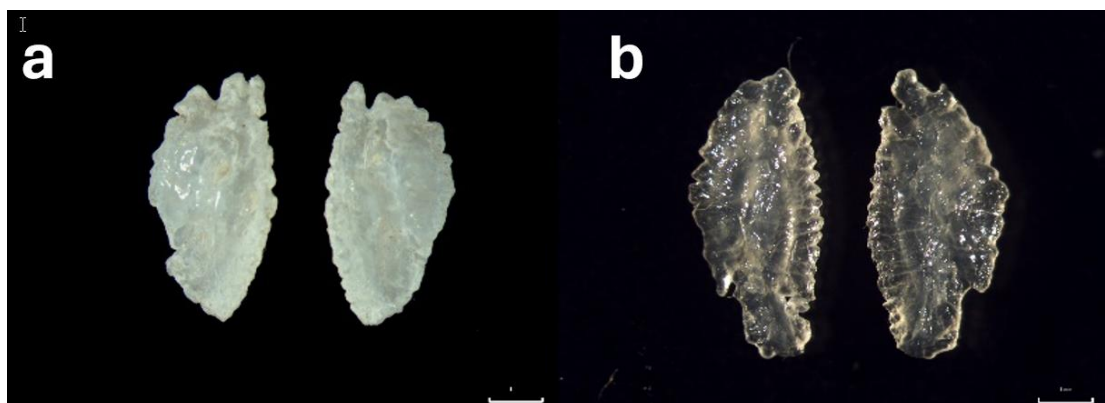
Όσον αφορά το μέγεθος τους, αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου και ποικίλλει από είδος σε είδος, με τα είδη ιχθύων που διαβιούν σε πιο εύκρατα ύδατα, να παρουσιάζουν μεγαλύτερους και βαρύτερους ωτόλιθους σχετικά με τα είδη των ψυχρότερων υδάτων, ενώ βαθυπελαγικά κι επιπελαγικά είδη επιφανειακών υδάτων παρατηρούνται με πολύ μικρούς ωτόλιθους κι άλλα ενδιαιτήματα έχουν είδη με μια σειρά μεγεθών ωτολίθων, επίσης παρατηρείται και το φαινόμενο όπου μερικά είδη έχουν σχετικά μεγάλους ωτόλιθους (π.χ. *Gatus morhua*: 25-30 mm), ενώ άλλα είδη με το ίδιο μήκος έχουν μικρότερους (π.χ. *Sparus sparus*: 0,5-1 mm) (Lombarte & Lleonart, 1993; Paxton, 2000; Tuset et al., 2008; Trojette et al., 2014; Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2015).



Εικόνα 1.12. Όροι που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τα σχήματα του περιγράμματος των ωτολίθων sagittae (Tuset et al., 2008).

1.3.3.2. Αραγωνίτης και Βατερίτης

Ο βατερίτης είναι λιγότερο πυκνός από τον αραγωνίτη και συχνά εναποτίθεται με ακανόνιστο σχέδιο στον ωτόλιθο (Εικ. 1.13.) (Northwood & Lewis, 1968; Zhang et al., 1995; Bowen et al., 1999). Έτσι, ορισμένες πτυχές της ανάπτυξης ωτολίθων διατηρούνται στους ωτόλιθους με τη μορφή βατερίτη, ωστόσο οι αλλαγές που προκαλούνται από αυτή την εναπόθεση -κυρίως στην πυκνότητα και στο σχήμα-, μπορούν ενδεχομένως να επηρεάσουν την ακοή, τον προσανατολισμό και την συμπεριφορά του εκάστοτε ιχθύος (Campana, 1983; Oxman et al., 2007). Οπτικά η παρουσία βατερίτη σε έναν ωτόλιθο sagittae περιγράφεται ως “κρυσταλλοποίηση”.

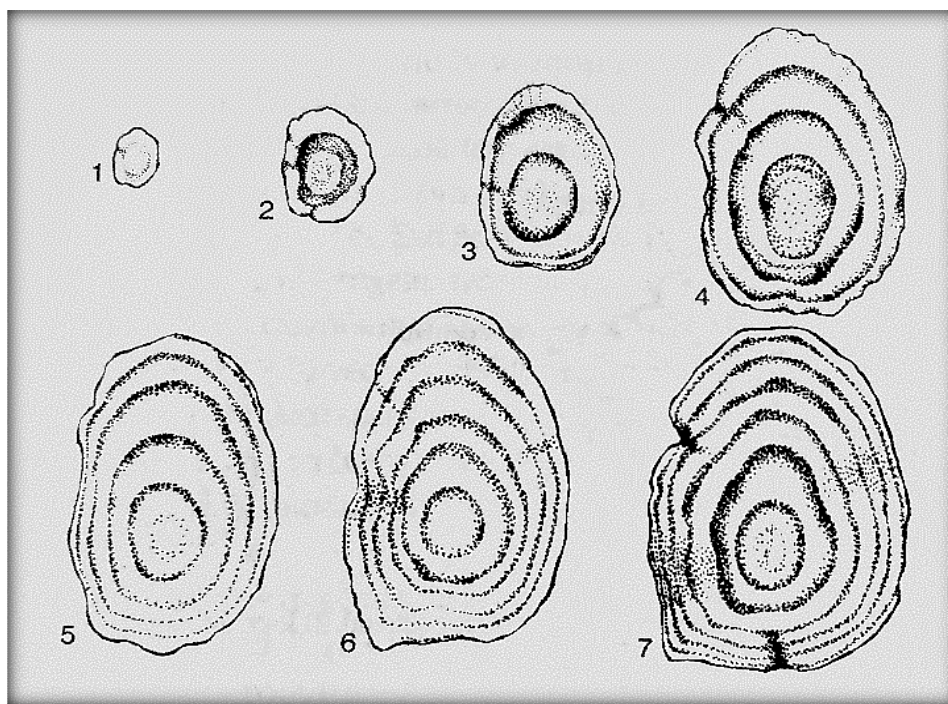


Εικόνα 1.13. Ενδεικτικά ζεύγη ωτολίθων sagittae, (a) υπό τη μορφή αραγωνίτη και (b) υπό τη μορφή βατερίτη, του είδους *P. miles* (Προσωπικό αρχείο συγγραφέως).

1.3.3.3. Δακτύλιοι

Η εμφάνιση των διάφανων και των αδιάφανων δακτυλίων ή ζωνών οφείλεται στην εναλλακτική διαφοροποίηση της ποσοτικής αναλογίας αυτών των δύο στοιχείων (Εικ. 1.14.) (Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2015). Οι δύο αυτές ζώνες διαφοροποιούνται λόγω απόθεσης περισσότερου αραγωνίτη στον ωτόλιθο, με αποτέλεσμα να δημιουργείται η αδιαφανής ζώνη (opaque), που αντιστοιχεί στις περιόδους ταχείας ανάπτυξης του ιχθύ (κυρίως αργά την Άνοιξη, Καλοκαίρι και νωρίς το Φθινόπωρο), ενώ η απόθεση

λιγότερου αραγωνίτη κατά την περίοδο βραδείας ανάπτυξης (κυρίως τον Χειμώνα) έχει ως αποτέλεσμα, να δημιουργείται η διαφανής (υαλώδης) ζώνη (hyaline) (Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2015).



Εικόνα 1.14. Σχηματική αναπαράσταση ωτολίθων για την εκτίμηση της ηλικίας των ιχθύων (οι αριθμοί δηλώνουν την ηλικία του ιχθύος) (Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2015).

1.3.4. Τρόποι χρήσης των Ωτολίθων Sagittae

Στους τελεόστεους ιχθύες οι ωτόλιθοι sagittae μέσω του μεγέθους και του σχήματός τους (γεωμετρική μορφομετρία) χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση του εκάστοτε είδους και πληθυσμού και μπορούν να παρέχουν πληροφορίες σε διαφορετικές κλίμακες, που κυμαίνονται από ημέρες έως χρόνια: σε ατομικό επίπεδο (όσον αφορά μεμονωμένες ιστορίες ανάπτυξης, αναπαραγωγής, μετανάστευσης), σε επίπεδο πληθυσμού (όσον αφορά τη διαδικασία στρατολόγησης, τη θνησιμότητα, τη χώρο-χρονική δομή των αποθεμάτων και των πληθυσμών ψαριών) και σε επίπεδο οικοσυστήματος (όσον αφορά την ανασύνθεση πληροφοριών, σχετικά με

προηγούμενες περιβαλλοντικές συνθήκες, μέσω της επίδρασης αυτών των συνθηκών στις φυσιολογικές διεργασίες που ελέγχουν το σχηματισμό τους) (Begg & Brown, 2000; Cardinale et al., 2004; Ponton, 2006; Nielsen et al., 2010; Ronan, 2012; Trojette et al., 2014). Αξίζει να σημειωθεί το χαμηλό κόστος κι η υψηλή απόδοση της μεθόδου γεωμετρικής μορφομετρίας, μέσω των κατάλληλων ψηφιακών τεχνικών συστημάτων ανάλυσης εικόνας και σχήματος (Begg & Brown, 2000).

Ειδικότερα, η χρησιμοποίηση ωτολίθων για την εκτίμηση της ηλικίας των ψαριών είναι οπτική και στηρίζεται στην ικανότητα και πείρα του ερευνητή Ιχθυολόγου συνεργατικά με ποικιλία ηλεκτρονικών μέσων (ηλεκτρονικός υπολογιστής, εξειδικευμένα λογισμικά κ.ά.) (Νεοφύτου & Νεοφύτου). Έτσι, η χρήση των ωτολίθων για τον ηλικιακό προσδιορισμό παρουσιάζουν μερικά βασικά πλεονεκτήματα, όπως ότι σχηματίζονται κατά την περίοδο της εμβρυακής ανάπτυξης κι επομένως περιλαμβάνεται όλη η ανάπτυξη του ψαριού, μπορούν να δείξουν την καθημερινή αύξηση για τα νεαρά άτομα (σε ορισμένα είδη) μέσω του ημερήσιου σχηματισμού αύξησης (Pannella, 1971; Campana & Neilson, 1985; Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2015). Το κυριότερο μειονέκτημα είναι, ότι για να χρησιμοποιηθούν, πρέπει να θανατωθεί ο ιχθύς, με το πρόβλημα αυτό να μεγαλώνει, όταν πρόκειται να μελετηθούν σπάνια είδη, των οποίων ο πληθυσμός βρίσκεται σε κρίσιμο σημείο, καθώς κι ότι σε κάποιες περιπτώσεις η οπτική διάκριση των συνόρων των ετήσιων δακτυλίων κι ο ορισμός του πυρήνα και του πρώτου ετήσιου δακτυλίου τους είναι αρκετά δύσκολη, συνδυαστικά με την πιθανή παρουσία ψευδών δακτυλίων που μπορεί να συγχέονται με τους ετήσιους δακτυλίους, οι οποίοι μπορεί και να συσσωρεύονται με το πέρασμα της ηλικίας (Alheit & Pitcher, 1995; Piñeiro & Sainza, 2003; Morales-Nin & Moranta, 2004; Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2015).

1.4. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή είχε ως στόχο τη μελέτη μορφομετρικών χαρακτηριστικών των ωτολίθων sagittae του είδους *P. miles* στο νότιο Αιγαίο Πέλαγος και τη διερεύνηση των σχέσεων μεταξύ των χαρακτηριστικών τους και μεταξύ μορφομετρικών χαρακτηριστικών του είδους.

Επιπλέον, διερευνήθηκαν πιθανές διαφορές μεταξύ φύλων, περιοχών αλιείας και εποχών. Η παρούσα μελέτη στοχεύει στην κάλυψη ενός ερευνητικού κενού, που υπάρχει για το υπό μελέτη είδος στην Ανατολική Μεσόγειο και στη συγκέντρωση σημαντικών πληροφοριών για την εκτίμηση του αποθέματος και την ορθολογική διαχείριση του είδους.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

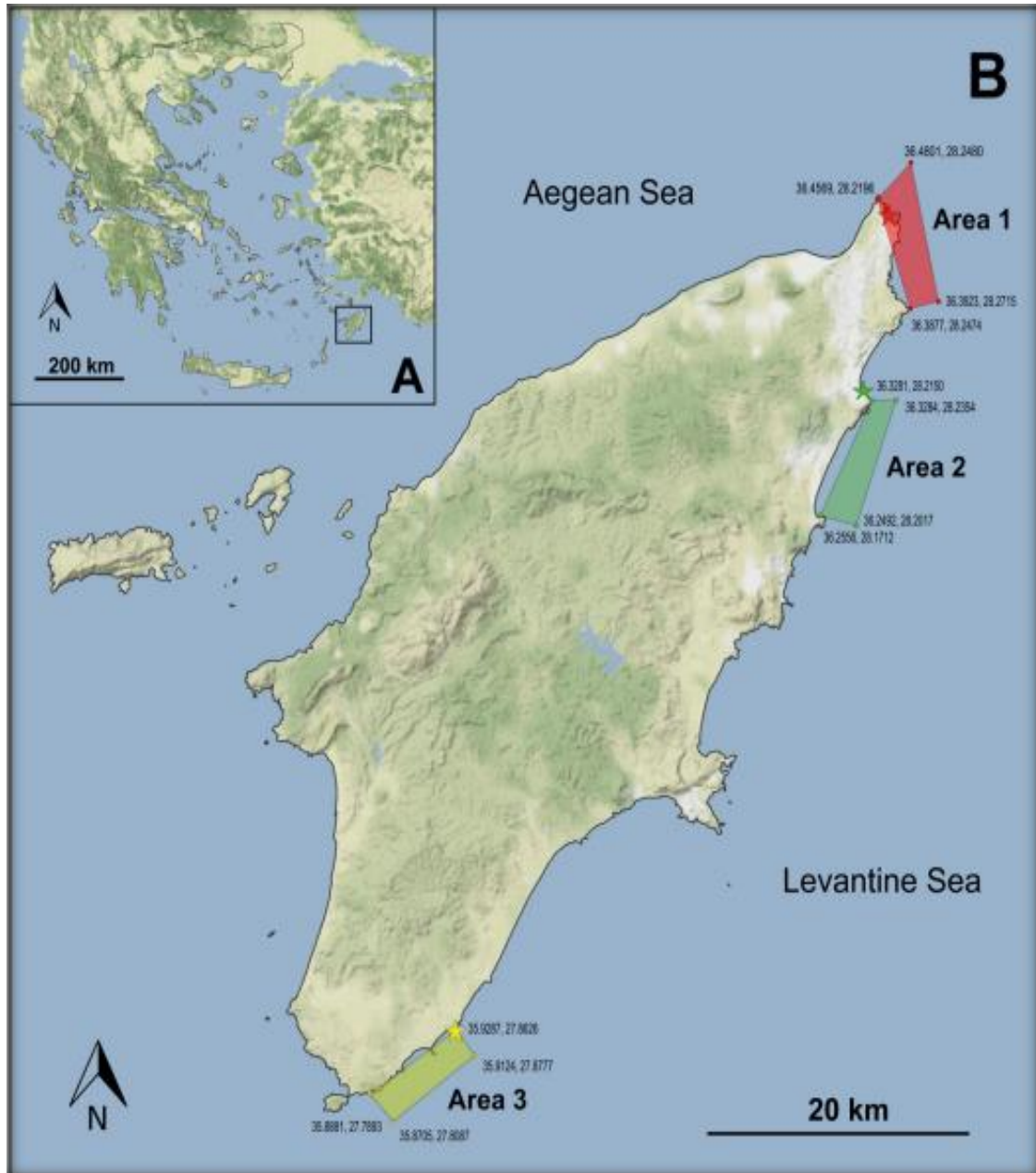
2.1. ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

2.1.1. Χρόνος Αλιείας

Τα δεδομένα συλλέχθηκαν στο πλαίσιο του έργου "Σχεδιασμός και πιλοτική εφαρμογή μεθόδων εμπορικής εκμετάλλευσης χωροκατακτητικών ξενικών ειδών, με σκοπό τη συμβολή στον έλεγχο του πληθυσμού τους" (MIS No: 5049912), το οποίο χρηματοδοτείται από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Αλιείας και Θάλασσας 2014-2020, του Ελληνικού Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων και το Ευρωπαϊκό Ταμείο Θάλασσας και Αλιείας. Τα προς διερεύνηση άτομα του είδους *P. miles* αλιεύθηκαν μηνιαία μεταξύ Απριλίου του 2021 και Μαρτίου του 2022.

2.1.2. Περιοχή Αλιείας

Η περιοχή μελέτης αφορούσε την ανατολική λεκάνη της Μεσογείου θάλασσας κι ειδικότερα το νότιο Αιγαίο Πέλαγος, στα θαλάσσια τμήματα της Νήσου Ρόδος και πιο συγκεκριμένα σε 3 υποπεριοχές δειγματοληψίας εντός των ανατολικών παράκτιων υδάτων του νησιού (Εικ. 2.1.).



Εικόνα 2.1. Χάρτης της περιοχής μελέτης και των υποπεριοχών δειγματοληψίας. (Α) Χάρτης της Ελλάδας, όπου η θέση της Ρόδου σκιαγραφείται, (Β) Φυσικός χάρτης της νήσου Ρόδου και των γύρω παράκτιων υδάτων, όπου φαίνονται οι τρεις περιοχές δειγματοληψίας (τα αστέρια αντιπροσωπεύουν το κύριο αλιευτικό λιμάνι κάθε περιοχής) (Koldylatos et al., 2023).

2.1.3. Συνθήκες Αλιείας

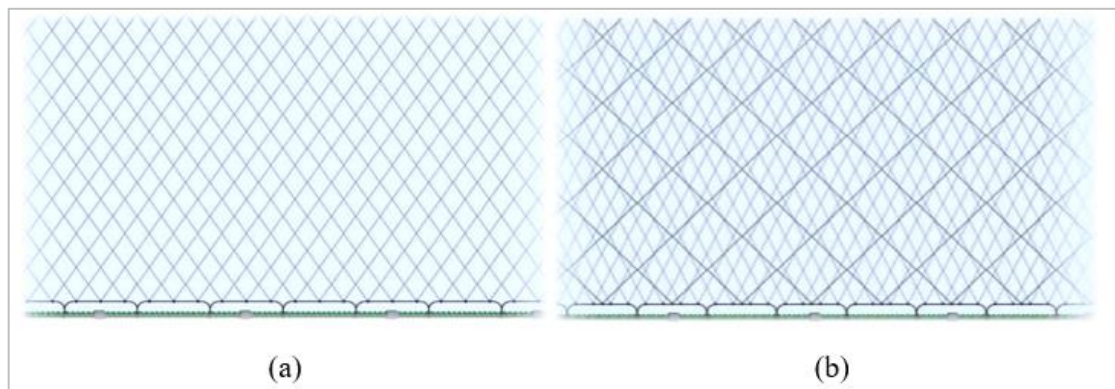
Η περιοχή του νότιου Αιγαίου Πελάγους χαρακτηρίζεται oligotroφική, υποτροπική κι εντόνως επηρεαζόμενη από την ανατολικές Λεβαντίνικες υδάτινες μάζες και το Μικρασιατικό ρεύμα, αγκαλιάζοντας έτσι τα νότια νησιά των Δωδεκανήσων.

Ειδικότερα, σχετικά με τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά (CTD: μοντέλο SBE-19 Seacat Profiler) για τις 3 υποπεριοχές δειγματοληψίας η συνολική μέση θερμοκρασία κυμάνθηκε γύρω στους $21,12 \pm 3,04^{\circ}\text{C}$, με την ελάχιστη τιμή θερμοκρασίας επιφάνειας στα τέλη του Χειμώνα και στις αρχές της Άνοιξης να ήταν 17°C και την μέγιστη θερμοκρασία στα μέσα Καλοκαιριού να ήταν 28°C . Αξίζει να σημειωθεί, ότι σε βάθη 20-30 m η μέγιστη θερμοκρασία δεν ξεπέρασε τους 25°C καθ' όλη την διάρκεια του έτους. Η αλατότητα κυμάνθηκε γύρω στα $39,25 \pm 0,16$ ppt.

Όσον αφορά την τοπογραφία και τα ενδιαίτηματα (βυθόμετρο: Humminbird 998c SI Combo, οπτική επιθεώρηση με καταδύσεις) για τις 3 υποπεριοχές, η ζώνη βάθους καταγράφηκε μεταξύ 8-35 m. Πιο συγκεκριμένα, εντός της υποπεριοχής 1 το υπόστρωμά αποτελούταν κυρίως από σκληρό πυθμένα και προέκταση της παρακείμενης βραχώδους ακτής, σε βάθη νερού 10-25 m καταλαμβάνονταν κυρίως από άμμο, ενώ στα νότια τμήματα σε βάθη νερού 20-25 m εντοπίστηκαν αραιές συστάδες λιβαδιών *Posidonia oceanica*, σε βάθη νερού >25 m κυριαρχούσε το αργιλικό ίζημα. Για την υποπεριοχή 2 στο βόρειο τμήμα ο πυθμένας ήταν κυρίως βραχώδης με τοπικές συγκεντρώσεις βότσαλου και αμμώδους υλικού, τα λιβάδια *P. oceanica* ουσιαστικά απουσίαζαν με μικρές μόνο παρατηρήσεις, σε βάθη έως τα 25 m στην υπόλοιπη υποπεριοχή κυριαρχούσαν αμμώδη ιζήματα, ενώ στα βαθύτερα η άργιλος. Για την υποπεριοχή 3 η σύνθεση του πυθμένα της ήταν κυρίως άμμος κι ιλυώδης άμμος στα αβαθή μέρη (βάθη νερού $<20\text{m}$) και λεπτόκοκκη άμμος (κυρίως άργιλος) στα βαθύτερα μέρη.

2.1.4. Τρόπος Αλιείας

Στις 3 υποπεριοχές απλάδια δίχτυα (GNSs) και μανωμένα δίχτυα (GTRs) (2 επαγγελματικά αλιευτικά σκάφη μικρής κλίμακας: το σκάφος που χρησιμοποιήθηκε για τις δοκιμές στις υποπεριοχές 1 και 2 είχε συνολικό μήκος 13,3 m κι ισχύ κινητήρα 106,5 KW, το σκάφος που χρησιμοποιήθηκε για τις δοκιμές στην υποπεριοχή 3, είχε συνολικό μήκος 9,0 m κι ισχύ κινητήρα 7,35 KW), ορίστηκαν μηνιαία για τις πειραματικές αλιευτικές προσπάθειες, παράγοντας συνολικά 72 ανασύψεις, 36 για κάθε τύπο αλιευτικού εργαλείου. Το συνολικό μήκος, ύψος και μέγεθος των ματιών των δίχτυων ήταν πανομοιότυπα (GNS 600 m, ύψους 1,7 m, μέγεθος ματιών από κόμπο σε κόμπο 22 mm και GTR 600 m, ύψους 1,7 m και μέγεθος ματιών από κόμπο σε κόμπο των εσωτερικών κι εξωτερικών δίχτυων 24-32/130 mm, αντίστοιχα, τα δίχτυα είχαν τρίκλωνο ανασυστραμμένο σπάγκο τύπου 210/6, Μομοί κι η απόσταση από κόμπο σε κόμπο μετρήθηκε σύμφωνα με τον κανονισμό της Επιτροπής 517/2018 (N151/5/11.6.2008)).

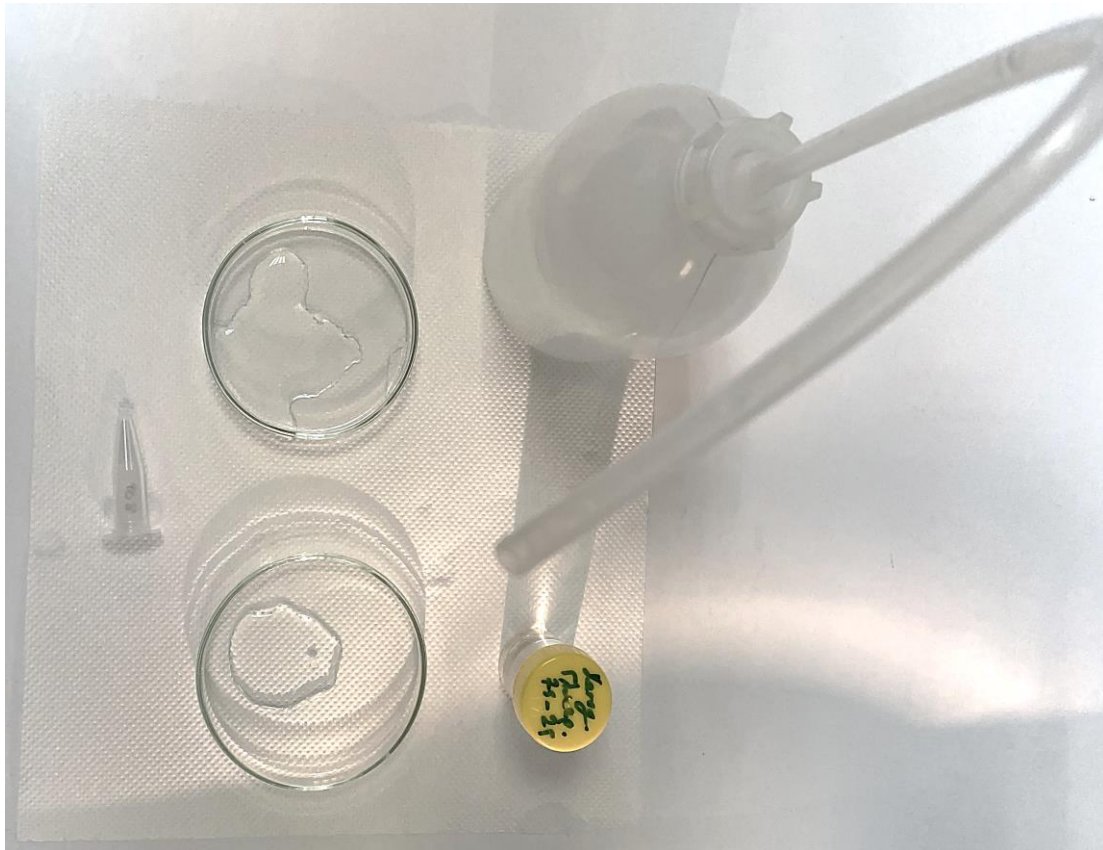


Εικόνα 2.2. (a) Απλάδι δίχτυ και (b) Μανωμένο δίχτυ (Κλαουδάτος, 2020).

2.2. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Μετά την εξαγωγή, το ξέπλυμα και το στέγνωμα των ωτολίθων sagittae από τα 363 αλιευμένα θηλυκά (179) κι αρσενικά (184) λεοντόψαρα ποικίλων μεγεθών, έγινε η

αποστολή των ωτολίθων sagittae ανά ζεύγη διατηρημένοι σε κωδικοποιημένους σωλήνες Eppendorf στο εργαστήριο Θαλάσσιας Βιολογίας του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας κι Υδάτινου περιβάλλοντος, όπου πραγματοποιήθηκε ο καθαρισμός τους με διάλυμα γλυκερόλης-αιθανόλης (3:1), η πλύση τους με απεσταγμένο νερό και το στέγνωμα τους σε απορροφητικό χαρτί (Εικ 2.3.). Ακολούθησε ο διαχωρισμός των ολόκληρων από τα σπασμένα δείγματα.

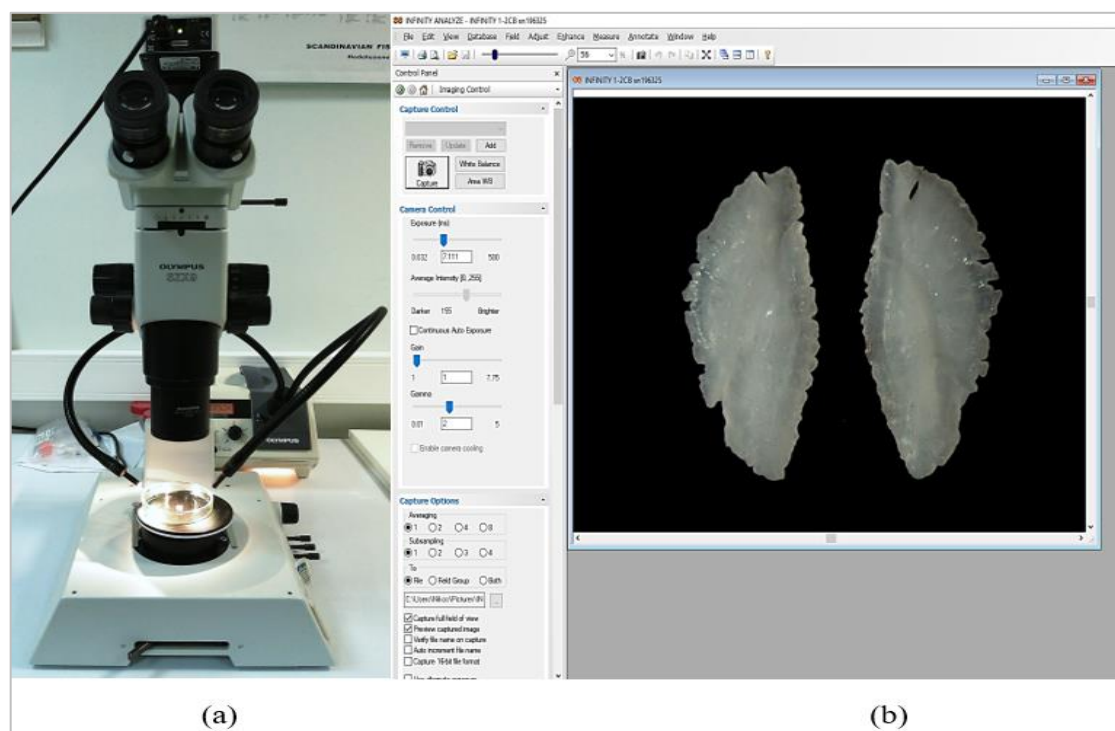


Εικόνα 2.3. Εξαγωγή του ωτόλιθου από τον σωλήνα Eppendorf, καθαρισμός ωτόλιθου σε διάλυμα γλυκερόλης-αιθανόλης, έπειτα η πλύση του σε απεσταγμένο νερό και το στέγνωμα του σε απορροφητικό χαρτί (Προσωπικό αρχείο συγγραφέως).

2.3. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

2.3.1. Ηλεκτρονική Απεικόνιση και Μέτρηση

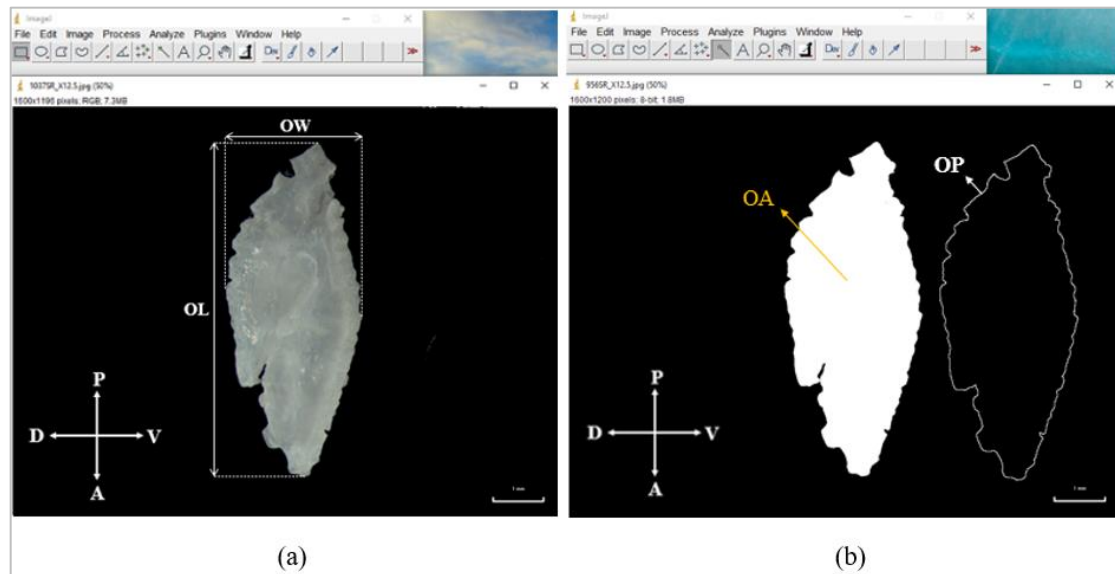
Η ηλεκτρονική απεικόνιση των ωτολίθων λήφθηκε ανά ζεύγος και μεμονωμένα, τοποθετημένοι σε τρυβλίο, μέσω στερεοσκοπικής εξέτασης μεγέθυνσης $\times 12.5$ (OLYMPUS, U-TV0.5XC-3, 7H01028, Japan), σε μαύρο φόντο κι ανακλώμενο φως, σε σύνδεση με ηλεκτρονικό υπολογιστή, χρησιμοποιώντας λογισμικό απεικόνισης (Infinity, v.6.2, 2006-2012, Lumenera Corporation) (Εικ. 2.4.).



Εικόνα 2.4. (a) Το στερεοσκόπιο και το τρυβλίο με το ζευγάρι ωτολίθων, (b) η ηλεκτρονική απεικόνισή των ωτολίθων μέσω του λογισμικού Infinity (Προσωπικό αρχείο συγγραφέως).

Στη συνέχεια, οι μετρήσεις μήκους (OL), πλάτους (OW), περιμέτρου (OP) κι εμβαδού (OA) ωτολίθων έγιναν με το λογισμικό ImageJ (1.54d, Wayne Rasband and contributors, National Institutes of Health, USA) με ακρίβεια πέντε δεκαδικών ψηφίων (0,00001 mm) (Εικ. 2.5.). Ειδικότερα, για την μέτρηση του μήκους ωτόλιθου καταγράφηκε η μεγαλύτερη απόσταση στον πρόσθιο (anterior)-οπίσθιο (posterior)

άξονα και για την μέτρηση του πλάτους ωτόλιθου καταγράφηκε η μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ ραχιαίου (dorsal) και κοιλιακού (ventral) άκρου.



Εικόνα 2.5. Μέτρηση (a) μήκους (OL) και πλάτους (OW), (b) περιμέτρου (OP) κι εμβαδού (OA) ωτόλιθου sagittae στο λογισμικό ImageJ. Προσανατολισμός, A: anterior, P: posterior, D: dorsal, V: ventral (Προσωπικό αρχείο συγγραφέως).

Η οργάνωση των δεδομένων κι οι μετατροπές των μονάδων μέτρησης των παραπάνω μετρήσεων από pixels σε millimeter πραγματοποιήθηκαν στο πρόγραμμα Excel (Microsoft Office 365) (Εικ. 2.6.).

ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ	PIXELS / mm
X6,3	74
X8	94
X10	122
X12,5	152
X16	194
X20	246
X25	302,5
X32	382,5
X40	478,5
X50	600
X57	676,5

Εικόνα 2.6. Αντιστοιχίες Μεγέθυνσης Στερεοσκοπίου με Pixels (Προσωπικό αρχείο συγγραφέως).

2.3.2. Μέτρηση Βάρους

Οι μετρήσεις βάρους ωτόλιθου (OW_i) λήφθηκαν ανά ωτόλιθο σε ζυγό ακριβείας (Shimadzu, ATX124R) τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων (0,0001 g) (Εικ. 2.7).



Εικόνα 2.7. Μέτρηση βάρους ωτόλιθου σε ζυγό ακριβείας (Προσωπικό αρχείο συγγραφέως).

2.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

2.4.1. Περιγραφική Στατιστική

Μέσω διερευνητικής ανάλυσης δεδομένων (Exploratory Data Analysis- EDA) (περιγραφικής στατιστικής) πραγματοποιήθηκε η περιγραφή των μορφομετρικών σχέσεων του μήκους, πλάτους, περιμέτρου, εμβαδού και βάρους ωτόλιθου για το σύνολο των ατόμων, κάθε φύλο, την εποχή, το αλιευτικό πεδίο και το υλικό σύστασης των δεξιών κι αριστερών ωτολίων.

2.4.2. Επαγωγική Στατιστική

Μέσω επαγωγικής στατιστικής ελέγχθηκαν οι στατιστικές υποθέσεις μέσω κανονικότητας της κατανομής με Kolmogorov-Smirnov test και της ομοιογένειας στη διακύμανση των δεδομένων αναλόγως με Bartlett's test ή Levene's test.

Ακολούθησε η σύγκριση των μορφομετρικών χαρακτηριστικών μεταξύ δεξιών κι αριστερών ωτολίθων, εφαρμόζοντας το παραμετρικό Student's t-test (μήκος, πλάτος, εμβαδόν ωτόλιθου) και το μη παραμετρικό Mann-Whitney U test (περίμετρος, βάρος ωτόλιθου). Για την εύρεση διαφορών μεταξύ ωτολίθων και φύλου χρησιμοποιήθηκαν μόνο οι αριστεροί ωτόλιθοι βάση βιβλιογραφίας (Blakeway et al., 2022; Gonzalez et al., 2022) κι εφαρμόστηκαν τα παραμετρικά Student's t-test (μήκος, περίμετρος, βάρος αριστερών ωτολίθων) και Welch's t-test (πλάτος, εμβαδόν αριστερών ωτολίθων). Για την εύρεση διαφορών μεταξύ ωτολίθων κι εποχών εφαρμόστηκε το παραμετρικό τεστ One-way ANOVA (Fisher's) (μήκος, πλάτος, περίμετρος, εμβαδόν, βάρος αριστερών ωτολίθων) κι έπειτα χρησιμοποιήθηκαν το παραμετρικό Tukey και το μη παραμετρικό DSCF Post Hoc tests. Για την εύρεση διαφορών μεταξύ ωτολίθων και αλιευτικών πεδίων εφαρμόστηκε το παραμετρικό τεστ One-way ANOVA (Fisher's) (μήκος, πλάτος, περίμετρος, εμβαδόν, βάρος αριστερών ωτολίθων) και το μη παραμετρικό Kruskal-Wallis (βάρος αριστερών ωτολίθων), έπειτα με τη χρήση Tukey και Games-Howell Post Hoc tests αναλύθηκαν περεταίρω οι διαφορές μεταξύ των παραπάνω. Για την εύρεση διαφορών μεταξύ ωτολίθων ως προς το υλικό σύστασης αραγωνίτη ή βατερίτη χρησιμοποιήθηκε Student's t-test (μήκος, πλάτος, περίμετρος, εμβαδόν, βάρος αριστερών ωτολίθων).

Συνδυαστικά, χρησιμοποιήθηκαν διαγράμματα γενικευμένων γραμμικών μοντέλων (General Linear Models), για την διερεύνηση των σχέσεων μεταξύ των μορφομετρικών χαρακτηριστικών (μήκος, βάρος αριστερών ωτολίθων) και διαφόρων παραγόντων (φύλο-εποχή-αλιευτικό πεδίο).

2.4.3. Αλλομετρία-Ισομετρία

Για την εύρεση του συντελεστή συσχέτισης μεταξύ διαφορετικών σχέσεων στα προαναφερθέντα μορφομετρικά χαρακτηριστικά των αριστερών ωτολίθων και σε κάποια μορφομετρικά χαρακτηριστικά (ολικό μήκος και βάρος σώματος) του λεοντόψαρου χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης συσχέτισης Pearson.

Για τον έλεγχο ύπαρξης αλλομετρικών ($b \neq 1$ ή 3)-ισομετρικών ($b = 1$ ή 3) σχέσεων ανάμεσα στα μορφομετρικά χαρακτηριστικά των ωτολίθων και μεταξύ σώματος λεοντόψαρου-ωτολίθων, αρχικά χρησιμοποιήθηκε η μη γραμμική συσχέτιση:

$$y = a \times x^b \quad (1)$$

όπου b : κλίση (συντελεστής αλλομετρίας), και στη συνέχεια με τη χρήση του 1-Sample t-test για τη διερεύνηση της αλλομετρικής σχέσης. Ακολούθως για τη σύγκριση των σχέσεων, χρησιμοποιήθηκε το παραμετρικό 2-Sample t-test.

2.4.4. Αναλογία Αραγωνίτη:Βατερίτη

Για την εύρεση του υλικού σύστασης σε αραγωνίτη ή βατερίτη στα δείγματα ωτολίθων χρειάστηκε μέσω στερεοσκοπικής ανάγνωσης η οπτική ταυτοποίηση ύπαρξης ή όχι κρυσταλλοποίησης σε ολόκληρο ή μέρος της επιφάνειας του ωτόλιθου.

Έπειτα, για τον υπολογισμό των αναλογιών αραγωνίτη:βατερίτη με βάση τις προαναφερθείσες παραμέτρους χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία χ^2 καλής προσαρμογής, Chi square Test (σύνολο αριστερών ωτολίθων) και η δοκιμασία χ^2 ανεξαρτησίας, Chi-Square Test for Association (ανά πλευρά και για τους αριστερούς ωτόλιθους ανά φύλο, αλιευτικό πεδίο, εποχή).

2.4.5. Υπολογισμός Ηλικίας

Για την προσπάθεια υπολογισμού της ηλικίας των λεοντόψαρων εφαρμόστηκε η μέθοδος στερεοσκοπικής ανάγνωσης των δακτυλίων δεξιών κι αριστερών ωτολίθων τους μέσω ποικιλίας τεχνικών και μεγεθύνσεων (εγκάρσια τομή, κάψιμο, εμπότιση σε διάλυμα γλυκερόλης:αιθανόλης (3:1)-απεσταγμένο νερό, ανακλώμενος-μεταδιδόμενος φωτισμός).

2.4.5. Χρησιμοποιούμενο Λογισμικό

Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε περιλάμβανε τα στατιστικά πακέτα Minitab (v.21.4, State College, PA, USA), Jamovi (v.2.4.11), JMP (SAS Institute Inc., SAS Campus Drive, Cary, North Carolina 27513, USA), Excel (Microsoft Office 365) και Curve Expert Professional (v.2.7.3, 2010-2020, Daniel Hyams), ενώ οι στατιστικές υποθέσεις ελέγχθηκαν σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΩΤΟΛΙΘΩΝ

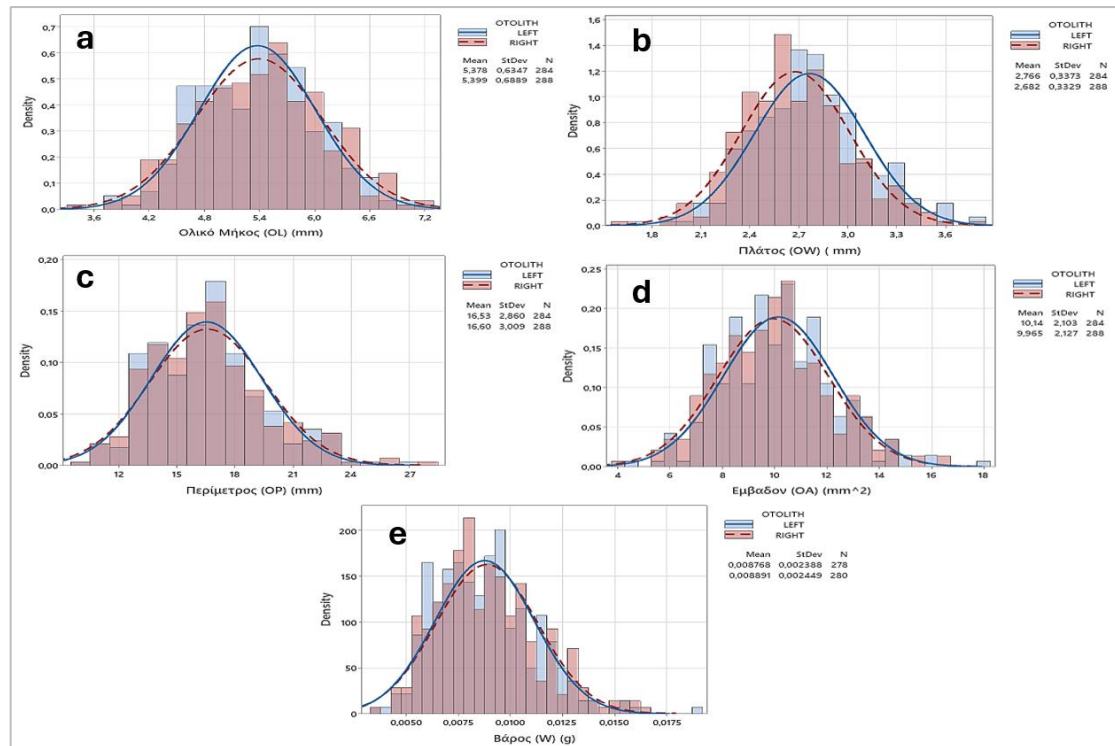
3.1.1. Αριστεροί-Δεξιοί Ωτόλιθοι

Στον Πίνακα 3.1. παρουσιάζεται η περιγραφική στατιστική για τους αριστερούς και δεξιούς ωτόλιθους ως προς τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά τους.

Πίνακας 3.1. Μορφομετρικά χαρακτηριστικά (Μήκος, Πλάτος, Περίμετρος, Εμβαδόν, Βάρος) αριστερών και δεξιών ωτολίθων για το σύνολο των δειγμάτων. N: αριθμός δειγμάτων.

Μεταβλητή	Ωτόλιθοι	N	Μέση Τιμή	Τυπικό Σφάλμα	Τυπική Απόκλιση	Ελάχιστο	Διάμεσος	Μέγιστο
Μήκος Ωτόλιθου-OL (mm)	Αριστεροί	284	5,3777	0,0377	0,6347	3,3947	5,4145	7,1316
	Δεξιοί	288	5,399	0,0406	0,6889	3,4737	5,4178	7,1382
Πλάτος Ωτόλιθου-OW (mm)	Αριστεροί	284	2,7656	0,02	0,3373	1,7369	2,7566	3,8421
	Δεξιοί	288	2,6822	0,0196	0,3329	1,6382	2,6497	3,7632
Περίμετρος Ωτόλιθου-OP (mm)	Αριστεροί	284	16,531	0,17	2,86	9,646	16,528	26,708
	Δεξιοί	288	16,598	0,177	3,009	9,512	16,382	27,943
Εμβαδόν Ωτόλιθου-OA (mm ²)	Αριστεροί	284	10,14	0,125	2,103	4,432	10,199	18,078
	Δεξιοί	288	9,965	0,125	2,127	4,247	9,886	16,662
Βάρος Ωτόλιθου-OW _i (g)	Αριστεροί	278	0,008768	0,000143	0,002388	0,0034	0,0087	0,0188
	Δεξιοί	280	0,008891	0,000146	0,002449	0,0036	0,0086	0,0166

Ο Πίνακας 3.1. έδειξε μικρές διαφορές μεταξύ των αριστερών και των δεξιών ωτολίθων.



Διάγραμμα 3.1. Ιστογράμματα συχνοτήτων, (a) μήκους, (b) πλάτους, (c) περιμέτρου, (d) εμβαδού και (e) βάρους του συνόλου των δεξιών κι αριστερών ωτολίθων, αντίστοιχα. Mean: μέση τιμή, StDev: τυπική απόκλιση, N: αριθμός δειγμάτων.

Η κανονικότητα της κατανομής ελέγχθηκε με το Kolmogorov-Smirnov test και ο έλεγχος ομοιογένειας της διακύμανσης μέσω των Bartlett's και Levene's tests.

Πίνακας 3.2. Μέσες τιμές $\pm$ τυπικό σφάλμα (SE), για το σύνολο των ωτολίθων (δεξιοί, αριστεροί) ως προς τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά μήκος (OL), πλάτος (OW), περίμετρος (OP), εμβαδόν (OA), βάρος (OW_t) ωτόλιθου, συνδυαστικά με την σύγκρισή τους με τις μεθόδους Student's t-test, Mann-Whitney test. N: αριθμός δειγμάτων, $p < 0,05$: στατιστικά σημαντικό.

Δείγμα	N	OL $\pm$ SE (mm)	N	OW $\pm$ SE (mm)	N	OP $\pm$ SE (mm)	N	OA $\pm$ SE (mm ²)	N	OWt $\pm$ SE (g)
Σύνολο										
R-Ωτόλιθοι	288	5,40 $\pm$ 0,04	288	2,69 $\pm$ 0,02	288	16,6 $\pm$ 0,2	288	10 $\pm$ 0,1	280	0,0089 $\pm$ 0,00015
L-Ωτόλιθοι	284	5,38 $\pm$ 0,04	284	2,77 $\pm$ 0,02	284	16,6 $\pm$ 0,2	284	10,1 $\pm$ 0,1	278	0,0088 $\pm$ 0,0001
		Student's t-test=-0,385, p=0,701		Student's t-test=2,974, p=0,003		Mann-Whitney =40860, p=0,985		Student's t-test=0,992 p=0,322		Mann-Whitney =37903, p=0,593

Σύμφωνα με τον Πίνακα 3.2. για το σύνολο των ωτολίθων συγκρίνοντας αριστερούς-δεξιούς ωτόλιθους, δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τα μήκος, περίμετρο, εμβαδόν, βάρος, ενώ στατιστικά σημαντική διαφορά βρέθηκε ως προς το πλάτος, με των αριστερών να είναι μεγαλύτερο. Η διαφορά θεωρείται αμελητέα μεταξύ των αριστερών και των δεξιών ωτολίθων κι έτσι στην παρούσα έρευνα θα γίνει χρήση μόνο των αριστερών ωτολίθων για περεταίρω στατιστικές αναλύσεις.

Για την εύρεση των μοντέλων ανάπτυξης ανάμεσα στα μορφομετρικά χαρακτηριστικά των ωτολίθων η μη γραμμική παλινδρόμηση Power ($y = a \times x^b$) χρησιμοποιήθηκε, ώστε να διευκρινιστεί η ύπαρξη είτε ισομετρίας είτε αλλομετρίας ως προς το σύνολο των αριστερών ωτολίθων λεοντόψαρου (Πίν. 3.3.).

Πίνακας 3.3. Μορφομετρικές σχέσεις για την εύρεση αλλομετρικών σχέσεων. Οι μορφομετρικές σχέσεις που αναλύθηκαν, αφορούσαν τα μήκος ωτόλιθου (OL), πλάτος ωτόλιθου (OW), περίμετρος ωτόλιθου (OP), εμβαδόν ωτόλιθου (OA), βάρος ωτόλιθου (OW_t), ως προς τους αριστερούς (L) ωτόλιθους, με βάση το σύνολο των ωτολίθων των δειγμάτων *P. miles*. Εξίσωση: $y = a \times x^b$ (Power), N: αριθμός δειγμάτων, R²: συντελεστής προσδιορισμού, Αλλομετρία: αλλομετρική σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών, +ve: θετική Αλλομετρία, -ve: αρνητική Αλλομετρία, t-test: στατιστική σημασία της αλλομετρικής σχέσης, επίπεδο σημαντικότητας (***: p<0,001).

Είδος Δειγμάτων	Μορφομετρικές Σχέσεις				
	Εξίσωση ($y = a \times x^b$)	N	R ²	Αλλομετρία	t-test
L-Ωτόλιθοι					
Σύνολο Ωτολίθων	$OW_t = 0,000281223 \times OL^{2,03466}$	278	87	-ve	***
	$OW_t = 0,00110598 \times OW^{2,01889}$	278	83,9	-ve	***
	$OW_t = 0,000212134 \times OP^{1,32406}$	278	73,8	+ve	***
	$OW_t = 0,00047142 \times OA^{1,25763}$	278	90,7	+ve	***
	$OL = 2,44685 \times OW^{0,77862}$	278	65,8	-ve	***

Στο σύνολο των αριστερών ωτολίθων υπάρχει στατιστικά σημαντική αρνητική αλλομετρία στις σχέσεις Βάρους-Μήκους, Βάρους-Πλάτους και Μήκους-Πλάτους

ωτολίθων και θετική αλλομετρία στις σχέσεις Βάρους-Περιμέτρου και Βάρους-Εμβαδού ωτολίθων (Πίν. 3.3.).

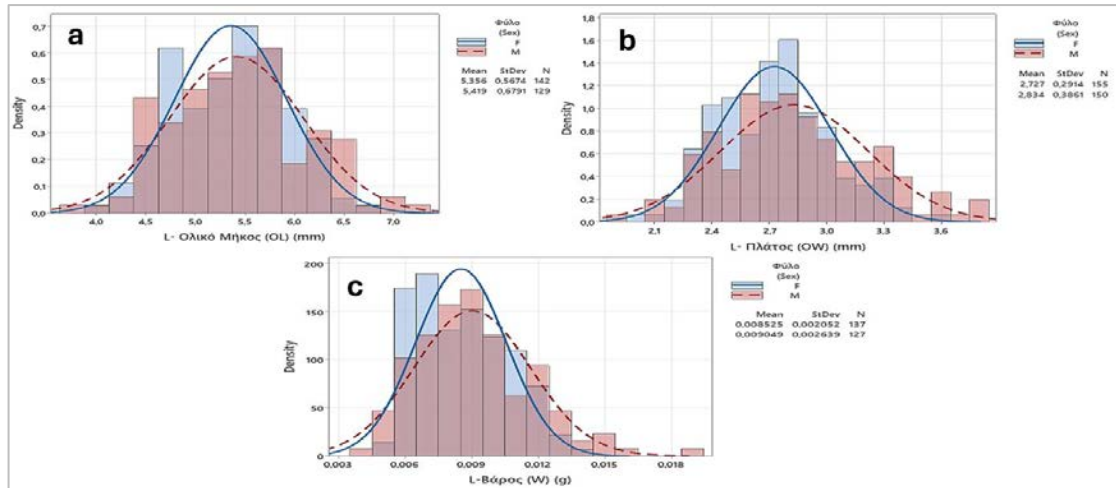
3.1.2. Ωτόλιθοι ανά Φύλο

Στον Πίνακα 3.4. παρουσιάζεται η περιγραφική στατιστική για τους αριστερούς ωτόλιθους ανά φύλο ως προς τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά τους.

Πίνακας 3.4. Μορφομετρικά χαρακτηριστικά (Μήκος, Πλάτος, Περίμετρος, Εμβαδόν, Βάρος) αριστερών ωτολίθων με βάση το φύλο (θηλυκά, αρσενικά) των λεοντόψαρων. N: αριθμός δειγμάτων.

Μεταβλητή	Φύλο	N	Μέση Τιμή	Τυπικό Σφάλμα	Τυπική Απόκλιση	Ελάχιστο	Διάμεσος	Μέγιστο
L Μήκος-OL (mm)	Θηλυκά	142	5,3564	0,0476	0,5674	3,875	5,4013	6,8224
	Αρσενικά	129	5,4194	0,0598	0,6791	3,8158	5,4276	7,1316
L Πλάτος-OW (mm)	Θηλυκά	155	2,7273	0,0234	0,2914	2,0066	2,7171	3,6053
	Αρσενικά	150	2,8337	0,0315	0,3861	1,9276	2,7829	3,8421
L Περίμετρος-OP (mm)	Θηλυκά	141	16,4	0,229	2,715	10,647	16,445	26,708
	Αρσενικά	129	16,778	0,263	2,985	11,077	16,589	23,959
L Εμβαδόν-OA (mm²)	Θηλυκά	141	9,903	0,15	1,784	5,944	9,932	15,03
	Αρσενικά	129	10,431	0,205	2,332	5,742	10,232	18,078
L Βάρος-OW_i (g)	Θηλυκά	137	0,008525	0,000175	0,002052	0,0046	0,0083	0,0135
	Αρσενικά	127	0,009049	0,000234	0,002639	0,0044	0,0088	0,0188

Ο Πίνακας 3.4. έδειξε μικρές διαφορές για τους αριστερούς ωτόλιθους μεταξύ θηλυκών κι αρσενικών.



Διάγραμμα 3.2. Ιστογράμματα συχνοτήτων, (a) ολικού μήκους, (b) ολικού πλάτους και (c) βάρους των δεξιών κι αριστερών ωτολίων, αντίστοιχα ανά φύλο. Mean: μέση τιμή, StDev: τυπική απόκλιση, N: αριθμός δειγμάτων.

Η κανονικότητα της κατανομής ελέγχθηκε με το Kolmogorov-Smirnov test και ο έλεγχος ομοιογένειας της διακύμανσης μέσω των Bartlett's και Levene's tests.

Πίνακας 3.5. Μέσες τιμές $\pm$ τυπικό σφάλμα (SE), για τους αριστερούς ωτόλιθους, ανά φύλο (Θηλυκά, Αρσενικά), ως προς τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά μήκος (OL), πλάτος (OW), περίμετρος (OP), εμβαδόν (OA), βάρος (OW_t) ωτόλιθου, συνδυαστικά με την σύγκρισή τους με τις μεθόδους Student's t-test, Welch's t-test. N: αριθμός δειγμάτων, $p < 0,05$: στατιστικά σημαντικό.

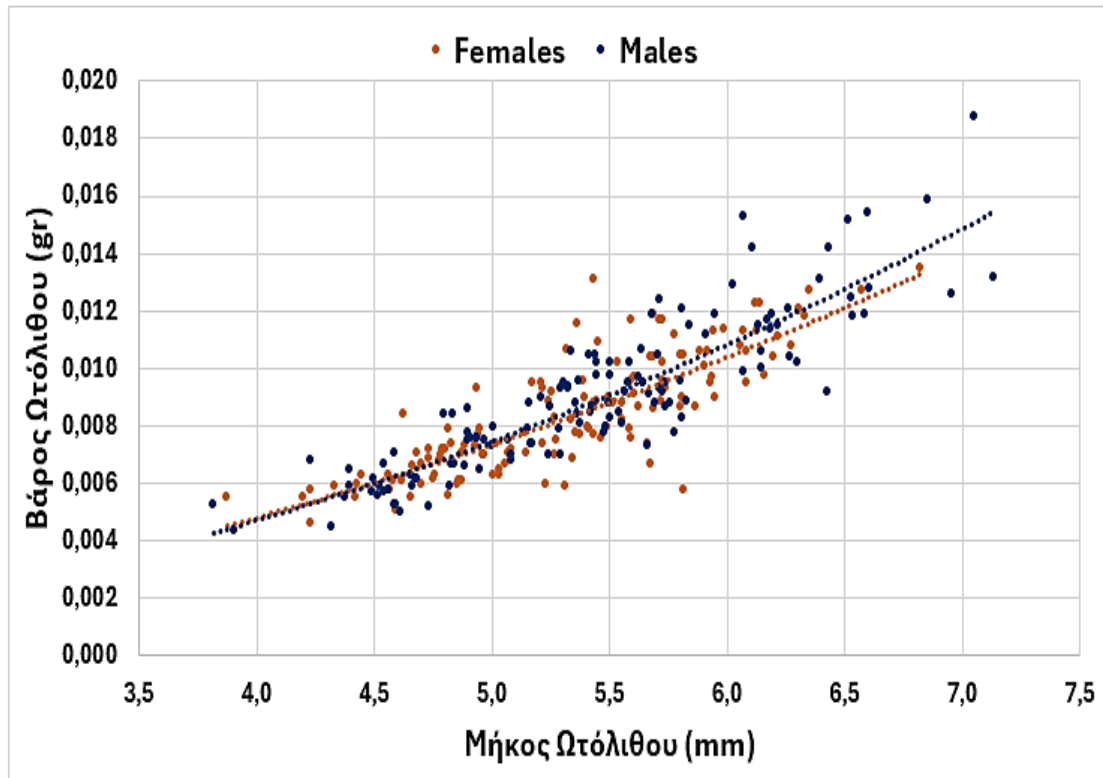
Δείγμα	N	OL $\pm$ SE (mm)	N	OW $\pm$ SE (mm)	N	OP $\pm$ SE (mm)	N	OA $\pm$ SE (mm ²)	N	$OW_t \pm$ SE (g)
L-Ωτόλιθοι										
Θηλυκά	142	5,36 $\pm$ 0,05	155	2,73 $\pm$ 0,02	141	16,4 $\pm$ 0,2	141	9,9 $\pm$ 0,15	137	0,0085 $\pm$ 0,0002
Αρσενικά	129	5,42 $\pm$ 0,06	150	2,83 $\pm$ 0,03	129	16,8 $\pm$ 0,3	129	10,4 $\pm$ 0,2	127	0,009 $\pm$ 0,0002
		Student's t-test=-0,673, p=0,501		Welch's t-test=-2,483, p=0,014		Student's t-test=-1090, p=0,277		Welch's t test=-1,745, p=0,082		Student's t-test=-1,464, p=0,147

Συγκρίνοντας τους αριστερούς ωτόλιθους με βάση το φύλο, δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τα μήκος, περίμετρο, εμβαδόν, βάρος, ενώ στατιστικά σημαντικές διαφορές είχε το πλάτος, με τον αρσενικών να είναι μεγαλύτερο (Πίν. 3.5.). Το μεγαλύτερο μέγεθος των ωτολίθων στα αρσενικά ταυτίζεται με το μεγαλύτερο μέγεθος σώματος στα αρσενικά λεοντόψαρα σύμφωνα με τους Kondylatos et al. (2024).

Για την εύρεση των μοντέλων ανάπτυξης ανάμεσα στα μορφομετρικά χαρακτηριστικά των ωτολίθων η μη γραμμική παλινδρόμηση Power ($y = a \times x^b$) χρησιμοποιήθηκε, ώστε να διευκρινιστεί η ύπαρξη είτε ισομετρίας είτε αλλομετρίας ανά φύλο στους αριστερούς ωτόλιθους λεοντόψαρου (Πίν. 3.6. και Διάγ. 3.3.).

Πίνακας 3.6. Μορφομετρικές σχέσεις για την εύρεση αλλομετρικών σχέσεων. Οι μορφομετρικές σχέσεις που αναλύθηκαν, αφορούσαν τα μήκος ωτόλιθου (OL), πλάτος ωτόλιθου (OW), βάρος ωτόλιθου (OW_i), ως προς τους αριστερούς (L) ωτόλιθους, με βάση το φύλο σε αρσενικά (M) και θηλυκά (F) των δειγμάτων *P. miles*. Εξίσωση: $y = a \times x^b$ (Power), N: αριθμός δειγμάτων, R²: συντελεστής προσδιορισμού, Αλλομετρία: αλλομετρική σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών, +ve: θετική Αλλομετρία, -ve: αρνητική Αλλομετρία t-test: στατιστική σημασία της αλλομετρικής σχέσης, επίπεδο σημαντικότητας (***: p<0,001).

Μορφομετρικές Σχέσεις					
Είδος Δειγμάτων	Εξίσωση ($y = a \times x^b$)	N	R ²	Αλλομετρία	t-test
L-Ωτόλιθοι					
Φύλο	$W_F = 0,000328418 \times OL_F^{1,93556}$	137	69	+ve	***
	$W_F = 0,00112743 \times OW_F^{2,0093}$	137	80,5	-ve	***
	$W_M = 0,000269742 \times OL_M^{2,0663}$	128	78,6	-ve	***
	$W_M = 0,00105376 \times OW_M^{2,05052}$	128	86,1	-ve	***



Διάγραμμα 3.3. Μη γραμμική παλινδρόμηση μέσω της εκθετικής σχέσης Power του μήκους του ωτόλιθου προς το βάρος του ωτόλιθου κι ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2), ανά φύλο.

Για την εύρεση στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των παραπάνω υπολογισμένων αλλομετρικών σχέσεων έγινε η σύγκριση της κλίσης (b) της εξίσωσης Power ($y = a \times x^b$) (Πίν. 3.7.).

Πίνακας 3.7. Συγκρίσεις μορφομετρικών σχέσεων αριστερών ωτολίθων μεταξύ των φύλων (θηλυκά, αρσενικά), μέσω της κλίσης (b) από την σχέση Power ($y = a \times x^b$). OW_t : Βάρος Ωτόλιθου, OL: Μήκος Ωτόλιθου, OW: Πλάτος Ωτόλιθου, Επίπεδο σημαντικότητας (ns: non-significant).

Σύγκριση Αλλομετρίας Κλίση (b)	Εξίσωση	T-value	DF	p-value
L Ωτόλιθοι				
Φύλο	$OW_t = a \times OL^b$	-0,87	258	ns
	$OW_t = a \times OW^b$	-0,37	258	ns

Για τους αριστερούς ωτόλιθους στα θηλυκά υπάρχει θετική αλλομετρία στη σχέση Βάρους-Μήκους ωτολίθων κι αρνητική στην σχέση Βάρους-Πλάτους ωτολίθων και στα αρσενικά αρνητική αλλομετρία στις σχέσεις Βάρους-Μήκους ωτολίθων και Βάρους-Πλάτους ωτολίθων (Πίν. 3.6.). Η σύγκριση της κλίσης (b) με βάση το φύλο δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές στις σχέσεις Βάρους-Μήκος ωτόλιθου, Βάρους-Πλάτος ωτόλιθου (Πίν. 3.7.).

3.1.3. Ωτόλιθοι ανά Αλιευτικό Πεδίο

Στον Πίνακα 3.8. παρουσιάζεται η περιγραφική στατιστική για τους αριστερούς ωτόλιθους ανά αλιευτικό πεδίο ως προς τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά τους.

Πίνακας 3.8. Μορφομετρικά χαρακτηριστικά (Μήκος, Πλάτος, Περίμετρος, Εμβαδόν, Βάρος) αριστερών ωτολίθων με βάση το αλιευτικό πεδίο δειγματοληψίας (1, 2, 3). N: αριθμός δειγμάτων.

Μεταβλητή	Αλιευτικό Πεδίο	N	Μέση Τιμή	Τυπικό Σφάλμα	Τυπική Απόκλιση	Ελάχιστο	Διάμεσος	Μέγιστο
L Μήκος-OL (mm)	1	80	5,2628	0,076	0,6795	3,3947	5,2862	6,9539
	2	116	5,3286	0,0534	0,5753	3,875	5,3717	6,5855
	3	88	5,5686	0,0681	0,6385	4,3158	5,5856	7,1316
L Πλάτος-OW (mm)	1	92	2,7176	0,0358	0,343	1,7369	2,7171	3,6118
	2	124	2,7491	0,0285	0,3172	2,0066	2,75	3,6053
	3	102	2,8619	0,0368	0,3721	1,9276	2,8323	3,8421
L Περίμετρος-OP (mm)	1	80	15,954	0,314	2,812	9,646	15,909	23,959
	2	116	16,454	0,252	2,712	10,647	16,32	26,708
	3	87	17,201	0,32	2,989	11,077	17,151	23,444
L Εμβαδόν-OA (mm ²)	1	80	9,786	0,24	2,145	4,432	9,613	14,735
	2	116	9,98	0,172	1,854	5,944	10	13,488
	3	87	10,707	0,244	2,278	5,889	10,518	18,078
L Βάρος-OW _t (g)	1	78	0,008485	0,00027	0,00238	0,0034	0,00835	0,0153
	2	115	0,008533	0,000194	0,002084	0,0046	0,0084	0,0131
	3	84	0,009386	0,000292	0,002679	0,0045	0,0091	0,0188

Ο Πίνακας 3.8. έδειξε μικρές διαφορές για τους αριστερούς ωτόλιθους μεταξύ αλιευτικού πεδίου 1, 2, ενώ το αλιευτικό πεδίο 3 παρουσίασε ελαφρώς μεγαλύτερες τιμές.

Η κανονικότητα της κατανομής ελέγχθηκε με το Kolmogorov-Smirnov test και ο έλεγχος ομοιογένειας της διακύμανσης μέσω των Bartlett's και Levene's tests.

Πίνακας 3.9. Μέσες τιμές $\pm$ τυπικό σφάλμα (SE), για τους αριστερούς ωτόλιθους ανά περιοχή (1, 2, 3), ως προς τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά μήκος (OL), πλάτος (OW), περίμετρος (OP), εμβαδόν (OA), βάρος (OW_t) ωτόλιθου, συνδυαστικά με την σύγκρισή τους με τις μεθόδους One-way ANOVA, Welch's ANOVA και Tukey's, Games-Howell. N: αριθμός δειγμάτων, $p < 0,05$: στατιστικά σημαντικό.

Δείγμα	N	OL ± SE (mm)	N	OW ± SE (mm)	N	OP ± SE (mm)	N	OA ± SE (mm ²)	N	OW _t ± SE (g)		
L-Ωτόλιθοι												
Περιοχή 1	80	5,26 ± 0,08 ^a	92	2,72 ± 0,04 ^a	80	16 ± 0,3 ^a	80	9,79 ± 0,2 ^a	78	0,0085 ± 0,0003 ^{a,b}		
Περιοχή 2	116	5,33 ± 0,05 ^a	124	2,75 ± 0,03 ^a	116	16,45 ± 0,25 ^{a,b}	116	9,98 ± 0,2 ^a	115	0,0085 ± 0,0002 ^a		
Περιοχή 3	88	5,57 ± 0,07 ^b	102	2,86 ± 0,04 ^b	87	17,2 ± 0,3 ^b	87	10,7 ± 0,2 ^b	84	0,0094 ± 0,0003 ^b		
		One-way ANOVA=5,79, p=0,003			One-way ANOVA=4,91, p=0,008			One-way ANOVA=4,15, p=0,017			One-way ANOVA=4,76, p=0,009	Welch's ANOVA=3,42, p=0,035
a,b: Αποτελέσματα των Tukey's και Games-Howell test. Οι μέσες τιμές που δεν μοιράζονται το ίδιο εκθετικό γράμμα, διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.												

Με βάση την περιοχή βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τα μήκος, πλάτος, περίμετρο, εμβαδόν, βάρος ωτόλιθου κυρίως μεταξύ της περιοχής 3 σε σύγκριση με τις περιοχές 1, 2, με τους ωτόλιθους τις περιοχής 3 να είναι αρκετά μεγαλύτεροι και βαρύτεροι (Πίν. 3.9.).

3.1.4. Ωτόλιθοι ανά Εποχή

Στον Πίνακα 3.10. παρουσιάζεται η περιγραφική στατιστική για τους αριστερούς ωτόλιθους ανά εποχή ως προς τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά τους.

Πίνακας 3.10. Μορφομετρικά χαρακτηριστικά (Μήκος, Πλάτος, Περίμετρος, Εμβαδόν, Βάρος) αριστερών ωτολίθων με βάση την εποχή (Άνοιξη, Καλοκαίρι, Φθινόπωρο, Χειμώνας) δειγματοληψίας. N: αριθμός δειγμάτων.

Μεταβλητή	Εποχή	N	Μέση Τιμή	Τυπικό Σφάλμα	Τυπική Απόκλιση	Ελάχιστο	Διάμεσος	Μέγιστο
L Μήκος-OL (mm)	Άνοιξη	64	5,3497	0,0794	0,6353	3,8158	5,375	6,8487
	Καλοκαίρι	121	5,486	0,0515	0,5662	3,8355	5,4803	7,1316
	Φθινόπωρο	51	5,5209	0,0974	0,6959	3,3947	5,5395	6,8224
	Χειμώνας	48	5,0296	0,0896	0,6208	4,2303	4,8421	6,9539
L Πλάτος-OW (mm)	Άνοιξη	78	2,735	0,036	0,318	2,0526	2,7401	3,4408
	Καλοκαίρι	140	2,8659	0,0284	0,3358	1,9276	2,8125	3,8421
	Φθινόπωρο	51	2,8273	0,0528	0,3767	1,7369	2,8289	3,8027
	Χειμώνας	49	2,532	0,0378	0,2643	2,0066	2,4737	3,1777
L Περίμετρος-OP (mm)	Άνοιξη	64	16,492	0,352	2,82	10,647	16,283	22,967
	Καλοκαίρι	121	17,118	0,244	2,689	10,97	16,953	26,708
	Φθινόπωρο	50	17,109	0,436	3,08	9,646	16,962	23,959
	Χειμώνας	48	14,566	0,318	2,201	10,732	14,001	20,664
L Εμβαδόν-OA (mm ²)	Άνοιξη	64	10,02	0,257	2,057	5,742	9,994	16,238
	Καλοκαίρι	121	10,621	0,178	1,959	5,882	10,502	18,078
	Φθινόπωρο	50	10,498	0,317	2,24	4,432	10,424	16,099
	Χειμώνας	48	8,767	0,256	1,77	5,944	8,096	13,431
L Βάρος-OW _i (g)	Άνοιξη	63	0,008729	0,000272	0,002159	0,0053	0,0085	0,0159
	Καλοκαίρι	119	0,009349	0,000216	0,002354	0,0039	0,0092	0,0188
	Φθινόπωρο	48	0,00915	0,000346	0,002394	0,0034	0,0091	0,0154
	Χειμώνας	47	0,007019	0,000279	0,001914	0,0046	0,0063	0,0126

Ο Πίνακας 3.10. έδειξε μικρές διαφορές για τους αριστερούς ωτόλιθους μεταξύ Άνοιξης, Καλοκαιριού και Φθινοπώρου, ενώ τον Χειμώνα παρουσίασε ελαφρώς μικρότερες τιμές.

Η κανονικότητα της κατανομής ελέγχθηκε με το Kolmogorov-Smirnov test και ο έλεγχος ομοιογένειας της διακύμανσης μέσω των Bartlett's και Levene's tests.

Πίνακας 3.11. Μέσες τιμές $\pm$ τυπικό σφάλμα (SE), για τους αριστερούς ωτόλιθους ανά εποχή (Άνοιξη, Καλοκαίρι, Φθινόπωρο, Χειμώνας), ως προς τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά μήκος (OL), πλάτος (OW), περίμετρος (OP), εμβαδόν (OA), βάρος (OW_t) ωτόλιθου, συνδυαστικά με την σύγκρισή τους με τις μεθόδους One-way ANOVA και Tukey's. N: αριθμός δειγμάτων, $p < 0,05$: στατιστικά σημαντικό.

Δείγμα	N	OL ± SE (mm)	N	OW ± SE (mm)	N	OP ± SE (mm)	N	OA ± SE (mm ²)	N	OW _t ± SE (g)
L-Ωτόλιθοι										
Άνοιξη	64	5,35 ± 0,08 ^a	78	2,735 ± 0,04 ^a	64	16,5 ± 0,4 ^a	64	10 ± 0,3 ^a	63	0,0087 ± 0,0003 ^a
Καλοκαίρι	121	5,49 ± 0,05 ^a	140	2,87 ± 0,03 ^b	121	17,1 ± 0,2 ^a	121	10,6 ± 0,2 ^a	119	0,0093 ± 0,0002 ^a
Φθινόπωρο	51	5,52 ± 0,1 ^a	51	2,83 ± 0,05 ^{a,b}	50	17,1 ± 0,4 ^a	50	10,5 ± 0,3 ^a	48	0,00915 ± 0,0003 ^a
Χειμώνας	48	5,03 ± 0,09 ^b	49	2,53 ± 0,04 ^c	48	14,6 ± 0,3 ^b	48	8,8 ± 0,3 ^b	47	0,007 ± 0,0003 ^b
		One-way ANOVA=7,31, p<0,001		One-way ANOVA=13,32, p<0,001		One-way ANOVA=11, p<0,001		One-way ANOVA=10,44, p<0,001		One-way ANOVA=12,59, p<0,001
Αποτελέσματα των Tukey's test. Οι μέσες τιμές που δεν μοιράζονται το ίδιο εκθετικό γράμμα, διαφέρουν στατιστικ										

Με βάση την εποχή βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τα μήκος, πλάτος, περίμετρο, εμβαδόν, βάρος ωτόλιθου κυρίως μεταξύ του Χειμώνα σε σύγκριση με την Άνοιξη, Καλοκαίρι, Φθινόπωρο, με τους ωτόλιθους τον Χειμώνα να παρουσιάζονται αρκετά μικρότεροι κι ελαφρύτεροι (Πίν. 3.11.).

3.1.5. Ωτόλιθοι ανά Υλικό Σύστασης

Στον Πίνακα 3.12. παρουσιάζεται η περιγραφική στατιστική για τους αριστερούς ωτόλιθους ανά κύριο υλικό σύστασης ως προς τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά τους.

Πίνακας 3.12. Μορφομετρικά χαρακτηριστικά (Μήκος, Πλάτος, Περίμετρος, Εμβαδόν, Βάρος) αριστερών ωτολίθων με βάση το κύριο υλικό σύστασης (Αραγωνίτης, Βατερίτης). N: αριθμός δειγμάτων.

Μεταβλητή	Σύσταση	N	Μέση Τιμή	Τυπικό Σφάλμα	Τυπική Απόκλιση	Ελάχιστο	Διάμεσος	Μέγιστο
L Μήκος-OL (mm)	Αραγωνίτης	275	5,3775	0,0387	0,6415	3,3947	5,4145	7,1316
	Βατερίτης	9	5,596	0,137	0,411	5,23	5,5	6,48
L Πλάτος-OW (mm)	Αραγωνίτης	309	2,7729	0,0197	0,3471	1,7369	2,7632	3,8421
	Βατερίτης	9	2,887	0,118	0,354	2,421	2,803	3,349
L Περίμετρος-OP (mm)	Αραγωνίτης	275	16,504	0,173	2,876	9,646	16,483	26,708
	Βατερίτης	8	17,861	0,657	1,859	15,681	17,674	21,207
L Εμβαδόν-OA (mm ²)	Αραγωνίτης	275	10,132	0,128	2,116	4,432	10,183	18,078
	Βατερίτης	8	10,72	0,539	1,525	8,94	10,492	13,144
L Βάρος-OW _i (g)	Αραγωνίτης	269	0,00881	0,000146	0,002393	0,0034	0,0087	0,0188
	Βατερίτης	8	0,007713	0,000699	0,001977	0,0058	0,007	0,0105

Ο Πίνακας 3.12. έδειξε μικρές διαφορές για τους αριστερούς ωτόλιθους μεταξύ αραγωνίτη και βατερίτη, με τον βατερίτη να παρουσίασε ελαφρώς μεγαλύτερα μεγέθη κι μικρότερο βάρος.

Η κανονικότητα της κατανομής ελέγχθηκε με το Kolmogorov-Smirnov test και ο έλεγχος ομοιογένειας της διακύμανσης μέσω των Bartlett's και Levene's tests.

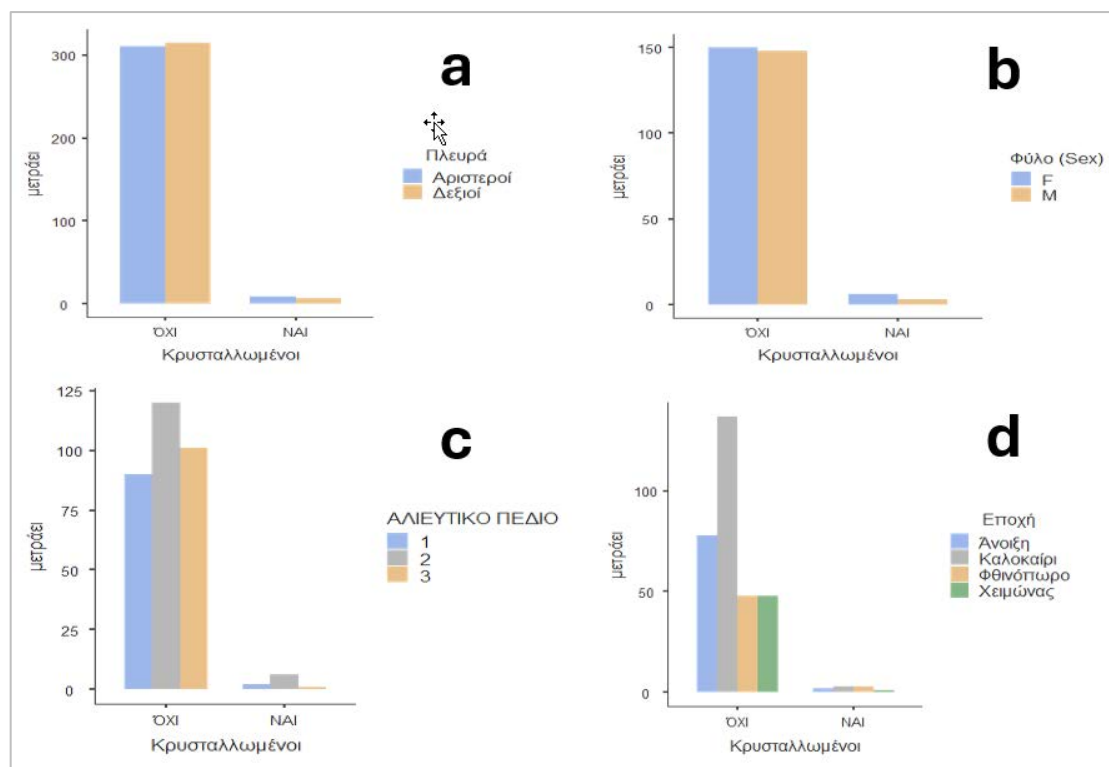
Πίνακας 3.13. Μέσες τιμές $\pm$ τυπικό σφάλμα (SE), για τους αριστερούς ωτόλιθους ανά υλικό σύστασης (Αραγωνίτης, Βατερίτης), ως προς τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά μήκος (OL), πλάτος (OW), περίμετρος (OP), εμβαδόν (OA), βάρος (OW_t) ωτόλιθου, συνδυαστικά με την σύγκρισή τους με τις μεθόδους Student's t-test. N: αριθμός δειγμάτων, $p < 0,05$: στατιστικά σημαντικό.

Δείγμα	N	OL $\pm$ SE (mm)	N	OW $\pm$ SE (mm)	N	OP $\pm$ SE (mm)	N	OA $\pm$ SE (mm ²)	N	OW _t $\pm$ SE (g)
L-Ωτόλιθοι										
Αραγωνίτης	275	5,38 $\pm$ 0,04	309	2,78 $\pm$ 0,02	275	16,6 $\pm$ 0,2	275	10,1 $\pm$ 0,1	269	0,009 $\pm$ 0,0001
Βατερίτης	9	5,6 $\pm$ 0,1	9	2,89 $\pm$ 0,1	8	17,9 $\pm$ 0,7	8	10,7 $\pm$ 0,5	8	0,008 $\pm$ 0,0007
		Student's t-test=-1,016, p=0,31		Student's t-test=-0,975, p=0,33		Student's t-test=-1,325, p=0,186		Student's t-test=-0,779, p=0,436		Student's t-test=1,283, p=0,201

Με βάση το υλικό σύστασης των ωτολίθων δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τα μήκος, πλάτος, περίμετρο, εμβαδόν, βάρος ωτόλιθου (Πίν. 3.13.).

Πίνακας 3.14. Αναλογίες υλικού σύστασης (αραγωνίτη:βατερίτη) στο σύνολο κι έπειτα στους αριστερούς ωτόλιθους λεοντόψαρου, ανά φύλο (θηλυκά-αρσενικά), ανά αλιευτικό πεδίο (1,2,3) κι ανά εποχή (Άνοιξη, Καλοκαίρι, Φθινόπωρο, Χειμώνας) και τα αποτελέσματα των μεθόδων χ^2 Goodness of fit και χ^2 test of association, αντίστοιχα. N: αριθμός δειγμάτων, Value: αποτέλεσμα του χ^2 test, $p < 0,05$: στατιστικά σημαντικό.

	Αναλογία			χ^2 test			
	Αραγωνίτης	Βατερίτης	Σύνολο	N	Value	df	p
Πλευρά							
R-Ωτόλιθοι	315	6	321	641	0,624	1	0,43
L-Ωτόλιθοι	311	9	320				
Σύνολο	626	15	641				
L-Ωτόλιθοι							
Σύνολο	311	9	320	320	285	1	<0,001
Φύλο							
Θηλυκά	150	6	156	307	0,932	1	0,334
Αρσενικά	148	3	151				
Σύνολο	298	9	307				
Περιοχή							
1	90	2	92	320	3,14	2	0,208
2	120	6	126				
3	101	1	102				
Σύνολο	311	9	320				
Εποχή							
Άνοιξη	78	2	80	320	2,12	3	0,547
Καλοκαίρι	137	3	140				
Φθινόπωρο	48	3	51				
Χειμώνας	48	1	49				
Σύνολο	311	9	320				



Διάγραμμα 3.4. Παρουσία υλικού σύστασης αραγωνίτης προς βατερίτης, (a) ανά πλευρά ωτολίθων (αριστεροί, δεξιοί) και για τους αριστερούς ωτόλιθους (b) ανά φύλο (θηλυκά, αρσενικά), (c) αλιευτικό πεδίο (1, 2, 3) κι (d) εποχή (Άνοιξη, Καλοκαίρι, Φθινόπωρο, Χειμώνας). ΟΧΙ: αραγωνίτης, ΝΑΙ: βατερίτης.

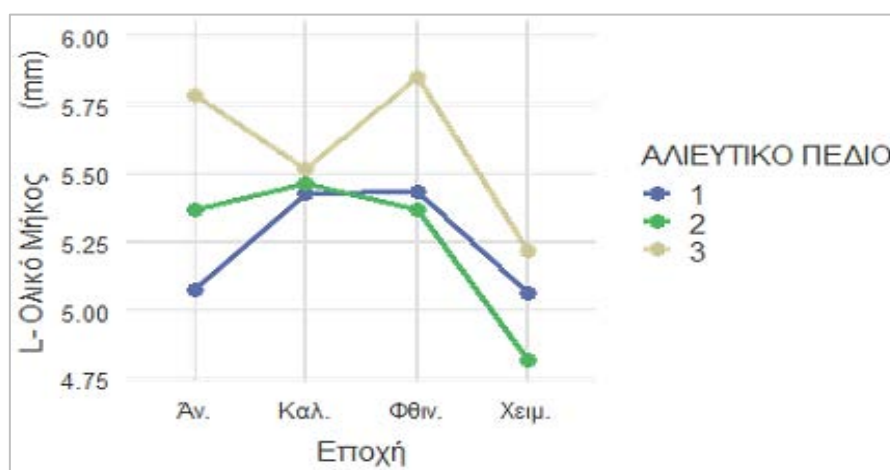
Οι αναλογίες αραγωνίτη προς βατερίτη μεταξύ αριστερών και δεξιών ωτολίθων δεν είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά (Πίν. 3.14 και Διάγ. 3.4.). Για το σύνολο των αριστερών ωτολίθων η αναλογία αραγωνίτη προς βατερίτη ήταν κατά πολύ υπέρ του αραγωνίτη με στατιστικά σημαντικότερη διαφορά (Πίν. 3.14 και Διάγ. 3.4.). Για τους αριστερούς ωτόλιθους μεταξύ των φύλων, των αλιευτικών πεδίων και των εποχών η παρουσία μη κρυσταλλοποιημένων ωτολίθων υπερέβαινε αυτή των κρυσταλλοποιημένων και δεν διέφερε μεταξύ των παραμέτρων (Πίν. 3.14 και Διάγ. 3.4.).

3.1.6. Γενικευμένα Γραμμικά Μοντέλα (GLM)

Οι Πίνακες 3.15. και 3.16. και τα Διαγράμματα 3.5. και 3.6. παρουσιάζουν την επίδραση του φύλου, αλιευτικού πεδίου και εποχής καθώς και της αλληλεπίδρασης τους στο μήκος και βάρος των αριστερών ωτολίθων με τη χρήση γενικευμένων γραμμικών μοντέλων (ANOVA General Linear Models).

Πίνακας 3.15. Αποτελέσματα Γενικευμένων Γραμμικών Μοντέλων (ANOVA General Linear Models), ως προς τις επιδράσεις του φύλου (Θηλυκά, Αρσενικά), αλιευτικού πεδίου (1, 2, 3) και εποχής (Άνοιξη, Καλοκαίρι, Φθινόπωρο, Χειμώνας), στο μήκος των αριστερών ωτολίθων του λεοντόψαρου. df: βαθμοί ελευθερίας, SS: άθροισμα τετραγώνων.

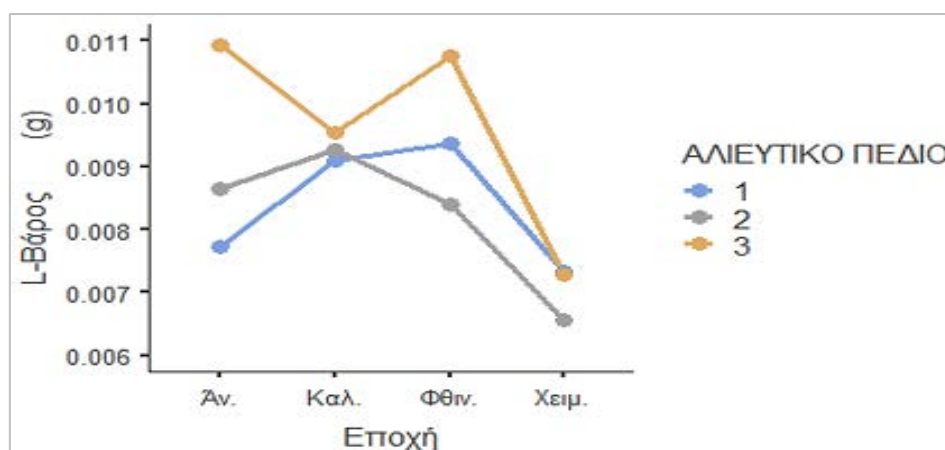
	SS	df	F	p
Model	21,862	23	2,835	< 0,001
Φύλο	0,563	1	1,678	0,196
Εποχή	7,688	3	7,642	< 0,001
Αλιευτικό Πεδίο	4,541	2	6,771	0,001
Φύλο * Εποχή	0,797	3	0,792	0,499
Φύλο * Αλιευτικό Πεδίο	0,927	2	1,383	0,253
Εποχή * Αλιευτικό Πεδίο	3,293	6	1,637	0,137
Φύλο * Εποχή * Αλιευτικό Πεδίο	1,649	6	0,820	0,556
Residuals	82,826	247		
Total	104,688	270		



Διάγραμμα 3.5. Αλληλεπιδράσεις των αλιευτικών Πεδίων (1, 2, 3) και των εποχών (Άνοιξη, Καλοκαίρι, Φθινόπωρο, Χειμώνας), στο μήκος των αριστερών ωτολίθων του λεοντόψαρου.

Πίνακας 3.16. Αποτελέσματα Γενικευμένων Γραμμικών Μοντέλων (ANOVA General Linear Models), ως προς τις επιδράσεις του φύλου (Θηλυκά, Αρσενικά), αλιευτικού πεδίου (1, 2, 3) και εποχής (Άνοιξη, Καλοκαίρι, Φθινόπωρο, Χειμώνας), στο βάρος των αριστερών ωτολίθων του λεοντόψαρου. df: βαθμοί ελευθερίας, SS: άθροισμα τετραγώνων.

	SS	df	F	p
Model	3,87e-4	23	3,728	<0,001
Φύλο	2,10e-5	1	4,653	0,032
Εποχή	1,87e-5	3	13,825	<0,001
Αλιευτικό Πεδίο	6,89e-5	2	7,637	<0,001
Φύλο * Εποχή	2,74e-5	3	2,028	0,111
Φύλο * Αλιευτικό Πεδίο	1,01e-5	2	1,119	0,328
Εποχή * Αλιευτικό Πεδίο	6,03e-5	6	2,228	0,041
Φύλο * Εποχή * Αλιευτικό Πεδίο	1,14e-5	6	0,422	0,864
Residuals	0,00108	240		
Total	0,00147	263		



Διάγραμμα 3.6. Αλληλεπιδράσεις των αλιευτικών Πεδίων (1, 2, 3) και των εποχών (Άνοιξη, Καλοκαίρι, Φθινόπωρο, Χειμώνας) στο βάρος των αριστερών ωτολίθων του λεοντόψαρου.

Οι Πίνακες 3.15. και 3.16. και τα Διαγράμματα 3.5. και 3.6. δείχνουν την στατιστικά σημαντική επίδραση της εποχής και αλιευτικού πεδίου στο μήκος των ωτολίθων, και του φύλου, εποχής και αλιευτικού πεδίου στο βάρος των ωτολίθων. Δεν παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην αλληλεπίδραση αυτών των παραγόντων τόσο στο μήκος όσο και στο βάρος των ωτολίθων.

Το αλιευτικό πεδίο 3 παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές για όλες τις εποχές κι ο Χειμώνας τις μικρότερες τιμές σε όλα τα αλιευτικά πεδία (Πίν. 3.15. 3.16. και Διάγ. 3.5., 3.6.).

3.2. ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΛΕΟΝΤΟΨΑΡΟΥ ΚΙ ΩΤΟΛΙΘΩΝ

Η σχέση μεταξύ του ολικού μήκους και μήκους αριστερών ωτολίθων περιγράφηκε με τη μη γραμμική παλινδρόμηση Power ($y = a \times x^b$) και διερευνήθηκε η σχέση αλλομετρίας (Πίν. 3.17.).

Πίνακας 3.17. Μορφομετρικές σχέσεις μεταξύ μήκους αριστερού ωτόλιθου (OL), πλάτους ωτόλιθου (OW), και ολικού μήκους (TL) και βάρους του λεοντόψαρου (TW_t). N: αριθμός δειγμάτων, R^2 : συντελεστής προσδιορισμού, +ve: θετική Αλλομετρία, t-test: στατιστική σημαντικότητα της αλλομετρικής σχέσης, Επίπεδο σημαντικότητας (ns: non-significant, **: $p < 0,01$, ***: $p < 0,001$).

Μορφομετρικές Σχέσεις					
Είδος Δειγμάτων	Εξίσωση ($y = a \times x^b$)	N	R^2	Αλλομετρία-Ισομετρία	t-test
Σώμα-L Ωτόλιθοι					
	$TW_t = 1,27018 \times OL^{3,12413}$	284	60	Isometry	ns
Σύνολο	$TW_t = 7,455996 \times OW^{3,42181}$	318	78,2	+ve	***
Πληθυσμού	$TL = 4,67838 \times OL^{1,01996}$	283	67,9	Isometry	ns
	$TL = 8,66564 \times OW^{1,08341}$	318	81	+ve	**

Μεταξύ σώματος λεοντόψαρου-αριστερών ωτολίθων παρουσιάστηκε ισομετρία για τις σχέσεις Βάρος σώματος-Μήκος ωτόλιθου κι Ολικό Μήκος σώματος-Μήκος ωτόλιθου και θετική αλλομετρία για τις σχέσεις Βάρος σώματος-Πλάτος ωτόλιθου κι Ολικό Μήκος σώματος-Πλάτος ωτόλιθου (Πίν. 3.17.).

3.3. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΚΑΤΑ PEARSON

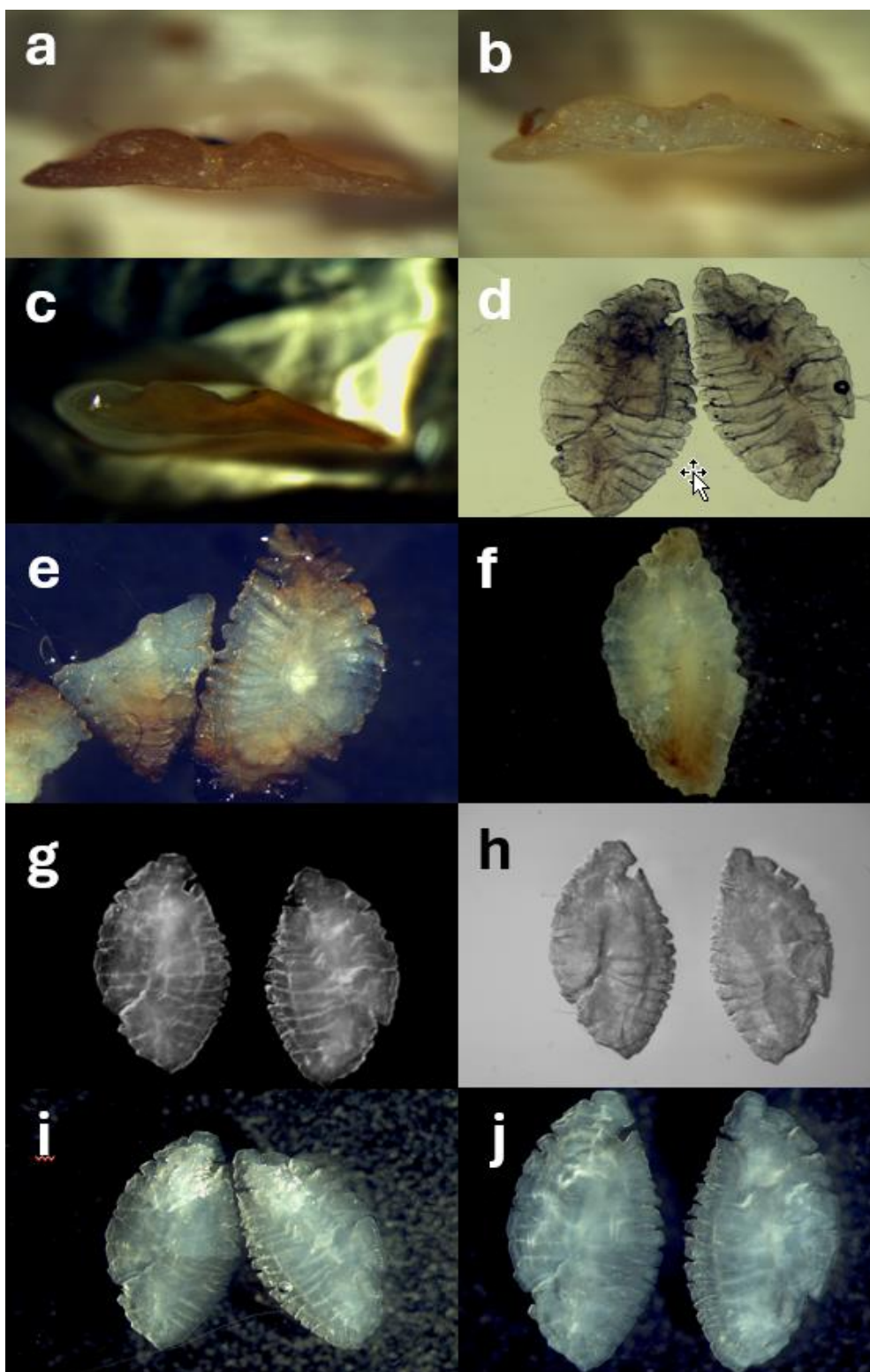
Η διερεύνηση των σχέσεων μεταξύ των μορφομετρικών χαρακτηριστικών των αριστερών ωτολίθων και σωματικών χαρακτηριστικών του λεοντόψαρου, πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του συντελεστή συσχέτισης κατά Pearson (Διάγ. 3.7.).



Διάγραμμα 3.7. Γραμμικές σχέσεις και τιμές του συντελεστή συσχέτισης Pearson, για τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά των αριστερών ωτολίθων (L-Ολικό Μήκος, L-Πλάτος, L-Περίμετρος, L-Εμβαδόν, L-Βάρος) και μορφομετρικών χαρακτηριστικών του λεοντόψαρου (Ολικό Μήκος Σώματος, Βάρος Σώματος). Το μέγεθος στη συσχέτιση διακρίνεται στην κλίμακα του συντελεστή. Όλες οι συσχετίσεις βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές ($p < 0,001$).

3.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΗΛΙΚΙΑΣ

Οι τεχνικές που εφαρμόστηκαν για την ανάγνωση δακτυλίων σε δείγματα ωτολίθων απεικονίζονται στις παρακάτω εικόνες (Εικ. 3.1.).



Εικόνα 3.1. Προσπάθειες διάκρισης ετήσιων δακτυλίων σε δείγματα ωτολίθων *P. miles* σε (a) Εγκάρσια Τομή-Παραφινέλαιο-Κάψιμο, (b) Εγκάρσια Τομή-Παραφινέλαιο, (c) Εγκάρσια Τομή-Γλυκερόλη:Αιθανόλη-Κάψιμο, (d) Ολόκληροι-Γλυκερόλη:Αιθανόλη-Μεταδιδόμενος Φωτισμός, (e) Ολόκληροι-Απεσταγμένο Νερό-Κάψιμο-Ανακλώμενος Φωτισμός, (f) Ολόκληροι-Γλυκερόλη:Αιθανόλη-Κάψιμο-Ανακλώμενος Φωτισμός, (g) Ολόκληροι-Αιθανόλη-Ανακλώμενος Φωτισμός, (h) Ολόκληροι-Αιθανόλη-Μεταδιδόμενος Φωτισμός, (i) Ολόκληροι-Γλυκερόλη:Αιθανόλη-Ανακλώμενος Φωτισμός, (j) Ολόκληροι-Γλυκερόλη:Αιθανόλη-Ανακλώμενος Φωτισμός-24h.

Τα αποτελέσματα της εφαρμογής των παραπάνω τεχνικών δεν είχαν κάποιο θετικό αποτέλεσμα, ως προς την ανάγνωση ετήσιων δακτυλίων στα δείγματα ωτολίθων για τον επιτυχή προσδιορισμό της ηλικίας των λεοντόψαρων (Εικ. 3.1.). Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι η χρήση της διαλύματος γλυκερόλης-αιθανόλης ως υγρού μέσου παραμονής των ωτολίθων σε ειδικό σωλήνα Erpendorf για 24 ώρες κι έπειτα ως υγρού μέσου παρατήρησης των ωτολίθων στο στερεοσκόπιο, συνδυαστικά με ανακλώμενο φωτισμό παρείχε σχετικά μεγαλύτερη ευκρίνεια σε λεπτομέρειες των δειγμάτων ωτολίθων (Εικ. 3.1.).

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι περισσότερες από τις τρέχουσες γνώσεις σχετικά με τα βιολογικά κι οικολογικά χαρακτηριστικά του ξενικού χωροκατακτητικού είδους *P. miles* προέρχονται από έρευνες που διεξήχθησαν κυρίως στον δυτικό Ατλαντικό Ωκεανό κι από μερικές μελέτες στο περιβάλλον προέλευσής του (Fishelson, 1975; Darling et al., 2011; Cure et al., 2012; Kulbicki et al., 2012). Αν και αυτές οι μελέτες χρησιμεύουν ως σημαντική πηγή για μια προκαταρκτική εκτίμηση κινδύνου της εισβολής στην Μεσόγειο θάλασσα, είναι σημαντικό να δημιουργηθούν βασικές πληροφορίες για διάφορες πτυχές της βιολογίας και της οικολογίας των λεοντόψαρων για την περίπτωση της Μεσογείου, ώστε να είναι δυνατή μια ενδεδειγμένη αξιολόγηση και καλύτερη κατανόηση της δυναμικής εισβολής τους στα ήδη πολύ διαταραγμένα θαλάσσια οικοσυστήματα της περιοχής (Micheli et al., 2013; Boero, 2015). Επί του παρόντος είναι γνωστό ότι το λεοντόψαρο προκαλεί πληθώρα οικολογικών, κοινωνικών κι οικονομικών προβλημάτων όπως κυριαρχία επί των αυτόχthonων θαλάσσιων ειδών και των πληθυσμών τους -καθώς στερείται φυσικούς θηρευτές, στερεί σημαντικές ποσότητες τροφής από τους άλλους οργανισμούς και τρέφεται με πληθώρα οικολογικά κι οικονομικά σημαντικών αποθεμάτων- στις τις ευαίσθητες κι ιδιαίτερες παράκτιες μεσογειακές κοινωνίες (Morris et al., 2009; Côté & Smith, 2018; Motomura et al., 2018; NOAA, 2019; Kleitou et al., 2022; Rutledge et al., 2022; Rafferty, 2023).

Από τα πλέον χρησιμοποιούμενα εργαλεία στην πληρέστερη κατανόηση των ιχθύων θεωρούνται οι ωτόλιθοι sagittae. Οι ωτόλιθοι είναι οστάρια, αποτελούμενα στην πλειοψηφία τους από ανόργανο υλικό, βρίσκονται ανά ζεύγος στην κρανιακή κοιλότητα των ιχθύων, αποτελούν μέρος του συστήματος του εσωτερικού αυτιού κι ο ρόλος τους είναι η λήψη ήχων, η βοήθεια στην ισορροπία και στον προσανατολισμό (Borelli et al., 2003; Oxman et al., 2007; Morat, 2011; Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2015).

Με βάση την υψηλή σημασία κι ευρεία χρησιμότητα των πληροφοριών που δύνανται να παράσχουν οι ωτόλιθοι sagittae ως προς την ζωή των ιχθύων (ηλικιακός προσδιορισμός, αναγνώριση ειδών και πληθυσμών, αναπαραγωγή, στρατολόγηση, μετανάστευση, θνησιμότητα, ανασύνθεση παλιότερων φυσικοχημικών συνθηκών κ.ά.), αυτοί αποτελούν ένα απαραίτητο εργαλείο στην επιστήμη της Ιχθυολογίας και της Θαλάσσιας Βιολογίας (Begg & Brown, 2000; Cardinale et al., 2004; Ponton, 2006; Oxman et al., 2007; Nielsen et al., 2010; Ronan, 2012; Trojette et al., 2014; Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2015).

Η παρούσα έρευνα μελέτησε τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά (μήκος, πλάτος, περίμετρος, εμβαδόν και βάρος, υλικό σύστασης, δακτύλιοι ωτολίθων) των ωτολίθων sagittae από αλιευμένα δείγματα λεοντόψαρων στο νότιο Αιγαίο Πέλαγος (Ρόδος). Η επιλογή της περιοχής έρευνας συνέβη λόγω της πρωταρχικής καταγραφής του είδους στα ελληνικά ύδατα εκεί, καθώς και των πλέον καθημερινών παρατηρήσεων του, οπότε θα μπορούσαν να μελετηθούν οι χρόνιοι πληθυσμοί του ως προς την εξέλιξη και προσαρμογή τους μακροπρόθεσμα, αποτελώντας παραδείγματα και για την μελέτη πληθυσμών του είδους σε άλλες μεσογειακές περιοχές. Αξίζει να σημειωθεί, ότι η χρήση εξοπλισμού εμπορικής αλιείας με μεγαλύτερα μάτια στα απλάδια και μανωμένα δίχτυα εμπόδισε την εξ αλίευση λεοντόψαρων μικρών μεγεθών, έτσι ώστε οι ωτόλιθοι τους που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα, να προέρχονται κυρίως από ενήλικα άτομα. Διερευνήθηκαν έτσι οι σχέσεις μεταξύ των χαρακτηριστικών μεταξύ των ωτολίθων και μεταξύ των μορφομετρικών χαρακτηριστικών του είδους. Επιπλέον, διερευνήθηκαν πιθανές διαφορές μεταξύ φύλων, περιοχών αλιείας, εποχών, υλικών σύστασης καθώς και προσπάθεια υπολογισμού ηλικίας, μέσω των ωτολίθων. Η παρούσα μελέτη στόχευσε στην μελέτη των ωτολίθων του λεοντόψαρου για τον πληθυσμό της νότιο-

ανατολικής Μεσογείου και την ανάδειξη πληροφοριών που θα συμβάλουν στην εκτίμηση του αποθέματος και την ορθολογική του διαχείριση.

Τα αποτελέσματα που αφορούν την σύγκριση αριστερών και δεξιών ωτολίων έδειξαν ύπαρξη διαφοράς μόνο ως προς το πλάτος τους, με τους αριστερούς να εμφανίζονται μεγαλύτεροι. Ωστόσο, η συγκεκριμένη διαφορά θεωρείται αμελητέα και συνδυαστικά με την ομοιότητα στα υπόλοιπα προαναφερθέντα μορφομετρικά χαρακτηριστικά, υποδηλώνεται η καταλληλότητα χρήσης και των δύο ωτολίων του λεοντόψαρου. Στις αναλύσεις της παρούσας εργασίας επιλέχθηκαν οι αριστεροί ωτόλιθοι σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Blakeway et al., 2022; Gonzalez et al., 2022). Η παρατηρούμενη διαφορά στο πλάτος μεταξύ των ωτολίων πιθανόν οφείλεται σε ενδογενείς (γενετική, εξειδικευμένη λειτουργία εσωτερικού αυτιού) ή/και εξωγενείς (περιβαλλοντικούς) παράγοντες (Gaemers, 1984; Campana & Neilson, 1985; Nolf & Talimaa, 1985; Lombarte & Lleonart, 1993; Paxton, 2000; Cardinale et al., 2004; Lombarte & Cruz, 2007; Vignon & Morat, 2010; Vignon, 2012). Στο σύνολο των αριστερών ωτολίων ως προς τον τρόπο ανάπτυξης τους διαφαίνεται η μεγαλύτερη ανάπτυξη αρχικά σε πλάτος ακολούθως σε μήκος και δευτερευόντως σε βάρος, ενώ το βάρος αυξάνεται περισσότερο σχετικά με την περίμετρο και το εμβαδόν, δείχνοντας έτσι και μια αύξηση στο πάχος.

Για την σύγκριση των ωτολίων μεταξύ θηλυκών κι αρσενικών λεοντόψαρων βρέθηκε διαφορά μόνο ως προς το πλάτος, με των αρσενικών να είναι μεγαλύτεροι. Το αποτέλεσμα αυτό είναι επακόλουθο από την παρουσία μεγαλύτερου μεγέθους σωματικά αλιευμένων αρσενικών λεοντόψαρων σχετικά με τα θηλυκά σύμφωνα με τους Kondylatos et al. (2024). Επιπλέον, το παραπάνω αποτέλεσμα επηρεάζεται από τη συσχέτιση των μορφομετρικών χαρακτηριστικών των ωτολίων με το μέγεθος σώματος των ιχθύων, σε συμφωνία με τον Vignon (2012) για τον Ευρωπαϊκό

Μπακαλιάρo (*Merluccius merluccius*, Linnaeus 1758). Ως προς τον τρόπο ανάπτυξης των ωτολίθων φαίνεται ότι στα θηλυκά λεοντόψαρα αναπτύσσονται περισσότερο σε βάρος, ακολούθως σε πλάτος και δευτερευόντως σε μήκος ενώ στα αρσενικά περισσότερο σε μήκος και πλάτος από ότι σε βάρος. Ο ρυθμός ανάπτυξης των ωτολίθων μεταξύ των φύλων δεν διαφέρει. Οι μικρές διαφορές μεταξύ των ωτολίθων ανά φύλο πιθανόν να οφείλονται και στη διακριτή χρήση ενδιαιτημάτων, στους άνισους ρυθμούς ανάπτυξης και στις διαφορές σε ορμονολογικό και συμπεριφορικό επίπεδο, τα οποία επηρεάζουν τον οργανισμό ιχθύος στο σύνολό του (Francescon & Barbaro, 1999; Teorbische, 2012; Parmentier et al., 2014; Tuset et al., 2015; Parmentier et al., 2018; Vaux et al., 2019; Carvalho et al., 2020).

Η σύγκριση των ωτολίθων μεταξύ των αλιευτικών πεδίων έδειξε διαφορές προς όλα τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά μεταξύ των περιοχών 1, 2 και της περιοχής 3, με τους ωτόλιθους της περιοχής 3 να παρουσιάζουν το μεγαλύτερο μέγεθος. Αυτό πιθανότατα ήταν αποτέλεσμα των μεγαλύτερων ατόμων που αλιεύθηκαν στην περιοχή 3 (περιοχή με μικρότερη αλιευτική πίεση) και της συσχέτισης του μεγέθους των ωτολίθων με το μέγεθος του σώματος των ιχθύων (Kondylatos et al., 2024).

Η σύγκριση των ωτολίθων μεταξύ των εποχών έδειξε διαφορές προς όλα τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά μεταξύ Άνοιξης, Καλοκαιριού, Φθινοπώρου και του Χειμώνα, με τους ωτόλιθους τον Χειμώνα να παρουσιάζουν τα μικρότερα μεγέθη. Αυτό πιθανόν δικαιολογείται με την συσχέτιση του μεγέθους του ωτόλιθου με το μέγεθος σώματος του ιχθύος, ως αποτέλεσμα της αναπαραγωγικής βιολογίας του είδους στην περιοχή μελέτης (Kondylatos et al., 2024).

Η σύγκριση των μορφομετρικών χαρακτηριστικών ωτολίθων διαφορετικού υλικού σύστασης (αραγωνίτης και βατερίτης) δεν υπέδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η συντριπτική πλειοψηφία των ωτολίθων δεν εμφάνισαν κρυσταλλοποίηση με ίση

αναλογία μεταξύ αριστερών και δεξιών ωτολίθων. Η κρυσταλλοποίηση των ωτολίθων πιστεύεται ότι προκαλείται από ενδογενείς (μεταβολισμός, στάδιο ανάπτυξης, αναπαραγωγή) κι εξωγενείς παράγοντες (οξύ/χρόνιο στρες, ασιτία, θερμοκρασία, αλατότητα κ.ά.), οι οποίοι επηρεάζουν και την αναπτυξιακή σταθερότητα στους ιχθύες (Johansson, 1966; Valentine et al., 1973; Strong et al., 1986; Bestgen & Bundy, 1998; Cardinale et al., 2004; Payan et al., 2004; Oxman et al., 2007). Ωστόσο, υπάρχει κενό πληροφορίας, για τους μηχανισμούς που προκαλούν τη μετάβαση από αραγωνίτη σε βατερίτη και τη λειτουργική επίδραση τους (Sweeting et al., 2004; Oxman et al., 2007). Έτσι, η ελάχιστη παρουσία κρυσταλλοποιημένων ωτολίθων υποδεικνύει άρτια προσαρμοσμένα κι υγιή λεοντόψαρα σε ένα περιβάλλον κατάλληλο για την διαβίωση τους.

Το ολικό μήκος των ατόμων εμφάνισε ισομετρική σχέση με το ολικό μήκος των ωτολίθων σε αντίθεση με την εκτίμηση του Xiao (1996) ο οποίος ανέφερε πολύπλοκη σχέση ανάπτυξης μεταξύ μεγέθους ωτολίθου και σωματικής ανάπτυξης.

Ο ηλικιακός προσδιορισμός των λεοντόψαρων μέσω των ωτολίθων τους δεν ήταν εφικτός εξαιτίας της χαμηλής ευκρίνειας των ετήσιων δακτυλίων τους. Ωστόσο, η χρήση του διαλύματος γλυκερόλης-αιθανόλης (3:1) ως υγρού μέσου παραμονής των ωτολίθων σε ειδικό σωλήνα Eppendorf για 24 ώρες κι έπειτα ως υγρού μέσου παρατήρησης των ωτολίθων στο στερεοσκόπιο, συνδυαστικά με ανακλώμενο φωτισμό παρείχε σχετικά μεγαλύτερη ευκρίνεια σε λεπτομέρειες των δειγμάτων ωτολίθων. Αξίζει να σημειωθεί, ότι στην έρευνα των Savva et al. (2020) για το *P. miles* ήταν εφικτή η ανάγνωση ετήσιων δακτυλίων στους ωτόλιθους, ωστόσο με χρήση διαφορετικού πρωτοκόλλου. Υπάρχει επίσης μεγάλη δυσκολία στην αναγνώριση των ετήσιων δακτυλίων και υποκειμενικότητα στην παρατήρηση και ταυτοποίηση τους από τους ερευνητές (Casey & Periero, 1995).

Επί του παρόντος αναγνωρίζεται, ότι η ανάπτυξη και το σχήμα των ωτολίθων ρυθμίζεται κατά βάση γενετικά, συνδυαστικά με την ισχυρή μεταβλητότητα που σχετίζεται με το φύλο, την ηλικία, τη διατροφή, τις τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες (βάθος, θερμοκρασία νερού, τύπος υποστρώματος) και την οντογενετική αλλομετρία, με την ανάγκη περισσότερων μελετών που να κατανοούν και να επιβεβαιώνουν τα παραπάνω, να κρίνεται απαραίτητη (Bird et al., 1986; Gauldie & Nelson, 1990; Castonguay et al., 1991; Campana & Casselman, 1993; Lombarte & Lleonart, 1993; Begg & Brown, 2000; Bolles & Begg, 2000; Cardinale et al., 2004; Gagliano & McCormick, 2004; Mériçot et al., 2007; Hüßy, 2008; Reichenbacher et al., 2009; Vignon & Morat, 2010; Vignon, 2012; Başusta & Dürrani, 2021). Επιπλέον, μελέτες για τη μορφολογία των ωτολίθων έχουν αυξηθεί σε σημασία μέσω της ανάπτυξης ψηφιακών τεχνικών, συστημάτων ανάλυσης εικόνας και σχήματος (γεωμετρική μορφομετρία), συνδυαστικά με την μελλοντική και πολλά υποσχόμενη χρήση αυτοματοποιημένων συστημάτων αναγνώρισης προτύπων, εξάγοντας ποικίλα χαρακτηριστικά από τους ωτόλιθους για την αποτελεσματικότερη συμβολή τους στη διαχείριση των αλιευτικών πόρων (Vignon, 2012; Bostanci et al., 2016).

Κλείνοντας, η μελέτη των ωτολίθων sagittae του είδους *P. miles* φιλοδοξεί να συμβάλει στην καλύτερη κατανόηση διαφορών πτυχών της μορφολογίας, φυσιολογίας, βιολογίας κι ηθολογίας αυτών των λεσεψιανών μεταναστών, συμβάλλοντας στην ορθολογική διαχείριση και πιθανό έλεγχο της εξάπλωσης του είδους στην Μεσόγειο.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα ζεύγη ωτολίθων sagittae του είδους *P. miles* παρουσιάζουν αμελητέες διαφορές στα μορφομετρικά χαρακτηριστικά μεταξύ τους. Φυλετικά οι μικρές διαφορές που παρουσιάζουν οι μεγαλύτεροι ωτόλιθοι των αρσενικών ατόμων, οφείλονται στα μεγαλύτερα αρσενικά λεοντόψαρα στον υπό μελέτη πληθυσμό και στην συσχέτιση του μεγέθους ωτόλιθου με το μέγεθος σώματος του ιχθύος. Χωρικά στην περιοχή 3 (μικρότερη συγκριτικά αλιευτική πίεση) παρουσιάστηκαν οι μεγαλύτεροι ωτόλιθοι ενώ χρονικά τον Χειμώνα οι μικρότεροι ωτόλιθοι, με τα μεγέθη των ωτολίθων να σχετίζονται άμεσα με τα αντίστοιχα σωματικά χαρακτηριστικά του λεοντόψαρου. Η πλειοψηφία των ωτολίθων δεν παρουσίαζε κρυσταλλοποίηση. Το μήκος του ωτολίθου σε σχέση με το ολικό μήκος εμφάνισε ισομετρική σχέση. Ο ηλικιακός προσδιορισμός μέσω της ανάγνωσης ετήσιων δακτυλίων από τους ωτόλιθους δεν κατέστη εφικτός με τη χρήση των πρωτοκόλλων που δοκιμάστηκαν στην παρούσα εργασία.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

6.1. ΕΛΛΗΝΙΚΗ

- Κλαουδάτος Δ. (2020). Διαχείριση αλιευτικών αποθεμάτων. Πανεπιστημιακές παραδόσεις του μαθήματος (2020-2021). Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, σελ. 246.
- Λεγάκις Α. και Μαραγκού Π. (2009). Κεφ. Εισαγωγή: 1.5 ‘Εισβλητικά ξενικά είδη’ και Ψάρια: Α. ‘Ψάρια της θάλασσας’ από Βιβλ. “Το Κόκκινο Βιβλίο των Απειλούμενων Ζώων της Ελλάδας”. Ελληνική Ζωολογική Εταιρεία, Αθήνα, 19-20 και 38 σελ.
- Νεοφύτου Χ. και Νεοφύτου Ν. (2015). Κεφ. 2 “Ανατομία-Φυσιολογία Ψαριών” και Κεφ. 5 “Ηλικία κι ανάπτυξη των ψαριών”. Βιβλίο «Ιχθυολογία». University Studio Press, 119-121 και 175-180p.

6.2. ΞΕΝΗ

- Alheit J. and Pitcher T.J. (1995). Hake. Fisheries, Ecology and Markets, Fish and Fisheries Series 15. Chapman & Hall, London, 478 pp.
- Ali M., Alkusaury H., Saad A., Reynaud C. and Capapé C. (2016). First record of *Pterois miles* (Osteichthyes: Scorpaenidae) in Syrian marine waters: confirmation of its accordance in the eastern Mediterranean. Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies – Biological Sciences Series, 38, 307–313.
- Arianoutsou M., Adamopoulou C., Andriopoulos P., Bazos I., Christopoulou A., Galanidis A., Kalogianni E., Karachle P.K., Kokkoris Y. and Martinou A.F.

- (2023). HELLAS-ALIENS. The Invasive Alien Species of Greece: Time Trends, Origin and Pathways. *NeoBiota* 2023, 86, 45–79.
- Azzurro E., Stancanelli B., Di Martino V. and Bariche M. (2017). Range expansion of the common lionfish *Pterois miles* (Bennett, 1828) in the Mediterranean Sea: An unwanted new guest for Italian waters. *BioInvasions Records* 6 (2): 95–98. DOI: 10.3391/bir.2017.6.2.01.
- Bariche M., Torres M. and Azzurro E. (2013). The presence of the invasive Lionfish *Pterois miles* in the Mediterranean Sea. *Mediterr Mar Sci.* 2013;14:292–4.
- Başusta N. and Dürrani Ö. (2021). Sexual dimorphism in the otolith shape of shi drum, *Umbrina cirrosa* (L.), in the eastern Mediterranean Sea: Fish size–otolith size relationships. *J Fish Biol.* 2021; 99: 164–174. <https://doi.org/10.1111/jfb.14708>.
- Begg G.A. and Brown R.W. (2000). Stock identification of haddock *Melanogrammus aeglefinus* on Georges Bank based on otolith shape analysis. *Transactions of the American Fisheries Society*, 129: 935– 945.
- Bestgen K.R. and Bundy J.M. (1998). Environmental factors affect daily increment deposition and otolith growth in young Colorado squawfish. *Trans. Am. Fish. Soc.* 127: 105–117.
- Bird J.L., Eppler D.T. and Checkley Jr. D.M. (1986). Comparison of herring otoliths using Fourier series shape analysis. *Can. J. Aquat. Sci.* 43, 1228–1234.
- Blakeway R.D., Fogg A.Q., Johnston M.A., Rooker J.R. and Jones G.A. (2022). Key Life History Attributes and Removal Efforts of Invasive Lionfish (*Pterois volitans*) in the Flower Garden Banks National Marine Sanctuary, Northwestern Gulf of Mexico. *Frontiers in Marine Sciences* 9, 774407.

- Blaxter J.H.S., Denton E.J. and Gray J.A.B. (1981). Acousticolateralis systems in clupeid fishes. In Hearing and sound communication in fishes. Edited by W.N. Tavolga, A.N. Popper, and R.R. Fay. Springer, New York. pp. 39–59.
- Boero F. (2015). The future of the Mediterranean Sea ecosystem: towards a different tomorrow. *Rendiconti Lincei*, 26, 3–12.
- Borelli G., Mayer-Gostan N., Merle P.L., De Pontual H., Boeuf G., Allemand D. and Payan P. (2003). Composition of biomineral organic matrices with special emphasis on turbot (*Psetta maxima*) otolith and endolymph. *Calcified Tissue International* 72, 717–725.
- Bostanci D., Yilmaz M., Yedier S., Kurucu G., Kontas S., Darçin M. and Polat N. (2016). Sagittal otolith morphology of sharpsnout seabream *Diplodus Puntazzo* (Walbaum, 1792) in the Aegean Sea. *International Journal of Morphology*, 34(2), pp. 484–488. doi:10.4067/s0717-95022016000200012.
- Bowen C.A., Bronte C.R., Argyle R.L., Adams J.V. and Johnson J.E. (1999). Vateritic sagitta in wild and stocked lake trout: applicability to stock origin. *Trans. Am. Fish. Soc.* 128: 929–938.
- Campana S.E. (1983). Feeding periodicity and the production of daily growth increments in otoliths of steelhead trout (*Salmo gairdneri*) and starry flounder (*Platichthys stellatus*). *Can. J. Zool.* 61: 1591–1597.
- Campana S.E. and Neilson J.D. (1985). Microstructure of fish otoliths. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42, 1014–1032.
- Campana S.E. and Casselman J.L. (1993). Stock discrimination using otolith shape analysis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50, 1062–1083.
- Campana S.E. (1999). Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and applications. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 188: 263–297.

- Campana S.E. (2004). Photographic Atlas of fish otolith of the northwest Atlantic Ocean. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 133. NRC Research Press. Ottawa, ON, Canada, 284 p.
- Campana S.E. and Neilson J.D. (2011). Microstructure of Fish Otoliths. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 42(5): 1014-1032. <https://doi.org/10.1139/f85-127>.
- Capoccioni F., Costa C., Aguzzi J., Menesatti P., Lombarte A. and Ciccotti E. (2010). Ontogenetic and environmental effects on otolith shape variability in three Mediterranean European eel (*Anguilla anguilla*, L.) local stocks. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 397, 1–7.
- Cardinale M., Doering-Arjes P., Kastowsky M. and Mosegaard H. (2004). Effects of sex, stock, and environment on the shape of known-age Atlantic cod (*Gadus morhua*) otoliths. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 61: 158–167.
- Carvalho B.M., Volpedo A.V. and Fávaro L.F. (2020). Ontogenetic and sexual variation in the sagitta otolith of *Menticirrhus americanus* (Teleostei; Sciaenidae) (Linnaeus, 1758) in a subtropical environment. Papeis Avulsos de Zoologia, 60, e20206009.
- Casey J. and Pereiro J. (1995). European hake (*M. merluccius*) in the North-east Atlantic. In: Alheit, J., Pitcher, T.J. (eds) Hake. Chapman & Hall Fish and Fisheries Series, vol 15. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-011-1300-7_5.
- Castonguay M., Simard P. and Gagnon P. (1991). Usefulness of Fourier analysis of otolith shape for Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) stock discrimination. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48, 296–302.
- Chollet-Villalpando J.G., García-Rodríguez F.J., Luna De Efraín and Cruz-Agüero De La José (2019). Geometric morphometrics for the analysis of character variation

- in size and shape of the sulcus acusticus of sagittae otolith in species of Gerreidae (Teleostei: Perciformes), *Marine Biodiversity*, 49(5), pp. 2323–2332. doi:10.1007/s12526-019-00970-y.
- Coll M., Piroddi C., Steenbeek J., Kaschner K., Ben Rais Lasram F., Aguzzi J., Ballesteros E., Bianchi C.N., Corbera J., Dailianis T., Danovaro R., Estrada M., Froggia C., Galil B.S., Gasol J.M., Gertwagen R., Gil J., Guilhaumon F., Kesner-Reyes K., Kitsos M.S., Koukouras A., Lampadariou N., Laxamana E., López-Fé de la Cuadra C.M., Lotze H.K., Martin D., Mouillot D., Oro D., Raicevich S., Rius-Barile J., Saiz-Salinas J.I., San Vicente C., Somot S., Templado J., Turon X., Vafidis D., Villanueva R. and Voultsiadou E. (2010). The biodiversity of the Mediterranean Sea: estimates, patterns, and threats. *PLoS ONE*. 2010;5:e11842. doi:10.1371/journal.pone.0011842.
- Côté I.M., Green S.J. and Hixon M.A. (2013). Predatory fish invaders: insights from Indo-Pacific lionfish in the western Atlantic and Caribbean. *Biological Conservation*, 164, 50–61.
- Côté I.M. and Smith N.S. (2018). The lionfish *Pterois* sp. invasion: Has the worst-case scenario come to pass?. *J Fish Biol*, 92: 660-689. <https://doi.org/10.1111/jfb.13544>.
- Crocetta F., Agius D., Balistreri P., Bariche M., Bayhan Y., Çakir M., Ciriaco S., Corsini-Foka M., Deidun A., El Zrelli R., Ergüden D., Evans J., Ghelia M., Giavasi M., Kleitou P., Kondylatos G., Lipej L., Mifsud C., Özvarol Y., Pagano A., Portelli P., Poursanidis D., Rabaoui L., Schembri P., Taşkin E., Tiralongo F. and Zenetos A. (2015). New Mediterranean Biodiversity Records (October 2015). *Mediterr Mar Sci*. 2015;16:682–702.

- Cruz A. and Lombarte A. (2004). Otolith size and its relationship with colour patterns and sound production. *Journal of Fish Biology*, 65: 1512-1525. <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2004.00558.x>.
- Cure K., Benkwitt C.E., Kindinger T.L., Pickering E.A., Pusack T.J., McIlwain J.L. and Hixon M.A. (2012). Comparative behaviour of red lionfish *Pterois volitans* on native Pacific versus invaded Atlantic coral reefs. *Marine Ecology Progress Series*, 467, 181–192.
- Darling E.S., Green S.J., O'Leary J.K. and Côté I.M. (2011). Indo-Pacific lionfish are larger and more abundant on invaded reefs: a comparison of Kenyan and Bahamian lionfish populations. *Biological Invasions*, 13, 2045–2051.
- Denton E.J., Gray J.A.B. and Blaxter J.H.S. (1979). The mechanics of the clupeid acoustic-lateralis system: frequency responses. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 59: 27–47.
- Dunkelberger D.G., Dean J.M. and Watabe N. (1980). The ultrastructure of the otolithic membrane and otolith in the juvenile mummichog, *Fundulus heteroclitus*. *Journal of Morphology* 163, 367-377.
- Eschmeyer W.N. (1986). Scorpaenidae. In M.M. Smith and P.C. Heemstra (eds.) *Smiths' sea fishes*. Springer-Verlag, Berlin. p. 463-478.
- Falini G., Fermani S., Vanzo S., Miletic M. and Zaffino G. (2005). Influence on the formation of aragonite or vaterite by otolith macromolecules. *Eur. J. Inorg. Chem.* 2005(1): 162–167.
- Farquhar S. (2016). Age and Growth of Invasive Lionfish: North Carolina, USA vs Bonaire, Dutch Caribbean. *Proceedings of the 69th Gulf and Caribbean Fisheries Institute*.

- Fay R.R. (1980). The goldfish ear codes the axis of acoustic particle motion in three dimension. *Science* 225, 951-963.
- Fishelson L. (1975). Ethology and reproduction of pteroid fishes found in the Gulf of Agaba (Red Sea), especially *Dendrochirus brachypterus* (Cuvier), (Pteroidae, Teleostei). *Pubblicazioni della Stazione zoologica di Napoli* 39: 635-656.
- Fishelson L. (1997). Experiments and observations on food consumption, growth and starvation in *Dendrochirus brachypterus* and *Pterois volitans* (Pteroinae, Scorpaenidae). *Environmental Biology of Fishes* 50: 391-403.
- Francescon A. and Barbaro A. (1999). Umbrina cirrosaproduzione e allevamento in cattività. In *Manuale di divulgazione, Serie Acquacultura. Veneto Agricoltura*. Verona, Italy: Corella Poligrafica.
- Francis M.P., Williams M.W., Pryce A.C., Pollard S. and Scott S.G. (1993). Uncoupling of otolith and somatic growth in *Pagrus auratus* (Sparidae). *Fish. Bull.* 91: 159–164.
- Froese R. and Pauly D. (eds.) (2019). FishBase. [Version 02/2019] <http://www.fishbase.org>.
- Gaemers P.A.M. (1984). Fish otoliths from the Bassevelde Sand (Late Tongrian) of Ruisbroek, Belgium, and the stratigraphy of the Early Oligocene of Belgium. *Mededelingen van de Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie*, 21(1), 13–57.
- Gagliano M. and McCormick M.I. (2004). Feeding history influences otolith shape in tropical fish. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 278, 291–296.
- Galil B.S., Boero F., Campbell M.L., Carlton J.T., Cook E., Frascchetti S., Gollasch S., Hewitt C.L., Jelmert A., Macpherson E., Marchini A., McKenzie C., Minchin D., Occhipinti-Ambrogi A., Ojaveer H., Olenin S., Piraino S. and Ruiz G.M. (2015).

- ‘Double trouble’: the expansion of the Suez Canal and marine bioinvasions in the Mediterranean Sea. *Biol Invasions*. 2015;17:973–6.
- Galil B.S., Marchini A. and Occhipinti-Ambrogi A. (2018). East Is East and West Is West? Management of Marine Bioinvasions in the Mediterranean Sea. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 2018, 201, 7–16.
- Gauldie R.W. (1987). Similarities in fine structure of annual, and Non-annual, check rings in the otolith of the New Zealand Snapper (*Chrysophrys auratus*), New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 22(2), pp. 273–278. doi:10.1080/00288330.1988.9516299.
- Gauldie R.W. and Nelson D.G.A. (1990). Otolith growth in fishes. *Comp. Biochem. Physiol. A* 97, 119–135.
- Golani D. and Sonin O. (1992). New records of the Red Sea fishes, *Pterois miles* (Scorpaenidae) and *Pteragogus pelycus* (Labridae) from the eastern Mediterranean Sea. *Japanese Journal of Ichthyology* 39 (2): 167–169. DOI: 10.11369/jji1950.39.167.
- Gonzalez J.G., Fredou T., Duarte-Neto P.J., Petit C., Labonne M., Lessa R.P. and Darnaude A.M. (2022). Age validation and growth in an exploited but poorly studied tropical fish species, the horse-eye jack (*Caranx latus*). *Fisheries Research* 253, 106368.
- Green S.J., Akins J.L. and Morris J.A.Jr. (2012). Lionfish dissection: Techniques and applications. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 139, 24 pp.
- Hüssy K. (2008). Otolith shape in juvenile cod (*Gadus morhua*): ontogenetic and environmental effects. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 364, 35–41.
- Iglésias P.S. and Frotté L. (2015). Alien marine fishes in Cyprus: update and new records. *Aquat Invasions*. 2015;10:425–38.

- IUCN (2016). New lionfish sightings in Turkey and Cyprus marine protected areas. Available at: <https://www.iucn.org/news/mediterranean/201606/new-lionfish-sightings-turkey-and-cyprus-marine-protected-areas> (Accessed: 19 July 2023).
- IUCN (2023). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-2. <https://www.iucnredlist.org>. (Accessed on: 20 July 2023).
- Johansson G. (1966). Contribution to the biology of the dab (*Limanda limanda* L.) in Icelandic waters. Rit. Fiskid. 4: 18–23.
- Johnston M.W. and Purkis S.J. (2014). Are lionfish set for a Mediterranean invasion? Modelling explains why this is unlikely to occur. Mar Pollut Bull. 2014;88:138–47.
- Johnson E.G. and Swenarton M.K. (2016). Age, growth and population structure of invasive lionfish (*Pterois volitans/miles*) in Northeast Florida using a length-based, age-structured population model. PeerJ, 4, e2730.
- Katsanevakis S., Coll M., Piroddi C., Steenbeek J., Ben Rais L.F., Zenetos A. and Cardoso A.C. (2014). Invading the Mediterranean Sea: biodiversity patterns shaped by human activities. Front Mar Sci. 2014;1:32. doi:10.3389/fmars.2014.00032.
- Kleitou P., Moutopoulos D.K., Giovos I., Kletou D., Savva I., Cai L.L., Hall-Spencer J.M., Charitou A., Elia M. and Katselis G. (2022). Conflicting Interests and Growing Importance of Non-indigenous Species in Commercial and Recreational Fisheries of the Mediterranean Sea. Fish. Manag. Ecol. 2022, 29, 169–182.
- Kletou D. and Hall-Spencer J.M. (2012). Threats to ultraoligotrophic marine ecosystems. In: Dr. Cruzado A, editor. Marine Ecosystems. 2012. p. 1–34.

- Kletou D., Hall-Spencer J.M. and Kleitou P. (2016). A lionfish (*Pterois miles*) invasion has begun in the Mediterranean Sea. *Mar Biodivers Rec* 9, 46. <https://doi.org/10.1186/s41200-016-0065-y>.
- Kondylatos G., Vagenas G., Kalaentzis K., Mavrouleas D., Conides A., Karachle P.K., Corsini-Foka M. and Klaoudatos D. (2023). 'Exploring the structure of static net fisheries in a highly invaded region: The case of rhodes island (Eastern Mediterranean)', *Sustainability*, 15(20), p. 14976. doi:10.3390/su152014976.
- Kondylatos G., Theocharis A., Mandalakis M., Avgoustinaki M., Karagyaurova T., Koulocheri Z., Vardali S. and Klaoudatos D. (2024). The Devil Firefish *Pterois miles* (Bennett, 1828): Life History Traits of a Potential Fishing Resource in Rhodes (Eastern Mediterranean). *Hydrobiology*, 3(1), 31-50.
- Kuiter R.H. and Tonozuka T. (2001). Pictorial guide to Indonesian reef fishes. Part 1. Eels- Snappers, Muraenidae - Lutjanidae. Zoonetics, Australia. 1-302.
- Kulbicki M., Beets J., Chabanet P., Cure K., Darling E., Floeter S.R., Galzin R., Green A., Harmelin-Vivien M., Hixon M., Letourneur Y., Lison de Loma T., McClanahan T., McIlwain J., MouTham G., Myers R., O'Leary J.K., Planes S., Vigliola L. and Wantiez L. (2012). Distributions of Indo-Pacific lionfishes *Pterois* spp. in their native ranges: implications for the Atlantic invasion. *Marine Ecology Progress Series*, 446, 189–205.
- Leis J.M. and Rennis D.S. (2000). Scorpaenidae (Scorpionfishes, Stonefishes). Pages 217-255 in: Leis, J.M and B.M. Carson-Ewart, (eds.). *Fauna Malesiana Handbooks. The larvae of Indo-Pacific coastal fishes. An identification guide to marine fish larvae*. Brill, Leiden, The Netherlands.

- Lejeusne C., Chevaldonné P., Pergent-Martini C., Boudouresque C.F. and Perez T. (2010). Climate change effects on a miniature ocean: the highly diverse, highly impacted Mediterranean Sea. *Trends Ecol Evol.* 2010;25:250–60.
- Lemos P.H.B., Corrêa M.F.M. and Abilhôa V. (1992/93). Catálogo de otólitos de Gerreidae (Osteichthyes-Perciformes) do Litoral do Estado do Paraná, Brasil. *Nerítica* 7(1–2):109–117.
- Liang J. (2016). Lionfish now invading the Mediterranean Sea. DeeperBlue. Available at: <https://www.deeperblue.com/lionfish-now-invading-mediterranean-sea/> (Accessed: 19 July 2023).
- Lombarte A. and Lleonart J. (1993). Otolith size changes with body growth, habitat depth and temperature. *Environmental Biology of Fishes*, 37: 297-306.
- Lombarte A. and Cruz A. (2007). Otolith size trends in marine fish communities from different depth strata. *Journal of Fish Biology*, 71: 53-76. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2007.01465.x>.
- Lu Z., Xu Z. and Bucher W.J. (2003). Acoustic response properties of lagenar nerve fibers in the sleeper goby, *Dormitator latifrons*. *J. Comp. Physiol. A*, 189: 889–905.
- Mann S., Parker S.B., Ross M.D., Skarnulis A.J. and Williams R.J.P. (1983). The ultrastructure of the calcium carbonate balance organs of the inner ear: an ultra-high resolution electron microscopy study. *Proceedings of the Research Society of London* 218, 415-424.
- Martucci O., Pietrelli L. and Consiglio C. (1993). Fish otoliths as indicators of the cormorant *Phalacrocorax carbo* diet (Aves, Pelecaniformes). *Italian Journal of Zoology*, 60(4), 393–396.

- Mérigot B., Letourneur Y. and Lecomte-Finger R. (2007). Characterization of local populations of the common sole *Solea solea* (Pisces, Soleidae) in the NW Mediterranean through otolith morphometrics and shape analysis. *Marine Biology*, 151: 997-1008.
- Meyer M., Popper A.N. and Fay R.R. (2004). Frequency tuning and directional preferences in lagenar nerve fibers of the goldfish, *Carassius auratus*. *Assoc. Res. Otolaryngol. Mid-winter Meeting*, 27: 325. [Abstr.].
- Micheli F., Halpern B.S., Walbridge S., Ciriaco S., Ferretti F., Fraschetti S. and Rosenberg A.A. (2013). Cumulative human impactson Mediterranean and Black Sea marine ecosystems: assessing current pressures and opportunities. *PLoS One*, 8, e79889.
- Montefalcone M., Morri C., Parravicini V. and Bianchi C.N. (2015). A tale of two invaders: divergent spreading kinetics of the alien green algae *Caulerpa taxifolia* and *Caulerpa cylindracea*. *Biol. Invasions*. 2015;17:2717–28.
- Morales-Nin B. and Moranta J. (2004). Recruitment and post-settlement growth of juvenile *Merluccius merluccius* on the western Mediterranean shelf, *Scientia Marina*, 68(3), pp. 399–409. doi: 10.3989/scimar.2004.68n3399.
- Morat F., Betoulle S., Robert M., Thailly A.F., Biagianti R.S. and Lecomte-Finger R. (2008). What can otolith examination tell us about the level of perturbations of Salmonid fish from the Kerguelen Islands? *Ecology of Freshwater Fish*, 17: 617-627.
- Morat F. (2011). Influence des apports rhodaniens sur les traits d’histoire de vie de la sole commune (*Solea solea*): Apports de l’étude minéralogique et chimique des otolithes. Thèse de doctorat, Université Aix Marseille II: Marseille, France. 308 pp.

- Morris Jr.J.A., Akins J.L., Barse A., Cerino D., Freshwater D.W., Green S.J., Muñoz R.C., Paris C. and Whitfield P.E. (2009). Biology and ecology of the invasive lionfishes, *Pterois miles* and *Pterois volitans*. Proc Gulf Caribb Fish Inst. 2009;29:409–14.
- Motomura H., Matsuura K. and Khan M. (2018). ‘*Pterois miles*’. The IUCN Red List of Threatened Species. e.T190475A54145413. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20182.RLTS.T190475A54145413.en>. Accessed on 20 July 2023.
- Mumby P.J., Harborne A.R. and Brumbaugh D.R. (2011). Grouper as a Natural Biocontrol of Invasive Lionfish. PLOS ONE 6(6): e21510. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0021510>.
- Nielsen J.R., Methven D.A. and Kristensen K.A. (2010). Statistical Discrimination Method using Sagittal Otolith Dimensions between Sibling Species of Juvenile Cod *Gadus morhua* and *Gadus ogac* from the Northwest Atlantic. Journal of Northwest Atlantic Fishery Science, 43: 27-45.
- NOAA (2019). What is an invasive species? NOAA’s National Ocean Service. Available at: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/invasive.html> (Accessed: 02 August 2023).
- NOAA (2023). ‘What is a lionfish?’. National Ocean Service website, (noaa.gov). (Accessed: 19 July 2023).
- Nolf D. and Talimaa V. (1985). Otolithi piscium. Fischer, Germany, 145 p., ref: 85 ref, Illustration, ISBN 3-437-30399-6.
- Nolf D. (1993). A survey of perciform otoliths and their interest for phylogenetic analysis, with an iconographic synopsis of the Percoidei. Bull Mar Sci 52(1):220–239.

- Northwood D.O. and Lewis D. (1968). Transformation of vaterite to calcite during grinding. *Am. Mineral.* 53: 2089–2092.
- Nunes A.L., Katsanevakis S., Zenetos A. and Cardoso A.C. (2014). Gateways to alien invasions in the European seas. *Aquatic Invasions*, 9, 133–144.
- Oray I., Sinay E., Saadet Karakulak F. and Yıldız T. (2015). An expected marine alien fish caught at the coast of Northern Cyprus: *Pterois miles* (Bennett, 1828). *J Appl Ichthyol.* 2015;31:733–5.
- Oxman D.S., Barnett-Johnson R., Smith M.E., Coffin A., Miller D.L., Josephson R. and Popper A.N. (2007). The effect of vaterite deposition on sound reception, otolith morphology and inner ear sensory epithelia in hatchery-reared Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 64(11), pp. 1469–1478. doi:10.1139/f07-106.
- Panfili P.H.(de)., Troadec H. and Wright P.J. (eds) (2002). *Manual of fish sclerochronology*. Brest, France: Ifremer-IRD coedition, 464 p.
- Pannella G. (1971). Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. *Science* 173, 1124–1127.
- Pannella G. (1980). Growth pattern in fish sagittae. In *Skeletal growth of aquatic organisms. Biological records of environmental change* (Rhoads D.C. and Lutz R.A., ed.), pp. 519-560. New York, USA and London, UK: Plenum Press.
- Parmentier E., Tock J., Falguière J.C. and Beauchaud M. (2014). Sound production in *Sciaenops ocellatus*: Preliminary study for the development of acoustic cues in aquaculture. *Aquaculture*, 432, 204–211. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.05.017>.
- Parmentier E., Boistel R., Bahri M.A., Plenevaux A. and Schwarzhans W. (2018). Sexual dimorphism in the sonic system and otolith morphology of *Neobythites gilli*

- (Ophidiiformes). *Journal of Zoology*, 305, 274–280. <https://doi.org/10.1111/jzo.12561>.
- Paxton J.R. (2000). Fish otoliths: do sizes correlate with taxonomic group, habitat and/or luminescence? *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 355:1299–1303.
- Payan P., De Pontual H., Edeyer A., Borelli G., Boeuf G. and Mayer-Gostan N. (2004). Effects of stress on plasma homeostasis, endolymph chemistry, and check formation during otolith growth in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 61: 1247–1255.
- Piñeiro C. and Saínza M. (2003). Age estimation, growth and maturity of the European hake (*Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758)) from Iberian Atlantic waters. *ICES J. Mar. Sci.* 60:1086-1102.
- Plart C. and Popper A.N. (1981). Structure and function in the ear. In *Hearing and sound communication in Fishes* (Tavolga W.N., Popper A.N. and Fay R.R., ed.), pp. 3–38. New York, USA: Springer.
- Ponton D. (2006). Is geometric morphometrics efficient for comparing otolith shape of different fish species? *Journal of Morphology*, 267: 750-757.
- Popper A.N. and Coombs S. (1982). The morphology and evolution of the ear in actinopterygian fishes. *Am Zool* 22(2):311–328. <https://doi.org/10.1093/icb/22.2.311>.
- Popper A.N. and Fay R.R. (1999). The auditory periphery in fishes. In *Comparative hearing: fish and amphibians*. Edited by A.N. Popper and R.R. Fay. Springer-Verlag, New York. pp. 43–100.
- Popper A.N. and Lu Z. (2000). Structure–function relationships in fish otolith organs. *Fish. Res.* 46: 15–25.

- Popper A.N., Fay R.R., Platt C. and Sand O. (2003). Sound detection mechanisms and capabilities of teleost fishes. In *Sensory processing in aquatic environments*. Edited by S.P. Collin and N.J. Marshall. Springer-Verlag, New York. pp. 3–38.
- Poss S.G. (1999). Scorpaenidae. Scorpionfishes (also, lionfishes, rockfishes, stingfishes, stonefishes, and waspfishes). In: K.E. Carpenter and V.H. Niem (eds), *FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. Bony fishes part 2 (Mugilidae to Carangidae)*, pp. 2291-2352. FAO, Rome, Italy.
- Poursanidis D., Kougioumoutzis K., Minasidis V., Chartosia N., Kletou D. and Kalogirou S. (2022). Uncertainty in Marine Species Distribution Modelling: Trying to Locate Invasion Hotspots for *Pterois miles* in the Eastern Mediterranean Sea. *J. Mar. Sci. Eng.* 10, 729. <https://doi.org/10.3390/jmse10060729>.
- Rafferty J.P. (2023). Invasive species. *Encyclopedia Britannica*. (2023, July 20). <https://www.britannica.com/science/invasive-species>.
- Reichenbacher B., Feulner G.R. and Schulz-Mirbach T. (2009). Geographic variation in otolith morphology among freshwater populations of *Aphanius dispar* (Teleostei, Cyprinodontiformes) from the southeastern Arabian Peninsula. *J. Morphol.* 270, 469–484.
- Reznick D., Lindbeck E. and Bryga H. (1989). Slower growth results in larger otoliths: an experimental test with guppies (*Poecilia reticulata*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46: 108-112.
- Ronan F. (2012). Des otolithes aux satellites: méthodes et applications du traitement du signal et des images pour l'observation de l'océan. *Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches (HDR)*, pp. 14-15. Université de Bretagne Occidentale.

- Rutledge K., McDaniel M., Teng S., Hall H., Ramroop T., Sprout E., Hunt J., Boudreau D. and Costa H. (2022). Invasive species, Education. National Geographic Society. Available at: <https://education.nationalgeographic.org/resource/invasive-species/> (Accessed: 02 August 2023).
- Savva I., Chartosia N. and Antoniou C. (2020). They are here to stay: the biology and ecology of lionfish (*Pterois miles*) in the Mediterranean Sea. J Fish Biol. 2020; 97: 148– 162. <https://doi.org/10.1111/jfb.14340>.
- Scartascini F.L. and Volpedo A.V. (2013). White croaker (*Micropogonias furnieri*) paleodistribution in the Southwestern Atlantic Ocean. An archaeological perspective. Journal of Archaeological Science, 40(2), 1059–1066.
- Schofield P.J. (2009). Geographic extent and chronology of the invasion of non-native lionfish (*Pterois volitans* (Linnaeus 1758) and *P. miles* (Bennett 1828)) in the western North Atlantic and Caribbean Sea. Aquatic Invasions, 4, 473–479.
- Schultz E.T. (1986). *Pterois volitans* and *Pterois miles*: two valid.
- Secor D.H. and Dean J.M. (1989). Somatic growth effects on the otolith-fish size relationship in young pond-reared striped bass, *Morone saxatilis*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46: 113–121.
- Secor D.H. and Dean J.M. (1992). Comparison of otolith-based back-calculation methods to determine individual growth histories of larval striped bass, *Morone saxatilis*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 1439-1454.
- Secor D.H., Dean J.M. and Laban E.H. (1992). Otolith removal and preparation for microstructural examination. In Otolith microstructure examination and analysis (Stevenson D.K. and Campana S.E., ed.), pp. 19-57. Ottawa, Canada: Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 117.

- Smale M.J., Watson G. and Hecht T. (1995). Otolith atlas of southern African marine fishes. Ichthyological Monographs of the J.L.B. Smith Institute of Ichthyology, Grahamstown.
- Strong M.B., Neilson J.D. and Hunt J.J. (1986). Aberrant crystallization of pollock (*Pollachius virens*) otoliths. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 1457–1463.
- Sweeting, R.M., Beamish, R.J., and Neville, C.M. 2004. Crystalline otoliths in teleosts: comparison between hatchery and wild coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) in the Strait of Georgia. Rev. Fish Biol. Fish. 14: 361–369.
- Trojette M., Manel F., Hajer B.A., Nour El Houda Mahouachi¹, Abdellah C., Jean-Pierre Q. and Monia T. (2014). Applying Sagitta otolith shape in the discrimination of fish populations *Scorpaena porcus* (Linnaeus, 1758) (Scorpaenidae) in the Tunisian coasts. Cah. Biol. Mar, 55(499).
- Turan C., Ergüden M., Gürlek D., Uyan A. and Uygur N. (2014). First record of the Indo-Pacific lionfish *Pterois miles* (Bennett, 1828) (Osteichthyes: Scorpaenidae) for the Turkish marine waters. Journal of the Black Sea and Mediterranean Environment 20(2): 158-163.
- Turan C. and Öztürk B. (2015). First record of the lionfish *Pterois miles* from the Aegean Sea. J Black Sea/Mediterr Environ. 2015;21:334–8.
- Tuset V.M., Lombarte A. and Assis C.A. (2008). Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. scimar [Internet]. 2008Jul.30 [cited 2023Sep.2];72(S1):7-198. Available from: <https://scientiamarina.revistas.csic.es/index.php/scientiamarina/article/view/1018>.

- Tuset V.M., Imondi R., Aguado G., Otero-Ferrer J.L., Santschi L., Lombarte A. and Love M. (2015). Otolith patterns of rockfishes from the northeastern pacific. *Journal of Morphology*, 276(4), 458–469.
- Valentine D.W., Soule M.E. and Samollow P.S. (1973). Asymmetry analysis in fishes: a possible statistical indicator of environmental stress. *Fish. Bull.* 71: 357–368.
- Vaux F., Rasmuson L.K., Kautzi L.A., Rankin P.S., Blume M.T.O., Lawrence K.A., Bohn S. and O'Malley K.G. (2019). Sex matters: Otolithshape and genomic variation in deacon rockfish (*Sebastes diaconus*). *Ecology and Evolution*, 9, 13153–13173. <https://doi.org/10.1002/ece3.5763>.
- Vignon M. and Morat F. (2010). Environmental and genetic determinant of otolith shape revealed by a non-indigenous tropical fish. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 411, 231–241.
- Vignon M. (2012). Ontogenetic trajectories of otolith shape during shift in habitat use: Interaction between otolith growth and environment, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 420–421, pp. 26–32. doi:10.1016/j.jembe.2012.03.021.
- Washington B.B., Moser H.G., Laroche W.A. and Richards W.J. (1984). *Scorpaeniformes: development*. Pages 405-428 in: *Ontogeny and systematic of fishes* (H.G. Moser, J. Richards, D.M. Cohen, M.P. Fahay, A.W. Kendall, S.L. Richards, (eds.). Special Publication 1 of the American Society of Ichthyologists and Herpetologists).
- Xiao Y. (1996). How does somatic growth rate affect otolith size in fishes?. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53(7), pp. 1675–1682. doi:10.1139/f96-074.
- Zannaki K., Corsini-Foka M., Kampouris T.E. and Batjakas I.E. (2019). First results on the diet of the invasive *Pterois miles* (actinopterygii: Scorpaeniformes:

- Scorpaenidae) in the Hellenic waters. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 49(3), pp. 311–317. doi:10.3750/aiep/02616.
- Zenetos A., Karachle P.K., Corsini-Foka M., Gerovasileiou V., Simboura N., Xentidis N.J. and Tsiamis K. (2020). Is the Trend in New Introductions of Marine Non-Indigenous Species a Reliable Criterion for Assessing Good Environmental Status? The Case Study of Greece. *Mediterr. Mar. Sci.* 2020, 21, 775–793.
- Zenetos A., Albano P.G., Garcia E.L., Stern N., Tsiamis K. and Galanidi M. (2022). Established Non-Indigenous Species Increased by 40% in 11 Years in the Mediterranean Sea. *Mediterr. Mar. Sci.* 2022, 23, 196.
- Zenetos A., Tsiamis K., Galanidi M., Carvalho N., Bartilotti C., Canning-Clode J., Castriota L., Chainho P., Comas-Gonzalez R. and Costa A.C. (2022). Status and Trends in the Rate of Introduction of Marine Non-Indigenous Species in European Seas. *Diversity* 2022, 14, 1077.
- Zhang Z., Beamish R.J. and Riddell B.E. (1995). Difference in otolith microstructure between hatchery-reared and wild Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 344–352.

7. ABSTRACT

Pterois miles is classified as an invasive alien and belongs to the Lessepsian migrants, where due to a variety of natural, biological, and anthropogenic factors it has recently successfully spread from the Indian Ocean to the eastern basin of the Mediterranean Sea. Sagittae otoliths from 363 (184 female and 179 male) individuals of the devil firefish, *Pterois miles* (Bennett, 1828) from 3 fishing areas in Rhodes Island were measured, weighted and their morphometric characteristics were assessed. Left otoliths exhibited statistically significantly higher width. Statistically significant differences were identified among female and male otolith width and weight in the right otoliths, and total width in the left otoliths, with otoliths from males exhibiting higher values in both cases in correspondence to larger males. Spatially, the largest otoliths were found in fishing area 3 (lower fishing pressure) and the smallest otoliths during winter, with otolith sizes directly related to the respective body characteristics of the lionfish. Most otoliths did not exhibit crystallization, while the relationship between otolith length and fish total length exhibited isometry. Age determination by reading annual rings from otoliths was not possible using several protocols in this study. The aim of the study was the investigation of the morphometric relationships in the devil firefish sagittae otoliths with the aim to contribute to the further understanding of the biology of the species in the study area.

Keywords: alien species, *Pterois miles*, sagittae otoliths, morphometric relationships



Article

The Devil Firefish *Pterois miles* (Bennett, 1828): Life History Traits of a Potential Fishing Resource in Rhodes (Eastern Mediterranean)

Gerasimos Kondylatos ^{1,2,*}, Alexandros Theocharis ², Manolis Mandalakis ³, Maria Avgoustinaki ¹, Teodora Karagyaurova ², Zoi Koulocheri ², Sofia Vardali ² and Dimitris Klaoudatos ²

¹ Hydrobiological Station of Rhodes, Hellenic Centre for Marine Research, Cos Street, 85131 Rhodes, Greece; m.avgoustinaki@hcmr.gr

² Department of Ichthyology and Aquatic Environment (DIAE), School of Agricultural Sciences, University of Thessaly (UTH), Fytokou Street, 38446 Volos, Greece; thalexandros@uth.gr (A.T.); kateodora@uth.gr (T.K.); zkoulocheri@uth.gr (Z.K.); sofvardali@gmail.com (S.V.); dkloud@uth.gr (D.K.)

³ Institute of Marine Biology, Biotechnology and Aquaculture, Hellenic Centre for Marine Research (HCMR), 71500 Heraklion, Greece; mandalakis@hcmr.gr

* Correspondence: gkondylatos@hcmr.gr

Abstract: The devil firefish *Pterois miles* (Bennett 1828) is recognized as one of the 100 worst invasive alien species (IAS) in the Mediterranean Sea with significant socioeconomic and ecological implications. A total of 363 individuals were collected between April 2021 and March 2022 from the Levantine Sea (the Eastern Mediterranean), aiming to assess the current progression of the population. The male to female ratio (1:1.03) did not significantly depart from 1:1, with length-weight relationships exhibiting positive allometric growth. Five age groups were identified, with the third and fourth age groups being the predominant (74% of the population). The highest reproductive intensity was observed during summer followed by autumn. The onset of sexual maturity (L_{50}) for the total population was estimated at 22.44 cm in total length (2.1 years). The asymptotic length was estimated at 45.35 cm for the total population, with males growing larger than females. Longevity was estimated at 14.4 years for the total population. The inflection point was estimated at 4.31 years for the total population. Length with a 50% probability of capture (LC_{50}) was estimated at 23.03 cm, with the respective age (t_{50}) of 2.2 years. The exploitation rate ($E = 0.48$) indicated that the population is underexploited. The optimum (F_{opt}) and target (F_{tar}) fishing mortality were higher in comparison with the present fishing mortality ($F = 0.41$), indicating a potential for commercial exploitation of the species.

Keywords: invasive species; Levantine Sea; mortality; von Bertalanffy; Southern Aegean Sea



Citation: Kondylatos, G.; Theocharis, A.; Mandalakis, M.; Avgoustinaki, M.; Karagyaurova, T.; Koulocheri, Z.; Vardali, S.; Klaoudatos, D. The Devil Firefish *Pterois miles* (Bennett, 1828): Life History Traits of a Potential Fishing Resource in Rhodes (Eastern Mediterranean). *Hydrobiology* **2024**, *3*, 31–50. <https://doi.org/10.3390/hydrobiology3010003>